

حسگرها (دریابه) و مبدل ها

Sensors & Transducer



حسگر یا مبدل

- هر دو از اجزاء وسایل اندازه گیری هستند
- هر دو کمیتی فیزیکی را به شکل قابل استفاده ای تبدیل می کنند
- حسگر اینکار را بدون دریافت انرژی خارجی انجام می دهد ولی مبدل با دریافت انرژی خارجی!!

تعاریف دیگر از ترانسدیوسر

- انرژی را از شکلی به شکل دیگر تبدیل می کنند
– تبدیل انرژی الکتریکی، نیوماتیکی، هیدرولیکی و غیره به نیروی مکانیکی یا تغییر مکان که در این صورت به آنها **ترانسدیوسر های خروجی یا Activator** می گویند
- گاهی به **ترانسدیوسر های ورودی سنسور** اطلاق می شود
– تبدیل دما ، فشار، و کلیه پارامتر های حالت به علائم الکتریکی

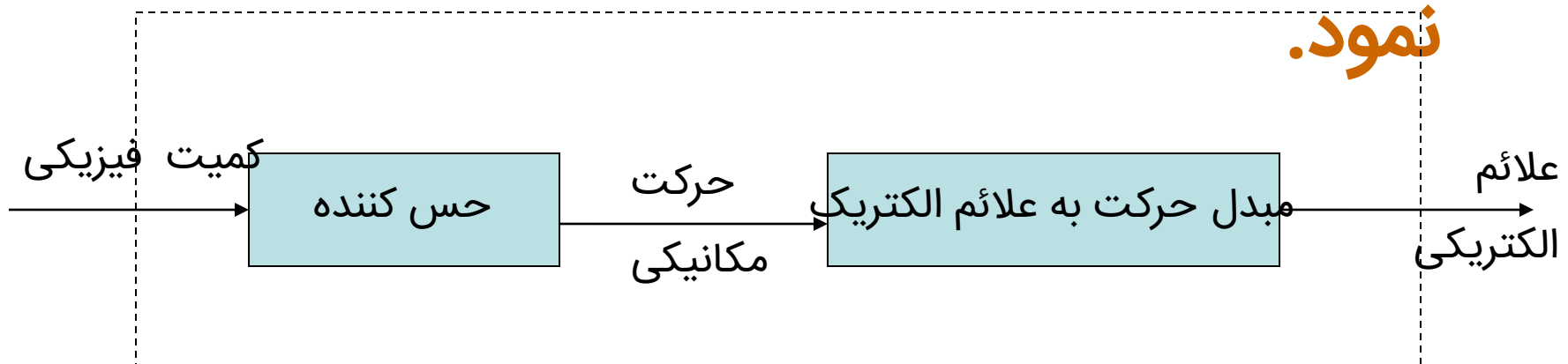
انواع مبدل

1. کمیتهای غیر الکتریکی به الکتریکی (4 تا 20 میلی آمپر) یا 5 -
1 ولت
1. شکل ولتاژی معمولاً ارجح است
 2. کمیتهای غیر الکتریکی به پنوماتیکی
 3. پنوماتیکی به الکتریکی
 4. الکتریکی به پنوماتیکی
- مبدل های الکتریکی به دلایل زیر ارجح تر هستند
 - اصطکاک و اینرسی در خروجی انها تاثیر ندارد
 - تقویت سیگنال با سهولت انجام می شود
 - ثبت، نمایش و انتقال سیگنال تسهیل می شود

مبدل کمیت‌های غیر الکتریکی به الکتریکی

- تغییر کمیت‌های مختلف (تغییر مکان، درجه حرارت، فشار و ...) به تغییرات علائم الکتریکی (4 تا 20 میلی آمپر)

- بسته به نوع کمیت اولیه می توان آنها را به حرکت مکانیکی تبدیل و نهایتاً به علائم الکتریکی تبدیل نمود.



ترانسدیوسر الکتریکی

روشهای تبدیل حرکت مکانیکی

• خواص الکتریکی

– مقاومت

– ظرفیت

– سلف

• فشار

• سطح مایع

• دما

• رطوبت

• نیرو



استفاده از تغییر مقاومت یا استرین گیج Strain Gauge

- مقاومت هادی با طول رابطه خطی مستقیم و با سطح مقطع رابطه معکوس دارد: λ

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

- با کشیدن سیم مقاومت از طریق افزایش طول و کاهش سطح مقطع افزایش می یابد
- جهت بهبود بازده سیم مقاومت را روی ورق نازک پلاستیکی می چسبانند (قطر سیم حدود 1 هزارم اینچ)
- مقاومت معمول هر استرین گیج حدود 30Ω to $3 \text{ k}\Omega$ (unstressed).
- جهت اندازه گیری دقیق باید از تغییرات کم مقاومت استفاده نمود و به صورت پل

• بدلیل متداول بودن در اندازه گیری کرنش (Strain) به آنها Strain gauge می گویند

• برای تغییر طول نسبی در اثر تنش، نیرو، فشار و یا حرارت

• متشکل از سیم مقاومتی ظریف به صورت رفت و برگشتی

• رابطه حاکم

$$\frac{\Delta R}{R} = G \cdot \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = G \varepsilon$$

• مقدار تغییر در مقاومت را می توان به تنش نیز مرتبط نمود

• تغییر فرم در استرین گیج باید تا حد الاستیک باشد

• برای اینکه تغییر مقاومت قابل اندازه گیری باشد باید طول سیم حساس زیاد باشد

• - فاکتور گیج بالا (ایجاد کم کرنش سبب تغییرات زیاد در مقاومت)

• سطح اشغال شده کم باشد تا بتوان به کرنش نقطه ای نزدیک شد

• بصورت حکاکی و مارپیچی

ضریب گِیج gage factor

• بیانگر مقدار تغییر در مقاومت گِیج به تغییر طول

$$G = \frac{\delta R / R}{\delta L / L} = \frac{\delta R}{\varepsilon R}$$

R: مقاومت اولیه گِیج (بدون اعمال کرنش)

δR : تغییر در مقاومت

L: طول گِیج

δL : تغییر در طول گِیج

ε : مقدار کرنش

G : فاکتور گِیج که حدوداً 2 برای لایه فلزی و

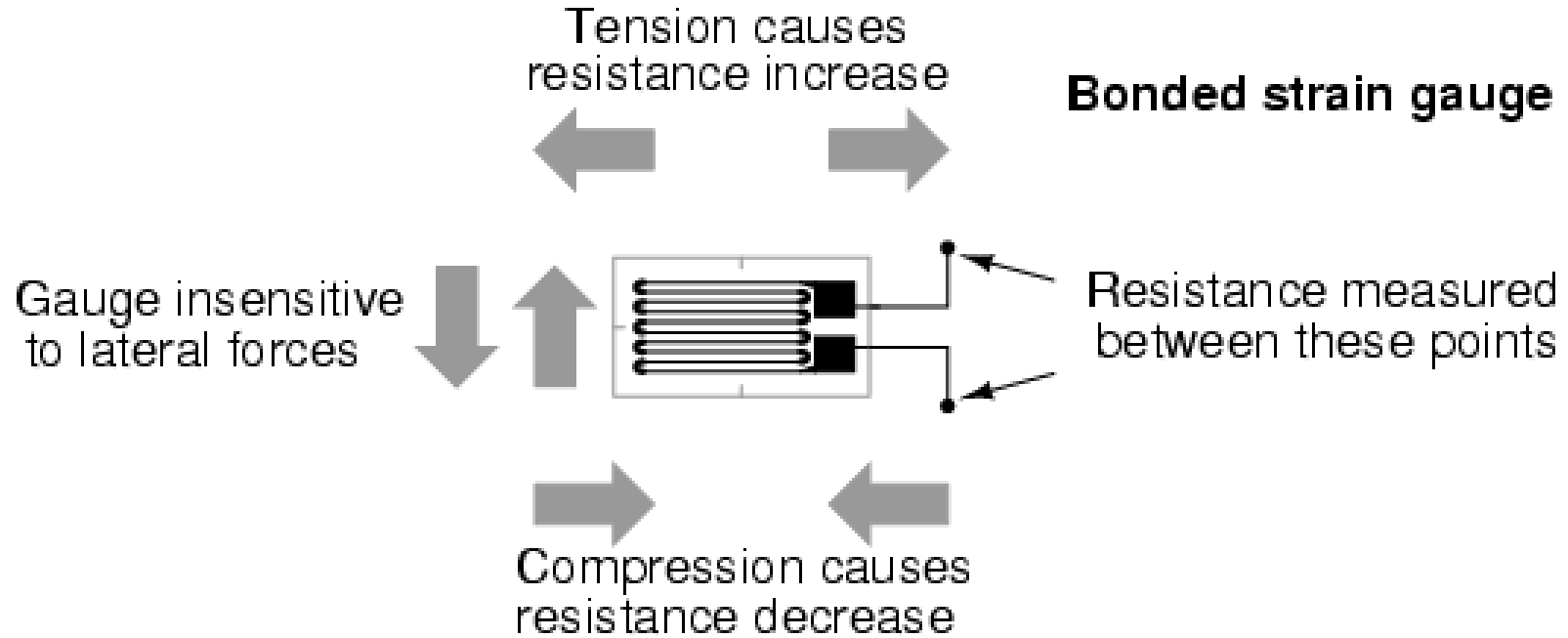
تا 20 برای لایه ضخیم و نیمه هادی

مواقعی با K نشان داده می شود

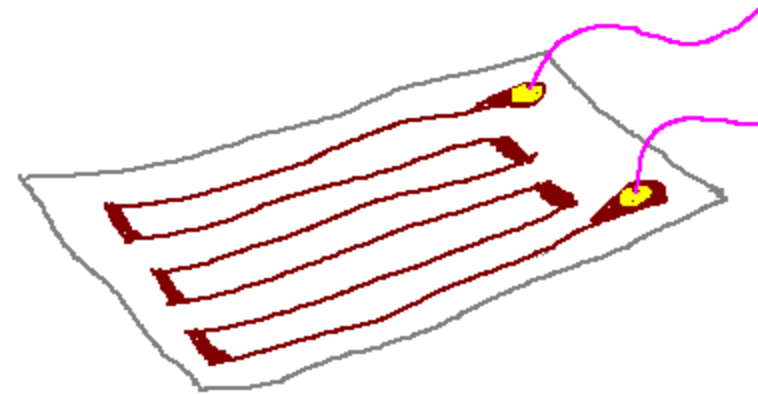
استرین گیج به صورت پل

- چون مقادیر تغییرات خروجی کم است مناسبترین روش اندازه گیری پل است
- استفاده از پل مقاومتی (DC) (تقسیم کننده موازی ولتاژ)
- پل امپدانس (AC, DC) مقاومت، خازن و سلف
- بر خلاف پل وتسون که باید با تغییر مقاومت حالت بالانس برقرار نمود در پل S.G. مقدار خارج از بالانس توسط ولت متر که در وسط پل قرار می گیرد، اندازه گیری می شود

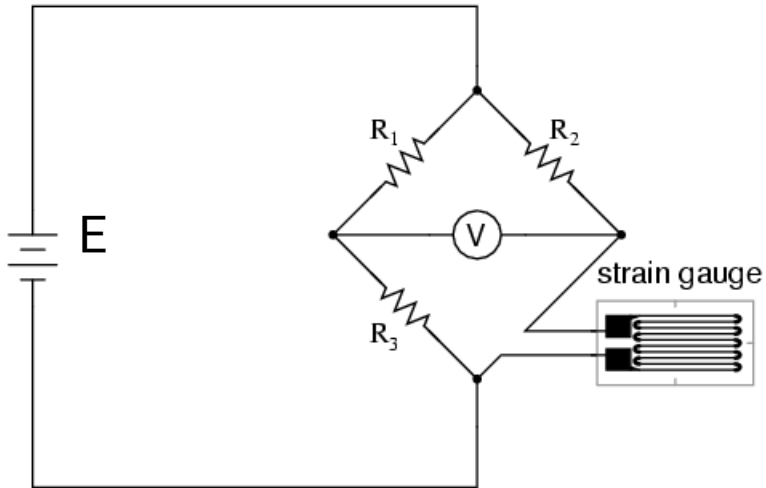
استرین گیج



A thin plastic base supports thin ribbons of metal, joined in a zig-zag to form one long electrically conductive strip. The entire device is typically 10 mm long, with 16 or more parallel metal bands.



Quarter-bridge strain gauge circuit



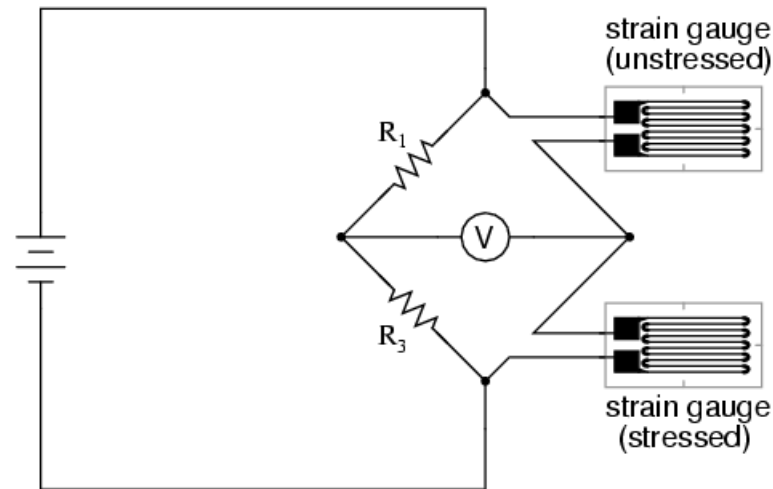
$$\varepsilon = 4V / Ek$$



- the rheostat arm of the bridge (R2 in the diagram) is set at a value equal to the strain gauge resistance with no force applied.
- The two ratio arms of the bridge (R1 and R3) are set equal to each other
- with no force applied to the strain gauge, the bridge will be symmetrically balanced and the voltmeter will indicate zero volts, representing zero force on the strain gauge.

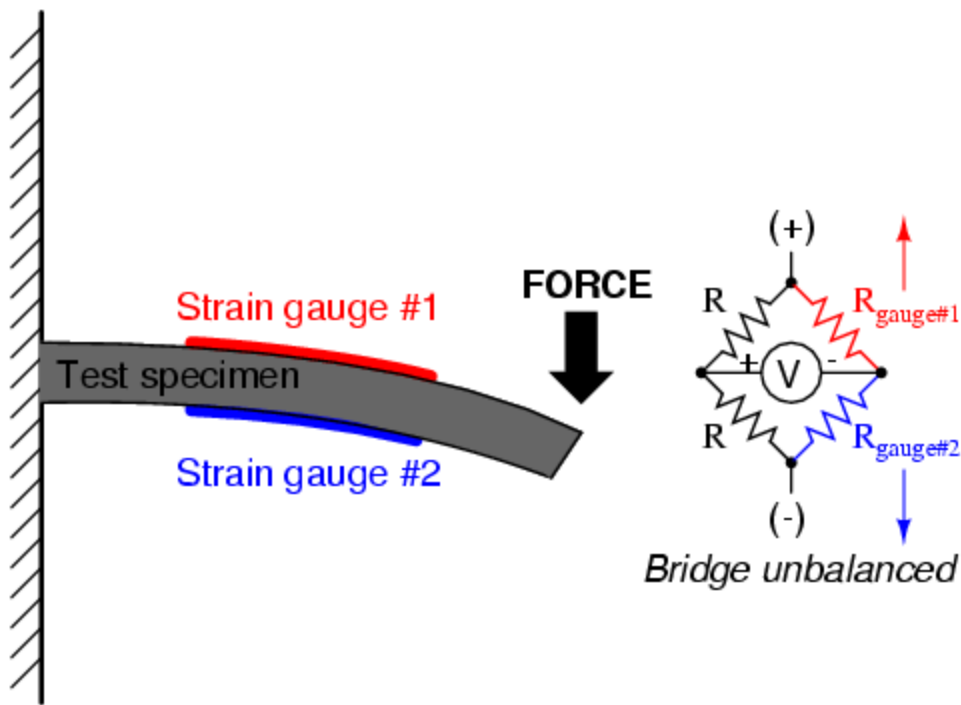
مقاومت سیمها سبب گرم شدن مدار گشته و لذا اندازه گیری با خطا همراه خواهد بود

Quarter-bridge strain gauge circuit
with temperature compensation

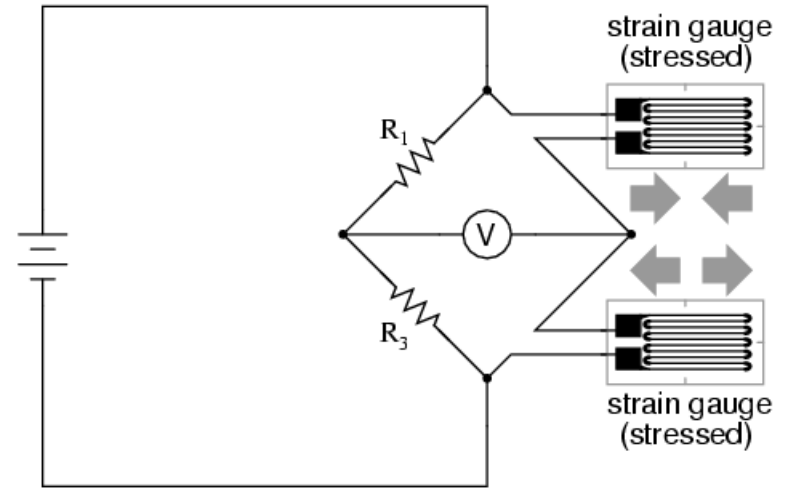


- Resistors R_1 and R_3 are of equal resistance value,
- and the strain gauges are identical to one another.
- With no applied force, the bridge should be in a perfectly balanced condition and the voltmeter should register 0 volts.

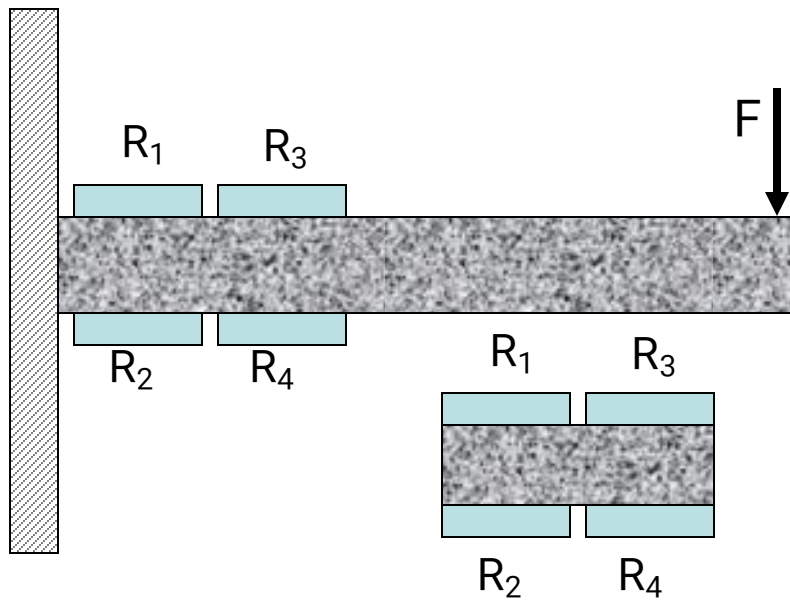
- Both gauges are bonded to the same test specimen, but only one is placed in a position and orientation so as to be exposed to physical strain (the *active* gauge).
- The other gauge is isolated from all mechanical stress, and acts merely as a temperature compensation device (the *"dummy"* gauge).
- If the temperature changes, both gauge resistances will change by the same percentage and the bridge's state of balance will remain unaffected.
- Only a differential resistance (difference of resistance between the two strain gauges) produced by physical force on the test specimen can alter the balance of the bridge.



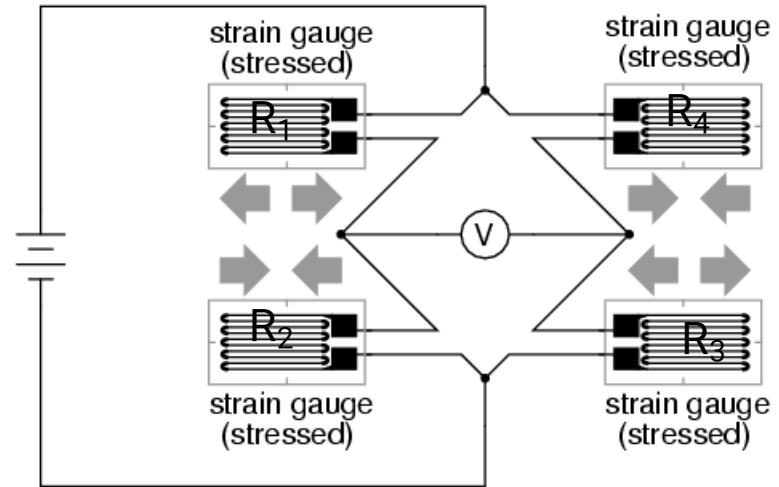
Half-bridge strain gauge circuit



However, if we were to take the upper strain gauge and position it so that it is exposed to the opposite force as the lower gauge (i.e. when the upper gauge is compressed, the lower gauge will be stretched, and visa-versa), we will have *both* gauges responsive to strain, and the bridge will be more responsive to applied force. This utilization is known as a *half-bridge*. Since both strain gauges will either increase or decrease resistance in the same proportion in response to changes in temperature, the effects of temperature change remain canceled and the circuit will suffer minimal temperature-induced measurement error:

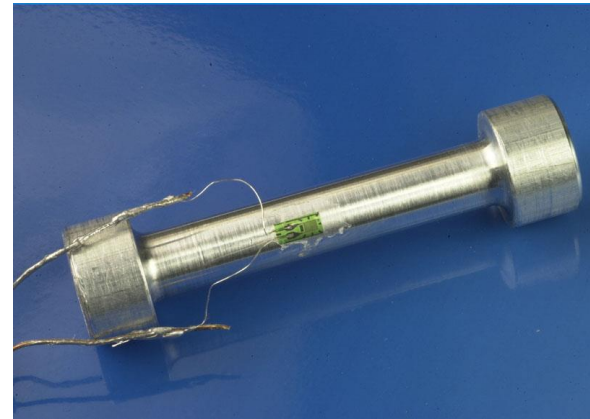
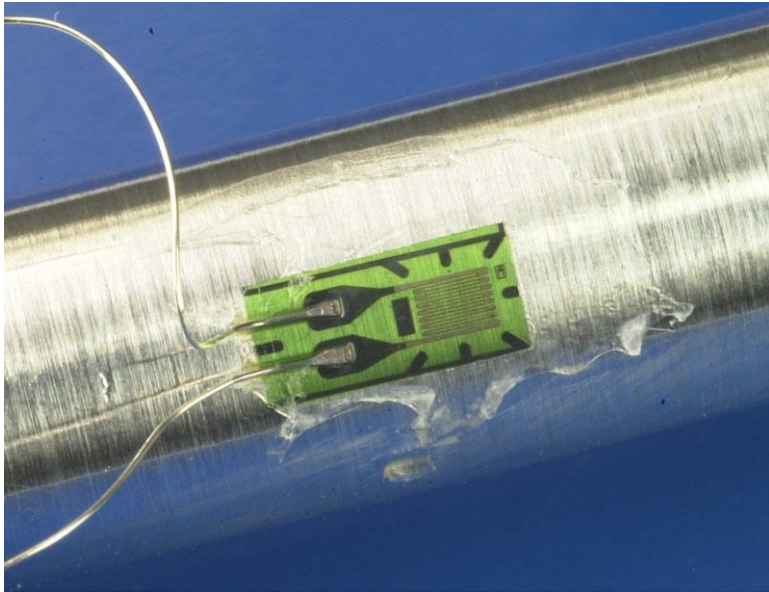


Full-bridge strain gauge circuit



When possible, the full-bridge configuration is the best to use. This is true not only because it is more sensitive than the others, but **because it is linear while the others are not**. Quarter-bridge and half-bridge circuits provide an output (imbalance) signal that is only *approximately* proportional to applied strain gauge force. Linearity, or proportionality, of these bridge circuits is best when the amount of resistance change due to applied force is very small compared to the nominal resistance of the gauge(s). With a full-bridge, however, the output voltage is directly proportional to applied force, with no approximation (provided that the change in resistance caused by the applied force is equal for all four strain gauges!).

طرز استفاده از استرین گیج



ویژه گیهای کرنش سنج خوب

- رابطه بین تغییرات مقاومت و تغییرات کرنش خطی باشد
- مقاومت کرنش سنج کم ولی حساسیت به کرنش بالا باشد
- قیمت ان کم و کاربرد ان آسان باشد
- اندازه فیزیکی و جرم ان کم باشد
- انعطاف پذیر باشد تا بدون ایجاد تنش اضافی در کرنش سنج روی قطعه نسب گردد. حساسیت کمتر به عوامل محیطی مثل دما
- توانایی اندازه گیری استاتیک و دینامیک
- پایداری بالا، خطی بودن و پسماند کم

پتانسیومتر ها

- برای اندازه گیری جابجایی ناشی از سرعت، شتاب، نیرو و فشار (در مقیاس بزرگتر)
- متشکل از عناصر مقاومتی حاوی اتصال متحرک لغزان
 - مقاومت متشکل از سیمی با مقاومت زیاد (مثل نیکروم)
 - نصب روی پایه ثابت
 - مقاومت متغیر بین یک انتهای سیم پیچ و اتصال لغزان
 - حرکت اتصال لغزان ممکن است خطی، چرخان و حتی مارپیچی
 - محدوده حرکت
 - خطی بین 5 تا 1000 میلی متر
 - گرد یا دورانی از 10 درجه تا 60 دور (20000 درجه)
- اگر چه تلاش می شود خروجی آنها خطی باشد ولی می توان نشان داد که با افزایش جابجایی غیر خطی بودن نمایان می شود
 - اگر مقاومت ناشی از جابجایی حدود 10% مقاومت کل باشد خطای ناشی از غیر خطی بودن حدود 5/1%
 - در حداکثر جابجایی حدود 12%

رزولوشن پتانسیومتر

- در نوع سیم پیچی شده (wirewound) تغییرات مقاومت ناشی از حرکت لغزنده به صورت پله ای است (حرکت از یک دور به دور بعد)
 - حداکثر رزولوشن ± 40 میکرومتر است
- در نوع لایه کربنی (کرمیت cermet) مخلوط سرامیک و فلز و یا پلاستیک هادی (مخلوط رزین پلاستیک و پودر فلز)
 - اصطلاحاً دارای رزولوشن بی نهایت هستند (غیر پرشی)
 - مقدار رزولوشن نامشخص
 - بستگی به یکنواخت بودن ساختمان آنها
 - نمی توانند جریانهای عبوری زیاد را تحمل کنند
- نوع هیبرید
 - مزایای هردو
 - لایه ای از پلاستیک هادی بر روی سیم پیچ

استفاده از پتانسیومتر (Rheostat) بعنوان مبدل تغییر مکان به علائم الکتریکی

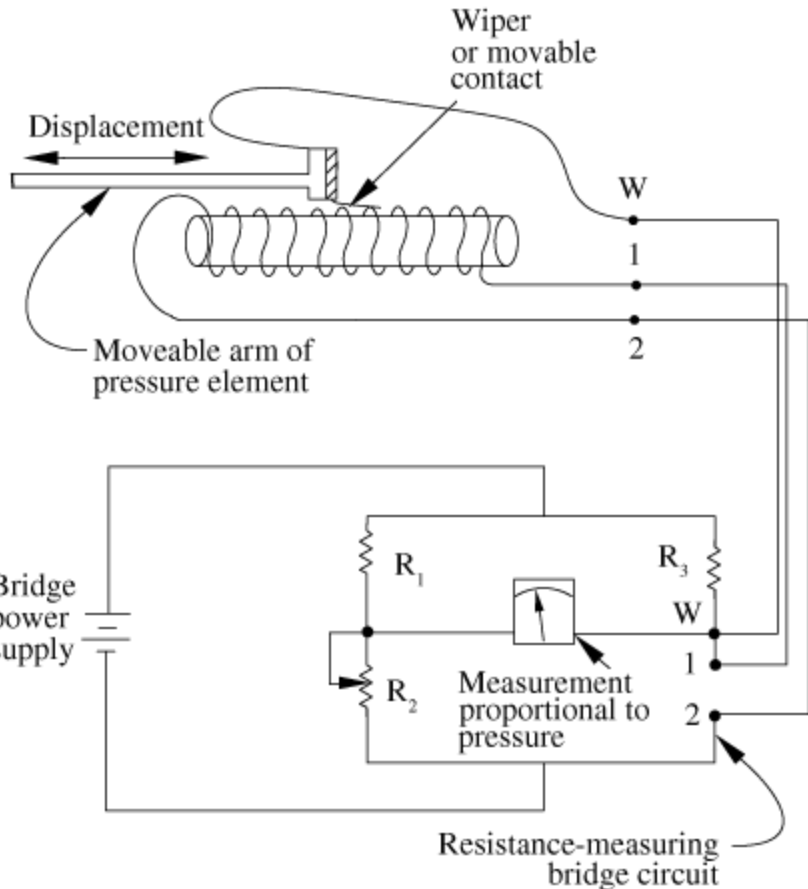
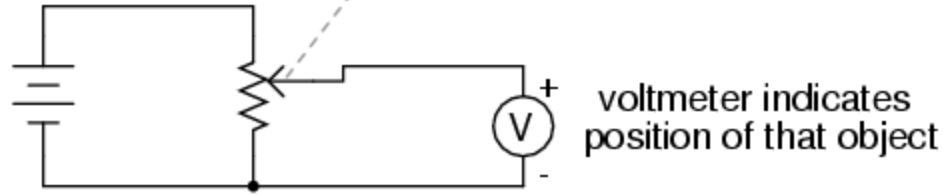
• با اتصال اهرم رئوستا به قطعه مورد نظر حرکات قطعه را می توان بوسیله تغییر مقاومت اندازه گیری نمود .

• تغییر مقاومت به صورت تغییر ولتاژ خروجی می گردد.

• ولتاژ بین نقاط 1 و 2 متناسب با تغییر مکان است

• مقاومت مورد استفاده ممکن است خطی یا حلقوی باشد

potentiometer shaft moved by physical motion of an object



ترانسدیوسر های تغییر مکان خازنی

- ظرفیت خازن در اثر جدا کردن دو جسم هادی توسط یک عایق دی الکتریک حاصل می شود
- وقتی به دو سر خازن ولتاژ اعمال شود بار $\pm Q$ روی دو طرف خازن قرار می گیرد
- ظرفیت خازن عبارتست از نسبت

$$C=Q/V$$

$$C=\epsilon_0 \epsilon (A/d)$$

ϵ_0 : ضریب دی الکتریک خلاء $8.85 \text{ e}^{-12} \text{ F/m}$

ϵ : ضریب دی الکتریک ماده

استفاده از تغییر ظرفیت برای مبدل تغییر مکان به علائم الکتریکی

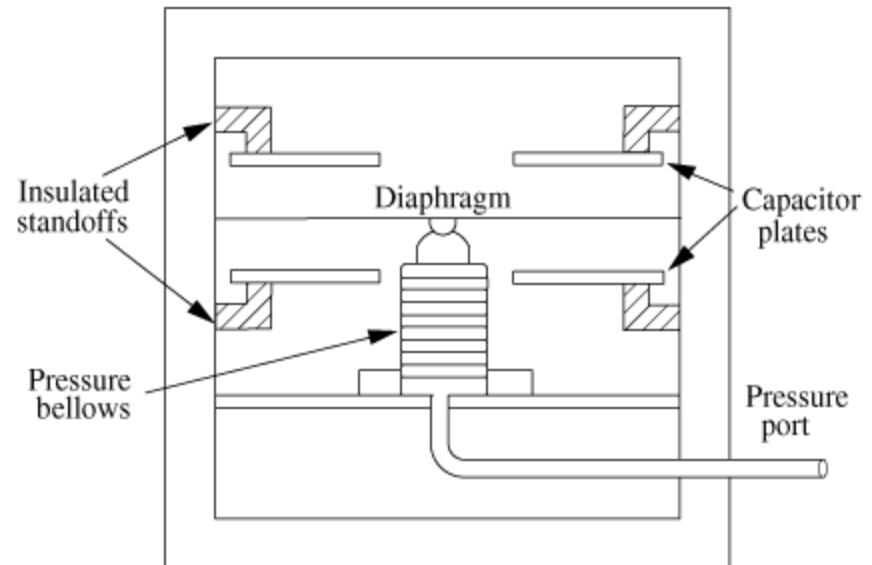
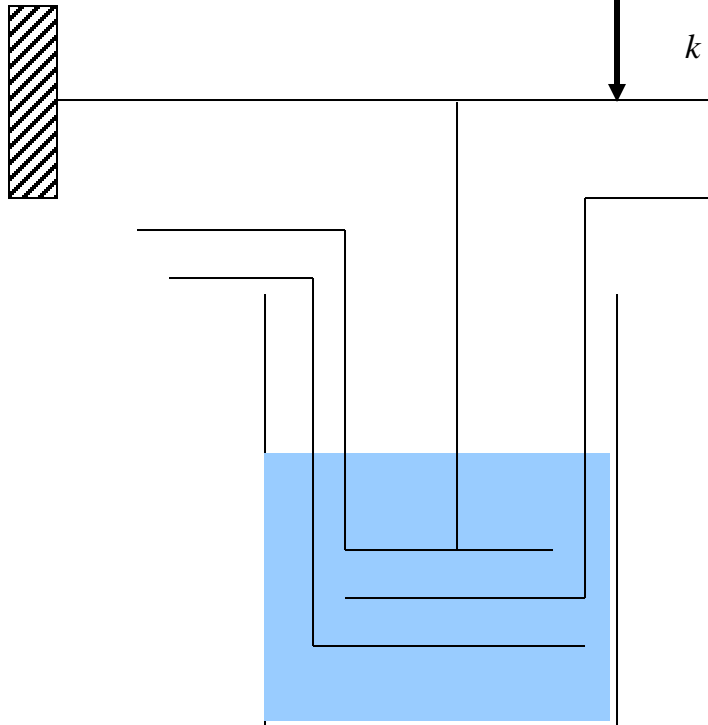
رابطه مورد استفاده:

$$C = k \frac{A}{t}$$

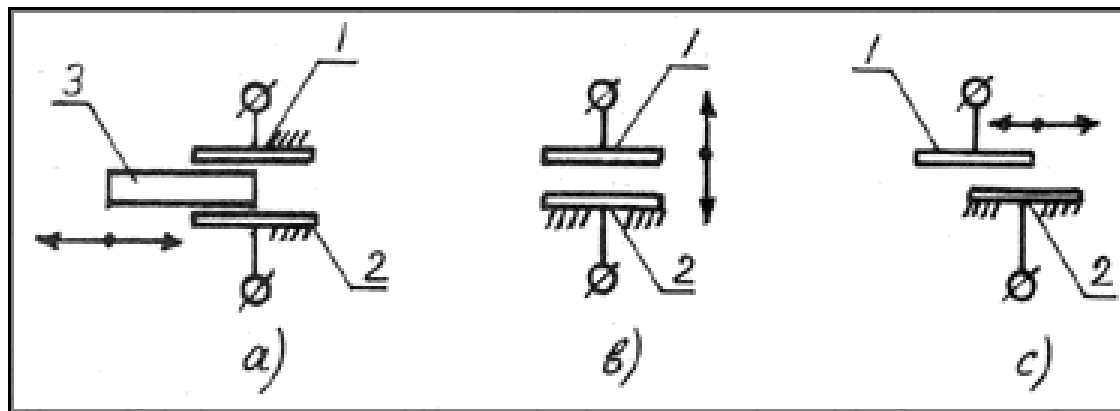
$$k = \frac{\epsilon}{3.6\pi}$$

ϵ : Dielectric constant

تغییر مکان



مناسب تغییر مکان های کوچک ناشی از تغییرات فشار و ش (کمتر از 1 میلی متر)



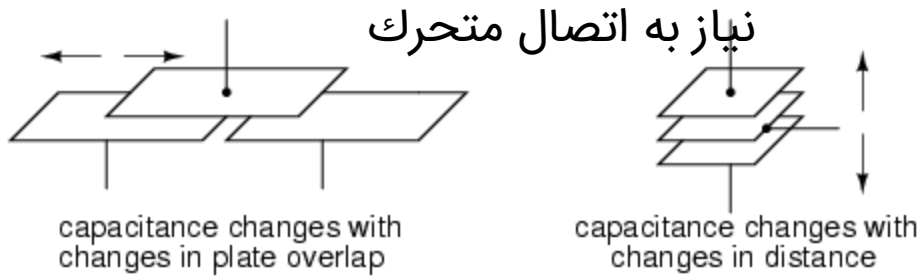
(a) تغییر موقعیت ماده دی الکتریک

(b) تغییر فاصله بین صفحات

(c) تغییر سطح موثر صفحات

- در عمل انواع دو صفحه ای به دلیل خروجی غیر خطی مناسب
- استفاده از سه صفحه ای و یا تفاضلی

Differential capacitive transducers



مبدل‌های خازنی تفاضلی

• معادل LVDT در القایی

• به جای دو سیم اتصال سه سیم وجود دارد
یکی به صفحه

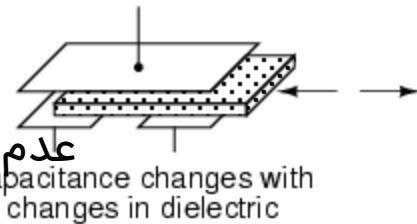
مشترک و دوم سیم دیگر هر یک به صفحه
های مجزا

• اضافه شدن ظرفیت در یک طرف معادل
کم شده در طرف دیگر است

• این نوع مبدل به صورت پل عمل می‌کند
• خروجی ظرفیت در مقیاس پیکو فاراد است
(کمتر از 1000pF یا 1nF)

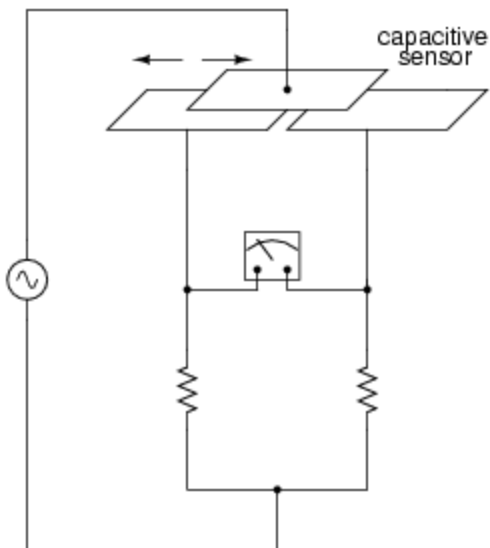
• برای افزایش ظرفیت خروجی و عکس
العمل سریع باید فرکانس مدار تغذیه را زیاد
کرد (بیشتر از 100 kHz)

• شدیداً حساس به تغییرات رطوبت (نیاز به
اب بندی در محفظه خلاء)

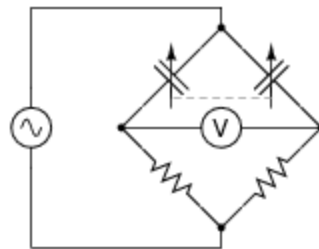


Differential capacitive transducer bridge measurement circuit

Pictorial diagram



Schematic diagram



رفتار مبدل هاي جابجايي خازني



• دو صفحه اي

- غير خطي
- با تغيير d تغيير C بصورت هيپربوليك است
- حساسيت $(\Delta C / \Delta d)$ متناسب با $1/d^2$ است

• سه صفحه اي (تفاضلي)

- خروجي خطي
- اگر در حالت تعادل $C_1 = C_2$ باشد و فاصله در دو طرف d باشد و جابجايي x در صفحه مشترك صورت گيرد ظرفيت ها بصورت:

$$C_1 = \epsilon_0 \epsilon (A / (d + x)) \quad C_2 = \epsilon_0 \epsilon (A / (d - x))$$

اگر ولتاژ اعمال شده V_e ، ولتاژ خروجي بصورت خطي تغيير خواهد كرد:

$$V_{out} = V_1 - V_2 = V_e \left[\frac{C_2}{(C_1 + C_2)} - \frac{C_1}{(C_1 + C_2)} \right] = V_e \left(\frac{x}{d} \right)$$

در اين صورت حساسيت سيستم V_{out} / x بطور معكوس با d متناسب است

استفاده از تغییر اندوکتانس در سلف

Inductive Transducers

- اندوکتانس با ضریب هدایت مغناطیسی هسته آن متناسب است.

- مزیت: عدم نیاز به کنتاکتور لغزنده در پتانسیومتر

- ضعف: فقط با جریان AC کار می کنند

- در این مبدلها از تغییرات خواص مغناطیسی مدارهای الکتریکی در اثر جابجایی اجسام یا هر حرکت مکانیکی (تغییر مکان) استفاده می شود.

1. مبدلهای خود القایی با یک یا دو سیم پیچ

Variable self inductance T

2. مبدل های القاء متقابل
Variable mutual inductance

– دو سیم پیچه

خاصیت خود القایی

- (4) $L = \frac{\mu N^2 A}{l}$
- L: ضریب القایی بر حسب هانری
 - N: تعداد دور سیم پیچ
 - l: طول متوسط سیم پیچ
 - μ : نفوذ پذیری مغناطیسی هسته
 - A: سطح مقطع سیم پیچ



مرور مدار مغناطیسی

- از بسیاری جهات مثل مدار الکتریکی است (MMF متناظر با ولتاژ که باعث جاری شدن فلوی مغناطیسی می شود)

$$V=I.R$$

$$MMF=\phi.\xi = ni$$

- می توان نشان داد که خود القایی L تابعی از رلاکتانس ξ است $L=(n^2/\xi)$
- رلاکتانس نیز :

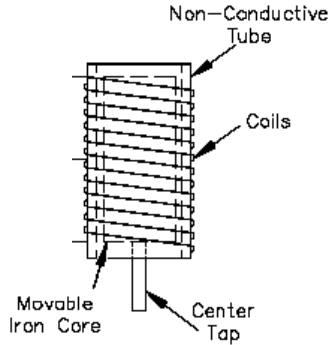
$$\xi = (l / \mu\mu_0 A)$$

ایجاد فاصله هوایی باعث تغییر رلاکتانس و در نتیجه تغییر فلوی مغناطیسی می شود

مثال دور شمار مغناطیسی که فرکانس سیگنال خروجی با دور متناسب است

مدار ساده القایی

- با تغییر مکان هسته permeability مسیر شار تغییر کرده و ضریب القایی تغییر می کند

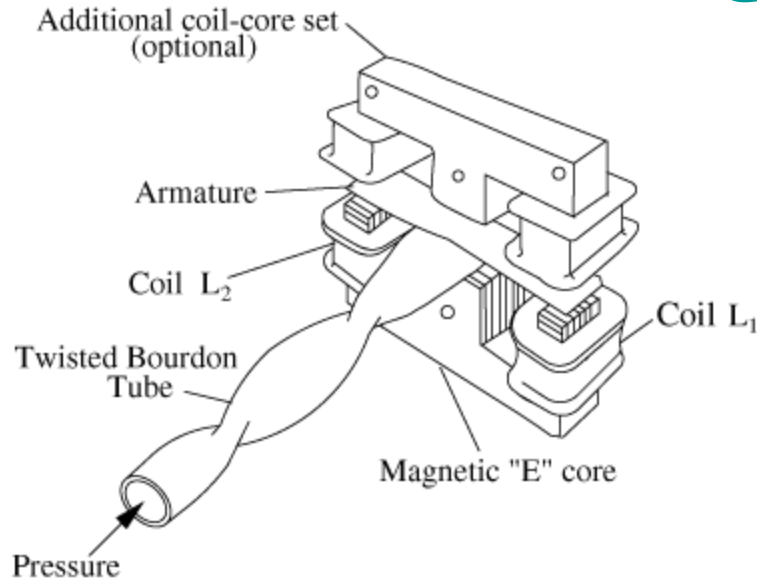


- با اعمال ولتاژ متناوب به دو سر سیم پیچ با حرکت هسته بداخل سیم جریان افزایش می یابد

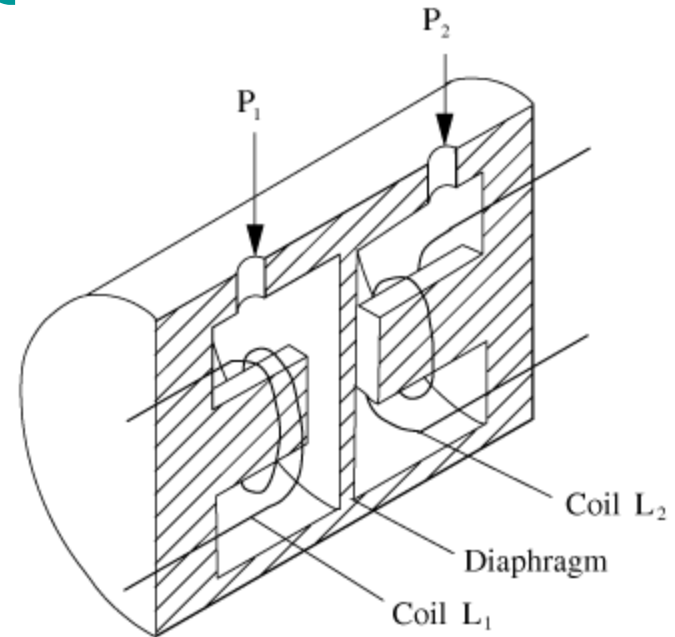
مقاومت (امپدانس) مدار: $x_L = L\omega$ یا $2\pi fL =$

- حرکت هسته می تواند خروجی هر نوع مبدل مکانیکی مثل مبدل فشار تغییر مکان باشد

Variable Mutual induction القائه متقابل



اندازه گیری استاتیکی از نوع
رلاکتانس متغیر



اندازه گیری دینامیکی از نوع
Linear Displacement Transducer , LDT

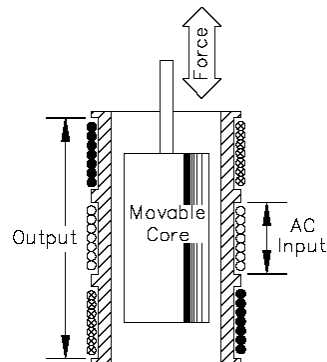


ترانسفورماتور تفاضلی متغیر خطی (LVDT)

LINEAR VARIABLE DIFFERENTIAL TRANSFORMER

- متشکل از یک سیم پیچ اولیه و دو ثانویه که به صورت **سری** مخالف بسته می شوند و یک هسته متحرک.
- اولیه توسط منبع ولتاژ AC تغذیه می شود
- وقتی هسته در وسط قرار دارد ولتاژ القایی در ثانویه ها برابر و ولتاژ خروجی صفر خواهد بود
- با حرکت هسته ولتاژ خروجی به صورت $V_{out} = V_1 - V_2$ تغییر می کند
- ولتاژ خروجی در محدوده های کوچک جابجایی خطی است

$$V_{out} = Cd$$



C : ضریب زاویه منحنی مشخصه

مناسب حرکت خطی و شبه دورانی

پایه تئوری LVDT

ولتاژ سینوسی $V_{(t)} = V_{\max} \sin(\omega t)$

$$V_A = k_A \sin(\omega t - \phi)$$

$$V_B = k_B \sin(\omega t - \phi)$$

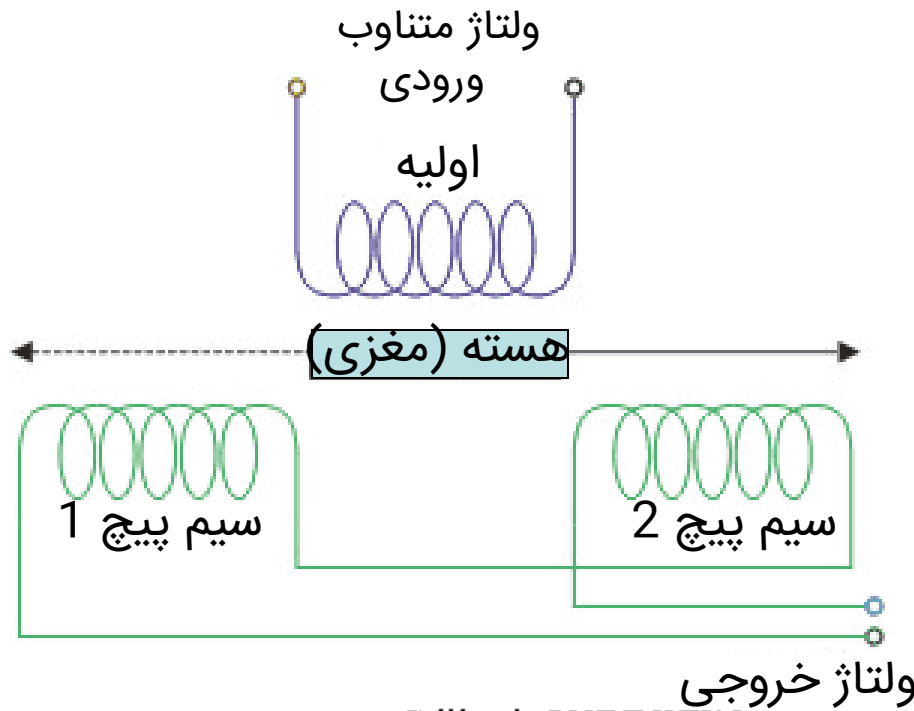
ϕ اختلاف فاز بین سیم پیچ اولیه و دو سیم پیچ ثانویه است

k_B و k_A ضرائب تبدیل مربوط به کوپلینگ بین اولیه و ثانویه است

در حالت تعادل k_B و k_A برابر هستند در نتیجه دو ولتاژ ثانویه برابر و ولتاژ خروجی صفر خواهد بود در غیر حالت تعادل

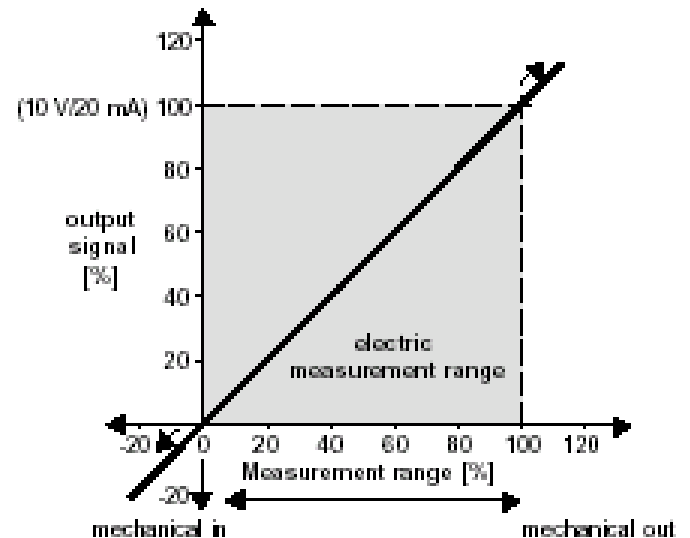
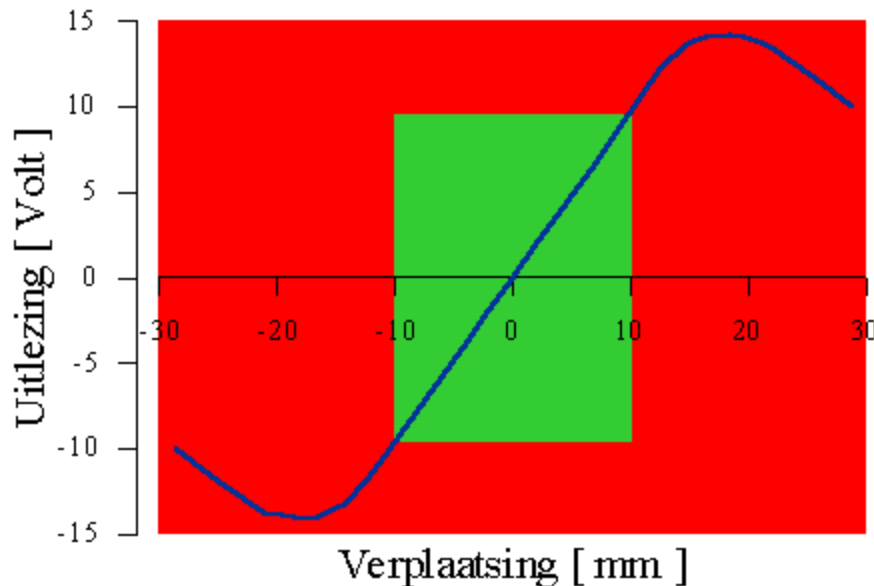
$$V_{\text{out}} = (k_A - k_B) \sin(\omega t - \phi)$$

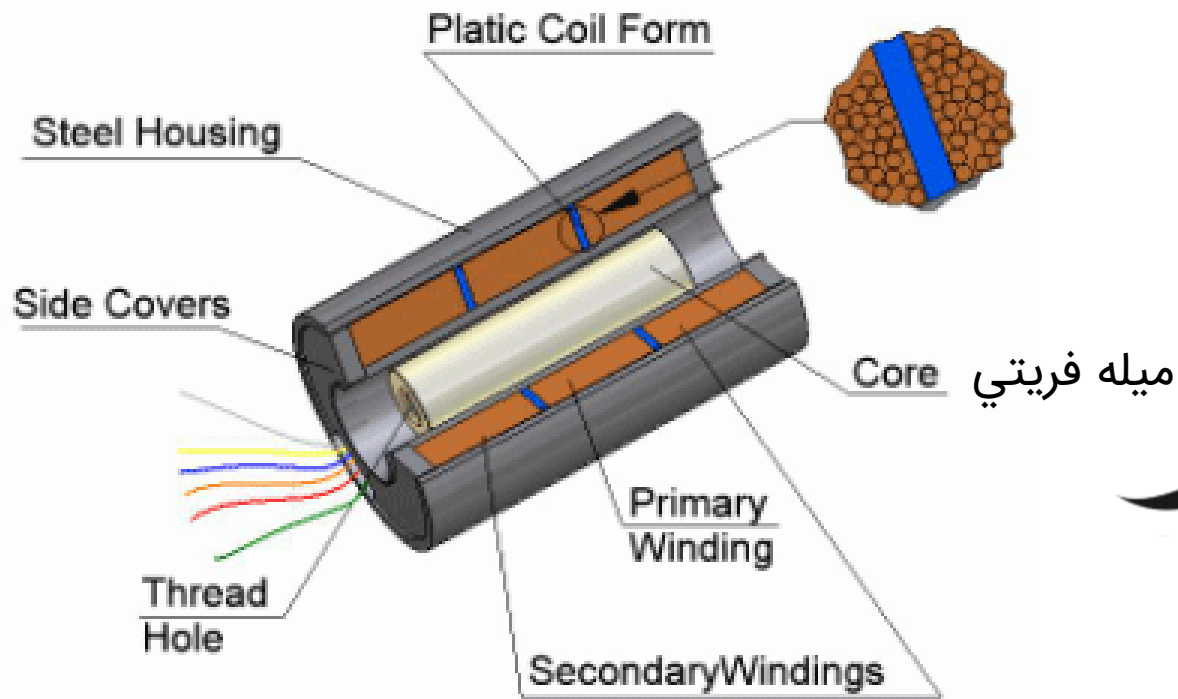
ولتاژ خروجی می تواند یکسو شود و یا اینکه به صورت RMS نمایش داده شود



Linear Variable Differential Transformers are ideal for applications in **harsh** industrial environments such as high temperature and pressure applications, dynamic applications and long term cycles.

Calibratie LVDT WK10



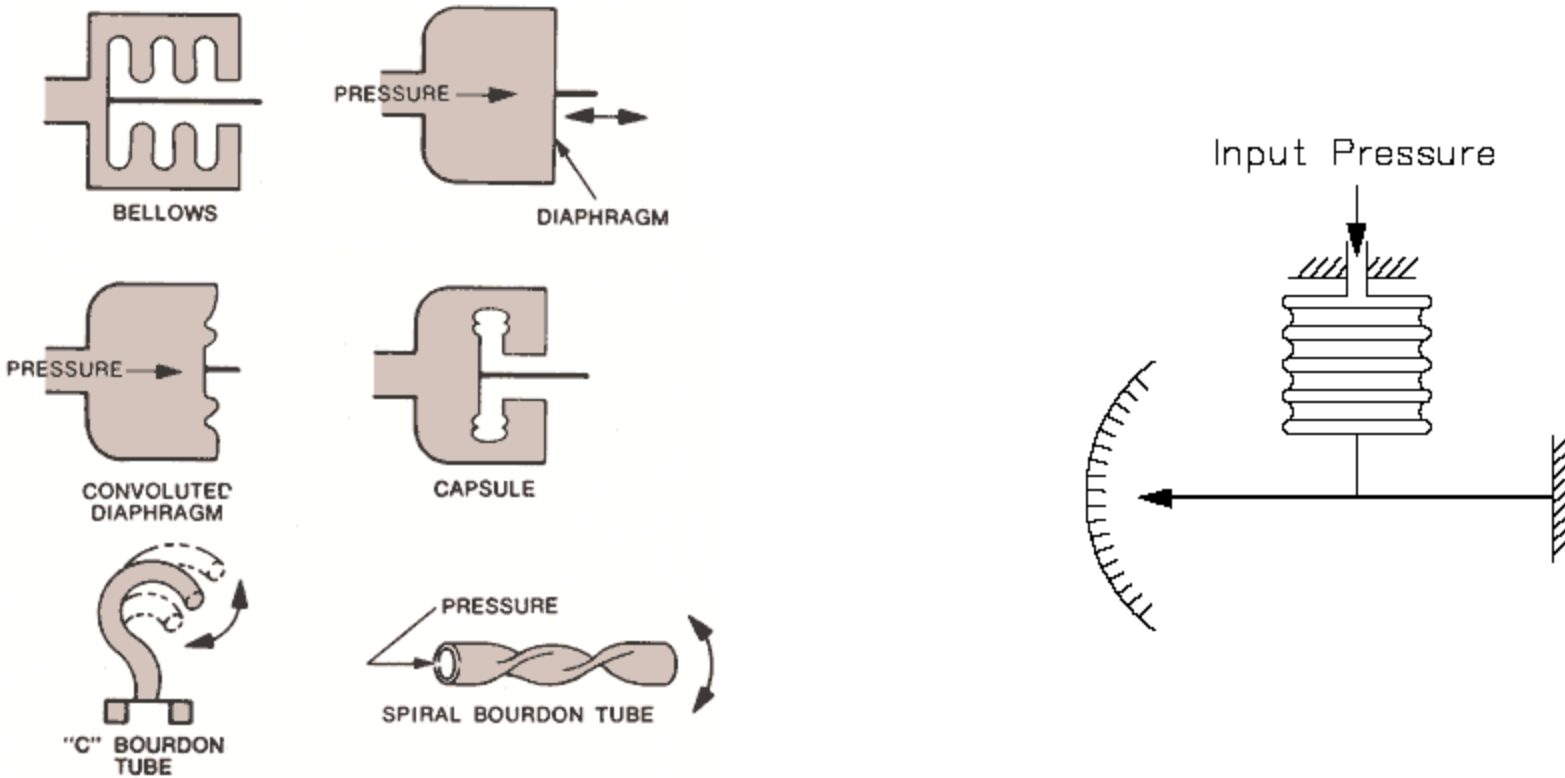


- دو سر وسط عموماً اولیه هستند
- با ولتاژ حدود 24 ولت کار می کنند
- فرکانس بین 50 Hz تا 25 kHz
- معمولاً سیگنال خروجی دستگاه به DC تبدیل می شود
- برای محدوده حرکتی از 25/0 تا 500 میلی متر
- نسبتاً گران و برای کارهای تحقیقاتی

مبدل های مکانیکی

- برای تبدیل کمیت های فیزیکی (نیرو، فشار، دما، رطوبت، ..) به حرکت مکانیکی و جابجایی
- با توجه به اینکه میدان اندازه گیری کمیت های فوق (در صنعت و کلاً همه امور) بسیار وسیع می باشد، حس کردن هر یک از آنها در تمام محدوده آنها با یک حسگر امکان پذیر نیست
- محدوده ها به نواحی کوچکتر تقسیم و در هر مورد حسگر مخصوص استفاده می شود

1. مبدل فشار به تغییر مکان (فانوس Bellow)



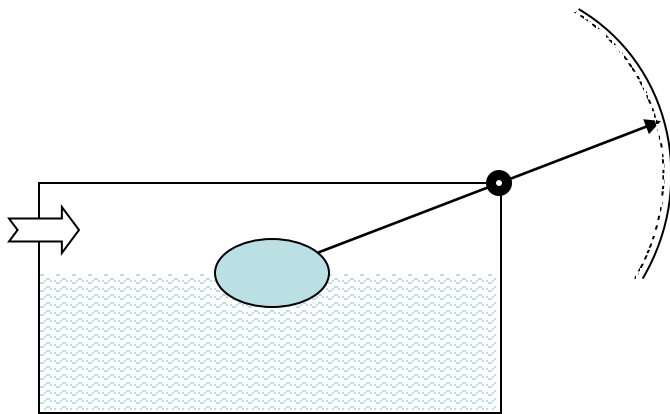
لوله هاي بوردون

- همراه با پتانسومتر براي تشخيص جابجايي
- بطور محسوس رفتار غير خطي
- خطاي هيستريزيس (1 تا 2 % انحراف كامل)
- تا فشار هاي (100000 psi)
- براي فشار هاي كم (1000 psi) نوع مارپيچي و يا تابيده spiral
- - جابجايي بيشتري ايجاد مي کنند
- بالاترين دقت قابل حصول 1/0 %

فانوس Bellow

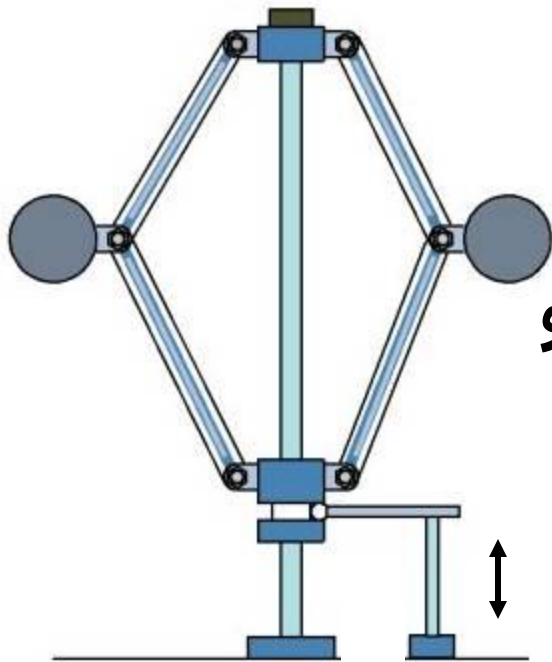
- خطی تر از لوله بوردون
 - برگشت پذیر (هیستریزیس کم)
 - برای حس کردن فشار (در سیستم های پنوماتیک)
 - متشکل از حلقه های فلزی کنار هم
 - مجهز به فنر (Range Spring) مختلف
 - جهت محدوده های مختلف
 - مجموعه فنر و فانوس به گونه ای باید انتخاب شوند
- که به صورت خطی عمل کند

2- نمایشگر (حسگر) سطح مایعات



- ساده ترین سنسور
- با تغییر اتصالات مکانیکی می توان دقت و حساسیت حسگر را بالا برد
- کاربرد در کولر ها، مخازن مواد شیمیائی باک سوخت و کاربراتور

3- دور سنج های مکانیکی

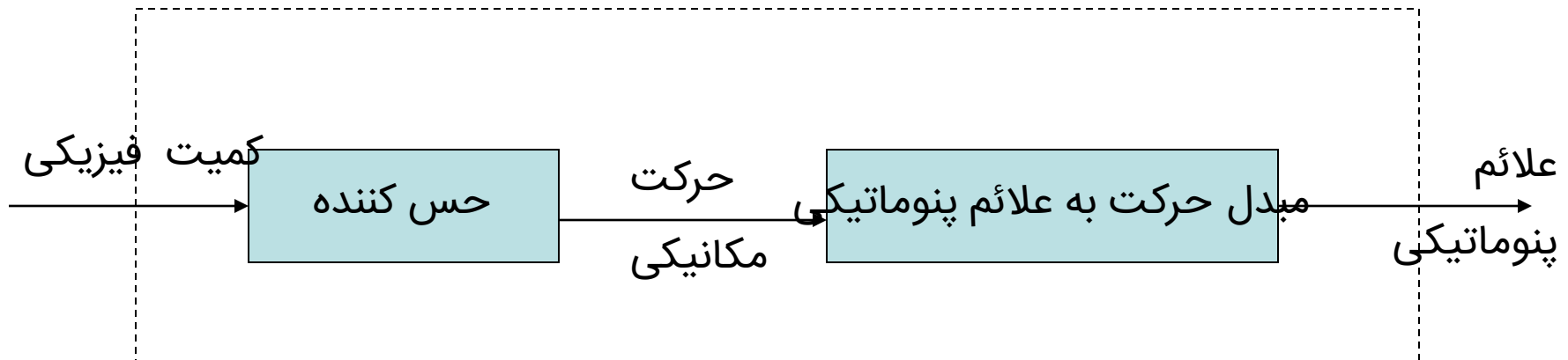


- در واقع مبدل شتاب (نیرو) به تغییر مکان است
 $R\omega^2$
- به عنوان دور سنج در پمپ انژکتور (گاورنر) و دلكو
- بعنوان كليد قطع و وصل در موتور كولر



ترانسیوسر کمیت های فیزیکی به علائم پنوماتیکی

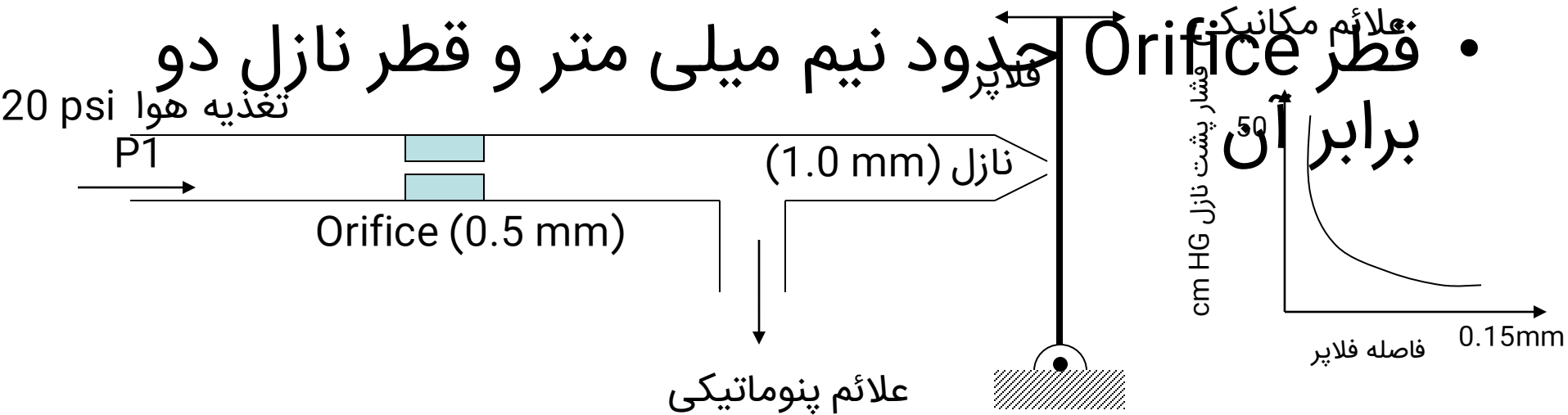
- تبدیل کمیت های مختلف (تغییر مکان، درجه حرارت، ...) به تغییرات فشار هوا (از 3 تا 15 PSIG)



ترانسدیوسر پنوماتیکی

اصول کار

- متشکل از فلاپر و نازل Flapper & nozzle
- فلاپر به عنوان ورودی علائم مکانیکی
- هوای تغذیه بطور استاندارد 20 PSIG یا 2.76 bar
- فشار خروجی تابعی از فاصله فلاپر است (حداکثر 0.15 mm)



ترانسدیوسر های پیزوالکتریک piezoelectric

تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی
piezo means pressure in Greek

پدیده ایجاد الکتریسیته از طریق اعمال فشار بر کریستال ها و تغییر ابعاد

اعمال فشار سبب پولاریزه شدن کریستال و ایجاد ولتاژ می گردد
(مثل میکروفون های پیزوالکتریک)

اثر برگشت پذیر (اعمال ولتاژ به دو وجه روبرو باعث تغییر ابعاد آن می شود)

مواد پیزو الکتریک بصورت بلور یا سرامیک هستند

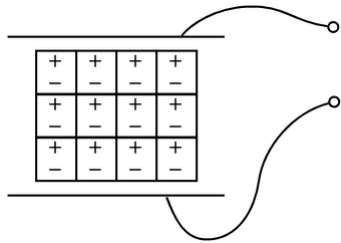
- Electrets are solids which have a permanent electrical polarization. (These are basically the electrical analogs of magnets, which exhibit a permanent magnetic polarization).

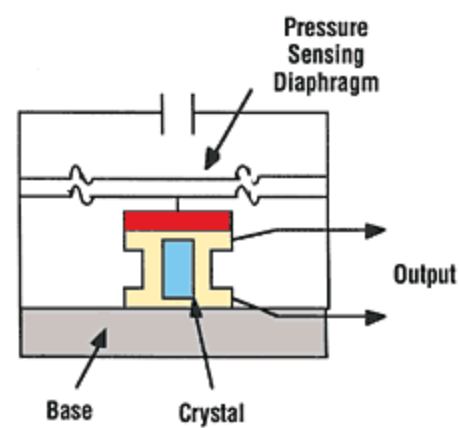
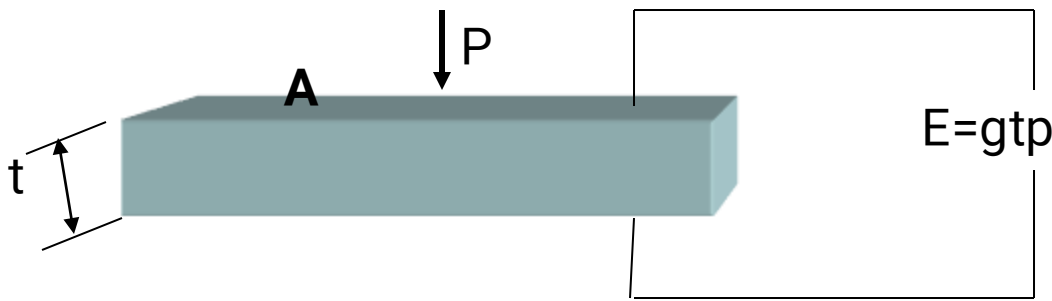
این کریستال ها ساختمانی شبیه الکتریت ها (دوقطبی الکتریکی) دارند

اعمال فشار سبب تغییر فرم دوقطبی ها گردیده به گونه ای که بارها کاملاً خنثی نمی شوند

کریستال کوارتز و نمک روشل خاصیت پیزو الکتریک دارند ولی اثر آن ضعیف است

ترکیبات پیزو الکتریک مصنوعی (سرامیک های فروالکتریک) اثر بیشتر





$$E = gtp$$

$$g = \frac{\text{Field developed}}{\text{Applied mechanical stress}}$$

- **g حساسیت ولتاژ که به صورت نسبت میدان الکتریکی تولید شده و فشار اعمال شده**
- **این نسبت به جنس ماده و جهت بریده شدن کریستال بستگی دارد**

ترانسدیوسر فتوالکتریک

- جهت تبدیل پرتو های نوری به علائم الکتریکی

$$I = S\phi$$

۱: جریان فتو الکتریک (امپر)

ϕ : شدت رو شنایی تابیده شده به کاتد (لومن)

S: حساسیت بر حسب آمپر بر لومن

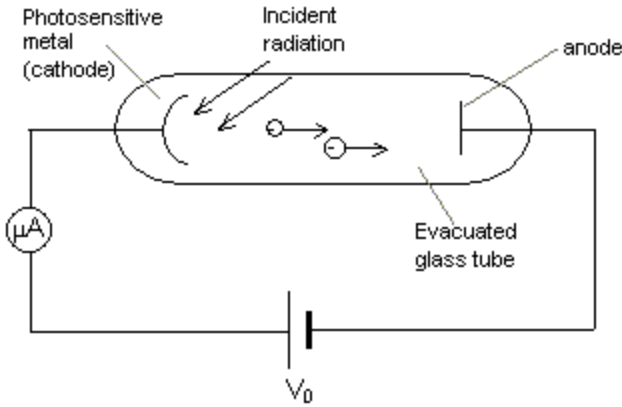
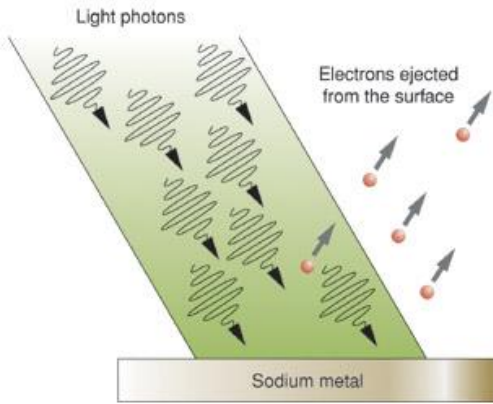
- عوامل موثر

– پوشش لامپ

– طول موج پرتو (اکثر مواد در محدوده

0.2 - 0.8 میکرون)

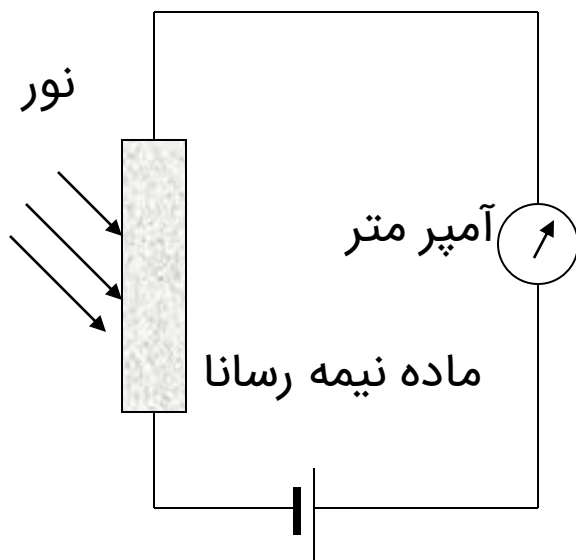
- مناسب اندازه گیری شدت نور



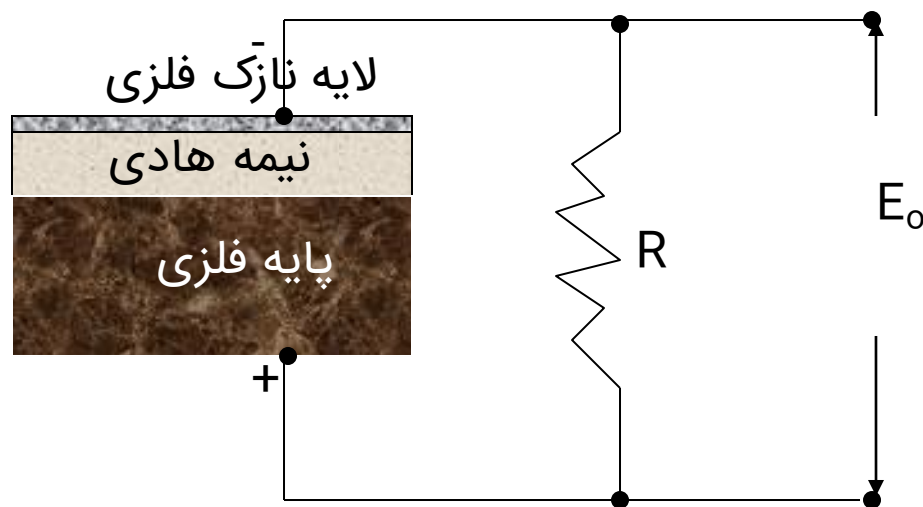
ترانسدیوسرهای نور رسانا

- با برخورد نور به بعضی نیمه رساناها مقاومت آنها کاهش می یابد

- جریان در مدار زیاد می شود
- بعنوان اندازه گیری تشعشع در تمام طول موج ها



ترانسدیوسر یا سلول های فتو ولتایی



اساس کار باتری های خورشیدی

- متشکل از پایه فلزی، ماده نیمه رسانا و لایه نازک شفاف فلزی
- در اثر تابش نور ولتاژ القاء می شود
- ولتاژ خروجی بستگی به مقاومت R (تقریباً " لگاریتمی)
- در مقاومت های کمتر نزدیک به خطی می

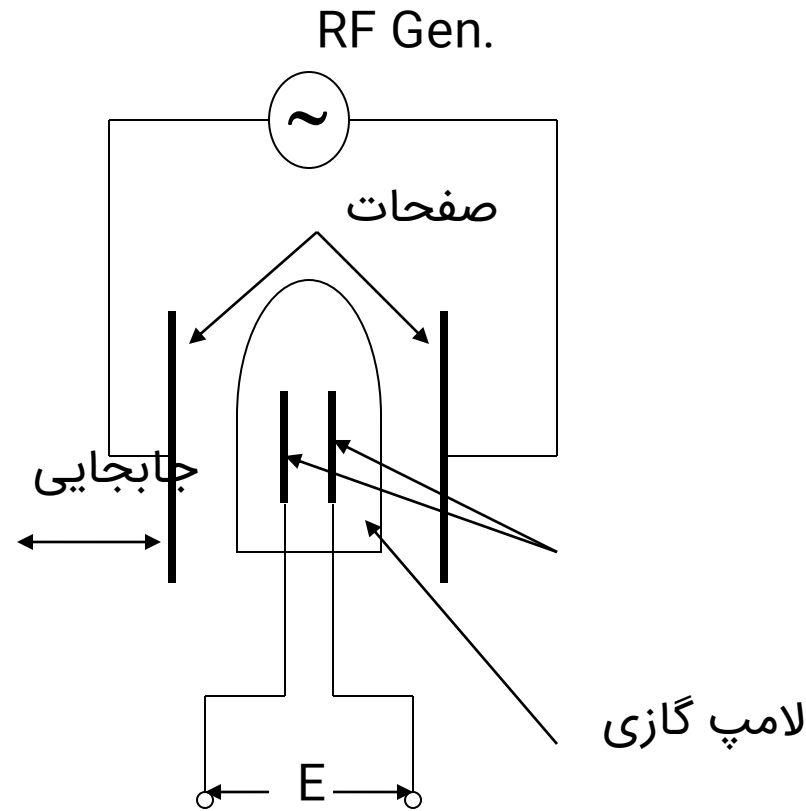
ترانسدیوسر یونشی ionization Transducer

- شامل لامپ گازی در فشار پایین، ژنراتور RF و صفحات تابشی

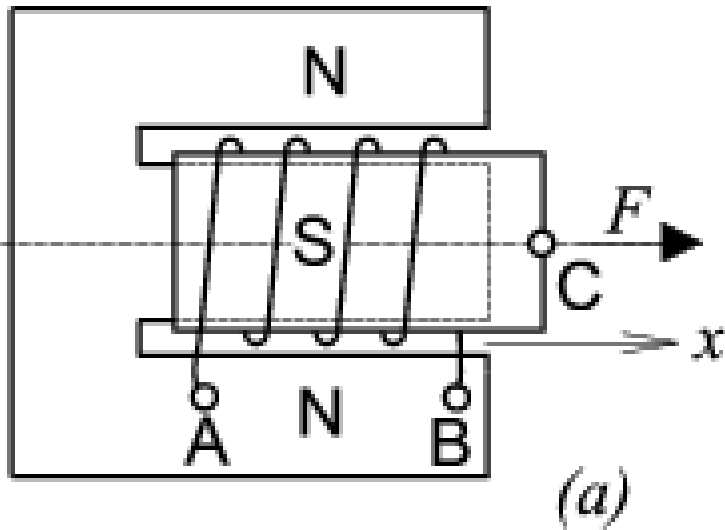
- در اثر میدان RF ولتاژی در دو سر الکتروود های لامپ ایجاد می شود که بستگی به تقارن صفحات نسبت به الکتروود ها دارد

- در حالت تقارن ولتاژ (dc) صفر است

- وسیله ای مناسب برای اندازه گیری جابجایی



سنجش میدان مغناطیسی متغیر



- سیم پیچ با N دور در میدان قرار می گیرد
- ولتاژ خروجی:
$$E = N (d\phi/dt)$$
- سیگنال میدان مغناطیسی (متغیر) را به ولتاژ تبدیل می کند

ترانسدیوسر برای میدانهای ثابت

$$E_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} nAB\omega$$

- باید سیم پیچ در میدان حرکت نماید

- از سیم پیچ نوسانی یا چرخان B: چگالی شار بر حسب وبر بر متر مربع

A: مساحت حلقه بر حسب متر مربع

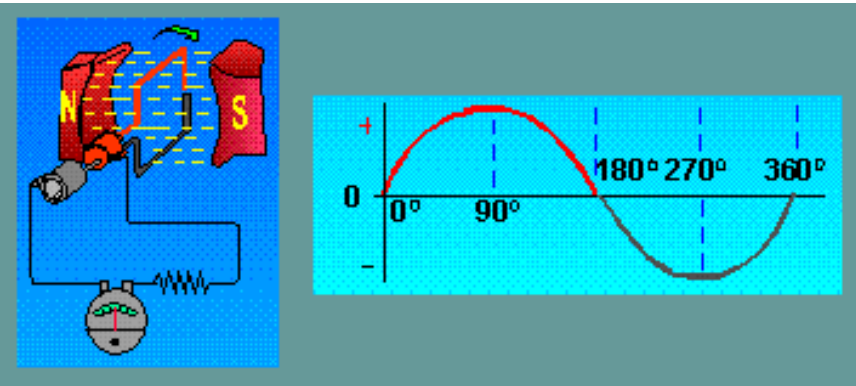
ω : مثال: شدت میدان مغناطیسی برابر ثانیه (سرعت زاویه ای) برای یک گلاف دوار با 10 دور،

$$B = \frac{\sqrt{2}E_{rms}}{nA\omega} = \frac{\sqrt{2}(0.04)}{(10)(5 \times 10^{-4}) \left[(100) \frac{2\pi}{60} \right]}$$

$$= 1.08 \text{ wb} / \text{m}^2$$

$$H = \frac{B}{\mu_{Air}} = \frac{1.08}{4\pi \times 10^{-7}} = 8.6 \text{ A} / \text{m}$$

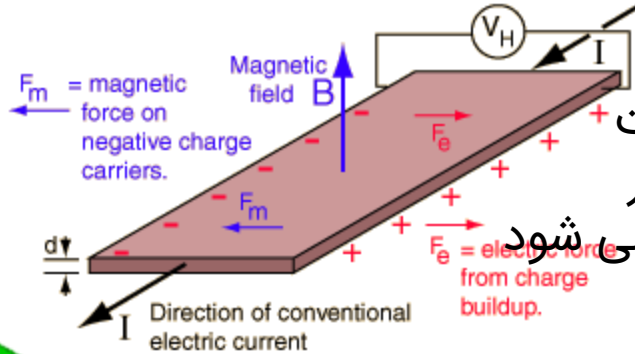
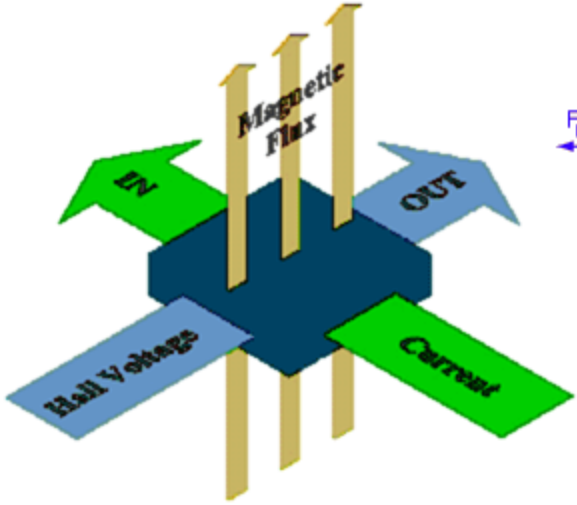
مساحت 5 cm^2 ، سرعت دورانی 100 rpm با ولتاژ mV 40 را مشخص کنید



ترانسدیوسر متکی بر اثر هال

اساس کار:

اگر بر یک ماده هادی یا نیمه هادی که حامل جریان الکتریکی است در جهت عمود بر جریان، میدان مغناطیسی عبور داده شود ولتاژ در جهت عرضی ایجاد می شود



میدان در جهت عمود بر صفحه جنس صفحه باید از مواد نیمه رسانا باشد

I: آمپر

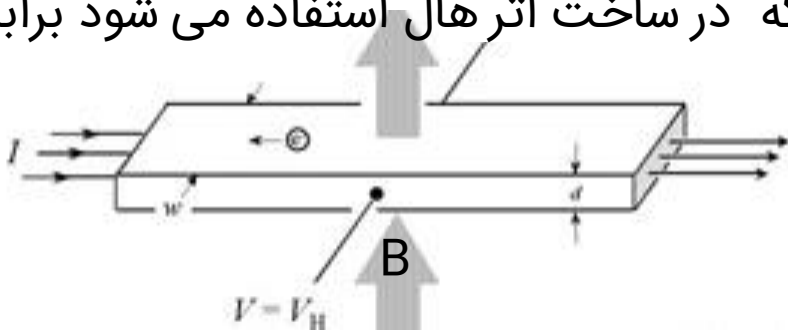
B: گوس

d: سانتی متر

برای مقادیر K_H (ضریب هال) به کتاب هولمن مراجعه شود

برای آنتیمونید ایریدیم که در ساخت اثر هال استفاده می شود برابر 20 ولت بر تسلا است

$$V_H = K_H \frac{IB}{d}$$

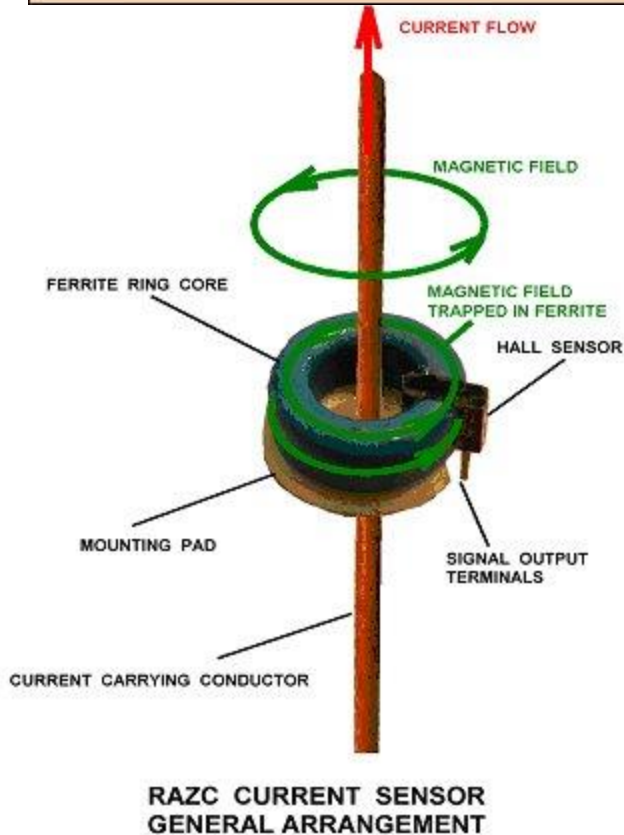
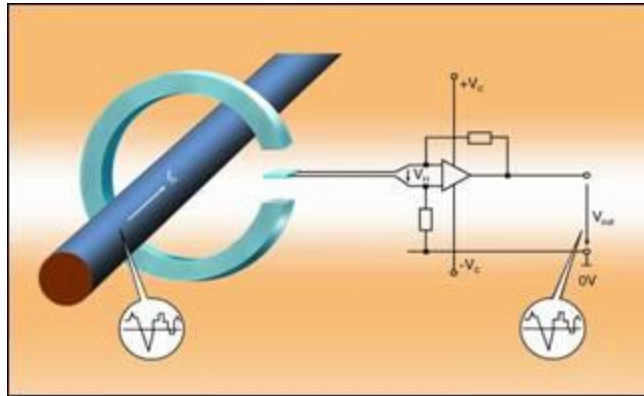


کاربرد اثر هال

- اندازه گیری دور با استفاده از چرخ دنده با دندانه های آهن ربایی
 - در سیستم ترمز های ABS
 - سیستم های کنترل کشش و لغزش در تراکتور



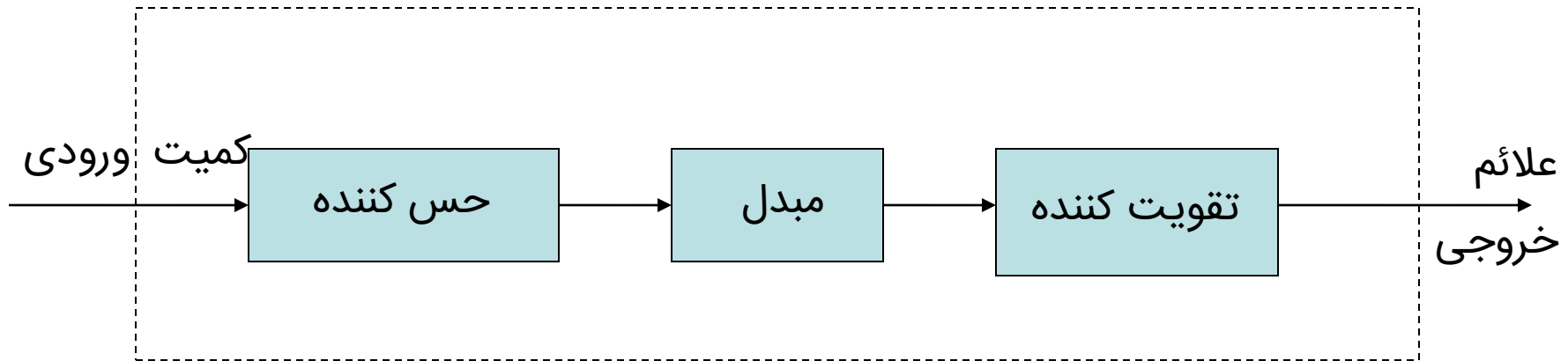
ترانسدیوسر جریان



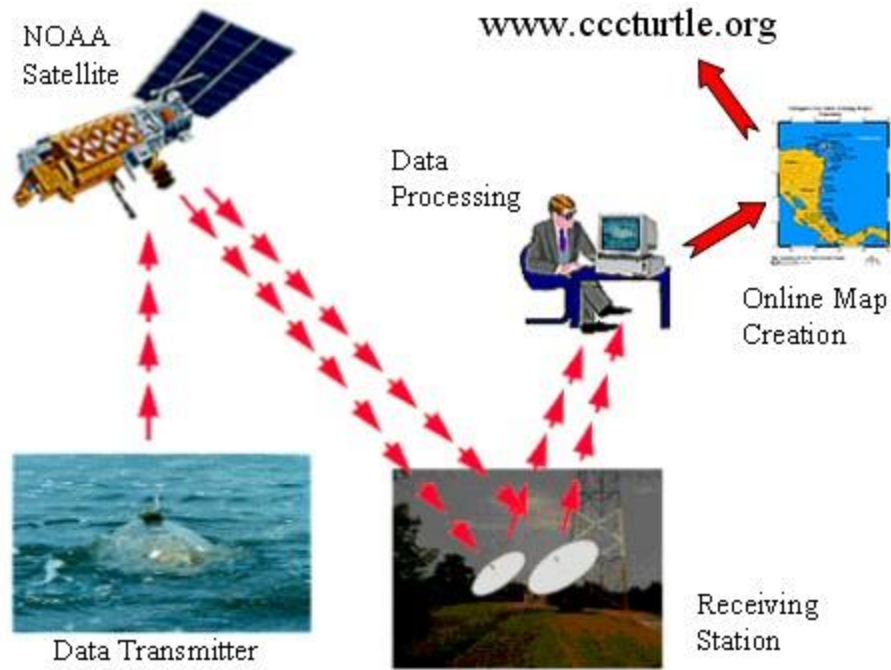
- مانند یک ترنسفورماتور میدان مغناطیسی در یک سیم هادی را متمرکز می کند
- نیاز به یک Air Gap هست تا بتوان ترانسدیوسر اثر هال را در آن قرار داد
- می توان جریان مستقیم و متناوب را اندازه گیری نمود

ترانسمیتر Transmitter

- در واحد های بزرگ صنعتی و گلخانه ها تمام دستگاه های کنترل یا اندازه گیری را در اتاقی به نام اتاق فرمان یا مرکز کنترل قرار می دهند.
- اندازه گیری و کنترل کلیه متغیرها توسط اپراتور انجام می گیرد
- لازم است سیگنال ها و فرمانها از محوطه به اتاق کنترل و بر عکس منتقل شود
- برای این منظور از ترانسمیتر ها در نقاط اندازه گیری استفاده می شود
- از سه قسمت تشکیل می شود
- در نوع الکتریکی و پنوماتیکی هستند (انتقال از طریق سیم یا لوله)
- عملکرد هر سه قسمت خطی است (تابع تبدیل انها ثابت است)
- قسمت مبدل و تقویت کننده در تمام ترانسمیتر ها یکسان است ، فقط حس کننده فرق می کند
- خروجی الکتریکی در 100 درصد تغییر در ورودی بین 4 تا 20 میلی آمپر و در پنوماتیکی بین 3 تا 15 Psi ، تغییر می کند



ترانسمیتر



تقویت کننده در ترانسدیوسرها

- علائم خروجی از مبدلها به صورت ولتاژ، فرکانس، تغییر ظرفیت هستند
- این علائم اکثراً بدلیل ضعیفی قابل استفاده برای کار انداز نیستند
- باید تقویت شوند
- در اکثر وسایل صوتی (بلند گو) آمپلی فایر ضروری است
- امروزه مدارهای مجتمع IC این کار را به راحتی و به روشی ارزان انجام می دهند

استفاده از فیدبک منفی در مبدل ها

- بمنظور پایداری در مبدل هایی که علاوه بر تبدیل علائم را تقویت نیز می کنند.
- خنثی کردن بخشی از علائم ورودی به مبدل
- با اینکار ضریب تقویت Gain مبدل کم می شود
- با فید بک منفی به قیمت از دست دادن حساسیت پایداری آن زیاد می شود.

