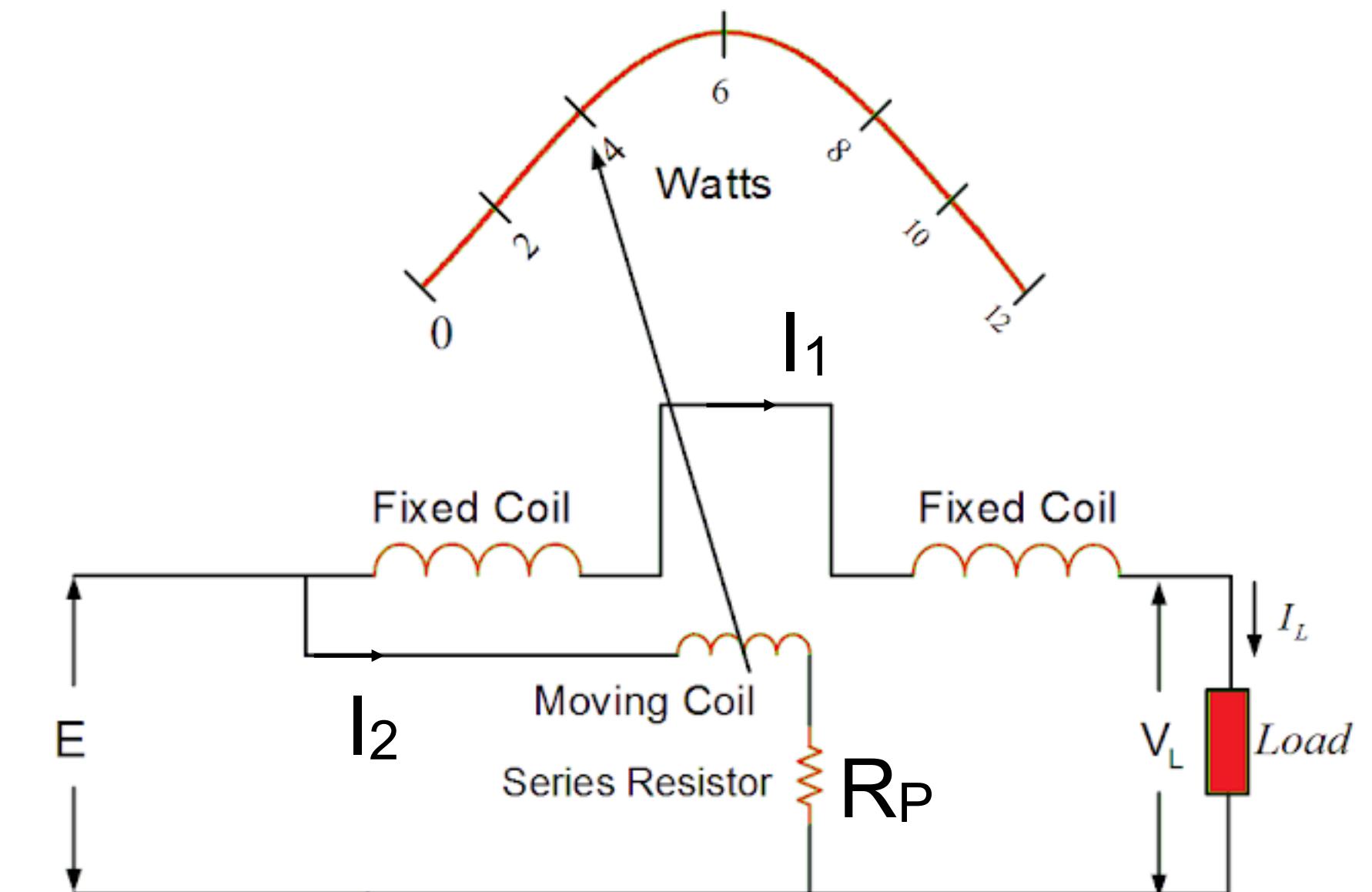


# Nội dung buổi 4

- Đo công suất
- Đo điện trở R
- Đo điện dung C và đo cuộn cảm L

# Đo công suất

- Đo trực tiếp sử dụng Wattmeter điện động
  - Tải được mắc nối tiếp với các cuộn dây tĩnh của cơ cấu
  - Điện áp qua tải được đưa vào cuộn dây động



$$\alpha = \frac{1}{D} \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} \cdot I_1 \cdot I_2$$

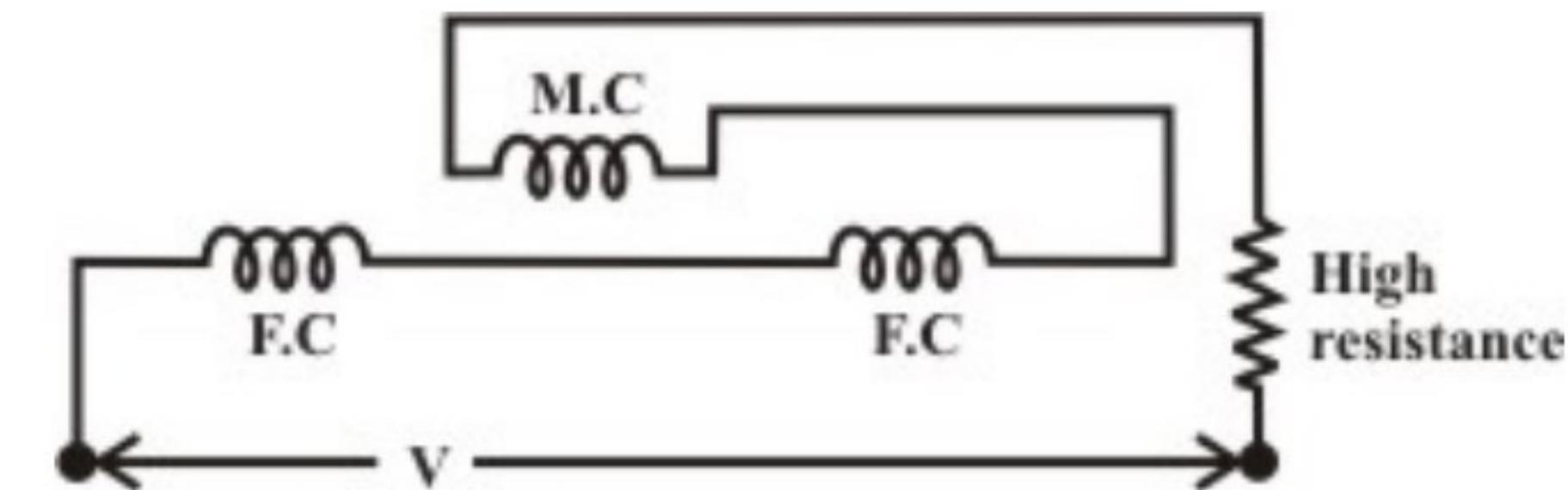
$I_1$  dòng điện qua tải

$$I_2 = \frac{U_t}{R_u + R_p}$$

Điện trở cuộn dây động

Điện trở phụ

$$\alpha = K \cdot I_{tai} \cdot U_{tai}$$



# Đo công suất

- Đo trực tiếp sử dụng Wattmeter điện động

- Đo công suất AC

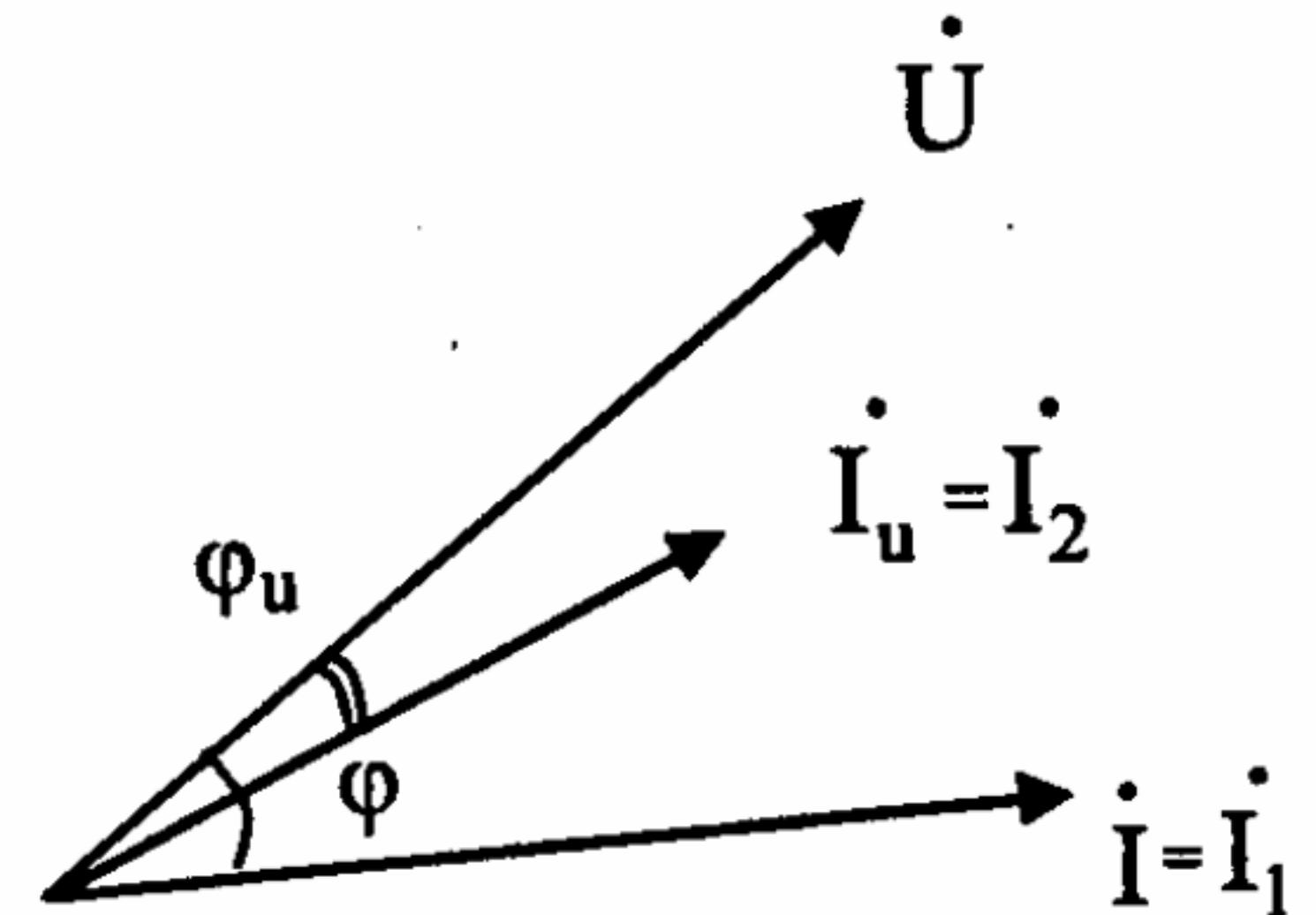
$$u = U_m \cdot \sin \omega t$$

$$i = I_m \cdot \sin(\omega t - \varphi)$$

$$i_2 = i_u = I_{um} \cdot \sin(\omega t - \varphi_u)$$

$$i_2 = \frac{U_t}{Z_u}$$

$Z_u$  là tổng trở phức cuộn dây động và  $R_P$



$$Z_u = \frac{R_u + R_P}{\cos \varphi_u}$$

$$\alpha = K \cdot \frac{(I_{tai} \cdot U_{tai}) \cdot \cos \varphi_u}{R_u + R_P} \cdot \cos(\varphi - \varphi_u)$$

# Đo công suất

- Đo trực tiếp sử dụng Wattmeter điện động

- Đo công suất AC

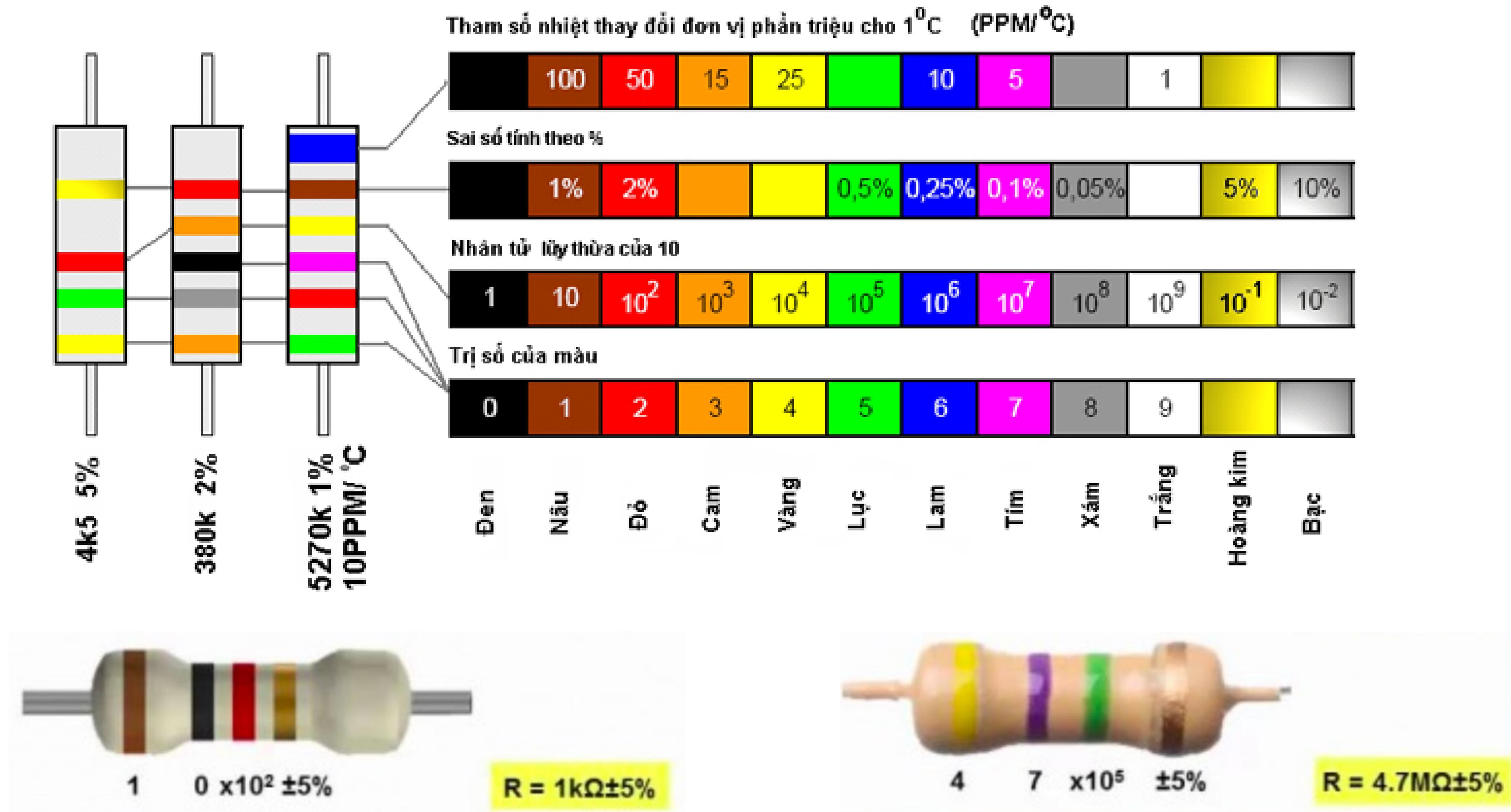
$$\alpha = K \cdot \frac{(I_{tai} \cdot U_{tai}) \cdot \cos \varphi_u}{R_u + R_P} \cdot \cos(\varphi - \varphi_u)$$

- Nếu như góc  $\varphi_u$  rất nhỏ thì  $\alpha = K_1 \cdot P$
  - Sai số của wattmeter là do cấu trúc của wattmeter và tính chất phụ tải
  - Vạch chia độ của wattmeter thường không theo đơn vị công suất mà chia theo hệ số đặc trưng C của từng wattmeter

# Đo điện trở

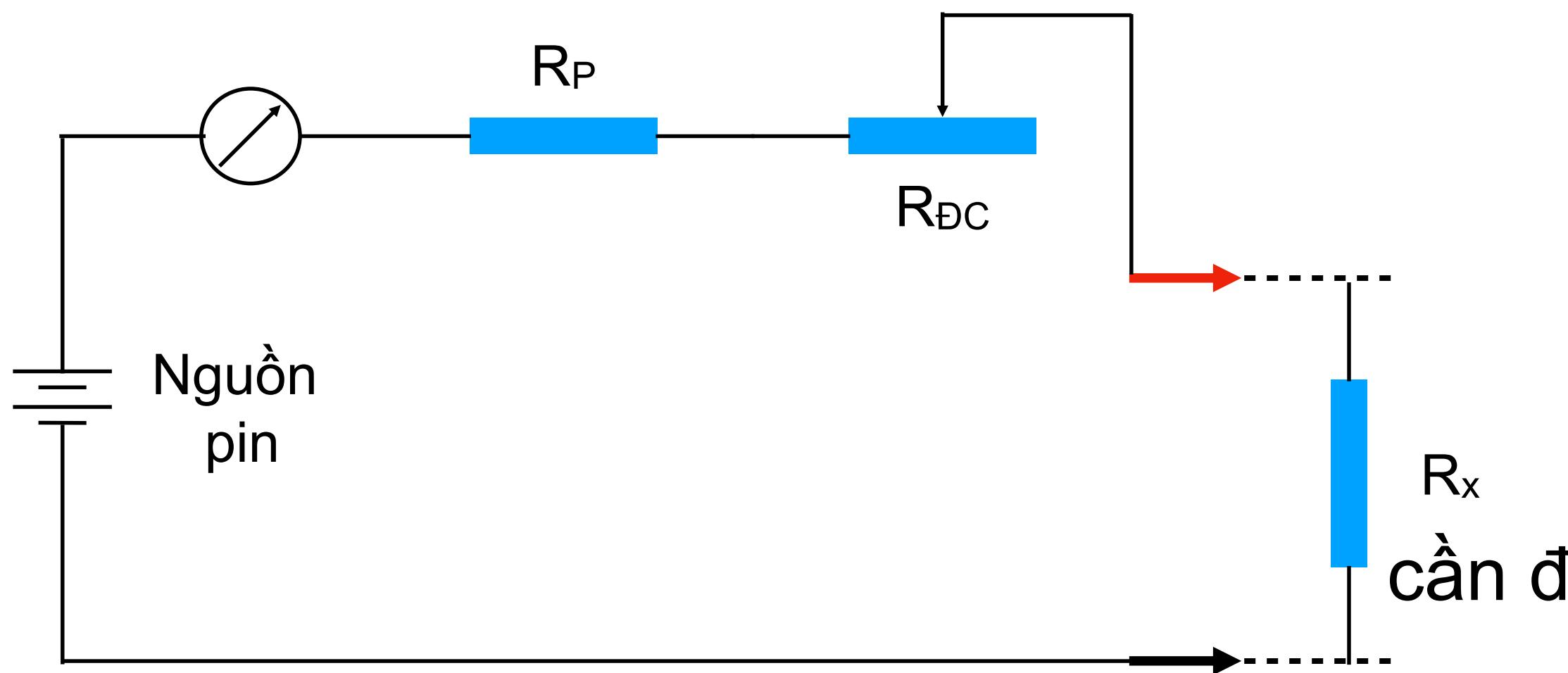
- Đo trực tiếp điện trở dựa vào vạch màu
- Đo trực tiếp dùng Ohm metter (Ôm kế)
- Đo gián tiếp sử dụng Volt metter và Ampe metter
- Đo so sánh với điện trở mẫu
- Mạch cầu đo

# Xác định giá trị R dựa vào vạch màu

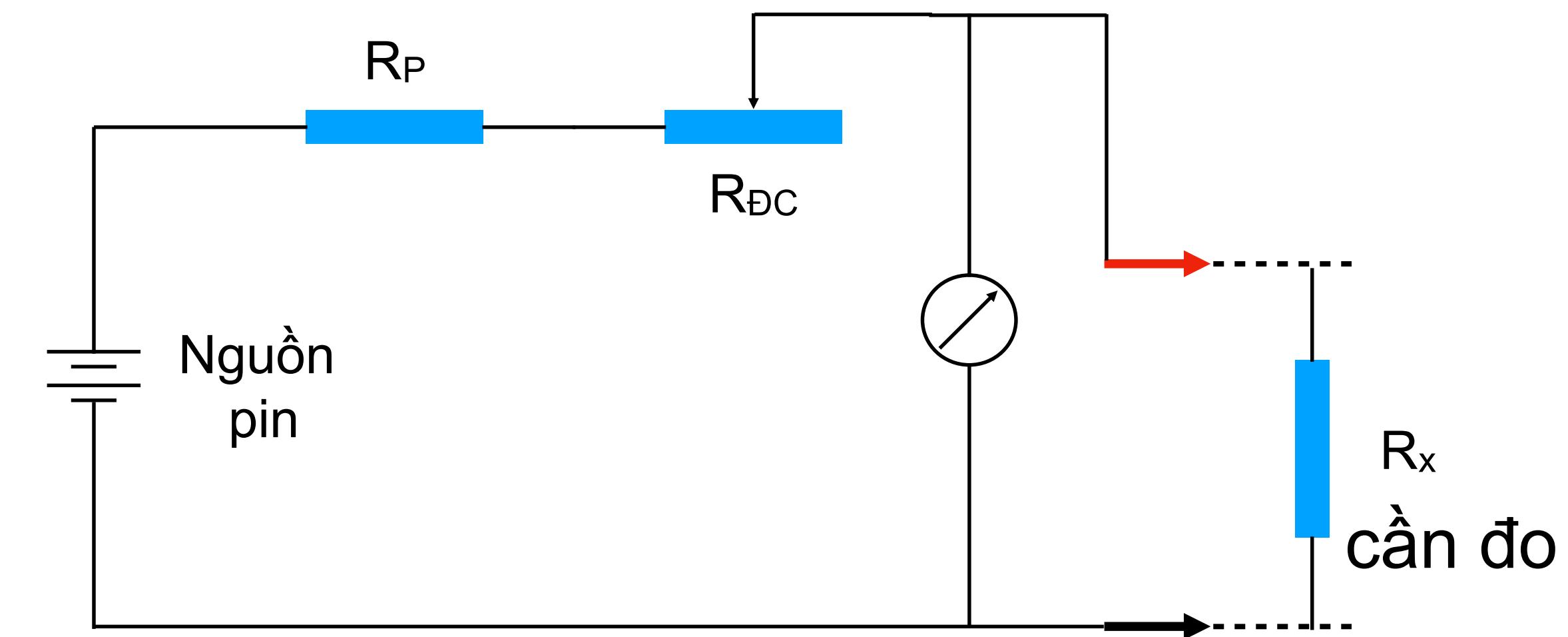


# Đo R dùng trực tiếp Ohm meter

- Bản chất của Ôm kế là cơ cấu từ điện đo điện trở nhưng được dán thang đo điện trở



Mắc nối tiếp  
Đo điện trở **lớn**



Mắc song song  
Đo điện trở **nhỏ**

# Đo R dùng trực tiếp Ohm meter

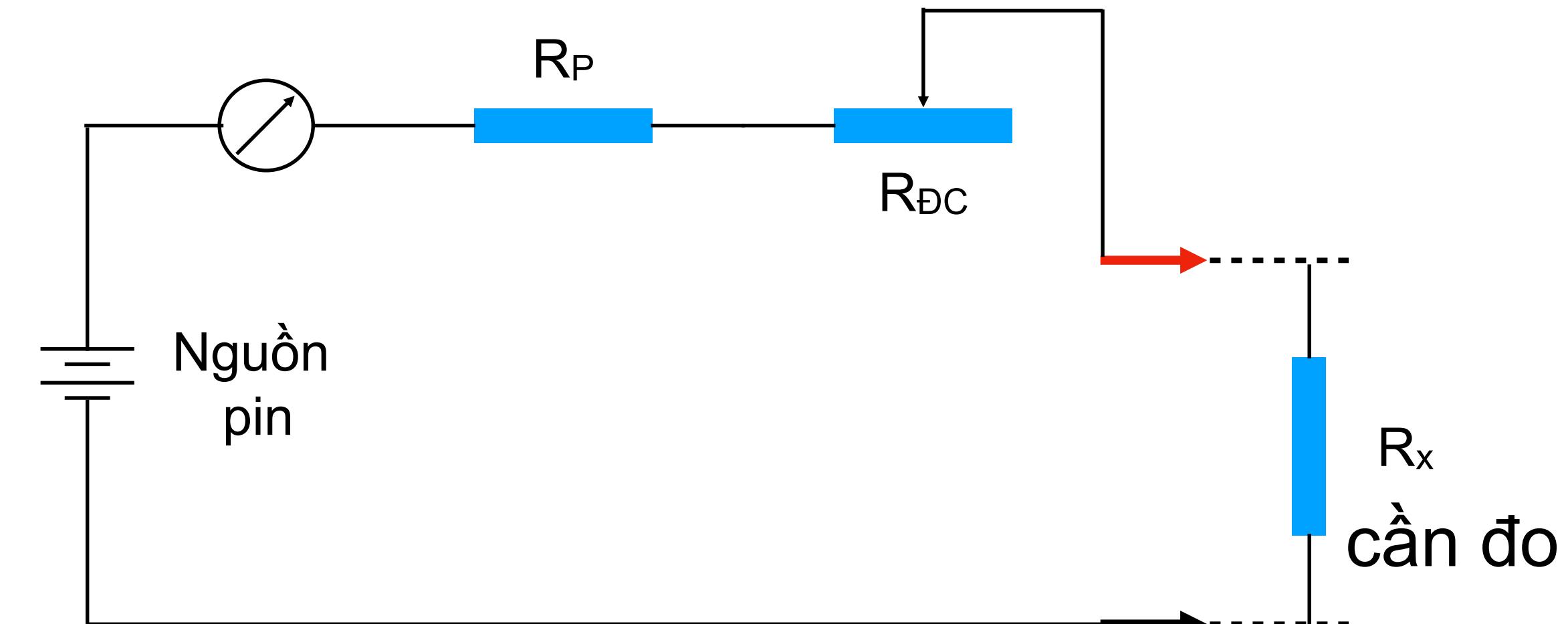
- Mắc nối tiếp đo điện trở lớn
  - Chập 2 đầu que đo (chưa có điện trở cần đo  $R_x$ ,  $R_x = 0$ )

$$I_{CT} = \frac{U}{R_P + R_{dc} + R_{CT}} \text{ là } I_{\max} \text{ tương ứng } R_x = 0$$

- Khi mắc điện trở cần đo  $R_x$

$$I_{CT} = \frac{U}{R_P + R_{dc} + R_{CT} + R_x} = f(R_x)$$

- Thả nỗi 2 đầu đo,  $R_x = \infty \rightarrow I = 0$



# Đo R dùng trực tiếp Ohm meter

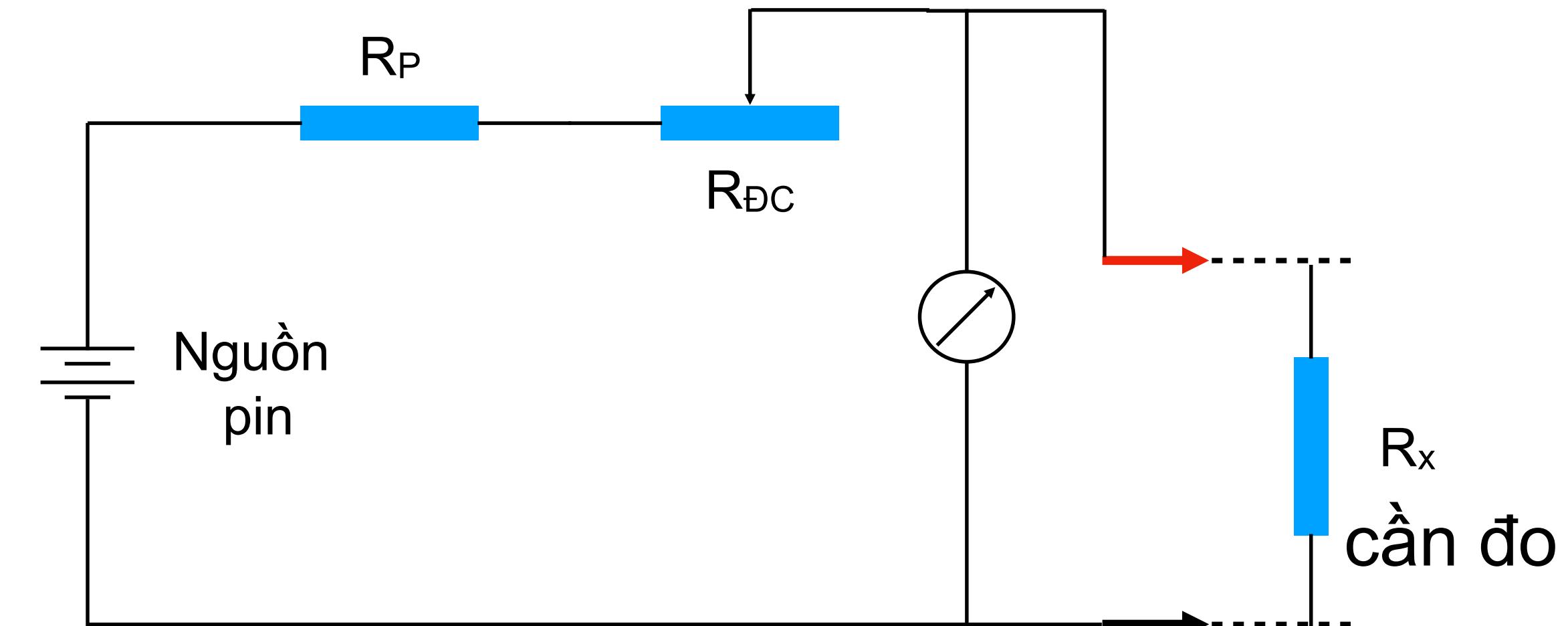
- Mắc nối tiếp đo điện trở nhỏ
  - Thả nỗi 2 đầu que đo (chưa có điện trở cần đo  $R_x$ )

$$I_{CT} = \frac{U}{R_P + R_{dc} + R_{CT}} \text{ là } I_{\max} \text{ tương ứng } R_x = \infty$$

- Khi mắc điện trở cần đo  $R_x$

$$\frac{I_{CT}}{I_x} = \frac{R_x}{R_{CT}} \Leftrightarrow \frac{I_{CT}}{I_x + I_{CT}} = \frac{R_x}{R_{CT} + R_x}$$

$$I_x + I_{CT} = I = \frac{U}{R_P + R_{dc} + R_{CT}/R_x}$$



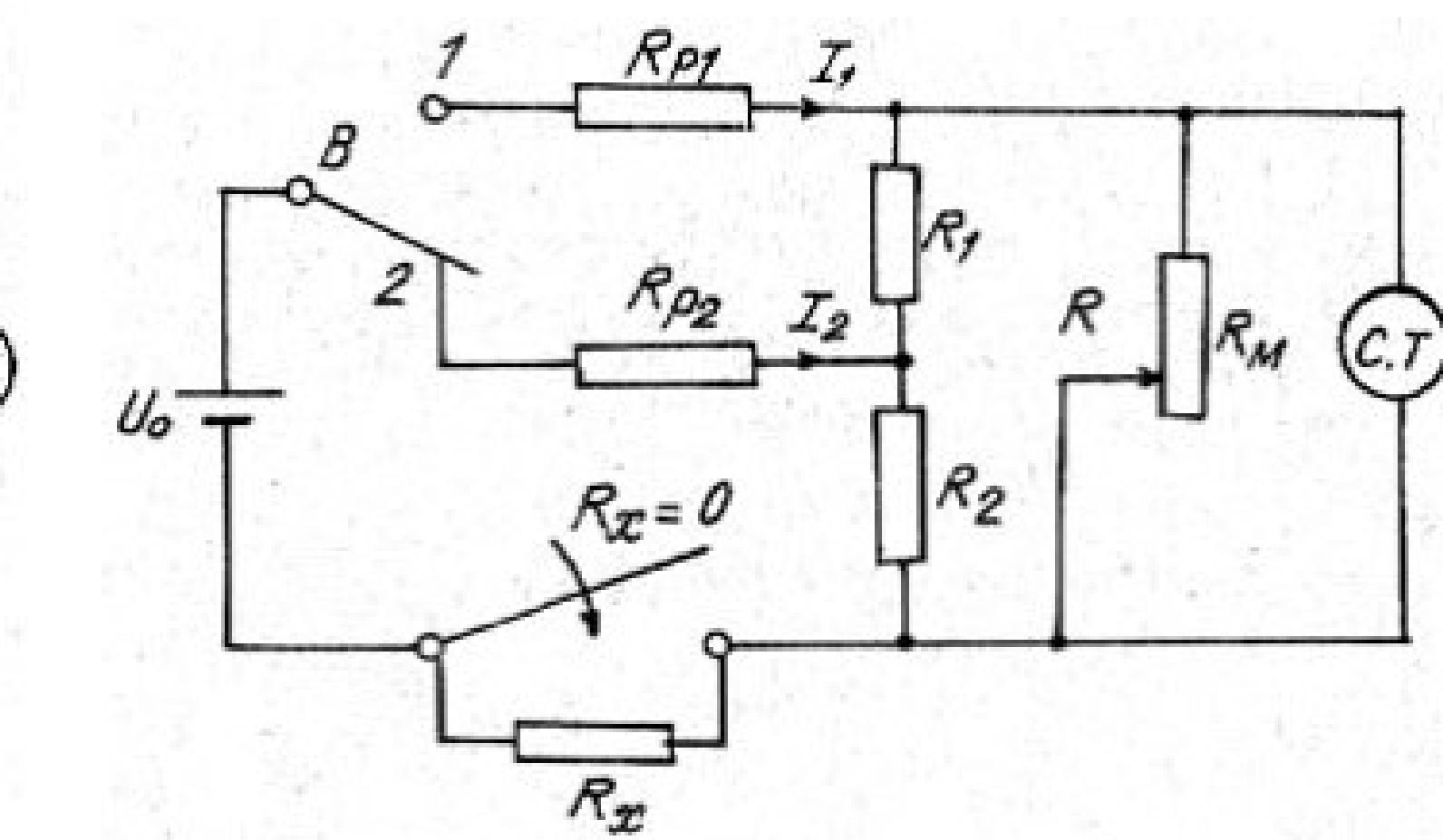
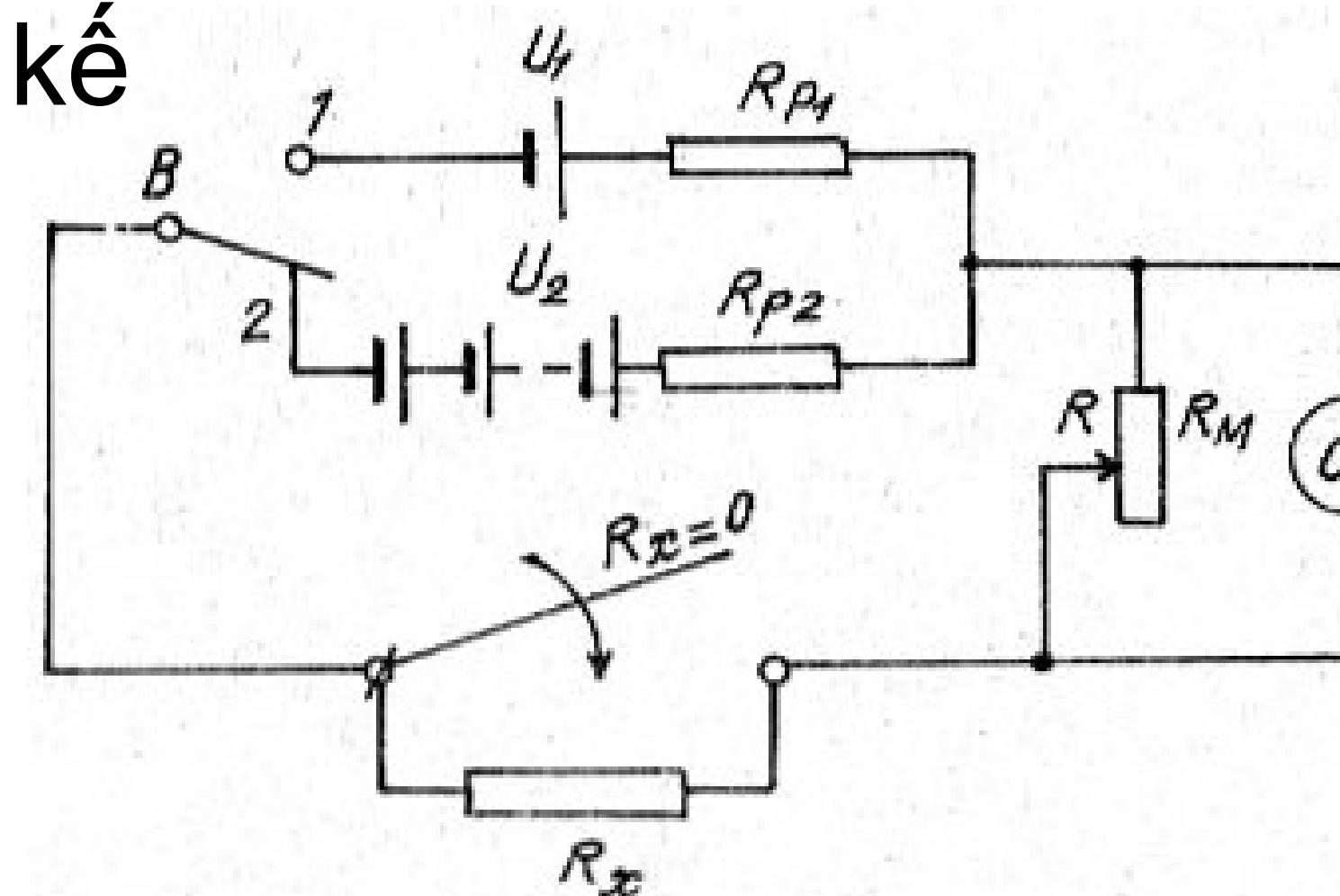
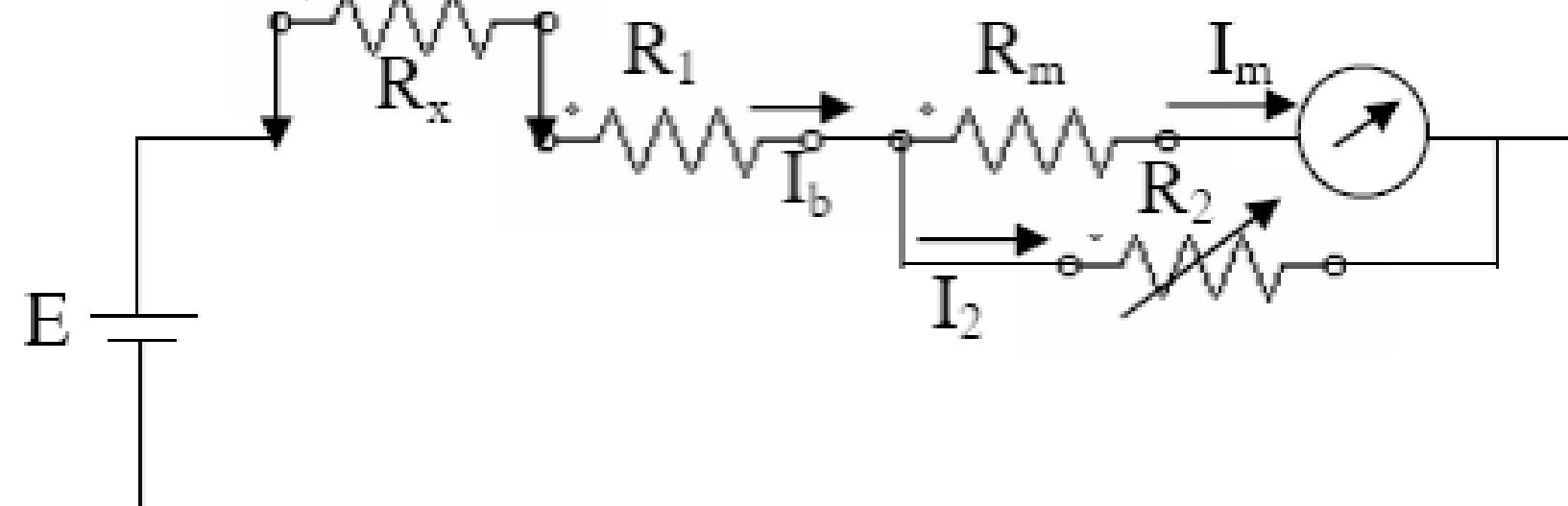
$$I_{CT} = \frac{U}{R_{CT} + (R_P + R_{dc}) \left( 1 + \frac{R_{CT}}{R_x} \right)} = f(R_x)$$

# Đo R dùng trực tiếp Ohm meter

- Chú ý với các Ôm kế thông thường
  - Các Ôm kế của đồng hồ vạn năng chủ yếu là loại mắc nối tiếp
  - Thang đo của Ôm kế ngược chiều với thang đo dòng điện (mắc nối tiếp)
  - Vạch chia độ là không đều
  - Sử dụng nguồn pin để cấp năng lượng. Nguồn này càng chính xác và ổn định càng tốt. Khi nguồn bị sụt giảm thì điều chỉnh bằng biến trở

# Đo R dùng trực tiếp Ohm meter

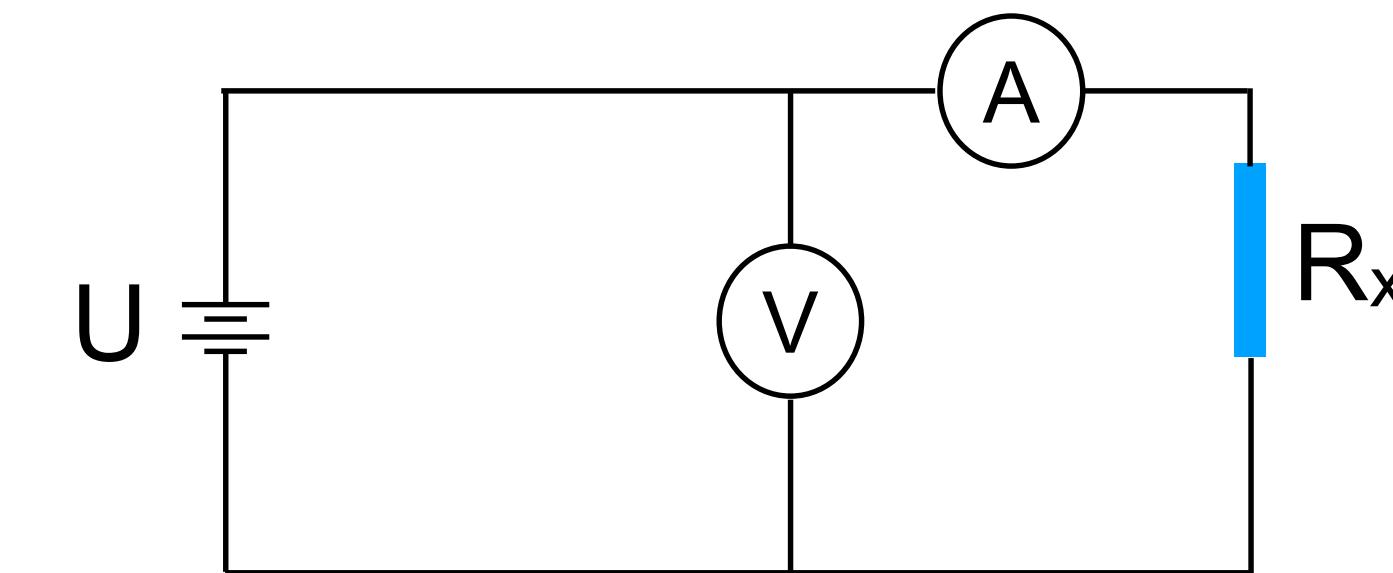
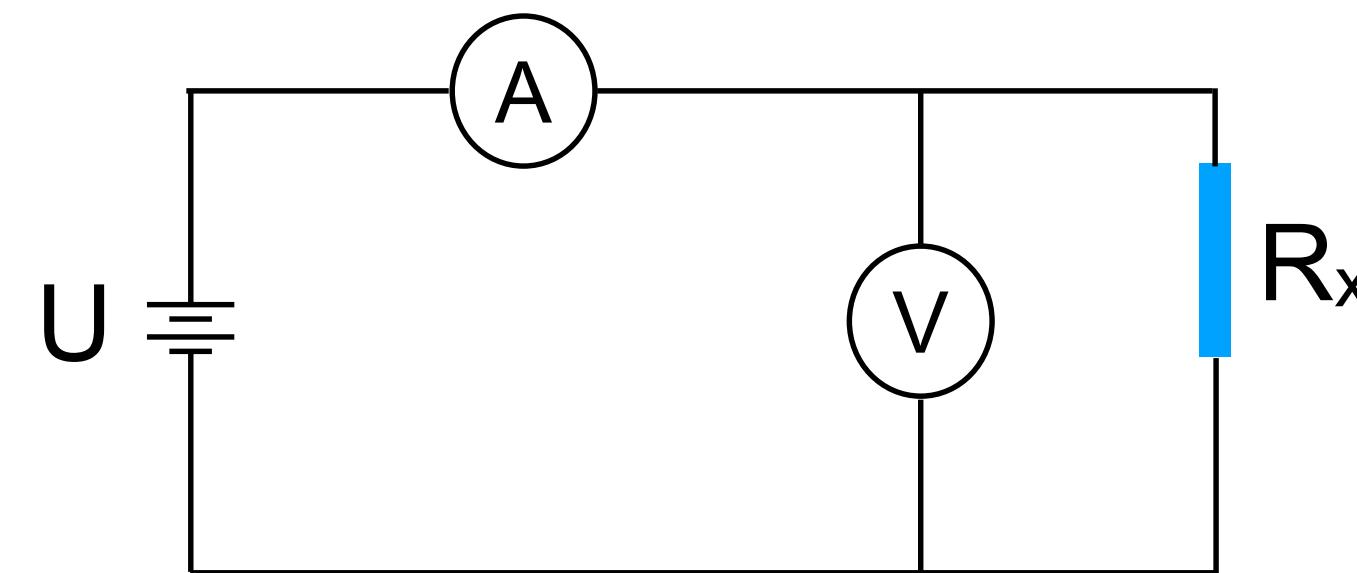
- Một số mạch đo của Ôm kế



- Nguyên lý chung

- Tính các giá trị dòng điện tại trường hợp chập và thả nỗi 2 đầu que đo để làm các giá trị làm mốc tương ứng  $R_x = 0$  và  $R_x = \infty$
- Viết phương trình dòng điện qua cơ cấu chỉ thị khi có  $R_x$  để xác định các vạch chia độ của Ôm kế

# Đo R gián tiếp Ampe và Volt kế



$$R_x = \frac{U_V}{I_x} = \frac{U_V}{I_A - I_V} = \frac{U_V}{I_A - \frac{U_V}{R_V}}$$

Có thể bỏ qua vì  $R_V$  lớn

$$R_x = \frac{U_x}{I_A} = \frac{U_V - U_A}{I_A} = \frac{U_V - I_A \cdot R_A}{I_A}$$

Có thể bỏ qua vì  $R_A$  lớn

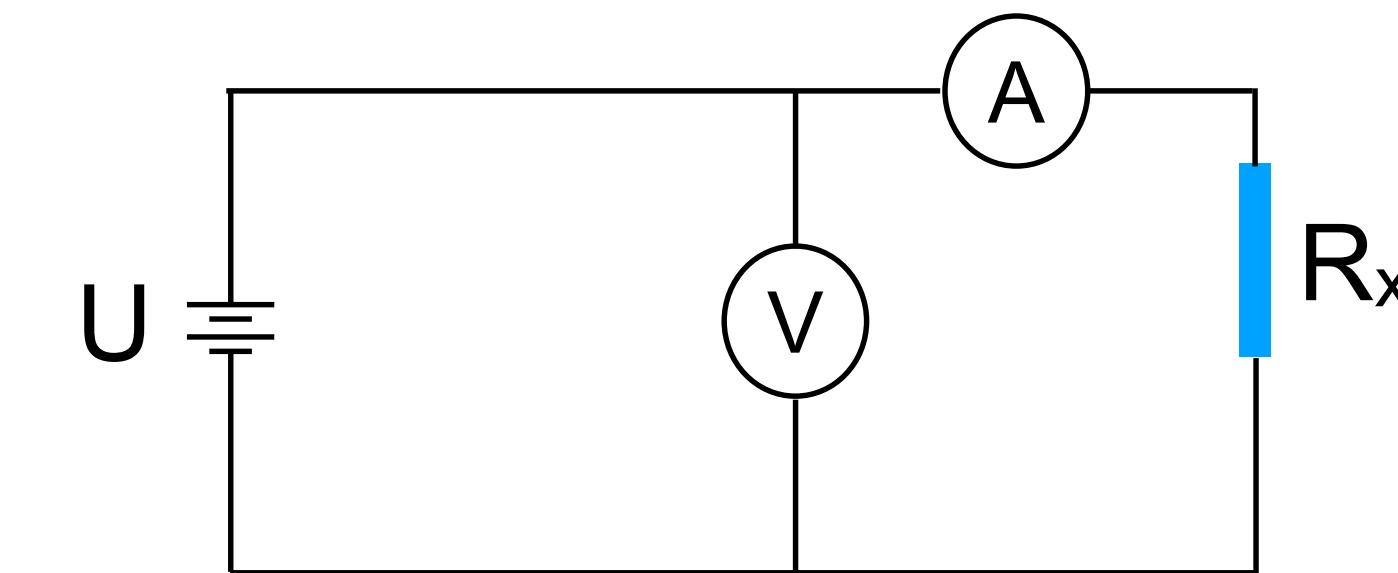
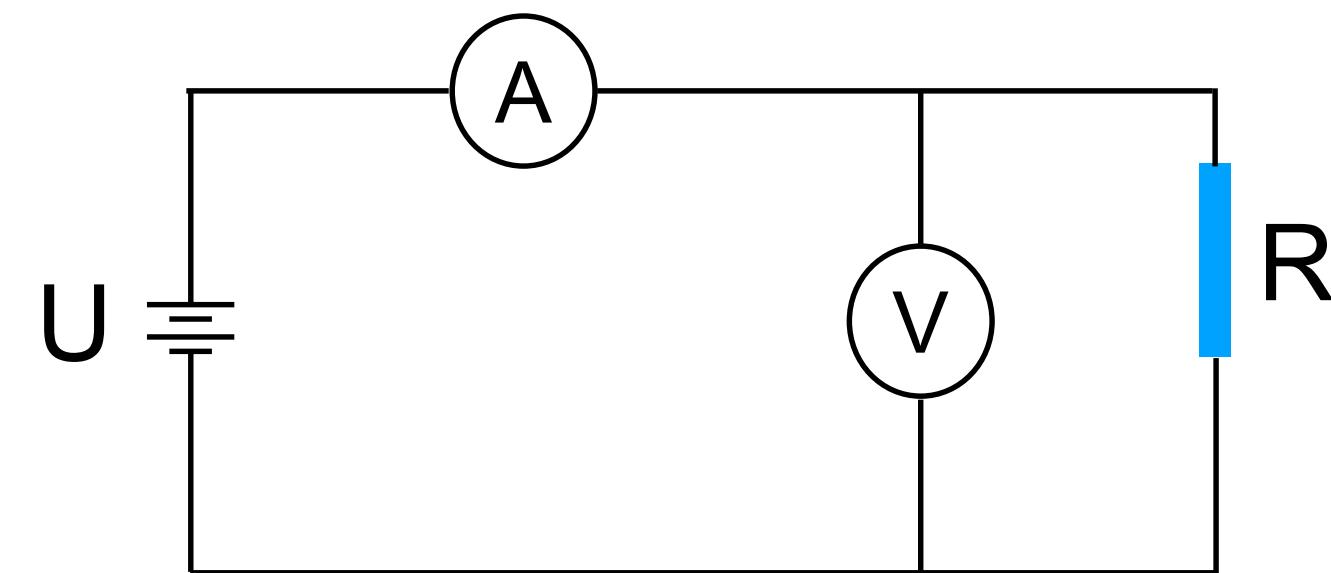
- Giá trị của điện trở được xác định từ tỉ số

$$R_x \approx \frac{U_V}{I_A}$$

- Độ chính xác phụ thuộc  $R_V$ ,  $R_A$  và sai số phép toán

$$\gamma_R = \gamma_V + \gamma_I$$

# Đo R gián tiếp Ampe và Volt kế



$$R_x = \frac{U_V}{I_x} = \frac{U_V}{I_A - I_V} = \frac{U_V}{I_A - \frac{U_V}{R_V}}$$

Có thể bỏ qua vì  $R_V$  lớn

$$R_x = \frac{U_x}{I_A} = \frac{U_V - U_A}{I_A} = \frac{U_V - I_A \cdot R_A}{I_A}$$

Có thể bỏ qua vì  $R_A$  lớn

- Chú ý
  - Volt kế có điện trở càng lớn và Ampe kế có điện trở càng nhỏ càng tốt
  - Giá trị đo được có sai số phụ thuộc các phép toán (phép chia)

# Đo R bằng phương pháp so sánh

- Sơ đồ mắc song song

- Khoá K ở 1:

$$U = I_0 \cdot R_0$$

- Khoá K ở 2:

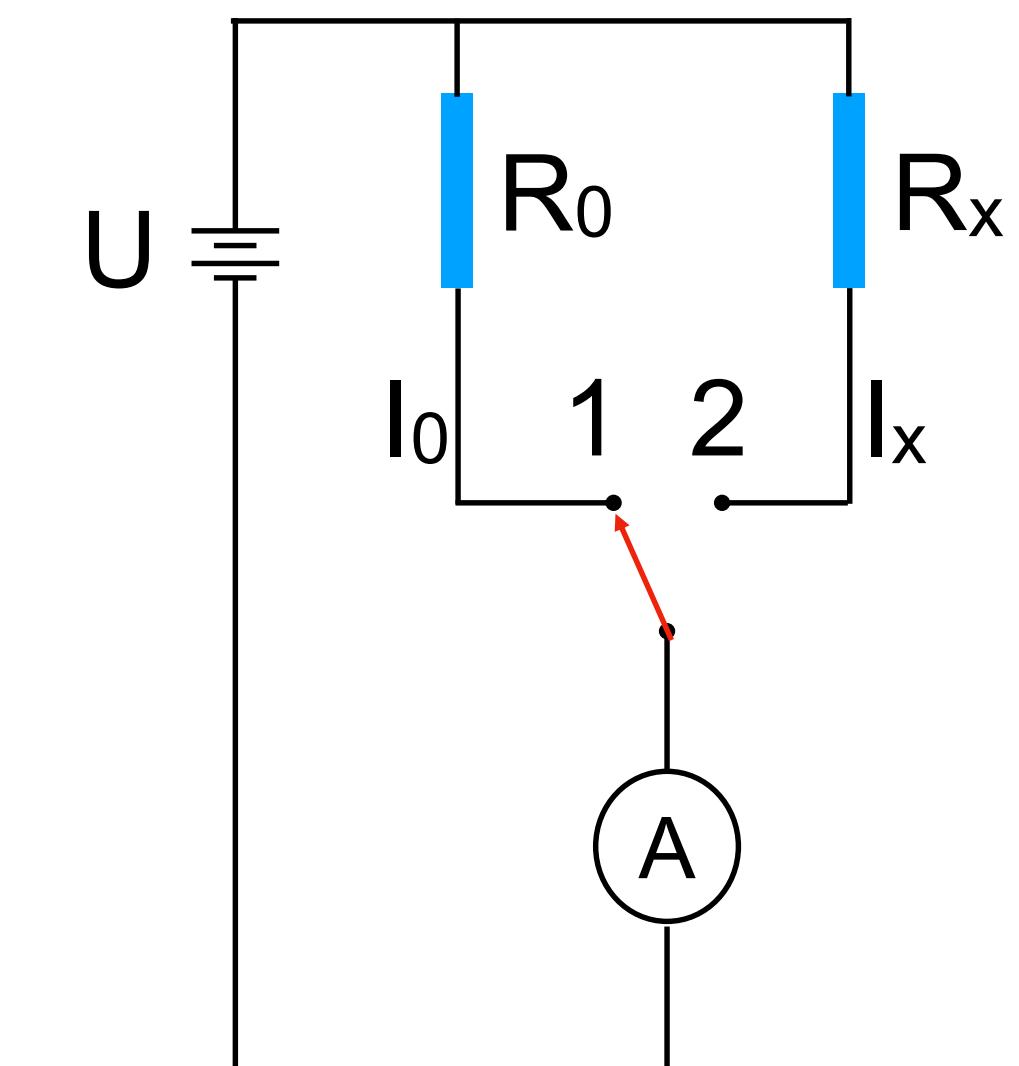
$$U = I_x \cdot R_x$$



$$R_x = \frac{I_0}{I_x} R_0$$

- $I_0$  và  $I_x$  là các đại lượng đo được từ Ampe kế

- $R_0$  là điện trở mẫu có độ chính xác cao



# Đo R bằng phương pháp so sánh

- Sơ đồ mắc nối tiếp

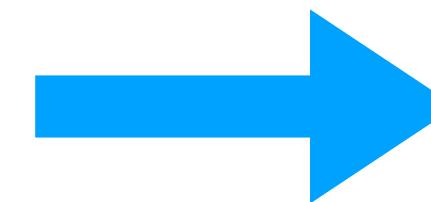
- Khoá K ở 1:

$$I = \frac{U_0}{R_0}$$

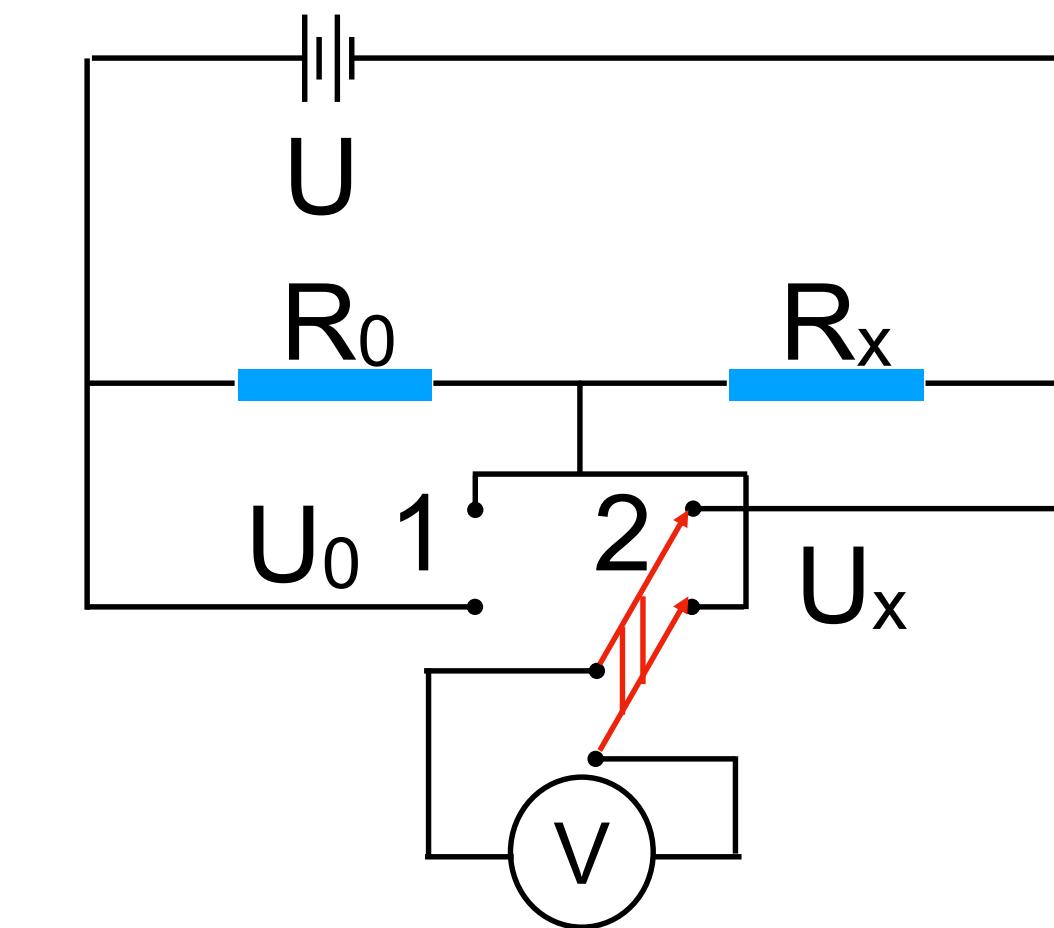
- Khoá K ở 2:

$$I = \frac{U_x}{R_x}$$

$R_0$  và  $R_x$  nối tiếp nhau



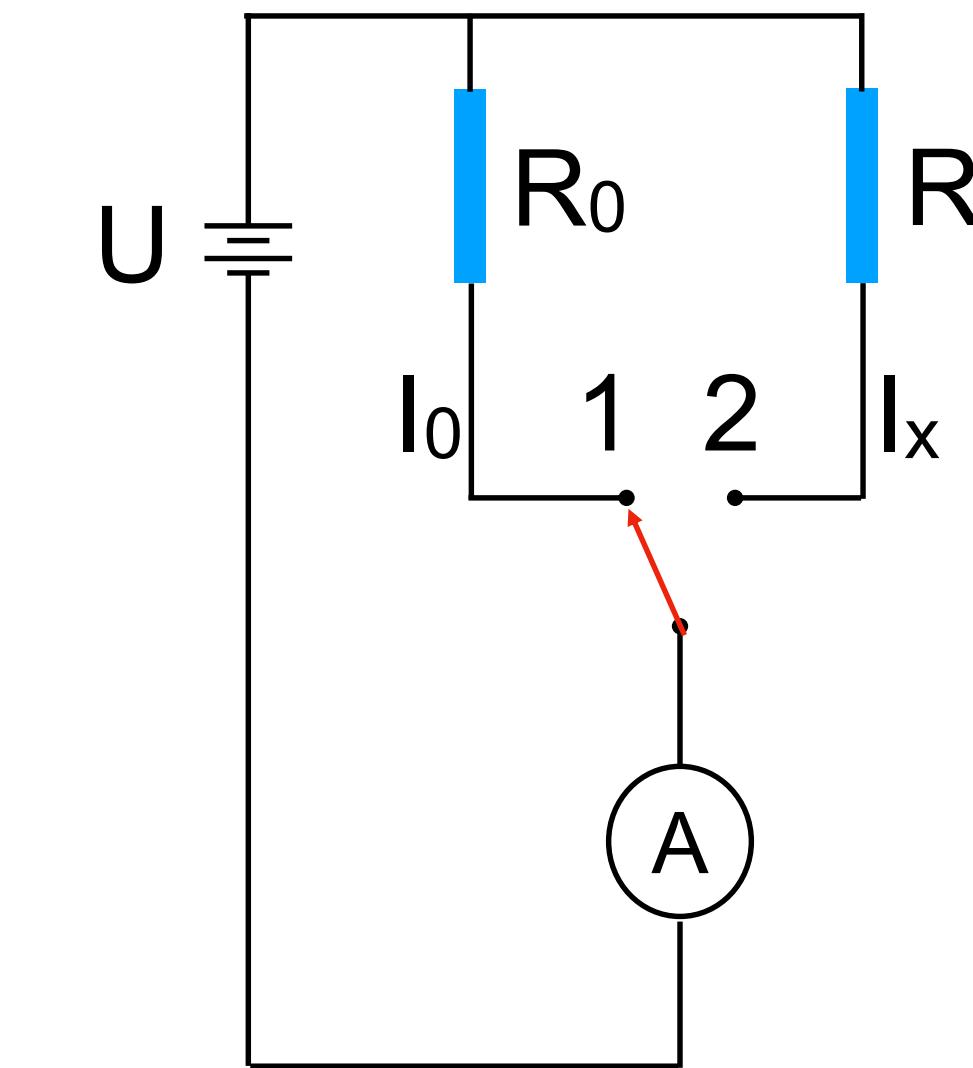
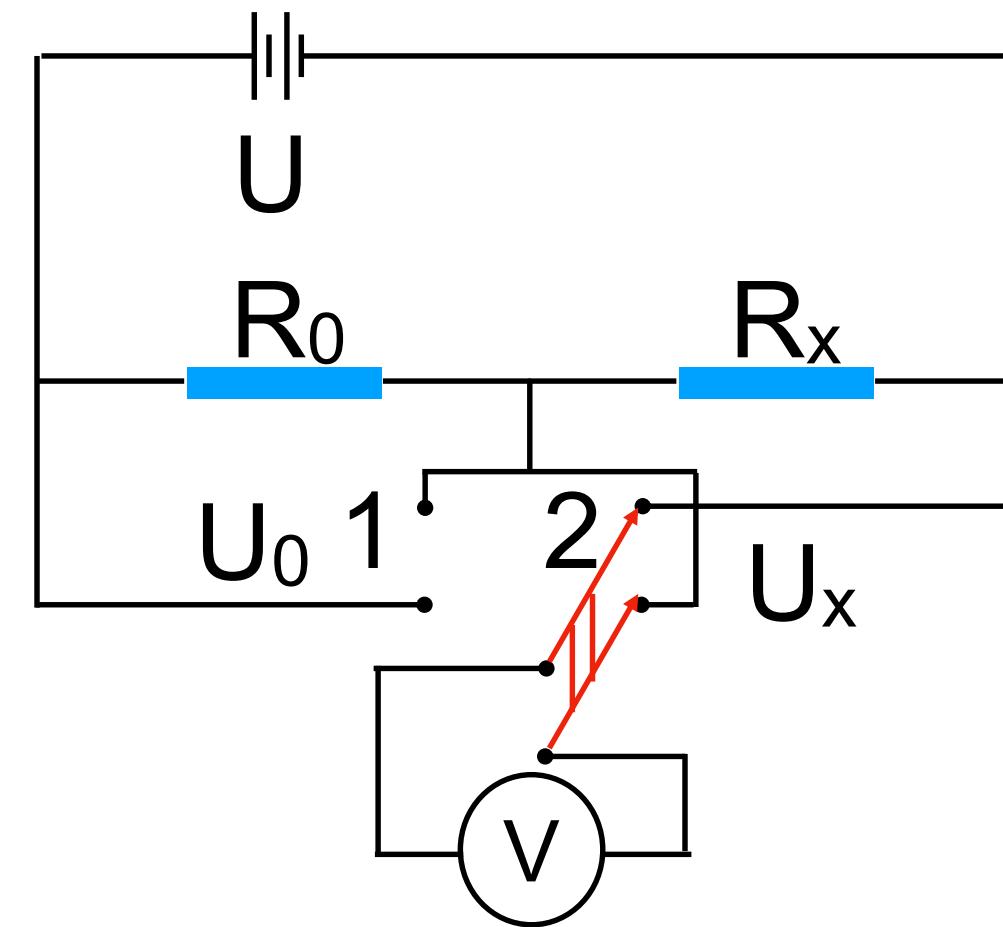
$$I = \frac{U_0}{R_0} = \frac{U_x}{R_x} \Leftrightarrow R_x = \frac{U_x}{U_0} \cdot R_0$$



- $U_0$  và  $U_x$  là các đại lượng đo được từ Volt kế

- $R_0$  là điện trở mẫu có độ chính xác cao

# Đo R bằng phương pháp so sánh



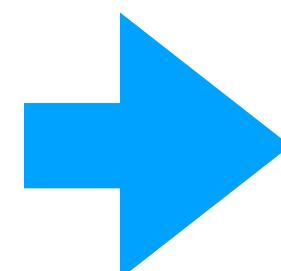
- Đặc điểm của phương pháp đo so sánh
  - Do sử dụng 1 cơ cấu chỉ thị nên độ chính xác tốt hơn so với phương pháp đo gián tiếp sử dụng Amie kế và volt kế
  - Không cần sử dụng nguồn pin có độ chính xác cao

# Sử dụng cầu đo điện trở

- $R_1, R_3$  là các điện trở,  $R_2$  là biến trở

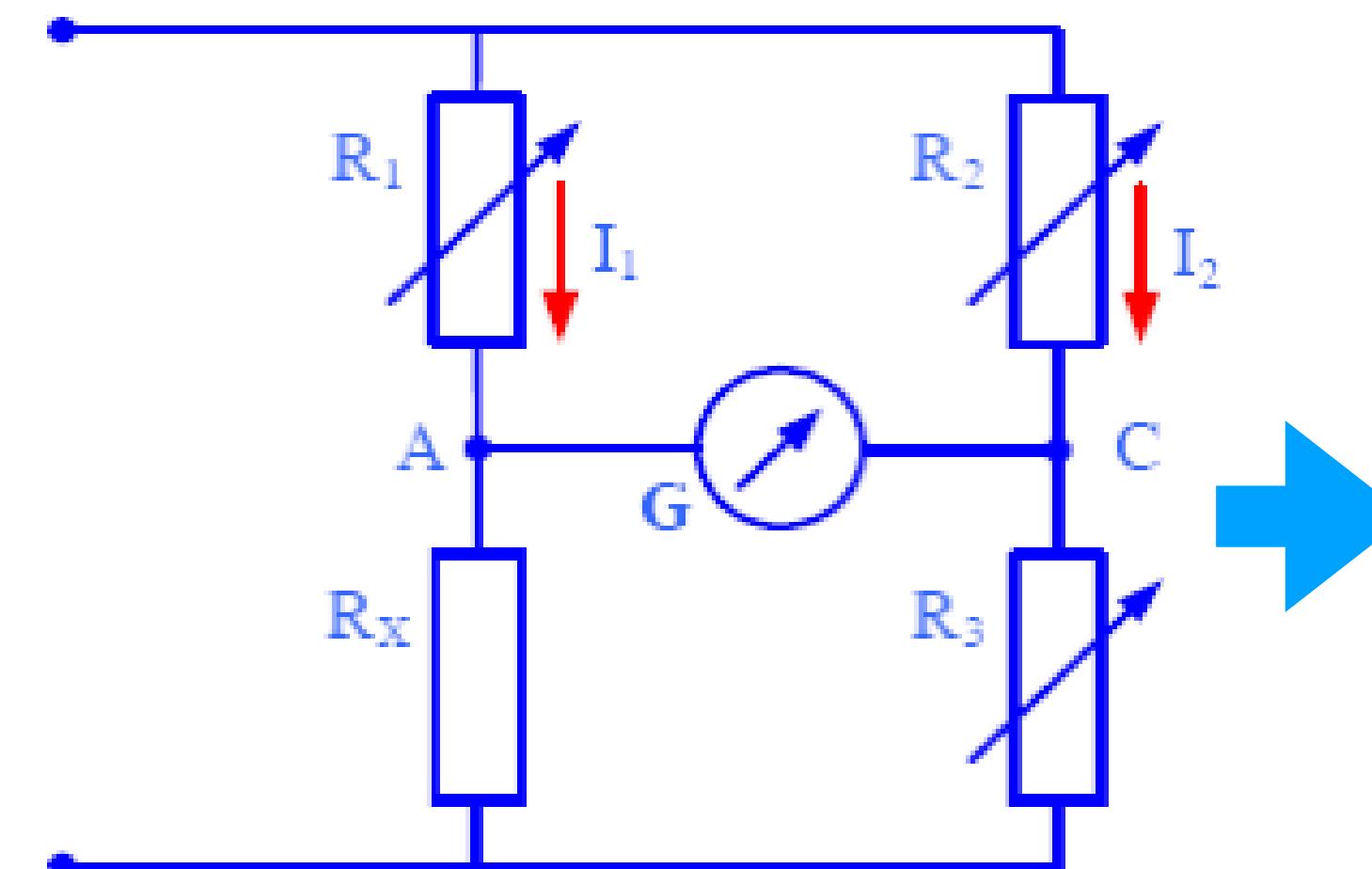
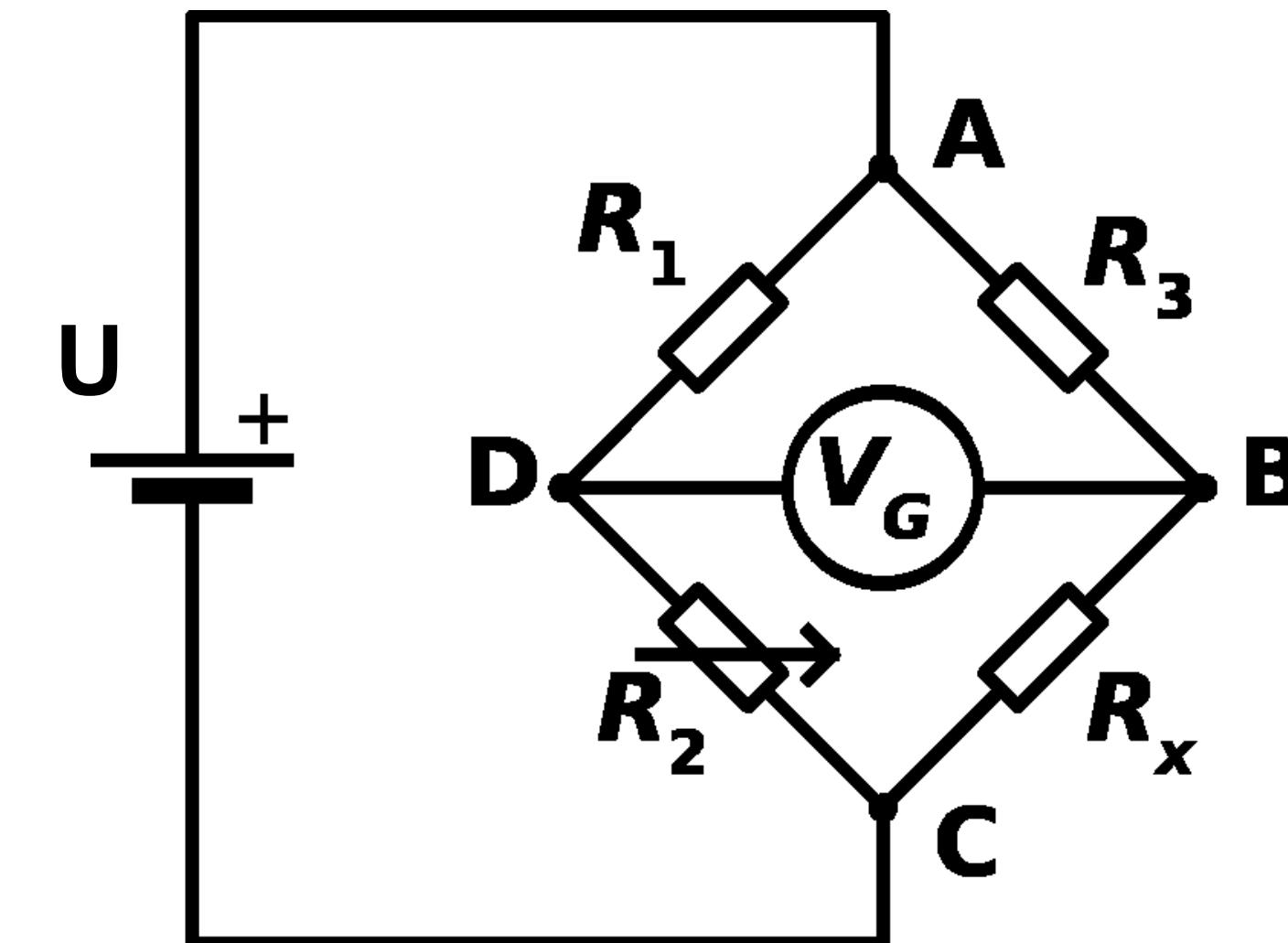
$$V_G = V_D - V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U - \frac{R_x}{R_3 + R_x} U$$

- Khi cầu cân bằng  $V_G = 0$



$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

- Có thể chọn cả  $R_1, R_2$  và  $R_3$  đều là các biến trở



$$R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}$$

# Sử dụng cầu đo điện trở

- Đặc điểm của cầu đo điện trở
  - Kết quả đo không phụ thuộc nguồn cung cấp
  - Thao tác phức tạp, phải điều chỉnh đồng thời các biến trở để điện kế G đạt giá trị 0
  - Cầu đơn (Wheatstone) được sử dụng để đo  $R$  có giá trị trung bình và lớn
  - Để đo  $R$  nhỏ cỡ vài Ohm cần sử dụng mạch cầu kép Kelvin

# Sử dụng cầu đo điện trở

- Đặc điểm của cầu đo điện trở nhỏ - Mạch cầu kép

- Theo vòng 1

$$I_x \cdot R_x = I_1 R_1 - I_3 R_3 = R_1 \left( I_1 - I_3 \frac{R_3}{R_1} \right)$$

- Theo vòng 2

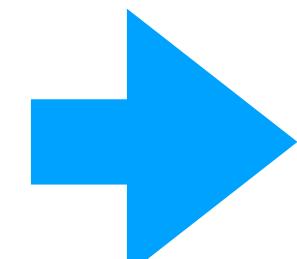
$$I_0 \cdot R_0 = I_2 R_2 - I_4 R_4 = R_2 \left( I_2 - I_4 \frac{R_4}{R_2} \right)$$

- Cầu cân bằng

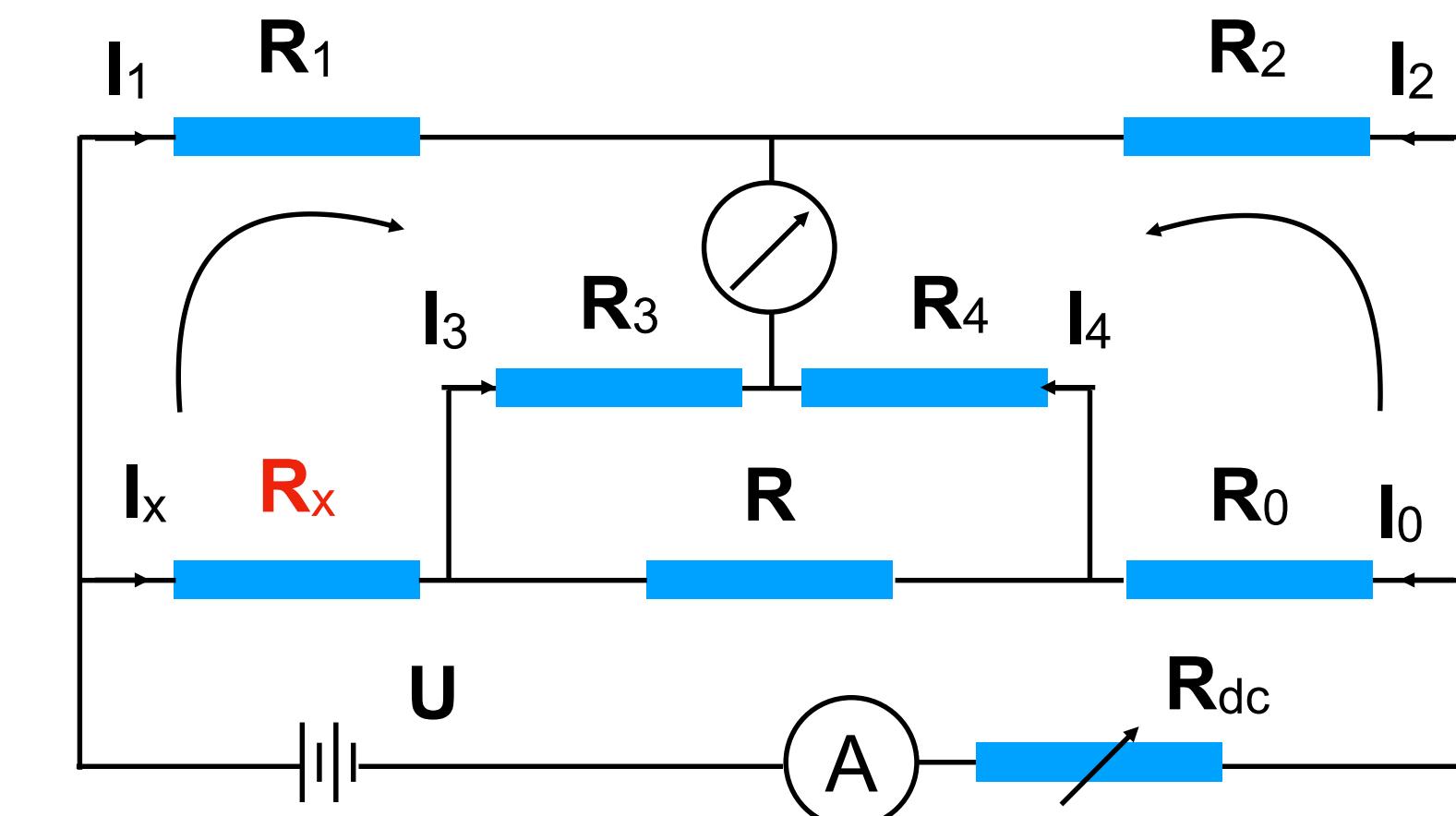
$$I_1 = I_2$$

$$I_0 = I_x$$

$$I_3 = I_4$$



$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2} \frac{I_1 - I_2 \frac{R_3}{R_1}}{I_1 - I_2 \frac{R_4}{R_2}}$$



Nếu

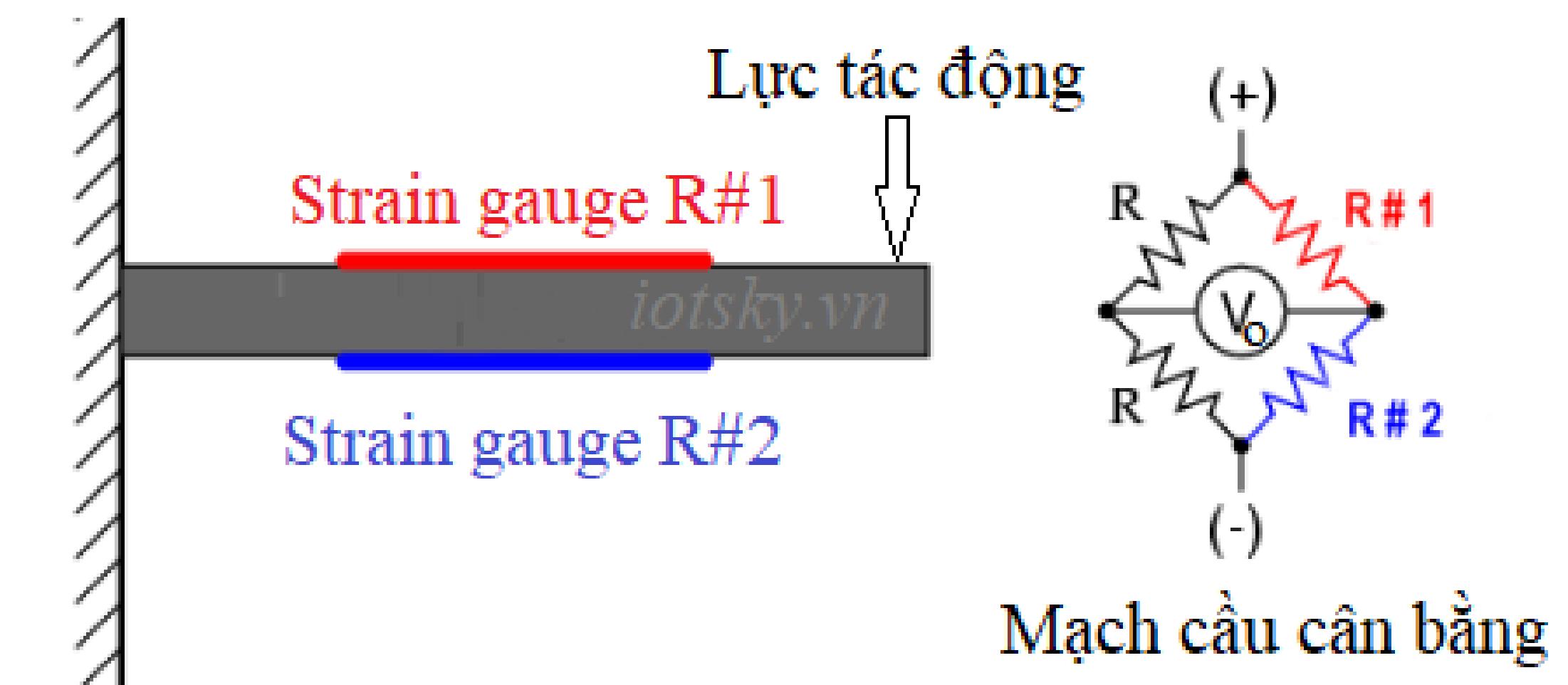
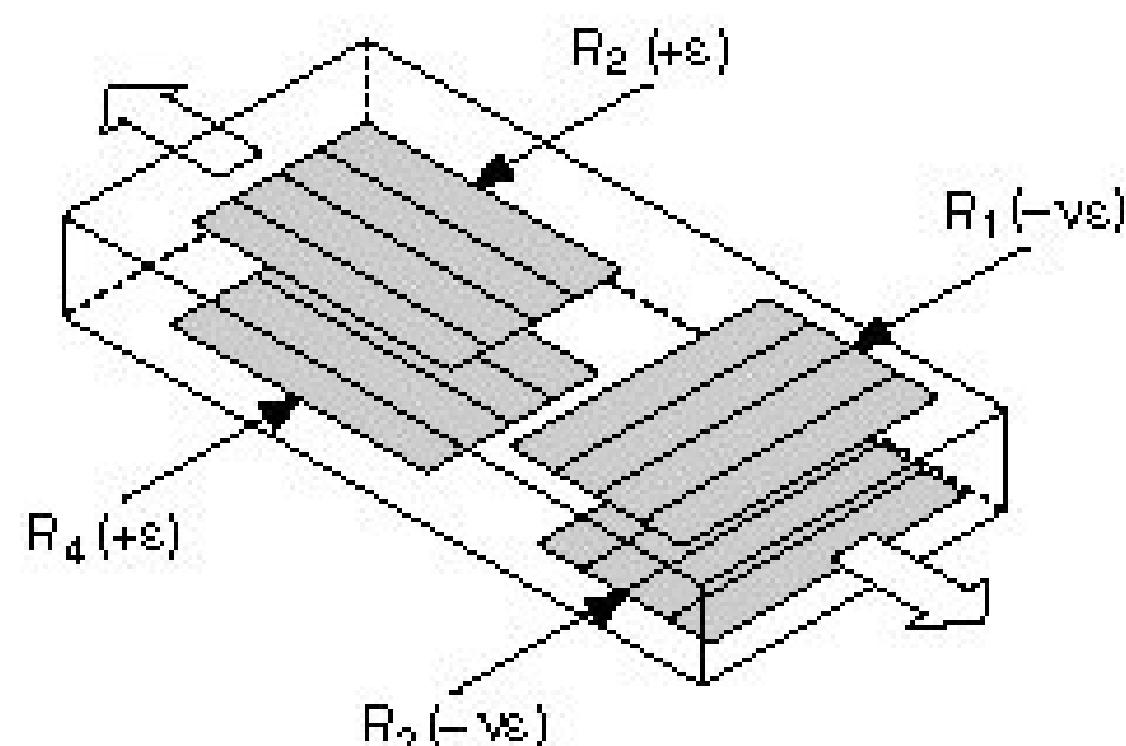
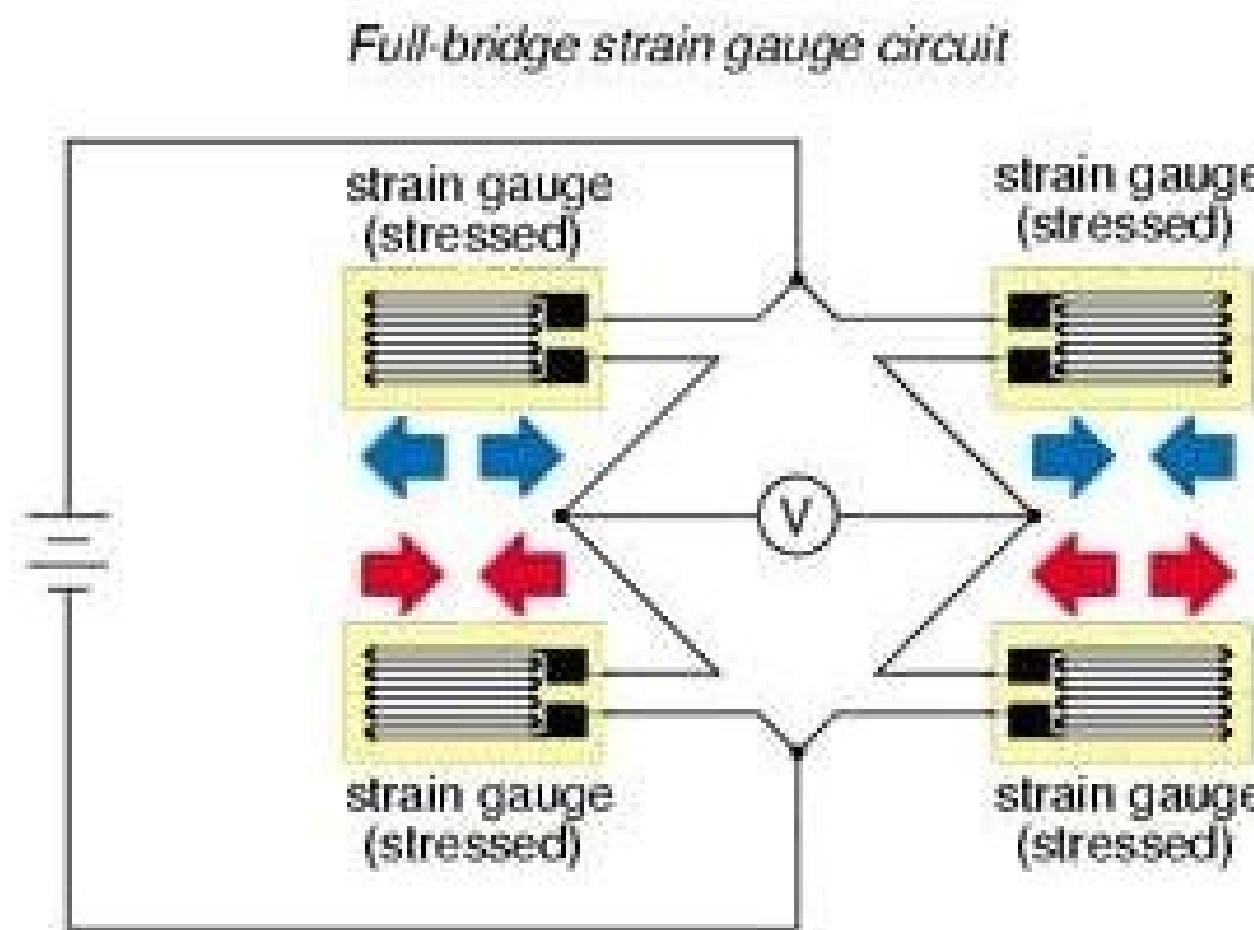
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

thì

$$R_x = R_0 \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

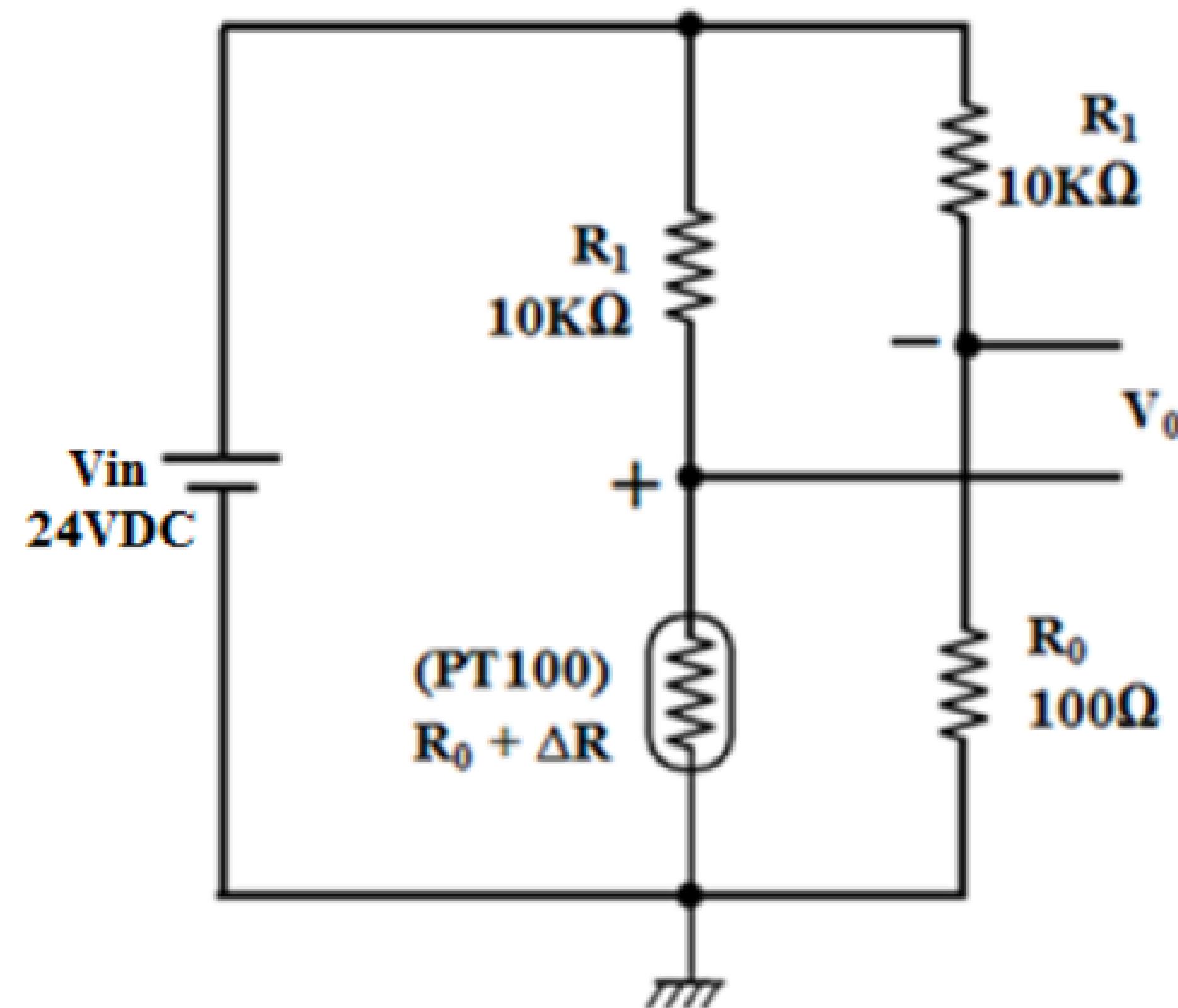
# Ứng dụng cầu đo điện trở

- Chuyển đổi áp lực - điện trở - điện áp



# Ứng dụng cầu đo điện trở

- Chuyển đổi nhiệt độ - điện áp



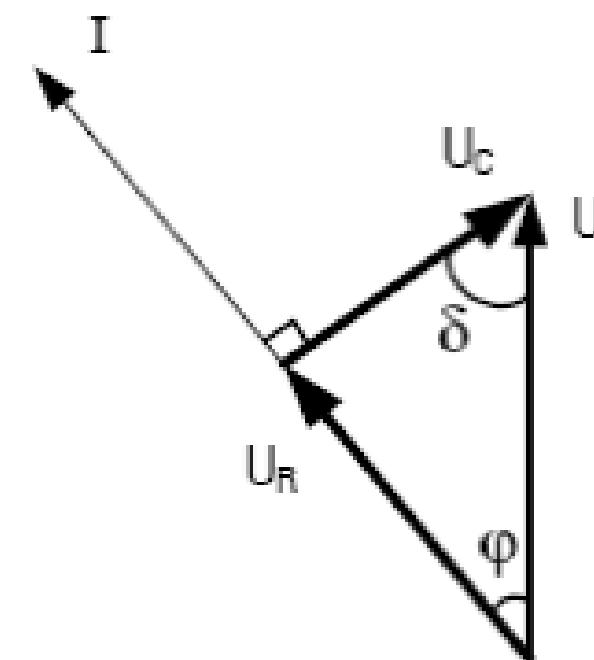
# Đo điện dung C

- Phương pháp đo C
  - Đo trực tiếp sử dụng Ampe kế, volt kế và Watt kế
  - Sử dụng mạch cầu đo

# Đo điện dung C

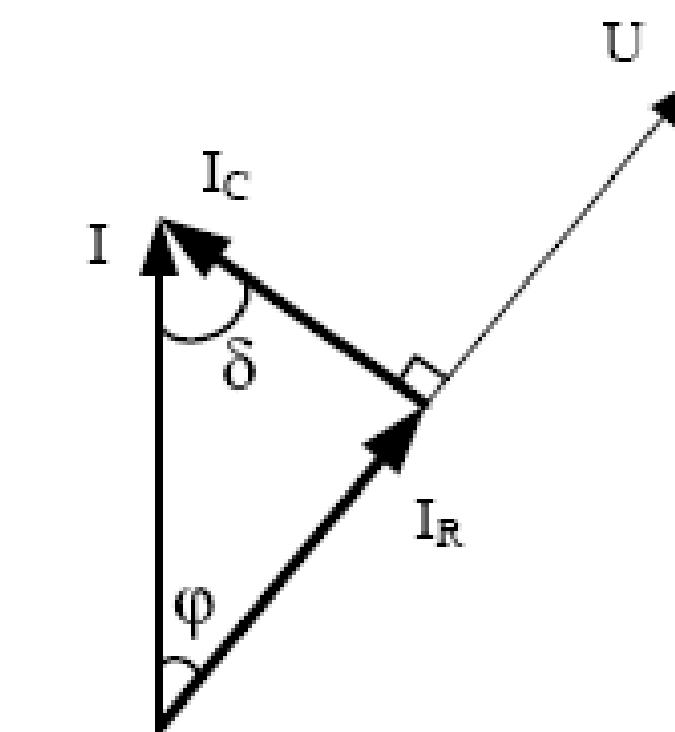
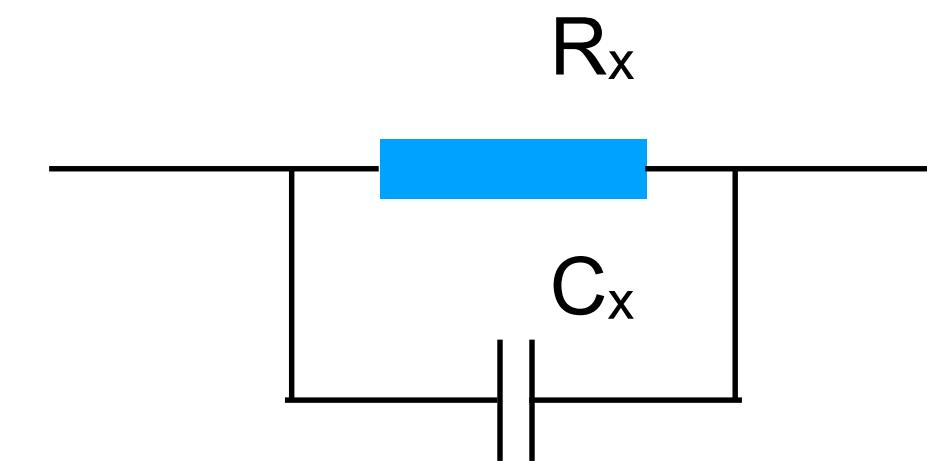
- Sơ đồ tương đương của tụ điện C

Tổn hao nhỏ



$$D = \operatorname{tg}\delta = \omega \cdot R \cdot C$$

Tổn hao lớn



$$D = \operatorname{tg}\delta = \frac{1}{\omega \cdot R \cdot C}$$

# Đo điện dung

- Mạch đo tụ có góc tổn hao nhỏ

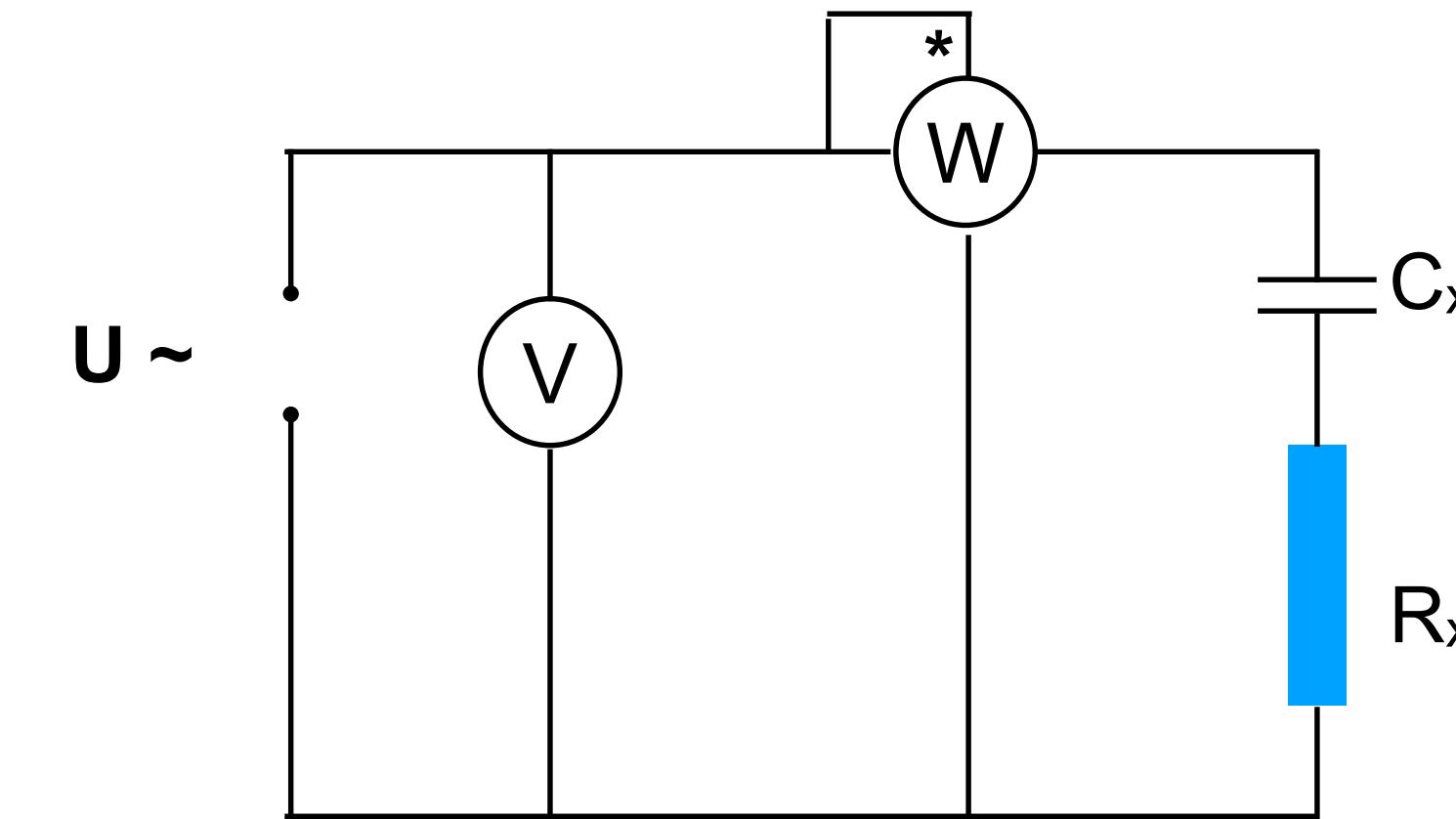
$$Z_c = \frac{U_x}{I_x} = \sqrt{R_x^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C_x}\right)^2}$$

$$\Rightarrow C_x = \frac{1}{\omega \sqrt{\left(\frac{U_x}{I_x}\right)^2 - R_x^2}}$$

$$R_x = \frac{P_x}{I_x^2}$$

với  $U_x, I_x, P_x$  là các chỉ số trên volt kế, Ampe kế và Watt kế

Nguồn cung cấp cho mạch phải là nguồn AC có biên độ và tần số ổn định, ít méo

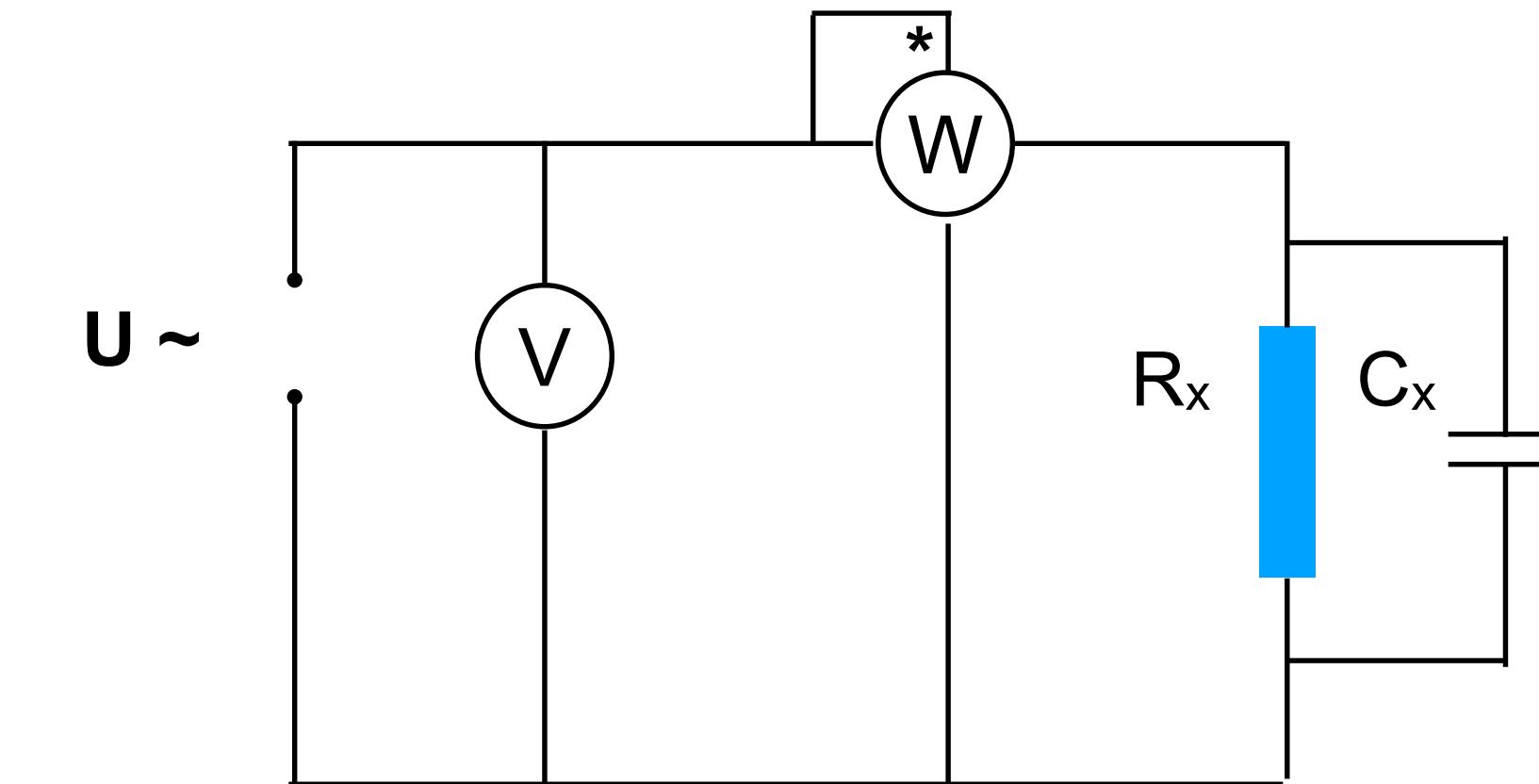


# Đo điện dung

- Mạch đo tụ có góc tổn hao lớn

$$Z_c = \frac{U_x}{I_x} = \sqrt{R_x^2 + (\omega \cdot C_x)^2}$$
$$\Rightarrow C_x = \frac{1}{\omega} \sqrt{\left(\frac{U_x}{I_x}\right)^2 - \frac{1}{R_x^2}}$$

$$R_x = \frac{P_x}{I_x^2}$$



với  $U_x, I_i, P_x$  là các chỉ số trên volt kế, Ampe kế và Watt kế

Nguồn cung cấp cho mạch phải là nguồn AC có biên độ và tần số ổn định, ít méo

# Đo điện dung

- Mạch cầu đo với tụ có góc tổn hao D **nhỏ**

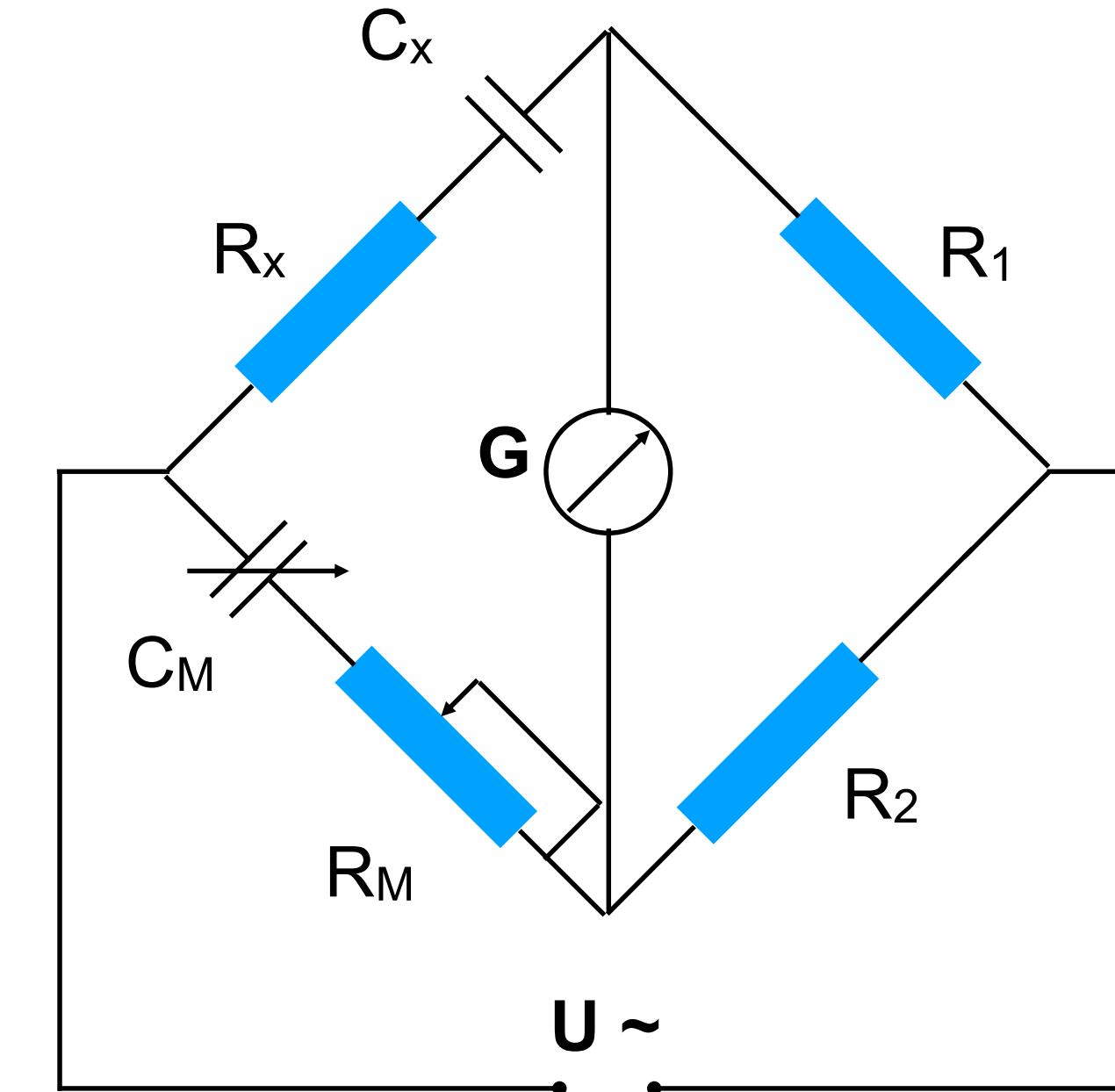
- Cầu cân bằng khi

$$R_2 \cdot \left( R_x + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_x} \right) = R_1 \cdot \left( R_M + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_M} \right)$$

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_M$$

$$C_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot C_M$$

$$D = \omega R_x C_x$$



**Mạch cầu Sauty**

với  $C_M, R_M$  là các giá trị trên các tụ điện xoay và biến trở

Nguồn cung cấp cho mạch phải là nguồn AC có biên độ và tần số ổn định, ít méo

# Đo điện dung

- Mạch cầu đo với tụ có góc tổn hao D **lớn**

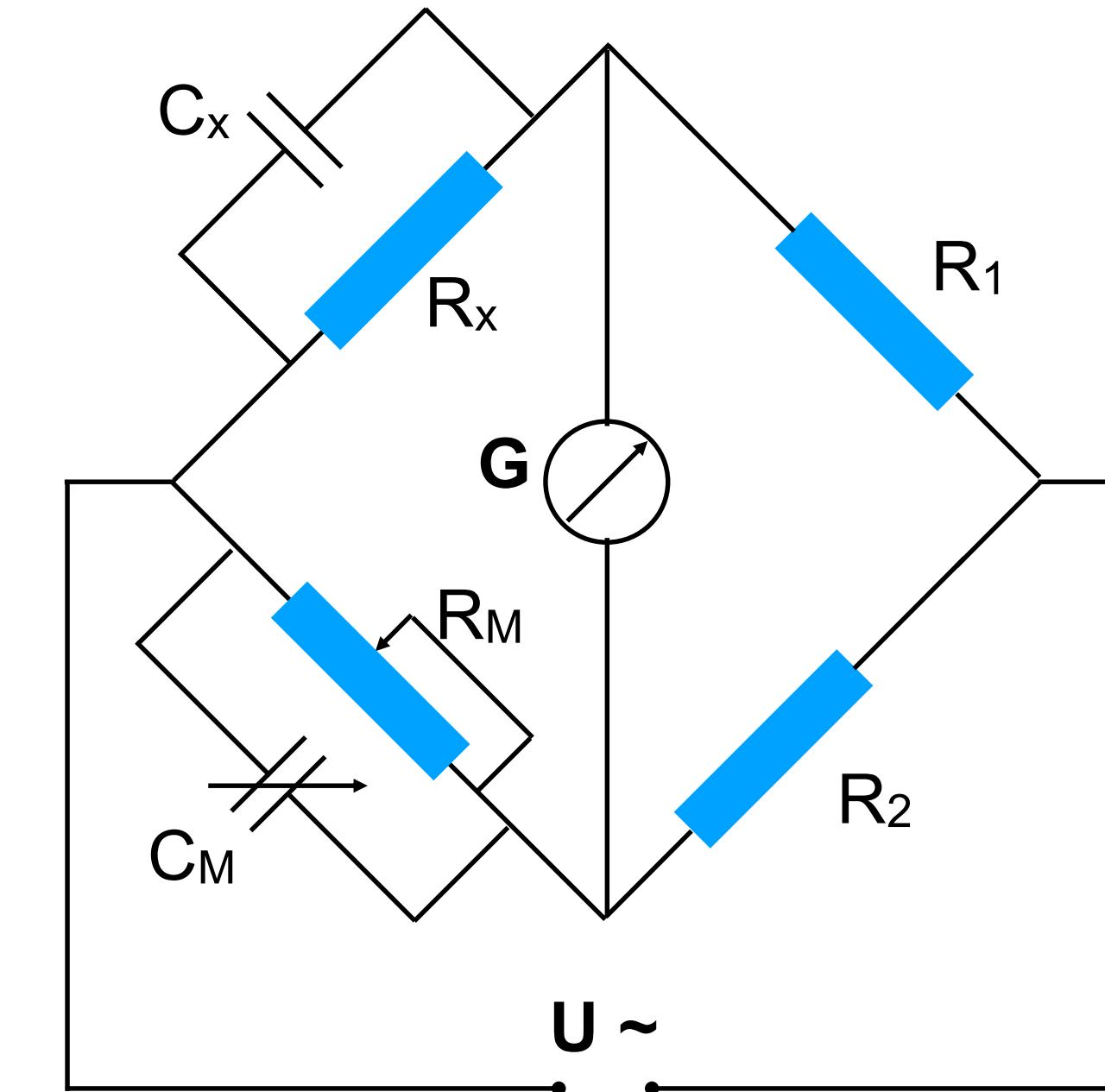
- Cầu cân bằng khi

$$R_2 \cdot \left( \frac{1}{R_M} + j \cdot \omega \cdot C_M \right) = R_1 \cdot \left( \frac{1}{R_x} + j \cdot \omega \cdot C_x \right)$$

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_M$$

$$C_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot C_M$$

$$D = \frac{1}{\omega R_x C_x}$$



Mạch cầu Nernst

với  $C_M, R_M$  là các giá trị trên các tụ điện xoay và biến trở

Nguồn cung cấp cho mạch phải là nguồn AC có biên độ và tần số ổn định, ít méo

# Đo điện cảm

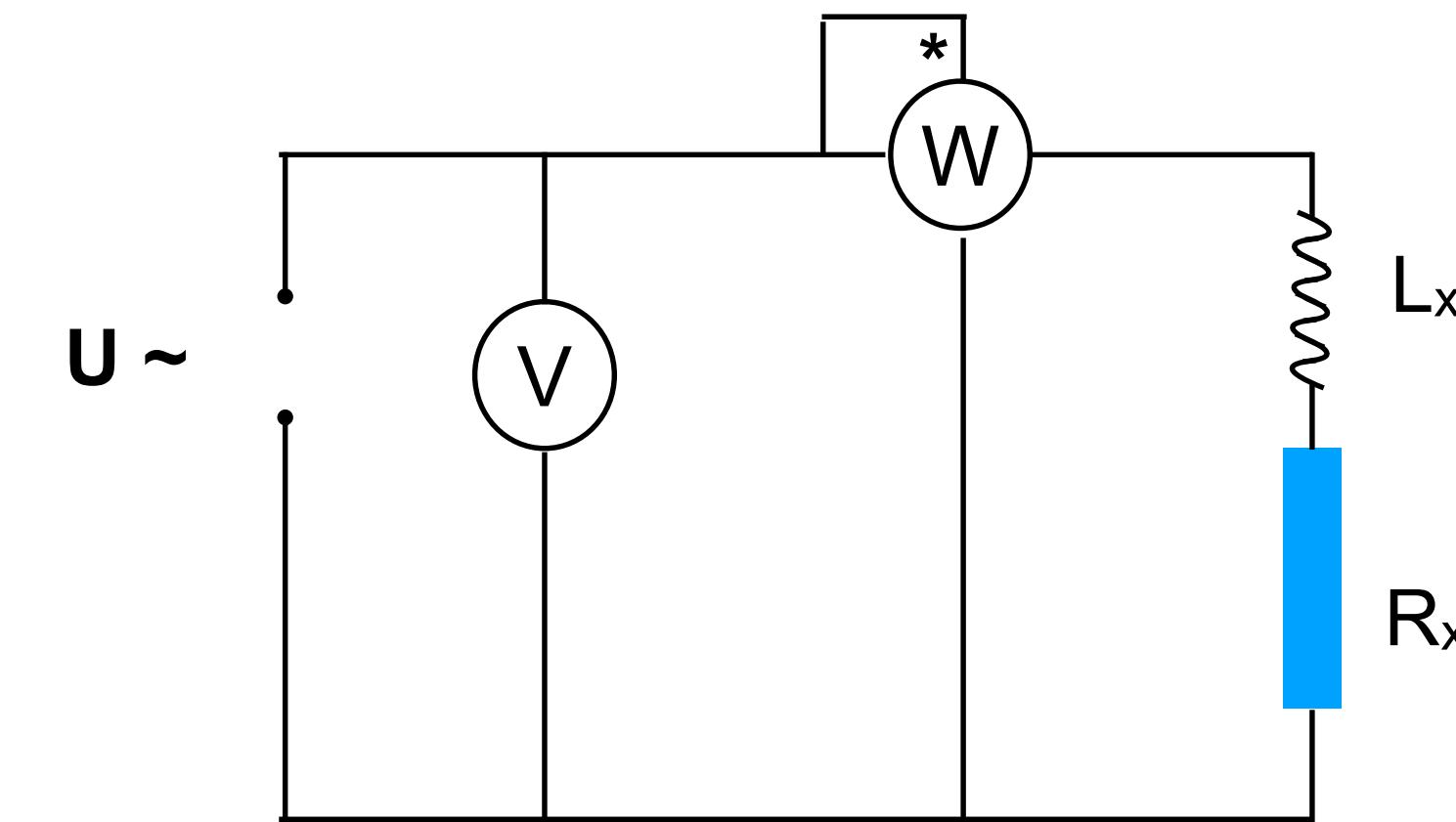
- Phương pháp đo điện cảm L
  - Đo trực tiếp sử dụng Ampe kế, volt kế và Watt kế
  - Sử dụng mạch cầu đo

# Đo điện cảm trực tiếp

$$Z_L = \frac{U_x}{I_x} = \sqrt{R_x^2 + (\omega \cdot L_x)^2}$$

$$\Rightarrow L_x = \frac{1}{\omega} \sqrt{(Z_L)^2 - R_x^2}$$

$$\Rightarrow L_x = \frac{1}{\omega} \sqrt{\left(\frac{U_x}{I_x}\right)^2 - R_x^2}$$



với  $U_x, I_i, P_x$  là các chỉ số trên volt kế, Ampe kế và Watt kế

$$R_x = \frac{P_x}{I_x^2}$$

$R_x$  được xác định trước bằng nguồn 1 chiều DC

Nguồn cung cấp cho mạch phải là nguồn AC có biên độ và tần số ổn định, ít méo

# Đo điện cảm

- Mạch cầu đo với cuộn cảm có hệ số phảm chất **Q nhỏ < 10**

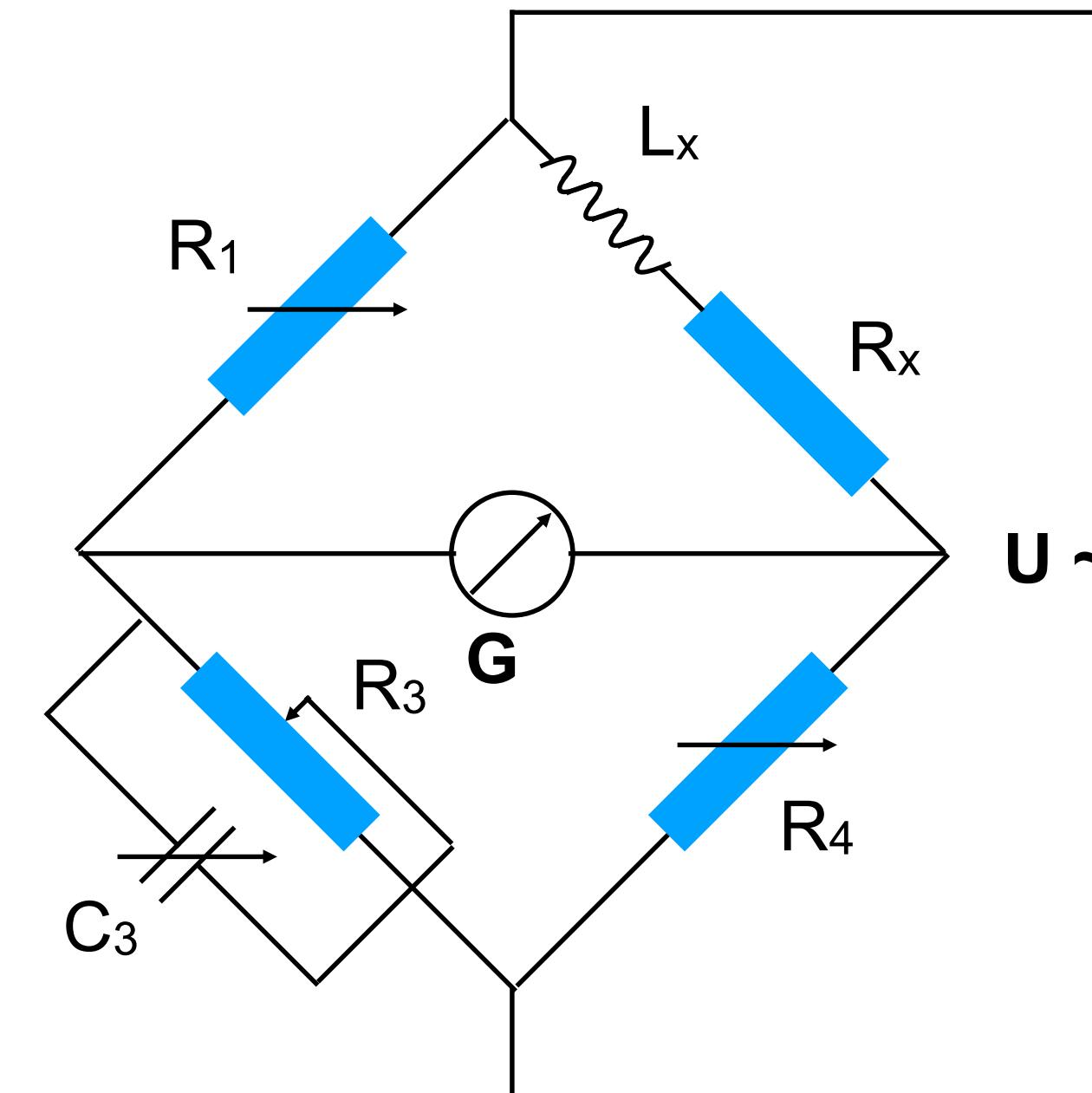
- Cầu cân bằng khi

$$R_1 \cdot \left( \frac{1}{R_3} + j \cdot \omega \cdot C_3 \right) = \frac{R_x + j \cdot \omega \cdot L_x}{R_4}$$

$$R_x = \frac{R_4}{R_3} \cdot R_1$$

$$L_x = C_3 R_1 R_4$$

$$Q = \frac{\omega L_x}{R_x}$$



Mạch cầu Maxwell-Wien

với  $C_3, R_1, R_3, R_4$  là các giá trị trên các tụ điện xoay và biến trở

Nguồn cung cấp cho mạch phải là nguồn AC có biên độ và tần số ổn định, ít méo

# Đo điện cảm

- Mạch cầu đo với cuộn cảm có hệ số phảm chất **Q** lớn > 10

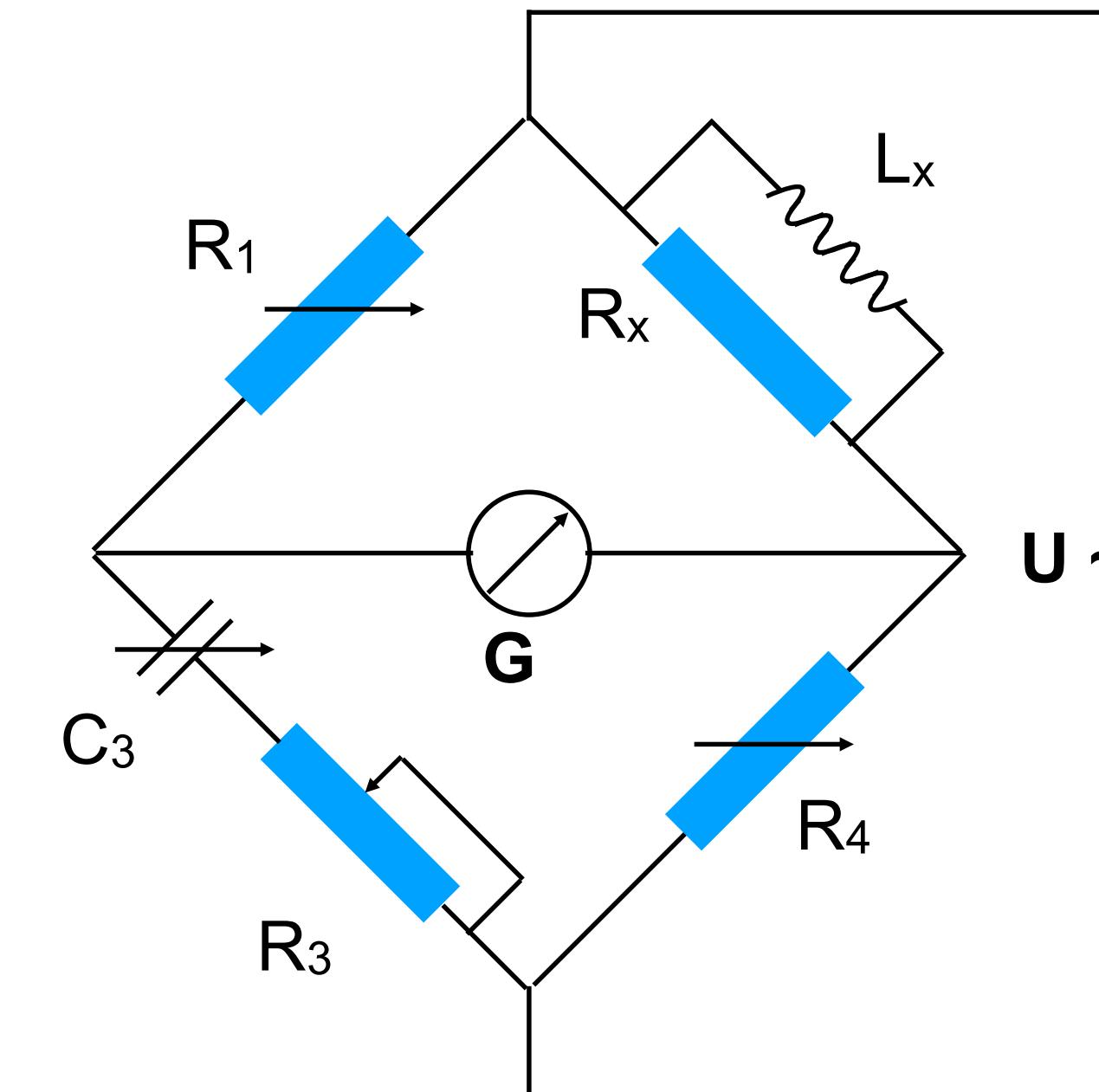
- Cầu cân bằng khi

$$R_4 \cdot \left( \frac{1}{R_x} + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot L_x} \right) = \frac{R_3 + \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_3}}{R_2}$$

$$R_x = \frac{R_4}{R_3} \cdot R_1$$

$$L_x = C_3 R_1 R_4$$

$$Q = \frac{R_x}{\omega L_x}$$



**Mạch cầu Hay**

với  $C_3, R_1, R_3, R_4$  là các giá trị trên các tụ điện xoay và biến trở

Nguồn cung cấp cho mạch phải là nguồn AC có biên độ và tần số ổn định, ít méo

# Đo điện cảm

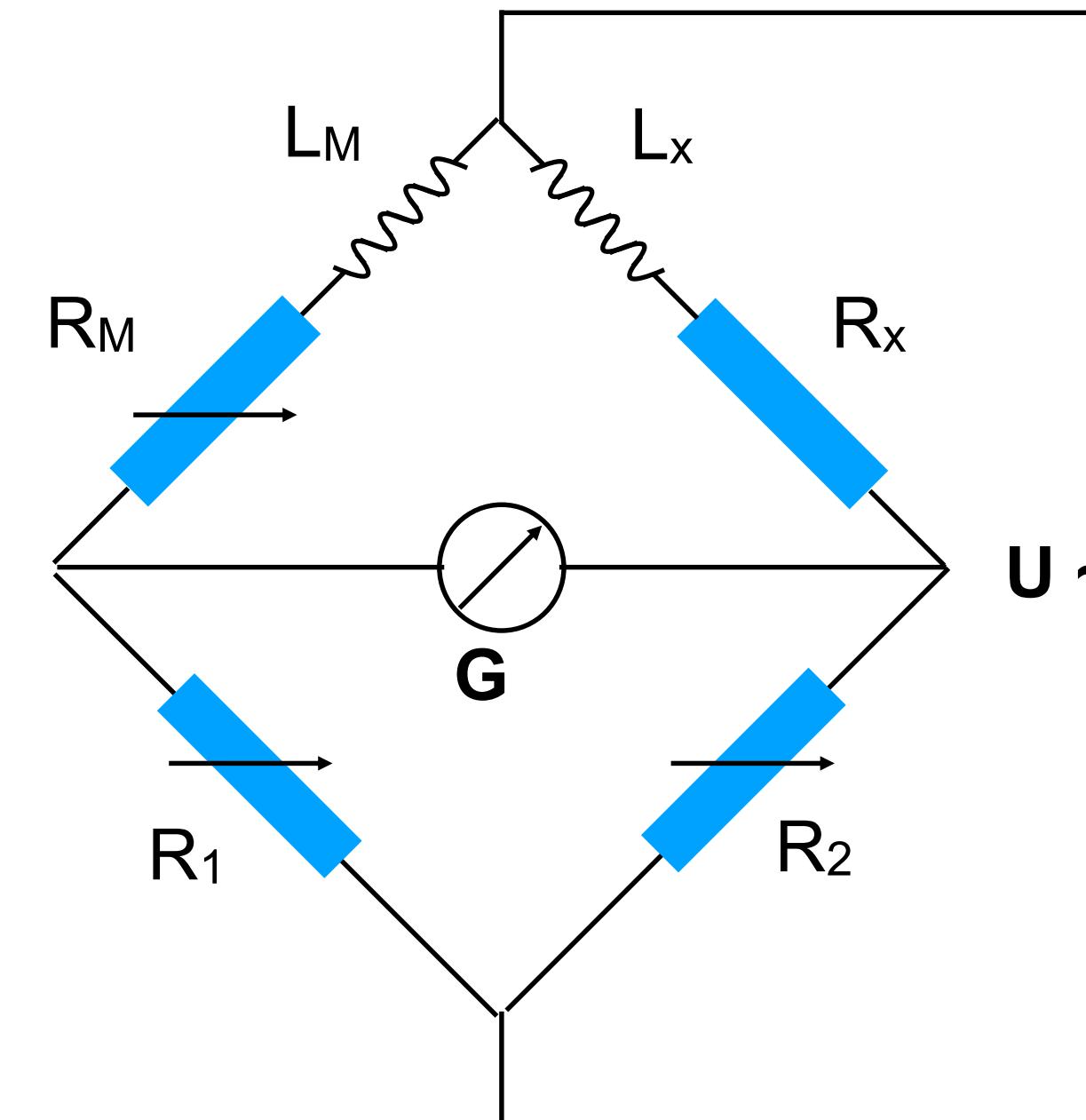
- Mạch cầu đo sử dụng điện cảm mẫu

- Cầu cân bằng khi

$$R_1 \cdot (R_M + j \cdot \omega \cdot L_M) = R_2 \cdot (R_x + j \cdot \omega \cdot L_x)$$

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_M$$

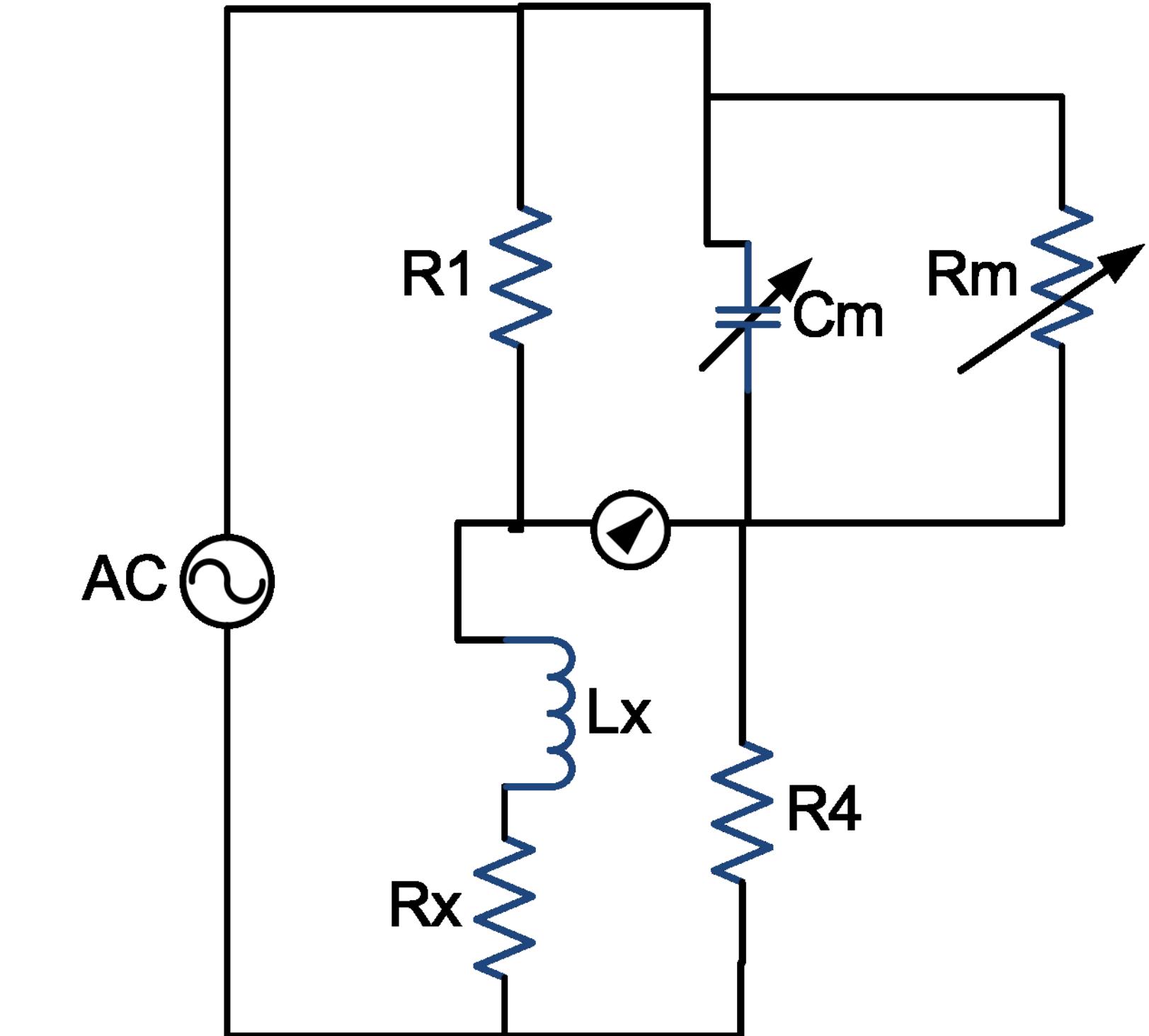
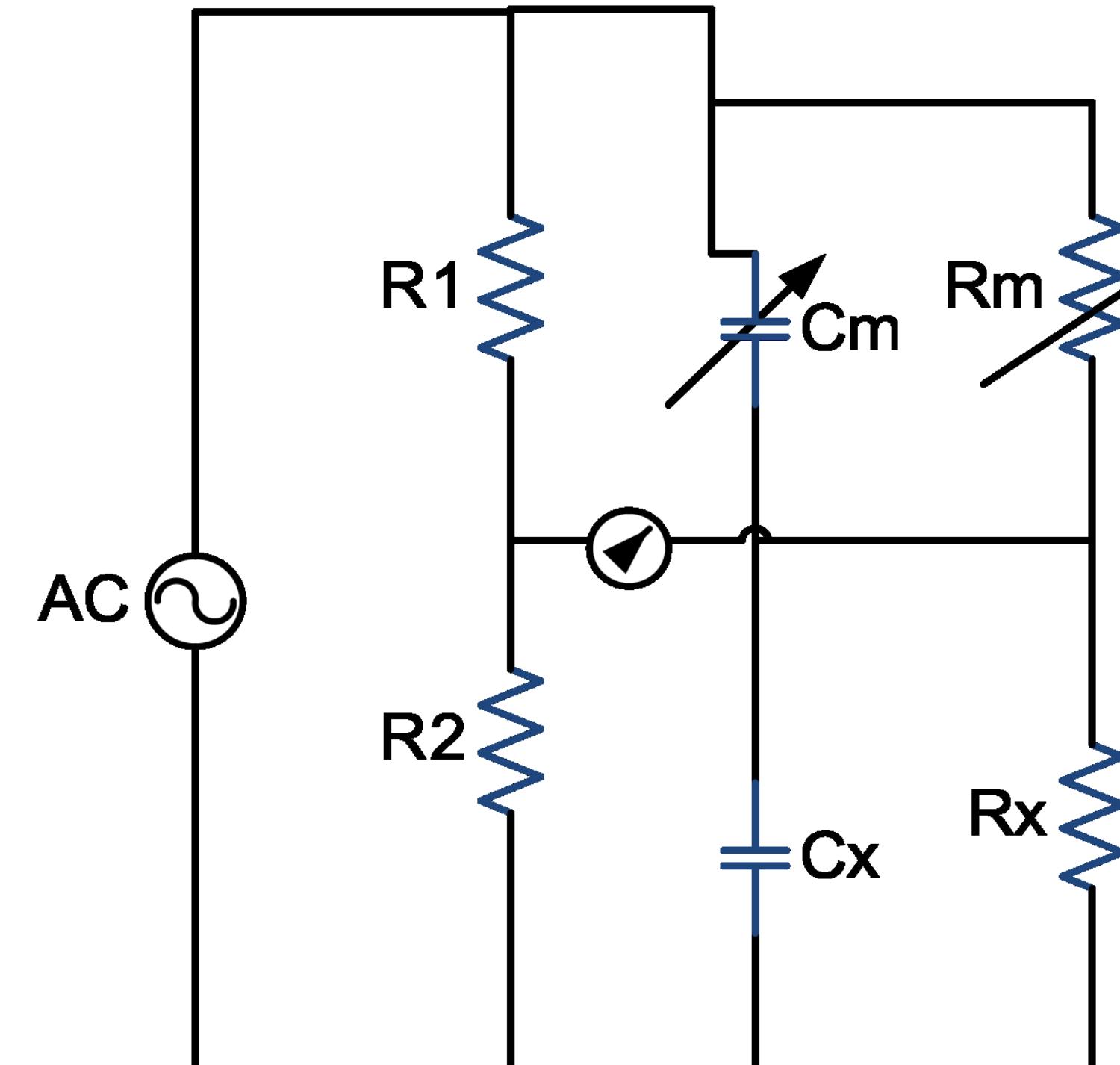
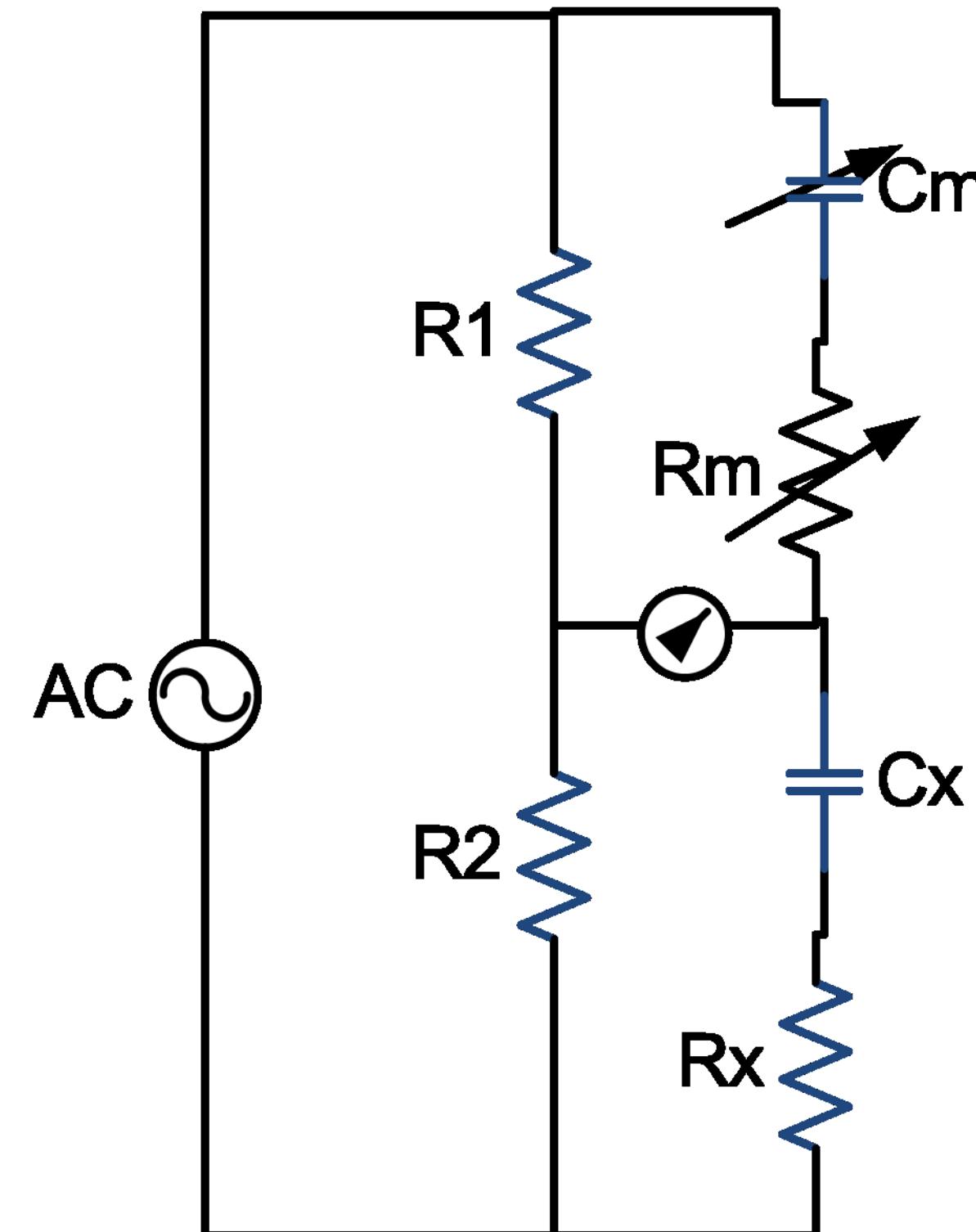
$$L_x = \frac{R_1}{R_2} L_M$$



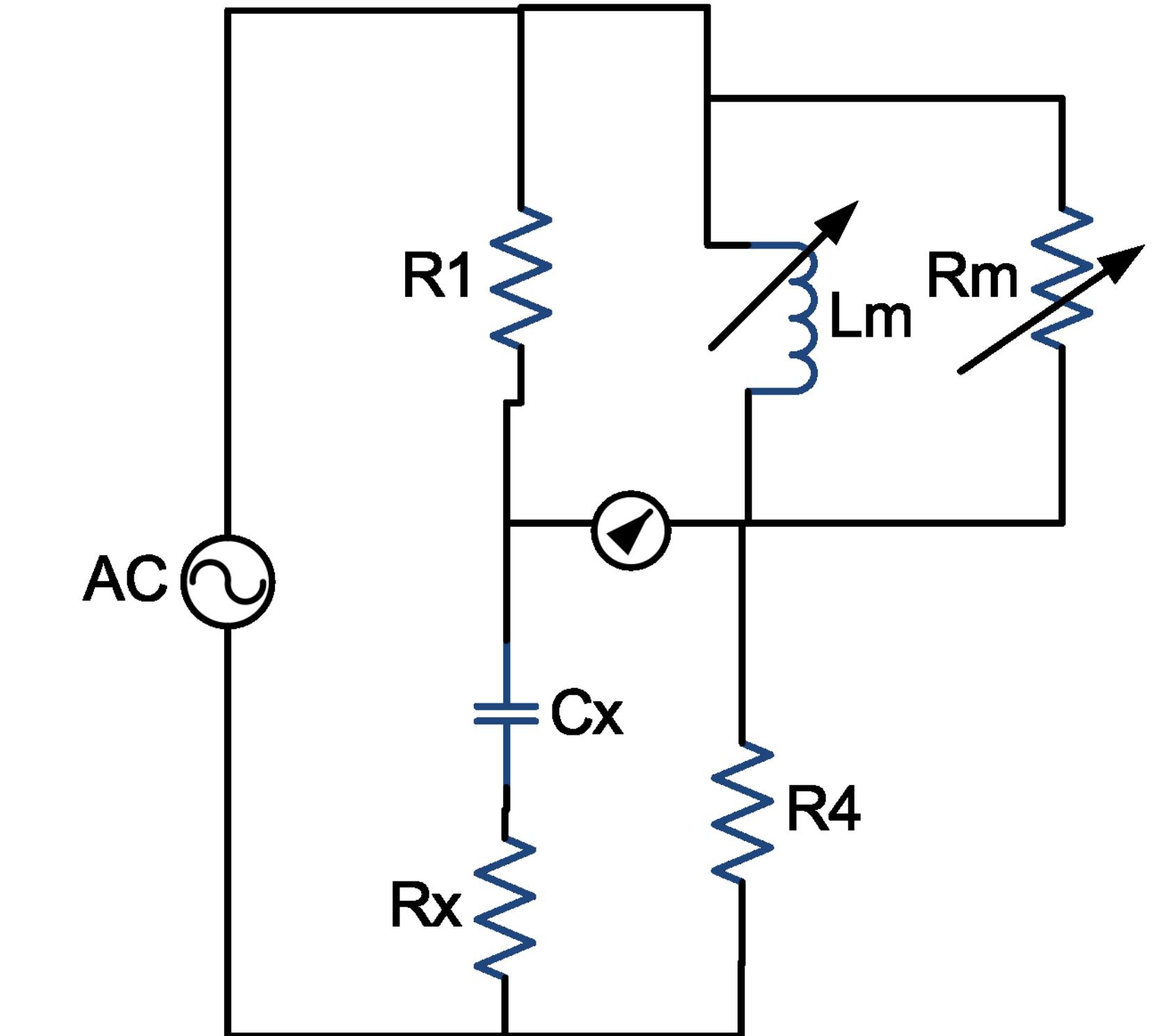
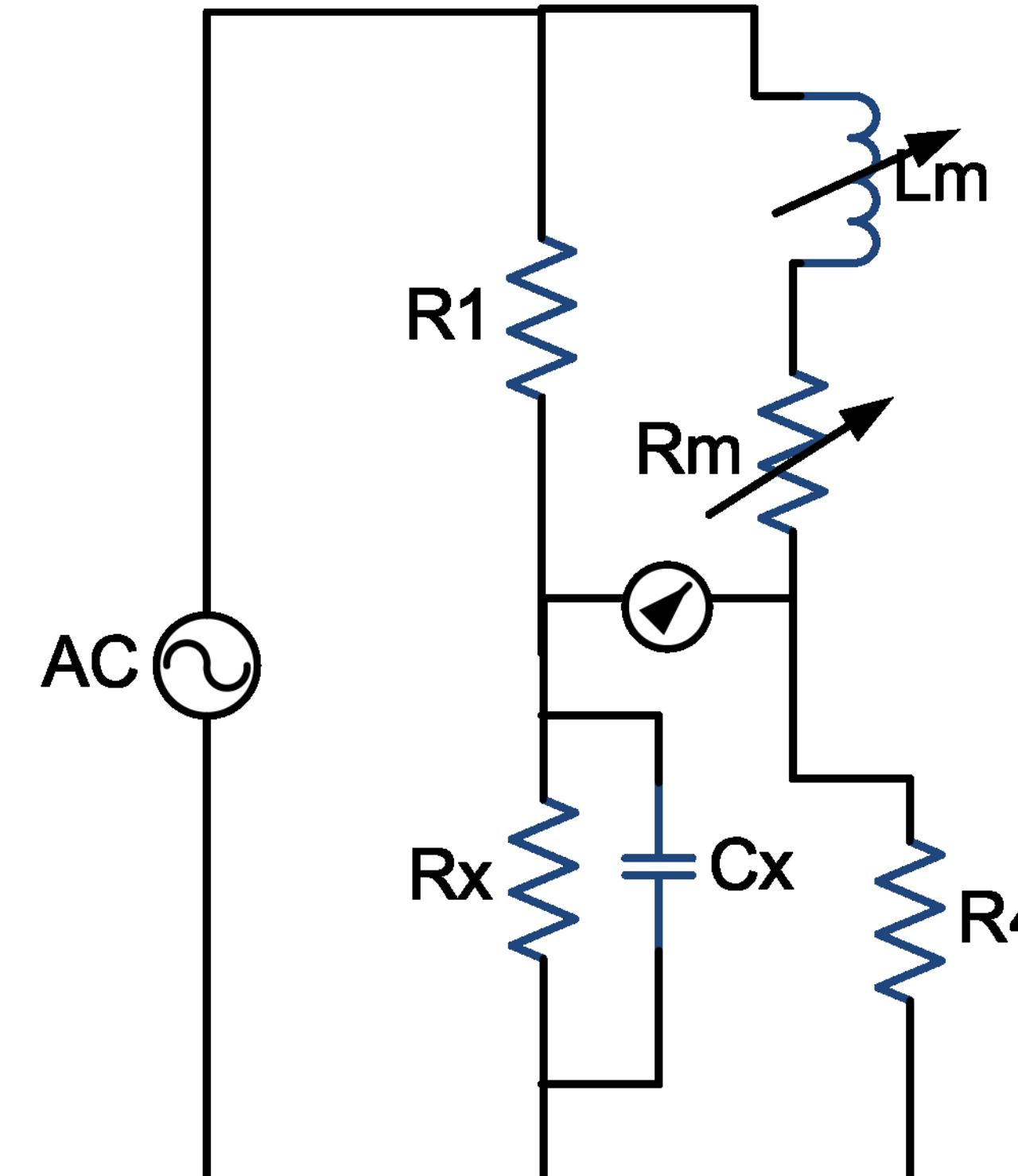
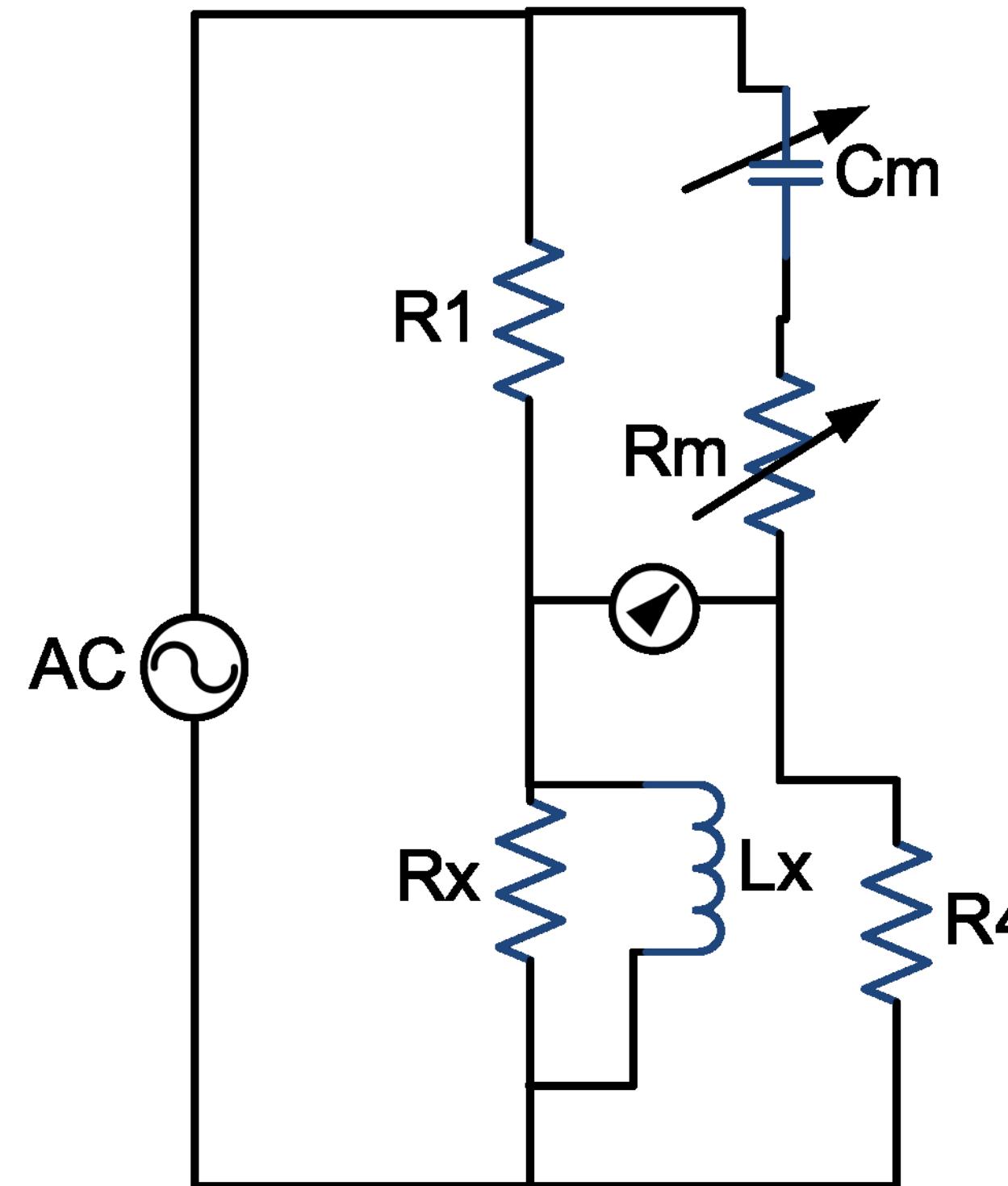
với  $R_1, R_2, R_M$  là các giá trị trên các biến trở

Nguồn cung cấp cho mạch phải là nguồn AC có biên độ và tần số ổn định, ít méo

# Một số mạch đo C, L khác



# Một số mạch đo C, L khác



# Bài tập minh họa

1. Cho cầu đo Sauty, biết  $C_1 = 0.1 \mu F$ ,  $R_1 = 10K$ ,  $R_2 = 14.7k$ . Biến trở là biến trở 1 K được điều chỉnh tới giá trị  $125 \Omega$  thì thấy cầu cân bằng. Hãy xác định giá trị  $C_x$ ,  $R_x$  và  $D$  biết tần số tín hiệu là  $100Hz$
2. Cho cầu đo Maxwell-Wien, cầu cân bằng khi  $C_3 = 0.1 \mu F$ ,  $R_1 = 260 \Omega$ ,  $R_3 = 470 \Omega$ ,  $R_4 = 510 \Omega$ . Tính  $L_x$ ,  $R_x$  và  $Q$  biết tần số tín hiệu là  $200Hz$

