



Universidade de São Paulo (USP), Escola
de Engenharia de Lorena (EEL),
Curso de Engenharia Física



Circuitos Elétricos - teoria e prática (LOM3262)

Prof. Dr. Andy Blanco Rodriguez

**Lorena-SP
2025/2**



- Circuitos em paralelo;
- Lei de Kirchhoff das correntes (LKC);
- Divisão de corrente em um circuito paralelo;
- Circuito divisor de corrente;
- Circuito aberto e curto-circuito;
- Conversões Y- Δ e Δ -Y.

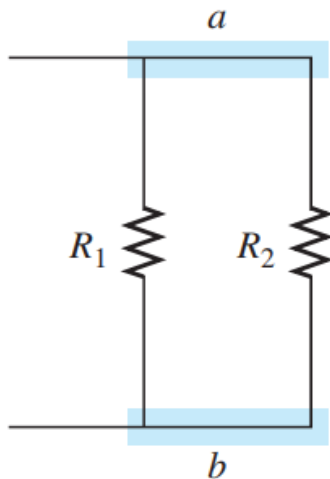


Resistores em paralelo

Resistores em paralelo

Conexão de resistores em paralelo

Dois elementos, ramos ou resistores estão em paralelo se tiverem **dois pontos em comum**.



(a)

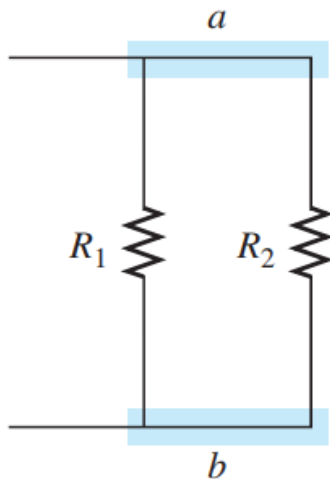
Este conceito de “**paralelo**”, pode ser aplicada a **quaisquer elementos de dois terminais**, como fontes de tensão e medidores.

(a) Resistores em paralelo;

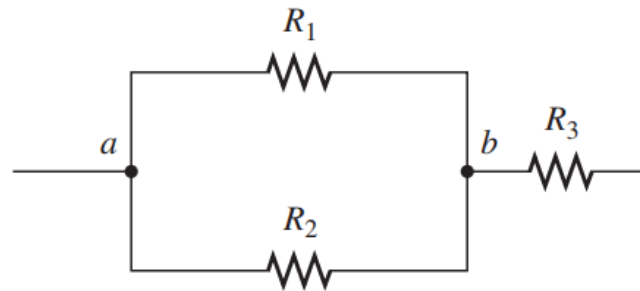
Resistores em paralelo

Conexão de resistores em paralelo

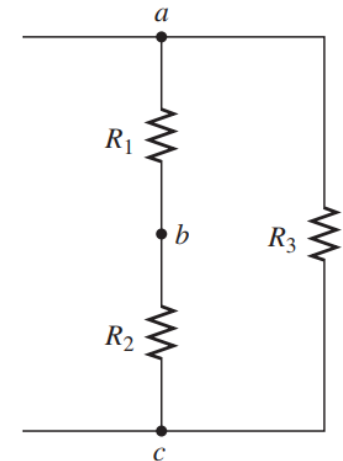
Dois elementos, ramos ou resistores estão em paralelo se tiverem **dois pontos em comum**.



(a)



(b)



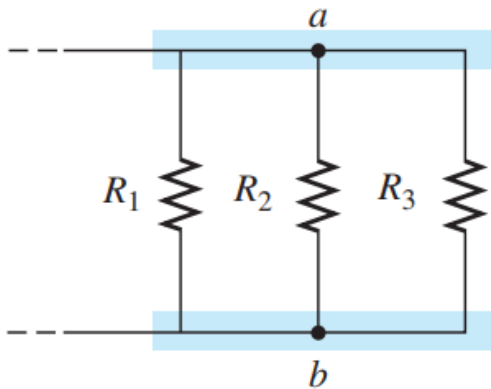
(c)

(a) Resistores em paralelo; (b) R_1 e R_2 estão em paralelo; (c) R_3 está em paralelo com a combinação em série de R_1 e R_2 .

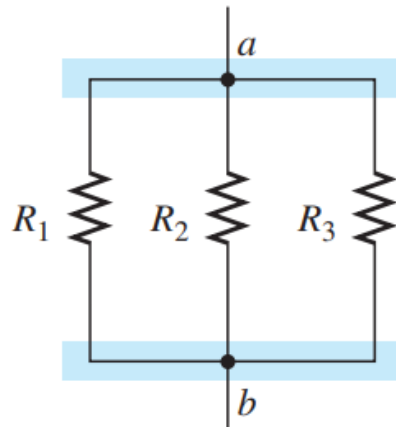
Resistores em paralelo

Conexão de resistores em paralelo

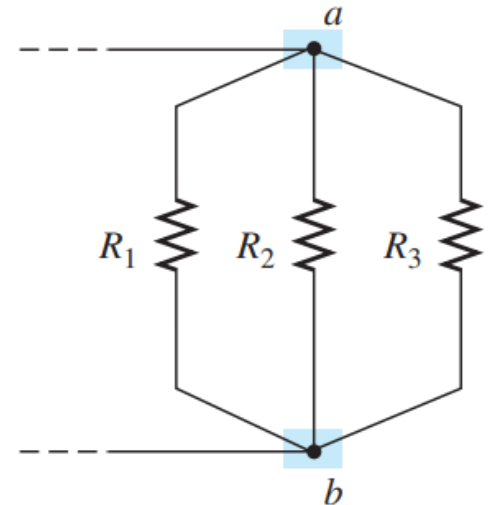
Representações esquemáticas de três resistores em paralelo



(a)



(b)



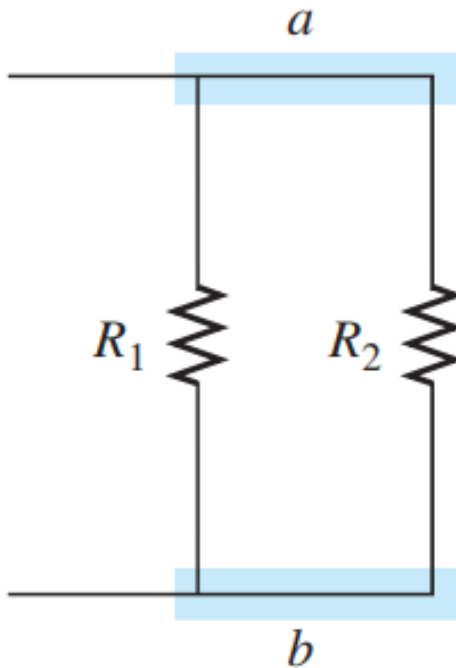
(c)



Resistores em paralelo

Conexão de resistores em paralelo

Cálculo com **2 resistores em paralelo**:

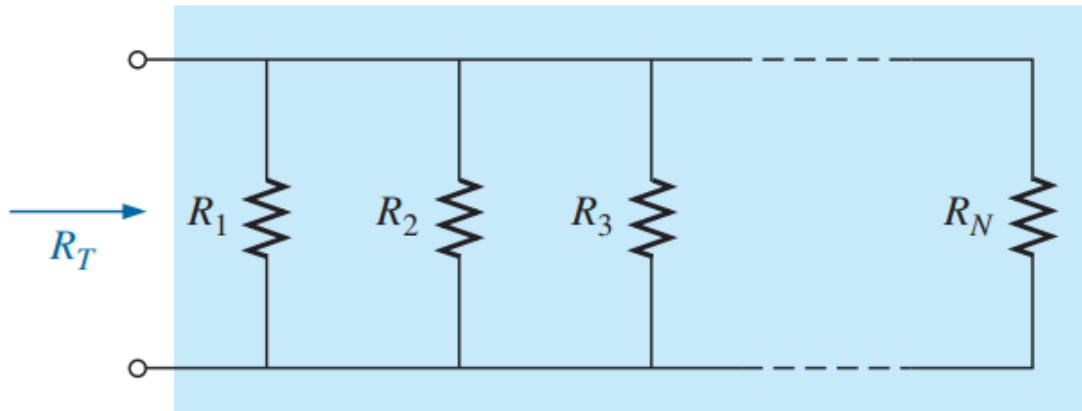


$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

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

Resistores em paralelo

Conexão de resistores em paralelo



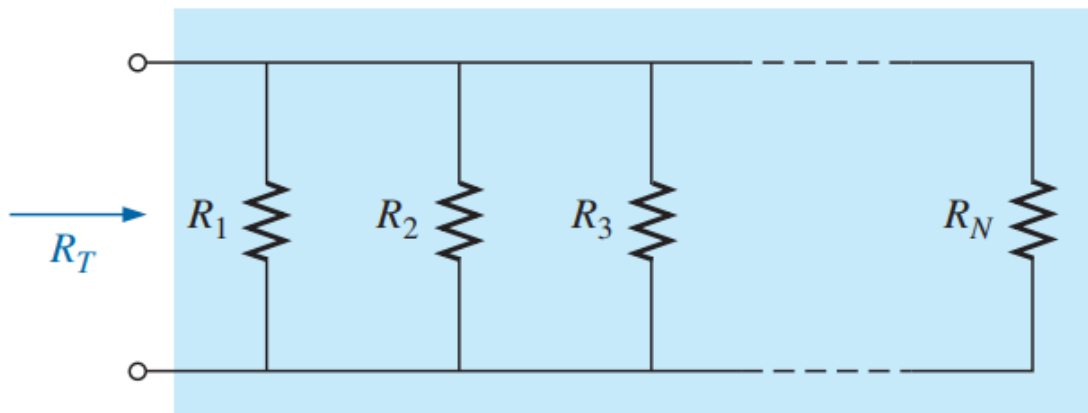
Estendendo o resultado anterior ao caso geral de um circuito com **N resistores em paralelo**:

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

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

Resistores em paralelo

Conexão de resistores em paralelo



Observe que R_T é sempre menor que a resistência do menor R na associação em paralelo.

A condutância equivalente para N resistores em paralelo é:

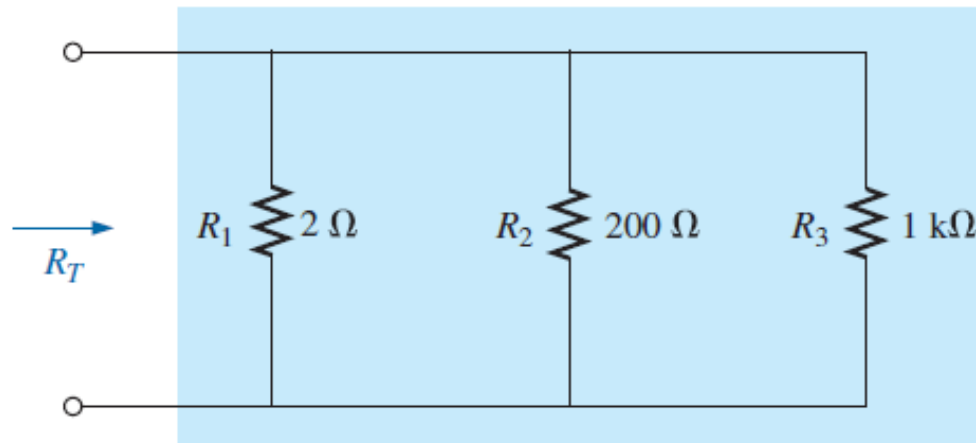
$$G_T = G_1 + G_2 + \dots G_N$$

Resistores em paralelo

Exemplos:

1. Observe o circuito da figura:

- a) Por inspeção, qual elemento em paralelo da figura tem a menor condutância?
- b) Determine a condutância total do circuito e observe se sua conclusão foi comprovada.



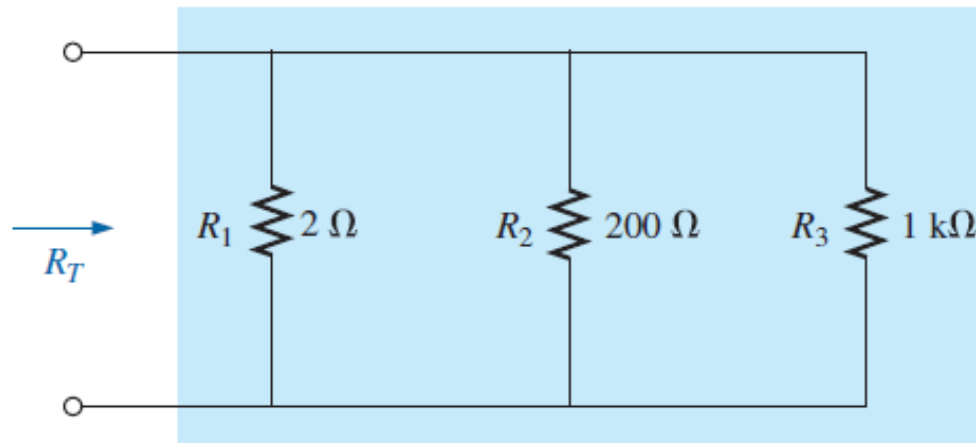
- c) Determine a R_T . Considere o resultado do a).

Resistores em paralelo

Exemplos:

1. Observe o circuito da figura:

- a) Por inspeção, qual elemento em paralelo da figura tem a menor condutância?
- b) Determine a condutância total do circuito e observe se sua conclusão foi comprovada.

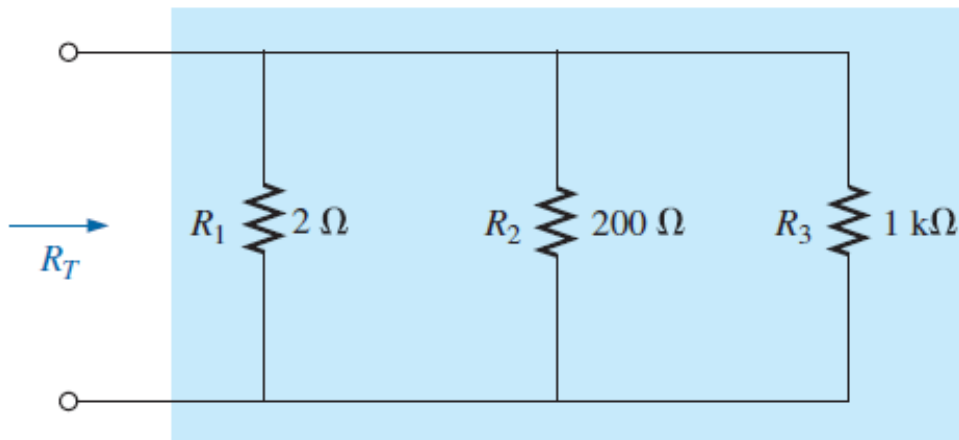


a) Já que R_3 tem a maior resistência e, portanto, a maior oposição ao fluxo de carga (condutividade), **este terá o nível mais baixo de condutância.**



Resistores em paralelo

Exemplos:



b)

$$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{2\ \Omega} = 0,5\ \text{S}$$

$$G_2 = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{200\ \Omega} = 0,005\ \text{S} = 5\ \text{mS}$$

$$G_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{1\ \text{k}\Omega} = \frac{1}{1.000\ \Omega} = 0,001\ \text{S} = 1\ \text{mS}$$

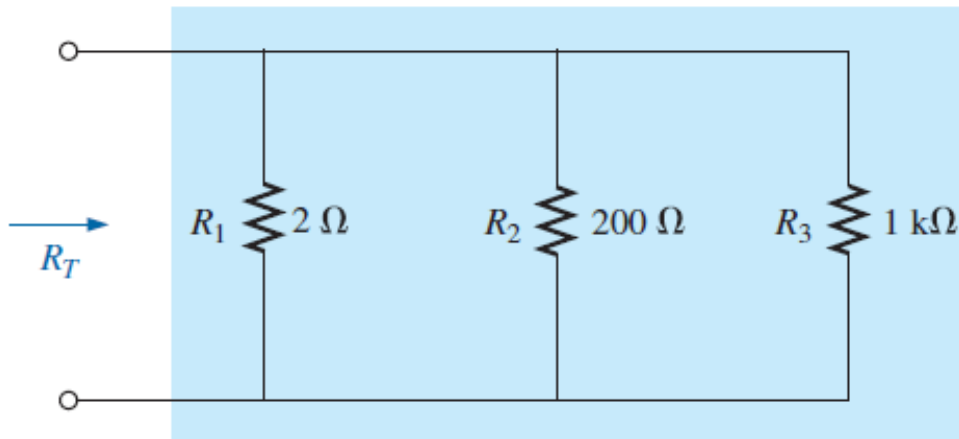
$$G_T = G_1 + G_2 + G_3 = 0,5\ \text{S} + 5\ \text{mS} + 1\ \text{mS} \\ = 506\ \text{mS}$$

$$\text{c)} \quad R_T = \frac{1}{G_T} = \frac{1}{506\ \text{mS}} = 1,976\ \Omega$$

ou

Resistores em paralelo

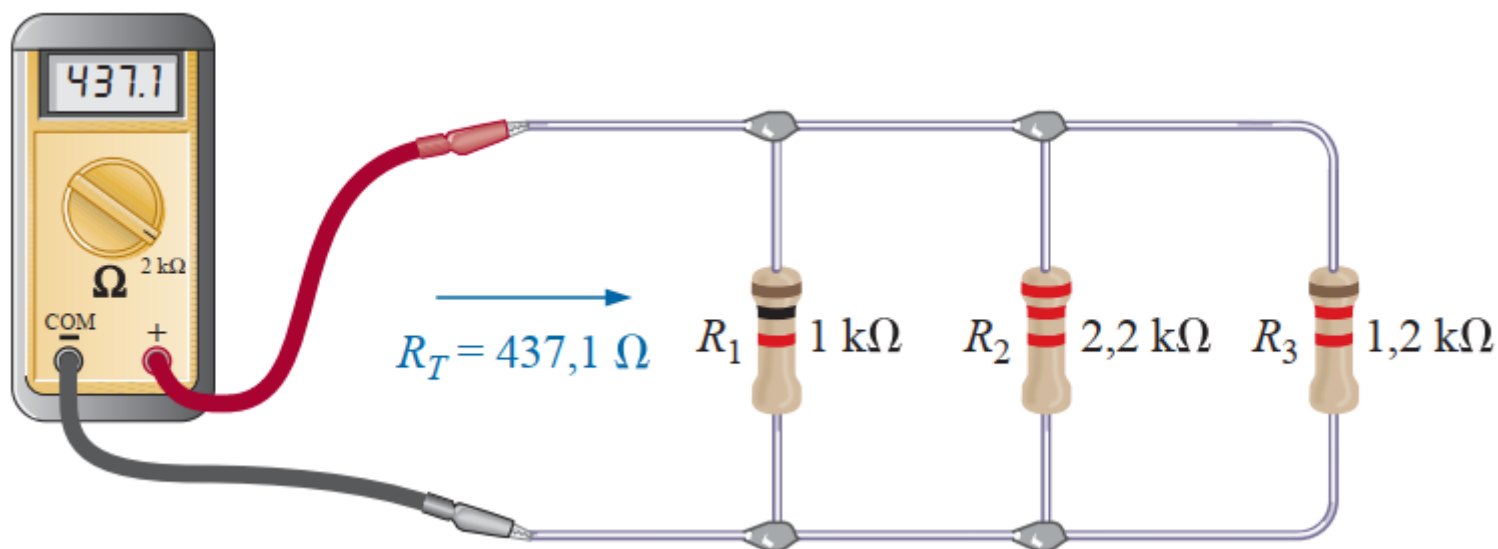
Exemplos:



$$\begin{aligned} \text{c)} \quad R_T &= \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{2\ \Omega} + \frac{1}{200\ \Omega} + \frac{1}{1\ \text{k}\Omega}} \\ &= \frac{1}{0,5\ \text{S} + 0,005\ \text{S} + 0,001\ \text{S}} = \frac{1}{0,506\ \text{S}} = 1,98\ \Omega \end{aligned}$$

Resistores em paralelo

Medição de resistores em paralelo:

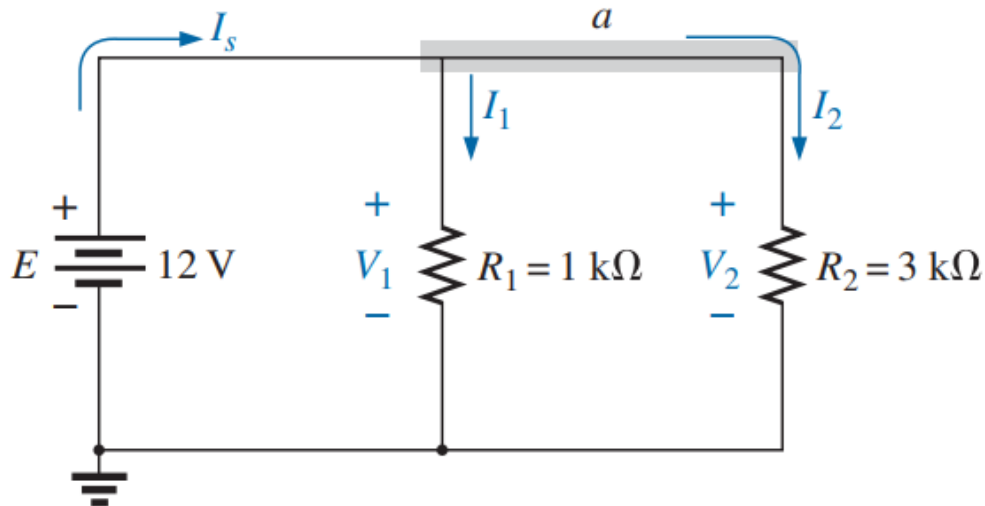


- Escolher uma escala que exceda a resistência total do circuito.



Resistores em paralelo

Circuitos em paralelo:



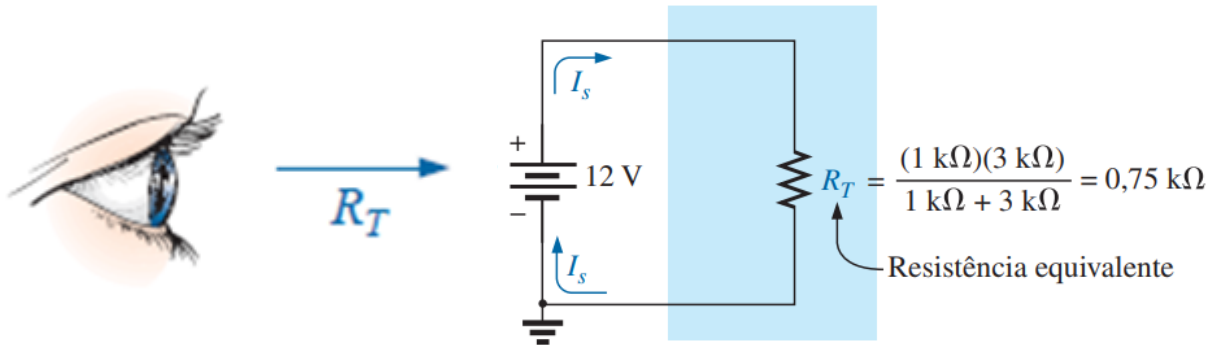
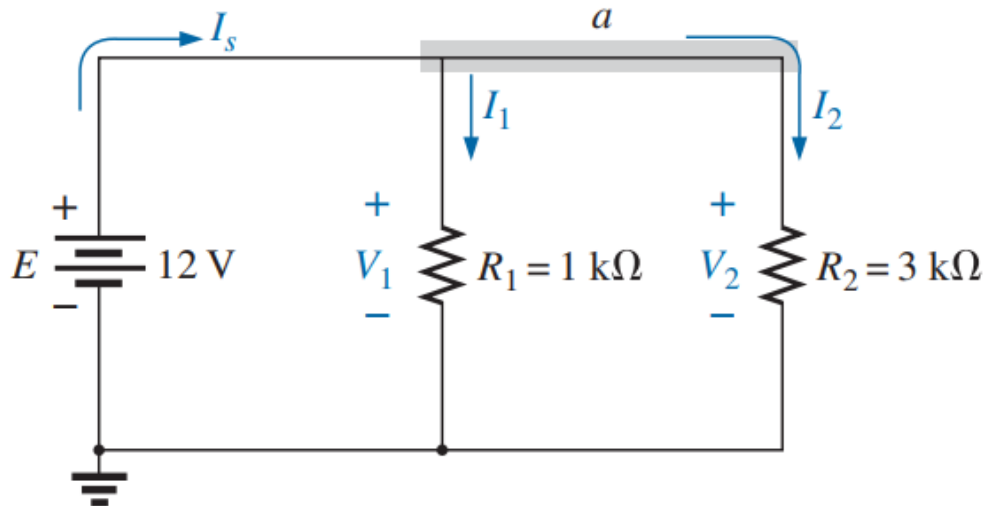
A tensão é sempre a mesma através de elementos em paralelo.

$$V_1 = V_2 = E$$



Resistores em paralelo

Circuitos em paralelo:

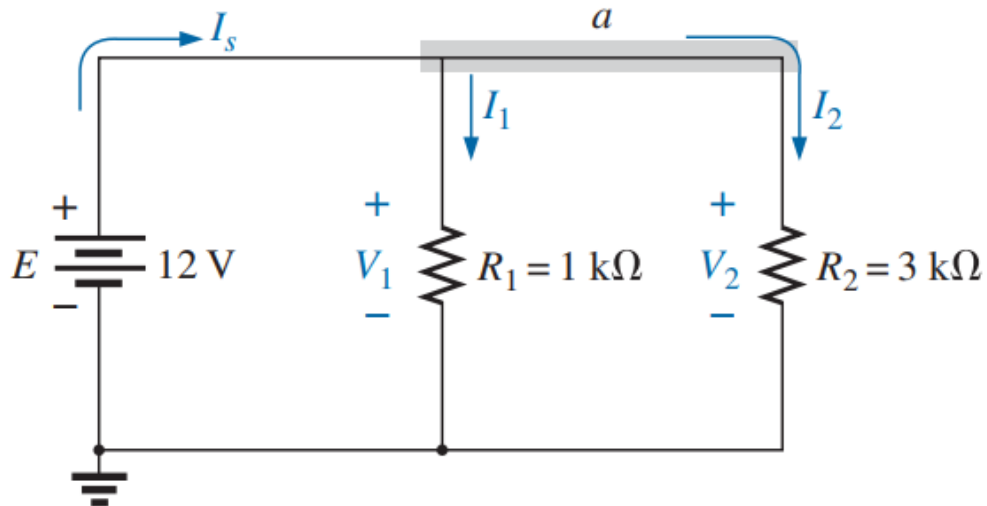


$$I_S = \frac{E}{R_T}$$



Resistores em paralelo

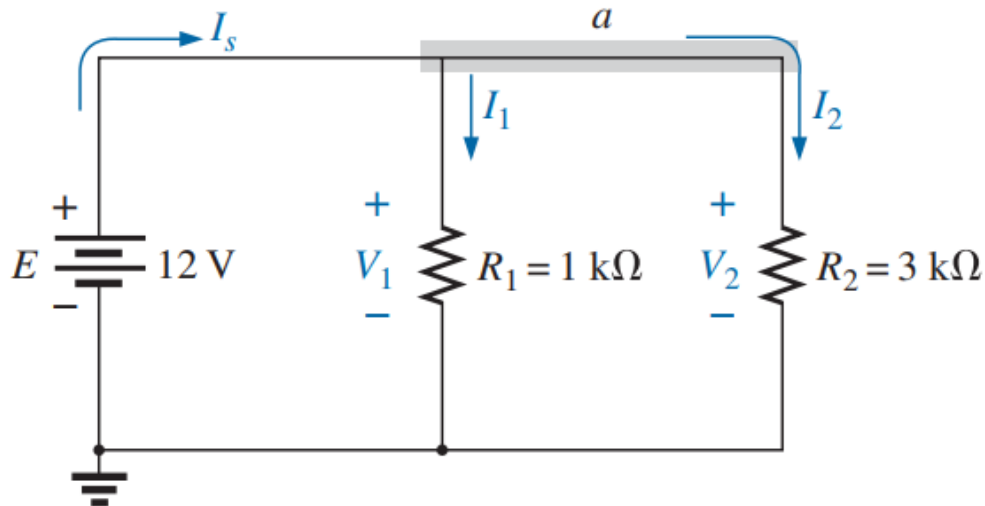
Circuitos em paralelo:



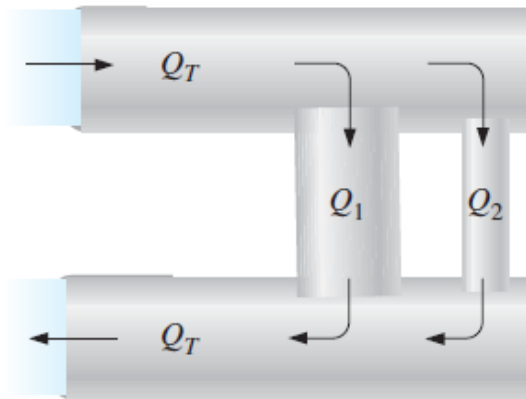
$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{E}{R_1} \quad \text{e} \quad I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{E}{R_2}$$

Resistores em paralelo

Circuitos em paralelo:



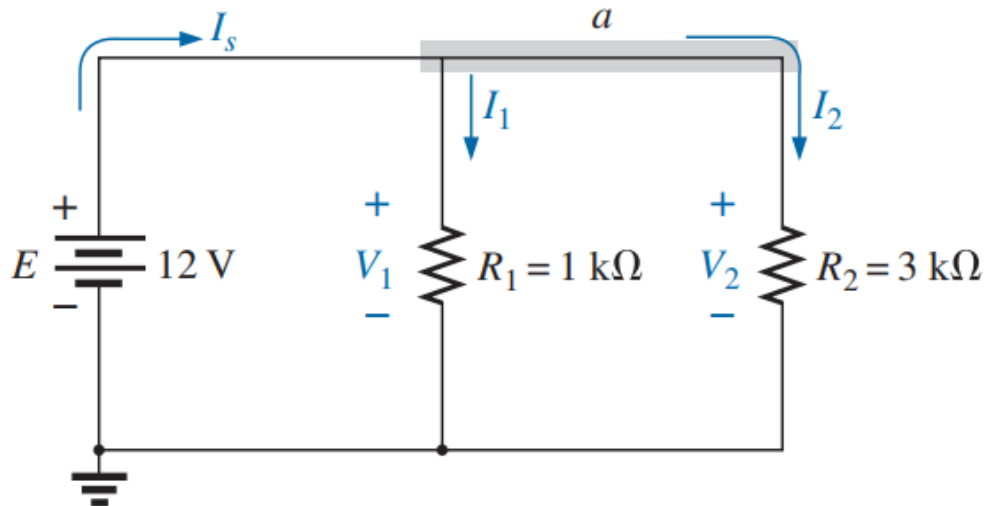
Analogia do
circuito com canos
hidráulicos





Resistores em paralelo

Circuitos em paralelo:



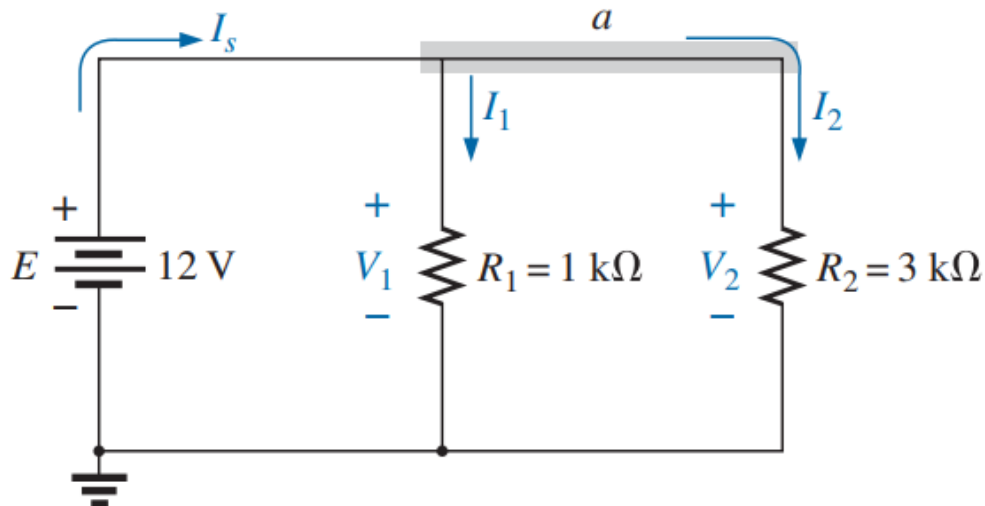
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$E \left(\frac{1}{R_T} \right) = E \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{E}{R_T} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2}$$

Resistores em paralelo

Circuitos em paralelo:



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$E \left(\frac{1}{R_T} \right) = E \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

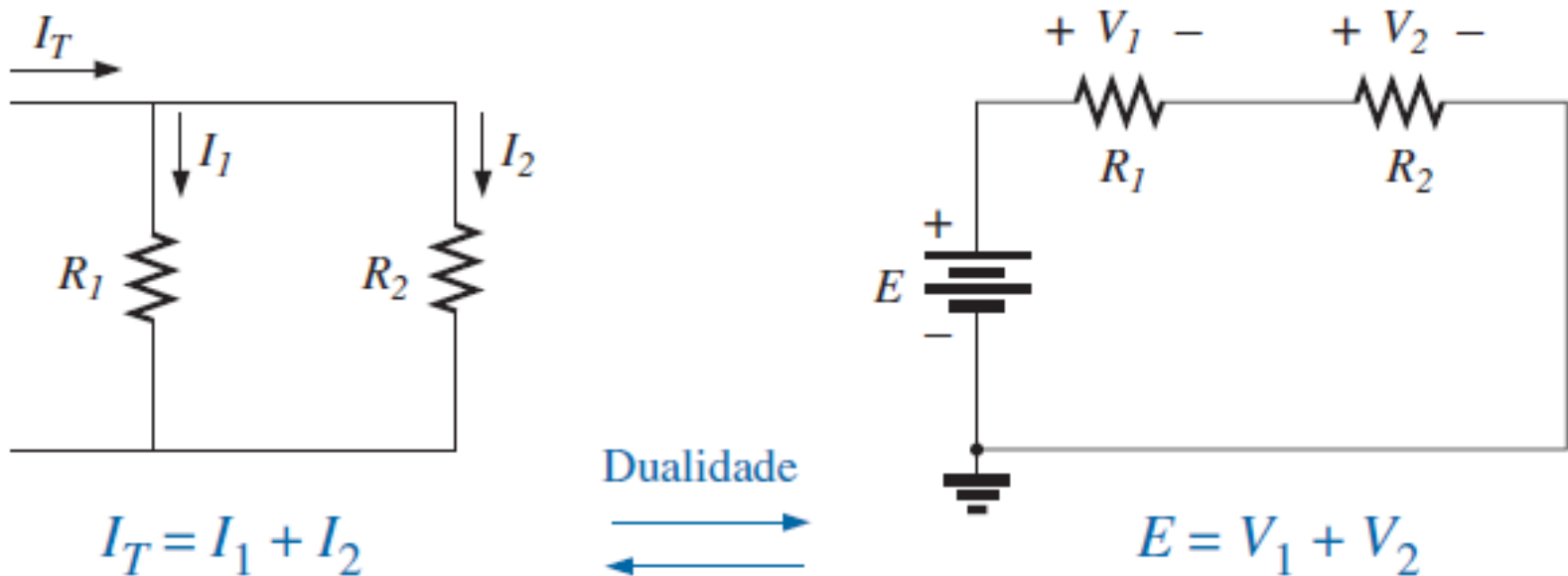
$$\frac{E}{R_T} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2}$$

$$I_s = I_1 + I_2$$

Para circuitos em paralelo de fonte única, a corrente fornecida pela fonte (I_s) é sempre igual à soma das correntes de ramos individuais.

Resistores em paralelo

Dualidade de um circuito em paralelo com um circuito série:



Para um circuito em **paralelo**, a **corrente fornecida pela fonte é igual à soma das correntes dos ramos**, enquanto **para um circuito em série**, a **tensão aplicada é igual à soma das quedas de tensão**.

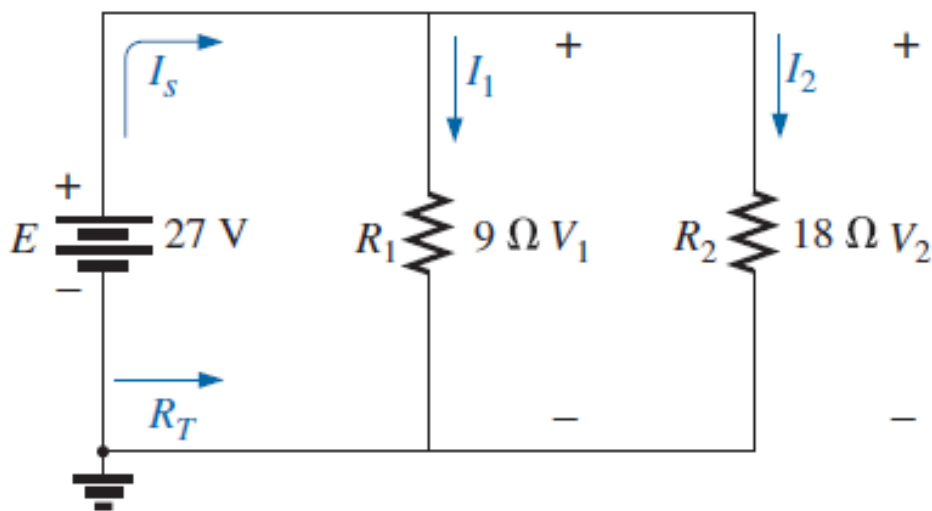


Resistores em paralelo

Exemplos:

2. Para o seguinte circuito em paralelo:

- a) Calcule a resistência total;
- b) Determine a corrente fornecida pela fonte;
- c) Encontre a corrente através de cada ramo em paralelo;
- d) Demonstre que $I_s = I_1 + I_2$.





Resistores em paralelo

Exemplos:

2. Para o seguinte circuito em paralelo:

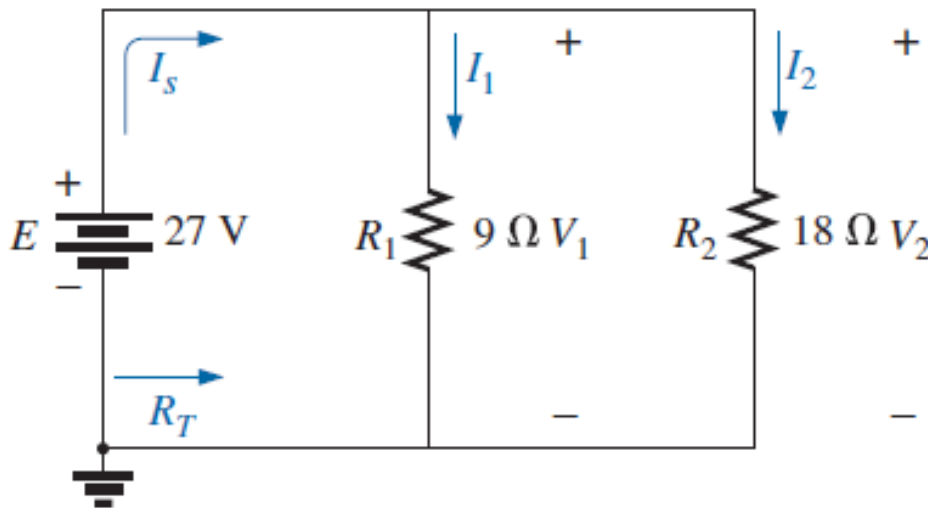
$$a) R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(9 \Omega)(18 \Omega)}{9 \Omega + 18 \Omega} = \frac{162}{27} \Omega = 6 \Omega$$

$$b) I_s = \frac{E}{R_T} = \frac{27 \text{ V}}{6 \Omega} = 4,5 \text{ A}$$

$$c) I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{E}{R_1} = \frac{27 \text{ V}}{9 \Omega} = 3 \text{ A}$$

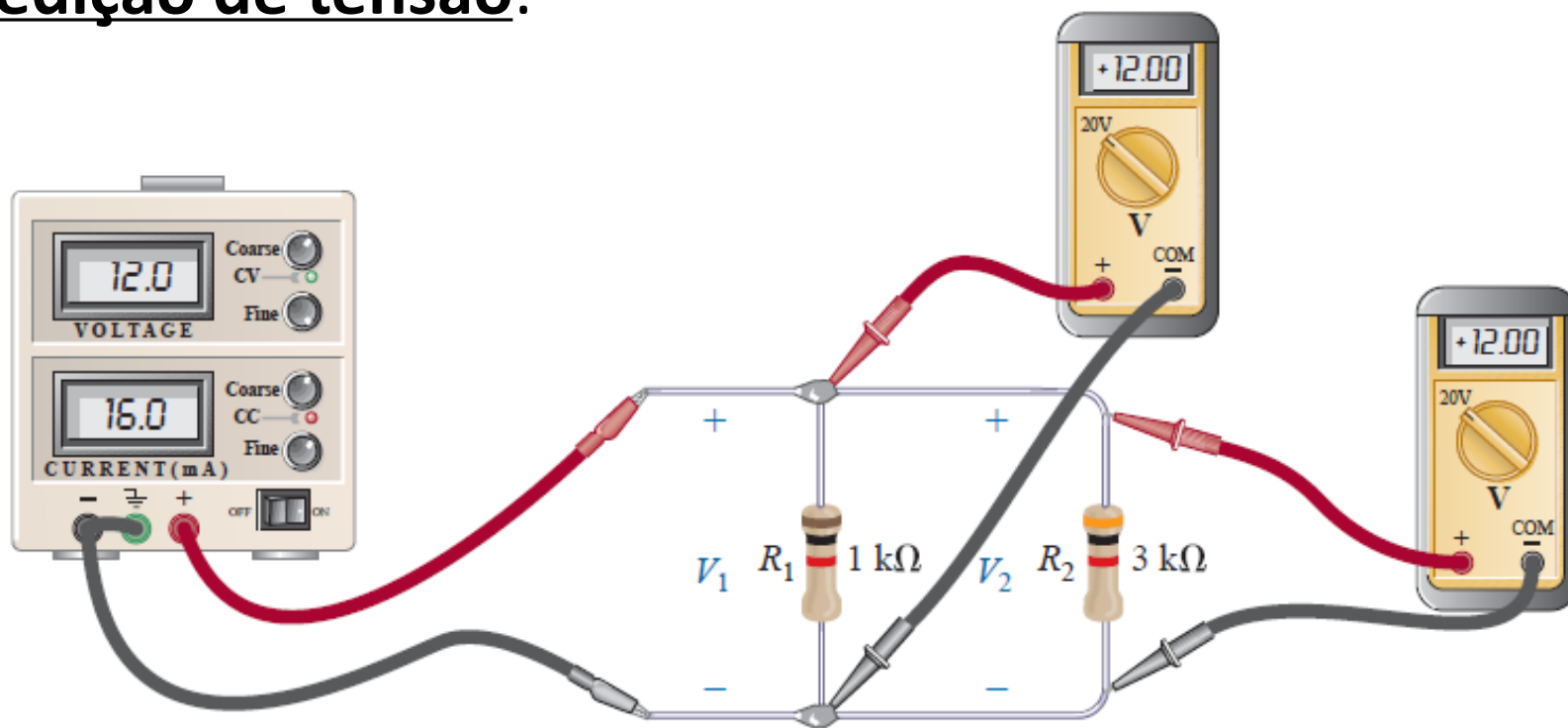
$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{E}{R_2} = \frac{27 \text{ V}}{18 \Omega} = 1,5 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} d) I_s &= 4,5 \text{ A} = I_1 + I_2 \\ &= 3 \text{ A} + 1,5 \text{ A} \\ &= 4,5 \text{ A} \end{aligned}$$



Resistores em paralelo

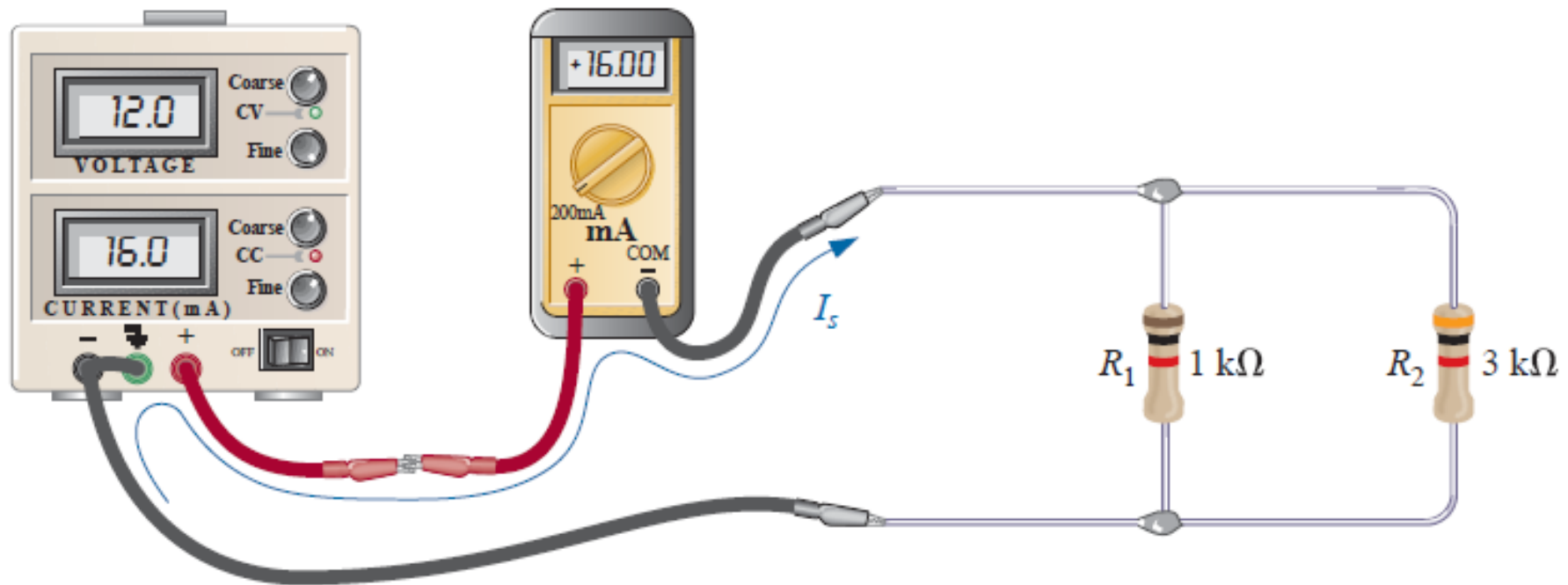
Medição de tensão:



As tensões de um circuito podem ser medidas sem que haja interrupções (rompimento das conexões) do circuito.

Resistores em paralelo

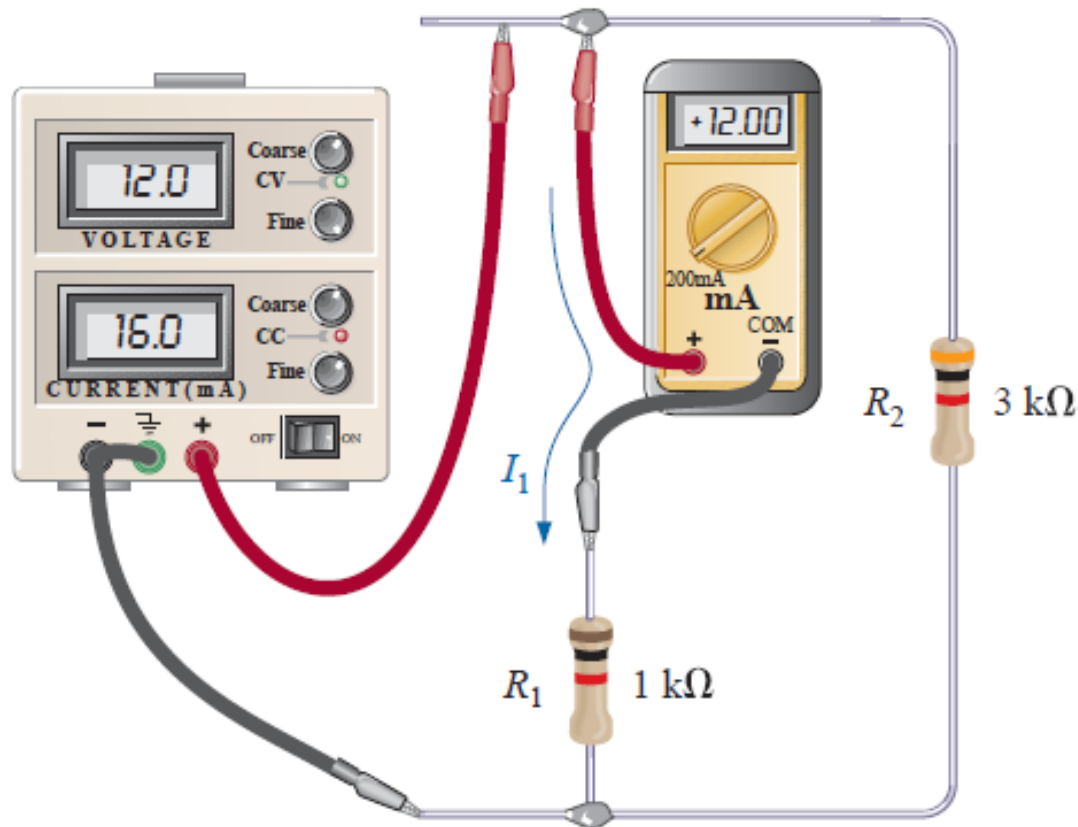
Medição de corrente:



Medição da corrente fornecida pela fonte de um circuito em paralelo.

Resistores em paralelo

Medição de corrente:

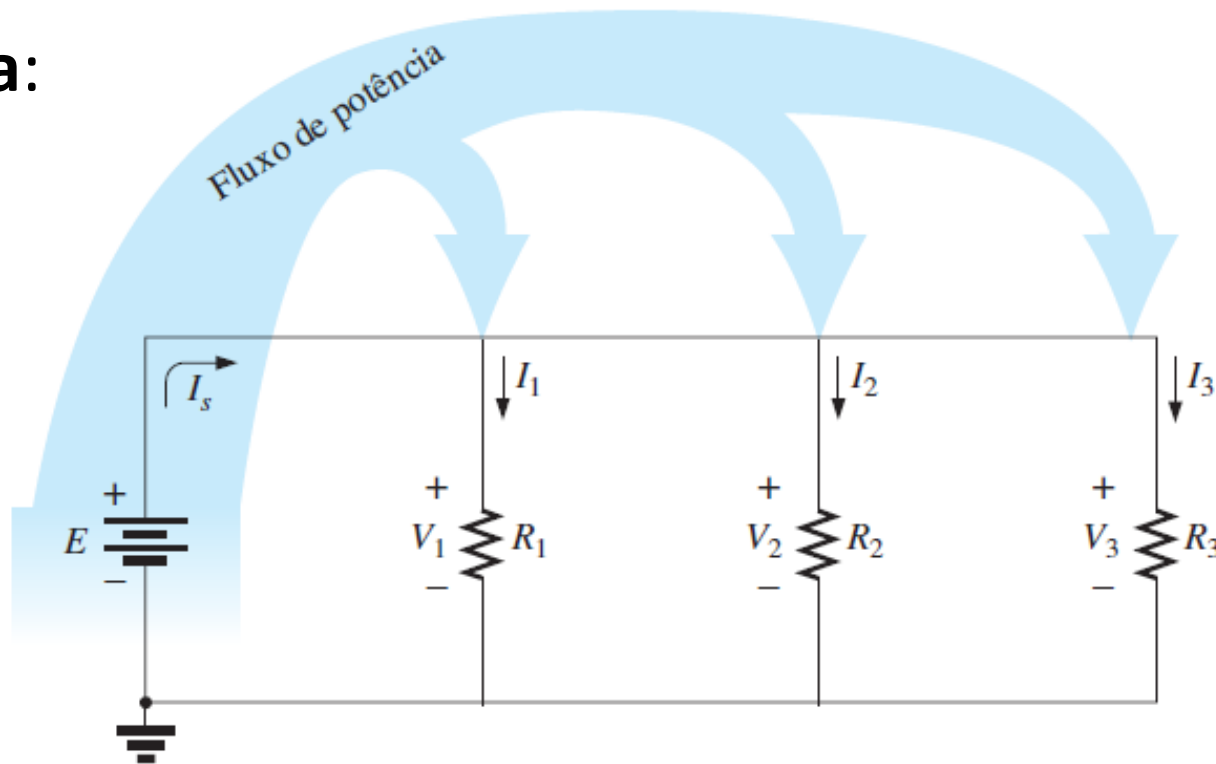


Medição da corrente através de R_1 .



Resistores em paralelo

Potência:



$$P_E = P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_3}$$

$$P_E = EI_s$$

(watts, W)

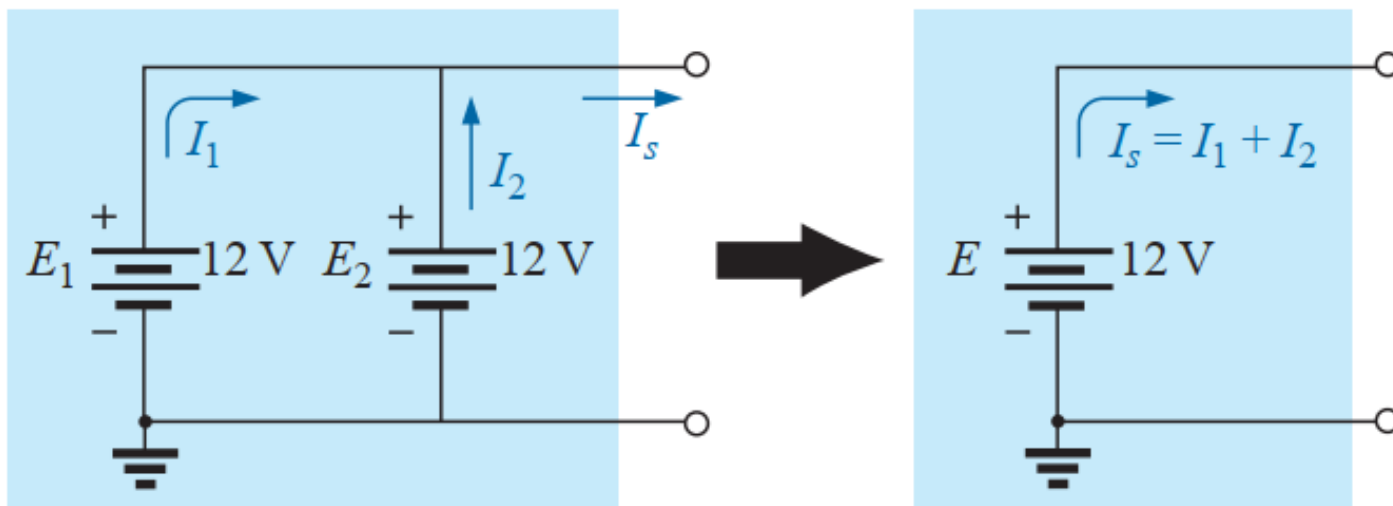
$$P_1 = V_1 I_1 = I_1^2 R_1 = \frac{V_1^2}{R_1}$$



Fontes de tensão em paralelo

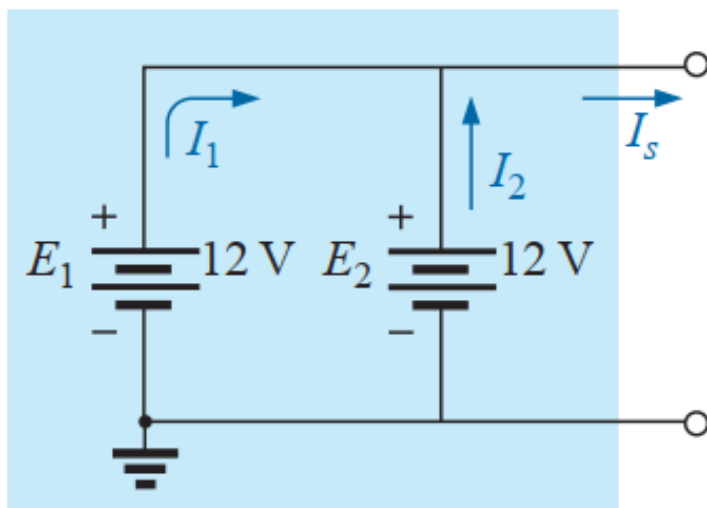
Fontes de tensão em paralelo

As fontes de tensão podem ser conectadas em paralelo, para aumentar a especificação de corrente acima de uma única fonte só.

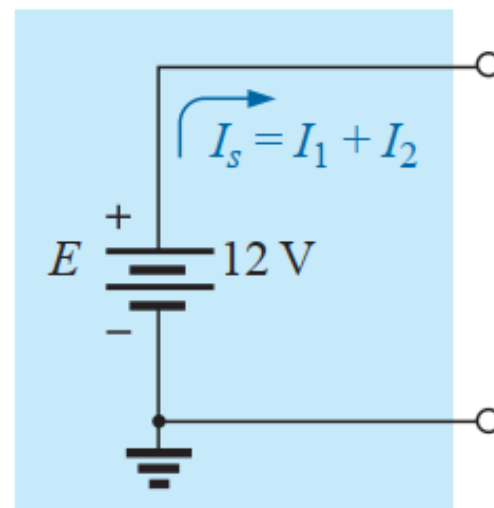


Fontes de tensão em paralelo

As fontes de tensão podem ser conectadas em paralelo, para aumentar a especificação de corrente acima de uma única fonte só.



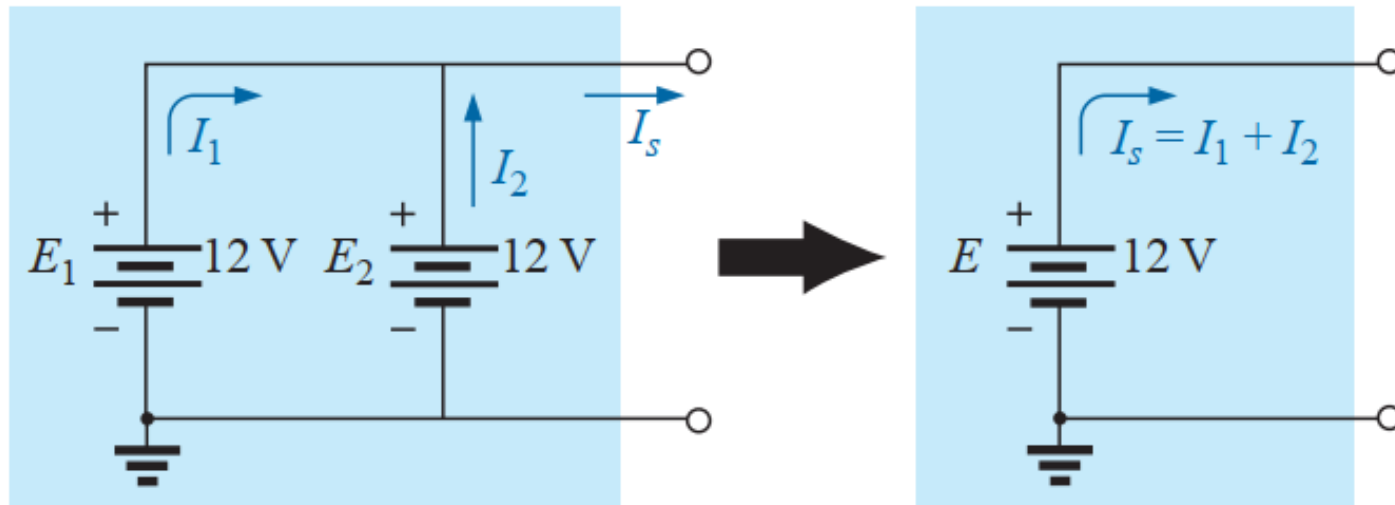
$$I_1 = I_2 = I$$



$$\begin{aligned} P_T &= E(I_1 + I_2) \\ &= E(2I) = 2(EI) \\ &= 2P_{\text{(uma fonte)}} \end{aligned}$$

Fontes de tensão em paralelo

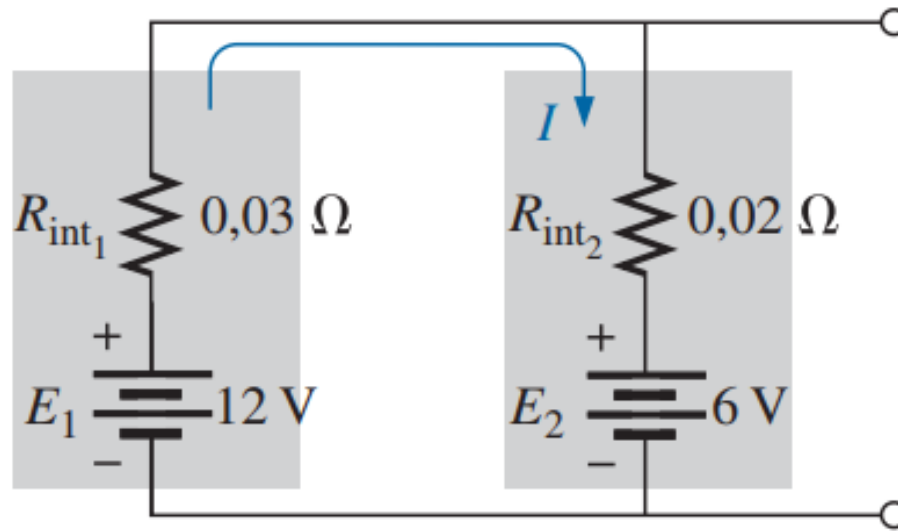
As fontes de tensão podem ser conectadas em paralelo, para aumentar a especificação de corrente acima de uma única fonte só.



Somente recomendado para fontes com a mesma tensão.

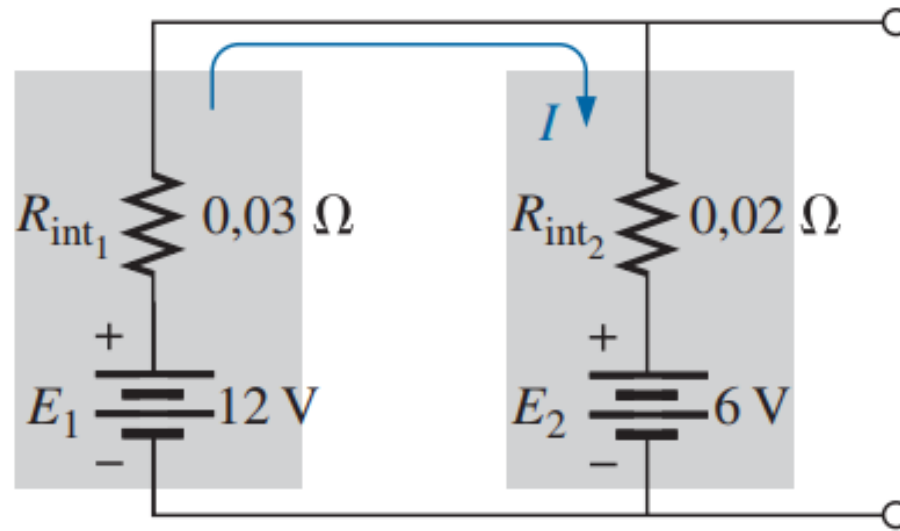


Fontes de tensão em paralelo



Comentários ...

Fontes de tensão em paralelo



Configuração ineficiente, pois a bateria com a tensão mais elevada vai ser descarregada rapidamente pela bateria com a tensão terminal mais baixa

A LKT seria violada.



Lei de Kirchhoff para as correntes (LKC)



LKC

Lei de Kirchhoff das correntes:

A **LKC** (ou **lei dos nós**) foi desenvolvida por Gustav Kirchhoff em meados do século XIX.

Reflete a princípio da conservação das cargas.

A **LKC** diz que a soma algébrica das correntes que entram em um nó é zero.

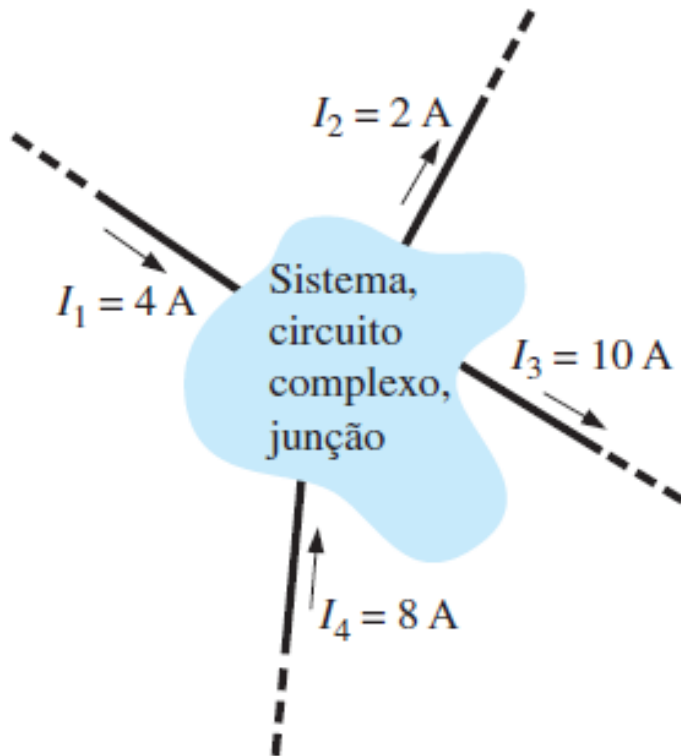
$$\sum_{n=1}^N i_n = 0$$

N é o número de ramos conectados ao nó e i_n é a n ésima corrente que entra (ou sai) do nó.
As correntes que entram em um nó poderiam ser consideradas +, e as que saem, -.



LKC

Lei de Kirchhoff das correntes:

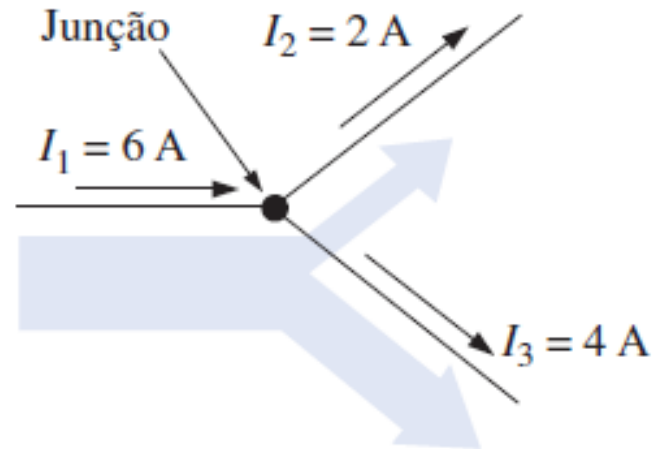


$$\begin{aligned}\sum I_i &= \sum I_o \\ I_1 + I_4 &= I_2 + I_3 \\ 4\text{ A} + 8\text{ A} &= 2\text{ A} + 10\text{ A} \\ 12\text{ A} &= 12\text{ A} \text{ (confere)}\end{aligned}$$



LKC

Lei de Kirchhoff das correntes:

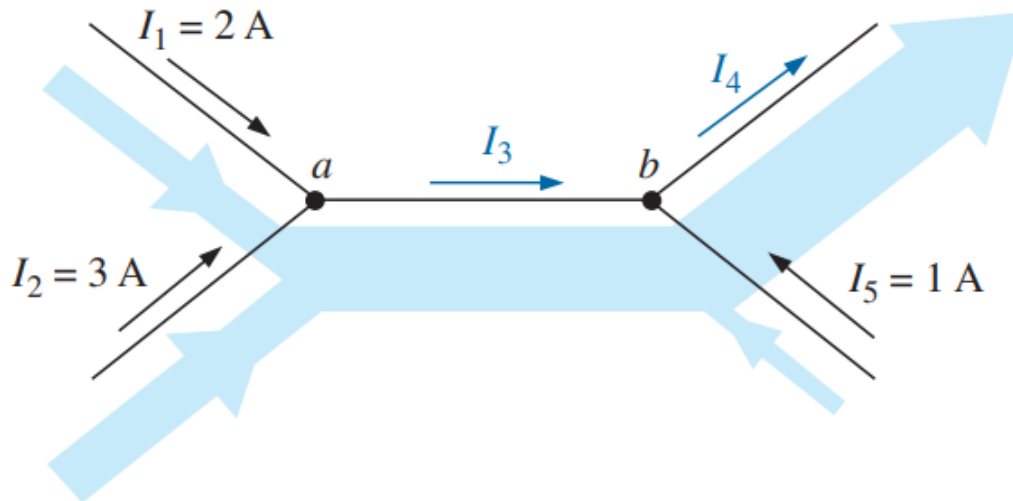




LKC

Exemplos:

3. Determine as correntes I_3 e I_4 para o circuito da seguinte figura. Use LKC.

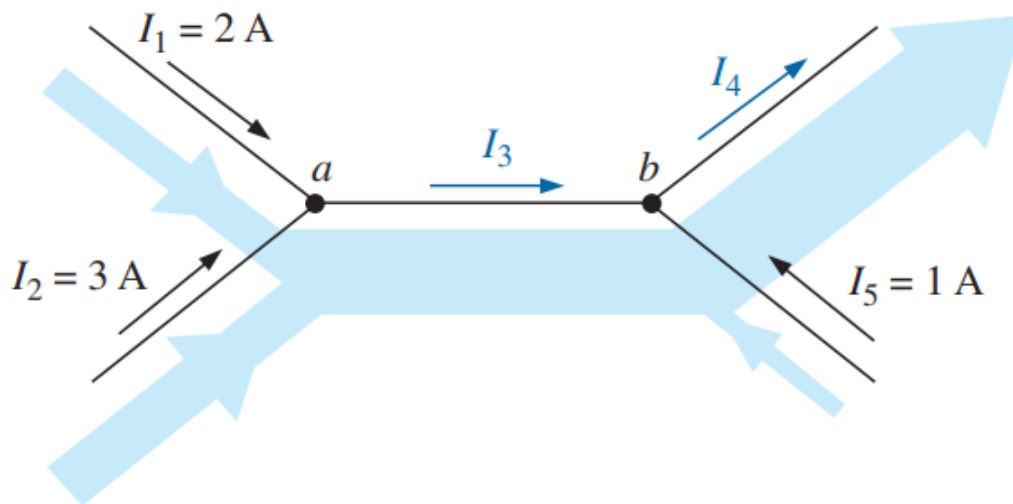




LKC

Exemplos:

3. Determine as correntes I_3 e I_4 para o circuito da seguinte figura. Use LKC.



No nó a:

$$\sum I_i = \sum I_o$$

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$2\text{ A} + 3\text{ A} = I_3 = \mathbf{5\text{ A}}$$

No nó b:

$$\sum I_i = \sum I_o$$

$$I_3 + I_5 = I_4$$

$$5\text{ A} + 1\text{ A} = I_4 = \mathbf{6\text{ A}}$$

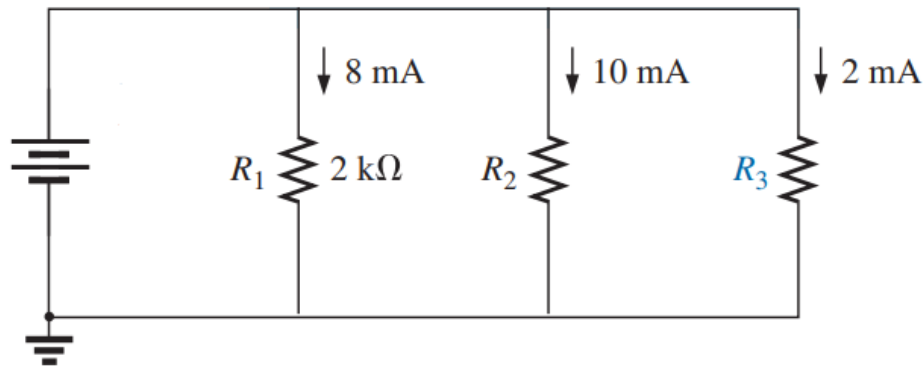


LKC

Exemplos:

4. Para o circuito CC:

- a) Determine a corrente fornecida pela fonte, I_s ;
- b) Calcule a tensão fornecida pela fonte, E ;
- c) Calcule R_3 e R_T .



$$\begin{aligned} \text{a)} \quad \Sigma I_i &= \Sigma I_o \\ I_s &= I_1 + I_2 + I_3 \\ &= \mathbf{20 \text{ mA}} \end{aligned}$$

$$\text{c)} \quad R_3 = \frac{V_3}{I_3} = \frac{E}{I_3} = \frac{16 \text{ V}}{2 \text{ mA}} = \mathbf{8 \text{ k}\Omega}$$

$$R_T = \frac{E}{I_s} = \frac{16 \text{ V}}{20 \text{ mA}} = \mathbf{0,8 \text{ k}\Omega}$$



Divisão de corrente em um circuito paralelo

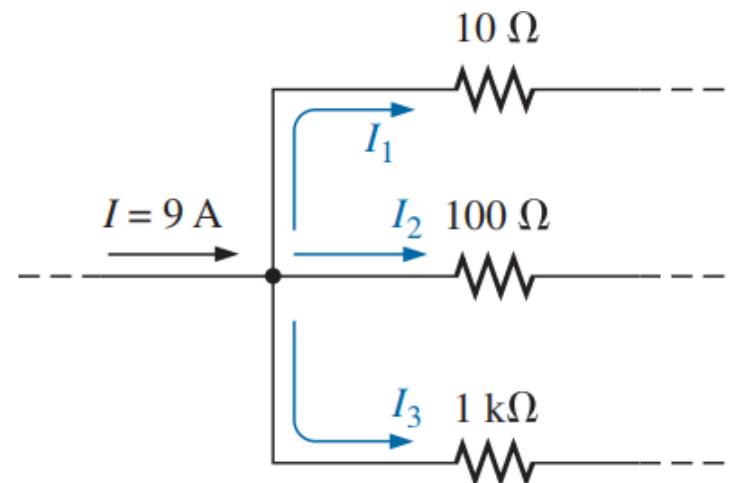


Divisão de corrente

A corrente sempre buscará o caminho de menor resistência.

A maior quantidade de corrente passará através do menor resistor, de $10\ \Omega$. E a menor quantidade pelo resistor maior, de $1\ \text{k}\Omega$.

O $R=100\ \Omega$ é 10 vezes maior do que o $R=10\ \Omega$. Então, a I deste resistor é 10 vezes maior.

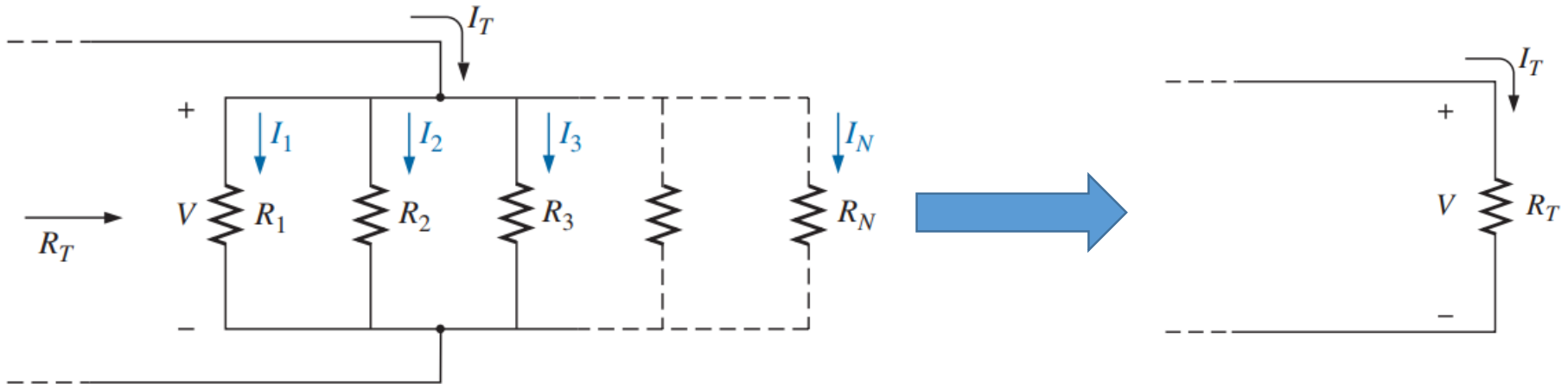




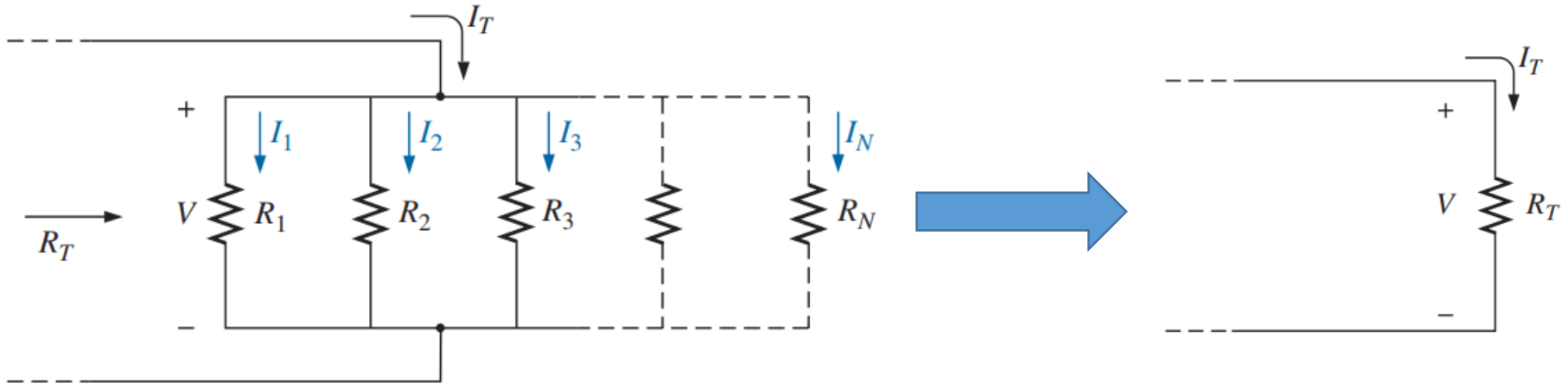
Circuito divisor de corrente



Circuito divisor de corrente



Circuito divisor de corrente

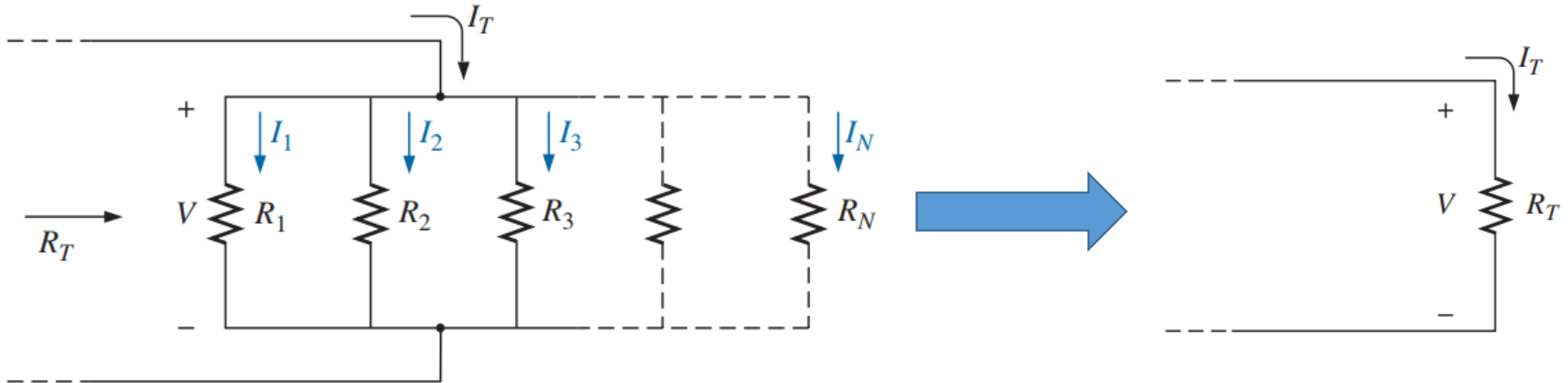


$$I_T = \frac{V}{R_T} , \quad V = I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3 = \dots = I_x R_x$$

Substituindo I_T em V :

$$I_T = \frac{I_x R_x}{R_T}$$

Circuito divisor de corrente



$$I_T = \frac{V}{R_T} ,$$

$$V = I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3 = \dots = I_x R_x$$

Substituindo I_T em V :
$$I_T = \frac{I_x R_x}{R_T}$$

Regra do divisor de corrente:

$$I_x = \frac{R_T}{R_x} I_T$$



Circuito divisor de corrente

Regra do divisor de corrente

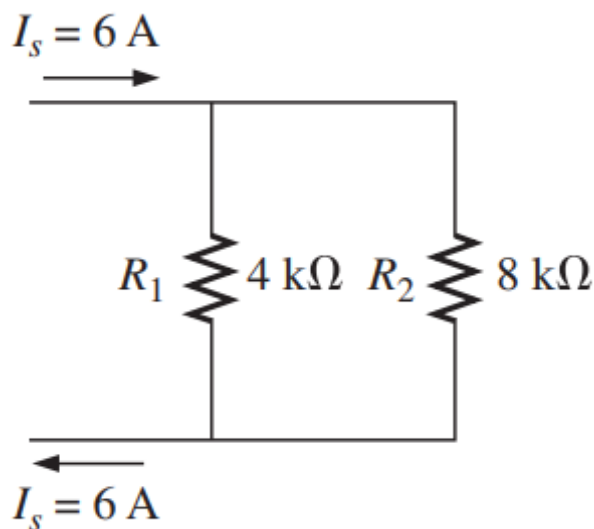
$$I_x = \frac{R_T}{R_x} I_T$$

A corrente através de qualquer ramo de um circuito resistivo em paralelo é igual à resistência total do circuito em paralelo dividido pela resistência do resistor de interesse e multiplicada pela corrente total que entra na configuração em paralelo.

Circuito divisor de corrente

Exemplos:

5. Determine a corrente I_2 (que passa através do R_2) do circuito abaixo. Use a regra do divisor de corrente:



$$I_x = \frac{R_T}{R_x} I_T$$

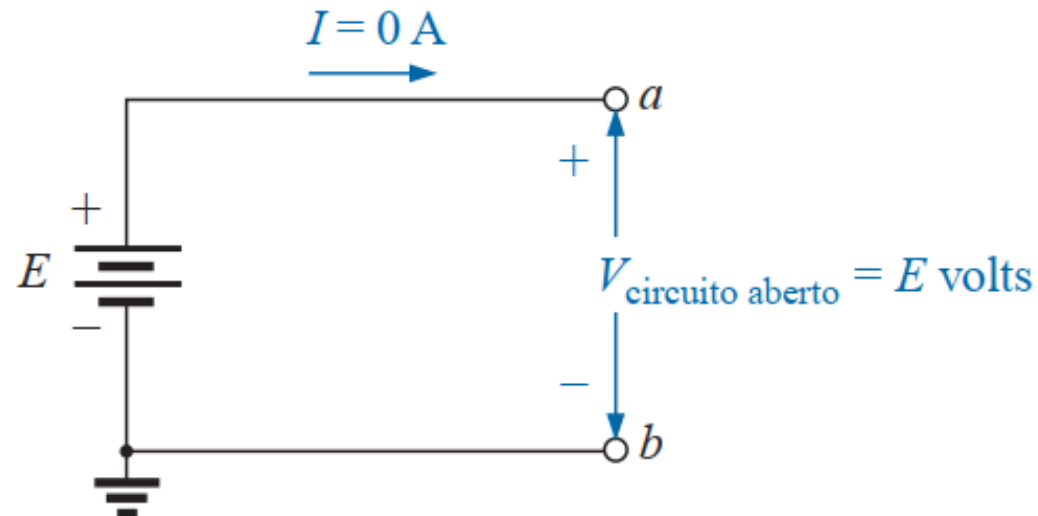
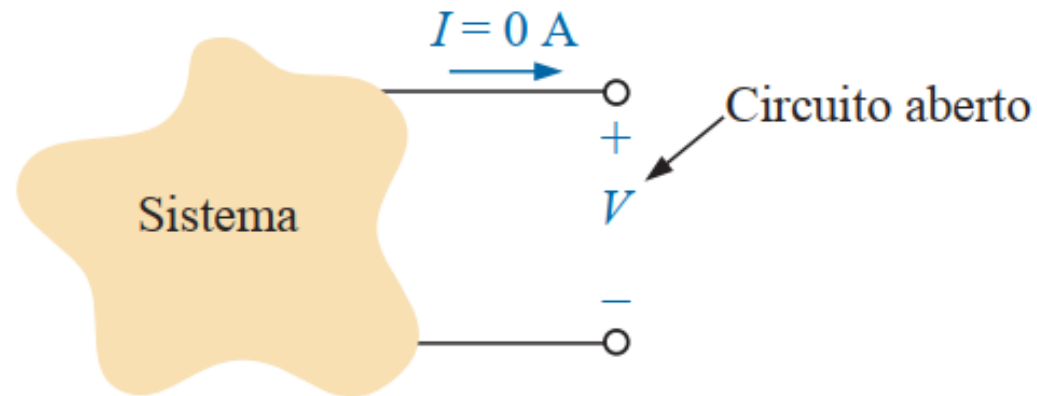
$$\begin{aligned} I_2 &= \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) I_T \\ &= \left(\frac{4 \text{ k}\Omega}{4 \text{ k}\Omega + 8 \text{ k}\Omega} \right) 6 \text{ A} = (0,333)(6 \text{ A}) = 2 \text{ A} \end{aligned}$$



Circuito aberto e curto-circuito

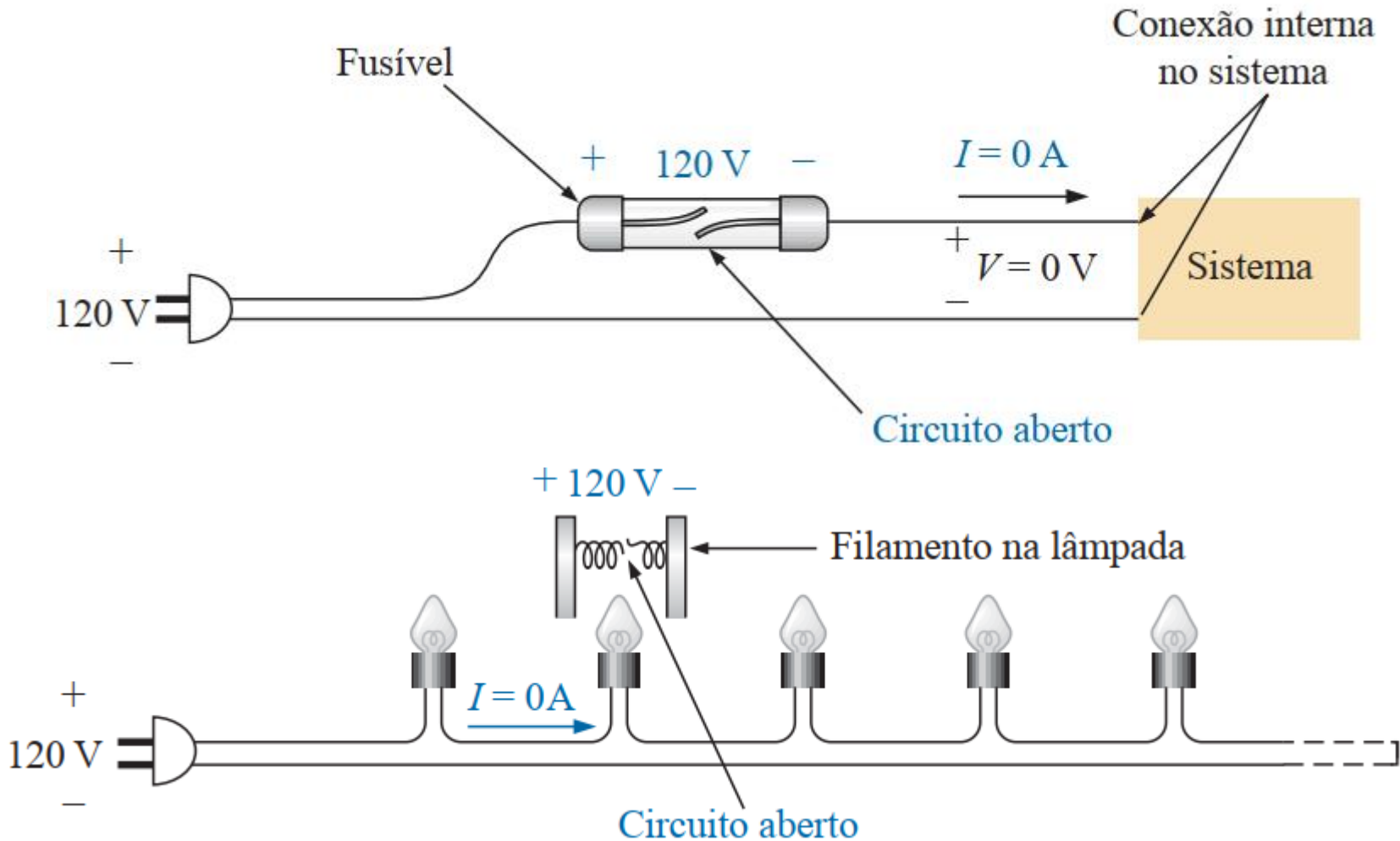


Circuito aberto



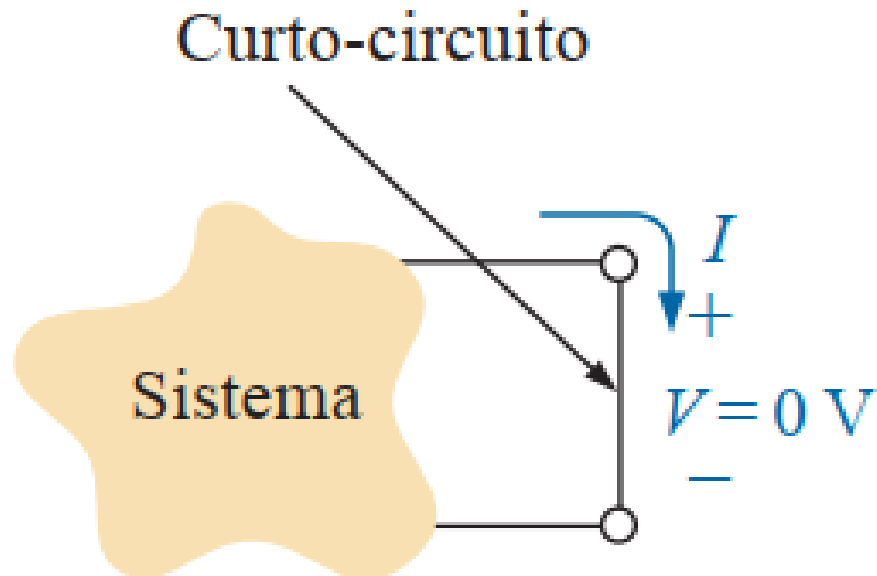


Circuito aberto



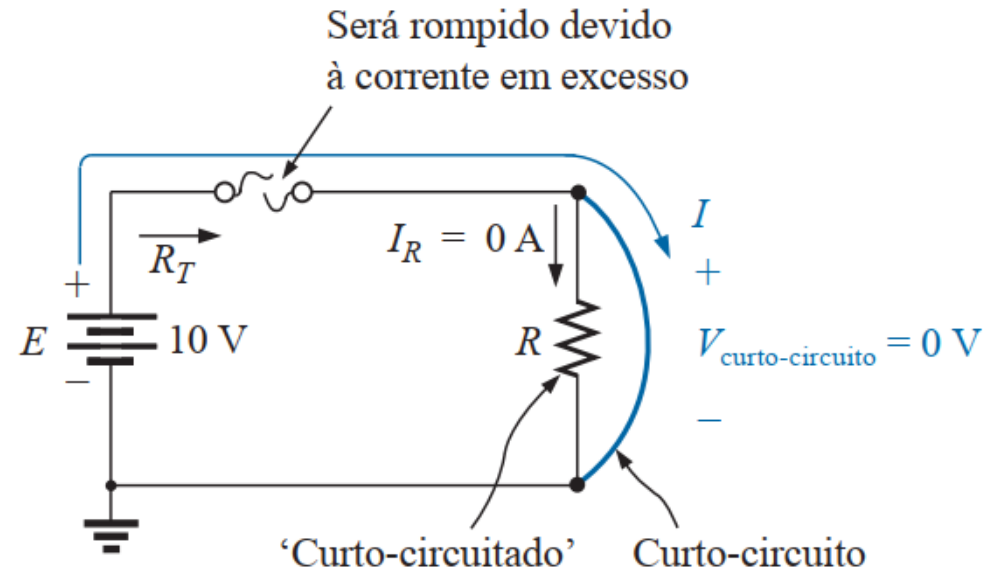
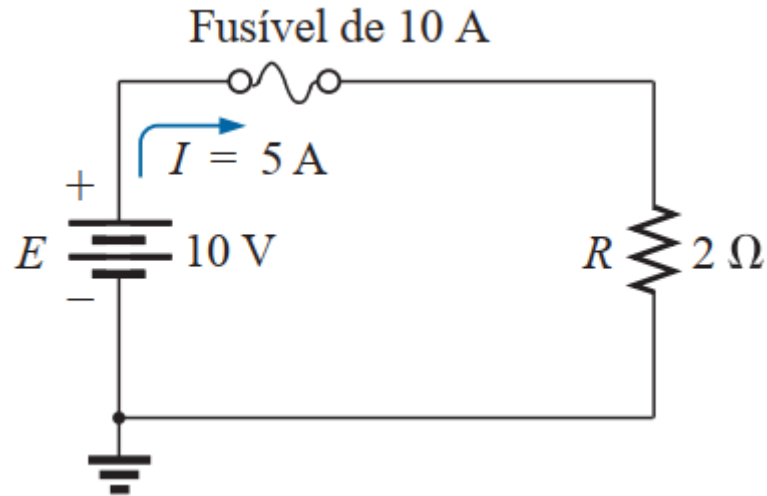
Exemplos de circuitos abertos.

Curto-circuito



$$V = IR = I(0 \, \Omega) = 0 \text{ V.}$$

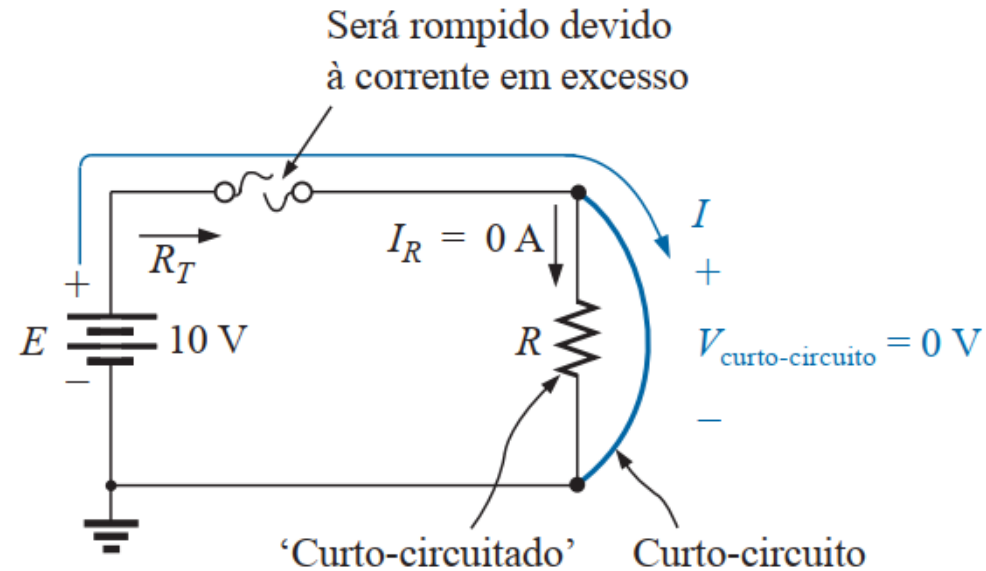
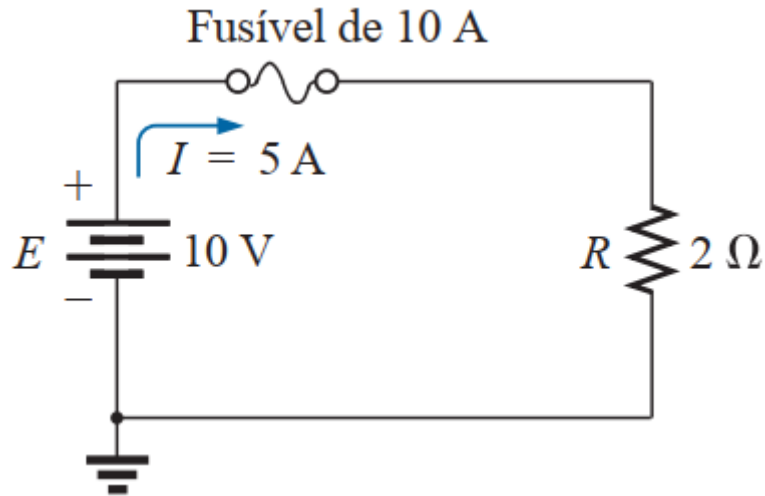
Curto-circuito



Que acontece com a corrente ?

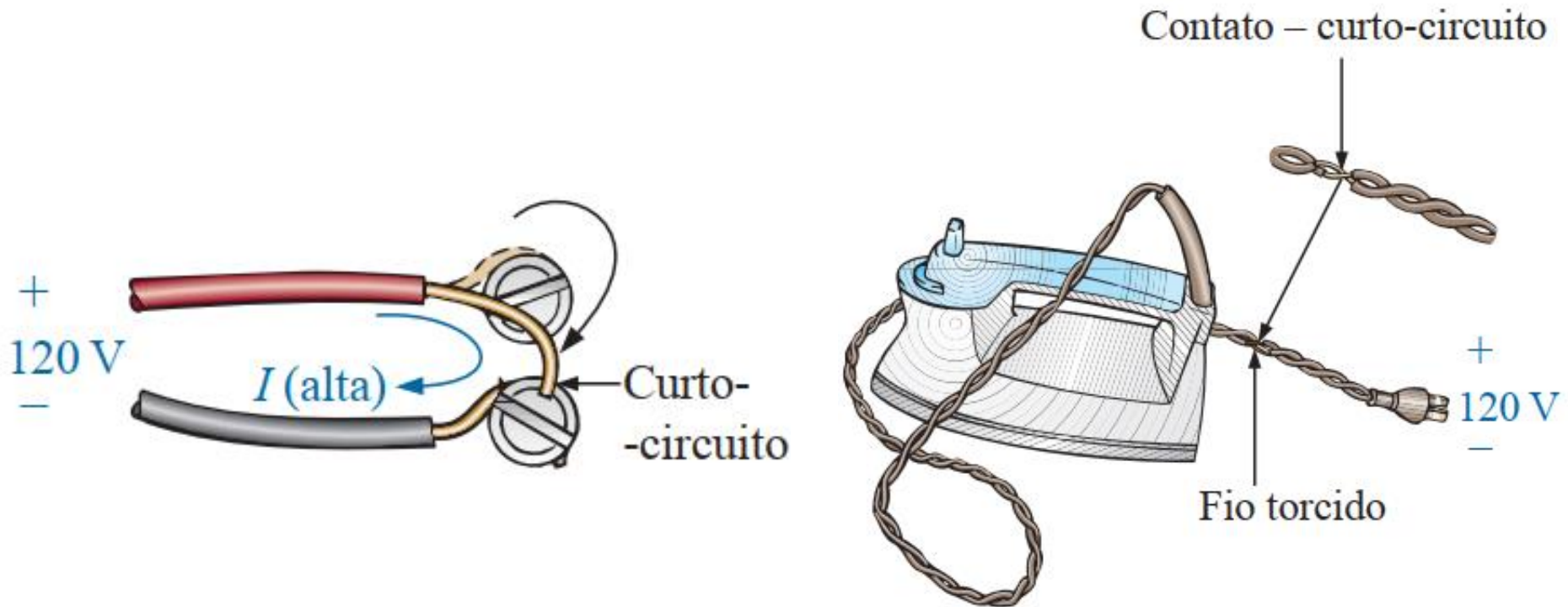


Curto-circuito



$$I = \frac{E}{R} = \frac{10 \text{ V}}{0 \Omega} \rightarrow \infty \text{ A}$$

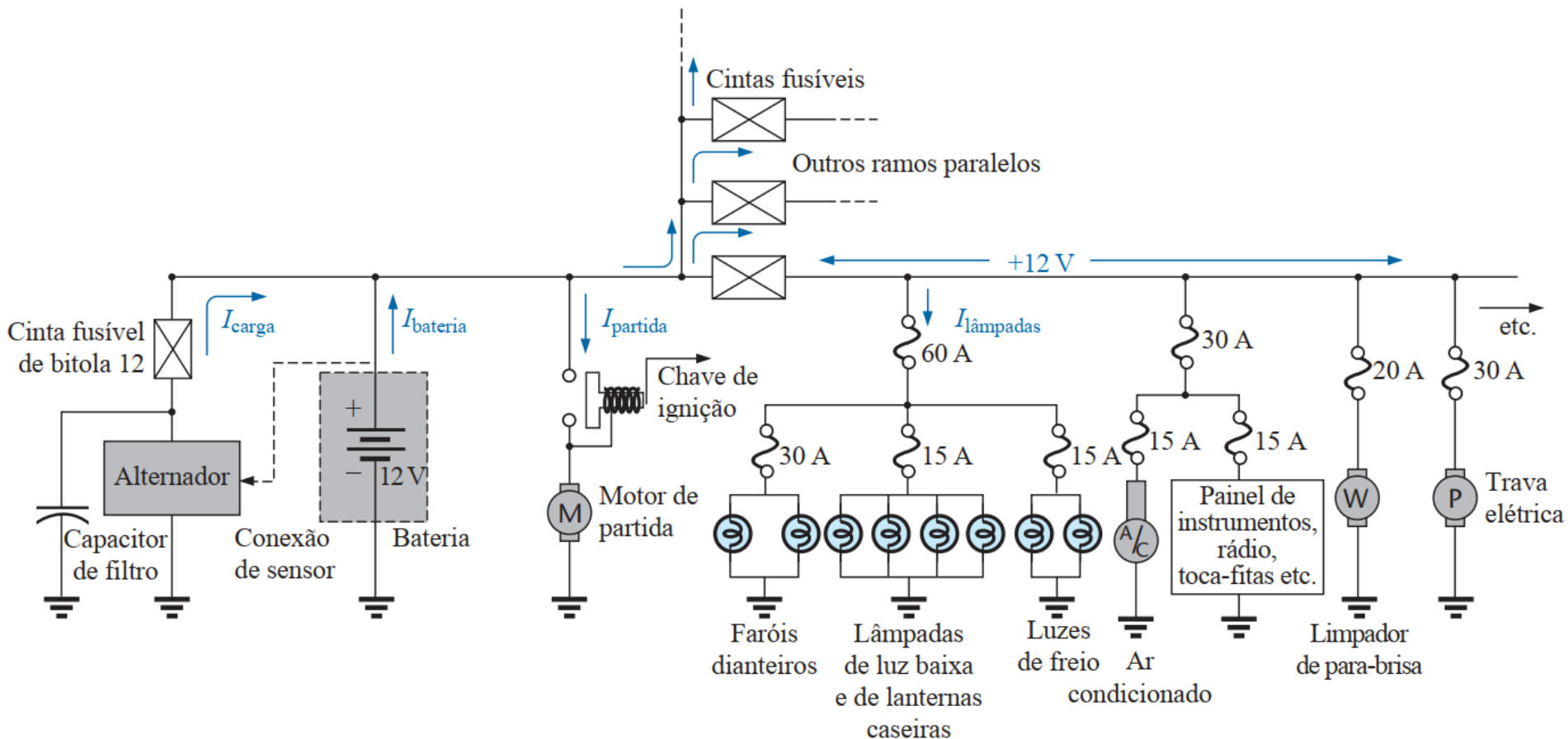
Curto-circuito



Exemplos de curtos-circuitos (não desejados).



Vista expandida do sistema elétrico de um automóvel

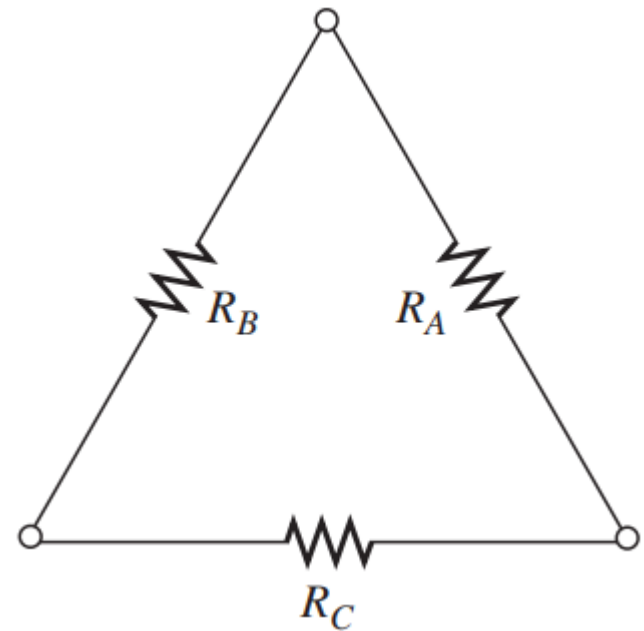
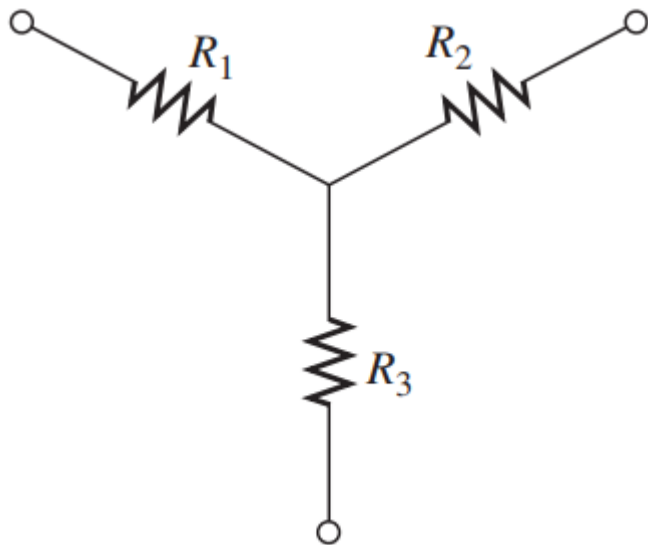




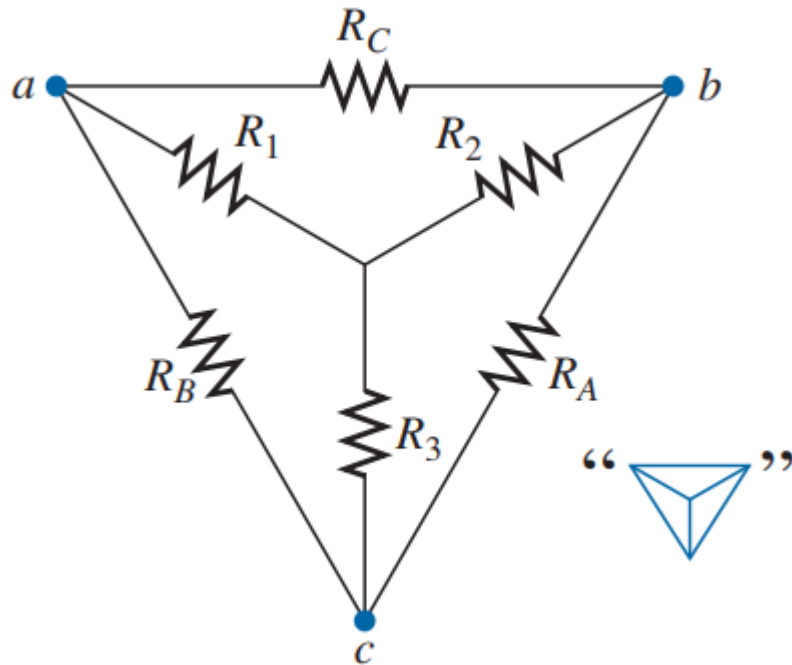
Conversões Y- Δ e Δ -Y



Conversões Y- Δ e Δ -Y



Conversões Y- Δ e Δ -Y



Somente uma dessas configurações pode aparecer de cada vez entre os terminais indicados.

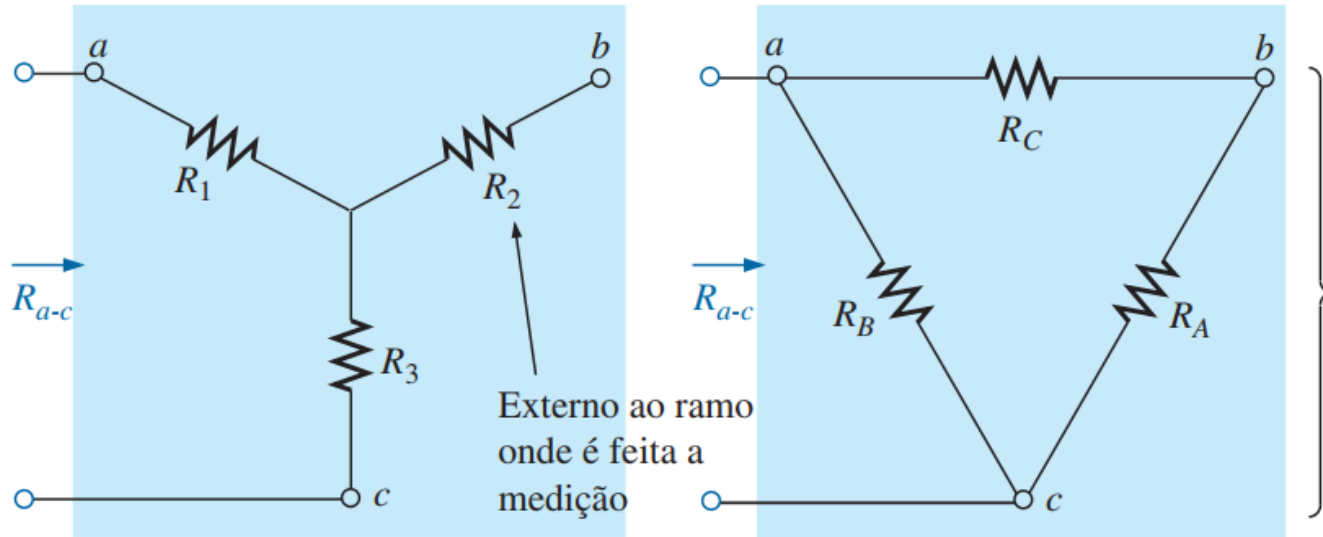
Determinar uma expressão para R_1 , R_2 e R_3 em função de R_A , R_B e R_C , e vice-versa, o que garante que R entre 2 terminais quaisquer da confi

guração Y será a mesma da Δ equivalente (e vice-versa).

Para que os dois circuitos sejam equivalentes, a resistência total entre dois terminais quaisquer precisa ser a mesma.



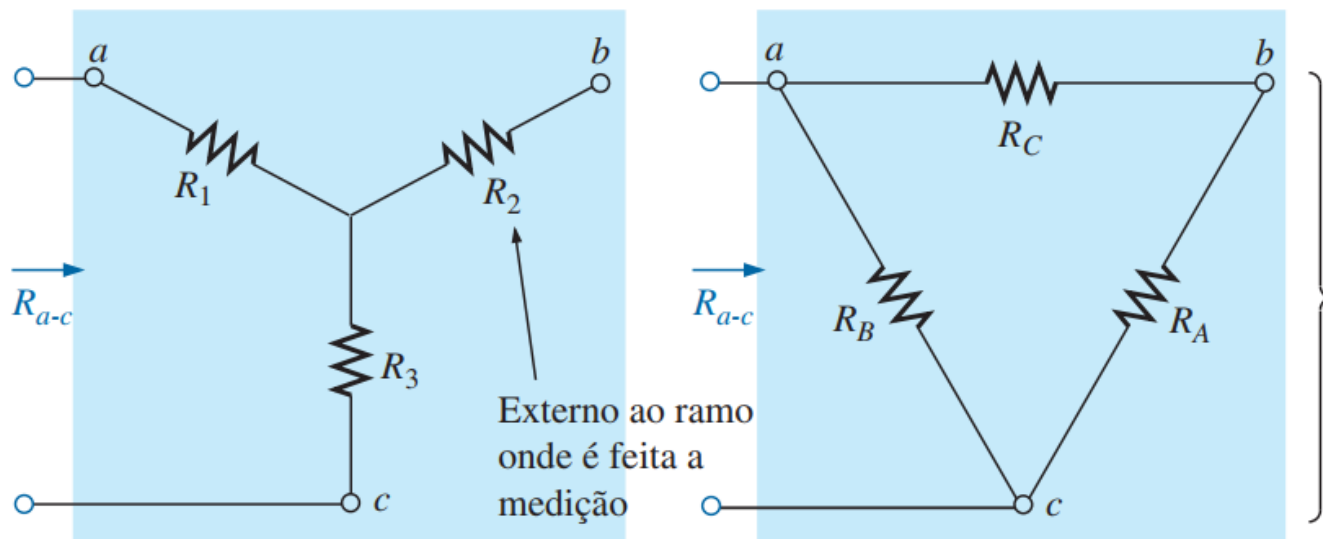
Conversões Y-Δ e Δ-Y



$$R_{a-c}(Y) = R_{a-c}(\Delta)$$



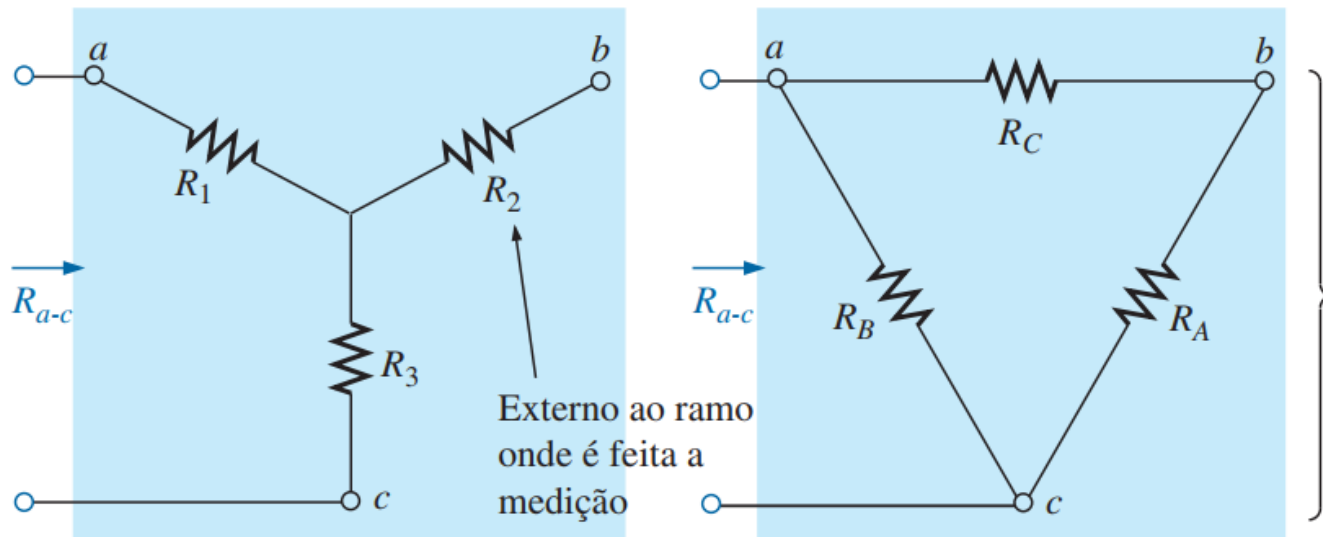
Conversões Y- Δ e Δ -Y



$$R_{a-c}(Y) = R_{a-c}(\Delta)$$

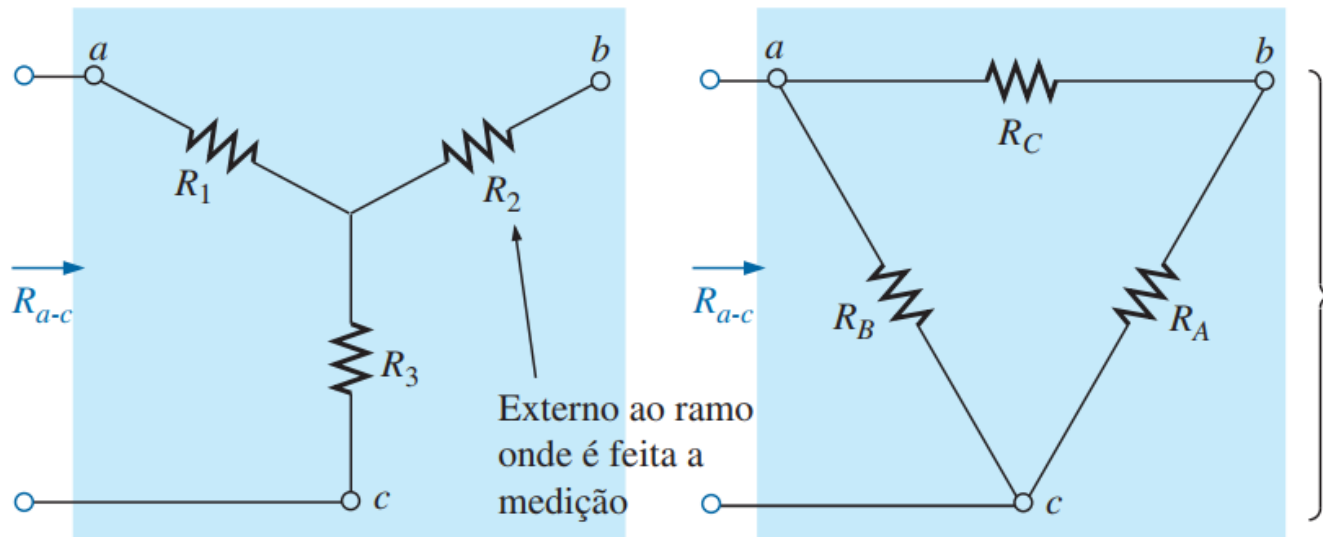
Como ficaria esta relação?

Conversões Y-Δ e Δ-Y



$$R_{a-c}(Y) = R_{a-c}(\Delta) \quad R_{a-c} = R_1 + R_3 = \frac{R_B (R_A + R_C)}{R_B + (R_A + R_C)} \quad (1)$$

Conversões Y-Δ e Δ-Y



$$R_{a-c}(Y) = R_{a-c}(\Delta) \quad R_{a-c} = R_1 + R_3 = \frac{R_B (R_A + R_C)}{R_B + (R_A + R_C)} \quad (1)$$

$$R_{a-b} = R_1 + R_2 = \frac{R_C (R_A + R_B)}{R_C + (R_A + R_B)} \quad (2)$$

$$R_{b-c} = R_2 + R_3 = \frac{R_A (R_B + R_C)}{R_A + (R_B + R_C)} \quad (3)$$



Conversões Y-Δ e Δ-Y

$$R_{a-c} = R_1 + R_3 = \frac{R_B (R_A + R_C)}{R_B + (R_A + R_C)} \quad (1)$$

$$R_{b-c} = R_2 + R_3 = \frac{R_A (R_B + R_C)}{R_A + (R_B + R_C)} \quad (3)$$

$$R_{a-b} = R_1 + R_2 = \frac{R_C (R_A + R_B)}{R_C + (R_A + R_B)} \quad (2)$$

Subtraindo (2) de (1), temos:

$$(R_1 + R_2) - (R_1 + R_3) = \left(\frac{R_C R_B + R_C R_A}{R_A + R_B + R_C} \right) - \left(\frac{R_B R_A + R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} \right)$$

$$R_2 - R_3 = \frac{R_A R_C - R_B R_A}{R_A + R_B + R_C} \quad (4)$$



Conversões Y-Δ e Δ-Y

$$R_{a-c} = R_1 + R_3 = \frac{R_B(R_A + R_C)}{R_B + (R_A + R_C)} \quad (1)$$

$$R_{b-c} = R_2 + R_3 = \frac{R_A(R_B + R_C)}{R_A + (R_B + R_C)} \quad (3)$$

$$R_{a-b} = R_1 + R_2 = \frac{R_C(R_A + R_B)}{R_C + (R_A + R_B)} \quad (2)$$

Subtraindo (2) de (1), temos:

$$(R_1 + R_2) - (R_1 + R_3) = \left(\frac{R_C R_B + R_C R_A}{R_A + R_B + R_C} \right) - \left(\frac{R_B R_A + R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} \right)$$

$$R_2 - R_3 = \frac{R_A R_C - R_B R_A}{R_A + R_B + R_C} \quad (4) \quad \text{Subtraindo (3) de (4), temos:}$$

$$(R_2 + R_3) - (R_2 - R_3) = \left(\frac{R_A R_B + R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} \right) - \left(\frac{R_A R_C - R_B R_A}{R_A + R_B + R_C} \right)$$

$$2R_3 = \frac{2R_B R_A}{R_A + R_B + R_C}$$



Conversões Y-Δ e Δ-Y

$$R_{a-c} = R_1 + R_3 = \frac{R_B(R_A + R_C)}{R_B + (R_A + R_C)} \quad (1)$$

$$R_{b-c} = R_2 + R_3 = \frac{R_A(R_B + R_C)}{R_A + (R_B + R_C)} \quad (3)$$

$$R_{a-b} = R_1 + R_2 = \frac{R_C(R_A + R_B)}{R_C + (R_A + R_B)} \quad (2)$$

Subtraindo (2) de (1), temos:

$$(R_1 + R_2) - (R_1 + R_3) = \left(\frac{R_C R_B + R_C R_A}{R_A + R_B + R_C} \right) - \left(\frac{R_B R_A + R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} \right)$$

$$R_2 - R_3 = \frac{R_A R_C - R_B R_A}{R_A + R_B + R_C} \quad (4) \quad \text{Subtraindo (3) de (4), temos:}$$

$$(R_2 + R_3) - (R_2 - R_3) = \left(\frac{R_A R_B + R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} \right) - \left(\frac{R_A R_C - R_B R_A}{R_A + R_B + R_C} \right)$$

$$2R_3 = \frac{2R_B R_A}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C}$$



Conversões Y- Δ e Δ -Y

$$R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C}$$

Seguindo o mesmo procedimento para R_1 e R_2 , temos:

$$R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

Conversões Y-Δ e Δ-Y

Conversão Δ em Y:

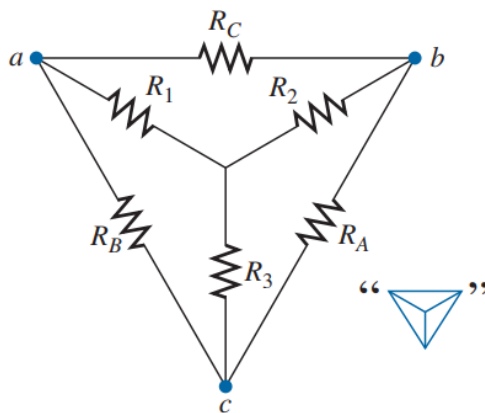
$$R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C}$$

Seguindo o mesmo procedimento para R_1 e R_2 , temos:

$$R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

Cada resistor de Y é igual ao produto dos resistores nos dois ramos mais próximos do Δ dividido pela soma dos resistores do Δ.



Conversões Y- Δ e Δ -Y

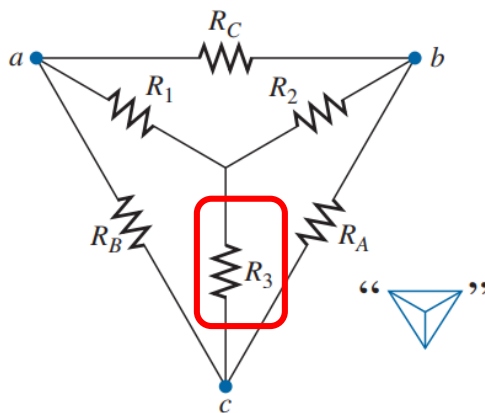
Conversão Δ em Y:

$$R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C}$$

Seguindo o mesmo procedimento para R_1 e R_2 , temos:

$$R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C}$$



Conversões Y-Δ e Δ-Y

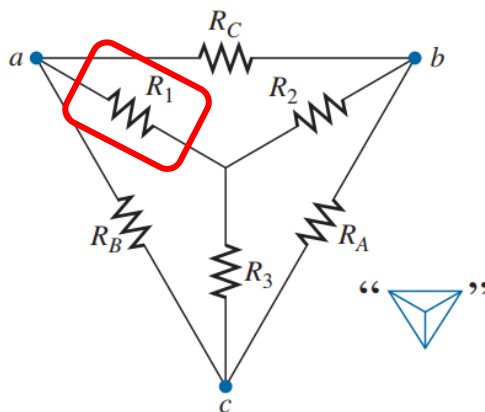
Conversão Δ em Y:

$$R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C}$$

Seguindo o mesmo procedimento para R_1 e R_2 , temos:

$$R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C}$$



Conversões Y- Δ e Δ -Y

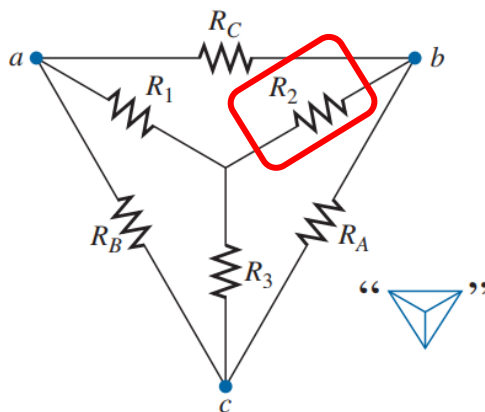
Conversão Δ em Y:

$$R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C}$$

Seguindo o mesmo procedimento para R_1 e R_2 , temos:

$$R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C}$$



Conversões Y-Δ e Δ-Y

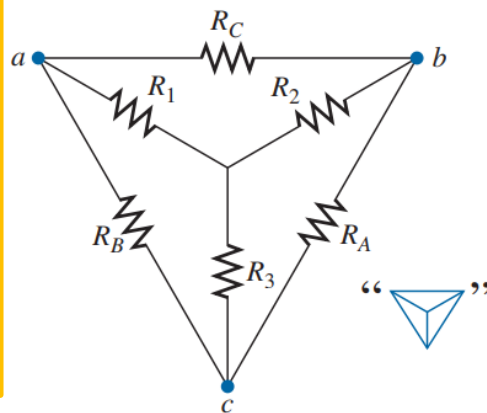
Conversão Y em Δ:

$$R_A = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_1}$$

$$R_B = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_2}$$

$$R_C = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_3}$$

Note que o valor de cada resistor do Δ é igual à soma das possíveis combinações dos produtos das resistências do Y dividida pela resistência do Y mais distante do resistor a ser determinado.

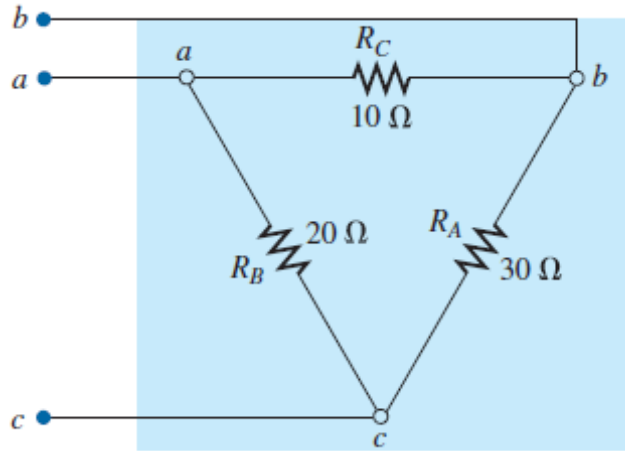




Exemplos:

Conversões Y- Δ e Δ -Y

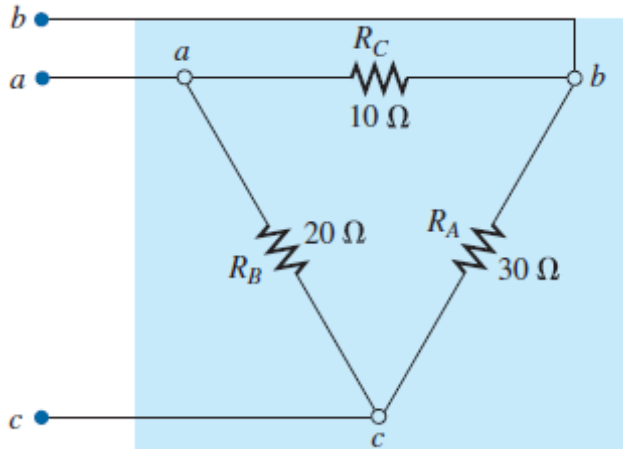
6. Converta o circuito Δ da figura abaixo em um circuito Y.



Exemplos:

Conversões Y-Δ e Δ-Y

6. Converta o circuito Δ da figura abaixo em um circuito Y.



$$R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{(20 \Omega)(10 \Omega)}{30 \Omega + 20 \Omega + 10 \Omega} = \frac{200 \Omega}{60}$$

$$R_1 = 3,33 \Omega$$

$$R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{(30 \Omega)(10 \Omega)}{60 \Omega} = \frac{300 \Omega}{60} = 5 \Omega$$

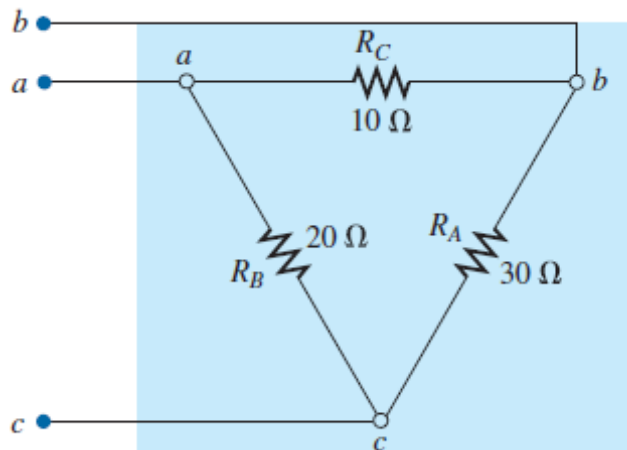
$$R_2 = 5 \Omega$$

$$R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = \frac{(20 \Omega)(30 \Omega)}{60 \Omega} = \frac{600 \Omega}{60} = 10 \Omega$$

$$R_3 = 10 \Omega$$

Exemplos:Conversões Y-Δ e Δ-Y

6. Converta o circuito Δ da figura abaixo em um circuito Y.



$$R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{(20\ \Omega)(10\ \Omega)}{30\ \Omega + 20\ \Omega + 10\ \Omega} = \frac{200\ \Omega}{60}$$

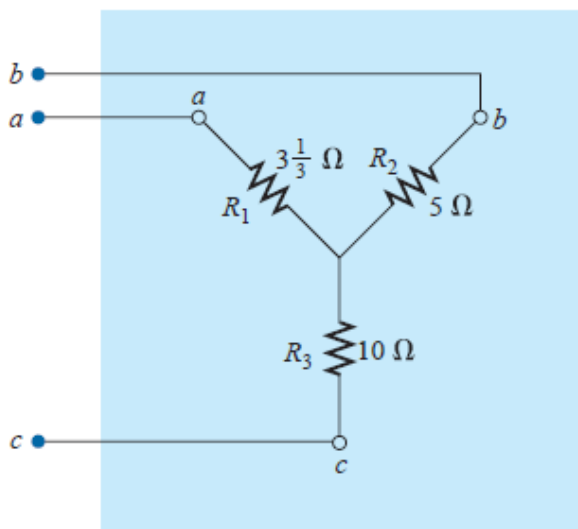
$$R_1 = 3,33\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{(30\ \Omega)(10\ \Omega)}{60\ \Omega} = \frac{300\ \Omega}{60} = 5\ \Omega$$

$$R_2 = 5\ \Omega$$

$$R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = \frac{(20\ \Omega)(30\ \Omega)}{60\ \Omega} = \frac{600\ \Omega}{60} = 10\ \Omega$$

$$R_3 = 10\ \Omega$$



Configuração Y equivalente.



Referências

Boylestad, R., L. Introdução à análise de circuitos, 12nd ed. Pearson, 2012.

Alexader, C. K., Sadiku, M., N., O. Fundamentos Circuitos Elétricos , 5ta ed. Mc Graw Hill, 2013.



Universidade de São Paulo (USP), Escola
de Engenharia de Lorena (EEL),
Curso de Engenharia Física



Obrigado

Prof. Dr. Andy Blanco Rodriguez

andy.blanco@usp.br

**Departamento de Engenharia de Materiais (DEMAR), Sala A 53C, Área II da EEL-USP,
Estrada Chiquito de Aquino, N° 1000, Lorena, São Paulo, Brasil.**