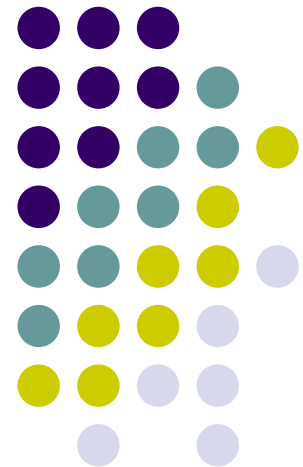


Kỹ thuật cảm biến

Cảm biến điện tử

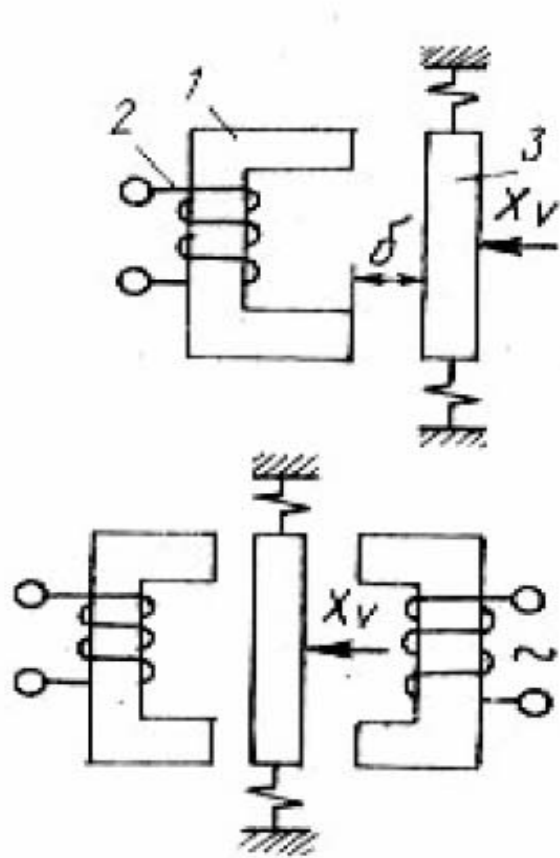




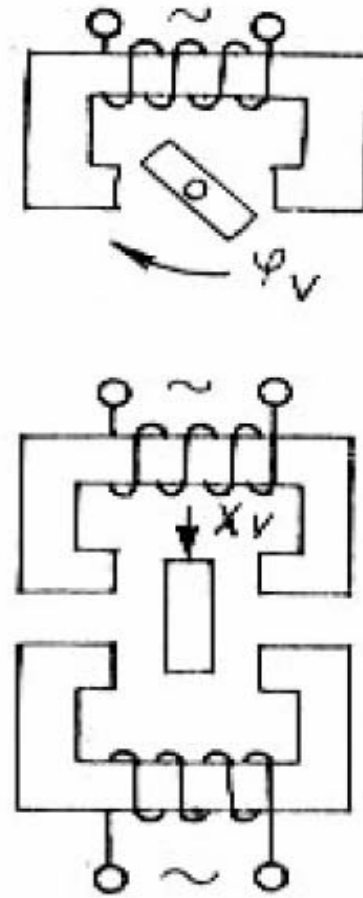
Cảm biến điện từ

- Là nhóm chuyển đổi dựa trên các qui luật điện từ.
- Đại lượng vật lý cần đo làm thay đổi các đại lượng từ như: điện cảm, hồ cảm, từ thông, từ thẩm....
- Phân loại: có 3 loại chính
 - Chuyển đổi điện cảm và hồ cảm.
 - Chuyển đổi cảm ứng.
 - Chuyển đổi áp từ.

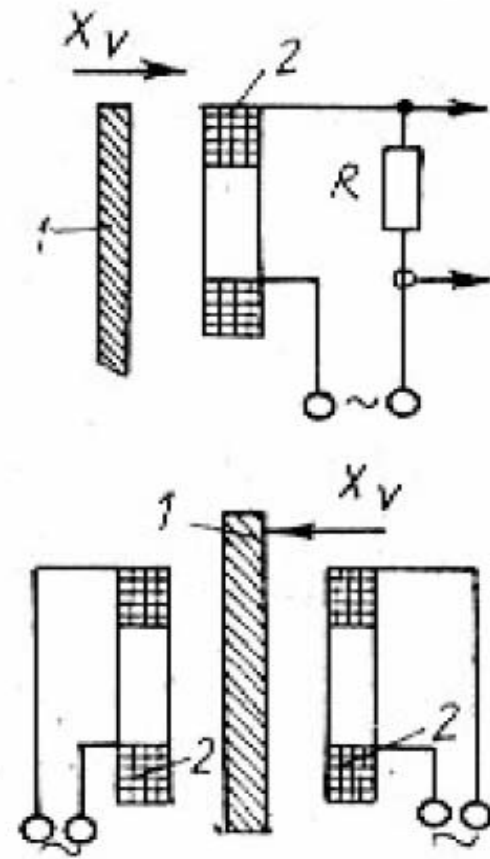
Cảm biến điện cảm-cấu tạo



a)



b)



c)

Cảm biến điện cảm-nguyên lý



Dưới tác động của đại lượng đo X_v có thể tác động lên chuyển đổi theo các cách sau:

- Làm cho phần ứng 3 di chuyển, khe hở không khí δ thay đổi làm thay đổi từ trở của lõi thép do đó điện cảm và tổng trở của chuyển đổi cũng thay đổi theo (hình 7.9a).
- Làm cho tiết diện khe hở không khí thay đổi dẫn đến thay đổi điện cảm của chuyển đổi (hình 7.9b).
- Làm cho phần ứng 1 di chuyển dẫn đến thay đổi tổn hao dòng điện xoáy làm cho điện cảm của chuyển đổi thay đổi (hình 7.9c).

Cảm biến điện cảm-nguyên lý



- Điện cảm của chuyển đổi:
$$L = \frac{W^2}{R_\delta} = W^2 \frac{\mu_0 s}{\delta}$$

(bỏ qua điện trở thuần của cuộn dây và từ trở của lõi thép)

với: W là số vòng của cuộn dây

$R_\delta = \mu_0 s / \delta$ là từ trở của khe hở không khí; δ : chiều dài khe hở không khí

μ_0 : độ từ thẩm của không khí; s: tiết diện thực của khe hở không khí

Cảm biến điện cảm-nguyên lý



Lượng thay đổi của điện cảm khi có X_v tác động là (với $W = \text{const}$):

$$dL = \frac{\partial L}{\partial s} ds + \frac{\partial L}{\partial \delta} d\delta$$

$$\Rightarrow \Delta L = W^2 \cdot \frac{\mu_0}{\delta_0} \Delta s + W^2 \cdot \frac{\mu_0 s_0}{(\delta_0 + \Delta \delta)^2} \Delta \delta$$

với: s_0, δ_0 : tiết diện và khe hở ban đầu (khi chưa có đại lượng đo X_v tác động).

Cảm biến điện cảm-nguyên lý



- Tổng trở của chuyển đổi: $Z = \omega L = \omega W^2 \frac{\mu_0 S}{\delta}$

Lượng thay đổi của tổng trở Z khi có X_v tác động là:

$$\Delta Z = \omega \Delta L = \omega \left[W^2 \cdot \frac{\mu_0}{\delta_0} \Delta s - W^2 \cdot \frac{\mu_0 s_0}{(\delta_0 + \Delta \delta)^2} \Delta \delta \right]$$

Cảm biến điện cảm-nguyên lý



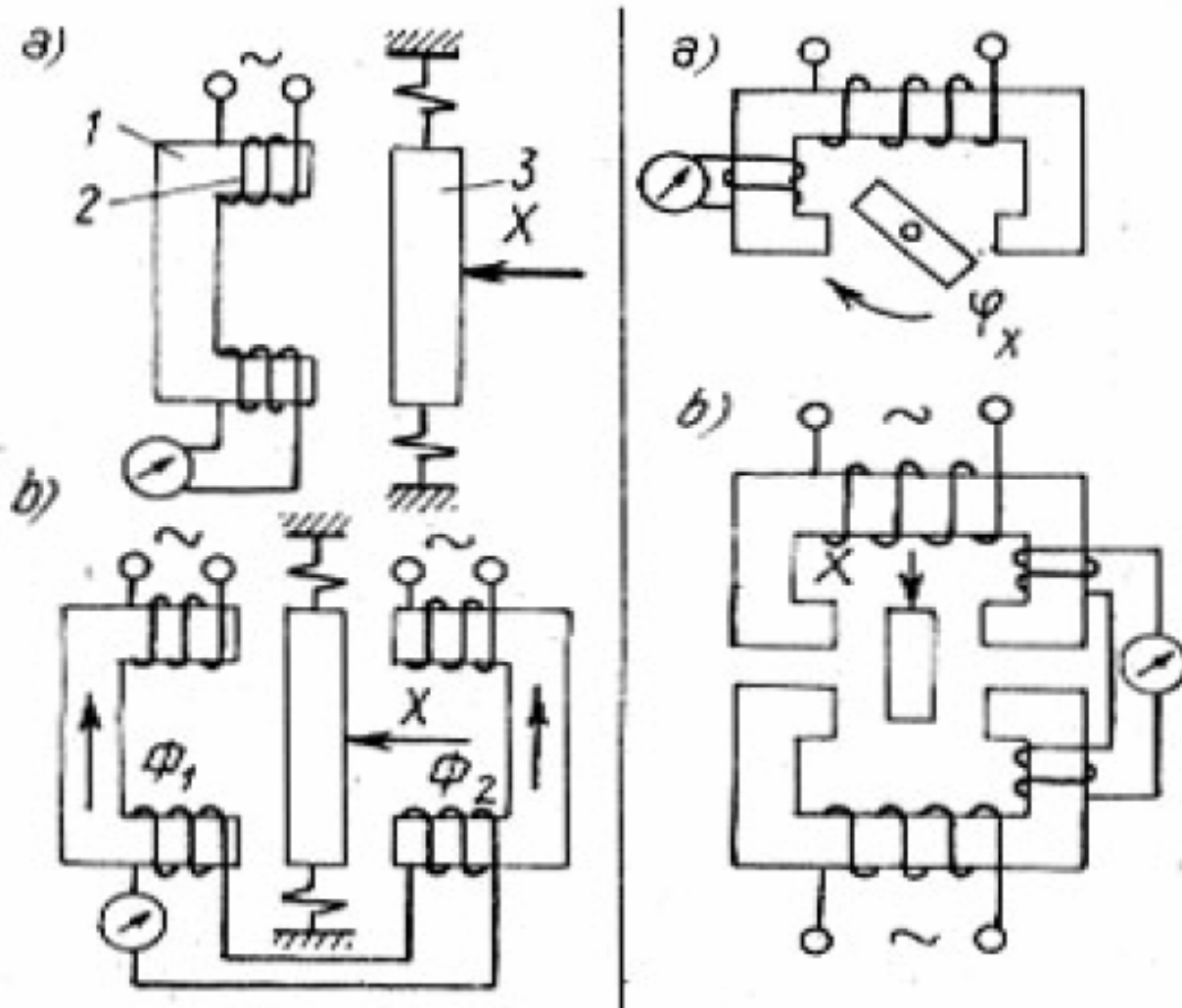
- *Độ nhạy của chuyển đổi khi tiết diện khe hở không khí s thay đổi (độ dài của khe hở không khí $\delta = \text{const}$):*

$$S_s = \frac{\Delta L}{\Delta s} = \frac{L_0}{s_0}$$

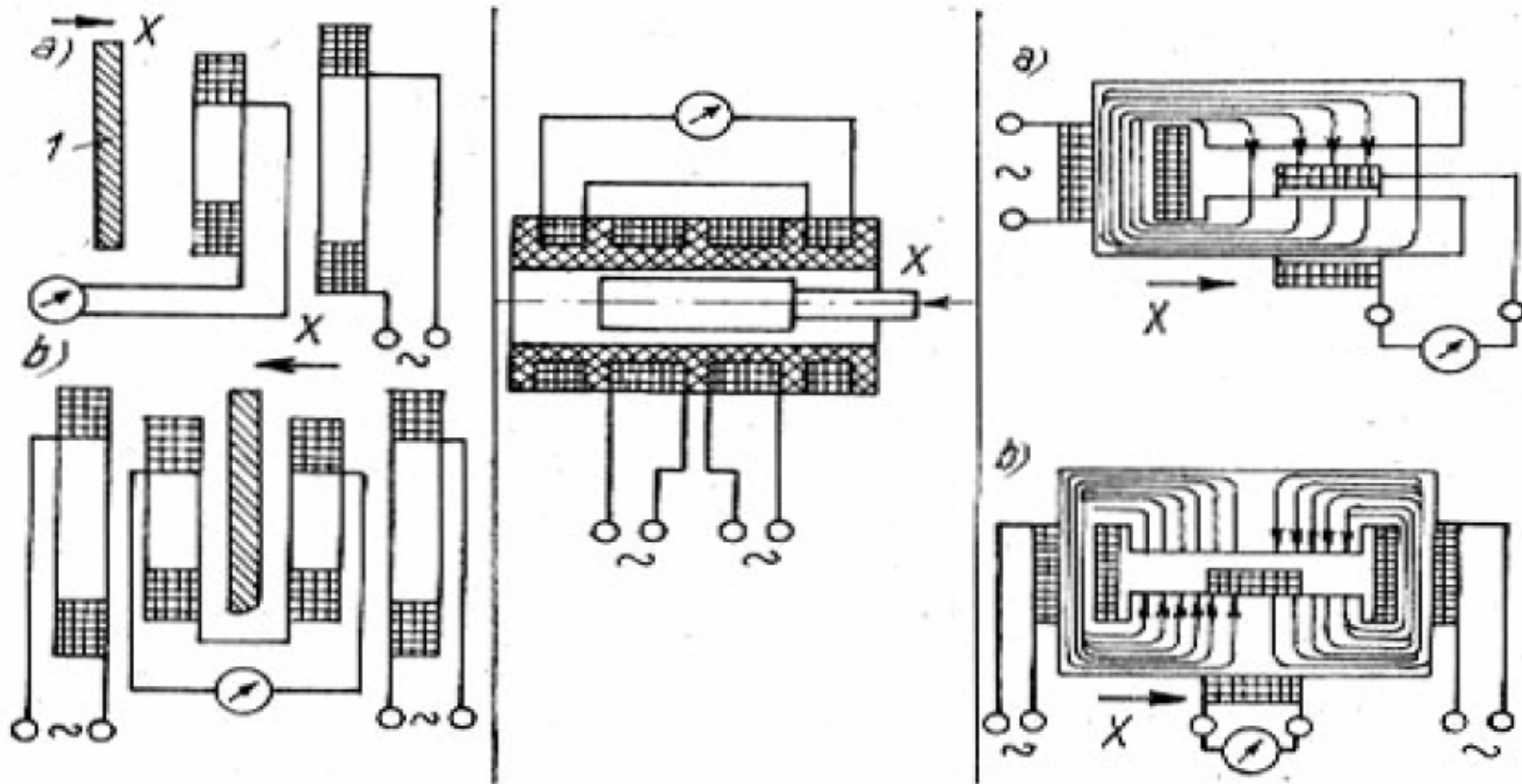
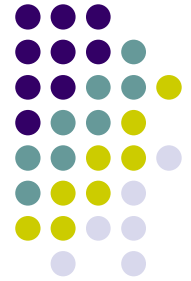
- *Độ nhạy của chuyển đổi khi khe hở không khí δ thay đổi (tiết diện của khe hở không khí $s = \text{const}$):*

$$S_\delta = \frac{\Delta L}{\Delta \delta} = \frac{L_0}{\delta_0 \cdot \left[1 + \frac{\Delta \delta}{\delta_0} \right]^2} = f(\Delta \delta)$$

Cảm biến hồ cảm-cấu tạo



Cảm biến hồ cảm-cấu tạo



Cảm biến hồ cảm-nguyên lý



$$e = -W_2 \cdot \frac{d\Phi_t}{dt}$$

$$\Phi_t = \frac{i.W_1}{R_\delta} = i.W_1 \cdot \frac{\mu_0 S}{\delta} = f(i)$$

$$\Rightarrow e = -W_2 \cdot \frac{W_1 \mu_0 S}{\delta} \cdot \frac{di}{dt}$$



Cảm biến hồ cảm-nguyên lý

$$i = I_m \cdot \sin \omega t$$

$$e = - \left[\frac{W_1 \cdot W_2 \cdot \mu_0 s}{\delta} \cdot \omega \cdot I_m \right] \cdot \cos \omega t$$

$$E = \frac{W_1 \cdot W_2 \cdot \mu_0 s}{\delta} \cdot \omega \cdot I_m = K \cdot \frac{s}{\delta}$$

$$dE = \frac{\partial E}{\partial s} \cdot ds + \frac{\partial E}{\partial \delta} \cdot d\delta$$

$$\Rightarrow \Delta E = \frac{K}{\delta_0} \cdot \Delta s - \frac{K \cdot s}{(\delta_0 + \Delta \delta)^2} \cdot \Delta \delta$$

Cảm biến hồ cảm-nguyên lý



- Độ nhạy của chuyển đổi với sự thay đổi chiều dài của khe hở không khí δ (khi tiết diện khe hở không khí không đổi $s = \text{const}$) là:

$$S_{\delta} = \frac{\Delta E}{\Delta \delta} = \frac{E_0}{\delta_0 \cdot [1 + (\Delta \delta / \delta_0)]^2} = f(\Delta \delta)$$

- Độ nhạy của chuyển đổi với sự thay đổi của tiết diện khe hở không khí s (khi chiều dài khe hở không khí không đổi $\delta = \text{const}$) là:

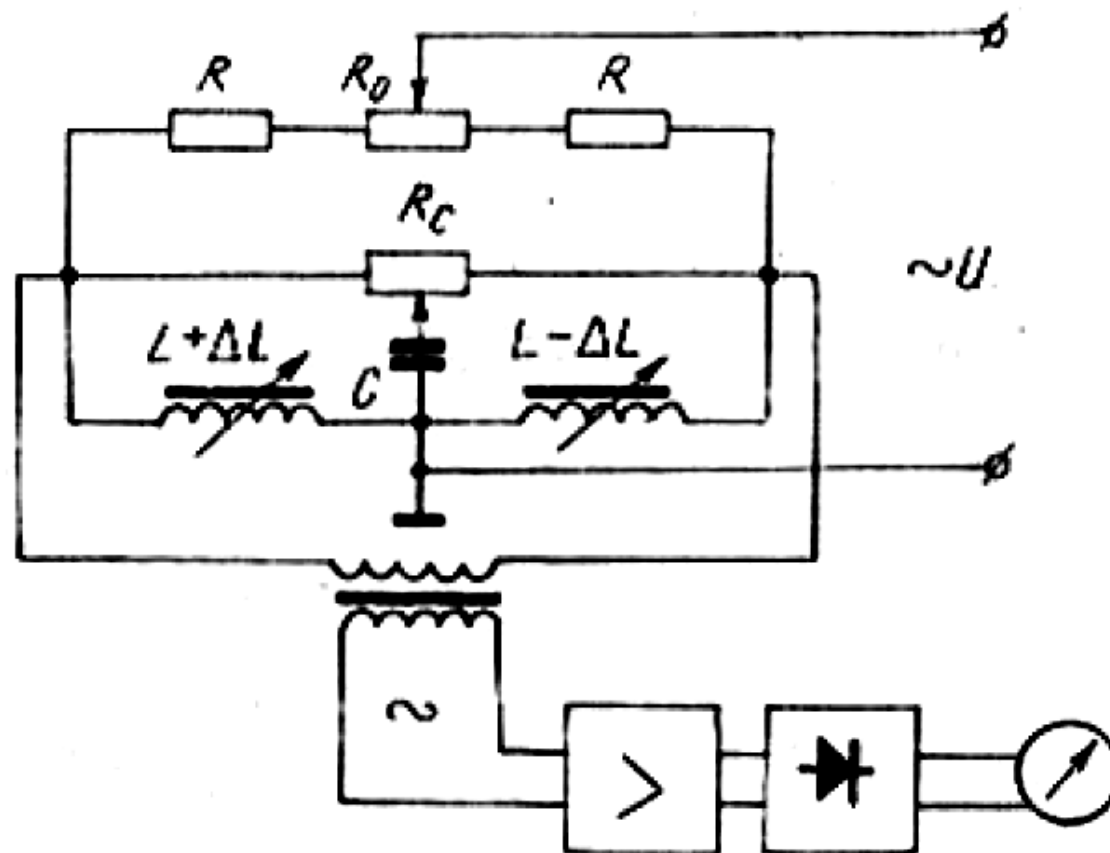
$$S_s = \frac{\Delta E}{\Delta s} = \frac{E_0}{s_0} = \text{const}$$

với $E_0 = \frac{K \cdot s_0}{\delta_0}$ là sức điện động hồ cảm ban đầu trong cuộn dây đo W_2 khi đại lượng

đo X_v chưa tác động lên chuyển đổi.

Độ nhạy của chuyển đổi hồ cảm tỉ lệ thuận với tần số của nguồn cung cấp.

Cảm biến hồ cảm-mạch đo



Cảm biến hồ cảm-mạch đo



- Ngoài ra ta có thể sử dụng mạch phát L-C

Cảm biến hồ cảm-mạch đo



Yêu cầu với mạch đo cầu xoay chiều:

- Điện áp cấp cho cầu phải xoay chiều.
- Tần số vài chục Hz đến vài trăm kHz. Trong một số trường hợp có thể dùng tần số công nghiệp.
- Điện áp có thể là hình sin hay xung vuông.
- Cần ổn định cả điện áp và tần số của nguồn cấp.
- Cân bằng cầu cần cân bằng cả biên độ và pha của các nhánh.
- Công suất ra của mạch khá lớn.

Cảm biến hồ cảm-mạch đo



Yêu cầu với mạch đo cầu xoay chiều:

- Khi nhiệt độ thay đổi làm thay đổi thông số của cuộn dây -> mạch vi sai có thể hạn chế được vấn đề này.

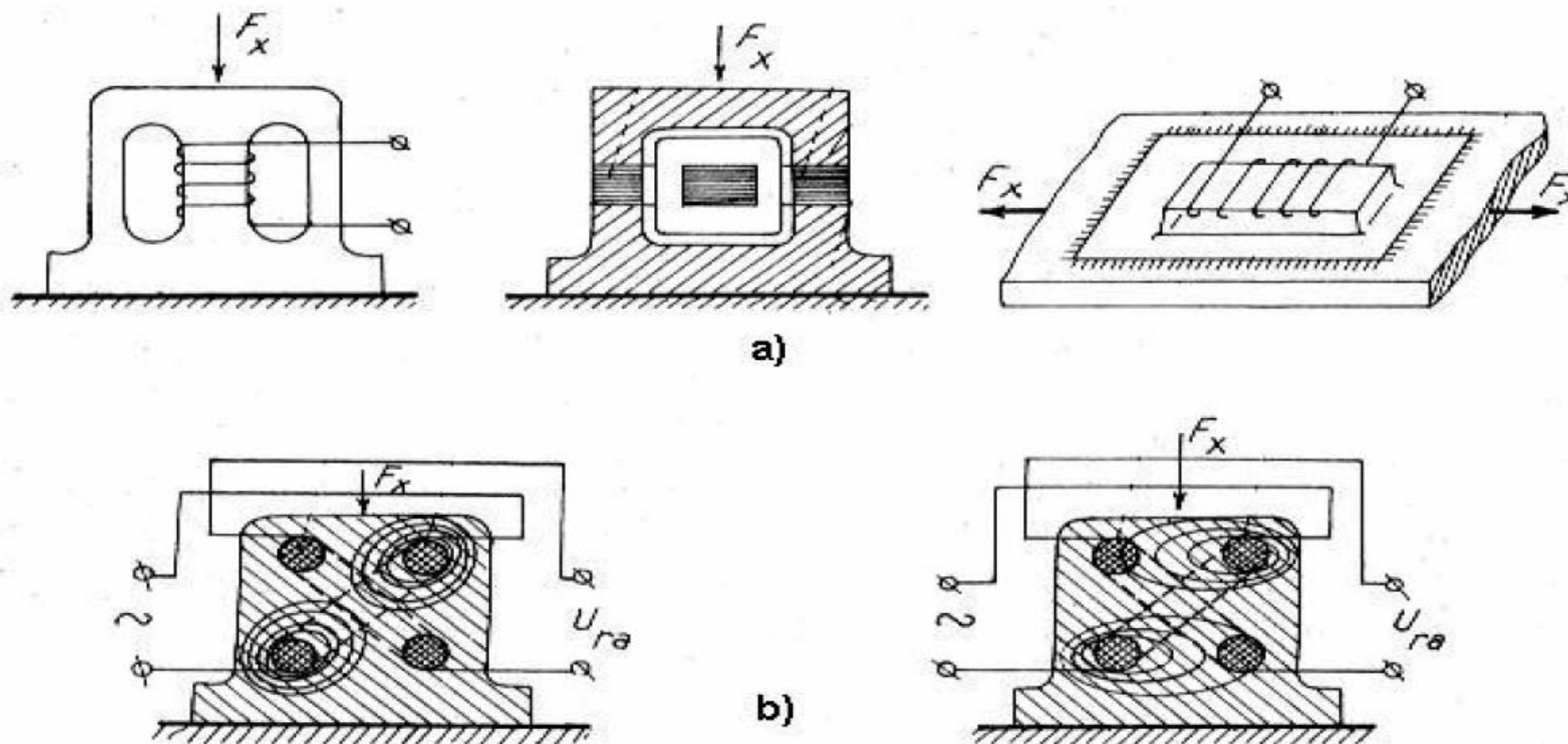


Cảm biến hồ cảm-ứng dụng

- Đo di chuyển từ vài chục μm đến hàng chục cm
- Đo chiều dày lớp phủ, đo độ bóng của chi tiết gia công...
- Đo lực từ cỡ $0,1\text{N}$ ÷ cỡ 10^2N
- Đo áp suất với dải đo từ 10^{-3}N/m^2 ÷ cỡ 10^4N/m^2
- Đo gia tốc từ 10^{-2}g đến cỡ 10^2g .

Đặc tính động của chuyển đổi được xác định chủ yếu phụ thuộc vào hệ thống cơ của phần động. Tần số làm việc rất rộng tùy theo cấu trúc của phần động có thể đo được các đại lượng biến thiên từ 500Hz ÷ vài kHz .

Cảm biến áp từ-cấu tạo



Hình 7.13. Các dạng của chuyển đổi áp từ:
a) kiểu điện cảm
b) kiểu hồ cảm



Cảm biến áp từ-nguyên lý

$$L = \frac{W^2}{R} = W^2 \cdot \frac{\mu \cdot s}{l}$$

với: W: số vòng của cuộn dây

R: từ trở của mạch từ ; μ : độ từ thẩm của lõi thép

l, s : chiều dài và tiết diện của mạch từ.

Suy ra tổng trở của chuyển đổi là:

$$Z = \omega \cdot L = \frac{\omega \cdot W^2 \mu \cdot s}{l}$$



Cảm biến áp từ-nguyên lý

$$\Delta L = L_0 \cdot \left\{ \frac{\Delta \mu}{\mu} + \frac{\Delta s}{s} - \frac{\Delta l}{l} \cdot \frac{l}{[1 + (\Delta l / l)]^2} \right\}$$

- Độ nhạy của chuyển đổi áp từ đối với điện cảm L :

$$S_L = \frac{\Delta L / L}{\Delta l / l} = S_\mu - (K_p + 1)$$

với: $S_\mu = \frac{\Delta \mu / \mu}{\Delta l / l}$: là độ nhạy áp từ, đặc trưng của lõi vật liệu.

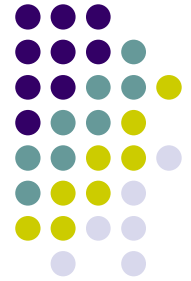
$K_p = -\frac{\Delta s / s}{\Delta l / l}$: là hệ số poisson

Cảm biến áp từ-nguyên lý



Thường $S_\mu \gg (K_p + 1)$ nên có thể coi

$$S_L = S_\mu$$



Cảm biến áp từ-sai số

- Sai số do hiện tượng áp từ trễ khi tăng và giảm tải. Sai số này lúc đầu lớn nhưng sau một số lần tăng/giảm tải có thể giảm xuống 1%.
- Sai số do dòng từ hoá ban đầu. Chọn dòng từ hoá ứng với điểm có hệ số từ thẩm lớn nhất. Sai số 0.3%-0.4% khi điện áp nguồn thay đổi 1%.

Cảm biến áp từ-sai số



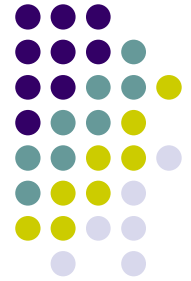
- Sai số do sự thay đổi nhiệt của môi trường làm điện trở của cuộn dây, hệ số từ thẩm ban đầu, hiệu ứng áp từ bị thay đổi. Sai số cỡ 0.5% - 1.5%/10 độ.

Cảm biến áp từ-mạch đo



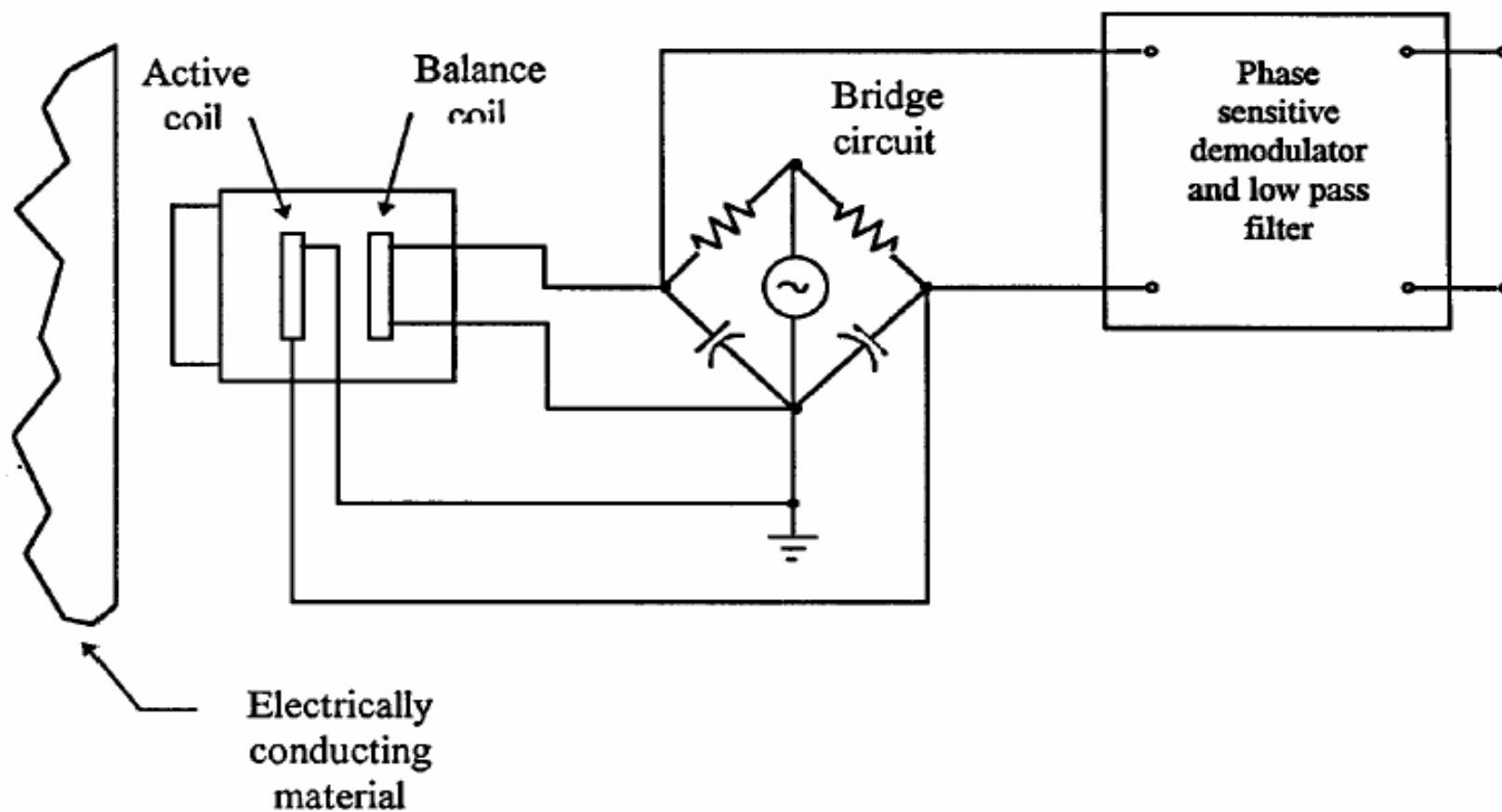
- Tương tự cảm biến điện cảm và hồ cảm.

Cảm biến áp từ-ứng dụng

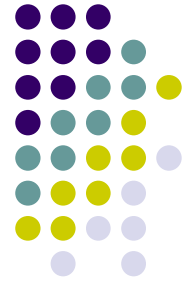


- Đo giá trị lực rất lớn.
- Độ chính xác thấp 3% - 5%.
- Cấu trúc đơn giản độ tin cậy cao nên được sử dụng tại hiện trường.

Cảm biến dòng điện xoáy



Cảm biến dòng điện xoáy



- Hai cuộn dây:
 - Một cuộn hoạt động chịu ảnh hưởng của đối tượng
 - Một cuộn vi sai để cân bằng mạch cầu và bù các thay đổi.



Cảm biến dòng điện xoáy

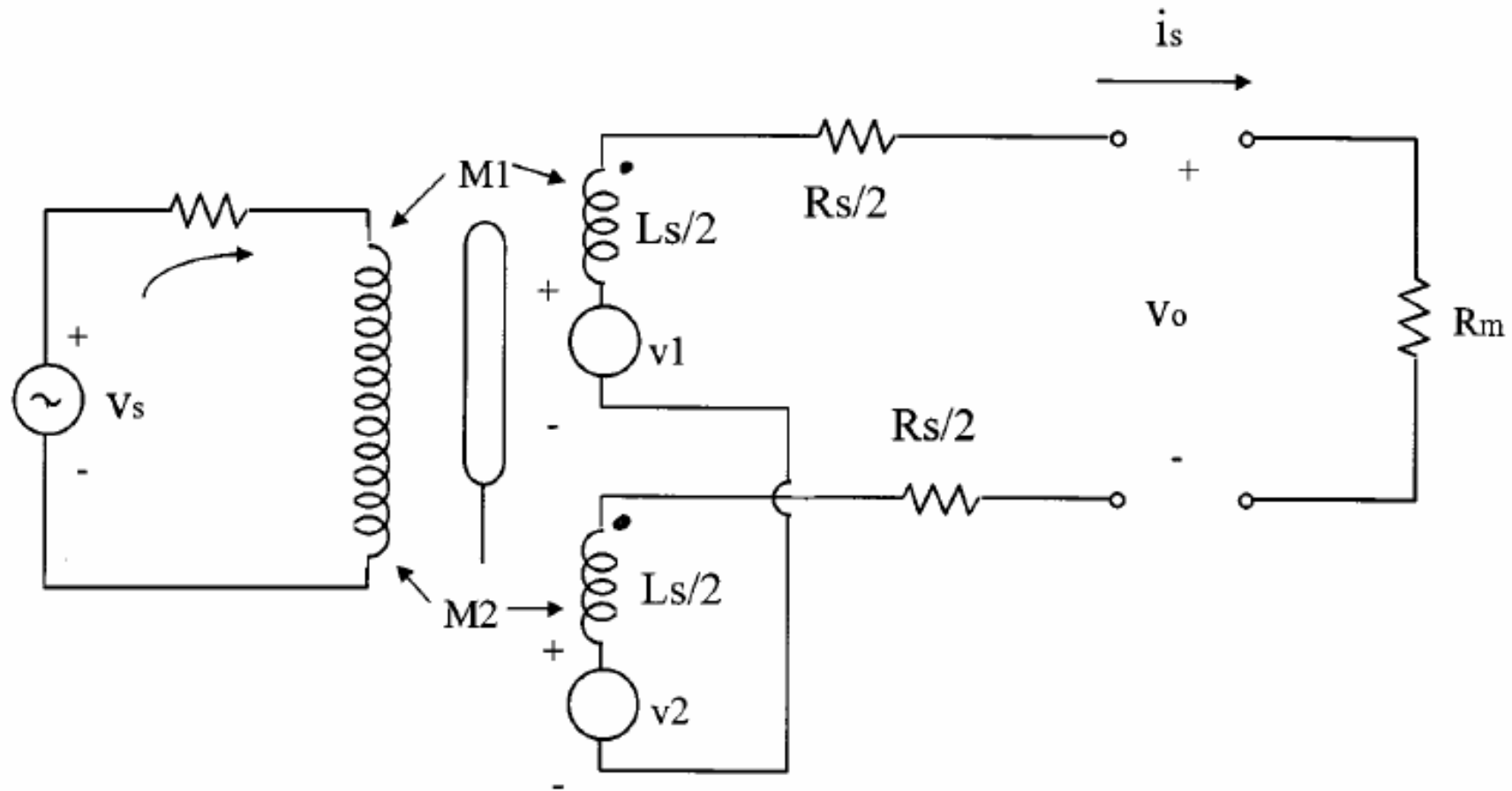
- Dòng xoáy chủ yếu trên bề mặt của vật. Độ sâu của dòng phụ thuộc vào vật liệu và tần số của dòng điện.
- Dòng xoáy gây tổn hao từ làm thay đổi điện cảm của cuộn hoạt động và làm mất cân bằng cầu.
- Điện áp ra được giải điều chế, lọc, tuyến tính hoá để cho ra thông tin của đối tượng.

Cảm biến dòng điện xoáy

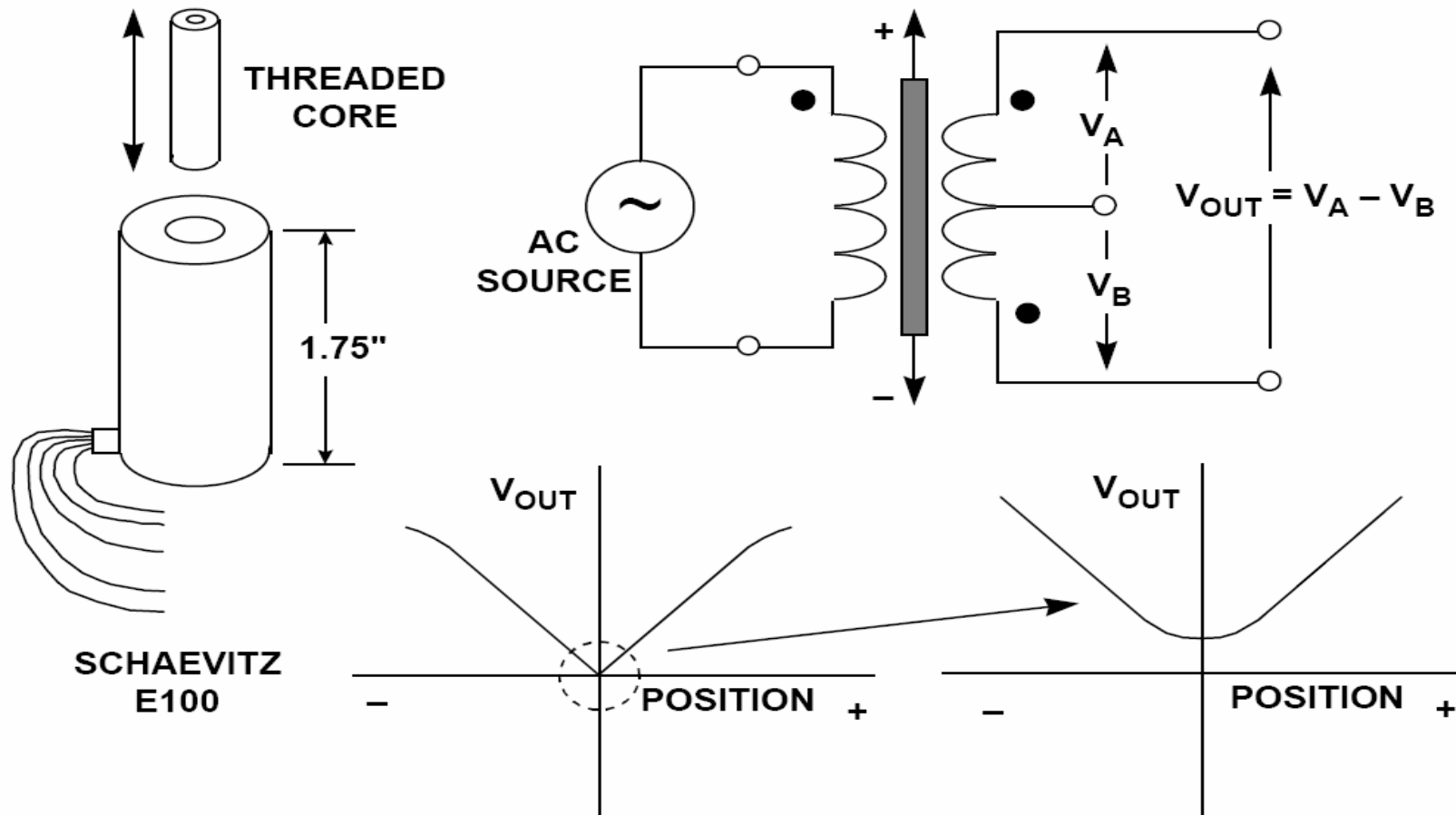


- Tần số có thể lên đến 1MHz.
- Đường kính CB có thể 25-30mm. Phi tuyến 0.5% độ phân giải tối đa 0.00001 mm.
- Cần có các mẫu hiệu chuẩn trước khi đo.
- Khoảng cách nhỏ nhất cỡ 20% khoảng đo

LVDT - Linear variable differential transformers



LVDT - Linear variable differential transformers

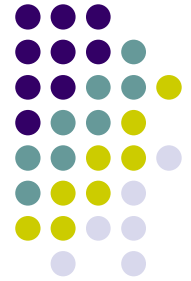


LVDT - Linear variable differential transformers



- Tương tự như cảm biến hồ cảm vi sai. Tần số sử dụng từ 50Hz - 20kHz.
- Hai cuộn có số vòng và cấu tạo hình học giống nhau.
- Hai cuộn đầu xung-đối.

LVDT - Linear variable differential transformers



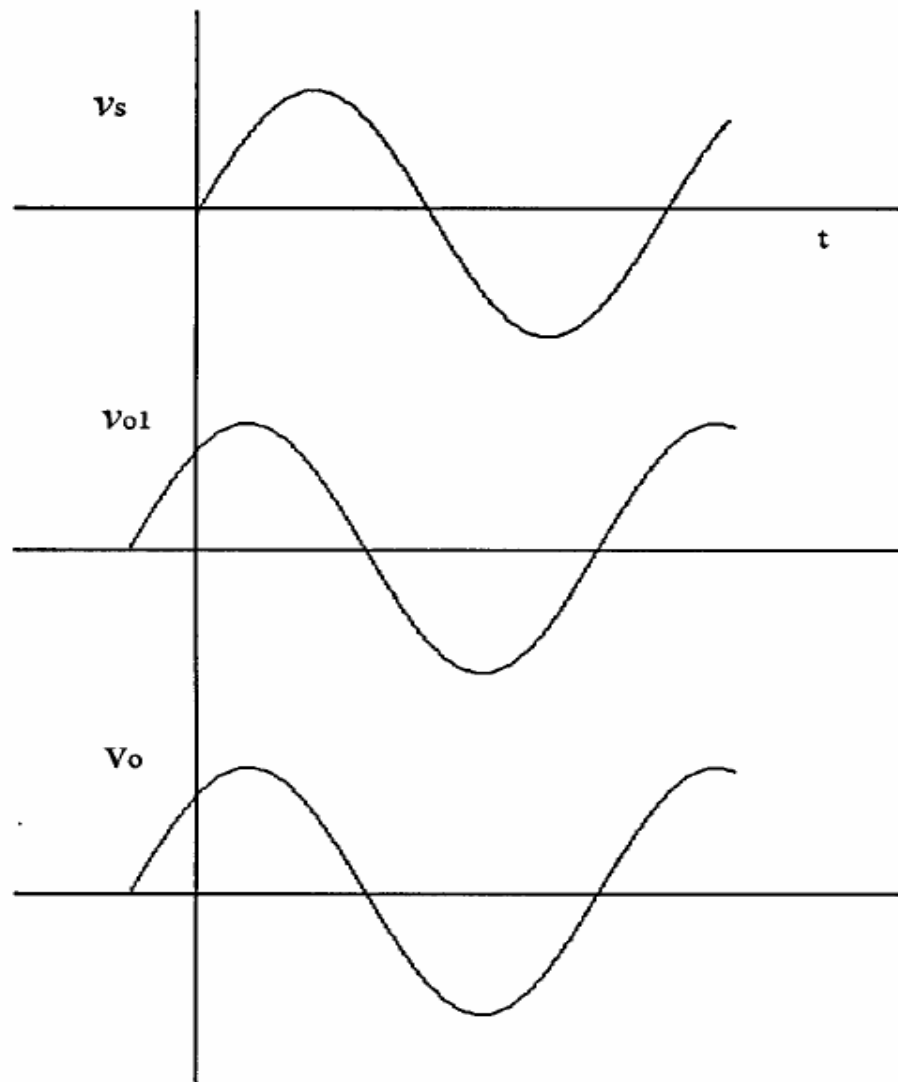
$$v_1 = M_1 s i_p \quad \text{and} \quad v_2 = M_2 s i_p$$

$$v_o = v_1 - v_2 = (M_1 - M_2) s i_p$$

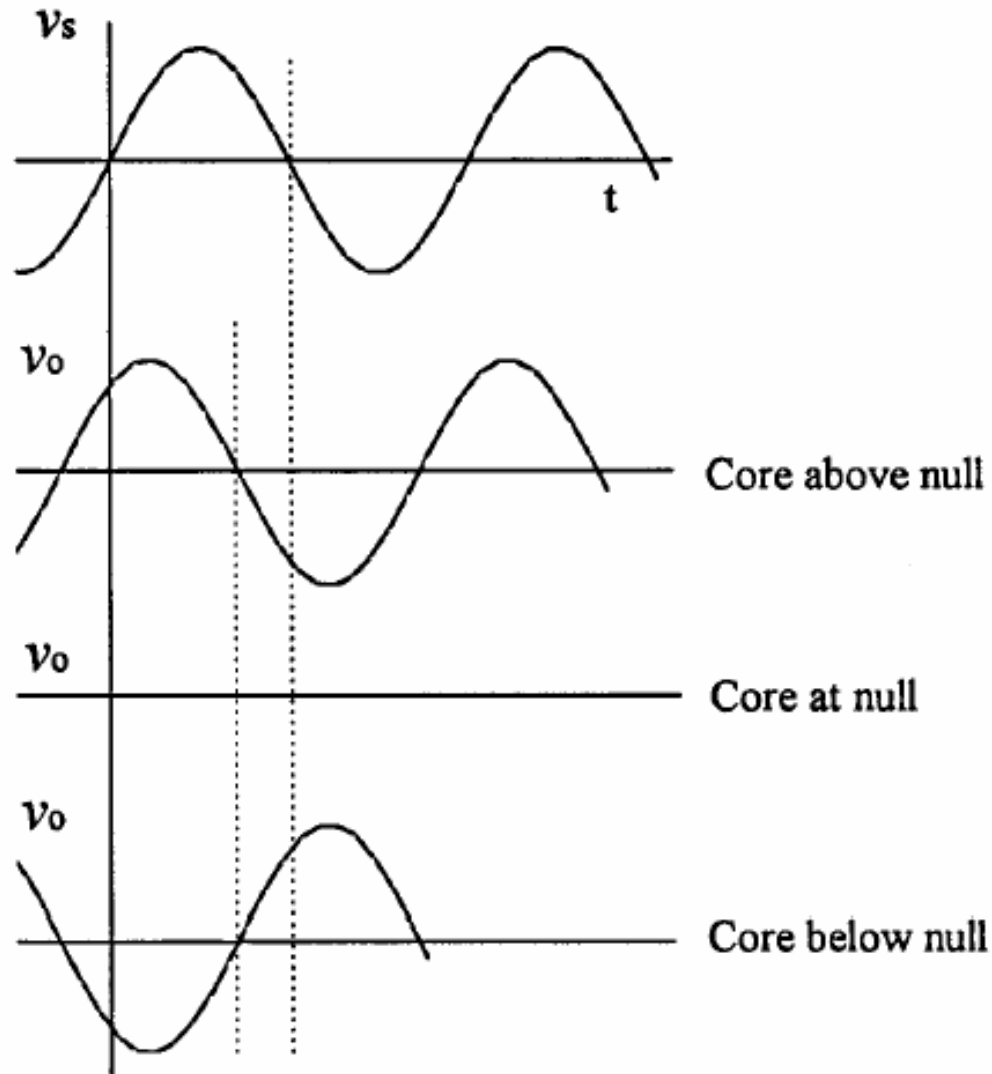
$$v_s = i_p (R + sL_p)$$

$$v_o / v_s = (M_1 - M_2) s / (R + sL_p)$$

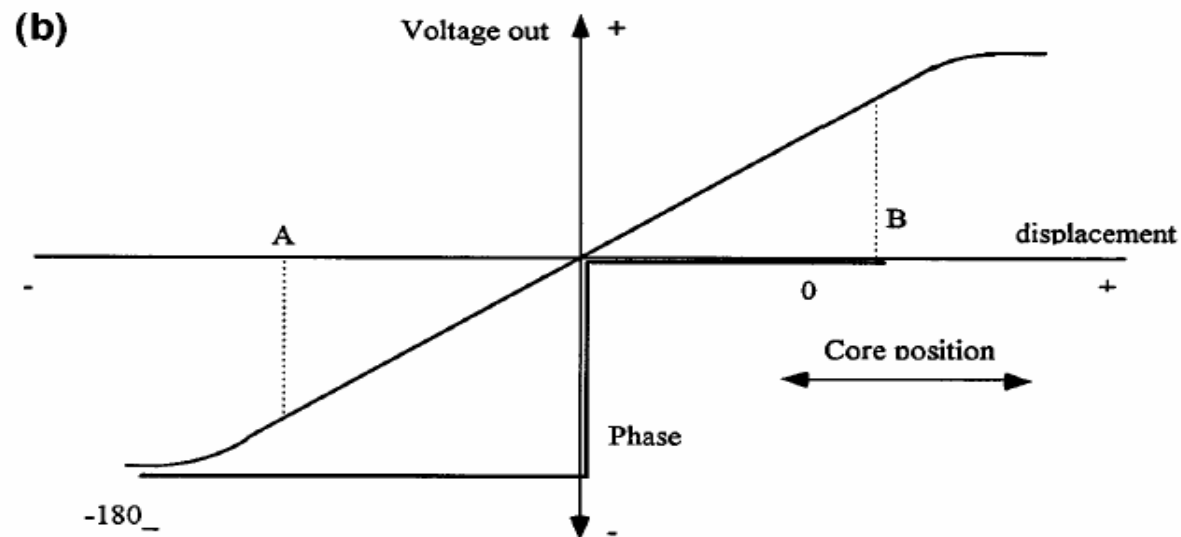
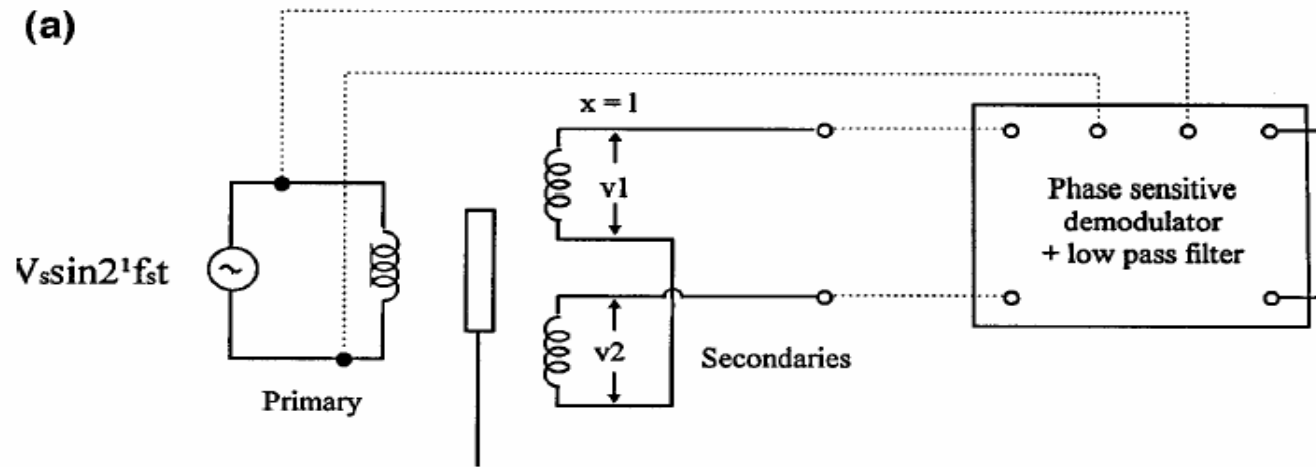
LVDT - Linear variable differential transformers



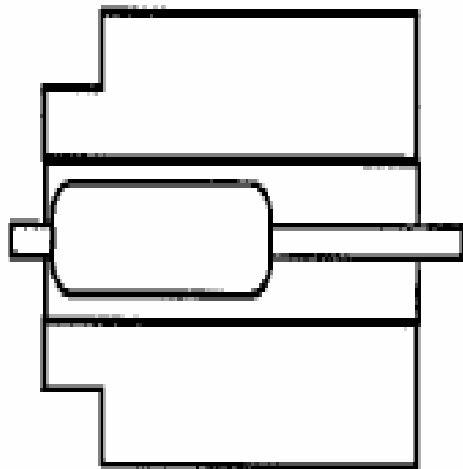
LVDT - Linear variable differential transformers



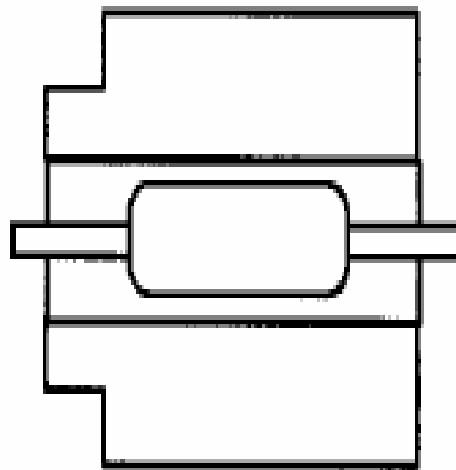
LVDT - Linear variable differential transformers



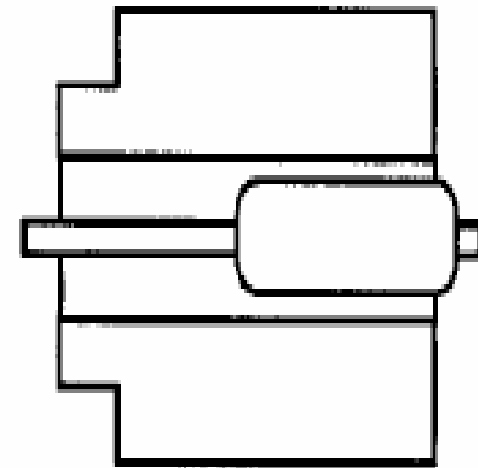
LVDT - Linear variable differential transformers



Core at A

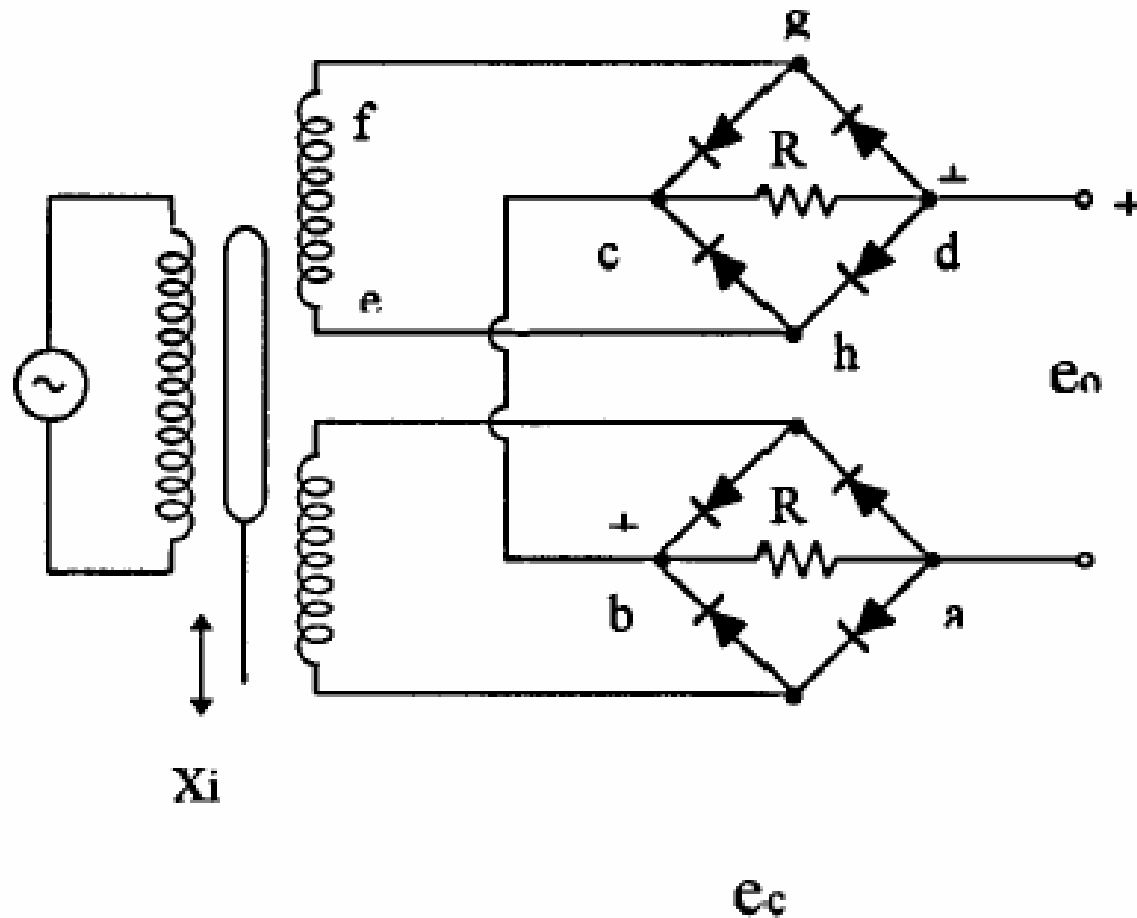


Core at 0
(Null position)

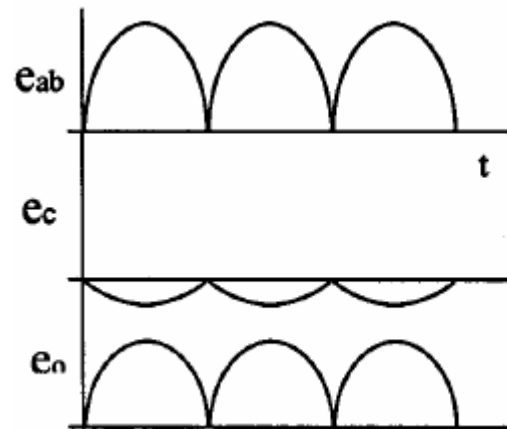


Core at B

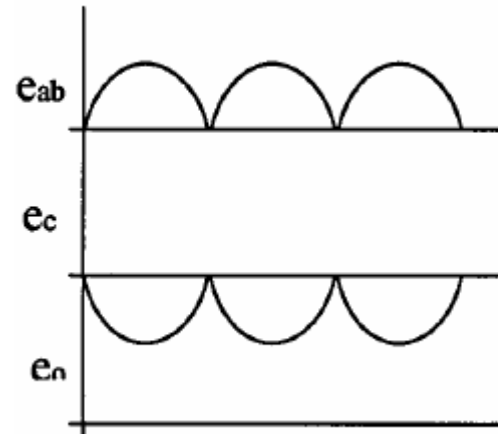
LVDT - Linear variable differential transformers



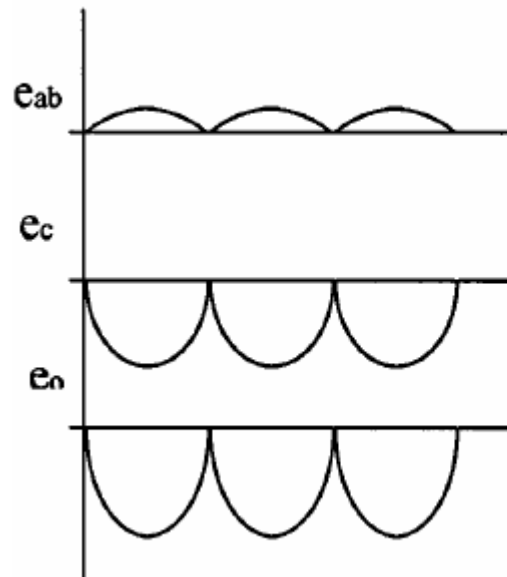
LVDT - Linear variable differential transformers



Core
below
null



Core
at
null



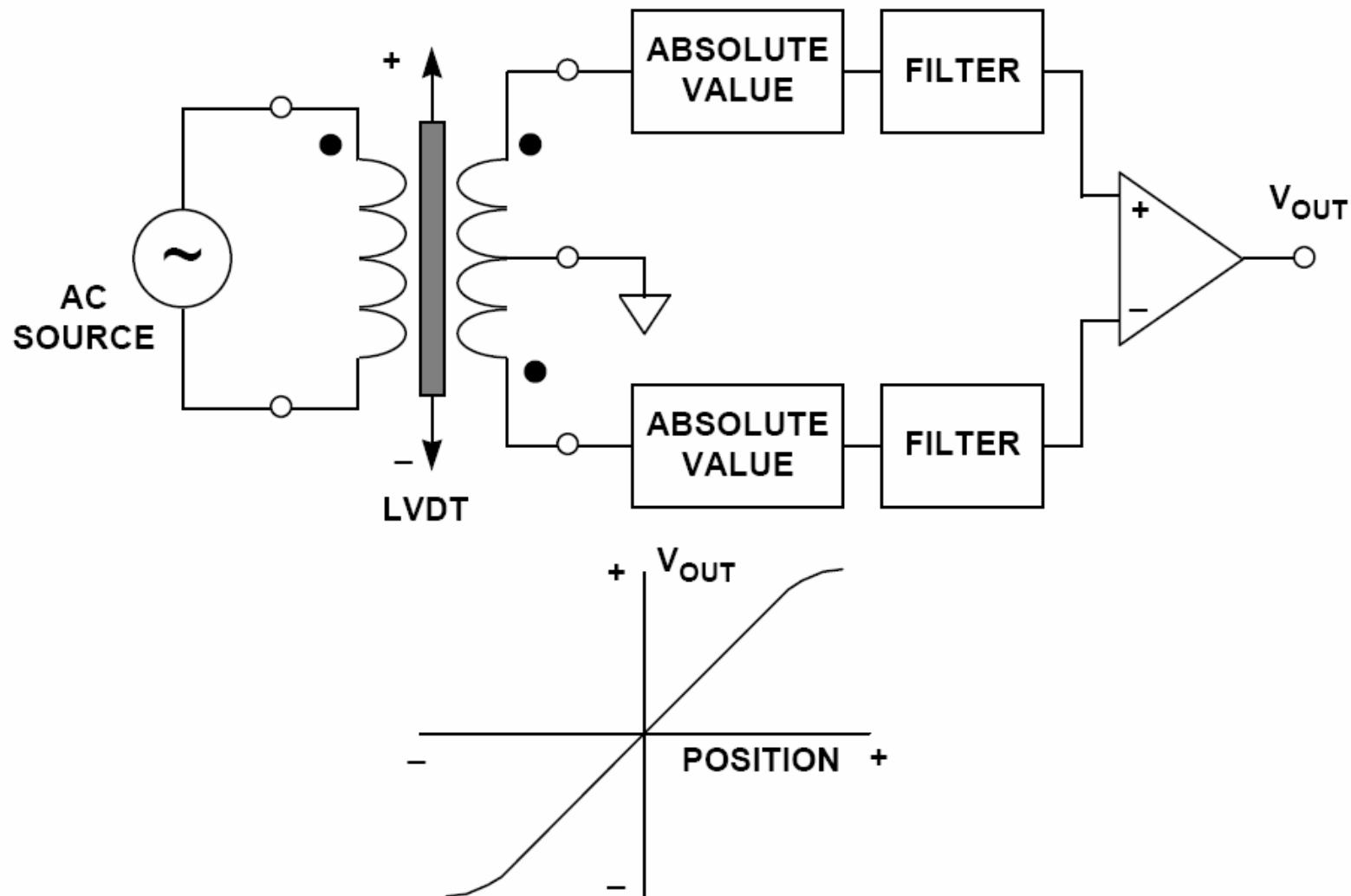
Core
above
null

LVDT - Linear variable differential transformers



- Nominal Linear Range: ± 0.1 inches (± 2.54 mm)
- Input Voltage: 3V RMS
- Operating Frequency: 50Hz to 10kHz (2.5kHz nominal)
- Linearity: 0.5% Fullscale
- Sensitivity: 2.4mV Output / 0.001in / Volt Excitation
- Primary Impedance: 660Ω
- Secondary Impedance: 960Ω

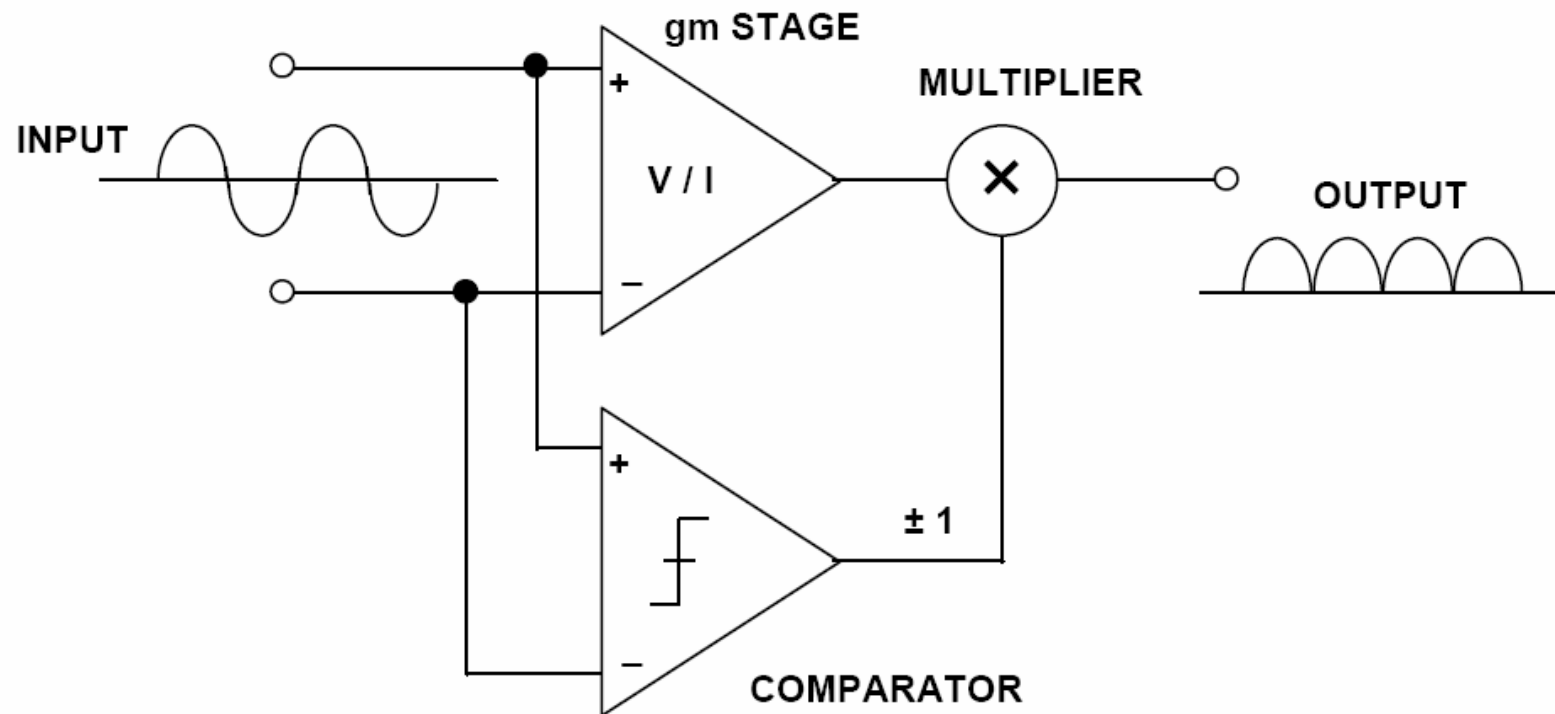
LVDT - Linear variable differential transformers



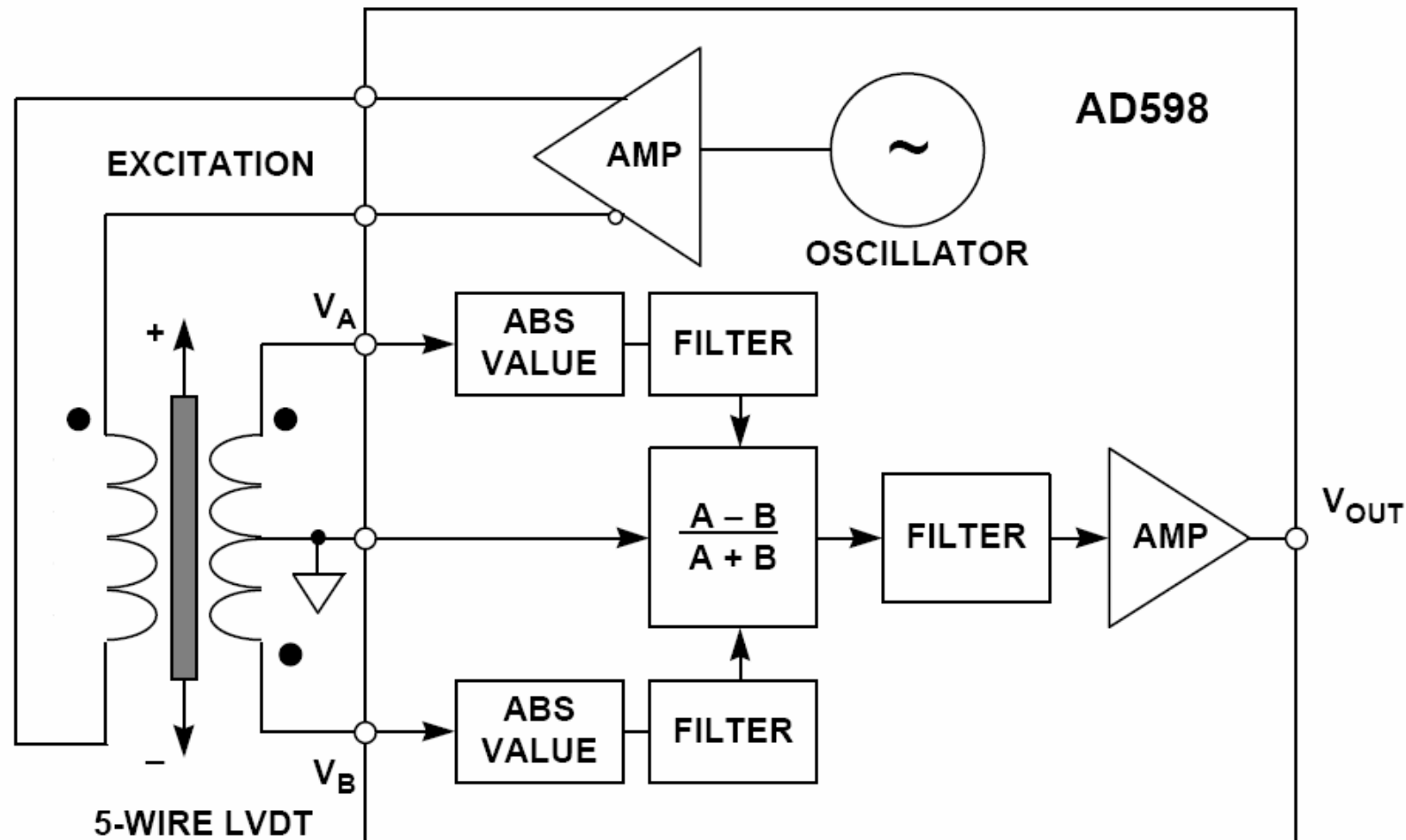
LVDT - Linear variable diferential transformers



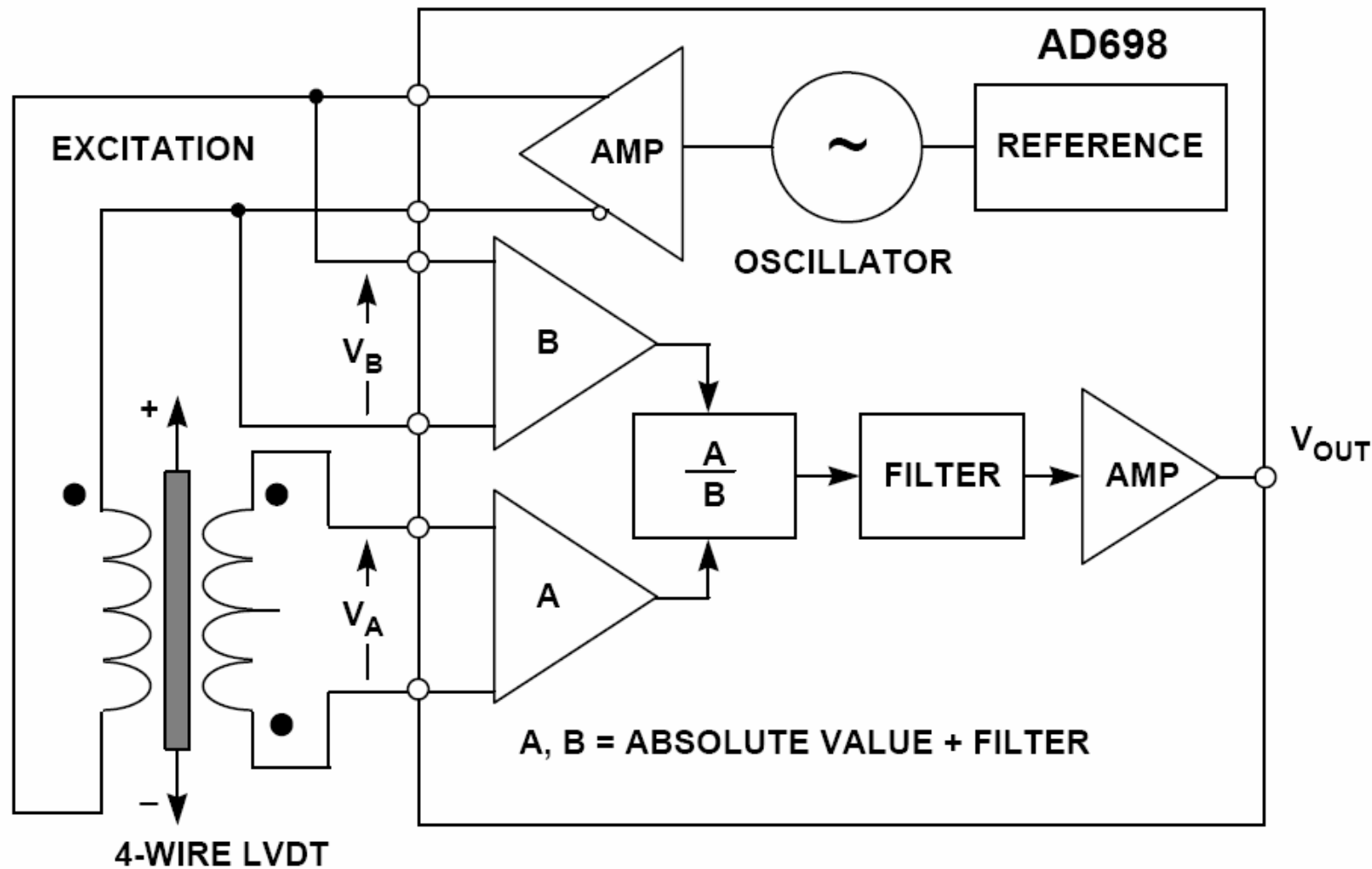
PRECISION ABSOLUTE VALUE CIRCUIT (FULL-WAVE RECTIFIER)



LVDT - Linear variable differential transformers

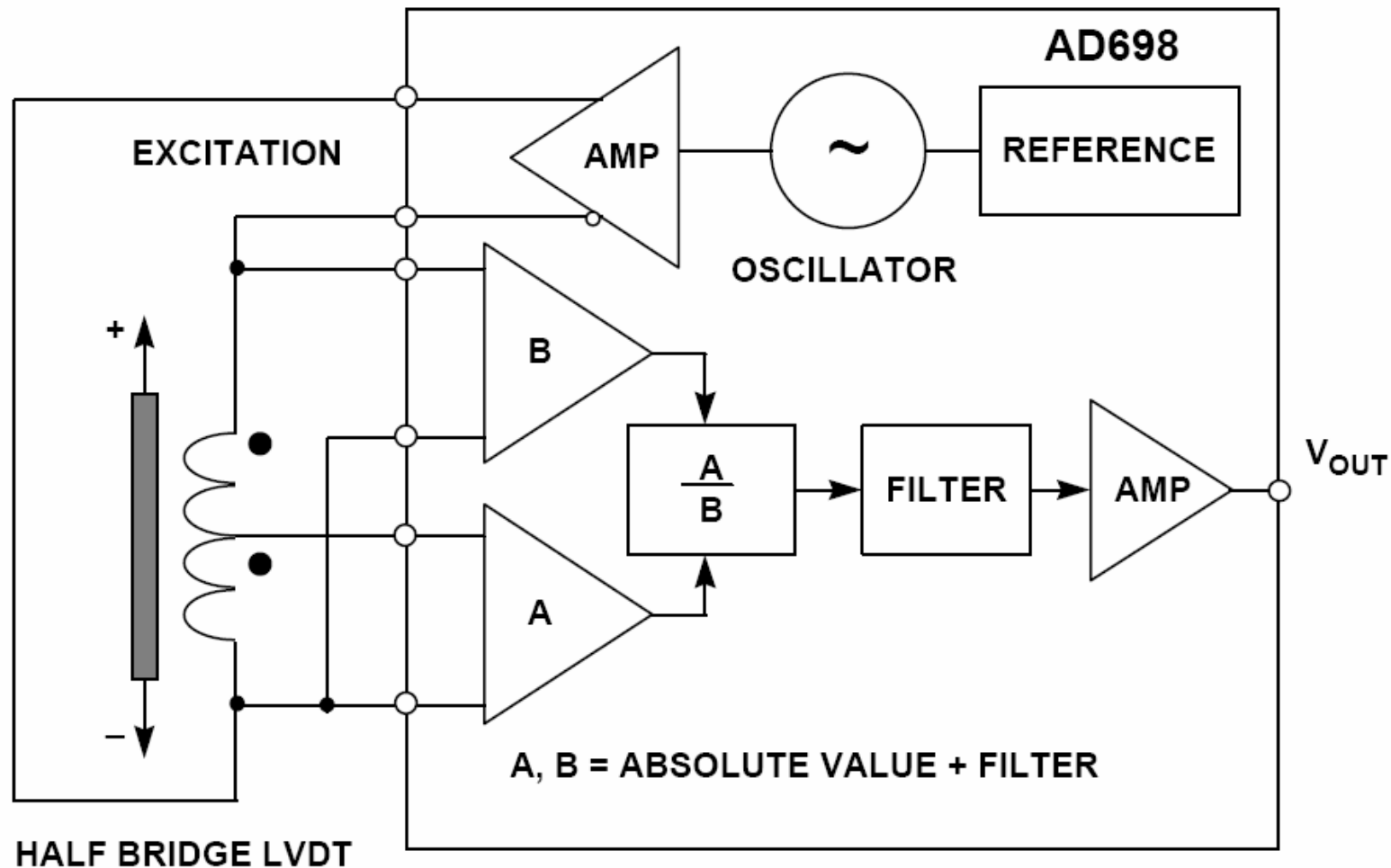


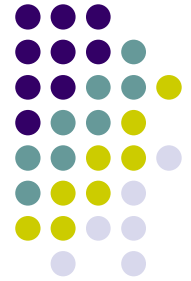
LVDT - Linear variable differential transformers



LVDT - Linear variable differential transformers

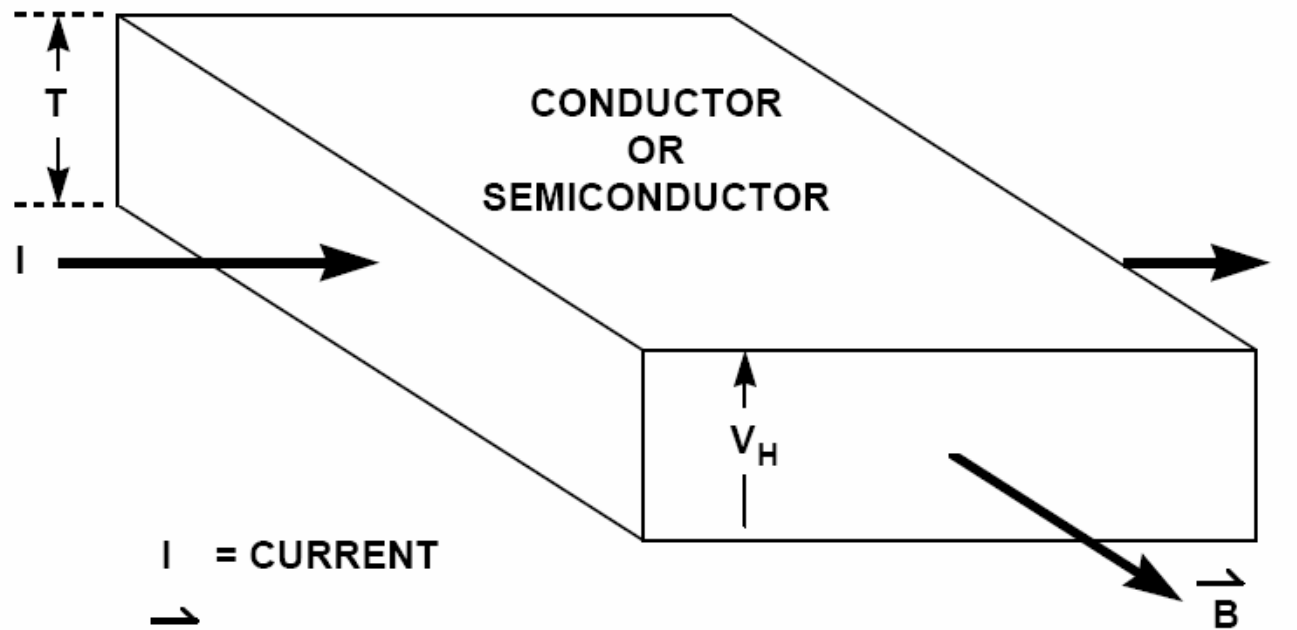
HALF-BRIDGE LVDT CONFIGURATION





Cảm biến Hall

HALL EFFECT SENSORS



I = CURRENT

\vec{B} = MAGNETIC FIELD

T = THICKNESS

V_H = HALL VOLTAGE



Cảm biến Hall

- Cảm biến Hall sử dụng để đo từ trường.
- Nó cũng được sử dụng để đo di chuyển.
- Cảm biến Hall phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ.

Cảm biến Hall

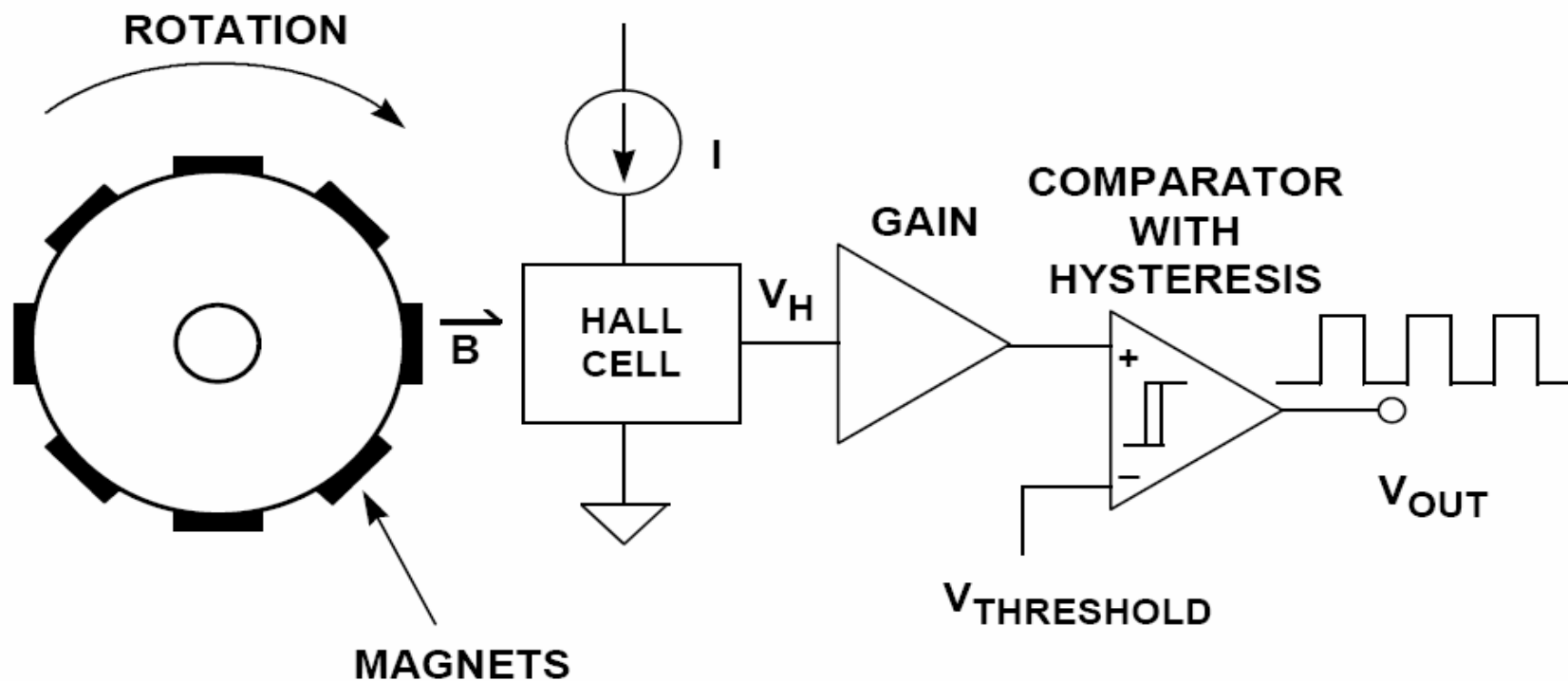


Figure 6.10