

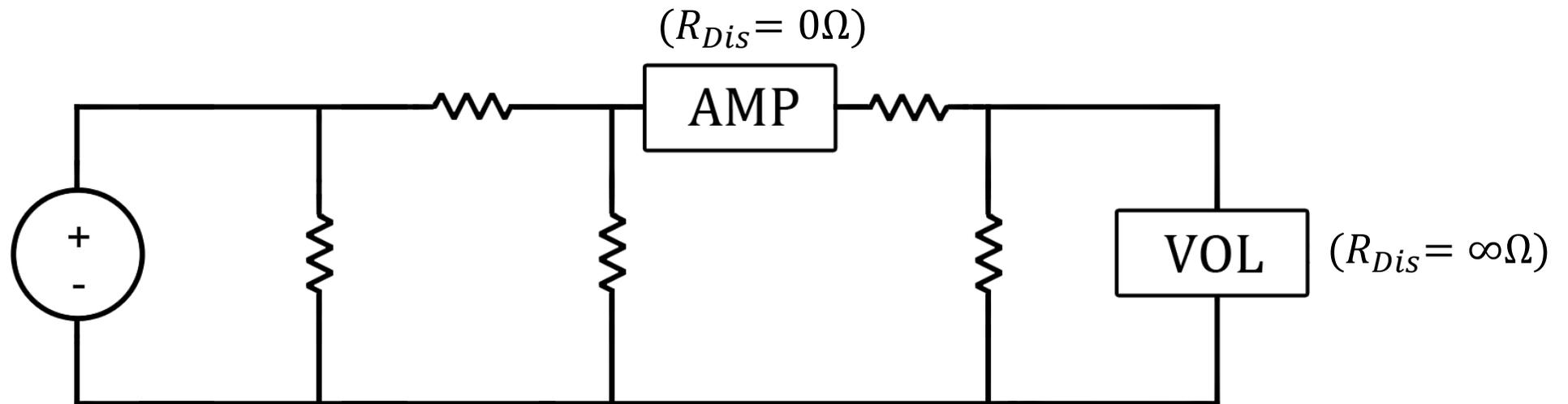
Aula 7

Equipamentos de Medição
Voltímetro e Amperímetro

Circuitos Elétricos I

Prof. Henrique Amorim - UNIFESP - ICT

Equipamentos Ideais



- O Amperímetro é responsável por medir corrente – Ligado em série
- O Voltímetro é responsável por medir tensão – Ligado em paralelo

Em um **Amperímetro ideal** a **resistência** interna é igual a **zero**, enquanto em um **Voltímetro ideal** a **resistência** interna é igual a **infinito**. Essa relação torna o **erro** de medição igual a **zero**, uma vez que os **equipamentos ideais não absorvem energia do sistema**.

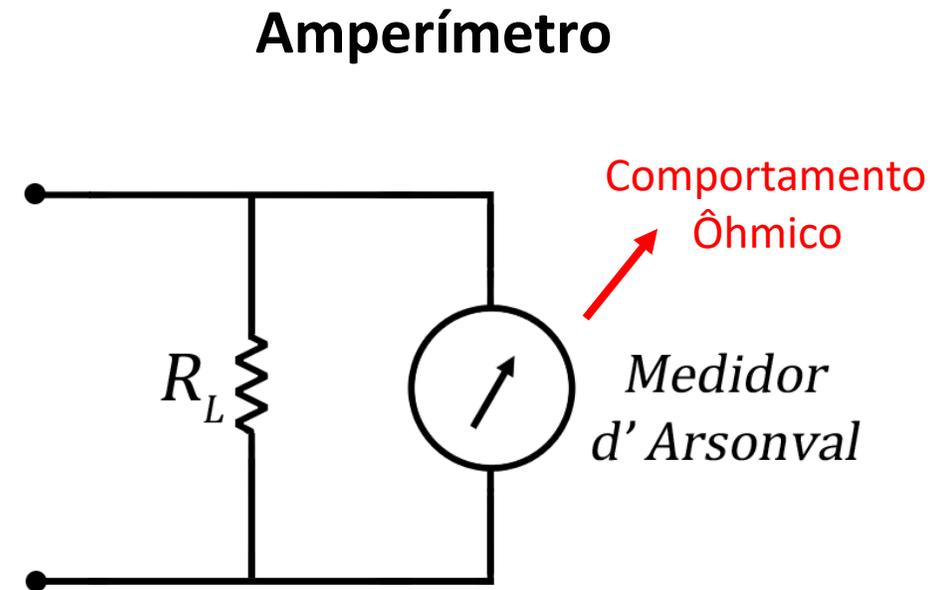
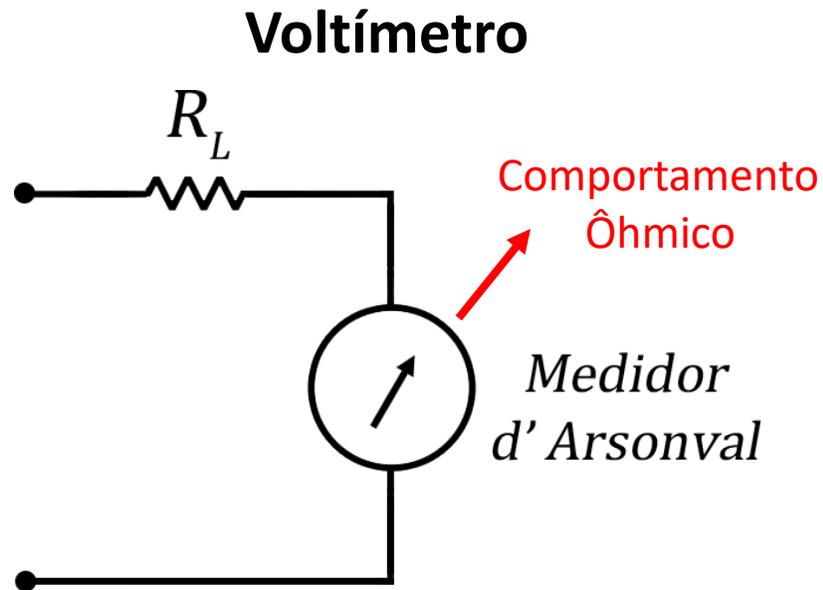
Multímetro Analógico



Multímetro Digital



Voltímetro x Amperímetro



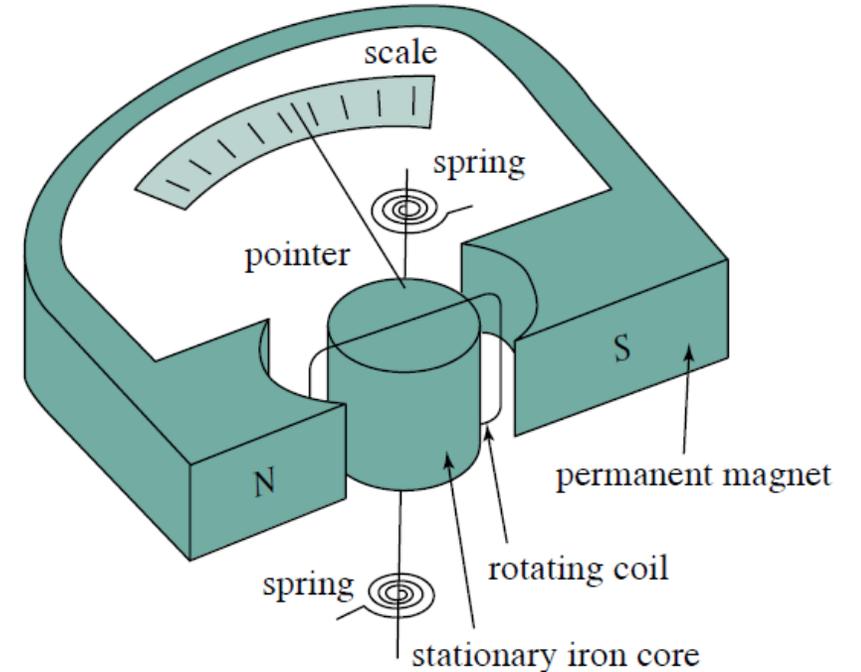
RL é a resistência limitadora

O circuito do **voltímetro** é um circuito **divisor de tensão**, a resistência R_L cria uma queda de tensão para que o medidor funcione de forma adequada.

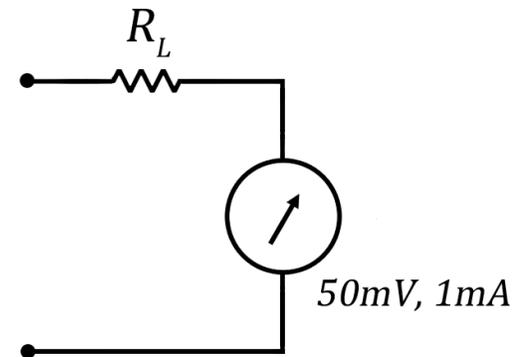
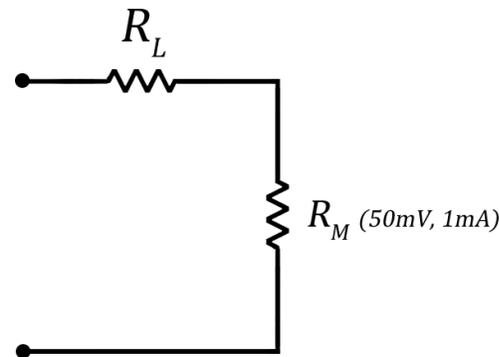
O circuito do **Amperímetro** é um circuito **divisor de corrente**, a resistência R_L divide a corrente para que o medidor funcione de forma adequada.

Medidor de d'Arsonval

- O medidor de d'Arsonval é um equipamento eletromecânico capaz de mensurar tensão/corrente em uma escala analógica.
- O funcionamento desse medidor em particular, não é relevante para equacionarmos simplificações de voltímetros, amperímetros e ohmímetros. A informação pertinente sobre esse equipamento é que, como um todo, pode ser expresso por um resistor, o qual possui características de trabalho.

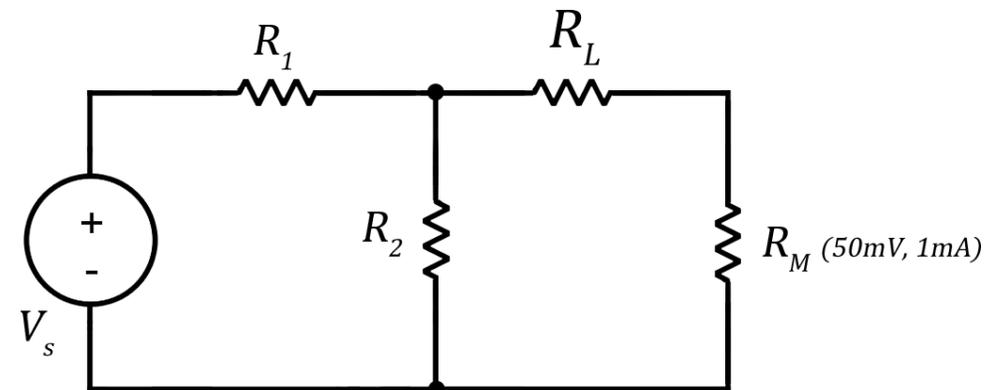
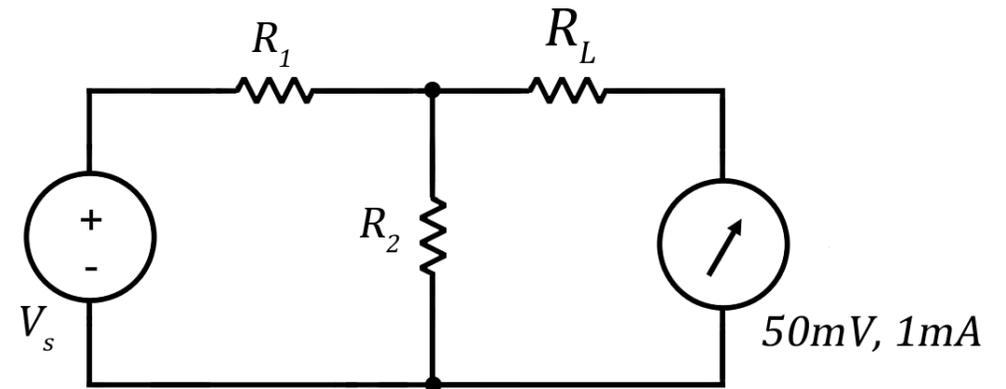
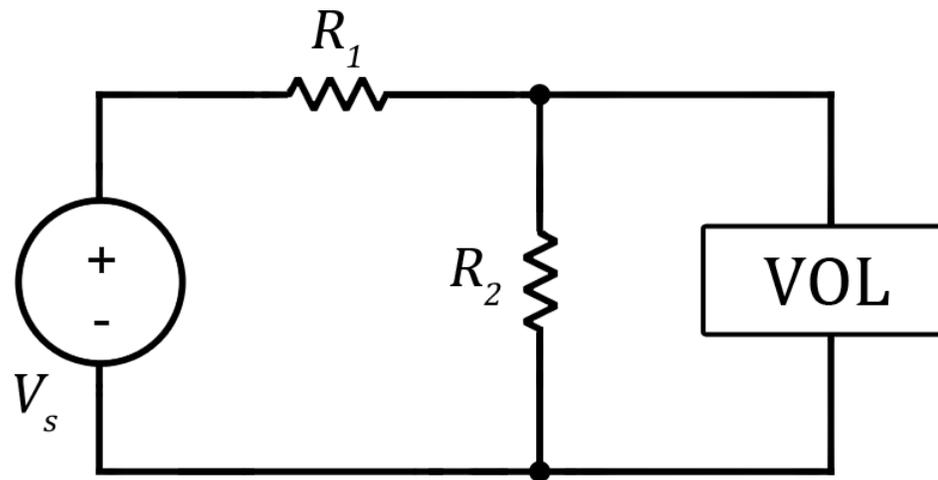


$$R_{dis} = R_L + R_M$$



Voltímetro

Exercício: O voltímetro abaixo foi configurado para operar na faixa de tensão entre 0-100V. O equipamento utiliza um medidor com as seguintes configurações 50mV e 1mA. Calcule a resistência limitante do equipamento (R_L) a resistência do medidor (R_M) e a resistência do equipamento (R_{vol}).



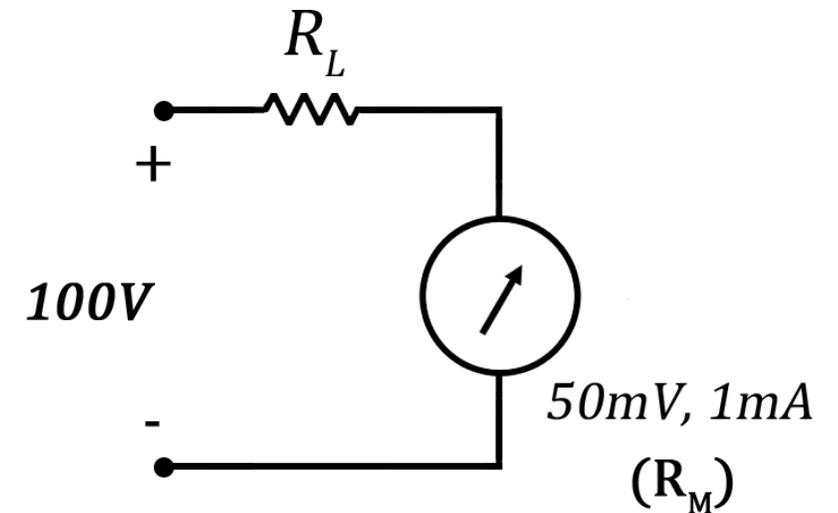
Interpretando o exercício: Quando um voltímetro é configurado a uma determinada faixa de tensão, significa que até a tensão máxima o equipamento deve funcionar sem comprometer o medidor. Neste exercício o equipamento deve medir qualquer queda ou elevação de tensão até no máximo 100V

$$v = R \cdot i \quad \therefore \quad 50m = R_M \cdot 1m \quad \therefore \quad R_M = 50\Omega$$

$$v_{R_L} = 100 - 50m = 99,95V$$

$$R_L = \frac{99,95}{1m} = 99,95K\Omega$$

$$R_{Disp} = R_L + R_M = 99950 + 50 = 100K\Omega$$

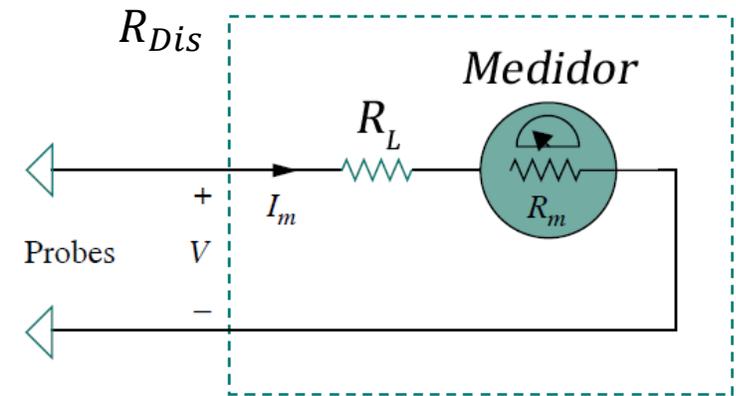


Voltímetro

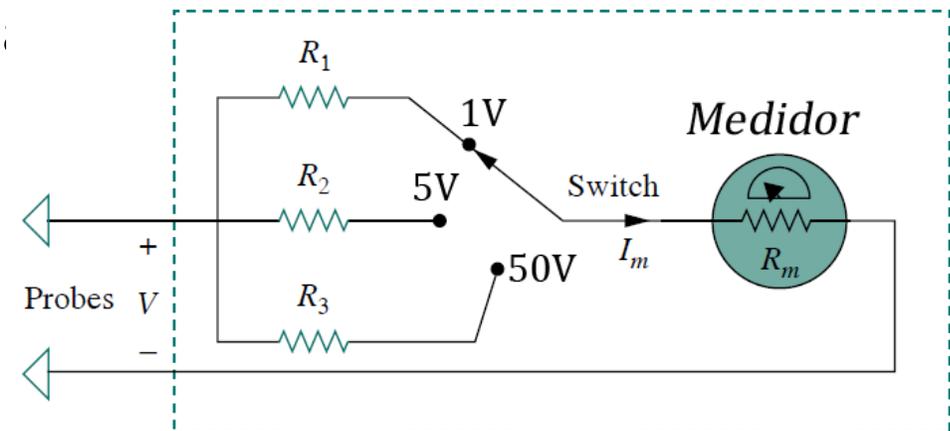
Um voltímetro pode ser projetado para funcionar com múltiplas escalas.

Exercício: Tendo por base o voltímetro com múltiplas escalas ao lado. Projete um voltímetro para as escalas: **0-1V**, **0-5V** e **0-50V**. A resistência interna do medidor é igual a $2\text{K}\Omega$ e a corrente de fundo de escala é igual a $100\mu\text{A}$.

Uma escala



Múltiplas escalas



Queda de tensão do medidor:

$$v_m = 2K \cdot 100\mu = 0,2V$$

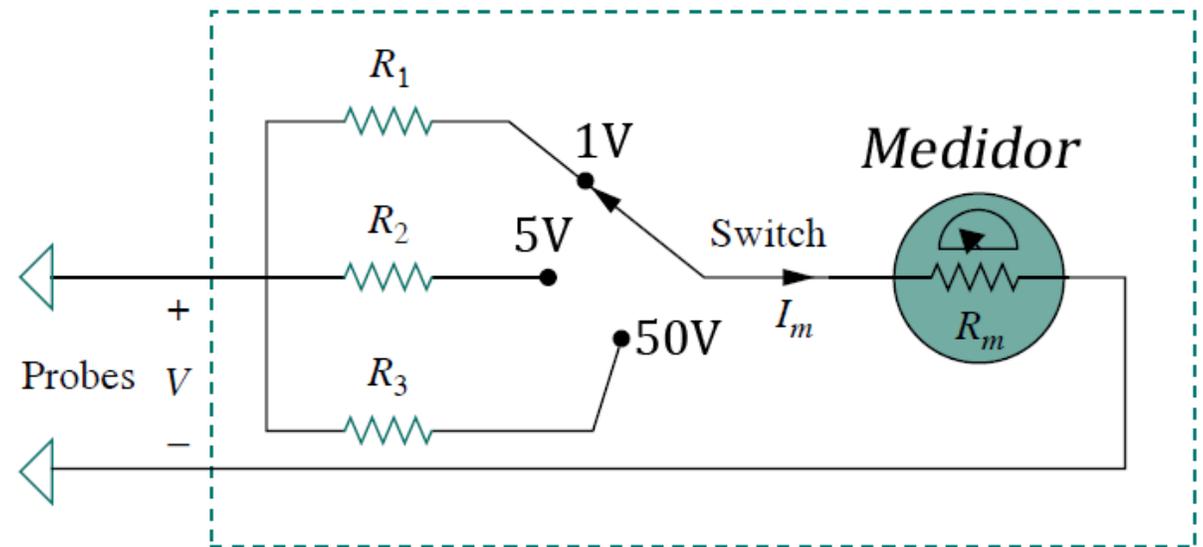
$$v_{R_1} = 1 - 0,2 = 0,8V$$

$$R_1 = \frac{0,8}{100\mu} = 8K\Omega$$

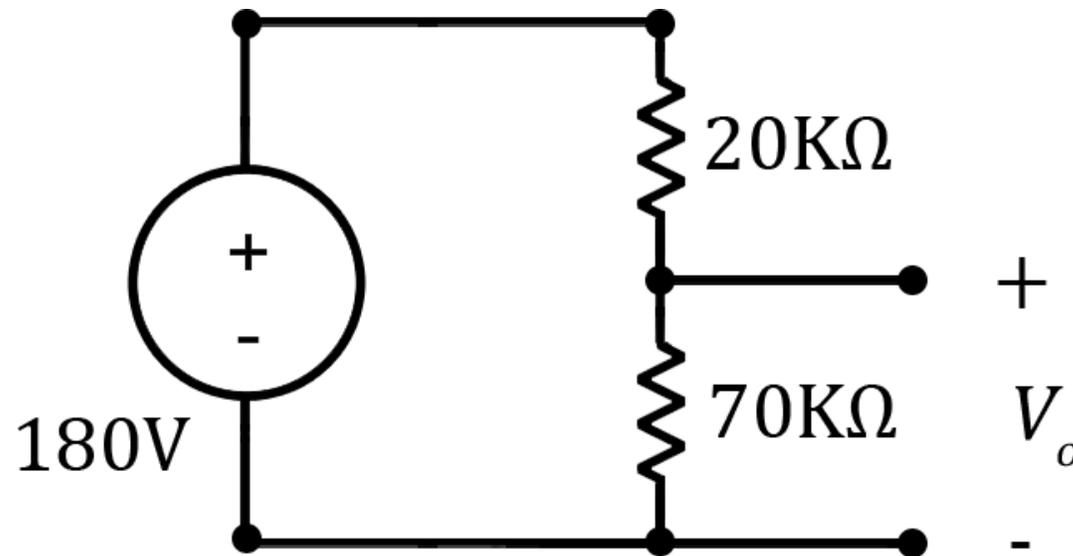
$$v_{R_2} = 5 - 0,2 = 4,8V$$

$$R_2 = \frac{4,8}{100\mu} = 48K\Omega$$

$$R_3 = \frac{50 - 0,2}{100\mu} = 498K\Omega$$



Exercício: Um voltímetro calibrado para escala de 200V e cuja a sensibilidade é igual a $100\Omega/V$, é utilizado para verificar o funcionamento do circuito abaixo. Calcule V_o utilizando um voltímetro ideal e compare com a medição utilizando o voltímetro citado acima. Calcule o erro (%)



Ideal:

$$v_o = \frac{70K}{20K + 70K} \cdot 180 = 140V$$

Interpretação: A unidade de sensibilidade é Ω/V , portanto se multiplicarmos a escala do voltímetro pela sua sensibilidade encontramos a resistência do dispositivo. Nesse exemplo não há necessidade de calcular a resistência limitante, uma vez que podemos calcular a resistência interna do voltímetro.

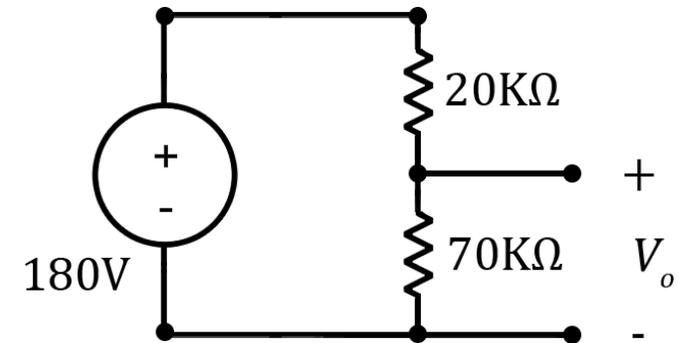
$$\text{sensibilidade} \left(\frac{\Omega}{V} \right) \times \text{escala} (V) = R_{Dis} (\Omega)$$

$$R_{Dis} = 100 \cdot 200 = 20K\Omega$$

O voltímetro será ligado em paralelo com o resistor de 70K

$$R_{eq} = 70K \parallel 20K = 15,56K\Omega$$

$$v_{o2} = \frac{15,56K}{20K + 15,56K} \cdot 180 = 78,76V$$



$$\%erro = \left(\frac{78,76}{140} - 1 \right) \cdot 100 \approx -44\%$$

***** Erro muito grande!!!!**

Exercício: Calcule a sensibilidade do um Voltímetro cuja as características do medidor são: 50mV e 1mA

Sabemos que:

$$S \cdot V_{escala} = R_{Dis}$$

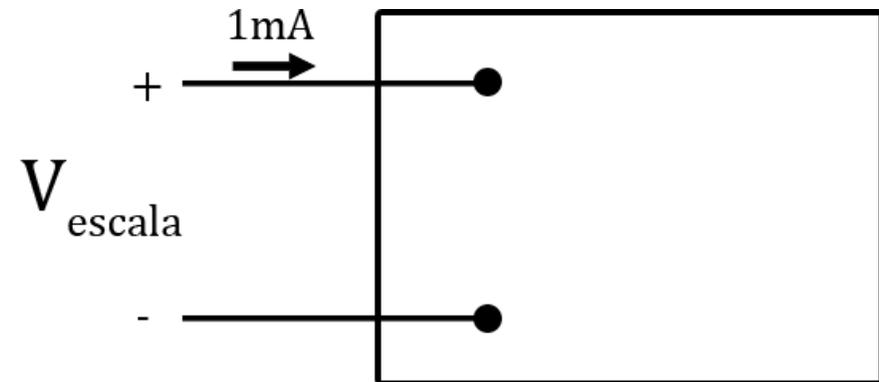
$$S \cdot V_{escala} = \frac{V_{escala}}{i_M} \quad \therefore \quad S = \frac{1}{i_M}$$

$$R_M = \frac{v_M}{i_M} \quad \therefore \quad i_M = \frac{v_M}{R_M} \quad \therefore \quad \frac{1}{i_M} = \frac{R_M}{V_M}$$

$$S = \frac{R_M}{v_M} \quad \text{ou} \quad S = \frac{1}{i_M}$$

$$R_{Dis} = R_L + R_M$$

$$R_{Dis} = \frac{V_{escala}}{i_m}$$



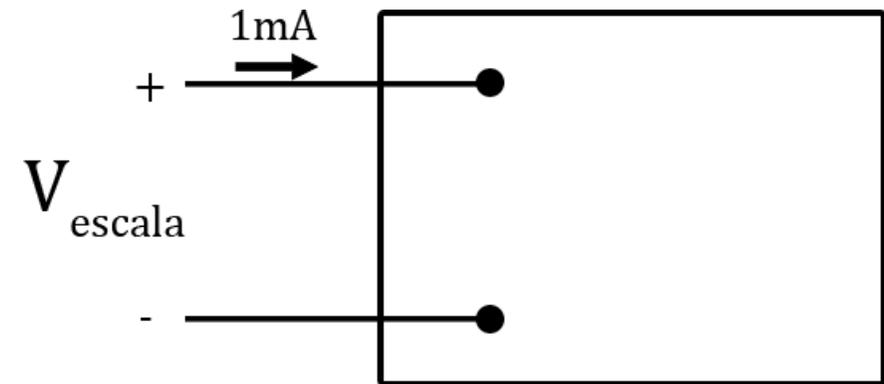
Exercício: Calcule a sensibilidade do um Voltímetro cuja as características do medidor são: 50mV e 1mA

$$S = \frac{R_M}{v_M}$$

$$R_M = \frac{v_M}{i_M} = \frac{50m}{1m} = 50\Omega$$

$$S = \frac{50}{50m} = 1000 \Omega/V$$

*** Quanto maior a sensibilidade do equipamento melhor o equipamento



Conferindo: Se o voltímetro estiver na escala 0-200V

$$R_{Dis} = \frac{200}{1m} = 200K\Omega$$

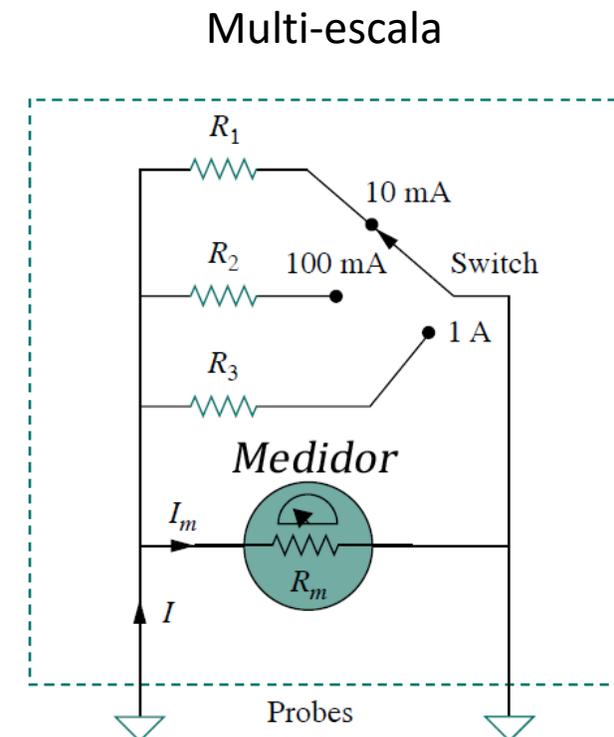
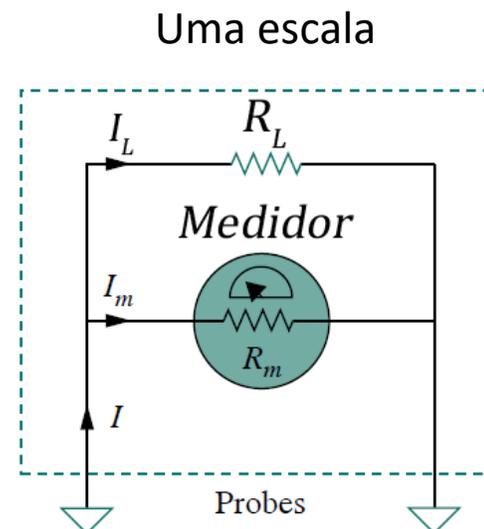
$$R_{Dis} = S \cdot V_{escala} = 1000 \cdot 200$$

$$R_{Dis} = 200K\Omega$$

Amperímetro

O **voltímetro** está para o **divisor de tensão**, assim como o **amperímetro** está para o **divisor de corrente**, o medidor utilizado nos esquemas do amperímetro é mesmo utilizado para o voltímetro. A diferença entra as duas configurações é que para o amperímetro, devemos modelar uma **carga limitante** R_L para **dividir a corrente**, garantindo o funcionamento adequado do medidor

Podemos encontrar amperímetros para uma, ou N faixas de corrente



Exercício: Projete um amperímetro para uma escala que varie entre 0 e 100mA. As características do medidor são: 60mV e 1mA. Calcule a resistência do medidor R_M a resistência limitante R_L e a resistência do dispositivo R_{dis}

Amperímetro

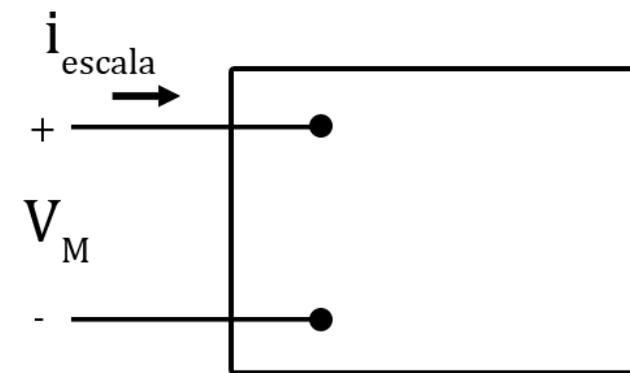
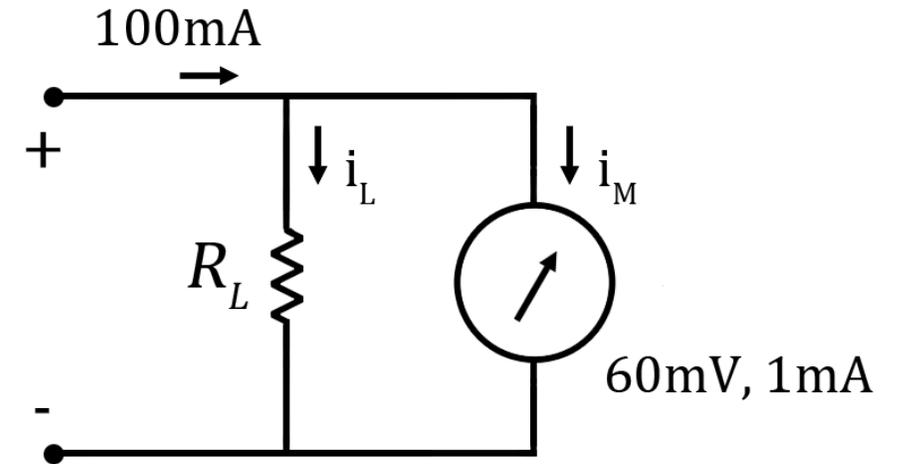
$$R_M = \frac{60m}{1m} = 60\Omega$$

$$i_L = 100m - 1m = 99mA$$

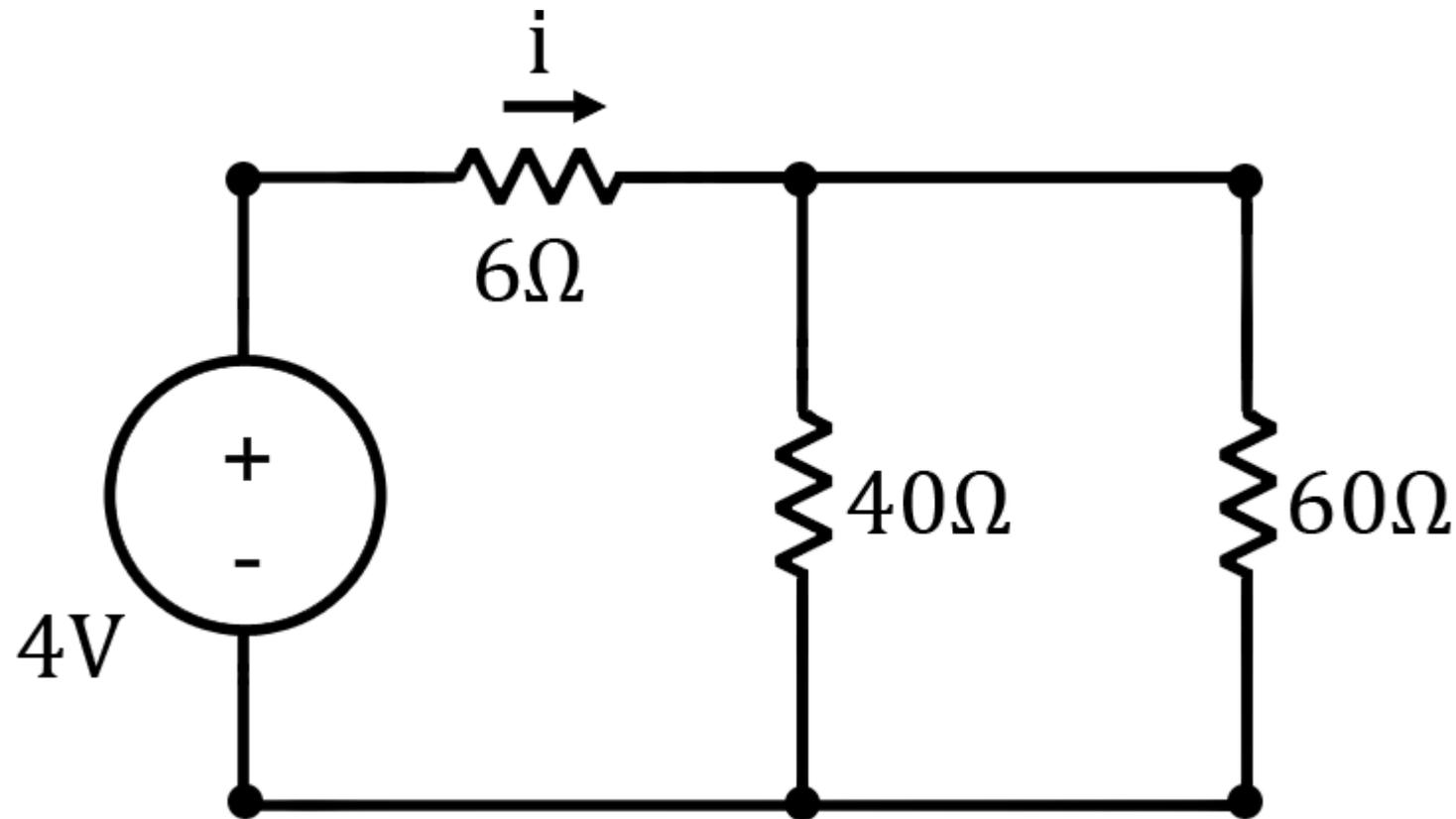
$$R_L = \frac{60m}{99m} = 0,606\Omega$$

$$R_{Dis} = R_M || R_L = \frac{60 \cdot 0,606}{60 + 0,606} = 0,6\Omega$$

$$R_{Dis} = \frac{v_M}{i_{escala}} = \frac{60m}{100m} = 0,6\Omega$$



Exercício: O amperímetro calculado no exercício anterior é adequado para calcular a corrente i do circuito abaixo? Porquê?

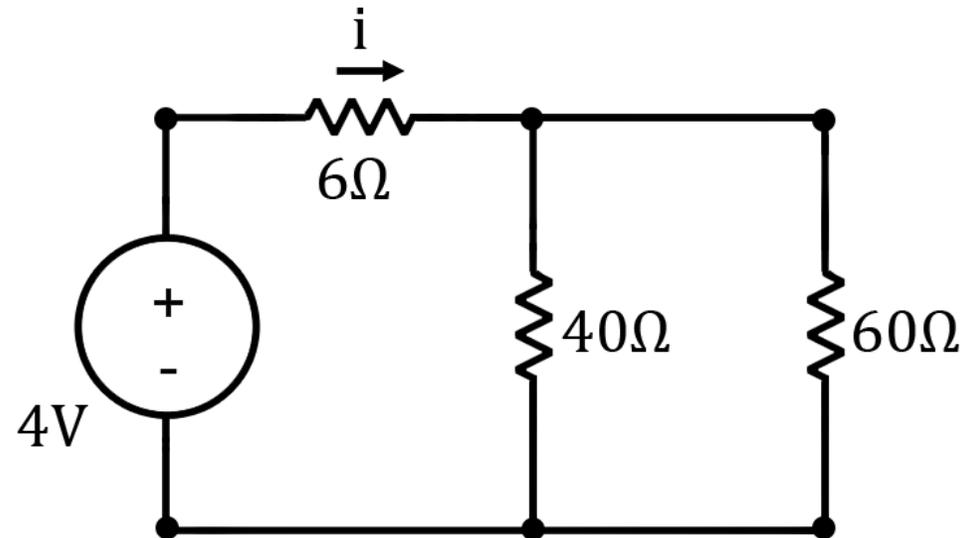


Exercício: O amperímetro calculado no exercício anterior é adequado para calcular a corrente i do circuito abaixo? Porquê?

$$R_{eq} = 6 + (40 \parallel 60) = 30\Omega$$

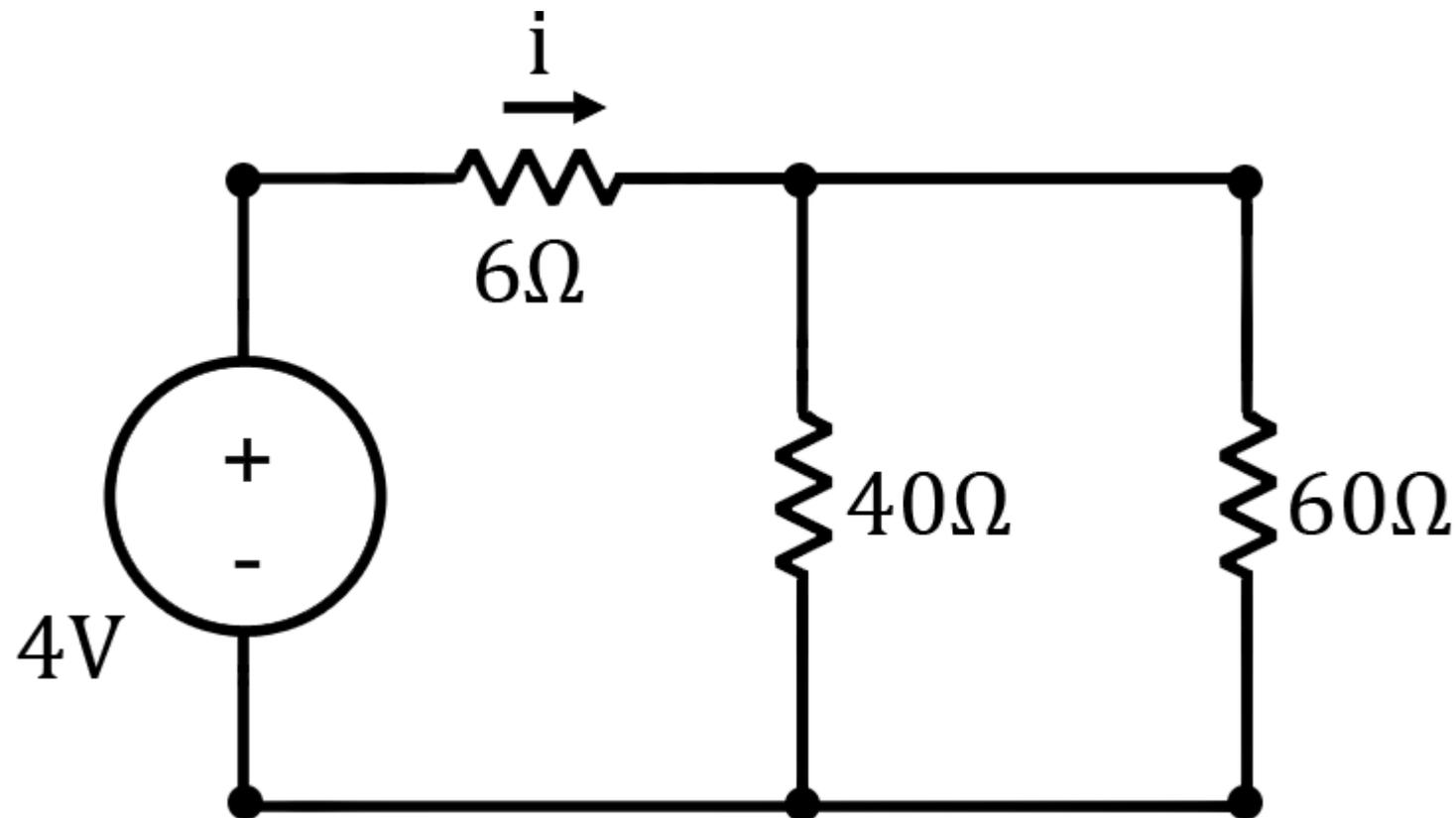
$$i = \frac{4}{30} = 133,33mA$$

Não, pois a corrente i está fora da escala do amperímetro



Amperímetro

Exercício: Projete um amperímetro com a escala entre 0 e 200mA utilizando o medidor dos exercícios anteriores (60mV e 1mA). Calcule o erro na medição de i .



Amperímetro

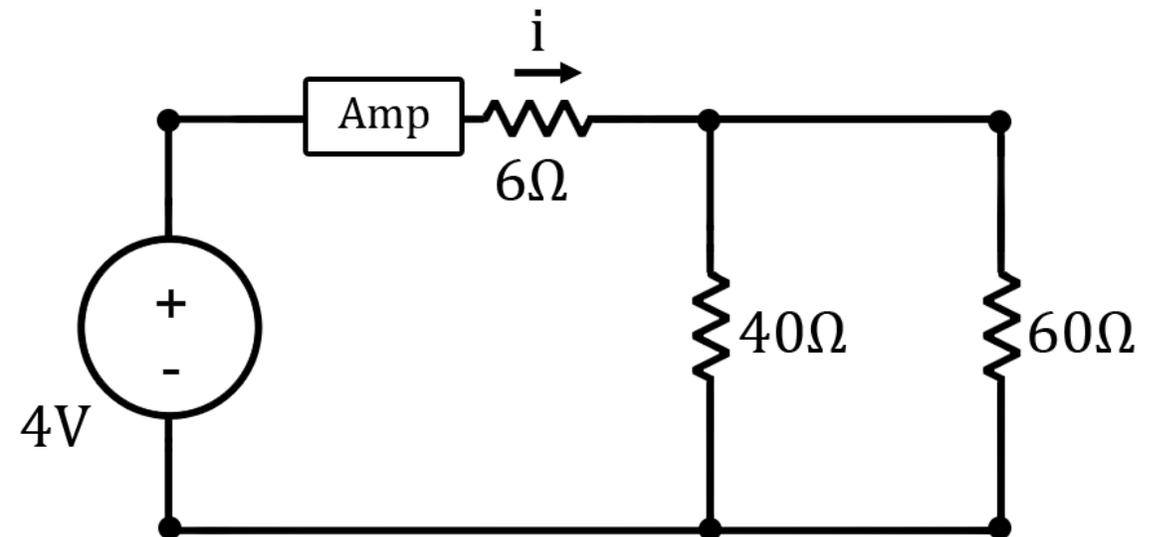
Exercício: Projete um amperímetro com a escala entre 0 e 200mA utilizando o medidor dos exercícios anteriores (60mV e 1mA). Calcule o erro na medição de i .

$$R_{dis} = \frac{60m}{200m} = 0,3\Omega$$

$$R_{eq} = 6 + 0,3 + (40 \parallel 60) = 30,3\Omega$$

$$i = \frac{4}{30,3} = 132,01mA$$

$$\%erro = \left(\frac{132,01m}{133,33m} - 1 \right) \cdot 100 \approx -1\%$$



Estimasse como um erro aceitável se a resistência interna de um amperímetro for menor que $1/10$ da menor resistência do circuito.

Estimasse como um erro aceitável se a resistência interna de um voltímetro for maior que $10x$ a maior resistência do circuito.

***** Essas estimativas podem variar em relação ao grau de precisão do sistema, mas servem como referência.**