# سنسور ها(حسگر ها)

- یک سنسور هر کمیت فیزیکی معین را که باید اندازه گیری شود به شکل یک کمیت الکتریکی تبدیل میکند که میتواند مورد استفاده قرار گیرد
- کیفیت سنسور
  - محدوده کاری :حداقل و حداکثر مقدار قابل اندازه گیری
    - Deadband(حداقل ورودی که سبب تغییر خروجی می شود)
    - Saturation
  - خطا :اختلاف بین مقدار واقعی و مقدار اندازه گیری شده که ناشی از عوامل زیر است:
    - دقت (Resolution):حداکثر تغیرات در کمیت قابل اندازه گیری که تغییری در مقدار اندازه گیری ایجاد نکند
    - خطای غیر خطی بودن
    - خطای تکرار ناپذیری مانند خاصیت هیسترزیس
  - سرعت پاسخ
    - مدار معادل مرتبه اول
    - مدار معادل مرتبه دوم

# انواع سنسورها بر اساس نوع کمیت اندازه گیری

- گرمائی
- مکانیکی
- تشعشع الکترومغناطیسی
- شیمیائی
- مغناطیسی
- الکتریکی
- نوری

# انواع سنسورها از نظرعملکرد و کاربرد

- از نظر عملکرد
  - سنسورهای مقاومتی
  - سنسورهای القائی
  - سنسورهای ظرفیتی
  - سنسورهای پیزوالکتریک
  - سنسورهای استرین گیج
  - سنسورهای مافوق صوت
  - سنسورهای نوری
- از نظر کاربرد
  - سنسورهای اندازه گیری ضخامت
  - سنسورهای اندازه گیری رطوبت
  - سنسورهای اندازه گیری ارتعاش
  - سنسورهای اندازه گیری گشتاور
  - سنسورهای اندازه گیری جریان
  - سنسورهای اندازه گیری ارتفاع
  - سنسورهای دما
  - سنسورهای فشار

# سنسور های مقاومتی

- پتانسیومتر(ولوم)

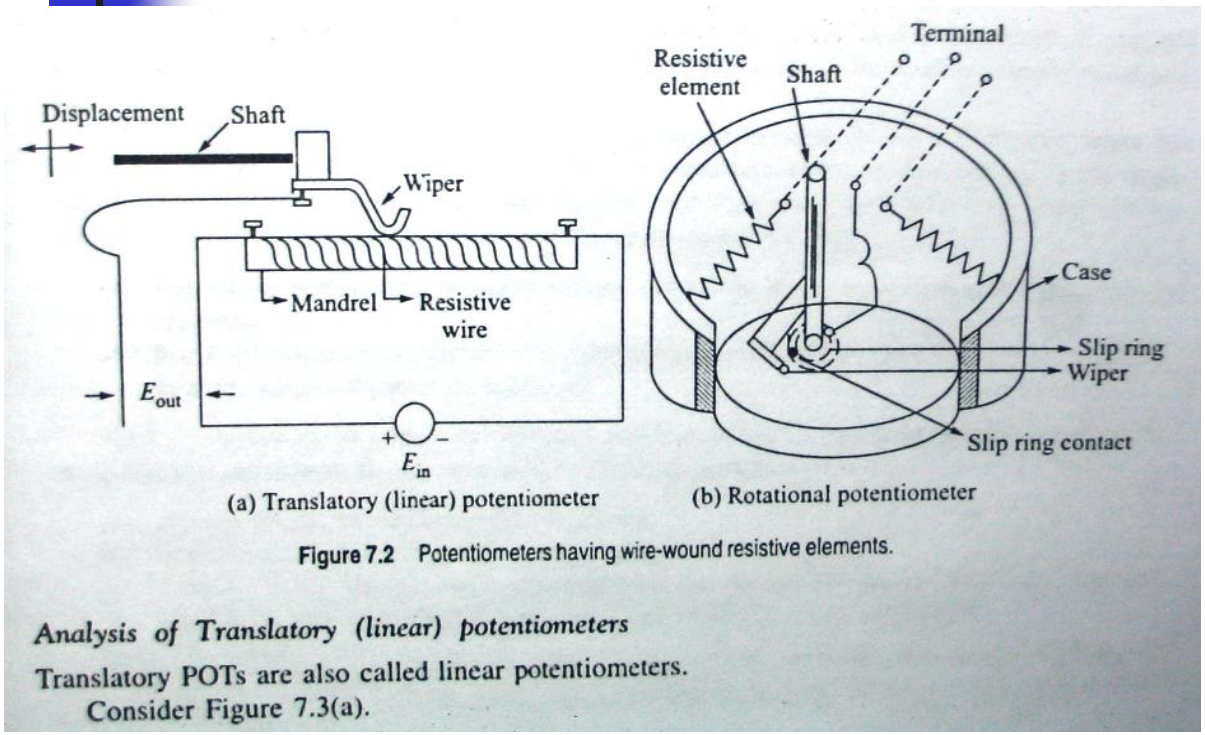



**Figure 7.2** Potentiometers having wire-wound resistive elements.

*Analysis of Translatory (linear) potentiometers*

Translatory POTs are also called linear potentiometers.
Consider Figure 7.3(a).

- اثر غیر خطی بودن ناشی از مقاومت بار

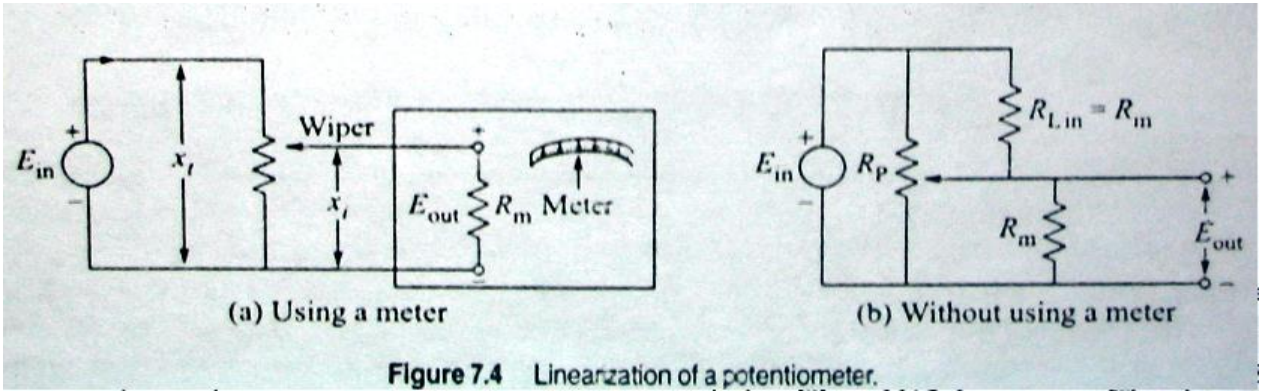



**Figure 7.4** Linearization of a potentiometer.

# سنسور های القائی

- استفاده از تغییرات خود القائ

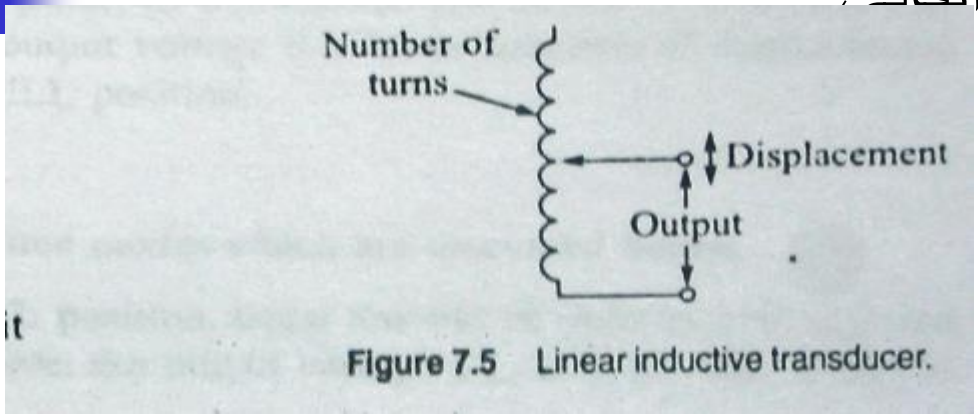
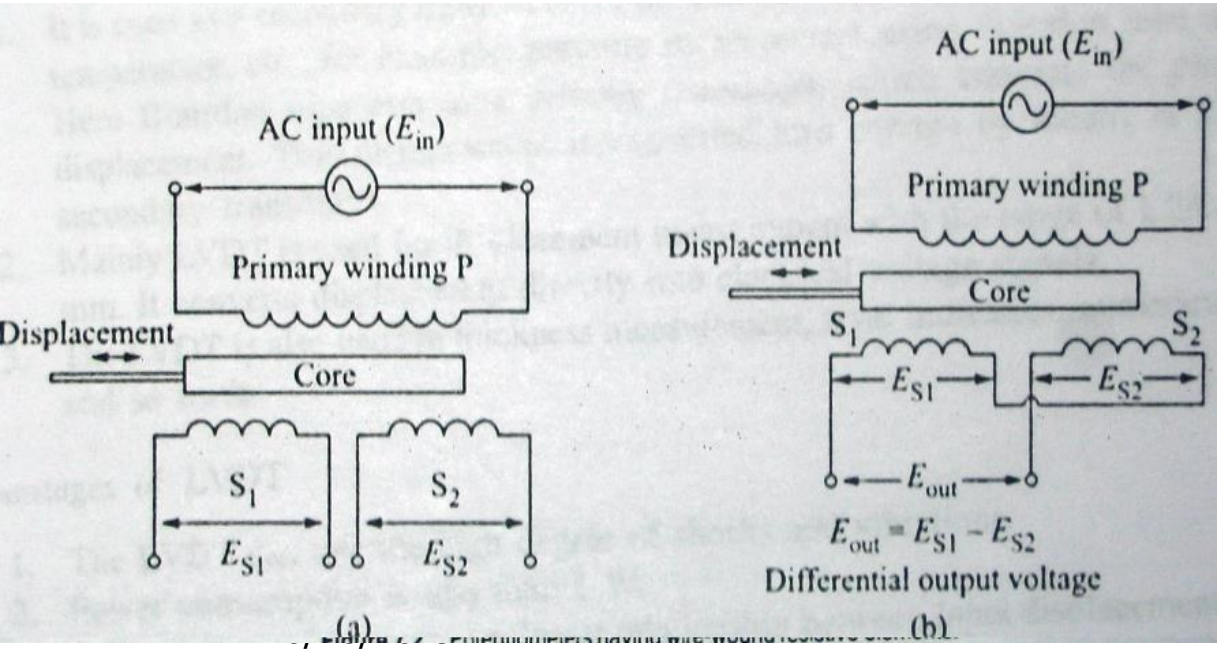



Figure 7.5 Linear inductive transducer.

- Linear Variable Differential Transformer (LVDT)



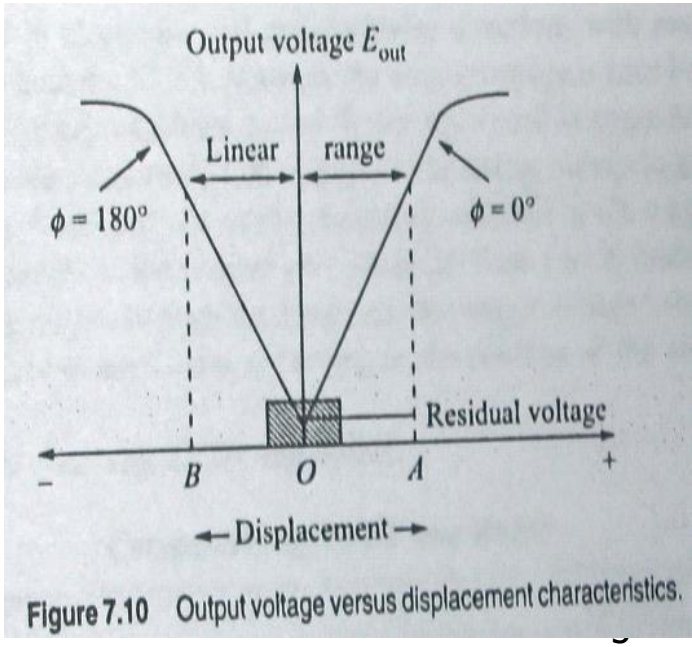




Figure 7.10 Output voltage versus displacement characteristics.

# سنسور های القائی (ادامه)

## 7.6.2 Rotary Variable Differential Transformer (RVDT)

Rotary variable differential transformer (RVDT) is used for the measuremen displacements. It converts the angular displacements into electrical signals. T principle of RVDT is similar to that of LVDT. Construction of RVDT is same as t i.e. one primary winding P and two secondary windings $S_1$ and $S_2$. The only diff the core in RVDT is cam-shaped and rotated inside the windings through a shaf shows the constructional details of a RVDT.

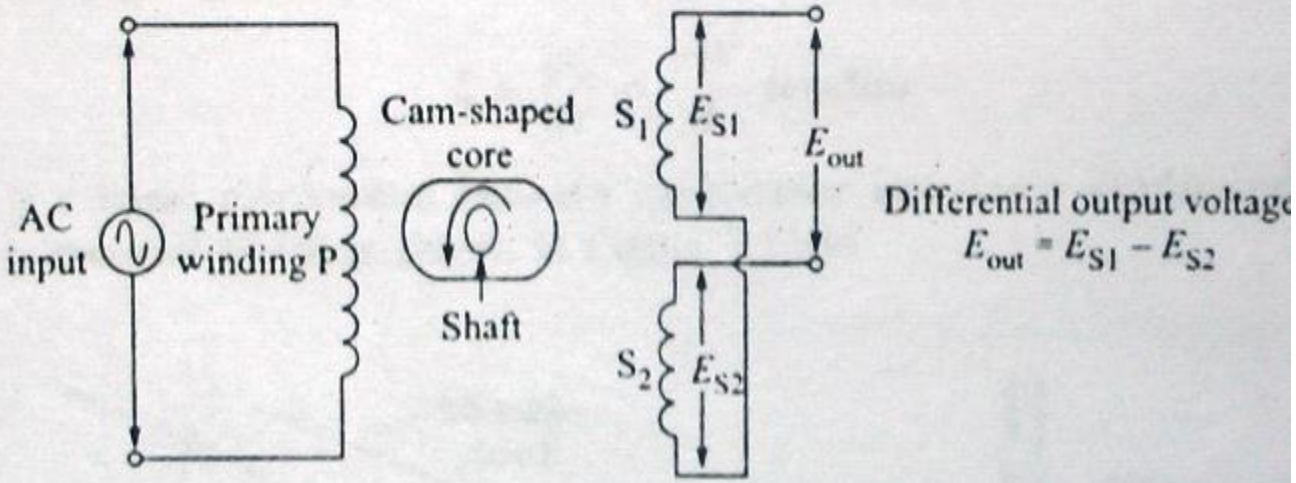
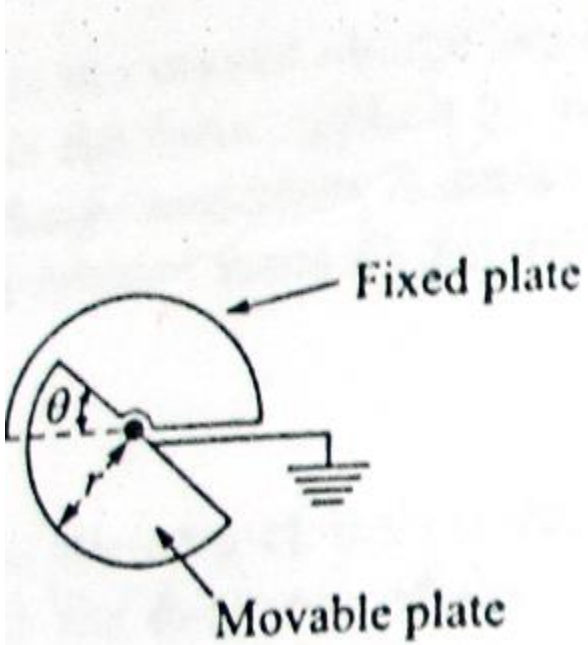



**Figure 7.11** Constructional details of RVDT.

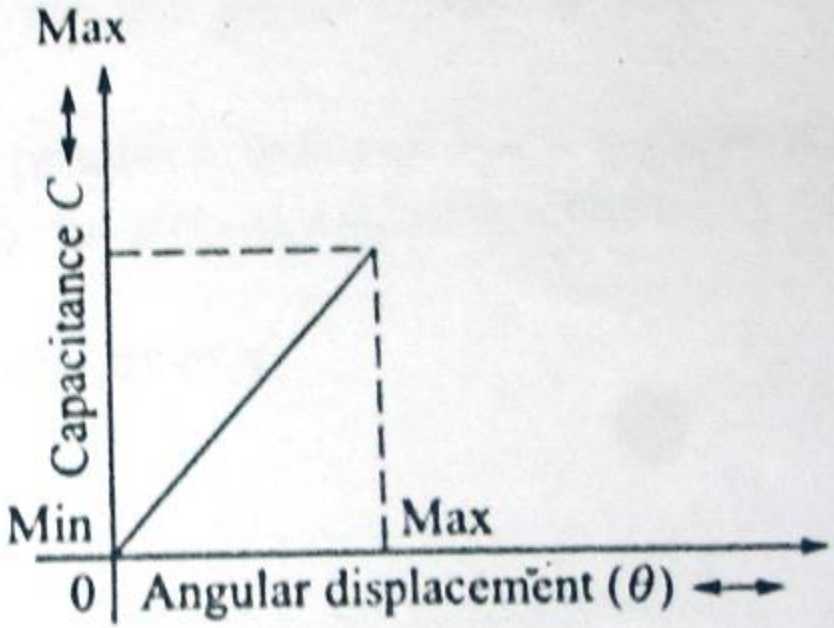
# سنسور های ظرفیتی

- تغییر ظرفیت با تغییر زاویه ای

$$S = \frac{\partial C}{\partial \theta} = \frac{\varepsilon r^2}{2d} \text{ F/radian}$$




(a) The capacitive transducer




(b) Capacitance-angular displacement curv

**Figure 7.13** A capacitive transducer used for angular displacement measurement.

# سنسور های ظرفیتی (ادامه)

- تغییر ظرفیت با فشار

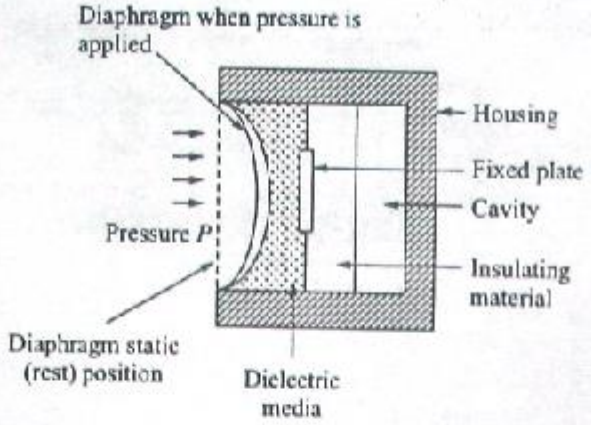



Figure 7.14 Capacitive pressure transducer

*Advantages*

1. As these transducers have high input impedance, the loading effect is minimum.
2. They require small force for operation, hence is useful for small displacement, pressure measurements and require small power.
3. These transducers have good frequency response.
4. They are less affected by stray magnetic fields.

*Disadvantages*

1. These transducers require good quality isolation so as to protect the transducer (metal plates) from stray capacitance.
2. Guard rings are necessary so as to minimize the stray electric fields.
3. Sometimes frequency response may be affected by the loading effects from connecting links and cables.
4. The performance may be affected by parameters like dust, temperature, moisture, vibrations and so forth.
5. They require complex circuit arrangements like bridge, amplifiers, etc. for measurement purpose.

# سنسور های پیزوالکتریک

- تغییر مشخصات الکتریکی بر اثر فشار

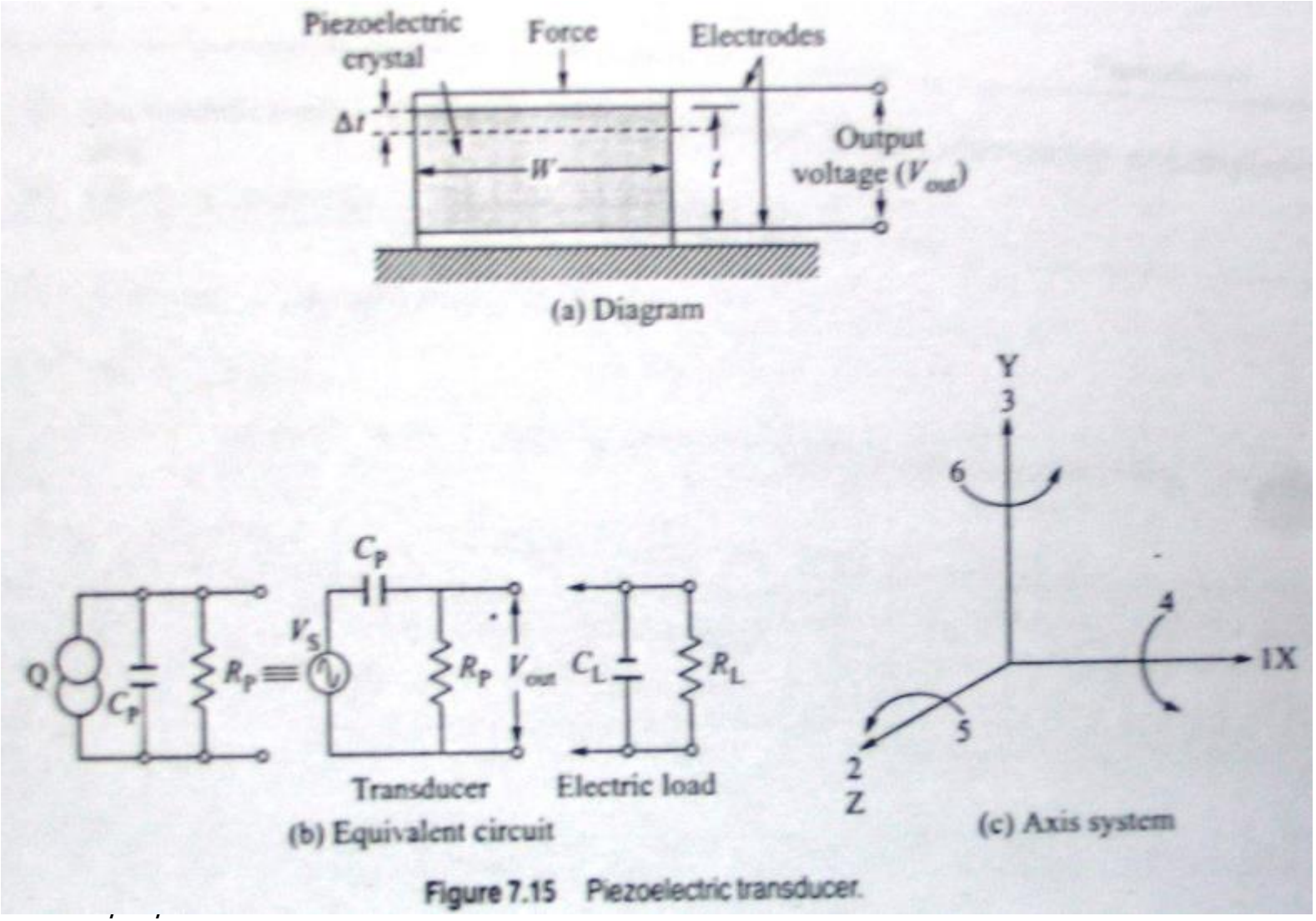



Figure 7.15 Piezoelectric transducer.

# سنسور های کششی

- تغییر مشخصات الکتریکی بر اثر فشار یا کشش

nged as follows:

$\Delta A$ is the change in cross-sectional area
$\Delta L$ is the change in length of the wire
$\Delta \rho$ is the change in the resistivity
$\Delta R$ is the change in the resistance

The change in resistance is due to the following factors:

(i) Per unit change in the length, $\Delta L/L$
(ii) Per unit change in the area, $\Delta A/A$
(iii) Per unit change in the resistivity, $\Delta \rho/\rho$.

If change in resistivity of the material due to the strain is neglected, the gauge factor is

$$G_F = 1 + 2\gamma$$

The following table shows the gauge factors of some materials:

| *Material* | *Gauge factor ($G_F$)* |
|---|---|
| Nickel | −1.21 |
| Nichrome | +2.0 |
| Soft iron | +4.2 |
| Carbon | +20 |
| Platinum | +4.8 |

# سنسور های دما

- ترموکوپل

A thermocouple works on the following principle:

When two dissimilar metals A and B are welded or joined together to form a closed circuit and the junctions ($J_1$ and $J_2$) are kept at two different temperatures ($T_1$ and $T_2$), then an emf is generated resulting flow of current in the circuit or loop." One of the two junctions in the loop is reference or cold junction which is generally kept at 0°C and the other is the measuring or hot junction at which the temperature is to be measured as shown in Figure 7.19.

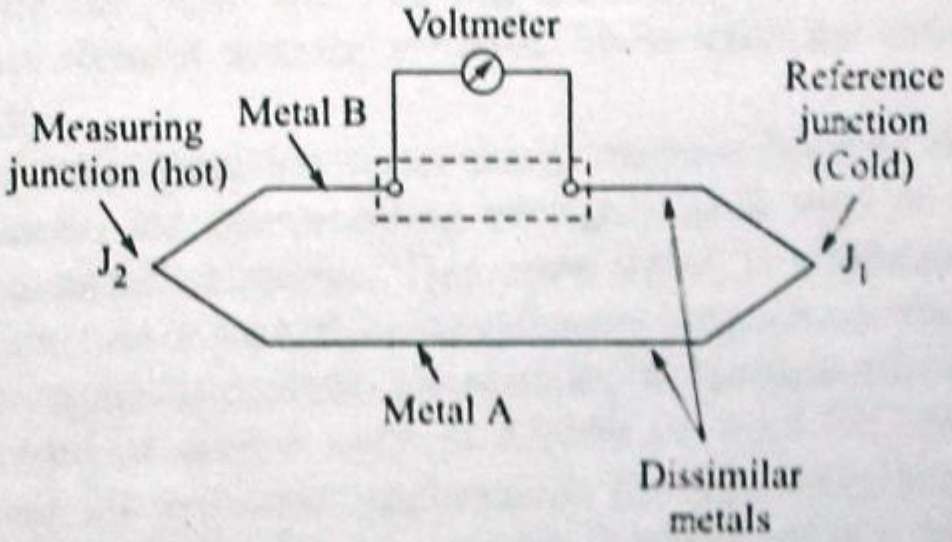



**Figure 7.19** Working principle of a thermocouple.

# سنسور های دما(ترموکوپل)

- انواع ترموکوپل

List of industrial thermocouples

| Designation | Metal couples used | | Temperature range (in °C) | | emf (in mV) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Positive wire | Negative wire | Min | Max | Min | Max |
| B | Pt70-RH30 | Pt94-Rh6 | 0 | 1860 | | |
| J | Iron | Constantan | −196 | 760 | 0.0527 | 0.05745 |
| K | Chromel | Alumel | −190 | 1371 | 0.40 | 0.041 |
| | Platinum 90% Rhodium 10% | Platinum | 0 | 1400 | | |
| T | Copper | Constantan | −190 | 399 | 0.04277 | 0.052 |
| Y | Iron | Constantan | −129 | 982 | | |
| E | Chromel | Constantan | −280 | 850 | | |

# سنسور های دما(ترموکوپل)

- رابطه دما با ولتاژ

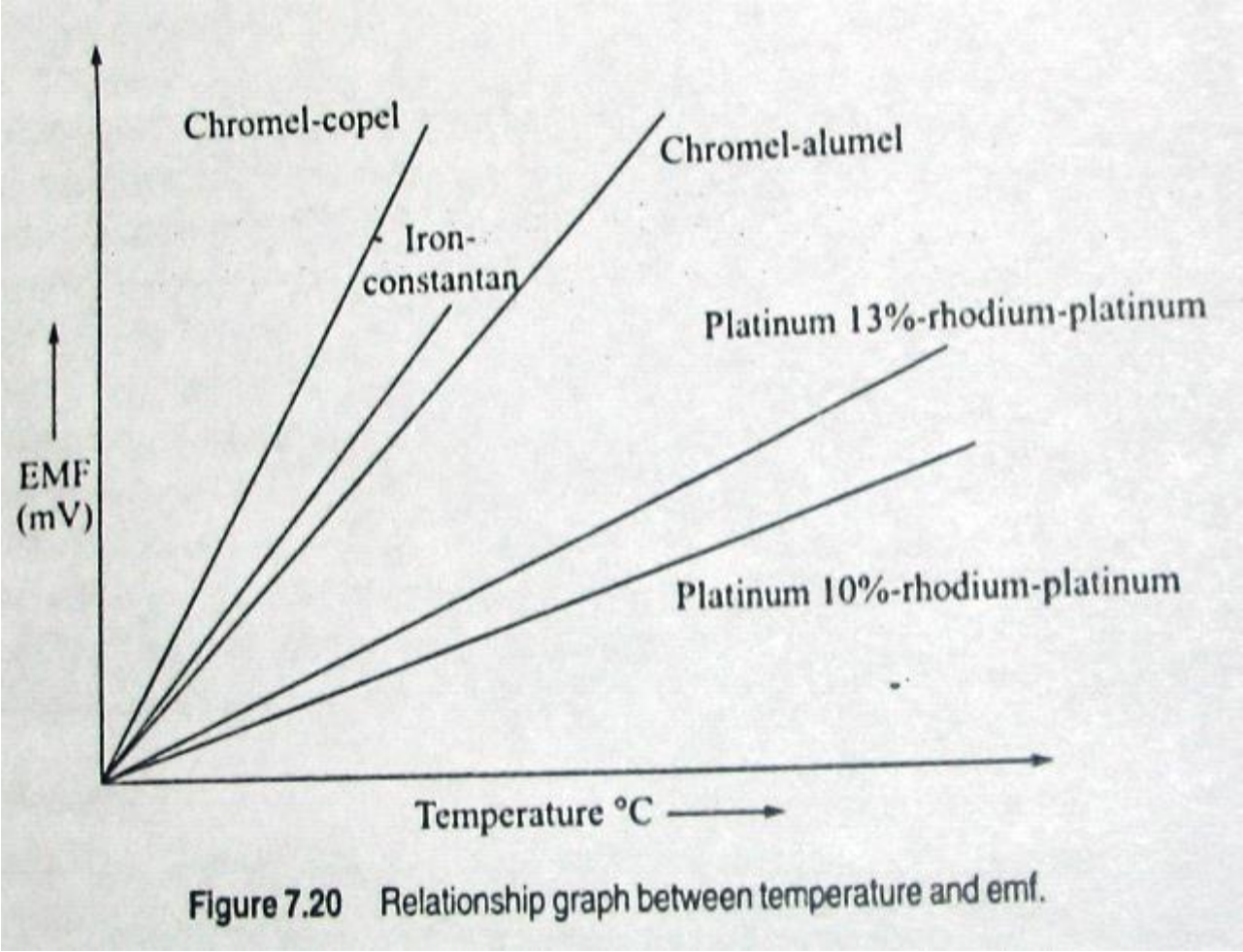



**Figure 7.20** Relationship graph between temperature and emf.

# سنسور های دما(ترموکوپل)

*Advantages of thermocouple*

1. Construction is mechanically strong and rigid.
2. It is suitable for reading (measurement) of rapidly varying temperatures.
3. It has low cost.
4. There is no need of bridge circuit.
5. Installation and calibration is easy.
6. It is suitable for temperature range of –270 to 2800°C.

*Disadvantages of thermocouple*

1. It requires a protective wall or sheath.
2. Thermocouple needs compensating arrangement.
3. Amplifier circuit is necessary to increase the output voltage level.
4. For long distance temperature measurement, compensating wires are necessary.

# سنسور های دما(ترمیستور)

- Semiconductor Temperature Sensors
- $R_T=R_{T1}\ \exp[\beta(1/T_1-1/T_2)]$
- PTC : Positive Temperature Coefficient
- NTC : Negative Temperature Coefficient

***Advantages of thermistor***

1. It has small size and is compact.
2. It gives good response time from fraction of seconds to minutes.
3. It can be installed in small areas like pipeline, inlet or outlet of tanks.
4. There is no need of cold junction compensation.
5. It has good stability.

***Disadvantages of thermistor***

1. It has non-linear performance, i.e. temperature versus change in resistance graph.
2. It is not suitable for higher temperatures.
3. It requires bridge circuit arrangement for converting the change in resistance to voltag

# سنسور های دما(ترمیستور)

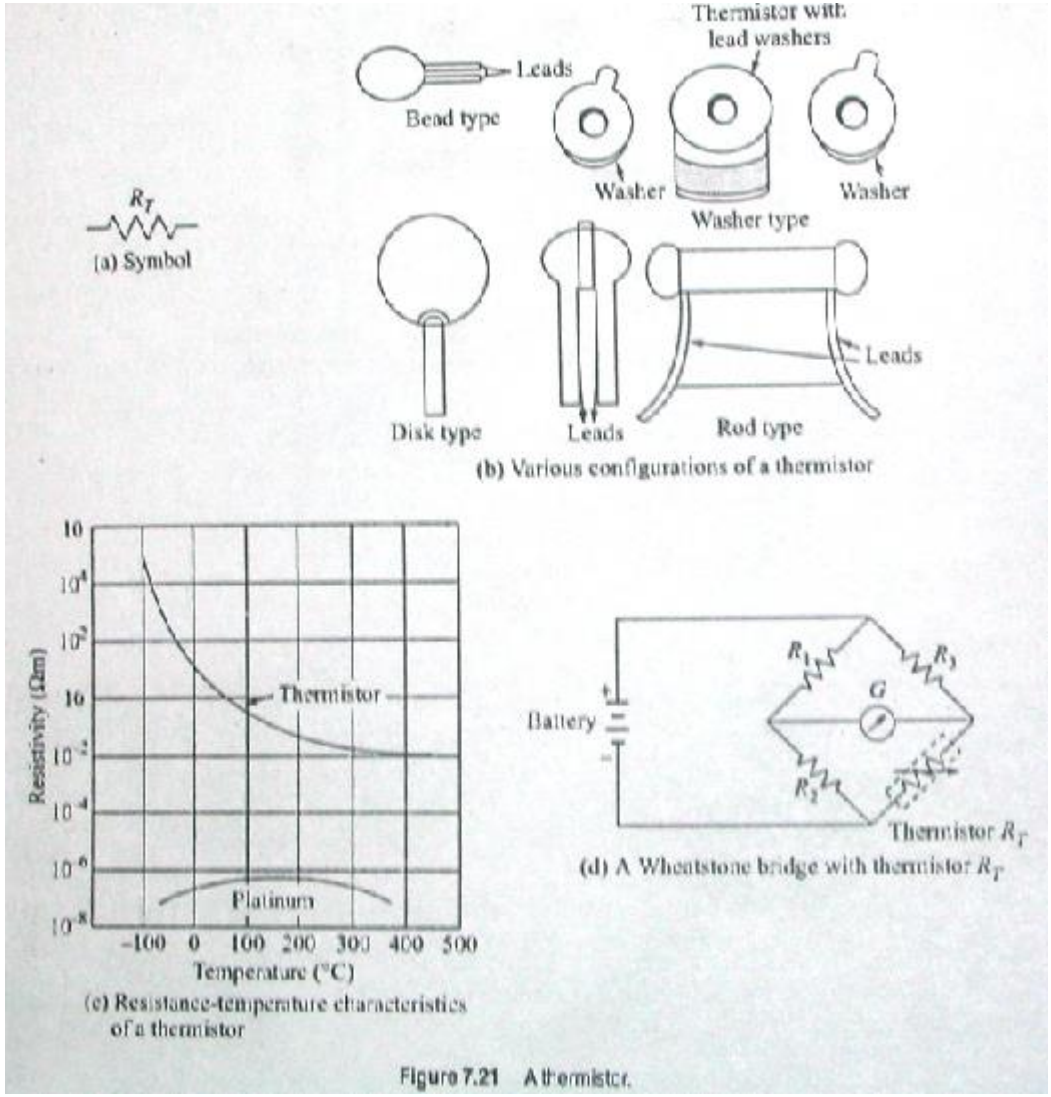
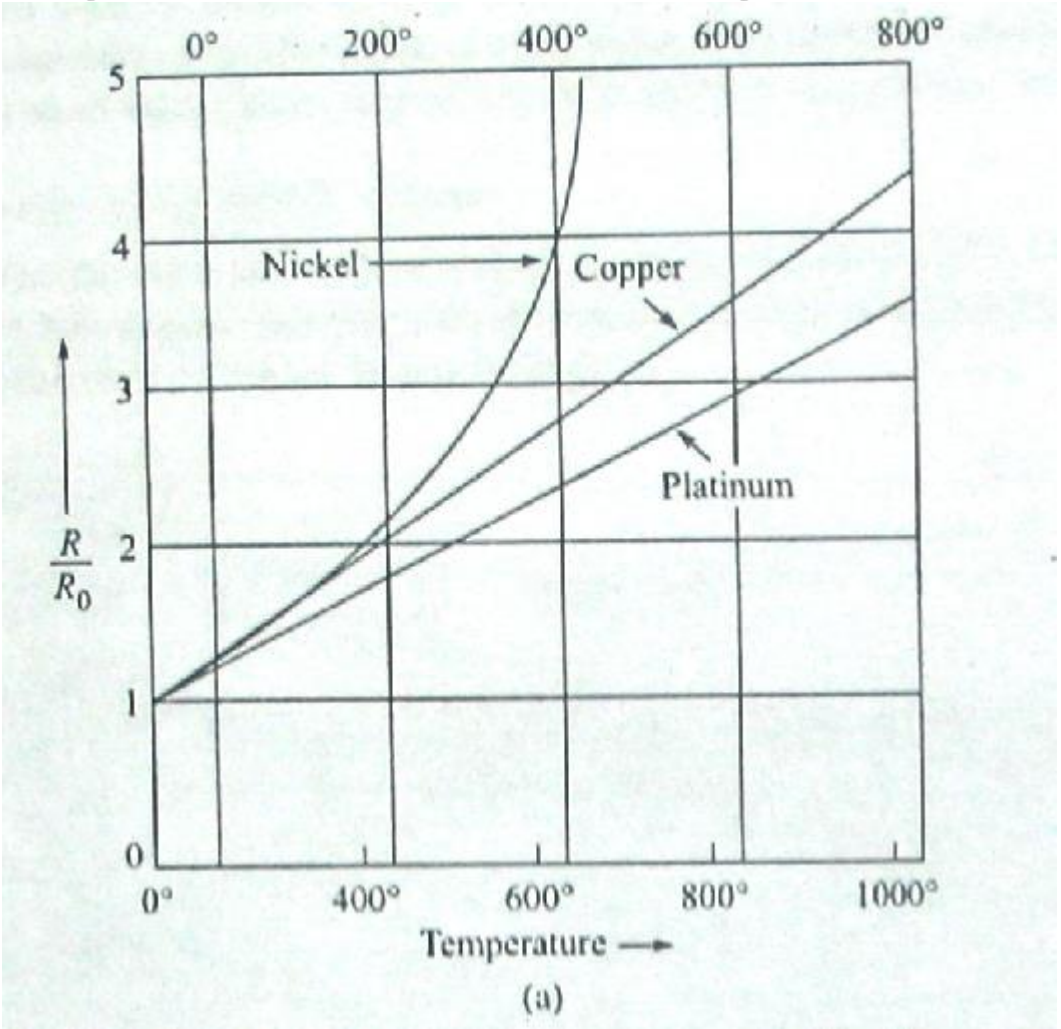



Figure 7.21 A thermistor.

# سنسور های دما(RTD)

- Resistance Temperature Detector
- از تغییرات مقاومتی فلزات با دما استفاده می کند



# سنسور های دما
# (Bimetallic thermometers)

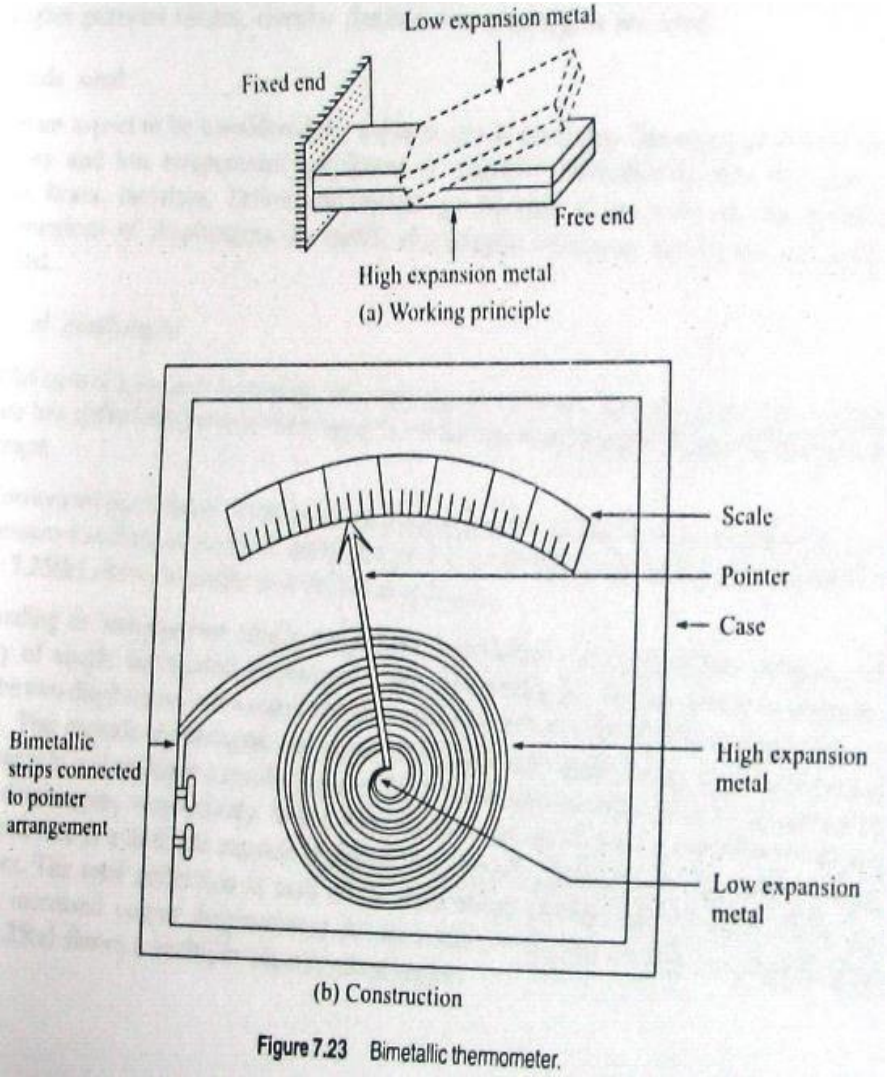



Figure 7.23 Bimetallic thermometer.

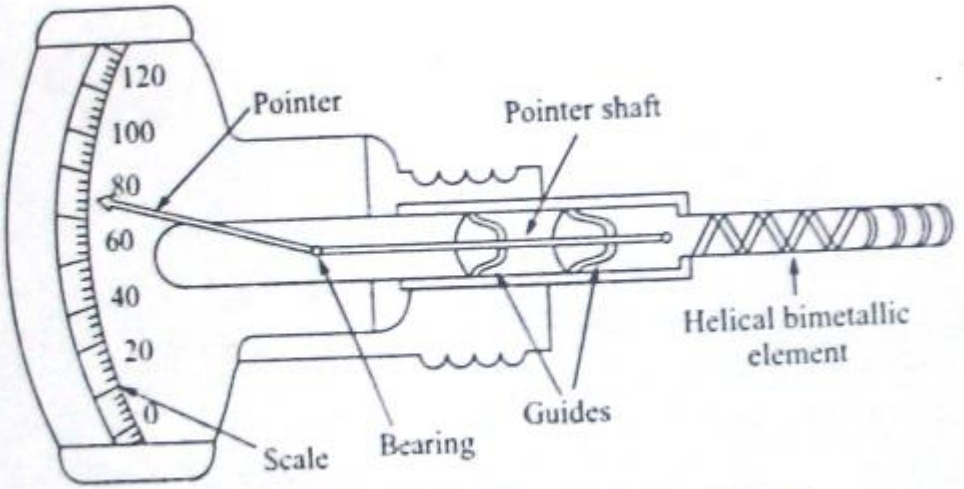
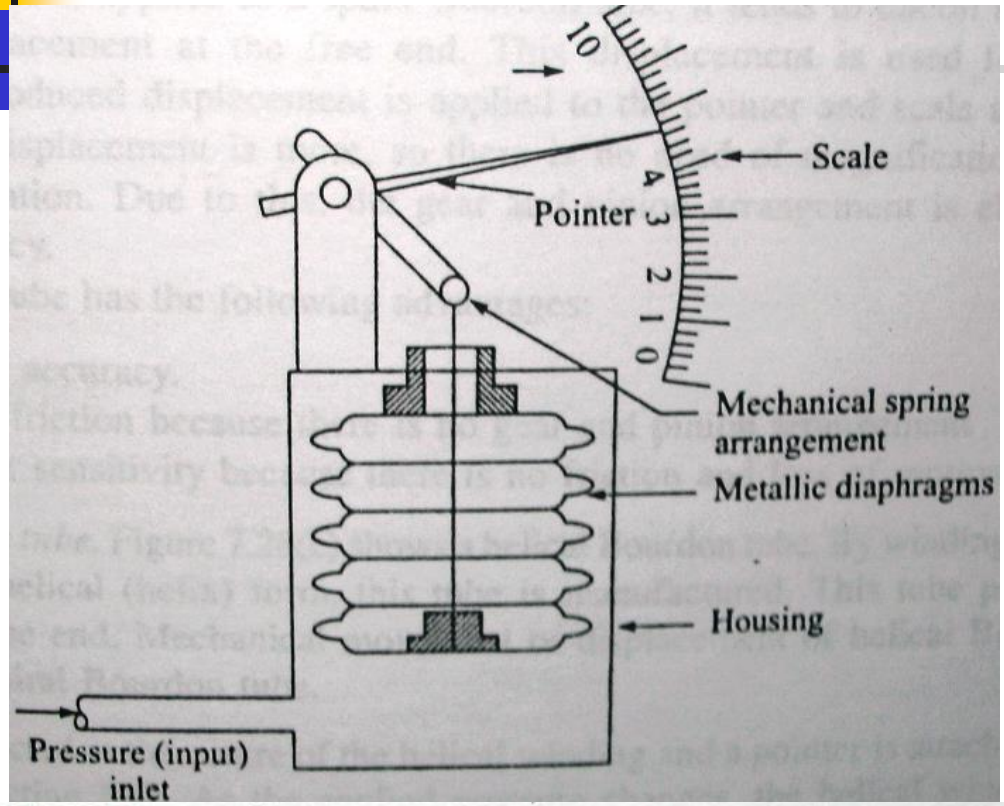



Figure 7.24 Bimetallic thermometer using helical element.

# سنسور های فشار

- دیافراگم




*Advantages*

1. A diaphragm has low cost.
2. It is useful for measurement of absolute and differential pressures.
3. It has good linearity.
4. It has small size and good compactness.
5. It is fabricated by using non-corrosion resistive elements.

*Disadvantages*

1. The performance of a diaphragm may be affected due to vibrations and shocks
2. Repairing of diaphragm is very complex and tedious job.
3. It is applicable only for low-pressure measurements.

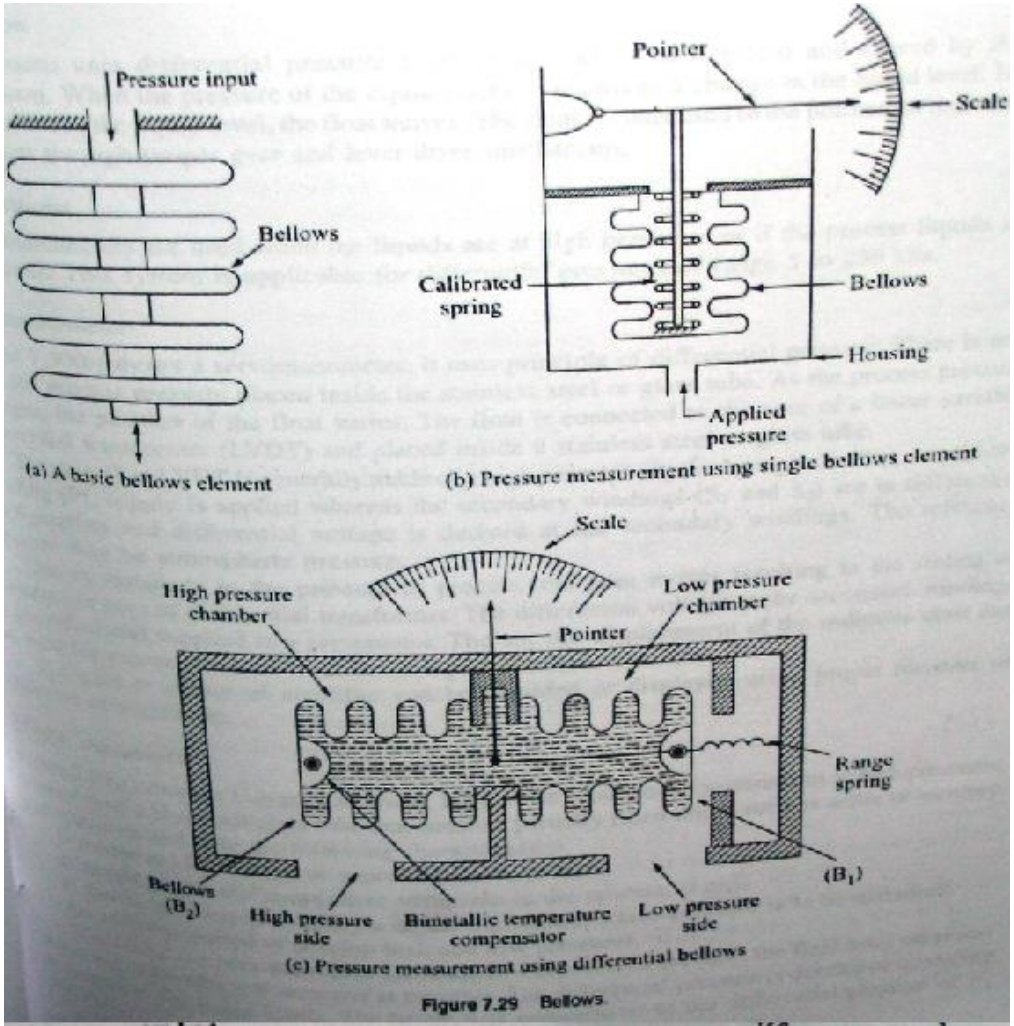
# سنسور های فشار

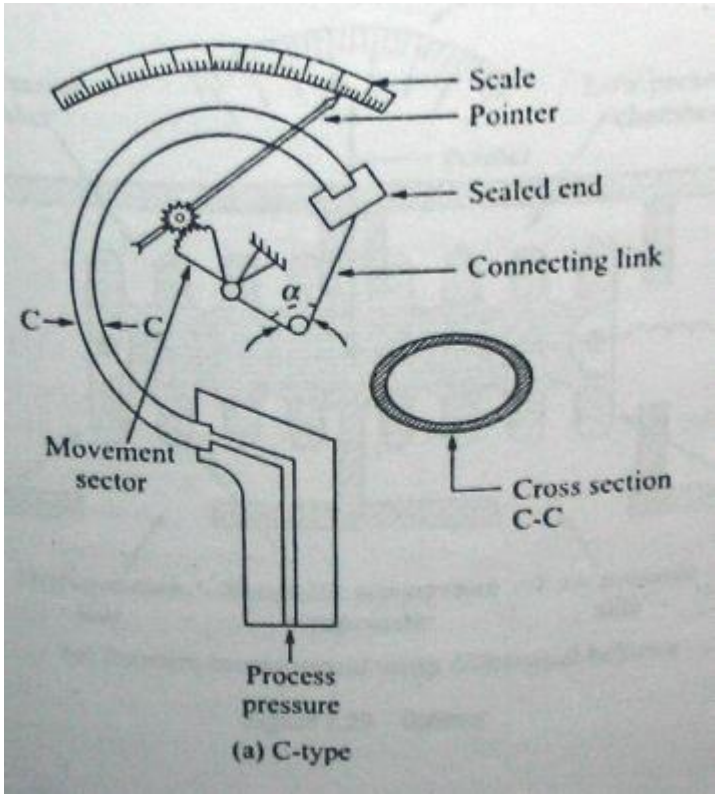
## Bellows

برای اندازه گیری فشار های کم

## Bourdon Tube

- اولین سنسور ساخته شده



# سنسور های اندازه گیری ضخامت

- Thickness Measurement Using Contact-type Device

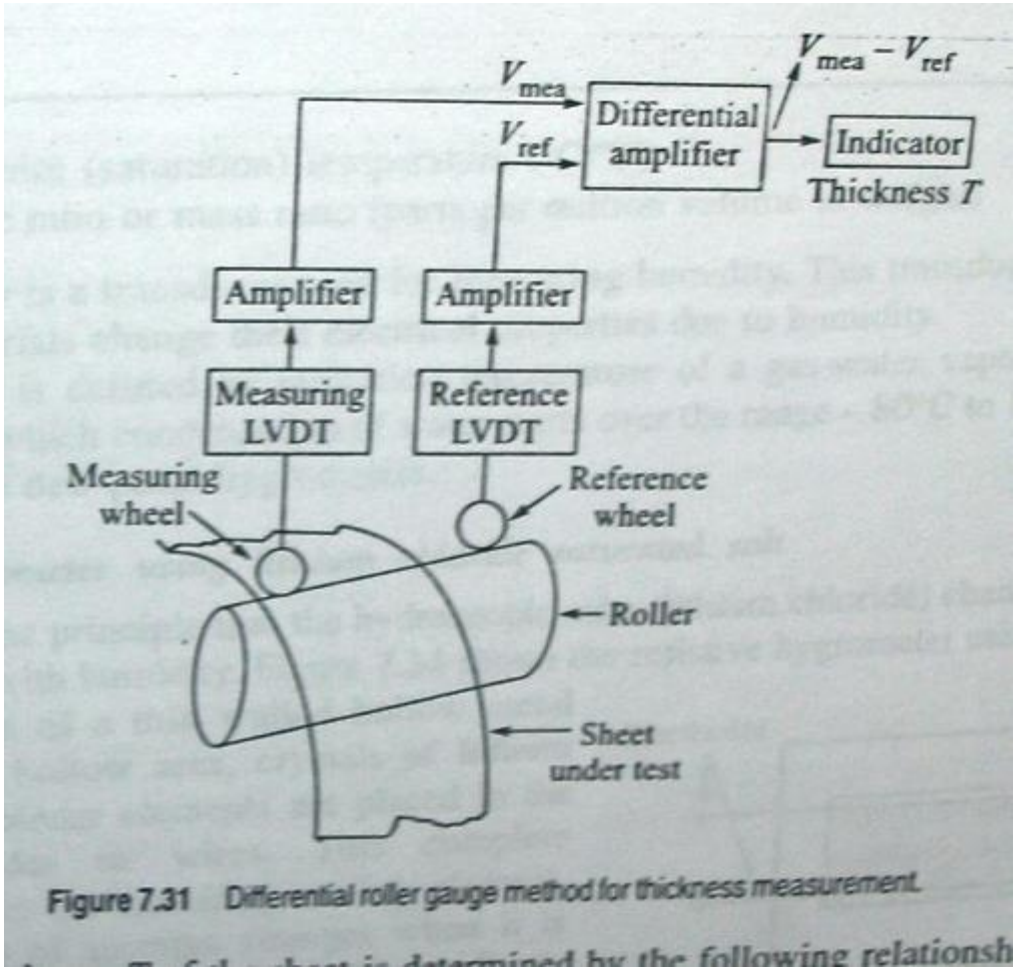



Figure 7.31 Differential roller gauge method for thickness measurement.

# سنسور های اندازه گیری ضخامت

- Thickness Measurement Using Non-Contact-type Device

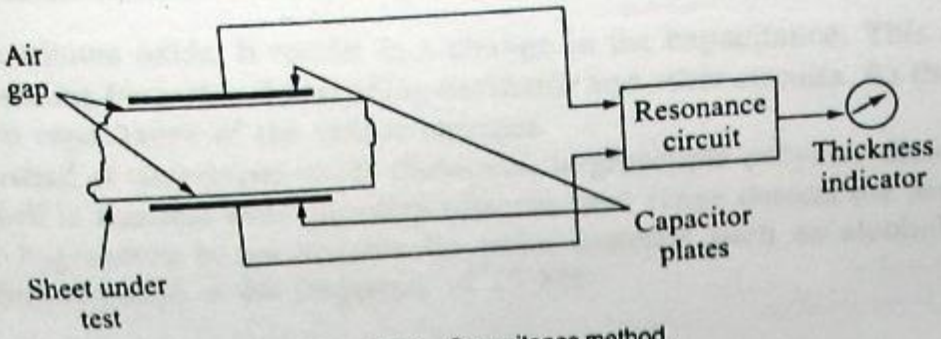



Figure 7.32 Capacitance method.

ne capacitor, the resonance ($X_L = X_C$) gets disturbed which is indicated by the thickness ndicator.

**Radiation method**

As the name implies, this system uses nuclear radiations (alpha, beta, gamma, X-rays) radiated or generated from radiation source for the measurement of thickness of sheets. It has wide operating range. It is useful for the measurement of thickness of hot and cold bodies, plastic, rubber, paper sheets and so on. Figure 7.33 shows nuclear radiation method used for determining the thickness of a sheet under test.

The sheet under test is passed through the radiation source and the radiation detector stage. Thickness of the sheet is determined in terms of radioactive decay or attenuation of radiations. The relationship is given by

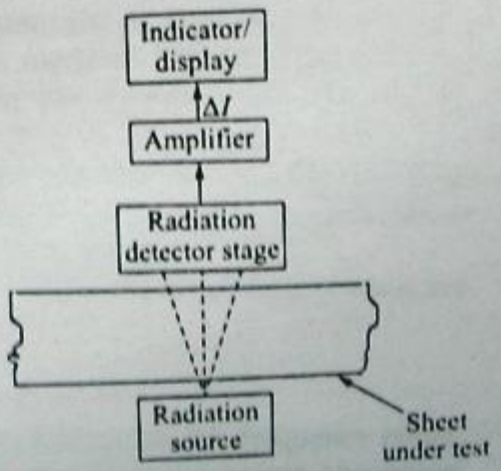



Figure 7.33 Nuclear radiation method.

# سنسور های اندازه گیری ارتفاع

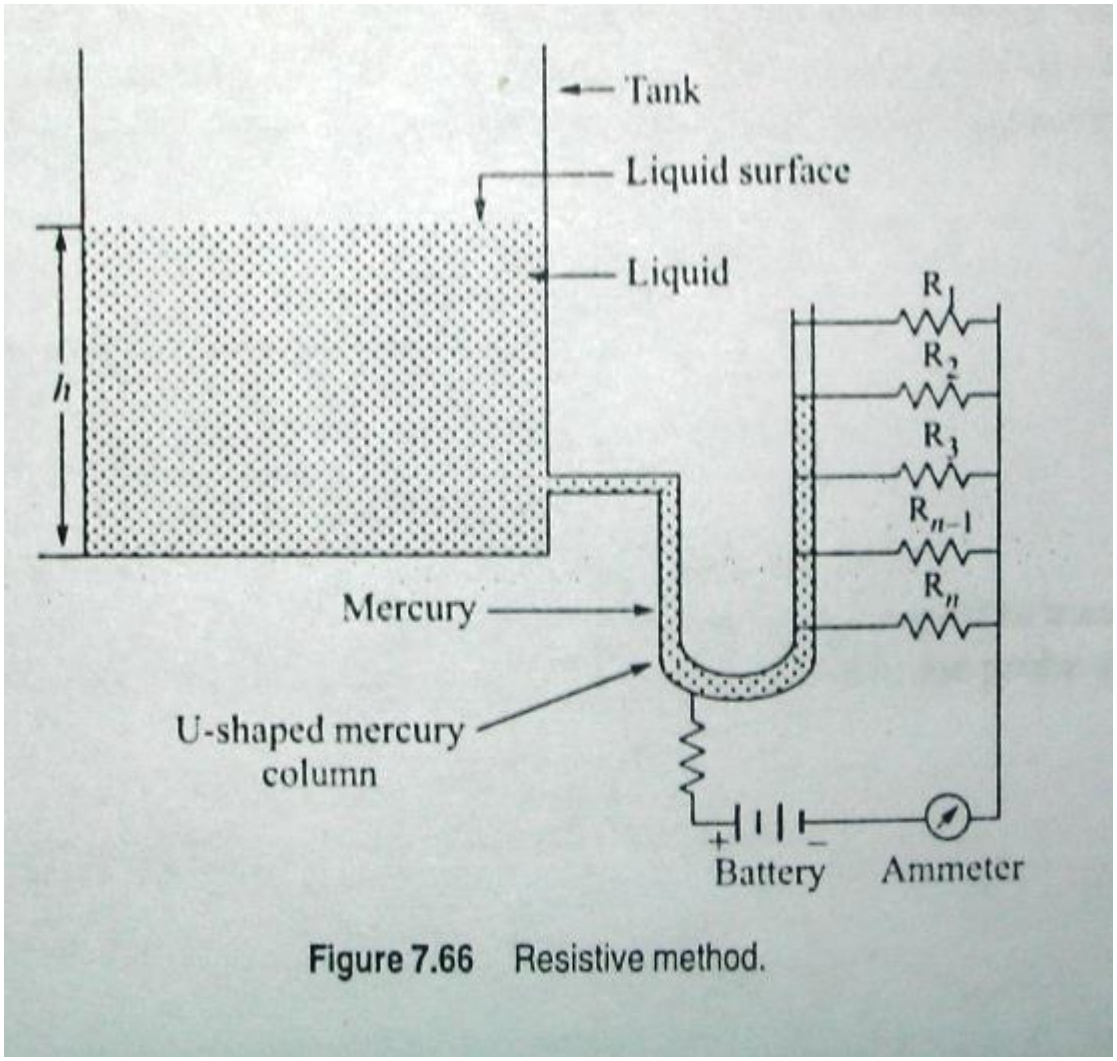



**Figure 7.66** Resistive method.

# سنسور های اندازه گیری ارتفاع

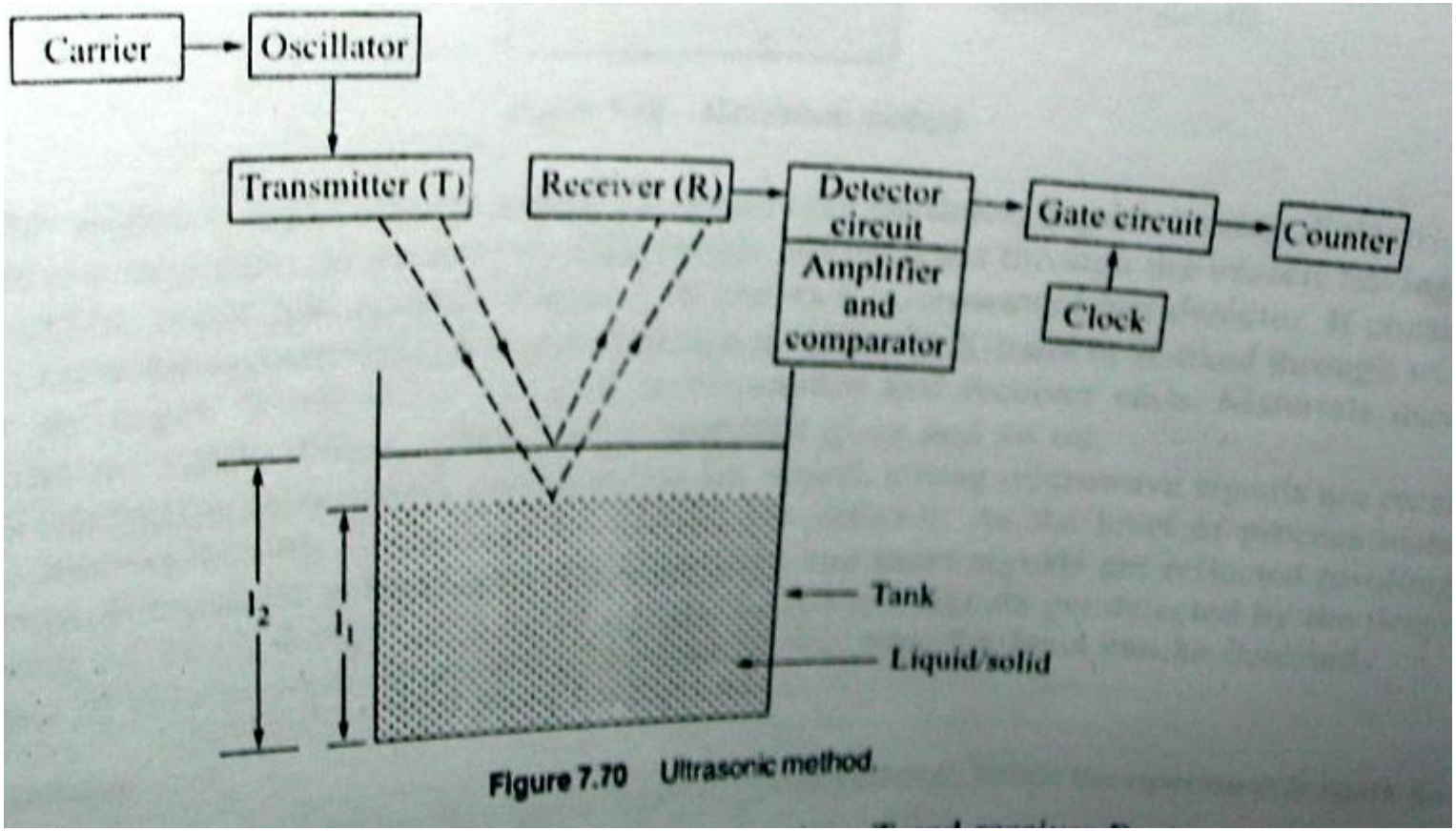
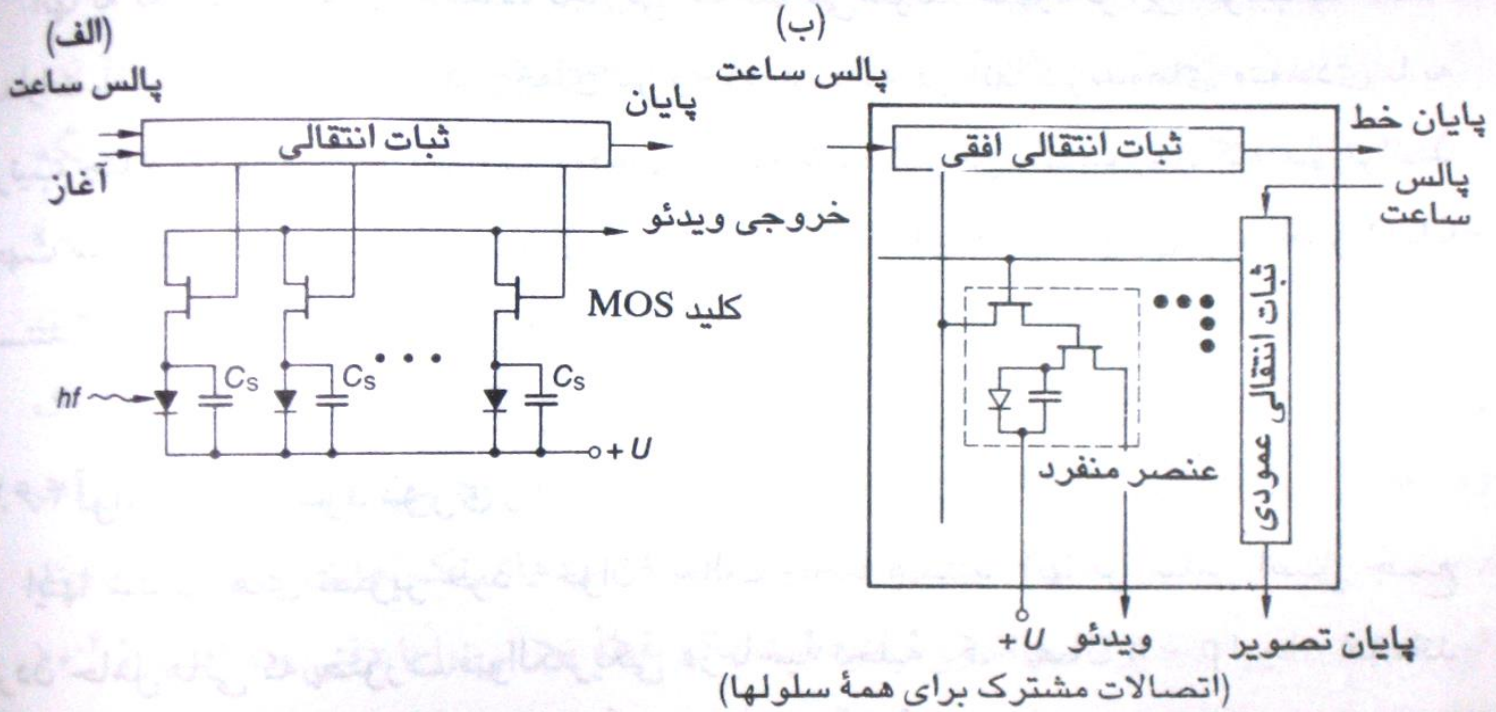



Figure 7.70 Ultrasonic method.

# سنسورهای نوری




**شکل ۴.۳۵** دیاگرام مدار معادل آرایهٔ دیود نوری (الف)تک بعدی و (ب) دو بعدی.

# تعداد دیگری از سنسورها

- سنسورهای اندازه گیری رطوبت
- سنسورهای اندازه گیری ارتعاش
- سنسورهای اندازه گیری گشتاور
- سنسورهای اندازه گیری جریان
- سنسورهای حدی (Limit Switches )

# ابزار های آماده سازی سیگنال
# (Signal conditioning elements)

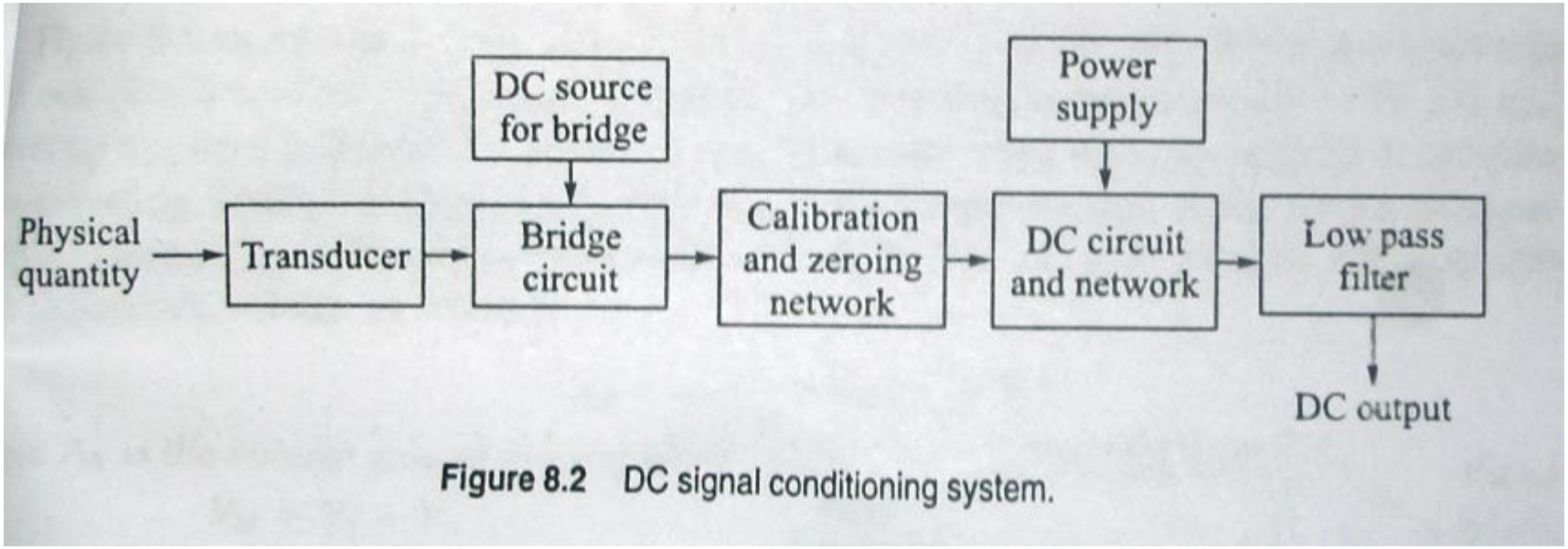



**Figure 8.2** DC signal conditioning system.

# ابزار های آماده سازی سیگنال
# (Signal conditioning elements)

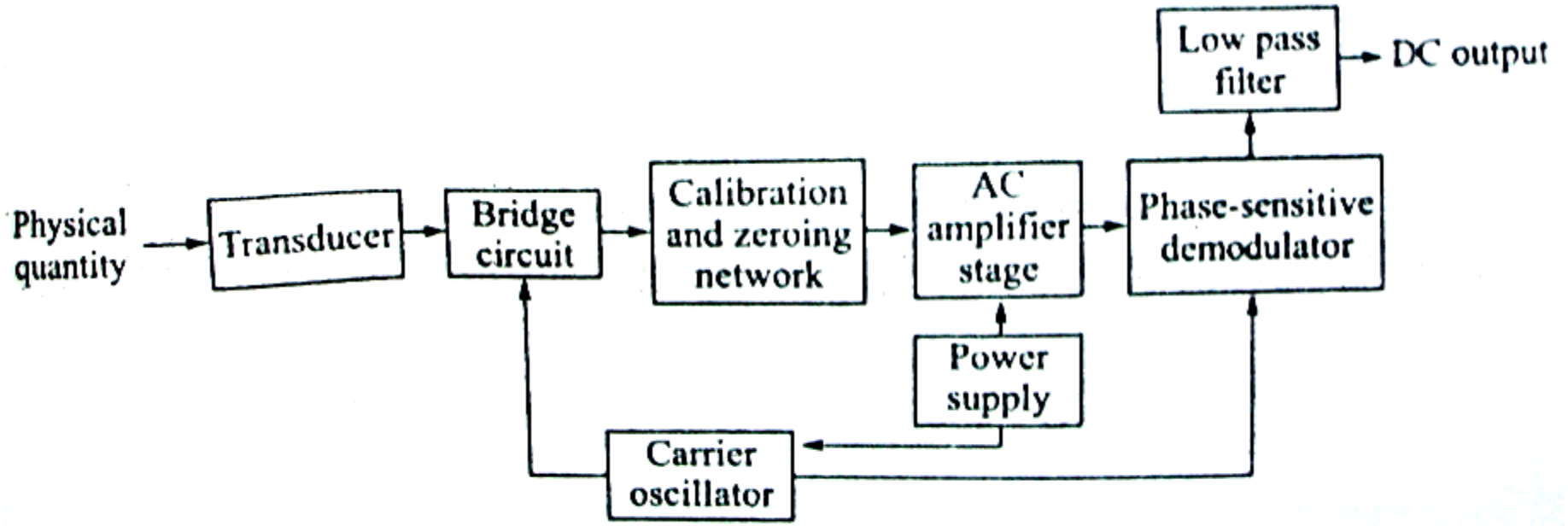



**Figure 8.3** AC signal conditioning system.

# ابزار های آماده سازی سیگنال (Signal conditioning elements)

- استفاده از تقویت کنندههای عملیاتی، مدارات جمع کننده، تفریق کننده، مشتق گیر ،انتگرال گیر، تقویت کننده لگاریتمی، نمائی
- استفاده از تقویت کنندهها عملیاتی خاص
  - افست کم
  - مقاومت ورودی زیاد
  - تک تغذیه
  - تقویت کننده جریان

# تقویت کننده لگاریتمی

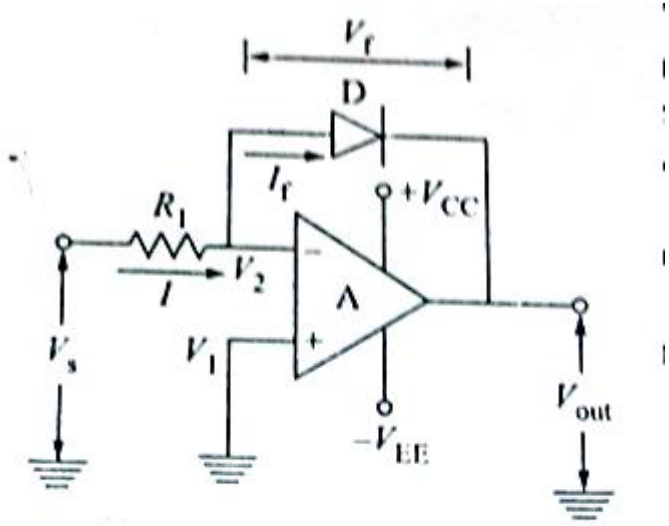



**Figure 8.13** Circuit diagram of a logarithmic amplifier.

$$V_f = mV_T \left[ \frac{\ln V_s}{R_1} - \ln I_s \right]$$

# Simple and Hold Amplifier

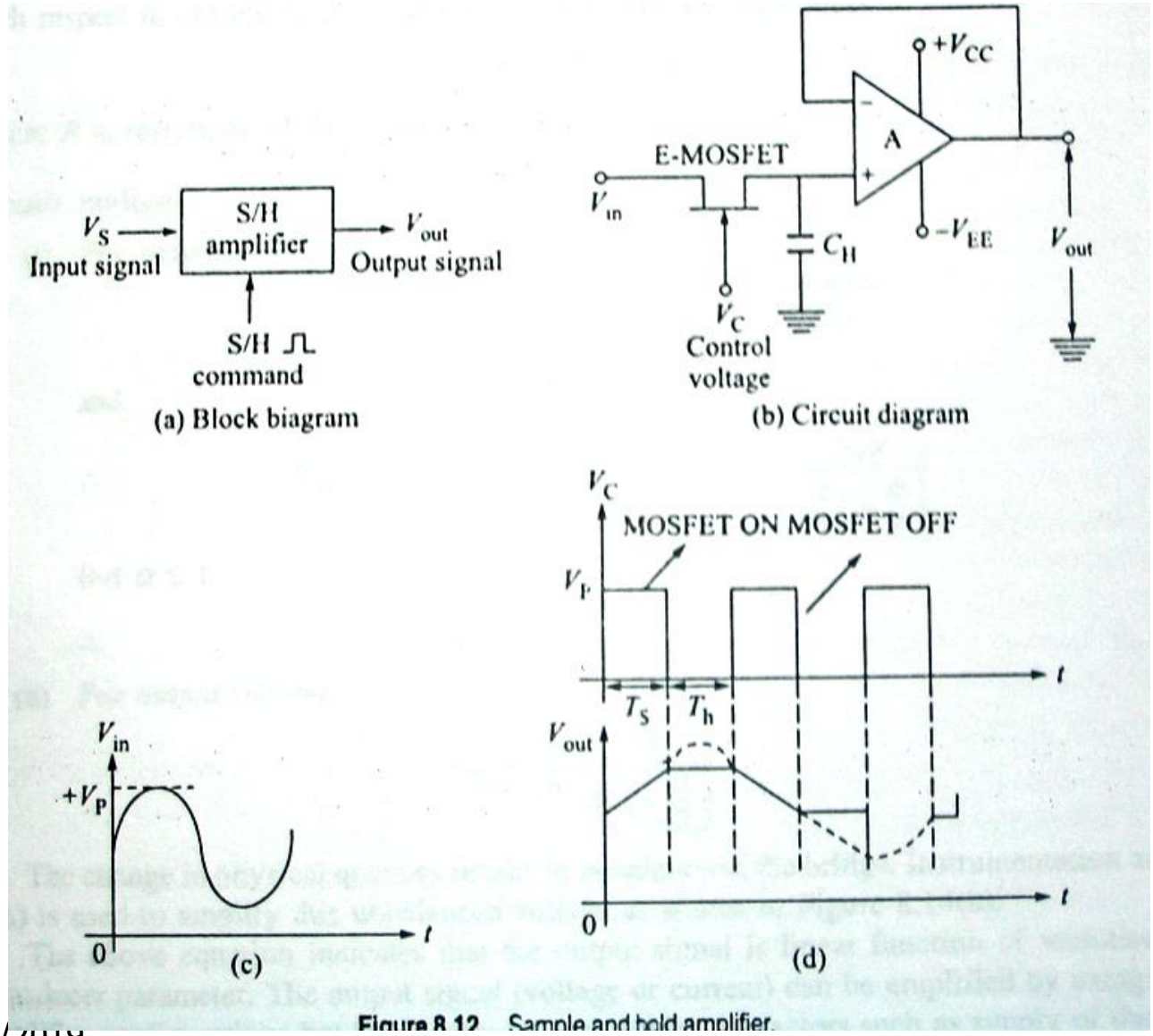
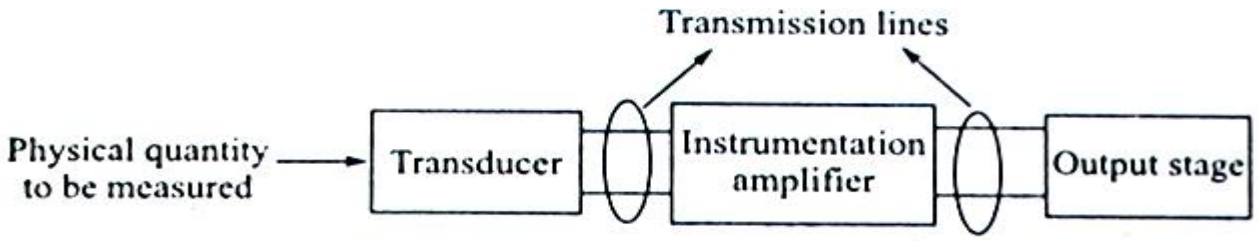
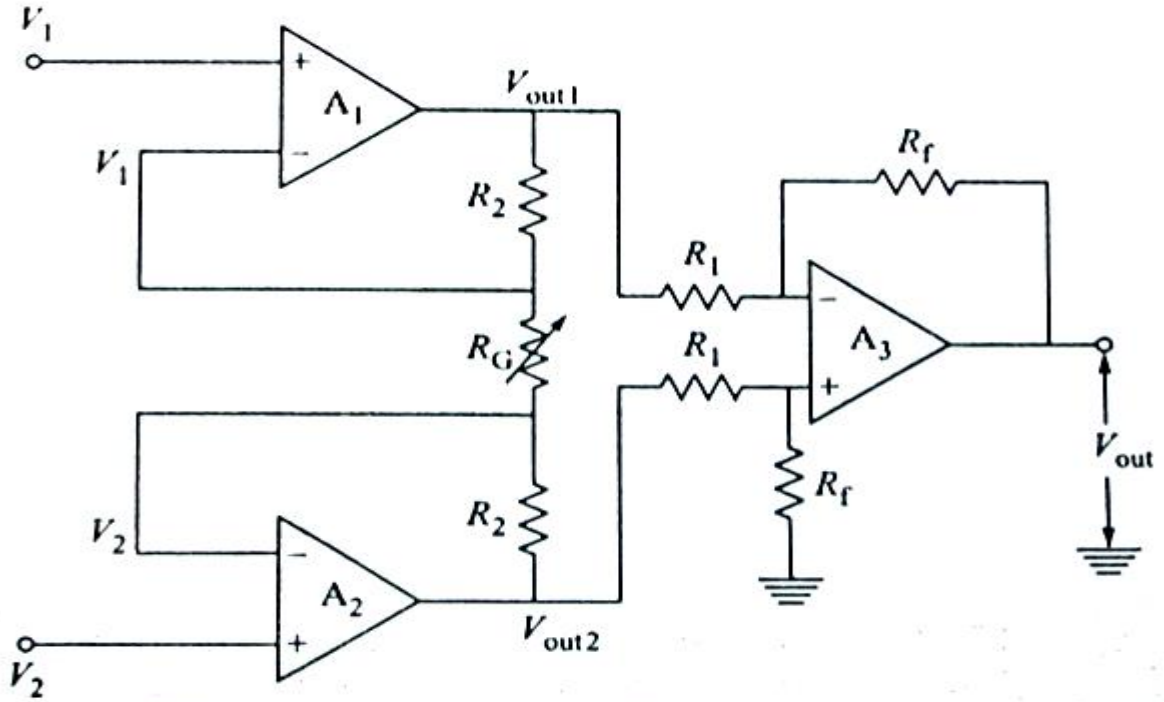



Figure 8.12 Sample and hold amplifier.

# Instrumentation amplifier




(a) Block diagram




(b) Basic instrumentation amplifier using three op-amps

# مبدلهای ولتاژ به جریان با بار شناور

$$V_{in} = V_f$$

$$V_{in} = I_0 R_1$$

$$I_0 = \frac{V_{in}}{R_1}$$

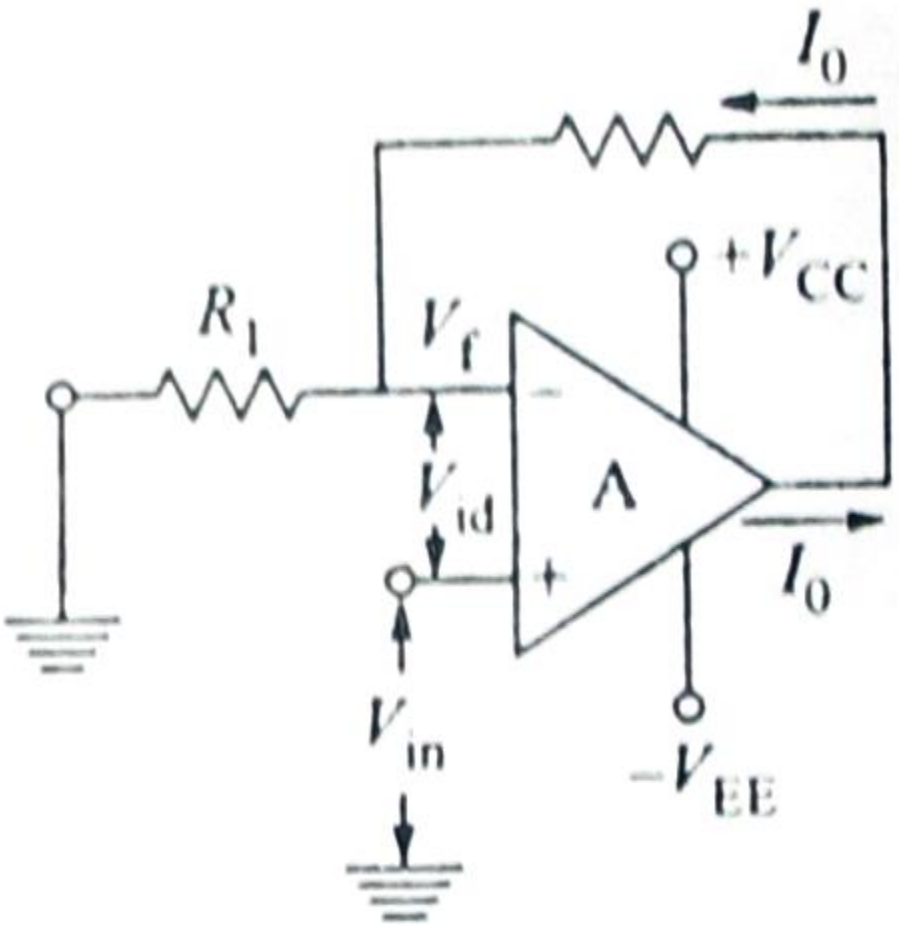



**Figure 8.19** A voltage-to-current converter using floating load.

# مبدلهای ولتاژ به جریان با بار زمین شده

$I_L = V_{in}/R$

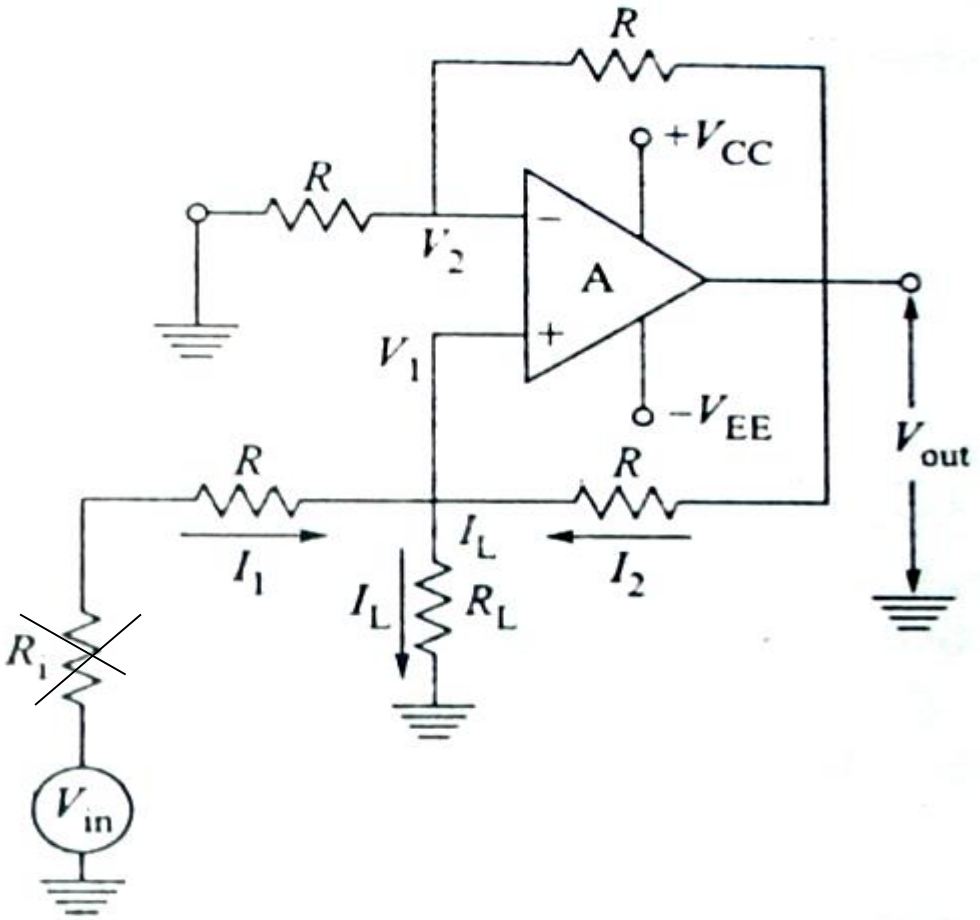



**Figure 8.20** A voltage-to-current converter using grounded load.

# مبدلهای جریان به ولتاژ

- $V_{out}=-R_f I_i$

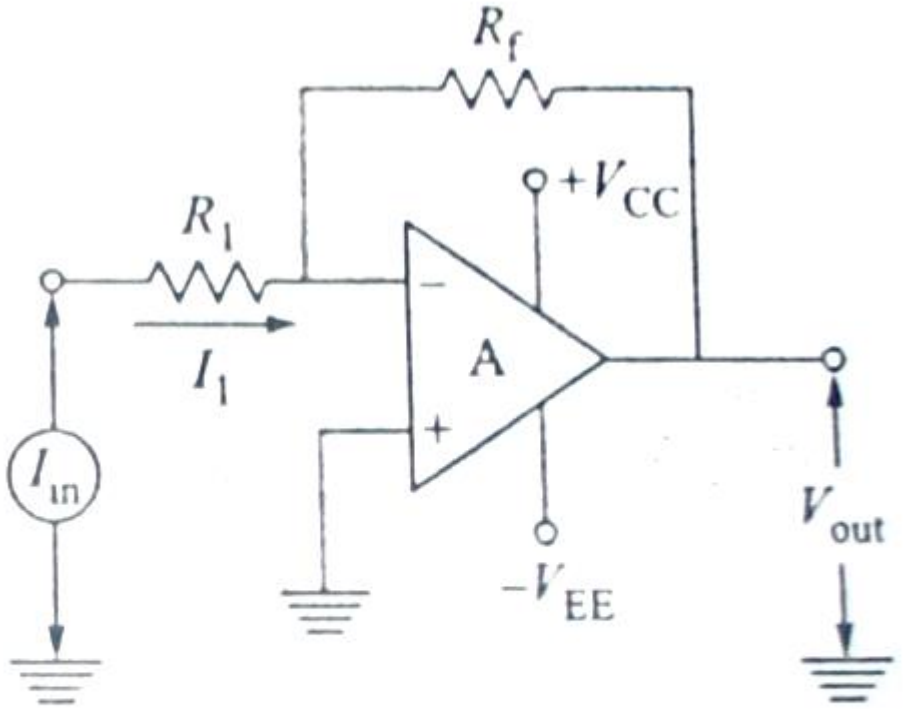
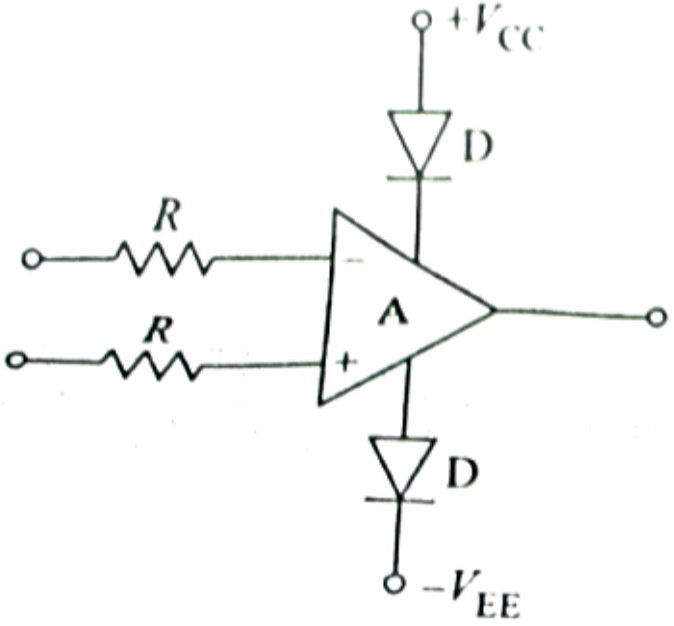



**Figure 8.21** Circuit diagram of a current-to-voltage converter.

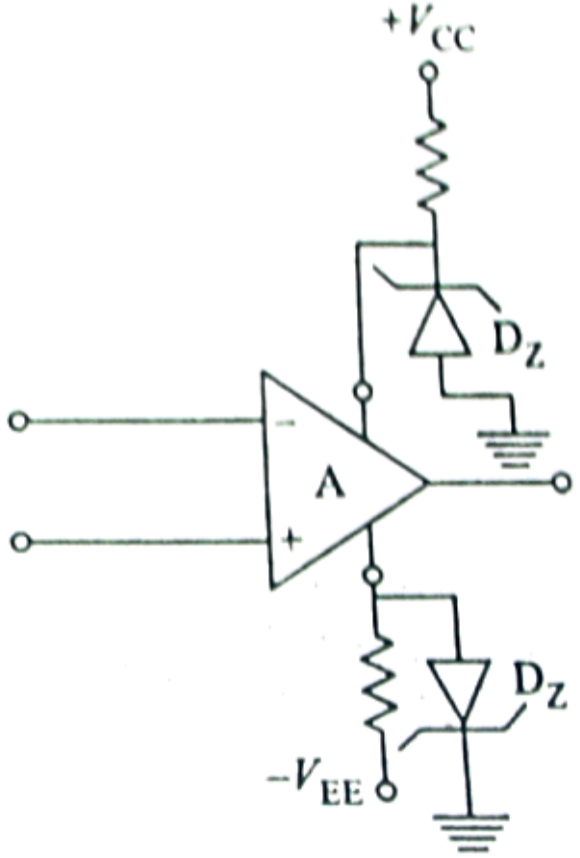
# دلیل تبدیل ولتاژ به جریان

- نویز پذیری کمتر
- ضریب اطمینان بالا تر با استفاده از استاندارد ۲۰-۴ میلی آمپر
- سوال ؛ چگونه ۰-۵ ولت را میتوان به ۲۰-۴ میلی آمپر تبدیل کرد؟

# حفاظت مدار در مقابل اتصال اشتباه




Protection circuit using resistors and diodes



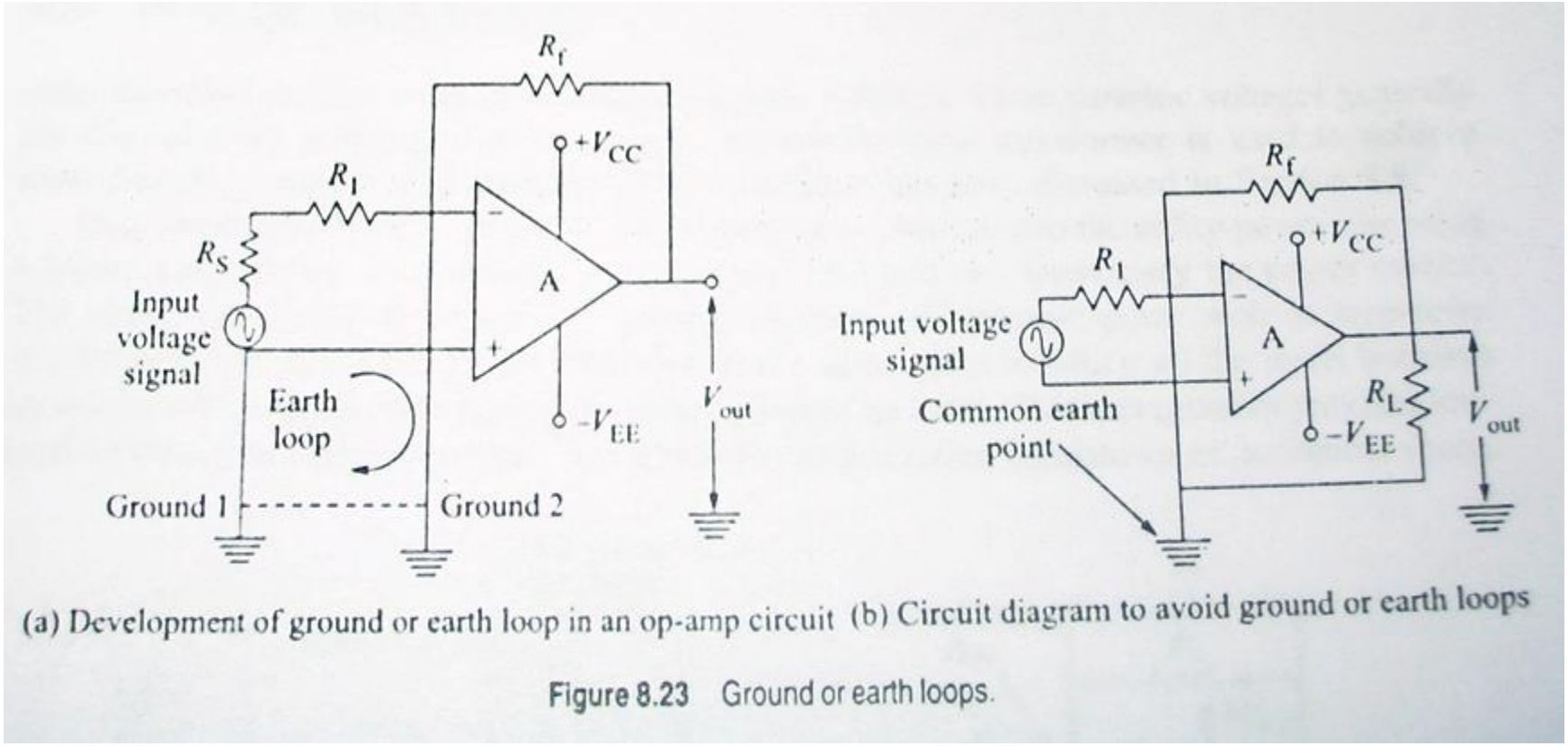

(b) Protection circuit with zener diodes conne
supply line

**Figure 8.22** Protection circuits for op-amp.

# حفاظت مدار در مقابل نویز

- استفاده از ورودی –خروجی جریان بجای ولتاژ
- طراحی مدار جهت پایداری در مقابل تغییرات درجه حرارت
- حفاظت در مقابل نویزهای خارجی
  - استفاده از کابل شیلد شده
  - عدم استفاده از زمین جهت انتقال سیگنال
- طراحی زمین مناسب
- جداسازی مناسب(Isolation)
- توجه به مقاومت داخلی
- توجه به حرکات مکانیکی کنتاکتورها و...

# حفاظت مدار در مقابل نویز زمین




(a) Development of ground or earth loop in an op-amp circuit (b) Circuit diagram to avoid ground or earth loops

Figure 8.23 Ground or earth loops.

# حفاظت مدار در مقابل نویزامواج رادیوئی و الکترومغناطیسی

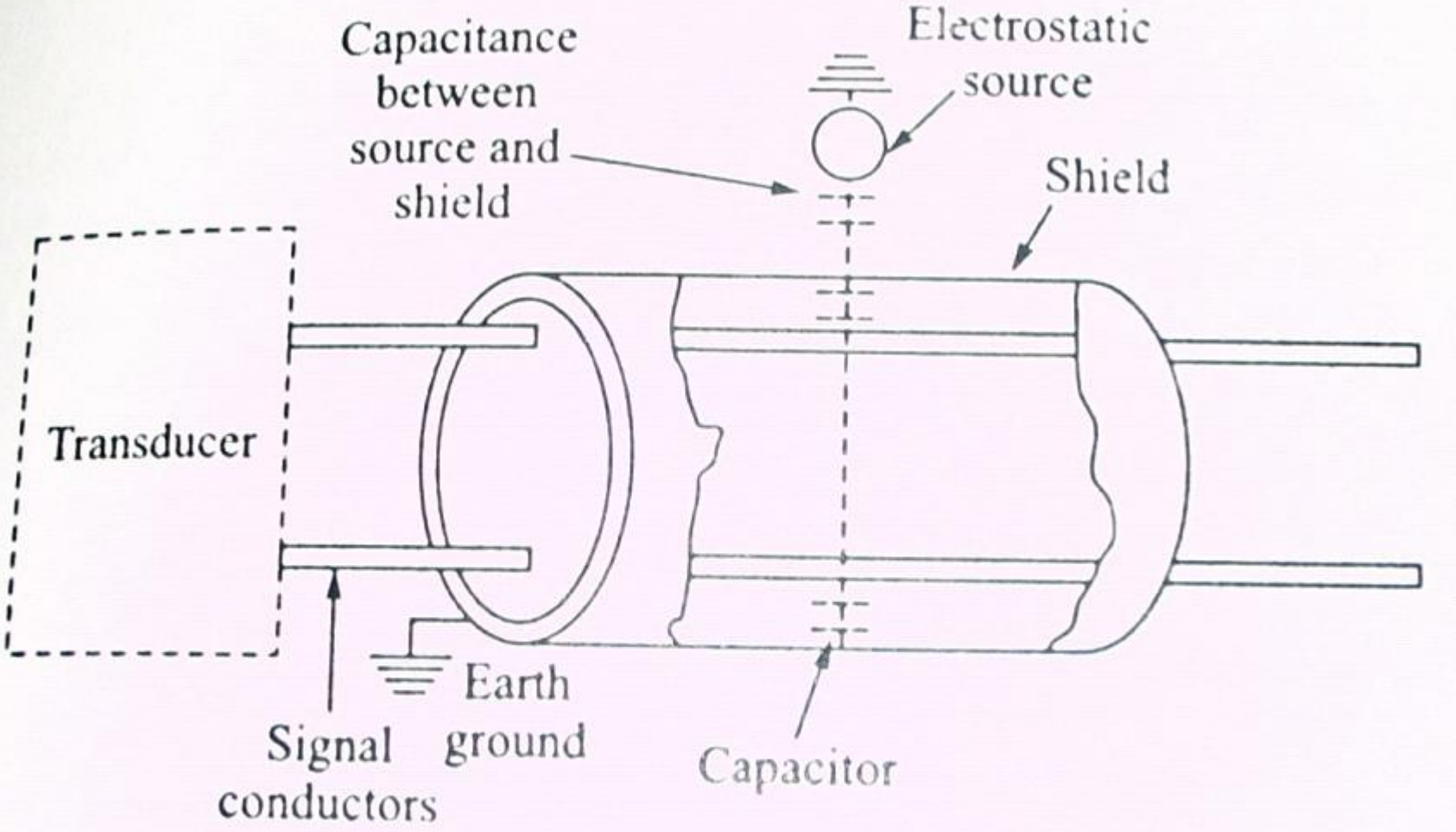
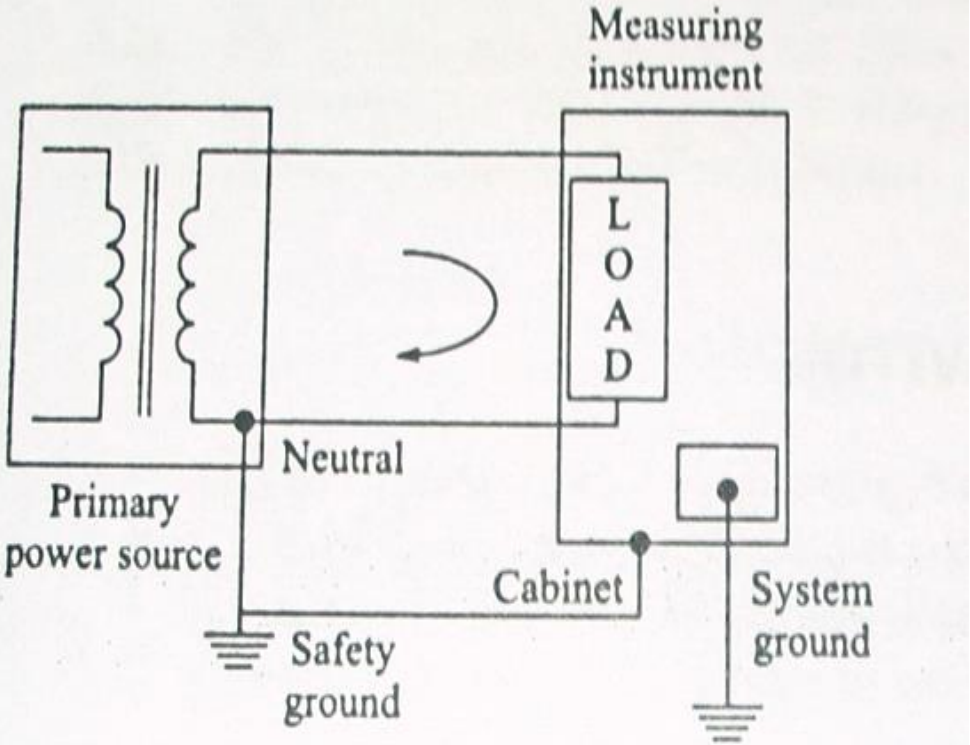



**Figure 8.24** Electrostatic shielding.

# حفاظت مدار با استفاده از ایزولاسیون

- جداسازی سیگنالها
  - استفاده از ترانس
  - استفاده از اپتوکوپلر




(a) Using a 3-core cable

Figure 8.26 Power