

Teoremas de Circuitos

Eletrônica para Ciência da Computação

PROFESSOR: RUBENS T. HOCK JR.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS - CCT

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEE



Teoremas de Circuitos

Teorema da Superposição

Teorema da Superposição

O Teorema da Superposição estabelece:

A corrente, ou a tensão, através de um elemento é igual a soma algébrica das correntes ou tensões produzidas independentemente por cada fonte

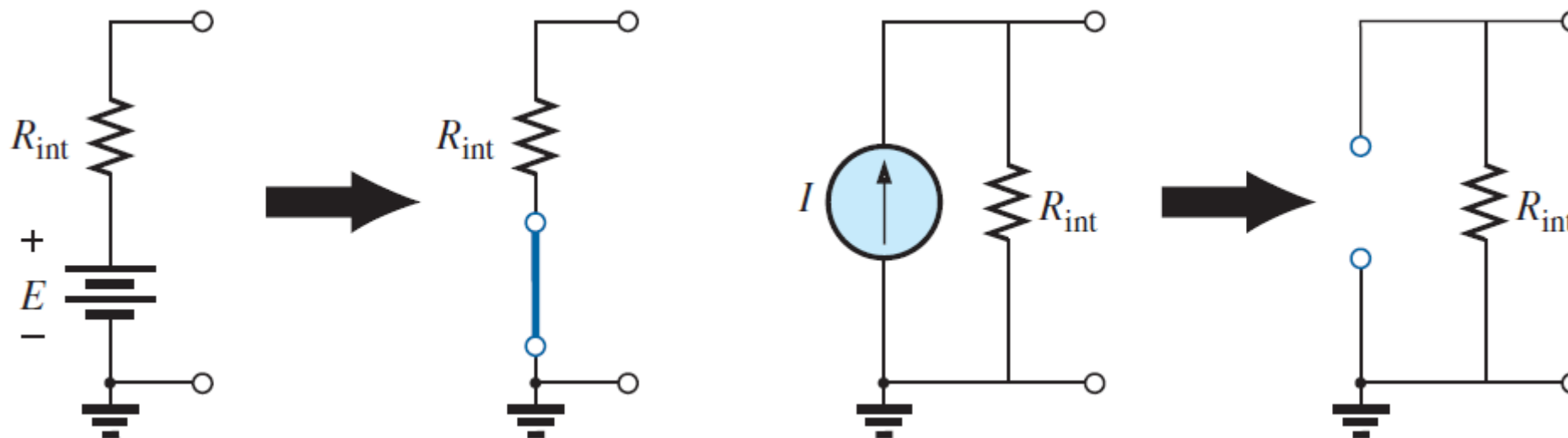
Em outras palavras, permite encontrar uma solução para uma corrente ou para uma tensão analisando uma fonte de cada vez e somando a contribuição de cada fonte

Teorema da Superposição

Para analisar o efeito de uma fonte, as demais fontes devem ser “neutralizadas”.

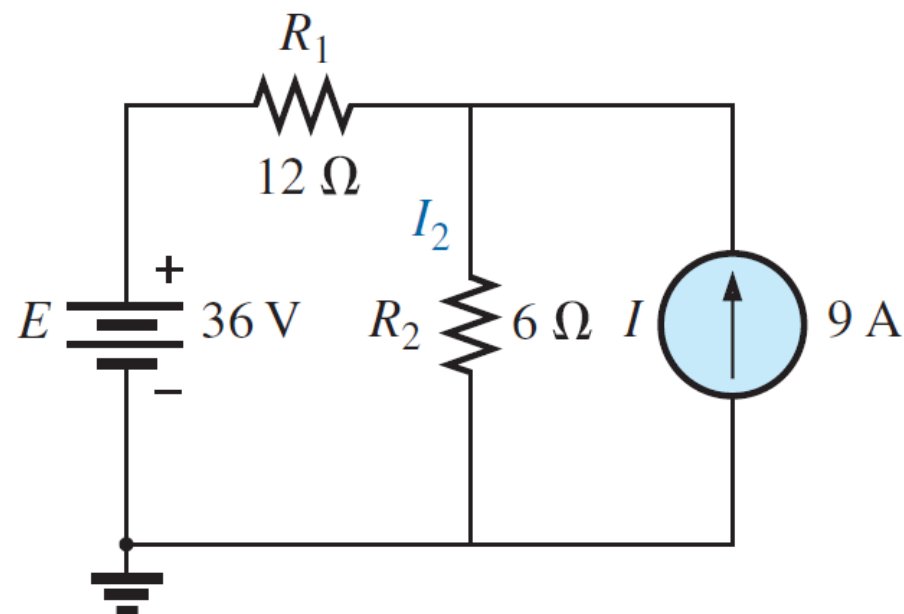
Quando há uma fonte de tensão, substitui-se essa fonte por um curto circuito (0V)

Quando há uma fonte de corrente, substitui-se essa fonte por um circuito aberto (0A)



Teorema da Superposição

Exemplo: Usando o teorema da superposição, determine a corrente através do resistor R_2 para o circuito abaixo:

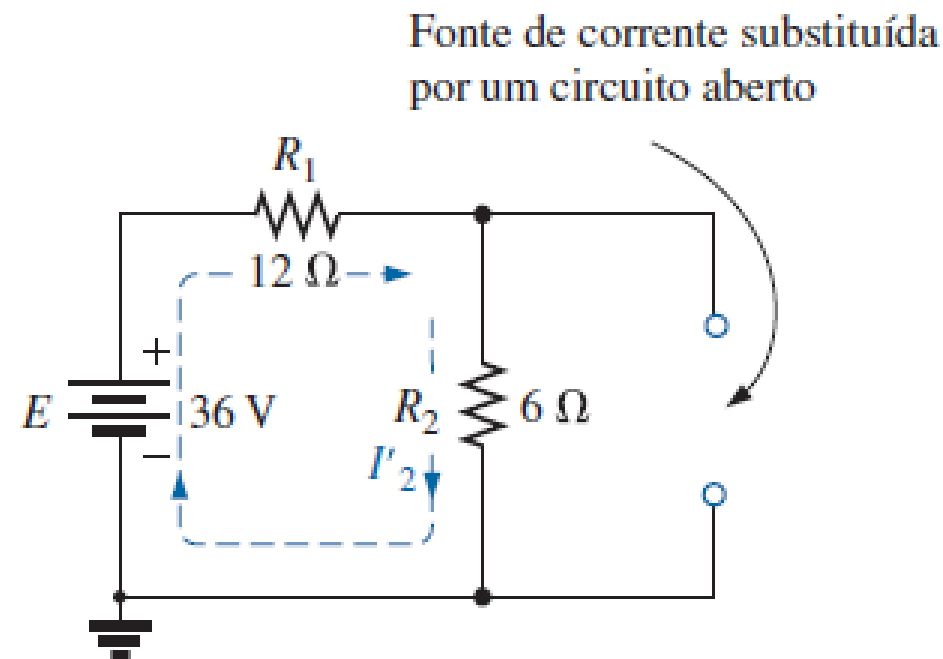


Teorema da Superposição

Exemplo: Usando o teorema da superposição, determine a corrente através do resistor R_2 para o circuito abaixo:

“Matando” a fonte de corrente, temos:

$$I'_2 = E / (R_1 + R_2) = 36 / (12 + 6) = 2 \text{ A}$$

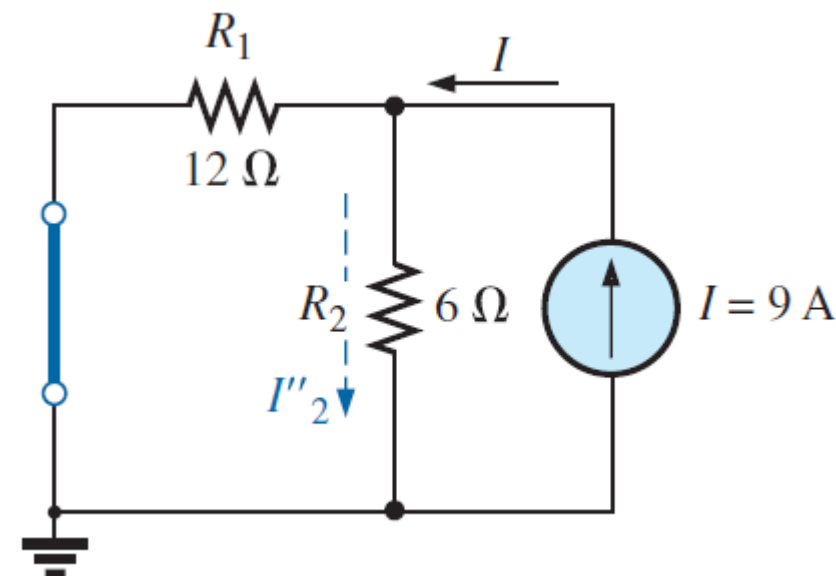


Teorema da Superposição

Exemplo: Usando o teorema da superposição, determine a corrente através do resistor R_2 para o circuito abaixo:

“Matando” a fonte de tensão, temos:

$$I''_2 = I \cdot R_1 / (R_1 + R_2) = 9 \cdot 12 / (12 + 6) = 6 \text{ A}$$

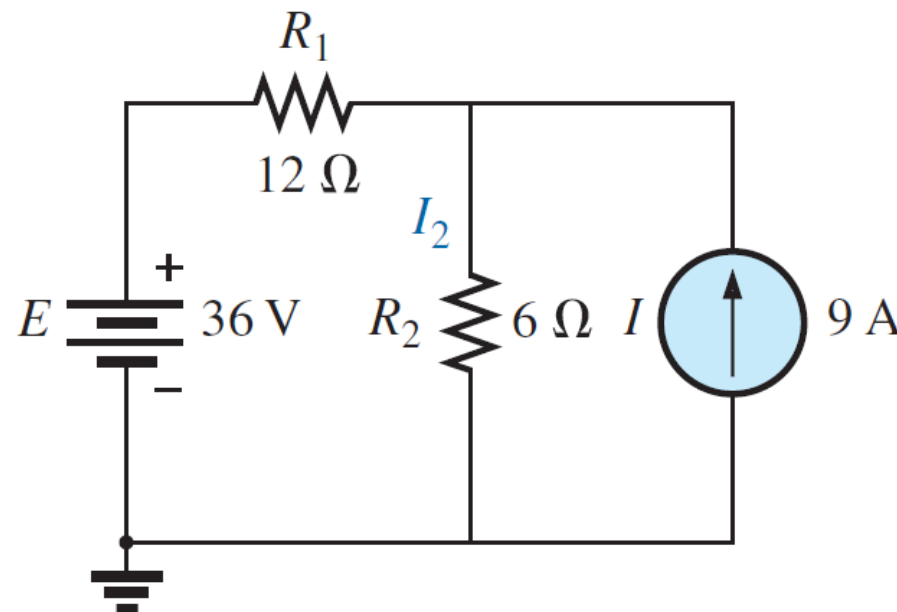


Teorema da Superposição

Exemplo: Usando o teorema da superposição, determine a corrente através do resistor R_2 para o circuito abaixo:

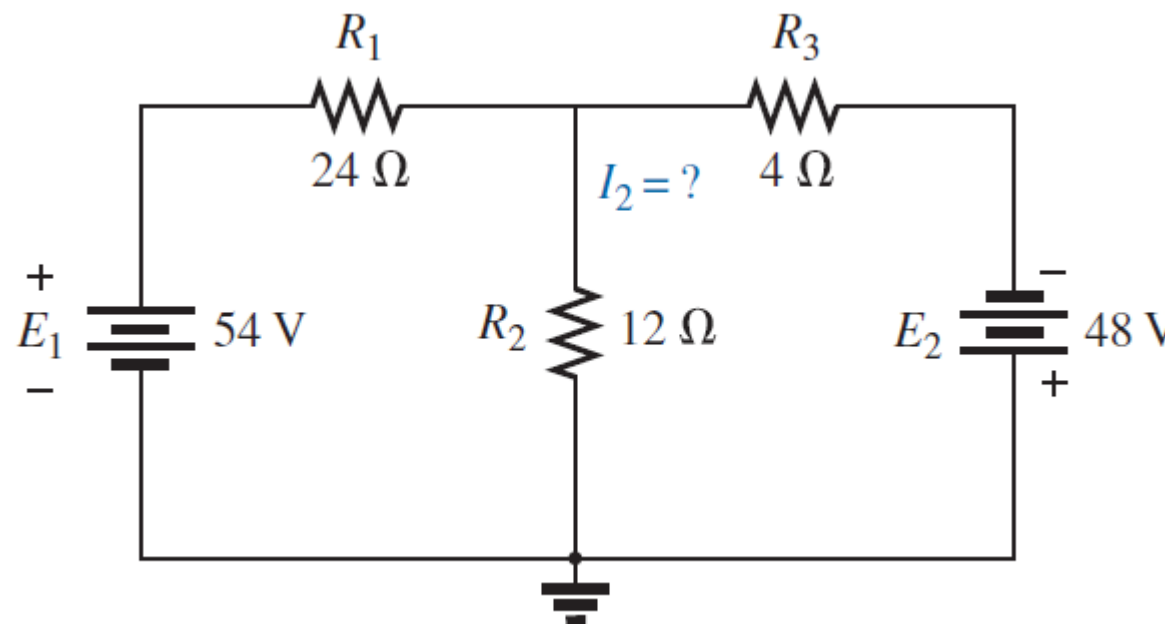
A corrente I_2 é escrito como:

$$I_2 = I'_2 + I''_2 = 2 + 6 = 8 \text{ A}$$



Teorema da Superposição

Exemplo: Usando o teorema da superposição, determine a corrente através do resistor R_2 para o circuito abaixo:

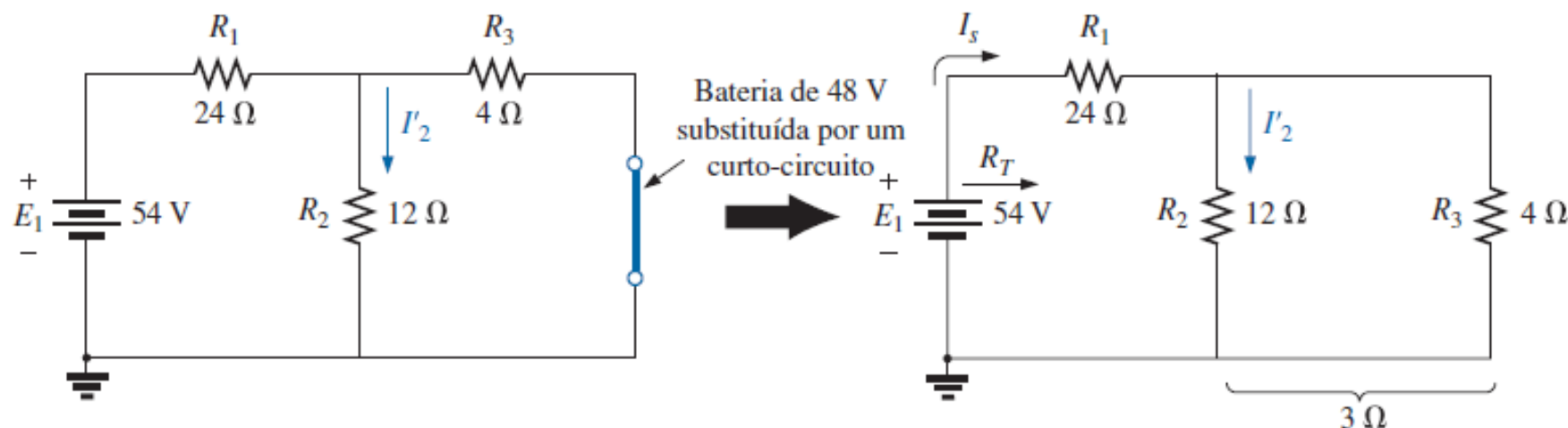


Teorema da Superposição

Exemplo: Usando o teorema da superposição, determine a corrente através do resistor R_2 para o circuito abaixo:

$$I_s = 54 / (24 + 3) = 2 \text{ A}$$

$$I'_2 = 2 \cdot 4 / (4 + 12) = 0,5 \text{ A}$$

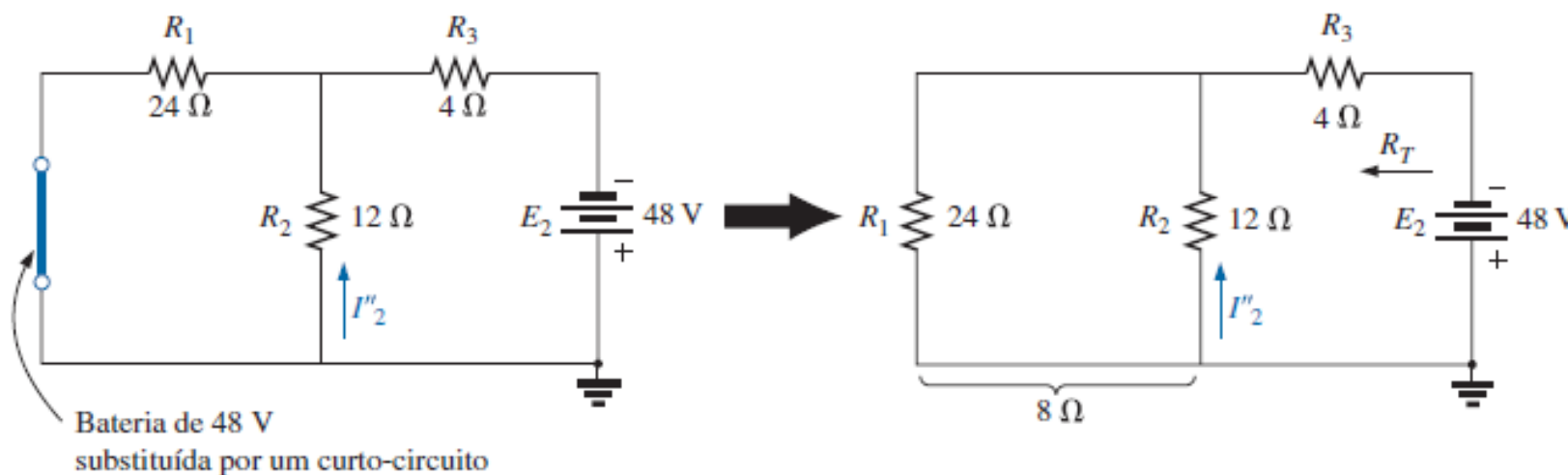


Teorema da Superposição

Exemplo: Usando o teorema da superposição, determine a corrente através do resistor R_2 para o circuito abaixo:

$$I_s = 48 / (4 + 8) = 4 \text{ A}$$

$$I''_2 = 4 \cdot 24 / (24 + 12) = 2,67 \text{ A}$$



Teorema da Superposição

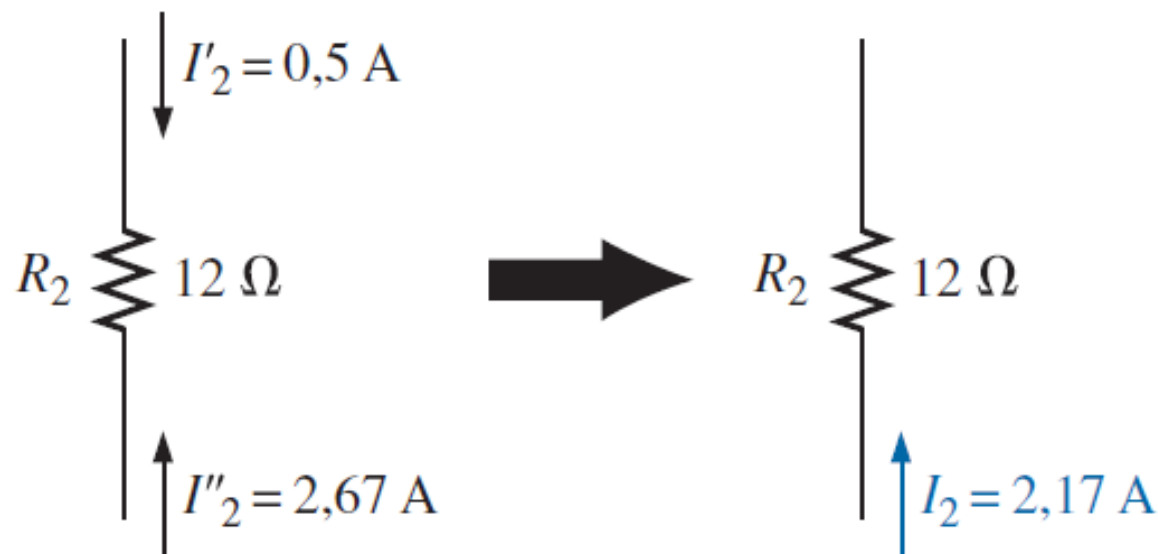
Exemplo: Usando o teorema da superposição, determine a corrente através do resistor R_2 para o circuito abaixo:

$$I_2 = I'_2 + I''_2$$

$$I'_2 = 0,5 \text{ A}$$

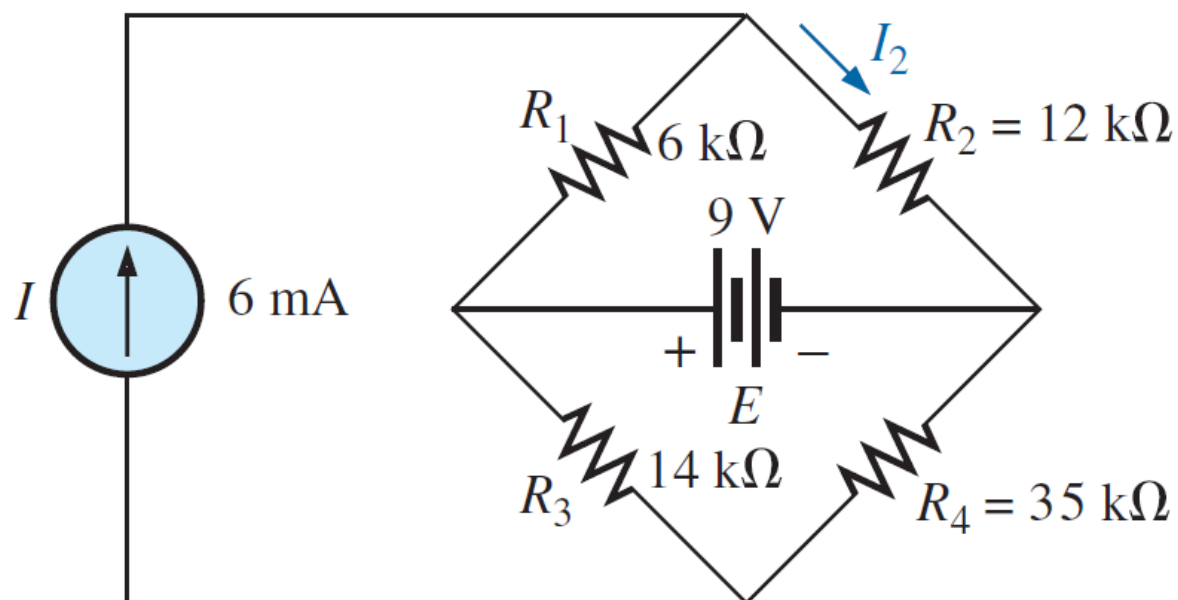
$$I''_2 = -2,67 \text{ A}$$

$$I_2 = -2,17 \text{ A}$$



Teorema da Superposição

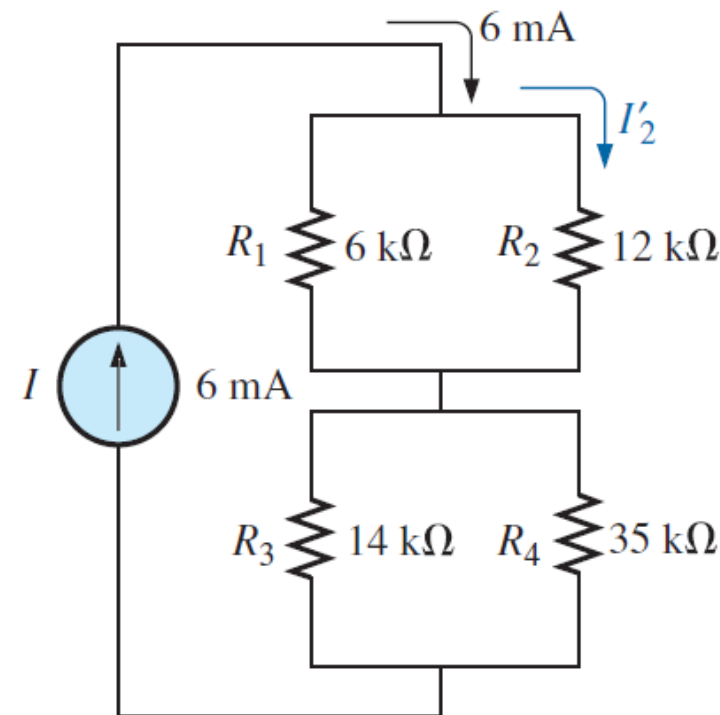
Exercício: Usando o teorema da superposição, determine a corrente I_2 para o circuito abaixo:



Teorema da Superposição

Exercício: Usando o teorema da superposição, determine a corrente I_2 para o circuito abaixo:

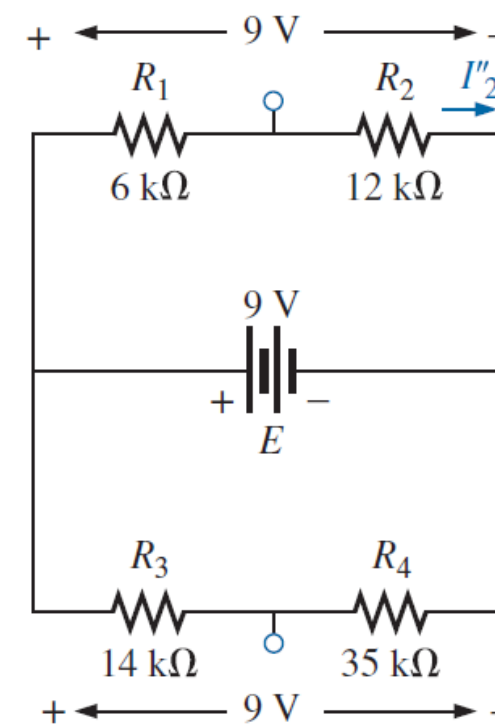
$$I'_2 = 2 \text{ mA}$$



Teorema da Superposição

Exercício: Usando o teorema da superposição, determine a corrente I_2 para o circuito abaixo:

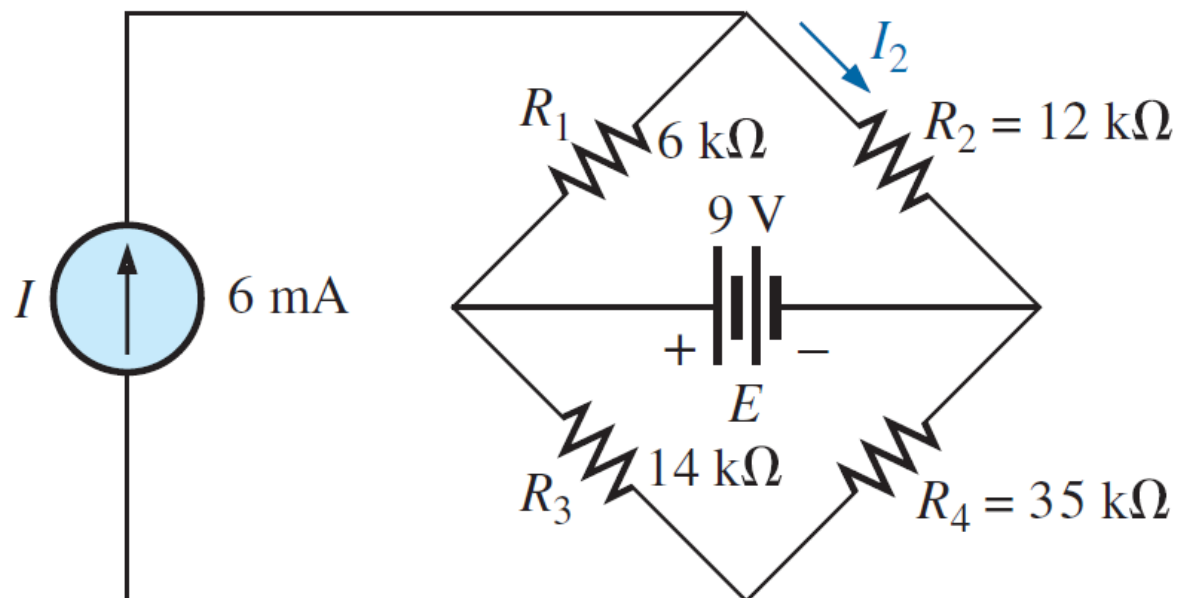
$$I''_2 = 0,5 \text{ mA}$$



Teorema da Superposição

Exercício: Usando o teorema da superposição, determine a corrente I_2 para o circuito abaixo:

$$I_2 = 2,5 \text{ mA}$$



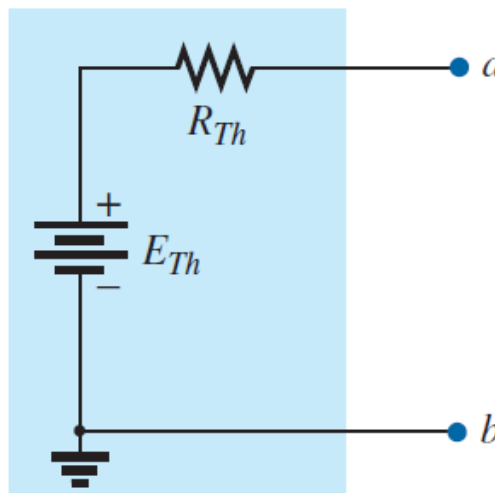
Teoremas de Circuitos

Teorema de Thevenin

Teorema de Thevenin

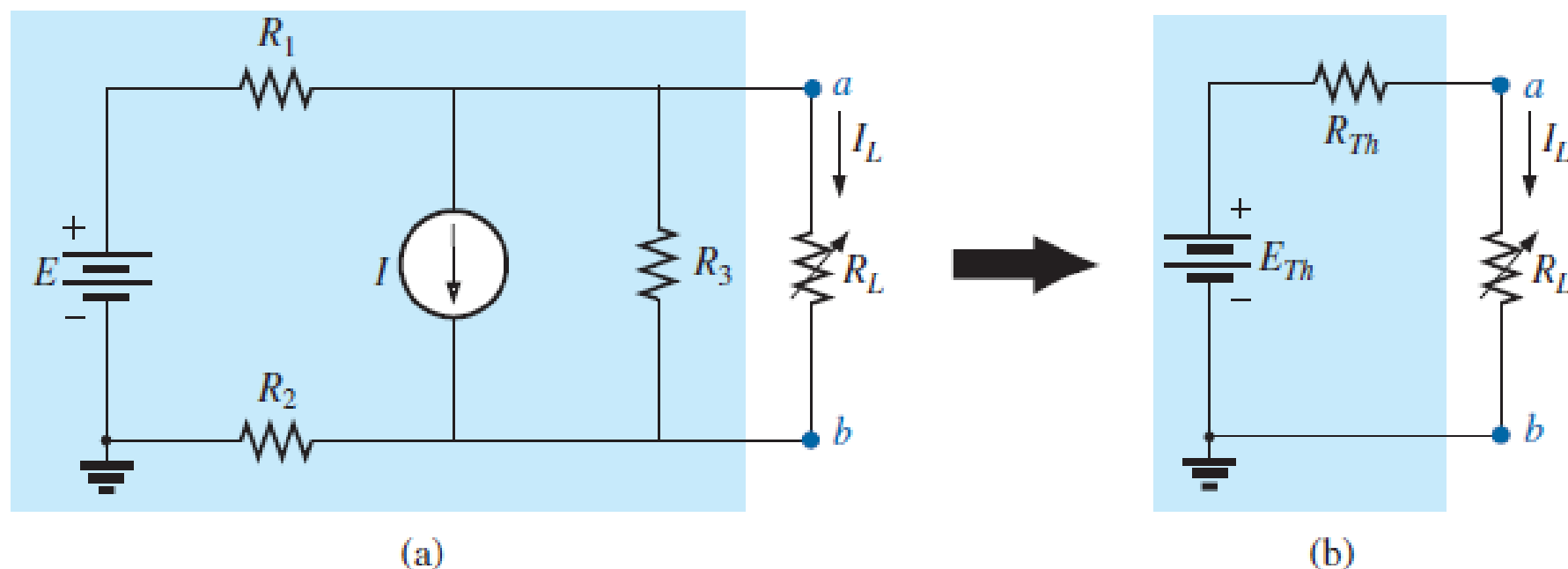
O Teorema de Thevenin estabelece:

Qualquer circuito de dois terminais pode ser substituído por um circuito equivalente que consiste de uma única fonte de tensão e uma resistência equivalente conectada em série



Teorema de Thevenin

O Teorema de Thevenin estabelece que as áreas destacadas são equivalentes.



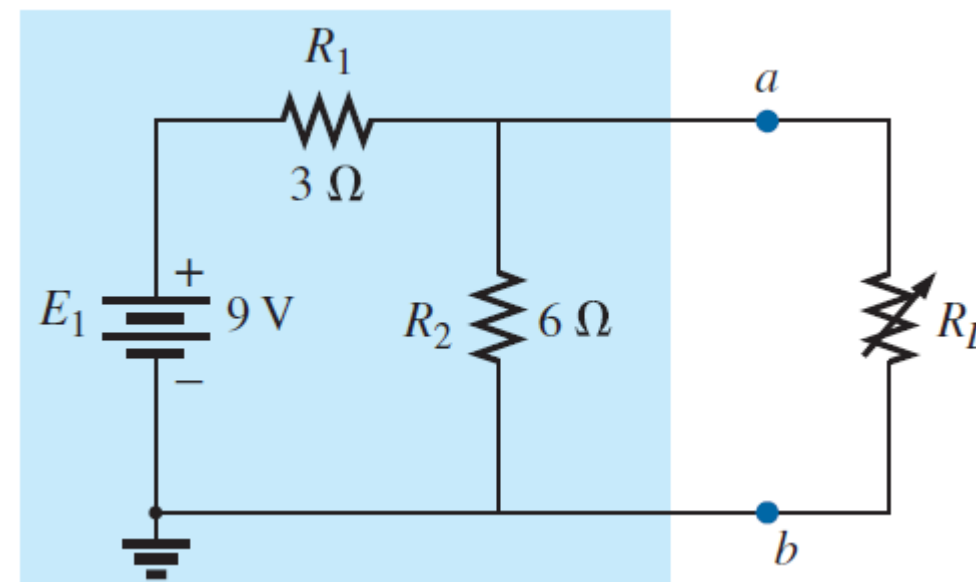
Teorema de Thevenin

Procedimento para se obter o equivalente de Thevenin:

- 1 – Remover a parte do circuito para a qual se queira obter o equivalente de Thevenin**
- 2 – Assinalar os terminais do circuito remanescente**
- 3 – Calcular a resistência de Thevenin (R_{th}) através do cálculo da resistência equivalente do circuito após “matar” todas as fontes**
- 4 – Calcular a tensão de Thevenin (E_{th}) nos dois terminais do circuito analisado considerando as fontes de energia**
- 5 – Desenhar o circuito equivalente de Thevenin com os dados dos itens 3 (R_{th}) e 4 (E_{th})**

Teorema de Thevenin

Exemplo: Determine o circuito equivalente de Thevenin para a parte sombreada do circuito abaixo



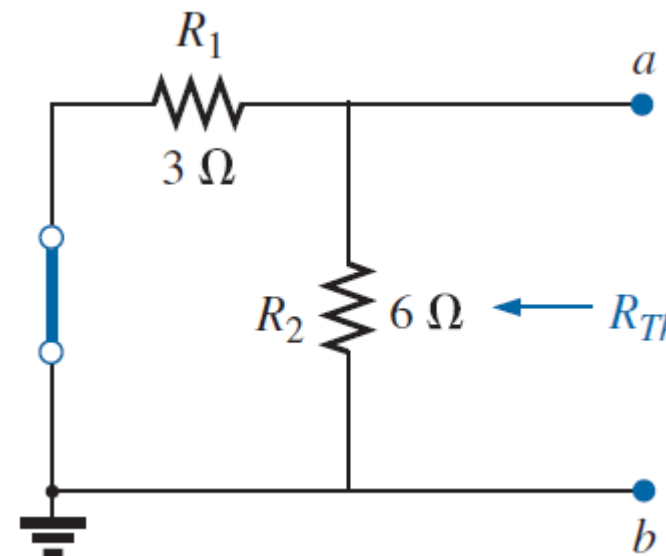
Teorema de Thevenin

Exemplo: Determine o circuito equivalente de Thevenin para a parte sombreada do circuito abaixo

Para calcular a resistência de Thevenin, “matamos” a fonte de tensão e calculamos a resistência equivalente:

$$R_{th} = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$R_{th} = 2 \, \Omega$$



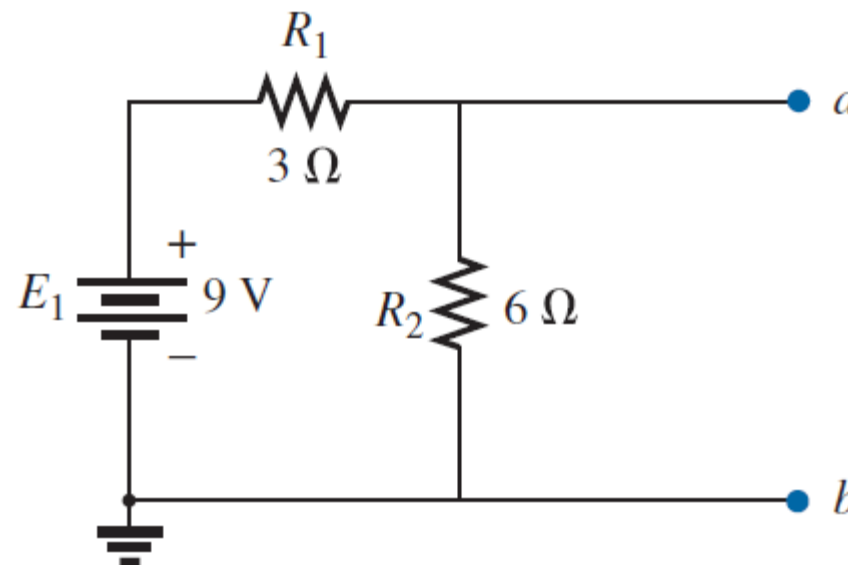
Teorema de Thevenin

Exemplo: Determine o circuito equivalente de Thevenin para a parte sombreada do circuito abaixo

Para calcular a tensão de Thevenin, calculamos a tensão entre os terminais escolhidos:

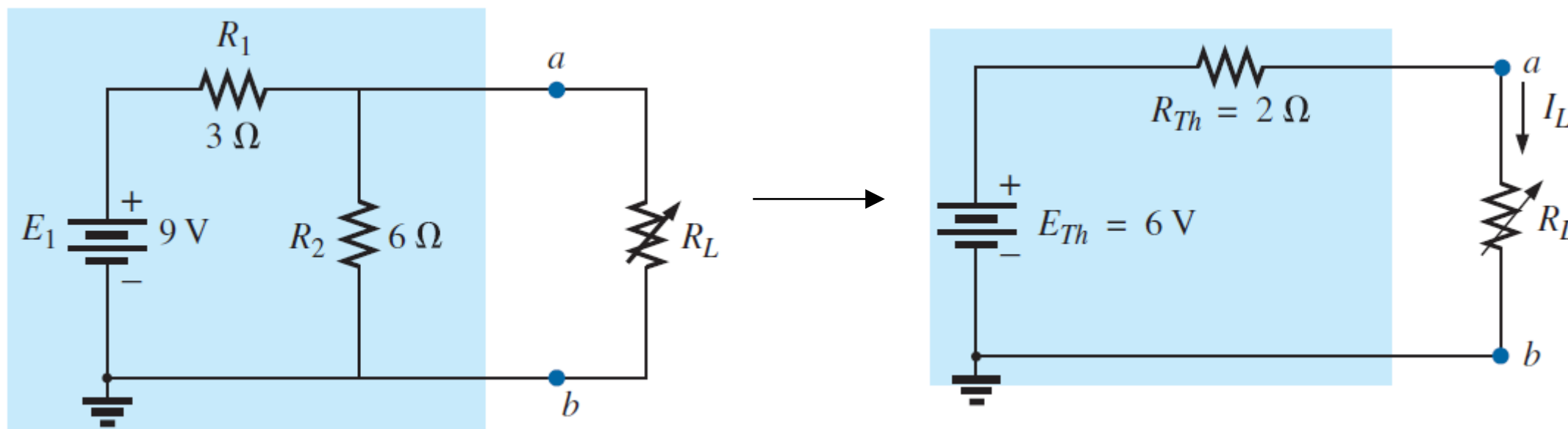
$$E_{th} = R_1 \cdot E / (R_1 + R_2)$$

$$E_{th} = 6 \text{ V}$$



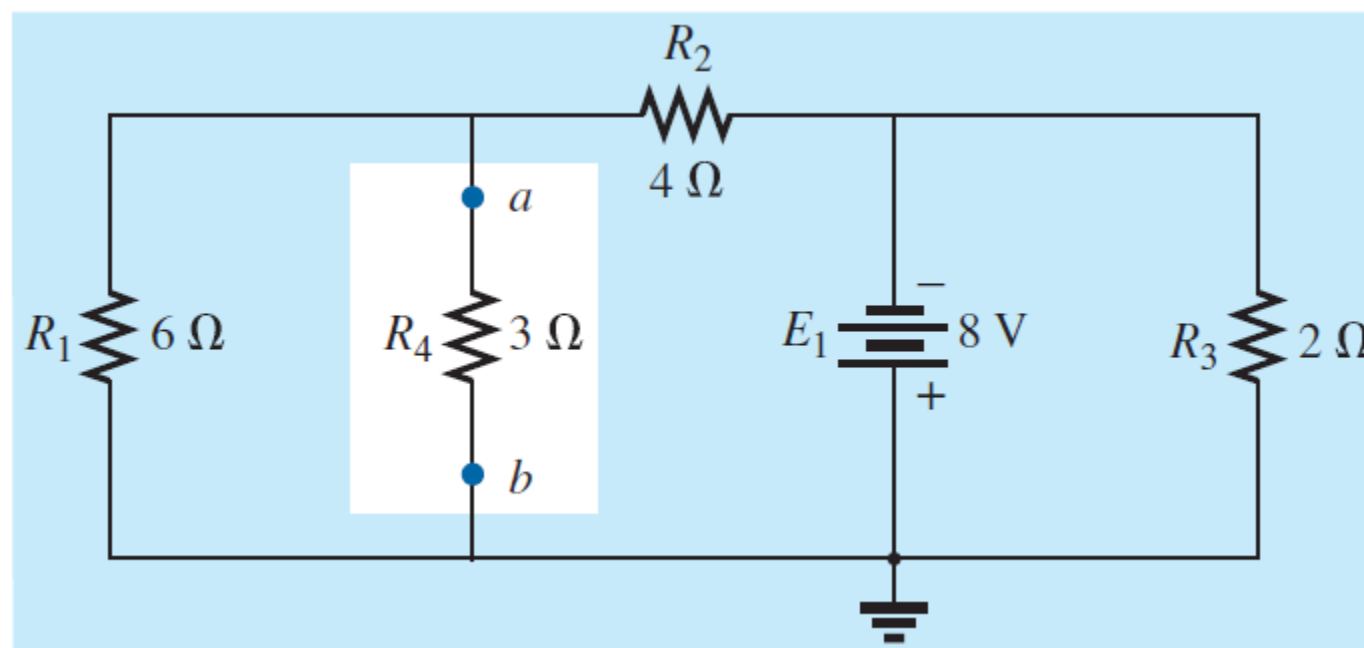
Teorema de Thevenin

Exemplo: Determine o circuito equivalente de Thevenin para a parte sombreada do circuito abaixo



Teorema de Thevenin

Exercício: Determine o circuito equivalente de Thevenin para a parte sombreada do circuito abaixo

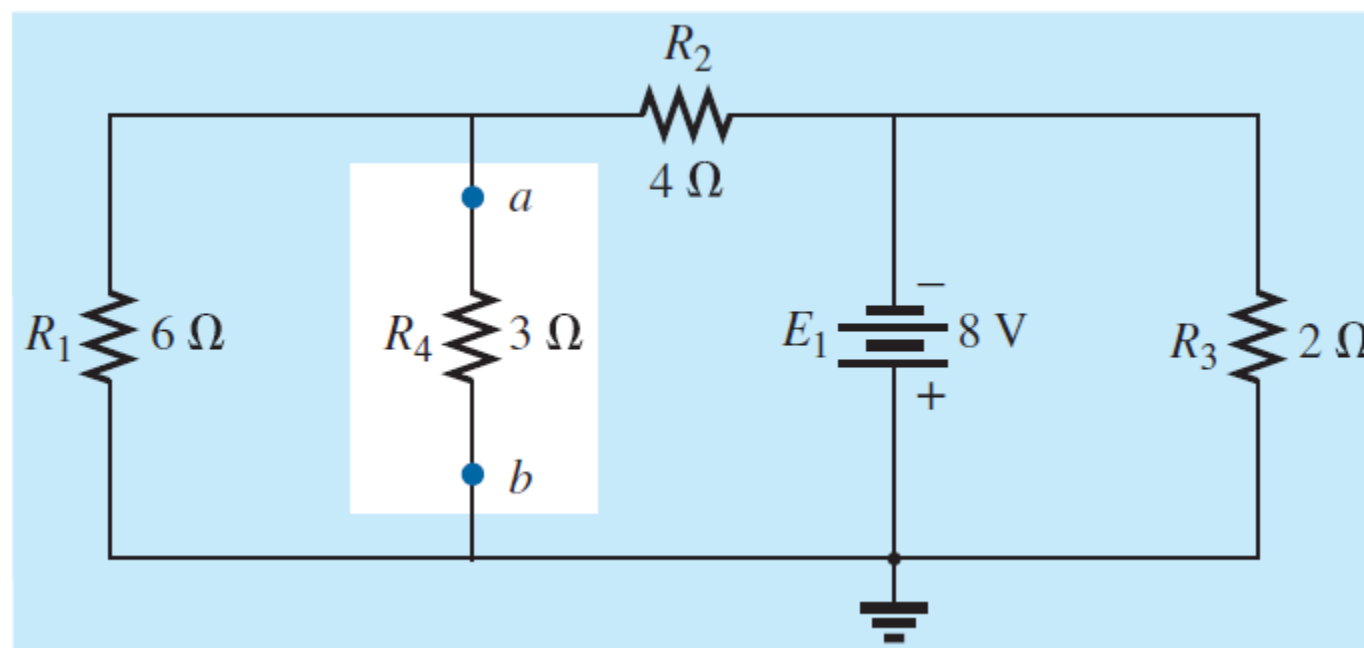


Teorema de Thevenin

Exercício: Determine o circuito equivalente de Thevenin para a parte sombreada do circuito abaixo

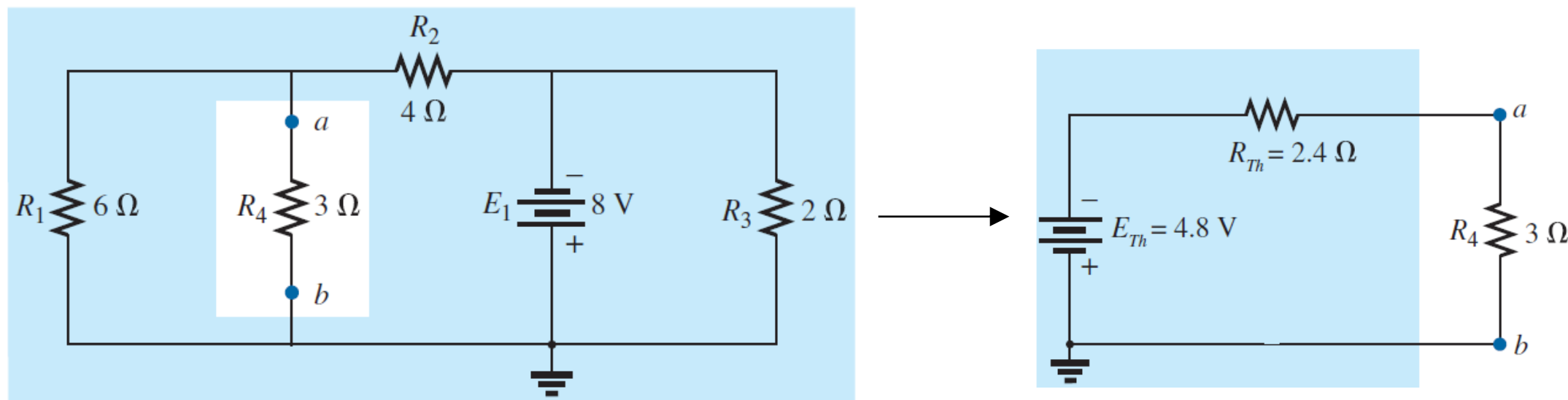
$$R_{th} = 2,4 \, \Omega$$

$$E_{th} = 4,8 \, V$$



Teorema de Thevenin

Exercício: Determine o circuito equivalente de Thevenin para a parte sombreada do circuito abaixo



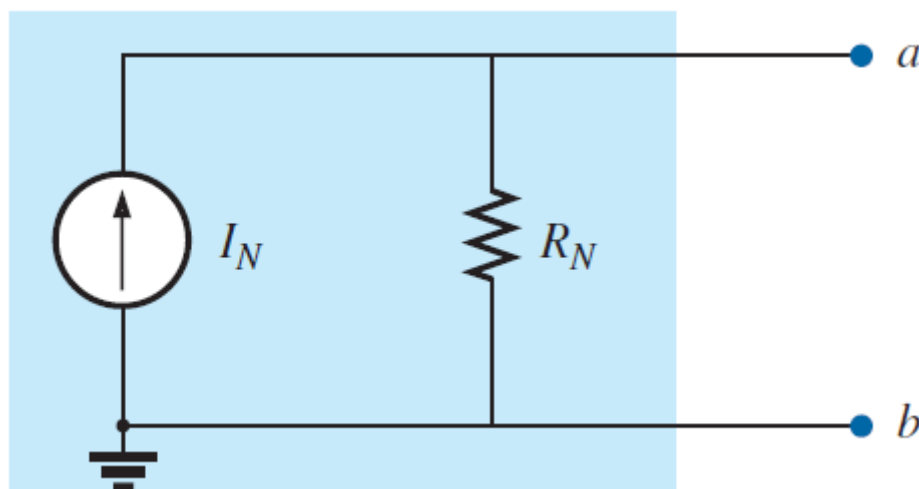
Teoremas de Circuitos

Teorema de Norton

Teorema de Norton

O Teorema de Norton estabelece:

Qualquer circuito de dois terminais pode ser substituído por um circuito equivalente que consiste de uma única fonte de corrente e uma resistência equivalente conectada em paralelo



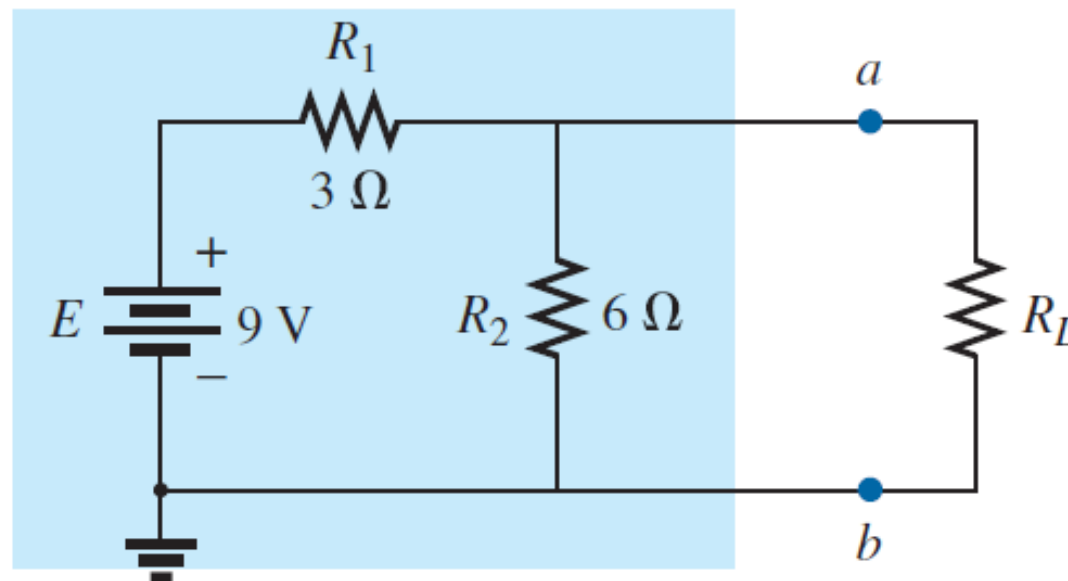
Teorema de Norton

Procedimento para se obter o equivalente de Norton:

- 1 – Remover a parte do circuito para a qual se queira obter o equivalente de Norton**
- 2 – Assinalar os terminais do circuito remanescente**
- 3 – Calcular a resistência de Norton (R_N) através do cálculo da resistência equivalente do circuito após “matar” todas as fontes**
- 4 – Curto-circuitar os terminais escolhidos e calcular a corrente de Norton (I_N) nos dois terminais do circuito analisado considerando as fontes de energia**
- 5 – Desenhar o circuito equivalente de Norton com os dados dos itens 3 (R_N) e 4 (I_N)**

Teorema de Norton

Exemplo: Determine o circuito equivalente de Norton para a parte sombreada do circuito abaixo



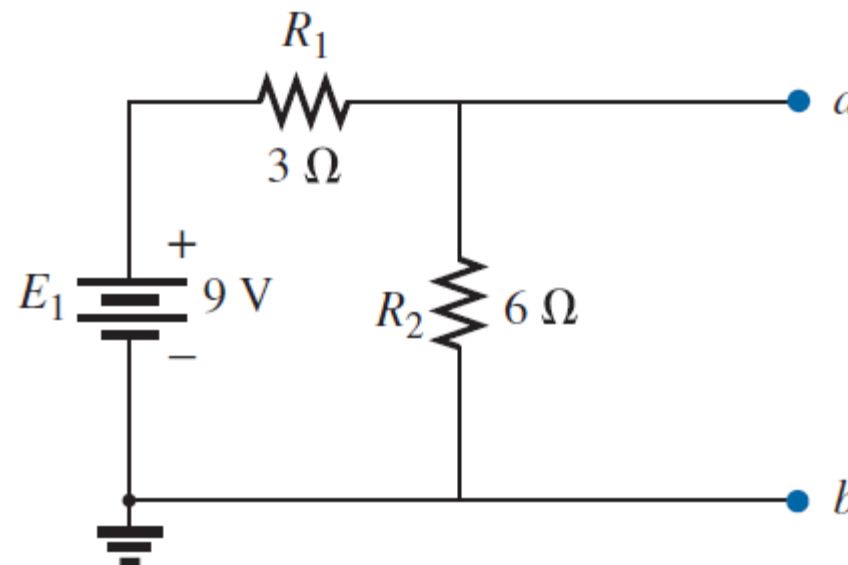
Teorema de Norton

Exemplo: Determine o circuito equivalente de Norton para a parte sombreada do circuito abaixo

Para calcular a resistência de Norton, “matamos” a fonte de tensão e calculamos a resistência equivalente:

$$R_N = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$R_N = 2 \, \Omega$$



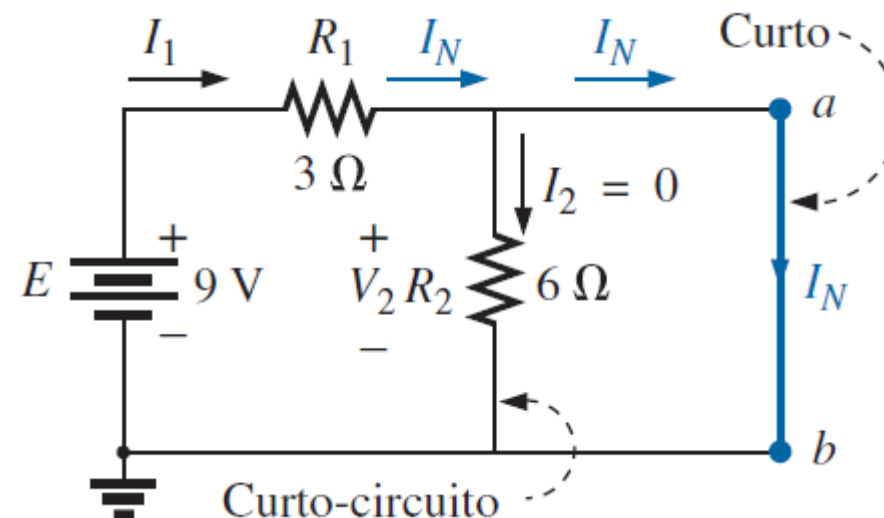
Teorema de Norton

Exemplo: Determine o circuito equivalente de Thevenin para a parte sombreada do circuito abaixo

Para calcular a tensão de Thevenin, calculamos a tensão entre os terminais escolhidos:

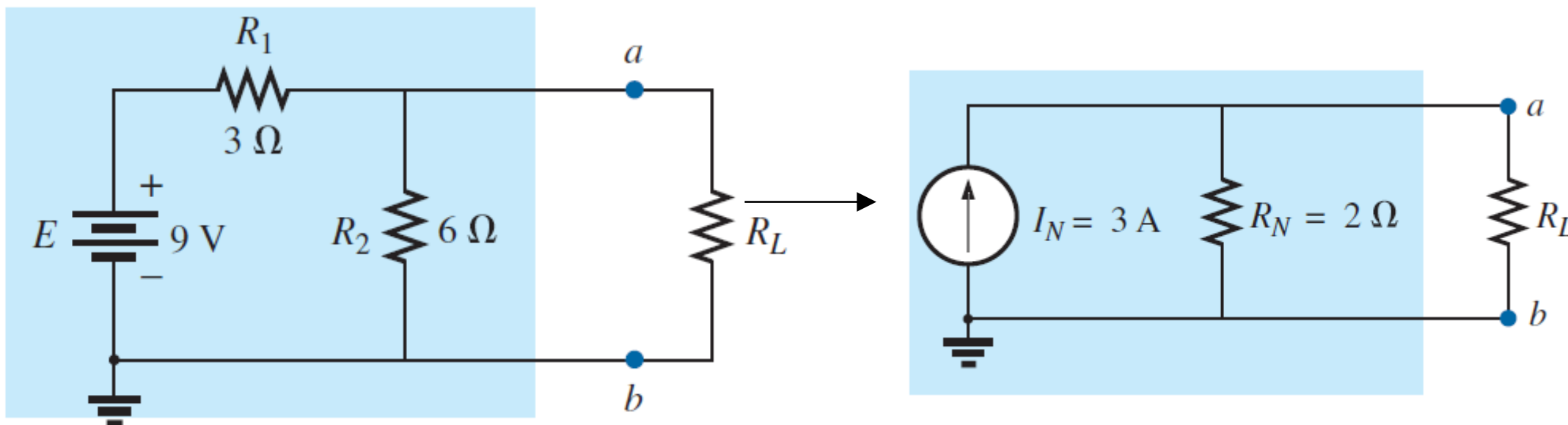
$$I_N = E / (R_1)$$

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



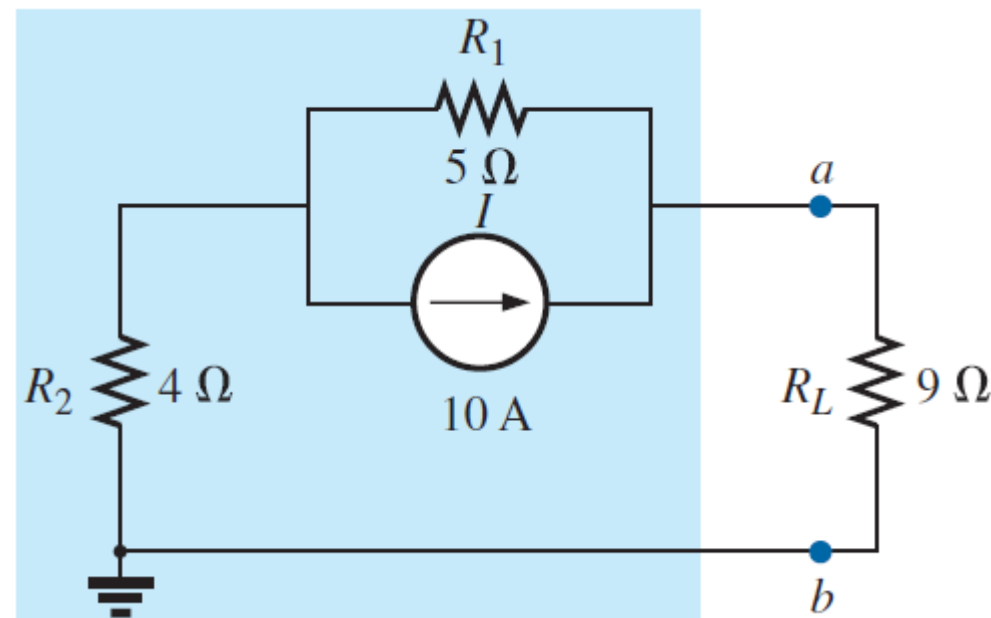
Teorema de Norton

Exemplo: Determine o circuito equivalente de Norton para a parte sombreada do circuito abaixo



Teorema de Norton

Exemplo: Determine o circuito equivalente de Norton para a parte sombreada do circuito abaixo

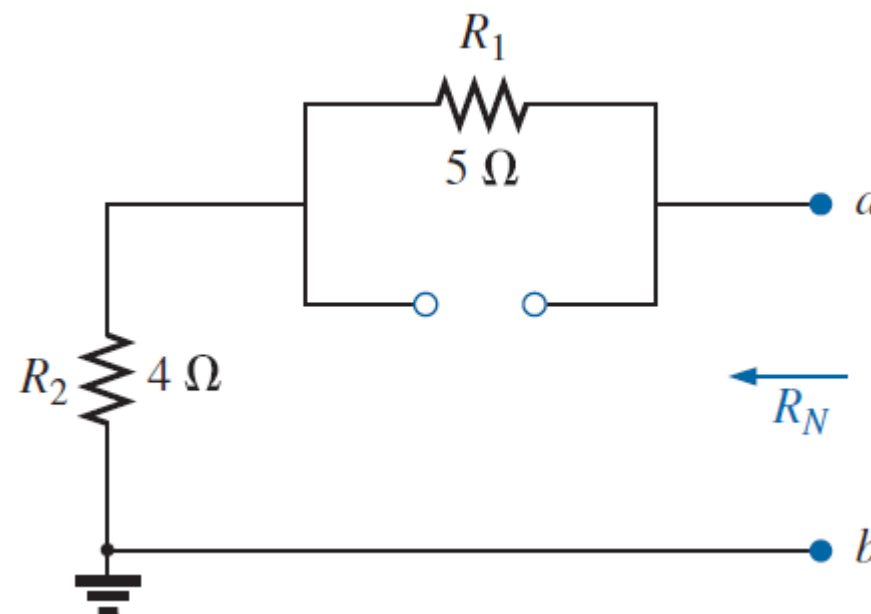


Teorema de Norton

Exemplo: Determine o circuito equivalente de Norton para a parte sombreada do circuito abaixo

$$R_N = R_1 + R_2$$

$$R_N = 9 \, \Omega$$

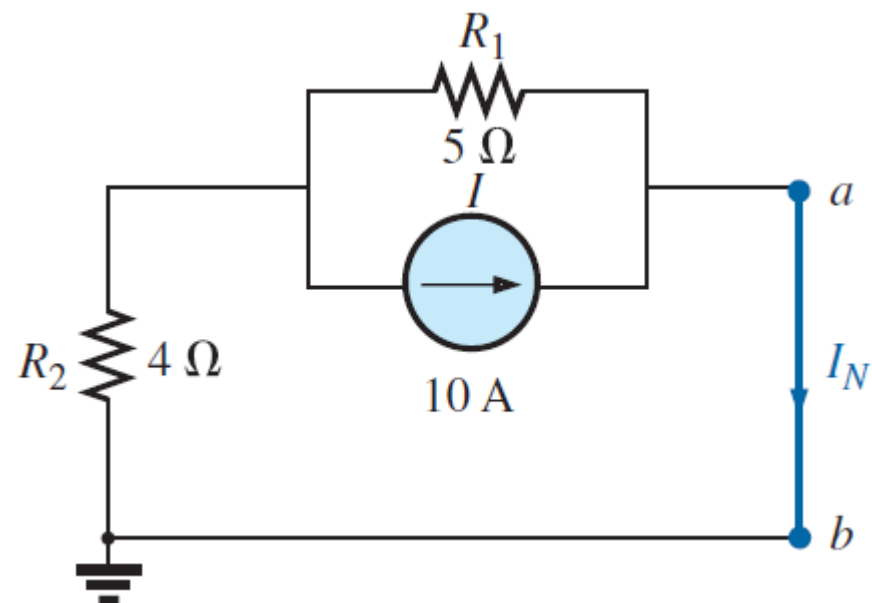


Teorema de Norton

Exemplo: Determine o circuito equivalente de Norton para a parte sombreada do circuito abaixo

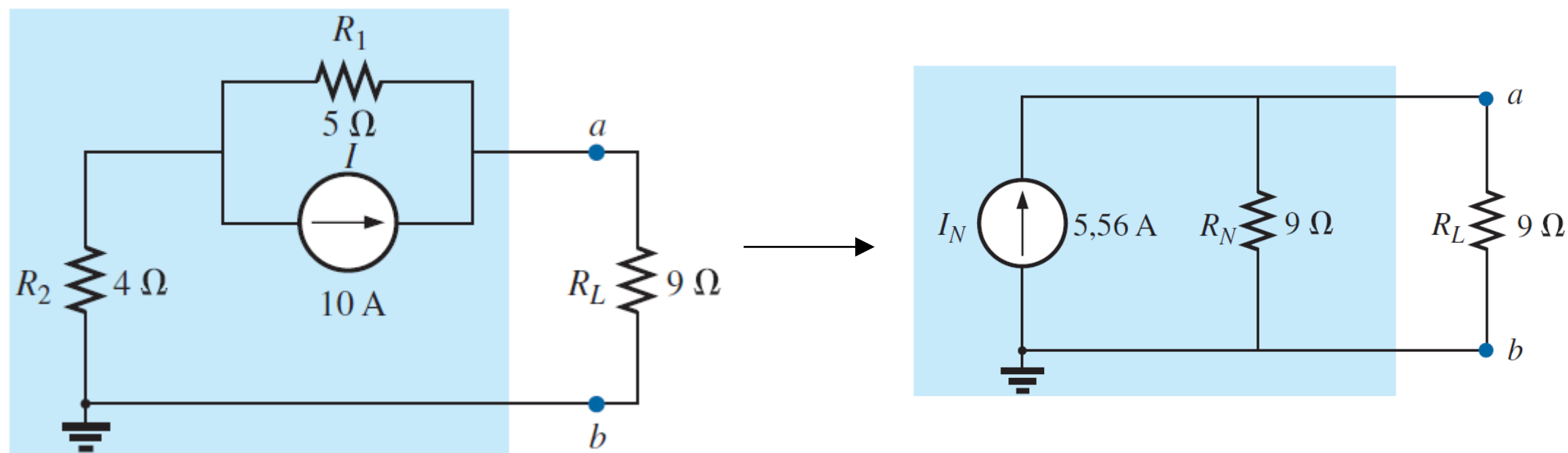
$$I_N = I \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$I_N = 5,56 \text{ A}$$



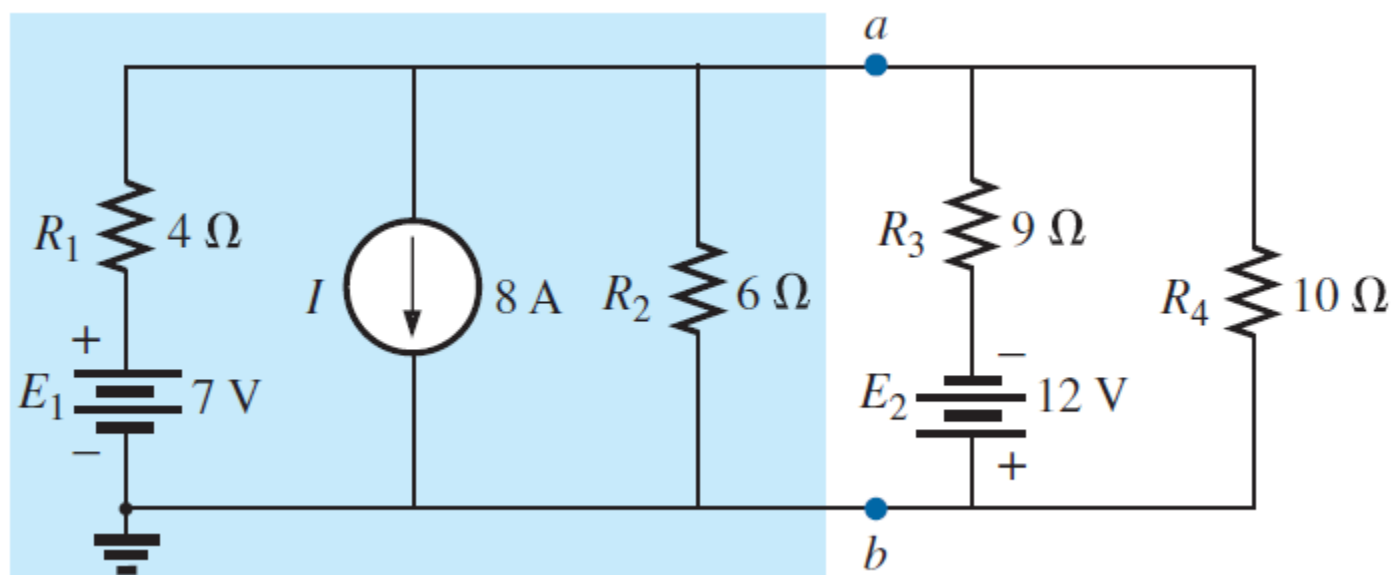
Teorema de Norton

Exemplo: Determine o circuito equivalente de Norton para a parte sombreada do circuito abaixo



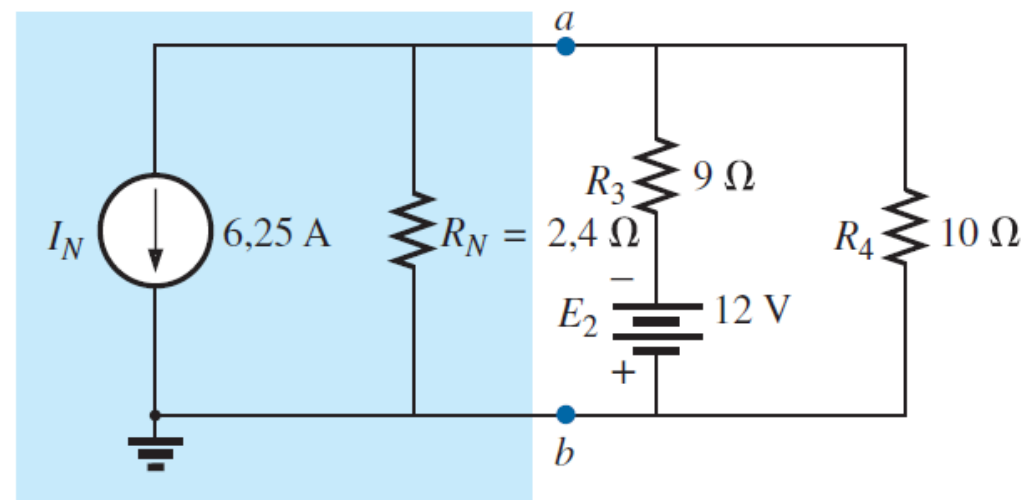
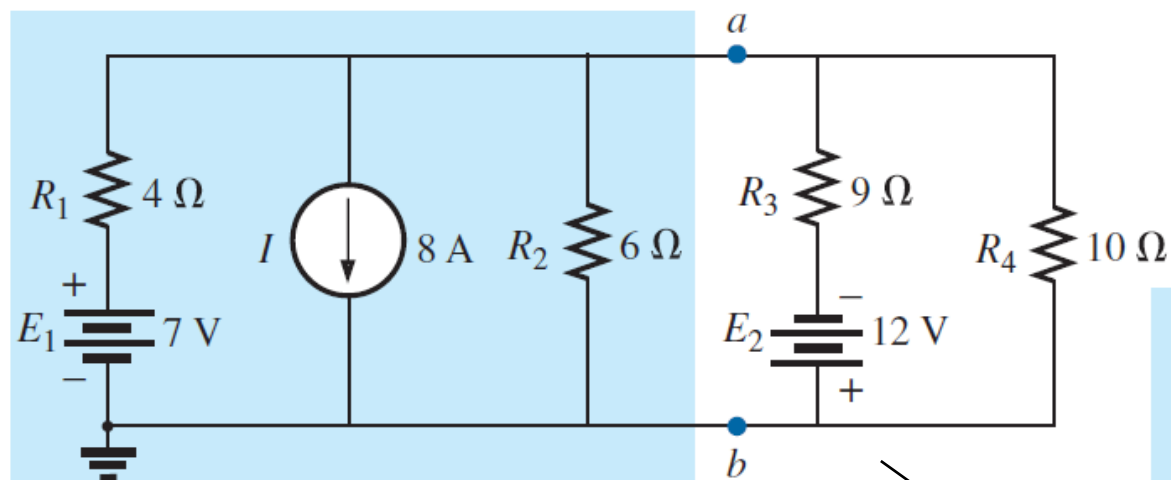
Teorema de Norton

Exercício: Determine o circuito equivalente de Norton para a parte sombreada do circuito abaixo



Teorema de Norton

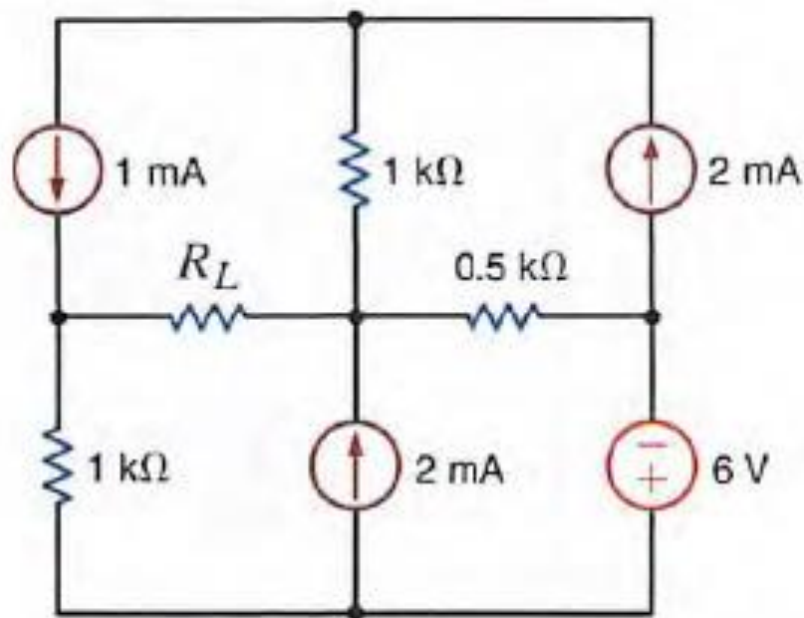
Exercício: Determine o circuito equivalente de Norton para a parte sombreada do circuito abaixo



Teorema de Thevenin / Norton

Exercício desafio: Determine o circuito equivalente de Thevenin e Norton do circuito abaixo em relação ao resistor R_L

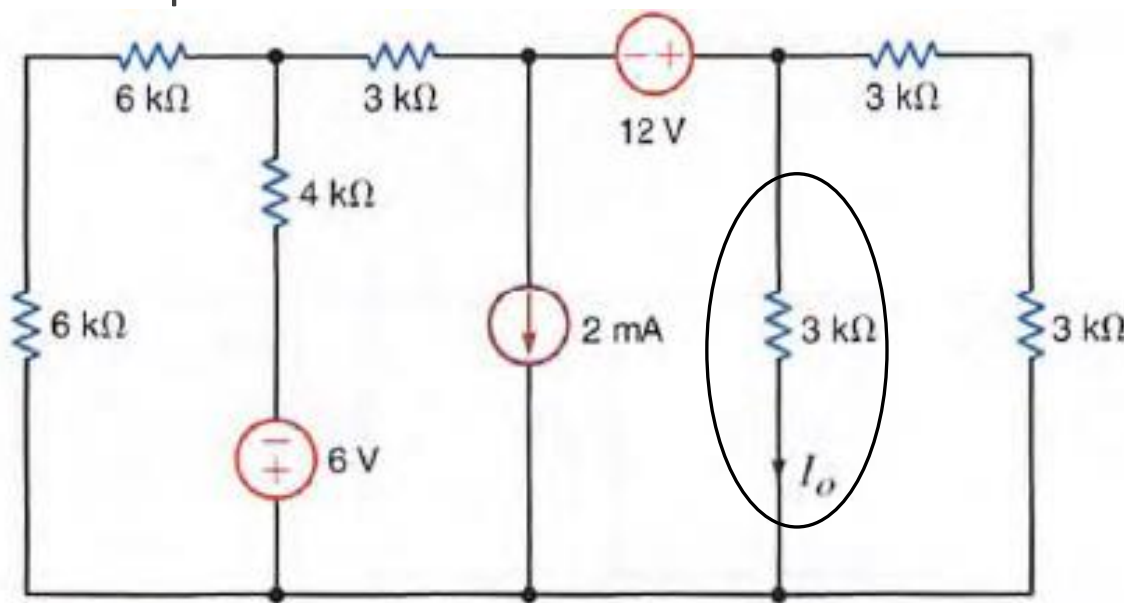
Obs: Remover o resistor antes de aplicar os teoremas



Teorema de Thevenin / Norton

Exercício desafio: Calcular a corrente I_o utilizando o circuito equivalente de Thevenin ou Norton do circuito abaixo em relação ao resistor destacado

Obs: Remover o resistor antes de aplicar os teoremas



Bibliografia

BOYLESTAD, R. L. Introdução à Análise de Circuitos. Prentice-Hall. São Paulo, 2004.

BOYLESTAD, R.; NASHELSKY, L. Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. 6ª edição, Prentice Hall do Brasil, 1998.

CIPELLI, Antonio Marco Vicari; MARKUS, Otavio; SANDRINI, Waldir João. Teoria e desenvolvimento de projetos de circuitos eletrônicos. 18 ed. São Paulo: Livros Erica, 2001. 445 p. ISBN 8571947597.