

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

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

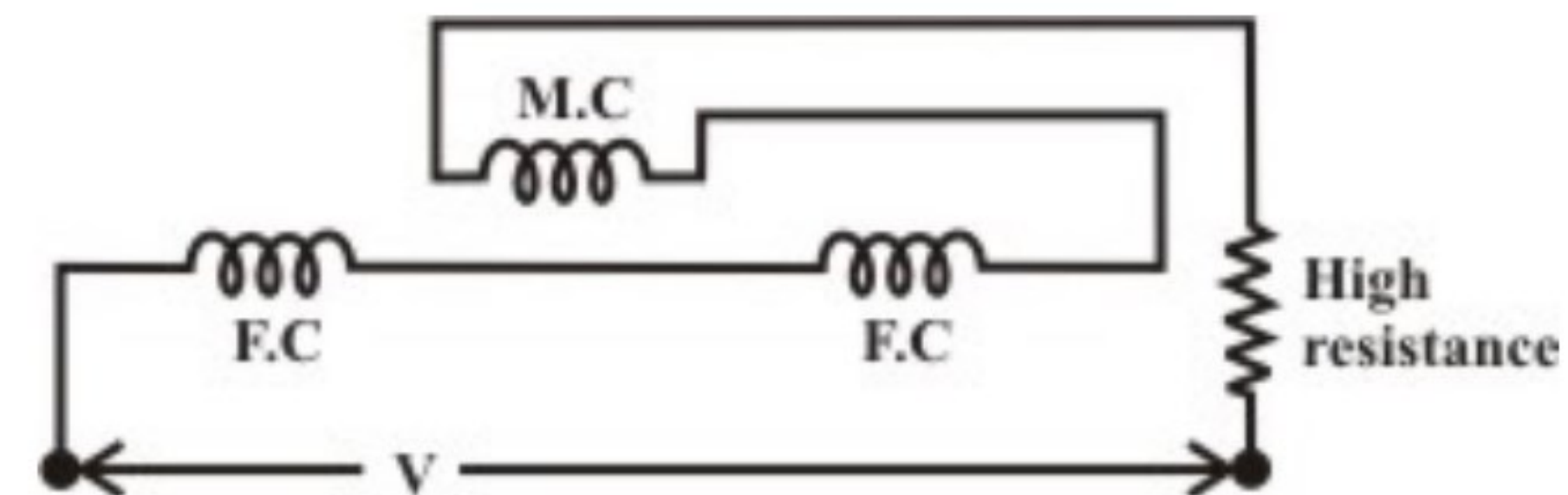
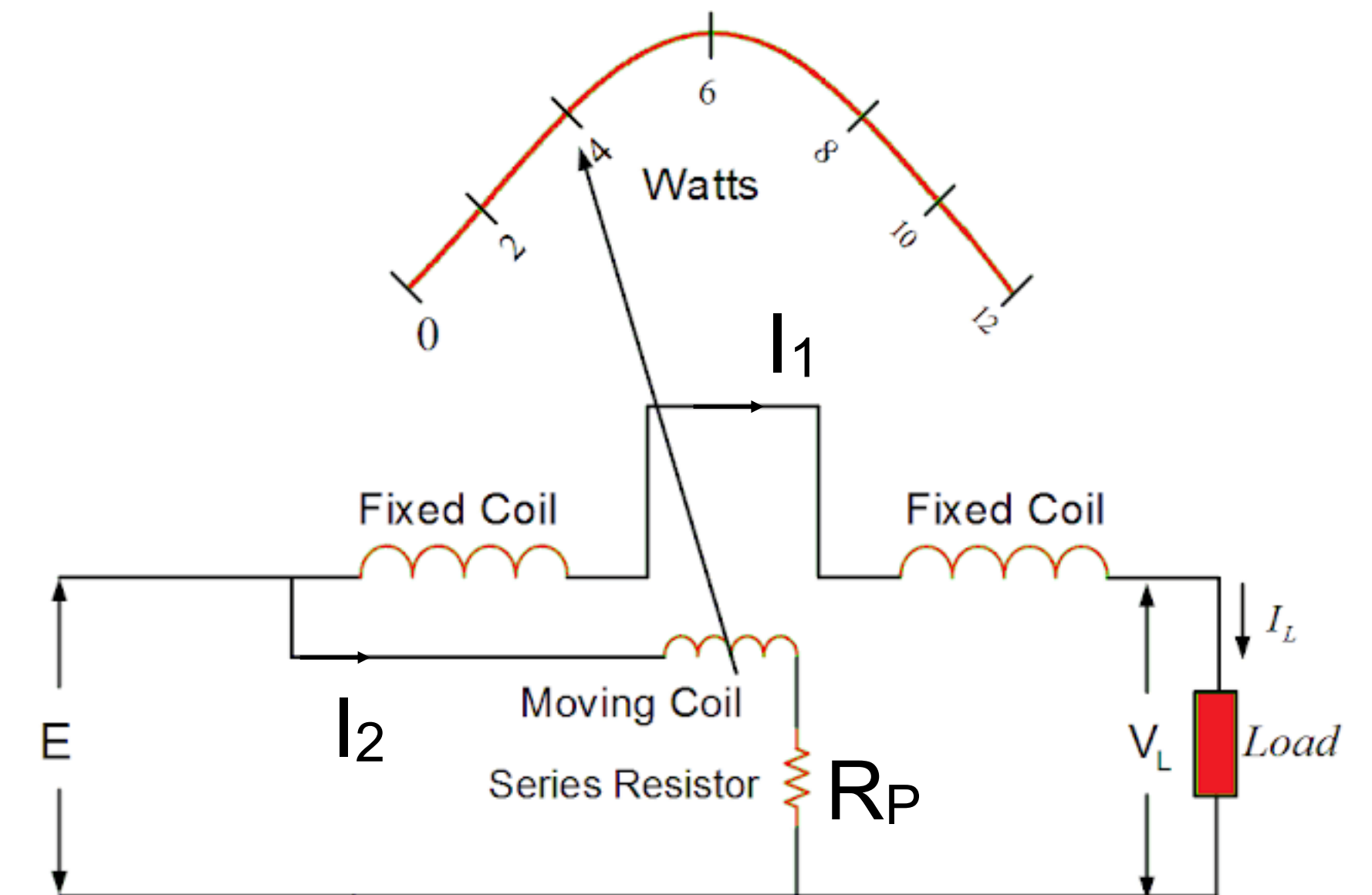
I_1 dòng điện qua tải

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

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

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

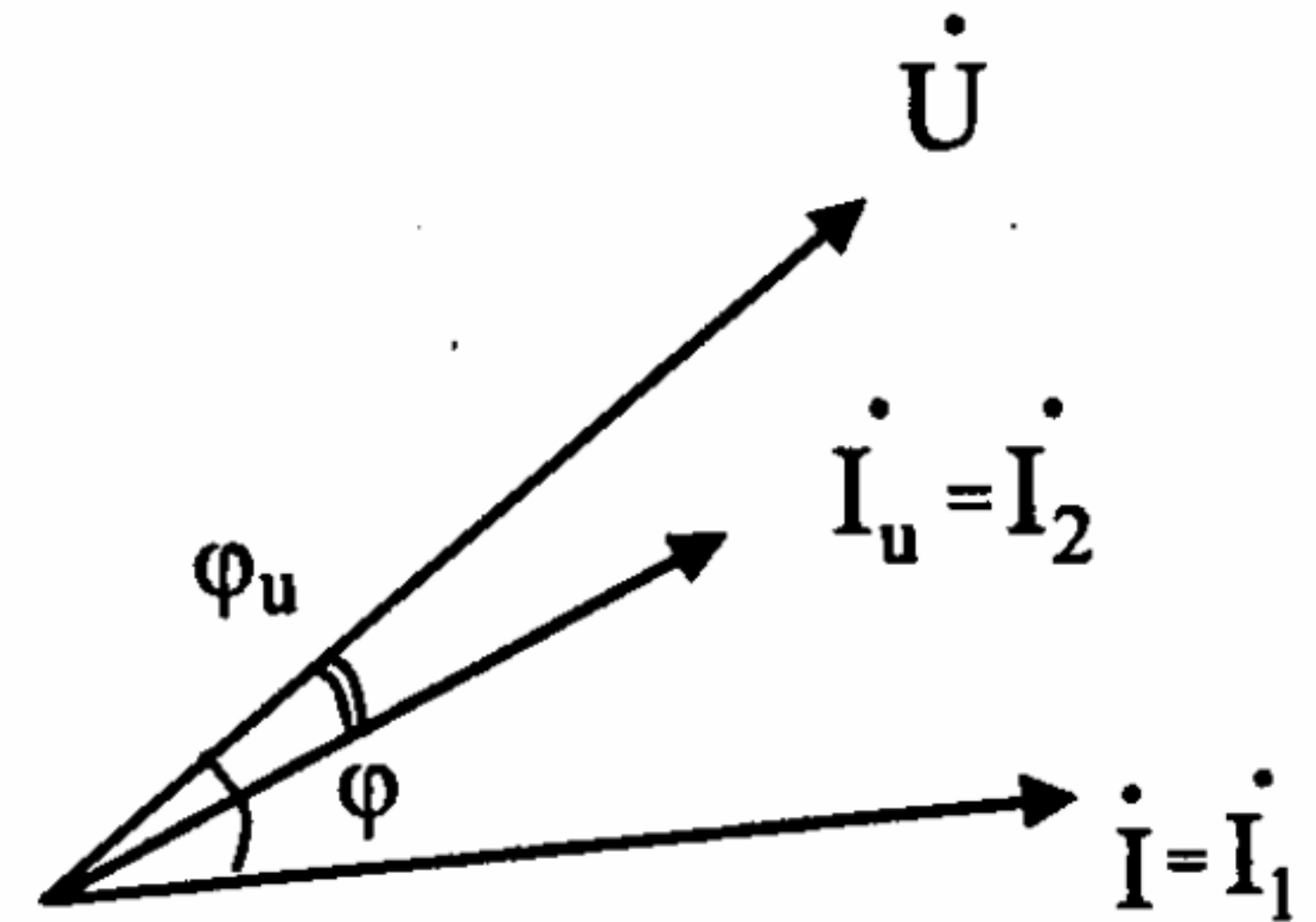
$$i = I_m \cdot \sin(\omega t - \varphi)$$

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

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

Z_u là tổng trở phức cuộn dây động và R_P

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



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

Đo công suất

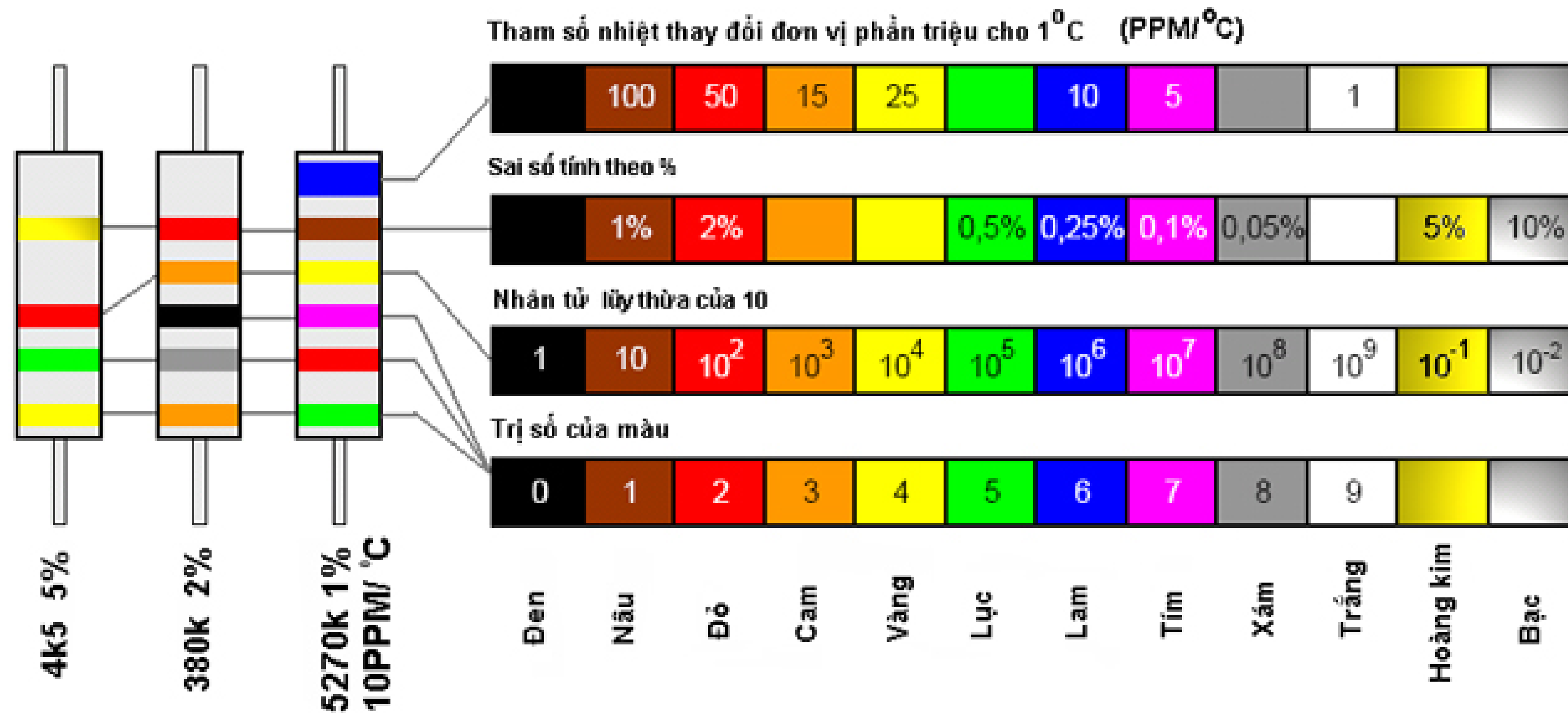
- Đo trực tiếp sử dụng Wattmeter điện động

- 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 φ_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

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

Xác định giá trị R dựa vào vạch màu



1 0 x10² ±5%

R = 1kΩ±5%

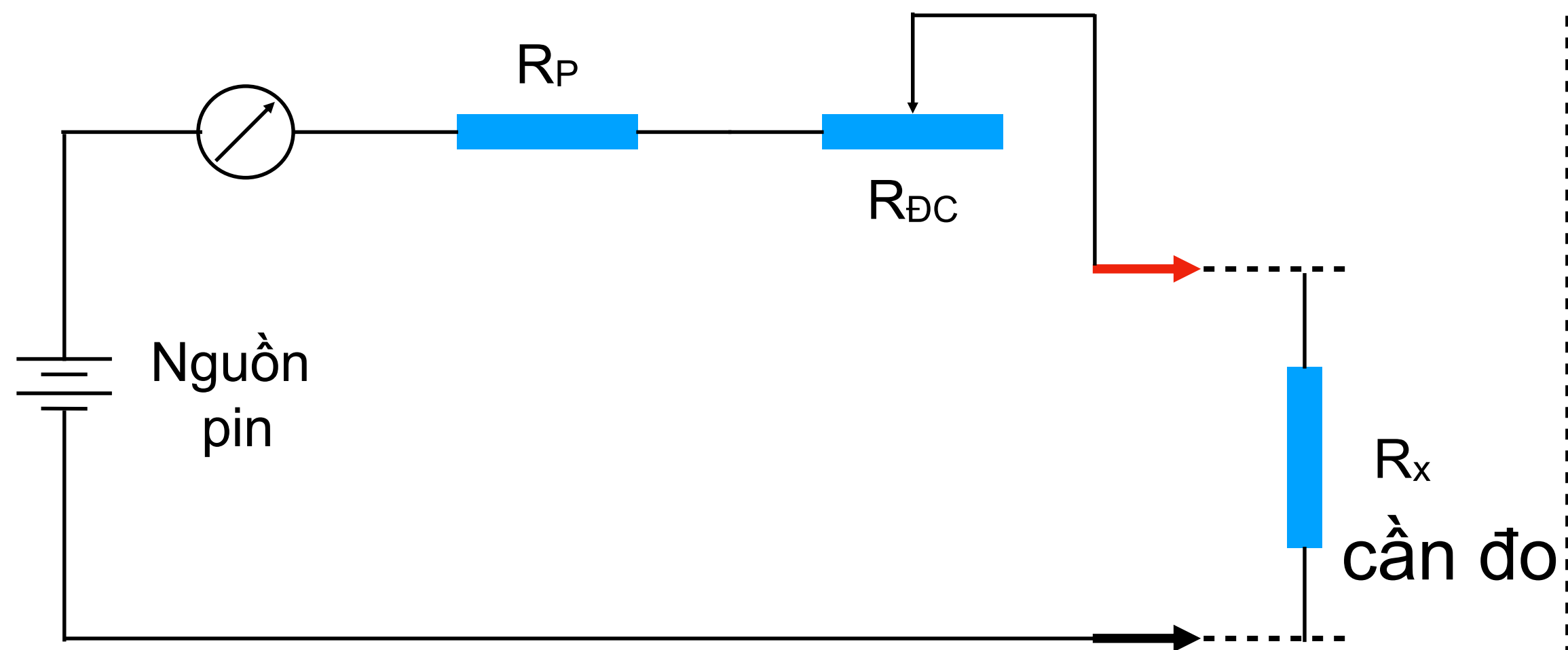


4 7 x10⁵ ±5%

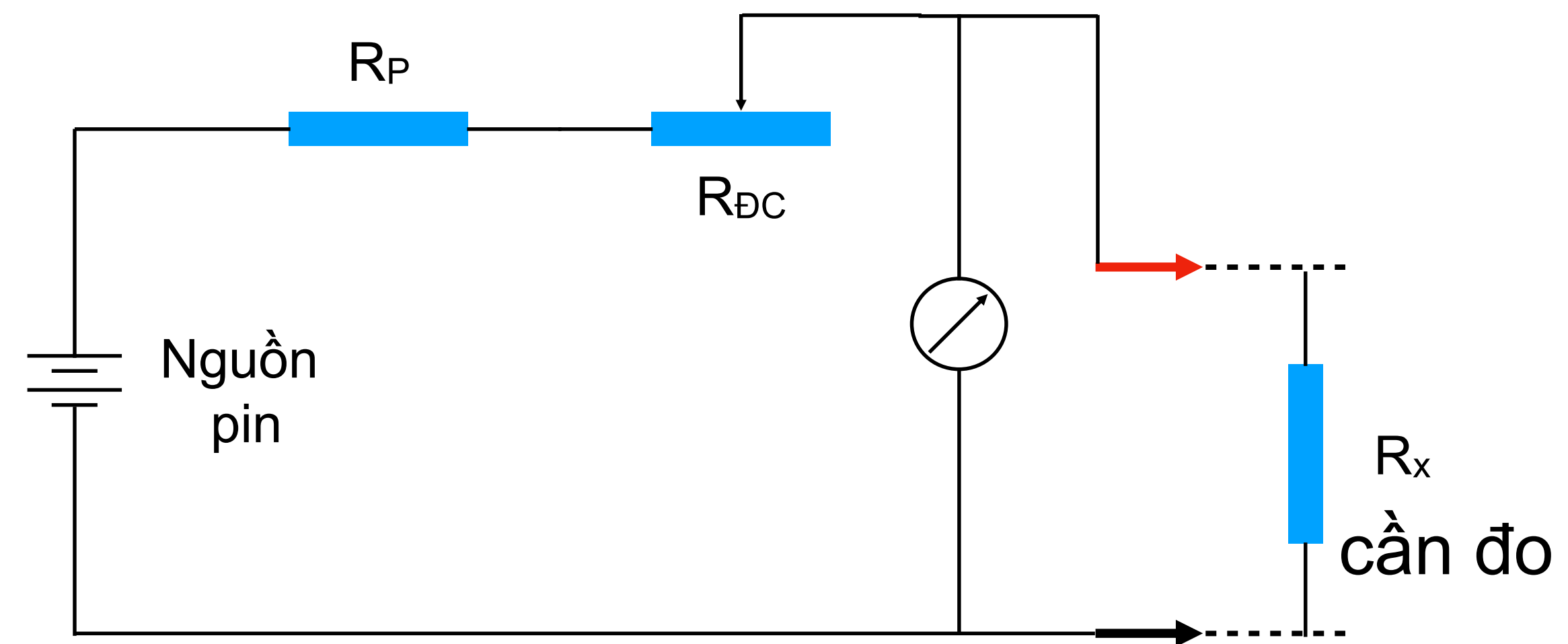
R = 4.7MΩ±5%

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

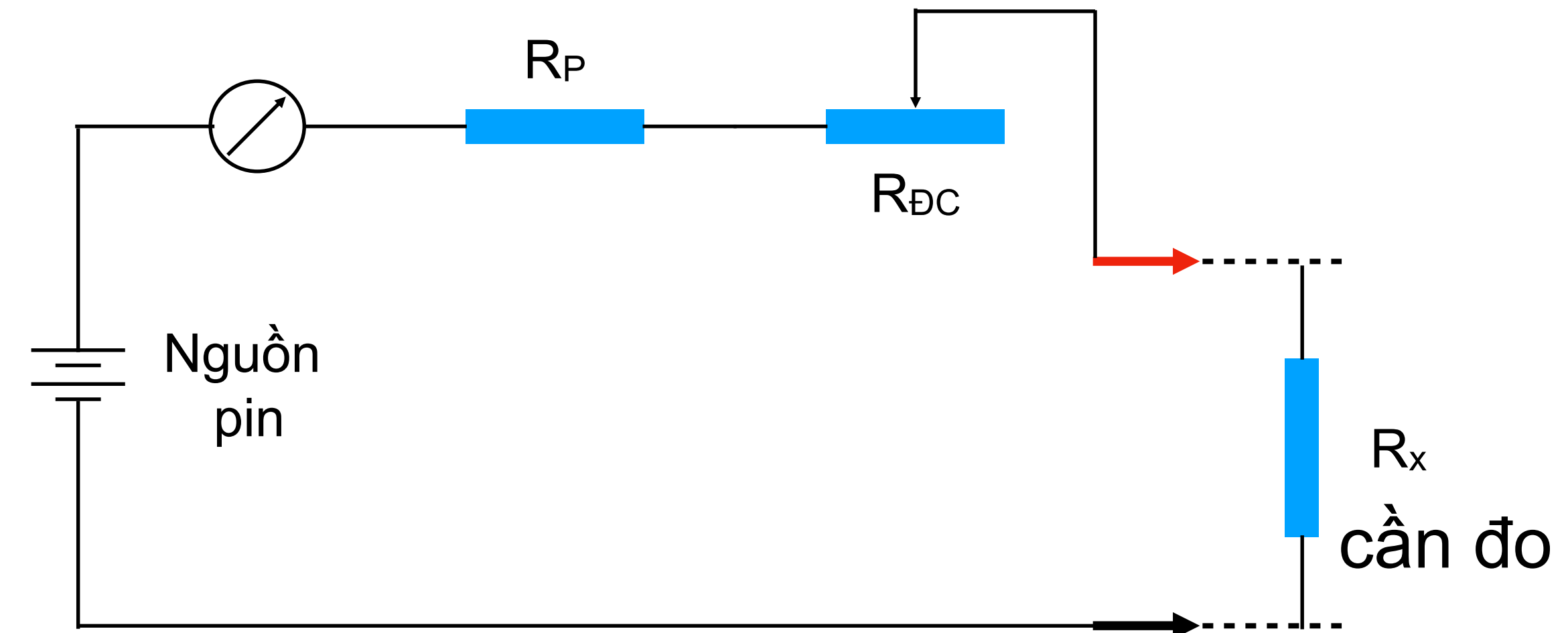
- Mắc nối tiếp đo điện trở lớn
 - **Chập** 2 đầu que đo (chưa có điện trở cần đo R_x , $R_x = 0$)

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

- Khi mắc điện trở cần đo R_x

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

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



Đo R dùng trực tiếp Ohm meter

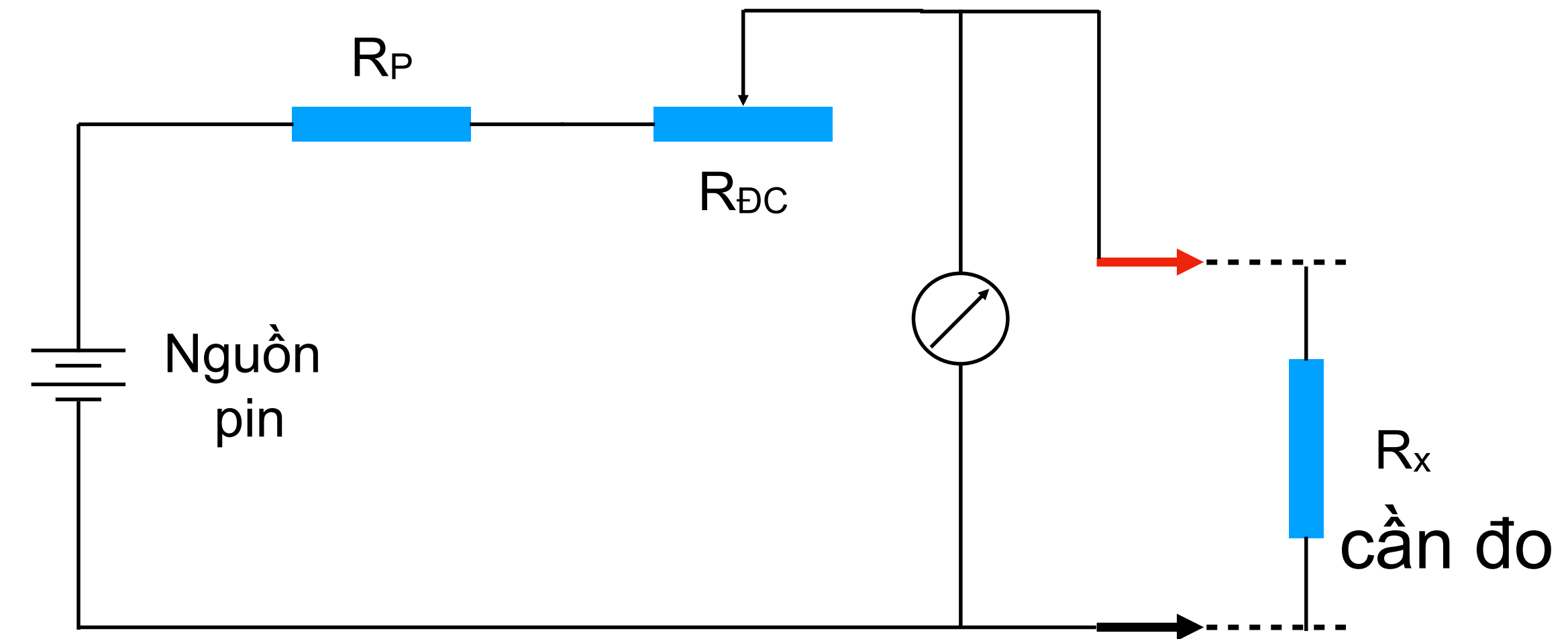
- Mắc nối tiếp đo điện trở nhỏ
 - **Thả nổi** 2 đầu que đo (chưa có điện trở cần đo R_x)

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

- Khi mắc điện trở cần đo R_x

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

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



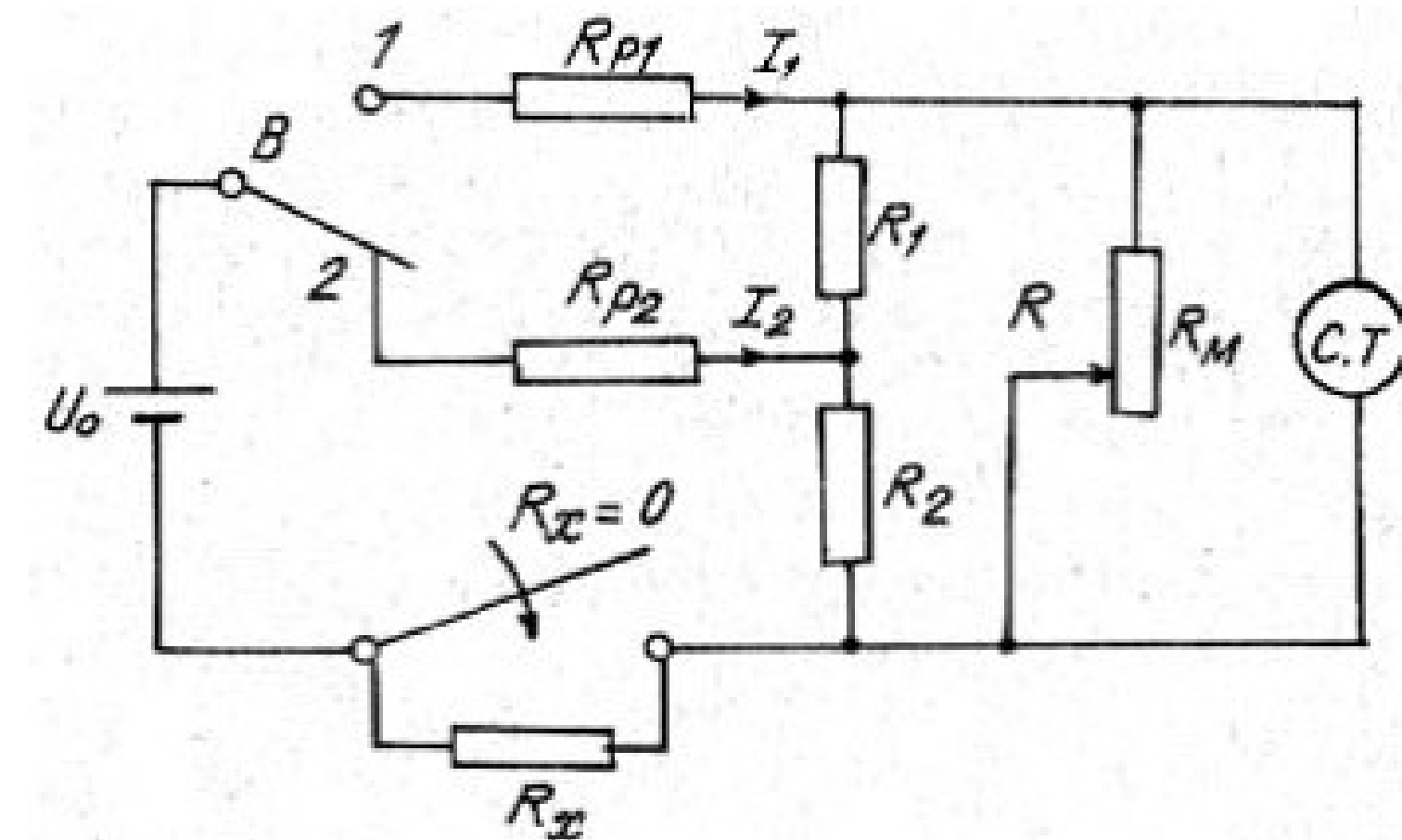
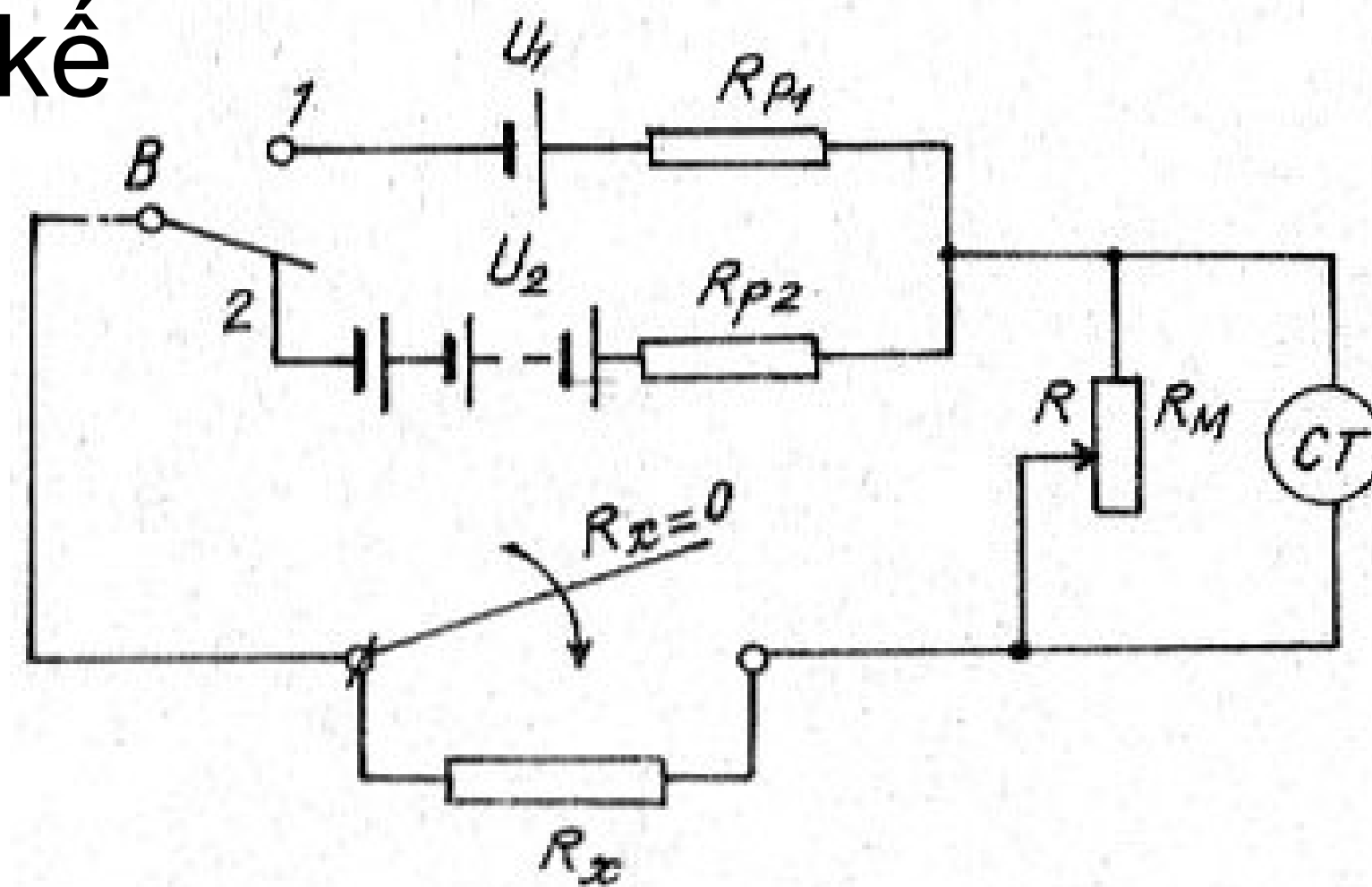
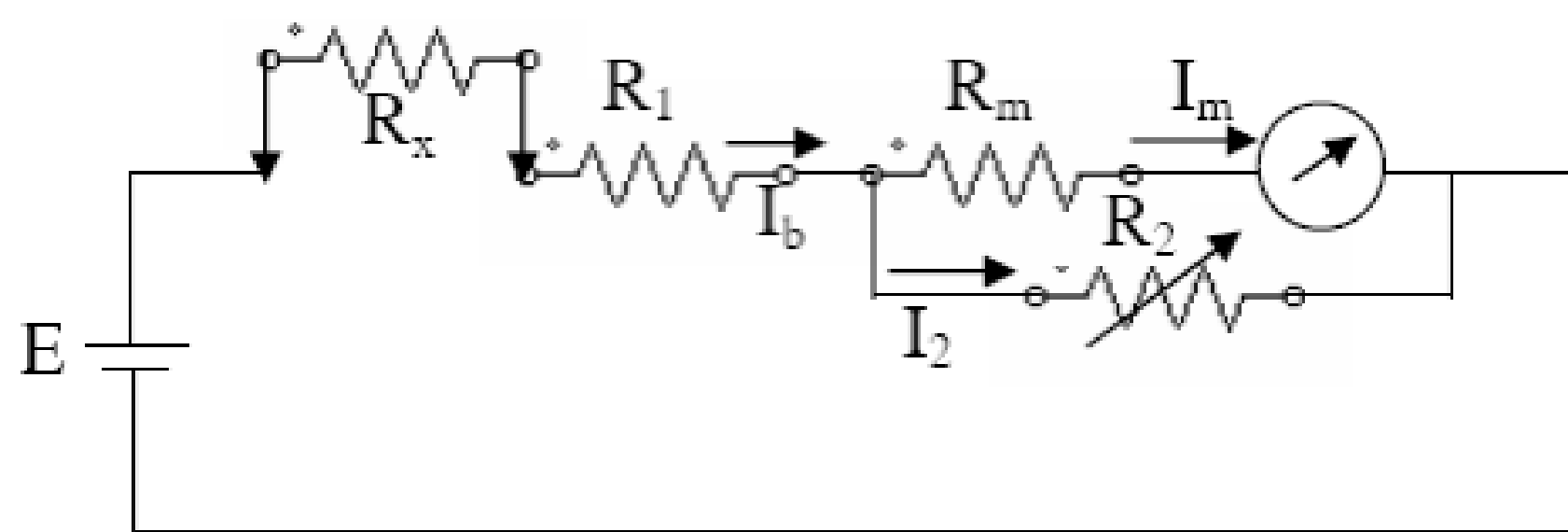
$$I_{CT} = \frac{U}{R_{CT} + (R_P + R_{dc}) \left(1 + \frac{R_{CT}}{R_x}\right)} = f(R_x)$$

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

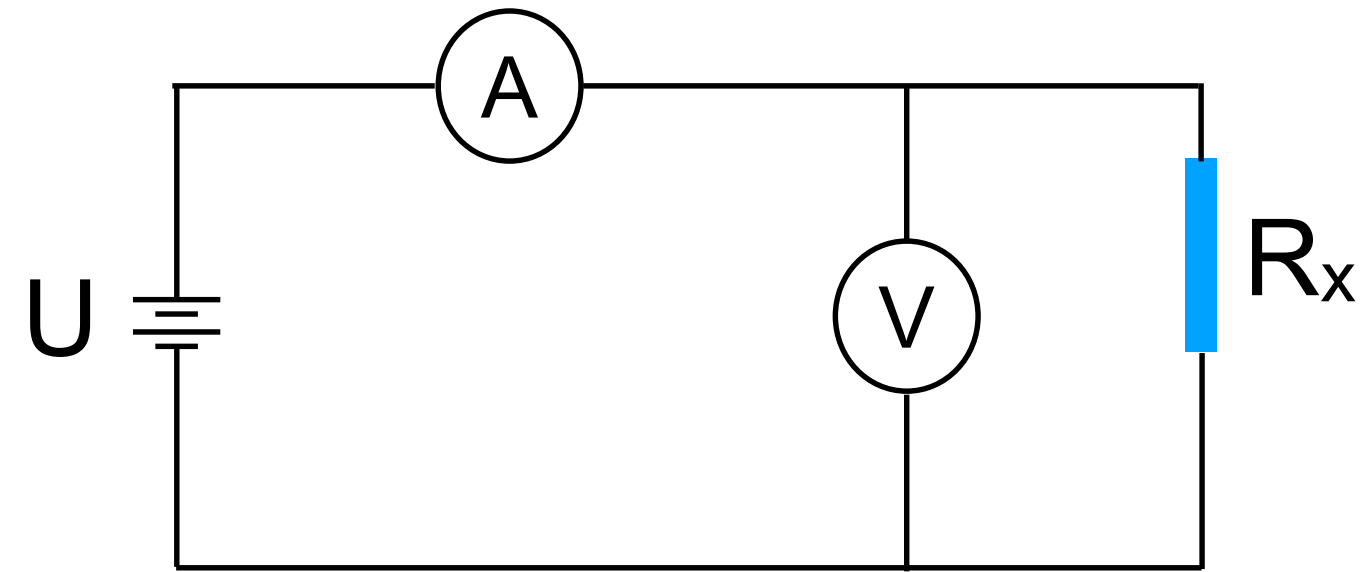
Đo R dùng trực tiếp Ohm meter

- Một số mạch đo của Ôm kế



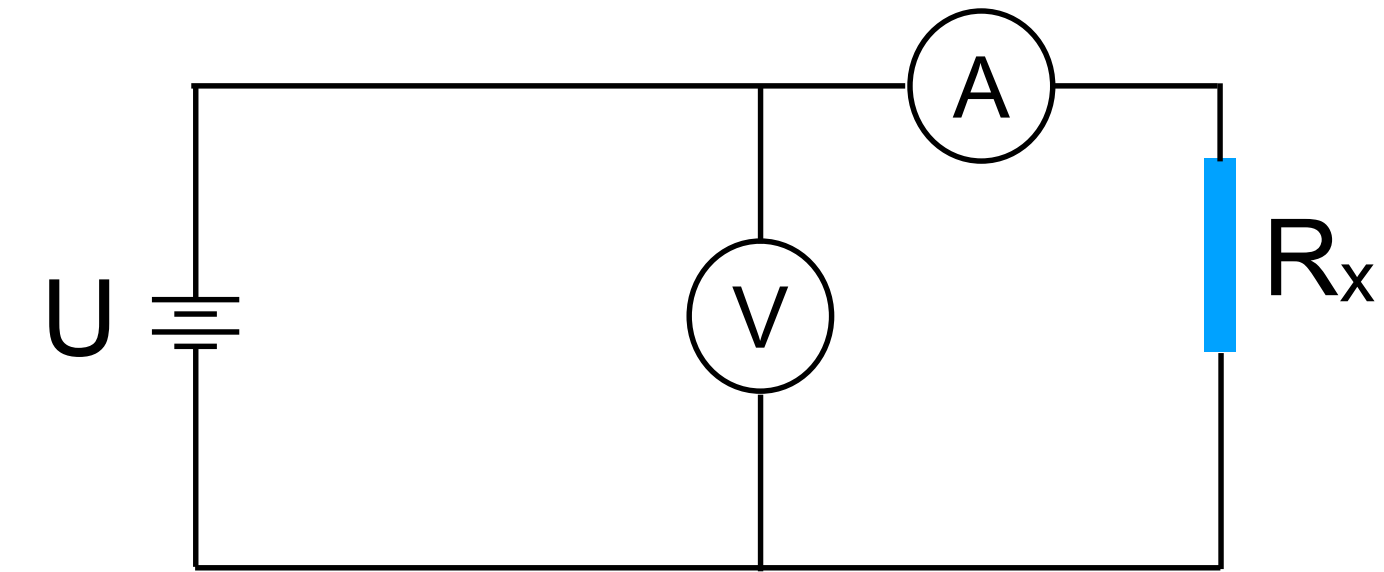
- Nguyên lý chung
 - Tính các giá trị dòng điện tại trường hợp chập và thả nổi 2 đầu que đo để làm các giá trị làm mốc tương ứng $R_x = 0$ và $R_x = \infty$
 - Viết phương trình dòng điện qua cơ cấu chỉ thị khi có R_x để xác định các vạch chia độ của Ôm kế

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



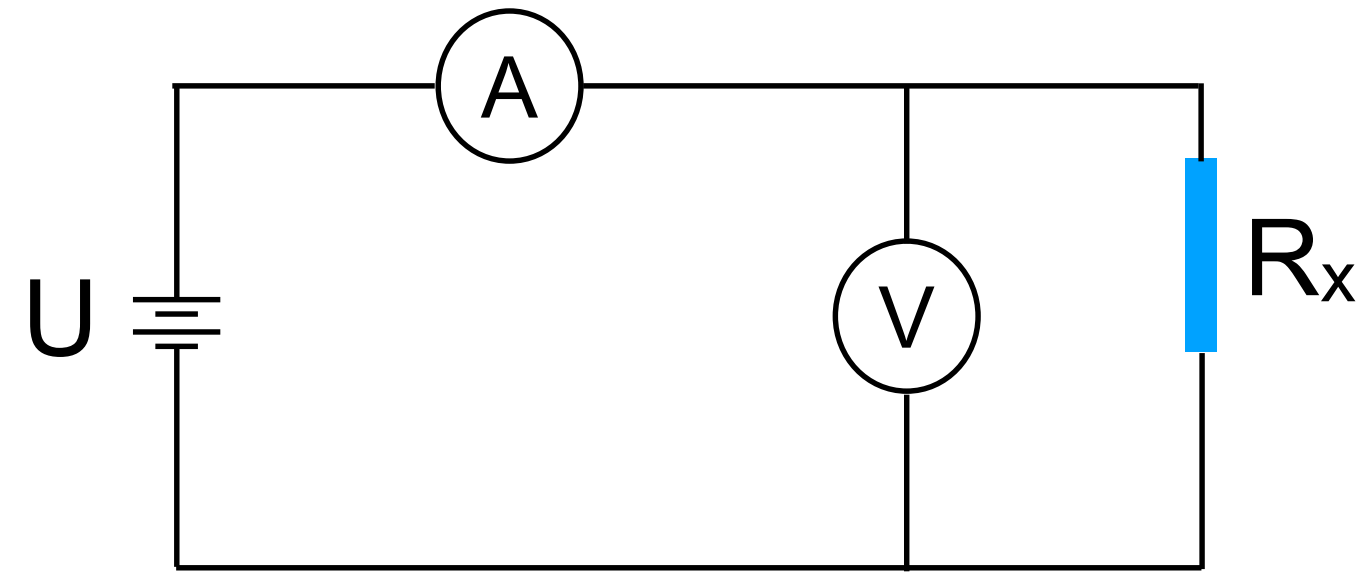
Có thể bỏ qua vì R_A lớn

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

- Giá trị của điện trở được xác định từ tỉ số $R_x \approx \frac{U_V}{I_A}$

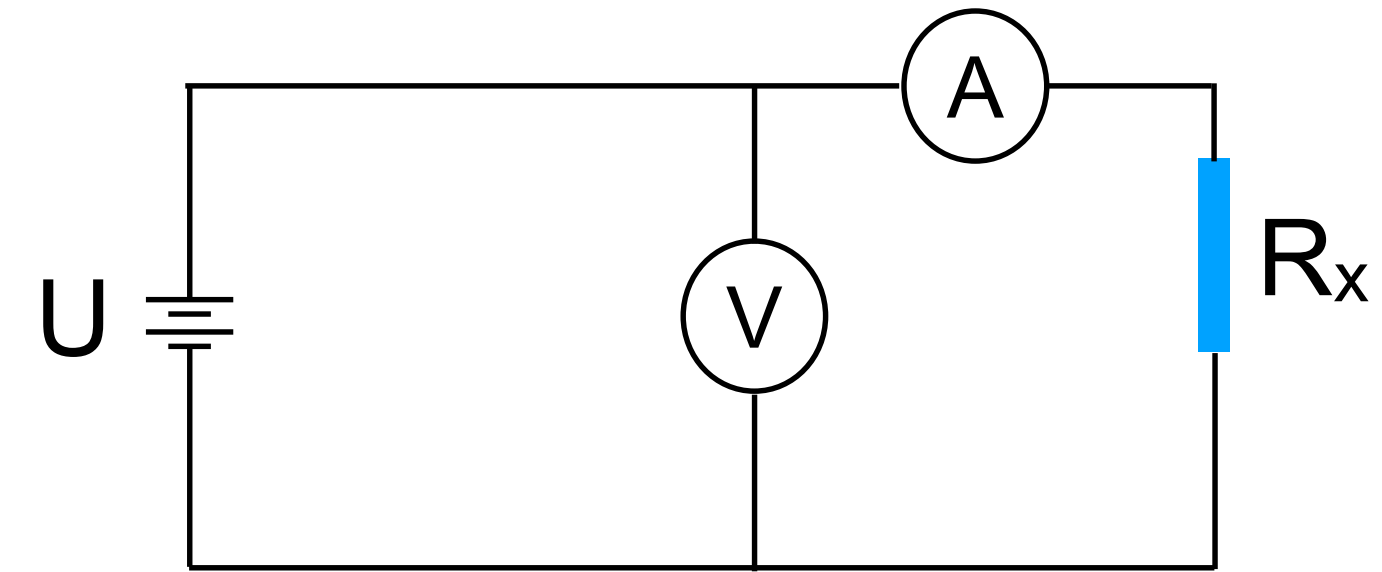
- Độ chính xác phụ thuộc R_V , R_A và sai số phép toán $\gamma_R = \gamma_V + \gamma_I$

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



Có thể bỏ qua vì R_A lớn

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

- Chú ý

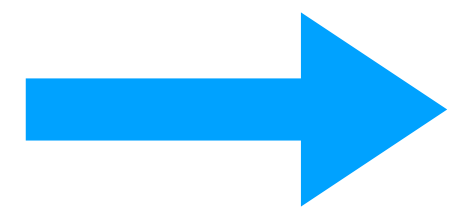
- Volt kế có điện trở càng lớn và Ampe kế có điện trở càng nhỏ càng tốt
- Giá trị đo được có sai số phụ thuộc các phép toán (phép chia)

Đo R bằng phương pháp so sánh

- Sơ đồ mắc song song

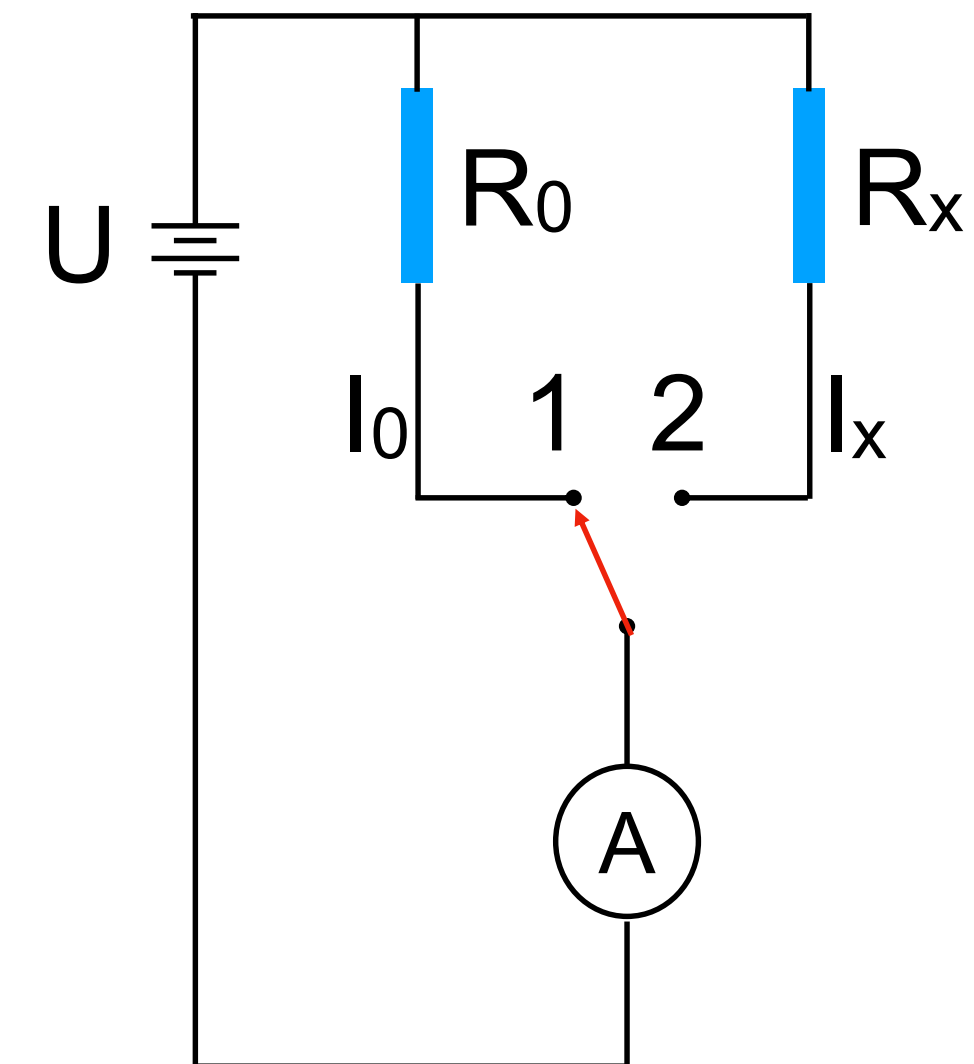
- Khoá K ở 1: $U = I_0 \cdot R_0$

- 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

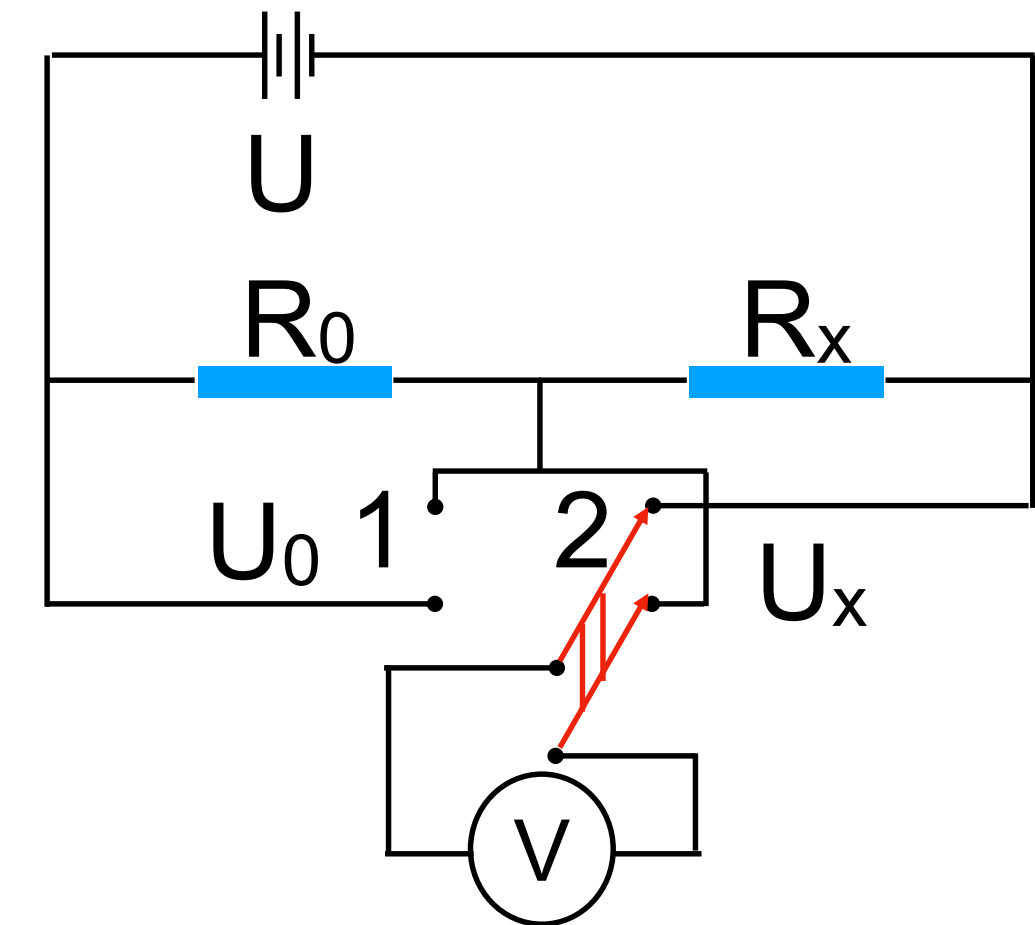
- Khoá K ở 1:

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

- Khoá K ở 2:

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

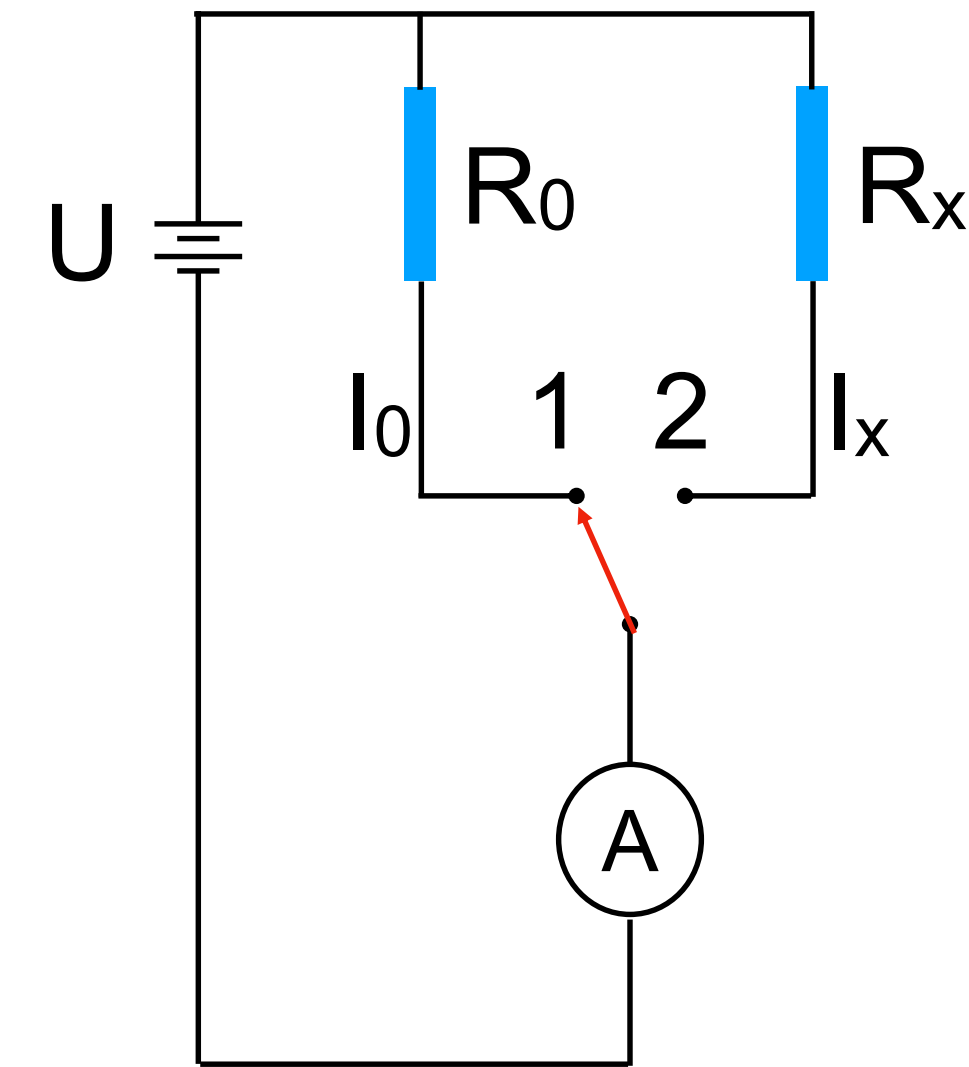
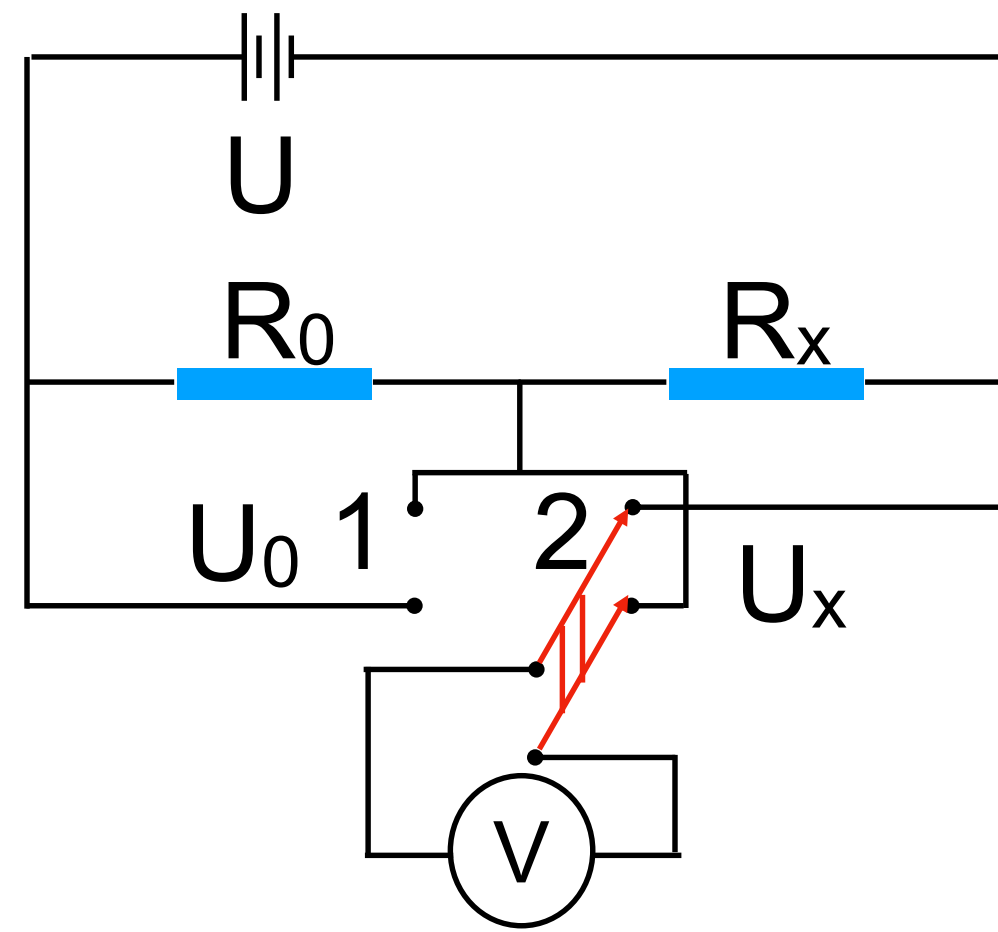
R_0 và R_x nối tiếp nhau $\longrightarrow I = \frac{U_0}{R_0} = \frac{U_x}{R_x} \Leftrightarrow R_x = \frac{U_x}{U_0} \cdot R_0$



- 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



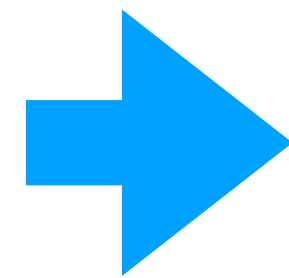
- Đặc điểm của phương pháp đo so sánh
 - Do sử dụng 1 cơ cấu chỉ thị nên độ chính xác tốt hơn so với phương pháp đo gián tiếp sử dụng Amie kế và volt kế
 - Không cần sử dụng nguồn pin có độ chính xác cao

Sử dụng cầu đo điện trở

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

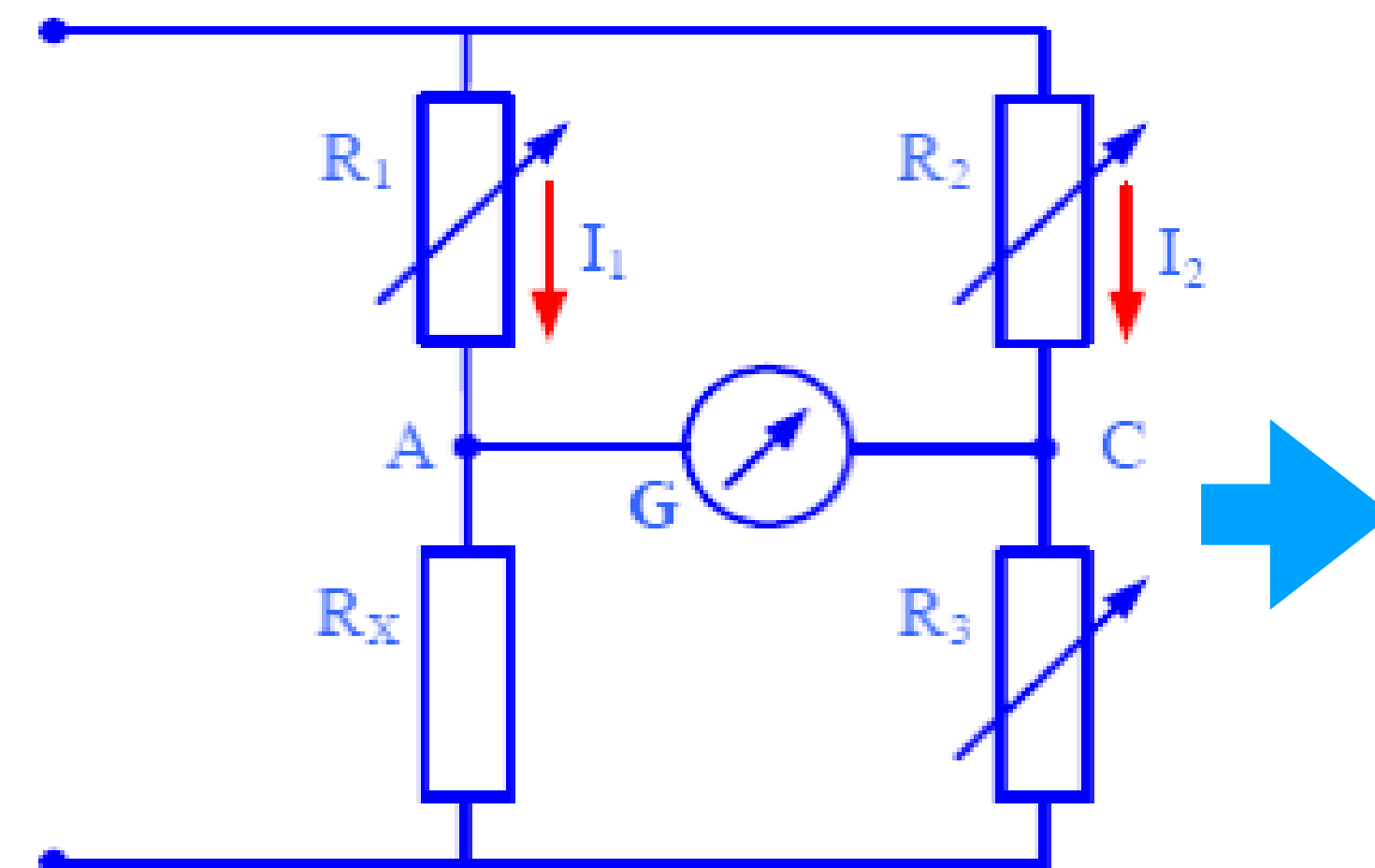
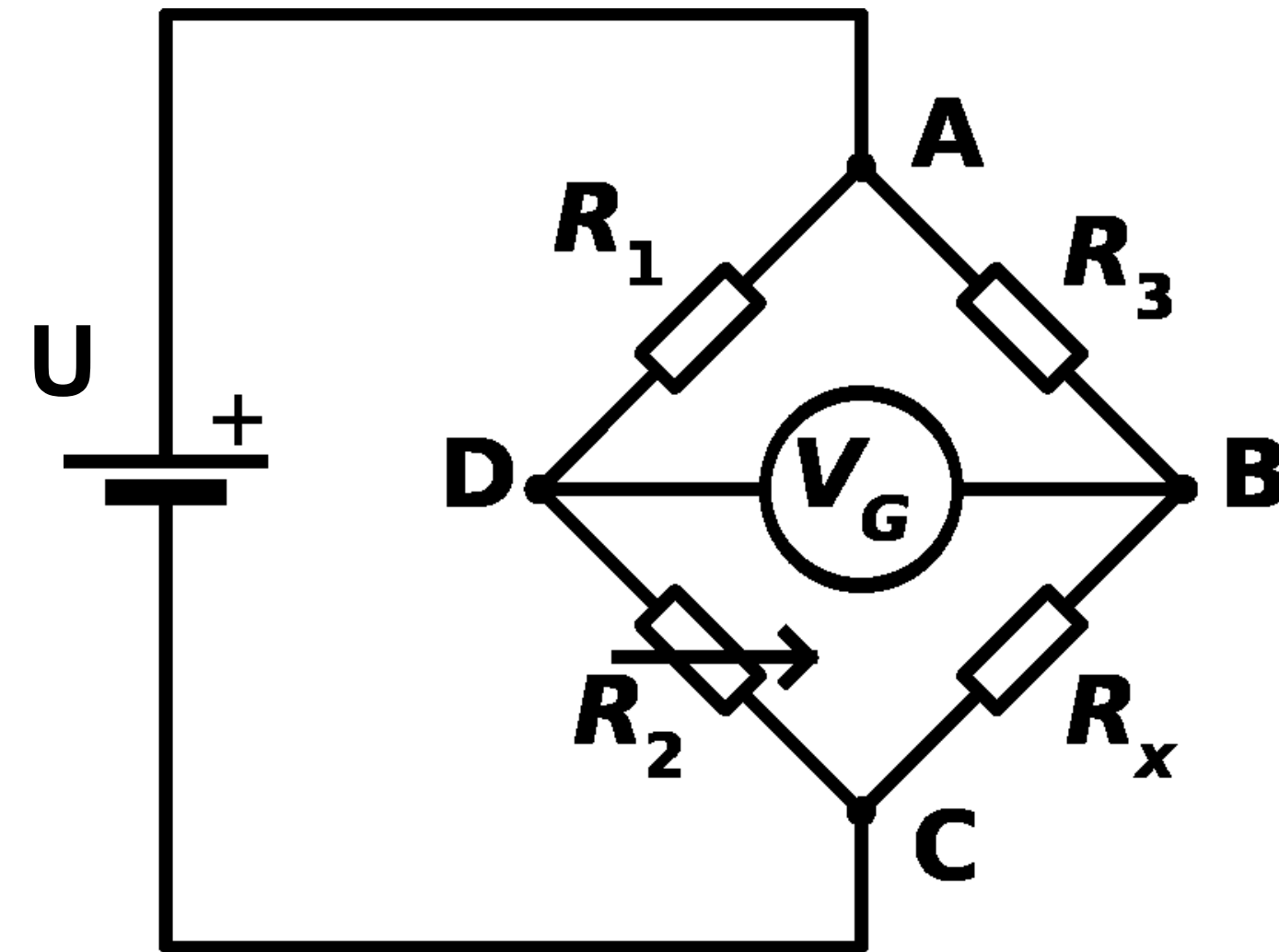
$$V_G = V_D - V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U - \frac{R_x}{R_3 + R_x} U$$

- 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 (Wheastone) 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

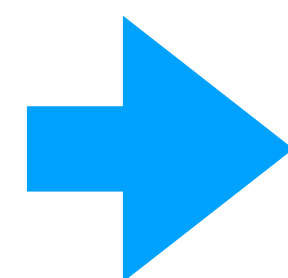
$$I_0 \cdot R_0 = I_2 R_2 - I_4 R_4 = R_2 \left(I_2 - I_4 \frac{R_4}{R_2} \right)$$

- Cầu cân bằng

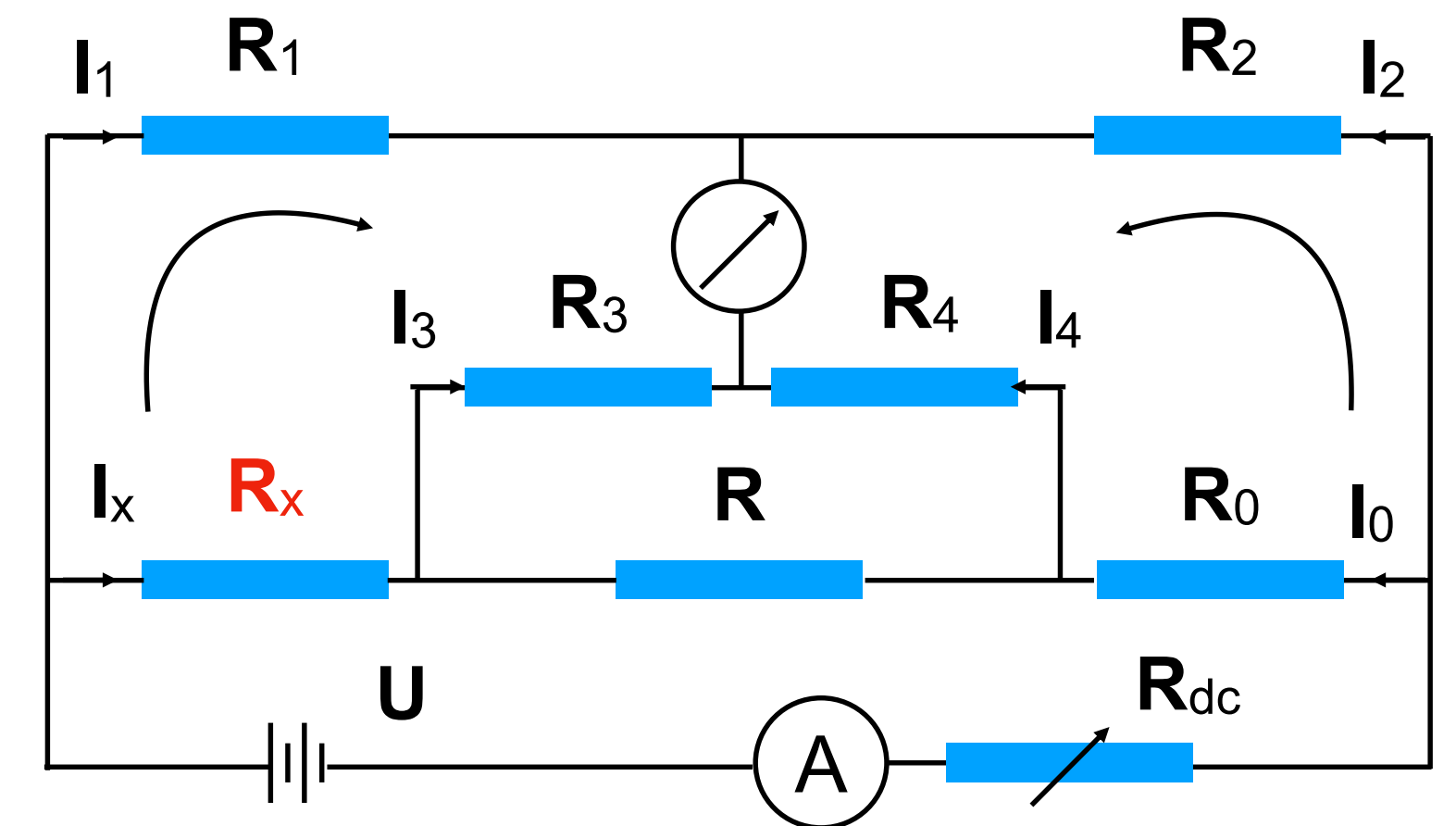
$$I_1 = I_2$$

$$I_0 = I_x$$

$$I_3 = I_4$$



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



Nếu

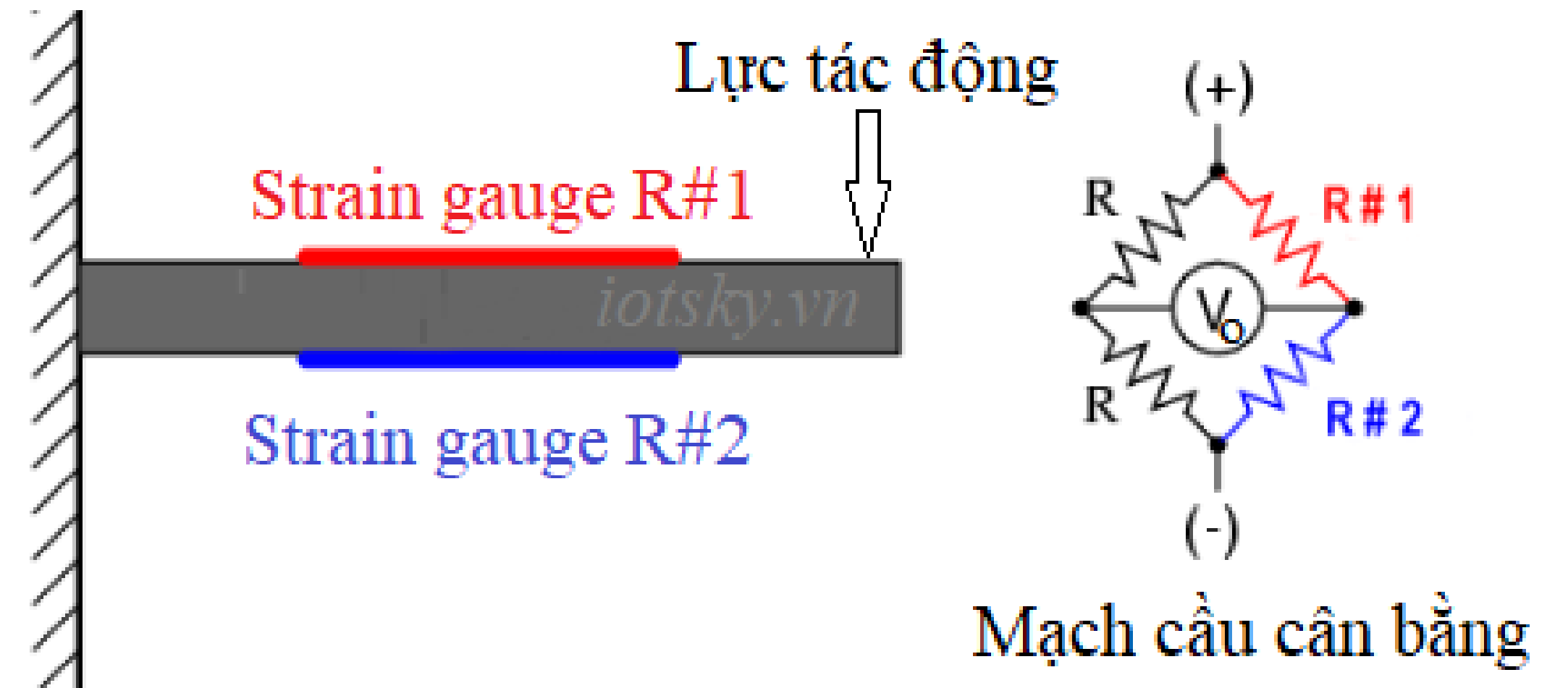
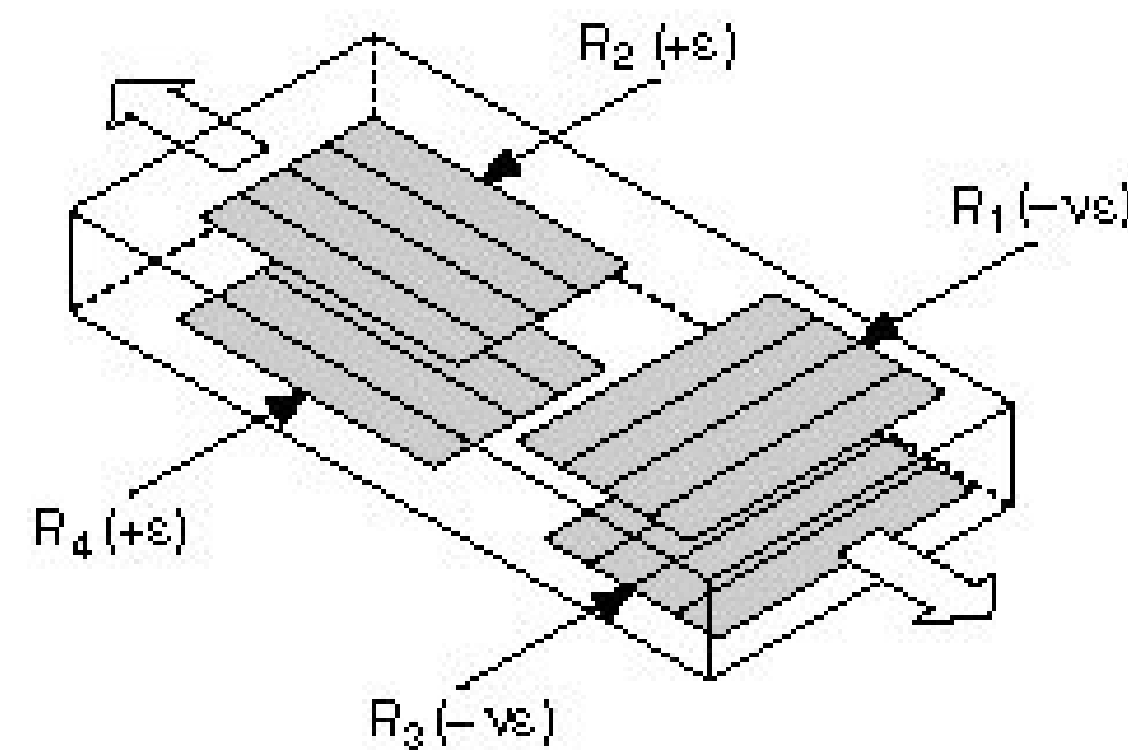
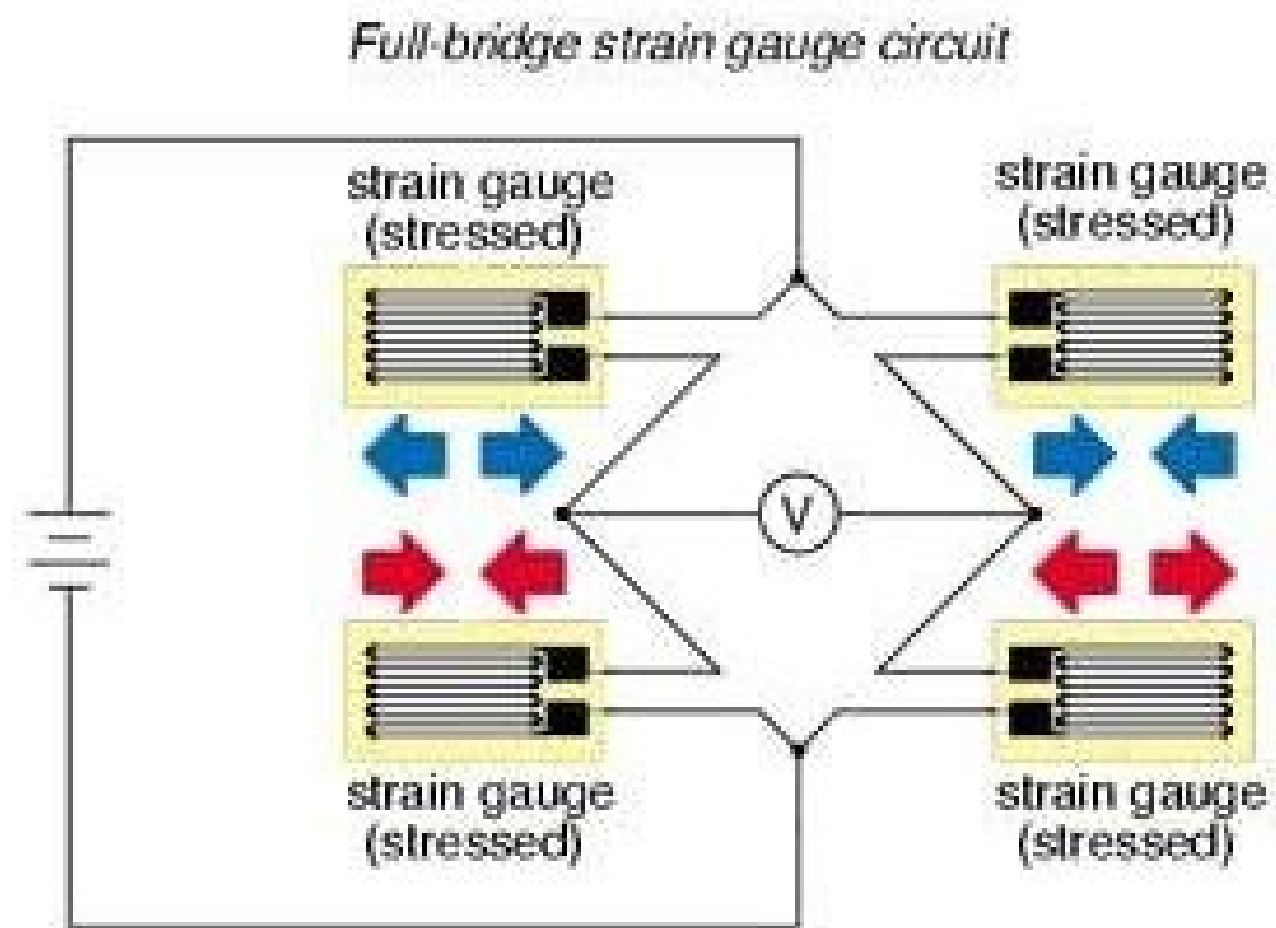
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

thì

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

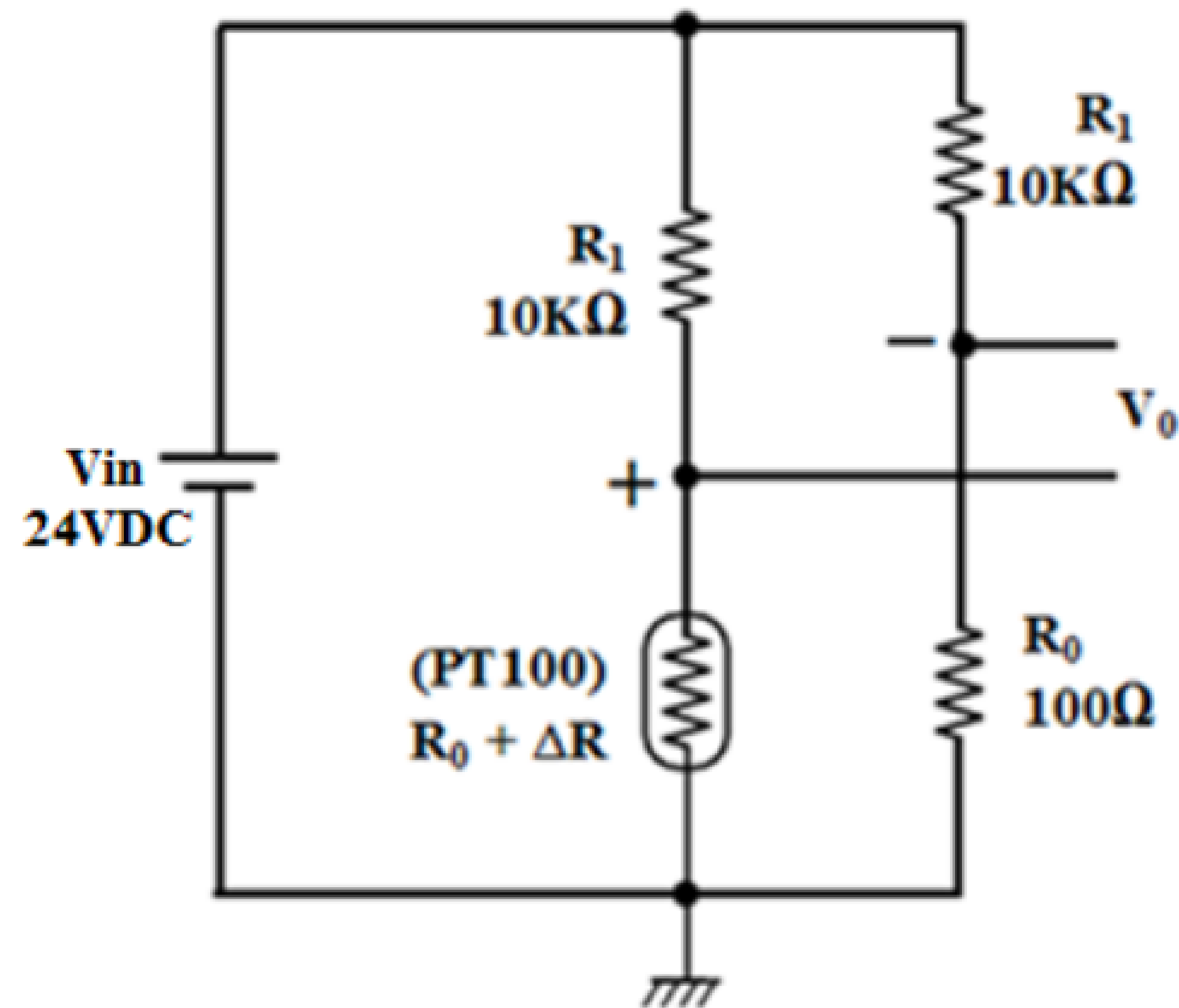
Ứng dụng cầu đo điện trở

- Chuyển đổi áp lực - điện trở - điện áp



Ứng dụng cầu đo điện trở

- Chuyển đổi nhiệt độ - điện áp



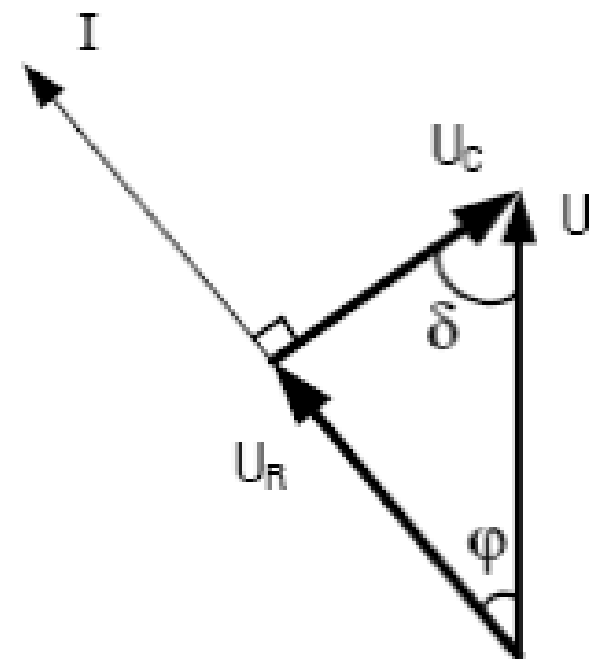
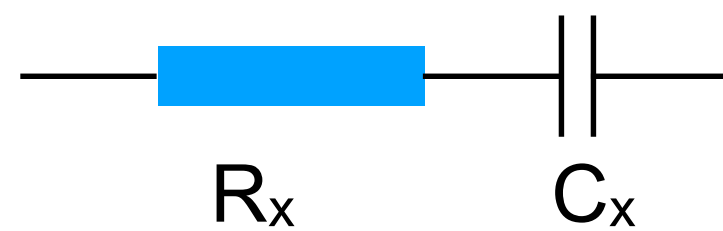
Đo điện dung C

- 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

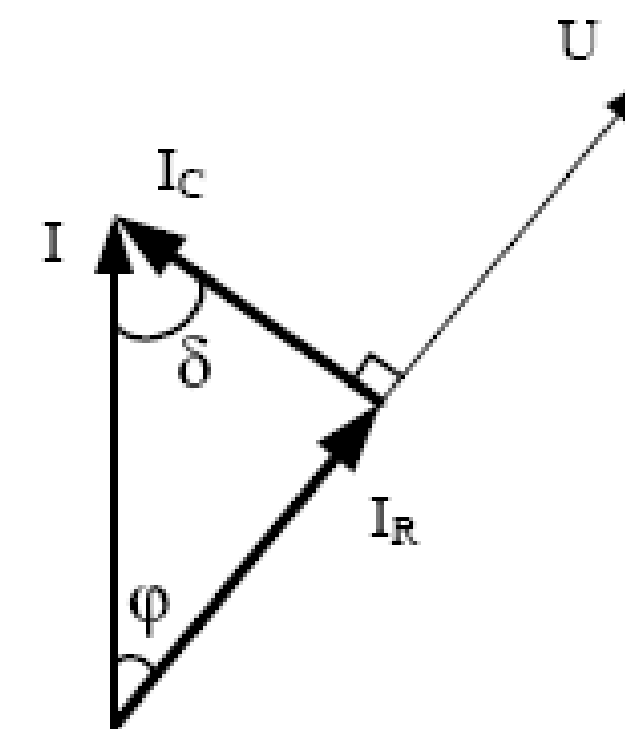
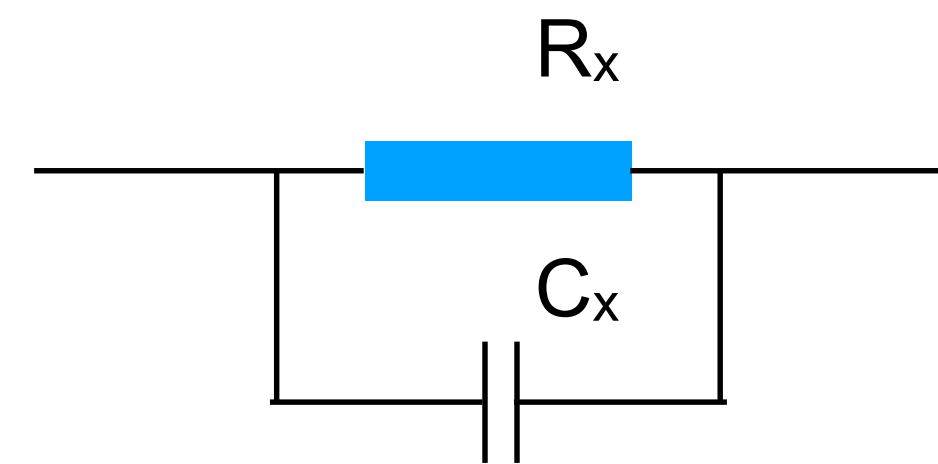
- Sơ đồ tương đương của tụ điện C

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

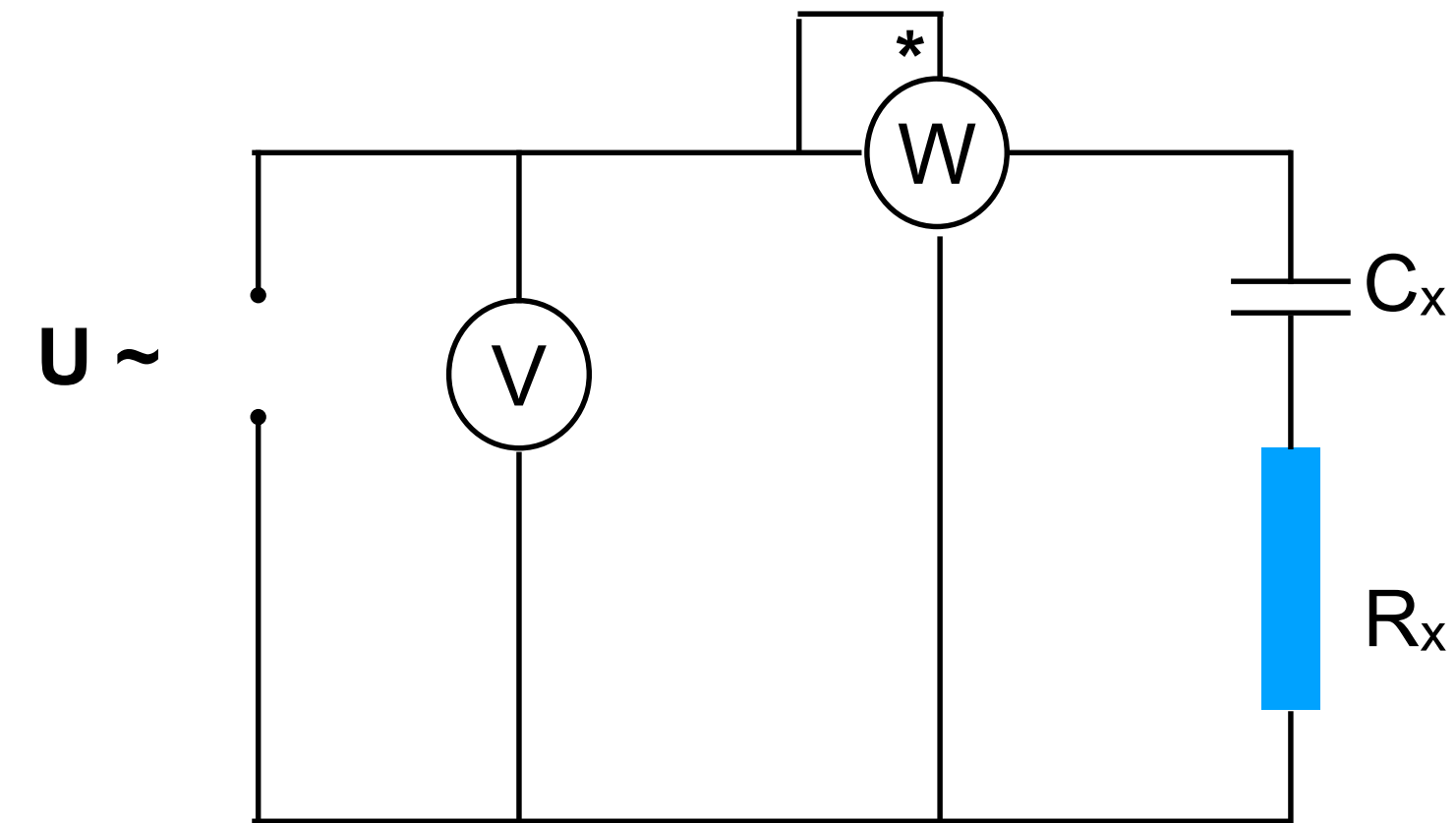
- Mạch đo tụ có góc tổn hao nhỏ

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

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

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

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

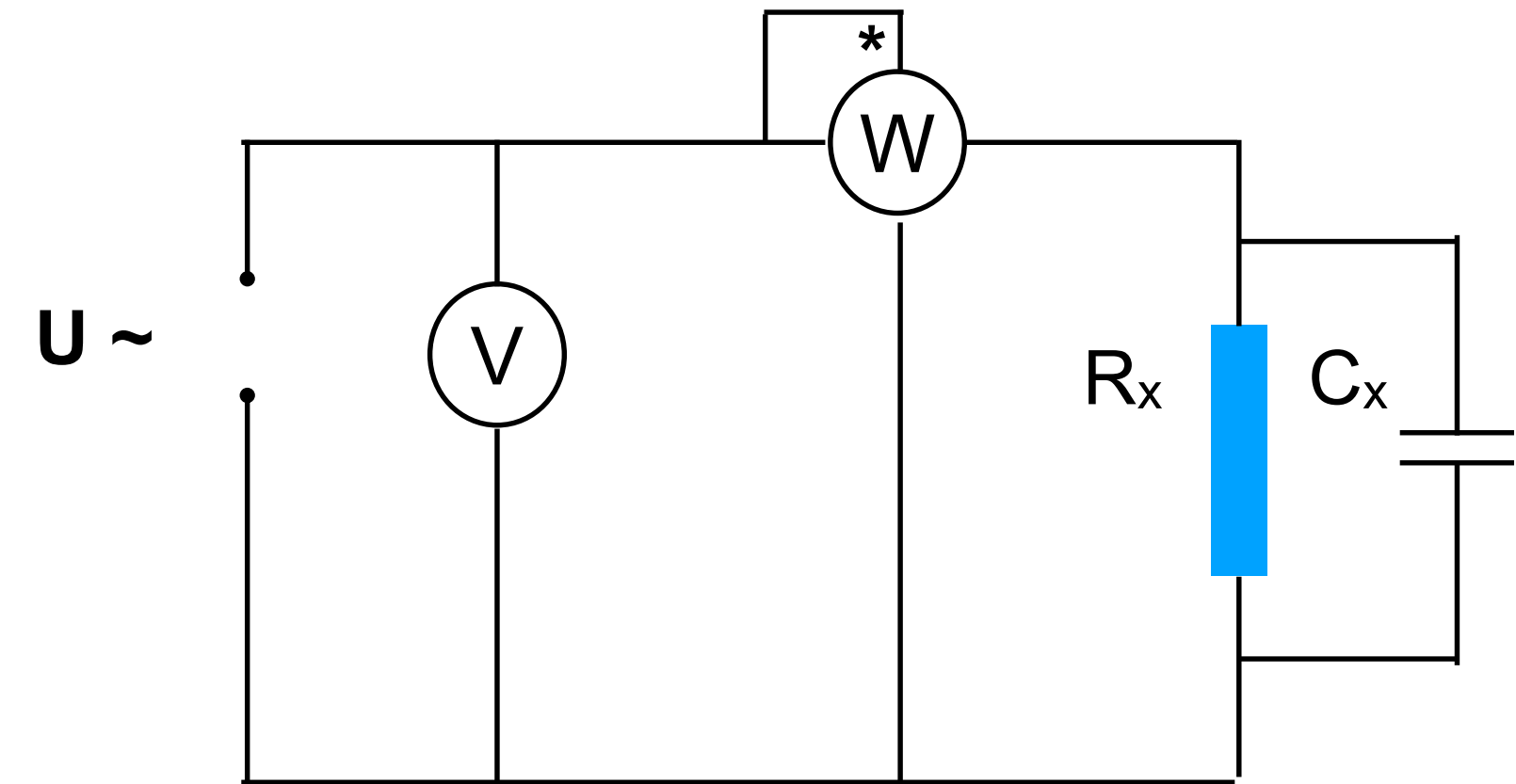
- Mạch đo tụ có góc tổn hao lớn

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

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

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

với U_x, I_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

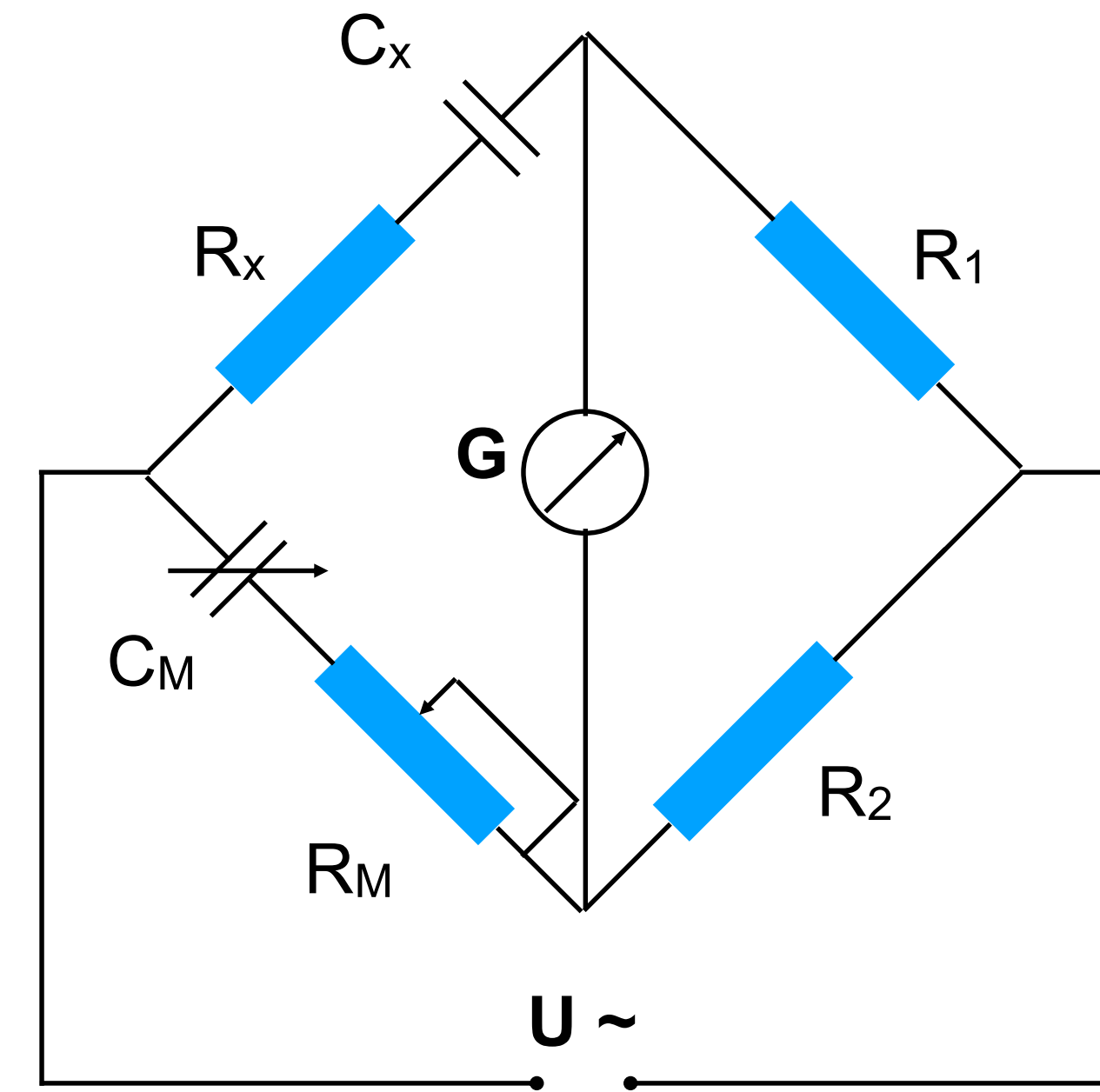
Đo điện dung

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

- Cầu cân bằng khi

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

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_M \quad C_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot C_M \quad D = \omega R_x C_x$$



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

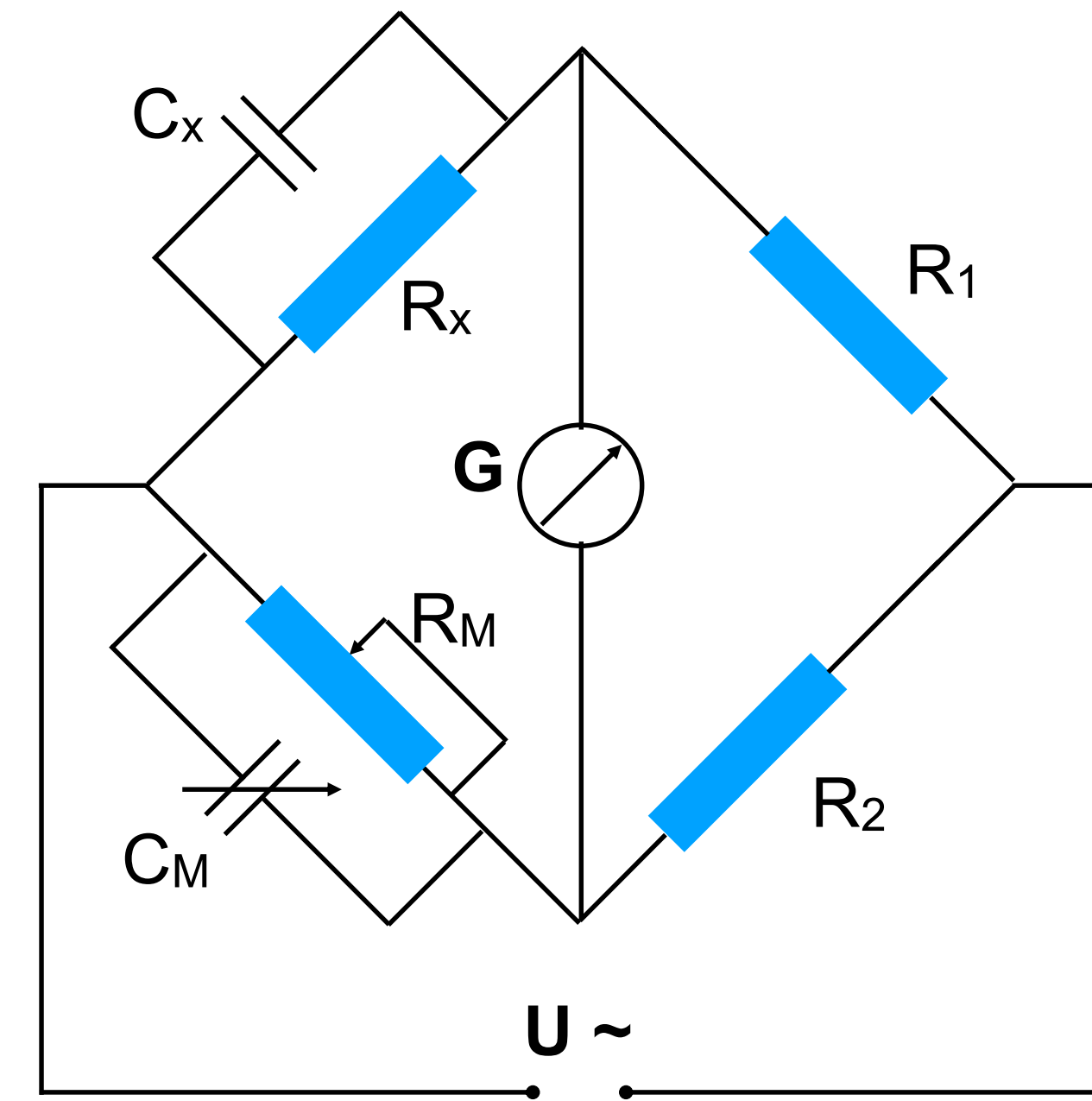
Đo điện dung

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

- Cầu cân bằng khi

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

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_M \quad C_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot C_M \quad D = \frac{1}{\omega R_x C_x}$$



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

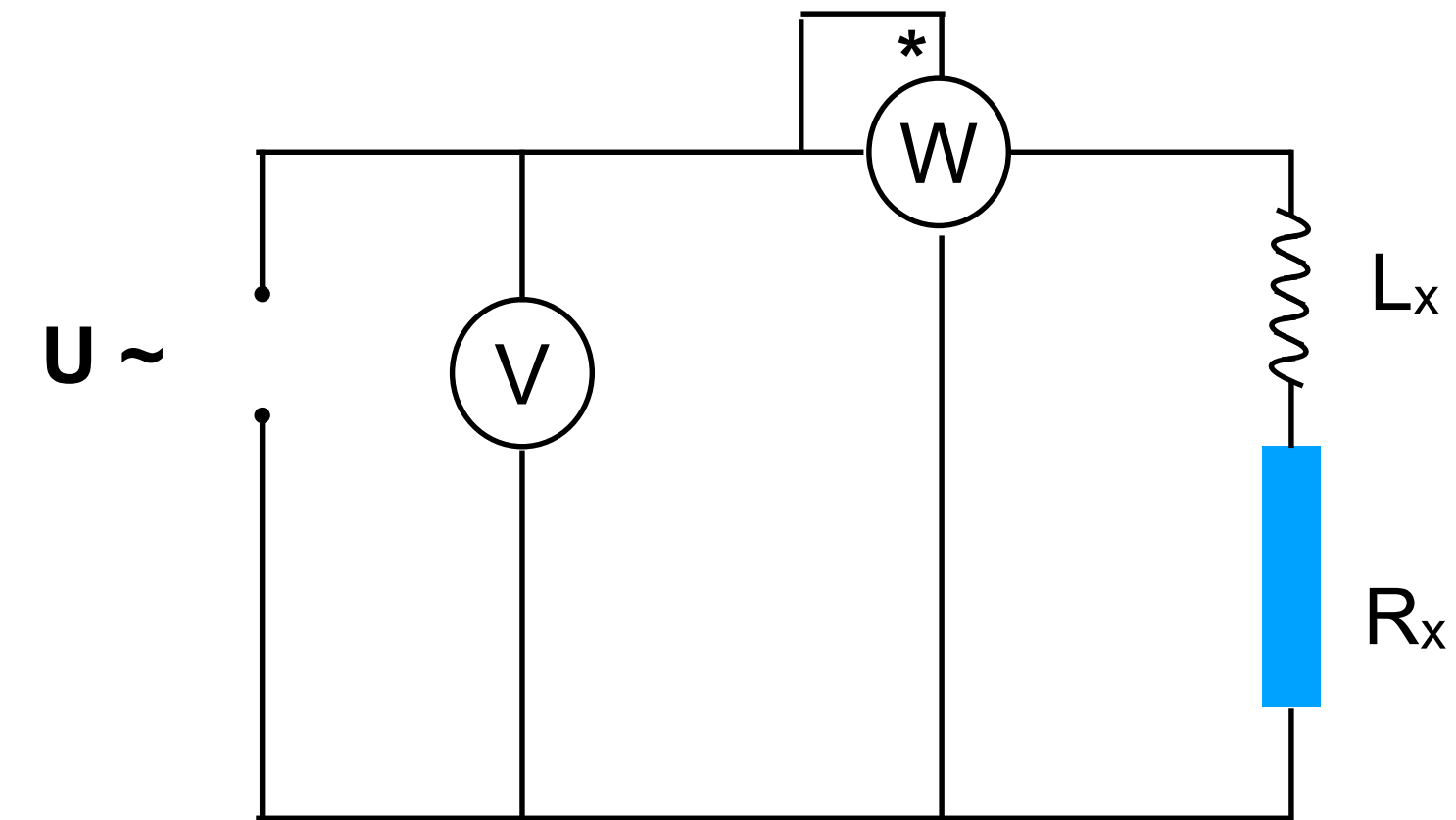
- Phương pháp đo điện cảm L
 - Đo trực tiếp sử dụng Ampe kế, volt kế và Watt kế
 - Sử dụng mạch cầu đo

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_x, 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

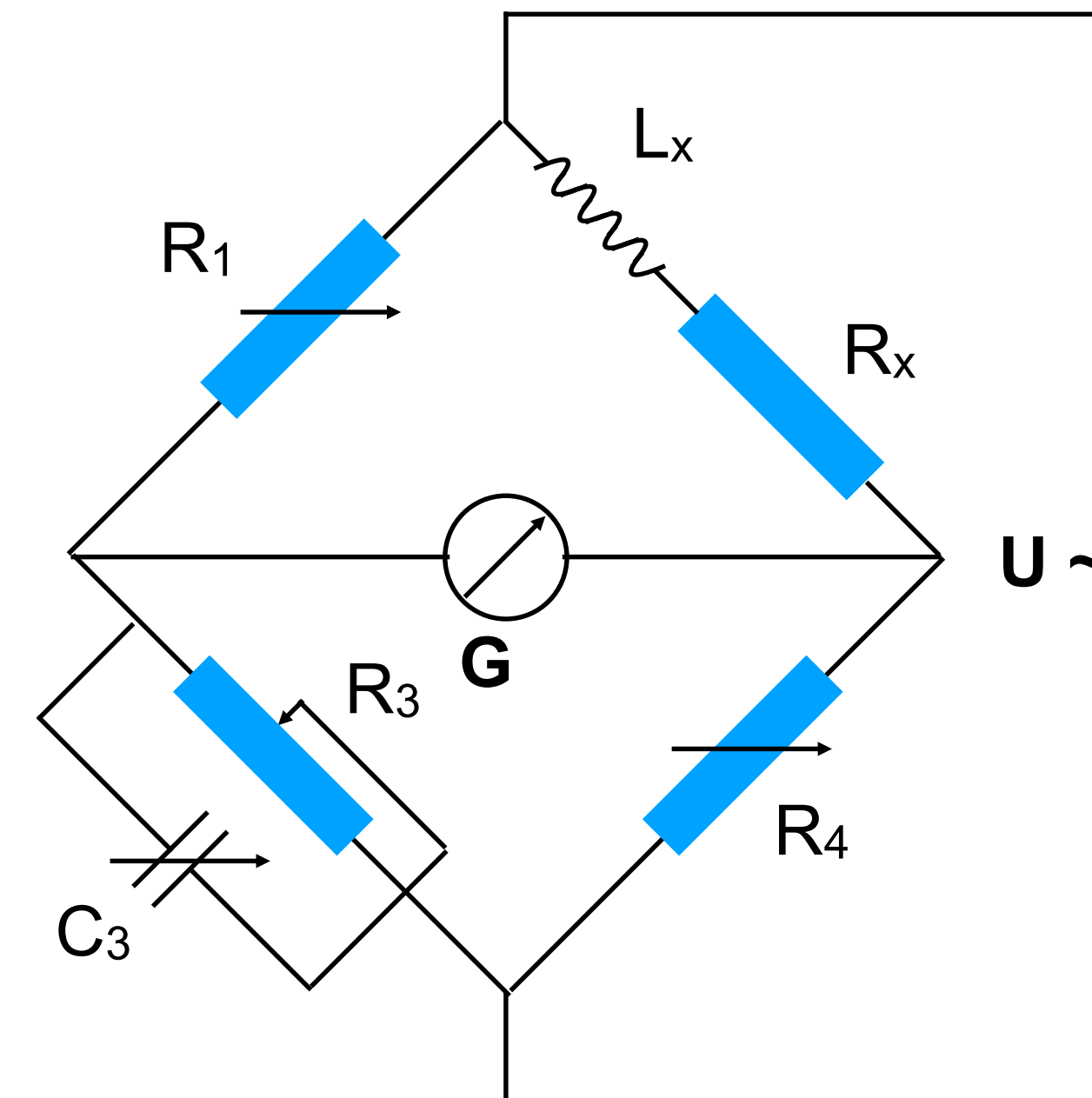
Đo điện cảm

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

- Cầu cân bằng khi

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

$$R_x = \frac{R_4}{R_3} \cdot R_1 \quad L_x = C_3 R_1 R_4 \quad Q = \frac{\omega L_x}{R_x}$$



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

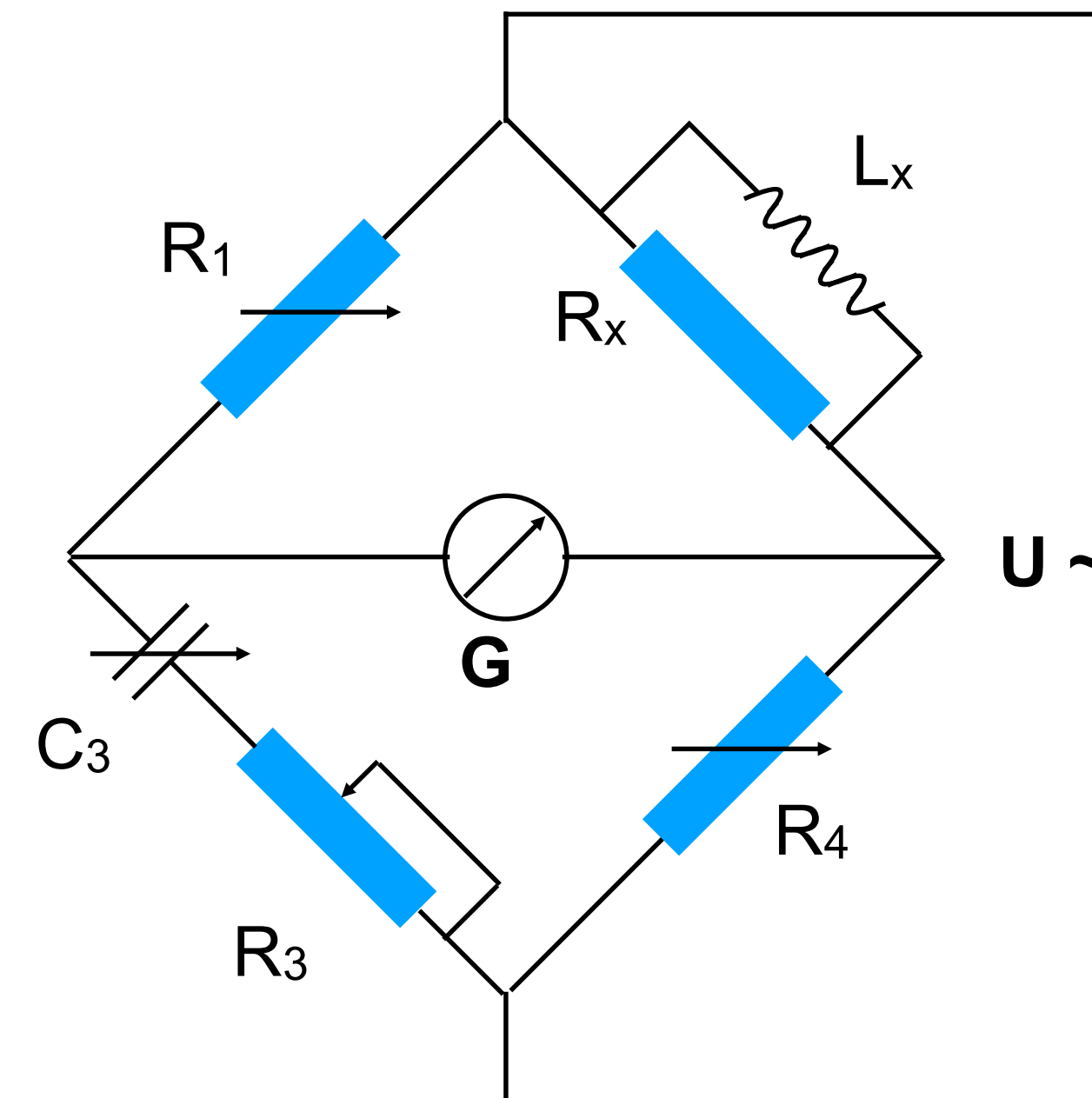
Đo điện cảm

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

- Cầu cân bằng khi

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

$$R_x = \frac{R_4}{R_3} \cdot R_1 \quad L_x = C_3 R_1 R_4 \quad Q = \frac{R_x}{\omega L_x}$$



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

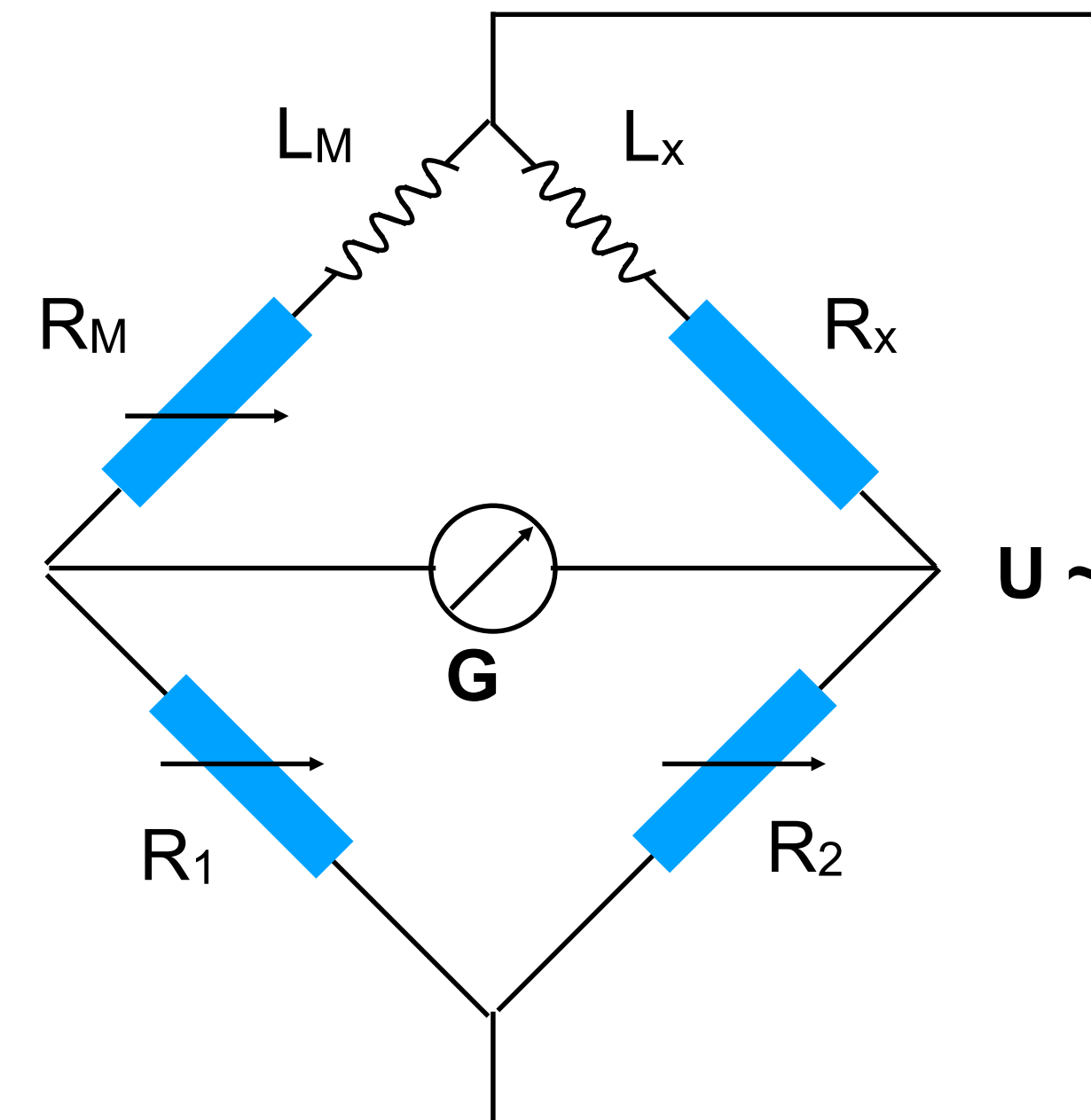
Đo điện cảm

- Mạch cầu đo sử dụng điện cảm mẫu
 - Cầu cân bằng khi

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

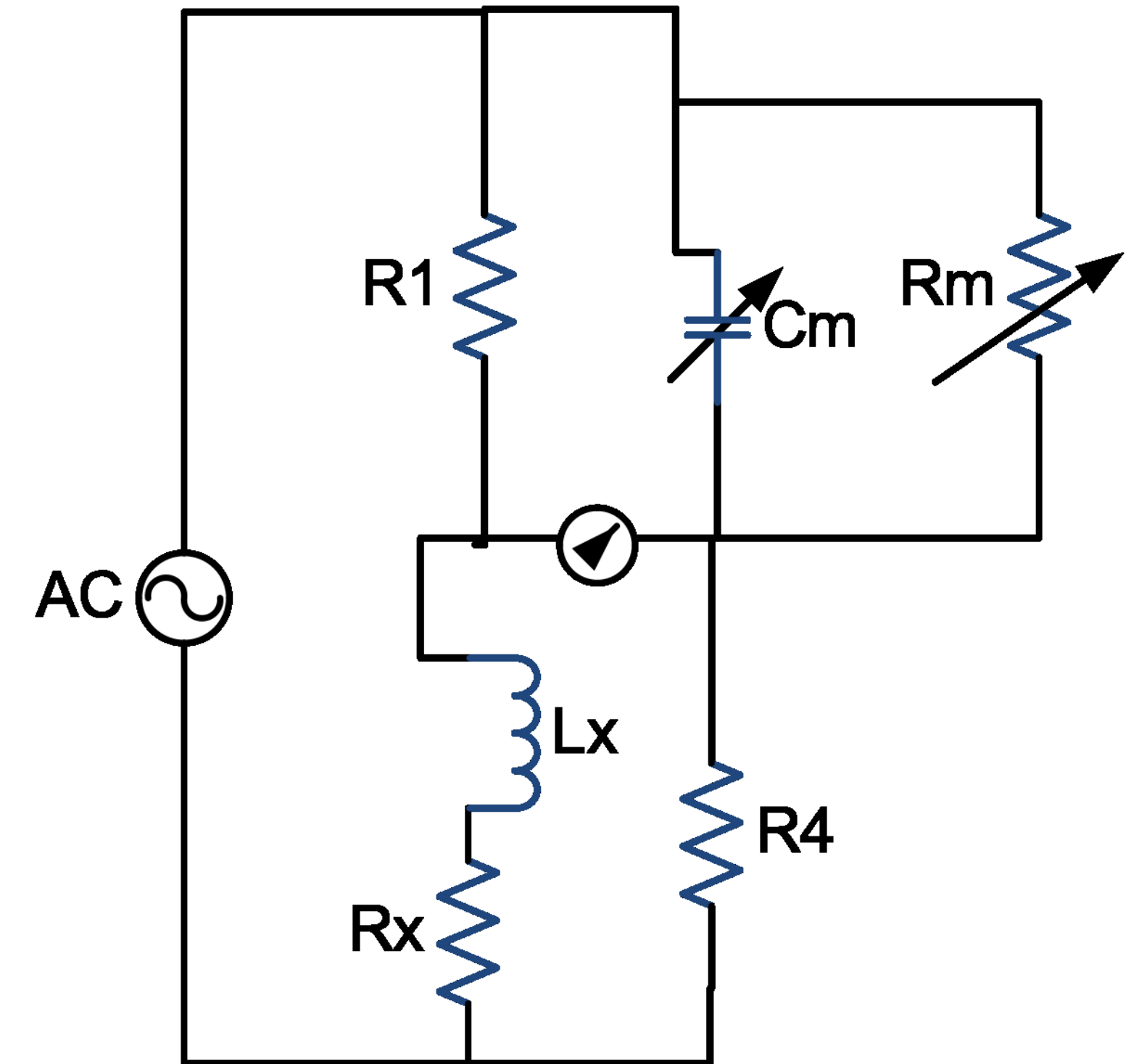
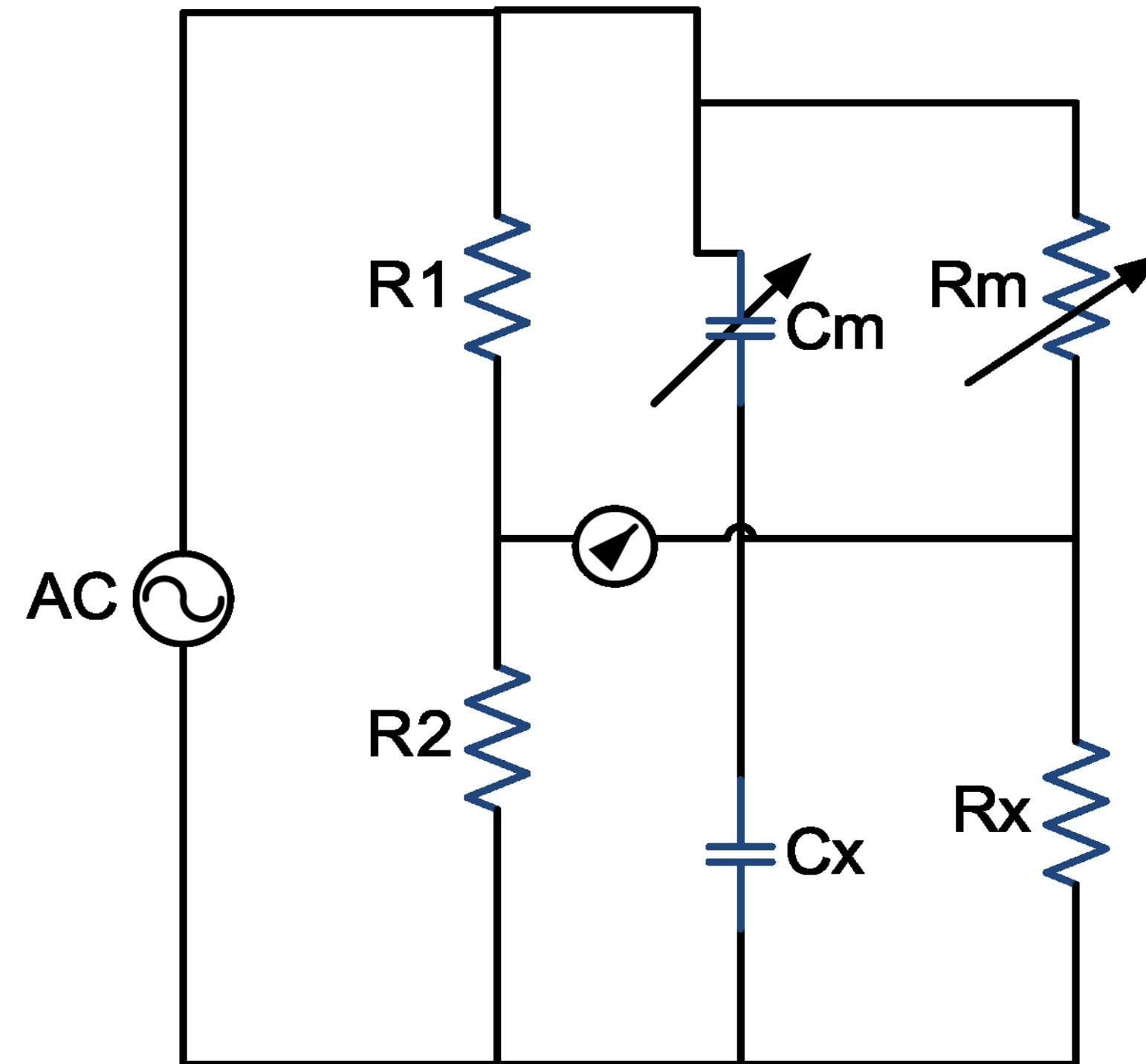
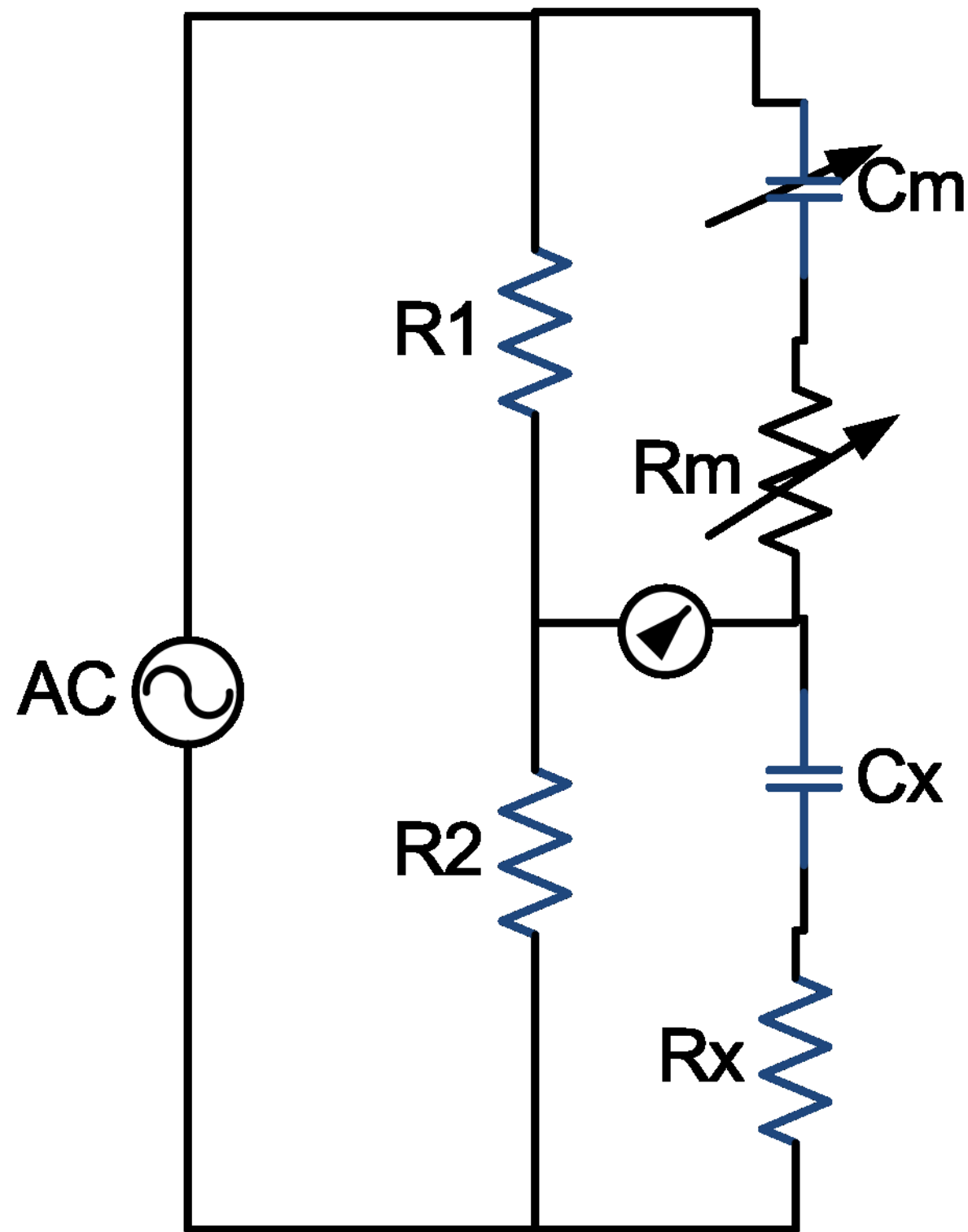
$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_M \qquad L_x = \frac{R_1}{R_2} L_M$$

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

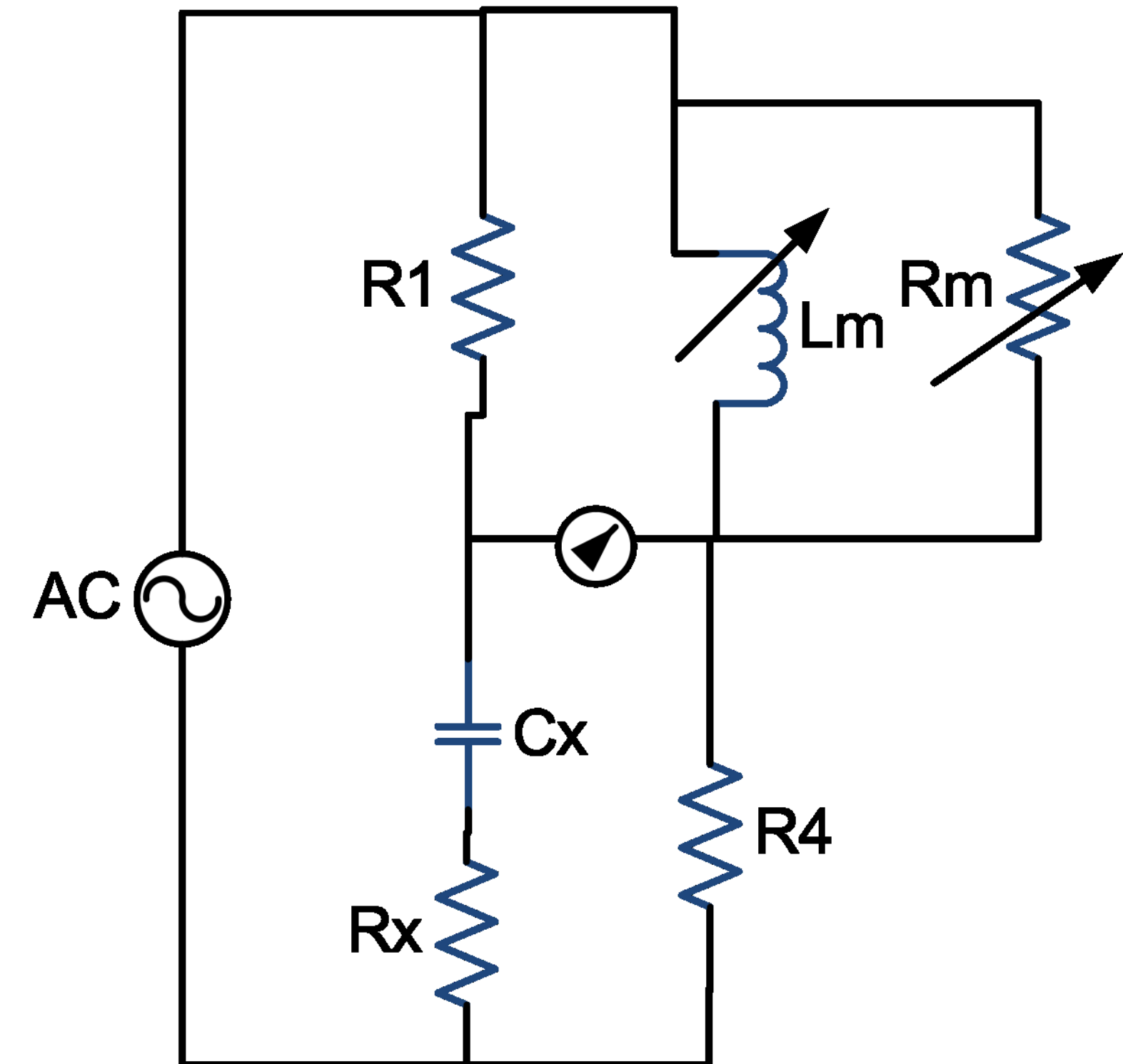
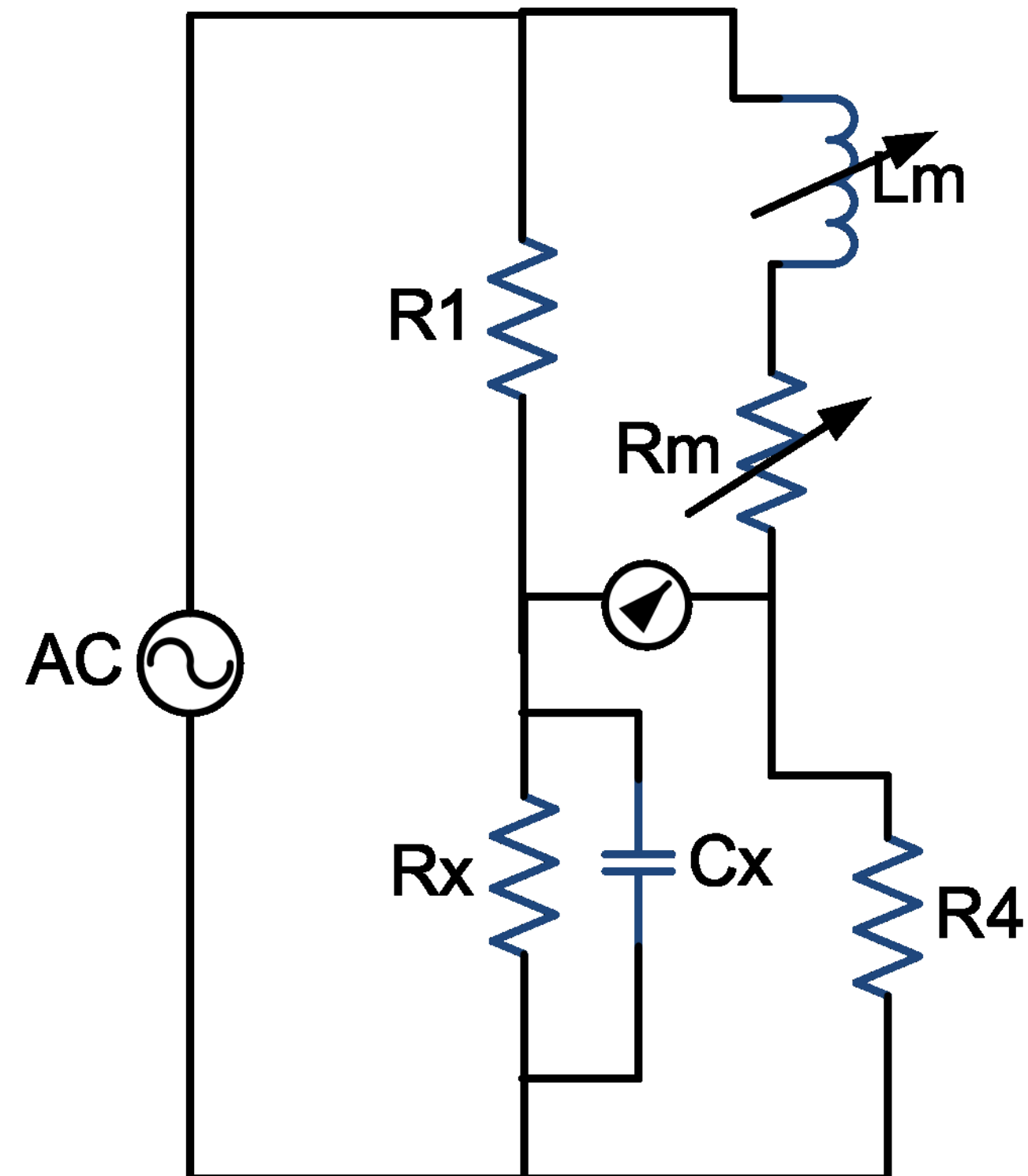
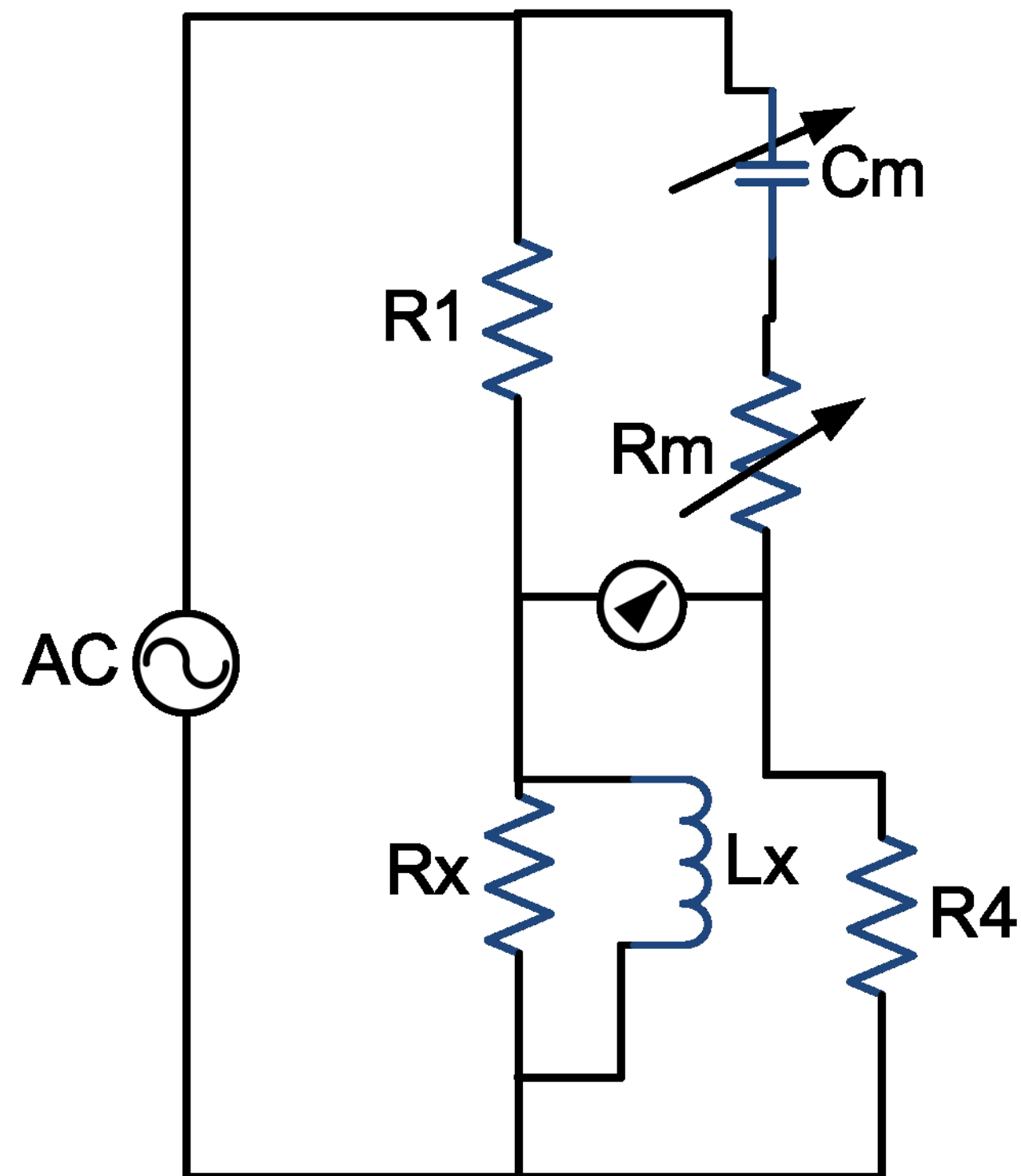


Nguồn cung cấp cho mạch phải là nguồn AC có biên độ và tần số ổn định, ít méo

Một số mạch đo C, L khác



Một số mạch đo C, L khác



Bài tập minh họa

1. Cho cầu đo Sauty, biết $C_1 = 0.1 \mu\text{F}$, $R_1 = 10\text{K}$, $R_2 = 14.7\text{k}$. Biến trở là biến trở 1 K được điều chỉnh tới giá trị 125Ω 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 $C_3 = 0.1 \mu\text{F}$, $R_1 = 260 \Omega$, $R_3 = 470 \Omega$, $R_4 = 510 \Omega$. Tính L_x , R_x và Q biết tần số tín hiệu là 200Hz

