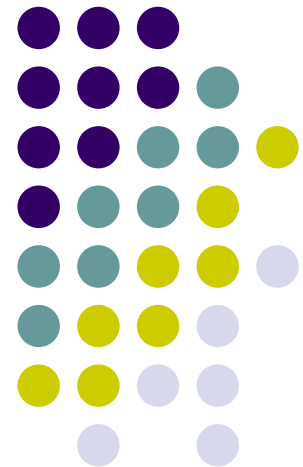


Kỹ thuật cảm biến

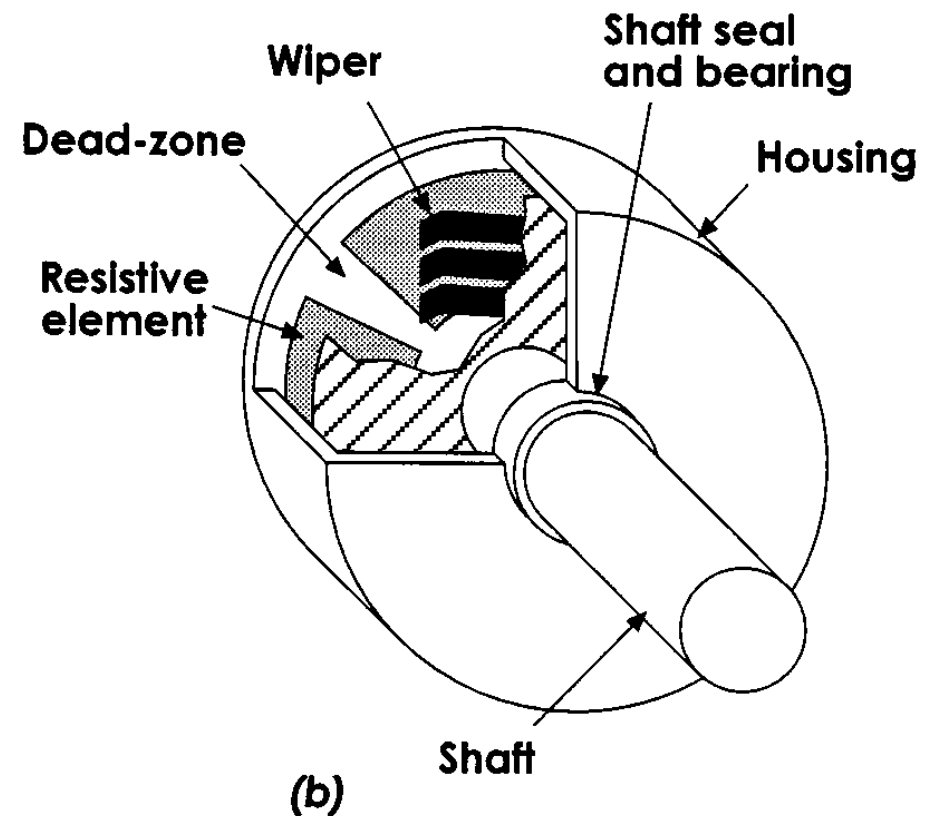
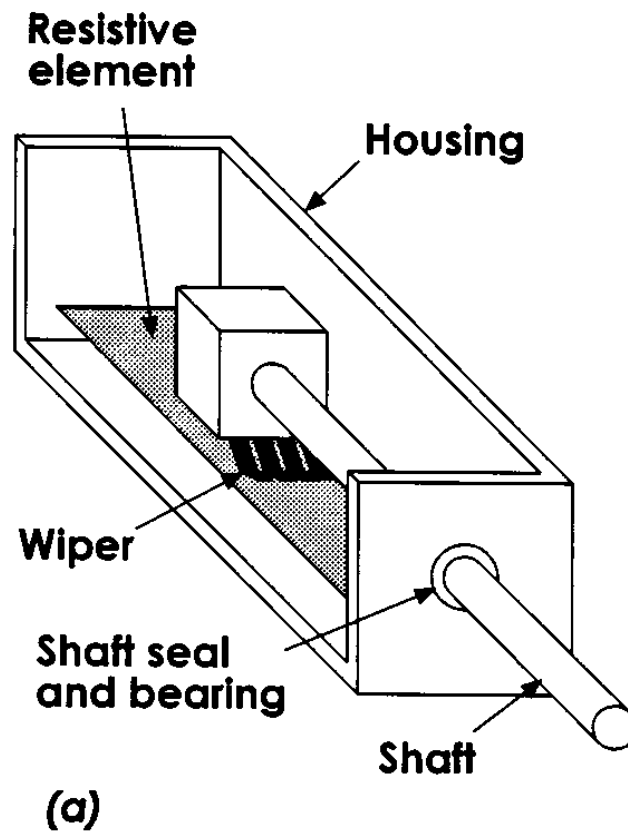
Cảm biến điện trở



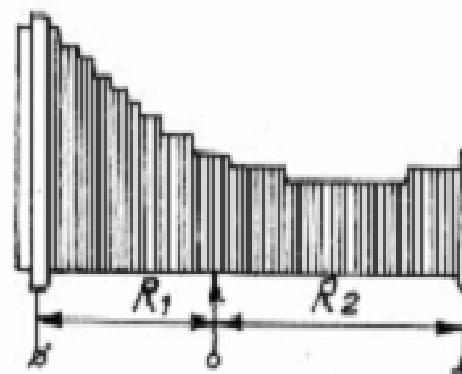
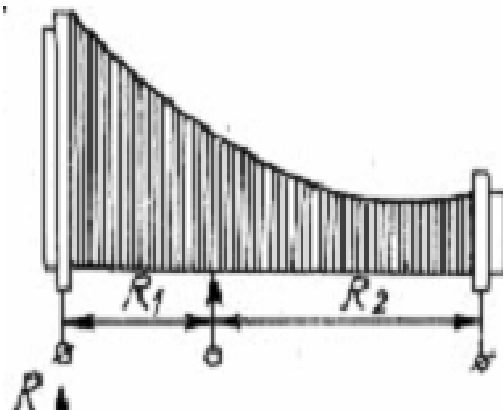
Cảm biến biến trở



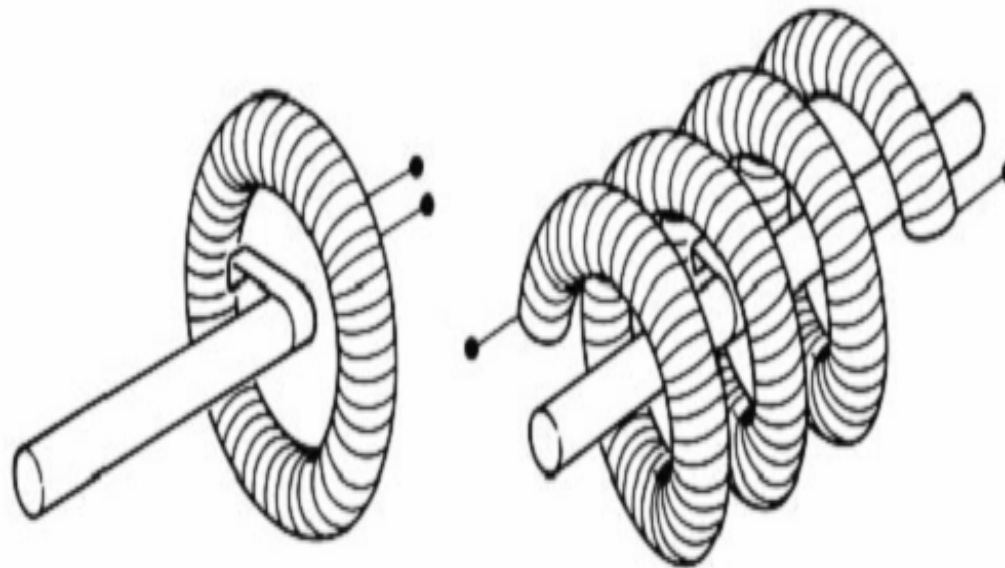
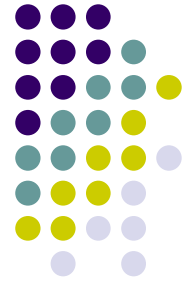
- Cấu tạo:



Cảm biến biến trở



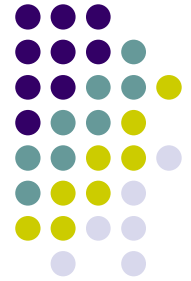
Cảm biến biến trở





Cảm biến biến trở

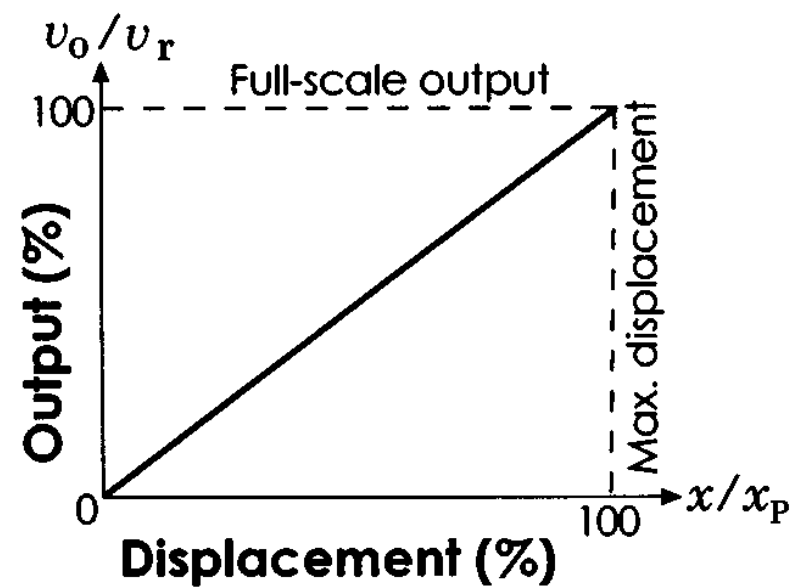
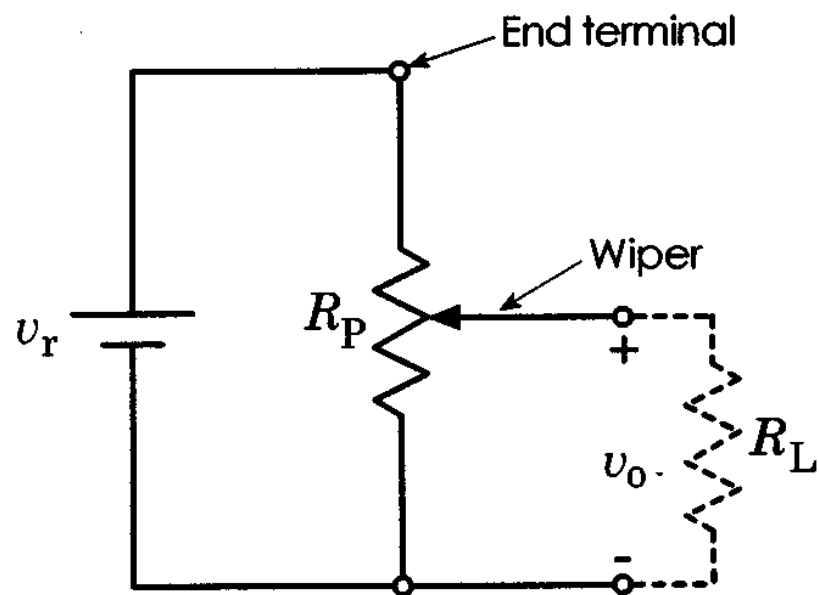
- Lõi bằng vật liệu cách điện.
- Dây quấn dẫn điện có phủ sơn cách điện.
- Bộ than chì ép thành lớp dẫn điện.
- Con trượt.
- Thanh trượt



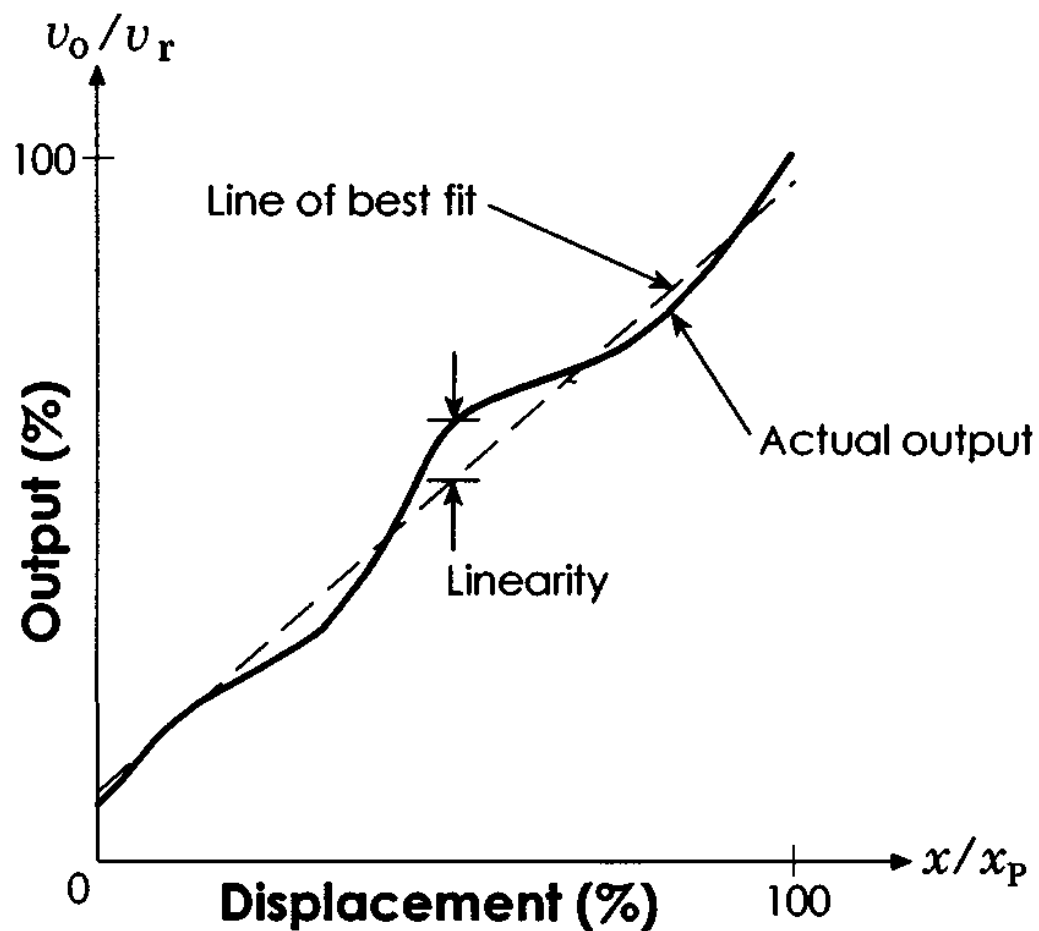
Cảm biến biến trở

- Nguyên lý hoạt động: Khi con trượt chạy trên thanh trượt thì tùy thuộc vào vị trí của nó mà điện trở thay đổi.
- Quan hệ giữa di chuyển X đầu vào và R ra có thể là tuyến tính hay theo đặc tính nào đó.

Cảm biến biến trở



Cảm biến biến trở





Cảm biến biến trở

	Dẫn bằng than chì	Dây quấn	Hybrid
Độ phân giải	Lớn	Giới hạn	Lớn
Công suất	Thấp	Cao	Thấp
Độ ổn định nhiệt độ	Kém	Rất tốt	Tốt
Noise	Rất thấp	Thấp nhưng giảm theo t	Thấp
Tuổi thọ	1-100 triệu lần	0.1-1 triệu lần	1-10 triệu lần



Cảm biến biến trở

- Độ nhạy: với CB điện trở dây quấn có W vòng

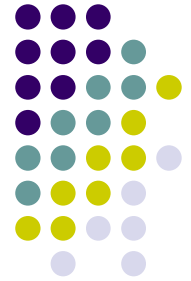
$$R_0 = \frac{R}{W}$$

- Độ di chuyển nhỏ nhất có thể đo:

$$X_0 = \frac{L}{W}$$

- Sai số rời rạc:

$$\gamma = \frac{\Delta R_{\min}}{2R} = \frac{R_0}{2R} = \frac{1}{2W}$$



Cảm biến biến trở

- Sai số phi tuyến: 0,1-1%
- Sai số do nhiệt độ: 0,1%/10 độ C
- Giá trị thay đổi của điện trở: vài Ω đến vài $M\Omega$
- Công suất: vài phần W đến vài trăm W.



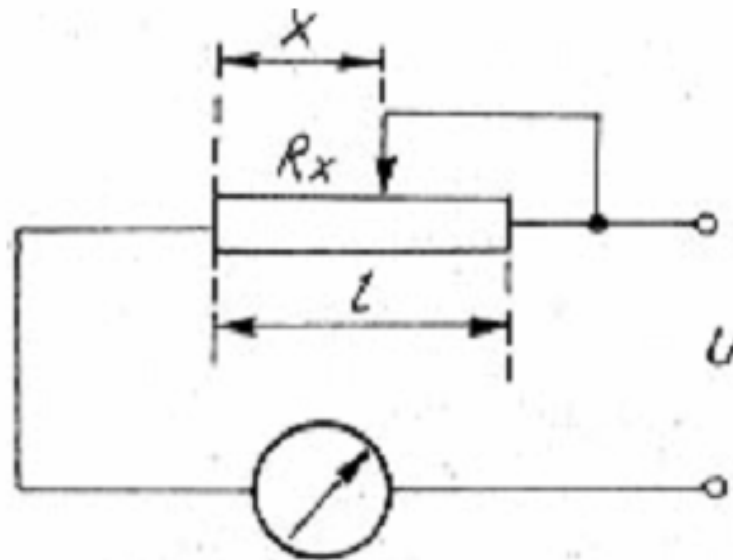
Cảm biến biến trở

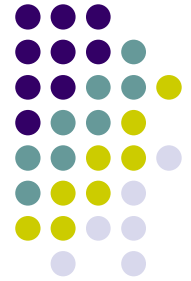
- Lực để di chuyển biến trở.
- Khoảng di chuyển.
- Tốc độ di chuyển.
- Tuổi thọ.
- Vỏ bảo vệ



Cảm biến biến trở

- Mạch biến trở:

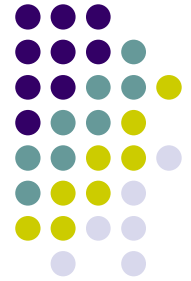




Cảm biến biến trở

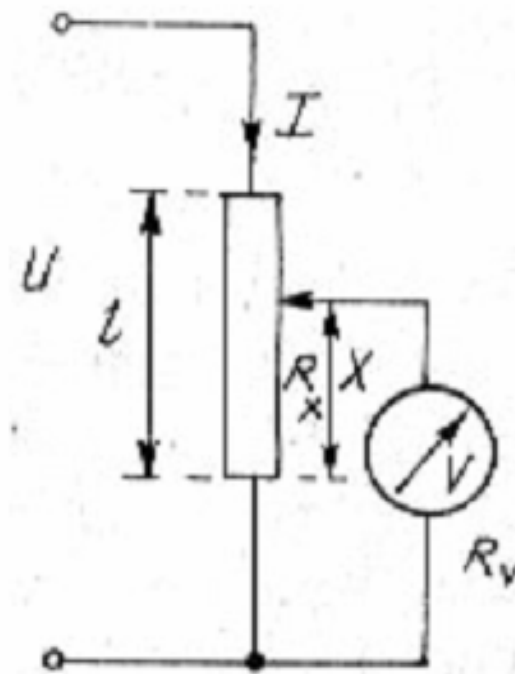
$$I = \frac{U}{R_x + R_{CT}} = \frac{U}{R \cdot \frac{X}{l} + R_{CT}} = f(X)$$

- Quan hệ là phi tuyến



Cảm biến biến trở

- Mạch phân áp





Cảm biến biến trở

$$U_X = I.(R_X // R_V) = \frac{U}{(R - R_X) + (R_X // R_V)}.(R_X // R_V)$$

nếu $R_V \gg R_X \Rightarrow (R_X // R_V) \approx R_X$, có:

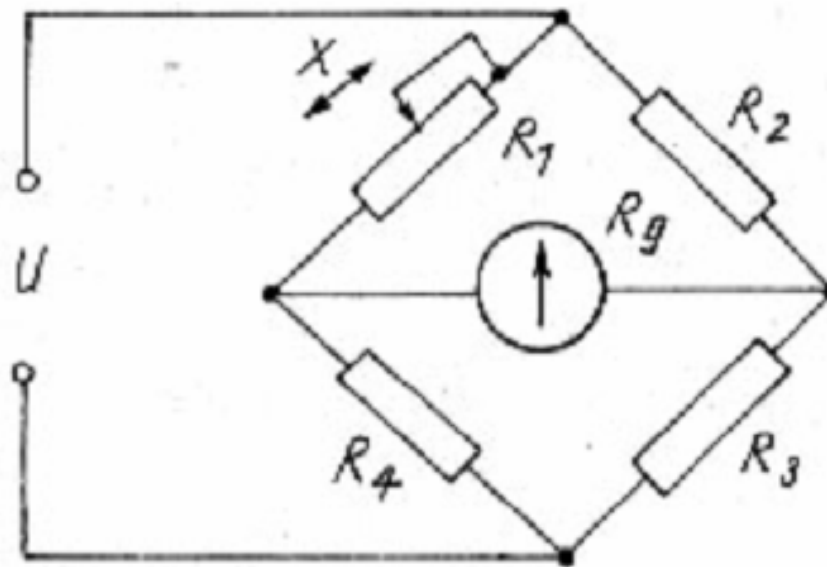
$$U_X = \frac{U}{(R - R_X) + R_X} R_X = U \cdot \frac{R_X}{R} = U \cdot \frac{1}{R} \cdot (R \cdot \frac{X}{l}) = U \cdot (\frac{X}{l}) = f(X)$$

- Quan hệ tuyến tính



Cảm biến biến trở

- Mạch cầu:



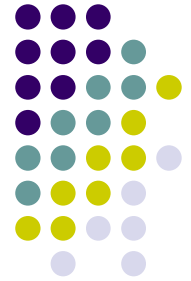
Cảm biến biến trở



$$U_g = U \cdot \left(\frac{R_4}{R_4 + R_X} - \frac{R_3}{R_3 + R_2} \right) \text{ với } R_X = R_1 \cdot \frac{X}{l}$$

với $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$ có:

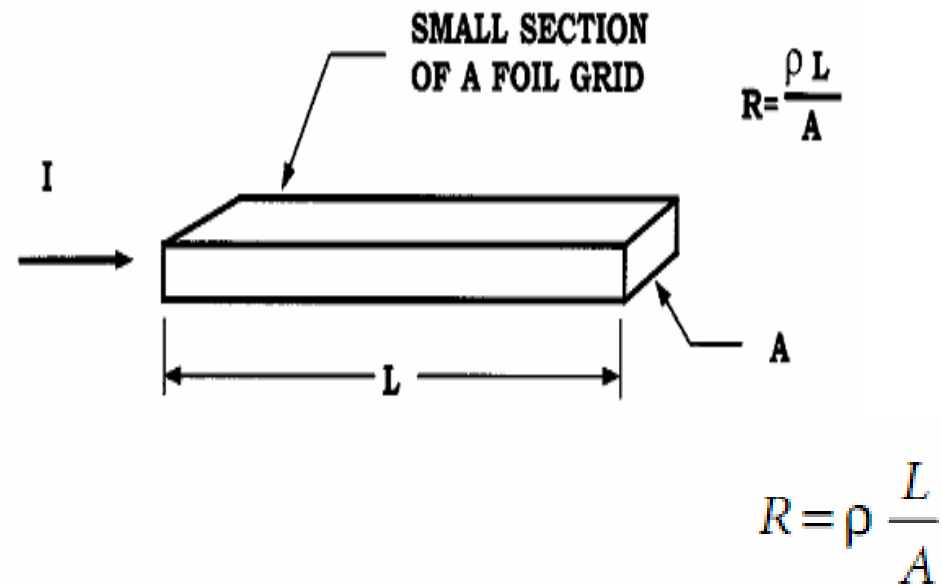
$$U_g = U \cdot \left(\frac{R_4}{R_4 + R_X} - \frac{R_3}{R_3 + R_2} \right) = \frac{U}{2} \cdot \frac{l - X}{l + X} = f(X)$$



Cảm biến biến trở

- Ứng dụng:
 - Đo di chuyển thẳng hay di chuyển góc – Giá thành rẻ, mạch đo đơn giản.
 - Đo lực, áp suất, gia tốc....
 - Tần số nhỏ hơn 5Hz.

Cảm biến điện trở lực căng



where R = Resistance

ρ = Resistivity

L = Length

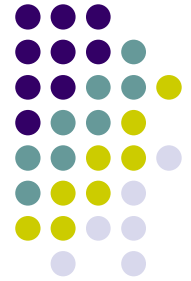
A = Area of the cross-section



Cảm biến điện trở lực căng

$$\Delta R = \frac{\partial R}{\partial \rho} \Delta \rho + \frac{\partial R}{\partial L} \Delta L + \frac{\partial R}{\partial A} \Delta A$$

$$\frac{\Delta R}{R_0} = \frac{\Delta \rho}{\rho_0} + \frac{\Delta L}{L_0} - \frac{\Delta A}{A_0}$$

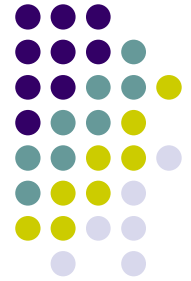


Cảm biến điện trở lực căng

$$\frac{\Delta A}{A_0} = \frac{\Delta w}{w_0} + \frac{\Delta t}{t_0}$$

$$\frac{\Delta A}{A_0} = -2\nu \frac{\Delta L}{L_0}$$

- γ là hệ số Poisson.



Cảm biến điện trở lực căng

$$\frac{\Delta R}{R_0} = \frac{\Delta \rho}{\rho_0} + \frac{\Delta L}{L_0} (1 + 2\nu)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta l}{l}$$

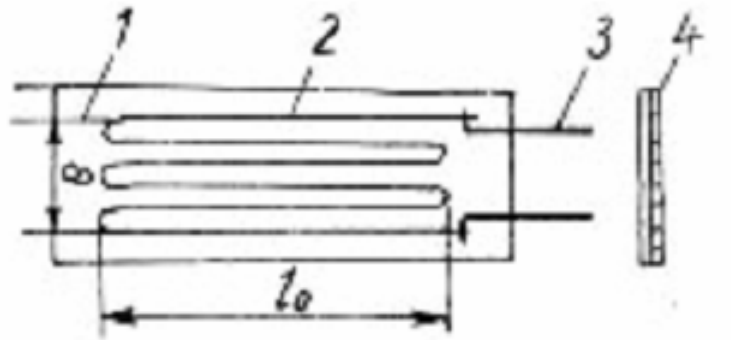
- K hệ số phụ thuộc vào vật liệu với constantan k=2



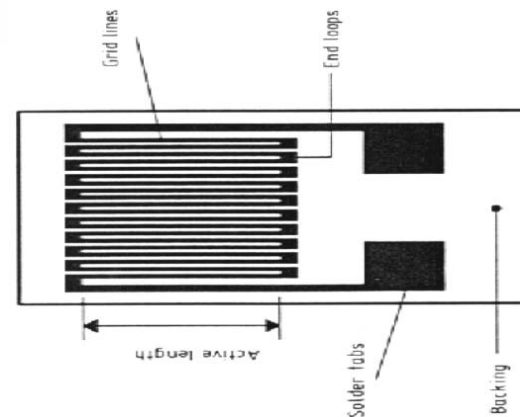
Cảm biến điện trở lực căng

- Cấu tạo: Có hai loại

- Kiểu dây mảnh:



- Kiểu màng mỏng:





Cảm biến điện trở lực căng

- Để mỏng bằng vật liệu cách điện có độ bền cao.
- Dây dẫn hay màng bằng constantan, nicrom, platin-iridi.
- Dây và màng được cố định trên đế.
- Các cực đầu tín hiệu.
- Có thể dùng vật liệu bán dẫn (K cỡ vài trăm) nhưng có độ bền cơ học kém.



Cảm biến điện trở lực căng

- Dây mảnh:
 - Có thể chế tạo kích thước lớn.
 - Giá thành rẻ.
 - Điện trở ngang lớn
 - Tiếp xúc nhỏ nên truyền biến dạng kém.
 - Tiếp xúc nhỏ nên truyền nhiệt kém

Cảm biến điện trở lực căng



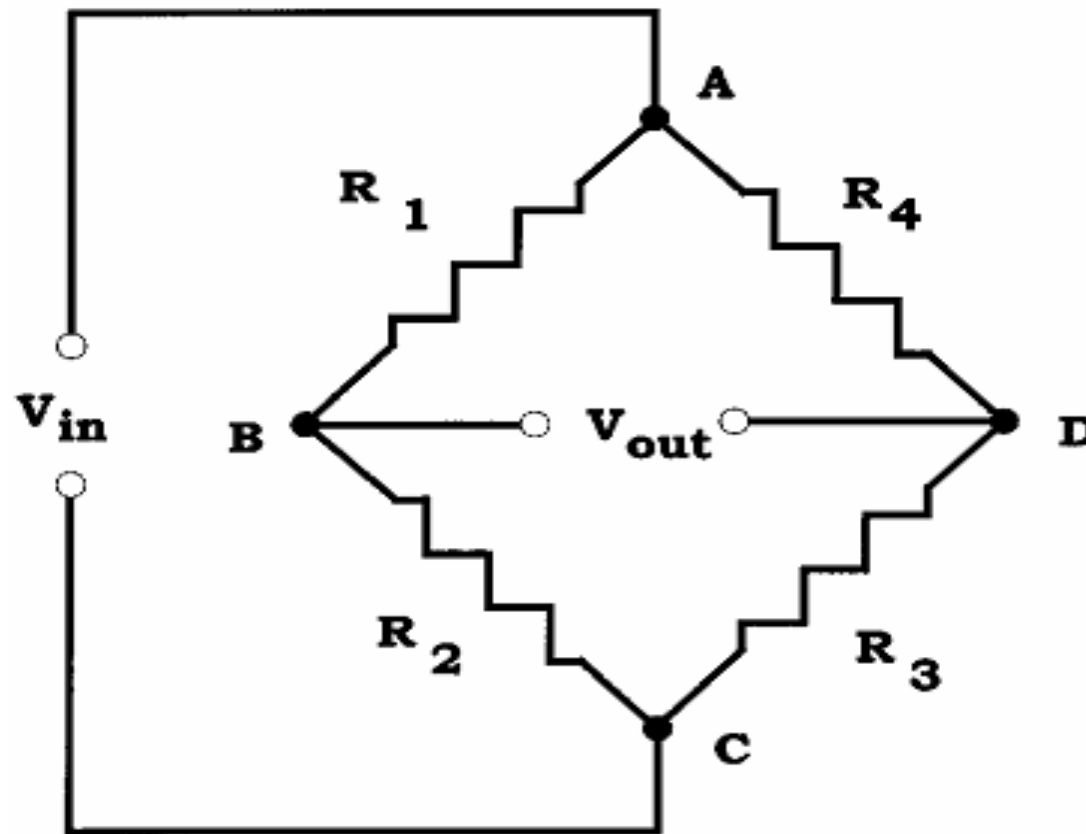
- **Màng mỏng:**
 - Kích thước nhỏ và có thể chế tạo hình dạng bất kỳ.
 - Điện trở ngang nhỏ.
 - Tiếp xúc tốt nên truyền biến dạng và nhiệt tốt.
 - Độ đồng đều cao



Cảm biến điện trở lực căng

- Vật liệu: có độ nhậy cao, hệ số nhiệt nhỏ, điện trở xuất lớn.
- Bù sự thay đổi điện trở do nhiệt độ bằng cách sử dụng mạch cầu.

Cảm biến điện trở lực căng



$$V_B = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_D = V_{in} \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

$$V_{out} = V_B - V_D$$

Cảm biến điện trở lực căng

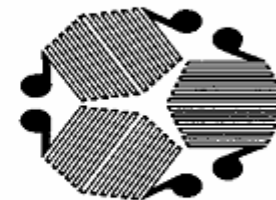
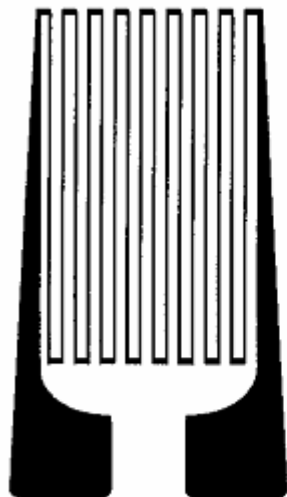


$$V_{\text{out}} = V_{\text{in}} \frac{R_1 R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \left(-\frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} - \frac{\Delta R_3}{R_3} + \frac{\Delta R_4}{R_4} \right)$$

Cảm biến điện trở lực căng

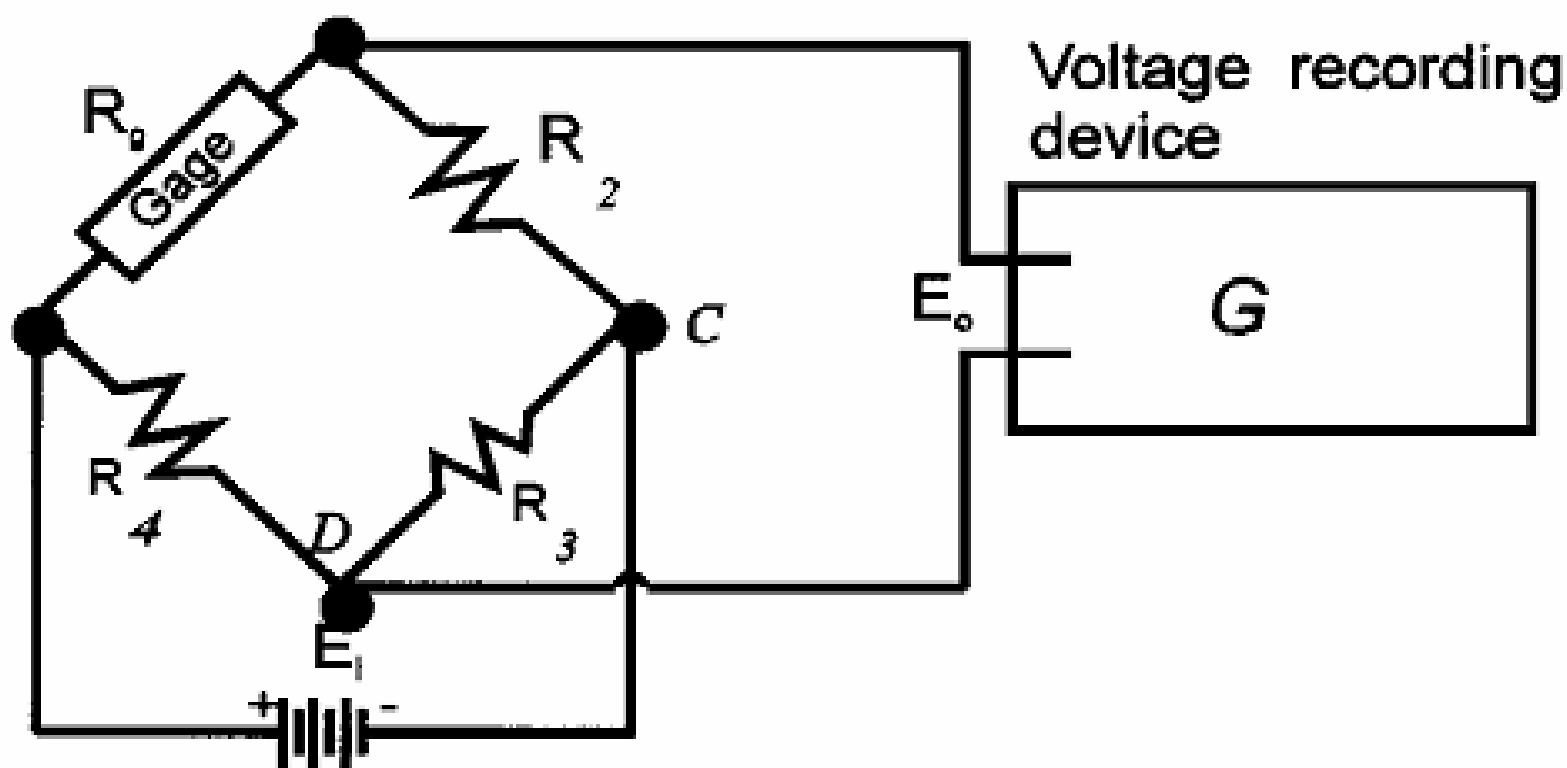


- Đo lực:

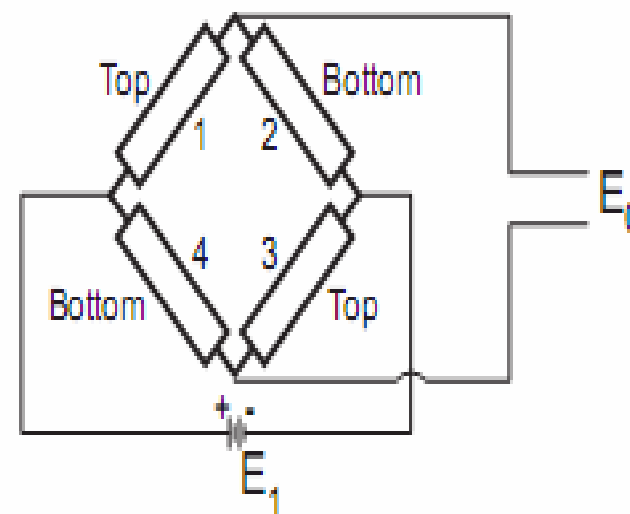
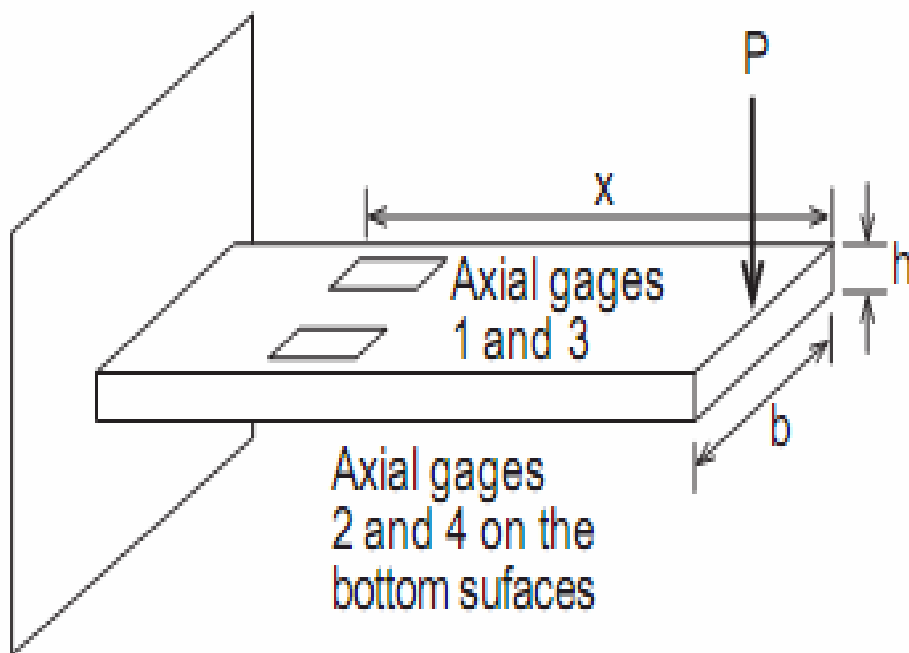




Cảm biến điện trở lực căng



Cảm biến điện trở lực căng





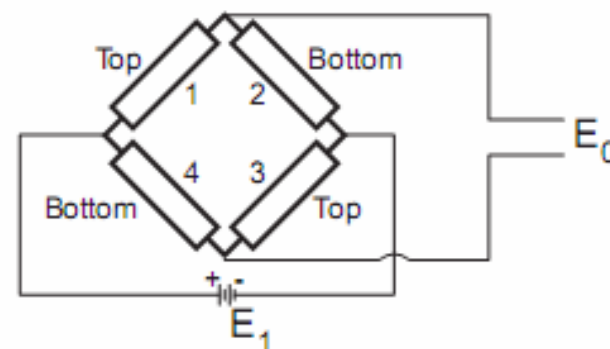
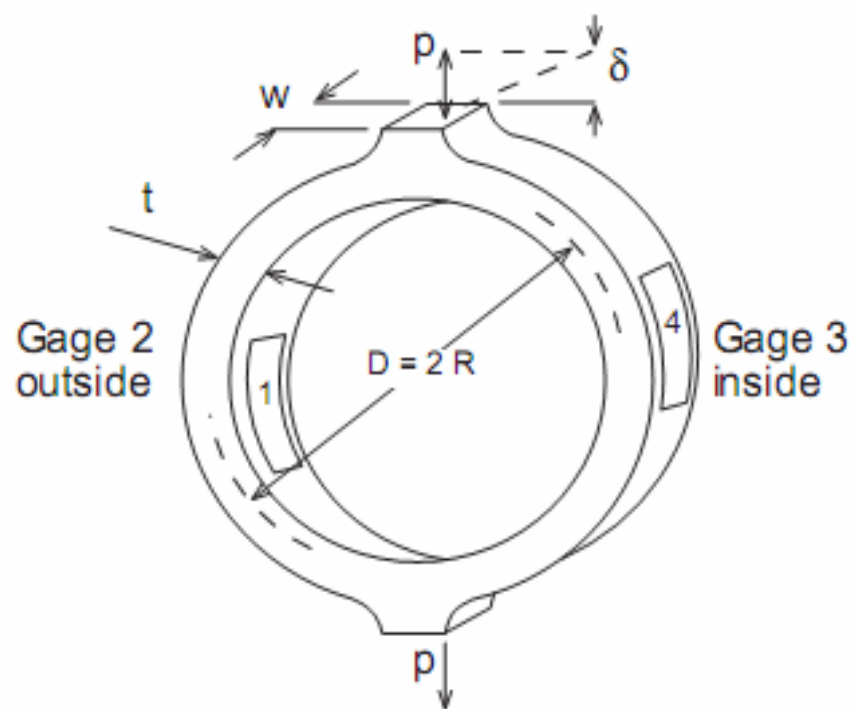
Cảm biến điện trở lực căng

$$\varepsilon_1 = -\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\varepsilon_4 = \frac{6M}{Ebh^2} = \frac{6Px}{Ebh^2}$$

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = -\frac{\Delta R_2}{R_2} = \frac{\Delta R_3}{R_3} = -\frac{\Delta R_4}{R_4} = \frac{6S_g Px}{Ebh^2}$$

$$E_o = \frac{6S_g Px E_1}{Ebh^2}$$

Cảm biến điện trở lực căng

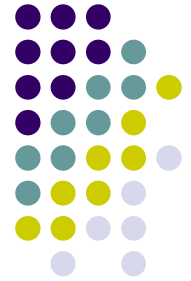




Cảm biến điện trở lực căng

- Nối giữa thiết bị đo với mạch cầu:
 - Cầu 4 dây.
 - Cầu 6 dây.

Cảm biến điện trở lực căng



- Ứng dụng:
 - Đo lực, áp suất, moment, biến dạng...
 - Đo các đại lượng biến thiên tần số nhỏ hơn vài chục KHz



Cảm biến nhiệt điện trở

Nhiệt điện trở là là điện trở thay đổi theo sự đổi nhiệt độ của nó: $R_T = f(t^0)$,
do R_T có thể suy ra nhiệt độ.

Nhiệt điện trở được chia ra thành:

Nhiệt điện trở kim loại và nhiệt điện trở bán dẫn.

Điện trở kim loại (RTD) theo nhiệt độ $R_T = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3)$

Với Pt: $\alpha = 3.940 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{C}$

$\beta = -5.8 \cdot 10^{-7} / ^\circ\text{C}^2$; $\gamma \approx 0$ trong khoảng 0-600 $^\circ\text{C}$; $\gamma = -4 \cdot 10^{-12} / ^\circ\text{C}^3$

Đối với đồng từ -50 $^\circ\text{C}$ đến 200 $^\circ\text{C}$: $\alpha = 4.27 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{C}$

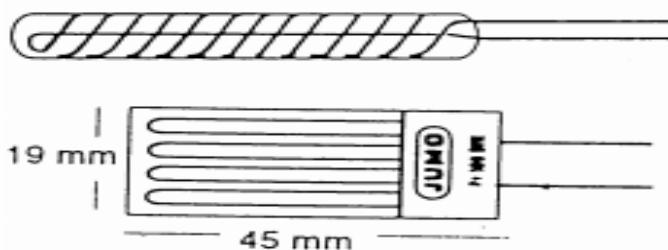
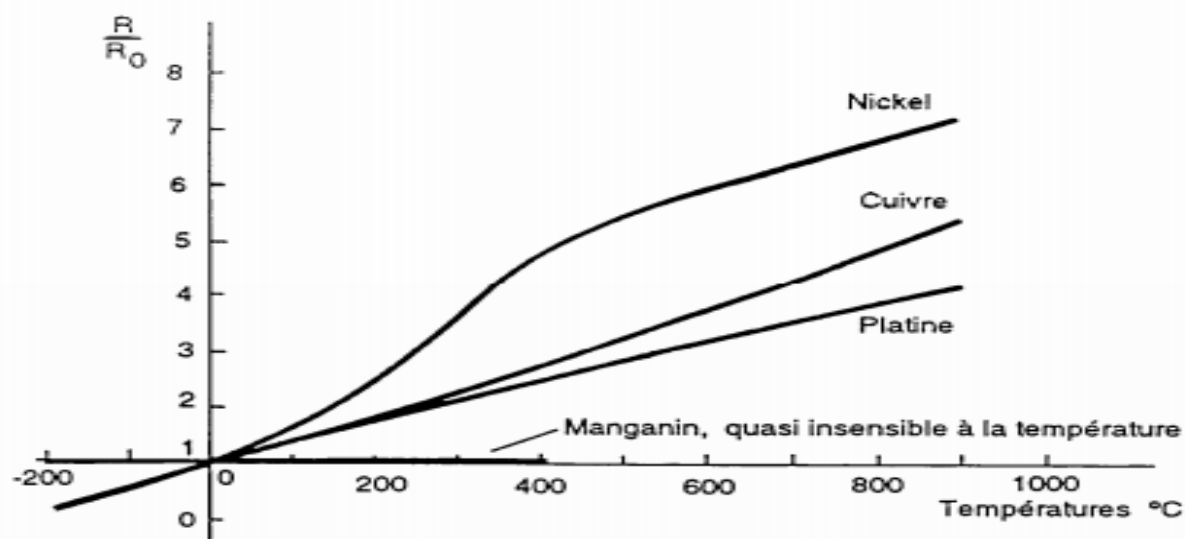
β và γ trong phạm vi sử dụng với độ chính xác không cao thì coi như không đáng kể và quan hệ R_T và t coi như tuyến tính.

Đo đo nhiệt độ bằng điện trở và nhiệt độ



Cảm biến nhiệt điện trở

A, Nhiệt điện trở kim loại



Điện trở chuẩn hoá $R_0=100\ \Omega$ tại 0°C



Cảm biến nhiệt điện trở

Hệ số nhiệt độ của một số kim loại

	Cu	Ni	Pt	W
$T_p, ^\circ\text{C}$	1083	1453	1769	3380
$C, \text{J}^\circ\text{C}^{-1}\text{kg}^{-1}$	400	450	135	125
$\lambda_t, \text{W}^\circ\text{C}^{-1}\text{m}^{-1}$	400	90	73	120
$\alpha_t, ^\circ\text{C}^{-1}$	$16,7 \cdot 10^{-6}$	$12,8 \cdot 10^{-6}$	$8,9 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-6}$
$\rho, \Omega\text{m}$	$1,72 \cdot 10^{-8}$	$10 \cdot 10^{-8}$	$10,6 \cdot 10^{-8}$	$5,52 \cdot 10^{-8}$



Cảm biến nhiệt điện trở

Nhiệt điện trở bán dẫn

$$R_T = Ae^{\beta/T}$$

A và β đều không ổn định. Ta cũng có thể tính

$$\alpha = (-2.5\% \text{ to } -4\%) / ^\circ\text{C}$$

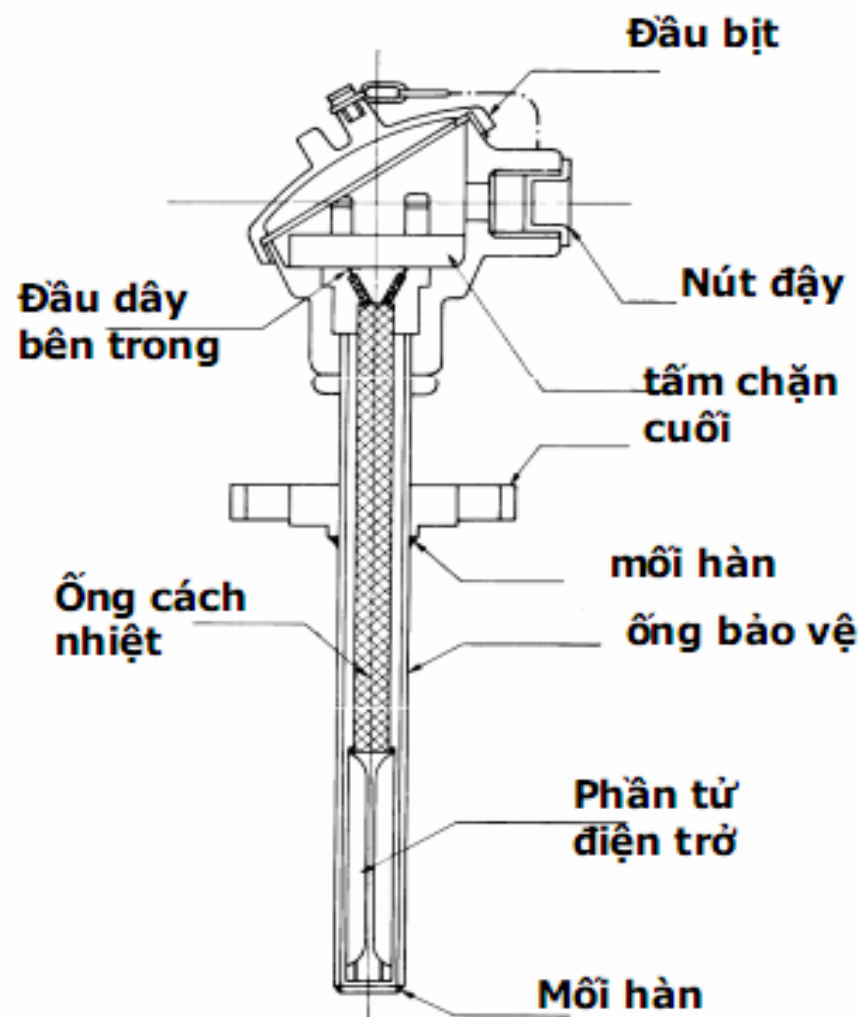
Thông thường được chế tạo từ các oxit bán dẫn đa tinh thể: MgO , MgAl_2O_4 , Mn_2O_3 , Fe_3O_4 , Co_2O_3 , NiO , ZnTiO_4



Các bột oxit được trộn theo một tỉ lệ thích hợp, sau đó được nén với định dạng và thiêu kết ở nhiệt độ 1000°C

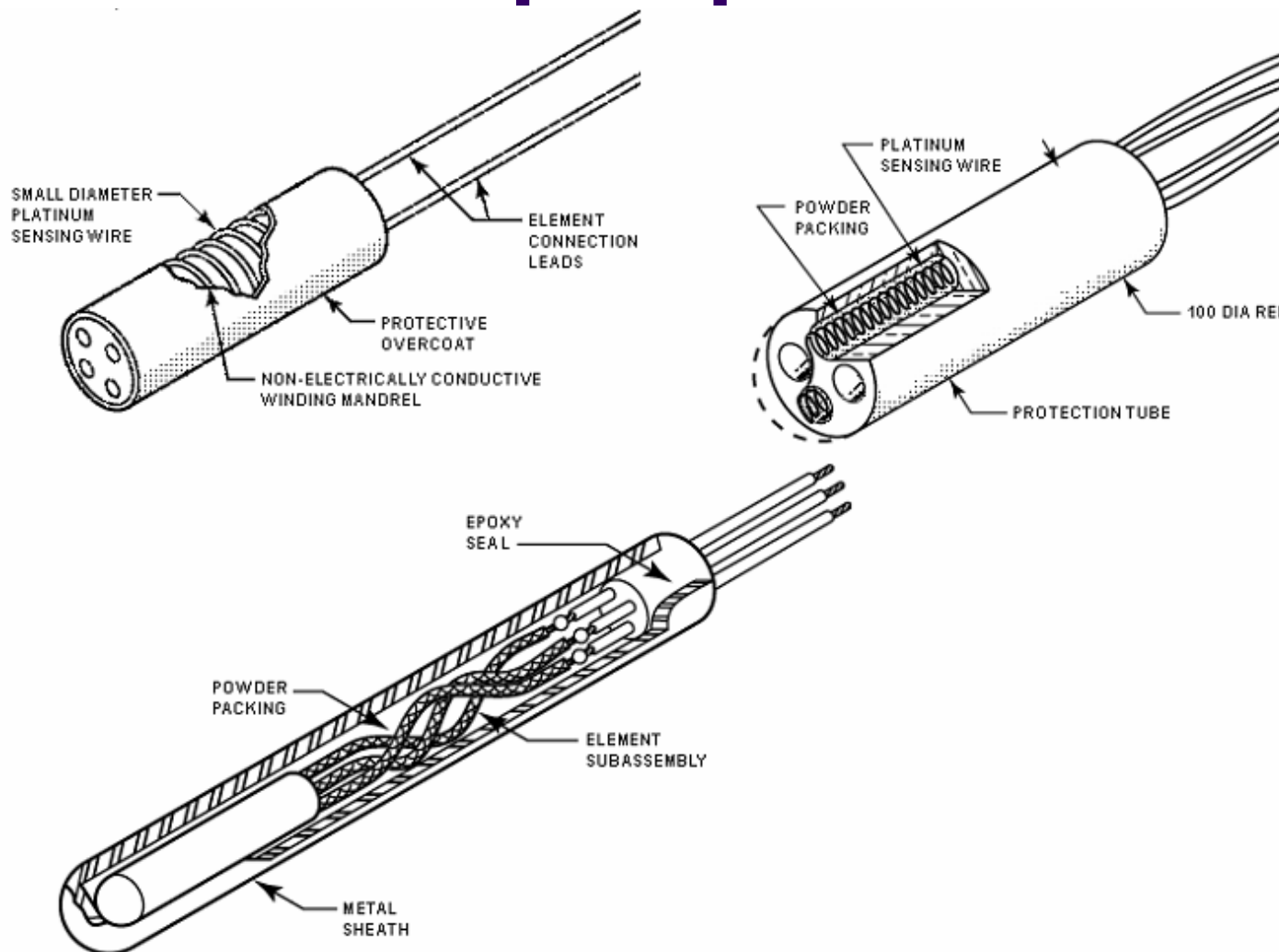


Cảm biến nhiệt độ



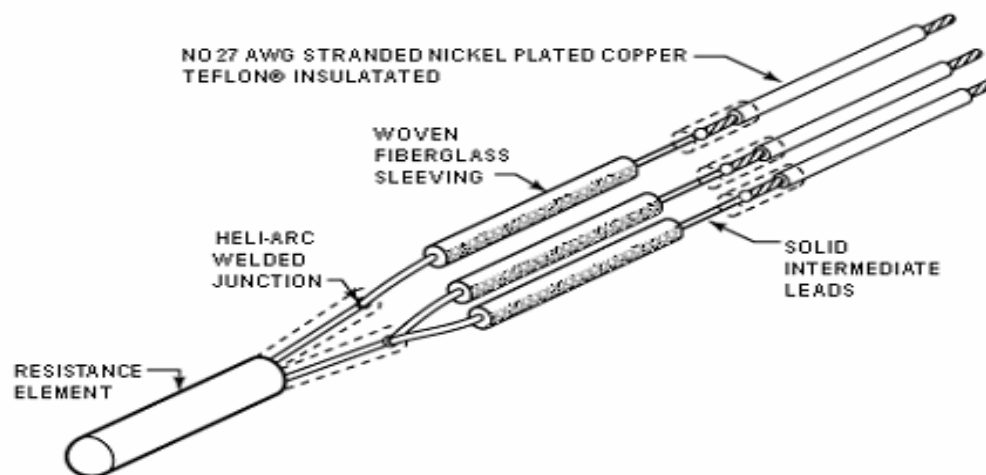
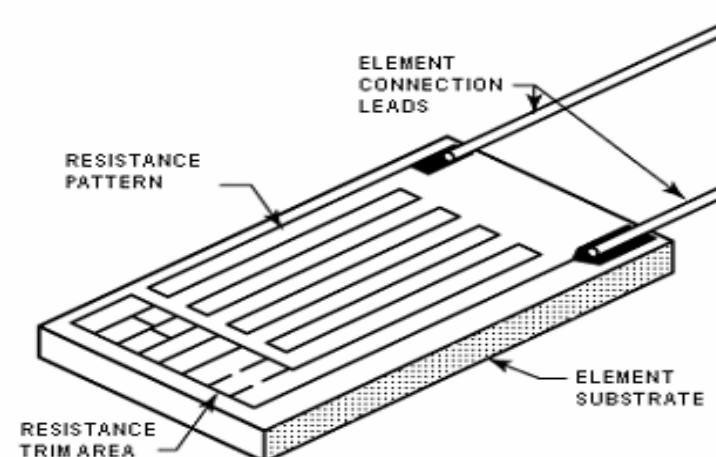
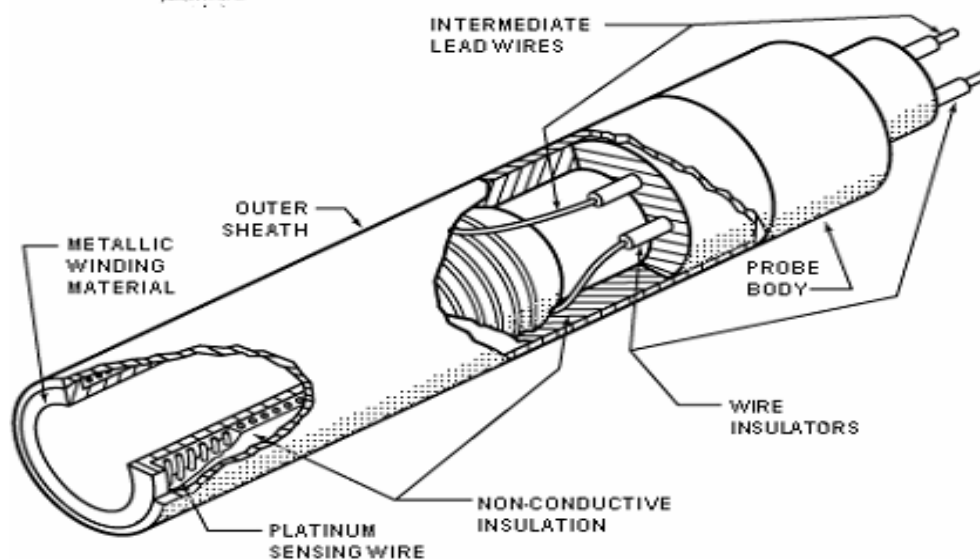
Đào Đức Thịnh - BM

Cảm biến nhiệt điện trở



Đào Đức Thịnh - BM Kỹ thuật đo và THCN

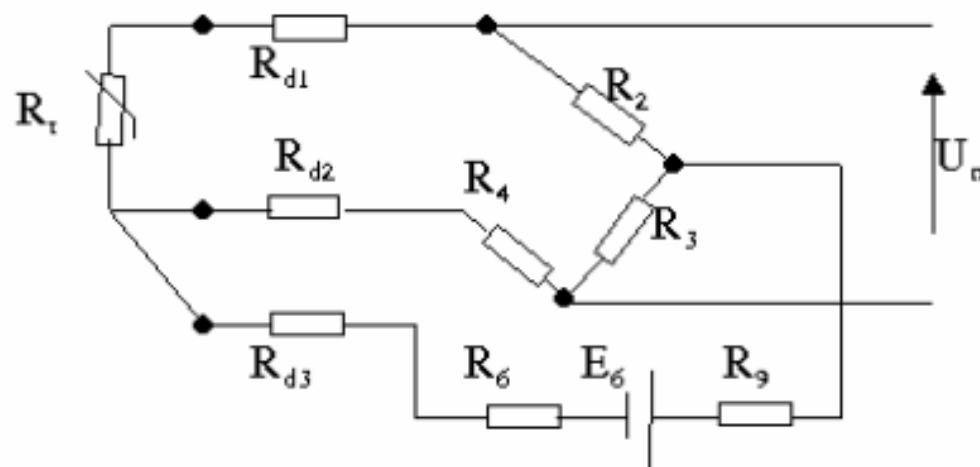
Cảm biến nhiệt điện trở





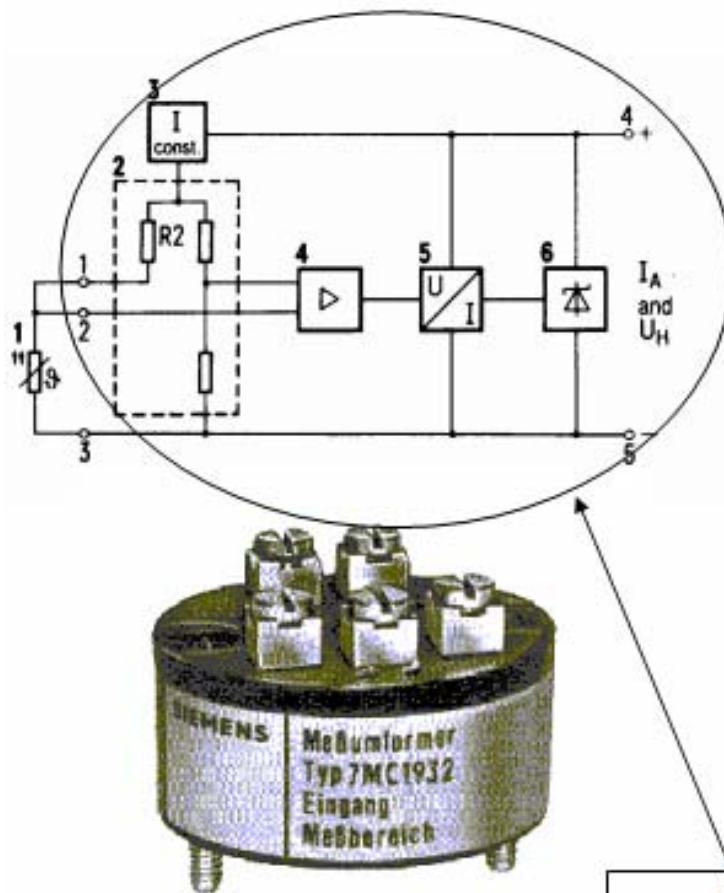
Cảm biến nhiệt điện trở

Bù điện trở dây



$$U_R = E \left(\frac{R_t}{R_t + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right)$$

Cảm biến nhiệt điện trở



✓ Nguồn dòng 2.5mA tạo ra một sự biến thiên điện áp trên điện trở là 100mV/100°C.

$$R_T = R_0 (1 + \alpha t); \quad \alpha = 0.385\% / ^\circ\text{C}$$

✓ Nếu R_T được cung cấp bằng nguồn dòng 259 mA thì khi nhiệt độ biến thiên 100°C

$$\Delta U = \Delta R_T \cdot I = 0.385 \times 2.58 = 100\text{mV}$$

✓ Điện áp rơi trên R_T được đưa vào khuếch đại bù điện áp ở 0°C và biến đổi áp thành dòng (4-20mA) để đưa vào hệ thống thu thập số đo.

1- Nhiệt điện trở 2- Modul vào

3- Dòng cung cấp (hằng)

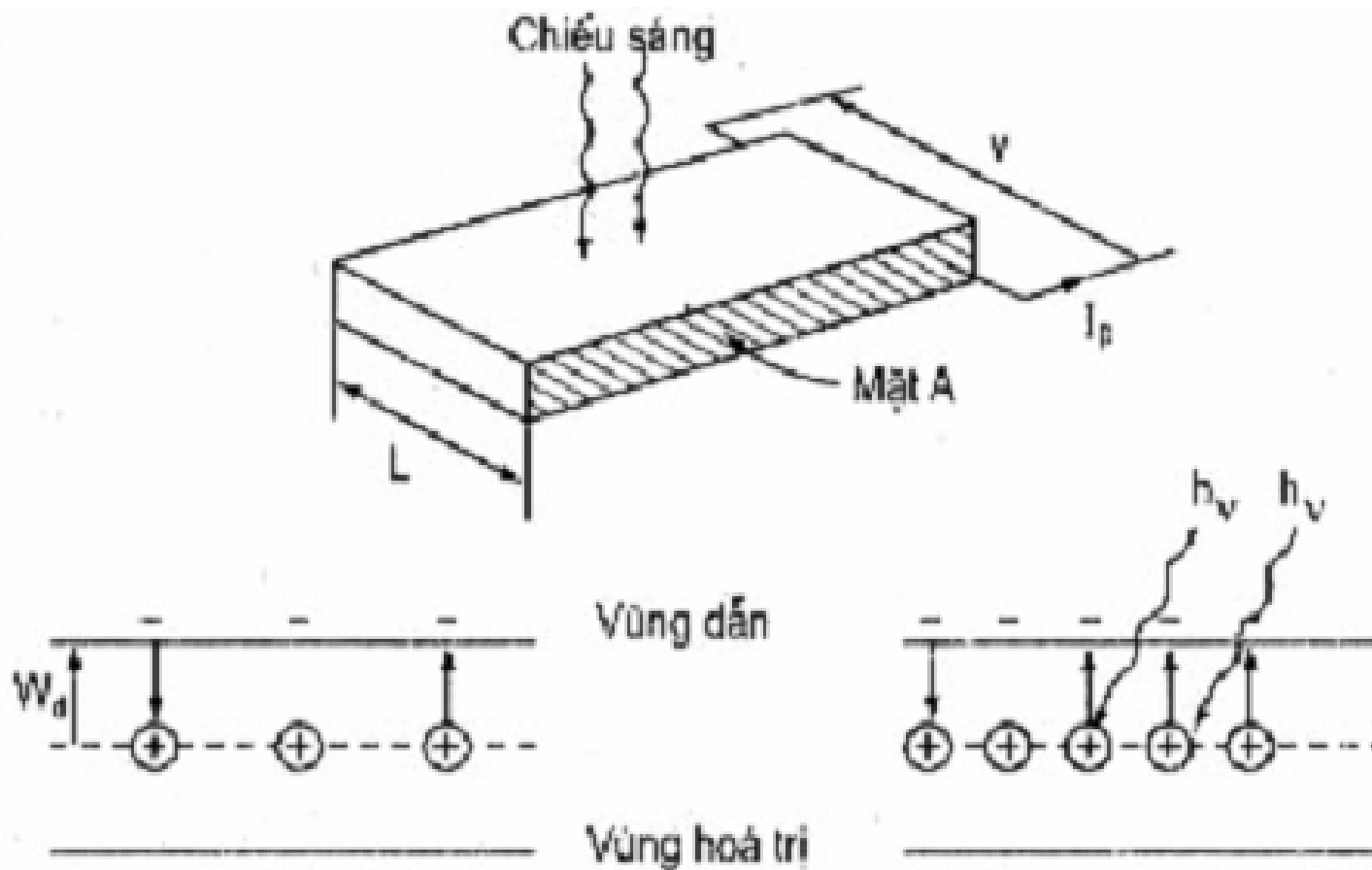
4- Điện áp một chiều khuếch đại

5- Modul ra

6- Điều chỉnh điện áp

Mạch chuẩn hoá

Quang trở



Quang trở



$$n_0 = -\frac{a}{2r} + \left[\frac{a^2}{4r} + \frac{aN_d}{r} \right]^{\frac{1}{2}}$$

suy ra độ dẫn trong bóng tối của bán dẫn:

$$G_0 = q \cdot \mu \cdot n_0$$

với: μ - độ linh động của điện tử; q - điện tích.



Quang trở

Khi bị chiếu sáng (năng lượng $h\nu \geq W_d$)

$$n = \sqrt{\frac{g}{r}}$$

với: g - số điện tử được giải phóng trong một đơn vị thể tích trong thời gian 1s
 r - hệ số tái hợp

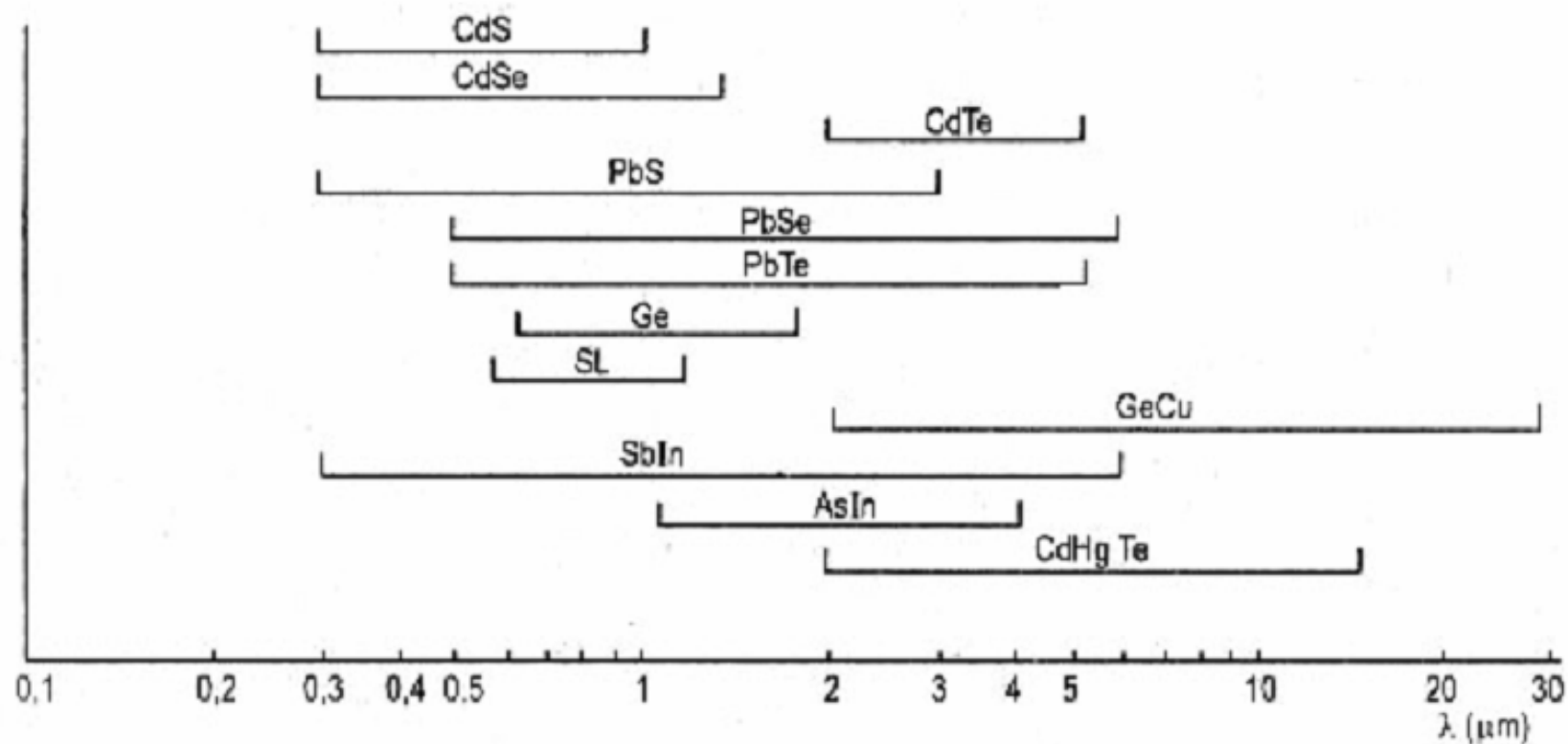
$$G_p = q \cdot \mu \cdot n$$

Quang trở

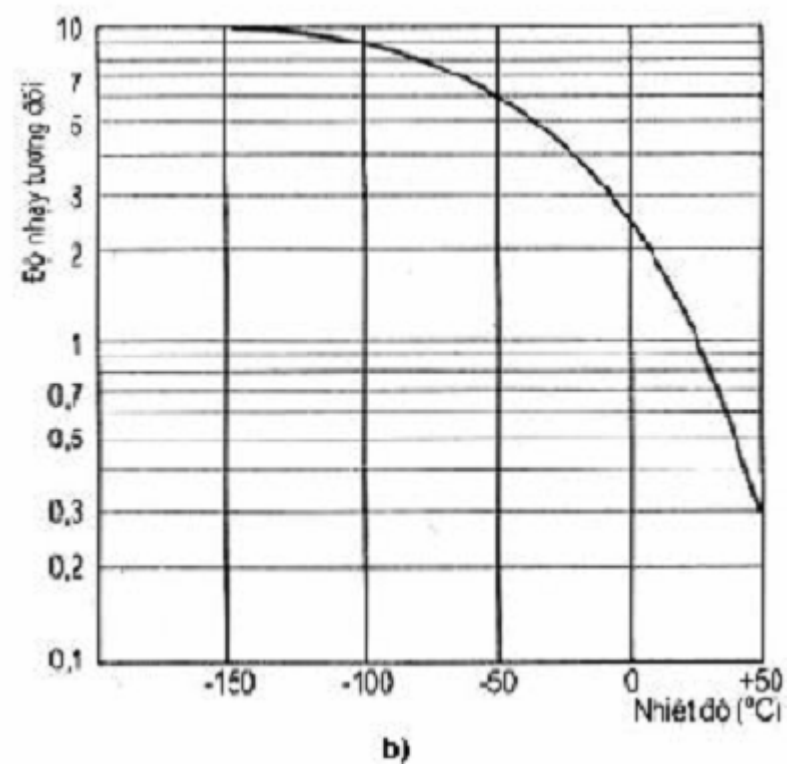
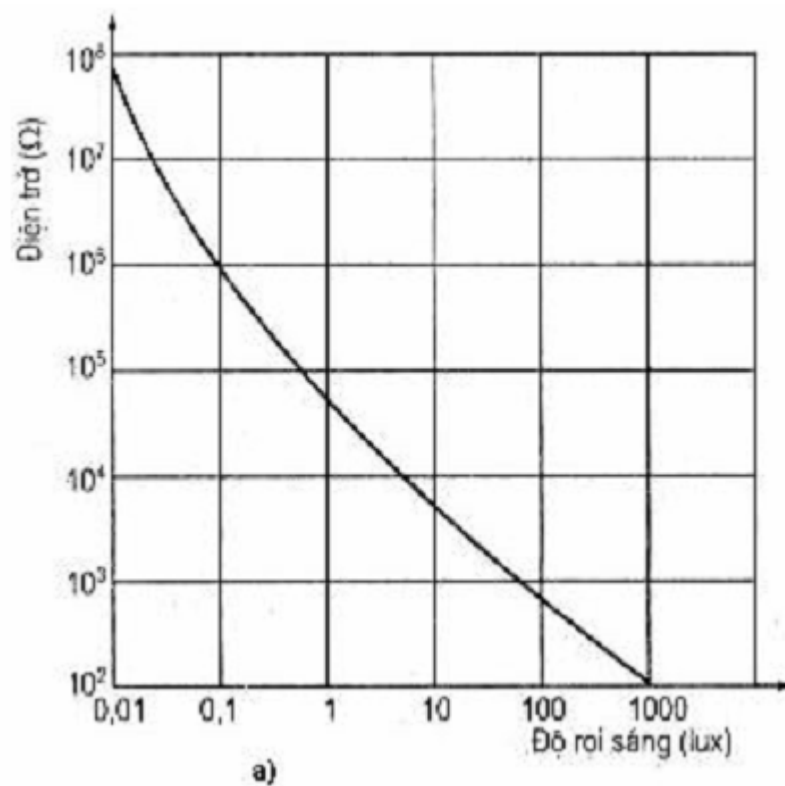


Vật liệu chế tạo quang điện trở là các bán dẫn đa tinh thể đồng nhất hoặc đơn tinh thể, bán dẫn riêng hoặc pha tạp. Loại đa tinh thể như: CdS, CdSe, CdTe, PbS, PbSe, PbTe. Đơn tinh thể như: Ge, Si tinh khiết hoặc pha tạp Au, Cu, Sb, In, SbIn, AsIn, PbIn, CdHgTe.

Quang trở



Quang trở



Quang trở

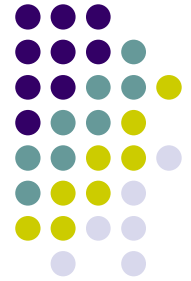


Đào Đức Thịnh - BM Kỹ thuật đo và THCN



Quang trở

- Ứng dụng:
 - Điều khiển relay.
 - Trong hệ thống báo động.
 - Đo tốc độ quay.
 - Đo vường độ sáng.



Điện dẫn dung dịch

$$\gamma = \lambda \cdot f c = \lambda \cdot a \text{ (1/}\Omega.m\text{)}$$

c - nồng độ tương đương hay nồng độ phân tử (tính bằng gammol trên lít)

f - hệ số hoạt động của dung dịch ($f = 1$ ở dung dịch loãng và giảm khi c tăng).

$a = f \cdot c$ - độ hoạt động của dung dịch.

λ - hệ số, còn gọi là điện dẫn tương đương.



Điện dẫn dung dịch

Một cách gần đúng phương trình đặc trưng của chuyển đổi có dạng:

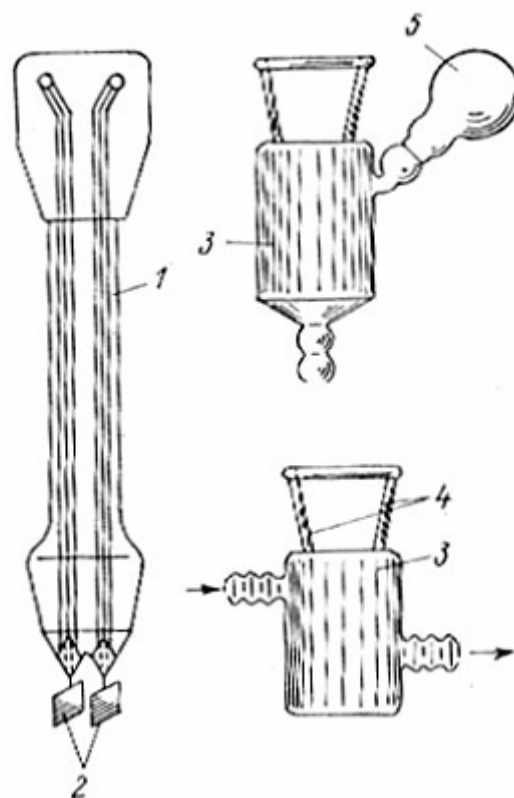
$$R = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{l}{s} = \frac{1}{\lambda f c} \cdot \frac{l}{s}$$

với: γ là điện dẫn suất của dung dịch

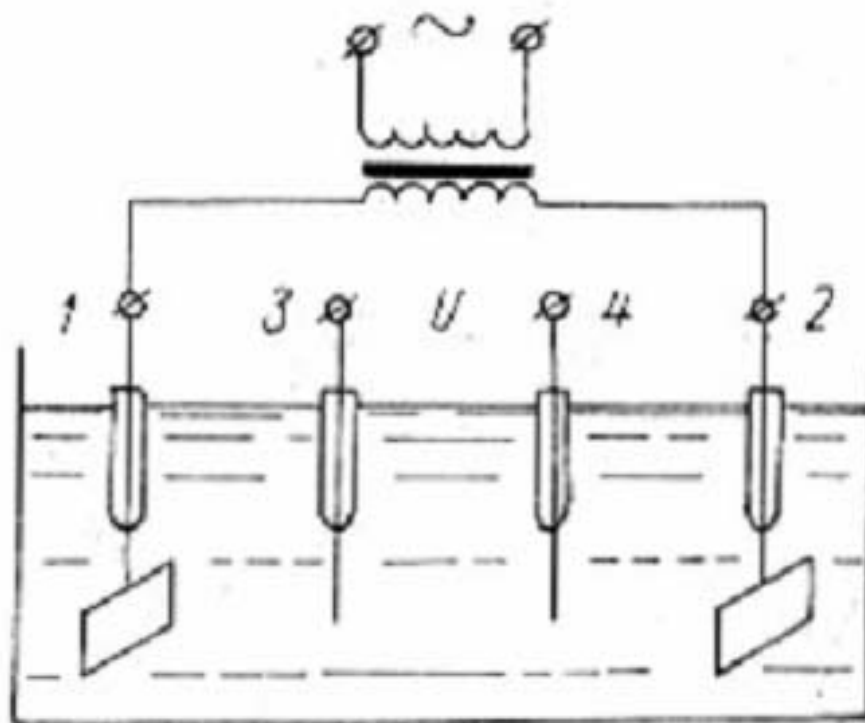
Chuyển đổi điện dẫn dung dịch được sử dụng rộng rãi để đo nồng độ của dung dịch (khi l và s không thay đổi), khi đó:

$$R = f(\gamma) = k \cdot \frac{1}{\gamma}$$

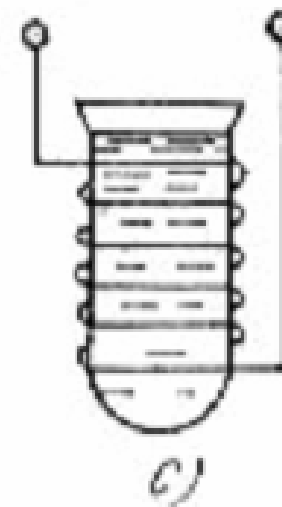
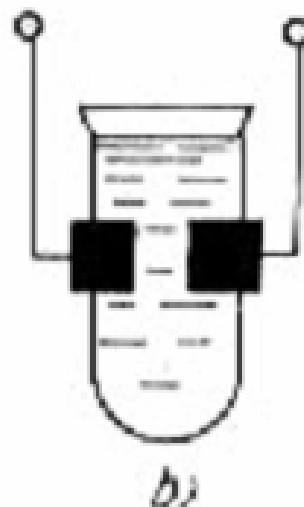
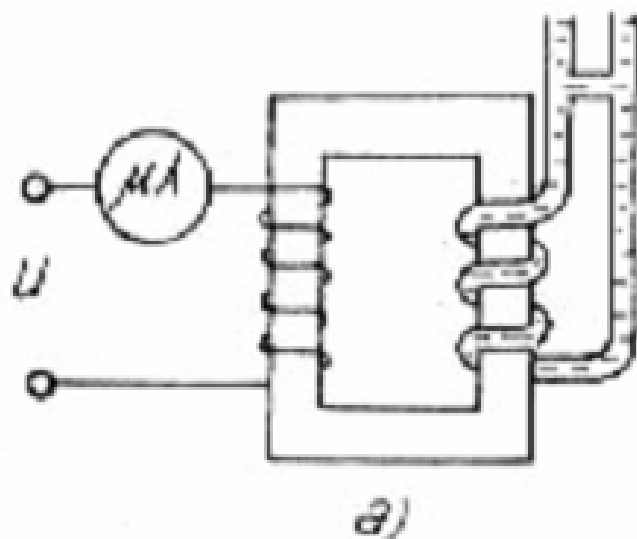
Điện dẫn dung dịch



Điện dẫn dung dịch



Điện dẫn dung dịch





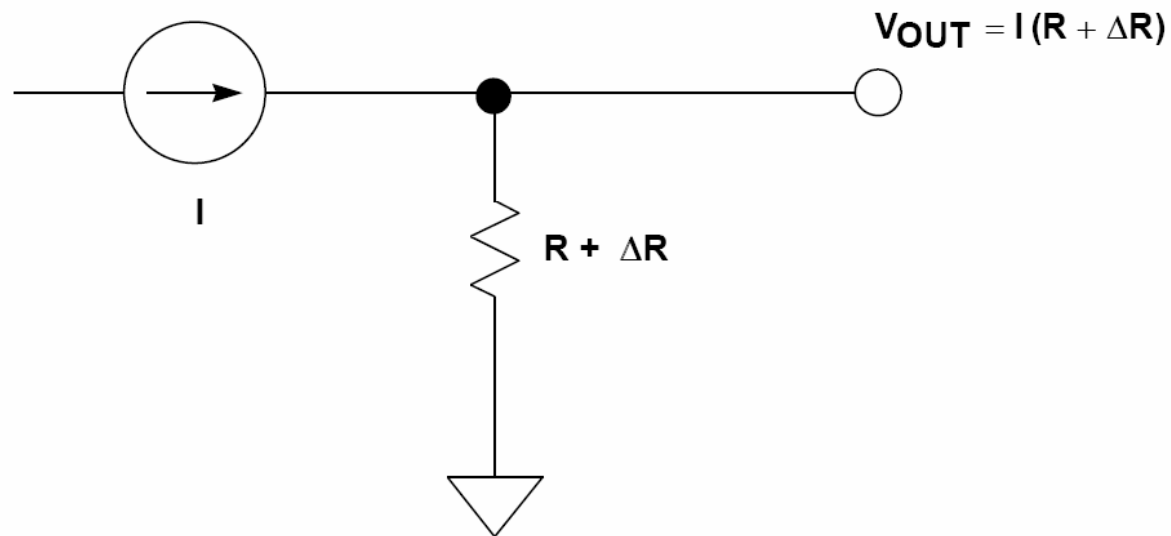
Mạch đo cho CB điện trở

- Phần lớn mạch đo sử dụng mạch cầu.
- Điện trở cầu từ 100Ω - vài trăm $k\Omega$.
 - Điện trở lực căng: 120-350-3500
 - Loadcell: 350-3500
 - RTD: 100, 1000
 -



Mạch đo cho CB điện trở

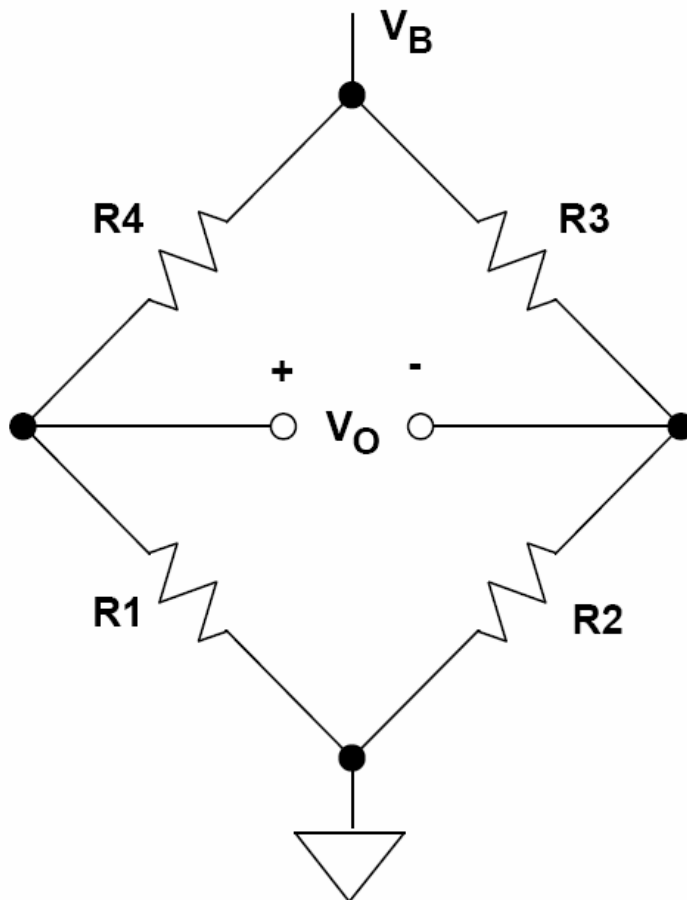
- Sử dụng nguồn dòng



Mạch đo cho CB điện trở



THE WHEATSTONE BRIDGE

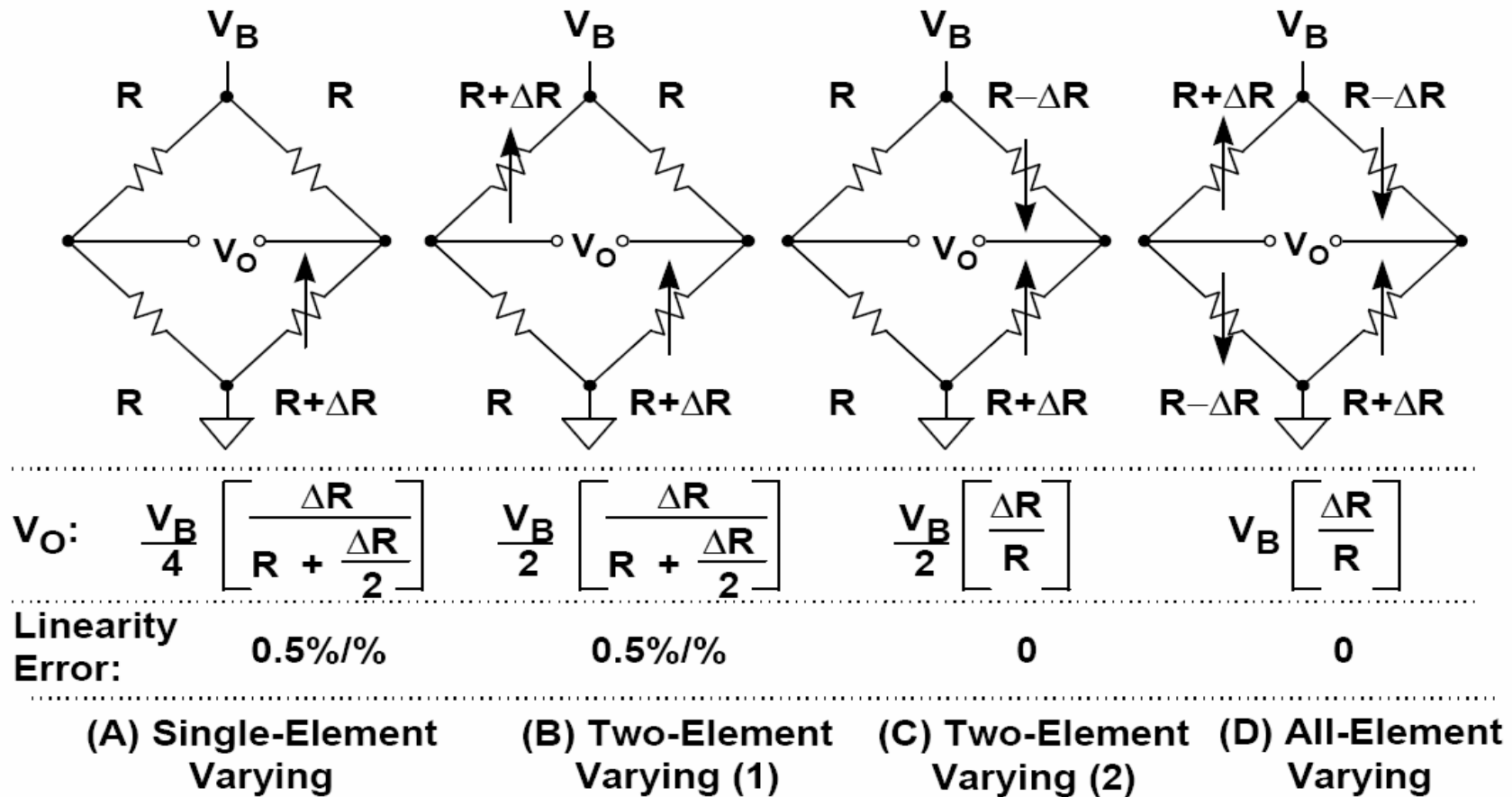


$$V_O = \frac{R_1}{R_1 + R_4} V_B - \frac{R_2}{R_2 + R_3} V_B$$
$$= \frac{\frac{R_1}{R_4} - \frac{R_2}{R_3}}{\left(1 + \frac{R_1}{R_4}\right) \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right)} V_B$$

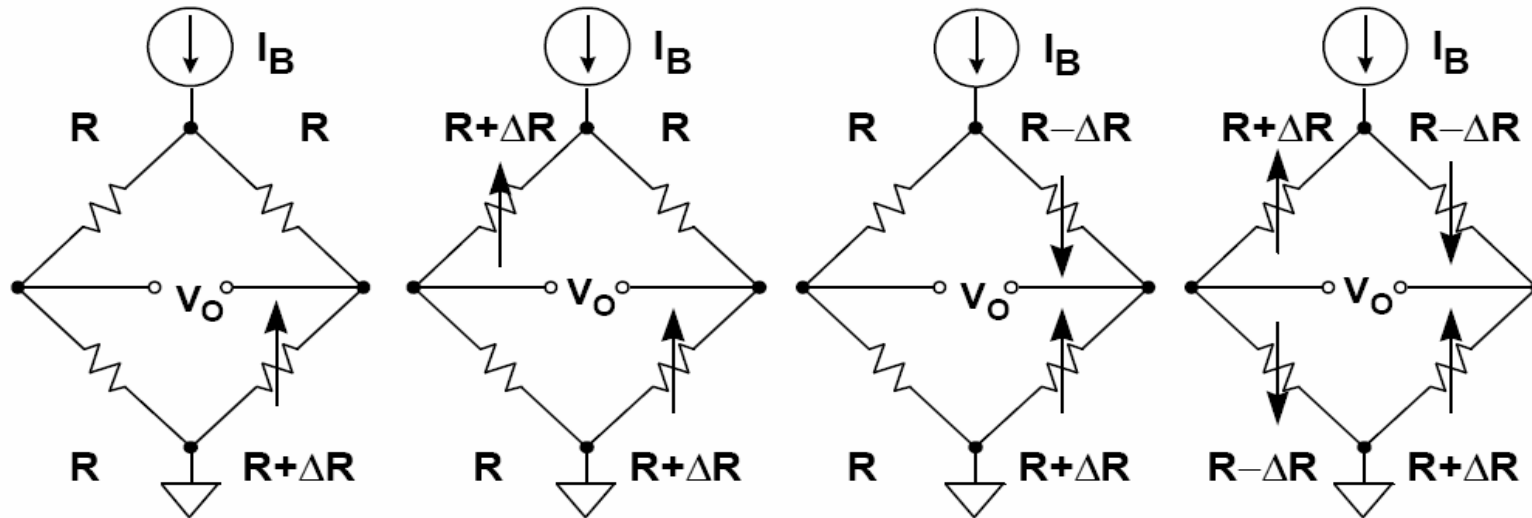
AT BALANCE,

$$V_O = 0 \quad \text{IF} \quad \frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3}$$

Mạch đo cho CB điện trở



Mạch đo cho CB điện trở



$$V_O: \frac{I_B R}{4} \left[\frac{\Delta R}{R + \frac{\Delta R}{4}} \right]$$

$$\frac{I_B}{2} [\Delta R]$$

$$\frac{I_B}{2} [\Delta R]$$

$$I_B [\Delta R]$$

Linearity
Error:

0.25%/%

0

0

0

(A) Single-Element
Varying

(B) Two-Element
Varying (1)

(C) Two-Element
Varying (2)

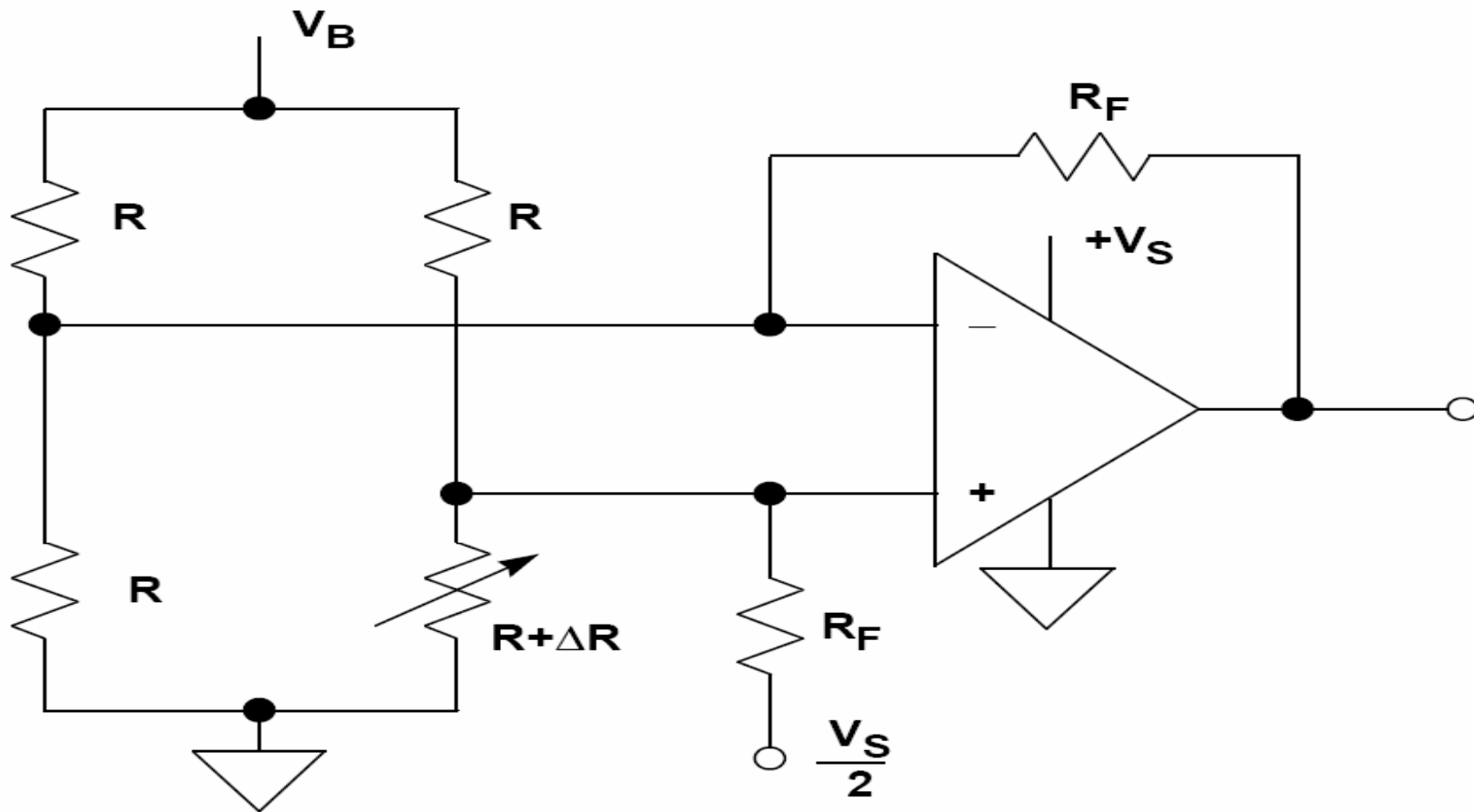
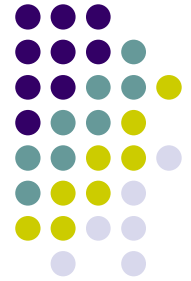
(D) All-Element
Varying



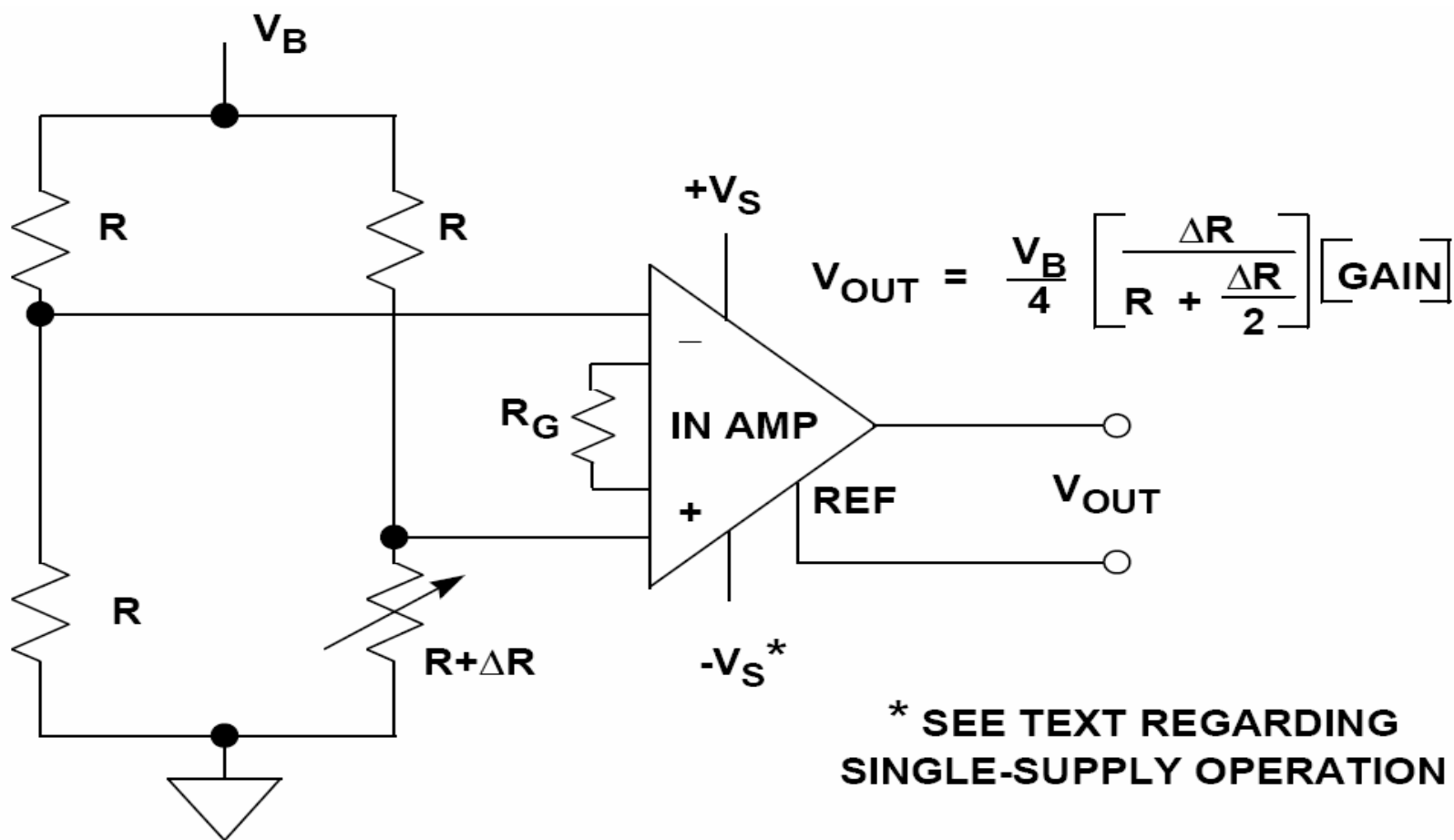
Mạch đo cho CB điện trở

- Chọn 1,2,4 nhánh hoạt động
- Cấp nguồn dòng hay nguồn áp.
- Độ ổn định của nguồn cấp.
- Độ nhạy của cầu $1\text{mV/V} - 10\text{mV/V}$
- Điện áp ra định mức: $10\text{-}100\text{mV}$
- Độ chính xác, nhiều yêu cầu.
- Độ tuyến tính yêu cầu

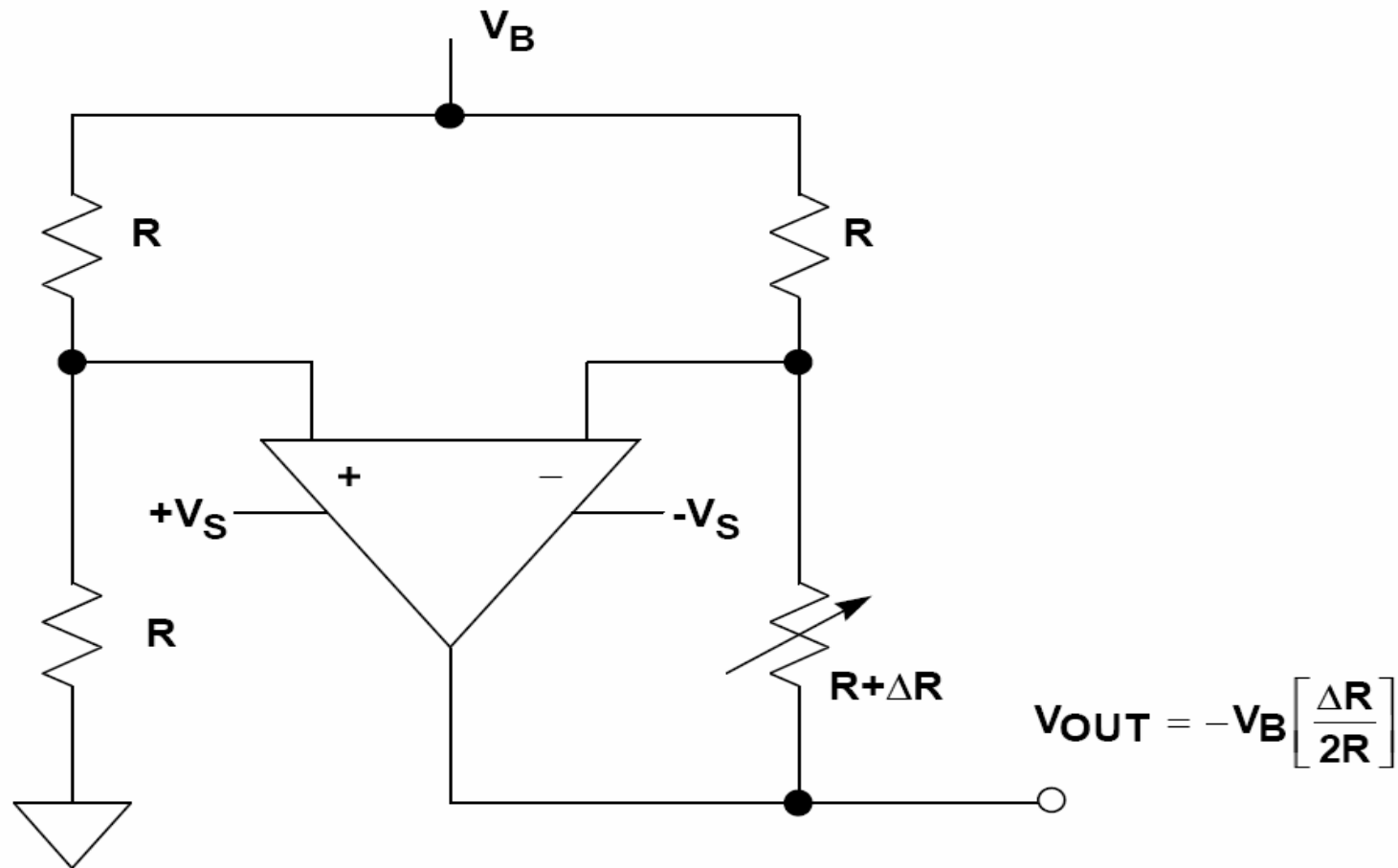
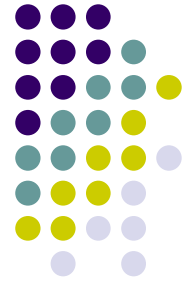
Mạch đo cho CB điện trở



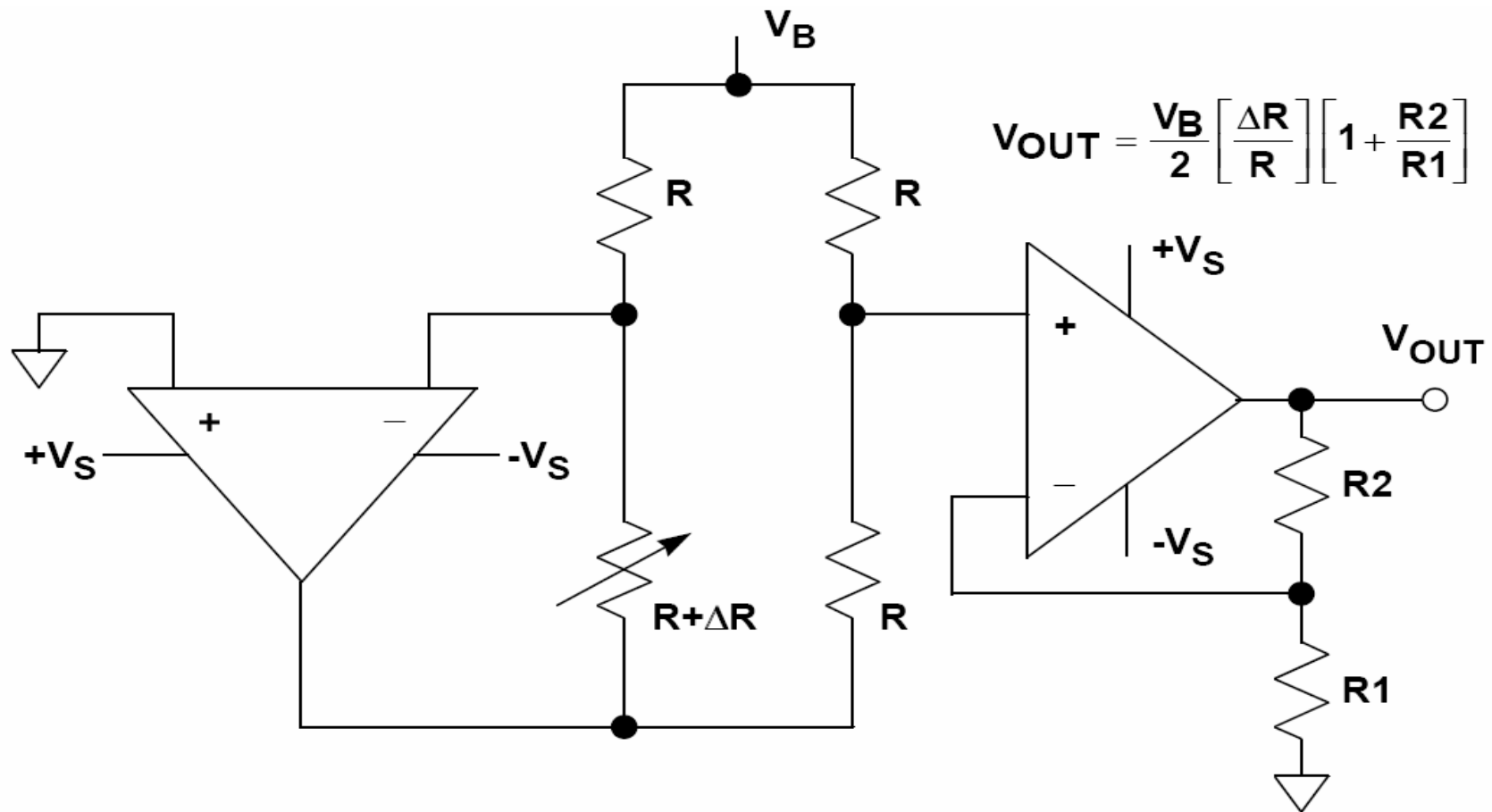
Mạch đo cho CB điện trở



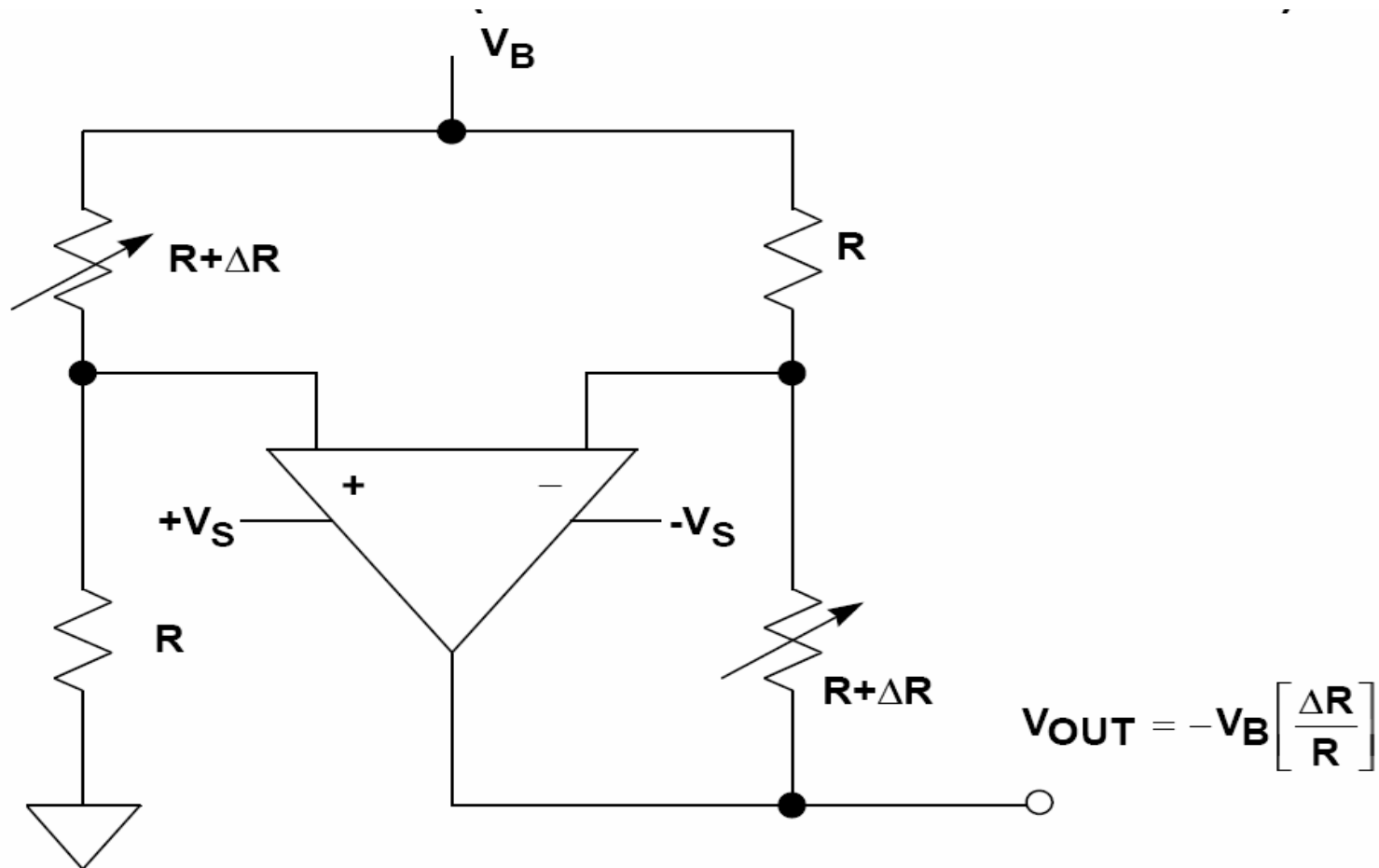
Mạch đo cho CB điện trở



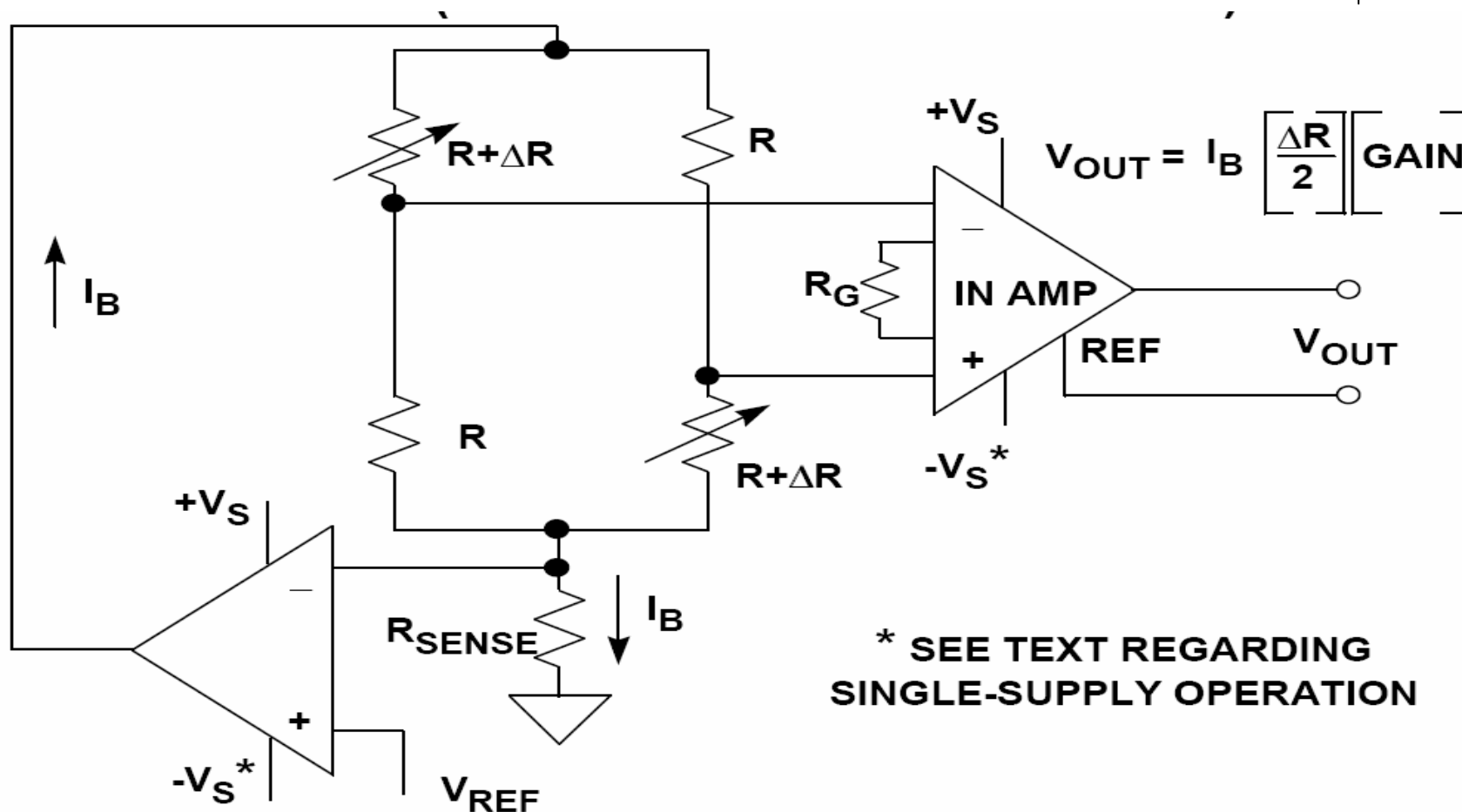
Mạch đo cho CB điện trở



Mạch đo cho CB điện trở

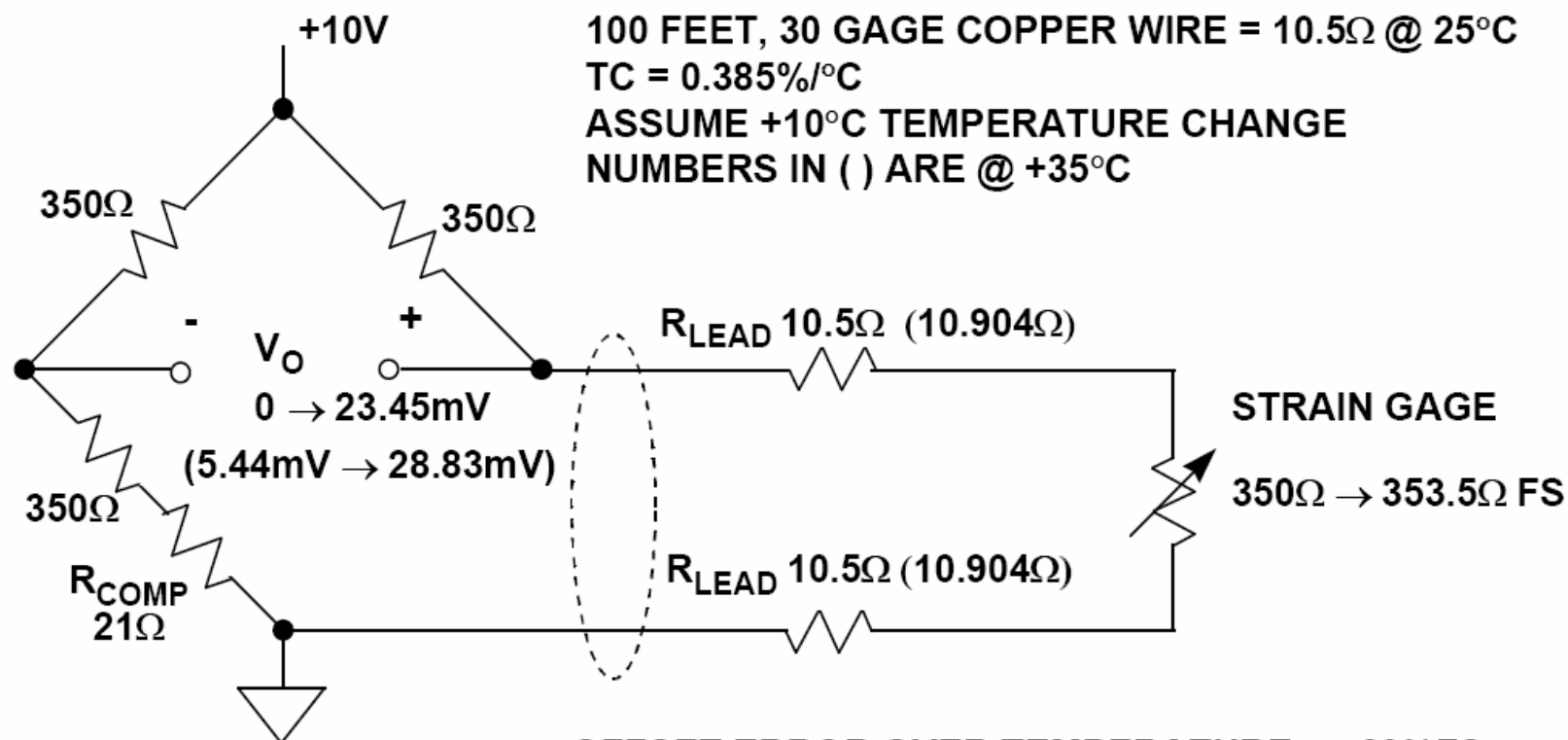


Mạch đo cho CB điện trở





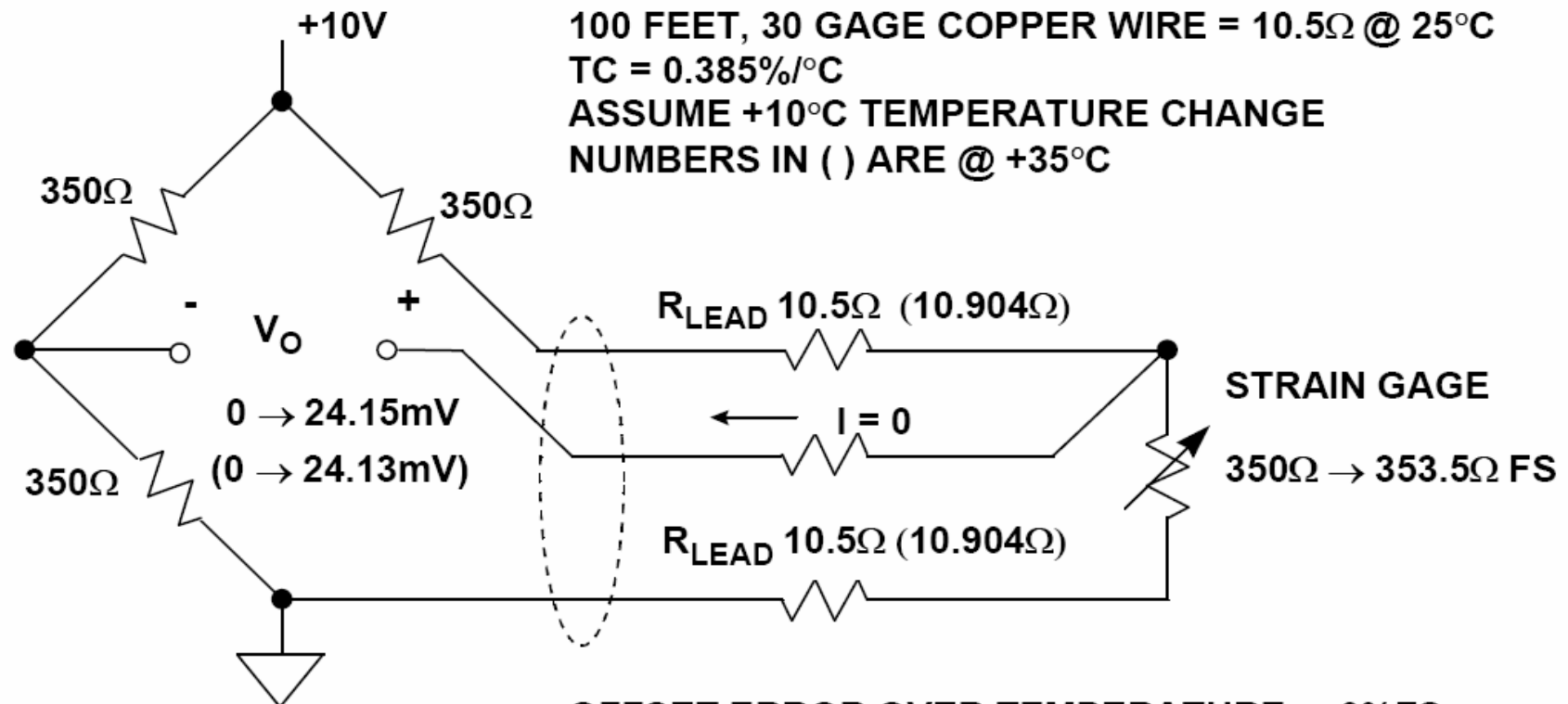
Mạch đo cho CB điện trở



OFFSET ERROR OVER TEMPERATURE = +23%FS

GAIN ERROR OVER TEMPERATURE = -0.26%FS

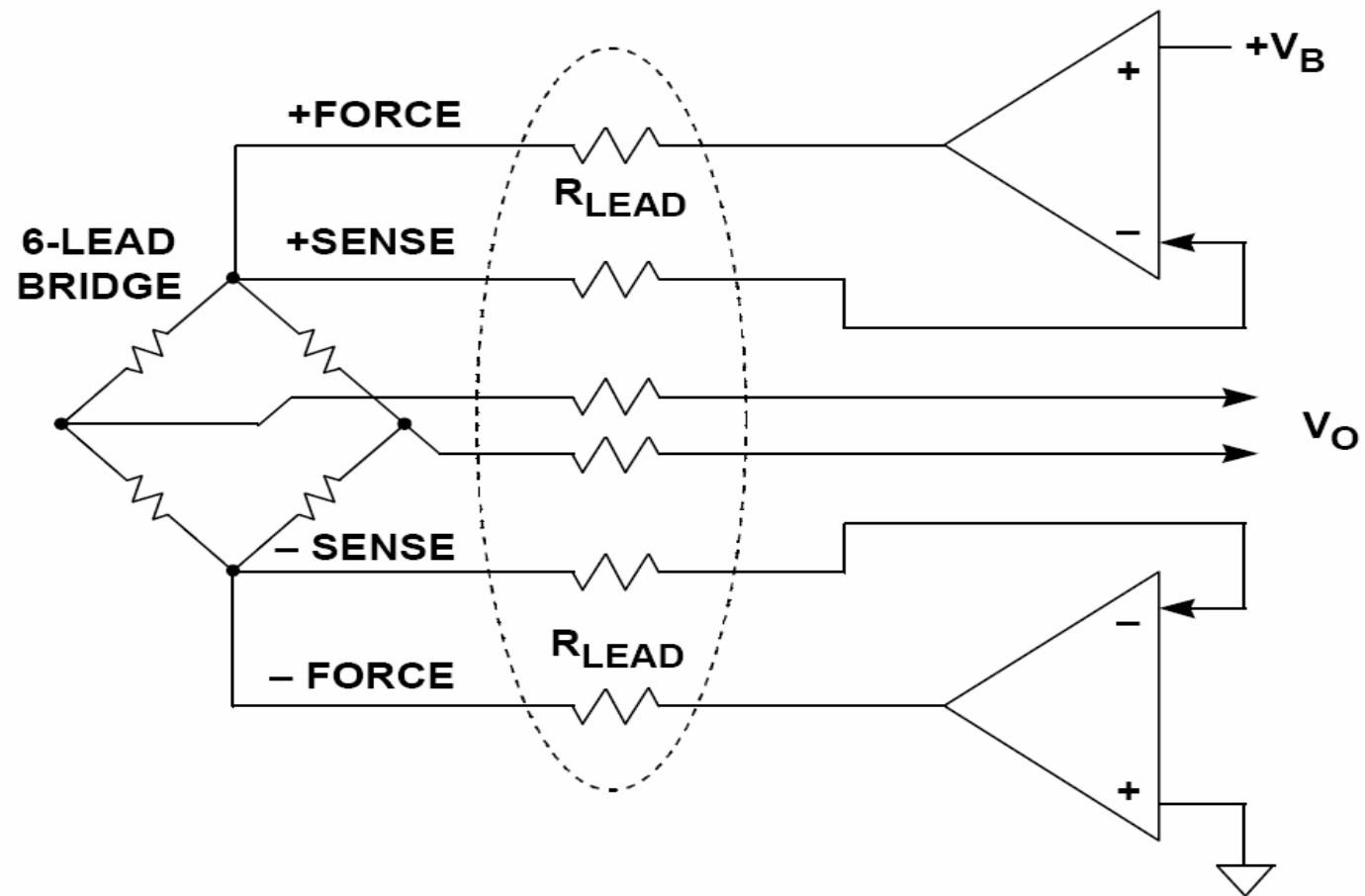
Mạch đo cho CB điện trở



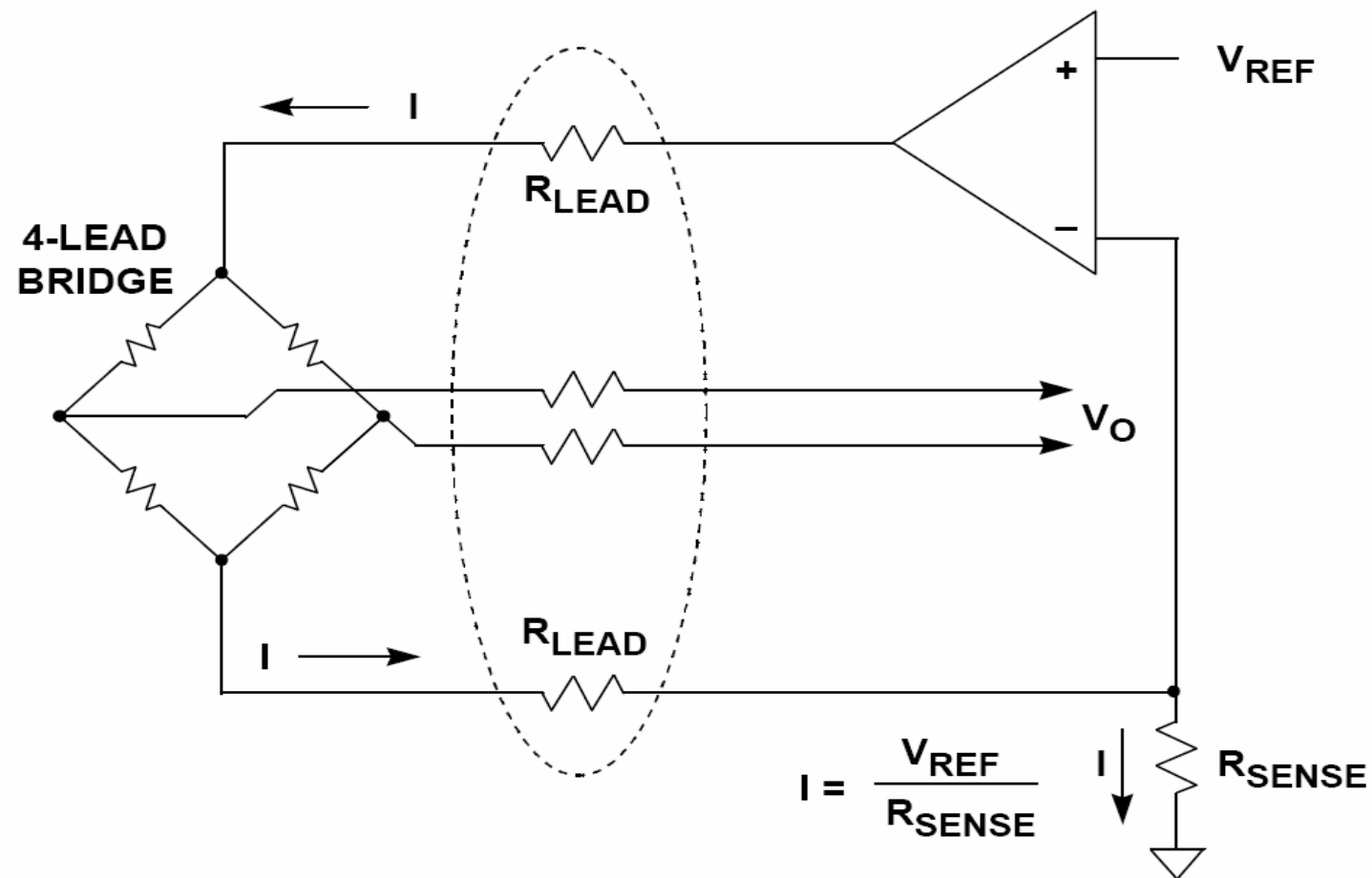
OFFSET ERROR OVER TEMPERATURE = 0%FS

GAIN ERROR OVER TEMPERATURE = -0.08%FS

Mạch đo cho CB điện trở

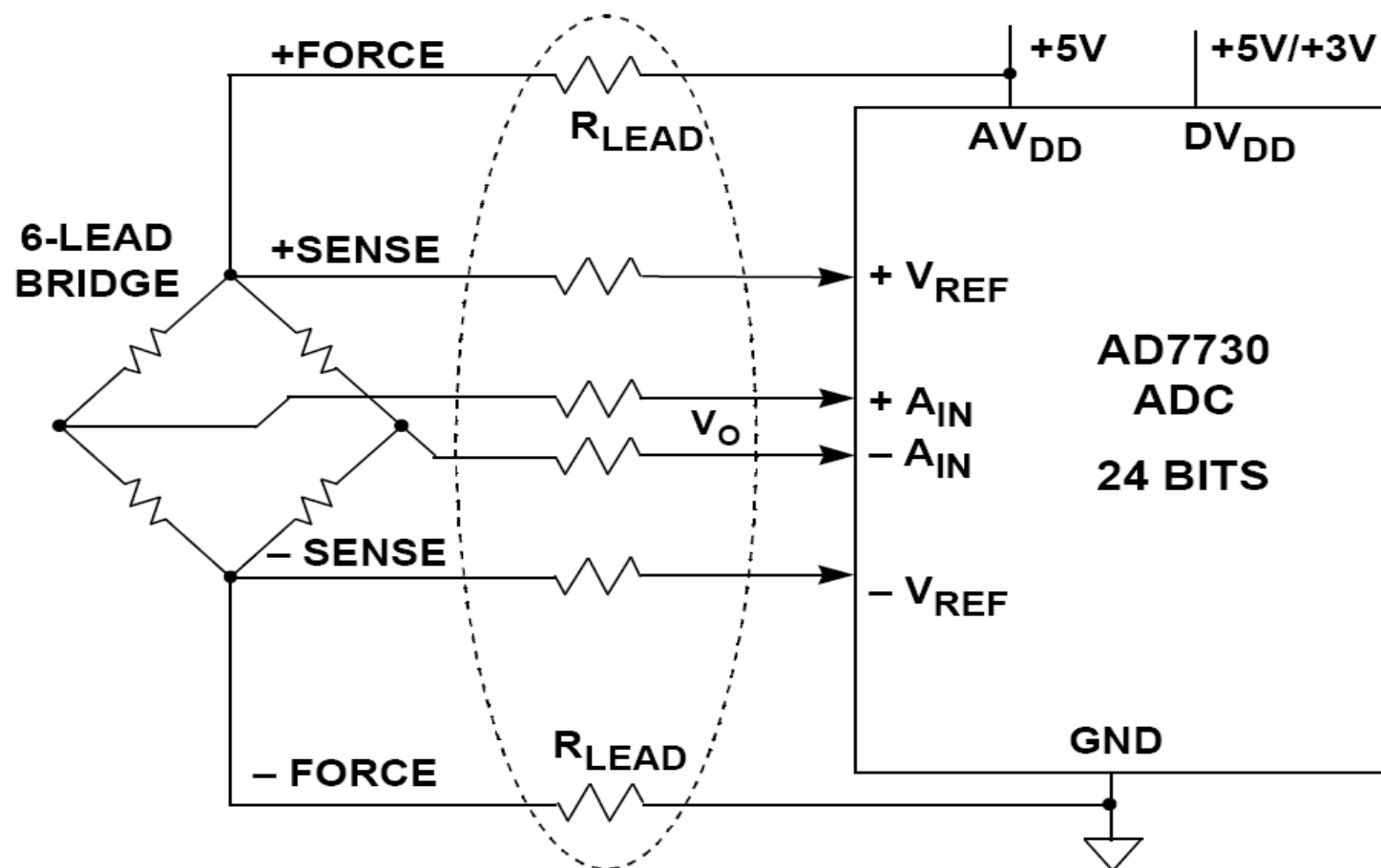


Mạch đo cho CB điện trở





Mạch đo cho CB điện trở



Mạch đo cho CB điện trở

