

# **Circuitos Elétricos I – E201**

## **Capítulo 7**

**Teorema de Thévenin**

**Teorema de Norton**

**Teorema da Superposição**

# Teorema de Thévenin

## Introdução

O teorema de Thévenin afirma o seguinte:

*Qualquer circuito de dois terminais pode ser substituído por um circuito equivalente que consista somente de uma **fonte de tensão** e de um **resistor em série**, como mostra a Figura 9.23.*

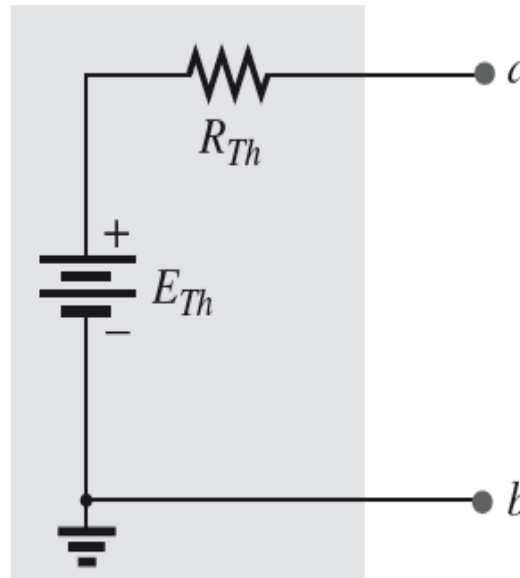


Figura 9.23 Circuito equivalente de Thévenin.

# Teorema de Thévenin

## Introdução

- Aplicação do Teorema de Thévenin: Substituição de um circuito complexo pelo Equivalente de Thévenin***

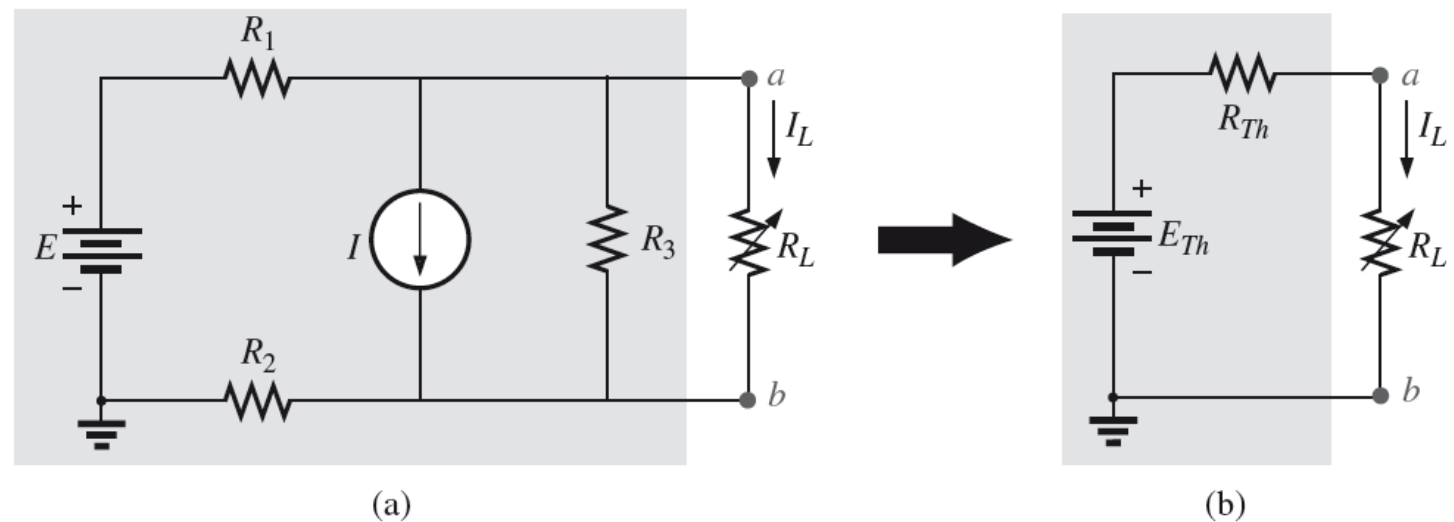
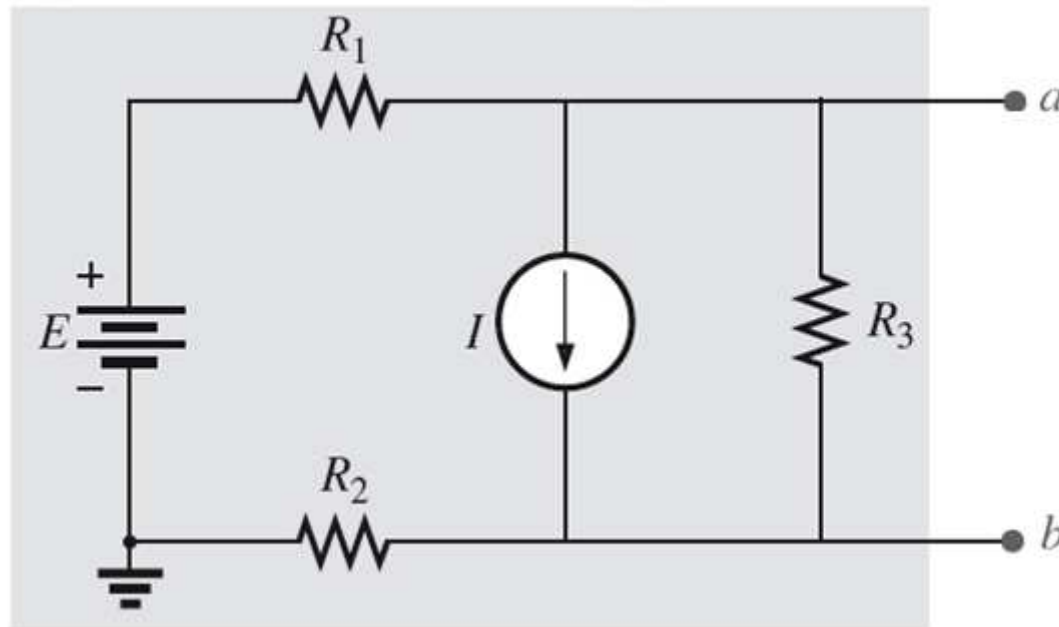


Figura 9.25 Substituição de um circuito complexo pelo circuito equivalente de Thévenin.

# Teorema de Thévenin

## PROCEDIMENTO (Passos)

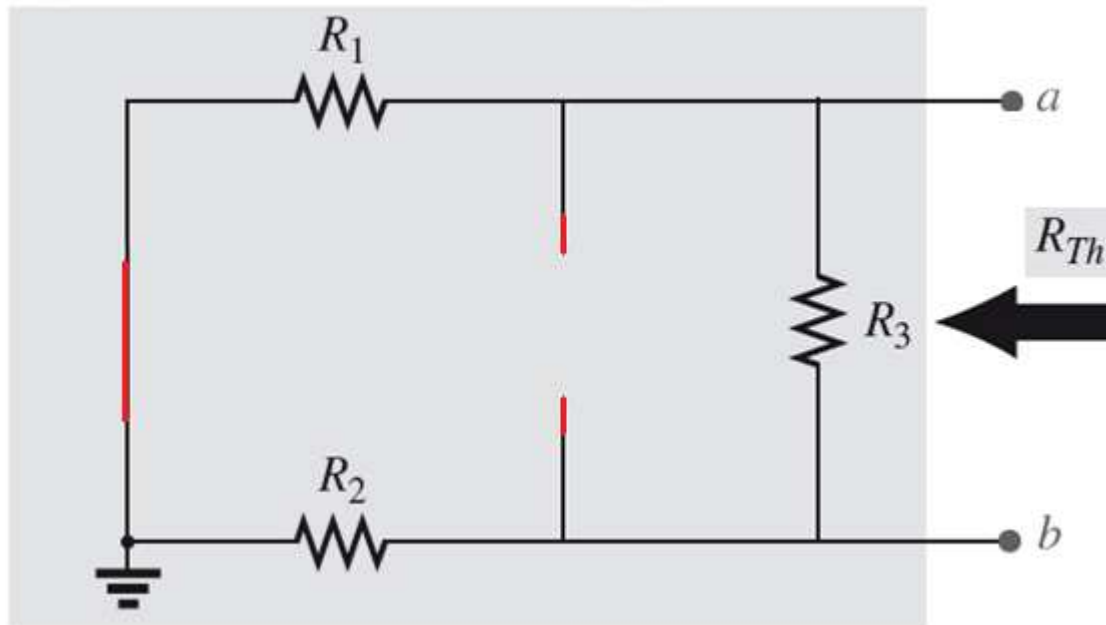
1. *Remova a parte do circuito para a qual deseje obter um equivalente de Thévenin. No caso da Figura 9.25(a), é necessário remover temporariamente o resistor  $R_L$ .*
2. *Assinale os terminais do circuito remanescente, por exemplo, como “a” e “b”.*



# Teorema de Thévenin

## PROCEDIMENTO (Passos)

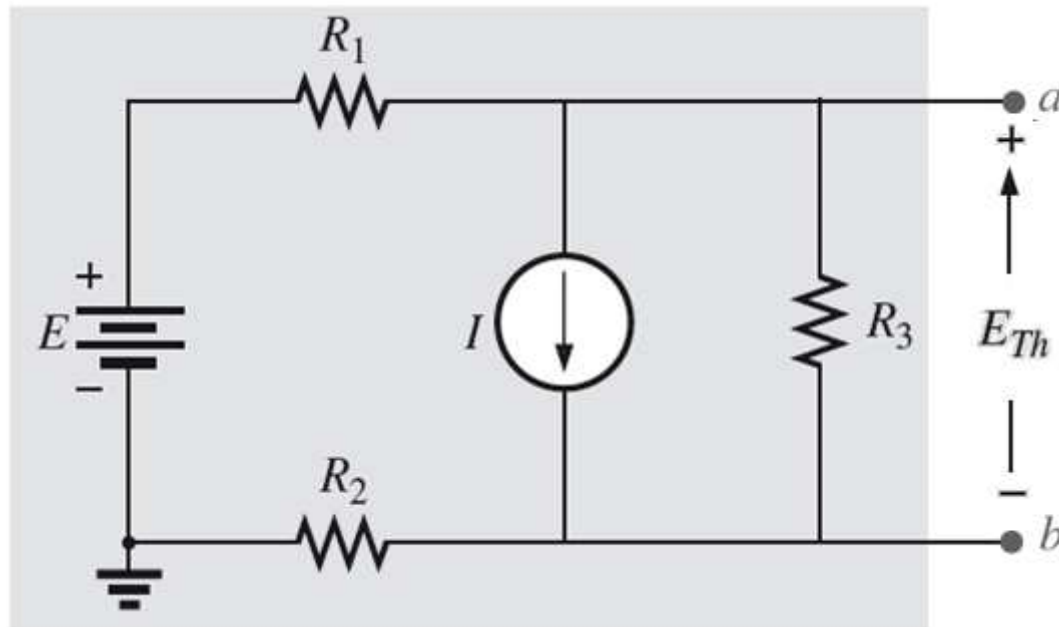
3. *Calcule a Resistência de Thévenin ( $R_{Th}$ ), colocando primeiro todas as fontes em zero (substituindo as fontes de tensão por curtos-circuitos e as fontes de corrente por circuitos abertos), e, em seguida, determine a resistência equivalente entre os dois terminais escolhidos.*



# Teorema de Thévenin

## PROCEDIMENTO (Passos)

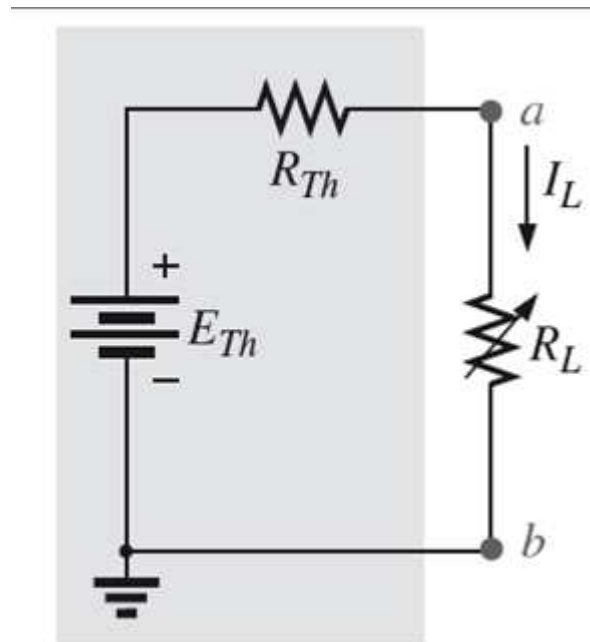
4. *Calcule a Tensão de Thévenin ( $E_{Th}$ ) retornando primeiro todas as fontes às suas posições originais no circuito, e, em seguida, determine a tensão entre os dois terminais escolhidos. (Tenha sempre em mente que a diferença de potencial deve ser calculada com o circuito aberto entre os terminais assinalados no passo 2).*



# Teorema de Thévenin

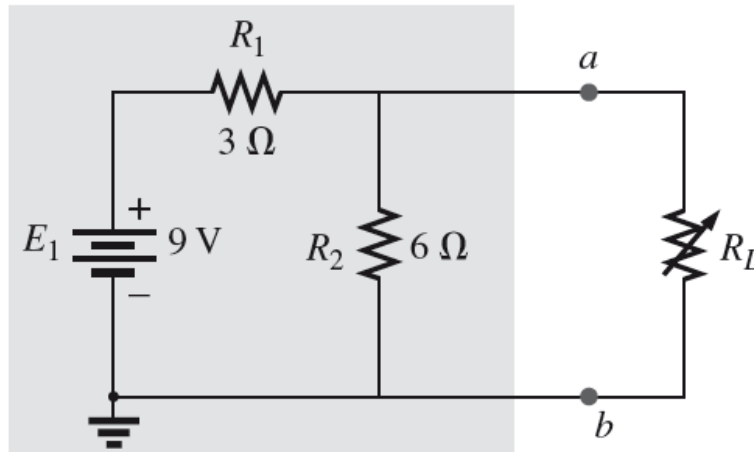
## PROCEDIMENTO (Passos)

5. *Desenhe o circuito equivalente de Thévenin e recoloque entre os terminais do circuito equivalente a parte que foi previamente removida. Esse passo é indicado pela inserção do resistor  $R_L$  entre os terminais do circuito equivalente de Thévenin, como indicado na figura a seguir*



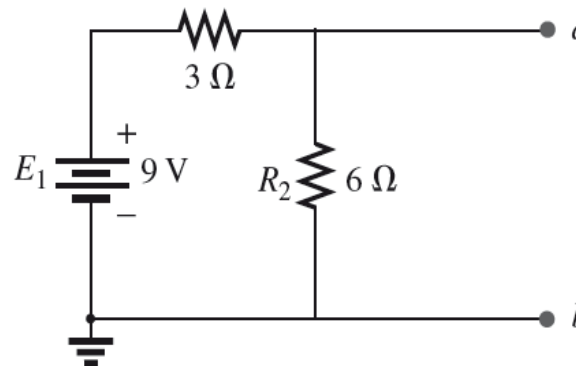
# Teorema de Thévenin

## Exemplo 1:



Circuito original  
para o exemplo

Figura 9.26 Exemplo 9.6.



Aplicação dos  
Passos 1) e 2).

Figura 9.27 Identificação dos terminais de interesse para a aplicação do teorema de Thévenin.



# Teorema de Thévenin

## Exemplo 1: Aplicação do passo 3)

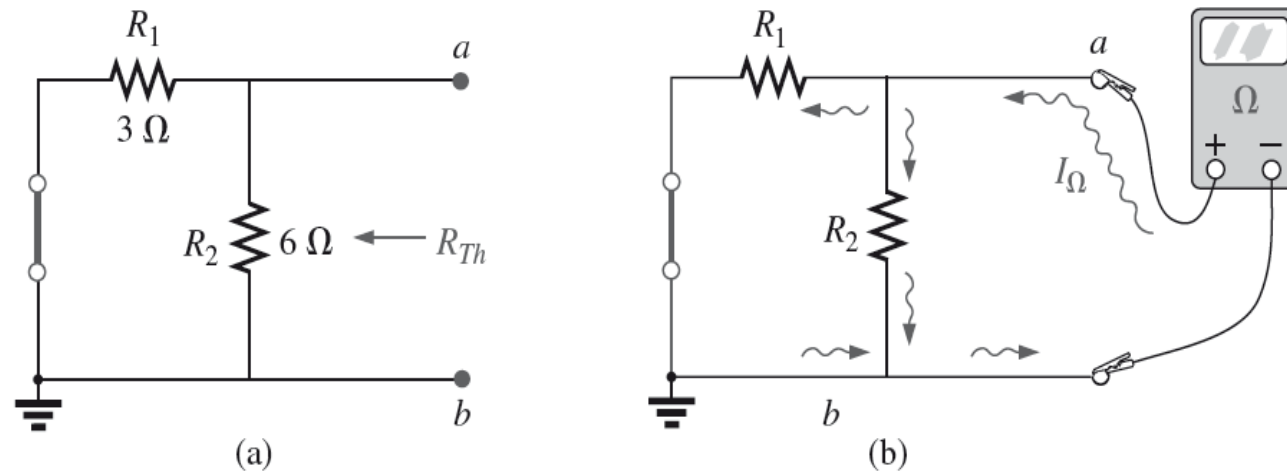
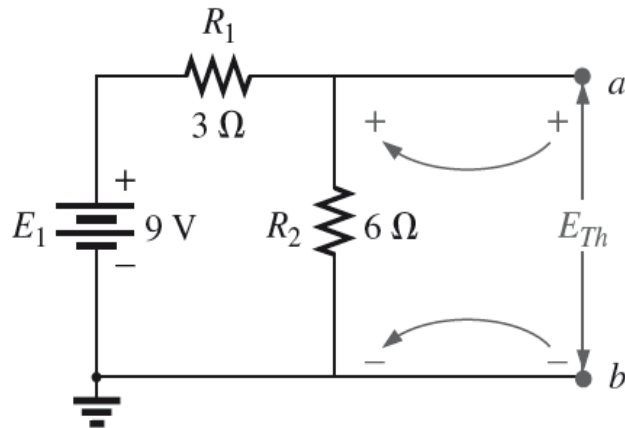


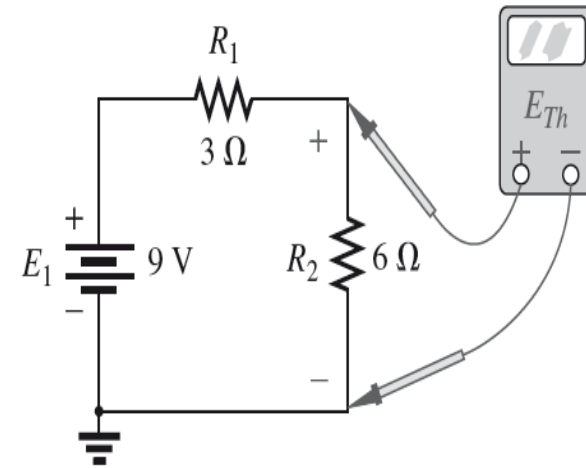
Figura 9.28 Determinação de  $R_{Th}$  para o circuito da Figura 9.27.

# Teorema de Thévenin

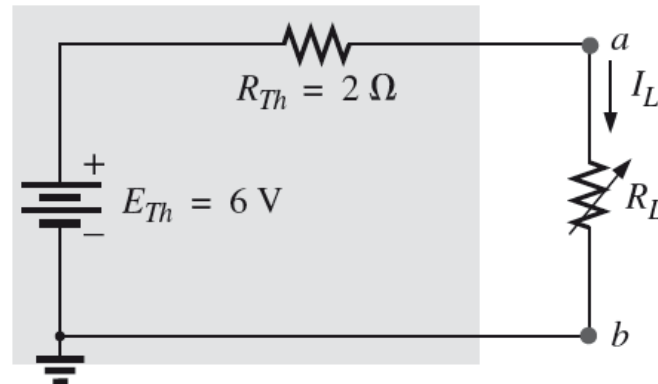
**Exemplo 1:** Aplicação dos passos 4) e 5).



**Figura 9.29** Determinação de  $E_{Th}$  para o circuito da Figura 9.27.



**Figura 9.30** Medição de  $E_{Th}$  para o circuito da Figura 9.27.



**Figura 9.31** Substituição do circuito externo a  $R_L$  na Figura 9.26 pelo circuito equivalente de Thévenin.

# Teorema de Thévenin

## Exemplo 2:

Utilizando o Equivalente de Thévenin, determinar a tensão entre os pontos a e b ( $V_{ab}$ ) do circuito da figura 9.32

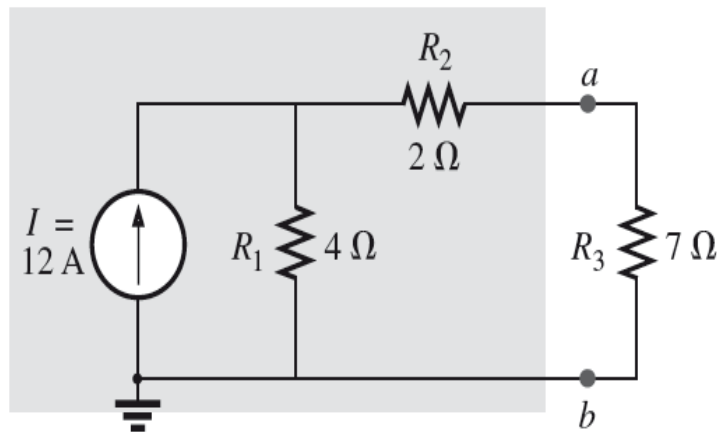


Figura 9.32 Exemplo 9.7.

# Teorema de Thévenin

## Exemplo 3:

Utilizando o Equivalente de Thévenin, determinar a corrente  $I_0$  entre os pontos a e b do circuito da figura 9.37

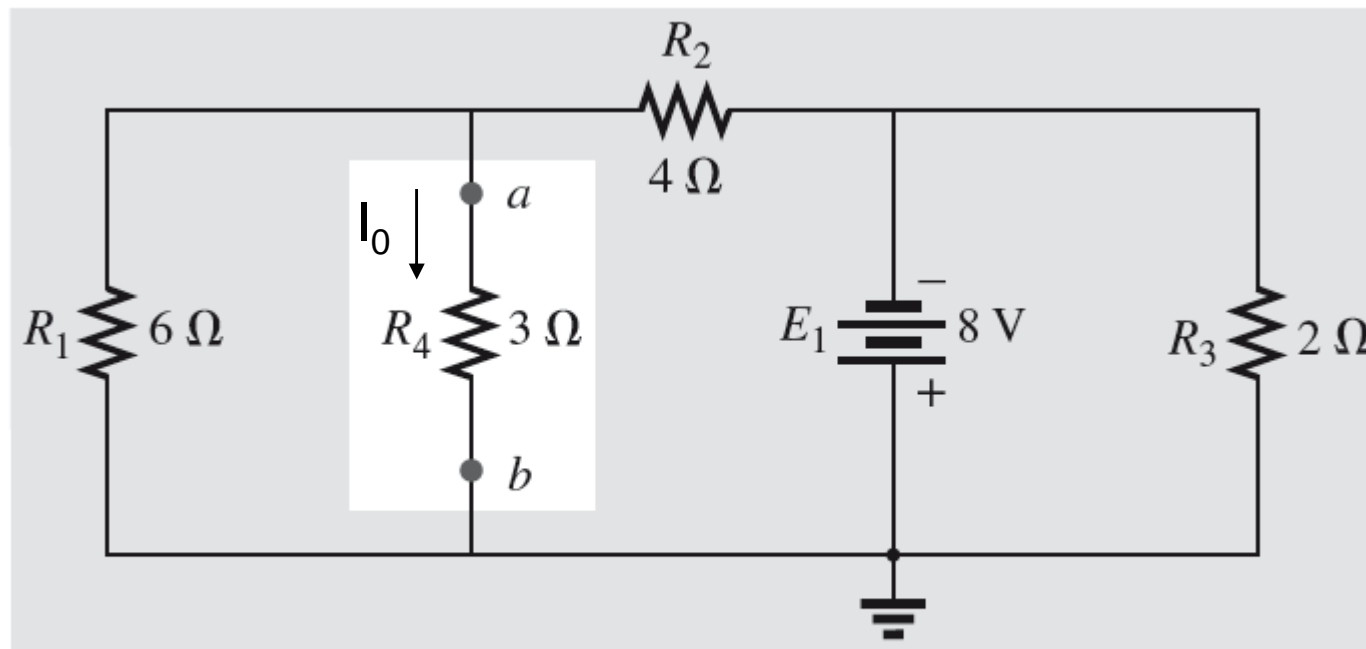


Figura 9.37 Exemplo 9.8.

# Teorema de Thévenin

## Exemplo 4:

Utilizando o Equivalente de Thévenin, determinar a tensão  $V_{ba}$  no resistor  $R_L$ , considerando os seguintes valores: a)  $R_L=1\Omega$ ; b)  $R_L=7\Omega$ ; c)  $R_L=12\Omega$

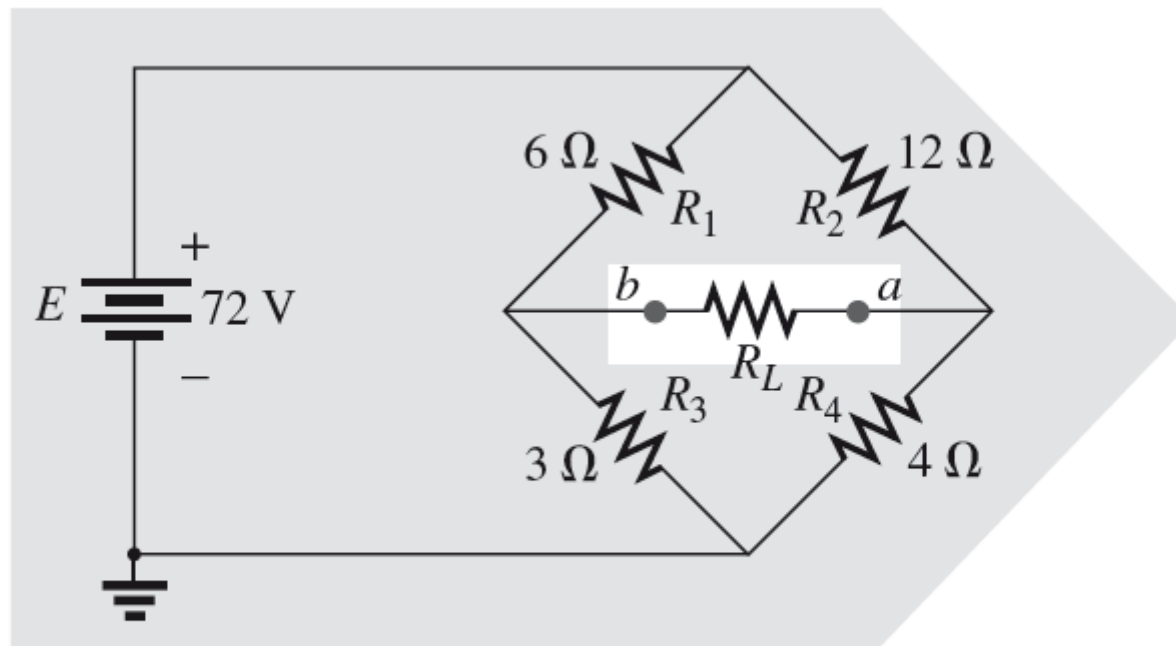


Figura 9.43 Exemplo 9.9.

# Teorema de Thévenin

## Exemplo 5:

Utilizando o Equivalente de Thévenin, determinar a corrente  $I_0$  no resistor  $R_L$ , considerando os seguintes valores: a)  $R_L=4\text{k}\Omega$ ; b)  $R_L=7\text{k}\Omega$ ; c)  $R_L=10\text{k}\Omega$

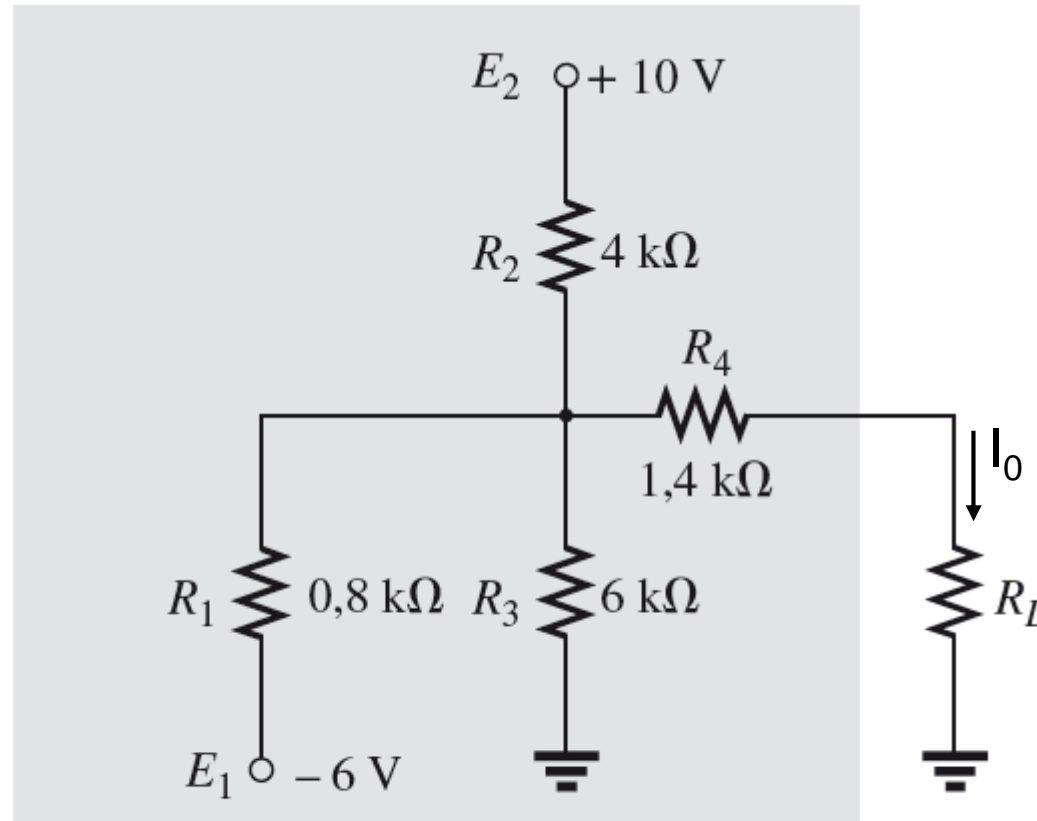


Figura 9.48 Exemplo 9.10.

# Teorema de Norton

## Introdução

O teorema de Norton afirma o seguinte:

*Qualquer circuito de dois terminais pode ser substituído por um circuito equivalente que consista somente de uma **fonte de corrente e de um resistor em paralelo**, como mostra a Figura 9.59.*

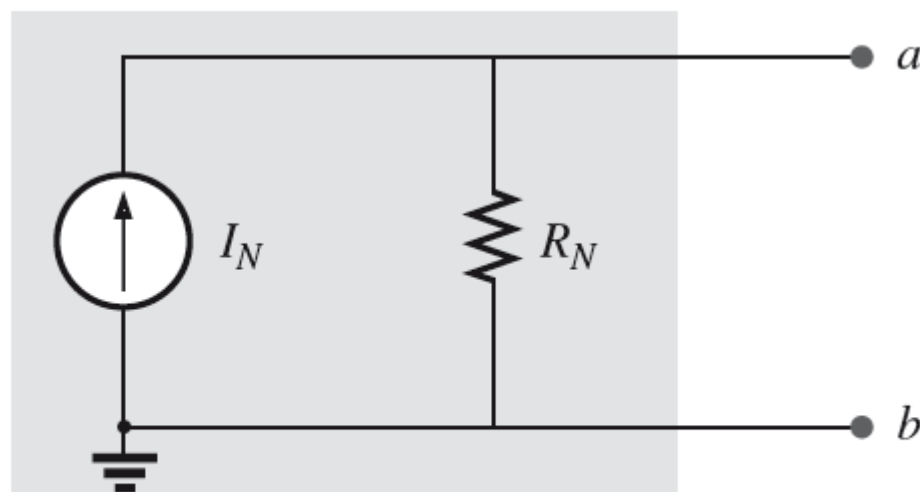
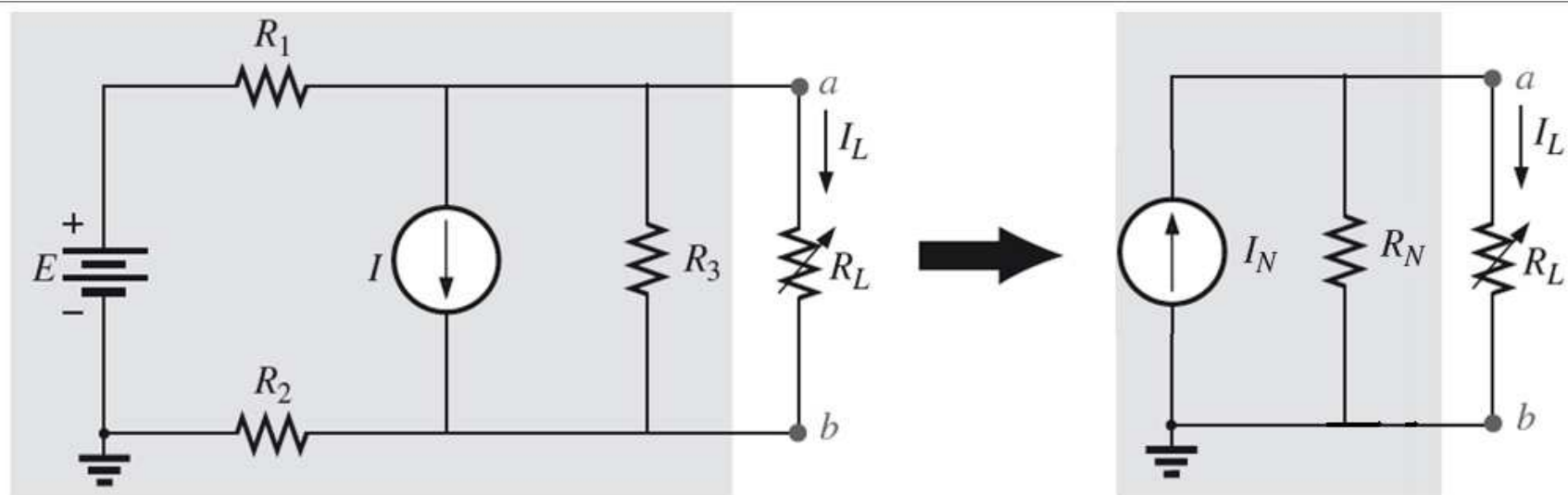


Figura 9.59 Circuito equivalente de Norton.

# Teorema de Norton

## Introdução

- Aplicação do Teorema de Norton: Substituição de um circuito complexo pelo Equivalente de Norton***

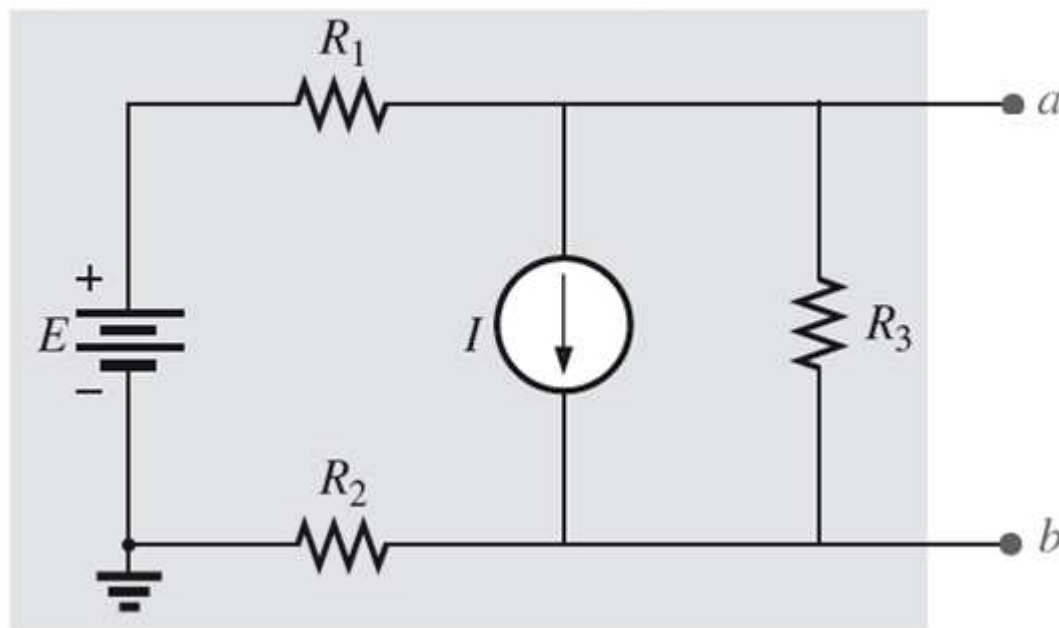




# Teorema de Norton

## PROCEDIMENTO (Passos)

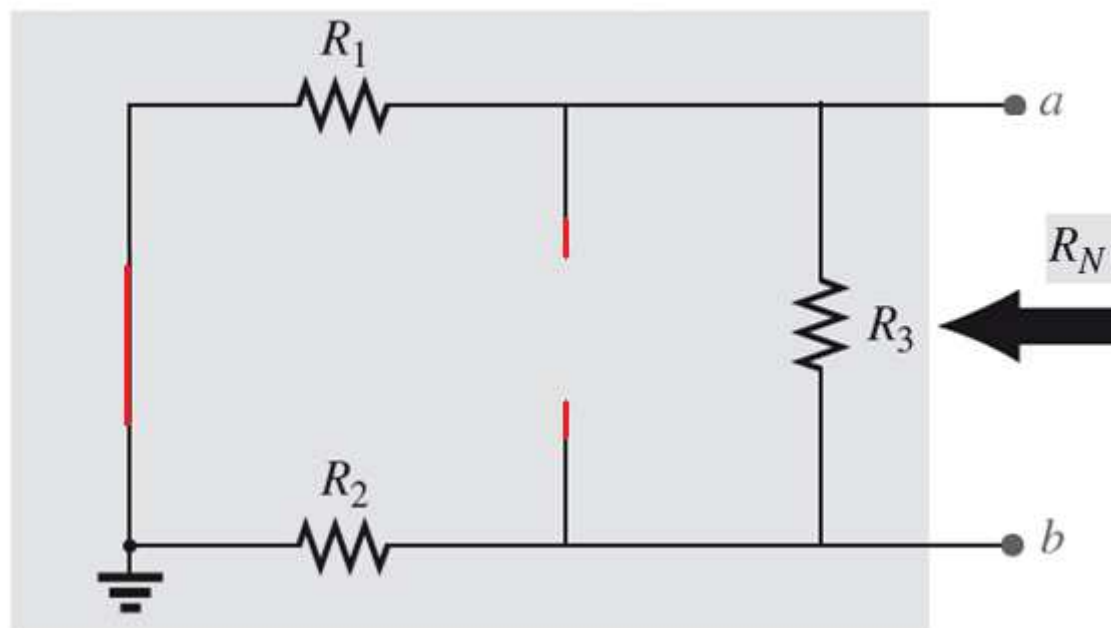
1. *Remova a parte do circuito para a qual deseje obter um equivalente de Norton. No caso da Figura 9.25(a), é necessário remover temporariamente o resistor  $R_L$ .*
2. *Assinale os terminais do circuito remanescente, por exemplo, como “a” e “b”.*



# Teorema de Norton

## PROCEDIMENTO (Passos)

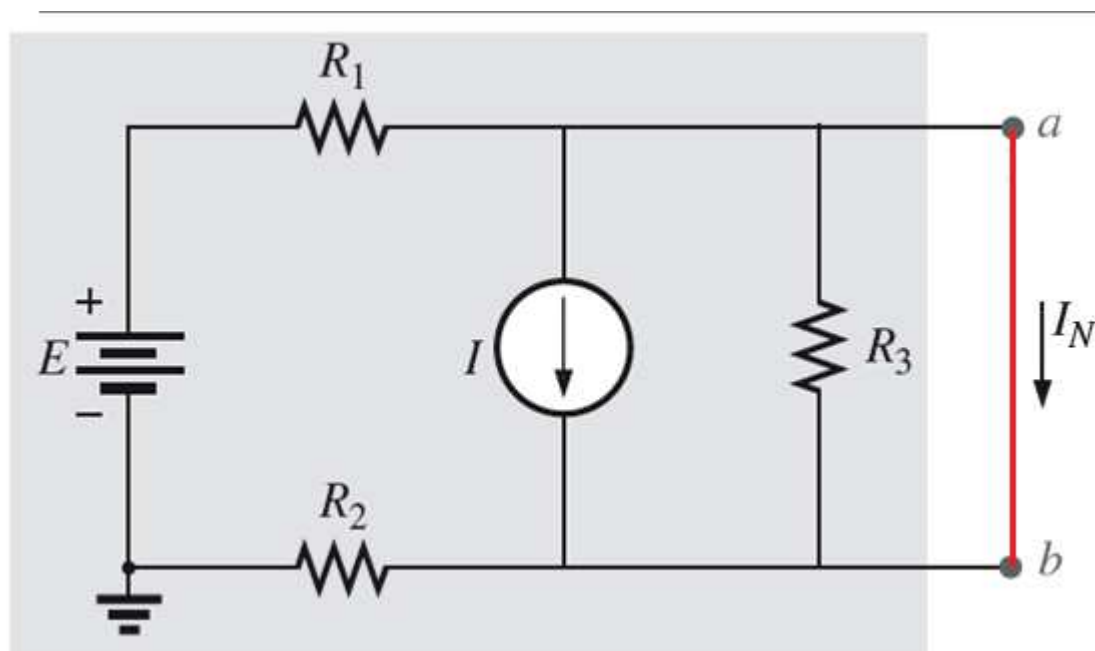
3. *Calcule a Resistência de Norton ( $R_N$ ), colocando primeiro todas as fontes em zero (substituindo as fontes de tensão por curtos-circuitos e as fontes de corrente por circuitos abertos), e, em seguida, determine a resistência equivalente entre os dois terminais escolhidos.*



# Teorema de Norton

## PROCEDIMENTO (Passos)

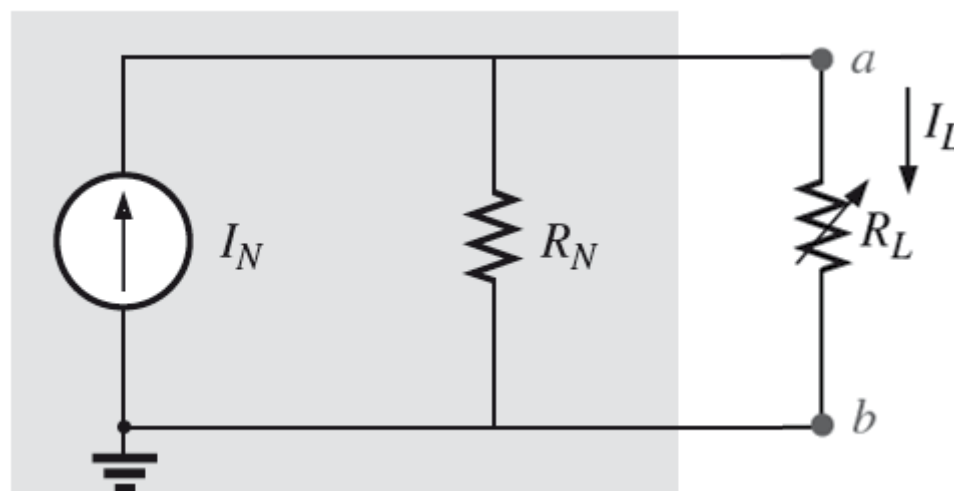
4. *Para calcular a corrente de Norton ( $I_N$ ), retorne todas as fontes às suas posições originais e em seguida determine a corrente de curto-circuito entre os dois terminais assinalados. Essa corrente é a mesma que seria medida por um amperímetro conectado entre os terminais assinalados no passo 2).*



# Teorema de Norton

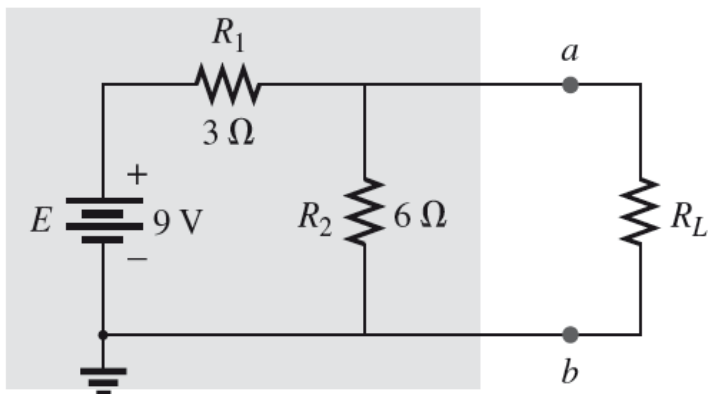
## PROCEDIMENTO (Passos)

5. *Desenhe o circuito equivalente de Norton e recoloque entre os terminais do circuito equivalente a parte que foi previamente removida. Esse passo é indicado pela inserção do resistor  $R_L$  entre os terminais do circuito equivalente de Norton, como indicado na figura a seguir*



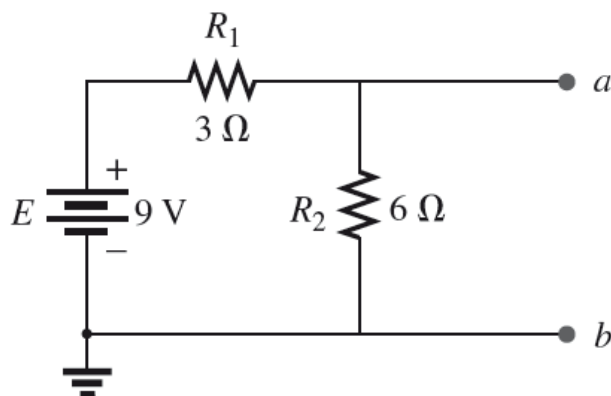
# Teorema de Norton

## Exemplo 1:



Circuito original  
para o exemplo

Figura 9.61 Exemplo 9.11.



Aplicação dos  
Passos 1) e 2)

Figura 9.62 Identificação dos terminais de interesse para  
o circuito mostrado na Figura 9.61.

# Teorema de Norton

## Exemplo 1: Aplicação do passo 3)

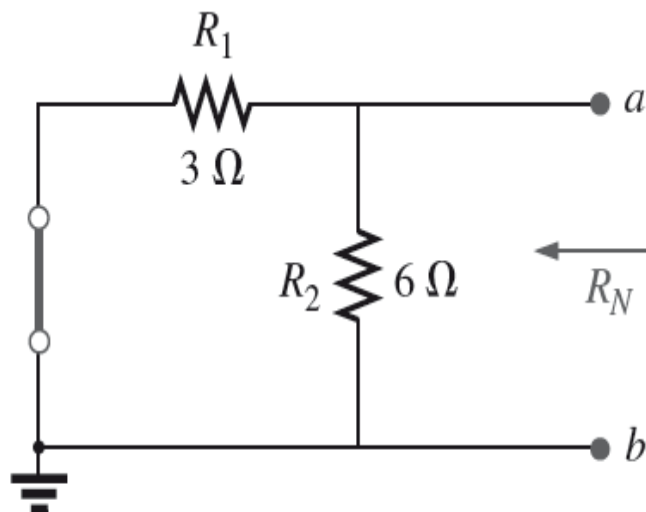


Figura 9.63 Determinação de  $R_N$  para o circuito da Figura 9.62.

# Teorema de Norton

## Exemplo 1: Aplicação do passo 4)

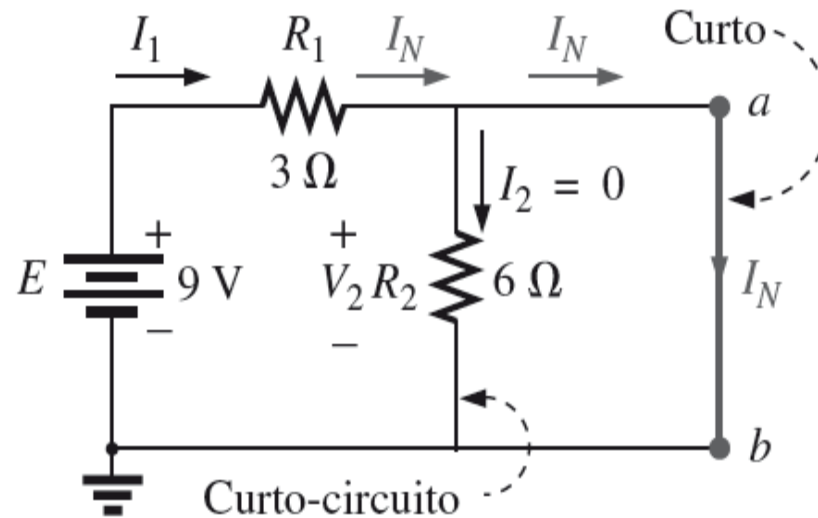
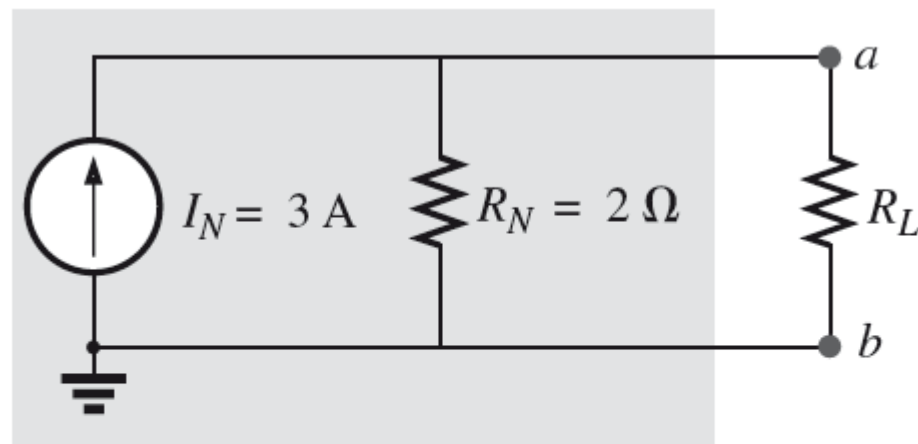


Figura 9.64 Determinação de  $I_N$  para o circuito da Figura 9.62.

# Teorema de Norton

## Exemplo 1: Aplicação do passo 5)



**Figura 9.65** Substituição do circuito externo ao resistor  $R_L$  na Figura 9.61 pelo circuito equivalente de Norton.



# Teorema de Norton

## Exemplo 2:

Utilizando o Equivalente de Norton, determinar a tensão entre os pontos a e b ( $V_{ab}$ ) do circuito da figura 9.32

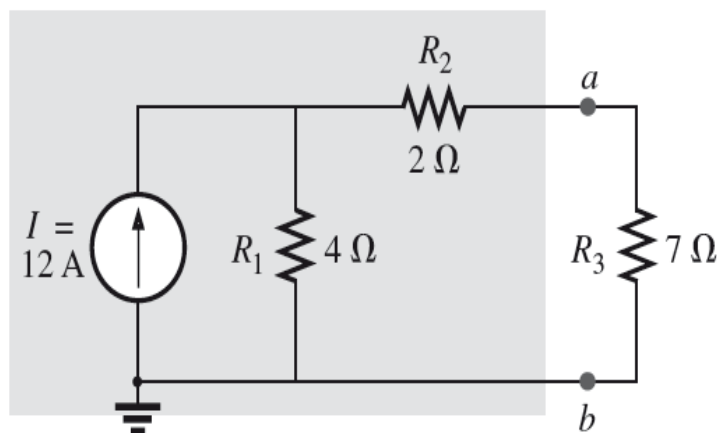


Figura 9.32 Exemplo 9.7.

# Teorema de Norton

## Exemplo 3:

Utilizando o Equivalente de Norton, determinar a corrente  $I_0$  entre os pontos a e b do circuito da figura 9.37

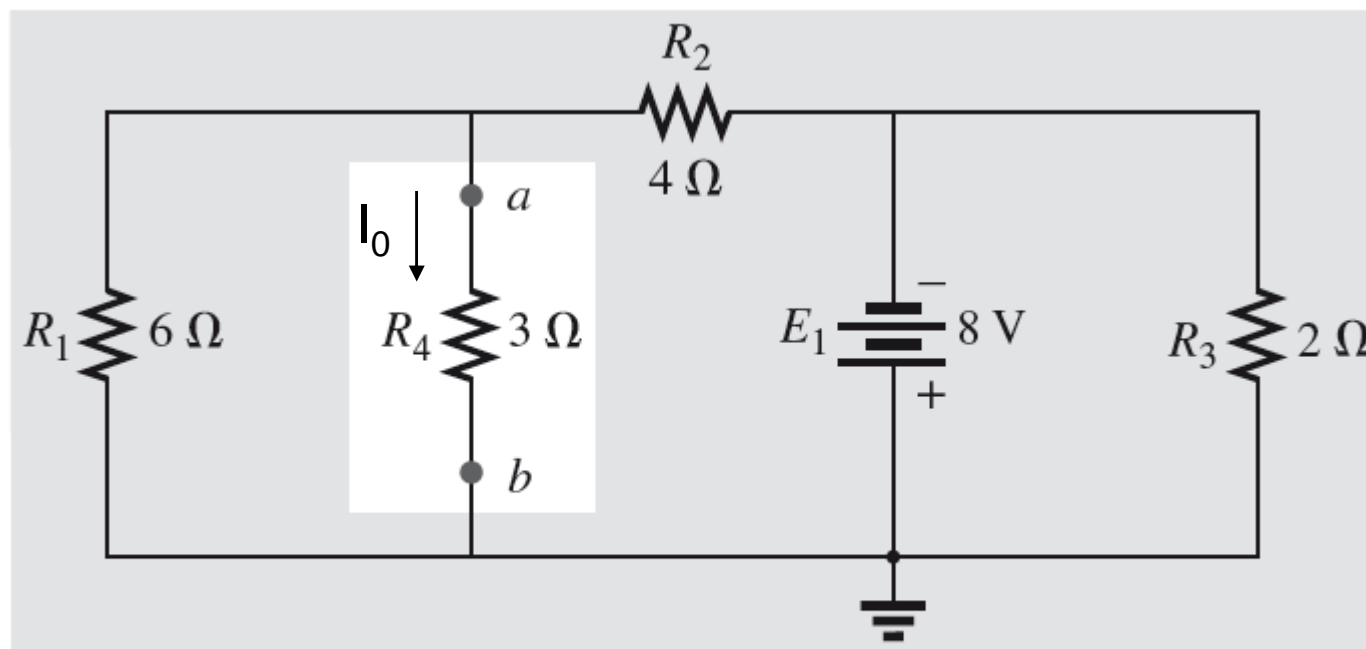


Figura 9.37 Exemplo 9.8.

# Teorema de Norton

## Exemplo 4:

Utilizando o Equivalente de Norton, determinar a tensão entre os pontos a e b ( $V_{ab}$ ) do circuito da figura 9.67

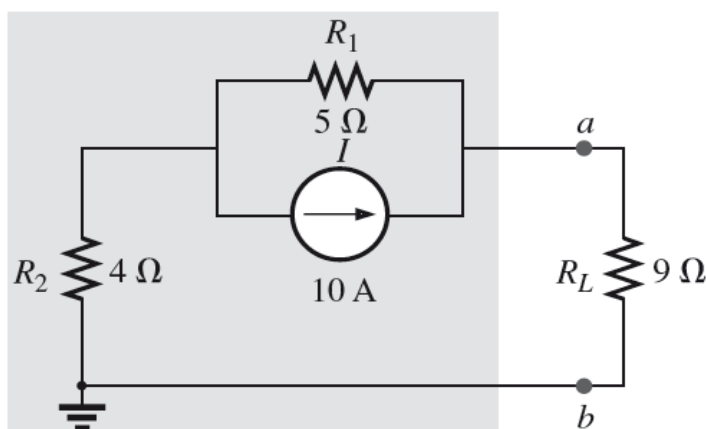
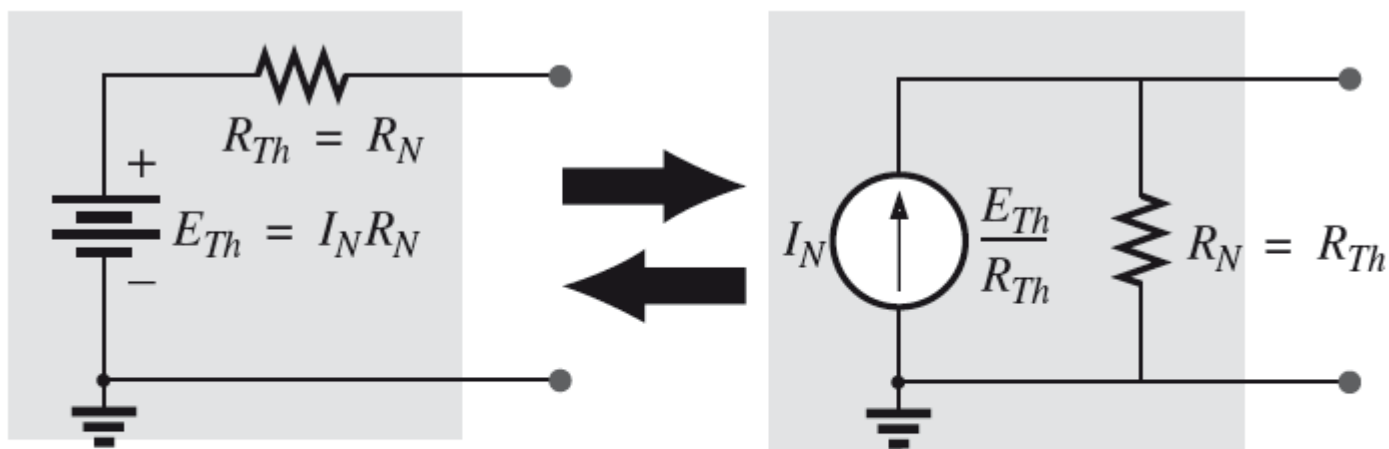


Figura 9.67 Exemplo 9.12.

## Conversão Entre os Equivalente de Thévenin e Norton

A partir do circuito equivalente de Thévenin é possível obter o circuito equivalente de Norton e vice-versa.

- A resistência equivalente de Thévenin é a mesma que de Norton e vice-versa;
- A corrente de Norton é a tensão de Thévenin dividida pela resistência de Thévenin.
- A Tensão de Thévenin é a corrente de Norton multiplicada pela resistência de Norton



**Figura 9.60** Conversão entre os circuitos equivalentes de Norton e de Thévenin.

# Teorema da Superposição

## Introdução

***O Teorema da Superposição afirma que:***

- *“A corrente, ou tensão, através de qualquer elemento é igual à soma algébrica das correntes ou tensões produzidas independentemente por cada fonte”.*

***O Teorema da Superposição pode ser utilizado para:***

- *Analisar circuitos que tenham duas ou mais fontes que não estejam em série ou em paralelo.*
- *Revelar o efeito de cada fonte sobre uma quantidade em particular de interesse.*

***Para fontes de diferentes tipos (como CC e CA) o teorema possibilita aplicar uma análise em separado para cada tipo, tendo como resultado total simplesmente a soma algébrica dos resultados.***

# Teorema da Superposição

## Introdução

Na aplicação do teorema da superposição, é verificado o efeito de cada fonte independentemente (separadamente). Para isto as outras fontes devem ser “zeradas”, ou seja, **fontes de tensão** são substituídas por **curtos-circuitos** e **fontes de correntes** por **circuitos abertos**.

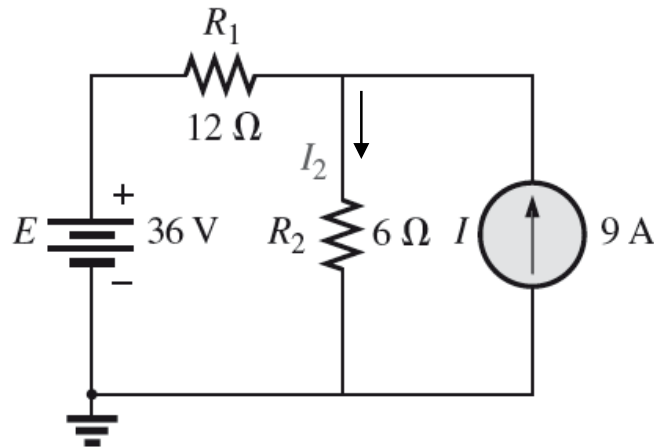


O número de circuitos analisados é, em geral, igual ao número de fontes independentes, mas em alguns casos é possível considerar o efeito de duas ou mais fontes ao mesmo tempo e reduzir o número de circuitos analisados.

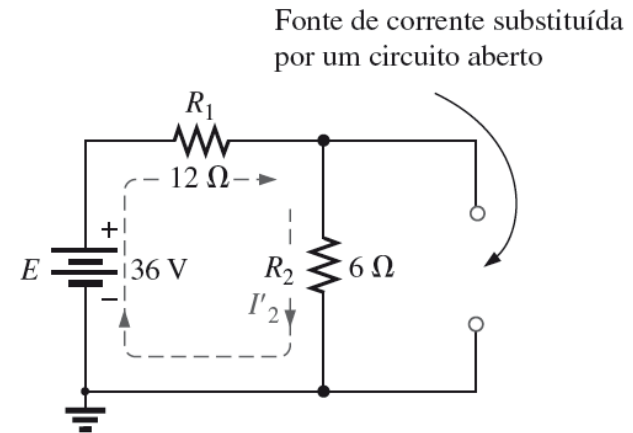
# Teorema da Superposição

## Exemplo 1:

Utilizando o Teorema da Superposição, determinar a corrente  $I_2$  indicada.



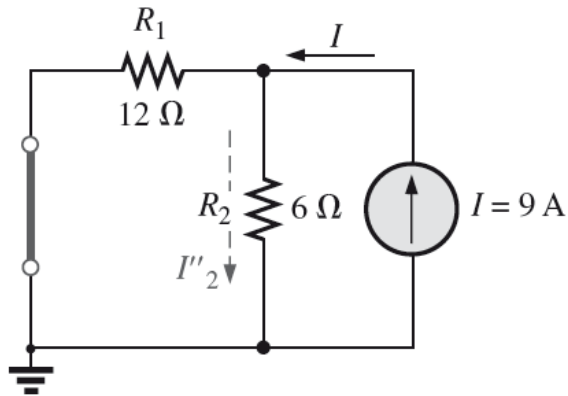
**Figura 9.2** Circuito a ser analisado no Exemplo 9.1 usando o teorema da superposição.



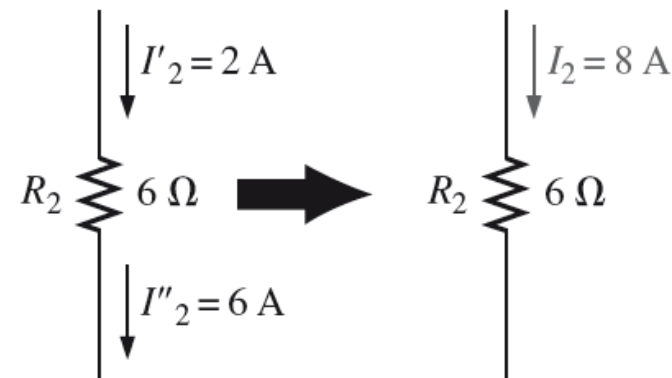
**Figura 9.3** Substituição da fonte de corrente de 9 A na Figura 9.2 por um circuito aberto para determinar o efeito da fonte de tensão de 36 V sobre a corrente  $I_2$ .

# Teorema da Superposição

## Exemplo 1:



**Figura 9.4** Substituição da fonte de tensão de 36 V por um equivalente de curto-circuito para determinar o efeito da fonte de corrente de 9 A sobre a corrente  $I_2$ .



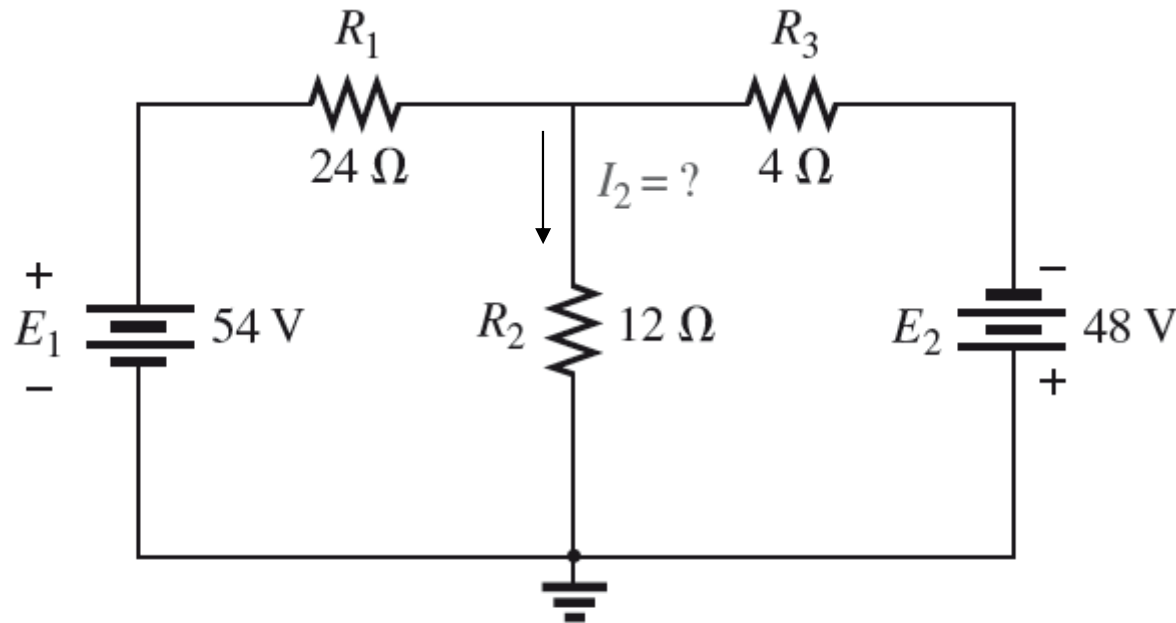
**Figura 9.5** Uso dos resultados das figuras 9.3 e 9.4 para determinar a corrente  $I_2$  para o circuito na Figura 9.2.



# Teorema da Superposição

## Exemplo 2:

Utilizando o Teorema da Superposição, determinar a corrente  $I_2$  indicada.

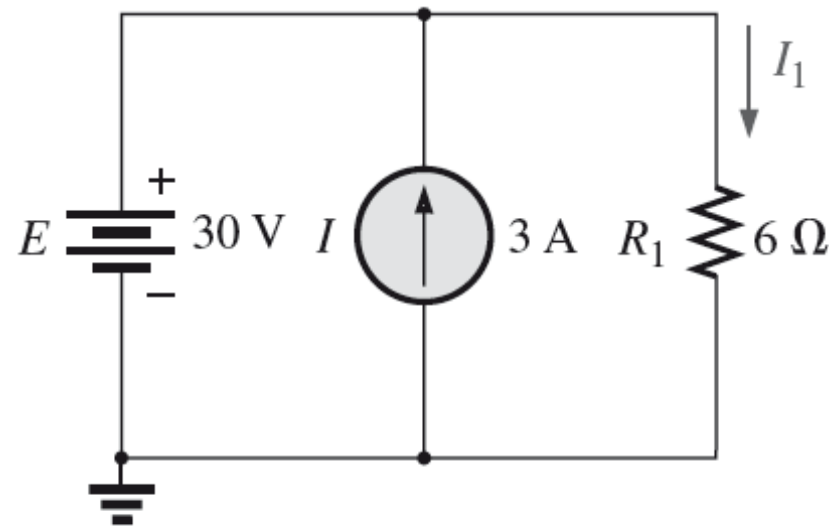


**Figura 9.8** Uso do teorema da superposição para determinar a corrente através do resistor de  $12\ \Omega$  (Exemplo 9.2).

# Teorema da Superposição

## Exemplo 3:

Utilizando o Teorema da Superposição, determinar a corrente  $I_1$  indicada.



**Figura 9.12** Circuito de duas fontes a ser analisado usando o teorema da superposição do Exemplo 9.3.