



Chương 3. Phương pháp đo thông số mạch điện





Nội dung

- ▶ Thiết bị đo điện trở bằng phương pháp U,I
- ▶ Phương pháp đo điện trở bằng so sánh với mẫu
- ▶ Phương pháp đo điện trở rất lớn và rất nhỏ
- ▶ Phương pháp cầu xoay chiều đo R,L,C và hệ số phẩm chất.

3.1. Đo điện trở bằng phương pháp U,I- cơ cấu từ điện-Sử dụng nguồn áp

► 1. Ohm nối tiếp

$$R_{\Omega} = R_{CT} + R_P = \frac{U_0}{I_{CT}}$$

$$I_{CT} = \frac{U_0}{R_{\Omega}} = \frac{U_0}{R_{CT} + R_P}$$

Khi $R_X = 0 \rightarrow I_{CT} = \text{max}$

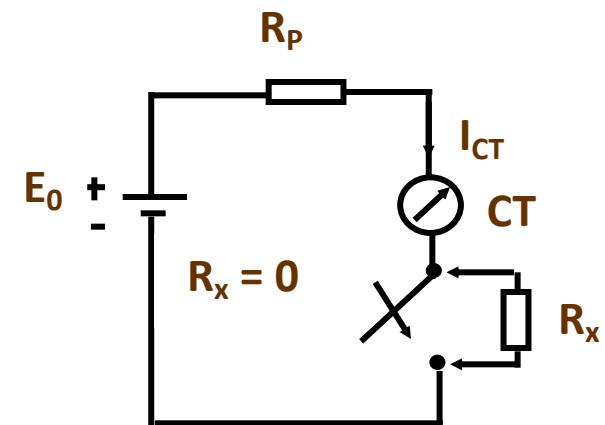
$$I_{CTX} = \frac{U_0}{R_P + R_{CT} + R_X} \quad (1)$$

Xét thang đo theo biểu thức (1), thang đo khắc độ theo điện áp.

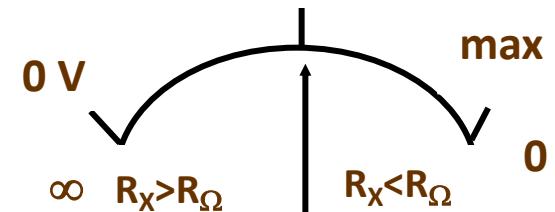
$$R_X = 0 \leftrightarrow U_V = U_{\max} \times I_{CT} = I_{\max}$$

$$R_X = \infty \leftrightarrow U_V = 0 \times I_{CT} = 0.$$

Tác dụng của
R_P ???

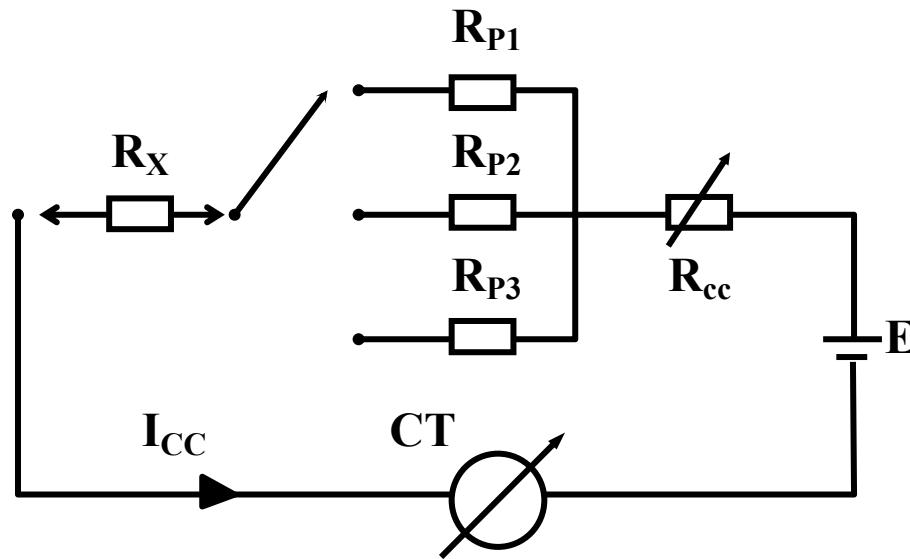


- $R_p = (U_0 / I_{CT}) - R_{CT}$ bảo vệ cơ cấu khỏi dòng điện cực đại



Thang chia độ ngược

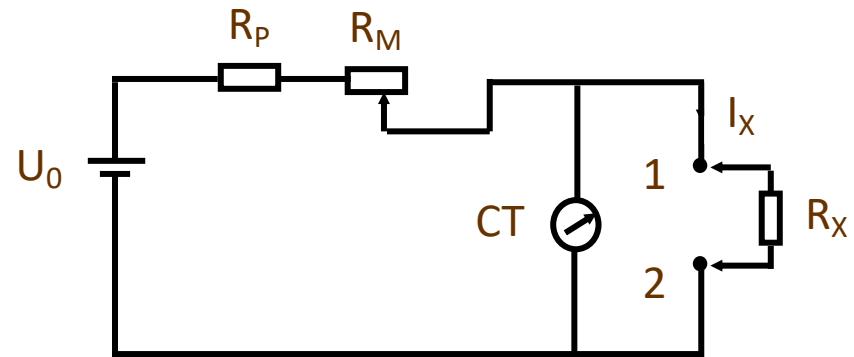
Mở rộng thang đo của ommét



2. Ommét song song

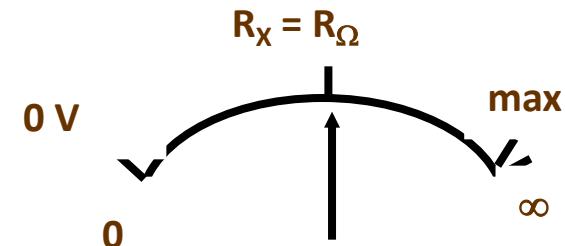
$$R_{\Omega} = (R_P + R) // R_{CT}$$

$$\rightarrow R_{\Omega} = \frac{(R_P + R) \times R_{CT}}{R_P + R + R_{CT}}$$



- Khi $R_X = \infty$ (hở mạch 1, 2) toàn bộ dòng nguồn cung cấp qua cơ cấu chỉ thị \rightarrow chỉ thị là volmet đo điện áp nguồn $\rightarrow I_{CT} = \text{max.}$
- Khi $R_X = 0$ (ngắn mạch 1, 2) dòng chỉ thị qua 1, 2 không chạy qua cơ cấu chỉ thị $\rightarrow I_{CT} = 0.$

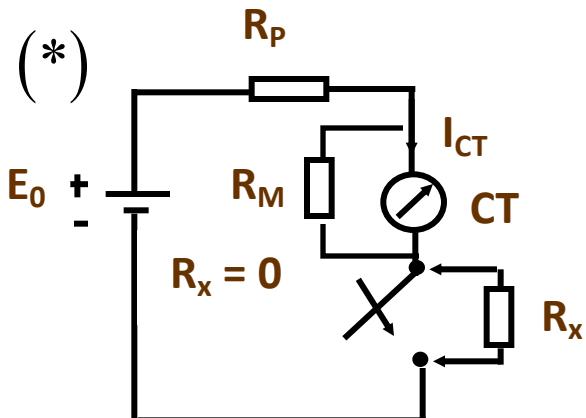
Thang chia độ của volmet và ôm mét song song trùng nhau



Bài tập

- Xác định khoảng đo điện trở của Ommeter nối tiếp có các chỉ số kỹ thuật sau:
- Điện áp cung cấp $U_0 = 3V$; điện trở phụ nối tiếp $R_p = 30k\Omega$; điện trở điều chỉnh “0” $R_M = 50\Omega$ nối song song với các cơ cấu chỉ thị : $I_{ctmax} = 50\mu A$, ngõng nhạy $\varepsilon = 1\mu A$
- Viết công thức tính toán điện trở đo theo giá trị của I_{ct} .

$$I_{CTX} = \frac{U_0}{R_p + (R_M // R_{CT}) + R_X} \frac{R_M}{R_M + R_{CT}} \quad (*)$$





Mạch thử diod và Transistor

- ▶ Nguyên tắc là kiểm tra hệ số khuếch đại cũng như điện trở của linh kiện
- ▶ Đối với diod thì kiểm tra các hệ số chỉnh lưu
- ▶ Thủ transistor:
 - Sơ đồ mắc dây \longleftrightarrow khuếch đại emitơ chung
 - R_b và R_C thay đổi theo loại transistor cần thử

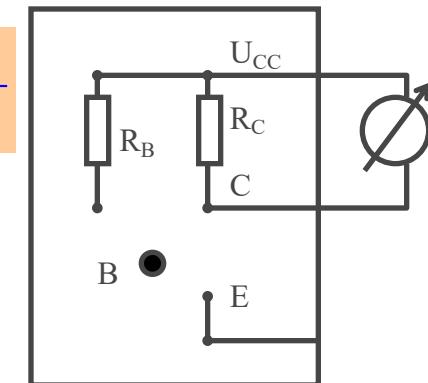
• kiểm tra dòng không tải: $I_{C0} = (0.05-0.01)I_{cdm}$

(R_E không nối vào cực B)

• Tính hệ số khuếch đại

• Kết luận  tự người dùng phải làm

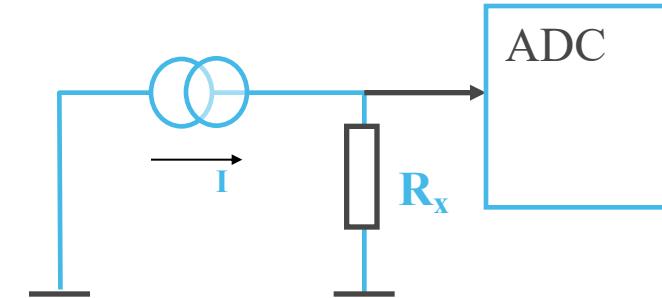
$$\beta = \frac{U_c}{R_c} : \frac{U_{cc}}{R_B} = \frac{U_{cc}}{U_{cc}} \times \frac{R_B}{R_c}$$



Đo điện trở - sử dụng phương pháp số

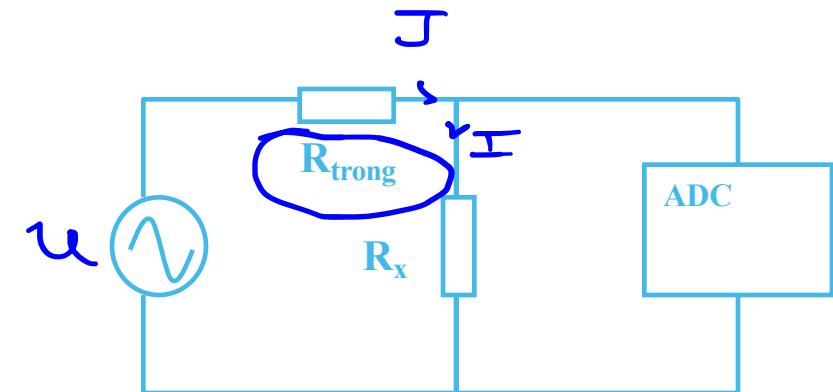
- ▶ Có 2 cách

- Sử dụng nguồn dòng

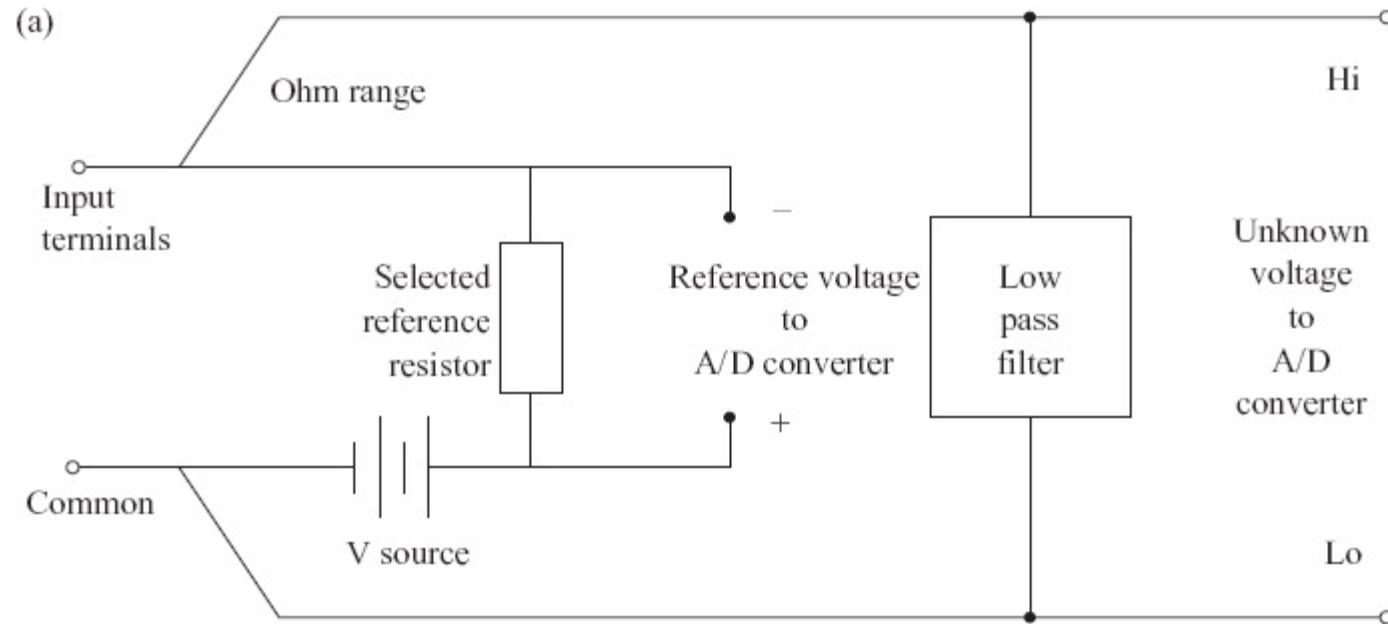


- Dùng nguồn áp

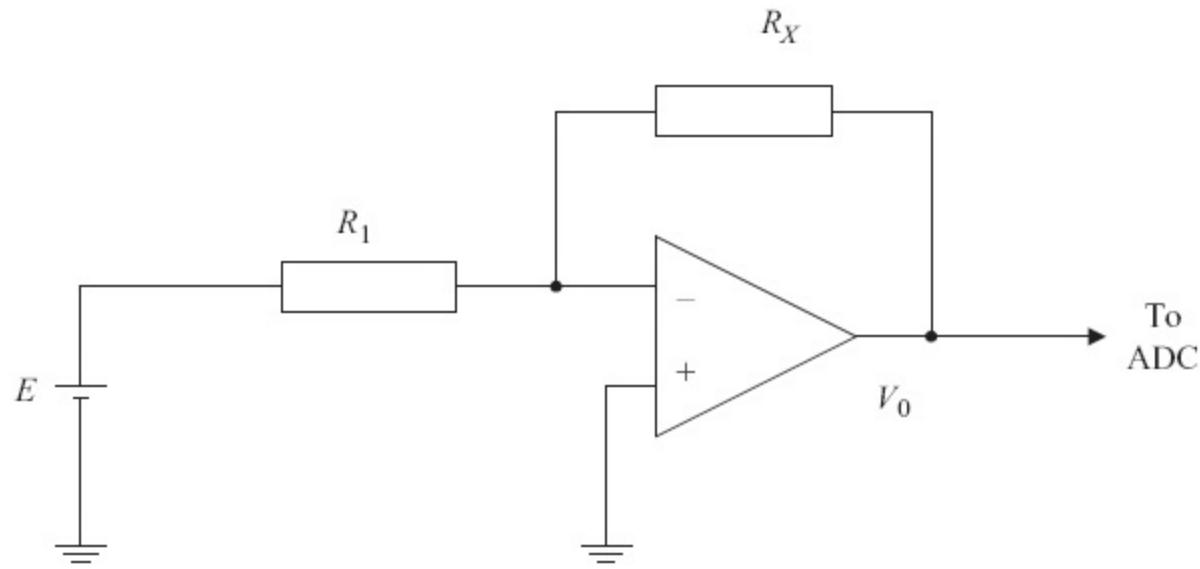
$k_{trong} \gg R_x$



Mạch đo điện trở

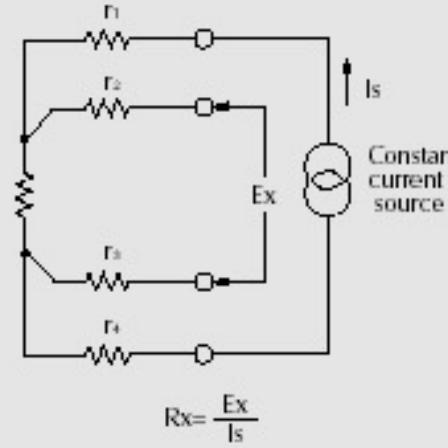


Mạch đo điện trở

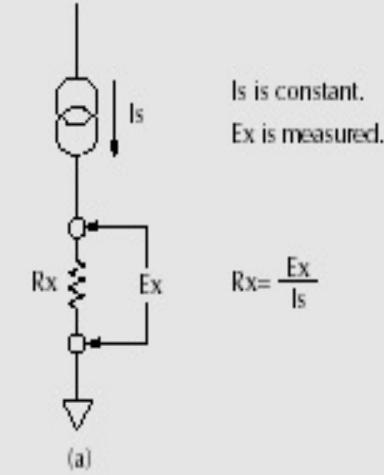




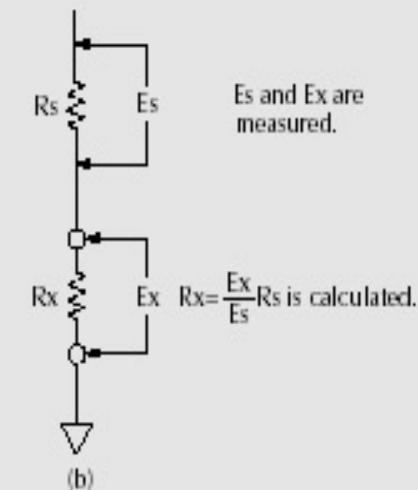
Mạch đo điện trở



r₁ to r₄ (resistances of lead wires)



I_s is constant.
E_x is measured.

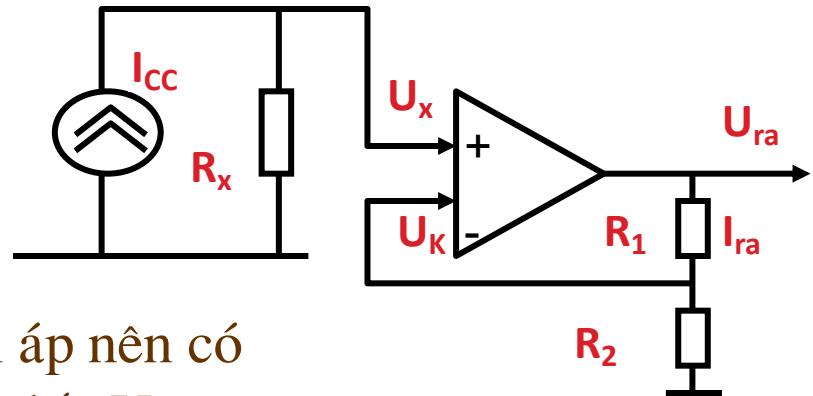


E_s and E_x are measured.

Đo điện trở – Mạch biến đổi trở áp (2)

Mạch thực hiện

$$U_x = I_{cc} R_x$$



Do mạch khuếch đại thuật toán phản hồi áp nên có điện trở vào rất lớn không làm ảnh hưởng đến U_x đầu vào

$$U_x - U_k = \Delta U_V$$

Hệ số khuếch đại của khuếch thuât toán rất lớn ($10^5 — 10^6$)

↪ $\Delta U_V = U_{ra}/K$ được coi là rất nhỏ $\rightarrow U_{ra}$ tỉ lệ với $U_x \rightarrow$ tỉ lệ với điện trở cần đo R_x

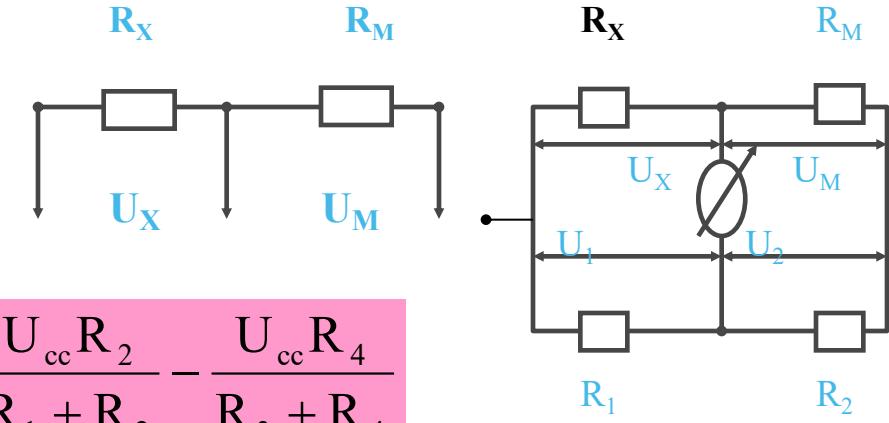


3.2. Đo điện trở bằng phương pháp so sánh

- Điện trở đo và điện trở mẫu nối tiếp

$$\frac{U_x}{U_M} = \frac{R_x}{R_M}$$

$$R_x = \frac{U_x}{U_M} R_M$$



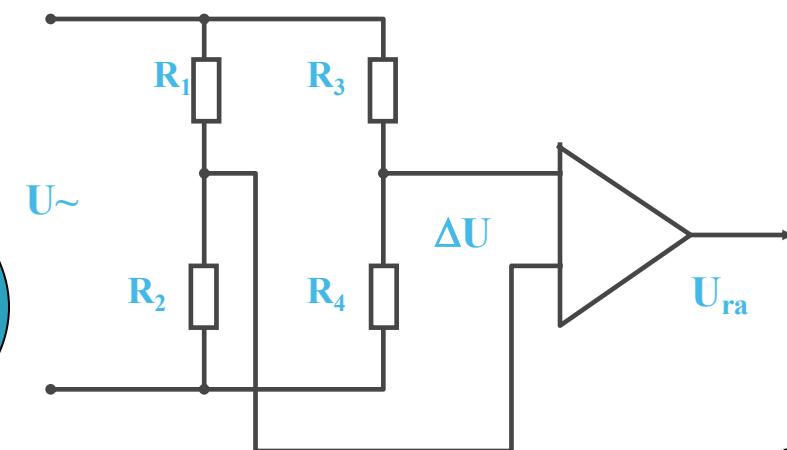
- Cầu cân bằng
- Cầu không cân bằng

$$\frac{R_1}{R_2} = n = \frac{R_3}{R_4}$$

$$\Delta U \approx \frac{U_{cc}}{(n+1)^2} \frac{\Delta R_x}{R_x}$$

$$\Delta U = S_U \frac{\Delta R_x}{R_x}$$

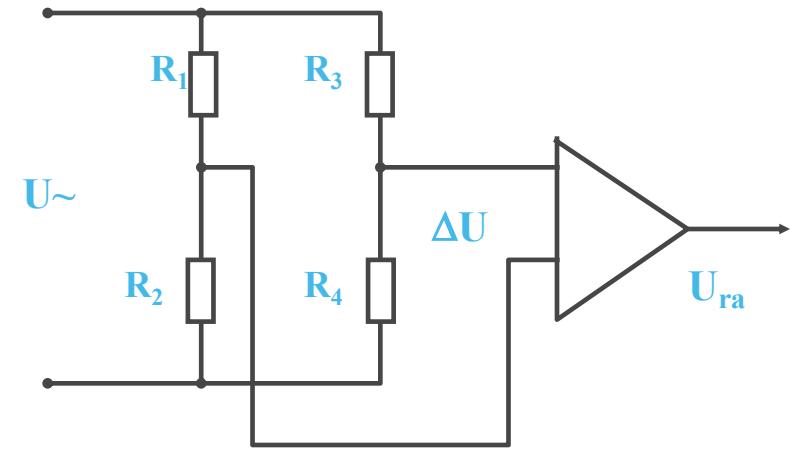
S_U -
độ nhạy cầu





3.2. Đo điện trở bằng phương pháp so sánh

Cầu không cân bằng



$$\frac{R_1}{R_2} = n = \frac{R_3}{R_4}$$

$$\Delta U \approx \frac{U_{cc}}{(n+1)^2} \frac{\Delta R_x}{R_x}$$

$$\Delta U = S_U \frac{\Delta R_x}{R_x}$$

**S_U -
độ nhạy cầu**



3.3. Phương pháp đo điện trở rất lớn và rất nhỏ

- ▶ Tiêu chuẩn đo điện trở cách điện
- ▶ Meghomét dùng Lôgomét từ điện
- ▶ Meghomét số
- ▶ Miliomet số



3.3.1. Tiêu chuẩn đo điện trở cách điện

- ▶ Điện áp đo điện trở cách điện $U_{th}=2\sqrt{2} U_{lv}$
 - U_{lv} là điện trở định mức làm việc của thiết bị
 - U_{th} là điện áp thử cách điện
 - VD: Điện áp làm việc 220V thì $U_{th} = 500V$
 - Do đó điện áp thử cách điện được chuẩn hoá 500V, 1000V, 1500V, 2500V
- ▶ Meghomet
 - tương tự: sử dụng logomet từ điện
 - Meghomet số: sử dụng mạch chia điện tử



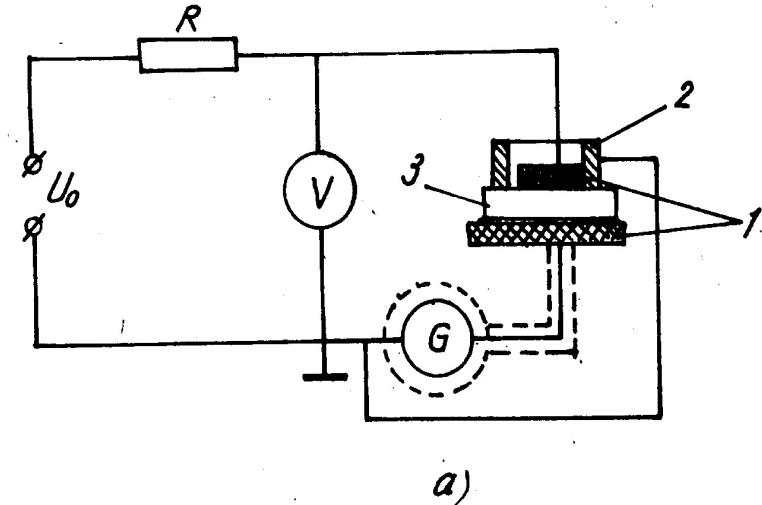
2. Đo [®]iÖn trë rÊt lín

- Cách điện khối là do dòng rò xuyên qua vật liệu, được đo theo sơ đồ a)
- Cách điện mặt là do dòng rò trên bề mặt vật liệu, được đo theo sơ đồ b)

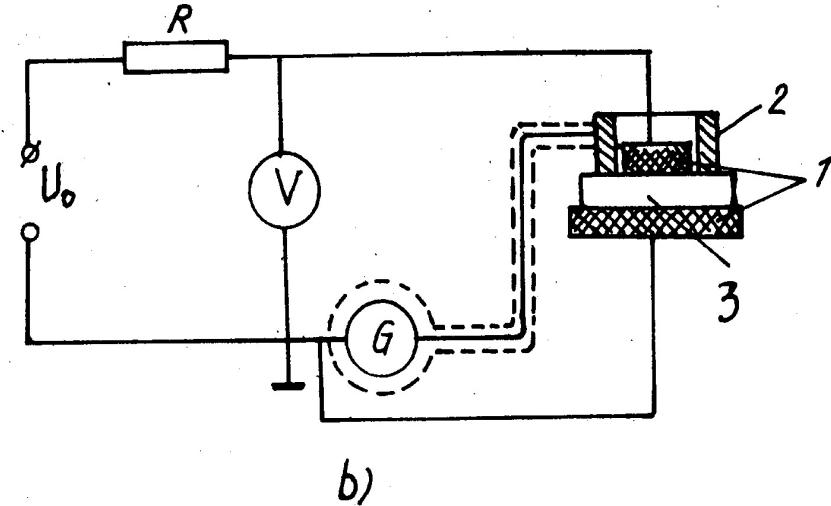
1- hai cực áp sát vật liệu cần đo

2- cực phụ; 3- vật liệu cần đo điện trở khối

Sử dụng màn chắn tĩnh điện, tất cả dòng rò ảnh hưởng đến kết quả đo đều được tập trung lại nối với vỏ nối đất của dụng cụ.



a)



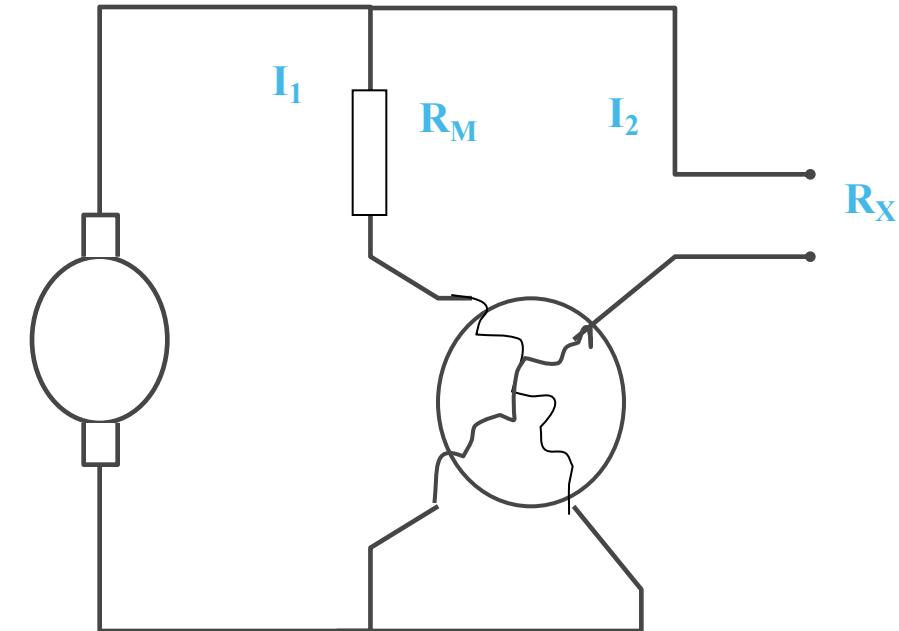
b)



3.3.2. Meghomét dùng Lôgomét từ điện

- Yêu cầu $R_{cd} > 0.5M\Omega$

$$\alpha = F\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = F\left(\frac{R_X}{R_M}\right)$$



Mạch chia làm từ cơ cấu logomet

Ví dụ: Logomet: từ điện

Nam châm tạo ra từ trường, khi có I_1 qua khung dây 1 thi từ trường của nam châm tác động lên khung dây 1 tạo nên lực làm khung dây quay.

ϕ_1, ϕ_2 : Từ thông của nam châm móc vòng qua khung dây 1 và 2 .

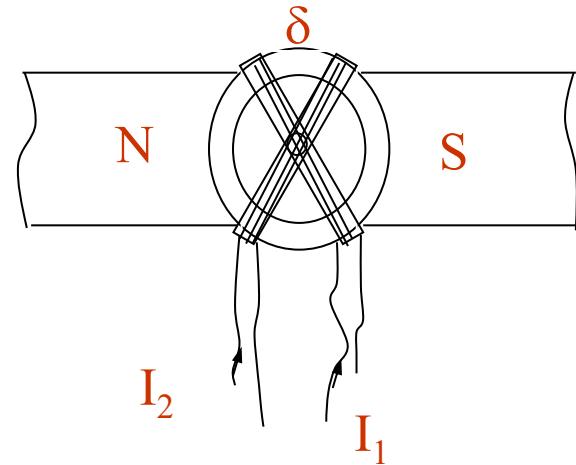
M_1 và M_2 ngược nhau. Các giá trị cực đại của M_1 và M_2 lệch nhau một góc δ

$$W_e = \phi_1 I_1$$

$$M_1 = I_1 \frac{d\phi_1}{d\alpha}$$

$$M_2 = I_2 \frac{d\phi_2}{d\alpha}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= M_2 \\ I_1 \frac{d\phi_1}{d\alpha} &= I_2 \frac{d\phi_2}{d\alpha} \rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{d\phi_1}{d\alpha}}{\frac{d\phi_2}{d\alpha}} = f(\alpha) \\ \alpha &= F\left(\frac{I_1}{I_2}\right) \end{aligned}$$



3.3.3. Meghomét số

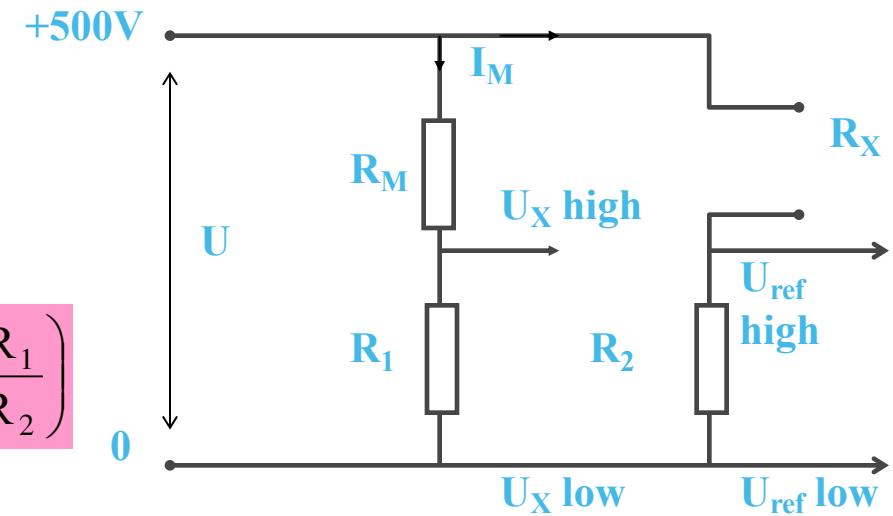
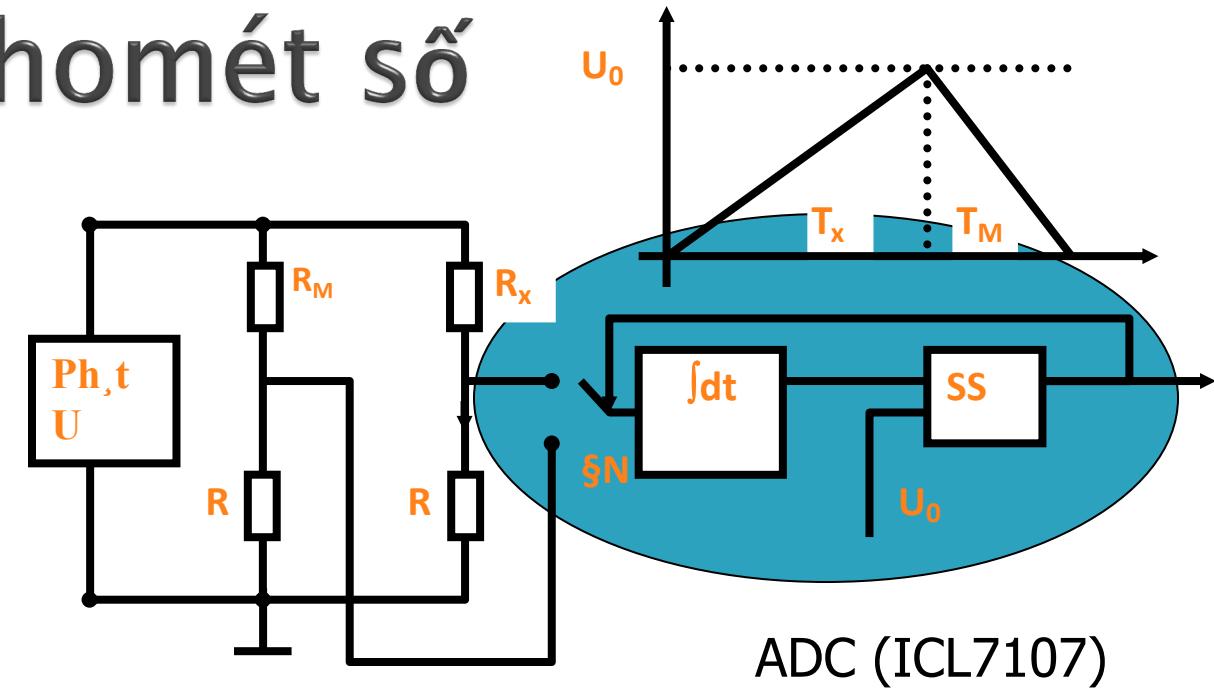
- Mạch logomet điện tử được tạo ra bằng cách so sánh khoảng thời gian t_x và t_M thông qua bộ tích phân hai sườn xung

$$t_x/t_M = U_M/U_x = R_x/R_M$$

- Dùng ICL 7107 làm chế độ logomet

$$U_{ref} = \frac{U}{R_X} R_2; \quad U_X = \frac{U}{R_M} R_1$$

$$N_X = 1000 \left(\frac{U}{R_M} R_1 / \frac{U}{R_X} R_2 \right); \rightarrow N_X = 1000 \left(\frac{R_X}{R_M} \cdot \frac{R_1}{R_2} \right)$$



3.3.3. Meghomét số

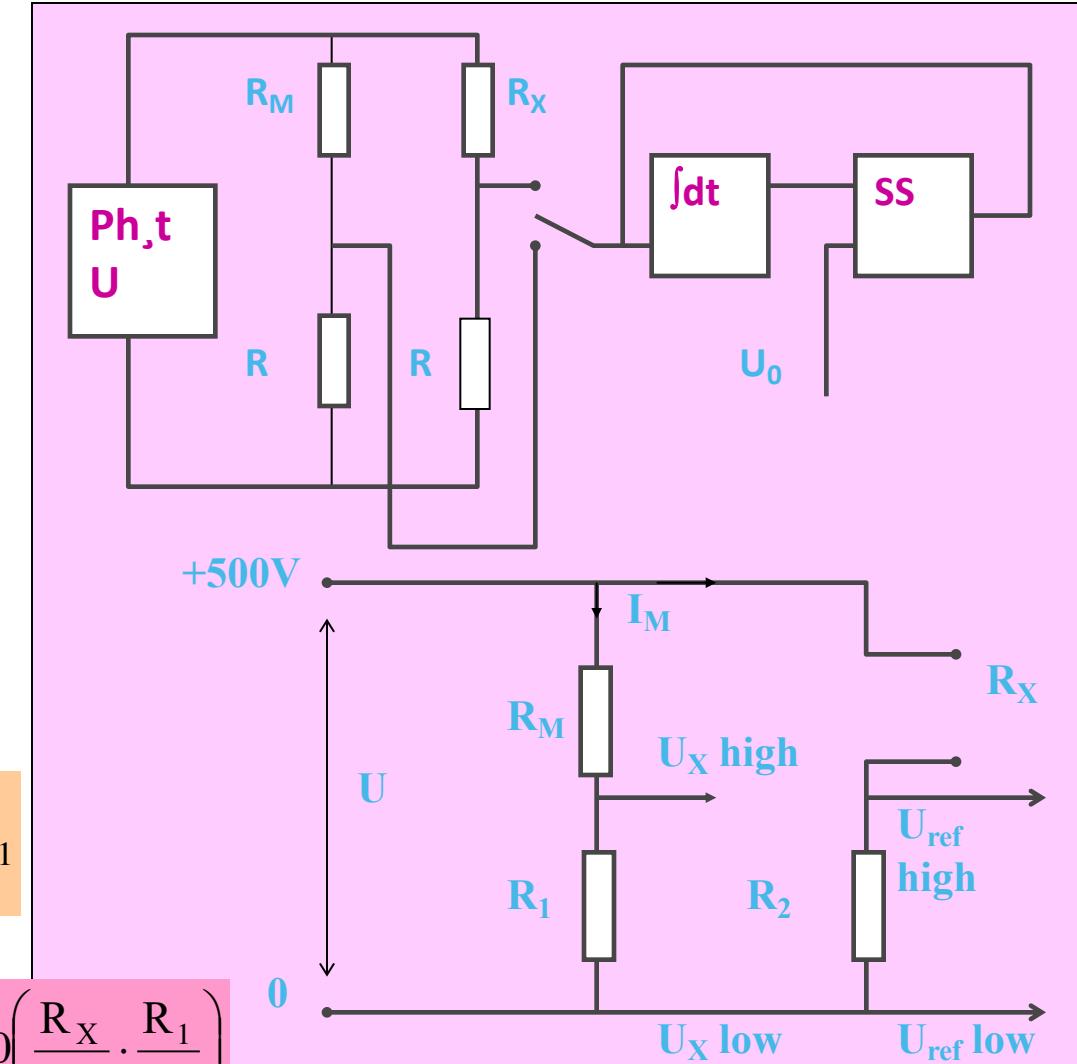
- Mạch logomet điện tử được tạo ra bằng cách so sánh khoảng thời gian t_x và t_M thông qua bộ tích phân hai sườn xung

$$t_x/t_M = U_M/U_x = R_x/R_M$$

- Dùng ICL 7107 làm chế độ logomet

$$U_{ref} = \frac{U}{R_X} R_2; \quad U_X = \frac{U}{R_M} R_1$$

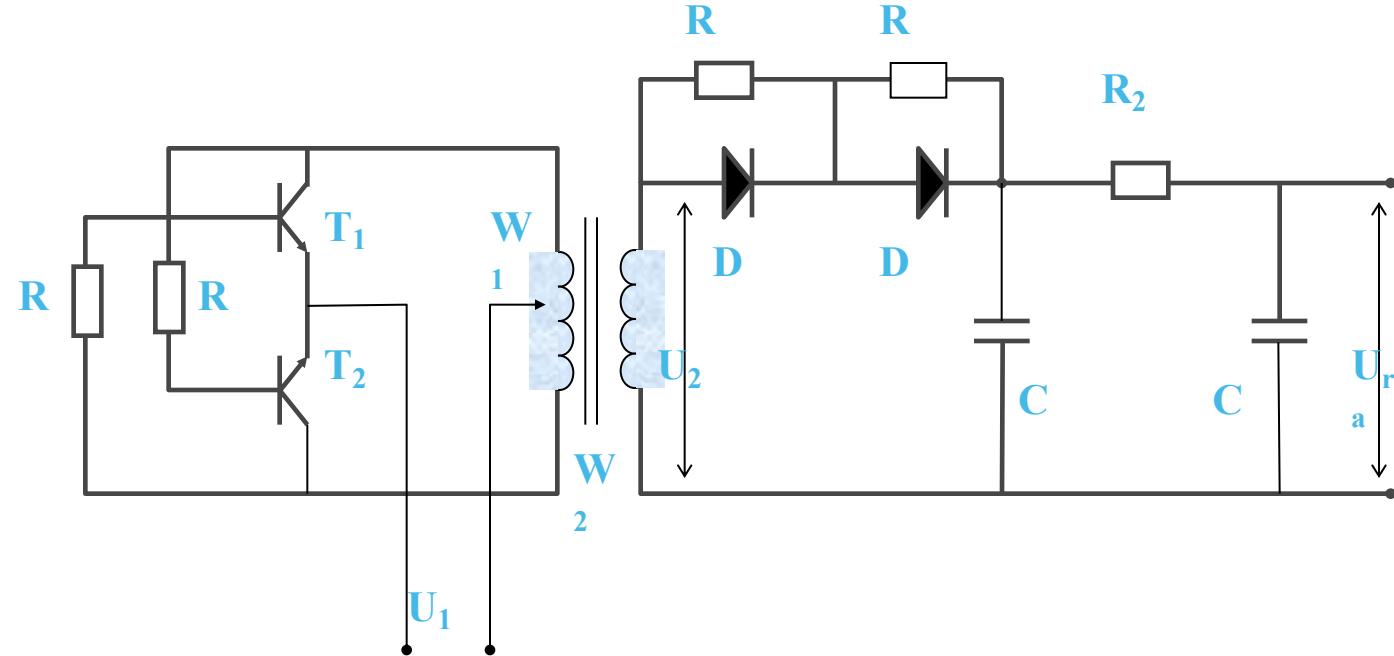
$$N_X = 1000 \left(\frac{U}{R_M} R_1 / \frac{U}{R_X} R_2 \right); \rightarrow N_X = 1000 \left(\frac{R_X}{R_M} \cdot \frac{R_1}{R_2} \right)$$



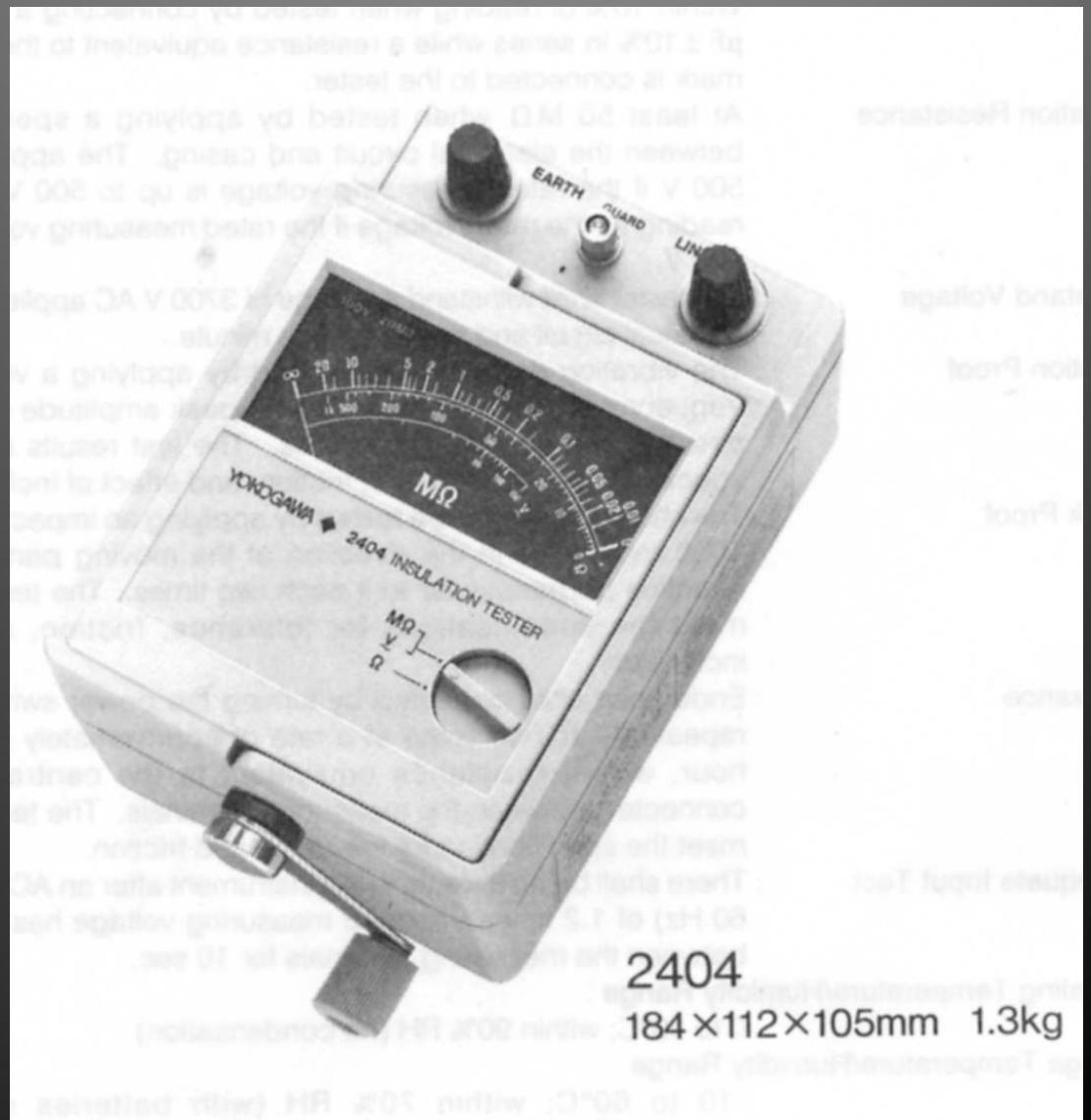


Mạch tạo điện áp cao

- ▶ Máy phát điện quay tay 1 chiều
- ▶ Máy phát nghẹt



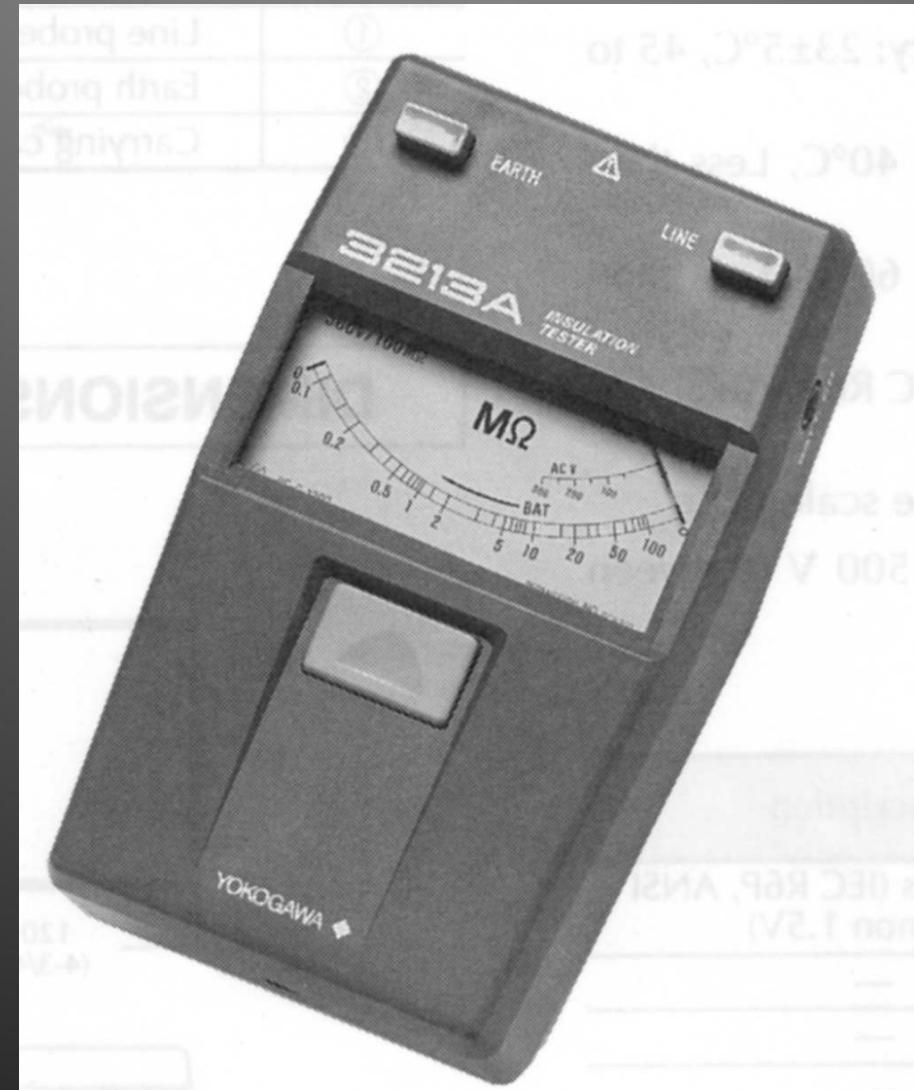
Insulation Tester (1)



2404

184×112×105mm 1.3kg

Insulation Tester (1)





2405

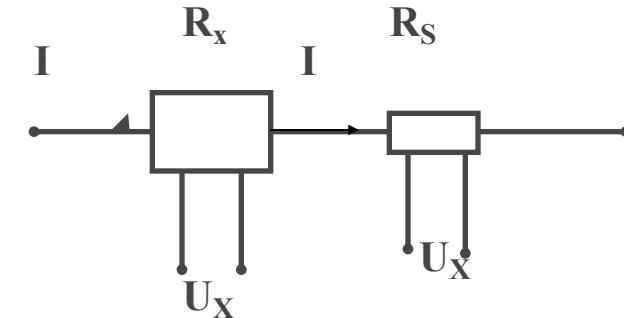
106×142×61mm 580g



3.3.4. Miliomet số

- ▶ Vấn đề đo điện trở nhỏ là loại bỏ được ảnh hưởng của đầu nối và mạch đo dùng loại điện trở 4 đầu:

- hai đầu cho dòng chảy qua
 - hai đầu cho điện áp



- ▶ U_x được đấu vào U_{inHig} ; còn U_s đưa vào U_{ref} của 7107

$$N_x = 1000 \left(\frac{U_x}{U_{ref}} \right) = 1000 \left(\frac{U_x}{U_s} \right)$$

Câu đo điện trở nhỏ

$$i_1 R_2 = i_2 R_4 + I R_m$$

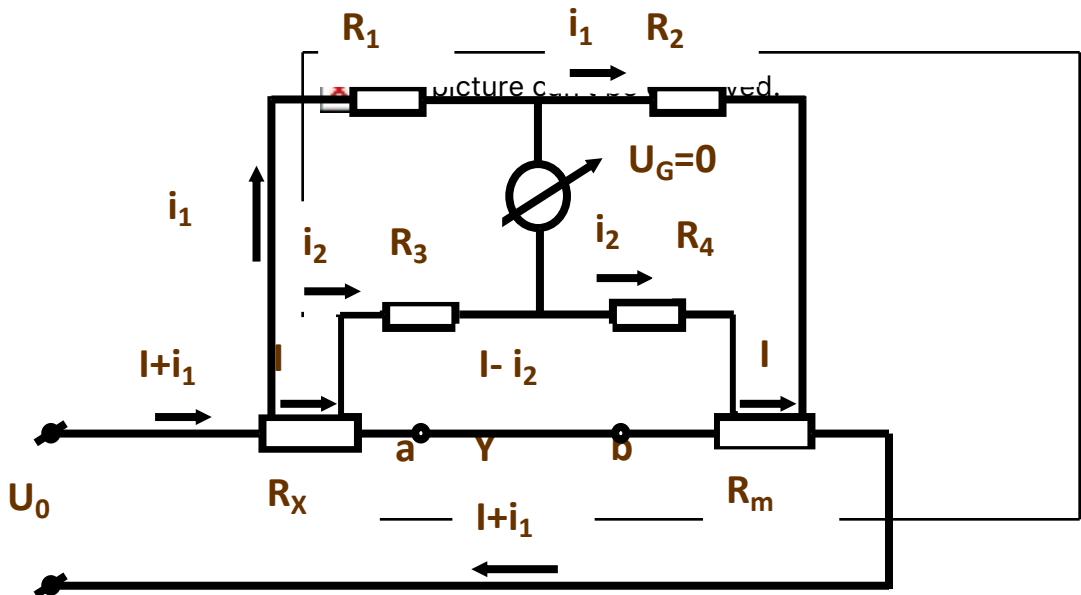
$$\rightarrow I R_m = R_2 \left(i_1 - i_2 \frac{R_4}{R_2} \right)$$

$$i_1 R_1 = i_2 R_3 + I R_X$$

$$\rightarrow I R_X = R_1 \left(i_1 - i_2 \frac{R_3}{R_1} \right)$$

$$\frac{R_m}{R_X} = \frac{R_2 \left(i_1 - i_2 \frac{R_4}{R_2} \right)}{R_1 \left(i_1 - i_2 \frac{R_3}{R_1} \right)} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_X = R_m \times \frac{R_1}{R_2}$$



- Khoảng đo của câu Kelvin : $10\mu\Omega \div 1\Omega$.
- Độ chính xác của phép đo: $\pm 0,2\%$.
- R_m : điện trở mẫu có giá trị nhỏ.
- R_1, R_2, R_3, R_4 : điều chỉnh được để cầu cân bằng, phải luôn giữ tỉ số $R_1/R_2=R_3/R_4$.

3.3.5.Mili-Omet – chống nhiễu xoay chiều

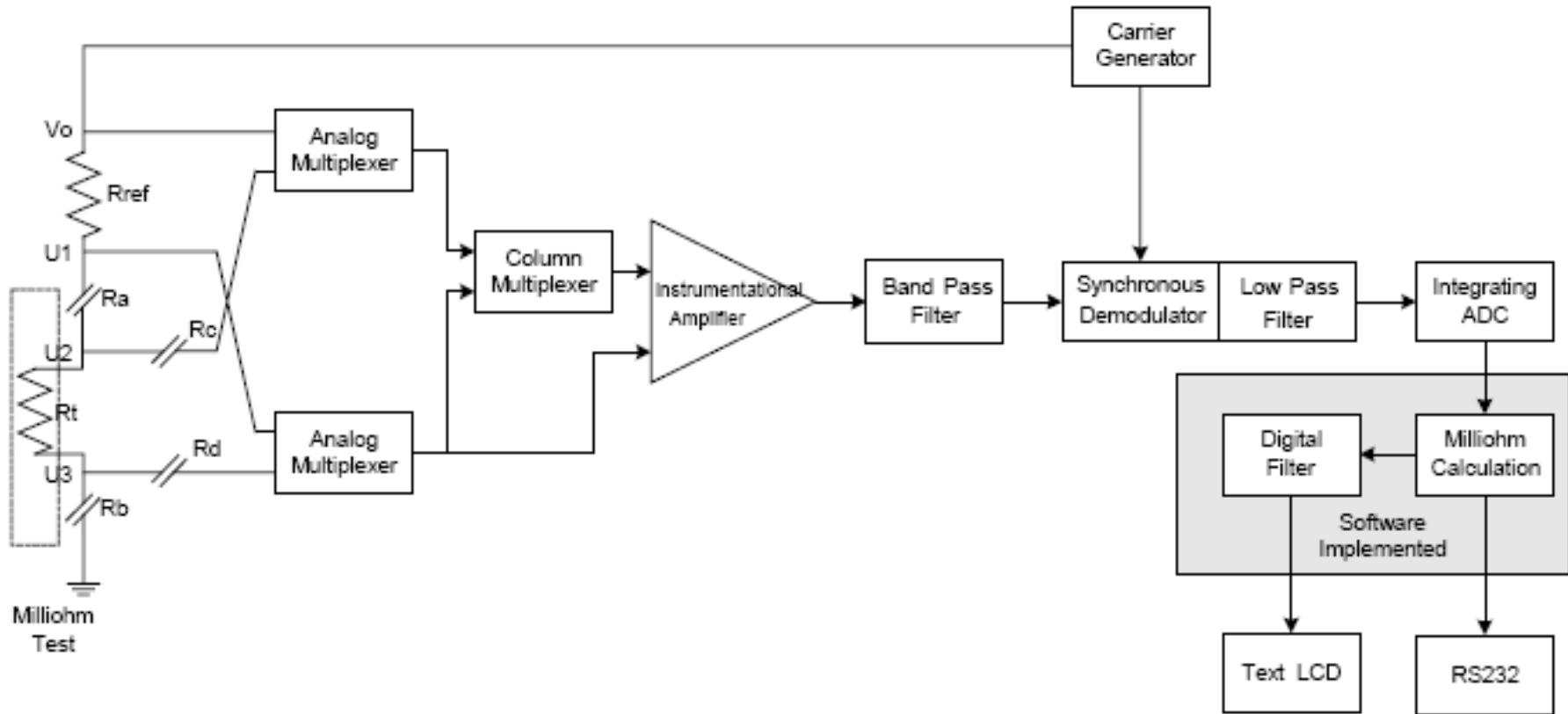


Table 1. Milliohmmeter Specifications

Item	Specification
Power Supply Voltage	5V
Power Consumption	55 mA
Modulation Frequency	5 kHz
Measured Resistance Range	0 – 10 ohm
Measurement Error	0,5%
Measurement Voltage at Probes	0,2V
Display Type	Compatible with industry standard HD44780- Based LCD Module

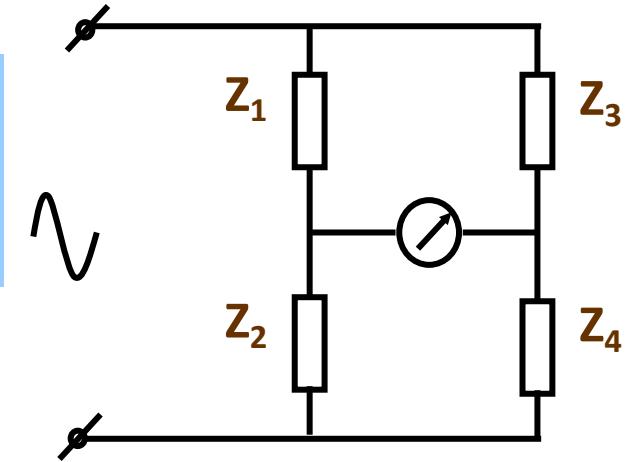


3.3.6 Cầu đo xoay chiều đo điện cảm, điện dung

a. Điều kiện cân bằng cầu

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$$

Phân tích
điều kiện cân
bằng cầu???



- Cân bằng về Modul:

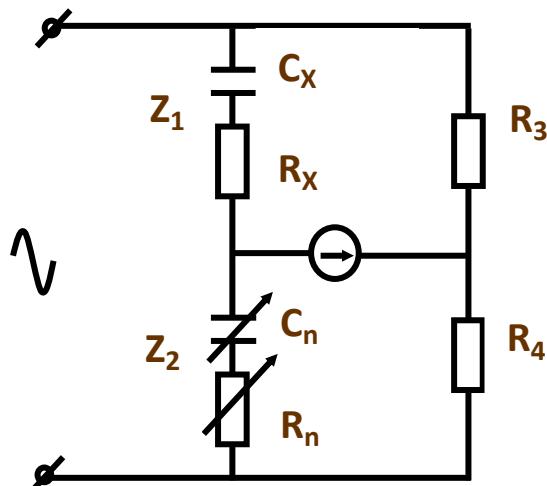
$$z_1 z_4 = z_2 z_3 \quad (1)$$

- Cân bằng về pha:

$$\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3 \quad (2)$$

Để có thể cân bằng cầu theo phương trình (1) và (2) là vô cùng khó khăn → để giản tiện thường chọn 2 trong 4 nhánh là thuận trở.

c1. Cầu xoay chiều đo điện dung tổn hao ít



$$Z_1 = R_X + \frac{1}{j\omega C_X}$$

$$\Rightarrow R_4 \left(R_X + \frac{1}{j\omega C_X} \right) = R_3 \left(R_n + \frac{1}{j\omega C_n} \right)$$

$$\frac{R_X - j \frac{1}{\omega C_X}}{R_3} = \frac{R_n - j \frac{1}{\omega C_n}}{R_4}$$

Cân bằng cầu ???

$$\rightarrow \frac{R_X}{R_3} = \frac{R_n}{R_4} \rightarrow R_X = \frac{R_3 R_n}{R_4} = \frac{R_3}{R_4} \times R_n$$

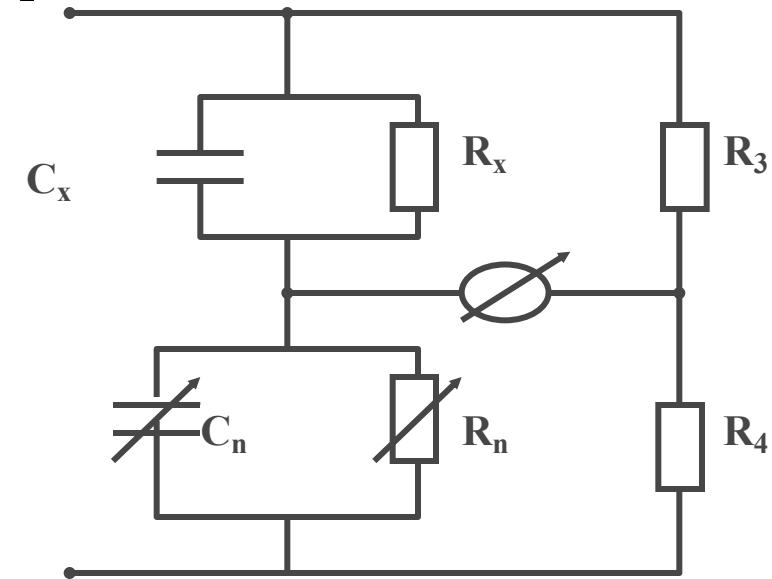
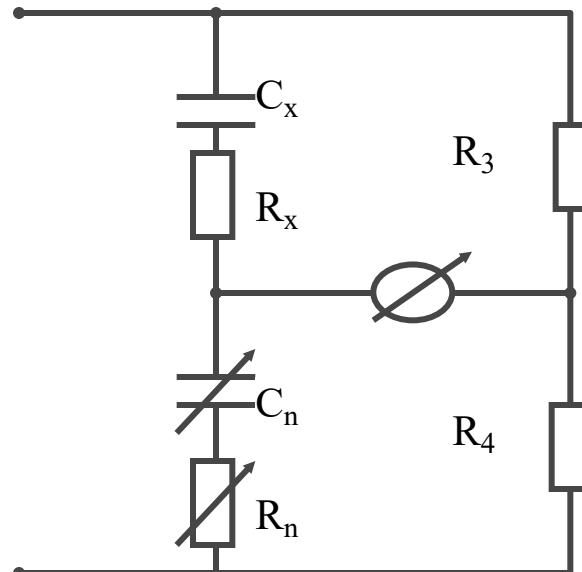
$$\rightarrow \frac{1}{\omega C_X R_3} = \frac{1}{\omega C_n R_4} \rightarrow C_X = \frac{C_n R_4}{R_3} = \frac{R_4}{R_3} \times C_n$$



3.4.1. Cầu xoay chiều C

Dùng cầu cân bằng [1-93]

- Điều kiện cân bằng về pha
- Điều kiện cân bằng về biên

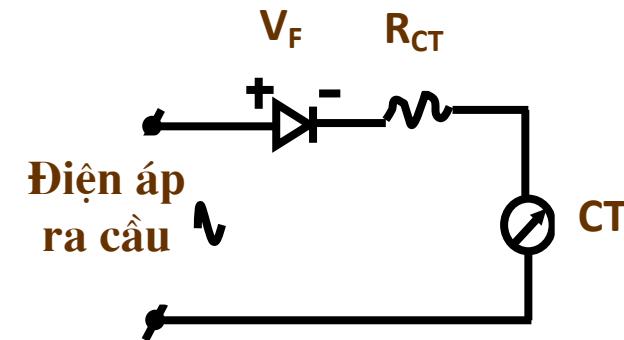


$$R_x = \frac{R_3}{R_4} R_n; C_x = \frac{R_4}{R_3} C_n$$

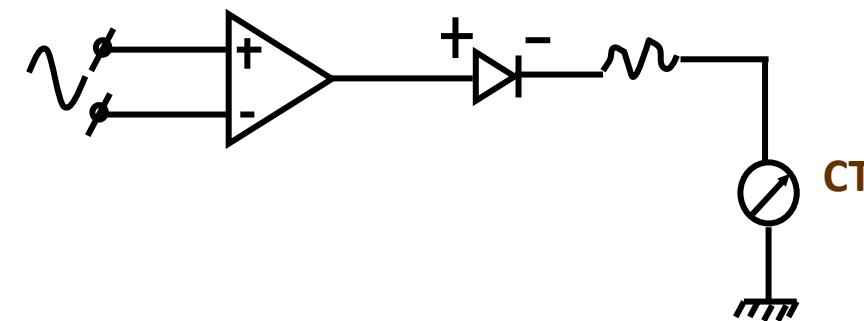


b. Chỉ thị:

Chỉ báo dùng cho cầu xoay chiều,
thường dùng diod chỉnh lưu

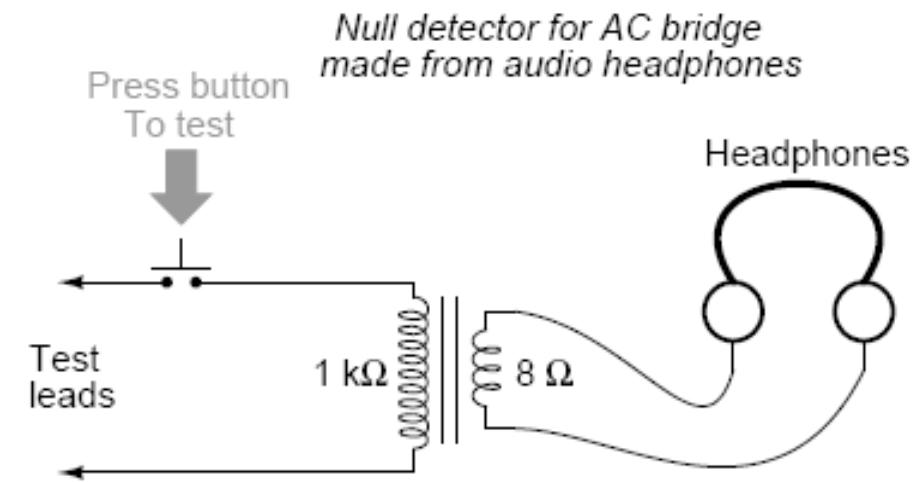


Nếu điện áp ra cầu xoay chiều nhỏ, có thể dùng thêm
bộ khuếch đại





Chỉ thị không xoay chiều bằng tai nghe



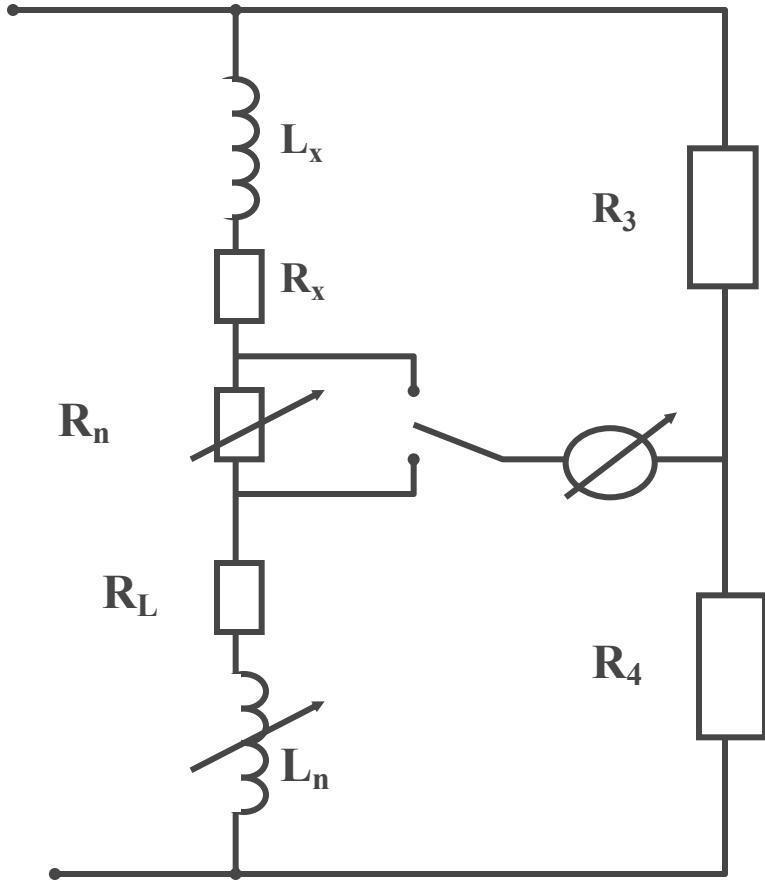
Cách này có thể xác định dòng điện nhỏ hơn $1\mu\text{A}$

3.4.2. Cầu xoay chiều L

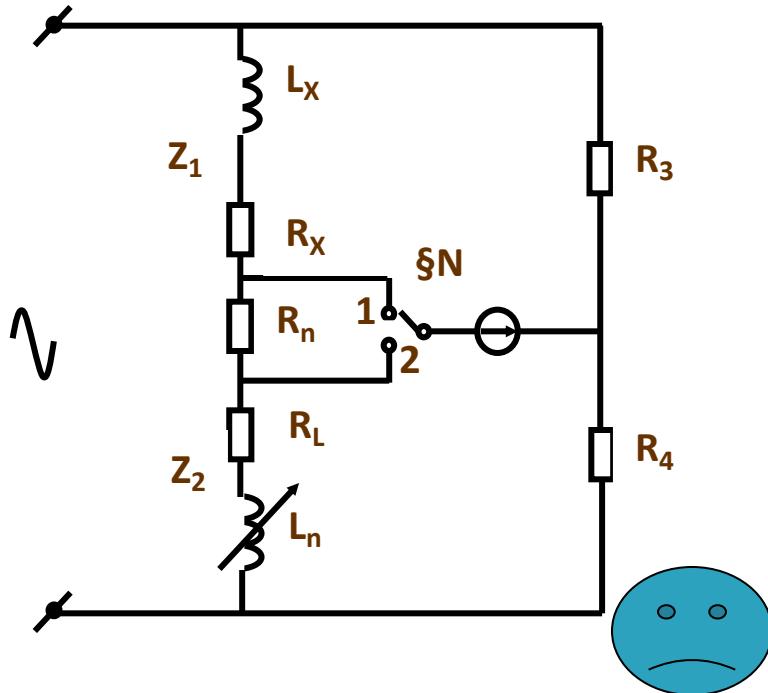
$$Z_1 = R_X + j\omega L_X$$

$$Z_2 = (R_L + R_n) + j\omega L_n$$

$$Z_3 = R_3; Z_4 = R_4$$



3.4.2. Cầu xoay chiều L



$$Z_1 = R_X + j\omega L_X$$

$$Z_2 = (R_L + R_n) + j\omega L_n$$

$$R_4(R_X + j\omega L_X) = R_3[(R_L + R_n) + j\omega L_n]$$

$$\rightarrow R_4 R_X = R_3 (R_L + R_n) \rightarrow R_X = \frac{R_3 (R_L + R_n)}{R_4}$$

$$\rightarrow R_4 \omega L_X = R_3 \omega L_n \rightarrow L_X = \frac{R_3}{R_4} \times L_n$$

Làm sao chỉnh được cân bằng cả pha và biên ?

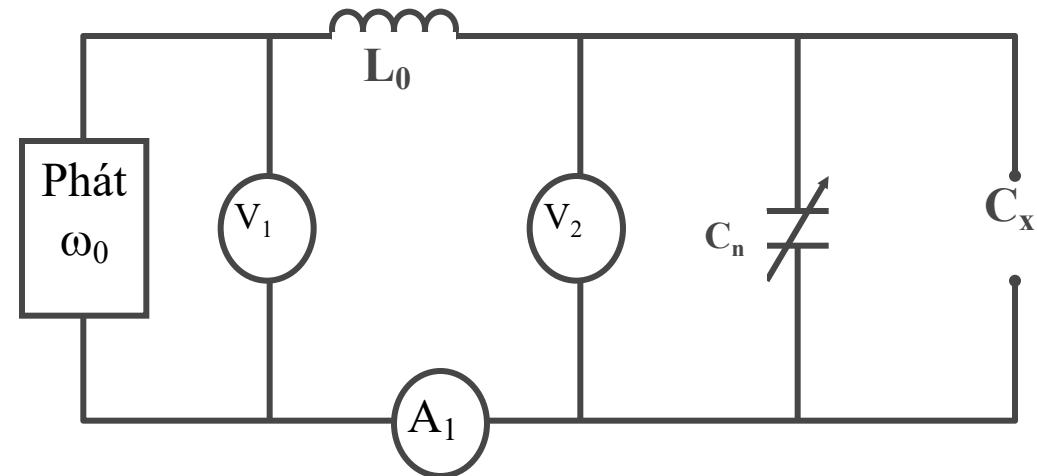
Bản thân cuộn mẫu có điện trở thuận R_L , nên điện trở mẫu phải bố trí để có thể đổi qua lại giữa 2 nhánh 1 và 2 để cầu cân bằng. Giả sử $R_X > R_4 \rightarrow$ công tắc để ở nhánh 1.



3.4. Đo điện dung- điện cảm bằng phương pháp cộng hưởng- Q mét

điều kiện cộng hưởng

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_{01}}}$$



giữ nguyên tần số ω_0 , và xoay tụ xoay C_0 đến vị trí cộng hưởng C_{02} , như vậy

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_0(C_{02} + C_x)}}$$



Đo điện dung- điện cảm bằng phương pháp cộng hưởng-Q mét

Mắc điện cảm mẫu vào mạch , C_0 ở giá trị C_{01} (vạch 0 ở thang đo C ứng với giá trị L_0 của điện cảm)

$$w_0 = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_{01}}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{L_0 C_{01}}} = \frac{1}{\sqrt{L_x C_{02}}} \quad \text{với } L_x = \frac{C_{01}}{C_{02}} L_0$$

Đo hệ số phảm chất- Q mét

$$\text{Ta có : } Q = \frac{X}{R}$$

Trong đó : *X-điện kháng của mạch đo C/L*

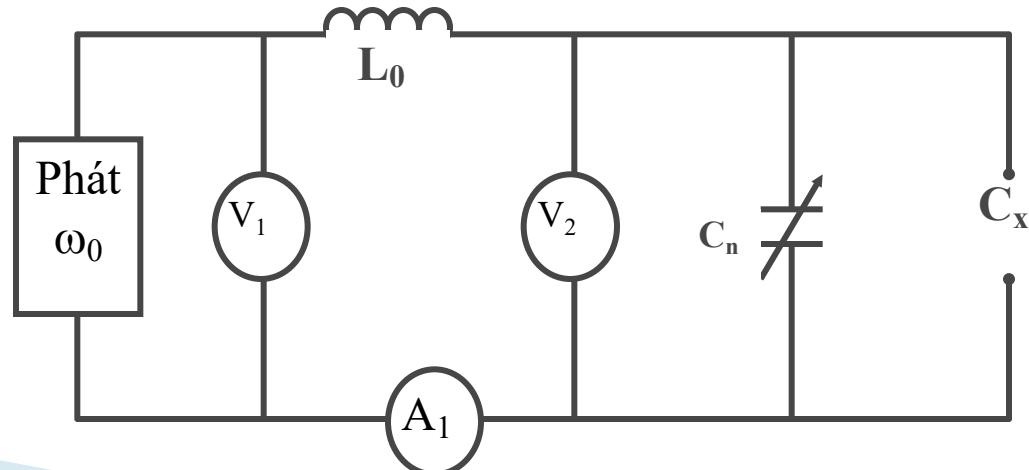
R: Điện trở thuần của mạch và $\tan \delta = 1/Q$

Tại giá trị cộng hưởng $X_L = X_C$ và $X=0$; $I = U_1/R$

Lúc đấy điện áp C_0 (tức C_{02}) sẽ là:

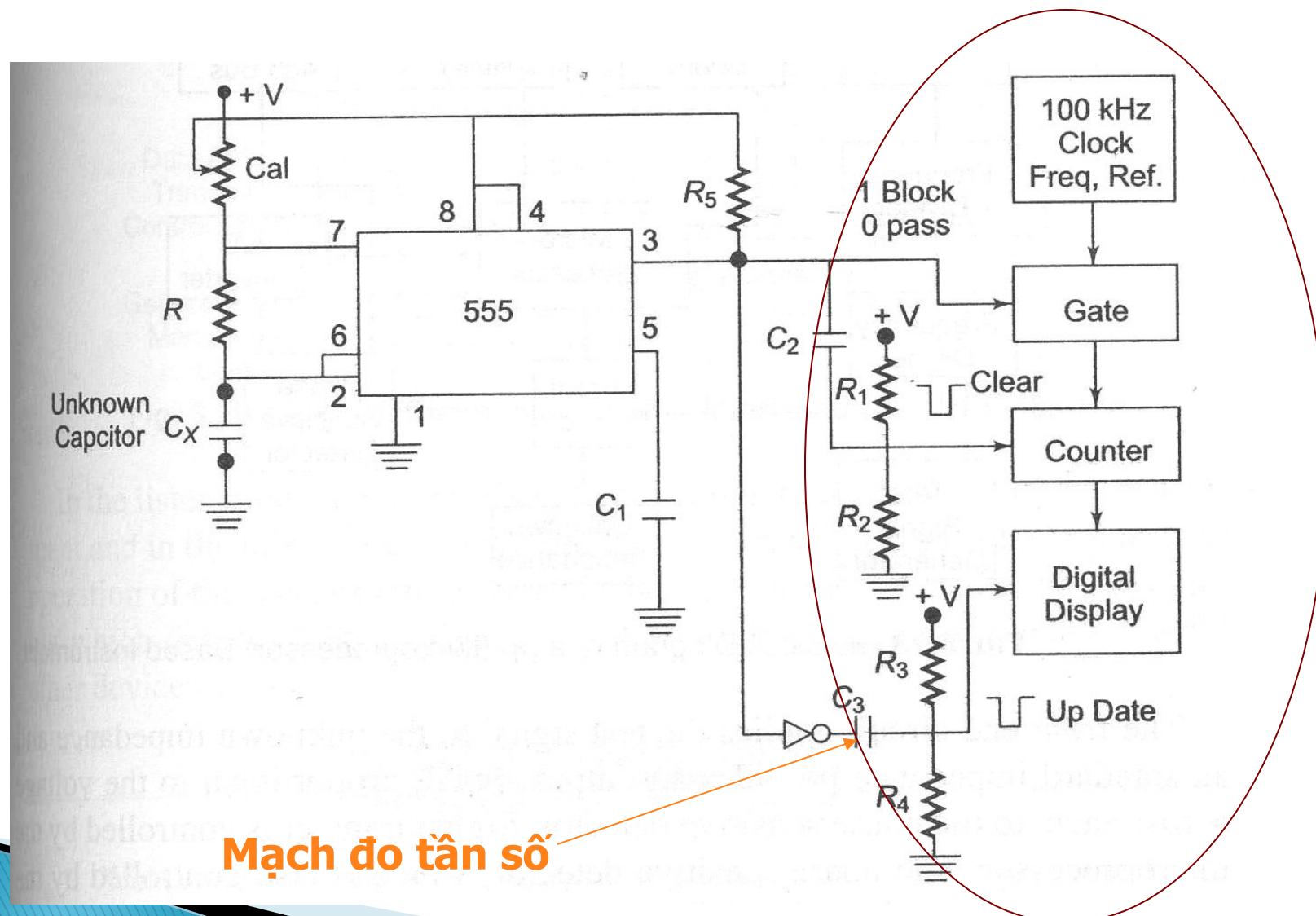
Nếu ta đặt giá trị $U_1 = 1V$ thì V_2 Chỉ Q

$$U_e = \frac{1}{\omega C_{02}} I = \frac{U}{\omega C_{02} R}$$





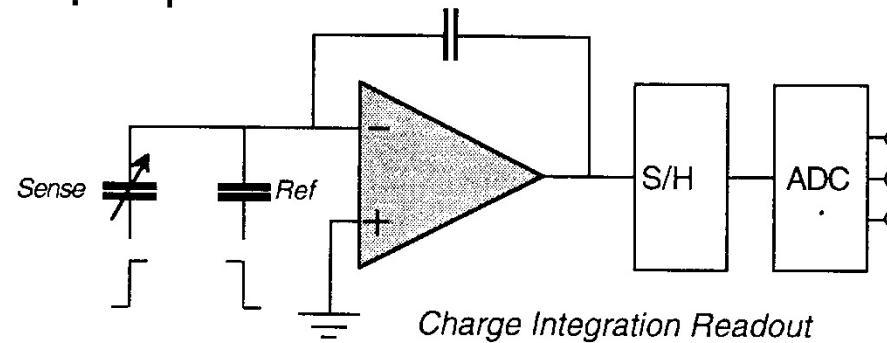
Đo điện dung bằng phương pháp đếm xung



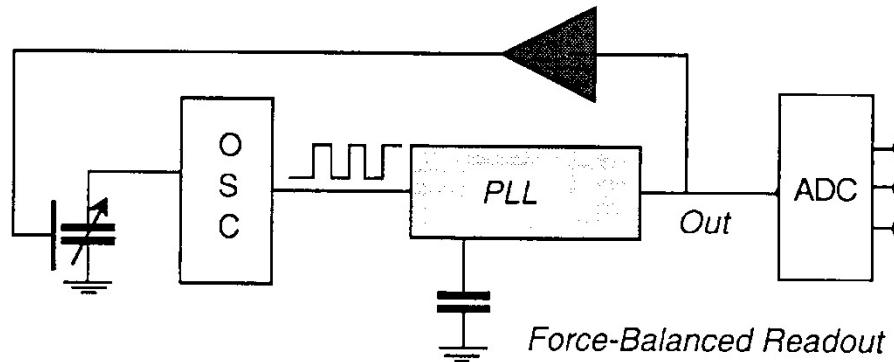
Mạch đo tần số

Nguyên tắc mạch đo của điện dung

Chuyển đổi điện áp



Force de contre-réaction qui agit sur le capteur



Đo tần số giao động

Mạch tạo dao động kiểu RC

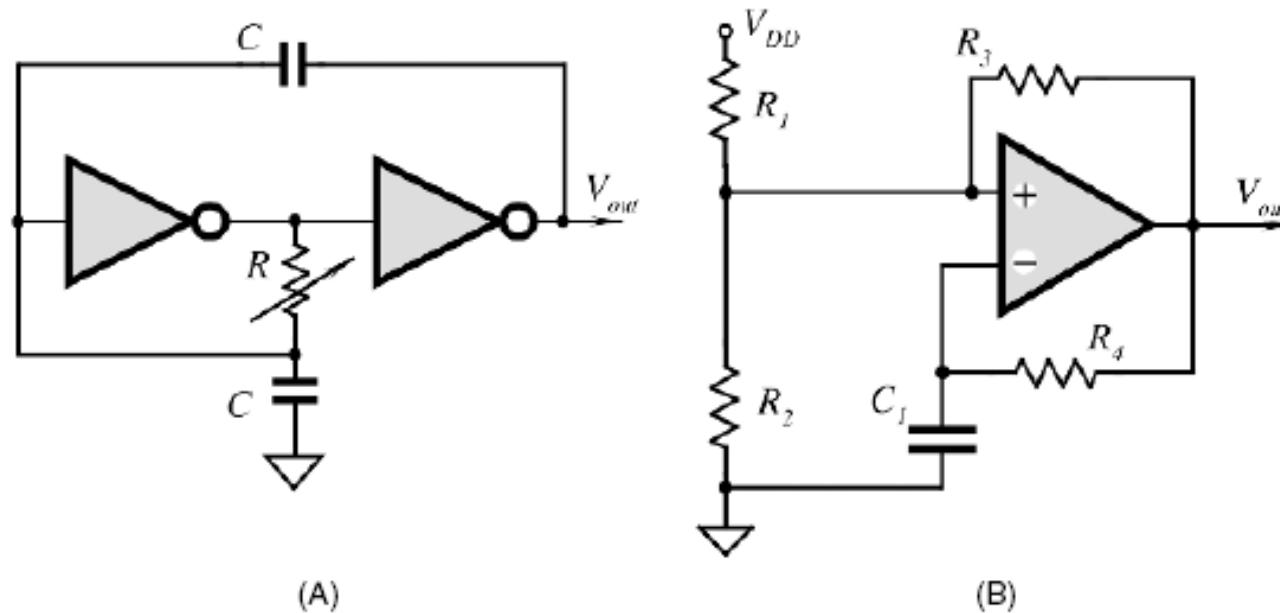
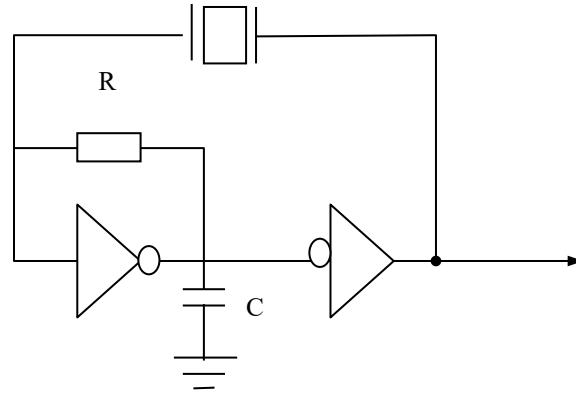


Fig. 5.19. Square-wave oscillators: (A) with two logic inverters; (B) with a comparator or OPAM.

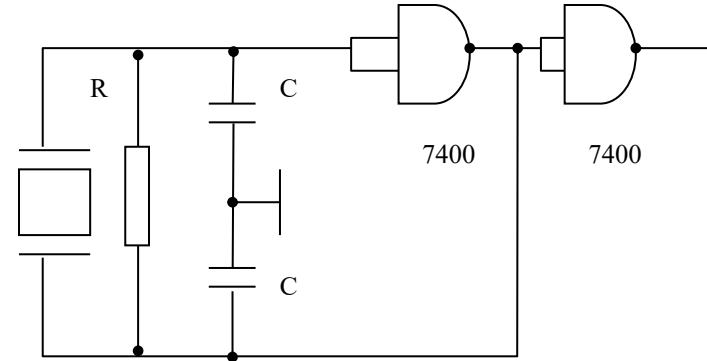
$$f = \frac{1}{R_4 C_1} \left[\ln \left(1 + \frac{R_1 || R_2}{R_3} \right) \right]^{-1}$$



Một số nguyên lý của mạch tạo dao động



$R=100\text{K}\Omega$;
 $C= 100\text{pF}$



$R=(1-3)\text{M}\Omega$
 $C= 27\text{pF}$