

LOM3206 – ELETRÔNICA

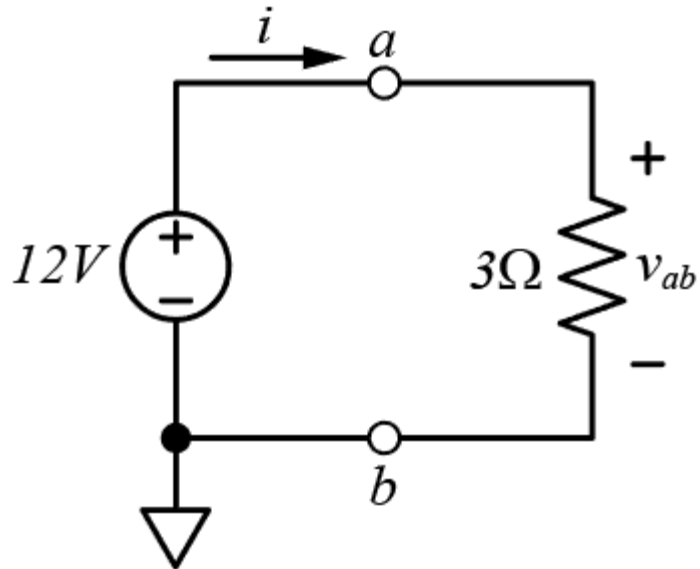
AULA 1

Prof. Dr. Emerson G. Melo

- ❑ Lei de Ohm;
- ❑ Divisores de Tensão e Corrente;
- ❑ Resistência Equivalente Série e Paralela;
- ❑ Análise de Malhas;
- ❑ Análise Nodal;
- ❑ Transformação de Fontes;
- ❑ Teoremas de Thévenin e Norton;
- ❑ Máxima Transferência de Potência.

□ Estabelece a relação entre Tensão, Corrente e Resistência Elétrica.

$$v = iR$$



$$V_a = 12V$$

$$V_b = 0V$$

$$V_{ab} = V_a - V_b$$

$$V_{ab} = 12 - 0$$

$$V_{ab} = 12V$$

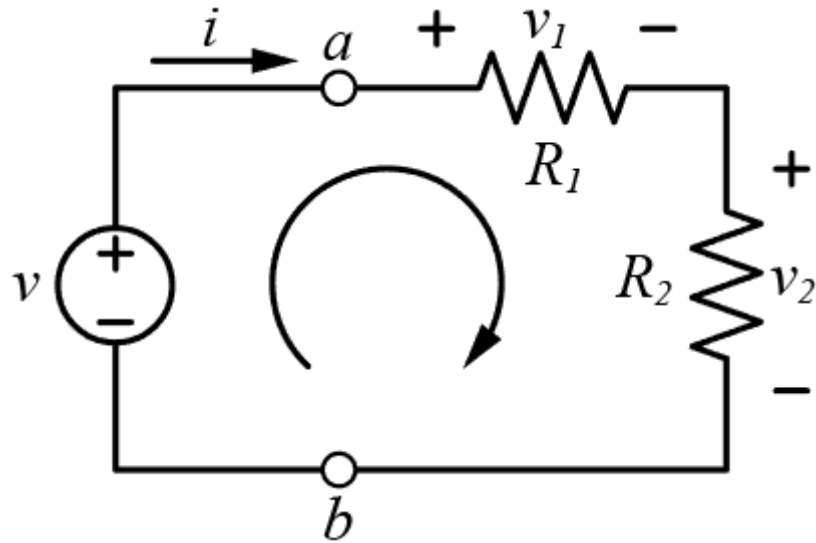
$$V_{ab} = IR_1$$

$$I = \frac{V_{ab}}{R_1}$$

$$I = \frac{12V}{3\Omega}$$

$$I = 4A$$

Divisão de Tensão



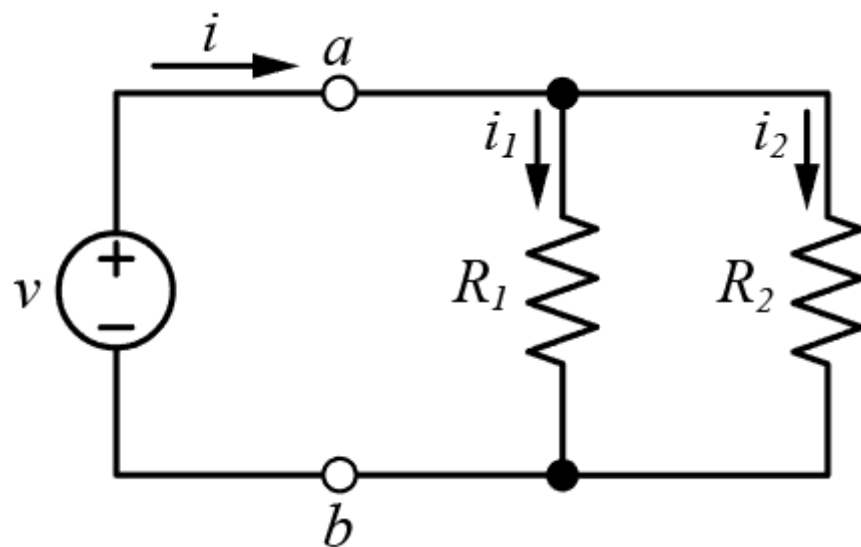
$$v_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v$$

$$v_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v$$

Princípio da Divisão de Tensão

$$v_n = \frac{R_n}{R_1 + R_2 + \dots + R_N} v$$

Divisão de Corrente



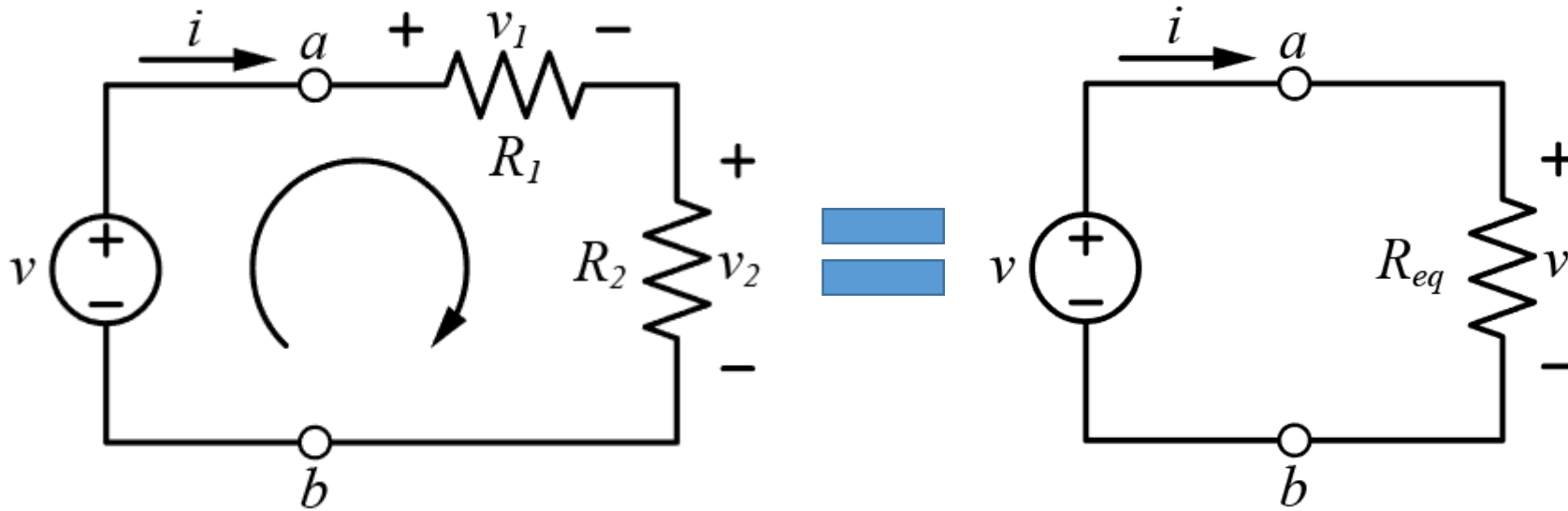
$$i_1 = i \frac{G_1}{G_1 + G_2}$$

$$i_2 = i \frac{G_2}{G_1 + G_2}$$

Princípio da Divisão de Corrente

$$i_n = \frac{G_n}{G_1 + G_2 + \dots + G_N} i$$

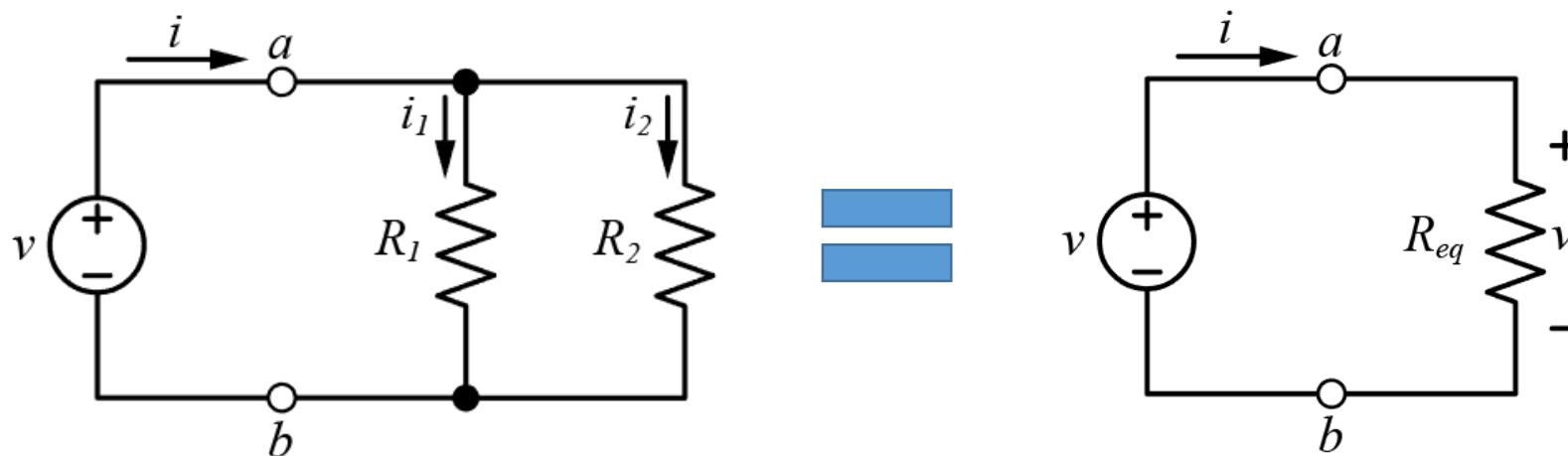
Resistência Equivalente Série



Resistência Equivalente Série

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \cdots + R_N$$

Resistência Equivalente Paralela



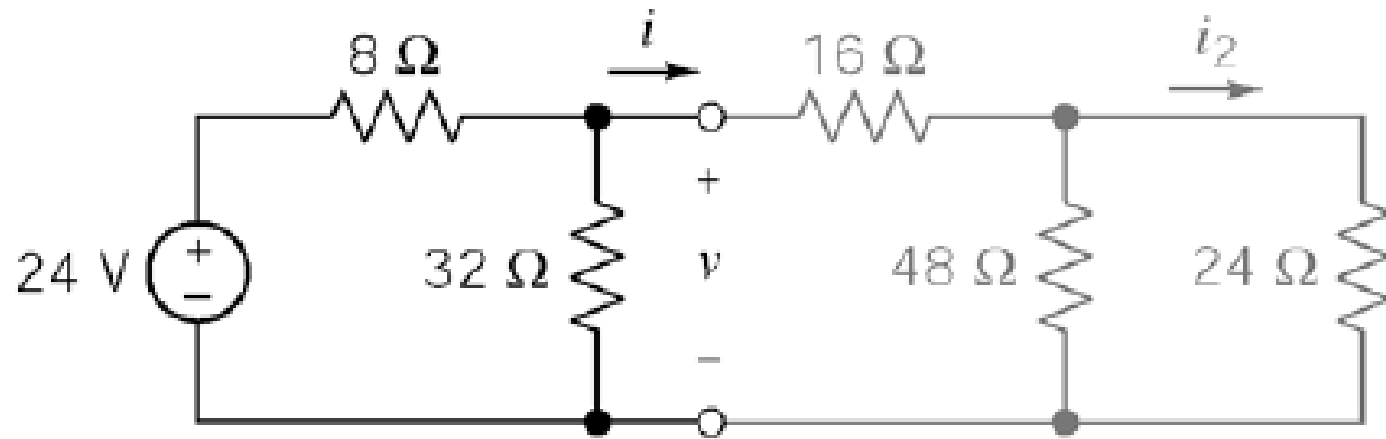
Resistência Equivalente Paralela

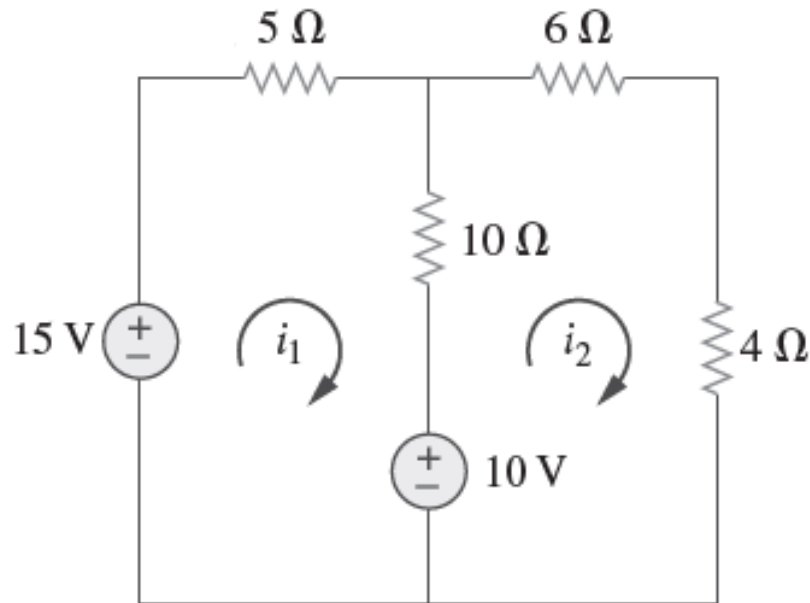
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_N}$$

$$G_{eq} = G_1 + G_2 + \cdots + G_N$$

Lei de Ohm

□ Calcular os parâmetros indicados.





Malha 1

$$(5 + 10)i_1 - 10i_2 + 10 - 15 = 0$$

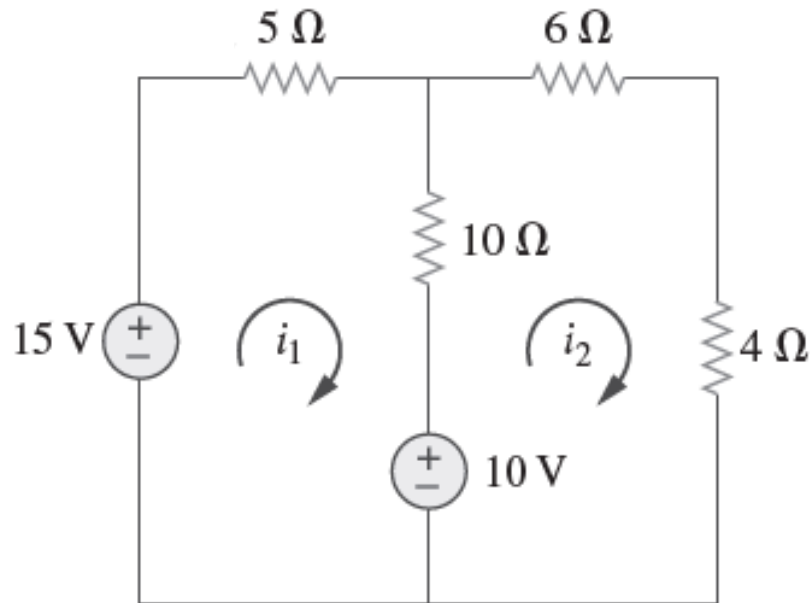
Somatória das resistências da malha 1
multiplicado pela corrente de malha 1

Malha 2

$$(6 + 4 + 10)i_2 - 10i_1 - 10 = 0$$

Somatória das resistências da malha 2
multiplicado pela corrente de malha 2

Análise de Malhas por Inspeção



Malha 1

$$(5 + 10)i_1 - 10i_2 + 10 - 15 = 0$$

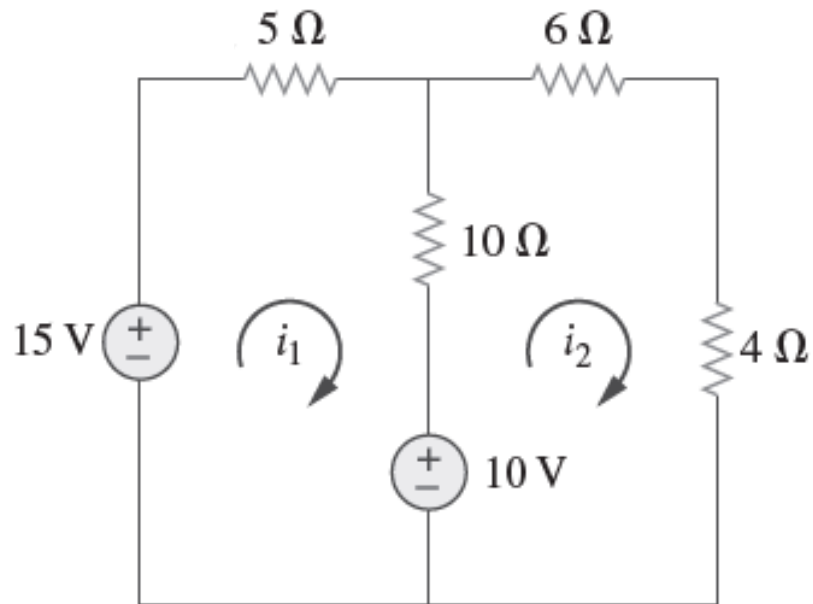
Subtração da tensão (resistência x corrente de malha) do elemento comum à malha adjacente

Malha 2

$$(6 + 4 + 10)i_2 - 10i_1 - 10 = 0$$

Subtração da tensão (resistência x corrente de malha) do elemento comum à malha adjacente

Análise de Malhas por Inspeção



Malha 1

$$(5 + 10)i_1 - 10i_2 + 10 - 15 = 0$$

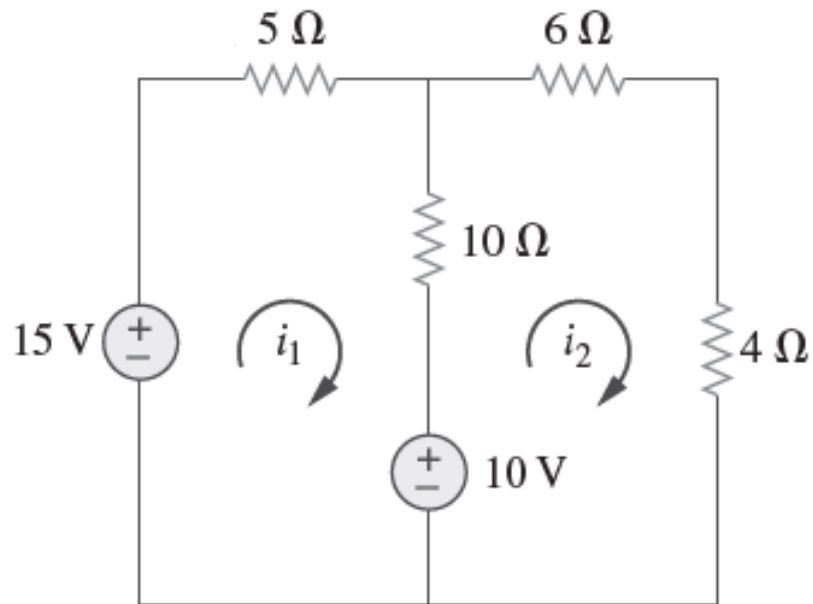
Inserção das fontes de tensão obedecendo o sentido da corrente de malha

Malha 2

$$(6 + 4 + 10)i_2 - 10i_1 - 10 = 0$$

Inserção das fontes de tensão obedecendo o sentido da corrente de malha

Análise de Malhas por Inspeção



Malha 1

$$(5 + 10)i_1 - 10i_2 + 10 - 15 = 0$$

$$15i_1 - 10i_2 = 5$$

Malha 2

$$(6 + 4 + 10)i_2 - 10i_1 - 10 = 0$$

$$20i_2 - 10i_1 = 10$$

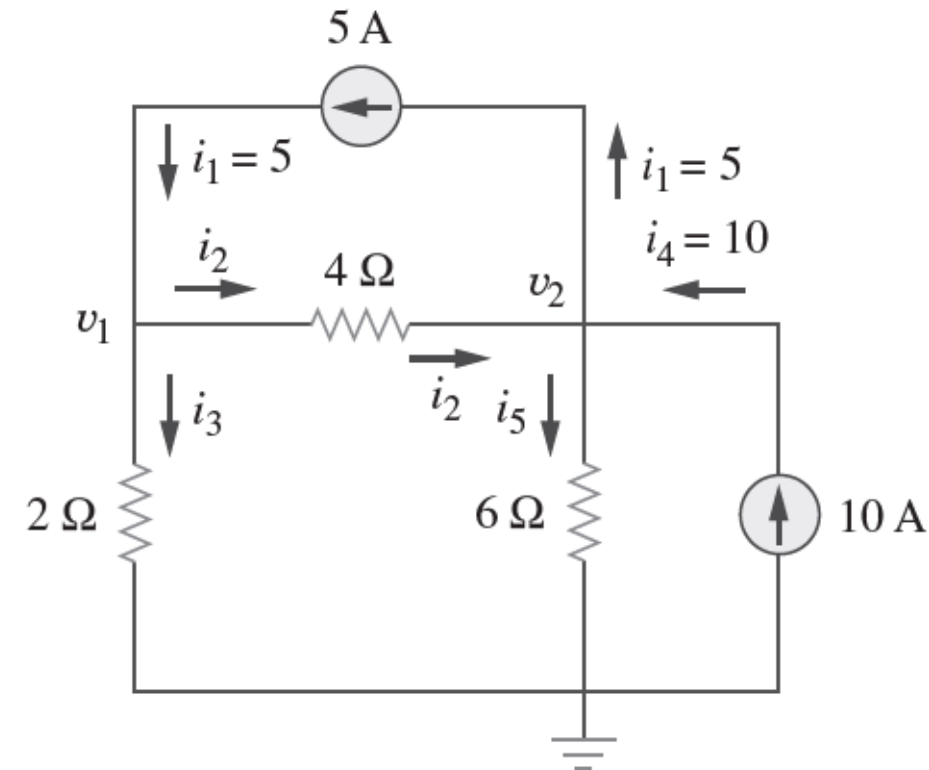
$$15i_1 - 10i_2 = 5$$

$$i_1 = 1 A$$

$$-10i_1 + 20i_2 = 10$$

$$i_2 = 1 A$$

Análise Nodal por Inspeção



Nó 1

$$v_1 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right) - v_2 \frac{1}{4} = 5$$

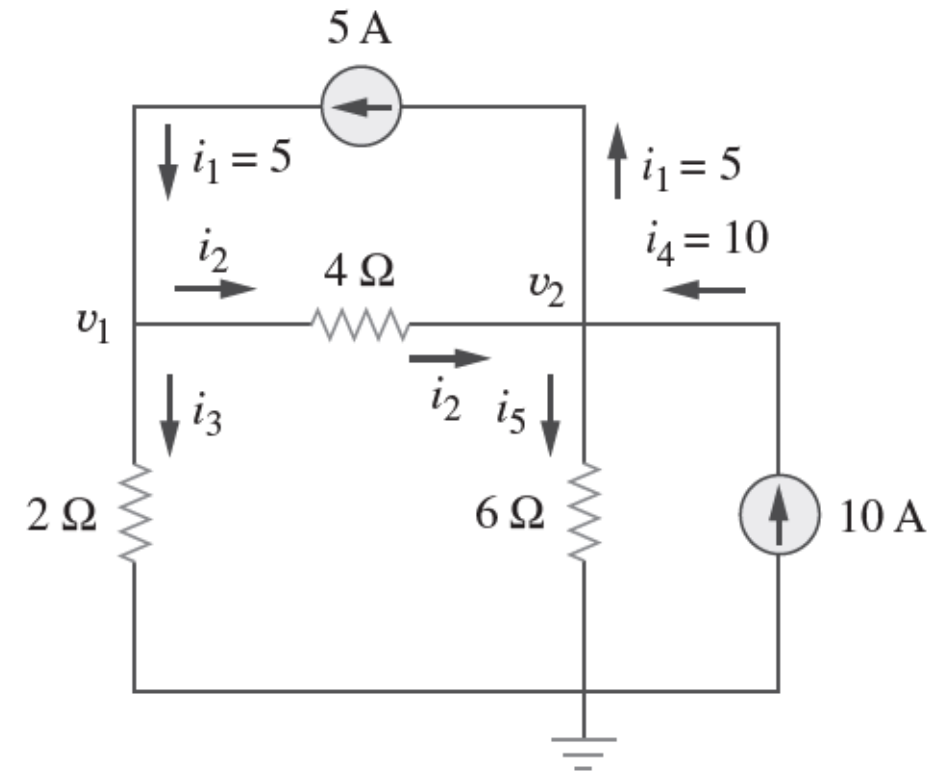
Somatória do produto da tensão nodal pelas condutâncias conectadas ao nó 1

Nó 2

$$v_2 \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{4} \right) - v_1 \frac{1}{4} = 10 - 5$$

Somatória do produto da tensão nodal pelas condutâncias conectadas ao nó 2

Análise Nodal por Inspeção



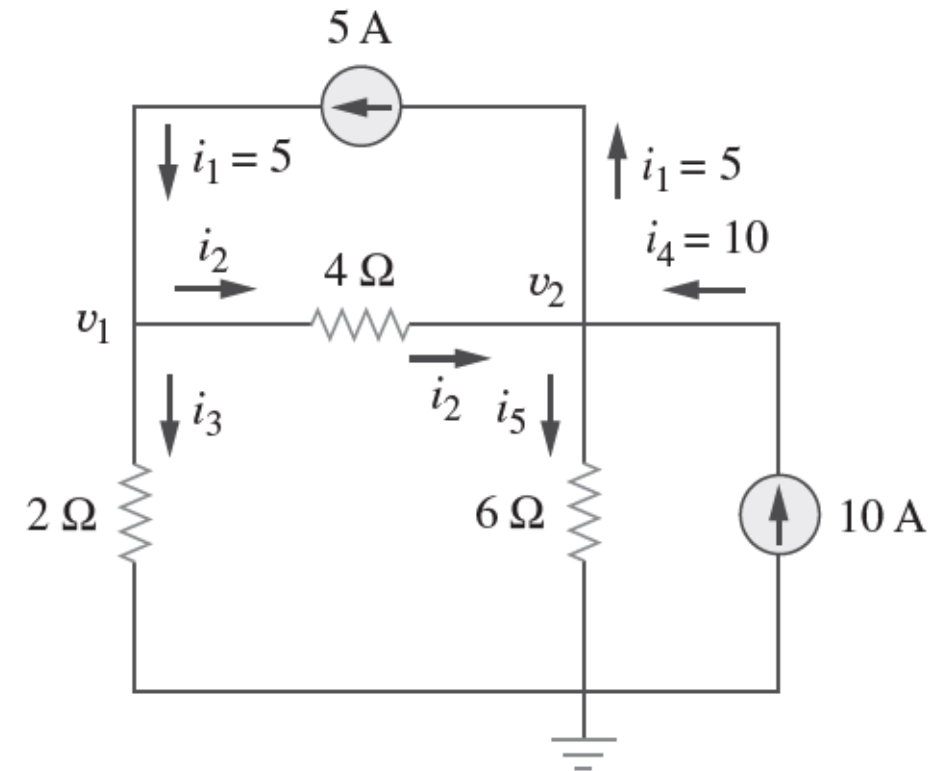
Nó 1 $v_1 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right) - v_2 \frac{1}{4} = 5$

Subtração do produto entre a tensão nodal e a condutâncias conectadas aos nós adjacentes

Nó 2 $v_2 \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{4} \right) - v_1 \frac{1}{4} = 10 - 5$

Subtração do produto entre a tensão nodal e a condutâncias conectadas aos nós adjacentes

Análise Nodal por Inspeção



Nó 1

$$v_1 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right) - v_2 \frac{1}{4} = 5$$

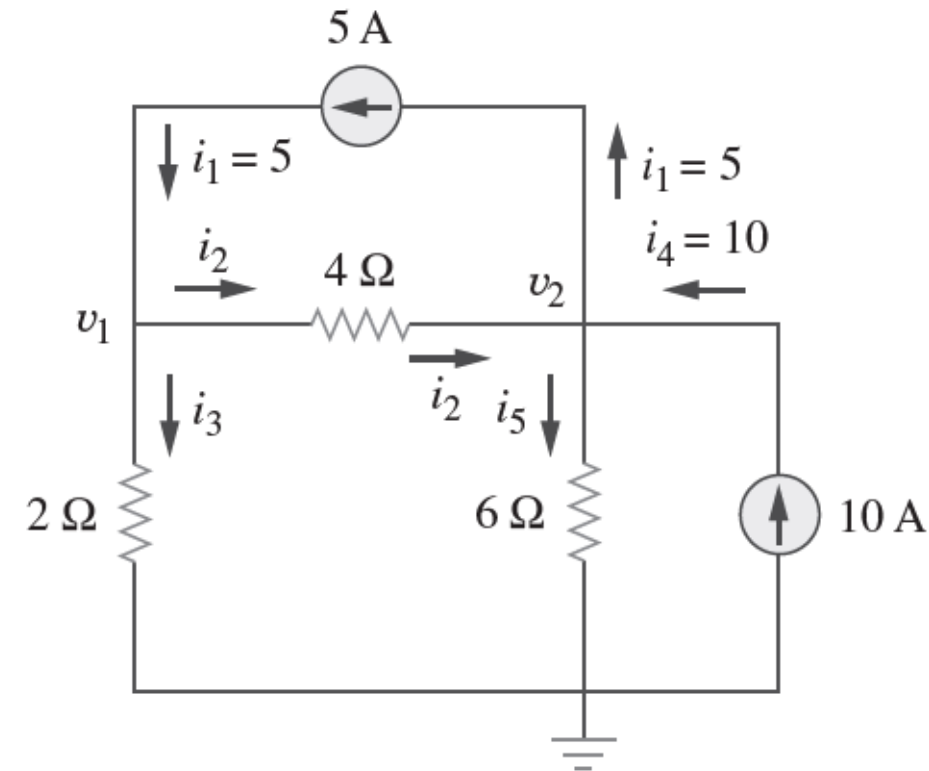
Inserção das fontes de corrente conectadas ao nó 1 obedecendo o sentido das fontes de corrente

Nó 2

$$v_2 \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{4} \right) - v_1 \frac{1}{4} = 10 - 5$$

Inserção das fontes de corrente conectadas ao nó 2 obedecendo o sentido das fontes de corrente

Análise Nodal por Inspeção



Nó 1 $v_1 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right) - v_2 \frac{1}{4} = 5$

$$\frac{3}{4} v_1 - \frac{1}{4} v_2 = 5$$

$$\frac{3}{4} v_1 - \frac{1}{4} v_2 = 5$$

$$-\frac{1}{4} v_1 + \frac{5}{12} v_2 = 5$$

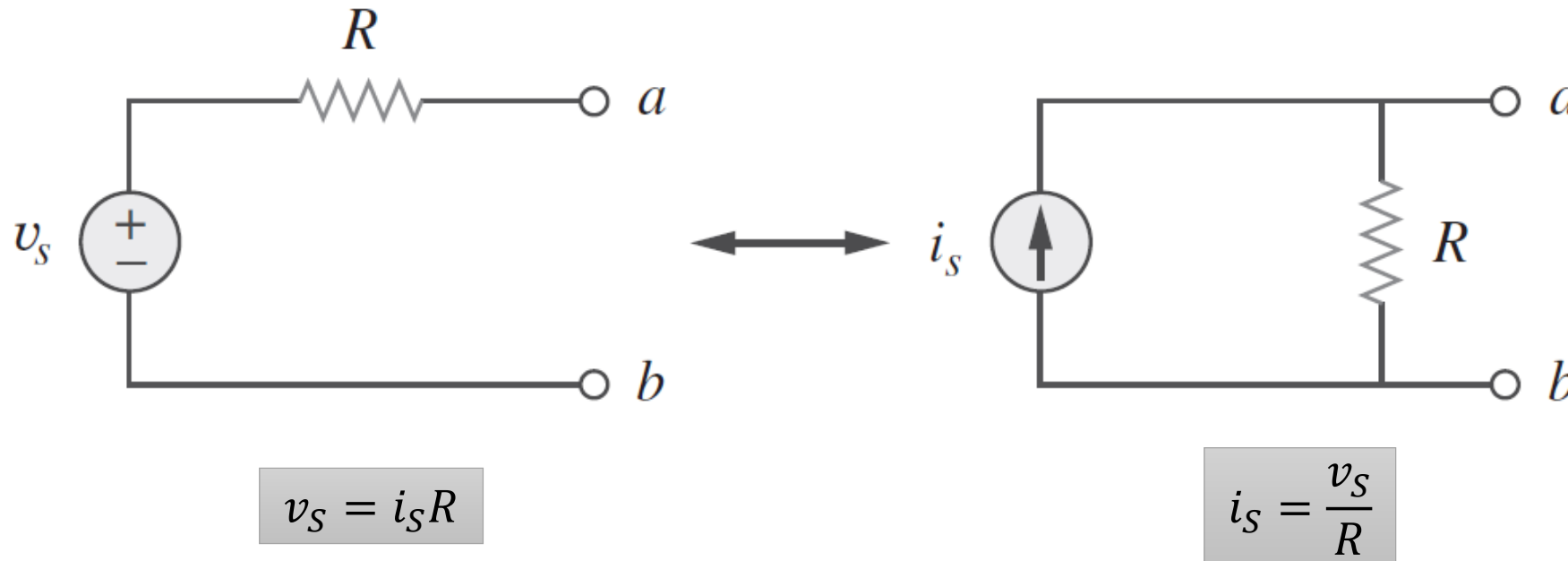
Nó 2 $v_2 \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{4} \right) - v_1 \frac{1}{4} = 10 - 5$

$$\frac{5}{12} v_2 - \frac{1}{4} v_1 = 5$$

$$v_1 = 13,33 \text{ V}$$

$$v_2 = 20 \text{ V}$$

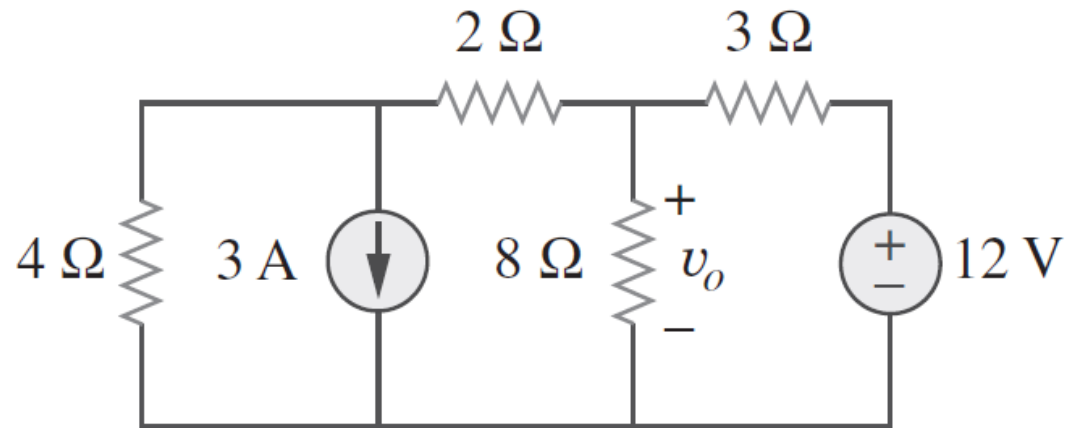
- ❑ Processo de substituir uma fonte de tensão v_S em série com um resistor R por uma fonte de corrente i_S em paralelo com um resistor R , ou vice-versa.



Não é possível realizar conversões entre fontes de tensão ($R = 0$) ou corrente ($R = \infty$) ideais

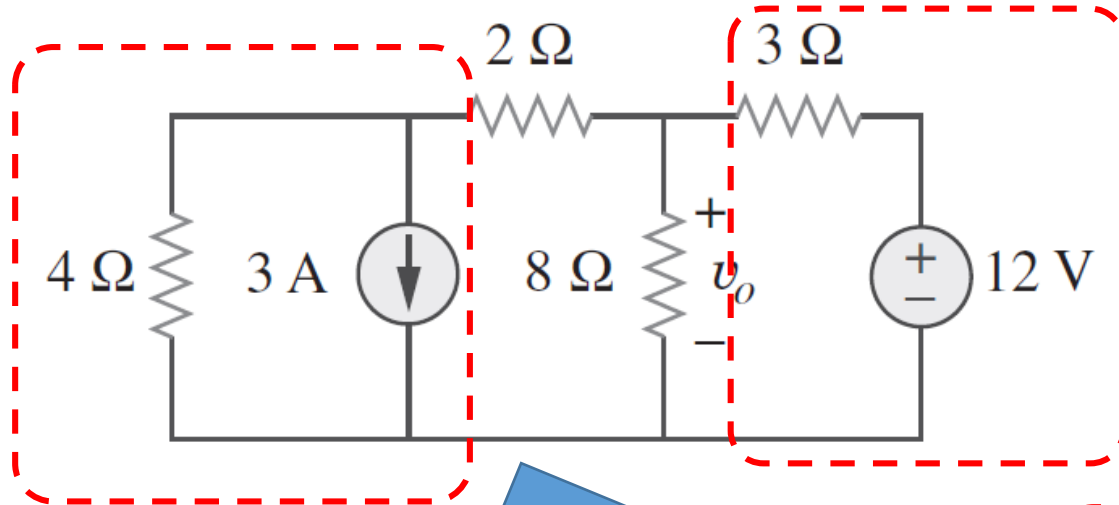
Transformação de Fontes: Exemplo

❑ Usando transformação de fontes encontrar o valor de v_o .



Transformação de Fontes: Exemplo

❑ Usando transformação de fontes encontrar o valor de v_o .



$$v_S = i_S R$$

$$v_S = 3 \times 4$$

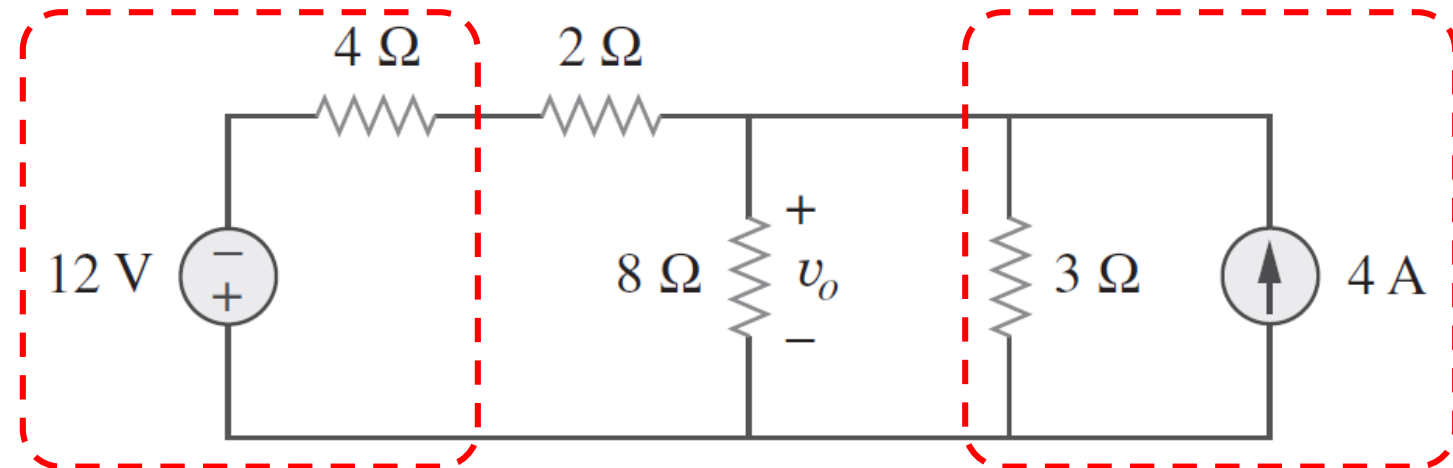
$$v_S = 12 \text{ V}$$

$$i_S = \frac{v_S}{R}$$

$$i_S = \frac{12}{3}$$

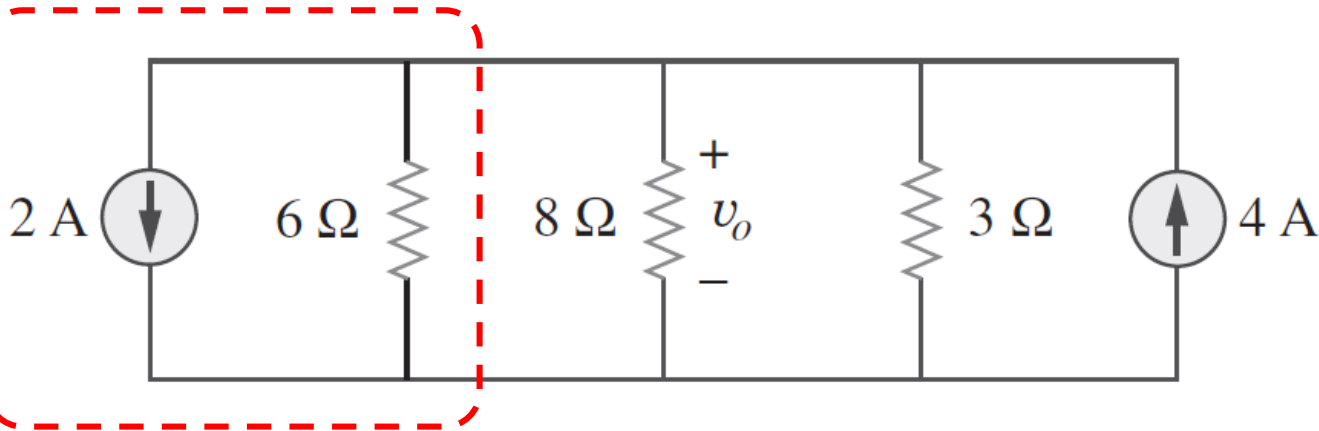
$$i_S = 4 \text{ A}$$

Atenção ao sentido da corrente para determinar a posição dos terminais + e -



Transformação de Fontes: Exemplo

❑ Usando transformação de fontes encontrar o valor de v_o .

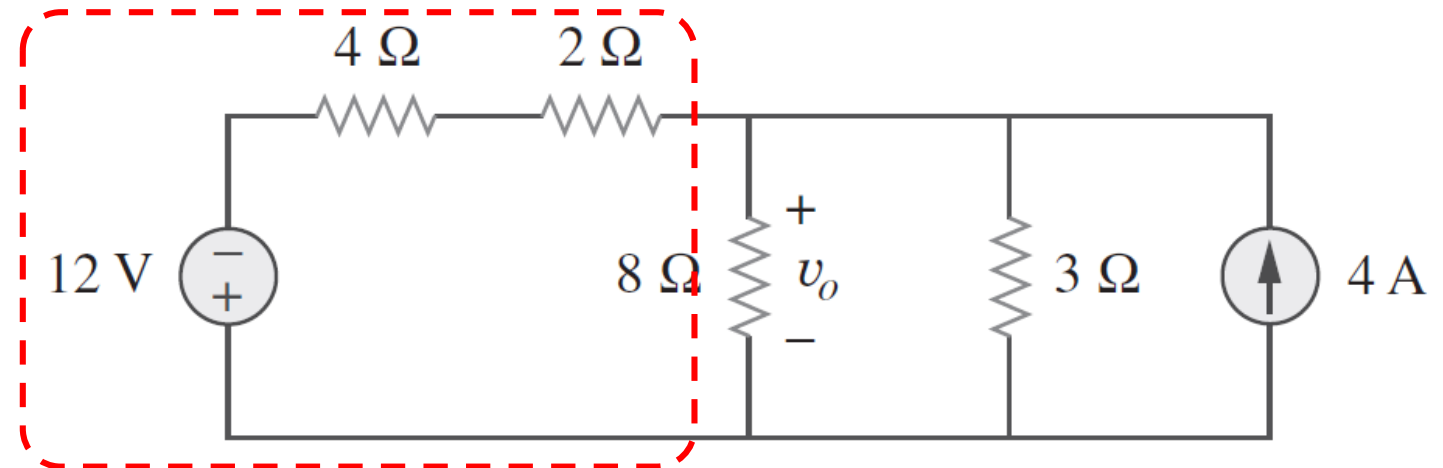


$$i_s = \frac{v_s}{R}$$

$$i_s = \frac{12}{4 + 2}$$

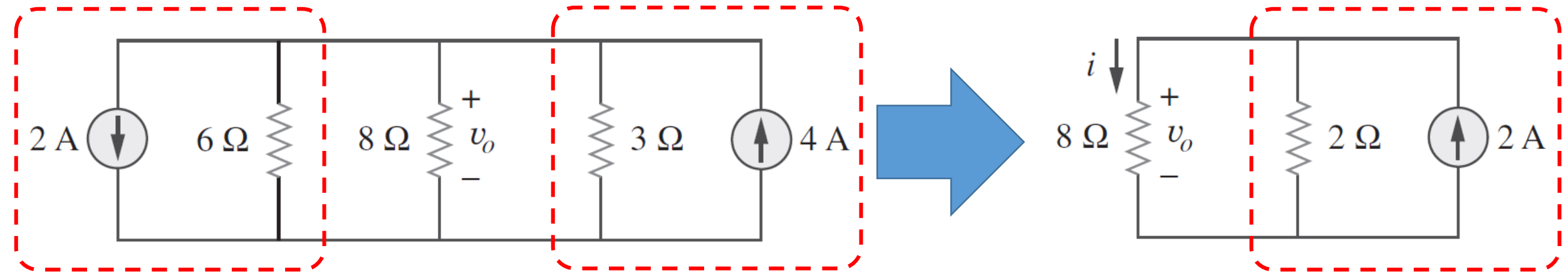
$$i_s = 2 \text{ A}$$

Atenção com a posição dos terminais + e - para determinar o sentido da corrente



Transformação de Fontes: Exemplo

Usando transformação de fontes encontrar o valor de v_0 .



$$4\text{ A} - 2\text{ A} = 2\text{ A}$$

$$R_{eq} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2\ \Omega$$

$$i = \frac{\frac{1}{8}}{\frac{1}{8} + \frac{1}{2}} 2$$

$$i = \frac{\frac{1}{8}}{\frac{5}{8}} 2$$

$$i = \frac{8}{40} 2$$

$$i = \frac{4}{10}$$

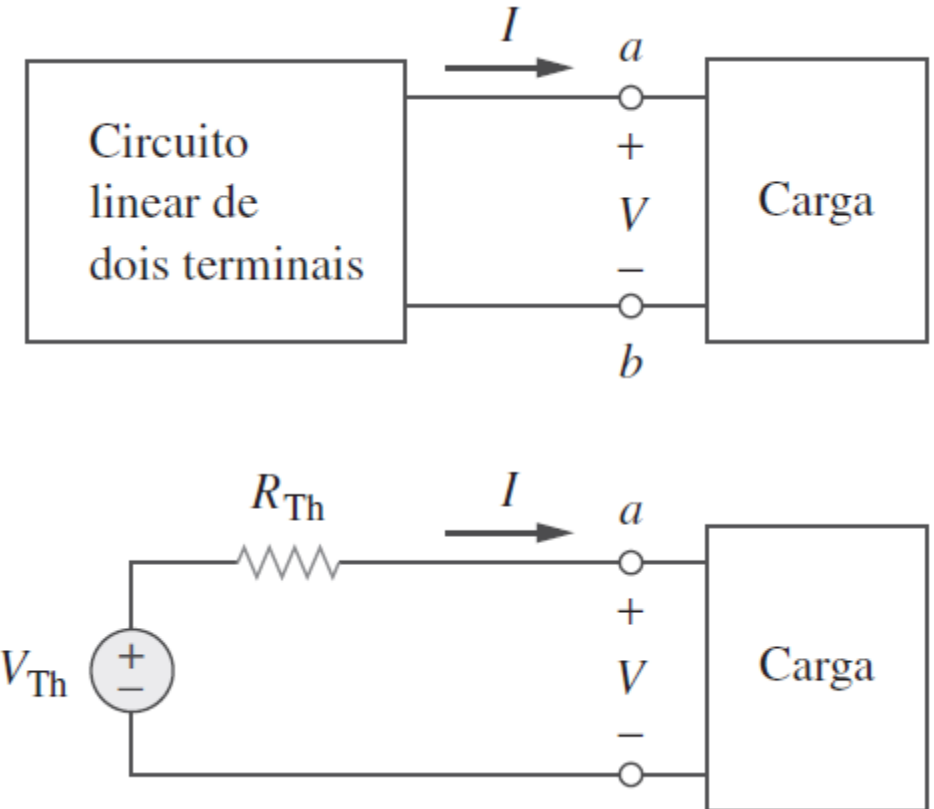
$$i = 0,4\text{ A}$$

$$v_0 = 0,4\text{ A} \times 8\ \Omega$$

$$v_0 = 3,2\text{ V}$$

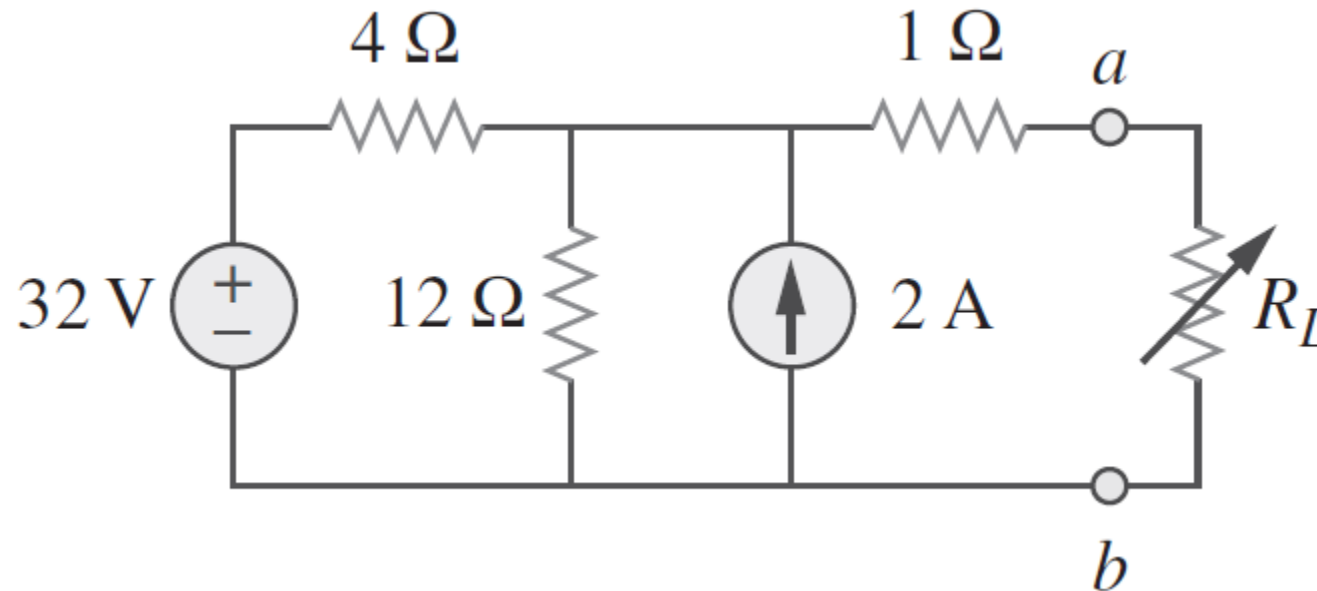
Teorema de Thévenin

- ❑ O teorema de Thévenin afirma que um circuito linear de dois terminais pode ser substituído por um circuito equivalente formado por uma fonte de tensão V_{Th} em série com um resistor R_{Th} , onde V_{Th} é a tensão de circuito aberto nos terminais e R_{Th} , a resistência de entrada ou resistência equivalente nos terminais quando as fontes independentes forem desativadas;
- ❑ Muito útil para analisar circuitos com cargas variáveis, pois evita a necessidade de analisar todo o circuito sempre que a carga é alterada.



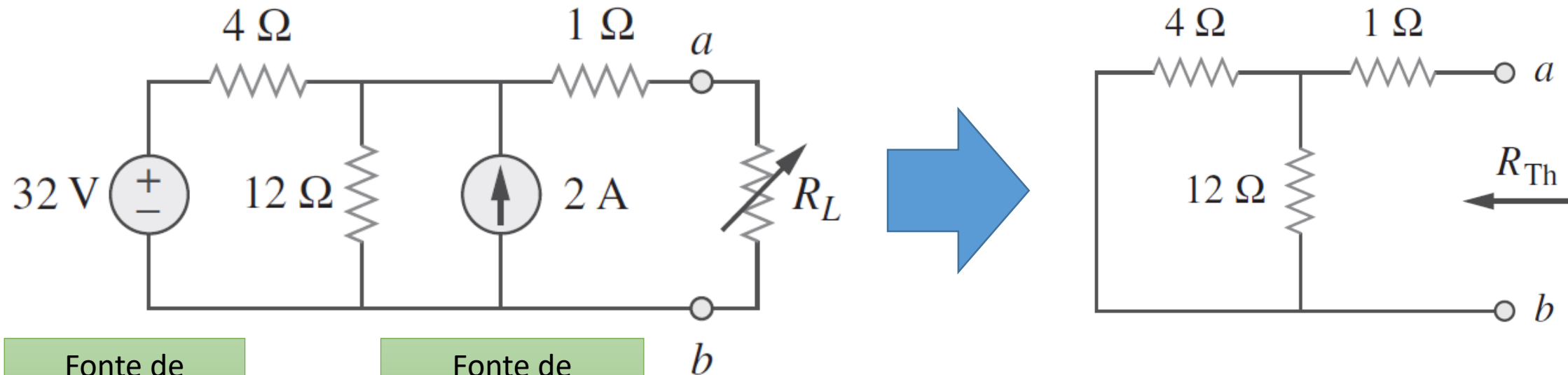
Teorema de Thévenin: Exemplo

- Determinar o circuito equivalente de Thévenin e calcular a corrente através de $R_L = 6\Omega$ e $R_L = 36\Omega$.



Teorema de Thévenin: Exemplo

- ❑ 1 – Desativar as fontes independentes de tensão ou corrente e calcular o valor de R_{Th} .



Fonte de
tensão em 0 V
(curto-circuito)

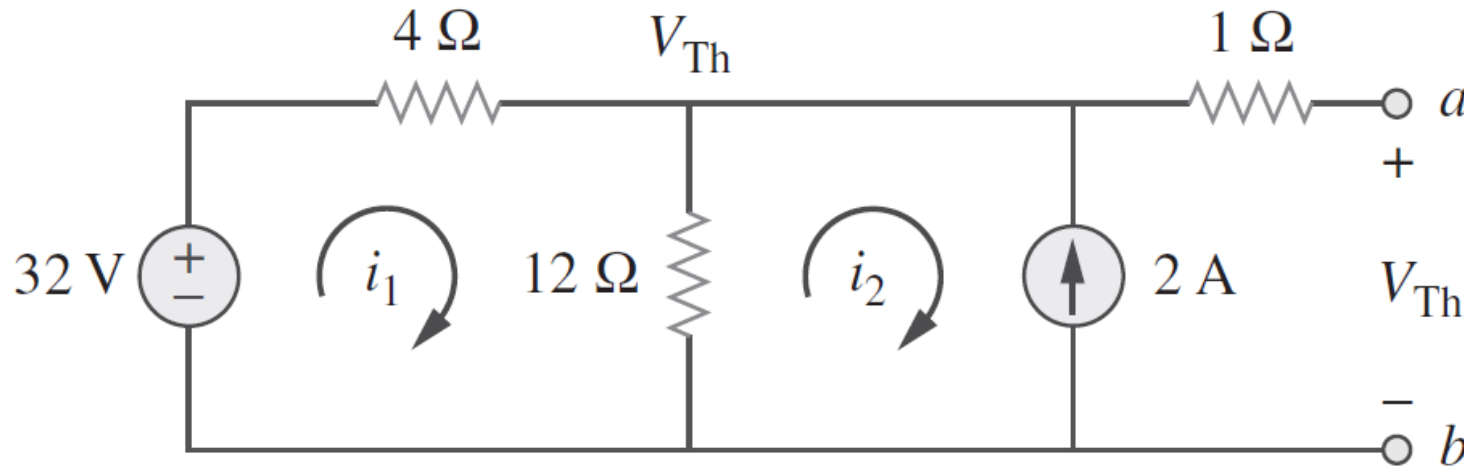
Fonte de
corrente em 0 A
(circuito aberto)

$$R_{Th} = 1 + \frac{4 \times 12}{4 + 12} = 1 + \frac{48}{16} = 1 + 3$$

$$R_{Th} = 4\Omega$$

Teorema de Thévenin: Exemplo

- 2 – Considerando o efeito de todas as fontes, calcular a tensão de circuito aberto entre os terminais a e b .



$$i_2 = -2$$

$$V_{Th} = 12(i_1 - i_2)$$

$$(4 + 12)i_1 - 12i_2 - 32 = 0$$

$$V_{Th} = 12 \times (0,5 + 2)$$

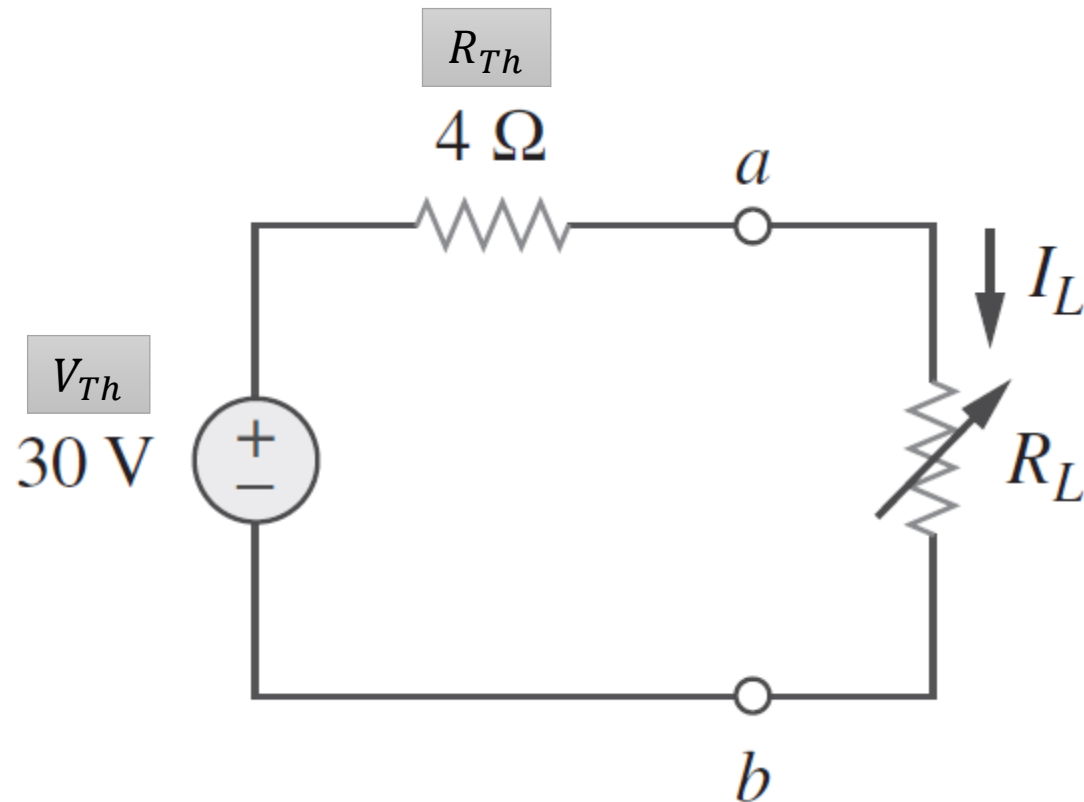
$$16i_1 - 12 \times (-2) = 32$$

$$V_{Th} = 30 \text{ V}$$

$$i_1 = \frac{8}{16} = 0,5 \text{ A}$$

Teorema de Thévenin: Exemplo

- Determinar o circuito equivalente de Thévenin e calcular a corrente através de $R_L = 6\Omega$ e $R_L = 36\Omega$.



$$R_L = 6\Omega$$

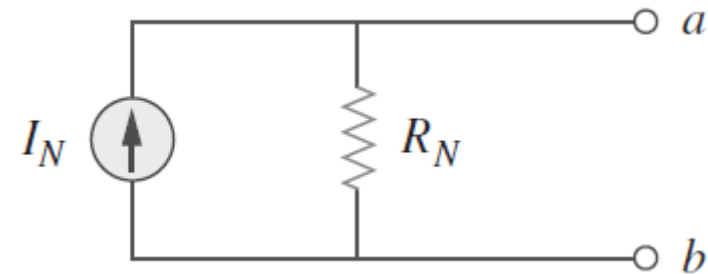
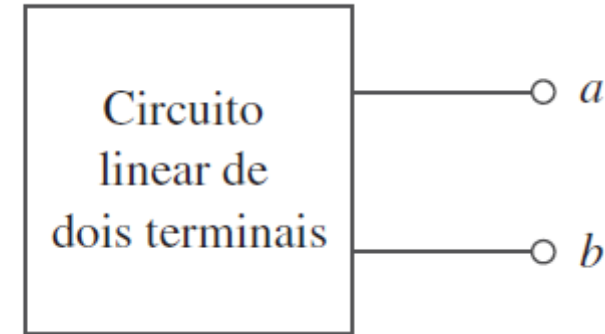
$$I_L = \frac{V_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{30}{4 + 6} = 3\text{ A}$$

$$R_L = 36\Omega$$

$$I_L = \frac{V_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{30}{4 + 36} = 0,75\text{ A}$$

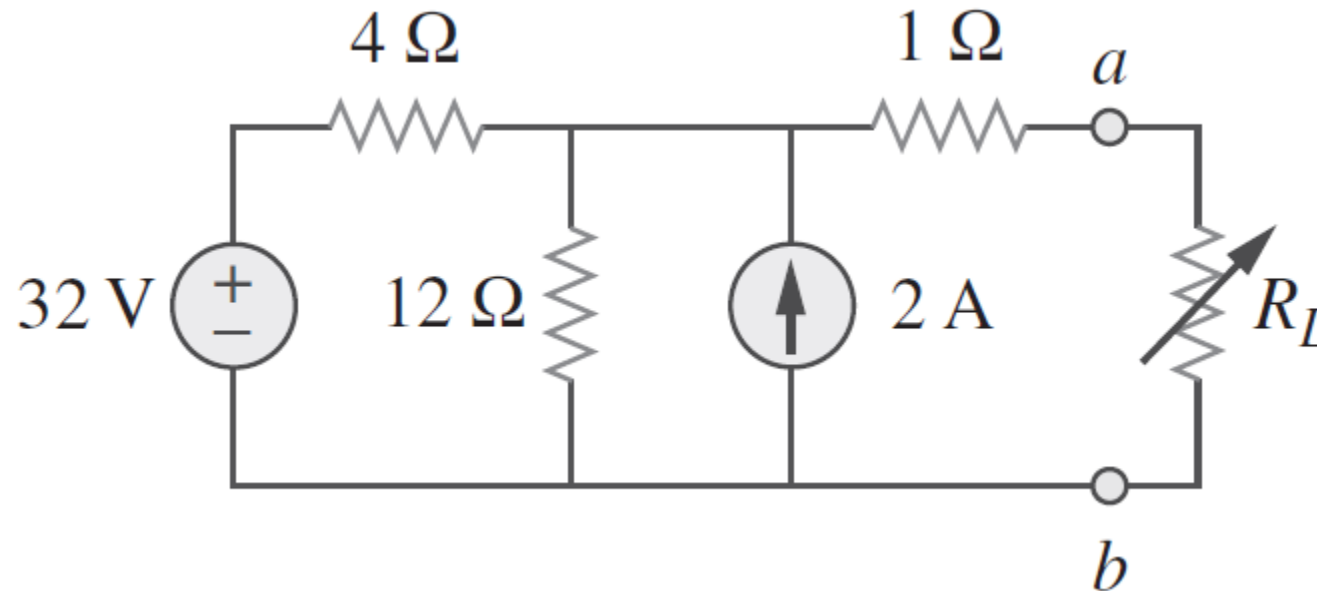
Teorema de Norton

- ❑ O teorema de Norton afirma que um circuito linear de dois terminais pode ser substituído por um circuito equivalente formado por uma fonte de corrente I_N em paralelo com um resistor R_N , em que I_N é a corrente de curto-circuito através dos terminais e R_N é a resistência de entrada ou equivalente nos terminais quando as fontes independentes forem desligadas;
- ❑ Muito semelhante ao teorema de Thévenin.



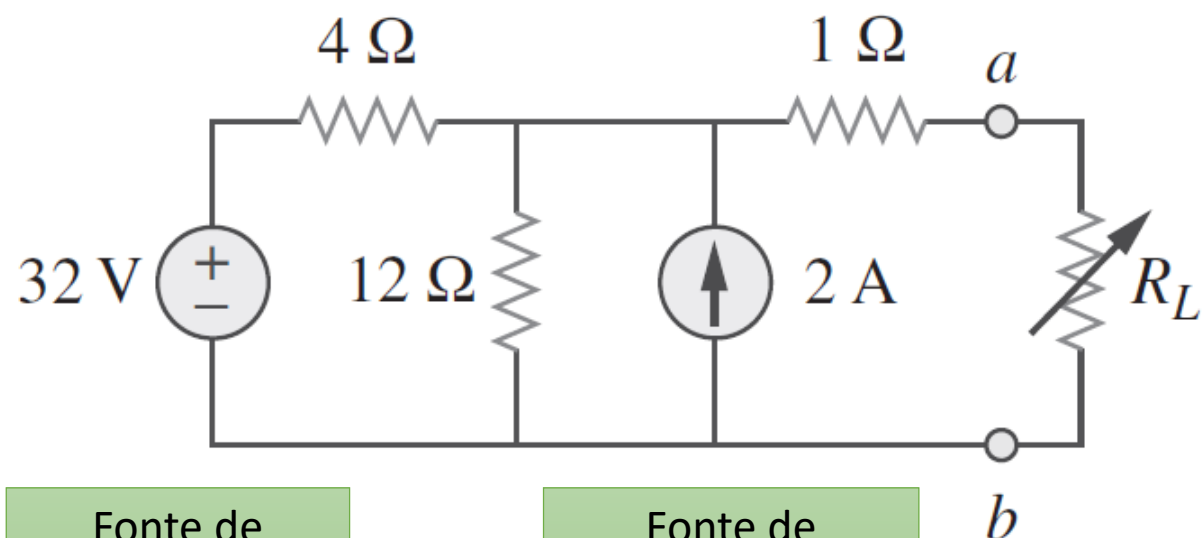
Teorema de Norton: Exemplo

- Determinar o circuito equivalente de Norton e calcular a corrente através de $R_L = 6\Omega$ e $R_L = 36\Omega$.



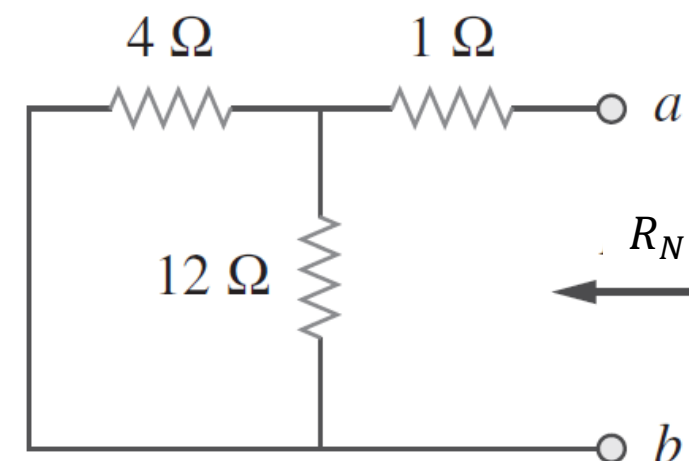
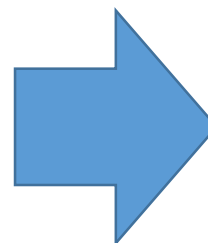
Teorema de Norton: Exemplo

- 1 – Desativar as fontes independentes de tensão ou corrente e calcular o valor de R_N .



Fonte de
tensão em 0 V
(curto-circuito)

Fonte de
corrente em 0 A
(circuito aberto)



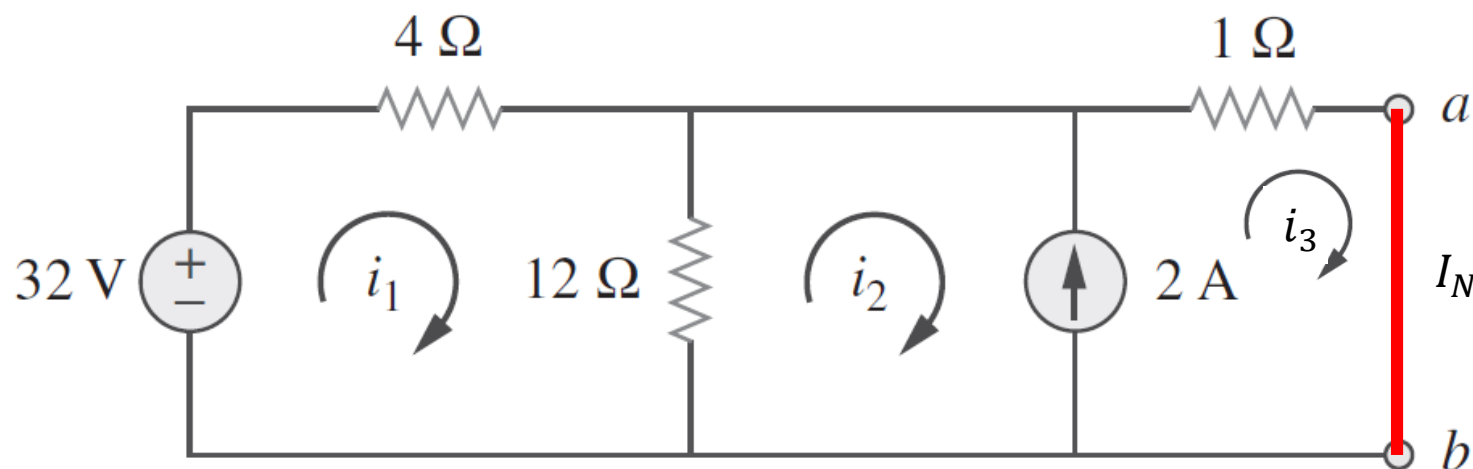
$$R_N = 1 + \frac{4 \times 12}{4 + 12} = 1 + \frac{48}{16} = 1 + 3$$

$$R_N = 4\Omega$$

$$R_N = R_{Th}$$

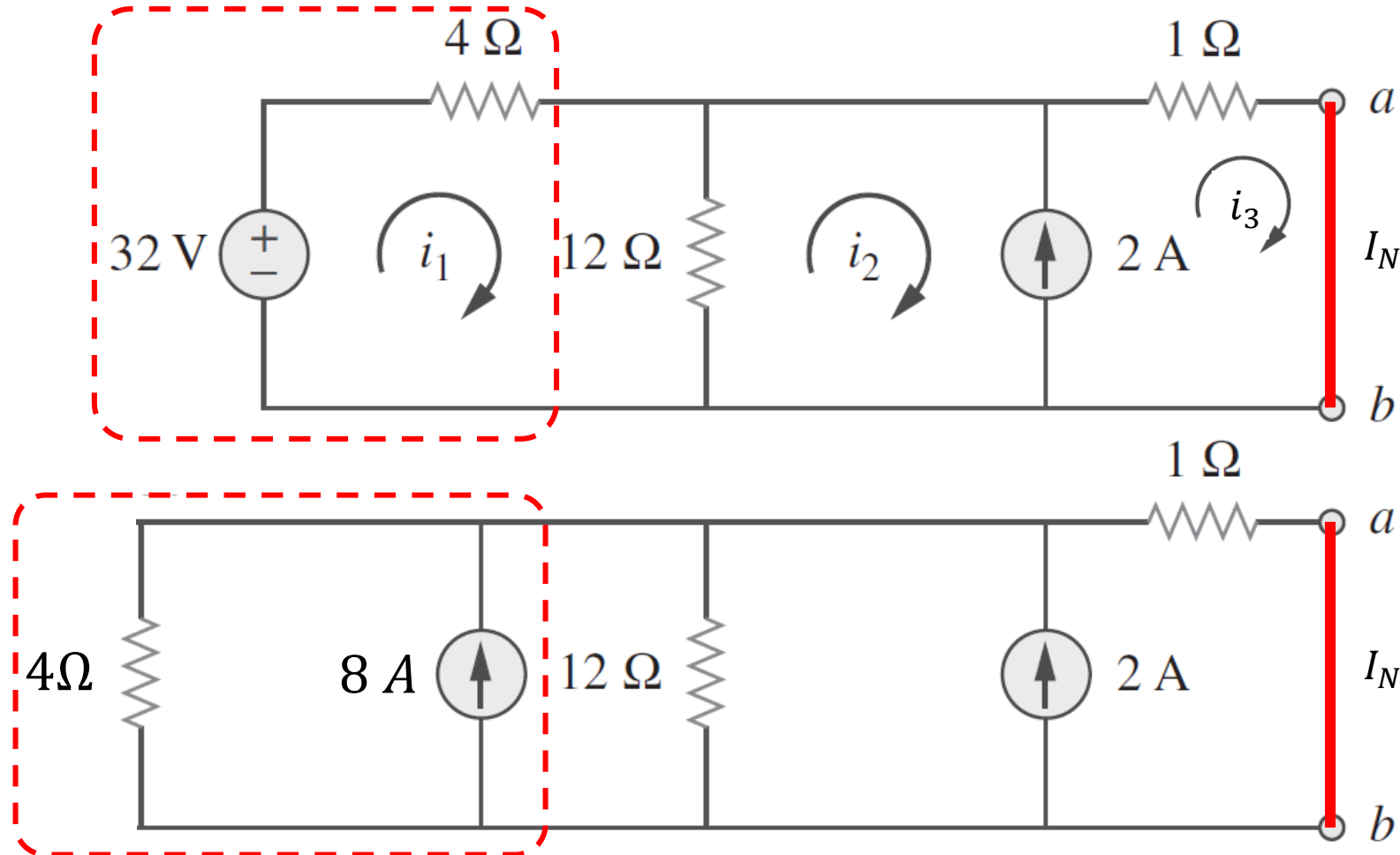
Teorema de Norton: Exemplo

- 2 – Considerando o efeito de todas as fontes, calcular a corrente de curto-circuito entre os terminais a e b .



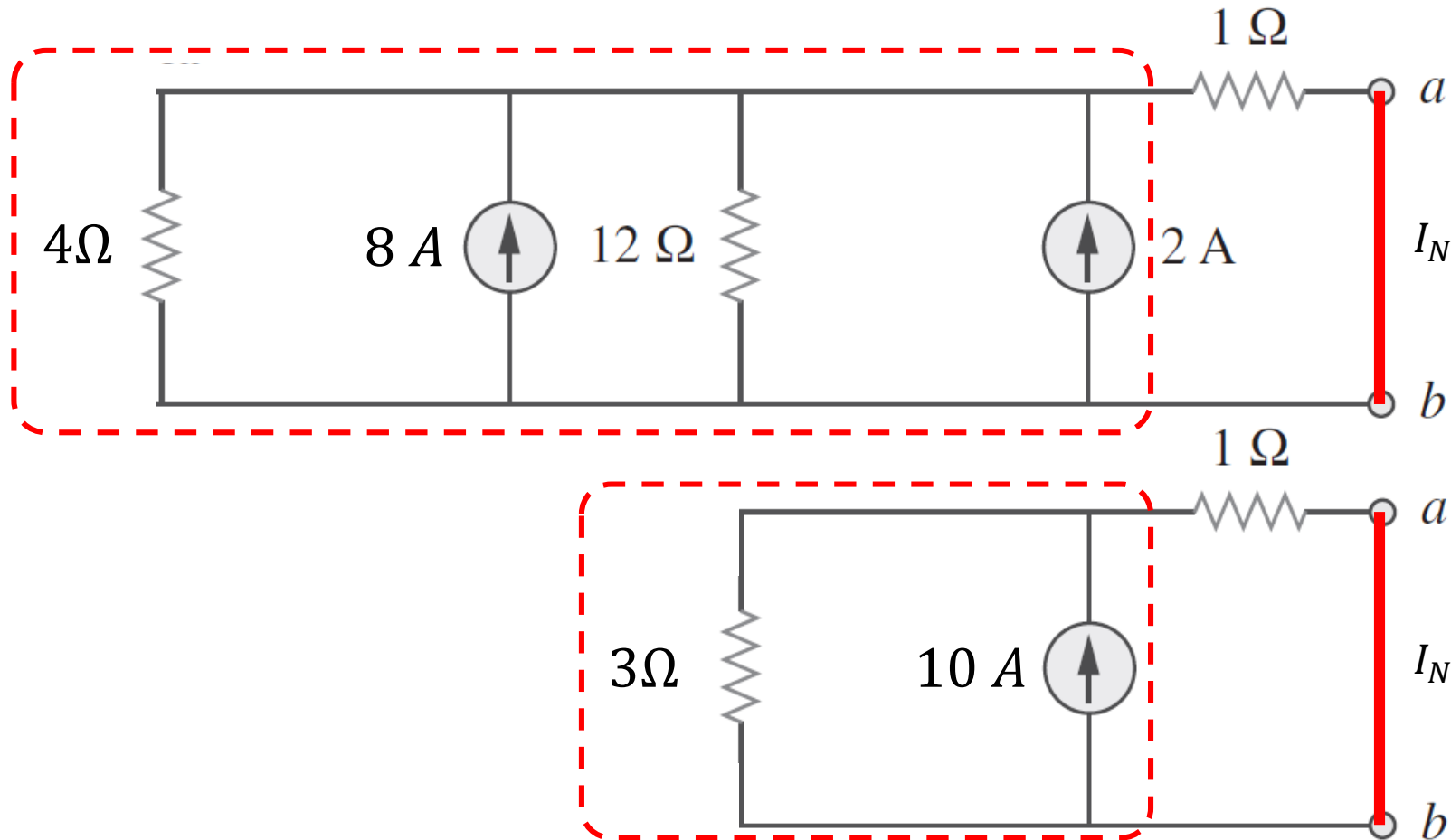
Teorema de Norton: Exemplo

- 2 – Considerando o efeito de todas as fontes, calcular a corrente de curto-circuito entre os terminais a e b .



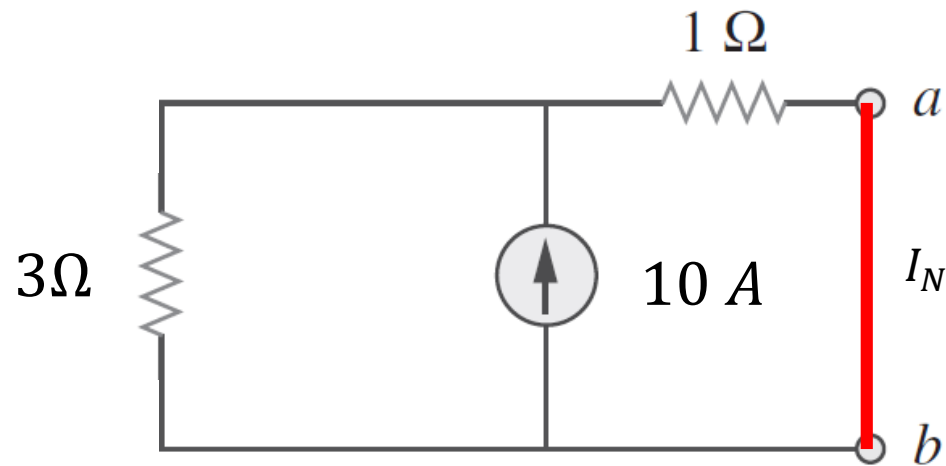
Teorema de Norton: Exemplo

- ❑ 2 – Considerando o efeito de todas as fontes, calcular a corrente de curto-circuito entre os terminais a e b .



Teorema de Norton: Exemplo

- ❑ 2 – Considerando o efeito de todas as fontes, calcular a corrente de curto-circuito entre os terminais a e b .

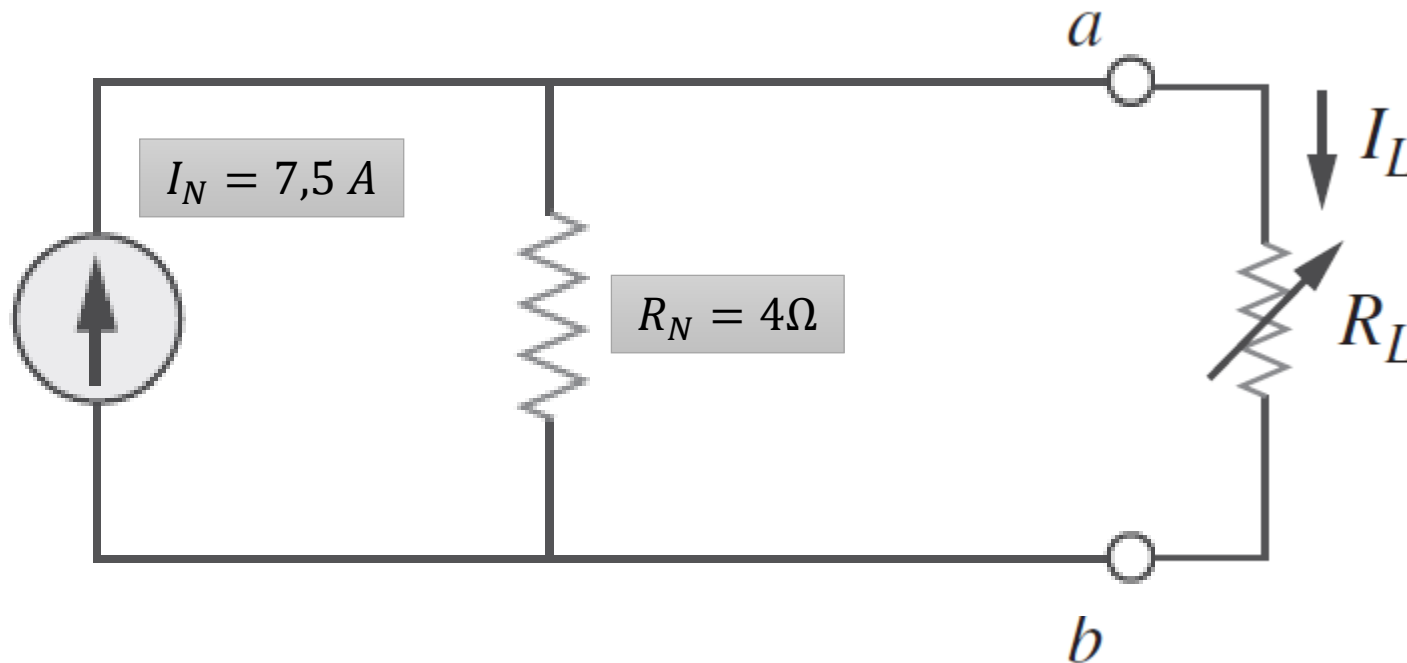


$$I_N = \frac{\frac{1}{1}}{\frac{1}{1} + \frac{1}{3}} 10 = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{3}{4}} 10 = \frac{3}{4} 10$$

$$I_N = 7,5\text{ A}$$

Teorema de Norton: Exemplo

- Determinar o circuito equivalente de Norton e calcular a corrente através de $R_L = 6\Omega$ e $R_L = 36\Omega$.



$$R_L = 6\Omega$$

$$I_L = \frac{\frac{1}{6}}{\frac{1}{6} + \frac{1}{4}} 7,5 = \frac{\frac{1}{6}}{\frac{5}{12}} 7,5 = \frac{12}{30} 7,5$$

$$I_L = 3 A$$

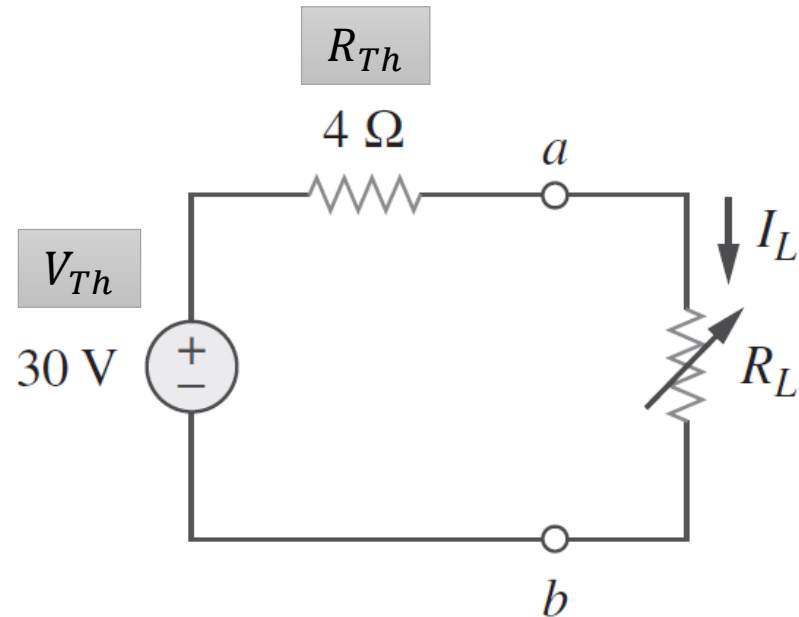
$$R_L = 36\Omega$$

$$I_L = \frac{\frac{1}{36}}{\frac{1}{36} + \frac{1}{4}} 7,5 = \frac{\frac{1}{36}}{\frac{10}{36}} 7,5 = \frac{36}{360} 7,5$$

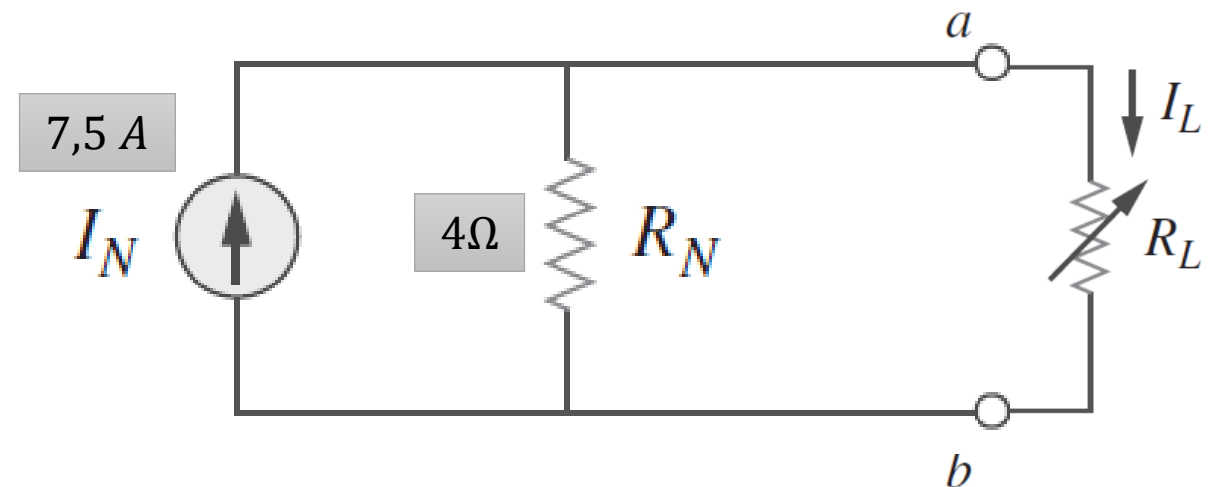
$$I_L = 0,75 A$$

Transformação Thévenin/Norton

□ É possível transformar o equivalente de Thévenin em Norton e vice-versa.

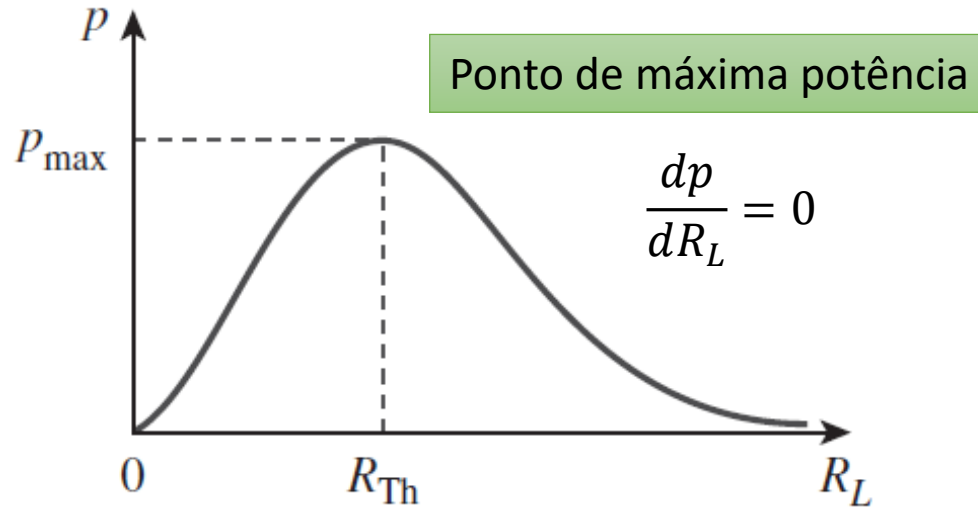
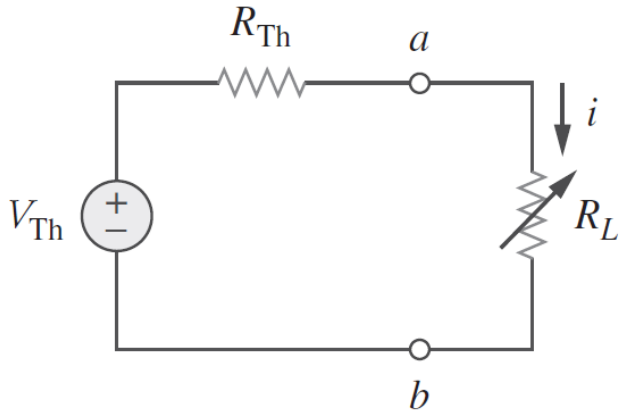


$$V_{Th} = I_N R_N$$



$$I_N = \frac{V_{Th}}{R_{Th}}$$

Máxima Transferência de Potência

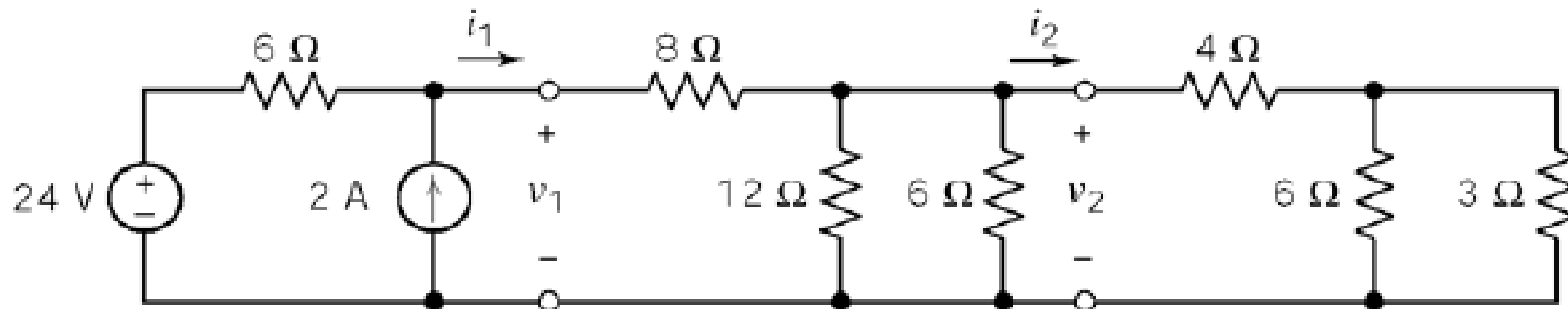


A máxima
potência é obtida
quando $R_L = R_{Th}$

$$p_{max} = \frac{V_{Th}^2}{4R_{Th}}$$

Exercícios Propostos

- 1 – Calcular as tensões e correntes indicadas e também a potência do resistor de $3\ \Omega$.

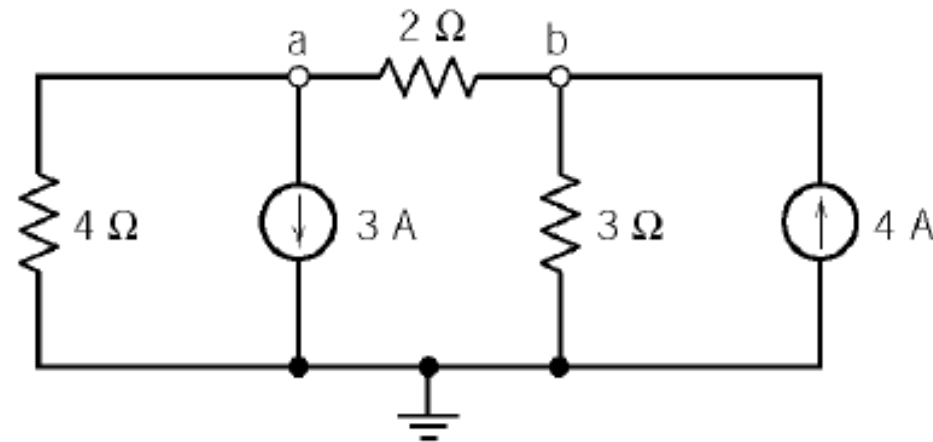


$$v_1 = 22,88\text{ V} \quad i_1 = 2,2\text{ A} \quad P_3 = 1,03\text{ W}$$

$$v_2 = 5,30\text{ V} \quad i_2 = 0,878\text{ A}$$

Exercícios Propostos

2 – Calcule as tensões nodais.

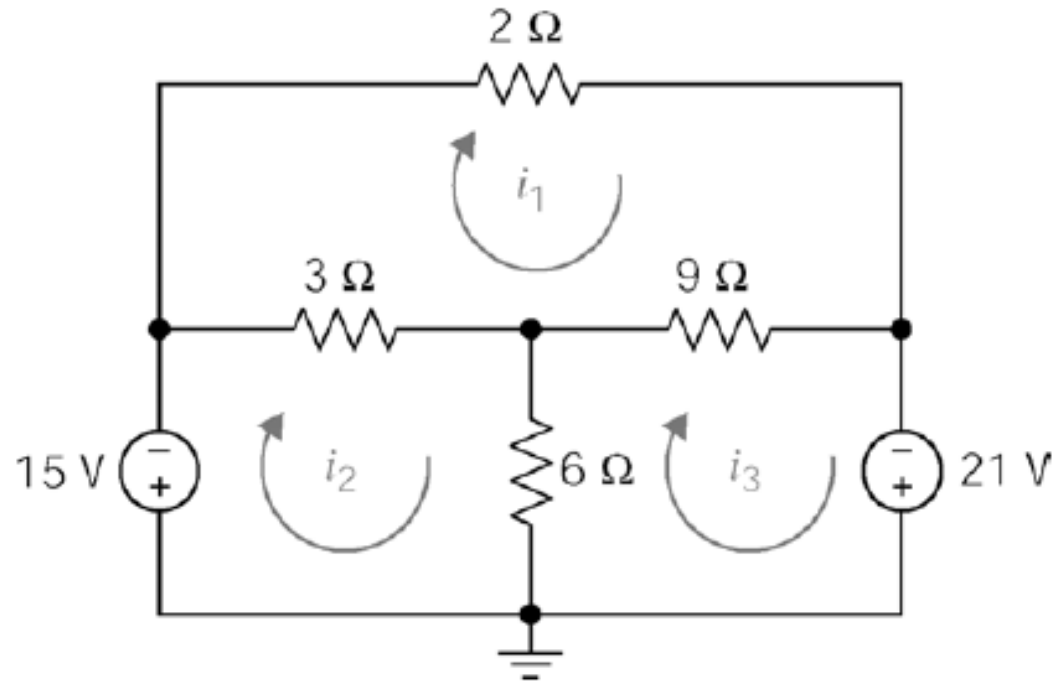


$$v_a = -1,33 \text{ V}$$

$$v_b = 4,00 \text{ V}$$

Exercícios Propostos

3 – Calcule as correntes de malhas.



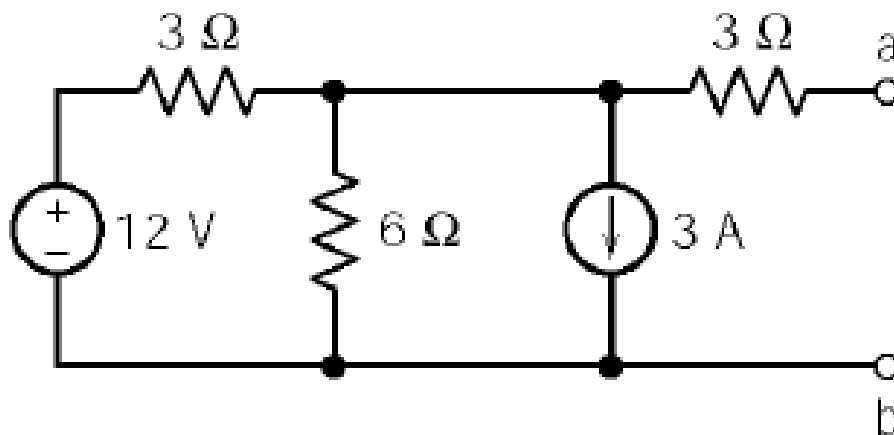
$$i_1 = 3\text{ A}$$

$$i_2 = 2\text{ A}$$

$$i_3 = 4\text{ A}$$

Exercícios Propostos

- 4 – Encontre o equivalente de Thévenin e a máxima potência dissipada por um resistor conectado entre os pontos a e b.



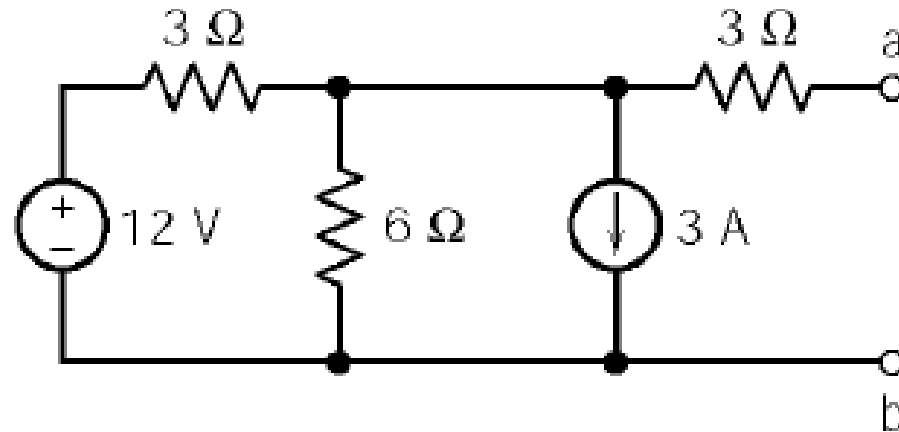
$$V_{th} = 2 \text{ V}$$

$$R_{th} = 5 \text{ } \Omega$$

$$P_{max} = 0,2 \text{ W}$$

Exercícios Propostos

5 – Encontre o equivalente de Norton.



$$I_N = 0,4\text{ A}$$

$$R_N = 5\ \Omega$$

- ❑ J. W. Nilsson, e S. A. Riedel, “Electric Circuits”, 9 ed., New York, Prentice Hall (2011).
- ❑ W. H. Hyat, J. E. Kemmerly, e S. M Durbin, “Análise de Circuitos em Engenharia”, 7 ed., São Paulo, McGraw-Hill (2008).
- ❑ C. K. Alexander, e M. N. O. Sadiku, “Fundamentos de Circuitos Elétricos”, 5 ed., Porto Alegre, AMGH (2013).
- ❑ M. N. O. Sadiku, “Elementos de Eletromagnetismo”, 3 ed., Porto Alegre, Bookman (2004).