کتاب اندازه گیری

الکتریکی 2

PowerEn.ir

ابزارهای اندازه گیری الکترونیکی

7,1 اهداف آموزشی

این فصل به بحث پیرامون برخی از ایده های اساسی ابزارهای اندازه گیری الکترونیکی خواهد پرداخت . خواهیم دید که ولت سنج های الکترونیکی خطاهای بار گذاری کمتر وحساسیت بیشتری ، در مقایسه با ولت- – اهم میلی آمپرسنجها، دارند و امکان اندازه گیری کمیت های پیچیده را فراهم می سازند. پس از پایان فصل 7، شما باید قادر باشید :

1. اصول عملکرد ولت سنج الکترونیکی (EVM) را شرح دهید .
2. EVM
   انواع گوناگون ها را نام ببرید.
3. حاصل از EVM
   قرائت های را تفسیر کنید.
4. یک مدار اهم سنج الکترونیکی مقدماتی را تحلیل یا طراحی کنید.
5. اصول اساسی طرز کار سنجهٔ امپدانس(پاگیرایی)برداری وولت سنج برداری را شرح دهید.

مقدمه

ولت- اهم – میلی آمپرسنج (VOM) ابزاری صحیح و محکم است ، اما دارای چند عیب نیز هست. مسئله اصلی این است که این ابزار، از حساسیت و مقاومت ورودی بزرگی، به طور همزمان، برخوردار نیست. حساسیت 20000 Ω/V در گسترهٔ 0-0/5V تنها دارای امپدانس (پاگیرایی) ورودی (0/5 V)(20000 Ω/V) یا kΩ است.

از سوی دیگر، ولت سنج الکترونیکی (EVM) می تواند دارای مقاومت ورودی ذر حدود 10 تا 100MΩ باشد وبر خلاف VOM که در آن مقاومت ورودی در هر گستره متفاوت است ، مقاومت

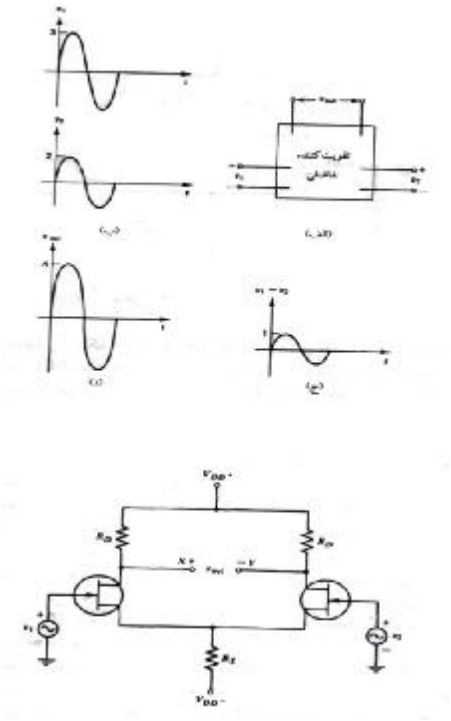
ورودی EVM در همه گستره ها ثابت می ماند. EVM بار گذاری کمتری بر مدارهای تحت آزمون، در مقایسه با VOM ، نشان می دهد.

انواع گوناگون ولت سنج های الکترونیکی با نام های مختلفی شناخته می شوند. این اسام بیانگر، فناوری م.رد استفاده در مدار پل متوازن آن هاست.در EVM های اولیه، از لامپ عای خلا استفاده می کردند و لذا ولت سنج های مجهز به لامپ خلا (VTVMها) نامیده می شدند. با عرضۀ ترانزیستور و دیگر وسایل نیمه رسانا، استفاده در لامپ های خلا در این ابزارها منتفی شد. مدل های حالت جامد این ابزار ها با طبقات ورودی ساخته شده با ترانزیستور اثر میدانی پیوندی (JFET)، به عنوان ولت سنج های ترانزیستوری (TVM) یا ولت سنج های ترانزیستور اثر میدانی(FETVM) معروف هستند. گرچه مدارهای اصلی این ابزارها بر مبنای اصول یکسان کار می کنند، اما بسته به این نوع قرائت حاصله چگونه باشد، فناوری به کار رفته در EVMها، آن ها را در یکی از دو طبقۀ آنالوگ (قیاسی)، یا دیجیتال (رقمی) جای می دهد. در صورتی که یک سنجۀ گردان جهت قرائت بکار رود، ابزار از نوع آنالوگ است، و اگر از یکی از انواع قرائت های عددی قابل دسترس استفاده شود، ابزار دیجیتال است. بنا براین تا اینجا به دلیل اقتصادی تر بودن نوع آنالوگ (قیاسی)، این نوع ابزاربرتری دارد. علاوه بر این ، سنجۀ آنالوگ برای مقیاس های غیر خطی خاص ، مانند مقیاس چگالی لگاریتمی مناسب تر است .

گرچه هر دو دستگاه اندازه گیری آنالوگ (قیاسی) ودیجیتال (رقمی) باید کار یکسانی را انجام دهند(ولتاژ، جریان ومقاومت را اندازه بگیرد) ، ولی اساس طرز کار این دو ، کاملا متفاوت است . سنجه های دیجیتال (رقمی) در یکی از فصول بعدی ، مورد بحث قرار خواهند گرفت .

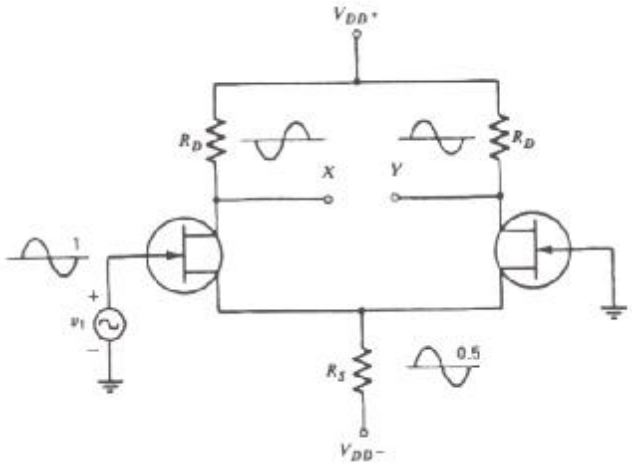
3,7 تقویت کننده دیفرانسیلی (تفاضلی)

در این بخش، نوع خاصی از تقویت کننده ها بنام تقویت کننده تفاضلی یا تقویت کننده دیفرانسیل را مورد بررسی قرار میدهیم .نمودار جعبه ای تقویت کننده تفاضلی در شکل 7,1 (الف)نشان داده شده است .این تقویت کننده دو سیگنال (نشانک)ورودی (شکل 1,7(ب)) یک سیگنال خروجی (شکل 1,7(د))دارد .خروجی ، سیگنال تقویت شده تفاضل جبری دو سیگنال ورودی ، یعنی v_1وv_2 است .اگرv_1 وv_2 امواج سینوسی و همفاز باشند آنگاه ، v_1-v_2 تنها یک موج



سینوسی جدید است که مقدار پیک آن ،مساوی تفاضل مقادر پیک ها ی ورودی است . سیگنال خروجی ، همان ولتاژدیفرانسیلی است که تقویت شده و در شکل 1,7(د) نشان داده شده است.

یک تقویت کننده تفاضلی ازنوع FETدر شکل 2,7 نشان داده شده است .نمونه ویژهای به طرز کیفی برسی میکنم .همان طور که در شکل 3,7نشان داده شده است ، فرض کنید v_1



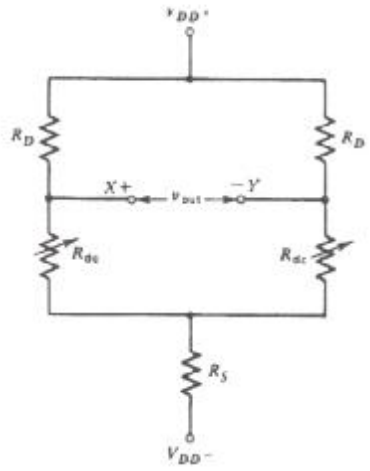
یک موج سیونوسی با پیک 1V،و v_2صفرباشد.در صورتی که v_1در جهت مثبت تغییر کند، دروازهٔ (گیت) FET سمت چپ مثبت می شود و جریان درین افزایش می یابد. بنابراین، افت ولتاژ مقاومت درین افزلیش می یابد و مطابق شکل، یک ولتاژ درین منفی ایجاد می شود. توجه کنید که در تقویت کننده تک طبقه، وقتی 180° جابجایی فاز روی دهد، عملکرد مشابهی خواهیم داشت.

در طی نیم سیکل مثبت v_1 ، جریان در مقاومت سورس افزایش می یابد و مطابق شکل،(نشانک) مثبت متناظری بوجود می آورد. سیگنال سورس ، چنان ست کFET سمت راست را به صورت معکوس بایاس می کند. در نتیجه جریان در FETسمت راست کاهش می یابد و افت ولتاژ کوچکتری در دو سرمقاومت درین ایجاد می کند، وما سیگنال مثبتی از درین FET سمت راست تا زمین بدست می آوریم.

سیگنال (نشانک) های درین هر یک در FET از نظر بزرگی، مساوی اند ولی 180° اختلاف فاز دارند. ولتاژ خروجی از xتاy یک موج سینوسی با مقدار پیک مساوی دو برابر بزرگی هر سیگنال

درین خواهد بود.اگر v_1 و v_2 امواج سینوسی مساوی و هم فاز باشند، آنگاه، v_1-v_2 یک سیگنال خروجی صفر خواهد بود.

تقویت کنندۀ تفاضلی به صورت یک پل، مانند شکل 4,7، قابل نمایش است. هر FET توسط یک مقاومت dc متغیر نشان داده می شود که بوسیلۀ سیگنال های ورودی کنترل می گردد. هر گاه هر دو سیگنال ورودی، مساوی باشمد، مقاومت های FETها مساوی اند ویک پل متوازن داریم. اگر سیگنال های ورودی نا مساوی باشند، پل نامتوازن می شود وخروجی ایجاد می گردد.



با استفاده از مدارهای معدل برای FET ها می توان نشان داد که:

$$)v_1 \frac{rdRD}{rd+RD} V_X = g_m(\quad (1,7)$$

$$) v_2 \frac{rdRD}{rd+RD} V_y = g_m (\quad (2,7)$$

$$v_{\text{خروجی}} = V_x - V_y =)(v_1 - v_2) \frac{rdRD}{rd+RD} g_m(\quad (3,7)$$

که در آن:

r_d= مقاومت acدرین بر حسب اهم

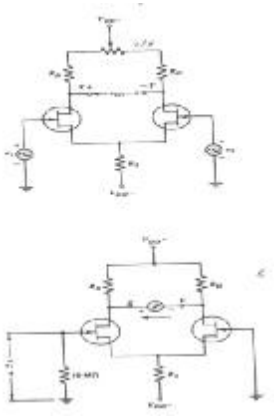
g_m = ترا رسانایی بر حسب زیمنس

توجه کنید که ضریب $v_1 - v_2$ بهرهٔ ولتاژ یک تقویت کنندهٔ تکینی سورس مشترک است. بنابراین ولتاژ خروجی، تفاضل جبری v_1 و v_2 ضربدر یک ثابت است.

بدلیل نا سازگاری اجزای سازندهٔ مدار، می توان یک تنظیم کننده به مدار اضافه کرد تا توازن تقریبا کاملی انجام شود. در مدار نئعی، مطابق شکل 5,7 از یک پناسیومتر استفاده می شود که چنان تنظیم می گردد که v_{out}، در شرایط بدون سیگنال ورودی، صفر شود.

4,7 EVM از نوع تقویت کنندهٔ تفاضلی

ترانزیستورهای اثر میدانی را می توان جهت افزایش مقاومت ورودی یک ولت سنج dc بکار برد. این کار، مقاومت نسبتا کوچک سنجه را از مدار تحت آزمون جدا می کنند.



شکل 6,7 نمودار کلی یک تقویت کنندهٔ تفاضلی با استفاده از ترانزیستورهای اثر میدانی را نشان می دهد. چنین مداری را برای یک تقویت کنندهٔ تفاضلی با ترانزیستور پیوندی دو قطبی با BJT نیز قابل استفاده است. مداری که در اینجا نشان داده شده، شامل دو FETاست که به طرز قابل

قبولی از نظر بهرهٔ جریان، تطبیق شده اند تا پایداری گرمایی مدار را تضمین کنند. بنابراین، هر افزلیشی در جریان سورس یکی از FETها، با کاهش متناظری در جریان سورس FET دیگر جبران می گردد. این دوFET ، تشکیل بازوهای پایین تر مدارپل را می دهند. مقاومت های درین RD نیز با همدیگر تشکیل بازوهای بالا را می دهند. سنجهٔ گردان بین پایانه های درین FET ها متصل شده ودو گوشهٔ مقابل پل را نشان می دهد.

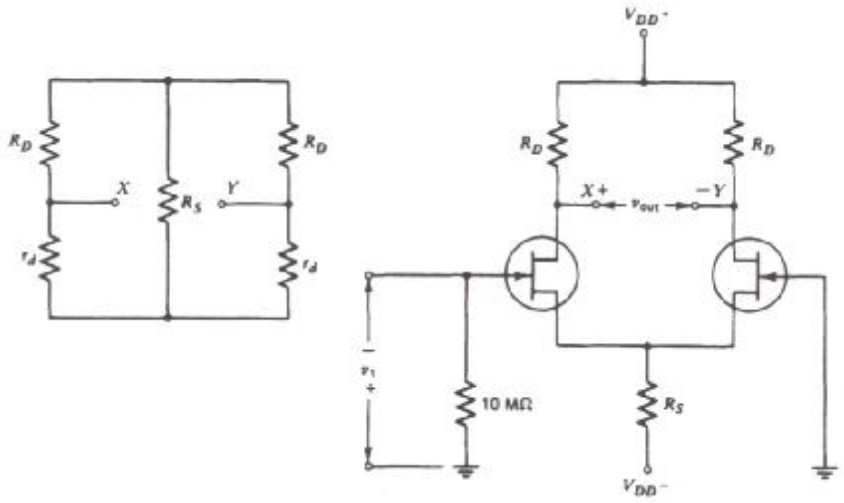
در صورتی که ازFET های مشابهی استفاده شود، مدار متوازن خواهد شد، به گونه ای که برای

ورودی صفر، هیچ جریانی در آمپرسنج جاری نخواهد شد. در صورتی که یک ولتاژ dc منفی به دروازهٔ FET سمت چپ اعمال گردد، جریانی با جهت نشان داده شده در شکل6,8 از آمپرسنج خواهد گذشت. اندازهٔ این جریان به دامنهٔ ولاژ منفی اعمال شده بستگی دارد. با طراحی مناسب مدار، می توان جریان آمپرسنج را مستقیما با ولتاژ بین پایانه های ورودی مناسب کرد. بنابراین، آمپرسنج را می توان بر حسب ولت کالیبره کرد تا ولتاژ ورودی را نشان دهد.

با استفاده از قضیهٔ تونن ودر نظر گرفتن آمپرسنج به عنوان بار، می توان رابطهٔ بین جریان آمپرسنج ولتاژ dc ورودی را یافت. اگر آمپرسنج را حذف کنیم، مدار به شکل 7,7 (الف) دیده می شود. ولتاژ خروجی مساوی است با بهرهٔ ولتاژ یک FET تنها ضربدر تفاضل بین v_1وv_2. چونv_2 صفراست ، ولتاژ خروجی در شرایط مدار باز، مساوی است با:

$$v_{out} = g_m (r_d || R_D) \left(V_1 - \frac{r_d R_D}{r_d + R_D} v_1 \right) = g_m \left(V_1 \right) \qquad (4,7)$$

برای یافتن مقاومت تونن در پایانه های XوY ، باید ابتدا v_1و V_{DD} را صفر کرد. در این شرایط،



هر دو FET مطابق آنچه در شکل 7,7 (ب) آمده است، مقاومت rd خواهند داشت. با استفاده از این مدارمتوازن وبا فرض آنکه R_S نسبتا بزرگ است، می توان مشاهده کرد که مقاومت بین پایانه های Xو Y مساوی است با:

$$R_{Th} = 2r_d \parallel 2R_D = 2(r_d \parallel R_D) \qquad (5,7)$$

مدار معادل تونن همراه با آمپرسنج متصل شده به آن به عنوان بار، در شکل8,7 آمده است. از این مدار، جریان آمپرسنج به صورت زیر به دست می آید:

$$\frac{Vout}{Rth+Rm} i = \frac{g_m(r_d \parallel R_D)}{2(r_d \parallel R_D)+R_M} = v_1 \qquad (6,7)$$

اگر $R_D << r_d$، معادلهٔ (6,7) به صورت زیر ساده می شود:

$$i = \frac{g_m R_D}{2R_D + R_M} v_1 \qquad (7,7)$$

معادلهٔ(7,7) جریان آمپرسنج را به ولتاژ **dc** ورودی مربوط می سازد. در این رابطه فرض شده است که هر دو**FET** ، یکسانند. برای **FET** های، نایکسان، می توان رابطه ای تقریبی بت استفاده از مقدار متوسط g_m و r_d بدست آورد.

مثال1,7 در یک**EVM**، از نوع تقویت کنندهٔ تفاضلی با شرایط زیر، جریان آمپرسنج را بیابید.

$V_1 = 1\ V$ $R_D = 10\ k\Omega$

$r_d = 100\ k\Omega$ $R_m = 50\Omega$

زیمنس $gm = 0/005$

حل. **i** را با استفاده از رابطهٔ (6,7) بیابید:

$v_1 = 1V$ $R_D = 10k\Omega$

$r_d = 100\ k\Omega$ $R_m = 50\Omega$

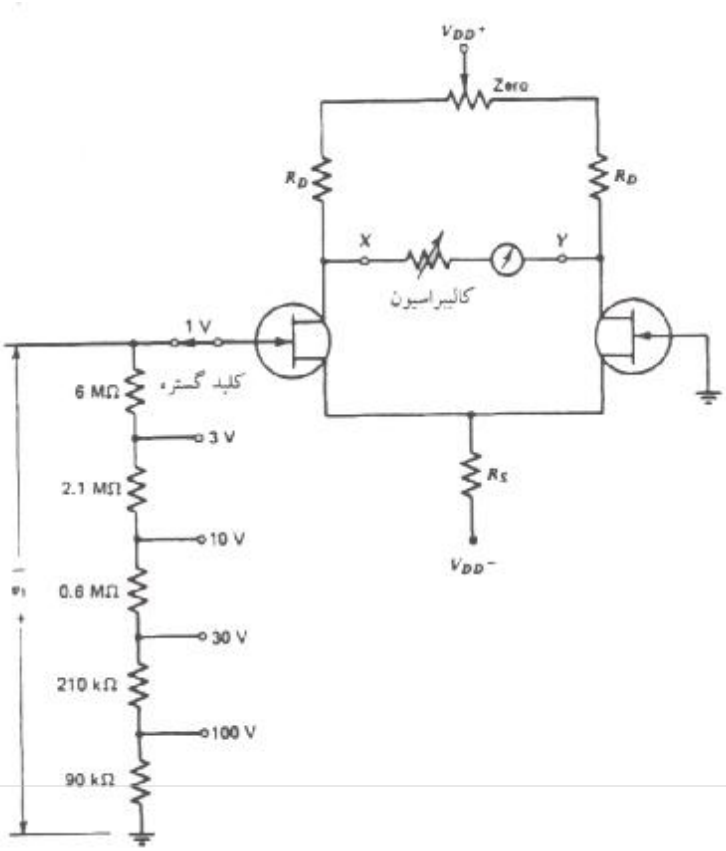
زیمنس $g = 0/005$

این نتیجهٔ نهایی مشخص می کند که جریان آمپرسنج مستقیما با ولتاژ ورودی متناسب است. بنابراین آمپرسنج را می توان به ورت تقسیمات یکنواخت علامت گذاری کرد. همچنین این نتیجه بیان میکند که هر گاه نخواهیم نشان گری بین 0 تا 1**V** داشته باشیم، باید 1**V** را بر روی آمپرسنجی که جریان تمام مقیاس آن **Ma** 2/5 است تمام مقیاس در نظر گرفته، علامت گذاری کنیم. بقیه مقیاس نیز به صورت خطی علامت گذاری می شود.

تقویت کننده دیفرانسیلی را که تا کنون مورد بررسی قرار گرفت، می توان با اضافه کردن تنظیم کننده ها وکلیدهایی ، مطابق شکل9,7 ، عملا ساخت. توازن پل یا جریان صفر سنجه ، با تنظیم

پتانسیومتر تنظیم صفر میسر است وهدف از آن ، مساوی کردن دو نیمهٔ تقویت کنندهٔ تفاضلی در شرایط سیگنال صفر است.

تنظیم تمام مقیاس کالیبره کردن دستگاه ،با استفاده از پتانسیومتری که روی آن ((کالیبراسیون)) نوشته شده وبا مقاومت داخلی سنجهٔ گردان، سری شده است، انجام می گیرد. این تنظیم از آن جهت لازم است که g_m و r_d ازFET به FET تغییر می کند. از معادلهٔ (6,7) واضح است که به ازای مقدار معین v_1، اگر g_m و r_d از FET به FET تغییر می کنند، مقادیر مختلف جریانی جاری خواهد شد. بنا براین اگر آمپرسنج در تمام مقیاس، 1V علامت گذاری شود، با اندازه گیری یک ورودی که دقیقا یک ولت است آن را کالیبره می کنیم. سپس پتانسیومتر کالیبراسیون را تنظیم می کنیم تا دقیقا قرائت 1 V را داشته باشیم.



کلید گستره در روی ورودی، انکان داشتن چند گسترهٔ تمام مقیاس مختلف را فراهم می سازد. مقاومت ورودی در همهٔ موقعیت ها $9\ \mathbf{M\Omega}$ است. اگر کلید، روی موقیت نشان داده شده قرار گیرد، ولت سنج در حساس ترین گستره قرار گرفته و تا $1\ \mathbf{V}$ رادر تمام مقیاس خواهد خواند. برای ولتاژ های بالاتر، کلید گستره به سوی نقطهٔ تضعیف پایین تر حرکت می کند. به عنوان مثال، اگر ولتاژ ورودی $10\ \mathbf{V}$ باشد، کلید گستره باید به سوی گسترهٔ $10\ \mathbf{V}$ حرکت کند. ولتاژ دروازهٔ FET سمت چپ، مساوی همان ولتاژ دو سر مقاومت $900\ \mathbf{k\Omega}$ که بخشی از مقاومت کل $9\ \mathbf{k\Omega}$ است خواهد شد. ولتاژ دراین دروازه عبارت است از:

$$\mathbf{V_G} = \frac{(900\times10^3\,\Omega)(10\mathbf{V})}{9\times10^6\,\Omega} = \mathbf{1V}$$

بنابراین دستگاه اندازه گیری به ازای $10\mathbf{V}$ ام شده بورودی که سبب اعمال $1\mathbf{V}$ به دروازه شده است، تمام مقیاس، منحرف خواهد شد. با قرار گرفتن کلید گستره روی موقعیت $100\mathbf{V}$، ولتاژ دروازه، همان ولتاژ دو سر مقاومت $90\mathbf{k\Omega}$ ، بخشی از ولتاژ مقاومت کل، خواهد شد. ولتاژ دروازه عبارت است از:

$$\mathbf{V_G} = \frac{(90\times10^3\,\Omega)(100\mathbf{V})}{9\times10^6\,\Omega} = \mathbf{1V}$$

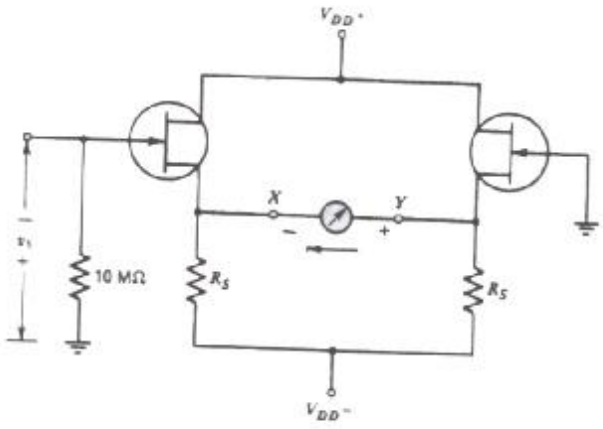
مجددا این سنجه به ازای $100\mathbf{V}$ اعمال شده به ورودی، انحراف تمام مقیاس خواهد داشت. مقسم ولتاژ همان $1\mathbf{V}$ راروی دروازهٔ FETبوجود می آورد.

5,7 EVM از نوع پیرو سورس

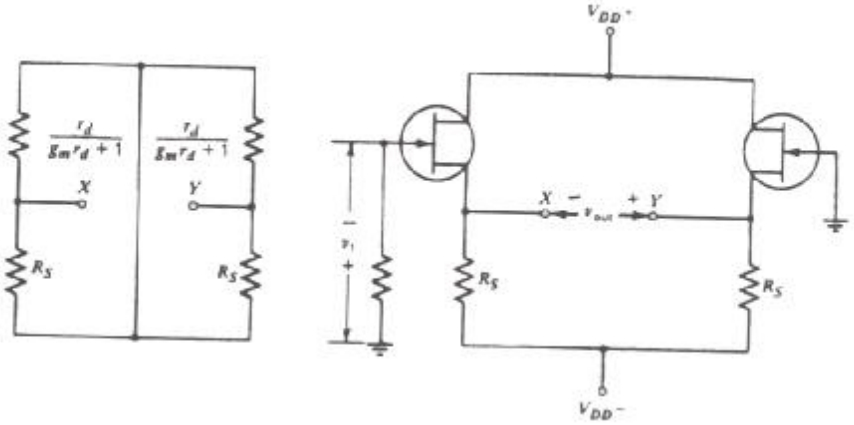
یکی دیگر از مدارهای FETVM مقدماتی دز شکل 10,7 نشان داده شده است. دو FET ، تشکیل بازوهای بالایی مدار پل را می دهند و مقاومت های وسورس با هم، بازوهای پایینی را می سازند. هرگاه که ورودی صفر باشد، پل متوازن می شود وهیچ جریانی از آمپرسنج نمی گذرد.

اگرv1 ولتاژ مثبت ورودی باشد، جریان در جهت نشان داده شده روی شکل از آمپرسنج می گذرد. با استفاده از قضیهٔ تونن در پایانه های X وy می توانیم رابطهٔ بین جریان آمپرسنج و ولتاژ ورودی را بیابیم. ولتاژمدار باز با حذف آمپرسنج از مدار شکل 11,7(الف) به دست می آید.

از آنجا که دروازه FET سمت راست، زمین شده است، هیچ سیگنالی (نشانک) به دروازهٔ (گیت) آن اعمال نمی شود و بنابراین ، هیچ سیکنالی، در پایانهٔ Y ظاهر نمی شود. امافFET سمت چپ، از نوع پیرو سورس است. این، یک تقویت کننده با بازخور منفی، با ضریب1- =β است. بنابراین بهره به صورت زیر قابل محاسبه است:



شکل ۱۰.۷ EVM از نوع پیروسورس.



مقایسهٔ این معادله با معادلهٔ (4,7)یعنی بهرهٔ مدار سورس مشترک مشخص می کند که هرگاه $r_d|(g_m r_d + 1)$ در معدلهٔ سورس مشترک به جای rd قرار می گیرد، هر دو معادله شکل یکسانی دارند. بنابراین می توان $r_d|(g_m r_d + 1)$ را مقاومت خروجی FET به، هنگامی که در مدار پیرو سورس ه کار می رود در نظر گرفت. معادلهٔ خروجی به همان شکل سادهٔ تقویت کنندهٔ سورس مشترک است، بجز آنکه RD مشخص شده در نمودار داده های FET ، با $r'_d = r_d|(g_m r_d + 1)$ جایگزین می شود، یا :

(10,7)

برای یافتن مقاومت تونن بین پایانه های XوY ، شکل 11,7 (ب) ملاحظه می شود که مقاومت دیده شده از سورس $r_d|(g_m r_d + 1)$ است. از این مدار متوجه می شویم که مقاومت تونن عبارت است از:

(11,7)

مدار شکل 12,7 معدل تونن را که آمپرسنج بین پایانه های XوY آن متصل شده است، نشان می دهد. جریان گذرنده از آمپرسنج، مساوی است با :

(12,7)

برای بدست آوردن مقدار تقریبی، می کنیم که در مورد اغلب FETها مقدار $g_m r_d R_S$ بسیار بزرگ تر از r_d یا R_Sاست. علاوه بر این، R_Sمعمولا بسیار بزرگ تر از$r_d|(g_m r_d + 1)$ است. تحت این شرایط معدله (12,7) به صورت زیر ساده می شود:

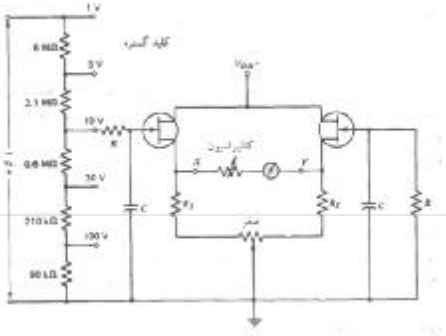
مثال 2,7 **EVM**شل10,7 دارای مقاذیر زیر است: **RS = 50kΩ**، **rd = 100kΩ** ، و زیمنس **gm=0/0057**. یک سنجهٔ گردان **50Ω** بکار رفته است. هر گاه ولتاژ ورودی دقیقا **1V** باشد، جریان تقریبی گذرنده از آمپرسنج را بیابید.

حل . $i = \frac{v_i}{2/gm + Rm} = \frac{1}{2/0.0057 + 50} = 2.50\ mA$

در لین مثال دیده می شود که جریان گذرنده از آمپرسنج در یک **EVM**، مستقیما با ولتاژ ورودی، متناسب است. یک ولتاژ دیودی **1V** جریانی مساوی با **mA** 2,5 ازآمپرسنج عبور می دهد. اگر یک آمپرسنج با انحرافتمام مقیاس **2,5mA** یافت می شود، می توان آن را در تمام مقیاس **1V** ، در نیم مقیاس **0,5V** و به همین ترتیب به صورت خطی علامت گذاری کرد تا یک نشانگر 0 تا **1V** بوجود آید.

مدار شکل 10,7 زا می توان با اضافه کردن یک تنظیم صفر، یک تنظیم کالیبراسیون، ویک مقسم ولتاژ در روی ورودی، عملا مطابق شکل 13,7 ساخت. هدف از این تنظیم ها و مقسم ولتاژ، دقیقا همانند هدف مادر بحث بخش4,7 است.

توجه کنید که برای هر موقعیت کلید گستره، مقاومت ورودی دیده شده از پایانه های اندازه گیری، **9MΩ** است. این مقدار، مقداری نوعی باری اغلب **ENM**هاست، اما مقاومت های ورودی بزرگ تر نیز امکان پذیر است.



بسیاری از گونه های EVM نشان داده شده در شکل 13,7 در ابزار های تجاری دیده می شوند. با با وجود، این مدارشکل 13,7 ایدهٔ مقدماتی مربوط به EVM از نوع پیرو سورس را نشان می دهد.

مثال 3,7 EVM شکل 13,7 مقادیر زیر است:

$$RS = 50k\Omega \quad , rd = 100\ k\Omega \ , gm = 0.003$$ زیمنس

یک آمپرسنج 50Ω با جریان انمحراف تمام مقیاس $1mA$ نیز به کار گرفته شده است. اگر ولتاژ ورودی دقیقا $1V$ باشد، مقدار مقاومت کالیبره سازی که جریان تمام مقیاس را بوجود خواهد آورد. چقدر خواهد بود؟

حل . ابتدا توجه کنید که $g_m\ r_d\ R_S$ بسیار بزرگ تر از r_d یا R_S است و $r_d|(g_m\ r_d + 1)$ نیز بسیار کوچک تر از R_S است. لذا می توانیم از رابطهٔ تقریبی 13,7 استفاده کنیم. بنابراین:

$$i = \frac{v_1}{2/gm\ +Rm+Rcal}$$

با تغییر شکل معادله و حل آن برای R_{CAL} داریم:

(14,7)

توجه کنید که یک مقاومت کالیبره سازی $1k\Omega$ را می توان در مدار قرار داد. در این صورت اگر FETها تغییر کنند، رئوستا را می نوام طوری تنظیم کرد که تغییرات را g_m و r_d رالحاظ کند.

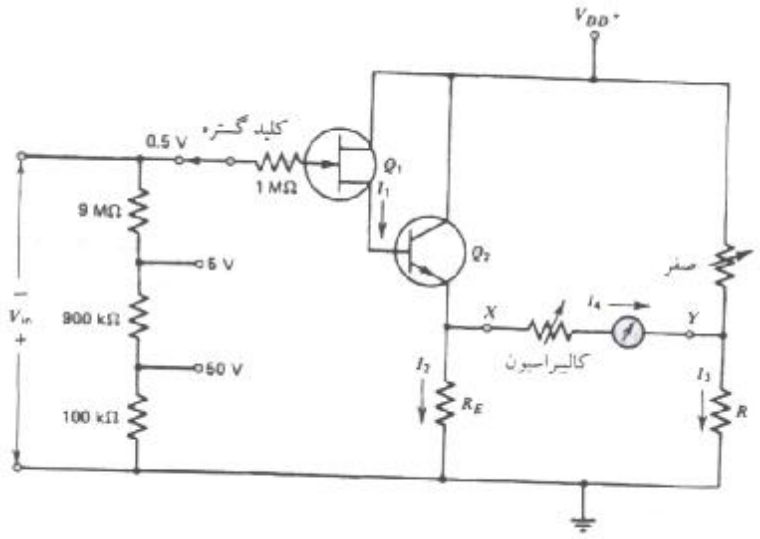
6,7 ولت سنج DC با تقویت کنندهٔ تزویج مستقیم

یک ولت سنج الکترونیکی dc معمولا شامل یک سنجهٔ گردان dc معمولی است که قبل از آن یک تقویت کنندهٔ dc یک یا چند طبقه قرار گرفته است. در صورتی که مقاومت ورودی بسیار بزرگ،

مورد نیاز باشد،معمولا از یک FET در طبقهٔ ورودی استفاده می شود. خروجی FETرا معمولا می توان به ورودی یک BJT به طرز مستقیم تزویج کرد.

تقویت کننده های تزویج شدهٔ مستقیم، معمولا درولت سنجهای dcارزان قیمت یافت می شوند. شکل 14,7 یک تقویت کنندهdc تزویج شدهٔ مستقیم با ورودیFET را نشان میدهد. ترانزیستور دوقطبی Q_2 همراه با مقاومت ها یک مدار پل متوازن تشکیل می دهند. ترانزیستور اثر میدانی Q_1 به عنوان یک پیرو سورس عمل می کند و به خاطر تبدیل امپدانس (پاگیرایی) بین ورودی و پایهٔ Q_2 بکار می رود.

بایاس روی Q_2 به گونه ای است که اگر ورودی V صفر باشد $I_2=I_1$ می شود. در این شرایط $V_X=V_Y$، جریان گذرنده ازسنجهٔ گردان dc صفر است، یعنی $I_4= 0$ بایاس Q_2 بوسیلهٔ V_{in} کنترل می شود.



بطوری که یک ولتاژ ورودی مجهول ورودی V اعمال گردد، بایاس روی اگر Q_2 افزایش می یابد و موجب افزایش ولتاژ V_X می شود. در این صورت چون V_XازV_Y بزرگ تر است، جریان I_4 دیگر صفر نیست. اندازهٔ این جریان که عقربهٔ سنجه را منحرف می کند، متناسب با V_{in} است.

مقدار V_{in} که موجب انحراف بیشینهٔ عقربه دستگاه اندازه گیری می شود، گسترهٔ پایهٔ را بوجود می آورد. این مقدار معمولا در مدل های تقویت نشده، پایین ترین گستره روی کلید گستره است. گستره های بالا تر می توان با استفاده از تضعیف کنندهٔ ورودی، وگستره های پایین تر را با استفاده از یک پیش تقویت کننده به دست آورد.

تضعیف کننده ورودی شکل 14,7 یک صفحهٔ کنترل کالیبره شده به شکل مقسم ولتاژ مقاومتی است. ولتاژ تمام مقیاس در دو سر مقسم ولتاژ ظاهر می شود، به گونه ای که ولتاژ در هر انشعاب، بخش مستمرا کوچک تری از کل ولتاژ ورودی است(تحلیل تضعیف کنندهٔ ورودی دربخش 4,7 ارائه شده است).

توازن پل با تنظیم پتانسیومترتنظیم صفر، در حالت صفر بودن V_{in} صورت می گیرد. کالیبره کردن تمام مقیاس، از طریق تنظیم پتانسیومتری که با علامت کالیبراسیون مشخص شده است، انجام می گیرد.

مزیت اصلی این ولت سنج ، مقاومت ورودی بزرگ آن است. عیب اساسی آن نیز انحراف از صفر، در حدود **mV/hr** 1 است .

7,7 ولت سنج DC حساس

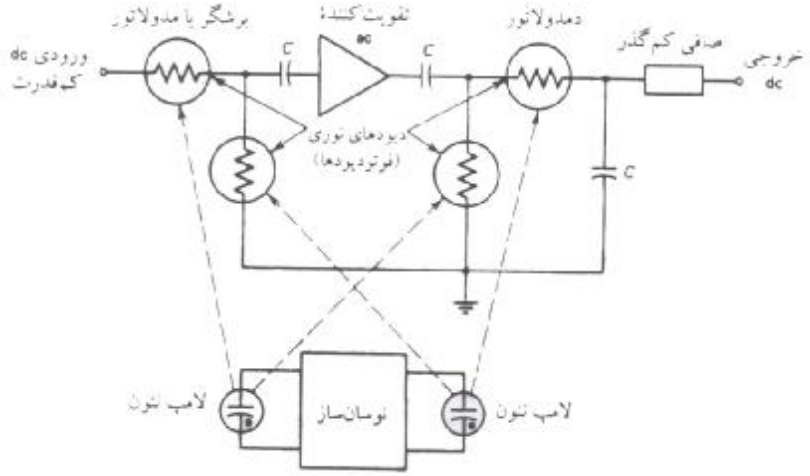
برای فائق آمدن بر محدودیت انحراف مربوط به تقویت کننده های تزویج شدهٔ مستقیم، باید روش دیگری بر گزینیم. یک زوش کاملا معروف برای ولت سنج های شدیدا حساس، استفاده

از تقویت کننده **dc**(برش شده)، مطابق شکل 15,7 است.

توجه کنید که ابتدا جریان مستقیم به یک سیگنال (نشانک)ac تبدیل می شود. (مدولاسیون)، و سپس توسط یک تقویت کنندۀ ac استاندارد، تقویت می شود ونهایتا به ولتاژ dcمتناسب با سیگنال(نشانک) ورودی اولیه تبدیل می گردد(دمدولاسیون). بسیاری از طراحان، تقویت کننده های ac را ترجیح می دهند، زیرا تقویت کننده های dc، در مقایسه با تقویت کننده های ac، دارای مسائل جدی تر طراحی (مانند انحراف) هستند. چاپر(برشگر) ها ممکن است مکانیکی یا الکترونیکی باشند. چاپرهای الکترونیکی جالب تر، ازسلول(پیل)های نوری (فوتوسل) ودیودهای نوری (فوتودیود) استفاده می کنند.

مدار شکل 16,7 طرز کار تقویت کنندۀ چاپگر (برشگر) الکترونیکی را نشان می دهد. دیودهای نوری(فوتودیود) برای مدولاسیون و دمدولاسیون مورد استفاده قرار می گیرد. یک دیود نوری،

شکل ۱۵.۷ نمودار جعبه‌ای یک dc EVM حساس



هنگامی که با منبع نوری مانند لامپ نئون یا چراغ توری روشن گردد، مقاومتش از مقداری بزرگ تا مقداری کوچک تغییر می کند. مقاومت دیود نوری، در صورتی که نور به آن تابیده نشود، بسیار افزایش می یابد.

نوسان ساز سبب می شود که دو لامپ نئون در نیم سیکل های متوالی روشن شوندو هر لامپ نئون یک دیود نوری(فوتودیود) رادر وزودی ویک دیود نوری را در مدار خروجی روشن می کند. دو دیود نوری در ورودی تشکیل یک مدولاتور نیم موج شنت سری یا چاپر(برشگر) را می دهند. طرز کار این مدار، شبیه کلیدی است که ولتاژ ac تولید می کند که دامنه اش با سطح ولتاژ ورودی متناسب است و فرکانسی مساوی فرکانس نوسان ساز دارد.

موج مربعی به ورودی تقویت کننده اعمال می شود وتقویت کننده یک موج مربعی تقویت شده رادر خروجی اش تحویل می دهد. دو دیود نوری (فوتودیود) درخروجی تقویت کننده،این سیگنال را که خازن را به اندازهٔ دامنهٔ ولتاژخروجی شارژ می کند، دمدوله می کنند. یک صافی کم گذر هر مقدارac باقیمانده را حذف می کند وولتاژ نهایی را به یک سنجهٔ گردان، اعمال می شود.

مزیت اصلی این سنجه این است که دست یابی به حساسیت های تمام مقیاس $1\mu V$ یا کم تر ونیز انحراف صقر کاهش یافته در آن میسر است. عیوب اصلی آن نیز از بین رفتن امپدانس(پاگیرایی) بسیار بزرگ، ونیز وجود ولتاژهای نویزی(نوفه ای)است اعم از چاپر(برشگر)، به روش مکانیکی یا رسانندگی نوری عمل کند.

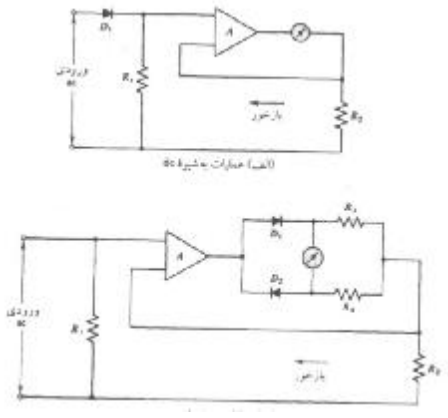
8,7 ولت سنج جریان متناوب با استفاده از یکسو سازها

dc EVM مورد بحث قبلی را می توان برای اندازه گیری ولتاژهای ac ، مطابق شکل 17,7، از طریق آشکار سازی ولتاژ متناوب، به کار گرفت. در برخی حالت ها، یکسو سازی قبل از تقویت

انجام می گیرد، که دراین موارد مطابق شکل 17,7 (ب) ، یک مدار دیودی ساده قبل از تقویت کننده و دستگاه اندازه گیری قرار می گیرد. این تقویت کننده در حالت ایده آل، مشخصه های انحراف صفر(عدم انحراف) وبهرۀ ولتاژی یکه، ویک سنجۀ گردان acبا حساسیت کافی نیاز دارد.

در روش دیگر مطابق، شکل17,7 (ب)، یکسو سازی بعداز تقویت انجام می گیرد. این روش معمولا از بهرۀ حلقۀ باز بزرگ و باز خور منفی بزرگ استفاده می کند تا بر غیر خطی بودن دیود های یکسو ساز فائق آید.

ولت سنج های جریانی متناوبی که از یکسو سازی نیم موج یا تمام موج استفاده می کند معمولا از نوع حساس به مقدار متوسط، اما با مقایس اندازه گیری کالیبره شده بر حسب مقدار rms شکل موج، به جای مقدار متوسط می باشند. لذا اغلب سنجه ها هئ بر حسب rms وهم مقدار پیک، کالیبره می شوند. از آنجا که اغلب شکل موج هایی که در الکترونیک با آنها سرو کار داریم سینوسی هستند، این روشها رضایت بخش هستند ودر مقایسه با ولت سنج هایی که قرائت rms واقعی دارند بسیار ارزانترند. اما شکل موج های غیر سینوسی سبب می شوند که این نوع سنجه ها، مقدار بیشتر یا کمتری را(بسته به ضریب شکل مربوطه)نشان



دهند .

ضریب شکل، نسبت مقدارrmsبه مقدار متوسط شکل موج است. لین ضریب به صورت زیر تبدیل

می شود:

$$k = \frac{Vrms}{V\ av} \qquad (15,7)$$

مزیت مهم ولت سنج acاین است که استفاده از باز خور منفی درآن، مدت پاسخ را بسیار کاهش می دهد. اما عیب کاهش حساسیت را نیز به همراه دارد، مگر آنکه با بهرهٔ حلقهٔ باز بزرگ تری، در مقایسه با آنچه که معمولا مورد نیاز است، این عیب جبران گردد.

9,7 ولت سنج RMS واقعی

شکل موج های پیچیده با ولت سنج rms واقعی به صحیح ترین وجه اندازه گیری می شوند.این ابزار مقدار rms هر شکل موج (مانند سینوسی، مربعی یا دندانه اره ای) را با استفاده از یک آشکار ساز rms که مستقیما به ارزش گرمایی سیگنال (نشانک)ورودی پاسخ می دهد ، مشخص می سازد.

برای اندازه گیری مقدار rms یک شکل موج دلخواه ، می توان سیگنال ورودی را به یک المنت حرارتی که مطابق شکل 18,7 در مجاورت یک ترموکوپل (جفت گرمایی) قرار گرفته، اعمال گرد.

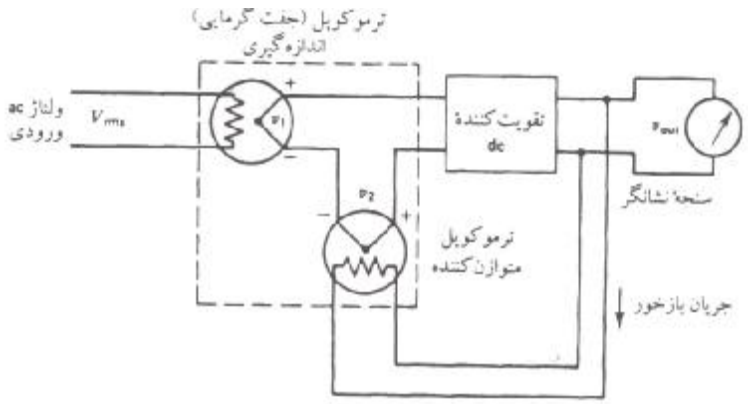
به خاطر آورید که یک ترموکوپل، پیوند دو فلز نا همگون است که پتانسیل نقطه تماس آن تابعی از دمای پیوند است. گرم کن دمای ترموکوپل را افزایش می دهد و یک ولتاژ خروجی متناسب با توان تحویل شده به گرم کن به وجود می آورد:

$$P = \frac{V^2rms}{R_{\text{گرمکن}}} \qquad (16,7)$$

$$v\theta = f(P) = f\left(\frac{V^2rms}{R_{\text{گرمکن}}}\right) = VK^2_{rms} \qquad (17,7)$$

که در آن ، Kضریب تناسب است.

مقدارkدر معادلهٔ (17,7)به اصل بین گرمکن ترموکوپل ونیز مواد مورد استفاده در آن دو بستگی دارد. مشکل این روش آن است که ترموکوپل معمولا مشخصه ای غیر خطی از خود نشان می دهدئ این مشکل در برخی ابزار ها، با قرار دادن دو ترموکوپل در محیط مشابه، مانند شکل 19,7، منتفی شده است. مشخصهٔ غیرخطی ترموکوپل اندازه گیر ورودی باآثار غیر خطی مشابه مربوط به ترموکوپل، توازن در مدار باز خور، ازبین می رود. دو ترموکوپل، بخشی از پل متوازن را تشکیل می دهندکه به مدار ورودی یک تقویت کنندهٔ dc متصل شده است.



ولتاژ ورودی ac به گرمکن ترموکوپل اندازه گیری، اعمال می شود. ولتاژ خروجی V1 تولید می شود که توازن پل را برهم می زند. این ولتاژ نامتوازن، به وسیلهٔ تقویت کنندهٔ dc تقویت می شود و به گرمکن ترموکوپل متوازن کننده باز خور می شود. وقتی که خروجی هر دو ترموکوپل، مساوی نشد، توازن پل، مجددا برقرار می شود. در نتیجه، جریان باز خور dc، مساوی با جریان ac در ترموکوپل ورودی است. بنابراین ، این جریان dc مستقیما با مقدارrms ولتاژ ورودی متناسب است و روی ولت سنجdc واقع در مدار خروجی تقویت کننده dc نشان داده می شود. برای بررسی این موضوع، توجه می کنیم که:

$$V_{out} = A\,(v_1 - v_2) \qquad (18,7)$$

که **A** بهره ولتاژ تقویت کنندهٔ **dc** است. معادلهٔ (18,7) را باز آرایی می کنیم:

$$\frac{Vout}{A} v1 - v2 = = 0 \qquad (19,7)$$

زیرا **A** برای تقویت کننده با بهرهٔ بالا، عددی بسیار بزرگ است. در نتیجه :

$$V_1 = V_2 \qquad (20,7)$$

یا:

$$KV^2_{rms} = KV^2_{out}$$

$$V_{rms} = V_{out} \qquad (21,7)$$

نتیجهٔ اخیر بیان می کند که ولتاژ اندازه گیری شده به وسیلهٔ ولت سنج **dc** تقریباً مساوی مقدار **rms** سیگنال ورودی است. لذا ما یک ولت سنج **rms**داریم. از آنجا که مقدار **rms** واقعی، مستقل از شکل موج سیگنال **ac**،اندازه گیری می شود، شکل موج ورودی بی تأثیر است. اگر ولتاژ **ac** ورودی بسیار کوچک باشد، می توان از یک تقویت کنندهٔ **ac** برای افزایش سطح سیگنال، پیش از به کار گیری آن در ترموکوپل ورودی، استفاده کرد. با چنین آرایشی، حساسیت های حدود میلی ولت امکان پذیر است.

10,7 اهم سنج الکترونیکی

یک اهم سنج الکترونیکی مقدماتی در شکل 20,7 نشان داده شده است. چنانکه مشاهده می شود، این مدار از یک تقویت کنندهٔ عملیاتی (اُپ-اَمپ) که بصورت یک تقویت کنند ناوارونگر با

بهرهٔ واحد آرایش شده است، استفاده می کند. امپدانس (پاگیرایی) ورودی بسیار بزرگ دیده شده از ورودی غیر معکوس کنندهٔ اُپ-اَمپ ، به طور موءثری، سنجهٔ گردان را از مداربندی مقاومتی اهم سنج جدا می کند. پایانه هایی که مقاومت مجهول به آن ها متصل می شود باyوx مشخص شده اند.

با استفاده از قضیهٔ تونن ویافتن مدار معادل برای شبکه مقاومتی دیده شده از نقاط BوA مدار را بهتر می توان تحلیل کرد. یا باید اُپ-اَمپ را قطع کنیم ویا با آن به عنوان یک امپدانس بینهایت رفتار کنیم، که این کار معقول است. زیرا اُپ-اَمپ، امپدانس بسیار بزرگی نشان می دهد. ولتاژ معادل تونن به صورت زیرمحاسبه می شود:

$$V_{Th} = V \cdot \frac{R2}{R1+R2} \qquad (22,7)$$

و مقاومت معادل تونن به صورت زیر محاسبه می شود :

$$R_{Th} = \frac{R1+R2}{R1+R2} \qquad (23,7)$$

حال مطابق شکل 21,7، مدار بندی مقاو با مد تون خودجاگزینمی شود.

مهه می شو که اگر نقاط xوx´ به یکدیگر متصل شوند(که این کار اندازه گیری صفر اهم را نشان می دهد)، ولتاژورودی اُپ-اَمپ ، صفر می شود. بنابراین سنجهٔ گردان، باید 0Ω را نشان دهد. علاوه براین، هرگاه نقاط آزمون باز باشند که در این صورت،مقاومت، بینهایت نشان داده می شود، سنجهٔ گردان باید انحراف تمام مقیاس،نشان دهد: اگر یک مقاومت مجهول R_X دارای مقاومت مساوی R_{Th} داشته باشیم، سنجهٔ گردان دقیقا انحراف نیم مقیاس، نشان خواهد داد.

بهترین روش نشان دادن کمی این روابط، شروع کار با یک سنجهٔ گردان با پارامترهای معلوم و سپس برگشت به ورودی، مانند مثال زیر، است.

مثال 4,7 یک سنجهٔ گردان با جریان انحراف تماس مقیاس $50\ \mu A$ ومقاومت داخلی $2k\Omega$ رادر نظر بگیرید و برای R_1،22,7 R_2 وv را بدست آورید.

حل .با داشتن جریان انحراف تماس مقیاس و مقاومت داخلی سنجهٔ گردان، می توانیم ولتاژ خروجی اُپ-اَمپ را که باعث انحراف تمام مقیاس در سنجه می شود، به دست آوریم :

$$V_O = I_{fs}\, R_m = (50\ \mu A)\ (2k\Omega) = 100mV \qquad (24,7)$$

درنیم مقیاس روی سنجهٔ گردان :

$$I_m = 0/5\ I_{fS} = 25\ \mu A$$

یا :

$$V_O = (25\ \mu A)\ (2k\Omega) = 50\ mV$$

چون $V_O = (1/2)\ V_{Th}$ ملاحظه می شود که $R_X = R_{Th}$ گرچه R_{Th} می تواند هر ترکیب موازی $R1$و$R2$ باشد، مامقادیر آنها را مساوی می گیریم. مقادیر آن ها علات نیم مقیاس را رو مقیاس روی مقیاس اهم سنج مشخص خواهند کرد فرض کنید. می خواهیم قرائت نیم مقیاس، 100Ω باشد، که این، به معنای آن است که به ازای $R_X = 100\Omega$ ، عقربه به اندازه نیم مقیاس،منحرف خواهد شد. R_{Th} نیز 100Ωوبنابراین، هردو مقاومت R_1وR_2 مساوی 200Ω هستند. هرگاه $V_{Th}=100mV$، می توانیم با استفاده از معادلهٔ تقسیم ولتاژ، V رابدست آوریم.

$$\frac{R1}{R1+R2}V_{Th} = V$$

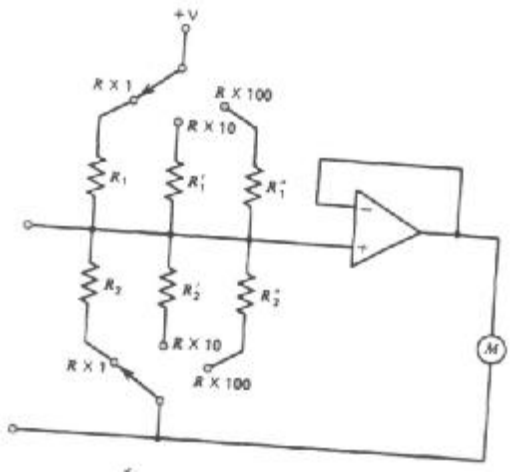
با الحاق نوعی آرایش کلید بندی، طبق شکل 23,7، می توانیم یک اهم سنج چند گستره بسازیم.

اگر هر دو مقاومت R1وR2 مساوی 20Ω باشند، داریم:

$$R_{Th} = R_1 \parallel R_2 = 10\,\Omega$$

مقاومت مجهول ۱۰Ω، موجب انحراف نیم مقیاس می شود. بنابراین نیم مقیاس با ۱۰Ω علامتگذاری می شود.

اگر R'_1وR'_2 مساوی 200Ω باشند، داریم:



$$R_{Th} = R'_1 \parallel R'_2 = 100\,\Omega$$

مقاومت مجهول 100Ω، موجب انحراف نیم مقیاس روی گسترهٔ 10R × می شود که این، به معنای آن است که مقاومت مجهول، مساوی قرائت 10 ضربدر10، یا Ω 100است.

اگر دو مقاومت R''_2 و R''_1 مساوی $2k\Omega$ باشند، آنگاه:

$$R_{Th} = R''_1 \parallel R''_2 = 1\ k\Omega$$

مقاومت مجهول $1\ k\Omega$ ، موجب انحراف نیم مقیاس روی گسترهٔ $100R \times$ خواهد شد و این ، به معنای آن است که مقدار مقاومت مجهول، مساوی با قرائت 100×10 یا $1\ k\Omega$ است.

11,7 امپدانس (پاگیرایی) سنج برداری

مقدار یک امپدانس بر حسب بزرگی Z و زاویهٔ فاز θ بیان می شود. امپدانس می تواند ناشی از یک جزء تکین یا ترکیبی از اجزاء باشد. در فرکانس های بالاتر (یعنی بالاتر از 10MHz)، محاسبات صحیح بسیار مشکل می شوند زیرا لحاظ نمودن منابع القا کنایی و ظرفیت خازنی مانند القا گرها و خازن های پراکنده بسیار مشکل است. اغلب، راه عملی تر و صحیح تر این است که در موارد کار درگسترهٔ فرکانس های رادیویی یا بالاتر، به جای تلاش در جهت محاسبات امپدانس (پاگیرایی) مورد نظر، آن را اندازه بگیریم.

امپدانس سنج برداری است که برای اندازه گیری بزرگی و فاز یک امپدانس ونمایش همزمان مقادیر این دو کمیت، طراحی شده است. با ابزار نشان داده شده در شکل 24,7، اندازه گیری

همزمان بزرگی و زاویهٔ فاز امپدانس، در گسترهٔ فرکانس 400kHz تا 110MHz میسر است. امپدانس مورد اندازه گیری به سادگی به پایانه های ورودی ابزار متصل می شود، سپس خروجی ابزار با استفاده از کنترل های صفحهٔ جلویی آن روی فرکانس مورد نظر تنظیم می شود و دامنهٔ زاویهٔ فاز مجهول، مستقیما روی سنجه های صفحهٔ جلویی ابزار خوانده می شوند.

دومد کار وجود دارد که بر اساس آن ها امپدانس سنج برداری می تواند برای اندازه گیری بزرگی امپدانس مورد استفاده قرار گیرد. این مد ها عبارت اند از:

1. **گذراندن یک جریان ثابت با مقدار معلوم از امپدانس (پاگیرایی) مجهول، اندازه گیری افت ولتاژ دو سر امپدانس، و نمایش نسبت ولتاژ به جریان به عنوان بزرگی امپدانس.**
2. **اعمال یک ولتاژ ثابت به امپدانس مجهول، اندازه گیری جریان حاصله، و نمایش نسبت جریان به ولتاژ به عنوان بزرگی آدمیتانس(گذردهی) 1/Z.**

اندازه گیری فازنیز همزمان با اندازه گیری بزرگی امپدانس صورت می گیرد. زاویهٔ فاز با به کار گیری سیگنال(نشانک)های ولتاژ وجریان برای جدا سازی مدارهای راه اندازی اشمیت، و تنظیم این مدارها به گونه ای که هر وقت ولتاژ یا جریان سینوسی ازدامنهٔ صفر گذر می کنند یک ضربهٔ مثبت تولید شود، اندازه گیری شود. این ضربه های مثبت به مداری موسوم به اشکار ساز فاز دودویی که شامل یک مولتی ویبراتور بی استابل، یک تقویت کنندهٔ تفاضلی ویک خازن انتگرال گیر است، اعمال می شوند. بازدهٔ زمانی بین تقاطع های صفربرای جریان و ولتاژ مستقیما به ولتاژ خازن انتگرال گیر مربوط می شود. این ولتاژ به سنجهٔ زاویهٔ فاز اعمال می شود و بنابراین جابجایی زاویه ای بین ولتاژ وجریان را نشان می دهد.

12,7 ولت سنج برداری

ولت سنج های برداری برای اندازه گیری ولتاژ ها و فراهم کردن داده های اندازه گیری، با توجه به بزرگی وفاز،مورد استفاده قرار می گیرند. جابجایی فاز، ممکن است نسبت به یک فاز مرجع که معمولا ° است، یا نسبت به نقطه ای دیگر در مدار، در نظر گرفته شود. جابجایی فاز، به وسیلهٔ اندازه گیری همزمان سیگنال هل در دو نقطهٔ مورد نظر با پروب

(گمانه) های AوB، اندازه گیری می شود، و چابجایی فاز بین این نقاط، روی سنجهٔ فاز نمایش داده می شود.

ولت سنج های برداری در محدودهٔ وسیعی ازکاربرد های اندازه گیری مفید هستند. برخ از این اندازه گیری ها عبارتند از:

- **اتلاف جایگذاری.**
- **امپدانس مختلط مخلوط کننده ها.**
- **پارامترهای S ترانزیستورها.**
- **اعوجاج فرکانس رادیویی.**
- **شاخص مدولاسین دامنه.**

ولت سنج برداری دو سیگنال (نشانک) با فرکانس رادیویی ورودی هم فرکانس را به دو سیگنال با فرکانس میانی تبدیل می کند. این سیگنال های با فرکانس میانی دارای شکل موج، دامنه و روابط فازی یکسانی با سیگنال (نشانک) های rf ورودی هستند.

بنابراین اجزای اصلی سیگنال های با فرکانس میانی، دارای روابط دامنه و فاز یکسان با اجزای اصلی سیگنال های با فزکانس رادیویی می باشند، ولی برای اندازه گیری بسیار آسان ترند. این اجزای اصلی ازسیگنال (نشانک)های با فرکانس میانی صاف و جدا می شوند وبه مدار اندازه گیری ولت سنج و سنجهٔ فاز اعمال می شوند.

13,7 خلاصه

ولت سنج های dc ساده، باترانزیستورهای اثر میدانی، با استفاده از EVM از نوع تقویت کننده تفاضلی ویا از نوع پیرو سورس قابل ساخت هستند. برای تعدل بین دو نیمهٔ

EVM ، تنظیم صفر لازم است. همچنین تنظیم کالیبراسیون، برای جبران تغییر در پارامتر های FET ضروری است.

یک EVM سادۀ ac با یکسو سازی سیگنال ac قبل از اعمال آن بهEVM ساخته می شود. این سیگنال را می توان، قبل یا بعد از یکسو سازی تقویت کرد. اگر تنها سیگنال های سینوسی اندازه گیری شوند، مقیاس دستگاه را می توان بر حسب مقادیر rms علامت گذاری کرد. در اغلب ولت سنج های ac با مقیاس rms ،فرض این است که سیگنال ورودی ac است.

ترموکوپل (جفت گرمایی)ها برای اندازه گیری مقدارrms هر سیگنالی مورد استفاده قرار می گیرند. با استفاده از یک تقویت کننده و یک مدار باز خور، مقدار rms را می توان بر روی یک مقیاس خطی اندازه گرفت.

در انتخاب یک ولت سنج آنالوگ(قیاسی)، موارد زیر باید مد نظر قرار گیرند:

1. **برای اندازه گیری های dc ، سنجه باید از توانایی بیشینه ای برای تطبیق با نیازهای مدارها برخوردار باشد.**
2. **برای اندازه گیری های ac مربوط به موج های سینوسی دارای اعوجاج کم تر از 10%، ولت سنج حساس به مقدار متوسط، از بهترین صحت وبیش ترین حساسیت، به ازای هر دلار سرمایه گذاری، برخوردار خواهد بود.**
3. **برای اندازه گیری های فرکانس های بالاتراز MHz 10، ولت سنج ac دارای یک دیود اتصال شنت برای قرائت پیک، اقتصادی ترین انتخاب است.**
4. **برای اندازه گیری هایی که در آن ها توان موثر شکل موج های متفاوت با شکل سینوسی واقعی، اهمیت دارد،ولت سنج حساس به rms، یک انتخاب مناسب است.**

ابزارهای اندازه گیری الکترونیک بسیار مفید دیگری نیز مانند اهم سنج های الکترونیکی، امپدانس سنج های برداری و ولت سنج های برداری وجود دارند. به جای آنکه مدارهای اهم سنج الکترونیکی به صورت ابزارهای اندازه گیری مجزایی ساخته شوند، معمولا با ابزارهایی که قادر به اندازه گیری ولتاژ و جریان نیز می باشند، ادغام می شوند. چنین ابزارهایی معمولا مالتی متر (چند سنجه) های الکترونیکی نامیده می شوند.

امپدانس سنج های برداری برای اندازه گیری امپدانس(پاگیرایی)های مختلط و نمایش آن ها بر حسب بزرگی و زاویهٔ فاز، مورد استفاده قرار می گیرند.

ولت سنج های برداری برای اندازه گیری هایی شبیه به آنچه با امپدانس سنج های برداری انجام می شوند(بجز ولتاژ) به کار گرفته می شوند. اندازه گیری های ولتاژ برحسب بزرگی وجهت ، هردو،بیان می شوند.

14,7 واژه نامه

تنظیم کالیبراسیون. رئوستایی که به طور سری با آمپرسنج یک EVM متصل شده وبرای تنظیم قرائت تمام مقیاس EVM استفاده می شود.

تقویت کنندهٔ dc (برش شده). تقویت کننده ای که ابتدا ورودی dc را قبل از تقویت ، به سیگنال ac تبدیل می کند. پس از تقویت، سیگنال acدمدوله می شود تا گونهٔ تقویت شده ای از ورودی dcباز سازی شود.

چاپر(برشگر) یا مدولاتور . دستگاهی که یک جریان dc یا یک جریان متناوب فرکانس پایین را قطع می کند تا تقویت آن بوسیلهٔ تقویت کنندهٔ ac میسر شود.

دمدولاسیون . تبدیل یک سیگنال **ac** به جریان مستقیم با معکوس کردن پلاریته(قطبیت) جریان **dc** به ازای هر جابجایی فاز $180°$ جریان متناوب

تقویت کنندهٔ تفاضلی . یک تقویت کننده با دو ورودی خروجی آن، نوع تقویت شدهٔ تفاضل جبری دو سیگنال ورودی است.

ولت سنج الکترونیکی . ولت سنجی که دارای مدار تقویت کننده، مقاومت ورودی بسیار بزرگ و حساسیت بسیار زیاد است.

پارامترهای FET . عبارتند از g_m و r_d یک **FET** .

ترانزیستور اثر میدانی (FET) . یک وسیلهٔ تقویت کنندهٔ نیمه رسانا که درآن،

جریان ذرات باردار گذرنده از یک میله از جنس مادهٔ نیمه رسانا به وسیلهٔ میدان الکتریکی یک پیوند بایاس معکوس (**JFET**) یا یک الکترود عایق شده از میله (ترانزیستور اثر میدانی با دروازهٔ عایق شده یا ترانزیستور اثر میدانی فلز- اکسید- نیمه رسانا)کنترل می شود.

ضریب شکل .نسبت مقدار **rms** به مقدار متوسط یک شکل موج

مدولاتور. چاپر(برشگر) رابببینند.

بازخور منفی. قسمتی از سیگنال خروجی یک تقویت کننده که بمنظور پایداری بهرهٔ ولتاژ، به ورودی آن باز خور شده است.(با $180°$ اختلاف فاز)

سلول(پیل) نوری(فوتوسل). یک تراگردان حساس به نور

ترموکوپل (جفت گرمایی). دستگاهی که از دو فلز نا همگون ساخته شده است. یک پتانسیل اتصال در دو سر پیوند دو فلز بوجود می آید که تابعی از دمای پیوند است.

ولت سنج rms واقعی. آشکار سازی که به مقدار**rms**(مقدار گرما) سیگنال آشکار شونده پاسخ می دهد.

تنظیم صفر. دریک **EVM**، به منظور متوازن کردن تقویت کنندهٔ تفاضلی یا تقویت کننده با سورس تزویج شده از تنظیم صفر استفاده می شود.

15,7پرسش های مروری

پس از مطالعهٔ محتوای این فصل، سعی کنید به پرسش های زیر پاسخ دهید. این پرسشها دانش شما دررابطه با موضوع را مورد ارزیابی قرار خواهد داد.

1. **FET VM** چه تفاوتی با **VOM** دارد؟

2. تقویت کنندهٔ تفاضلی چیست؟

3. دو مدار **FET VM** مقدماتی که برای اندازه گیری ولتاژهای **dc** به کار می روند کدامند؟

4. چرادر مدارهای**EVM** مقدماتی مورد بحث در این فصل،امکان علامت گذاری مقیاس آمپرسنج به صورت خطی وجود دارد؟

5. کار تنظیم صفر در یک EVM از نوع تقویت کنندۀ تفاضلی یا از نوع پیرو سورس چیست؟

6.کار تنظیم کالیبراسیون در یک EVM از نوع تقویت کنندۀ تفاضلی یا از نوع پیرو سورس چیست؟

7.چرا در ورودی یک EVM از مقسم ولتاژ استفاده می شود؟

8. چگونه یک ولت سنج rms یک شکل موج ac را اندازه می گیرد؟

9. چرا در اغلب ولت سنج ها از بازخور منفی استفاده می شود؟

10. چه روشی معمولا در ساخت ولت سنج های dc بسیار حساس مورد استفاده قرار می گیرد؟

11. ترموکوپل(جفت گرمایی) چیست؟

12. بهترین روش تحلیل یک مدار اهم سنج الکترونیکی است؟

16,7 مسائل

1,7 درEVM شکل6,7 مقادیر زیر را در نظر بگیرید: $R_D = 15\ k\Omega$و $r_d = 100k\Omega$ و زیمنس $g_m = 0/003$. اگر دستگاه اندازه گیری دارای مقاومت 1800Ω، وجریان انحراف تمام مقیاس، $5mA$ باشد، چه مقدار v1 جریان تمام مقیاس را تولید خواهد کرد؟

2,7 اگرEVM شکل6,7 به ازایv1مساوی5V ، جریان تمام مقیاس داشته باشد، چه مقدار مقاومت باید به طور سری به آمپرمتر اضافه شود؟

3,7 درمدار شکل 9,7، اگر یک گسترهٔ300V به مقسم ولتاژ اضافه شود، مقسم ولتاژ جدید رابا مقاومت های مناسب نشان دهید. مقاومت کل مقسم $M\Omega$ 10 است.

4,7 هرگاه در EVM شکل 10,7 داشته باشیم: $r_d = 100k\Omega$، زیمنس $g_m = 0/003$ و $R_S = 15\ k\Omega$ و $R_M = 1800\ \Omega$ ، رابطهٔ بین جریان آمپر سنج وولتاژورودی را بیابید.

5,7 در شکل 10,7 داریم: $r_d = 10k\Omega$ و زیمنس $g_m = 0/003$ و $R_S = 15\ k\Omega$ و $R_M =$ $1800\ \Omega$ به ازای ولتاژ ورودی 1V چه جریانی عبور خواهد کرد؟ چه مقدار مقاومت باید به طور سری با آمپرسنج قرار گیرد تا به ازای ولتاژ ورودی1V، جریان0/1 mA داشته باشیم؟

6,7 یک آشکار ساز ac پیک به پیک، به ورودی EVM شکل 10,7 با پارامترهای داده شده در مسئله 4,7 متصل می شود. از یک آمپرسنج 1800 Ωو 0/1 mA نیز استفاده می شود. آشکار ساز ac یک اشکار ساز پیک به پیک ایده آل است. اگر سیگنال ورودی به آشکار سازacۀ یک موج با سینوسی با V rms 1 باشد، چه مقدار مقاومت کالیبره سازی، جریان تمام مقیاس به وجود می آورد؟

7,7 درمسئله 6,7 از یک آمپرسنج 1000Ωو 50 μA استفاده می شود. اگر سیگنال ورودی به آشکار سازac یک موج سینوسی با Vrms 0/5 باشد، چه مقدار مقاومت کالیبره سازی، جریان تمام مقیاس بوجود می آورد؟

8,7 EVM شکل 13,7 را با مقادیر زیر در نظر بگیرید: $R_S = 40\ k\Omega$ و $r_d = 200k\Omega$ و زیمنس $g_m = 0/003$. یک آمپرسنج 0/1mA - ۱۸۰۰Ω نیز بکار گرفته شده است. اگر سیگنال ورودی یک موج سینوسی با1Vrms باشد، چه مقدار مقاومت کالیبره سازی، انحراف بمام مقیاس به وجود م یآورد؟

9,7 مسئله 8,7 را یک آمپر سنج Ω-50mA ۱۰۰۰ تکرار کنید.

17,7 تجربه های آزمایش گاهی

در آزمایشگاه های E_{14}و E_{15} از نظریهٔ ارائه شده در فصل 7 استفادهد می شود. هدف از این آزمایش ها، فراهم آوردن تجربه ای ملموس در جهت تقویت نظریهٔ مذکور است.

این هردو ازمایش با اجزاء الکترونیکی استاندارد که درهر ازمایشگاه الکترونیکی یافت می شوند، قابل انجام می باشند. محتوای گزارش آزمایشی که هر دانشجو باید تحویل دهد در انتهای هر دستور کار آزمایش امده است.

8

نوسان نما (اسیلوسکوپ)

هذف ازاین فصل، آشنا کردن خواننده با نوسان نمای پرتوکادی (CRO) است. این فصل، به بحث دربارهٔ نظریهٔ طرز کار این وسیله پرکاربرد می پردازد، ویژگی های مختلفی را که نوسان نماهای خاص دارا هستند، تشریح می کند وکاربرد های گوناگونی از نوسان نماها را بیان می نماید. بعد از پایان این فصل، باید بتوانید:

1. **زیر سیستم های اساسی یک نوسان نما را نام ببرید.**
2. **نمایش تصویری یک لامپ پرتوکادی همه منظوره (CRT) رارسم کرده اجزای آن را با نام مشخص کنید.**
3. **عبارت های زیر را تعریف کنید : حساسیت انحراف، فلئورسان، فسقر رسانی و صفحهٔ شطرنجی.**
4. **نمودار جعبه ای یک نوسان نمای پرتوکاتدی مقدماتی را رسم کنید وهر جعبه را بر چسب بزنید.**
5. **محاسبات مربوط به پهنای باندو زمان صعود را انجام دهید.**
6. **وظیفهٔ سیستم های زیر از نوسان نما را تشریح کنید: تقویت کنندهٔ افقی، تقویت کنندهٔ عمودی، مولد جارو، مدار راه انداز و شبکهٔ تضعیف کننده.**
7. **محاسبات مربوط به ولتاژ دو سر خازن در یک مدارRC رادر مدت شارژو دشارژ(پر شدن و خالی شدن) انجام دهید.**

8. **مقادیر مقاومت های تضعیف کننده یا ضریب تضعیف را محاسبه کنید.**
9. **محاسبات مربوط به مقاومت و ظرفیت یک پروپ(گمانه)با امپدانس بالا را انجام دهید.**
10. **اصول اساسی عملکرد یک نوسان نمای حافظه دار و یک نوسان نمای نمونه بردار را تشریح کنید.**
11. **فرکانس یا دامنهٔ یک سیگنال نمایش داده شده روی صفحهٔ CRT راتعیین کنید.**
12. **فرکانس نا معلوم را با استفاده ازالگوی لیساژو تعیین کنید.**
13. **زاویهٔ فاز را از الگوی لیساژو محاسبه کنید.**
14. **تشریح کنید که چگونه می توان با استفاده از یک موج مربعی، جبران سازی یک پروپ(گمانه) را وارسی کرد.**

2,8 مقدمه

نوسان نمای پرتوکادی که عکما به آن نوسان نما (اسیلوسکوپ) می گویند، احتمالا همه کاره ترین وسیله اندازه گیری الکتریکی در دسترس است. پارامترهای الکتریکی که با نوسان نما قابل مشاهده اند، عبارتند از: ولتاژ dcیاac، اندازه گیری غیر مستقیم جریان dcیاac ، زمان، ارتباط های فازی، فرکانس و محدودهٔ وسیعی از سنجش های شکل موج شامل زمان صعود، زمان سقوط ، ارتعاش و فرا جهش. بسیاری از کمیت های فیزیکی غیر الکتریکی مثل فشار، کرنش، دما وشتاب را نیز می توان با استفاده از یک تراگردان به ولتاژ معادل تبدیل کرد و اندازه گرفت. مفید بودن نوسان نما، تنها محدود به توانایی و زیرکی کاربر است . شامل زیر سیستم های اساسی زیر است :

- **لامپ پرتوکادی یا CRT.**

- **تقویت کنندۀ عمودی.**
- **تقویت کنندۀ افقی.**
- **مولد جارو.**
- **مدار راه انداز.**
- **منابع تغذیۀ مربوط.**

قلب این وسیله، لامپ پرتوکاتدی است. بقۀ زیر سیستم ها، برای آزمایش سیگنال ها بکار می روند تا یک نمایش بصری از سیگنال ورودی برروی صفحۀ CRT ظاهر گردد.

بخاطر اهمیت نوسان نما بعنوان یک وسیلۀ اندازه گیری وبه دلیل محدودۀ وسیع کاربردهای این ابزار، بقیۀ این فصل را به زیر بخش هایی تقسیم میکنیم تاهر جزء اصلی از آن را به تفصیل، تشریح، و دربارۀ کاربردهای مختلف این وسیله پرکار بحث کنیم.

3,8 لامپ های پرتوکاتدی

لامپ های پرتوکتدی که در نوسان نما بکار می رود، بسیار شبیه لامپ تصویر در یک دستگاه تلویزیون است . در شکل 1,8 نمایش سطح مقطع یک CRT، شامل اجزای اصلی آن ارائه شده است.

اجزای اصلی یک CRT همه منظوره عبارتند از:

- **حباب شیشه ای خلا شده.**
- **مجموعۀ تفنگ الکترونیکی.**
- **مجموعۀ صفحات انحراف دهنده.**
- **آندهای شتاب دهنده.**

- **صفحهٔ فسفر اندوده.**

لامپ های پرتوکتدی در اندازه های مختلف با صفحات تصویر با قطرهای یک تا 25 اینچ

بیش تر، تولید می شوند. بشتر نوسان نماهای آزمایشگاهی دارای CRT با صفحهٔ دایره ای هستند که قطر آن تقریبا 5 اینچ است. همهٔ ارتباط های الکتریکی بجز ارتباط ولتاژ بالا، از طریق پایهٔ CRT برقرار می شود. حباب شیشه ای آن برای ایجاد خلا نسبتا خوب تخلیه شده است تا باریکهٔ الکترونیکی بتواند به راحتی از لامپ عبور کند.

مجموعهٔ تفنگ الکترونی شامل بخش های تریود و کانونی کردن است که در شکل 1,8 نشان داده شده است. وظیفهٔ تفنگ الکترونی، فراهم ساختن منبعی از الکترون ها، همگرا کردن وکانونی کردن آن ها به یک باریکهٔ خوش تعریف وشتاب دادن آن ها به طرف صفحه فلوئارسان است. الکترون هایی که باریکه را تشکیل می دهند، حاصل نشر گرمایونی از کاتد داغ هستند. کاتد با یک پوشش استوانه ای احاطه شده که دارای پتانسیل منفی است. این پوشش که مطابق شکل 2,8 نشان داده شده است دارای سوراخ کوچکی در ظول محور طولی CRT است، نقش شبکهٔ کنترل راایفا می کند. چون شبکهٔ کنترل، دارای پتانسیل منفی است، الکترون ها از دیوارهٔ استوانه رانده می شون و بنابراین به داخل سوراخ رهنمون می شوند که در آنجا به سمت میدان های الکتریکی آندهای کینونی کننده حرکت می کنند.

عدسی کانونی کننده شامل اولین آند، حاقهٔ کانونی کننده و دریچهٔ آسیگماتیسم یا دومین آنداست.

وظیفهٔ این بخش، همگرا کردن و موازی کردن باریکه برای دستیابی به نقطه ای با کوچکترین ابعاد و بهترین تعریف برروی صفحهٔ نمایش فسفر اندودهٔ CRT است.

بخشی ازCRT که درست در آن سوی مجموعهٔ تفنگ الکترونیکی واقع است ، سیستم انحراف دهنده است . شکل موج ها تنها در صورتی می توانند روی صفحهٔ فسفر اندوده CRT نمایش داده شوند که وسیله ای برای منحرف کردن باریکهٔ الکترونی ، هم درراستای افقی هم در راستای عمودی، موجود باشد. این کار را صفحات انحراف انجام می دهند.

انحرافی که به باریکهٔ الکترونی درCRT یک نوسان نما داده می شود، انحراف الکتروستاتیکی نامیده می شود، یعنی باریکهٔ الکترونی با نیرویی منحرف می شود که از سوی میدان الکتریکی بر روی هر الکترون اعمال می شود.روش دیگری که برای انحراف به کار می رود، مغناطیسی است، نظیر CRT یک دستگاه تلویزیون. انحراف الکترو مغناطیسی در جایی که باریکه باید به فاصلهٔ قابل ملاحظه ای منحرف شود، مانند دستگاه تلویزیون، کاربردی تر است. انحراف الکتروستاتیکی این مزیت را داراست که می توان با فرکانس بالاتری کار کرد، بعلاوه ، باتوجه که این صفحات انحراف دهنده درونCRT نصب می شوند، صرفه جویی در جرا به دنبال دارد. الکترون ها در طول مدت شتاب گرفتن در تفنگ الکترونی، با افزلیش سرعت، دارای انرژی جنبشی نیز می شوند. انرژی حاصله، رابطهٔ ساده ای است بین ولتاژ آند دوم عدسی کانونی کننده و بار الکترون و به صورت زیر بیان می شود:

$$E_k = V_2 Q \qquad (1,8)$$

با مساوی گرفتن رابطهٔ انرزی جنبشی مکانیکی با رابطهٔ انرژی فوق(معادلهٔ(1,8))داریم:

$$\frac{1}{2}mv^2 = V_2 Q \qquad (2,8)$$

که در آن

m= جرم یک الکترون

v = سرعت الکترون

POWEREN.IR

V_2 = ولتاژ شتاب دهنده در مجموعهٔ تفنگ الکترونی که مساوی است با ولتاژ آند دوم عدسی کانونی کننده

درCRT هایی که از انحراف الکتروستاتیکی بهره میجویند ، دو دسته از صفحه منحرف کننده با زوایای عمود بر یکدیگر قرار گرفته اند. این صفحات معمولا بعد از دومین آند قرار می گیرند ، به گونه ای که ابتدا صفحات انحراف عمودی قرار می گیرند و سپس صفحات انحراف افقی ، نزدیک تر به صفحهٔ فسفر اندوده، صفحات انحراف، همان طور که در شکل 3,8 نشان داده شده است، ممکن است بصورت موازی، زاویه دار یا خمیده باشند. در حالت زاویه دار وخمیده ، فضای اسکن (پویش) باریکه زیاد می شود زیرا الکترونها به بزرگ تری منحرف می شوند ، بنابراین می توان از صفحهٔ نمایش بزرگ تر یا CRT با طول کم تر استفاده کرد. پاسخ فرکانسی بیشینه یک CRT تک صفحه با مدت لازم برای این که الکترون طول صفحات انحراف عمودی رابپیماید ، محدود می شود. در فرکانس های بالا ، یک الکترون باریکه ممکن است بیش از مدت یک سیکل سیگنال اعمال شده به صفحات انحراف ، بین صفحات انحراف عمودی قرارداشته باشد، که بدین ترتیب انحراف خالص الکترون باریکه حذف می شود، یا دست کم ، کاهش می یابد . زمان عبور را می توان با کم کردن طول صفحهٔ انحراف یا زیاد کردن سرعت الکترون کاهش داد. البته ،

اجرای هرکدام ازاین اقدام ها به منظور کاهش زمان عبور(گذر)،موجب تنزل پارامتر های دیگرCRT می شود. مسئلۀ زمان عبور را می توان با تقسیم کردن صفحات انحراف به چند صفحه کوچکتر حل کرد. هر کدام ازاین صفحات کوچکتر ، بااجزای تاخیر LC به هم وصل شده اند .این اجزاء، به طرز موثری،خط انتقالی تشکیل می دهند که مدت انتشار سیگنال رابا مدت عبور الکترون های باریکه در طول دوره ای که بین صفحات انحراف قطعه قطعه شده قرار دارند تطبیق می دهند. این کار، انحراف باریکه را در فرکانس های بالا افزایش می دهد. وقتی یک الکترون بین صفحات انحراف عبور می کند، انحراف پیوسته ای پیدا می کند. شکل4,8 یک سیستم صفحات انحراف قطعه قطعه شده را نشان می دهد.

صفحات انحراف را می توان با دو پارانتر هندسی بیان کرد : طول صفحات،Lو فاصلۀ صفحات،d. اثر انحراف دهندۀ صفحات بشدت میدان الکتریکی بین صفحات، بستگی دارد که بصورت زیر بیان شود:

$$E_d = \frac{V_d}{d} \qquad (3,8)$$

که در آن

E_d = شدت میدان الکتریکی انحراف دهنده، بر حسب ولت بر متر.

V_d = اندازۀ ولتاژ انحراف داده شده

d = فاصلۀ صفحات، بر حسب متر

نیروی جانبی(عرضی) طبق رابطۀ زیر بیان می شود:

$$F = E_d \; Q \qquad (4,8)$$

که به الکترون ها اعمال می گردد و باریکه را از خط مستقیم منحرف می کند، نیروی منحرف کننده، بر حسب ولتاژ انحراف به صورت زیر بیان می شود :

$$E_d = \frac{V_d \; Q}{d} \qquad (5,8)$$

که نشان می دهد که نیروی منحرف کننده ، مستقیما متناسب با ولتاژ صفحات منحرف کننده است. با مساوی گرفتن F_d در معادلهٔ (5,8) با نیرو در قانون دوم نیوتون، به عبارت زیر برای شتاب می رسیم که در جهت عمود بر محور CRT است :

$$a_y = \frac{V_d \; Q}{dm} \qquad (6,8)$$

سرعت عرض الکترون منحرف شده را می توان از معادلهٔ حرکت به دست آورد :

$$v_2^2 = 2a_y \, h + v_1^2 \qquad (7,8)$$

اما، چون الکترون ها با سرعت اولیهٔ صفر وارد ناحیهٔ بین صفحات انحراف می شوند، معادلهٔ(7,8) به صورت زیر در می آید:

$$v_2^2 = 2a_y \, h \qquad (8,8)$$

که درآن

h = فاصله فرضی پیموده شده

a_y = شتاب عرضی

v_2 = سرعت عرضی در فاصلهٔ h

فاصلهٔ انحراف، که بصورت تابعی از زمان گذر الکترون بین صفحات انحراف می شود، با معادلهٔ حرکت زیرداده می شود :

$$h = \frac{1}{2}at^2 \qquad (9,8)$$

اگر معادلهٔ (6,8) رادر معادلهٔ (9,8) جایگزین کنیم، به عبارت زیر می رسیم:

$$h = \frac{Qt^2 V_d}{2dm} \qquad (10,8)$$

مدت t ، که لازم است تا الکترون ها بین صفحات عبور کنند، به صورت زیر است :

$$t = \frac{L}{v} \qquad (11,8)$$

که در آن

L = طول صفحات انحراف

v = سرعت الکترون وقتی الکترون ها از تفنگ الکترونی خارج می شوند.

با ترکیب معادلات (10,8) ،(11,8)و(2,8) خواهیم داشت :

$$h = \frac{L^2 V_d}{4V_2 d} \qquad (12,8)$$

این عبارت ، انحراف عرضی ، h رابه L وd، که بخشی از شکل هندسی معین CRT هستند، و متغیر های خارجی Vd، ولتاژ انحراف افقی ، و V2 ، ولتاژ شتاب دهنده از طریق

تفنگ الکترونی، ارتباط می دهد. از معادلهٔ (12,8) می توان دید که انحراف افقی، مستقیما متناسب با ولتاژ انحراف دهنده، و بطور معکوس، متناسب با ولتاژ آند شتاب دهنده است.

معادلهٔ (12,8) مقدار انحراف را فقط در صفحات انحراف دهنده بیان می کنند. برای تعیین انحراف باریکه روی صفحهٔ CRT، باید فاصلهٔ صفحات انحراف دهنده تا صفحهٔ CRT را در نظر بگیریم. یک تحلیل تقریبی مبتنی بر شکل هندسی CRT که در شکل 5,8 آمده است، در زیر ارائه می شود. اگر زاویهٔ انحراف θ برحسب رادیان بیان شود، مقدار θ تقریبا مساوی است با :

$$\theta \frac{h}{L/2} = \frac{2h}{L} = \quad (13,8)$$

به علاوه ، همان طور که درشکل 5,8 می توان دید، θ را می توان به صورت زیر بیان کرد:

$$\theta \frac{y}{R} = \quad (14,8)$$

با مساوی گرفتن زاویهٔ θ در معادلات (13,8) و(14,8) داریم :

$$\frac{y}{R} = \frac{2h}{L} \quad (15,8)$$

با حل معادلهٔ (15,8) بر حسب y ، به عبارت زیر می رسیم :

$$y = \frac{2hR}{L} \quad (16,8)$$

با جیگذاری معادلهٔ (12,8) در معادلهٔ (16,8) ، خواهیم داشت :

$$y \frac{RLV_d}{2V_2 d} = \quad (17,8)$$

معادلهٔ (17,8) برای کمک به درک مفهوم انحراف تاریکهٔ الکترونی روی صفحهٔ**CRT**، بسیار مهم است. این معادله شامل سه پارامتر معین است که به شکل هندسی **CRT** ارتباط دارند،**R**،**L**و**d** ولتاژ آند شتاب دهنده که در معادله ظاهر می شود معمولا معین است. به این ترتیب تنها یک پارامتر که از خارج کنترل می شود باقی می ماند. (***Vd***)انحراف باریکه، تابعی خطی از ولتاژ انحراف است، یعنی با دوبرابرکردن ولتاژ انحراف، میزان انحراف دو برابر می شود، با نصف کردن ولتاژ انحراف، انحراف باریکه را نصف می کند.

یک پارامتر مهم مربوط به طرز کار***CRT*** را می توان به صورت زیر از معادلهٔ(17,8) به دست آورد :

$$\frac{V_d}{y} = \frac{2V_2\, d}{RL} \qquad (18,8)$$

که حساسیت انحراف را بصورت ولتاژ لازم به ازای انحراف واحد تعریف می کند . برای بدست آوردن حساسیت انحراف نوعی، به مثال 1,8 توجه کنید.

- مثال 1,8 فرض کنید فاصلهٔ ***R*** از صفحات انحراف تا صفحات انحراف تا صفحهٔ نمایش یک***CRT*** مساوی ***15cm*** است. طول انحراف ، ***L=2cm*** ، و فاصلهٔ بین این صفحات ، ***d= 1cm*** است. اگر ولتاژ آند دوم، V_2 ، مساوی ***500V*** باشد، حساسیت انحراف چقدر است؟

حل. از معادلهٔ (18,8) می توانم حساسیت انحراف را بدست آورد که مساوی است با نسبت V_d/y :

$$\frac{V}{cm} = 33/2 \frac{2(500V)(1cm)}{(15cm)(2cm)} = \frac{V_d}{y}$$

نتیجهٔ مثال1,8، مقداری نوعی برای حساسیت انحراف یک ***CRT*** است مشخصا نشان می دهد که ولتاژ قابل ملاحظه ای برای انحراف باریکهٔ الکترونی لازم است.

بخش بعدی ***CRT***، سطح پس انحراف است. بعد از اینکه الکترون ها از صفحات انحراف عبور کردند، ممکن است شتاب اضافی پیدا کنند یا نکنند. این مسئله در وهله اول به مقدار بیشینهٔ فرکانس هایی که به ***CRT*** اعمال می شوند، بستگی دارد. به طور کلی ، اگر فرکانس بیشینه ای که روی ***CRT*** نمایش داده می شود، کمتر از ***MHz***10باشد، به هیچ وجه از شتاب پس انحراف استفاده نمی شود. اگر سیگنال های با فرکانس بالاتر باید نمایش داده شوند، آن گاه،عموما شتاب پس از انحراف برای افزایش روشنایی مسیر باریکه لازم است در غیر این صورت، ممکن است این مسیر کاملا تاریک باشد. درهر حال، استفاده از شتاب پس از انحراف، عموما ایجاب می کند که طول ***CRT*** افزایش یابد تا انحراف لازم برای باریکه حاصل شود.

به جای افزایش طول***CRT***، می توان طبق شکل 6,8، شبکهٔ گنبدی شکلی، درست بعد ازصفحات انحراف، به ***CRT*** اضافه کرد. اما این شبکه روشنایی مسیر باریکه را کاهش، واندازهٔ لکه ها را افزاش می دهد،مگر اینکه ولتاژ شتاب دهندهٔ پس انحراف به اندازهٔ قابل ملاحظه ای افزایش یابد.

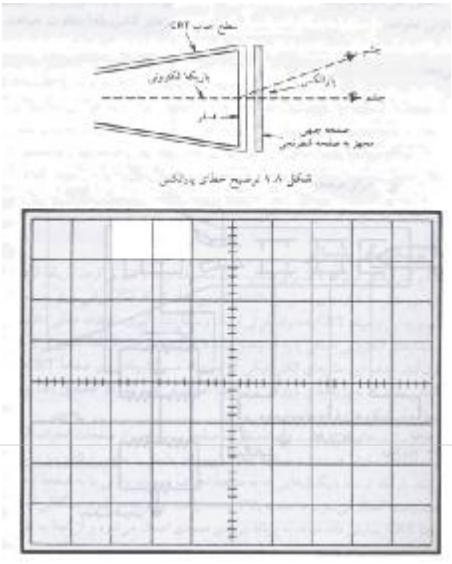
در بیش تر نوسان نماهای جدید از***CRT*** شبکه دار و ولتاز شتاب دهندهٔ پس انحراف ***kV***20(تقریبا) استفاده می شود. هنگامی که باریکهٔ الکترونی به صفحهٔ فسفر اندودهٔ ***CRT*** برخورد می کند، یه لکه نور ایجاد می شود زیرا فسفر انرژی جنبشی را از الکترون هایی که به آن برخورد می کنند جذب می کند وانرژی خود را به صورت نور بیرون می دهد. این خاصیت گسیل

نور به هنگام تحریک شدن توسط بمباران الکترونی، فلوئور سانی نامیده می شود. بنابراین می توانیم فسفر را یک مادۀ فلوئو رسان بنامیم.

فسفر دارای یک مشخصۀ ثانوی به نام فسفر سانی است، یعنی در یک دورۀ زمانی بعد از حذف منبع تحریک، بازهم گسیل نور را ادامه می دهد. طول مدتی که فسفر سانی ادامه می یابد، معیاری از میزان پایداری ماده فلئورسان است. پایداری را معمولا به سه گروه : کوتاه درحدود میکروثانیه؛ وطولانی در حد ثانیه تقسیم می کنند. درجدول 1,8 چندین فسفر مختلف و بعضی از مشخصات و کاربرد هایشان فهرست شده است.

4,8 صفحۀ شطرنجی

صفحۀ شطرنجی، شبکه ای از خط هاست که هنگام انجام اندازه گیری های زمان و دامنه با نوسان نما بکار می رود. صفحۀ شطرنجی ممکن است به روش حک کردن یا به روش اسکرین روی صفحۀ پلاستیکی بر روی *CRT* ایجاد شود، یا ممکن است به صورت شیمیایی همراه با فسفر روی صفحۀ *CRT* نشان شده باشد. اگر صفحۀ شطرنجی روی صفحۀ پلاستیکی قرار گرفته باشد، باید روی سطح داخلی قرارگیرد، یعنی سطحی که درتماس با صفحۀ *CRT* است.



این کار نمایش تولیدی توسط باریکهٔ الکترونی و صفحهٔ شطرنجی را در یک صفحه قرار می دهد و این امر، خطاهای اندازه گیری را که ((خطاهای پارالکس)) نامیده می شود حذف می کند. خطاهای پارالکس هنگامی بوجود می آیند که مسیر باریکه و صفحه شطرنجی در صفحات متفاوتی باشند و چشم مشاهده گر، همان طور که در شکل 7,8 دیده می شود، از خط مستقیم دید منحرف شده باشد.

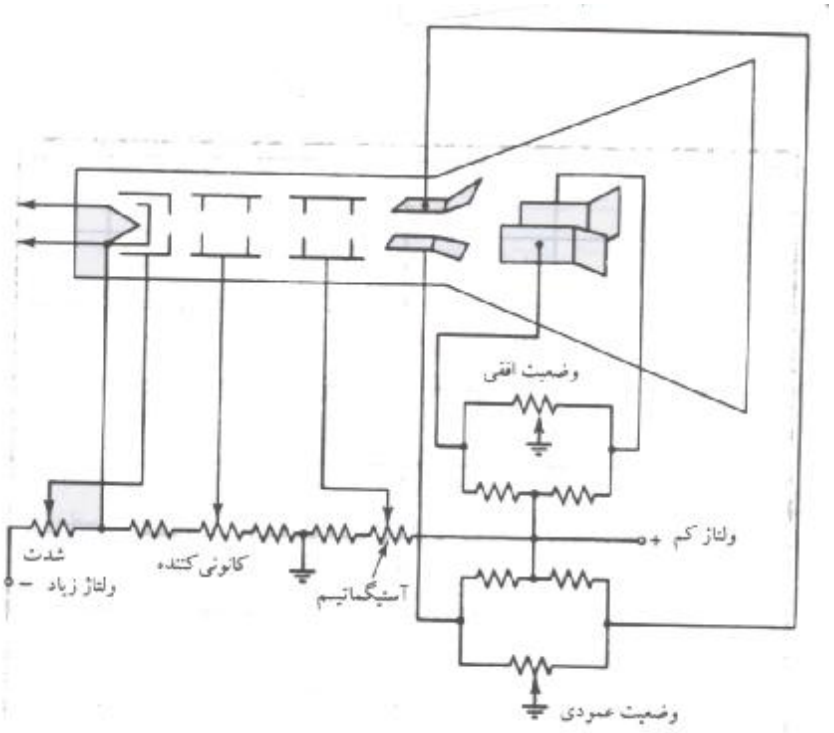
با اینکه از *CRT* های با اندازههی متفاوت ممکن است استفاده شود، صفحات شطرنجی ،همان طور که در شکل 8,8 نشان داده شده است، معمولا در الگو های8×10 ساخته می شوند.

همان طور که دیده می شود،8تقسیم بندی عمودی اصلی و 10 تقسیم بندی افقی اصلی داریم.برجسب های روی کنترولهای پانل جلویی نوسان نما ، به تقسیم بندی های اصلی اشاره میکند. تقسیم بندی های اصلی ، یا بر حسب اینچ ویا بر حسب سانتی متر هستند که بر حسب سانتی متر معمول تر است. خط های کوچک بین تقسیم بندی های بزرگ روی خطوط وسطی افقی و عمودی ، زیر تقسیم بندی ها را نشان میدهد.علاوه بر صفحه شطرنجی استاندارد که در شکل8,8 آمده است ، بعضی از صفحات شطرنجی شامل علائمی برای اندازه گیری های زمان صعود هستند . گستره وسیعی از صفحات شطرنجی برای گذینش در کاربردهای اص را تولید کنندگان عمده نوسان نماها فراهم کرده اند .

5,8کنترل های اساسی نوسان نما

که به طور مستقیم باریکه را تحت تاثیر قرار میدهند

در روش کار معمولی ، تعداد ی تنظیم عمل کرد ، به عنوان بخشی از یک نوسان نمای ، پرتو کاتدیبرای کنترل مشخصه های باریکه لازم است.همان طور که در شکل 9,8 نشان داده شده است ، یک کنترل شدت نور همیشه یه شبکه کنترول وصل است.



پتانسیل شبکه کنترل ، همان طور که در شکل 9,8 میبینم ، نسبت به کاتد منفی است .بنابراین ،تنظیم کنترل شدت نور ،بر تعداد الکترونهایی که از سوراخی کوچک در شبکه کنترل عبور میکند تاثیر میکند که آن نیز به نوبه خود ، روشنایی لکه روی صفحه را متاثر میکند .

کنترل کانونی کردن که آن نیز که در شکل 9,8 نشان داده شده است ، به آند کانونی کننده متصل است.آند کانونی کننده و آند شتاب دهنده ، یک عدسی الکتروستاتیکیتشکیل میدهند تا الکترونهارا در یک باریکه خوش تعریف جمه کنند .

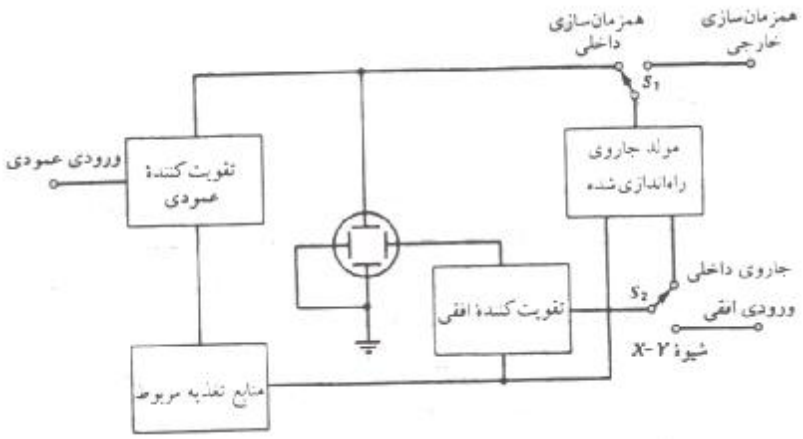
به طور کلی ، یک باریکه دروسط صفحه کاملا کانونی است ، در نزدیکی کناره صفحه کاملا کانونی نخواهد بود ، زیرا به هنگام انحراف باریکه ، طول مسیرهای الکترونها متفاوت خواهند بود.تنظیم کنترل آستیگماتیسم، که در شکل 9,8 آمده است ، کانونی شدن دقیقی روی کل صفحه به دست میدهد .

با تنظیم کنترول هایی که وضعیت (مکان)افقی وضعیت (مکان) عمودی نامیده میشوند ،باریکه میتواند هر جایی بر روی صفحه نمایش قرار گیرد. وقتی کنترل های افقی و عمودی ، که در شکل 9,8 آمده اند،به نقاط میانی خود میزان شوند ،ولتاژ انحراف به صورت مساوی بین دو نیمه پتانسیومترتقسیم میشود .بنابراین باریکه ، انحراف نخواهد داشت ، به راحتی طور محور *CRT*را طی میکند و مرکز صفحه بر خورد میکند .تنظیم کنترل وضعیت افقی یا عمودی، باریکه را به نقطه مورد نظر روی صفحه منحرف میکند .

6,8 نوسان نمای مقدماتی

CRT **و کنترول های مربوط به آن برای شتاب دادن ، منحرف کردن و کانونی کردن باریکه الکترونی ، که موارد مورد نظر ما تا اینجای فصل بوده اند ، اجازه میدهند تا یک لکه نورانی روی صفحه داشته باشیم و به این وسیله :*CRT* به عنوان جزئی از یک وسیله اندازه گیری ، استفاده عملی داشته باشد.ما باید مدارهای الکترونی اضافی را به آن وصل کنیم تا بتواند به سرعت باریکه الکترونی را منحرف و کنترل کند.هدف این مدارهای الکترونیکی آن است که مسر باریکه روی صفحه *CRT*،باسازی سیگنالی باشد که به پایانه های ورودی نوسان نما اعمال میکنیم .نمودار جعبه یک نوسان نمای مقدماتی در شکل 10,8 آمده است.**

در نوسان نما های ازران قیمت و همه منظوره ، صفحه سمت چپ از صفحات انحراف افقی (که به سمت صفحه نمایش هستند)و صفحه انحراف عمودی پایینی را بعضی اوقات به زمین وصل میکنند .باریکه توسط سیگنالهایی که به صفحه انحراف عمودی بالایی یا به صفحه انحراف افقی سمت راست اعمال میشود ، به سمت بالا و سمت راست منحرف میشود .سیگنالی که باید روی صفحه CRT نمایش داده شود ، به پایانه ورودی عمودی اعمال میشود و از آنجا به تقویت کننده عمودی خرانده میشود .



این سیگنال تقویت میشود و به صفحه انحراف عمودی اعمال میگردد ، که در نتیجه باعث میشود باریکه در راستای عمودی منحرف گردد.همان طور که در شکل 10,8 دیده میشود ، خروجی تقویت کننده عمودی به موقعیت همزمان سازی داخلی کلید S_1 وصل میشود .با قرار دادن کلید در وضعیت همزمان سازی داخلی ، که در عمل کرد نرمال نوسان نما اینچنین است ،خروجی تقیت کننده عمودی به مولد جارو اعمال میشود . این سیگنال مولد جارو را ، به جز در نوسان نما های ارزان قیمت که یک مولد جاروی آزادرو دارند ،راه انداری میکند.این نوع نوسان نماهای ارزان قیمت ، کاربردهای عملی ادکی در کارهای الکترونیک مدرندارند و بنابراین مورد بحث قرار نمیگیرند . هدف از مولد جارو ، ایجاد ولتاژ در صفحه انحراف افقی است که به صورت خطی بازمان

زیاد شود .این ولتاژ که به صورت خطی زیاد میشود و ان را ولتاژ شیپ یا یک سکل موج دندانه اره های مینامند ، باعث میشود که باریکه در واحد زمان انحراف افقی یکسانی داشته باشد .مولد جارو بعدا به صورت تفصیلیتر مورد بحث قرار خواهد گرفت .

تقویت کننده افقی، سگنال ورودی خود را قبل از اعمال به صفحات انحراف افقی ، تقویت می کند . سیگنال ورودی به تقویت کنندهٔ افقی ،بستگی به این دارد که کلید S_2 در چه وضعیتی بشد. در عملکرد نرمال نوسان نما ،کلید در وضعیت جاروی داخلی قرار دارد . وقتی که ابزار اندازه گیری درمدX-Y قرار می گیرد، برای اندازه گیری های جابجایی فاز یا تعیین فرکانس یک سیگنال، تقویت کنندهٔ افقی، سیگنالی را که به پایانهٔ ورودی افقی اعمال می شود، تقویت میکند.

7,8 انحراف باریکه

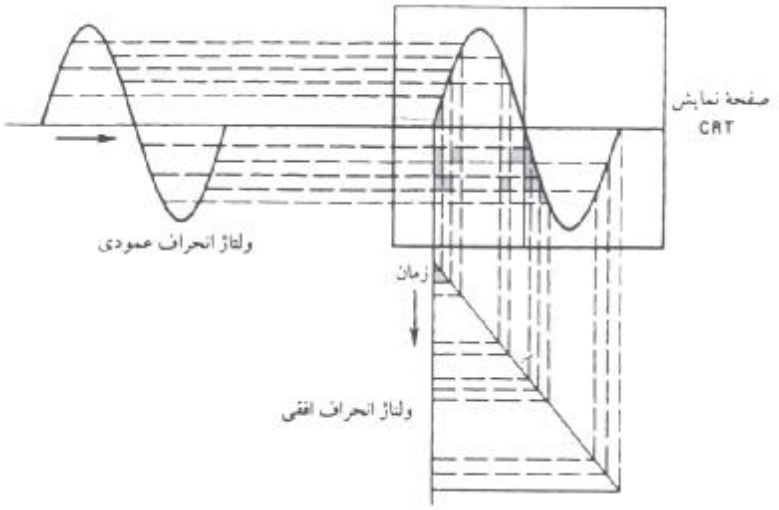
هرگاه نوسان نما ، برای نمایش باز سازی شدهٔ یک سیگنال ورودی روی صفحهٔ CRT به منظور تعیین یک فرکانس نا معلوم به کار رود یا به منظور اندازه گیری جابجایی فازبین دو شکل موج مورد استفاده قرار گیرد ، در هر دو مورد وضعیت (مکان)باریکه بر روی صفحهٔ نمایش را دامنهٔ ولتاژ های منحرف کننده برروی صفحات انحراف افقی و عمودی مشخص میکند. دراین بخش ، انحراف باریکه را برای وقتی در نظر میگیریم که دستگاه برای نمایش باز سازی یک سیگنال ورودی تنظیم شده است ، که گاهی اوقات به آن ، دمنه در مقابل زمان یا مد Y- t گویند.

قبل از در نظر گرفتن اثر اعمال یک سیگنال به پایانهٔ ورودی عمودی، ولتاژ انحراف افقی را چنان تنظیم میکنیم که مکان باریکه را در سمت چپ صفحهٔ نمایش (از دید کسی به صفحه نگاه می کند) واز نظر عمودی در وسط صفحه قرار دهد که به آن محور افقی یا محور x می گوییم. اگر اکنون یک سیگنال ورودی، مثلا سیگنال سینوسی شکل 11,8 را اعمال کنیم، می توانیم حرکت

باریکه در مقابل زمان را دنبال، و الگوی منتجه را روی صفحهٔ ***CRT*** مشاهده کنیم. در شکل 11,8، نتیجهٔ انحراف همزمان افقی و عمودی باریکهٔ الکترونی ، هنگامی که یک سیگنال سینوسی به صفحات انحراف عمودی اعمال شده و یک ولتاژشیب با همان دورهٔ تناوب و فاز موج سینوسی به صفحات انحراف افقی وصل شده است، ملاحظه می شود .

8,8 تقویت کننده های نوسان نما

هدف از نوسان نما، باز سازی صحیح سیگنال هایی است که به پایانه های ورودی آن وصل می شوند .



برای اینکه نوسان نما بتواند این کار را بدرستی انجام دهد، در طراحی تقویت کننده های آن، باید توجه قابل ملاحظه ای به عمل آید. تقویت کننده های مورد استفاده در نوسان نماها را می توان به روش های مختلف گروه بندی کرد. اما احتمالا واضح ترین گروه بندی مبتنی بر نوع تزویج تقویت کننده ، تزویج ***ac*** با تزویج ***dc*** ، است. در بعضی نوسان نما های ارزان قیمت از تقویت کننده های با تزویج ***ac*** استفاده می شود، اما بخاطر مزایای تقویت کننده های ***dc***، آنها معمولا در تقویت

کننده های آزمایشگاهی بکار گرفته می شوند.با اینکه تقویت کننده های با تزویج dc بسیار قران قیمت ترند، ولی مزیت مهم پاسخ به ولتاژdc را دارا می باشند. این قابلیت،این قابلیت اندازه گیری یک ولتاژdc خالص ، یک سیگنال ac خالص ، یا یک سیگنال ac سوار شده روی یک ولتاژdc را ممکن می سازد. مزیت دیگر تقویت کننده های با تزویج dc ، حذف مساله جابجایی فاز فرکانس پایین و همراه با آن، اعوجاج شکل موج، به هنگام مشاهدهٔ یک قطارپالس فرکانس پایین با یک نوسان نما است.

روش طبقه بندی دیگر تقویت کننده های نوسان نما که کمتر خوش تعریف می باشد، مبنی بر پهنای باند، به عنوان یک تقویت کنندهٔ باند باریک یا باند پهن است. این تقسیم بندی ها چندان دقیق تعریف نشده اند ومورد قبول همگان نیز نیستند. ولی، این توافق عمومی نیز وجود دارد که اگر پاسخ فرکانسی تا فرکانس زیر حامل رنگ تلویزیون یعنی MHz 3/58 ادامه نیابد تقویت کننده از گروه باند باریک است. اگر منحنی پاسخ فرکانسی یک تقویت کننده تا MHz 3/58 همواره باشد آن تقویت کننده به عنوان یک تقویت کنندهٔ باند پهن تلقی می شود. اکثر نوسان نماهای آزمایشگاهی همه منظوره، تا فرکانس هایی متجاوز از$5MHz$ پاشخ کامل می دهند. بنابراین تقویت کنندهٔ مربوط، که نقویت کنندهٔ عمودی است، از گروه باند پهن خواهد بود.

9,8 تقویت کنندهٔ عمودی

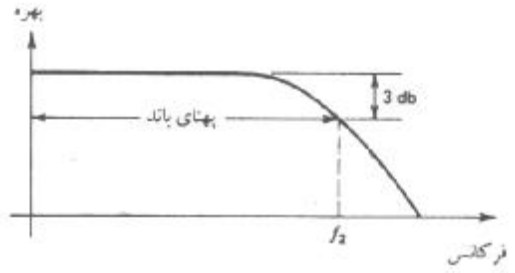
تقویت کننده عمودی ، عامل اصلی در تعیین حساسیت و پهنای باند یک نوسان نما است. به طور کلی حساسیت زیاد، که برحسب ولت بر سانتی متر انحراف عمودی در فرکانس باند میانی بیان می شود، به قیمت پهنای باند بدست می آید(در ازای پهنای باند حاصل می شود). چون حاصل ضرب بهره در چهنای باند برای یک تقویت کننده معین ، ثابت است، به عنوان یک قاعدهٔ سرانگشتی، یک تقویت کننده با یک قیمت مشخص ، دارای حاصل ضرب بهره – پهنای باند معینی خواهد بود،

که مساوی است با حاصل ضرب بهرهٔ ولتاژ تقویت کننده و پهنای باند آن. بهرهٔ ولتاژ را می توان به نفع پهنای باند بزرگ تر قربانی کرد، یا بر عکس ، بدون اینکه قیمت تقویت کننده ها مشخصا تغییر کند. اما اگر حاصل ضرب بهره – پهنای باند زیاد شود، قیمت تقویت کننده نیز بالا خواهد رفت. بهرهٔ تقویت کنندهٔ عمودی، کم ترین سیگنالی را که نوسان نما می تواند به خوبی روی صفحهٔ *CRT* بازسازی کند، تعیین می کند. حساسیت یک نوسان نما مستقیما متناسب با بهرهٔ تقویت کننده عمودی است. یعنی با افزایش بهره ، حساسیت نیز زیاد می شود که به ما اجازه می دهد سیگنال های با اندازه کوچکتر را مشاهده کنیم.

حساسیت عمومی ، معیاری است از میزان انحراف باریکهٔ الکترونی به ازای یک سیگنال ورودی مشخص. صفحهٔ *CRT* با یک الگوی – شبکه ای پلاستیکی که صفحهٔ شطرنجی نامیده می شود و در بخش 4,8 تشریح شد، پوشیده می شود. فاصله بین خطوط شبکه(یعنی هر یک قسمت)، *1cm* است. اما حساسیت عمودی، معمولا بر حسب $\frac{\text{ولت}}{\text{قسمت}}$ (*Volts/division*) بیان می شود. روی پانل جلویی نوسان نما که در شکل 12,8 آمده است، یک دکمهٔ متصل به یک کلید گردان که با *Volts/Div* بر چسب خورده است، دیده می شود. کلید گردان به صورت الکتریکی به شبکهٔ تضعیف ورودی، که در پاراگراف بعدی مورد بحث قرار می گیرد، متصل است. تنظیم کلید گردان مشخص می کند که دامنهٔ سیگنال لازم برای انحراف باریکهٔ عمودی به اندازهٔ یک قسمت چقدر باشد.

حساسیت عمودی یک نوسان نما، کم ترین ضریب انحرافی است که می توان با کلید گردان انتخاب کرد. به عنوان یک مثال، اگر حساس ترین موقعیت روی کلید گردان*Volts/Div*، *5mV/div* باشد، آنگاه حساسیت عمودی نوسان نما *5mV/div* خواهد بود .پهنای باند یک نوسان نما ، گسترهٔ فرکانسی که می تواند به صورت دقیق روی صفحهٔ *CRT* بازسازی شود، مشخص می

کند. هرچه پهنای باند بیشتر باشد، گسترهٔ فرکانسی که می تواند به صورت ایده آل بوسیلهٔ نوسان نما مشاهده شود، وسیع تر خواهد بود. بهره – تقویت کنندهٔ باند وسیع باید از جریان مستقیم (dc) تا نزدیک به حد بالایی گسترهٔ فرکانس هایی که به نوسان نما قابل مشاهده هستند ثابت باشد. یک منحنی نوعی برای یک تقویت کننده باند وسیع ، بهره در مقابل فرکانس، که منحنی پاسخ فرکانسی نامیده می شود، در شکل 13,8 آمده است.



پهنای باند یک نوسان نما ، گستره فرکانس هایی است که در آن ، بهره ی تقویت کننده عمودی ، از بهره ی فرکانس باند میانی $3db$فاصله دارد .حد بالای پهنایی باند ، فرکانس f_2 است که در آن بهره به اندازه $3db$ کاهش یافته است . پهنای باند را میتوان با استفاده از باز خور در طراحی تقویت کننده افزایش داد ، اما این کار ، بهره را کاهش میدهد و به همین دلیل است که حاصل ضرب بهره – پهنای باند یک تقویت کننده ثابت است.

یکی از مشخصلتی که معمولا در برگه مشخصات تقویت کننده عمودی یک نوسان نمایی باند وسیع گنجانده میشود ، زمان سعود است . زمان سعود یک پالس به عنوان مدت لازم برای اینکه از 10 درصد تا 90 درصد دامنه بیشینه اس سعود کند تعریف میشود. هر گاه از یک نوسان نما برای مشاهده یک پالس و یک موج مربعی استفاده میشود زمان سعود ان باید از زمان سعود پالس یا موج مربعی سریع تر باشد در غیر این صورت سیگنال مشاهده شده به درستی باز سازی نخواهد

شد. با اینکه رابطه دقیق بین پهنای باند و زمان سعود ، اندکی با طراحی – تقویت کننده تغییر میکند ولی یک رابطه تقریبی به صورت زیر است :

$$t_r * 2BW = 0.35 \qquad (19,8)$$

که در آن

t_r =زمان سعود بر حسب ثانیه

BW= پهنای باند بر حسب هرتز

مثال 2,8 اگر پهنای باند یک نوسان نما از جریان مستقیم (DC) تا 10 مگا هرتز داده شده باشد سریع تر این زمان سعود یک موج سینوسی که بتواند توسط این نوسان نما به درستی باز سازی شود چقدر است ؟

حل .با استفاده معدله 19,8 میتوانیم کمترین زمان سعود را به صورت زیر محاسبه کنیم :

$$t_r = \frac{0/35}{10 * 10^6 HZ} = 35NS$$

تقویت کننده عمودی یک نوسان نمایی آزمایش گاهی همان طور که در شکل 14,8 آمده است اغلب دارای دو جعبه مداری عمده است : یک پیش تقویت کننده و یک تقویت کننده اصلی و عمودی یا تقویت کننده اصلی . پیش تقویت کننده گاهی یک واحد مجزا و قابل تعویض با اتصال فرورو است که میتواند بسیار سریع و به راحتی در قاب اثلی نوسان نما جا گیرد . اگر واحد های مختلف با اتصال فرورو برای کاربردهای اندازه گیری مشخص در دست رس باشند در این صورت قابلیت های اندازه گیری یک نوسان نما با صرف هزینه معقول به میزان قابل ملاحظه های توسعه

خواهد یافت با دامنه یک سان ولی با اختلاف 180 درجه برای حصول انحراف متوازن فراهم میسازد .

1,8 تقویت کننده افقی

تقویت کننده افقی دو هدف اصلی را دنبال میکند :

1.وقتی نوسان نما با مد کار متعارف برای نمایش سیگنالی که به ورودی عمودی آن اعمال شده است به کار گرفته میشود تقویت کننده - افقی خروجی مولد جارو را تقویت میکند .

2.وقتی نوسان نما به مد X-Yکار میکند سیگنال اعمال شده به پایه ورودی افقی توسط تقویت کننده افقی تقویت میگردد .

هر گاه نوسان نما با مد کار متعارف به کار گرفته شود شرایط بهره و پهنای باند برای تقویت کننده افقی در مقایسه با تقویت کننده عمودی چندان جدی و سخت نیست .در حالی که تقویت کننده عمودی بای بتواند سیگنالهای کم دامنه بت فرکانس زیاد و زمان سعود سریع را به خوبی باز سازی کند تقویت کننده افقی تنها لازم است باز سازی کامل و دقیقی را از سیگنال جارو که معمولا دارای دامنه زیاد و زمان سعود کند است فراهم سازد .

طبقه نهایی تقویت کننده افقی نیز مانند تقویت کننده عمودی یک تقویت کننده پوش – پول است که در شکل 15,8 آمده است شبکه تضعیفی که در شکل دیده میشود با استفاده از تقسیم ولتاژ اندازه سیگنال ورودی افقی را به سطح مساوی با حساسیت دقویت کننده افقی کاهش میدهد .

11,8مولد جارو

نوسان نما ها عمومابرای نمایش یک شکل موج که به صورت تابعی از زمان تغییر میکند به کار میرود اگر لازم است شکل موج دقیقا بازسازی شود باریکه باید سرعت افقی ثابتی داشته باشد .چون سرعت باریکه تابعی از ولتاژ انحراف است ولتاژ انحراف باید در طول زمان به صورت خطی زیاد شود .ولتاژ با این خصوصت را ولتاژ شیب مینامند . اگر ولتاژ با شکل موج بازسازی شده تکراری طبق شکل 16,8 به سرعت به صفر کاهش یابد الگوی حاصل را شکل موج دندانه اره ای مینامنند .

در طول زمان جارو T_s باریکه از چپ تا راست صفحه **CRT** را طی میکند . باریکه با زیاد شده دامنه ولتاژ شیب و این واقعیت که ولتاژ + الکترون های – را جذب میکند به سمت راست منحرف میشود .

در طول زمان بازگشتT_r باریکه به سرعت به سمت چپ صفحه نمایش بر میگردد . شبکه کنترول عموما خاموش دروازه ای است ، که باریکه را در طول زمان بازگشت خاموش میکند و مانع از این میشود که الگوی بر گشت نا مطلوبی روی صفحه نمایش شود.

چون سیگنالهایی با فرکانس های بسیار متفاوت با نوسان نما مشاهده میشود. کنترول پانل جلویی برای این تنظیم ، با ***Time/Div or Sec/Div***علامت گذاری شده است .تنظیم تغییرات جزی در سرعت جارو با قرار دادن مقاومت متغییر به جای مقاومت R در شکل 17,8 (الف)انجام میشود .

مدار نشان داده شده در شکل 17,8 یک مدار جاروی ساده است که در ان خازن C از طریق مقاومت r بار دار میشود خازن به صورت متناوب از طریق ترازیستور Q_1 تخلیه میشود که در

نتیجه باعث میشود که شکل موج نشان داده شده در شکل 17,8 (ب) در دو سر خازن ظاهر شود وقتی ترانزیستور کاملا روشن میشود یک مسیر تخلیه کم مقاومت ارائه میشود که از طریق ان خازن به سرعت تخلیه میگردد .

اگر ترازیستور روشن نباشد خازن با توجه به معادله زیر به صورت نمایی تا ولتاژ تخذیه V_{CC}پر میشود .

$$Vo = V_{CC} \qquad (20,8)$$

که در آن

V_o= ولتاژ لحظه ای دو سر خازن در زمان t

V_{CC}=ولتاژ تغذیه

t = زمان مورد توجه

R= مقدار مقاومت سری بر حسب اهم

C= مقدار خازن بر حسب فارد

ε= ثابت ب مقدار $2/71828$

وقتی یک پالس راه اندازی Vi به ترانزیستور Q_1 در شکل 17,8 (الف) اعمال می شود خازن C از طریق مقاومت ارائه شده توسط تانزیستور روشن طبق رابطّهٔ زیر تخلیه می گردد:

$$V'_O = V_O R\varepsilon^{-t/r_1 c} \qquad (21,8)$$

که در آن

V'_O = ولتاژ دو سر خازن C در زمان tr در طول زمان باز گشت

V_o = دامنهٔ ولتاژ دو سر خازن c در آغاز تخلیه

C= مقدار خازن بر حسب فاراد

t_r = زمان مورد توجه بعد از شروع بازگشت

R_1 = مقاومت از کلکتور تا امیتر ترانزیستور اشباع شده

مثال: 4,8 یک پالس ورودی V_i با دورهٔ زمانی $5nsec$ در لحظه ای که V_O به $4/76V$ می رسد به مدار شکل 18,8 اعمال می گردد. اگر ترانزیستور اشباع شده ، مقاومتی به اندازهٔ در مدار نشان دهد، ولتاژ دو سر خازن بعد از $50msec$ چقدر است ؟

$$V'_O = V_O R\varepsilon^{-t/r_1 c}$$

$$-(5010^{-6} SEC)/(2000/210^{-6}) = (4/76V)[\varepsilon\ ] = (4/76V)(\ \varepsilon^{-1/25}\ ) = 1/36$$

رابطهٔ بین جریانی که خازن را پر (شارژ) می کند و ولتاژ دو سر آن ، چنین است :

$$V_O \frac{1}{C} = \int_0^t i_c\, dt \qquad (22,8)$$

اگر جریان ثابت باشد، معادلهٔ 22,8 به صورت زیر در می آید:

$$V_O \frac{It}{C} = \qquad (23,8)$$

با جایگذاری V/R به جای I داریم:

$$V_O \frac{Vcc}{RC} = \quad 24,8$$

معادلهٔ (24,8) معدلهٔ یک خط مستقیم با شیب V/RC است . ولتاژV_O ،اگر این معادله را دنبال کند ، یک شیب خطی خواهد بود . در شکل 19,8 نمودار تابع نمایی معادله (20,8) با نمودار تابع خطی معادله (24,8) مقایسه شده است .

جنانکه ار مقایسه منحنی های نمایی و خطی می توان دید تابع نمایی در 10 تا 15 درصد اولیهٔ منحنی، نسبتا خطی است.

بعضی نوسان نماهای ارزان قیمت از این نوع مدار RC به عنوان مولد جارو با نتایج قابل قبول استفاده می کند. اما، خطی بودن را می توان با استفاده از یکی از انواعمدارهای مولد جارو اصلاح کرد. مدارهایی که معمولا بیشتر استفاده می شوند عبارتند از:

1. بعضی انواع مولد های با جریان ثابت برای پر کردن شارژ یک خازن با سرعت ثابت.

2. یک مدار بند چکمه ای که در آن با ثابت نگه داشتن ولتاز دو سر یک مقاومت شارژ کننده، جریان ثابت می ماند.

3. یک تقویت کنندهٔ عملیاتی در یک مدار موسوم به یکی از اسامی : تقویت کنندهٔ انتگرال گیر، انتگرال گیر میلر، مولد جاروی میلر.

در مدار نشان داده شده در شکل 20,8 (الف) از یک ترانزیستور دو قطبی (Q_1 $(BJT$ که بصورت بیس مشترک بسته شده ، تا خازن Cرا با سرعت ثابت شارژ کند، استفاده می شود. اگر مقاومت بزرک باشد، جریان امیتر و نیز جریان کلکتور تقریبا ثابت خواهند بود. چون جریان کلکتور خازن را شارز می کند ، تقریبا با سرعت ثابتی آن را شارز خواهد کرد. منحنی مشخصه معمولی خروجی بیس مشترک در شکل20,8 آمده است . توجه کنید که منحنی در ناحیهٔ فعال ترانزیستور

بسیارنزدیک به خطی هستند. ولتاژ کلکتور به بیس V_{CB} می تواند به اندازهٔ قابل توجه ای بدون اثر قابل ملاحظه برروی جریان کلکتور تغییر کند.

برای اینکه ولتاژ جاروی تکرار پذیری داشته باشیم ، خازن باید بعد از رسیدن به ولتاژ بیشینه ، تخلیه شود. این کار ، همان طور که نشان داده شده است ، با اتصال ترانزیستور Q_2 به دور سر خازن انجام می شود. در بازه های زمانی مشخص ، یک پالس ولتاژ اعمال شده به بیس Q_2 ، ترانزیستور را روشن می کند ویک مسیر تخلیه برای خازن فراهم می سازد .

12,8 ورودی عمودی و همزمان سازی سیگنال مولد جارو

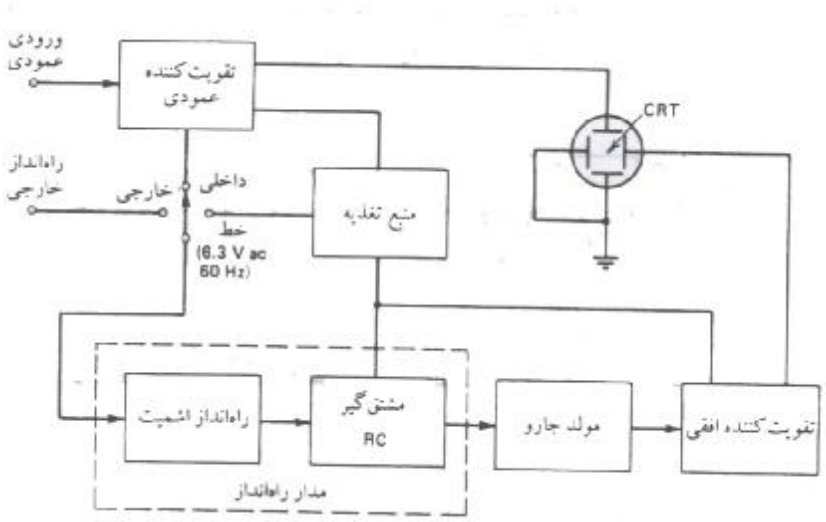
بیش تر شکل موج هایی که ما می خواهیم با نوسان نما مشاهده کنیم ، باسرعتی بسیار بیش تر از این که چشم بتواند آن ها را دنبال کند، تغییر می کنند، شاید چندین میلیون بار در ثانیه . اگر ما بخواهیم قادر به مشاهدهٔ چنین تغییرات سریعی باشیم ، باریکه باید مکررا الگوی واحدی را پیمایش کند. اگر الگو به گونه ای باز گشت کند که همیشه موقعیت قبلی را روی صفحه اشغال کند، چشم تصویر ایستایی را خواهد دید. باریکه در صورتی در الگوی واحدی با سرعت زیاد باز گشت می کند که سیگنال ورودی عمودی و سیگنال مولد جارو همزمان شده باشند ، یعنی - همان طور که در شکل 21,8 آمده است - فرکانس سیگنال ورودی عمودی باید مساوی یا مضرب صحیحی از سیگنال مولد جارو باشد. اگر فرکانس ورودی عمودی ، دقیقا مساوی یا مضرب صحیحی از فرکانس دندانه اره ای نباشد ، شکل موج ها همزمان نخواهند بود و شکل در صفحه حرکت خواهد کرد الگو به سمت راست حرکت کند، نشان می دهد که فرکانس شکل موج دندانه اره ای بسیلر زیاد است و حرکت الگو به سمت چپ نشان دهندهٔ آن است که فرکانس موج دندانه اره ای بسیار کم بوده است .

همزمان سازی شکل موج ها به دو طریق مختلف قابل انجام است . در نوسان نماهای بسیار مقدماتی ، مولد جارو بطور پیوسته (دائمی)در حال شارژ وتخلیهٔ یک خازن است . بلا فاصله بعد از یک ولتاژ شیب ، ولتاژ شیب دیگر می آید. بنابراین ، الگوی دندان اره ای ظاهر می شود . مولد جارویی را که به این روش کار می کند ، را آزادرو گویند . برای ارائه یک نمایش ایستاده روی صفحه ، باید سیگنال مولد جارو را وادار کرد که همزمان با سیگنال ورودی عمودی تولید شود. در نوسان نما های اولیه ، این کار با تنظیم فرکانس جارو به مقداری بسیار نزدیک به فرکانس دقیق سیکنال ورودی عمودی یا مضربی از آن فرکانس ، انجام میشود. وقتی هردو سیگنال دارای یک فرکانس باشند، یک پالس همزمان (*sync*) داخلی می تواند مولد جارو را به سیگنال ورودی عمودی قفل کند . این روش همزمان سازی ، هنگام مشاهده سیگنال های با اندازهٔ کم ، محدودیت های جدی دارد . اما ، جدی ترین محدودیت ، احتمالا عدم توانایی همزمان سازی بوسیلهٔ نوسان نما ، هنگامی است که اندازه یا فرکانس سیگنال عمودی ثابت نباشد ، مانند سیگنال های صدا یا موسیقی .

این محدودیت ها را می توان با وارد کردن یک مدار راه اندازی در نوسان نما ، همانند شکل 22,8، رفع کرد . مدار راه اندازی می تواند یک ورودی از یکی از سه منبع ، بسته به اینکه کلید سلکتوری راه انداز در چه موقعیتی باشد ، دریافت کند. وقتی کلید سلکتوری راه انداز در موقعت *EXT* است ، سیگنال ورودی از منبع خارجی میآید. وقتی کلید در موقعیت *LINE* است ، از یک ولتاژ *ac* با دامنهٔ کم از فرکانس خط می آید و وقتی کلید در وضعیت *INT* است ، از تقویت کنندهٔ عمودی می آید. وقتی برای راه اندازی داخلی (*INT*) میزان کرده باشیم ، مدار راه انداز ، ورودی خود را از تقویت کنندهٔ عمودی می گیرد . وقتی سیگنال ورودی عمودی که در حال تقویت شدن توسط تقویت کننده عمودی است ، به سطح مشخصی برسد ؛ مدار راه انداز پالسی برای مولد جارو

می سازد و به موجب آن مطمئن می سازد که خروجی مولد جارو با سیگنالی که آن را راه اندازی می کند ، همزمان است .

یک نوع مدار که اغلب در بلوک ((مدار راه اندازی)) شکل22,8 بکار گرفته می شود راه انداز اشمیت یا اشکار ساز سطح ولتاژ نامیده می شود . راه انداز اشمیت در واقع ، ولتاژ ورودی از تقویت کنندۀ عمودی را در این حالت با یک ولتاژ در نقطه ای از مدار مقایسه می کند. وقتی ولتاژ



ورودی از ولتاژی که با آن مقایسه می شود ، بزرگ تر شد ، مدار تغییر حالت می دهد ، یعنی ولتاژ خروجی به حالت بالا(*high*) می رود . نمقطه ای مه در آن این اتفاق می افتد ، نقطه راه انداز بالایی نامیده می شود. وقتی ولتاژ ورودی زیر یک سطح مشخصی می افتد که آن را نقطۀ راه اندازی پایینی می نامند، خروجی راه انداز اشمیت به سطح اولیه اش بر می گردد و بنا بر این خروجی مدار یک موج مربعی است . تا زمانی که این موج مربعی دارای دورۀ زمانی بسیار کوتاهی نباشد ، راه اندازی مستقیم مولد جارو اقدام مناسبی نیست. یک طریق عملی متعارف این است که موج مربعی را به یک مدار *Rc* مشتق گیر اعمال کنیم که خروجی آن یک سری ضربه های مناسب کوتاه مدت برای راه اندازی مولد جارو باشد.

13,8 نوسان نماهای آزمایشگاهی

یک نوسان نما با کیفیت بالا و جاروی راه اندازی شده ، با تقویت کننده های عمودی قابل تعویض با اتصال فرورو ، دارای ویژگی های زیادی است و میتوان با وارد کردن مشخصات اضافی برای کاربرد های خاص بر ویژگی های آن افزود . دو مورد از مهم ترین این ویژگی ها در پاراگراف های بعدی مورد بحث قرار می گیرد .

1,13,8 نوسان نماهای با ترسیم دوگانه

نوسان نماهای ترسیم دوگانه در سال های اخیر فوق العاده متداول شده اند . یک ترسیم دو گانه ، با کلید زنی الکترونیکی یک باریکهٔ الکترونی حاصل می شود . در شکل 23,8 یک نمودار جعبه ای از دو کانال ورودی عمودی و کلید الکترونیکی که به تناوب دو کانال ورودی را به تقویت کنندهٔ عمودی وصل می کند، ملاحظه می شود .

عموما دست کم چهار مد کار با نوسان نماهای با ترسیمدوگانه با برچسب های 1،2، تناوبی(*ALT*) و برشی وجود دارد. اگر نوسان نماها در وضعیت 1یا 2 ، قرار داده شده باشد. فقط ورودی آن کانال نمایش داده می شود. در مد، تناوبی ورودی ها بر روی ترسیم های متناوب نمایش داده می شوند. چون سرعت کلید زنی با مولد جارو انجام می شود. هنگام نمایش سیگنال های با فرکانس نسبتا بالا ، عموما مد کار تناوبی ترجیح داده می شود. بنابراین هر نمایش بخشی از هرسیگنال را- در زمانی که سیگنال دیگر را نمایش می دهد- از دست می دهد. از مد برشی معمولا هنگانی استفاده می شود که سرعت جارو کردن کم باشد ومد، تناوبی نمایشی با پرش های مشهود در صفحه ایجاد کند.

نوسان نماهای نشان داده شده در شکل 24,8، یک ابزار آزمایشگاهی با ترسیم دوگانه وبا قابلیت حافظه دار بودن است. این ابزار اندازه گیری مدل 7633 ساخت شرکت تکترونیکس است. شرکت های صنعتی و آزمایشگاه های تحقیقاتی ، ازاین نوع نوسان نماها به صورت گسترده استفاده می کنند .

2,13,8 جاروی تاخیر

بسیاری از نوسان نماهای آزمایشگاهی دارای ویژگی جاروی تاخیر هستند. این ویژگی، تنوع استفاده از وسیله را زیاد می کند، به این ترتیب که می توان بخش انتخاب شده ای از جاروی نا تاخیری را بزرگ کرد، لرزش شکل موج یا زمان صعود را اندازه گرفت ومدولاسیون زمان پالس را وارسی کرد، و بسیاری کاربردهای دیگر .

جاروی تاخیری، فنی است که مقدار دقیق زمان ، بین لحظهٔ راه اندازی و شروع جاروی نوسان نما اضافه می کند. در صورتی که نوسان نما به مد جاروی تاخیری بکار گرفته می شود، شروع جاروی تاخیری ممکن است چند میکرو ثانیه تا شاید 10 ثانیه یا بیش تر تغییر کند. عمل جاروی تاخیری به کاربر این ابزار اجازه می دهد که بخش کوچکی از یک شکل موج را – برای مثال، یک نوسان یا ارتعاش که در خلال بخش کوچکی ازیک شکل موج با فرکانس پایین تر اتفاق- می افتد مشاهده کند.

بعضی اوقات از ویژگی جاروی تاخیری برای راحتی کار استفاده می شود تا امکان راه اندازی در نقطهٔ دیگری به جز لبه های شروع و پایان فراهم گردد. اما، در بعضی موقعیت ها، اندازه گیری فقط در صورت استفاده از ویژگی جاروی تاخیری ممکن میشود. برای مثال فرض کنید بخشی از یک شکل موج که باید اندازه گیری شود، از تنها نقطهٔ راه اندازی دردسترس آن- برای نمایش مناسب

روی صفحهٔ CRT – بسیار دور باشد. این مسئله با استفاده از جاروی تاخیری، حل می شود، بدین ترتیب راه اندازی در تنها نقطهٔ راه اندازی در دسترس انجام می شود و سپس جارو کردن در نقطهٔ مورد نظر شروع می شود.

با اینکه چند مورد استثنا وجود دارد، ولی جاروی تاخیری، بطور طبیعی یک ویژگی نوسان نماهای با مبنای زمانی دوگانه است که دو مولد جاروی کاملا مجزا دارد. یک جارو، بعنوان یک جاروی اصلی و دیگری به عنوان جاروی تاخیری. جاروی اصلی با یک پالس راه اندازدر لبهٔ بالا روندهٔ پالس 1 نشان داده شده در شکل 15,8، راه اندازی می شود. فرض کنید می خواهیم بخشی از جزئیات یک شکل موج نزدیک لبهٔ انتهایی آن را، باز کردن شکل موج و استفاده ازیک جاروی سریع تر مشاهده کنیم – برای مثال با یک جارو با سرعت 0/1 میکروثانیه بر سانتی متر. همان طور که در شکل 26,8 می توان دید، وقتی سرعت جارو به 0/1 میکرو ثانیه بر سانتی متر می رسد، بخش مورد علاقهٔ ما از شکل موج کاملا بیرون از صفحه در سمت راست است. برای مشاهدهٔ این بخش مورد علاقه از شکل موج با سرعت جاروی بالاتر، بایداز ویژگی جاروی تاخیری استفاده کنیم و سرعت جارو را نیز به 5میکروثانیه بر سانتی متر برگردانیم.

جاروی تاخیری، دراصول، بصورت زیر کار می کند: جاروی اصلی، همانطور که در شکل 27,8 آمده است، بوسیلهٔ یک پالس راه اندازی در زمان t_0 راه اندازی می شود. این زمان، متناظر با لبهٔ بالاروندهٔ پالس 1 در شکل 26,8 است.

ولتاژ شیب مولد جاروی اصلی، که با یک ولتاژ از یک مدار کنترل تاخیری بایک مقایسه گر اعمال شده است، بصورت خطی زیاد می شود تا در زمان t_1، مقایسه گر را تحت تاثیر قرار دهد. وقتی مقیسه گر تغییر حالت می دهد، مولد جاروی تاخیری راه اندازی می شود، که بخشی از نمایش اولیه را شدید(پرنور) می کند. با تنظیم زمان تاخیر می توانیم بخشی از شکل موج مورد نظر را در

صورت تمایل شدید کنیم. تنظیم های دقیق پانل جلویی که برای نمایش بخش گسترش یافتهٔ شکل موج روی صفحهٔ CRT لازم می باشد، بستگی به نوسان نمای مورد استفاده دارند. بعضی نوسان نماها یک کنترل جدایی جاروی تناوبی دارند، به گونه ای که دو شکل موج به نمایش در می آیند. شکل موج اولیه، بخشی از آنکه مورد نظر است. اکنون با تنظیم مد افقی به کانال B می توانیم زمان جارو را زیاد کنیم بگونه ای که بتوانیم بخشی ازشکل موج را که مورد علاقه ماست، مشاهده کنیم.

14,8نوسان نما حافظه دار

در بسیاری کاربردهای نوسان نما ، پایداری محدود فسفر CRT ، مشاهدهٔ زمان واقعی وقایعی را که فقط یک بار اتفاق می افتند ناممکن می سازد. با اینکه چنین وقایعی را می توان بصورت تصویری ضبط کرد، این کار ممکن است گران و وقت گیر باشد. پیش رفت اخیری که در مورد نوسان نماهای حافظه دار به عمل آمده، ابقای نمایش CRT را برای دوره ای از زمان ممکن می سازد . بعد از مطالعهٔ صفحهٔ ذخیره شده ، می توانیم تصمیم بگیریم که آیا از آن عکس تهیه کنیم یا نه.

دو نوع نوسان نمای حافظه دار موجود است ، یکی از آن ها از یکCRT با طراحی خاص و دیگری از فن دیجیتال استفاده می کنند در CRT حافظه دار از دو تفنگ الکترونی استفاده می شود : یکی تفنگ نویسنده که تفنگ الکترونی معمول است و یکی ، تفنگ رگباری که بطور یکنواخت همهٔ صفحهٔ CRT را با الکترون های کم انرژی بمباران می کند. ذرات فسفری که این الکترون های کم انرژی به آن ها برخورد می کنند، اندکی شارژ می شوند ، ذراتی که انرژی نگرفته اند ، در شرایط ((بدون شارژ)) می مانند. وقتی که یک اثر (رد) باید ذخیره شود ، تفنگ نویسنده ((روشن)) می شود والکترون های پر انرژی که به صفحه برخورد می کنند، یک تصویر تشکیل می

دهند ذرات فسفری که الکترون های پر انرژی به آن ها بر خورد کرده است ، شلرژ قابل ملاحظه ای پیدا می کنند. بنابراین ، الکترون های اضافی تفنگ پاشنده جذب می شوندکه در نتیجه تصویر را حفظ می کنند. تصویر با زمین کردن صفحهٔ فسفری که شارژ اضافی را حذف می کند ، از بین می رود .

15,8 نوسان نمای نمونه دار

رابطهٔ بهره – پهنای باند تقویت کنندهٔ عمودی ، گسترهٔ فرکانس سیگنال هایی را که می توان بر روی نوسان نمای معمولی نمایش داد محدود می کند . اگر سیگنال های دارای فرکانس های بالا تر از فرکانسی که می توان با یک نوسان نمای معمولی نمایش داد ، تکراری باشند می توان آن ها را بطرز موثری با فن نمونه برداری، چند هزار برابرکندکرد. این نمونه برداری ، قدری شبیه مشاهدهٔ یک پرهٔ باد بزن گردنده است که توسط یک استروبوسکوپ روشن شده است. حرکت پرهٔ گردنده سریع ، زمانی که از طریق یک ((پنجرهٔ زمانی)) باریک مشاهده شود- که واقعه را با سرعت قدری متفاوت با سرعت چرخش پره نمونه برداری می کند- کند به نظر می رسد. استفاده از فن نمونه برداری برای مشاهدهٔ سیگنال های الکتریکی تکرار پذیر با فرکانس بالا با یک نوسان نما در شکل 29,8 آمده است. نمونه های شکل موج ورودی از سیکل (چرخه) های متوالی برداشته می شوند، یعنی ، یک نمونه از هر سیکل ف وهر نمونه قدری نسبت به نمونهٔ قبلی تاخیر یافته است . شکل موج باز سازی شده ، که روی صفحهٔ CRT به نمایش در می آید یک شکل موج مرکب ساخته شده از نمونه هایی است که از سیکل های متوالی سیگنال ورودی برداشته شده اند.

16,8 نوسان نماهای حافظه دار دیجیتال

نوسان نماهای حافظه دار معمولی که در بخش قبلی دربارۀ آن ها بحث شد ، چندین سال برای ابقای شکل موج ها یا سیگنال های زود گذر(کم مدت) بکار گرفته شدند . اما ، تصاویر ذخیره شده در این نوع نوسان نما ، کم کم ازبین می روند ، وقابل باز خوانی نمی باشند .

نوسان نماهای حافظه دار دیجیتال ، در مقایسه با نظایر آنالوگ خود ،مزایایی دارند. برای مثال ، نمایش های دیجیتال هرگز از بین نمی روند. مهم ترین واقعیت درمورد نوسان نماهای حفظه دار دیجیتال این است که می توانند با ماشین های محاسب رومیزی یا ریز رایانه ها ارتباط برقرار کنند وانواع اندازه گیری های دقیق و سریع را انجام دهند.

در مقایسه با فن مورد استفاده در نوسان نماهای حافظه دار آنالوگ برای نمایش شکل موج ها در دورۀ زمانی ممتد ، *CRT* های نوسان نماهای حافظه دار دیجیتال ، بسیار ساده ترند. در نوسان نماهای حافظه دار دیجیتال از *CRT* معمولی بدون تفنگ های رگباری استفاده می شود آن ها از مدارهای حافظه ، برای ذخیرۀ اطلاعات شکل موج بهره می برند . سپس شکل موج به کرات ف از حافظه برای نمایش روی صفحه *CRT* فرا خوانده می شوند. شکل 30,8 نمودار جعبه ای یک نوسان نمای حافظه دار دیجیتال را نشان می دهد .

17,8 تضعیف کننده ها

ولتاژ پایانۀ ورودی تقویت کنندۀ عمودی ، که باعث انحراف باریکه در صفحۀ *CRT* می شود ، دارای دامنۀ کاملا کوچکی است. برای اینکه سیگنال های با دامنۀ زیاد را بتوان نمایش داد ، یک شبکۀ تضعیف کننده بین پایانۀ ورودی عمودی وپایانۀ ورودی تقویت کنندۀ عمودی قرار می گیرد. عبارت تضعیف کردن ، به معنای ((کم کردن دامنه)) است . وظیفۀ تضعیف کننده ، کم کردن دامنۀ سیگنال ورودی عمودی قبل از اعمال آن به تقویت کنندل عمودی است ، ابتدایی ترین تضعیف

کننده ، مقسم ولتاژ مقاومتی است که یک نمونه از آن در شکل 31,8 آمده است. با این مدار، وقتی کلید S در وضعیت A قرار می گیرد ، ولتاژ ورودی V ، ده هزار برابر تضعیف می شود . در وضعیت های B،CوD، ضرایب تضعیف بترتیب ، 1000، 100و 10 می باشند. در وضعیت E

هیچ تضعیفی رخ نمی دهد . در هر موقعیت کلید ، مقاومت ورودی کل که بوسیلهٔ V_i دیده می شود، $100k\Omega$ است تضعیف در هر وضعیت کلید را می توان از نسبت مقاومت کل حاصل از وضعیت مورد نظر تا زمین به مقاومت سری کل ، به ترتیب زیر تعیین کرد:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R}{R_t} \qquad (25,8)$$

که درآن

R = مقاومت کل از پایانهٔ تضعیف کنندهٔ مورد نظر تا زمین

R_t = مقاومت کل سری

معدلهٔ (25,8) ، عموما معادلهٔ تقسیم ولتاژ نامیده میشود . ضریب تضعیف ، عکس نسبت تقسیم ولتاژ است .

§ مثال 5,8 اگر کلید در شکل 31,8 در وظعیت D قرار گیرد ، ضریب تضعیف چقدر است؟

حل. بااستفاده از معادلهٔ (25,8)، نسبت تقسیم ولتاژ به صورت زیر بدست می آید :

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R}{R_t}$$

$$\frac{9k\Omega+900\Omega+90\Omega+10\Omega}{100k\Omega} = = 0/1$$

بنابراین ضریب تضعیف مساوی است با :

$$\text{ضریب تضعیف} = \frac{1}{0/1} = 10$$

مقادیر مقاومت هایی که در شکل 31,8 دیده می شوند ، فقط وقتی تضعیف های مورد نظر را فراهم میکنند که مقاومت ورودی R_i تقویت کنندۀ عمودی ، بسیار بشتر از مقادیر مقاومت تضعیف کننده باشد. اگر مقومت ورودی تقویت کننده ، بسیار بزرگ تر از مقاومت تضعیف کنندۀ موازی با آن نباشد ، خطای قابل ملاحظه ای در ظریب تضعیف وارد خواهد شد ، زیرا تضعیف کننده توسط تقویت کننده ، ((بارگذاری)) شده است.

§ **مثال 6,8 اگر کلید در شکل 31,8 همانندمثال 5,8 در وضعیت D قرار گیرد و مقاومت ورودی تقویت کنندۀ R_i مساوی $100k\Omega$ باشد ، ضریب تضغیف چقدر است ؟**

حل . چون مقاومت وزودی تقویت کننده ، موازی مقاومت تضعیف کننده است ، این ترکیب موازی باید در معادلۀ تقسیم ولتاژ بکار رود .

این مقادمت موازی مساوی است با :

$$R_P = \frac{R_i R}{R_i + R} \quad \frac{100K\Omega.10k\Omega}{100K\Omega+10K\Omega} = = 9/09k\Omega$$

بنابراین :

$$\frac{V_o}{V_i}\ \frac{9/09k\Omega}{100k\Omega}= \quad = 0/0909$$

اکنون ضریب تضعیف، مساوی است با :

$$\text{ضریب تضعیف}\ \frac{1}{0/0909}= \quad = 11$$

همان طور که از مقایسهٔ نتایج مثال های 5,8و 6,8 دیده می شود ، تضعیف بخاطر اثر موازی بودن مقاومت ورودی تقویت کننده زیاد شده است.

کلیدS در شکل 31,8 یک کلید گردنده است که روی پانل جلویی نوسان نما نصب شده و با علامت Vilts/Div برچسب خورده وما در بخش 9,8 نیز اشارهٔ مختصری به آن کردیم . مثال 7,8 نشان می دهد که چگونه مقدار مقاومت های تضعیف را برای بدست آوردن ضرایب تضعیف مورد نظر تعیین کنیم .

مثال 7,8 یک نوسان نما باید مقاومت ورودی 8MΩ ، حساسیت 50mV و ضزایب تضعیف 100،40،10،4و400 را دارا باشد. مقدار مقاومت های تضعیف کننده و مقدارvolts/division متناظر با هر ضریب محاسبه کنید. فرض کنیدRi تقویت کننده عمودی آنقدر بزرگ است که می توان آن را نادیده گرفت .

حل. شبکهٔ تضعیف لازم در شکل 32,8 آمده است . وقتی کلید Sدر وضعیت A است ، بخاطر عمل مقسم ولتاژ ، می توان ولتاژ پیشینه را به دو سر شبکه اعمال کرد. بنابراین در این وضعیت ، ضریب تضعیف 400 خواهد بود. ضریب تضعیف مساوی است با عکس نسبت تقسیم ولتاژ. پس برای وضعیت A:

$$\text{ضریب تضعیف} = 400 \quad \frac{1}{V_o / V_i}$$

$$\frac{Vi}{Vo} 400 =$$

چون V_O مساوی است با مقدار حساسیت (50 mV/div) – زیرا V_O در هر وضعیت کلید مستقیما به تقویت کننده اعمال می شود - می توانیم V_iرا بدست آوریم :

$$V_i = 400V_O$$

در وضعیت A 400 (50mV/div) = 20 V/div =

ازاین نتیجه می فهمیم که می توانیم ضرایب تضعیف را در حساسیت ضرب کنیم و مقدار volt/div را در هر وضعیت کلید بدست آوریم:

اگر منحصرا ولتاژهای dcرا اندازه گبری می کردیم ، بحث درمورد تضعیف کننده های مقسم ولتاژ می توانست در همین جا خاتمه پیدا کند. اما نوسان نما ها دردرجۀ اول برای نمیش شکل مو ج های ac بکار می روند. این موضوع ، مشکل خازن های سرگردان شبکه تضعیف کننده را پدید می آورد که درشکل 34,8 آمده است . برای سیگنال های ac، ضریب تضعیف عملا به نسبت امپدانس ها ، که بوسیلۀ نسبت تقسیم ولتاز بدست می آید، مربوط است.

$$\frac{Vo}{Vi} \quad \frac{Z_2}{Z_1+Z_2} = \qquad (26,8)$$

اگر مقادیر خازن های سرگردان بدرستی متناسب با مقادیر مقاومت ها نباشند ، نسبت تقسیم ولتاژمقدار یکسانی را در همۀ فرکانس ها نخواهد داشت.

شبکهٔ تضعیف کنندهٔ شکل 36,8 را در نظر بگیرید. نسبت مقاومت R_2 به R_1 مساوی عکس نسبت خازن های C_2 و C_1 است.

وقتی این رابطه برقرار باشدنسبت تقسیم ولتاژ در محدوده وسیعی از فرکانس ها ثابت می ماند . بعلاوه ، برای یک مقسم ولتاژ جبران شدهٔ فرکانسی ، روابط زیر بکار می رود .

$$\frac{R1}{K-1}R_2 = \qquad (27,8)$$

و

$$C_2 = C_1(K-1) \qquad (28,8)$$

که درآن Kنسبت تقسیم ولتاژ V_i/V_o است.

18,8پروب (گمانه) های با امپدانس بالا

پروب های بیرونی امپدانس بالا ، برای افزایش مقاومت ورودی وکم کردن اثر خازن ورودی یک نوسان نما بکار می روند. همان طور که در شکل 37,8 آمده است ، ترکیب یک مقاومت ویک خازن را می توان به یک نوسان نما اضافه کرد . اثر این کار ، انتقال پایانه ورودی از پانل جلویی به انتهای پروب خواهد بود . اکنون فرض کنید در شکل 37,8 می خواهیم سیگنال ورودی را ده برابر تضعیف کنیم با استفاده از معادلات(27,8)و (28,8)، باتوجه به $k= 10$ می توانبم مقدار

مقاومت R_1 وخازنC_1را بترتیب زیر حساب می کنیم :

$$R_1 = R2(K-1) = (1M\Omega)(10-1)= 9M\Omega$$

$$\frac{C2}{K-1}C_1 = \frac{30pF}{10-1} = \quad = 3/33\ pF$$

توجه کنید که مقاومت ورودی جدید **Ri** ،مقاومت کل است بنابراین :

$$R_i = R_1 + R_2 = 10M\Omega$$

$$\frac{C1\ C2}{C1+C2}Ci = \quad = 3pF$$

مقاومت ورودی ده برابر شده است ، درحالی که همزمان ، خازن ورودی $\frac{1}{10}$ مقدار اولیه اش شده است ، ترکیب **R1وc1** ، پروب ضربدر 10(10برابر) نامیده می شوند.

خازن **C1** معمولا برای جبران سازی واختلافات خازن ورودی در نوسان نما های مختلف ، قابل تنظیم است اگر خازن پروب بهخ مقدار غلطی تنظیم شود ، نوسان نما مشخصه های پاسخ فرکانسی ضعیفی (نامناسبی) از خود نشان می دهد. تنظیم پروب معمولا از طریق نمایش یک موج مربعی رو صفحهٔ **CRT** وارسی می شود. هرگاه پروب بدرستی جبران سازی نشود طثق شکل 38,8 ، برروی موج مربعی تاثیر معکوس خواهد گذاشت هرگاه مقدار خازن C_1 فوق العاده کوچک باشد ، از لبهٔ بالا روندهٔ موج مربعی گرد نی شود اما اگر مقدار خازن **C1** فوق العاده بزرگ باشد. لبهٔ بالا روندهٔ موج مربعی ، فراجهش خواهد داشت .

19,8 مشخصات

شخصی که می خواهد نوسان نمایی رابخرد نیاز دارد که مشخصات آن را کاملا بداند . استفاده ای که قصد داریم از نوسان نما بکنیم هنگام بررسی مشخصاتی که نوسان نما را باید داشته باشد ، یکی از عوامل تصمیم گیری ماست. یک نوسان نمای خاص چندین مصالحه ارائه می کند که مستقیما مشخصات وسیله را تحت تاثیر قرار می دهند و بنابراین در تحلیل نهایی ، نوع اندازه گیری هایی راکه باید با نسان نما انجام شود تعیین می کنند. برای مثال ، در استفادهٔ همه منظوره

، مشخصات نوسان نما ، اغلب مصالحه ای بین حساسیت و پهنای باند برقرار می کنند در حالی که برای کارهای خاص با فرکانس بالا می توان پهنای باند را در ازای کم کردن حساسیت افزایش داد. اغلب سازنده گان عمدهٔ نوسان نما چندین مدل از نوسان نماهای همه منظوره را پیشنهاد می کنند که در درجهٔ اول از لحاظ پهنای باند وحساسیت متفاوت هستند . این ابزارهای اندازه گیری عموما با CRT حدود 5 اینچ طراحی شده اند که خو مصالحه ای شایسته بین اندازهٔ وسیله واندازهٔ صفحه نمایش است .

در طراحی نوسان نماها ، نیاز به بکاربری های خاص موجب محدودیت هایی می شود که بسیاری از مشخصات را تحت تاثیر قرار می دهند . برای مثال وقتی قابل حمل بودن نوسان نما ضروری باشد، باطری ها منبع عمده توان الکتریکی خواهند بود که در نتیجه جریان وولتاژ را محدود می کنند. این محدودیت ها ، حساسیت ، پاسخ فرکانسی وشدت ترسیم را تحت تاثیر قرار می دهند . خواندن مشخصات اغلب گیج کننده و سردر گم کننده است . خواننده باید دقیقا معنای هر پارامتری را که مشخص شده است بداند ، زیرا کمپانی ها مشخصات را متفاوت می نویسند. برای مثال ، مشخصاتی که بصورت مقدار عددی بدون تولرانس ها داده می شوند عموما مقدار نوعی از یک وسیلهٔ متوسط هستند . در حالی که مشخصاتی که به شکل عددی همراه با تلرانس ها بیان می شوند ، سازنده آن ها را تضمین کرده است . جدول 2,8 یک مجموعه مشخصات را برای یک نوسان نمای آزمایش گاهی همه منظوره نشان می دهد.

20,8 کاربردها

گسترهٔ کاربری نوسان نماها از اندازه گیری ولتاژهای مقدناتی و مشاهدهٔ شکل موج ها تا کاربردهای خاص در همه زمینه های علوم ، مهندسی و فناوری تغییر می کند در اینجا چند کاربرد را شرح می دهیم.

1,20,8 اندازه گیری های ولتاژ

بی واسطه ترین اندازه گیری ولتاژ توسط نوسان نما ، مقدار پیک تاپیک است اگر لازم باشد مقدار rms ولتاژ براحتی از مقدار پیک تاپیک قابل محاسبه است برای رسیدن به یک مقدار ولتاژ در نمایش روی *CRT* ، باید محل قرار گیری تنظیم تضعیف کنندهٔ عمودی ، که برحسب *volt/div* (ولت/قسمت) بیان می شود و انحراف پیک تاپیک را مشاهده کرد بنابراین مقدار پیک تاپیک ولتاژ را می توان به صورت زیر محاسبه کرد.

$$V_{P\text{-}P} = (\text{ولت/قسمت})\ (\text{ما قسمت تعداد}/1)\ (\ ) \qquad (19,8)$$

مثال: 9,8 شکل موجی که در شکل 39,8 ملاحظه می شود بر روی صفحهٔ یک نوسان نما مشاهده شده است اگر تضعیف کنندهٔ عمودی روی مقدار 0/5V/div قرار داده شود دامنهٔ پیک تاپیک سیگنال را تعریف کنید.

حل. بااستفاده از معادلهٔ 29,8، می توانیم مقدار پیک تاپیک ولتاژ را بصورت زیر محاسبه کنید

$$V_{P\text{-}P} = (\text{ولت/قسمت})\ (\text{ما قسمت تعداد}/1)\ (\ )$$

$$\frac{0/5V}{div} = (\ )\frac{3div}{1}(\ ) = 1/5\ V_{P\text{-}P}$$

2,20,8 اندازه گیری های دوره تناوب ودوره فرکانس

دوره تناوب و فرکانس سیگنال های متناوب به سادگی با یک نوسان نما اندازه گیری می شود . شکل موج باید به گونه ای به نمایش درآید که یک سیکل(چرخه) کامل روی صفحهٔ ***CRT*** ظاهر شود .هر چه تک سیکل به نمایش در آمده ، بیشتر فاصلهٔ افقی صفحه نمایش را پر کند معمولا صحت اندازه گیری بیش تر می شود دورهٔ تناوب بترتیب زیر محاسبه می شود.

$$T=(\frac{\text{زمان}}{\text{قسمت}})(\frac{\text{تعداد قسمتها}}{\text{سیکل}}) \qquad (30,8)$$

بنابراین فرکانس بصورت عکس دورهٔ تناوب قابل محاسبه است

$$f=\frac{1}{T} \qquad (31,8)$$

3,20,8 تعیین فرکانس با الگو های لیساژو

نوسان نما را می توان درمد **X-Y** برای تعیین فرکانس یک سیگنال بکار گرفت. فرکانس را می توان با اعمال یک سیگنال با فرکانس نا معلوم به پایانه ورودی **X**یا **Y** ویک سیگنال با فرکانس معلوم به پایانه ورودی دیگر تعیین کرد الگویی که روی صفحه مشاهده می شود ، یک شکل لیساژو نامیده می شود . الگوی لیساژو ی خاصی که مشاهده می شود ، بستگی به نسبت دو فرکانس دارد . این روش ، محدودیت هایی دارد ، واز آنجا که شمارنده های فرکانس دیجیتال ارزان قیمت به بازار آمده اند ، از این روش به صورت گسترده استفاده نمی شود . یک محدودیت ، این است که نسبت دو فرکانس باید با نسبت دو عدد صحیح بیان شود. محدودیت دیکر این است که 10:1 تقریبا حد اکثر نسبت فرکانسی است که می توان بکار برد. در نسبت های بالاتر ، الگوی لیساژو آنقدر پیچیده می شود که تعیین فرکانس نا معلوم بسیار مشکل خواهد شد.

اگر فرکانس های سیگنال های اعمال شده به ورودی های X وY مساوی یکدیگر باشند ، یعنی اگر نسبت آنها 1:1 باشد واگر سیگنال های X وY به اندازۀ 90 درجه اختلاف فاز داشته باشند، یک

الگوی دایره ای مشاهده خواهد شد . نسبت 2:1 طبق شکل 40,8 ، یک الگوی بشکل 8 ایجاد می کند . اگر سیگنال به پایانۀ ورودی افقی اعمال شود، شکل 8 عمودی خواهد بود واگر فرکانس سیگنال ورودی عمودی ، دو برابر سیگنال ورودی افقی باشد ، شکل 8 خوابیده خواهد بود .

نسبت هایی که مساوی با یک عدد صحیح نیستند مثل ۵:۳ ، الگوهای بسیار پیچیده ای ایجاد می کنند.الگویی که در شکل 41,8 آمده است ، یک شکل لیساژو 3:2 بافرکانس عمودی بالا تر است . هرگاه نسبت های فرکانس ، بزرگ تر از 10:1 باشند ، الگوی لیساژو پیچیده تر از آن است که قابل استفاده باشد. بجای این فن، اگر نوسان نما یک ورودی محور Z داشته باشد، شکل لیساژوی حلقه ای که در شکل 42,8 آمده است ، مورد استفاده قرار می گیرد نسبت فرکانس ها با شمردن تعداد خط چین ها در حلقه بدست می آید . الگوی حلقه ای در شکل42,8 نشان می دهد که فرکانس نامعلوم اعمال شده به ورودی محور Z هشت برابر سیگنال اعمال شده به ورودی های افقی و عمودی برای تولید دایره است.

4,20,8 محاسبۀ زاویۀ فاز

نوسان نماهارا همچنین می توان درمد X-Y برای تعیین زاویۀ فاز بین سیگنال هی هم فرکانس بکار برد . الگوی به نمایش درآمده روی صفحۀ *CRT* ممکن است از یک خط مستقیم بایک شیب مثبت، وقتی سیگنال ها هم فاز هستند ، تا یک خط مستقیم با یک شیب منفی ، وقتی سیگنال ها

دارای اختباف فاز 180 درجه هستند، تغییر کند(طبق شکل 43,8). اگر زاویهٔ فاز ، هر زاویه ای بین °0 درجه و °360 باشد طبق شکل 44,8، یک دایره یایک بیضی به نمایش در می آید .

زاویهٔ فازرا به راحتی می توان از روی بیضی تعیین کرد. نسبت عرض از مبدا روی محور Y که در شکل 44,8 باY_1 نشان داده شده ، و انحراف عمودی بیشینه $\mathbf{Y_2}$، مساوی است با سینوس زاویهٔ فاز یعنی :

$$\sin\theta = \frac{Y1}{Y2} \qquad (32,8)$$

که در آن

θ = زاویهٔ فاز بر حسب درجه

$\mathbf{Y_1}$=عرض از مبدا روی محور $\mathbf{Y}$

$\mathbf{Y_2}$= انحراف عمودی بیشینه

مثال :اگر ، درشکل 44,8 فاصلّ $\mathbf{Y_1}$ مساوی 1/8 سانتی متر و فاصلهٔ $\mathbf{Y_2}$ مساوی 2/3 سانتی متر باشد، زاویهٔ فاز چقدر است ؟

حل. بااستفاده از معادلهٔ (32,8) ، می توانیم زاویهٔ فاز را به صورت زیرتعیین کنیم :

$$\sin\theta = \frac{Y1}{Y2}\ \frac{1/8}{2/3} = \ = 0/783$$

$$\theta = 51/5°$$

21,8 **خلاصه**

نوسان نمای پرتوی کاتدی ، یک وسیلهٔ آزمایش گاهی پر کاربرد است . قلب نوسان نما ، لامپ پرتو کاتدی است که یک صفحهٔ فسفر اندوده دارد وروی آن ، بازسازی سیگنال اعمال شده به پایانه های ورودی نوسان نما به نمایش در می آید . مدارهای الکترونیکی در این ابزاراندازه گیری، برای اجرای عملیات CRT و آمایش سیگنال، ضروری است. مدارهای الکترونیکی اصلی ، عبارت اند از :

تقویت کننده های عمودی وافقی ، مولد جارو شامل مدار راه اندازی و منابع تغذیهٔ مربوطه.

حساسیت و پهنای باند نوسان نما را عمدتا تقویت کنندهٔ عمودی تعیین می کند. مولد جارو ، یک شکل موج ولتاژ دندانه اره ای تولید می کند که باریکهٔ الکترونی را به صورت افقی ، جارو می کند.

اگر بخواهیم که الگوی بنمایش در آمده ، بازسازی دقیق و عینی سیگنال ورودی باشد، باریکهٔ الکترونی باید به فواصل افقی یکسانی ، درواحد زمان ، منحرف شود .

در نوسان نماهای آزمایشگاهی ، تمهیداتی برای راه اندازی ، جاروی تاخیری و سایر ویژگی های پیش رفته در نظر گرفته شده است. بعلاوه بسیاری از آن ها توانایی های ترسیم دوگانه دارندکه نمایش دو سیگنال را بطور همزمان اجازه می دهند. بعضی نوسان نما ها دارای قابلیت های حافظه دار بودن و توانایی نمونه برداری از فرکانس های بسیار بالا می باشند.

نوسان نماها در همهٔ زمینه های علوم ، مهندسی و فناوری کاربرد دارند. ویژگی های خاصی مانند قابلیت های نمونه برداری وبه حفظه سپاری ، درجهٔ مفید بودن این ابزار اندازه گیری را ارتقاء می دهند .

22,8 واژه نامه

تضعیف کننده . یک ابزار ثابت یا متغیر که برای کم کردن دامنهٔ سیگنال ورودی به یک مدار الکترونیکی یاسبگنال خروجی از یک مدار الکترونیکی بکار می رود.

پهنای باند . گسترهٔ فرکانسی که یک وسیله یا یک مدار طراحی شده است تا عملکردی با حدود تعیین شده ، در آن داشته باشد .

موازی کردن . مستقیم و موازی کردن مسیر های الکترون ها .

حساسیت انحراف . ولتاژ کمینهٔ لازم برای ایجاد انحراف عمودی به اندازهٔ یک قسمت (**div**) .

جاروی تاخیری .فنی برای به تاخیر اندازی جارو کردن یک باریکه در عرض صفحه***CRT*** به فاصلهٔ زمانی دقیقی بعد از راه اندازی نوسان نما .

فلوئورسانی . دارا بودن خاصیت گسیل کردن نور پس از بمباران شدن با الکترون ها .

صفحهٔ شطرنجی .مقیاس بندی روی یک مادهٔ شفاف که صفحهٔ ***CRT*** ، به منظور راه اندازی ، با آن مجهز شده است .

تقویت کننده افقی .مداری که سیگنال های اعمال شونده بصفحات انحراف افقی را تقویت می کند .

شکل لیساژو .الگوهایی که هنگام اعمال سیگنال های متناوب به صفحات انحراف یک نوسان نما تشکیل می شوند . دو فرکانس باید نسبت صحیحی از اعداد را بسازند.

فسفر . ماده ای که وقتی در معرض انرژی تابشی یا بمباران ذرات اتمی قرار گیرد، روشن ودرخشان می شود.

زمان بازگشت .مدت زمان لازم برای بازگشت باریکهٔ الکترونی به مکان اولیه اش روی صفحهٔ ***CRT*** ، پس از منحرف شدن براست به وسیلهٔ شکل موج دندانهٔ اره ای .

ارتعاش .نوسان های میراکه در مدارهایی که نامناسب تنظیم شده یا بد طراحی شده اند ، ایجاد می شود.

حساسیت .نسبت سیگنال ورودی لازم به مقدار انحراف . خاصیتی از یک وسیله (نوسان نما)که ضریب مقیاس را تعیین می کند.

موجهٔ اخلو ورودی معرف تولیدکنندهٔ شکل موجی که به نوبهٔ خود باعث می شود باریکهٔ الکترونی در ***CRT***

.

زمان جارو مدت زمانی که در طول آن ، باریکه بوسیلهٔ ولتاژ دندانه اره ای فزایندهٔ خطی ، سمت چپ تا راست صفحهٔ ***CRT*** را جارو می کند .

انتشار گرمایونی . تبخیر (متصاعد شدن) از الکترون ها از یک صفحهٔ گرم شده .

8,23 پرسشهای مروری

پرسشهای زیر باید بعد از مطالعه کامل فصل پاسخ داده شوند. هدف از این پرسشها تعیین میزان

فهم خواننده از مطالب است.

۱. اجزای اصلی یک لامپ پرتو کاتدی کدام‌اند؟

۲. واژهٔ فسفرسانی به چه معناست؟

۳. شکل موج خروجی یک مولّد جارو را توصیف کنید و بگویید چرا این نوع شکل موج لازم است؟

۴. هنگام مشاهدهٔ یک شکل لیساژو، از چه نسبتی برای محاسبهٔ زاویه فاز استفاده می‌شود؟

۵. آیا شکل موج به نمایش در آمده روی صفحهٔ CRT یک نوسان‌نمای نمونه‌بردار، دارای فرکانسی بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از سیگنال ورودی واقعی است؟

۶. جبران‌سازی یک پروب (گمانه)، از طریق اعمال یک موج مربّعی بررسی می‌شود. اگر لبهٔ بالارونده موج مربّعی، گرد شده باشد، مقدار خازن پروب نسبت به آنچه باید باشد، چگونه است؟

۷. نام الگویی که هنگام به‌کارگیری نوسان‌نما در مد $X-Y$ به نمایش در می‌آید چیست؟

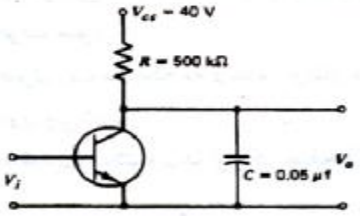
۸. چگونه می‌توان به‌طور همزمان، مقاومت ورودی نوسان‌نما را زیاد کرد و ظرفیت خازنی ورودی را کم کرد؟

۲۴.۸ مسائل

۱.۸ حساسیت انحراف یک نوسان‌نما، ۳۵V/cm است. اگر فاصلهٔ صفحات انحراف تا صفحهٔ CRT مساوی ۱۶cm، طول صفحات انحراف، ۲/۵cm، و فاصله بین صفحات انحراف، ۱/۲cm باشد، ولتاژ آند شتاب‌دهنده چقدر است؟

۲.۸ پهنای باند کمینهٔ لازم برای اینکه یک نوسان‌نما بتواند یک موج مربّعی با زمان صعود ۱۸nsec را، بدون اعوجاج، نمایش دهد چقدر است؟

۳.۸ اندازهٔ ولتاژ V_o در شکل ۴۵.۸ بعد از ۲۰msec چقدر است؟



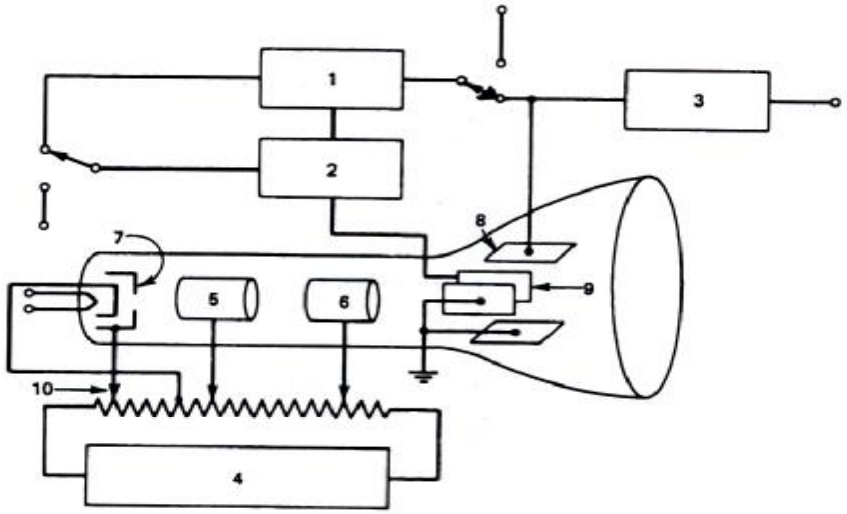
شکل ۴۵.۸ مدار مربوط به مسألهٔ ۳.۸.

۴.۸ اگر ولتاژ دو سر خازن درشکل ۴۵.۸ در زمانی که یک پالس ورودی با پهنای باند ۱۰μsec به

مدار اعمال می‌شود، ۲۰V باشد، V_o را در انتهای پالس ۱۰μsec محاسبه کنید. ترانزیستور، در مدار ۲۵۰Ω مقاومت از خود نشان می‌دهد.

۵.۸ نمودار جعبه‌ای یک نوسان‌نمای مقدماتی را رسم کنید، روی هر جعبهٔ آن برچسب بگذارید و کار هر جعبه را مختصراً شرح دهید.

۶.۸ اجزای مشخص شده در شکل ۴۶.۸ را شناسایی کنید.



شکل ۴۶.۸ شکل مربوط به مسألهٔ ۶.۸.

۷.۸ مقدار مقاومت‌های شبکهٔ تضعیف‌کنندهٔ شکل ۴۷.۸ را برای فراهم ساختن مقادیر volts/div مشخص شده برای هر موقعیت، محاسبه کنید.

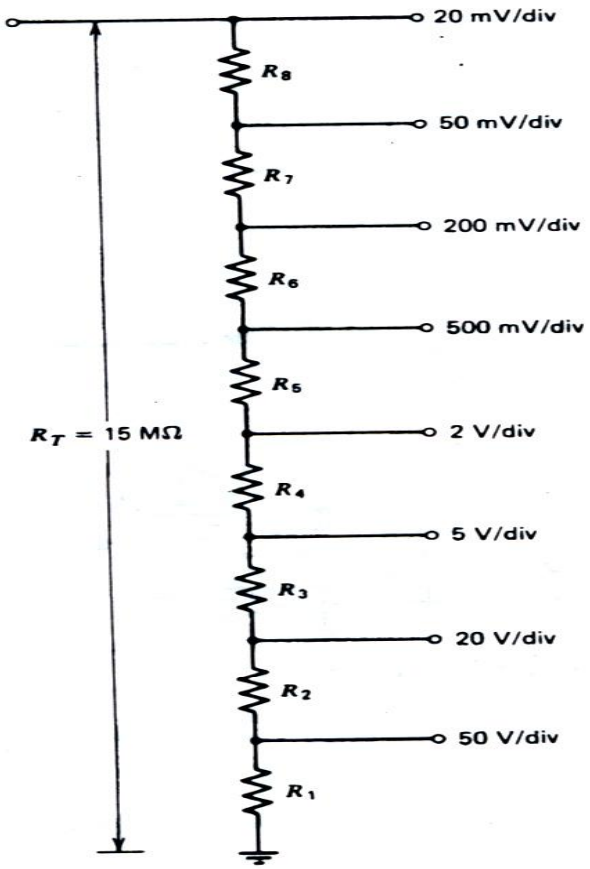
۸.۸ ضریب تضعیف را برای هر موقعیت volts/div در مسأله ۷.۸ محاسبه کنید.

۹.۸ شکل موج نشان داده شده در شکل ۴۸.۸ روی صفحهٔ CRT مشاهده می‌شود. اگر کلید time/div در موقعیت ۱۰μsec و کلید Volts/div در موقعیت ۲۰۰mV باشد، فرکانس و دامنهٔ پیک تا پیک این سیگنال را تعیین کنید.

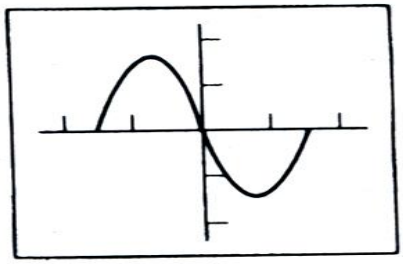
۱۰.۸ قطار پالس نشان داده شده در شکل ۴۹.۸ (الف)، یک مولّد جارو را راه‌اندازی می‌کند و شکل ۴۹.۸ (ب) روی صفحهٔ CRT به نمایش در می‌آید. موقعیت کلید time/div را مشخص کنید.

۱۱.۸ در مدار نشان داده شده در شکل ۵۰.۸، C_1 چقدر باشد تا V_o مساوی یا $0/1V_i$ شود؟

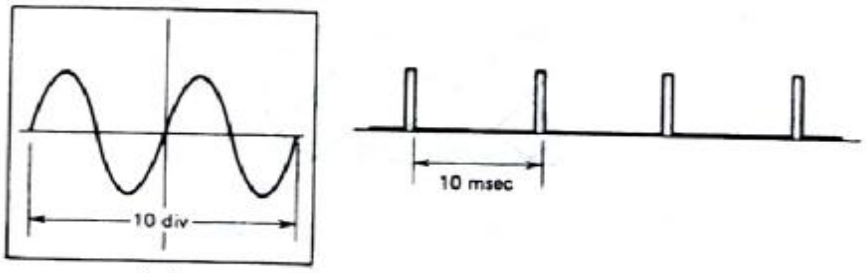
۱۲.۸ اگر یک سیکل (چرخه) یک موج سینوسی و ۱۰kHz، دقیقاً منطبق بر طول صفحهٔ شطرنجی CRT به پهنای ۱۰ قسمت باشد موقعیت کلید time/div را مشخص کنید.



شکل ۴۷.۸ شبکهٔ تضعیف‌کننده مربوط به مسألهٔ ۷.۸.

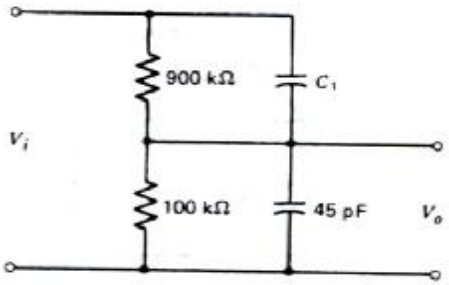


شکل ۴۸.۸ نمایش CRT مربوط به مسألهٔ ۹.۸.



(ب) (الف)

شکل ۴۹.۸ شکل موج و نمایش CRT مربوط به مسألهٔ ۱۰.۸.



شکل ۵۰.۸ مدار مربوطه به مسألهٔ ۱۱.۸.

۱۳.۸ اگر تقویت‌کنندهٔ عمودی یک نوسان‌نما دارای پهنای باند ۱۵MHz باشد، سریع‌ترین زمان صعودی که یک ورودی برای نمایش بدون اعوجاج، می‌تواند داشته باشد، چقدر است؟

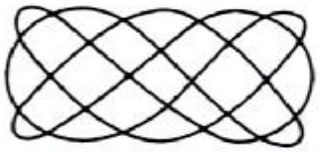
۱۴.۸ دو موج سینوسی که دارای اختلاف فاز °۹۰ هستند، به پایانه‌های ورودی یک نوسان‌نما که در مد $X-Y$ کار می‌کند، اعمال می‌شوند. اگر فرکانس سیگنال اعمال شده به ورودی عمودی، دو برابر فرکانس سیگنال اعمال شده به ورودی افقی باشد، شکل موجی را که می‌تواند روی صفحهٔ CRT به نمایش درآید رسم کنید.

۱۵.۸ یک پروب (گمانه) با امپدانس بالا با مقاومت ۹MΩ و خازن ۴pF به یک نوسان‌نما با مقاومت ورودی ۱MΩ وصل می‌شود. اگر وقتی پروب وصل می‌شود، ظرفیت خازنی مؤثر، به ۳٫۶pF کاهش یابد، ظرفیت خازنی نوسان‌نما به تنهایی چقدر است؟

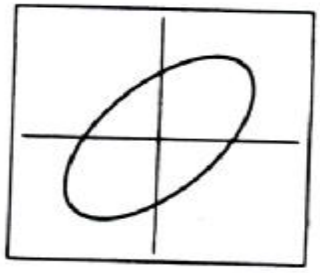
۱۶.۸ اگر فرکانس افقی ۵۱Hz باشد، برای الگوی لیساژوی نشان داده شده در شکل ۵۱.۸، فرکانس عمودی را تعیین کنید.

۱۷.۸ اختلاف فاز بین دو موج سینوسی را که با الگوی نشان داده شده در شکل ۵۲.۸ مشخص شده‌اند، بیابید.

۱۸.۸ یک نوسان‌نمای نمونه‌بردار برای مشاهدهٔ یک موج سینوسی ۴۰۰MHz به‌کار می‌رود. یک پالس نمونه‌بردار در هر ۳ nsec ایجاد می‌شود. ۵ سیکل از سیگنال ۴۰۰MHz را رسم کنید و در موضع نمونه‌برداری شده بر روی هر یک از ۵ سیکل، نقطه بگذارید.



شکل ۵۱.۸ شکل لیساژوی مربوط به مسألهٔ ۱۶.۸.



شکل ۵۲.۸ نمایش CRT مربوط به مسألهٔ ۱۷.۸.

۲۵.۸ تجربه‌های آزمایشگاهی

در تجربه‌های آزمایشگاهی E۱۸ تا E۲۲، نظریهٔ ارائه شده در فصل ۸ به‌کار گرفته می‌شود. هدف این آزمایش‌ها، فراهم کردن تجربیات کاربردی لازم به منظور درک دقیق مفاهیم، برای دانشجویان است.

آزمایش‌های E۱۸ تا E۲۱، هیچ ابزار خاصی لازم ندارند و در هر آزمایشگاه الکترونیک نسبتاً مجهز به سادگی قابل انجام هستند. آزمایش E۲۲ نیاز به یک میز پرتو کاتدی دارد.

محتوای گزارش آزمایشی که باید توسط هر دانشجو تحویل داده شود، در انتهای دستور کار هر آزمایش، آمده است.

POWEREN.IR