

# الکترونیک

بسیار ساده است!



لوب - او میش

روجلا اصوات آزادی را بخوبی درینجا



**الكترونية؟... بسيار ساده است!**

# پارسیان پر

۱۳۴۰ - خیابان انقلاب - مقابل دانشگاه - تهران  
تلفن ۶۶۱۸۴ - ۶۶۶۶۸۷



ژ. پ. اووهیشن

مجموعه فنی زمان  
۴۲

# الکترونیک؟... بسیار ساده است!

---

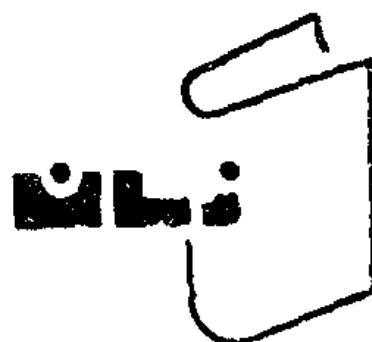
هدفه مبحث سرگرم گننده که به طرزی ساده اصول  
الکترونیک و کاربردهای آن را در صنعت بیان می‌کند.

---

ترجمه اصغر آزوین

(مهندس اتماها)

ذرا





الكترونيك ... بسيار ساده است!  
ژ. پ. آي هميشن  
ترجمه اصغر آزوين  
چاپ اول  
اسفندماه ۱۳۶۱  
۵۰۰ نسخه  
چاپ رشديه  
حق چاپ محفوظ و مخصوص کتاب زمان است.

## فهرست

پنجم	مقدمه‌ای ا. اسبرگ
هشت	یادآوری نویسنده
۵۵	مقدمه‌ای مترجم
۱۱	معانی لغات

## مبحث اول

۱۹	تماس بر قرار می‌شود
۱۹	محافظت نادرست
۲۰	از رادیو به طرف الکترونیک
۲۲	فراگیری اصولی
۲۳	دشواری یک تعریف

## مبحث دوم

۲۵	جذب‌گننده‌های برقی، مغناطیسی و جذب‌گننده‌های نیرو
۲۵	از الکتریسیته به الکتریسیته
۲۸	فشارهای بسیار قوی
۳۰	جذب‌گننده میدان الکتریکی
۳۲	ژیمناستیک خسته‌گننده
۳۳	جذب‌گننده‌های نیرو
۳۵	مسئله قابلیت ارتعاج...
۳۵	اندازه‌گیری تغییرات کم مقاومت
۳۷	تأثیر درجه گرما
۳۸	تارهای مرتعش
۳۹	بازم نیروها را اندازه بگیریم

## مبحث سوم

۴۰	جذب گننده‌های شتاب و سلول‌های فتوالکتریک
۴۱	اندازه گیری سرعت شتاب
۴۳	شتاپسنج با صرفه
۴۴	حالاگوش کنیم
۴۵	برای جایگزینی گرماسنج‌ها
۴۶	تشعشع
۴۷	سلول‌های فتوالکتریک
۴۹	عنصرهای حساس نوری
۵۰	دیودهای نوری
۵۲	چند برابر گننده نور

## مبحث چهارم

۵۵	اندازه گیری‌های هسته‌ای و شیمیائی
۵۵	ساختمان اتم‌ها
۵۶	مخلوط ایزوتوپ‌ها
۵۷	قلمروی پارتیکول‌ها
۵۸	اندازه گیری تشعشع‌ها
۵۹	شمارگر گایگر
۶۱	اشعة کیهانی
۶۴	برق‌زن
۶۳	کاربرد ایزوتوپ‌ها
۶۴	شیمی الکتریکی ایون‌ها
۶۵	pH
۶۶	اندازه گیری pH
۶۸	اختلاف سطح اکسیدی - احیائی
۷۰	روش قدیمی اندازه گیری pH

## مبحث پنجم

۷۲	تقویت گننده‌های با تزویج مستقیم
۷۲	در جهت فرکانس‌های بالا
۷۴	تصحیح اساسی نیست

۷۵	دامنه فاز نیست
۷۶	دسى بل ها
۷۷	نقطه ۳dB
۷۸	وقتی اثرخازن مهمنتر می شود
۷۹	مقاومت کم بار
۷۹	باند گذرا یا ضریب بهره
۸۰	فرکانس های پائین
۸۱	پلاریزاسیون ها را تغییر بدھیم
۸۲	ارتباط مستقیم
۸۳	جایی که به وسیله یک قوه (باطری) تزویج می شود
۸۵	تزویج به وسیله تقسیم کننده فشار
۸۶	جبران تقسیم کننده فشار
۸۶	جبران به وسیله نقطه اتصال روی مقاومت آند

### مبحث ششم

	سنجهش الکتریکی
۸۹	کاهش مقاومت ظاهری خروجی
۸۹	مقاومت ظاهری ورودی
۹۰	جریان های شبکه
۹۱	لامپ سنجهش الکتریکی
۹۲	ضریب بهره در فشار و در توان
۹۳	انحراف
۹۴	دشواری های عایقی
۹۵	مقاومت ظاهری خروجی را کم کنیم
۹۶	وضع کار طبقه کاتدین
۹۹	سود مقاومت خروجی کم
۱۰۰	تشییه حیوانی
۱۰۱	گسترش به تراانزیستور
۱۰۲	مثال برای طبقه با ارسال کننده رام
۱۰۲	ما فوق جمع کننده مشترک
۱۰۵	اگر بخواهند پلاریزاسیون خروجی را معکوس کنند
۱۰۵	تراانزیستور = پنتود (بدون ارتباط شبکه پرده)
۱۰۶	مقاومت ظاهری خروجی و مناسب ترین بار

## بحث هفتم

۱۰۸	علامت‌های مستطیلی
۱۰۸	بوش‌سر، مشتق، انتگرال
۱۱۰	تغییر‌شکل‌های مطلوب
۱۱۲	پلک تغییر‌شکل پایدار
۱۱۴	ساختن علامت مستطیلی
۱۱۶	کاربرد پایه دوم
۱۱۶	آستانه دوم
۱۱۷	منحنی‌های بسته
۱۱۸	کاربرد قبان اشمیت
۱۱۸	پشود در برابر ترانزیستور؟
۱۱۹	کاربرد کناره‌های تندر
۱۲۱	ثابت زمانی
۱۲۳	مدار انتگرال گیرنده
۱۲۴	دنداشه اره چوب بری
۱۲۵	تعريف ریاضی
۱۲۶	مشتق به وسیله پلک مدار
۱۲۶	انتگرال
۱۲۷	انتگرال گرفتن به وسیله مدار
۱۲۸	فقط نیستی کامل است

## بحث هشتم

۱۳۰	ضرب و تقسیم فرکانس‌ها
۱۳۰	چندبرابر کردن فرکانس
۱۳۲	راهنمایی به وسیله مدار
۱۳۳	ضرب غیردوره‌ای
۱۳۴	ضرب آبشاری
۱۳۵	تقسیم فرکانس
۱۳۵	ویبراتور چندجانبه
۱۳۷	شرایط اشیاع
۱۳۸	همزمانی
۱۴۰	ثبات تقسیم
۱۴۱	تقسیم به عدد زوج

بخش ب ۲

- ۱۴۳ وضعیت کار یک اکلنس - جردن  
 ۱۴۴ آغاز بکار اکلنس - جردن  
 ۱۴۵ دیودهایی که سوزن بان نیستند  
 ۱۴۶ توازن اکلنس - جردن  
 ۱۴۷ قیان یک ثابتی  
 ۱۴۸ علامت قیان یک ثابتی  
 ۱۴۹ کاربرد یک ثابتی ها  
 ۱۵۰ کاربرد تأخیر اندازها

### مبحث نهم

- ۱۵۵ تمیزدادن علامت  
 ۱۵۶ تمیزدهنله  
 ۱۵۷ جداسازی بوسیله دامنه  
 ۱۵۸ جدا کننده چند کانالی  
 ۱۶۰ جداسازی بر حسب مدت علامت  
 ۱۶۱ تمیزدهنله شکل موج  
 ۱۶۲ ثابت زمانی

### مبحث دهم

- ۱۶۳ رله ها و موتورها  
 ۱۶۴ مقاومت یک قرقه رله  
 ۱۶۵ فرمان یک رله به وسیله ترانزیستور  
 ۱۶۶ احتیاط هایی که برای کار انداختن رله ها به وسیله ترانزیستور  
 باید مراعات کرد  
 ۱۶۷ محافظت به وسیله دیود  
 ۱۶۸ انتخاب ترانزیستور  
 ۱۶۹ موتور جریان مستقیم  
 ۱۷۰ کلکتور و جارو  
 ۱۷۱ دینامو (نیروزای جریان مستقیم)  
 ۱۷۲ نیروی ضدمحرکه  
 ۱۷۳ زوج  
 ۱۷۴ طرز کار در جریان متناوب

۱۷۸	موتور دو فاز
۱۸۰	میدان دوار
۱۸۱	القاء شده با حلقه‌های اتصال کوتاه
۱۸۲	تغذیه موتورها
۱۸۳	تغذیه موتور جریان مستقیم
۱۸۴	دینامیکی تقویت کننده
۱۸۵	فرمان به وسیله تیراژرون
۱۸۶	تغذیه با جریان متناوب
۱۸۸	تیراژرون‌های نیمه‌هادی (تریستورها)
۱۸۹	بکار افتدن تیراژرون
۱۹۰	همزمانی به وسیله برق شهر

### مبیحث یازدهم

۱۹۳	مولد مافون صوت مدولاتور نور و لیزر
۱۹۴	تحریک کننده‌های ارتعاش
۱۹۵	ما فوق صوت‌ها
۱۹۶	مولد مافوق صوت پیزو الکترویک
۱۹۷	پرتوافکن‌های ما فوق صوت با توان کم
۱۹۸	پرتوافکن‌های با توان زیاد
۱۹۹	عکس نگار خط به خط (بلینو گراف)
۲۰۰	لیزر
۲۰۲	کاربرد لیزر
۲۰۳	لامپ اشعه کاتودی
۲۰۴	لامپ با حساسیت زیاد
۲۰۵	اسیلوسکوپ با نمونه

### مبیحث دوازدهم

۲۰۹	شمارش الکترونی
۲۱۰	شمارش مکانیکی
۲۱۰	شمارش دوتادوتا
۲۱۰	شمارش ۴ تا ۶ تا
۲۱۱	شمارش با توان ۲
۲۱۲	قیبان محافظ
۲۱۴	شمارش ده تائی

نمایش رقم‌ها

دکاترون

محدودیت دکاترون

شمارش - شمارش معکوس

لامپ با اشعه صفحه‌ای

حلقه رجستر

شمارگر پیش‌نهاده شده

۲۱۷

۲۲۰

۲۲۲

۲۲۳

۲۲۴

۲۲۵

۲۲۶

نمایش رقم‌ها  
دکاترون

۲۳۹

۲۴۰

۲۴۲

۲۴۴

۲۴۶

۲۴۷

۲۴۸

۲۴۹

۲۵۰

۲۵۱

نمایش خلای منطقی و حساب‌های الکترونی

تبديل و حساب دوعلامتی

نمایش خلای منطقی

مدار منطقی بدون رله

بهم پیوستن مدارهای منطقی

نمایش الکتریکی اعداد

نمایش دهنده - جابجا کننده

جابجاگری

تبديل موازی - پیاپی

تبديل پیاپی - موازی

جمع موازی

## مبحث چهاردهم

ضرب‌گننده‌های حسابی و حافظه‌ها

تفريق

ضرب

ضرب‌گننده دوعلامتی

قلمروی کاربرد ماشین حساب‌ها

حافظه‌ها

حافظه با خطوط وستون‌ها

حافظه با دیود توئی

حافظه برای عددهای پیاپی

۲۴۳

۲۴۵

۲۴۶

۲۴۷

۲۵۰

۲۵۲

۲۵۴

۲۵۵

۲۵۷

## مبحث پانزدهم

۲۵۹	ماشین‌های فرماندهنده
۲۶۰	ارسال دوباره وضعيت
۲۶۱	ثبات
۲۶۲	ثبات بد وسیله دیناموی سرعان
۲۶۴	تصحیح به وسیله مشتق
۲۶۴	سیستم‌های دوسربسته
۲۶۴	مثال برای سیستم تابع:
۲۶۵	تفویت کننده ضلداکنشی
۲۶۵	یک نوع سیستم تابع:
۲۶۶	تفویت کننده ضلداکنشی
۲۶۷	فایده ضلداکنش
۲۶۹	ضریب بهره برابر عکس تضعیف است
۲۷۰	مسئله ثبات
۲۷۲	مونتاژ‌های پائین آوردنده مقاومت ظاهري
۲۷۳	مهار سرعت

## مبحث شانزدهم

۲۷۵	حساب‌گننده‌های قیاسی
۲۷۵	تفویت‌گننده‌های عملی
۲۷۵	خطی بودن یک پتانسیومتر
۲۷۶	پتانسیومتر دوم
۲۷۷	مسئله دقت
۲۷۷	مبدل وزن
۲۷۹	اغتشاش آبشاری
۲۸۰	تفویت‌گننده‌های عملی
۲۸۱	جمع
۲۸۳	انتگرال گیرنده
۲۸۴	ضریب کننده قیاسی
۲۸۵	قلمروی محاسبه قیاسی
۲۸۵	ساختن تفویت‌گننده‌های عملی
۲۸۶	کاربرد ماشین حساب‌های قیاسی
۲۸۷	محاسبه در «زمان ساختگی»

## مبحث هفدهم

۲۸۹	مسافت در اطراف یک را دار
۲۹۰	مانیترون دو آندی
۲۹۱	مانیترون چند آندی
۲۹۲	کابل هم مرکز «عایق شده» به وسیله مس
۲۹۳	کلیسترون با چندین حفره
۲۹۴	کلیسترون «انعکاس»
۲۹۵	جداسازی فرستنده - گیرنده
۲۹۶	ثبت فشار به وسیله دیودزنر
۲۹۷	تغذیه ثابت
۲۹۸	سلسین ها
۳۰۱	کله گذار شماره ای
۳۰۲	صرخ های بسیار بزرگ
۳۰۳	یک نامه از مهندس به مبتدی
۳۰۴	یک نامه از مبتدی به مهندس
۳۰۵	پاسخ مهندس به مبتدی
۳۰۶	
۳۰۷	



## مقدمه

اگر ریاضیات را بدرسی، مملکة علوم دانسته‌اند، بسیار بجاست که الکترونیک را مملکة فنون و صنایع بنامیم.

درواقع اگر در گذشته، حصر مکانیک و بعد عصر الکتریسیته راشناخته‌ایم، عصر ما با جهش شگفت‌آور الکترونیک کاملاً مشخص شده است. الکترونیک در همه‌جا حاضر است، در تمام فعالیت‌های انسانی وارد شده است، انجام کوشش‌های گوناگون را ساده می‌کند و این کار را از باز کردن خودکار درها تا حل کردن پیچیده‌ترین مسئله‌های حساب عملی انجام می‌دهد...

این گسترش سریع یک تکنیک را، که در سال ۱۹۰۶ میلادی، با اختراع لی دو فورست Lee de Forest از اولین لامپ الکترونی یعنی تریوود آغاز شد و او نامش را «او دیون audion» گذاشت، چگونه باید تشریح کرد؟

عالمگیر شدن کاربردهای تکنیک به این جوانی را چگونه باید بیان کرد؟

این خواص ذاتی الکترون است که سرنوشت خارق العاده این تکنیک جوان را تعیین کرده است. الکترون که جرم بسیار ناچیزی دارد ( $2 \times 10^{-27}$  g)، دارای بار الکتریکی صرفنظر نکردنی (کولمب  $10^{-16} \times 10^{-19}$ ) است. الکترون تقریباً آنابه تمام خواسته‌های میدان‌های الکتریکی یا مغناطیسی پاسخ می‌دهد.

نداشتن مانند «اینرسی»، و «روح حسام» الکترون به آن امکان می‌دهند کارهایی را انجام دهد که همچون فکر کردن نیاز به سرعت عمل دارند. و در نتیجه الکترونیک، قبل از هر چیز، فنی است که هوش را بکار می‌گیرد. در حالی که مکانیک، با جانشینی

عضله‌های انسان، اورا از کارهای بدنبی که به عهده داشت بی نیاز کرد، الکترونیک ما را از کارهای بزرگی که نیاز به هوشیاری دارد، معاف می‌سازد، بی آنکه غیراز هوشی که بشرط دارد، چیزچندان زیادتری داشته باشد.

الکترونیک، درحالیکه با توان بسیار کم کار می‌کند، امکان فرمان کارهای بسیار بزرگ را بوجود می‌آورد؛ الکترونیک میکرو وات را در خدمت ژیگا-وات و تراوات قرار می‌دهد. به این طریق، سیرموشکها در فضا فرمان داده می‌شود. همانطور که ممکن است مجموعه عملیات یک کارخانه زیرنظم درآید، بهمنگونه که کارهای گوناگون یک موجود زنده اندازه گیری می‌شوند، همچنانکه ایون‌های ایجاد شده به‌وسیله بمباران تشعشع‌های مختلف در یک دستگاه، حساب می‌شوند... تمام این کارها درنتیجه بکار گرفتن دستگاههایی است که همیشه از عنصرهایی مثل لامپ‌های الکترونی، نیمه‌هادیها، مقاومت‌ها، خازن‌ها و سیم‌بیچی‌ها تشکیل شده‌اند.

از این پس چگونه می‌توان، در نیمة دوم قرن بیستم، از اصول اساسی این فن شکفت‌آور باکاربردهایی که روز به‌روز گسترده‌تر می‌شود، بی‌خبر بود؟ برای راهیافتن به‌شناسائی الکترونیک، برای بررسی امپراتوری جادوئی آن، یک راهنمای آگاه و مطمئن لازم است. اثر حاضر از همین گونه است.

هیچکس بیشتر از دوست من ز.ب. او می‌شن برای نوشتن این کتاب صلاحیت نداشت. او که مهندس یکی از مؤسسات پایه‌ای الکترونیک است، تجربه‌های صنعتی استوازی دارد. درحالی که در انتستیتوی عالی الکترونیک شمال «در فرانسه» تدریس می‌کند، شکفت‌هنر آموزش را که از پدر بهارت برده، به چشم نداشته است، پدر او نیز استاد کالج فرانسه و مخترع نامی هلیکوپتر است. ز.ب. او می‌شن که چیزهایی برای گفتن دارد و می‌داند چگونه آنها را به روشنی بیان کند، نویسنده بررسی‌ها و اثرهای پیشماری است که بطور بسیار مؤثر برای تریست نسل کنونی تکنیسین‌ها بکار رفته‌اند.

اشارة به این مطلب برای آنست که روشن شود با چدآسانی، و می‌توان تأیید کرد که به عنوان سرگرمی، اثر حاضر را نوشته است و در آن با وام گرفتن «که در این باره اورا تمام و کمال تقدیس می‌کنم» دو شخصیتی که سال‌ها پیش به وجود آورده بودم، «مهندس» و «متبدی» را طوری به گفتگو کشانده که با خوشوقتی اطلاعات اساسی الکترونیک را نشان می‌دهند.

با این‌کار، او به‌چوجه به‌عبور سطحی از قن جدید اکتفا نمی‌کند بلکه برعکس، درحالی که با جرأت دشوارترین مسائل را پیش می‌کشد، خواندن را وارد ژرف‌ترین و پیچیده‌ترین پیچ و خم‌های الکترونیک می‌کند.

این اثراز این نظری پیشتر و بهتر از یک کتاب آموزنده، سود بزرگی برای الکترونیک نیستند که آنها هم برای بهتر منظم کردن شناسائی‌های دقیقی که در جریان دگرگونی بزرگ این فن بدست آورده‌اند، نگرانند.

طرز بیان مطالب، یک خط منطقی را تعقیب می‌کند که فهمیدن و جذب آن را بسیار آسان می‌کند. کتاب با «جذب کننده‌ها»، همان دستگاه‌هایی که کمیت‌های با طبیعت گو ناگون را به علائم الکتریکی «برگردان» می‌کنند، آغاز می‌شود. سپس روش‌های گو ناگون تغییر شکل مشخصات علائم یعنی دامنه، شکل و فرکانس آنها مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در آخر، که جالب‌ترین بخش گفتگوی دوستان جوان ما هم هست، نویسنده هزارویک روش برای کاربرد علائم تغییر شکل یافته نشان می‌دهد.

گفتگوها که با نکته‌های شوخی درآمیخته‌اند (این شوخی هادرخواهاند تهدیدی ایجاد می‌کند که فرآگرفتن را برایش آسان می‌سازد، همانگونه که قطره‌های روغن حرکت چرخ‌ها را در یک دستگاه مکانیکی آسان‌تر می‌کند) با تصویرهای شاد حاشیه که دست آورده‌تر خانم ر.پ. او می‌شن است زینت یافته‌اند و این خود نمونه کاملی از همکاری یک زوج است.

اکنون که این اثر عالی به وجود آمده است، با نقل عین ضرب المثل قدیمی «هیچکس مجاز به ندانستن قانون نیست»، با استدلال می‌توان تأیید کرد که هیچکس مجاز به ندانستن الکترونیک نیست.

## ۱. اسباب‌صوت

## یادآوری نویسنده

اصل این کتاب بطور ساده همان چیزی است که دانشجویان «ساده-نویسی» می‌گویند.

با فرازگرفتن مطالب پایه‌ای فن رادیوالکتریسیته در کتاب «رادیو؟... بسیار ساده است!»، کتابی که نویسنده کتاب حاضر همیشه بزرگترین ستایش و احترام را نسبت به آن داشته است، یک روز این فکر به خاطر رسان رسید که برای یکنفر از دوستان طرز کار یک دستگاه فرمان دهنده را با همین روش توضیح بدھیم. از آنجا برای سرگرمی خودمان تقلید کسوچکی از آن بعمل آوردیم، فقط یک گام بود... که به چابکی برداشتیم. چقدر سرگرم کننده بود که «مبتدی» و «مهندسان» را بطور قاچاق و مخفیانه از پدر روحانی آنها دوباره زنده کرده بودیم.

این سرگرمی بسیار ساده تر شده بود چون منظور ما تقلید از یک روش اصیل و بسیار جالب بود. نویسنده گان بی‌شماری از ویکتوره‌های آن‌تول فرانس تقلید کرده‌اند، در حالی که تقلید از یک روش بی‌رونق که در اصل ارزش ادبی ندارد، غیرممکن است.

وقتی متن کتاب نوشته شد و به وسیله نقاشی‌های حاشیه که به دست همسر نویسنده کشیده شده بود و تا حدودی با روش مرحوم گیلاک مطابقت داشت کاملتر گردید، تمام آن برای آفای اسپرگ که فرستاده شد و نویسنده با نوعی پریشانی منتظر واکنش او شد. خدش می‌زد که این واکنش باور نکردنی بود،

زیرا نتیجه آن کتاب حاضر است، آقای اسپرگ نویسنده را به خاطر استفاده از شخصیت‌های کتابش «همانطور که خود او می‌خواست» ستایش کرد.

نویسنده هنگام نوشتن فصل‌های گوناگون، با استفاده از راهنمائی همیشگی و توصیه‌های پدر واقعی مبتدی و مهندس، مشاهده کرد که کاملانمی‌تواند «همانطور که خود او می‌خواست» رفتار دو همکار ما را تغییر دهد. مبتدی و مهندس گذشته‌ای دراز دارند «اگرچه همیشه جوان مانده‌اند» و درسال‌هایی که بیش از دونسل رادیو الکترونیک و بعد الکترونیک را بطور درخشان پژوهش داده‌اند، شخصیت آنها آشکارا ثابت شده است.

بنا بر این نویسنده در وضع کارگردانی قرار گرفت که می‌تواند به هنر پیشگان بزرگ فیلم یا تأثیر خود نکاتی را گوشزد کند، اما نمی‌تواند طرز فکر خود را کاملاً به آنها تحمیل کند. وانگهی چنین پدیده‌ای تازگی ندارد زیرا بسیاری از نویسنده‌گان داستان، چندین بار احساس کرده‌اند که زیر تأثیر شخصیت‌های داستان خود قرار گرفته و دنباله‌روی آنها شده‌اند درحالی که گمان می‌کردند بر آنها سلطط مطلق دارند.

در این شرایط، تنها راه حل، برای نویسنده، این بود که دو همکار خود را تاحد امکان آزاد بگذارد و از آن بعد، نوشتن فصل‌های گوناگون بی‌نهایت آسانتر شد. نویسنده احساس کرد بیش از بیست سال جوان شده است و به دوره‌ای رسیده است که مبتدی و مهندس رادیو را به او باد می‌دادند. بهمین دلیل است که نقاشی‌های حاشیه باشکل دو همکاری کشیده شد که درست همسال همکاران کتاب «رادیو؟... بسیار ساده است!» هستند زیرا چنین شخصیت‌هایی تا ابد جوان می‌مانند.

چیزی که نویسنده قبل از هر چیز آرزومند است، اینست که در جریان کار خود به اشاره‌های توپیع‌های مبتدی و مهندس خوب گوش کرده باشد. اگر این کار را کرده باشد، این دوچهره بزرگ را که برای تمام الکترونیک‌ها اینقدر آشناست، تغییر نداده است و در این حال کار خود را رضایت‌بخش خواهد یافت، زیرا، یک بار دیگر، این دو شخصیت برای هزاران نفر جوان «در هرسنی که باشند!» دسترسی به جهان زیبا و تازه‌ای را که الکترونیک است، آسان خواهند ساخت.

ژ. پ. او میشن

## مقدمهٔ مترجم

«الكترونيک؟... بسیار ساده است!» کتابی است که به شیوهٔ سه کتاب دیگر، رادیو، تلویزیون و ترازیستور که در همین مجموعه منتشر شده‌اند نگاشته شده است و تمام مطالب لازم برای دست یابی به آگاهی‌های پایه‌ای دانش الکترونیک را دارد است. اگر چه نگارندهٔ کتاب با نویسندهٔ سه کتاب دیگر فرق دارد با اینحال تا آنجا که توانسته است از روش وی پیروی کرده است.

بطور کای خواننده با مطالعه این کتاب درخواهد یافت که فهمیدن مطالب آن نیاز به دقیق پیشترود و بارهٔ خوانی‌های زیادتر دارد چرا که هم مطالب از گوناگونی ویژه‌ای برخوردارند و هم پذیرده‌ها را با دید ژرفتری بررسی کرده‌اند و اگر در نظر بگیریم که بسیاری از این پذیرده‌ها، ویا دست کم کاربرد الکترونیک در اندازه‌گیری و یا نموداری آنها، کاملاً تازگی دارد، انگیزهٔ نیاز به دقیق پیشترود مطالعهٔ کتاب روشن می‌شود.

کتابی که اکنون در دست دارید برگردانی است از چاپ دوم کتاب از زبان فرانسوی «زبان اصلی نویسنده» و بدروال سه کتاب دیگر کوشش شده است کلمدهای معادلی که تا حد امکان رسا باشند بجای کلمه‌های فرانسوی (یا انگلیسی) بکار گرفته شوند که برای آگاهی پیشتر خوانندگان در آغاز کتاب این کلمدها و معادل آنها آورده شده‌اند.

امید است که این کتاب مورد توجه واستفاده علاقمندان قرار گیرد.

مهندس اصغر آزوین

## كلمات مبحث اول

Capteur	منظور(دستگاهی است که پدیده‌ای (اعم از جلب‌گننده مکانیکی، الکتریکی، گرمائی وغیره) را که باید بعداً بکار بروند، آشکار شود و داده‌گیری بشود، می‌گیرد.
Restituteur	منظور(بخشی از دستگاه است که از علائم الکتریکی پس‌دهنده داده شده به دستگاه، عملی (اکه انتظار می‌بود بذست بدهد.
Debit	منظور مقداری از لیک پدیده یا عنصر است که در یک ثانیه می‌گذرد.
Système bouclé	منظور(دستگاهی است که خروجی آنرا به وودی- اش وصل کرده باشد.

## كلمات مبحث دوم

Vibrateur	دستگاهی است که در نتیجه ارتعاش، مداری (ویبراتور (مرتعش‌شونده)) قطع و وصل می‌کند و در نتیجه، جریان مستقیم (۱) با قطع و وصل‌های مناسب به جریان متناوب تبدیل می‌کند. درینجا منظور دستگاهی است که از نظر الکتریکی ارتعاش یا نوسان‌های گوناگونی می‌گیرد و یا پس می‌دهد.
-----------	--

**Jauge de Contrainte**

منظود دستگاهی است که ازیک (شته سیم بسیار نازک بشکل زیگزاگ (و۷۲) تشکیل شده است که وقتی به آن فشاری وارد شود (چه در جهت کشش سیم باشد و یا درجهت فشردن آن) مقاومتش تغییرمی کند.

**كلمات مبحث سوم**

منظود مداری است که دو اختلاف یا کاهش دیفرانسیلی اختلافی یا کاهشی Différenciateur دو مقدار (مثل فشار یا جریان) کار می کند.

**Hydrophone** میکروفون آبی - هیدروفون میکروفونی است که برای شنیدن صدا در زیرآب بکار می رود.

**Géophone** میکروفون خاکی - ژئوفون میکروفونی است که برای شنیدن صداهایی که در خاک انتشار می یابند، بکار می دود.

**Couple thermo - électrique** زوج گرمائی - الکتریکی منظود نیروی برقی است که دوفلز (یا نیمه هادی) متفاوت و متناسب بهم که در نقطه اتصال گرم شوند بوجود می آورند.

**Photo - resistance** مقاومت نوری منظود مقاومتی است که وقتی نیترات پاش نور (قراء) می گیرد از مقدار آن کاسته می شود و هرچه شدت قابش نور (یادگر باشد، کاهش مقاومت بیشتر است، داینگا تجزیه گاز به دو ایون (نیترائل جریان (یا برخورد) الکترون هاست.

**Ionisation** ایونیزاسیون منظود مقاومتی است که با یک دستگاه اندازه گیر وصل بوده و با هم، برای اندازه گیری مقادیر ضعیف (جریان و فشار) بکار می دارد.

**كلمات مبحث چهارم**

**Amplificateur électromètre** تقویت کننده سنجشی منظود تقویت کننده ایست که با یک دستگاه اندازه گیر وصل بوده و با هم، برای اندازه گیری مقادیر ضعیف (جریان و فشار) بکار می دارد.

**Compteur** شمارگر منظود دستگاهی است که یک بلود یا پلاستیک مخصوص آن بکار برد شده که بمحض برخورد

Inattaquable	حمله نکردنی	پادتیکول هسته‌ای برق کوچکی از آن می‌جهد. داینجا منظود المکترودی است که در محلولی فراگرفته ونمی‌تواند با آن ایون مبادله کند ( فقط الکترون با آن مبادله می‌کند).
--------------	-------------	--

### کلمات مبحث پنجم

Correction	تصحیح	داینجا منظود موتنازی است که برای جراین قضایی ایجاد شده به وسیله عنصرهای پلک مداد بکار می‌رود.
Tension de Souffle	شاردمش	فشار متناوب وغیرمنظمی که در دوسرالا همپ نشون علاوه بر فشار مستقیم وجود دارد.

### کلمات مبحث ششم

Electrometrie	سنجش الکتریکی	داینجا منظود استفاده از دستگاههای سنجشی است که همزمان با اندازه‌گیری تقویت ۱۰ هم افزایم می‌دهند.
Dérive	انحراف	منظود تغییر شکل ایجاد شده در جریان خروجی لامپ اول تقویت کننده (موقعی است که هیچ فشاری به ورودی گذاشته نشده است.
Asservi	رام	
Générateur	نیروزا (مولد)	

### کلمات مبحث هفتم

Ecrêtage	برش سر	منظود برددن سر علامم الکتریکی از حد بالائی آنست که دامنه آنرا به مقدار معینی محدود می‌کند.
Front	جبهه	منظور کنارهای صعودی و نزولی منحنی های ذمایش تغییرات علامم است.

<b>Basculement</b>	توازن	منظود وضع زیاد و کم شدن دو مقدار است که زیاد شدن یکی همراه با کم شدن دیگری و بالعکس است. مثل حالت توازنی که در پان ایجاد می شود.
<b>Bistable</b>	دوثابتی	منظود مداری است که در دو حالت ثابت است.
<b>Flanc</b>	کناره	منظود کناده های عمودی و نزولی منحنی تغییرات جریان یا فشار است.
<b>Crête</b>	قله رأس	منظود نقطه ایست که در آن حد اکثر جریان یا فشار وجود دارد.
<b>Top</b>	جهش	منظود جهش ناگهانی یک علامت (جریان یا فشار علامت) است.
<b>Palier</b>	سیر (گردش)	داینچا منظود بخش های غیب عمودی در منحنی تغییرات (فشار یا جریان) است.

### کلمات مبحث هشتم

<b>Pilotage</b>	راهنمایی	منظود کارفرکانی است که به یک مدار نوسانی داده می شود تا آنرا برای ساختن فرکانسی چند برا بر (اهمنایی کند).
<b>Multivibrateur</b>	ویبر اتور چند جانه	منظود مونتاژی است که می تواند در دو وضعیت ثابت باقی بماند به این ترتیب که وقتی دیگری از این دو وضعیت است تا موقعی که عاملی موجب تغییر وضع آن نشود به مانع از باقی خواهد ماند.
<b>Bistable</b>	دوثابتی	منظود مونتاژی است که با کار دوی یکی از مشخصه های علائم امکان جدا کردن یا تمیز دادن دو علامت مختلف از هم در بروجود می آید.

### کلمات مبحث نهم

<b>Discriminateur</b>	تمیز دهنده	منظود دستگاهی است که با کار دوی یکی از مشخصه های علائم امکان جدا کردن یا تمیز دادن دو علامت مختلف از هم در بروجود می آید.
-----------------------	------------	---

**Univibrateur****ویبراتور یک جانبه****کلمات مبحث دهم****Polarisé**

داینچا منظود (لههایی هستند که جهت عبور جهتدار جریان (قرقره آنها تأثیرداد و موجب می شود که تیغه به یک طرف و یا وقتی جریان برعکس شد به طرف مقابل جذب شود.

**کلمات مبحث یازدهم**

**Servomecanisme** ماشین فرمان دهنده منظوم ماشینی است که برای فرمان دادن به سیستم دیگری بکار می دهد.

**Belinographe** عکس نگار خط به خط منظوم دستگاهی است که ارسال عکس پلکانی (به فاصله دو به دو) خط به خط امکان پذیر می کند.

**کلمات مبحث پانزدهم**

**Stabilisation** ثبات دستگاه فرمان داده شده ثبات هنگام تزدیک شدن به وضعيت مطلوب است.

**Dynamo tachymétrique** دیناموی سرعتی دستگاهی است که فشار الکتریکی ایجاد شده به وسیله آن مقناسب با سرعت آنست.

**Bouclé** دوسربته منظوم دستگاهی است که خروجی آن به و دو دیش متصل می شود و به این ترتیب دست کم بهتری از فشار خروجی بود و دی برمی گردد.

**Tension d'erreur** فشار اشتباہی منظوم اختلاف فشار بین دو قضاوتی اخلاق بین ذشار مقایسه شده و فشار مرجع است.

**Asservi** تابع منظوم میشمی است که زیر فرمان یک ماشین فرمان دهنده قرار گرفته است.

**Atténuation** تضعیف

**Asservissement** مهار منظوم داخليا گرفتن یک پذيرده است.

## کلمات مبحث شانزدهم

<b>Analogique</b>	قیاسی	
<b>Calculateur</b>	ماشین حساب	د) اینجا منظود تقویت کننده های با تزویج مداوم است که ضریب بیرون مقاومت و دودی آنها بسیار بزرگ و مقاومت خروجی شان کم است.
<b>Operationnel</b>	عملی (عمل کننده)	د) اینجا منظود فرآگرفتن چند عنصر (مثل اپتالسیومتر) بدنبال هم است که وقتی اشتباه محاسبه د) یکی پیش می‌آید بدنبال هم اضافه می‌شود.
<b>En cascade</b>	آبشری	د) اینجا منظود بوجود آوردن زمانی است که بعداً خواهد آمد (بطود ساختگی) که مثلای محاسبه فرسودگی یک دستگاه می‌توان با دست کردن نمونه (یا پیش آن این زمان د) پیش اپیش تدبیر کرد.
<b>Fictif</b>	ساختگی (تصوری)	د) اینجا منظود بوجود آوردن زمانی است که بعداً خواهد آمد (بطود ساختگی) که مثلای محاسبه فرسودگی یک دستگاه می‌توان با دست کردن نمونه (یا پیش آن این زمان د) پیش اپیش تدبیر کرد.

## کلمات مبحث هفدهم و نامه‌ها

<b>Cable Coaxial</b>	کابل هم مرکز	منظود کابلی است که دو سیم دادو سیم بیرونی بصورت ورقه‌ای استوانه شکل است و سیم دوونی در مرکز قاعده این استوانه قرار دارد.
<b>Aiguillage</b>	جدا سازی	د) اینجا منظود جدا کردن مسیر فرکانس گیرنده (گرفته شده به وسیله آنتن) از مسیر فرکانس فرستنده (فرستاده شده به وسیله همان آنتن) است.
<b>Encodeur</b>	کدگذار	
<b>Digital</b>	شماره‌ای (رقمی)	
<b>Duplexeur</b>	دوجهت کننده	منظود دستگاهی است که فرکانس‌های فرستنده و گیرنده (ابه دوجهت وابسته (اهمانی می‌کند.

الكتور نيك؟... بسيار ساده است!

مبحث اول

کوشش مبتدی برای ساختن یک دستگاه دزدگیر الکترونی تاحدودی با شکست روپر و شده است. مهندس نقص‌های دستگاه را به اوضاع می‌دهد و راه حل بهتر را برایش مشخص می‌کند. اما مبتدی، برای کاربر آن، باید داشت الکترونیک خود را کاملاً سازد، مهندس، پس از تعریف کردن الکترونیک، به او توصیه می‌کند آنچه را که تابحال درمورد رادیو می‌داند، دوباره از نظر بگذراند تا برای تفکوها ئی که از این پس می‌آیند، آمادگی داشته باشد.

تماس پر قرار می شود

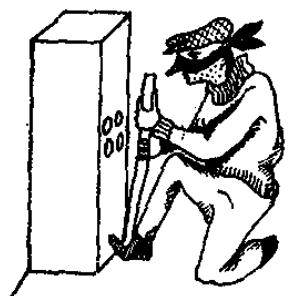
محافظت نادرست



**مبتدی** - آه سلام آقای مهندس، بالآخره آمدید؟  
**مهندس** - سلام آقای مبتدی. چرا گفتید بالآخره؟ با اینحال دیر هم نیامده ام.

**مبتدی** نه، اما می‌دانید برای دیدار شما خیلی بی‌تاب بودم. فقط شما هستید که می‌توانید توصیه سودمندی بهمن بگنید... در عین حال هم خوشحالم و هم بسیار ناراحت، زیرا دستگاه من کار نمی‌کند، اما دستگاه جالب و...

**مهندس** — نمی‌توانید کمی روش‌تر صحبت کنید؛ از حرفه‌ائی که می‌فرماید مطلقاً چیزی نمی‌فهمم.



**مبتدی** - بسیار خوب، تعریف می کنند. یکی از دوستانم که جواهر فروشی دارد، چند روز است از من خواسته دستگاهی برایش درست کنند که درین این دزدha او را محافظت کند. بله، دستگاه بنزگ و حساسی نمی خواست. از صحبت هایی که می کرد دستگاه ساده ای می خواست که خطر دزدی را برای مغازه او کمتر کند. چیز کمی که در گاو صندوقش نگه می دارد، ایجاب نمی کند که یك دستگاه پیچیده و گرانها نصب کند و ازمن پرسید که می توانم اینکار را برایش بکنم یا نه.

**مهندس** - کار جالبی است. امیدوارم پذیرفته باشید؛  
**میتدی** - البته. اما لازم بود راهی پیدا کنم که وجود دزد احتمالی را آشکار  
کنم. بنا بر این فکر کردم از یک میکروفون استفاده کنم...

**مبتدی** - مثل اینکه چندان موافق نیستید. در واقع می‌باشد قبل از آغاز به کار با شما مشودت می‌کرد. نزدیک صندوق یک میکروفن نصب کردم که به یک تقویت کننده وصل است و در خرچی تقویت کننده بحای بلندگو یک رله گذاشتم که به وسیله یک یکسوزان بکار می‌افتد (شکل ۱) و یک زنگ را درخانه دوستم که سه لمحه بالای مقازه قرار دارد به کار می‌اندازد.

**مهندس** — این فکر بخودی خود احمقانه نیست. اما اصلاً باور نمی کنم که سمتگاه شما مؤثر باشد. آبا آزمایش شو، چه دید؟

**میقتلی** - البته، کار را با وامودگردن اینکه می‌خواهم به صندوق دستیرد  
از نم آغاز کرد، رله بکار افتاد. خیلی خشنود بودم، همه چیز کامل به نظر می‌رسید.

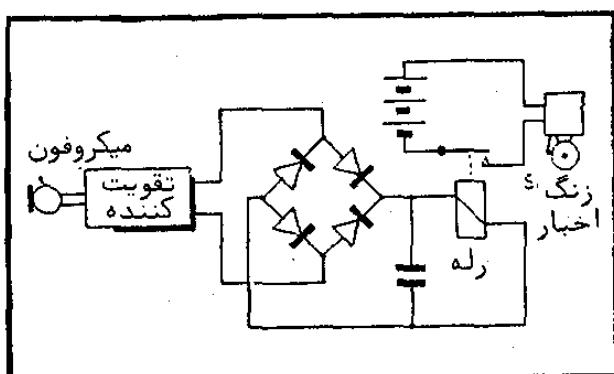
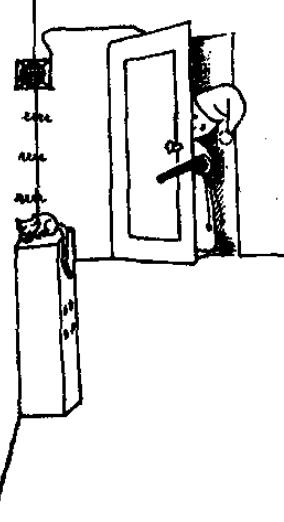
شب تمام دستگاه را بکار انداختم و... دوستم تمام شب را نخواهید.  
مهندس—آه از همینجا متوجه مطلب شدم. دوستان در تمام شب چندین بار  
بی صدا و سر تا پا غرق اسلحه از خانه اش پائین آمده و به مغازه رفته... چون یک  
آنومبیل مقابل ساختمان او به سختی تر هن کرد و یا گربه ای در جو اهر فروشی گذاشته  
و در را بسته بودند.

**مبتدی**—اگر جنبه شوخي آن را کنار بگذاريم، تقریباً همینطور است؛  
بخصوص وقتی که یادم می آید فردای آن شب دوست من در باره گنجایش من، نبوغ  
من در اختراع، آینده ام در رادیو... چه حرها زد.

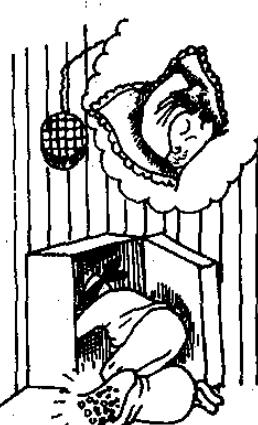
**مهندس**—مبتدی بیچاره ام، این موضوع را بخوبی میتوانم تصور کنم.  
از این گذشته، خوب توجه داشته باشید که دستگاه شما، که بخصوص بی موقع بکار  
می افتد، ممکن است در دزدی های شبیه بهمین حالت ها واکنشی از خود نشان ندهد.

**مبتدی**—آه، نه! غیر ممکن است چون خودم آن را بررسی کردم.

**مهندس**—آقای مبتدی شما که دزد نیستید، بنابر این در باره کاری که یک  
دزدهنگام در دشبانه به یک محل انجام می دهد کمی فکر کنید چون او کوشش می کند  
تا حد امکان کمترین سروصدرا را ایجاد کند. وقتی جلوی صندوق رسید، بدنیال  
دستگاه محافظت می گردد و چون ممکن نیست میکروفن شما را نبیند، باشتاب آن  
را در پوششی می پیچد تا صدا به آن نرسد. ممکن است در این کار موفق بشود.  
نه، حر فم را باور نکنید، چذب کننده خودتان را پدا نتخاب کرده اید.



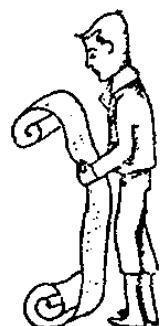
شکل ۱- صدائی که دربرابر میکروفون ایجاد شود، پس از تقویت به وسیله تقویت کننده و آنتن اسازی، مدار رله را می بندد و به این ترتیب (اساساً) جواهرفروش را باخبر می کند که یک نابکار مشغول دستبرد زدن به گاو صندوق اوست (یا متناسبانه! صدای مزاحم دیگری موجب ایمکار شده است)



### از رادیو به طرف الکترونیک

**مبتدی**—منظور تان از «جذب کننده» چیست؟

**مهندس**—بینید آقای مبتدی، در تمام دستگاه های الکترونیک، یک بخش  
وجود دارد که «جذب کننده» نامیده می شود (شکل ۲) که پدیده ای را که باید مورد  
استفاده، آشکار شدن یا اندازه گیری قرار گیرد... جذب می کند. بخش دیگری عالم  
الکتریکی تهیه شده به وسیله جذب کننده را می گیرد و آنها را به علامت های دیگری  
که مشخصات موردنظر را داشته باشند تبدیل می کند: این بخش را «مبدل» می نامند.  
اما در اینجا این نام معنی کلی تری از آنچه برای شما آشناست دارد. دریابان. بخش



آخر، «پس دهنده» است که از علامت الکتریکی تبدیل شده، عملی را که از مجموع دستگاه انتظار می‌رود، انجام می‌دهد.

**مبتدی**— تمام مطالب بینهایت پیچیده است. ترجیح می‌دهم یک مثال خوب و واضح بنویم.

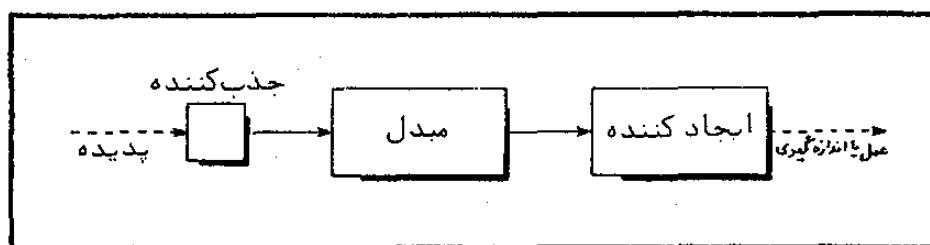
مهندس بسیار خوب. در دستگاه‌شما، جذب‌کننده میکروفن بود که پدیده‌ای را که باید آشکار ساخت (صد) به علامت الکتریکی «تعییر را برگردان» می‌کند. مبدل شما تعویت کننده‌ای بود که تو ان علامتی را که به وسیله میکروفن جذب‌کننده شما تهیه شده، بالا می‌برد. پس دهنده رله و دستگاه خبر دهنده بود.

**مبتدی**— اما جگونه می‌توانستم صدارا به غیر از میکروفن با چیز دیگری جذب (طبق اصطلاح شما) کنم؟

**مهندس**— آقای مبتدی نباید صدارا بکار می‌بردید بلکه چیز دیگری مثلما قطع کردن یک رشته اشعه نورانی به وسیله ذند را بکار می‌گرفتید. ترجیح دارد که از اشعه ماوراء قرهز استفاده کنید تا او چیزی نبیند و احساس نکند که متوجه ورود او شده‌اند و به کمک یک سلول فتوالکتریک...

**مبتدی**— آقای مهندس رحم کنید! من با هیچ‌کدام از این‌ها آشنا نیام. اشعه ماوراء قرهز، سلول فتوالکتریک، این وسائل وحشتناکند! باید دست کم دوره فیزیک عمومی را تمام کرده باشم تا بتوانم چیزی از آنها بفهمم... و باور کنید که این کار یک شب نیست!

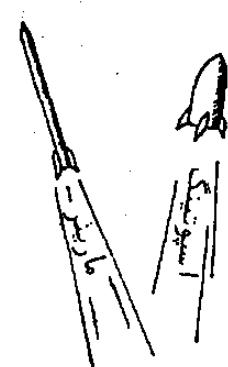
**مهندس**— آقای مبتدی اشتباه نکنید. می‌توانید الکترونیک را کاملاً بفهمید بی‌آنکه تحصیلات مشکل و مفصل دانشگاهی داشته باشد. آگاهی‌هایی که از رادیو دارید، می‌توانند کمک بسیار زیادی به شما بکنند. از این‌هم قدم فراتر



شکل ۲— تمام دستگاه‌های الکترونیکی جذب‌کننده دارند که پدیده مورد بررسی را به علامت الکتریکی برگردان می‌کنند که قابل کاربرد در بخش «مبدل» باشد. این مبدل علامت خروجی را «پس دهنده» می‌دهد که باید کار مورد نظر را انجام دهد و یا اندازه‌گیری را ممکن سازد.

من گذارم و من گوینم نه تنها می‌توانید الکترونیک را بفهمید. بلکه باید آنرا بفهمید. شما جوانید، پس بازمان خودتان زندگی کنید. در عصر ماهواره‌ها، انقلابهای رادار روی کرده‌زده، ماشین حسابهای برنامه‌ای، پژوهشگاهی هسته‌ای والکترونیک صنعتی، دیگر نمی‌توانید به فردای خودتان را وسیع تر نکنید....

**مبتدی**— چه سخنان زیبائی! احساس می‌کنم که در کاخ شاهان زندگی می‌کنم. اما از یک نظر حق باشماست و بهمین جهت کاملاً آماده‌ام مطابق گفته بسیار بچای شما «افق خودم را وسیع تر کنم». از کجا باید آغاز کرد؛ امیدوارم درباره ریاضیات با من صحبت نکنید...



**مهندس**— نه، مطمئن باشید. اگر آگاهی شما در ریاضیات کمی بیشتر شود (که بازهم چندان زیاد نخواهد شد) امکان می‌دهد که پدیده‌ها را بهتر بشناسید؛ اما به عقیده من، یک فرمول یا یک برابری (معادله) هرگز بیان کننده طرز کار یک دستگاه نبوده‌اند، پیش از آنکه جبر در کار دخالت داده شود، باید از نظر فیزیکی فهمید که طرز کار چگونه است.

اما برای اینکه به پرسش شما پاسخ داده باشم، بهشما توصیه می‌کنم که از آغاز... شروع کنید، یعنی از جذب کننده‌های مختلف.

**مبتدی**— بفرمایید! بمن بگوئید یک سلول فتوالکتریک چگونه کارمی‌کند در نتیجه جذب کننده‌ها را کاملاً فرا می‌گیرم.

**مهندس**— شما چنان متواضعید که تواضع گل بنشه دربابن تان هیچ است... وقتی دانستید سلول فتوالکتریک چگونه کار می‌کند (که تازه تها وسیله حساس در برابر نور نیست که الکترونیک‌ها آنرا بکارمی‌برند). توانید ادعای کنید که در باره جذب کننده‌ها «همه چیز» را می‌دانید. انواع آنها آنقدر زیاد است...

**مبتدی**— اما غیر از نور و صدا چه چیز را می‌شود جذب کرد؟

**مهندس**— در واقع تعداد کمی چیزهایی دیگر هست مانند سرعت، شتاب، فشار، دین debit (بده)، ارتعاش‌ها، نیروها، ذوچهای نیرو، تشبع‌های هسته‌ای، درجه گرما، هدایت گرمائی، خاصیت اسیدی، رطوبت...

**مبتدی**— رحم کنید آقای مهندس! دیگر نگوئید! وحشتناک است؛ هیچ وقت موفق به فهمیدن کار جذب کننده‌های وابسته به آنها نمی‌شوم. بهتر است فوراً از اینکار دست بکشم.

### فراخیزی اصولی

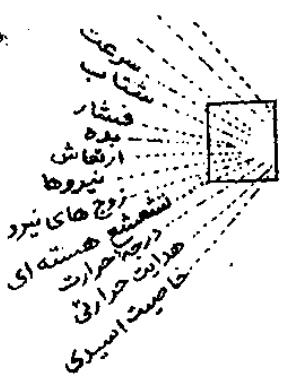


**مهندس**— کاملاً اشتباه می‌کنید. شش ماه پیش وقتی فرا گرفتن زبان انگلیسی را آغاز کردید، از اینکه ممکن است چهار هزار کلمه یاد بگیرید ولی نتوانید گفته‌های شکسپیر را بفهمید، از اول ناراحت شدید؛ قطعاً وقتی کسی بدسن شما باشد، می‌خواهد تمام مطلب‌های وابسته به یک موضوع را بداند. اما اگر بتوانید تعدادی از این جذب کننده‌ها روش کاربرد آنها را بدانید، بازخیلی خوبست.

**مبتدی**— حالا درست شد، برای من از الکترونیکی صحبت می‌کنید که برای مردم عادی خوبست...

**مهندس**— آقای مبتدی بالاخره چه وقت «عقده ریاضیات» شما از بین می‌رود؟ به نظر شما رادیوئی که برایتان گفتتم به دند مردم عادی می‌خورد؛ راستی اینطور فکر می‌کنید؛ باور کنید که می‌توانم چیزهای جالب و زیادی در الکترونیک بشما بیاموزم، که از آن پس با خوازندن مجله‌ها، کتاب‌ها و بخصوص باکارهای عملی می‌توانید دانش خودتان را کامل کنید. ابتدا بنای فهمیدن حقیقتی از تو شنیدن چیزی شوید و پس از جند گفتگویی خودمان. از فهمیدن بسیاری از تو شنیدنها که اکنون برایتان کسل کننده است شکفت‌زده خواهد شد.

**مبتدی**— در واقع حق باشماست. درباره این جذب کننده‌ها آگاهی‌های بمن بدھید و آنوقت من الکترونیک را می‌دانم، چون درواقع الکترونیک همان رادیو است.



## دوشواری یاک تعریف



**مهندس** - بهیچوجه موافق نیستم! اگر میل دارید می توانید بگوئید رادیو جزئی از الکترونیک است. الکترونیک از آن آغاز شده است، کسانی رامی‌شناسم که درشتۀ الکترونیک کارمی‌کنند و در مدت ده‌سال ذه بآن تن دست زده‌اند و نه به بلندگو و یا میکروفن.

**مبتدی** - پس قبل ازاینکه از مطلب دورشونم، الکترونیک را چگونه تعریف می‌کنید؟

**مهندس** - این خرفان درست! باید بگوییم که همین دنبال همین کار بودم... بینید آقای مبتدی، سوال ناراحت‌کننده‌ای کردید. کوشش می‌کنم به شما باسخ بدهم و می‌گویم که الکترونیک فنی است که حرکت بارهای الکتریکی را در ملاء‌های دیگری غیر از فلزات (مثلاً خلاء، گازهای با ایونیزاسیون و نیمه‌هادی‌ها) مورد کاربرد قرارمی‌دهد و با آنکه روی الکتریسیته تقریباً «به حالت خاص» کارمی‌کند، مانند (اینرسی) راندیده می‌گیرد. بنابرایی یاقطعی یک مداربرقی با وسایل معمولی، مستلزم جابجایی دو رسانای جرم‌دار برای وصل کردن بهم یا جدا کردن از هم است. اینکار مدتی وقت می‌گیرد. اگر روی بارهای الکتریکی عمل شود، که عملاً بدون جرم هستند، این کار را خیلی تندتر می‌توان انجام داد.

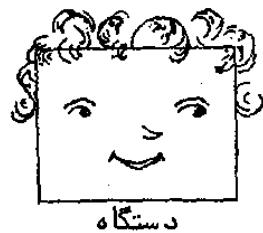
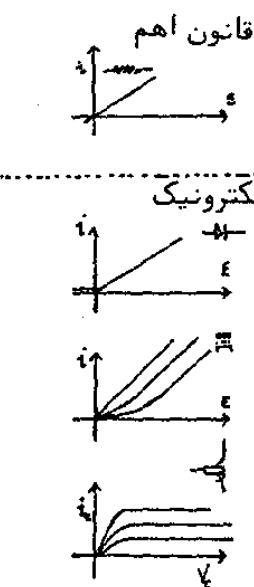
زمان‌دار الکترونیک مفهوم کامل‌اخاصی دارد یعنی آنرا به صورت میکروناوی (Ms) در نظر می‌گیرند که یک میلیونیم ثانیه است. حتی نانوثانیه (Ns) را که یک میلیاردیم ثانیه است بکار می‌برند. بالاخره گمان می‌کنم می‌شود گفت که الکترونیک از جائی آغازمی‌شود که قانون اهم تمام می‌شود.

**مبتدی** - ولی اینکار امکان‌ندارد! در یک تقویت‌کننده (که بهر حال الکترونی است) مقاومت‌های زیادی وجود دارند که از قانون اهم بیرونی می‌کنند!

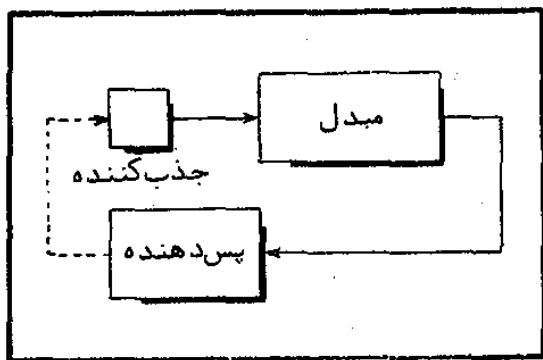
**مهندس** - چیزی را که من نگفته‌ام بمن نسبت ندهید؛ الکترونیک از عنصرهای غیر اهمی استفاده می‌کند، اما از عنصرهای متداول الکترونیک هم استفاده می‌کند و بهمین جهت است که آشنازی با الکتریسیته عمده‌ی تکنیک هم این‌حد در الکترونیک اساسی است و حتی بیشتر از آنچه که درزمینه محدود رادیو مورد نیاز است.

**مبتدی** - خوب قبول می‌کنم. اما برای اینکه قلمروی گسترده داشت الکترونیک را با هم بییمامیم چه باید کرد؟ (می‌بینید که ظرافت شما در سخنرانی و اگر دارد)

**مهندس** - گمان می‌کنم اساس این کار را برایتان مشخص کرده باشم. ما از جذب کننده‌ها، از بخشی از الکترونیک به علامت خارج شده از جذب کننده را تبدیل می‌کند و سپس از پس‌دهنده که عمل موردنظر را بدهد، گفتگو خواهیم کرد. برای اینکه دانش شما در باره بعضی از مونتاژهای الکترونیک که بعداً برای ما سودمند خواهد بود، کامل شود، به بررسی شمارش الکترونی و کاربردهای آن در ماشین‌حسابها می‌پردازیم. بالاخره با استفاده از این پس‌دهنده روی جذب کننده (شکل ۳) یعنی «یک دستگاه دوسرتسته» دستگاههای فرمان‌بوهند و محاسبه به وسیله قیاس الکتریکی را می‌سازیم. اگر باز هم سرحال بودید از اندازه گیری زمان که کاربردهای زیادی



دارد، صحبت می‌کنیم و بعد خواهیم دید که الکترونیک چه کارهایی برای زیست‌شناسی می‌تواند انجام دهد و در نجوم، در...



شکل ۲- در یک دستگاه دوسر بسته، پس‌دهنده روی جذب کننده اثر می‌گذارد.

**مهندسی**- رحم کنید! زین اینهمه بارخفه خواهیم شد!  
**مهندس**- نه، بهیچوجه! میل دارید فردا کارمان را آغاز کنیم؛  
**مهندسي**- بهتر است پس فردا باشد. با خواندن دوباره مطالبی که در باره رادیو برایم گفتید کار را آغاز خواهیم کرد.  
**مهندسي**- فکر بسیار خوبی است. اینکار خیلی سودمند است. بخصوص  
مطلوبهای را که با الکتریسیتهت عمومی، لامپهای الکترونی و مبدل‌ها وابستگی  
دارند، بخوانید. اما خودتان را با خواندن جزئیاتی که فقط به رادیو وابسته است  
خسته نکنید.



## مبحث دوم

دستان ما از «جذب کننده‌ها» صحبت می‌کنند یعنی درباره همان وسائلی که پدیده مورد بررسی را به عالم‌الکتریکی قابل کاربرد تبدیل می‌کنند. حتی اگر این پدیده از نوع الکتریکی باشد، گاهی لازم است یک جذب کننده وجود داشته باشد (مثالهای ای فشارهای مستقیم یا فشارهای بسیار زیاد الکتریکی). برای میدان‌های مغناطیسی هم جذب کننده‌های ساده‌ای وجود دارند. اگر جذب نیز و مورد نظر باشد، می‌توان مقاومت‌های مخصوصی بکار برد، که با افزایش درازای آنها ذیر اثر نیز و، تغییر می‌کنند و مقدار آنرا به سیله‌پل ویستون اندازه می‌گیرند. در آخر، تارهای هر تشن و پدیده پیزو-الکتریک هم امکان اندازه گیری نیروها را بوجود می‌آورند.

## جذب کننده‌های برقی، مغناطیسی و جذب کننده‌های نیر و

مهدیس - خوب آقای مهندسی سر حال هستید؟

**همتدی**- بله، بد نیستم. چند. فرمول هست که بخوبی آنها را نفهمیده ام.  
اما رویه همنه، تمام یادداشت های را که در جویان گفتگوی اول خودمان برداشته بودم،  
تقریباً به آسانی مروز کردم. خوب، امروز که از جذب کننده ها صحبت می کنیم، به  
من بگوئید که این سلول های فتوالکتریک چگونه کار می کنند؟  
**مهندس**- آفای همتدی حالا نه. گفتگو را با جذب کننده های آغاز می کنیم  
که در بر این عملیات الکتریکی حساس هستند.

از الکتریسیته به الکتریسیته

**همه‌تاً** - آقای مهندس مسخره ام کرده‌اید! برایم شرح دادید که یک جذب کننده پدیده مورد بررسی را به علامت‌های الکتریکی تبدیل می‌کند. اگر خود پدیده الکتریکی باشد، چیزی برای «جذب» وجود ندارد. کار انجام شده است!

**همه‌نامه** - تصدیق می‌کنم که در بعضی موارد حق با شماست. اما همیشه اینطور نیست. ممکن است که «پدیده الکتریکی» بطور مستقیم قابل کاربرد نباشد. در اینصورت برای اینکه قابل کاربرد شود، باید آن را به وسیله «مبدل» تغییر داد. دستگاهی که باید این تغییر را ایجاد کند یک «جذب‌کننده» واقعی است. حالا نخستین مثال را برایتان می‌آورم: فرض کنید که این پدیده یک فشار بسیار ضعیف هستیم باشد، ما آن را می‌گیریم؛

**متدهی**— کار را با گذاشتن آن پهلوک تقویت کننده آغاز می‌کنم...

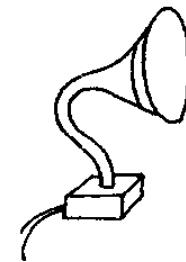
مهندس - منتظر همین حرف بودم! آقای مهندسی تقویت کننده‌هایی که شما می‌شناسید غیر از فشارهای متناوب چیزی را تقویت نمی‌کشند. قبول دارم که بنوادی درباره تقویت کننده‌هایی که فشارهای مستقیم را تقویت می‌کشند، صحبت خواهیم کرد،

اما خواهید دید که این دستگاه‌ها هم تن جیج می‌دهند که فشار ورودی به آنها تاحد کافی قوی باشد، و گرنه باید ضربه بهره آنها را خیلی زیاد کردو انشعاب آنها ممکن است باعث نزحمت ماشود. بجایست که به پیشرفت‌های پدست آمده در تقویت کننده‌های دیفرانسیل کم به روشن مدار مجتمع ساخته‌اند توجه کنید، مثلاً مدار مشهور  $\mu A 709$  (یا  $709B$  یا  $SFC 709$ ) یک تقویت کننده کامل است، که از ورودی  $30000$  است (به تقویت کننده‌های عملی صفحه ۲۷۱ نگاه کنید)، نه، بهتر است فشار مستقیم مورد نظر را به یک فشار متناوب تبدیل کنیم...

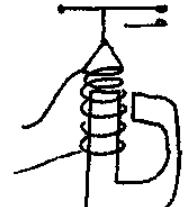
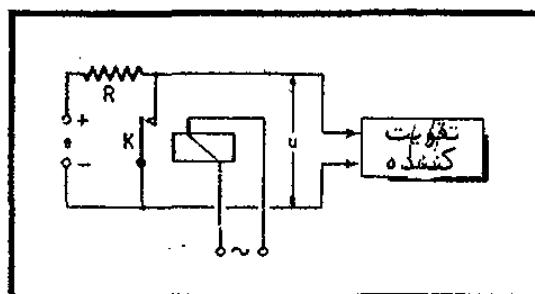


**مبتدی** - از هم‌اکنون می‌توانم بگویم که در اینجا از مبدل استفاده نخواهید کرد، زیرا مبدل فقط برای فشارهای متناوب قابل کاربرد است.

**مهندس** - کاملاً حق دارد. یکی از همین دویست اتورها را بکار می‌برم که بطور مخصوصی ساخته شده‌اند و آنرا «قطع کننده» می‌گویند. این دستگاه‌هارلهای بسیار دقیقی هستند (و متأسفانه بسیار گران) که آنها را بسیار سریع به ارتعاش درمی‌آورند اگر به شکل خلاصه شده آن در زیر نگاه کنید (شکل ۶) می‌بینید که فشار  $U$  در ورودی تقویت کننده وقتی اتصالی  $K$  هر تعش شونده باز است، برابر  $U$  می‌باشد (فرض می‌کنیم که مقاومت ورودی تقویت کننده نسبت به مقاومت  $R$  بزرگ است). اما وقتی  $K$  بسته است،  $U$  تقریباً صفر است، البته با فرض اینکه مقاومت اتصالی  $K$  نسبت به  $R$  خیلی کوچک باشد، بنابراین فشار  $U$  متناوب است، یا بهتر بگوییم، دارای یک مؤلفه متناوب است که تقویت کننده آنرا بطور صحیح تقویت می‌کند و س از آن آشکار خواهیم ساخت.

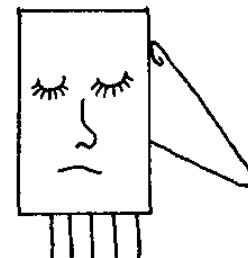


شکل ۶. اتصالی  $K$  که بطور دوره‌ای بسته و باز است، لشار مستقیم  $U$  را به فشار متناوب  $U$  که تقویت آن ساده‌تر است، تبدیل می‌کند (متغیر کوچک در شکل نشانه اختصاری سیم‌بیچی فرقه باهسته مغناطیسی است)



**مبتدی** - این دستگاه بسیار زین‌کانه است. اما اتصالی  $K$  را چطور به ارتعاش درمی‌آورید؟

**مهندس** - طرز کار آن ارتوی شکل خلاصه‌ای که کشیده‌ام می‌بینید به این ترتیب که جریان متناوب مثلاً  $50$  هرتز برق شهر را به قرقه می‌دهم. در این قرقه آهن-ربائی هست که باعث می‌شود قطع و وصل کننده، مدار را فقط  $50$  بار در ثانیه قطع کند نه صد بار...



**مبتدی** - این حقه را بلمدم، بهمان ترتیب است که در گوشی‌های تلفن و یا بلندگوهای مغناطیسی قدیمی عمل می‌کردند. اما بگوئید بیشتر ذمی تو اینم در اینجا

همان روشی را که در بلندگوهای دینامیک متداول است، بکاربریم و اتصالی را بهوسیله یک فرقیه متحرک بکار بیندازیم؟

**مهندس** - نه تنها اینکار انجام شدنی است بلکه شروع به ساختن آنهم کرده‌اند و گمان می‌کنم آینده مال آن باشد.

**مبتدی** - خوب، اینکار را بیشتر دوست دارم. اما چرا می‌گوئید این رله‌ها اینقدر گران هستند. در واقع غیر از رله‌های نسبتاً سریع چیز دیگری که نیستند؟

**مهندس** - برای شروع بکار به تعداد دفعاتی که اتصالی باید کار کند، فکر کنید. پنجاه بار در هر ثانیه بسته و بازشدن، ۱۸۰۰۰ بار در هر ساعت که هر روز ۳۰۰/۴ بار می‌شود...

**مبتدی** - رحم کنید و دیگر نگوئید در هر ماه چقدر می‌شود، چون تا همینجا هم احساس خستگی می‌کنم!

**مهندس** - رله قبیل از شما خسته خواهد شد ولی انواع خوب آن حداقل صد ساعت کار را تأمین می‌کنند. همچنین فرقه نباید در حلقه‌ای که بهوسیله اتصالی تشکیل می‌شود، هیچگونه فشاری القاء کند، البته بدون در نظر گرفتن پس‌ماده‌های احتمالی فشارها که پس از بسته شدن اتصالی ممکن است وجود داشته باشند.

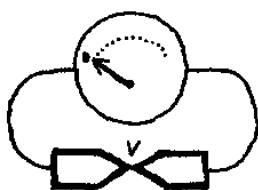
**مبتدی** - با این موضوع دیگر موافق نیستم! وقتی دوفلن با هم تماس پیدا کنند، یک اتصال کوتاه بوجود می‌آید، اینطور نیست؟

**مهندس** - دو فلن کاملاً شیوه بهم بله (که در آنهم حرف است). اما وقتی اندازه‌گیری فشارها را بر حسب یک هزار و لت (میلی ولت) آغاز می‌کنیم، مطلب به این سادگی هم نیست. بالاخره در نظر داشته باشید که ساختن این مرتعش شونده‌ها مشکل است... و برای خرید آنها باید پول حسابی داد.

بعای من تعش شونده‌ها می‌توان بطور مؤثر یک دستگاه مدولاتور تمام یا هیچ که با نیمه‌هادی‌های کار می‌کند گذاشت که عموماً آنرا «قطع کننده» (Chopper) می‌گویند، بهترین راه حل بکار بمندن یک ترانزیستور با این میدان<sup>۱</sup> است که وقتی شیکه پلاریزاسیونی ندارد، کاذال یا راه سیلیسیوم بین الکترود منبع و الکترود مجرای آن کمترین مقاومت را دارد (غالباً بین ۶۰ تا ۳۰۰ اهم) در حالی که به محض منفی شدن پارشیکه مقاومت بین منبع و مجرأ عملاً بینهایت است. با گذاشتن یک فشار مدولاسیون به این شیکه می‌توان همان نقش (یا تقریباً همان نقش) اتصالی یک منتعش شونده را از فضای بین منبع و مجرأ خواست با این فرق که فشار اتصالی والبته خستگی را کاملاً حذف می‌کنیم زیرا واضح است که در ترانزیستور یا این میدان از نظر مکانیکی چیزی جایجا نمی‌شود. تنها فرقی که با مدولاتور مکانیکی دارد اینست که در حالت «بسه» مقاومت منبع - مجرأ در مدار باقی می‌ماند که ممکن است تا صد اهم برسد، درحالی که وقتی اتصالی رله بسته است. مقاومتی تقریباً برای صفر دارد.

**مبتدی** - از طرز بیان شما... می‌فهمم که فعل جذب کننده‌های الکتریکی با این یافته است.

۱. نگاه کنید به کتاب «ترانزیستور؛... بسیار ساده است!»



## فشارهای بسیار قوی

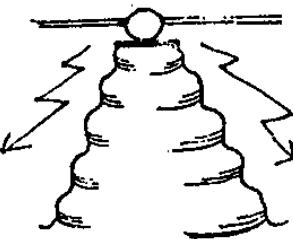
مهندس— هنوز خیلی مانده است. مسلمًا نمی‌توانیم هم‌درا از نظر بگذرانیم، اما از شما می‌پرسم که یک فشارمتاوب قوی، مثلاً فشاری که مقدار مؤثر آن ۳۰۰۰۰ ولت باشد، چگونه بکار می‌برید؟

**مبتدی**— ابتدا خیلی دقت می‌کنم.

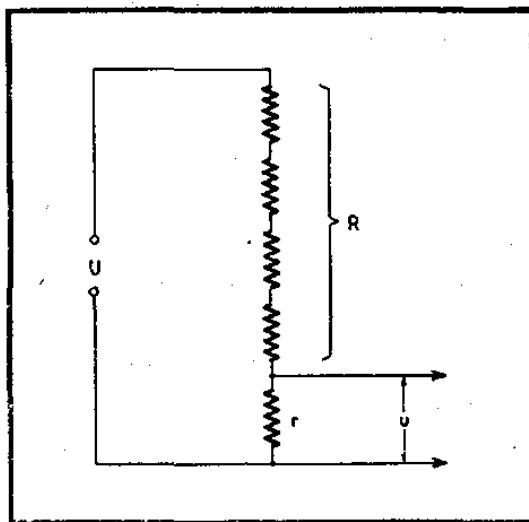
مهندس— کاملاً حق دارید. اما این کار کافی نیست، بلکه باید این فشار را بکار برد. تصور می‌کنم آنرا مستقیماً به شبکه یک تقویت‌کننده نمی‌گذارید؟

**مبتدی**— این دیگر دور از انصاف است، درست است که من حرفاًی

پرت و پلا زده‌ام اما تا این حد نبوده است نه. کار را با گذاشتن این فشار به یک پتانسیومتر شروع می‌کنیم...



شکل ۵- تقسیم‌کننده فشار برای فشار زیاد [۱]. مقاومت  $R$  از چندین مقاومت تشکیل شده است برای اینکه هر کدام در درجه سرشان فشار زیادی تحمل نکنند.



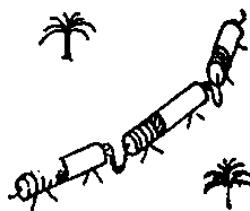
مهندس— عجب! عجب! اگر پتانسیومتر را از نوع متداول بگیرید، فقط منفجر خواهد شد. نباید فراموش کنید که یک فشار ۳۰۰۰۰ ولت می‌تواند در هوای در فاصله‌ای بیشتر از ۴۰ میلیمتر جرقه ایجاد کند. اگر ناچار باشید، می‌توانید یک تقسیم‌کننده فشار مخصوص مانند شکل ۵ بسازید. فشار خروجی به نسبت

$$\frac{U}{U'} = \frac{r}{R+r}$$

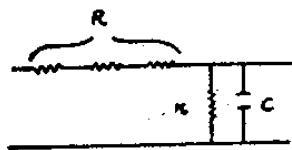
کاهش یافته است.

**مبتدی**— خوب، این مطلب به نظر من درست است. اما چرا مقاومت  $R$  از چندین مقاومت بیاپی تشکیل شده است؟

مهندس— من فقط چهار تای آنها را کشیده‌ام. در واقع، بیشتر از صد مقاومت می‌گذارم تا در دوسره یک از آنها حداقل ۳۰۰ ولت فشار وجود داشته باشد. غیر از مواردی که نوع کاملاً ویژه‌ای ساخته شده باشد، یک مقاومت معمولی به سبب آنکه عایق بودنش باید حفظ شود، نمی‌تواند بیش از این فشاری تحمل کند. فقط

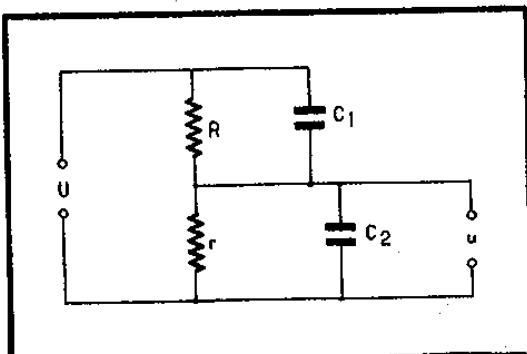


توجه کنید که مقاومت  $\pi$ ، بر عکس آنکه به حرف کوچک نمایش داده شده، مقدار نسبتاً زیادی دارد. فراموش نکنید که فشار شما متناوب است و ناچار یک ظرفیت مزاحم  $C$  موازی با  $\pi$  وجود دارد که همان ظرفیت مزاحم بین رشته‌های وصل کننده درهای ورودی دستگاه الکترونی است که فشار گرفته شده از دو سر  $\pi$  را به آن می‌گذارد.



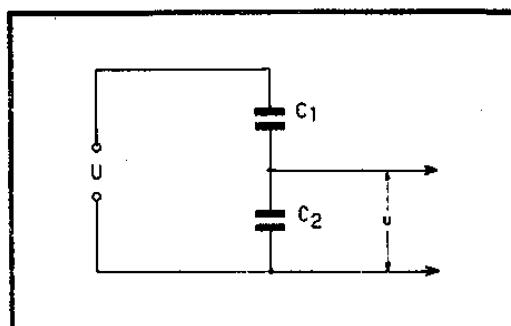
**مبتدی** - منظور چیست؟ به نظر من چندان اهمیتی ندارد.

**مهندس** - اشتباه هی نکنید دوست من ۱ خازن  $C$  می‌تواند در فرکانس مورد نظر، دارای یک مقاومت ظاهری باشد که مقدار آن نسبت به مقاومت  $\pi$  بی‌نهایت نباشد؛ در این حال نسبت کاهش در تقسیم کننده فشار شما پائین می‌آید.



شکل ۶ - برای اینکه تقسیم کننده  $R - \pi$  وابسته به پریود نباشد (برای اینکه  $\frac{U}{U}$  مستقل از فرکانس باشد) باید رابطه  $RC_1 = \pi C_2$  بین آنها برقرار باشد.

شکل ۷ - اگر فقط فشار متناوب مورد نظر باشد، می‌توان با دو خازن یک تقسیم کننده فشار ساخت.



**مبتدی** - لعنت بر شیطان! فکرش را نکرده بود؟ پس کاری نمی‌شود کرد؟ آه چرا فهمیدم باید مقدار  $R$  و  $\pi$  را کم کرد.

**مهندس** - آرامتر، با این کار جریان زیادی از منبع  $U$  می‌گیرید. ممکن است تواند این جریان را برایتان تهیه کند و از این گذشته این کار باعث می‌شود که توان زیادی روی مقاومت  $R$  از بین برود.

**مبتدی** - فکری باخاطرم رسید! حالا که ناراحتی ما از وجود ظرفیت مزاحم در دو سر  $\pi$  است، باید با جای دادن یک خازن در دوسر  $R$  بتوان آنرا برطرف کرد.

**مهندس** - بسیار خوب آقای مبتدی، فکر تان بسیار عالی است. اینکار علاوه بر انجام می‌شود و اگر داشته باشیم  $RC_1 = \pi C_2$  جبران آن کامل است (شکل ۶).



در این رابطه  $C_2$  ظرفیت هزاحم است. اگر مدار محدود به فرکانسها می باشد که خیلی کم نیستند می توان مونتاژ را ساده تر کرد و در این صورت تقسیم کننده ظرفیتی فشار پدست می آید که آنرا برایتان می کشم (شکل ۷). فرض می کنم که مقاومت ورودی  $R$  دستگاهی که فشار کم شده  $U$  را به آن می گذارد نسبت به مقاومت ظاهری خازن  $C_2$  تقریباً بینهایت باشد. در این صورت می توانم بگویم که بار الکتریکی که در هر نیم پر یود از  $C_1$  و  $C_2$  می گذرد یکسان است. از آن می توان نتیجه گرفت که

$$U C_2 = (U - u) C_1$$

و از آنجا پدست می آید...

**مبتدی** - خواهش می کنم نتیجه آخر را بگوئید، من بشما اعتماد دارم.

**مهندس** - یک سطر محاسبه کافی است تا رابطه زیر پدست آید

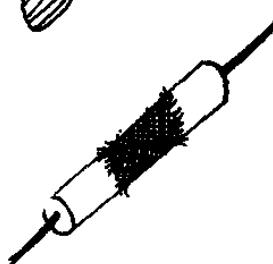
$$\frac{u}{U} = \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

**مبتدی** - کمی شبیه به فرمولی است که برای تقسیم کننده فشار مقاومت پدست آوردیم. از هم‌اکنون حدس می‌زنم که پمن خواهید گفت ظرفیت هزاحم اهمیتی ندارد و کافی است  $C_2$  را کسر کنیم و...

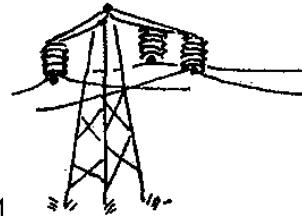
**مهندس** - کاملاً درست است. آقای مبتدی تعارفات مرا بپذیرید.

**مبتدی** - خواهش می کنم، من همیشه اینطورم. اما در مورد خازن  $C_1$  محتماً همان ناراحتی که قبلاً درباره مقاومت  $R$  گفتیم وجود دارد. بدون شک صد% خازن  $C$  را بطور پیایی با هم می گذارید؟

**مهندس** - نه، بهیچوجه و برتری این نوع تقسیم کننده فشار در همین جاست برای اینکه خازن  $C_1$  را که ظرفیت بسیار کمی دارد، می توان طوری پیش‌بینی کرد که تمام فشار  $U$  را تحمل کند. مثلاً می توان یک تکه از کابل رادیولوژی را که روکش خارجی آن مس است و در وسط عایق پلی‌تن Polythène با یک سیم من‌کزی دارد و مثل کابل هم‌مرکز است، بکار برد. بین سیم درونی و پوشش فلزی خازنی تشکیل می شود که در حدود ده پیکوفاراد ظرفیت دارد.



### جذب کننده میدان الکتریکی



**مبتدی** - فکری هم به خاطر من رسیده است.

**مهندس** - معمولاً فکر تان خطرناک است، با اینحال بگوئید.

**مبتدی** - کاملاً اشتباه می کنید، زیرا فکر من درست برای دوری از خطر است. موضوع اندازه گیری فشاری است که روی کابل هوایی فشار قوی ۴۰۰۰۰ یا ۲۲۰۰۰ ولت وجود دارد. می توان زیر سیم‌ها، در فاصله ده متری یک سیم موازی گذاشت که جوشن دوم  $C_1$  را تشکیل می دهد (شکل ۸) و دیگر کار تمام است!

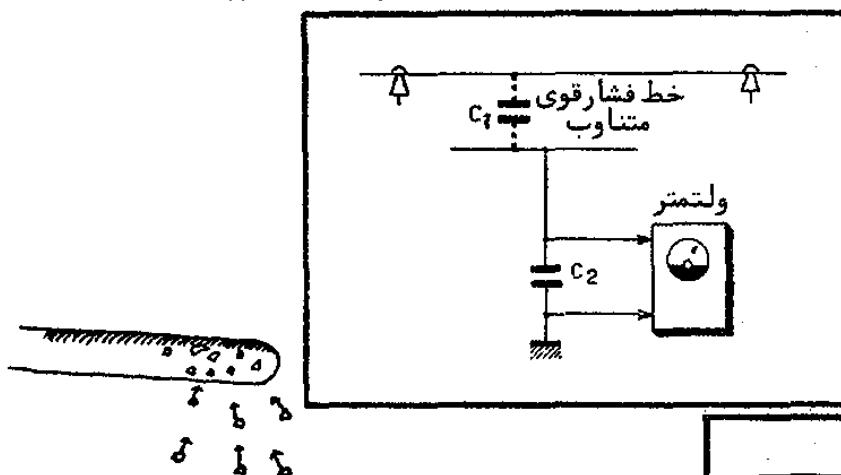
**مهندس** - آقای مبتدی مجدداً تعارفات مرا بپذیرید. فکر شما کار برد هم بیدا کرده است. با وجود این چند دشواری وجود دارد (که نگهداشتن جوشن دو:  $C_1$  در یک وضع ثابت نسبت به کابل فشار قوی و به حساب آوردن کابل‌های فشار قوی دیگر



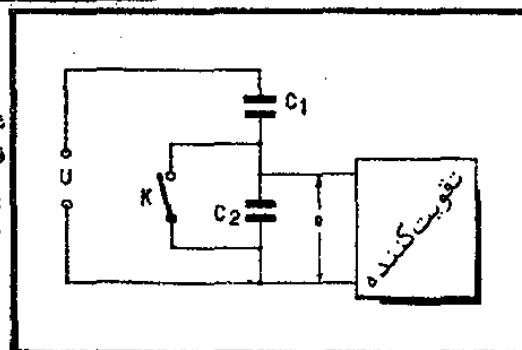
که نزدیک کابل مورد نظر شما هستند، در شمار آنهاست). همانطور که خود شما هم فکر کرده اید، موقعیتی را که آرزو داشتم، پیش آوردید تا برایتان از جذب کننده های میدان الکتریکی صحبت کنم. دستگاهی که برایم شرح دادید یکی از آنهاست، اما فقط برای میدان های متناوب کاربرد دارد.

همه‌لی - آم... بله... اما پیش از آنکه این مطلب را دنبال کنیم یادآوری کنید که منظورتان از «میدان الکتریکی» چیست؟

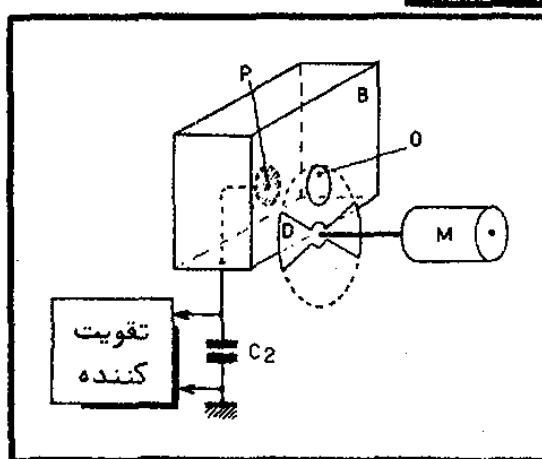
مهندس - منظورم فقط وضعیک منطقه از فضای همسایگی بارهای الکتریکی است که باعث می‌شود یک نیرو روی تمام بارهای الکتریکی واقع در این منطقه تأثیر کند. وقتی یک میله پلاستیکی را به پارچه‌ای بمالید، میدان الکتریکی آنرا



شکل ۸ - در حالتی که فشار از راه یک خازن بدست آمده باشد، فرمی تواند روش قطع کردن (شکل ۴) را بکار برد.



شکل ۹ - تقسیم کننده فشار خازنی برای فشارهای بسیار زیاد متناوب. خازن  $C_1$  به وسیله خط فشار قوی و یک تقسیم که در همسایگی آنست، تشکیل شده است.



شکل ۱۰ - صفحه گرد  $P$ ، که در جعبه سربسته قرار گرفته است که صفحه گردان  $D$  آنرا سد و باز می‌کند و به این ترتیب اثر میدان الکتریکی  $P$  به همان آهنگ مدولاسیون پیدا می‌کند.

احاطه می کند و باعث می شود که میله اجسام سبک را به خود جذب کند. بین کاتد و آند یک لامپ، میدان الکتریکی وجود دارد والکترونها را به طرف آند می کشد. مبتلی متوجه شدم. اما دستگاه من برای همه میدانهای الکتریکی خوب است. اگر جریان مستقیم باشد، می توان یکی از همان منبعش شونده های را که برایم گفته بکار برد...

**مهندس** وحشتناک است! فرض کنید چیزی را که شما می گویند مسازیه (شکل ۹). پنجای میدان الکتریکی یک باطری با فشار زیاد را بطور پیاپی با خازن  $C_1$  قرار می دهیم. و بین آنها  $K$  را چندین بار قطع و وصل کنید. به این ترتیب خازن  $C_2$  را کاملا خالی می کنید که دیگر بر نمی شود و فشار  $E$  برای همیشه صفر خواهد ماند. نه ویس اتو زفایده ای ندارد، اما برای تبدیل یک عامل مستقیم به عامل متنابض حق دارید چون کاربر آن آسانتر است؛ فقط نباید این کار را با فشار الکتریکی انجام دهید، بلکه با خود میدان این کار را بکنید.



### ژیمناستیک خسته کننده



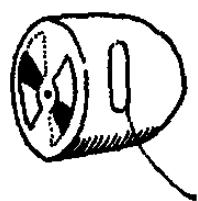
مبتلی این کار را با نزدیک و دور کردن بسیار تنده قطعه فلزی متصل به خازن  $C_2$  پرسش که میدان الکتریکی را ایجاد می کند انجام می دهیم؛ **مهندس** فکر خوبی است. اما گمان نمی کنم بتوانیم به این قطعه فلزی حرکت رفت و آمدی پادامنه قوی و ۵۰ پریود در ثانیه بدھید و اگر بتوانیم نمایش خوبی برای سیرک است! بهتر است قطعه فلزی  $P$  متصل به خازن  $C_2$  را در یک جمعه فلزی  $B$  (شکل ۱۰) قرار دهید که صفحه گردان و دریچه دار  $D$  که به سیلیکوموتور  $M$  بهمکانت در می آید، آنرا به طور متنابض باز کنند و یا بینند. وقتی دریچه باز است، پخشی از قطعه  $P$  زیر اثر میدان قرار می گیرد و وقتی دریچه مسدود است، از تأثیر میدان خارج می گردد. روی  $C_2$  یک فشار متنابض ظاهر می شود و دیگر کاری نداریم جز اینکه به کمک یک تقویت کننده که «الکترومتر» نامیده می شود و بعد از درباره آن صحبت می کنیم، تقویت شود.

**مبتلی** در واقع کمی شبیه به روشی است که یکی از دوستانم که با سیکلوترون Cyclotron کار می کند، بکار می برد...

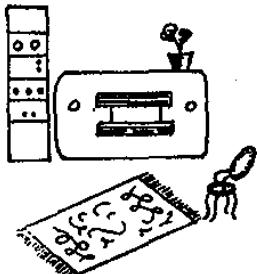
**مهند** درمن لش؟؟

مبتلی نه درمن کن اورسی (Orsay). او برای اندازه گیری میدان یک مغناطیس، قرقره کوچکی از سیم دارد که در انتهای یک چوب عصا قرار گرفته و یک موتور آنرا می گرداند و فشاری را که در قرقره القاء می شود اندازه می گیرد.

**مهندس** در حقیقت این روش در اندازه گیری میدانهای مغناطیسی دائمی متدائل است. البته می شود طور دیگری هم عمل کرد. می دانید که آهن و فربت ها (Ferrites) (اکسید آهن مغناطیسی که طرز ساختمان آن شبیه به سرامیک هاست) خاصیتی دارند که در یک میدان مغناطیسی اشباع می شوند که این خاصیت معمولاً مطلوب هم نیست. بنابراین کافی است یک میله آهنی یا فربتی را در یک میدان مغناطیسی قرار دهید و در این حال اشباع ضریب قابلیت نفوذ آنرا تعیین می دهد (عاملی که باعث تمثیل خطوط نیز و می شود و اثرش زیاد تر کردن ضریب خود القائی

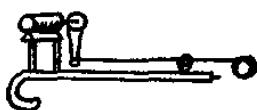


سیم پیچی است که آهن یا فریت در وسط آن قرار گرفته است) در این صورت کاری غیر از اندازه گیری این ضرب قابلیت نفوذ باقی نمی‌ماند که بطور ساده با مشخص کن دن ضرب خودالقائی سیم پیچی که دور میله قرار گرفته است، میدان مغناطیسی را تعیین می‌کند. یک جذب کننده میدان مغناطیسی هم هست که بسیار جالب است و آن مقاومت مغناطیسی است. این جذب کننده یک نیمه هادی است که تقریباً میانند یک مقاومت خطی عمل می‌کند که مقدار مقاومتش زیر تأثیر یک میدان مغناطیسی تعییر می‌کند. به این ترتیب می‌توان اندازه گیری میدان مغناطیسی را به اندازه گیری مقاومت الکتریکی تبدیل کرد و مثلاً به وسیله یک پل ویستون انجام داد.



**مبتدی**— اگر میدان مغناطیسی شما متناوب باشد، این موضوع با گردش قرقه سیم پیچی د یا جریان متناوبی که بی‌شک برای اندازه گیری خودالقائی بکار می‌برید، اغتشاشی ایجاد نمی‌کند؟

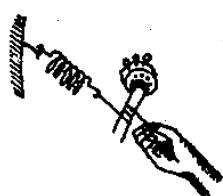
**مهندسان**— آقای مبتدی شما دنبال اشکال می‌گردید. اگر میدان متناوب باشد، قرقه را بی‌حرکت نگاه میدارند و فشار القاء شده را آزمایش می‌کنند.



**مبتدی**— در واقع اینکار آسانتر است. به این ترتیب درباره جذب کننده‌های فشارهای مستقیم (هر چند شونده‌ها یا ویپرا تورها) جذب کننده‌های فشارهای بسیار قوی ( تقسیم کننده‌های فشار مقاومتی و خازنی) و جذب کننده‌های میدان الکتریکی و مغناطیسی (قرقره سیم پیچی گردان یا اشعاع فریت) بنایم صحبت کردید. حال در چه موردی می‌خواهید صحبت کنید؟

### جنب کننده‌های نیرو

**مهندسان**— فکر می‌کنم گفتگو ذی‌باره جذب کننده‌های حساس در بر این نیرو، جالب باشد.

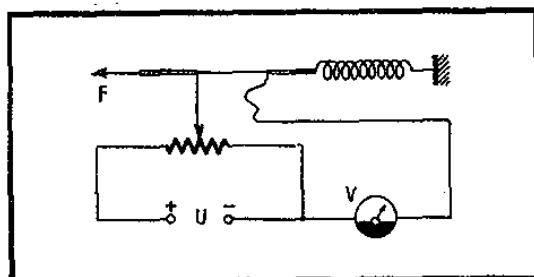


**مبتدی**— شاید راهی برای اندازه گیری نیرو و بطور الکتریکی وجود داشته باشد. اگر نیروی مورد بررسی را به سیمی وارد کنید که در آنها یش فشری قرار دارد، هر چه نیرو و بزرگتر باشد، این سیم درازتر می‌شود. بنابراین اگر سیم را به دور محور یک پتانسیومتر پیچیم، با اندازه گیری‌های الکتریکی می‌توان مشخص کرد که پتانسیومتر چه مقدار چرخیده است.

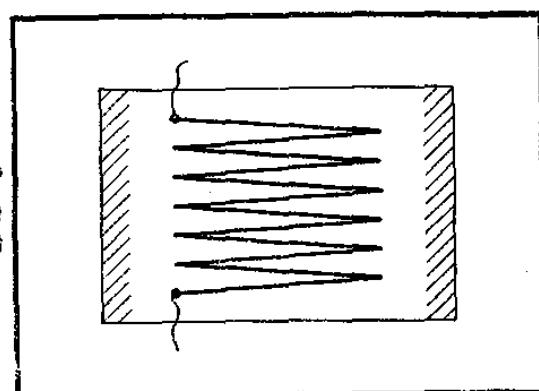


**مهندسان**— آقای مبتدی امروز کاملاً سرحال هستید! همین دستگاه شما را با کمی تعییر غالباً بکار می‌برند به این ترتیب که پتانسیومتر از یک سرمتحرک تشکیل شده است که روی یک مقاومت می‌لغزد. این مقاومت روی یک بدنه استوانه شکل پیچیده شده است و بنا بر این نیازی نیست که سیم را دور یک محور پیچید بلکه آنرا مستقیماً به سرمتحرک وصل می‌کنند. یک فشار مستقیم (شکل ۱۱) به مقاومت گذاشته شده است و یک ولتمتر  $V$  که بین یک سرمتحرک و سرمتحرک قرار گرفته است، امکان خواندن وضیعت سرمتحرک یعنی نیرو را به صورت فشار الکتریکی بوجود می‌آورد. اما نوع دیگری وجود دارد که بسیار متناول است و آن اندازه گیر فشاری با رشتۀ مقاوم است.

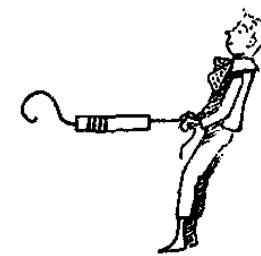
**مبتدی**— اسمش ناراحتم می‌کند، باید دستگاه بسیار پیچیده‌ای باشد!



شکل ۱۱- بر حسب مقادیر گوناگون نیروی  $F$ ، سرعت حرکت پتانسیومتر درست راست یا چپ قرار خواهد گرفت. به این ترتیب مقدار نیرو را روی ولتمتر می خوانند.



شکل ۱۲- اندازه گیری فشاری از یک سیم به شکل زیگزاک (۷۶/۸) که دوی یک کافته ثابت شده، تشکیل گردیده است.

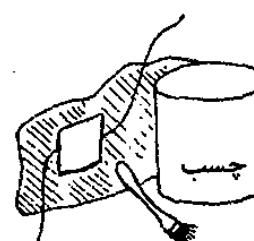


**مهندس**- فقط اسمش پیچیده است. (نامه نام انگلیسی آنرا که به شکل کاملاً فرانسوی Strain Gauge زیاد بکار رفته است به شما نگفته ام). آقای مبتداً می بینید که مقدار یک مقاومت که از یک سیم نازک تشکیل شده باشد، وقتی کشیده شود تغییر می کند...



**مهندسان**- آه! حالا می فهمم چرا: می گویند نباید سیم را بخط مقاومت ها را در سیمکشی دستگاه ها کشید چون ممکن است مقدار آنها را تغییر دهد و ...

**مهندسان**- اووه! اصلاً علت این نیست. بدوأ بدانید که تغییراتی که بر ایتان گفتم فقط به چند هزارم (حداکثر  $5/0$  درصد) مقدار اصلی می رسد و بعد وقتی این پدیده طبق یک قانون شناخته شده بوجود می آید که فقط سیم با رشته نازک فلزی باشد. توصیه ای که به شما کرده ام، و بنظر من بسیار درست است، هدفش اینست که از خراب کردن هکانیکی مقاومت های بکار رفته در سیمکشی دوری شود. پس ببینید مقاومت های اندازه گیری، از یک رشته بسیار نازک درست شده اند که بطور ۷۶/۸ روی یک پرگ کاغذ قرار دارند (شکل ۱۲). این کاغذ را روی یک قطعه (که معمولاً فلزی است) می چسبانند و فرض می کنند که این قطعه زیر اثر نیروهای قرار گرفته است که آنها را «فشاری» (فشارهای درونی) می نامند که موجب تغییر شکل قطعه می شود. اگر کششی در کار باشد، بخشی از قطعه فلزی که مقاومت روی آن چسبانده شده، درازتر می شود، همینطور سیم مقاومت هم درازش می گردد و مقدار مقاومت تغییر می کند.



### مسئله قابلیت ارتجاع...

**مبتدی**- ولی آقای مهندس این کار اصلاً جور در نمی‌آید! شما می‌گویید که قطعه فلزی است...

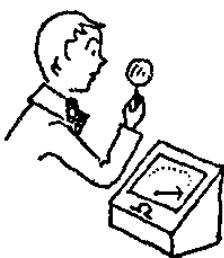
مهندس- اینکار الزامی نیست، فقط بیشتر وقتها اینطور است.

**مبتدی**- بله، اگر گفته بودید لاستیکی است، قبول می‌کردم که ذین اثربیک نیز تغییر شکل می‌دهد، ولی برای فلز قبول ندارم.



مهندس- خبر تازه‌ایست! این میله نازک‌آهنی را نگاه کنید، اگر آنرا عمودی بگیرم کاملاً راست است. آنرا بطور افقی می‌گذارم و یک انتهای آنرا در گیره‌ای قرار می‌دهم، می‌بینید که خم می‌شود. مجبور بود پنهان‌بینید که رشته‌های فلزی که در بالای میله هستند درازتر و رشته‌های فلزی ذین کوتاه‌تر شده‌اند.

**مبتدی**- نماید این مطلب را بهن می‌گفتید، وقتی از روی پل فلزی رد می‌شوم به این فکر می‌افتم که قطعه‌های آهنی کف پل دارند ذین باعی من درازتر می‌شوند.



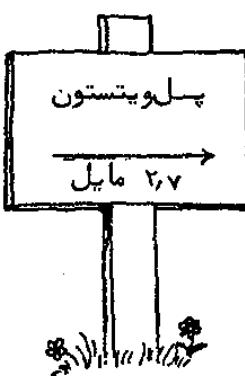
مهندـس- تا موقعی که آنها را از حد قابلیت ارتجاع نگذارند، درازتر شدن آنها کاملاً متناسب با نیروی است که آنرا ایجاد می‌کند و جایی ترس باقی نمی‌گذارد. پل «برای همین بردسی شده» است. از طرف دیگر درازتر شدن بسیار کم است و برای مقاومت، جای خوشه‌وقتی باقی است چون سیم آن نمی‌تواند بیشتر از کسری از چند درصد درازتر شود و نشکند.

**مبتدی**- قبول می‌کنم. اما یک مطلب ناراحتم می‌کند و آن اینست که بهن گفتید مقاومت به مقدار ۵٪ درصد تغییر می‌کند و به این ترتیب مسلماً نمی‌توان تغییرات به این کمی را روی عقره اهمتر تشخیص داد.

### اندازه‌گیری تغییرات کم مقاومت

مهندـس- البته، بهمین جهت برای این کار اهمتر بکار نمی‌برند. اندازه‌گیری را یامونتاژی انجام می‌دهند که دانش آموزان زرنگ را هم بهره‌مند می‌اندازد چون متوجه ساده بودنش نمی‌شوند. این مونتاژ پل ویستون Wheatstone است.

**مبتدی**- وحشت‌ناک است! هیچوقت از این دستگاه موحش چیزی نفهمیدم چون داستان ترس آور چهار معادله چهار مجھولی است...



مهندـس- ما به طریقه دیگری عمل می‌کنیم. شکل ۱۳ را می‌بینید. این شکل چیست؟

**مبتدی**- چیز مشکلی ندارد چون یک قوه با دو تقسیم کننده فشار است.

مهندـس- خوب، آیا می‌توانید مقدار فشارهای  $U$  و  $V$  را می‌گوئید؟

**مبتدی**- او... بگذارید ببینم. گمان می‌کنم اگر به شکل ۵ مراجعه کنم بتوانم مقدار آنها را بدست بیاورم. به این ترتیب داریم:

$$v = \frac{Q}{Q+P} \cdot E \quad \text{و} \quad u = \frac{X}{R+X} \cdot E$$

مهندس... آقای مبتدی صددرصد درست است!... حالا بمن بگوئید چه وقت

$U$  با  $V$  برابر می‌شود؟

$$\frac{X}{R+X} \cdot E = \frac{Q}{Q+P} \cdot E \quad \text{باشد.}$$

مهندس... خوب حالا متوجه کاری که می‌کنم باشید: دو طرف برابری را به  $E$  پخش می‌کنم و بدست می‌آید:

$$\frac{X}{R+X} = \frac{Q}{Q+P}$$

در این نسبت حاصلضرب طرفین با وسطین مساوی است

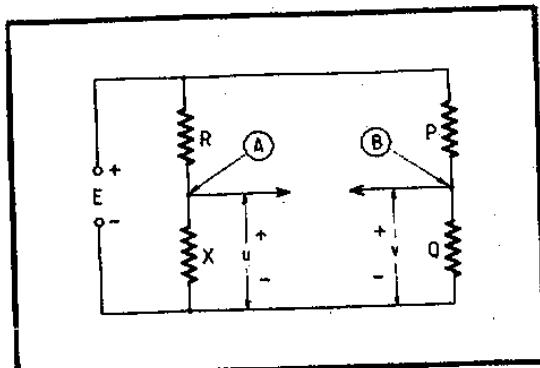
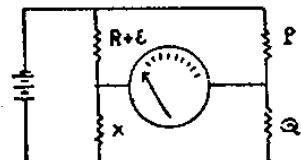
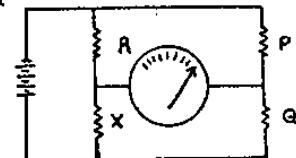
$$X(P+Q) = Q(R+X)$$

$$XP + XQ = QR + XQ \quad \text{در نتیجه:}$$

از دو طرف  $XQ$  را کسر می‌کنیم می‌شود

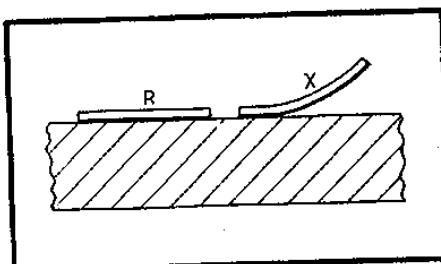
$$XP = QR$$

مبتدی... تا اینجا فهمیدم...

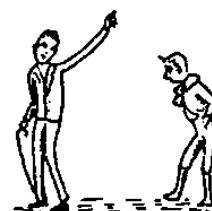


شکل ۱۳— یک پل ویستون بطور بسیار ساده از تقسیم کننده فشار تشکیل شده است. وقتی پل درحال تعادل باشد  $U = V$  و بین A و B دیگرفشاری وجود ندارد.

شکل ۱۴— اندازه گیر فشاری  $R$  روی لبهای که باید بررسی خود چسبانده شده است و در تغییر شکل آن که زیر اثر فشار و های درونی است، شرکت دارد. اندازه گیر  $X$  فقط از یک انتها چسبیده است و زیر اثر فشار و های فراز نمی گیرد، اما در همان درجه گرمای مقاومت  $R$  قرار دارد و امکان آنرا بوجود می آورد که اثر نامطلوب گرما روی  $R$  جبران شود.



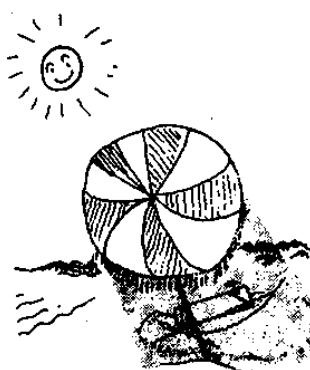
مهندس... بسیار خوب، همینجا بایستید که کار تمام است. فرمولی که الان خواندید، فرمول تعادل پل ویستون است، معنای این فرمول اینست که در مونتاژ ما (که یک پل ویستون است) فشارهای  $U$  و  $V$  برابرند و این موضوع را به این ترتیب می‌توان مشاهده کرد که اگر ولتیتر حساسی بین نقطه‌های A و B گذاشته شود، عقر به روی صفر قرار خواهد گرفت.



**مبتدی**— موافقم، پل ویستون بسیار ساده است. اما این موضوع چه سودی برای اندازه‌گیر فشاری ما دارد؟

**مهندس**— در نظر بگیرید که  $P$ ،  $Q$  و  $X$  مقاومت‌های ثابت باشند و  $R$  مقاومتی باشد که در برآین درازتر شدن حساس است. با تغییر مقاومت‌های  $P$  و  $Q$  پل را به حال تعادل در می‌آوریم. در اینحال عقربه و لقمانی که بین  $A$  و  $B$  گذاشته شود، روی صفر می‌ایستد. اگر مقدار  $R$  تغییر کند، هر چند این تغییر بسیار کم باشد،  $U$  و  $V$  دیگر برآین نیستند و عقربه و لقمان منحرف می‌شود و اگر خیلی حساس باشد تا آخر زینه بندی می‌رسد.

**مبتدی**— این روش بسیار جالب است! و این مقاومت  $R$  که فقط در برآین کشش مکانیکی سیمی که آنرا تشکیل می‌دهد حساس است، چقدر در عمل سودمند است؟

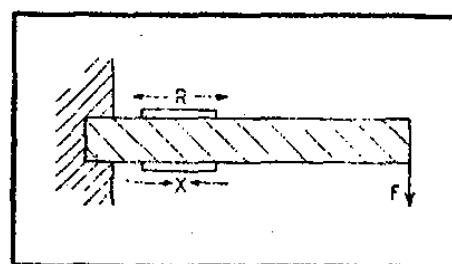
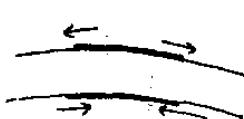


### تأثیر درجه گرما

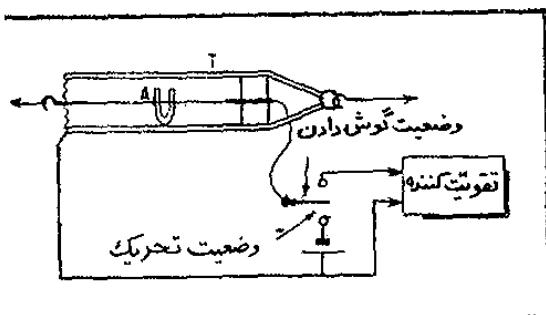
**مهندس**— حتی بسیار عالی است، چون مقاومت دست‌کش بهمان اندازه که در برآین نیروها حساس است در برآین گرما هم هست. اما در اینجاست که پل ویستون بر تری بیشتری از خود نشان می‌دهد. در این حالت بجهای  $X$  مقاومتی شبیه  $R$  قرار می‌دهیم که نیز اثر فشارهای مکانیکی قرار ندارد. آنرا در کنار  $R$  جای می‌دهیم (شکل ۱۴) تا در همان درجه گرما مائی باشد که مقاومت  $R$  قرار دارد، اما فقط یک سر آنرا می‌چسبانیم (تا از اینکه نیز اثر نیروهای مکانیکی قرار بگیرد دوری کسرده باشیم). تغییر درجه گرما  $R$  و  $X$  را به یک نسبت زیر تأثیر می‌گیرد، بنابراین گرما روی تعادل پل تأثیری ندارد مگر آنکه درازتر شدن سیم مقاومت  $R$  تعادل پل را بر هم بنزد.

**مبتدی**— این روش بسیار زیر کافه است! افسوس که مقاومت  $X$  فقط برای جبران وارد کار می‌شود.

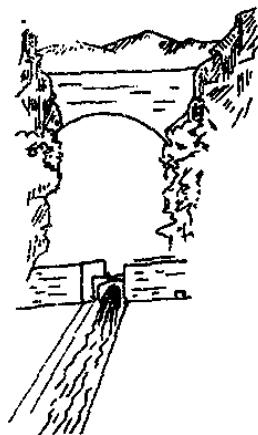
**مهندس**— بهتر از این هم می‌شود عمل کرد. در مثالی که برای میله آهنی و خم شدن آن آوردم، بالای میله کشیده می‌شود و زیر آن فشرده می‌گردد. اگر اندازه گیرهای فشاری  $R$  و  $X$  را (شکل ۱۵) یکی را در بالا و دیگری را در زیر آن ثابت کنیم، اثر گرما باز هم جبران می‌شود (مگر آنکه بالای میله گرمتر از پائین آن باشد) ولی زیاد شدن مقدار  $R$  (که درازتر شده) با کم شدن مقاومت  $X$  (که بهم فشرده شده) ترکیب می‌شود تا حساسیت را بهتر کند. حتی می‌توان باز هم حساسیت را بالا برد به این طریق که کشش و فشار را روی مقاومت‌های  $P$  و  $Q$  مؤثر ساخت



شکل ۱۵— در حالت یک میله نازک که خم می‌شود، می‌توان طوری عمل کرد که اندازه گیر جبران کشیده  $X$  بطور جای تری در آندازه گیری دخالت کند به این ترتیب کوچکی آنرا در طرف دیگر میله بگذاریم هر وقت  $R$  کشیده می‌شود،  $X$  فشرده می‌گردد.



شکل ۱۶- پلکر شتاب مرتعش که در شبشه نگهدارندهای کشیده شده و در دهانه یک مغناطیس قرار دارد و زیر اثریک نیرو است، امکان اندازه گیری نیرو را به وسیله قنیبری که در فر کانس نوسان مکانیکی اثرا دیدار می شود، بوجود آورد.



در حالی که این دو مقاومت هم اندازه گیرهای فشاری هستند و در نقطه های انتخاب شده ثابت گردیده اند.

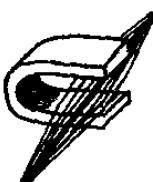
### تارهای مرتعش

**مبتدا**- ولی آقای مهندس بگوئید ببینم آیا بعضی وقت ها پکار بردن اندازه گیر فشاری شما دشوار است؟ شنیده ام اندازه گیری های مقاومت مصالح رادر سدهای پزدگه در محلی انجام می دهند که از پلی که می خواهند مقاومت مصالح را اندازه بگیرند نسبتاً دور است. سیم های پسیار درازی وجود دارد که باید تغییرات درجه گرمای و تلفها را که همه چیز را مفتوش می کنند، وارد کار کنند.

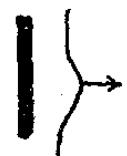
**مهندسان**- خوب است دلال کرد گردید. وقتی زیاد ناراحت بشوند، در اینصورت خاصیت دیگری از سیم کشیده شده را پکاری بزنند که با نیروی کشش آن تغییر می کند و آن فر کانس هم آهنگی سیم است.



**مبتدا**- چطور؛ با سیم و یک خازن مدار نوسانی درست می کنند؟ **مهندسان**- کاملاً از مرحله پرسته شدند. هنوز در فر کانس هم آهنگی مکانیکی آنست. تاکنون یک نوازنده ویلن را هنگام کوک کردن سازش دیده و صدای آن را شنیده اید در این وضع بر حسب کشش سیم، نت تغییر می کند. در روش صوتی اندازه گیری تغییرات طولی (روش فی اندازه گیری فشارها و تغییر طولی بدست آمدده در نتیجه آنرا اینطور می نامند) سیم یا تار که به وسیله یک لوله فلزی T نگهداری شده در دهانه یک مغناطیس A قرار گرفته است (شکل ۱۶). وقتی یک جریان متناوب از آن عبور دهد، تار می تواند بطور عمودی بر میدان مغناطیسی به ارتعاش در آید و اندازه گیری فر کانس هم آهنگی آن حتی از دورهم آسان است. مثلاً می توان یک جریان را در زمان پسیار کوتاه از زار گذارد و این کار همان اثر را دارد که یک چکش روی تاریک پیا نو نواخته شود. در این حال تار به ارتعاش در می آید و نوسانهای آن میراست. حرکت آن در دهانه آهنگر را باعث می شود که در دو انتهای تار فشاری القاء شود که فر کانس آن را اندازه گیرند. حتی در فاصله دور هم اندازه گیری این فر کانس ساده است. به این ترتیب اگر مثلاً بین دو انتهای یک میله تاری پکشیم، و هآسانی می توانیم تمام تغییراتی را که از نظر فاصله بین این دو نقطه بوجود می آید اندازه بگیریم.

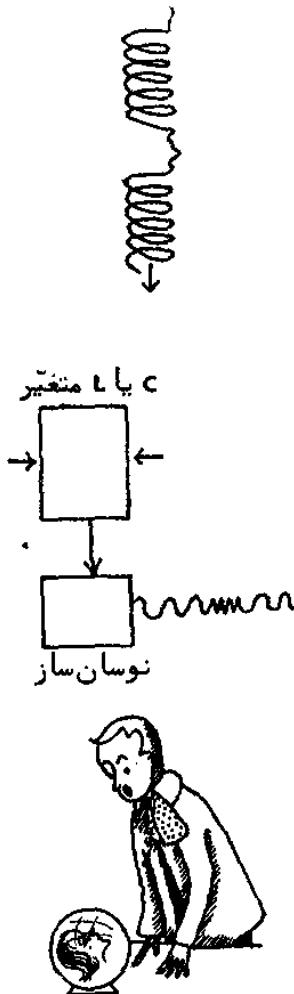


**مبتدا**- پس حالا جذب کننده نیروی جدیدی بدست آورده ایم! تصور



می کنم که این دسته هم تمام شده باشد؟

### بازم نیروها را اندازه بگیریم



**مهندس**—هنوز خیلی باقی مانده است. بطور مثال خازنی را برایتان نام می برم که یکی از جوشن های آن می تواند تغییر شکل پدهد و یا باداشتن حالت ارتجاعی ثابت شده باشد و به این ترتیب بر حسب نیرو وی که به آن گذاشته می شود، کم و بیش از جوشن دیگر فاصله می گیرد و در نتیجه مقدار ظرفیت آن تغییر می کند. بهمین ترتیب می توان فاصله بین دو سیم پیچی را که بطور پیاپی قرار گرفته اند تغییر داد و در نتیجه تغییر ضربت تزویج آن دو، ضربت خود القائی تغییر می کند. برای این دو می توان نوسان سازی ساخت که عنصر متغیر در آن مدولاسیون فر کانس ایجاد کند. همین طور از بلورهای «بیزو-الکتریک» نام می برم که وقتی آنها را زیر تأثیر نیرو قرار دهیم، میدان های الکتریکی در آنها گسترش می یابند. از ماده هتلبرود که ممکن است سرامیک، کوارتز یا نمک مخصوصی باشد، درجهت مناسب تغییراتی درست می کند، دو رویه آنرا فلز قرار می دهند و وقتی روی آن نیروهای مکانیکی وارد می کنند، در دو ساین خازن یا فشار الکتریکی ظاهر می شود.

**مبتدی**—گمان می کنم با سادیسم مخصوصی که دارید بمن خواهید گفت تمام آنچه را که نام بردید و دارد مغزم را آشکارا متورم می کند، غیر از یک جزء کوچک از فهرست کامل جذب کننده های حساس در بر این عمل مکانیکی چیز دیگری نیست.

**مهندس**—آقای مبتدی، شما باید یک روز دکانی، بنام «بیشکوی بسیار روش بین» باز کنید. درباره موضوع جذب کننده های مکانیکی باید کتاب ها نوشت، اما به نظرم با پریشانی ساعتیان را نگاه می کنید، ممکن است با کسی وعده دیدار داشته باشید و برای من شگفت آور نیست.

**مبتدی**—فکر می کنم کار شما هم درخواندن افکار دیگران بسیار عالی است، تا فردا خدا نگهدار.

سے مبحث دھمکی

مهندس می خواهد رازهای ینهان زیر نام متداول «شتاپ» را برای دوستش آشکار کند و چگونگی اندازه گیری آن را بگوید. جذب کننده های دیگری نام برده می شوند که در بر این صوت، گرما و در آخر در بر این نور (سلول های مشهور فتوالکتریک که مبتدی خیلی میل دارد آنها را بشناسد) حساس هستند.

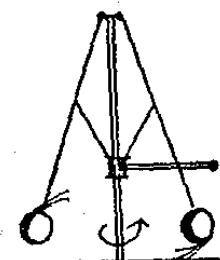
جدب کننده‌های شتاب و سلول‌های فتوالکتریک

**مبتدی**- آقای مهندس امیدوارم که تمام این جلسه را درباره جذب کنندۀ های مکانیکی صحبت نشکنید. صمیمانه بگویم که گفتگو درباره آنها کمی بر اینم خسته کننده است.

**مهندس** - نه، مطمئن یا شید، فقط در نظر دارم قبیل از آنکه به گروه های دیگر بپردازم، درباره جذب کننده های وضعیت، یعنی جذب کننده هایی که امکان برگردان وضعیت باک قسمت متغیر را به شکل الکترونیکی ایجاد می کنند، صحبت کنم.

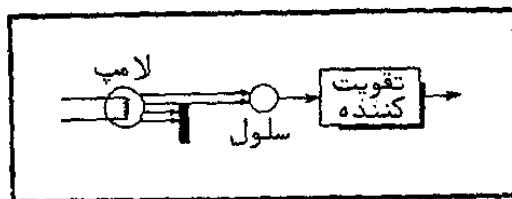
**مبتدی**— به نظر من بسیاری از دستگاههایی که دیر و ز برایم شرح داده‌د  
هی توانند در این مورد بکار بروند. مثلاً همان پتانسیو متر با سیم پیچی خطی یا خازنی  
که یک صفحه آن تغییر شکل می‌دهد.

**مهندس**—کاملا درست است. همینطور هنی توان (شکل ۱۷) یک قطعه را مورد استفاده قرار داد که کم و بیش جلوی عبور اشعة نورانی را می گیرد و یک سلول فتوالکتریک (که بزودی در باره اش صحبت می کنیم) مقدار یافقیما نهاده را اندازه می گیرد، پکار پرند. حالا به جذب کننده های سرعت بین داریم و اینکار را از جذب کننده های سرعت زاویه ای (یا سرعت دورانی) آغاز کنیم.



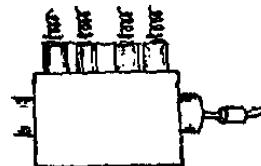
اندازه‌گیری سرعت

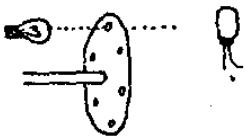
**مینی‌لای** - می‌توانیم یک نوع تنظیم کننده گلو لهای را، مانند آنچه که روی ماشینهای بخار و جودداده، پکار بسیار، بخوبی می‌دانید که منظور همان محور گردن و دو گلو له و میله‌ایست که به قسمت متحرک ماشین وصل است و به این ترتیب وقتی محور تند می‌گردد، نیروی گیریز از مرکز گلو لهای را از هم دور می‌کند.



شكل ١٧ - در حب و ضعیت مانع متوجه کار اشعة نورانی لامپ کم و پیش و مسلول می‌رسد.

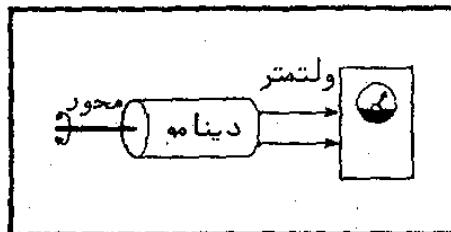
مهندس - کاملاً امکان دارد. اما وصل کردن محور به یک دینامو (نیروزای





جزیان مستقیم) ساده‌تر است به این ترتیب فشار الکتریکی تولید شده به وسیله نیروزای جزیان مستقیم متناسب با سرعت خواهد بود (شکل ۱۸) (سازنده‌ها آنرا بر حسب ولت بدور در ثانیه تعیین می‌کنند). همچنین می‌توان آنرا به محور یک نیروزای کوچک جزیان متنابض وصل کرد که فرکانس آن اندازه‌گیری می‌شود. مبتداً همه اینها بسیار قشنگ است، اما به وسیله نیروزای جزیان مستقیم با متنابض حتماً نیروی ترمز کننده‌ای به محور اعمال می‌شود؛

**مهندس** - کاملاً درست است. توجه داشته باشید که اگر محور به وسیله یک موتور دیزل به قدرت هزار اسب بگردش درآید، ترمز چندان شدید نخواهد بود. با اینحال در راه حل با نیروزای جزیان متنابض، می‌توان هیچگونه عمل ترمزی بوجود نیاورد، به این ترتیب که محور گردان بطور ساده‌آهن را با کوچک دارد که در مجاورت یک سیم بیچی می‌گردد و در آن فشاری القاء می‌کند. اگر بخواهید که هیچگونه ترمزی وارد کار نشود، می‌توانید روی محور صفحه‌ای نصب کنید که سوراخهایی دارد و به نوبت جلوی عبور اشعه نورانی را باز نماید تا به یک...



شکل ۱۸- بلکنیروزای جزیان مستقیم که به وسیله حرکت دورانی به گردش در می‌آید لشار الکتریکی متناسب با سرعت گردش به وجود می‌آورد، اندازه‌گیری این فشار مقدار سرعت را بدست می‌دهد.

مبتداً ... سلول فتوالکتریک نرسد. گمان می‌کنم تا وقتی این سلول‌ها را نشاسم از الکترونیک چیزی نمی‌دانم  
**مهندس** - بله، از آن خیلی استفاده می‌کنند. اما اجازه بدهید ابتدا درباره جذب کننده‌های سرعت که برای حرکت‌های خطی قابل استفاده هستند، بر ایتان صحبت کنم.



مبتداً آه! در این حالت نخن را به قطعه‌ای که حرکت می‌کند می‌بینیم و آنرا روی یک استوانه می‌بیچیم. در اینجا هم مثل ریاضیات «به حالت اول برمی‌گردد».

مهندنس - این دستگاه چیزهایی دارد. همینطور می‌توان به قطعه متوجه یک آهن را متصصل کرد که در یک سیم بیچی جایجا می‌شود. به این ترتیب فشاری که در سیم بیچی القاء می‌گردد، تابعی از سرعت جایچه‌ای است. قبل از اینکه این قلمرو را ترک کنیم، می‌خواستم چند کلمه هم در باره جذب کننده‌های شتاب یا اندازه‌گیرهای شتاب با شما صحبت کنم.

### شتاب

مبتداً اما شتاب که تعیین سرعت است. می‌شود به یک جذب کننده سرعت اکتفا کرد و از مقادرهایی که به وسیله آن بدست می‌آید، شتاب را بیرون آورد.  
**مهندنس** - تا حدودی حق با شماست. اما فقط تا حدودی، چون یدوا همان

فکر متدائل را دارید که طبق آن شتاب غیر از تغییر مقدار عددی سرعت چیز دیگری نیست، که این مطلب فقط برای جایعانی خطی واقیت دارد. در این حالت مخصوصاً در واقع می‌توان بهیک جذب کننده سرعت اکتفا کرد که مقادیر آن از یک مدار دیفرانسیل (اختلافی یا کاهشی) بدست خواهد آمد...

**مبتدی** - همه درست، اما این یکی نه...

**مهندس** - خیلی ساده‌تر از آنست که فکر می‌کنید. اما در حقیقت شتاب معنی دیگری دارد که با آنچه تصور می‌کنید کمی تفاوت دارد به این ترتیب که تمام تغییرات یک سرعت از نظر اندازه و مقدار و یا جهت را شتاب می‌نامند. به این ترتیب است که در پیچ‌های جاده، به اتومبیلی که با سرعت ثابت در حرکت است، شتابی داده می‌شود به این ترتیب که این شتاب را حس می‌کنید زیرا یک نیرو (که آنرا نیروی گریز از مرکز می‌نامند) شما را بهیک طرف اتومبیل می‌برد، درست مثل نیروی انسانی که وقی مقدار عددی سرعت اتومبیل در یک جاده راست تغییر می‌کند، روی شما اثر می‌گذارد.



**مبتدی** - این نیروها را خوب می‌شناسم. دوستی دارم که یک اتومبیل کورسی دارد. وقتی حرکت می‌کنم، کم مانده است که روی صندلی عقب بیفتم و وقتی ترکم می‌کنم احتمال دارد که از شیشه جلوی اتومبیل بیرون بروم.

**مهندس** - دوستان را بعداً بمن معرفی کنید تا اگر یک روز بمن پیشنهاد کرد با اتومبیل مسافت را کم، بلیط ترن بگیرم... آقای مبتدا، حالا تا وقت اینکار بررسد، فرض کنید که در اتومبیل دوستان را بیک صندلی کاملاً لغزنده نشسته باشید و با وجود این به وسیله چهار رشتہ که شما را به چهار جذب کننده نیرو و ارتباط می‌دهد (که برای شما بسیار خوبست) روی آن ثابت قرار گرفته باشید...



**مبتدی** - من در وضع خوبی نخواهم بود که...

**مهندس** - این در درجه دوم اهمیت است. مطلب اساسی اینست که چون شما دارای جرم هستید، بدن شما میل دارد بی حرکت بمانند...



**مبتدی** - آقای مهندس با اینحال من طبعاً اینقدر وارفته نیستم

**مهندس** - در اینجا مسئله خصوصیات شخصی در میان نیست، بلکه قانون فیزیکی است. هر جسمی که دارای جرم باشد، میل دارد بی حرکت بماند و یا سرعت ثابتی از نظر مقدار و جهت داشته باشد. (به عبارت دیگر حرکت خطی یک نواخت داشته باشد). برای تغییر دادن سرعت شما باید نیروی درجهت حرکت (برای زیاد کردن مقدار سرعت) و یا درجهت مخالف حرکت (برای کم کردن سرعت) و یا عمود بر جهت سرعت (برای تغییر جهت سرعت) به شما وارد شود. بنابراین وقتی نیروی به شما از دست نمی‌شود، در برابر آن و اکنون به صورت یک نیروی برابر در درجهت مخالف آن از خود نشان می‌دهید (در اینجا هم خصوصیات شخصی در میان نیست بلکه یک قانون فیزیکی است که «کنش و واکنش» نام دارد). این نیرو را روی چهار رشتہ ای که شما را نگهداشتند. اعمال می‌کنید و نشان دهنده نیرو یا نیروهایی هستند که در هر لحظه زیر تأثیر آنها قرار دارند...

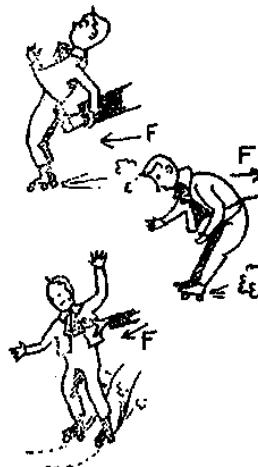


**مبتدی** - کاملاً برخلاف میل خودم...

**مهندس** - با اینحال زیر تأثیر آنها هستید. مجموع اتومبیل، شما و جذب...

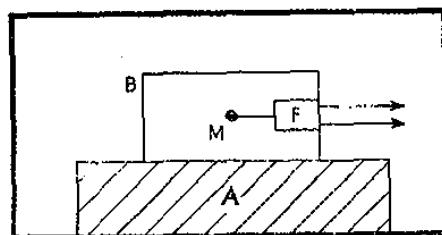
کنده‌های نیرو، یک شتاب سنج تشكیل می‌دهند که در هر لحظه شتاب اتومبیل را انداخته می‌دهد.

### شتاب سنج باصره



**مبتدی**— پس برای ساختن یک شتاب سنج باید یک اتومبیل و یک نفر و یک...

**مهندس**— آقای مبتدی جدی باشد، خوب می‌دانید که کافی است یک جعبه B داشته باشیم (شکل ۱۹) که به قسمت متحرک A وصل است و در آن یک جسم M که دارای جرم است به جذب کننده‌های نیروی F (پیزوالکتریک، پتانسیومنتری یا

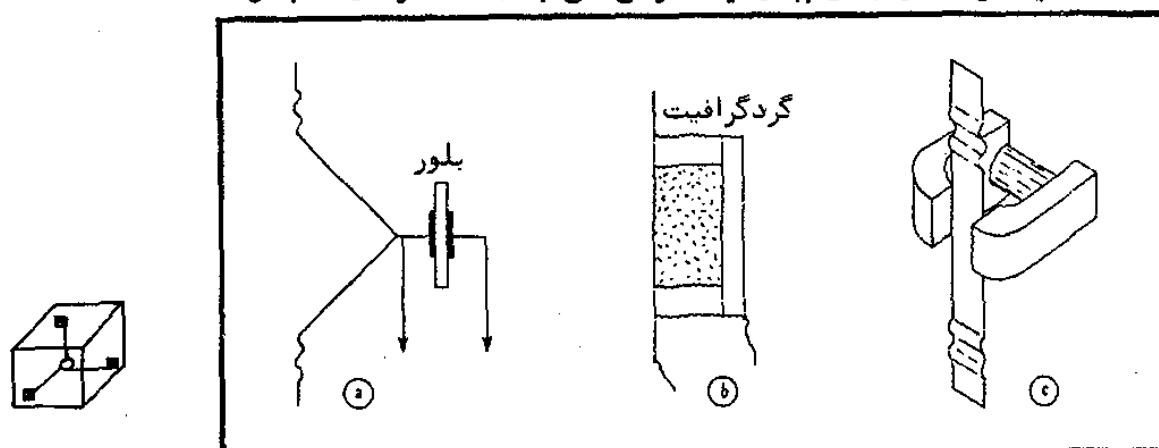


شکل ۱۹— یک شتاب سنج جعبه‌ای است مثل B که وابسته به جسم متحرک A است. در این جعبه، یک جرم M به وسیله اندیزی جنبشی خود وقتی A زیر اثر شتاب فرار گرفته است، روی جذب کننده‌های نیرو اثر می‌کند.

انواع دیگر) متصل است. اگر شتاب سنج چند جانبی نداشته باشیم، معمولاً باید سه شتاب سنج داشت، تا شتاب‌ها را در سه جهت آشکار سازند که دو تای آن افقی و یکی عمودی است (که شتاب سنج عمودی در مثال اتومبیل سودی نداشت). برای اتومبیل شتاب عمودی جزو موقع عبور از گرده ماهی‌ها وجود ندارد...

**مبتدی**— من همیشه از خوردن گوشت‌گرده ماهی لذت می‌برم!

**مهندس**— آقای مبتدی بجای اینکه شوخی‌هایی بگنید که معلوم نیست باعزم



شکل ۲۰— میکروفون‌ها می‌توانند به وسیله صفحه لرزان (مرتعش) بلور پیزو-الکتریک فشردگی هوا را بکار بگیرند (a) یا از گردگرانیت استفاده کنند (b). میکروفون‌ها از فشار القاء شده در یک سیم پیچی یا فشار القاء شده در یک نوار (c) که در دهانه یک آهنربا جا بجا می‌شود نیز استفاده می‌کنند.

باشد، پیشتر درباره کاربرد جذب‌کننده‌های شتاب فکر کنید. تعداد زیادی از این جذب‌کننده‌ها را در بخش‌های گوناگون موشک‌ها، که ماهواره‌ها را به آسمان می‌برند، قرار می‌دهند. هواپیماها هم کاملاً مجهز به آنها هستند به این ترتیب که حتی از این جذب‌کننده‌های شتاب روی قسمت‌هایی می‌گذرند که احتمال لرزش آنها وجود دارد، تا به این ترتیب شتاب لرزش را اندازه بگیرند، البته به شرط آنکه این لرزش برای آن قسمت خطر نباشد.

**مبتدی**—در واقع بسیار سودمند است.

حالات‌گشتن کنیم...

**مهندس**—مکانیک را کنار بگذاریم. حالا یک گشت سریع در قلمروی جذب کننده‌های صوتی می‌زنیم. مدت‌بهاست که آنها را می‌شناسید...

**مبتدی**—آه! منظورتان میکروفن هاست! آخرین کاربردی که از آنها داشتم موقتی آمیز نبود.

**مهندس**—بله، میکروفن‌های مابتدآنجه می‌شناسید وجود دارند. بعضی از آنها (شکل ۲۰) یک صفحه لرزان دارد که به صورت یک جذب‌کننده نیروگاری کند. (نوع بلود پیزوالکتریک، نوع گرافیتی و نوع خازنی) و یا جذب‌کننده سرعت است (نوع با قرقه سیم متحرک و نوع با بواد متحرک) که تمام اینها جذب‌کننده‌های صوتی هستند. اما انواع دیگری هم وجود دارند مثلاً هیدروفون‌ها یا میکروفن‌های آبی که برای گوش‌کردن صدای منتشر شده در زیر آب است (معمولاً پیزوالکتریک هستند) و زئوفون‌ها یا میکروفن‌های خاکی که برای شنیدن صدای از اینها منتشر شده در خاک بکار می‌روند.

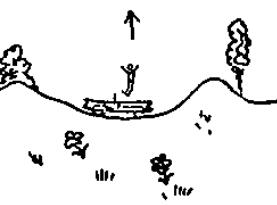
**مبتدی**—دو نوع اخیر برای سرخپوستان بسیار سودمند است!

**مهندس**—بر شیطان لعنت من که رابطه‌ای بین آنها نمی‌بینم!

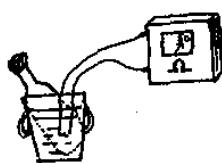
**مبتدی**—آقای مهندس بمن نگوئید که کجا بهای نوشته شده درباره سرخپوستان را نخوانده‌اید! همه می‌دانند که رئیس سرخپوستان برای اینکه صدای پای دشمنان را بشنود و یا از حر کت کا لسکه‌ای که هی خواهد به او حمله کند با خبر شود گوشش را به خاک می‌چسباند.

**مهندس**—درست است، پوزش می‌خواهم، گاهی ممکن است انسان این کتاب‌ها را فراموش کند... خوب برای اینکه به مطلب خودمان برگردیم می‌گویم که میکروفن‌های خاکی (زئوفون‌ها) بیشتر برای شنیدن صدای انفجارها بکار می‌روند تا به وسیله آنها بفهمند که پوشش‌های زیر زمینی منعکس کننده صدای انفجار (مربوط به ماده منفجر شونده) در کجا قرار دارند. این دستگاهها از طرف کاوشگران نفت هم خیلی بکار برده شده است.

اما چون این داستان سرخپوستان دیگر تصور مرد هم به جوش آورده، پنهان می‌رسد که اگر به جذب‌کننده‌های گرمای پردازیم، منطقی باشد.

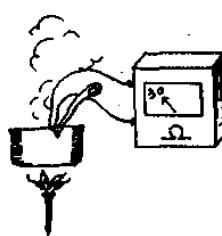


## برای جایگزینی گرماسنج‌ها



**مبتدی**- پیدا کردن ۱۲ دفعه گذشته بهمن گفتید که مقاومت‌های اندازه‌گیر فشاری در برابر درجه گرما حساس هستند. کافی است یکی از آنها را بکار ببریم بطوری که زیر اثر درجه گرما یاشد ذهنی از عمل مکانیکی، و به این ترتیب کار تمام است!

**مهندس**- خوب استدلال کردید. اینکار متناول است. با وجود این ازیک اندازه‌گیر فشاری به عنوان یک عرص حساس در برآ بر گرما استفاده نمی‌کنند چون این عصر را طوری ساخته‌اند که تا حد امکان حساسیت کمی در برآ بر درجه گرما داشته باشد، بلکه مقاومت متناول تری بکار می‌برند. می‌توان گفت که در درجه گرماهای معمولی، مقاومت یک رشته فلزی در هر سه درجه گرما بطور متوجه می‌شود.



**مبتدی**- بنابراین فکر می‌کنم بکار بردن مقاومت‌های دیگری که در برآ بر گرمای حساس هستند. و نیز نام «ترمیستانس Thermistance» شناخته شده‌اند، به مقاومت‌های معمولی ترجیح دارد:

**مهندس**- آه، نه همیشه! ترمیستانس‌ها (که می‌خواستم درباره آنها با شما صحبت کنم) از نیمه‌هادی‌ها هستند که با اینحال برای توان‌های کم الکتریکی از قانون اهم پیروی می‌کنند (که این توان‌ها بطور محسوس آنها را گرم نمی‌کنند) اما وقتی درجه گرما بالا می‌رود مقاومت آنها کاهش می‌یابد. بنابراین تغییر آنها خیلی تندتر از تغییرات مقاومت‌های معمولی است بطوری که در این ترمیستانس‌ها تغییر مقاومت برای یک درجه سانتیگراد به ۶ درصد می‌رسد که ۱۲ برای سی تغییر مقاومت درفلزهای است. این عنصر را «ترمیستور Thermistor» و یا بطور کوتاه C.T.N. هم می‌گویند (که از کلمه‌های فرانسوی آن به معنی ضرب درجه گرمای منفی گرفته شده است).

**مبتدی**- پس اگر این مقاومت‌های C.T.N. در برآ بر گرما ۱۲ برآ بر حساس تراز مقاومت‌های فلزی باشند، تصور می‌کنم هیچ وقت مقاومت‌های فلزی را بکار نمی‌برند.

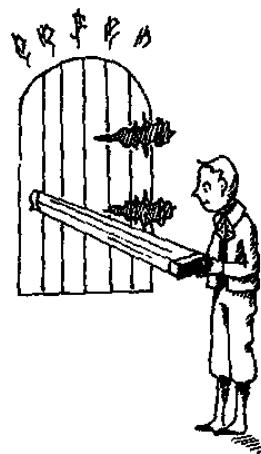


**مهندس**- آنها را هم زیاد بکار می‌برند، چون این مقاومت‌ها می‌توانند درجه گرمائی را تحمل کنند که C.T.N را خراب می‌کند. علاوه بر این قانون آنها که تغییر مقاومت در نتیجه تغییر درجه گرمای است. ساده و تقریباً خطی است در حالی که قانون C.T.N نسبتاً پیچیده است. یک مقاومت از طلای سفید را می‌توان در درجه گرمایی بکار برد که از چند درجه گرمای مطلق (۲۶۰-۲۶۰ درجه سانتیگراد) آغاز و تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. همچنین به وجود مقاومتی که CTP گفته می‌شود (ضریب گرمای مشتبث) باید توجه داشت. مقاومت اهمی CTP تا اندازه‌ای مثل مقاومت یک رشته فلزی است. وقتی درجه گرما بالا می‌رود، مقدارش زیادی شود. اما این تفاوت را با آنها درد که تغییرات مقاومت CTP در اطراف یک مقدار بجز این بسیار تند است و بر حسب نوع CTP تفاوت دارد و به این ترتیب امکان می‌دهد که یک درجه گرمای معین را با دقت بسیار زیاد بشناسیم (و در صورت لزوم این درجه گرمای ثابت نگهداشته شود). به همین ترتیب زوج گرمائی-الکتریکی وجود دارد. بطوری

که دو فلز (یا نیمه هادی) که بهم وصل شوند و نقطه اتصال آنها زین اثیر گرما قرار گیرد تبدیل به یک پیل یا قوه واقعی می شوند (شکل ۲۱)

**مبتدی** - بسیار عالی است! به این ترتیب کافی است از این زوج ها داشته باشیم و آنها را اگر کنیم تا پرق بندست بباوریم. این پدیده آینده در خشانی دارد

**مهندس** - بطور مسلم. بخصوص درکشود شوروی که این موضوع بسیار مورد بررسی قرار گرفته است (چون با درنظر گرفتن وسعت آن دنوز خیلی از شهرها بدون برق هستند)، می توان یک رادیویی ترانزیستوری را با یک قوه زوج گرمائی که در اطراف شیشه چراغ نفتی که برای روشنایی یک کار می رود گذاشته شده قاعده کرده.



### تشعشع

**مبتدی** - برای درجه گرمایانهای زیاد، مثلا بالاتر از ۲۰۰ درجه سانتیگراد

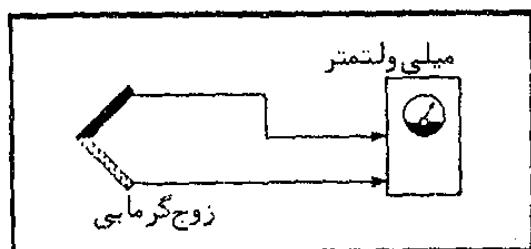
چه می کنند؟

**مهندس** - می دانید جسمی که زیاد گرم باشد، از خود نور می فرستد و به همین شکل است که انرژی از خود تشعشع می کند. ثابت شده برای درجه گرمایانهای که بسیار زیاد نباشند تو ان تشعشع یافته به وسیله یک سانتیمتر مربع جسم گرم (که درجه گرمای آن  $t$  درجه سانتیگراد است) تقریباً مناسب با تو ان چهارم درجه گرمای مطلق T جسم است (درجه گرمایی است که جسم گرم نسبت به صفر مطلق که  $-273$  درجه سانتیگراد است، دارد) با اندازه گیری این تو ان تشعشع یافته، درجه گرمای بندست می آید. حتی این روش را برای اندازه گیری درجه گرمای زیاد هم بکار می بندند. اما در این موقع به این روش عمل می کنند که از روی قوانین تشعشع بطور کمی جسورانه تا بعد از حدود معین محاسبه را ادامه می دهند و مقادیر را بحسب می آورند، این قوانین همانهاست هستند که انفجارهای گرمائی هسته ای عدم دقت آنها را در درجه گرمای زیاد آشکار کرده اند؛ طبق این قوانین، یک بمب هیدروژنی نمی تواند منفجر شود...



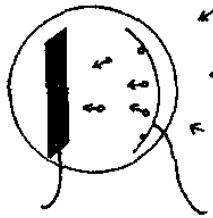
**مبتدی** - به سهم خودم ترجیح می دهم که حق با قوانین باشد!!!

**مهندس** - من هم همینطور، اما آزمون نشان داده است که بمب منفجر می شود پس این محاسبات که بیش از حد مقادیر داده شده دنبال می شوند، کمی تفتنی است. بهمین ترتیب وقتی بهمن می گویند درجه گرمای فلان ستاره  $6$  میلیون درجه است، برای من همان اثر را دارد که نفته باشد: «درجه گرمای آن  $3$  تن، یا ده دقیقه است...»



شکل ۲۱ - یک زوج گرمائی تشکیل شده است از دو فلز مختلف که بهم جوش شده اند. بر حسب درجه گرمای لازم برای جوشکاری، فشار الکتریکی که در دو سر آن پدیده ار می شود، تغییر می کند.

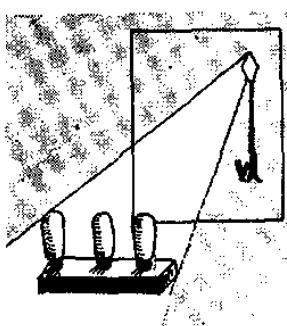
**مبتدی**— بنا بر این اندازه گیری های به وسیله تشعشع هیچ ارزشی ندارند؛  
**مهندس**— چرا، خیلی هم با ارزشند. هشلاپکار پر دن زوج های گرمائی  
 امکان اندازه گیری درجه گرمای نقاط مختلف کره ماه و چند کره آسمانی دیگر را  
 با منعکس کردن تصویر یا قسمتی از تصویر کره آسمانی زیر پرسی وجود آورده است.  
 انکاس تصویر به وسیله یک آئینه تلسکوپی روی زوج گرمائی بعمل می آید و گرم شدن  
 زوج گرمائی که بر حسب درجه گرمای نقطه هدف گیری شده روی کره آسمانی است،  
 اندازه گیری را انجام می دهد. و با این همه نتیجه بدست آمد خوب است!



**مبتدی**— با کمال میل قبول می کنم. اما دلم می خواست که از سلول های  
 فتوالکتریک برایم صحبت کنید.

**مهندس**— داشتم بهم مطلب می رسیدم. روش بیکار رفه در لامپ های الکترونی  
 برای خارج کردن الکترون از ماده یادتان هست:

**مبتدی**— البته. درجه گرمای یک جسم را زیاد می کنند و این کار سرگردانی  
 الکترونها را افزایش می دهد. الکترون ها به حدی تکان داده می شود که دد آخر  
 از ماده خارج می شوند.

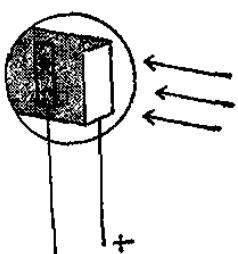


**مهندس**— تا همینقدر کافی است. برای اینکه دقیق تر باشد، می گوییم که  
 افزایش انرژی الکترون ها که در اثر درجه گرمای بوجود آمده است به آنها امکان  
 می دهد که از رویه عبور کنند. بله آقای مبتدی، می توان انرژی الکترون ها را با  
 رساندن یک تشعشع نوری به ماده ای که الکترون ها در آنست نیز افزایش داد...

**مبتدی**— بسیار عالی است! پس می شود در لامپ های الکترونی بجای کاتدهای  
 گرم، کاتدهای روشن شده (زین نور) گذاشت؛

### سلول های فتوالکتریک

**مهندس**— در واقع این کار عملی است اما زیاد جالب نیست چون جریانی  
 که به این ترتیب بدست می آید نسبتاً ضعیف است. اگر بخواهیم یک سلول فتوالکتریک  
 درست کنیم (شکل ۲۲) صفحه ای می گذاریم که پوشیده از ماده مناسی باشد که وقتی  
 زین تابش نور قرار دیگر می خواهد ارسال الکترون دریک حباب که داخل  
 آن خلاء است، باشد. الکترون دیدگری در همین حباب وجود دارد که به اختلاف  
 سطحی که نسبت به این صفحه اندود شده (که کاتد نامیده می شود) مشتملت است، وصل  
 می گردد. الکترون های فرستاده شده در اثر تابش نوری که روی کاتد می تاخد، به طرف  
 الکترون دیگر آند، خواهند رفت که باعث برق ایجاد جریان ها می شود که تابع  
 روشانی کاتد است.



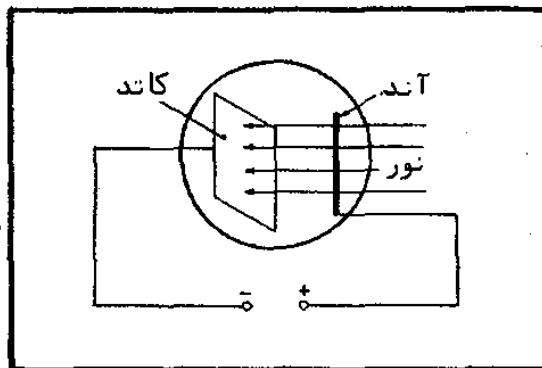
**مبتدی**— در واقع، یک سلول فتوالکتریک پیچیده بنظر نمی آید. اما بگوئید  
 بینم چرا یک آند به این کوچکی کشیده اید که یکدسته بیشتر نیست؟ باید آند خیلی  
 بزرگتر می کشیدید.

**مهندس**— این مطلب لازم نیست و بخصوص نیاید فراهم شرکرده آند نیاید  
 سایه ای روی کاتد بیندازد و باید راه را برای عبور نور باز بگذارد. ازاین گذشته  
 با مقدار ضعیف ها (که بوزحمت بده ها میکروآمپر می رسد و غالباً کمتر از یک میکرو

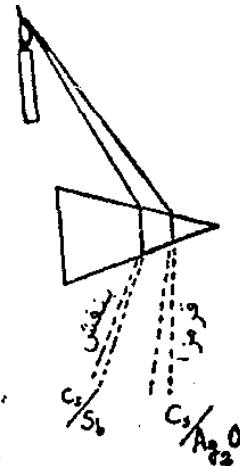
آمپر است) نیازی به آند بسیار بزرگ نیست.

**متلبی**— جریان‌های سلول‌های شما بی‌اندازه کوچکند. و از این گذشته قرار دادن آند در میان اشعه نورانی ناراحت کننده است.

**مهندس**— خواهید دید که با همین جریان‌های کوچک خیلی خوب که اند آثیه از یک طرف می‌شود یک کاتد نیمه شفاف بکار برده که روی جدار حباب قرار دارد.



شکل ۲۶— سلول فتو-الکتریک: کاتد زیر اثر نور الکترون‌می فرستاد آن‌این الکترون‌ها را جذب می‌کند.



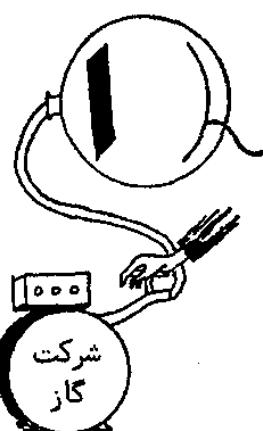
به این ترتیب اشعه نورانی از یک طرف به آن برمی‌خوردند و باعث می‌شوند که الکترون‌ها از طرف دیگر به بیرون فرستاده شوند. پس نیازی نیست که آند در جهت منبع نورانی باشد. حالا که برایتان از کاتد صحبت می‌کنم، بگذرید. این را هم خاطر نشان کنم که گونه‌های زیادی کاتد وجود دارند. بعضی از کاتدها تشکیل شده‌اند از سزیومی که روی انتیموان قرارداده‌اند و در براین نور آبی و بنفش حساسند. کاتدهایی از سزیوم درست می‌کنند که روی اکسید نقره قرار دارند و بخصوص در براین نور قرمز و زیرقرمز حساس هستند. در آخر به باداشته باشید که جریان  $\frac{1}{5}$  تقریباً هستگی به فشار آند ندارد و این جریان فقط به دوشناختی یا نور تابیده به کاتد واپس است (به شکل کلاملا متناسب بطوری که این موضوع امکان می‌دهد حساسیت سلول را بر حسب میکروآمپر به  $10^{-1}$  تعریف کنند). در واقع سلول خلاء تقریباً روشی مانندیک دیود اشباع شده دارد که جریان اشباع آن، به جز درجه گرماهای رشته، واپس به چیز دیگری نیست.

**متلبی**— گفتید سلول‌های خلاء. بنا بر این سلول‌های دیگری هم وجود دارند؟

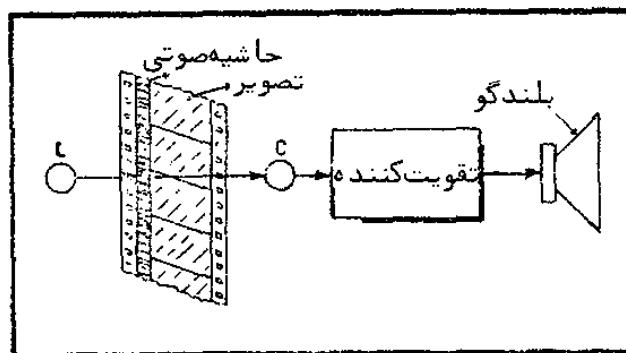
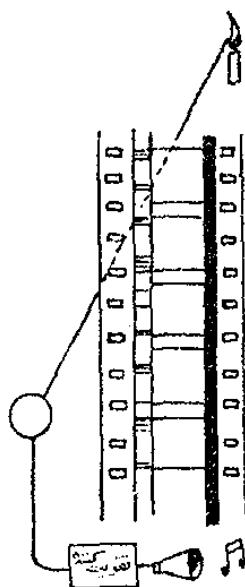
**مهندس**— افسوس، بله. سلول‌هایی گاز دار. عمل اشیبه به سلول‌های قبلی هستند. اما در آنها مقدار کمی گاز وارد می‌کنند که در اثر الکترون‌های خارج شده از کاتد، ایونیزاسیون پیدا می‌کنند. ایونیزاسیون گاز جریان فتو-الکتریک را در عاملی ضرب می‌کند که ممکن است تا چهار برسد ...

**متلبی**— وقتی جریان اصلی تا این حد کوچک است. این موضوع بسیار عالی است. چرا گفتید افسوس؟

**مهندس**— چون بزرگترین کاری که از این سلول‌ها برمی‌آید اینست که

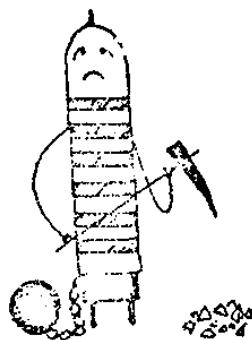
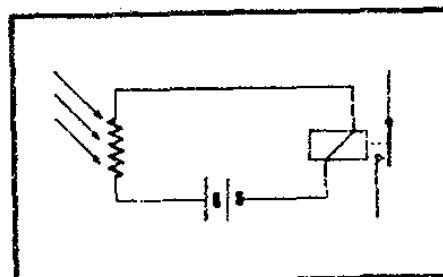


به عنوان «خواننده» (ایجاد کننده صدا) در سینمای ناطق بکار بر وند. می‌دانید که صدای سینمای ناطق به صورت «حاشیه صوتی» ضبط می‌شود که نواری است با شفافی متغیر و در کنار فیلم قرار دارد. این حاشیه از میان یک لامپ  $C$  (شکل ۲۳) و یک سلوول  $C$  می‌گذرد. تغییرات نوری که به سلوول  $C$  می‌رسد به وسیله آن به علامت‌های



شکل ۲۴ - روی کناره فیلم، یک حاشیه صوتی که شفافی آن از یک نقطه به نقطه دیگر تغییر می‌کند؛ کم و بیش جلوی نور خارج شده از لامپ را می‌گیرد و به این ترتیب با رسیدن به سلوول فتوالکتریک  $C$ ، جریان  $B.F$  صداراً دوباره بوجود می‌آورد.

شکل ۲۴ - یک «مقاومت نوری» و قضی زیرتابش نور لغایت گرفت، مقاومتش کاهش می‌یابد و جریانی که از آن می‌گذرد می‌تواند یک رن را مستقیماً بکار بیندازد.



الکتریکی برگردان می‌شوند که ورودی یک تقویت‌کننده را زیین تأثیر می‌گیرند. این سلوول‌ها هفت چندین سال جای سلوول‌های دیگر را گرفته بودند. در حالی که این سلوول‌ها شکننده هستند، جریان آنها بستگی زیادی به فشار آندشان دارند، حساسیت آنها با گذشت زمان تغییر می‌کند. تأخیر در ایونیزاسیون و برگشتن گازات به محالات اول موجب می‌شود که این سلوول‌ها نتوانند از تغییرات بسیار تند نور پیروی کنند (در دهزار کیلوهرتز،  $3\text{dB}$  افت دارند) ...

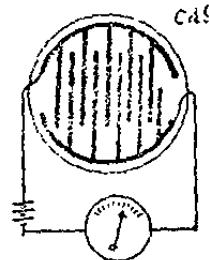
**مبتلای** - دیگر نگوئید. از نظر من سلوول‌های گازی محکومان فراموش شده هستند. فقط متأسفم که غیر از سلوول‌های خلا، عنصرهای دیگری وجود ندارند که در بر این نور حساس باشند.

### عنصرهای حساس نوری

**مهندس** - هیچ افسوس نخورید. دستگاههای حساس نوری زیادی وجود دارند. ابتدا مقاومت‌های نوری هستند به این ترتیب که بعضی از اجسام بخصوص سولفورد سرب، سولفورد کادمیوم و همینطور سلنیور (ترکیبات سلنیوم) و اینیما نور (ترکیبات انیموان) که بطور مناسبی عمل آورده شده باشند، یک مقاومت الکتریکی از خود نشان می‌دهند که بر حسب تابش نور بر روی آنها بطور قابل توجهی تغییر

می‌کند. جریان‌هایی که می‌توان از آنها بدست آورد خیلی بیشتر و غالباً چندین ده میلی‌آمپر است. اما این اجسام همیشه مقاومت واقعی نیستند. بعضی از آنها نیمه‌هادی هستند یعنی جریانی که از آنها می‌گذرد، متناسب با فشاری که به آنها می‌گذارند، نیست. علاوه بر این ممکن است مانند بزرگی داشته باشند و فقط در برابر تغییرات آهسته نور (که چندین دهم ثانیه طول بکشد) حساس باشند. اما مقاومت‌های نوری، که برای اندازه‌گیری‌های نورچندان درخشنان نیستند، برای بکاراند اختین رله بسیار خوبند (شکل ۲۴).

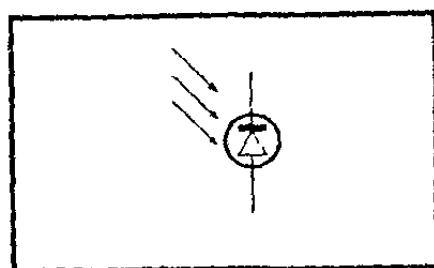
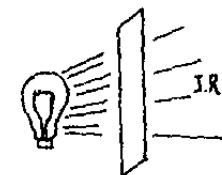
**میندنی**— گمان می‌کنم این همان چیزی است که برای دستگاه ضد ذرد من که آن روز گفتم، مناسب است.



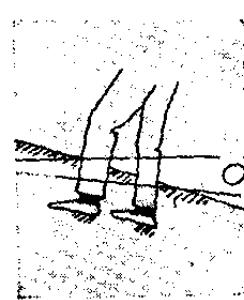
**مهندس**— در واقع همینطور است، بخصوص اگر توجه کنید که این مقاومت‌های نوری به حد کفايت دد برابر نور زیر قمر من حساسند.

**میندنی**— باز هم این نور زیر قمر این نورچیست و جگوه آن را ایجاد می‌کنند؛

**مهندس**— چیز پوشیده‌ای ندارد. زیر قمر نوری است که در طیف نورها کمی دورتر از قمر قرار دارد. چشمها مانع تواند آنرا مشاهده کنند، اما بعضی از سلول‌های فتوالکتریک، مانند نور دیدنی در برای آن حساسیت دارند. برای



شکل ۲۵— یک دیود نوری در نقشها  
بطور علاوه این نظر نشان داده می‌شود.



ایجاد نور زیر قمر من فقط یک لامپ با رشته مشتعل (لامپ معمولی) را بکار می‌برید و در برای آن یک صافی نوری می‌گذارد که تمام تشبع‌های دیدنی را متوقف می‌کند و در همین حال به نور زیر قمر اجازه عبور می‌دهد. به این ترتیب یک دسته اشعه دارید که ممکن است با یک سلول خلاصه کاتدش در بر این نور زیر قمر حساس است، آشکار شود. این کاتد از یک بوش سزیوم که روی یک صفحه نقره‌ای اکسید شده قرار دارد تشکیل شده است. این کاتدها معمولاً به وسیله سازنده‌گان «کاتد S» نامگذاری می‌شود. بهمین ترتیب می‌توانید از یک مقاومت نوری که دد برای نور زیر قمر حساس است استفاده کنید چون این مقاومت کم وزیاد شدن اشعه را آشکار می‌کند بی‌آنکه کسی بتواند اشاعه را ببیند.

**میندنی**— این واقعاً بسیار عملی است. می‌جذب کننده‌های نوری دیگر را هم برایم بگویید. حدس می‌زنم عده زیادی جذب کننده دیگر وجود دارند!



### دیودهای نوری

**مهندس**— بله، بله. حتی تعدادشان بسیار زیاد است. من غیر از دیود نوری



چیز دیگری را برایتان نمی‌گوییم (شکل ۲۵) در اینجا یک دیود با اتصالی ۱ ژرما-نیومی یا سیلیسیومی داریم که یک منطقه N و یک منطقه P دارد. اگر منطقه P را نسبت به منطقه N مشتبه نمی‌کنیم، جریان بدون دشواری می‌گذرد. بر عکس اگر بار الکتریکی دیود را درجهت معکوس بگذاریم، جریان نمی‌گذرد...

**متلبی**- مثل تمام دیودهای خانواده نجیب دیودا

**مهندس**- بله، اما این دیود «خانواده نجیب» وقتی نور در محل اتصالی آن بتابد افکار پدیدهایی را ایجاد می‌کند که در اثر برخورد فوتون‌ها (دانه‌های نوری) به آن ایجاد می‌شوند باعث می‌گردند که در محل اتصال مجموعه‌ای از الکترون‌ها و حفره‌ها وجود بیاید و در این موقع دیود به یک نوع «جریان تلف» اجازه عبور می‌دهد، که با اینحال به فشار وابستگی ندارد.



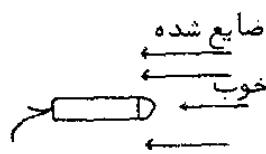
**متلبی**- لغت بر دیودا اکنون پدیده‌ای را برایم شرح دادید که مدت‌ها مردا رفکر و خیال فرو برده بود به این ترتیب که یک کنترل کننده همگانی ساخته بودم که با یک گالوانومتر و چهار دیود با اتصالی ژرمانیومی کار می‌کرد و مشاهده کرده بودم که دستگاه من، روی فشارهای متناسب، قبل از ظهر خیلی بد و بعد از ظهر بهتر کار می‌کند. در حالی که پنجره‌آزمایشگاه من به طرف شرق قرار است و صبح دیودها بهشدت فیزیاتیک نورقرار داشتند.

**مهندس**- این مطلب من تواند توضیحی درباره عمل آن باشد. ممکن است گرم شدن احتمالی دیودها هم باعث آن شده باشند. معمولاً دیودها بوشی از دنگ سیاه دارند که آنها را در برابر دور حفظ می‌کند.



**متلبی**- در ابتدا این دنگ سیاه را داشتند اما من آنها را تراشیدم تا بقیم درون آنها چیست.

**مهندس**- این داستان بسیار اخلاقی است و نتیجه آن اینست که کنجکاوی همیشه تنبیه‌ی بدنبال دارد. جالب بودن دیود نوری از این جهت است که حساسیت آن غالباً ۳۰۰ برابر بزرگتر از حساسیت بهترین سلول‌های خلاه است. علاوه بر این ماند بسیار کمی دارد و به آسانی از تغییرات نوری که آهنگی برای برصد هزار پرید در رازیه داشته باشد، پیر وی می‌کند. عیب اصلی آن همان عیب اصلی تمام نیمه هادیها یعنی حساسیت درین این گرم است.



**متلبی**- سیصد برابر حساس تر از بهترین سلول‌های خلاه، چه بهره خوبی!

باید این دیودها را فقط با روشی شفاف بکاربرد.

**مهندس**- این مطلب را باور نمی‌کنید. سطح حساس دیودهای نوری بسیار کوچک است و باید روشی خوبی داشت تا بتوان تعداد کم لومن لازم برای ایجاد جریان قابل توجه را به این سطح بسیار کوچک رساند. با اینحال این دیودها عنصرهای بسیار سودمندی هستند که قطعاً برای ایجاد صدا در سینمای ناطق جایگزین سلول‌های گازی خواهند شد...

**متلبی**- کارخوبی است!

**مهندس**- من هم عز ا نمی‌گیرم. با وجود این، وسیله دیگری برای رساندن

حساسیت سلول‌ها به مقدار بسیار زیاد وجود دارد.

**همه‌نگاری - تقویت؟**

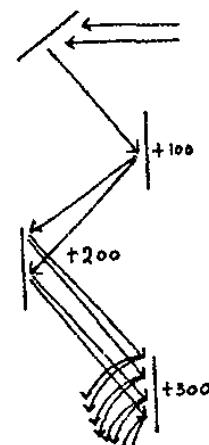
**مهندس** - درست است. اما در این لحظه به روش تقویتی فکر می‌کنم که کاملاً با آنچه شما می‌دانید متفاوت است، چون ارسال ژانوی را بکار می‌برد.

### چند برابرگننده نور

**مبتدی** - این جا نور دیگر چیست؟ آه، بله، یادم آمد، همان پدیده ایست که در لامپ‌های چهارالکترونی (ترود) باعث ناراحتی شده بود چون الکترون‌ها که در نتیجه شبکه پرده‌شناهان زیاد شده بود و قطبی به آن بخوردی کردند می‌توانستند بیشتر از آنچه الکترون به آن می‌رسد از آن الکترون بیرون آورند. در بعضی حالت‌ها، اگر شبکه پرده اختلاف سطح بیشتری از آن داشته باشد آنها را جذب می‌کند و یک نوع جریان وجود دارد که از آن بطرف شبکه پرده می‌رود و آن نقش یک کاتد دوم را بازی می‌کند.



**مهندس** - آقای مبتدی نمره شما بیست است! برای اینکه از این پدیده در یک سلول فتو-الکتریک استفاده کنند، ترتیبی می‌دهند که الکترون‌هایی که از کاتد روشن شده به وسیله نور خارج می‌شوند (پتانسیل کاتد صفر است) به الکترون دخست برسند که اختلاف سطح  $+100$  ولت دارد. این الکترون از ماده‌ای پوشیده شده است که توان بزرگی برای ارسال ژانوی الکترون دارد و در همسایگی الکترونی قرار گرفته است که به اختلاف سطح  $+200$  ولت وصل است. یک الکترون که از کاتد نوری خارج شده باشد و به الکترون دخست شده با اختلاف سطح  $+100$  ولت بررسد، ۲ یا ۳ الکترون از آن خارج می‌کند تا به الکترونی که اختلاف سطح  $+200$  ولت دارد برسند. در همسایگی این الکترون دیگری که اختلاف سطح  $+300$  ولت دارد، ۴ یا ۹ الکترون دریافت می‌کند (شکل ۲۶).



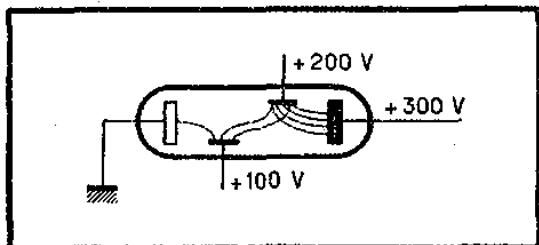
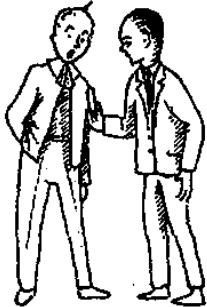
**مبتدی** - آقای مهندس این موضوع بسیار خوب است. اما بگویید بیشتر چه چیز مانع می‌شود که الکترون‌ها از آنچه شما کاتد نوری می‌نامید مستقیماً به طرف الکترون  $+200$  ولتی ویرا بیشتر از آن به الکترونی که اختلاف سطح  $+300$  ولت دارند بروند؟

**مهندس** - طرز قرارگرفتن الکترون‌ها طوری است که شکل میدان‌های الکتریکی با این کار مخالفت می‌کند. اما این را بدانید که همیشه چند الکترون «بی‌کله» وجود دارند که جائی می‌روند که نیاید بروند. اصل در اینست که اگر بطور آماری بگوییم، تعداد آنها نیاید زیاد باشد. به وسیله ده طبقه چند برابر کننده می‌توان جریان فتو-الکتریک را در ضریب ضرب کرد که به چندین میلیون می‌رسد. حساسیت این چند برابر کننده‌های نوری به مقدار باور نکردنی می‌رسد. منظور من لامپ‌هایی است که در صنعت بسیار متداول هستند و در اندازه گیری‌های ستاره‌شناسی بکار می‌روند... یعنی از آنها را آورده‌ام تا به شما نشان دهم.



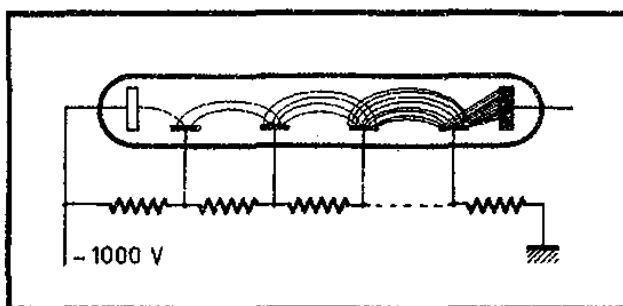
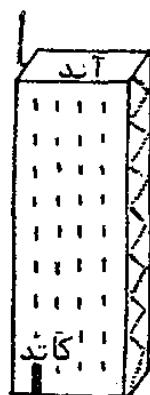
**مبتدی** - آه! انتظار داشتم یک دستگاه بزرگ. در بینیم، بخصوص که بمن گفته بودید ۱۱ طبقه چند برابر کننده دارد. راستی این الکترون‌ها را که در عین حال آند (برای بخشی که قبل از آنها قرار گرفته) و هم‌کاتد (برای بخشی که پس از

آنها واقع شده) هستند چه می‌نامند؟



شکل ۴۶— در یک چندبرابر کشندۀ نوری، انکترون‌های فرستاده شده به وسیله کاتد یک ارسال ثانوی روی نخستین «دینود» ابعاد می‌کشند. دومین «دینود» باز هم تعداد انکترون‌ها را چند برابر می‌کند که از آن پیرون می‌آیند تا به آن بروند.

**مهندس**— به آنها دینود می‌گویند. به وسیله یک رشته مقاومت و یا لامپ نهون، که بر قری آن نسبت به مقاومت ثابت نگهداشت فشار است، اختلاف سطح‌های مناسب را به الکترودها می‌گذارند. با اینحال من رشته مقاومتها را ترجیح می‌دهم (شکل ۴۷) چون امکان می‌دهد که تغییرات پیوسته‌ای از فشار در هر دینود داشته باشیم. در واقع حساسیت مجموع آنها (یا بهتر بگوییم تو انانی چند برابر کشندۀ طبقه‌ها)



شکل ۴۷— برای تغذیه یک چند برابر کشندۀ توری چند طبقه‌ای، پیش‌آنت که دینودها را به وسیله یک رشته مقاومت که بین کاتد (با اختلاف سطح بسیار منفی) و بندۀ قرار گرفته است، تغذیه می‌کنیم.

بطور زیادی به پیر وی از فشار هر دینود تغییر می‌کند.

**مبتدی**— متوجه شدم. اما چرا در نقشه خودتان یک فشار منفی برای کاتد بکار برده‌اید؟

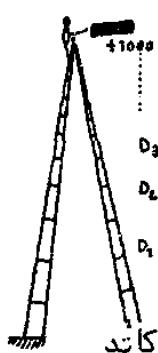
**مهندس**— ترجیح می‌دهم کاتد را به اختلاف سطح ۱۰۰۰— ولت نسبت به بدنۀ وصل کشم و الکترود آخری (آن) را به اختلاف سطحی در حدود صفر متصل کنم، چون روی همین الکترود است که جریان فتو-الکتریک تقویت شده را دریافت می‌کشم.

**مبتدی**— در واقع سود داشتن یک سلوی فتو-الکتریک بسا این حساسیت بسیار بزرگ چیست؟

**مهندس**— بسیار اتفاق می‌افتد که اشعه نوری در اختیار دارید که سیلان آن بسیار ضعیف است. حالات مشخص تر از همه، کاربرد در «برق زن‌ها» است که برای آشکار کردن تشیعی های هسته‌ای بکار می‌روند.

**مبتدی**— منظورتان اشده انمی است؟

**مهندس**— در یک معنی بله، اما این طرز بیان را که کمی شبیه به «علوم تصویری» پیش‌پا افتاده برای روزنامه‌های بزرگ است و بجهیز جوچه دوست ندارم. تمام



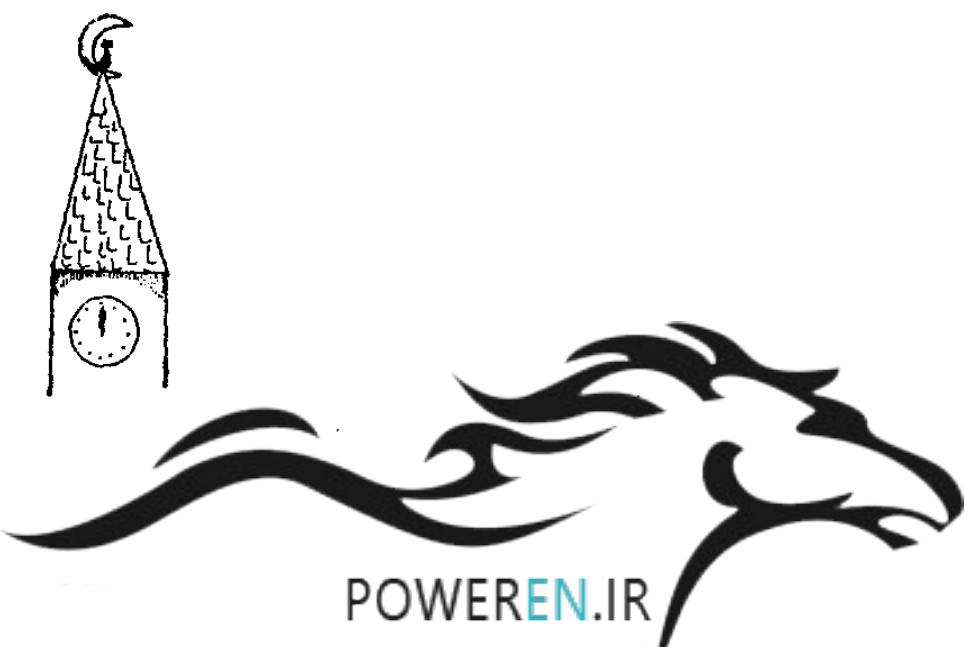
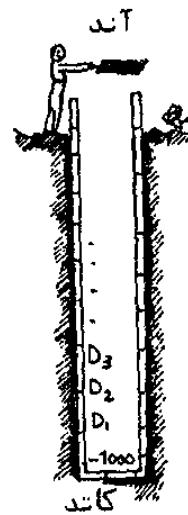
پدیده‌هایی که بطور نادرست اتمی نامیده شده‌اند، در واقع همانهایی هستند که در آنها یک تغییر شکل هسته دخالت می‌کند.

**مبتدا**— می‌دانم چه نتیجه‌ای می‌خواهید پسکرید. پسون کشیدن الکترون‌ها از یک کاتد لامپ الکترونی یا دریک گاز با ایونیزاسیون، اتم‌هارا زیر اثر می‌گیرد و می‌تواند شایسته عنوان «پدیده اتمی» باشد.

**مهندس**— کاملاً درست است. و تازه شما واکنش‌های شیمیائی را فراموش کرده‌اید که در آنها اتم‌های گوناگون بین خودشان الکترون مبادله می‌کنند. مثلاً در شکستن اتم رادیوم، هسته‌های اتم هستند که شکسته شده‌اند، همان‌طور که فلن در بمب‌های اتمی شکسته می‌شود (که باید آنها را «بمب هسته‌ای» بنامند) و یا در باطری‌هایی که بهوسیله پلوتونیوم تهیه می‌شوند.

**مبتدا**— مطالب من بوط بدرادیو آکتیویته برای من تقریباً میهم هستند. اما حالا که صحیت درباره این مطالب را آغاز کرده‌اید می‌توانم نتیجه پسکرم که نوع جذب کننده‌هارا تغییر داده‌ایم و چون بنظر می‌رسد که ساعتها دیر وقت را نشان می‌دهند، گمان می‌کنم که امروز نمی‌توانم چیزی جذب کنم. اگر میل داشته باشید فردادنیا که گفتگو را می‌گیریم.

**مهندس**— موافقم و به این ترتیب می‌توانیم به مسئله جذب کننده‌ها که بدون شک کمی خسته کننده ولی در الکترونیک بسیار مهم‌مند پایان بدیم.



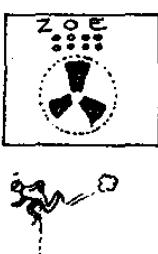
مبحث چهارم

مهندس با فرورفتن در قلب هاده، دوست خود را از رازهای پارتیکول‌ها، پرتوان‌ها، نوترون‌ها

و چیزهای دیگر و همچنین از تشعیع‌های هسته‌ای آگاه خواهد ساخت. بنابراین فوراً به جذب کننده‌های حساس در بر ابر این تشعیع‌ها می‌رسد (شمارگر گایگر Geiger، اطاق ایونیز اسیون، برقزن‌ها) و چون دوستان ما از وارتبکول‌ها صحبت می‌کنند، بودقا یعنی می‌رسند که در ایون‌هادر قلب محلول‌ها می‌گذرند. مبتداً خواهد دید که  $P^H$  (که درجه اسیدی بودن یک محلول را اندازه می‌گیرد) و توانائی اکسید کنندگی آن چیست و جذب کننده‌هایی که امکان اندازه‌گیری این اعداد را بوجود می‌آورند کدامند.

## اندازه‌گیری‌های هسته‌ای و شیمیائی

**مبتدی**- آقای مهندس من کاملا سرخورده و ناراحت هستم. کوشش کردم اثربری را پیغام که درباره «پدیده‌های هسته‌ای» (همانطورکه شما نام بردید) نوشته شده بود و مورد حمله سیلابی از کلمه‌های ناشناس قرار گرفتم مثل اشعه بتا، نوترون‌ها، ازوتوب‌ها، الکترون‌ولت، براترون (Bératron)...



مھندس۔ معنی ہمہ آنہا را الان برائیان نخواہم کفت، اما خواہید دیدتا آن حد ہم کے فکر می کنیں وحشت آور نیستند۔ ابتدا از شما می خواہم کہ بمن بگوئیں  
ہستہ اتمہا چکونہ درست شدہ اند؟

ساختهای آتم‌ها

**مبتدی** - هسته‌ها گلوله‌های بسیار کوچکی هستند که بار مثبت دارند و تقریباً تمام حجم اتم در آنهاست.



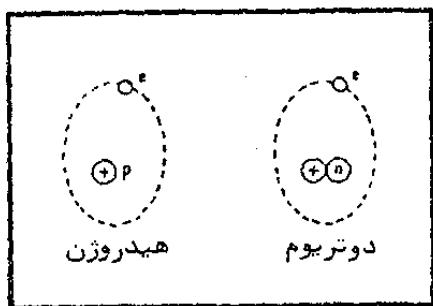
مهندس در این گفته حقیقت وجود دارد اما در باره هسته ها مطالب بیشتری فهمیده شده است. این هسته ها از دو نوع پارتیکول (ذرات بسیار ریز) درست شده اند که یکی از این دو نوع، پروتون ها Proton، دانه های ریز با بار مثبت هستند و دیگری نوترون ها Neutron، دانه های ریز با همان جرم اما بدون بارند. بار الکتریکی یک پروتون برایر بار یک الکترون است اما با علامت مخالف. مسلم اما در یک اتم که خشی است به همان اندازه پروتون در هسته وجود دارد که الکترون در حال گردش به دور آن موجود است. تعداد پروتون ها «عدد اتمی» یا «ظرفیت اتمی» نامیده می شود. مثلا هسته هیدروژن ساده فقط یک پروتون دارد که در اطراف آن الکtron اتم گردش می کند. پس ظرفیت اتمی هیدروژن ۱ است. اما نوع دیگری هیدروژن، هد هست که هیدروژن سنگن (با دو ترمو مقدار deutérium) است و به مقدار

بسیار کم به صورت مخلوط با هیدروژن ساده (کمتر از  $\frac{1}{1000}$ ) هیدروژن سنگین

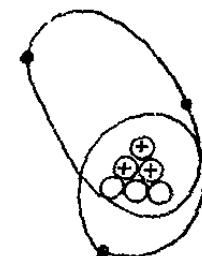
**۹۹۹** هیدروژن ساده در گاز هیدروژن معمولی وجود دارد. این هیدروژن

سنگین، در هسته خودش، یک پروتون و یک نوترون دارد. (شکل ۲۸). هر اتم آن، مثل هیدروژن ساده، فقط نیک الکترون دارد. دوتریوم وزن مخصوصی بیشتر از هیدروژن ساده دارد. اما خواص شیمیائی آن تقریباً مشابه است. دوتریوم را در جدول دوره‌ای عنصرها، که جدول «مندلیف» (Mendeleeff) نامیده شده است، در همان خانه هیدروژن جای می‌دهد و به مین دلیل است که دوتریوم و هیدروژن سبک را «ایزوتوپ» (Isotope) می‌نامند که از دو کلمه یونانی «ایزوس» (isos) به معنی «هم» و «توپوس» (Topos) به معنی «خانه و جا» گرفته شده است.

به این ترتیب اتم‌های وجود دارند که باداشتن یک تعداد پروتون، ظرفیت اتمی یکسانی دارند، اما می‌توانند به دو شکل وجود داشته باشند. اختلاف اینها به وسیله تعداد نوترون‌ها که با پروتون‌ها در هسته بطور ثابت قرار گرفته‌اند، تعیین می‌شود.

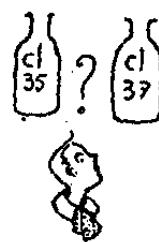


شکل ۲۸ - هیدروژن ساده، در هسته خود، غیر از یک پروتون چیزی ندارد. ایزوتوپ (همخانه) سنگین آن «دوتریوم» اضافه بر آن یک نوترون در هسته دارد. برای هر دو نوع هیدروژن فقط یک پروتون در اطراف هسته وجود دارد.



مثال در کلر که ظرفیت اتمی آن ۱۷ است (۱۷ پروتون در هسته و ۱۷ الکترون اطراف آن دارد)، دو دسته اتم وجود دارد که آنها که در هسته اضافه بر ۱۷ پروتون، ۱۸ نوترون هم دارند (جمعیت ذرات ریز موجود در هسته ۳۵ است) و دیگری اتم‌های که ۱۷ پروتون و ۲۰ نوترون در هسته دارند (جمع تعداد ذرات ریز هسته ۳۷ است). این دو نوع کلر، که از نظر شیمیائی کاملاً شبیه بهم هستند، دو ایزوتوپ را تشکیل می‌دهند.

### مخلط ایزوتوپ‌ها



**مبتدی** - گازی که به نام کلر نامیده می‌شود، از اتم‌های ۱۸ نوترونی تشکیل شده یا ۲۰ نوترونی؟

**مهندس** - از خود نوع دارد، تقریباً  $\frac{3}{4}$  آن کلر ۱۸ نوترونی است و  $\frac{1}{4}$  کلر

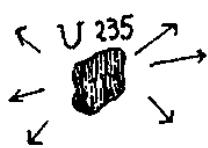
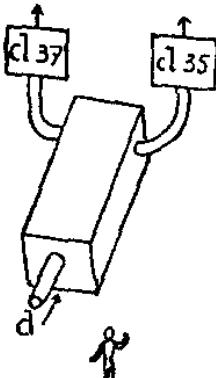
۲۰ نوترونی.

**مبتدی** - حتماً بر حسب آنکه هیچ‌کلر چه باشد نسبت آنها تغییر می‌کند؟

**مهندس** - نه، وهمین موضوع عجیب‌ترین پدیده‌ای است که ناکنون شناخته شده است چون نسبت این دونوع کلر کاملاً یکسان است خواه کلر را از نمک دریای هند بدست آورده باشند و یا از کلر و ربیاسیم موجود در الزاں Alsace تهیه کرد باشند.

**مبتدی** - و جدا اکردن این دو ایزوتوپ از هم غیرممکن است؟

**مهندس** - نه، می‌شود این کار را کرد، اما بی‌نهایت مشکل است. این کار پخش بزرگی از کارکار خانه‌های هسته‌ای کنونی را تشکیل می‌دهد به‌این معنی که جدا کردن ایزوتوب‌های ۲۳۵ (۹۲ پروتون و ۱۴۳ نوترون) و ۲۳۸ (۹۲ پروتون و ۱۴۶ نوترون) اورانیوم طبیعی پخش بزرگی از کارکار آنهاست. در واقع، ایزوتوب ۲۳۵ اورانیوم تنها ایزوتوب رادیواکتیو اورانیوم است، یعنی هسته‌های اتم‌های آن خود به‌خود منفجر می‌شوند. از این اورانیوم فقط به‌مقدار  $\frac{1}{7}$  درصد در اورانیوم طبیعی وجود دارد. آقای مبتددی در واقع بیشتر جسم‌هایی که به‌آنها «ساده» می‌گویند، مخلوطی از ایزوتوب‌ها هستند. اما جدا کردن این ایزوتوب‌ها از هم به‌اندازه‌ای مشکل است که مدت‌ها یعنی تا آغاز قرن بیستم آنها را به صورت مخلوط نمی‌دیدند. توجه داشته باشید که این ایزوتوب‌ها از نظر خواص شیمیائی کاملاً شبیه بهم هستند و آنوقت متوجه می‌شوید که چرا کشف آنها اخیراً آغاز شده است.



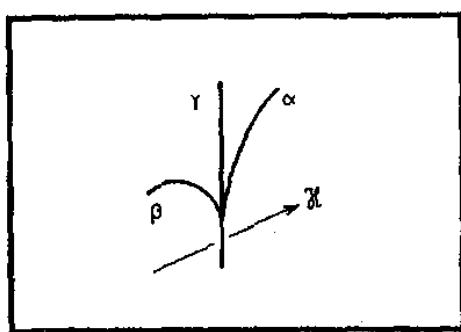
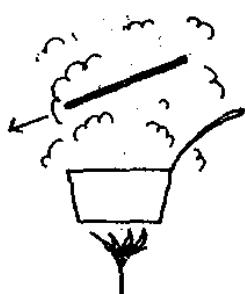
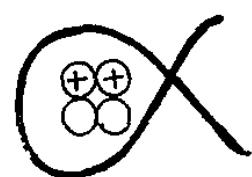
### قلمزی پارتیکول‌ها (ذرات بسیار ریز)

**مبتددی** - حالا بخوبی می‌فهمم که ایزوتوب‌ها چگونه‌اند. اما خیلی دلم می‌خواست بدانم که پارتیکول یا ( $\beta$ ) و سایر پارتیکول‌ها چگونه هستند...

**مهندس** - الان می‌خواستم در پاره آنها صحبت کنم. اجسامی که به‌آنها «رادیواکتیو» گفته می‌شود، نوعی عدم ثبات دارند که باعث می‌شود هسته آنها خود به‌خود منفجر گردد. در این حالت تکه‌های کوچک هسته به وجود می‌آیند که در تمام جهت‌ها حرکت می‌کنند، این تکه‌ها ممکن است نوترون باشند (نششنج نوترونی) و گاهی هم ممکن است الکترون باشند (که در این حالت می‌گویند اشعه یا  $\beta$ ). همینطور ممکن است وضعی پیش ببیند که دیده شود از هسته گروه‌های چهار پارتیکولی بیرون می‌آیند که دو نوترون و دو پروتون هستند. این گروه‌ها را پارتیکول‌ای آلفا ( $\alpha$ ) یا «علیون» (که هسته هلیوم است) می‌نامند و تشعشع تشکیل شده به وسیله این پارتیکول‌ها، «تشعشع  $\alpha$ » نام دارد.

همین‌پس تشعشعی هست که همه را با پدیده‌های هسته‌ایست و آن تشعشع  $\alpha$  (کاما) است که شبیه به نور (یا بهتر بگوئیم شبیه اشعه  $X$ ) می‌باشد و حالت موجی بیشتری از خود نشان می‌دهد.

**مبتددی** - این تشعشع با دیگران کاملاً متفاوت است چون بجای اینکه از پارتیکول‌ها تشکیل شده باشد، یک نوع نور است.



شکل ۲۹ - یک میدان مغناطیسی  $H$  اشعه  $\alpha$  را منحرف نمی‌کند، این میدان اشعه  $\alpha$  را کم و اشعه  $\beta$  را (درجیت مخالف) زیاد منحرف می‌کند.

**مهندس**— اوها می‌دانید، بین تشعشع پارتیکول‌ها و تشعشع از نوع نور اختلاف چندانی نیست. اختلاف‌ها بیشتر در توانایی نفوذ تشعشع هاست.

تشعشع  $\alpha$  راه درازی طی نمی‌کند و فقط درهوا چند میلیمتر پیش می‌رود. اشعة  $\beta$  می‌تواند دور برود و ممکن است از صفحه‌های آلمینیومی با مقداری کلفتی و حتی فولاد نازک عبور کند (هرچه وزن مخصوص ماده کمتر باشد تشعشع هسته‌ای آسان‌تر از آن می‌گذدد). اشعة  $\gamma$  بسیار نافذ است. این سه نوع تشعشع، این خاصیت را دارند که ایونیزاسیون به وجود می‌آورند به این معنی که می‌توانند در گازهایی که عبور می‌کنند آنها را به بخش‌هایی تقسیم کنند که از نظر الکتریکی ختنی نباشد (ایون‌ها) و به این ترتیب گاز را به صورت رسانای الکتریسیته درآورند: همینطور، این تشعشع‌ها می‌توانند، وقتی بخار آب را درجه گرماهای پائین‌تری که معمولاً (با توجه به تراکم بخار آب) باید اشاعع بشود، سرد شده باشد، در آن ایجاد اشاعع کنند. بخار در این حالت نایاب‌دار بالای اشاعع می‌تواند یک لحظه باقی بماند...

**مبتدی**— مثل آبی که توانسته باشند آنرا چند درجه پائین‌تر از صفر درجه بپاورند بی آنکه بین تند...

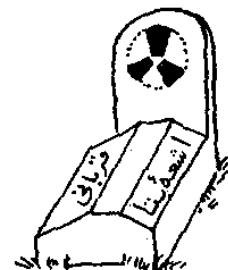
**مهندس**— مقایسه بسیار عالی است. اگر از چنین بخاری اشعة هسته‌ای ( $\alpha$ ،  $\beta$  یا  $\gamma$ ) عبور کند، بخار آب می‌تواند ناگهان متراکم بشود و مسیر عبور اشعة با پیدا شدن قطره‌های آب در آن، رسخ می‌شود.

**مبتدی**— آیا از اختلاف توانایی نفوذ آنها می‌شود اشعة  $\alpha$ ،  $\beta$  و یا  $\gamma$  را از هم مشخص کرد؟

**مهندس**— اینهم یکدراه آنست. ترجیح داده می‌شود که اشعة را از یک میدان مغناطیسی بگذرانند. در این صورت اشعة  $\alpha$  (که پارتیکول‌های مشت و بسیار سنگین هستند) در یک جهت بقدر کم منحرف می‌شوند، اشعة  $\beta$  (که پارتیکول‌های منفی بسیار سبک‌تر) در جهت مخالف خیلی منحرف می‌شوند. اشعة  $\gamma$  منحرف نمی‌شوند (شکل ۲۹). نوترون‌ها هم منحرف نمی‌شوند، اما جهش نوترون‌ها خاصیت ایونیزاسیون ندارد، بخار آب را متراکم نمی‌کند، نوترون‌ها را به وسیله روش‌های غیر مستقیم مشخص می‌کنند.

**مبتدی**— بدون شک این اشعة مشتمل اشعة  $X$  می‌توانند از بدن انسان بگذرند؟

**مهندس**— بله، بجز اشعة  $\gamma$ . اینها هم مثل اشعة  $X$ ، اگر زیاد بگذر پرده شوند، برای انسان و موجودات زنده زیان بخش هستند، بهمین جهت آشکار ساختن آنها بسیار مهم است.



### اندازه‌گیری تشعشع‌ها

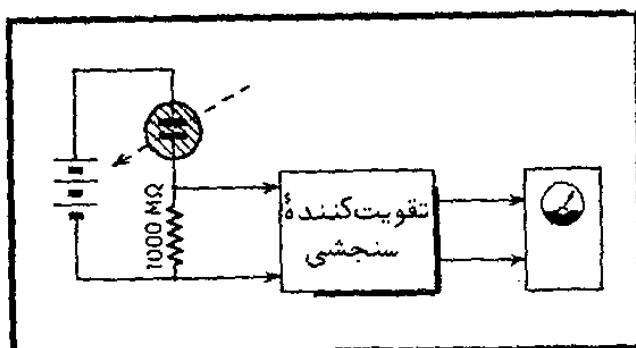
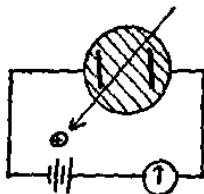
**مبتدی**— تصور می‌کنم که تراکم بخار آب را در «تاخیر تراکم» بکار خواهید برد؟

**مهندس**— آنرا «بخار بالای اشاعع» می‌نامند. می‌توانستیم از این پدیده استفاده کنیم، و به همین ترتیب تا سی سال پیش رادیو‌آکتیویته را بررسی می‌کردند. محفظه‌ای که محتوی بخار آب است «اطاق ویلسون» می‌نامند. ما بیشتر خاصیت این تشعشع‌ها را از نظر رساناکردن گازها بکار خواهیم گرفت. گازی را وارد یک محفظه

می کنیم (که «اطاق ایونیزاسیون» می نامند) که در آن دو الکترود قرار دارد و بین این دو الکترود یک فشار الکتریکی گذاشته شده است. جریانی را که از اطاق ایونیزاسیون می گذرد، اندازه می گیریم؛ این جریان متناسب با تشعشع، حجم اطاق (با فرض اینکه تمام این حجم زیر اثر تشعشع قرار گرفته باشد) و فشار گاز است.

**مبتدا** - این جریان را با یک آمپر متر اندازه می گیرند.

**مهندس** - البته که نه حتی حساس ترین میکروآمپر متر ها چیزی نشان نمی دهد مگر اینکه اطاق ایونیزاسیون بسیار بزرگ و زیر اثر تشعشع زیاد قرار



شکل ۳۰ - پارتیکولهای هسته ای که از گاز اطاق ایونیزاسیون می گذرند این گاز را به دو ایون تجزیه می کنند و به این ترتیب جریان بسیار ضعیلی در این اطاق به وجود می آورند؛ افت فشار ایجاد شده به وسیله این جریان را در یک مقاومت بسیار زیاد اندازه می گیرند.

گرفته باشد. در واقع، عموماً جریانی وجود دارد که در حدود میلیونیم میکروآمپر یا کمتر از آنست. این جریان را از مقاومت های خیلی زیاد (چندین هزار یا میلیون مگاهم) می گذرانند (شکل ۳۰) و اختلاف سطح دو س این مقاومت ها را به کمک یک «تقویت کننده سنجشی» اندازه می گیرند که اکنون به آن اشاره کرد و بعد رباره آن گفتشگو خواهیم کرد.

**مبتدا** - پس به این ترتیب روش اندازه گیری شما به وسیله اطاق ایونیزاسیون، چیزی جو جه حساس نیست؟

**مهندس** - حساسیت آن کم است، اما از هظر اینکه می تواند تشعشع های بسیار قوی را اندازه بگیرد، بسیار سودمند است. این تشعشع های ممکن است در شمار تشعشع هایی باشند که انسان می تواند دهها ساعت زیر اثر آنها باشد بدون اینکه خطر جدی برایش داشته باشند و یا تشعشع هایی باشند که در یک دقیقه او را می کشند.

**مبتدا** - برای تشعشع های نوع آخر، ترجیح می دهم اطاق ایونیزاسیون چندین متر دورتر از من باشد!

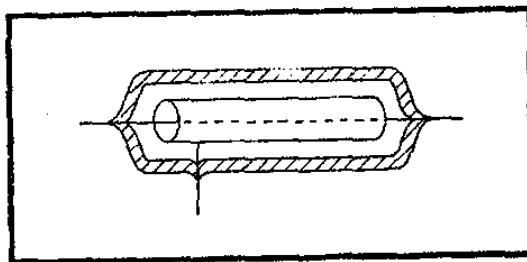
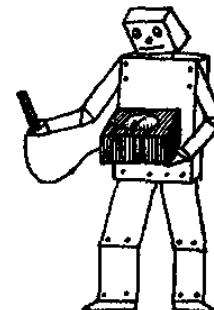


### شمارگر «جایگز» (Geiger Counter)

**مهندس** - از اینهم بیهتر عمل می کنند به این ترتیب که دستگاه های با فرمان از دور را برای اندازه گیری می فرستند. برای تشعشع های ضعیف تر، خاصیت های ایونیزاسیون را به روشی دیگر در شمارگر «جایگز-مولر» (Geiger-Muller) بکار می گیرند.

**مبتدا** - این دستگاه جیست:

**مهندس**— دستگاه بسیار ساده است. محفظه‌ای دارد که محتوی گاز با فشار کم است. یک استوانه در آن می‌گذارد که به دور یک سیم عایق قرار گرفته است (شکل ۱۳). اگر بین سیم و استوانه اختلاف سطحی قرار بدهیم چیزی داریم...



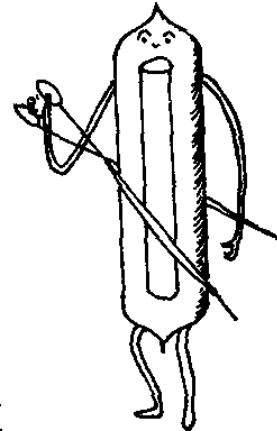
شکل ۲۱— دریک شمارگر گازی یا گرمولر، یک استوانه که در مرکز سیمی کشیده شده، در جبابی گذاشته شده که محتوی گاز با فشار کم است و در این گاز، ایونیزاسیون ایجاد شده به وسیله هربارتیکول در تمام جباب گسترش پیدا می‌کند.

**مبتدی**— ... شبیه به اطاق ایونیزاسیون.

**مهندس**— آه، به آن خیلی شباخت دارد و ممکن بود مثل آن بکار برود. اما اختلاف سطح بکار برده شده نسبتاً زیاد است و نزدیک به اختلاف سطحی است که برای ایجاد ایونیزاسیون در گاز محفظه لازم است. اگر ریک پارتیکول هسته‌ای از گاز بگذرد، می‌تواند ایونیزاسیون ایجاد کند.

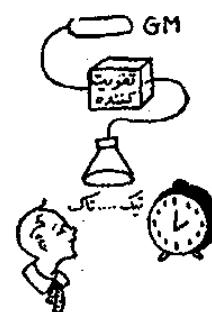
**مبتدی**— درست مثل اطاق ایونیزاسیون است.

**مهندس**— بهدو دلیل نه. اول اینکه اختلاف سطح بین دو الکترود به اندازه کافی زیاد است بطوری که زیر اثر ایونیزاسیون محلی ایجاد شده به وسیله پارتیکول، تمام گاز محفظه بهدوايون تجزیه می‌شود، و به این ترتیب جریان زیادی به وجود می‌آورد. دوم اینکه ما در پی اندازه‌گیری این جریان نیستیم. فقط کاوش می‌کنیم که این پدیده چندبار دریک ثانیه ایجاد می‌شود.



**مبتدی**— پس تعداد ضریبها را که ممکن است زیاد باشد، شمارش می‌کنند. اما چون گفتید که ایونیزاسیون زیر اثر فشار بین استوانه و سیم برقرار می‌شود، پس چگونه خاموش خواهد شد؟

**مهندس**— نکته خوبی را یادآوری کردید، درواقع اگر هیچ کار خاصی انجام نشود، خاموش نخواهد شد. برای متوقف کردن (یا خاموش کردن آن) می‌توان یک هومنزار الکترونی بکار برده که «خاموش کن» نامدارد که پس از یک ضریب ایونیزاسیون، فشار در دوسر لامپ را خیلی پائین می‌آورد و به این ترتیب ایونیزاسیون را از بین می‌برد. بهترین راه حل اینست که در گاز لامپ مقدار کمی از بخار یک الکل سنگین و یا بروم (brome) قرار دهیم. به این ترتیب مولکول‌های آنها، به سبب ماندگی که دارند، وقتی در شمارگر یکبار ایونیزاسیون بوجود آمد. آنرا از بین می‌برند. اینها شمارگرهای «با قطع خودکار» هستند. بیینید یکی از آنها را آوردہ‌ام، آنرا به برق وصل می‌کنم و ورودی این تقویت کننده را به دوسر مقاومتی که جریان سیم از آن می‌گذرد، متصل می‌کنم. بلندگوهای که در خر و جی تقویت کننده قرار داردند به‌مما امکان می‌دهند که صدای ضریبها را بشنویم. یک تکه پشلیند Pechblende که مستگ معدن



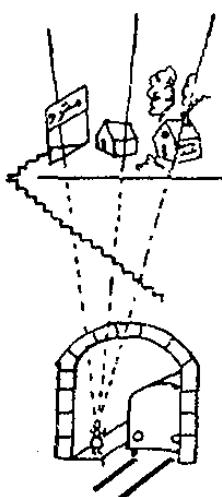
رادیوم و اورانیوم است به آن نزدیک می‌کنم؛ صدای ضربه‌هایی را که پس تعداد زیادتر «تُق تُق» می‌کند، می‌شنوید.

**مبتدی**—بله، اما عجیب است. این کار صدای مشخصی، یعنی فرکانس موسیقی ایجاد نمی‌کند. بدون شک برای اینست که در اینجا ضربه وجوددارد نه تغییر سینوسی شکل.



**مهندس**—بهیچوجه تغییر سینوسی نیست آقای مبتدی. تجزیه آنها فقط بر حسب قوانین اتفاقی است. امکان دارد که در یک ثانیه فقط یک بار باشد و در ثانیه بعد دوبار بوجود بیاید. نظم و ترتیبی که در پشت هم آمدن این ضربه‌ها هست بیشتر از نظم و ترتیب دیزش قطره‌های باران بر روی یام نیست. در عوض می‌تواند یک آهنگ متوسط را با تعداد ضربه در دقیقه تعیین کنید (پوشش طآنکه در یک دقیقه تعدادی زیاد باشد که بتوان قانون عددی این را برای آنها بکاربرد).

**مبتدی**—حالا تکه سنگ معدن اورانیوم خودتان را از اینجا دور کنید. عجب، مثل اینکه فرآورده رادیوآکتیوی در اینجا پنهان است چون ضربه‌ها ادامه دارند. البته باید گفت که تعدادشان خیلی کم شده است.



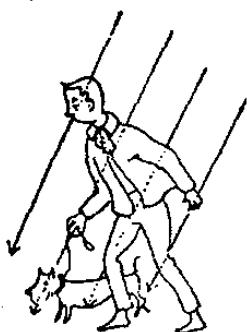
### اشعه‌گیهانی

**مهندس**—آقای مبتدی چیزی که حالا می‌شنوید، اثر اشعه‌گیهانی است. این اشعه اسرارآمیز در اثر پاره‌یکول گلخانی که از ستارگان می‌آیند در جو بالا بوجود می‌آیند و این پاره‌یکول‌ها مثل باران ضعیف بطورهای شیگر روی سرمان می‌روند. آنها شیوه به اشعه از هستنداما نفوذشان بیشتر است چون چندین متر بیرون هم نمی‌تواند درصد از آنها را متوقف کند. این اشعه برای اندازه‌گیری بسیار آزار دهنده هستند، چون نمی‌شود از بند آنها رست. و ناچار به اندازه‌گیری را با درنظر گرفتن آنها انتقام دعیم. همانطور که ناجار پنهان اندازه‌گیری نور را انجام دهیم بی‌آنکه بتوانیم در تاریکی کامل قرار بگیریم.

**مبتدی**—او، نباید این را بمن می‌گفتید. این اشعه که بدون وقفه از بدن من می‌کندند. نازار احتم می‌کند.

**مهندس**—آقای مبتدی، مطمئن باشید. شما هم زیر افرای این اشعه قرار دارید همانطور که تمام افراد بشهر اگر فتنه‌اند و حال ما هم بدتر نشده است.

**مبتدی**—خوب، منهم همین را می‌خواهم. اما آقای مهندس بگوئید بیمه، به وسیله شمارگر شما، چه تشبع‌هایی را می‌توان آشکار کرد؟



**مهندس**—تمام تشبع‌هایی را اندازه می‌کنید که با داشتن خاصیت ایجاد ایونیزاسیون، می‌توانند وارد اسوانه شمارگر شوند یعنی اشعه از را همیشه اشعه  $\beta$  را در صورتی که به اندازه کافی نفوذ کنند باشند (بخصوص اگر بوسه شمارگر نازک باشد) و حتی بعضی از اشمه  $\alpha$  را اندازه می‌گیرد به مرطی که در ته شمارگر در پیجه‌ای از میکلی نازک‌گذاشته باشند تا آنها را از خود بگذراند. بهر حال شمارگر «گایگر» دستگاه است با حساسیت بسیار زیاد. این دستگاه برای تشبع بسیار ضعیفی که برای انسان هیچگونه خطری ندارد و مثلًا به میله مقدار کمی سنگ معدن رادیوآکتیو ایجاد شده است، ضربه‌های ایجاد می‌کند که آنکه آنرا شدید از نظر بحدای

ایجاد شده به وسیله اشعه کیهانی است. بهمین جهت است که آنرا برای بررسی های زمین و معادن، تشخیص هدر رفتن احتمالی تشعشع ها و بالاخره پژوهش های علمی پکار می بینند.

### برق زن

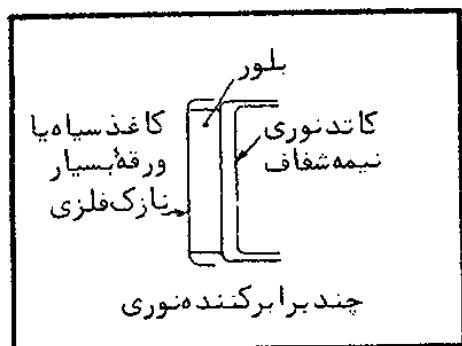
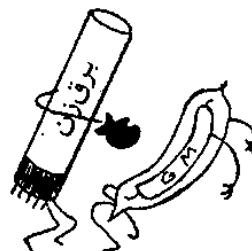
**مبتدی**— بنابراین حساس ترین دستگاهها برای آشکارسازی تشعشع های هسته ای همین است؟



**مهندسان**— نه، دربرابر «شمایرگر برق زن» شکست خورده است.

**مبتدی**— این دستگاه چیست؟ گمان می کنم وقتی درباره سلول های چندبرابر کنندۀ الکترون صحبت می کردید، اشاره ای به آن کردید؟

**مهندسان**— درست است. در این دستگاه یک بلور یا یک پلاستیک مخصوص پکارهای برند که دارای این خاصیت است که وقتی یک پارتیکول نور خود را کرد، بر قرقره ای از آن بیرون می آید. این بلور روی کاتد نوری یک سلول فتو الکتریک با چند برابر کنندۀ فرادرداده شده است (شکل ۳۲). در حالی که این

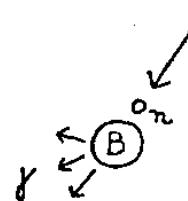


شکل ۳۲— پارتیکول های هسته ای از کاغذ سیاه یا صفحه فلزی (که برای جلوگیری از عبور نور است) می گذرند و در بلور نفوذ می کنند. این بلور برای هر پارتیکول بر قریبی می فرستد که به وسیله چند هر ابر کنندۀ نوری که بلور روی آن چسبیده است، آشکار می شود.

کاتد به وسیله کاغذ سیاه یا یک یو شش تیره، از اثر نور محفوظ نگهداشت شده است و پارتیکول ها باید از آن بگذرند تا به بلور برسند. این جزو ای چند بر ابر کنندۀ شامل تعدادی ضربه است که آن هنگ متوسط آنرا اندازه می گیرند. این روش به اندازه ای حساس است که بررسی را در اتومبیل یا هواییما هم امکان پذیر می کند بطوری که می توان با هواییما از روی کشوری که فکر می کنند در آن سنگ معدن رادیو آکتیو وجود دارد پرواژ کرد و آن را تعیین کرد. اضافه براین بر قر زن برای هر پارتیکول هسته ای ضربه ای به ما می دهد که متناسب با اندازه گیری همین پارتیکول است. بر عکس شمارگر «گایگر» که همه ضربه ها را برای بسته هی دهد. این خاصیت امکان می دهد که پخش افزایی پارتیکول های مختلف را اندازه بگیریم.

مسلماً در این اندازه گیری هسته ای چند جلد کتاب می توان نوشت. اما گاهی می کنم این موضوع را به پایان رسانده باشم.

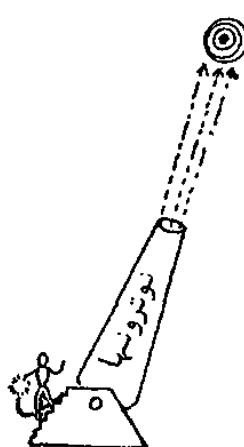
**مبتدی**— عقیده من این نیست. و خودم هم احساس نمی کنم که خسته شده و راضی به پایان دادن کار باشم... در باره آشکارسازی نوترون ها، چیزی برایم نگفته ایم، درباره کاربرد این و توابعها و همینطور کاربرد اندازه گیری های مقدار رادیو-



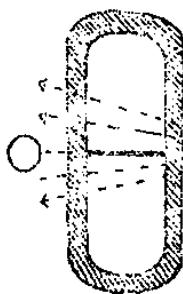
آکتیوها خارج از قلمروی تأمین سلامتی و بررسی و پژوهش‌های علمی هم صحبتی نکرده‌اید.

**مهندس**— پاسخ شما را به ترتیب می‌دهم. کشف کرده‌اند که اگر نوترنون‌ها به یک آتم بور Bore، برخورد کنند، یک سلسه و اکتشهای هسته‌ای به وجود می‌آورند که همان‌اه با فرستان اشعه  $\gamma$  است. بنابراین کافی است صفحه‌ای را از اسیدبوریک پوشانیم و آنرا تزدیک یک شمارگر یا برق زن قرار دهیم و نوترن‌ها را آشکار سازیم.

**مبتدی**— در واقع پناظر خیلی ساده می‌آید.



### کاربرد ایزوتوب‌ها

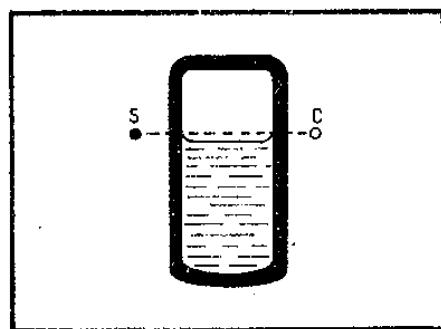


**مهندس**— ایزوتوب‌های رادیوآکتیو اجسامی هستند که بطور مصنوعی با بیماران انواعی معمولی بهوسیله سیلان بسیار زیاد نوترن‌ها، مثل آنچه در پیل هسته‌ای به وجود می‌آید، تهیه شده‌اند. این نوترن‌ها می‌توانند در یک آتم نفوذ کنند و در هسته داخل شوند. ایزوتوب تازه‌ای که به‌این ترتیب بدست می‌آید، غالباً نایابدار و بهشدت رادیوآکتیو است. ایزوتوب در همه‌جا با فرآورده معمولی همان‌اه است، اما اشعه هسته‌ای از خود می‌فرستد که امکان می‌دهد به وجودش بپرند. بطور همان، اگر یک ذکه فولاد یعنی قطعه‌ای از یک پیستون را زیر اشعه نوترنی یک پیل قرار دهیم، اتم‌های ایزوتوب رادیوآکتیو آهن تشکیل می‌شوند. با اندازه گیری مقدار رادیوآکتیو بودن روغن‌هایی که در روغنکاری موتوری بکار می‌روند که این پیستون در آن کار می‌کنند، مقدار درصد سایش را می‌توان اندازه گرفت. به‌این ترتیب به نوعی روی اتم‌ها نشانه گذارده‌ایم که دیگر گمنام نیستند. و این نشانه امکان می‌دهد که بهوسیله اندازه گیری‌های فیزیکی آنها را دنبال کنیم همان‌طور که وقتی حلقه‌ای را به پای کبوتری می‌بندیم می‌توانیم در پروازهای بعدی محل آن را تعیین کنیم. بهمین ترتیب می‌شود جمع شدن ید Iodine را (که بخشی از آن با ایزوتوب به مخلوط شده است) که بهوسیله سرطان تیر و ظیبد وجود می‌آید تشخیص داد چون اگر یک شمارگر «گایگر» را روی بیمار حرکت دهیم، محل هائی را که ید رادیوآکتیو و در نتیجه ید معمولی در آنها جمع شده است، نشان خواهد داد. گمان می‌کنم به این ترتیب به پرسن سوم شما پاسخ داده باشم. خاطر نشان می‌کنم که همین‌طور از رادیوآکتیو بودن اجسام به عنوان نور با خاصیت مخصوص که از اجسام تیره برای نور معمولی، عبور می‌کند، استفاده می‌کنند.

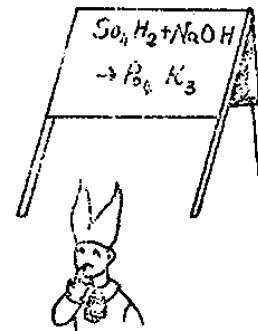
مثلاً شما می‌توانید برای تعیین حد یک مایع در یک ظرف فولادی سربسته و تیره، یک منبع رادیوآکتیو S را در یک طرف و شمارگر «گایگر» C را در ظرف دیگر بگذارید (شکل ۳۳). در این صورت بر حسب اینکه حد مایع بالا یا پائین باشد، تشنهش کم‌زیشن جذب می‌شود. همین‌طور می‌توان کلتفتی یک ورقه فلزی را با تعیین مقدار باقیمانده تشنهش پس از عبور از ورقه تعیین کرد.

**مبتدی**— پناظر می‌رسد که آینده درخشنای دارد.

**مهندس**— تازه وقت کافی ندارم تا برای شما درباره تعیین عیوب داخلی یک فلز، درمان‌های پزشکی، بررسی‌های تصفیه و خلوص... و خیلی چیزهای دیگر صحبت



شکل ۲۲- می توان حد يك مایع را حتی در يك محفظه تبره (غیرشفاف) تبین کرد، چون اين مایع برحسب پالپین يا بالا بودن سطحش در محفظه کم و بيش تشدیع هسته اي منبع S را جنب می کند؛ تشخیص باقیمانده به وسیله شمارگر C اندازه گیری می شود.



کنم. ترجیح می دهم که مسئله جذب کننده ها را تمام کنم و درباره دستگاه های صحبت کنم که در برابر کنش های شیمیائی حساس هستند.

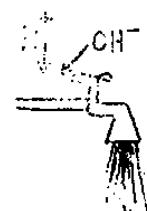
### شیمی الکتریکی ایون ها

**مبتدی**- می دانید که من در شیمی زیاد قوی نیستم.

**مهندسان**- این موضوع تأثیری ندارد. کافی است بدانید که واکنش های شیمیائی چیزی جز کنش های الکتریکی بین ایون های مختلف نیستند ( فقط از شیمی محلول ها صحبت می کنم). اسید به ماده ای می گویند که در محلول، ایون های هیدروژن  $H^+$  یا اتم های هیدروژنی را که الکترون خود را از دست داده اند، آزاد کند.

**مبتدی**- پس اینها بروتون هستند.

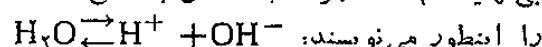
**مهندسان**- در واقع همینطور است. این پرروتون ها میل آشکاری برای بدست آوردن الکترون از دست رفته خود را دارند و غالباً این کار را با اگرفتن الکترون های زیادی ایون های منفی انجام می دهند. مثلاً در محلول ها به ایون هایی برخوردم که «اکسید ریل Oxhydride» نام دارند یعنی  $-OH$  که گزوهی از يك اتم اکسیژن. يك اتم هیدروژن و يك الکترون اضافی است. اين ایون  $-OH$  میل بسیار شدیدی برای ترکیب با ایون  $H^+$  دارد.



**مبتدی**- این ترکیب چه می دهد؟

**مهندسان**- فقط آب  $H_2O$  بدست می آید که ترکیب خشن است. بر عکس

آب تمايل بسیار کمی برای تجزیه شدن به ایون های  $H^+$  و  $OH^-$  دارد، اما این تمايل بی نهایت کم است چون آب خالص به سختی رسانای الکتریسیته است. این واکنش را اینطور می نویسند:

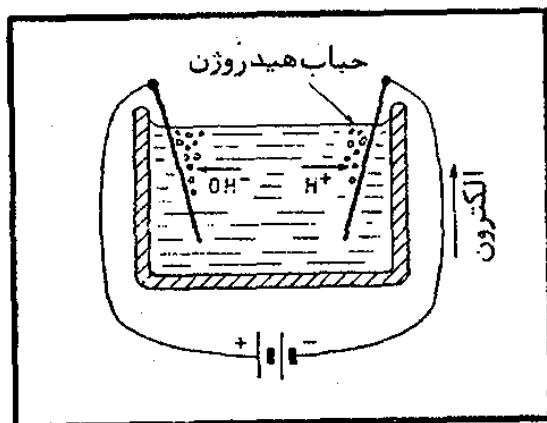
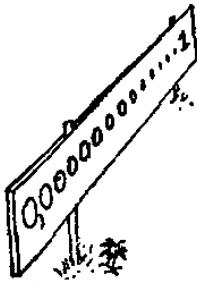


دو علامت سهم نشان دهنده آنست که عمل ممکن است در دو جهت انجام شود، اما بخصوص درجهت ممکن است به چه بیشتر انجام می گردد، می توان به وسیله يك قانون شیمیائی نشان داد که حاصلضرب عامل های دارای ایون  $H^+$  (غلظت که به صورت  $H^+$  نوشته شده) و عامل های دارای ایون  $OH^-$  (نوشته شده  $-OH^-$ ) مقدار ثابتی است که برابر است با:

$$H^+ \times OH^- = 10^{-14}$$

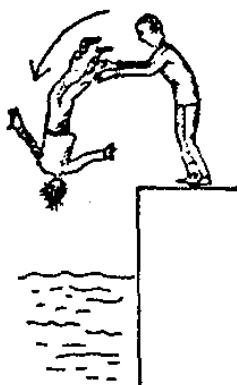


**مهمتدی**— این مقدار واقعاً زیاد نیست! چون برای یک صد هزارم یک میلیاردیم است! رقم این غلظت را چگونه تعیین می‌کنید؟



شکل ۲— اگر یعنی دوالکترودی که در آب گذاشته شده است، اختلاف سطحی بگذاریم، ایون‌های  $\text{H}^+$  به طرف کاتد می‌روند و در آنجا الکترونی که کسردارند بدست می‌آورند و تبدیل به هیدروژن می‌شوند؛ این پدیده الکترولیز نام دارد (ایون‌های  $\text{OH}^-$  هم به همان قرایب در آنبار خود را از دست می‌دهند و اکسیژن آزاد می‌کنند).

**مفهوم**— آنها را بر حسب «ایون گرمدر لیتر» تعیین می‌کنند که برای تعدادی است که ۱ گرم  $\text{H}^+$  یا ۱ گرم  $\text{OH}^-$  در یک لیتر وجود دارند (که مریوط به  $10^{23} \times 6$  ایون حقیقی است). مسلماً نمی‌شود ایون‌ها را وزن کرد، چون داشتن آنها در حالت آزاد غیرممکن است. اما می‌توان مقدار آنها را با روش غیر مستقیم تعیین کرد. مثلاً می‌توان به ایون‌های  $\text{H}^+$  الکترون‌های را که ندارند رساند و نتیجه آن بدست آمدن گاز هیدروژن است (شکل ۳۴) که می‌شود حجم آنرا اندازه گرفت که از روی آن وزن بدست می‌آید (که تقریباً ۱ گرم برای ۱۱ لیتر است).



pH

**مهمتدی**— از روی برایشی شما در تجزیه، تعداد ایون‌های  $\text{H}^+$  برای بر تعداد ایون‌های  $\text{OH}^-$  است؛

**مفهوم**— بل، به شرطی که به آب جسم دیگری اضافه نکرده باشیم. حالا که شما به این خوبی مطلب را فهمیده‌اید بمن یکوئید تمدن ایون‌های  $\text{H}^+$  در آب چقدر است؟



**مهمتدی**— می‌توان آنرا پیدا کرد. چون  $\text{H}^+ = \text{OH}^-$  و حاصلضرب آنها  $= 10^{-14}$  است، مقدار هر کدام  $= 10^{-7}$  می‌شود.

**مفهوم**— کاملاً درست است. اگر در آب اسیدی اضافه کنیم که ایون‌های  $\text{H}^+$  را به مقدار زیاد آزاد کنیم، غلظت ایون‌های  $\text{OH}^-$  باز هم پائین می‌آید تا حاصلضرب

$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-]$  برای بر  $= 10^{-14}$  باقی بماند. هرچه ایون‌های  $\text{H}^+$  بیشتر باشند، محلول خاصیت اسیدی بیشتری دارد. عادت شده است که مقدار ایون‌های  $\text{H}^+$  را در یک محلول با بدست دادن لگاریتم  $[\text{H}^+]$  با علامت مخالف اندازه بگیرند

و آنرا pH محلول می نامند.

**مبتدی** - آه! لگاریتم، من از آن وحشت دارم!

**مهندس** - فقط این را بخاطر داشته باشید که اعدادی که در زیر نوشته شده لگاریتمی دارند که در کنار آنهاست:

- ۱ ..... ۱
- ۲ ..... ۱۰<sup>-۱</sup> یا  $10^{-1}$
- ۳ ..... ۱۰<sup>-۲</sup> یا  $10^{-2}$
- ۴ ..... ۱۰<sup>-۳</sup> یا  $10^{-3}$
- ۵ ..... ۱۰<sup>-۴</sup> یا  $10^{-4}$
- ۶ ..... ۱۰<sup>-۵</sup> یا  $10^{-5}$
- ۷ ..... ۱۰<sup>-۶</sup> یا  $10^{-6}$
- ۸ ..... ۱۰<sup>-۷</sup> یا  $10^{-7}$
- ۹ ..... ۱۰<sup>-۸</sup> یا  $10^{-8}$
- ۱۰ ..... ۱۰<sup>-۹</sup> یا  $10^{-9}$
- ۱۱ ..... ۱۰<sup>-۱۰</sup> یا  $10^{-10}$
- ۱۲ ..... ۱۰<sup>-۱۱</sup> یا  $10^{-11}$
- ۱۳ ..... ۱۰<sup>-۱۲</sup> یا  $10^{-12}$
- ۱۴ ..... ۱۰<sup>-۱۳</sup> یا  $10^{-13}$

۱۰<sup>-۲</sup>  
۱۰<sup>-۷</sup>

**مبتدی** - به این ترتیب لگاریتم بطور ساده برای تو ان ۱ است؟

**مهندس** - خودتان متوجه شدید. بنابراین وقتی مشخص می کنید که pH یک محلول مثل ۶ است، معنی آن اینست که غلظت ایون های  $H^+$  در این محلول

-۶ است. بینید آبی که کاملاً خالص باشد pH آن ۷ است. برای محلول های اسیدی pH کوچکتر از ۷ است...

**مبتدی** - آه نه! درم محلول های اسیدی، غلظت ایون های  $H^+$  بیشتر است.

**مهندس** - آقای مبتدی با اینحال قبول دارید که  $10^{-2}$  (یا ۰/۰۱)

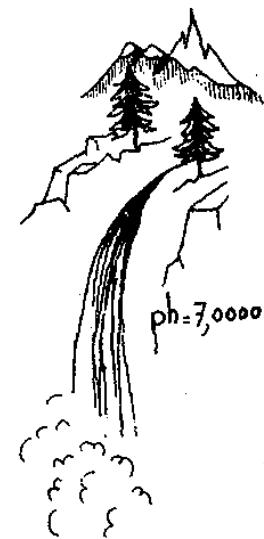
بزرگتر از  $10^{-7}$  (یا ۰/۰۰۰۰۰۰۱) است؟

**مبتدی** - درست است، حق دارید. پس در محلول هایی که خیلی اسیدی باشند این pH را تا جه مقدار می توان پائین آورد؟

**مهندس** - اگر مقدار pH بر این صفر باشد، در هر لیتر یک ایون گرم  $H^+$  خواهیم داشت. چون می توانیم کمی بیشتر از آن داشته باشیم، pH می تواند کمی پائین تر از صفر، تقریباً ۱ - باشد.

بر عکس در محلول های بازی (یا قلیائی) که در آنها ایون  $-OH$  اضافه شده است، غلظت ایون های  $H^+$  به کمتر از مقدار ۷ - ۱۰ کاهش می یابد و

می تواند تا مقدار  $10^{-14}$  - ۱۰ کم شود (وقتی که یک ایون گرم  $-OH$  در یک لیتر وجود دارد) و pH به ۱۴ می رسد. حتی می توان کمی جلوتر رفت و تقریباً به ۱۵ رسید، اما این کاملاً استثنائی است.



### اندازه گیری pH

**مبتدی** - بنا بر این اندازه گیری pH آنها باید مطلافاً انجام نشدنی باشند.

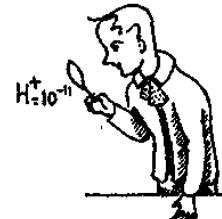
**مهندس** - چرا می خواهید برای pH زیاد یا به عبارت دیگر محلول های

بازی این اندازه گیری دشوارتر باشد؟

**مبتدی** - زیرا مقدار ایون های  $H^+$  بر اسر  $10^{-12}$  - ۱۰ یا کمتر از آن در

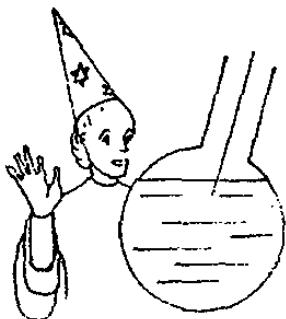
لیتر است. و باید مطلافاً حتی با دستگاههای دقیق غیر قابل اندازه گیری باشد.

**مهندس** - اگر اندازه گیری شیمیائی انجام می شد، این مطلب کاملاً درست



بود (حتی اگر مقدار pH از ۳ بی بعد بود). در واقع این کار به اندازه گیری های الکتریکی محدود شده است. مشاهده شده است که وقتی یک جدار نازک شیشه ای دو محلول را از هم جدا کنند که pH آنها به ترتیب pH<sub>1</sub> و pH<sub>2</sub> باشد (شکل ۳۵) پیلی به دست می آید که نیروی محركه آن بطور محسوس بنابر است با:

$$E = E_0 + 0.06(pH_1 - pH_2)$$



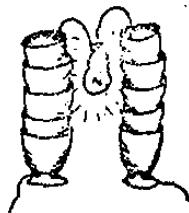
مقدار ثابت  $E_0$  بستگی به چند عامل دارد. در واقع در محلولی که می خواهد pH آنرا اندازه بگیرند یک گوی شیشه ای مخصوص شناور می کنند که محتوی محلول اسیدی با pH شناخته شده است و یک سیم طلای سفید در آن قرار دارد. به تمام این دستگاه «الکترود شیشه ای» می گویند.

**مبتدا** - خوب آقای مهندس! مرا مسخره می کنید! شیشه یک عایق کامل است (که برای لامپ های الکترونی جای خوشوقتی است). چطورد می خواهد با شیشه که عایق است یک الکترود درست کنید؟

**مهندسان** - این شیشه آنطور نیست. به شما گفتم که یک شیشه مخصوص است. بلطف، با شما موافقم که این شیشه برای کانال سازی سیم کشی بر قدرخانه شما مناسب نیست؛ حتی مقاومت الکترود شیشه ای که در جاهای دیگر خوب است، پر دگرین نقص این دستگاه است. این مقاومت از ۵۰ مگاهم تا چندین هزار مگاهم است.

**مبتدا** - بد عبارت دیگر در اینجا رسانایی در کار نیست بلکه یک عایق غیر-

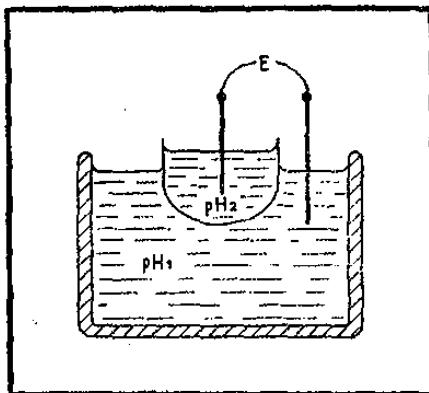
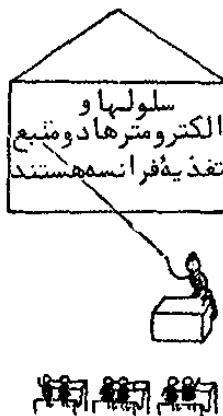
کامل است. اختلاف سطح محلول را چگونه اندازه می گیرند؟



**مهندسان** - در آن الکترود دیگری غوطه ور می کنند که الکترود «هر آجنه» نامیده می شود و معمولاً از یک گروه تشکیل شده است که شامل کلرودیتاسیم، کلرور جیوه (کالومل Calomel)، جیوه و طلای سفید است. این الکترود «کالوملی» با رشته طلای سفید الکترود شیشه ای تشکیل یک پیل می دهد که نیروی محركه آنرا اندازه می گیرند. این نیروی محركه با pH محلولی که باید بررسی شود به وسیله یک رابطه خطی وابسته است.

$$e = A + 0.06pH$$

که برای هر واحد pH تغییر بر این  $mV$  است. عدد ثابت A بستگی به الکترود کالومل و غلظت محلول مشخص در حباب شیشه ای دارد. و سازه دگان الکترودها



شکل ۳۵ - در حالی که دو محلول با pH مختلف را به وسیله یک جدار ظرف شیشه ای (که زیاد عایق نیست) از هم جدا می کنند، اختلاف سطحی بوجود می آورند که مناسب با اختلاف pH این دو محلول است.

آنرا برای شما مشخص می‌کنند.

**مبتدی** - پس به این ترتیب کاری نداریم چن اینکه نیروی محکمۀ این پیل را اندازه بگیریم، و کار تمام است!

**مهندس** - جمله «کاری نداریم چن اینکه...» را خیلی دوست دارم. کمی تصورش را بگنید که اندازه‌گیری فشار ایجاد شده با موسله پیل که مقاومت داخلی آن از ۱۰۰۰۰ مگاپاسخ تجاوز می‌کند با دقت یک میلی‌ولت چه دشواری‌هایی وجود می‌آورد این کار را جز باکاربرد یک تقویت کننده مخصوص کرده یه آن «تقویت کننده سنجشی» گفته می‌شود، نمی‌توان انجام داد.

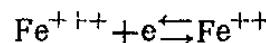
**مبتدی** - بازهم... دارم باور می‌کنم که سلول فتوالکتریک و تقویت کننده سنجشی، همانطور که گفته شده است، دو منبع تغذیه الکترونیک هستند.

### اختلاف سطح اکسیدی - احیائی

**مهندس** - در گفتگوی آینده خودمان طرز ساختمان این تقویت کننده‌های سنجشی را که در واقع نقش مهمی در الکترونیک بازی می‌کنند، خواهیم دید. أما قبل از رسیدن به آن، از واحد دیگری که در شیمی محلول‌ها مهم است صحبت می‌کنیم که اختلاف سطح اکسیدی-احیائی (یا اختلاف سطح ردوکس Redox) نام دارد. می‌دانید اکسید کننده چیست؟

**مبتدی** - بله، آنسا برایم شرح داده‌اند به این ترتیب که جسمی است که می‌تواند اکسیژن آزاد کند یا هیدروژن آب را جذب کند که اکسیژن آزاد شود.

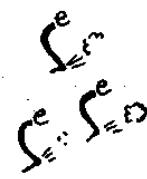
**مهندس** - تعریفی که کردید تا یینجا سال پیش کاملاً با ارزش بود. افسوس که هنوز هم در بسیاری از کتابها همین تعریف وجود دارد! در واقع تعریف عمومی و کامل‌روشن‌تر از اینقدر است: یک اکسید کننده، در محلول‌ها، ایونی است که می‌تواند پاره‌ای مشت را به ایون‌ها یا اتم‌های دیگر بدهد (یا بطور درست قرائات و نهاده جذب کند). مثلاً اتم‌های فریک (آهن سه‌ظற فیتی) که وابسته به اتم‌های آهن هستند، سه الکترون از داده‌اند و درنتیجه حامل سه بار هشت هستند، میل دارند که الکترون جذب کننده‌تا بایون فرو (آهن دو‌ظرفیتی) تبدیل شوند که بیشتر از دو بار مشت ندارد:



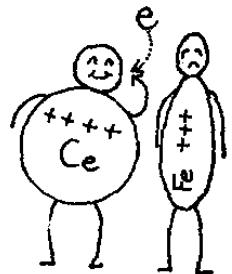
**مبتدی** - که اینطور! چرا نباید سه الکترون جذب کننده‌که به آهن فلزی معمولی تبدیل شوند؟

**مهندس** - می‌شود این کار را هم کرد. اما ایون‌های فریک خیلی میل دارند نخستین الکترون را جذب کنند و میل آنها برای جذب الکترون بعد خیلی کمتر است. به عبارت دیگر ایون‌های فرو، از یک نوع ثبات در خوددارند که ایون‌های فریک آنرا ندارند. یا اگر ترجیح می‌دهید، ایون‌های فریک گرسنه هستند اما وقتی نخستین الکترون را بلعیدند، احساس می‌کنند که به حد سیری رسیده‌اند.

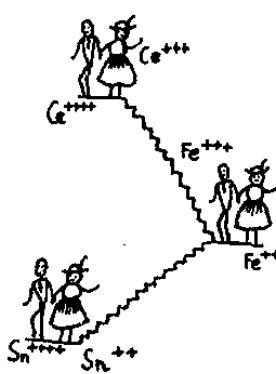
**مبتدی** - درست، ولی چیز دیگری در فرمول شماست که شگفت‌زدگام می‌کند. چرا واکنش قابل برگشت است؟



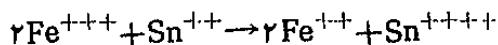
**مهندس** - فقط برای اینکه اگر ایون‌های فرو با یک «خودنده الکترون» (اکسید کننده) که گرسنه تراز آهن فریل است دریک جا قرار گیرند، واکنش راست به چب است که وجود می‌آید.



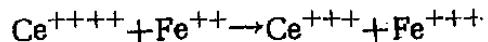
**مبتدا** - از این اصطلاح «ایون‌های گرسنه» خوش می‌آید. اما با تمام اینها یک صفت درونی است. ابتدا چطور می‌فهمند که یک ایون گرسنه تراز ایون دیگر است؟



**مهندس** - آقای مبتدا باور نکردنی است! این شما اید که از من می‌خواهید به تشریح کوانتائی بپردازم! باید انتظار همه چیز را داشت... با اینحال اطمینان داشته باشید که بسیار ساده است. اگر ایون‌های آهن سه ظرفیتی و ایون‌های قلع دو ظرفیتی (قلعی که دو بار مشتب دارد) را در کنار هم قرار دهید، تا وقتی ایون‌های قلع دو ظرفیتی وجود دارند که تبدیل به چهار ظرفیتی شوند، (با چهاربار مشتب)، ایون‌های آهن سه ظرفیتی بهوضعیت آهن دو ظرفیتی احیا می‌شوند:



این بار واکنش غیرقابل برگشت است و تا هنگامی ادامه می‌یابد که یکی از مواد تشکیل دهنده سمت چپ تمام شود. در عوض اگر ایون‌های دو ظرفیتی و سه ظرفیتی آهن را مجاور با ایون‌های چهار ظرفیتی سریوم ( $\text{Ce}^{++++}$ ) ایون با چهار ظرفیت مشتب) قرار دهند، ایون سریوم به ایون سه ظرفیتی احیا می‌شود در حالی که ایون‌های آهن دو ظرفیتی را کامل‌اکسید می‌کند،



بنابراین مخلوط ایون‌های دو ظرفیتی و سه ظرفیتی آهن می‌تواند ایون‌های قلع دو ظرفیتی را اکسید و ایون‌های سریوم چهار ظرفیتی را احیا کند.

این مطلب نشان می‌دهد که مخلوط  $\text{Fe}^{+1+} / \text{Fe}^{+1+}$  بیشتر از مخلوط  $\text{Ce}^{+++} / \text{Ce}^{++++}$   $\text{Sn}^{++} / \text{Sn}^{++++}$  آزمند الکترون است در حالی که از مخلوط کمتر آز دارد.

هر یک از این مخلوط‌ها را با اختلاف سطحی مشخص می‌کند که اختلاف سطح اکسیدی-احیائی گفته می‌شود، که بطور ساده اختلاف سطحی است که یک الکترون حمله نکردنی داخل یک محلول نسبت به خود این محلول پیدا می‌کند.



**مبتدا** - چرا حمله نکردند؟ **مهندس** - چون فقط می‌تواند با محلول، الکترون مبادله کند نه ایون. برای اینکار معمولاً طلای سفید را انتخاب می‌کنند و اختلاف سطح بین رشته طلای سفید و محلول را به وسیله یک الکترون مراجعه که معمولاً کالومل است اندازه می‌گیرند (شکل ۳۶). اختلاف سطح ممکن است از ۱ - ولت (احیا کننده قوی) تا ۰.۲ ولت (اکسید کننده بسیار قوی) برسد.



**مبتدا** - طبیعتاً برای اندازه گیری یک تقویت کننده سنجشی لازم دارید؟ **مهندس** - این بار نه. مقاومت داخلی الکترون دکالومل ضعیف است، مقاومت داخلی محلول هم همینطور و می‌توان به یک اندازه گیر خوب اکتفا کرد. اما چیزی که کار بیشتر را انجام می‌دهد کار کم را هم می‌تواند بکند، و معمولاً تقویت کننده سنجشی

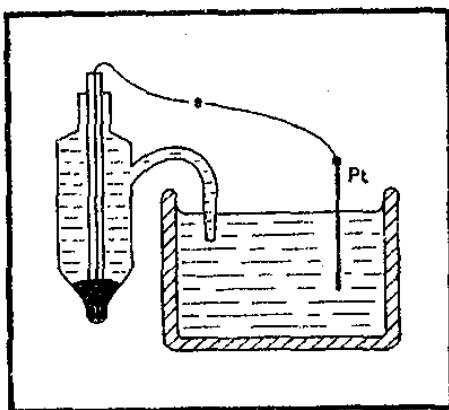
را بکار می برد که در اندازه گیری pH هم بکار می رود.

**مبتدی** - فکری بخاطر مرسید که باید احتمانه باشد، ولی خواستم درباره اش

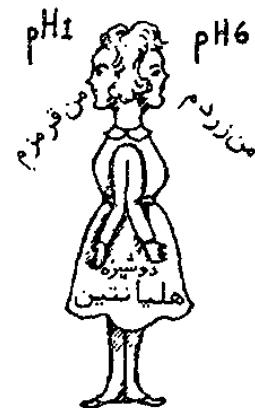
با شما صحبت کنم. در حقیقت این ایون های  $H^+$ ، به عبارت دیگر پروتون ها، میل دارد الکترون جذب کنند تا در باره مثل هیدروژن های خوب خانواده باشند. آیا ذمی شود آنها را تا حدودی مثل اکسید کننده ها دانست؟

**مهندس** - اینها اکسید کننده هستند. واکنش یک فلز در برابر افزایش اسید.

به عبارت دیگر در برابر  $H^+$ ، اکسید شدن فلز است. امکان دارد نظریه های اکسید کنندگی و اسیدی بودن بهم ارتباط داده شوند، اما اینکار ما را از مطلب دور



شکل ۲۶- برای اندازه گیری اختلاف سطح اکسیدی- احیائی یک محلول، در این محلول یک الکترود طلای سفید حمله نکردنی و یک «الکترود مراججه» وارد می کنند.



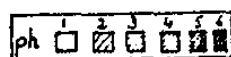
خواهد کرد. آیا متوجه شده اید که آگاهی های «عاقبل تاریخ» شما درباره اکسید شدن تا چه حدی سترش یافته اند؟

### روش قدیمی اندازه گیری pH

**مبتدی** - بله، بسیار زیاد. اما گمان می کنم که عمر آگاهی از وجود pH چند

سال بیشتر نیست چون قبل از در اختیار داشتن منبع های الکترونی که به تنهائی امکان پنکار بردن یک «الکترود شیشه ای» را فراهم کرده است، اندازه گیری غیر ممکن بوده است.

**مهندس** - با وجود این موفق به اینکار می شدند. ابتدا فرآورده های را بکار بردند که دونوع رنگ برایشان ممکن بود به این معنی که بر حسب pH ترکیب و رنگ آنها تغییر می کرد، مثل هلیانتین (Héliantine) که در ملاء با pH کمتر از ۳، رنگ قرمز داشت و در ملاء با pH بالاتر از ۵، رنگ زرد داشت. همچنین الکترودی بکار می بردند که «هیدروژنی» نام داشت و از یک سیم طلای سفید تشکیل شده بود که پوششی از طلای سفید سائیده و گرد سیاه طلای سفید داشت و از روی آن هیدروژن گازی را می گذراندند. این الکترود مقاومت داخلی کمی دارد. اما کاربرد آن کمتر عملی است و در برای خیلی از پدیده های مشوش کننده که الکترود شیشه ای را زیر تأثیر نمی گیرند، حساس است.





همچنین کافندهای وجود دارند که از ماده رنگی شونده پوشیده شده‌اند و در مجاورت یک قطره محلول، رنگی پخودمی گیرند که برای ردیف pH که از ۱ تا ۱۰ می‌رسد از رنگ قره‌من تا بنفش پخود هی‌رسد. اما به‌این ترتیب شما به‌یک واحد دقیق محدود می‌شوید، در حالی که روش الکتریکی در صورتیکه خوب انجام شود، pH را با  $\frac{1}{100}$  تقریب بشما می‌دهد.

**مبتدی**— آیا داشتن pH تا یک‌صد تقریب اهمیت دارد؟

**مهندس**— بسیار مهم است. مثلاً pH خون کاملاً ثابت است و یک تغییر بسیار ضعیف نشانه بیماری‌های شدید است.

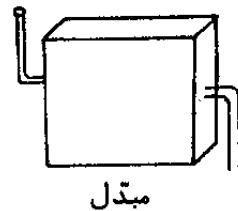
**مبتدی**— افسوس که یک اندازه‌گیر pH برای من اقتضی خودم ندارم!...

مبحث پنجم

دoustan ماکه توشه خوبی از جذب کننده‌های گوناگون دارند، بررسی خواهند کرد که علامت‌های تهییه شده به وسیله این جذب کننده‌ها چگونه بکار می‌روند. در این موقع بهتر کردن و تکامل تقویت کننده‌های که مبتنی‌شده می‌شناشد، سودمند خواهد بود، باخصوص گسترش باندگذرا درجهت فرکانس‌های بالا و هم‌بنظر از طرف فرکانس‌های بسیار پائین (یا صفر). در پایان گفتگو مهندس برای دوستش «رازی» را آشکار می‌کند که صدھا هزار تکنیسین آنرا فرآگرفته‌اند... و بدون شک فراموش کرده‌اند، چون هیچ وقت دیده نمی‌شود که آنرا بکار ببرند.

#### تفویت کنده‌های با تزویج مستقیم

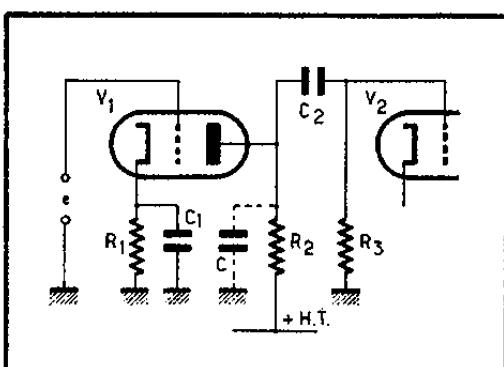
**مبتدی** - خوب آقای مهندس، امیدوارم این بار درباره جذب کننده‌ها برایم صحبت نکنید چون واقعاً برایم «ضم» نشدنی است.  
**مهندس** - آقای مبتدی ناراحت نباشد، امروز به بخش «مبدل‌ها» به عبارت دیگر، دگرگونی علامت‌های ایجاد شده به وسیله جذب کننده‌ها می‌رویم. از مبدل‌های آغاز می‌کنیم که فقط روی دامنه علامت‌های الکتریکی عمل می‌کنند، به عبارت دیگر از تقویت شروع می‌کنیم.



١٣

درجهت فی کانسٹھای، والے

**مهندس** - خجالتی بودن کار هم شگ. شماست. هر دا نیک که تقو دت کنندو فر کانس،



شکل ۳-۷ - دراین طبقه تقویت کننده، در فرکانس‌های پائین به مسیب بالا ارتفان مقاومت ظاهری خازن  $C_1$  و بخصوص خازن  $C_2$ ، ضرریب بهره‌کم عواید شد.



پائین را که محدود به فرکانس  $30\text{ هرتز}$  تا  $15\text{ کیلو هرتز}$  باشد در دادیمو چگونه می‌سازند. اگر مسئله تقویت علامت‌های غیر از علامت‌های ایجاد کننده صوت در کار باشد، قلمروی فرکانس‌ها ممکن است تا خیلی دورتر گسترش یابد، خواه درجهت فرکانس‌های پائین باشد یا درجهت فرکانس‌های بالا. اگر از شما بخواهم که برای گسترش حد بالائی فرکانس یک تقویت کننده به اندازه باندگذاری تقویت کننده مقاومتی چه می‌کنید، بدون شک به زحمت می‌افتد.

**مبتدی**— بگذارید کمی فکر کنم. حدس می‌زنم می‌خواهید از تقویت کننده‌ای صحبت کنید که شکل خلاصه آنرا کشیده‌ام (شکل ۳۷).

**مهندس**— بله، کاملاً برایم مناسب است، آنرا شرح بدھید.

**مبتدی**— ضریب بهره در فرکانس بالا محدود است چون ظرفیت من احتمال بطور موازی با مقاومت  $R_2$  قرار گرفته، مقدار ضریب بهره را کم می‌کند.

**مهندس**— درست است. چراه چیست؟

**مبتدی**— ابتدا کوشش می‌کنم مقدار ظرفیت مزاحم را با انتخاب لامپ‌های مناسب و کم کردن سیمکشی‌ها، پائین بیاورم<sup>۱</sup>

۱. اگر یک تقویت کننده ترا ارزیستوری مورد نظر باشد، مطلبی که گفته‌می‌شود تا حدودی ارزش خود را حفظ می‌کند چون در حالتی که مقاومت‌های بار جمع-کننده بزرگند و ظرفیت‌های مزاحم مقدار قابل توجهی دارند، حد منحنی جواب بر حسب فرکانس کاملاً وابسته به کاهش مقاومت ظاهری بار جمع-کننده در فرکانس‌های بالا است. این مطلب به طور کاملاً اختصاصی برای تراانزیستورهای با اثر میدان درست است، که در آنها همان استدلال لامپ‌های الکترونی ذنبال می‌شود.

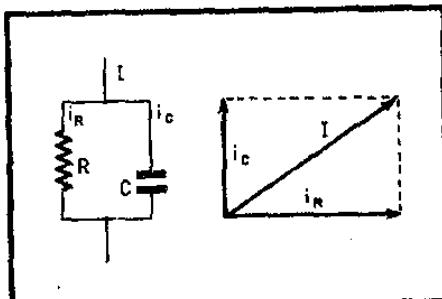
بهر حال برای تقویت کننده‌های تراانزیستوری، چون مقاومت‌های بار جمع-کننده عموماً مقدار نسیتاً کمی دارند، محدودشدن فرکانس که وابسته به کاهش مقاومت ظاهری بار در فرکانس‌های بالاست، غالباً بستگی به یک مقدار فرکانس دارد به همان ترتیب که حدود خاص تراانزیستور قبل از آن دخالت داشت. مثلاً اگر مقاومت بار جمع-کننده یک تراانزیستور  $150\text{ اهم}$  و مقدار ظرفیت مزاحم  $1\text{ پیکو فاراد MHz}$  باشد، فرکانس قطع وابسته به عنصرها، در حدود  $100\text{ است به این ترتیب}$

یک تراانزیستور از نوع معمولی، بخصوص اگر در تقویت جریان کار کند، در فرکانسی که خیلی پائین تر از  $100\text{ مگاهرتز}$  است، کاهش در ضریب بهره ایجاد می‌کند. در واقع برای دعایت حد خاص فرکانس که وابسته به تراانزیستور می‌باشد، بهتر است بدانیم مقاومت ظاهری داخلی منبعی که آنرا تقدیم می‌کند چقدر است، اگر این مقاومت ظاهری نسبت به مقاومت ورودی تراانزیستور ضعیف باشد، تراانزیستور در تقویت فشارکار می‌کند. در این حالت لزومی ندارد که بین موئیز با ارسال کننده مشترک باشد و موئیز با پایه مشترک یکی را ترجیح بدهیم چون هر دو فرکانس قطعی دارند که نسبتاً بالاست و نزدیک به فرکانس  $F$  تراانزیستور است.

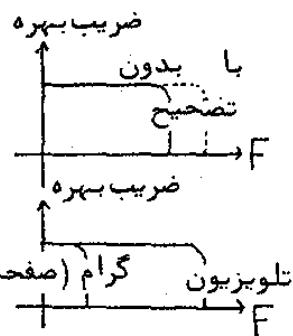


۲. نگاه کنید به کتاب «تراانزیستور؟... بسیار ساده است!» از همین مجموعه.

**مهندس** - در واقع حق با شماست. با وجود این، کار شما از این راه خیلی محدود است. شاید بتوانید مقدار این ظرفیت مزاحم را به نصف برسانید و به این ترتیب باندگردا را دوباره کنید، اما چگونه بیشتر از این پیش می‌روید؟



شکل ۲۸ - در حالی که فشار گذاشته شده به  $R$  و  $C$  یکسان است، جریان  $I$  که از خازن می‌گذرد، نسبت به  $i_R$  (جریانی که از مقاومت می‌گذرد)  $90^\circ$  درجه پیش-افتدگی دارد. جریان  $I$  حاصل جمع - برداری این دو جریان است.



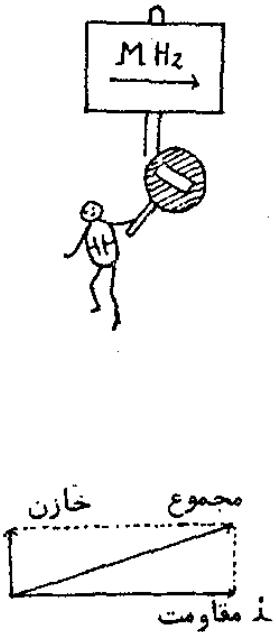
**مهندس** - آه بیام آمد؛ می‌شود از تصحیح استفاده کرد چون تصحیح کاهش مقاومت ظاهری  $R_L$  موازی با  $C$  را جبران می‌کند.

### تصحیح اساسی فیست

**مهندس** - نمی‌توانم آشکارا بشما بگویم که نادرست است، اما تصحیح غیر ازیک کار تصنیعی که اجازه می‌دهد باندکمی پنهان تو بشود، چیزی نیست. شما هم همان اشتباه ۹۹ درصد از تکنیسین‌ها را می‌کنید. بیشینه من در تلویزیون تقویت کننده‌ای دارم که فرکانس‌ها را از  $10$  هرتز تا  $10$  مگاهرتز به درستی تقویت می‌کند اقطعاً تصحیح‌هایی هم دارد اما اگر همه آنها را هم حذف کنم، تقویت کننده‌هن باز هم

$\text{MHz}$

فرکانس  $5$  را بخوبی می‌گذراند و این کاری است که مسلمان تقویت کننده  $\text{MHz}$  گرامافون من نمی‌تواند اوضاع دهد چون در  $300$ ،  $90$  درصد از ضریب بهره خود را از دست می‌دهد. بنابراین چیزی وجود دارد که در این دو تقویت کننده اساساً با هم تفاوت دارد. آنرا خودتان بیندا خواهید کرد. چرا ظرفیت مزاحم شما



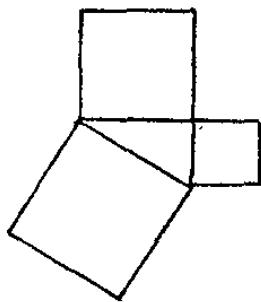
در عرض اگر به درودی ترا نزیستورهایی متصل شده باشد که مقاومت ظاهری داخلی آن نسبت به مقاومت ظاهری درودی خاص ترا نزیستور خیلی زیاد باشد، ترا نزیستور در تقویت جریان کارمی کند. در این حالت، لزومی ندارد که بین مونتاز با ارسال کننده مشترک و مونتاز با جمع کننده مشترک، تفاوتی بگذاریم. در هر دو حالت فرکانس قطع نسبتاً صعیف و بنابر است با خارج قسمت  $F_1$  ترا نزیستور به ضریب بهره استاتیک در جریان مستقیم.

(مثلث برای یک ترا نزیستور سیلیکومنی که فرکانس  $F_1$  بر این  $160$  MHz و ضریب بهره اش در جریان مستقیم  $40$  می‌باشد، فرکانس قطع در  $3\text{dB}$  (سدسی بل) در حالت تقویت جریان بر این است با  $40 = 160 : 4$ ) برای یک ترا نزیستور با اثر میدان، استدلال درست بهمان ترتیبی است که برای لامپهای الکترونی خلاصه شده است.

را ناراحت می‌کند؟

**مبتدی**

بشمکه گفتم، این ظرفیت با  $R_2$  بطور موازی قرار می‌گیرد و در فرکانس‌های بالا مقدار آنرا کم می‌کند.



**مهندس** - دلم می‌خواهد دقیقت ر صحبت کنید. فرض کنید که مقدار  $C$  برابر

۱۶ پیکو فاراد باشد، چون به این ترتیب مقاومت ظاهری آن ساده‌تر است، مقدار

آن در  $KHz$   $10$  برابر  $1$  و در  $MHz$   $100$  برابر  $1$  و در  $MHz$   $1000$  برابر  $1$  است.

**مبتدی** -  $R_2$  مقدارش  $100$  کیلو $\Omega$  است و در  $KHz$   $10$  مقدارش  $1$  است. فرض کنید که مقاومت  $R_2$  شما

$100$  باشد. در چه فرکانسی  $C$  برای شما ناراحتی ایجاد می‌کند؟

**مبتدی** - باید مقاومت ظاهری  $R_2$  موازی با خازن  $C$  را حساب کرد. با

اینحال می‌توانم بشما بگویم که در  $KHz$   $10$  دخلت  $C$  که مقاومت ظاهریش  $1$

است، نسبت به مقاومت مجموع که در حدود  $1000$  است، به اندازه کافی ضعیف

خواهد بود.

**مهندس** - حتی می‌توانم بگویم که دخلت آن (با تقریب  $5/50$  درصد) روی

مقاومت ظاهری صفر است. بینید آقای مبتدی، جریانی که از  $C$  می‌گذرد نسبت به

جریانی که از  $R_2$  می‌گذرد  $90$  درجه پیش افتادگی دارد. من این جریان‌ها را

(شکل ۳۸) با توجه به دائمه و فاز آنها با سهم (برای اینکه نگویم بسردار)

نمایش می‌دهم. برای اینکه جریان مجموع را بدست بیاوریم مستطیلی می‌سازیم که

دو جریان دوپهلوی مجاور آنرا تشکیل می‌دهند. قطر مستطیل سهمی را که وابسته

به جریان مجموع است یما می‌دهد، بنابراین برای مقادیر جریان که وابسته به

$KHz$



۱۰ هستند، بالاترین مقدار جریان  $I_2$  در خازن ده بار کوچکتر از جریان  $I_1$  است که از مقاومت می‌گذرد. قطر مستطیل از نظر طول به اندازه‌ای نزدیک به

پهلوی بزرگتر است که می‌توان آنرا با این پهلو یکسان گرفت. اگر درباره قضیه

فیثاغورث جیزی شنیده باشید...

**مبتدی** - چیزهایی شنیده‌ام و درست نفهمیده‌ام.

**مهندس** - این قضیه می‌گوید که برای بدست آوردن قطر یک مستطیل (یا

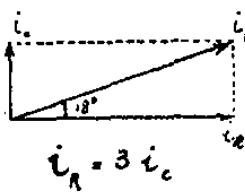
و تن مثبت قائم‌الزاویه که نصف مستطیل است) باید ریشه دوم مجموع مربع دوپهلو

را بدست آورد. در اینجا یک پهلو  $10$  و دیگری  $1$  است مجموع مربع‌ها می‌شود.

$10^2 + 1^2 = 100 + 1 = 101$  و ریشه دوم آن  $10\sqrt{10}$  است.

**مبتدی** - خیلی عجیب است. وجود خازن مزاحم  $C$  در  $1000 KHz$  اوقاتی

تقویت کننده هیچ تأثیری ندارد.



دائمه فاز نیست

**مهندس** - روی ضریب پهله آن تأثیری ندارد، اما روی اختلاف فاز منتقل شده به وسیله تقویت کننده تأثیر دارد. بینید جریان مجموع (قطر) با فشار  $e$

گذاشته شده به شبکه هم فاز است، در حالی که فشار خروجی  $S$  مسلمًا با جریانی که در  $R_8$  (پهلوی بزرگ) می‌گذرد هم فاز است. می‌بینید که الان بین آن دو اختلاف فازی وجود دارد که نمی‌توان تبدیله گرفت (دراینجا تقریباً ۶ درجه است). می‌بینید که حتی وقتی مقاومت ظاهری  $C$  فقط ۳ برابر مقاومت  $R_2$  است (یعنی در ۳۳ کیلوهertz) شکل تشكیل شده از دو سهم بازهم مستطیلی است که به حد کفايت کشیده است، در حالی که قطر آن بیشتر از ۵ درصد بزرگتر از پهلوی بزرگ مستطیل نیست. به عبارت دیگر جریان در مقاومت هنوز هم ۹۵ درصد جریان مجموع را تشكیل می‌دهد ( فقط از نظر دامنه) و ضریب بهره باز هم ۹۵ درصد ضریب بهره در فرکانس پائین است. اما اختلاف فاز خیلی مهم است (بیشتر از ۱۸ درجه)

**مبتدی**—اگر همینطور ادامه پذیرید در آخر به آنجا می‌رسید که بگوئید

تأثیر  $C$  روی ضریب بهره هیچ وقت احساس نمی‌شود.

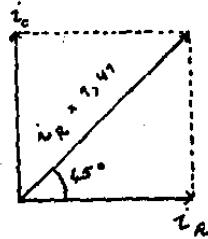
**مهندس**—نه، وہ آنجا نمی‌رسد. وقتی مقاومت ظاهری  $C$  به مقدار  $R_2$  می‌رسد که در ۱۰۰ کیلوهertz است، مستطیلی که درباره اش با شما صحبت می‌کرد

به هریع تبدیل می‌شود. پهلوی آن فقط  $7/0$  (۷ برابر قطر آنست)؛ ضریب

بهره فقط  $7/0$  برابر ضریب بهره در فرکانس پائین تر است؛ اختلاف فاز ۴۵ درجه است و به فرکانسی رسیده اید که «ربع دایره ای» گفته می‌شود و در آن ضریب بهره مقداری دارد که پائین تر از  $30$  درصد بالاترین مقدار آنست. می‌گوئید کاوش

ضریب بهره به مقدار  $3$  (سدسی بل) رسیده است...

**مبتدی**—میانه من با دسی بل ها کمی بهم خودده است.



### دسی بل ها

**مهندس**—با وجود این بسیار ساده است. بل (که معمولاً یکدهم آنرا

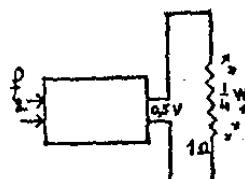
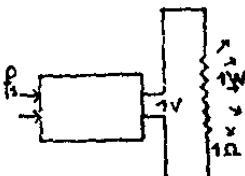
می‌گیرند) بیان کننده لگاریتم نسبت توان است.

**مبتدی**—حالا که بهتر شد. ابتدا لگاریتم است که علاقه من نسبت به آن بسیار کم است، بعد از آن داستان نسبت توان ها در «یان» است در حالی که ضریب بهره در فشار موردنظر باشد و...

**مهندس**—آقای مبتدی درست است که در اینجا مشکلی وجود دارد. اما آنرا هموار خواهیم کرد. از تعریف شروعی کنم. وقتی دو توان  $P_2$  و  $P_1$  نابرابرند

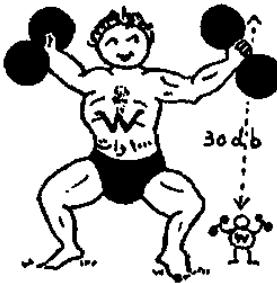
می‌گویند  $P_2$  از  $P_1$  به مقدار  $n$  دسی بل زیادتر است اگر؛

$$\log \frac{P_2}{P_1} = n$$



باشد. به عبارت دیگر وقتی یک توان ده برابر بیشتر از توان دیگر باشد می‌گویند که ۱ بل بیشتر است (کهده دسی بل می‌شود) و اگر  $P_2$  هزار برابر  $P_1$  باشد می‌گویند که  $P_2$  به مقدار سه بل بیشتر از  $P_1$  است (لگاریتم ۱۰۰۰ برابر ۳ است) و یا

اینکه ۳۰ دسی بل زیادتر است.



**مبتدی**— فکر عجیبی است، ترجیح می‌دهم که بگوییم هزار برابر قویتر است، بهر حال باشد... اما چطور این رابطه را برای تقویت کننده‌ای که کارش تهیه قدرت نیست بذکار می‌پنند؟

**مهندس**— فرض کنید که به یک تقویت کننده فشاری با دامنه ثابت و فرکانس متغیر گذاشته شده است. تقویت کننده در فرکانس  $f_1$  در خروجی فشاری ایجاد می‌کند که ۱ ولت است و آنرا روی مقاومت ثابت یک اهمی گذاریم. موافق هستید که بگوییم توان خروجی ۱ دات است؟

**مبتدی**— بل، برای اینکه جریان برای ۱ ولت یک آمپر است.

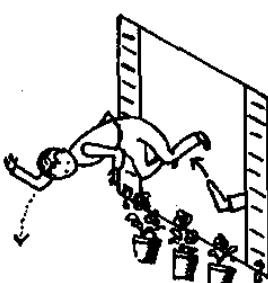
**مهندس**— خوب. فرض کنید که در فرکانس  $f_2$  فشار خروجی به  $\frac{1}{2}$  ولت کاهش می‌یابد. توان چقدر است؟

**مبتدی**— توان  $\frac{1}{2}$  دات است...

**مهندس**— آقای مبتدی!! اگر یک حرف احمقانه دیگر نظیر این بنویسد شما را از پنجره بیرون می‌اندازم!

**مبتدی**— آه... فهمیدم. فشار  $\frac{1}{2}$  ولت است. پس جریان  $\frac{1}{2}$  آمپر است.

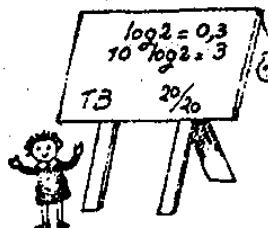
در واقع توان  $\frac{1}{2}$  دات است، باید یادم می‌آمد که توان تغییراتی مانند توان دوم فشار دارد...



**مهندس**— بل! بنابراین توان به نسبت  $\frac{1}{2}$  برابر کمتر از توان قبلی است ( $\frac{1}{2}$  لگاریتم آن  $\frac{1}{2}$  است). می‌گوئیم که این توان  $\frac{1}{2}$  برابر (۶ دسی بل) کمتر از توان قبلی است و برای آسانتر شدن می‌گوئیم که ضرب بهره تقویت کننده  $6\text{dB}$  پائین آمده است.

**مبتدی**— دارم می‌فهمم. وقتی می‌گویند «ضرب بهره فشار یک تقویت کننده به مقدار  $P$  دسی بل پائین آمده است» از آن اینطور فهمیده می‌شود که قبل از مقدار  $P$  باید جمله «به طوری که توان خروجی تقویت کننده که روی مقاومت ثابت بسته شده باشد به مقدار...» گذاشته شده باشد. کمی شبیه به رانتد اتوپوسی که می‌گفت، «جسمه سوار شوند» و منظورش این بود که قبل از کلیه مجسمه جمله «مسافران برای رفتن به میدان...» اضافه شود.

### نقطه ۳dB (سه دسی بل)



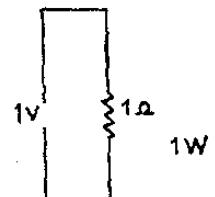
**مهندس**— حالا شما را به جهت دیگری می‌برم، اما به شما تبریک می‌گویم که مطلب را به این خوبی فهمیدید. پس وقتی ضرب بهره یک تقویت کننده به مقدار  $7\text{dB}$  کاهش می‌یابد، تغییر آن بر حسب dB چقدر است؟

**مبتدی**— اجازه بدهید. فشار خروجی به مقدار  $7\text{dB}$  کاهش یافته است. پس جریان خروجی (روی مقاومت خروجی ثابت) به همان نسبت کاهش یافته است.

توان خروجی به نسبت

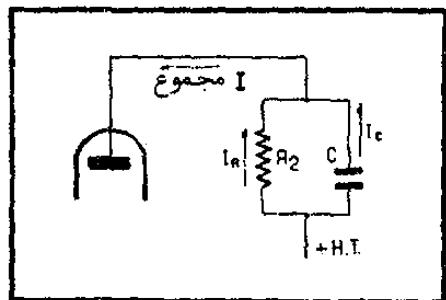
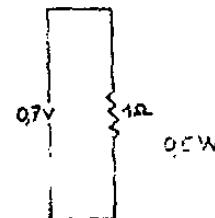
$$(که می‌گوئیم) = \frac{1}{4} \times \frac{1}{7} = 0.07$$

کاهش یافده است. توان به نصف کاهش می‌یابد و دوبار کمتر از توان فعل است. با من اجمعه به جدول لگاریتم کوچکی که بمن داده‌ایم، می‌بینیم که لگاریتم  $2 \text{ dB}$  تقریباً  $\frac{1}{3}$  است. قدرت به مقدار  $\frac{1}{3}$  بدل کاهش یافته یعنی  $3 \text{ dB}$  کمتر شده است. عجیب، درست همان مقداری است که چند لحظه قبل بمن گفتیم!



### وقتی اثر خازن مهمتر می‌شود

**مهندس**— جای خوشوقتی است! خوب، تصور کنید در بار آندلاعپما (شکل ۳۹) برای فرکانس‌های بالاتر از فرکانسی که وابسته به این تلف ضریب بهره  $3 \text{ dB}$  است، چه می‌گذرد. جریانی که از خازن  $C$  (یعنی خازن هز احمدی که موازی با  $R_2$  است) می‌گذرد، بزرگتر از جریانی است که از مقاومت  $R_2$  می‌گذرد. برای مجموع این دو جریان، بیشتر جریان  $I_C$  است که به حساب می‌آید. نسبت



شکل ۳۹— مجموع جریانی که از  $R$  و  $C$  می‌گذرد، جریانی است که بعلاوه می‌رسد (در اینجا جهت قراردادی است).



مجموع  $I_C/I$  و همینطور ضریب بهره به سرعت کاهش می‌یابد. می‌توان گفت که مثلاً

در فرکانس  $1 \text{ MHz}$  که در آن مقاومت ظاهری  $C$  ده بار کوچکتر از مقاومت  $R_2$  است، بار آندلاعپ فقط خازن  $C$  است؛ بنابراین ضریب بهره می‌تواند ده بار کمتر شود (در واقع کاهش ضریب بهره کمتر از این مقدار است چون نسبت  $10$  فقط برای لامپ پنتود می‌تواند واقعیت پیدا کند که ممکن است مقاومت داخلی آزا نسبت به  $R_2$  می‌نهاشد داشت).

**مهندی**— پس خازن  $C$  وقتی مقاومت ظاهری به مقداری کمتر از مقدار  $R_2$  می‌رسد و اعماء شروع به هز احمدت می‌کند؟

**مهندس**— این درست همان چیزی است که یک ربع ساعت است کوشش‌هی کشم تا از زبان شما بشنویم. خوب، چه کنیم که این هز احمدت در فرکانسی آغاز شود که تا حد امکان بزرگ‌گردد؟

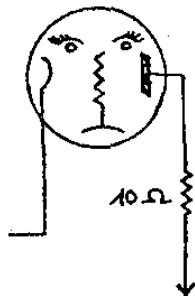


**مهندی**— مقدار  $C$  را کم می‌کنیم.

**مهندس**— درست است، اما قبل ام این را گفته بودید. غیر از این چه می‌شود کرد؟

مبتدی - امامن دیگر چیزی بنظر نمی رسد. شاید کم کردن مقادیر  $R_2$  باشد؟

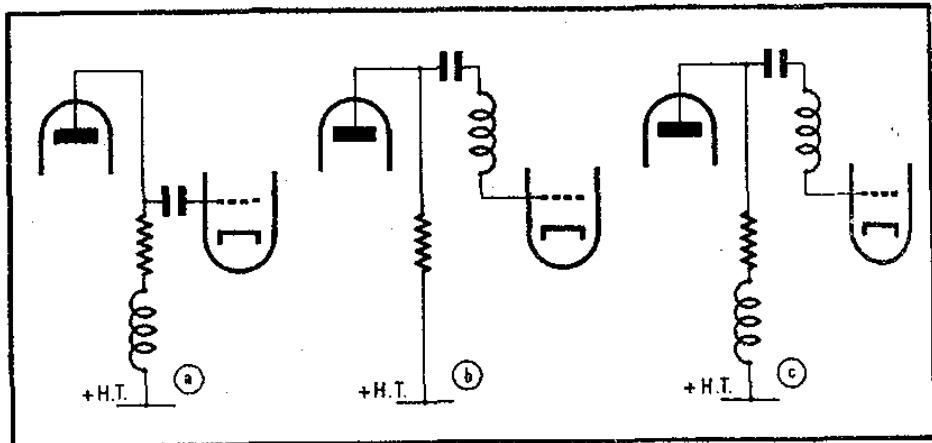
مقاومت کم بار



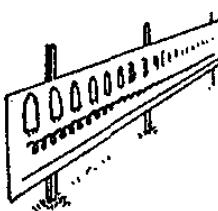
مهندس - بالاخره گفتید!... درست است آقای مبتدی، باید مقاومت  $R_2$  را کم کرد تا فرکانس به حد امکان بزرگ باشد و در این فرکانس مقاومت ظاهری (که بطور منظم بر حسب فرکانس کم می شود) کمتر از مقادیر  $R_2$  می شود. تقویت-کننده های با بازدگسترده از نوعی هستند که بار مدار آند آنها ضعیف است. در تقویت-کننده ای که شما در اینم کشیدید، ضریب بهره در  $100 \text{ dB}$  از مقادیر  $3 \text{ KHz}$  کم می شود. اگر مقاومت بار  $R_2$  بجای  $100 \text{ K}\Omega$  فقط  $1 \text{ K}\Omega$  بود، این کاهش  $3 \text{ dB}$  در فرکانس  $100 \text{ MHz}$  بوجود می آمد.

مبتدی - و اگر آنرا تا  $10^4 \text{ K}\Omega$  کم کنیم به فرکانس  $1000 \text{ MHz}$  میرسیم!

مهندس - از نظر اصولی حق باشماست. اما با یک مقاومت  $10^4 \text{ K}\Omega$  اهمی در مدار آند، سر هر چه بخواهید شرط می پندم که ضریب بهره در فشار برای لامپ شما خیلی کمتر از یک خواهد بود.



شکل ۴ - تصحیح H.F. تقویت-کننده های ممکن است بوسیله یک قرقه که با مقاومت مدار آند بطور پیاپی فرار گرفته است (تصحیح موازی در a) یا با قرقه ای که بطور پیاپی در ارتباط بین دو طبقه فرار گرفته (تصحیح پیاپی در b) و یا بکار بردن دو قرقه (تصحیح مختلط دسم شده در c) انجام شود.

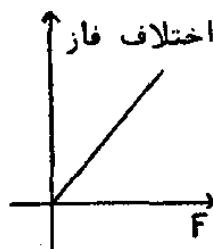


مبتدی - چقدر وحشتناک! فکرش را نکرده بودم. اما ببینم با مقاومت  $1 \text{ K}\Omega$  بار مدار آند هم نباید ضریب بهره خیلی زیاد باشد؟

بازدگنده ایا ضریب بهره

مهندس - افسوس اهن سکه ای پشت و رو دارد. با بکار بردن لامپ های

پنتمود با شبیب زیاد که امکان می‌دهند با وجود مقدار کم مقاومت‌های بار مدار آند ضریب بهره خیلی اسفاک نیاشد، کارها را بهتر می‌کنند. اضافه بر آن، از همان تصحیح‌های مشهوری که درباره اش برای من صحبت کردید استفاده می‌کنند. می‌توان یک قرقه کوچک را بطور پیاپی با بار آند قرارداد (شکل ۴۰a) (تصحیح موازی) همینطور می‌توان یکی از این قرقه‌ها را پیاپی با خازن ارتباطی قرارداد (شکل ۴۰b) (تصحیح پیاپی) یا هردو را باهم تر کیب کرد (شکل ۴۰c) (تصحیح مختلط). به وسیله همین تصحیح‌ها اگر خوب تنظیم شده باشند، موفق می‌شوند بازگذرا را تقریباً دور ابر کنند.



#### مبتدی - و به این ترتیب تا کجا می‌شود رفت؟

**مهندس** - بدون دشواری زیاد می‌توان تقویت کننده‌های ساخت که تا ۳۰ یا ۵۰ هکاهرتز را تقویت کنند. حتی می‌توان از اینهم دورتر رفت اما با روش فنی خاصی که آنرا «تقویت کننده تقسیم شده» می‌گویند که یک نوع خط تأخیری است که در آن لامپ‌ها را وارد کرده‌اند و روی آن تکیه نمی‌کنم.  
**مبتدی** - آیا درباندی به این گستردگی می‌توانند اختلاف فاز را به صفر برسانند؟

**مهندس** - نمی‌توانند این کار را بکنند، از این گذشته این کار بی فایده است. فقط کافی است اختلاف فاز متناسب با فرکانس باشد که انجام این کار همیشه آسان نیست.

#### فرکانس‌های پائین



**مبتدی** - حدس می‌زنم که حالا چه پیش می‌آید، چون پس از اینکه بمن نشان دادید بازگذرا ای یک تقویت کننده را در جهت فرکانس‌های بالاچگونه گسترش می‌دهند، منطقی است که به گسترش آن درجهت فرکانس‌های پائین بپردازید.

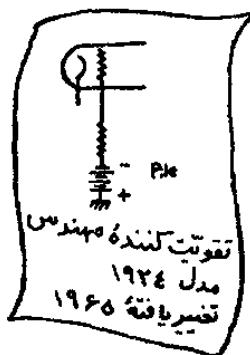
**مهندس** - کاملاً درست است. پس بگوئید ببینم در جهت فرکانس‌های پائین ضریب بهره تقویت کننده شما را چه چیزی محدود می‌کند.

**مبتدی** - بسیار ساده است مقاومت‌های ظاهری خازن‌های شکل ۴۷ به طور خلاصه کشیده‌اید با زیاد شدن فرکانس زیادی شوند، بخصوص مقاومت‌ظاهری  $C_1$  و  $C_2$ . خازن اول از این بعد یک ضد واکنش وارد مدار می‌کند. دومی ارتباط بین طبقه‌ها را بد تأمین می‌کند. اگر بخواهیم با این اثرهای نامطلوب مبارزه کنیم، می‌توانم ظرفیت دوخازن را زیاد کنم.



**مهندس** - هنهم با اینکار موافقم، اما در این راه به سرعت محدود می‌شوید. برای  $C_1$  که هم اکنون چند میکروفاراد است، نمی‌توانید خیلی جلوتر بروید چون اگر مقدار آنرا به صد و بخصوص ۱۰۰۰ میکروفاراد برسانید، جربان تلف، که در چنین خازن‌هایی دوری ناپذیر ند، پلاریزاسیون این طبقه را به شدت بهم خواهد زد.  $C_2$  را از میکروفاراد بیشتر نکنید و گر نه خازن بسیار بزرگی خواهید داشت و در نتیجه ظرفیت‌های مزاحم بوجود می‌آیند، بی‌آنکه تلف دوری ناپذیری را که ممکن است شبکه لامپ بعد را بهیک اختلاف سطح هشت وصل کند در نظر بگیریم. نه، در عورد خازن  $C_1$  می‌بینید که برای اینکه ناراحتان نکند، بهتر است حذف شود.

## پلاریز اسیون‌ها را تغییر بدھیم



**مبتدی**—که اینطور! اما اختلاف سطح کاتد شما دیگر ثابت نخواهد بود و لامپ دیگر تقویت نمی‌کند.

**مهندس**—اجازه بدهید آنرا اصلاح کنم و بگویم که لامپ تقویت کمتری می‌کند، اما به تقویت کردن ادامه می‌دهد. به این ترتیب فشاری (فشار بین کاتد و بنده یا بطور درست تر مؤلفه متناوب آن) را وارد کارکرده‌ایم که از فشار ورودی کسر خواهد شد. همان‌طور که می‌دانید این کار ضد واکنش است که اثرش پس این آوردن ضریب بهره است، اما در عین حال اعوجاج و خرخر کردن را کمتر می‌کند و برتری‌های دیگری هم دارد.

**مبتدی**—آن پرتری‌هارا ندیده نمی‌گیرم، باوجود این جای تأسف است که به این ترتیب بخشی از ضریب بهره را از دست می‌دهیم، بخصوص اگر این ضریب بهره به سبب انتخاب پاره ضعیف مدار آن را بمنظور گذراندن فرکانس‌های بالا کاهش یافته باشد.

**مهندس**—می‌توانیم چیزی از دست ندهیم. ابتدا امکان دارد کاتد را به بنده وصل کنیم و پلاریز اسیون لامپ را به وسیله شیشه با یک فشار منفی تأمین کنیم...

**مبتدی**—خوب، با اینکه الکترونیک در اوج پیشرفت است، مرآ بهمراه خودتان به ابتدای دانش رادیو می‌بریم.

**مهندس**—آقای مبتدی، پیشرفت یک فن ما را گاهی به بازگشتهای عجیب به عقب رهبری می‌کند. اما برای اینکه این احساس را در شما کاهش بدهم، با یک قطعه جدید آشنا‌یاتان می‌کنم که اسمش دیود زنر است.

**مبتدی**—جدید، پس یک نیمه هادی است.

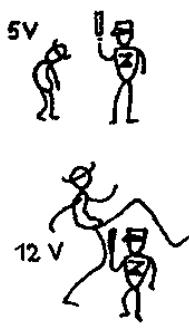
**مهندس**—نتیجه گیری شماردرست است، اگرچه با استدلال کاملاً غیر منطقی پیش آمد. دیود زنر یک دیود با اتصالی از جنس سیلیسیوم است، که درجهت گذراندن جریان مثل تمام دیودهای خوب عمل می‌کند و جریان را می‌گذراند، و غیر از یک افت فشار بسیار کم در حدود  $1/7$  ولت که تقریباً مستقل از جریان است، چیزی وارد مدار نمی‌کند. در غوض اگر پلاریز اسیون آنرا بطور معکوس فراردد یعنی دیود کار خود را مثل تمام دیودها با مسدود بودن آغاز می‌کند تا وقتی که فشار معکوس به مقداری برسد که آنرا «فشار زنر» می‌نامند که از این فشار بعد، جریان معکوس بسیار تند شروع می‌زیاد شدن می‌کند بی‌آنکه فشار دوسر دیود بطور محسوس تغییر کند.

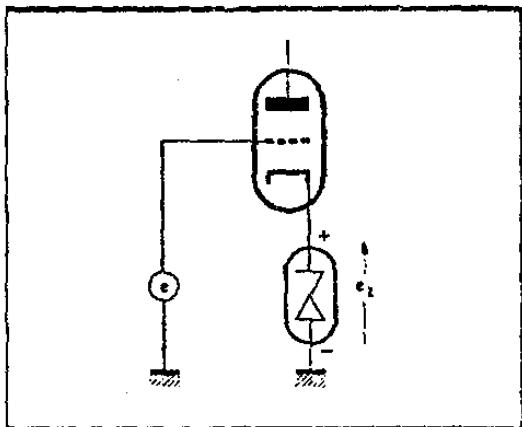
**مبتدی**—این نوعی سوختن دیود است؟

**مهندس**—آه نه! کاملاً با آن فرق دارد چون اگر از یک جریان جدا کنیم که نسبتاً مهم است تجاوز نکنیم، به همچوشه صدمه‌ای به دیود نمی‌رسد. فشارهای زنر بین  $3$  و  $200$  ولت قرار دارند و بهترین دیودها آنهاگی هستند که فشار زنر آنها  $8$  ولت است.

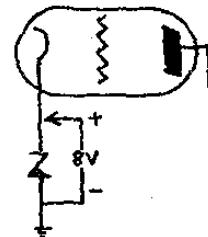
**مبتدی**—این دستگاه کوچک بسیار جالب است، اما چه ربطی به تقویت کننده‌ها دارد؟

**مهندس**—آقای مبتدی، شما قوه تصور ندارید. پس این دیود را بین کاتد





شکل ۴۱- دیود زنر بین کاتد و بندنه خود فشار  $\phi$  را حفظ می کند که مستقل از جریان کاتدی است؛ این یک روش برای تأمین پلازماسیون کاتد است که برای فرکانس های پائین، ناکمترین مقدار، قابل کاربرد است.



و بدنۀ تقویت کننده خودتان قرار بدهید (شکل ۴۱). کاتد به اختلاف سطح مثبت که بطور محسوس ثابت است وصل می شود، برای اینکه فشار در دوس دیود زنر عملاً مستقل از جریانی است که از این دیود می گذرد یعنی واسته به جریان کاتدی نیست. دیگر نیازی به خازن نخواهد داشت، بنابراین در فرکانس های پائین ناراحتی ندارید.

**مبتدا**- این دیگر مجدد بکننده است. مثال شگفت آوری از همکاری نیمه هادیها و لامپهاست که بطور کلی دشمن جانی یکدیگرند.  
**مهندسان**- نه آقای مبتدا، نیمه هادیها دشمن لامپها نیستند و بخوبی می شود آنها را با هم بکار گرفت. اما حالا که ناراحتی های ایجاد شده به وسیله خازن  $C_1$  را کاملاً از بین برداشیم، به حساب  $C_2$  می رسیم.



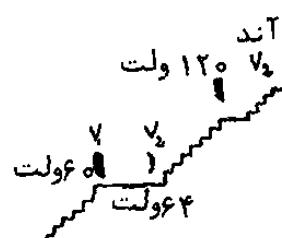
### ارتباط مستقیم

**مبتدا**- حدس می زنم که آنرا هم حذف خواهید کرد.  
**مهندسان**- اشتباه نمی کنید. اما باید دقت کرد. اگر آند لامپ اول را به شبکه لامپ دوم وصل می کردم چه پیش می آمد؟

**مبتدا**- ولی آقای مهندس، قبل این پیشه هاد را به شما کردم و شما با آن مخالفت کردید و دلیلتان این بود که شبکه لامپ بعد، زیاد مثبت می شود و تمام الکترون ها را جذب خواهد کرد.

**مهندسان**- اگر کاتد لامپ بعد را به اختلاف سطحی وصل کنم که نسبت به شبکه آن مثبت تر باشد، دیگر این وضع پیش نمی آید. فرض کنید که لامپ اول با فشار زیاد ۱۰۰ ولت تغذیه شده باشد و فشار آند لامپ ۶۰ ولت باشد، اگر بخواهم پلازماسیون کاتد لامپ بعد هشلا ۴ ولت باشد، آنرا به ۶۴ ولت وصل می کنم.

**مبتدا**- آه، این روش زیر کانه است! در این صورت حد پائینی فرکانسی که تقویت آن امکان دارد چه مقدار است، چون نمی دانم چه چیز آنرا محدود می کند؟  
**مهندسان**- حق دارید که آنرا ندانید چون چیز محدود کننده ای وجود ندارد!



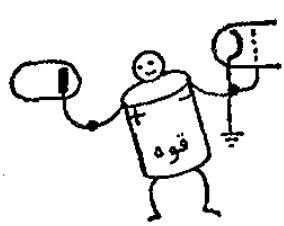
بطور خیلی ساده فر کانس حد پایه‌بینی صفر است. این تقویت کننده برای فشار مستقیم است زیرا اگر به ورودی آن فشار مستقیمی بگذارد، فشار خروجی بطور نامعین حفظ خواهد شد.



**مبتدی**— بسیار جالب است، اما در مونتاژ شما یک نقص بنتظر می‌رسد، کاته دوم  $+ ۶۴$  ولت وصل است، پس باید آند آن آشکارا فشار زیادتری داشته باشد. اگر این آند به شیکه لامپ سو وصل شود، موقعیت و خیمه تن خواهد شد...

### جالی که به وسیله یک قوه (باطری) تزویج می‌شود

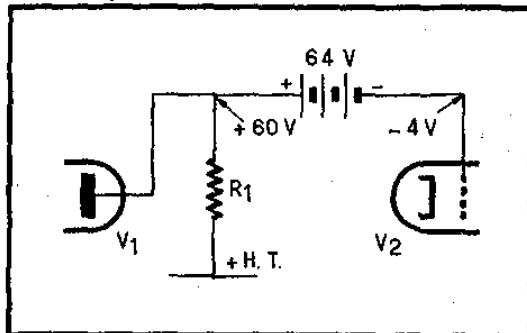
**مهندس**— در واقع اساسی ترین نقص این سیستم همین است که فقط برای دو طبقه و حد اکثر سه طبقه بکار برده می‌شود. موقعیت برای ترانزیستورها تغییریم کند زیرا در حقیقت جمع کننده آنها اختلاف سطحی دارد که با اختلاف سطح پایه آنها تفاوت کمی دارد، بنابراین می‌توان چندین ترانزیستور را بدنیال هم قرار داد و در عین حال جمع کننده یکی را بطور ساده با ارتباط مستقیم به پایه دیگری متصل کرد بی آنکه این کارهارا به افزایش بیش از اندازه فشار تغذیه برآورد. حتی می‌توان کارهای کردن چون بیشتر ترانزیستورها با فشار جمع کننده و پایه مساوی خیلی خوب کارمی کنند (در اینحال این ترانزیستورها در حد کار اشباع هستند، اما این حد کاملا قابل قبول است به شرط آنکه دامنه علامتی که باید تقویت شوند، در طبقه آخر از چند میلی ولت تجاوز نکند) در چنین وضع کاری فشار جمع کننده نسبت به ارسال کننده تقریباً  $۶/۰$  ولت است و پایه هم همیغطود است (منظور ترانزیستور سیلیسیومی  $p-n-p$  است) در اینحال اگر پخواهیم در طبقه‌های بعد عدم تنظیم‌های بزرگ پیش نیاید، باید پلاریز اسیون پایه طبقه اول را بدقت ثابت نگهداشت.



در آخر می‌توان سیستم تزویج مستقیمی را که برای گذاشتن ترانزیستورهای  $n-p-n$  و  $p-n-p$  بطور یک درمیان وجود دارد، نام برد. ارسال کننده ترانزیستورهای  $p-n-p$  به قطب مشبت تغذیه وصل می‌شود در حالی که ارسال کننده ترانزیستورهای  $n-p-n$  به بند نه یعنی قطب منفی تغذیه وصل است. جمع کننده یک ترانزیستور را مستقیماً به پایه ترانزیستور بعد وصل می‌کنند. جهت جریان‌ها درست است چون جریان پایه یک ترانزیستور  $p-n-p$  (بطور مثال) به وسیله پایه «خارج» می‌شود (در صورتیکه جهت قراردادی جریان که مخالف جهت حرکت الکترون‌هاست در نظر گرفته شود) در حالی که جریان جمع کننده یک ترانزیستور  $n-p-n$  به وسیله جمع کننده «وارد» می‌شود.

سیستم انتخاب شده هر چه باشد (ترانزیستور با فشار تغذیه پل به پله، ترانزیستور در حد اشباع، بطور یک درمیان  $n-p-n$  و  $p-n-p$ ) تزویج مستقیم بین چند طبقه بطود پشت سر هم باید به تعداد طبقه‌های نسبتاً کم محدود شود. اگر هر طبقه از نوع متقارن و مطابق با شکل خلاصه‌ای که «L.T.P.» گفته می‌شود و در شکل ۵۱ نشان داده شده، ساخته شود، می‌توان تعداد طبقه‌ها را کمی زیادتر کرد.

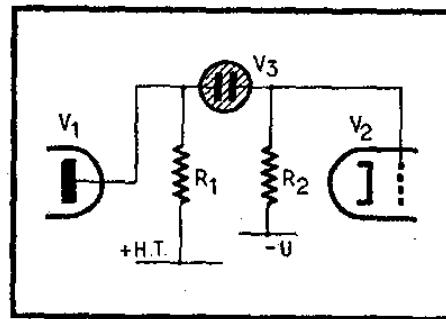
اما در برآرد شکل ۴۲ چه می‌گوئید؟ **مبتدی**— عجیب است! نسبتاً مطابق با مدارهای معمولی است، اما چیزی



شکل ۴۲- قوه ۶۴ ولتی اسکان می دهد که شبکه لامپ  $V_1$  و آند لامپ  $V_2$  بهم متصصل شوند در حالی که مؤلفه مستقیم را منتقل می کنند.

قوه کراکرا  
وقتی از آن  
استفاده نمیکنند  
می خواهند

شکل ۴۳- لامپ گازی  $V_2$  در نتیجه جریانی که از  $R_2$  در جهت قطب منفی منبع  $U$ - می گذرد، دچار ایونیزاسیون می شود و نقش قوه شکل ۴۲ را بازی می کنند.



که من متعجب می کنم قوه ایست که در راه ارتباطی بین آند لامپ  $V_1$  و شبکه لامپ  $V_2$  قرار گرفته است.

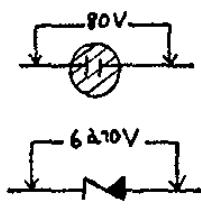
**مهندسان**- خوب فکر کنید، این قوه اختلاف سطح ثابت بین آند لامپ  $V_1$  و شبکه لامپ  $V_2$  را حفظ می کند بطوری که شبکه لامپ  $V_2$  همیشه ۶۴ ولت پائین تر از آند لامپ  $V_1$  است و به این ترتیب وقتی آند  $V_1$  به  $+60$  ولت وصل باشد، اختلاف سطح شبکه نسبت به بند  $4^{\circ}$  - ولت است. پس می توان کاتند  $V_2$  را به بند وصل کرد.

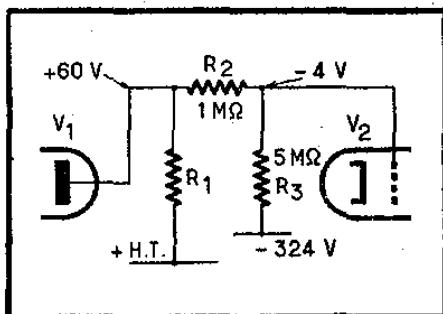
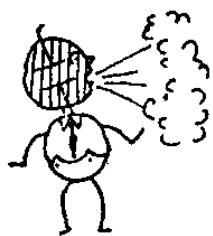
**مبتدی**- بسیار هوشیارانه است. این راه حل واقعی برای تقویت کننده های فشار مستقیم با چندین طبقه است.

**مهندسان**- این روش با کمال مطلوب خیلی فاصله دارد. ابتدا اینکه قوه ها بسیار جای گیرند، سنگین هستند، با بند وظرفیت مزاحم زیادی تشکیل می دهند و در آخر فرسوده هم می شوند.

**مبتدی**- با اینحال از آنها هیچ جریانی گرفته نمی شود.

**مهندسان**- آه، می دانید که گاهی بین گفتارهای تبلیغاتی و حقیقت فاصله زیادی هست. برای هر طبقه یک قوه لازم است. ترجیح می دهند که بجای آنها از لامپ های کوچک نئون استفاده کنند. شکل خلاصه ۴۳ را نگاه کنید. لامپ  $V_3$  یک لامپ کوچک نئون است که وقتی جریانی که خیلی زیاد نباشد از آن بگذرد، در دوسر آن فشار ثابت نگهداشته می شود. شبکه لامپ  $V_2$  را به وسیله یک مقاومت  $R_2$  به یک فشار منفی نسبتاً زیاد وصل می کنند.  $R_2$  هم مقدار زیادی دارد. بنابراین این اجیاراً جریانی از لامپ  $V_2$  می گذرد و گاز درون آنرا به ایون ها تجزیه می کند (ایونیزاسیون



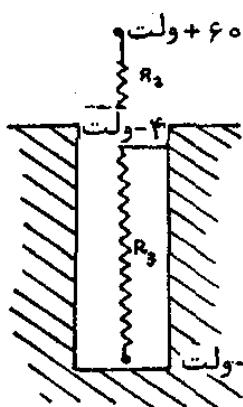


شکل ۴۲- جریانی که از  $R_2$  می‌گذرد و از راهی  
بطرف  $-324$  ولت می‌روند، در مقاومت  $R_2$  یک  
فشار  $4$  ولت ایجاد می‌کند که جانشین قوه شکل  
۴۲ می‌شود.

ایجاد می‌شود). این جریان نسبت به جریان آندی لامپ  $V_1$  بسیار کوچک است، و لامپ نثون که در گازش ایونیزاسیون ایجاد شده، نقش قوه  $P$  در شکل ۴۲ را بازی می‌کند. این سیستم را مخصوصاً در طبقه‌های آخر تقویت‌کننده‌های با ارتباط مستقیم بکار می‌برند.

**مبتدی**- در واقع لامپ نثون شما مثل یک دیود زنر کار می‌کند؛ می‌شود بجای آن یک دیود زنر گذاشت؛

**مهندسان**- شاید په سختی بشود اینکار را کرد، اما برای فشارهای زیاد و شدت جریان‌های کم، لامپ‌های کوچک را کرد، اما برای فشارهای زیاد و یک نقص هم داردند چون فشار بدست آمده در دوسر  $V_2$  کاملاً مستقیم نیست، بلکه یک مؤلفه متناوب کاملاً غیر منظم دارد (به آن «فشار دمنش» می‌گویند) که باعث می‌شود این روش برای طبقه‌های اول که در آنها فشارهای سودمند ضعیف هستند، بکار برده نشود.



### ترویج به وسیله تقسیم کننده فشار

**مبتدی**- پس برای طبقه‌های اول چه می‌کنید؟

**مهندسان**- روشی که الان برای شما خواهیم گفت برای همه طبقه‌ها خوبست. فوراً آنرا با یک مثال عددی در اختیار قارئ می‌گذارم. فرض کنیم (شکل ۴۳) که آند لامپ  $V_1$  شما به  $+60$  ولت وصل باشد، آنرا به وسیله یک مقاومت  $R_2$  که یک مکاهم است بشبکه لامپ  $V_2$  وصل می‌کنم، در حالی که این شبکه به وسیله یک مقاومت  $R_3$  که ۵ مکاهم است به فشار  $-324$  ولت وصل شده است. چون هیچ جریان شبكه‌ای در لامپ  $V_2$  وجود ندارد، از مقاومت‌های  $R_2$  و  $R_3$  یک جریان می‌گذرد (جریانی که البته نسبت به جریان آندی لامپ  $V_1$  بسیار ضعیف است) بنابراین افت فشار در مقاومت  $R_3$  بین رگتر از افت فشار در سر  $R_2$  است. توجه داشته باشید که شبکه کلی روی مجموع مقاومت‌های  $R_2$  و  $R_3$  برابر است با:

$$40 + 324 = 384 \text{ ولت}$$

بنابراین افت فشار در  $R_2$  برابر  $44$  ولت و در  $R_3$  برابر  $320$  ولت است و شبکه لامپ  $V_2$  به اختلاف سطح  $4 - 320$  ولت وصل خواهد شد. می‌بینید که مقاومت  $R_2$  تا حدودی نقش لامپ نثون  $V_2$  (شکل ۴۳) و یا قوه  $P$  (شکل ۴۲) را بازی می‌کند.

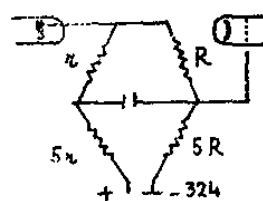
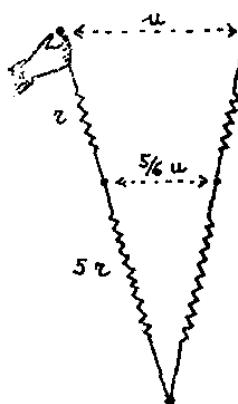
**مبتدا**— آقای مهندس در اینجا با شما هم عقیده نیستم چون فشار در دو سر این مقاومت ثابت نیست زیرا اگر اختلاف سطح آند  $V_1$  زیاد شود، این افت فشار هم زیاد خواهد شد.

**مهندس**— کاملاً درست است، اما این افزایش شش برابر کمتر است. بدعا بر این افت فشار

دیگر  $R_2$  و  $R_3$  یک تقسیم کننده فشار تشکیل می‌دهند که نسبت آن  $\frac{5}{6}$  است.

مسلمًا ما دیگر روی شبکه لامپ  $V_2$  پیشتر از  $\frac{5}{6}$  مؤلفه متداولی را که روی آنده لامپ  $V_1$  وجود دارد، نخواهیم داشت، اما دست کم ۶۴ ولت مستقیم را هم دارید. حتی در عمل بدنبال یک فشار منفی -۳۲۴ ولت نخواهند رفت بلکه مقداری را انتخاب می‌کنند که متداول تر باشد و در نتیجه مقاومت‌های  $R_2$  و  $R_3$  را تغییر می‌دهند.

**مبتدا**— این سیستم بدنبال است. برای ارتباط مستقیم از قوه به لامپ نئون و سپس به مقاومت زیستدیم یعنی به طرف ساده کردن رفتیم. اما چیزی هست که ناراحتم می‌کند و آن اینست که وجود  $R_2$ ، که مقدارش یک مگاهم است، بطور پیاپی با شبکه لامپ  $V_2$  نمی‌گذارد که وضع برای فرکانس‌های بالا رو براه باشد؟



### جبران تقسیم کننده فشار

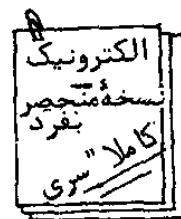
**مهندس**— در واقع اگر مونتاژ شکل ۴۴ بهمان ترتیب ساخته شود برای فرکانس‌های بالا شوم است. معمولاً با اضافه کردن یک خازن کوچک که بطور موازی با  $R_2$  قرار می‌گیرد کارها را رو براه می‌کنند. اگر این خازن طوری باشد که وقتی ظرفیت آنرا در  $R_2$  ضرب می‌کنیم مقدارش برای حاصل ضرب  $\gamma$  ظرفیت مزاحمه و درودی لامپ  $V_2$  در  $R_2$  باشد، اثر  $R_2$  روی فرکانس‌های بالا حذف شده است. اگر  $R_2$  باشد (که در اینجا  $C = 5\mu F$  می‌شود) تقسیم کننده فشار  $\gamma = \frac{C \cdot R_2}{R_1 + C \cdot R_2} = \frac{5\mu F \cdot 5}{5 + 5\mu F \cdot 5} = \frac{1}{1 + 10^{-4}}$  «غیر دوره‌ای» است (تمام فرکانس‌های بطور برای عبور برای دهد و واسته به فرکانس نیست). راه حلی که برای شما تشریح کردم متداول و معمولی است. بنظر من راه حل دیگری که بسیار زیور کانه است ترجیح دارد و کسانی که با الکترونیک سروکار دارند اصرار دارند آنرا ندیده بگیرند. آنرا در یک مجله بزرگ خارجی پیدا کردم که فکر نمی‌کردم خیلی خواننده دارد (اما من تنها کسی بودم که به آن توجه کردم).

**مبتدا**— فوراً آنرا برایم بگوئید. شریک شدن با شما در یک مونتاژ سری برایم شورانگیز است.

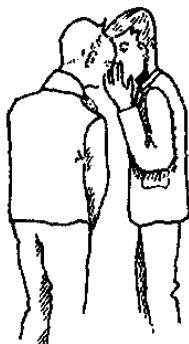
### جبران به وسیله نقطه اتصال روی مقاومت آند

**مهندنس**— «سر» مورد بحث، بدون شک در ۵۰۰۰۰ نسخه چاپ شده است، آن سر اینست:

در تقویت کننده شکل ۴۴، می‌خواهند روی شبکه لامپ  $V_2$  مؤلفه متداولی ظاهر شود که مقدارش  $\frac{5}{6}$  مؤلفه موجود روی آند لامپ  $V_1$  باشد. فرض کنید که بار

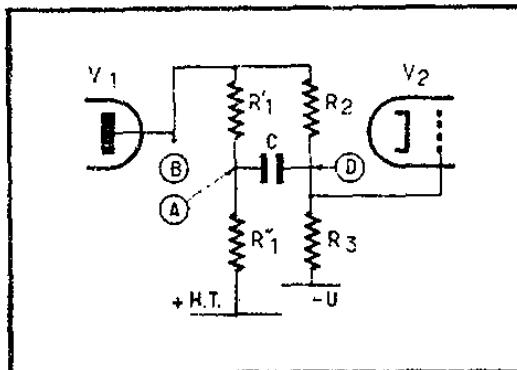


آند لامپ  $V_1$  را به وسیلهٔ یک مقاومت تنهایی  $R_1$  درست نکرده باشم بلکه به وسیلهٔ دو مقاومت  $R'$  و  $R''$  آنرا تشکیل داده باشم (شکل ۴۵) می‌توانم این دو مقاومت



شکل ۴۵ - برای اینکه تزویج شکل ۴۴ وابسته به فرکانس نباشد، نقطه‌های A و D را به وسیلهٔ خازن C بهم ارت挿ط می‌دهند و به این ترتیب قطریک پل متعادل را اتصال کوتاه می‌کنند چون

$$\frac{R'_1}{R''_1} = \frac{R_2}{R_3}$$



راطوری انتخاب کنم که مجموع آن‌ها برابر مقدار  $R_1$  باشد و نسبت آنها برابر نسبت  $R_2$  و  $R_3$  باشد،

$$\frac{R'_1}{R''_1} = \frac{R_2}{R_3}$$

به عبارت دیگر در حالت خاص ما، خواهیم داشت،

$$R''_1 = 5R'_1$$

بنابراین اختلاف سطح نقطه مشترک A در دو مقاومت مؤلفهٔ متناوبی دارد

که  $\frac{5}{4}$ - مؤلفهٔ متناوبی است که در نقطه B بدست می‌آید (به سبب وجود تقسیم کننده فشار  $R'_1 - R''_1$ ). این مؤلفهٔ متناوب را به وسیلهٔ خازن C با ظرفیت کافی به شبکه لامپ  $V_2$  (نقطه D) منتقل خواهیم کرد. به این ترتیب اختلاف سطح نقطه D را وارد می‌کنیم مؤلفهٔ متناوبی داشته باشد که مقدارش  $\frac{5}{4}$ - مؤلفهٔ متناوب نقطه B است، و این همان چیزی است که می‌خواستیم.

**مبتدی** - در واقع چهار مقاومت شما، دو تقسیم کننده فشار تشکیل می‌دهند که یک نسبت دارند، و بطور ساده یک پل ویستون تشکیل می‌دهند؛

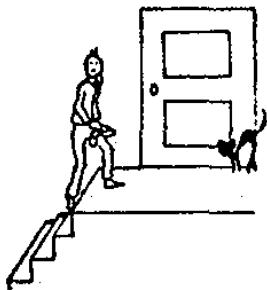
**مهندس** - کاملاً درست است. حالا برای شما برتری این سیستم را خواهیم گفت. ابتدا مشاهده خواهید کرد که نیازی نیست خازن C مقدار مشخصی داشته باشد، کافی است نسبت به مقاومت مزاحم درودی لامپ  $V_2$  مقدارش زیاد باشد. در شکل ۴۴، لازم بود خازن C را بر حسب ظرفیت مزاحم  $\mu$  تنظیم کنیم؛ بنابراین خازن C باید خازن متغیری باشد. در حالی که  $\mu$  ممکن است برای هر لامپ مقدار معینی داشته باشد و حتی در یک لامپ معین بر حسب اینکه پلاریزاسیون آن کم یا زیاد باشد،  $\mu$  تغییر می‌کند. با مونتاز شکل ۴۵ چنین چیزی پیش نمی‌آید. نیازی ندارید که روی شبکه یک خازن متغیر وصل کنید (که همیشه ناراحت کننده است زیرا یک خازن متغیر همیشه جای گیر است و احتمال ایجاد نوسان خود بخود دارد).

۱ - نگاه کنید به کتاب «رادیو؛... بسیار ساده است!» از همین مجموعه.

فقط یکبار باید مقاومت‌ها تنظیم شوند و دیگر کار تمام است. چون، پلاریزاسیون لامپ  $V_2$  هرچه باشد، تنظیم شما بجای خود باقی خواهد ماند، حتی اگر لامپ  $V_2$  را عوض کنید. معمولاً خازن C را از جنس سرامیک بهظر فیت ۲۲۰ تا ۴۷۰ پیکو-فاراد می‌گیرم که بسیار کوچک و قابل جای دادن در جعبه‌های کوچک دستگاه است.

**مبتدی** - آقای مهندس مرا قانع کردید، به عنوان عضو افتخاری در «جمعیت گسترش موتور تزویج مستقیم بهوسیله نقطه اتصال روی مقاومت بار آند» (ج. گ. م. ت. م. ب. ن. د. م. ۱) نام نویسی می‌کنم.

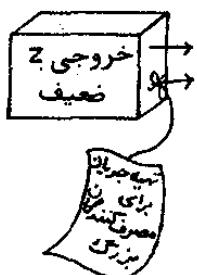
**مهندس** - فعلاً به نام نویسی در جمعیت «کسانی که بدون بیدار کردن پدرو مادرشان بخانه می‌روند» اکتفا کنید چون ساعت یک بعد از نیمه شب است و دلم نمی‌خواهد که از طرف مادرتان برای دیرافتمن شما بخانه مورد بازخواست واقع شو.



# ❖ مبحث شش

مبتدی که همیشه توقع بیشتری دارد، می‌خواهد بازهم تقویت کننده‌ها را بهتر کند. او خواهد  
دانست که چگونه مقاومت ظاهری ورودی را زیاد می‌کنند (که تقریباً در مونتاژهایی که «تقویت کننده  
سنجشی» نام دارند تا پی‌نهایت می‌رود) و چگونه مقاومت ظاهری خروجی را می‌توان کاهش داد. در این  
مورد کشف خواهد کرد که مناسب‌ترین مقاومت ظاهری بار یک تقویت کننده ممکن است مقدار کاملاً  
متغیر با مقاومت داخلی خروجی همین تقویت کننده داشته باشد.

## سنچش الکتریکی کاہش مقاومت ظاہری خروجی



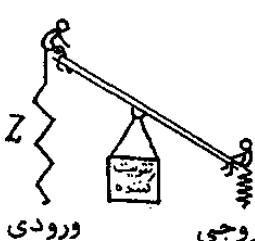
**مبتدی**— یمن یاد دادید که چگونه بازدگذای یک تقویت کننده را درجهت فرکانس های بالا و همچنین فرکانس های پائین گسترش می دهند اما متوجه شدم که درباره تقویت کننده های سنجشی، صحیت، نکرده ام. و این بسیار بد است!

مقدمة ظاهري ورودي

**مهندس** همه مطلب‌هارا که نمی‌توانم یکجا بگویم. امن‌وز به آن می‌رسیم. می‌دانید، در الکترونیک غالباً نیاز به گسترش باندگذرای تقویت‌کننده‌ها هست، اما بهمین ترتیب زیاد کردن مقاومت ظاهری ورودی و کاهش مقاومت ظاهری خروجی سودمند است.

**مبتدی**— دلم می خواهد درباره علت این موضوع کمی برایم صحبت کنید و روش‌های تغییر این مقاومت‌های ظاهری را بگوئید.

**مهندس** - اگر تقویت کننده‌ای ساخته باشید می‌دانید که به رود آن فشار- هائی می‌گذارید و در خروجی فشاری بسته می‌آورید. مسلماً بسیار علاوه‌مندید که مصرف جریان از منبعی که باید تقویت شود در رودی بسیار کم باشد و بنابراین باید مقاومت ظاهری رودی خیلی زیاد باشد. در عرض خروجی تقویت کننده شما وظیفه منبع را به عهده خواهد گرفت، درحالی که عالم را با فشاری قویتر از آنچه به رودی آن گذاشته‌اید، دوباره ایجاد می‌کند. برای اینکه منبع جالب باشد باید بتواند بی‌آنکه فشارش پائین باید، جریان قابل توجهی بست بدهد و بنابراین باید مقاومت داخلی، ضعیف، داشته باشد.



**هستی**— خوب، فهمیدم. پس درجهت ورودی. این مقاومت ظاهری بهوسیله خروجی  
ظرفت ورودی، و ف کان. مشخص، شده است.

**مهندس**— برای فر کانسنهای بالا، بله. اما در فر کانسنهای پائین، ظرفیت ورودی نقشی بازی نمی‌کند، این ظرفیت و استهه به مقاومت ظاهری‌ها کنی در حدود جندهن میلیون مگاهم است آنه شما به آن نمی‌رسید.

**همه‌تلایی**— می‌دانم چه تیجه‌ای می‌خواهید بگیرید. مقاومت تلفی وجود

دادد که باید آنرا بین شبکه و بدنه جای داد تا الکترون‌های احتمی که با نازانی روی شبکه توقف کرده‌اند، بتوانند جریان پیدا کنند. می‌دانم که این مقاومت بطور موازی روی درودی طیقه قرار گرفته است. کافی نیست که این مقاومت را زیاد بگیریم تا مقاومت ظاهری درودی زیادی داشته باشیم؟

### جریان‌های شبکه

**مهندس**— اینکار بدون نقص نخواهد بود. در واقع غیر از الکترون‌های «احمق» چیزی‌گری نیست که از راه مقاومت تلف خالی شود بنا بر این الکترون‌های را هم که از شبکه خارج می‌شوند و باید جای آنها اپر کرد باید به حساب آورد.  
**مبتدی**— چطور می‌خواهید که الکترون‌ها از شبکه خارج شوند، شبکه که گرم نیست.

**مهندس**— آه، شما اینطور فکر می‌کنید. خوب، خودتان را بجای شبکه بگذارید...

**مبتدی**— رحم کنید، آنجا هوا نیست....

**مهندس**— بسیار خوب، اما کمی تصورش را بگنید که شبکه در فاصله چنددم یا چندصد میلی‌متری یک کاتد بسیار گرم قرارداد که گرما می‌تواند روی آن تشعشع کند و جلوگیری از گرم شدن شبکه دشوار است. ازاین گذشته نباید ارسال احتمالی الکترون از شبکه در نتیجه پدیده فتو-الکتریک را فراموش کرد. البته می‌توان با سیاه کردن رنگ شیشه لامپ آنرا کاهش داد (اگر چه نور خارج شده از کاتد، که خوشبختانه ضعیف است، همیشه وجود دارد)

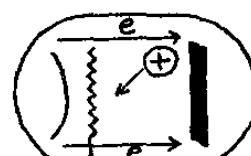
**مبتدی**— این پدیده‌ها شگفت‌آورند، اما رویهم رفته، بیشتر سودمندند، چون آنها الکترون‌ها را از شبکه خارج می‌کنند در حالی که الکترون‌های دیگر می‌دارند در آن باقی بمانند.

**مهندس**— اما آقای مبتدی، الکترون‌ها روی شبکه متوقف نمی‌شوند مگر وقتی که شبکه پلاذرین اسیوں بسیار کمی داشته باشد. در کارعادی خارج شدن الکترون‌ها از شبکه خیلی فراوان تراست و این اثر با رسیدن بارهای مشتبی که به وسیله ایون‌ها به شبکه آورده می‌شود، باز هم شدید تر می‌گردد.

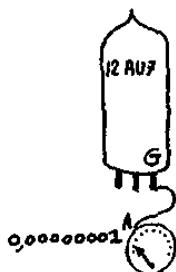
**مبتدی**— این ایون‌ها از کجا بیرون می‌آیند؛ دریک لامپ الکترونی خلاء حکم‌فرمای است.

**مهندس**— در این دنیای پست، هیچ‌چیز کامل نیست، خلاء هم مثل سایر چیزهای است. مولکول‌های بسیار زیاد‌گاز دریک لامپ وجود دارند، حتی اگر خوب از هوا خالی شده باشد. این مولکول‌ها زیر اثر میدان الکتریکی بین آند و کاتدو پهلوسون در نتیجه برخورد الکترون‌ها به ایون تجزیه می‌شوند. در نتیجه ایون‌های مشتبی به وجود می‌آیند که باشتباب به شبکه‌هی رو نموده، این ترتیب اثر خود را به اثر ارسان الکترون شبکه می‌افزایند. با وجود این باید خاطر نشان کنم که جریان بوجود آمده در نتیجه ایون‌ها خیلی بیشتر از جریانی است که از خروج الکترون‌ها بسته می‌آید.

**مبتدی**— خوب، برای جریان شبکه علت‌های وجود دارند! شکفت آور اینست که این اثر تاکنون، موجب ناراحتی من نشده است.



**مهندسان**- پیش خودتان تصور نکنید که این جریان شبکه اتصالی آنرا ذوب خواهد کرد! دریک لامپ معمولی (یک لامپ ۱۲AUV ۴mA در نظر می‌گیریم)، این جریان تقریباً  $10^6$  میکروآمپر یا کمتر از آنست. در یک



مقاومت تلف  $1M\Omega$  (معمولًا باید کمتر از این بگذارد)، این جریان فقط  $10^{-7}$  فشار ایجاد می‌کند و نمی‌توان آنرا مورد توجه قرار دهید. اما اگر مقاومت تلف  $1000$  یا  $10000$  مگاهم بود، این جریان شبکه فاجعه‌ای بوجود می‌آورد.

**مبتدی**- پس چه باید کرد؟

### لامپ سنجش الکتریکی

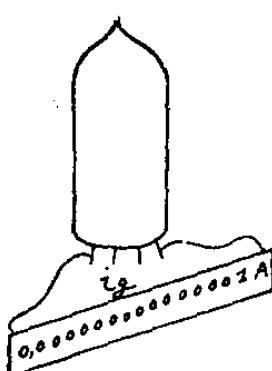
**مهندسان**- ابتدا می‌توانیم لامپ‌های کاملاً اختصاصی بکار ببریم که بهویژه خوب از هوا خالی شده‌اند و بکاربردن آنها، فقط با چند ولت فشار آنده امکان پذیر است که ایونیزاسیون کاوش می‌یابد. غالباً برای ساختن این لامپ‌ها، تترود را بکار می‌برند، اما بر عکس آنچه معمول است، دورترین شبکه نسبت به کاتد، کار شبکه فرمان را انجام می‌دهد. شبکه اول ایون‌ها را در عرض می‌کند چون آنرا به اختلاف سطحی وصل می‌کنند که کمی مشتب است.



از این گذشته و قبیل «رشته»، باید می‌گفتم «رشته»، چون این لامپ‌ها معمولاً با گرمایش مستقیم هستند و به این ترتیب از گرم شدن زیاد شبکه جلوگیری می‌کنند. «لامپ‌های سنجشی» را با این روش می‌سازند که منظور لامپ‌هایی هستند که فشار الکتریکی را اندازه می‌گیرند یعنی چیزی مصرف کنند.

**مبتدی**- پس لامپ‌های مشهور سنجشی که امکان می‌دهند مقاومت‌های تلف با مقدار زیاد بکار برده شوند، اینها هستند. درجه تکامل آنها تا چه حد است؟

**مهندسان**- در بعضی از انواع آنها به جریان شبکه‌ای رسیده‌اند که کمتر از  $15-10$  آمپر است که یک میلیاردیم میکروآمپر می‌شود. اما باید به شما گوشزد کنم که بالامپ‌های معمولی هم می‌توان نتیجه‌های نسبتاً قابل ملاحظه بودست آورده باشند. ترتیب که برای کاوش درجه گرمای شبکه، لامپ‌ها را کمتر از حد معمول گرم می‌کنند و با جریان ضعیف آنده مورد استفاده قرار می‌دهند. با این روش به سادگی به جریانی می‌رسند که کمتر از  $11-10$  آمپر است. بالاخره روش بسیار شگفت‌آوری برای بدست آوردن مقاومت ورودی بسیار زیاد وجود دارد که تریود معکوس است.



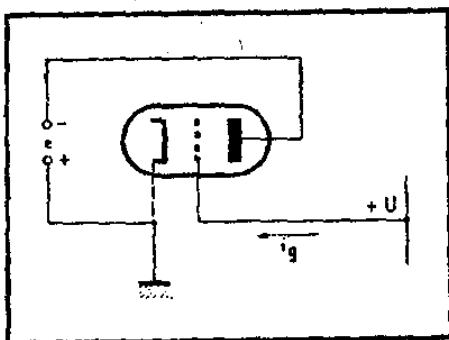
**مبتدی**- پایه‌های لامپ را رو به بالا می‌گذارید؟

**مهندسان**- نه، آنرا همانطور که شکل ۴۶ نشان می‌دهد سوار می‌کنم. بله، متوجه وحشت زدگی شما شدم چون فشار فرمان بطور منفی به آن گذاشته شده است، و جریان شبکه، جریان خروجی است، زیرا شبکه به اختلاف سطح  $L+$  وصل شده است. هر چه آنده منفی تر باشد، با پس زدن الکترونها به طرف کاتد، از رسیدن آنها به شبکه مشتب بیشتر جلوگیری می‌کند. شبکه که مشتب است، از رسیدن ایون‌ها به آنده جلوگیری می‌کند. در حالی که شبکه به سبب سرد بودن، الکترون نمی‌فرستد. به این ترتیب بیکشته تریود می‌رسند که مقاومت ورودی آن بسیار زیاد است.

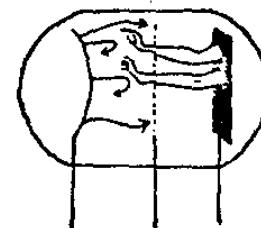


**مبتدی**- این شبکه مشخصات شباختی هم با مشخصات یک تریود معمولی

## دانه‌ند



شکل ۴۶- تریوود معکوس: آنکه منفی است الکتروندهارا دفعه می‌کند و به این ترتیب جریان شبکه را کاهش می‌دهد. این یک مونتاز سنجش- الکتریکی است. جریان مصرف شده از منبع ناچیز است.



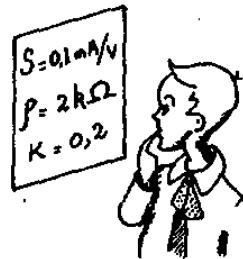
**مهندس**- چقدر هم از آن دوراست اه شخصات آن شبیه به مشخصات یک تریوود سنجش الکتریکی است، به عبارت دیگر:

- شیب بسیار ضعیف (بطور متوسط  $10^{-3} \text{ A/V}$ )
- مقاومت داخلی ضعیف (مثلث ۲ کیلو اهم)
- ضریب تقویت کوچک ( $0.2$ )

## ضریب بهره در فشار و در توان

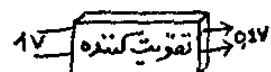
**مبتدی**- دیگر چیزی نمی‌فهمم! می‌گوئید که مقاومت داخلی آن ضعیف است در حالی که ما به مقاومت داخلی زیاد نیاز داریم. بعد از ضریب تقویت کوچکتر از واحد صحبت می‌کنید. میل دارید با این لامپ چه بکنم؟

**مهندس**- ابتدا به سرشن اول شما پاسخ می‌دهم. نباید مقاومت ورودی (نسبت فشار ورودی به جریان ورودی) را با مقاومت داخلی (نسبت تغییرات فشار خروجی به تغییرات جریان خروجی) را با هم اشتباه کرد. در شبه تریوودی که سوار کرده‌یم، تغییرات ۱ ولت فشار شبکه (خروچی) با ایجاد تغییر در جریان شبکه (جریان خروجی) به مقدار  $5/0$  میلی‌آمپر می‌شود، که نشان دهنده مقاومت داخلی  $2 K\Omega$  است. نباید این جریان را با جریان ورودی اشتباه کرد.



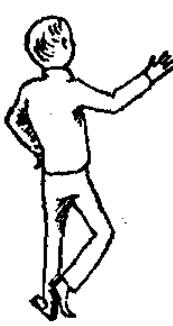
اما درباره ضریب تقویت باید بشما بگویم که وقتی با این نوع لامپ، یک طبقه ورودی می‌سازید، فشاری از آن خارج خواهد شد که از فشار ورودی آن آشکارا ضعیفتر است. اما چیزی که مهم است اینست که به ورودی فشار  $V$   $1$  می‌گذارید و فقط  $10^{-15}$  آمپر در آن ایجاد می‌کنید که توان آن  $10^{-15} - 10^{-14}$  وات است. شاید فشار خروجی  $1/0$  ولت باشد اما ممکن است تواند مثلث جریان  $1/0$  میلی‌آمپر ایجاد کند که توان آن  $10^{-5}$  وات است. بنابراین توان ایجاد شده در خروجی  $10^{-10}$  پرایبر بزرگتر از توان ایجاد شده در ورودی است. با اینحال تقویت  $1/0$  برابر شما در فشار وابسته به ضریب بهره ده میلیارد در توان است، برایتان کافی هست؛

**مبتدی**- حتی می‌توانم بشما بگویم که توان خروجی  $100 \text{ dB}$  بالاتر از توان ورودی است.

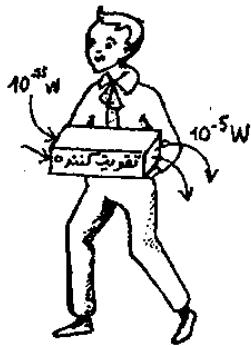


**مهندس**- اووه... اتفاقاً درست است!

**مبتدی**- خواهش می‌کنم، من همیشه اینطورم!



## انحراف



**مهندس**— یک لحظه صیر کنید تا از شگفت‌زدگی بیرون بیایم. خوب، بهترشدم! در دنباله این مطلب بهشما می‌گوییم که لامپ‌های سنجش الکتریکی بدنبال خود معمولاً تقویت‌کننده با تزویج مستقیمی دارند و اساسی ترین دشواری کاربرد آنها انحراف است. اگر هیچ فشاری بهورودی نگذاردید ممکن است درنتیجه تغییر گرمایش لامپ، تغییر شکل پیدا کند. گرمای محیط هم ممکن است مؤثر باشد. بهاین‌ترتیب می‌بینیم که فشار خروجی به آرامی تغییر می‌کند، فشاری که وقتی بهورودی گذاشته می‌شود بتواند در نبودن تمام عملت‌های انحراف همان تغییرات فشار را در خروجی ایجاد کند «انحراف برده شده بهورودی» نامیده می‌شود.

**مبتدی**— این انحراف ذرا احتکننده است؟



**مهندس**— بله، بله! بهوژه وقتی که بهورودی فشاری داده شود که بخواهند با تقریب یک میلی‌ولت یا دقیقتراز آن (حالت اندازه گیری pH) مقدارش را بدست پیاووند. با بکاربردن تقویت‌کننده‌های متقارن با انحراف هیازره می‌کنند.

**مبتدی**— از نوع پوش-پول (Push-Pull)؛

**مهندس**— آنهم خوبست. بهاین ترتیب موقق می‌شوند انحراف ایجاد شده از تغییرات فشار تغذیه یا گرمایش را بخوبی جبران کنند، چون این تغییرات هر دو لامپ یک طبقه را بطوریکنواخت زیر اثر قرار می‌دهند و از اختلاف جریان آندی این لامپ‌ها استفاده می‌کنند. برای اینکه کار بهتری شده باشد می‌گوییم مونتاژ‌های زیادی وجود دارند که ضمن خواندن کتاب‌ها و مجله‌های علمی به آن برمی‌خوردید. بخوبی می‌توان تقویت‌کننده‌ای ساخت (که ورودیش روی سنجش الکتریکی باشد یا نباشد) که انحراف برده شده بهورودی آن، پس از یک‌ریبع ساعت که از کار افتادنش بگذرد تا کار دستگاه ثبات لازم را بسازد. از ۱/۰ ولت در ۲۴ ساعت کمتر باشد. ممکن است تقریباً در تمام این نوع دستگاه‌های سنجش الکتریکی بچای لامپ‌های سنجشی ترازنیستور ویژه‌ای با اثر میدان با شبکه جدا شده قرار دهند که آنرا «M.O.S.T» یا «M.O.S» (ترازنیستور نیمه‌هادی اکسید فلزی Metal Oxyde Semiconductor Transistor) می‌نامند. منظور یک صفحه سیلیسیومی هست که در آن جریان درسطح بین یک منبع و یک مجرأ و قطبی می‌گذرد که یک راه (یا در) برای حامل‌های بار ایجاد شده باشد. راه حلی که بیشتر از همه برای ایجاد این راه بکاررفته است برمبنای گذاشتن یک میدان الکتریکی بین این دارویک الکترود فلزی (شبکه) قرار دارد که این شبکه بهوسیله پوششی از سیلیسیوم از داشته است. اگر در نبودن این میدان، جریان بتواند بین منبع و مجرأ ابر قرار شود، M.O.S را «سرشار» می‌گویند (وضعی که بیشتر وجود دارد) همینطور می‌توان این راه عبور را در ابتدا بهوسیله تزریق رویه‌ای سیلیسیومی بوجود آورد. در اینحال در نبودن میدان عبور جریان بین منبع و مجرأ وجود دارد. وجود میدان می‌تواند عبور جریان را برای پلاریزاناسیون معینی از شبکه سهیج آسانتر سازد و یا برای پلاریزاناسیون مختلف

۱. نگاه کنید به کتاب «ترازنیستور؛.. بسیار ساده است!» از همین مجموعه... .

آن، عود جریان را دشوار و یا کاملاً متوقف کند. در اینحال یک M.O.S. مختلف داریم که آنرا «سرشار-بی میل» می‌گویند.

در هر حال برای M.O.S. می‌توان یک دسته منحنی مشخصه تعیین کرد که شیاهت بسیار به منحنی‌های مشخصه لامپ الکترونی دارد. M.O.S. شبیه دارد که با شبیب یک لامپ معمولی یا یک ترانزیستور با اثربخشیان با شبکهٔ غیر عایق کاملاً قابل مقایسه است (غالباً با تقریب  $5mA/V$  یا پیشر، به آن می‌رسد)، بنابراین خیلی بالاتر از یک لامپ سنجش الکتریکی است. مقاومت داخلی آنهم زیاد است. چون شبکه به وسیلهٔ پوشش سلیسی بسیار خالص عایق شده است، مقاومت داخلی M.O.S. قابل توجه است و غالباً به  $10^{15}$  اهم می‌رسد به این ترتیب که در حقیقت مقدار آنرا خوبی عایق بودن «سیم عبوری» وصل کننده الکترون شبکه به اتصالی خارجی روی جعبه محدود می‌کند.

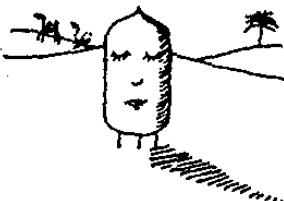
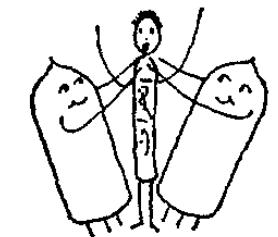
با اینحال بهتر است خاطر نشان کنیم که این M.O.S. بی‌نایت‌کننده است چون اگر فشار ۶۰ نا ۱۰۰ ولت روی شبکه آن گذاشته شود، سوراخ خراب‌کننده‌ای در پوشش سلیسی که بسیار نازک است بوجود می‌آورد. نظر به اینکه اتصالی شبکه نسبت به سایر الکترودها و جمیع، فقط چند پیکوفاراد (غالباً ۴ پیکوفاراد و حتی کمتر) ظرفیت دارد، بنابراین کافی است بار الکtron و استاتیک بسیار کوچکی وجود داشته باشد تا روی شبکه این فشار مخرب بددست بیاید. به این ترتیب نزدیک کردن یک جعبهٔ پلاستیکی به شبکه، که همیشه در اثر مالت کم و بیش دارای الکتریسیته است، وسیلهٔ مطمئنی برای از بین بردن M.O.S. است.

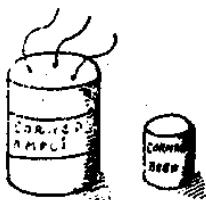
برای نگهداری شبکه درین این فشارها، کوشش کرده‌اند از دستگاهی مانند دیود زنر که داخل جعبه M.O.S. گذاشته می‌شود، استفاده کنند. در اینکار پخوبی موقیت پیدا می‌کنند اما در اینحال مقدار عایق ورودی فقط  $10^9$  اهم است (که جندان پذیریست). اگر واقعاً بخواهند با M.O.S. دستگاه سنجش الکتریکی بسازند، باید نوع محافظت نشده آنرا بکار ببرند، اما این کاربرد باید همراه با احتیاط‌های جنون آمیز باشد. بهترین راه حل اینست که M.O.S. را از لحظه آغاز آزمایش به وسیلهٔ یک اتصال کوتاه بین شبکه و منبع آن حفظ کنند، اتصال کوتاه وقتی حذف می‌شود که بخواهند اندازه گیری را انجام دهند و بتوانند تأثیر کنند که هیچ‌گونه اثر الکترونیست. استاتیک خطر مخربین برای M.O.S. بوجود نمی‌آورد.

**مبتدی** - در واقع این تقویت کننده‌های سنجشی نامدار، چندان پیچیده نیستند. چون یک لامپ مخصوص (یا لامپ معمولی که بطور ویژه‌ای سوار شده است) یا یک M.O.S. در درودی آنها می‌گذاریم... و کار تمام است.

### دشواری‌های عایقه

**مهندس** - درست است، پیچیدگی آن زیاد نیست. اما چنین هموثنازه‌های در موقع ساخت نیاز به مرآبتهای زیادی دارند. وقتی می‌خواهید زیر فشار یک ولت، جریان‌های تلف از  $10^{-15}$  آمپر تجاوز نکند، نشان دهنده اینست که مقاومت عایقی باید  $10^{15}$  اهم باشد و میل دارم بشما بگویم که کار آسانی نیست. در اینجا مسئله بکار بردن باکلیت Bakelite، مقو، چوب یا مواد متداول دیگر مانند آنها درین نیست.

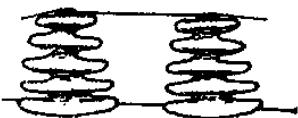




باید کوارتن، شیشه کاملاً خشک، پلکسیگلاس Plexiglas و بعضی از انواع پلاستیک (پلی‌اتیلن و تفلون Téflon) بکار ببرید. بهویژه باید در برابر رطوبت بهشت دفاع کرد. غالباً تمام پخش سنجش الکتریکی را در یک جعبه بسته قرار می‌دهند که دارای ماده جذب کننده آب است و سرهای دستگاه بهوسیله اتصالی های لحیم شده در شیشه بیرون می‌آیند. یادآوری می‌کنم که کابل هم هر کنز با عایق پلی‌تن (Polythène) اگر بدون عیب باشد، از نظر عایقی برای دستگاه سنجش الکتریکی کافی است، تمام انواع دیگر سیم ارتباطی را باید کنار گذاشت مگر آنکه از سیمهای از لخت روی پایه‌های عایق با درجه عایقی خوب استفاده شود.

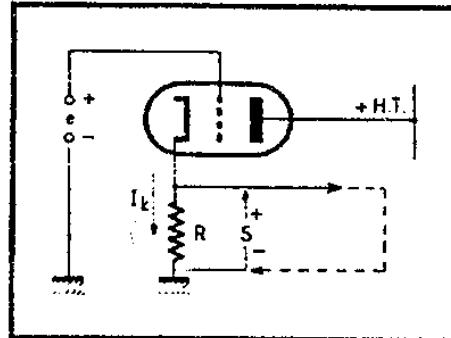
حالا خودتان را برای یک شیرجه عالی آماده کنید چون از چند میلیارد مکاهم (ورودی) بهچند اهم (خروجی) سقوط می‌کنیم.

### مقاومت ظاهری خروجی را کم کنیم

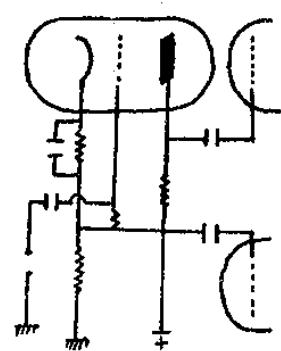


**مبتدی**— این «بازی مرگ» است یا اینکه من چیزی از آن سرد نمی‌آورم. چگونه می‌خواهید مقاومت خروجی را کم کنید و بهچند اهم بر سانید؟

**مهندسان**— مواردی هست که لین کار امکان دارد، اما معمولاً تقویت کننده‌ها باید بازندگن را داشته باشند که کاربرد مبدل را ممتوح می‌کند، بخصوص اگر تقویت کننده با تزویج مستقیم باشد. بنودی خواهیم دید که چگونه کاربرد ضربه‌اکشن امکان می‌دهد از مقاومت داخلی خروجی یک تقویت کننده به مقدار بسیار زیاد کاسته



شکل ۴۷— طبقه با خروجی کاتدی: بین شبکه و کاتد لامپ، اختلاف بین فشار ورودی  $e$  و فشار خروجی  $S$ ، گذاشته می‌شود.



شود؛ فعلاً بحث را بدیگری از کاربردهای آن محدود می‌کنیم که آنهم طبقه با خروجی کاتدی یا کاتدین است که متعدد ها کامات انگلیسی آن «Cathode follower» را که به معنای کاتد تعقیب کننده است بکار می‌برند.

**مبتدی**— آه، من این مونتاژ را خیلی خوب می‌شناسم چون یک سیستم ایجاد کننده اختلاف فاز برای تحریک پوش-پول است. واقعاً نمی‌دانم چه...

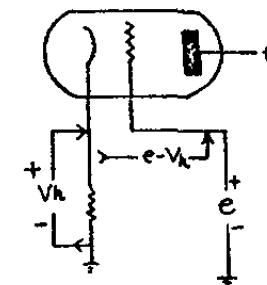
**مهندسان**— آفای مبتدی آرامتر، کاربرد ویژه‌ای برای مونتاژ کاتدین وجود دارد؛ همان ایجاد کننده اختلاف ناز است که شما می‌شناسید، مونتاژ خلاصه‌ای که در شکل ۴۷ برای این کشیده‌ام، با آن خیلی فرق دارد. می‌بینید که آن لامپ مستقیماً به  $+H.T.$  رصل است؛ بین کاتد و بدن مقاومتی وجود دارد (در دو سر این مقاومت است که فشار خروجی را برداشت می‌کنم) فشار ورودی بین بدن و شبکه گذاشته شده است در حالی که شبکه را نسبت به بدن هشتیت می‌کند و...

**مبتدا**—چه وحشتاگ! یک شبکه مشبک!

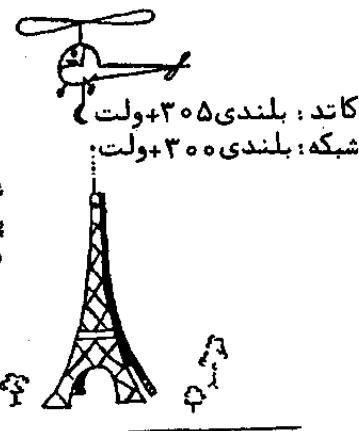
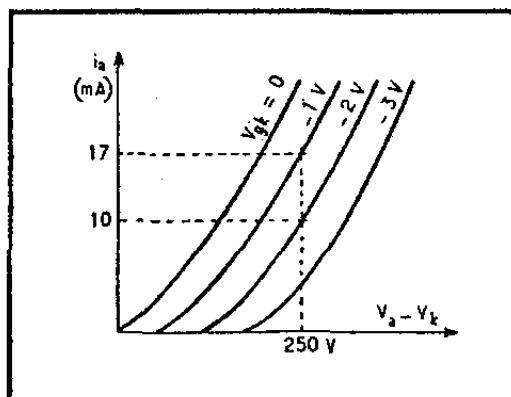
**مهندس**—ناراحت نباشید، شبکه نسبت به بدن کاملاً مشبک است، اما کاتد از آن مشبک تر است که در نتیجه افتشار در مقاومت  $R$  در اثر عبور جریان آندی (و کاتدی) لامپ از آن بوجود آمده است. پس شبکه که نسبت به بدن مشبک است نسبت به کاتد منفی خواهد بود «همانطور که در تمام موارد خوب اینطور است» (مطابق با بیان یکنفر که می‌شناسم).

**مبتدا**—آه، نفس راحتی کشیدم. اما بگوئید ببینم آیا کاتد نسبت به شبکه خیلی مشبک است؟

**مهندس**—نه، فقط کمی مشبک تر است و گرنه پلاریزاسیون لامپ زیاد خواهد شد و از مقاومت  $R$  جریان کافی نخواهد گذشت که کاتد را به اختلاف سطح  $S$  که از  $e$  بیشتر است، بر سازد.



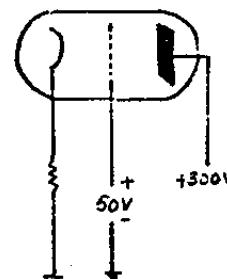
شکل ۴۸—این دسته از منحني ها امکان پيدا کردن نقطه کار طبقه با بار کاتدی را بوجود می آورند.



**مبتدا**—اما در طرز بیان شما چیزی هست که مرا به هیجان می‌آورد. اگر اختلاف سطح کاتد خیلی زیاد شود، پلاریزاسیون لامپ بسیار قوی است، جریان آندی کاهش می‌یابد، که باعث می‌شود اختلاف سطح کاتد هم کم شود. بر عکس اگر این اختلاف سطح پائین بیاید و مثلاً کمتر از  $e$  شود، پلاریزاسیون لامپ کم می‌شود (حتی به صفر می‌رسد) و جریان لامپ زیاد می‌شود و در عین حال اختلاف سطح کاتد را زیاد می‌کند. مثل اینکه نوسان ایجاد می‌شود، نه؟

#### وضع کار طبقه کاتدین

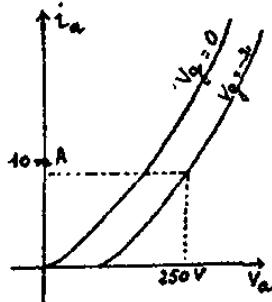
**مهندس**—بهیچوجه، کار هر دین را بخاطر بیاورید، نوسان برای این بوجود می‌آید که مدار روی خودش درجهتی واکنش دارد که هر اغتشاشی می‌خواهد خودش را شدیدتر کند (مثلاً زیاد شدن جریان آندی شبکه را مشبک می‌کند). در اینجا بر عکس است. نوسانی بوجود نمی‌آید زیرا ماما واکنش مشبک نداریم، بلکه واکنش منفی است (یا ضد واکنش است)<sup>۱</sup> اما گفته شما بهمن نشان می‌دهد که خیلی آسان بهره مونتاز را خواهید فهمید. برای اینکه در استدلال بشما کمک کنم یک مثال



۱. نگاه کنید به کتاب «رادیو... بسیار ساده است» از همین مجموعه.

عددی انتخاب می‌کنم: لامپ از نوع ۱۲AT7 است (شیب  $\gamma mA/V$ )

$$R = 5 K\Omega \quad e = 50 V$$



برابر ۳۰۰ ولت است،  $S$  نزدیک به ۵۰ ولت است، جریاتی که از  $R$  می‌گذارد در حدود  $10 mA$  است و فشار آندکاتور لامپ در حدود  $250$  ولت است، از روی دسته منحنی های مشخصه لامپ (شکل ۴۸) بمن بگوئید اگر بخواهیم لامپ با فشار  $250$  ولت روی آن تقریباً جریان  $10 mA$  را بگذراند، پلارین اسیون آن چقدر است؟

مبتدی - صیر کنید... پیدا کردم: درست  $2$  ولت است.

مهندس - پس فشار  $S$  ما خواهد بود  $52 V$

مبتدی - اما آقای مهندس این درست نیست چون اگر کاتد به  $52 V$  و متصل باشد، معنی آن اینست که ابتدا فشار آندکاتور لامپ  $250$  ولت نیست بلکه  $248$  ولت است وعلاوه بر این جریان کاتدی  $10 mA$  نیست، بلکه  $10/4 mA$  است!

مهندس - آقای مبتدی اگر خیلی سخت بگیرید حق با شماست. با این مقادیر اضافی هی تو انید دوباره به شبکه منحنی ها نگاه کنید و به بینید فشار پلارین اسیونی که به جریان آندی نزدیک به  $10/4 mA$  امکان عبور می‌دهد حالی که فشار آندکاتد  $248$  ولت باشد چیست؟ اما مقدار بدست خواهید آورد که به اندازه ای به  $2$  ولت نزدیک است که دقت دو باره شما را موجه جلوه نمی‌دهد. اگر بخواهیم مقدار درست را پدست بیاورم، در حقیقت بجای  $2$  ولت، پلارین اسیون  $1/92 V$  ولت را پدست خواهم آورد. گمان نمی‌کنم برای مقداری کمتر از یکدهم ولت با من بحث و گفتگو کنید؟

مبتدی - اصلاً خوب با این فشار  $51/92$  ولت (برای خوشامد شما بگوئیم  $52$  ولت) خروجی چه خواهد گردید؟

مهندس - درست متوجه حرفرهای من باشید. فرض کنید که از این منبع فشار  $52$  ولتی، بخواهیم یک جریان  $2 mA$  برای مصرف بگیریم، چه پیش خواهد آمد؟

مبتدی - تصور می‌کنم که فشار خروجی  $S$  پائین خواهد آمد، مثل تمام فشارهای منتهی که از آنها جریان مصرفی را می‌گیریم.

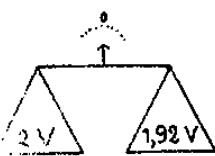
مهندس - کاملاً درست است. حالا چیزی که برای من جالب است اینست که این فشار تا چه اندازه پائین می‌آید. افت فشار را با  $11$  نمایش می‌دهم (به عبارت دیگر مقدار  $S$ ، که وقتی جریان مصرفی وجود نداشت،  $52$  ولت بود)،

موقعی که  $2 mA$  جریان مصرفی مطابق مدار نقطه چین در شکل ۴۷ وجود داشته باشد مقدارش به  $S=11$  می‌رسد). این  $2 mA$  از کجا می‌آید؟

مبتدی - البته از لامپ.

مهندس - بله، قسمت بزرگی از آن از لامپ می‌آید. چون اختلاف سطح کاتد به اندازه  $11$  پائین آمده است، پلارین اسیون هم به همان مقدار کاهش یافته است.

یادآوری می‌کنم که شیب لامپ  $V/mA$  است. پس افزایش جریان آندی لامپ خواهد بود:



$$S \times u = 2 \text{ mA} / V \text{ است}$$

اما این تنها هنیعی نیست که جریان را در مدار نقطه‌چون تأمین می‌کند.  
در واقع اگرچه جریان آندی لامپ افزایش یافته، اما جریان در  $R$  کاهش ییدا  
کرده است، زیرا  $S$  کم شده است. این جریان دیگر برابر  $\frac{52 - u}{R}$  نیست بلکه

است؛ به عبارت دیگر جریانی که از  $R$  می‌گذرد به اندازه  $\frac{u}{R}$  کم شده است و این  
شدت جریان در جریان  $= 2 \text{ mA}$  هم که در طبقه مصرف می‌شود وجود دارد. پس ما  
داریم،

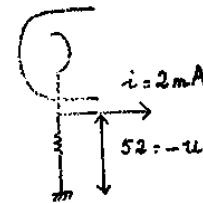
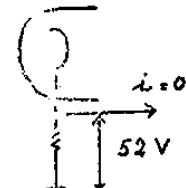
$$i = S \cdot u + \frac{u}{R}$$

به این ترتیب:

$$\frac{0.002}{0.002} = \frac{0.007u + \frac{u}{500}}{0.007} \text{ یا } 2 = 7u + \frac{u}{5} = 7/2u$$

از آنجا

$$u = \frac{2}{7/2} = 0.28 \text{ V}$$



**مبتدی**— خوب، مقدار زیادی نیست.

**مهندس**— همینطور است که گفتید، و بهره مونتاژ در همین است چون  
می‌تواند در خود جی جریانی ایجاد کند بی‌آنکه فشار آن بطور محسوس پائین  
باشد. به عبارت دیگر مقاومت داخلی خود جی آن ضعیف است.

**مبتدی**— مقدار این مقاومت چه مقدار خواهد بود؟

**مهندس**— حساب کردنش بسیار آسان است. اگر جریان مصرفی شما از  
یک منبع  $i$  و مقاومت داخلی آن  $r$  باشد، کاهش فشار در دو سر آن خواهد بود  
 $u = r \cdot i$ ، بنابراین  $\frac{u}{r} = i$  که در اینجا برابر است با  $\frac{0.28}{0.002} = 140 \Omega$  در حالت



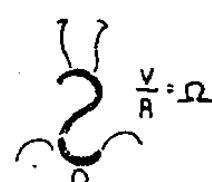
عمومی از فرمول  $i = S \cdot u + \frac{u}{R}$  محاسبه کنید که اگر دو طرف را بر  $u$  تقسیم کنیم  
خواهد شد:

$$\frac{i}{u} = \frac{1}{r} + \frac{1}{R} \text{ می‌دانیم که } \frac{i}{u} = \frac{1}{r} + \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{S} + \frac{1}{R}$$

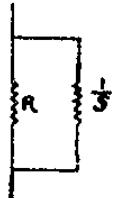
$$\frac{1}{r} = \frac{1}{S} + \frac{1}{R}$$

بنابراین



پس می بینید که مقاومت داخلی خروجی طبقه کاتدین معادل  $R = \frac{1}{S}$  بطور موازی است.

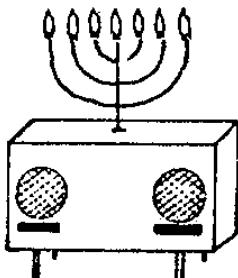
**مبتدی** - عجیب است که به  $\frac{1}{S}$  به جسم مقاومت نگاه کنیم!



مهندس - نه چندان. چون  $S$  شبی است، پس بر حسب آمپر به ولت بیان می شود (یا بهتر بگوئیم به میلی آمپر به ولت). بنابراین معکوس آن  $\frac{1}{S}$  بر حسب ولت به آمپر بیان خواهد شد و با تقسیم ولت به آمپر چه چیز بدست خواهد آمد؛ بسیار ساده است چون اهم بدست می آید. مثلا در حالتی که کمی قبل گفتم، مقدار  $S$  برابر  $7 \text{ mA/V}$  بود پس مقدار  $\frac{1}{S}$  برابر  $143 \Omega = \frac{1}{0.007}$  است. ملاحظه می کنید که مقدار مقاومت  $R$  که ۵ کیلو اهم است در حالت موازی با مقاومت ۱۴۳ اهمی خیلی زیاد نیست چون مقدارش ۳۵ برابر آنست.

آقای مبتدی می بینید که مونتاژ یا خروجی کاتدی ما مقاومت داخلی خروجی ۱۴۰ اهمی دارد در حالی که یک طبقه معمولی مثلا بـ  $20 \text{ k}\Omega$  بار مدار آندی، مقاومت داخلی خروجی اش ۵ تا ۱۰ کیلو اهم است زیرا مقاومت داخلی لامپ را هم باید بحساب آورده که وقتی مقاومت خروجی را مشخص می کنند این مقاومت را هم موازی با مقاومت بار آندی در نظر می گیرند.

### سود مقاومت خروجی کم



**مبتدی** - خوب، استدلال شما را فهمیدم. اما می خواهم پرسشی از شما بکنم که بی شک بنتظر شما احتمانه می آید؛ با کاهش مقاومت خروجی طبقه خودتان چه چیزی بدست آورده اید؟

مهندس - پرسش شما اصلا احتمانه نیست و من دوباره آنرا برای شما دقیقت رمی گویم. آقای مبتدی بمن بگوئید به چه مفظو ذ از یک تقویت کننده می خواهید که یک فشار خروجی بشما بدهد؟

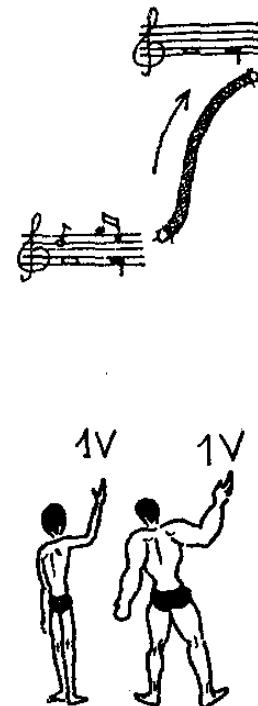
**مبتدی** - البته... برای بکاربردن آن!

مهندس - کاملا درست است. بنابراین «بکاربردن» یک فشار، به این معنی است که از آن جریان بگیرید. اگر منبعی که این فشار را برای شما تهیه می کند (خروچی تقویت کننده شما) مقاومت داخلی ضعیفی داشته باشد، می توانید جریان قابل توجهی از آن بگیرید بی آنکه فشار پائین بیاید.

این فشار خروجی، که به وسیله منبعی با مقاومت داخلی ضعیف تهیه شده است، در برای اغتشاش هایی که ممکن است در نتیجه تغییر جریان در مدار متصل به منبع و یا در نتیجه تأثیر عوامل خارجی بوجود آمده باشد، حساسیت کمی دارد. مثلا در دستگاه تقویت کننده با وفاداری زیادی (Hi-Fi) که دارم، هفت طبقه با خروجی کاتدی هست. از هیان آنها یکی هست که درست در خروجی گیرنده بـ سـ مـ دـ لـ اـ سـ بـ فـ کـ اـ نـ سـ قـ رـ اـ دـ اـ دـ؛ فشار  $B.F.$  آن (که به زحمت به یک ولت می رسد) به وسیله منبعی

تهیه شده که مقاومت داخلی آن فقط  $140\text{ K}\Omega$  است (نه  $10\text{ K}\Omega$ ) که اگر این طبقه نبود مقاومت همین مقدار بود)، بنابراین، برای من این امکان هست که علائم B.F. خود را روی سیم های با طول زیاد بگذارم (برای اینکه آنرا به کلیدی که روی صندلی خودم هست بپرس و بر گردانم) بی آنکه ترسی داشته باشم که از کنار مبدل های تعذیه خواهد گذاشت چون هیچ خر خر  $50$  هرتزی به وسیله سیمی که علائم در آن جای بجا می شود جذب خواهد شد. مثلاً اگر می خواستم این علائم را به وسیله سیم زده دار به فاصله صدمتری بپرس، بعملت وجود زده، ظرفیتی نزدیک به  $100000$  پیکو فاراد داشت. بنابراین برای بالاترین فرکانس هایی که باید منتقل شوند (برای اینکه دست بالا را بگینیم بگوئیم  $20\text{ KHz}$ )، خازن  $100000$  پیکو فارادی تقریباً  $100$  اهم مقاومت دارد. برای یک علامت که به وسیله متبعی با مقاومت داخلی  $10\text{ K}\Omega$  تهیه شده است، این  $100$  اهم تقریباً مانند یک اتصال کوتاه است، و من هیچیک از فرکانس های بالا را نخواهم داشت و هویتی که می شویم تغییر شکل یافته و خفه است. برای طبقه من که خروجی کاتدی دارد و مقاومت داخلی آن  $140$  اهم است، این  $100$  اهم به حساب نمی آید چون یک اختلاف فاز کوچک ایجاد می کند و تضعیف قابل سنجش بوجود نمی آورد.

**مبتدی** - بله ولی... این طبقه با ارتباط کاتدی شما که تقویت فشار را نجات نمی دهد!

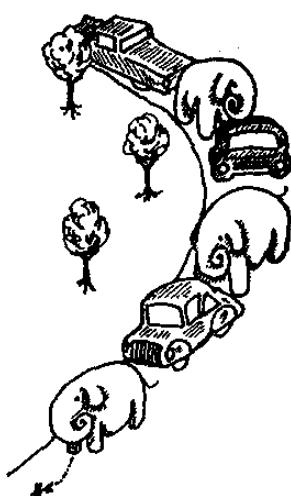


**مهندس** - حق باشامت چون طبقه با ارتباط کاتدی هیچ بهره ای در فشار برای من نداشته است. (این ضریب بهره حتی کمی از واحد کمتر است)، اما برای من «همتای» فشارورودی را بوجود می آورد که این فشارهمکن بود به وسیله مولدی با مقاومت داخلی بسیار زیاد تهیه شده باشد که در آن صورت نمی تواند جریان زیادی برای مصرف بدهد؛ این طبقه در خروجی آنرا به صورت «عضلانی» دوباره ایجاد می کند که برای ریا تقریباً برای فشار ورودی است ولی می تواند جریان مصرف را در اختیار بگذارد بی آنکه نیز اثر آن فرار بگیرد. فشار خروجی به صورت... غیر قابل اختشاش به معنای کامل کلمه درآمده است.

### تشییه حیوانی

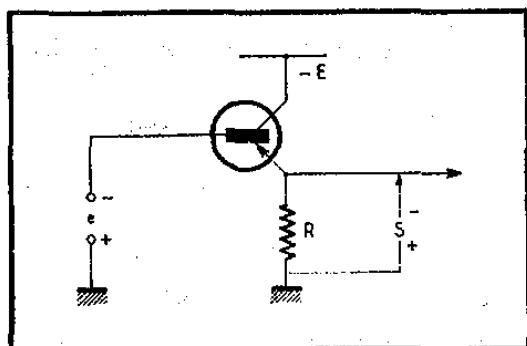
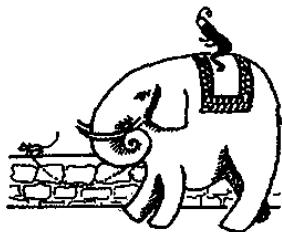
**مهندس** - درست مثل موشی است که دهانه یک فیل را گرفته و می کند!

**مهندنس** - بله، در واقع این کار خیلی متبادل است! ساعتی پیش سه تای آنها را در خیابان دیدم!



**مبتدی** - اشتباه می کنید که مرا سخره می کنید. آقای مهندس بگذارید خوف را تمام کنم. منظورم یکی از برنامه های سیرک است که دیده ام. موش روی لبه دایره سیرک می دوید و در عین حال افساری را که از نیخ ناز کی به گردن فیل افتاده بود با خود می کشید. فیل وضع نیخ را ثابت نگه می داشت، وقتی نیخ آویزان می شده آهسته تر می رفت و وقتی کشیده می شد. تندتر می رفت. فیل تندتر از موش نمی رفت، اما حتی برای متوقف کردن موش، مانع هم به حساب نمی آمد. و مردم از خنده روده بپر شده بودند چون احساس می کردند که موش دارد فیل را می کشد.

**مهندس**— کمی شک دارم که این داستان را به سبب نیازی که بود ساخته باشید... بهر حال این داستان هی رساند که طبقه با خروجی کاتدی را به لطف «فیل تعقیب کننده» فهمیده اید.



شکل ۴۹— طبقه با خروجی ارسال کننده (ارسال کننده تعقیب کننده یا جمع کننده مشترک) معادل تراانزیستوری مونتاژ با خروجی کاتدی.

### گسترش به تراانزیستور

**مبتدی**— بهر حال این مونتاژی است که با لامپ می شود ساخت چنون تراانزیستورها کاتد ندارند.

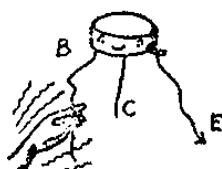
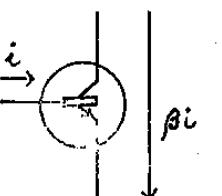
**مهندس**— نه، اما ارسال کننده‌ای دارد که جای آنرا می‌گیرد، و بیشتر وقت‌ها مونتاژ با جمع کننده مشترک آنها را درست می‌کنند (شکل ۴۹) که آنرا «ارسال کننده رام» هم می‌گویند. شکل خلاصه آنرا با یک تراانزیستور  $p-n-p$  برای شما کشیده‌ام؛ برای یک تراانزیستور  $n-p-n$  باشد فشارها را معکوس کرد و چیزی بدست می‌آوریم که باز هم بیشتر به لامپ‌ها شباهت دارد.

**مبتدی**— پس مونتاژی است که از نظر تکامل پهدقت شبیه مونتاژ شکل ۴۷ است؟

**مهندس**— نه، فقط ظاهر آشیله بهم هستند. در مونتاژ شکل ۴۷ معمولاً ترتیب کار دا طوری می‌دهند که شبکه نسبت به کاتد منفی باشد. بنابراین هیچ جریان شبکه‌ای وجود ندارد و مقاومت داخلی احتمالی منبعی که فشار  $E$  ورودی را تولید می‌کند به حساب نمی‌آید.

در یک تراانزیستور، جریان پایه‌ای وجود دارد که  $\beta$  برابر کوچکتر از جریان جمع کننده است (بادقت کاملاً کافی بگوئیم که همینطور  $\beta$  برابر کوچکتر از جریان ارسال کننده هم هست، چون جریان ارسال کننده خیلی نزدیک به جریان جمع کننده است). اگر جریان ارسال کننده تراانزیستور را تغییر دهم، واضح است که جریان پایه را به مقدار  $\beta$  برابر کمتر تغییر می‌دهم. اگر منبعی که  $E$  را برای من تهیه می‌کند، یک مقاومت داخلی داشته باشد، این جریان پایه که از آن خواسته می‌شود، می‌تواند  $E$  را تغییر بدهد. بنابراین تکامل مونتاژ با ارسال کننده رام، از نظر مقاومت داخلی خودشی، بستگی به مقاومت‌های منبعی دارد که به ورودی آن گذاشته شده است.

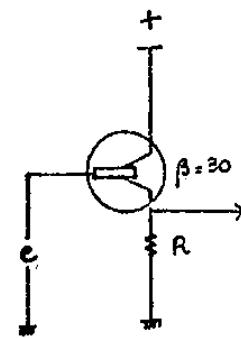
می‌توان گفت که مقاومت خروجی مونتاژ شکل ۴۹ برابر معکوس شب



ترانزیستور است (که این شبیه خارج قسمت ضریب بهره آن در جریان  $\beta$  به مقاومت ورودی آن در حالت ارسال کننده مشترک است) که خارج قسمت مقاومت داخلی موتوری که  $e$  را ایجاد می کند به  $\beta$ ، به آن اضافه شود.

**مبتدی** - آه، عجب! چقدر بیچیده است!

### مثال برای طبقه با ارسال کننده رام



**مهندس** - اینطور نیست، حالا می بینید، پخصوص با مثال عددی که می ذم.

فرض کنید که مقاومت ورودی ترانزیستور در مونتاژ ارسال کننده مشترک  $1 k\Omega$

ضریب بهره آن در جریان  $\beta$  برابر  $40$  باشد. بنابراین شبیه آن  $\frac{40}{100}$  است

که  $e/VA$  می شود اگر فشار  $e$  که به ورودی آن گذاشته می شود به وسیله منبعی

با مقاومت داخلی ضعیف تهیه شده باشد، چنانچه جریان پایه تغییر کند، تغییری در

افشار  $e$  وجود نمی آید. مقاومت داخلی خروجی مونتاژ، مثل همانکه برای لامپ

محاسبه کردیم، عبارتست از معکوس شبیه که  $\frac{16}{7}$  اهم می شود ( مقاومت  $R$  را که

باید بطور موازی با مقاومت  $\frac{16}{7}$  اهم منظور کرد به حساب نمی آورم) اما اگر

منبعی که فشار  $e$  را ایجاد می کند مقاومت داخلی  $2 k\Omega$  داشته باشد، هر میلی آمپری

که روی ارسال کننده مصرف شود، وابسته به  $\frac{1}{e}$  میلی آمپر مصرف شده روی پایه

است، که  $e$  را به مقدار

$$2000 \times \frac{1}{60000} = \frac{1}{30} V$$

پائین می آورد.

این کاهش روی خروجی منعکس می شود (ضریب بهره در فشار تقریباً برابر واحد است) و در نتیجه مقاومت داخلی خروجی افزایش می یابد که مقدار آن

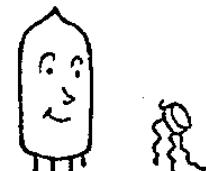
$$\frac{1}{\frac{30}{0.1}} = 333 \Omega \text{ است} \quad (\frac{1}{\frac{30}{0.1}} = 333 \Omega)$$

بنابراین مقاومت خروجی خواهد بود:

**مبتدی** - بنابراین مونتاژ با ارسال کننده رام فشار ورودی را مستقل از فشار خروجی نمی کند!

**مهندس** - اینکار را کمتر از طبقه باکاتد رام می کند، با اینحال بطرود مؤثر انجام می دهد.

**مبتدی** - در اینجا پائین تر بودن ترانزیستور نسبت بدلامپ کاملاً دیده می شود.

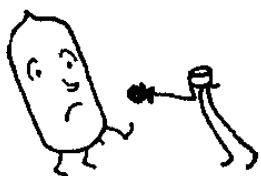


### «ما فوق جمع کننده مشترک»

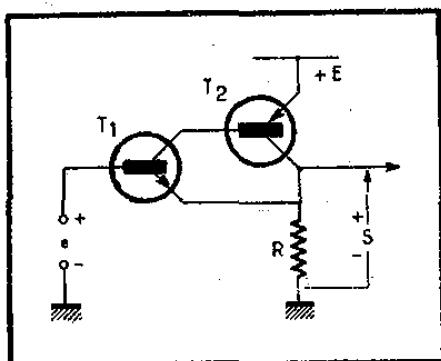
**مهندس** - آقای مبتدی!! اگر دیگر از این حرفاها بزنید، ابتدا از پنجره

بهیرون پرتابان می‌کنم و بعد مونتاز «ما فوق ارسال کننده رام» ترانزیستوری را که هیچ معادلی در لامپ‌ها ندارد، بیشما نشان نخواهم داد.

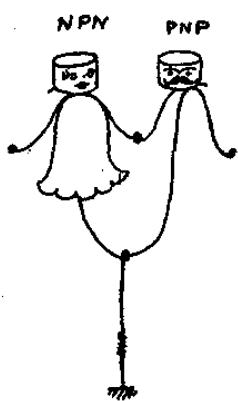
**مبتدا**— چطور درست شده است؟



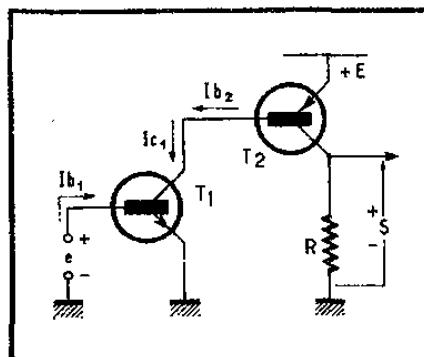
**مهندس**— در شکل ۵۰ بطور خلاصه آنرا برایتان کشیده‌ام و در شکل ۵۱، شکل یک تقویت کننده با دو طبقه را کشیده‌ام که بررسی آن بهشما کمک می‌کند تا مونتاز شکل ۵۰ را بفهمید. می‌بینید که در مونتاز شکل ۵۱، جریان یا یه  $T$  (ترانزیستور



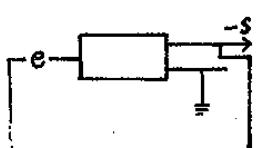
شکل ۵۰— شای دو طبقه‌ای یک کاهش-دهنده مقاومت ظاهری که با دو ترانزیستور مکمل هم درست شده است.



شکل ۵۱— تقویت کننده دو طبقه‌ای با ضریب بهره زیاد که تکمیل آن با ضد واکنش مجموع (مجموع فشار خروجی که ازورودی کسر می‌شود) مونتاز شکل ۵۰ را بدست می‌دهد.



$T_{n-p-n}$ ) به وسیله فشاره  $e$  ایجاد شده و مقدار آن  $10^4$  است. جریان جمع کننده  $T_1$  در جهت مشخص شده به وسیله سهم برقار می‌شود (البته این جهت قراردادی است)، بنابر این می‌تواند مستقیماً از پایه  $T_2$  بیاید (ترانزیستور  $P-n-P$ ). جریان جمع کننده  $10^2$  است که از مقاومت  $R$  عبور می‌کند و در آن فشار خروجی  $S$  را بوجود می‌آورد.



**مبتدا**— اقرار می‌کنم که سادگی مونتاز مجذوبم کرده است چون فقط یک مقاومت وجود دارد (وتازه برای دو ترانزیستور!)

**مهندس**— مونتاز شکل ۵۱ ضریب بهره بسیار بزرگی در فشار دارد. به آسانی می‌توان نشان داد که این ضریب بهره برابر است با:

$$S_1 \times \beta_2 \times R$$

که در آن  $S_1$  شب  $T_1$  و  $\beta_2$  ضریب بهره ترازیستور  $T_2$  در جریان است.

مثلاً اگر  $V = 500$  و  $\beta_2 = 50$  و  $S_1 = 12 \text{ mA/V}$  باشد، ضریب بهره

فشاری که بدست می‌آوریم ۳۰۰ است.

می‌توان نشان داد که این مونتاژ ضریب بهره‌ای در فشار دارد که نزدیک به حاصل ضرب مؤلفه مستقیم فشار خروجی  $S_1$  در ۳۵ است، در حالی که این مؤلفه بر حسب ولت تعیین شده باشد. به این ترتیب اگر فشار خروجی شامل مؤلفه مستقیمی در حدود ۹ ولت باشد، ضریب بهره نزدیک به ۳۱۵ است. پس می‌بینید که بسود هاست که مؤلفه مستقیم فشار در  $S$  افزایش یابد تا ضریب بهره نزدیک شود. حتی می‌توان با مقدار ضعیفتر  $S$  با اضافه کردن یک جریان ثابت (یا تقریباً ثابت) به جریان پایه  $T_2$  و ارسال مجموع آنها به جمع کننده  $T_1$  موفق به اینکار شد. برای رسیدن به این نتیجه کافی است دو دیود سیلیسیومی نامشخص را درجهت عبور جریان بین قطب مقبت  $E^+$  و ارسال کننده  $T_1$  قرار دهیم (که افت فشاری تقریباً ثابت به مقدار  $1/4$  ولت بین  $E^+$  و این ارسال کننده بوجود می‌آورد) و علاوه بر آن یک مقاومت ۲۰ تا ۵۰ اهمی بین  $E^+$  و پایه  $T_2$  (که به جمع کننده  $T_1$  وصل است) بگذاریم. در این صورت مقاومت یک جریان تقریباً ثابت  $I_1$  را وارد مدار می‌کند که به جریان  $I_{b2}$  افروده می‌شود و به این ترتیب جریان جمع کننده  $I_{C1}$  دیگر برای  $I_{b2}$  نیست بلکه برابر  $I_{b2} + I_1$  می‌باشد.

اگر از فشار ورودی  $e$  مجموع فشار خروجی  $S$  را کم کنیم تا بین ارسال کننده و پایه  $T_1$  فقط فشار  $e = e - S$  گذاشته شود، تقویت کننده‌ای بدست می‌آوریم که درجه ضد واکنش آن (دوباره به آن خواهیم پرداخت) برابر ۳۰۰ است و مطابق شکل ۱۶ سوار شده است.

مقاومت ورودی آن نزدیک به مکاهم است (که در قلمروی نیمه هادی‌های معمولی بسیار زیاد است)، مقاومت خروجی آن کمتر از  $1/5$  اهم است و ضریب بهره آن در فشار به  $997/0$  می‌رسد (در بهترین طبقه‌های باکاتدرام به سختی به  $95/0$  می‌رسید).

**مبتدی**— در واقع برای من بسیار مجدوب کننده است، اگر چه این داستان ضد واکنش برايم چندان روشن نیست. چرا از مدت‌ها قبل معادل لامپ آنرا نساخته‌اند؟

**مهندسان**— آقای مبتدی، برای من یک لامپ  $p-n-p$  پیدا کنید تا این مونتاژ را برایتان سوار کنم اما می‌ترسم مدت‌ها بگردید و پیدا نکنید. فقط ترازیستورها هستند که دو نوع پلاریزاسیون دارند. حقیقت را پخواهید می‌توان با لامپ‌ها یک مونتاژ پیچیده ساخت که روی همین اصل استوار است که آنهم نتیجه‌های جالبی بدست می‌دهد.

**مبتدی**— پس مونتاژ شکل ۵۰ شما «فوق ارسال کننده رام» نامیده می‌شود؟

**مهندسان**— راستش را پخواهید این نام را خودم به آن داده‌ام. وانگهی این مونتاژ کمتر شناخته شده است و وقتی می‌خواهم آنرا مشخص کنم به آن نام گویاتر «قوی کننده عضلانی» را می‌دهم. اگر بجای ترازیستور  $n-p-n$ ،  $T_1$

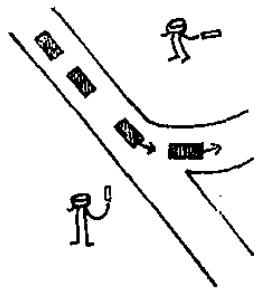


قوی کننده عضلانی  
«مهندسان»



ترانزیستور با اثر میدان و راه N را قرار دهند، مقاومت ورودی تقریباً به بینهایت می‌رسد و مونتاژ بهتر می‌شود. ضریب پهنه بی نهایت نزدیک به واحد باقی می‌ماند، اما جریان مصرف شده در ورودی آنقدر ضعیف است که تقریباً در تمام حالت‌ها، می‌توان آن را صفر فرض کرد.

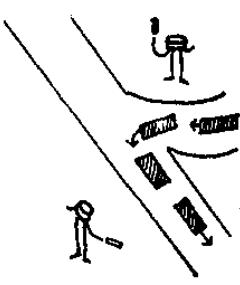
اگر بجای T<sub>1</sub>، یک M.O.S. از نوع مختلف (سرشار - بی میل) بگذاریم در اینصورت به یک «ما فوق قوی کننده عضلانی» می‌رسیم که همه صفت‌های یک‌سنجش الکتریکی را دارد. یک «ما فوق قوی کننده عضلانی»... از آن خوشتان می‌آید؛



### اگر بخواهند پلاریزاسیون خروجی را معکوس کنند

**مبتدی**— در واقع بسیار چشمگیر است. اما این «قوی کننده‌های عضلانی» گوناگون به نظر من یک نقص مشترک دارند و آن اینست که فشار خروجی آنها برقرار نمی‌شود مگر در یک جهت؛ مثلاً نمی‌شود آنرا ثابت یا هنفی کرد، همانطور که جهت جریان را که می‌تواند این فشار را ایجاد کند، نمی‌شود عوض کرد (نمی‌توان جهت جریان را در یک لامپ یا یک ترانزیستور معکوس کرد).

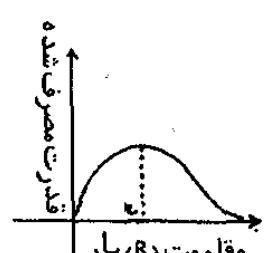
**مهندسان**— آقای مبتدی کاملاً درست است. باید گفت که در حالت‌های بسیار زیادی، فشاری که همیشه در یک جهت برقرار می‌شود، کفایت می‌کند. اگر بهتر از این بخواهید می‌توان سیستم «پوش - پول پیاوی» را بکار برد. تمام جزئیات این سیستم را برایتان نخواهم گفت اما اصول آن به این ترتیب است:



دو ترانزیستور را بطور پیاوی سوار می‌کنند (شکل ۵۲) T<sub>1</sub> به وسیله فشار E — که نسبت به بدنه هنفی است روی جمع کننده‌اش تغذیه می‌شود و T<sub>2</sub> به وسیله فشار E + که نسبت به بدنه ثابت است روی ارسال کننده‌اش تغذیه می‌گردد. یک ایجاد کننده اختلاف فازه مناسب، جریان‌های خاصی به پایه‌های دو ترانزیستور می‌دهد بطوری که مثلاً مجموع جریان‌های جمع کننده‌های ترانزیستورها ثابت باقی بماند. اختلاف این دو جریان یعنی ۱۸۰° است که از ارتباط خروجی می‌گذرد و دستگاه تغذیه شده به وسیله فشار خروجی S را طی می‌کند. پس این اختلاف می‌تواند ثابت یا هنفی باشد.

**مبتدی**— این روش بسیار زیین‌کانه است. با لامپ نمی‌شود اینکار را کرد؟

### ترانزیستور = پنتود (بدون ارتباط شبکه پرده)

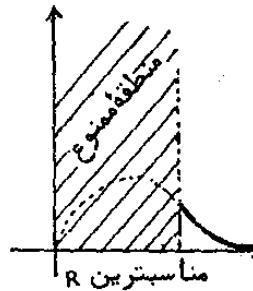


**مهندسان**— چرا، اما نه چندان آسان. برای اینکه بتوان لامپ‌ها را با بازده خوب بکار برد، توصیه شده است که از لامپ‌های پنتود استفاده شود؛ و تغذیه شبکه پرده دشواری‌هایی به وجود می‌آورد. علاوه بر این، با ترانزیستور به مقاومت‌های ظاهری خروجی بسیار کمتری می‌رسیم به این ترتیب که اگر بخواهیم می‌توانیم جریان چندین آمپری با فشارهای کم داشته باشیم. من این مونتاژ را برای فرمان گردش یک موتور کوچک دد دو جهت، که در کشتی نمونه کوچکی با فرمان از راه دور نصب شده بود، بکار بردم. همینطور آنرا برای دستگاه‌های صوتی با وفاداری زیاد (Hi-Fi) بکار بردم و به این ترتیب توان خواسته شده را بطور مستقیم

در بلندگوی ۱۵ اهمی خودم بدون مبدل بست آورده‌ام. اگر بدانید وقتی می‌توانم از دستگاههای که می‌سازم، این مبدل‌ها را حذف کنم چقدر خشنود می‌شوم، چون این پاره‌آهن‌های خلیلی گرانند، وزن‌شان زیاد است و جایگیری اسقاط‌کی دارند، تازه درباره اعوجاج و اختلاف فازی که وارد علائم می‌کنند صحبت نمی‌کنم.

### مقاومت ظاهری خروجی و مناسب‌ترین بار

**مبتدی**— حالا که به پایان نام بردن از سیستم‌های پائین آورده مقاومت خروجی رسیده‌ایم، می‌خواستم پرسشی از شما بکنم. وقتی مقاومت خروجی یک طبقه داکشن دادیم و مثلاً به یک اهم رساندیم، باید بار آنرا یک اهم کرد، یعنی قدرت آنرا روی باری مصرف کرد که مقاومتش یک اهم است. انجام این کار یعنی ساختن بارهایی به این کمی حتماً دشوار است، نه؟



**مهندس**— آقای مبتدی من خوشحال می‌کنید. الان با عبارت بسیار روشن تصور نادرستی را که بسیاری از تکنیسین‌ها دارند، شرح دادید.

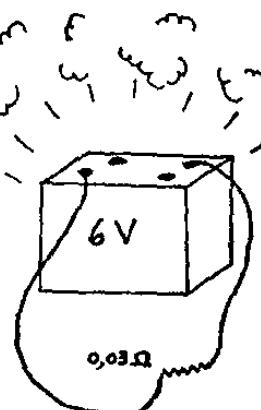
گفته شما از اینچاست که اگر یک نیروزا دارای مقاومت داخلی  $R$  باشد، وقتی می‌شود حداکثر توان را از آن گرفت که بار خارجی آن هم برای بار مقاومت داخلی اش باشد. اما بسیار اتفاق می‌افتد که نمی‌توان بار نیروزا را برای  $R$  گرفت چون نیروزا آنرا تحمل نمی‌کند. هملاً قوهای که نیروی محركه آن  $74$  و مقاومت داخلی آن  $100$  است، بیشترین توان خارجی را وقتی بست می‌دهد که بار آن را لامپ انتخاب کنیم که مقاومتش در حالت گرم  $100$  باشد. فشار دوسر آن به نصف کاهش می‌باید و به  $74$  می‌رسد و جریان مصرفی  $\frac{1}{2} A$  خواهد بود و توان مصرف شده در لامپ  $W/40$  است. برای لامپ دیگری که مقاومتش کمتر یا بیشتر از  $100$  باشد، توان خارجی مصرف شده قوه کمتر از  $W/40$  است.

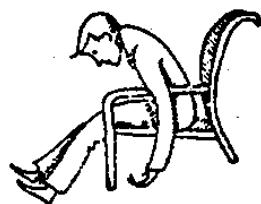
اما این کار را با قوه دیگری آغاز کنید که نیروی محرکه اش  $6$  ولت و مقاومت داخلی آن  $0.3$  اهم است (که معمولاً همین مقدار است) نباید بار آنرا مقاومت  $0.3$  اهمی بگیرید چون در این حال باید جریان  $A$   $100$  ایجاد کند (فشار در دوسر آن  $3$  ولت خواهد بود) و قوه این را تحمل نخواهد کرد.

حالا بار آنرا هملاً  $1$  اهمیگرید که از آن جریانی گرفته می‌شود که  $A$   $6$  است و شدت جریانی است که برای آن بسیار عادی است.

**مبتدی**— به عبارت دیگر در این حالت، مناسب‌ترین مقاومت بار برابر با مقاومت داخلی نیست چون این مقاومت به وسیله فشار قوه و بالاترین جریانی که می‌تواند بدهد مشخص می‌شود.

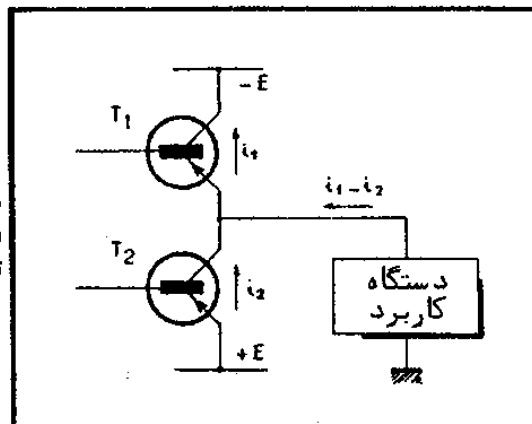
**مهندس**— کاملاً درست است. حالا که فهمیده‌اید، خاطر نشان می‌کنم که هملاً وقتی یک تقویت کننده که یک طبقه کاهنده مقاومت خروجی دارد، مقاومت داخلی اش  $1$  (یا کمتر) باشد، معنی اش اینست که برای هر آمپر که در خروجی مصرف می‌شود، فشار خروجی به اندازه یک ولت (یا کمتر) کاهش پیدا می‌کند. اما ممکن است





طوری ساخته شده باشد که بتواند توان خود را روی مقاومت بزرگتری بدهد. مثلاً اگر فشار خروجی آن ۱۵ ولت باشد و نتواند بیشتر از  $2A$  بدهد، چنانچه بخواهد بالاترین توان را از آن بگیرند، باید مقاومت را طوری انتخاب کنند که بتواند  $2$  آمپر را با فشار  $15$  ولت مصرف کنند، یعنی  $7/5$  اهم باشد.

شکل ۵۲ - پوش-پول پیاپی: در اینجا از مقاومت بار اختلاف جریان بین دو قرآنزیستور عبور می‌کند.



بمحض آنکه ضد واکنش دارد کار می‌شود (پخصوص طبقه‌های باکاتدرام یا ارسال کننده رام) باید دو چیز را کامل‌آز هم جدا کرد،  
- مقاومت داخلی خروجی، که خارج قسمت تغییر جریان مصرفی در خروجی و تغییر فشاری است که در نتیجه این مصرف بوجود می‌آید.  
- مناسب‌ترین مقاومت بار، که معمولاً خیلی بزرگتر از قبلی است و خارج قسمت فشار خروجی و بالاترین مقدار جریانی است که می‌تواند در خروجی بدهد.  
**همه‌قدر** - فهمیدم، اما باید بگویم که از چند دقیقه پیش مقاومت داخلی شخص من آشکارا رو به افزایش است و گمان می‌کنم باید دفعه دیگر دنباله گفتگو را بگینم.



## ◆◆◆◆◆ مبحث هفتم ◆◆◆◆◆

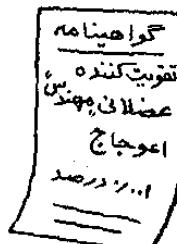
اکنون هبتدی پریشان است چون او که به فن B.F. عادت دارد و در آن لازم است شکل علامت‌ها حفظ شود، از تغییر شکل‌های مشخصی که مهندس به این علامت‌ها می‌دهد، دارد دیوانه می‌شود. در این اینکه چگونه سر قسمت بالائی یک علامت را می‌برند کار را آغاز می‌کنند و سپس می‌بینند که چگونه تغییرات آهسته فشار را به دگر گونی ناگهانی تبدیل می‌کنند (قیان اشیت Schmitt) و بعد از آن آگاهی‌های درباره مدارهای مشتق و انتگرال بدست می‌آورد. کارشومی است چون با وجود وحشت وی از ریاضیات که ضرب المثل است، خواهی نخواهد باید یک تعریف (ساده شده) از مشتق‌ها و انتگرال‌ها را بیلعد... اما می‌فهمد که این مطلب‌ها ساده‌تر از آنند که معمولاً فکرش را می‌کنند.

### علامت‌های مستطیلی

#### برش سر، مشتق، انتگرال

**مبتدی** - به بینید آقای مهندس، پرسشی داشت که دفعه قبل یاد مرفت از شما پرسم: وفاداری تقویت‌کننده‌های عضلانی گوناگونی که بن ایم‌شرح دادید چقدر است؟ **مهندس** - در هر حال برای دستگاه‌های اذن‌گرد رام یا ارسال کننده‌رام عالی است و بخصوص برای «تقویت‌کننده عضلانی» با دو ترازنی‌ستور مکمل بسیار عالی است چون مونتاژی است که درجه ضد واکنش آن بالاست. البته از این وفاداری وقتی می‌توانید استفاده کنید که مونتاژ را با گرفتن جریان یافشار زیاد در خروجی دجاج اضافه بار نکنید.

اما بیادداشته باشید که در الکترونیک، بسیاری از حالات وجود دارد که در آنها خطی بودن (یا درجه‌های کم اعوجاج) تنها وضع مطلوبی نیست که از یک تقویت‌کننده انتظار دارند. حتی گاهی اوقات بر عکس آن مورد نیاز است.



#### تغییر شکل‌های مطلوب

**مبتدی** - که اینطور ۱ پس همینطوری علائم را بطور اتفاقی تغییر شکل می‌دهند؟



**مهندس** - آنرا تغییر شکل می‌دهند، اما نه اتفاقی.

**مبتدی** - خوب چگونه می‌خواهید علامت‌های تغییر شکل یافته‌صدا‌ای درستی ایجاد کنند؟



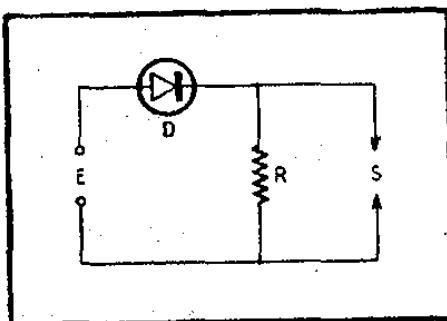
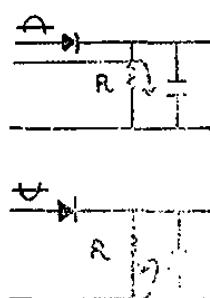
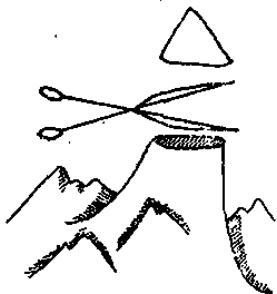
**مهندس** - یکبار برای همیشه فکر صدا، موسیقی و چیزهای دیگر را از مغز تسان بیرون کنید پخش صوت یکی از موادر کاربرد الکترونیک است، اما بهیچوجه تمام الکترونیک را تشکیل نمی‌دهد، همانطور که را دیگر نمی‌داند داشت الکترونیکی نیست. فشاری که از تقویت‌کننده شما خارج می‌شود، می‌تواند وارد چیز دیگری غیر از بلند گو شود. مثلاً اگر بخواهید با آن یک رله را بکار بیندازید چرا می‌خواهید که سینوسی شکل باشد؟

**مبتدی** - قبول کردم. چه نوع تغییر شکلی به علائم می‌دهید؟

**مهندس** - با برش سر که روش عملی برای یکسان کردن علائم بادامنه‌های

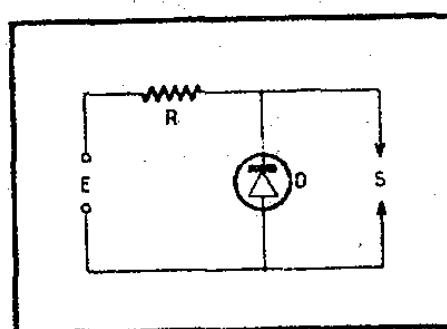
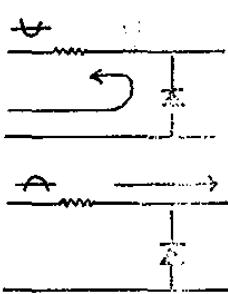
مختلف است کار را آغاز می کنیم : یک راه حل خوب، بکار بردن دیودساده است چون همانطور که می دانید، مونتاژ شکل ۵۳ غیر از بخش مشبّت علائم ورودی E چیزی را به خروجی (در نقطه S) نخواهد فرستاد.

**مبتدی** - فهمیدنش آسان است. اما مقاومت R بهجه درد می خورد؟  
**مهندس** - نقش آن قطعی نیست. فرض کنید که در S «چیزی» را وصل کنند

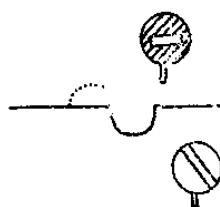


شکل ۵۳ - دستگاه برش سر: فقط بخش مشبّت فشار E در S را پیدا می کند.

که فشار S را مورد استفاده قراردهد و دارای مقاومت زیادی در جریان مستقیم باشد و ظرفیت آن قابل چشم پوشی نباشد. وقتی E زیاد می شود، فشار S می تواند از آن پیروی کند، ظرفیت مزاحم از راه D برمی شود، اما وقتی E به سرعت باین می آید (حتی اگر مشبّت هم باشد) دیگر از آن پیروی نمی کند چون ظرفیت مزاحم خالی می شود. با قراردادن R بطرور موافق با آن، این نازاختی را حذف می کنم.  
**مبتدی** - پس برای اینکه ظرفیت های مزاحم بخوبی خالی شوند، به سود شماست که این مقاومت را کم بگیرید؟



شکل ۵۴ - دستگاه برش سر با دیودی که موازی نصب شده و بخش منفی فشار ورودی را اتصال کوتاه می کند.



**مهندسان** - از یک نظر بله. اما باید فراموش کرد که فشار ورودی E، درمدت نیم پرودهای مشبّت، پاید بتواند جریان را از R که موازی با خروجی S قرار گرفته است، بگذراند. بنابراین باید مصرف جریان بسه وسیله R، منبع E و زیاده مشوّش کند.

**مبتدی** - و اگر شما دیود D را برمی گرداندید چه بیش می آمد؟  
**مهندسان** - بخش هایی مشبّت علائم دیگار برش سر می شدند و فقط بخش های منفی علائم ورودی E را به S منتقل می کرد. حالا مونتاژ دیگری بزای برش سر

به شمانشان می‌دهم که پائین‌تر از مونتاز قبلي است، اما گاهي ناچار از پکار بردن آن هستيم و آن مونتاز شکل ۵۴ است. به آسانی خواهيد فهميد که چگونه کارمي کند درمدت نيم پريودهای مشبت فشار E، ديوود مسدود است و فشار E به S راه پیدا می‌کند (از راه مقاومت R) بر عکس درمدت نيم پريودهای منفي ديوود از وضع مسدود بودن خارج می‌شود و نقش يك اتصال کوتاه را بازي می‌کند و در نتيجه در S فشاري وجود ندارد. در واقع R و D نقش يك تقسيم کننده فشار را بازي می‌کنند که يكى از عناصر هاي آن (D) می‌تواند مقاومت صفر يا بى نهايت داشته باشد.



**مبتدى**— اين استدلال برای مونتاز قبلي هم درست است. به غير از عرض شدن جاي ديوود و مقاومت هردو همانند هستند و نمی‌دانم چرا مونتاز دوم بنظر شما پائين‌تر از مونتاز اول است.

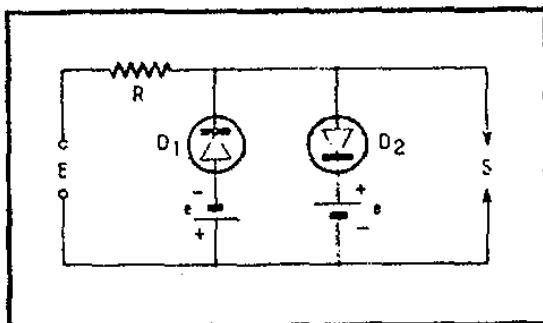
**مهندسى**— الاخ خواهيد دید. در مونتاز شکل ۵۳، درمدت نيم پريودهای مشبت E (این نيم پريودها مورد توجه من هستند چون نيم پريودهای منفي را قطع کرده‌ام)، بنیع از راه ديوود D که مقاومت ضعيفي از خود نشان می‌دهد، مستقیماً روی خروجي S وصل است. بر عکس در مونتاز شکل ۵۴، درمدت نيم پريودهای مشبت E، مقاومت R بين E و S وجود دارد. درست مثل اينست که مقاومت داخلی منبع E افزایش يافته است، و قبل از ایاتان گفته‌ام که افزایش مقاومت داخلی يك هنبع که ايجاد کننده تغييرات احتمالي در علاوه‌است، تا چه اندازه زیانبخش است.

### يک تغييرشكلي پايدار



**مبتدى**— در اينجا بازم تووجه صحبت شمانى شوم! شما که باقطع کردن نيم پريودهای منفي علاوه، آنرا بطور وحشتني کي تغييرشكلي داده‌اید، چطور از يك تغييرشكلي ديگر اينطور می‌ترسي؟

**مهندسى**— اگر به عقيدة شما آنرا بطور «وحشتني» تغيير داده‌ام، برای اينست که همان را می‌خواستم، مثلاً ميل داشتم نيم پريودهای منفي حذف شوند. اما اجباری ندارم که نيم پريودهای مشبت را هم تغييرشكلي بدهم چون ممکن است

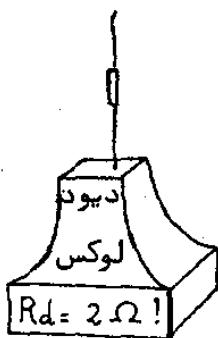


شكل ۵۵— برش سر باد وحده؛ فشار خروجي برای فشار ورودی است به شرطی که فشار ورودی بین +E و -E قرار گرفته باشد.

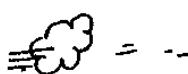
دارای قلهای مشبتی باشند که اصولاً به گذراندن آنها علاقه دارم. بهمین جهت است که از بودن مقاومت R بطور پيماي در شکل ۵۴ تأسف می‌خورم. نمی‌توانم R

را زیاد کنم زیرا باید مقدار  $R$  نسبت به مقاومت دینامیک دیود، وقتیکه هادی است زیاد باشد تا نیم پریودهای منفی را پنجویی قطع کند.

**متلبی** - این وضع چندان به درد نمی خورد، چون دیودی که هادی باشد مثل اتصال کوتاه است.



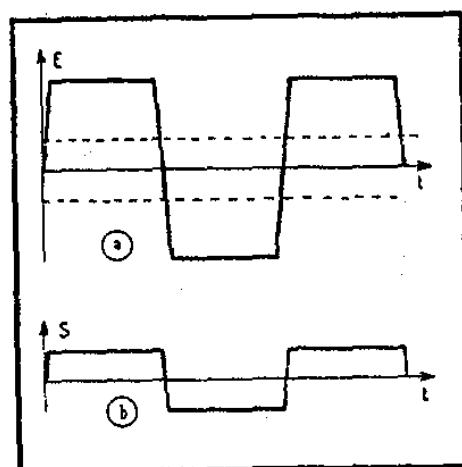
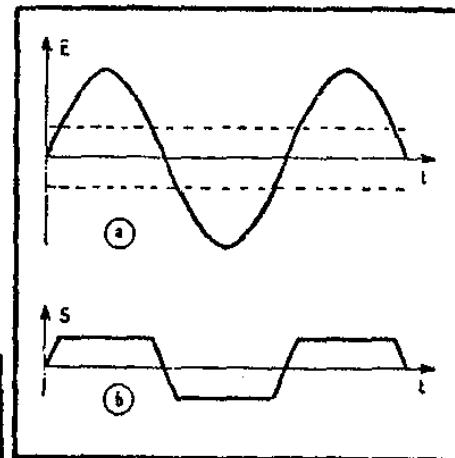
**مهندس** - اگر اینطور بود خوب بودا دیود هرچند هم که خوب باشد، بزمخت می توانید در یک دیود کربستالی مقاومت دینامیک کمتر از ۵۰ یا ۱۰۰ اهم بیشتر بیاورید؛ برای یک دیود خلاء پیدا کردن مقاومت کمتر از ۳۰۰ اهم بسیار کمیاب است. اگر این مونتاژ را بشما نشان دادم برای آن بود که بهم امکان می دهد برش سردا بطود دوتائی اجرا کنیم. شکل ۵۵ را نگاه کنید. می بینید که فشارهای  $E$ ، چنانچه بیشتر از  $-e$  و کمتر از  $+e$  باشد به  $S$  راه پیدا می کند. فشارهای  $e$  که پلاریزاسیون دیودها را تأمین می کنند، هملا به وسیله دوقوه کوچک تهیه شده اند. اگر فشار ورودی  $E$  بیشتر از  $+e$  بشود، دیود  $D_2$  هادی می شود و  $S$  براین با  $+e$  باقی می ماند. اگر  $E$  کمتر از  $-e$  شود،  $D_1$  هادی می شود، و  $S$  براین  $-e$  باقی می ماند.



**متلبی** - اگر در اینحال در مونتاژ شما در  $E$ ، فشار سینوسی شکل وارد کنم، از مونتاژ چیز شگفت آوری همانند آنکه شکل ۵۶b نشان می دهد خارج می شود؟



شکل ۵۶ - با وارد کردن یک فشار سینوسی شکل در ورودی  $E$  شکل ۵۵، در خروجی یک سینوسی شکل با سرهای بریده بدست می آید.



شکل ۵۷ - سینوسی شکل سربریده شکل ۵۶b، پس از تقویت و برش دوباره، یک نوع موج بدست می دهد که بیشتر نزدیک به علامت مستطیل شکل است (جبهه تندتری دارد)

### ساختن علائم مستطیلی

مهندس— درست همینطور است. و آنگهی علائم خروجی را بسیار خوب رسم کرده اید جون جبهه‌های آن کاملاً عمودی نیستند (مگر آنکه دامنه  $E$  نسبت به خیلی زیاد باشد) همچنین اگر بخواهند به این علائم شکل مستطیلی آشکارتری پدهنند همانظور که در شکل ۵۷b نشان داده شده، غالباً لازم است که آنها را تقویت کرده و دوباره سر آنها را ببرید.

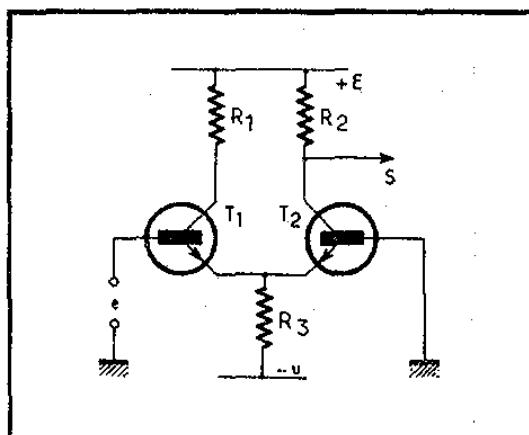
متندی— فکر نبوغ آمیزی به معزم رسید! اگر نیاز به برش سر و تقویت علائم داشته باشیم، نمی‌شود هر دو را یکباره انجام داد؛ بسادم می‌آید که وقتی فشار ورودی یک تقویت‌کننده خیلی قوی بسود، تقویت‌کننده میل داشت سر آن را ببرد.

مهندس— کاملاً درست است، غالباً برای برش سر علائم بهمین نحو عمل می‌کنند، یک نوع تقویت‌کننده بسیار خوب برای این برش سر همانست که شکل آنرا برایتان می‌کشم (شکل ۵۸)

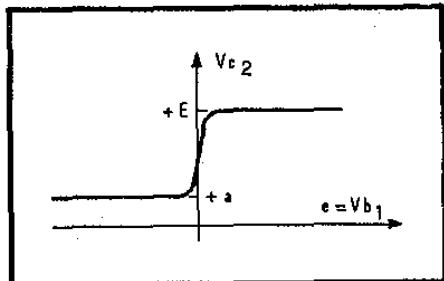
متندی— چرا ترانزیستورهای  $n-p-n$  گذاشتید؟

مهندس— برای اینکه استدلال کردن برای فشارهای مشبت آسان نراست و آنگهی این شکل بدون تغییر برای لامپ‌ها بکار می‌رود (غیر از تغییر مقدار مقاومت‌ها). بالاخره برای اینکه  $A_1$  درصد ترانزیستورهای سیلیسیومی، که بیش از پیش گسترش بیندا می‌کنند، از نوع  $n-p-n$  هستند، حالا خوب به استدلال توجه کنید. اگر  $e$  آشکارا مشبت شود،  $T_1$  هادی می‌شود، اختلاف سطح ارسال کننده‌های زیاد می‌گردد و  $T_2$  مسدود می‌شود. اگر  $e$  منفی شود،  $T_2$  هادی می‌شود اختلاف سطح ارسال کننده‌ها نزدیک به صفر باقی می‌ماند و  $T_1$  مسدود می‌شود. مقاومت مشترک  $R_4$  ارسال کننده‌ها را به یک اختلاف سطح منفی وصل کرده‌ایم برای اینکه حتی وقتی اختلاف سطح ارسال کننده‌ها نزدیک به اختلاف سطح بدهد است، یک جریان مشخص در  $R_3$  بوجود آید. در شکل ۵۹ منحنی اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  را بر حسب اختلاف سطح پایه  $T_1$  کشیده‌ام.

لامپها				
N	P	N	P	P
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0



شکل ۵۸— مونتاژ برای برش سر که تقویت‌کننده دو ترانزیستور را که بهوسیله ارسال کننده تزویج شده‌اند، بکار می‌برد. اگر مشبت باشد،  $T_1$  مسدود می‌شود، اگر  $e$  منفی باشد،  $T_2$  مسدود خواهد ماند.



شکل ۵۹ - منحنی نمایش اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  بر حسب  $e$  در شکل ۵۸، مؤثر بودن برش سر را نشان می‌دهد.

**مبتدی**- بله، فهمیدم؛ اگر  $e$  مثبت باشد،  $T_1$  مسدود است و جمع کننده آن به  $+E$  متصل است. اما وقتی  $e$  منفی است و یا به عبارت دیگر  $T_1$  مسدود است چگونه باید مقدار  $+a$  اختلاف سطح آنرا بدست آورد؟

**مهندس**- این ابتدائی است، واتسون عنزین... آه... مبتدی عزیزاً چون  $T_2$  جریان می‌دهد، می‌شود اختلاف سطح پایه و ارسال کننده آنرا باهم یکسان گرفت، بنابراین در نظر می‌گیریم که اختلاف سطح ارسال کننده  $T_2$  صفر است

(اختلاف سطح پدنه) پس جریان در مقاومت  $R_2$  خواهد بود  $\frac{U}{R_2}$  و بنابراین جمع کننده هم همین جریان را دارد (دریک ترانزیستور که بطور عادی کار می‌کند باید جریان جمع کننده و ارسال کننده را همیشه برابر گرفت) پس افت فشار در  $R_2$  خواهد بود:

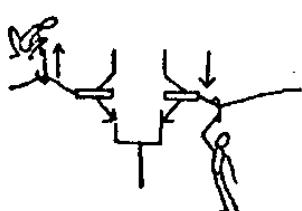
$$R_2 - \frac{U}{R_2}$$

و اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  برابر است با:

$$a = E - \frac{R_2}{R_1} U$$

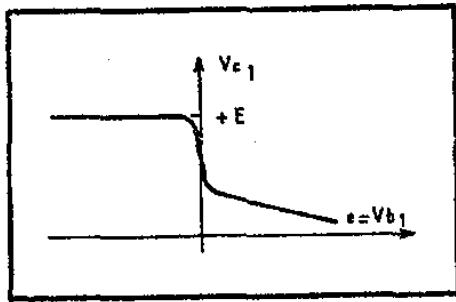
**مبتدی**- مقاومت  $R_1$  به چه درد می‌خورد؟

**مهندسان**-  $R_1$  برای اینست که مونتاژ را بیشتر قرینه کند، معمولاً آنرا برابر  $R_2$  می‌گیرند. همینطور می‌توانستیم فشار جمع کننده  $T_1$  را به عنوان فشار خروجی بکار ببریم، اما کار چندان درخشانی نیست زیرا دو بخش منحنی نمایش اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  بر حسب اختلاف سطح پایه  $T_1$  (شکل ۶۰) افقی نیستند. در واقع وقتی  $e$  مثبت است، جریان ترانزیستور  $T_1$  با  $e$  تغییر می‌کند.



می‌بینید که در این مونتاژ وقتی  $e$  منفی و در همان حال  $T_1$  مسدود باشد،  $e$  به هوجه روی مونتاژ اثری ندارد، همینطور در روی  $T_1$  و  $T_2$  هم بی اثر است. وقتی  $e$  مثبت است مقدار  $e$  روی  $T_1$  اثر می‌کند اما روی  $T_2$  اثری ندارد زیرا  $T_2$  مسدود است.

**مبتدی**- در باطن این مونتاژ چندان قرینه هم نیست؛ از این گذشته بمنظور من یک عیب هم دارد چون عبور فشار خروجی از  $+E$  به  $+a$  سریع است اما نه زیاد بخصوص اگر فشار ورودی یک مقدار منطقی داشته باشد (که با بودن این فشار روی پایه ترانزیستور باید با احتیاط همراه باشد). خوب، نام مونتاژ شما چیست؟



شکل ۶۰- اگر فشار جمع کننده  $T_1$  را به عنوان فشار خروجی بکار ببریم، پرتو سرکمتر خوب است، چون این ترانزیستور برای  $E$  مشبک، مسلوب نیست.



**مهندس**- نام عجیبی دارد که L.T.P. است وخلاصه شده کلمه‌های انگلیسی آن به معنای «زوج دم دراز» است و بدون شک اشاره به زوج ترانزیستوری است که دم دراز دارند (مقاومت پوزیشن  $R_2$ ). اما درمود ایرادی که به ساعت عبور از  $+E$  به گرفتیم؛ حق باشماست چون این موضوع گاهی باعث نزحمت می‌شود و بنویسیم که چطوردم شود کارها را روپراه کرد.

### کاربرد پایه دوم

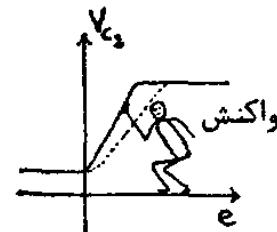
**متقدی**- در مونتاژ ما چیزی هست که ناراحتم می‌کند و آن اینست که پایه ترانزیستور  $T_2$ ، احتمالاً به بدن وصل مانده است، درحالی که اگر این پایه‌می‌دید که اختلاف سطح درجهٔ معکوس اختلاف سطح ارسال کننده‌ها تغییر می‌کند، خیلی هوشیارانه قر عمل می‌کرد.

**مهندس**- این گفته‌شما رهبریم می‌کند که الان توضیحاتی را در اختیارتان بگذارم که فکر می‌کردم بعداً بشما بدهم. در این مونتاژ دقیقاً الکترونی وجود دارد که اختلاف سطح درجهٔ عکس اختلاف سطح ارسال کننده‌ها تغییر می‌کند؛ به شکل ۶۰ نگاه کنید.

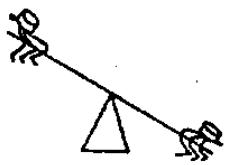
**متقدی**- خدای دیودا فکرش را نکرده بودم، خوب، پس درست شد چون

کافی است جمع کننده  $T_1$  را به پایه  $T_2$  وصل کنیم و اینکار انجام می‌شود.

**مهندس**- آرامتر! فکر شما خوب است، اما نمی‌توانید اینکار را مستقیماً انجام دهید چون اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  نیست. به ارسال کننده‌ها باید مشبک باقی بماند و نسبت به پایه‌ها هم باید کمی مشبک تر از آن باشد. اما می‌توانید اینکار را به ترتیبی که برای تزوییج مستقیم انجام شده است، بکنید که کمی قبل درباره اش صحبت کردیم یعنی به وسیله یک تقسیم کننده فشار که به یک فشار منفی هم وصل می‌شود و به این ترتیب به مونتاژ شکل ۶۱ می‌رسید؛ وقتی مونتاژ شکل ۵۸ با عبور جریان در دو ترانزیستور کار می‌کند، یعنی با  $0$  که خیلی نزدیک به صفر است کار می‌کند، کار آن مثل تقویت کننده است. با افزایش تزوییج جمع کننده  $T_1$  به پایه



$T_2$  به وسیله  $R_4 - R_5$ ، واکنش مشبکی به آن گذاردهایم. اگر این واکنش محدود باشد، نتیجه‌اش بالا رفتن ضربه بهره است و به این ترتیب بخش صعودی در منحنی شکل ۵۹ به خط عمود نزدیکتر می‌شود. اگر این واکنش مشبک خیلی زیاد شود...



مبتدی— می‌دانم چون مونتاژ شروع به نوسان می‌کند.

مهندس— در حالتی که آشکارساز واکنشی داشته باشیم، بله. اما در اینجا نه مدار نوسانی داریم و نه تزویج متناوب به وسیله خازن. نوسان بوجود نمی‌آید بلکه توازن ایجاد می‌شود. مونتاژ نمی‌تواند در وضعی باقی بماند که هر دو ترازیستور جریان بدنه‌ند زیرا یکی از آنها باید در وضعیت مسدود باقی بماند.

مبتدی— کدامیک از دو ترازیستور قرار بانی می‌شود؟

مهندس— این موضوع بستگی به مقدار  $e$  دارد. ابتدا فرض کنیم که  $e$  منفی باشد. البته  $T_1$  مسدود است و  $T_2$  نیست.  $e$  را زیاد کنیم؛ برای مقدار  $e$  مساوی با  $A$ ،  $T_1$  از مسدود بودن خارج می‌شود و  $T_2$  مسدود می‌گردد. چیزی که این بار بسیار جالب است اینست که مسدود شدن  $T_2$  بسیار سریع است و بهیچوجه زیراثر سرعتی که  $e$  از مقدار  $A$  (آنرا آستانه می‌گویند) گذشته است، نیست.

مبتدی— عالی است؛ در اینحال می‌توانم  $e$  را در روزیک وقت زیاد کنم و در اینصورت وقتی  $e$  از مقدار  $A$  گذشت، یک توازن ناگهانی خواهیم داشت؟

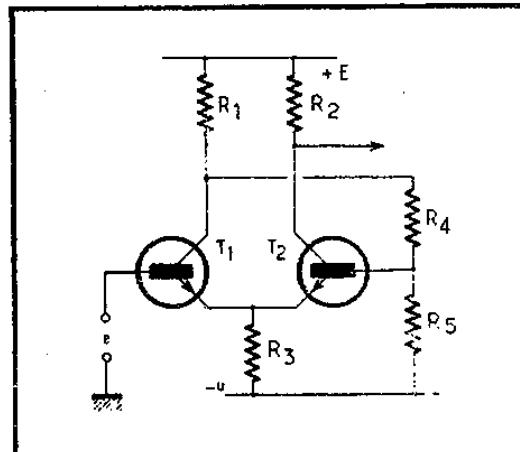
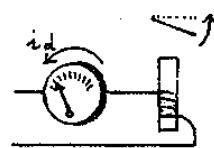
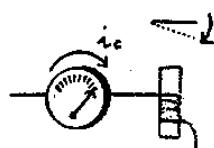
مهندس— بله، بله، از این گذشته در اینجا چیزی شبیه به یک رله خواهد داشت به این ترتیب که در رله جریان را در سیم پیچی آهسته زیاد کنید، وقتی جریان

آستانه بالارفتن



آستانه پاشین آمدن

شکل ۱۶— با تزویج جمع کننده  $T_1$  با پایه  $T_2$  به وسیله تقسیم کننده فشار  $R_4 - R_5$  (در مونتاژ شکل ۵۸) اپان اشیت بدست می‌آید.



در سیم پیچی به مقدار هوردنظر رسید، رله ناگهان جذب می‌کند. در آنجا هم واکنش مشبک وجود دارد چون بمحض آنکه رله شروع به حرکت کند، فاصله بین آهن (که مغناطیس می‌شود) و تیغه آهنی کاهش پیدا می‌کند و این کار باعث قویتر شدن جذب مغناطیسی می‌شود.

مبتدی— و اگر دوباره مقدار  $e$  را بهمان آهستگی کم کنم وقتی از  $A$  می‌گذرد باز هم مونتاژ ناگهان به حال توازن درمی‌آید؛

## آستانه دوم

**مهندس**— مونتاز بهشت به توازن درمی آید، با وجود این درمقدار A نخواهد بود بلکه برای مقدار ضعیفتر B است. در واقع، ضمن نخستین توازن، اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  زیاد بود، پس اختلاف سطح پایه  $T_2$  هم (نسبتاً) همینطور بود و بتا براین اختلاف سطح ارسال کننده‌ها هم زیاد بود. پس لازم بود e خیلی زیاد شود تا بتواند T<sub>1</sub> را از مسدود بودن خارج کند. بر عکس ضمن توازن دوم، که وابسته به کاهش اختلاف سطح پایه  $T_1$  است، ترانزیستور  $T_1$  جریان خواهد داد. اختلاف سطح جمع کننده آن پائین است، اختلاف سطح پایه  $T_2$  هم همینطور و اختلاف سطح ارسال کننده‌ها هم پائین است. در این شرایط  $T_2$  با مقدار کمتر e است دوباره مسدود می‌شود. این درست همانند رله است چون وقتی رله جذب کرد، می‌توانید دوباره جریان را درسیم پیچی کم کنید بطوری که خیلی کمتر از مقداری باشد که جذب کردن رله را بوجود آورده است. جریان قطعی وجود دارد که خیلی کمتر از جریان جذب است.

**مبتدی**— اما در مونتاز عجیب شما، اگر e بدسلیقه باشد و بخواهد بین A و B باقی بماند چه پیش خواهد آمد؟

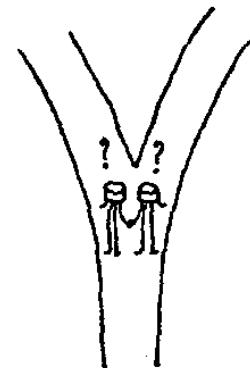
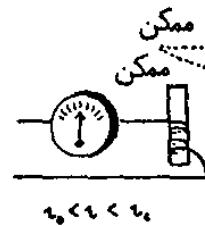
**مهندس**— مونتاز عجیب من «قپان اشمیت» (Schmitt) نام دارد. و اگر e را بین A و B نگه دارید، نمی‌توانم بشما بگویم که قپان درجه وضعی خواهد بود. می‌شود هم  $T_1$  را در حالت مسدود داشت و این در صورتی است که e ضمن زیاد شدن به مقدارهایی رسیده باشد که هستند از  $B$  هستند و هم  $T_2$  از مسدود بودن خارج شود و این در صورتی است که e ضمن زیاد شدن به مقدارهایی رسیده باشد که از A بیشتر هستند و این درست همانند رله است چون اگر جریان درسیم پیچی «بین جریان جذب  $A$  و جریان قطع  $B$ » قرارداشته باشد، نمی‌توانم بشما بگویم که رله در حال جذب است یا نه. و آنکه اگر قطع شده باشد شما فقط باید کمی روی تیغه آن فشار بیاورید آنوقت رله جذب می‌کند و در حال جذب باقی می‌ماند. تیغه را عقب بکشید رله قطع می‌کند و بحال قطع باقی می‌ماند.

**مبتدی**— در این حالت مونتاز شما نمی‌داند چه می‌خواهد...  
**مهندس**— چرا خوب همی‌داند چون نمی‌خواهد در حال وسط قرار گیرد. برای مونتاز دو حالت ثابت امکان دارد، و آنکه بهمین جهت است که آنرا «دو ثابتی» می‌نامند.

**مبتدی**— پس باید کشیدن منحنی شکل ۵۹ غیر ممکن باشد.

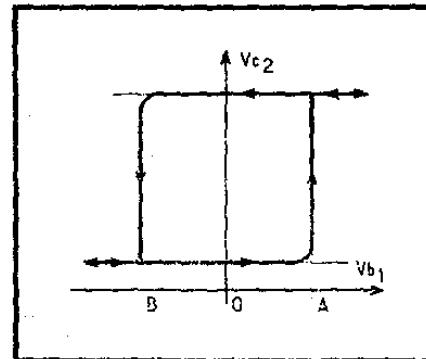
## منحنی‌های بسته

**مهندس**— نه، فقط کمی پیچیده است. آنرا در شکل ۶۲ برایتان کشیده‌ام. دیگر منحنی عادی در بین نیست بلکه یک «منحنی بسته» است. اگر e کمتر از B باشد، دشواری وجود نداده چون فشار خروجی برای  $a$  است. اگر e را زیاد کنیم (علامت سهم‌ها را دنبال کنید)، ضمن عبور از مقدار A، مونتاز به توازن در





شکل ۶۲- منحنی تماش فشار جمع کننده  $T_2$   
قیان اشیت بر حسب  $e$  نشان دهنده وجود  
پذیده‌ای شبیه به هیسترزیس است؛ دیگر منحنی  
درین نیست بلکه بیک «منحنی پست» است.



می‌آید و فشار خروجی جهش پیدا می‌کند و به مقدار  $+E$  می‌رسد. (و در اینجا پخش صعودی کاملاً عمودی است). اگر  $e$  بازهم زیادتر شود، دشواری وجود ندارد، فشار خروجی همان  $+E$  باقی می‌ماند.  $e$  را کم کنیم؛ وقتی به مقدار  $A$  می‌رسد چیزی بیش نمی‌آید، به پائین آوردن  $e$  ادامه خواهیم داد (باز هم علامت سهم‌ها را دنبال کنید). وقتی  $e$  به مقدار  $B$  می‌رسد، هوتاژ دوباره به توازن درمی‌آید.  
**مبتدی**- منحنی شما چیزی را بیامد می‌آورد... بله همانست. این منحنی شبیه به دوره هیسترزیس فریت‌هاست که آنرا برای حافظه در ماشین حساب‌ها بکار می‌برند.

!!!



**مبتدی**- از تنجیب غش نکنید. بی‌پرده بگوییم که کوشش کردم در این باره کتاب ساده‌شده‌ای بخوانم و فقط تصور بهمی از آن دارم.

**مهندس**- حالم کمی بهتر شد. بعداً این مطلب را پس ایتان شرح می‌دهم، اما گفته شما بد اندازه‌ای درست بود که نفس قطع شد.

**مبتدی**- حالا دلم می‌خواهد قبل از آنکه از موضوع دور شویم، برایم شرح بدھیم که قیان اشیت شما به چه درد می‌خورد و در چه موقعیتی از آن استفاده می‌کنند.

### کاربرد قیان اشیت



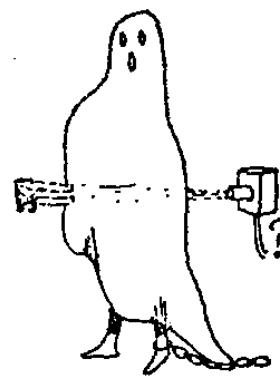
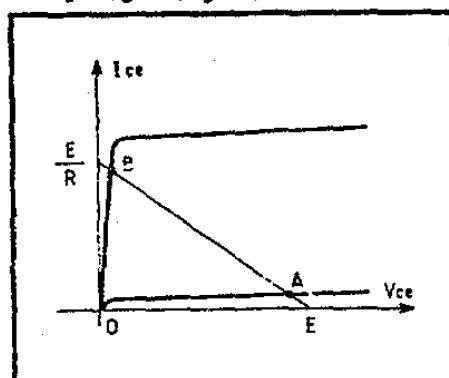
**مهندس**- الان نمونه‌ای از آنرا برایتان می‌گوییم. مسلمان تابحال در نمایشگاهها دستگاهی با سلول فتوالکتریک دیده‌اید که تعداد بازدید کننده‌گان را می‌شمارد؟

**مبتدی**- بله، نورافکنی هست که اشعه نورانی را روی یک جعبه کوچک می‌اندازد که باید در آن سلول جای داشته باشد. وقتی یک بازدید کننده وارد می‌شود، اشعه قطع می‌گردد.

**مهندس**- همینطور است. در چنین دستگاهی، وقتی هیچکس عبور نمی‌کند، نوری که سلول دیدیافت می‌کند مشخص نیست چون شدت روشنایی لامپ همکن است

تغییر کند (اندکی برایش گذشت زمان، و بسیار زیاد بر حسب فشار شبکه برق)، وقتی اشعه پوسیله یک بازدیدکننده سد شده است، نور باقیمانده‌ای هم که سلول دریافت می‌کند معلوم نیست (همیشه کمی نور در محوطه هست که از کنار وارد سلول می‌شود)...

**مبتدی** - بخصوص اگر بازدیدکننده کمی شفاف باشد؟



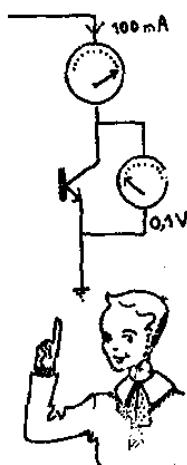
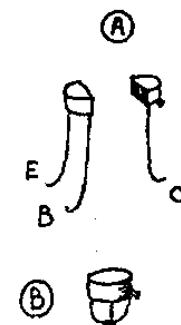
شکل ۶۲ - بدیک ترانزیستور که از راه مقاومت  $R$  به وسیله فشار  $E$  تغذیه شده باشد، «دروضع اشباع» می‌گویند به شرطی که جریان پایه کافی به آن پدهنده ( نقطه  $B$ ) می‌توان آفرایم مسدود و یا تقریباً مسدود کرد ( نقطه  $A$  ) .

**مهندس** - دستگاه برای شمارش نیمه‌اشباع ساخته شده است. بهر حال هی بینید که علائم سلول بدشخص شده‌اند. پس کاملاً به سود هاست که در خروجی آنرا به یک قیمان اشیت پدھیم. به این ترتیب یک علامت خروجی در اختیار ما قرار خواهد گرفت که «همه یا هیچ» و کاملاً معین است. علاوه بر این، علامت کناره‌های عمودی خواهد داشت و این جیزی است که اگر بخواهیم، همانطور که ساعتی قبیل بشما نشان دادم، از آن ضربه‌هایی بسازیم، بسیار سودمند است. اگر فقط می‌خواستیم سر آنرا ببریم، می‌توانستیم به  $I_{CBO}$  شکل ۵۸ اکتفا کنیم و یا اینکه با یک تقویت کننده ترانزیستوری که تحریک آن بسیار زیاد است بسازیم. همانطور که در شکل ۶۳ هی بینید، خط راست بار در نقطه  $A$  به منحنی مشخصه وابسته به  $I_{BE}$  بخورد می‌کند و با منحنی وابسته به  $I_{BE}$  (بطورمثال) در نقطه  $B$  برخورد دارد. در  $A$  ترانزیستور تقویتاً مسدود است (با جریان تلف برآور) و در  $B$  وضعیتی دارد که آنرا «اشباع» می‌نامند. ترانزیستور می‌تواند جریان جمع کننده زیادی را زیر اختلاف سطح جمع کننده - ارسال کننده  $1/0$  ولت و حتی کمتر از خود بگذراند. اگر ترتیب کاردا طوری پدھیم که آخرین ترانزیستور تقویت کننده به وسیله جریان پایه‌ای که به صفر می‌رسد (وحتی احتمالاً درجهت عکس هم می‌رود) و خیلی از  $100\mu A$  (صد میکروآمپر) بیشتر است، تحریک شود، فشار خروجی کاملاً سر بریده خواهد بود و فشار بین یک قله تا قله دیگر آن عملابرا بر فشار  $e$  تغذیه طبقه آخر خواهد بود.

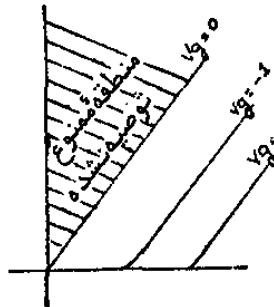
**مبتدی** - این دیگر بسیار عالی است، منظورم گذراندن جریان زیاد با فشار  $1/0$  ولت است؛ اصلاً نمی‌توان اینکار را با لامپ‌ها کرد!

پنتود در برایر ترانزیستور؟

**مهندس** - با یک لامپ پنتود می‌توانید نزدیک به این مونتاژ را بسازید و



باین ترتیب لامپ جریان زیادی را از خود می‌گذراند حتی اگر اختلاف سطح آند پائین بیاید و خیلی هم کمتر از اختلاف سطح شبکه پرده شود، این اختلاف سطح به ۱/۰ ولت نخواهد رسید اما نباید فراموش کرد که همه چیز نسبی است و پنتود ذین فشار الکتریکی زیادتری کارمی کند. اگر با ۳۰۰ ولت تغذیه، پتوانید فشار آندی را تا ۵ ولت برسانید، بهمان نسبت فشار ۱/۰ ولت برای ترازنیستور با تغذیه ۶ ولت پائین آمده است. البته با لامپ‌های تریود چنین برش سری نمی‌توان انجام داد.



**مبتدی**— با وجود این روی دسته منحنی‌های تریودها، منحنی مشخصه‌ای وجود دارد که برای اختلاف سطح صفر کشیده شده است که واپس به حداکثر همکن جریان آندی است. مسلماً این منحنی فشار آندی بشما نمی‌دهد که صفر باشد، اما برش سر وجود خواهد داشت.

**مهندس**— نه آقای مبتدی، جریانی که واپس به پلاریزاسیون صفر است، بهیچوچه حداکثر نیست. می‌توان شبکه را هشتگردد و جریان بازهم افزایش می‌یابد. البته اینکار چندان توصیه نشده است، اما اینکار را می‌کنند (بخصوص در تقویت پوش بول کلاس AB $\frac{2}{2}$ ). بعضی‌ها در باره برش سر فشار شبکه صحبت کرده‌اند که در نتیجه دخالت جریان شبکه پدست می‌آید که همین جریان از هشتگ شدن شبکه جلوگیری می‌کند بهشرط آنکه در شبکه مقاومتی بطور پیاپی گذاشته شود، مثل مونتاز برش سر شکل ۴۵ که در آن دیود را گردانده باشد. اما این راه خوب نیست. البته تمام این مونتازهای برش سر، کناره‌های کاملاً عمودی را که با یک قبان اشیت پدست می‌آورید، بشما نخواهند داد.

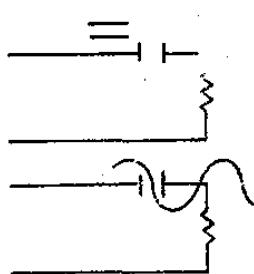


### کاربرد کناره‌های آند

**مبتدی**— چرا اینقدر به کناره‌های آند اهمیت می‌دهید. آیا از نظر زیبائی است؟

**مهندس**— بهیچوچه. اگر بخواهیم با تغییر شکل دو بساوه علامت مستطیل شکل خودمان که این پاره‌وسیله دیفرانسیل است، ضربه‌های تهیه کنیم، داشتن کناره‌های آند ضروری است.

**مبتدی**— اوه عجب! اینکار ب «دیفرانسیل» انجام می‌شود و دارد حواس هر اپرت می‌کند.



**مهندس**— چیز مهمی نیست. با صافی شکل ۶۴ آشنا هستید؟

**مبتدی**— نه... آه، بله! همانست که بین آند یک لامپ و شبکه لامپ بعد قرار می‌دهند تا جلوی عبور مؤلفه مستقیم را بگیرند و مؤلفه متناوب را از خود بگذرانند.

**مهندس**— درست است. اگر فشار متغیری شبیه آنچه در شکل ۶۵ نشان داده شده، که مدت زیادی ثابت (وصفر) است، سپس ناگهان به مقدار A می‌رسد و تا پینهایت در آن می‌ماند، بهاین صافی بگذارم چه پیش می‌آید؟

**مبتدی**— بسیار پیچیده است. فقط می‌توانم بشما بگویم که تا قبل از

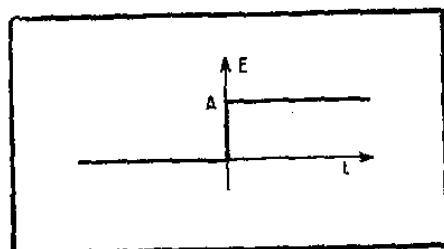
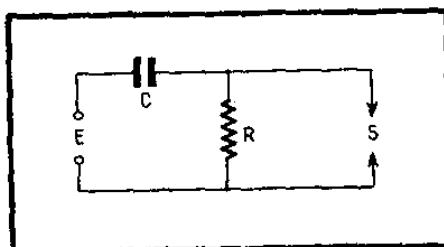
لحظه‌ای که  $E$  تغییر کند،  $S$  باید صفر باشد، زیرا  $E$  ثابت است. اما بعد از آن، آنوقت...

**مهندس**— می‌توانید چیز دیگری را بمن بگویید و آن اینست که  $S$  مدت زیادی پس از دگرگونی  $E$  چه خواهد شد (لحظه‌ای که  $E$  ناگهان تغییر کرده است).

**مبتدی**— اگر مدت زیادی صبر کنیم، فشار خروجی باید صفر شود زیرا فشار درودی دوباره ثابت شده است. اما پس از آن...  $S$  همیشه صفر است!

ساعت	$S$
10 ۵۹	0,00
11 ۰۰	0,00
11 ۰۱	0,00
11 ۰۲	0,00

شکل ۴۶— این صافی بالاگذر «مدار مشتق گیرنده» نام دارد، این صافی کناره‌های عمودی فشار  $E$  را بطور کامل منتقل می‌کند اما سیرهای این فشار را تغییر می‌دهد.



شکل ۴۶— تغییرات ناگهانی فشار گذاشته شده به مدار شکل ۴۶

**مهندس**— آدامتر تا موقع دگرگونی  $S$  صفر باقی می‌ماند، مدت زیادی پس از دگرگونی، دوباره صفر می‌شود؛ اما در لحظه دگرگونی کاملاً فرق می‌کند. فرض می‌کنیم که دگرگونی در یک زمان صفر انجام می‌شود. یک خازن در مدت زمان صفر چقدر می‌تواند پر شود؟

**مبتدی**— صبر کنید، یک خازن برای پر شدن باید مقداری الکتریسیته بگیرد، اگر آنرا در زمان صفر دریافت کند، نشان دهنده جریان بی نهایت است. پس در اینصورت اصلاً نمی‌تواند پر شود!

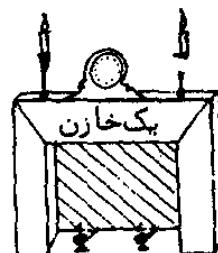
**مهندس**— بگویید «بهیچوجه ذمی تواند پر شود» آنوقت حقیقت را گفته‌اید. آقای مبتدی هیچ وقت اینرا فراموش نکنید که، «فشار دوسری یک خازن در زمان صفر نمی‌تواند از یک مقدار معین تغییر کند».

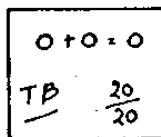
**مبتدی**— خوب اصل شما را قاب می‌کنم و در اطاقم می‌زنم. اما این موضوع چه ربطی به مسئله شما دارد؟

**مهندس**— این موضوع حل آنرا بطور ساده در اختیارتان می‌گذارد. خازن  $C$ ، قبل از دگرگونی، با چه فشاری پر شده بود؟

**مبتدی**— آه... بله... صفر، چون  $E$  صفر بود و  $S$  هم همیطوار.

**مهندس**— کاملاً درست است. درست قبل از دگرگونی خازن با فشار صفر پر





شده بود. درست پس ازدگر گونی با چه فشاری پرشده بود؟

**مبتدی**— شما آنقدر روی «درست قبل» و «درست بعد» اصرار کردید که فکر می‌کنم باید در نظر گرفت که بین این دو، زمانی برای صفر گذشته است. اگر من اصل مشهور شما را بکار ببرم، از آن نتیجه می‌گیریم که خازن با همان مقدار یعنی صفر پرشده است.

**مهندس**— درست است، صد درصد درست است. درحالی که بلا فاصله پس از دگر گونی، جوشن چپ خازن C اختلاف سطحی بمقدار A رسیده است. بنابراین،

از این لحظه ببعد جوشن راست چه اختلاف سطحی پیدا کرده است؟

**مبتدی**— قطعاً به مقدار A رسیده است زیرا C همان طور خالی هانده است. اما در اینصورت... جریانی وجود دارد که از R خواهد گذشت و این غیرممکن است جون یک خازن نمی‌تواند جریان را از خود بگذراند.

**مهندس**— دور بربندارید. بله، درست بعد ازدگر گونی، جریانی در R وجود

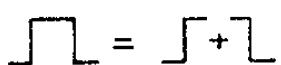
خواهد داشت. و مقدار آن در ابتداء خواهد بود  $\frac{A}{R}$ . اما خازن کاملاً حق دارد جریانی

از خود بگذراند به شرط آنکه جریان آنرا پر کند؛ این درست همان چیزی است که انجام می‌شود چون جریان در R خازن C را پر خواهد کرد، و بتدریج که C پر شود، شدت جریان کاهش خواهد یافت.

**مبتدی**— و البته اگر خیلی صبر کنیم C با فشار A پس خواهد شد. برای اینکه، مدت زیادی بعد، دیگر جریانی در R وجود نخواهد داشت، چون فشار S صفر شده است.

### ثابت زمانی

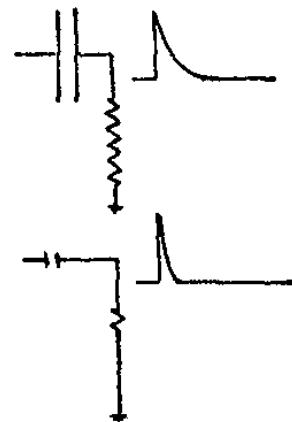
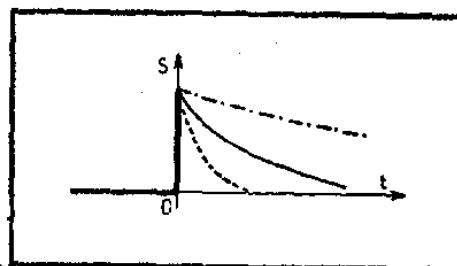
**مهندس**— او، آقای مبتدی امر و زخیلی خوب پیش می‌روید! پس می‌فهمید که فشار خروجی S به همان ترتیبی است که در شکل ۶۶ بشمانتان خواهم داد. چیزی که سرعت نزول دوباره را مشخص می‌کند، حاصل ضرب RC است که آنرا «ثابت زمانی» می‌نامند و آنرا بر حسب ثانیه بیان می‌کنند (C بر حسب فاراد و R بر حسب اهم). در واقع هر چه C بزرگتر باشد، پرشدن خازن آهسته‌تر است و هر چه R بزرگتر باشد باز هم پرشدن آهسته‌تر است. به آسانی می‌شود نشان داد که پس از یک زمان



برابر با ثابت زمانی RC، فشار خروجی تقریباً به  $3/7$  درصد A کاهش یافته است. پس از زمانی که دو برابر ثابت زمانی است، در  $S$  بیشتر از  $13/5$  درصد A وجود ندارد؛ و پس از مدت زمانی که سه برابر RC است، می‌توان گفت که کار تمام است، چون فقط ۵ درصد از A باقی مانده است. اگر RC کوچک باشد، فشار خروجی به همان ترتیب که شکل ۶۶ با منحنی نقطه‌چین نشان می‌دهد، تغییر می‌کند؛ اگر بزرگ باشد منحنی خط نقطه نشان دهنده آنست. با RC بسیار کوچک، فشار خروجی به شکل یک «جهش» نمایان می‌شود (شکل ۶۷).

**مبتدی**— خوب، فهمیدم. اما ببینم، فشاری که در خروجی یک قیان اشمت و یا موئاز برش سربdest می‌آوردید منظره‌ای شبیه به شکل ۶۵ ندارد؛ این منحنی بطور متناوب جبهه‌های صعودی و نزولی دارد. اگر آنرا به مدار شکل ۶۶ بگذاریم

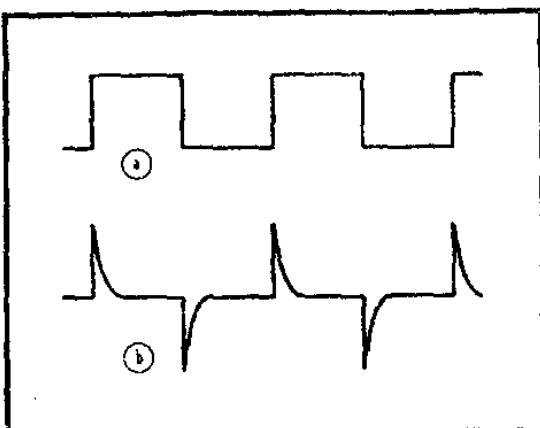
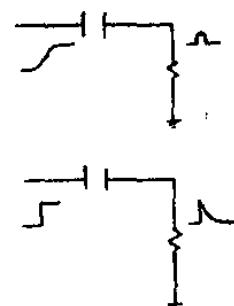
شکل ۶۶- منظرة فشار خروجي يك مدار مشتق گيرنده که به ورودي آن فشار با تغيير ناگهاني شکل ۶۵ گذاشته شده باشد: وقتی RC کوچك است منحنی نقطه چيز، خطير برای RC متوسط و خط نقطه برای RC بزرگ.



شکل ۶۷- علامت «جهش» که در نتیجه گذاشتن يك لشار با تغيير ناگهاني به مدار مشتق گيرنده ای که RC آذ کوچك است، بدست آمده است.

چه بدست خواهد آمد؟  
مهندسي- يك جيده نزولي درجهت تغيير خودش تقريباً همان جيده صعودي است بنا بر اين در خروجي تغيير هاي ناگهاني منفي بما خواهد داد (شکل ۶۸b).  
**مبتدئي**- در الواقع بسيار ساده است. حالا می فهمم که چرا آنقدر به جيده هاي عمودي اهميت مي داديد چون در مدت دگر گونی آهسته، خازن  $C$  وقت پرشدن خواهد داشت، و در يك تغييرات فشار خروجي را منتقل نمی کند. اوها با اينحال می توان نتیجه خوبی هم بدست آورد چون کافي است  $R$  يا  $C$  (يا هردو) را زياد کييم تاخالي شدن  $C$  در زمان دگر گونی ضعيف باشد.

مهندسي- آقاي هبتدي، امروز بخصوص سرحال هستيد. اما دقت كنيد چون اگر حاصلضرب  $RC$  را زياد کييد ممکن است که  $C$  بين دو دگر گونی زمان لازم برای پرشدن كامل را نداشته باشد؛ در اینصورت فشار خروجي همانست که در شکل ۶۹

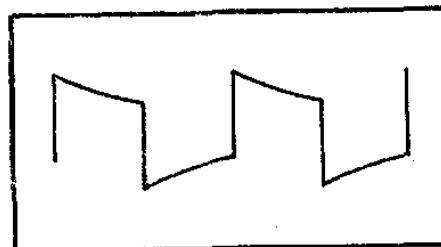


شکل ۶۸- يك علامت مستطيلي (a) تعدادي تغييرات ناگهاني صعودي و نزولي به تباع هم است. وقتی آنرا به يك مدار مشتق گيرنده که ثابت زمانی آن (RC) کوچك است بگذارند ضربه هائی بدست خواهد داد که بطور متناوب مشبت و منفي هستند.

برای شما هی کشم. بنا بر این باید حاصلضرب  $RC$  را نسبت به مدت دگر گونی بزرگ

و نسبت به پریود علائم کوچک انتخاب کرد، هرچه نسبت مدت دگر گونی به پریود علائم بیشتر باشد این انتخاب آسانتر است.

شکل ۶۴- اگر ثابت زمانی RC مدار نسبت به پریود علائم قابل چشم پوشی نباشد، فشار خروجی تغییر شکل می‌دهد، چون C بین دو دگر گونی زمان کافی برای تخلیه نخواهد داشت.



**مبتدی**- قطعاً علائم بیچاره دیگر صورت انسانی ندارند! قسمتی از منحنی سینوسی شکل را (می‌توان اینطور فرض کرد) در قیان اشیتیت به علائم مستطیلی تبدیل کرده‌اند، بعد به وسیله مدار شکل ۶۴ شما، بصورت جهش در آورده‌اند... که واقعاً اسم این مدار چیست؟

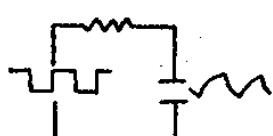
#### مدار انتگرال گیرنده

**مهندس**- آنرا «مدار کاهنده» یا «مدار مشتق گیرنده» هی نامند، می‌بینید که نامش بی‌جهت شما را ترسانده بود. اما در همینجا نمی‌ایستیم چون تغییرات دیگری هم هست که می‌شود آنها را ساخت. درباره شکل ۷۰ که نامش را یهدا برایتان می‌گویم چه فکر می‌کنید؟

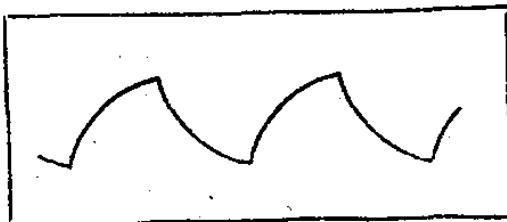
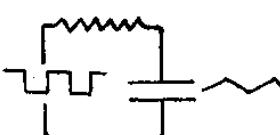
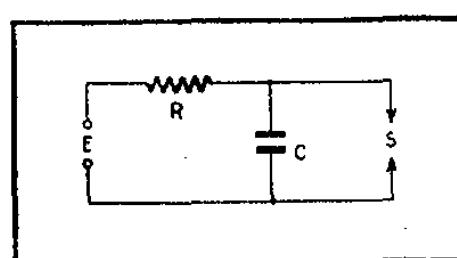
**مبتدی**- این همان شکل ۶۴ است، فقط جای R و C را با هم عوض کرده‌اید.

**مهندس**- این جزوی است که کل را تغییر می‌دهد! خوب، در E علائم مستطیلی را بگذارید در خروجی چه خواهدید داشت؟

**مبتدی**- چون در اینجا هم یک مقاومت و یک خازن بطوریا پی قراردادند، شاید همان وضع سابق را داشته باشیم یعنی همان‌که در شکل ۶۸ b کشیده‌اید.



شکل ۷۰- صالی پائین گذر که آنرا به عنوان مدار انتگرال گیرنده بکار می‌برند



شکل ۷۱- با گذاشتن علائم مستطیلی، که پریود آن نسبت به RC بزرگ باشد، به ورودی مدار، در خروجی علائمی با کناره‌های گزدداریم که با علائم ورودی شباهت کمی دارد.

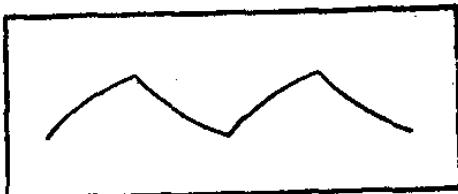
**مهندس** - چه وحشتناک! با وجود این الان برایتان گفتم که: «فشار دو سر یک خازن در زمان صفر نمی تواند از یک مقدار معین تغییر کند». ببینید آقای مبتلی، اگر در  $E$ ، در مونتاژ شکل ۶۸۴ علامت مستطیلی می گذاشتیم (شکل ۶۸۴) و در خروجی آن، یعنی در دوس  $R$  علامت شکل ۶۸۵ را داشتیم، باید در دوس خازن آنچه را که علامت ۶۸۵ لازم دارد تا علامت ۶۸۴ را بسازند، داشته باشیم.

**مبتلی** - می خواهید بگوئید اختلاف این دو؛ خوب، می توانم آنرا از روی شکل بدهست بیاورم. صیر کنید... آنرا روی شکل ۷۱ برایتان هی کشم.



**مهندس** - بسیار خوب. می بینید که این علامت که در دوس  $C$  ظاهر می شود، همان علامتی است که در خروجی مدار شکل ۷۰ بدهست خواهیم آورد. می شد منتظر آن را داشت چون در جریان دگر گونی علامت ورودی،  $S$  فوراً تغییر نمی کند، زیرا باید زمانی بگذرد تا  $C$  با مقدار جدید فشار پر شود.

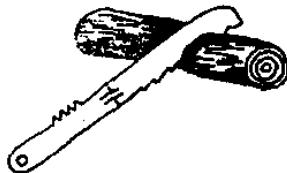
**مبتلی** - بنا بر این علامت شما مستطیلی با جبهه های کمی خمیده و گرداست. با آن چه می شود کرد؟



شکل ۷۲ - اگر  $RC$  بزرگتر باشد، خازن  $C$  بین دو دگرگونی وقتی برای هر شدن کامل ندارد.



شکل ۷۳ - با افزایش بازهم زیادتر  $RC$ ، تفاوت دامنه قله به قله علامت خروجی را کاهش می دهیم.



**مهندس** - در واقع آنطور که شما کشیده اید خیلی جالب نیست. اما فرض کنید که من حاصل ضرب  $RC$  را زیاد کنم، علامت چه تغییری خواهد کرد؟

**مبتلی** - تصور می کنم چون  $C$ ، جریان کمتری برای پرشدن در اختیار دارد (در حالی که با بزرگتر شدن، جریان بیشتری لازم دارد) پرشدن  $C$  در لحظه دگر گونی بعدی به بیان نخواهد رسید؛ شاید جیزی شبیه به شکل ۷۲ بدهست بیاید.

**مهندس** - حق با شماست. اگر بازهم  $RC$  را زیاد کنیم، فشار خروجی تغییر کمی خواهد کرد و نظره شکل ۷۳ را خواهد داشت.

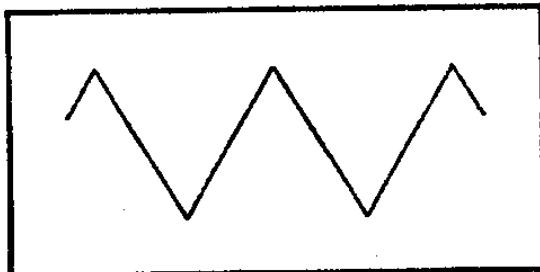


### دندانه اره چوب برقی

**مبتلی** - عجب، قسمت هائی را کشیده اید که تقریباً خط راست هستند!

**مهندس** - همینطور خوبست، چون واقعاً خط راست هستند. چون  $S$  نسبت به  $E$  ضعیف باقی می ماند، می توان گفت که فشار دار دوس مقاومت  $R$  در فاصله زمانی بین دو دگر گونی تقریباً ثابت باقی می ماند. بنا بر این جریان پرشدن (یا خالی شدن)  $C$  ثابت خواهد بود و خازن  $C$  به رو شی تقریباً خطی پر (ویا خالی) می شود.

برای اینکه بتوانید شکل فشار S را بهتر ببینید، حالا آنرا طوری می‌کشم که در جهت محور عمودی به اندازه کافی بزرگ شده است (شکل ۷۴).

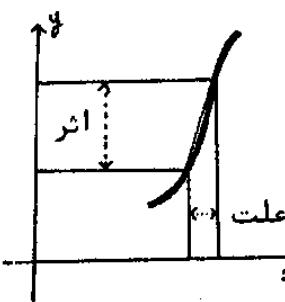


شکل ۷۴—علامت خروجی شکل ۷۳ که با مقیاس دیگری بررسی شده است، از عکس‌های کوچک‌تریباً راستی تشکیل شده است که شکل «دندانه‌اره چوب بری» دارد.

**مبتدی**—شکل عجیبی است. مثل اینست که دندانه‌های ادهایست که برای چوب بری ساخته باشند.

**مهندسان**—بهمین جهت است که این علامت داده «دندانه اره چوب بر» یا «دندانه اره متقارن» می‌گویند. آنرا وقتی بکارهی برند که بخواهد یک تغییرات فشار خطی داشته باشند که ابتدا بالا برود و بعد پائین بیاید. ویکی از کاربردهای مدارشکل ۷۰ که آنرا مدار «انتگرال گیرنده» می‌نامند در همینجاست.

**مبتدی**—آه، بهمین جهت بود که نمی‌خواستید نامش را بمن بگوئید. از این گذشته خیلی دلم می‌خواست بدانم چرا به این مدارها نام‌های عجیب و غریب می‌دهند.

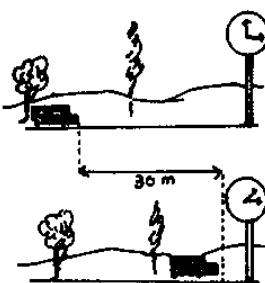


#### تعریف ریاضی

**مهندسان**—آقای مبتدی خودتان اینطور خواستید؟ نمی‌توانم به پرسش شما پاسخ بدهم مگر آنکه بطور کوتاه برایتان بگویم که مشتق و انتگرال چیست. وانگهی این کارچندان مغز شما را خالی نمی‌کند.

مقداری مانند  $y$  را تابع می‌گویند که وابسته به مقدار  $x$  که «متغیر» نامیده من شود، باشد به این معنی که برای هر مقدار  $x$  (که علت است) یک مقدار  $y$  (اثر) وابسته باشد. در اطراف یک مقدارداده شده  $a$  از متغیر  $x$ ، خواهیم دید که آیا  $y$  کم یا زیاد به تغییرات  $x$  پاسخ می‌دهد؛ به عبارت دیگر تغییرات اثر را با تغییراتی از علت که باعث بوجود آمدن آن شده است مقایسه می‌کنیم (با بدست آوردن خارج قسمت این تغییرات). مشتق تابع در نقطه  $a$  تقریباً همین است. البته، ما فقط تغییراتی از  $x$  را در اطراف مقدار  $a$  در نظر می‌گیریم که تا حد امکان کوچک باشد، تا با دقت هر چه بیشتر بتوانیم بدانیم که تابع نزدیک به  $a$  چه وضعی دارد.

ببینید، کمی متغیر (علت) را قلقلک می‌دهیم و نگاه می‌کنیم این کار روی تابع (اثر) چه تغییری می‌دهد. اگر اثر این «قلقلک» روی تابع زیاد باشد، می‌گوئیم که مشتق زیاد است.



اگر متغیر زمان باشد، این مشتق سرعت تغییرات تابع را بیان می‌کند. مثلاً اگر وضع یک اتومبیل را در یک جاده در هر لحظه بدانیم، می‌توانیم سرعتش را از آن بدست بیاوریم. اگر در لحظه‌ای که به وسیله  $T$  مشخص می‌کنم، اتومبیل در یک فاصله

قرارداشته باشد در لحظه  $T+2S$  (که دو ثانیه بعد باشد)،  $30$  متر دورتر راه باشد، سرعت آنرا از تقسیم کردن راه پیموده اضافی از مبدأ ( $30$  متر) به افزایش متغیر زمان ( $2S$ ) بدست می آوریم؛ نتیجه می شود:

$$(که ۵۴ کیلومتر در ساعت می شود) \quad 30 \div 2 = 15 \text{m/s}$$

بنابراین می توانم بگویم که سرعت مشتق راه پیموده نسبت به زمان است. این مشتق وقتی زیاد است که راه پیموده بر حسب زمان به سرعت افزایش یابد.

### مشتق به وسیله یک مدار



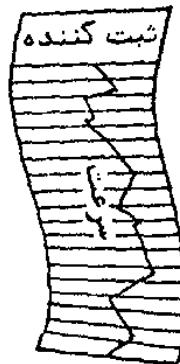
**مبتدی**— بطور مبهم فهمیدم. پس برای مدار شکل  $64$  هم وضع کمی شبیه به همین است چون اگر فشار در ورودی به سرعت افزایش یابد، جریان پرشدن خازن زیاد خواهد بود که در نتیجه فشار خروجی قوی بدست خواهد داد.

**مهندسان**— کاملاً موضوع را فهمیده ایند. البته در مثال اتوهیل نمی توان تغییرات ناگهانی در راه پیموده را بدست آورد چون در این صورت سرعت هر بوط به آن بی نهایت خواهد بود...

**مبتدی**— که همه دوندگان خواب آنرا می دینند!

### انتگرال

**مهندسان**— نه، چون غیرممکن است. این سرعت «بی نهایت» که در زمان قابل چشم پوشی بدست آمده باشد، نمایندۀ شتاب بی نهایت هم هست؛ بنابراین بطور دربرابر اعماق ناپذیر است. حالا درباره تعریف ریاضی انتگرال و گرفتن انتگرال صحبت کنیم. اگر همان اتوهیل که گفتم در نظر بگیرید، تصور کاملی از آن خواهید داشت، اما این پاره‌فرض کنید که در هر لحظه وضعیت آنرا نمی‌دانید بلکه سرعتش را می‌شناسید (مثلاً به وسیله یک سرعت نگار)



منظور پیدا کردن راه پیموده در هر لحظه به وسیله اتوهیل است.

**مبتدی**— اینکار مشکلی پیش نمی‌آورد چون کافی است زمانی را که اتوهیل در راه بوده در سرعت متوضط ضرب کنیم.

**مهندسان**— استدلال شما کاملاً درست است. اما فقط در حالتی که این سرعت کاملاً ثابت باقی مانده باشد. بسیار امکان دارد که اینظور نباشد چون مثلاً اتوهیل از دهکده‌ای عبور کرده که حرکتش را آهسته تر کرده است، ممکن بود از راه‌های مستقیم عبور کرده باشد که راننده روی گاز فشار داده باشد. بطوری که سرعت آن بهیچوجه ثابت نمانده باشد.

$$\text{لماگر } v \text{ ثابت باشد}$$

**مبتدی**— در این صورت مطلقاً نمی‌دانم چه بکنم...

**مهندسان**— بطور ساده روش شما را بکارخواهیم برد، اما زمان را به بخش‌های جزئی تقسیم می‌کنیم، که هر کدام از آنها به اندازه کافی کوچک باشد تا بتوانیم اینظور بگیریم که سرعت در این فاصله‌ها تغییر نمی‌کند...

**مبتدی**— در اینحال همه چیز عوض می‌شود! حسابی که می‌کنید هیچ ربطی به حقیقت ندارد.

$2 \text{ s} \times 15 \text{ m/s} = 30 \text{ m}$
$3 \text{ s} \times 12 \text{ m/s} = 36 \text{ m}$
$1 \text{ s} \times 11 \text{ m/s} = 11 \text{ m}$
$3 \text{ s} \times 9 \text{ m/s} = 27 \text{ m}$
بر روی هم <b>104m</b>

مهندس - از شما همین انتظار داشتم. هرچه تعداد فاصله‌ها را بیشتر بگیرید، بیشتر به ارزیابی می‌درست نزدیک می‌شویم. از این گذشته، فراموش نکنید که سرعت یک اتومبیل بر حسب زمان معمولاً تغییرات آهسته‌ای دارد...  
**مبتدی** - به عقیده من اصلاً اینطور نیست. یادتان هست درباره پسر عمومیم که یک اتومبیل کورسی دارد با شما صحبت می‌کرد. برای او چند ثانیه کافی است تا سرعت ۱۱۰ کیلومتر در ساعت پرسد...

مهندس - بله، اما من درباره اشخاص معمولی صحبت می‌کنم. پس اگر فاصله زمانی بسیار کوتاهی را در نظر بگیرید، مثلاً یک ثانیه را در نظر بگیرید و در این مدت سرعت نگاشته شده نزدیک به  $36 \text{ m/s}$  (۱۰۰ متر در ثانیه) باشد، می‌توانیم یکوئیم که در مدت این یک ثانیه، راه پیموده بسیار نزدیک به  $10 \text{ m}$  است. به این ترتیب با افزودن راههای پیموده در مدت زمانهای بسیار کوتاه، یک نوع جمع بسیار بزرگ انجام می‌دهیم که شامل تعدادی جمع است و حاصل جمعی داریم که به اندازه کافی درست است.

ریاضی‌دانان با داشتن چنین آگاهی‌هایی عمل می‌کنند. فقط چیزها را تا حد زیادی پیش می‌برند با این فرض که تعداد فاصله‌های زمانی تا بی‌نهایت افزایش می‌یابند. در این حال می‌گویند که انتگرال تابع را حساب کرده‌اند.

**مبتدی** - این عبارت برای من می‌اندازه ناخواستین است. هرچه باشد، «انتگرال» مشهور شما بنظر من درست مخالف با چیزی است که قبلاً اسمش را مشتق گذاشتید چون در آنجا سرعت را از موقعیت اتومبیل بدست می‌آوردیم و نامش مشتق بود، اگر درست در خاطرم مانده باشد، عمل مخالف آن امکان می‌دهد موقعیت را از روی سرعت بدست بیاوریم.

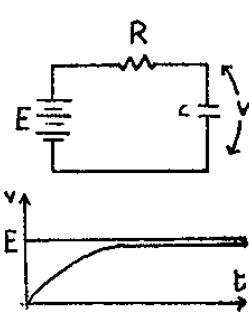
مهندس - مطلب را کاملاً فهمیده‌اید. در ریاضی نمی‌گویند مخالف، می‌گویند عمل عکس آن را باید انجام داد. فکر می‌کنم حالا شایسته کاملی با مدار «انتگرال گیرنده» شکل ۷۰ می‌بینید...

**مبتدی** - بهیچوجه، بنظر من در آنجا هیچ رابطه‌ای وجود ندارد.

### انتگرال گرفتن به وسیلهٔ مدار

مهندس - این شباهت را فوراً خواهید دید. فرض کنید که در ورودی  $E$  مدار فشار نابتی بگذارم. در خروجی چه فشاری بدست خواهیم آورد؟

**مبتدی** - بدون شک منحنی همیشگی پرشدن یک خازن است، که قوس صعودی که گردشود و به یک حد اکثر برابر با فشار نابت گذاشته شده به ورودی می‌رسد.



مهندس - درست است آقای مبتدی. اگر به این منحنی دقیق شویم، می‌بینیم که شامل بخش کوچکی است که تا وقتی فشار خروجی نسبت به فشار ورودی ضعیف باقی

می‌ماند، بطور منظم صعود می‌کند. البته این موضوع کاملاً منطقی است چون اختلاف بین فشار ورودی  $E$  و فشار خروجی  $S$  است که به مقاومت  $R$  گذاشته می‌شود؛ اگر  $E$  ثابت باشد درحالی که  $S$  کوچک است، جریان پر کردن که از راه مقاومت  $R$  می‌گذرد عمل نابت است. در این شرایط خازن بطور منظم پرخواهد شد (برای اینکه دقیقت باشد می‌گوئیم بطور خطی پر می‌شود).

**مبتدى سخوب**، تا اینجا گفته‌های شما را فهمیدم، اما مطلقاً رابطه‌آنرا با داستان غمانگیز اتومبیل شما و گرفتن انگشت‌کار نمی‌دانم.

**مهندس**— پس بطور ساده بدورودی مدارشکل ۷۰ فشار E را که در هر لحظه متناسب با سرعت اتومبیل است وصل می‌کنیم؛ تا وقتی که شما فرض می‌کنید فشار خروجی S خیلی ضعیف باقی خواهد ماند چه پیش خواهد آمد؟

**مبتدى**— چون S را قابل چشم‌پوشی فرض کردیم، جریانی که از R می‌گذرد در هر لحظه متناسب با E خواهد بود. بنابراین پرشدن خازن بر حسب آنکه E (یعنی سرعت، اگر اشتباه نکرده باشیم) کم و بیش بزرگ باشد، کم و بیش تندتر خواهد بود.

**مهندس**— دیگر سودی ندارد که به حرفرهای من گوش بدهید چون کار تمام است زیرا در هر لحظه، فشار دوسر خازن که پس از شود درست مثل راه پیموده به وسیله اتومبیل‌ها، افزایش می‌یابد. اگر سرعت زیاد باشد (Bزرگ باشد)، خازن تند بیر می‌شود، فشار E در دوس آن به تنیدی افزایش می‌یابد، درست مثل راه پیموده به وسیله اتومبیل وقتی که سرعتش زیاد است. اگر در یک لحظه معین، اتومبیل‌ها بایستد، فشار E صفر می‌شود، پرشدن خازن قطع می‌گردد...

**مبتدى**— آه، نه دیگر با آن موافق نیستم چون E صفر است، خازن خالی می‌شود.

**مهندس**— اگر سخت بگیریم حق باشماست. اما فرض کردیم که E خیلی بزرگ است و R و C هم همین‌طور. فشار دوسر خازن C همان‌طور نسبت به مقدار معمولی E ضعیف است. بنابراین اگر خازن C وقتی E صفر می‌شود بطور مؤثر کمی تخلیه شود، این خالی شدن اهمیت بسیار کمی دارد.

**مبتدى**— خوب، دارم می‌فهمم. حتی فکری هم به خاطرم رسیده است.

**مهندس**— معمولاً من به افکارشما اعتماد ندارم، با اینحال بگویید.

**مبتدى**— خوب، اگر اتفاقاً اتومبیل به عقب حرکت کند و سرعت منفی شود...

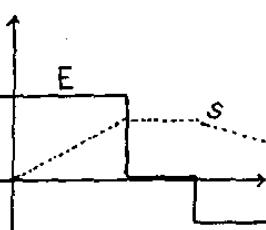
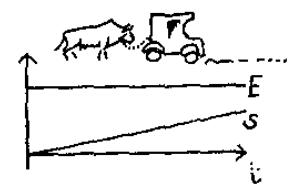
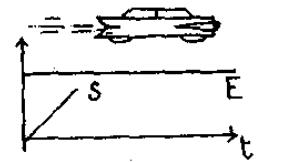
**مهندس**— این مطلب از نظر جبری کاملاً قابل قبول است.

**مبتدى**— خوب در این شرایط، دورودی شکل ۷۰ یک فشار منفی خواهیم داشت. این بار می‌شود گفت که خازن C خالی خواهد شد، درحالی که فشار منفی در دورودی مقدار زیادی دارد. تقریباً شیوه به همانست که در کیلومتر شمار اتومبیل شما پیش خواهد آمد یعنی می‌بینیم که کاهش را نشان می‌دهد.

**مهندس**— آفای مبتدى تمام تبریکاتم را بپذیرید، شما کاملاً موضوع را فهمیده‌اید... در واقع مقداری که بدورودی داده می‌شود کاملاً می‌تواند منفی باشد. اما درباره عملی کردن این تجربه، وقتی کوشش می‌کنید به این ترتیب با سرعت به سمت عقب حرکت کنید و درست راست جاده باشید، ترجیح می‌دهم با شما در اتومبیل نباشم. گذشته از این وضع فکر شما کاملاً منطقی است.

### فقط نیستی کامل است

**مبتدى**— بله، اما... هر اینکه ببخشید، در تمام این مطلب چیزی هست که ناراحتم می‌کند؛ بمن گفته‌ید برای اینکه مدارشکل ۷۰ بدرسی عمل کند، یعنی همان‌طور که شما می‌گوئید «انتگرال گیر نده» باشد، باید فشار خارجی S بسیار ضعیف باشد. اتومبیل



با نیروی حرکتی که دارد کیلومترها را پشت سر می‌گذارد، به عبارت دیگر، خازن C، اختلاف سطحی در خود جمع می‌کند. پس چه باید کرد؛ دیگر نمی‌توانید بگوئید که فشار خروجی نسبت به E قابل جسم‌پوشی است؟

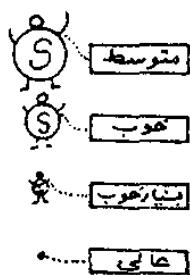
**مهندس** - کاملاً حق دارید. این سیستم فقط برای یک زمان محدود با ارزش است، طولانی بودن این زمان همانقدر است که مقاومت R را زیادتر و خازن C را بزرگتر بگیرید که به همین سبب فشار دورس خازن C بی‌نهایت ضعیف خواهد بود.

**مبتدی** - اما در اینحال با بودن چیزها تابی‌نها یست می‌توان گفت که وقتی مدار به عنوان فشار در خروجی اصلاً چیزی بست ندهد، مدار شما کامل خواهد بود.



**مهندس** - آقای مبتدی روی یک اصل فلسفی انگشت گذاشته بگوید که بر جهان حکومت می‌کند و آن اینست که تکامل به ما تعلق ندارد و بازگشت خواهد کرد مگر با چیزی که به طرف صفر تمايل دارد. ما از چیزی خشنودمی‌شویم که کامل نباشد ولی صفرم نباشد و ارزیابی می‌کنیم که به این ترتیب بسیار خوب است.

**مبتدی** - گمان می‌کنم حروف‌های شمارا خوب فهمیده‌ام، اما احساس می‌کنم که با افزودن داشت خود، هنوز من به فشاری رسیده است که باعث می‌شود فادری که از آن صحبت می‌کنید، فاصله بسیار زیادی از تکامل بگیرد و شاید وقت آن رسیده باشد که گفتگوی خودمان را همینجا تمام کنیم.



۱۰

حالاً دیگر کار تمام است چون مبتدی به وسیله «تغییر شکل خواهی» (تمایل به تغییر دادن علام) مسموم شده است. او کار را با چند برا برگردان فر کانس آغاز می کند، بعد آنرا تقسیم می کند، که این مطلب باعث می شود که مهندس درباره ویژه اتور چند جانبه بر ایش صحبت کند. توضیحاتی که در مورد تقسیم به اعداد زوج داده می شود، احساس پیش نمی از وجود مونتاژ دو ثابتی «اکلس-جورдан» (Eccles-Jordan) را در مبتدی بوجود می آورند و به وسیله Hybrid (اختلاط) با ویژه اتور چند جانبه، یک ثابتی را بوجود خواهد آورد. مبتدی خیلی وسوسه خواهد شد که بجا ای کاربرد این مونتاژ، که تأخیر انداز ضربه است، «پیش انداز ضربه» را بگذارد (البته سیستم مبتدی است) اما می ترسد که موفق به اختراق دستگاه اخیر نشود.

## ضرب و تقسیم فرکانس‌ها

**مبتدی** - آقای مهندس مثل اینست که هیل شما به آزار علائم و تغییر

آنها به بالاترین حد، این بار دچار کمروئی شده است.

**مهندس** - قبلًا بشما گفتم که هنوز من آزار آنها نیست، بلکه‌ها الکترونیک

نسبت ہی دھیں؟

**مبتدی**—در تمام تغییر شکل‌ها، شکل عالم را چنان خراب کرده‌اید که مولد به وجود آور نموده آنها، دیگر کوکان خود را نخواهد شناخت؛ با اینحال بر خلاف میل خود تان فر کانس، آنها را حفظ کرده‌اید.

مهندس۔ خوب، اگر اینکار خوشحالتان می کند، الان در بارہ ضرب و تقسیم فر کانسٹھا صحت می کتیں...

مبتدی- آینکار بخصوص برای خوشحال کردنم نیست، چون از الان حدس می‌زنم که بی‌نهایت پیچیده است.

مهندس سپهچیده کلمه رسانی نیست، بگوئید بسیار مشکل و تازه شاید گویا نباشد... تا بحال درباره دستگاههای چندبرابر کننده فرکانس چیزی شنیده اید؟

**بیانی** - نه، هر لز، و نمی‌دانم با آن جهه می‌نماید.

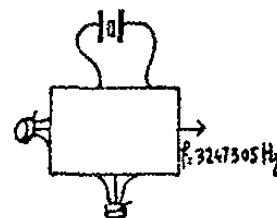
## چند برا برگردان فرگاوس

**مهندس** — حالا آنرا خواهید دید. قطعاً تا بحال نوسان سازه‌ای کوارتنی را پکار برده‌اید؛

**مبتدی** - بله، حتی آنرا ساخته‌ام و بسیار درست کار می‌کنم: فن کانس کاملاً گایرت بدست مرآورده، که در دنبای، کته‌فر، حجمی ژاپنی است.

**مهندس** - بالآخرین مقدار فرکانس زیادی که باکوارتز درست کردهاید چقدر است؟

**مبتدی** - هیچ وقت نیاز نداشتم که فرکانسی بیشتر از ۳۰ یا ۴۰ مگاهرتز داشته باشم.



**مهندس** - می توانستید کو ارتزهای پیدا کنید که فرکانس آنها نزدیک به ۲۰ مگاهرتز باشد ، اما بعد از این مقدار دشوار است و در هر حال کو ارتزی پیدا نمی کنید که با فرکانس ۱۸۵/۲۵ مگاهرتز کار نکند.

**مبتدی** - این فرکانسی است که نمیدانم چه فایده ای دارد؟

**مهندس** - از این حرف نتیجه می گیرم که هیچ وقت به تلویزیون نگاه نکرده اید. با اینحال سودمند است بدانید که ارسال تصویر به وسیله فرکانسی که کوارتن ایجاد می کند، انجام می گردد.

**مبتدی** - لعنت بن شیطان! این فکر را نکرده بودم. اما شما که گمان نمی کنید اگر یک کوارتن ۱۸۵/۲۵ مگاهرتزی سفارش بدهند، می توان آنرا به همان صورت بکار برد؟

**مهندس** - مسلمانه. هر چه فرکانسی که کوارتن باید با آن نوسان کند بیشتر باشد، باید آنرا نازکتر کرد؛ و در این فرکانس کوارتن پسیار نازک خواهد بود...

**مبتدی** - تصور می کنم مثل آدمی است که رعشه بیکردد...

**مهندس** - آقای مبتدی پنجای اینکه شوخي هائی بکنید که برای مجله های پيش پا افتاده خوب است، بهشت است فکر کنید که نمی توان کوارتزی ساخت که کلفتی آن چند میکرون باشد. پس به کوارتزی اکتفا می کنیم که فرکانسی بدهد که خیلی کمتر از ۱۸۵/۲۵ مگاهرتز باشد.

**مبتدی** - دوست عزیز در اینصورت باید بگوییم اگر کوارتن شما فرکانس مورد نیاز فرستنده را ندهد هیچ کاری نمی توانم بکنم.

**مهندس** - دوست عزیز بگذار من چه متقابلاً بگوییم که می توانم به کوارتزی اکتفا کنم که فرکانس خیلی کمتری می دهد به شرط آنکه بتوانم این فرکانس را در عدد صحیح ضرب کنم.

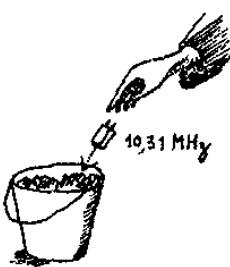
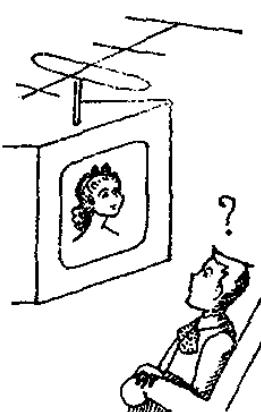
**مبتدی** - خوب، این موضوع اصلاً به فکرم نمی رسید. حدس می زنم حالا برایم خواهید گفت که یک فرکانس را چگونه چند برا این می کنم. اقرارمی کنم که اینکار تا حدودی کمیکلاریم را تحریک می کند.

**مهندس** - خیلی آسان تر از آنست که گمان می کنید. قبل از باره مدارهای نوسانی چیز هائی شنیده اید. می دانید که نوسان های یک خازن و یک قرقره که در نتیجه یک ضربه الکتریکی ایجاد شده باشد میل دارد فرکانسی داشته باشد که با فرمول زیر مسون داده شده است:

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

فرض کنید که یک مدار نوسانی ساخته ایم که فرکانس هماهنگی آن ۱۰ مگاهرتز است. آنرا با ضربه های الکتریکی کوتاه با فرکانس یک مگاهرتز برای برگشت تحریک می کنیم. با هر ضربه مدار آغاز به نوسان می کند در حالی که فرکانسی برای ۱۰ مگاهرتز بما می دهد. این نوسان ها میل به میرا شدن دارند یعنی دامنه ای دارند که به تدریج کم می شود. در لحظه ای که مدار نوسان دهم خود را آغاز می کند، یک ضربه ثانیه می رسد و به این ترتیب ضربه جدید دامنه نوسان مدار را دوباره زیاد می کند (شکل ۷۵) و کار ادامه می یابد.

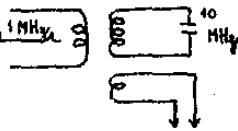
**مبتدی** - اما در اینجا چند بر این کردن واقعی فرکانس وجود ندارد.



مهندس- مگر شما چه می خواهید؛ در این مدار فرکانس یک مگاهertz وارد

می کنم و از آن فرکانس ۱۰ مگاهertz بیرون می آورم.

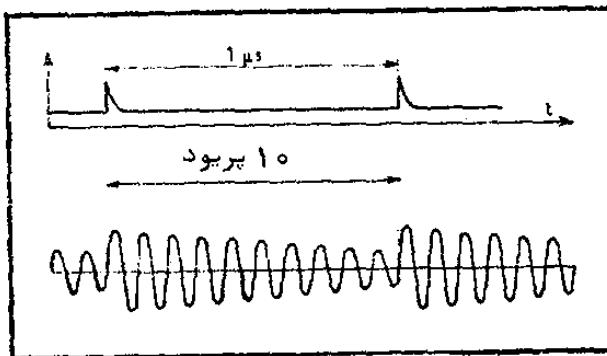
مبتلای- بله، تا اینجا را قبول دارم. اما این نوسان ۱۰ مگاهertz به وسیله مدار داده شده است. این فرکانس با فرکانسی که به آن می دهیم هیچ رابطه کامل ندارد.



### راهنمایی به وسیله مدار

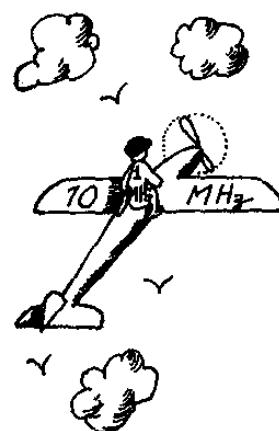
مهندس- اگر من درست دقت نمی کنم و فرکانس آنرا ۱۰ برابر فرکانس ضربه‌های که به آن می دهیم نمی گرفتم، هیچ رابطه‌ای با آن نداشت. چون درست همین کار را کرده‌ام، ضربه‌تازه‌ای که دامنه نوسان را زیاد می کند، آنرا درست در موقعی به حرکت درآورده که دهمین پریود آغاز شده است. بنابراین نوسانی با فرکانس ۱۰ مگاهertz تازه‌تریم که به گونه‌ای به وسیله ضربه‌های یک مگاهertz تازی راهنمایی و رهبری می شود. حالا فرض کنید که فرکانس یک مگاهertz تازی ۵ درصد زیاد شود؛ با هر ضربه‌ای که در رودی ایجاد می شود، نوسان‌های ۱۰ مگاهertz تازی مدار نوسانی، کمی زودتر به حرکت آورده می شوند؛ بنابراین در فرکانس خروجی افزایش کمی که آنهم ۵ درصد است به وجود خواهد آمد. بدیهی است چنین دستگاهی غیر از تغییرات ضعیف فرکانس رودی چیزی قبول نمی کند. با درنظر گرفتن اینکه موضوع چند برابر کردن فرکانس نوسان یک کوارتز به وسیله یک عدد ثابت در بین است،

شکل ۷۵- ضربه‌های با فرکانس یک مگاهertz تازی، نوسان‌های یک مدار ده مگاهertz تازی را در هر پریود به حرکت درمی آورند به این ترتیب فشار خروجی فرکانسی دارد که بار بزرگتر از فرکانس ضربه‌های تحریملک- کشند است.



می توانیم مطمئن باشیم که تغییرات این فرکانس همیشه بسیار ضعیف است.

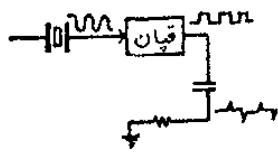
مبتلای- خوب، قبول دارم که در اینجا چند برابر کردن فرکانس بطور مؤثر انجام می شود. فقط در دستگاه شما چیزی هست که ناراحتم می کند و آن اینست که اگر از یک نوسان‌ساز کوارتز استفاده کنم، تمام کوشش خود را می کنم که کوارتز فشار سینوسی شکل درست کنم. کوارتز از آن ضربه‌های مناسب بدست نمی دهد که بتواند مدار نوسانی را تحریملک کند.



مهندس- پس آقای مبتلای تمام چیزهایی که دفعه قبیل گفتم فراموش کرده‌اید؛ فکر می کنید که قیان اشمیت، مدارهای مشتق گیرنده و دیگر مدارها را فقط برای این اختراع کرده‌اند که اشخاصی نظیر مبتلای را ناراحت کنند؛ از آنها همی توان استفاده کرد.

**مبتدی**— اقرار می کنم که دیگر به آنها فکر نمی کردم. اما این دستگاهها

نسبتاً پیچیده هستند.



**مهندس**— واقعاً بنظر شما یک دستگاه که با دو ترانزیستور معمولی، چهار مقاومت و شاید یک یا دو دقیقه کار درست می شود پیچیده است؛ اینکار آن قدر کم است که بکار بردن کلمه درست کردن برایش زیاد است. نه آفای مبتدی اگر دراینجا متوقف شوید، من بیرون بخواهم برایم بهتر است.

### ضرب غیر دوره‌ای

**مبتدی**— خوب، حرفم را نشنیده بگیرید. اما... معدرت می خواهم بدون شک میل عجیبی برای مخالفت دارم... با اینحال منتظر من اندوهبار است که این دستگاه چند برابر کننده فرکانس در درودی نیاز به چنین شتابی دارد. دلم می خواست دستگاهی برای چند برابر کردن به من معروفی می کردید که تغییرات قابل توجه فرکانس در درودی را هم قبول کند.



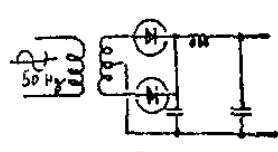
**مهندس**— خوب آفای مبتدی خودتان یکی از آن برایم پیدا کنید و این بار، ضمانت می کنم که بتوانید گواهینامه مشهور خودتان را بگیرید. با بهره برداری از آن حتی بول زیادی هم بدست می آورید (یا درست تو بگوییم بول زیادی به کسی که از آن بهره برداری کند می رسانید) با اینحال برای اینکه کمی دلگرم شوید، روش هائی را که چند برابر کردن فرکانس را از راه آسانتری امکان پذیر می کنند، به شما نشان خواهم داد. نتیجه های بدست آمده خیلی جالب نیستند، اما می توان حد مجاز برای تغییرات فرکانس را زیادتر گرفت. حتی مطمئن هستم که تا بحال دستگاه دو برابر کننده فرکانس هم ساخته اید.

**مبتدی**— خدا یا مسلمانه و گرنه خودم خبر داشتم.

**مهندس**— خوب، حالا می فهمید. قطعاً یکسوسازی ساخته اید که از برق شهر استفاده می کنید تا به وسیله دولامپ فشار مستقیم در اختیارتان بگذارد؟

**مبتدی**— بله، البته. اما بادو برابر کردن فرکانس خیلی فاصله دارم چون از فرکانس ۵۰ هرتز آغاز می کنم تا به فرکانس صفر هرتز برسم... اگر این کار را دو برابر کردن بداخیلی، من در عالم خیال هستم.

**مهندس**— به جیزی که پس از صاف کردن بدست می آورید فکر نمی کنم، بلکه قبل از صافی هوردنظر من است. چون هر لامپ بطور نوبتی دریک پریودکار می کند، در سراسافی فشار خر خر بدست من آورید که فرکانس آن دو برابر فرکانس شبکه است (شکل ۷۶) به عبارت دیگر، فرکانس صد هرتز بدست می آورید.



**مبتدی**— اما مقدار آن بسیار ناچیز است چون خازن صافی درست برای حذف کردن این مؤلفه گذاشته شده است.

$$2 \times 50 = 0$$

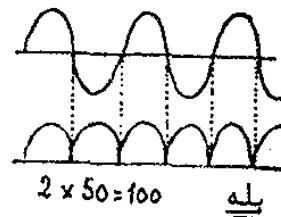
?

**مهندس**— بله، اما اگر صافی بکار نبرید، فشاری دارید که در دو تیم پریود نمایان می شود که اصولاً فشار متناوب صد هرتزی است که به یک مؤلفه ثابت اضافه شده است.

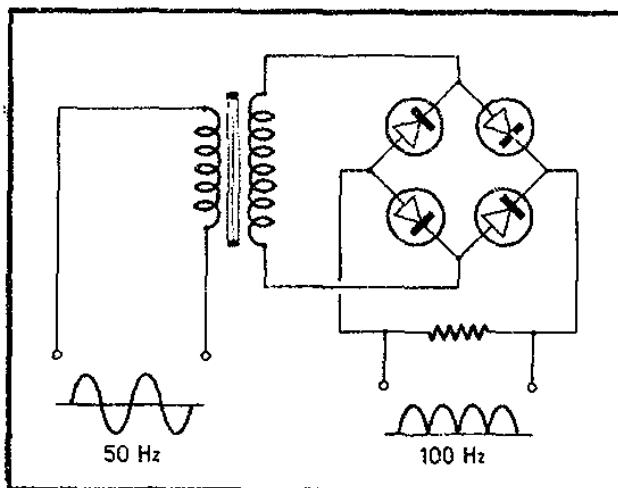
**مبتدی**— قول دارم که فرکانس آن تقریباً صد پریود در ثانیه است، اما خیلی با فرکانس سینوسی شکل فاصله دارد.

**مهندس.** منهم هیچ وقت نگفته‌ام که سینوسی شکل است. در واقع اگر به دقت این فشار را تجزیه و تحلیل کنید، علاوه بر مؤلفه مستقیم و مؤلفه صدھرتزی، هارمونیک‌های پیدا می‌کنید که باعث می‌شوند این شکل شگفت‌آور را پیدا کند. و آنکه بوسیله یک صافی هارمونیک‌ها را به آسانی می‌توان حذف کرد و فقط مؤلفه صدھرتزی را نگهداشت.

**مبتدی.** بله، قبول دارم، اما حالا که یک صافی وجود دارد برای تمام فرکانس‌ها قابل استفاده نیست.  
**مهندس.** کاملا موافقم، و هیچ وقت ادعا نکردم دوبار این‌کننده فرکانسی بشما معرفی کنم که کار برذ همکانی داشته باشد.

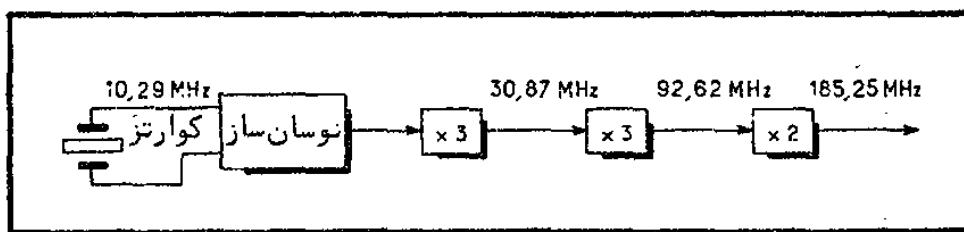


شکل ۷۶- با یکسوسازی دو تریم پریود یک فشار ۵۰ هرتزی، فرکانس را دو برابر می‌کنیم برای اینکه اساس فشار یکسوسو شده صد هرتز است.



### ضرب آبشاری

**مبتدی.** پس در اینجا هی تو ان فشار صدھرتز صاف شده شما را برای گذاشتن به یک دستگاه شیوه هدار شکل ۷۶ بکار برد؛ در اینصورت ۲۰۰ هرتز بدست می‌آید که می‌توان آنرا به نوبه خودش صاف کرد و...  
**مهندس.** آفرین آقای مبتدی، کاملاً فهمیده‌اید که غالباً بسیار جالب است



10,29
10,29
X3
31,54
X3
94,62
X2
185,25

شکل ۷۷- یک نوسان‌ساز کوارتزی که روی فرکانس  $10/29$  مگاهرتز کار می‌کند، پس از دو طبقه سه برابر کننده و یک طبقه دو برابر کننده فرکانس زیاد  $185/25$  مگاهرتز را بدست می‌دهد، ثبات فرکانس درست مانند کوارتز در آغاز کار است و فرکانسی ایجاد می‌کند که برای ایجاد آن کوارتزی وجود ندارد.

که روش چند برابر کردن فرکانس‌ها دنبال هم بکاربرده شود. در مثال فرکانس زیاد ۱۸۵/۲۵ مگاهرتزی که قبلاً برایتان گفتم، بهتر اینست که از فرکانس آن ۱۰/۲۹ مگا-هرتزی آغاز کنیم. با سه برابر کردن فرکانس آن به وسیله روشی که قبلاً برایتان گفتم فرکانس ۳۰/۸۷ مگاهرتز را بدست می‌آوریم که به ورودی یک تقویت‌کننده با تحریک زیاد گذاشته می‌شود که اگر ضربه ایجاد نکنند دست کم هارمونیک ایجاد می‌کند و به وسیله آن یک مدار نوسانی زیر تحریک قراری گیرد که روی هارمونیک سوم آن تنظیم شده است و در نتیجه در آن فرکانس ۹۲/۶۲ مگاهرتز را بدست می‌آوریم. اگر این فرکانس را دو برابر کنیم فرکانس ۱۸۵/۲۵ مگاهرتز را بما خواهد داد (شکل ۷۷)



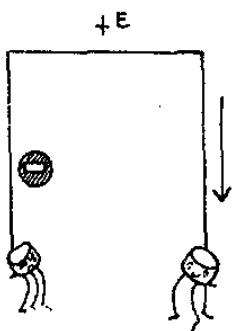
تقسیم فرکانس

**مبتدی**- آقای مهندس حالا که ضرب فرکانس یک علامت به این ترتیب امکان پذیر است، تقسیم کردن آن هم باید امکان داشته باشد درست است؟  
**مهندسان**- اگرچه در نتیجه گیری شما از منطقی استفاده شده که قابل بحث است با اینحال درست است. حتی باید بگوییم که تقسیم کردن یک فرکانس از ضرب کردن آن ساده‌تر است. روش‌های زیادی برای این کار وجود دارد. روش‌های اساسی را بدنبال هم بررسی خواهیم کرد.

اگر فرکانسی در نظر باید که نسبتاً تغییراتش کم است، می‌توانیم از نوسان‌سازی استفاده کنیم که روی ضربه‌هایی کار می‌کند که ما آنرا به وسیله فرکانسی که می‌خواهیم تقسیم کنیم همزمان کرده‌ایم.

### ویراتور چند جا به

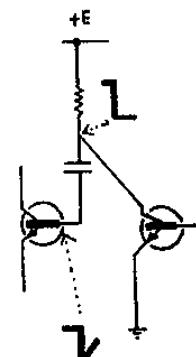
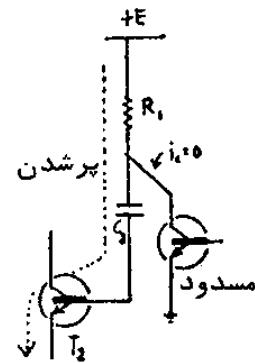
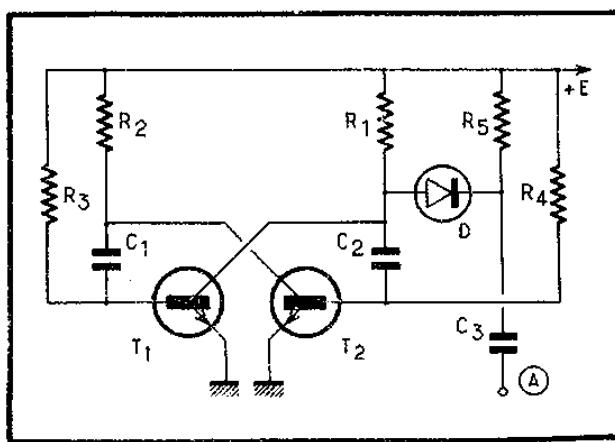
**مبتدی**- منظورتان از نوسان‌سازی که با ضربه‌کار می‌کند چیست؟  
**مهندسان**- چیزی شبیه ویراتور چند جا به است. طرزکار دستگاه آنقدر ساده است که تصورش را نمی‌توانید بگنید، در شکل ۷۸ بطور خلاصه آن اکشیده‌ام.  
**مبتدی**- وقتی همین‌طوری به آن نگاه کنیم چندان پیچیده بنتظر نمی‌آید. اما به شما چندان اعتماد نمی‌توان کرد. می‌شود گفت که یک تقویت‌کننده با دو طبقه است که خروجی آنرا به ورودیش وصل کرده‌اند.  
**مهندسان**- کاملاً درست است. و آنکه به همین جهت است که مجموعه آن شروع به نوسان می‌کند. با آنچه که درباره مدارهای مشتق گیرنده برایتان گفته‌ام، باید به آسانی طرزکار آنرا بفهمید. فرض می‌کنیم ابتدا ترانزیستور  $T_1$  هدایت می‌کند و حتی به حالت اشباع رسیده است؛ این ترانزیستور نوعی اتصال کوتاه‌بین جمع کننده، ارسال کننده و پایه خودش در مونتاژ به وجود می‌آورد، در این لحظه فرض کنیم که  $T_2$  مسدود است. چون در یک لحظه پایه آن به یک فشار هنفی وصل شده است، در این شرایط جریانی که از مقاومت  $R_4$  می‌گذرد میل دارد با خالی کردن خازن  $C_2$  این پایه را کمتر از پیش هنفی (وحتی هشت) کند. در یک لحظه، پایه ترانزیستور  $T_2$  مثبت می‌شود...



**میتدی**- آنوقت آنهم هادی می‌شود، آن هم به اشباع می‌رسد و همه‌جیز متوقف می‌گردد.

**مهندس**- آرامتر آقای میتدی. اگر  $T_2$  هادی شود، اختلاف سطح جمع-کننده آن که  $+E$  بود، ناگهان صفر می‌شود. این تغییر ناگهانی از راه خازن  $C_1$  بطور کامل به پایه  $T_1$  منتقل خواهد شد؛ این پایه ناگهان منفی می‌شود و  $T_1$  مسدود خواهد شد. در نتیجه همین عمل، از دیاد اختلاف سطح جمع-کننده  $T_1$  که میل دارد خازن  $C_2$  را دوباره پر کند، به  $T_2$  کمک می‌کندتا به اشباع برسد.

-V8- ویبر اتور چند جانبه در ترانزیستوری، که هر کدام بطرور متنابع مسدود می‌شود در حالی که دیگری به اشباع رسیده است.



در حالی که پایه  $T_1$  منفی است، جریانی که از مقاومت  $R_3$  می‌گذرد، با خالی کردن خازن  $C_1$  اختلاف سطح آنرا بالامی برداخته و  $T_1$  بسیار کم مشبک شود. در این لحظه  $T_1$  هادی خواهد شد و  $T_2$  را مسدود خواهد کرد درست مثل چند لحظه قبل و کار ادامه پیدا می‌کند. در شکل ۷۹ تغییرات فشار دو جمع-کننده و دو پایه ترانزیستورها را برایتان کشیده‌ام.

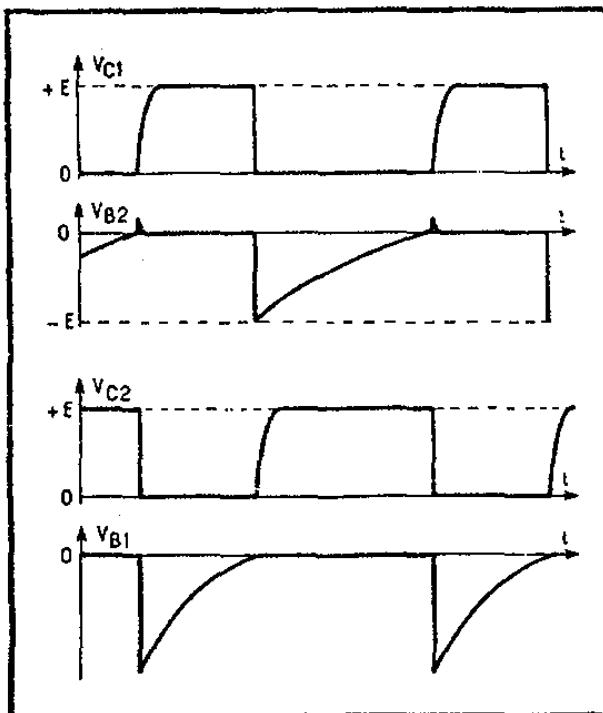
**میتدی**- تقریباً می‌فهمم چگونه کار می‌کند اگرچه بسیار پیچیده است. در واقع روی پایه‌ها فشارهای بدبست می‌آوریم که کمی شبیه به فشارهای شکل ۶۹ هستند، چیزی که تقریباً عادی است زیرا بعد از مدارهای که ارتباط خازنی و مقاومتی دارند همین نوع فشار بدبست می‌آید. چیزی که بیشتر شگفت‌زده‌ام می‌کند، شکل فشارهایی است که روی نوسان‌ساز بدبست می‌آید و آن اینست که چرا بالا رفتن منحنی آهسته و پائین آمدنش ناگهانی است؟

**مهندس**- بالا رفتن آهسته بخوبی قابل توضیح است. مثلاً وقتی که ترانزیستور  $T_1$  به وسیله پایه‌اش مسدود شد، اختلاف سطح جمع-کننده‌اش نمی‌تواند به سرعت بالا برود زیرا باید خازن  $C_2$  از راه خازن  $C_1$  دوباره پر شود. همین باعث وجود آمدن گردی در منحنی می‌شود که شما درباره‌اش صحبت کردید.

بر عکس وقتی یک ترانزیستور ناگهان رساناً می‌شود، یک نوع اتصال کوتاه دارد که از راه آن خازن‌ها هی توانند به سرعت خالی شوند. از این گذشته خازن‌ها نیازی هم به آن ندارند.

در واقع وقتی  $T_1$  مسدود شد،  $C_2$  باید پر شود، چون جوشن پائینی آن از





شکل ۷۹- شکل موج های ویرا  
تور چند جانبه شکل ۷۸.



راه اتصال پایه- ارسال کننده  $T_2$  که رسانا است به اختلاف سطح بدن وصل است. وقتی  $T_1$  ناگهان مسدود شد، خازن  $C_2$  کاهش ناگهانی اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  را به پایه  $T_2$  منتقل می کند؛ بنابراین نباید خالی شده باقی بماند. این چیزی است که علت داشت بودن کناره های نزولی را که در منحنی تغییرات اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  دیده می شود، بیان می کند. و آنگهی نباید فراموش کرد که پایه های دو ترا نزیستور نمی توانند هشتیت شوند. زیرا بمحض اینکه کمی هشتیت شوند، اتصال پایه- ارسال کننده رسانا می شود و به این ترتیب یک اتصال کوتاه واقعی با بدن تشکیل خواهد داد. این همان چیزی است که بیان کننده وجود پخش های افقی روی منحنی نمایش تغییرات فشار دوپایه ترا نزیستورها بر حسب زمان است.

درباره ویرا تور چند جانبه مطلب های زیاد دیگری برای گفتن هست، اما مطالعی که می دانید آنقدر هست که بتوانیم آنرا به عنوان پخش کننده فرکانس پکار بینید.

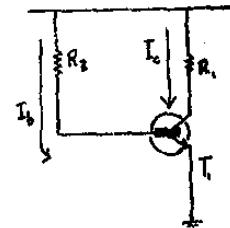
### شرایط اشباع



**مبتدی-** قبل از اینکار می خواستم پرسشی بکنم. بمن گفتید که ترا نزیستور-های  $T_1$  و  $T_2$  و قطبی کار می کرددن اشباع شده بودند. دلم می خواهد حرثان را پاور کنم ولی می خواستم پدانم برای چه.

**مهندس-** کاملا حق دارید این پرسش را بکنید. مثلا فرض کنید که  $T_1$  رسانا است. جریانی که به پایه آن می رسد از راه مقاومت  $R_2$  است. اختلاف سطح پایه

آن تقریباً برای اختلاف سطح ارسال کننده آنست، همانطور که در تمام تراانزیستور غیرمسدود اینطور است. پس در دو سر مقاومت  $R_3$  فشاری وجود دارد که علاوه بر این  $E$  است. بنابراین جریانی که از این مقاومت می‌گذرد، یعنی جریان پایه  $T_1$  برای  $\frac{E}{R_3}$  است با



از طرف دیگر، اگر این تراانزیستور اشباع شده باشد، چون اختلاف سطح

جمع کننده آن علاوه صفر است، جریان جمع کننده اش برای است با  $\frac{E}{R_1}$ .

بنابراین کافی است ضریب بهره تراانزیستور در جریان (که آنرا به وسیله  $\beta$

نمایش می‌دهیم) به نحوی باشد که حاصلضرب جریان پایه  $\frac{E}{R_3}$  در  $\beta$  بزرگتر از

جریانی باشد که ممکن است به وسیله جمع کننده بگذرد، یعنی بزرگتر از  $\frac{E}{R_1}$  باشد.

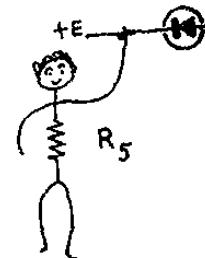
یک مثال عددی می‌زنم. تراانزیستوری می‌گیریم که ضریب بهره آن در جریان  $\beta = 30$

باشد. کافی است که مقاومت  $R_3$  کمتر از  $30$  برابر مقاومت  $R_1$  باشد، تا اینکه حاصلضرب  $\frac{E}{R_3}$

در  $\beta(30)$  بزرگتر از  $\frac{E}{R_1}$  باشد.

**مبتدا** - تا اینجا مطالب شما را خوب فهمیدم، اما چیز دیگری هم هست. شما جریان‌هایی را که در نتیجه پرشدن یا خالی شدن خازن‌ها ممکن است به پایه‌ها بروند و یا از آن خارج شوند، در نظر نمی‌گیرید.

**مهندسان** - این جریان‌ها فقط کارها را روپردازی می‌کنند. مثلاً وقتی خازن  $C_1$  از راه مقاومت  $R_4$  پر می‌شود، جریان پرشدن آن به جریانی که از راه  $R_3$  به پایه  $T_1$  می‌رسد، افزوده می‌شود. بنابراین غیر از بهتر کردن موقتی، کار دیگری نمی‌کند.

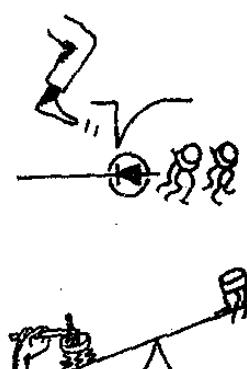


### همزمانی

**مهندسان** - حالا از دیود  $D$  که تابحال پلکانی در بودم، استفاده خواهیم کرد تا یک ضربه منفی را، که از نقطه  $A$  از راه خازن  $C_3$  فرستاده شده، به جمع کننده تراانزیستور  $T_1$  بگذارم.

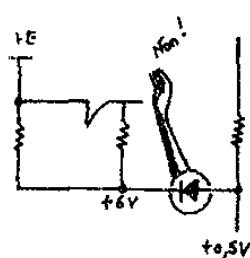
**مبتدا** - مقاومت  $R_5$  به چه درد من خورد؟

**مهندسان** - این مقاومت بطور ساده برای اینست که اختلاف سطح متوسط کاتد دیود  $D$  را به مقدار  $+E$  ثابت نگه دارد. با این ترتیب دیود  $D$  نمی‌تواند رسانا باشد مگر آنکه تراانزیستور  $T_1$  مسدود باشد (چون این موضوع جمع کننده تراانزیستور  $T_1$  و در نتیجه آن دیود را به اختلاف سطح  $+E$  وصل می‌کند) و کاتد دیود به وسیله  $T_1$  ضربه‌ای که از راه خازن  $C_3$  می‌رسد، منفی شود.



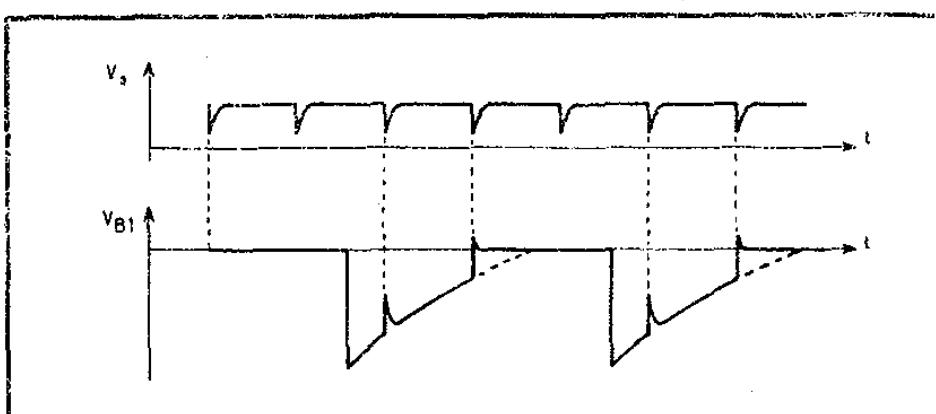
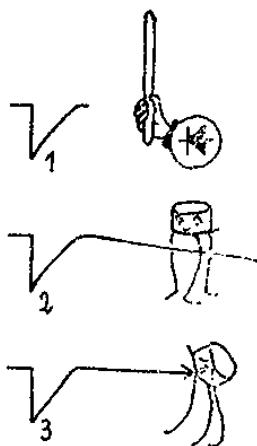
**مبتدا** - وحشتندگ است! اگر به این ترتیب ضربه‌ای را روی جمع کننده  $T_1$  بفرستید، کار معونت از را کاملاً بر هم می‌زنید!

مهندس - افرارمی کنم که قصد من هم همین بود. فرض کنید که مثلاً دوین اتور چند جانبه میل داشته باشد که با فرکانس تکرار ۱۰۰ هرتز کار کند. به نقطه A هوتاتاً ضربهای منفی با فرکانس ۳۳۰ هرتز می‌فرستیم. ابتدا فرض می‌کنیم که نخستین کار ویپر اتور چند جانبه که همزمان با کاهش ناگهانی اختلاف سطح جمع کننده T<sub>1</sub> است، درست در لحظه‌ای بوجود بیاید که یک ضربه به A می‌رسد.



وقتی ضربه بعد به A می‌رسد، خیلی احتمال دارد که تراانزیستور T<sub>1</sub> هماظور اشباع شده بماند. بنابراین ضربه گذاشته شده به کاند دیود، منتقل نخواهد شد. ضربه بعدی ممکن است باز هم به حالت اشباع T<sub>1</sub> برخورد کند؛ پس آن هم اثری ندارد. سومین ضربه در لحظه‌ای بوجود می‌آید که ویرا اتور چند جانبه روی نقطه نوازن توازن ایست. در اینحال T<sub>1</sub> مسدود است و پایه T<sub>1</sub> ازدوباره خارج شدن از مسدودی خیلی دور نیست. به این ترتیب سومین ضربه حالت توازن ویرا اتور چند جانبه (اکمی زودتر از آنکه خودش می‌کرد، ایجاد می‌کند. ۳ پریود از بیک علامت ۳۳۰ هرتزی، کمتر از بیک صدم ثانیه طول می‌کشد. پس از سه ضربه تازه، دوباره شیوه پس‌هسته ضربه نخست، همان وضعیت تکرار می‌شود؛ حالت توازن ویرا اتور چند جانبه به سبب ضربه دریافت شده در A دوباره کمی زودتر بوجود می‌آید. پس ویرا اتور چند جانبه کمی زودتر از آنچه که خودش نوسان می‌کرد، نوسان می‌کند. این ویرا اتور چند جانبه، علامتی با ۱۱۰ هرتز به ماخواهد داد، یعنی  $\frac{1}{3}$  فرکانس گذاشته شده به ورودی آن (شکل ۸۰).

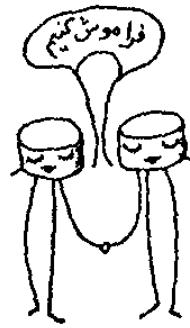
**مبتدی** - در اینجا با شما موافق نیستم. نخستین باری که این ویرا اتور چند جانبه را با خشونت مشخصی مجبور کردید خیلی زودتر از موقع نوسان کند، باید در نتیجه این کار نوعی تغییر شکل در ویرا اتور چند جانبه بوجود آمده باشد. من تبله بعد، تغییر شکل بعدی حتماً به قبلی افزوده شده است. و بعد از ۲ یا ۳ پریود ویرا اتور چند جانبه، این کار دیگر عملی نیست.



شکل ۸۰ - ضربه‌های گذاشته شده به نقطه A، توازن دوباره ویرا اتور چند جانبه را زودتر از آنکه خود بخود بوجود می‌آمد، ایجاد می‌کند. ویرا اتور چند جانبه با فرکانس نوسان می‌کند که برابر  $\frac{1}{3}$  فرکانس ضربه‌های گذاشته شده به نقطه A است.

**مهندس**— دقیقاً نه آقای مبتدی، یک ویبر اتور چند جانبه حافظه ندارد، بلکه به حالت توازن درآمد، خواه خود بخود باشد یا زیر تأثیر ضربه خارجی، در وضع کاملاً مشخصی قرار می‌گیرد که بستگی به این ندارد که تحریک شده است یا نه.

**مبتدی**— اگر خوب فهمیده باشم ویبر اتور چند جانبه شما کینه‌ای نیست.  
**مهندس**— الکترونیک به اندازه کافی وسایل تجزیه و تحلیل روحی در اختیار ندارد که بتوان وضع روحی ویبر اتورهای چند جانبه را شناخت. ساده‌تر بگوئیم، به عبارت فنی حافظه ندارد، و آنکه این موضوع مشخصه بسیار گرانبهائی برای ما است.



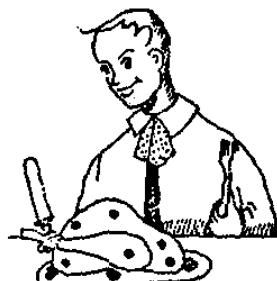
### ثبات تقسیم

**مبتدی**— درواقع این کار خیلی به نظر من پیچیده نیست. اما اگر فرکانس ضربه‌های گذاشته شده به  $A$  را تعیین دهم چه پیش می‌آید. مثلاً اگر تعداد آنرا به ۴۰۰ هرتز برسانم چه می‌شود.

**مهندس**— ممکن است باز هم کار کند و ویبر اتور چند جانبه رضایت بدهد که کارش را کمی تشدیتر کند و به  $133 = 3 \div 400$  هرتز برساند. اما همینطور امکان دارد وقتی همزمان با یک ضربه به توازن درآمد، پس از گذشت سه ضربه، برای حساس بودنش دربرابر ضربه هنوز خیلی زود باشد. در این شرایط ضربه سوم را ندیده می‌گیرد و بطور ساده روی ضربه چهارم، که درست وقتی می‌رسد که ویبر اتور چند جانبه میل دارد دوباره به توازن درآید، متوازن می‌شود. در اینصورت دستگاه دیگر به ۳ تقسیم نمی‌کند بلکه بر ۴ تقسیم خواهد کرد.

**مبتدی**— پس خیلی ثابت نیست؟

**مهندس**— تا آنجا ثابت است که فرکانسی را که باید تقسیم کند، زیاد تغییر ندهید. چنان دستگاهی آماده نیست که هر فرکانس نامشخص را به یک عدد ثابت تقسیم کند. اگر فرکانس گذاشته شده به مرور دی فقط تا حد ضعیفی تغییر کند، با این روش تقسیم کننده‌ای بسیار عالی ساخته اید.



**مبتدی**— این چیزی است که بدرد من می‌خورد چون خیلی دلم می‌خواست یک تقسیم کننده به ۸۱۹ داشته باشم تا ضربه‌هایی با فرکانس تعداد تصویرهای تلویزیون به سیله ضربه‌های با فرکانس خطوط داشته باشم و با براین ویبر اتور چند جانبه‌ای می‌سازم که تقریباً در ۲۵ هرتز اما کمی آهسته‌تر کار کند زیرا برایم گفتید که همزمانی غیر از تندتر کردن کار دیگری انجام نمی‌دهد و ضربه‌هایی با فرکانس خطوط به آن خواهم داد.

**مهندس**— آقای مبتدی اگر موفق شوید یک سورحساپی بشما می‌دهم اچ طور می‌خواهید که ویبر اتور چند جانبه شما آنقدر ذر نک باشد که روی ضربه همزمانی ۸۱۸ به توازن در نماید و روی ضربه ۸۱۹ کاملاً بکار بیفتد. واقعاً بین این دو ضربه وضع آن کمی تغییر کرده است. برای اینکار باید تنظیم جادوئی مطلق و باعده ثبات کامل وجود داشته باشد.

ها وجود این می‌توانید یک تقسیم کننده به ۸۱۹ بسازید ولی یکباره ساخته

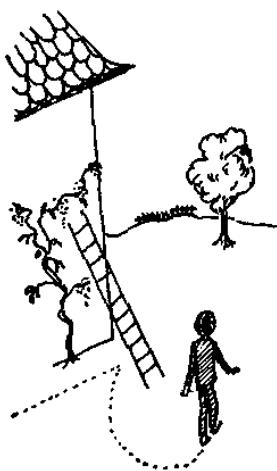
$$819 = 9 \times 7 \times 13$$

خواهد شد. شاید توجه کرده باشید که  $13 \times 7 \times 9$  حاصلضرب  $8194$  است. بنابراین درطبقه اول فرکانس خط خودتان را به ۹ تقسیم می کنید. ضربهای این نخستین ویس اتورچندجایه به ویس اتوردوام گذاشته خواهد شد که آنرا به ۷ تقسیم می کند؛ این طبقه دوم به ویس اتورچندجایه سوم می رسد که فرکانس واپسی را به  $13^4$  تقسیم می کند.

البته احتمال دارد که آخرین طبقه برای شما بیشتر اشکال ایجاد کند.  
مبتدی - آقای مهندس اگر خوب فهمیده باش، خرافاتی هستید چون از

عدد ۱۳ می ترسید...

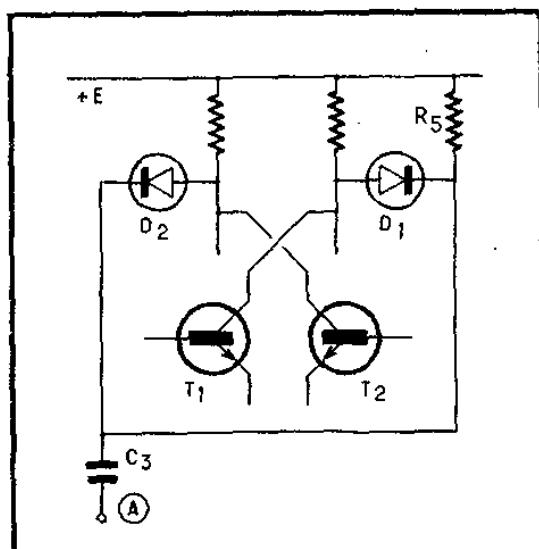
مهندسان - ضمانت می کنم که خرافات در این میان هیچ نقشی ندارد. اگر بجای ۱۳، ۱۵ یا ۱۷ بود بیشتر پریشان می شد. هر چه نسبت تقسیم بیشتر باشد، ساختن تقسیم کننده دشوارتر است؛ ویس اتورچندجایه نیاید روی ضربه دوازدهم بکار بیفتد، اما روی ضربه سیزدهم بطور مطمئن باید بکار بیفتد. انجام اینکار آسان نیست، با وجود این موفق به انجام اینکار می شوند. بهر حال برای این نوع تقسیم کننده ها ترجیح می دهند مونتاژ های پیچیده تری بکار بینند که ترجیح می دهم اکنون روی آن پافشاری نکنم چون این کارها را از موضوع دور خواهد کرد.



#### تقسیم به عدد زوج

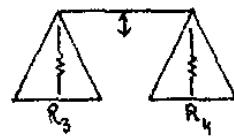
مبتدی - خوب، از شما متشکرم، اما می خواستم پرسشی بکنم. وقتی درباره عدد ۱۳ با شما صحبت کردم، یعنی گفتید که از تقسیم به ۱۵ یا ۱۷ بیشتر پریشان خواهد شد. چرا فقط این عدهای فرد را گفتید؟

مهندسان - خیلی خوب کرده بود که به این مطلب توجه داشتید. وقتی منظور تقسیم به عدهای زوج باشد، یک سیستم بسیار بیوغ آمیز وجود دارد که امکان میدهد آنرا با بهترین ثبات انجام داد. به شکل خلاصه ای که در شکل ۸۱ برایتان کشیده ام

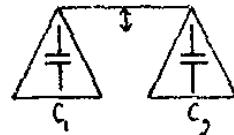


شکل ۸۱ - مونتاژ دودیودی که امکان می دهد ویس اتور چند جانبه بطور قرینه زیر اثر فرآرگیرد تا آنرا روی هرنوسان همزمان سازد و تقسیم فرکانس بوسیله یک عدد زوج عملی گردد.

نگاه کنید. بقیه ویراتور چند جانبه را نکشیده‌ام؛ فقط خاطر نشان می‌کنم که ویراتور چند جانبه با پیشترین دقت ساخته شده تا به حد امکان قرینه باشد، یعنی در نبودن، ضربهای همزمانی، میل دارد علاوه بر بدست بددهد که بسیار قرینه هم هستند در حالتی که هر ترازنیستور در هر پریود به اندازه ترازنیستور دیگر مسدود باقی می‌ماند. در این کار با برآبرگردن مقاومت‌های  $R_3$  و  $R_4$  و همچنین خازن‌های  $C_1$  و  $C_2$  شکل ۷۸ تا حد امکان موفق می‌شوند. مقدار مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  اهمیت کمتری دارند.

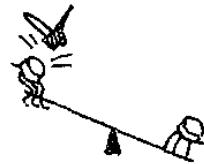


**متلبی** - تصور میکنم دو ترازنیستور انتخاب خواهید کرد که تا حد امکان شبیه هم باشند.



**مهندس** - البته این کارهیچ زیانی ندارد، اما تقریباً بی‌سود است چون ترازنیستورهای ما از مسدود بودن به اشباع می‌رسند مثل کلید عمل می‌کنند.

فرض کنید که ویراتور چند جانبه ما میل دارد با فرکانس تقریباً ۹۰ هرتز کار کند، در نقطه A به آن ضربهای ۴۰۰ هرتزی می‌گذاریم. این ضربهای در عین حال به کاتد دیودهای  $D_1$  و  $D_2$  گذاشته می‌شوند. فقط یکی از این دو دیود که آن دارد بیلک ترازنیستور مسدود متصل است می‌تواند ضربه را متصل کند. فرض کنید که یکی از همین ضربهای نوسانی در ویراتور چند جانبه بوجود دیده باشد که  $T_1$  را مسدود و  $T_2$  را به اشباع برساند. ضربه بعدی می‌تواند به جمع کننده  $T_1$  برسد، چون

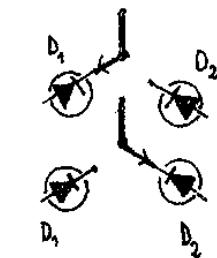


این جمع کننده به اختلاف سطح E+ وصل است. اما در حالی که این ضربه ۴۰۰ هرتزی



ثانیه بعد از توازن می‌رسد، ویراتور چند جانبه به‌مانند ازه کافی دور از لحظه‌ایست که خود به خود نوسان کند و اگر ضربه فرستاده دامنه مناسبی داشته باشد، پس ایجاد

این توازن کافی نخواهد بود. در عوض ضربه بعدی ۱۰۰ ثانیه پس از یک توازن



می‌رسد، یعنی کمی قبل از لحظه‌ای که ویراتور چند جانبه خود به خود به توازن درمی‌آید (یادآوری می‌کنم که ویراتور خیلی قرینه است بنابراین هر توازن خود به خود در اینحال ۱۰۰ ثانیه از توازن قبلی دورتر است) پس این ضربه دوم ویراتور چند جانبه

را به توازن درمی‌آورد؛  $T_1$  به اشباع می‌رسد و  $T_2$  مسدود خواهد شد. حالا است که می‌تواند ضربهای را متصل کند. هشتم حالت قبل، ضربه بعدی نمی‌گذرد یا بطور درست‌تر اثری ندارد؛ فقط ضربه بعد از آن است که توازن دیگری بوجود می‌آورد.

**متلبی** - در اینصورت بهیچوجه فایده ندارد چون ویراتور چند جانبه شما، فقط با هر دو ضربه یکباره بکار می‌افتد؛ بنابراین با ۲۰۰ هرتز کارهی کند.

**مهندس** - متلبی عزیز بنتظر می‌رسد که فرآموش کرده‌ایم که یک پریود کامل ویراتور چند جانبه و استه به نوسان است؛ تا حدودی مثل اینست که یک نوسان «رفت» و یک نوسان «برگشت» وجود دارد. به عبارت دیگر کاملاً عادی است که ویراتور چند جانبه ۲۰۰ بار در ثانیه به توازن درآید. فرکانس واقعی آن ۱۰۰ هرتز خواهد بود.

**متلبی** - فکرش را نکرده بودم در واقع حق با شماست. اما خیلی جالب

است. اگرچه بخش بر ۴ انجام می‌شود، و پس از این دو جانبه برای هر دو پرسیده و رودی یکباره بکار می‌افتد. بنابراین در کارخویش بیشتر ثبات دارد.

**مهندس** - البته وبهین خاطر بود که چند دقیقه قبل بشما گفتم، بخش بر ۱۳ دشوار و بخش بر ۱۵ دشوارتر و بخش بر ۱۷ از هر دو دشوارتر است... بنابراین بخش بر ۱۴ خیلی آسان‌تر از تقسیم بر ۱۳ است.

### بخش بر ۴

**مبتدی** - من به فکر مطلبی هستم و آن اینست که اگر لازم بود بخش ۲ بخش کنند، تقریباً کار کاملی داشتیم چون و پس از این دو جانبه با هر ضربه و رودی بکار می‌افتد.

**مهندس** - آقای مبتدی کاملاً حق با شماست و حتی راهی به شما می‌آموزم که بخش بر ۲ را برایتان مطلقاً کامل و بکلی مستقل از فرآنکنس انجام دهد. برای اینکار شمارا با یک موئاتر تازه آشنایی کن که قیان کننده دو قطبی یا قیان کننده اکلس-جردان نام دارد. شکل خلاصه آنرا اینجا برایتان می‌کشم (شکل ۸۲).

**مبتدی** - عجب، عجب! چقدر بنظر بیچیده می‌آید!

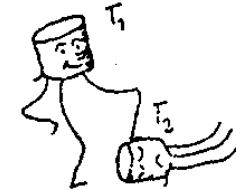


شکل ۸۲ - موئاتر دو قطبی، که «اکلس - جردان» گفته می‌شود، با دو دیود که برای فرستادن ضربه‌های نوسان‌ساز به سوی ترانزیستوری که اشباع شده است، بکار می‌روند.

**مهندس** - شاید درهم باشد، اما واقعاً بیچیده نیست. در اینجا شباهت‌هایی با و پس از این دو جانبه شکل ۷۸ می‌بینید، مثلاً وقتی که یکی از دو ترانزیستور جردن می‌دهد، به وسیله فشار جمع کننده‌اش روی پایه ترانزیستور دیگر اثر می‌کند. بنابراین آنچه که در و پس از این دو جانبه شکل ۷۴ وجود داشت، در اینجا ارتباط‌های مستقیم بین هر جمع کننده و پایه ترانزیستور مقابل داریم. به این ترتیب است که مثلاً اگر ترانزیستور  $T_1$  جردن بدهد (در وضوح اشباع اگر ممکن باشد)، اختلاف سطح جمع کننده آن خیلی کم است. به وسیله تقسیم کننده فشار  $R_4 - R_3$ ، اختلاف سطح پایه  $T_2$  به

دا به مقداری که کمی هنفی است می رساند که اینکار عمل  $T_2$  را مسدود می کند.  
بر عکس اگر  $T_1$  مسدود شود، اختلاف سطح جمع کننده اش در حدود  $+E$  است.  
بنابراین پل مقاومتی  $R_3 - R_4$  میل دارد پایه ترازیستور  $T_2$  را به بیک فشار  
مشبت می رساند. در واقع این پایه به نزحمت مشبت می شود و جریان پایه بیک نوع  
برش سربای فشاری که به وسیله مقاومت های  $R_3$  و  $R_4$  به سوی آن برده می شود،  
ایجاد می کند.

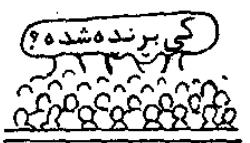
**همه‌یاری** - تقریباً گفته های شما را فهمیدم، اما بیک مثال عددی خوشحالم  
خواهد کرد.



### وضعیت کار بیک اکلس - جردن

**همه‌یاری** - گمان می کنم اگر به شکل ۸۲ نگاه کنید، راضی می شوید، بین  
پرانتر مقدار فشارهای تندیه  $+E$ ، یعنی  $12^V$ ، پلازاین اسیون  $P$  - (که در اینجا  
 $4^V$  است) و همینطور مقدار مقاومت هارا مشخص کرده ام. فرض کنید که جریان  $T_1$  جریان  
بدهد و عمل اد الشباع باشد، بنا بر این اختلاف سطح جمع کننده اش به صفر رسیده است، در  
نتیجه جریان جمع کننده اش در حدود  $4mA$  است چون این جمع کننده به وسیله بیک  
فارش  $12$  ولت از راه مقاومت  $R_1$  که  $3K\Omega$  است تغذیه می شود. پس دو مقاومت  $R_3$  و  
 $R_4$  که با هم برابرند پایه  $T_2$  را به اختلاف سطح  $3^V$  - می رسانند. بنابراین  
این ترازیستور کاملاً مسدود خواهد بود.

حالا فرض کنید که  $T_1$  مسدود باشد. بنابراین اختلاف سطح جمیع کننده اش  
در حدود  $12 + 12 = 24$  است، در اینحال پل مقاومتی  $R_3 - R_4$  میل دارد پایه  $T_2$  را به  
اختلاف سطح  $24^V$  برساند، البته این پایه به نزحمت به اختلاف سطح  $3^V$  / ۰ (مقدار  
معمولی فشار پایه ارسال کننده در بیک ترازیستور ذرمهاییوهی که بطور عادی کار می کند)  
می دسد. در این شرایط، به آسانی می توان حساب کرد که بها این پایه از راه مقاومت های  
 $R_1$  و  $R_3$  که رویهم  $23$  است جریانی می دسد که  $A = 0.00052mA$  یا  $52 \mu A$



این دو جریان یعنی  $A = 0.00052mA$  را دریافت می کند. اگر ضریب  
بهره جریان در ترازیستور فقط بیشتر از  $20$  باشد، مطمئن خواهیم بود که آنرا به  
شباع رسانده ایم چون فرمول مشکل که جریان جمع کننده اش حداقل برابر  $4mA$  است.

**همه‌یاری** - خوب، در واقع می بینم که در مونتاژ شما، وقتی یکی از ترازیستورها  
جریان می دهد، دیگری را مسدود می کند، در عوض وقتی یکی از ترازیستورها

مسود است، دیگری را به اشیاع می‌رساند. اما چیزی که می‌خواستم بداتم اینست که کدامیک مسدود و کدامیک اشیاع خواهد بود؟

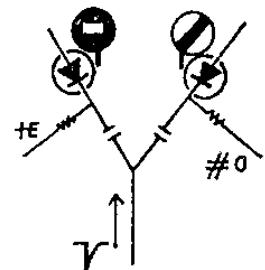
**مهندس** - آقای مبتدا، دقیقاً برای پاسخ به پرسش شما ناتوانم. در واقع خیلی احتمال دارد که در مدتی که  $T_2$  اشیاع است،  $T_1$  مسدود باشد، بهمین ترتیب امکان دارد که وقتی  $T_2$  مسدود است،  $T_1$  اشیاع باشد.

**مبتدا** - در اینصورت مونتاژها نمی‌داند چه می‌خواهد!

**مهندس** - بی‌آنکه وارد بحث روانشناسی شوم، فقط بدشما می‌گویم که مونتاژ موردنظر یک «دوثابتی» است. قیلا همراه با قبان اشمیت شکل ۶۱، وقتی فشار پایه ترازنیستور  $T_1$  بین دو مقدار آستانه قرارداشت، با آن برخورد کرده‌اید.

**مبتدا** - پس این مونتاژی تواند مدتی با وضع  $T_1$  مسدود و  $T_2$  اشیاع شده و یا بر عکس آن باقی بماند.

**مهندس** - با گفته شما موافقم، با این شرط که نگوئید «می‌مددی». در واقع وقتی مونتاژشکل ۸۲ دریک وضع مشخص است، ممکن است تا موقعی که وضعش را تغییر نداده‌اند، تا بی‌نهایت درهمان حال بماند.



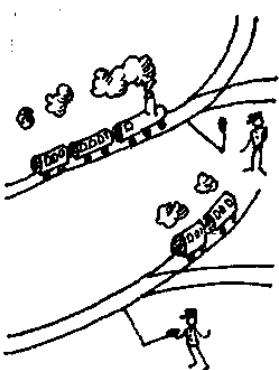
### آغاز بکار اکلس - جردا

**مبتدا** - در اینصورت چگونه «وضعش را تغییر می‌دهید»؛ (از همان اصطلاح خودتان استفاده کرد).

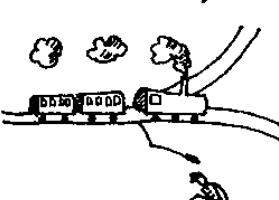
**مهندس** - در اینجاست که دیودهای  $D_1$  و  $D_2$  دخالت می‌کنند. فرض کنیم که مونتاژ در وضعیتی است که  $T_1$  مسدود و  $T_2$  اشیاع است. می‌بینیم که در این شرایط کاتد دیودها از راه مقاومت‌های  $R_7$  و  $R_8$  به اختلاف سطح‌هایی وصل شده‌اند که از

اینقرار استند: کاتد  $D_1$  تقریباً به  $+12^V$  و کاتد  $D_2$  تقریباً به اختلاف سطح صفر.

یک ضربه منفی به نقطه A می‌فرستیم؛ خازن‌های  $C_3$  و  $C_4$  این ضربه را در یک زمان په کاتدهای دو دیود منتقل می‌کنند. اما چون کاتد  $D_1$  به  $+12^V$  وصل است، درحالی که آن به اختلاف سطح منفی وصل است ( $T_1$  مسدود)، ضربه‌ای با بیش از  $12^V$  لازم است تا بتواند  $D_1$  را رسانا سازد. در عوض کاتد  $D_2$  به اختلاف سطح صفر (یا تقریباً صفر) وصل است و آن آن اختلاف سطحی دارد که نزدیک به صفر و یا بسیار کم هشیت است (گفتیم که  $1/2^V$  یا  $3/0^V$  ولت است). بنابراین فقط دیود  $D_2$  رسانا خواهد شد. یک ضربه منفی به پایه  $T_2$  گذاشته خواهد شد که مسدود می‌گردد. افزایش فشار وابسته به جمیع کننده‌آن به وسیله پل  $R_5$  و  $R_6$  و به ویژه به وسیله خازن  $C_1$  که کناره‌های عمودی را بخوبی انتقال می‌دهد، به‌وایه  $T_1$  منتقل شده و آنرا از حالت مسدود بودن خارج می‌کند. بنابراین دستگاه تغییر وضع داده است.



**مبتدا** - خوب تا اینجا متوجه شدم. اما ضربه بعدی همین اثر را دارد. در حالی که باید از ممکوس داشته باشد تا مونتاژ را بحال اولیه برگرداند.



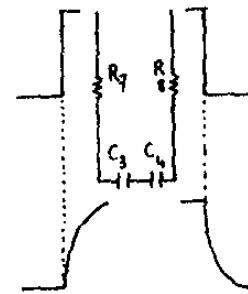
**مهندس** - مبتدا عذریز، بنظرم فراموش کرده‌اید که ترازنیستور  $T_1$  رسانا شده است درحالی که  $T_2$  مسدود گردیده است. بنابراین پس از نوسان، مقاومت  $R_7$  به تدریج آند دیود  $D_1$  را به اختلاف سطحی نزدیک به صفر می‌رساند؛ در همین مدت

مقاومت  $R_8$  به تدریج اختلاف سطح کاتد  $D_2$  را به مقداری نزدیک به  $+12^{\circ}$  می‌رساند. اگر بداندازه کافی صبر کنید و سپس ضربه بعدی را پفرستید، منینید که وضعیت پلاریزاسیون‌های کاتد دیودها نسبت به آنچه که قبلاً از نحس‌تین ضربه بود، معکوس شده است. بنابراین وقتی ضربه دوم هی رسد، عمل معکوس انجام می‌شود یعنی این ضربه هونتاژ را به‌موقع اولیه بر می‌گرداند.

**مبتلای**— این دستگاه بسیار بیوغ آمیز است. در واقع دیودهای  $D_2$  و  $D_1$  نقش یک سوزن‌بان راه‌آهن را بازی می‌کنند که ضربه را به طرف ترانزیستوری می‌فرستند که درست برای مسدودشدن به آن نیاز دارد.

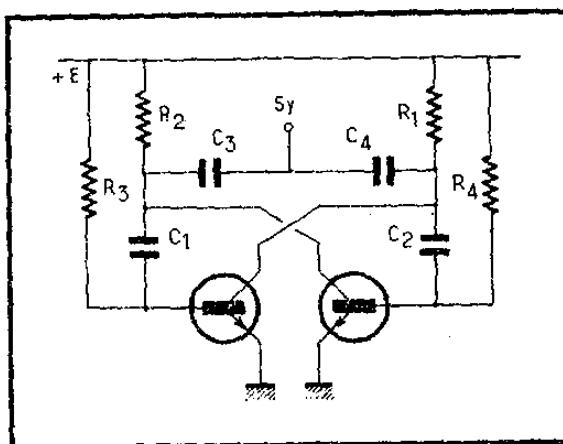
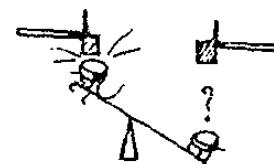
**مهندس**— کاملاً حق دارید، منظور همین سوزن‌بانی است. اما بهویژه توجه شما را به نقشی که مقاومت‌های  $R_7$  و  $R_8$  و همچنین خازن‌های  $C_3$  و  $C_4$  در کارایین سوزن‌بانی بازی می‌کنند، جلب می‌کنم. یکباره که هونتاژ به توازن درآمد، تغییر اختلاف سطح‌های کاتد دیودهای  $D_2$  و  $D_1$  به تدریج انجام می‌شود، درواقع باید زمان لازم را برای اینکه  $C_3$  از راه مقاومت  $R_7$  و  $C_4$  از راه مقاومت  $R_8$  پوشند، حساب کرد. درواقع سوزن‌بانی کاملاً مؤثری وجود دارد که به‌وسیله وضعیت قبلی قیان فرمان داده شده است. نقش تأخیر اندازی مدارهای  $C_3$  و  $R_7$  و  $C_4$  و  $R_8$  اساسی است و برای اینکه مقایسه راه‌آهنی شما را کامل کرده باشم می‌گویم که همین نقش از انجام کار سوزن‌بانی (تعویض مسیر) در لحظه عبور تن جلوگیری می‌کند.

**مبتلای**— با وجود این چنین چیزی در هونتاژ شکل ۸۱، که در آن دیودهای  $D_2$  و  $D_1$  نقش یک سوزن‌بان مشابه را بازی می‌کنند وجود ندارد...

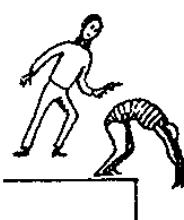
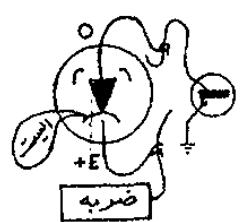


### دیودهایی که سوزن‌بان نیستند

**مهندس**— به وجوده آقای مبتلای؛ در اینجا مرتبه اشتباه متداولی می‌شود، اما دلم می‌خواهد مثل همه مردم عمل ذکرید... دمودنتاژ شکل ۸۱، دیودهای  $D_1$  و  $D_2$  به منظور بازی کردن نقش یک سوزن‌بان گذاشته نشده‌اند. تنها هدف آنها اینست که به‌ضرر بُنهایی که باید توازن ایجاد کنند اجازه بدهند تا به‌سوی یکی از



شکل ۸۲ — برای تقسیم یک فرکانس به عدد زوج و بی‌اتور چند جانبه دو دیودی را زوی دو جمع کنند و اینها هم‌زمان می‌کنند و بی‌اتور چند جانبه را تا حد امکان قربانه درست می‌کنند.



جمع کننده‌ها برود، درحالی که همین جمع کننده پس از آن، مثل اینست که از منبع ضربه جدا شده است. در مونتاز شکل ۸۱ می‌توانستم با دشواری زیاد اینکار را در نقطه A انجام بدهم و به وسیله دو خازن کوچک C۳ و C۴ (شکل ۸۳) ضربه‌ها را به دو جمکننده پفرستم...

**مبتدی**— آه، نه دیگر! در اینصورت آنها را فقط به جمکننده ترا نزیستور مسدود نخواهید فرستاد بلکه بدیگری هم می‌فرستید.

**مهندسان**— آقای مبتدی، انتظار دارید ترا نزیستور اشباع شده با دریافت ضربه منفی روی جمکننده اش چه کاری بکنند؟ تأثیر آن بهمان اندازه است که روی تنۀ درخت تنومندی داغ کوچکی بگذارید. جمکننده چنین ترا نزیستوری وقتی به‌این ترتیب زیر تأثیر قرار گیرد، این ضربه منفی را به پایه ترا نزیستور مسدود می‌فرستد، که قطعاً اینکار نمی‌تواند آنرا بیشتر مسدود کند. فقط ترا نزیستور مسدود است که درین این ضربه منفی وارد شده روی جمکننده اش حساس است و آنرا از راه خازن ارتباطی به پایه ترا نزیستور اشباع شده می‌فرستد و به‌این ترتیب است که توازن آغاز می‌شود.

**مبتدی**— پس در اینصورت چرا یک خازن C۳ یا یک مقاومت R۵ و دو دیود D۲ و D۱ که بهای آنها زیاد است بکاربرده‌اید؛ چون فقط دو خازن کافی است.

**مهندسان**— ابتدا درباره بهای آنها بگوییم که یک دیود خوب، گران‌تر از یک خازن نیست. اما بعد، اگر این دیودها را بکار بردام برای اینست که به‌پیراتور چند جانبه امکان بهتر کار کردن داده شود. وجود دو خازن که به‌هیک از جمکننده‌ها می‌رود درحالی که همین خازن‌ها از سوی دیگر به نقطه A متصلند که از آنچه‌است های منفی می‌رسد، ممکن بود کار و پیرا تو را چند جانبه‌را دچار افتباش کند. در عوض با بکاربردن دو دیود D۲ و D۱ در شکل ۸۱، آن دیودی که اول رسانا می‌شود، یک ضربه را به جمکننده ترا نزیستور مناسب منتقل می‌کند، پس از آنکه توازن بوجود آمد، این دیود مسدود می‌شود. وضع کار طوری است که بنظر می‌رسد در این لحظه منبع ضربه‌ها را از پیرا تو را چند جانبه جدا کرده‌اند.

**مبتدی**— پس این دیودها نقش ساده یک کلید را بازی می‌کنند. می‌توان بهای آنها دو کلید کوچک گذاشت که پس از فرستادن ضربه آنرا قطع کنند.

**مهندسان**— در اصل یله. اما اگر بتوانید قطع ووصل کلیدهای خود را با تقریب

۱ میکروثانیه انجام دهید و وقتی لازم باشد این کار را ۰۰۰۰۰۰۰۰ باز در ثانیه انجام دهید،

تشویقتان می‌کنم از کار تان دست بکشید و در یک سیر یک نمایش بدهید.

**مبتدی**— البته، اما چیز دیگری هم هست که کمی ناراحتم می‌کند و آن اینست که آیا در مونتاز شکل ۸۲ دیودهای سوزن‌بانی D۲ و D۱ همین نقش جدا کننده منبع ضربه‌ها و قپان را بازی نمی‌کنند؟

**مهندسان**— چرا، کاملاً درست است. چون این دیودها در عین حال دیودهای سوزن‌بانی و دیودهای جداسازی منبع از قپان هستند. در وضع مونتازهای شکل ۷۸ و ۸۱ دیودها فقط نقش جدا کننده منبع و مونتاز بکارگیری داشتند. برای اینکه بهتر متوجه شوید، تشبیه مکانیکی آنرا برایتان می‌گوییم. تعدادی شیر جه رورا در نظر بگیرید که پشت سرهم از روی سکویه آب هی پرند، درحالی که مریب شنا آنها

را همزمان می‌کند به این ترتیب که روی پشت شیرجه روئی که آماده پریدن است ضربه‌ای می‌زند بطوری که اورا کمی زودتر از زمانی که در نظردارد شیرجه برود به آب بیندازد...

**مبتدی**— در این صورت، برای بدینختی که قبل از لحظه‌ای که انتظار دارد به آب پرست می‌شود، نتیجه شو؟ است!

**مهندس**— نه، مطمئن داشیدا پیش از ادختن حرکت خیلی کم است. شیرجه رو همان موقع آماده پریدن است. حالا پرسی کنیم که مربی شنا چگونه کارمی کند، او شیرجه رو را به جلو می‌راند تا اینکه حرکت کند. بنابراین باید ارتباط مکانیکی بین مربی شنا و شیرجه رو یک جانبه باشد. به عبارت دیگر مربی شنا باید بتواند شیرجه رو را به جلو ببراند اما نماید به وسیله اوسکشیده شود. اگر مربی شنا بجای فشاردادن دست به پشت شیرجه رو، محکم شانه‌های او را بگیرد، دو حالت وجود دارد؛ یا مربی خوب چاگرفته است تا مانع شود که شیرجه رو اورا بطرف آب بکشد و یا اینکه به وسیله اوسکشیده می‌شود و با او شیرجه می‌رود...

**مبتدی**— کارخوبی می‌کند!

**مهندس**— آن یک داستان جداگانه است. می‌بینید آقای مبتدی، در این حالت، مثل وضع بکار گرفتن یک ویپراتور چند جانبه یا هر چیز دیگر، ارتباطی لازم است که جز در یک جهت عمل نکند و بمحض اینکه توازن شروع شد قطع کند. همین نقش است که همیشه دیودها بازی می‌کشند؛ همینطور در بعضی مواد می‌توانند نقش وزن بان را بازی کنند همانطور که این وضع در مواد تراشکل ۸۲ دیده می‌شود. حالا پس از این گفتگوی دراز درباره نقش دیودها و خارج شدن از موضوع، به کار این هو تراش بر می‌گردیم.

وصل



### توازن اکلس - جردن

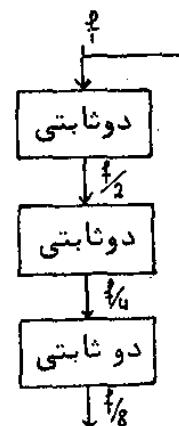


**مبتدی**— گمان می‌کنم اکنون همه‌چیز را گفته باشید به این ترتیب که هر بار که یک ضربه به A می‌رسد، موئاز تغییر وضع می‌دهد. بنابراین باید دو ضربه در نقطه A داشت تا موئاز به وضع اولیه برگردد.

**مهندس**— درست است. کار مجموعه را پدرستی فهمیده‌اید. پس می‌بینید که این دستگاه می‌تواند برای بخش کردن یک فر کافس، که هر چه می‌خواهد باشد، به ۲ بکار بیند. به این دستگاه بخش کشنه غیر دوره‌ای می‌گویند. اگر علاوه‌به شده روی جمع کشنه این موئاز را بکار بینیم و آنرا به وسیله یک مدار مشتقی گیرنده از نوع مدارشکل ۶۴ به ضربه تبدیل کنیم، می‌توانیم به وسیله آن قیان دو ثابتی دیگری را تحریک کنیم و باین ترتیب تقسیم بر عدد ۴ را عملی کرده‌ایم. می‌بینید که با این روش می‌توانیم به سادگی تقسیم فر کافس‌ها را به ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ... عملی کنیم.

**مبتدی**— تصویری کنم ذخستین تقسیم کشنه در میان این تقسیم کشنه‌های است که حد اکثر سرعتی را که موئاز می‌تواند با آن کار کند، محدود می‌کند. تکامل هم‌مولی دستگاهها تا چه اندازه است؟

**مهندس**— یک قیان هائند شکل ۸۲ را می‌توان بسیار آسان با فر کافس‌های ۵ یا ۶ مکاہر تر بکار اندخت با انتخاب خوب ترازنی‌ستورها و با مقاومت‌های



کمتر از مقدارهایی که برای شما مشخص گردید، بخوبی موفق می‌شوند فرکانس‌هایی را که تا ۳۰ هگاهرتز همی‌رسند، پخش کنند.

توجه خواهید کرد که این دستگاه تا چه اندازه پاسخگوی نیازهای ساخت یک پخش کننده کامل است چون همین قیان که با دریافت ضربه‌هایی با فرکانس ۳۰ میلیون در ثانیه، در خروجی علائمی با فرکانس ۱۵ میلیون پریود در ثانیه بدست می‌دهد، با دریافت چهارضی به در ثانیه به همان روش کار می‌کند و در خروجی علائمی بدست می‌دهد که فرکانس آن ۲ هرتز است.

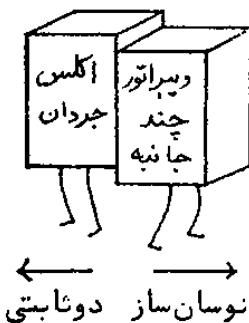
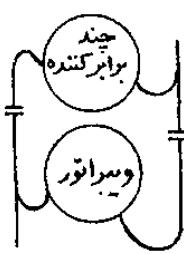
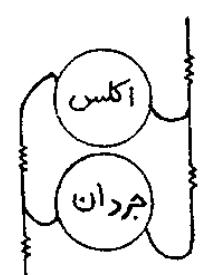
**مبتدی** - این مدار بسیار جالب است. افسوس که فقط به ۲ قسمت می‌کند (یا ۴، ۸، ۱۶، ...)

**مهندس** - دستگاههایی با چند وضعیت وجود دارند که امکان می‌دهند پخش بر اعداد دیگری غیر از ۲ به همین تکامل انجام شود، این اعداد ممکن است ۳، ۴، ۵ و یا هر مقدار دیگر باشد. این مجموعه‌ها پس اساسی شبیه به اساس مونتاژ شکل ۸۲ استوارند. این دستگاهها کمی مفصل تر هستند و جزئیات آنها را وقتی درباره شمارش گفتگو می‌کنیم، خواهیم دید.

**مبتدی** - بیچاره من اقیان اکلس-جردان شما بخودی خود پیچیده بود! اگر بخواهید چیزهای پیچیده‌تری برایم بگویید، احساس می‌کنم که معز من نمی‌تواند مقاومت کند.

**مهندس** - آقای مبتدی ناراحت نشوید، این کار را خیلی به تدریج انجام می‌دهیم و خواهید دید که در باطن بی‌نهایت کمتر از آن پیچیده است که با نگاه کردن به شکل آن تصویر می‌شود.

**مبتدی** - امیدوارم اینطور باشد. در واقع فهمیدن کار یک مونتاژ، اگر بتوان آن را بامونتاژی که قبل از شناخته‌ایم مقایسه کرد، کمی آسانتر است. به این ترتیب بین اکلس-جردان شکل ۸۲ و ویراتور چند جانبه شکل ۷۸ شما بنتظمن بعضی شایوهای وجود دارد. اختلاف اساسی آن دو دراینست که در ویراتور چند جانبه، ارتباط‌های یک جمع کننده با پایه ترازنیست و مقابله از راه خازن‌ها برقرار می‌شود. در مونتاژ اکلس-جردان ارتباط همیشگی به وسیله پل‌های مقاومتی برقرار است.



### قیان یک ثابتی

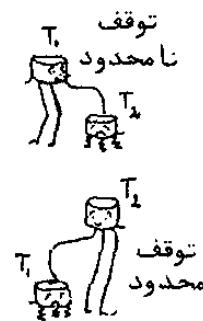
**مهندس** - آقای مبتدی کاملاً حق با شماست. حالا که می‌بینم خوب و سرحال هستید. درباره مونتاژ تازه‌ای برای قیان صحبت می‌کنم که تقریباً فرزند مونتاژهای شکل ۸۲ و شکل ۷۸ است و این مونتاژ را بطور خلاصه در شکل ۷۴ کشیده‌ام.

**مبتدی** - این دیگر مخلوط شکفت آوری است چون ترازنیستور  $T_1$  به وسیله تقسیم کننده فشار  $R_۲-R_۳$  با ترازنیستور  $T_۲$  تزویج شده است همانطور که در مونتاژ اکلس - جردان دیده می‌شود در حالی که جمع کننده  $T_۲$  مثل ویراتور چند جانبه شکل ۷۸ به وسیله خازن C با پایه ترازنیستور  $T_۱$  تزویج شده است. در این حالت این مونتاژ نوسانی است یا دو ثابتی؟

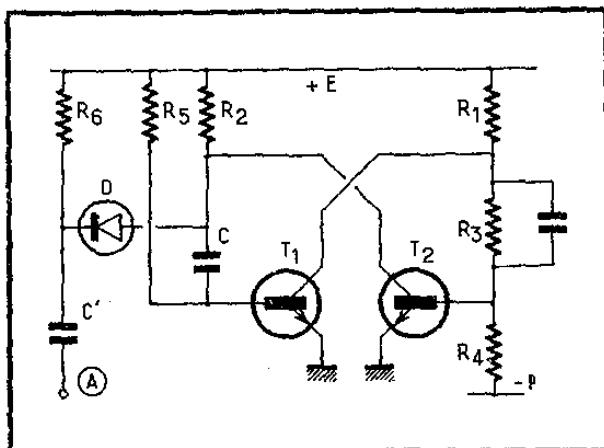
**مهندس** - نه اینست و نه آن. در واقع ویراتور چند جانبه شکل ۷۸ به طبقه‌ای از مونتاژها تعلق دارد که «ثابتی‌ها» نام دارد، یعنی در شماره مونتاژهایی است که نمی‌توانند

دریک وضع نامشخص بماند چون درنتیجه دگر گونی ناگهانی که دریک لحظه بوجود می آید و یا درایریک ضربه راه انداز کمی شتاب پیدا می کند و از آن وضع خارج می شوند. مونتاژ شکل ۸۶ وضعی دارد که در آن تابی نهایت می تواند باقی بماند و این وضعیتی است که در آن ترانزیستور  $T_1$  در اشباع جریان می دهد در حالی که ترانزیستور  $T_2$  را مسدود می کند، درست همانطور که در اکلس - جردان پیش می آید.

**مبتدی** - در اینصورت یک مونتاژ دو ثابتی مانند قبل است.

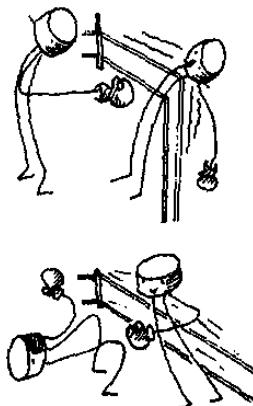


شکل ۸۷ - مونتاژ یک ثابتی، مخلوطی از ویراکور چند جانبی و مونتاژ دو ثابتی است که می توان آنرا با گذاشتن ضربه در A به توازن در آورد و خود بخود به حال اول برگرداند.



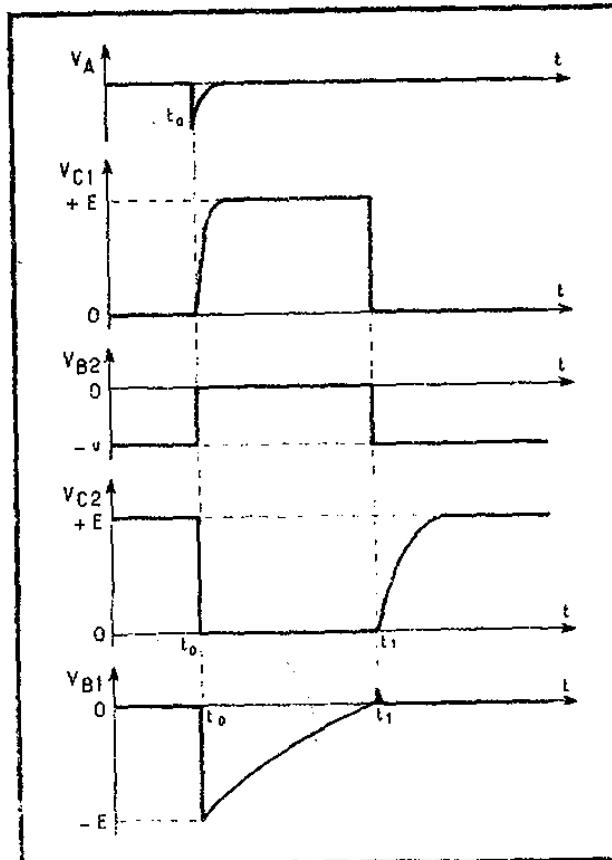
**مهندسان** - نه آقای مبتدی این مونتاژ دو ثابتی نیست، یک ثابتی است. در واقع اگر یک ضربه منفی به نقطه A گذاشته شود، از راه خازن C به کاتد دیود D منتقل خواهد شد؛ این ضربه از راه این دیود و خازن C، میل دارد ترانزیستور  $T_1$  را مسدود کند. بمحض اینکه جریان این ترانزیستور آغاز به کشمکش کند، افزایشی در اختلاف سطح جمع کننده اش بوجود می آید (افت فشار در  $R_1$  کاهش می یابد) این افزایش به پایه ترانزیستور  $T_2$  انتقال می یابد که شروع به جریان دادن می کند. اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  کاهش می یابد، این کاهش که از راه خازن C به پایه ترانزیستور  $T_1$  منتقل می شود عمل ضربه اصلی را تقویت می کند تا اینکه به مسدود کردن کامل  $T_1$  و کار  $T_2$  درحال اشباع کشانده شود.

**مبتدی** - این همانست که به شما می گفتم چون این دو میان حالت ثابت است!



**مهندسان** - نه این حالت نمی تواند تابی نهایت برقرار باشد چون فراموش نکنید که حالا اختلاف سطح پایه  $T_1$  منفی است. جریانی از راه مقاومت  $R_1$  خواهد گذشت، این جریان می خواهد اختلاف سطح پایه  $T_1$  را زیاد کند در عین حال خازن C به وسیله همین جریان خالی خواهد شد. بمحض اینکه پایه  $T_1$  کمی مشتب شد،  $T_1$  دوباره شروع به جریان دادن می کند، اختلاف سطح جمع کننده اش یائین خواهد آمد که میل دارد جریان دادن  $T_2$  را کم کند و درنتیجه اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  را بالا می برد. این بالا رفتن اختلاف سطح که به وسیله خازن C به  $T_1$  گذاشته

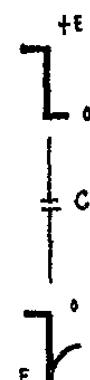
می شود به دگر گون شدن مجموعه شتاب بیشتری می دهد تا اینکه  $T_1$  دوباره اشباع  $T_2$  مسدود شود.



شکل ۱۵— شکل موجهای یک ثابتی  
۸۴

مبتدی— تمام این پدیده ها که همزمان بوجود می آیند و رویهم اثر می کنند بی نهایت پیچیده هستند و من بهزحمت می توانم آنها را بفهمم.

### علاوه قیان یک ثابتی



مهندس— برای کمک به شما، در شکل ۱۵ مختصی های نسايش تغییرات اختلاف سطح های گوناگون الکترودهای مونتاز را بر حسب زمان کشیده ام. می بینیم که در  $A$ ، در لحظه  $t_0$  یک ضربه منفی به مونتاز گذاشته اند. در این لحظه اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  می خواهد به  $+E$  افزایش یابد. این افزایش از راه پل  $R_3-R_4$  به پایه ترانزیستور  $T_2$  که در اصل با فشار  $U$  مسدود شده انتقال می یابد و به این ترتیب اختلاف سطح آن کمی بالای صفر می رسد. همانطور که می بینید، این موضوع خارج شدن  $T_2$  از مسدود بودن دارد چون اختلاف سطح جمع کننده آنرا تقریباً به صفر می رساند.

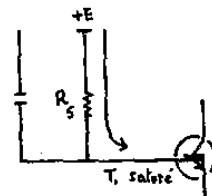
این کاهش اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  که از راه  $C$  به پایه  $T_1$  انتقال یافته است (این پایه در اصل اختلاف سطح صفر داشته است) اختلاف سطح این پایه را به

مقداری نزدیک به  $E$  می‌رساند.

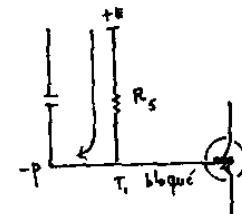
**مبتدی** - می‌خواستم بدانم چرا این مقدار  $E$  است؟

**مهندس** - آقای مبتدی این اصل مشهور را فراموش کرده‌اید که فشار در دوسریک خازن نمی‌تواند ازیک مقدار معین در زمانی تقریباً صفر تغییر کند. اگر به آن فکر کنید خواهید دید که درست قبل از رسیدن ضربه در  $A$ ، اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  مقدار  $+E$  بوده است ( $T_2$  مسدود)، اختلاف سطح پایه  $T_1$  تقریباً صفر بوده است. بنابراین خازن  $C$  با فشاری نزدیک به  $E$  پرشده است؛ درست پس از توازن، باز هم با فشار  $E$  پرشده است. چون جوشن فوکانی آن به اختلاف سطحی نزدیک به صفر رسیده است ( $T_2$  مسدود) بنابراین جوشن پائینی آن فقط به اختلاف سطحی در حدود  $E$  رسیده است.

**مبتدی** - اقرارمی کنم که دیگر به اصل مشهور شما فکر نمی‌کرم. فراموش کردم آنرا با حروف زدن بنویسم و در اطاقم آویزان کنم. اما باور کنید که دیگر تأثیری در اینکار نخواهم کرد. روی هنچنی‌های شما می‌بینم که اختلاف سطح پایه  $T_1$  درست پس از توازن آغاز بهزیاد شدن می‌کند. تصویرمی کنم به عملت جریانی باشد که از  $R_5$  می‌گذرد.



**مهندس** - اشتباه نمی‌کنید، وقتی  $T_1$  اشعاع شده بود، جریانی که از  $R_5$  می‌گذشت به بیانه این ترا نزیستوری رفت. حالا که  $T_1$  مسدود است، تنها کاری که این جریان هی تواند نمایند، خالی کردن خازن  $C$  و حتی اگر قل از آن چیزی وارد کار نمی‌شد، پر کردن آن درجهت مخالف است. اما قل از اینکه به این مرحله برسد، اختلاف سطح پایه  $T$  تقریباً به صفر می‌رسد و این چیزی است که در زمان  $t$  می‌گذرد. در این لحظه می‌بینید که ترا نزیستور  $T_1$  دوباره رسانا می‌شود اختلاف سطح جمع کننده آن به صفر می‌رسد که در اثر همین کار ترا نزیستور  $T_2$  را که اختلاف سطح جمع-کننده اش به مسوی  $+E$  افزایش می‌یابد، مسدود خواهد کرد.



**مبتدی** - آقای مهندس در آنجا یک بخش صعودی کشیده‌اید که نشان‌دهنده افزایش نسبتاً آهسته اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  است. چرا؟

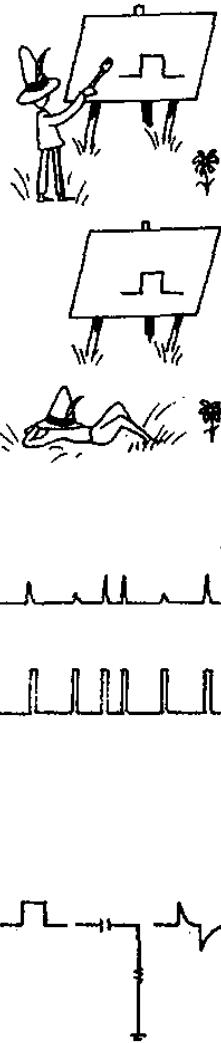
**مهندس** - فراموش نکنید که برای افزایش اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  باید جریانی که از  $R_5$  می‌گذرد اول خازن  $C$  را پر کنند. جوشن پائینی این خازن به وسیله ارتباط پایه - ارسال کننده  $T_1$  که جریان می‌دهد در اختلاف سطح تقریباً صفر نگهداشته شده است، در این صورت این خازن فقط به تدریج پر خواهد شد و به این ترتیب نمی‌گذارد اختلاف سطح جمع کننده  $T_2$  جز به آهستگی افزایش یابد.



**مبتدی** - طرز کار موئناز عجیب شما را دارم می‌فهمم. با وجود این شکفت آور است چون اگر فکر کنیم که ترا نزیستور  $T_2$  تازه شروع به جریان دادن کرده است که مسدود می‌شود. این موضوع مشخص کننده احساس وحشتناک محرومیت در آنست.

**مهندس** - می‌توانید برای ترا نزیستورها یک درمانگاه روانشناسی تأسیس کنید تا بتوانید اثرهای ناراحت کننده این عقده را جبران کنید. تا آن وقت، به استفاده از موئنازی که برای کاربردهای فیزیکی جالب است اکتفا کنید.

### کاربرد یک ثابتی‌ها



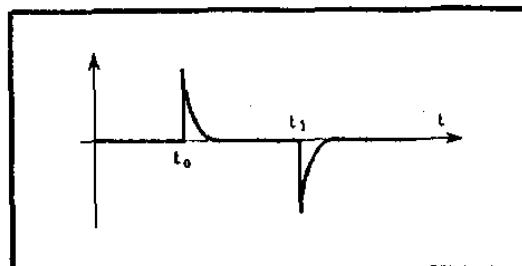
**مبتدی**- اما در اینجا با ویراتور چند جانبه سر و کارندازیم چون تاحدودی، به غیر از یک مورد، کار آن شبیه ویراتور چند جانبه نیست.

**مهندس**- درست پهمنی جهت که یکبار با دونسان، که اولی با تحریک و دوی خود بخود انجام می‌شود، مثل آن کار می‌کند آنرا ویراتور یک جانبه می‌گویند. گاهی هم دیده می‌شود که آنرا «ویراتور چند جانبه یک ثابتی» نامیده‌اند. از این نامگذاری که در شکم خودش جمع اضداد است وحشت دارم بهمان اندازه که از کلمه‌های گازفلری و یا روشی تاریکی وحشت می‌کنم. جالب بودن موئناز برای اینست که ضربه بکاربرده در A هرچه باشد، به شرطی که برای ایجاد نوسان کافی باشد، می‌بینید که در جمع کننده  $T_1$  علامتی با زمان برقاری یکسان و دامنه غیر متغیر بدست می‌آورید. بنابراین دستگاه برای یکنواخت کردن ضربه‌ها نهایت مطلوب است. مثلاً یادتان هست که ضربه‌های تهیه شده به وسیله شمارگر گایگر-مولن کاملاً نامنظم بودند. اگر آنها را به ورودی مدار یک ثابتی مانند شکل ۸۴ بگذاریم، می‌توانیم آنها را شبیه بهم کنیم و اینکار گذشته از همه‌چیز، شمارش آنها را آسان می‌کند.

**مبتدی**- برش دادن سر آنها ساده‌تر است.

**مهندس**- در آن صورت نتیجه بدست آمده به این تکامل نیست. در واقع وقتی ضربه‌های داده شده به وسیله چنین شمارگری زیاد بلنده باشد، در عین حال درازتر هم هست و در نتیجه لامپ شمارگر زمان درازتری لازم دارد تا دوباره ایوباره ایونیز اسیون خود را ازدست بدهد. برش سراسده ضربه‌های بهم خواهد داد که بلنده یکسانی دارند اما همه آنها پهنتای پرابر نخواهند داشت. از این گذشته کاربرد جالب دیگری برای این موئناز یک ثابتی وجود دارد. فرض کنید که فشار جمع کننده ترازنیستور  $T_1$  را بگیریم و آنرا به یک مدار مشتق گیر نده مانند مداری که در شکل ۶۴ بررسی کردیم بگذاریم. اگر خازن C مقاومت R مدار مشتق گیر نده را بعد کافی کوچک انتخاب کرده باشیم چه نتیجه‌ای از آن بدست می‌آید؟

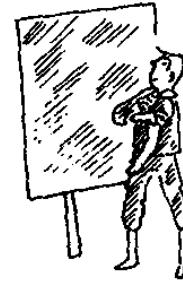
شکل ۸۶- با مشتق گرفتن علامت  
نمایان شده روی جمع کننده  $T_1$   
موئناز یک ثابتی، می‌توان یک  
ضربه‌منفی بازماند  $t$  بدست آورد  
که نسبت به ضربه ایجاد نوسان  
تاخیردارد.



**مبتدی**- گمان می‌کنم بتوانم آنرا بگویم؛ اگر حافظه من درست باشد، در خروجی این مدار یک ضربه مشتب در لحظه  $t_1$  (شکل ۸۶)، در لحظه‌ای که اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  ناگهان زیاد می‌شود، بدست می‌آوریم، بعد در زمان  $t_1$  در لحظه‌ای که  $T_1$  دوباره از مسدود بودن خارج می‌شود و اختلاف سطح جمع کننده آن

ناگهان پائین می‌آید، یک ضربه منفی بدست می‌آوریم.  
**مهندس**— قطعاً آقای مبتدی، این نام بیش از پیش برایتان نامناسب است! کاملاً درست گفتید. در این شرایط فرض کنید که به کمک یک دیود، ضربه منفی را قطع کنیم. بنابراین غیر از ضربه منفی در لحظه ۱ چیزی باقی نمی‌ماند. پس این ضربه بعد از ضربه تحریک خواهد رسید با تأخیری که فقط بستگی به خازن‌ها و مقاومت‌های مونتاژ شکل ۸۶ دارد. پس به این ترتیب یک مونتاژ تأخیر انداز ضربه منفی خارج می‌شود که آنرا به درستی می‌شناسیم و می‌توانیم بر حسب مقدار عنصرهای مونتاژ این تأخیر را از سرمهیک و تانیه ۳۰ چندین ثانیه تغییر دهیم.

**مبتدی**— در این صورت برای این کشف به شما تبریک نمی‌گوییم پیوسته تکرار می‌کنید که الکترونیک فن سرعت به حد کمال است. حالا شما وسیله‌ای کشف کرده‌اید که تأخیری در کار آن وارد کنید؛ بنابراین در جهت عکس پیشرفت قدم بر می‌دارید.



### کاربرد تأخیر اندازها

**مهندس**— آرامتن، با کلمات بازی نکنید. در عملیات تدریجی، لازم است بتوانیم یک علامت را با زمانی قابل تنظیم به تأخیر بیندازیم. به ویژه وقتی بخواهند به وسیله این علامت پدیده‌ای را تحریک کنند و بهمین ترتیب اسیلوسکوب پیش‌بینی شده برای مشاهده این پدیده را بکار بگیرند؛ همین کار را می‌کنند به این ترتیب که پدیده را با تأخیر تحریک می‌کنند و اسیلوسکوب را بدون تأخیر بکار می‌گیرند. از این راه می‌توانیم پدیده را با اسیلوسکوب کاملاً مشاهده کنیم، زیرا جاروی اسیلوسکوب قبل از اینکه پدیده آغاز شود، آغاز نکار کرده است.

**مبتدی**— آقای مهندس بگویید ببینم اگر اسیلوسکوب را کمی جلوتر بکار بیندازیم بهتر از آن نیست که پدیده با تأخیر ایجاد شود؟

**مهندس**— خوب آقای مبتدی، یک «مدار پیش‌انداز» را برایم کشف کنید که بتواند در خروجی خود به مقدار مشخصی از زمان قبل از اینکه ضربه‌ای به ورودی آن گذاشته شود، ضربه‌ای به ما بدهد! و بشما قول می‌دهم ابتدا شهرت جهانی بیندازید و بعد موافقیت بزرگی در جامعه دانشگاهیان نصیب شما شود!

**مبتدی**— درست می‌گویید، فکرش را نکرده بودم؛ به این ترتیب بجای داشتن یک اسیلوسکوب پیش افتاده، ترجیح می‌دهند پدیده‌ای با تأخیر (عقب افتاده) داشته باشند... همانطور که در این جهان همه‌چیز نسبی است.

**مهندس**— بنابراین از قله بلند فلسفه پائین هی آئیم و به مشاهدات زمینی بر می‌گردیم تا توجه شما را جلب کنم که خیلی دیر است. نمی‌خواهم به این ترتیب مسئول بگوییم شما و «پولت» باشم...



**مبتدی**— کاملاً حق دارید و دفعه بعد گفتگوی خودمان را دنبال می‌کنیم.

دوسن جوان هامی خواهد با اینهمه در علاوه (و همینطور در افکار خودش...) نظم و ترتیبی به وجود پیداورد.  
بنابراین بدنسب آن خواهد درفت که بددازد چگونه می‌توان علاوه را «تمیز داد» یعنی آنها را بر حسب فرکانس،  
دامنه و زمان ادامه از هم جدا کرد؛ و خواهد دید که چگونه مشاهده‌های روی گربه‌های ماده که بچه‌زایی‌های اند،  
مسئله « جدا کننده‌های دامنه » را روش نمی‌شوند.

تمیز دادن علائم

**مبتدی** - آقای مهندس، با در نظر گرفتن گوناگونی غیرعادی شکل های علائم که با خوشحالی آنها را شکنجه می دهید، باید شناختن آنها از هم دشوار باشد.



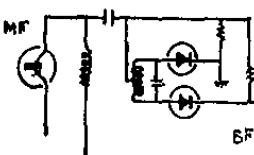
مهندس نهضتیان، پژوهشها را با علائم مستطیل شکل، یا سینوسی شکل اشتباہ نخواهید کرد و بک اسیلوسکوب کافی است تا بدایم با کدام علامت سر و کار داریم.

**میتلدی**— بله، اما اینکار نیاز به آن دارد که همیشه یکنفر اسیلوسکوب را زین نظر بگیرد. فمی شود یک جداسازی «خودکار» برای این علائم وجود آورد؛  
**مهندس**— خیلی خوب هم می شود. و آنگهی این کارها را به راهی می بند که  
باشد درباره مسئله تمیز دادن علائم برایتان صحبت کنم.  
**میتلدی**— این، داستان دیگر جیست؟

مهندس - بطور ساده مفهود ساختن مدارهایی است که بتوانند تغییرات یکی از مشخصه‌های علائم را نمودار کنند. مثلاً یک تمیز دهنده فرکانس می‌سازند که وقتی به ورودی آن علائمی گذاشته شود، بر حسب اینکه فرکانس آین علائم از یک مقدار انتخاب شده پیشتر یا کمتر باشد، درخودجی فشاری مشتبی یا منفی بهما می‌دهد.

تمیز دهنده

**مبتدی** - آه، درست است! باید بیاد می‌آوردم. در واقع دستگاهی که در گیرنده‌های با مدل‌السیون فرکانس جسانشین آشکارساز معمولی در رادیوهای با مدل‌السیون دامنه می‌شود، تمیز دهنده می‌نمایند. بنابر این قبلاً با این دستگاه آشنا شده‌ام.



**مهندس** - در واقع دستگاهی که گفتگید برای این نوع کاربرد بسیار متدائل است. در کاربرد صنعتی معمولاً منظور اینست که تغییرات یک فرآنی را برای هدف نمایان سازند که با نقطه نظر شما در پیش دادیوئی فرق دارد. به این ترتیب است که مثلاً یک لمس گتنده را که در یک مقایسه گتنده کلفتی است پکار پیشدازند که این لمس- گتنده روی جوش متحرک یک خازن واقع در یک مدار نوسانی، قرار دارد. بیان دارید که از کاربرد چنین جذب گتنده‌ای نام بردیم. مدار نوسانی مورد بحث که بخشی از یک نوسان ساز را تشکیل می‌دهد، بهما امکان خواهد داد که فرآنی بدست بیاوریم

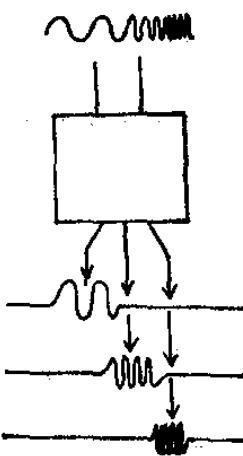
که وقتی جوشن متحرک خازن جایجا می‌شود، این فرکانس تغییر خواهد کرد. فشار متباوب با فرکانس متغیر وقتی به ورودی یک تمیزدهنده گذاشته شود، در خروجی فشاری می‌دهد که همانند تغییر جوشن متحرک، متغیر خواهد بود.

**مبتدا**— بنابراین همیشه دستگاهی مورد نظر است که بر حسب فرکانس ورودی

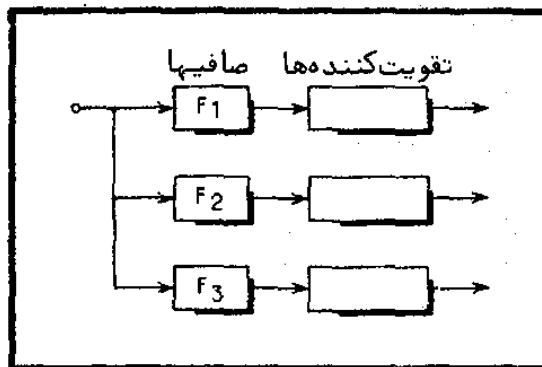
فشاری کم دیگر زیاد ایجاد می‌کند؟

**مهندسان**— می‌توان چیز دیگری هم ساخت. همکن است به دستگاهی نیازداشته باشد که وقتی روی ورودی خودش علائم با فرکانس متغیر را می‌گیرد، بر حسب آنکه فرکانس این علائم درجه محدوده‌ای از فرکانس قراردارد، آنها را راههای (کانال‌های) مختلف بگذارد...

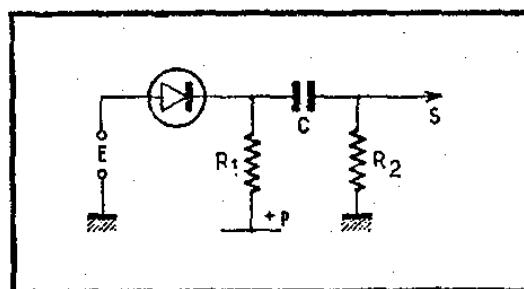
**مبتدا**— ساختن آن باید بی‌نهایت پیچیده باشد!



شکل ۸۷ — بر حسب فرکانس علامت ورودی، صافی‌ها این علامت را به طرف تقویت کننده‌های مختلف می‌فرستند. به این ترتیب یک تمیزدهنده فرکانس ساخته می‌شود.

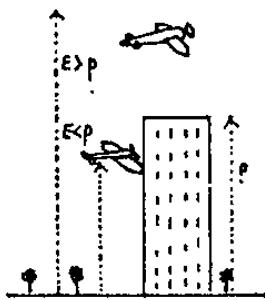


**مهندسان**— نه، بھیچوچه، حتی بسیار ساده است. کافی است تعدادی تقویت کننده جدا ساز (شکل ۸۷) ساخت که هر کدام از آنها یک صافی برای گذرا این باشد معینی از فرکانس داشته باشد و همه آنها در یک زمان زیر اثر علائم قرار بگیرند. یاندهای گذرا ای مختلف صافی‌ها هم‌دیگر را نمی‌پوشانند، بلکه در کنارهم قراردارند بطوری که یک علامت ورودی بر حسب فرکانسی که دارد از یک راه (یا کانال) و یا از راه (کانال) دیگر خارج می‌شود به این ترتیب جدا سازی علائم را بر حسب فرکانس آنها عملی کرده‌ایم.



شکل ۸۸ — در S ضربه‌ای دریافت نمی‌شود مگر آنکه در E ضربه‌ای گذاشته شود که فشار قله آن بیشتر از P باشد.

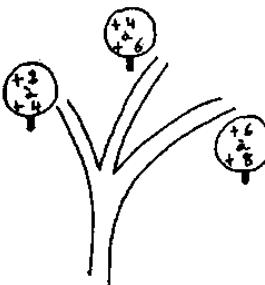
## جداسازی بوسیله دامنه



**مبتدی**- آیا جداسازی علائم بر حسب دامنه آنها هم امکان پذیر است؟  
مهندس- کمالا. با یکی از دستگاههای پرش سر که در شکل های ۵۴، ۵۳ و ۵۵ به شما نشان دادم و با کمی تغییر در آن می توان این کار را انجام داد. به این ترتیب است که مثلا مدار شکل ۸۸ فشار خروجی  $S$  را به شما نخواهد داد مگر آنکه فشار ورودی  $E$  از یک مقدار  $P$  + بیشتر شود و تا موقعی که  $E$  کمتر از  $P$  + است، دیوود مسدود است.

**مبتدی**- خازن  $C$  و مقاومت  $R$  به چه درد می خوردند؟  
مهندس- فقط برای حذف مؤلفه مستقیم ایجاد شده در نتیجه پلاریزاسیون  $P$  + کاتد دیوود وجود دارد، پکار می روند.

**مبتدی**- بنا بر این فرستادن علائم درجه های مختلف بر حسب دامنه آنها بسیار آسان است چون کافی است چند عدد از مونتاژ شکل ۸۸ شما با مقادیر گوناگون درجه بندی شده  $P$  ساخت و در هر راه فقط برای فشارهای کاملا معین راه خروج وجود دارد.



مهندس- در واقع تمیز دهنده بر حسب دامنه را بهمین ترتیب می سازند، اما مسئله کمی پیچیده تر از آنست که گمان می کنید. فرض کنید که پنج مدار مطابق شکل ۸۸ درست کنیم که مقدار پلاریزاسیون  $P$  آنها به ترتیب  $+2$ ،  $+4$ ،  $+6$ ،  $+8$  و  $+10$  ولت باشد. دریک لحظه همه آن دیوودها را که بین خودشان متصل هستند زیر تأثیر می گیریم. بدینهی است که کاتد دیوودی که پلاریزاسیون آن  $+10$  است علامتی عبور نخواهد داد مگر آنکه فشار ورودی از  $+10$  تجاوز کند. همینطور کاتد دیوودی که پلاریزاسیون  $+6$  ولت دارد، علامت  $+6$  را منتقل نمی کند مگر آنکه علائم دامنه ای بالاتر از  $+6$  ولت داشته باشند. اما ممکن است بخواهیم روی یک کانال علائمی نداشته باشیم مگر آنکه فشار ورودی دامنه ای داشته باشد که بین  $+6$  و  $+8$  ولت قرار گرفته باشد.

**مبتدی**- این موضوع هیچ مشکلی به وجود نمی آورد چون همان جیزی است که روی کاتد با پلاریزاسیون  $+6$  ولت پیدا می کنیم.

مهندس- خوب آقای مبتدی، شما من اینکی از دوستانم می اندازید. او گر به ماده ای داشت که خیلی دوستش داشت و برای این گر به در پائین در یک گربه رو درست کرده بود یعنی در یچه ای گذاشته بود که بقدر کفاوت بزرگ بود تا گر به بتواند بدون اشکال از آن بگذرد. اما بعد از آن، این گر به بچه هایی پیدا کرد. دوست من که می خواست کاری بسکند که بچه گر به ها هم بتوانند بگذرند بفکر ش رسید که پهلوی گر به روی اصلی، گر به روهای کوچکی درست کند...



**مبتدی**- نمی دانم چه رابطه ای با موضوع دارد ولی بهر حال کاملا بیهود است چون بچه گر به ها هم پنهانی می توانستند بدنبال هادرشان از گر به روی اصلی بگذرند...

مهندس- آقای مبتدی حرفی را که می خواستم بن نم نزدید. کاتد دیوودی که پلاریزاسیون  $+6$  ولت دارد، وقتی یک علامت بیشتر از  $6$  ولت به ورودی برسد

آنرا تحويل خواهد داد. اما اگر این فشار ورودی از ۸ ولت هم بکند، تحويل دادن را قطع نخواهد کرد بلکه بر عکس تمام فشارهای بالاتر از آنرا هم تحويل می‌دهد.

**مبتدا**— آه! چقدر احمق بودم، فکرش را نکرده بودم! پس کاری نمی‌شود کسر د.

### جداگانه کنندۀ چند کافایی

**مهندس**— جرا، مطمئن باشید. موقعیتی که در آن فقط روی کاتد پلاذریز اسیون ۶ ولت علامت را بدست می‌آوریم و روی کاتد با پلاذریز اسیون +۸ ولت بدست نمی‌آوریم چیزی است که ما بدنبال آن هستیم یعنی علامتی که در ورودی ذامنه آنها بین ۶ و ۸ ولت قراردادارد. بنابراین به کمک مدارهایی که «ضد برخورد» نام دارند دستگاههای می‌سازیم که به وسیله خروجی کاتد با پلاذریز اسیون +۶ ولت زیر تأثیر قرارمی‌گیرند و به وسیله خروجی کاتد با پلاذریز اسیون +۸ ولت مسدود می‌شوند و به این ترتیب مشکله را حل کرده‌ایم.

**مبتدا**— دلم می‌خواهد قبول کنم ولی شما این مشکله را با جادو حل کرده‌اید!

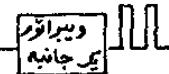
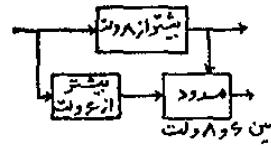
این مدارهای ضد برخورد چیست که تا بحال اسمش را نشینیده‌ام؟

**مهندس**— می‌توان بسیاری از آنها را بدوش‌های گوناگون در نظر گرفت. مثلاً می‌توانیم یک دستگاه شکل دهنده در خروجی دیودی که پلاذریز اسیون +۸ ولت دارد قراردهیم. این دستگاه بطور مثال یک ویراتور یک جانبه (سیستم یک ثابتی) خواهد بود که وقتی دامنه علامت از ۸ + ولت تجاوز کرد، بکار می‌افتد. علامت این ویراتور یک جانبه برای مسدود کردن یک تقویت کننده یکارخواهد رفت که ورودی معمولی آن زیر تأثیر علامتی که از کاتد با پلاذریز اسیون +۶ ولت خارج شده است، قراردادارد. پس این تقویت کننده قادرخواهد بود فقط وقتی کار کند که علامت ورودی از ۶ ولت تجاوز کند (تا علامتی در ورودی داشته باشد) و در عین حال این علامت به ۸ ولت فرسیده باشد (برای اینکه مدار یک ثابتی را تحریک نکند و در نتیجه تقویت کننده مسدود نکردد).

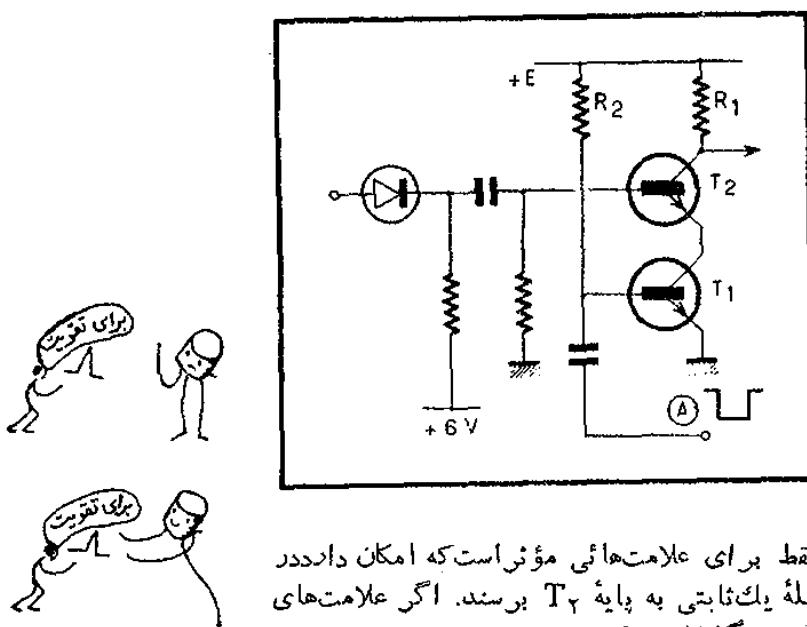
**مبتدا**— دارم می‌فهمم، با اینحال دوچیز را می‌خواستم بدانم. ابتدا چرا این یک ثابتی را در خروجی دیودی که پلاذریز اسیون ۸ ولت دارد بکار برده‌اید و بد جطوار یک تقویت کننده قابل مسدود کردن را درست می‌کنند؟

**مهندس**— اگر این ویراتور یک جانبه را بکار برد فقط برای اینست که فشاری در اختیار داشته باش که به محض رسانا شدن دیود با پلاذریز اسیون ۸ ولت از «هیچ» (یا قطع) به «همه» (یا اصل) برسد. اگر علامت کاتد این دیود را مستقیماً برای مسدود کردن تقویت کننده‌ام بکار برده بودم، مسدود کردن بر حسب اینکه علامت کم و بیش از ۸ ولت تجاوز می‌کرد، با ارزی کمتر یا بیشتر انجام می‌شد. ویراتور یک جانبه دز اینجا فقط به عنوان دستگاه شکل دهنده، دستگاه یکسان کننده ضربه‌ها بکار رفته که به محض آنکه علامت ورودی کمی از ۸ ولت تجاوز کند یک علامت کاملاً مشخص بگیرد.

به عنوان تقویت کننده مسدود شدنی، می‌توانید هو ترازی که بطور خلاصه



در شکل ۸۹ کشیده‌ام پلکان بیرونی. می‌بینید که تراانزیستور  $T_1$  معمولاً همیشه اشباع است. در واقع دایرۀ آن ازداه مقاومت  $R_2$  به  $+E$  وصل است، بنابراین مثل‌یک اتصال کوتاه عمل می‌کند و کارها طوری است که گوئی ارسال کننده تراانزیستور  $T_2$  به پدنه وصل است. بر عکس تراانزیستور  $T_2$  که پلاریزاسیون یا یه‌اش صفر است، مسدود می‌باشد. این تراانزیستور بوسیله فشاری که از کادد دیود با پلاریزاسیون ۶ ولت خارج می‌شود، از مسدود بودن خارج می‌گردد. اگر هیچ علامتی به  $A$  گذاشته نشود، یک علامت که به پایه  $T_2$  برسد، روی جمع کننده‌اش یک علامت منفی بما خواهد داد. بر عکس اگر یک علامت منفی خارج شده از یک ثابتی که زیر تأثیر دیود با پلاریزاسیون ۸ ولت است، به  $A$  گذاشته شود، در مدتی که این علامت می‌رسد، تراانزیستور  $T_1$  به صورت مسدود درمی‌آید و ما در خروجی چیزی نخواهیم داشت (روی جمع کننده  $T_2$ ) حتی اگر  $T_2$  از مسدود بودن خارج شود.



شکل ۸۹— اگر به آنددیود ضربه‌ای بوش از ۶ ولت گذاشته شود، تراانزیستور  $T_2$  از مسدود بودن خارج می‌شود به مرط آنکه ضربه‌ای به  $A$  نرسد که علامت بددهد و آنرا مسدود کند.

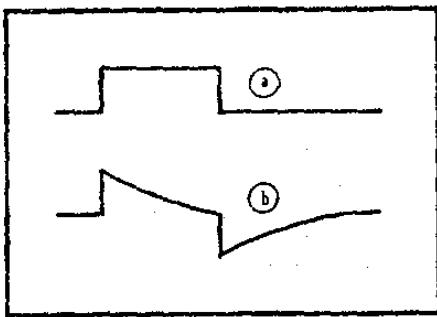
**مبتدی**— بیشتر موقتاً شما فقط برای علامت‌های مؤثر است که امکان دارد در زمان وجود علامت تهیه شده به وسیله یک ثابتی به پایه  $T_2$  برسند. اگر علامت‌های رسیده روی کاند  $T_2$ ، طولانی نباشند، دستگاه کار نمی‌کند.

**مهندسان**— حق باشامت، اصولاً این موقتاً برای آن ساخته شده است که به غیر از ضربه‌های نسبتاً کوتاه چیزی را نگیرد. اگر بخواهید برای کل کردن با علامت‌های غیر مشخص مناسب باشد باید بچای و بین اتوژ یک جانبه یک نوع قپان اشمیت بگذارد و بین خروجی این قپان تا پایه  $T_1$  یک ارتباط مستقیم بن قرار کنید.

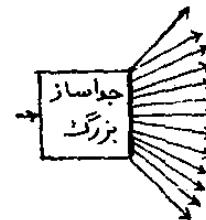
**مهندسی**— در اینصورت جدا کننده دائمه شما مجموعه‌ای خواهد شد که نسبتاً بیچیده است. خوشبختانه پنج کانال بیشتر نیست.

**مهندسان**— آقای مبتدی، به این سادگی مطمئن نشوید، جدا سازهای دائمه‌ای وجود دارد که تا ۱۰۰ یا ۲۰۰ کانال دارند. فقط باید موقتاً مورد نظر را به تعداد کافی تکرار کرد. این نوع جدا سازها بخصوص برای طبقه‌بندی کردن ضربه‌های ورودی بکار می‌روند که این ضربه‌ها از یک شمارگر گایگر-مولر یا یک چند برابر

کننده نوری مجهر به یک برقزن بدست آمده‌اند. پس با این ترتیب می‌توان ضربه‌های



شکل ۹۰ - یک علامت مستطیل شکل طولانی (b) که به مدار مشغق گیرنده گذاشته شود، با تغییر شکل کامل از آن خارج می‌گردد (b) که در بعضی منفی پیشروی قابل توجهی کرده است.



با دامنه‌های کمتر از ۱۷، از ۱ تا ۲۷، از ۲ تا ۳۷ وغیره را بطور جدا گانه شماره کرد. این شمارش ضربه‌های پا سطح معین امکان می‌دهد که انرژی پاره‌کولهای را که با این دستگاه نمایان ساخته‌اند، محاسبه کنند.

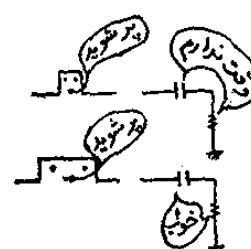
### جداسازی بر حسب مدت علامت

**مبتدی**- اگر می‌خواستند ضربه‌های گرفته شده را بر حسب مدت آنها، نه دامنه آنها، جدا کنند چه می‌کردند؟

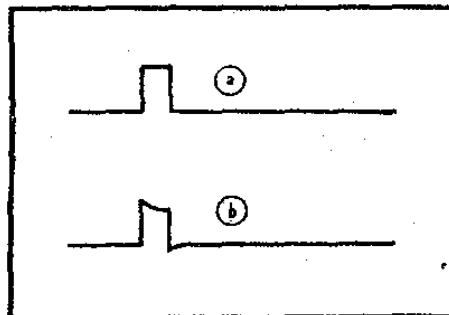
**مهندس**- راه حل‌های زیادی وجود دارد؛ البته ما با یکسان کردن دامنه تمام ضربه‌ها که به وسیله پرش سر انجام می‌شود کار را آغاز می‌کنیم. وقتی اینکار انجام شد، می‌توانیم از یک مدار مشتق گیرنده ساده مانند شکل ۶۴ استفاده کنیم.

**مبتدی**- در اینصورت من چیزی نمی‌فهمم چون چنین مداری هر علامت مستطیلی را به دو ضربه تبدیل می‌کند که یکی مشت در ابتدا و دیگری منفی در انتهای است.

**مهندس**- این وضعیت برای ضربه‌هایی است که پهنه‌ای آنها بسیار زیاد باشد. یادتان هست که امکان ایجاد مدارهایی را در نظر گرفتیم که خازن و مقاومتی یا مقدار زیاد نسبت به مدت زمانی که ابتداء و انتهای ضربه را از هم جدا می‌کند، داشته باشد. اگر به چنین مداری یک ضربه طولانی بفرستیم، همان تغییر که روی شکل ۹۰a نشان داده‌ام، فشار خروجی قطعاً به صورتی است که در شکل ۹۰b نشان داده شده است یعنی یک ضربه مشت در آغاز و یک ضربه منفی در پایان، می‌بینید که در این حالت مدت زمان علامت ورودی به اندازه کافی بزرگ است که خازن پتواند در مدت رسیدن این علامت کاملاً خالی شود. بر عکس اگر علامت کوتاه‌تری بفرستیم مانند شکل ۹۱a، می‌بینیم که خازن در مدت وجود علامت، وقت خالی شدن ندارد (یا درست تر بگوییم خیلی کم خالی می‌شود). بنابراین در خروجی، علامتی شبیه به آنچه در شکل ۹۱b نشان داده شده است داریم که علاوه بر ضربه‌منفی ندارد. به وسیله یک دستگاه که ضربه‌های مشت را قطع می‌کند و ضربه‌های منفی را هم اگر از یک آستانه (یا حد) نگذرند نمایان نمی‌کند، مداری خواهیم داشت که می‌تواند ضربه‌های کوتاه را (که علامتی به خروجی نخواهد داد) از ضربه‌های طولانی (که در پایان ضربه طولانی علامتی در خروجی



می‌دهند) تمیز پدیده.



شکل - ۹۱ - اگریک علامت کوتاه (a) به مدار مشتق گیرنده گذاشته شود، در خروجی (b) تغییر شکل کمی پیدا می‌کند و پیش روی در بعضی منفی کم است.

**مبتدی**- همین باعث تأسف است. چرا نباید دستگاهی داشت که از ابتدای ضربه طولانی یک علامت پذست پدیده؟

**مهندس**- آقای مبتدی فکر نمی‌کنید که چنین دستگاهی باید جادوگر باشد چون یک ضربه طولانی و یک ضربه کوتاه هردو به یک نوع آغازه‌ی شوند. وقتی به انتها رسیدند می‌توان گفت که ضربه طولانی بوده است یا کوتاه.

**مبتدی**- درست است... افراد می‌کنم که به این مطلب فکر نکرده بودم.

### تمیزدهنده شکل موج

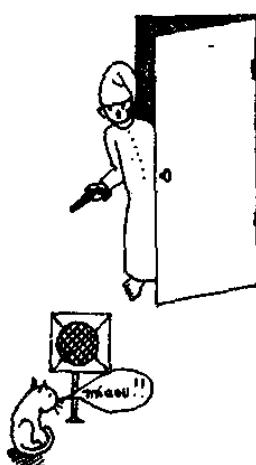
**مهندس**- این موضوع نشان می‌دهد که همیشه خوب است قبل از گفتن کمی فکر کنیم. حالا می‌توانیم علائمی داشته باشیم که بخواهیم آنها را بر حسب شکلشان تمیز دهیم. مثلاً می‌توانیم دستگاهی بسازیم که غیر از ضربه‌ها چیزی را نمایان نسازد و تغییرات آهسته را نمایان نکند. برای اینکار کافی است که یک مدار ساده مشتقه گیر نده، همان مدار جاودانی شکل ۶۴ را بکار ببریم. اگر فشاری به ورودی آن بگذاریم که آهسته تغییر کند، تقریباً در خروجی چیزی پذست نمی‌دهد، چون خازن زمان لازم برای پرشدن یا خالی شدن در مدت تغییرات آهسته دارد و اینکار با کمترین جریان پرشدن یا خالی شدن انجام می‌شود که با عبور از مقاومت، فشار بسیار کمی پذست می‌دهد. بر عکس تغییرات ناگهانی فشار گذاشته شده بدورودی، بطور کامل از راه خازن دوباره منتقل خواهد شد و بنابراین آنرا در خروجی خواهیم یافت.

**مبتدی**- بنظر من این مطلب بسیار روش است، اما نمی‌دانم برای چه علائم با تغییرات ناگهانی را از علامه با تغییرات آهسته باید جدا کرد.

**مهندس**- حافظه‌شما کم است. بباید بیاورید که دستگاه‌زدگیری ساخته بودید و باعث ناراحتی شما شد...

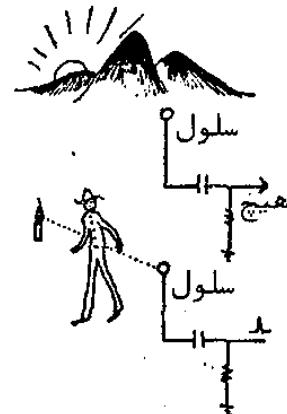
**مبتدی**- از این کار وحشتناک صحبت نکنید که خاطره بسیار بدی است!

**مهندس**- با وجود این یادتان هست که بشما بیشنهاد کردم از سلول فتو- الکتریک استفاده کنید. در این حالت خوب است که بدنیال این سلول مداری بگذارید که فقط در برای تغییرات ناگهانی روشانی حساس باشد، مثل وقتی که یک نفر ضمن عبور بین لامپ و سلوون قرار بگیرد. به این ترتیب علامت‌هایی را که ممکن است از تغییرات آهسته روشن یا تیره شدن سلول نتیجه شده باشند (مثل طلوع خودشید یا فرار سیدن شب) حذف می‌کنند.



**مبتدا**- و اگر بر عکس این را می خواستند یعنی در برای بر تغییرات ناگهانی روشنایی حساس نباشد و فقط تغییرات آهسته نور را نمایان کنند چطور؟

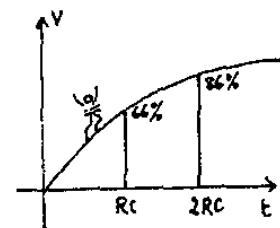
**مهندسان**- بطور ساده یک مدار که «انتگرال گیرنده» نام دارد یعنی مدار شکل ۷۰ را بکار می بردیم. در حالی که مدار مشتق گیرنده شکل ۶۴ یک صافی بالا گذر بود، مدار شکل ۷۰ یک صافی پائین گذر است. این صافی مؤلفه های بافر کانس بالا یاد گرگونی های سریع را حذف می کند و فقط مؤلفه های مستقیم را حفظ می کند. این دستگاه شبیه دستگاهی است که روی اتومبیل خودم بکار بردیم. در جلوی کابوت اتومبیل یک سلول فتوالکتریک کوچک نصب کرده ام که یک قپان اشمیت را زیر تأثیر می گیرد تا لامپ کوچکی را در تابلوی جلوی راننده روشن کند و این کار وقتی انجام می شود که روشنایی محیط اطراف خیلی ضعیف شده و من هنوز چراخ اتومبیل را روشن نمکردم. چون نمی خواستم هر بسار که از زیر یک درخت کمی انبوه می گذرد این لامپ روشن و خاموش شود، یک صافی شبیه صافی شکل ۷۰ گذاشته ام که مجهز به ثابت زمانی در حدود ۱۰ ثانیه است. همه چیز طوری من تاب شده که گوئی سلول فتوالکتریک من بسیار آهسته جواب می دهد و بنابراین فقط در روشنایی متوسط آسمان، که به طرف آن بر گردانده شده است، حساس است.



### ثابت زمانی

**مبتدا**- از نظر فکر بسیار زیر کانه است. با وجود این می خواستم بدانم منظور شما از ثابت زمانی به درستی چیست؟

**مهندسان**- منظور کمیتی است کاملاً متناول که آنرا برای تمام مدارهای دارای مقاومت و خازن بکار می برد. بینید آقای مبتدا و قتنی ظرفیت خازن C مثلاً یک مدار انتگرال گیرنده را در مقاومت  $R$  آن ضرب می کنند، عددی بدست می آید که می توانند آنرا بر حسب ثانیه بیان کنند (به شرط آنکه C بر حسب فاراد و R بر حسب اهم باشد). این زمان وابسته به مدتی است که خازن لازم دارد تا از راه مقاومت R پرسود و یا روی آن خالی شود بطوری که این پرشدن یا خالی شدن به مقدار ۶۳ درصد پارهایانی آن باشد. ازمن نخواهید که علت انتخاب این رقم را بگوییم چون برای این کار باید از معادلات دیفرانسیل استفاده کنیم.

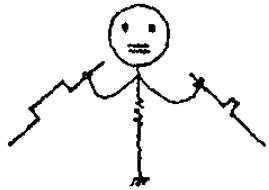


**مبتدا**- همه چیز را قبول دارم اما نه اینکارها!

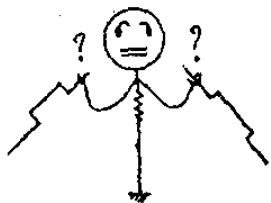
**مهندسان**- خاطر جمع باشید، به آن نیازی نداریم. بنابراین در بیان زمانی که برای این ثابت زمانی  $RC$  است، خازن به مقدار ۶۳ درصد مقدار پایانی اش پر یا خالی شده است. پس از مدتی که دو برابر ثابت زمانی است، خازن به مقدار ۸۶ درصد پریا خالی خواهد شد، بالاخره در بیان مدتی که سه برابر ثابت زمانی باشد پرشدن (یا خالی شدن) تا ۹۵ درصد انجام خواهد شد. وه عبارت دیگر برای یک مدار مشتق گیرنده یا انتگرال گیرنده مقدارهای جداگانه C و R معین نیستند که به حساب می آیند بلکه حاصل ضرب آنهاست که بر حسب ثانیه (یا هیکر و ثانیه) بیان می شود و نام آن را ثابت زمانی گذاشتند.

**مبتدا**- بنابراین اگر خوب فهمیده باشم، وقتی منظور جدا کردن علامت ها بر حسب زمان باشد، یک ثابت زمانی انتخاب کرده اید که نسبت به علامت شکل

۹۰۸ کوتاه و نسبت به زمان علامت نشان داده شده در شکل ۹۱۸ دراز (طولانی) باشد؟



**مهندس** - کاملا درست گفتید، درواقع بهمین ترتیب ثابت زمانی را انتخاب هی کنند. و آنگهی به همین دلیل است که هر چه نسبت زمان ضریب طولانی به ضریب کوتاه بزرگتر باشد، تمیزدادن علامت‌ها از هم مؤثر تر انجام می‌شود.



۱۰

دستگاهی را پکرداشته باشد؛ مهندس برای او از رازهای این دستگاهها و مدارهایی که می‌توانند به آنها فرمان دهند، پرده بر می‌دارد.

## رله‌ها و موته‌ها

مهندس - حالا انواع گوناگون «پس دهنده» را بررسی می کنیم.  
مبتدی - این دستگاهها چیست که هیچ وقت در باره اش برایم صحبت نکرده اید؟  
مهندنس - چرا، درباره آنها برایتان مطالبی گفته ام. بنابراین با این رفتار  
است که تمام دستگاههای الکترونی تشکیل می شوند از یک جذب کننده که اثر خارجی  
را به یک علامت الکتریکی تبدیل می کند. یک مبدل که روی علائم همه نوع تغییری  
را به وجود می آورد و بالاخره یک پس دهنده که از علامت تغییر کرده نشانه مورد نظر



**مبتدی** - آه پس به آخرین حلقه زنجیر رسیدیم. پس مطلب دارد جدی هی شود.

**مهندس** - آقای هبتدی مطلب همیشه جدی بود، و انگهی اگر اکنون با آخرین حلقه نتیجه روبرو هستیم، باز هم چیزهای زیادی درباره کاربردهای اختصاصی برای گفتن داریم. بهر حال کار را با رله‌ها شروع می‌کنیم.

مقاومت یک قرقره رله

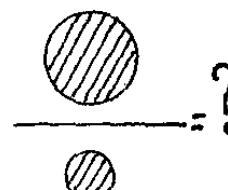
**مبتدی** - اینکار بی‌فاایده است. چون مطلب را کاملاً می‌دانم.

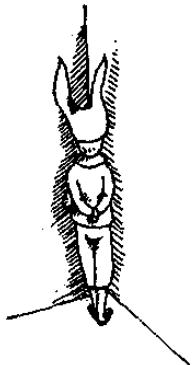
**مهندس** - خوب، حالاکه طبق گفته ممجوو باه شما «طلب را کاملاً می‌دانیده، می‌توانید بمن بگوئید مقاومت یک رله مشخص چگونه بر حسب فشاری که باید آنرا پکار بیندازد تغییر می‌کند؟

**مبتدئی** - آه... این پرسش بیشتر جنبه ریاضی دارد!

**نهندرس** - از شما نخواستم که توضیح مفصل بدهید. فقط خواستم کمی فکر کنید.

در یک رله هشخض، یک مشخصه مهم تعداد آمپر دوری است که برای جذب کردن لازم است، به عبارت دیگر حاصل ضرب تعداد دور قرقه در جریان لازم برای جذب تیغه به طرف هسته است که عمل می‌کند و اتصالی‌های رله را وصل می‌کند. یک رله هشخض را در نظر می‌گیریم (شکل ۹۲) که برای قرقه آن یک محل معین را در نظر گرفته‌اند. این قرقه چند دور سیم پیچی با سیمی که مقطع و مقاومت آن معین است دارد. فرض کنید بجای این سیم، سیمی پلار پیچیم که قطر





آن سه بار کوچکتر باشد، مقطع آن چقدر کم شده است؟  
مبتدی - خیلی ساده است، به نسبت ۳.

**مهندس** - آقای مبتدی نمره شما صفر است. چگونه جرأت می‌کنید بگویید که وقتی قطر یک دایره را به نسبت ۳ کم می‌کنید، سطح آن بهمین نسبت کاهش پیدا می‌کند؛ با اینحال مدت هاست می‌دانید که سطح یک دایره متناسب با توان دوم

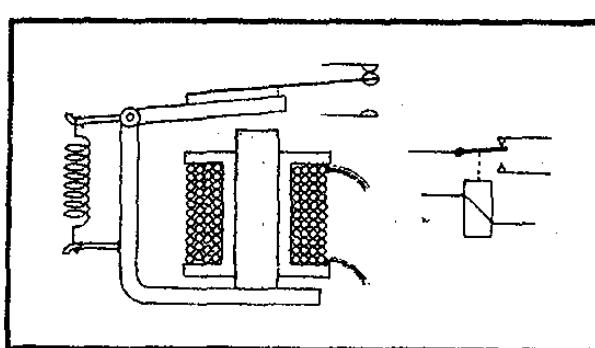
شعاع آنست! بنابراین با یک شعاع (یا یک قطر) که  $\frac{1}{9}$  باشد، سطحی که داریم ۹ بار کوچکتر است. پس می‌توانیم تعداد دورها را ۹ بار بیشتر کنیم. حالا می-

توانید بگویید که مقاومت جدید چقدر است؟  
مبتدی - این بار دیگر بسیار ساده است چون سیم ۹ بار درازتر شده است  
پس مقاومت آن ۹ برابر زیادتر می‌شود.

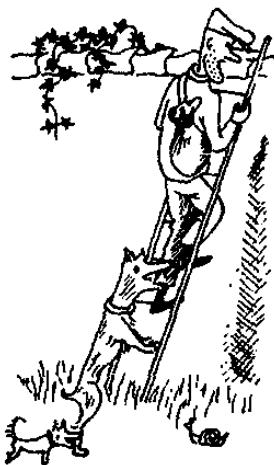
**مهندس** - این بار آقای مبتدی دیگر از حد گذرا نداید! فراموش کرده اید که اگر سیم ۹ بار درازتر شده، مقطع آنهم ۹ برابر کمتر شده است، بنابراین مقاومت اولیه در ۸۱ ضرب شده است.

**مبتدی** - که اینطور! هیچ وقت فکر نمی‌کردم بایک سیم که فقط سه برابر کوچکتر است، مقاومتی داریم که تا این حد زیادتر شده است. اما اگر جریانی از آن بگذرانیم، توان تلفشده در آن زیاد خواهد بود.

	2	3
4	5	6
7	8	9



شکل ۹۲ - یک رله (که به صورت اختصاری در سمت چپ نشان داده شده). شامل یک قرقره است که یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند و تیغه را جذب کرده و باعث می‌شود که یک اتصالی، که اتصالی کار نام دارد، باز یا بسته شود.

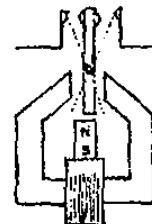


**مهندس** - مسلم‌آنه، در واقع چون تعداد دورهای قرقه ۹ برابر قرقه اول است، باید جریانی از آن بگذرانیم که ۹ برابر کوچکتر است. با درنظر گرفتن اینکه توان تلفشده متناسب با مقاومت و توان دوم جریان است، بنابراین در سیم پیچی همان توان اولیه را بدست می‌آوریم. جزئی که در اینجا بدست آورده‌ایم کاملاً کلی است چون وقتی حجم مس سیم پیچی مشخص است، فقط توان هصرف شده در این سیم پیچی است که عمل مغناطیسی رله را معین می‌کند. بهمین جهت است که برای یک رله مشخص می‌گویند توان تحریک آن  $1/2$  یا  $1/4$  وات است. می‌توان انواع بسیار حساس‌تری ساخت بطوری که با توان فرمان  $2/0$  و حتی  $1/0$  وات کار کند. رله‌های مافوق حساس می‌توانند با توان تحریک در حدود میلی‌وات (یک‌هزار وات) کار کنند؛ معمولاً این رله‌ها غیر از جریان‌های بسیار ضعیف نمی‌توانند جریان‌های

دیگری را قطع و وصل کنند و برای هر مورد بکار نمی‌روند بلکه آنها را برای فرمان رله واسطی که توان پیشتری دارد بکار می‌برند.

### فرمان یک رله به وسیلهٔ ترانزیستور

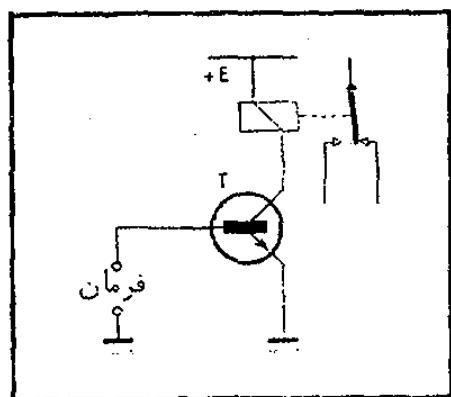
**مبتدی**— فکر بسیار خوبی به منزد رسید و آن اینست که اگر به جای فرمان دادن مستقیم جریان قرقه یک رله، پایه یک ترانزیستور را زیر تأثیر بگیریم که جریان جمع کننده‌اش از رله عبور کند، در این صورت می‌توانیم ترانزیستور را با توان بسیار ضعیفی فرمان دهیم؛ حتی این توان را در صورت لزوم می‌شود باز هم کمتر کرد به این ترتیب که از یک طبقه تقویت کننده که آنهم ترانزیستوری است استفاده کنیم.



**مهندس**— آقای مبتدی کاملاً حق با شماست، فقط باید بگوییم که این فکر قلچار پیشنهاد شده و حتی عملی هم شده است. درواقع رله‌های وجود دارند که در کنار سیم پیچی قرقه، یک تقویت کننده ترانزیستوری دارند، بطوری که بتوان آنها را با کمترین توان فرمان داد (شکل ۹۳) حتی رله‌های ساخته‌اند که در آنها از این تقویت کننده قپان اشمیت قرار دارد که بادقت بسیار زیاد حدود جذب و قطع انتقالی‌ها را مشخص می‌کند.

**مبتدی**— درست، باز هم یکشفر از من پیش‌افتداده است... دارم باور می‌کنم که هیچ وقت نمی‌توانم پیش از دیگران چیز تازه‌ای پیدا کنم.

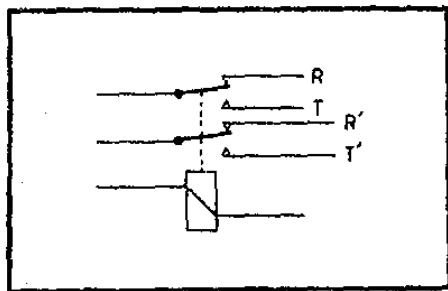
**مهندس**— آقای مبتدی ناراحت نباشید، یک روز هم فوتبت بهشما می‌رسد، اما ابتدا باید این فن را خوب باد بگیرید، اینکار برای پیدا کردن چیزهای تازه بیش از دیگران لازم است. برای اینکه دوباره برهله‌ها بپردازیم، برایتان از طبقه‌ای نام می‌برم که بدون شک آنرا نمی‌شناسید و آنهم رله‌های جهت‌دار است. اینها راه‌هایی هستند که در آنها یک آهنربای دائمی اثر خود را به‌ائز مغناطیسی قرقه می‌افزاید. به عبارت دیگر بر حسب جهت جریان، تیغه ممکن است جذب و یا دفع شود. بنابراین رله‌هایی داریم که فقط برای جریانی که درجهت مشخص باشد جذب می‌کنند.



شکل ۹۳— یک رله را می‌توان به وسیله یک ترانزیستور بطور مؤثر فرمان داد.

**مبتداي** - اين کار را با آسانی بيشتری می شود انجام داد به اين ترتيب که  
بطور پيماين با سيم پيچي يك ديوود ساده بگذارييم.

**مهندسي** - بله، اگر فقط متنظر اين باشد که کاري بكتريم تا رله برای يك  
جهت مشخص جريان جذب کند، اما با يك رله جهتدار می توان بهتر از اين عمل  
کرد. می شود کاري کرده که برای جريان هاي مشتت تيغه هتجرك به طرف داشت حرکت  
کند و به اين ترتيب يك اتصالي را بمندد. وقتی جريان وجود نداده اين تيغه در  
وسط باقی می ماند؛ اگر جهت جريان را معکوس کنند، تيغه به طرف چپ می رود و  
اتصالی دوگرى را می بمندد. در اينجا چيزی اضافه بر آنچه که يك رله معمولی با يك  
ديوود، که بطور پيماين با سيم پيچي آن وصل است، بما می دهد، داريم. و آنگهی آفای  
مبتداي می دانيد که در رله های معمولی اتصالی هائی وجود دارد که «اتصالی استراحت»  
نام دارند و وقتی رله زيسن تحريلک نیست، آنها وصل هستند؛ وقتی رله جذب  
می کند اين اتصالی ها قطع می شوند. معمولاً وقتی رله جذب می کند همان تيغه ای  
که اتصالی استراحت را قطع کرد، اتصالی کار را وصل می کند. بنابراین با چيزی  
س و کار داريم که اتصالی معکوس کننده یا استراحت کار می نامند و بيشتر وقتها با  
اتصالی RT آنسا مشخص می کنند. حتی ممکن است چند عدد از اين اتصالی ها  
داشت. (شکل ۹۴).



شکل ۹۴ - يك سيم پيچي می تواند دو  
معکوس کننده را بكار بیندازد، دو اتصالی  
استراحت مستقل را باز کند و دو اتصالی  
کار را که مستقل هستند، بمندد.

### احتياط هائي که برای کار انداختن رله ها به وسیله ترانزیستور باید مراعات کرد



**مبتداي** - گمان می کنم حالا همه مطالب لازم درباره رله ها را فهمیده باشم.

**مهندسي** - آفای مبتداي، من فهمیده ام که هيچ وقت کمروئي بر شما تسلط  
نداشته است؛ جا دارد کتاب هاي زيادي درباره رله ها نوشته شود. من فقط به گفتن  
مطالب جزئي درباره آن اکتفا می کنم. ابتدا می دانيد که وقتی جريان فرقه يك  
رله را به وسیله يك ترانزیستور یا يك لامپ فرمان می دهند (تامين می کنند) چه  
احتياط هائي باید بعمل آورد؟

**مبتداي** - تصور می کنم که باید ترانزیستور یا لامپ را طوري انتخاب کرد  
که بتواند جريان لازم را بدون دشواری تهييه کند.

**مهندسي** - در الواقع ايسن تخصیص شرط است، اما کافی نیست. کمی فکر کنید  
که وقتی جريان کاملاً در رله برقرار شد، ناگهان ترانزیستور را با يك فشار  
مناسب روی پایه اش مسدود کنند چه پیش خواهد آمد؟

**مبتدی**— در این شرایط، جریان در سیم پیچی فقط می‌شود و رله قطع می‌گردد.

**مهندس**— آقای مبتدی ناآگاهی شما امکان می‌دهد که در کنار بدترین مهلهکه‌ها جای بگیرید. مثل اینست که فراموش کرده‌اید سیم پیچی رله ضریب خود القائی بزرگی دارد و به همین جهت با تغییرات تند شدت جریان به سختی مخالفت می‌کند. اصل دومی هم وجود دارد که دلم می‌خواست آنرا هم بتوسید و در اطاقیان بزندید البته به شرطی که جای کافی وجود داشته باشد، آن اصل اینست:

«در شدت جریانی که از یک سیم پیچی می‌گذرد در زمان بی‌نهایت کوچک، تغییرات مشخصی نمی‌تواند وجود داشته باشد».

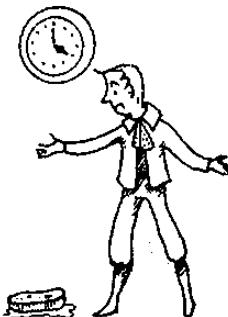
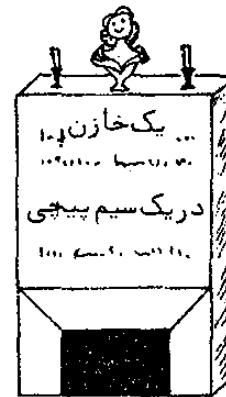
بنابراین اگر با مسدود کردن ترانزیستور، بخواهیم ناگهان شدت جریانی را که از سیم پیچی می‌گذرد، قطع کنیم، در دو سر سیم پیچی اختلاف فشاری به وجود می‌آید که ممکن است قابل توجه باشد. این اضافه فشار ممکن است آنقدر بزرگ باشد که ترانزیستور را خراب کند یا سیم پیچی رله را ازین بین ببرد و یا اگر بخت همراه باشد حتی هردو ازینین بروند.

**مبتدی**— شما این را بخت می‌نامید، من آنرا بیشتر کاربرد معمولی نظریه کامل‌اً شناخته شده شیرینی مربایی می‌دانم!

**مهندس**— موضوع چیست؟

**مبتدی**— این نظریه ایست که زیر نام «نظریه حداکثر مسمومیت» هم شناخته شده است. این نظریه بوسیله عمل زیر قابل لمس است: وقتی شیرینی مربایی از دستتان می‌افتد، همیشه طوری می‌افتد که مربای آن روی ذمین قرار می‌گیرد و حساب احتمالات را کامل‌اً باطل می‌کند.

**مهندس**— آقای مبتدی، با وجود این به عقیده من در اینجا چیزی هست که موضوع را تغییر می‌دهد چون وجود مربای، هر کثر تخل شیرینی را در هم نزد است و بنتروم می‌رسد که نظریه مشهور شما با روش فیزیکی بیشتر قابل توضیح است تا روش هاوراه الطبیعی. خوب این صحبت‌های سطح بالا را کنار بگذاریم و به رله‌ای خودمان بروزدیم. چون ممکن است اضافه فشارهای زیادی بوجود بیاید، باید راهی پیدا کرد که رله و ترانزیستوری که به آن فرمان می‌دهد، حفظ کنیم. یک روش بسیار ساده وجود دارد که شامل یکلار بردن ترانزیستورهای است که مقاومتشان با فشاری که به آنها گذاشته می‌شود تغییر می‌کند؛ به عبارت دیگر منظور عنصرهای هستند که از قانون اهم پیروی نمی‌کنند و آنها را V. D. R. (که از حروف اول کلمه‌های انگلیسی به معنای مقاومت وابسته به ولتاژ گرفته شده است) یا اریستانس Varistance می‌نامند. مثلاً یک نوع از آنها وجود دارد که زیر فشار ۱۲ ولت جریان ۵ میلی آمپر از خود می‌گذراند در حالی که زیر فشار ۱۴ ولت جریانی از خود می‌گذراند که ۱۵ بار بیشتر یعنی ۷۵ میلی آمپر است. اگر یکی از این عنصرها را موازی با قرقه یک رله که برای کار با ۱۲ ولت پیش‌بینی شده است. قرار دهیم، وقتی ذاگهان جریان قرقه را قطع کنیم، اگر این جریان ۷۵ میلی آمپر بوده، ابتدا از عنصر V. D. R می‌گردد و در این عنصر فقط فشار ۲۴ ولت ایجاد می‌کند که به تندی رو بکاعش خواهد رفت. در کار عادی چون در دوسر این عنصر ۱۲ ولت وجود دارد، مصرف آن فقط ۵ میلی آمپر است که عملانه در براین شدت جریان مصرف شده دد رله قابل چشم‌پوشی است.



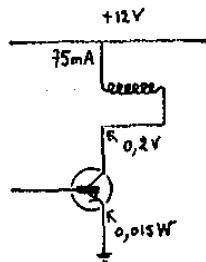
**مبتدی** - نمی توانستیم بجای این عنصر عجیب R. D. R. یک مقاومت ساده

بگذاریم؟

**مهندس** - چرا، می شد اینکار را کرد. اما فرض کنید که می خواستیم اضافه فشار را به ۲۶ ولت محدود کنیم در اینصورت می باشد مقاومتی انتخاب کنیم که زیر فشار ۲۴ ولت، جریان ۷۵ میلی آمپر از خود بگذراند که یک مقاومت تقریباً ۳۲۰ اهمی است. چنین مقاومتی که موازی با قرقره رله فرار گرفته باشد، برای کار عادی تقریباً شدت جریان ۳۷ میلی آمپر مصرف می کند که نسبت به جریانی که از رله می گذرد، از چشم پوشی بدور است. لازم است ترانزیستور جریانی برابر  $37 + 75 = 112$  میلی آمپر را از خود بگذراند که فقط ۷۵ میلی آمپر آن در رله بکار می رود.

**مبتدی** - بله، فایده این عنصر های R. D. R. را بخوبی فهمیدم. در واقع آنها کمی نقش دیودهای ایجاد نوسان ویبراتور چندجانبه را بازی می کنند که قبل از دباره آنها گفتگو کردیم. در حقیقت در کار عادی آنها از رله قطع هستند. وقتی به آن متصل می شوند که فشار افزایش می یابد.

### محافظت به وسیله دیود



**مهندس** - در حقیقت شیاهتی وجود دارد. از این گذشته می توانستید برای محافظت رله دیودی بکار بینید. کافی است آنرا همانطور که در شکل ۹۴ مکرر نشان داده ام سوار کنید. می بینید که اختلاف سطح جمع کننده ترانزیستور ناگهان قطع شود.

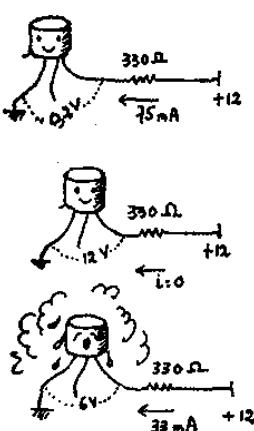
**مبتدی** - راه حل باکاد برد R. D. R. را ترجیح می دهم. چون در آن منبع کمکی ۲۶ ولت وجود ندارد. اما نکته ای هست که کمی ناراحتم می کند، پخصوص درمثال عددی شما، از رله ای صحبت کردید که با ۱۲ ولت و جریان ۷۵ میلی آمپر کار می کند. این دو رقم نشان دهنده توان ۹/۰ وات در قرقره است.

**مهندس** - آفای مبتدی این مقدار کاملاً عادی است. چند دقیقه پیش آنرا به شما گفتم.

**مبتدی** - برای رله بله، اما اینکار ایجاب می کند که ترانزیستور از نوع قوی باشد برای اینکه باید بیش از ۱۲ ولت را به مصرف برساند.

**مهندس** - مبتدی عذر بیز. اینطور نیست. فکر کنید که در کار معمولی، ترانزیستور اشباع شده است و در این حال جریان جمع کننده ۷۵ میلی آمپری کاملاً از آن می گذرد. اما فشار جمع کننده اش تقریباً صفر است و تقریباً تمام ۱۲ ولت در دوسر سیم پیچی قرقره وجود دارد. در این شرایط توان تلف شده روی جمع کننده ترانزیستور بی نهایت کم است.

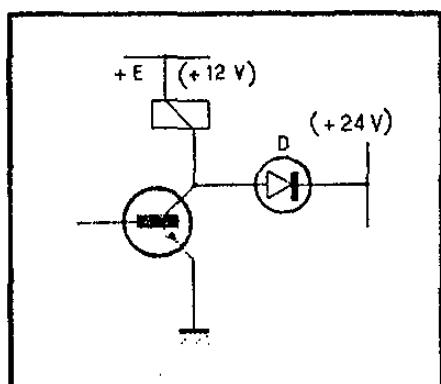
**مبتدی** - در اینصورت می توانیم به یک ترانزیستور کوچک اکتفا کنیم به شرط آنکه ۷۵ میلی آمپر را روی جمع کننده و اضافه فشار ۲۶ ولت را وقتی مسدود است تحمل کند؟



**مهندس** - می توانید اینکار را بکنید به شرط آنکه مطمئن باشید ترانزیستور همیشه در اشباع و یا مسدود بودن کار می کند. اما اگر پایه آن طوری فرمان داده شود

که ترازیستور بتواند در یک حالت بین مسدودبودن و اشباع کارکند، ممکن است تلفی روی جمع‌کننده‌اش وجود داشته باشد. به آسانی می‌توان نشان داد که هر بار که ترازیستوری بهوسیله فشار  $E$  + از راه مقاومت  $R$  تعذیب شده باشد، زیادترین مقدار تلف توانی که روی جمع‌کننده آن ممکن است وجود داشته باشد برای  $\mu R$  است که

$\frac{1}{\mu}$  بیشترین تلفی است که وقتی ترازیستور اشباع است روی مقاومت  $R$  وجود دارد.



شکل ۹۶ مکرر - وقتی ترازیستور ناگهان مسدود شود، انرژی موجود در قرقره وله اختلاف سطح جمع‌کننده را به اندازه‌ای بالا می‌برد که  $D$  را رسانا می‌کند. دیسود ترازیستور را حفظ خواهد کرد.

این بیشترین تلف  $\frac{1}{\mu}$  در جمع‌کننده ترازیستور وابسته به وضع کاری است که در آن همان مقدار فشاری که در دوسر ترازیستور وجود دارد در دوسر بار هم موجود باشد (مقدار این فشار در دوسر هر کدام از آنها  $\frac{1}{\mu}$  است). در حالت مورد نظر ما، اگر در دو سر رله ۶ ولت وجود داشته باشد (بنابراین در دوسر ترازیستور ۶ ولت هست) تلف جمع‌کننده در ترازیستور به حد امکان زیاد است؛ این تلف همان‌طور که گفتم برای یک چهارم بیشترین تلف در رله، یعنی کمی بیشتر از  $22/0$  وات است. عده زیادی از ترازیستورهای کوچک این تلف را به خوبی تحمل می‌کنند.

#### انتخاب ترازیستور

$$\begin{cases} 75 \text{ mA} \times 0,2 \text{ V} = 0,015 \text{ W} \\ 0,4 \text{ A} \times 12 \text{ V} = 0,48 \text{ W} \end{cases}$$

**مبتدا** - پس اگر مطالب شمارا خوب فهمیده باشم می‌توان گفت دو حالت وجود دارد، یا ترازیستور در حالت مسدود و یا اشباع کار می‌کند که در این صورت تلف جمع‌کننده ضعیف است، یا ترازیستور به تدریج از حالت مسدود به اشباع می‌رسد که در این حالت باید بتواند  $22/0$  وات مصرف کند. اما در واقع مدت زمان کمی در این حالت که باید  $22/0$  وات مصرف کند باقی می‌ماند (خیلی احتمال دارد که این وضع برای جذب رله نارسا باشد چون در دوسر سیم پیچی آن نیمه از فشار لازم

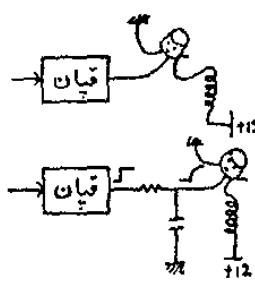
برای کار زله وجود دارد). بنابراین می توانیم ترا نزیستوری پیش بینی کنیم که غیر از ۰/۱۵ وات و حتی کمتر از آن نتواند مصرف کند.



**مهندس**- نه آقای مبتدی، با ترا نزیستورها استدلال لامپ هارا پکار نمی ید چون حتی برای یک زمان کوتاه از حدود نظری تلف نماید تجاوز کرد. محل اتصالی یک ترا نزیستور مانند گرمائی کمی دارد، به عبارت دیگر درجه گرمای آن بسیار تندر از تغییرات قدرت تلف شده بیش وی می کند. در یک لامپ ضرب اطمینان بزرگی دارد چون لامپی که اصولاً نماید بیش از یک وات روی آندش مصرف کند، بخوبی می تواند ۴ یا ۵ وات را برای مدت چند ثانیه روی آند مصرف کند، به شرط آنکه اینکار را زیاد نکر از نکنید. برای یک ترا نزیستور این حد به روش بسیار بحرانی تری مشخص شده است. از طرف دیگر مدت نسبتاً زیادی طول می کشد تا آند یک لامپ گرم شود، درحالی که برای یک ترا نزیستور، چند هزار ثانیه کافی است تا اتصالی آن گرم شود. از این گذشته بهیچوجه ثابت نشده است که مجموعه ترا نزیستور احتمالاً مدت زیادی در وضعیتی که  $22/0$  وات دد ترا نزیستور مصرف شود باقی نخواهد ماند (در این مورد با شما موافقم که نامناسب ترین وضع است).

**مبتدی**- پس پکار بدن یک ترا نزیستور با توان کمتر غیرممکن است؟

**مهندس**- نه، کاملاً امکان دارد اما در این حال باید این ترا نزیستور را مثلاً به وسیله یک قپان اشمیت فرمان داد تا همیشه در حالت مسدود یا اشباع باشد و هیچ وقت نتواند در وضع بینایین قرار گیرد. بر عکس، در این موقع نقص های را که در باره تغییر بسیار اند جریان جمع کننده برایتان گفتم خواهد یافت. خطوط اضافه فشارهای زیاد وجود دارد که برای مقابله با آنها باید از پیش به دید یا مقاومت  $V. D. R$  مجهز شد.



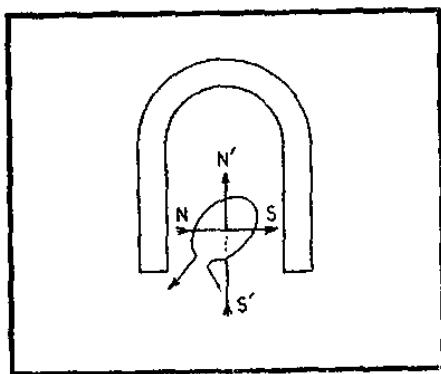
**مبتدی**- در این حالت امکان ندارد که بین قپان اشمیت و پایه ترا نزیستور صافی پائین گذدی از همان نوع که مدار انتگرال گیر نده نامیده اید یک گذاریم؟ بهر حال عبور از حالت مسدود به اشباع پقدار کافی تند خواهد بود که ترا نزیستور مدت بسیار کوتاهی در وضع نامطلوبی که  $22/0$  وات مصرف می کند باقی بماند؛ از طرف دیگر شاید بتوان کاری کرد که این گرگونی آنچنان تند نباشد که اضافه فشارهای زیاد تولید کند.

**مهندس**- آقای مبتدی استدلالتان قابل توجه بود، اما ممکن است برای یافتن راه حل قابل قبول آشکارا بهزحمت بیفتند. به صورت کاملاً یادآوری شده است که جبهه های کاملاً عمودی را بدون اینکه به وسیله مدار انتگرال گیر نده تضعیف شوند نمایند به دوایه ترا نزیستوری فرستاد که مدار جمع کننده اش شامل یک قرقره است. اگر مایل باشید حالا با دستگاه دیگری از پیشنهادها روبرو می شویم: منظورم هو توره است. **مبتدی**- این دستگاه ها تا حدودی پیچیده هستند و من در باره آنها تصورات بیهدمی دارم.

### موتور جریان مستقیم

**مهندس**- تا اندازه ای حدس می زدم، بهمین خاطر است که چند کلمه درباره الکترو تکنیک برایتان صحبت می کنم. کار را با موتور جریان مستقیم آغاز می کنیم.

به چیزی که در شکل ۹۵ برایتان کشیده‌ام نگاه کنید. آهن ربای بزرگی که به شکل



شکل ۹۵- طرح یک موتور: وقتی از یک سیم حلقه‌شکل در یک میدان مغناطیسی NS (که مثلاً به وسیله یک مغناطیس ایجاد شده است) جریان بگذرد یک میدان  $N'S'$  ایجاد می‌کند که با ایجاد واکنش روی میدان مغناطیسی، سیم را می‌گرداند.

نعل اسب است. یک میدان مغناطیسی افقی بشما می‌دهد که در آن یک سیم حلقه‌شکل را به صورت افقی قرار داده‌ام واز آن جریانی می‌گذرانم. اگر اکنون آهن ربا را به حساب نیاورید زیر اثر جریان در آین سیم چه می‌گذرد؟

**مبتدی**- این را می‌دانم، چون سیم حلقه‌شکل چیزی شبیه به یک مغناطیس صاف می‌شود که قطب شمال آن بالا و قطب جنوبیش پائین است.

**مهندسان**- کاملاً درست است. آقای مبتدی در این حالت به عقیده شما، اثر مغناطیسی که ثابت است و میدان مغناطیسی آن افقی است و بر عکس میدان مغناطیسی سیم حلقه‌شکل است چه خواهد بود؟

**مبتدی**- گمان می‌کنم دو میدان مغناطیسی روی هم اثر می‌کنند و درنتیجه مغناطیس و یا سیم حلقه‌شکل می‌گردد.

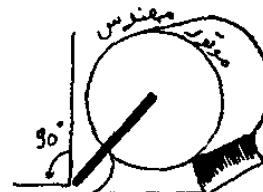
**مهندسان**- چون مغناطیس کاملاً ثابت است، سیم حلقه‌شکل خواهد گشت با میل به اینکه قطب شمالش را به طرف قطب جنوب مغناطیس ببرد. اگر این سیم حلقه‌شکل روی یک محور ثابت باشد، در این صورت محور خواهد گشت.

**مبتدی**- آقای مهندس نمی‌خواهم شما را ناراحت کنم. اما اگر درست

فهمیده باشم، «موتور مهندس» بیشتر از  $\frac{1}{4}$  دور نمی‌گردد. به عبارت دیگر چندان برای من جالب نیست.

**مهندسان**- قبل از اینکه اینطور انتقاد کنید کمی صبر داشته باشید. با حرف شما کاملاً موافقم. اگر فقط یک سیم حلقه‌شکل به همین وضع داشتم موتور من فقط یک چهارم دور می‌گشت. اما من بیشتر از یک سیم دارم... الیته در کیفیم! درنتیجه روی محور چندین سیم حلقه‌شکل می‌گذارم که هر کدام نسبت به سیمه‌ای دیگر جایجا و با فاصله است و این سیم‌ها به نوبت عمل خواهند کرد.

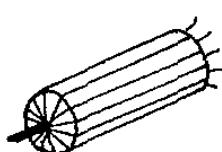
**مبتدی**- در این صورت باید آدمی که جریان را به حلقه‌های مختلف می‌فرستد خیلی تند کار کند تا جریان را فقط به حلقه‌ای بفرستد که کاملاً سودمند است.



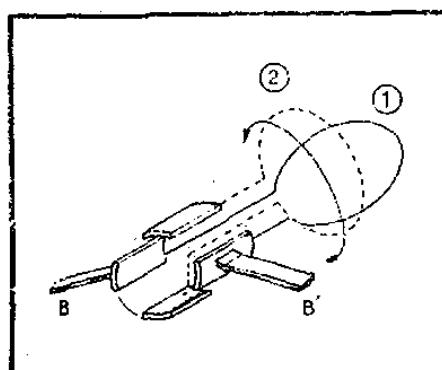
## کلکتور و جارو

**مهندس** - این مطلب دا به خاطر بسیار بید که این «آدم» که شما گفتید، اصلاً کاری ندارد، به تدریج که محور می‌گردد حلقه‌ها از برابر او رژه می‌روند، به‌شکل ۹۶ نگاه کنید که در آن دو سیم حلقه‌شکل را کشیده‌ام که شماره ۱ و ۲ را دارد. می‌بینید که این حلقه‌ها درسوی من به تیغه‌های کوچکی ختم می‌شوند که کمی بیهن است و جاروهای B و B' جریان را به آنها می‌رسانند. وقتی حلقة ۱ افقی (یا کمی متواصل) است، جاروهای B و B' جریان را به آن می‌رسانند. وقتی این حلقة به سبب تأثیر مغناطیسی روی میدان مغناطیسی که این حلقة ایجاد می‌کند، آغاز به گرداندن محور کرد، جریان درحلقه ۱ قطع خواهد شد، اما درحلقه ۲ که جای آنرا می‌گیرد و به‌نوبه خودش جریان جاروهای B و B' را دریافت می‌کند، بن‌قرار خواهد شد.

**مبتدی** - این دستگاه بسیار زیرکاشه است! در این صورت دو حلقة عمود بر هم خواهید داشت که هر کدام به‌نوبه خود عمل می‌کنند.



**مهندس** - از این حلقه‌ها حتی خیلی بیشتر از دو تا خواهم گذاشت و به‌این ترتیب تیغه‌های بیشتری می‌گذارم تا جریان را به‌این حلقه‌ها برسانند. در واقع روش ساخت طبقه‌ها کمی پیچیده‌تر است. اما همان‌که برایتان شرح دادم کاملاً قابل استفاده خواهد بود. به‌این ترتیب یک موتور جریان مستقیم ساخته‌ایم. مجموع تیغه‌ها که جاروهای روی آن مالش بیندا می‌کنند (واز این راه تیغه‌ها را بطوری می‌دری بی به حلقه‌ها ارتباط می‌دهند) کلکتور نام دارد. گاهی برای ایجاد میدان مغناطیسی که روی حلقه‌ها تأثیر کند، مانند شکل ۹۵ یک مغناطیس دائمی بکار می‌بنند. غالباً



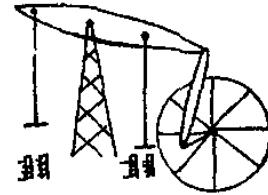
شکل ۹۶ - برای داشتن چرخش بیشتر از ۱ دور در موتور قبیلی روی حلقة ۱ حلقة ۲ قرار می‌دهند و مجموع آنها شروع به چرخیدن می‌کنند.

به‌این مغناطیس، یک مغناطیس بر قی می‌گذارند. سیم‌ییچی این مغناطیس را القاء کننده (اندوکتور Inducteur) می‌گویند درحالی که سیم‌ییچی که می‌گردد القاء شده (Induit) نام دارد.

**مبتدی** - در واقع یک موتور بر قی آنطور که گمان می‌کردم پیچیده نیست.

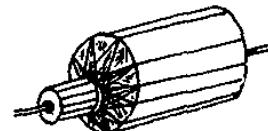
**مهندس** - نه، در واقع بسیار ساده است. آقای مبتدی می‌بینید تمام حیله‌ای

که در ساخت موتورها بکار رفته مشتمل بر بکارگرفتن نیروئی است که از یک میدان مغناطیسی می‌گذرد و روی یک جریان اعمال می‌شود، در آغاز پیدایش الکتریستی، فکر می‌گردند از نیروی جاذبه‌ای که یک مغناطیس بر قی روی آهن اعمال می‌کند استفاده کنند. این نظر بر حسب فاصله‌ای که بین مغناطیس بر قی و آهن وجود داشت بسیار هنگی بود، این کار مجبور می‌گرد وسیله قطع و وصل پیچیده‌ای برای سیم پیچی‌ها بسازند. همین مطلب نویسنده‌گان بزرگی را وداد ساخته بود که بگویند موتور بر قی برای همیشه محکوم است و هیچوقت دستگاه قابل استفاده‌ای جز برای بازی، نخواهد بود. خوشبختانه از آن پس بعد در باره کاربرد نیروهای کناری فکر گردند. خاطرنشان می‌کنم که برای تقویت اثر مغناطیس، آهن القاعده به جای آنکه یک تکه گرفته شود، از مقداری صفحه‌های آهنی ساخته می‌شود تا ازایجاد جریان‌های گردنده (مثل مبدل‌ها) در آن جلوگیری شود و در این صفحه‌ها شیارهای ایجاد شده که سیم پیچی‌هایی که برایتان گفتم در این شیارها جای داده شده‌اند. تکه‌های قطبی (نام آنها را قطبی گذاشتند) چون به قطب مغناطیس و یا مغناطیس بر قی (وصل هستند) شیوه به هلال هستند که خیلی به القاء شده نزدیک می‌شوند تا امکان بسته شدن خطوط میدان مغناطیسی را از آن راه آسان‌تر کنند. و حالا آقای مبتدی یک معملاً برایتان طرح می‌کنم. اگر یکی از این موتورها را بگیرم با فرض اینکه مثلث القاعده آن یک مغناطیس دائمی باشد؛ چنانچه القاعده آنرا بگردانم چه پیش می‌آید؟

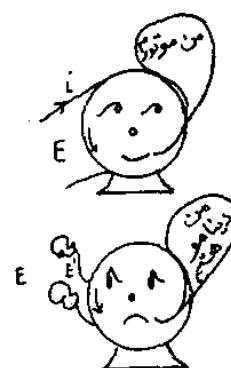


### دینامو (نیروزای جریان مستقیم)

**مبتدی** - آه، خیلی ناراحتم می‌کنم. تصور می‌کنم حالات حلقه‌ها در یک میدان مغناطیسی جایجا می‌شوند، در آنها فشارهای القاء می‌شود.  
**مهندس** - کاملاً حق دارید. با استفاده از سیستم جاروها و کلکتور، باز هم حلقه‌ای را که سیلان مغناطیسی تندترین تغییرات را در آن دارد از راه جاروها به مدار خارجی وصل می‌کنیم به این ترتیب دستگاه ما به منبع جریان تبدیل می‌شود.  
**مبتدی** - خوب، تقریباً متوجه شدم، اما می‌خواستم بدانم فر کانس این جریان چقدر است.



**مهندس** - آقای مبتدی برای پیدا کردن آن به زحمت می‌افتد چون این فر کانس... صفر است. در حقیقت دستگاه ما جریان کاملاً مستقیم نخواهد بود چون وقتی جاروها برای گذشتن از یک حلقه و رفتن به حلقه دیگر از یک جفت تیغه جدا می‌شوند تا به یک جفت تیغه دیگر کلکتور وصل شوند. جریان اندکی دچار نوسان می‌شود. اما چون حلقه‌ای که به جاروها وصل است. وقتی القاعده می‌چرخد بدنبال حلقه قبلی می‌آید. همیشه نسبت به آهن زیبا یک وضع را دارد. جریان در خارج، یعنی در مداری که جاروها وصل می‌کنند، همیشه در یک جهت برقرار می‌شود. حالا دستگاهی ساخته ایم که دینامو (نیروزای جریان مستقیم) می‌نامند.

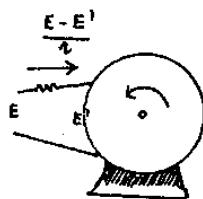


**مبتدی** - چیزی هست که خیلی آزارم می‌دهد چون واقعاً نمی‌دانم اخلاق بین یک موtor و یک دینامو چیست؟  
**مهندس** - آقای مبتدی کاملاً حق دارید، چون هردو یک ماشین هستند. فقط هسته کلمه در پیش است. وقتی القاعده را بگردانم و برق تولید شده را بگیرم،

دستگاه را بصورت دینامو بکار برده‌ام؛ اگر به القاء شده جریان پدهم و نیروی مکانیکی محور را بکار ببرم، دستگاه را بصورت موتور بکار برده‌ام.

### نیروی ضد حرکه

**مبتدی**— در این صورت چیزی هست که کمی ناراحتم می‌کند، وقتی این دستگاه را بصورت موتور بکار می‌برند، اینکار نمی‌تواند باعث شود که فراهمش کند که می‌تواند دینامو هم باشد... بنابراین به نوبه خودش جریان تولید می‌کند که روی جریانی که شما به آن می‌دهید، می‌افتد... راستی به این جریان کمک می‌کند یا به آن آزار می‌رساند؟



**مهندسان**— آقای مبتدی خوب است دلال کردید اما خودتان می‌توانستید پاسخ پرسشتان را پیدا کنید. مشخصه مخالفت القاء بساده تان هست. بنابراین می‌توانید پیشاپیش مطمئن شوید که جریان ایجاد شده به وسیله موتور (از آنجا که همیشه نیرو روز است) با جریانی که من به آن می‌دهم تا مانند موتور آنرا بچرخاند، مبارزه می‌کند و این همانست که «نیروی ضد محركه» موتور می‌گویند.

**مبتدی**— در این صورت وحشتدار است! دیگر هیچ جریانی از موتور نمی‌گذرد و دیگر نخواهد چرخید... اما اگر دیگر نچرخد، نیروی ضد محركه‌ای هم وجود ندارد و در اینحال می‌گردد... احساس می‌کنم که دیوانه خواهم شد!

**مهندسان**— آقای مبتدی عصبانی نشوید، این چیزها خیلی ساده‌تر است. فرض کنید به موتور فشاری وصل کنم به این ترتیب جریانی از حلقه‌های القاء شده عبور خواهد کرد. بنابراین المقاومه با سرعتی که روابط افزایش است، آغاز به حرکت خواهد کرد. به تدریج که سرعت آن افزایش می‌یابد، نیروی ضد محركه هم به سهم خودش افزایش پیدا می‌کند. زمانی می‌رسد که نیروی ضد محركه به اندازه کافی نزدیک به فشار گذاشته شده به موتور می‌شود، بطوری که اختلاف بین این دو فقط جریان نسبتاً ضعیفی از موتور می‌گذراند. این جریان درست برای نگهداری حرکت موتور بکار می‌رود چون نیروی لازم برای مبارزه با سایش را بوجود می‌آورد. اگر با کارگرفتن از موتور، جلوی حرکت آنرا بگیرم، حرکت آنرا کمی آهسته می‌کنم و درنتیجه کاهش نیروی ضد محركه، دیگر بین این نیرو و فشار گذاشته شده به موتور تعادل ایجاد نمی‌شود و افزایش جریانی درموتور بوجود خواهد آمد که این جریان نیروی لازم را به موتور خواهد داد تا باکنده شدن حرکتش مبارزه کند.

**مبتدی**— گمان می‌کنم فهمیده باشم. اما دلم می‌خواست مطالعه را که درباره نیروی تکنیکی حرکت و سرعت گفتید، دقیقتر برایم بگویید.

### زوج

**مهندسان**— اینکار خیلی ساده است. اگر القاء شده را نگه دارید و از جرخیدنش جلوگیری کنید، میل زیادی که برای گردش دارد (که آنرا زوج می‌گویند و بعد بر این تعریف می‌کنم) متناسب با شدت جریانی است که وارد القاء شده کرده‌ام. این شدت جریان را دو برابر کنید، به این ترتیب میل به گردش را در

القاء شده دوبرابر کرده‌اید. برای اینکه درست تر گفته باشند از زوج هوتود صحبت می‌کنند. این زوج با مقدار وزنه‌ای که هوتود می‌تواند بلند کند اندازه گیری می‌شود بهشرط اینکه این وزنه به رشته‌ای وصل باشد که بدور استوانه‌ای که روی محور هوتود ثابت شده است بپیچد که شعاع این استوانه معین است.

مثلاً می‌گوئیم زوج یک هوتود معین برای جریان یک آمپر در القاء شده اش برای  $0.3 \text{ kg/cm}^2$  بر سانتیمتر ( $0.3 \text{ kg/cm}^2$ ) است بهشرطی که وقتی جریان در القاء شده به یک آمپر رسید هوتود بتواند یک وزنه  $\frac{0.3}{\pi}$  کیلو گرمی را که به رشته‌ای وصل شده است از زمین بلند کند و رشته را به دور استوانه‌ای به شعاع یک سانتیمتر که روی محورش نصب است بپیچد.

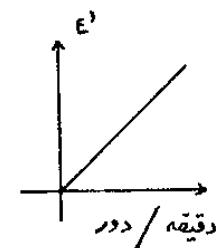
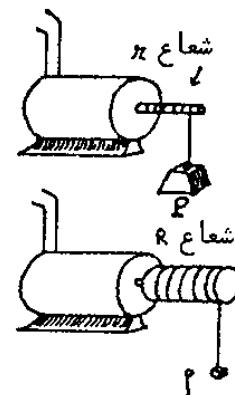
**مبندهی** - او! خیلی پیچیده است. ولی چرا به این ترتیب قطر استوانه را تعیین می‌کنید؟

**مهندس** - بینید، حتماً حس می‌زنید که اگر رشته را روی استوانه‌ای با قطر بسیار کم بپیچم. حتی اگر یک هوتود کم توان باشد، می‌تواند یک وزنه بزرگ را بلند کند چون این کار را بسیار آهسته انجام می‌دهد، زیرا هر دور وابسته به درازای بسیار کمی از رشته است. بر عکس اگر بتواند همین وزنه را با بیچیدن رشته هوتود، وزنه خیلی تندتر بالا می‌آید.

**مبندهی** - پس به گفته شما، شدت جریانی که از یک هوتود می‌گذرد، امکان می‌دهد که میل به گردش آنرا بدست بیاوریم (یا اگر میل شما باشد، زوج هوتود را بدست بیاوریم، چون هنوز به این کلمه که بنایم اسرار آمیز است، اعتماد ندارم).

**مهندس** - کاملاً درست است. حالا چیز دیگری هست که باید بدانید و آن سرعت هوتود برای فشار معین است. فرض می‌کنیم که هیچ سایشی وجود ندارد و در این حالت نیروی ضد محركه کاملاً برابر فشاری است که به دوسر هوتود گذاشته شده است. به عبارت دیگر وقتی فشار  $10 \text{ ولت}$  را به القاء شده هوتود می‌گذارند، القاء شده سرعتش را زیاد می‌کند تا اینکه سرعتش به مقداری برسد که اگر هوتود را بصورت دینامو بکار می‌گرفتید، فشاری که تهیه می‌کند برابر  $10 \text{ ولت}$  باشد. ذر این لحظه جریانی که از القاء شده می‌گذرد تقریباً صفر است. البته این مطلب منطقی است چون هوتود نباید زوجی بوجود بیاورد پس فقط کافی است حرکت القاء شده را حفظ کند. در واقع این مطلب فقط برای هوتود درست است که آزاد کار کند (یعنی در خارج کاری انجام ندهد) و یا درحالی باشد که مقاومت سیم تشکیل دهنده القاء شده آن بسیار کم باشد.

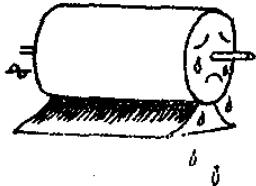
**مبندهی** - دارم متوجه می‌شوم. اما خیلی درهور داینکه منظور هوتود جریان مستقیم است اصرار کردید. تصور می‌کنم که حالا در باره دستگاه تازه‌تر به عبارت دیگر هوتودهای جریان متناوب برایم صحبت خواهید کرد.



### طرز کار در جریان متناوب

**مهندس** - در واقع می‌خواهم برایتان درباره آنها صحبت کنم، اما آنها را دستگاه‌های تازه‌تر ندانید. آنها مزایا و نواقصی دارند؛ اما اگر بخواهید در

آغاز بکار یک زوج قوی و بهویژه کارکردن روان و آرامی داشته باشید، موتورهای جریان مستقیم بهترین موتورها هستند.



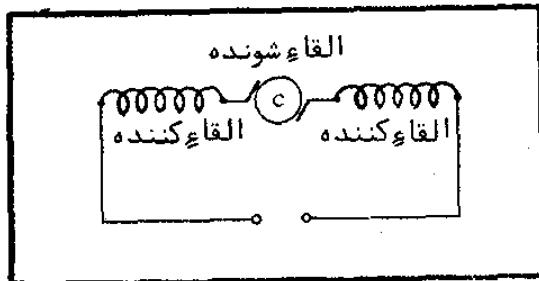
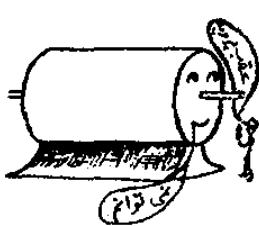
قبل از اینکه در این صحبت کنم، می خواستم پرسشی از شما بکنم: اگر یک موتور با القاء شده اند برایتان صحبت کنم، می خواستم پرسشی از شما بکنم: اگر یک موتور با القاء شده و کلکتور را که برای جریان مستقیم ساخته شده است با جریان متناوب تعذیب کنیم چه پیش خواهد آمد.

**مبتدی** - حدس می زنم که اینکار را اصلاً دوست ندارد

**مهندس** - منظور من حالت روحی موتور نیست، بلکه واکنش‌های قابل امسی که ممکن است، روی موتور داشته باشد چیست؟

**مبتدی** - فکر می کنم که شروع به لرزش می کند، کمی دریک جهت می گردد و بعد در جهت عکس... تا اینکه کاملاً از بین برود.

**مهندس** - اگر موتوری باشد که القاء کننده اش با آهنربا ساخته شده باشد، حق با شماست، در واقع جهت گردش با تغییر جهت جریانی که از القاء کننده می گذرد، عوض می شود. اما اگر موتوری مورد نظر باشد که القاء کننده از آهنربا بر قی ساخته شده باشد و سیم پیچی آن با سیم پیچی القاء شده بطور پیاپی قرار گرفته باشد همانطور که غالباً اینطور است (شکل ۹۷) فکر کنید وقتی جریان تغییر جهت می دهد، قطب مغناطیس آهنربای بر قی هم تغییر می کند. در این شرایط جهت جریان در القاء شده و در سیم پیچی القاء کننده که بطور پیاپی با آن قرار گرفته است هر چه باشد، موتور همیشه در همان جهت می گردد.



شکل ۹۷- در موتور معمولی از نوع «پیاپی»، القاء کننده با القاء شده بطور پیاپی قرار گرفته است.

**مبتدی** - این شوخی بسیار نامطبوع است. بنابراین نمی شود جهت گردش چنین موتوری را عوض کرد؟

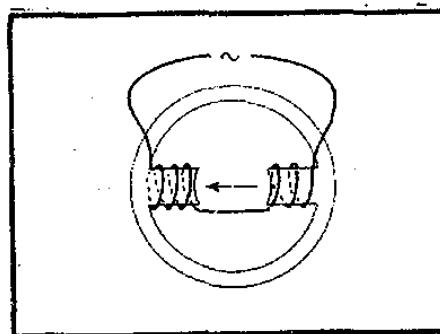
**مهندس** - چرا می شود این کار را کرد. باید جهت جریان را در القاء شده تغییر داد ولی در القاء کننده عوض نکرد. بنابراین کافی است جهت جاروها یا سرمهای آهنربای بر قی القاء کننده را عوض کنیم تا موتور جهت گردش خود را تغییر دهد. اما اگر جهت جریان را یکباره در القاء شده و القاء کننده معکوس کنیم جهت گردش عوض نمی شود، بنابراین اگر چنین موتوری را با جریان متناوب تعذیب کنید، همیشه دریک جهت می گردد؛ حتی باید بگوییم که اینکار غالباً انجام می شود و بهمین جهت است که به آن «موتور عمومی» می گویند که در آن تحریک القاء کننده به وسیله جریانی انجام می گردد که از القاء شده گذشته است، همین موتور اگر با جریان مستقیم تعذیب شود می گردد، و اگر جریان متناوب هم به آن بدهند می گردد اما نه بخوبی موتور

جریان مستقیم.

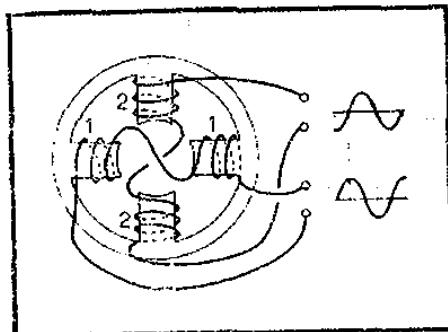
**مبتدی** - چرا بخوبی آن نمی‌گردد؛ چون به آن توهین شده است؟

### موتور دو فاز

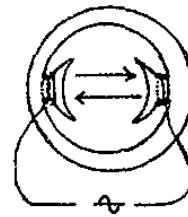
**مهندس** - جدی باشید اگر با جریان متناوب، بخوبی جریان مستقیم نمی‌گردد، فقط برای اینست که این جریان غالباً صفر می‌شود و وقتی جریان ضعیف است، موتور غیر از یک زوج ضعیف چیزی نمی‌دهد. از طرف دیگر موتور، دارای ضریب خودالقائی است که مقداری دارد و با عبور جریان متناوب در یک سیم پیچی مخالفت می‌کند. حالا دستگاهی را خواهیم دید که کاملاً با این موتور فرق دارد، فقط با جریان متناوب کار می‌کند و برای کاربردهای گوناگون بسیار سودمند است یعنی موتوری است که با جریان‌های با فاز مختلف کار می‌کند. بهشکل ۹۸ نگاه کنید، در اینجا یک آهنربای برقی ساخته‌ام که کاملاً شبیه به القاء کننده معمولی یک موتور عادی است که آنرا به جریان متناوب وصل می‌کنم. میدان مغناطیسی بین قطعه‌های قطبی چگونه ظاهر می‌شود؟



شکل ۹۸. میدان ایجاد شده به وسیله قرقره‌های جریان متناوب از آن‌ها گذشته است، نوسانی است.



شکل ۹۹. به وسیله دو زوج قرقره که به وسیله جریان‌های متناوب با فازهای مختلف تغییر شده‌اند، می‌توان میدانی تهیه کرد که جهت آن می‌چرخد و درنتیجه ممکن است بلک مغناطیس در اثر این میدان کشیده شده و با سرعتی که میدان می‌گردد، بچرخد. این موتور هم‌مان است. باگذاشتن حلقة‌های اتصال کوتاه شده‌میم در آن یک موتور غیر هم‌مان می‌سازند.



**مبتدی** - چیزی که شما قطعه‌های قطبی می‌گوئید، گمان می‌کنم همان قسمت‌های بیش آمده‌ایست که دور آنها سیم پیچی شده است؛

**مهندس** - کاملاً درست است. آنها مجهن به چیزی هستند که آنرا شکوفاً نمی‌گویند<sup>۱</sup> که امکان عبور بهتر خطوط میدان به القاء شده را فراهم می‌کند.

۱. در زبان فارسی عده‌ای آنرا کفشدک نامگذاری کرده‌اند (متترجم).

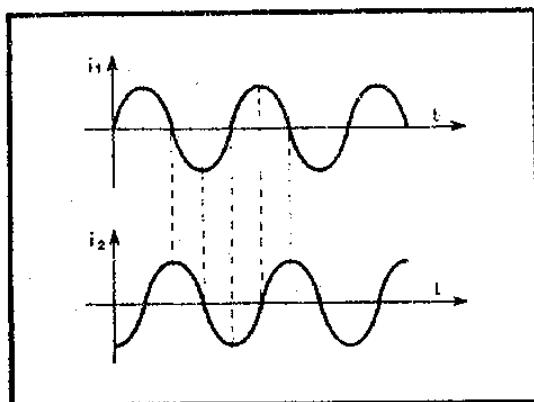
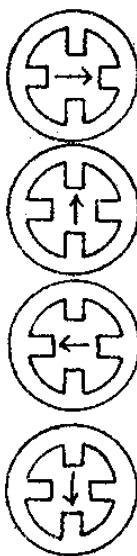
به پرسش من بر گردید.

**مبتدی** - فکر می کنم میدان مغناطیسی بین این قطعه های قطبی از یکی به دیگری می رود و به تدریج که جریان زیاد می شود، میدان قویتر می گردد، بعد پائین می آید و به جایی می رسد که صفر می شود، بر عکس می گردد و درجهت مخالف زیاد می شود، به نوبت خودش کم می شود...

**مهندس** - کاملاً همینطور است. حالا با گذاشتن یک سیم پیچی دوم، کار را پیچیده تر می کنیم. همانطور که در شکل ۹۹ می بینید، این سیم پیچی دوم میل دارد یک میدان مغناطیسی ایجاد کند که عمود بر میدان اول خواهد بود. در این سیم پیچی دوم جریان متناوبی می فرستم که همان فرکانس سیم پیچی اول را دارد، اما با اندازه یک چهارم پرید نسبت به آن اختلاف فاز دارد...

**مبتدی** - آه، کار دارد خراب می شودا به محض اینکه داستان فاز به میان می آید، مطلب بسیار پیچیده می شود.

**مهندس** - نه تا این اندازه، اگر وقت داشته باشید. جریان ۲ (شکل ۱۰۰) که من به سیم پیچی ۲ می فرستم، در دگر گونی هایش یک چهارم پرید نسبت به ۱ جریانی که از سیم پیچی ۱ می گذرد، تأخیر دارد. به عبارت دیگر در لحظه ای که جریان در ۱ بیشترین مقدار را دارد، جریان در ۲ صفر است. این جریان در لحظه ای که جریان در سیم پیچی ۱ پس از مثبت شدن به صفر می رسد، بیشترین مقدار هشتاد را پیدا می کند. در این شرایط میدان مغناطیسی بین چهار قطعه قطبی روش کاملاً مخصوصی پیش خواهد گرفت. ابتدا، چون جریان در سیم پیچی ۱ بیشترین مقدار را دارد و مثبت است، این میدان از چپ به راست می رود. جریان در سیم پیچی ۱ کم می شود و در همان حال در ۲ افزایش می یابد. در این شرایط یک میدان از پائین به بالا آشکار می شود که به تدریج که میدان افقی از چپ به راست کاهش می یابد.



شکل ۱۰۰ - جریان هایی که دو سیم پیچی موتور دو فاز را تحریک می کنند، نسبت به هم ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند به این ترتیب وقتی یک حداً کثیر است دیگری صفر است.

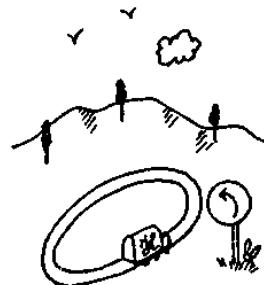
مقدار میدان عمودی بیشتر می شود.

پس از یک چهارم پرید، میدان فقط از پائین به بالاست و آغاز به کم شدن می کند زیرا شدت جریان در ۲ کاهش می یابد. در این لحظه جریان دوباره آغاز به گذاشتن از ۱ می کند اما درجهت معکوس آنکه در ابتدا داشت. میدانی از آن نتیجه هی شود که کمی به طرف چپ می رود. اندکی بعد وقتی جریان بیشترین مقدار

هنفی را در ۱ دارد (و در ۲ صفر است)، میدان مغناطیسی فقط به سمت چپ متوجه است و بیشترین مقدار را دارد. جریان هنفی که از ۱ می‌گذرد از شدت‌ش کاسته خواهد شد (از لحاظ قدر مطلق) درحالی که یک جریان هنفی می‌خواهد در ۲ برقرار شود که میل دارد یک میدان مغناطیسی عمودی بهما پدهد که این بار از بالا به پائین متوجه است. وقتی جریان در ۱ دوباره صفر شود، ما به میدانی می‌رسیم که فقط از بالا به پائین متوجه است. در این لحظه جریان در ۲ از لحاظ قدر مطلق کم می‌شود درحالی که در ۱ مقدارش زیاد می‌شود و در عین حال مشتت می‌شود، یک میدان مغناطیسی خواهیم داشت که میل دارد از چپ به راست برود.

درواقع، میدان‌های مغناطیسی در دروس قرقره‌های ۱ و ۲ در هر لحظه بهم افزوده می‌شوند برای اینکه یک میدان واحد بددست بدنه کشیده می‌تواند نسبت به محورهای ۱ و ۲ تمايل داشته باشد و اگر جریان در ۲ نسبت به جریانی که از ۱ می‌گذرد زیاد باشد این میدان بهسوی محور عمودی تمايل خواهد بود و بهمین ترتیب تغییر پیدا می‌کند.

### میدان دور

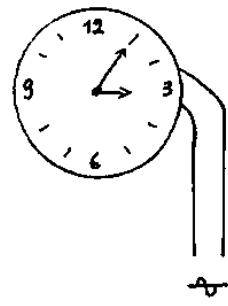


**مبتدی**— درواقع بسیار پیچیده است. اما گمان می‌کنم فهمیده باشم که در آنجا پدیده بی‌نهایت عجیبی می‌گزند. این میدان مغناطیسی وانمود می‌کند که می‌گردد. **مهندس**— کاری که می‌کند بیشتر از وانمود کردن است چون واقعاً می‌گردد. به این ترتیب میدانی درست کرده‌ایم که دور نام دارد.

یک مغناطیس درون این میدان قرار دهید، مغناطیس میل دارد بگردد تا هر لحظه از این میدان پیروی کند؛ مغناطیس درست با همان سرعت گردش میدان می‌گردد. به این ترتیب چیزی ساخته‌ایم که موتور همزمان نام دارد.

**مهندس**— چنین موتوری بسیار عالی است. کلکتوری وجود ندارد و قسمت گردنده فقط یک مغناطیس است. سادگی آن خارق العاده است. علاوه بر اینها، با سرعتی می‌گردد که کاملاً مشخص است.

**مهندس**— البته مزایای بزرگی دارد. با اینحال باید خاطر نشان کنم که نقص‌های آن هم کمتر از مزایای آن نیستند. این موتور جز با سرعتی که میدان می‌گردد، طور دیگری نمی‌تواند بگردد. اگر کار بیشتری از آن بخواهد، دیگر نمی‌تواند از این سرعت گردش پیروی کند. در این حالت می‌گویند که موتور جدا می‌شود و بلا فاصله می‌ایستد. برای اینکه دوباره به گردش درآید، ممکن است لازم باشد هملاً به کمک یک دستگاه مکانیکی آنرا به حرکت بپاوردیم تا دوباره به سرعت گردشی پرسد که با میدان بستگی پیدا می‌کند. بنابراین دستگاهی است که خارج از هوارد مخصوص، که سرعت گردش کاملاً معینی مورد نیاز است، کاربرد آنرا توصیه نمی‌کنم. هملاً این موتور را می‌توان برای گرداندن عقرهای ساعت به وسیله یک فرکانس کاملاً ثابت که از تقسیم کننده فرکانس تحریک شده به وسیله کوارتز بددست آمده است، بکار برد. برای کاربردهای متداول دیگر، موتور غیر همزمان را توصیه می‌کنم.



## القاعشده با حلقه‌های اتصال کوتاه

**مبتدی** - منظور از موتور غیرهمزان چیست؟

**مهندس** - فرض کنید که در فضای موجود بین قطعه‌های قطبی شکل ۹۹، چند دور سیم به صورت حلقه قرارداده باشم که همه آنها اتصال کوتاه باشند. چه پیش خواهد آمد؟

**مبتدی** - ظاهرآ هیچ‌چیز.

**مهندس** - کاملاً لشتهای می‌کنید. پس یادتان رفته که پدیده القاء چیست؟

**مبتدی** - نه، اما این مطلب چندان تغییری ایجاد نمی‌کند. قطعاً میدان دوار شما سیلان مغناطیسی را در این حلقه‌ها تغییر خواهد داد و درنتیجه جریان‌هایی ایجاد می‌شود. ولی اینکار فقط هرج و مر ج بزرگی بوجود می‌آورد.

**مهندس** - بهیچوجه باز هم مشخصه ضد و تقیض القاء را بخاطر بیاورید. جریان‌هایی که زیر اثر این فشارهای القاءشده برقرار می‌شوند روی میدان اثر خواهند کرد و به این ترتیب نیز و هائی نتیجه می‌شوند که میل دارند حلقه‌های را به حرکت درآورند. برای تمام حلقه‌ها، اثر مکانیکی میل دارد آنها را با سرعت میدان به گردش درآورند. به این ترتیب اگر میدان نسبت به حلقه‌ها بحرکت گرفته شود، دیگر جریانی در آنها القاء خواهد کرد. این کاری است که نیز و های مغناطیسی معمولاً میل دارند انجام پذیرند تا بتوانند با تغییرات سیلانی که آنها را به وجود آورده است، مبارزه کرده باشند.

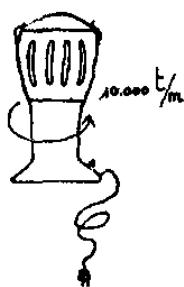
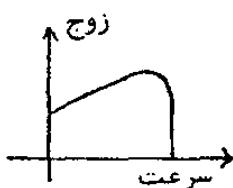
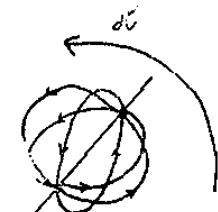
**مبتدی** - این موضوع بنظر من قابل درک است. اما نمی‌دانم نسبت به موتور همزمان چه امتیازی بدست آورده‌اید. با این‌همه، گذاشتن یک مغناطیس از گذاشتن این‌همه حلقه ساده‌تر بود.

**مهندس** - ابتدا بگوییم که نمی‌شود گفت اینکار حتماً ساده‌تر است. و بعد هم در اینجا از یک امتیاز قابل توجه سود می‌بریم و آن اینست که موتور به خودی خود حرکت می‌کند. اگر القاء شده آن به استد زوجی به بزرگی زوج موتور جریان مستقیم ایجاد نمی‌کند. با وجود این می‌تواند بخودی خود به حرکت درآید. سپس چنانچه بخواهیم از آن کار بگیریم، حرکتش کمی آهسته‌تر می‌شود، بطوری که القاء شده آن سرعت کمتری از میدان دوار دارد و به این ترتیب جریان‌های القاءشده‌ای در حلقه‌ها بوجود خواهد آمد. القاءشده از میدان جدا نمی‌شود و با سرعتی نزدیک به سرعت گردش میدان می‌گردد و نسبت به سرعت گردش یک لغزش یا جابجایی نشان می‌دهد که هر چه کاری که از آن می‌گیریم بیشتر باشد، این لغزش بزرگ‌تر است. بنابراین موتوری است که نرم‌تر بیشتری دارد.

**مبتدی** - در اینصورت فکر می‌کنم همین موتور را در جاروهای برقی و قهوه خردکن‌های برقی بکار می‌برند...

**مهندس** - معمولاً در این دستگاهها که نیاز به گردش بسیار تند دارد، بیشتر موتورهای عمومی را بکار می‌برند که یک کلکتور و دو جارو دارند. بهینه‌ی آقای مبتدی، یک موتور غیرهمزان نمی‌تواند سرعت از میدان، بگردد. با جریان متناوبی که در اختیار ماست، این گردش ۵۰ دور در ثانیه است.

**مبتدی** - این سرعت بنظر من عالی است!



**مهندس**— بله، اما به گفته کارشناسان این سرعت کافی نیست که بتواند قهوه خردکن بر قی را که سرعت گردش باشد دست کم سه برابر این (۱۵۰) دور در ثانیه یا ۹۰۰۰ دور در دقیقه) باشد، به درستی پکار بیندازد. بهمین جهت است که در این دستگاهها موتور عمومی می‌گذارند. در عوض، برای تهیه توانهای زیاد بهروش آسان، هو تور غیرهمزان را زیاد بکار می‌برند. تقریباً همیشه ماشین‌های رختشوی را با این هو تورها درست می‌کنند. ما فقط به کاربرد آن در دستگاههای کوچکی اکتفا می‌کنیم که ماشینهای فرمان نامیده می‌شوند و بعدها درباره آنها گفتگو می‌کنیم. الان چکونگی جریاندادن به این هو تورها را، خواه موتور جریان مستقیم باشد یا موتور همزمان، کمی بررسی می‌کنیم.

### تغذیه مو تورها

**متالی**— مسلمًا جریاندادن به یک هو تور غیرهمزان آسان‌تر است چون باشد جریان متناوب به آن داد و تقویت‌کننده‌های این نوع جریان آسان‌تر ساخته می‌شوند.

**مهندس**— تاحدودی حق با شماست، اما درمورد هو تور غیرهمزان مسئله کوچکی وجود دارد. به این هو تور دو جریان مختلف می‌دهند.

**متالی**— نمی‌دانم چرا اینکار شمارا آندوهگین می‌کند چون فقط کافی است دو تقویت‌کننده پکار بپریم.

**مهندس**— اگر یک جفت از فرقه‌ها را با جریان متناوب که دامنه ثابت دارد تغذیه کنیم و جفت دیگر را زیر جریان متناوبی قرار دهیم که نسبت به اولی اختلاف فاز دارد و به وسیله تقویت‌کننده تهیه شده، این کار ساده‌تر است. میدان دوری بدست می‌آوریم که کمی لگک می‌زند، اما به این ترتیب می‌توانیم سرعت هو تور را بر حسب فشار خروجی تقویت‌کننده تنظیم کنیم.

**متالی**— بله، اما در اینجا چیزی هست که کمی ناراحتم می‌کند. ولی شاید تغییر جهت گردش این گونه هو تورها مورد نظر نباشد چون نمی‌شود گفت که یک جریان متناوب مشتب است یا منفی.

**مهندس**— درست است اما می‌توان گفت یک جهارم پریم نسبت به جریانی که از سیم بیجهی یک جفت فرقه مستقیماً تغذیه شده می‌گردد، پیش افتادگی دارد. بنا بر این اگر دلاریز اسیون خروجی تقویت‌کننده‌ای که یک جفت فرقه دیگر را تغذیه می‌کند معکوس کنیم جهت گردش هو تور را هم معکوس کرده‌ایم.

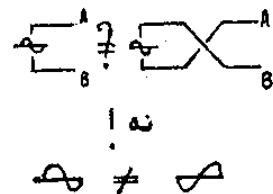
**متالی**— نمی‌دانم منظورتان از «معکوس کردن دلاریز اسیون خروجی» چیست... متناوب همیشه متناوب است!

**مهندس**— آرامتر، به مونتاژ شکل ۱۰۱ نگاه کنید...

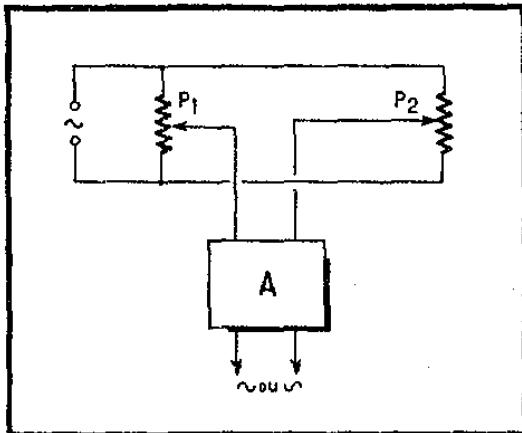
**متالی**— مدتهاست آنرا می‌شناسم، فقط یک پل و یستون است.

**مهندس**— عجب! آفای مبتداً امروز کاملاً سرحال هستید. بله در واقع یک پل و یستون است. فرض کنید که سرهای متحرک  $P_1$  و  $P_2$  درست در وسط باشند، در این صورت چه فشاری به ورودی تقویت‌کننده A می‌فرستیم؟

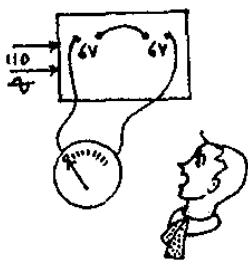
**متالی**— هیچ فشاری نمی‌فرستیم.



مهندس— در واقعیت «فشار صفر» به آن می‌گذاریم. حالا با ثابت نگهداشتن سر متوجه  $P_2$  سر متوجه  $P_1$  را ابتدا به طرف بالا و سپس به طرف پائین جابجا می‌کنیم. بخوبی می‌بینید فشاری که به ورودی A می‌گذاریم ممکن است با فشاری که پتانسیومترها را تنظیم می‌کند هم فاز باشد و یا فاز مخالف آن را داشته باشد.



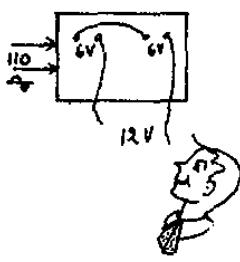
شکل ۱۰۹- بر حسب وضع قرار گرفتن  $P_1$  و  $P_2$ ، فشار خروجی که از A بدست می‌آید ممکن است هم فاز و یا با فاز مخالف فشاری باشد که در  $P_1$  و  $P_2$  بدست آمده است.



مبتدی— این دیگر مضخلک نیست! پس می‌شود از یک فشار متناوب مثبت یا منفی صحبت کرد.

مهندس— من این کلمه را بکار نمی‌برم، فقط می‌گویم «هم فاز» یا «با فاز مخالف». ببینید آقای مبتدی حتماً برای شما اتفاق افتاده است که دو سیم پیچی ثانوی می‌بدل را بطور پیاپی بهم وصل کنید تا فشاری برای مجموع فشار آن دو بدست بیاورید؟

مبتدی— بله البته، یادم هست. حتی این موضوع توهینی هم به شخصیت من کرد. مبدلی داشتم که دو سیم پیچی ثانوی داشت که هر کدام ۶ ولت بود خواستم آن دو را بهم بیندم که فشار ۱۲ ولت بدست بیاورم و ابتدا فشاری بدست آوردم که کاملاً صفر بود.



مهندس— می‌بینید آقای مبتدی، دوفشار خروجی خودتان را بطور پیاپی وصل کرده بودید اما با فاز مخالف. اگر سرهای یکی از دو سیم پیچی ثانوی را عوض می‌کردید، فشار ۱۲ ولت بدست می‌آوردید. جای خوشوقتنی است که نیاز نداشتید ثانوی های خودتان را موازی وصل کنید چون در این حالت اگر اتصال را با فاز مخالف انجام می‌دادید، براین با یک اتصال کوتاه واقعی بود. پس می‌بینید که می‌توانیم به سیم پیچی کمکی یک موتور دوفاز فشار متناوبی پدھیم که آنرا در یک جهت یا درجهت دیگر بگرداند (بر حسب فاز این فشار متناوب) و سرعت آنرا کم و زیاد کنیم (بر حسب دامنه این فشار).

### تغذیه موتور جریان مستقیم

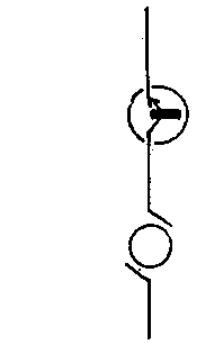
مبتدی— در حالت موتور جریان مستقیم، گمان نمی‌کنم جریان یک لامپ یا یک ترانزیستور را مستقیماً به موتور بدهید؟

**مهندس**- اگر قانونی که مرا از اینکار باز می‌دارد نشانم بدھید خیلی متشرک‌می‌شوم. درواقع همین کار را خواهم کرد. معمولاً ترانزیستور آمادگی بیشتری برای این نوع کار دارد، چون هو تورها را با سیمهای کلفت‌تر و دور سیم پیچی کنم، آسانتر می‌شود ساخت، به عبارت دیگر ساخت آنها برای فشارهای نسبتاً ضعیف و جریان زیاد ساده‌تر است. بنابراین غالباً برای بکارانداختن هو تور یک ترانزیستور بدکار می‌بریم.

در این صورت باید به بعضی مواد توجه شود. وقتی القاء شده یک هو تور را در مدار جمع کننده یک ترانزیستور قرار دهیم، عملاً مقدار جریانی را که باید از این القاء شده بگذرد تعیین کرد ایم (تا موقعی که در دوسر ترانزیستور فشار وجود دارد یعنی ترانزیستور اشباع شده نیست). بنابراین مقدار زوجی که هو تور پس از آورد، معین کرده‌ایم. وقتی ترانزیستور به اشباع هی‌رسد یعنی دیگر فشار در دوسر آن وجود ندارد، فشار در دوسر هو تور دیگر نمی‌تواند افزایش باید و در نتیجه براین فشار تغذیه است. به این ترتیب این موضوع حد سرعت هو تور را معین می‌کند.  
**مبتدا**- اما چیزی هست که من ناراحت می‌کند چون یک هو تور جریان مستقیم آمادگی دارد که در هر دو جهت بگردد. در اینجاد یک موضع وحشتناک‌هم فازی و یا فاز مخالف وجود ندارد. زیرا تغییر جهت جریان القاء شده، و نه در القاء کننده، است که تغییر جهت گردش هو تور را بدنبال دارد. در حالیکه جریان جمع کننده یک ترانزیستور جز در یک جهت نمی‌تواند بگذرد. این مسئله را چگونه باید حل کرد؟

**مهندس**- راه حل‌های زیادی وجود دارد. مثلاً می‌تواند هو تور خودتان را با تقویت کننده پوش، پول بیانی (سری) بکار بیندازد که بطور خلاصه آنرا در شکل ۵۲ برایتان کشیده‌ام. این راه حل باز هم ساده‌ترین راه حل است.

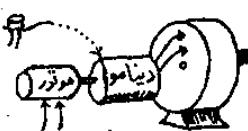
**مبتدا**- باز هم چیزی هست که فکر من را پریشان می‌کند. در بعضی موارد ممکن است به هو توری نیاز باشد که تو ان بسیار زیادی بدھد و من نمی‌دانم می‌توانم به آسانی ترانزیستورهایی پیدا کنم که بتوانند چندین ده آمپر جریان بدھند و چندین صد ولت فشار را تحمل کنند.



### دیناموی (نیروزای جریان مستقیم) تقویت کننده

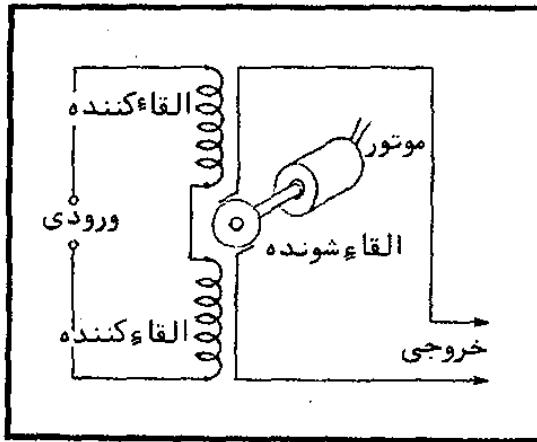
**مهندس**- می‌توانید پیدا کنید اما برایتان نسبتاً اگر ان تمام می‌شود. در این حالت راه حل ظرفی وجود دارد و آن بکاربردن دیناموی تقویت کننده است.

**مبتدا**- فوراً بگوئید این چگونه چیزی است چنون فقط لامپ‌ها و ترانزیستورها را به عنوان تقویت کننده می‌شاختم، اما هر گز حدس نمی‌زدم که این حیوان نجیب‌که دینامو نام دارد و نیروکاپوت اتوماتیک به وجودش بی‌بردم، بتواند بجای تقویت کننده بکار برود.

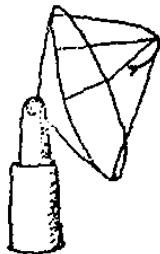


**مهندس**- آه، بی‌نهایت ساده است. دینامویی را در نظر بگیرید (شکل ۱۰۲) که به وسیله یک هو تور می‌گردد، اگر به آهن ربای الکتریکی که به عنوان القاء کننده آنست جریانی ندهم، دینامو هیچ جریانی روی جاروهای خودش بوجود نمی‌آورد. هنچه جریانی که به القاء کننده اش می‌دهم بیشتر باشد، فشاری که این دینامو در دو سر جارو بوجود می‌آورد و می‌تواند جریان به ما بدھد زیادتر است. توان

نسبتاً ضعیفی برای تحریک القاء کننده کافی است تا امکان آنرا بوجود بیاورد که دینامو توان برقی بسیار زیادی بین دو جارو ایجاد کند. درواقع از موتوری که دینامو را می‌گرداند انرژی خواسته می‌شود، درحالی که تنها هدف جریانی که از القاء کننده می‌گذرد اینست که یک میدان مغناطیسی ایجاد کند، که آنرا می‌شود با انرژی کمی تهیه کرد بهشرط آنکه حلقه‌های سیم پیچی را زیاد گرفته باشند.



شکل ۱۰۲ - دریک دینامو که بهوسیله موتوری بهگردش درمی‌آید، فشار در دوره جاروها تابع جریان در القاء کننده است.

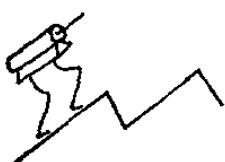


**مبتدی**- این دیگر بسیار عالی است! بنابراین جریان دیناموی خودتان را بهم توری که می‌خواهید فرمان دهید می‌فرستید و تقویت کننده ترانزیستوری فقط القاء کننده دینامو را نیز تأثیر می‌گیرد؟

**مهندس**- کاملاً درست است. چنین سیستمی با ترانزیستور معمولی و کم‌بها، امکان کم و زیاد کردن سرعت گردش یک موتور با توان چندین کیلووات را بوجود می‌آورد. من آن را برای گرداندن برج کوچک آتن را داداری که چندین تن وزن دارد و آنرا با تقویت کننده بسیار کوچکی فرمان می‌دادند، بکار برده‌ام.

**مبتدی**- درواقع ساختن آن بسیار خوبست. اما نکته‌ای هست که مرا اندوه‌گین می‌کندا در این حالت مجبور هستید سه ماشین داشته باشید که یکی موتور گرداننده دیناموی تقویت کننده است، خود دینامو و موتوری که جریان دیناموی تقویت کننده را به آن می‌دهند. واقعاً داشتن همه‌اینها کمی جایگیر است!

**مهندس**- درواقع یکی از نقص‌های این سیستم همین است. (که مستقل از نقص وابسته به دشواری‌هایی است که از مغناطیسی نتیجه می‌شوند که ممکن است در آهن القاء کننده دینامو باقی بماند و نیاز به روش‌های اصلاح پیچیده‌دارند). بهمین جهت است که به موازات آن روش دیگری را گسترش داده‌اند که بی‌نهایت زیرکانه است و شامل تقدیمه یک موتور جریان مستقیم با تیراژون است.



### فرمان بهوسیله تیراژون

**مبتدی**- پس در این حالت موتور شما حرکت نماید از این دارد!

**مهندس**- آقای مبتدی قبلاً حرفهای احمق‌زاده زده‌اید اما نه تا این حد... نه، شوخی نکنید. البته یک تیراژون آمادگی دارد که در بعضی از مونتاژهای که

برایتان گفتم برای تهیه فشارهای دندانه اردی بکار برود. درحقیقت آنرا با روش کاملاً متفاوتی برای راه انداختن موتوورمان بکار می بردیم به این ترتیب که جریان تیراترون را وارد القاعده موتور می کنیم.

**مبتدی**- اما القاعده از این نوع جریان وحشت دارد، چون جریان یا کتیراترون از ضربهای کسوتاهی تشکیل می شود که شدت آنها بسیار زیاد و مدت ادامه آنها بسیار کوتاه است.<sup>۱</sup>

**مهندس**- این وضع آنها در متناوله های زاینده دندانه اردی بود که برایتان گفتم. تیراترون می تواند به گونه کاملاً متفاوتی کار کند؛ مثلاً وقتی که خاصیت اساسی آنرا که غیر مدارم بودن است بکار بینید، ویکبار که عبور جریان را در آن برقرار کردیم، اگر چیزی غیر از خازنی که جریان آند آنرا ایجاد می کند باشد، تیراترون می تواند بخوبی به گذراندن جریان ادامه دهد.

**مبتدی**- آقای مهندس حرفلای شما ضد و نقیض است! قبل از کاملاً تأکید کرده بودید که در يك تیراترون وقتی جریان برقرار شد ممکن است به مقدار زیادی برسد و حتی باید اقدام های احتیاطی برای محدود کردن آن بعمل آورد.

**مهندس**- این درست همان کاری است که ما می کنیم. اگر در مدار آند تیراترون یک مقاومت و يك متبع را بطور پیاپی قرار دهیم، وقتی تیراترون بکار افتاد، شدت جریان کاملاً عاقلانه در مقداری که قانون اهم حکم می کند، نگه داشته خواهد شد. افت فشار در دو سر تیراترون بسیار ضعیف و در دو سر مقاومت زیاد است و شدت جریانی که از تیراترون می گذرد به واسطه این مقاومت محدود خواهد شد.

**مبتدی**- این مطلب به عنوان کار برد يك تیراترون بمنظور من بسیار عجیب است. به عبارت دیگر وسیله ای برای گذراندن جریان ازموتور در اختیار داریم. اما گذشته از امکان گذراندن این جریان با تحریک تیراترون از راه شبکه اش، نسبت به چیزی که يك رله ساده بهمای داد، چیز همه می بدمست نیاورده ایم.

### تفذیه با جریان متناوب

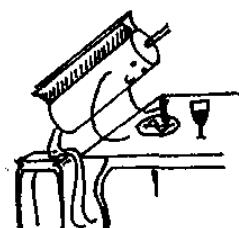
**مهندس**- اگر منبعی که تیراترون را تغذیه می کند منبع فشار مستقیم بود، حق داشتید. اما اگر موتوری را که بطور پیاپی با تیراترون قرار گرفته است با منبع جریان متناوب تغذیه کنیم، موضوع فرق می کند.

**مبتدی**- در این صورت فکر می کنم موتوری بکار می بردید که عمومی نام دارد و کار با جریان متناوب راهم می بینید؟

**مهندس**- بهیچوجه، يك موتور جریان مستقیم بکار می بردیم که اگر القاء کمنده اش آهن ریای دائمی نباشد، جریان تحریک آن هم کاملاً ثابت باشد.

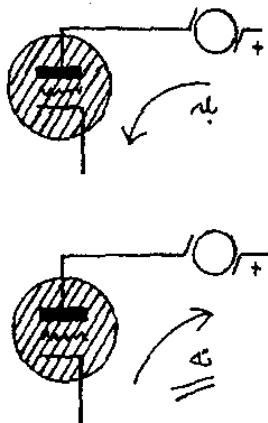
**مبتدی**- در این صورت بهتر است فوراً برو<sup>۲</sup> آقای مهندس آخر بمن گفتید که چنین موتوری در جهتی می گردد که بستگی به جهت گردش جریان در القاء شده اش دارد!

**مهندس**- عصبانی نشود. البته جریانی که در القاعده موتور می گردد

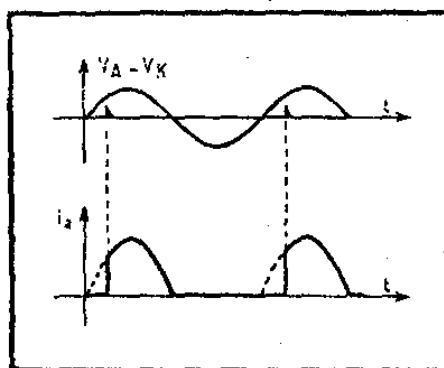


۱. نگاه کنید به کتاب «تلویزیون؛ بسیار ساده» است!

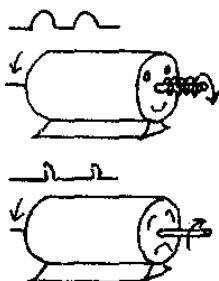
مستقیم نخواهد بود. دست کم باید گفت که پکسون شده است چون یک تیراًترون نمی‌تواند ایونیزاسیون در گاز داخل حباب بوجود بیاورد مگر وقتی که آند آن نسبت به کاتدش هشتگ باشد. جزیانی که از موتمر می‌گذرد همیشه در یک چهت است و فقط در نیم پرید عبور می‌کند و این نیم پرید همانست که در آن آند تیراًترون نسبت به کاتدش هشتگ است.



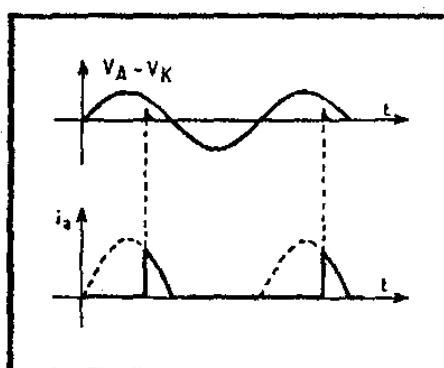
**مبتدی** - در این شرایط قبول دارم. اما درست نمی‌دانم چه امتیازی بدست آورده اید چون اگر شبکه به مقدار کافی منفی باشد، در تیراًترون ایونیزاسیون بوجود نمی‌آید و هوتور نمی‌گردد. و اگر شبکه را هشتگ کنید و یا حتی آنرا با اختلاف سطح صفر وصل کنید، تیراًترون در تمام مدت با ایونیزاسیون است و می‌توان بجای آن پکسوساز ساده‌ای گذاشت.



شکل ۱۰۳ - اگر ضربه‌های راه‌انداختن تقریباً در ابتدای نیم پرید هشتگ فشار آند به شبکه تیراًترون گذاشته شوند، جریان آندی در بخش بزرگی از این نیم پرید عبور می‌کند و در نتیجه مقدار متوسط آن زیاد است.



**مهندس** - بله، شما حدود نهائی را خوب ارائه می‌دهید. اما من می‌توانم کاری پیکنم که خیلی تدریجی تر باشد. هملاً فرض کنید که به شبکه تیراًترون ضربه‌هایی بگذاریم و ترتیب کار را طوری بدهم که در نیم پرید هشتگ که آند نسبت به کاتد هشتگ است، این ضربه‌ها کم و بیش با تأخیر برستند. می‌بینید که اگر این ضربه‌ها در این نیم پرید خیلی زود برستند، همانطور که در شکل ۱۰۳ نشان داده شده است، جریان

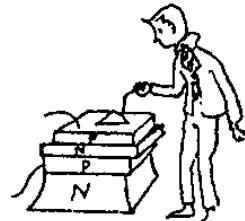


شکل ۱۰۴ - اگر ضربه‌ها دیرتر برستند، جریان متوسط ضعیف است.

پکسوسونه تقریباً در تمام مدت نیم پرید آزموتور خواهد گذاشت. بر عکس اگر ضربه‌ها را خیلی دیر تر بفرستم، همانطور که در شکل ۱۰۴ نشان داده شده، به آسانی مشاهده می‌کنید که زمان ایونیزاسیون در تیراًترون قبل از اینکه به عملت منفی شدن آندش نسبت به کاتد کاملاً از بین برود، بسیار کوتاه است.

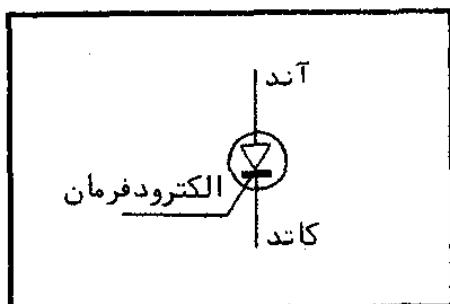
مبتدی- این مطلب جالب است این تیراترون مثل یکسوسازی کار می کند که بتوان آنرا فرمان داد.

مهندس- و آنگهی بهمین جهت است که غالباً آنرا با نام «لامپ ذیر فرمان» مشخص می کنند. از این گذشته معادل نیمه هادی آنرا «یکسوساز سیلیکومی ذیر فرمان» می نامند و آنرا غالباً با حروف اول کلمه های انگلیسی آن که بهمین معنی است با S. C. R مشخص می کنند.



### تیراترون های نیمه هادی (Tristors)

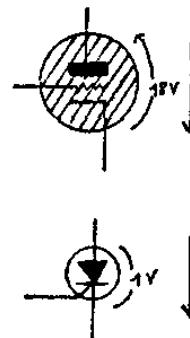
مبتدی- پس نیمه هادی ها هم هست که مثل تیراترون کار می کند؟  
مهندس- بله و کار آنها عالی است. بی آنکه در جنگیات ساخت آن وارد شو. بسما می گوییم که آنها چهار پوشش دارند که بطور یک در میان p، p، n و n است. نخستین پوشش p آند نام دارد، آخرین پوشش n کاتند است. پوشش p که درست پهلوی پوشش n کاتند قرار دارد به یک سیم خارجی (الکترود فرمان). وصل است و پوشش سوم به چیزی وصل نیست، با وجود این اتصالی های آن در کار نقشی به عهده دارند. چندین تیراترون که معمولاً برای تحمل فشار جدا کشی به مقدار معین مثلاً ۲۰۰ یا ۴۰۰ ولت درست شده است، ممکن است به وسیله الکترود فرمان تن در یک جهت یا جهت دیگر تحریک شود و بکار بیفتد. این کار وقتی انجام می شود که ابتدا، درست مثل یک تیراترون گازی، آند آنرا نسبت به کاتند مشیت کنند



شکل ۱۰۵- علامت تیراترون جامد (معادل نیمه هادی تیراترون گسازی) که آنرا یکسوساز سیلیسیومی ذیر فرمان یا تریستور هم می گویند.

اما با آن این تفاوت را دارد که فشاری روی الکترود فرمان آن نمی گذارد بلکه جریانی به آن داده می شود. یکباره که تیراترون بکار افتاد، فقط مدار خارجی جریانی را که از آن می گذرد محدود می کند، چون تقریباً مثل یک اتصال کوتاه عمل می کند، یا درست تر بگوییم مثل یک دیود یکسوساز سیلیکومی است که افت فشاری برابر یک ولت ایجاد می کند. می بینید که تا چه آندازه نسبت به تیراترون گازی جالبتر است چون این تیراترون وقتی تحریک شد در دوسر خود افت فشاری در حدود ۱۵ ولت دارد.

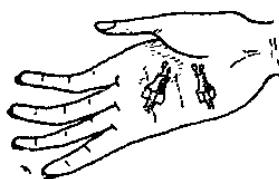
بنابراین تیراترون سیلیسیومی بسایر جریان چند میلی آمپری که روی الکترود فرمانش وجود داشته باشد، بکار می افتد و بعداز آند کی، تاوقی در مدار آندش شدت جریانی بالاتر از چند میلی آمپر برقرار کنند، مثل یک دیود یکسوساز عمل می کند. اگر این تیراترون را اتصال کوتاه کنند که اینکار فشار دوسر آنرا از ولت هم، که معمولاً وقتی رسانا نست این فشار بین آند و کاتند وجود دارد، کمتر می کند.



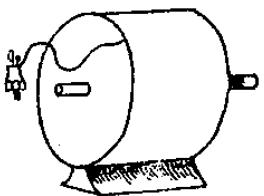
تیرا ترون از کار می‌افتد. همینطور با قطع کردن جریانی که از آن می‌گذرد یا منفی-کردن آندش نسبت به کاتد که هر دویکی است، آنرا از کار می‌اندازند. برای بادآوری اینکه این دستگاه تاچه اندازه به یکسوسازی که زیر فرمان گرفته باشد نزدیک است، آنرا بصورتی که در شکل ۱۰۵ کشیده ام خلاصه می‌کنند، به عبارت دیگر مثل دیود یکسوساز یا یک الکترود اضافی فرمان است که بطور کج از کاتد بیرون آمده است.

**مبتدی**- با این تیرا ترون‌های نیمه‌هادی می‌توان شدت جریان‌های زیاد را

زیر فرمان گرفت؟

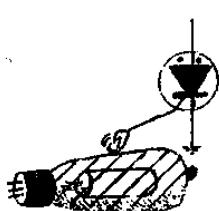


**مهندسان**- آه، بله، جریان‌های بسیار زیاد. مثلاً این تیرا ترون را که در دست من است می‌بینید. افراد می‌کنند که خیلی بزرگ نیست. بله، همین تیرا ترون کوچک که درین امر بزرگی هو تور ۲ کیلو واتی اصلاً به حساب نمی‌آید، برای زیر فرمان گرفتن سرعت هو تور بطور منظم کاملاً کفایت می‌کند. این دستگاه‌های کوچک که دنای آن دریک مشت جا می‌گیرد، هر کدام ۱ گرم وزن دارد، بالاترین فشاری که تحمل می‌کنند ۵۰۰ ولت است و می‌تواند جریانی بیشتر از ۲۰ آمپر از خودش عبور دهد. برای اینکه بتوان بایک تیرا ترون گازی همین کار را کرد، باید نوع بسیار عالی آنرا انتخاب کرد که ۷ تا ۸ سانتیمتر قطر و در حدود ۱۵ سانتیمتر بلندی دارد. و آنگهی به مسئله‌های دیگری اشاره می‌کنم مثل مصرف بسیار زیاد انرژی برای گرم کردن کاتد این تیرا ترون گازی و زمان زیادی که کاتد قبل از بکارانداختن تیرا ترون باید گرم شود که ممکن است به آن زیان زیادی برساند.



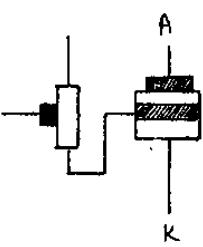
**مبتدی**- در این صورت فکر می‌کنم تا چند سال دیگر تیرا ترون گازی وجود نداشته باشد.

**مهندسان**- عقیده همهم همین است. در حال حاضر انواع نیمه‌هادی آن نسبتاً گران است. که الیت گرانی آن خیلی بیشتر از گرانی نوع گازی با همین تکامل نیست و اگر برای نگهداری آنها درین این اضافه فشار اقدام احتیاطی ویژه‌ای نکنند، زود از بین می‌روند. باید گفت تیرا ترون‌های نیمه‌هادی بی‌جون و چرا راه حل‌های آینده را به مرأه دارند.



### بکار آفتدن تیرا ترون

**مبتدی**- بسیار خوب، وقتی مدار فرمان موتورها را سوار کنم، فقط تیرا ترون-های سیلیکومی در آن می‌گذارم. باز هم ذکر که ای هست که کمی ناراحتمندی کند و آن اینست که شما در باره ضربه‌های کار انداز تیرا ترون صحبت کردید که آنرا کم و بیش جلو هی اندازد. چطور این ضربه‌ها را درست می‌کنند و چگونه وضع آنرا (تصور می‌کنم خواهید گفت «از نظر فاز») نسبت به پریزد مشتبث، روی آن تیرا ترون تغییر می‌دهید؟



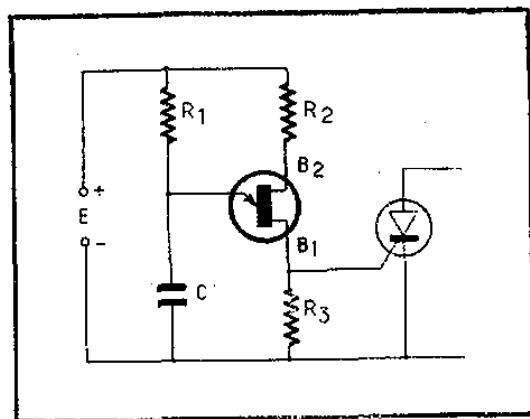
**مهندسان**- این ضربه‌ها را به راههای گوناگون می‌توان تهیه کرد. غالباً برای بکار انداختن تیرا ترون‌های سیلیکومی، مومنتازی را بکار می‌برند که یک تراانزیستور و یزه بنام «ترانزیستور یک اتصالی» دارد.

**مبتدی**- بنظر من این وضع بسیار خوبست. هی خواهیم تیرا ترونی را بکار بیندازیم که سه اتصالی دارد و برای این کار تراانزیستوری بکار می‌بریم که اگر اسمش

دست باشد، فقط یک اتصالی دارد. اینکار تعادل را کمی برقرار می کند.

**مهندس** - بفکر تقسیم مساوی تعداد اتصالی ها نبودم. هرچه باشد، ترا نزیستور یک اتصالی دستگاه کوچک و ساده است چون میله سیلیسیومی از نوع  $\text{N}$  است که در هر آنها یک اتصالی دارد (که آنها را پایه ۱ و پایه ۲ می گویند) و یک اتصالی کاملاً در وسط بایک منطقه  $P$  دارد که آنرا ارسال کننده می گویند. وقتی بین دو پایه آن اختلاف سطحی بگذارم، تاحدوی مثیل تیراترونی عمل می کند که آن دارای ارسال کننده آنست و کاتد یکی از دوپایه است. اگر مونتازی مطابق شکل ۱۰۶ با آن سوار کنم خازن  $C$  از راه  $R_1$  پرخواهد شد تا الکترون داده شده به وسیله سهم (که آنرا ارسال کننده ترا نزیستور یک اتصالی می نامند) به اختلاف سطحی نزدیک به  $\frac{1}{2}$  بر سد.

در این لحظه، اتصالی ارسال کننده ترا نزیستور یک اتصالی ناگهان بسیار رسانا می شود و خازن  $C$  پرسخت از راه  $R_3$  خالی می شود. اتصالی هائی را که  $B_1$  و  $B_2$  ناهمیدم در واقع دو اتصالی هستند که روی پایه این ترا نزیستور که جمع کننده ندارد، درست شده اند. در لحظه ای که  $C$  روی  $R_3$  خالی می شود، در دوس این مقاومت، فشاری ظاهر می شود که می تواند تیراترون را بکار بیندازد.



شکل ۱۰۶ - مونتاز یک ترا نزیستور یک اتصالی برای اینکه وقتی فشار در دوس  $C$  به مقدار معینی می رسد به وسیله تغییه  $C$  روی  $R_3$  ضربه های لازم برای بکار آندختن تیراترون جامد را بدست بدهد.

**مبتدی** - در واقع ترا نزیستور یک اتصالی شما یک نوع تیراترون کوچک است؟

**مهندس** - در حقیقت شیاهات هایی با تیراترون دارد. اما فقط جریان های باشد کم را عبور می دهد. می توان آنرا برای فشارهای دندانه ای ارها و مواد دیگری بکار برد. غالباً آنرا مانند بخش کار انداز تیراترون ها بکار می بردند.

**مبتدی** - بنظر من ترا نزیستور یک اتصالی شما دستگاه شگفت آوری است. اما چیزی دارد که ناراحتم می کند چون شما یعنی نگفته اید که در مونتاز شکل ۱۰۶ چه می کنید تا ضربه ای کم و بیش زودتر در مدتی که نیم پرده مشیت برق شهر ادامه دارد، بدست بیاورید. بنظر من آید که دستگاه شما باید دندانه ای هایی بدهد که با شبکه هیچ ارتباطی نداشته باشند.

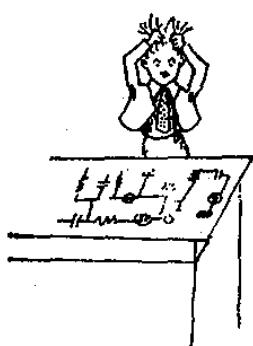


### همزمانی به وسیله برق شهر

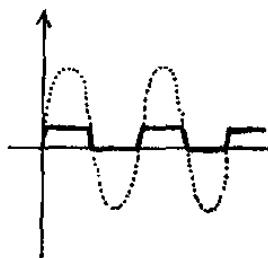
**مهندس** - حق بما شماست. شکل ۱۰۶ را برای این کشیدم که طرز کار

ترانزیستور یک اتصالی و روشی که آنرا با یک تیراترون تزوییج می‌کند بشما بفهمانم. اگر شکل نهائی کاربرد آن را می‌خواهید، به شکل ۱۰۷ نگاه کنید که به آسانی خواهید فهمید.

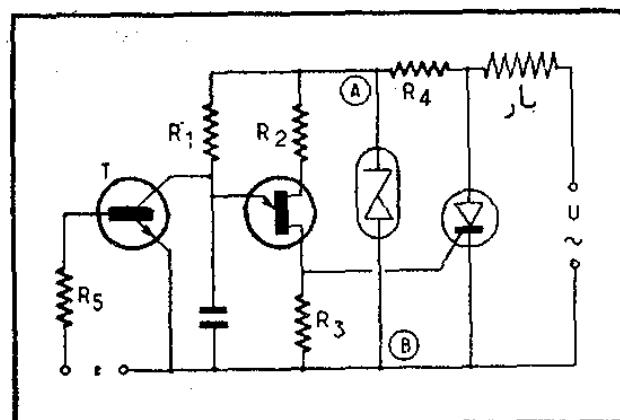
**مبتلای** - جرأتی کنید بگوئید آسان است! شکل شما بی‌نهایت پیچیده است.



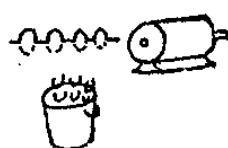
مهندس - نه، مثل تمام شکل‌ها، باید کوشش کنید هر عنصر را پس از دیگری نگاه کنید، می‌بینید که فشار متناظر  $U$  از راه مقاومت بار به تیراترون گذاشته شده است. از این بار (که ممکن است القاعده یک موتور باشد) وقتی تیراترون بکار افتاد (در مدت نیم پریده‌ای که آند آنرا نسبت به کاندش مشتب می‌کند) جریان تیراترون خواهد گذاشت. از روی فشاری که در دو سر تیراترون وجود دارد، فشار تندیه ترانزیستور یک اتصالی را به وسیله مقاومت  $R_4$  و دیود زن درست می‌کنیم بمحض اینکه فشار دوسر تیراترون مشتب باشد، هر چند هم که کمی بالاتر از فشار دیود زن باشد، افت فشار در مقاومت  $R_4$  بین نقاط A و B فشار ثابتی را حفظ می‌کند که برابر فشار زن است.



اگر فشار دوسر تیراترون منفی باشد (آن د نسبت به کاندمنفی باشد) دیود زن مثل دیود معمولی کار می‌کند و اختلاف سطح A را در مقداری تقریباً برابر با B نگه می‌دارد. بنابراین مجموعه ترانزیستور آند نسبت به کاندمنفی باشد، هر چند هم که اتصالی به وسیله فشار E شکل ۱۰۶ می‌شود که جایگزین فشار C درست در لحظه‌ای آغاز می‌شود که فشار دو سر تیراترون طوری شود که آند آن نسبت به کاندش مشتب باشد. پرشدن در لحظه‌ای قطع می‌شود که بارخازن به مقداری رسیده باشد که برای رساناکردن ترانزیستور یک اتصالی کفايت می‌کند.



شکل ۱۰۷ - مونتاژ کامل فرمان جریان متوجه در مقاومت بار به وسیله تیراترون جامد که با یک ترانزیستور یک اتصالی بکار افتد است.

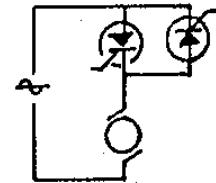


اگر ترانزیستور T مسدود شود، پرشدن خازن سریع است و ضربه‌ای که در دو سر  $R_4$  بوجود می‌آید از آغاز نیم پریده مشتب عالملاً تیراترون را بکار می‌اندازد. بر عکس اگر ترانزیستور T به وسیله جریانی که منبع e به پایه اش می‌دهد رسانا باشد، پخشی از جریان را به فقط B می‌فرستد که از راه  $R_1$ ، خازن را پر کند؛ پس این پرشدن آهسته‌تر خواهد شد، و درنتیجه کار افتادن ترانزیستور یک اتصالی با تأخیر صورت می‌گیرد و تیراترون هم با تأخیر کار خواهد کرد. پس جریان متوسطی که در تیراترون می‌گذرد خیلی کم است.

**مبتلای** - آنقدرها هم که شما هی گوئید ساده نیست. با وجود این گمان می‌کنم

کمی فهمیده باشم، اما در این شکل و همینطور در شکل قبلی چیزی هست که ناراحت می‌کند و آن اینست که عملاً یک نیم پرید فشار متناوب را بکار می‌برد و نیم پرید دیگر اجباراً از دست می‌رود.

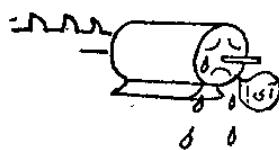
**مهندس**— درست است و اگر از این مطلب ناراحتیم، امکان دارد دو تیراژرون بکار ببرید که درجهت عکس هم سوار شده‌اند و هر کدام روی یک نیم پرید شبکه کارمی کنند. بهوسیله دو دیود معمولی متصل بددو تیراژرون ترتیب کار را طوری می‌دهند که جریان نیم پرید اول و یا نیم پرید دیگر در یک جهت از مقاومت پاربگند. همانطور که می‌بینید، در اینجا سیستم چندان پیچیده‌ای نیست و برای فرمان موتورهای با توان بسیار زیاد کاملاً آمادگی دارد.



**متلبی**— دلم می‌خواهد حرفان را قبول کنم، اما بازهم چیزی هست که موجب ناراحتی من می‌شود چون جریانی که از این موتورها می‌گذرد ناگهان زیاد می‌شود و اگر بخواهیم آنرا کم کنیم فقط در پریودهای کوتاه عبور می‌کند. باید ابتدا در انتظار اضافه فشارهایی بود که در نتیجه پدیده خودالقائی ایجاد می‌شوند و بعدهم منتظر بود در موتور که نمی‌خواهد زیر این قطع کردن‌های ناگهانی قرار گیرد و اکتشهایی بروز کند:

**مهندس**— در هر دو موتور جز تسلیت گفتن به آن کاری نمی‌توانم بکنم. اما بشما می‌گویم که شخصاً یکی از این موتورها در خانه دارم و هیچ وقت ندیده‌ام بیاید و شکایت کند. ایسرا دشما درباره فشارهای ایجاد شده بهوسیله خودالقائی مهمتر است چون در واقع این اضافه فشارها می‌توانند مارا ناراحت کنند، به حال کار دستگاه را پیچیده‌تر می‌کنند بی‌آنکه الزاماً تغییر شکل بسیار مهمی در شکلی که برایتان کشیده‌ام و بسیار نزدیک به مداری است که می‌توان در عمل بکار برد، بوجود بیاورند.

**متلبی**— ممکن است موتور شما به آن عادت کند، اما احساس می‌کنم که هفتم اشباع شده است و گمان می‌کنم بهتر باشد فردا به گفتگو ادامه دهیم.



۶

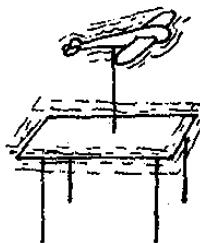
## مبحث یازدهم

این بار دیگر چیزی برای گرداندن در کار نیست چون مبتدی می خواهد بداند که مافوق صوت چیست و چگونه آنرا ایجاد می کنند. با رسیدن به مدولاسیون منبع های نوری و کاربرد آنها در فرستادن عکس به راه دور با دستگاهی آشنا می شود که آینده بزرگی دریش دارد و آن لیزر LASER است.

## مولد مافوق صوت

### مدولاتور نور و لیزر

#### تحریک گننده های ارتعاش



**مبتدی** - آقای مهندس یک نوع پس دهنده هست که دلم می خواست چند کلمه درباره آن برایم صحبت کنم. یکی از دوستانم که در هواییمائی کار می کند به من گفته است که برای آزمایش دستگاههای کوچک و ظریف که باید روی هواییماها سوار شوند، آنها را دوی میز لرزانی قرار می دهند که بهوسیله یک تقویت کننده بزرگ فرمان داده می شود. این دستگاه دیگر چیست؟

**مهندسان** - بدون اینکه خودتان بدانید دستگاه را می شناسید. فقط یک بلند گوی بسیار بزرگ با بوبین متغیر است. آهن را گویی که آنرا درست می کند بسیار بزرگ است و در فاصله دو قطب آن قرقره ای می گذاردند که در آن جریان یک تقویت کننده را وارد می کنند. این قرقره به قطعه هایی که به آن بسته شده باشند، حرکتی بافر کانس جریانی که به آن داده اند، می دهد.

**مبتدی** - در این صورت بخوبی می توانم چنین تحریک گننده ارتعاشی درست کنم چون کافی است از بلند گوئی که گوشش گنجام گذاشته ام و به علت اینکه صفحه اش پاره شده هصرف نمی کنم، استفاده کنم.



**مهندسان** - در واقع می توانستید از آن استفاده کنید اما تحریک گننده های ارتعاش معمولی دستگاههایی هستند که توان آنها نسبت به بلند گوی کوچک شما بسیار زیاد است. تصور کنید که برای ایجاد ارتعاش اجباری با دامنه معین در یک صفحه بزرگ فولادی که روی آن اشیاء مورد آزمایش قرار داده اند، اگر بخواهید حرکت، دامنه قابل توجهی داشته باشد، باید توان بسیار زیاد باشد. مثلًاً من یک ایستگاه آزمایش را می شناسم که در آن تقویت کننده میز من تعش می تواند میزانی براین ۸۰ کیلووات بدهد.

**مبتدی** - این مطلب برایم مجهوت گننده است. قطعاً با تقویت کننده ۵ واتی کاری نمی توانم بکنم.

**مهندسان** - گفته شمارا تصحیح می کنم، شما می توانید به چیزهای کوچک و سبک، بهویژه در فر کانسها نسبتاً پائین ارتعاشهای با دامنه کمی بدهید. بدست آوردن

دامنه قوی درف کانسهاي بالا بدون آنکه توانهای زيادي در بوين تحرير گشته باشد.

**مبتدی** - به، اما چيزی هست که ناراحتم می کنم، توانی که به آن می فرستید بطور کامل پهانزه ها مکانیکی تبدیل نمی شود. پس چه می شود؟

**مهندسان** - يخش بزرگی از آن به گرما تبدیل می شود. بهمین جهت است که در تحریر گشته های ارتعاش که از يك اندازه بزرگتر هستند، باید دستگاههای خنک گشته بسیار قوی پیش بینی شود. در دستگاهی که عزم دیدم و به وسیله تقویت گشته ۸۰ کیلو واتی تحریر یک صفحه فولادی می شد، از راه تصحیح های مناسب در تقویت گشته های تحریر یک قادر بود صد را طوری باوفاداری زیاد ایجاد کرد که تابحال صدائی ها نمی شنیده اید. چیزی که شکفت آوردتر بود، شنیدن صدای والس شوپن بود که به وسیله ارتعاش یک صفحه فولادی به بزرگی تقریبی نیم هتر مربع که چندین میلیمتر قطر داشت، درهوا ایجاد می شد. کمی تصویش را پذیرید که چه توانی برای ارتعاش این صفحه با دامنه قابل توجه بکار می دود تا بتواند از آن یک صفحه بلندگوی واقعی برای فر کانسهاي ۳ یا ۴ کیلو هر ترنس بسازد.

**مبتدی** - برای هوسیقی به صفحه کاغذی معمولی که با چند وات پخوبی بکار می افتد اکتفا می کنم. اما با کمال میل قبول می کنم که این بلندگو نمی تواند دستگاههای کوچکی را که می خواهند آزمایش گشته تا مرز قطع شدن به لرزش درآورد. اما پدرستی چگونه می فهمند که این دستگاهها زیر چه آزمایشی قرار گرفته اند؟

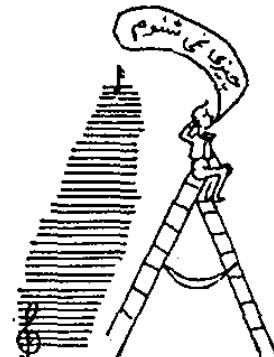
**مهندسان** - بی نهایت ساده است چون در کنار دستگاه آزمایش شده، یکی از سیستم های کوچکی را که شتاب منجذب نمی دارد و قبل از برایتان گفته ام می گذارند.



### ما فوق صوت ها

**مبتدی** - با این تحریر گشته های ارتعاش تا چه فر کانسی می شود درست؟

**مهندسان** - از ده کیلو هر ترنس باید تجاوز کرد. حتی رسیدن به این حد هم خیلی کم اتفاق می افتد. اگر بخواهید به یک جسم ارتعاش تندتری بدهید، عملای قلمروی ما فوق صوت می ریسم.



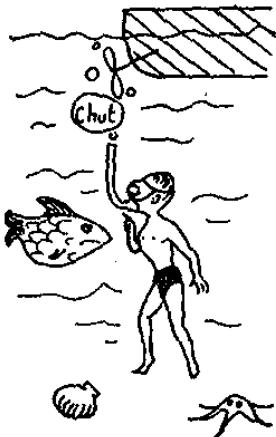
**مبتدی** - وصفش را شنیده ام. گمان می کنم آنها صدائی هستند که فر کانشن اس بسیار بالاست بطوری که گوش نمی تواند بشنود. به عبارت دیگر فر کانسهاي هستند که از ۱۵ کیلو هر ترنس بالاترند.

**مهندسان** - درواقع همینطور است. گام امواج ما فوق صوت بی نهایت گسترده است و از ۱۵ کیلو هر ترنس تا چندین مکاہر ترنس گسترده است.

**مبتدی** - گمان می کنم برای ایجاد آنها باید بلندگوهای کاملاً خارق العادة ساخت.

**مهندسان** - درواقع آنها را بسیار کم با بلندگو ایجاد می کنند. از این گذشته ما فوق صوت را خیلی کم در هوا بکار می بردند. به آسانی می توانید با تو ان کم و با استفاده از بلندگوهای کوچک الکترو استاتیک که غالباً به عنوان توییز Tweeter<sup>۱</sup> در دستگاههای صوتی باوفاداری زیاد بکار می بردند تا فر کانس ۱۰۰ کیلو

بلندگوی کوچکی است که می تواند فر کانسهاي زیاد را باوفاداری ایجاد کند.



هر تر را بسازید. همینطور می‌توانید بلندگوهای ایونی را پکار ببینید که امکان رسیدن به فرکانسهای بالاتر را هم بوجود می‌آورند. اما امواج ماقوی صوت در هوا بخوبی منتشر نمی‌شوند. بیشتر وقت‌ها آنها را در مایع‌ها و یا جامدها پکار می‌برند.

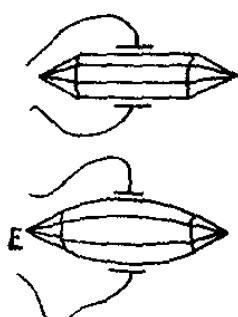
**مبتدی**— عجب! با اینحال نمی‌توانید بمن پکوئید که امواج ماقوی صوت در مایع‌ها و جامدها منتشر می‌شوند.

**مهندس**— اگر هم شما موافق نباشید، همین را خواهیم گفت. چرا می‌خواهید ماقوی صوت‌ها اینکار را نکنند در حالی که صوت معمولی این کار را می‌کنند؛ اگر زیر آب دریا رفته باشید، مشاهده کرده‌اید که در زیر آب صدای پروانه‌کشی که خیلی دورتر از شما حرکت می‌کند بخوبی شنیده می‌شود. برای امواج ماقوی صوت، انتشار آسانتر است زیرا این صداها که طول موج کوتاهی دارند به آسانی به صورت دسته فشرده‌ای در می‌آیند که می‌توان آنها را بدون تلف به فاصله دور فرستاد. اما همانطور که گفتم، دستگاههای مثل بلندگو را بسیار کم برای ایجاد آنها پکار می‌برند.

**مبتدی**— در این صورت واقعاً نمی‌دانم امواج ماقوی صوت را چن با یک بلندگو چگونه می‌شود طور دیگری ساخت.

**مهندس**— دو روش اساسی آن شامل کساربرد پیزوالکتریکیست یا مانیتو استریکسیون است.

**مبتدی**— اگر بخواهید این کلمه‌ها را پکار ببینید بهتر است فوراً بروم.

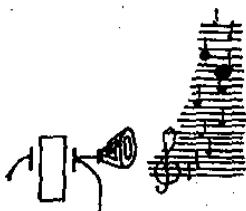


### مولد ماقوی صوت پیزوالکتریک

**مهندس**— آقای مبتدی ناراحت نشود. پیزوالکتریک خاصیتی است که بعضی از بلورهای داردند و وقتی زیر فشار مکانیکی قرار می‌گیرند، یک فشار الکتریکی بوجود می‌آورند. هم اکنون هم با آن آشنا هستید چون پیکاپ‌های پیزوالکتریک بسیار متداولند. این پدیده دو طرفه است، به عبارت دیگر وقتی بین دو الکترودی که بطور مناسب روی یک بلور معین گذاشته شده‌است، فشار الکتریکی بگذاریم، این بلور تغییر شکل می‌دهد. به کمک بلوری از این نوع که غالباً کوارتز است، امواج ماقوی صوت درست می‌کنند به این ترتیب که به آن فشار متناوب با فرکانس بالا را وارد می‌کنند و بلور شروع به ارتعاش می‌کند.

**مبتدی**— این دستگاه برای ساختن بلندگو بسیار عالی است، با مطلبی که گفته شد می‌کنم بهویشه برای ایجاد فرکانس‌های بالا مورد توجه باشد.

**مهندس**— حتی برای فرکانس‌های بسیار بالا هم مناسب است. در عمل فرکانس‌های پائین را بسیار بد ایجاد می‌کنند، چون دامنه تغییر شکل کم است و برای ایجاد فرکانس‌های پائین باید دامنه قوی باشد. درواقع این دامنه چنان ضعیف است که بسیرون استفاده از هم آهنگی حتی با دستگاههای مخصوص هم نمی‌توان ارتعاش ماقوی صوت ایجاد شده را احساس کرد. می‌دانید که یک بلور، فرکانس نوسانی مخصوصی دارد. معمولاً آنرا روی همین فرکانس تحریک می‌کنند. در این صورت دامنه نوسان بزرگتر می‌شود. بلور را مستقیماً در مایعی فرو می‌برند که باید دسته



امواج ماقوّصوت را در آن بفرستد و یا آنکه به قطعه جامدی که امواج باید در آن فرستاده شود متصل می‌کنند که در این حالت برای اینکه بهتر بهم متصل شوند پوشش نازکی از روغن بین آنها می‌گذارند.

**مبتدی** - از این پرسش که می‌کنم معذرت می‌خواهم اما فرستادن امواج ماقوّصوت در مایع و یا جامد به چه درد می‌خورد؟

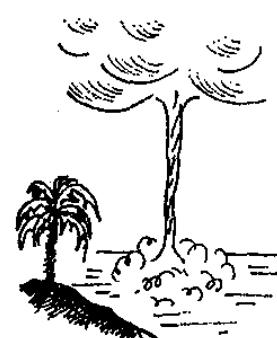
**مهندس** - امواج ماقوّصوت که در یک مایع فرستاده شود، این مشخصه را دارد که مواد سریشی شناور در آب و آهن نشین می‌کند. همچنین موجودات میکروفی را از بین می‌پرد. این روش برای سترون کردن است اما کاملاً متدائل نیست. همینطور این امواج امکان ساخت مخلوطی از مواد را به صورت بینهایت همگن وجود می‌آورد درحالی که معمولاً مخلوط نمی‌شوند. مثلاً اگر امواج ماقوّصوت را در آبی بفرستید که در ته آن جیوه قرار دارد، می‌بینید که جیوه به قطره‌های بسیار درین پختن می‌شود که این قطره‌ها با آب مخلوط می‌شوند و نوعی محلول خاکستری بوجود می‌آید که مدت‌ها بعد دوباره تنشین می‌شود. در جامدها، غالباً دسته امواج کوچک ماقوّصوت را در آنها می‌فرستند تا بدانند که آیا این امواج در داخل جامدها به نقص‌هایی (ترک یا حفره) برخورد می‌کنند که در این صورت انعکاس آشکار شونده‌ای بوجود می‌آورند و به این ترتیب امکان پی‌بردن به نقص‌ها بدون خراب کردن قطمه بوجود می‌آید. در این باره بعد از دوباره گفتگو می‌کنیم. همینطور در یک مایع ماقوّصوت می‌تواند وسیله‌ای برای ارتباط بوجود بیاورد همانطور که یک موج حامل رادیو در هوای یا در خلاء بوجود می‌آورد. همچنین می‌توان آنها را برای آشکار کردن مانع در آب بکار بردن، مثلاً تودهای ماهی را برای صید مشخص کرد یا کار بردهای نظامی به آن داده که به آسانی حبس می‌زنید.

**مبتدی** - فرستنده ماقوّصوت چگونه ساخته شده است؟ صحبت از بلور (کریستال) کردید، دلم می‌خواست بدامن چگونه آنها را بکار می‌برند.



### پرتوافکن‌های ماقوّصوت با توان کم

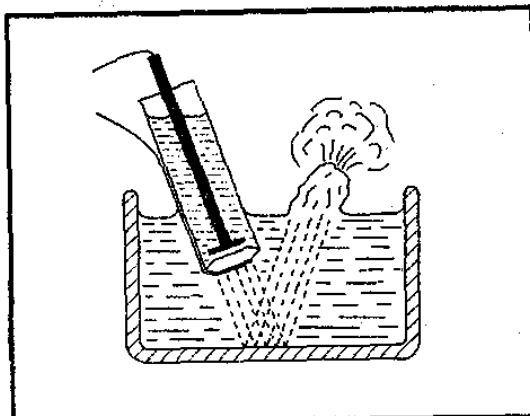
**مهندس** - روش‌های زیادی وجود دارند. برای توان‌های کم، یک تیغه کوارتز را بکار می‌برند که یک روی آن فلز نشانده شده و روی دیگر که در مایع عایقی مثل نفت فرو رفته است در فاصله کمی از یک پیستون قرار دارد که الکترود دیگر را تشکیل می‌دهد، به این ترتیب که مقطع آن را در شکل ۱۰۸ بایانا کشیده‌ام. می‌بینید که پیستون بسیار نزدیک به رویه عقب‌تیغه کوارتز است بی‌آنکه کاملاً تماس پیدا کند.



**مبتدی** - وضعیت دستگاه شما را بخوبی مشاهده می‌کنم. بن عکس اصلاً نمی‌فهمم برآمدگی کوچکی که در سطح آب، درست راست «پرتوافکن ماقوّصوت» (اگر بشود اینطور گفت) کشیده‌اید چیست.

**مهندس** - کلمه‌ای که بکار برده‌اید یعنی پرتوافکن کاملاً درست است و غالباً بکار برده می‌شود. اما این برآمدگی کوچک فقط نشان‌دهنده پیدا شده‌است که واقعاً می‌بینید، امواج ماقوّصوت کاملاً مستقیم حرکت می‌کند و عمود بر رویه فلزی نشانده شده زیری بلور هستند. این امواج به ته محفظه محبوی آب می‌رسند و در

آنچه منعکس می‌شوند و به سطح آب می‌رسند. به این ترتیب مشاهده می‌شود که وقتی یک انرژی قوی مافوق صوت را وارد آب می‌کنند، نقطه‌هایی که زیر این تشعشع قرار گرفته‌اند به وسیلهٔ پدیده‌ای پیچیده که آنرا فشار تشعشع می‌نامند بهم فشرده



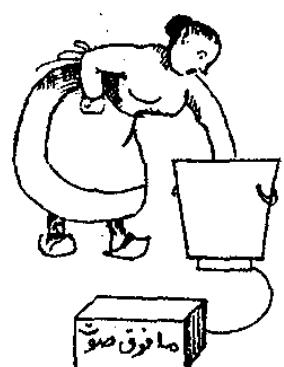
شکل ۱۰۸- تئیه کووارتز که در انتهای پروافقن مافوق صوت قرار دارد به نوسان درمی‌آید و دسته امواج مافوق صوت را وارد آب می‌کند؛ امواج در ته محفله منعکس می‌شوند و فشار تشعشع، چشمکی روی آب بوجود می‌آورد.

می‌شوند. اگر امواج مافوق صوت که از زیر آب می‌آیند نزدیک به سطح آب برستند، دیده می‌شود که در بالای سطح آب، نوعی چشمکه جهنه‌ای کوچک بوجود می‌آید که در بالای آن گردی از ذرات بسیار ریز آب دیده می‌شود که در نتیجه آشفتگی مافوق صوتی بوجود آمده است.

**مبتدی**- اگر دسته‌ها در آب زیر امواج مافوق صوت بگذارم چه اثری روی آن می‌کند؟



**مهندس**- فوراً دسته‌ان را بپرون می‌آورید چون احساس خواهید کرد که دسته‌ان را، که کم و بیش بتوش کنده شده است، در محلول اسید سولغوریک فربوده‌اید. در همین حال احساس سوزش‌هم بشما دست می‌دهد. البته این مطلب بسیار خوبست زیرا نباید بگذارید امواج مافوق صوتی که چنین توانی دارد مدت زیادی روی اعضاء بدن شما اثر کند. این امواج می‌توانند یاخته‌ها را تباخ کنند و یا گلبلوهای قرمن را از بین ببرند.



**مبتدی**- عجب، هر گز گمان نمی‌کردم که امواج مافوق صوت خطرناک است. اما پیشنهاد کرده‌اند که این امواج را برای شست و شوی لباس بکار ببرند. افراد می‌کنم که از این موضوع سرزنش نمی‌آورم و بنتظر من اگر برای رخت‌ها خطرناک نباشد، دست کم برای خانه‌دارها خطرناک است.

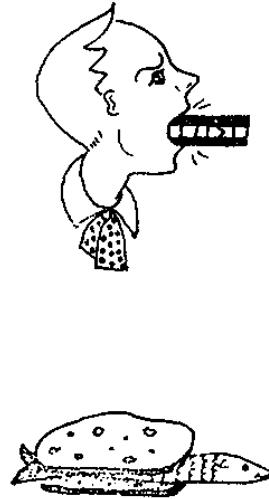
**مهندس**- آقای مبتدی خیال‌تان راحت باشد، در این حالت منتظر کلبرد اشعة مافوق صوت باتوان کم است. از این گذشته بمحض اینکه در ماشین رختشوئی را بازکنند که دست در آن بکنند، یک دستگاه ویژه مولد مافوق صوت را قطع می‌کند. تأثیر چنین دستگاهی باید به حد کافی خوب باشد چون اکنون از آنها برای تمیز کردن قطعه‌های کوچک همان‌گونه استفاده می‌کنند و نتیجه‌های بسیار خوب بدست می‌آورند. درباره رختشوئی باید بگویم که عمل اشعة مافوق صوت داخل کردن فرآورده پاک‌کننده در منفذ‌های پارچه خواهد بود. از این گذشته گمان نمی‌کنم در حال حاضر هنوز گسترش زیادی پیدا کرده باشد. اما در آینده امکانات جالی برای آن وجود دارد.

## پر تو افکن‌های با توان زیاد

**مبتدی**— پس همیشه پر تو افکنی شبیه به آنچه که در شکل ۱۰۸ نشان داده‌اید بکار می‌برند.

**مهندس**— نه، به ویژه اگر بخواهید دسته اشعه قویتری داشته باشید باید کوارتن کلوفت‌تری بگیرید. جون این ماده نسبتاً کمیاب و گران‌بهاست، راه حل بسیار جالبی پیدا کرده‌اند که «ساندویچ لائزون» Langevin نام دارد. در این روش یک تیغه نازک کوارتن را می‌گیرند و در دو طرف آن تیغه‌ای از فلزی می‌گذارند که سرعت انتشار صوت در این فلز مانند سرعت انتشار کوارتن باشد. خوشختانه فولاد جوابگوی این نیاز است، پس به‌این ترتیب مجموعه‌ای از دو صفحه ضخیم فولادی تشکیل می‌دهند که به‌وسیله یک تیغه نازک کوارتن از هم جدا شده‌اند که ممکن است این تیغه از چند قطعه تشکیل شده باشد به شرط آنکه همه آنها یک کلفتی داشته باشند و همه را نسبت به محورهای بلور کوارتن یکسان بین‌بند باشند.

**مبتدی**— صمیمانه بگویم که این نوع ساندویچ فولاد-کوارتن نباید برای صبح‌آن‌چندان جالب باشد!



**مهندس**— غیر مستقیم چرا. در واقع همین دستگاه است که در کشتی‌ها برای فرستادن ضربه‌های مافوق صوت و همین‌طور آشکار کردن وجود زیردریائی‌ها و احتمالاً توده ماهی‌ها از راه انعکاس بکار می‌رود.

**مبتدی**— بخوبی متوجه شدم که به‌کمل این خاصیت پیز والکتریک چگونه اشعه مافوق صوت تولید می‌کنند. اما از چیزی صحبت کردید که نامش به‌همین عجیب و غریبی بود.

**مهندس**— از مانیتواسترن‌یکسیون یا فشردگی مغناطیسی صحبت می‌کنید. این ودیده نسبتاً ساده است و از این‌قرار است. بعضی مواد مغناطیسی، وقتی زیر اثر یک میدان مغناطیسی واقع شوند، در ازایشان تغییر می‌کند. اگر این مواد را زیر اثر یک میدان متناوب که به‌یک میدان دائمی اضافه شده است و فرکانس میدان متناوب بر این فرکانس هماهنگ مکانیکی ماده باشد، بگذارند، اثر ارتعاش مافوق صوت بدست می‌آید.

**مبتدی**— چرا به‌یک میدان مغناطیسی دائم اضافه می‌کنید؟

**مهندس**— درست مثل بلندگوهای قدیمی است. وقتی میدان مغناطیسی در یک جهت و یا در جهت دیگر باشد، تیغه بطور یکسان هنگام می‌شود. انتقاض در اطراف میدان صفر، تقریباً صفر است. میدان مغناطیسی دائمی یک نوع پالاریز اسیون مغناطیسی تشکیل می‌دهد که تأثیر خوبی برای دستگاه بوجود می‌آورد.



**مبتدی**— این ماده منوز که چنین خاصیتی دارد چیست؟

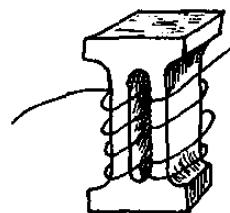
**مهندس**— می‌توان ورقه‌های فولاد-نیکلی را بکار برد؛ بعضی از فریت‌ها که این خاصیت را دارند بیش از پیش بکار برد؛ بعضی از فریت‌های بددست آوردن دسته‌های قوی اشنه را امکان پذیر می‌سازند که با این‌حال در قلمروی از فرکانس که به تدریت از ۵۰ کیلو هرتز تجاوز می‌کند، محدود می‌شوند، برای فرکانس‌های بالاتر کوارتن بکار می‌رود.



**مبتدی**— این قطعه فریت را چگونه برش داده‌اند؟



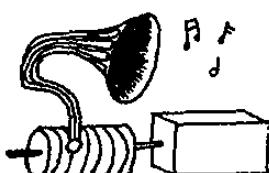
مهندس - معمولاً به شکل یک قطعه استوانه شکل و یا یک هسته که به روی خودش بسته شده باشد می‌سازند تا امکان گردش خوب سیلان مغناطیسی بوجود بیاید. چیزی که مهم است اینست که دو صفحه انتهائی آن کاملاً صاف و کاملاً موازی هم باشند. به این ترتیب هوج مافق صوتی که از این میله می‌گذرد به درستی روی ریشه‌ها پس منعکس می‌شود و نوسانی با امواج ساکن را در داخل میله حفظ می‌کند. هر بار که این هوج به یک رویه برخورد می‌کند، پخشی از آن به طرف ملاعه خارجی می‌گیرد و بخشی هم در فریت منعکس می‌شود. به واسطه همین پخش منعکس شده است که نگهداری نوسان با هوج ساکن تأمین می‌گردد.



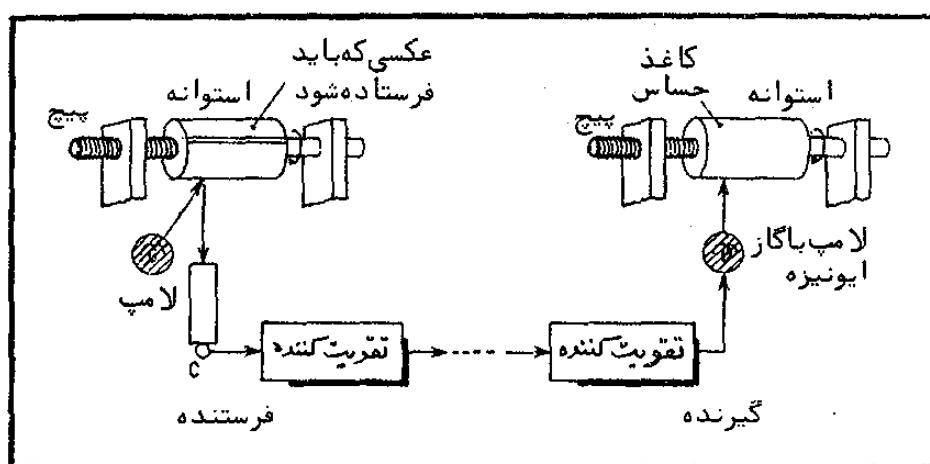
### عکس نگار خط به خط (بلینوگراف Belinograph)

مبتدی - متوجه شدم در میله چه می‌گردد. اما آقای مهندس بگوئید بیننم نمی‌شود کوشش کرد چیز دیگری غیر از امواج مافق صوت به عنوان پدیده پس‌دهنده وجود آورد؛ مثلاً اگر نور درست کنیم. آیا وسیله دیگری غیر از لامپ‌های معمولی وجود دارد؟

مهندس - آء. بله، وسیله‌های ذیادی هست! ابتدا کاربرد لامپ‌های با ایونیز اسیون را دارید که در آنها از گاز جریان ایونها را می‌گذارند. چنین لامپی برای تغییرات سریعتر نور خیلی بیشتر از لامپ‌های معمولی آمادگی دارد. به این ترتیب است که مثلاً فرستادن عکس به فاصله دور را با روش ادوارد بلین Edward Belin عملی می‌کنند.



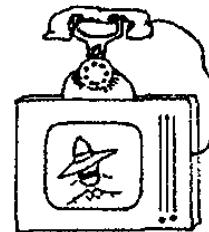
عکسی که باید فرستاده شود روی یک استوانه (شکل ۱۰۹) جای داده می‌شود که بطور کاملاً منظم و با سرعت کاملاً معینی که به وسیله یک کوارتز مشخص



شکل ۱۰۹ - برای فرستادن یک سند به وسیله عکس نگار خط به خط، این سند را که روی یک استوانه پیچیده شده خط به خط تجزیه و تحلیل می‌کنند. استوانه که به دور محورش می‌چرخد آهسته از پر ابر یک سلول فتوالکتریک می‌گذرد که در یک لحفله یک نصف آنرا تجزیه و تحلیل می‌کند. در گیرنده لامپی که روشنایی متغیری دارد روی یک کاغذ حساس عکاسی که همان سرعت حرکت سند تجزیه و تحلیل شده در فرستنده را دارد، سند را چاپ می‌کند.

شده است می‌گردد. یک سلول فتوالکتریک C مقطعی از این استوانه را در سطحی بطور عمود پر محدودش تجزیه و تحلیل می‌کند یا درست تر بگوییم یک هارپیچ روی استوانه را تجزیه و تحلیل می‌کند چون نقطه‌ای که کاوش می‌شود آهسته با حرکتی موازی با محور استوانه جابجا می‌شود.

**مبتدی** - آقای مهندس واقعاً زحمت نکشید و جزئیات را برایم نگوئید. این نوع تجزیه و تحلیل آنقدر به تلویزیون کنونی شاهد دارد که از نظر من تقریباً قطعی است.



**مهندس** - چه یهتر. در گیرنده علامت فرستاده شده بهوسیله سلول فتوالکتریک از راه خط تلفنی گرفته می‌شود، پس از اینکه دریک لامپ با گاز تجزیه شده بهوسیله ایونها تقویت شد، نقطه‌ای کم و بیش درخشن بدهست می‌دهد که روزی یک استوانه شبیه به استوانه فرستنده که دریک اطاق تاریک قرار دارد و رویش کافذ حساس عکسی است، می‌افتد. استوانه گیرنده درست با همان سرعت استوانه فرستنده می‌گردد (برای اینکار روزی دقت بی‌نهایت کوارتز حساب می‌شود) و بهوسیله یک ضربه ویژه جریان، مراقبت می‌شود که حرکت استوانه در گیرنده کاملاً هم‌فاز حرکت استوانه فرستنده باشد. نقطه نورانی که روزی کافذ حساس می‌افتد در طول یک خط موازی با محور گردش استوانه با همان سرعتی که نقطه کاوش کشیده در فرستنده حرکت می‌کند، جابجا می‌شود. وقتی گرفتن عکس تمام شد، عکس را ظاهر می‌کنند.

**مبتدی** - چیزی هست که اصلاً نمی‌فهم و آن اینست که وقتی درباره تلویزیون برایم صحبت می‌کردید روزی این مطلب اصرار کردید که برای فرستادن تصویر پاند گذرای بسیار پزرگی لازم است که از مکاہر تن تشکیل می‌شود. حالا درباره فرستادن تصویر روزی یک خط تلفنی صحبت می‌کنید! اصلاً نمی‌فهم.

**مهندس** - در تلویزیون هر تصویر در  $\frac{1}{25}$  ثانیه فرستاده می‌شود. یک عکس با

روش ادوارد بلین در ۷ تا ۱۵ دقیقه فرستاده می‌شود. می‌بینید که می‌شود پاند گذرا را بطور قابل توجهی کم کرد و به این ترتیب یک مدار تلفنی را بکار برد.

**مبتدی** - بله، اما خیلی تقریبی است. این مطلب برایم توضیح می‌دهد که چرا عکسهای گرفته شده بهوسیله تلفن (تله‌فتو) که در روزنامه‌ها چاپ می‌شوند، خوب نیستند.

**مهندس** - این مطلب اصلاً ربطی به فرستادن عکس ندارد. اگر عکس اصلی و عکس گرفته شده در فاصله ۶۰۰ کیلومتری را بهلوی هم بگذارم و بشما نشان دهم گمان نمی‌کنم بدون کمک یک ذره بین بتوانید آنها را از هم مشخص کنید، فقط چون تله‌فوها معمولاً برای اخباری که فوریت زیادی دارند، ارسال می‌شوند، روش کلیشه سازی سریعی که در روزنامه‌ها بکار می‌رود، تصویرها را دگرگون می‌کند.

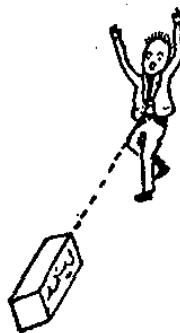
**مبتدی** - خوب، دیگر از عکس‌برداری از راه دور (تله‌فتو) بدگوئی نمی‌کنم. اما آقای مهندس بگوئید ببینم نمی‌شود نور را به طریق دیگری تهیه کرد.

## لیزر

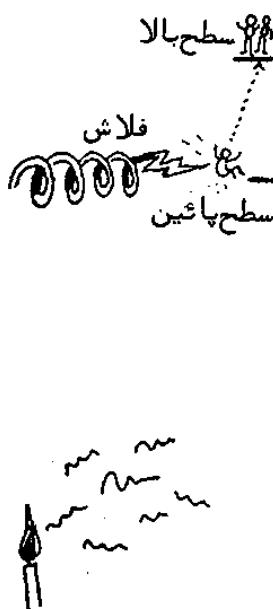
**مهندس** - آه چرا، البته. حتی برای شما نازه‌ترین روش تهیه آنرا نشان

خواهم داد، روشی که بسیار نویددهنده است و لیزر نام دارد و اسم آن از یک گروه بندهی حروف اصلی تعریف انگلیسی آن گرفته شده است.

**مبتدی**— درباره این وسیله چیزهای مبهمی شنیده‌ام، حتی من گفته‌اند که می‌توان اشعة مرگ ساخت.

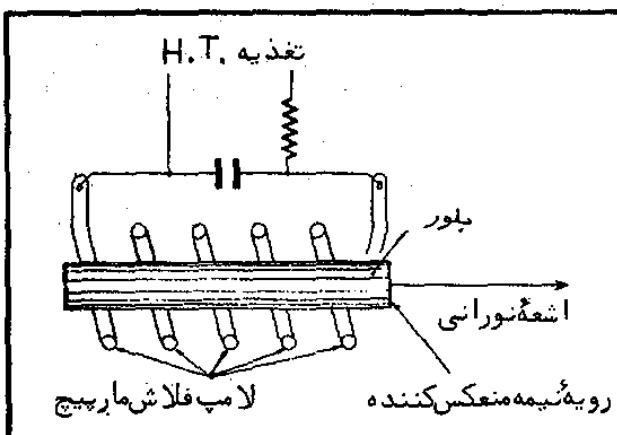


**مهندسان**— آقای مبتدی می‌بینم که اطلاعات خود را از روزنامه‌های خبری کسب کرده‌اید. توجه داشته باشید که متن افانه کمی حقیقت‌هم در آن وجود دارد. هم‌اکنون لیزر می‌تواند اشعة نورانی کاملاً جهت‌دار تهیه کند و امکان دارد مانند آنها به فاصله‌های بسیار دور فرستاده شود. تعییه آن کمی شبیه به مولد مافق صوت با فریت است که کمی قبل از آن صحبت کردیم. یک بلور شفاف از نوع یاقوت را بکار می‌برند که دو رویه انتهاهی آن کاملاً صاف و موازی باهم هستند. این دو رویه بخشی از نوری را که درون بلود ممکن است بوجود آمده باشد منعکس می‌کنند و بخش دیگر را عبور می‌دهند. در اطراف این بلور (شکل ۱۱۰) یک منبع نورانی قرار می‌دهند که توان بسیار زیادی دارد، مثلاً از یک لامپ فلاش شبیه به آنچه در عکسی بکار می‌برید استفاده می‌کنند که از تخلیه خازن بزرگ C که با فشار الکتریکی زیادی پر شده دریک لامپ باگاز تجزیه شده به اینها روشنائی ایجاد می‌کند.



**مبتدی**— و نور فلاش است که از بلور خارج می‌شود در اینصورت... لیزر شما چیز جدیدی ندارد.

**مهندسان**— اصلاً اینطور نیست. نور از خود بلور خارج می‌شود. انرژی که به صورت نوری، به مواد تشکیل‌دهنده بلور داده می‌شود باعث می‌گردد که بعضی از پارتیکولوها<sup>۱</sup> در داخل بلور فعالیت پیشتری پیدا کنند به عبارت دیگر در حد انرژی آنها افزایشی بوجود می‌آورد. این پارتیکولها مقداری از انرژی خود را از دست می‌دهند و به انرژی در سطح کمتری می‌رسند. این انرژی از دست داده شده است که به صورت نور تشعشع پیدا می‌کند. بلور با رویه‌های هموارش یک نوع هماهنگ‌کننده را تشکیل می‌دهد که تا حدودی شبیه به مدار نوسانی



شکل ۱۱۰— در لیزر بلوری، فلاش که دور بلور پیچیده شده است، بر قی می‌فرستد که پارتیکولهای بلور را تحریک می‌کند. این پارتیکولها با از دست دادن انرژی خود، یک دسته اشعة نورانی ایجاد و تقویت می‌کنند که برای آن، بلور با دو رویه صاف و سوازی هم‌خود، یک «هم‌آهنگ کننده نوری» تشکیل می‌دهد.

با اضافه‌فشار بسیار زیاد است. بنابراین نور با فرکانس اجباری که به وسیله درازای ۱. ذرات بسیار دین ماده.

بلور تعیین می‌شود، بوجود می‌آید؛ و این نور بهوسیله یکی از رویه‌های انتهائی بلور به صورت دسته اشعه‌ای که تقریباً موازی هستند تشعشع می‌کند.

**مبتدی**— آیا نور ایجاد شده بهوسیله بلور همان توان نور فلاش را دارد؟

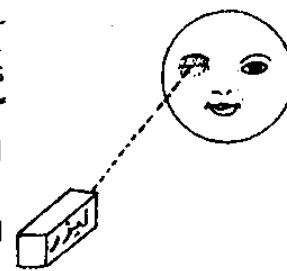
**مهندسان**— نه آنقدر. اما یک مشخصه‌گر انبهادار چون این نور را «چسبنده»

می‌گویند. این نور، بر عکس نور فرستاده شده بهوسیله اجسام گرم و یا گازهای تجزیه شده به‌ایون معمولی، از یک سلسله موج تشکیل شده است که نوسان‌های خود را در یک زمان قابل پیش‌بینی می‌فرستد. در روش‌های دیگر تهیه نور، انرژی نوری بهوسیله مقداری نوسان‌های کوچک تشعشع پیدا می‌کند که هر کدام در زمان‌بی‌نهایت کوچکی ادامه دارد و هر کدام یک سلسله موج بسیار کوتاه تشکیل می‌دهند (به درازای چند سانتی‌متر که با درنظر گرفتن سرعت نور زمان بسیار کمی است) که هیچ‌کدام با دیگری رابطه فازی ندارد.



بر عکس در لیزر نور تهیه شده از نظر ساختمان موجی کاملاً شبیه بهموج الکتر و مغناطیسی ایجاد شده بهوسیله یک آتنن است که یک نوسان پافر کاتس زیاد آنرا ایجاد کرده باشد. همچنین لیزرهای گازی را بکار می‌برند که در آنها یک گاز معین بین دو رویه نیمه منهکس کننده کاملاً صاف و موازی هم قرار دارد. این گاز بهوسیله یک تخلیه الکتریکی بدوش لامپ نورافی ایونی تحریک می‌شود. اما این بار ارسال نور چسبنده بوجود خواهد آمد. همچنین از لیزرهای نیمه‌هادی نام می‌برند. مشاهده شده است که بعضی از دیودها، بخصوص آنها که از آرسنیور‌галیوم، انتیموافوراندیوم و ترکیب‌های دیگری از همین نوع درست شده‌اند، وقتی جریان‌های شدیدی درجهت گذرای آنها عبور داده شود، از خود نوری می‌فرستند. معمولاً این ارسال نور در قلمروی نور زیر قرمز است و نور چسبنده در کار نیست.

اما اگر چنین دیودی بسازند که دو رویه کاملاً موازی و صاف داشته باشد، می‌توانند نور چسبنده‌ای بدست بیاورند. چنین لیزری (که «تزریقی» یا «لیزر نیمه‌هادی» گفته می‌شود) کوچکترین اندازه را دارد اگرچه جهت پذیری آن آشکارا، کمتر از نوع گازی یا بلوری آنست. مسلماً با درنظر گرفتن موازی بودن کامل اشعه نورانی بدست آمده بهوسیله لیزر، اگر آنها را بهوسیله یک عدسی همنکنند، گردآوری انرژی بسیار زیادی در یک نقطه به ابعاد آنقدر کوچک بدست می‌آید که این روش را در یک سانتی‌متر مربع بسیار زیاد است درنتیجه با مردم کن کردن اشعه لیزر با این روش روی یک تیغه فولادی، تقریباً بالاصله آنسرا سوراخ می‌کند. از اینجاست که فکر کاربر دان برای تخریب گرفته شده است که خوش‌بختانه فعلاً در وضعیت طرح باقی‌مانده است و جای تاسف است چون یک روز ممکن است واقعیت وحشتناکی بشود.



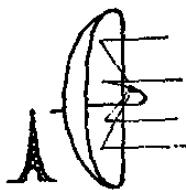
### کاربرد لیزر

**مبتدی**— بنظر من این لیزر وسیله بسیار آزاردهنده‌ایست. چه سودی برای ما دارد؟

**مهندسان**— سود آن در اینست که می‌توان یک نور سوارشده (بامدولاسیون) را بهوسیله فرستنده فرستاد و در عین حال همین نور را با دقت بسیار زیاد از راه کانال جا بجا کرد. بهوسیله چنین دستگاهی بود که موفق شدند یک نقطه معین روی کره

ماه دا روشون کنند بي آنکه با وجود راه پیموده‌ای بر ابر ۳۸۰۰۰ کیلومتر، پراکندگی قابل ملاحظه‌ای در اشعه بوجود آيد.

**مبتدی**— مطلب دارد قابل توجه می‌شود. اما می‌شود امواج هرتزی را هم متعر کن کرد؟



**مهندس**— این کار دشوارتر خواهد بود. آقای مبتدی فراموش نکنید که امکن تمرکز یک موج غیرمشخص تابعی از نسبت ابعاد قسمت‌های پکار بوده شده برای تمرکز آن به طول موج تشکیل متمکر شونده است. به عبارت دیگر اثر تمرکزی که یک پلور پاپهلوی ۵ میلیمتر برای لیزری با اشعه‌ای با طول موج  $\lambda = 700$  میکرومتر بوجود می‌آورد برابر اثر تمرکزی است که یک منعکس‌کننده با پهلوی ۷۰۰ متر برای یک موج با طول ۱۰ سانیمتر بدست می‌دهد. به اضافه چون فرکانس‌های نورانی بی‌نهایت زیاد است، می‌تواند به عنوان موج حامل برای فرکانس‌های قابل توجه پکار برود. یک شعاع لیزر می‌تواند در یک زمان صد ها هزار بین‌نامه تلویزیونی یا چند میلیارد مکالمه تلفنی را منتقل کند، یعنی تمام ارتباط‌های لازم برای گرفتن را تأمین کند... حالا درباره پس‌دهنده‌ای صحبت خواهیم کرد که پدیده‌ای غیرمادی در خروجی تهیه می‌کند.

**مبتدی**— که اینطور آقای مهندس! پس شما دز قله کرده‌باید فلسفه شنا می‌کنید؟



### لامپ اشعه کاتودی

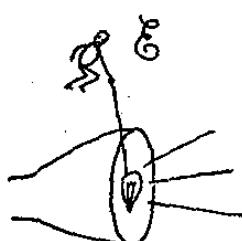


**مهندس**— آقای مبتدی، دلیل می‌خواست اول برایم تعریف می‌کردد قله کره چیست. بعد هم وقتی شنا می‌کنم، ترجیح می‌دهم سطح صاف (آب) باشد. نه، مطمئن باشید. وقتی از پس‌دهنده غیرمادی صحبت می‌کنم، معنی اش اینست که پس‌دهنده‌ای مورد نظر است که چیز مادی را به حرکت نمی‌آورد (باید گفت با نور هم تقریباً همین حالت وجود داشت). چیزی که در این لحظه بفکر آنم، فقط لامپ اشعه کاتودی اسیلوسکوپ است چون پس‌دهنده (که در اینجا میدان الکتریکی بوجود آمده از فشار خروجی اسیلوسکوپ است) تأثیری جز بر روی الکترونها ندارد.

**مبتدی**— اما الکترون‌ها کاملاً مادی هستند!

**مهندنس**— اینطور فکر می‌کنید؛ بسیار خوب، پس این سطل را بگیرید و برای من پر از الکترون کنید!

**مبتدی**— می‌خواستم بگویم که از تشکیل‌دهنده‌های ماده است. خوب با این الکترونها چه می‌خواهید بگنید؟



**مهندنس**— فقط آنها را در یک لامپ مخصوص از کاندی که آنرا می‌فرستد متعر کن می‌کنم تا آنها را به یک نقطه مشخص در ته لامپ برسانم که همان‌طور که می‌دانید در آنجا پوششی از ماده نورزا وجود دارد که وقتی الکترون با آن تماس پیدا می‌کند روش می‌شود. به این ترتیب یک نقطه نورانی ساخته‌ایم که می‌توانیم به‌وسیله میدان‌های الکتریکی ایجاد شده به‌وسیله صفحه‌های انحراف داخل لامپ آنرا در تمام جهت‌ها جابجا کنیم.

**مبتدی**— آقای مهندس من این دستگاه را خوب می‌شناسم. فکر نمی‌کنم

درباره آن جیزی برای یادداشتن بمن داشته باشید.

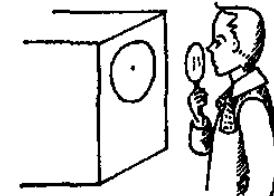
**مهندس**— می‌دانم که معمولاً وقتی کمی درباره یک سوال بررسی کردیده بیشه احسان می‌کنید آنرا کاملاً می‌دانید. اما مطالب زیادی درباره اسیلوسکوپ کاتندی برای گفتن وجود دارد. ابتدا از شما می‌پرسم برای اینکه یکی از آنها را با ترانزیستور بازیزد چه می‌کنید؟ (البته به غیر از خود لامپ کاتندی).

**مبتدی**— در اینصورت ترانزیستورهای خوبی انتخاب می‌کنم که فشارهای نسبتاً زیاد را تحمل کنند و تقویت کننده‌ها و قواعد زمانی‌ها را با روش معمولی سوار می‌کنم.



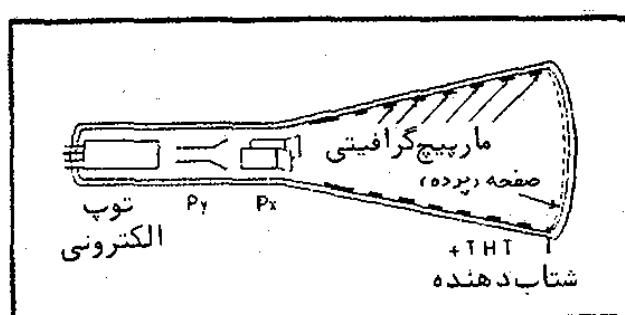
### لامپ با حساسیت زیاد

**مهندس**— موافقم. اما بدآ نمید که ترانزیستورهای شما بعدшواری فشار ۵۰ ولت جمع کننده را تحمل می‌کنند، بهویژه اگر بخواهید توانی هم از آنها بگیرید که اگر آنها ابرای توانهای زیادیکار بپریید که این کار لازم هم هست چون ضمناً گرفتن جریان زیاد به واسطه مقاومت‌های ضعیف بارکه وابسته بهیاند گذای بزرگ است اجباری است. دریک لامپ کاتندی معمولی، که در آن حساسیت انحراف در حدود  $\frac{1}{3}$  میلیمتر به ولت است، فشارهای خروجی چنین تقویت کننده‌ای حداکثر می‌تواند اسپای را ۲۰ میلیمتر منحرف کند. احتمالاً با یک مونتاز متقارن می‌توانید این انحراف را دربرابر کنید، اما بهیچوجه توصیه نمی‌کنم که این فشارهای ۶۰ ولتی را برای ترانزیستورها بکار بپریید. مقدار ۲۰ ولت متداول تر است. در این لحظه مجبور می‌شوید با یک ذره بین نقطه روشن را زین نظر بگیرید تا همچوچه جابجایی آن بشوید.

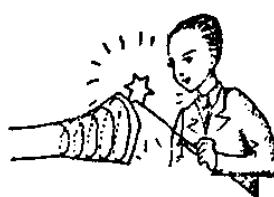


**مبتدی**— اگر عادت نداشتم که ببینم شما مسئله حل نشدنی را حل می‌کنید، هوقیقت را وحیم می‌دانستم. در نتیجه منتظر معجزه هستم.

**مهندس**— از اعتماد شما تشکر می‌کنم. معجزه‌ای در کار نیست، بلکه پیشرفت مهمی در ساخت لامپ‌های اشعه‌کاتندی بوجود آمده است. موفق شده‌اند در الکترونها بعداز انحراف، بهوسیله یک میدان الکتریکی طبقه شبکه شتاب ایجاد کنند که این میدان بهوسیله یک نوع آند تشکیل شده از مارپیچ که جدار داخل لامپ‌ها می‌پوشاند (شکل ۱۱۱) درست شده است. به واسطه ساخت کاملتر الکتروندهای انحراف، به حساسیت ادھر افی می‌رسنده که ۵ میلیمتر بولات و حتی بیشتر است. در این شرایط،



شکل ۱۱۱— در لامپ کاتندی با آندشتاب دهنده، الکترون‌های فرسنده شده بهوسیله قوب الکترونی که بهوسیله صفحه‌های انحراف، منحرف شده‌اند، بعداً بهوسیله میدان الکتریکی تندیسی که بهوسیله T.H.T در لامپ بوجود آمده است و مارپیچ گرافیتی که بهاین آند شتاب دهنده متصل است، سرعت بیشتری پیدا می‌کند.



با ترا نزیستورهای که پا فشار معمولی خود تقدیم شده‌اند، تمام لامپ را به آسانی می‌توان زیر جارو گرفت.



**مبتدی**— افسوس که قبلاً این لامپ‌ها را نساخته بودند؛ استفاده از آنها با تقویت کننده‌های لامپی گرم خیلی عملی بود. اما سوالی هست که فکر گرم را بخود مشغول کرده است فی آن ایست که با این اسیلوسکوپ‌های ترا نزیستوری چه باند گذرائی می‌توان داشت؟

### اسیلوسکوپ با نمونه

**مهندس**— آنها ای که من می‌شناسم در حال حاضر با اندگندای ۲۰ مکاہر تری دارند، که بدhem نیست. این را بدانید که با پیشرفت‌های ترین روش فنی هم بدبست آوردن باندهای گذرائی که از ۵۰ یا ۱۰۰ مکاہر تر خیلی بیشتر باشند، بسیار دشوار است. اگر بخواهید شکل امرواج منوط به سرعت‌های بیشتر را هم ببینید، اگر پدیده دوره‌ای باشد، راه حل جالبی وجود دارد و آن اسیلوسکوپ بانموده است.

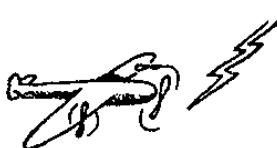
**مبتدی**— این دستگاه چیست که اصلاً صحبت‌رای نشینیده‌ام؟

**مهندس**— فقط کاربرد روش فنی استروسکوپی<sup>۱</sup> در میکروسکوپ است. این روش را می‌شناسید؛ اگر درختی را که می‌گردید به‌وسیله یک برق‌کوتاه روش نکنید که در هر دور یک برق آنرا روش کنند، به‌سبب باقی‌ماندن احساس دید، درخت بنتظر شما بی‌حرکت خواهد آمد. فر کافس برق‌ها را خیلی کم کاهش دهید، در هر برق بنتظر می‌رسد که درخت نسبت به وضعیت ساق کمی جایجا شده‌است؛ شما احساس می‌کنید که درخت را می‌بینید که با سرعت بی‌نهایت کمی می‌گردد.

**مبتدی**— این سیستم بسیار زیر کانه است. کار آن را دیده بودم، اما بهیچوجه

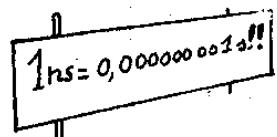
نمی‌دانستم چگونه اینکارا نجات‌می‌شود. این اصل را چطور در اسیلوسکوپ بکارمی ببرید؟

**مهندس**— در شکل ۱۱۲، شکل خلاصه و کلی چنین اسیلوسکوپی را برایتان کشیده‌ام.



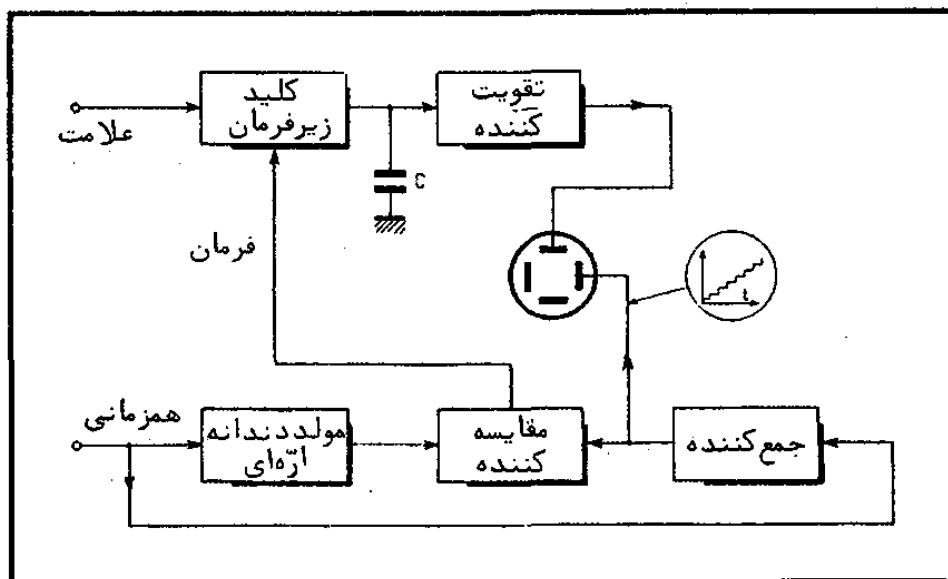
فرض می‌کنیم که همیشه قبل از علامت دوره‌ای مورد نظر برای بررسی، یک علامت همزمانی وجود داشته باشد. اگر نیاز باشد این علامت همزمانی را از روی علامت هوردن رسی با مونتاژی نزدیک به قیان اشمیت درست می‌کنیم و علامتی که باید بررسی شود به‌وسیله یک خط تأخیری عقب می‌اندازیم تا ضربه همزمانی پیش از آن برسد.

هر وقت که یک ضربه همزمانی می‌رسد، یک دندانه اره‌ای با صعود بسیار تند ایجاد می‌کند. در همین زمان آنرا بدبستگاهی می‌گذاریم که «جمع کننده» نام دارد و پله به‌یله یک خازن را پر می‌کند به‌این ترتیب که هر بار وارسیدن ضربه همزمانی خازن یک پله پر می‌شود. دندانه اره‌ای با صعود تند و علامت خارج شده از جمع کننده به مونتاژی که «مقایسه کننده» نام دارد گذاشته می‌شوند. این مونتاژ در لحظه‌ای که فشارهای گذاشته شده بهدو ورودی اش به یک مقدار برسند، در خروجی ضربه‌ای بدبست



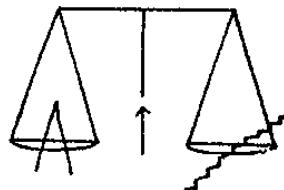
۱. روشی که دیدن حرکت‌های تند یک جسم را به صورتی امکان‌پذیر می‌کند که گوئی جسم بی‌حرکت است و یا حرکت آنرا آهسته کرده‌اند. مترجم.

می‌دهد. این ضربه‌را برای فرمان یک نوع کلید الکترونی بگذرانی برند که علامت را با خازن حافظه C ارتباط نمی‌دهد مگر درست در لحظه‌ای که یک ضربه بازگشته به وسیله مقایسه‌کننده به آن گذاشته شده باشد.

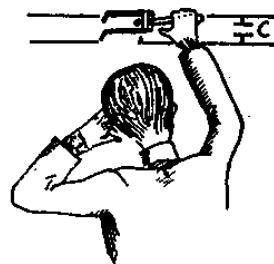


شکل ۱۱۲- شکل خلاصه وکلی یک اسیلوسکوپ با نمونه که امکان می‌دهد از یک نوع موج دوره‌ای «استروبیکوپی» بعمل آید.

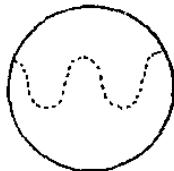
**مبتدی**- پیچیدگی اینها دیوانه‌کننده است! **مهندس**- منhem تکفم ساده است. اما گمان می‌کنم لازم باشد این دستگاه را که در الکترونیک سریع، انقلابی بوجود می‌آورد بشناسید (الکترونیکی که در آن زمان بر حسب نانوثانیه یعنی میلیاردیم ثانیه اندازه‌گیری می‌شود). می‌بینید با تخته‌یمن علامتی که می‌رسد، فشار خروجی جمع‌کننده تقریباً صفر است. بنابراین کاملاً در ابتدای قوس صعودی دندانه اڑای تند است که مقایسه‌کننده ضربه خود را می‌فرستد و درنتیجه قطع کننده الکترونی در لحظه بسیار نزدیکی که بعد از ضربه همزمانی است، علامت را به C ارتباط می‌دهد.



در پریود بعدی، درحالی که فشار خروجی جمع‌کننده به مقدار ارتفاع وابسته به واک پله بالاتر رفته است، مقایسه‌کننده ضربه خود را به اندازه بسیار کمی دیرتر خواهد فرستاد. بنابراین در لحظه‌ای که کمی دیرتر از لحظه رسیدن ضربه همزمانی است، با ارتباطدادن علامت به خازن C و وضع کار را تجزیه و تحلیل می‌کنیم. در هر پریود C کمی دیرتر با علامت ارتباطداده می‌شود. بنابراین اینکه C از یک پریود به دیگر خالی نمی‌شود. بنابراین نقطه به نقطه در دوسر C تغییرات فشاری خواهیم داشت که در استروبیکوپی می‌گذرد چون در هر پریود، کمی دیرتر به علامت «نگاه می‌کنیم». فشار دوسر C، قبل از اینکه به صفحه‌های عمودی اسیلوسکوپ گذاشته شود، تقویت می‌شود.

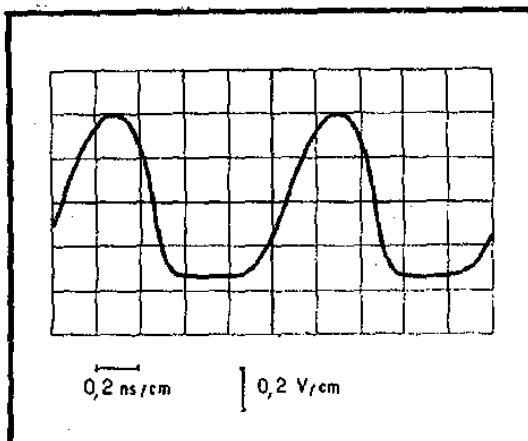


اما انحراف افقی مستقیماً بهوسیله جمع کننده ایجاد می‌شود و به این ترتیب همانطور که می‌توانید بفهمید، اسپات لامپ کاتدی بسیار ناگهانی از یک نقطه به نقطه دیگر جابجا می‌شود؛ اسپات بطور نقطه‌چین یک منحنی رسم می‌کند که وابسته به تغییرات فشار علامت در طول زمان است. می‌توان آنرا با تقویت کننده‌های با پاند گذراي بسیار پاریک ساخت.



**مبتداي**- خوب، اینهم پیچیدگی‌های زیاد برای ساختن اسیلوسکوپ! واقعاً نمی‌دانم از اینکار چه نتیجه‌ای گرفته‌ایم؟

**مهندس**- برای اینست که درست نگاه نمی‌کنید. کمی بهشکل رسم شده به وسیله اسیلوسکوپ که در اینجا بتمثنا نشان می‌دهم (شکل ۱۱۳) نگاه کنید. این منحنی روی لامپ کاتدی یک اسیلوسکوپ با نمونه رسم شده است. سی‌پینیست چه مشخصه‌ای روی شکل بردۀ شده است؟



شکل ۱۱۳- منحنی رسم شده روی یک اسیلوسکوپ با نمونه. این شکل اسکان می‌دهد که شکل موج سربوت به دیگر مکاہر تر (۱۰۰۰ MHz) دیده شود.



**مبتداي**- بله درجهت عمودی  $2V/cm$  و درجهت افقی  $2ns/cm$ .

**مهندس**- اینحفر را با آرامش می‌زنید بی آنکه از خودتان کمی پرسید اینها وابسته به چیز هستند. آقای مبتداي می‌دانید که یک نانو ثانیه چقدر است؟

**مبتداي**- بمن گفته‌اید که یک میلیاردیم ثانیه است. همین.

**مهندس**- بنظر نمی‌آید که واکنشی از خودتان نشان داده باشد. اما فکر شر را بکنید در مدت یک نانو ثانیه، نور (که در پیمودن راه سرعت کمی ندارد) فاصله ۳۰ سانتیمتر را می‌پیماید.

**مبتداي**- آوا در اینصورت دارم می‌فهمم که در واقع خیلی تند است. اما اگر خوب حساب کرده باشم، این منحنی سینوسی شکل کمی تغییر کرده، که در شکل می‌بینیم یک پریودش ۵ سانتیمتر را گرفته است، به عبارت دیگر در یک نانو ثانیه پیموده است. بنابراین  $1000$  مکاہر تر است!

**مهندس**- خوشوقتم که شما را وادر کردم که کاملاً احساس کنید در اینجا چیز واقعاً قابل توجهی هست.

**مبتداي**- اما آقای مهندس بمن گفته بودید که این منحنی از نقطه‌چین یعنی نقطه‌هایی بدنبال هم تشکیل شده است در حالی که من غیر از یک خط پیوسته چیزی نمی‌بینم.

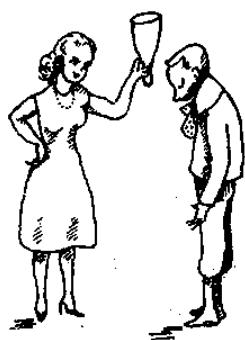
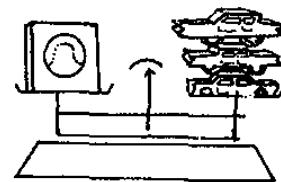
**مهندس**— در واقع نقطه‌های بدنیال هم است، اما دو هزار نقطه برای تمام منحنی وجود دارد. در نتیجه نمی‌توانید آنها را از هم مشخص کنید.

**مبتدی**— دستگاه جالبی است و فوراً می‌روم تا یک اسیلوسکوپ با نمونه برای خودم بخواه.

**مهندس**— توصیه می‌کنم کمی صبر کنید، بهای این دستگاه در وضع کنونی، برابر ۲ یا ۳ اتومبیل کورسی است.

**مبتدی**— چون فعل؟ بهیک ژیان ساخته‌ام، باز هم کمی صبر می‌کنم، بر عکس احساس می‌کنم که خیلی دیر است...

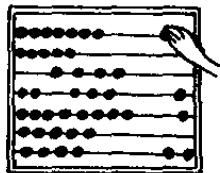
**مهندنس**— نمی‌خواهم باعث شوم که «پولت» از شما بازخواست کند. در نتیجه از شما دعوت می‌کنم فردا برای ادامه این بحث بیاید.



## بحث دوازدهم

چون مبتدی ریاضیات را دوست ندارد، منطقی است که دوستش برای او شرح پدهد ماشینهای الکترونی چکونه برای او حساب می‌کند. برای اینکار باید نخستین عمل یعنی شمارش را بررسی کرد. ابتدا شمارش دو تائی بررسی می‌شود و بعد به روش «ده تائی» می‌رسند که مستقیماً در سیستم ده تائی می‌شمارد و به وسیله‌های انجام آنها و اعلام نتیجه می‌پردازند. مبتدی که دیگر تردیدی ندارد حتی می‌خواهد بداند که یک «شمارگر مشخص از پیش» چیست.

## شمارش الکترونی



مهندس - سلام آقای مبتدی. امروز درباره چیز بسیار تازه‌ای برایتان صحبت خواهم کرد و آن شمارش است.

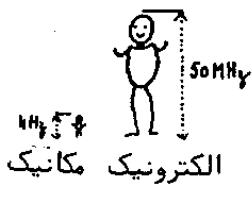
مبتدی - چه چیز را می‌خواهید بشمارید؟

مهندس - ضربهای الکتریکی را می‌شماریم. مطلب بسیار جالب اینست که می‌شود آنها را خیلی تند شمرد. شاید حالا هم وسیله‌ای برای شمردن علامت‌های الکتریکی می‌شناسید؟

### شمارش مکانیکی

مبتدی - بله، مدتی است یک شمارگر تلفنی خریده‌ام. نگاه کرده‌ام که بهینم چگونه ساخته شده‌است و دیدم که نسبتاً ساده است. یک آهنربای برقی وجود دارد که هر وقت جریانی به آن می‌دهیم یک تینه کوچک را جذب می‌کند. وقتی جریان قطع می‌شود، تینه که به وسیله فرنری کشیده می‌شود، بجای اول برمی‌گردد. در بازگشت بجای اول خاری را فشار می‌دهد که این خار یک چرخ دندانه دار را بجلو می‌راند. این چرخ دندانه دار، چرخ دیگری را می‌گرداند که دارای شماره‌هایی است که این شماره‌ها در جلوی یک شکاف می‌گردند و می‌توان آنها را دید. هر بار که چرخ شماره دار یک دور کامل می‌زند و به این ترتیب ده شماره جلو می‌رود، شماره بعدی را به عنان یک دهم دور می‌گرداند و اینکار درست به ترتیبی است که کیلومتر شمار آتمبیل انجام می‌دهد.

مهندس - بسیار خوب آقای مبتدی، الان برای من بادقت زیاد کار شمارگر مکانیکی را تشریح کر دید. کار جنین دستگاهی آسان است، اما بدون شک متوجه شده اید که از نظر سرعت شمارش، امکانات آن محدود است.

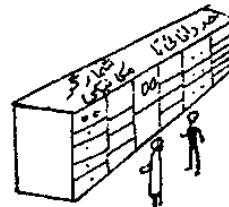


مبتدی - نه چندان! حتی با آن توانستم تا چهار ضربه در یکی را بشمارم.

مهندس - برای یک شمارگر مکانیکی بد نیست، اما بزودی با مونتاژهایی روی رو خواهیم شد که می‌توانند چندین ده میلیون ضربه در یکی را بشمارند. گمان نهی کنم دستگاه مکانیکی شما بتواند به این تکامل برسد، حتی به گردیای آن هم نمی‌رسد.

**مبتدی** - آه، بیچاره، حتماً نمی‌تواند. حدس‌می‌زنم از دستگاه‌های الکترونی استفاده می‌کنید؟

### شمارش دو تا دو تا



مهندس - بله، و شما یکی از این دستگاه‌ها را می‌شناسید.

**مبتدی** - که اینطوراً بهیچوجه نمی‌دانم کدام دستگاه است.

مهندس - با وجود این درباره‌اش با هم گفتگو کرده‌ایم، همان قیان دو نابتی اکلیس - جردان است که خلاصه آنرا در شکل ۸۲ برایتان کشیده‌ام.

**مبتدی** - در آنجا یک تقسیم‌کننده ساده فرکانس به ۲ مورد نظر بود و نمی‌دانم چطور می‌تواند بشمارد.

مهندس - با وجود این آقای مبتدی فرض کنید که برای آغاز این قیان را بطور منظم در یک حالت معین قرار دهم (مشلاً  $T_1$  اشباع و  $T_2$  مسدود). بر حسب آنکه قیان در همان حالت باقی بماند و یا تغییر حالت بددهد به آسانی می‌توانم به همین قیان ضربه‌ای دریافت کرده است یانه.

**مبتدی** - با این مطلب اصلاً موافق نیستم چون اگر سه ضربه رسیده باشد درست در همان وضعیتی است که یک ضربه دریافت کرده باشد. اگر دو ضربه دریافت کرده باشد می‌توانید نتیجه بگیرید که اصلاً ضربه‌ای دریافت نکرده است.

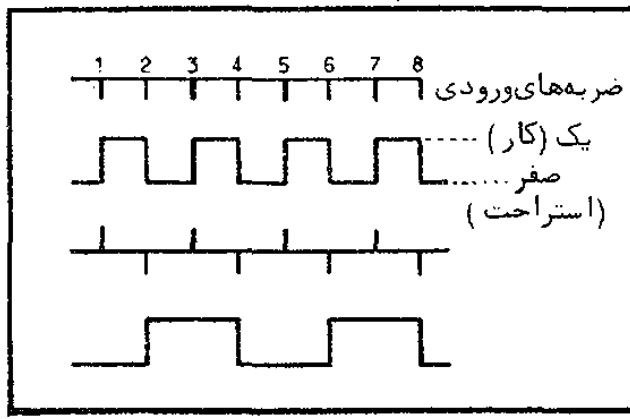
مهندس - درست است، این مونتاژ فقط تا یک می‌تواند بشمارد. از این عدد که گذشت، باعث اشتباه شما می‌شود.

**مبتدی** - در این صورت بشما تبریک نمی‌گویم. ساختن چیزی به این پیچیدگی که غیر از یک، چیزی نمی‌تواند بشمارد. واقعاً بسیار اندک است!



### شمارش ۴ تا ۴ تا

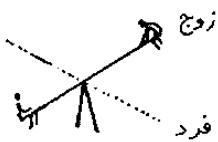
مهندس - حالا فرض کنید که این مونتاژ را بگیرم و ترتیبی بدhem که با رسیدن به صفر (یعنی وقتی  $T_1$  از مسدود بودن خارج می‌شود و  $T_2$  مسدود می‌شود)



شکل ۱۱۶ - ضربه‌های ورودی، در حالی که قیان نخستین را از وضعیت یک به وضعیت صفر (یا برعکس) می‌رسانند، آنرا با فرکانس ضربه امت بکار می‌هند از این صورت با فرکانس ضربه ایمنی از اندازنده، فشار خروجی مشتق شده‌اش، که در آن فقط ضربه‌های منفی بکار رفته‌اند، قیان دیگری را بکار می‌اندازد که در این صورت با فرکانس کار می‌کند که چهار بار کمتر از فرکانس ضربه‌های ورودی است.

یک ضربه هنفی پدهد که بهورودی مونتاژ دیگری شبیه بهمونتاژ اول گذاشته شود (شکل ۱۱۴). کار را با دو قپان که هردو در وضعیت صفر هستند آغاز کنیم. با ضربه اول، قپان اول به حالتی می‌رسد که آنرا حالت «کار» ( $T_1$  مسدود و  $T_2$  اشیاع) می‌گوییم، اما این وضع روی قپان دوم بی‌اثر خواهد بود چون این توازن فقط یک ضربه مشتبه به طرف آن می‌فرستد که در برای آن غیرحساس است. در دوینین ضربه ورودی، قپان اول به حالت صفر برمی‌گردد. بنابراین یک ضربه هنفی به قپان دوم می‌فرستد که آنرا به حال توازن ذرمی‌آورد. ضربه سوم، قپان اول را دوباره به حالت یک می‌رساند درحالی که قپان دوم در همان حال کار باقی می‌ماند. ضربه چهارم فقط یک ضربه هنفی به قپان دوم می‌رساند که با فرستادن یک ضربه هنفی به قپان دوم آنرا هم به وضعیت صفر می‌آورد. به این ترتیب تازه‌ها می‌توانند از صفر تا یک، دو و سه بشمارد. از آن پس بعد حاصل جمع‌هایی که بهما می‌دهد اشتباہ است.

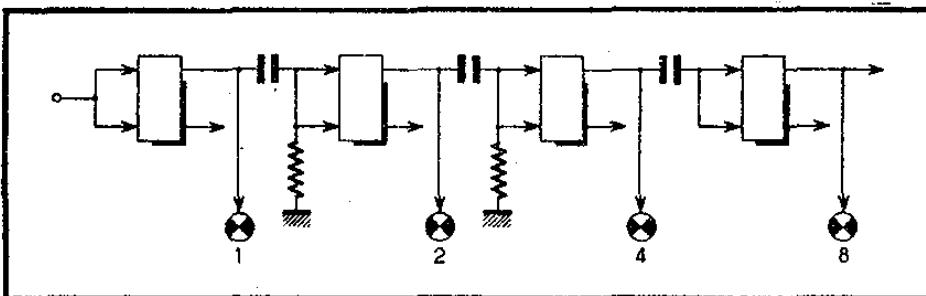
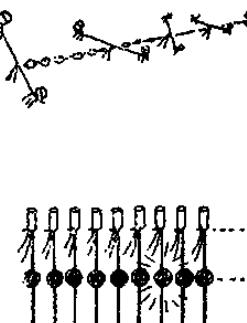
**مبتدی**— اینهم چندان معجز اثر نیست. شمردن تاسه که کار درخشنانی نیست.



#### شمارش با توان ۲

مهندس— اما اینکار با سرعت جالب می‌شود. تعدادی قپان مثل شکل ۸۲ می‌سازیم و طوری عمل می‌کنیم که توازن یک قپان روی ورودی قپان بعدی افزاید. مثلاً فشار جمع کننده  $T_1$  هر قپان را به یک مدار از نوع مشتق (مثل مدار شکل ۶۴) می‌گذاریم. هر بار که یک قپان به صفر برمی‌گردد، یک ضربه هنفی بهورودی قپان بعدی خواهد گذاشت و آنرا به حال توازن درخواهد آورد (شکل ۱۱۵).

**مبتدی**— قبول دارم که هر مستطیل نشان‌دهنده یک دو تا پی شبیه به شکل ۸۲ است، اما نمی‌فهمم چرا هر قپان دو تا پی، دو ورودی و دو خروجی دارد.



شکل ۱۱۵— بهوسیله یک سلسله قیان که هر کدام دیگری را فرمان می‌دهد، یک شمارگر دوتالی درست می‌کنند، درحالی که وضع هر قپان بهوسیله یک لامپ مشخص می‌شود.

مهندس— دو ورودی فقط خازن‌های  $C_3$  و  $C_4$  در شکل ۸۲ هستند. در اینجا بازهم هردو را در یک زمان زیر تأثیر می‌گیرم. اما همیشه اینطور نیست. دو خروجی بهدو جمع کننده ترازویستورها وصل هستند. اکنون بیش از پیش میل دارند قپان‌هایی بکار ببرند که دیگر از اجتماع ترازویستورها و مقاومت‌های جداگانه تشکیل نشده باشند بلکه از مدارهای مجتمع درست شده باشند. امکانات این مدارهای مجتمع بهتر تیمی است که اکنون هی توانند حتی در یک صفحه کوچک چند قپان دوتالی (بیشتر از چهارتا) را یکجا گرد بیاورند. در این کار، بهویژه از این جهت محدود

می‌شوند که یک مدار مجتمع نمی‌تواند سیم‌های زیادی داشته باشد؛ دراینصورت اگر بخواهند برای هر قیاق یک ورودی، یک (یا دو) خروجی، یک صفر کننده و مدارهای فرمائی که بعداً خواهیم گفت داشته باشند، امکان ندارد تعداد قیان‌هارا در یک مدار مجتمع بهمقدار دلخواه زیاد کنند.

از این نوع قیان‌ها چندین نوع وجود دارد که تقییباً نام داده شده به آنها یکنواخت شده است.

۱- نوع T (ت) که فقط شامل یک ورودی است که گذاشتن یک علامت مناسب روی آن وضعیت قیان را تعیین می‌دهد، و اگر در حال «کار» بوده آنرا به وضعیت «استراحت» درمی‌آورد و بر عکس.

۲- نوع R-S-T که علاوه‌بر ورودی T دو ورودی دیگر به نام‌های R (صفر کننده) و S (یک کننده) دارد. اگر قبل از فرمان ورودی T،

– روی S، ولی نه روی R، فشاری گذاشته شود، پس از فرمان روی T، قیان به حالت «کار» برمی‌گردد (مگر اینکه قبلاً به این وضعیت رسیده باشد که در این صورت فرمان روی T اثر نمی‌کند).

– روی R فشاری گذاشته شود اما روی S گذاشته نشود، بعد از فرمان روی T، قیان به وضعیت «استراحت» برمی‌گردد (مگر اینکه قبلاً به این وضعیت رسیده باشد که در این صورت فرمان روی T اثر نمی‌کند).

– روی R و S فشار صفر گذاشته شود، فرمان روی T اثر نمی‌کند، قیان حالت اولیه خودش را حفظ می‌کند.  
اینصورت در «وضعیت غیر مشخص» هستیم.

۳- نوع K-J که نوع پیشرفتی نوع R-S-T است و آنهمه‌ارای یک ورودی T است اما «وضعیت غیر مشخص» ندارد. اگر قبل از فرمان ورودی T،

– روی ورودی J فشار گذاشته شود اما روی ورودی K چیزی گذاشته نشود، پس از فرمان روی T قیان به حالت «کار» درخواهد آمد (مگر آنکه قبلاً به این وضعیت رسیده باشد که در این صورت فرمان روی T اثر نمی‌کند).

– روی K فشار گذاشته شود اما روی ورودی J چیزی گذاشته نشود، پس از فرمان روی T قیان به حالت «استراحت» درخواهد آمد (مگر آنکه قبلاً به این وضعیت رسیده باشد که در اینصورت فرمان روی T اثر نمی‌کند).

– نه در ورودی J و نه در ورودی K فشاری گذاشته نشود، قیان در همان حالتی که بوده باقی می‌ماند و ورودی T عمل نمی‌کند (تا اینجا همه چیز مثل R-S-T است درحالیکه J نقش ورودی S و K نقش ورودی R را بازی می‌کند).

– روی ورودی J و ورودی K فشار گذاشته شود، با رسیدن فرمان روی T، قیان تعیین وضعیت می‌دهد، حالت قبلی اش هرچه باشد فرقی نمی‌کند (مثل یک قیان از نوع T).

۴- قیان از نوع D، که یک قیان K-J است که در آن فقط دسترسی به ورودی J امکان‌پذیر است، درحالی که ورودی K به عنوان مدار «معکوس کننده» ای فرمان داده می‌شود که درون مدار مجتمع قرار گرفته است. غالباً آن را به عنوان عنصر حافظه بکار می‌برند.

این قیان‌های مختلف بر حسب روش زیر تأثیر گرفتن به درستهای دیگری تقسیم می‌شوند. کاملترین آنها انواعی هستند که هاست اسلام (آقا برده) نامدارند (دستگاههایی بامدار «آقا» و مدار «برده»). برای فرمان روی ورودی T آنها دادن هیچگونه شکل جدید به عالمت لازم نیست چون فرمان در T فقط باید ازیک فشار صفر آغاز شود، ازیک حد یا آستانه بگذارد و دوباره پائین بباید و هرچه که بخواهیم آهسته به کمتر ازیک آستانه دیگر که کمتر از اولی است برسد (متلاً تا صفر برود). ازیک سلسله از همین قیان‌ها شروع کنیم که در اصل همه آنها در وضعیت صفر هستند. می‌بینید که قیان اول هر بار که تعدادی ضربه فرد به آن بدھیم در وضعیت یک است و هر دفعه که تعدادی ضربه زوج دریافت کند به وضعیت صفر درمی‌آید. قیان دوم پس از ضربه دوم به وضعیت یک می‌رسد و برای ضربه سوم در همان وضع می‌ماند و برای چهارمین و پنجمین ضربه دوباره به وضعیت صفر می‌رسد. بنابراین با ادامه استدلال می‌توانید ببینید که هرچه یک قیان در این سلسله دورتر واقع شده باشد، کمتر دچار توازن می‌شود. و آنکه این مطلب شفقت آور نیست برای اینکه کدام از آنها فرکنس را به نسبت ۲ تقسیم می‌کند. برای من کافی است که وضع قرار گرفتن قیان را متلاً به وسیله چراغی که وقتی قیان دروضعیت یک است روش می‌شود، تعیین کنم تا تعداد ضربه‌های فستاده شده را بدانم. زیر چراغ قیان اول می‌نویسم ۱، زیر چراغ قیان دوم ۲، زیر لامپ قیان سوم ۴، زیر لامپ قیان چهارم ۸ و به ترتیب زیر چراغ‌های قیان‌های پنجم و هشتم، عددهای ۱۶، ۳۲ و ۶۴ را می‌نویسم... پس از اینکه تعدادی ضربه فرستادم، کاری ندارم جز آنکه به اعدادی که زیر چراغ‌های روش قرار گرفته‌اند نگاه کنم و آنها را باهم جمع کنم. به این ترتیب مجموع ضربه‌های دریافت شده را بدست خواهم آورد. می‌بینید که هر بار که یک طبقه اضافه می‌کنم عددی را که می‌توانم بشمارم دو برابر می‌کنم. به این ترتیب با ده طبقه تا ۱۰۴ را می‌توانم بشمارم و با ۱۲، ۱۱ و ۱۳ طبقه می‌توانم تا ۴۰۹۶، ۲۰۴۸ و ۱۹۲ بشمارم. می‌بینید که این اعداد از هم اکنون سریع بالا می‌روند.

**مبتدی**— می‌خواهیم آنرا قبول کنم و آنها را با وجود این خیلی پیچیده است. علاوه بر این نمی‌توانید مطمئن شوید که تعداد ضربه‌ها از بیشترین تعدادی که شمارگر شما می‌تواند نشان دهد، تجاوز نکند. در این لحظه نخواهید فهمید که چیزی که نشان می‌دهد درست است یا نه.

### «قیان مخواهظ»



**مهندس**— وسیله‌ای برای دانستن آن وجود دارد. کافی است بعد از آخرین قیان، قیان مخصوصی بگذاریم که فقط یکبار می‌تواند کار کند. این قیان را مثلًاً از روی شکل ۸۲ با حذف خازن C<sub>۴</sub> می‌سازند. در این شرایط، این قیان وقتی ضربه‌ای دریافت کرد به وضعیت یک می‌رود، اما اگر ضربه‌های دیگری هم به آن برسد، باز در همان وضعیت می‌ماند. این نوع قیان که بعداز آخرین قیان قرار داده شود، تشکیل دستگاه اطمینان مدارخواهد داد. اگر آخرین قیان هیچ وقت به صفر بر نگردد، قیان اطمینان ما در وضعیت صفر واقع خواهد ماند. بنابراین اگر قیان اطمینان در وضعیت صفر واقع بماند، مطمئن خواهیم بود که عدد نشان داده شده درست است. به حال ترتیب کار را

طوری می‌دهند که تعداد طبقه‌ها کافی باشد تا شمارگر بتواند همیشه ضربه‌های را که به آن می‌فرستیم شمارش کند می‌آنکه «درباره کاری کند» یعنی می‌آنکه به علت تجاوز از بیشترین شماره مجاز دوباره به صفر برگرد.

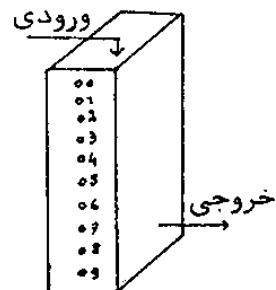
**متقدی**— در این صورت، قبول می‌کنم با تعداد طبقه‌ها، شمارگر شما به حد بلوغ رسیده است و می‌تواند تا ۸۱۹۲ یا دو برابر آنرا بشمارد. چیزی که اندوه‌گیرم می‌کند اینست که برای بدست آوردن مجموع ضربه‌های دریافت شده، باید اعدادی را جمع کرد که بعضی از آنها ممکن است مفصل باشد. اینکار فوراً انجام نمی‌شود و درست نمی‌دانم نسبت به شمارگر مکانیکی چه امتیازی بدست آورده‌ایم.

**مهندسان**— قطعاً شمارگر مکانیکی شما از نظر ساختمان ساده‌تر بود و خیلی آسانتر خوانده می‌شد. اما بادآوری می‌کنم که اگر نخستین قیان‌هارا خوب انتخاب کیم، می‌توانیم ضربه‌ها را با آهنگ چند میلیون در ثانیه و حتی چندین ده میلیون در ثانیه حساب کنیم.

**متقدی**— بفکر آن نبود، اما در این حالت، نمی‌شود انتظار داشت که رسیدن به پایان امکانات شمارگر شما مدت زیادی طول بکشد مگر آنکه تعداد طبقات واقعاً زیادی داشته باشد.

**مهندسان**— قبول دارم چون برای داشتن ظرفیت شمارش تا یک میلیون، شمارگر باید تقریباً ۲۰ طبقه داشته باشد. بادآوری می‌کنم که این طبقه‌ها نسبتاً ساده هستند. بخصوص آنهایی که با آهنگ آهسته کار می‌کنند. بهر حال با شما موافقم که این شمارگر نوع دو رقمی (که بر پایه مکانیسمی است که فقط صفر و یک را می‌شناسد) کاربرد ساده‌ای ندارد. بهمین جهت است که شمارگرهای کاملتری ساخته‌اند که امکان شمارش در سیستم ده‌تائی خوب ما را فراهم می‌کنند.

### شمارش ده‌تائی



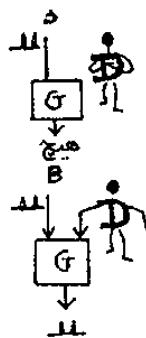
**متقدی**— می‌توانید یکی از آنها را برایم شرح بدهید... می‌ترسم که بطرز وحشتناکی پیچیده باشد.

**مهندسان**— بعضی از این مونتاژها ممکن است خیلی پیچیده باشند. ما فقط یکی از آنها را بررسی می‌کنیم. منظور ساختن یک «ده‌تائی» است یعنی یک مونتاژ الکترونی که هر وقت ده ضربه دریافت کرد دوباره به‌وضعيت اول برگردد. در ضربه‌دهمی که دریافت می‌کند، یک ضربه روی راهی که «خروجی» نام دارد می‌فرستد که مأموریت دارد به‌ده‌تائی دیگری فرمان بدهد.

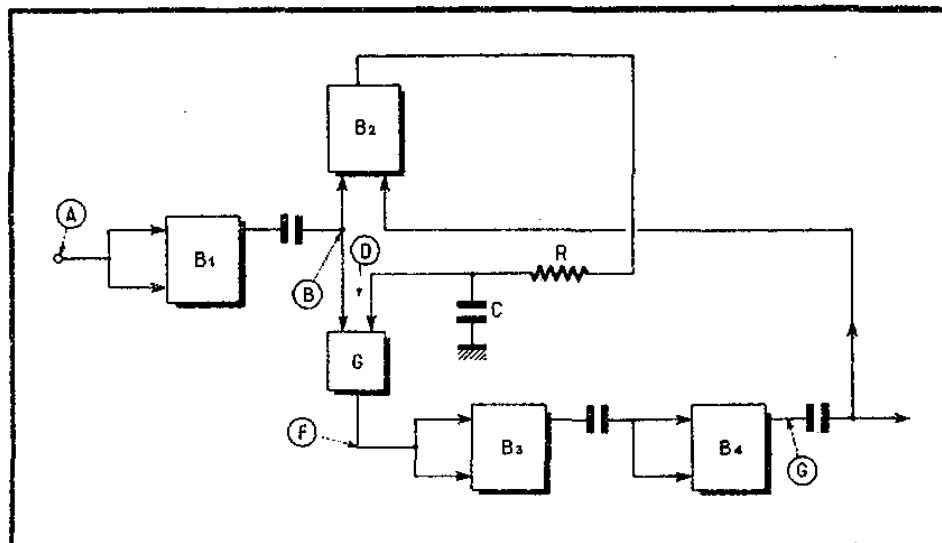
بطور ساده ساختمان یک ده‌تائی روشار (Rochard)، را که شمای جبهه‌ای آن در شکل ۱۱۶ نشان داده شده بشما نشان خواهد داد. در ابتدا آن یک قیان دو تا بی‌B<sub>1</sub> را می‌بینید که دوباره آنرا بصورت مستطیل کوچکی می‌کشم (باز هم مونتاژی است شبیه مونتاژ شکل ۸۲).

**متقدی**— باز هم دو ورودی کشیده‌اید اما سودی ندارد چون همیشه هردو را بهم متصل می‌کنید.

**مهندسان**— نه، همیشه اینطور نیست. می‌توانم هر کدام را بطور دیگری زیر تأثیر بکیرم. مثلاً روی C<sub>۳</sub> ضربه‌های بگذارم و روی C<sub>۴</sub> ضربه‌های دیگری وارد



کنم، بهمین جهت است که قیان را به عنوان اینکه دو ورودی دارد در نظر می‌گیرم. وقتی آنرا به صورت پخش کننده به ۲ بکار می‌بریم، این دو ورودی بهم متصل می‌شوند و دریک زمان به آنها ضربهای هنفی گذاشته می‌شود، حالتی را که در آن ترا فرستور  $T_1$  جزیان می‌دهد و  $T_2$  مسدود است، به نام وضعیت صفر (یا استراحت) مشخص کرده‌ایم. وقتی یک قیان به صفر بر می‌گردد، کاهش ناگهانی اختلاف سطح جمع کننده  $T_1$  بعداز یک مدار مشتق گیرنده که در اینجا فقط خازن آنرا کشیده‌ام، به یک ضربه هنفی برگردان می‌شود. بنابراین می‌بینید که در نقطه B بازه هر دو ضربه ورودی، یک ضربه هنفی داریم.

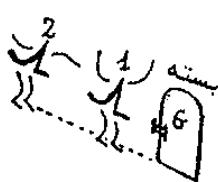


شکل ۱۱۶- شای جمهای دهقانی. شمارش روشار: دوتایی  $B_1$  تقسیم ترکانس به ۲ را عملی می‌کند، مجموع مددوتایی دیگر از پنج حالت پشت‌مرهم می‌گذرد.

**مبتدی**- بله، وهمینطور می‌بینم که این ضربه در دو جهت فرستاده شده است؛ ابتدا به قیان  $B_2$  که بطور عجیب روی یک ورودی ایش وارد می‌شود، بعد در موتوزاوی که G نام دارد و اصلاً کار آنرا نمی‌دانم.

**مهندسان**- با دقت طرز کار آنرا دنبال کنیم. درواقع قیان  $B_2$  فقط بهوسیله پایه ترا فرستور  $T_1$  زیر تأثیر گرفته شده است. با اولین ضربهای که روی ورودی سمت چپ دریافت می‌کند، به توازن درمی‌آید و از وضعیت صفر به وضعیت یک ( $T_1$  مسدود و  $T_2$  اشباع شده) می‌رود. تا وقتی که دوباره به صفر برگردد؛ ضربهای هنفی که ممکن است به نقطه B پرسند روی آن تأثیری ندارند.

اما موتوزاوی G، بطور ساده همان چیزی است که در زبان فرانسه جدید «gate» (در) گفته می‌شود، یعنی کلید قطع و وصل الکترونی است که بهوسیله یک فشار فرمان داده می‌شود. به این ترتیب که اگر فشاری که روی ورودی D خود دریافت می‌کند، صفر باشد، ضربهایی که روی ورودی سمت چپ آن می‌رسند، در F وجود نخواهند داشت. بن عیکس اگر ورودی D آن فشار مثبتی دریافت کند، این در برای ضربهای باز خواهد بود و ضربهایی که روی ورودی چپ آن قرار گیرند، در F

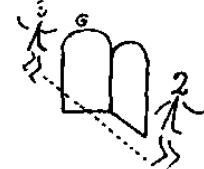


بدست می‌آید.

**مبتدی** - ساختن این مونتاژ باید بطور وحشتناکی پیچیده باشد.

**مهندس** - آه، نه، معمولاً از یک دیود و یک مقاومت درست می‌شود؛ بعداً آنرا خواهیم دید. فلاً درحالی که بهجز ضربهای منفی که به نقطه  $B$  می‌رسند با چیز دیگری کار ندارم، بشما نشان خواهم داد که بقیه مونتاژ پنج طبقه دارد که این ضربهای بطور پی درپی از آنها می‌گذرند.

اولین ضربه ای که به  $B$  می‌رسد،  $B_1$  را به توازن درمی‌آورد، اختلاف سطح خروجی چپ  $B_2$  (جمع کننده ترانزیستور  $T_1$  آن) زیاد می‌شود و در  $G$  را از حالت مسدودبودن خارج می‌کند...



**مبتدی** - بنابراین، همین ضربه اول از راه  $G$  عبور می‌کند و در  $F$  بدست می‌آید.

**مهندس** - نه آقای مبتدی، مثل اینست که وجود مقاومت  $R$  و خازن  $C$  فراموش کرده‌اید؛ اینها بالارفتن اختلاف سطح  $D$  را به اندازه کافی به تأخیر می‌اندازند تا ضربه ای که در  $B_2$  توازن ایجاد کرده بازهم در پاز  $G$  را پیدا نکند و به این ترتیب انتقال نیاید.

در عوض، دو میان ضربه که به  $B$  می‌رسد، خواهد توانست از راه در  $G$

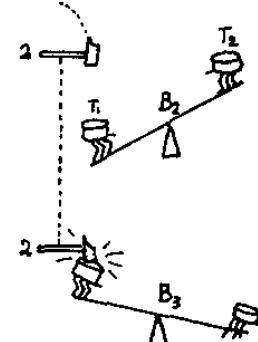
گذرد.

**مبتدی** - اما، این ضربه دوباره روی قپان  $B_2$  عمل خواهد کرد؟

**مهندس** - این ضربه حتماً زیانی به آن نمی‌رساند چون فراموش نکنید که فقط روی یکی از خروجی‌های این قپان عمل می‌کند، این ضربه بصورت فشار منفی روی پایه  $T_1$  که مسدود است می‌رسد. پس کاری به آن نمی‌کند.

**مبتدی** - درست است، فراموش کرده بودم. اما اگر کاری به  $B_2$  نکند باید برای  $B_3$  کاری انجام دهد؟

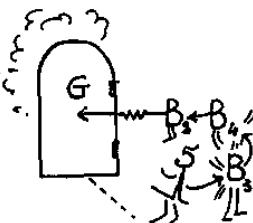
**مهندس** - کاملاً حق باشماست چون آنرا به توازن درمی‌آورد، که روی  $B_4$  تأثیری ندارد چون  $B_3$  از وضعیت صفر به یک می‌رسد درحالیکه یک ضربه مشتب به  $B_4$  می‌فرستد که دربرابر آن حساس نیست. بشما این آنرا در  $G$  هم از راه  $F$  بدست گذرد (همانطور در وضعیت یک باقی می‌ماند). بنابراین آنرا در  $F$  بدست  $M$  می‌آوریم و قپان  $B_3$  را بهوضعیت صفر می‌رساند. اینکار که انجام شد،  $B_3$  یک ضربه منفی به  $B_4$  می‌فرستد که به حال توازن درمی‌آید. چهارمین ضربه به  $B$  می‌رسد، از راه  $G$  می‌گذرد به  $F$  می‌رسد،  $B_3$  را به حال توازن درمی‌آورد و بهوضعیت یک می‌رساند، که اثری روی  $B_4$  نمی‌کند...



**مبتدی** - آقای مهندس، احساس می‌کنم که قپان‌های  $B_3$  و  $B_4$  درست مثل

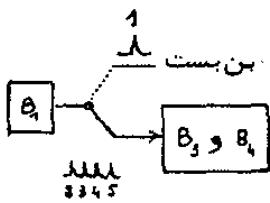
یک شمارگان معمولی کار می‌کنند که تا ۳ می‌شمارد؛

**مهندس** - احساس شما کاملاً درست است. حالا بررسی کنیم که برای ضربه پنجم که به  $B$  می‌رسد چه پیش‌می‌آید. ضربه از در  $G$  می‌گذرد. آنرا در  $F$  بدست  $M$  می‌آوریم. این ضربه  $B_3$  را به وضعیت صفر می‌آورد، بنابراین  $B_3$  یک ضربه منفی به  $B_4$  می‌فرستد که به توازن درمی‌آید، یعنی به صفر می‌رسد. چون  $B_4$  دوباره به صفر می‌رسد، از راه خروجی چپ خود، یک ضربه منفی روی درودی راست قپان  $B_2$  می‌فرستد و آنرا بهوضعیت صفر می‌رساند.



**مبتدا**- حاля دیگر کاری انجام نمی شود چون  $B_2$  به وضعیت صفر رسیده است، بنابراین در  $G$  را مسدود می کند و نمی گذارد این ضرورت پنجم بکند.

**مهندس**- چرا آقای مبتدا، مثل اینست که یکبار دیگر وجود مقاومت  $R$  و خازن  $C$  را که ارسال علامت خروجی  $B_2$  را به در  $G$  کند می کند فراموش کرده است.



از طرف دیگر حتی بدون این مقاومت و خازن، خطری وجود ندارد چون پنجمین ضرورت پنجم اینست از راه  $G$  عبور نکند، بعد  $B_2$  را به وضعیت صفر بر ساند، که اینکار قبل از اینکه ضرورت باشد که باید  $B_2$  را به وضعیت صفر بر ساند فرستاده شود،  $B_4$  را به وضعیت صفر رساند است. تمام این تأخیرها که با هم جمع شوند، باعث می شوند که ضرورت بخوبی از راه  $G$  بگذرد حتی اگر باعث شود که پس از آن مستعد شدن در آغاز گردد.

**مبتدا**- این سیستم بسیار زیر کانه است. اگر درست فهمیده باشیم شما یک نوع شمارگر چهار وضعیتی دارید که این وضعیت‌ها از  $B_3$  و  $B_4$  تشکیل شده‌اند و نمی‌توانند غیر از ۰ تا ۳ چیزی بشمارند. یکی از ضروری‌های را که برای آن می‌فرستیم وسیله در  $G$  از آن می‌گیریم و قبان  $B_2$  است که آنرا در خود نگاه می‌دارد که باعث می‌شود این مجموعه از ۰ تا ۴ را بشمارد یعنی پنج شماره.

**مهندس**- آقای مبتدا، کاملاً حق با شماست و پشما تبریک می‌گوییم. شما کاملاً سر حال هستید. در این شرایط متوجه می‌شوید که این مجموعه بطور مؤثر تقسیم‌بین ۰ ۱ را انجام می‌دهد، چون مجموع قبان‌های  $B_1$ ،  $B_2$  و  $B_4$  هر بار که پنج ضرورت به نقطه  $B$  رسیده است، یعنی ده ضرورت به در  $A$  دریافت شده باشد، دوباره به همان حالت اول بر می‌گردند. با درنظر گرفتن پیش‌فتھائی که به مسیله مدارهای مجتمع بدست آمده است، اکنون مدارهای ده تائی کاملی در یک مدار همچشم وجود دارند، بعضی از آنها از نظر تشکیل وضعی دارند که به درستی تشکیلات ده تائی روشار را بپاد می‌کند. در این مدارها مجموعه ایست که مستقیماً ده تائی می‌شمارد در حالی که خروجی آنها با کد دو رقمی ده تائی معمولی است. ورودی آن از نوع «ماستر اسلاو» (آقا برد) است، بنابراین برای فرمان آن شکل دادن علامت بهیچوجه لازم نیست. سرعت شمارش از ۲۰ مکاهر تزن بیشتر است، ده تائی علاوه بر پخش معمولی دو مدار دارد (که هر کدام دو ورودی دارد) که امکان دهند آنرا به وضعیت صفر در آورد و یا به وضعیت مربوط به ۹ قرار داد، برای تقدیمه همه آنها ۵ ولت کافی است و هصرف آن کمتر از ۴۰mA است. اکنون ده تائی‌های دیگر با مدار همچشم امکان دهند که شمارش و دشمارش معکوس انجام شود.

### نمایش رقم‌ها

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9

**مبتدا**- قبول می‌کنم که در واقع موتاتازهای شما ده تائی حساب می‌کنند. اما نمی‌دانم چطور نتیجه‌را نشان می‌دهیم.

**مهندس**- برای اینکار مخلوطی از فناوهای لازم است که از جمیع کنندۀ چهار قبان روی مقاومت‌ها بدست می‌آید. تشریح جزء به جزء آنها پیچیده است و تازه سود چندانی ندارد. فقط پدایند که بدست آوردن فشارهایی روی ده رشته سیم مستقل که فقط یکی از آنها مشتب است در حالی که دیگران منفی هستند، آسان است. وقتی

تمام مجموعه در وضعیت صفر است، رشته‌ای که «صفر» نامیده شده است، فشار مثبت را جایبجا می‌کند، در حالی که رشته‌های دیگر به اختلاف سطح منفی وصل شده‌اند. به تدریج که پس‌به‌ها به ده تأثیر فرستاده می‌شوند، فشار مثبت روی رشته‌ای، که بیک نشانه‌گذاری شده، بوجود می‌آید، بعد روی رشته ۲ و... و بعد روی رشته ۹ و در آخر روی رشته‌ای که صفر نشانه‌گذاری شده می‌آید. این ده رشته، ده پسایه ده ترازنیستور سیلیسیومی را که می‌توانند فشار زیادی را تحمل کنند، زیر فرمان می‌گیرند. در جمیع کننده‌این ده ترازنیستور ده لامپ نشوان قرارمی‌دهند که می‌توانند وقتی ترازنیستوری کسه به آنها فرمان می‌دهند از مسدودشدن خارج شود، به نوبت روشن شوند.

**مبندهی**— واقعاً اجزاء زیادی دارد. فقط اگر خوب فهمیده باشم ده لامپ نشون خودتان را دریک خط قرار می‌دهید و در کنار هر کدام عددهای ۰ تا ۹ می‌نویسید. باید چیز کاملتری هم وجود داشته باشد چون یک روز، بیش یکی از دوستانه که در ازدی هستهای کار می‌کند، شمارگری دیدم که در آن خود رقم‌ها، همیشه دریک محل، دریک نوع لامپ کوچک با رقم‌های قرآن کاملاً خوانا دیده می‌شدند. آنرا چگونه درست می‌کنند؟



**مهندس**— آنچه شما دیده‌اید فقط تابههای ترین نوع نمایش ارقام است؛ لامپ گازی با نمایش عددی است. غالباً آنرا با نام «نیکسی Nixie» مشخص می‌کنند. اگرچه منظور از آن هارکی است که مؤسسه سازنده آن «بروگس Burroughs» رویش گذاشته است. این لامپ شامل یک آند بشکل استوانه و ده کاتد با سیم آهنی بسیار نازک است که هر کدام جلوی دیگری قرار دارد و هریک بهشکل یک رقم است. (شکل ۱۱۷). آند از راه مقاومتی که شدت جریان را محدود می‌کند به اختلاف سطح ۲۵۰ تا ۳۰۰ ولت وصل است؛ ده کاتد به جمیع کننده‌های ده ترازنیستور سیلیسیومی که قبلاً بر اینان گفتم وصل هستند. فقط یکی از این ترازنیستورها از حالت مسدود بودن خارج شده است درحالی که بقیه مسدودند. کاتدی که من بوظ به این ترازنیستور است به اختلاف سطحی که تقریباً صفر است می‌رسد و جریانی که در نتیجه‌ایونیزاسیون بوجود می‌آید واز لامپ هی گذرد، شکل روشی ایجاد می‌کند که شبیه به عدد است و این عدد وابسته به ترازنیستوری است که از حالت مسدود بودن خارج شده است.

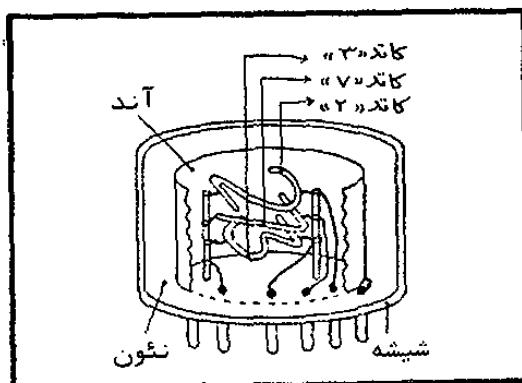
**مبندهی**— بسیار زیر کانه است؛ اما چیزی هست که بمنظرم عجیب می‌آید. گفتید که این کاتدهای مختلف هریک پشت دیگری قرار گرفته است. وقتی کاتدی را که آخر همه قرار گرفته است روشن کنند، نباید چیزی دیده شود برای اینکه کاتدهای دیگر جلوی آن هستند.



**مهندس**— تمام حقه در ساختن این کاتدهاست که از رشته فلزی بسیار نازک ساخته شده‌اند، بطوری که حتی وقتی جلوی شکل روشن حاصل در تغییرهای بونیزاسیون هم قرار گرفته باشند نمی‌شود آنها را دید. اگر آنها را از نزدیک نگاه کنید، شاید بتوانید خطوط سیاه بسیار دینی ببینید که بهشکل رقم درست شده‌اند، اما باید چشمان بسیار تیزی داشته باشید تا بتوانید آنها را تشخیص بدیهد. البته روش‌های زیاد دیگری هم برای نمایش وجود دارد، اما این روش لامپ با گاز نمایش عددی، دارد از همه بیشتر همداول می‌شود.

**مبندهی**— با وجود این اگر درباره آن فکر کنیم، ناراحت کننده است. پس

یک ده تائی علاوه بر چهار قبان و یک در، باید شامل ده ترازیستور سیلیسیومی با فشار زیاد، یک لامپ نمایش عددی و مقاومت‌های فرمان ترازیستورهای سیلیسیومی هم باشد.



شکل ۱۱۷- لامپ نمایش عددی در گاز نتون شامل یک آند استوانه‌ای (در اینجا مقطع آن کشیده شده است که ساختمان کاتدها نشان داده شود) و ده کاتد یکی از رقم‌های ۰ تا ۹ را دارد. پرحسب آنکه کدام کاتد وصل شده باشد، می‌بینیم که رقم‌های مربوط به آن با نور قرمز روشن می‌شود.

**مهندس-** توجه داشته باشید که در میان مدارهای مجتمع، اکنون یک نوع وجود دارد (مثالاً SFC ۴۱ E) که شامل تمام مدارهای آشکار کردن کد، به اضافة ده ترازیستور سیلیسیومی با فشار زیاد برای فرمان کاتدهای لامپ نمایش عددی است. بنابراین برای ساختن یک ده تائی دو مدار مجتمع و یک لامپ نمایش کافی است در حالی که این ده تائی آنقدر کوچک است که می‌توان ۴ یا ۵ عدد از آنرا درمشت جای داد. همین‌طور یادآوری می‌کنم که می‌توان بین خروجی‌های دو رقم ده تائی و درودی آشکار کننده‌کد. یک قبان چهار تائی D گذاشت که به صورت حافظه آخرین نتیجه شمارش بکار می‌رود و به این ترتیب نتیجه محاسبه را وقتی می‌گیرند که یک علامت مناسب به مدار حافظه فرستاده شده باشد. در اینصورت می‌توان یکبار محاسبه کرد، وقتی محاسبه تمام شد نتیجه‌را آشکار کرد، دوباره حساب کرد (در حالی که نتیجه آشکار شده شمارش قبلی حفظ شده است) و نتیجه را وقتی آشکار کرد که محاسبه جدید تمام شده باشد.

**مبتدی-** با وجود این تعداد عنصرها برای شمارش تا ۱۰، حتی بدون حافظه، خیلی زیاد است.

**مهندس-** آقای مبتدی تاحدودی باشما موافقم، فقط این را بدانید که اگر این ده تائی بیشتر از ۱۰ حساب نمی‌کند، آنرا بی‌نهایت سریع انجام می‌دهد. با ده تائی تا صد می‌شمارید و با ۶ تا از آنها تا یک‌ملیون می‌توانید بشمارید.

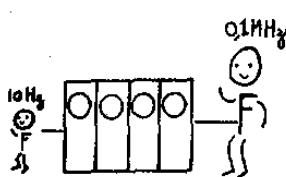
**مبتدی-** فکری به خاطرم رسید...

**مهندس-** بسیار خطرناک است، اما با اینحال بگوئید ببینم چیست.

**مبتدی-** فکر می‌کنم وقتی مثلاً چهار عدد از این نوع ده تائی‌هارا دنبال هم بگذاریم، ضربه‌هایی که از آخرين ده تائی خارج می‌شوند، فرکانس بسیار کمتری از ضربه‌هایی دارند که بهاری وارد می‌گردند.

**مهندس-** من نمی‌گویم خیلی کمتر، بلکه می‌گویم «ده‌هزار بار کمتر».

**مبتدی-** همین را می‌خواستم بگویم. در نتیجه این ضربه‌ها با فرکانس‌هایی که تاحدودی پائین است خارج می‌شوند و شاید بتوان آنها را با وسیله ساده‌تری شمرد، حتی با یک جمع‌کننده مکانیکی.

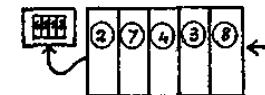


**مهندس** - آقای مبتدی اینکار عملی است. عموماً بیشتر از چهار ده تائی

قبل از جمع کننده مکانیکی می‌گذراند. این جمع کننده نمی‌تواند بیشتر از ۴ یا ۵ بار در فانیه کار کند. چون نامطلوبترین ده تائی ها هم اکنون چندین صد هزار ضربه در فانیه را می‌شمرد، می‌بینید که دست‌کم قبل از شماره کننده مکانیکی باید پنج عدد از آنها قرار داد. اگر بخواهم آهنگ شمارش را تندتر کنم، قبل از همه یک ده تائی اضافی می‌گذارم که این بار طوری ساخته شده است که بسیار سریع کار کند، مثلاً برای اینکه ۲ تا ۳ میلیون ضربه در فانیه را بشمرد.

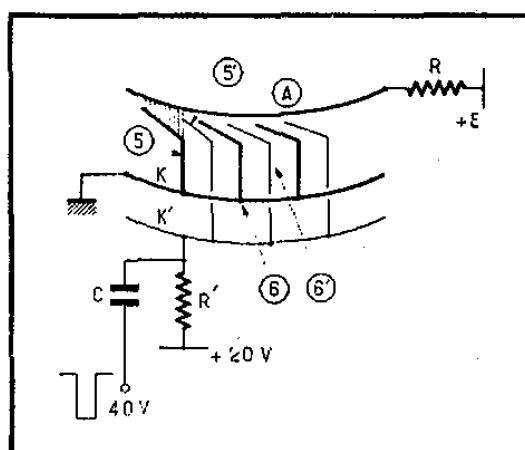
اگر بخواهم بازهم امکان مجموعه شمارگر را زیاد کنم، بازهم در جلوی آن یک ده تائی که به ویژه با دقت ساخته شده و می‌تواند مثلاً ضربه‌های ۵۰ مگااهرتزی را بشمرد قرار می‌دهم و به این ترتیب دستگاه بسیار کاملی خواهیم داشت.

**مبتدا** - بله، بنا بر این می‌بینیم که کاربرد شماره کننده مکانیکی در مصرف چند ده تائی درسی فرکانس‌های بسیار پائین صرفجوبی کرده است. اما با وجود این بنتظر من اندوه‌بار است که برای شمردن باید مجموعه‌ای به این پیچیدگی ساخت.



### دکاترون

**مهندس** - اگر زیاد عجله نداشته باشید، به عبارت دیگر اگر شمارش ماقوّق سریع نخواهد، می‌توانید دستگاه‌های ساده‌تری را بکار بینید، اگرچه امکان آنها محدود‌تر است. هم‌اکنون کار نسبتاً جالبی هست که می‌شود انجام داد و آن لامپ شمارگر گازی است. برای شما درباره یکی از آنها که دکاترون نامدار صحبت‌بخواهم کرد. این لامپ در یک جو نئون، آرگون یا هیدروژن شامل حلقه‌ای است که آند را تشکیل می‌دهد و در شکل ۱۱۸ با A نمایش داده است. برای اینکه شکل درهم نشود فقط قسمتی از آنرا برایتان کشیده‌ام. ذین این حلقه ده کاتد اصلی قرار دارد که به وسیله K نمایش داده شده‌اند و همین‌طور می‌بینید این کاتدها در محلی که به آند نزدیک می‌شوند به صورت هورب خم شده‌اند.



شکل ۱۱۸ - لامپ شمارگر گازی نیوی «دکاترون»: وقتی یک ضربه منفی از راه C به (۵) گذاشته شود، ایونیزاسیون از راه این کاتد ثانوی از (۶) به (۶) می‌جذبه.



این ده کاتد بین خودشان به وسیله یک حلقه ارتباط دارند که به بدنه متصل می‌شود. بین هر دو تا از این کاتدها، یک کاتد ثانوی قرار دارد که این کاتدها را با

خطوط بازیکتری نشان داده‌ام و با نمایش آنها با حرف K آنها را شماره‌گذاری کرده‌ام. این کاتدها هم به یک حلقة دیگر متصلند که از لامپ خارج می‌شود. اینها هم ده عدد هستند و بهمان شکل کاتدهای K خم شدگی دارند.

**مبتدی**— دکاترون شما بطور وحشت‌آوری پیچیده است! با بیست کاتد حتّماً بهای آن زیاد است.



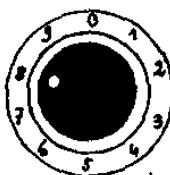
مهندس— بهیچوجه. این کاتدها غیر از نقطه‌های فلزی که روی حلقه‌ها نصب شده‌اند چیز دیگری نیستند، ساختمان آن بسیار ساده است.

آند به وسیله فشار E+ که ۳۰۰ یا ۴۰۰ ولت است از راه مقاومت R تغذیه می‌شود. کاتدهای اصلی K به بدنه وصل هستند درحالی که کاتدهای کمکی 'K' همه با اختلاف سطحی که کمی مثبت است وصل شده‌اند. بنابراین ایونیزاسیون روی یکی از کاتدهای K آغاز می‌شود. فرض کنیم که روی کاتد شماره ۵ که برای شما در شکل نشان داده‌ام باشد.

حالا از راه خازن C، یک ضربه منفی بادامنه ۴۰ ولت را به کاتدهای کمکی K می‌گذاریم. این کاتدها نسبت به کاتدهای K منفی خواهند شد چون آنها در اصل اختلاف سطح ۲۰ ولت داشته‌اند و خازن تمام جیوه نزولی ضربه را منتقل خواهد کرد. بنابراین حالا ایونیزاسیون میل دارد بین آند و یکی از کاتدهای 'K' برقرار شود زیرا اختلاف سطحی که بین آند A و کاتدهای 'K' وجود دارد بالاتر از اختلاف سطحی است که بین آند و کاتدهای K است.

**مبتدی**— و کدام کاتد 'K' از این ایونیزاسیون «استفاده» می‌کند؟ می‌شود هر کدام از آنها را گرفت چون ده تا هستند.

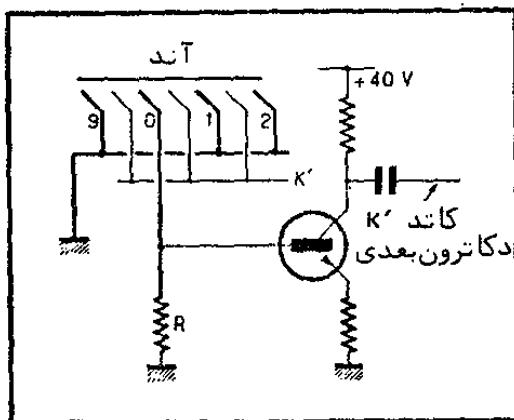
مهندس— نه، فقط یک امکان وجود دارد، چون کاتد کمکی '5' به انتهای خمیده‌ای ختم می‌شود که هم‌اکنون در منطقه ایونیزاسیون کاتد اصلی ۵ قرار دارد، همین کاتد است که ایونیزاسیون را به طرف خودش می‌کشد و بر دیگران ترجیح دارد. در اینصورت منطقه ایونیزاسیون روی کاتد '5' کشیده می‌شود. در آنجا زیاد نخواهد ماند. در پایان ضربه گذاشته شده به کاتدهای 'K'، این کاتدها دست‌کم اختلاف سطح ۲۰ ولت خود را باز می‌بینند. بنابراین ایونیزاسیون میل دارد دوباره به طرف یکی از کاتدهای اصلی K برود. کاتدی که برای برقیاری ایونیزاسیون مخصوصاً مناسب است، کاتد اصلی شماره ۶ خواهد بود، زیرا انتهای خم شده آن در منطقه با ایونیزاسیونی که اکنون کاتد '5' را احاطه کرده است، قرار دارد.



بنابراین می‌بینید که با هر ضربه فرستاده شده به کاتدهای کمکی 'K'، منطقه ایونیزاسیون از یکی از کاتدهای اصلی به کاتد بعدی جهش پیدا می‌کند. با درنظر گرفتن اینکه این منطقه چون نور از خود بیرون می‌نمی‌دهد، دیده خواهد شد، کافی است به انتهای پیشانی لامپ درجه حرارت حلقة آند نگاه کنیم تا بدانیم تعداد ضربه‌های دریافت شده چند است. در خارج لامپ در اطراف محل آند، حلقة‌ای می‌گذارد که روی آن به صورت دایره تقریباً شیشه به یک ساعت اعداد صفر تا نه را نوشته‌اند.

**مبتدی**— این سیستم شما بسیار زیل کانه است چون لامپ در عین حال هم برای شمردن و هم برای نشان دادن نتیجه شمارش بکار می‌رود. حالا، چیزی که کمتر متوجه می‌شود اینست که چگونه هر ده ضربه یکبار، ضربه‌ای را بدست می‌آورند تا دکاترون بعدی را پکار بیندازند.

**مهندس.** برای اینکار کافی است که یکی از کاتد های اصلی  $K$  به وسیله یک خروجی جداگانه از لامپ بیرون برد شود؛ آنرا به وسیله یک مقاومت کوچک  $R$  به بدن وصل می کیم (شکل ۱۱۹) که وقتی تخلیه بار الکتریکی به این کاتد می رسد، در دوسر این مقاومت فشاری ظاهر می شود که کمی ثابت است. این فشار ثابت وقتی به پایه یک ترانزیستور گذاشته شود، روی مدار جمع کننده آن، ضربه هنفی را که باید به دکاترون پنهان داد، بدست می دهد.



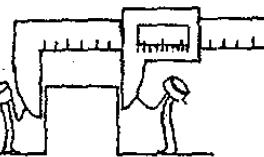
شکل ۱۱۹. کاتد «صفر» دکاترون وقتی جریان دوریافت کند، ساعث منشود ترانزیستوری از حالت مسدود خارج شود که این ترانزیستور پیش روی دکاترون بعدی را زیر فرمان می گیرد.

**مبتدی.** اذا این سیستم خیلی بیشتر از ده تائی های شما خوش می آید! خیلی ساده تر است و فقط باید از لامپ استفاده کرد.

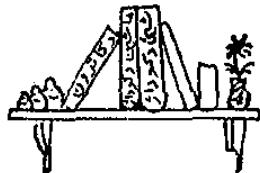
### محدودیت دکاترون

**مهندس.** با وجود این فراموش نکنید که برای فرمان کاتد های  $K'$  باید یک ترانزیستور تقویت کننده داشت. حتی غالباً دو ترانزیستور بکار می برد که این دو بصورت یک ٹانکی سوار شده اند تا یک ضربه باشکل معین بدست بدهند. از جانب دیگر این سیستم دکاترون اگرچه سادگیهای دارد، از نظر فرکانس محدودیت زیادتری دارد. انواع متداولی که روی این دکاترون ساخته شده اند تا حدود صد کیلو هرتز کار می کنند که خود این هم خوبست. بعضی از انواع دیگر آنها که با هیدروژن پر شده اند تا  $1\text{MHz}$  هم کار می کنند. اما با هیدروژن نور فرستاده شده بسیار ضعیف است و غالباً باید دستگاه نمایش نتیجه ویژه ای پیکار برد. توجه شما را جلب می کنم که این لامپ ها کوچکند و تقریباً قطر آنها ۱۸ میلیمتر و درازای آنها ۴۰ میلیمتر است. غالباً ده کاتد اصلی  $K$  بطور جداگانه بیرون آورده شده اند، تا امکان نمایش عدد شمرده شده از راه یک تقویت کننده ترانزیستوری روی یک لامپ نمایش عددی از نوع «نیکسی» وجود داشته باشد.

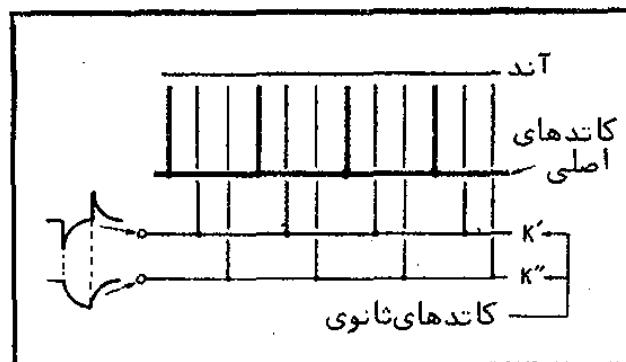
**مبتدی.** جای تأسف است، دستگاهی به این سادگی داشتید و حالا دارید بیچیده اش می کنید.



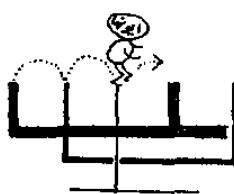
## شمارش - شمارش معکوس



**مفهوم**- آقای مبتدا، این را بدانید که تعداد زیاد روش‌های بکار رفته برای ساختن دستگاه‌ها، دلیلی است برای اینکه راه حل کامل وجود ندارد.



شکل ۱۲۰- در دکاترون پا در ردیف کاند ثانوی، جمیت گردش منطقه ایونیزاسیون را به وسیله علامتها که روی این کاتدها گذاشته می‌شوند فرمان می‌دهند: زوی کاتدهای  $K'$  علامتها قائم الزاویه مشق و روی کاتدهای  $K''$  علامتها قائم الزاویه انگرال گذاشته می‌شوند.

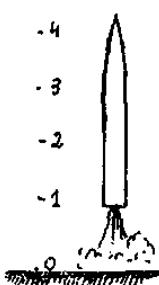


یادآوری می‌کنم که انواع دیگری هم از دکاترون وجود دارد که از نظر تاریخی قبل از دکاترونی که برایتان شرح دادم قرار دارند. کاتدها فوکوها صافی دارند و یکی هم نیست بلکه دو ردیف کاتد کمکی  $K'$  و  $K''$  (شکل ۱۲۰) وجود دارد. روی اولین ردیف ضربه‌های پاجیبه راست را که بعداً به تدریج پائین می‌آیند می‌گذاریم و روی ردیف دوم ضربه‌های می‌گذاریم که به تدریج بالا می‌روند و بعد آنسته تن پائین می‌آیند. بایسن ترتیب می‌توان منطقه ایونیزاسیون را از یکی از کاتدهای اصلی، یا عبور از دو کاتد کمکی که بین دو کاتد اصلی قرار دارند، به کاتد بعدی جهش داد. اگرچه این سیستم ممکن است پیچیده‌تر بنظر برسد، این امتیاز را دارد که با معکوس کردن جهت اتصال دو ردیف کاتد کمکی اعداد را رو به افزایش دیا رو به کاوش قرار داد.

**مبتدا**- این موضوع به نظر من واقعاً بیشتر نقص است تا امتیاز. همیشه بمن گفته‌اند شمارش را درجهت افزایش یعنی ۱، ۲، ۳، ۴... انجام می‌دهند.

**مفهوم**- بله، شمردن بهمین ترتیب است. اما برای بعضی از کاربردها داشتن سیستمی که «شمارش معکوس» را انجام دهد، ممکن است سودمند باشد. مثلاً، به این ترتیب می‌توانید با شمردن تعداد ضربه و سپس با شمارش معکوس عدد دیگر، تقریق را انجام دهید. شمارگر اختلاف را نشان خواهد داد. دکاترون با دو سیستم کاتد کمکی برای اینکار آمادگی دارد درحالی که دکاترونی که در شکل ۱۱۸ برایتان کشیده‌ام، که از نظر ساختمانی ساده‌تر است، فقط دریک جهت می‌گردد.

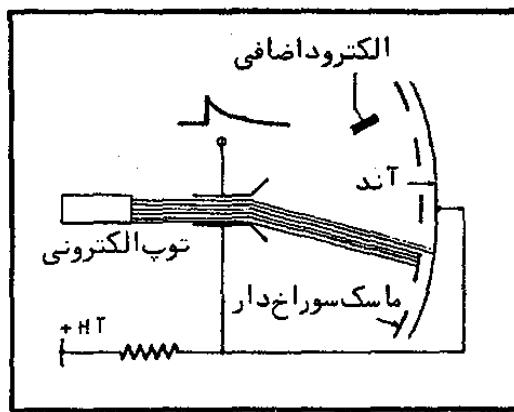
**مبتدا**- آیا حالا تمام روش‌های شمارش را بنایم شرح داده‌اید؟



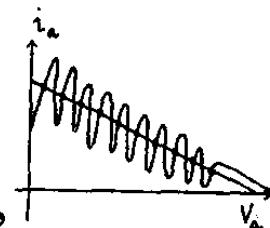
### لامپ با اشعه صفحه‌ای

**مفهوم**- آه، نه! هنوز خیلی مانده استا بدون اینکه وارد جزئیات شو، به سرعت دستگاههای را که از این به بعد می‌آیند برای شما نام می‌برم. ابتدا لامپ

با اشعه صفحه‌ایست. این لامپ نوعی لامپ با اشعه کاتدی است که در آن دسته اشعه الکترونی ممکن است به وسیله صفحه‌های انحراف، منحرف شود. اشعه به پرده‌ای می‌رسد که در کنار لامپ قرار دارد و امکان تعیین وضعیت دسته اشعه را بوجود می‌آورد. این اشعه از سوراخها (شکل ۱۲۱) بطریقی می‌گذرد که جریانی که ایجاد می‌کند بر حسب وضعیت اشعه بمحض قانون تابع اندازه‌ای پیچیده تغییر می‌کند که با گذاشتن مقاومت ساده‌ای در آن، امکان می‌دهد ۱۰ وضعیت ثابت برای اشعه بدست آید. به وسیله ضربه‌هایی که کناره پیشانی آن داشت است و کناره عقبی آن تعییرات آهسته‌ای دارد، می‌توان طوری عمل کرد که اشعه از یک وضعیت به وضعیت دیگر جهش کند.



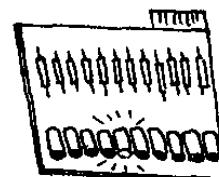
شکل ۱۲۱. در لامپ با اشعه صفحه‌ای، اشعه الکترونی می‌توانند راه سو را بخوبی یک ماسک به آنده برسند. آنده به همک صفحه منحرف کننده وصل است، که این موضوع به منتهی مشخصه جریان آنده بر حسب فشار آن، شکل سینوسی می‌دهد در حالی که این امکان را بوجود می‌آورد که اگر آنده را از راه یک مقاومت مناسب قطعی کنند، اشعه الکترونی ده وضعیت ثابت داشته باشد. اگر روی صفحه منحرف کننده دیگر به وسیله عالمی که جسمی جلوی آن را است باشد و بعد آهسته پالین بیاید اثر بگذاریم، می‌توان اشعه را از یک وضعیت به وضعیت دیگر برداشت.



وقتی اشعه به دهیمین وضعیت ثابت رسید، هنگام عبور الکترونها را روی الکترود اضافی کوچکی می‌فرستد و به این ترتیب علائمی می‌دهد که لامپ شمارگر پیدی را بکار می‌اندازد و اولی را به صفر می‌رساند. این سیستم بدون احتیاط ویژه‌ای می‌تواند تا  $30\text{ KHz}$  کار کند. با مونتاژهای بسیار دقیق می‌توان کار آن را تا  $1\text{ MHz}$  رساند. ابعاد این لامپ‌ها متوسط است. متداول ترین لامپ در میان آنها E1T است که  $35\text{ میلیمتر قطر} \times 65\text{ میلیمتر بلندی}$  دارد. این راه حل تا حدودی جالب و نسبتاً پاکره است. باید بگوییم کاربرد آن رفتارهای کمتر شده است.

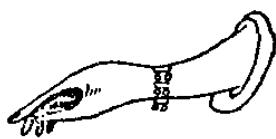
**مبتلای افسوس.** چون کاملاً الکترونی است، ظرفیت از سیستم‌های گازی با ایونیزاسیون است.

**مهندس.** لامپ‌های گازی بسیار جالبی وجود دارند برای مثال تیر اکترونی با کاتد سرد را یادآوری می‌کنم. اینها لامپ‌های کوچک نثُونی هستند که یک الکترود مخصوص تحریک دارند (شکل ۱۲۲). با این لامپ‌ها می‌توان انواع مونتاژ با ۱۰ حالت متعادل (با ده لامپ) ساخت که دارای این امتیاز هستند که هر حالتی دارند آنرا آشکار کنند و مونتاژی که ده لامپ با ایونیزاسیون داشته باشد، نور قرمز بسیار روشن دارد. این سیستم هر گز شمارش بیشتر از چند کیلوهرتز را امکان پذیر نمی‌کند، اما ساده است و برای بعضی کاربردهای صنعتی آمادگی دارد.



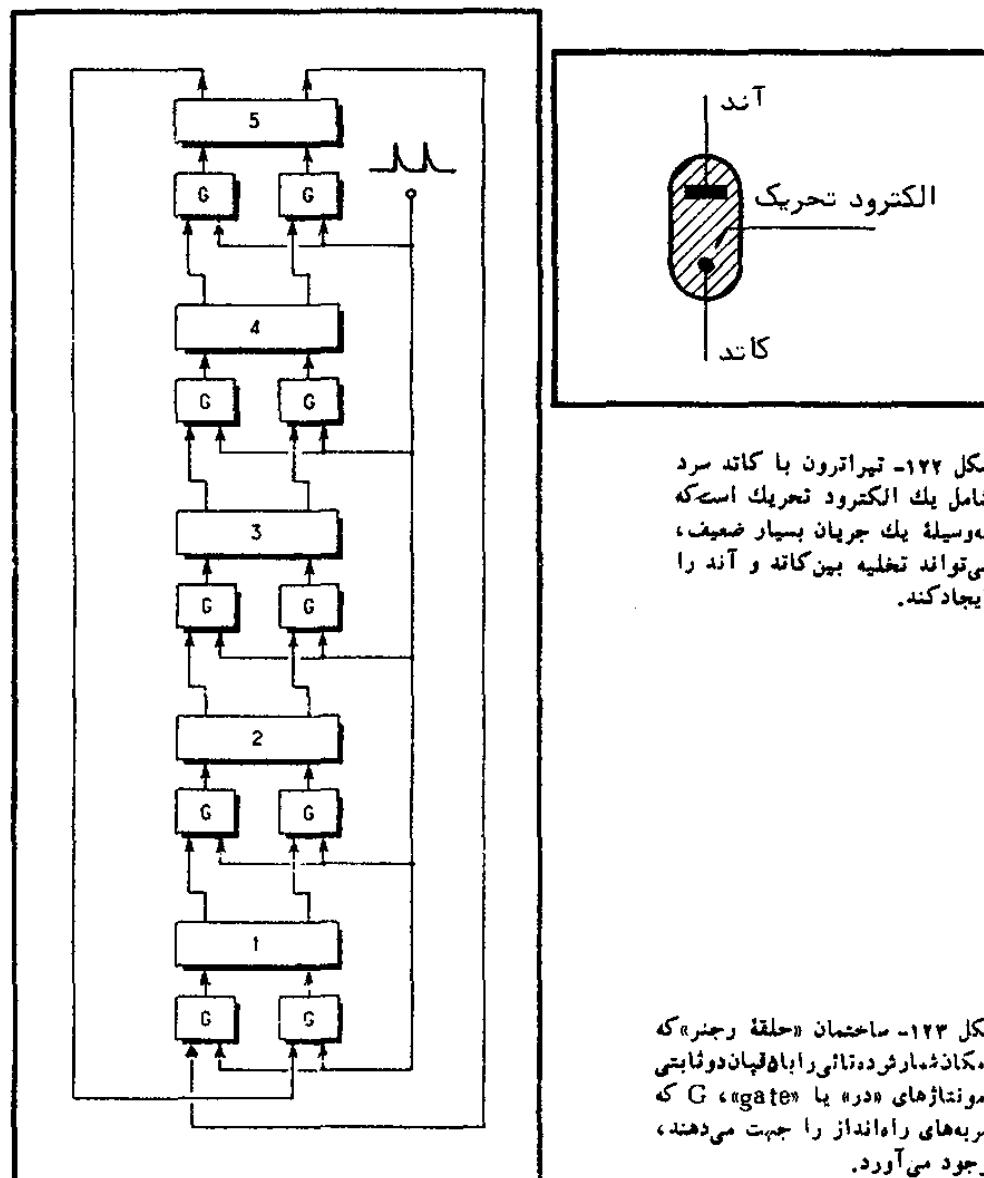
همینطور نامی هم از «تروکوترون Trochotron» می‌برم که میدان مغناطیسی ایجاد شده به وسیله یک آهنربای دور لامپ را بکار می‌برد. طرز کار آن تا حدودی پیچیده است، اما تا یک مگاهرتز می‌تواند بشمارد.

بهویژه یادتان باشد که برای شمارش، پیش از پیش به سوی کاربرد ده تائی های مجهن بهتر انزیستور که نتیجه هر روى یک لامپ نشان و هنده گازی عددی نشان می دهد، توجه پیدا می کنند.



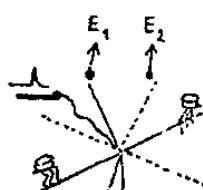
### حلقه رجener

مبتدی - آیا تمام ده تائی های ترا انزیستوری مطابق شکل ۱۱۶ سوار شده اند؟



شکل ۱۲۲ - تیراترون با کاتد سرد شامل یک الکترود تحریک است که به وسیله یک جریان بسیار ضعیف، می تواند تخلیه بین کاتد و آند را آیینه کند.

شکل ۱۲۳ - ساختمان «حلقه رجener» که امکان شمارش ده تائی را با قیان دو ثابتی و مونتاژ های «در» یا «gate» که ضربه های راه انداز را جهت می دهند، بروجود می آورد.



مهندس - آه نه، تعدادشان خیلی زیاد است. احتمالاً صدها مدار مختلف ده تائی وجود دارد. در نظر ندارم که تمام آنها را برایتان بشمارم. فقط، بی آنکه زیاد درجه های وارد شو، برایتان سیستم نیوگ آمیز حلقة رجener که ۵ قیان شبیه به

قیان شکل ۸۲ را پکار می‌برد، شرح می‌دهیم. هر قیان به وسیله فشارهای خروجی اش، درهائی را که ضربه‌هارابهسوی یکی از دو ورودی قیان بعدی می‌فرستد، باز می‌کند و یا می‌بندد. (شکل ۱۲۳). قیان شماره ۱ به ترتیبی وصل شده است که تمام ضربه‌های فرستاده شده بهدری که این ترازویستور فرمان می‌دهد، می‌خواهد قیان شماره ۲ را بهمان حالتی که قیان شماره ۱ هست در بیاورد. در تزویج بین شماره ۲ و شماره ۳، همینطور بین شماره ۳ و شماره ۴ و شماره ۴ و شماره ۵ هم این وضع وجود دارد.

بر عکس قیان شماره ۵ با قیان شماره ۱ (یا بهتر بگوئیم بهدرهائی که به دو ورودی شماره ۱ فرمان می‌دهند) تزویج شده است. به طوری که با رسیدن یک ضربه قیان شماره ۵ می‌خواهد قیان شماره ۱ را به وضعیت خالفوضع قیان شماره ۵ ببرد...

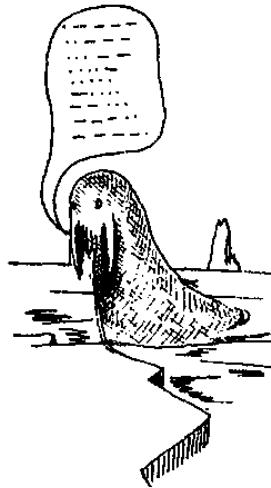
**مبتدی**— این سیستم شما پیچیدگی داشت آوری دارد.

**مهندس**— بله، درواقع تا حدودی پیچیده است، اما کاملاً نبوغ‌آمیز است. در اصل تمام قیان‌ها در وضعیت صفر هستند. با فرستادن یک ضربه تمام درها، چون قیان شماره ۵ در وضعیت صفر است، این ضربه را به در فرمان قیان شماره ۱ می‌فرستد بطوری که قیان شماره ۱ به وضعیت ۱ درمی‌آید. ضربه دوم اثری روی قیان شماره ۱ ندارد چون قیلاً به وضعیت یک در آمده است، روی قیان شماره ۲ اثر خواهد کرد و آن ابهه وضعیت یک می‌برد. درین جمیں ضربه تمام قیان‌ها به وضعیت اول آمده‌اند. در این لحظه اثر قیان ۵ روی اطروری است که ضربه ششم قیان شماره ۱ را به وضعیت صفر می‌برد. ضربه هفتم هم قیان ۲ را به وضعیت صفر می‌برد و ضربه هشتم قیان شماره ۵ را به وضعیت صفر می‌برد. همان‌طور که می‌بینید سیستم معمولاً بصورت ده تائی می‌شمارد.

**مبتدی**— سرگرم کننده است، پشت‌هم آمدن حالت‌های پنج قیان شما چیزی را بیاد نمی‌آورد، ولی نمی‌توانم به درستی بگویم چیست... آها فهمیدم، نمایش عددی مختلف به صورت الفبای مورس است، که همیشه پنج علامت را پکار می‌برد و در آنها می‌بینیم که نقطه‌ها پیش می‌روند از ۱ (یک نقطه چهار خط) به ۲ می‌رود (۲ نقطه، سه خط) و تا ۵ (۵ نقطه) می‌رسد. بعداز این خطها هستند که پیش روی می‌کنند به این ترتیب که از ۶ (یک خط چهار نقطه) تا ۹ (چهار خط یک نقطه) می‌رود.

**مهندس**— اقرار می‌کنم که هیچوقت این فکر را نکرده بودم، اما درست است. دست کم این مطلب نشان می‌دهد که پشت‌هم آمدن حالت‌های مختلف را بخوبی فهمیده اید.

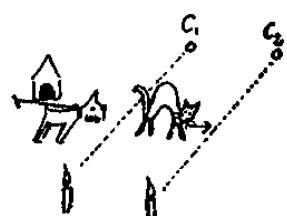
پهاندازه‌ای ده تائی‌های گوناگون وجود دارد که مسلمًا در فکر آنها نیستم که شرح آنها را آغاز کنم. هر سازنده‌ای می‌خواهد ساخته خود را پکار ببرد و بدین ترتیب راه حل کاملی وجود ندارد. هرچه باشد، اکنون وسیله‌های بسیار خوبی برای شمردن ضربه‌های بافر کافی خیلی سریع در دست داریم (منظورم شمارشی است که تا ۲ یا ۳۰۰ مگاهرن می‌رسد).



### کاربرد شمارش سریع

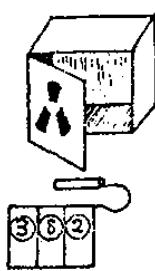
**مبتدی**— اجازه بدهید یک پرسش بگشم، شمردن با این سرعت به چه درد می‌خورد؟

**مهندس**— کاربردهای آن بسیار زیاد است. ابتدا به این وسیله می‌توانید یک فرکانس را با درستی زیاد اندازه بگیرید چون ترتیب کار را طوری می‌دهند که علامت پا شمارگر درهدتی که بسیار نزدیک به یک ثانیه است ارتباط پیدا کند پس در این حالت شمارگر تعداد پریود در یک ثانیه را بشما نشان خواهد داد.



بعد می‌توانیم این شمارش را برای اندازه‌گیری زمان بکار ببریم. فرض کنید که به شمارگر ضربه‌های با بازگشت ۱۰ مگاهertz تری پکداریم درحالی که این گذاشتن فرکانس در لحظه‌ای آغاز شده باشد که یک نوع ضربه درست شده و یک در را بازکرده باشد و در لحظه‌ای تمام شود که ضربه دیگری در را بیندد. به این ترتیب زمانی را که این دو ضربه را از هم جدا کنند می‌توانیم بحسب میکروثانیه اندازه گرفته‌ایم. بنابراین اندازه‌گیری سرعت یک گلوله که بطور پی‌درپی بدودسته اشعة نور آنی که به دوسلول فتوالکتریک می‌رسند، برخورد می‌کند، به این قریب بسیار ساده و با ذقت بسیار زیاد امکان پذیر است.

کاربرد دیگری را هم به شما بیان آوری می‌کنم، به یک شمارگر ۲۳۴۷۳ ضربه بفرستید، بعد می‌آنکه بین دو ارسال آنرا به صفر برسانید، ۱۱۸۲۷۷ ضربه دیگر به آن بدهید. در اینصورت خواهید دید که شمارش نشان داده شده روی شمارگر ۱۴۱۷۵۰ است که بطور ساده جمع دو عدد قبلی است به این ترتیب شما جمیع را انجام داده‌اید. با درنظر گرفتن سرعتی که اعداد شماره شده‌اند، می‌بینید که این سیستم اگرچه از نظر اسامی ابتدائی است، می‌تواند به سرعت حاصل جمع‌های بزرگ را بدهد.



بالاخره از این شمارش در کاربردهای هسته‌ای استفاده‌های زیادی می‌کنیم. یادتان هست که شمارگرهای ویژه، وقتی شمارگرهای گایگر-مولر باشند، ضربه‌هایی بهمای دادند که آهنگ متوسط آن فعالیت منبع هسته‌ای که آنها را ایجاد می‌کرد، مشخص می‌ساخت.

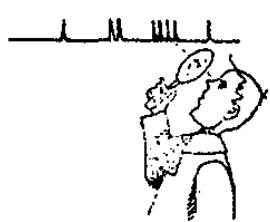
**مهندس**— گمان می‌کنم در این خالتشا نیاز به شمارگر با تکامل بسیار زیاد نیست.

با آنکه یک آهنگ متوسط دارند (مثلًا هزار ضربه در ثانیه) به روش کاملاً نامنظم فرستاده شده‌اند که آنها را بی‌قاعده می‌گوئیم.

به عبارت دیگر اگر یک شمارگر گایگر-مولر هزار ضربه در ثانیه برای ما می‌فرستد، زمانی که یک ضربه را از ضربه بعدی جدا می‌کند و با آهنگ منظم همیشه یک هزاردم ثانیه است، ممکن است یک صدهزاردم ثانیه ویا ۲۵ هزاردم ثانیه باشد. بنابراین برای اینکه یک ضربه را فراموش نکنیم، باید شمارگر الکترونی که بعد از آنست، بتواند ضربه‌ای را که یک صدهزاردم ثانیه بعد می‌رسد با ضربه قبلی بطور جدا گانه به حساب بیاورد به عبارت دیگر اگرچه شمارگر بطور متوسط در هر ثانیه هنر از ضربه دریافت می‌کند، باید بتواند ضربه‌هایی را که فاصله منظم صدهزارضربه در یک ثانیه از هم دارند، محاسبه کند.

**مبتدی**— خیلی وحشت‌آور است! به این ترتیب ده ثانی دوم باید بتواند ده هزار ضربه در ثانیه بشمرد!

مهندس— نه، دقیقاً درواقع اگر از یک ضربه به ضربه دیگر، فاصله زمانی که آنها را از هم جدا می‌کند بتواند خیلی تغییر کند، زمانی که برای دریافت ده



ضر به لازم است فقط دچار تغییرات ضعیفتر می شود؛ اصولاً بطور متوسط  $\frac{1}{100}$

ثانیه است. تغییر آن به مقدار  $\frac{5}{100}$  درصد بسیار کم اتفاق می افتد. پس از دو ده ثانیه، ضربهای خواهیم داشت که تقریباً منظم هستند. درواقع اگر صد ضربه شماریم، زمانی برای دریافت آنها لازم است، کمی بعد، زمان لازم برای صد ضربه دیگر بسیار نزدیک بدائلی است، یعنی اگر آهنگ متوسط ۱۰۰۰ ضربه در ثانیه باشد، بسیار

نزدیک به  $\frac{1}{10}$  ثانیه خواهد بود. به عبارت دیگر فقط ده ثانیه اول باید سرعت کارش

خیلی زیادتر از سرعت کاری باشد که بطور نظری لازم است، ده ثانیه دوم کمی زیادتر خواهد بود و سومی ضربهای را با آهنگی تقریباً منظم می شمارد.

**مبتدی** - از این موضوع بیشتر خوش می آید. به این ترتیب می توانیم پس از ۳ یا ۴ ده ثانیه، یک شماره کننده مکانیکی خوب بگذاریم تا رقم دهها، صدها، هزار و رقم های بالاتر را بدانیم.

با وجود این پرسشی هست که می خواستم مطرح کنم؛ برایم گفته اند که بعضی از سیستم های شمارگرهای الکترونی هستند که در ابتدا روی آنها یک عدد راهی - آورند و وقتی نتیجه کار به این عدد می رسند، علامت می دهد. آنرا چطور درست می کنند؟

### شمارگر پیش مشخص شده

**مهندس** - چیزی که الان گفتید، شمارگر پیش مشخص شده نام دارد. ساختن آن آسان است. همین ده ثانیه های معمولی را بکار می بردند که نتیجه آن روی لامپ های نیکسی نشان داده می شود. به وسیله چند کلید ده وضعیتی (تعداد کلیدها برابر تعداد ده ثانیه هاست)، یک الکترود غیر مشخص از یکان نیکسی را بدها اول، یک الکترود از دهگان نیکسی را بدها دوم و... غیره وصل می کنیم. فرض کنید که رقم ۷ یکان، رقم ۲ دهگان و رقم ۴ صد گان را به وسیله این کلیدها وصل کرده باشیم. می توانیم یک مدار الکترونی بسازیم که وقتی فشار صفر روی سه کلید وجود دارد، ضربهای پهنا پدهد، یعنی وقتی رقم ۷ یکان و ۲ دهگان و ۴ صد گان باهم روشن شدند، این ضربه را پدهد. بنابراین ضربه مزبور وقتی تهیه می شود که شمارگر ۴۲۷ ضربه دریافت کرده باشد. به این ترتیب یک شمارگر پیش مشخص شده درست می کنند. حالا که شما اصول پایه ای شمارگرهای را می شناسید، با هم خواهیم دید که چگونه این آگاهی هارا برای ساختن ماشین حساب های بزرگ عددی بکار می بردند...



**مبتدی** - برای امروز روی من حساب نکنید، من خیلی روی ملزم حساب کرده ام و احتمال دارد حساب های شما عکس آن باشد و در نتیجه عکس رضایت شما جلب شود...

چون ماشین حساب‌های الکترونی سلیقه خاصی برای تقسیم اعداد دو علامتی دارند، دوست جوان ما باید درباره این حساب عجیب که غیر از صفر و یک چیزی نمی‌شناستند، اطلاعاتی بدست بیاورد. او به سرعت در این باره ذوق پیدا می‌کند و این موضوع مهندس را به چاچی می‌رساند که درباره «مدارهای منطقی» که غیر از صفر و یک و پیوستن آن‌دو باهم با چیزی سروکار ندارند، صحبت کند. هبتدی که بطور ویژه‌ای از فسفر پرشده است، بدون اشکال زیاد، این دستگاه اساسی ماشین حساب‌های الکترونی یعنی نمایش دهنده—جا بجا کننده (یا ثابت کننده با جا بجا کننده) را می‌فهمد. این دستگاه که برای هر کار مناسب است، با اینحال برای انجام عمل جمع کمی کند و نظر می‌رسد.

مدارهای منطقی

## و حساب‌های الکترونی

مهندس - آقای مبتدی بگوئید ببینم امروز سرحال هستید؟

$$3 \times 10^2 = 300$$

$$8 \times 10 = 80$$

5 x 1 = 5

395

دیواره

**مهندس** - می خواهم کار را با یاد دادن شمردن به شما آغاز کنم... البته با شماره گذاری دو علامتی.

**مبتدی** - گمان می کردم دفعه گذشته موضوع شمردن را تمام کرده ایم.

مهندس راه حل های الکترونی را مورد بررسی قرار داده و موضعی که امر و ز مطرح است من بیو ط به حساب است.

مبتدی - ادہ!

مهندس - پریشان نشوید، خواهید دید که بسیار آسان است. آیا به درستی می‌دانید که معنی عدد ۳۸۵ چیست؟

مهندس۔ البته، معنی آن اینست که ۳ صد گان، به اضافه هشت دهکان و  
به اضافه ۵ یکان.

**مهندس** - درست است. من با دقت بیشتر می‌گویم، حالا که عدد نویسی ده  
نائی را پسکار می‌بریم معنی این عدد اینست: ۳ دفعه پایه ۱۰ به توان دو، به اضافه  
۱ بار پایه ده به توان یک، به اضافه ۵ واحد؛ حالا تصور کنید بجای اینکه عدد ۱۰  
۱ پایه عدد نویسی بگیریم، عدد ۲ را پایه انتخاب کنیم. کافی است دو رقم را پسکار  
بریم که به ترتیب ۵ و ۱ هستند، در این حالت، مقداری را که در پایه ۱۰ با ۲ نمایش  
داده می‌شود چطور می‌نویسید؟

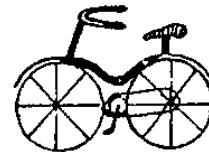
۰۱ عدد دیگری پکار بیکار.<sup>۲</sup>



**مهندس**— با وجود این ساده است، این عدد را به شکل ۱ که صفر پدنیال دارد خواهیم نوشت. در واقع، مقدار آن می‌شود یک بار پایه (۲) به توان یک، به اضافه صفر واحد. بنابراین آنرا به شکل ۱ که صفر پدنیال دارد می‌نویسیم.  
**مبتدی**— این موضوع به نظر من روشن نیست. شما می‌نویسید ۱۰ وارزش آن ۲ است.

**مهندس**— من نتوشم ۱۰ بلکه عدد ۱ را نوشتم که ۵ پدنیال آن است. این دیگر ده نمی‌شود، برای اینکه دیگر حساب بر پایه ده را بکار نمی‌بریم بلکه حساب دو علامتی را بکار می‌بریم و با گفتن ۱۰ این عدد را مشخص نمی‌کنم بلکه می‌گویم ۱، صفر. حالا در این حساب عددی را که در پایه ۱۰، ۳ نوشته می‌شود چگونه می‌نویسید؟  
**مبتدی**— کمی تردید دارم اما چون مقدار این عدد بر این ۲ به توان ۱ به اضافه واحد است، تاحدودی فکر می‌کنم به صورت دو تا ۱ نوشته می‌شود که پدنیال هم هستند.

حرایج فرانک تدیم  
۱۱۱.....



**مهندس**— کاملاً حق دارید. و برای نوشتمن ۴؟

**مبتدی**— این را دیگر نمی‌دانم.

**مهندس**— با وجود این ساده است، عددی که ما ۴ می‌نامیم غیر از مربع پایه (۲) چیزی نیست. بنابراین آنرا به شکل ۱ که دو صفر پدنیال دارد می‌نویسیم، تا یادآوری شود که منتظر یک بار هر بیان پایه است، به اضافه صفر دفعه پایه، به اضافه صفر یکان.

**مبتدی**— حساب دو علامتی شما برای من جالب بنتظر نمی‌آید. برای نوشتمن عدد ۴ باید سه رقم بکار ببرید... این بیچارگی است.

### تبديل و حساب دو علامتی

**مهندس**— آقای مبتدی خیلی تند قضاوت نکنید. مسلمًا در اینجا تعداد رقم‌هایی که بکار برده می‌شود بیشتر از حسابی است که می‌شنايد و بطور متواتر سه بر ابر است. اما این رقم‌ها فقط صفر و یک هستند که کار کردن با آنها ساده‌تر است. حالا رقمی را که برایتان به صورت ۱۱۰۱۱۰۱ می‌نویسم با عدد نویسی بر پایه ده چگونه می‌نویسید؟

۲۶	.....	۶۴
۲۵	.....	۳۲
۲۴		
۲۳	.....	۸
۲۲	.....	۴
۲۱		
۱	.....	۱
<b>۱۰۹</b>		

**مبتدی**— اول از داعی که برایم گسترش شده خود را کنار می‌کشم به این ترتیب که می‌گویم منتظر عدد یک میلیون و یکصد و یک هزار و صد و یک نیست. حالا از سمت راست شروع می‌کنم، گمان می‌کنم اینکار آسانتر باشد. پس این عدد یک بیکان دارد، از پایه چیزی ندارد چون دو میان رقم از سمت راست آن صفر است. برعکس هر بیان (توان دو) پایه را دارد یعنی ۴ و همینطور توان سوم پایه راهم دارد، یعنی ۸ چون سومین و چهارمین رقم از سمت راست هر دو یک هستند. عدد شامل توان چهارم پایه نیست (عدد ۱۶) برعکس شامل پایه به توان پنج هست (یعنی ۳۲) و پایه به توان ۶ (یعنی ۶۴) هم دارد. بنابراین برای خواهد بود با مجموع ۳۲، ۶۴، ۱۶ و ۱؛ پس مقدار آن در عدد نویسی ده تأثی (بر پایه ۱۰) ۱۰۹ است.

**مهندس**— درست است آقای مبتدی، بطور قابل توجهی این عدد را تبدیل کردید. حالا می‌توانید به حساب دو علامتی برای من جمع بزنید؟

**مبتدی**- این کار باید وحشتناک باشد، با وجود این احساس می‌کنم برای آزمایش حاضرم.

**مهندس**- خوب پس این جمع را بزنید:

h g f e d c b a

$$\begin{array}{r} 1101101 \\ + \quad 1101000 \\ \hline 1101000 \end{array}$$

بالای هرستون حروف الفباء را گذاشته‌ام تا شما را راهنمائی کند؛ a مر بوط به یکان است، b برای دومان (بینخشیده لفظ جدیدی وضع کرده‌ام که یادآور دهگان است)، c برای چهارمان، d برای هشتمن، e برای شانزدهمان، f برای سی و دومان، g برای نصت و چهارمان و h برای صد و بیست و هشتمن، می‌توانید شروع کنید.

**مبتدی**- سعی می‌کنم این کار را بکنم. تصور می‌کنم که مثل حساب برایه ده عمل می‌کنند؟

**مهندس**- درست همانطور، فقط با قاعده‌های دیگری برای جمع کردن رقم‌های جداگانه چون درحساب دو علامتی هستیم.

**مبتدی**- شجاعانه عمل کنیم. درستون a یکان‌ها، یک در بالا و صفر در پائین است. تصور می‌کنم که معمولاً صفر به اضافه یک می‌شود یک که آنرا در زیر می‌نویسیم. درست است؟

**مهندس**- خیلی خوبست، اما افراد کنید که چندان پیچیده نبود.

$$\begin{array}{r} 1+1=10 \\ 1+1+1=11 \end{array}$$

**مبتدی**- خوب، با کمال میل قبول می‌کنم. بهستون b دومان می‌رویم. خوب در اینجا کمی ناراحتم. هر دو عدد صفر است.

**مهندنس**- این عمومیت دارد چون وقتی خیلی ساده است، هیچکس نمی‌داند. برای من در هر حسابی که باشد، صفر به اضافه صفر برای پر صفر است.

**مبتدی**- واقعاً باید فکر شد ام می‌کرم. پناین این در جمیع زیرستون b می‌نویسم صفر. به چهارمان در c برویم. در اینجا هم مشکلی نیست، یک در بالا و صفر در پائین، مجموع آنها یک است که در زیر می‌نویسیم. در جهت هشتمن شاید کمی پیچیده‌تر باشد چون در بر این یک در بالا و یک در پائین قرار گرفته‌ایم. مجموع آنها ۲ می‌شود و من عدد ۲ ندارم.

**مهندنس**- مسلمًا عدد ۲ ندارید. اما می‌توانید عدد ۲ را در دو علامتی به شکل ۱ که صفر پدنیال دارد بنویسید. به عبارت دیگر در موقعیتی قرار می‌گیرید که در حساب همه‌ولی وقتی جمع دو عدد بیشتر از ده می‌شود، به آن پر خورد می‌کنید. در این حالت چه می‌کنید؟

**مبتدی**- در این حالت فقط رقم یکان را می‌گذارم و رقم دهگان را بر می‌دارم.

**مهندنس**- خوب، رقم یکان یعنی صفر را درستون d می‌گذارید و رقم دومان

یعنی یک را می‌گیرید که به رقم ستون e اضافه می‌کنید.

**مبتدی**- ادامه می‌دهم. برای e مشکلی نیست، فقط همان رقمی را که برداشته‌ام دارم به اضافه صفر، به اضافه صفر، بنا بر این همان رقم ۱ را در جمیع ستون e می‌نویسم. در f چیزی می‌بینم که شناخته شده‌است؛ ۱ به اضافه یک که عدد ۲ را بمن می‌دهد؛ صفر می‌گذارم و ۱ را نگه می‌دارم که به ستون g اضافه می‌کنم.

$$\text{هیچ} + \text{هیچ} = ?$$



در اینجا خیلی دشوار خواهد شد چون باید سه بار ۱ را با هم جمع کنیم.  
**مهندس** - اما درست همان اصل را بکار خواهید برد. سه بار عدد یک یعنی  
 ۳ در حساب دو رقمی نماینده یک دومنان به اضافه یک واحد است، بنابراین به صورت  
 ۱ بددنیال ۱ نوشته می‌شود، پس در ستون ۸، یک را می‌گذارید و یک را هم نگه  
 می‌دارید.

**مبتدا** - درست است باید فکر کش را می‌کرد و چون عدد یکی که نگه  
 داشتم از چیزی برای اضافه شدن ندارد به گذاشتن آن در ستون  $b$  اکتفا می‌کنم. حالا  
 می‌فهمم که چرا این ستون را که نه عدد اول و نه عدد دوم در آن رقم داشتند و بهمین  
 جهت خیلی من اتحریک کرده بود، گذاشته بودید.

$$\begin{array}{r} & 1 & 7 \\ & + & 5 \\ \hline & 2 \end{array}$$

### مدارهای منطقی

**مهندس** - گمان می‌کنم حالا به اندازه‌ای می‌دانید که بتوانید هر عملی را با  
 استدلال منطقی در دو علامتی انجام دهید. حالا خواهیم دید که وسائل الکترونی  
 که می‌توانند این کار را انجام دهند کدامند.

$$\begin{array}{r} & 1 & 1 \\ & + & 1 \\ \hline & 0 \end{array}$$

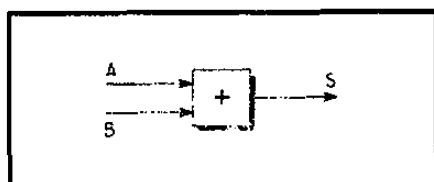
کار را با صحبت درباره مدارهای منطقی آغاز می‌کنم.

**مبتدا** - چطور؟ تمام مدارهایی که تابحال برایم گفتید غیر منطقی بود؟  
**مهندس** - نه، از روی کلمه قضاوت نکنید، به مدارهای منطقی می‌گویند که  
 امکان انجام بعضی عملیات را فراهم کنند که وابسته به روش استدلالی باشد که آنرا  
 چیز منطقی می‌گویند و همبستگی کاملی با حساب دو علامتی دارد. در این مدارها فقط  
 امکان بودن یا نبودن فشار را مورد نظر قرار می‌دهیم. نبودن فشار صفر نامیده می‌  
 شود و بودن مقداری فشار ثابت یک نامیده خواهد شد. به عبارت دیگر هر چیز که  
 یک نباشد صفر است و هر چیز صفر نباشد یک است.



**مبتدا** - تا وقتی خیلی پیچیده نباشد، احساس آرامش می‌کنم.

**مهندس** - آفای مبتدا چندان به آن اعتماد نکنید، درست پشت همین سادگی  
 ظاهری است که گاهی دشواری این نوع استدلال‌ها پنهان است. بهر حال خواهید دید  
 که شمارا چندان دور نمی‌برد.

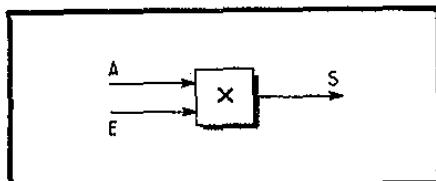


شکل ۱۲۶ - علامت اختصاری مدار منطقی «یا»  
 که وقتی فشار روی یک ورودی یا روی دیگری  
 (یا هر دوی آنها) وجود دارد، در حسروجی  
 شماری بدست می‌دهد.

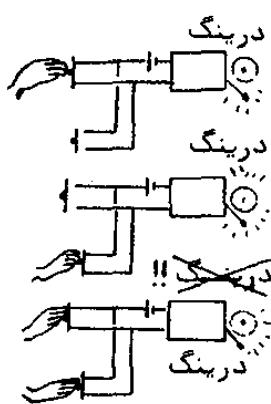
با مدار «یا» که خلاصه آنرا در شکل ۱۲۶ برایتان کشیده‌ام کار را آغاز  
 می‌کنم. از علامت + ناراحت نشویم. آن اشاره به علامت گذاری مخصوصی است که  
 ترجیح می‌دهم شمارا وارد آن نکنم. این مدار «یا» بمنظور اینست که وقتی روی  
 ورودی A یا ورودی B یا روی هردو ورودی آن فشاری وجود دارد، در حسروجی  
 فشاری بدست بدهد. و با فرض اینکه فشارهای A و B روی فقره‌های دو رله که  
 کنتاکت یا اتصالی کار آنها را موازی قرار داده‌ام اثر خواهند گرد، چیزی شبیه به آن

درست خواهد کرد.

**میتدی** - چیزی که من در مدار «یا»ی شما کمی ناراحت می‌کند اینست که وقتی فشار روی یکی از دو ورودی ویا در یک لحظه روی هر دوی آنها می‌گذارم، تفاوتی نمی‌کنم.



شکل ۱۲۵ - علامت اختصاری مدار منطقی «و» که فقط وقتی درخروجی فشاری پدست می‌دهد که روی یکی از خروجی‌ها و روی خروجی دیگر در یک زمان فشاری وجود داشته باشد.

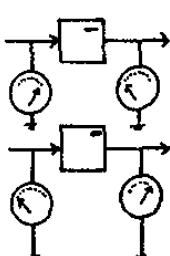
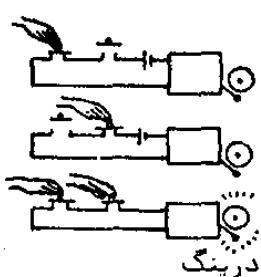


**مهندس** - این فکری است که باید به آن عادت کنید. مثلاً تصور کنید که زنگی را به وسیله دو دکمه مختلف تعذیب می‌کنید که باهم بطور موازی قرار دارند، برای اینکه بشود از دو محل مختلف آنرا بکار انداخت. اگر روی هر کدام از دکمه‌ها فشار بدهیم، زنگ به صدا درمی‌آید. اگر روی هر دو کلید در یک زمان فشار بدهیم، پازهم زنگ به صدا درمی‌آید (اما شدت صدا بیش دو برابر نیست).

**میتدی** - خوب، قبول کردم، اما در این صورت باید بجای «یا»ی تعریف شما کلمه مخصوصی گذاشته شود.

**مهندس** - بخشی از گفته شما درست است. بنی اندازه عادت کرده‌ایم که کلمه «یا» را برای اختصاص بکار ببریم چون وقتی می‌گویند که یکنفر بلند است یا کوتاه، او نمی‌تواند در عین حال هردو اندازه را داشته باشد. اما این کلمه را در معنی غیراختصاصی آن هم بکار می‌برند. وقتی می‌گوئید یک ترانزیستور بد بکار برده شده یا خراب است، کاملاً امکان دارد که در عین حال هردو وضع وجود داشته باشد و کلمه «یا» در اینجا اختصاص ایجاد نمی‌کند.

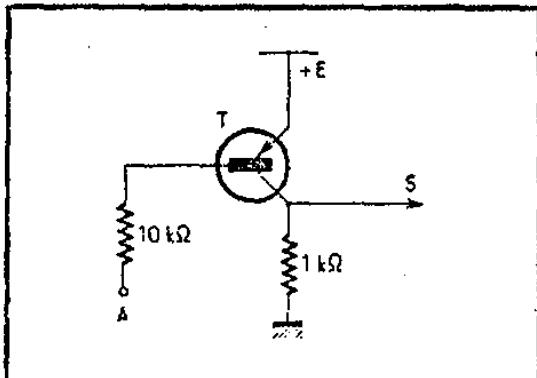
حالا به مدار «و» می‌پردازم. برای نمایش آن، علامت X علامت گذاری‌های جیم «بول» Boole را بطور قراردادی انتخاب کرده‌ام. علامت X علامت گذاری‌های جیم «بول» Boole را بیاد می‌آوردم که بررسی آن مارا از موضوع دور خواهد کرد. این مدار وقتی فشاری به ورودی A و ورودی B آن در یک زمان گذاشته می‌شود، باید فشاری در خروجی اش بدد. مثلاً می‌توانیم آنرا به این ترتیب بسازیم که به وسیله فشار پهق‌قره‌های دو رله فرمان بدهم که اتصالی کار آنها را بطور پیاپی باهم وصل کرده‌ایم.



شکل ۱۲۶ - علامت اختصاری مدار منطقی «منتم» که وقتی فشار در ورودی آن نیست، درخروجی فشاری پدست می‌دهد و بر عکس.

حالا سومین مدار منطقی را برایتان تعریف می‌کنم که مدار «منتم» است. علامت اختصاری آن مطابق شکل ۱۲۶ است. بطور ساده مداری است که وقتی به ورودیش فشاری ندهیم، در خروجی فشاری به ما می‌دهد، و وقتی در ورودی فشاری به آن پدیم، در خروجی فشاری بدمای نمی‌دهد. می‌توانیم آنرا به این ترتیب درست

کنیم که بهوسیله فشار ورودی A روی قرقره‌های افر بگذاریم که اتصالی استراحت آن یک فشار مشبت در خروجی پهماید.



شکل ۱۲۷- ساختمان یک مدار «متهم» بهوسیله یک ترانزیستور ساده.

### مدار منطقی بدون رله

**مقدمه**- درواقع بنتظر من مدارهای شما تا اندازه‌ای ساده هستند، امامن از وجود رله در آنها ناراحتم. مسلماً راهی هست که بجای آنها عنصرهایی بگذاریم که کارشان سریعتر است.

**مهندس**- حق با شماست. مدارهای رله‌ای که برایتان شرح دادم بهاین منظور بود که بهروشی طرز کار مدارهای منطقی را بشما نشان دهم. درواقع اگر مثالی می‌خواهید، مدار شکل ۱۲۶ را بخوبی می‌توان بهوسیله مونتاژ شکل ۱۲۷ ساخت.

می‌بینید که اگر من نقطه A را به اختلاف سطح  $+E$  وصل کنم (که هاند وجود فشار در نظر گرفته شده است) ترانزیستور T مسدود می‌شود و فشار خروجی S صفر است. بر عکس اگر نقطه A به بدن وصل شود (نبودن فشار در ورودی)

یک جریان پایه در ترانزیستور از راه مقاومت  $10\text{ k}\Omega$  می‌گذرد؛ اگر ضریب بهره جریان در این ترانزیستور بیشتر از  $10$  باشد، که چیز معمولی است، ترانزیستور اشباع شده است و جریانی که از آن می‌گذرد جمع کننده آن (یعنی خروجی S) را به اختلاف سطحی نزدیک به  $+E$  می‌رساند. سیستم‌های تا اندازه‌ای ساده و همینطور ترانزیستوری برای ساختن مدارهای «و» و «یا» هم داریم.

**مقدمه**- درواقع همه اینها بهنظر من تقریباً ساده هستند. امادرست نمی‌دانم با مدارهای منطقی خودتان جه می‌خواهید بگنید. بنتظر من امکانات آنها بسیار محدود است.

### بهم‌بیوستن مدارهای منطقی

**مهندس**- ناراحت نشوید. از لحظه‌ای که تعدادی از آنها را باهم یکجا جمع کنیم، امکانات آنها زیاد می‌شود. برای اینکه مثالی برایتان آورده باشم، الان مداری خواهیم ساخت که در جمع کردن اعداد دوعلامتی بکار خواهد رفت. همانطور که متوجه شده‌اید، وقتی دو عدد دوعلامتی را جمع می‌کنیم اعداد یکان عبارتند از، صفر اگر هردو صفر باشد.

یک اگر فقط یکی از هردو عدد یک باشد.

بنا بر این گروهی از مدارها را پیدا می کنیم که اگر به هر یک از دو ورودی آن فشاری بگذارم، در خروجی فشاری بهما بدهد، اما وقتی بهدو ورودی آن فشاری گذاشتم در خروجی فشاری بما نباشد.

**متلبی**— بنا بر این مدار یا مناسب نیست.

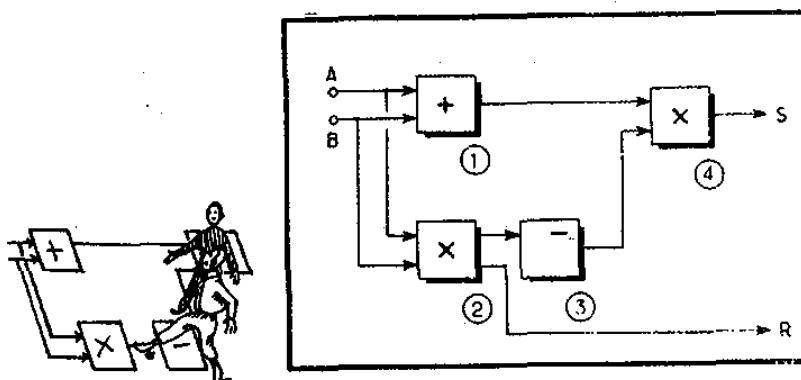
**مهندس**— قطعاً به تهائی نمی تواند کافی باشد. اما هنوز ساخته شدهای را که در شکل ۱۲۸ بطور خلاصه برایتان کشیده ام، بررسی کنید. دو فشار ورودی A و B در یک لحظه به مدار «یا» شماره ۱ و مدار «و» شماره ۲ گذاشته می شوند. می بینید که در خروجی مدار «و»، مدار «متهم» شماره ۳ را قرار داده ام.

پس در خروجی این مدار «متهم»، یک خواهش داشت، مگر وقیکه فشارهای ورودی A و B هردو وجود داشته باشند و این وضع در واقع فقط وقتی وجود دارد که من در خروجی مدار «و» شماره ۲ فشاری ۲ داشته باشم.

**متلبی**— تا اینجا بدون دشواری فهمیده ام.

**مهندس**— بقیه آن پیچیده تر از این نیست. در خروجی مدار «یا» شماره ۱. وقتی فشار روی A یا B یا هردو وجود داشته باشد، فشاری خواهیم داشت. حالا وضع کار مدار «و» شماره ۴ را بررسی کنید. فقط در حالتی که ورودی های A و B هردو فشاری دریافت کنند، مدار «و» شماره ۴ روی ورودی یا اینینی اش چیزی دریافت نمی کند. درسه حالت دیگر (فشار صفر در A و B، فشار صفر در A و بودن فشار در B و فشار صفر در B و بودن فشار در A) روی ورودیش فشاری را دریافت خواهد کرد.

پس این مدار شماره ۴ بودن فشار در خروجی مدار «یا» شماره ۱ را فقط در حالتی حذف می کند که فشارها در یک لحظه در A و B وجود داشته باشند. پس می بینید که با بررسی تمام حالت های ممکن، فشار S وجود نخواهد داشت مگر آنکه فشار روی A داشته باشیم اما روی B نداشته باشیم یا اینکه روی B باشد ولی روی A نباشد.



شکل ۱۲۸— یک مدار «یا اختصاصی» یا «نیم جمع کشیده» می دهد که وقتی فشار در A و یا B وجود داشته باشد در خروجی فشاری بدست می دهد، اما اگر در هر دو ورودی فشار وجود داشته باشد، در خروجی فشاری نخواهد داد.

**متلبی**— به آن اندازه که گفتید ساده نیست، با وجود این می شود از آن سر در آورد. فقط نمی دانم این خروجی که به حرف R نمایش داده اید و از مدار «و» شماره ۲ گزینه اید پدچه درد می شورد.

**مهندس**— آقای متلبی به خاطر انتقام رجوع کنید. پیاده نشان خواهد آمد که

در جمیع دو علامتی، اگر هر دو رقم جمع شده مقدارشان یک بود، باید یک را نگه می-داشتم؛ به عبارت دیگر خروجی  $R$  نماینده نگهداشت عدد است، اگر در  $A$  و  $B$  فشار وجود داشته باشد، در  $R$  یک وجود دارد.

A	B	S	R
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	0	1

نمايش الگوريكى اعداد

مهندس - قبل از اینکه به آن برسیم، باید ابتدا پشما بگوییم که روش‌ها  
وکار پرده شده برای نمایش اعداد به شکل الکترونیکی چیست.  
یک عدد که بر حسب کد دوعلامتی بیان شده باشد از تعدادی رقم تشکیل شده است که یا یک هستند و یا صفر. فرض کنید که  $n$  رقم وجود دارد. می‌توانیم این رقم را به شکل الکترونیکی با دو روش بیان کنیم.  
ابتدا به شکل اعداد موازی است به این ترتیب که  $n$  رشته سیم پکار می‌بریم که به ترتیب واپسیت به  $n$  رقم هستند، که روی این سیم‌ها بر حسب آنکه عدد واپسیت به آن سیم یک باشد یا صفر، فشاری وجود خواهد داشت یا نخواهد داشت. بنابراین تمام رقم‌ها در یک زمان روی همان تعداد سیمی که رقم‌ها لازم دارند، ارائه می‌شوند. روش دوم نمایش، روش اعداد پیپاپی گفته می‌شود. این روش مشتمل بر فرستادن یا نفرستادن ضربه‌ها روی یک خط تنها، با آهنگ تعیین شده از قبل است به این ترتیب که با پرسی رقمی که باید فرستاده شود، مثلاً از راست به چپ، برای هر رقم



ا، صربه‌ای فرستاده می‌شود و برای هر روم صفر ضم به فرستاده نمی‌شود.  
همبتدی - این روش آخر بمنظور من خیلی خطرناک است چون اگر عددی که  
باید فرستاده شود باچند صفر شروع شود، بهیچوجه نمی‌شود فهمید فرستادن عدد چه  
وقت آغاز شده است. به این ترتیب است که همان‌طور که در یک عدد ۷ رقمی، اگر شامل  
یک ۱ و شش صفر باشد، عدد پیاوی شما فقط از یک ضم به تشکیل می‌شود؛ هی شود  
فکر کرد که عدد یک است و یا عدد یک و صفر. درست معلوم نیست.

**مهندس** - برای اینکه این تردید از بین برود، وسیله‌ای بگار می‌پرند که ورزشکاران پنهانی می‌شناستند. برای اینکه تمام شرکت‌کنندگان در دو صد هزار بیکارانه حرکت کنند، چه می‌کنند؟

**مبتدی** - از آغاز کننده مسابقه می خواهند یک تیر شلیک کنند.  
**مهندس** - ماهی همین کار را می کنیم بهاین ترتیب که در روی سیمی که رقمهای فرستاده شوند، ضربه آغازی بنام «استارت» (آغاز) وجود دارد که فرستادن و پهلوان را اعلام می کند و از روی آن می دانند که چه وقت باشد رفع عای بیکان. دومن، چهارمان و غیره را دریافت کرد. برای اینکه علامت آغاز با ضربهای رقمهای اشتباہ نشود، هدت زمان آنرا متفاوت می گیرند که امکان می دهد به سادگی آنرا جدا کنند.

**مبتدی** - بنظر من این روش فرستادن مجدد خیلی زیر کانه تر از روش عده‌های هوازی است. برای فرستادن همه آنها فقط یک سیم کافی است. با اینحال چیزی هست که بنظر من خیلی عجیب است و آن روش فرستادن است که با ارسال یکان آغاز می‌شود، بعد دو مان، بعد چهار مان و غیره فرستاده می‌شوند. بطور کلی وقتی عددی را می‌خواهند، رقم‌های آنرا از چپ به راست می‌دهند.

## نمایش دهنده - جابجا کننده



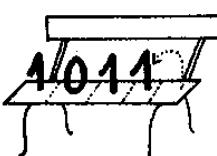
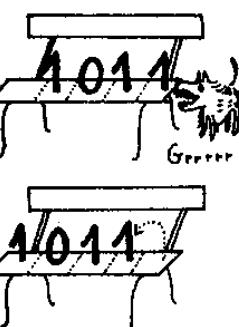
**مهندس**- در واقع عادت برآنست که شما گفتید، اما می‌دانید که همیشه برای انجام عمل جمع و ضرب، از یکان آغاز می‌کنند. برای کاربرد آسان این عدد پیاپی در ماشین‌های حساب، بهتر است که اول یکان را بهما بدهد. اما درباره بهتر بودن فرستادن اعداد پیاپی، فراموش نکنید که اگرچه بهبیشتر از یک سیم برای فرستادن اعداد نیازی نیست، اما این کار به دوجهت گران تمام می‌شود؛ ابتدا زمان فرستادن طولانی‌تر است، سپس کاربرد عدد گرفته شده به سادگی اعداد موازی نیست. حالا خواهیم دید که دستگام کلید ماشین حساب‌ها را چگونه می‌سازند؛ این دستگاهی است که نمایش‌دهنده جابجا کننده‌ی نامند و با نام انگلیسی آن Shift Register نیت‌کننده با جابجایی هم مشخص می‌کنند. این دستگاه یک نوع هیز حافظه است که می‌توان عدد را رقم پر قم روی آن لفزاند.

**مبتدی**- چگونه می‌خواهید حافظه پسازید؟ علاوه بر این، اگر باید عدد را جابجا هم بکشد، باید بطرز خاصی دشوار باشد.

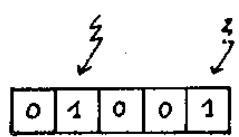
**مهندس**- شکل خلاصه این نوع نمایش‌دهنده جابجا کننده با سطبه را در شکل ۱۲۹ برایتان کشیده‌ام؛ می‌بینید که تکرار این مونتاژ اساسی مشخص است این دستگاه تشکیل می‌شود از یک قیان که روی یکی از ورودی‌هایش بطور مستقیم و روی ورودی دیگر کش به‌وسیله مدار «دای» زیر تاثیر قرار می‌گیرد. قیان یک فشار خروجی بدست می‌دهد که با تبدیل به‌ضر به، به یک مونتاژ گذاشته می‌شود که یک تأخیره انداز است و به‌وسیله  $R$  مشخص شده است. مثلاً می‌توان به‌وسیله یک هونتاز یک ناپتی نظیر همانهایی که برایتان شرح دادم، آنرا ساخت.

**مبتدی**- قطعاً مطلب قابل فهمیدن بنظر می‌آید. اما بالاخره باینجا رسیدم که به شماهای جعبه‌ای شما بدبین شویم چون زیر ظاهر ساده خودشان، پیچیدگی وحشت‌آوری پنهان کرده‌اند.

**مهندس**- این یکی هو بربنتان راست نمی‌کشد. روی قیان‌ها علاوه بر ورودی‌های معمولی، یک ورودی کناری کوچک می‌بینید که با حرف  $Z$  نمایش‌داده‌است. این یک ورودی است که واپسید به فرمان صفر کننده است؛ این کار را مثلاً با فرستادن یک ضربه منفی از راه این ورودی به‌پایه ترازنیستود  $T_2$  مونتاژ شکل ۱۲ می‌توان انجام داد.

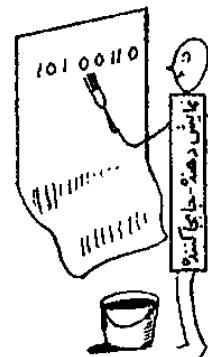


فرض نمایید که یک عدد موازی در اختیار من باشد. آنرا به‌وسیله تمام خطوط که منتقل کرده‌اند به‌ورودی‌های  $E_1$  و  $E_2$  و  $E_3$  وغیره نشان‌دهنده جابجا کننده که تمام قیان‌هاش به‌حالت صفر درآمده‌اند می‌گذاریم. سیم یکان شیکه سیمهای را که عدد موازی روی آن منتقل شده به‌ورودی  $E_1$  وصل می‌کنیم؛ سیم دومان به‌ورودی  $E_2$  خواهد رفت و سیم چهارمان به‌ورودی  $E_3$  می‌رود. اگر به‌این ترتیب عدد موازی به‌صورت ضربه یا نبود ضرب به‌ورودی‌های مختلف نشان‌دهنده جابجا کننده گذاشته شود چه می‌گذرد؟



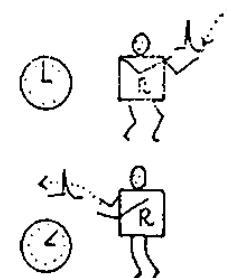
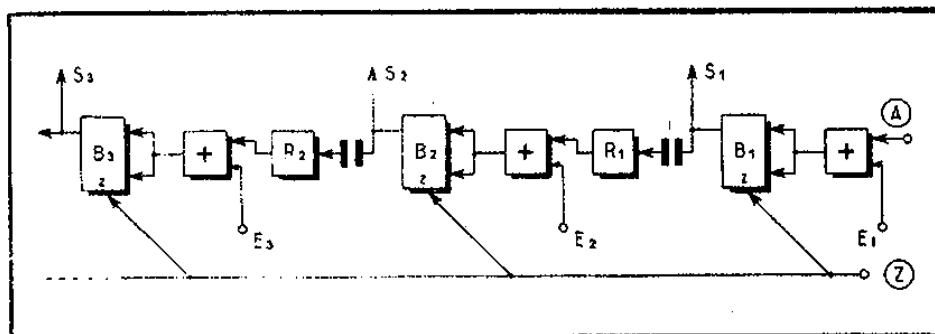
**مبتدی**- تمام این مطالب آنقدر برای من مهم است که فقط می‌توانم این پاسخ را بدهم که تنها قیان‌هایی که خوب بد دریافت کنند به‌حالت ۱ درمی‌آیند.

از این که بگذریم، دیگر چیزی نمی‌توانم بگویم.  
**مهندس** - آقای مبتدی منم بیشتر از این از شما نخواستم. بنا بر این می‌بینید قپان‌های مختلف وابسته به ردیفی که در آن ۱ وجود داشته به حال تواند در می‌آیند. پس فشارهای خروجی این قپان‌ها یک حافظه از عدد مورد بحث تشکیل می‌دهند که بصورت کد هوایی نمایانه شده و بطور دائم نشان داده می‌شود.  
**مبتدی** - تمام این عملیات پیچیده‌تر از آنست که یک حافظه از عدد بدست بیاید. عدد هوایی شما به صورت بودن یا نبودن ضربه تهیه شده بود. اگر به صورت فشار مستقیم یا نبودن فشار مستقیم تهیه می‌شد، تمام نوتاژ شما بی‌فایده بود.



### جابجایی

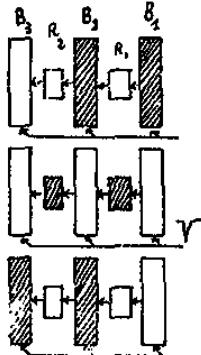
**مهندس** - کاملاً با شما موافقم. اما هنوز تصوراً مکانات نوتاژ را هم نکرده‌اید.  
 حالا فرض کنید که به سیم  $Z$  یک ضربه منفی صفر کننده بگذارم. چه خواهد شد؟  
**مبتدی** - اووه، جادوگری که نیست، تمام قپان‌ها به حالت صفر درمی‌آیند و حافظه شما پاک می‌شود.  
**مهندس** - اگر مدارهای تأخیر انداز نداشتیم این مطلب درست بود. در لحظه‌ای که من این ضربه صفر کننده را وارد می‌کنم، قپان‌هایی که در وضعیت یک بودند به صفر بر می‌گردند. با اینکار ضربه‌ای به تأخیر اندازه‌ای که بعد از آنها قرار گرفته‌اند، می‌فرستند. در این لحظه آن عدد از قپان‌هایی که باید دوباره به حالت ۱ بروند، این کار را می‌کنند. حالا خواه به حالت صفر آمده باشند یا نه.



شکل ۱۲۹ - شمای جعبه‌ای «نشان‌دهنده - جایگا کننده» (ثبت کننده بسا جایگایی) که روی آن می‌توان یک عدد دوعلامتی را به سیله‌ورودی‌های  $E_1$  تا  $E_3$  نشان داد، یک ضربه که به  $Z$  وارد شود عدد نشان داده شده را به سمت چپ می‌لغزاند.

**مبتدی** - در این مورد کاملاً با شما موافقم. با این حرکت عجیب چه چیزی نصیب شما می‌شود؟

**مهندس** - چیزی که بدست می‌آید اینست که وضع مشخصی که قبل از به صفر رساندن روی هر قپان وجود داشت، حالا روی قپان بعدی برده شده است (در جهت راست به چیز). مثلاً اگر یک ضربه روی  $E_1$  و یکی هم روی  $E_2$  فرستاده باشم و روی  $E_3$  چیزی نفرستاده باشم، در اصل در  $S_1$  و  $S_2$  فشار خروجی خواهم داشت

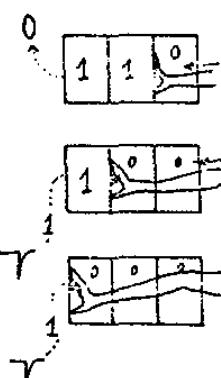


و در  $S_3$  چیزی ندارم. حالا یک ضربه صفر کننده می‌فرستم. قیان‌های  $B_1$  و  $B_2$  به حالت صفر درمی‌آیند درحالی که تأخیر اندازهای  $R_1$  و  $R_2$  را تحریک می‌کنند. پر عکس قیان  $B_3$  که در وضعیت صفر بوده دیگر به آن حالت پرنی گردد و همانجا می‌ماند. بنابراین تأخیر انداز  $R_3$  را هم تحریک نمی‌کند. وقتی اندکی بعد تأخیر اندازهای  $R_1$  و  $R_2$  ضربهای خود را می‌فرستند، قیان  $B_3$  که به حالت صفر آورده شده بود، دوباره به حالت ۱ بر می‌گردد. بنابراین در خروجی‌های  $S_1$  و  $S_2$  فشار خواهیم داشت، و در خروجی  $S_3$  نداریم. بجای نشان دادن عدد ۱۱۰ را نشان خواهیم داد. عدد نشان داده شده را یک ستون به طرف چپ جایجا کرده‌ایم و درست راست یک صفر گذاشته‌ایم.

**مبتدی**- اگر چنین کاری روی عدد نشان داده شده در پایه ۱۰ انجام می‌شد، یعنی تمام رقم‌ها یک ستون به سمت چپ جایجا می‌شدند و یک صفر سمت راست گذاشته می‌شد عدد را در ده ضرب کرده بودیم. اما وقتی عدد دو علامتی مورد نظر است، نمی‌دانم اینکار را بسته به چیست.

**مهندس**- بطور ساده و باسته به ضرب کردن آن در ۲ است. این تازه یکی از امکانات دستگاه ماست. با هر ضربه‌ای که روی  $Z$  فرستاده می‌شود، عددی را نشان می‌دهم که دو برابر عددی است که در اصل نشان داده شده بود. اما نشان دهنده چاچاکنده مسا باز هم امکانات جالبتری دارد حالا وقتی سه بار بطور می‌در پی به وسیله خط  $Z$  صفر کردن را انجام دهم، به ضربهایی که از قیان  $B_3$  خارج خواهد شد نگاه کنید.

0	1	1
---	---	---



### تبديل هوائي-بياني

**مبتدی**- برای اینکه بهتر متوجه شوم، حالتی را که شما در نظر گرفتید پرسی می‌کنم به این ترتیب، عددی که در اصل نشان داده شده بود ۱۱۰ بود. اولین فرمان به  $Z$ ، عدد نشان داده را ۱۱۰ کرد، اما گمان می‌کنم در این حالت، در نظر می‌گیرید که ضربهای از قیان  $B_3$  خارج نمی‌شود چون از وضع صفر به یک می‌رود.

**مهندس**- درواقع یک ضربه مثبت می‌دهد که ما با یک دیوید آنرا حذف می‌کنیم. بنابراین چیزی از قیان  $B_3$  خارج نمی‌شود. در صفر کردن بعدی چه پیش می‌آید؟

**مبتدی**- او، اینجا خیلی پیچیده خواهد بود! می‌بینیم به وسیله ضربهای که در ازدشده، قیان  $B_3$  که به وضعیت یک در آمده بود، دوباره به صفر خواهد رفت؛ به عقیده من باید در خروجی اش یک ضربه بدهد، چون فقط ضربهایی برای شما جالبند که وابسته به عبور از حالت یک به صفر باشند. اما چون  $B_3$  به وسیله تأخیر انداز  $B_2$  ضربهای را که از به صفر رسیدن  $B_2$  بدهست آمده دریافت می‌کند،  $B_3$  دوباره به حالت یک درمی‌آید. حالا درست نمی‌دانم به کجا رسیده‌ایم.

**مهندس**- خوب، ما ضربهای از قیان  $B_3$  بیرون آورده‌ایم و عدد نشان داده شده حالا ۱۰۰ است. اگر برای پارسوم ضربه صفر کردن را بفرستیم، دوباره ضربهای از  $B_3$  بیرون خواهیم آورد، چون از حالت یک دوباره به وسیله ضربه خواهد رسید. دیگر هیچ قیانی نمی‌تواند به حالت یک برگردد، چون عدد نشان داده شده به طرف

چپ پیش روی کرده به حدی که کاملاً کنار نده شده است.

**متندی** - اینکار دیگر خنده آور است! شما باید سه بار صفر کردن، به نوعی، عددی را که روی مونتاز نشان داده می شد، رقم به رقم، کنار نده اید. فقط آنرا در جهت پدی کنار نده اید چون این غدد را ابتدا با نیوون ضربه (رقم چهارمان)، بعد یک ضربه (رقم دومان) و بعد بازهم یک ضربه (رقم یکان) پدست آورده ایم.

**مهندسان** - ذراواقع همینطور است. ما عدمان را رقم به رقم از جائی که نشان داده شده بود، کنار ندیم. به عبارت دیگر آنرا در خروجی  $S_4$  به صورت کد پیاپی بدلست آورده ایم. وقتی گفتید که این کد پیاپی با پایان یافتن به یکان تهیه می شود حق داشتید؛ اگر می خواستیم بر عکس آنرا داشته باشیم، می بایست عدد را روی سه قبان به ترتیب معکوس نشان می دادیم، یکان در  $E_1$ ، دومان در  $E_2$  و چهارمان در  $E_3$ .

**متندی** - بنابراین نشان دهنده ... چا بجا کننده شما می تواند یک عدد موازی را به یک عدد پیاپی تبدیل کند.

### تبدیل پیاپی - موازی



**مهندسان** - آه، می دانید اگر بشود باید گفت که ترانزیستور این مونتاز بیشتر از یک معجزه دارد. می تواند بر عکس آنرا هم انجام بدهد. فرض کنید که عدد را به شکل پیاپی آن روی ورودی  $A$  پفرستیم، درحالی که بدنبال فرستادن هر رقم یک ضربه صفر کننده پفرستیم. می بینید که وقتی اولین رقم روی  $B_1$  نشان داده شد، صفر کردن، آنرا به سمت  $B_2$  پیش می برد. در این لحظه، رقم دوم روی  $B_1$  نشان داده شده است که قیلاً به صفر دسانده شده بود. ضربه دوم به  $Z$  می رسد و رقمی را که ابتدا روی  $B_2$  نشان داده شده بود (رقم اول) به سمت  $B_3$  می برد، درحالی که رقم نشان داده شده روی  $B_1$  (رقم دوم) به  $B_2$  می رود. در این لحظه  $B_1$  دوباره به صفر رسیده است و می تواند رقم سوم پیاپی را که به  $A$  می رسد، ثبت کند.

**متندی** - قطعاً این مونتاز بسیار هوشیار است. حالا یک عدد پیاپی را به یک عدد موازی تبدیل کرده است.

### جمع موازی

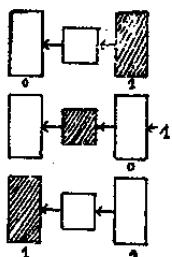


**مهندسان** - هنوز تمام امکانات آنرا ندیده ایم. فرض کنید که یک عدد موازی را به وسیله ورودی های  $E_1$  و  $E_2$  به مونتاز خودم پفرستم. حالا عدد دوم را روی همان ورودی های  $E$  می پفرستیم، یکان روی  $E_1$ ، دومان روی  $E_2$  و چهارمان روی  $E_3$ . حالا چه خواهد شد؟

**متندی** - یک مخلوط وحشتناک پدست هی آیدا

**مهندسان** - بهیچوجه. نگاه کنید در یکی از قبان ها چه می گذرد. اگر پس از نمایش اولین رقم در وضعیت صفر باشد، ممکن است در موقع نمایش عدد دوم ضربه ای دریافت نکند به شرط آنکه این عدد دوم در جای وابسته به این قبان شامل صفر باشد. در این حالت در وضعیت صفر باقی می ماند. همینطور ممکن است در لحظه نمایش عدد دوم ضربه ای دریافت کند که در این صورت به توان نرمی آید و به حالت

یک می‌رود. ممکن است در جریان نمایش عدد اولی ضربه‌ای دریافت کند اما هنگام نمایش عدد دوم ضربه‌ای دریافت نکند. در این حالت هم پس از نمایش عدد دو به حالت یک باقی خواهد ماند. می‌بینید که در این سه حالت روی هر قیان رقمی داریم که واپس‌تۀ برقم مجموع دو عدد است.



**مبتدی** - عجب، سرگرم کننده است. اما چیزی که بمن‌گفتید فقط در حالت‌های محدودی درست است.

**مهندس** - الان به شما نشان می‌دهم که در تمام حالت‌ها درست است. فرض کنید که قیان  $B_1$  در جریان نمایش عدد اول ضربه‌ای دریافت کرده باشد (که نشان می‌دهد عدد اول در رقم یکان عدد ۱ داشته است). حالا فرض می‌کنیم که در جریان نمایش عدد دوم هم یک ضربه در  $E_1$  دریافت کرده باشد. بنابراین دوباره به صفر برمی‌گردد و به این ترتیب رقم مجموع را نشان خواهد داد. اما با آمدن به صفر، ضربه‌ای به تأخیر انداز  $R_1$  می‌فرستد. این ضربه چیزی جز آنچه نگهداشته می‌شود نیست. پس از نمایش عدد دو، این عدد نگه داشته شده به قیان  $B_2$  می‌رسد و با تغییر دادن وضعیت آن به عددی که  $B_2$  نمایش داده است اضافه خواهد شد.

**مبتدی** - بسیار جالب است، چون موئاز شما می‌تواند جمع را انجام دهد و حساب اعداد نگه داشته شده را هم داشته باشد، این مطلوبترین راه برای ساختن جمع کننده است.

**مهندس** - این یکی از راه‌حل‌های است، اما بهترین آنها نیست. فرض کنید که اولین عدد نمایش داده شده ۱۱۱ و عدد دوم ۰۰۱ باشد. وقتی عدد دوم را نمایش می‌دهیم  $B_1$  به حال توازن درمی‌آید و به حالت صفر برمی‌گردد. این قیان بهوسیله  $R_1$  ضربه‌ای به  $B_2$  می‌فرستد که پس از کمی تأخیر به توازن درمی‌آید و به حالت صفر برمی‌گردد.  $B_2$  بهوسیله  $R_2$  ضربه‌ای به  $B_3$  می‌فرستد که پس از تأخیر دیگری به توازن درمی‌آید و به حالت صفر برمی‌گردد. در این صورت می‌بینید که تأخیرها بهم اضافه می‌شوند و زمان قابل توجهی طول می‌کشد تا حاصل جمع کامل نمایش داده شود.

**مبتدی** - این تفصیل شماست. چرا تأخیر کننده‌ها را گذاشتید؟

**مهندس** - آقای مبتدی، پس طرز کار نمایش دهنده - جابجا کننده را نفهمیده‌اید؛ این تأخیر اندازها دوری ناپذیرند. در واقع وقتی یک عدد را بهوسیله صفر کردن جلو می‌برم باید اول قیان‌ها به صفر برسد و بعد از آن به آنها ائی که باید دوباره به توازن درآیند یک ضربه که فرستاده شده و بهوسیله یکی از مدارهای تأخیر انداز به تأخیر افتداده است. برسد. همینطور وقتی که نمایش دهنده - جابجا کننده را برای جمع کردن اعداد موازی بکار می‌بریم باید از رسیدن یک رقم از عدد دوم و یک عدد نگه داشته شده‌ای که از قیان دیگری رسیده است بطور همزمان به یک قیان، جلو گیری شود.

**مبتدی** - آقای مهندس باز شروع شد. از من خواستید که با کار وحشت آور طرز کار نمایش دهنده - جابجا کننده شمارا بهم وحالا می‌خواهید بگوئید که نمی‌شود آنرا بکار برد.

**مهندس** - نه آقای مبتدی. بخوبی می‌توان نمایش دهنده - جابجا کننده را بکار برد. و آنگهی بزودی کاربرد بی‌نهایت هوشیارانه‌ای از این مجموعه خواهیم دید. طبیعتاً روش‌های فنی مدارهای مجتمع امکان کاهش پیچیدگی نمایش دهنده - جابجا کننده

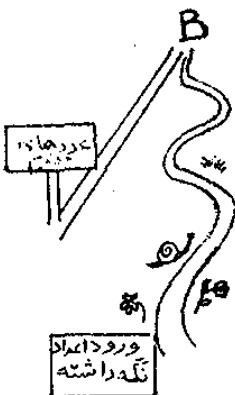
صعّب‌های ابتدا	
نمایش دهنده - جابجا کننده	نمایش دهنده - جابجا کننده
محاتوانه حافظه را تأمین اراده جایی کند، پایان را به موازی و موازی را به پایان تبدیل کنندو... غیره	نمایش دهنده - جابجا کننده
درستگیری محلی برای موتور	نمایش دهنده - جابجا کننده
جهت همه کاراست:	نمایش دهنده - جابجا کننده
با مشاهده ۷.. مجله مکانیک	نمایش دهنده - جابجا کننده
ترانزیستور کوچک به اندازه درستگیری محل خیر اشباح است	نمایش دهنده - جابجا کننده

را بمقدار زیاد فراهم کرده‌اند (امر و زه غالباً دستگاه «ثبت یا جایگائی» نام‌گرفته‌اند). بیشتر وقت‌ها آنرا با مدار مجتمع با تکنولوژی M. O. S می‌سازند و چندین نوع از آن وجود دارد:

۱ - دستگاه ثبت از نوع «دینامیک»، که در آنها اطلاعات نمی‌تواند نگه داشته شود هرگز آنکه آنرا به وسیله فرمان‌های جلوبرنده‌ای که سرعت پشت‌هم آمدن آن از يك مقدار حداقل بیشتر است «به‌جریان بیندازند». چون مدارهای مجتمع مولید بحث می‌توانند تا ۱۰۰ رقم دو علامتی را در خود نگه دارند، تجهیز چنین مداری به ۱۰۰ ورودی و ۱۰۰ خروجی مورد نظر نیست. بنابراین به‌این موضوع اکتفا می‌کنند که با «بستن» دستگاه ثبت به‌روی خودش، عدد نمایش داده شده را «به‌جریان بیندازند». اگر بخواهند عدد نمایش داده شده را بدانند باید آنرا «بل» بگیرند، به عبارت دیگر آنرا به شکل عدد پیاپی، وقتی که از آخرین طبقه خارج می‌شود تا به‌اولین طبقه برسد، در حین عبور آنرا به صورت رقم‌های دو علامتی بخواهند.

۲ - دستگاه ثبت از نوع «استاتیک» که پیچیده‌تر است و در آن می‌توان اطلاعات را متوقف کرد. بنابراین رقم‌های دو علامتی که در این دستگاه نوشته‌می‌شود، برای دوری از پاکشدن، نیاز به «جریان داشتن» بطور همیشگی ندارند.

اگر بخواهند يك دستگاه با جایگائی با همان تعداد ورودی و خروجی که رقم دو علامتی در خود نگه می‌دارد، بسازند، این کار را با چندین مدار مجتمع انجام می‌دهند. برای این منظور می‌توان مدارهایی که چندین قیان از نوع K-J دارند بکار برد. (این قیان بطور قابل توجهی برای ساختن این نوع دستگاه‌های ثبت، آمادگی دارد) و یا از نوع D استفاده کرد. بالاخره توجه شمارا به‌این عمل جلب می‌کنم که اگر يك دستگاه ثبت با مدارهای تأخیر انداز بکار ببریم، ممکن است اینکار مدت زیادی طول بکشد. بنابراین کوشش خواهیم کرد در این حالت روش دیگری بکار ببریم که فردا درباره آن صحبت خواهیم کرد.



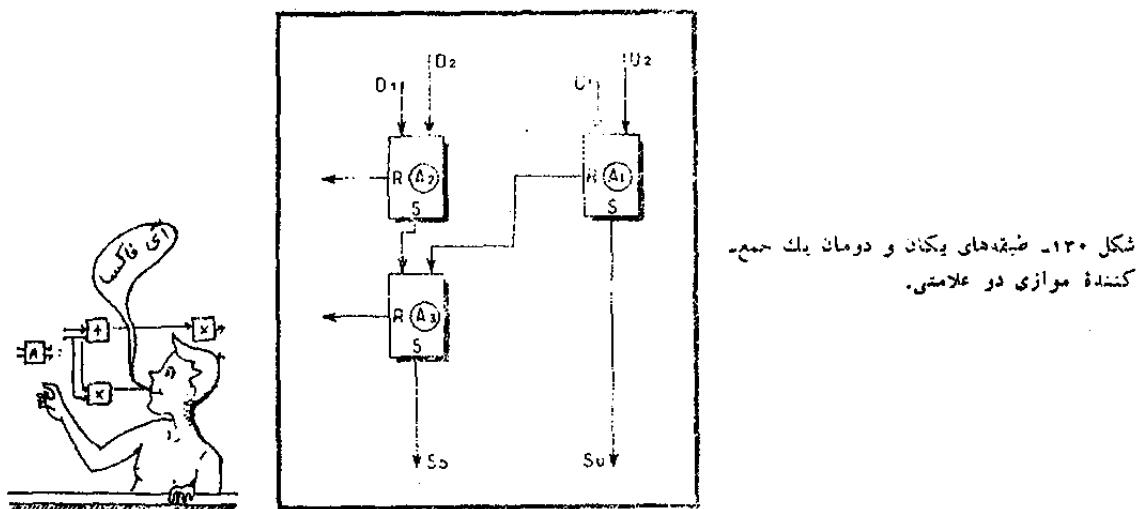
## بحث چهاردهم

این واقعه حتمی بود چون مبتدی برای اینکه بیشتر با الکترونیک آشنا شود، پیش می‌تازد! او فهمید که چگونه با حساب الکترونی دو علامتی باید عمل جمع را انجام داد. بنابراین آماده است که طریف کاری این فن را بیاموزد و چرا که ضرب کننده را بررسی نکند. بازهم باید قبل از آنکه از زی هوشمندانه اش، مثل یک خازن لیزر پس از برقراری خالی شود، طرز کار حافظه‌های باهسته فریت را بفهمد و فراگیرد...

## ضرب کننده‌های حسابی

### و حافظه‌ها

مبتدی من راه حل جمع شنیده را پیدا کردم چون هیچ دشواری خاصی وجود ندارد، مونتازی درست می‌کنیم که برای هر رقمی که باید جمع شود، مداری شبیه به شکل ۱۲۸ داشته باشد.



شکل ۱۲۸. ضربهای یکسان و دومنان یک جمع کننده موازی دو علامتی.

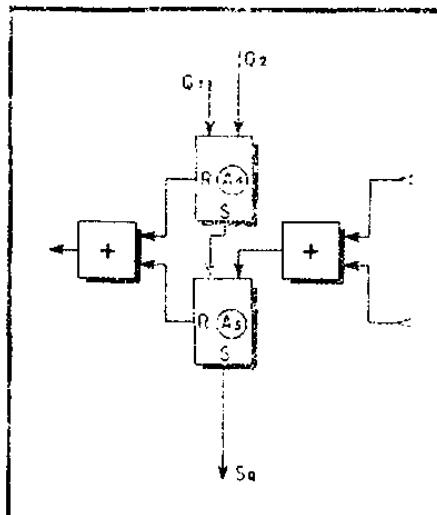
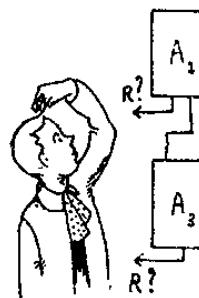
مهندس: بهله، این تکار برای یکان و دومنان نخستین عدد کاملاً خوب است. و قیی بخواهیم دومنان این دو عدد را با هم جمع کنیم، مشکله‌ای پیش خواهد آمد و آن اینست که احتمالاً باید سه رقم را جمع کنیم که عبارتند از رقم دومنان نخستین عدد، رقم دومنان عدد دوم و عدد نگه داشته‌ای که احتمالاً از جمیع یکان دو عدد بدست آمده است.

$$\begin{array}{r} R \\ \cdot \quad . \\ \cdot \quad . \\ \hline 0 \end{array}$$

مبتدی: اذ انتصربت تصور می‌نمم مداری شبیه به مدار شکل ۱۲۸ که کمی تغییر داده شده تا بجای دو ورودی سه ورودی داشته باشد، برایتان لازم است.

**مهندس**— در واقع بطور ساده دو تا از مدارهای شکل ۱۲۸ را، همانطور که در شکل ۱۳۰ نشان داده‌ام، بکار می‌بریم. در این شکل بجای تمام مدارهای شکل ۱۲۷ (که چندین بار پکل برده شده‌اند) مستطیلهای A را گذاشته‌ام که دو ورودی، یک خروجی S برای حاصل جمع و یک خروجی R برای عده‌های نگه داشته، داردند. می‌بینید که مدار  $A_1$ ، رقم یکان نخستین عدد  $(U_1)$  و دومین عدد  $(U_2)$  را می‌گیرد. خروجی S آن رقم یکان مجموع را به ما می‌دهد که آنسرا با  $S_D$  نشان داده‌ام. همینطور می‌بینید که برای جمع رقم‌های دومن دو عددما که به وسیله  $D_1$  و  $D_2$  مشخص شده‌اند، مدار  $A_2$  را بکار می‌بریم. خروجی حاصل جمع آن به یک مدار مشابه  $A_3$  فرستاده خواهد شد، درحالی که ورودی دیگر  $A_3$ ، رقم نگه داشته‌ای را که از  $A_1$  می‌رسد، دریافت می‌کند. در خروجی S از  $A_3$ ، رقم مجموع دومن را خواهیم داشت.

**مبتدی**— گمان می‌کنم فهمیده باشم. اما در این صورت رقم نگه داشته این عمل آخر از  $A_2$  خارج می‌شود یا از  $A_3$  یا از هر دو در یک زمان؟



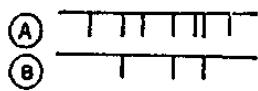
شکل ۱۳۱— طبقه «چهارمن» همان جمع کننده

**مهندس**— مسلماً از هر دو در یک زمان خارج نمی‌شود. در واقع اگر رقم نگه داشته‌ای باشد که از  $A_2$  خارج شود، معنی اش اینست که مقدار  $D_1$  و  $D_2$  هر دو یک است. در این صورت خروجی  $A_2$  صفر است. در اینحال  $A_3$  با دریافت صفر روی یکی از ورودی‌هایش می‌تواند یک خروجی مجموع بدست بدهد، اما رقم نگه داشته‌ای نخواهد داد.

**مبتدی**— در واقع می‌بینم که خروجی رقم نگه داشته در یک زمان روی  $A_2$  و  $A_3$  وجود نخواهد داشت. در این صورت برای رفتن به چهارمن، به عنوان رقم نگه داشته کدامیک از خروجی‌های R،  $A_2$  یا  $A_3$  را باید به جمع کننده وابسته متصل کنیم؟

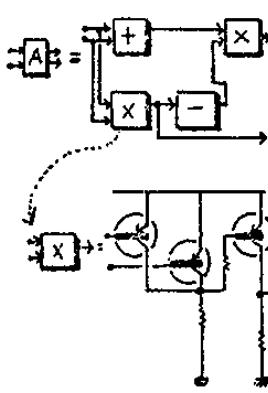
**مهندس**— آقای مبتدی کلمه دقیقی را که دارم را بامحل را بشما خواهد داد بلطفه. بنابراین به ورودی نگه داشته مجموع دومندار A، که تشکیل جمع کننده رقم‌های چهارمن را خواهد داد، خروجی R از  $A_2$  یا  $A_3$  را به وسیله مدار یا

متصل می‌کنیم. این همان چیزی است که در شکل ۱۳۱ برایتان کشیده‌ام که نشان دهنده تشکیل دنباله جمع‌کننده است. از طبقه چهارمان به بعد همه چیز دوباره بهمین ترتیب تهیه می‌شود. بنابراین می‌بینیم که اگر یاتا جمع‌کننده موازی احتمالاً پیچیده است، چندان درهم نیست.



**مبتدی**— دیگر می‌خواستید چه باشد؛ وقتی فکر می‌کنم چیزی را که معمولانه با حرف A در یک مستطیل مشخص کرده‌اید، مدار شکل ۱۲۸ است که در آن هر مربع کوچک مجموعه‌ای از چندین ترانزیستور، مقاومت و دیود است، کمی مضطرب می‌شود.

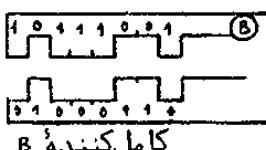
**مهندس**— آقای مبتدی مضطرب نشوید. سیستم‌های عملیات حسابی همیشه تکراری هستند از چندین دفعه عنصرهای نسبتاً ساده که به مجموعه‌های کوچکتری که ساده‌ترند تجزیه می‌شوند. هرچه باشد یک جمع‌کننده مثل شکل ۱۳۰ و ۱۳۱ این برتیری را دارد که بلا فاصله مجموع دو عدد موازی را که روی ورودی آن نشان داده شده است، پدست می‌دهد.



**مبتدی**— اگر می‌خواستیم عدد پیاپی را جمع کنیم چطور؟

**مهندس**— مونتاژی نظیر همین را می‌گیریم، درحالی که فقط دو مدار A، یک مدار «یا» روی نگهدارنده رقم‌ها و یک سیستم حافظه بلکه می‌بریم که مثلاً رقم نگهداشته دومان را در موقع جمع چهارمان به آن اضافه می‌کند. تشریح آن مارا از مطلب کمی دور می‌کند اما نسبتاً ساده است. این سیستم شامل عنصرهای خیلی کمتر است اما نقص آن دراینست که نیاز به ذخیره کردن عدد پیاپی که خارج می‌شود، دارد. در جمع‌کننده‌های شکل ۱۳۰ و ۱۳۱، پاسخ فوراً پدست می‌آید بدون اینکه رقم به رقم منتظر آمدن عدد پیاپی باشیم، به اضافه این پاسخ درخروجی نمایش داده می‌شود درحالی که عددهای موازی بهورودی گذاشته شده‌اند.

## تفريق



کامل‌کننده B

**مبتدی**— حالا تقریباً جمع کسردن را می‌دانم. اما تفريع را چگونه انجام می‌دهید؟

**مهندس**— معمولاً مسئله را پر عکس می‌کنند. فرض کنید که می‌خواهیم از عدد A، عدد B را کم کنیم. کار را با اضافه کردن یک واحد به A شروع می‌کنیم و عدد مخالف B را به آن می‌افزاییم و رقمی را که باید نگه داریم به حساب نمی‌آوریم.

**مبتدی**— عدد مخالف B به چه می‌گوئید؟

**مهندس**— بطوطر ساده عددی است که وقتی بهجای تمام یک‌ها در عدد B، صفر و بهجای تمام صفر‌ها یک بگذاریم بدلست می‌آید. چون B کوچکتر از A است، باید B را طوری نوشت که بعداز اولین یک درست چپ آن آنقدر صفر داشته باشد که تعداد رقم‌های B شود. با اگرفتن عدد مخالف B تمام این صفرها تبدیل به یک می‌شوند. یک مثال عددی برایتان می‌زنم: فرض کنید که A برابر ۱۰۱۱۰۱ (یعنی ۴۵) باشد و B برابر ۱۱۰۱... می‌باشد.

1	0	1	1	0	0	0	1	0
+	0	1	0	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1

جمع/توجه: ...۱۱۰۱ (در دو علامتی)

**مبتدی**— بعیارت دیگر ۱۱.

**مهندس**— آفرین آقای مبتدی. سیستم دو علامتی را خیلی خوب یادگرفته‌اید.

بنابراین عدد  $B$  را به این ترتیب می‌نویسیم:  
٠٠١١٠

تا مثل عدد  $A$ ، شش رقم داشته باشد، با گرفتن عدد مخالف  $B$  بدست می‌آوریم:  
١١٠١٠٠

حالا بگذراید پرسشی از شما بکنم؛ اگر این عدد مخالف را با  $B$  جمع کنید چه بدست می‌آورید؟

**مبتدی**— گمان می‌کنم بدون دشواری جتوانم این جمع را انجام دهم؛ هر جا که دریکی از دو عدد صفر وجود دارد در دیگری يك است. بنابراین مجموع آنها عددی است شش رقمی که تمام آنها يك است یعنی ١١١١١١

**مهندس**— آفرین، کاملاً درست است! حالا به آن يك واحد اضافه کنید.

**مبتدی**— خوب اگر این واحد را اضافه کنم؛ برای جمع یکان رقم صفر را بدست می‌آورم. يك را نگه دارم که وقتی به يك اضافه شود، صفر را به عنوان رقم دومان بدست می‌دهد و يك را نگه می‌دارم... عجب جالب است، بالآخره عدد ١٠٠٠٠٠ را بدست خواهم آورد.

**مهندس**— درست است. عدد شما حالا ٧ رقم دارد، اگر آخرین رقمی که نگه داشتید، ندیده بگیرم، غیر از صفر چیزی باقی نمی‌ماند. پس می‌بینید که با اضافه کردن «عدد مخالف  $B$ » و يك واحد، صفر بدست می‌آوریم. به عبارت دیگر اگر رقم نگه داشته را ندیده بگیرم، عدد مخالف  $B$ ، به اضافه يك واحد، به نوعی برای با  $B$  — است. بنابراین کافی است آنرا به  $A$  اضافه کنم؛ عمل به این ترتیب است:

$$\begin{array}{r} 101101 \\ + \quad 110100 \\ \hline 110001 \end{array}$$

**مبتدی**— می‌بینم که آخرین ١ را در پرانتز گذاشته‌اید، بدون شک برای اینست که ذمی خواهید آخرین رقم نگه داشته شده را به حساب بیاورید.

**مهندس**— درست همینطور است. می‌بینید که حالا اگر يك واحد به حاصل جمع بدست آمده اضافه کنم به ما خواهد داد ١٠٠٠١٠. اگر همین عدد آخر به پایه ده تبدیل شود رقم ٣٤ را می‌دهد که درست اختلاف بین ٤٥ و ١١ است.

**مبتدی**— اقرار می‌کنم که بدون عبور از سیستم دو علامتی خیلی سریعتر عمل می‌کرد!

**مهندس**— شما، شاید، اما هاشین‌های الکترونی در سیستم دو علامتی خیلی سریعتر از شما در سیستم ده تائی عمل می‌کنند، حتی اگر زمان لازم برای تبدیل را هم در نظر بگیریم.



### ضرب

**مبتدی**— قطعاً این سیستم حساب خودکار پسیار سرکرم کننده است. می-

توانید برای من بگوئید که ضرب را چگونه انجام می‌دهند؟

**مهندس**— این بار جرأت شما پسیار زیاد شده است. در واقع مجموعه مونتاژ پسیار پیچیده است.

کار را با نشان دادن اینکه از نظر عملیات حساب برای بیان اعداد چگونه عمل می کنند، آغاز می کنم. فرض کنید که می خواهیم مضروب  $11010 \times 11010$  را در یک مضروب فیه که براین  $11010$  است ضرب کنیم...  
مبتدی - به عبارت دیگر  $11010 \times 11010$ .

مهندس - اوها واقعاً در تبدیل پایه ده به دو علامتی خیلی قوی هستند.  
بنابراین می بینید که مضروب فیه تشکیل می شود از:  
- یک بار یک واحد.

- صفر بار ۲

- یک بار توان دوم ۲

- یک بار توان سوم ۲

بنابراین، این عدد را با هم جمع می کنیم:

- یک بار مضروب

- صفر بار همین مضروب که در عدد ۲ ضرب شود. (یعنی با یک صفر در سمت راستش، به عبارت دیگر  $110100$ ).

- یک بار همین مضروب که در عدد ۴ ضرب شود یعنی با دو صفر اضافه در سمت راستش نوشته شود (به عبارت دیگر  $1101000$ ).

- یک بار همین مضروب که در عدد ۸ ضرب شود یعنی باسه صفر اضافه در سمت راستش (به عبارت دیگر  $11010000$ ).

بنا بر این می توانیم عمل ضرب را به ترتیبی که برایتان می نویسم انجام دهیم:

$$\begin{array}{r} 11010 \\ \times \quad 1101 \\ \hline 11010 \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array} \rightarrow$$

دوبرابر =

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$11010$$

$$00000$$

$$1101000$$

$$11010000$$

$$101010010$$

مبتدی - حالا که به سیستم دو علامتی کاملاً عادت کردیم، عمل ضرب شما درست کاری را که در سیستم ده تائی انجام می دهم بباید می آورد چیزی که بیشتر از همه هرا ناراحت می کند جمع کردن حاصل ضرب های جزء به جزء است. اما تصور می کنم وقتی اینکار بخواهد با مدارها انجام شود، وحشتناک می شود.

### ضرب گننده دو علامتی



مهندس - نه، کار پیچیده ای خواهد بود، اما با بکار بین دن نمایش دهنده -  
جا بجا کننده که عمومیت پیدا کرده و شما کمی پیش، از آن ناراحت بودید، در این کار موفق می شویم. یادتان هست که روی این مونتاژ ها، می توان عدد نمایش داده شده را یک رفعه جلو برد یعنی آنرا در ۲ ضرب نمود. برای اینکار کافی است در مونتاژ شکل  $Z$  داده شود. گمان می کنم به اندازه کافی تهرین کرده اید که

بتوانید با جرأت با شمای کامل چند بار کننده رفوب و شوید. مثل چیزی که در شکل ۱۳۲ پر ایقان کشیده‌ام، مضر و ب را روی نمایش دهنده – جایجا کننده  $AD_1$  نمایش داده‌ایم، این مضر و ب طوری قرار گرفته که یکان در سمت راست، بعد با رفتن به سمت چپ دومان (D)، چهارمان (Q)، هشتمن (H) قرار دارد. فرمان  $Z_1$  عدد نمایش داده شده روی  $AD_1$  را به سمت چپ جلو می‌برد.

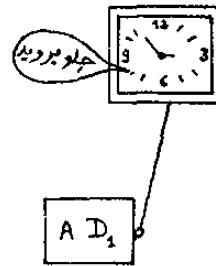
مضر و ب فیه روی نمایش دهنده – جایجا کننده  $AD_2$  نمایش داده شده است. این بار یکان را کاملاً سمت چپ گذاشته‌ایم، دومان در راست آن، چهارمان پیشتر به طرف راست... و  $Z_2$  فرمان جلو بردن نمایش مضر و ب فیه راه‌نم به طرف چپ پیش می‌برد. روی یک نمایش دهنده – جایجا کننده سوم که فقط به عنوان جمع کننده‌های  $AD_1$  می‌رود. حاصل ضرب نمایش داده خواهد شد. نمایش دهنده – جایجا کننده‌های  $AD_2$  به اندازه کافی درودی و خروجی دارند که عملیات تا آخر بتواند انجام شود.

مستطیل کوچکی که در سمت راست واقع شده است، یک مولکول ض بهای تعیین آهنگ (یاساعت) است. همین مولداست که آهنگ پیش‌رفتن عملیات را تعیین می‌کند. بینیم در جریان رسیدن اولین ض به تعیین آهنگ چه می‌گذرد، این ض به از مدار «و»  $G_1$  خواهد گذشت برای اینکه رقم یکان، که روی نمایش داده شده یک است. خروجی‌های  $AD_2$  و  $AD_1$  را در لحظه رسیدن اولین ض به تعیین آهنگ، برای شما در داخل پرانتزها نوشته‌ام. پس این اولین ض به از راه  $G_1$  می‌گذرد. این ض به به تمام مدارهای D که بین  $AD_2$  و  $AD_1$  واقع شده‌اند خواهد رسید و از تعدادی از این مدارها که در درودی خودشان، که به وسیله خروجی همین ردیف از  $AD_1$  فرمان داده‌می‌شوند رقم ۱ دریافت می‌دارند، دوباره خارج خواهند شد... مبتلی - این مطلب کاملاً موحش است و من چیزی از آن نمی‌فهمم!

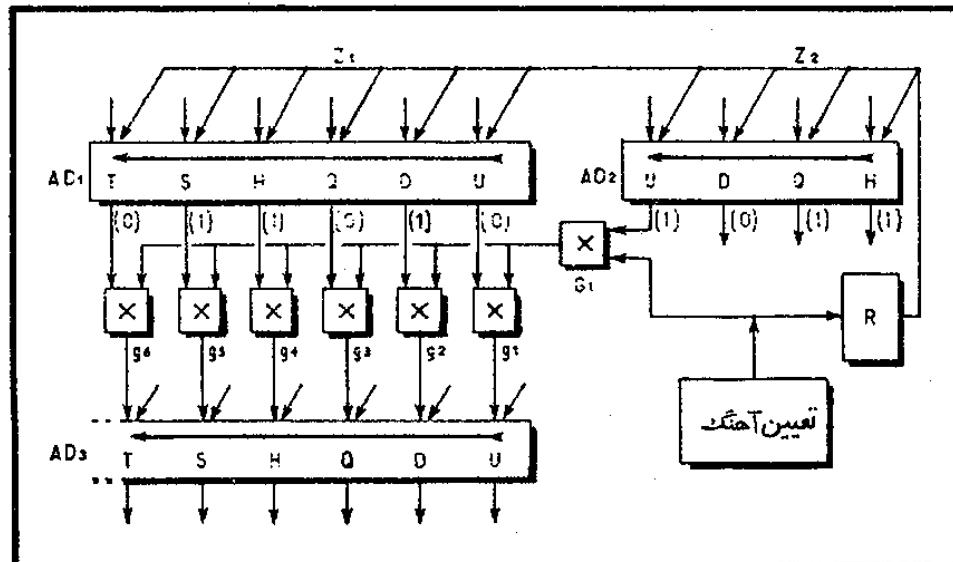
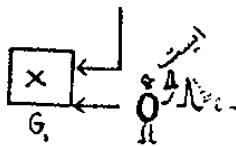
**مهندس** - جزئیات آنرا از سر می‌گیریم؛ می‌بینید که در خروجی U نمایش دهنده – جایجا کننده  $AD_1$  صفر وجود دارد، در سمت راستش روی خروجی آن (دومان) رقم ۱ است، روی خروجی Q آن (چهارمان) صفر است، روی خروجی H و S (هشتمن و شانزدهمان) یک است. در اصل روی خروجی یکان (U)  $AD_2$  (U) یک است. پس اولین ض به تعیین آهنگ از راه مدار «و»  $G_1$  می‌گذرد. این ض به به تمام درودی‌های سمت راست مدارهای دیگر «و»، ۸۱، ۸۲، ۸۳، ... ۸ خواهد رسید. به سبب وجود عدد نشان داده شده روی  $AD_1$ ، این ض به؛ روی خروجی ۸۱ نیست، روی خروجی ۸۲ هست، روی خروجی ۸۳ نیست، روی خروجی‌های ۸۴ و ۸۵ وجود خواهد داشت. گمان می‌کنم که این بار فهمیده باشید؟

**مبتلی** - بی‌نهایت پیچیده است، اما با کمک گرفتن از تمام جسمهای هوشیاریم تقریباً دارم می‌فهمم.

**مهندس** - خواهید دید که بقیه آن دشوارتر نیست. می‌بینید که این اولین ض به تعیین آهنگ، نتیجه‌ای که خواهد داشت نمایش مقدار حاصل ضرب روی  $AD_2$  به مقدار واقعی است. وقتی این ض به پایان یافته، مدار تأخیر انداز R (که زمان تأخیر آن کمتر از فاصله زمانی است که دو ض به تعیین آهنگ را از هم جدا نمی‌کند) یک فرمان جایجایی به  $Z_1$  در  $AD_1$  و به  $Z_2$  در  $AD_2$  می‌فرستد. برای عدد نمایش داده شده یک رقم به چپ جایجا می‌شود، به عبارت دیگر چیزی که روی  $AD_1$  نمایش داده شده حالا عدد ۱۱۰۱۰۰ است که قبل از آن برخوردی بودیم. روی



عدد نمایش داده شده یک رقم به سمت چپ جا بجا می شود، به عبارت دیگر، رقم قدیمی دومان (صفر) است که حالا بدورودی بالائی مدار  $G_1$  گذاشته می شود. بنابراین ضربه دوم تعیین آهنگ از راه  $G_1$  نخواهد گذشت، زیرا رقم دومان مضروب فيه که حالا بدورودی بالائی  $G_1$  گذاشته شده است، صفر است. به عبارت دیگر، حاصلضرب مضروب در ۲ به نمایش دهنده - جا بجا کننده  $AD_2$  فرستاده نخواهد شد.



شکل ۱۴۲ - شماتیکی کامل یک ضرب کننده دو علامتی، که سه نمایش دهنده - جا بجا کننده و یک نوسان ساز تعیین آهنگ را مورد استفاده قرار می دهد. R یک تأخیر انداز ضربه ها است.

ضربه دوم دوباره تأخیر انداز  $R$  را بکار خواهدا نداخت. ضربه تأخیری که از آن خارج می شود به وسیله  $Z_1$  روی  $AD_1$  و به وسیله  $Z_2$  روی  $AD_2$  اثر خواهد کرد. بنابراین چون باز هم عدد نمایش داده شده روی  $AD_1$  را یک رقم به سمت چپ جا بجا می کنیم، حالا روی  $AD_1$  عدد ۱۱۰۰۰۰ یعنی حاصلضرب مضروب در ۴ را نمایش خواهیم داد. همینطور مضروب فيه روی  $AD_2$  یک رقم جا بجا شده است و حالا رقم چهارمان (۱) است که بدورودی بالائی  $G_1$  گذاشته شده است. بنابراین سومین ضربه تعیین آهنگ از راه  $G_1$  خواهد گشت، و از آن دسته مدارهای g که به وسیله خروجی  $AD_1$  رقم یک را دریافت کنند تغییر خواهد گشت. این ضربه عددی را به  $AD_3$  می فرستد که وابسته به حاصلضرب مضروب در عدد ۴ است (دو رقم به طرف چپ جا بجا می شود).

**مبتدا** - اما اینکار مخلوط وحشت آوری روی  $AD_3$  به وجود می آوردا مهندس - بهیچوجه. فراموش کرده اید که یک نمایش دهنده - جا بجا کننده می تواند جمع دو عدد موازی را بزنند. برای اینکار کافی است دو عدد یکی بعد از دیگری روی آن نمایش داده شود.  
**مبتدا** - اما بمن گفتید که این نمایش دهنده - جا بجا کننده خیلی طول می دهد تا این جمع را بزنند...

**مهندس.** گزافه گوئی نکنیم چون زمانی که برای اینکار طول می‌کشد برابر مجموع تأخیرهایی است که تأخیر اندازها در آن بوجود می‌آورند. اما فقط می‌تواند در چند میکروثانیه عمل کند. به صورت زمان لازم را به آن می‌دهیم به این ترتیب که ضربهای تعیین آهنگ را خیلی قندنی فرمودیم. وقتی سومین ضربه تعیین آهنگ گذشت، به وسیله  $R$  دچار تأخیر می‌شود، دوباره در  $AD_1$  برای ضرب و در  $AD_2$  برای ضرب و فی جایگاهی بوجود می‌آورد. حالا ضرب با سه صفر در سمت راست آن (یعنی ضرب شده در  $A$ ) در روی  $AD_1$  نمایش داده است. روی  $AD_2$  حالا رقم هشتمان هاست که به ورودی بالائی  $G_1$  گذاشته شده است یعنی رقم ۱ است.



چهارمین ضربه تعیین آهنگ، که می‌تواند به وسیله  $G_1$  بگذرد چون رقم هشتمان در ضرب و فی یک است، به وسیله مدارهای ۸ نمایش حاصل ضرب ضرب در عدد هشت را روی  $AD_2$  ایجاد خواهد کرد.  $AD_2$  باز هم این عدد تازه‌دا به آنها که قبلاً جمع کرده بود، اضافه می‌کند. بنابراین حاصل ضرب بدست خواهد آمد.

**مبتدی.** پس باید برای از کار آنداختن سیستم تعیین آهنگ خیلی دقیق کرد؛ **مهندس.** اینکار اصلاً لازم نیست. فراموش نکنید که پس از چهارمین ضربه، که با تأخیر به  $Z_2$  گذاشته می‌شود، نمایش دهنده  $AD_2$  «خالی» شده است. اگر ضربهای دیگر به دنبال آن برسند، دیگر از راه  $G_1$ ، که همیشه روی ورودی بالائی خود صفر دارد، عبور نخواهند کرد.

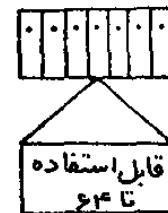


**مبتدی.** من این روش فنی دو علامتی را خیلی ستوده‌ام، بنظر من این ضرب کننده کابوس الکترونیکین های بیمار است! **مهندس.** قیول دارم که باید زیاد دقیق کرد تا کار آنرا فهمید. در این صورت تقسیم کننده را به شما هدیه می‌کنم که باز هم پیچیده‌تر است و کار آن به صورتی مثل آزمایش، لمس کردن و تفیریق است!

### قلمری تاربرد ماشین حساب‌ها

**مبتدی.** آقای مهندس نمی‌خواستم شمارا ناراحت کنم اما بنظرم می‌آید که این ماشین حساب‌ها تجسم یک بمب هیدروژنی را برای انسان بوجود می‌آورند که برای کشنیدن مگن درست شده باشد. تعداً ذیادی ترا نزیستور، دیود و عنصرهای دیگر را رویهم ریخته‌اید و همه اینها را برای ضرب ۲۶ در ۱۳ گرد آورده‌اید! و اقما کلیدر و سایل بزرگ برای کار کوچک است.

**مهندس.** الان روی یکی از کاربردهای مهم ماشین حساب‌ها انگشت گذاشتید. در واقع با اضافه کردن طبقه‌های اضافی به ضرب کننده شکل ۱۳۲، یعنی با امتداد دادن نمایش دهنده - جایجا کننده و اضافه کردن مدارها به آن، امکانات آنرا بطور منظم بالا می‌برم.



**مبتدی.** بله، اما در عین حال پیچیدگی آنرا افزایش می‌دهید. **مهندس.** درست است، امّا چیزی که شما نمی‌بینید، نقطه بعدی است چون هر بار که یک «بخش» به نمایش دهنده - جایجا کننده و یک طبقه ۸ اضافه می‌کنم، امکان بکار گرفتن عددهایی که یک رقم اضافه ندارند بوجود می‌آورم، به عبارت دیگر عددهایی که دو برابر بزرگترند می‌توانم بکار ببرم به این معنی که هر بار که یک طبقه

اضافه می کنم، ظرفیت هاشین را دو برابر می کنم.



به عبارت دیگر وقتی یک ماشین حساب بتواند اعداد ۴ یا ۵ رقمی را بکار ببرد، اگر از نظر نسبت پیچیدگی ساخت به نتیجه بدست آمده کاملاً شوم باشد، بر عکس وقتی روی اعداد ۲۰ یا ۳۰ رقمی کار کند، بسیار جالب خواهد بود. مثلاً با ۳۰ رقم، روی اعداد درحدود میلیارد کار می کنیم و نتیجه در یک زمان کوتاه به ما داده می شود. به عبارت دیگر، ماشین حسابها اساساً برای این هستند که دقت زیادی روی اعداد با رقم‌های زیاد بهما بدهند.

**مبتدی**— اگر خوب فهمیده باشم می خواهید بگوئید که وقتی تعداد طبقه‌ها با تصاعد حسابی زیاد می شود، امکانات ماشین‌ها با تصاعد هندسی افزایش پیدا می کند؟

$$\begin{array}{r} 7, 2 \quad 3 \quad 5 \\ / \quad / \quad | \\ 2 \quad 3 \quad 5 \\ \hline 10 \quad 10^3 \quad 10^5 \end{array}$$

برپایه‌ده

**مهندس**— خدا! بدام بمن اچون خیال می کردم همیشه فهمیدن مطالب برایتان دشوار است، این بود که کوشش کردم تا بزبان ساده مطلب را برایتان بگویم. بله کاملاً حق با شماست.

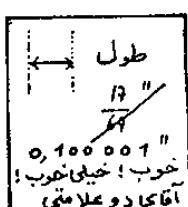
$$\begin{array}{r} 11, 0 \quad 1 \quad 7 \\ / \quad 1 \quad 1 \quad \backslash \\ 2 \quad 7 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad / \\ \hline 2^3 \quad 2^4 \quad 2^5 \end{array}$$

دوعلامتی

**مبتدی**— راستی درباره دقت برایم حرف زدید؛ بیشتر کار آنها را درباره عددهای بزرگ قبول دارم نه عددهای دقیق. عددهای دو علامتی بخش کسری ندارند.

**مهندس**— اینهم خبر تازه‌ایست اکاملاً می‌توانید یک عدد دوعلامتی بنویسید که یک معین داشته باشد و بعد از آنهم عدد قرار گرفته باشد. مثلاً معنی عدد ۱۱/۰۱۱ اینست، ۳ عدد صحیح (یک بار ۲ و یک بار ۱) و در سمت راست

معین، رقم اول صفر است که معنی اش اینست که نصف  $\frac{1}{2}$  وجود ندارد، رقم دوم



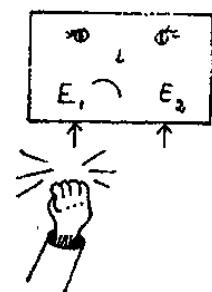
یک است که معنی اش اینست که  $\frac{1}{1}$  وجود دارد، سومین رقم بازهم یک است که معنی اش

اینست که  $\frac{1}{A}$  هم وجود دارد. به عبارت دیگر قسمت راست معین معنی اش اینست که

باید صفر را با  $\frac{1}{4}$  و  $\frac{1}{8}$  جمع کنیم، یعنی  $\frac{3}{8}$ . می‌بینید که کاملاً می‌توان از اعداد کسری صحبت کرد، درست مثل اعداد پایه ده با بکار بدن معین.

**مبتدی**— این یک سیستم عددنویسی است که بتویشه انگلیسی‌ها باید از آن خوشنان بپاید. چون اینج آنها به نصف، یک چهارم، یک هشتم وغیره تقسیم می شود.

با این روش عددنویسی صحبت کردن درباره  $\frac{17}{16}$  اینج نسبتاً ساده است!



**مهندس**— اقرار می کنم که فکرش را نکرده بودم. اما درواقع می‌شود فکر کرد که این روش کسری عددهای دو علامتی برای خشنودی کسانی که این اینج‌های غیر واقعی و اجزاء آنرا بکار می‌برند، اختراع شده است. حالا برای اینکه تصوری از مجموعه این ماشین‌های حساب داشته باشید، باید چند کلمه‌ای درباره سیستم‌های حافظه صحبت کنیم.

**مبتدی**— چه فکر عجیبی. به چه درد می‌خورد؟

## حافظه‌ها

**مهندس**— حافظه‌ها در ماشین‌های حساب، همان نقشی را بازی می‌کنند که کاغذ در موقع حساب کردن برای شما دارد. باید نتیجه‌های پدست آمده ضمن کار را یادداشت کرد تا بتوان بعداً از آنها استفاده کرد. در اینجا به کمک کاربرد عدد نویسی دو علامتی، کاری نداریم جز اینکه بودن یا نبودن را روی بعضی از راهها (یا کانال‌ها) که وابسته به صفرها و یک‌ها هستند، یادداشت کنیم. بسااید نتیجه یک عمل (یا یک عدد داده شده) بتواند نشان داده شود.

**مبتدی**— اما قبلاً درباره آن برایم صحبت کرده‌اید. اینکار را روی یک نمایش‌دهنده — جا بجا کننده بخوبی می‌شود انجام داد.

**مهندس**— درست است، سیستم نمایش‌دهنده — جا بجا کننده شامل قیان‌هائی هستند. این قیان‌ها امکان یک نوع سیستم حافظه را نشان می‌دهند. بر حسب آنکه در حال استراحت و یا حال توازن باشند، نشان‌دهنده رقم صفر یا یک هستند.

**مبتدی**— در این صورت به عنوان حافظه از نمایش‌دهنده — جا بجا کننده استفاده می‌کنیم؟

**مهندس**— در بعضی موارد این کار ممکن است انجام شود، اما بیشتر وقت‌ها را حلی است که بیهوده گران است. می‌توانیم به قیان‌های ساده اکتفا کنیم. آنها را با ضربه‌هائی که باید در حافظه قرار بگیرند، به وسیله یکی از ورودی‌هایشان زیر تأثیر می‌گیریم. به این ترتیب قیان‌هائی که یک ضربه دریافت می‌کنند به وضعیت کار می‌روند و تا موقعی که آنها را دوباره صفر نکنند بهمان وضع باقی می‌مانند.

اما می‌خواستم چند کلمه درباره دستگاه حافظه‌ساده صحبت کنم. دسته جالبی از این سیستم وجود دارد که حلقة کوچک فریت را بکار می‌برد (فریت به ترکیبی از آهن، اکسیژن و چند فلز دیگر گفته می‌شود که بر حسب تکنیک سرامیک‌ها ساخته شده‌اند).

**مبتدی**— آه، درست، دارم به شرح این «هسته‌های با هنچی بسته مستطیلی»

می‌رسم که صحبت‌ش را شنیده بودم اما نمی‌فهمیدم منظور چیست.

**مهندس**— درست همانها هستند. می‌توان فریت‌هایی ساخت که وقتی زیر اثر یک میدان مغناطیسی باشد کافی قرار بگیرند، خاصیت مغناطیسی خود را در یک جهت یا درجهت دیگر حفظ کنند. فرض کنید حلقة کوچکی شبیه به آنچه بشما نشان می‌دهم (شکل ۱۳۳) داشته باشیم...

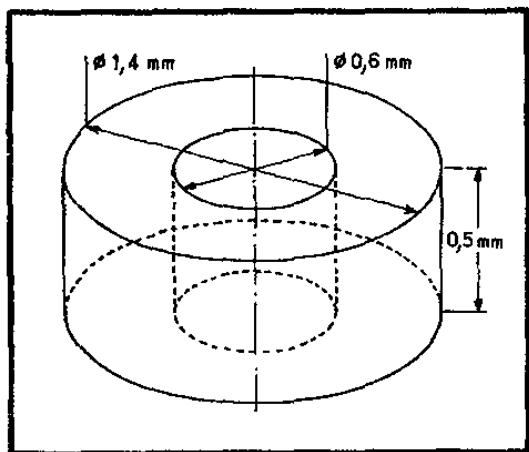
**مبتدی**— خوب، اگر ذهن‌بین نداشته باشد، بهزحمت می‌توانید آنرا بینید و یا بینداکنید!

**مهندس**— درواقع جالب بودن سیستم در همین است چون ابعاد کوچک آن بهما امکان می‌دهد حافظه‌هائی با تعداد نسبتاً زیادی عنصر بسازیم که در حجم کوچکی جای بگیرند. یک سیم رسانا از سوراخ این حلقة کوچک می‌گذرانیم و جریانی از آن عبور می‌دهیم. با حلقة‌ای که گفته شد، اگر شدت جریان مثلاً از ۷/۰ آمپر بیشتر شود، تمام سیستم در یک جهت مغناطیس می‌شود، درحالی که خطوط نیروی میدان مغناطیسی در حلقة بسته می‌شوند.



**مبتدا**- آیا در این صورت این حلقة برای برای یک مغناطیس است؟

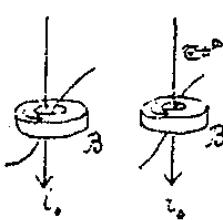
مهندس- نه، حلقة همچند میدان مغناطیسی خارجی ندارد، چون خطوط نیرو در داخل فریت بسته می‌شوند. اما وسیله‌ای در اختیارهاست که بدانیم در کدام ایک از دو جهت مغناطیس شده است. فرض کنید که حلقة به وسیله‌چریانی که از  $7/0$  آمپر بیشتر است و در یک جهت از سیم می‌گذرد مغناطیس شده باشد، جریانی بیشتر از  $7/0$  آمپر را درجهت عکس از همین سیم می‌گذاریم می‌بینیم که جهت مغناطیس حلقة معکوس می‌شود.



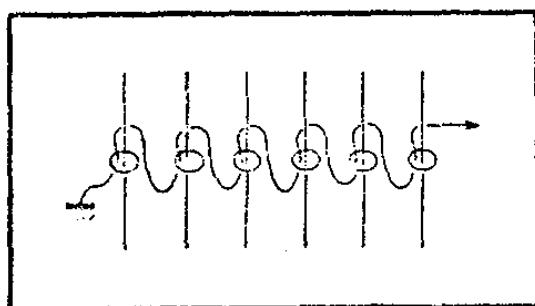
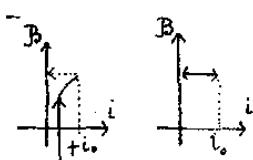
شکل ۱۳۲- حلقة فریت که برای تگذاشتن یک حافظه به وسیله جهتی که مغناطیس شده است، بکار می‌رود.

مبتدا- بدون گفتگو حرفاً را درجهت از کنم، اما پیشرفت بیشتری از قبل نکرده‌ام چون حلقة کوچک هنوز هم میدان خارجی ندارد.

مهندس- با شما موافقم. اما فرض کنید که سیم دومی هم از حلقة عبور دهیم. این سیم یک نوع مدار ثانوی برای مبدلی به محاسب می‌آید که یک سیم بیشتر ندارد و سیم اول مدار اولیه آنست و فریت هسته آهنی مبدل را تشکیل می‌دهد. وقتی جهت مغناطیس در حلقة گروش می‌گذارد، فشاری روی این سیم دوم القاء می‌شود. بنابراین وسیله‌ای در اختیار داریم که بدانیم آیا جهت مغناطیس در حلقة عوض شده است یا نه.



ده حلقة نظیر همین را در نظر بگیرید. از هر کدام از آنها یک سیم جداگانه عبور می‌کند که سیم ثابت نم دارد. فقط یک سیم هم، پشتسرهم از تمام حلقات می‌گذرد. همین سیم است که آنرا سیم خواندنده (فرآئتم کننده) می‌نامیم و به ترتیبی است که برای شما در شکل ۱۳۴ نشان داده‌ام. کار را با گذاشتن سیستم در وضعیتی

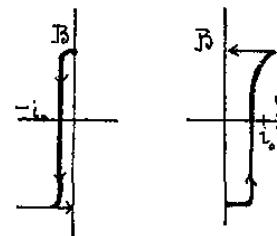
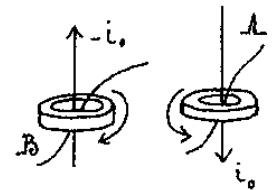


شکل ۱۳۴- حافظه مغناطیسی از هسته‌های قابل مغناطیس شدن تشکیل شده است که از هر کدام از آنها یک سیم ثابت بهره‌مند (عمودی) و یک سیم خواندنده می‌گذرد.

که آنرا صفر می‌نامیم شروع می‌کنیم و این کار را با عبور دادن جریانی بیشتر از  $7/0$  آمپر در سیمهای عمودی از بالا به یائین انجام می‌دهیم. اینکار را با کسردن حافظه می‌گویند. حالا در تعدادی از سیمهای وابسته به محل‌هایی که می‌خواهیم در

آنچه یک واحد داشته باشیم (یک واحد یادداشت کنیم) جریان‌های بیشتر از  $7/0$  آمپر از پائین به بالا می‌گذرد. حلقه‌های وابسته به این سیم‌ها، میدان مغناطیسی معکوس پیدا می‌کنند. حالا برای پرسش از حافظه، جریانی بالاتر از  $7/0$  آمپر را در هر یک از سیم‌ها از بالا به پائین می‌فرستیم. حلقه‌های که در جریان یادداشت رقم‌ها جریانی از پائین به بالا دریافت کرده‌اند، میدان مغناطیسی معکوس پیدا می‌کنند و روی سیم خواندنده جریانی القاء می‌کنند. می‌بینید که به این ترتیب حافظه‌ای درست کرده‌ایم.

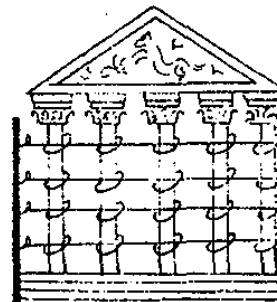
**مبتدا**— در واقع متوجه شدم، اما از یک چیز متأسفم و آن اینست که برای خواندن نتیجه این حافظه، مجبوریم در همان حال آنرا پاک کنید. از طرف دیگر، این سیستم حلقه‌های ردیف‌شده که به تعداد مفروضاتی که باید ثبت شود سیم دارد به نظر من کمی درهم است.



### حافظه با خطوط و ستون‌ها

**مهندس**— قطعاً یکی از نقشه‌های این سیستم اینست که حافظه، خواندنده‌ای دارد که آنرا از پین می‌برد. می‌توان دستگاه‌های مخصوصی را در نظر گرفت که وقتی ضمن خواندن، یک هسته مغناطیسی شده (که نماینده یک واحد است) پیدا کسردند، آنچه را که در داخل آن ثبت شده است پلافلاصله پس از خواندن دوباره ثبت می‌کنند. این کار موضوع را کمی پیچیده‌تر می‌کند، اما ساختن آن متداول است.

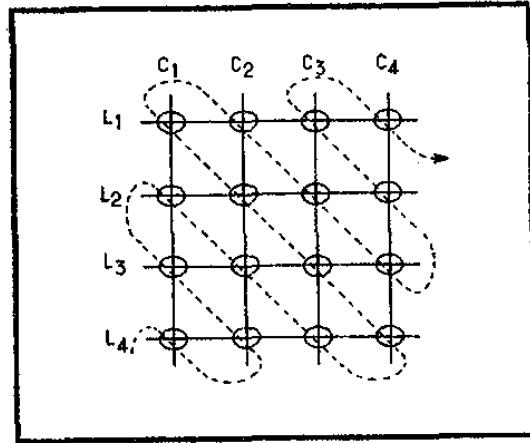
واردگزئیات صفحه‌های فریتی با چندین سوراخ نمی‌شوم که آنها هم خواندن بدون از پین بردن را امکان‌پذیر می‌کنند. تن‌جیج می‌دهم به پرسش دوم شما که در باره پیچیدگی سیستم است پاسخ بدهم. می‌توان بروش زیر آنرا بمقدار زیادی بهتر کرد؛ برای ثبت واحد در یک هسته و برای خواندن چیزی که در آن ثبت شده یک سیم بکار نمی‌بریم بلکه از دو سیم استفاده می‌کیم، در هر یک از این سیم‌ها، جریانی بهشدت  $4/0$  آمپر می‌فرستیم. بنابراین اگر فقط در یک سیم جریان پفرستیم، ثبت وجود خواهد داشت، ثبت وقتی وجود دارد که در یک زمان به هر دو جریان بدهیم.



**مهندس**— کاملاً درست است: جالب بودن این سیستم در اینست که بهما امکان می‌دهد ثبت را به صورت خط و ستون انجام دهیم. در شکل  $135$  می‌بینید  $16$  هسته در اختیار من است که در نقطه برخورد چهار ستون  $C_1 \dots C_4$  و چهار خط  $A_1 \dots A_4$  واقع شده‌اند. سیم خواندنده از تمام این هسته‌ها می‌گذرد و به صورت نقطه‌چین نمایش داده شده است. برای ثبت یک رقم در ستون سوم و خط دوم، یک جریان  $4/0$  آمپر را در سیم  $C_2$  از بالا به پائین و در سیم  $A_2$  از چپ به راست می‌فرستم. فقط هسته‌ای که در نقطه تقاطع این دو سیم قرار گرفته است، معادل جریان  $8/0$  آمپر را دریافت خواهد کرد و به وضعیت مغناطیسی وابسته در خواهد آمد. وقتی بخواهیم آنچه در این هسته نوشته شده بخوانیم، جریان‌های پرسش  $4/0$  آمپر را در سیم  $C_3$  از پائین به بالا و در  $A_3$  از راست به چپ بخواهیم فرستاد. اگر هسته ستون سوم خط دوم ثبت دریافت کرده باشد، و فقط در همین حالت، در سیم خواندنده فشاری القاء می‌شود. به این ترتیب می‌بینید که با  $16$  خط و  $16$  ستون می‌توانم چیزی درست



کنم که آنرا «صفحه حافظه» می‌نامند و ۲۵۶ عنصر دارد که در حجم بسیار کوچکی جای گرفته است.



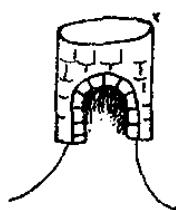
شکل ۱۲۵ - حافظه مغناطیسی به صورت تابلوی سریع هسته‌ها. سیم نقطه‌چین، سیم شواند است، که وقتی در محل پرخورد دو سیم یک هسته مغناطیسی شده را مورد پرسش قرار می‌دهند، روی آن فشارهایی بدست می‌آید.

**مبتدی**- درواقع بسیار زیر کانه است، امانی خواهم بجای کسانی باشم که چنین حافظه‌ای را درست می‌کنند چون واقعاً مثل بافتی خانم‌هاست.

**مهندس**- واقعاً هم سازندگان این صفحه‌های حافظه خانمه‌هاستند. به اینکار «بافت» می‌گویند چون در حقیقت شباختی بین ساختمان آن و بافت پارچه وجود دارد. با یکجا گردآوردن تعداد زیادی از این صفحه‌ها بطور موازی، یک حافظه مجموع بدست می‌آورند که امکان می‌دهد تعداد بسیار زیادی رقم داده شده را ثبت کنیم.

برای اینکه نمونه دیگری، که در قلمروی حافظه‌ها بسیار جالب است، بهشما نشان دهم، توجه شما را به کاربرد دیودهای تونلی جلب می‌کنم.

### حافظه با دیود تونلی



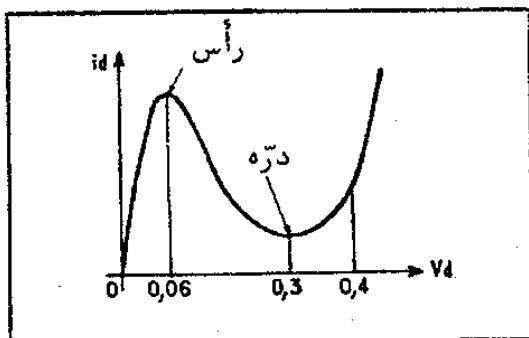
**مبتدی**- این دستگاهها را خیلی کم می‌شناسم و بهیچوجه نمی‌دانم چطور آنها را برای ساختن حافظه بکار می‌برند.

**مهندس**- یک دیود تونلی، دیودی است که از یک فشار الکتریکی به بعد (آنرا ۴٪ ولت می‌گیریم) مثل دیود معمولی درجهت هدایت کار می‌کند. برای فشارهای کمتر از این مقدار، باز هم درجهت مستقیم، می‌بینیم که وقتی فشار کم می‌شود، پر خلاف انتظار جریان دیود افزایش می‌یابد. بنابراین در این قسمت منطقه‌ای هست که مقاومت منفی دارد. برای یک فشار مخصوص که آنرا فشار «درآس» می‌گویند، جریان دیود از یک مقدار حد اکثر می‌گذرد و اگر به کم‌کردن فشار در دوس دیود ادامه بدهند، این بسیار جریان بسیار تند کاهش می‌یابد و به صفر می‌رسد. در شکل ۱۳۶ منحنی نمایش تغییرات جریان دیود را بر حسب فشار دو سر آن کشیده‌ام. چنین دیود تونلی اگر از یک فشار داده شده پس از راه یک مقاومت تغذیه شود، یک سیستم دوتایی بما می‌دهد.

**مبتدی**- که اینطور، من که بهیچوجه نمی‌دانم چگونه است.

**مهندس**- مونتاژ شکل ۱۳۷ را که حتی قبول می‌کنید چندان پیچیده نیست، بررسی کنید. ما درین آن هستیم که جریان را در دیود و فشار دو سر آن ۷ را مشخص کنیم. باید دو مقدار ۷ و ۷ پیدا کنیم که در عین حال مصرف کننده (دیود تونلی)

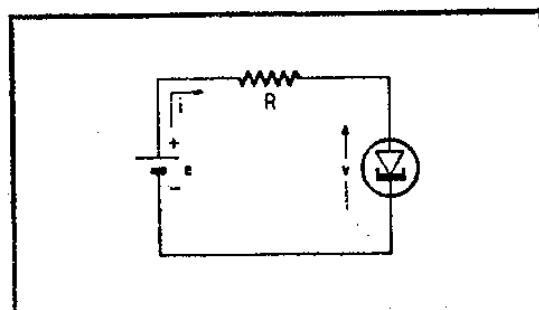
و تهیه کننده (قوه خشک با نیروی حرکت  $e$  و مقاومت داخلی  $R$ ) را راضی کند. منحنی نیازهای مصرف کننده، منحنی شکل ۱۳۶ است. منحنی نشاندهنده رابطه بین  $V$  و  $I$  که به وسیله تهیه کننده تجییل می‌شود یک خط راست است همانطور که قانون اهم می‌خواهد. این خط راست همانست که شما زیر نام «خط راست پار» می‌شناسید. در شکل ۱۳۸ منحنی مشخصه دیود تونلی و خط راست پار را کشیده‌ایم به این ترتیب می‌بینید که می‌توان به عنوان دومقدار  $V$  و  $I$  که واپسیه به حالت ثابت هستند، مقادیری را پیدا کرد که از راه رسم به وسیله نقطه‌های A و B نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۳۶- منحنی مشخصه لشار -  
جریان یک دیود تونلی ژرمنیوس.



**مبتدی**- این دیود واقعاً عالی است چون ساختن یک سیستم دونایی با یک قوه خشک، یک مقاومت و یک دیود بسیار عالی است. اما با نقطه C چه می‌کنید، آیا آنهم یک حالت ممکن را مشخص می‌کند؟



شکل ۱۳۷- مونتاژ دیود تونلی به صورت عنصر حافظه.

**مهندسان**- ممکن هست اما ثابت نیست. در این محل، مقاومت دینامیک دیود تونلی منفی است و حالت واپسیه به آن نمی‌تواند حفظ شود.

می‌بینید با یک دسته از دیودهای تونلی به این ترتیب می‌توانیم حافظه‌هایی بسازیم. امتحان این سیستم در اینست که دسترسی به این حافظه بی‌نهایت سریع است، به عبارت دیگر ثبت در پخش کوچکی از میکروثانیه انجام می‌شود. در اینجا زمان را بیشتر با نانو ثانیه یعنی یک میلیاردیم ثانیه اندازه می‌گیریم. در هسته‌های فریتی در بهترین وضع، زمان ثبت به میکرو ثانیه‌هی رسیده‌جوان در واقع باید به ماده مدتی فرصت داد تا مغناطیس آن به توازن در آید. با تغذیه هر دیود تونلی به وسیله دو مقاومت می‌توانیم با دیودهای تونلی سیستم‌های ثابتی به صورت خطوط و سطون‌ها ها نماید هسته‌های فریت بسازیم. همینطور با این دیودها به آسانی می‌توان خواندن‌های ساخت که

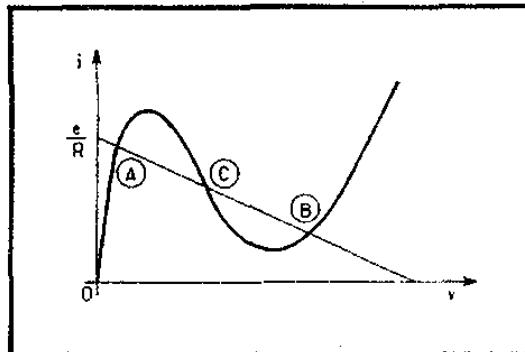
1ns = 0,0000000025

حافظه راهم از بین نبرند.

**مبتدی** - هیچ شکی نیست که اگر یک روز هاشین حساب درست کنم، حافظه آن از دیود توانی است!

**مهندس** - فکر خوبی است. بدینخانه فقط یک عیب دارد که پزوودی ازشدت آن کاسته می‌شود و آن اینست که این دیودهای توانی نسبتاً گران هستند. بدون شک امکان تازه و جالبی در قلمروی حافظه‌ها وجود دارد که «اوویستور Ovistors» می‌باشد (از نام Ovhinsky مخترع آن گرفته شده است). منظود دیودهایی است که نیمه هادیهایی از جنس شیشه دارند که عموماً یک عایق تقریباً کامل است. این دیود از یک فشار الکتریکی به بعد که بهدوس آن گذشته شود، دچار تغییر وضعیتی می‌گردد که بسیار سریع است (به نظر می‌رسد که زمان‌های پاسخ در حدود همان زمان‌های دیود توانی است) که آنرا به‌وضع رساناً بودن می‌داند. بر حسب جنس ماده این حالت ممکن است پس از قطع تمام فشار باقی بماند (دراینصورت یک ضربه در جهت عکس لازم است تا اوویستور را به‌وضع اولیه درآورد) یا اینکه نگهدارش نشود مگر آنکه فشار دوس دستگاه را از یک مقدار حداقل کمتر نکند.

اگر بتوانند این دیودها را با بهای کم تهیه کنند، عنصرهای حافظه بسیار جالبی تشکیل می‌دهند.



شکل ۱۳۸ - سه حالت ممکن میان تاز شکل ۱۳۷. فقط نقطه‌های A و B وابسته به حالت‌های ثابت هستند.

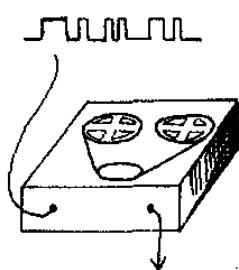
### حافظه برای عده‌های پیاپی

**مبتدی** - اگر می‌خواستم یک عدد پیاپی را در حافظه نگه دارم، چطور می‌توانستم اینکار را بکنم؟

**مهندس** - بطور ساده آنرا مثل یک علامت معمولی روی نوار مغناطیسی ثبت می‌کنید. همین‌طور غالباً یک استوانه را که پوشش اکسید مغناطیسی دارد و بسیار تند می‌چرخد بکار می‌برند که روی آن سرهای متعدد مغناطیسی کار ثبت مشخصات وابسته را روی راههای زیبادی انجام می‌دهند. نقص این دستگاه اینست که زمان دسترسی به حافظه نسبتاً زیاد است.

**مبتدی** - راستی آقای مهندس، یعنی نکفیست که اعداد پیاپی را چطور می‌توان درهم ضرب کرد.

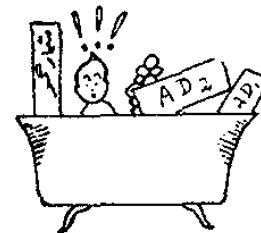
**مهندنس** - افراد می‌کنند که شما ضرب کننده اعداد پیاپی را نمی‌دانم. اما اگر شما ضرب کننده شکل ۱۳۲ را بررسی کنید مشاهده خواهید کرد که ضرب و ضرب و ضرب روی نمایش‌دهنده - جای بجا کننده نمایش داده شده‌اند. از طرف دیگر بهشما گفته‌ام که این دستگاه‌ها تبدیل یک عدد پیاپی را به یک عدد موازی به‌سادگی



امکان پذیر می‌سازند. اگر دو عدد پیاپی داشتم که می‌خواستم درهم ضرب کنم، کار را با تبدیل آنها به عدد موازی دوی نمایش دهنده – جا بجا کننده‌های  $AD_1$  و  $AD_2$  شکل ۱۳۲ آغاز می‌کرد.

پس حالا اساس سیستم‌های جمع‌کننده، تفریق‌کننده و ضرب‌کننده ماشین حساب‌ها را که در انجام عملیات پزرگ حساب با سرعت زیاد، نقش باری می‌کنند، می‌شناسید.

**مبتدی** – در واقع با این حرف تقریباً موافقم، اما با افزودن دشواری‌ها و ضرب کردن دام‌ها یا تله‌ها، تمام ماده خاکستری منز من را تفریق کرده‌اید و احساس می‌کنم که حافظه‌های من کاملاً نیروی مغناطیسی خودشان را از دست داده‌اند. اگر ناراحت نمی‌شویسد گمان می‌کنم بهتر باشد دفعه دیگر به صحبت‌هایمان ادامه دهیم، حتی اگر این جلسه چند روز بعد باشد بهتر است تا می‌بتوانم از این «حمام دیزیتالی» که در آن فرو رفته‌ام، بیرون بیایم.



A decorative horizontal line consisting of a series of black diamond shapes of varying sizes arranged in a repeating pattern. The line is approximately 800 units long and is positioned at the bottom of the page.

مبدتی نزدیک است مهندس مشاور شودا او یک سیستم فرمان آنچن درست کرده است. اما می خواهد به تئیجه های بهتری برسد. مهندس نخواهد گذاشت که این موقعیت غیرمنتظره برای یادداشتن ماشین های فرمان دهنده به او (با خطر های پنهانی به نوسان آمدن تمام این مجموعه ها) و شباهت آن با یک تقویت کننده ضد واکنشی، از دست ببرد.

## ماشین‌های فرمان‌دهنده

**مبتدی**— آه آقای مهندس، از دیدار شما خوشحالم، چون احتمالاً راه حل مسئله‌ای را که فکرم را خسته کرده است خواهید گفت.  
**مهندس**— شروع کنید، همه آنرا بپرسیدن شرح بدهید، من سر اپاگوشم.

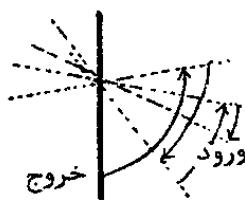
ارسال دوبارہ و ضعیت



**مبتدی** - یکی از دوستانم که برای سرگرمی ارتباط رادیویی برقرار می‌کند (دوستدار اینکار است)، یک آنتن جهت پذیر دارد. از من خواسته است به او کمک کنم تا یک سیستم جهت‌دادن بـ، آنتن پسازد چون از آپارتمان خودش نمی‌تواند آنتن مورد بحث را ببیند و می‌خواهد بداند آنتن به کدام طرف متوجه است. به او پیشنهاد کردم برای شناختن وضعیت آنتن آنرا به یک پتانسیومتر وصل کند، چون شما بهمن آموختید که می‌توان آنها را برای اعلام وضعیت بکار برد.

**مهندس** - راه حل خوبی است، اما می‌دانید که نمی‌توانید آنرا برای یک دور کاما، وکار... بد چون یک بتنا نسمه می‌باشد ~~و~~ و مدعا دارد.

مهمتدی می‌دانم، اما در حال حاضر اهمیت ندارد چون دوست من قربانی ساختمان نزدیک متزلش شده است که ارسال امواج رادیویی را برای او در یک زاویه ۴۵ درجه غیرممکن می‌سازد. بنابراین گردش آتنن او محدود است، حتی در مکانیسم آن خارهای گذاشته شده است که آنرا دورتر از حد محدود نیاز نبیند (شکل ۱۳۹). برای او پتانسیومتری پیدا کردم که زاویه مرده آن ۵ درجه است و به او کمک کردم تا برای فرماندادن بهمود و آتنن دستگاهی بهوسیله دو ترا نزیستور بسازد تا بتوان تمام آنرا با یک کلید بسیار کوچک فرمان داد. یک ولتمتر که فشار را بین سه هتچرک پتانسیومتر و یکی از دو انتهایش اندازه می‌گیرد، امکان شناختن وضعیت آتنن را فراهم می‌آورد.



مهندس- تمام آن بسیار خوبست. نمی‌دانم درجه هورد می‌توانم بشما کمک کنم، احساس می‌کنم که مسئله‌ای که برای شما طرح کرده‌اند کاملاً حل کرده‌اید.

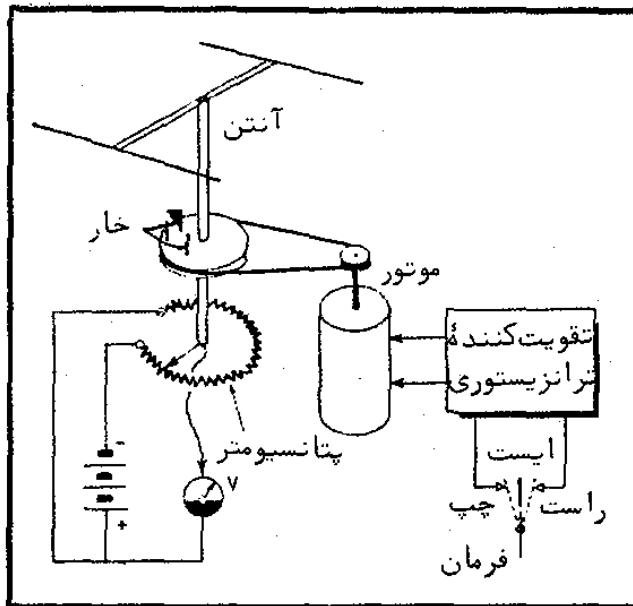
**مبتدی** - آه... تقریباً نصف آنرا. درواقع من و دوستم از نتیجه پدست آمده چندان خشنود نیستیم. موتور دور بر می‌دارد و وقتی شروع به گردش می‌کند برای اینکه وضعیت هوردن را ببینیم باید کمی جلوتر آنرا قطع کنیم. غالباً

از این موقعیت می‌گذریم و باشد آنرا به عقب برگرداند. حتی گاهی می‌شود که زیاد عقب می‌آید و باید تنظیم را دوباره شروع کرد. مطمئن هستم که برای اینکار راه حلی داریم.

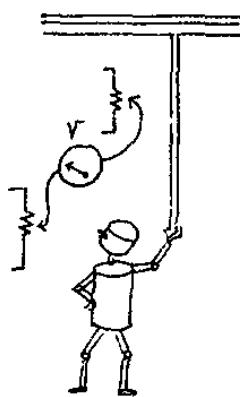
**مهندس** - نه تنها راه حلی دارم بلکه خیلی خوشحالم که این پرسش را از من کرده‌اید. فرض کنید که می‌خواهیم به آنتن شما حرکتی بدهیم و یا درستتر بگوییم آنرا دریک وضعیت کاملاً مشخص قرار دهیم. به عنوان وسیله فرمان یک پتانسیومتر دیگر انتخاب می‌کنیم که تا حد امکان شبیه به پتانسیومتری باشد که آنتن آنرا حرکت می‌دهد. حتی بهشما توصیه می‌کنم پتانسیومتر دوم را روی یک تخته یا صفحه قرار دهید که محورش از آن بیرون بیاید. روی همین صفحه نقشه دنیا را قرار بدهید و یک عقربه که بهمود پتانسیومتر وصل است، جهتی را که آنتن را باید روی آن بگذارید مستقیماً بهشما نشان خواهد داد.

**مبتدی** - اگر وسیله‌ای در اختیارم بگذارید که بشود این سیستم را ساخت، احساس می‌کنم که به چشم دوستم بزرگترین مهندسی که در تمام دورانها وجود داشته خواهم شد!

**مهندس** - خواهید دید که اینکار در چند ساعت انجام می‌شود. سیم پیچی ثابت پتانسیومتر آنتن و پتانسیومتر دیگر را که من «فرمان» می‌نامم به وسیله یک فشار یکسان تغذیه می‌کنم.



شکل ۱۲۹ - گردش آنتن به وسیله موتوری فرمان داده می‌شود که به وسیله جریان یک قویت-کننده تقدیم می‌گردد. برای شناختن وضعیت آنتن، پتانسیومتری به آن متصل کرده‌اند که این وضعیت را روی ولتمتر ۷ نشان می‌دهد.



بنابراین منظور از اینکار اینست که اختلاف سطوح‌های دو پتانسیومتر آنتن و فرمان را برآور کنیم.

**مبتدی** - بله همینطور است. تا حدودی می‌دانم چه می‌خواهید بگنید. می‌خواهید بین دوس هنرمند پتانسیومترها یک ولتمتر قرار بدهید و فرمان موتور را طوری تنظیم کنید که این ولتمتر روی صفر بیاید.

**مهندس** - از یک نظر حق با شماست، چون روی وضعیت آنتن «عمل می-

کنند» تا اختلاف سطح بین دوس رهتچرک پتانسیومترها را به صفر برسانند. اما آنکه «عمل می کنند» نه شما هستید و نه دوستتان بلکه یک دستگاه خودکار است. فرض کنید که اختلاف سطح بین دوس رهتچرک پتانسیومترها به وجودی یک تقویت کننده گذاشته شود که خروجی آن به متود آتن فرمان می دهد؛ اگر تقویت کننده شما خوب درست شده باشد و اگر مؤلفه جریان مستقیم را بخوبی عبور دهد، بخشی از مسئله را حل کرده اید.

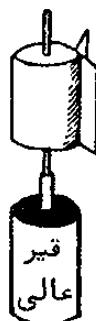


**مبتدی**- بسیار عالی است؛ الان می روم این را در خانه دوستم نصب می کنم و... مهندس- و دوستی شما تا آخر عمر بهم می خورد! درواقع اگر این دستگاه را بدون احتیاط لازم نصب کنید، واقعه غیرمنتظره بسیار نامطبوعی در انتظار شماست که خواهید دید آتن با خشم دائمآ حرکت می کند تا اینکه متود خراب شود و یا آتن از بین برود و یا هردو از کار بیفتد.

**مبتدی**- اینهم از مشخصات شماست. پس از اینکه داخل بسیار جدا می پیدا می کنید به دلایلی که من نمی دانم چیست بمن می گوئید غیر قابل استفاده است!

## ثبات

مهندس- دور بر ندارید. فقط باید بعضی چیزهای کوچک به شکل اولیه اضافه کرد تا کاملاً قابل کاربرد باشد. درواقع حرکتی که درباره آن با شما صحبت کردم بطور واقعی ظاهر می شود. این فقط در نتیجه آنست که خودکار بودن آن شبیه به حرکت با دست است.

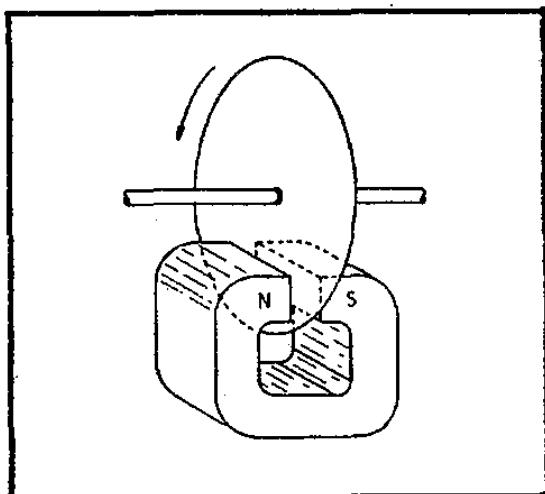
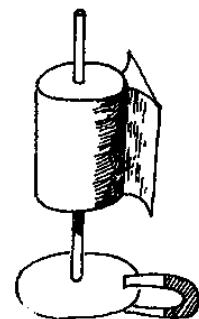


وقتی متود می خواهد آتن را به حرکت درآورد تا آنرا به وضعیت مطلوب بر ساند، مقداری دور می گیرد. وقتی آتن به این وضعیت رسید، متود دیگر فشار الکترونیکی دریافت نمی کند، اما دوری که گرفته است آنرا از وضعیت مطلوب می گذراند، بعد فشار دوس آن معکوس می گردد و متود درجهت عکس گردش می کند. ممکن است که این نوسان در دو جهت میرا شود و متود وضع ثابتی بگیرد اما احتمال هم دارد که این حرکت برای همیشه ادامه نیاید. در این لحظه باید سیستم میرا کردن حرکت متود وارد کار شود.

**مبتدی**- یک مدار نوسانی را می توانم میرا کنم اما یک متود را نمی توانم  
مهندس- با اینحال با روش فنی بسیار شبیه به آن، همین کار را می کنیم. برای میرا کردن یک عداد نوسانی، به دوس آن یک مقاومت وصل می کنید به این قدر تب و قتی فشار در دو س خازن (یا قرقه) زیاد است، تلف توان زیادی در مقاومت وجود دارد. اما درمورد متود، به عنوان نخستین داخل به شما توصیه می کنم روی محور آن دستگاهی از نوع مالشی چسبنده نصب کنید. منتظر نوعی ترمز است که یک زوج ترمزن کننده را از دکمه کنند که هر چه سرعت بیشتر باشد، مقدار آن بیشتر است. یک نوع ساخت ساده این دستگاه (شکل ۱۴۰) به شکل یک صفحه مسی است که از فاصله بین دو قطب یک آهنربای بسیار قوی می گذارد. جریان های القاء شده در جرم مس در ضمن گردش (جریان فوکو) نیروهای ایجاد خواهند کرد که حرکت صفحه را با شدتی ترمز کنند که هر چه گردش صفحه تندتر باشد، این شدت زیادتر است. در این شرایط آتن شما به وضعیت مورد نظر تان نزدیک می شود و تمايل

کمی به گذشتن از این وضعیت دارد. پس از چند نوسان با دامنه کوچک بهوضیعت نهایی خود می رسد.

**مبتدی**- بله، این راه حل عملی است، اما هیچ از آن خوش نمی آید چون به این ترتیب سرعت موتور را خیلی محدود خواهید کرد. این روش برای وقتی که آتن نزدیک بهوضیعت مطلوب باشد، بسیار خوب است اما وقتی که دور از آن باشد چندان خوب نیست و به این ترتیب چنین دستگاهی زمان لازم برای آوردن آتن بهوضیعت مطلوب را خیلی زیاد می کند.



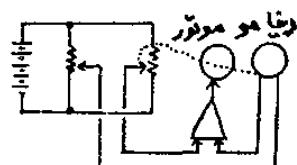
شکل ۱۴۰- یک صفحه که در فاصله بین دو قطب آهنربا می چرخد در اثر جریانهای فوکو، اثر قرمزی بوجود می آورد که هرچه سرعت گردش زیادتر باشد، این اثر ترمز بیشتر است.

**مهندس**- کمی از آنچه گمان می کنید کمتر است. فراموش نکنید که هرچه آتن از وضع هوردنظر دورش باشد، فشاری که بین دو سر متوجه پتانسیومترها وجود دارد زیادتر است، درنتیجه فشار الکتریکی گسداشته شده بهم تور، بر حسب دوری از وضعیت مطلوب، رو به افزایش است. بنابراین اگر این فاصله زیاد باشد، با وجود ترمن، موتور می تواند نسبتاً تند بگردد، و نیروی ترمن نمی تواند زیادتر از نیروی گرداننده موتور باشد مگر در وقتی که فاصله آتن از وضع مطلوب کم باشد. حالا درباره ایشکه این راه حل کافی نیست با شما موافقم.

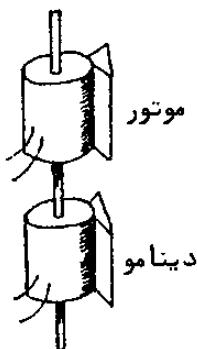
### ثبات بهوسیله دیناموی سرعتی

**مبتدی**- چیزی که بسیار خوب خواهد بود، اینست که یکنوع ترمن داشته باشیم که فقط وقتی دخالت کند که آتن بهوضیعتی که باید در آن قرار بگیرد نزدیک شده است و بخصوص متناسب با وضعی باشد که موتور خیلی تند می چرخد.

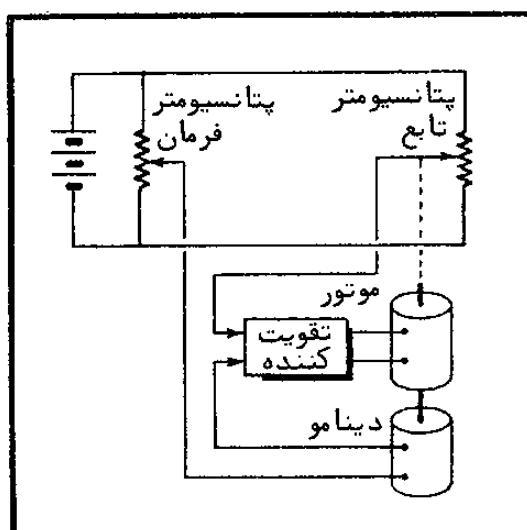
**مهندس**- آقای مبتدی بدرستی در راه صحیح کام بر می دارید. باید در تقویت کننده ای که بهم تور فرمان می دهد، فشاری وارد کرد که متناسب با سرعت موتور باشد و به فشار موجود بین دوس سر متوجه پتانسیومتر اضافه شود. برای این کار ساده ترین راه حل اینست که بهم تور، یک دینامو وصل شود که در این حالت آنرا دیناموی سرعتی می گویند و فشار خروجی را که بدست می دهد متناسب با سرعت موتور است و این فشاری است که از اختلاف دو سر متوجه پتانسیومترها کاسته می شود.



(شکل ۱۴۱)



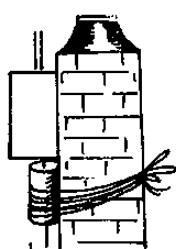
**مبتدی** - چرا باید یک دینامو را به موتور وصل کرد؟ چندی پیش برایم شرح دادید که یک موتور جریان مستقیم و یک دینامو هردو یک دستگاه هستند، از این



شکل ۱۴۱ - در این سیستم فرمان خودکار، فشار ایجاد شده به وسیله دیناموی سرعتی از فشار اشتباہی (فشاری که بین دور متحرک دو پتانسیومتر وجود دارد) کاسته شده است. به این ترتیب نمی‌تواند تشدیگردد مگر آنکه این فشار زیاد بسازد؛ ولی موتور به وضعیت مطلوب نزدیک باشد، دیگر نمی‌تواند تشدیگردد چون دیناموی سرعتی نزدیک به انتها، سرعت را کم می‌کند و به این ترتیب گذشتن موتور را از حد معین و نوسان را حذف می‌کند.

گذشته باد؟ می‌آید که وقتی موتورکار می‌کند بخاطر می‌آورد که یک دینامو هست و بهمین جهت یک نیروی ضد محور که از خود نشان می‌دهد، نمی‌شود این نیرو را بکار برد؟

**مهندسان** - از یک جهت حق با شمامست، اما کاربرد این نیروی محركه همیشه آسان نیست. در واقع در دوسر یک موتور فشاری داریم که حاصل جمع نیروی محور که و یک افت فشار است که در نتیجه عبور جریان از سیم‌های القاء شده، که بهر حال مقاومتی دارند بوجود آمده است. در حقیقت موتناژهای وجود دارد که امکان بکاربردن فشار الکتریکی دو سر موتور را برای بدست آوردن همین مقدار تابع سرعت، که نیات مجموعه را عملی می‌کند، بوجود می‌آورند. این موتناژها پیچیده هستند و زیاد توصیه نمی‌کنم که وارد این بحث شوید، در واقع نباید فراموش کرد که موتور شما به خروجی تقویت‌کننده شما ارتباط دارد. پس به این آسانی که می‌خواهید، فشار دوسر آن در اختیار تان نیست. اگر به موتور یک دیناموی سرعتی بسته باشید، می‌توانید فشاری متناسب با سرعت داشته باشید که روی دوسیم که کاملاً از بدن جدا هاستند تهیه شده است و می‌توانید با نهایت آسانی آنرا از اختلاف سطح بین دوسر متحرک پتانسیومترها کسر کنید. حتی اگر لازم باشد، می‌توانید این فشار الکتریکی دینامو را به وسیله دیود یا دستگاههای مشابه دیگر با «برش سر» تغییر بدهید. به این ترتیب کار ترمن وابسته به سرعت محدود خواهد بود که این موضوع امکان می‌دهد سرعت گردش مجموع موتور - دینامو تما وقتی اختلاف سطح بین دو سر متحرک پتانسیومترها زیاد است، خیلی زیاد باشد.



**مبتدی** - در حقیقت راه حل ظریفی است، اما احسان می‌کنم که در بکاربردن آن ناراحتم. مجموع سیستم مکانیکی فرمان آتشن قبل از درست شده است و نمی‌دانم

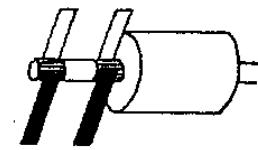
این دینامو را کجا باید جای داد.

### تصحیح به وسیله مشتق

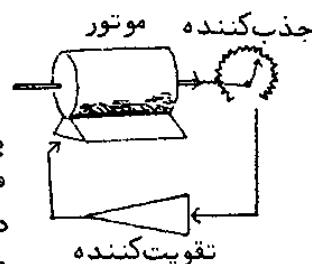
**مهندس**— موتورهای وجود دارند که خودشان شامل یک دیناموی سرعتی در داخل خود هستند. القاعده موتور و دینامو از نظر قرارگرفتن، مخلوط باهمدیگرند اما از نظر التکنیکی از هم عایقند و دو کلکتور جداگانه و دو جفت حارو دارد. با اینحال اگر بخواهیم تأسیسات موجود را تاحد امکان‌کمن تغییر پذیرید، یک راه حل تقریبی وجود دارد که بدhem نیست به این ترتیب که فشار سر متوجه پتانسیومتر آتن خود را می‌گیرید و آنرا به یک مدار مشتق از نوع شکل ۶۴ می‌گذارید. چون فشار گذاشته شده به این مدار مناسب با وضعیت آتن است، چیزی که در خروجی مدار مشتق بدست می‌آورید، فشاری خواهد بود که تقریباً مناسب با سرعت این آتن است. وقتی فشار خروجی این مدار بطور مناسبی تقویت شود و به مراد اختلاف سطح هوجود بین دوس سر متوجه پتانسیومترها به ورودی تقویت‌کننده گذاشته شود، پسما امکان خواهد داد که کار مجموعه را ثابت نگه دارید. شاید اینکار بخوبی کار با دینامو نباشد، اما تغییر تأسیسات نصب شده خیلی کمن تغییر خواهد بود.

**مبتدا**— گمان می‌کنم که راه حل مناسب را پیدا کرده باشید و قطعاً همین را بکار خواهیم برد و دوست من خوشحال می‌شود.

**مهندس**— درواقع گمان می‌کنم تأسیسات شما او را کاملاً راضی کند. با پتانسیومترهای خوب می‌تواند دقت جهت‌یابی را بهتر از یک درجه کند که برای یک آنتهکاملاً کافی است.



### سیستم‌های دوسرسته



**مبتدا**— در این مجموعه چیزی وجود دارد که کنجکاوی مرا تحریک می‌کند. برای اینکه اصطلاحات شما را بشکار بینم، موتوری که روی آتن اثر می‌کند، «پس‌دهنده» است. پتانسیومتر آتن چیزی غیر از «جذب‌کننده» نیست. در حالی که در این سیستم پس‌دهنده مستقیماً به جذب‌کننده بسته شده است، با اینحال جذب‌کننده به پس‌دهنده فرمان می‌دهد.

**مهندس**— الان انکش特 روی نقطه اساسی این دستگاه‌ها گذاشتید چون درواقع همین اثر پس‌دهنده روی جذب‌کننده است که دستگاه‌های فرمان‌دهنده را مشخص می‌کند.

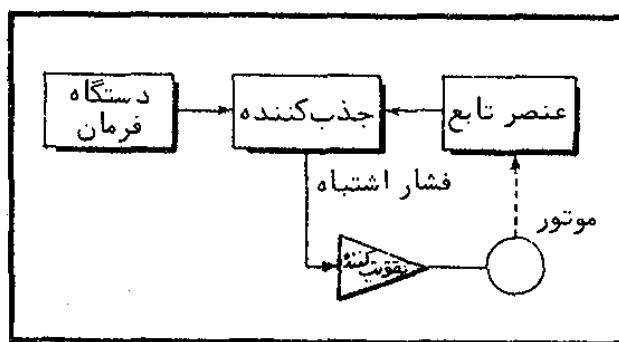
**مبتدا**— پس دستگاه‌های فرمان‌دهنده، ماشین‌هایی هستند که در آنها پتانسیومتر جذب‌کننده (گیرنده) وجود دارد؟

**مهندس**— غیر از این چیزی نیست. می‌توان سیستم‌های زیاد دیگری را در نظر گرفت. چیزی که مشخص کننده یک دستگاه فرمان‌دهنده است و تا حدودی شکل عمومی آنست، شماست که در شکل ۱۴۲ نشان داده شده است. می‌بینید که در آن یک دستگاه فرمان وجود دارد که یک سیستم مقایسه‌کننده وضعیت (یا حالت) آنرا با وضعیت (یا حالت) عنصر تابع یعنی عصری که می‌خواهیم به آن فرمان بدهیم، مقایسه می‌کند. تفاوت بین حالت‌های این دو عنصر که به وسیله مقایسه‌کننده

نمایان می‌شود به دلک علامت اشتباه (یا اختلاف) بر گردان می‌شود که به تقویت کننده می‌گذارند. فشار خروجی تقویت کننده روی موتوری اثر می‌کند که می‌خواهد حالت عنصر تابع را بهتر تیپی درآورد که تاحد امکان نزدیک به حالت دستگاه فرمان باشد.



شکل ۱۴۲- شمای جعبه‌ای یک سیستم تابع (فرمان‌دهنده) که در آن موقور برای آنست که عنصر تابع را به وضعیتی درآورد که در آن فشار اشتباهی صفر باشد.



**مبتدی**- اگرچه معمولاً، به شمای جعبه‌ای شما اعتماد ندارم، بنظر ممی‌آید که این یکی خیلی روش است. در سیستم فرمان آتن، دستگاه فرمان پتانسیومتری است که دست دوست من روی آن اثر می‌گذارد، عنصر تابع آتن است (در نتیجه پتانسیومتر جذب کننده وضعیت هم هست). اختلاف سطح بین دوسر متحرک پتانسیومتر- هاست که علامت اشتباه شمرده می‌شود و آنرا به تقویت کننده می‌گذاریم. با وجود این در شمای شکل ۱۴۲، سیستم‌های ثبات‌را که قبلاً درباره آنها برایم صحبت کرده‌اید، نشان نداده‌اید.

**مهندس**- این دستگاه‌ها همیشه لازم نیستند و بهر حال آنها را روی شمای جعبه‌ای که تا این اندازه ساده باشند، نشان نمی‌دهند. حالا میل دارم که آگاه باشید که یک دستگاه فرمان‌دهنده چیز بسیار عمومی است. باید به کلماتی که بکار برده‌ام معنی بسیار گسترده‌ای بدهید. مثلاً وقتی می‌گوییم «هوتوره»، این معنی را از آن نفهمید که منظور چیزی است که به حرکت درمی‌آورد، یا بطور درست‌تر باعث ایجاد تغییر در چیزی می‌شود و منظور فقط آن چیزی نیست که معمولاً از کلمه موتور فهمیده می‌شود.

**مبتدی**- دلم می‌خواست مثالی درباره این هوتور غیرمادی بنویسد.



شکل ۱۴۳- یک مثال برای سیستم تابع: سلول فتوالکتریک C در حسب آنکه مقوا چگونه بین سلول و اسپات قرار گرفته باشد، کم و بیش فور اسپات‌لامپ کاتدی را جذب می‌کند، این سلول تغییر وضعیت اسپات را فرمان می‌دهد.

**مثال برای سیستم تابع:**  
**تقویت کننده ضد واکنشی**

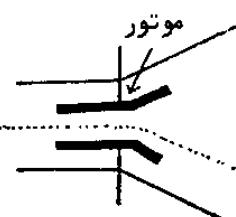
**مهندس**- در این صورت «مونوفرم Monoformer» را برایتان ناممی‌برم. منظور دستگاهی است که در آن می‌خواهند اسپات یک لامپ کاتدی درست در محلی

روی صفحه پرسد که در خارج لامپ یک مقوا جلوی بخشی از نور آنرا می‌گیرد. این نتیجه را بهمان ترتیب که در شکل ۱۴۳ نشان داده ام بست می‌آوریم. تقویت کننده فشار سلول فتوالکتریک C را دریافت می‌کند و فشار خروجی آن که به دستگاه انحراف عمودی لامپ کاتدی گذاشته شده است می‌خواهد وقتی سلول روشن است اسپات لامپ کاتدی را به طرف پائین منحرف کند.

**مبتدا**— درست است متوجه شدم، وقتی اسپات در منطقه باز قرار دارد سلول را روشن می‌کند و در نتیجه فشاری به مرودی تقویت کننده گذاشته می‌شود. بنابراین اسپات به سمت پائین منحرف می‌شود تا اینکه به لبه مقوا برسد، زیرا اگر پائین تر برود، تقویت کننده دیگر فشار خروجی تغواهید داشت و اسپات دوباره میل دارد بالا باید.

**مهندسان**— مطلب را کاملاً فهمیده اید. می‌بینید که در این مثال «موتور» غیر از اثر منحرف کننده‌ای که فشار خروجی تقویت کننده روی اسپات اعمال می‌کند، چیز دیگری نیست. عنصر تسابیع اسپات است، دستگاه فرمان مقوا است و مقایسه کننده چیزی نیست جز... قانون نور که بهما می‌گوید نور روی خط مستقیم منتشر می‌شود. درواقع بر حسب آنکه اسپات نسبت به مقوا بالاتر یا پائین تر باشد، سلول روشن می‌شود و یا نمی‌شود. بنابراین می‌بینید که کلمات وابسته به وضع شکل ۱۴۲ را در یک معنای کلی باید در نظر گرفت.

**مبتدا**— اقرار می‌کنم که بطور مجموع هیچ شباهتی بین «مونوفرم» شما و سیستم فرمان آتنن ذمی بیشم. اما باید بگویم که این مسئله فرماندهی‌ها برایم کاملاً تازگی دارد.



### یک نوع سیستم تابع: تقویت کننده ضد واکنشی

**مهندسان**— آه! مسلمانه. شما هم احتمالاً فرماندهی یا بهتر بگویید سیستم‌های تابع (معنی گسترده‌تر از کلمه قبلی) ساخته اید بدون آنکه خودتان بدانید. مطمئن هستم که تا بحال تقویت کننده فرمانی پائین مجهز به ضد واکنش ساخته اید.

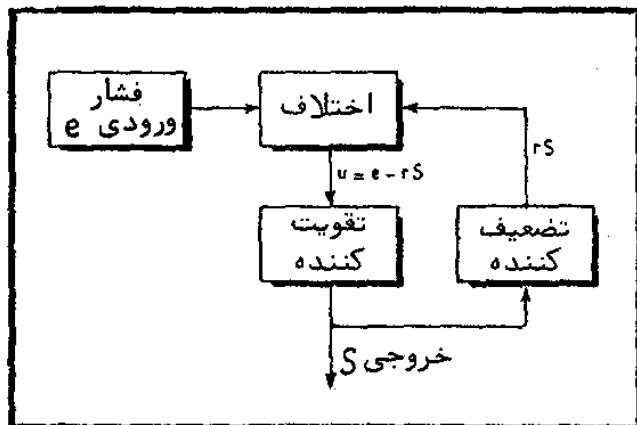
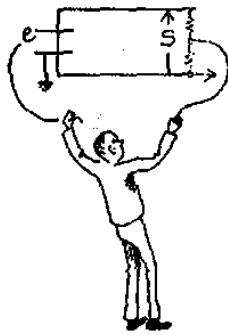
**مبتدا**— بله، مثل همه رادیوسازها. اما اصلاً ارتباط آنرا با این موضوع نمی‌دانم؛ و انکه باید بگویم که در این حالت کوردا راه از دستورهای شکل کشیده شده پیروی کرده‌ام. به من گفته بودند که در یک تقویت کننده معین با اضافه کردن یک مقاومت در اینجا و یک مقاومت در آنجا، خوبی کار این تقویت کننده را با قبول زیانی که کاهش مقداری ضربه بهره است و چندان مهم نیست، افزایش می‌دهند، پشتی که این ضربه در اصل زیاد باشد. من آزمایش کردم، نتیجه‌های بدست آمده بسیار خوب بود اما اقرار می‌کنم که هنوز هم نمی‌دانم چرا.

**مهندسان**— اگر مقاومت‌هایی را که به تقویت کننده‌های خودتان اضافه کرده‌اید، از نزدیک تجزیه و تحلیل کنید خواهید دید که منظور از این مقاومت‌ها اینست که بخش مشخصی از فشار خروجی را به مرودی تقویت کننده برسانند، در حالی که این بخش از فشاری که به مرودی تقویت کننده می‌دهید کسر می‌شود. اینکار مثلاً با برداشت فشار خروجی مدار ثانوی مبدل و گذاشتن مثلاً یکدهم آن به وسیله یک



تقسیم کننده فشار مقاومتی به کاتد نخستین لامپ و یا به ارسال کننده نخستین ترازنی استور انجام می‌شود.

**مبتدی** در واقع مونتاژ را بهمین ترتیب درست کرده‌ام. آنرا بالامپ درست کردم. اما احساس نمی‌کنم که در آنجا منظور کسر چیزی از فشار ورودی باشد.



شکل ۱۴۴- یک ضدواکنش در تقویت کننده، شامل کمک کردن بعضی از فشار عروجی از فشار ورودی آنست: این درست یک مستگاه تابع است.

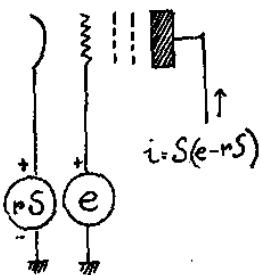
**مهندس**- چرا، وقتی فشاری به کاتد لامپ می‌گذارید، مثل اینست که آنرا درجهت مخالف پوشیده گذاشته‌اید چون برای یک لامپ فقط اختلاف سطح بین شبکه و کاتد است که به حساب می‌آید. حالا شمای عمومی شکل ۱۴۲ را باشما توانید که در شکل ۱۴۳ پوشان می‌کشم مقایسه کنید. می‌بینید که فشار  $\frac{u}{e}$  گذاشته شده به ورودی تقویت کننده، چیزی غیر از اختلاف بین فشار حقیقی ورودی  $e$  و بخش  $\frac{u}{e}$  از فشار خروجی  $S$  نیست. این یک تضییف کننده با نسبت  $\frac{u}{e}$  (کمتر از واحد) است که به یکی از دو طرف «مدار اختلاف» فشار  $rS$  را می‌گذارد، درحالی که فشار ورودی  $e$  به طرف دیگر این «مدار اختلاف» گذاشته شده است.

**مبتدی**- قبل از درباره مدار «با»، مدار «و» صحبت کرده‌اید اما هیچ وقت درباره «مدار اختلاف» صحبت نکرده‌اید.

**مهندس**- در اینجا منظور مدار اختلاف نیست. مثلاً یک مدار اختلاف را با گذاشتن فشار  $e$  روی شبکه یک لامپ و فشار  $rS$  روی کاتد آن درست می‌کنند، فقط اختلاف  $\frac{u}{e} = \frac{S}{e - rS}$  است که برای جریان آند لامپ به حساب می‌آید.

**مبتدی**- مونتاژ شما را بخوبی می‌فهمم، اما فایده آنرا نمی‌دانم.

### فایده ضد واکنش



**مهندس**- حالا خواهید دید، فرض کنید که ضربی بهره تقویت کننده (یعنی  $\frac{S}{e}$ ) خیلی زیاد باشد. بنابراین کافی است فشار بسیار ضعیف  $\frac{u}{e}$  را به ورودی تقویت کننده پدهیم تا فشار خروجی  $S$  را داشته باشیم. پس می‌توان گفت که اختلاف  $\frac{u}{e}$  بین فشار ورودی  $e$  و فشار  $rS$ ، عملای درین این هر یک از این دو مقدار صرفنظر کردنی است. بنابراین، این دو مقدار برای بسیار تقریباً برای نزد یعنی عملای داریم؛  $e = rS$ . یک مثال عددی می‌زنم. فرض کنید که ضربی بهره اولیه تقویت کننده ۱۰۰۰۰

باشد، برای بدست آوردن فشار خروجی  $10 \text{ ولت}$ ، یک فشار ورودی  $1 \text{ mV}$  لازم است. فرض کنیم که تضعیف کننده نسبت تضعیف  $50$  داشته باشد، به عبارت دیگر  $R = 0.02$  باشد. از آن نتیجه می‌گیریم که مقدار  $rs$  وقتی  $S$  برابر  $10 \text{ ولت}$  باشد،  $200 \text{ mV}$  خواهد بود. برای بدست آوردن فشار  $U$  که  $1 \text{ mV}$  باشد، باید فشار  $e$  در ورودی  $201 \text{ mV}$  باشد. به این ترتیب اختلاف بین  $e$  و  $rs$  بیشتر از  $1 \text{ mV}$  نخواهد بود.

**مبتدی**— بدون دشواری حرفهای شمارا فهمیدم، اما تاینجا تنها «امتیاز»ی که در مونتاز شما می‌بینم اینست که در اینجا فشار ورودی لازم دویست برابر بیشتر از «وقتی» است که بطور مستقیم فشار روی آن گذاشته شود. شاید این مطلب جالب باشد اما اقرار می‌کنم که چیزی از آن نمی‌فهمم.

**مهندس**— از یک جهت حق با شماست، درواقع فشار ورودی بزرگتری لازم است و این یک نقص مونتاز است که «عمولاً» چندان مهم نیست زیرا همیشه می‌توان ضرب برهه اولیه را مقداری بیشتر گرفت. اما خیلی تند امتیازهای این سیستم را کشف خواهید کرد. آقای مبتدی نقص‌های اساسی یک تقویت کننده چیست؟

**مبتدی**— به عقیده من گران است و ساختن آن ناراحت کننده است.

**مهندس**— منظورم این نقص‌ها نیست بلکه نارسائی‌هایی است که از نظر الکتریکی دارد.

**مبتدی**— در اینصورت گمان می‌کنم منظورتان اشاره به اعوجاج آن و همینطور بازدگنرای آنست که تا اندازه‌ای که می‌خواهند گسترش نیست به عبارت دیگر گاهی فرکانس‌های زیاد و کم را بهتر از فرکانس‌های متوسط می‌گذرانند.

**مهندس**— درست می‌خواستم همین را بگوئم. مشاهده می‌کنید که این دو عیب در نتیجه تغییر ضرب برهه بوجود می‌آیند. بدگذراندن فرکانس‌های بسیار زیاد یا بسیار کم بستگی به تغییرات ضرب برهه بر حسب فرکانس دارد؛ اگر ضرب برهه بر حسب دامنه تغییر کند، باعث بوجود آمدن اعوجاج غیرخطی می‌شود.

حالا مونتاز شکل ۱۴۶ را بررسی کنید؛ ضرب برهه جدید بی‌نها یات نزدیک

به  $50$  است ( $10 \text{ ولت خروجی برای } 201 \text{ mV}$  ورودی). اما فرض کنید که به یک دلیل نامشخص، ضرب برهه تقویت کننده ده بار کوچکتر شود. حالا برای اینکه

$10 \text{ mV}$  در خروجی تهیه کنند دیگر در ورودی  $1 \text{ mV}$  نداده بلکه  $10 \text{ mV}$  باید

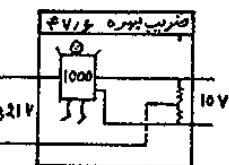
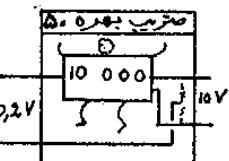
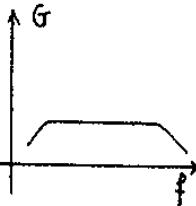
به آن داده شود. بر عکس فشار  $rs$  همان مقدار  $200 \text{ mV}$  باقی خواهد ماند. فشار

که باید گذاشته شود تا در  $U$  مقدار  $10 \text{ mV}$  بدست آید، خواهد بود

$mV$   $210$ . به عبارت دیگر، ضرب برهه تساژه مجموع دیگر  $50$  نیست بلکه

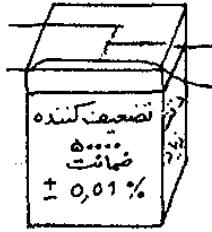
$47/6 = 47/21 = 10/0$  است که تغییر آن نسبت به ضرب برهه اولیه بیش از  $4/2$  درصد نیست. می‌بینید که وقتی ضرب برهه تقویت کننده خیلی تغییر می‌کند، ضرب

برهه مجموع مدار به مقدار بسیار کمی تغییر می‌کند. بنابراین مونتازها امکان آنرا بوجود آورده است که ضرب برهه کاملاً ثابت شود.



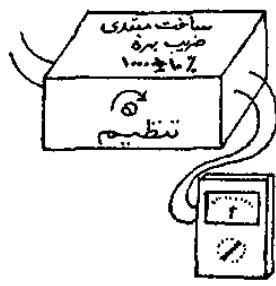
## ضریب بهره برابر عکس تضعیف است

**مبتداً** - اما ضریب بهره شما فقط تا آنجا که خود این تضعیف ثابت باشد، ثابت خواهد بود.



**مهندس** - نکته بسیار خوبی را گفتید. اما فراموش نکنید که ساختن یک تضعیف کاملاً ثابت، بی نهایت ساده است. این کار بوسیله تقسیم کننده فشار مقاومتی انجام می شود که در صورت لزوم به حاضرین های کوچک و چهار گردد تا اثر ظرفیت های مزاحم جبران شود. ساختن یک تضعیف کننده که بتواند فشار درودی را در باند فر کانسی قابل توجه و فشارهای بسیار متغیر به ۵۰ پخش کند بسیار آسان است. به عبارت دیگر بسته آورده ایم که ضریب بهره مجموع مونتاژ، معکوس نسبت  $\mu$  تضعیف، تضعیف کننده است. به این ترتیب است که ضریب بهره را کاملاً ثابت کردیم.

**مبتداً** - خوشحال که کل این دستگاه را فهمیدم. به این ترتیب راه حل مشتمله ای را که مدتی برایم مطرح بود بسته دادید چون می خواستم تقویت کننده کوچکی با ضریب بهره ۱۰۰۰۰ بازیم تا آنرا در درودی یک ولتمتر قرار دهم و ولتمتر را به یک میلی ولتمتر تبدیل کنم. یک تقویت کننده هم ساخته بودم اما از اینکه می دیدم هر روز ضریب بهره اش تغییر می کند خیلی در زحمت بودم چون این ضریب بهره بر حسب تغییر فشار پرق شهر و همینطور فرسودگی لامپ ها تغییر می کرد.



**مهندس** - در واقع روشی که گفتم راه حل مطلوب برای ساختن تقویت کننده اندازه گیری است. آقای مبتدا می بینید که تأثیر روش ضدواکنش اینست که امکان تبدیل یک تقویت کننده معمولی را به یک تقویت کننده اندازه گیری بوجود آورده است. در واقع اگر هی توانیم بخوبی تقویت کننده هائی با ضریب بهره بسیار زیاد بسازیم، بر عکس بسته آوردن ضریب بهره ای بین دو مقدار نزدیک بهم در تقویت کننده، بدون کاربرد دوش ضد واکنش، بسیار دشوار است. لزوم نگهداری ضریب بهره بین دو مقدار محدود را تبدیل به این می کنند که ضریب بهره از یک مقدار حداقل بیشتر باشد که انجام این شرط بسیار آسان است. حالا اضافه می کنم که ضد واکنش بهیودی های دیگری هم برای مونتاژ ایجاد می کند. این به وجود از کاهش صدای مزاحم تقویت کننده، بخصوص صدای هزاره که ممکن است از صاف کردن نادرست تغذیه بوجود آمده باشد، آغاز می شود.



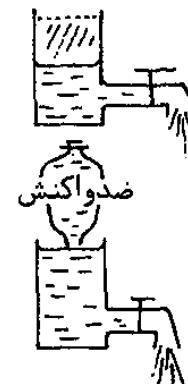
**مبتداً** - این را دیگر نمی دانم چطور انجام می شود.

**مهندس** - خیلی ساده است چون این صدای مزاحم فشاری بسته می دهد که به  $S$  اضافه می گردد و مثل اینست که یک منبع فشار مزاحم را بطوریاپی با خروجی تقویت کننده قرار داده باشند. تضعیف کننده پخشی از این فشار مزاحم را به درودی مدار اختلاف منتقل می کند و این پخش به درودی تقویت کننده خواهد رسید، و در فشار خروجی آن مؤلفه ای ظاهر می کند که با این فشار مزاحم مبارزه می کند و به مرحله ای می رسد که آنرا بطور قابل توجهی کاهش می دهد. وارد محاسبه بهیودی که از این راه حاصل می گردد و بسیار ساده هم هست، نمی شود، فقط بدانید که فشار مزاحم خروجی به ضریب  $\mu$  که آنرا ضریب ضد واکنش می نامند تقسیم می شود. در مثال عددی ما این ضریب برابر ۲۰۰ است.

**مبتدا**- بسیار عالی است! به این ترتیب اگر تقویت کننده خر خر وحشتناک داشته باشد، ضدواکنش آنرا کاملاً آرام می کند.

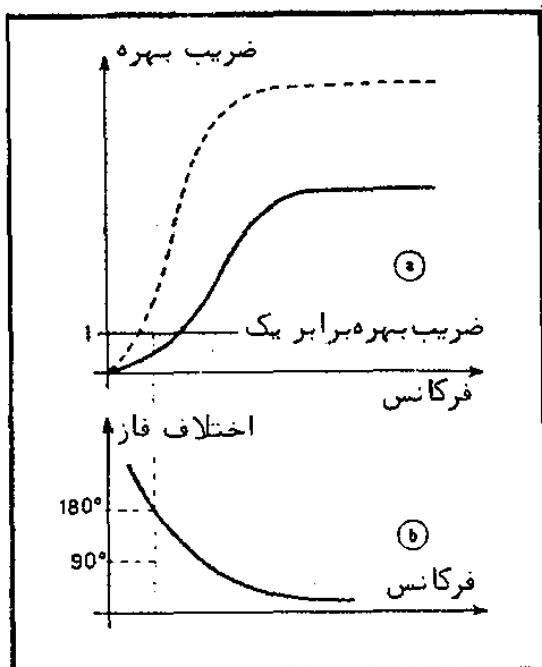
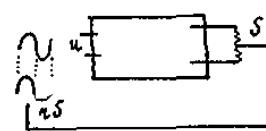
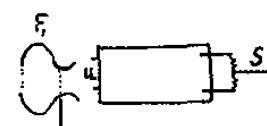
**مهندس**- درست است. اثر این ضدواکنش به وسیله کاهش مقاومت خروجی هم آشکار خواهد شد. درواقع اگر مصرف جریان در خروجی تقویت کننده یک مقدار باشد، به سبب وجود مقاومت داخلی خروجی تقویت کننده، فشار  $S$  میل دارد کاهش پیدا کند، این کاهش یک نوع فشار مزاحم مانند خر خری است که صحبتی داریم. بنابراین مبارزه ای بر ضد این کاهش به وسیله اثر مدارسته ضدواکنش وجود خواهد داشت و کاهش پدست آمده خیلی کوچکتر خواهد بود و به این ترتیب مقاومت داخلی خروجی تقویت کننده به  $\frac{1}{2}G$  تقسیم شده است. همینطور می توان نشان داد که بر عکس مقاومت ورودی این تقویت کننده به وسیله ضدواکنش زیاد شده است برای اینکه این بار در ضریب  $\frac{1}{2}G$  ضرب گردیده است.

**مبتدا**- واقعاً جالب است! این ضدواکنش همه چیز را منتب می کند!



#### مسئله ثبات

**مهندس**- درواقع خیلی چیزها را منتب می کند. با وجود این باشد در کاربرد آن احتیاط هایی بعمل آورد چون تقویت کننده ای که ما بتکار بر دیم اساساً در خروجی فشار  $S$  را هم فاز با فشار  $\frac{1}{2}G$  ورودی به ما می دهد. برای فرکانس های بالا، فشار خروجی ممکن است با فشار ورودی اختلاف فاز داشته باشد. اگر این اختلاف



شکل ۱۴۵- در فرکانس های پائین ضریب بهره تقویت کننده پائین می آید (a) و اختلاف فاز زیاد می شود (b). در مقدار معینی از فرکانس این اختلاف فاز به ۱۸۰ درجه می رسد. اگر در این فرکانس ضریب بهره دو سریست تقویت کننده از یک کمتر باشد (معنی با عط پر)، ضد واکنش عدم ثباتی وارد نمی کند. اگر ضریب بهره تقویت کننده زیاد شود (معنی نقطه چین)، ضریب بهره دوسرسته برای فرکانس وابسته به اختلاف فاز ۱۸۰ درجه از یک بیشتر است: تمام مدار به نوسان در می آید.

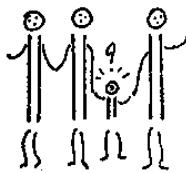
فاز به نیم پر یودیده است، دیگر ضدواکنش در بین نیست بلکه واکنش مثبت بوجود می آید. در اینصورت تمام برتری های ضدواکنش را از دست خواهیم داد و بر عکس تمام معایب واکنش هشت داشت که با اینحال همراه با افزایش ضریب

بهره است مگر درحالی که ضریب بهره تقویت کننده برای فرکانسی که این اختلاف فاز به نیم پریودی رسید بزرگ باشد. درحالی اخیر تمام مجموعه به نوسان درمی آید. وقتی دریک تقویت کننده، ضدواکنش هورد استفاده قرار می گیرد، هرچه بخواهد ضریب ضدواکنش بزرگتر باشد، باید بیشتر مراقب مسئله اختلاف فاز بود.

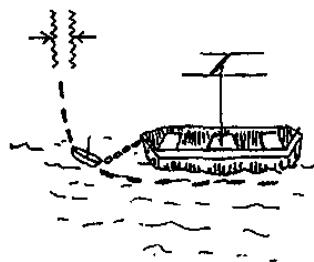
**مبتدی**- این موضوع را بیاد حادثه تاخوشاپنده که برایم اتفاق افتاد می اندازد. یک تقویت کننده مجذب بهضد واکنش ساخته بودم که خیلی خوب کار می کرد و یک روز بجای یکی از لامپ هایش، لامپ مشابهی گذاشتم که ضریب بهره بسیار بزرگتری داشت و به این ترتیب تقویت کننده دیوانه شد و صدای عجیبی بمن داد که آدم را بیاد موتور قایق می انداخت.



**مهندس**- درواقع این بار یک ایجاد نوسان با فرکانس پائین بوده چون تقویت کننده ای که ساخته بودید قطعاً تزویج مستقیم نداشته است. درنتیجه برای فرکانس های بسیار پائین، اختلاف فازی بین ورودی و خروجی وارد کار می کرده است (شکل ۱۴۵). با ضریب بهره ای که در اصل متوسط باشد (منحنی با خط پردر ۸) نمی تسوانید تمام مجموعه را به نوسان درآورید. با افزایش ضریب بهره اصلی در تقویت کننده (منحنی نقطه چین روی شکل ۱۴۵A)، ضریب ضد واکنش را افزایش داده اید و از حدی که در آن ایجاد نوسان می کند (Accrochage<sup>۱</sup>) تجاوز کرده اید.  
**مبتدی**- بله، من هم حدس می زدم که علتش آنست که تقویت کننده من فرکانس های پائین را بد می گذراند.



**مهندس**- روش شما را کمی اصلاح می کنم به این ترتیب که باید مقدار تمام خازن ها غیر از یکی از آنها را افزایش داد. باید توضیح بدهم که ثابت کردن این مطلب نیاز به محاسبات بسیار پیچیده ای دارد، اما اگر برای شما بگویم که فقط یک مدار است که اختلاف فاز آن حد اکثر می تواند به یک چهارم پریود رسید، معنی آن کاملاً برایتان دوشن می شود. علاوه بر این هرچه فرکانس پائین تر باشد، تضعیفی که این مدار وارد کار می کند بیشتر است. اگر بتوان فرکانس را کم کرد، درحالیکه تضعیف همیشه کم می شود، قبل از اینکه مدارهای دیگر آغاز به وارد کردن اختلاف فازهای زیاد در مدار کنند، می توان ضریب بهره تقویت کننده را به کمتر از مقدار بحرانی ایجاد نوسان برای فرکانسی رساند که در آن اختلاف فاز کل به نیم پریودی رسید.  
**مبتدی**- آه، عجب! بی نهایت پیچیده است! هر وقت مسئله فاز بیش می آید همینطور است چون وحشتناک می شود.



**مهندس**- از یک جهت حق با شمامت چون موضوع هائی که با فاز سروکار دارند غالباً دقیق هستند و این مطلب به خاطر آنکه افراد کمتر به حل آن عادت کرده اند دشوارتر می شود.

**مبتدی**- شبیه بودن ماشین های فرمانده و تقویت کننده های ضد واکنشی را دارم می فهمم. می توان گفت سیستمی که شما برای جهت دادن به آن تن پیشنهاد کرده اید یک دراهمنایی و آن بن بوجود می آورد تا اختلاف سطح بین دروس متخرگ پیانا سیو متر ها به صفر برسد. تقویت کننده شکل ۱۴۶ شما هم به همین ترتیب فشار خروجی اش را

۱. نگاه کنید به کتاب «رادیو؛... بسیار ساده است» از همین مجموعه.

«راهنمایی» می‌کند تا اختلاف بین  $e$  و  $\frac{1}{5}$  فشار خروجی این علماً صفر باشد و

یا درست تر بگوییم درست برای مقداری پاشد که ورودی تقویت‌کننده می‌خواهد.  
مهندس— آقای مبتده‌ی، مطلب را کاملاً فهمیده‌اید و هنر بازکمتر از پیش  
این نام بشما می‌آید. امروز بخصوص سرحال هستید!  
مبتده‌ی— خواهش می‌کنم، هنر همیشه اینطورم.

### مونتاژ‌های پائین‌آور نهاد مقاومت ظاهری

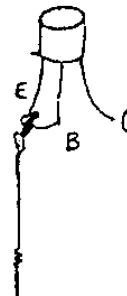
مهندس— خوب، پس از این موضوع استفاده می‌کنم تا توجه شما را جلب کنم که ما قبلاً با ضد واکنش و فایده آن در مونتاژ‌های قبلی برخورد کردی‌ایم. آیا سیستم‌هایی را که برای پائین‌آوردن مقاومت ظاهری خروجی یک تقویت‌کننده بکار برده‌ایم، بپاد دارید؟

مبتده‌ی— بله، درباره طبقه‌های پاخروجی کاتدی لامپ یا خروجی روی ارسال کننده ترا ارزیستور برایم صحبت کرده‌اید. همینطور یادم هست که مونتاژ عجیبی بود که آنرا قوی کننده عضلانی می‌نامیدید (شکل ۵۰).

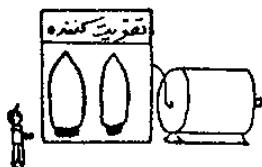
مهندس— در اینصورت حالا می‌فهمید که چرا مونتاژ خاصیت‌های جالبی داشت چون مونتاژ شکل ۵۱ یک تقویت‌کننده با دوطبقه بود، با ضرب بهره بسیار زیاد و با تزویج مستقیم که بهوسیله کاربرد ترا ارزیستورهای  $p-n-p$  و  $n-p-n$  درست شده بود. فشار ورودی بین ارسال کننده ترا ارزیستور اول و پایه آن گذاشته شده بود؛ فشار خروجی در دوسر مقاومت با جمع کننده ترا ارزیستور دوم، به عبارت دیگر بین این جمع کننده و بدن، برداشت شده بود. در مونتاژ شکل ۵۰، با وصل کردن ارسال کننده ترا ارزیستور اول به جمع کننده ترا ارزیستور دوم، تمام فشار خروجی را روی این ارسال کننده می‌گذاریم که به این ترتیب از فشار ورودی کسر می‌شود. در اینجا ضرب  $2$  برابر واحد است. بنابراین هرچه ضرب بهره اصلی تقویت‌کننده شکل ۵۱ بزرگتر باشد، ضرب بهره مجموع مونتاژ تازه، بیشتر به یک نزدیک است. برای طبقه ساده‌ای که خروجی آن روی ارسال کننده است، مثل مدار شکل ۴۹، موضوع بهمین ترتیب است چون اگر، در حالی که مقاومت باز همانطور بین ارسال کننده و بدن گذاشته شده است، فشار ورودی را بین ارسال کننده و بدن بگذارید (فشار ورودی روی دو سیم مستقل که هر کدام از بدن جدا هستند گذاشته شود)، یک تقویت‌کننده معمولی بدست خواهد آورد.

مبتده‌ی— مسلماً نه! مقاومت باز پنجای اینکه در جمع کننده بساشد، در ارسال کننده است.

مهندس— هیچ اهمیتی ندارد چون تنها چیزی که به حساب می‌آید اینست که جریان ترا ارزیستور بهوسیله فشاری فرمان داده شود که بین پایه و ارسال کننده آن گذاشته شده است و این جریان از مقاومتی عبور کند تا در دوسر آن فشار متغیری بوجود بیاورد. اهمیتی ندارد که مقاومت در ارسال کننده پاشد یا جمع کننده، زیرا جریانی که از این الکترودها می‌گذرد علماً یکی است. بنابراین می‌بینید که از این مونتاژ، به مونتاژ ارسال کننده تابع در شکل ۴۹ هی رسمی در حالی که فقط باید



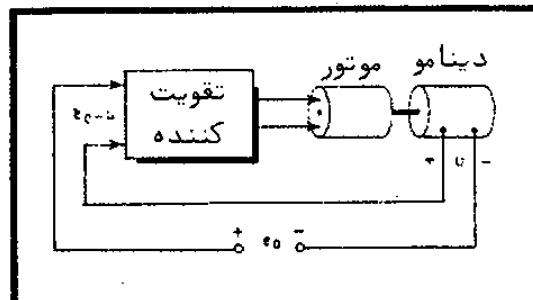
فشار ورودی را بین پایه و پدنه بگذاریم. در این شرایط فشار خروجی از فشار ورودی کاسته می‌شود تا فشار  $\text{II}$  بین پدنه و ارسال کننده بسته بدهد. در اینجا هم باز یک ضدواکنش مجموعه داریم، یعنی یک ضدواکنش با ضربی  $\text{I}$  برای پراپر با واحد. **مبتدی**- حالا فایده این مونتاژها را درک می‌کنم به این معنی که مسلم است آنها مقاومت داخلی خروجی ضعیف، ضربی بهره سیار ثابت و مقاومت داخلی ورودی زیادی دارند.



### مهار سرعت

**مهندس**- کاملاً همینطور است. برای پایان دادن به این موضوع دلم می‌خواهد کمی درباره زیر فرمان گرفتن سرعت برایتان صحبت کنم. در اینجا مسئله اینست که هو توری را با سرعتی بگردانیم که کاملاً ثابت و قابل تصحیح باشد.  
**مبتدی**- برای اینکار هیچ مشکلی نیست چون تصور می‌کنم که یک هو تور همزمان بکار می‌برید که به آن جریانی می‌دهید که فرکانس کاملاً معین باشد؟  
**مهندس**- این کار در بعضی وقت‌ها انجام می‌شود. اماممکن است به این ترتیب ساختن یک تقویت کننده با باند گسترده و یک نیروزدا با فرکانس متغیر، که احتمالاً باید هر دوی آنها برای تهیه توان قابل توجهی که برای بکارانداختن یک هو تور بزرگ لازم است، ساخته شوند، دشوار باشد. معمولاً یک هو تور جریان مستقیم را که یک جذب کننده سرعت را که آنهم مثلاً یک دیناموی سرعتی است بخر کت می‌آورد ترجیح می‌دهند.

**مبتدی**- دیناموی سرعتی در اینجا چکار می‌کند؟ آنکه یک سیستم ثبات است.  
**مهندس**- این دینامو ممکن است به عنوان سیستم ثبات در مهار وضعیتی مثل حالت آتش دوست شما بکار بزود. حال آنرا با روش دیگری بکارمی برم (شکل ۱۴۶) چون فشار  $\text{II}$  آنرا با فشار ثابت  $\text{I}$  فرمان مقایسه خواهیم کرد؛ اختلاف بین این دو فشار است که به ورودی تقویت کننده خواهیم گذاشت که فشار خروجی اش هو تور را فرمان می‌دهد. در حالت آ逝世ه ترکدن حرکت هو تور، فشار فرمان آن افزایش خواهد یافت، که این موضوع به هو تور امکان می‌دهد با ترمز کردن هیاروزه کنند. به این ترتیب مهار سرعت را عملی کرده ایم.

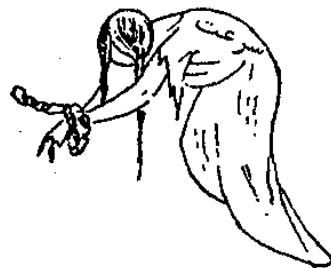


شکل ۱۴۶- برای ثابت نگهداشتن سرعت یک هو تور در مقدار معین، تفاوت بین یک فشار ثابت  $\text{I}$  و فشار  $\text{II}$  را که مناسب با سرعت است و به مسیله یک دیناموی سرعتی بسته شده به هو تور به وجود آمده است، به ورودی تقویت کننده ای که به هو تور فرمان می‌دهد، می‌گذارند.

همینطور فرمان هو تور به مسیله تیراژون را که قبل از این گفتم زیاد بکارهی برند به این ترتیب کاری می‌کنند که سرعت هو تور دوی اختلاف فاز ضربه‌های کارا نداز تیراژون ائرن کند. بخصوص این کاریست که برای تغییر دهنده‌های سرعت

در صنعت پکار می‌بیند، که در ماشین‌های ایزار بسیار پکار رفته است که امکان‌عی دهد از یک هو تو ریز رگ که با سرعت کمی می‌گردد و با این حال زوج بسیار بزرگی دارد و یا اگر لازم شد از یک هو تور با سرعت زیاد، همیشه هو توری با سرعت بسیار یا بسته داشته باشد.

**مبتدا**— توضیحات شما را بخوبی فهمیدم، اما همانطور که شما گفتید، من که سرحال بودم احساس می‌کنم که به سرعت دارم خسته می‌شوم، حس می‌کنم که اگر ادامه این بحث برای یک دفعه دیگر گذاشته شود، ترجیح دارد.



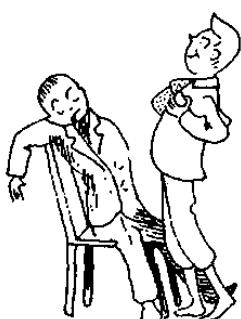
A decorative horizontal line at the bottom of the page. It features a wavy, scalloped pattern on the left side, followed by a series of small, dark blue diamond shapes arranged in a repeating pattern across the rest of the line.

قویتی و بازهم قویتشاً مبتدی یک «ماشین حساب الکترونی» پیتا فیو هتری ساخته است. اساس آن عالی است اما اغتشاش موجب ایجاد عدم دقت در آن می‌شود. مهندس به او نشان می‌دهد که چگونه می‌شود این معایب را رفع کرد و با زدنگی از این مطلب برای یاد دادن تقویت کننده‌های عملی و ماشین‌های قیاسی به او استفاده می‌کند. مبتدی حالا می‌خواهد وارد مرحله ساختن شود؛ با اینحال ترجیح می‌دهد کمی از آنچه یادگرفته است بازگو کند تا بینند نقاط حساسی که در تفکرات او انحراف ایجاد می‌کنند چیست.

## حساب کنندگان قیاسی

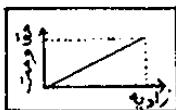
## تقویت کننده های عملی

**مهندس**— آه آقای مهندسی امروز بهویژه هنرور بنتظر می‌رسیدا آیا اختراع تازه‌ای کرده‌اید؟  
**مهندسي**— آقای عزیز، اختراع که چیزی نیست، ساختن مهم است. درواقع بدانید از اینکه به تازگی ساخت ماشین حساب ایکترونی را تمام کرده‌ام خیلی بخودمی‌باشم.  
**مهندس**— آه...



خطی بودن یک پتا فیو متر

**میقلدی** - خواهش می‌کنم غش نکنید. کار به این قریب شروع شد، رفتم پتا نسیو متر هایی برای آنتن دوستم بخرم و چند تا از آنها خریدم، چون مقداری از آنها بیدا کردم که خیلی جالب بود. فروشنده‌ای که آنها را بمن فروخت، چمن گفت که خیلی خطی هستند، یعنی از وضعیت آغاز و قتی محورش را بگردانیم مقاومتی بین سر متجرک و یکی از دو انتهای پتا نسیو متر بدست می‌آید که کاملاً متناسب با زاویه‌ایست که آنرا چرخانده‌ایم.



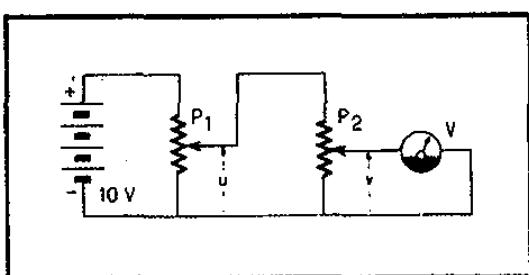
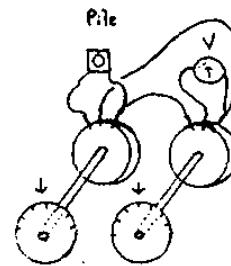
**مهندس** - آفای مبتدی دیگر شمارا نمی شود شناخت، تعریف شما ریاضی به تمام معنایست. البته کمالاً درست است. خوب ادامه بدھید.

**میتلای** - خواستم ببینم چیزی که فروشنده گفته درست است یا نه. بنابراین به پتانسیومتر فشاری گذاشتم که درست ۱۰ ولت بود و از یک تغذیه خوب و ثابت گرفته می شد. روی محور پتانسیومتر صفحه کوچکی گذاشتم که با دقت آنرا زینه بندی کرده بودم، آنرا بهده بخش برای ازوضیعت شروع تا وضعیت انتهای پتانسیومتر تقسیم کردم و یک ولتمتر خوب بین سه متحرک پتانسیومتر و انتهای مقاومتی که سر متحرک از آن شروع به حر کت کرده است، قرار دادم. دراین لحظه مشاهده کردم که مقدار نشان داده شده بهوسیله ولتمتر کاملاً با زینه بندی صفحه واپسخاست. روی خط پنج زینه بندی در نیمه راه یک فشار پنج ولت پدست آوردم.

**مهندس**— آفای مبتدی بشما تپنیک می‌گویند، همان کاری که برای آزمایش خطی بودن پیتنا نسیو متر باید انجام دهید، کاملاً انجام داده‌اید. حالا بنتظر من اگر بخواهید این را ماشین حساب نامگذاری کنید، کمی از مرحله پرست می‌شویم.

پتا نسیو متر دوم

**مبتدی**—آقای مهندس فکر می کنید که هنر جرأت می کنم برای چیز به این کوچکی شما را عصبانی کنم؛ بگذرید تشریح خودم را تمام کنم. چون فشاری داشتم که با چرخاندن محور پتانسیومتر تغییر می کرد، فکر کردم که می شود آنرا به سیمهای یک پتانسیومتر دیگر که پسیار شیبیه به پتانسیومتر اول اما مقاومتش خیلی زیادتر از آنست گذاشت تا فشار سر هتحرک پتانسیومتر اول را بره نزند. این پتانسیومتر دوم هم مجهز به صفحه ایست که برای تمام گردش پتانسیومتر از ۵ تا ۱۰ زینه پندی شده است. در اینحال ولتمتر بین سر هتحرک این پتانسیومتر دوم و انتهای پائینی آن قرار دارد، همانطور که شکل ۱۶۷ نشان می دهد. در اینحال فشار گذاشته شده به پتانسیومتر دوم نیست؛ فشاری که روی ولتمتر V می خواهد و ۱۱ می نامم چیزی نیست غیر از حاصلضرب ۱۱ در تضییف (کاوش) پتانسیومتر دوم. اگر بپذیریم که انحراف ولتمتر V تا آخر را ۱۰۰ واحد گرفته باشم (۱۰ ولت)، این انحراف عددی بمن می دهد که حاصلضرب دو عدد نشان داده شده روی دو زینه پندی است. موضوع همین است و گمان می کنم بمنظور شما با ارزش است؟



شکل ۱۴۷ - «خرب کشندۀ مقاپسۀ ای  
مبتدی» از دو پتانسیومتر با خطی بودن  
بسیار زیاد ویک ولتمتر تشکیل می شود.



**مهندس** - آقای هبتدی کار موفقیت‌آمیزی است، اکنون یک ضرب‌کننده مقایسه‌ای ساخته‌اید که گاهی در ماشین حساب‌ها بکار می‌برند.

مبتلی-آه! پس قبل آنرا می‌شناختیدا هر این بیین که می‌خواستم اجازه ساخت آنرا برای خودم بگیرم!

مهندس- آفای مبتدی مضطرب نشود، اگر همینطور ادعاه بدهید، بزودی

مهندس س- آقای مبتدی همضرับ نشوید، اگر همینطور ادامه بدهید، باز و دیگر جازه ساخت های دیگری هی گیرید. سیستم شما خیلی زیر کانه است و از اینکه به همانی آنرا یافته اید تبریک می گوییم. مقدار پتانسیومتر های  $P_1$  و  $P_2$  چقدر است؟

مبتداي- $P_1$ ، مقاومت ۲۰۰۰ اهمی است و  $P_2$  مقاومتش ۱۰۰۰۰۰ اهمی است و ولتمتر هن یک بررسی کننده متداول  $\frac{20000}{\Omega}$  (۲۰۰۰۰ اهم به ولت) است.

**مهندس** - آیا هنوز شما خیلی دقیق است؟

## مسئله ۲۷۷ دقت



**مبتدی** - برای اینکه چیزی را مخفی نکرده باشم، باید بگوییم که کمی سر خوردم. بخصوص وقتی که سر متتحرك  $P_2$  را تزدیک وسط می‌گذاشت. بهاین ترتیب بود که مثلاً با گذاشتن سر متتحرک هردو پتانسیومتر در وسط (هردو روی خط تقسیم ۵) ولتمتر  $V$  باید ۲۵ قسمت را نشان می‌داد ( $2/5$  ولت)، درحالی که دیدم کمی بیشتر از ۲۴ را نشان می‌دهد. بدون شک زینه بندی را با دقت انجام ندادم.

**مهندس** - بهاین علت نیست، شمارا خوب می‌شناسم و می‌دانم که وقتی بخواهید، در دسم پس بسیار دقیقی هستید. این مطلب علت دیگری دارد. بگذارید من حساب کنم... خوب، خوب، کار روبراه است. اشتباه به جاست.

**مبتدی** - در اینصورت برای من توضیح بدهید.

**مهندس** - خیلی ساده است، فراموش کرده‌اید که ولتمتر  $V$ ، اختلاف سطح پتانسیومتر  $P_2$  را برهم می‌زند. این پتانسیومتر مقاومت صد هزار اهمی دارد و ولتمتر  $V$  روی اندازه ۱۰ ولت،  $200000$  اهم مقاومت دارد. می‌بینید که این مقاومت نسبت به مقاومت  $P_2$  بی‌نهایت نیست و فشار  $V$  که اندازه می‌گیرید کمتر از فشاری است که اگر ولتمتری با مقاومت زیادتر بیکار می‌بردید، بdest می‌آوردید.

**مبتدی** - در اینصورت باید یک ولتمتر اختصاصی بجای ولتمتر  $V$  بکار برد؟

**مهندس** - بدون آن هم می‌توانید این کار را بکنید. اگر مقاومت پتانسیومتر  $P_2$  را کمتر انتخاب کنید نتیجه‌ای که می‌گیرید خیلی بهتر خواهد بود. محاسبه نشان می‌دهد که بهترین مقدار آن  $14000$  اهم است. اگر آنرا ده هزار اهم هم بگیرید چیز خوبی خواهد داشت.

**مبتدی** - با کمال میل قبول می‌کنم که در این حالت ولتمتر  $V$  دیگر اختلاف سطح پتانسیومتر  $P_2$  را برهم نمی‌زند. اما می‌ترسم که این مقاومت ده هزار اهمی که روی سر متتحرک  $P_1$  وصل است، این بار اختلاف سطح  $P_1$  را بهشت برهم نزند.

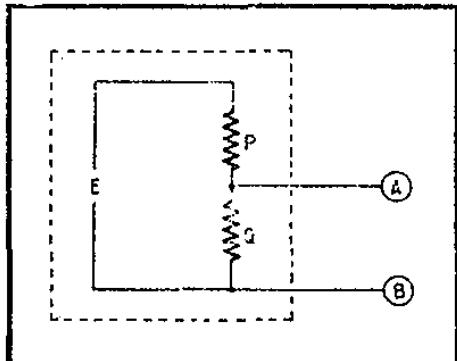
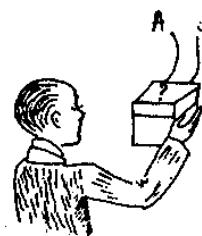
## مبدل تونن Thévenin

**مهندس** - الان بهشما نشان می‌دهم که چگونه این اغتشاش را محاسبه می‌کنند. برای اینکار روش بسیار متدالی را بهشما یاد خواهیم داد که آنرا مبدل تونن می‌نامند.

یک منبع  $E$  را در نظر بگیرید (شکل ۱۶۸) که روی یک تقسیم کننده فشار تشکیل شده از مقاومت‌های  $P$  و  $Q$  وصل شده است. اگر مجموع منبع و مقاومت‌ها در یک جمعیت درسته قرار داشته باشند بین نقطه‌های  $A$  و  $B$  تقریباً مادلی از یک منبع تازه پذست آورده‌اند. مبدل تونن بهمای می‌گوید که بین نقطه‌های  $B$  و  $A$  از سوی خارج جمعیت، درست مثل اینست که ما منبعی داریم با نیروی مجرکه  $E'$  و مقاومت درونی  $\Gamma$ . این مقدار را محاسبه می‌کنیم. برای نیروی مجرکه  $E'$ ، مشکلی وجود ندارد چون وقتی در خارج جمعیت بین نقطه‌های  $B$  و  $A$  چیزی وصل نشده باشد، همان اختلاف سطحی است که بین این دو نقطه وجود دارد. بدون شک می‌توانید این مقدار را با محاسبه جریانی که  $E$  ایجاد می‌کند، حساب کنید.

**مبتداي** - بنظر من بسیار ساده است چون جریان منبع E از مقاومت های

$\frac{E}{(P+Q)}$  که بطور پیاپی قرار دارند می گذرد و بنابراین برابر است با  
این جریان وقتی از مقاومت Q می گذرد افت فشاری برابر  $\frac{E \cdot Q}{(P+Q)}$  در آن  
بوجود می آورد.



شکل ۱۴۸ - یک فشار E که به تقسیم کشند  
گذاشت شده است، مقداری فشار بین  
و B و A بدست می دهد.

**مهندس** - کاملاً درست است. بنابراین مقدار 'E' همین خواهد بود (شکل ۱۴۹). مقاومت درونی منبع معادل خواهد بود...

**مبتداي** - نصور می کنم که بطور ساده برابر P است.

**مهندس** - در اینجا اشتباهی کردید که تقریباً همه می کنند. در واقع مقاومت

$$\text{درونی} = \frac{PQ}{(P+Q)}$$

**مبتداي** - از نظر نتیجه تقریباً غیرمنتظره است. با وجود این مقاومت P  
بین منبع E و نقطه A کاملاً بطور پیاپی قرار گرفته است.

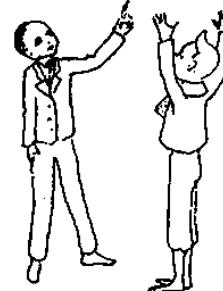
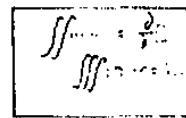
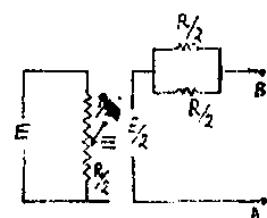
**مهندس** - می توانم درستی آنرا به وسیله ریاضی ثابت کنم.

**مبتداي** - هر کار می خواهد پذیرید، غیر از اینکار!

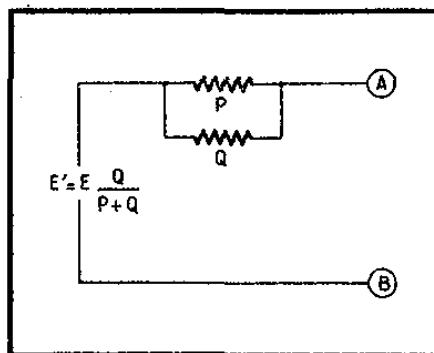
**مهندس** - منتظر همین واکنش بودم. این را پذیرید که مقاومت Q موازی  
با هرجیزی است که شما بین نقطه های A و B قرار می دهید. اگر Q نسبت به P  
کم باشد، می توانیم بین A و B مقاومتی قرار دهیم که نسبت به P کم اما نسبت  
به Q زیاد باشد. بنابراین مقدار Q تغییر نخواهد کرد، که معنی اش اینست که فشار  
بین A و B کم تغییر می کند. بنابراین می بینید که منبع معادل ما، یک مقاومت  
درونی دارد که خیلی کمتر از P است.

**مبتداي** - خوب، مبدل توزن شمارا قبول دارم. چگونه آنرا برای پتانسیومتر  
 $P_1$  خودمان بکار می بینیم؟

**مهندس** - بطور ساده بادر نظر گرفتن اینکه بجای منبع ۱۰ ولتی و دو بخش  
پتانسیومتر  $P_1$  شما که به ترتیب بالا و پائین سر متحرک قرار گرفته اند، منبعی گذاشته  
شده که فشار آن کمتر از ۱۰ ولت است، و از این گذشته درست وابسته به زینه  
پتانسیومتر  $P_1$  است و مقاومت درونی آن برابر دو بخش  $P_1$  است که بطور موازی  
با هم قرار گرفته اند.



می‌بینید که وقتی سر متوجه  $P_1$  نزدیک به انتهای یک مقاومت است، این مقاومت درونی خیلی کم است، چون یکی از دو بخش مقاومت مقدار بسیار کمی را نشان می‌دهد، می‌توان نشان داد که این مقاومت درونی معادل، وقتی سر متوجه در



شکل ۱۷۹- فشار بین (A) و (B) شکل ۱۷۸ معادل (تبديل تونن) با فشاری است که یک قوه با نیروی معروکه  $E$  می‌دهد و مقاومت درونی آن برابر  $P$  موازی با  $Q$  است (معنی  $\frac{P \cdot Q}{(P+Q)}$ )

وسط قرار دارد و بیشترین مقدار می‌رسد. در این لحظه هر دو بخش پتانسیومتر مقاومتی دارند که براین نیمی از مقاومت کل است. وقتی این دو بصورت موازی قرار بگیرند مقاومت معادلی بشما می‌دهند که  $\frac{1}{2}$  مقاومت کل است. به عبارت دیگر،

منبع معادل تغذیه ۱۰ ولتی و پتانسیومتر  $P_1$  شما، نیروی محركه‌ای دارد که بر حسب موقعیت سر متوجه  $P_1$ ، بین ۰ و ۱۰ ولت تغییر می‌کند. مقاومت درونی آن وقتی سر متوجه  $P_1$  کاملاً در پایه‌ین است، از صفر شروع می‌شود، وقتی سر متوجه در وسط قرار دارد بیشترین مقدار را کشیده براین ۵۰۰ اهم است بخود می‌گیرد، تا وقتی سر متوجه کاملاً به بالا رسید دوباره به صفر پرورد. بنابراین باید روی مقاومت درونی معادلی که حد اکثر ۵۰۰ اهم است، حساب کرد. پس من بینید که یک پتانسیومتر  $P_2$  با مقاومت ده هزار اهم فشار ظاهر شده بین سر متوجه  $P_1$  و بدنه (بدون مقاومت دیگر) را فقط کمی بر هم می‌زند.

**مبتدی**- بنابراین نتیجه را به این ترتیب می‌فهمم که بین سر متوجه  $P_2$  و بدنه مقاومت درونی معادلی داشتم که وقتی سر متوجه در وسط قرار داشت می‌توانست به ۲۵۰۰۰ اهم برسد. در این شرایط عادی بود که مقاومتی مثل مقاومت ولتمتر که روی زینه ۱۰ ولت براین ۲۰۰۰۰۰ اهم است، چنین همیشه را به شدت منشوش کند.

**مهندس**- این اختشاش درست براین ۱۱ درصد بوده است.

### اختشاش آتشاری

**مبتدی**- اما بنظر من موقعیت و خیم است چون اگر برای  $P_2$  مقاومت زیادی در نظر بگیرید، ولتمتر  $V$  فشار خروجی  $P_2$  را مشوش می‌کند. اگر برای  $P_2$  مقدار کمی انتخاب کنید، این پتانسیومتر فشار سرمتوجه  $P_1$  را مشوش می‌کند. به عبارت دیگر موقعیت همانقدر غم انگیز است که موقعیت مردی که می‌خواست پول زیادی بددست بیاورد (تا نرومند شود)، اما پول کمی داشته باشد (تامالیات

کمتر بدهد) تأثیر آور است.

**مهندس**— این مسئله بخصوص دردناک است. اما آنهم مثل مسئله ماشین حساب شما را حلی دارد که مصالحه است. با انتخاب  $P_1$  به مقدار ۱۴۰۰۰ اهم است که کمترین انفشار را خواهیم داشت.

به حال اگر می خواستیم حاصل ضرب سه مقدار را باسه پتانسیومتر آبشاری داشته باشیم، برای پیدا کردن مقدار مقاومت های پتانسیومترها که بصورت تصاعد هندسی هستند دچار رحمت می شدیم. بنابراین روش ساده تری را بکار می بردیم به این ترتیب که بین سه متوجه  $P_1$  و سه پیچی مقاومتی پتانسیومتر  $P_2$ ، تقویت کننده ای می گذاریم که مقاومت ظاهری را پائین می آورد و ضریب بهره ای دارد که تا حد امکان نزدیک به بیک است و مقاومت ورودی بزرگ و مقاومت خروجی کمی دارد.

**متلبی**— فکر می کنم که چیزی از نوع طبقه با ارسال کننده تابع یا «تقویت کننده عضلانی» که شکل خلاصه آنرا در شکل ۵۰ برایم کشیده اید بکار خواهید برد.



### تقویت کننده های عملی

**مهندس**— درست همینطور است. حالا که صحبت درباره این روش حساب کردن را آغاز کرده ایم، به شما نشان خواهیم داد که با تقویت کننده های عملی چه کار جالبی می توان انجام داد.

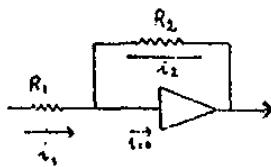
**متلبی**— اینهم گروه تازه ای از تقویت کننده ها که چیزی از آن نمی دانم!

**مهندس**— آقای متلبی خیلی ساده تر از آنست که فکن می کنید. بطور ساده بیک تقویت کننده با تزوییج مستقیم را که ضریب بهره بسیار زیاد، مقاومت ورودی بسیار بزرگ و مقاومت خروجی بسیار کمی داشته باشد، اینطور می نامند. غالباً تقویت کننده های عملی، اختلافی هستند، به عبارت دیگر شامل دو ورودی هستند و عملاً فقط در برای اختلاف فشار های گذاشته شده به ورودی، حساس هستند نه در برای مقدار عمومی این دوفشار. مثلاً اگر به ورودی بیک، فشار  $2/2$  میلی ولت و به ورودی ۲ فشار  $2/0$  میلی ولت گذاشته شود در خروجی همان فشاری بست می آید که روی ورودی بیک، فشار  $1/0$  ولت و به ورودی ۲، فشار  $1$  ولت گذاشته شود. این مسئله مونتاژ را ساده تر می کند و امکان بکار بردن ضدواکنش جریان (مانند شکل ۱۵۰) یا ضدواکنش فشار، مانند شکل ۱۴۶ را در این تقویت کننده ها بوجود می آورد. برای کاربردی بر این شکل  $150$ ، باید ورودی آنرا که «ورودی» یا «ورودی معکوس کننده» نامیده می شود بکار گرفت که وابسته به علامت خروجی با فاز مخالف با علامت ورودی است؛ ورودی دیگر را که «ورودی +» یا «ورودی غیر معکوس کننده» نام دارد (واگر به تنها زیر تأثیر قرار می گرفت، علامت خروجی هم فاز با علامت ورودی بست می داد) به بندنه متصل می کنند.

برای ضدواکنش فشار، ورودی  $+$  زیر تأثیر قرار می گیرد و روی ورودی  $-$  (یا ورودی معکوس کننده) است که بخشی از فشار خروجی گذاشته می شود. تقویت کننده های عملی مجتمع، مثل  $MAY 709$  و  $SFC 2709$  غیره از همین نوع هستند. بعداً خواهیم دید که آنها را چگونه می سازند.

فرض کنید که چتین تقویت کننده ای را، همانطور که در شکل ۱۵۰ نشان

داده‌ام، سوارکرده باشیم، ضربیب بهره تقویت‌کننده منفی است؛ به عبارت دیگر تقویت کننده برای یک فشار مثبت ورودی (که به‌سبب ضربیب بهره زیاد آن بسیار ضعیف است)، در خروجی فشار منفی بهما می‌دهد. آیا می‌توانید جریان‌هایی را که از مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  که برای انتحاب کرده‌ایم، می‌گذرند، بمن نشان بدیند؟



**مبتدی** - آنقدر، روی مقدار بسیار زیاد ضربیب تقویت‌کننده خودتان اصرار کردید که حدم می‌زنم باید اختلاف سطح  $A$  ورودی آنرا صفر گرفت. بنابراین جریان در  $R_1$  براین  $\frac{A}{R_1}$  و در  $R_2$  مقدار  $\frac{A}{R_2}$  خواهد بود.

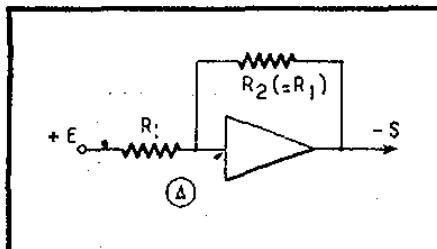
**مهندس** - کاملاً درست است. حالا می‌توانید بمن بگوئید که این دو جریان نسبت بهم چه مقداری دارند.

**مبتدی** - در این مورد هیچ حدسی نمی‌توانم بزنم.

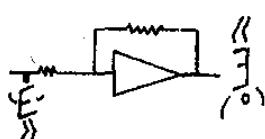
**مهندس** - با وجود این بهشما گفته بودم که مقاومت ورودی این تقویت‌کننده خیلی زیاد است. بنابراین جریان ورودی آن عملاً صفر است. معنی این اینست که جریان‌هایی که از  $R_1$  و  $R_2$  می‌گذرند، برابرند. چون مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  برابرند، می‌توانید از آن نتیجه بگیرید که  $E = S$ .

**مبتدی** - واقع‌آخیلی زحمت‌کشیدید تا صدواکشن را دوباره برایم شرح دادید.

**مهندس** - خشنودم که آنرا دوباره شناختید. بنابراین چنین تقویت‌کننده‌ای امکان بددست آوردن یک علامت معکوس را به وجود می‌آورد، یعنی از روی یک فشار



شکل ۱۵۱ - ضربیب بزرگ خود واکنش که به تقویت‌کننده گذاشته شود، باعث می‌گردد که ضربیب بپرداش براین ۱ - شود (همیشه باید فشار در  $A$  را تقریباً صفر گرفت و جریان ورودی تقویت‌کننده هم صرفظیر کردندی است).



داده شده، یک فشار براین و با جهت مخالف را بددست می‌دهد. حالا اگر مقاومت  $R_2$  براین  $R_1$  نبود و مثلاً پنج براین آن بشدود، فشار خروجی  $S$  که بددست می‌آوریم، ۵ براین فشار ورودی بود. بنابراین وسیله ساده‌ای در اختیار داریم که یک فشار را در ۵ ضرب کنیم.

**مبتدی** - اما همه این‌ها را قبل از این گفته‌ایم. در اینجا چیز تازه‌ای وجود ندارد.

## جمع

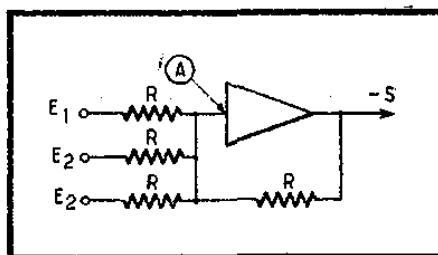
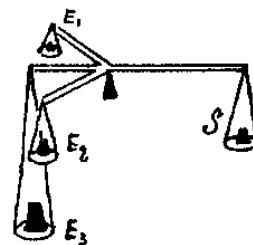
**مهندس** - الان به آن‌هم می‌رسیم. حالا مونتاژ شکل ۱۵۱ را در نظر بگیریم.

جریان‌هایی که از سه مقاومت سمت چپ می‌گذرند به ترتیب عبارتند از  $\frac{E_1}{R}$

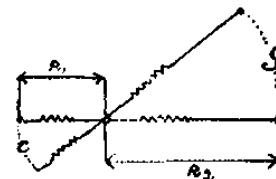
$\frac{E_2}{R}$  و  $\frac{E_3}{R}$ . جریانی که از مقاومت سمت راست می‌گذرد مانند قبیل  $\frac{S}{R}$  است. در

واقع اختلاف سطح در A همیشه بهسب بهره بسیار زیاد تقویت کننده، بر این صفر گرفته شده است. بهسب مقاومت ظاهری زیاد ورودی تقویت کننده، جریانی که ورودی آن می‌رسد باید صفر گرفته شود که این مطلب باعث می‌شود مجموع سه جریانی که به نقطه A می‌رسند بر این جریانی باشند که از آن خارج می‌شود. اگر این برابری را بنویسید و مخرج‌های R را از دو طرف حذف کنید، بدست می‌آورید،  $E_1 + E_2 + E_3 = S$  فشار است.

**مبتدی**- دستگاه شما بسیار زیر کانه است و تا اندازه‌ای مناسب باید یک نوع ترازو می‌اندازد. درواقع اگر بازوی سمت چپ شاهین ترازو سه‌شاخه با درازای مساوی بود که هر کدام یک کله داشت، می‌توانستیم بگوئیم که وزنه‌های مساوی در کفه‌های سمت چپ گذاشته‌ایم. ترازو با وزنه S که در کفه سمت راست می‌گذاریم بحال تعادل درمی‌آید و این در موقعي است که این وزنه برابر مجموع سه وزنه‌ای باشد که در سمت چپ گذاشته شده است.



شکل ۱۵۱- این مونتاژ درخروجی فشاری تهیه می‌کند که براین مجموع سه فشار ورودی (صرف نظر از علامت آن) است.



**مهندس**- تشبیه شما عالی است. و آنکه می‌توان گفت که در مورد شکل ۱۵۰ هم پیکار برد می‌شود بهاین ترتیب که چون اختلاف سطح نقطه A ثابت است، اختلاف سطح‌های انتهای چپ  $R_2$  و انتهای راست  $R_1$  متناسب با مقدار این دو مقاومت تغییر می‌کند؛ درست مثل حرکت‌هایی است که دو انتهای یک اهرم که نقطه A انتهای آنرا تشکیل می‌دهد دارند، درحالی که درازای بازوی اهرم به ترتیب برای  $R_2$  و  $R_1$  است.

**مبتدی**- بهاین ترتیب روشی برای جمع کردن سه فشار بهمن داده اید...

**مهندس**- حالت سه ورودی را فقط به عنوان مثال انتخاب کرد، می‌شود هر قدر بخواهیم تعداد ورودی را زیاد کنیم.

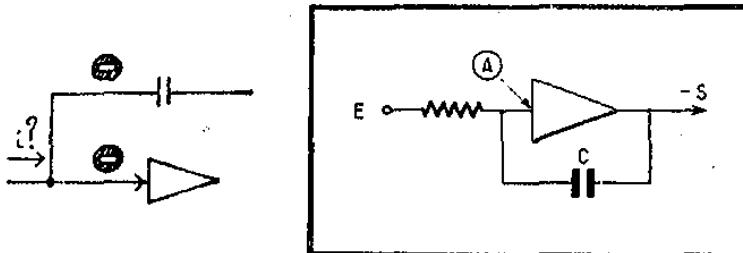
**مبتدی**- این را فهمیدم. چیزی که می‌خواستم بگوییم، اینست که این دستگاه جمع را انجام می‌دهد اما برای تفربیق جه می‌کنید.

**مهندس**- خیلی ساده است، بهویله مونتاژ شکل ۱۵۰، با مقاومت‌های  $R_1$  و  $R_2$  که بر این نه، به یک فشار E مشتمل. یک فشار S منفی را وابسته می‌سازند که مساوی با آنست. با «اضافه کردن» این فشار S در مونتاژ شکل ۱۵۱، به حالات کسر کردن فشار E از آنها بر می‌گردد.

حالا دلم می‌خواهد بگوئید درباره مونتاژ شکل ۱۵۲ چه فکر می‌کنید.

### انتگرال گیرنده

**مبتلی**- خیلی ساده بنظر می‌آید، اما به این سادگی آشکار اعتقاد ندارم.  
برای اینکه بهروش استدلالی که تا حال داشته‌ایم گفته باشم، گمان می‌کنم بتوانم بگویم



شکل ۱۵۲- مونتاژ تقویت‌کننده انتگرال‌گیرنده

که اختلاف سطح نقطه A عملاً صفر باقی می‌ماند. در نتیجه جریانی که از  $R$  می‌گذرد خواهد بود  $\frac{E}{R}$ . فقط این مطلب بهیچوجه ادامه نمی‌باشد چون این جریان

نمی‌تواند به ورودی تقویت‌کننده برود (مقاومت ورودی بی‌نهایت است). باید این جریان به خازن برود درحالی که نمی‌توان جریان مستقیم را وارد خازن کرد.

**مهندس**- مسلمًا اگر بخواهد همیشگی باشد، امکان پذیر نیست. اما نمی‌دانم چه چیز با فرستادن جریان مستقیم در مدتی محدود برای پرکردن خازن مخالفت می‌کند.

**مبتلی**- درست است فکر شدم. امسا نمی‌تواند خازن شما را پر کنند چون جوشن چپ به اختلاف سطح صفر وصل است و جوشن راست به خروجی تقویت‌کننده ارتباط دارد!

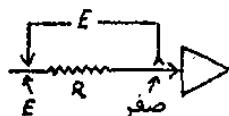
**مهندس**- آقای مبتلی قطعاً کمتر از چند دقیقه پیش سر حال هستید چون خروجی تقویت‌کننده نقطه‌ای نیست که اختلاف سطح ثابتی داشته باشد. به تدریج که خازن پر می‌شود، اختلاف سطح جوشن سمت راست آن باعث خواهد آمد. بنابراین می‌بینید که جریانی که در هر لحظه خازن را پر می‌کند، متناسب با  $E$  است. چه نتیجه‌ای از آن می‌گیرید؟

**مبتلی**- گمان می‌کنم اگر  $E$  را ثابت نگهداشتم، خازن C با جریان ثابتی پر خواهد شد، یعنی بر حسب قاعده‌ای که کاملاً منظم است.

**مهندس**- درست است و دقیقت را بگوییم بر حسب قاعده خطی است. و اگر  $E$  ثابت نباشد چطور؟

**مبتلی**- این دیگر وحشتناک می‌شود چون خازن جریان دریافتی را در خود جمع می‌کند و هم‌را بهم می‌افزاید و مخلوط وحشتناکی بوجود می‌آید.

**مهندس**- خازن آنها را بهم اضافه نمی‌کند، بلکه بهتری انجام می‌دهد چون انتگرال آنها را می‌گیرد. چیزی که به این ترتیب ساخته‌ایم یک مدار انتگرال‌گیرنده تقریباً کامل است. یادتان هست که یکی از این مدارها را فقط با یک مقاومت و یک خازن (شکل ۷۰) ساخته بودیم. این مدار را نمی‌توانستیم بکاربریم مگر در حدودی که فشار خروجی S ضعیف و حتی نسبت به فشار ورودی E صرف نظر کردیم بود، برای



اینکه بتوان فشار دوس مقاومت  $R$  را کاملاً برای  $E$  در نظر گرفت، در مونتاژ شکل ۱۵۲، حتی اگر فشار خروجی زیاد باشد، فشار دوس  $R$  کاملاً برای  $E$  است. پس این مدار یک انتگرال گیرنده کامل است.

**مبتدا**- وقتی شروع به صحبت از انتگرال و چیزهای دیگر می‌کنید، خیلی پریشان می‌شوم. اما گمان می‌کنم که این نوع مدار هیچوقت تنها نمی‌ماند. وقتی از انتگرال گیرنده صحبت می‌شود، تصور می‌کنم که مشتق گیرنده هم دور از آن نیست.

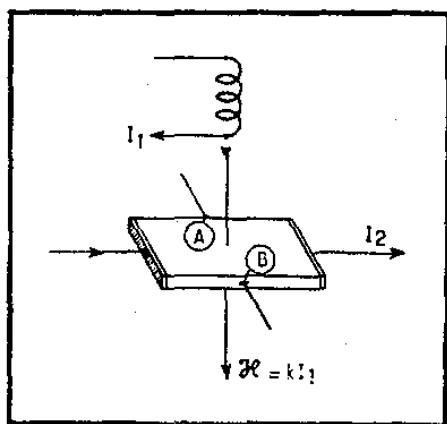
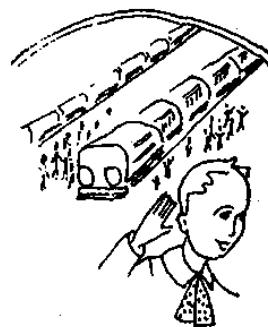
**مهندس**- حق با شماست. با عوض کردن جای خازن و مقاومت در شکل ۱۵۲ یک مدار مشتق گیرنده پذست می‌آوریم. می‌بینید که با این تقویت کننده‌های عملی، می‌توانیم ضرب در یک عدد ثابت، جمع، تفریق، انتگرال گرفتن و مشتق گرفتن را انجام دهیم.

### ضرب کننده قیاسی

**مبتدا**- بله، اما بعضی چیزهای سرسر است. اگر بخواهید از مقادیری شروع کنید که همیشه فشارهای الکتریکی باشند، نمی‌دانم برای ضرب کردن دو مقدار در هم چه خواهید کرد. «مونتاژ مبتدا» در شکل ۱۶۷ فقط برای وضعیت قرار گرفتن محدود پتانسیومترها بکلمه دوند نه برای فشارها.

**مهندس**- می‌توانیم به اجراء آن چیزی را که شما «مونتاژ مبتدا» می‌نامید بکار ببریم در حالی که سرها متحرک  $P_1$  و  $P_2$  را به وسیله دستگاههای فرمان دهنده‌ای فرمان بدھیم که به وسیله فشارهایی که باید در هم ضرب شوند، تحریک می‌گردد. روش‌های دیگری هم وجود دارند مثل «روشی که برایه «اثر هال» Hall بناشده است.

**مبتدا**- این همان اثر پیچیدن صداست که در یک سالن راه آهن شنیده می‌شود.  
**مهندس**- خواهش می‌کنم جدی باشید. اثر مورد بحث شامل ظاهر شدن یک اختلاف سطح بین دو نقطه از صفحه کوچک یک نیمه‌هادی است که جریانی از آن می‌گذرد که عمود بر یک میدان مغناطیسی است بهمان ترتیب که در شکل ۱۵۳ برایتان

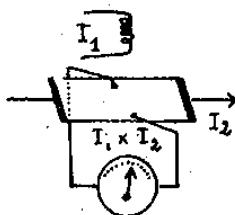


شکل ۱۵۲- اثر هال: در یک صفحه نیمه‌هادی، که جریان  $I_2$  از آن گذشته است و زیر اثریک میدان  $H$  قرار دارد، بین نقطه‌های  $A$  و  $B$  اختلاف نظری آنکار می‌شود که با  $I_2$  و  $H$  متناسب است.



کشیده‌ام. جریان در صفحه از چیز بمراست می‌گذرد و میدان مغناطیسی  $H$  از بالا

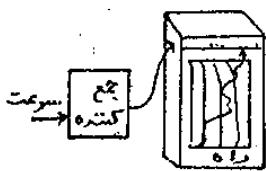
به پائین است؛ بین نقطه‌های A و B اختلاف سطحی آشکار می‌شود که از یک طرف متناسب با جریان واژ سوی دیگر متناسب با میدان مغناطیسی است. اگر میدان مغناطیسی را بهوسیله یک سیم پیچی که با جریان  $I_1$  تحریک شده است، بوجود آورده باشیم واژ صفحه جریان  $I_2$  را بگذرانیم؛ اختلاف سطح بین A و B با حاصلضرب  $I_1 \cdot I_2$  متناسب خواهد بود. به این ترتیب است که می‌توان یک ضرب‌کننده قیاسی ساخت.



### قلمروی محاسبه قیاسی

**مبتدی**- درواقع این مطلب بنظر من روشن است. بر عکس صفت «قیاسی» را که چندین بار بکار برده اید، نمی‌فهمم.

**مهندس**- این صفت دسته‌ای از ماشین‌حساب‌ها را مشخص می‌کند که روی مقادیر الکتریکی با تغییرات مداوم عمل می‌کنند. این مقادیر بهوسیله قیاس (شباخت) الکتریکی نماینده مقادیری با طبیعت گوناگون هستند که روی آنها می‌توان محاسبه را انجام داد. مثلاً بامداد انتگرال‌گیرنده شکل ۱۵۲، به وردودی فشاری می‌گذاریم که نماینده سرعت یک متحرک است. فشار خروجی، زیرشکل یک قیاس الکتریکی، راه پیموده شده بهوسیله این متحرک را نمایش خواهد داد. می‌بینید که روش بکار برده شده در اینجا یا آنچه در محاسبه بکار برده‌ایم کاملاً متفاوت روی این اعداد انجام می‌دادند، هر عدد فقط بطور غیرمداوم تغییر می‌کرد و معادل شیوه یک پدیده را نمایش نمی‌داد بلکه بیان عددی این پدیده بود.



**مبتدی**- اختلاف این دو را بخوبی فهمیدم. بنظرم می‌رسد که ماشین‌های قیاسی خیلی ساده‌تر و خیلی جالبتر از ماشین‌های حساب هستند، فهمیدن طرز ساخت آنها بی‌نها یات ساده‌تر است.

**مهندس**- تاحدودی درست است. اما دقت آنها محدود‌تر است چون رسیدن

به یک درصد آسان است اما گذشتن از  $\frac{1}{1000}$  خیلی دشوار می‌شود. به عبارت دیگر،

حساب قیاسی وقتی که دقت خیلی زیاد لازم نباشد، بیشتر مورد نظر قرار می‌گیرد. حالا اگرچه طرز ساخت آنها در ظاهر ساده‌تر است، اما فراموش نکنید که یک تقویت‌کننده عملی دستگاهی است که ساختمان آن دقیق و دشوار است چون درواقع باید ضریب بهره قابل ملاحظه‌ای داشته باشد (غالباً از ۱۰۰۰۰۰ متجاوز است) درحالی که تمام صفات‌های دیگری را هم که بر ایتان نام بردہ ام باید داشته باشد.

### ساختن تقویت‌کننده‌های عملی

**مبتدی**- چگونه می‌توان به این نتیجه رسید؟

**مهندس**- معمولاً یکی از همین مدولاتورهای قطع (جداساز) همه یا هیچ را که قیلاً بر ایتان گفتم بکار می‌برند؛ بیشتر از یک مدولاتور مکانیکی، از مدولاتور ترا نزیستوری یا از سیستم ذوری مقاوم (مقاآمتی) که مقدار اهمی آن با تابش ذور تغییر

هی کند) استفاده می‌کنند. کاربرد مدولاتورهای همه یا همچو با ترانزیستورهای پا اثر میدان که سابقاً آنرا مشخص کردیم (شکل ۱۶) روز بروز پیشتر می‌شود. با وجود این از این مدل‌های باقی (جدا از این) که هر چه بیشتر با مدارهای مجتمع و با رقاپت درست می‌شوند هم دیده می‌شود که در آنها طرز ساخت زیر کانه‌ای بکار رفته که اساساً تا خروجی آن تقریباً قرینه است و زوج (دوتا) گرفتن تقریباً خود کار عرصه‌های ورودی امکان می‌دهد که تعداد انشعابها به کمترین مقدار برسد به حدی که کار بهوسیله قطع (جدا از این) دیگر امتیازی ندارد. چون به این ترتیب این خطر وجود دارد که باندگذرای بسیار محدودی بدست بیاید، مونتاژ نسبتاً پیچیده‌ای بکار می‌برند که مونتاژ گولدبرگ Goldberg است و در آن ترتیب کار را طوری می‌دهند که مؤلفه متناوب به یک نقطه مشخص تقویت کننده گذاشته شود، درحالی که مؤلفه هستقیم بهوسیله یک پیش تقویت مججهز به یک مدولاتور و یک آشکارسازه ارسال شده است. تمام آنها نسبتاً پیچیده هستند، اما عملاً بهترین راه حل برای بدست آوردن ضرب بهره بسیار زیاد، ثبات خوب و امکان داشتن ضرب بهره ضد واکنش بسیار بزرگ است. فراموش نکنید که در مونتاژ شکل ۱۵۰ اگر  $R_1 = R_2$  گرفته شود، ضرب ضد واکنشی بکار برداش کنید که بر این پسا ضرب بهره تقویت کننده است؛ بشما گفته‌ام که ضرب بهره ممکن است در حدود ۱۰۰۰۰۰ باشد.

**مبتدی** - حالا می‌فهمم که چرا همیشه اختلاف سطح نقطه A را صرفنظر کردنی گرفته‌ایم. اما همینطور می‌فهمم که این تقویت کننده‌های عملی باید هم جموده هائی بسیار پیچیده و گران باشند.

**مهندس** - آقای مبتدی اشتباه نمی‌کنید. درواقع این تقویت کننده‌ها قطعه‌های بسیار گرانی هستند و یک ماشین حساب قیاسی بزرگ ممکن است تعداد زیادی از آنها داشته باشد.

### کاربرد ماشین حساب‌های قیاسی

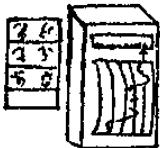
**مبتدی** - درست متوجه نمی‌شوم چرا تعداد آنها باید زیاد باشد. دلم می‌خواهد درباره امکانات این ماشین‌ها مثالی برا اینم بزنید.

**مهندس** - می‌دانید که در مکانیک سیستم‌های نوسانی وجود داردند به این ترتیب که هر جسم دارای جرم که بهوسیله یک فنر که با نیروی مناسب با فاصله بین وضعیت جسم و حالت استراحت آن عمل می‌کند به وضعیت معینی رسیده باشد، اگر از این وضعیت فاصله بگیرد، شروع به نوسان می‌کند. مثلاً وقتی با زیان خودتان یکی از چرخها را روی لبه پیاده رو باز ببرید، یک ضرب به لاستیکها وارد کرده‌اید، ضربهای که درنتیجه بالاتر بودن سطح پیاده رو وارد شده است. روی خود چرخ یک دستگاه نوسانی میرا دارید که آنرا کمک فنر می‌گویند. چرخ بهوسیله‌ای به بدن اتومبیل وصل است که خود آن یک سیستم نوسانی دوم را تشکیل می‌دهد. ضربه وارد شده درنتیجه بلندتر بودن پیاده رو بهوسیله چیزی که قابل ارجاع است یعنی لاستیک منتقل شده است. بهوسیله سیستم‌های قیاسی، سیستم‌های نوسانی را با مدارهای تشکیل شده از خازن و سیم پیچی و میرائی مکانیکی آنها را بهوسیله مقاومت‌های موادی شبیه سازی می‌کنیم. به تمام آن که نمایش دهنده اتومبیل (یا بهتر بگوئیم حرکات آن)



است، ضربه‌ای به شکل یک فشار الکتریکی وارد می‌کنیم که وابسته به بالارفتن روی پیاده‌رو است.

**مبتدی**— بنظر می‌رسد که اینکار بسیار خوب است. به این ترتیب خطر آسیب دیدن لاستیک‌کمتر است.



### محاسبه در «زمان ساختگی»

**مهندس**— این تنها امتیاز آن نیست. می‌توانیم طوری عمل کنیم که گونی زینه‌بندی زمان را عوض کرده‌ایم. پدیده الکتریکی که جریان می‌پسند وابستگی کامل با چیزی دارد که بطور مکانیکی می‌گذرد (مثلًاً فشار روی بعضی از الکترودها وابسته به حرکت‌های اطاق اتومبیل بر حسب زمان است) اما مقیاسهای زمانی آن متفاوت است. به عبارت دیگر آنطور که کارشناسان حرکت می‌گویند، ضروری نیست که ما در «زمان حقیقی» عمل کنیم. پس می‌توانیم مثلًاً طوری عمل کنیم که تغییرات الکتریکی که نشان‌دهنده پدیده است، آهسته‌تر از خود آن باشد. به این ترتیب تمام امکانات را برای ثبت فشار خروجی داریم. حالات‌های دیگری هم هست که بر عکس آن می‌خواهند معادل الکتریکی یک پدیده را به شکل سریعتر بسازند.

**مبتدی**— واقعاً فایده این یکی را نمی‌دانم چون باتفاق بررسی کردن چیزی که دریک پدیده می‌گذرد جالبتر است.

**مهندس**— بله، به شرطی که این پدیده خیلی سریع باشد. اما ممکن است حرکت و دگرگونی پدیده بسیار آهسته باشد. این وضع بخصوص باحالت یک‌دیگر بزرگ که توربین را به حرکت درمی‌آورد مطابقت دارد چون اگر توان کسره را افزایش بدهند، به سبب ماندگری دیگر، تأثیر آن روی فشار پخار پس از زمان قابل ملاحظه‌ای ظاهر می‌شود. بسیار جالب است که نمونه قیاسی یک دیگر پخار و توربین را ساخت به این ترتیب امکان آن هست که با شتاب دادن به کارها معلوم کرد که مجموع دستگاه در براین یک مقدار زغال بیشتر یا کمتر که در کوره می‌ریزند چه واکنشی نشان می‌دهد. با آنجام آن با شتاب زیادتر امکان آنرا داریم که عملیات گرم کردن را با بیشترین سوددهی رهبری کنیم.

**مبتدی**— در واقع تعیین تازه‌ای از گوی بلورین جادوگران است چون با این روش درباره آینده پیشگوئی می‌کنیدا

**مهندس**— بیان شما به نظر من کمایه‌دار است چون نمی‌توانم «آینده را پیشگوئی» کنم مگر آنکه آینده زیر قوانین ریاضی ساده قرار داشته باشد. فقط در این حالت است که برای من امکان دارد نتیجه و اثرهای یک عمل نسبتاً محدود را در زمان پیش‌بینی کنم.

**مبتدی**— تا آن لحظه که تمام دستگاه‌های خودکار الکترونی با کسانی که آنها را ساخته‌اند بهمبارزه بنخیزند.

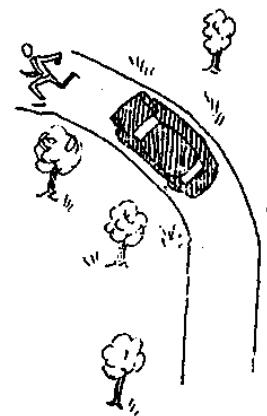
**مهندس**— خواهش می‌کنم! و اهدگنده گوئی‌های روزنامه‌های بزرگ و مخالف نشوید! فراموش نکنید که یک‌ماشین الکترونی غیر از آنچه که به آن داده‌اید، چیزی به شما نخواهد داد. این دستگاه نمی‌تواند عصیان کند و یا کوشش کند سازند خودش را از هم بدرد همانطور که یک اتومبیل نمی‌تواند خود پخود حرکت کند و یا در حالی



که کسی سوار آن نیست قصد جان را نته اش را بکند و در پیچ و خم جاده ها به تعقیب او بپردازد. آقای مبتدی مطمئن باشد که تا اندازه ای مسائل الکترونی را بسر دسی کرده ایم و چیزی که بهویژه در این دانش دوست دارم اینست که وقتی موضوع کمک به انسان پیش می آید، خاصیت های جالبی دارد و امکان گسترش فن را بوجود می آورد که حالا نمی شود درباره اش حسی زد، اما بخش بزرگی از آن در جهت کمک به انسان است.

**مبتدی** - حالا که به نتیجه گیری های کلی و بزرگ رسیده اید، باید گفتگوهای خودمان را پایان یافته بدانم.

**مهندس** - هنوز چیز های گفتنی زیاد است. آقای مبتدی پیشنهاد می کنم پانزده روزی فکر کنید، پس از آن بسراج من خواهید آمد و توضیحات گوناگونی درباره تمام چیز هایی که بنتظر تان پیچیده آمده است. خواهید خواست. امیدوارم خیلی زیاد نباشد و بزودی بتوانیم آنها را تمام کنیم.



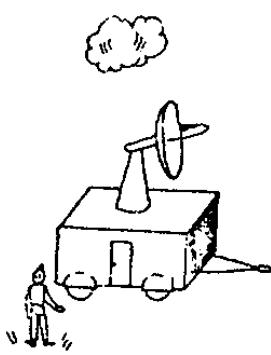
## بحث هفدهم

مبتدی با توده‌ای پرسش باز می‌گردد. تمام این پرسش‌ها تقریباً با دیدن یک رادار و خواندن دستور بکاربردن آن برایش پیش آمده است. بنا بر این همراه مهندس آگاهی‌های درباره هیپر فرکانس (فرکانس بسیار زیاد)، مانیترون Magnétron و کلیسترون Klystron، کابل‌های هم‌مرکز که سیم مرکزی آن به وسیله... یک ساقه مسی عایق شده است، سیستم‌های جداساز فرستنده—گیرنده را در، ثبات فشار تغذیه و سیستم‌های کپی برداشت از وضعیت «سلسین Selsyn» بدست می‌آورد. در اینحال، مبتدی که کاملاً به هیجان آمده است، در نظر می‌گیرد یک دستگاه واقعاً بزرگ بسازد و از این راه نشان می‌دهد که الکترونیک دیگر هیچ چیز پوشیده‌ای برای او ندارد.

## مسافرت در اطراف یک رادار

مهندس— خوب آقای مبتدی، آیا پرسش‌های زیادی برای پرسیدن از من پیدا کرده‌اید؟

مبتدی— بسیار زیاد. فقط گمان می‌کنم که خودم بتوانم به تعداد نسبتاً زیادی از آنها پاسخ دهم. فقط تعدادی از پرسش‌ها را انتخاب کرده‌ام که با شکفتی تمام، همه آنها در اطراف دیدن یک رادار که هفت‌گانه انجام داده‌ام، دور می‌زنند. برای آغاز دلم می‌خواهد برایم بگوئید که یک مانیترون چگونه کار می‌کند.



### مانیترون دوآندی

مهندس— ابتدا مانیترون دوآندی را مورد توجه قرار می‌دهیم. این لامپ از یک کاتد گرم تشکیل شده است که در فاصله بین دوقطب یک آهنربای قوی، در جهت خطوط نیرو و قرار گرفته است. دو آند بطور ساده دونیم استوانه هستند که همین کاتد را احاطه کرده‌اند. این دو آند را بعد از انتهای یک مدار نوسانی متصل می‌کنیم که نقطه وسط آن به قطب مشتبث یک منبع فشار زیاد وصل است در حالی که قطب منفی این منبع به کاتد وصل شده است به ترتیبی که خیلی خلاصه در شکل ۱۵۴ برایتان کشیده‌ام. البته مجموع دو آند و کاتد در یک حباب شیشه‌ای قراردادند تا بتوانند در خلاء کار کنند. فرض کنید که در اثر یک عدم تعادل کوچک، یکی از دو آند بطور لحظه‌ای به اختلاف سطحی پرسد که خیلی کم بیشتر از آند دیگر باشد.

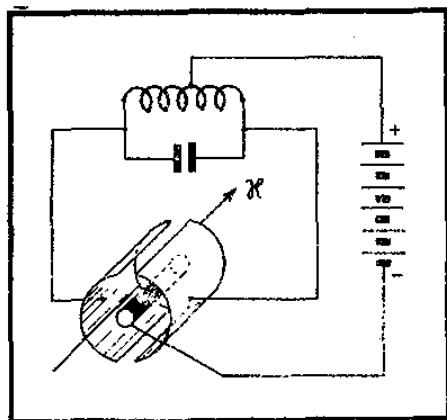
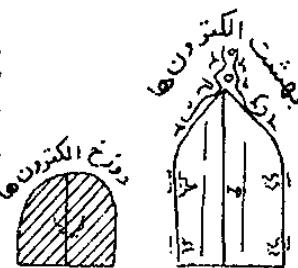
مبتدی— چطور اینکار امکان دارد؟ این دو آند به وسیله مدار نوسانی بهم متصل هستند.

مهندس— بهمین دلیل ممکن است که وضع طوری شود که این مدار میل به نوسان بسیار کوچکی پیدا کند و به این ترتیب بطور لحظه‌ای اختلاف سطحی بین دو انتهایش وجود نباورد، به عقیده شما در این حالت الکترون‌هایی که از کاتد خارج شده‌اند چه خواهند کرد؟

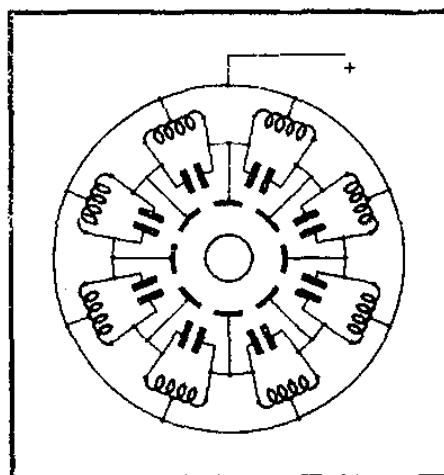
مبتدی— آه! واقعه مسئله‌ای وجود ندارد چون الکترون‌ها به تعداد زیاد روی یکی از دو آندی که مشتبث‌تر است فرود خواهند آمد.

**مهندس**— دست کم در این جهت حرکت می‌کند. اما نباید وجود میدان مغناطیسی را از یاد برداشون. این میدان میل دارد مسیر الکترونها را به صورت گرداندن دور کاتد درآورد. درنتیجه، این الکترونها که به تعداد زیادتری به طرف آند مشتبث شرکت کرده بودند به سبب انحراف مسیرشان روی آندی می‌رسند که کمتر مشتبث است.

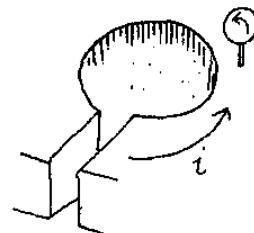
**مبتدی**— در این صورت الکترون‌ها احتمالی هستند!



شکل ۱۵۴— نخستین نوع مانیتورون دوآندی که زیر اثر یک میدان مغناطیسی موازی با محور کاتد قرار گرفته است.



شکل ۱۵۵— مانیتورون از نوع «چند فازی» با هشت آند که به وسیله مدارهای نوسانی بیرون وصل شده‌اند.



**مهندس**— نه اینطور نیست! در واقع این الکترون‌ها تمامیل پیدا خواهند کرد که عدم تعادل اولیه را شدیدتر کنند و به این ترتیب اختلاف سطح بین دو آند را زیادتر خواهند کرد تا اینکه این اختلاف خیلی زیاد شود و مدار نوسانی شروع به تغییر این اختلاف درجهت دیگر کند. بنابراین اثر الکترون‌ها و میدان مغناطیسی است که نوسان را ایجاد خواهد کرد.

**مبتدی**— این موضوع بسیار هوشمندانه است! در واقع مانیتورون شما چیزی جز یک دیود دو آندی نیست.

## مانیترون چند آندی

مهندس- درست همینطور است. معمولاً<sup>۱</sup> مانیترون را با بیشتر از دو آند مثلاً با هشت یا ده آند می‌سازند. می‌توان این آندها را به ترتیبی که در شکل ۱۵۵ کشیده‌ام، گروهیندی کرد. نوسان درست هشش شکل ۱۵۴ بوجود خواهد آمد. با این اختلاف که حالا هشت مدار نوسانی تزویج شده وجود دارد که در یک زمان نوسان خواهند کرد. در یک لحظه معین، آندهای زوج نسبت به آندهای فرد هشت خواهند بود؛ در نیم پریود بعدی بر عکس آنست.

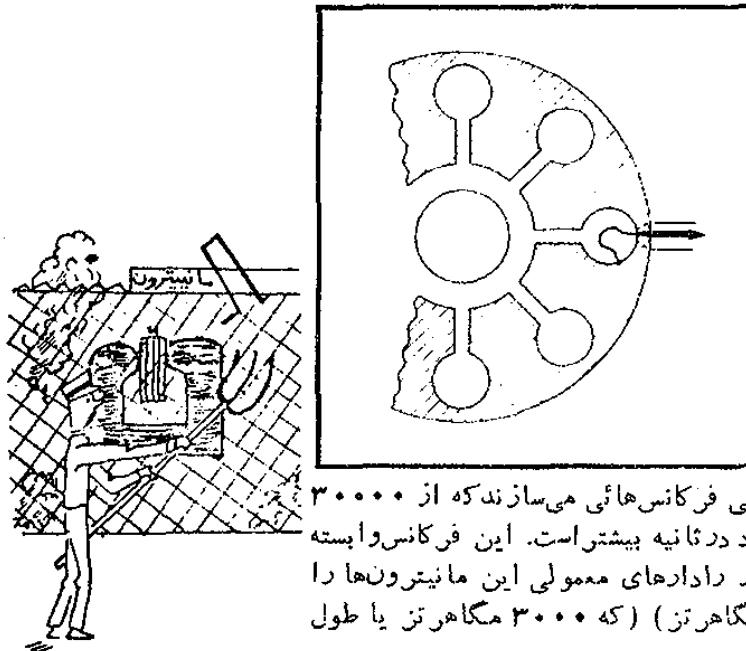
**مبتدی-** طرز کار آنرا می‌فهم اما بنظر من ساختن این سیستم با هشت آند با هشت مدار نوسانی بی‌نهایت پیچیده است!

مهندس- آقای مبتدی خیلی ساده‌تر از آنست که فکر می‌کنید، در واقع این مدارهای نوسانی و این آندها را روی یک ورقه مسی که برینده شده است می‌سازند، همانطور که در شکل ۱۵۶ بنایتان کشیده‌ام تمام این ورقه مسی را به  $+HT$  وصل می‌کنند. می‌بینید که جریان برای رفتن از یک آند به آند دیگر باید دور حفره بگردد که همین مطلب معادل یک سیم پیچی را بما می‌دهد که فقط یک حلقه دارد.

**مبتدی-** سیم پیچی را کاملاً می‌بینم اما بر عکس بهیچوجه خازن را نمی‌بینم.

مهندس- بنابر این آنجا که باید نگاه کنید، نمی‌کنید چون بین دو روی مقابله هم شکاف کوچکی که فضای موجود در اطراف کاتد را بهیکی از حفره‌ها من بوط می‌سازد، مقداری ظرفیت وجود دارد.

**مبتدی-** درست است و با درنظر گرفتن اینکه مقدار خودالقائی و همچنین ظرفیت بسیار اندک است، فکر می‌کنم که باید فرکانس خیلی زیاد باشد.



شکل ۱۵۶- ساخت عملی مانیترون هشت آندی  
بهای مدارهای نوسانی، حفره‌های هم‌آهنگ-  
شونده که در ورقه‌فازی بریده شده است، قرار  
گرفته‌اند. در یکی از آنها یک حلقه برای  
برداشت انرژی پیش‌بینی شده است.

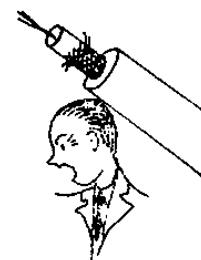
مهندس- با این مانیترون‌ها به آسانی فرکانس‌هایی می‌سازند که از ۳۰۰۰۰ مگاهرتز یا بینارت دیگر ۳۰ میلیاردپریود در ثانیه بیشتر است. این فرکانس وابسته به طول موجی کمتر از یک سانتیمتر است. در رادارهای معمولی این مانیترون‌ها را بیشتر برای ایجاد نوسان‌های  $3\text{GHz}$  (زیگاهرتز) (که ۳۰۰۰ مگاهرتز یا طول موج  $10\text{ cm}$  است) یا  $10\text{ GHz}$  (سانتیمتر) بکارهای برند. معمولاً برای رادارها،

این مانیترون را برای مدت زمان بسیار کوتاه (یک میکرو ثانیه یا کمتر) به وسیله یک فشار نسبتاً زیاد تغذیه می کنند و از آن توان لحظه ای بسیار زیادی پدسته می آورند.

**مبتلی** - این توان را چگونه از مانیترون خارج می کنند؟

**مهندس** - در یکی از حفره ها بطور ساده یک حلقه جای داده اند که ٹانوی یک مبدل با تشکیل می دهد و به یک کابل همراه کن می رسد که انرژی را انتقال می دهد.

### کابل هم مرکز «عایق شده» به وسیله مس



**مبتلی** - در مرور دکابل هم مرکز می خواستم پن سبی از شما بگنم، احساس می کنم که این کابل را در رادار نسبتاً کم بشکار می بینم. چه مراحتی ایجاد می کند؟

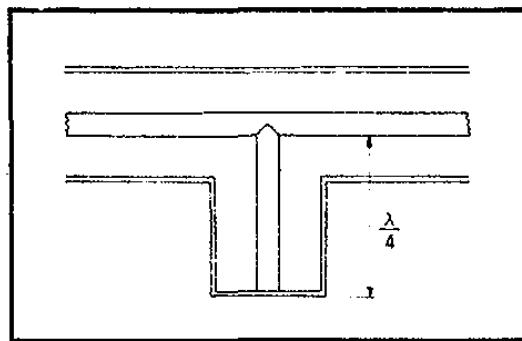
**مهندس** - من احتملش اینست که ذهن شود توان زیادی را با تلف ضعیف در فرکانس زیاد منتقل کسرد. در یک کابل هم مرکز، چیزی که بیش از همه من احتمت ایجاد می کند، لزوم نگهداری سیم هر کزی بطور مکانیکی است. اگر یک عایق غیر مشخص بگذاریم، این عایق تلف هایی وارد می کند که مشخص کننده کاهش قابل توجه انرژی است.

**مبتلی** - در اینصورت بهترین عایقی که می توانید در یک کابل هم مرکز بشکار بینید چیست؟

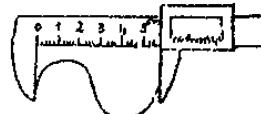
**مهندس** - برای این حالت، مس را به شما توصیه می کنم.

**مبتلی** - مسخره ام کرده اید؛ دلم می خواست بدانم با کابل هم مرکز به سر کدامیک از ما دو نفر زده اند، شما یا من؟

**مهندس** - علت شکفت زدگی شمارا می فهمم. فراموش نکنید که در اینجا با فرکانس های بسیار زیاد کار می کنیم. بنابراین در یک کابل هم مرکز، یک تکیه گاه مسی مثل آنکه شکل ۱۵۷ نشان می دهد می سازیم، بطوری که درازای آن بر این یک چهارم



شکل ۱۵۷ - تکیه گاه یک چهارم موج برای سیم مرکزی کابل هم مرکز.



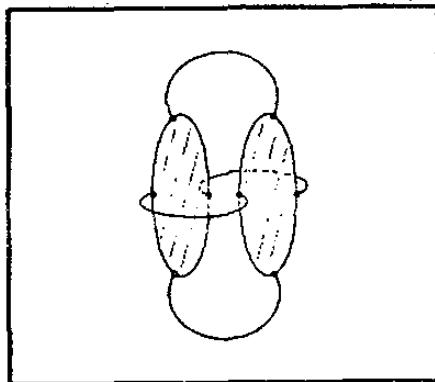
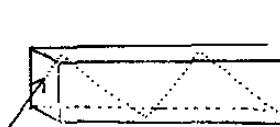
**مهندس** - متأسفانه این مسئله‌ها خیلی زیادند! چنین سیستمی برای یک فر کانس کاملاً مشخص مناسب است.

در حالی که غالباً تغییردادن فر کانس دریک را دار سودمند است، چون کابل هم مرکز حتی یا پایه یک جهاره موج کامل نیست، ترجیح می‌دهند لوله‌ای بکار بینند که معمولاً مقطع مستطیل شکل دارد و در آن موج بهوسیله انعکاس‌های پی در پی منتشر می‌شود و این همان‌نوبت که هادی (راهنما) موج ناهیده می‌شود.

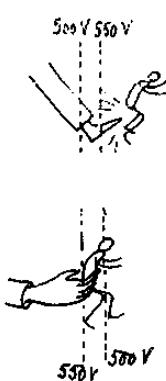
### کلیسترون با چندین حفره



**مبتدی** - حالا دلم می‌خواهد پیرس کلیسترون چیست و چگونه کار می‌کند.  
**مهندس** - ابتدا وضع یک کلیسترون تقویت‌کننده با دو حفره را در نظر گیریم. برای اینکار ابتدا باید بدانید که یک حفره هم‌آهنگ‌شونده از نوع «رومباترون Rhumbatron» چیست. با مشاهده شکل ۱۵۸ تصویری از آن خواهید داشت. در این شکل دو صفحه‌گرد را می‌بینید که روی‌روی هم قرار دارند و تشکیل خازنی را می‌دهند که بهوسیله چندین دور سیم، که سیم پیچی موازی را تشکیل می‌دهند، بهم وصل می‌کنند. در آخر چیزی بذست می‌آوریم که مقطع آنرا در شکل ۱۵۹ نشان داده‌ام و درواقع منظرة یک لاستیک اتومبیل (از جهت توئی) را دارد که دو پارچه‌گرد روی‌روی هم روی آن باقی باشد.



شکل ۱۵۸ - دو صفحه کوچک که بهوسیله چند دور سیم بهم متصل شده‌اند تشکیل یک مجموعه هم‌آهنگی را می‌دهند.



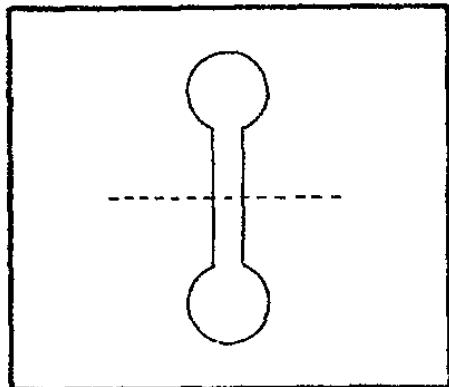
**مبتدی** - قطعاً در این فر کانس بسیار زیاد، باید به دیدن مدارهای نوسانی کاملاً ویژه عادت کرد. در داخل این مدار است که الکترون‌ها رومبا می‌رقصد؟

**مهندس** - هر طور میل شماست تعیین کنید. بهتر است بگویید که این میدانهای مغناطیسی هستند که به‌روش تقریبی اینکار را می‌کنند. بنابراین همان‌طور که شکل ۱۶۰ نشان می‌دهد کاتدی را در نظر بگیریم که الکترون می‌فرستد و آن‌دی که آنرا جمع می‌کند. بین این دو الکترون دو حفره هم‌آهنگی قرار داده‌اند. از این گذشته جدارهای این حفره‌ها شبکه‌هایی برای گذراندن الکترونها هستند.

فرض کنید که من حفره اول را از داه یک حلقة تزویج بهوسیله فشار کوچکی با فر کانس بسیار زیاد که آنرا روی فر کانس هم‌آهنگی اش به نوسان درآورد، تحریک کنم. وقتی الکترون‌ها در سطح دوشبكه وابسته ظاهر شوند، ممکن است شتاب

بیشتری پیدا کنند (وقتی شبکه دوامی که از آن عبور کرده‌اند نسبت به شبکه اول مشبت باشد) یا کندتر شوند (در حالت معکوس).

**مبتلای**- این مطلب ممکن است بی‌نظمی عجیبی بوجود بیاورد چون الکترون‌ها گاهی تندتر حرکت می‌کنند و گاهی کندتر. باید باهم مخلوط شوند.

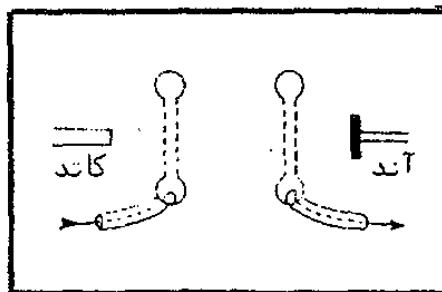


شکل ۱۵۹ - مقاطعی در امتداد محصور "رومبا ترون" که حفره هم آهنجی پل کلیسترون را تشکیل می‌دهد.

**مهندس**- از حقیقت جندان دور نیستید. اگر همیشرا کافی برای الکترونها بگذارند، آنها ائی که تندتر می‌روند دوباره به آنها ائی که کندتر حرکت می‌کنند می‌رسند و به این ترتیب یک گروه الکترون که در یکجا جمع شده‌اند بدست می‌آورید. اگر شرایط خوب باشد، این گروه الکترون در سطح دومین شبکه‌های حفره دوم قابل توجه‌تر است. این دسته‌های الکترون، درحال گذر از حفره دوم، انرژی خود را به آن می‌دهند و در این حفره موج ظاهرشدن نوشان، با توانی بیشتر از آنچه برای تحریک حفره اول بکار رفته است، می‌شوند.

**مبتلای**- پس کلیسترون یک لامپ تقویت‌کننده است؟

**مهندس**- کلیسترون‌های تقویت‌کننده هم وجود دارند. حتی با همین لامپها است که می‌توان بزرگترین توان‌های قله یا رأس را در فرکانس‌های بسیار زیاد بدست آورد بطوری که همانکهون برای امواج ۳ زیگ‌اهرتزی به توان رأسی در ابر ۳۰۰۰۰ کیلووات می‌رسند.



شکل ۱۶۰- ساختهای کلیسترون دو حفره‌ای: حفره اول الکترونها را از نظر سرعت زیسر قائزیر می‌گیرد، در فضای بین دو حفره‌ای الکترونها بصورت گروه درمی‌آید و حفره دوم را تحریک می‌کنند، به غیر از یک جریان مستقیم چیزی به آنده نمی‌رسد.

همچنین می‌توان کلیسترون را بصورت نوشان‌ساز بکار برد به این ترتیب که اگر حفره خروجی را با حفره ورودی با فاز مناسب تزویج کنیم، این مجموعه به نوشان درمی‌آید.

**مبتلای**- اما اگر بخواهند فرکانس را تغییر دهند اینکار نسبتاً دشوار است

چون باید دریک لحظه تطبیق هر دو حفره را تغییر داد.

### کلیسترون «انکاس»



**مهندس** - درست بخاطر پشت سر نهادن این نقص است که کلیسترون «انکاس» را در نظر گرفته‌اند. این کلیسترون فقط یک حفره دارد که از تمام این مجموعه به اختلاف سطح خیلی مثبت برده شده است و در این کلیسترون بجای آند، الکترودی می‌گذارند که به اختلاف سطح بسیار منفی برده شده است. الکترون‌ها بار اول از حفره می‌گذرند و در اثر سرعتی که دارند به الکترود منفی نزدیک می‌شوند، به وسیله این الکترود دفعه می‌گردند و بار دوم از حفره می‌گذرند. این حفره که در عین حال هم حفره خروج و هم حفره ورود است، تزویج مناسب را وارد کار می‌کند و مجموع آن به نوسان درمی‌آید. این کلیسترون‌های «انکاس» غالباً به عنوان نوسان ساز محلی بکار رفته‌اند، درحالی که توان ضعیفی ایجاد می‌کنند تا بتوان در گیرنده‌های رادار که معمولاً از نوع سوپر هتر و دین هستند، با هوجی که باید گرفت ضربان ایجاد کنند.

**مبتدی** - در اینحال روی شبکه یک لامپ، نوسان کلیسترون و روی شبکه دیگر نوسانی که از آنتن می‌رسد می‌گذارند؟

**مهندس** - اینکار در فرکانس‌های به این زیادی منع شده است. در حقیقت نوسان محلی کلیسترون را به یک حفره «آنگی» می‌فرستند (قطعه هدایت موج) که هدایت موج متصل به آنتن هم به آنجا منتهی می‌شود. در محلی که این دو موج بهم بین‌الخط وارد شوند، یک کریستال (بلور) کوچک آشکارساز قرار می‌دهند و به این ترتیب عضوی را می‌سازند که برای ایجاد ضربان بین دو موج لازم است. در مدار بلور، فرکانس واسطرا دریافت می‌کنند که به وسیله یک تقویت‌کننده معمولی ترانزیستوری یا لامپی تقویت می‌شود. وقتی منظور تهیه چند میلیوات باشد، بیش از پیش میل دارند که بجای کلیسترون‌ها و لامپ‌های مشابه دستگاههای نیمه‌هادی قرار دهند. در بین دستگاههایی که در آخر گفتند می‌توان بطور اساسی از دستگاههای زیر نام برد: ۱ - چندبرابر کننده‌های فرکانس (یا «وارکتورها» Varactors) که از

دیودهای تشکیل شده‌اند که بر حسب فشاری که به آنها گذاشته شده است، ظرفیت متغیری از خود نشان می‌دهند. اگر فشار سینوسی شکلی به این دیودها بگذاریم تغییرات ظرفیت آنها در جریان یک پریو دمکن است به آشکارشدن هارمونیک‌های فرکانس فرستاده شده بین گردان شود. این هارمونیک‌ها پس از صاف شدن می‌توانند به نوبت خودشان یک چندبرابر کننده با فرکانس مشابه را زین تأثیر بگیرند. از یک علامت F. H. با چند مگاهر تر که به وسیله یک نوسان‌ساز ترانزیستوری ایجاد شده، کار را آغاز می‌کنند و به وسیله چندبرابر کردن، علامت‌هایی با توان متوسط و با فرکانس تا چند زیگاهر تر بدهست می‌آورند رددباند امواج دیسمتری و سانتیمتری).

۲ - دیودهای بهمن (که غالباً «دیود رید Reed» نامیده می‌شوند). منظور دیودهایی هستند که زین یک روش پلازما اسیون معکوس، مقاومت دینامیک منفی از خود نشان می‌دهند. با تزویج آن با یک حفره تطبیق شده، می‌توان نوسانی با فرکانس بسیار زیاد ایجاد نزد.

۳- استفاده از «اُن‌گن Gunn» هنوز بوجود آمدن توسانهای بافر کانس پسیار زیاد دریک میله ارسینور گالیوم است که از آن جریان می‌گذراند.

### جداسازی فرستنده-گیرنده

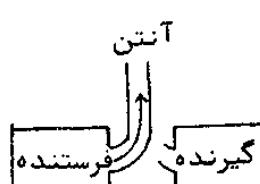
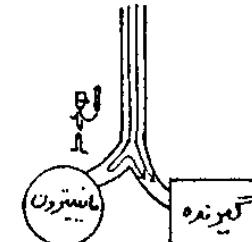
**مبتدا**- در باره آنتن گیرنده برایم صحبت کردید. با وجود این در رادارها فقط یک آنتن وجود دارد؟

**مهندس**- در حقیقت این آنتن ابتدا برای فرستنده، بعد برای گیرنده پکار می‌رود. البته این استفاده دوین این مسائل بسیار دقیقی بوجود آورده است از جمله اینکه توان فرستنده از هزاران کیلووات تجاوز می‌کند، درحالی که گیرنده می‌تواند یک میلیون نیم میکرووات را تشخیص بدهد. برای آنکه آنرا درین این تخریب به وسیله موج فرستنده حفظ کنند، یک سیستم بسیار هوشیارانه از لوله‌های محتوی گاز با فشار کم در مسیر هدایت امواج یا در اطراف آن ساخته‌اند. در جریان فرستادن، چون توانی که در لوله‌های هدایت امواج جریان پیدا می‌کند خیلی قوی است. در گاز ایونیزاسیون می‌کند. در این حالت شبیه به ملاعه رسانا می‌شوند. به این ترتیب انسدادی در هدایت موجی که آنتن را به گیرنده وصل می‌کند به وجود می‌آوردند و گیرنده عملاً چیزی دریافت نمی‌کند. بر عکس وقتی باشد موج را دریافت کرد، توان آن بقدرتی ضعیف است که گاز اصلاً بمحالت ایونیزاسیون درنمی‌آید. در اینحال راه عبور موج به طرف گیرنده باز است و موج دریافت شده به طرف گیرنده می‌رود. یک لوله محتوی گاز دیگر که درجه هدایت بین نقطه انشعاب میان گیرنده و مانیترون قرار دارد، نقش یک سد را بازی می‌کند و از رفتن موج گرفته شده به طرف مانیترون جلوگیری می‌کند. این لوله در پهلو واقع شده است بهمینجه و قوتی که ایونیزاسیون ندارد معادل بستن لوله هدایت و بر عکس لوله‌ای است که در مسیر لوله هدایت موج به طرف گیرنده قرار دارد که تا وقتی ایونیزاسیون نداشته باشد به امواج اجازه عبور نمی‌دهد.

**مبتدا**- چرا باید از رفتن موج گرفته شده به مانیترون جلوگیری کرد؟ خطری وجود دارد که آنرا خراب کند.

**مهندس**- مسلمًا چنین خطری نیست. اما این موج برای گیرنده احتماً از دست می‌رود، درحالی که ارزی زیادی برای تلفکردن وجود ندارد. پادر نظر گرفتن وجود لوله‌های گاز در مسیر هدایت موج و پهلوی آن (این لوله‌ها TR و ATR نامیده می‌شوند) تمام ارزی دریافت شده از موج به گیرنده فرستاده می‌شود.

**مبتدا**- این سیستم جداسازی خودکار و لحظه‌ای علائم بی‌نهایت هوشیارانه است. اما می‌خواستم بازهم درباره رادار از شما پرسشی بکنم: چطور تعذیله ثابت را درست می‌کنند. در شکل خلاصه‌ای که برای رادار کشیده بودند و من بررسی کردم، چندین بار تذکر داده بودند، و من نمی‌دانم چطور باید آنها را ساخت.

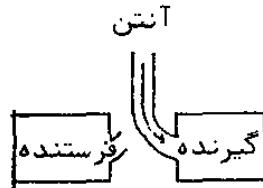


### ثبات فشار به وسیله دیود زنر

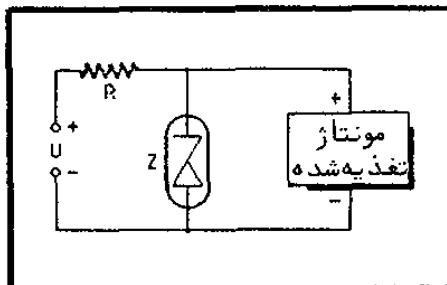
**مهندس**- آقای مبتدا هم اکنون هم تاحدودی آنرا می‌دانید. بدینه درباره

دیودهای زنر با شما صحبت کرده‌اند.

**مبتدا**— بله، اما درست نمی‌دانم چطور آنها را برای ثابت نگهداشتن یک فشار بکار می‌برند.



**مهندس**— بطور ساده آنرا موازی با مونتاز تغذیه شده سوار می‌کنید، به قریبی که در شکل ۱۶۱ آنرا برایتان کشیده‌ام، می‌بینید که دیود زنر جریانی را که مونتاز تغذیه شده مصرف نمی‌کند، به مصرف می‌رساند. وقتی مونتاز تغذیه شده مصرف متغیری پیدا کرد، جریانی که از دیود زنر می‌گذرد درجهت عکس تغییر می‌گند. فشار تغذیه U را بزرگتر از آنچه لازم دارد انتخاب می‌کنند، اختلاف توان پایین در مقاومت R مصرف شود. چون مقاومت درونی دیود زنر خیلی کوچکتر از R است، تغییرات فشار U بطور بسیار ضعیف در دوسر دیود و مونتاز تغذیه شده نمود پیدا می‌کند.



شکل ۱۶۱. ثبات فشار به وسیله دیود زنر

**مبتدا**— این طرز کار کاملاً شبیه به طرز کار لامپ‌های ثابت نگهداشته گازی است، اما گمان می‌کنم بتوان مونتازهای پیشرفت‌تری هم ساخت.

**مهندس**— آقای مبتدا اشتباه نمی‌کنید. می‌توان یک سیستم تابع را بکار بردن که در واقع بسیار شبیه به دستگاههای فرماندهنده است و فشار خروجی را به وسیله یک ضدواکنش ثابت نگه می‌دارد بدین ترتیب که با مقایسه فشار خروجی با یک فشار مرجع و با تقویت اختلاف فشاری که از این مقایسه بدست آورده است و تأثیر دادن آن از راه خروجی این تقویت کننده روی دستگاه تنظیم کننده، اینکار را انجام می‌دهد.

**مبتدا**— این مطلب کمی مبهم است. دلم می‌خواهد یک مثال محسوس برایم بنزیند.

### تغذیه ثابت



**مهندس**— در اینصورت مثالی برایتان می‌زنم که در شکل ۱۶۲ آنرا نشان داده‌ام. فشار U که باید ثابت شود از راه مقاومت  $R_3$  به یک دیود زنر Z گذاشته شده است که فشار مرجع ما را تهیه می‌کند. این فشار را متنبی درست می‌کنیم تا بتوانیم فشار خروجی را تغییر بدهیم به این ترتیب که به وسیله بتانسیومتر P، فقط یک بخش از آنرا می‌گیریم. فشار ثابت شده E، به وسیله تقسیم کننده فشار  $R_1 - R_2$  به یک نسبت کاهش پیدا کرده است. بنابراین بخش معینی از این فشار خروجی است که به ارسال کننده ترانزیستور T گذاشته شده است. بن حسب آنکه فشار خروجی

بسیار زیاد یا بسیار کم باشد، ترانزیستور  $T_2$  مسدود یا رساناست. جریان جمع کننده آن که نشان دهنده اشتباہ فشار (یا اختلاف فشار) تقویت شده است، به پایه ترانزیستور  $T_1$  گذاشته شده است. تزوییج بین دو ترانزیستور بسیار ساده است چون از  $T_1$  از نوع  $p-n-p$  است، فرض کنید که به دلیل نامعلومی، مونتاژی که به وسیله  $E$  تقدیم شده است، بخواهد جریان زیادی مصرف کند. فشار  $E$  کاهش خواهد یافت؛ اختلاف سطح ارسال کننده  $T_2$  هم کاهش می‌یابد که این موضوع باعث افزایش جریان جمع-کننده  $T_2$  می‌شود. این جریان ضمن عبور از پایه  $T_1$ ، جریان جمع کننده  $T_1$  را بطور بسیار قابل توجهی زیاد می‌کند، که این موضوع اثر بر هم‌زننده اصلی را جبران می‌کند.

**میندلی**- چیزی که در اینجا ناراحتمند می‌کند اینست که ترانزیستور  $T_1$  تمام اختلاف فشار بین  $U$  و  $E$  را تحمل می‌کند و در همین حال باید توان زیادی مصرف کند.

**مهندس**- ترانزیستور  $T_1$  را از نوع قدرت (توان) انتخاب می‌کنیم که روی یک دادیاتور خوب سوار شده است بطوری که از بین بردن گرمای را بطور مناسب

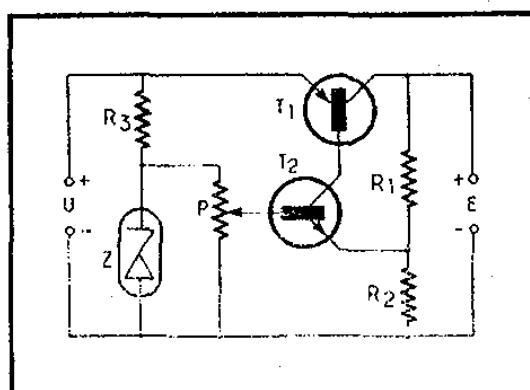
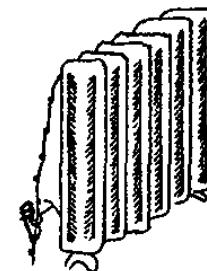
تأمین کند. به این ترتیب بمسادگی می‌توان تلف بیشتر از ۱۰۰۰۰۰۰ را دریک ترانزیستور بدست آورد که از امکانات بیشتر لامپ‌هایی که تاکنون بدست آورده‌اید بالاتر است.

**میندلی**- تغذیه به این سادگی با تمام این کیفیت‌های ثبات واقعاً قابل توجه است. احتمالاً تا اندکی بعد یکی از آنها برای خودم می‌سازم.

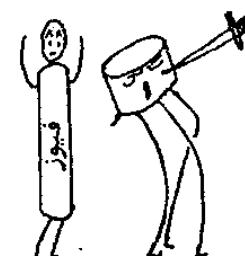
**مهندس**- اگر آنرا با دقت بکار ببرید، نتایج بسیار خوبی به شما خواهد داد. با اینحال بیاد داشته باشید که در بر این اتصال کوتاه حفظ نمی‌شود چون اگر دو سر خروجی را با یک مقاومت بسیار کم بهم وصل کنید، ممکن است کار شما به مرداب کردن ترانزیستور  $T_1$  بینجامد.

**میندلی**- فکر می‌کنم گذاشتن یک فیوز کافی باشد.

**مهندس**- بنتظر می‌رسد که ترانزیستورهای وجود دارند که خیلی سریع عمل می‌کنند. معمولاً ترانزیستور است که قبلاً از سوختن فیوز میرد و فیوز را حفظ می‌کند. اگر بخواهید کاملاً مطمئن باشید که ناراحتی برایتان بوجود نمی‌آید



شکل ۱۶۲- ثبات فشار به وسیله ترانزیستور. فشار مرجع، بعخشی از فشاری است که در سر دید زنر وجود دارد،  $T_2$  تقویت کننده فشار اشتباه است، در حالی که  $T_1$  یک ترانزیستور قدرت است.



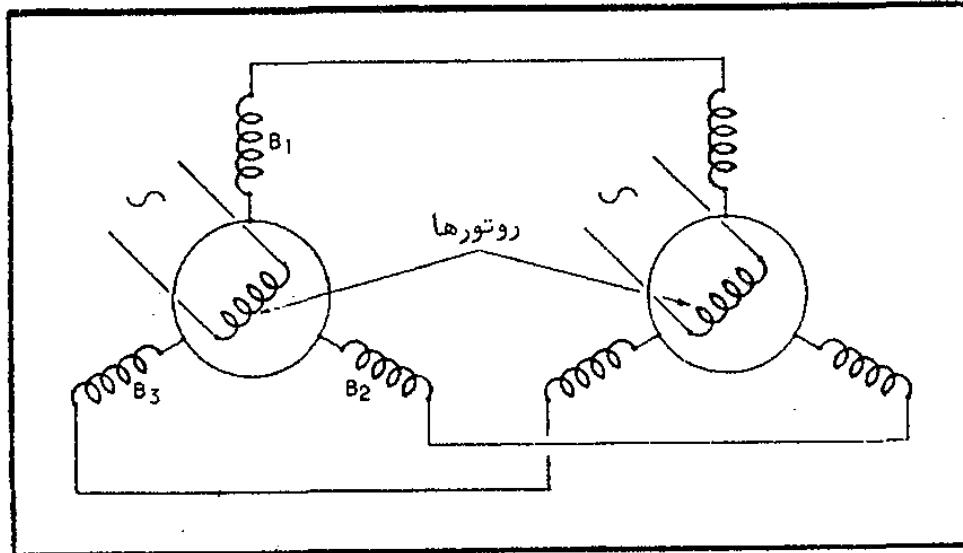
باید به این تغذیه مونتاژ نسبتاً ساده‌ای با سه ترانزیستور اضافه کنید که نقش قیان را بازی می‌کند و قطع فشار خروجی را تقریباً بالا فاصله (در مدت چند میکروثانیه) پس از بوجود آمدن شدت جریان اضافی انجام پدد. این مونتاژ را در اینجا برایتان

شرح نمی‌دهم، کمی درهم است اما اصلاً پیچیده نیست؛ جزئیات آنرا در پیش از شماهای مختلف پیدا می‌کنید.

### Selsyns ها

**مبتدی** - به این شماهای درهم اما غیرپیچیده که شما می‌گوئید اعتمادندارم؛ با اینحال فکر می‌کنم بتوانم از همه آن برآمیم. حالا می‌خواستم از شما پرسم که سلسین که در همان کتاب پیچیده را دار خیلی مطلب درباره اش خوانده‌ام چیست؟

**مهندس** - سلسین یک دستگاه کوچک است که از خارج شیوه به یک موتور است که برای ارسال دوباره وضعیت یک درخت، بکار می‌رود. شامل یک قسمت ثابت (استاتور) است (شکل ۱۶۳) که از سه سیم پیچی  $B_1$ ,  $B_2$  و  $B_3$  که با هم زاویه ۱۲۰ درجه دارند تشکیل شده است. قسمت متحرک آن (گردان یا روتور) فقط یک سیم پیچی دارد که یک میدان مغناطیسی عمود بر محور روتور می‌دهد و به وسیله دو حلقة که روی آنها دو جارو اصطکاک دارند به خارج وصل می‌شود.



شکل ۱۶۳ - زوج «سلسین» که برای ارسال دوباره یک وضعیت مکانیکی به وسیله سه امنه فشارهای القاء شده در استاتور فرستنده به وسیله روتور فرستنده بکار می‌رود.



$0 = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3$

**مبتدی** - در واقع کمی به موتور شباهت دارد؛ نمی‌دانم چگونه آنرا برای ارسال یک وضعیت بکار می‌برند.

**مهندس** - فرض کنید که دو سلسین شبیه بهم را بکار می‌بریم. همانطور که در شکل ۱۶۳ نشان داده‌ام، سه سیم پیچی استاتور اول را به سه سیم پیچی واپسیه به آنها در استاتور دوم وصل کرده‌ام...

**مبتدی** - آه نه! دیگر من موافق نیستم. درست است که یک سیم از هر سیم پیچی زا بدسته و ابسته به آن در سیم پیچی دوم وصل کرده‌اید اما از یک طرف سه

س دیگر سیم پیچی اول را اتصال کوتاه کرده اید و از طرف دیگر، سفسر سیم پیچی های دوم را هم اتصال کوتاه کرده اید. قبول می کرد که یک سیم برای اتصال این سه س دیگر بکار ببرید به شرط آنکه از یک استاتور بداستاتور دیگر این سیم وصل شود.

**مهندس** - اینکار لازم نیست. در واقع می توان نشان داد که فشارهایی که ما درسه سیم پیچی داریم به ترتیبی هستند که جمع جبری آنها همیشه صفر است. بنا بر این پیش بینی یک اتصال بین نقطه های مشترک سیم پیچی ها بی فایده است. حالا یک فشار متناوب به سیم پیچی روتور سلسین اول می گذاریم، درنتیجه سه فشار القا شده در سه سیم پیچی استاتور بوجود می آیند که دامنه آنها بر حسب وضعیت روتور تغییر می کند. این سه فشار وقتی به سه سیم پیچی سلسین دوم گذاشته شوند، سه میدان مغناطیسی ایجاد می کنند که باهم تن کیپ هی شوند تا یک میدان مغناطیسی ایجاد کنند که درست هم جهت با میدان مغناطیسی ایجاد کننده این سه فشار در سلسین اول باشد.

حالا دو روش برای استفاده از سلسین دوم وجود دارد. می توانیم روی روتور آن فشاری بگذاریم که مانند همان فشار گذاشته شده روی روتور سلسین اول باشد (معمولاً فشار متناوب ۵ هرتز ۹۰ تا ۱۰۰ ولت است). در این شرایط میدان مغناطیسی روتور دوم روی سیم پیچی های استاتور همین سلسین تأثیر می کند و روتور را درست به همان وضعیت روتور سلسین اول درمی آورد.

**مبتدی** - طرز کار آنرا می فهمم اما درست نمی دانم بین سلسینی که فرمان را می فرستد و سلسینی که آنرا می گیرد چه اختلافی وجود دارد.

**مهندس** - حق دارید که اختلافی نمی بینید چون اختلافی وجود ندارد. ارسال علائم ممکن است در دوجهت انجام شود. درست مثل اینست که بین دو سلسین یک کابل قابل انعطاف برای انتقال حرکت قرار داده باشید. اگر روتور دوم را از گردش بزاداریم، مقاومت وابسته به آنرا روی روتور اول احساس خواهد کرد. این فقط یک ارسال وضعیت است اما سیستم تابع نیست. معمولاً آنرا برای جابجا کردن یک عقر به روی یک صفحه زینه بندی شده به کمک سلسین دوم بکار می بردند تا یک وضعیت را نشان بدهند. این سیستم بسیار آسان است و وقتی نیاز به گردش دائمی بدونزاویه مرددارید، این سیستم با امتیاز بیشتر جانشین سیستم پتانسیومتری می شود.

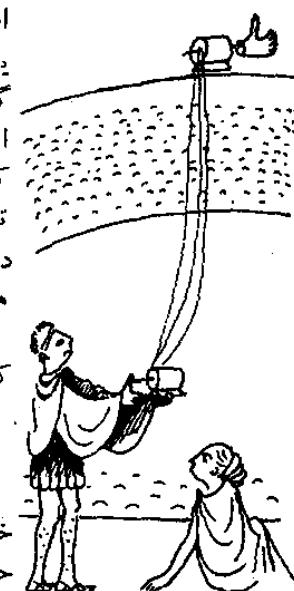
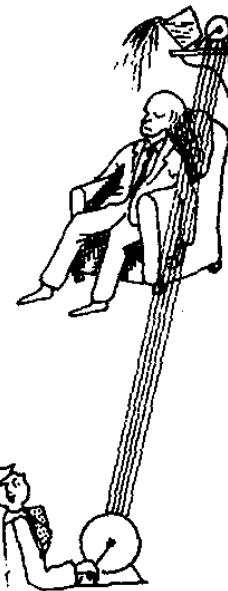
بر عکس اگر فشاری روی روتور سلسین دوم نگذارم و آنرا با دست جا بجا کنم، موضوع کاملاً فرق می کند. به عقیده شما چه بیش می آید؟

**مبتدی** - فکر می کنم که فشاری روی این ثانوی القاء خواهد شد.

**مهندس** - کاملاً درست است. این فشار چگونه تغییر می کند؟

**مبتدی** - باز فکر می کنم وقتی روتور سلسین دوم را بگردانم فشار تغییر خواهد کرد. بدون شک وقتی این روتور دوم درجه شد است که میدان مغناطیسی از حلقه های آن بخوبی می گزند. این فشار مقدار زیادی دارد. وقتی حلقه ها را طوری قرار می دهیم که میدان دیگر نمی تواند از داخل آنها بگذرد احتمالاً این فشار خیلی ضعیف است.

**مهندس** - درست است، اما برای اینکه مطلب را دقیقتر گفته باشم، خاطر نشان می کنم که وقتی روتور را در وضعیتی قرار دهن که سطح حلقه ها موازی با میدان مغناطیسی ایجاد شده به وسیله سه سیم پیچی استاتور درآید. این فشار القا شده



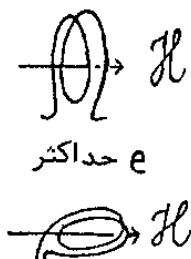
حتماً به صفر خواهد رسید. این وضعیت عمود بر وضعیتی است که وقتی روتور را به وسیله همان فشاری که روتور سلسین اول را تغذیه می کرد و قبل از آن گفت، تغذیه شود.

می توانیم فشار این روتور دوم را به يك تقویت کننده بدھیم و بعد به يك آشکارساز مخصوص که در برابر فاز حساس است بفرضتیم که فشاری بهما خواهد داد که بر حسب آنکه روتور نسبت به وضعیتی که هیچ فشار القایشده در آن وجود ندارد، در يك جهت یا جهت مخالف آن جایجا شده باشد مشتبه یا منفی است.

**متندی** - فکری هم بخاطر من رسید...

**مهندس** - بگوئید ببینم چیست، بنظر من آید که امروز خیلی سرحال هستید.

**متندی** - نه، من همیشه اینطورم. اگر این فشار روتور را که بطور مناسب تقویت شده باشد به يك موتور دوفاز بگذاریم، می توانیم آنرا در يك جهت ویاجهت دیگر به حرکت درآوریم.



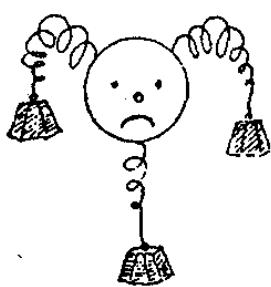
ع. حداقل

**مهندس** - کاملاً درست است و اینکار هم انجام می شود. چه روش شما را بگیرند و با موتور مستقیمی بگیرند که به وسیله آشکارساز حساس در برابر فاز که الان برایتان گفتم فرمان داده شود، همیشه این موتور را برای تأثیر روی روتور سلسین پکار می بندند تا آنرا در وضعیتی نگه دارند که غیر از يك فشار القاء شده صرفنظر کردن چیزی در آن نباشد.

**متندی** - امتیاز این روش نسبت به روش اول چیست؟

**مهندس** - این بار ارسال دوطرفه نیست. سلسین اول فرمان می دهد در حالی که دومی تابع است. از طرف دیگر توانی که روی روتور سلسین تابع در اختیار ما قرار می گیرد فقط به تقویت کننده و موتور زین فرمانش بستگی دارد. به این ترتیب می توان يك عضو بسیار سنگین و دارای ماند زیاد را به وضعیت مورد نظر رساند. بهمین دلیل است که این سیستم ارسال غالباً برای آتشن های رادار پکار بوده می شود.

**متندی** - در واقع این سیستم سلسین که ای توان آنرا به روش های بسیار گوناگون پکار برد، بسیار راحت است. شماره ۲ هم ممکن است در دو نوع کاربردی که برایم گفتید پکار بوده شود.

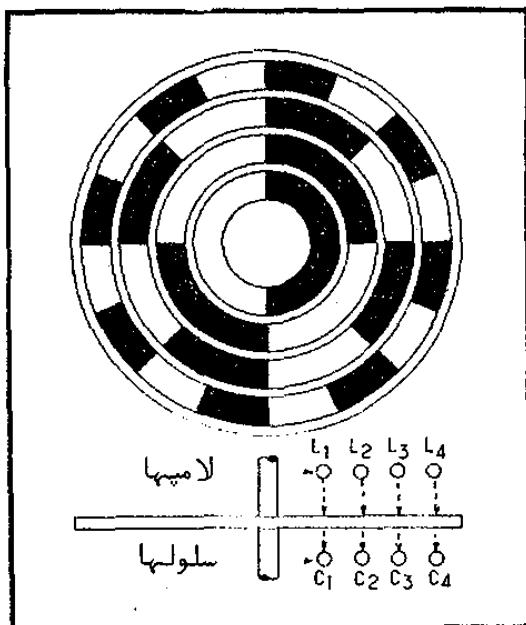


**مهندس** - بطور نظری امکان آن هست؛ در واقع ترجیح می دهد که سلسین را کمی اختصاصی تر کنند. بعضی از آنها هستند که به ویژه برای کاربرد به عنوان ارسال کننده ساخته شده اند. ترتیب کار را طوری می دهند که سیم بیچی آنها نتوانند به وسیله پاره ای که باید از آنها جریان یابند خیلی دچار اختشاش شوند. اما درباره کار سلسین تکرار کننده (ریتور) باید گفت که اگر مستقیماً با اعلام وضعیت کار می کند، همانطور که برایتان گفتم، برای میر اکردن گردش روتور آنها، احتیاط های بعمل می آورند. بر عکس اگر بخواهند آنها را با يك سیستم تابع و يك موتور پکار بگیرند، یعنی بر حسب طرز کاری که آشکارساز همزمان نام دارد پکار گرفته شوند، باید آهن روتور آنها کاملاً همگن باشد تا روتور هیچگونه واکنشی روی سیم بیچی سلسین ارسال کننده اعمال نکند. در حالت ارسال مستقیم، بدون موتور گرداننده سلسین دوم (این ارسان را اعلام به دور Téle-affichage می گویند)، لازم نیست که همگن بودن حسته آهن روتور سلسین دوم به آن حد کامل باشد. چون این روتور که به وسیله نیروهای معناطیسی در وضعیت دایسته قرار می گیرد، واکنشی روی

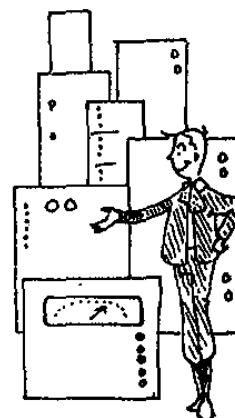
ادسال کننده نخواهد داشت.

### گذگذار شماره‌ای

**مبتدی**— باز هم چیز شگفت‌آوری در کتابچه راهنمای دادار وجود داشت، در آنجا صحبت از انتقال وضعیت بهوسیله «گذگذار شماره‌ای» بود. این دیگر چیست؟ **مهندس**— بطور ساده منتظر دستگاهی است که بهیک محور متصل است و وضعیت آنرا بهصورت عددی معمولاً «باکد دوعلامتی منتقل می‌کند. مثلاً می‌توان (شکل ۱۶۴) آنها را بهوسیله یک صفحه‌گرد که شامل چندین نوار پشت‌سر هم دریک دایره است درست کرده هر نوار پخش‌های شفاف و پخش‌های تیره دارد. در برای بر هر نوار لامپی قرار دارد که این نوار را بر حسب پخش از شعاع صفحه‌گرد روشن می‌کند و درطرف دیگر یک سلول قرار گیرد، این سلول یک فشار (یا فشار صفر) ایجاد می‌کند. با پخش مناسب منطقه‌های شفاف و تیره روی نوارها می‌توان ترتیبی داد که فشارهای ایجاد شده بهوسیله سلول باکد دوعلامتی شماره‌ای را نشان دهد که امکان آشکارکردن وضعیت محور را بوجود می‌آورد.



شکل ۱۶۴— صفحه‌گرد کد گذار نوارهای با منطقه شفاف و تیره دارد. بر حسب وضعیت زاویه‌ای صفحه‌گرد، لامپ‌های L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> و L<sub>4</sub> یا سلول‌های فتوالکتریک را روشن می‌کنند و سایر روش نمی‌کنند. این سلول‌ها به‌این ترتیب روی تعدادی خطوط که برای تعداد نوارهای وضعیت صفحه را که به صورت کد دوعلامتی است، ارسال می‌دارند.



وضعیت بهمان ترتیب است که در مقایسه محاسبه عددی و محاسبه قیاسی وجود داشت. یک سیستم ارسال حسابی (یا شماره‌ای) وقتی جالب است که یک ارسال مجدد شامل رقم‌های زیاد را بکار می‌برند، که وابسته به دقت بسیار زیاد است. برای دقیق‌تر، هی ثوان به تغییرات پیوسته مقادیر اکتفا کشد مثلاً از مقادیر دامنه سه فشار در سه سیم پیچی همانطور که در سه ملسین بکار می‌روند، استفاده کرد.

## طرح‌های بسیار بزرگ

**مبتدی** - از اینکه طرز کار این کدگذارهای شماره‌ای را فهمیده‌ام بسیار خوشنودم. اینها بهمن امکان می‌دهند مسئله‌ای را که مدت‌هاست وقت مرآ گرفته است حل کنم چون یکی از دوستانم از من خواسته است که برای ماشین این ارش، فرمان خودکاری بسازم که بر حسب یک برنامه معین کار کند. یکی از همین کدگذارها را به ماشین تزویج می‌کنم و آنرا بکار می‌برم. شماره‌ای که برای من مشخص می‌کند، روی یک دستگاه نمایش‌دهنده - جایجا کننده ذخیره می‌شود. این دستگاه بهمن امکان می‌دهد که آنرا با شماره برنامه جمع کنم که خود آن روی حافظه‌های مغناطیسی ثبت است...

**مهندس** - آقای مبتدی می‌دانستم که سرحال هستید، اما هر گز حدس نمی‌زدم اینقدر سرحال باشید! قطعاً برای شما، الکترونیک...

**مبتدی** - الکترونیک؟.. بسیار ساده است!

پایان

## یك نامه از مهندس به مبتدی

دوست عزیز:

مدتهاست که دوباره شما را ندیده‌ام و تصور می‌کنم که ساختن فرمان بـنـاـهـهـرـیـزـیـشـدـهـ ماـشـینـ اـبـزـارـ،ـ کـامـلـاـ مجـذـوـبـتـانـ کـرـدـهـ استـ.ـ فـکـرـ مـیـکـنـمـ بـرـایـ اـینـکـهـ مـطـلـبـهـائـیـ رـاـکـهـ درـجـرـیـانـ گـفـتـگـوـهـائـیـهـانـ نـامـ بـرـدـیـمـ،ـ هـرـتبـ کـنـمـ،ـ بـجـاسـتـ کـهـ آـنـهـارـاـ بـهـ گـوـنـهـائـیـ بـرـایـ شـمـاـ منـ تـبـ کـنـمـ.ـ

يـادـتـانـ هـسـتـ کـهـ نـیـمهـ عـدـمـ مـوـقـيـتـیـ کـهـ درـسـاخـتـنـ دـسـتـگـاهـ دـزـدـگـیرـ الـکـترـوـنـیـ دـاشـتـیدـ مـرـاـ بـهـشـحـ دـسـتـگـاهـهـائـیـ جـذـبـ کـنـنـدـهـ بـرـایـ شـمـاـ کـشـانـدـ (ـصـفـحـةـ ـ۲ـ۰ـ)ـ بـعـدـ کـوـشـشـ کـرـدـمـ الـکـترـوـنـیـکـ رـاـ بـرـایـتـانـ تـعـرـیـفـ کـنـمـ (ـصـفـحـةـ ـ۲۳ـ)ـ وـدرـ آـخـرـ بـرـایـ اـینـکـهـ گـفـتـگـوـهـائـیـ بـعـدـیـ نـمـیـنـهـسـازـیـ شـودـ،ـ شـمـارـاـبـهـ خـواـنـدـنـ دـوـبـارـهـ يـكـ کـتـابـ سـادـهـ الـکـترـیـسـیـتـیـ بـرـایـ آـنـکـیـختـمـ.

درـ فـصـلـ دـوـمـ (ـصـفـحـةـ ـ۲۵ـ)ـ دـیـدـیـمـ کـهـ چـنـاـنـچـهـ پـدـیدـهـائـیـ کـهـ بـهـ بـخـشـ الـکـترـوـنـیـ فـرـسـتـادـهـ مـیـشـودـ،ـ بـرـایـ آـنـکـهـ هـمـ باـشـدـ،ـ باـزـ هـمـکـنـ اـسـتـ يـکـارـبـرـدنـ يـكـ جـذـبـ کـنـنـدـهـ لـازـمـ باـشـدـ،ـ دـیـدـیـمـ کـهـ چـکـونـهـ فـشارـهـائـیـ مـسـتـقـیـمـداـ،ـ بـرـایـ آـنـکـهـ آـسـانـشـ بـتـوـانـ تـقـوـیـتـ کـرـدـ،ـ بـهـ فـشارـ مـتـنـاوـبـ تـبـدـیـلـ مـیـکـنـدـ (ـصـفـحـةـ ـ۲۵ـ)ـ دـسـتـگـاهـهـائـیـ جـذـبـ کـنـنـدـهـ مـیـدـاـنـهـائـیـ الـکـترـیـکـیـ (ـصـفـحـةـ ـ۳۰ـ)ـ رـاـ دـیـدـیـمـ،ـ اـنـدـاـزـهـ گـیرـیـ فـشارـیـ (ـصـفـحـةـ ـ۳۳ـ)ـ کـهـ اـنـدـاـزـهـ گـیرـیـ نـیـرـیـ وـ رـاـ اـمـکـانـ پـذـیرـیـمـ مـیـکـنـدـ وـ هـمـیـنـظـورـ دـسـتـگـاهـهـائـیـ باـ تـارـ مـرـتعـشـ (ـصـفـحـةـ ـ۳۸ـ)ـ وـ دـسـتـگـاهـهـائـیـ بـیـزـ وـ الـکـترـیـکـ رـاـ بـرـرسـیـ کـرـدـیـمـ.

درـ فـصـلـ سـوـمـ (ـصـفـحـةـ ـ۴۰ـ)ـ درـبـارـهـ مـفـهـومـ دـقـيقـ شـتـابـ وـ شـتـابـسـنـجـ هـاـ (ـصـفـحـةـ ـ۴۱ـ)ـ صـحبـتـ کـرـدـیـمـ.ـ جـذـبـ کـنـنـدـهـهـائـیـ صـداـ یـاـ مـیـکـرـوـفـنـهـاـ (ـصـفـحـةـ ـ۴۴ـ)ـ رـاـ دـیـدـیـمـ،ـ عـنـصـرـهـائـیـ حـسـاسـ درـ بـرـابرـ گـرـمـاـ (ـاـزـجـملـهـ تـرـمـیـسـتـاـنسـهـاـ رـاـ درـ صـفـحـةـ ـ۴۵ـ وـ زـوـجـ گـرـمـائـیـ)ـ وـ حـسـاسـ درـ بـرـابرـ نـورـ رـاـ بـرـرسـیـ کـرـدـیـمـ؛ـ درـ مـیـانـ گـروـهـ اـخـیرـ،ـ اـبـدـاـ سـلـولـهـائـیـ فـتوـالـکـترـیـکـ خـلاـءـ (ـصـفـحـةـ ـ۴۶ـ)ـ،ـ وـ سـلـولـهـائـیـ گـازـیـ (ـصـفـحـةـ ـ۴۷ـ)ـ،ـ مـقاـومـتـهـائـیـ نـورـیـ (ـصـفـحـةـ ـ۴۹ـ)ـ.ـ دـیـوـدـهـائـیـ نـورـیـ (ـصـفـحـةـ ـ۵۰ـ)ـ،ـ وـ سـپـسـ چـنـدـبـرـ اـبـرـ کـنـنـدـهـ نـورـیـ (ـصـفـحـةـ ـ۵۲ـ)ـ مـورـدـ بـرـرسـیـ قـرـارـگـیرـ فـتـنـدـ.

درـ گـفـتـگـوـهـائـیـ چـهـارـمـ خـودـهـانـ (ـصـفـحـةـ ـ۵۵ـ)ـ بـرـایـ شـمـاـ چـیـزـیـ رـاـکـهـ درـهـستـهـ اـنـهـاـ وـ جـوـدـ دـارـدـ شـرـحـ دـادـ (ـفـوـتـوـنـهـاـ وـ نـوـتـرـوـنـهـاـ)ـ وـ گـفـتـمـ کـهـ اـیـزوـتـوـپـ چـیـسـتـ (ـصـفـحـةـ ـ۵۶ـ)ـ.ـ باـ طـبـیـعـتـ تـشـعـشـ هـسـتـهـائـیـ آـشـناـ شـدـیـمـ،ـ اـشـمـ آـلـفـ،ـ بـتاـ وـ گـاماـ رـاـ شـناـختـیـمـ (ـصـفـحـةـ ـ۵۷ـ)ـ وـ رـاهـهـائـیـ اـنـدـاـزـهـ گـیرـیـ آـنـهـاـ رـاـ دـانـسـتـیـمـ،ـ اـزـجـملـهـ اـطـاقـ اـیـونـیـزـ اـسـیـوـنـ (ـصـفـحـةـ ـ۵۸ـ)ـ،ـ شـمـارـگـرـ گـایـگـرـ-هـولـرـ (ـصـفـحـةـ ـ۵۹ـ)ـ وـ بـرـقـنـ (ـصـفـحـةـ ـ۶۲ـ)ـ رـاـ دـیـدـیـمـ.

باـ گـذـرـ اـزـ آـنجـاـ،ـ گـشـتـ کـوـنـاـهـیـ دـرـشـیـمـیـ الـکـترـیـکـیـ اـیـونـهـاـ زـدـیـمـ؛ـ بـرـایـ شـمـاـ PHـ رـاـ تـعـرـیـفـ کـرـدـمـ (ـصـفـحـةـ ـ۶۴ـ)ـ وـ دـوـثـرـ،ـ اـنـدـاـزـهـ گـیرـیـ آـنـرـاـ باـ الـکـترـوـدـشـیـشـهـائـیـ (ـصـفـحـةـ ـ۶۶ـ)ـ وـ بـعـدـ پـتـاـنـسـیـلـ یـاـ اـخـتـلـافـ سـطـحـ اـکـسـیدـیـ اـحـیـائـیـ رـاـ بـرـایـتـانـ گـفـتـمـ.

وقتی برای پارینجم همدیگر را دیدیم (صفحه ۷۲)، بررسی پخش الکترونی خاصه مجموعه‌هارا آغاز کردیم و اینکار با تقویت کننده آغاز شد که بهشما نشان دادم که باندگندای آنرا چگونه به طرف فرکانس‌های زیاد (صفحه ۷۳) و فرکانس‌های کم یا صفر (صفحه ۸۰) گسترش می‌دهند. (در همین زمینه بهشما یادآوری کردم که دسی‌بل (صفحه ۷۶) چیست).

در جریان ششمین گفتگویمان (صفحه ۸۹) بررسی کردیم که چگونه مقاومت ظاهری و رویی یک تقویت کننده را باید زیاد کرد و به لامپ سنجش الکتریکی (صفحه ۹۱) رسیدیم و کم کردن مقاومت ظاهری خروجی (صفحه ۹۵) به وسیله مونتاژهای با خروجی کاتدی (صفحه ۹۶) با جمع کننده مشترک (صفحه ۱۰۱) و به وسیله تقویت کننده عضلانی و یا ماقوف جمع کننده مشترک (صفحه ۱۰۲) را دیدیم.

وقتی برای هفتمین بار همدیگر را دیدیم (صفحه ۱۰۸) درباره تعییر شکل دادن علاوه مثل پرش سر (صفحه ۱۱۰) و مونتاژی که می‌تواند اینکار را بکند، تقویت کننده قرینه، که «زوج دم‌دار» نامیده می‌شود (صفحه ۱۱۳) و بخصوص مونتاژی که دوباره ایجاد می‌کند و «قیان اشیت» نام دارد (صفحه ۱۱۵) گفتگو کردیم. با این علاوه با اکناره تند، مدارهای مشتق گیرنده (صفحه ۱۱۹) و انتگرال گیرنده (صفحه ۱۲۳) را زیر تأثیر گرفتیم. برای مشخص کردن نقش آنها می‌باشد در اینان می‌گفتم که مشتق (صفحه ۱۲۵) و انتگرال (صفحه ۱۲۶) چیست.

در هشتمین دیدارمان (صفحه ۱۳۰) ضرب فرکانس‌ها را (صفحه ۱۳۰) درحالی یک فرکانس ثابت و بعد برای یک فرکانس نامعین (صفحه ۱۳۳) دیدیم. در آنجا برای اینکه بتوانم درباره تقسیم فرکانس‌ها صحبت کنم لازم شد درباره ویراتور چندجانبه برای اینان صحبت کنم (صفحه ۱۳۵) و بعد کاربرد ویژه آنرا برای تقسیم به عدد زوج (صفحه ۱۴۱) بگویم. این حالت اخیر مرا پدر محله‌ای رساند که باشما بیانیم دو ثابتی اکلمس-جردان چگونه تشکیل شده است (صفحه ۱۴۳) و از روی آن مونتاژ یک ثابتی و یا ویراتور یک جانبه (صفحه ۱۴۹) را کاملاً فهمیدید.

در جریان نهمین گفتگویمان (صفحه ۱۵۵) یاد گرفتیم که تمیز دهنده دامنه (صفحه ۱۵۶) و جدا کننده (صفحه ۱۵۸) چیست.

دهمین گفتگوی ما (صفحه ۱۶۴) درباره پس‌دهنده‌های گوناگون بود، درحالی که با رله‌ها (صفحه ۱۶۵) آغاز شد و در ادامه به موتورهای جریان مستقیم (صفحه ۱۷۱) و بعد به موتورهای جریان متناوب (صفحه ۱۷۷) رسید. وقتی برای یازدهمین بار همدیگر را دیدیم (صفحه ۱۹۳) خواستید بدانید که تحریک کننده‌های ادعایش (صفحه ۱۹۴) مولدهای ماقوف صوت پیزوالکتریک (صفحه ۱۹۵) یا با فشردگی مغناطیسی (صفحه ۱۹۸) چیست. درباره منبع‌های نور با مدل‌اسیون، دستگاه عکس نگار خط به خط (صفحه ۱۹۹) و بعد لیزر (صفحه ۲۰۱) گفتگو کردیم.

در جریان دوازدهمین دیدار ما بود (صفحه ۲۰۹) که فهمیدید شمارش الکترونی، ابتدا دو علامتی (صفحه ۲۱۰) و بعد برایه دد (صفحه ۲۱۴) چگونه است و چطور نتیجه را نمایش می‌دهند (صفحه ۲۱۷).

قبل از اینکه به ماشین حسابها برسیم در ابتدای سیزدهمین گفتگویمان (صفحه ۲۲۹) لازم بود که در مرور حساب دو علامتی، برای جمع (صفحه ۲۳۰)، مدارهای منطقی (صفحه ۲۳۲) که به ما امکان می‌دهند یک نیمه جمع کننده (صفحه ۲۳۴) و یک نمایش دهنده جابجا کننده (صفحه ۲۳۷) بسازیم، کمی شمارا تمرین بدهم.

چهاردهمین بار که دوباره همدیگر را دیدیم (صفحه ۲۴۳) آماده بودیم که با جمع کننده دو علامتی کامل (صفحه ۲۴۴) و ضرب کننده (صفحه ۲۴۷) روبرو شویم. برای حساب کردن به حافظه نیاز داریم، بشما نشان دادم که حافظه‌های باهسته فریت (صفحه ۲۵۳) و دیود تونلی (صفحه ۲۵۵) چگونه کار می‌کنند.

به پانزدهمین گفتگوی خودمان رسیدیم (صفحه ۲۵۹) که در جریان آن درباره فرمان‌های پیروی شده (صفحه ۲۶۰) هایثبات آنها (صفحه ۲۶۲) و از ماشین‌های فرمان‌دهنده بطور کلی (صفحه ۲۶۴) برای اینان صحبت کردم. درباره یک نوع دستگاه تابع نه تقویت کننده ضدواکنشی (صفحه ۲۶۶) است، صحبت کردیم.

به شانزدهمین جلسه رسیدیم (صفحه ۲۷۵) یک طرح اصلی از ضرب کننده قیاسی (صفحه ۲۷۶) را

به صحبت کردن درباره تقویت کننده‌های عملی (صفحه ۲۸) کشاند و بعد درباره محاسبه قیاسی (صفحه ۲۸۱) بطور کلی صحبت کرد.

هدف هدفهای دیدارها (صفحه ۲۸۹) پاسخ‌گوئی به پرسش‌های شما درباره هیپر فرکانس (فرکانس بسیار زیاد) بهویژه درباره تهیه آنها بهوسیله مانیترون (صفحه ۲۹۰)، راه‌پیمایی آنها بهوسیله کابل هم منکر باعثیق یک چهارم موج (صفحه ۲۹۲) و هنگلوط‌شدن آنها با فرکانس ثابت تهیه شده بهوسیله کلیسترون (صفحه ۲۹۳) بود. همینطور دوجهت کننده‌ها را (صفحه ۲۹۶) که عالم فرکانس زیاد را در رادار بهوجهت می‌فرستند، دیدیم. برای مدارهای ضمیمه رادار بود که مونتاژهای ثبات نمایه (صفحه ۲۹۷) و عنصرهای کمی برداشتن از وضعیت را که سلسین نام دارند (صفحه ۲۹۹) بررسی کردیم.

در این لحظه است که شما، بی‌آنکه هیچ تردید داشته باشید، وارد مرحله اجرای طرح عالی خودتان که ساختن فرمان بر نامه‌ریزی شده است، شده‌اید و بهمین جهت بشما تبریک می‌گوییم.

بدون شک ما، یعنی من و شما، نمی‌توانیم ادعای کمی که در جریان هدفه دیدارهای «تمام الکترونیک» را بررسی کرده‌ایم. فقط امیدوارم کمی بهشما کمک کنده باشم تا در این داشن اطلاعاتی بددست بیاورید. دانشی‌شورانگیز است، شرایط ذندگی را در دنیای تازه بهتر می‌کند و پیشرفتی صاعقه آسا دارد. بهمین جهت است که باید بیوسته در جریان آن قرار بگیرید، هر روز الکترونیک را بیاموزید همانطورکه خود منهم اینکار را می‌کنم.

اگر در جریان این «دوباره پکارگرفتن» بیوسته، بدهشواری برخورد کردید، در کمک خواستن از من تردید نکنید، اگر بتوانم پاسخ بدهم این کار را خواهم کرد؛ اما بجز این می‌توان شرط بست که یک روز، هر را «پشت‌س خواهید نهاد» و این وضع بسیار خوبست چون جوان‌ها باید از مسن‌ترها پیش بیفتد.

در انتظار آنروز، دوستی صادقانه من بپذیرید.

دست شما مهندس



چند سال بعد

### یک نامه از هبتدی به مهندس

خواسته‌اید به او کمک کنم تا در جریان کارها قرار بگیرد. می‌دانیده چندند پنخود می‌باشد که (نقش «مهند») را بازی می‌کنم. درواقع به موقعیتی فکر می‌کردم که بهمن داده شده بود تا بتوانم آنچه را که عی‌دانم آشکار کنم، زیرا فکر می‌کنم با یادداش بهدیگران، چیز زیادی می‌شود آموخت (درواقع برای همین ذمیت که اینقدر دوست دارید مطالب را شرح بدهید؛)

بله، اما طوری شد که خیلی زود سرخورد. تازه‌وارد. که گذشته از همه چیز دوستداشتنی است، با اشتیاق تمام از من اطلاعاتی می‌خواهد که مطلقاً نمی‌توانم به او بدهم. یادداشت‌های را که در جریان گرفته‌گو-

مهند عزیزم

بكلی خردشده‌ام! الان متوجه شدم که در الکترونیک مطلقاً چیزی نمی‌دانم!

افراد می‌کنم که از چند نتیجه سرگرم شنده‌ای که چند سال است بددست آورده‌ام کمی خام شده بودم، و پیشرفت‌های الکترونیک را از نزدیک دنبال نکرده بودم. درحالی که مؤسسه‌ای که در آن کار می‌کنم (آنها گمان می‌کنند هنوز می‌توانم کاری انجام بدهم، اما هی ترسم بزودی بفهمند که فقط به درد موذه می‌خورم) یک کارمند فنی تازه کار استخدام کرده است. از هن-

چه می‌شود کرد؛ برای یادگر فتن توده اطلاعاتی که بمنظور در جریان قرار گرفتن لازم دارم، اگر سالها وقت لازم نباشد مطمئن‌آمدها باید وقت صرف شود. در این مدت فن به پیش فت خود ادامه خواهد داد و فاصله من از آن بیش از پیش زیاد می‌شود. در اینصورت این علامت S. O. S (درخواست کمک) است که برایتان می‌فرستم؛ آیا راه حلی وجود دارد؟

مهندس عزیزم از شما خواهش می‌کنم اگر راه حلی، اگرچه تقریبی، برای مسئله من سراغ دارید، فوراً آنرا بمن بگویید.

#### ادامه شما

#### مبتدی

(چقدر نام من به طرزی اندوهبار درست است)

هایمان با هم برداشته بودیم و پیش خودم نگه می‌داشتم تا توضیحاتی به او پدهم با خود برده بودم. آنها را دیدم، ورق زد و فوراً احساس کردم که تقریباً پس رفت. ابتدا دیدن شماهای لامپی او را شکفتزده کرد. بعد بنم گفت، «در باره مدارهای مجتمع چیزی در اینجا ندوشته اید؛ و بعد این لامپ‌ها قدیمی است. بقیه یادداشت‌های شماهی باید مان عصر یعنی خلی قدمی باشد.» حالا درست شد چون من در الکترونیک «توخالی» و «در حال انهدام» هستم. درست است، ما در باره کاربرد مدارهای مجتمع گفتوکو نکرده‌ایم. کمی با آنها آشنائی دارم؛ ولی او تعدادی از آنها را می‌شناسد. (با وجود این از او نخواهم خواست که برایم شرح بدهد چون هر چه باشد هر کس شخصیتی دارد!)

## پاسخ مهندس به مبتدی

الکترونیک «توخالی» هستید (یا بهتر بگوییم گمان می‌کنید که هستید). نه، فقط بخطاطر واقعیت زیر است: وقتی یک مدار مجتمع را درست می‌کنند، می‌بینند که به آسانی یک ترازنیستور یا یک دیود می‌سازند، ساختن یک مقاومت به آسانی آنها نیست بهویشه اگر مقدارش زیاد باشد و بخواهند آنرا مخصوصاً دقیق سازند. بنابراین در یک شما مدار مجتمع، اگر بتوانند بجای یک مقاومت سه ترازنیستور و دو دیود بگذارند برداشته با آنهاست. اینکار موجب می‌شود که اجباراً روش ساخت مدارها طوری باشد که بنظر شما (دست کم در ابتدا) عجیب باید.

از این مطلب گذشته از لامپ چه می‌گوئید؟ صادقاً نه بگوئید شماهی همان نظر که بعضی‌ها گفته‌اند «هر چیزی که در باره لامپ‌ها می‌دانستید فراموش کنید تا ترازنیستور را بفهمید» همین کار را کرده‌اید؛ نه، اینطور نیست؛ بنابراین زیر تأثیر کمی قرار نگیرید. وانگهی خاطر نشان می‌کنم که یکی از آخرین وارد شدن‌گان بدقتلمروی نیمه‌هادیها یعنی ترازنیستور با اثر میدان، به اندازه‌ای شبیه به لامپ‌های رادیوئی است، که برای کسانی مثل شما که لامپ‌ها را تا حدودی بکار برده‌اند، کاربرد این ترازنیستورها آسانتر است تا برای جوانترها.

#### مبتدی بیچاره‌ام:

شماهی مانند پسیاری از افراد شبهی به خودتان گذاشتید که زیر تأثیر چند پرسش واقع شوید، و همان نظرور که عوام می‌گویند یک لحظه دست و پایتان را گم کردید. و نتیجه گرفتید که به هیچ درد نمی‌خورید. بخودتان اطمینان داشته باشیده احساس شما کامل‌ا فریب‌دهنده است. پس من چه بگوییم که از شما باز رگترم، آنهم... نه، نمی‌گوییم چند سال.

این را باور کنید که همکار جوان شما در باره مدارهای مجتمع اطلاعات کمتری از شما دارد. چرا، اعتراض نکنید. فراموش نکنید که یک مدار مجتمع، روش فنی برای به انجام رساندن یک کار است. درحالی که شما می‌توانید این مدار را با عصنهای جدا از هم، ترازنیستورها، مقاومت‌ها، دیودها و غیره بسازید.

بنابراین پس ای شما چه افراد که تمام این عنصرها در یک قطعه سیلیسیوم جای داده شده باشند؛ در مواد زیادی تکامل آنها جالب توجه است. ساده کردن مونتاژها چشمگیر است، اما چیزی که زیر پوشش مدار مجتمع قرار دارد برای شما تازگی ندارد. اگر به شکل این مدار نگاه کنید از جاذبی روید، این مطلب بهیچوجه به خطاطر آن نیست که شما در

«همیشگی» صحبت کنید. کاملاً باور کرده‌ام برخلاف چیزی که در اثر نویسندگی نوشته‌اید، وجود مجله‌های فنی را که در دسترس شما قرار گرفته است، کاملاً نمی‌دانم نگرفته‌اید. چه خواسته باشید یا نخواسته باشید، مجموعه شناسائی‌های خودتان را کامل کنید.

در واقع همکار جوان شما، موقعیت بسیار عالی برای شماست که معلومات خودتان را معرف کنید. فقط به او بگوئید که کار را با یادداش مدارهای اساسی به او آغاز خواهد کرد؛ درباره جذب کننده‌ها برای صحبت کنید (از زمان گفتگوی ما تاکنون چندان تغییر نکرده‌اند). پس از گذشت این مدت، بر عقدۀ خودتان (همانطور که روان‌شناسان می‌گویند) نسبت به مدارهای مجتمع غلبه کرده‌اید. وقتی درباره آن صحبت خواهد کرد می‌دانید درون جمعیت‌چیست، و این چیزی است که بشما کمک می‌کند خصوصیات آنها را بهتر بفهمید. اگر کسی به این مدارها به عنوان عنصرهای ترکیب‌شونده نگاه کند، و نخواهد حتی از دورهم پداند که چگونه ساخته شده‌اند، در کاربرد همان اشتباه را مرتب خواهد شد که تمام کسانی که می‌خواستند ترازیستور را بکار بینند یا آنکه یک کلمه نارسا درباره آنچه در سیلیسیوم یا ذرمانیوم می‌گذرد بدانند، من تکب شدم.

بِاللهِ آفای مبتدی کمی جرأت داشته باشید! یک روز بعد از ظهر برای نوشتمن چند مطلب اضافی که برایتان هی فرستم وقت‌صرف کردم و به‌این ترتیب گمان نمی‌کنم خواندن آنها پیشتر از آن وقت‌تار را بگیرد. می‌دانید از چه‌چیز پیشتر از همه می‌ترسم؟ از این می‌ترسم در مدت یک‌ماه به‌این نتیجه به سینه‌که الکترونیک پس از گفتگویی که با هم کرده‌ایم تقریباً تغییری نکرده است. این حرف گزافه‌گوئی بسیار خطرناکی است، چون شما را به‌جایی می‌کشاند که موقعیت‌های واردشدن در پیش‌فت‌های تازه را نمیده بگیرید. اما این مطلب باز هم ارزش‌تر از پیشتری در جهت مخالف است که وقتی نامدرا بهمن نوشته‌ید در آن افتاده بودید.

خوب، پس تمام اینها، تمام این مطالب تازه... بسیار ساده است (در آخر فوراً باید بگویم با وجود این چیز). هائی هست که باید گفت «بینهایت پیچیده» است. همان‌طور که یکنفر که می‌شناختم می‌گفت).

(ا) اندتمند شما

مهندس

نگذارید که بیش‌فت‌های فن و بخصوص تکنولوژی شمارا خیره و یا اینکه نویسندگی درباره مدارهای مجتمع خطی بخوانید (بدون شک کمتر از جا درخواهید داشت). خواهید دید که چگونه وضعیت روانی‌سازندگان (ترازیستور هر چه که بخواهید، مقاومت نه چندان زیاد، بروز خازن بهیچوجه، مگر در موقعی که خودداری از کاربرد آنها ممکن نباشد) آنها را به‌شما هائی کشانده است که دست کم برای کسانی که نخستین بار آنها را می‌بینند، شگفت‌آور است (اما باور کنید که خیلی زود به آن عادت می‌کنید).

وقتی این کتاب کوچک‌تر را خواندید (و چند دفترچه سازندگان را هم دیدید) چند مدار مجتمع قیاسی، یک تقویت کننده دیفل انسیل، یک مقایسه‌کننده، یک تنظیم ثابت برای خودتان بخرید و چند ساعتی با آنها سر گرم شوید. خواهید دید که چه زود با آنها آشنا می‌شوید. آنوقت کتاب دیگری، که چندان مجهنم نباشد درباره مدارهای منطقی مجتمع بخوانید. در آن با ترازیستورهایی که چند ارسال کننده دارند آشناشی پیدا می‌کنید که راه حل ساده‌ای برای افزایش تعداد نظرهای هستند که به‌وسیله آنها از یک اتصالی پایه-ارسال کننده می‌شود جریان گرفت. ببینید که یک مدار و کامل شده (یا ده و...) که حالا بیشتر میل دارد ناند در ناند بگویند) چگونه ساخته شده است. باز هم چند مدار مجتمع، این بار منطقی، بخرید و با آنها سر گرم شوید. یک قپان با دو «در ناند» بسازید و کوشش کنید چند دستگاه را که در کتاب پژوهای راهنمای سازندگان مدارهای مجتمع منطقی شکل آنها بطور جمعیت‌ای کشیده شده، بسازید. از نظر من، پانزده روز لازم است تا دوباره همه چیز بنظر شما «بسیار ساده» شود.

از یادداشت‌هائی صحبت کردید که در جریان گفتگوها یمان درباره الکترونیک برداشته بودید. یک نسخه از آنرا خودم نگه داشته بودم. بنا بر این دوباره آنها را خواندم و این احساس دلپذیر بمن دست داد که چیزهایی است نسبتاً تازه. برای اطمینان شما چند مطلب را اضافه کردم که آنرا در نسخه‌ای که در دست دارید، در همان محلی که اگر گفتگوها یمان به تازگی گذشته بود قرار می‌دادید، گذاشته‌ام.

از «دوباره در جریان بودن» صحبت می‌کنید. من این اصطلاح را دوست ندارم، بهتر است ازه آموزش

از این مجموعه منتشر شده است:

رادیو؟... بسیار ساده است!

۱. اسبرک - ترجمه رضا سیدحسینی - اصغر آزوین

تلویزیون؟... بسیار ساده است!

۱. اسبرک - ترجمه اصغر آزوین

ترافزیستور؟... بسیار ساده است!

۱. اسبرک - ترجمه اصغر آزوین

## ٧٠ دستگاه الکترونی

شرح کامل طرز کار و ساختن ٧٠ دستگاه الکترونی  
که درخانه، اتومبیل، مؤسسات، صنعت، بازی نور و  
صدا و بالاخره اسباب بازی کودکان کاربرد دارند.

ر. بسون  
ترجمه اصغر آزوین

## ترافزیستور در رادیو و تلویزیون

شرح کامل ساخت و طرز کار انواع ترا فزیستور  
و مشخصات و نوع کاربرد آن همراه با  
۸۰۰ مدار که طرز سوا (کردن آنها) داشتند می دهد  
ترا فزیستور با پایه نازک (سطح - سد)

هرچه پوشش پایه ترا فزیستور نازک تر باشد، فرکانس کاربرد آن بزرگتر است و  
 مقاومت اهمی آن هم کمتر است. مقاومت ترا فزیستور را با بکار بردن بلوری که شامل تعداد  
 نسبتاً زیادی انتهای خارجی است، می توان کاهش داد. از سوی دیگر اگر کلفتی پوشش پایه  
 کم باشد، الزاماً ظرفیت زیادی بین ارسال کننده و جمع کننده آن ایجاد خواهد شد، ظرفیتی  
 که جز با کوچک کردن ابعاد این الکترونها نمی توان آنرا کاهش داد...

ترجمه و تدوین: مهندس اصغر آزوین

در همین مجموعه منتشر می‌شود:

## راهنمای عملی برای خواندن نقشه‌های الکترونیک

۵ - اجزاء غیر مؤثر: عناصر خود القاء شبکه‌ها

.....

اول - قرقره با عایق هوا که شامل هیچ چگونه هسته مغناطیسی نیست.  
این قرقره‌ها ممکن است استوانه‌ای و دریک لایه باشند و یا از چند لایه که  
بر روی هم قرار گرفته‌اند (لانه زنبوری) تشکیل شوند؛

.....

ترجمه مهندس اصغر آزوین

## تلویزیون رنگی؟... بسیار ساده است!

مبتدی - علام رنگ (سبز) را دوباره چگونه پیدا می‌کنند؟  
مهندس - علام (R-y) و (B-y) که آشکارسازی و به طرز معینی صاف شده‌اند، به قالب  
گذاشته می‌شوند. این «قالب» از سه ترانزیستور TR و TV و TB تشکیل شده است، هریک از  
ترانزیستورها روی ارسال کننده خود، علام  $y$  را از راه مقاومت‌هایی دریافت می‌کنند که  
مقدار این مقاومت‌ها طوری انتخاب شده است که در خروجی سطح علام برابر باشد؛...  
ترجمه مهندس اصغر آزوین

الکترونیک...؟  
بسیار  
ساده است!



بله! همانطور که عنوان کتاب تأیید می‌کند، هیچ چیز ساده‌تر از الکترونیک و کاربردهای آن نیست. یک علامت به وسیله یک جذب کننده (گیرنده) ثبت می‌گردد، سپس به روش دلخواه دگرگون می‌شود تا روی یک عنصر فرمان اثر کند.

منابع این فن، امکان تصور طبقه‌های گوناگون جذب کننده، تبدیل کننده و فرمان را بجود می‌آورند، همین امکانات گوناگون است که موضوع مورد بحث در این کتاب می‌باشد.

برای اینکه تمام پدیده‌های وارد در کار را بهتر درک کنید، نویسنده که استاد انسستیتوی عالی "الکترونیک دونور" در کشور فرانسه است، روش روشن، خوش‌ایند و دقیق اثرهای مشهور ایسیرگ را در پیش گرفته است که گفتگوهای مهندس و مبتدی آن، اکنون به شهرت افسانه‌ای رسیده است.

این کتاب، برتر از یک کتاب عالی، آموزنده و پیشرو است؛ به بسیاری از کارشناسان رادیووتلویزیون امکان خواهد داد که شناسائی خود را در زمینه الکترونیک صنعتی به رویی دلپذیر کاملتر کنند.

