

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Electrónica Industrial

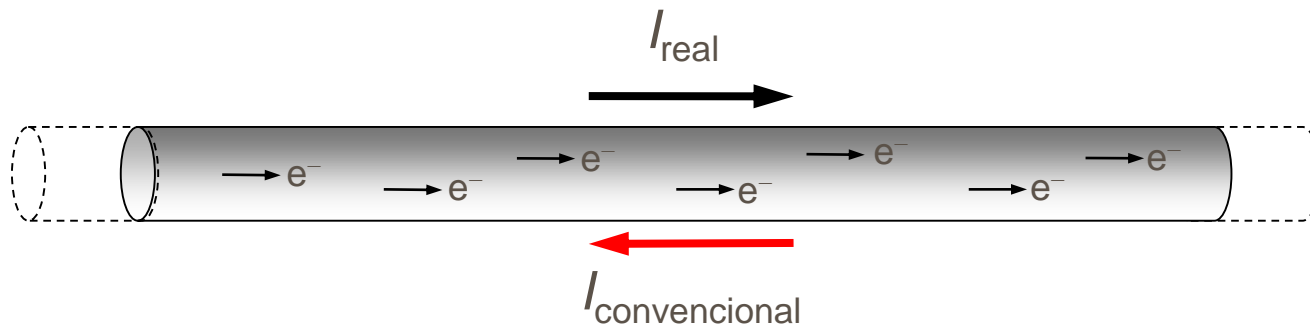
Instrumentação e Projeto de Circuitos

Análise Básica de Circuitos

**LETI – Licenciatura em Engenharia de
Telecomunicações e Informática**

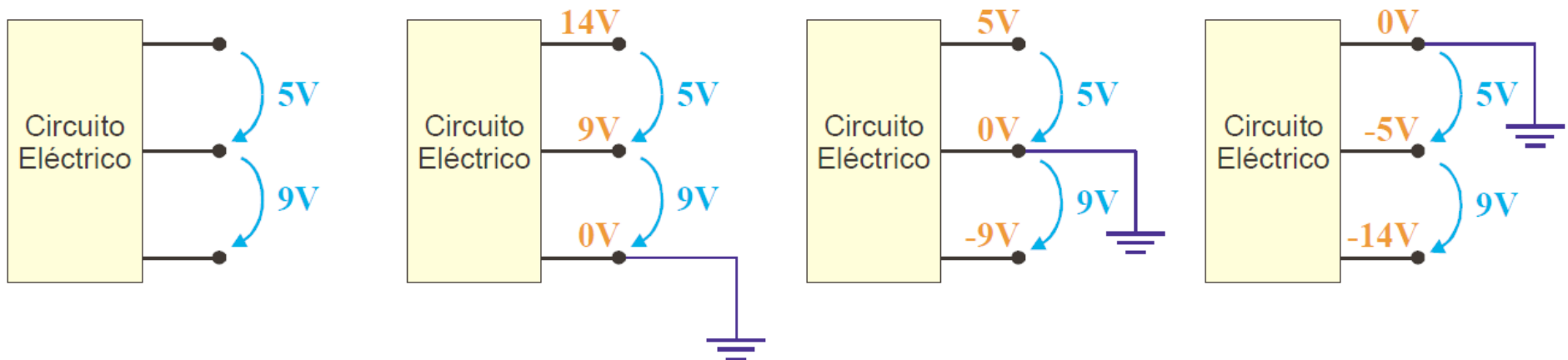
■ Corrente eléctrica

- **Fluxo de eletrões**, oposto ao sentido convencional da corrente, que é normalmente usado
- A corrente eléctrica (I) tem como unidade o ampere (**A**)
- Diz-se que uma **corrente** eléctrica **passa num componente ou ramo** de um circuito
- Usam-se **setas retas** para indicar os sentidos de correntes eléctricas



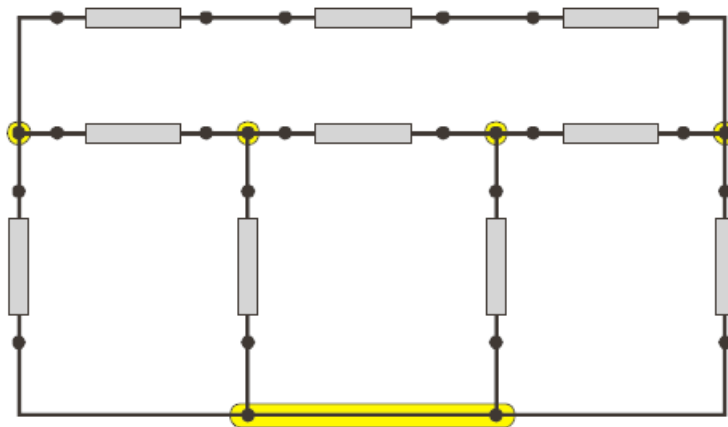
■ Potencial Elétrico e Tensão

- O **potencial elétrico** que **existe num ponto A** (U_A) tem a unidade volt (V)
- O potencial elétrico é medido com relação a um **ponto de referência (0 V)**, que normalmente é a **terra (GND)** ou massa (chassis) do aparelho elétrico
- A **diferença de potencial**, queda de tensão **ou tensão** que **existe entre dois pontos A e B** ($U_{AB} = U_A - U_B$) também tem como unidade o volt (V)
- Usam-se **setas curvas** para indicar os sentidos de quedas de tensão



Ramos, Nós e Malhas de um Circuito

- Um **ramo** é constituído por um ou mais componentes ligados em série
 - Os seus terminais estão ligados aos nós essenciais do circuito
- Um **nó essencial** é um **ponto** (ou um conjunto contínuo de pontos com o mesmo potencial eléctrico) onde estão ligados três ou mais ramos
- Uma **malha** é um conjunto de componentes ligados entre si formando um circuito eletricamente fechado



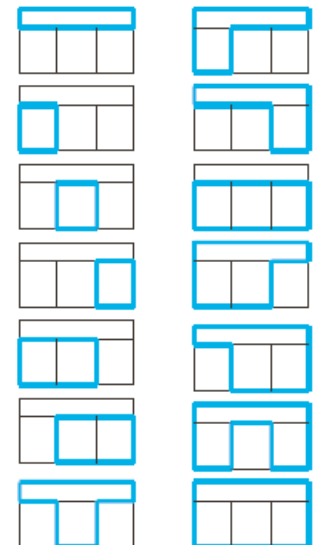
Este circuito tem:

- 8 ramos
- 5 nós
- 14 malhas
- 4 malhas independentes

O número de malhas independentes é dado por $R - (N - 1)$

R – Número de ramos

N – Número de nós

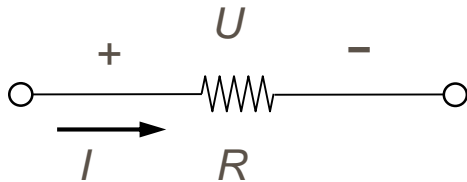


■ Resistência elétrica e Lei de Ohm

- As duas grandezas elétricas fundamentais – **tensão** e **corrente** – relacionam-se através de outra grandeza de igual importância: a **resistência**
- A relação entre as duas grandezas é descrita pela **mais importante das leis dos circuitos elétricos: a lei de Ohm:**

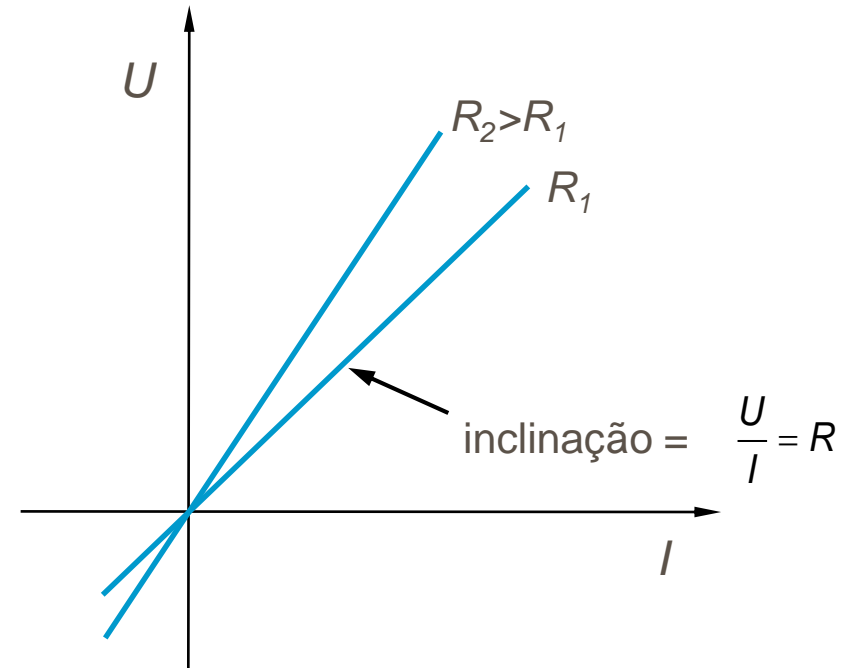
$$R = \frac{U}{I} \text{ } \Omega \text{ (ohm)} \quad \rightarrow \quad I = \frac{U}{R}, \quad U = RI$$

■ Resistência elétrica e Lei de Ohm



Símbolo da resistência e polaridades

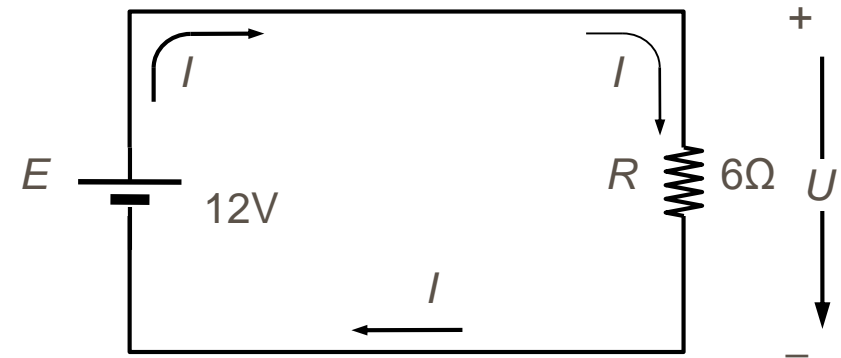
$$U = RI$$



A resistências não têm polaridade!

■ Resistência elétrica. Lei de Ohm

$$I = \frac{E}{R} = \frac{U}{R} = \frac{12\text{ V}}{6\ \Omega} = 2\text{ A}$$



Circuito elétrico simples

■ Circuitos de corrente contínua (CC)

■ Ligação em série

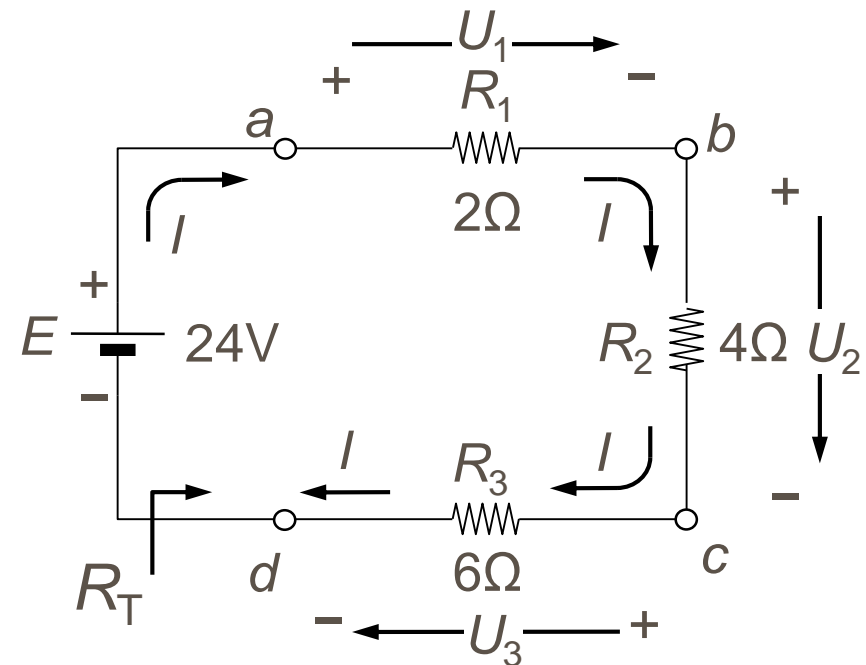
... diz-se que dois elementos estão ligados em série se possuem apenas um terminal em comum que não está ligado a um terceiro elemento ...

$$I = \frac{E}{R_T}$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$

$$R_T = 2\ \Omega + 4\ \Omega + 6\ \Omega = 12\ \Omega$$

$$I = \frac{E}{R_T} \quad I = \frac{24V}{12\Omega} = 2A$$



■ Circuitos de corrente contínua

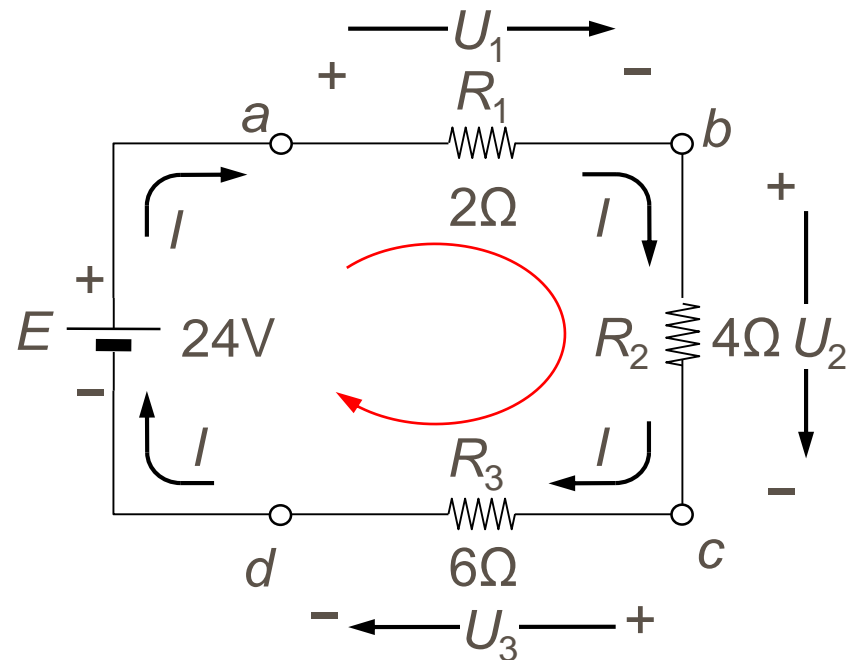
■ Lei de Kirchhoff para a tensão

... a soma algébrica das tensões ao longo de um percurso fechado tem de ser igual a zero ...

$$-E + U_1 + U_2 + U_3 = 0$$

$$E = U_1 + U_2 + U_3$$

→ É verdade para as quedas de tensão em qualquer tipo de componente e para qualquer forma de onda!



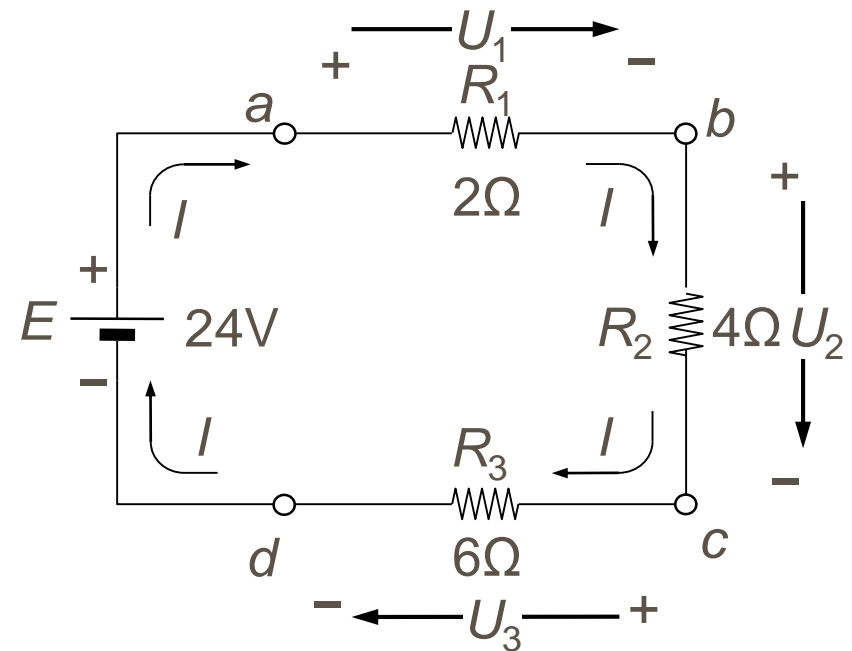
■ Circuitos de corrente contínua

■ Regra do divisor de tensão

$$U_x = E \frac{R_x}{R_T}$$

$$U_1 = E \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} =$$
$$= 24 \text{ V} \frac{2\Omega}{12\Omega} = 4 \text{ V}$$

$$U_3 = E \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 24 \text{ V} \frac{6\Omega}{12\Omega} = 12 \text{ V}$$



■ Circuitos de corrente contínua

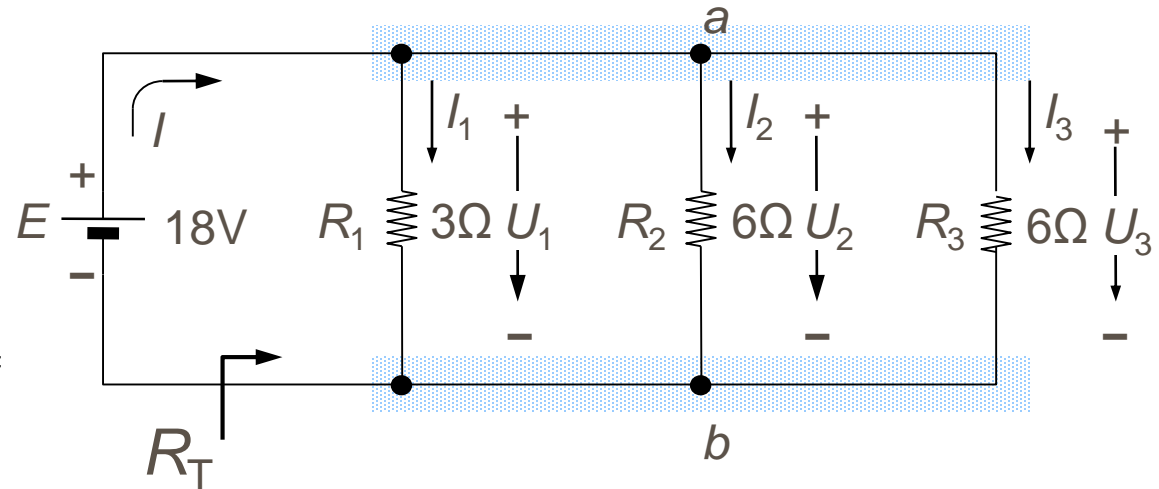
■ Ligação em paralelo

... diz-se que dois elementos estão ligados em paralelo se possuírem dois terminais em comum ...

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}$$

$$\begin{aligned}\frac{1}{R_T} &= \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{6\Omega} + \frac{1}{6\Omega} = \\ &= 0.333\text{ S} + 0.166\text{ S} + 0.166\text{ S} = \\ &= 0.666\text{ S}\end{aligned}$$

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{18\text{V}}{0,666\text{ S}} = 12\text{A}$$

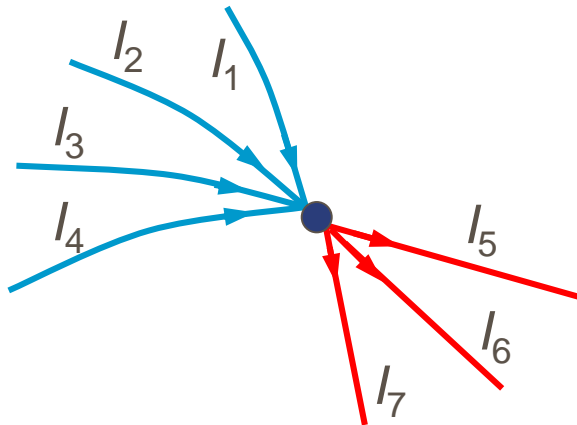


Para o caso do // de 2 resistências $\rightarrow R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

■ Circuitos de corrente contínua

■ Lei de Kirchhoff para a corrente

... a soma das correntes que convergem para um nó é sempre igual à soma das correntes que deixam esse nó ...



$$\sum I_{converge} = \sum I_{sai}$$

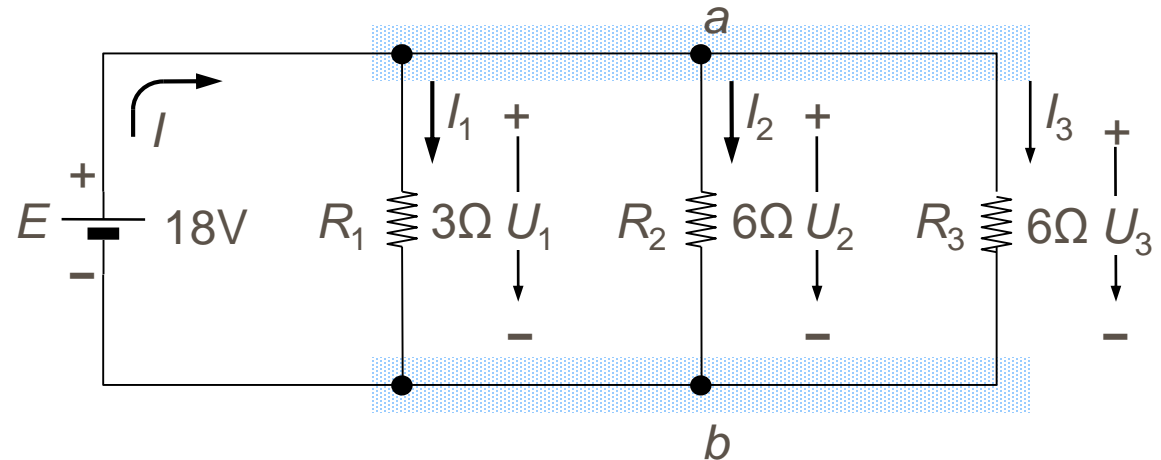
$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I_5 + I_6 + I_7$$

→ É verdade para as correntes em qualquer tipo de componente e para qualquer forma de onda!

- Circuitos de corrente contínua
 - Lei de *Kirchhoff* para a corrente

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$12 \text{ A} = 6 \text{ A} + 3 \text{ A} + 3 \text{ A}$$



■ Circuitos de corrente contínua

■ Regra do divisor de corrente

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(3 \text{ k}\Omega)(6 \text{ k}\Omega)}{3 \text{ k}\Omega + 6 \text{ k}\Omega} = 2 \text{ k}\Omega$$

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{9 \text{ V}}{2 \text{ k}\Omega} = 4.5 \text{ mA}$$

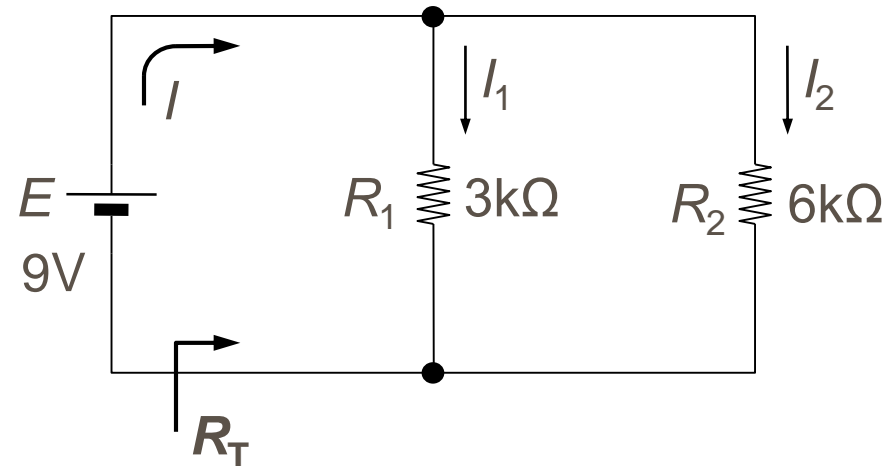
$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{E}{R_1} = \frac{9 \text{ V}}{3 \text{ k}\Omega} = 3 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{E}{R_2} = \frac{9 \text{ V}}{6 \text{ k}\Omega} = 1.5 \text{ mA}$$

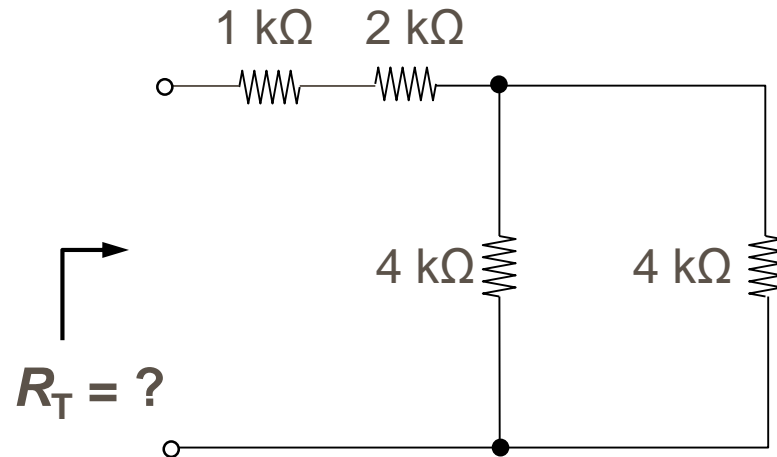
Ou

$$I_1 = 4.5 \text{ mA} \frac{6 \text{ k}\Omega}{6 \text{ k}\Omega + 3 \text{ k}\Omega} = 3 \text{ mA}$$

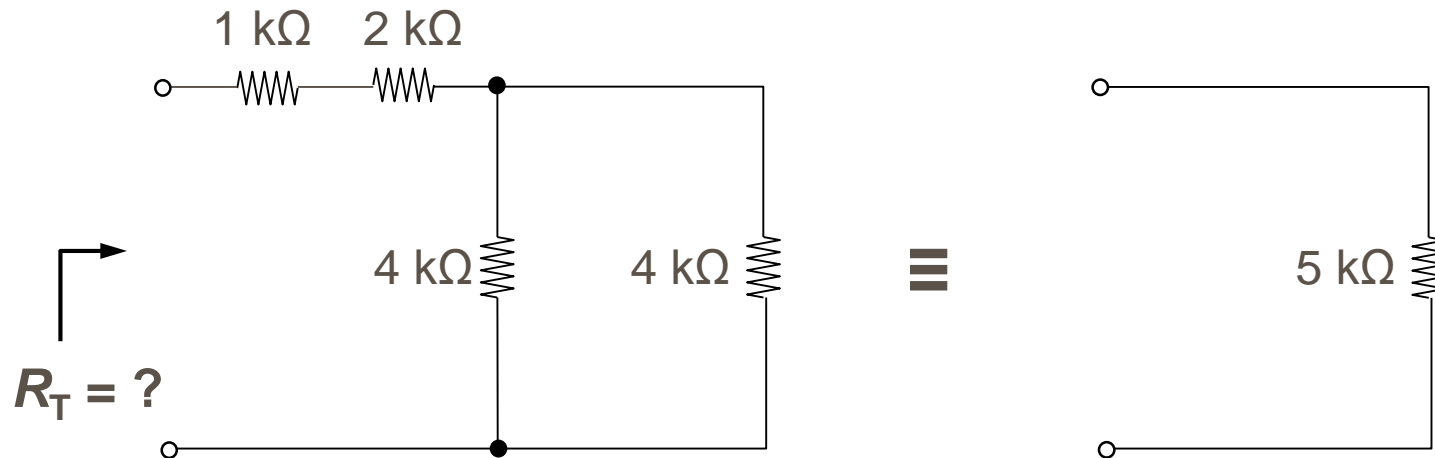
$$I_2 = 4.5 \text{ mA} \frac{3 \text{ k}\Omega}{6 \text{ k}\Omega + 3 \text{ k}\Omega} = 1.5 \text{ mA}$$



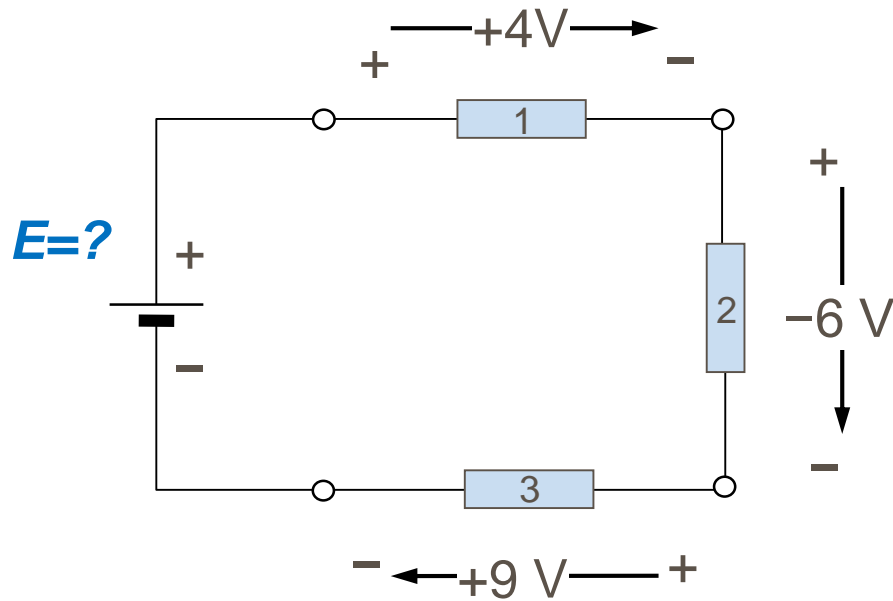
■ “Checkpoint”



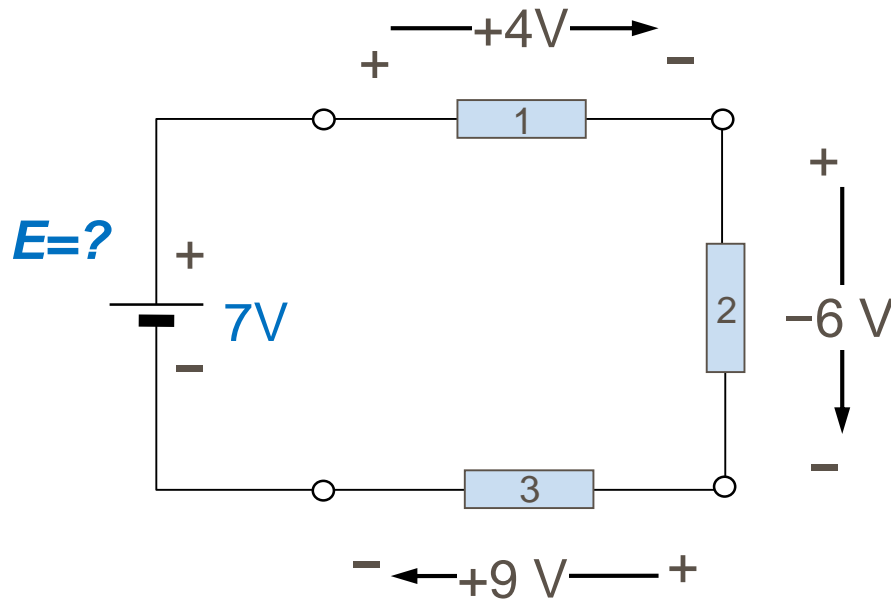
■ “Checkpoint”



■ “Checkpoint”

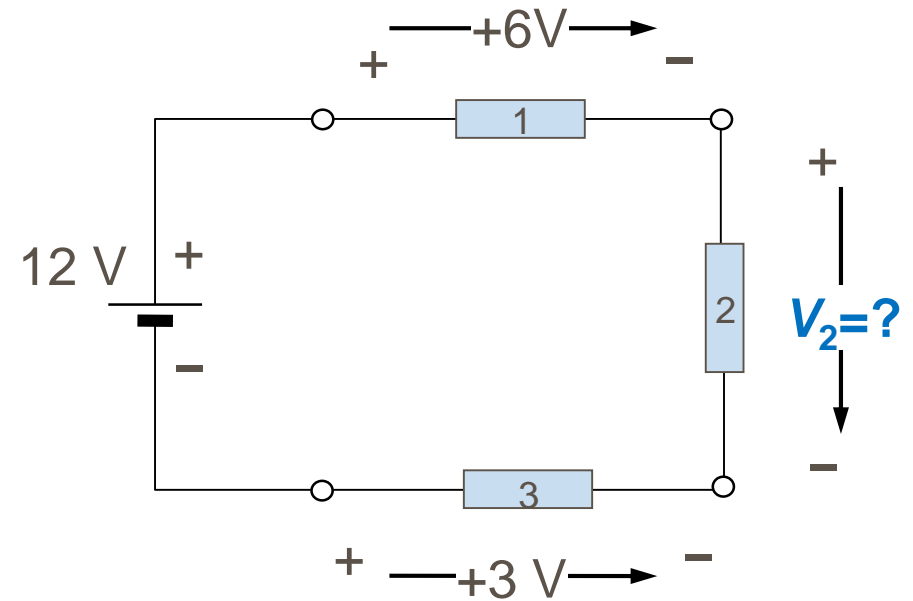
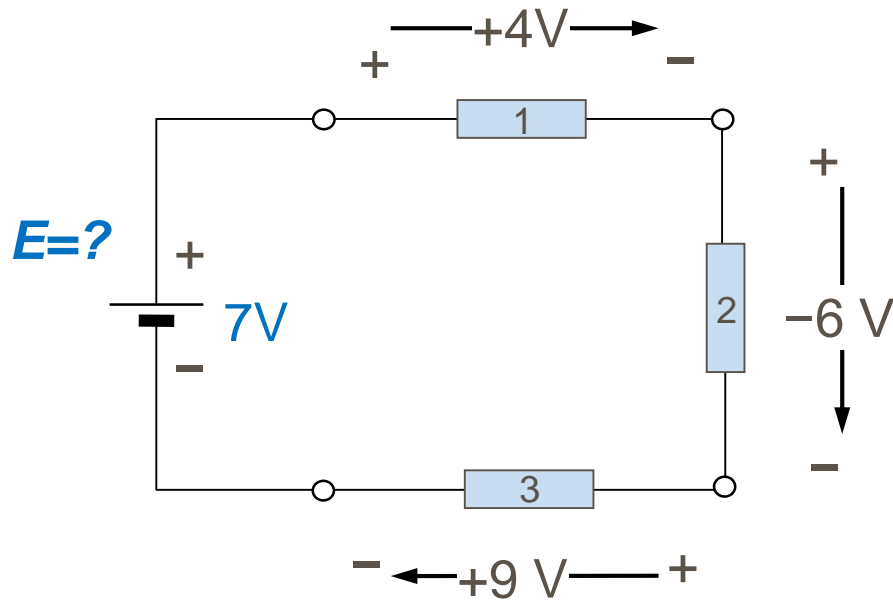


■ “Checkpoint”

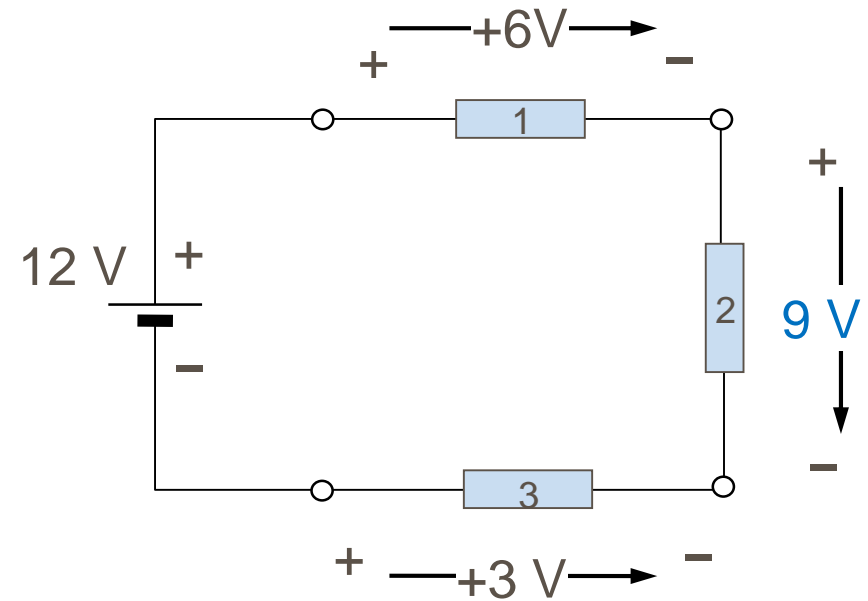
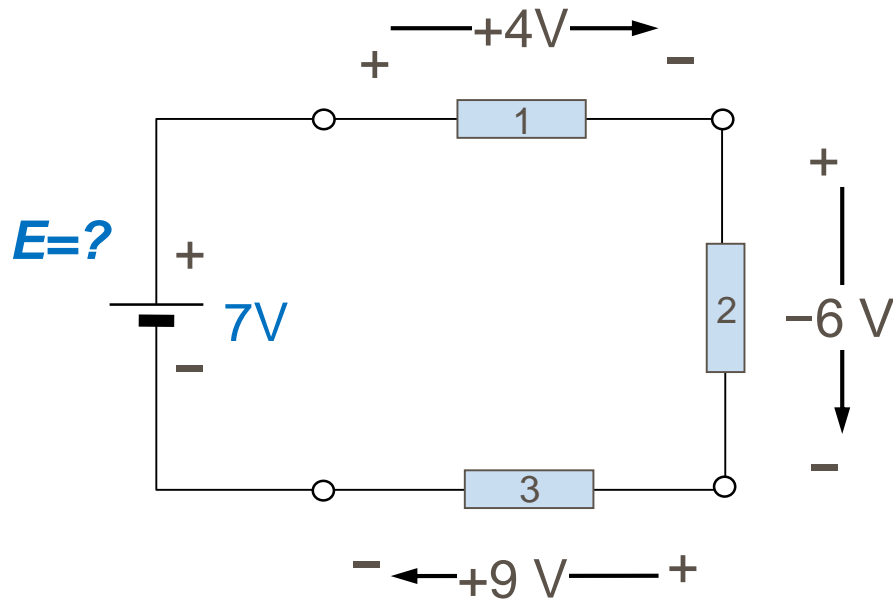
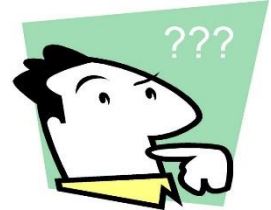


$$-E + 4V + (-6)V + 9V = 0$$

■ “Checkpoint”

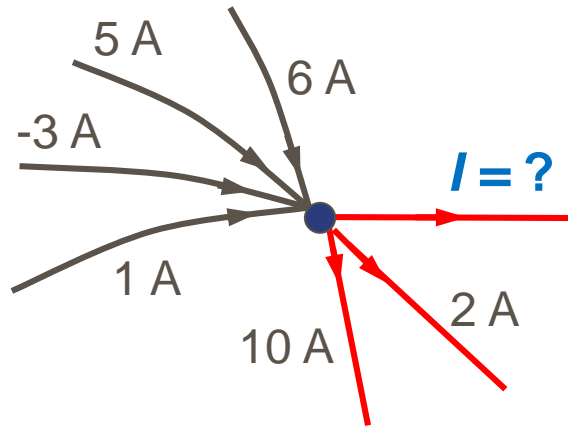


■ “Checkpoint”

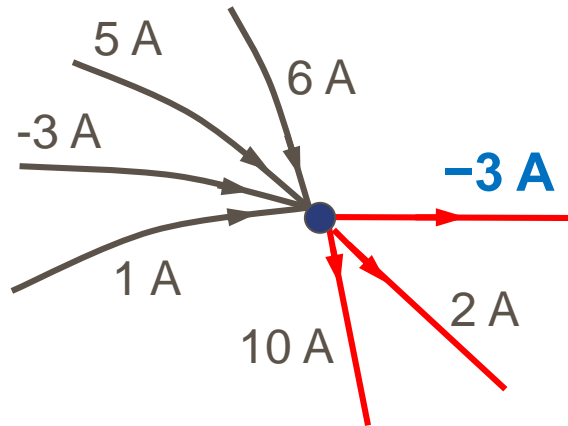
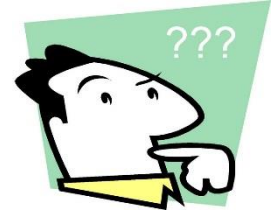


$$-12V + 6V + V_2 - 3V = 0$$

■ “Checkpoint”

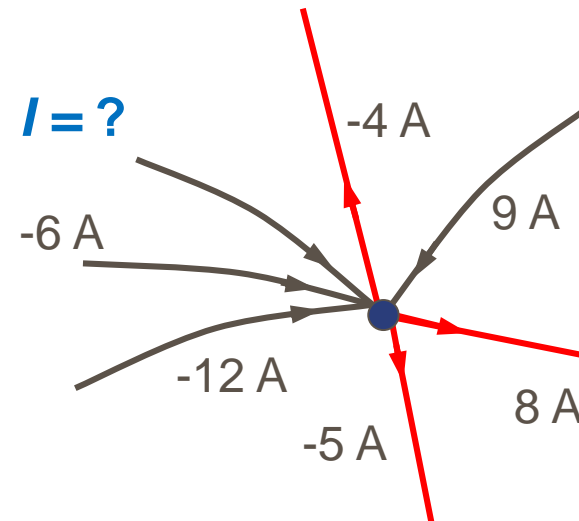
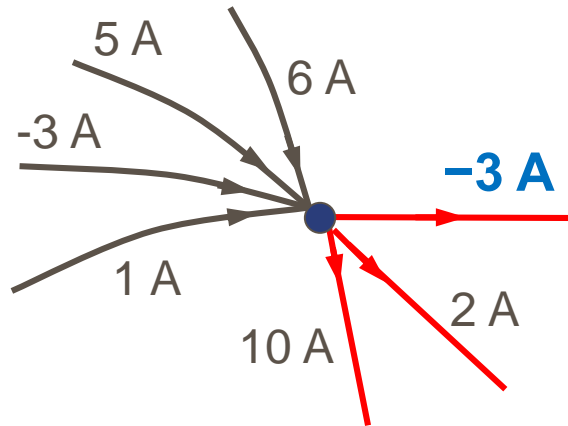


■ “Checkpoint”

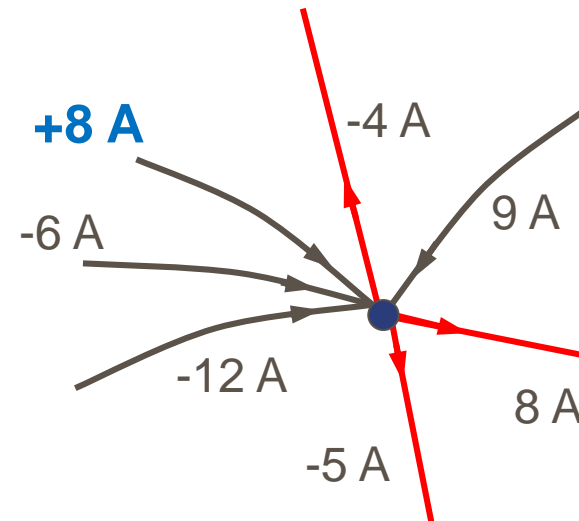
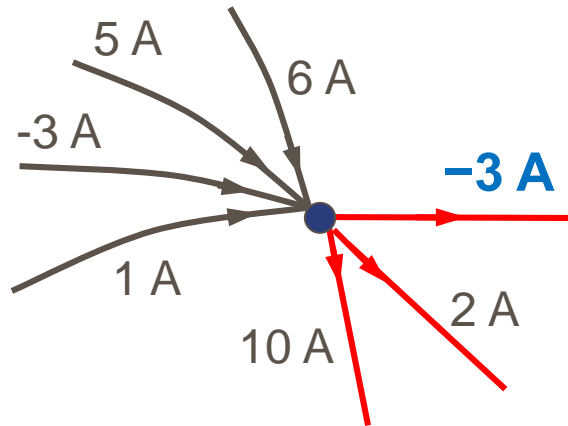


$$1A - 3A + 5A + 6A = I + 2A + 10A$$

■ “Checkpoint”



■ “Checkpoint”



$$I - 6A - 12A + 9A = -4A + 8A - 5A$$

■ Fontes de energia

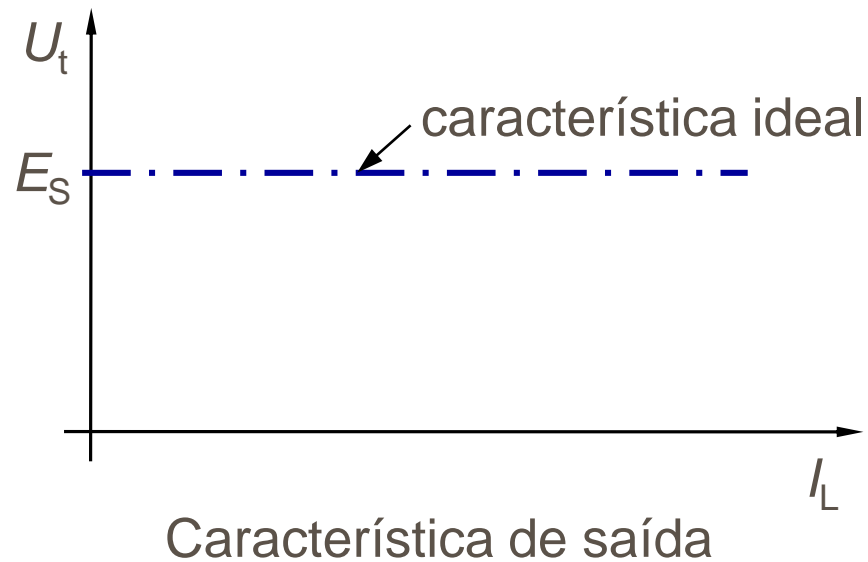
■ Fontes de alimentação



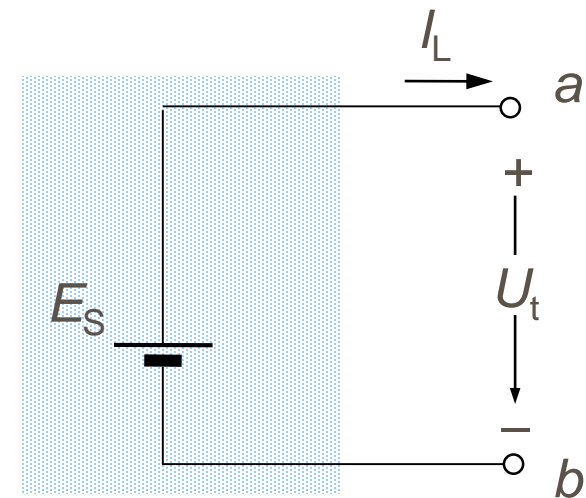
Fonte de alimentação de corrente contínua

■ Fontes de energia

■ Fontes de tensão



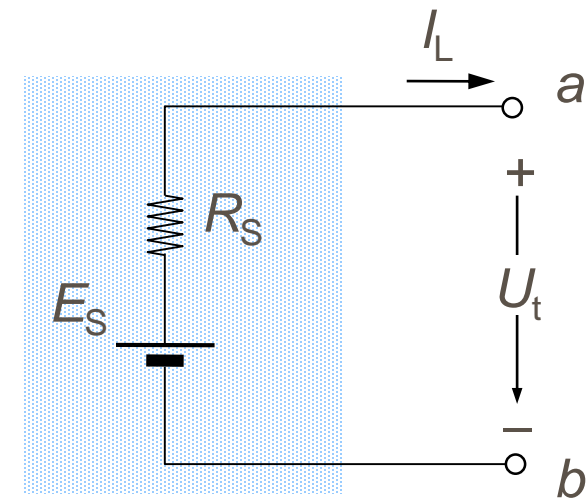
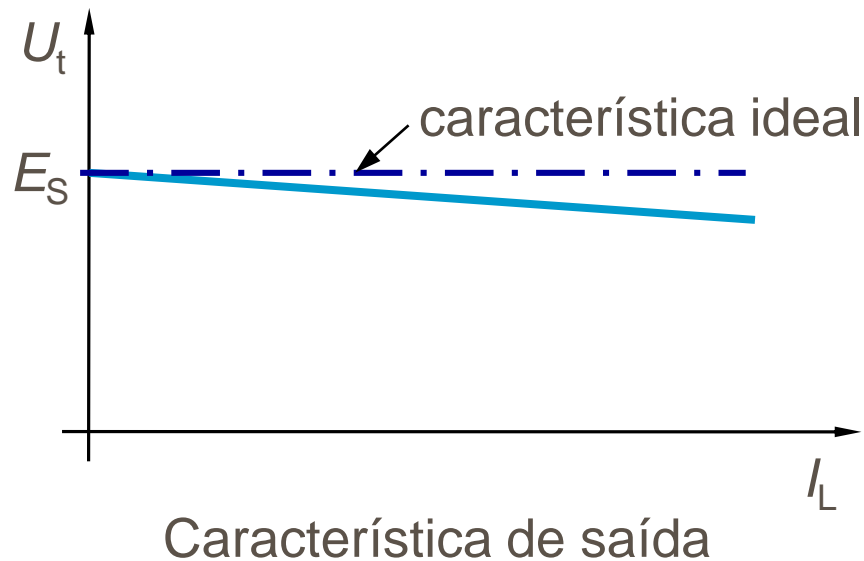
$$U_t = E_S$$



Circuito equivalente

■ Fontes de energia

■ Fontes de tensão

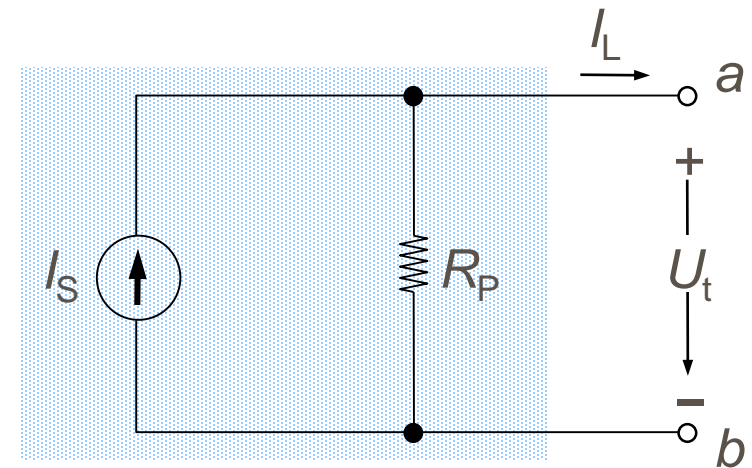
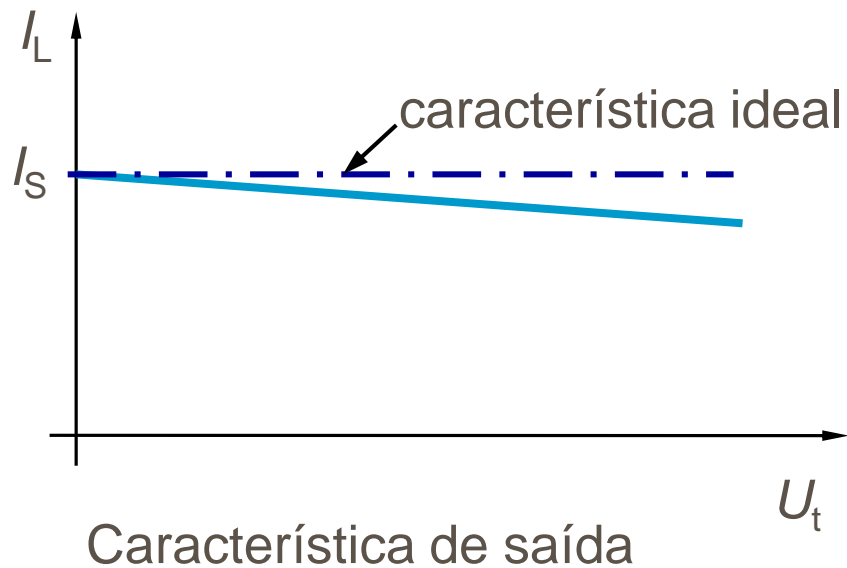


Circuito equivalente

$$U_t = E_S - R_S \cdot I_L$$

■ Fontes de energia

■ Fontes de corrente



Circuito equivalente

$$I_L = I_S - \frac{1}{R_P} U_t$$