

Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Electrónica Industrial

Mestrado Integrado em Engenharia Física

UC de Análise de Circuitos

Departamento de Electrónica Industrial e Computadores

Paulo Carvalho
pcarvalho@dei.uminho.pt

Sumário

- circuitos série
- leis de Kirchhoff para a tensão
- o divisor de tensão
- circuitos paralelo
- leis de Kirchhoff para a corrente
- o divisor de corrente
- fontes de tensão ideais e reais
- fontes de corrente ideais e reais
- exercícios exemplificativos

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Ligação em Série

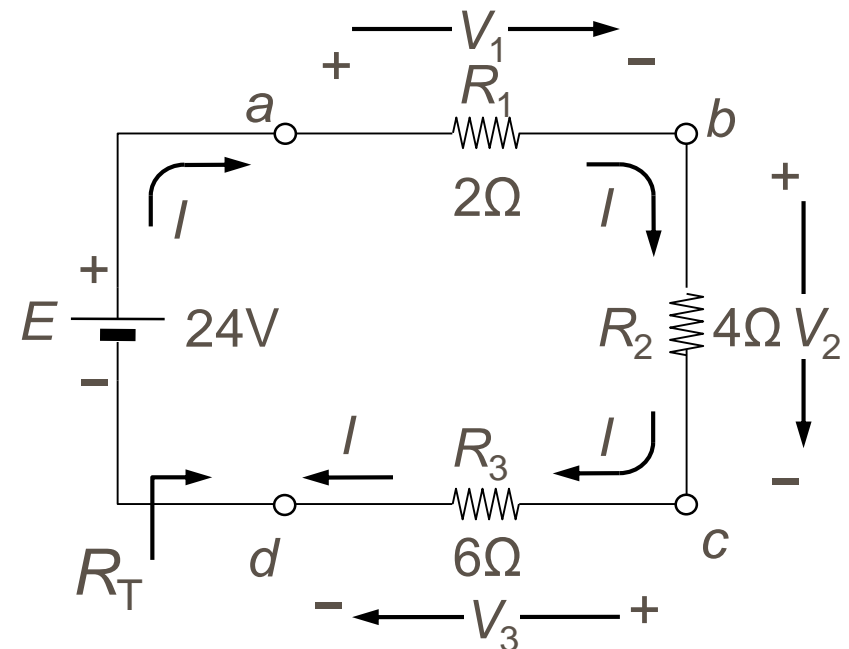
... diz-se que dois elementos estão ligados em série se forem percorridos pela mesma corrente, ou seja o terminal de saída da corrente esteja ligado ao terminal de entrada do elemento seguinte...

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

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

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

Mas atenção! R3 e R1 estão em série (relativamente aos pontos a e d e não têm nenhum terminal comum!!)

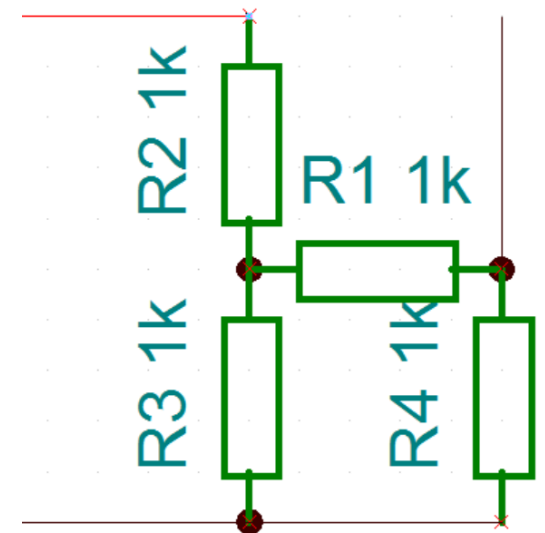


Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Ligação em Série



R2 e R3 estão em série?



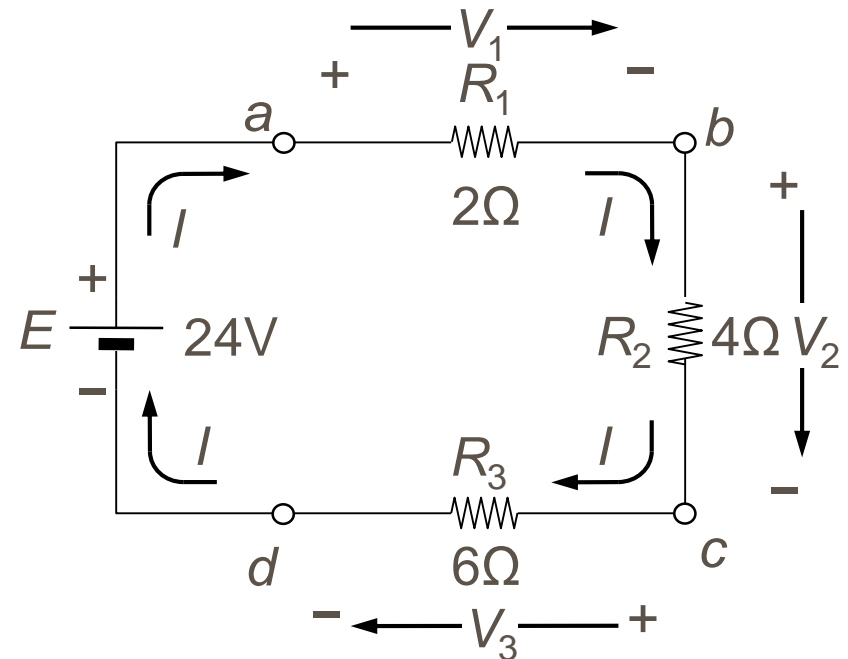
Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Leis de Kirchhoff para a tensão

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

$$+E - V_1 - V_2 - V_3 = 0$$

$$E = V_1 + V_2 + V_3$$



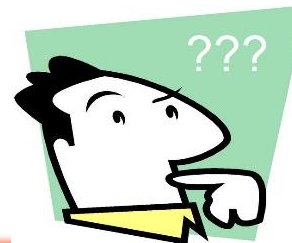
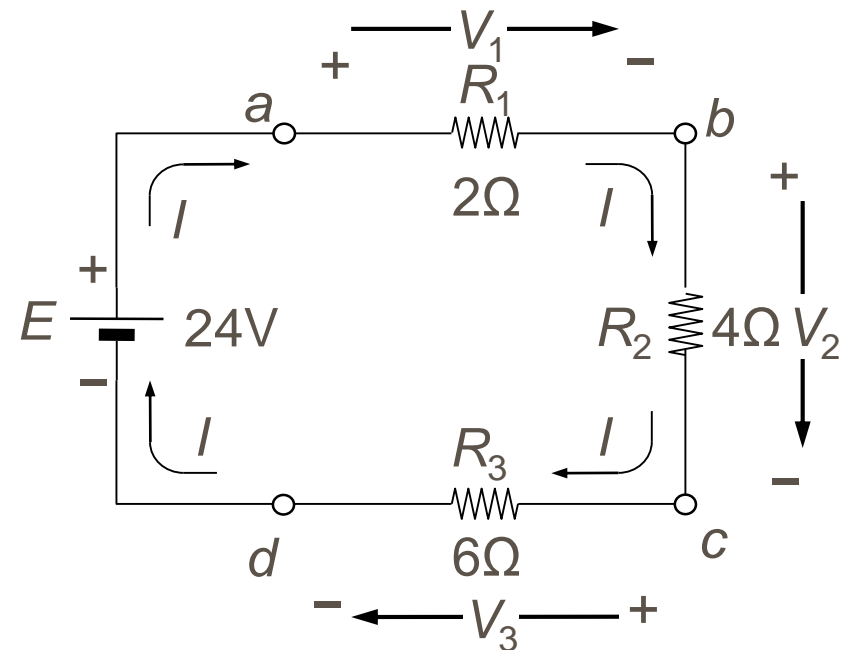
Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Regra do Divisor de Tensão

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

$$V_1 = E \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} = 24 \text{ V} \frac{2\Omega}{12\Omega} = 4 \text{ V}$$

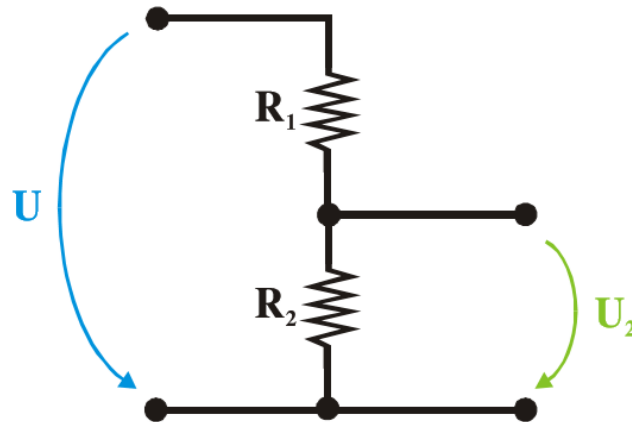
$$V_3 = E \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 24 \text{ V} \frac{6\Omega}{12\Omega} = 12 \text{ V}$$



$V_2 = ?$ (sem contas!)

■ Regra do Divisor de Tensão

No caso particular de duas resistências, temos:



$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U$$

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

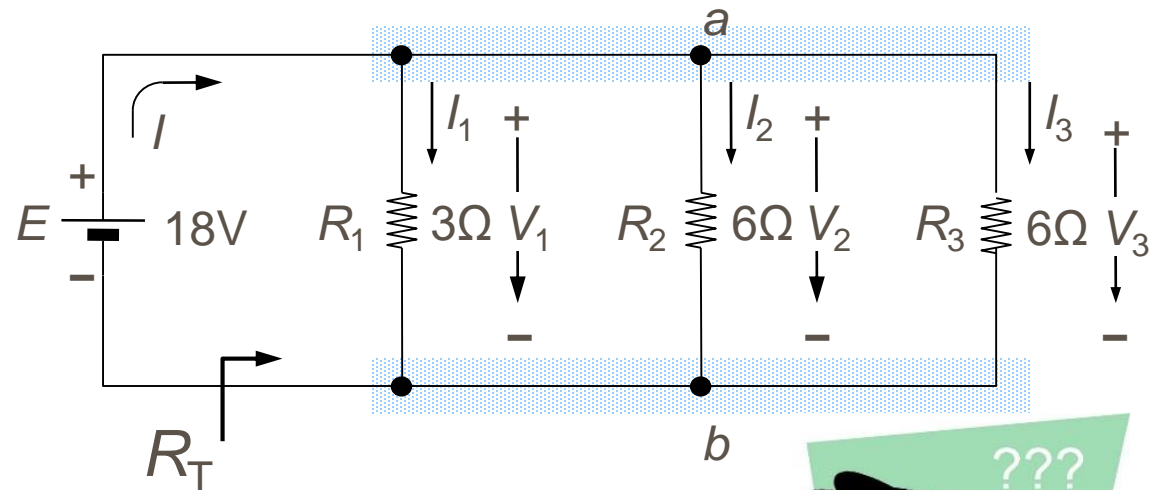
■ Ligação em Paralelo

... diz-se que dois elementos estão ligados em paralelo se possuírem dois terminais em comum, de tal forma que fiquem sujeitos à mesma tensão ...

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

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

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{18\text{V}}{0.666\text{ S}} = 12\text{A}$$



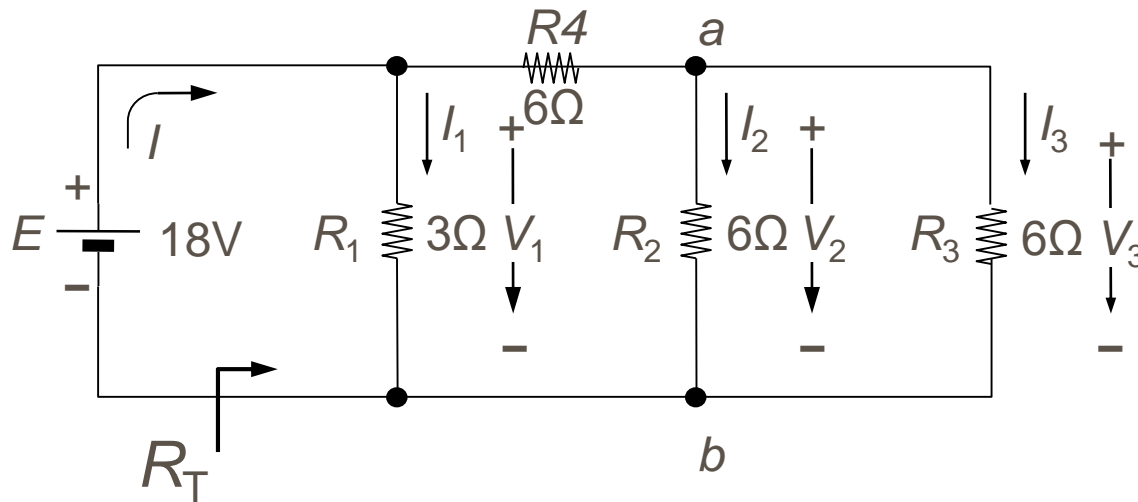
Para o caso do // de 2 resistências:

$$\rightarrow R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



Qual a tensão aos terminais de R3?

Circuitos de Corrente Contínua (CC)



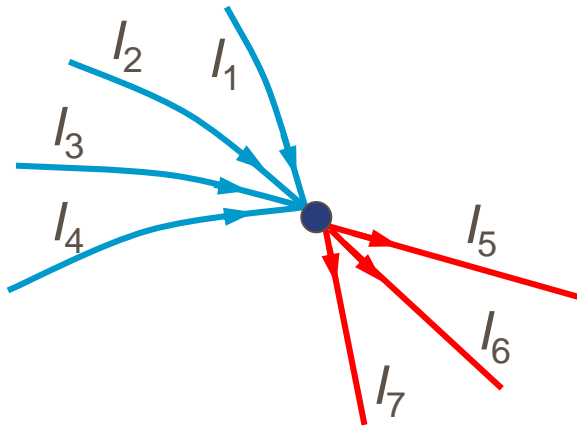
Qual a tensão aos terminais de R3?

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

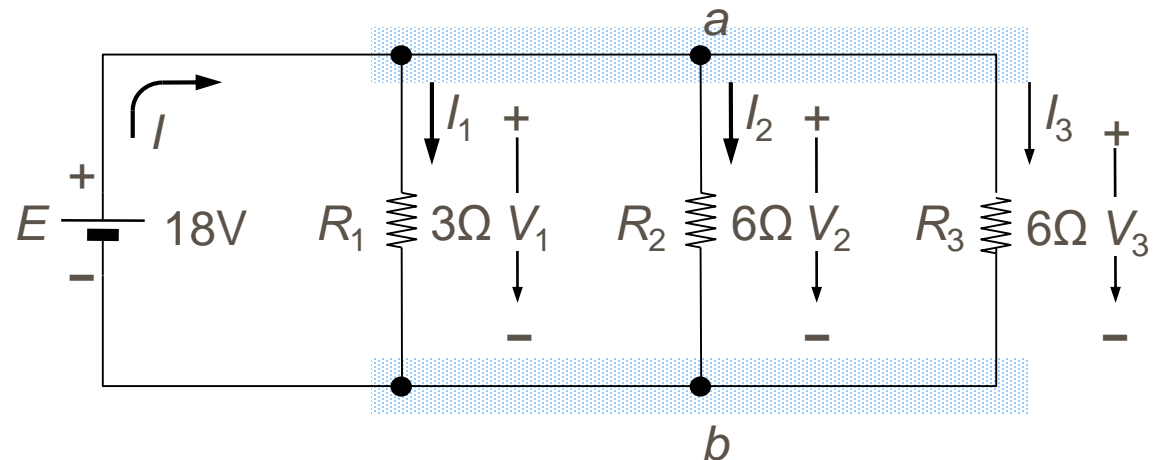
■ Lei de *Kirchoff* para a Corrente

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

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



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



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

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

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Regra do Divisor de Corrente

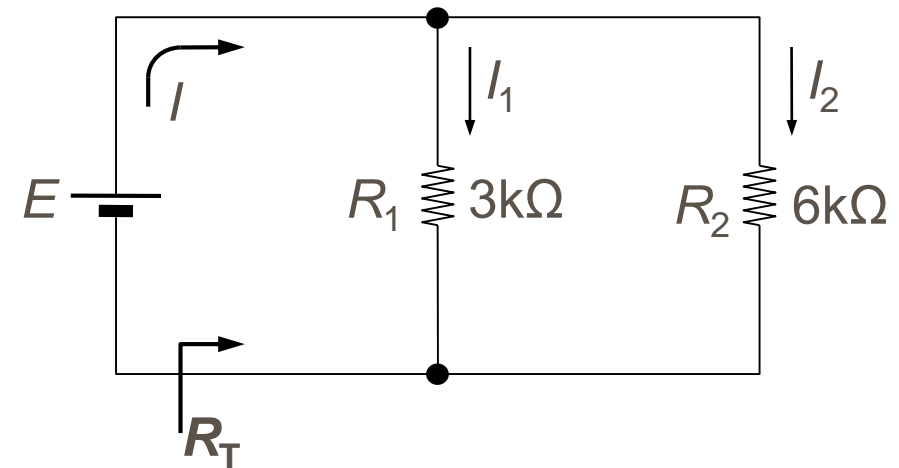
$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

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

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

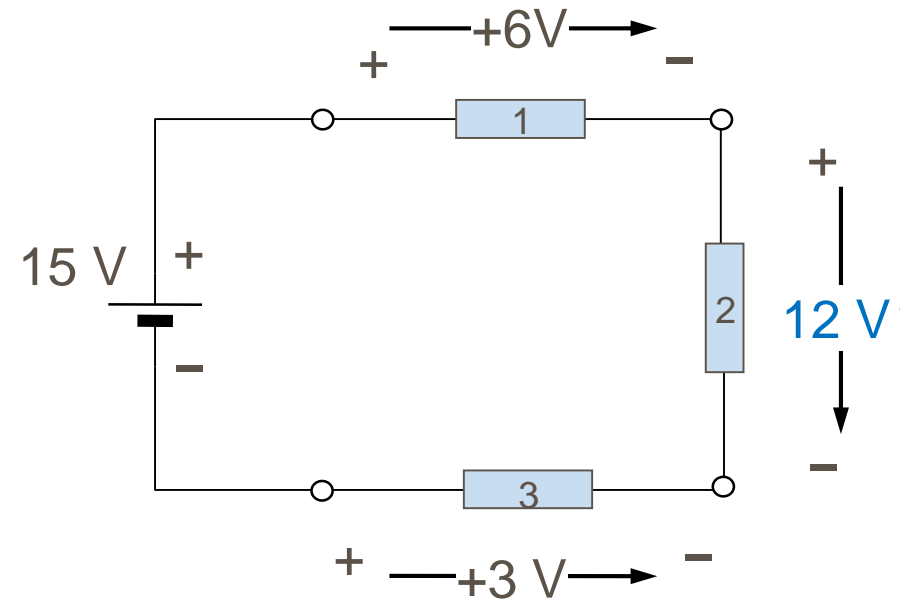
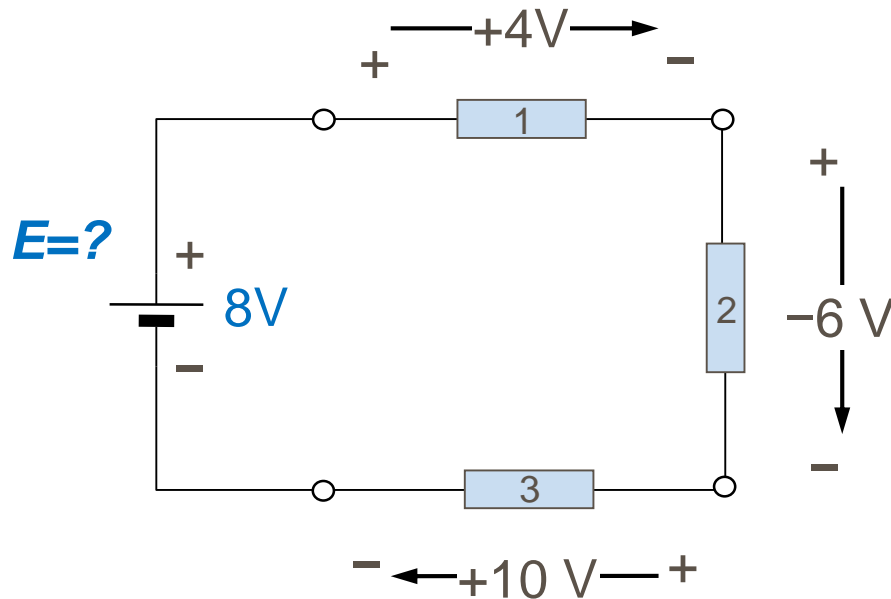
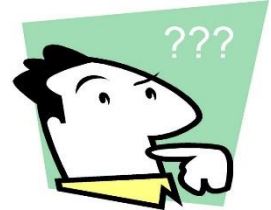
$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{E}{R_1} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 3 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{E}{R_2} \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 1.5 \text{ mA}$$



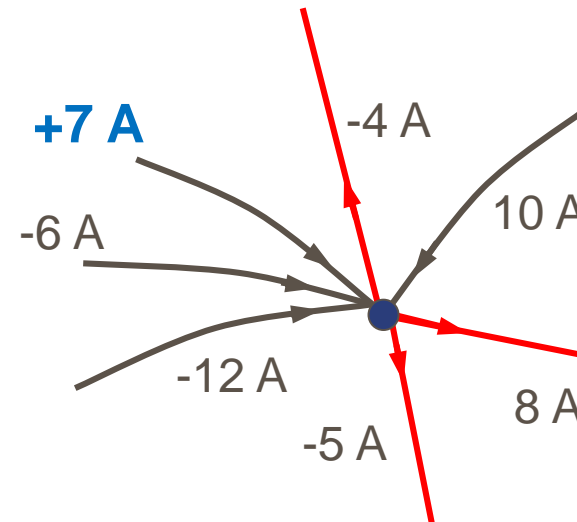
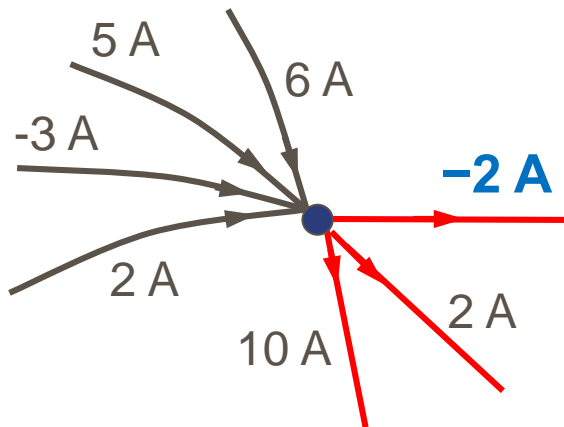
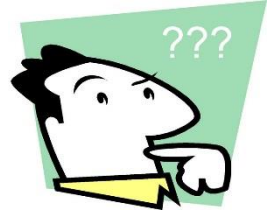
Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Leis de Kirchhoff – *Checkpoint*



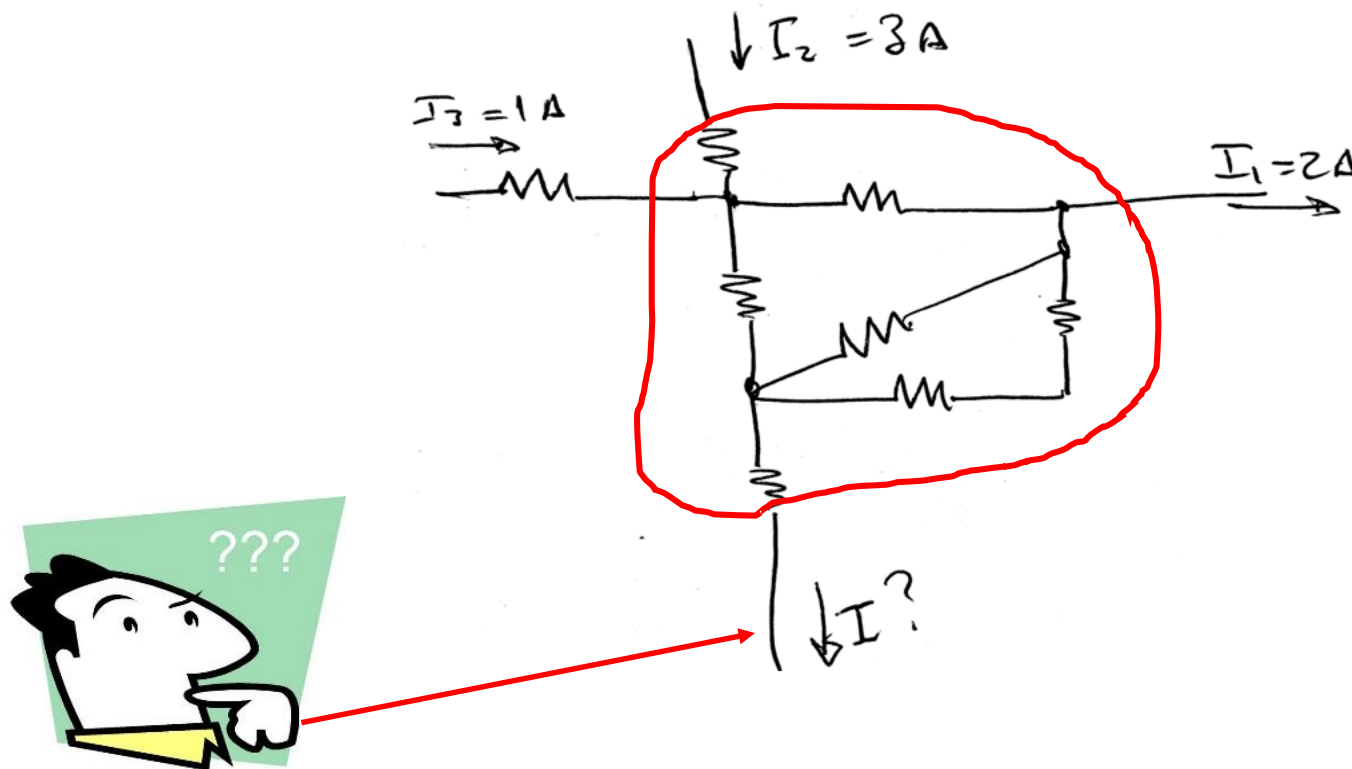
Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Leis de Kirchhoff – *Checkpoint*



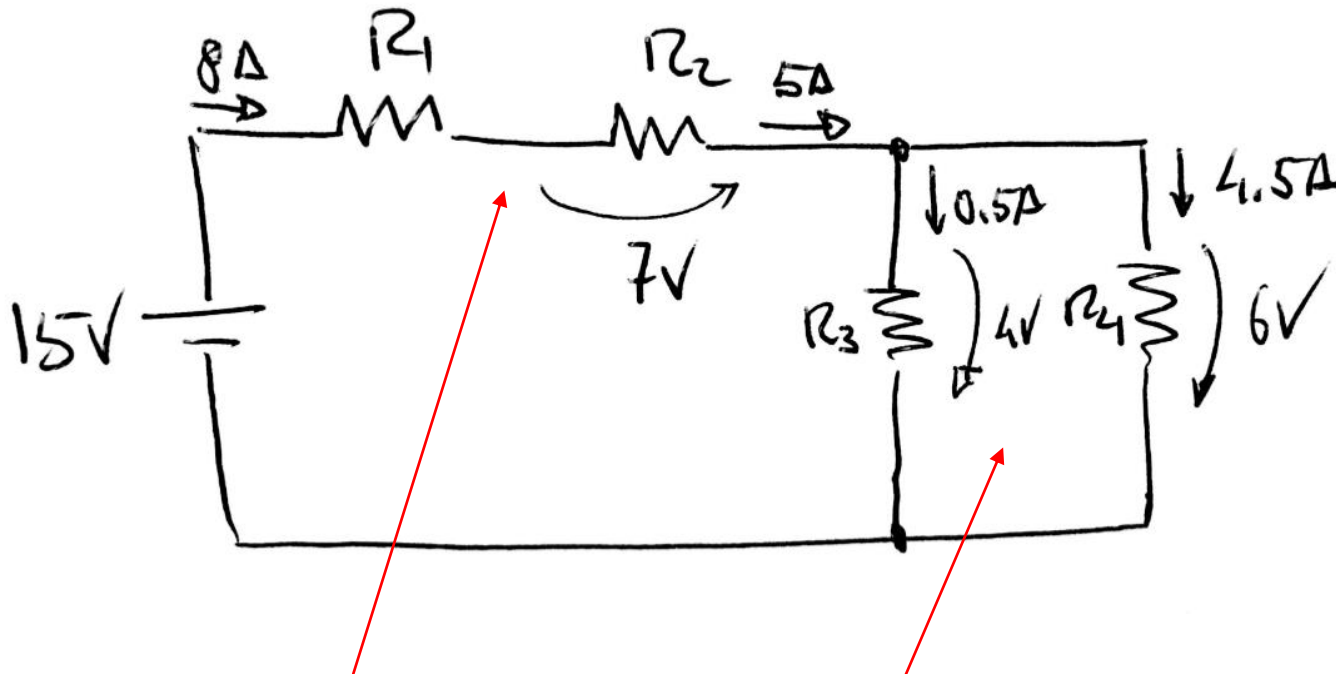
Circuitos de Corrente Contínua (CC)

Leis de Kirchhoff – *Checkpoint*



Circuitos de Corrente Contínua (CC)

Erros básicos (e graves!)



- Correntes série diferentes no mesmo ramo
- Paralelo não está sujeito à mesma tensão

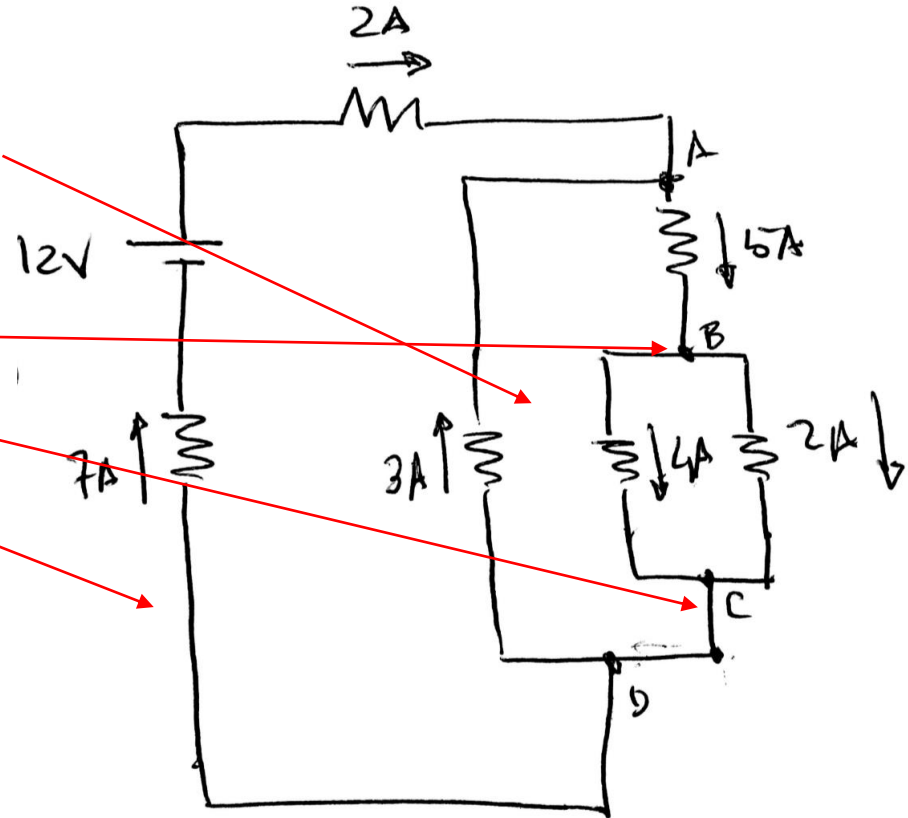
Circuitos de Corrente Contínua (CC)

Erros básicos (e graves!)

Correntes com diferentes sentidos em ramos paralelos

Leis de Kirchhoff violadas

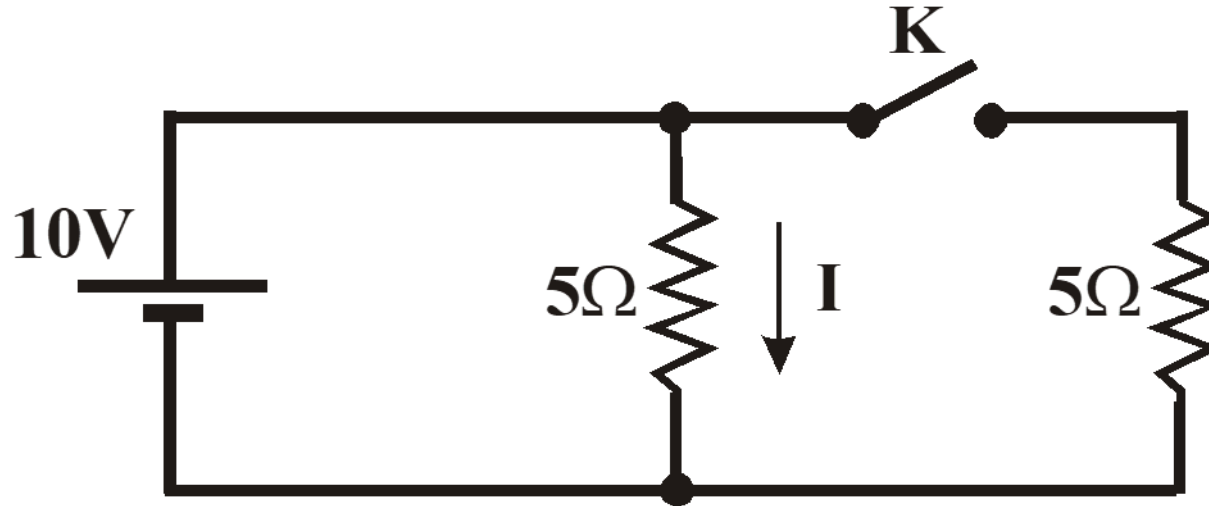
Correntes série diferentes no mesmo ramo



Circuitos de Corrente Contínua (CC)

Determine o sentido e o valor da corrente **I**

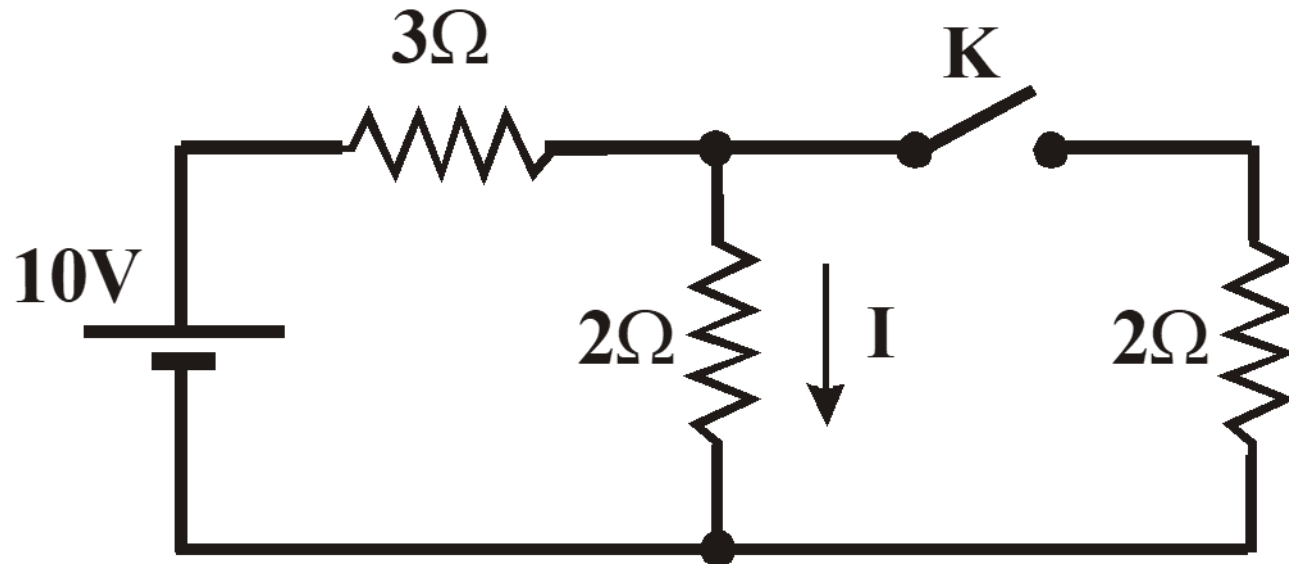
- 1) com o interruptor **K aberto**
- 2) com o interruptor **K fechado**



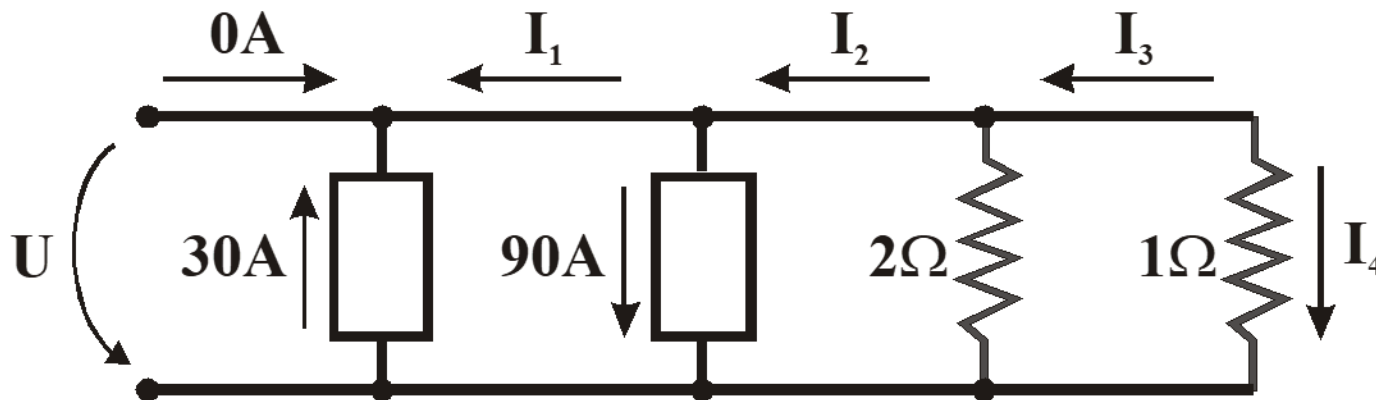
Circuitos de Corrente Contínua (CC)

Determine o sentido e o valor da corrente I

- 1) com o interruptor K aberto
- 2) com o interruptor K fechado



Circuitos de Corrente Contínua (CC)



$$I_1 =$$

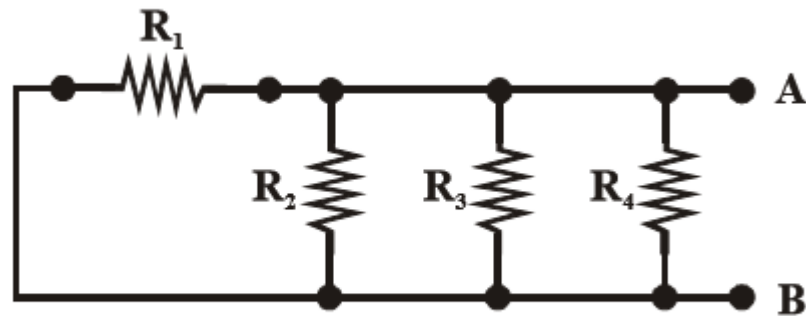
$$I_2 =$$

$$I_3 =$$

$$I_4 =$$

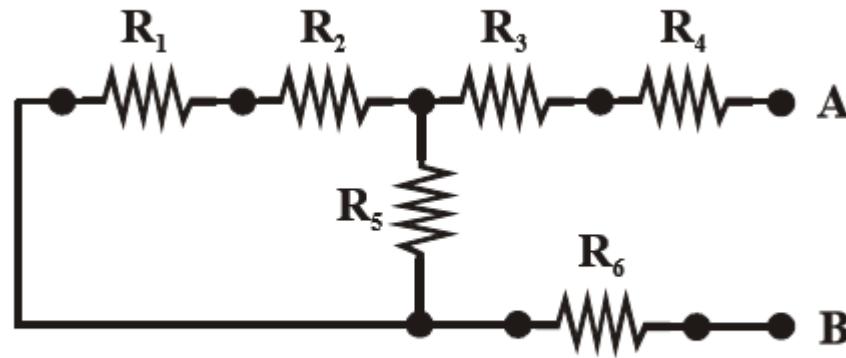
$$U =$$

Circuitos de Corrente Contínua (CC)



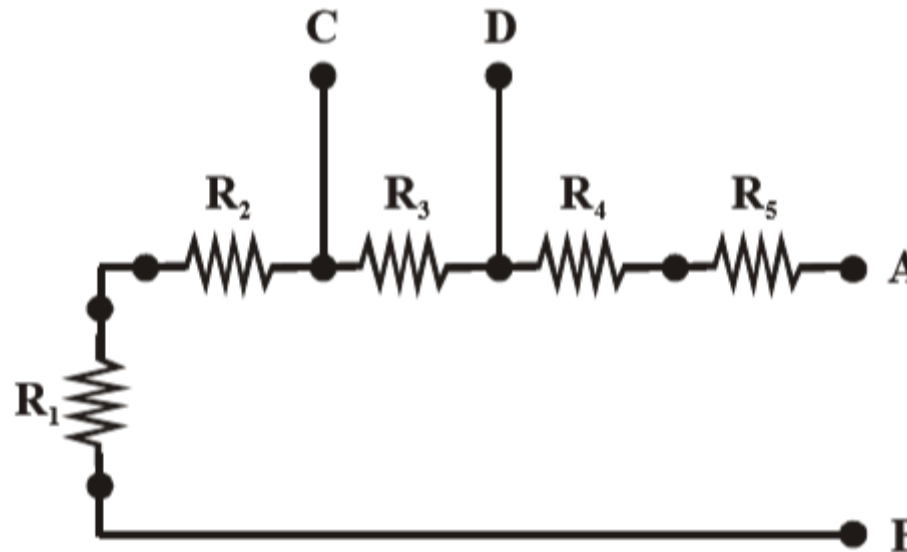
Como calcular a resistência equivalente entre A e B ?

Circuitos de Corrente Contínua (CC)



Como calcular a resistência equivalente entre A e B ?

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

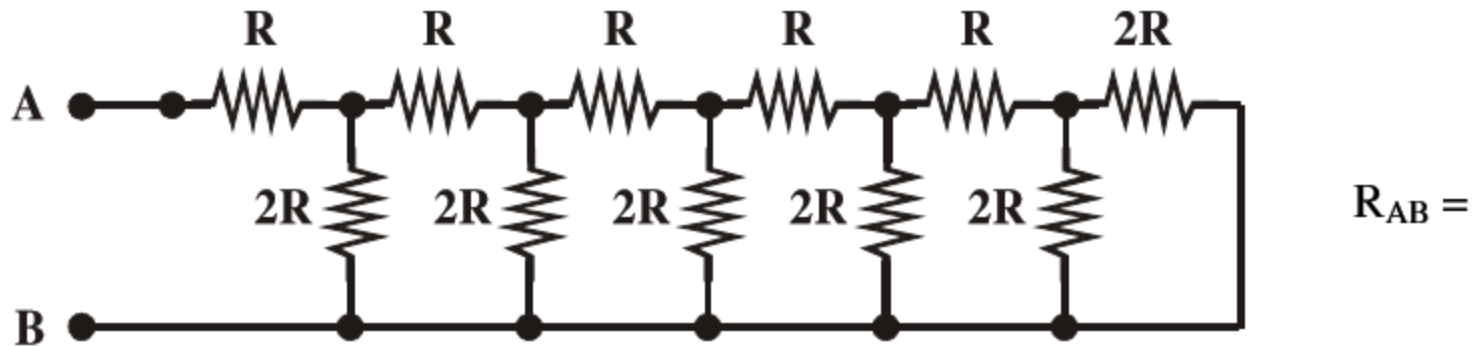


Como calcular a resistência equivalente entre A e B ?

Como calcular a resistência equivalente entre D e B ?

Como calcular a resistência equivalente entre C e D ?

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

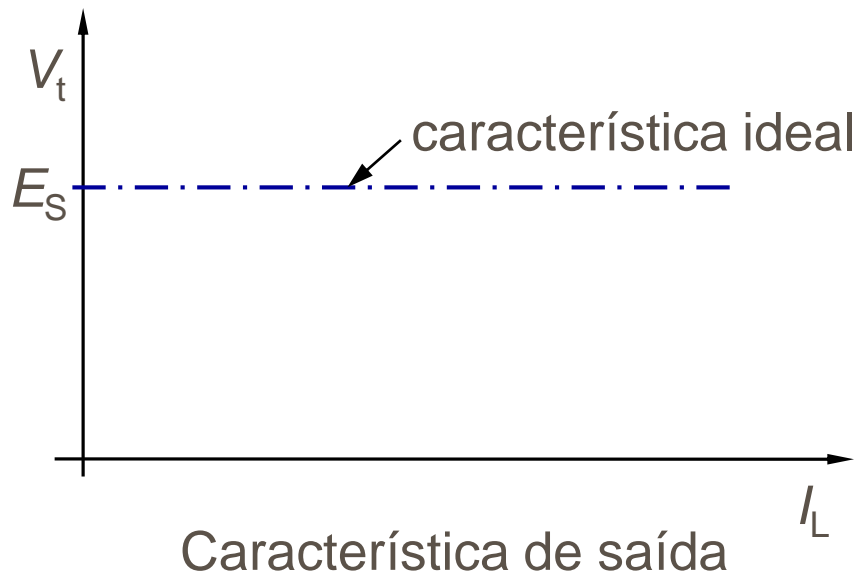


Como calcular a resistência equivalente entre A e B ?

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

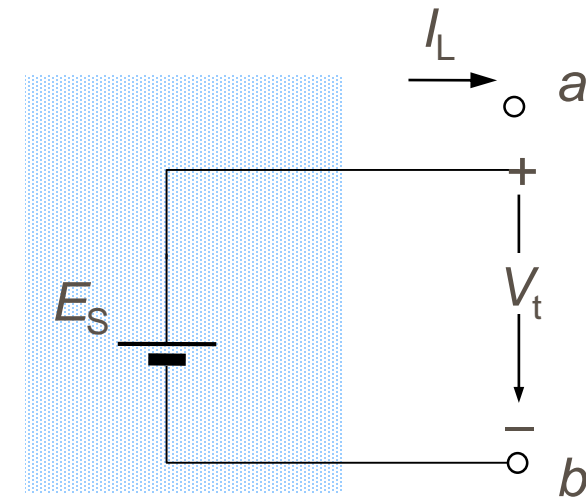
■ Fontes de Energia

■ Fonte IDEAL de tensão



Não há perdas internas, logo potência produzida no interior da fonte é a mesma que a potência fornecida ao circuito. Rendimento $\eta = 100\%$

A corrente pode variar entre 0A e ∞ e mantém-se a tensão de saída constante



Fonte ideal de tensão

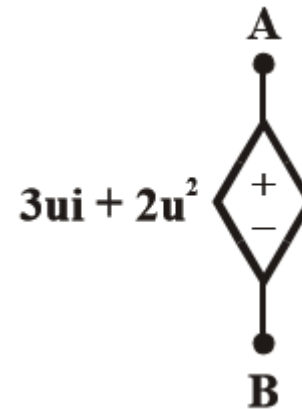
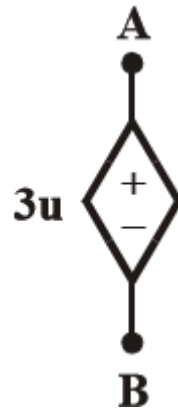
$$V_t = E_s$$

O sentido e o valor da corrente que atravessa a fonte dependem o circuito onde ela é inserida.

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Fontes de Energia

- Fonte IDEAL de tensão dependente ou controlada

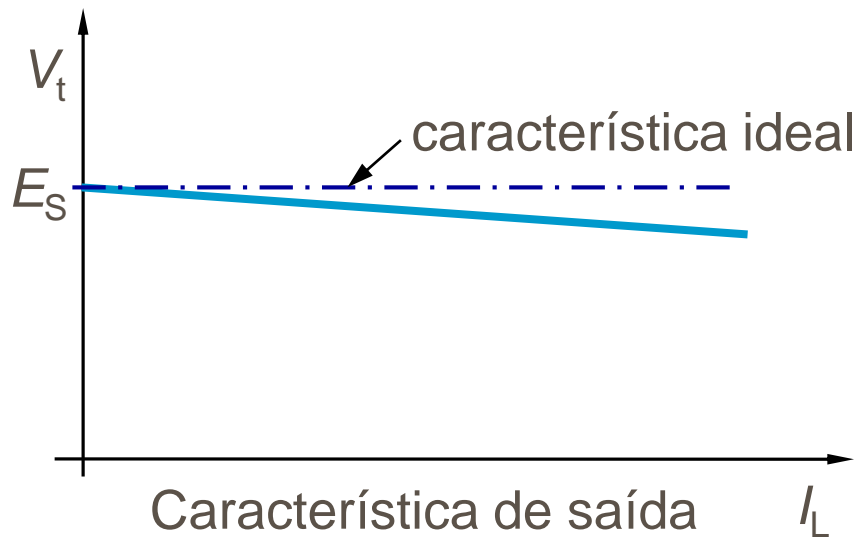


Neste tipo de fonte a tensão existente aos seus terminais é controlada por tensões e/ou correntes existentes no circuito

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Fontes de Energia

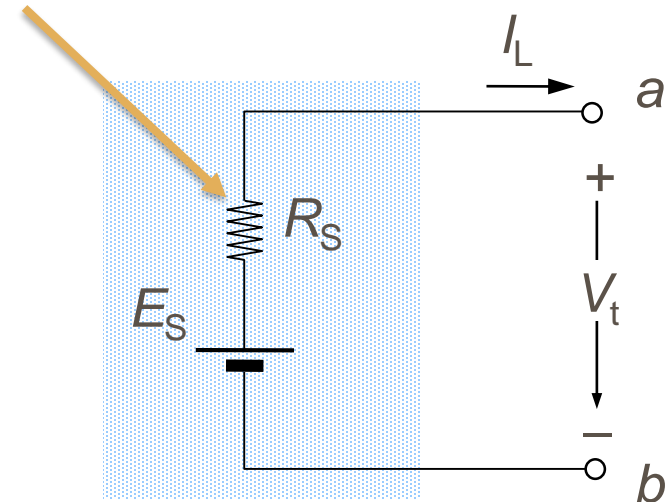
■ Fontes real de tensão



Pode-se dizer que uma fonte de tensão real se aproxima de uma fonte ideal quando funciona próximo da condição de circuito aberto:

$$R_L \gg R_S, I \ll I_{CC}, V \cong E, \eta \cong 100\%$$

Não há resistências internas nulas!
Esta resistência é responsável pelas perdas internas,
que fazem com que $\eta < 100\%$



Circuito equivalente

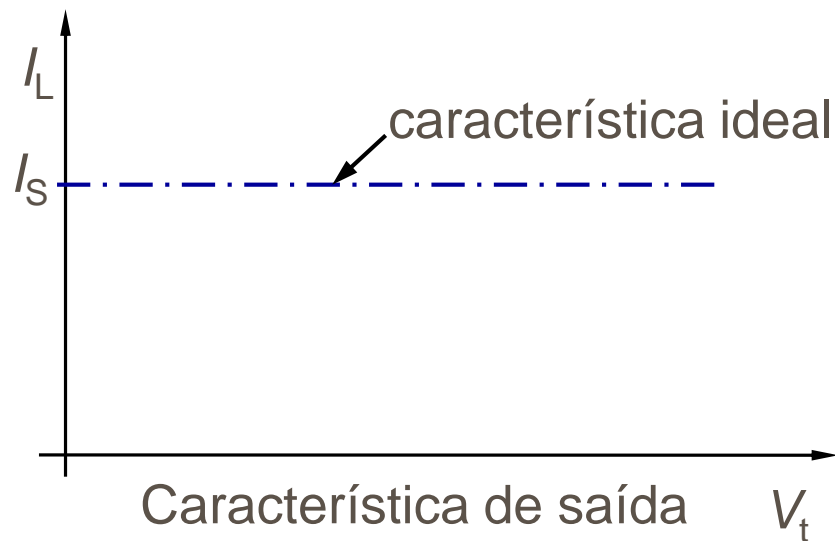
$$V_t = E_S - R_S \cdot I_L$$

Quando se liga uma carga, $V < E$
A tensão é tanto menor quanto maior for a corrente.

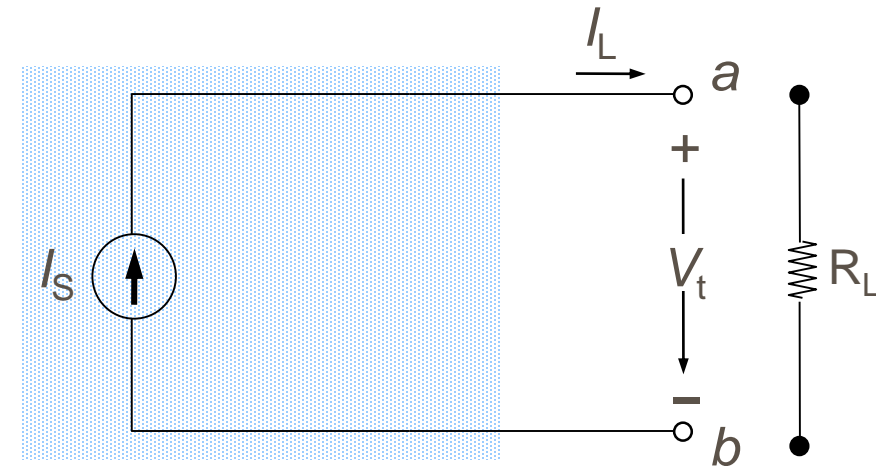
Circuitos de Corrente Contínua (CC)

■ Fontes de Energia

■ Fonte ideal de corrente



A corrente que atravessa a fonte é sempre constante, e a tensão aos seus terminais pode variar entre 0V e ∞ , dependendo da carga que está a ser alimentada



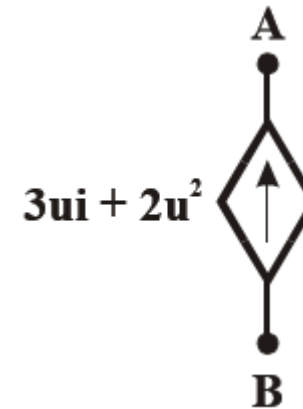
Circuito equivalente

$$I_L = I_{CC} = I_S$$

O sentido e o valor da tensão aos terminais da fonte dependem o circuito onde ela é inserida.

■ Fontes de Energia

- Fonte ideal de corrente dependente ou controlada

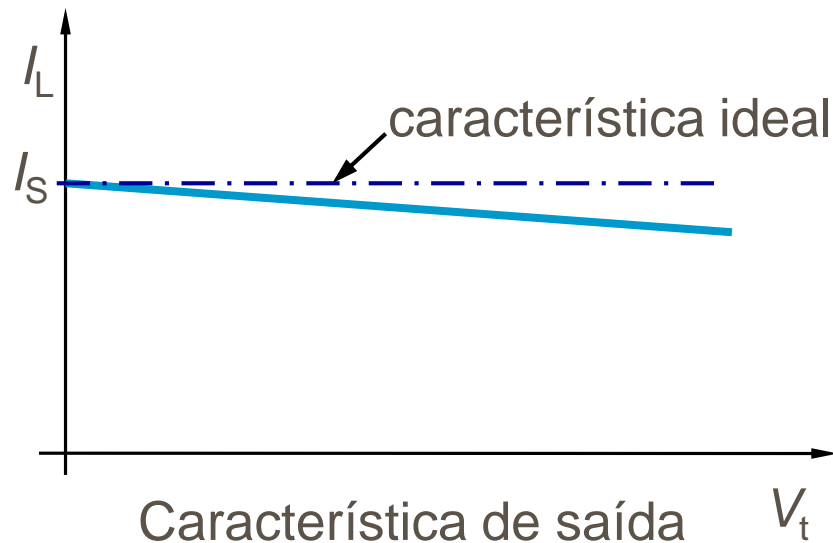


Neste tipo de fonte a corrente debitada é controlada por tensões e/ou correntes existentes no circuito

Circuitos de Corrente Contínua (CC)

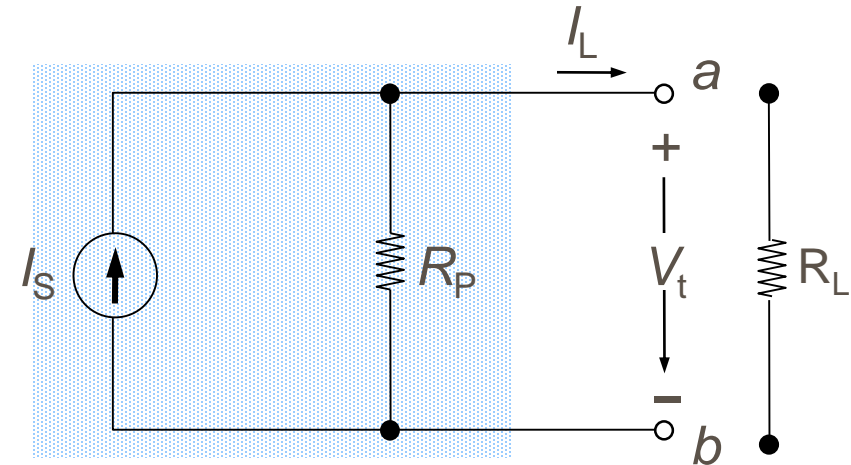
■ Fontes de Energia

■ Fontes real de corrente



Agora a corrente depende da tensão aos terminais da fonte (e por isso de R_L) e é tanto menor quanto maior for a tensão aos terminais da fonte

$$V_t = [(R_L \cdot R_p) / (R_L + R_p)] \cdot I_S$$



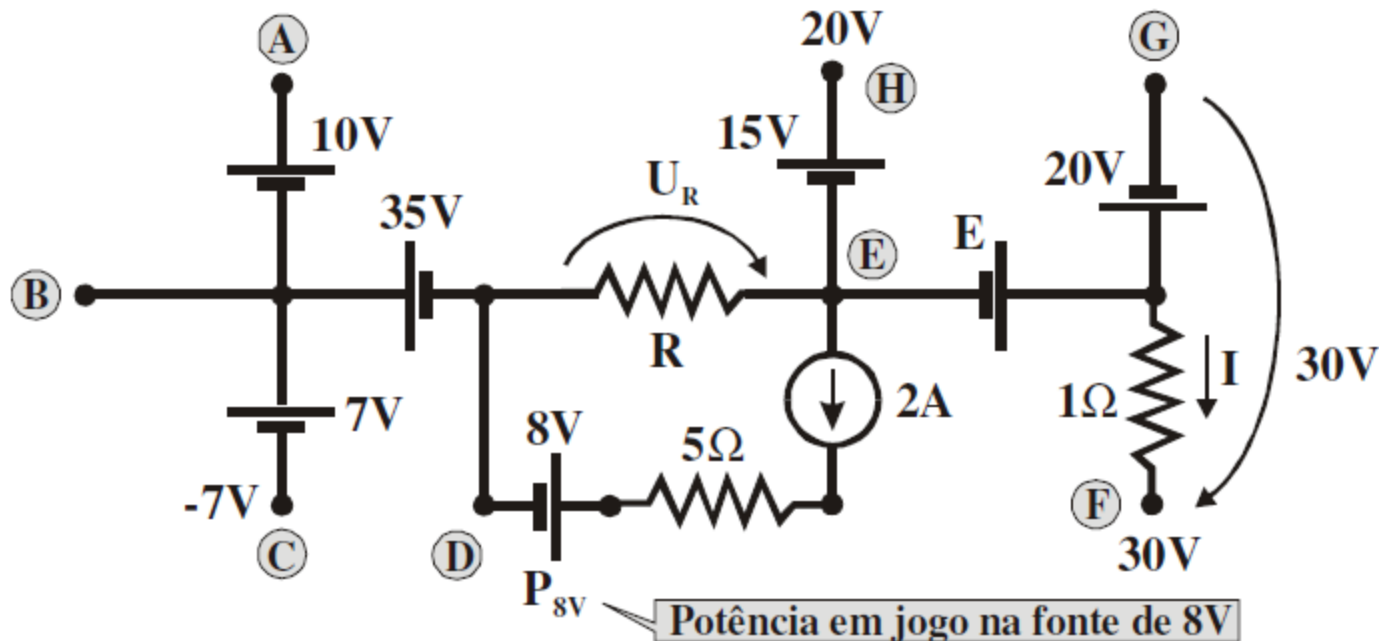
Circuito equivalente

$$I_L = I_S - \frac{1}{R_p} V_t$$

Pode-se dizer que uma fonte real de corrente se aproxima de uma fonte ideal quando funciona próximo da condição de curto circuito:

$$R_L \ll R_p, I_L \cong I_{CC}, \eta \cong 100\%$$

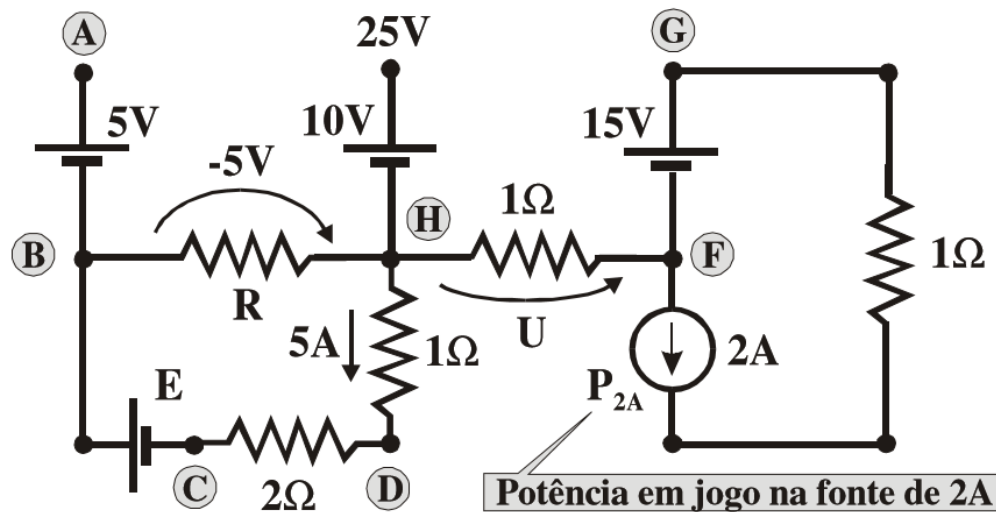
Circuitos de Corrente Contínua (CC)



$U_A =$
 $U_B =$
 $U_C = -7V$
 $U_D =$
 $U_E =$
 $U_F = 30V$

$U_G =$
 $U_H = 20V$
 $U_R =$
 $E =$
 $I =$
 $P_{8v} =$

Circuitos de Corrente Contínua (CC)



$U_A =$	$U_G =$
$U_B =$	$U_H =$
$U_C =$	$E =$
$U_D =$	$U =$
$U_F =$	$P_{2A} =$

A fonte ideal de corrente recebe energia do circuito ou fornece-lhe energia?