



Bài giảng:

# THIẾT KẾ THIẾT BỊ ĐO

---

PGS.TS. Nguyễn thị Lan Hương  
Bộ môn: Kỹ thuật đo và tin học Công nghiệp

Hà nội 2/2021



## Chương 2: Thiết kế thiết bị đo các đại lượng điện áp, dòng điện và điện tích

---



# Nội dung

- Lý luận chung
- Đo dòng điện và điện áp bằng phương pháp đo trực tiếp
  - Thiết bị đo kiểu hiển thị tương tự
  - Thiết bị đo hiện thị số kiểu số
- Thiết bị đo dòng và áp kiểu so sánh
- Thiết bị đo dòng và áp lớn và rất lớn
- Phương pháp điện tích và điện lượng

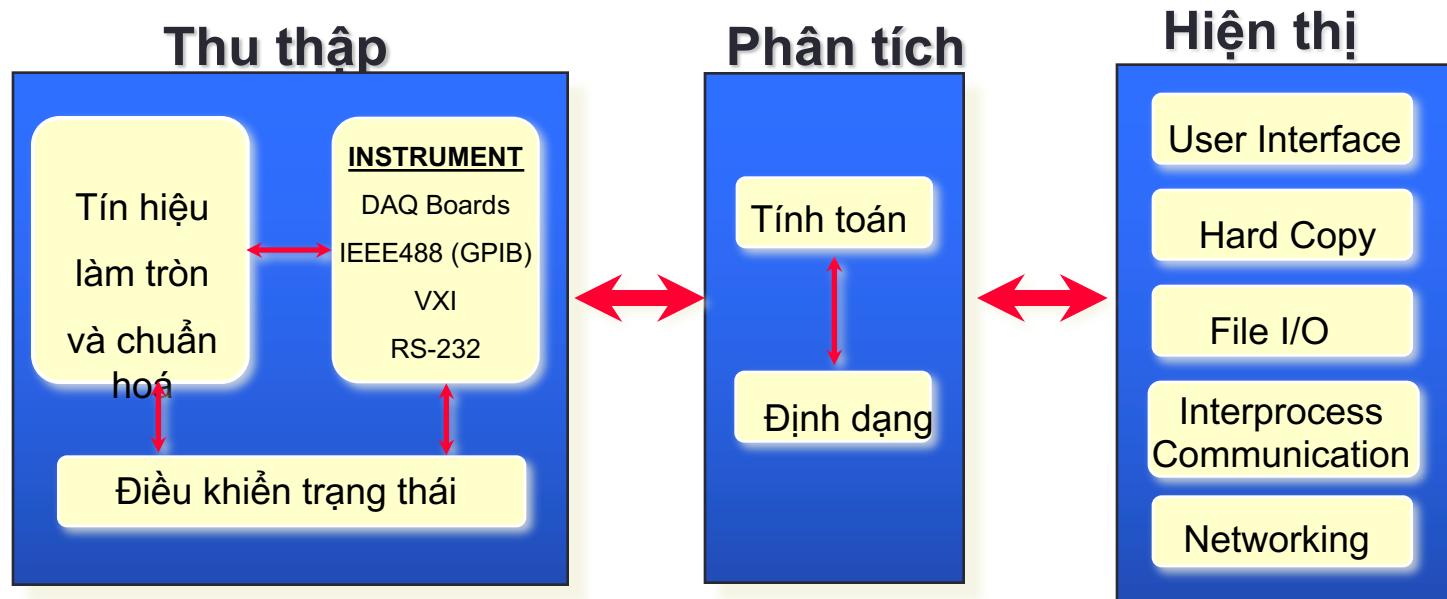


## 2.1. Lý luận chung

- Phương pháp đo dựa vào yêu cầu kỹ thuật và điều kiện kỹ thuật
- Chọn khoảng đo
- Mở rộng thang đo
  - Không tăng khả năng phân ly: sử dụng bộ chia
  - Tăng khả năng phân ly ; sử dụng phương pháp vi sai
  - Tăng độ nhạy: dùng khuếch đại
- Sai số: chọn phương pháp thế nào để  $\gamma < \gamma_{yêu\ cầu}$
- Đặc tính động: xét ảnh hưởng của tần số, hình dáng của tín hiệu



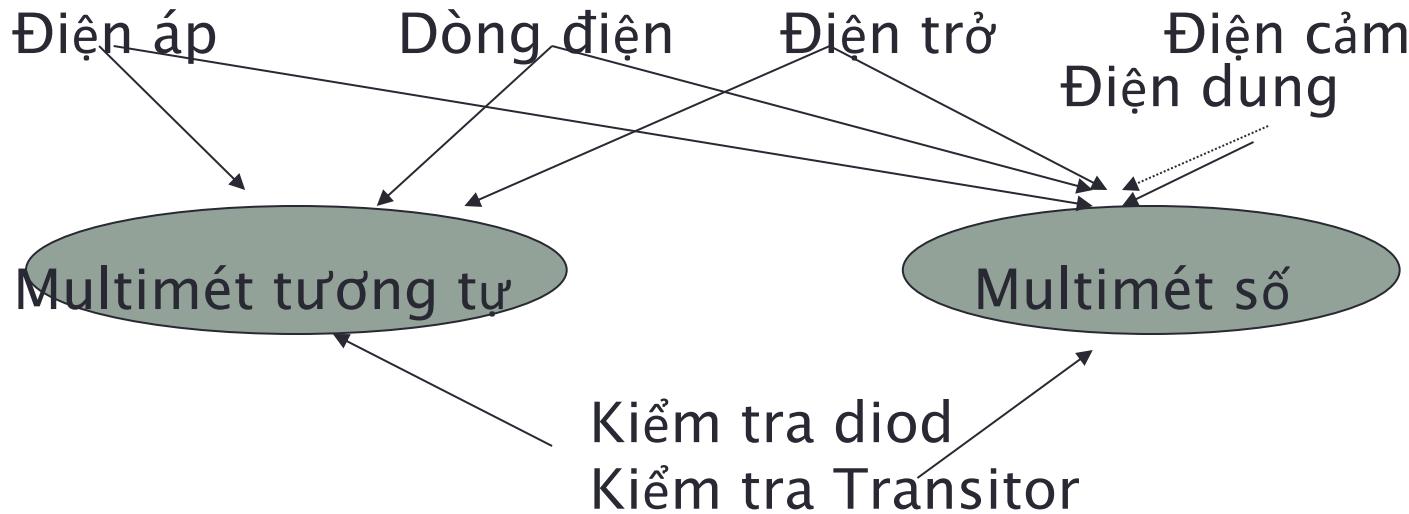
# Mô hình chung của một thiết bị (Mô hình SAMI)





## 2.1. Chức năng của một Multimét (đồng hồ vạn năng)

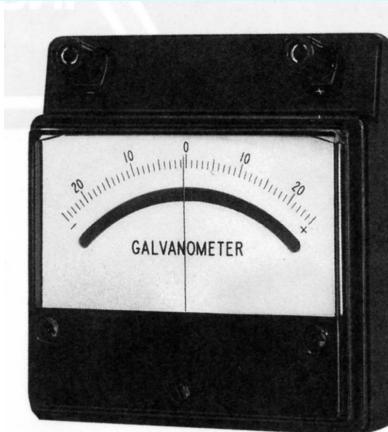
- Đo dòng và áp một chiều nhiều thang đo
- Đo dòng và áp xoay chiều nhiều thang đo
- Đo điện trở nhiều thang đo
- Đo các thông số cảm, dung
- Ngoài ra còn bố trí để thử transistor và diode, đo thông mạch





# Chỉ thị tương tự (cơ cấu cơ điện)

- Tín hiệu vào là dòng điện hay điện áp, tín hiệu ra là góc quay của kim chỉ kèm với thang chia độ và các chỉ dẫn giúp cho người đọc được kết quả



Hình 4-1: Các dạng thang hiển thị tương tự



# Các dạng chỉ thị tương tự

- **Chỉ thị từ điện**
- **Chỉ thị điện từ**
- **Chỉ thị điện động**
- **Chỉ thị sắt điện động**
- **Chỉ thị cảm ứng**
- ....

Các chi tiết cơ khí chung của phần động:

- Trục và trụ
- Lò xo cản
- Kim chỉ
- Cơ cấu cản dịu



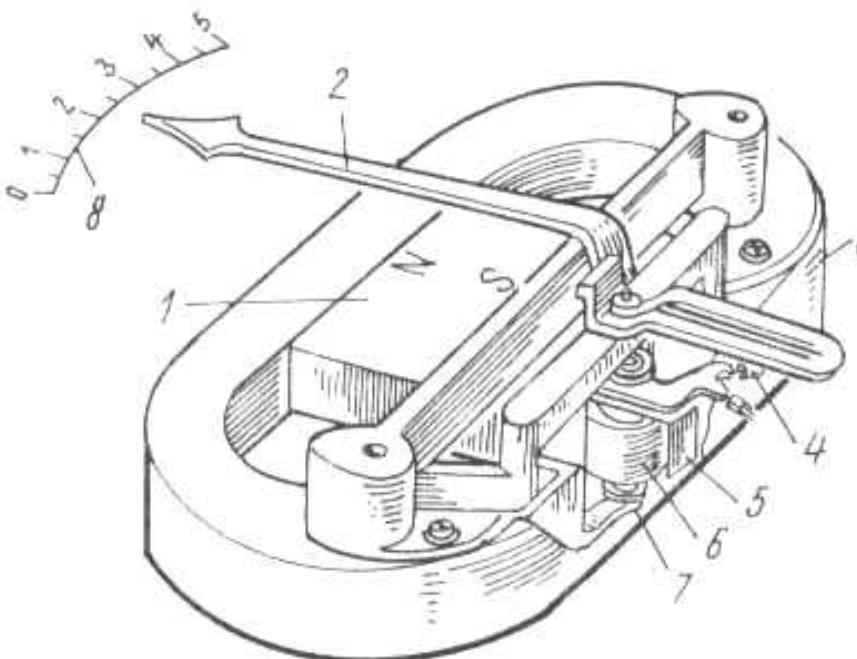
**Tham khảo tài liệu [2]**

- Cơ cấu gồm 2 phần: phần tĩnh và phần động
  - ◆ Phần tĩnh: nam châm vĩnh cửu hoặc cuộn dây
  - ◆ Phần động: lá thép hoặc cuộn dây quay trong lòng phần tĩnh

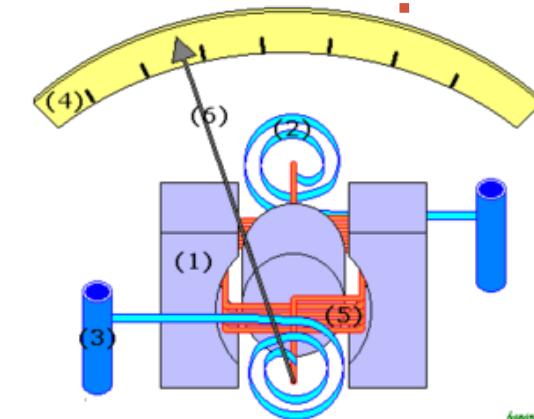


## 2.2. Multimét tương tự, cơ cấu từ điện

- Cấu tạo của cơ cấu từ điện



**1: nam châm vĩnh cửu, 2: kim chỉ thị, 3: mạch từ và cực từ , 5: khung quay, 6: lõi sắt từ, 7: lò xo cản, 8: thang chia độ**



**Phân tĩnh:** mạch từ khép kín gồm một nam châm vĩnh cửu, các đầu cực là một gông từ hình trụ. Có nhiều kiểu kết cấu mạch từ nhưng đều có mục đích tạo ra từ trường mạnh và đều ở khe hở không khí nằm trong mạch từ.  
**Phân động:** một khung dây có thể quay trong từ trường của nam châm vĩnh cửu.



# Nguyên lý làm việc của cơ cấu

- Khi cho dòng điện qua cuộn dây, tác động tương hỗ giữa từ trường của nam châm và dòng điện làm khung dây quay.  
$$M_q = BSWI$$

B- Từ trường của nam châm vĩnh cửu (thường 0.2-0.4 Tesla)

S: tiết diện khung quay

W: Số vòng dây

I: Dòng điện qua khung dây

- Khi khung dây quay, lò xo sẽ sinh mômen cản tỷ lệ với góc quay  $\alpha$ :

$$M_C = K\alpha$$

- Kim chỉ ở vị trí cân bằng khi :  $M_q = M_C$

$$\alpha = \frac{BSW}{K} I = S_I \cdot I$$

$$S_I = \frac{BSW}{K}$$

Độ nhạy của cơ cấu

Phương trình đặc tính thang đo



Làm thế nào để có được  
Thiết bị đo từ  
cơ cấu chỉ thị này??

# A. Ampemet một chiều

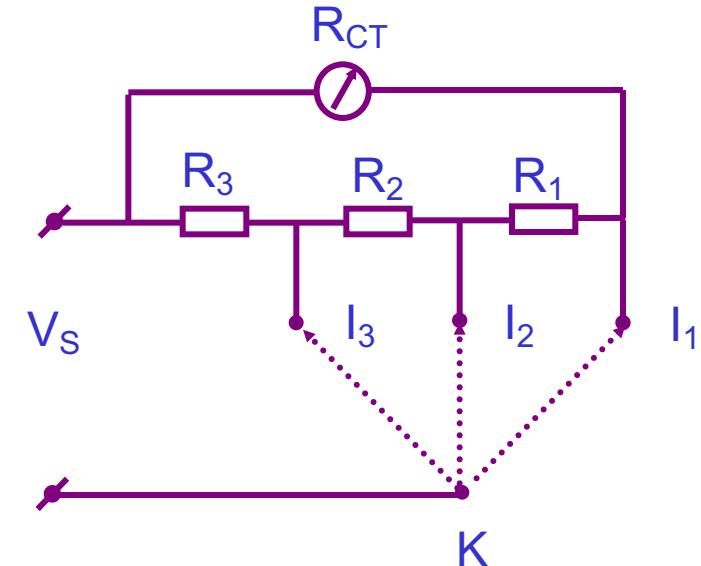
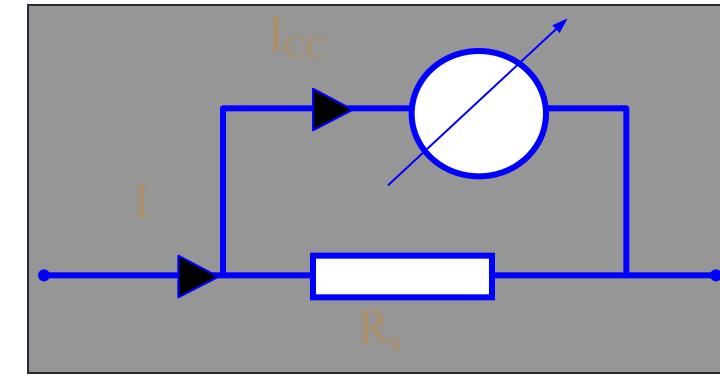
- Yêu cầu cầu phải có điện trở nhỏ, mắc nối tiếp với tải
- Khi dòng điện lớn hơn dòng định mức của cơ cấu phải mở rộng thang đo
- Hệ số mở rộng thang đo

$$n = \frac{D_A}{I_{CC}}$$

$$R_s = \frac{R_{CC}}{(n - 1)}$$

- Có nhiều khoảng đo

☺☺ Hãy tính giá trị các điện trở sun???



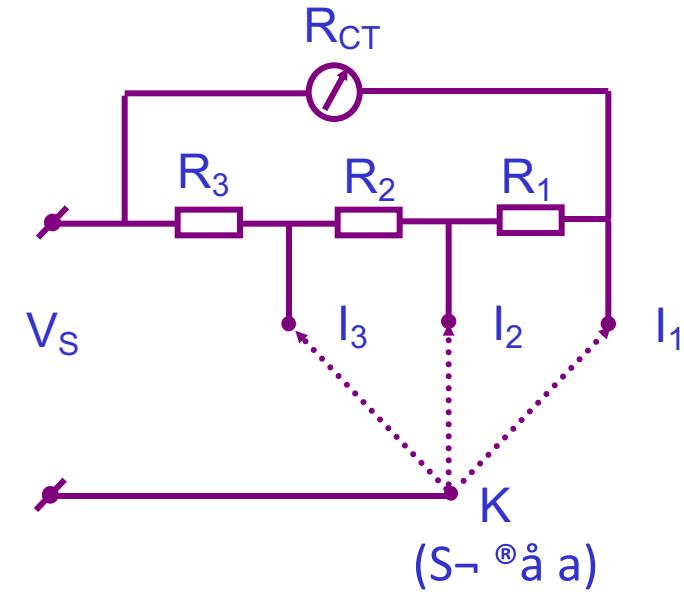


$$I_1 < I_2 < I_3 \rightarrow R_{S1} < R_{S2} < R_{S3}$$

$$R_{S1} = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{R_{CT}}{\frac{I_1}{I_{CT}} - 1}$$

$$R_{S2} = R_2 + R_3 = \frac{R_{CT} + R_1}{\frac{I_2}{I_{CT}} - 1}$$

$$R_{S3} = R_3 = \frac{R_{CT} + R_2 + R_1}{\frac{I_3}{I_{CT}} - 1}$$





Cho  $R_1 = 4,5 \Omega$ ,  $R_2 = 0,45 \Omega$ ,  $R_3 = 0,05 \Omega$ ,  $R_{CT} = 1 K\Omega$ ,  $I_{CTmax} = 50 \mu A$ .

Tính 3 khoảng đo của ampemet.

+ Khi K ở tiếp điểm  $I_1$ .

$$V_S = I_{CT} R_{CT} = 50 \mu A \cdot 1 K\Omega = 50 mV.$$

$$I_S = \frac{V_S}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{50 mV}{0,05 \Omega + 0,45 \Omega + 4,5 \Omega} = 10 mA$$

$$I = I_{CT} + I_S = 50 \mu A + 10 mA = 10,05 mA$$

Khoảng đo của ampemet  $\approx 10mA$ .

+ Khi K ở tiếp điểm  $I_2$ .

$$V_S = I_{CT} (R_{CT} + R_1) = 50 \mu A \cdot (1 K\Omega + 4,5 \Omega) \approx 50 mV.$$

$$I_S = \frac{V_S}{R_2 + R_3} = \frac{50 mV}{0,05 \Omega + 0,45 \Omega} = 100 mA$$

$$I = I_{CT} + I_S = 50 \mu A + 100 mA = 100,05 mA$$

Khoảng đo của ampemet  $\approx 100mA$ .



+ Khi K ở tiếp điểm I<sub>3</sub>.

$$V_S = I_{CT}(R_{CT} + R_1 + R_2) = 50\mu A \cdot (1K\Omega + 4,5\Omega + 0,45\Omega) \approx 50mV.$$

$$I_S = \frac{V_S}{R_3} = \frac{50mV}{0,05\Omega} = 1A$$

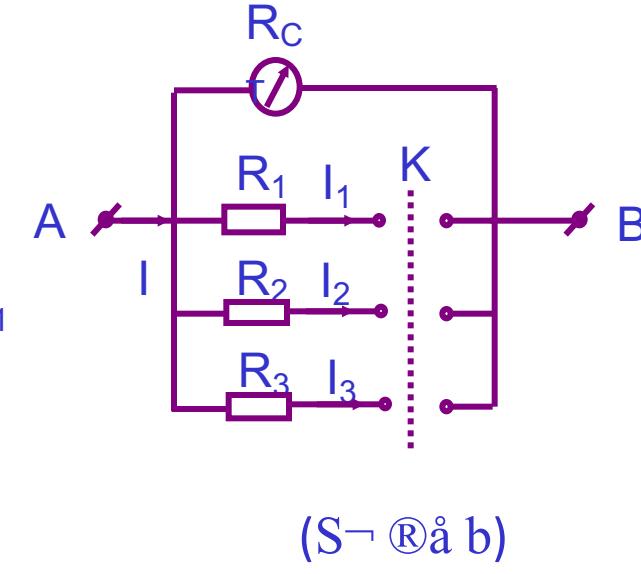
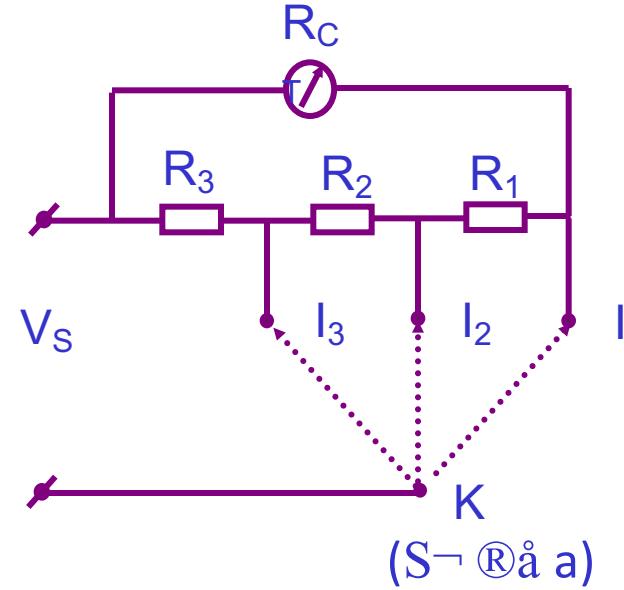
$$I = I_{CT} + I_S = 50\mu A + 1A \approx 1A$$

Khoảng đo của ampemeter  $\approx 1A$ .



## Ví dụ:

1. Tính toán sai số phương pháp của việc đo điện áp ở với các trường hợp như trong sơ đồ



☺☺ So sánh ưu nhược điểm của hai sơ đồ (a) và (b)



- Sơ đồ (b) tính toán dễ dàng, các thang đo độc lập đối với nhau.

Nhược điểm ???

- Nhược điểm : Nếu khoá K hỏng thì dòng qua cơ cấu lớn sẽ phá huỷ cơ cấu.
- Nhược điểm này được khắc phục ở sơ đồ (a) - nếu khoá K hỏng thì không có dòng điện qua cơ cấu - nhưng sơ đồ này có nhược điểm là tính toán phức tạp hơn.

$$R_{S1} = R_1 = \frac{R_{CT}}{\frac{I_1}{I_{CT}} - 1} = \frac{R_{CT}}{n_1 - 1}$$

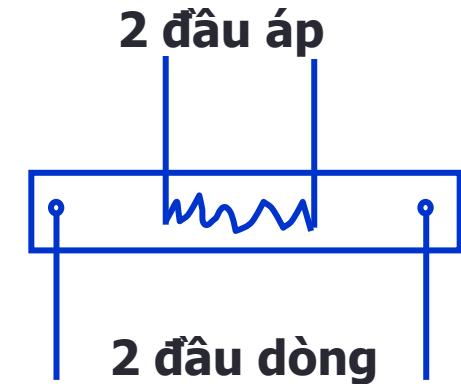
$$R_{S2} = R_2 = \frac{R_{CT}}{\frac{I_2}{I_{CT}} - 1} = \frac{R_{CT}}{n_2 - 1}$$

$$R_{S3} = R_3 = \frac{R_{CT}}{\frac{I_3}{I_{CT}} - 1} = \frac{R_{CT}}{n_3 - 1}$$

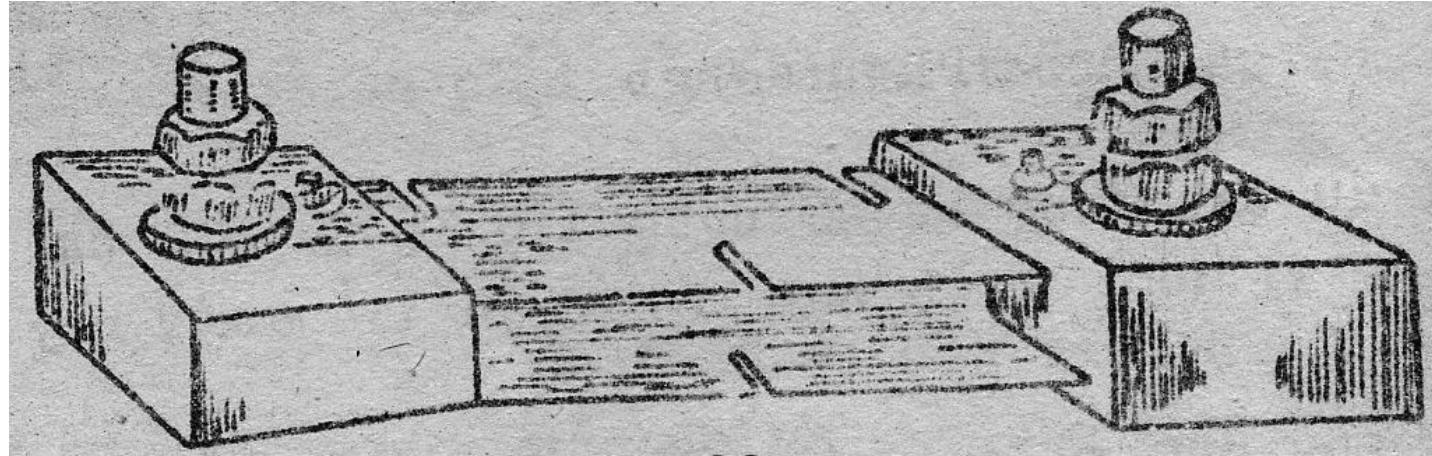
## Cấu tạo của sun

Sun có cấu tạo như điện trở 4 đầu : 2 đầu dòng và 2 đầu áp.

Hai đầu dòng để đưa dòng  $I_S$  vào, hai đầu áp mắc vào cơ cấu chỉ thị.



- Điện trở đo được trên hai đầu áp. Điều này đảm bảo cho điện trở mắc song song với cuộn dây  $R_S$  được xác định chính xác và điện trở tiếp xúc của các đầu ra dòng được tách khỏi  $R_S$ .
- Thường trên Sun có ghi giá trị dòng  $I_S$  có thể đi qua nó, ghi điện áp đầu ra  $U_S = I_S R_S = (I - I_{CT})R_S$  và ghi cấp chính xác.



- Sun thường được làm bằng điện trở không phụ thuộc vào nhiệt độ như maganin.
- Cấp chính xác của sun phải lớn hơn cấp chính xác của cơ cấu chỉ thị ít nhất một cấp.
- Cấp chính xác của sun : 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5.
- Cấp chính xác của ampemet từ  $0,2 \div 2,5$ .





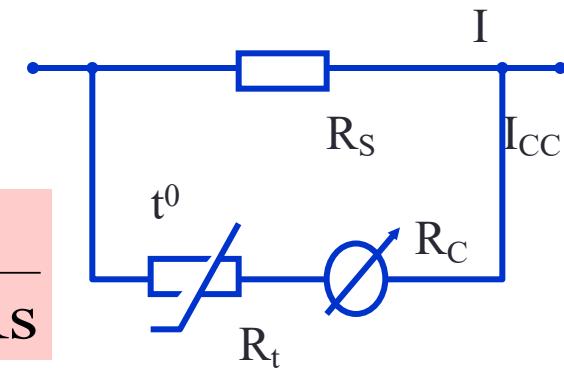
## Sai số của Ampemeter

$$\gamma_s = \gamma_{Rs} + \gamma_{Rcc} + \gamma_{cc}$$

- $\gamma_{Rs}$  = Sai số biến động của giá trị sun  $\rightarrow$  nhỏ
- $\gamma_{Rcc}$  = Sai số của cơ cấu
- $\gamma_{cc}$  = Sai số hay biến động về giá trị của điện trở cơ cấu

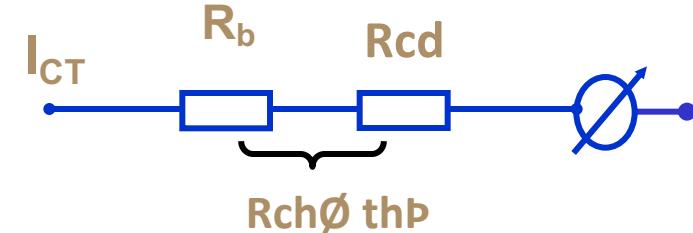
**Sai số chủ yếu do nhiệt độ**

$$\gamma_t = \frac{R_{cc} \alpha t - R_t \beta t}{R_{cc}(1 + \alpha t) + R_{to}(1 + \beta t) + R_s}$$



☺☺ Làm thế nào để giảm sai số nhiệt độ ???

☺☺ Làm thế nào  
để giảm sai số  
nhiệt độ ???



- Mắc nối tiếp với cuộn dây một điện trở bù làm bằng maganin hoặc constantan có hệ số điện trở phụ thuộc nhiệt độ bằng 0.
- Nếu điện trở bù gấp 9 lần điện trở cuộn dây thì khi điện trở cuộn dây thay đổi 1%, điện trở toàn phần ( $R_{bù} + R_{cuộn dây}$ ) chỉ thay đổi 0,1%

☺☺ Giải thích và  
chọn độ lớn của  $R_b$   
so với  $R_{cd}$  ???



# Các giá trị điện trở chuẩn

| STANDARD RESISTOR VALUES |     |     |     |     |     |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1.0                      | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.6 |
| 1.8                      | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.7 | 3.0 |
| 3.3                      | 3.6 | 3.9 | 4.3 | 4.7 | 5.1 |
| 5.6                      | 6.2 | 6.8 | 7.5 | 8.2 | 9.1 |

| 5% Standard Values                                                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Decade multiples are available from $10\ \Omega$ through $22\ M\Omega$ |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 10                                                                     | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 |
| 33                                                                     | 36 | 39 | 43 | 47 | 51 | 56 | 62 | 68 | 75 | 82 | 91 |

| 10% Standard Values                                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Decade multiples are available from $10\ \Omega$ through $1\ M\Omega$ |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 10                                                                    | 12 | 15 | 18 | 22 | 27 | 33 | 39 | 47 | 56 | 68 | 82 |



# Ví dụ về mã vạch của điện trở

## 2.4 Example #4



A resistor colored *Orange-Orange-Black-Brown* would be  $3.3\text{ k}\Omega$  with a tolerance of  $+/- 0.1\%$ .

## 2.5 Example #5



A resistor colored *Brown-Green-Grey-Silver-Red* would be  $1.58\text{ }\Omega$  with a tolerance of  $+/- 2\%$ .

## 2.6 Example #6



A resistor colored *Blue-Brown-Green-Silver-Blue* would be  $6.15\text{ }\Omega$  with a tolerance of  $+/- 0.25\%$ .





# Các giá trị tụ điện chuẩn

| Common Capacitor Working Voltages (DC), By Capacitor Type |              |          |                      |                       |
|-----------------------------------------------------------|--------------|----------|----------------------|-----------------------|
| Ceramic                                                   | Electrolytic | Tantalum | Mylar<br>(Polyester) | Mylar (Metal<br>Film) |
|                                                           | 10V          | 10V      |                      |                       |
| 16V                                                       | 16V          | 16V      |                      |                       |
|                                                           |              | 20V      |                      |                       |
| 25V                                                       | 25V          | 25V      |                      |                       |
|                                                           | 35V          | 35V      |                      |                       |
| 50V                                                       | 50V          | 50V      | 50V                  |                       |
|                                                           | 63V          |          |                      |                       |
| 100V                                                      | 100V         |          | 100V                 |                       |
|                                                           | 160V         |          |                      |                       |
|                                                           |              |          | 200V                 |                       |
|                                                           | 250V         |          |                      | 250V                  |
|                                                           | 350V         |          |                      |                       |
|                                                           |              |          | 400V                 | 400V                  |
|                                                           | 450V         |          |                      |                       |
| 600V                                                      |              |          |                      |                       |
|                                                           |              |          |                      | 630V                  |
| 1000V                                                     |              |          |                      |                       |



## B. Voltmeter một chiều

- Yêu cầu cầu điện trở lớn và mắc song song với tải

- Điện áp định mức của cơ cầu từ điện

$$U_{CC} = I_{CC} \cdot R_{CC}$$

$I_{CC}$ : dòng điện định mức của cơ cầu

$R_{CC}$  : điện trở của cơ cầu

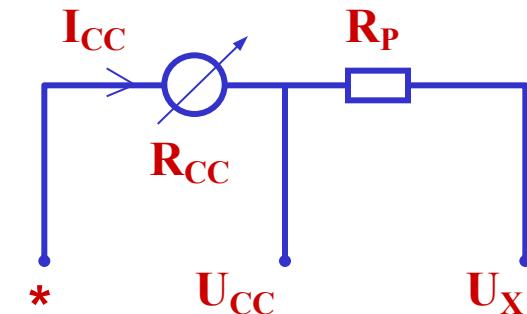
- **Vấn đề mở rộng thang đo**

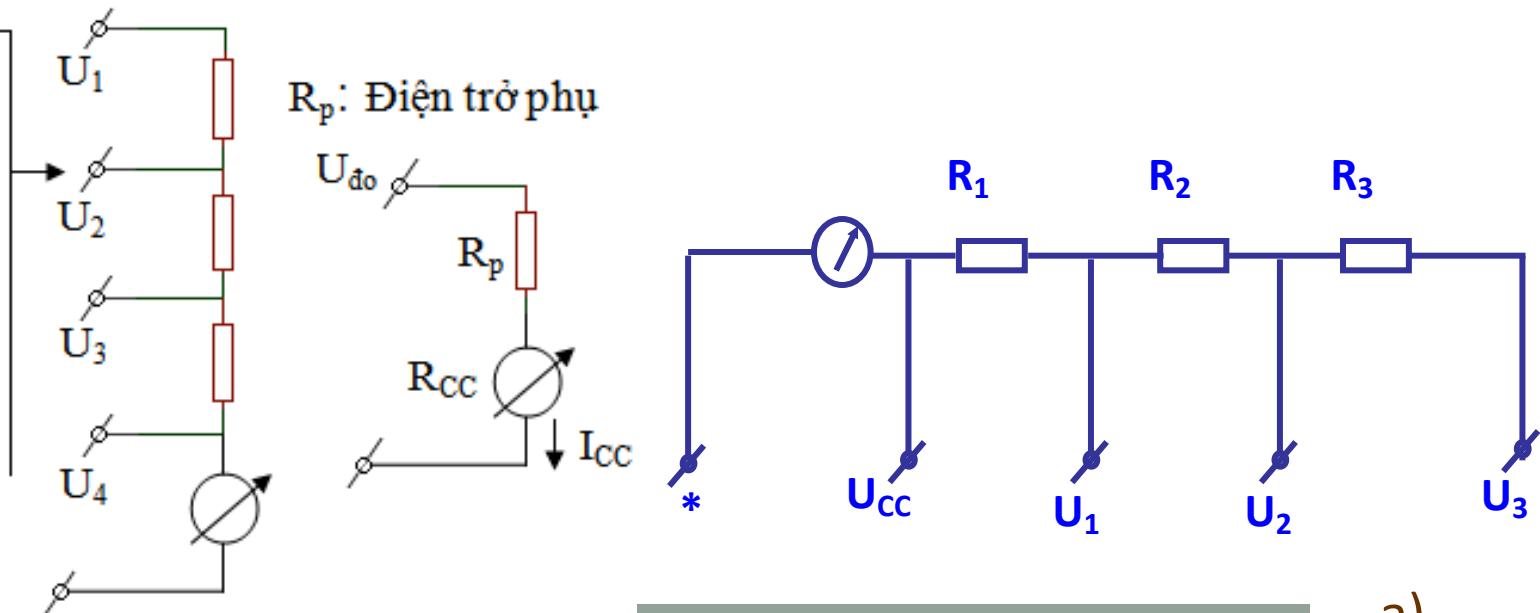
- Khi điện áp lớn hơn điện áp định mức  $\rightarrow$  mở rộng thang đo

- Hệ số mở rộng thang đo

$$m = U_X / U_{CC}$$

$$R_p = R_{CC}(m-1)$$



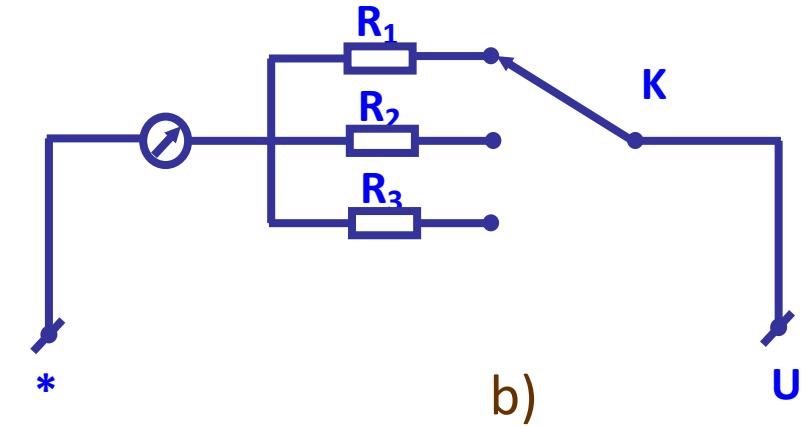


$$R_{P1} = R_1 = R_{CC} \left( \frac{U_1}{U_{CC}} - 1 \right) = R_{CC} (m_1 - 1)$$

$$R_{P2} = R_2 + R_1 = R_{CC} \left( \frac{U_2}{U_{CC}} - 1 \right) = R_{CC} (m_2 - 1)$$

$$R_{P3} = R_1 + R_2 + R_3 = R_{CC} \left( \frac{U_3}{U_{CC}} - 1 \right) = R_{CC} (m_3 - 1)$$

Có thể dùng các điện trở chuyển mạch để mở rộng thang đo

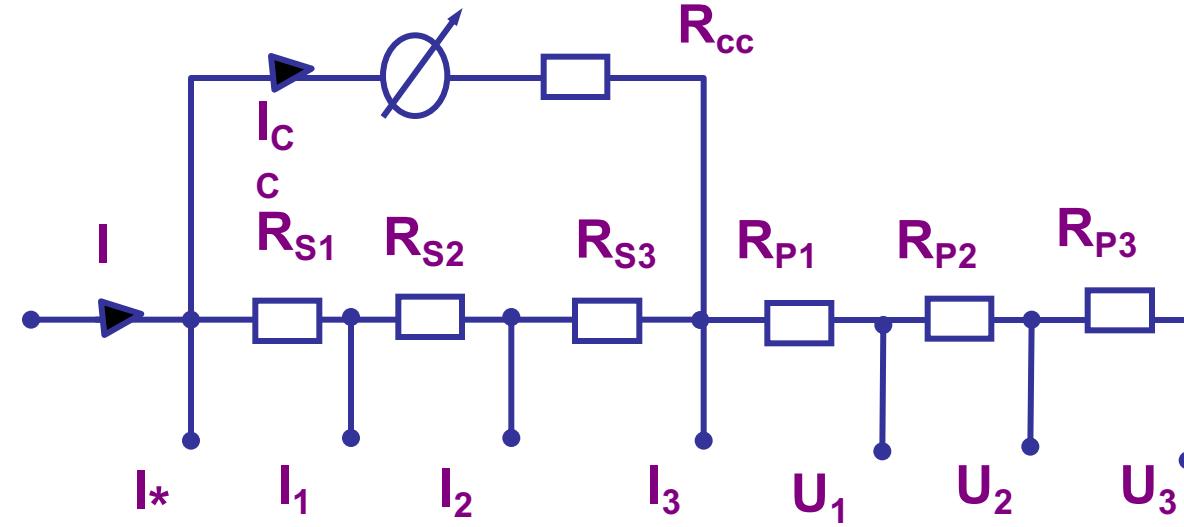


Sơ đồ a chẽ tạo rẻ hơn vì chỉ yêu cầu  $R_1$  có độ chính xác đặc biệt,  $R_2$  và  $R_3$  là các điện trở chính xác. Còn sơ đồ b) yêu cầu cả 3 điện trở đều có độ chính xác đặc biệt.

Sai số của volmet chủ yếu là sai số do nhiệt độ.



## C. Kết hợp sơ đồ dòng-áp



Tính toán điện trở Sun như phần đo dòng điện  
 Tính toán điện trở phụ phải tính điện trở sun song  
 song với cơ cấu

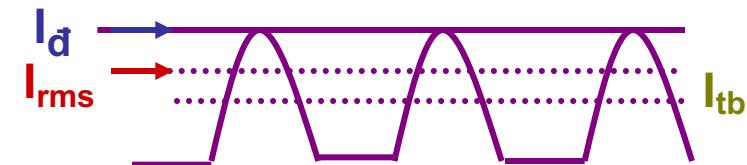
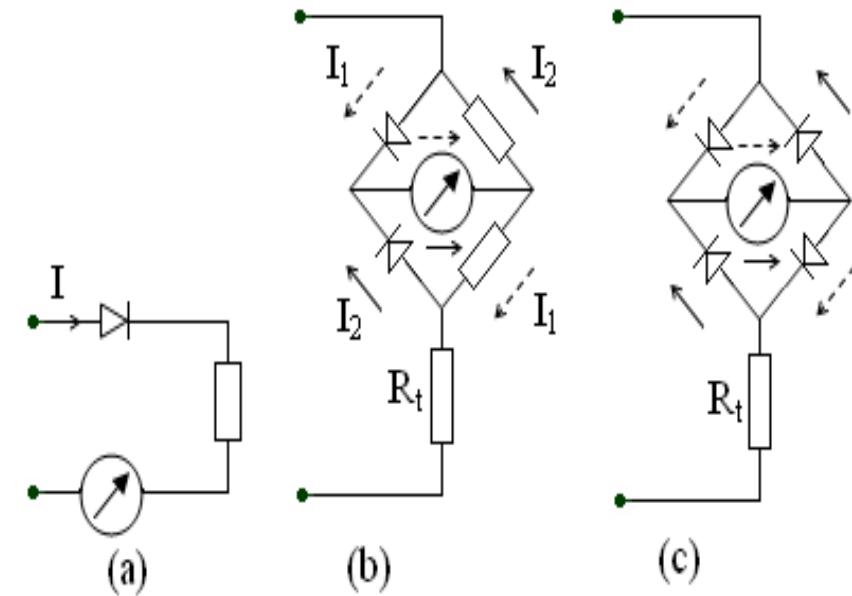
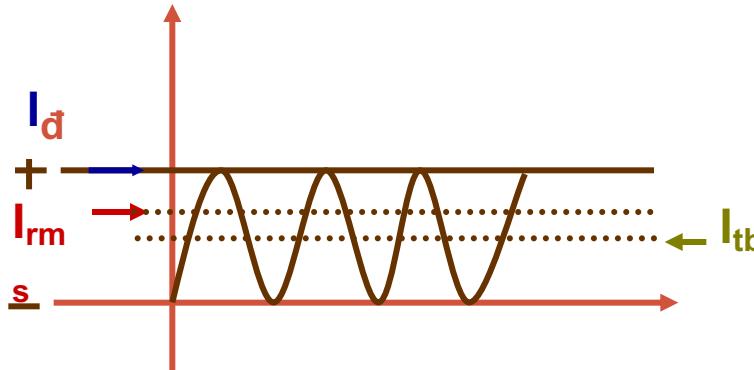
$$U_1 = I_n \left[ R_{p1} + \frac{(R_{cc} + R_T) \sum R_s}{(R_{cc} + R_T) + \sum R_s} \right] = I_n R_1$$

## D. Ampemét xoay chiều

### a) Ampemét xoay chiều sử dụng cơ cấu cầu từ điện:

**Đo giá trị hiệu dung của dòng xoay chiều dụng chính lưu:**

- ◆ Một nửa chu kỳ
- ◆ Hai nửa chu kỳ
- ◆ ...



:(:( Dòng điện trung bình trong mạch chỉnh lưu hai 1/2 chu kỳ???



# Dòng điện trung bình trong mạch chỉnh lưu hai 1/2 chu kỳ:

$$I_{tb} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} I_m \sin \omega t dt$$

$$I_{tb} = \frac{2I_m}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}I_{hd}}{\pi}$$

$$I_{tb} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} I_m \sin \omega t dt$$

$$I_{tb} = \frac{I_m}{\pi} = \frac{\sqrt{2}I_{hd}}{\pi}$$



*Hệ số hình dáng:  $2\sqrt{2}/\pi$*

Đối với dng hình sin  $I_{hd}=1.11I_{tb}$

Nếu dòng điện khác sin: sai số hình dáng

**Dòng điện trung bình trong  
mạch chỉnh lưu 1/2 chu kỳ???**

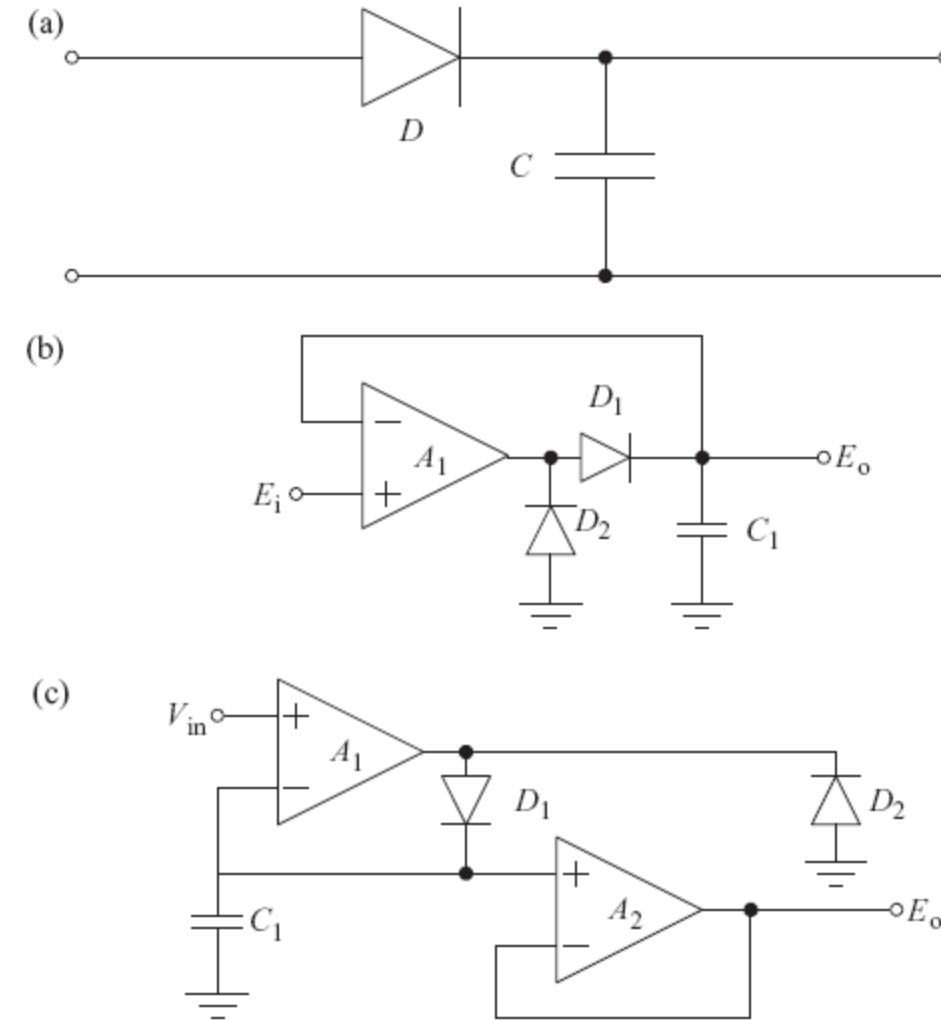


$$RMS = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}; Wf = \bar{a} / rms; Cf = a_{\max} / rms$$

| Wave                    | Waveform | RMS value                            | Wave factor                    | Crest factor               |
|-------------------------|----------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Sinusoidal wave         |          | $\frac{V_p}{\sqrt{2}} = 0.707V_p$    | $\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.11$ | $\sqrt{2} = 1.414$         |
| Half rectification wave |          | $\frac{V_p}{2} = 0.5V_p$             | $\frac{\pi}{2} = 1.571$        | 2                          |
| Full rectification wave |          | $\frac{V_p}{\sqrt{2}} = 0.707V_p$    | $\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.11$ | $\sqrt{2} = 1.414$         |
| Rectangular wave        |          | $V_p$                                | 1                              | 1                          |
| Triangular wave         |          | $\frac{V_p}{\sqrt{3}} = 0.577V_p$    | $\frac{2}{\sqrt{3}} = 1.155$   | $\sqrt{3} = 1.732$         |
| Impulse wave            |          | $\sqrt{\frac{\tau}{2\pi}} \cdot V_p$ | $\sqrt{\frac{2\pi}{\tau}}$     | $\sqrt{\frac{2\pi}{\tau}}$ |



# Mạch chỉnh lưu định





### 3. Ví dụ về mạch lấy rms thực

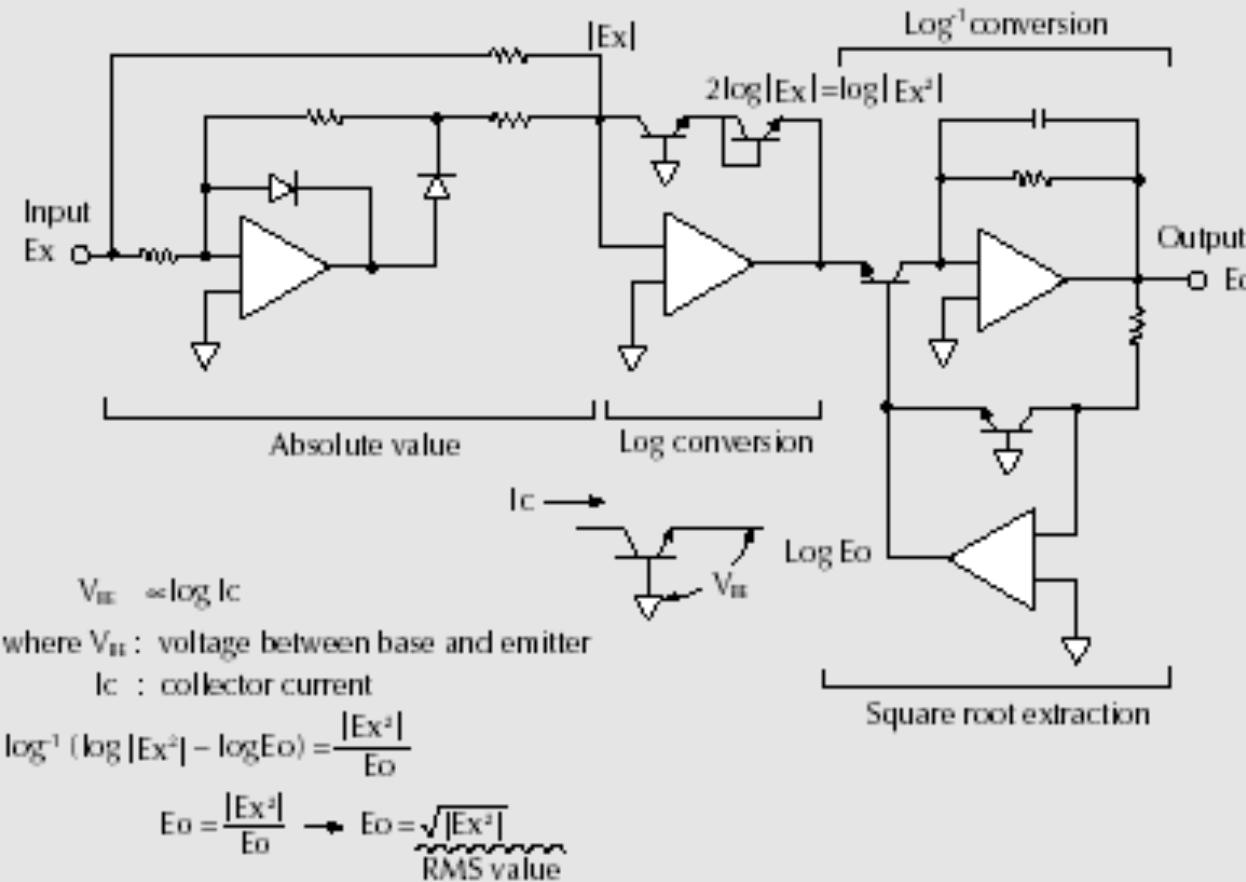


Fig. 6 RMS Value Conversion by Log-Antilog System



*Ưu nhược điểm của Ampemôt xoay chiều sử dụng cơ cấu từ điện:*

Dễ dàng tạo nhiều khoảng đo

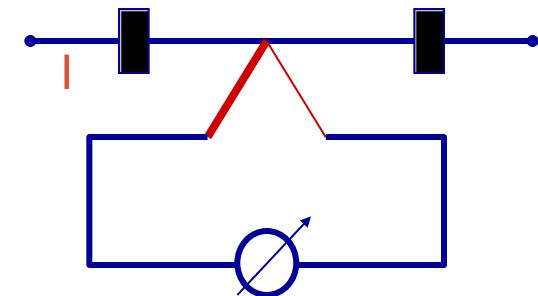
Có nhiều sai số phụ:

Sai số nhiệt độ do hệ số chỉnh lưu

Sai số về tần số vì ảnh hưởng các tụ kỵ sinh

Sai số phi tuyến do đặc tính Volt-ampe của các diode

- Khi đo ở tần số cao người ta cũng có thể dùng bộ biến đổi nhiệt ngẫu:  $E_T = KI^2$
- Đo  $E_T$  ta suy ra được dòng hiệu dụng chạy qua các dây đốt. Tần số có thể lên tới MHz





## Nhận xét:

- A chỉnh lưu phải có điện trở rất nhỏ vì nó được mắc trực tiếp với mạch cần đo dòng điện → sụt áp trên A chỉnh lưu phải nhỏ (thông thường < 100mA).
- Độ sụt áp trên diode từ 0,3V-0,7V (tuỳ thuộc diode silic hay germani)
- Sử dụng mạch cầu chỉnh lưu: độ sụt áp tổng trên diode từ 0,6V-1,4V
- → Dụng cụ đo chỉnh lưu không thích hợp để dùng trực tiếp như một A xoay chiều

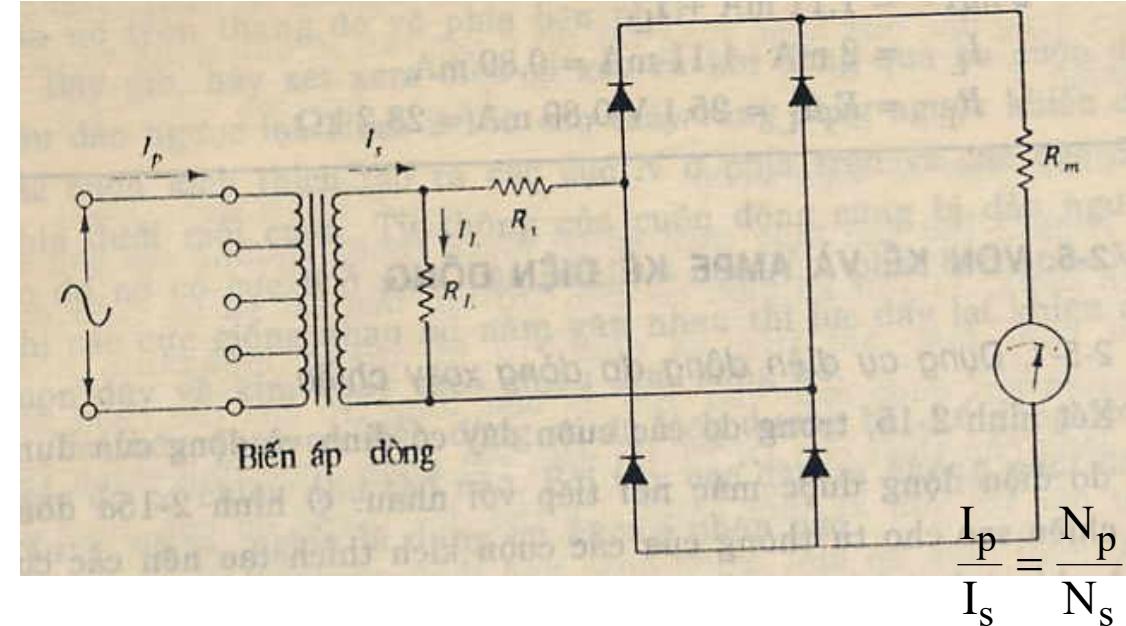
**Cách khắc phục:** dùng biến áp dòng

:(:( Tại sao???



## Biến dòng

- Tăng điện áp đầu vào (số vòng thứ cấp nhiều hơn số vòng sơ cấp) đủ cung cấp cho các bộ chỉnh lưu hoạt động
- Giảm dòng sơ cấp tới mức thích hợp để có thể đo bằng cơ cấu từ điện (thường dòng qua cơ cấu khoảng  $100 \mu A$ )
- Vì biến áp được dùng trong mạch Ampemet nên tỷ số biến đổi dòng rất quan trọng.

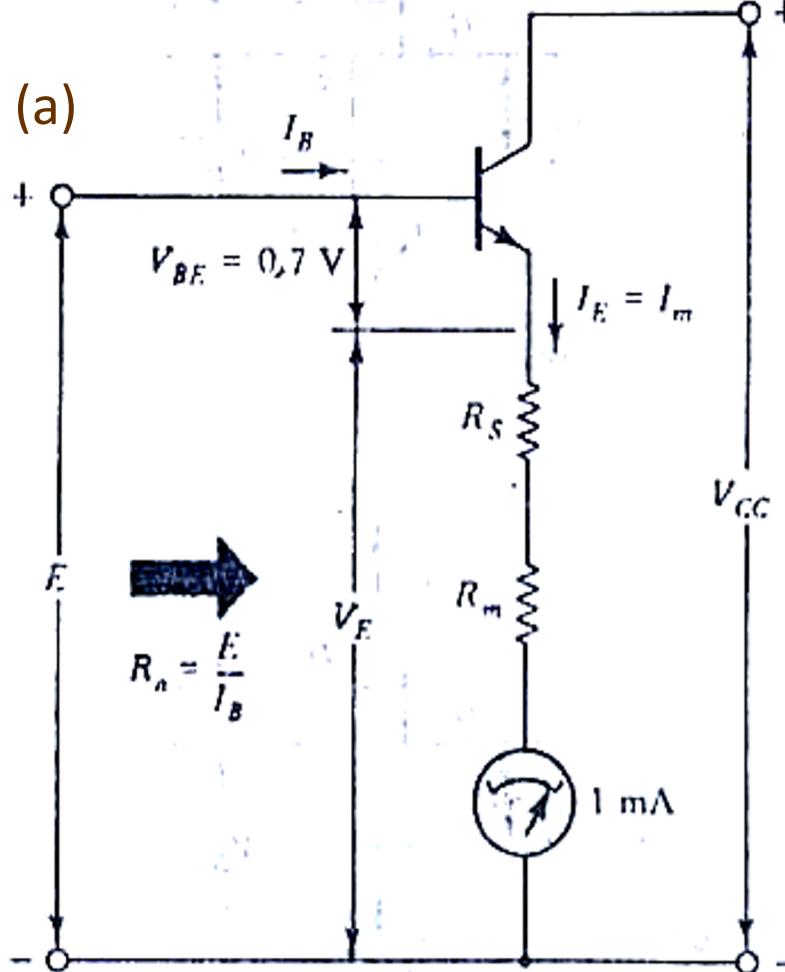


$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

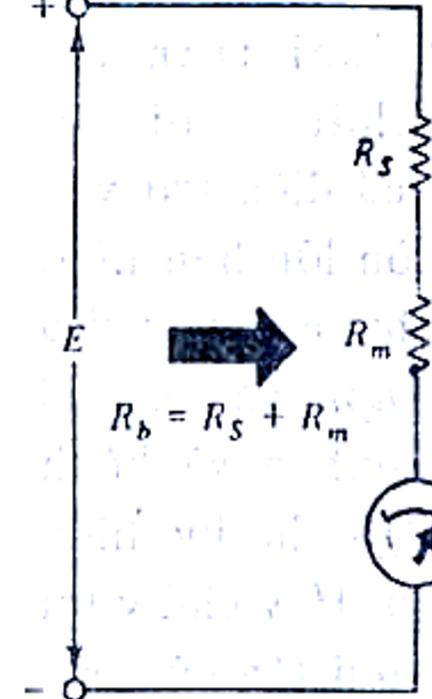
:(:( Tại sao lại mắc tải // với cuộn thứ cấp ?

- Ví dụ Volmet điện tử mạch gánh Emitor (a)

(a)



(b)



Nhận xét ưu điểm của sơ đồ (a) so với (b) ?

So sánh điện trở vào của hai cơ cấu

$$E=10V ; T \text{ silic}$$

$$V_{cc}= 20V$$

$$R_s+R_m=9,3 k\Omega$$

$$I_m=1mA \text{ toàn thang, } k=100$$



$$V_E = E - V_{BE} = 9,3V$$

$$I_E = V_E / (R_S + R_m) = 1mA$$

$$I_B = I_E / k = 10\mu A$$

Điện trở vào của Vmet (a):  $R_a = E / I_B = 1M\Omega$

Điện trở vào của Vmet (b) :  $R_b = E / I_B = 10V / 1mA = 10k\Omega$

➡ Điện trở vào tăng → Hiệu ứng tải giảm đi đáng kể.

😦😦Nhược điểm của Vmet điện tử thể hiện trên hình (a)???

😊😊Sai số gây ra do độ sụt áp B-E

VD:  $E=5V \rightarrow I_E=0,46mA$   
thay vì  $I_E=0,5mA$



## Ví dụ mạch Vonmet điện tử khuếch đại một chiều dùng IC

$$U_{ra} = I_m (R_s + R_m).$$

Hệ số khuếch đại:

$$K = \frac{R_4 + R_3}{R_3}$$

$$\{U_{ra} = I_4 (R_4 + R_3)$$

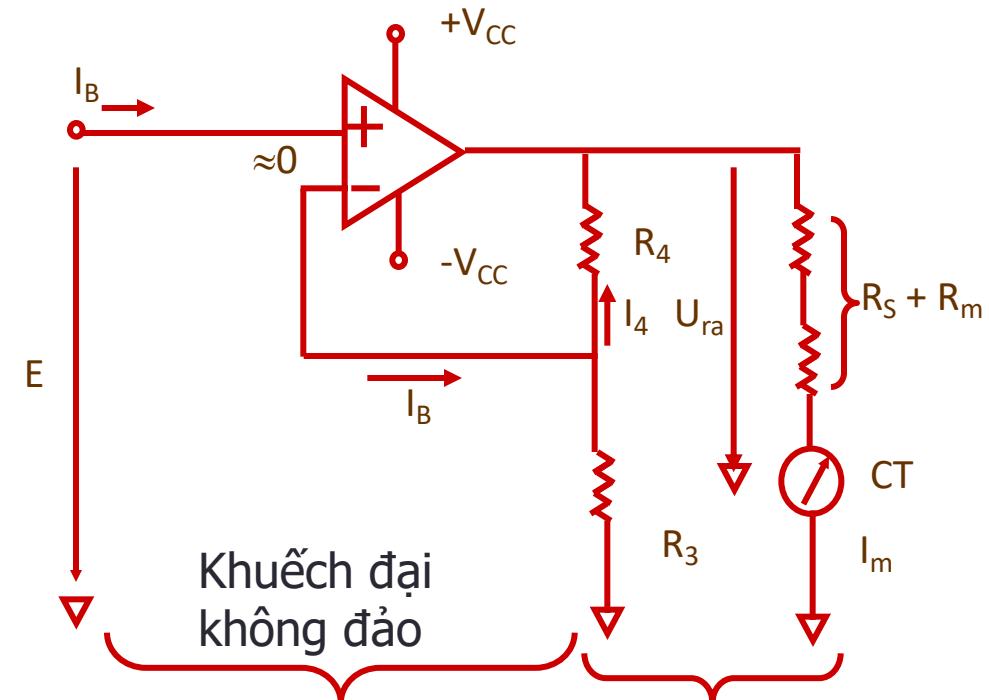
$$U_{v\mu o} = E = I_4 R_3\}$$

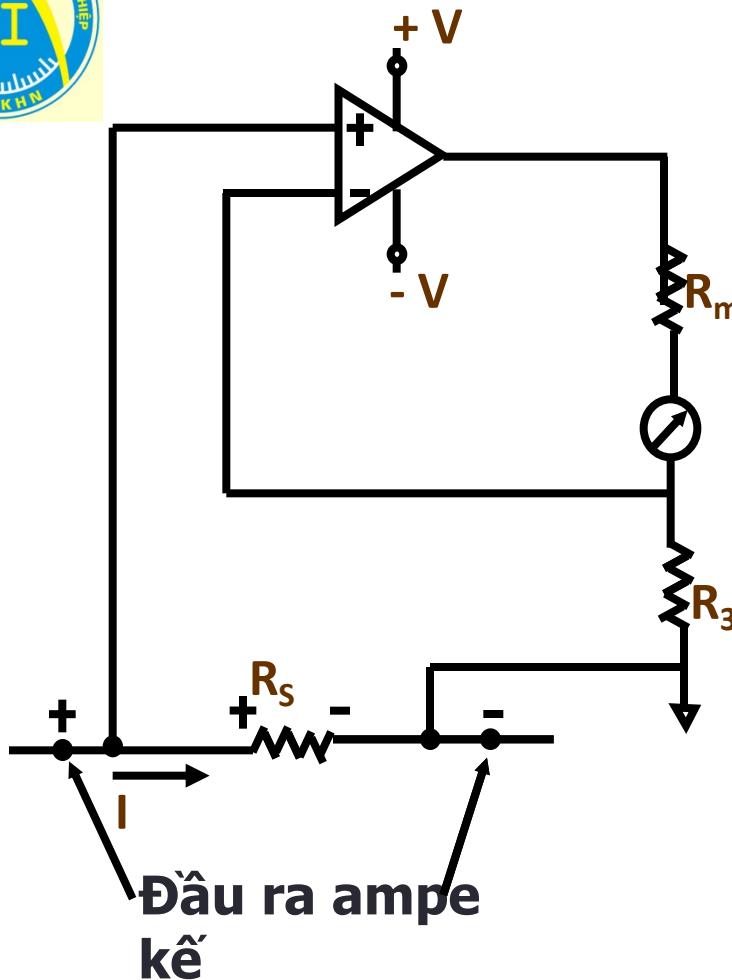
Điện trở toàn phần =  $(R_3 + R_4) = V_{ra}/I_4$ .

Mạch cơ cấu chỉ thị

$I_4 \gg I_B \rightarrow I_B$  không ảnh hưởng tới điện áp hồi tiếp.

😊😊 Ứng dụng thiết kế mạch Amet ???





Ampe kẽ điện tử đo dòng rất nhỏ

- Độ sụt áp nhỏ trên điện trở  $R_s$  được khuếch đại trước khi đưa vào dụng cụ đo. Có thể áp dụng để đo dòng một chiều cũng như dòng xoay chiều.
- Đối với dòng trung bình hoặc lớn thì không cần sử dụng các bộ khuếch đại điện tử.
- Khoảng đo dòng của ampe kẽ điện tử nói chung nhỏ, một dụng cụ đo dòng điện hình có khoảng đo dòng một chiều từ  $1,5\mu A$  đến  $150mA$ .

# Bố trí mặt máy

**HIOKI**  
2004

3030-10 HiTESTER  
Field Measuring Instruments





## 2.3. Multimét số

- **Bộ biến đổi tương tự /số**
- **Các loại hiện thị số**
- **Tổ chức Volmét số**





## 2.3.1. Bộ biến đổi tương tự số và số tương tự

Mục đích của chuyển đổi tương tự /số và số/tương tự là làm tương ứng một số nhị phân N với một điện áp tương tự V

Số nhị phân N sẽ được mô tả bằng số bit (hoặc số)  $a_0$  đến  $a_{n-1}$  ( $a_i=1$  hoặc 0)

$$N = a_{n-1} a_{n-2} \dots a_1 a_0$$

$a_0$  bit có trọng số nhỏ nhất LSB (least significant bit)  
 $a_{n-1}$  bit có trọng số lớn nhất MSB (most significant bit)

Số thập phân tương ứng:

$$N_{\text{thập phân}} = a_{n-1} 2^{n-1} + a_{n-2} 2^{n-2} + \dots + a_1 2^1 + a_0 2^0$$

VD: số nhị phân 8 bit: 00110101 tương ứng với giá trị thập phân:

$$N_{\text{thập phân}} = 0 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 53$$



Giá trị điện áp biến đổi V là rời rạc và được nhân với một giá trị cơ bản gọi là bước lượng tử hoá q (thực chất là giá trị điện áp tương tự cơ bản)



$V = q N_{\text{thập phân}}$   
volt volt số thập  
phân

Gt:  $q=2 \text{ mV}$

$V= ??? \text{ mV}$

$$V= q [a_{n-1}2^{n-1} + a_{n-2}2^{n-2} + \dots + a_12^1 + a_02^0]$$

$V= 106 \text{ mV}$

Đặc tính cơ bản của các bộ biến đổi  
tương tự/số và số/tương tự

- Số bits: n
- Giá trị điện áp tương tự cơ bản: q



## A. Các bộ chuyển đổi số - tương tự D/A

- ✓ Các bộ biến đổi D/A làm nhiệm vụ biến đổi một tín hiệu số biểu diễn theo một mã xác định thành một tín hiệu tương tự. Ví dụ chuyển đổi từ mã nhị phân sang một điện áp tương tự theo quan hệ:

$$V_s = q(a_{n-1}2^{n-1} + \dots + a_12^1 + a_02^0)$$

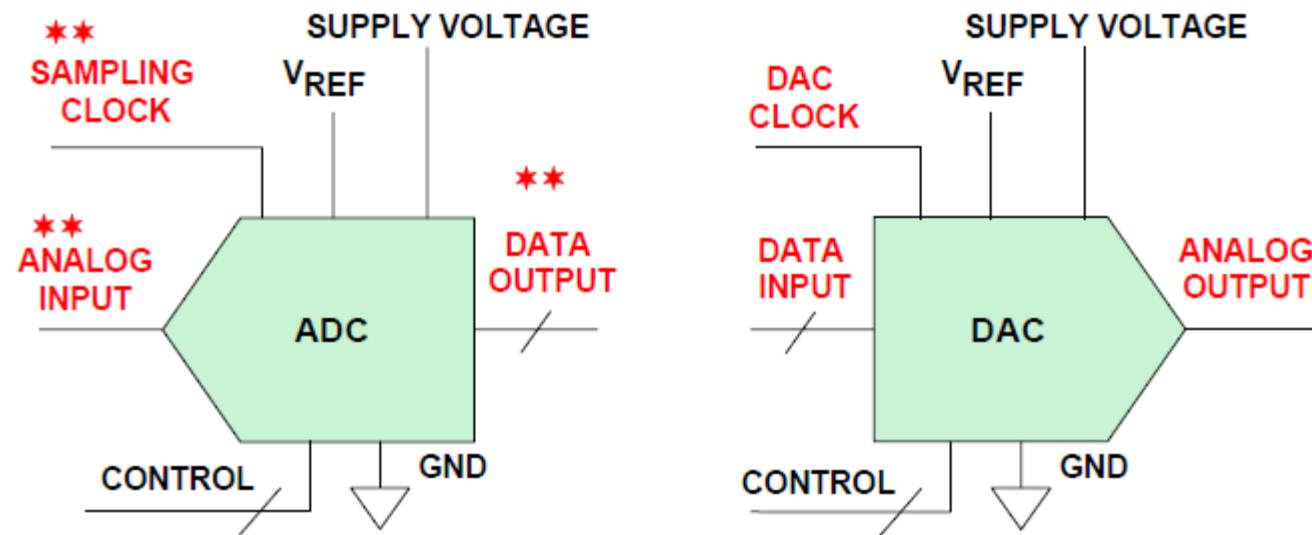
$$V_{s\max} = (2^N - 1)q$$

- ✓ Tín hiệu ra tương tự có thể nhận  $2^N$  giá trị khác nhau

$$V_s = i \cdot q \quad \text{với } 0 \leq i \leq 2^N - 1, i \text{ nguyên}$$



# Các đặc trưng của chuyển đổi A/D và D/A



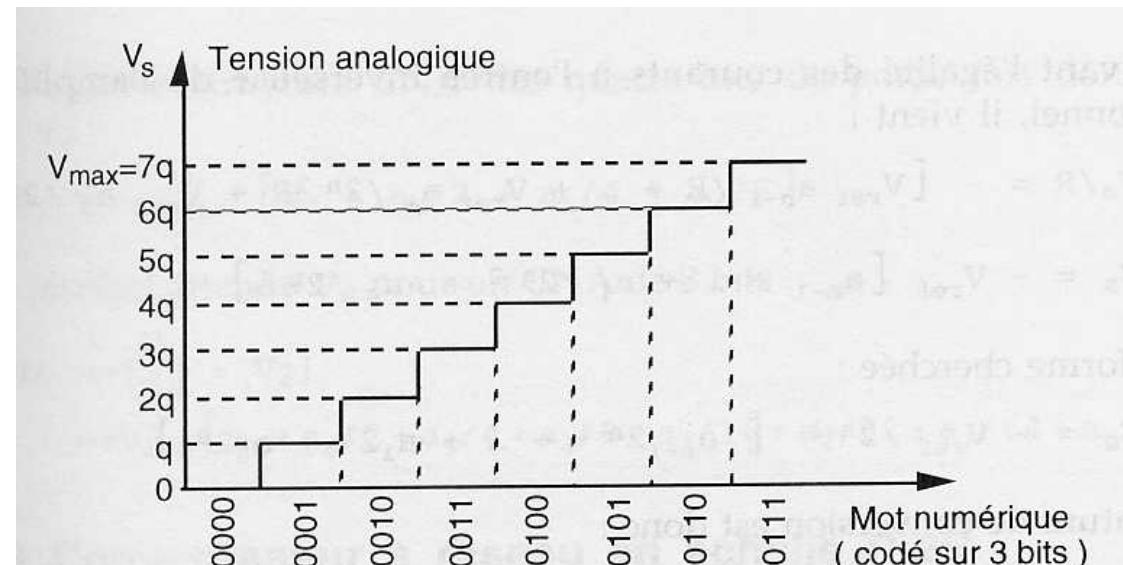


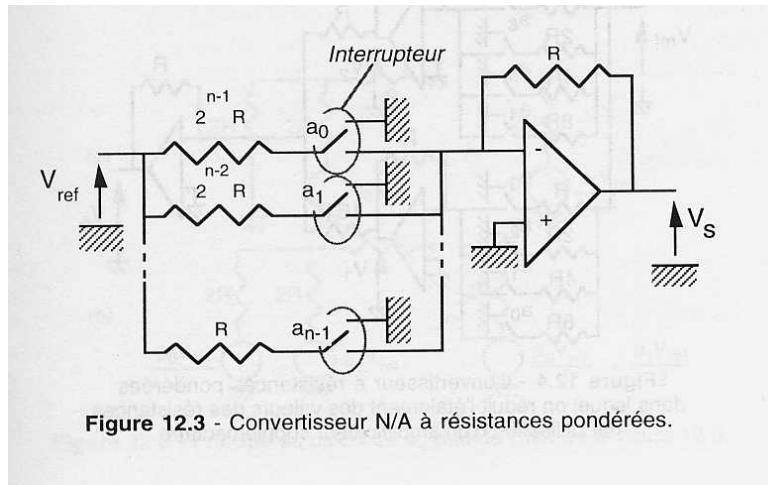
Figure 12.2 - Courbe de transfert numérique-analogique.

Thực tế thường sử dụng các bộ D/A có cấu trúc song song :

- D/A điện trở trọng lượng
- D/A lưới điện trở R-2R



# D/A điện trở trọng lượng



D/A 4 bits

$$\frac{V_s}{R} = -\left[\frac{V_{ref}}{R} a_{n-1} + \dots + \frac{V_{ref}}{2^{n-2} R} a_1 + \frac{V_{ref}}{2^{n-1} R} a_0\right]$$

$$V_s = -V_{ref} \left[ a_{n-1} + \dots + \frac{a_1}{2^{n-2}} + \frac{a_0}{2^{n-1}} \right]$$

$$V_s = -\frac{V_{ref}}{2^{n-1}} \left[ a_{n-1} 2^{n-1} + \dots + a_1 2^1 + a_0 2^0 \right]$$

$$q = -\frac{V_{ref}}{2^{n-1}}$$

$$V_s = -V_{ref} \left[ a_3 + \frac{a_2}{2} + \frac{a_1}{4} + \frac{a_0}{8} \right]$$



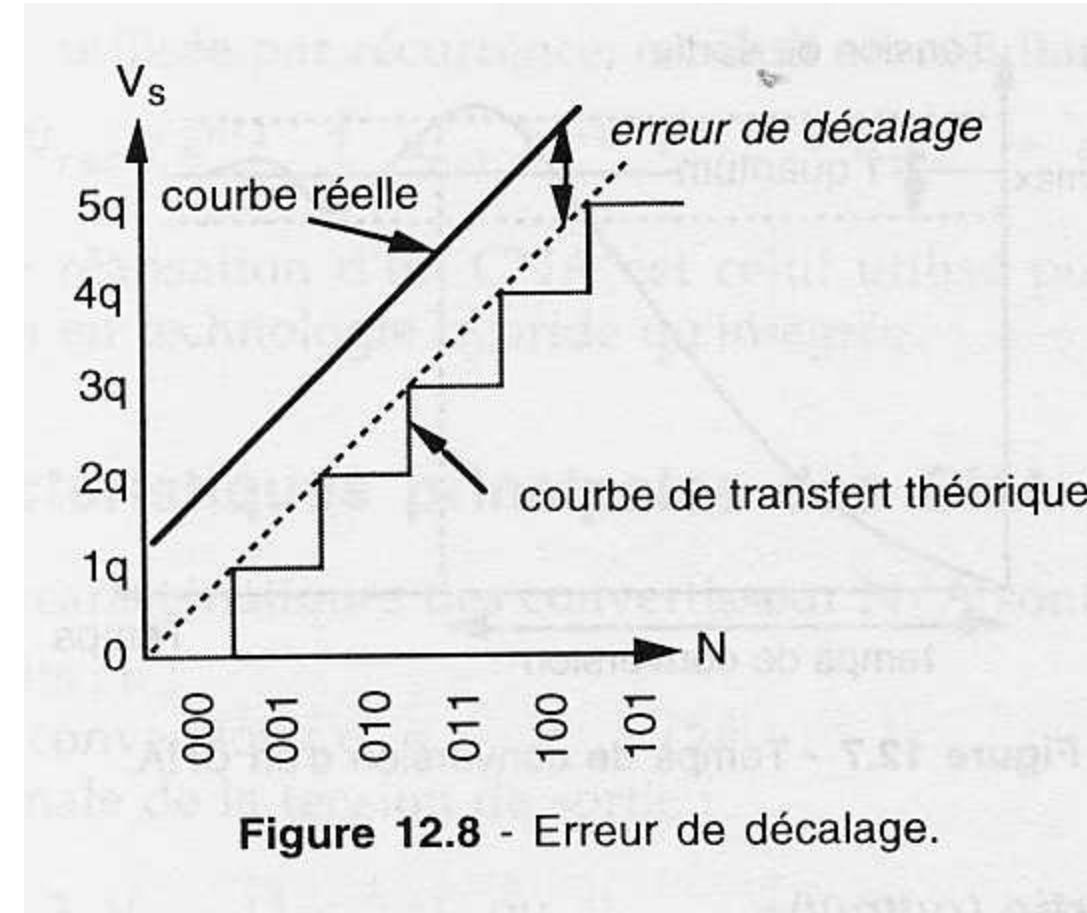
## A1. Đặc tính cơ bản của các bộ chuyển đổi D/A

- Số bít n
- Bước lượng tử q
- Giá trị cực đại của tín hiệu ra  $V_{smax}$
- Độ phân giải  $r = \frac{1}{2^N - 1}$
- Thời gian biến đổi: là thời gian điện áp ra tăng từ 0 tới giá trị đầy thang
- Giá trị điện áp ra  $[0 - V_{smax}]$  hoặc  $[-V_{smax} - V_{smax}]$
- Giá trị điện áp vào theo chuẩn TTL hoặc CMOS



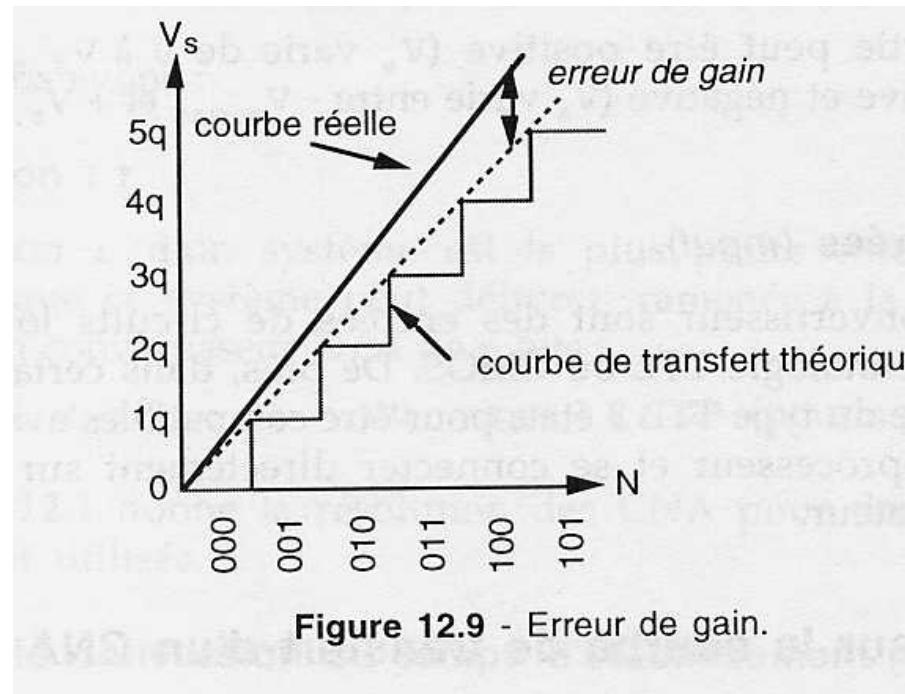
## A2. Một số sai số của bộ chuyển đổi D/A

Sai số offset:  $V_{ra} \neq 0$  khi  $V_{vào}=0$





## Sai số khuếch đại (sai số hệ số thang đo)



Sai số KĐ thường gây ra do ảnh hưởng của nhiệt độ. Sai số khuếch đại thường tỷ lệ thuận với điện áp ra so với điện áp lý thuyết

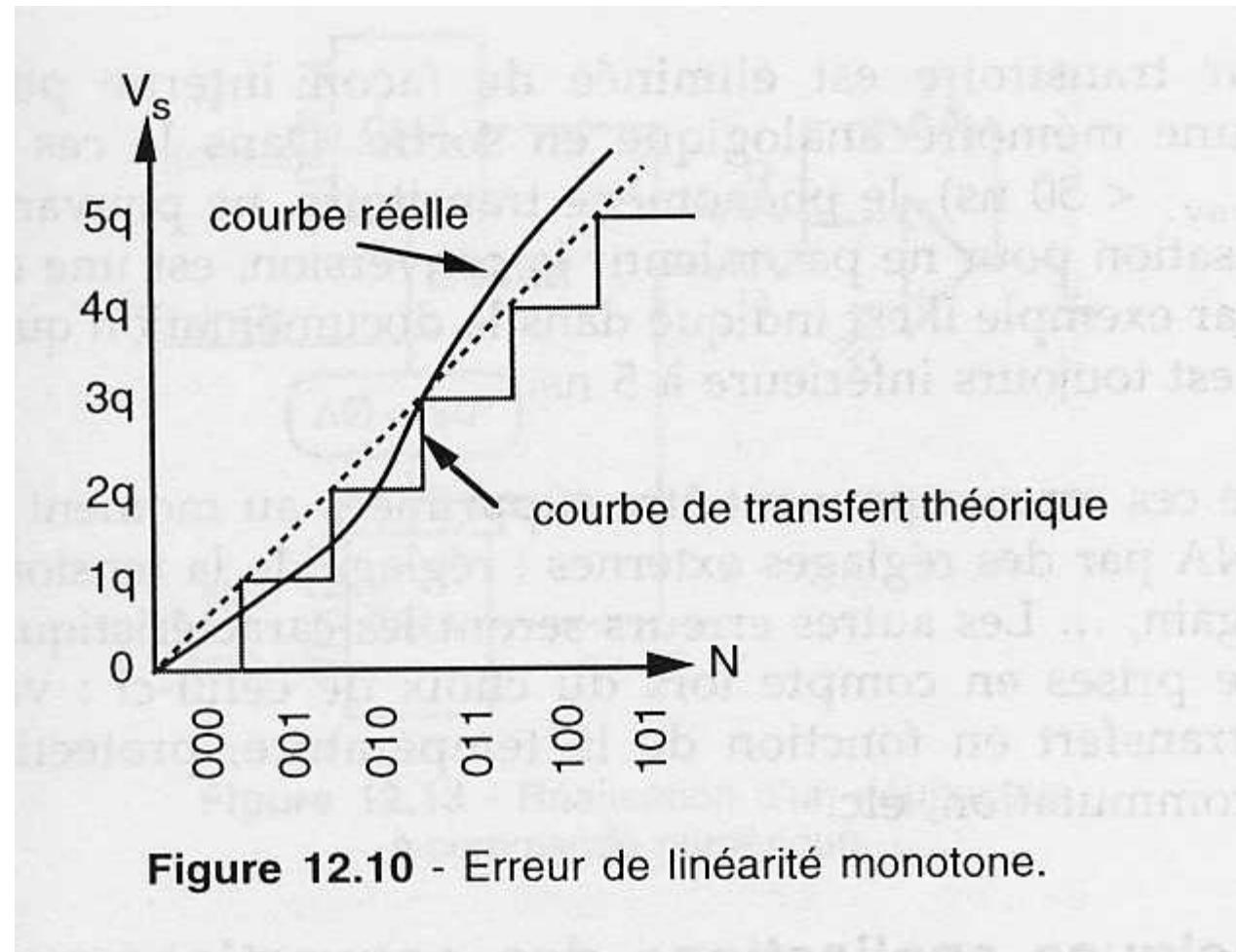


Phải thường xuyên kiểm tra đặc tính của D/A

Sự thay đổi tương đối của góc của đường chuyển đổi theo hàm của nhiệt độ



## Sai số phi tuyến





## B. Các bộ chuyển đổi tương tự - số A/D

✓ Các bộ biến đổi ADC làm nhiệm vụ biến đổi một tín hiệu tương tự thành một tín hiệu số biểu diễn theo một mã xác định. Ví dụ chuyển đổi từ một điện áp tương tự sang mã nhị phân theo quan hệ:

$$V_e = q(a_{n-1}2^{n-1} + \dots + a_12^1 + a_02^0)$$

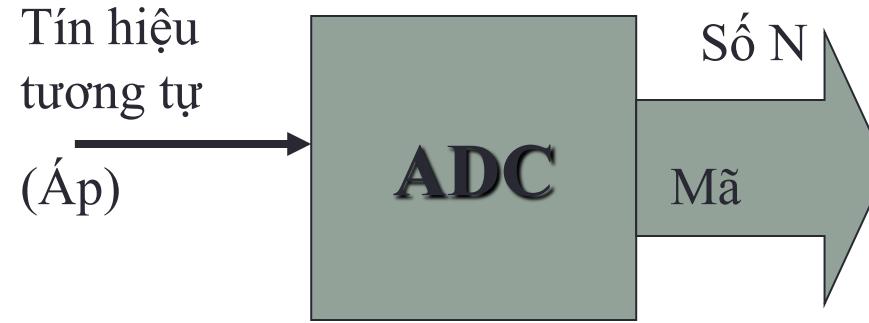
✓ Nếu giữ giá trị điện áp vào cực đại và số bít N của bộ chuyển đổi không thay đổi, có thể tính được bước lượng tử q:

$$q = V_{e_{\max}} / (2^N - 1)$$

✓ Về mặt lý thuyết, hàm truyền đạt của bộ chuyển đổi sẽ biểu diễn quan hệ giữa giá trị ra bằng số N và tín hiệu vào tương tự  $V_e$  dạng quan hệ bậc thang



# Chuyển đổi tương tự số ADC



- Ví dụ

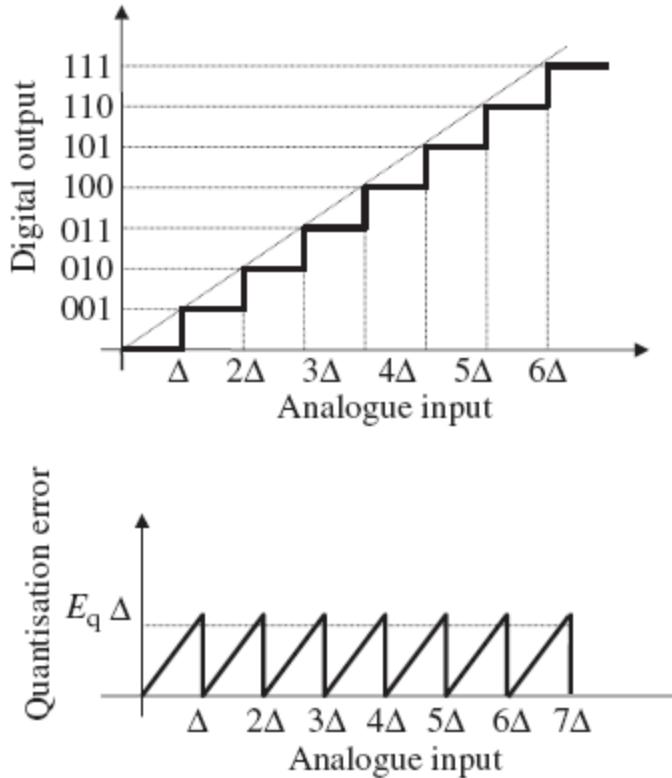
Số nhị phân  $N$  sẽ được mô tả bằng số bit (hoặc số)  $a_0$  đến  $a_{n-1}$  ( $a_i=1$  hoặc  $0$ )

$$N = a_{n-1} a_{n-2} \dots a_1 a_0$$

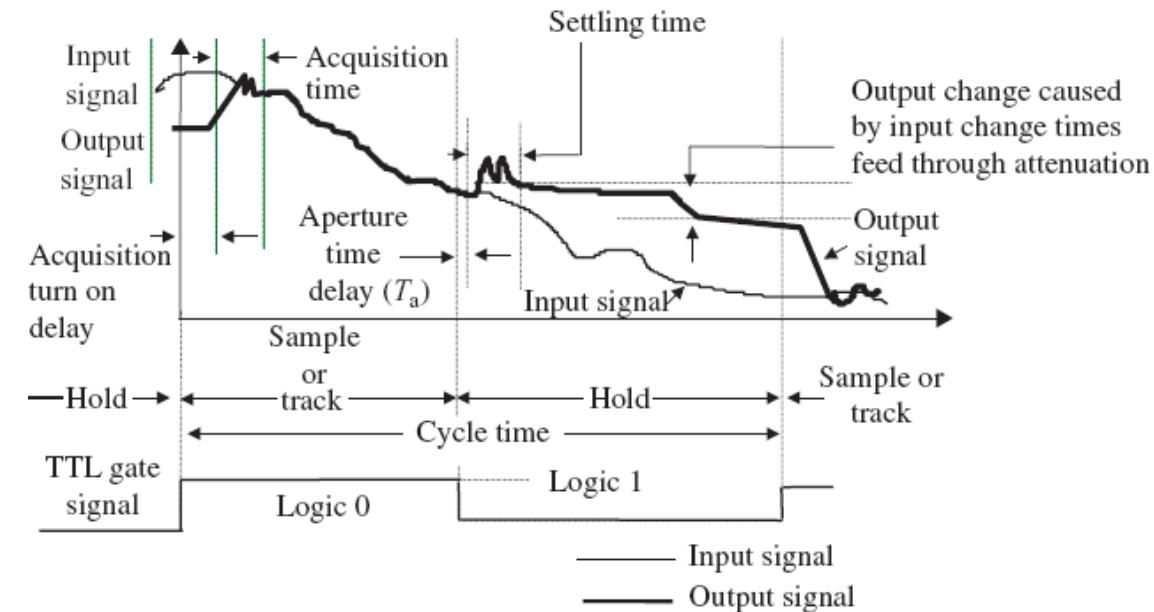
Số thập phân tương ứng:

$$N_{\text{thập phân}} = a_{n-1} 2^{n-1} + a_{n-2} 2^{n-2} + \dots + a_1 2^1 + a_0 2^0$$

# Sai số của ADC

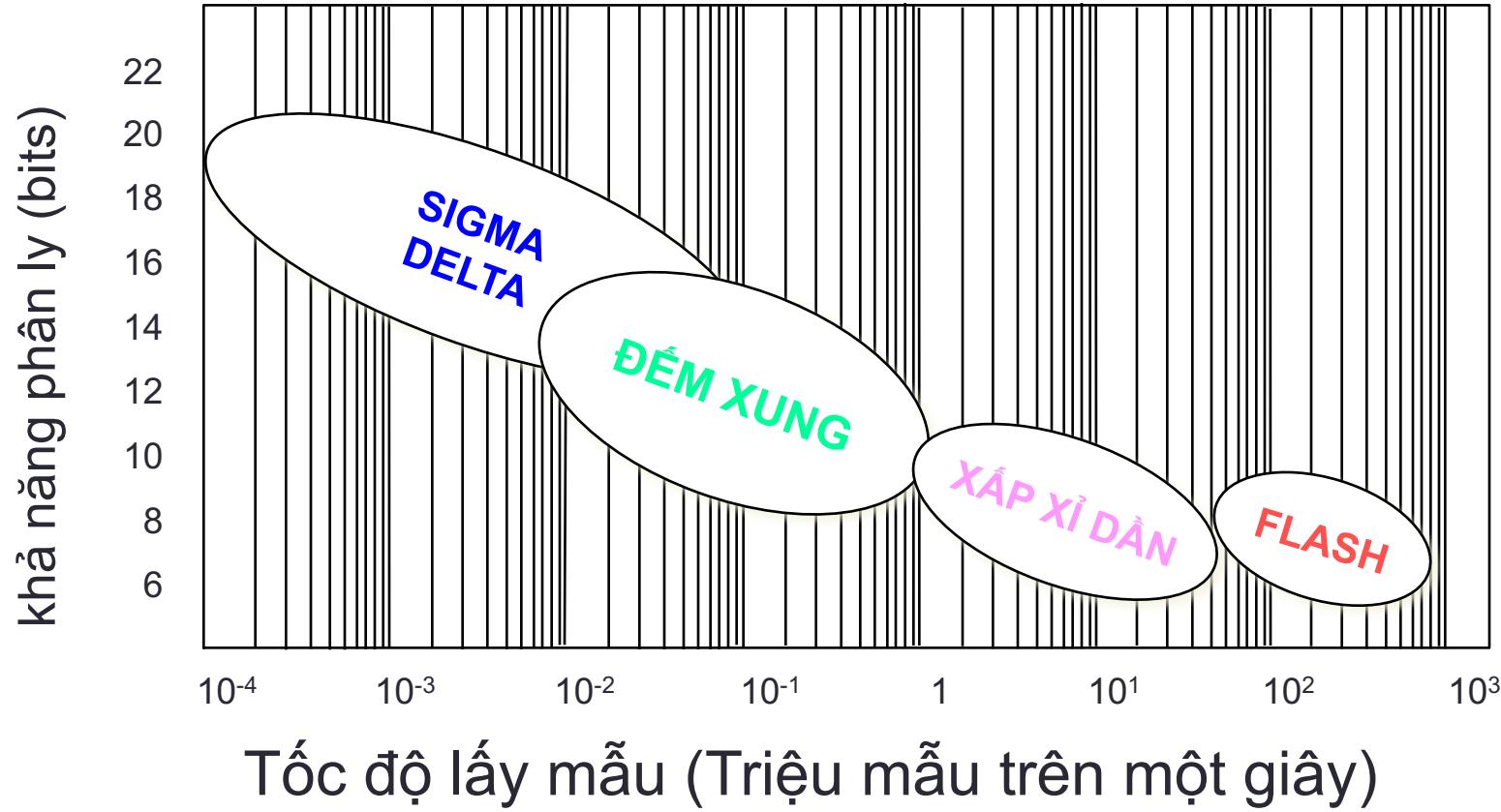


$$Nq - 1/2q \leq V_e \leq Nq + 1/2q$$





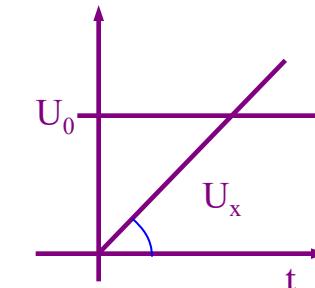
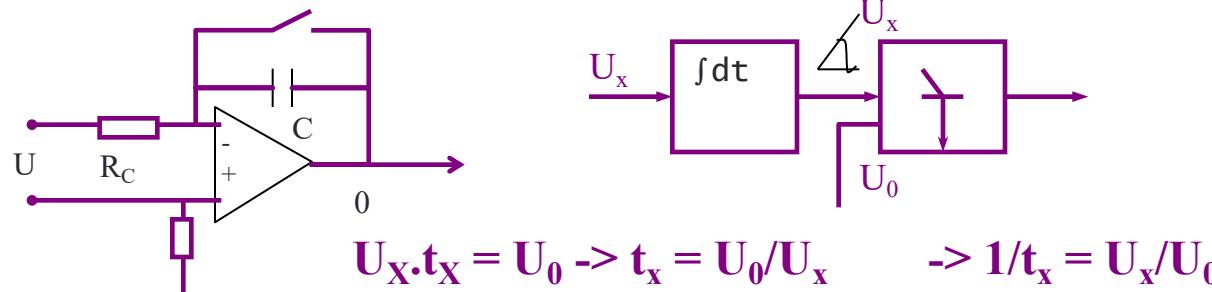
# Nguyên lý kỹ thuật của các chuyển đổi





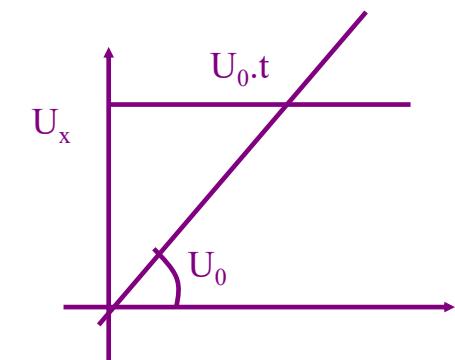
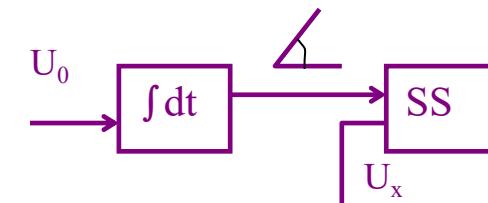
# ADC theo phương pháp đếm xung

- Phương pháp tích phân một sườn
  - mã hoá tần số xung



- mã hoá thời gian xung

Khi  $U_x = U_0 t_x \rightarrow t_x = U_x/U_0$



- Phương pháp hai sườn xung



## A/D tÝch h?p 1 s?n xung theo nguy?n l?y bi?n ®æi ®i?n ,p → th?i gian

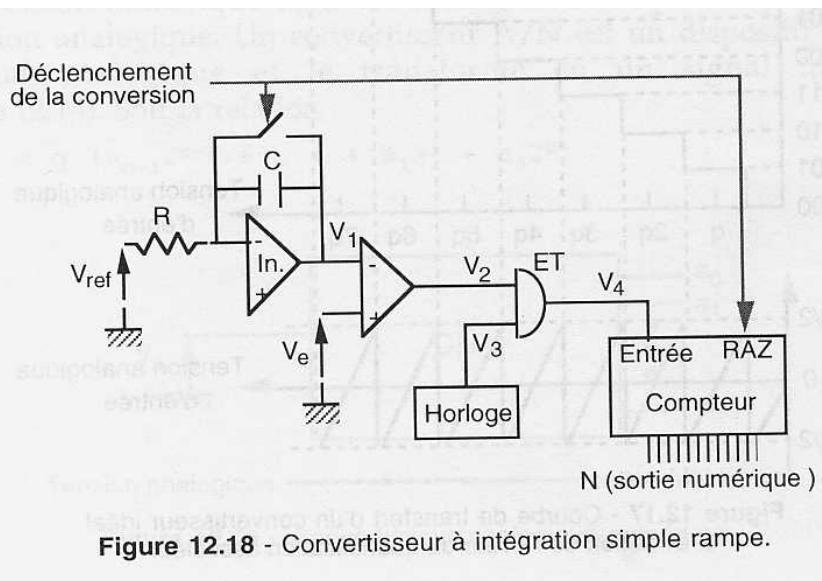


Figure 12.18 - Convertisseur à intégration simple rampe.

$$t_1 - t_0 = V_e \left( \frac{RC}{V_{\text{ref}}} \right) = N\delta$$

$$N = V_e \left( \frac{RC}{V_{\text{ref}}\delta} \right)$$

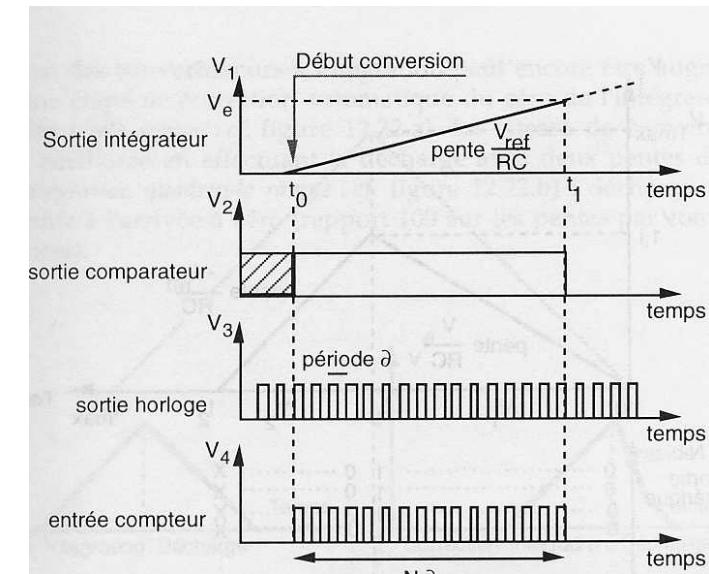


Figure 12.19 - Diagramme des temps d'un convertisseur à intégration simple rampe.

V?i b? A/D 8 bÝt, ®?ng h? nh?p 1Mhz, th?i gian bi?n ®æi l?u bao nhi?u ???😊😊

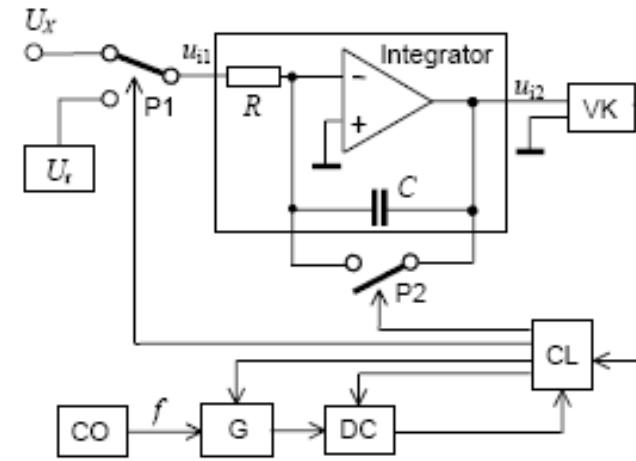


# ADC tích phân hai sườn

$$U_x t_1 - U_0 t_2 = 0 \\ \text{suy ra}$$

$$\frac{U_x}{U_0} = \frac{t_2}{t_1}$$

Nếu thời gian  $t_1$  được định bằng 1000xung nhịp thì  $t_2$  đếm được  $N_x$  xung nhịp ta có:  
 $N_x = 1000U_x/U_0$

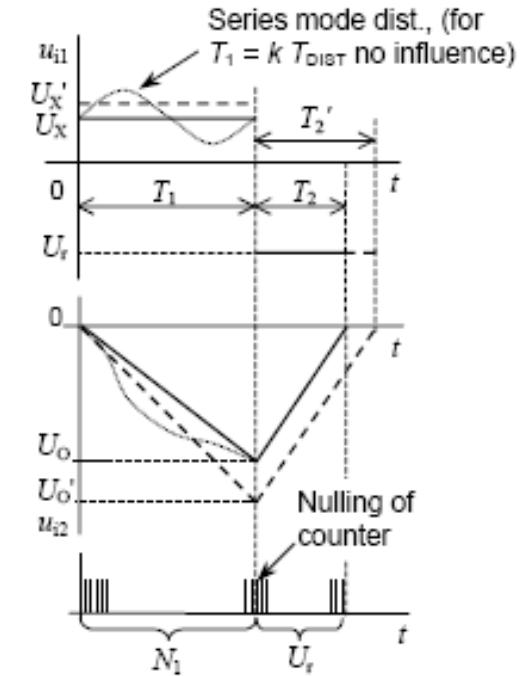


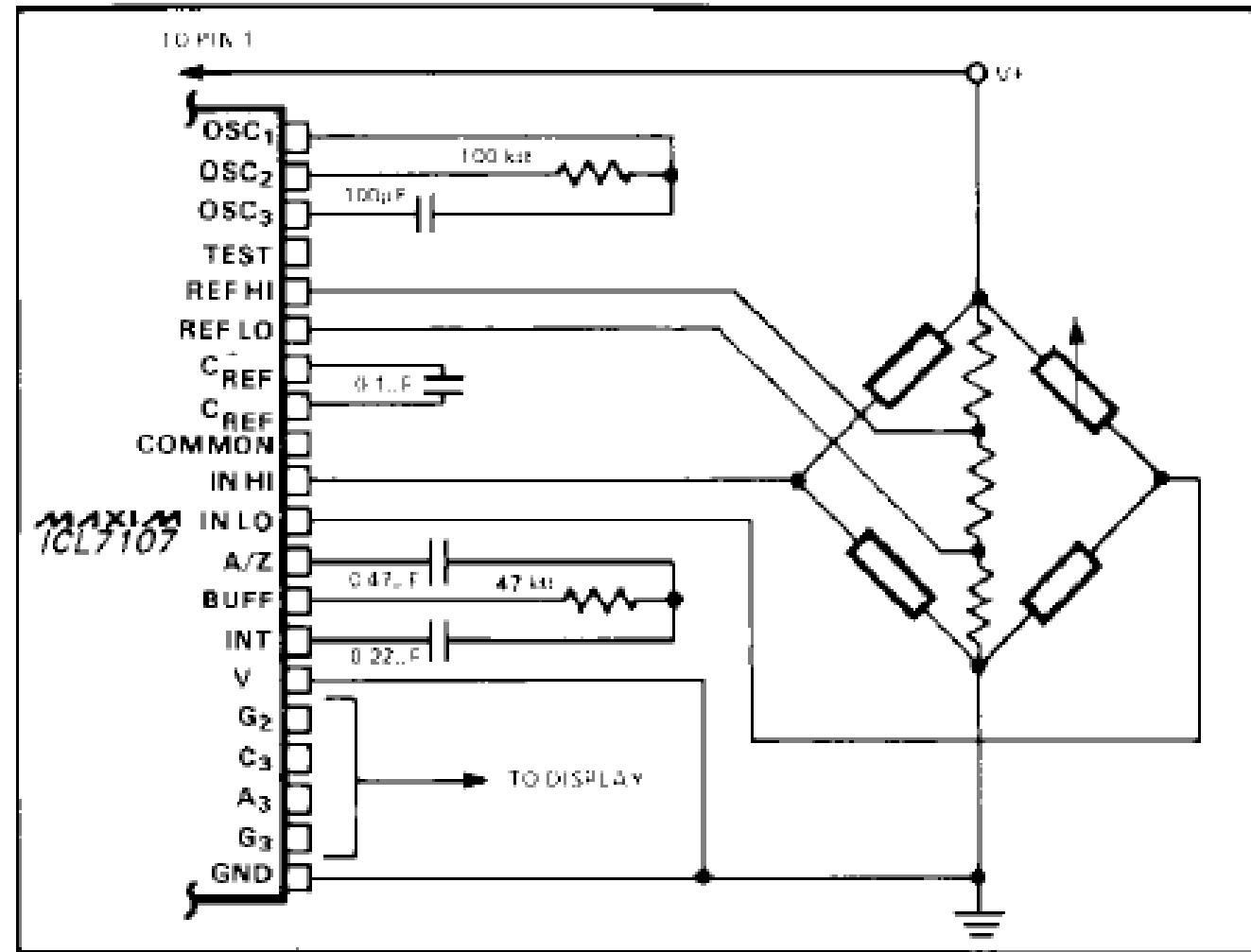
$$u_{i2(1)} = \frac{1}{RC} \int U_x dt = \frac{1}{RC} U_x t_1;$$

$$u_{i2(2)} = U_0 - \frac{1}{RC} \int U_r dt = U_0 - \frac{1}{RC} U_r t_2$$

$$U_0 = \frac{1}{RC} U_x t_1; \quad 0 = U_0 - \frac{1}{RC} U_x t_2; \quad \rightarrow \quad U_x = \frac{T_2}{T_1} U_r = \frac{N_2}{N_1} U_r$$

Conversion time: tens of ms;      Using: DMMs (modifications according to resolution)

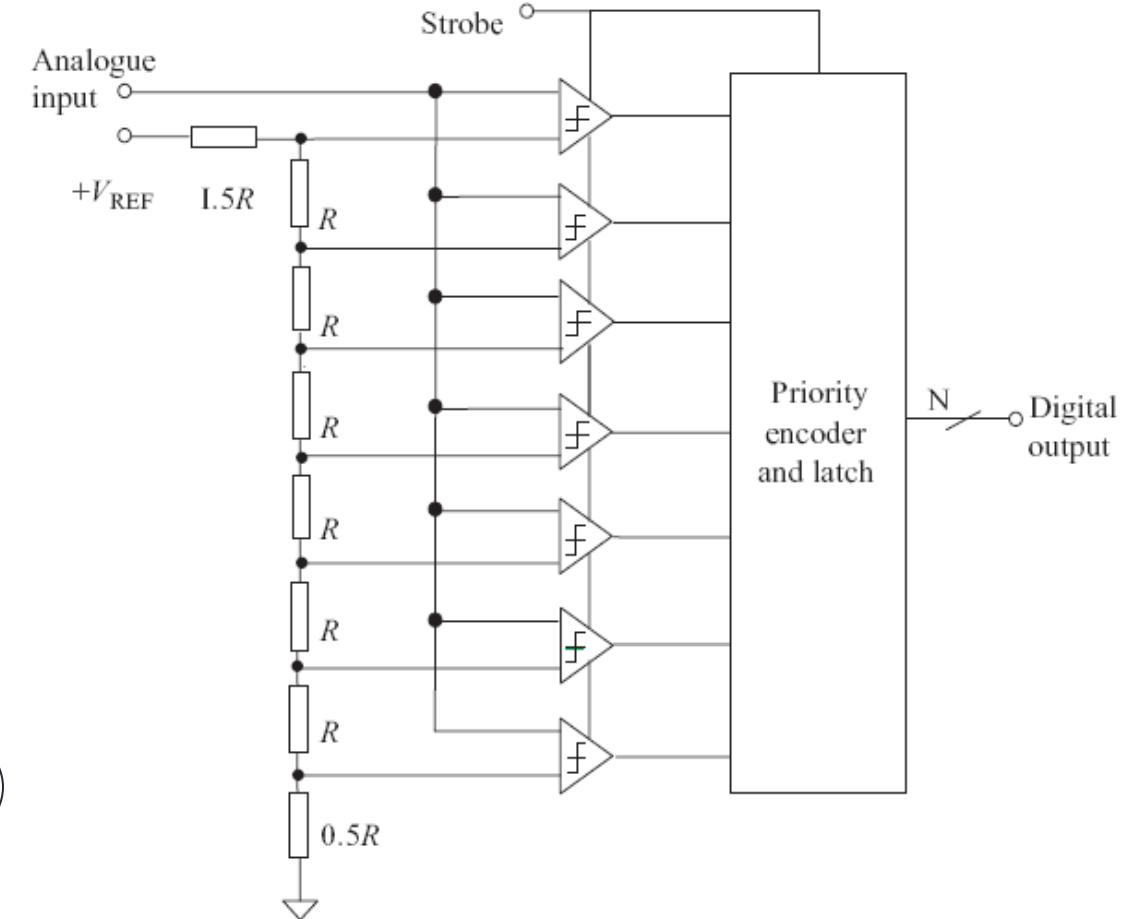
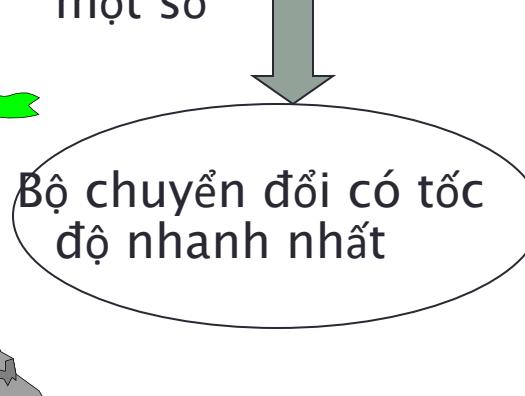






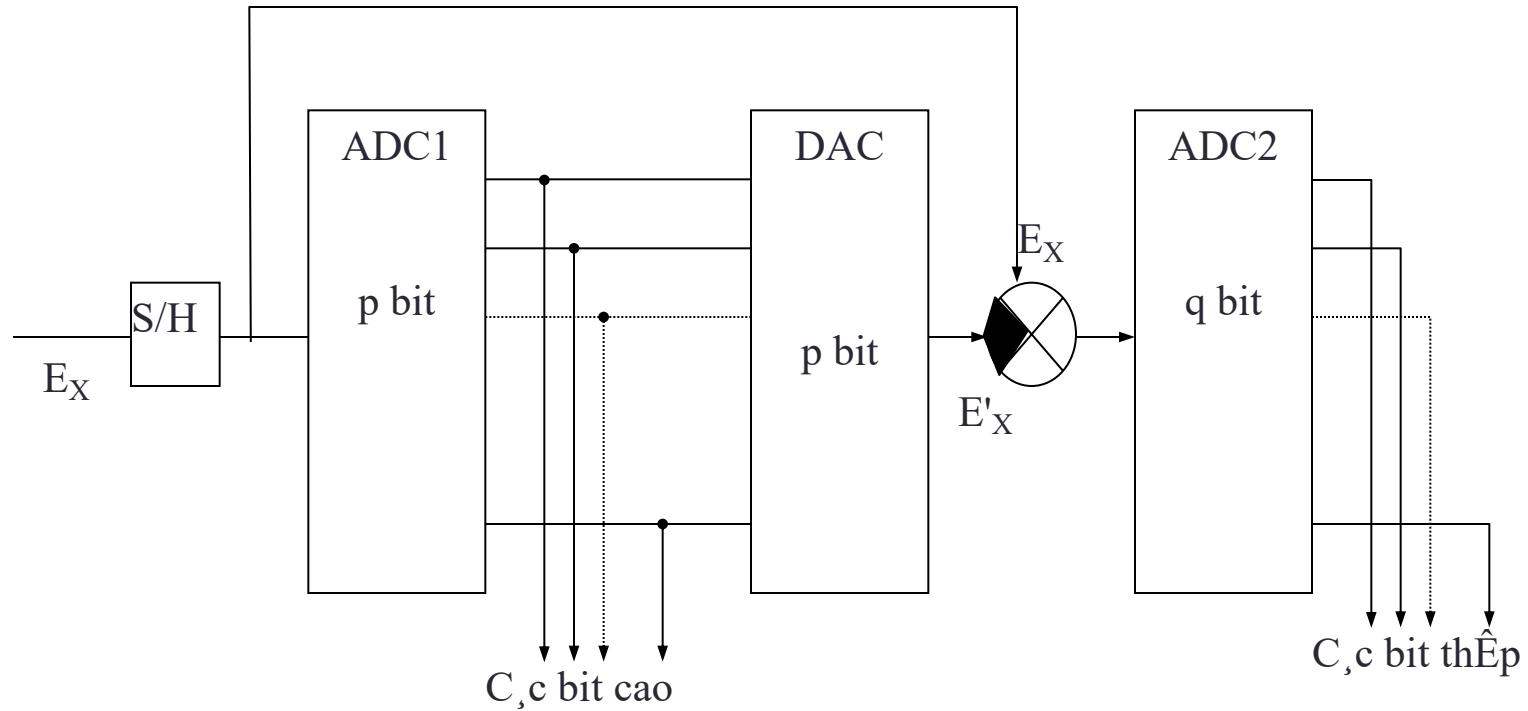
# Bộ biến đổi tương tự số mã hoá song song (Flash ADC)

- Điện áp vào đồng thời so sánh với những điện áp chuẩn
  - Có bao nhiêu bậc lương tử sẽ có bấy nhiêu bộ so sánh
  - Tín hiệu ~ điện áp chuẩn
- Bộ mã hoá phát ra một số





# Sơ đồ nâng cấp độ phân giải của ADC





# Bộ chuyển đổi ADC theo nguyên lý xấp xỉ liên tiếp

Bíc 1:  $E_x$  so cíi  $E_{ref}/2$

$$E_x > E_{ref}/2 \rightarrow B_1 = 1;$$

Bíc 2:  $E_x$  so víi  $B_1.(E_{ref}/2) + E_{ref}/4$

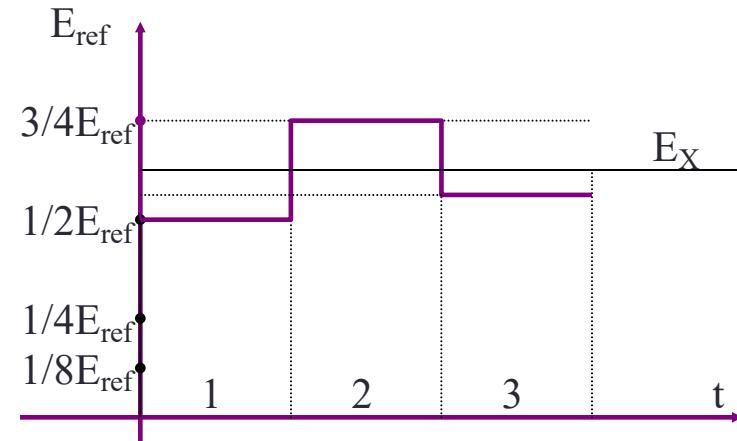
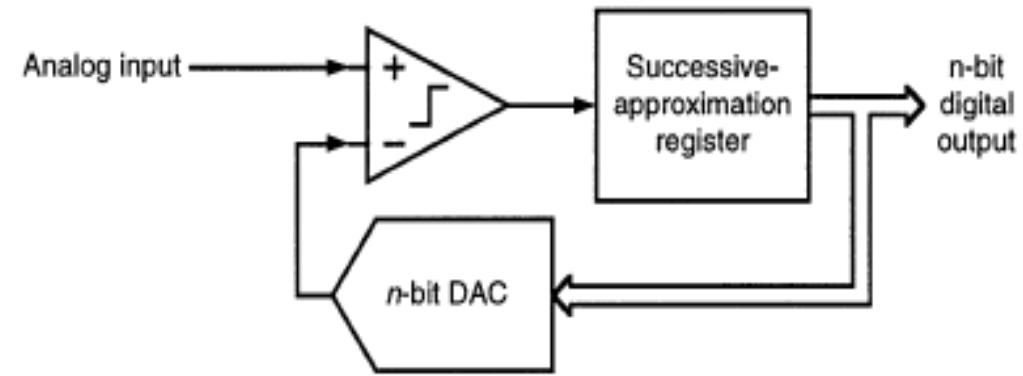
$$E_x < B_1.(E_{ref}/2) + E_{ref}/4 \rightarrow B_2=0$$

Bíc 3:

$$E_x \text{ so víi } B_1.(E_{ref}/2) + B_2(E_{ref}/4) + E_{ref}/8$$

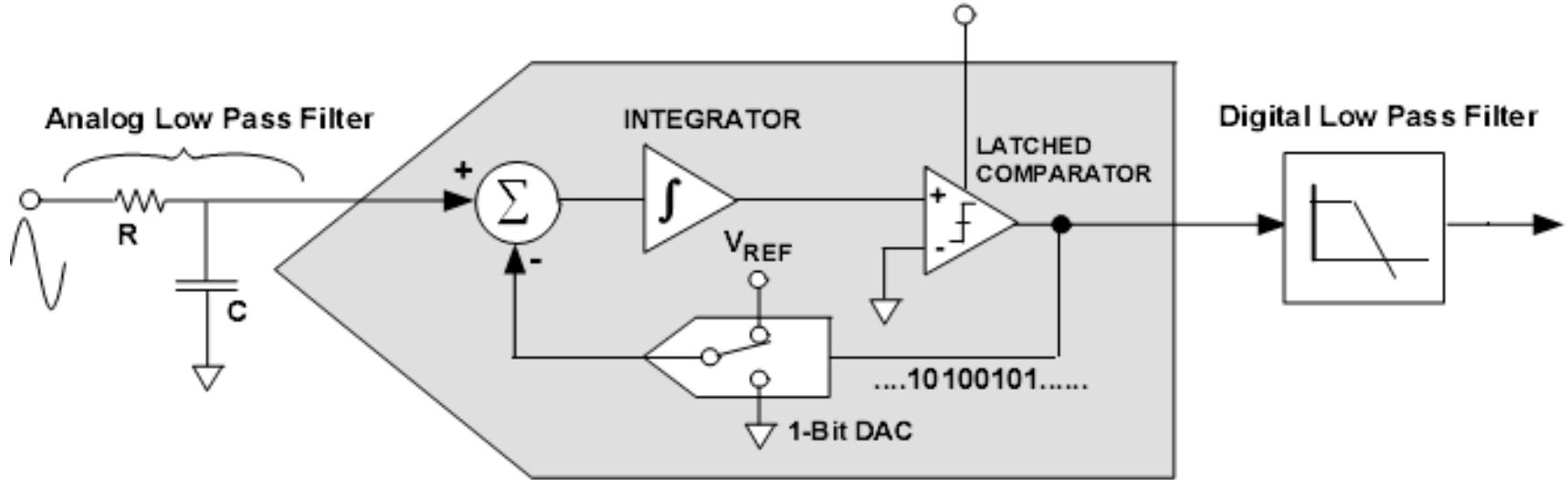
$$E_x > B_1.(E_{ref}/2) + B_2(E_{ref}/4) + E_{ref}/8$$

ta cã  $B_3 = 1$

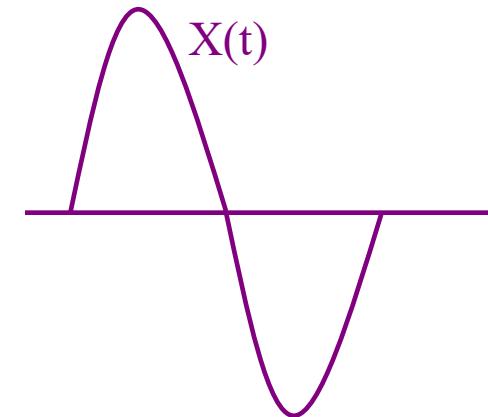
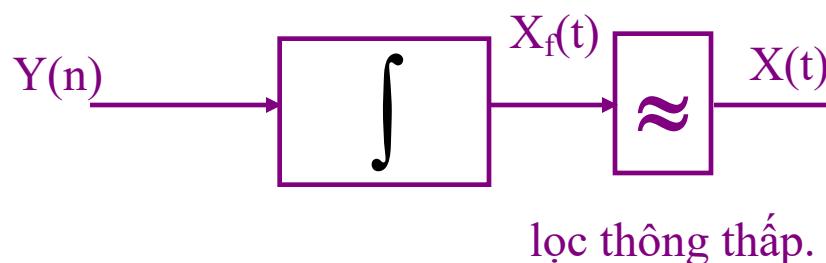
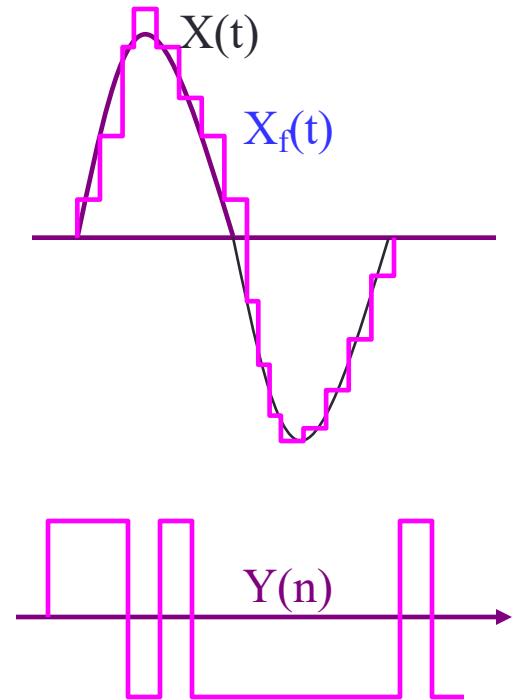
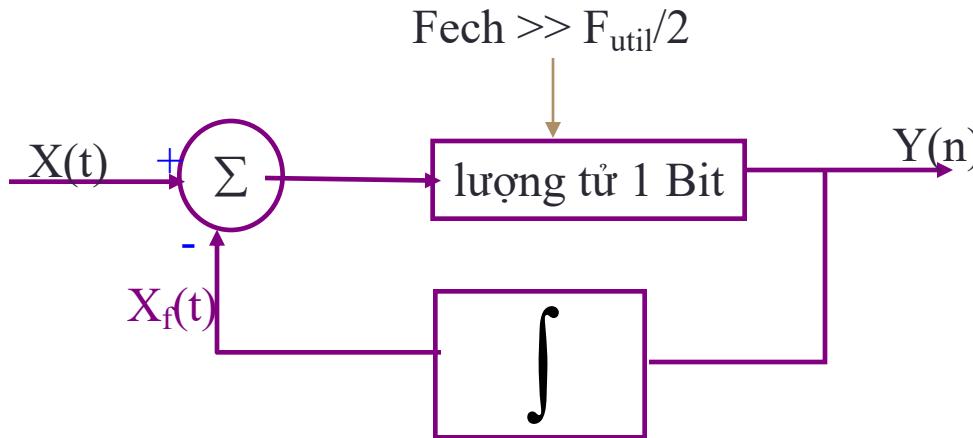




# ADC kiểu Delta-sigma



# Chuyển đổi Delta



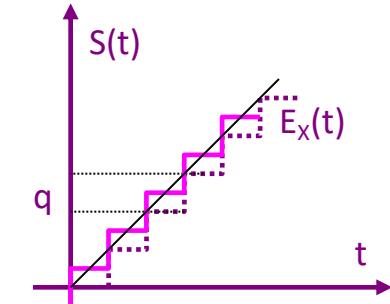
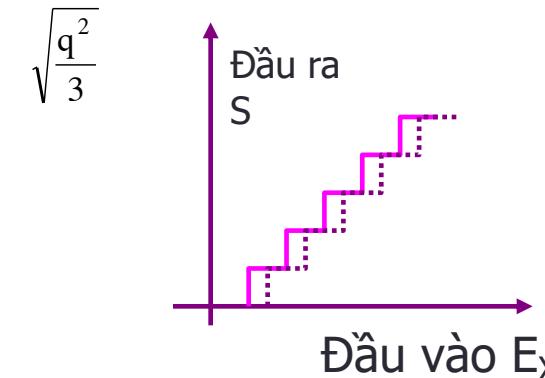


# Đặc tính kỹ thuật của một ADC

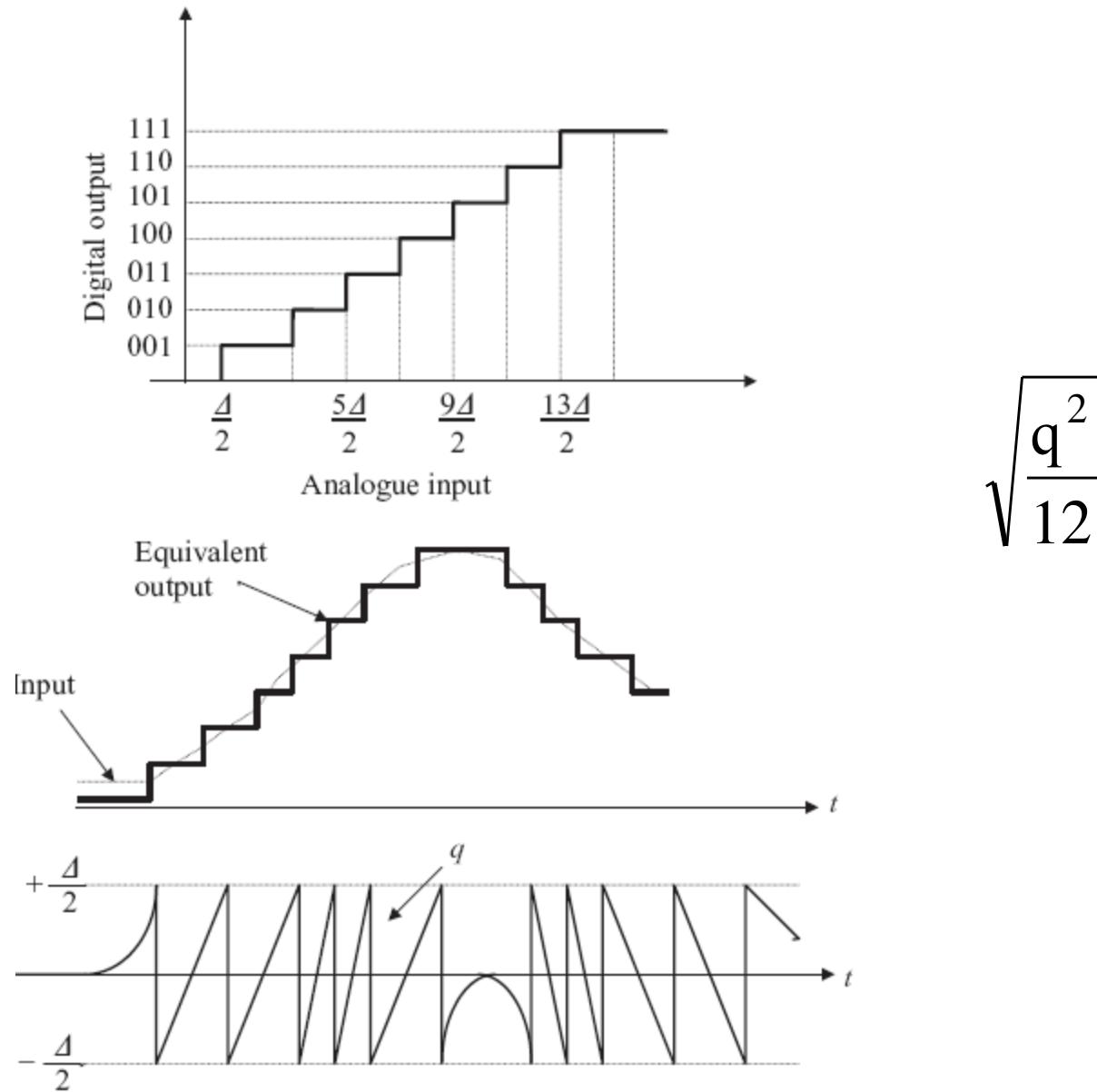
- Độ phân giải: Sai số một mức lượng tử
- Sai số lượng tử
- Tốc độ biến đổi
- Điện trở đầu vào
- Sai số không ổn định (nhiều loạn):
- Sai số mang tính chất ngẫu nhiên:
  - ở giữa
  - Lệch về một bên
- Sai lệch mặc định
- Sai số ký sinh
- Sai số mã hóa

$$\gamma = \frac{1}{2^n}$$

$$\sqrt{\frac{q^2}{12}}$$

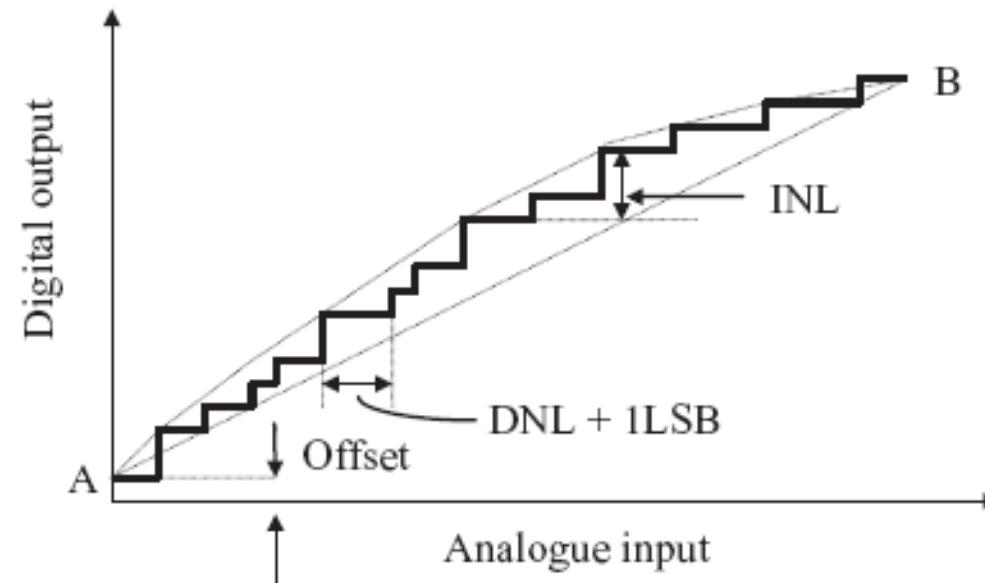


Đặc tính chuyển đổi của ADC    Lượng tử tín hiệu ở đặc tuyến  $E_x(t)$





# Sai số tĩnh



# Sai số do tín hiệu ký sinh

- Tín hiệu đi vào Vôn-met

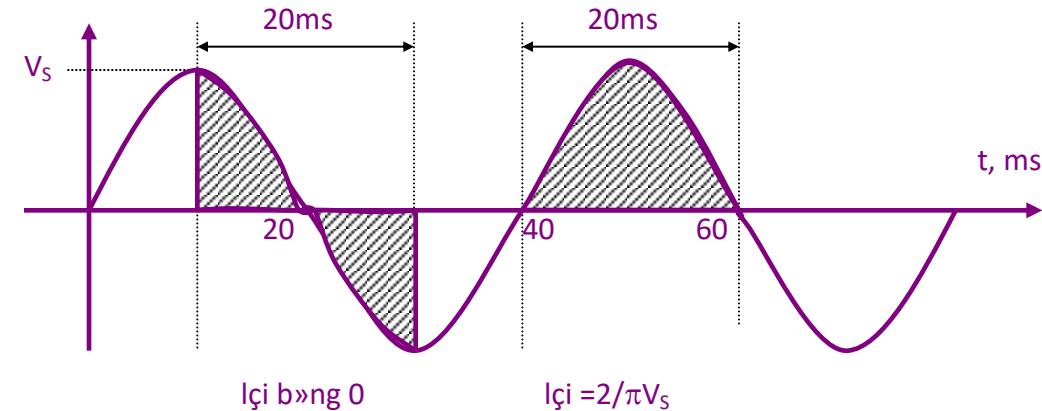
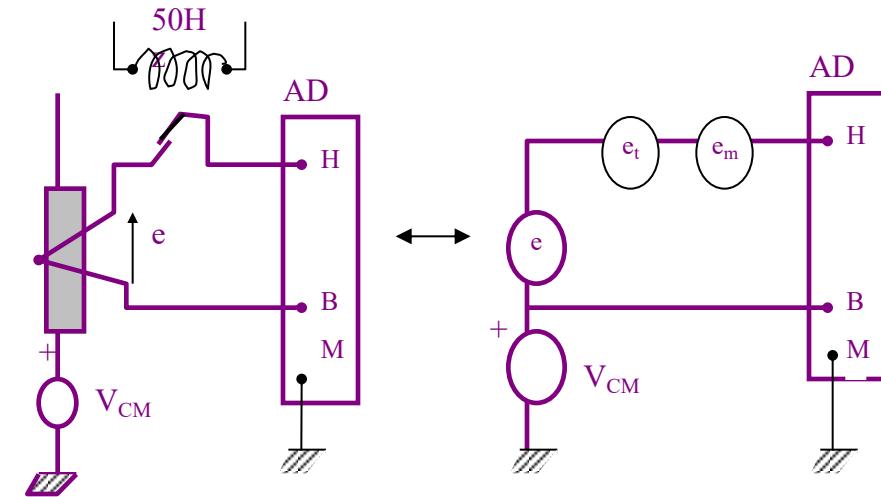
$$v(t) = e + V_s \sin(\omega t + \varphi).$$

- Lấy tích phân trong khoảng thời gian  $T$

$$\bar{v}(t) = \frac{1}{T} \int_0^T [e + V_s \sin(\omega t + \varphi)] dt$$

$$\bar{v}(t) = e - \frac{V_s}{\omega T} [\cos(\omega T + \varphi) - \cos \varphi]$$

- Nếu  $T=2\pi/\omega$  thì  $v=e$
- Ví dụ  $T=20ms$ ;  $F=25Hz$



# Một số ví dụ về các loại ADC

- Loại kiểu mã hoá song song:
  - AD 7821:
    - 8 bit
    - thời gian chuyển đổi: 660ns
    - Tốc độ lấy mẫu: 1MHz
    - Có dấu
  - Loại xấp xỉ liên tiếp
    - AD571
      - 12 bit
      - thời gian chuyển đổi:  $10\mu s$
      - Điện áp định mức: 5V
    - Họ ADC: 0800; 0804; 0808; 0816, ..
  - Loại đếm xung
    - Họ chuyển đổi mã BCD: ICL 7107; 7106; MC 14 433 (motorola)
    - Họ chuyển đổi mã nhị phân: ICL 7109
  - Loại Delta-Sigma
    - AD 7721; 7726





## § 4.10. Các loại hiện thị số

- Đèn LED ( Light Emitter Diode)
- Đèn LCD
- Đèn phóng điện và Plasma

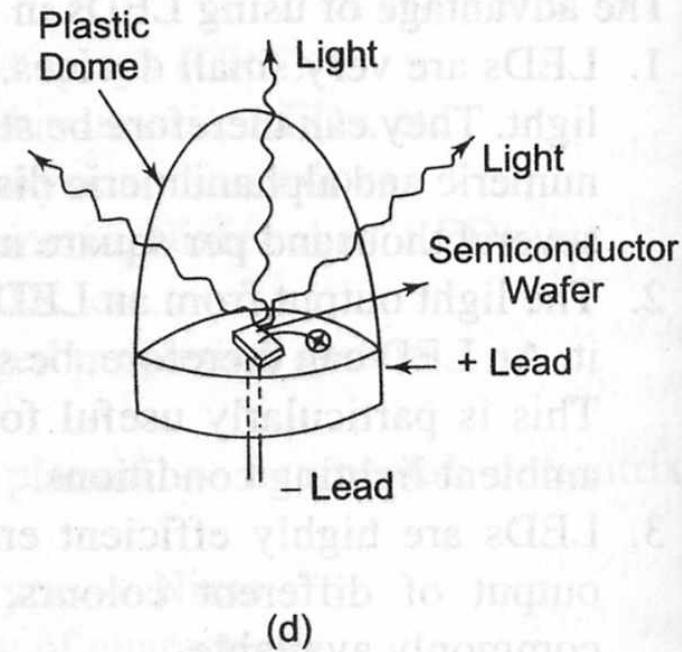
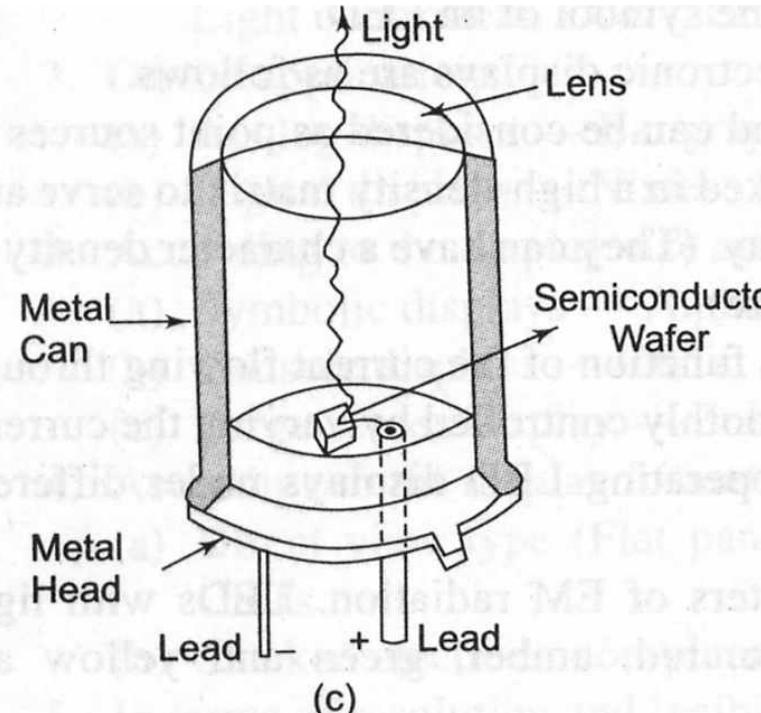


# Đèn LED (Light- emitting Diod)

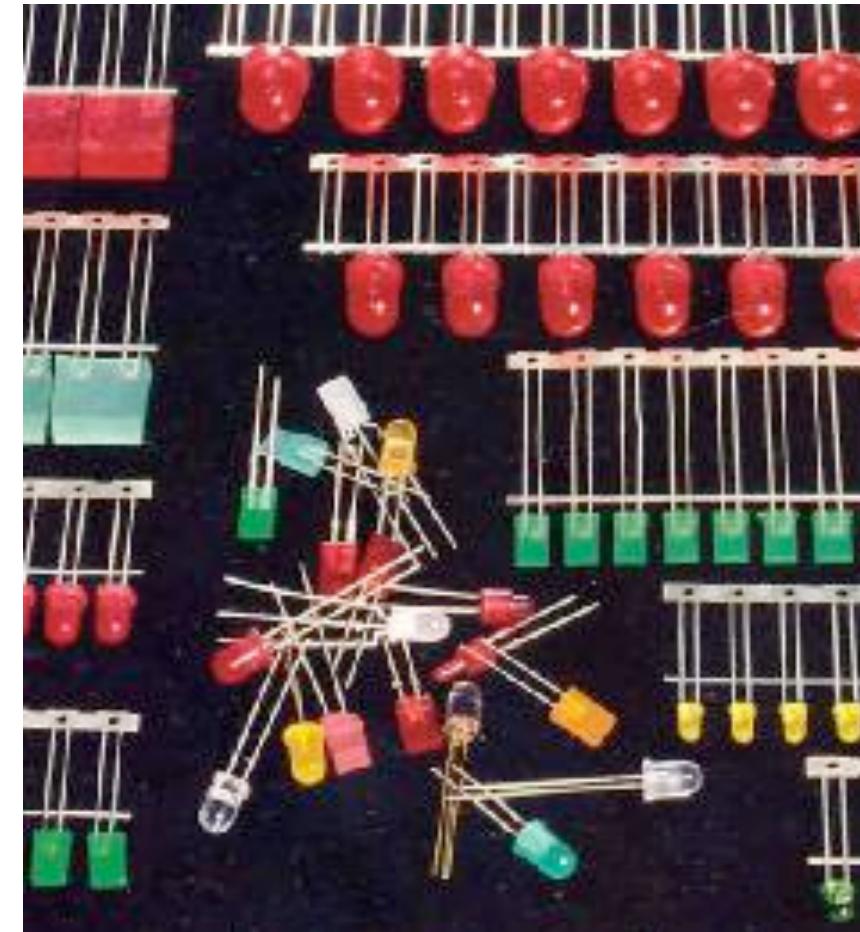
- Nguyên lý dựa trên hiện tượng phát quang của lớp chuyển tiếp pn
  - Khi dòng điện chạy qua, điện tử tự do chuyển từ mức năng lượng này sang mức năng lượng khác. Khi chuyển về từ mức năng lượng cao xuống mức năng lượng thấp , phát ra ánh sáng phụ thuộc vào hiệu năng giữa các mức năng lượng
  - Ví dụ
    - *GaAS ( Galium arsenide) mức năng lượng 1.37eV ánh sáng Đỏ*
    - *GaP( galium Phosphoride) mức năng lượng 2.25eV xanh lá cây*
- Dòng cung cấp cho đèn thường 20mA
- Loại đèn tổ chức 7 thanh: Loại cathod chung và Anod chung



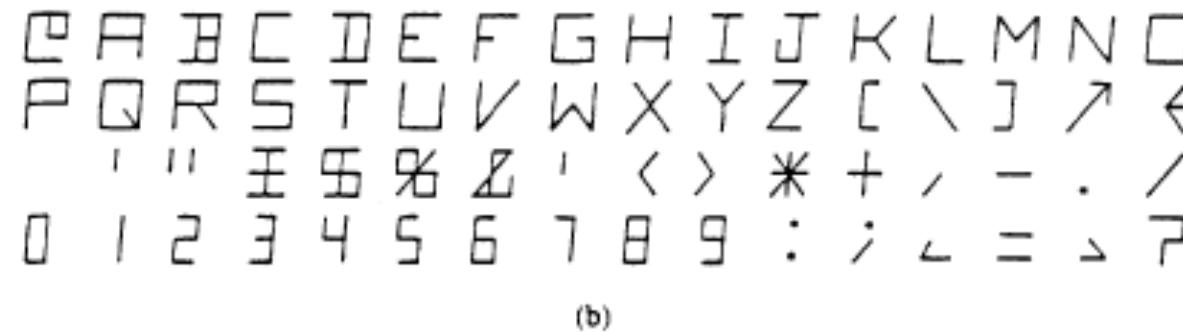
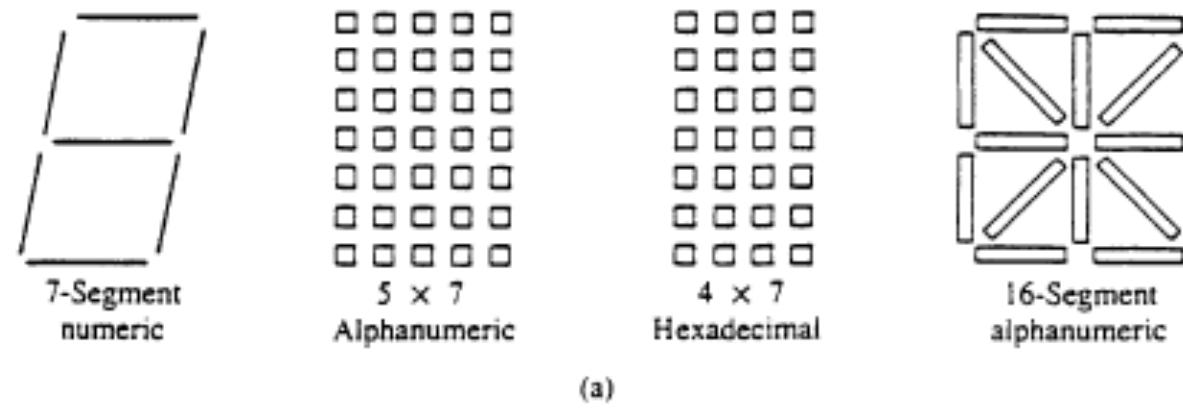
# Đèn LED



# Hình ảnh



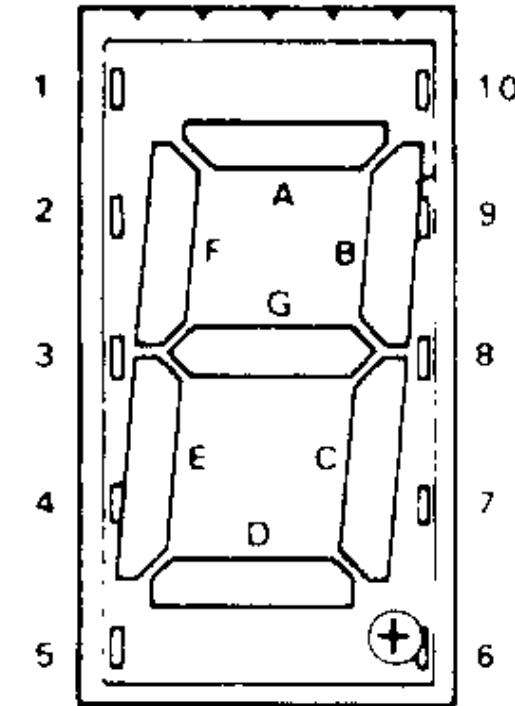
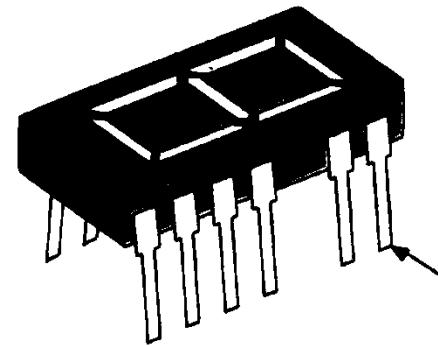
# Các loại đèn LED



(a) LED display formats; and (b) displayed alphanumeric characters using 16-segment displays.

# Đèn LED 7 thanh

- Cấu tạo
- VD:





## Ví dụ đặc tính kỹ thuật của một đèn LED

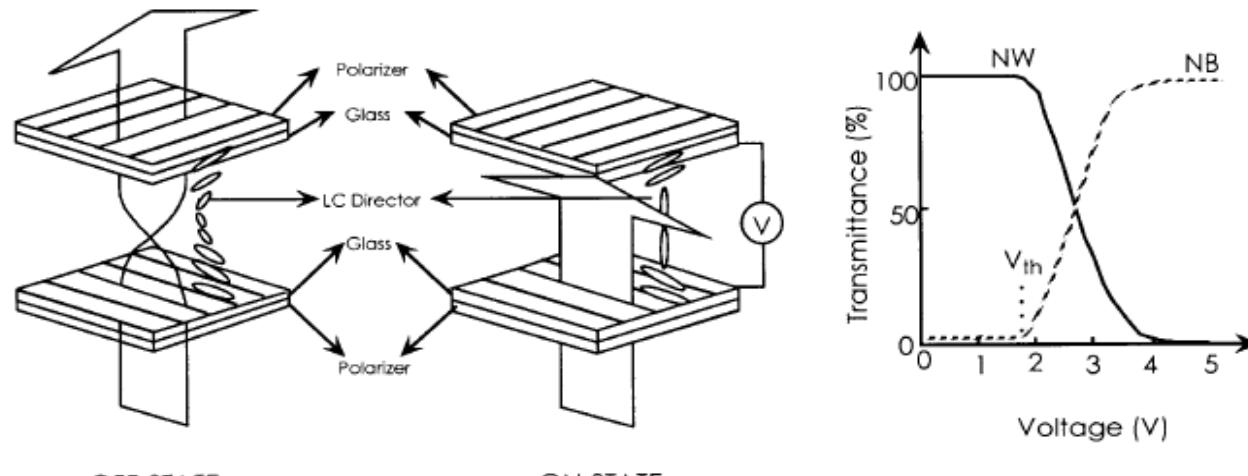
### Đặc tính kỹ thuật của đèn FND 357/376 -anod chung

| Ký hiệu        | Đặc tính kỹ thuật                                                                                         | MIN        | TYP                  | MAX | Đơn vị     | Trạng thái thử nghiệm                                         |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------|-----|------------|---------------------------------------------------------------|
| $V_F$          | điện áp thuận                                                                                             |            | 1.7                  | 2.0 | V          | $I_F = 20mA$                                                  |
| $BV_R$         | Điện áp dập tắt ngược                                                                                     | 3.0        | 12                   |     | V          | $I_R = 1.0mA$                                                 |
| $I_0$          | cường độ ánh sáng theo trục<br>Mỗi một thanh<br>FND350,357<br>FND360, 367                                 | 240<br>590 | 450<br>900           |     | $\mu cd$   | $I_F = 20mA$                                                  |
| $\Delta I_0$   | cường độ ánh sáng theo chiều dọc,<br>thanh đèn thanh (theo chú thích3)<br>cường độ ánh sáng dọc một thanh |            | $\pm 33$<br>$\pm 20$ |     | %<br>%     | $I_F = 20mA$<br>$I_F = 20mA$ cho<br>mọi thanh<br>cùng một lúc |
| $L_0$          | Đèn rời của các thanh<br>FND350, 357<br>FND360, 367                                                       |            | 26<br>52             |     | ftL        | $I_F = 20mA$                                                  |
| $\theta_{1/2}$ | Góc nhìn                                                                                                  |            | $\pm 27$             |     | $^{\circ}$ |                                                               |
| $\lambda_{pk}$ | Bước sóng cường độ sáng cực đại                                                                           |            | 665                  |     | nm         | $I_F = 20mA$                                                  |



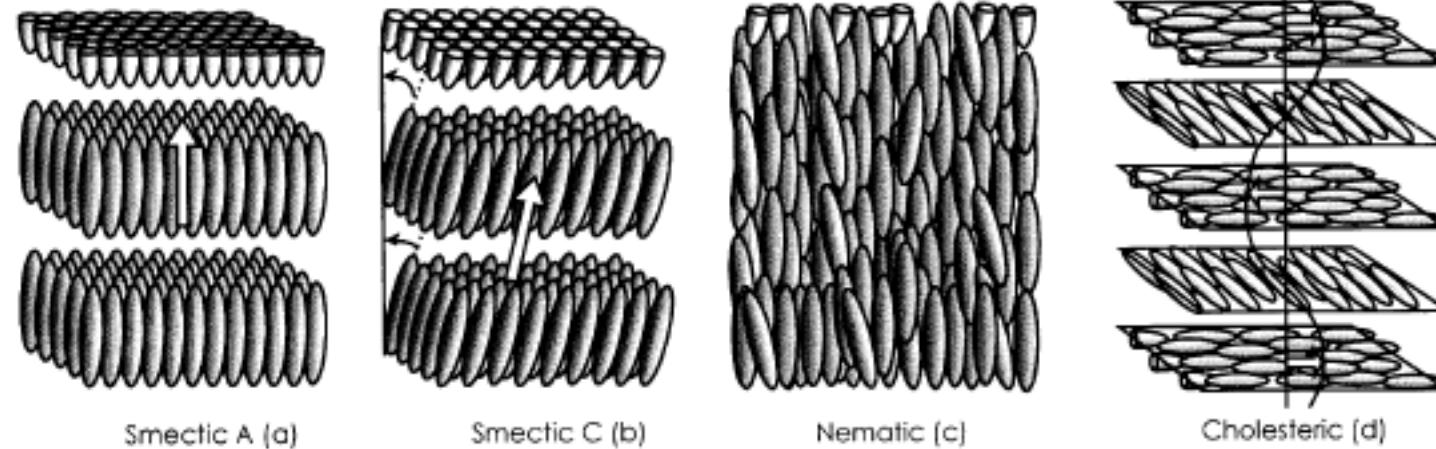
# Đèn LCD ( Liquid Crystal Display)

- Nguyên lý; Dựa vào hiện tượng ánh sáng truyền trong môi trường (dạng vật liệu hữu cơ – dạng tinh thể lỏng). Các phần tử của tinh thể lỏng có dạng hình trụ cho phép ánh sáng truyền qua dọc theo phần tử (theo một hướng xác định)

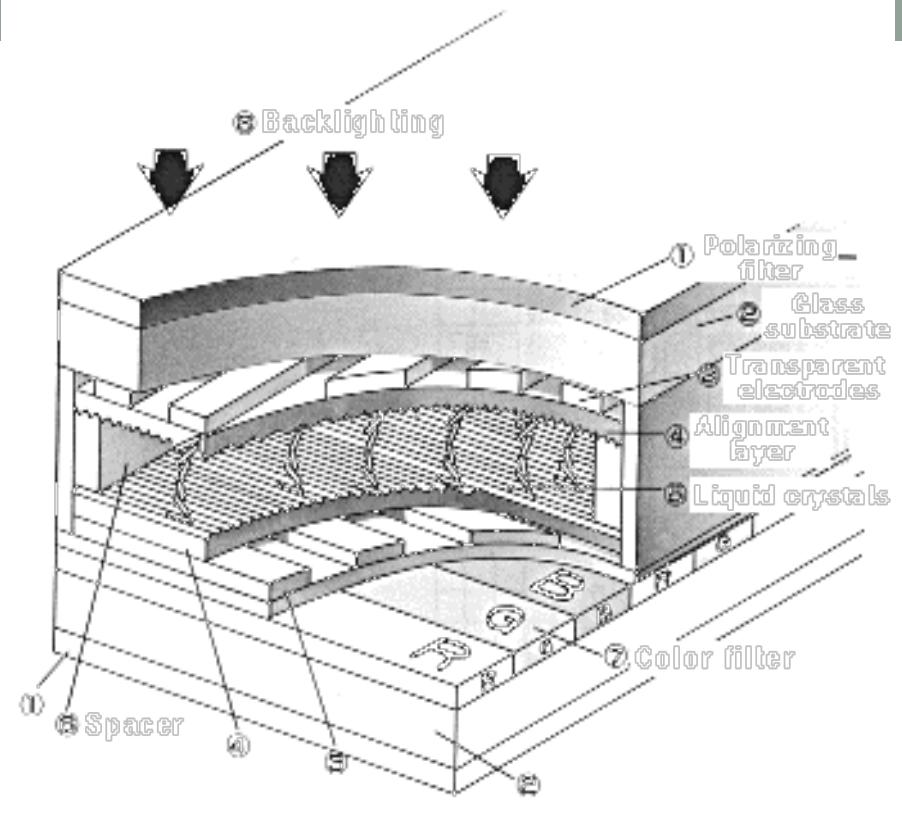
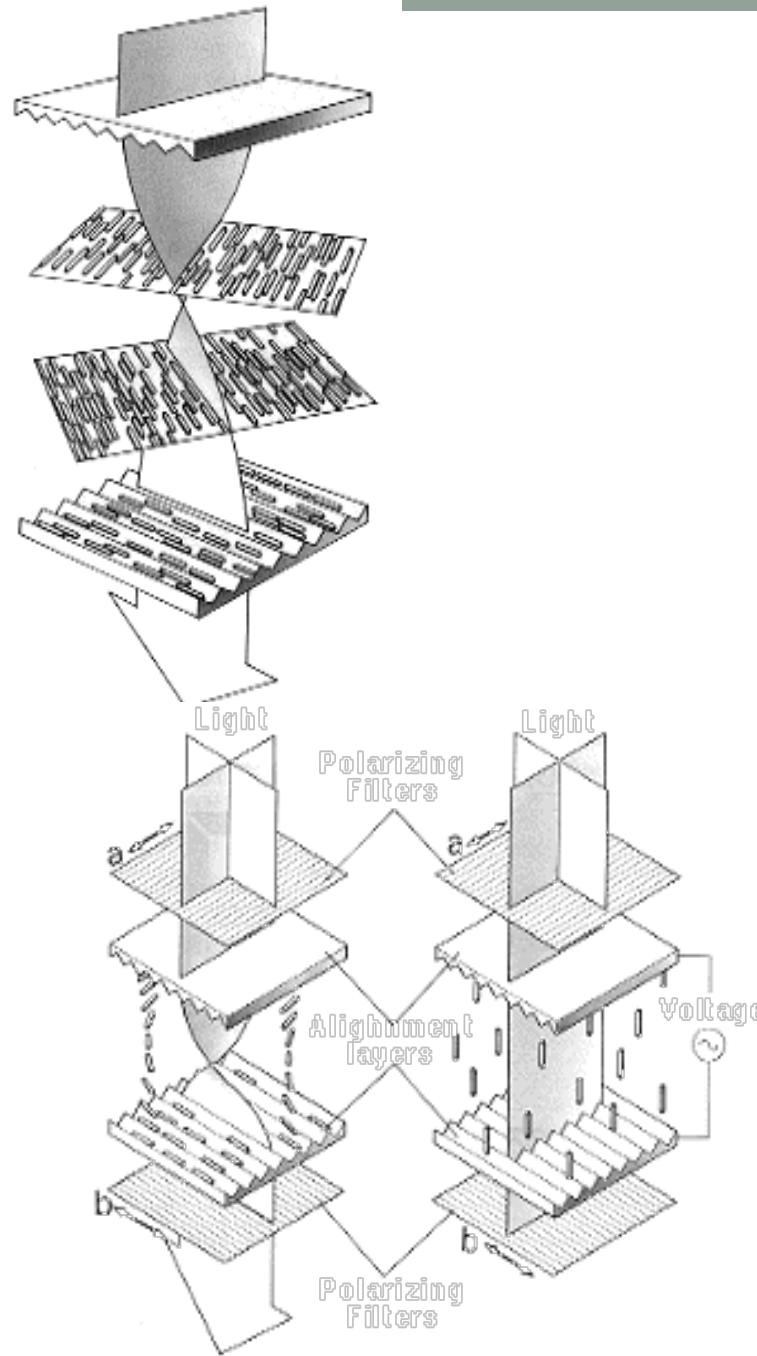


- Sử

# 4 loại cấu trúc cơ bản của tinh thể



**FIGURE 92.2** Molecular orientation in (a) smectic A, (b) smectic C, (c) nematic, and (d) cholesteric LC phases.





# Cấu tạo và quá trình chế tạo

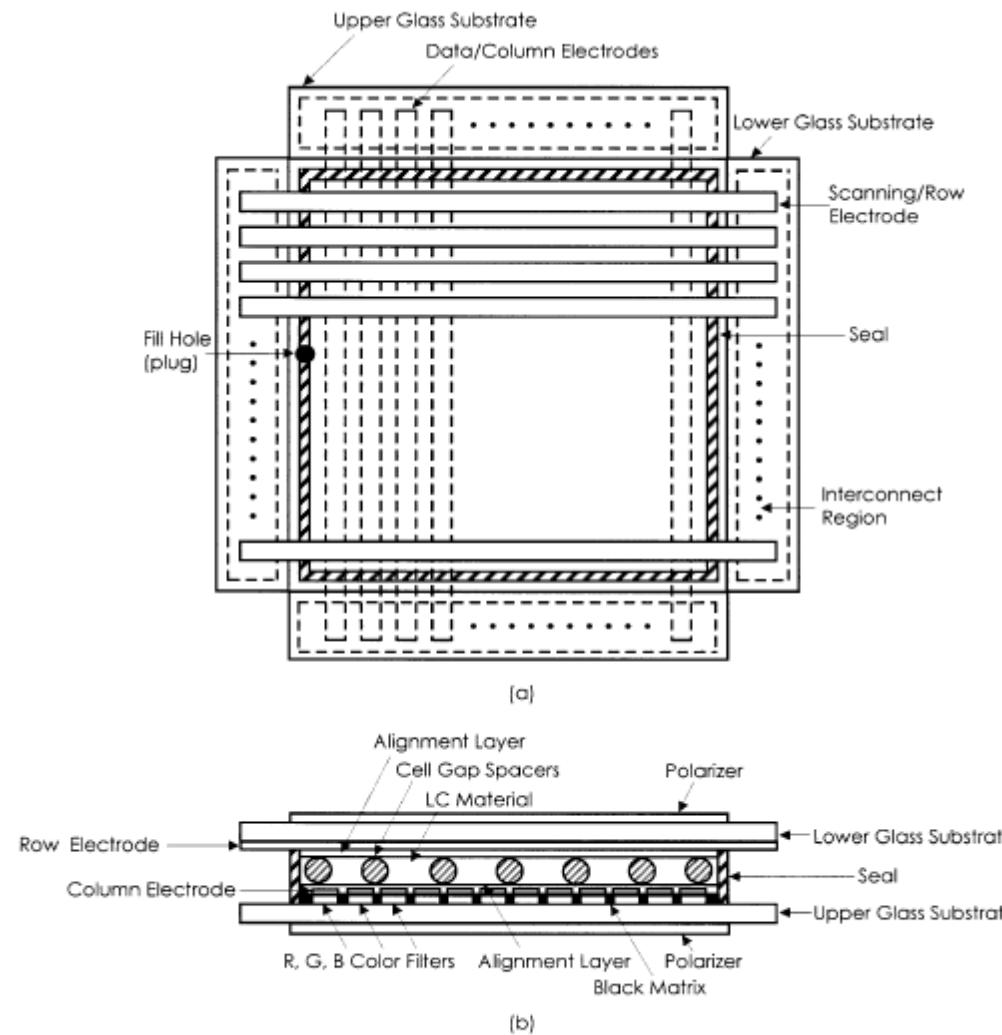
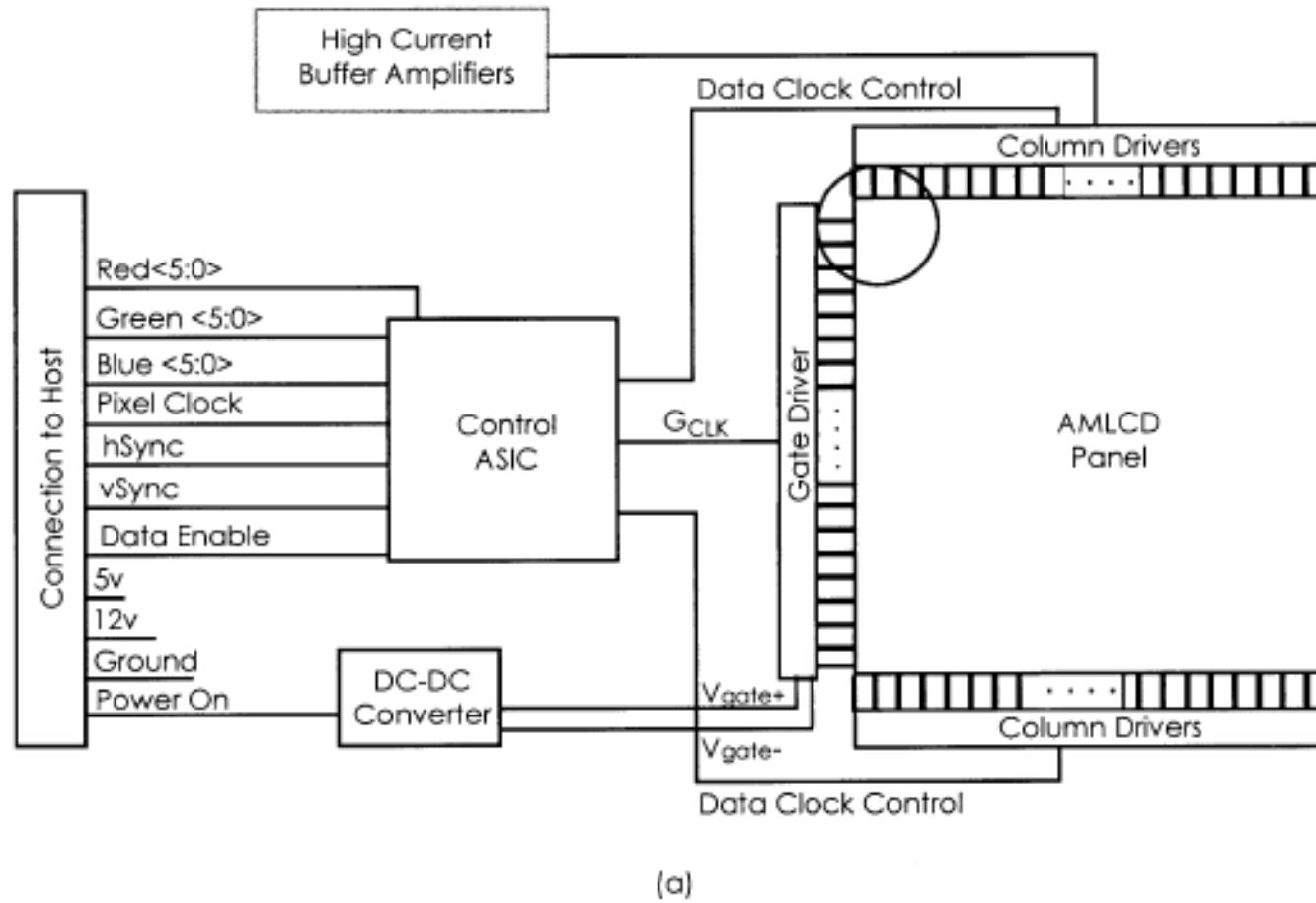
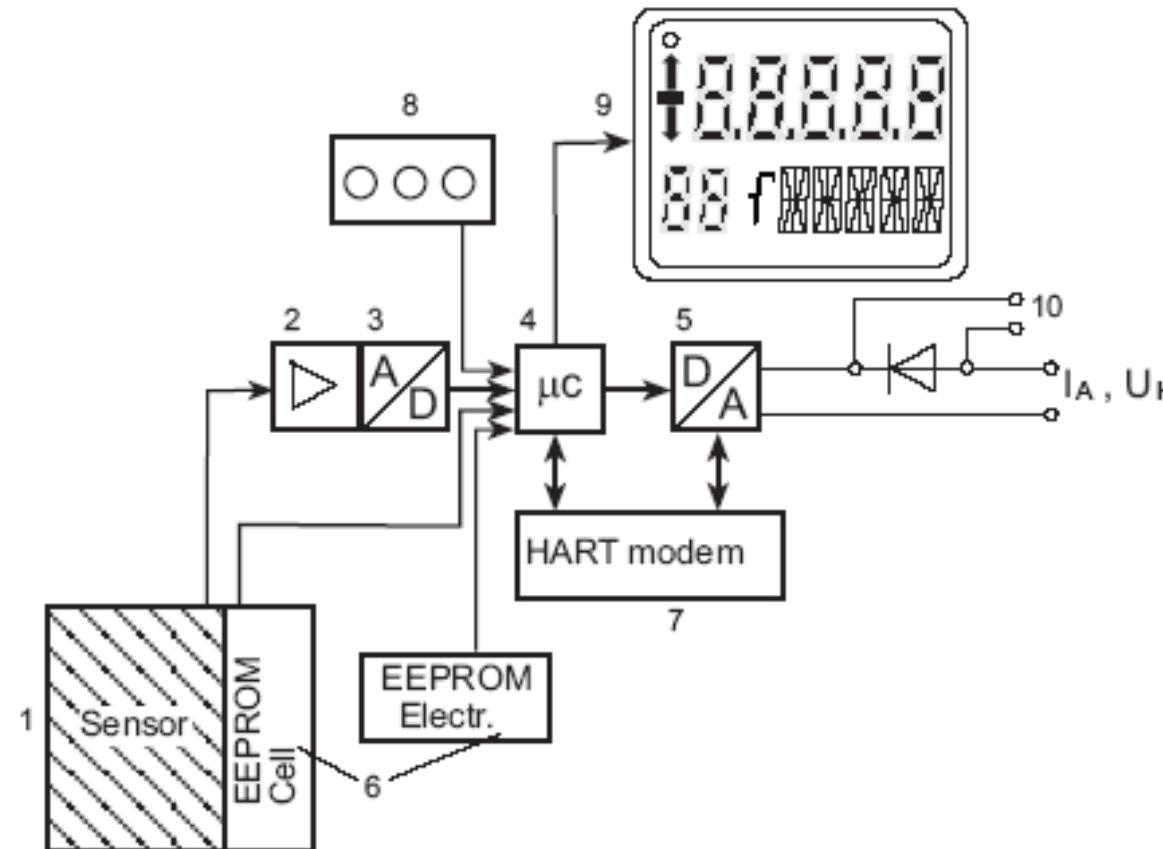


FIGURE 92.8 Plan (a) and cross-sectional view (b) of a passive matrix-addressed LCD.

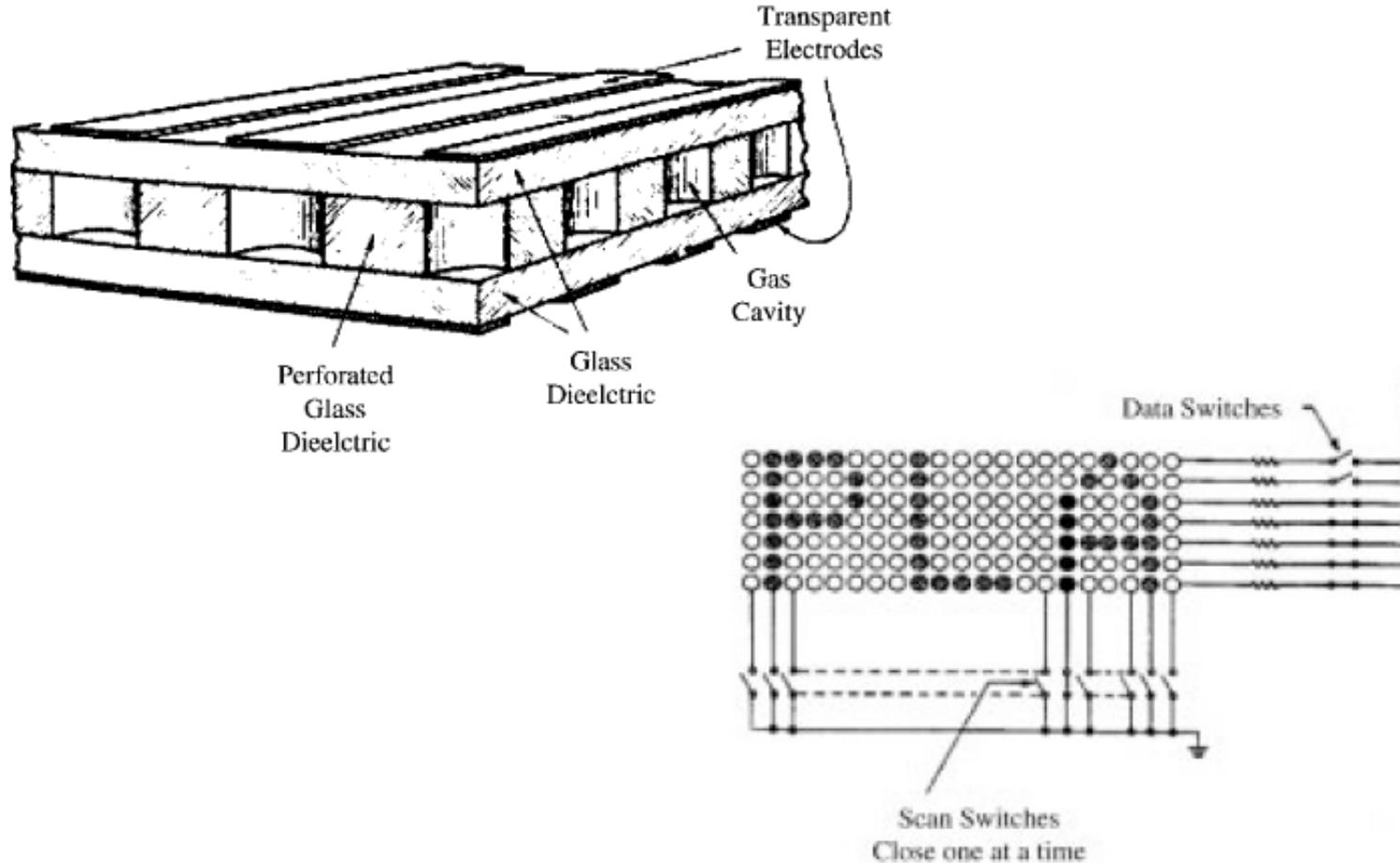






# Hiện thị kiểu Plasma

- Cấu trúc của hiện thị Plasma





# Một số thông tin về hiện thị Plasma

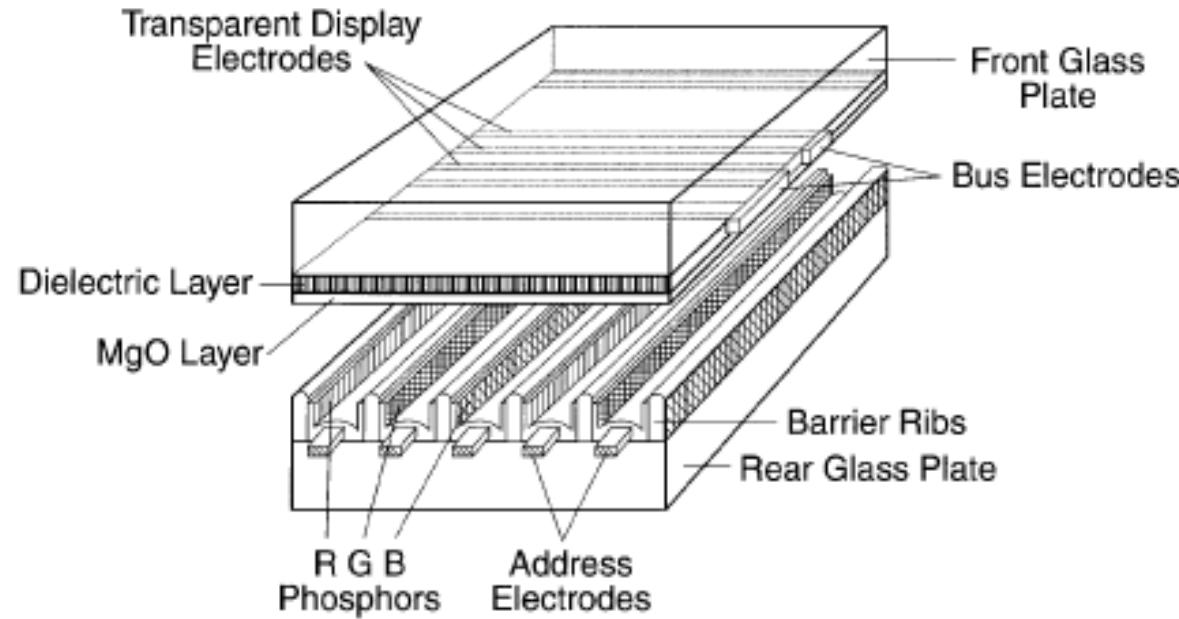
TABLE 93.1 Plasma Flat Panel Display Specifications and Manufacturer's Business Plans

| Company    | Product Specification |        |             | Efficiency Specification            |          |      |                        | Plan                   |                       |                               |                            |
|------------|-----------------------|--------|-------------|-------------------------------------|----------|------|------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|
|            | Inch                  | Aspect | Pixels      | Luminecence<br>(cd/m <sup>2</sup> ) | Contrast | lm/w | Power (W)              | Factory                | Capital Cost<br>(\$M) | Product Ability<br>unit/month | Target Region              |
| Fujitsu    | 42                    | 16:9   | 852 × 480   | 300                                 | 70:1     | 0.7  | 350(set)<br>300(panel) | Miyazaki               | 20                    | 10,000                        | Europe (Philips),<br>Japan |
| NEC        | 33                    | 4:3    | 640 × 480   | 200                                 | 150:1    | 1.2  | 270(set)<br>190(panel) | Tamagawa,<br>Kagoshima | 5                     | 2,000                         | Japan                      |
| Pioneer    | 40                    | 4:3    | 640 × 480   | 400                                 | 150:1    | 1.2  | 350(set)               | Kofu                   | 5                     | 10,000                        | Japan                      |
| Mitsubishi | 40                    | 4:3    | 640 × 480   | 350                                 | 200:1    | 0.8  | 350(set)<br>300(panel) | Kyoto                  | 14.8                  | 10,000                        | U.S.                       |
| MEC        | 42                    | 16:9   | 852 × 480   | 450                                 | 150:1    | 10   | 300(panel)             | Kyoto                  | 10                    | 5,000                         | Japan, U.S.                |
| Photonics  | 21                    | 5:4    | 1280 × 1024 | 100                                 | 50:1     | —    | 300(panel)             | Ohio                   | —                     | —                             | —                          |
| Hitachi    | 25                    | 4:3    | 1024 × 768  | 150                                 | 50:1     | —    | 250(set)               | Yokohama               | 3                     | 1,000                         | —                          |
| NHK        | 40                    | 16:9   | 1344 × 800  | 93                                  | 80:1     | —    | —                      | —                      | —                     | —                             | —                          |

Source: Wakabayashi, H., paper presented at *Imaging 2001: The U.S. Display Consortium Business Conference*, January 28, San Jose, CA, 1997. With permission.



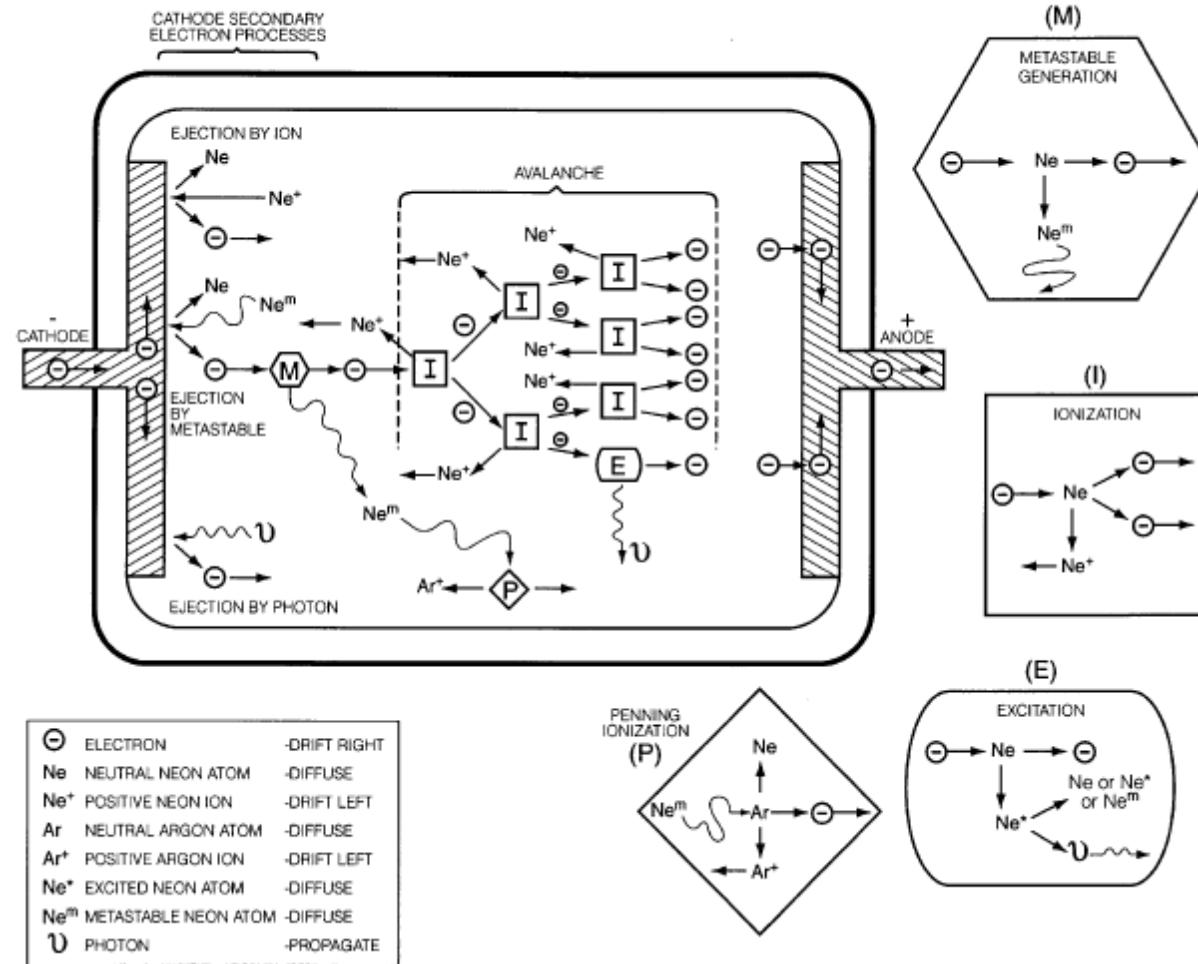
# Cấu trúc của cách thức hiện thị





# Hiệu ứng chính

## GAS DISCHARGE REACTIONS





# Phím bấm capacitive touch

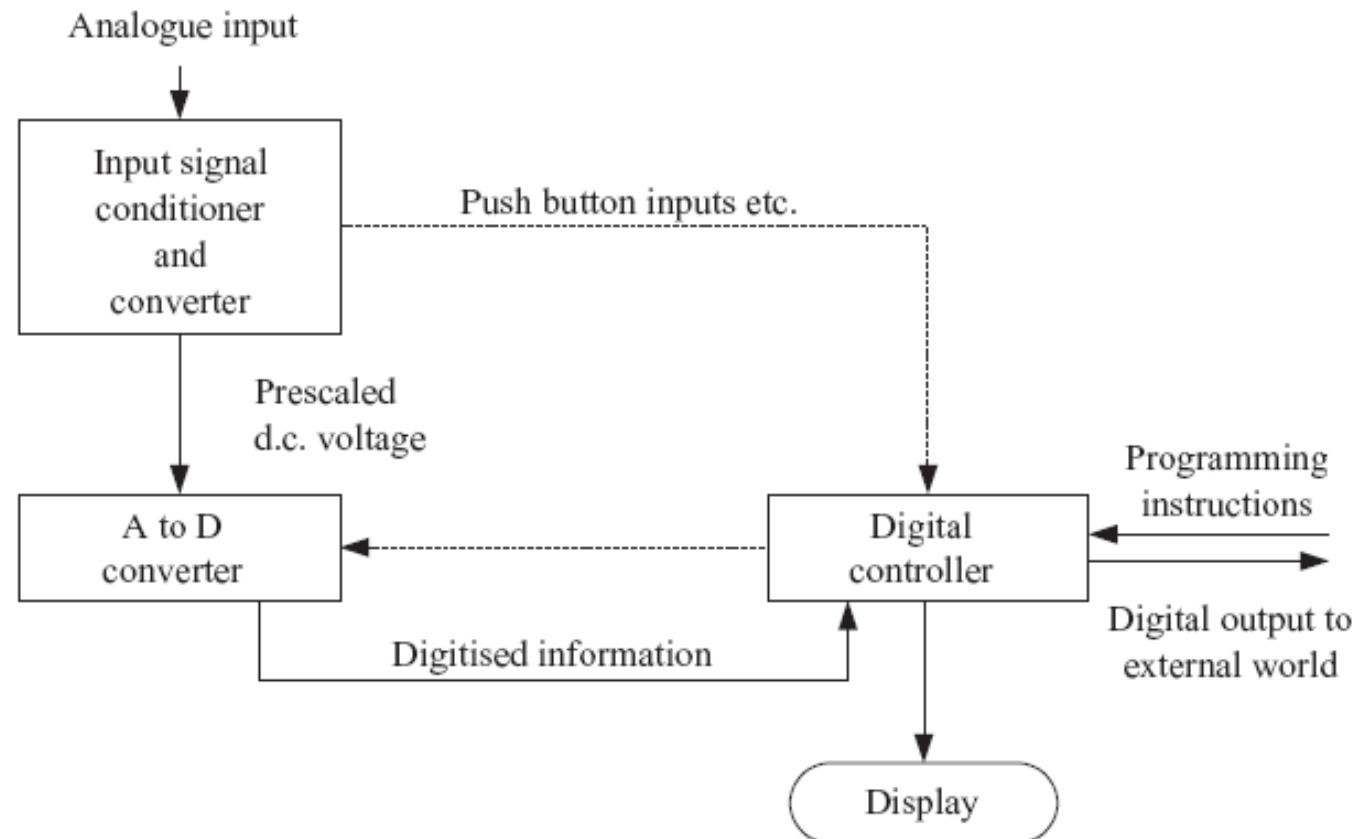


## § 4.11. Tổ chức Volmét số

- ✓ **Phương pháp lượng tử (sử dụng ADC thương phẩm)**
- ✓ **Phương pháp điều chế độ rộng xung**
- ✓ **Phương pháp biến đổi áp thời gian**



# Cấu trúc chung đồng hồ vạn năng số



# Phương pháp lượng tử

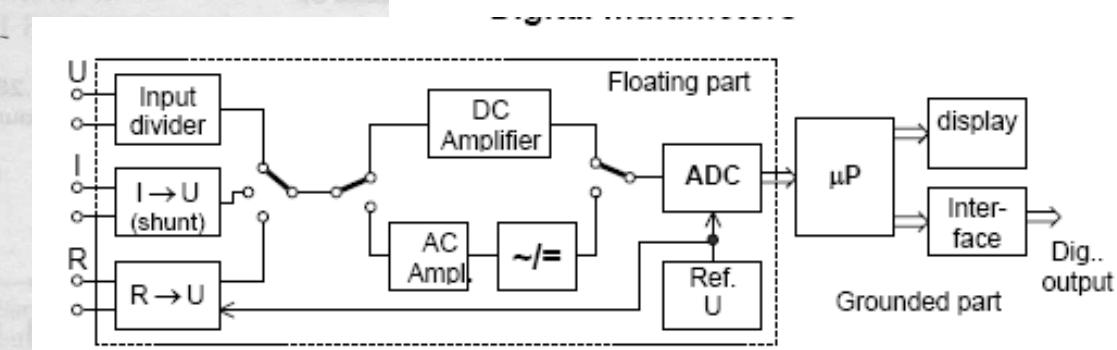
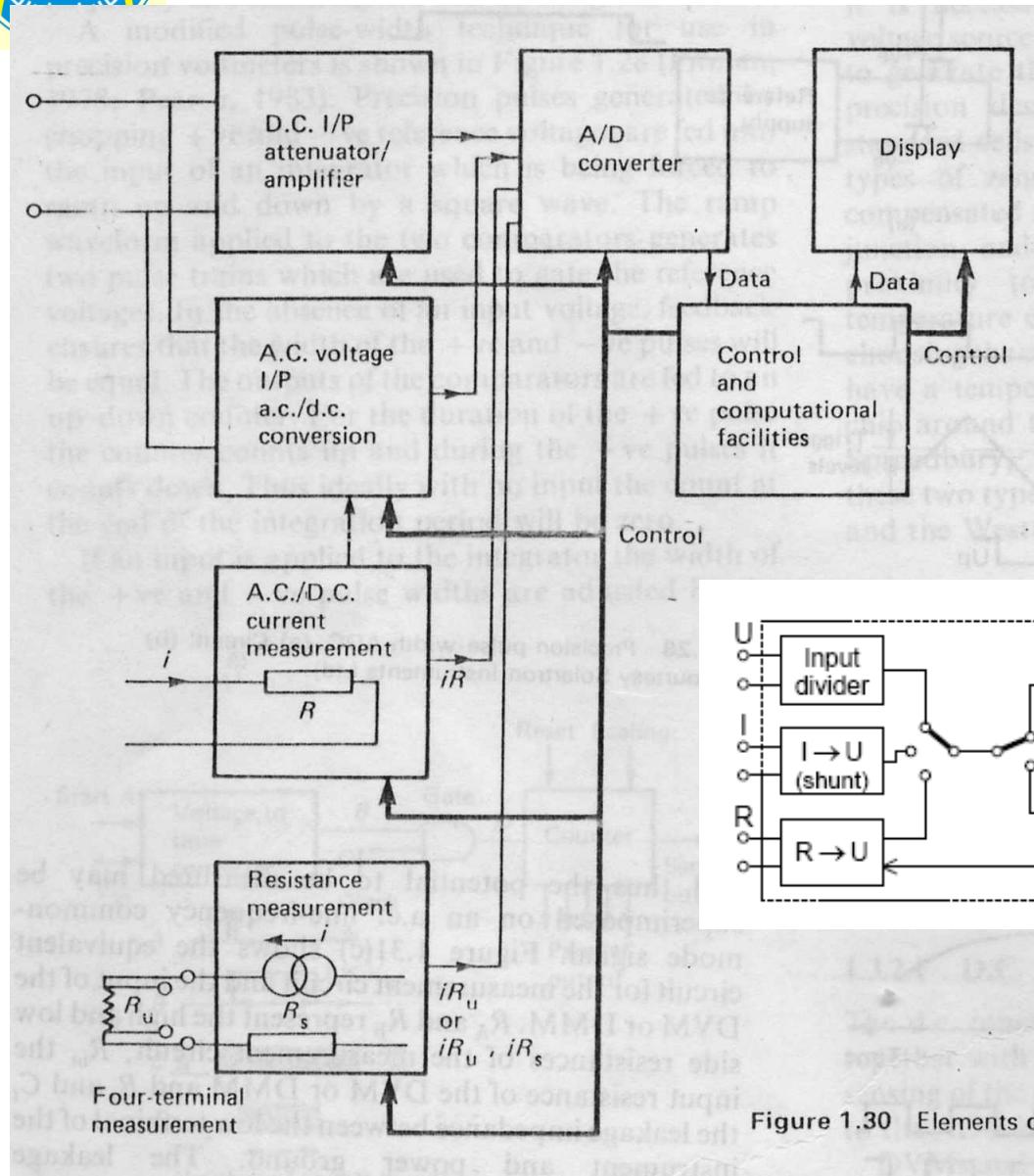
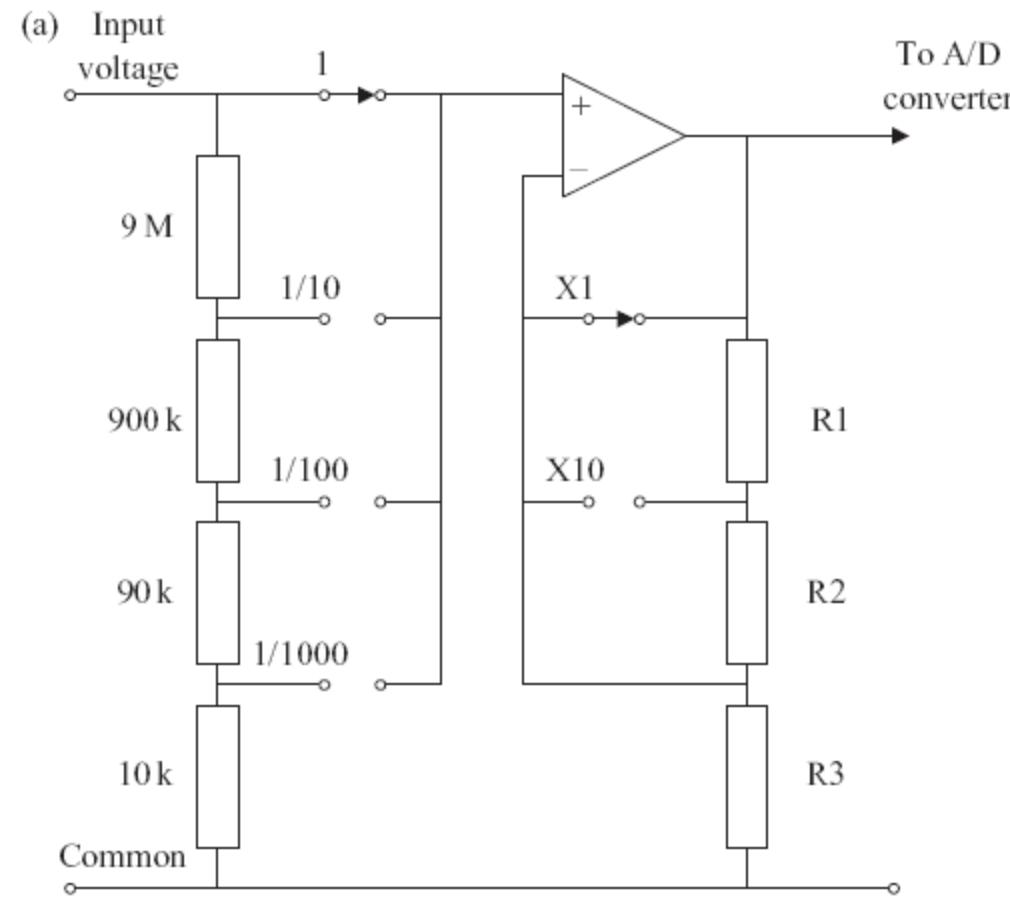


Figure 1.30 Elements of



# Mạch chọn thang Vôn-mét

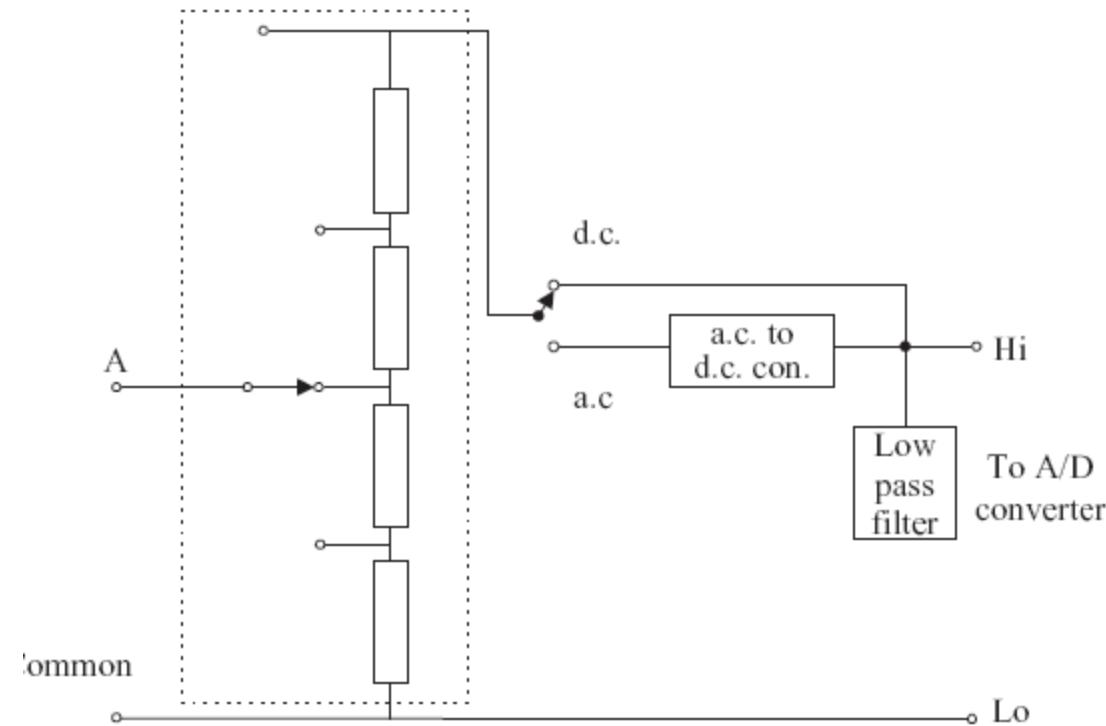




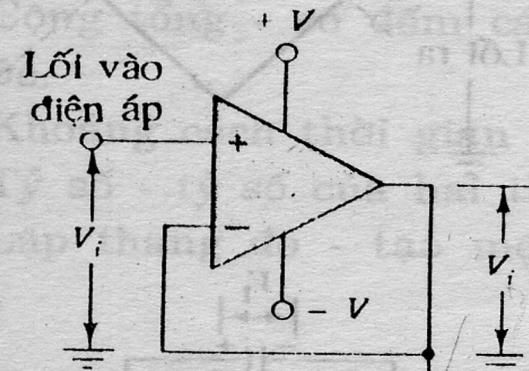
# Mạch chuyển đổi dòng-áp

(b)

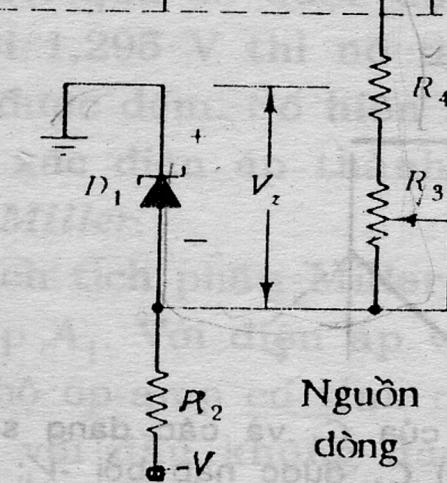
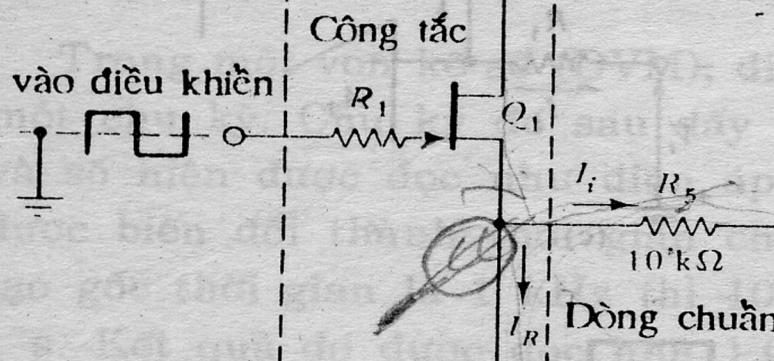
Current shunt



### Mạch lặp điện áp

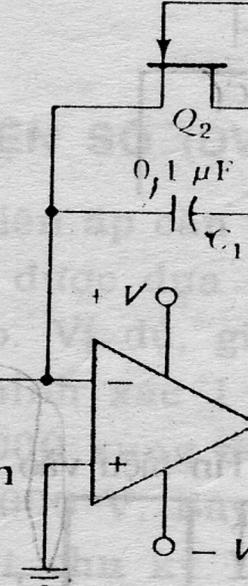


### Lối vào điều khiển

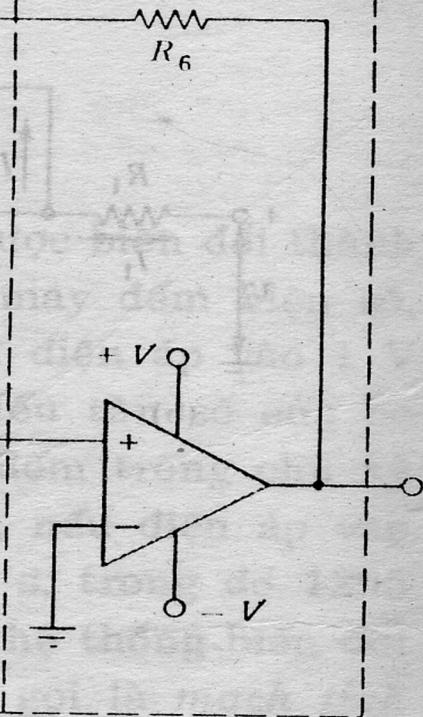


Nguồn  
dòng

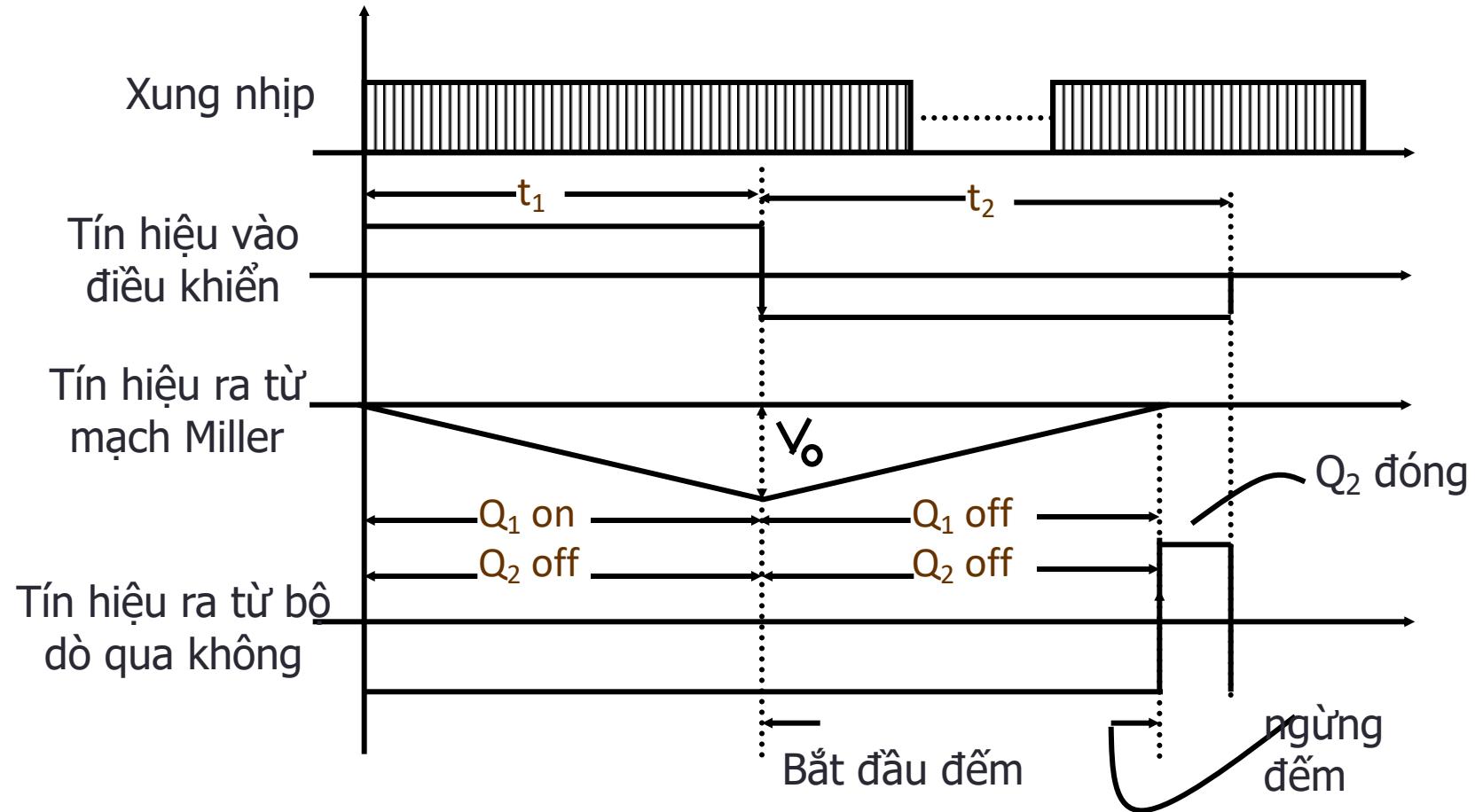
### Mạch tích phân Miller



### Bộ dò qua điểm 0



(b)





Khi xung điều khiển dương  $\rightarrow Q_1$  đóng  $\rightarrow V_i$  được nối với  $R_5$  tạo thành dòng vào  $I_i = V_i/R_5$ .

$C_1$  được tích điện và tạo ra một tín hiệu ra theo chiều âm của mạch Miller. Do đó bộ dò qua không có đầu ra âm  $\rightarrow Q_2$  ngắt  $\rightarrow$  cho phép  $C_1$  nạp điện.

Đầu ra của bộ tích phân Miller là một xung răng cưa âm tuyến tính. Biên độ xung răng cưa tỉ lệ thuận với  $V_i$ .

Khi xung điều khiển âm thì  $Q_1$  ngắt  $\rightarrow$  dòng chuẩn qua  $R_5$  và  $C_1$ . Trở lại chu kỳ đầu.

Thời gian  $t_2$  để xung răng cưa lên đến mức không tỉ lệ thuận với  $V_i$ .

$t_2$  : bắt đầu đếm ở sườn xuống của tín hiệu vào điều khiển, ngừng đếm ở sườn lên của bộ dò điểm không.



VD: Xung điều khiển có mỗi nửa chu kỳ tương đương với 1280 xung đồng hồ. Tần số xung đồng hồ 200KHz. Nếu 1000 xung trong thời gian  $t_2$  phải biểu diễn đầu vào  $V_i = 1V$ . Hãy xác định mức dòng chuẩn cần thiết.

$$I_i = \frac{V_i}{R_5}; V_i = 1V$$

$$I_i = \frac{1V}{10k\Omega} = 100\mu A$$

$$C = \frac{It}{V} \quad \left( u = \frac{1}{C} \int idt \right)$$

$$V_0 = \frac{I_i t_1}{C_1} = \frac{100\mu A \times 6,4ms}{0,1\mu F} = 6,4V$$

$$T_{1xung} = \frac{1}{f_{chuan}} = \frac{1}{200} = 5\mu s$$

$$t_1 = 1280 \times 5\mu s = 6,4ms$$



Nếu  $t_2$  thời gian của 1000 xung :  $t_2 = 1000 \times 5\mu s$   
 $= 5ms$

$I_R$  là dòng phóng của  $C_1$  trong thời gian  $t_2$  :

$$I_R = \frac{V_0 C_1}{t_2} = \frac{6,4V \times 0,1\mu F}{5ms} = 128\mu A$$



## 4. Volmet biến đổi áp thời gian (dùng vi xử lý)

- **Nguyên lý:** Theo nguyên tắc

$$U_x = \frac{C(N_2 - N_1)}{(N_3 - N_1)}$$

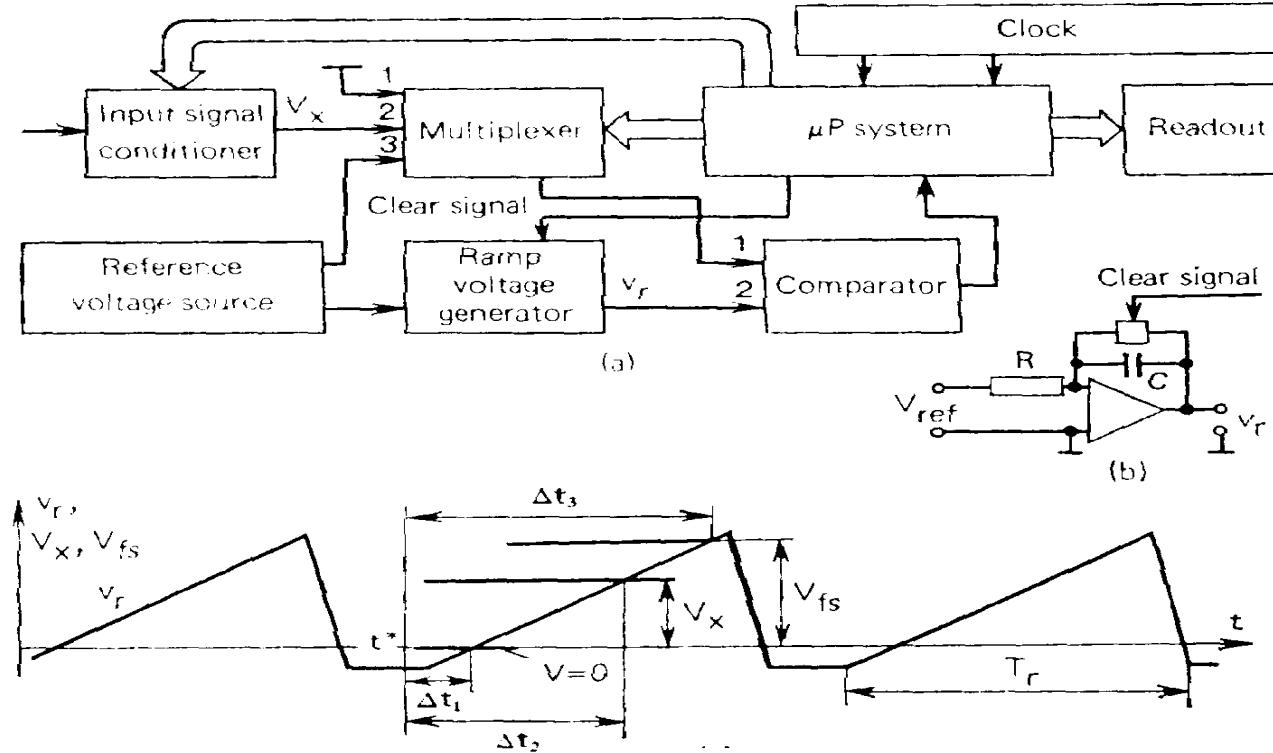


Fig. 5

## 5. Volmét bằng phương pháp điều chế độ rộng xung

- $E_x$  cộng với  $\pm E_c$  được đưa vào mạch tích phân
- Đầu ra tích phân  $E_o$  được đưa vào so sánh với zero
- Đầu ra bộ so sánh đưa ra điều khiển việc đóng cắt  $\pm E_s$
- Phương trình quan hệ
- $E_x \cdot T = E_s \cdot (T_2 - T_1)$
- Như vậy  $E_x$  được số hóa theo  $(T_2 - T_1)$

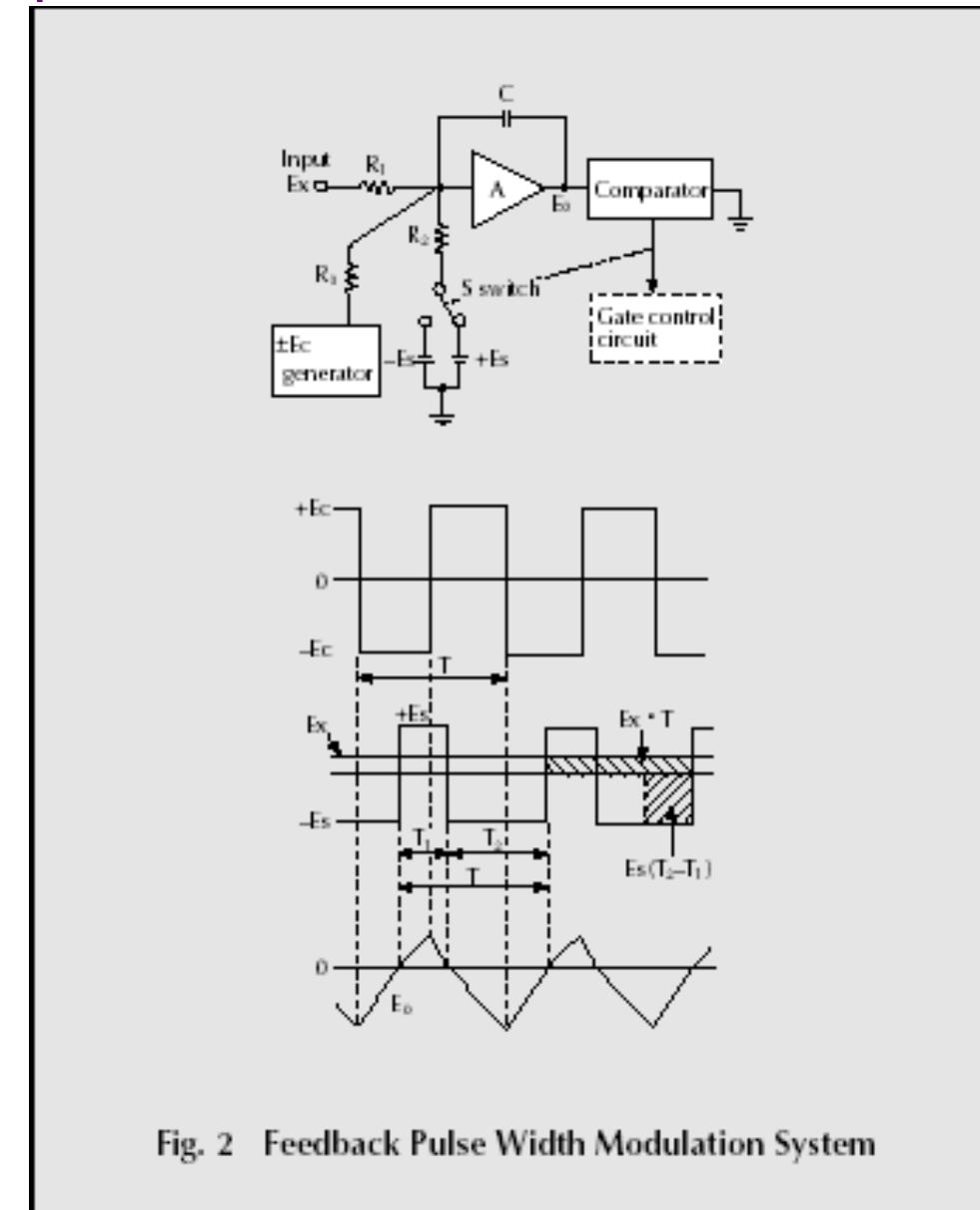


Fig. 2 Feedback Pulse Width Modulation System



## 2.2. Đo dòng trực tiếp

- Sai số của phương pháp

$$\gamma_{ff} = \frac{R_A}{R_t}$$

- Như vậy  $R_A$  phải đủ nhỏ

$$R_A/R_T < \gamma_{yc}$$

$$R_A < R_T \cdot \gamma_{yc}$$



## 2.3. Đo dòng và áp bằng phương pháp so sánh

- Điện thế kế một chiều [1-55]
- Volmét vi sai [1-63]
- So sánh sức điện động [1-65]
- So sánh sức từ động (through qua cảm biến Hall) [1-65]
- Đo xoay chiều bằng phương pháp so sánh
  - So sánh momen [1-68]



# Điện thế kế một chiều

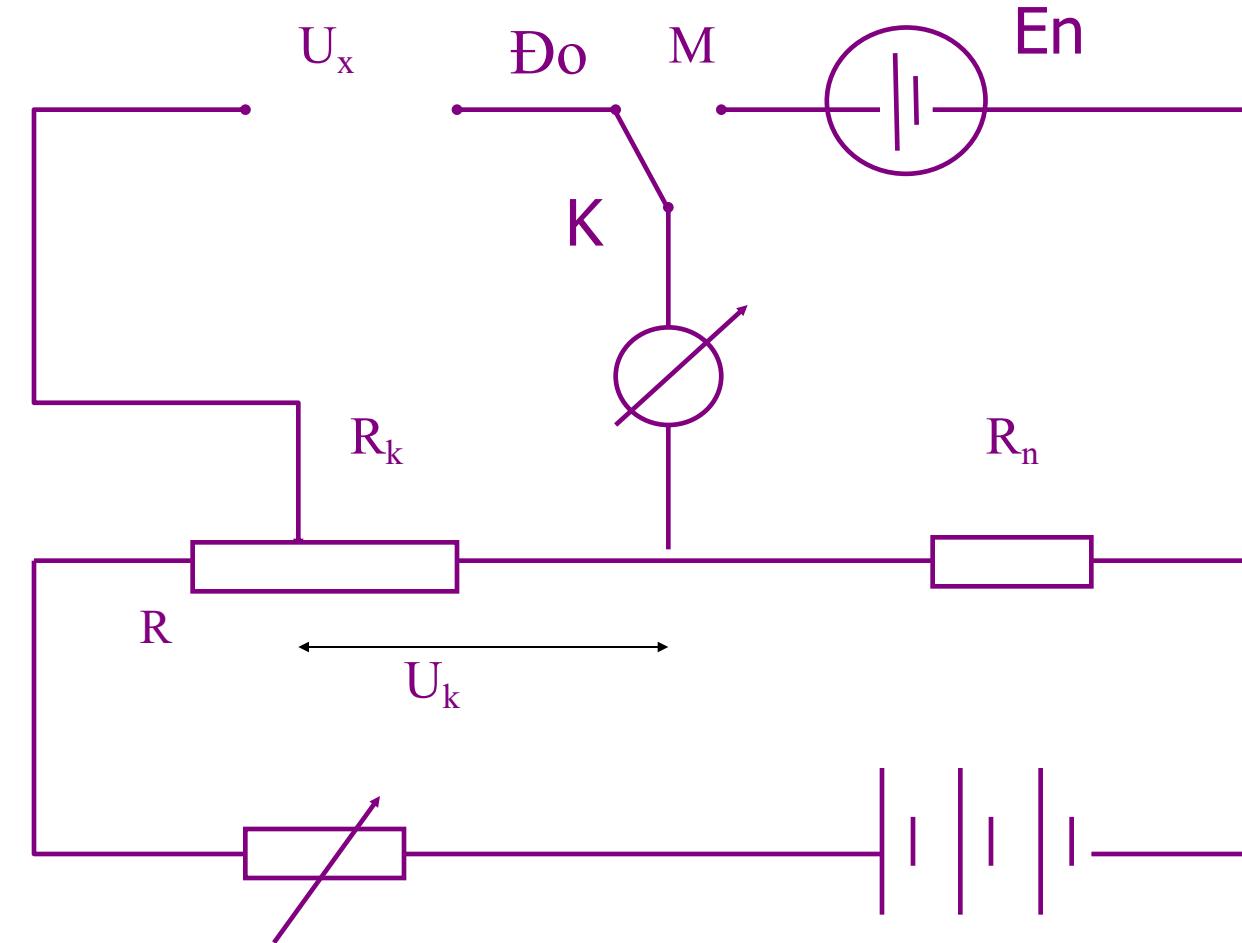
$$U_K = R_K \cdot I \pm \varepsilon$$

Trong đó:

$R_K$  - điện trở so sánh, có thể phân thành các đề các

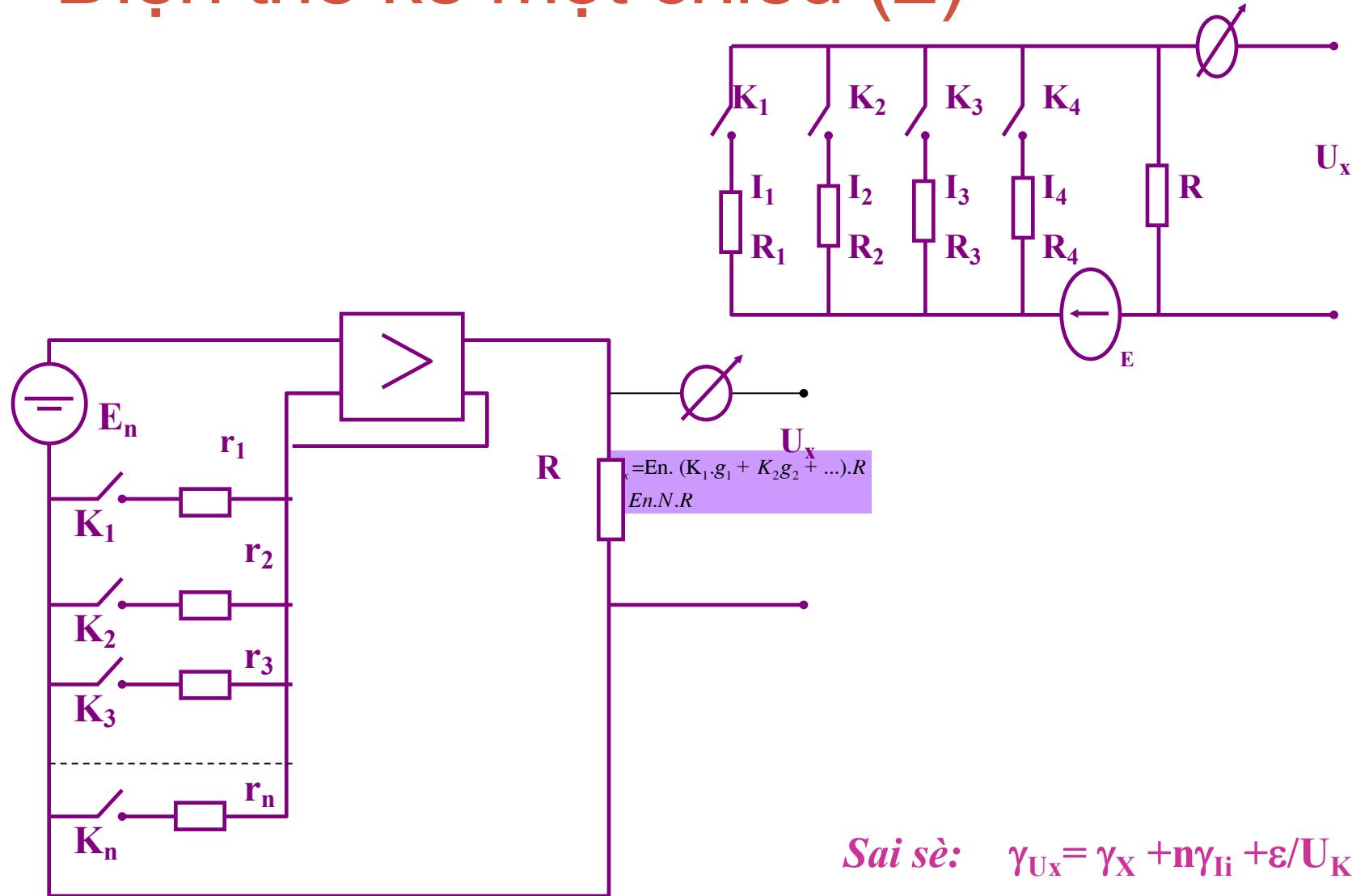
$\varepsilon$ -ngưỡng của điện thế kế

$$U_X = U_k = (E_n / R_n) \cdot R_k \pm \varepsilon$$



Sai số :  $\gamma_{ax} = \gamma_{En} + \gamma_{Rn} + \gamma_{Rk} + 2\varepsilon/U_{kn}$

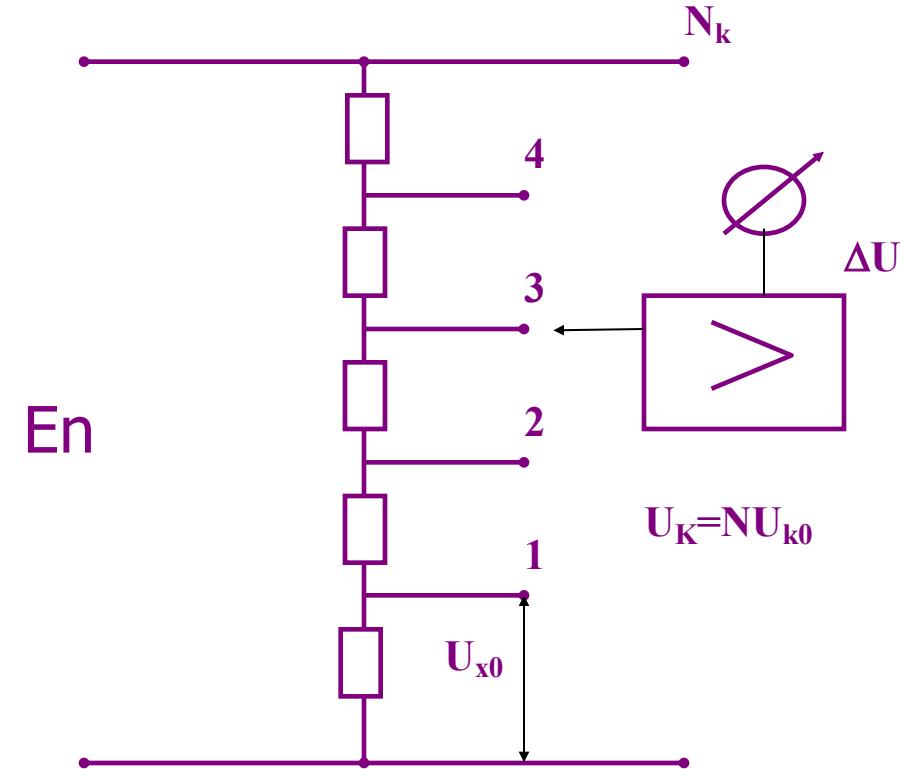
# Điện thế kế một chiều (2)



# Volmét vi sai

$$U_x = U_k + \Delta U$$

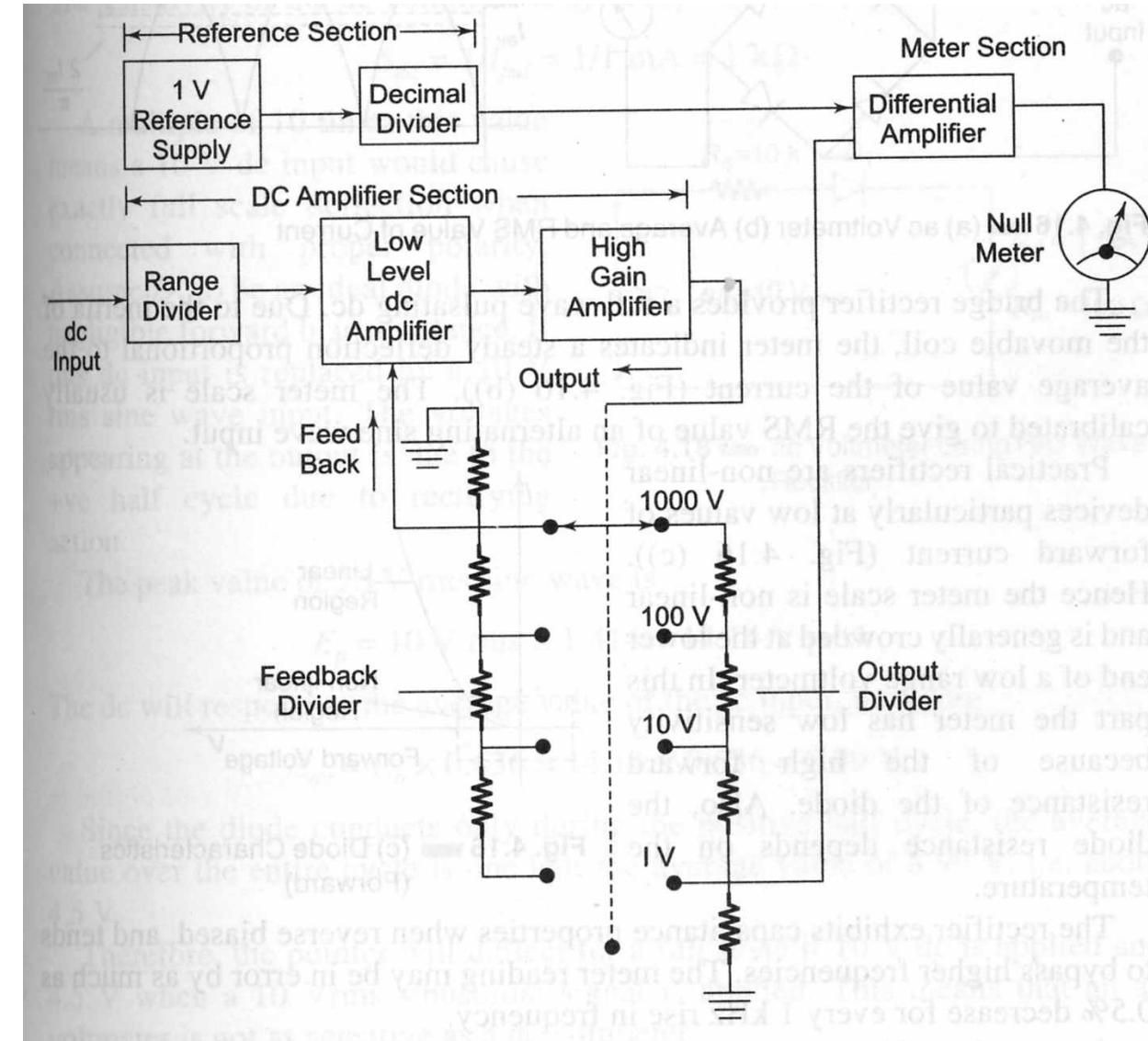
$U_k$  được chia ra thành một số phân cấp bù và mỗi cấp bù bằng  $U_{k0}$



$$\begin{aligned} \text{Sai số: } \gamma_{U_x} &= \gamma_{U_x} + \gamma_{\Delta} (U_{k0}/U_{kn}) \\ &= \gamma_{U_k} + \gamma_{\Delta}(1/N_k) \end{aligned}$$

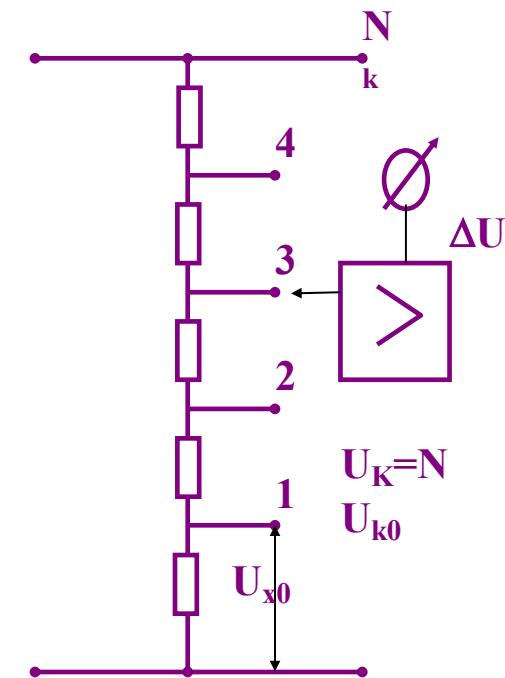


# Voltmét vi sai



# Bài tập

- Muốn chế tạo một volmet vi sai 2V dùng với ICL 7107 thông số 0–200mV;
- $N_n = 2000$ .
  - Tính sai số nhỏ nhất mà volmet vi sai này có thể đạt được.
  - Tính số cấp bù của volmet vi sai.
  - Tính sai số của điện trở bù và nguồn cung cấp cho mạch bù.
  - Ta muốn volmet vi sai đạt độ chính xác là 0,001%, thành lập sơ đồ và tính hệ số khuếch đại dùng với ICL 7107 và tính số cấp bù.





# Bài giải

- a. Sai số nhỏ nhất mà vonmet có thể đạt được  
( nguồn mẫu và lượng tử)

Như vậy sai số nhỏ nhất

- b. Tính cấp bù của Vonmet vi sai

$$\gamma = \gamma_{ltu} + \gamma_{Uref}$$

$$\gamma_{min} < \gamma_{ltu} = \frac{1}{N_n} = \frac{1}{2000} = 0,05\%$$

$$D_x = (n+1) \cdot D_\Delta \rightarrow n = \frac{D_x}{D_\Delta} - 1 = \frac{2V}{200mV} - 1 = 9$$

- c. Sai số của điện trở bù

$$\gamma_X = \gamma_M + \gamma_\Delta \cdot \frac{D_x}{D_M} < 0,05\% \rightarrow \gamma_M < 0,05\% - \frac{1}{2000} \frac{1}{9} = 0,04\%$$

- d. Muốn vonmet có sai số 0,001%

Số bậc vi sai  $n > 50 \rightarrow$  chọn  $n=50$

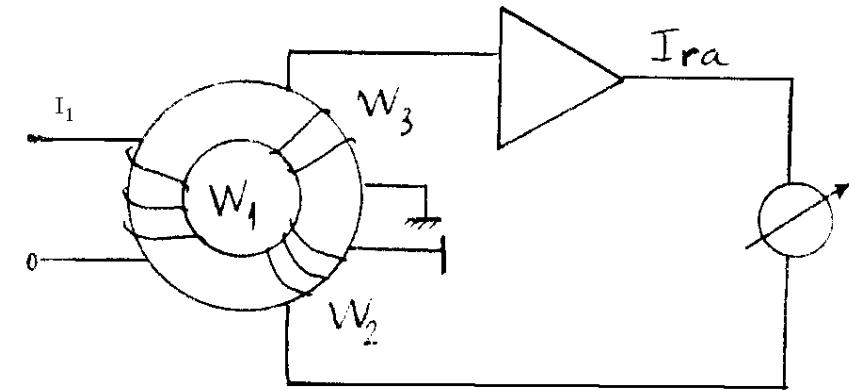
Mỗi bậc sẽ có giá trị  $2V/50 = 0,04V$

Hệ số khuếch đại  
 $= 200mV/40mV = 5$  lần

# So sánh sức điện động

$$E_3 = 4.44fW_3S\mu(I_1W_1 - I_2W_2)$$

$$\Delta F = I_1W_1 - I_2W_2 \rightarrow 0$$



$$I_1 = W_2/W_1 I_2$$

Sai sè:

$$\gamma_{I1} = \gamma_{I2} + \varepsilon_F / I_1 W_1$$

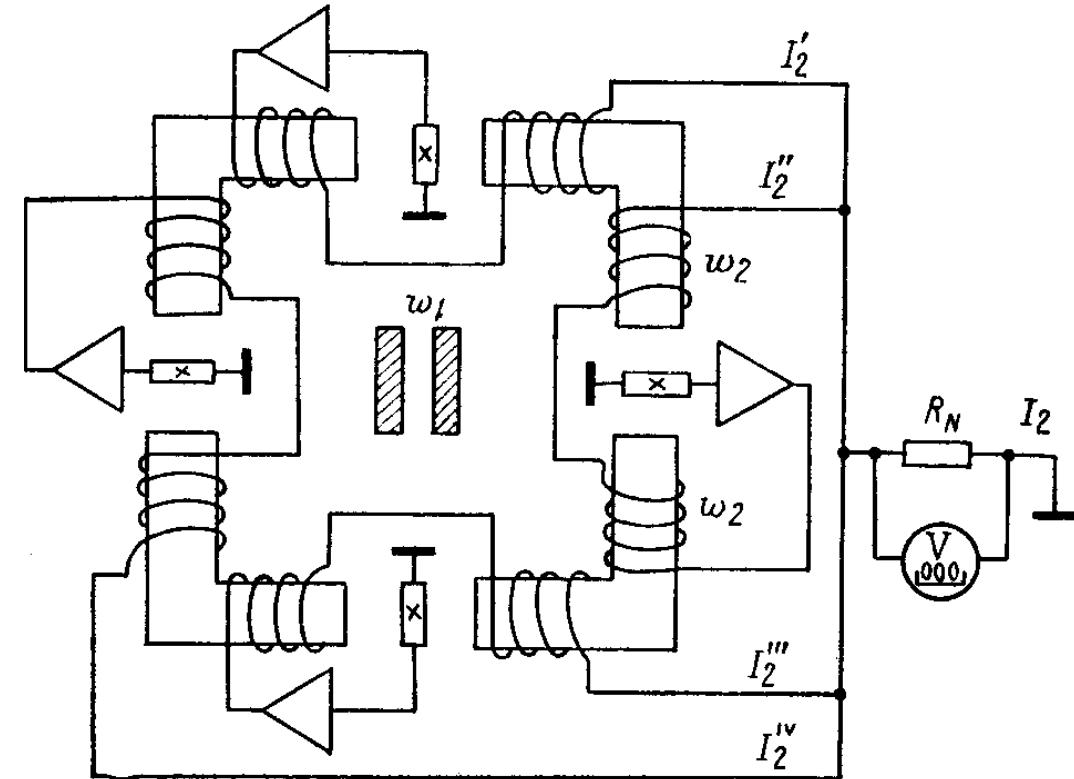
# So sánh sức từ động

## Cảm biến Hall

$$E_H = B \cdot I_H \cdot \sin y$$

$$e_H = \frac{k\mu I_1 W_1 I_H}{l_m}$$

$\mu$ - Độ từ thẩm của mạch từ  
 $I_1$ - Dòng điện đo  
 $W_1$ - Số vòng dây sơ cấp  
 $l_m$  chiều dài của mạch từ  
 $I_H$  dòng điện chạy trong cảm biến Hall



**Sai số:**

$$\gamma_{I1} = \gamma_{I2} + \Delta F / I_1 W_1$$

$$\Delta F = (e_H l_m) / (k \mu I_H K)$$

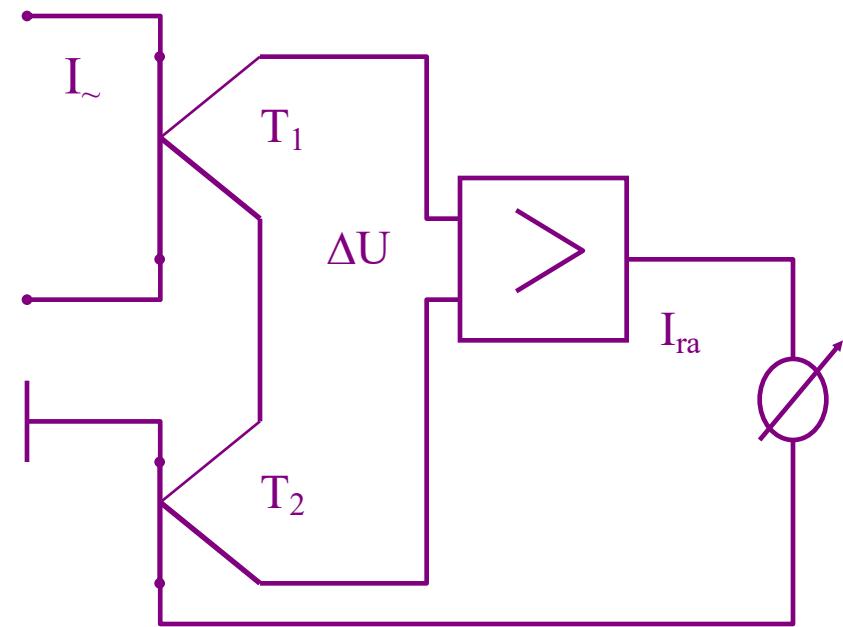
Trong đó :  $k$ - Dé nhạy của cảm biến Hall  
 $K$ - Hệ số khuếch đại của khuếch thuât toán

## Phương pháp so sánh dùng biến đổi nhiệt ngẫu

$$E_{1T} = K_{1T}\theta = K_1 I_{\sim}^2$$

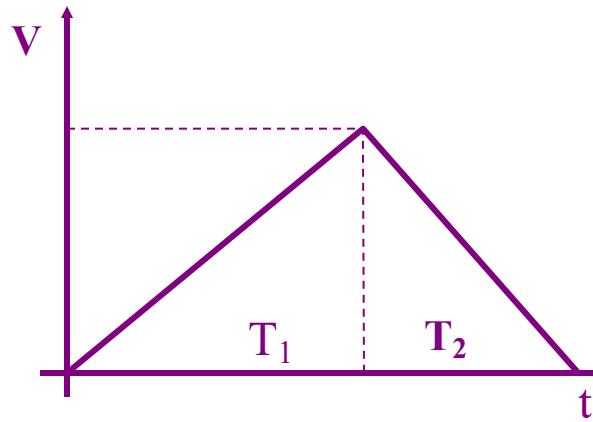
$$E_{2T} = K_{2T}\theta' = K_2 I_{\sim}^2$$

$I_{\sim}$  được chỉnh để cho  $E_{1T}=E_{2T}$  và như  
vậy  $I_{\sim} = \sqrt{K_2 / K_1} I_{\sim}$





## Phương pháp so sánh dùng biến đổi tích phân



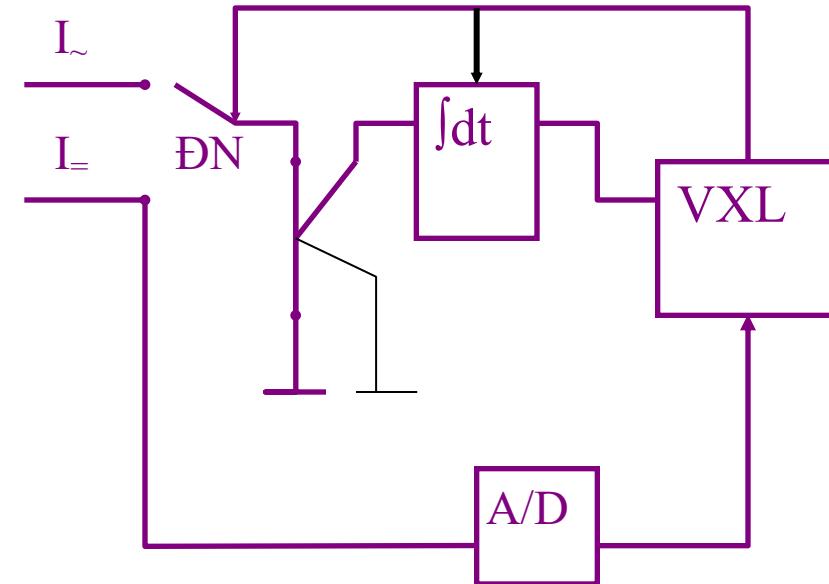
$$KE_1 T_1 = KE_2 T_2$$

$$E_1 T_1 = E_2 T_2$$

$$E_1/E_2 = T_2/T_1$$

Thay vào ta có

$$I_s = \sqrt{(E_1/E_2) I_m} = \sqrt{(T_1/T_2) I_m}$$





# Do dòng điện và điện áp rất lớn

- Dùng biến dòng hoặc biến áp
- Sun măr̄c song song [1–39]
- Phương pháp đo thông qua từ trường của dòng điện
  - Phương pháp cảm ứng
  - Phương pháp cảm ứng Hall
  - Cộng hưởng từ hạt nhân
- Phương pháp thông qua hiệu ứng nhiệt.



# Sử dụng biến dòng hoặc biến áp

Biến dòng làm việc dựa trên nguyên tắc của các biến áp làm việc ở chế độ ngắn mạch. Trong trường hợp ấy tỷ lệ giữa 2 dòng điện sơ cấp và thứ cấp

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{W_2}{W_1} = K_I; I_1 = K_I \cdot I_2$$

Biến điện áp là một biến áp thông thường công suất nhỏ, sơ cấp nối với điện áp cần đo, thứ cấp nối với cơ cấu đo. Do dụng cụ đo ở thứ cấp có điện trở đầu vào lớn biến áp coi như không tải và ta có

$K_U$  Hệ số biến áp

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} = K_U$$

$$U_1 = K_U U_2$$



Bài tập ví dụ1: Tính số vòng dây trong cơ cấu cơ cấu điện từ cuộn dây tròn, để dòng điện chạy trong Voltmet là 5mA ?

Số vòng sẽ là :

$$W = 200A \cdot \text{vòng} / 5 \cdot 10^{-3} A = 40.000 \text{ vòng.}$$

Điện trở phụ của Voltmet được tính

$$R_p = \frac{U_{dm}}{I_{dm}} - R_{cc}$$

*Trong đó:*

- $U_{dm}$  - Điện áp định mức của Voltmet cần tạo ra.
- $I_{dm}$  – Dòng định mức mà ta muốn chạy trong cơ cấu
- $R_{cc}$  - Điện trở của cơ cấu



# Sun mắc song song

Điều kiện

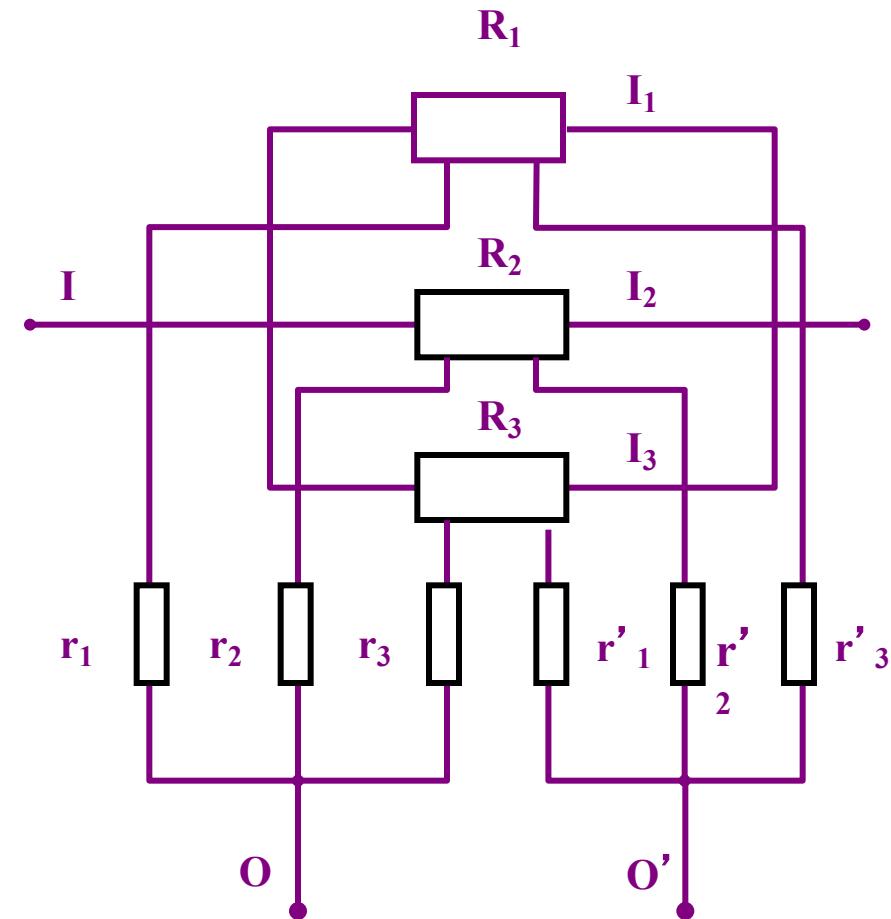
$$r_1/R_1 = r_2/R_2 = \dots = C$$

$$r'_1/R_1 = r'_2/R_2 = \dots = C'$$

$$I = U \sum_{j=1}^n 1/R_j$$

Ưu điểm:

Có thể đo ở điện một chiều,  
xoay chiều và các dòng xung  
khi tần số của dòng đo lên  
trên 10MHz





# Phương pháp cảm ứng

Dưới tác dụng của từ trường  $H$  sức điện động cảm ứng ở cuộn dây đo:

$$E_x = 4,44fW_d\mu H_x S$$

Thay giá trị của  $H_x$  vào:

$$E_x = \frac{4.44.f.W_d\mu SI_x}{2\pi d}$$

Trong đó:

f - tần số của dòng điện cần đo

$W_d$  – Số vòng của cuộn dây đo

$\mu$  - Từ thẩm của cuộn dây

điện.

d – khoảng cách từ cuộn đo đến dây dẫn

Phương pháp này không chính xác vì chịu nhiều ảnh hưởng đặc biệt khoảng cách d

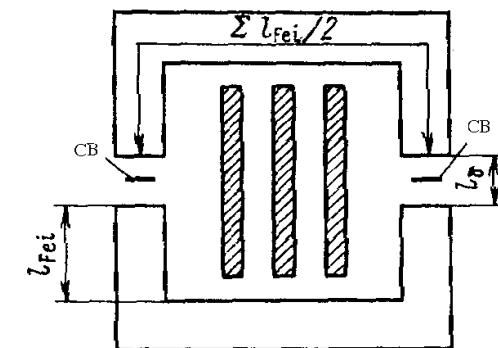
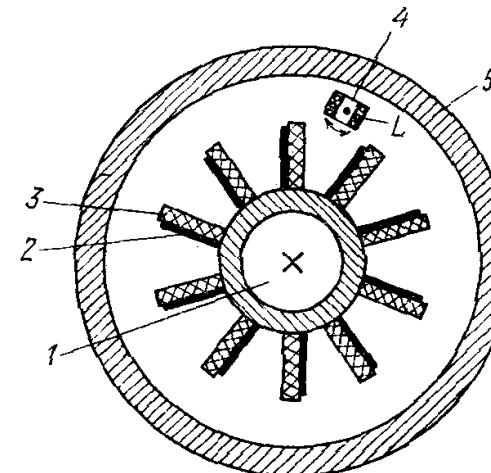


# Phương pháp cảm ứng Hall

Cảm biến Hall là một mảng 4 cửa được chế tạo bằng một tấm mỏng bán dẫn. Thể điện động Hall được tính như sau

$$E_H = K_H B I_H \sin(B, I_H)$$

$$E_H = \frac{K \mu_0 I_x}{2\pi d} I_H \sin(B, I_H)$$



1-Hình trụ xung quanh đường dây; 2-cảm biến Hall; 3- tấm sắt từ; 4-cuộn dây cảm ứng; 5- vỏ bên ngoài

Sức điện động ra là tổng của các sức điện động của từng cảm biến Hall:

$$E_{ra} = \sum E_{Hi}$$



# Cảm biến Hall

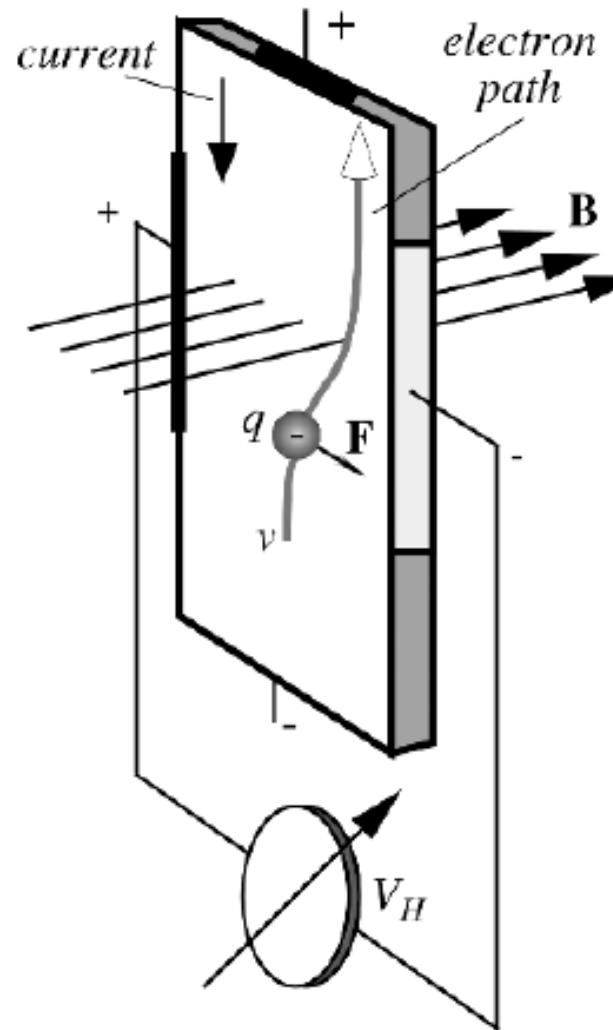


Table 3.2. Typical Characteristics of a Linear Hall Effect Sensor.

|                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Control current                       | 3 mA                  |
| Control resistance, $R_i$             | 2.2 k $\Omega$        |
| Control resistance versus temperature | +0.8%/°C              |
| Differential output resistance, $R_0$ | 4.4 k $\Omega$        |
| Output offset voltage                 | 5.0 mV (at $B = 0$ G) |
| Sensitivity                           | 60 $\mu$ V/G          |
| Sensitivity versus temperature        | +0.1%/°C              |
| Overall sensitivity                   | 20 V/ $\Omega$ kG     |
| Maximum magnetic flux density, $B$    | Unlimited             |

Source: Ref. [27].

## Phương pháp cộng hưởng từ hạt nhân

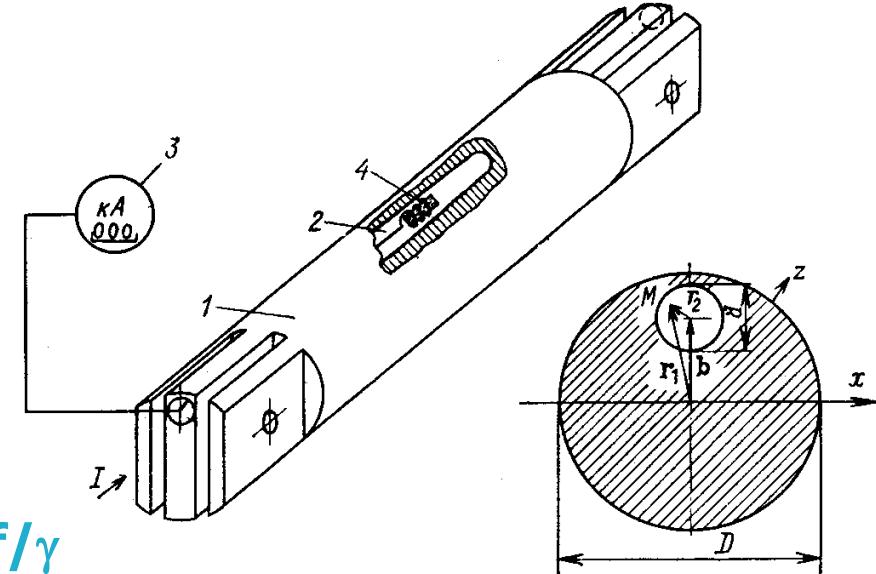
Ta có từ cảm tương ứng  
ở trong lõi không khí là  
đều

$$B = \frac{2\mu_0 b}{\pi(D^2 - d^2)} I$$

công hưởng từ hạt nhân ta có  $B=2\pi f/\gamma$   
 $f$  – tần số tuế sai của spin  
 $\gamma$  - Hệ số hồi chuyển từ của hạt nhân sử dụng

$$\gamma_{Fer} = 2.675 / 3.10^{-8} s^{c-1} \text{ Tesla}^{-1}$$

$$I = \frac{\pi^2 (D^2 - d^2) f}{\mu_0 b \gamma} = K f$$



# Kìm điện





# Kìm điện (2)



CL-612

48(W) × 146(H) × 20(D) mm

100g

a compact size  
ideal in small areas





## 2.5. Đo dòng điện và điện áp rất nhỏ

- Khuếch đại [1–47]
- Chú ý một số điểm:
  - Sai số của bộ khuếch đại
  - Chống nhiễu đồng pha
  - Khuếch đại vi sai



# Chọn thang đo tự động

- Phương pháp thông thường sử dụng cho việc chọn thang đo tự động
- Phương pháp xây dựng việc chọn thang đo tự động theo sai số yêu cầu



# BỒ SUNG MỘT SỐ KIẾN THỨC

---

Khuếch đại

Chống nhiễu trong mạch điện tử



## 2.6. Phương pháp và thiết bị đo điện tích và điện lượng

- Theo định nghĩa

$$q = \int_0^T i dt$$

T- thời điểm xét

- Phương pháp xung kích
- Từ thông kế
  - Sử dụng tích phân
  - Mạch tích phân để đo điện lượng
  - điện lượng kế để đo dòng rất nhỏ

# Tùy thông kế sử dụng tích phân

- Để kéo dài thời gian điện áp ra của mạch tích phân sử dụng biện pháp lặp lại phép tích phân bằng cách sử dụng một đếm so sánh đầu ra của mạch tích phần với một điện áp hằng  $U_0$  để đưa điện áp đảo ra khâu tích phần về zero.
- Thời gian được tính theo công thức

$$t_x = \frac{U_0}{KU_V}$$

- Mặt khác ta có  
 $I_x t_x = CU_0$
- Điện tích điện lượng được tính thông qua số lần điện tích  $q_x$  lớn hơn điện lượng đơn vị  $q_0$**

## ■ Điện áp ra của bộ tích phân

$$U_{tf} = K \int U_V dt$$

