

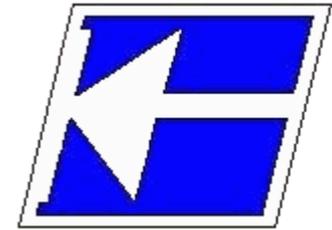
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina



Departamento Acadêmico de Eletrônica

CST em Eletrônica Industrial

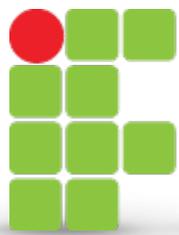
Circuitos Elétricos I



Circuitos em Série

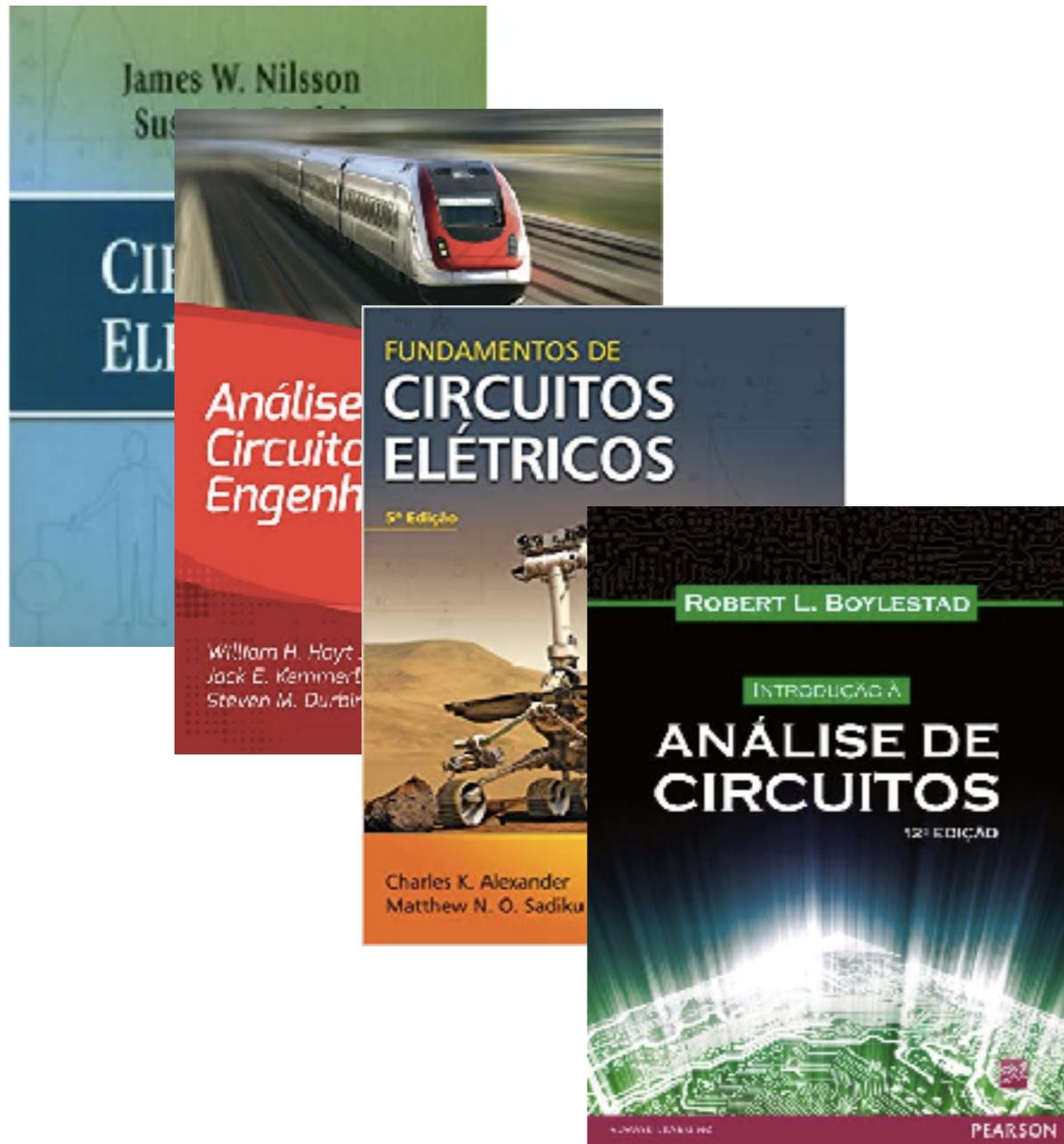
Prof. Clovis Antonio Petry.

Florianópolis, março de 2020.



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Biografia para Esta Aula



www.ProfessorPetry.com.br



Disciplina

Plano de Ensino (2009/1)

Baixe o plano de ensino da disciplina:

Data das avaliações

- Primeira avaliação =
- Segunda avaliação =
- Terceira avaliação =
- Quarta avaliação =
- Seminário =

Notas da disciplina

Acesse aqui:

Dúvidas, entre em contato: petry@cefetsc.edu.br

Aulas	Notas de Aula	Apresentações	Complementos
00		Apresentação da disciplina	
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Listas de exercícios

Avaliações anteriores

Nesta Aula

Introdução

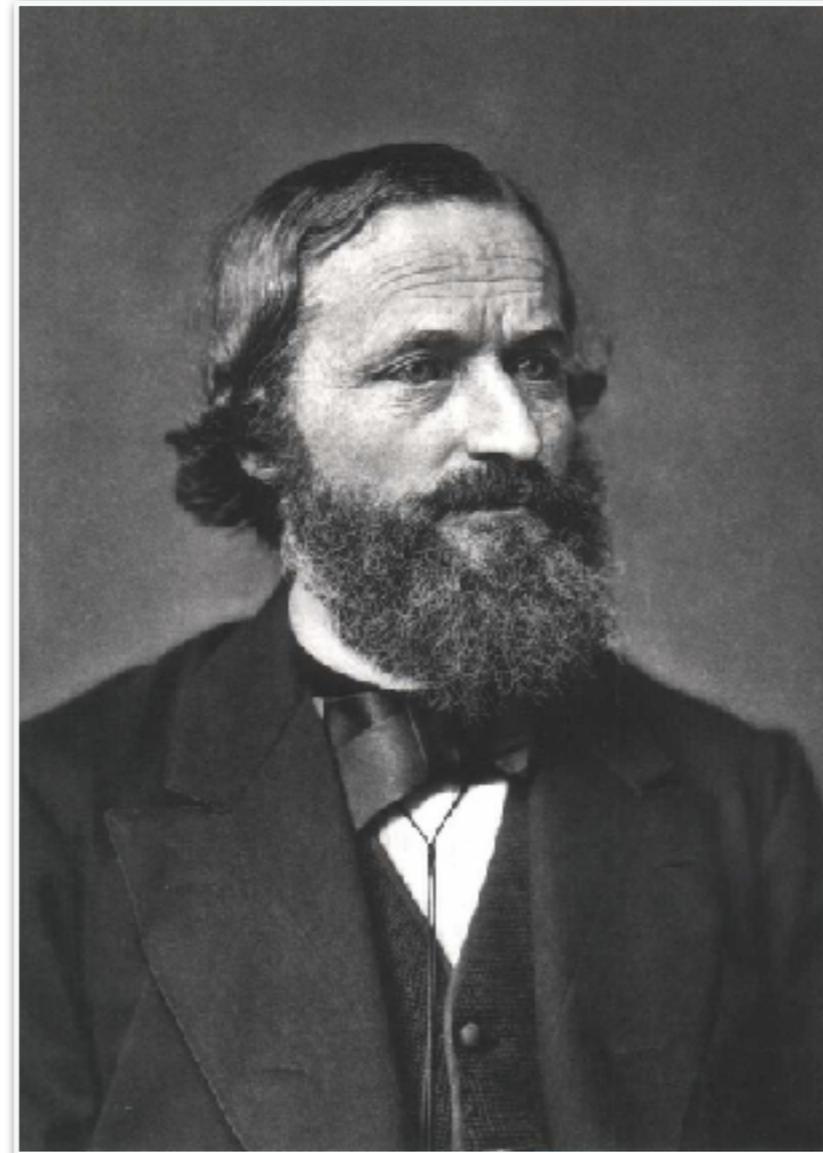
Resistores em série

Fontes de tensão em série

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Divisão de tensão em circuitos série

Regulação de tensão

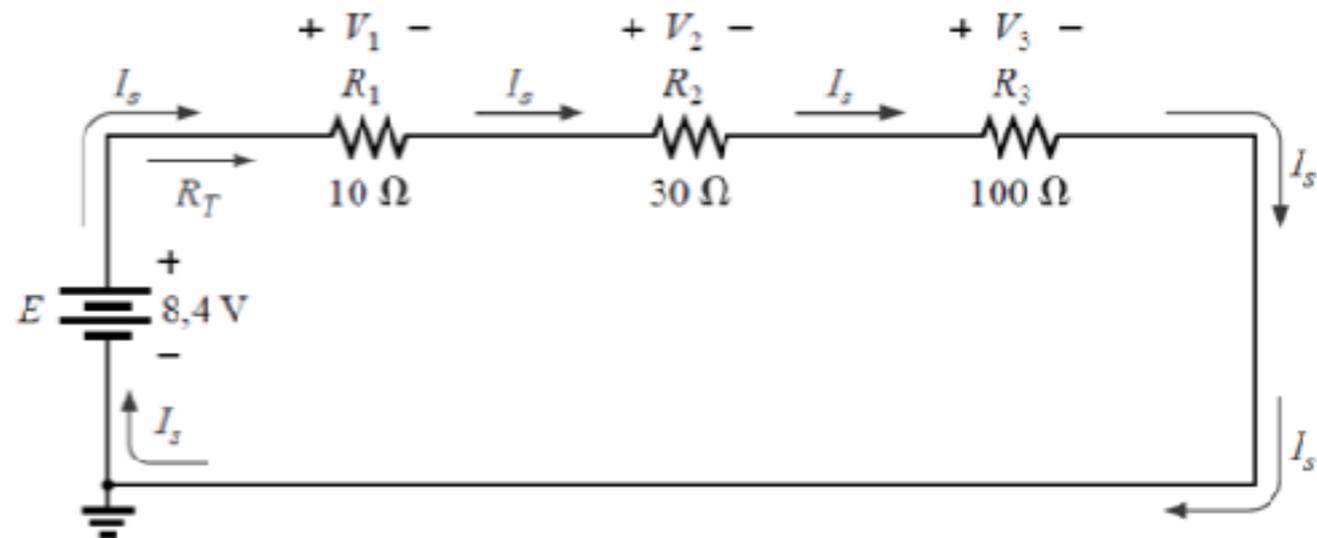


Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Leis_de_Kirchhoff

Introdução

Objetivos de estudar circuitos série:

- Familiarizar-se com as características de um circuito em série e encontrar soluções para a tensão, a corrente e a potência de cada um dos elementos.
- Desenvolver uma clara compreensão da lei de Kirchhoff para tensões e entender como ela é importante na análise de circuitos elétricos.
- Tomar conhecimento de como uma tensão aplicada se dividirá entre componentes em série e aplicar de maneira apropriada a regra do divisor de tensão.
- Compreender o uso das notações de índice inferior único e de índice inferior duplo para definir os níveis de tensão de um circuito.
- Aprender como usar um voltímetro, um amperímetro e um ohmímetro para medir as quantidades importantes de um circuito.



Resistores em Série

Elementos em série:

- Antes que uma conexão em série seja descrita, primeiro perceba que todo resistor fixo tem apenas dois terminais a serem conectados em uma configuração; portanto, ele é chamado de dispositivo de dois terminais.

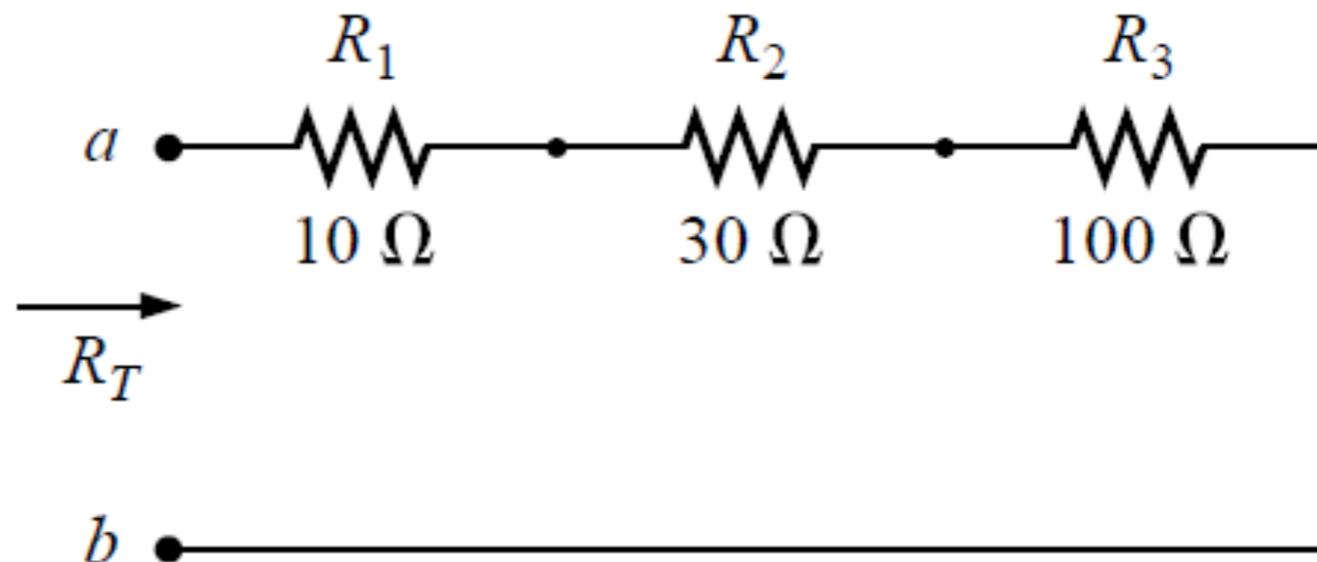


Figura 5.4 Conexão em série de resistores.

Resistores em Série

Exemplo de circuito diferente:

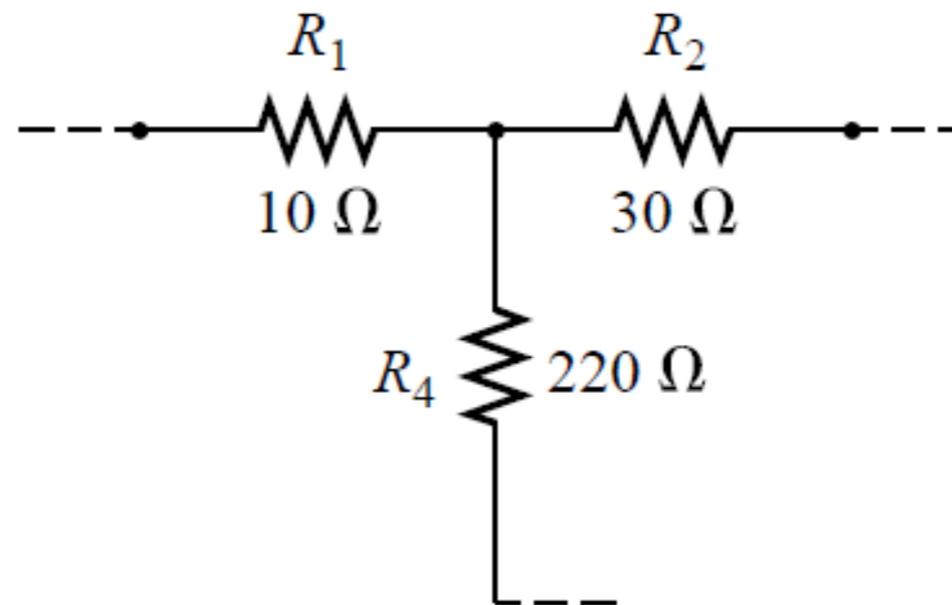


Figura 5.5 Configuração na qual nenhum dos resistores está em série.

Resistores em Série

Resistência total:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \text{ [ohms, } \Omega \text{]}$$

$$R_T = 20 + 220 + 1200 + 5600$$

$$R_T = 7040 \Omega$$

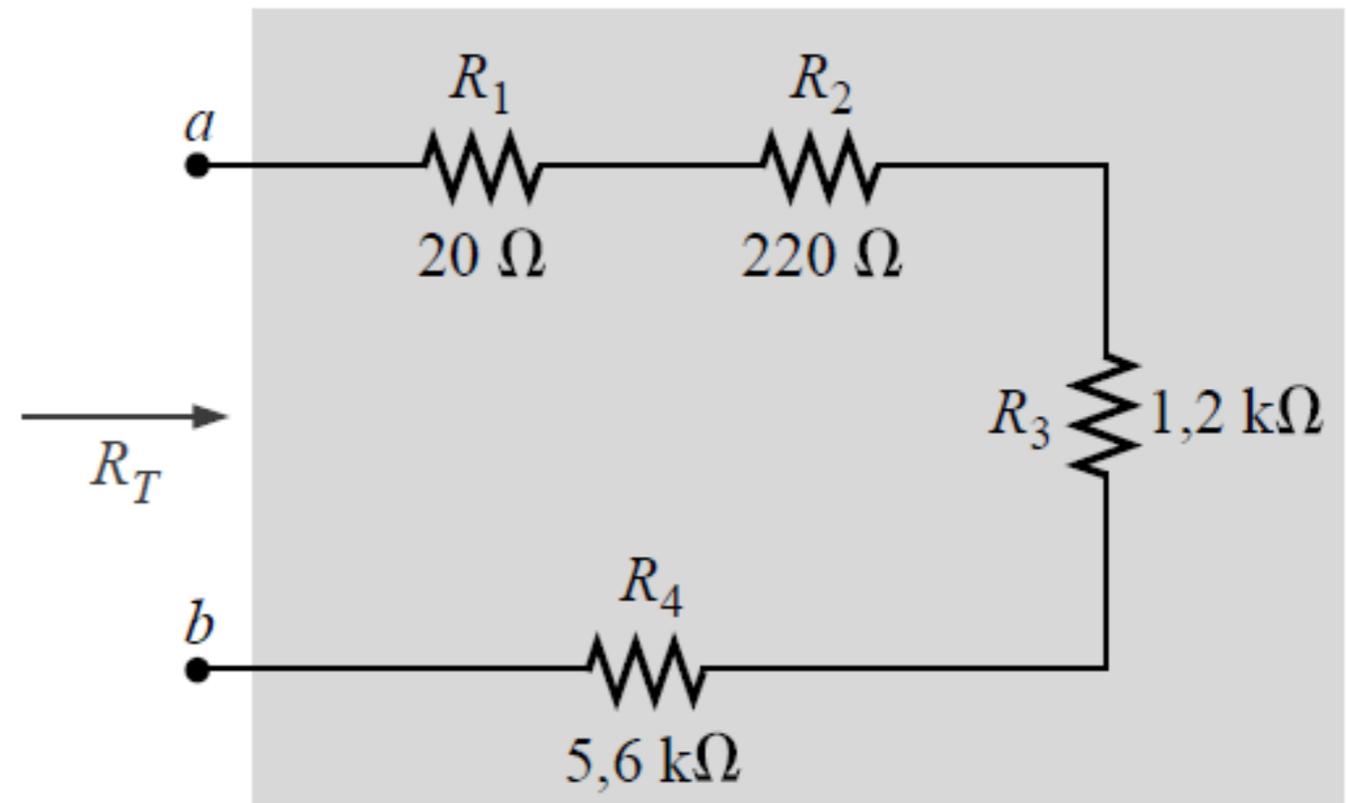


Figura 5.6 Conexão em série de resistores para o Exemplo 5.1.

Resistores em Série

Resistência total:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \text{ [ohms, } \Omega \text{]}$$

$$R_T = 3300 + 3300 + 3300 + 3300$$

$$R_T = 13200 \Omega$$

$$R_T = 4 \cdot R \text{ [ohms, } \Omega \text{]}$$

$$R_T = 4 \cdot 3300$$

$$R_T = 13200 \Omega$$

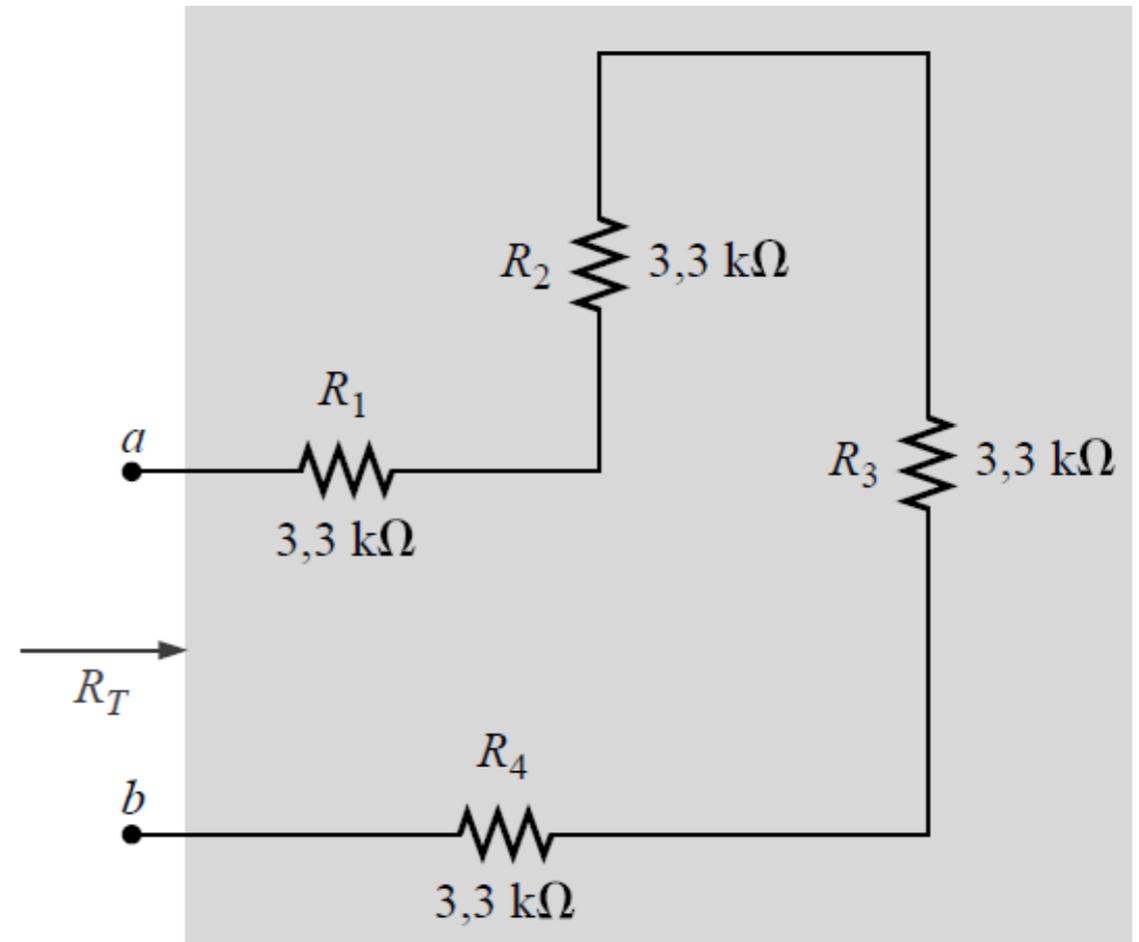


Figura 5.7 Conexão em série de quatro resistores de mesmo valor (Exemplo 5.2).

Resistores em Série

Resistência total:

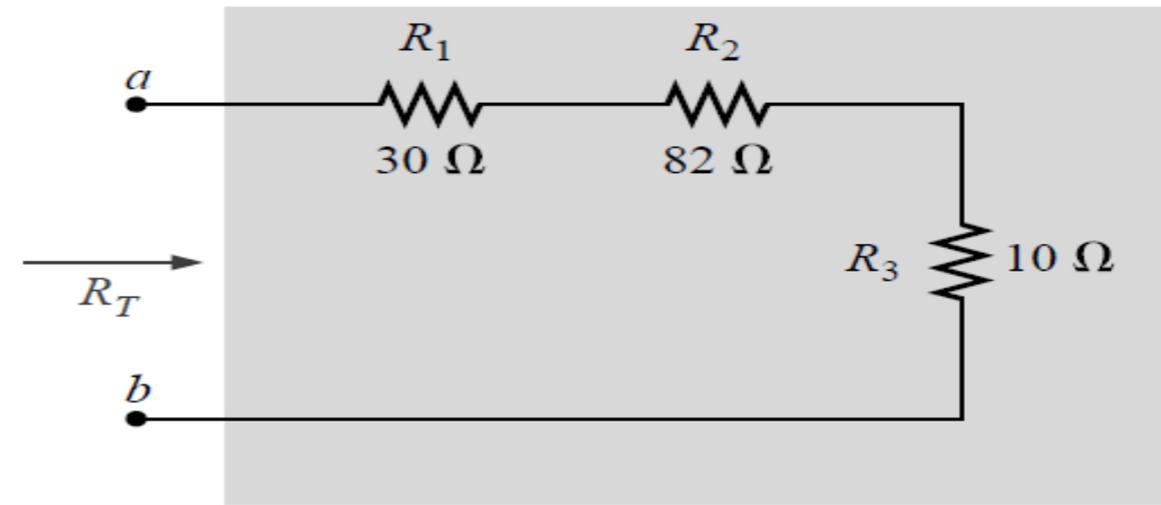
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \text{ [ohms, } \Omega \text{]}$$

$$R_T = 30 + 82 + 10$$

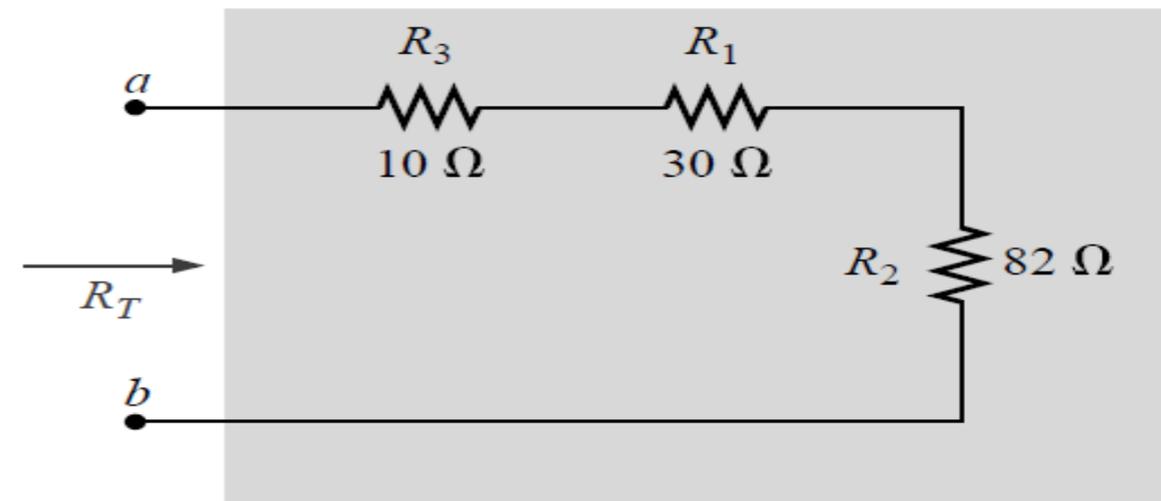
$$R_T = 122 \Omega$$

$$R_T = 10 + 30 + 82$$

$$R_T = 122 \Omega$$



(a)



(b)

Figura 5.8 Duas combinações em série dos mesmos elementos com a mesma resistência total.

Resistores em Série

Resistência total:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 \text{ [ohms, } \Omega \text{]}$$

$$R_T = 4,7k + 1k + 2,2k + 1k + 1k$$

$$R_T = 9,9k\Omega = 9900\Omega$$

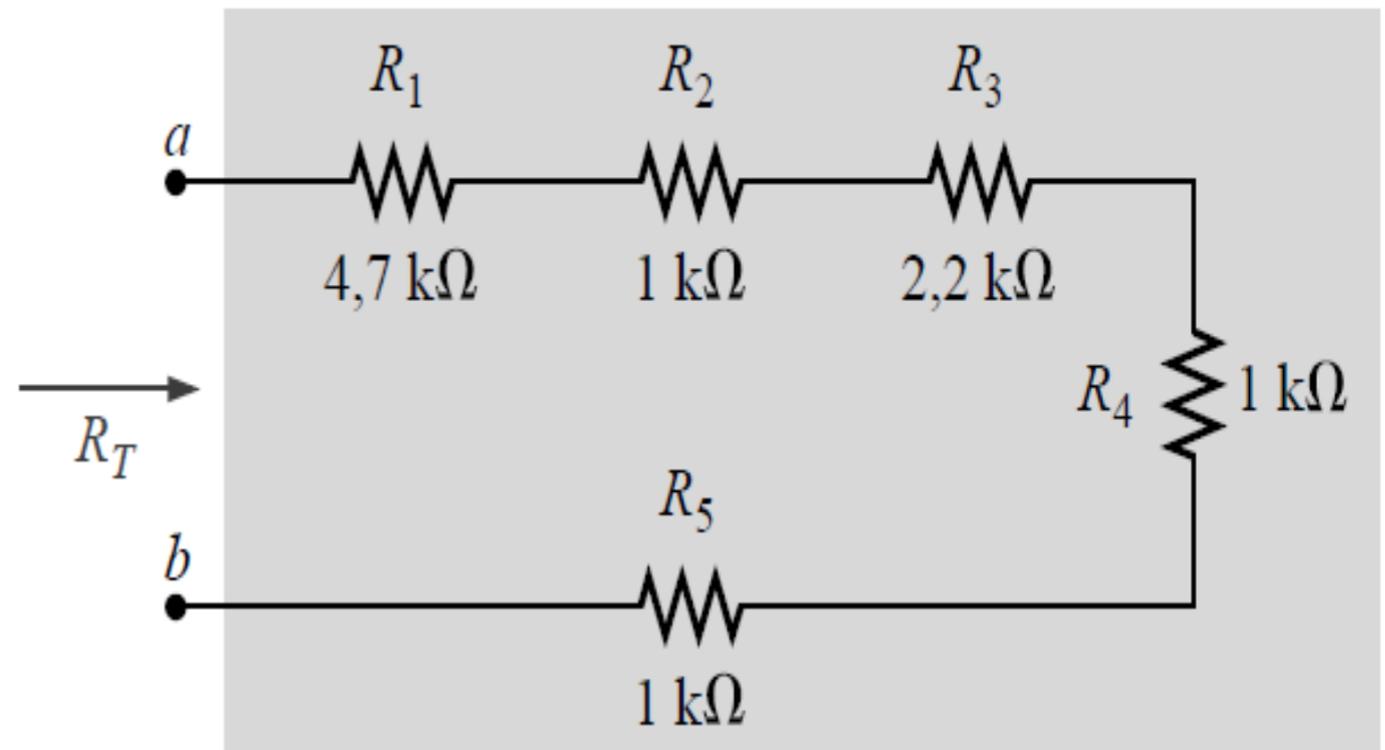


Figura 5.9 Combinação em série de resistores para o Exemplo 5.3.

Resistores em Série

Medição da resistência total:

- A resistência total de qualquer configuração pode ser medida simplesmente conectando um ohmímetro aos terminais de acesso.
- Tendo em vista que não há polaridade associada à resistência, qualquer um dos fios pode ser conectado ao ponto a, com o outro fio conectado ao ponto b.

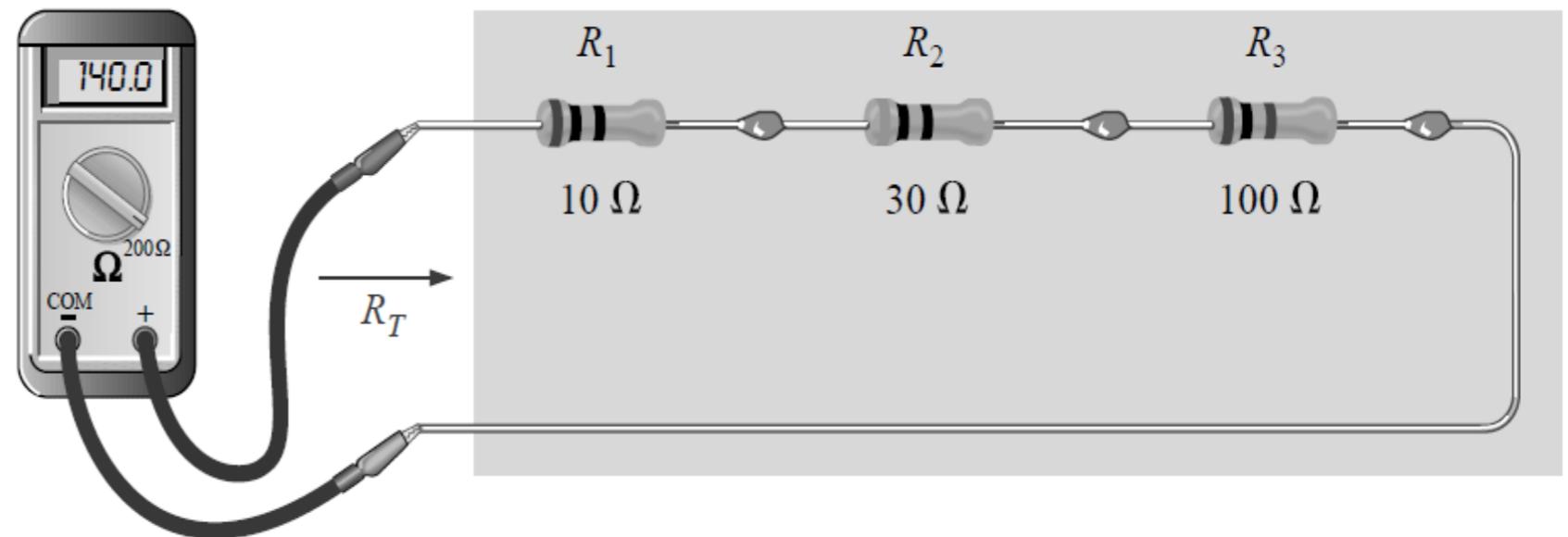


Figura 5.11 Usando um ohmímetro para medir a resistência total de um circuito em série.

Circuitos em Série

Circuito cc (corrente contínua) em série:

- Se tomarmos agora uma fonte CC de 8,4 V e a conectarmos em série com os resistores em série, teremos o circuito em série a seguir.
- Um circuito é uma combinação de elementos que resultarão em um fluxo de cargas contínuo, ou corrente, por meio da configuração.

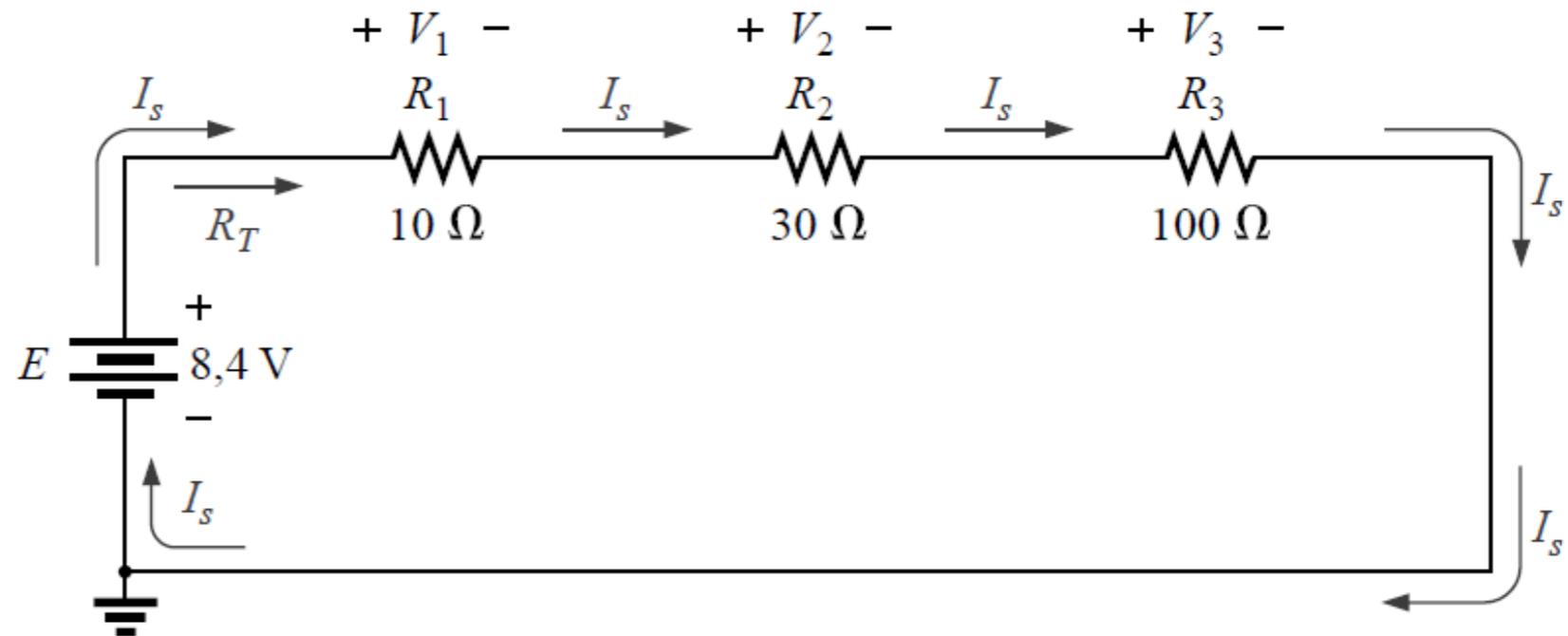


Figura 5.12 Representação esquemática de um circuito em série CC.

Circuitos em Série

Resistência total no circuito em série.

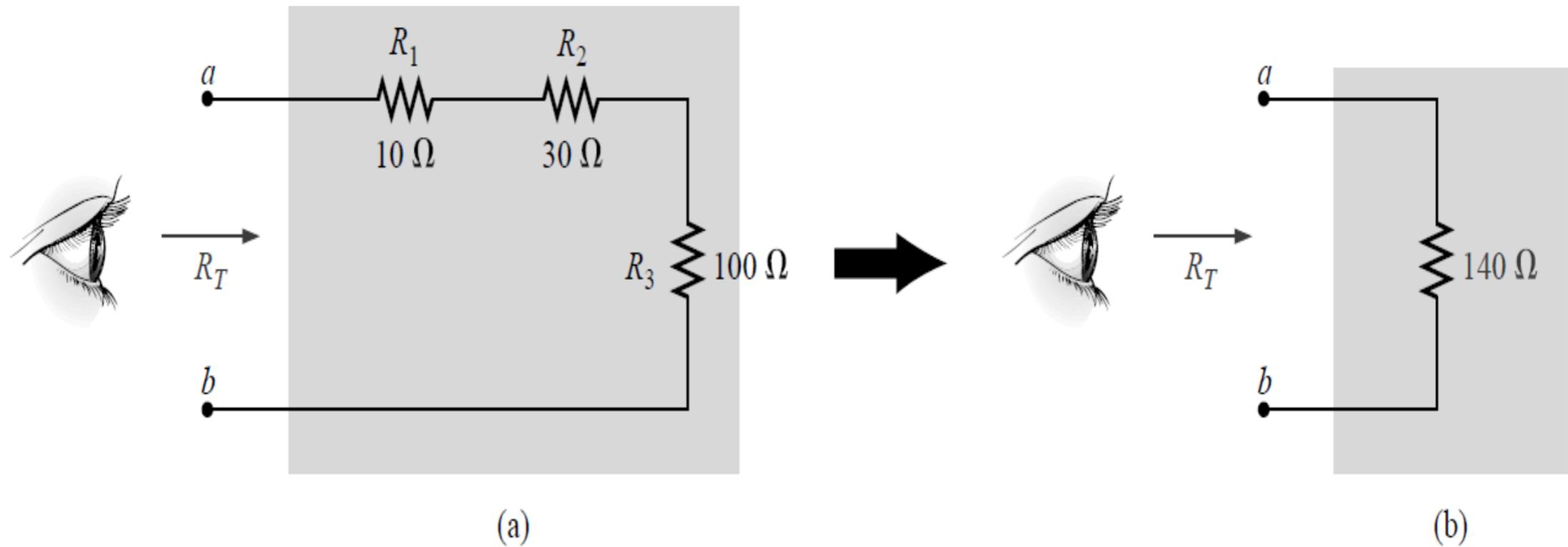


Figura 5.13 Resistência 'vista' nos terminais de um circuito em série.

Circuitos em Série

Polaridades em um resistor.

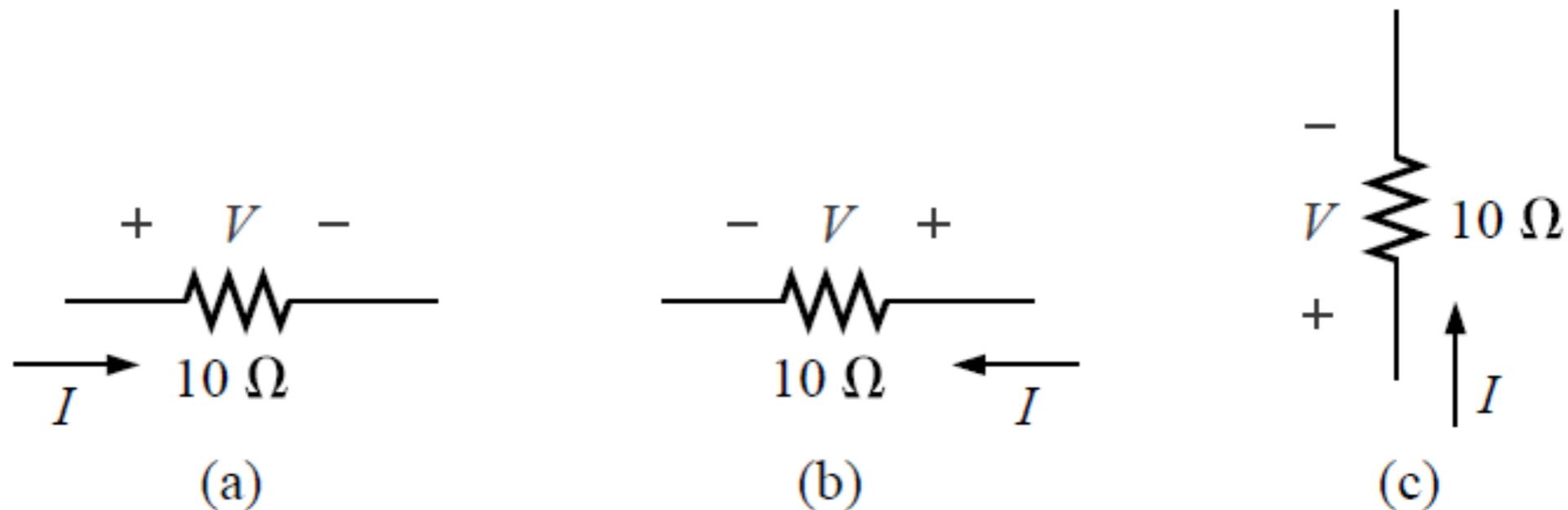


Figura 5.14 Inserção das polaridades através de um resistor como determina a direção da corrente.

Circuitos em Série

Exemplo de circuito em série.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 2 + 1 + 5 = 8 \Omega$$

$$I_s = \frac{E}{R_T} = \frac{20}{8} = 2,5 A$$

$$V_3 = R_3 \cdot I_s = 5 \cdot 2,5 = 12,5 V$$

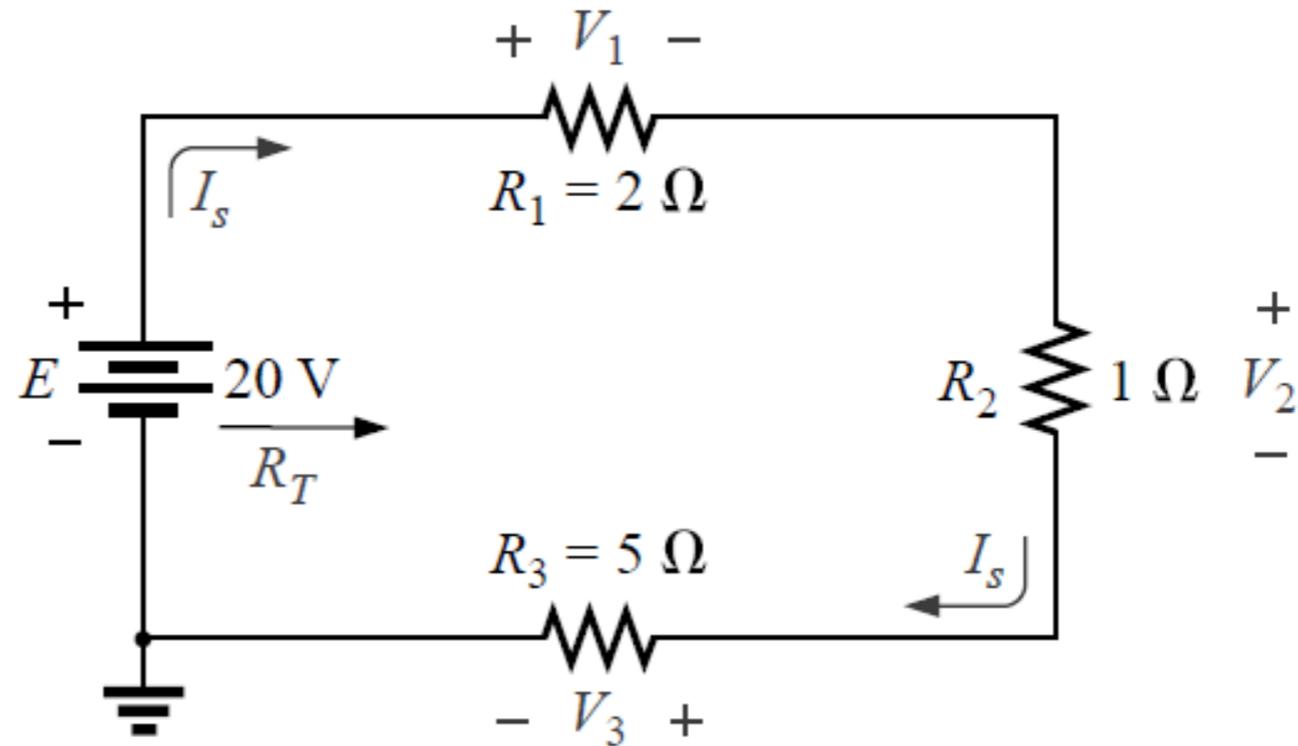


Figura 5.15 Circuito em série a ser investigado no Exemplo 5.4.

Circuitos em Série

Exemplo de circuito em série.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 7 + 4 + 7 + 7 = 25\Omega$$

$$I_s = \frac{E}{R_T} = \frac{50}{25} = 2 A$$

$$V_2 = R_2 \cdot I_s = 4 \cdot 2 = 8V$$

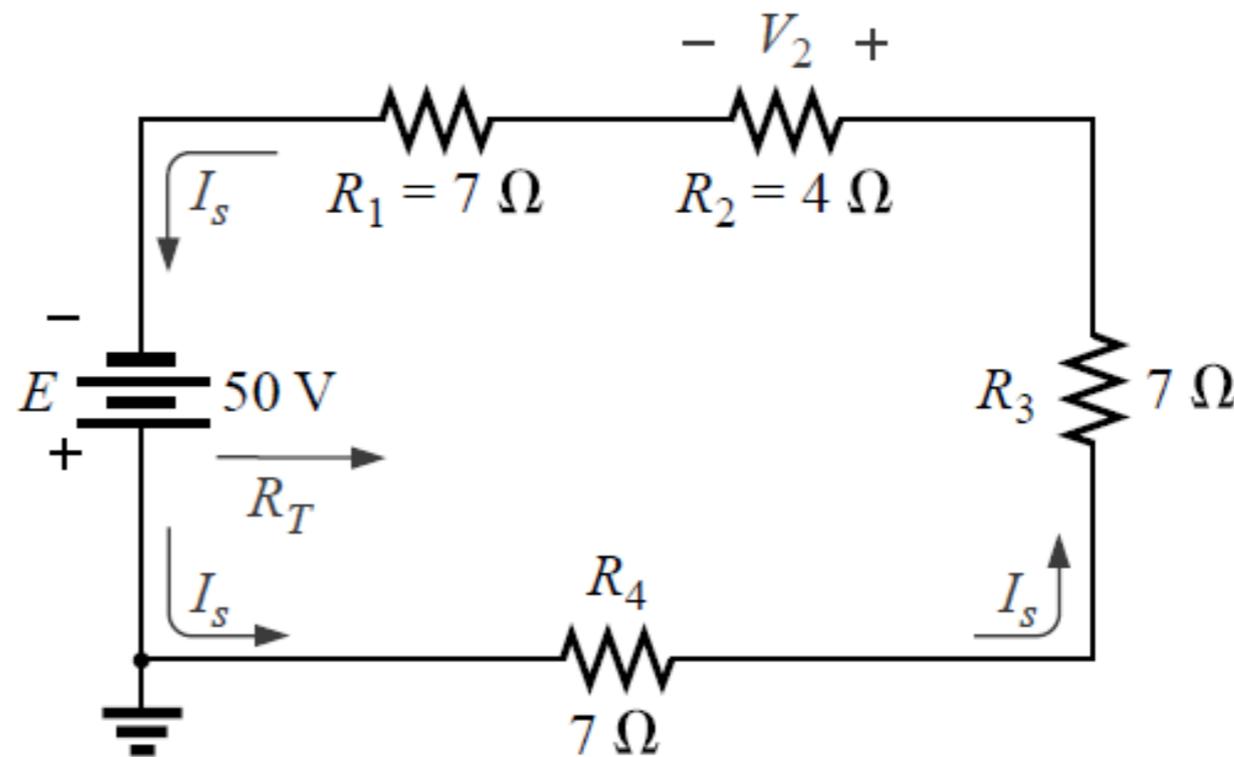


Figura 5.16 Circuito em série a ser analisado no Exemplo 5.5.

Circuitos em Série

Medição de tensão em um circuito em série.

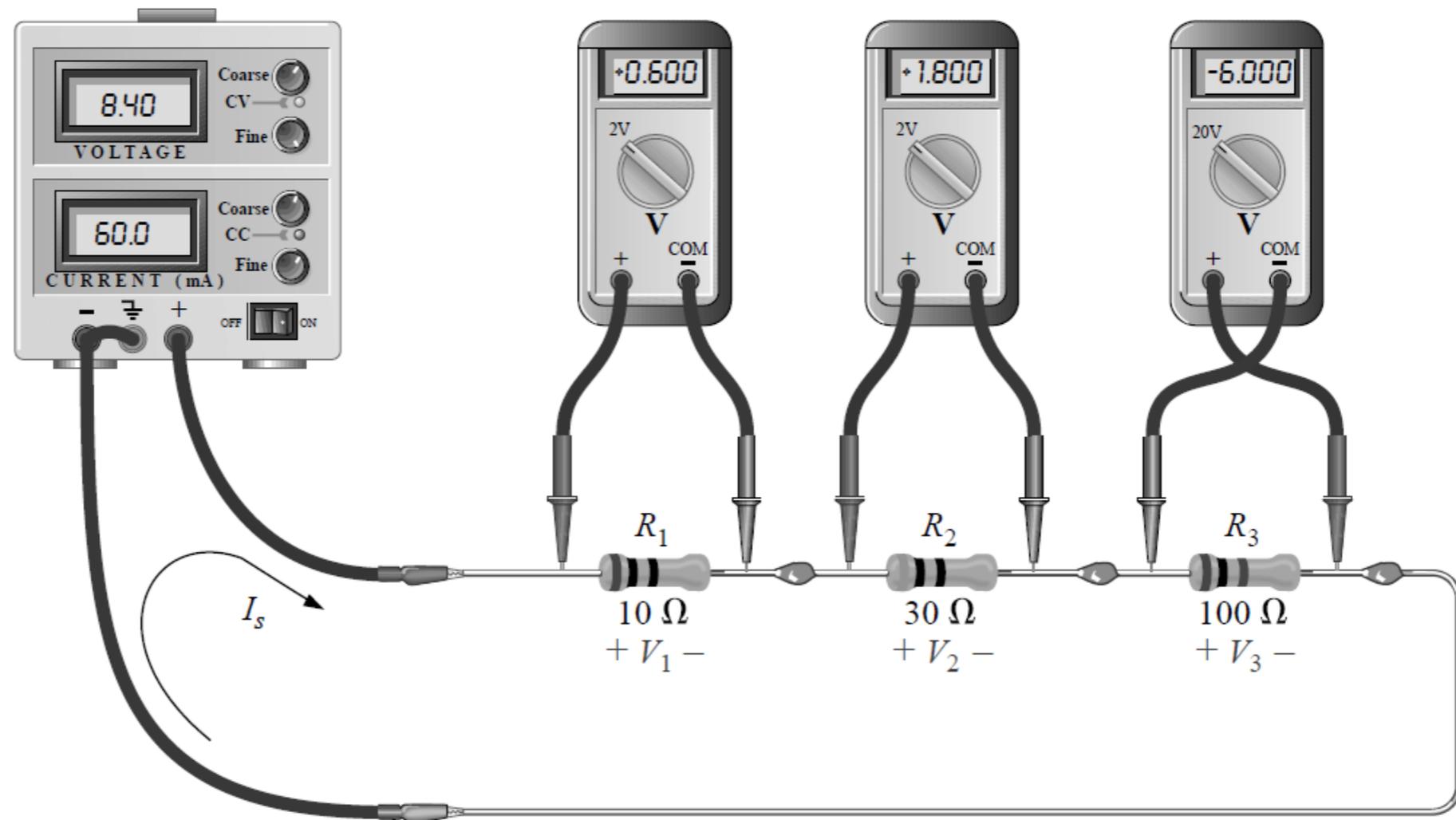


Figura 5.19 Utilização de voltmímetros para medir as tensões através dos resistores na Figura 5.12.

Circuitos em Série

Medição de corrente em um circuito em série.

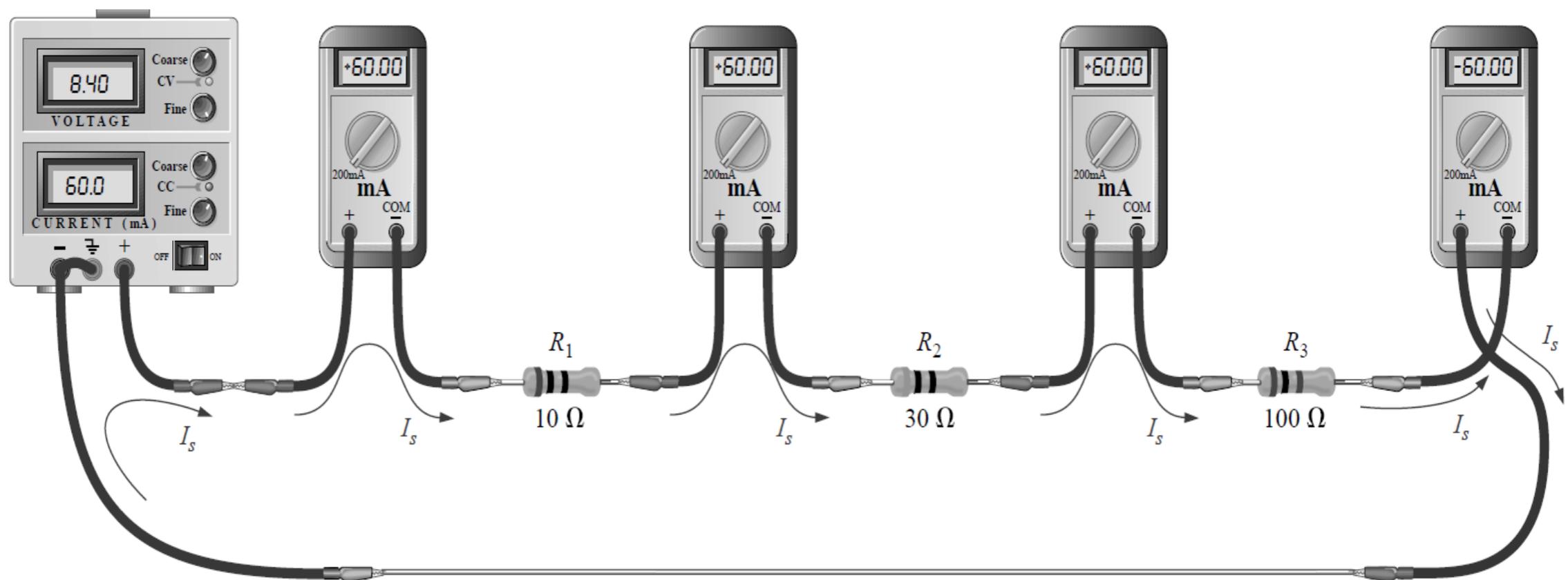


Figura 5.20 Medição da corrente através do circuito em série na Figura 5.12.

Circuitos em Série

Potência em um circuito em série:

- Em qualquer sistema elétrico, a potência aplicada será igual à potência dissipada ou absorvida.
- Para qualquer circuito em série, como aquele mostrado na figura a seguir, a potência aplicada pela fonte CC deve ser igual àquela dissipada pelos elementos resistivos.

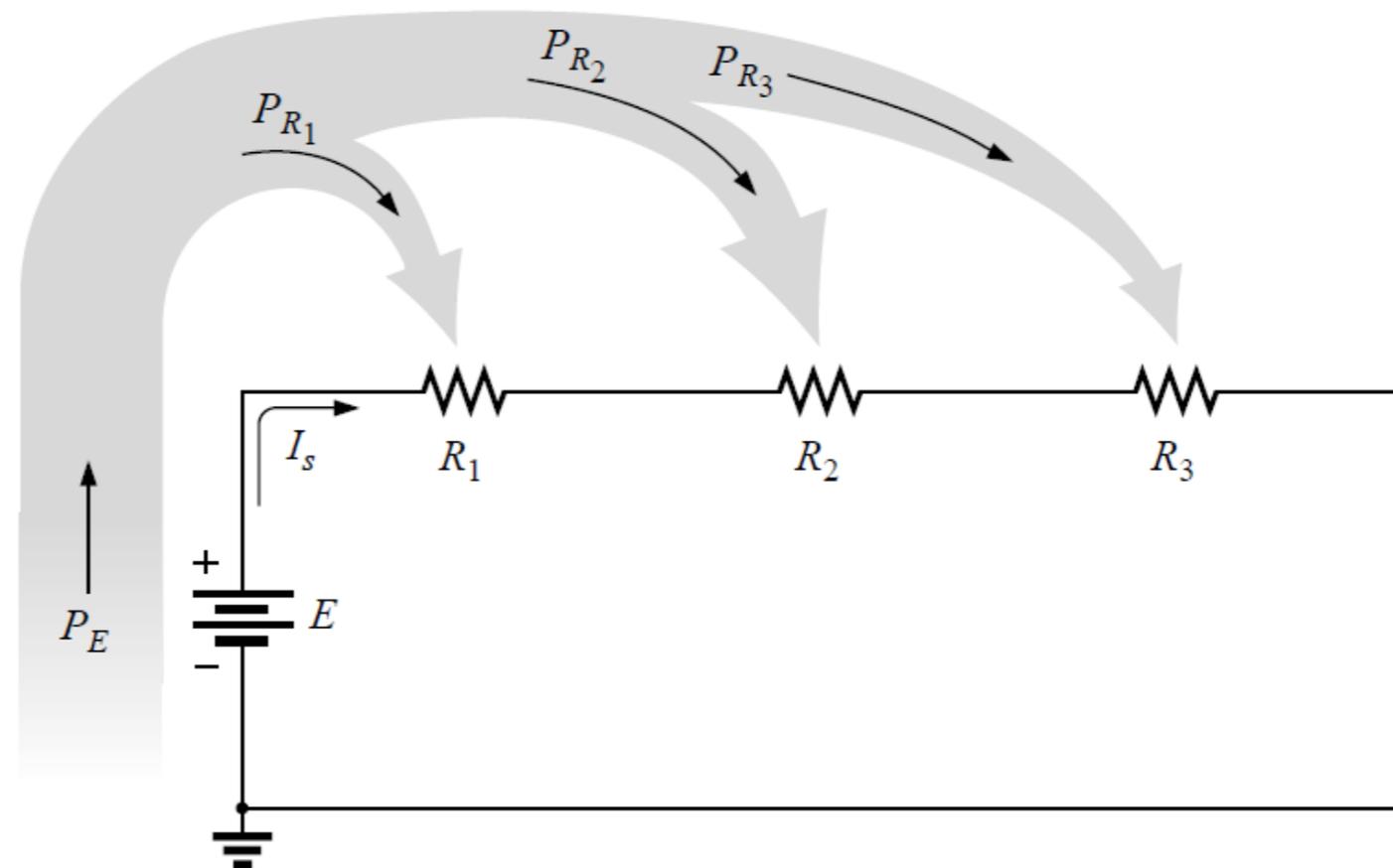


Figura 5.21 Distribuição de potência em um circuito em série.

Circuitos em Série

Potência em um circuito em série:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 1k + 3k + 2k = 6k\Omega$$

$$I_s = \frac{E}{R_T} = \frac{36}{6k} = 6mA$$

$$P_T = E \cdot I_s = 36 \cdot 6m = 216mW$$

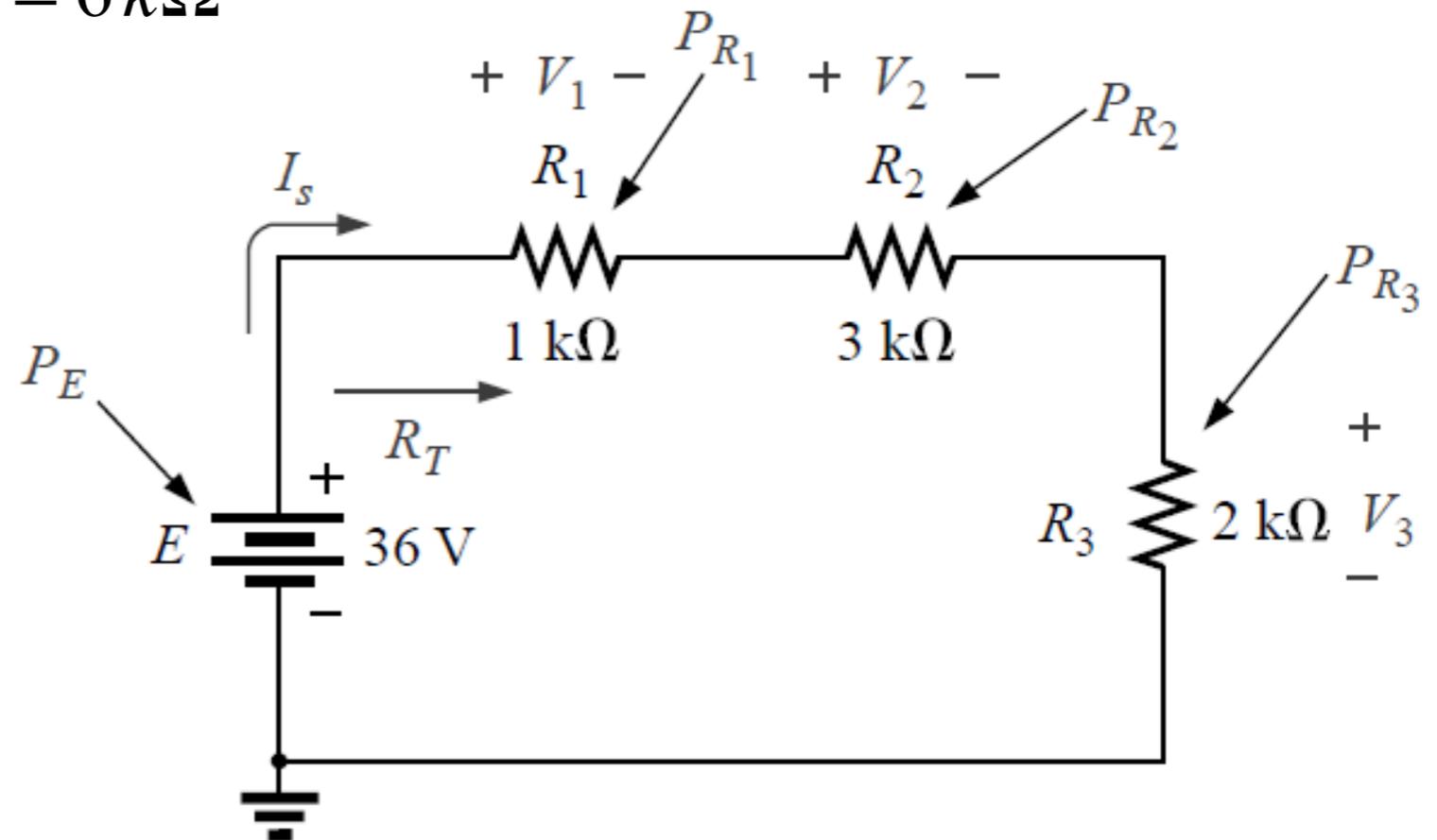


Figura 5.22 Circuito em série a ser investigado no Exemplo 5.7.

Circuitos em Série

Potência em um circuito em série:

$$V_1 = R_1 \cdot I_s = 1k \cdot 6m = 6V$$

$$P_{R_1} = V_1 \cdot I_s = 6 \cdot 6m = 36mW$$

$$V_2 = R_2 \cdot I_s = 3k \cdot 6m = 18V$$

$$P_{R_2} = V_2 \cdot I_s = 18 \cdot 6m = 108mW$$

$$V_3 = R_3 \cdot I_s = 2k \cdot 6m = 12V$$

$$P_{R_3} = V_3 \cdot I_s = 12 \cdot 6m = 72mW$$

$$P_T = E \cdot I_s = 36 \cdot 6m = 216mW$$

$$P_T = P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_3} = 36m + 108m + 72m = 216mW$$

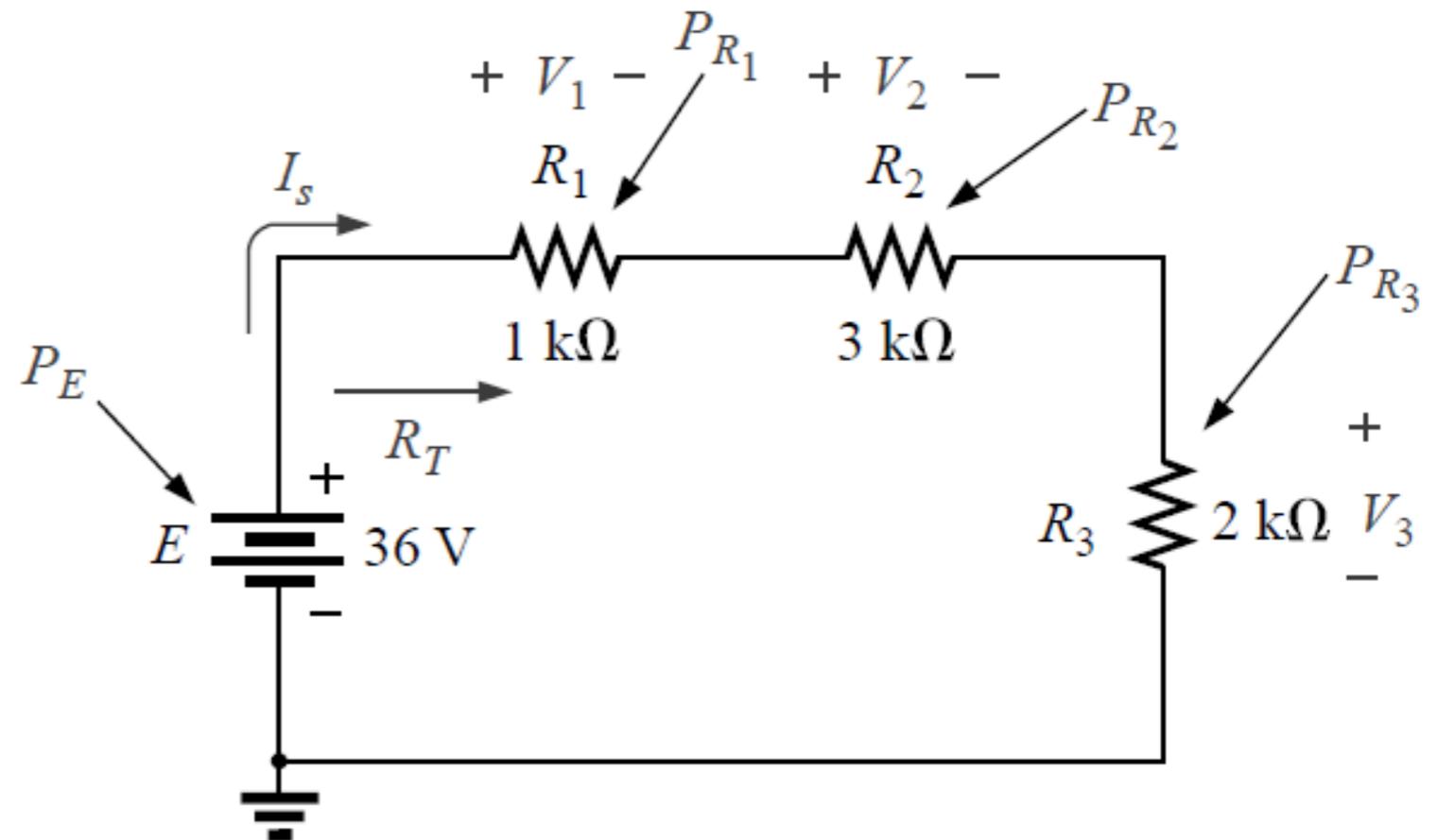


Figura 5.22 Circuito em série a ser investigado no Exemplo 5.7.

Circuitos em Série

Fontes de tensão em série:

- As fontes de tensão podem ser conectadas em série para aumentar ou diminuir a tensão total aplicada a um sistema.
- A tensão líquida é determinada somando as fontes com a mesma polaridade e subtraindo o total das fontes com a polaridade oposta.
- A polaridade líquida é a polaridade da soma maior.

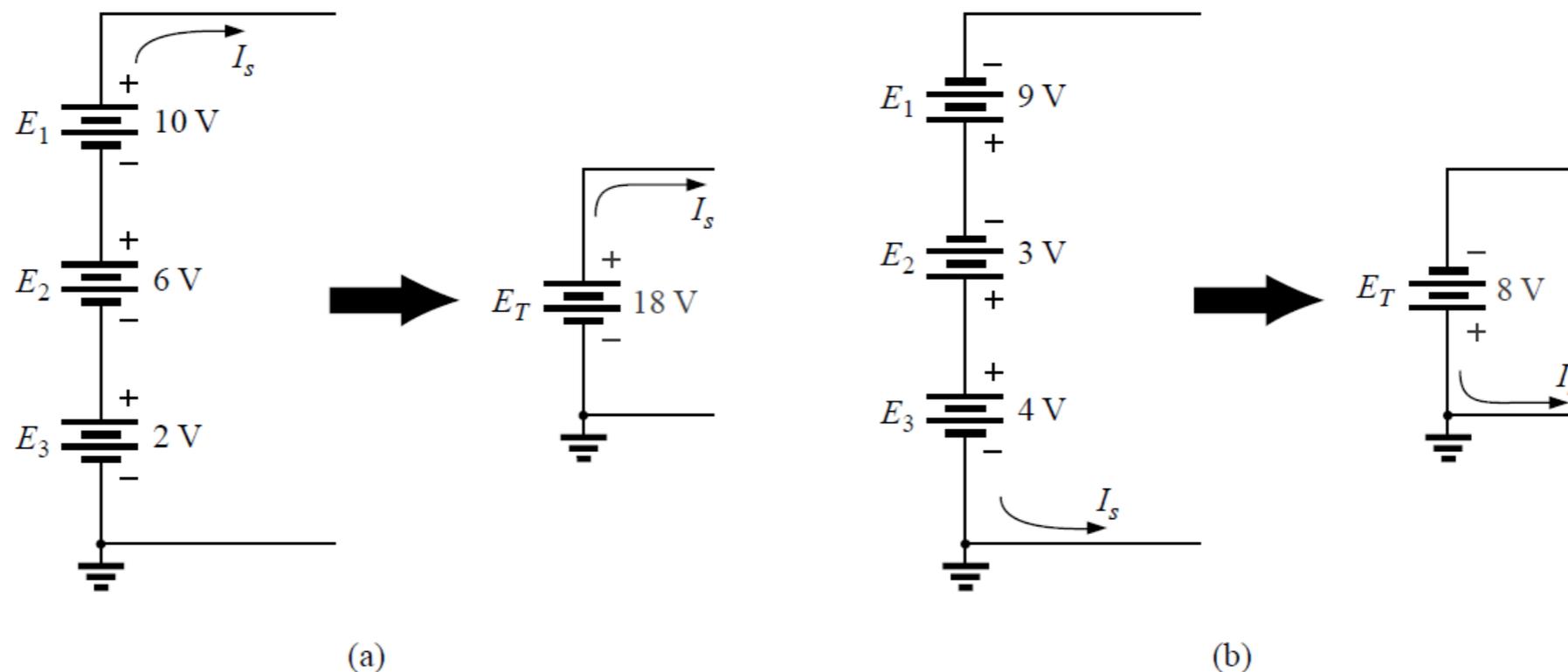
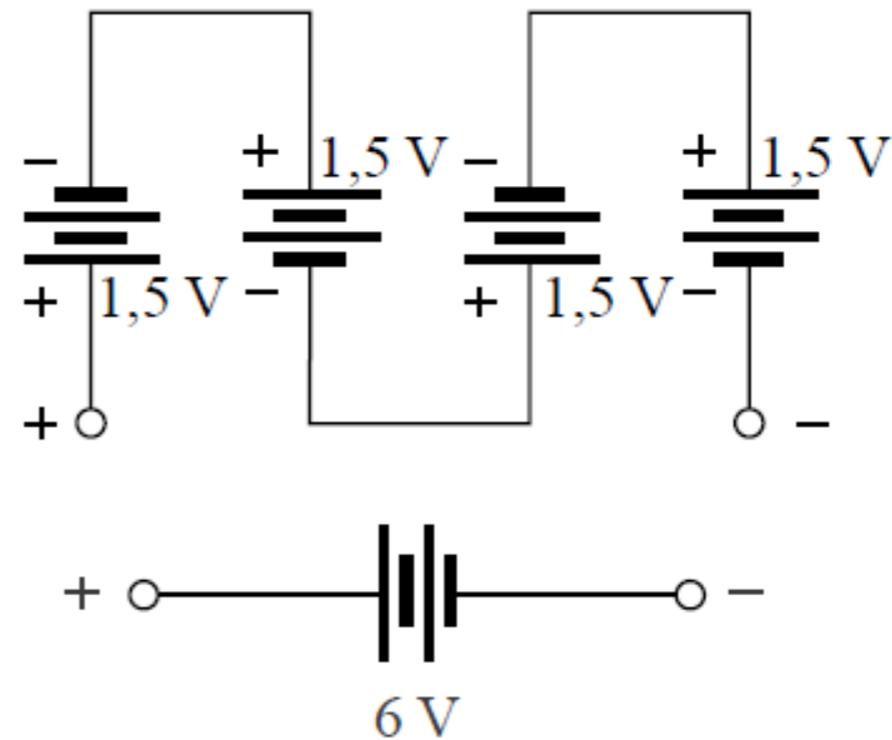
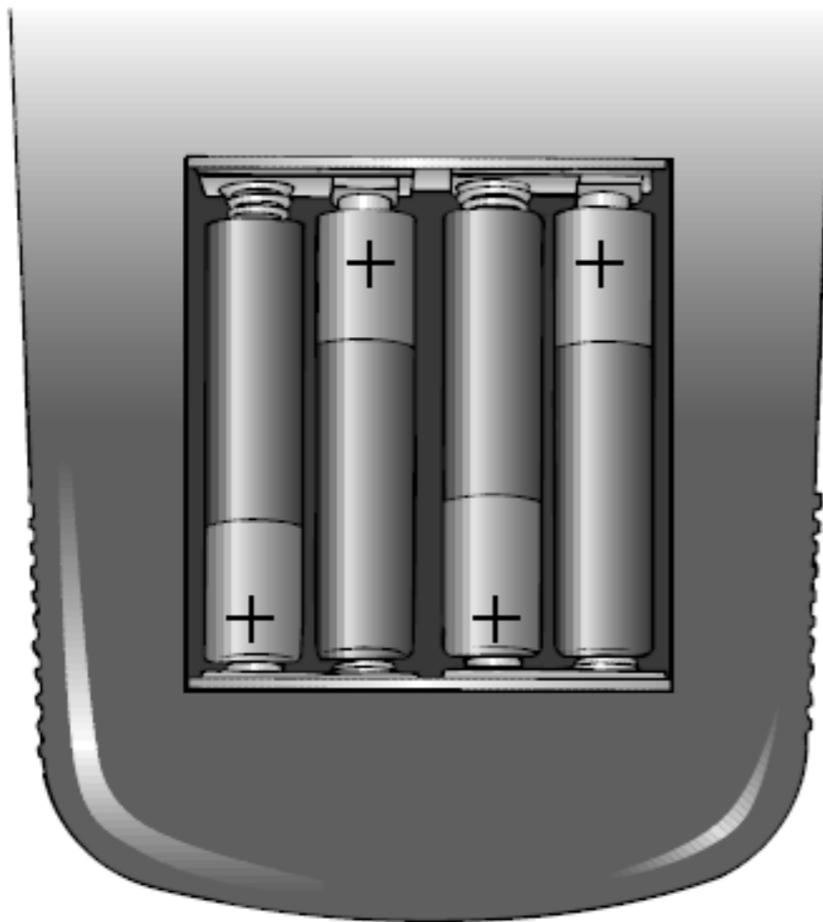


Figura 5.23 Redução das fontes de tensão CC em série a uma única fonte.

Circuitos em Série

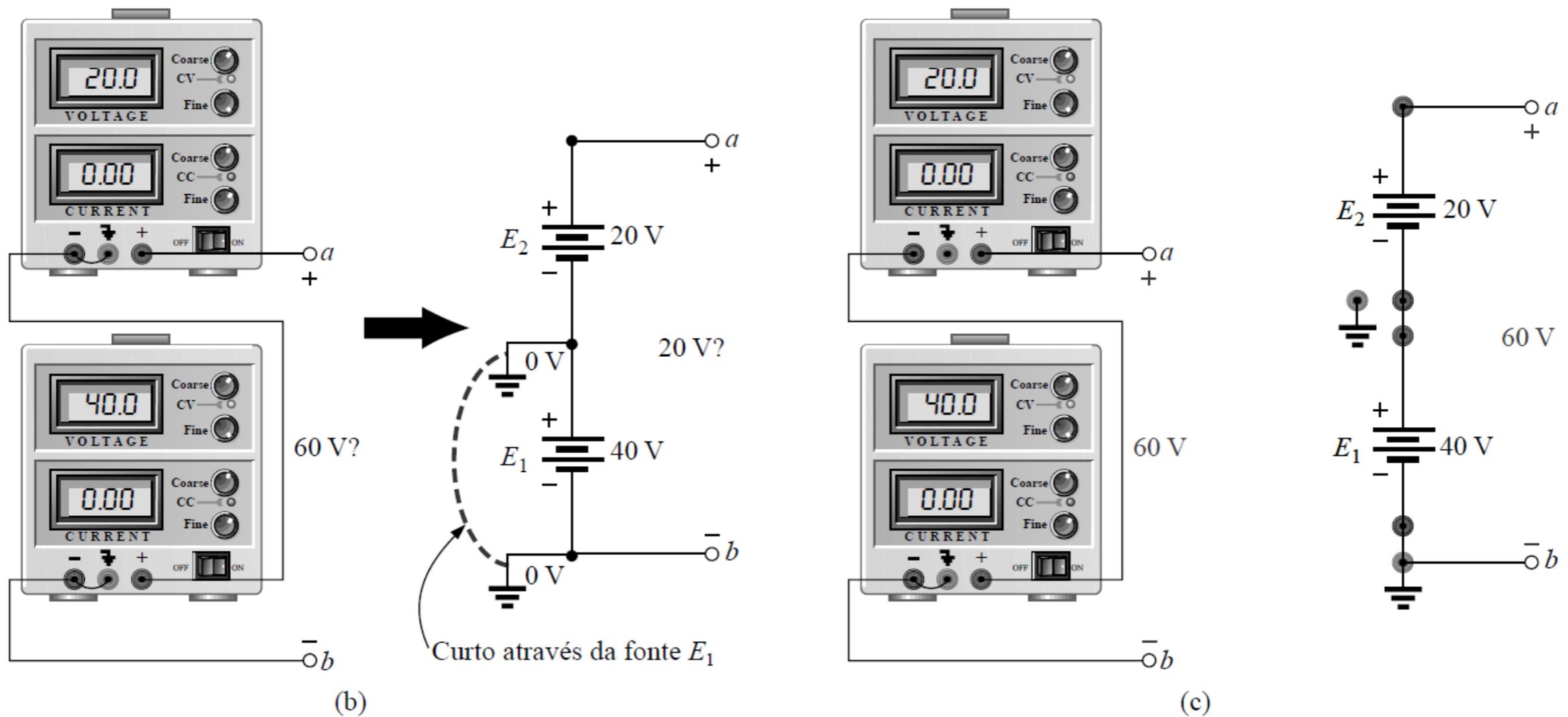
Fontes de tensão em série:



(a)

Circuitos em Série

Fontes de tensão em série:



Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT):

- A lei, chamada lei de Kirchhoff para tensões (LKT), foi desenvolvida por Gustav Kirchhoff em meados do século XIX.
- Ela é uma pedra fundamental de todo o campo e, na realidade, nunca será ultrapassada ou substituída.

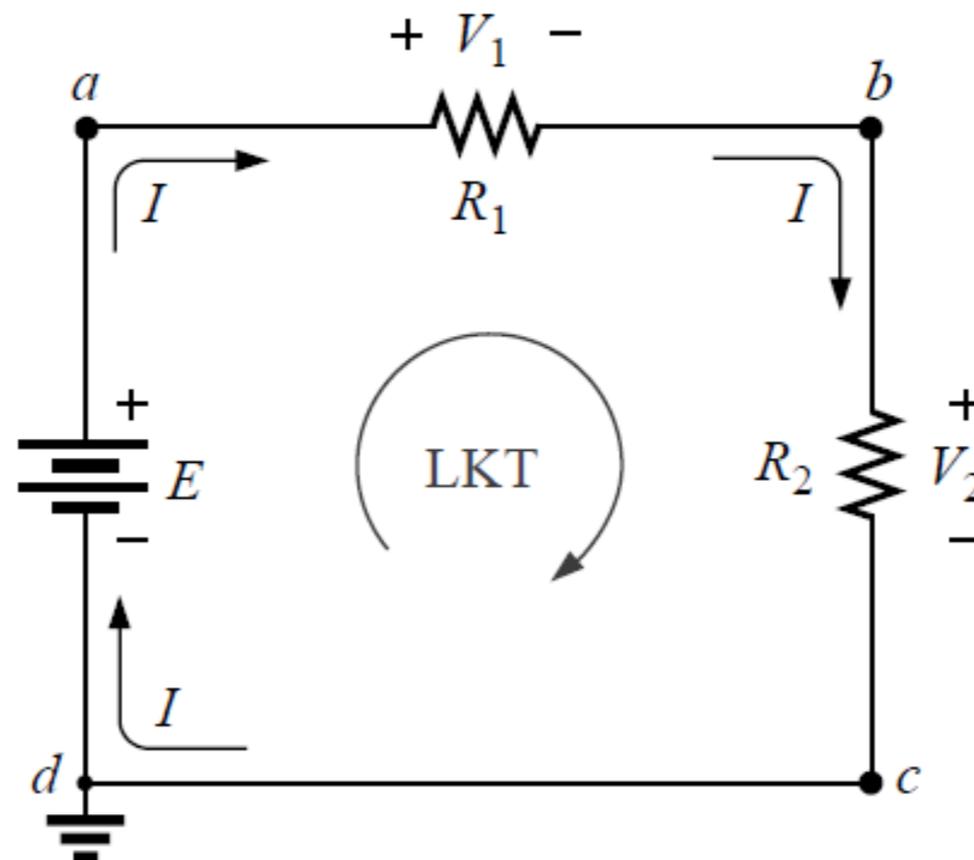


Figura 5.26 Aplicação da lei de Kirchhoff para tensões em um circuito CC em série.

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT):

- A lei especifica que a soma algébrica das elevações e quedas de potencial em torno de um caminho fechado (ou malha fechada) é zero.

$$\sum_{\text{C}} V = 0$$

(Lei de Kirchhoff para
tensões na forma simbólica)

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT):

- Iniciando no ponto destacado e percorrendo o circuito no sentido anti-horário:

$$+E_1 - E_2 - V_{R_2} - V_{R_1} = 0$$

$$+16 - 9 - 4,2 - V_{R_1} = 0$$

$$V_{R_1} = 2,8V$$

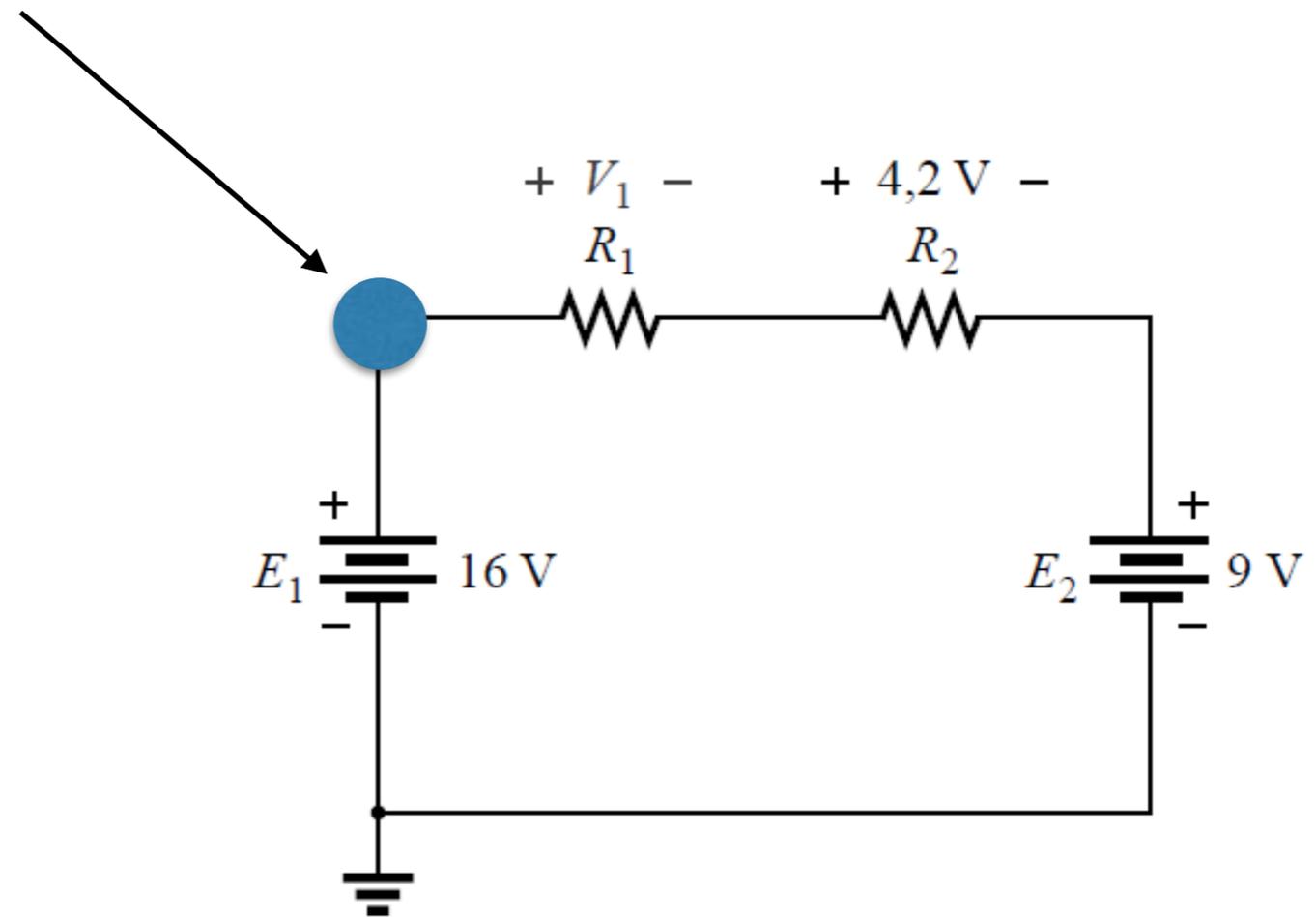


Figura 5.27 Circuito em série a ser examinado no Exemplo 5.8.

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT):

- Iniciando no ponto destacado e percorrendo o circuito no sentido anti-horário:

$$+E - V_{R_3} - V_{R_2} - V_{R_1} = 0$$

$$+32 - 14 - 6 - 12 = 0$$

$$+V_x - V_{R_3} - V_{R_2} = 0$$

$$+V_x - 14 - 6 = 0$$

$$V_x = 20V$$

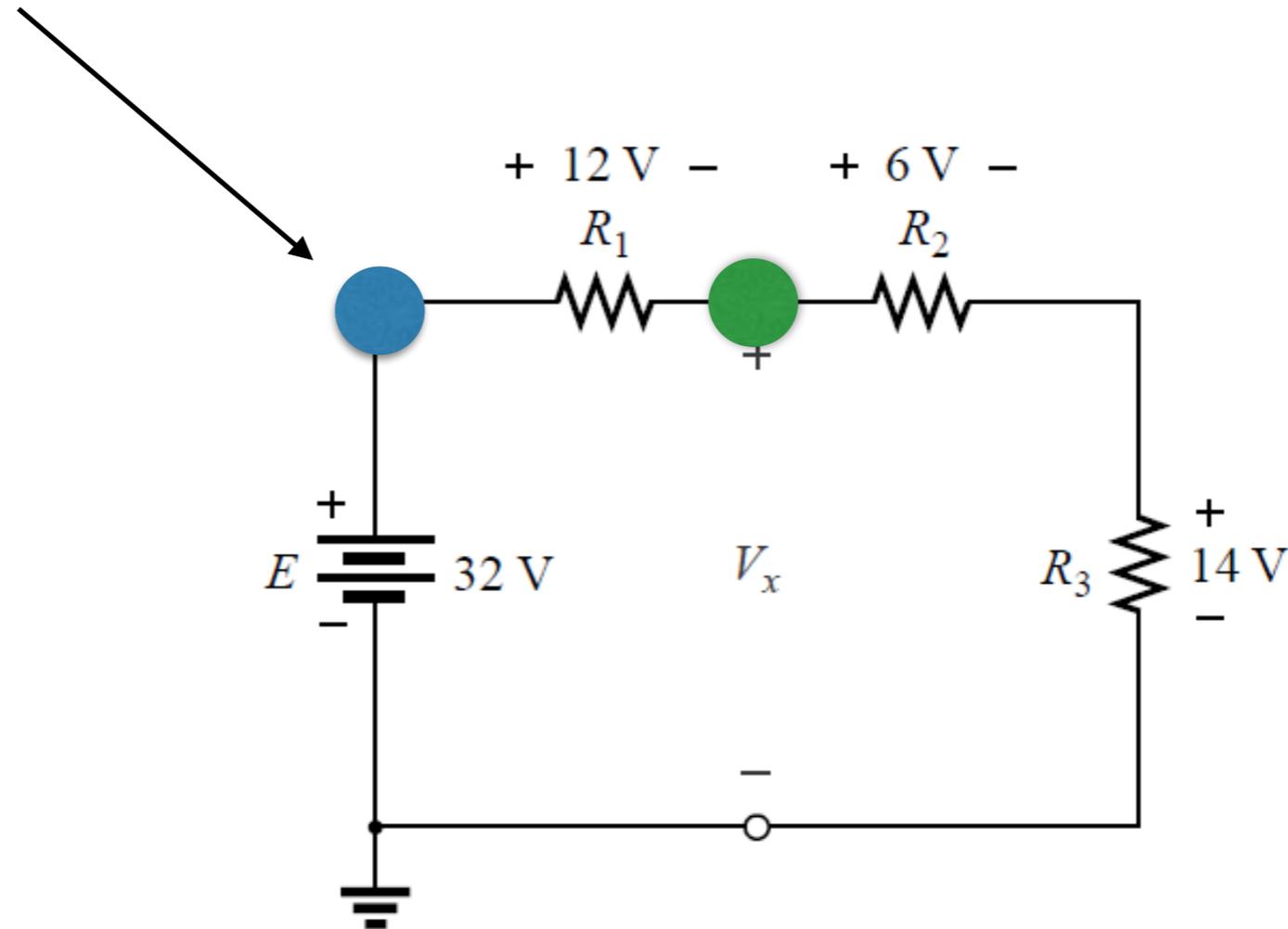


Figura 5.28 Circuito CC em série a ser analisado no Exemplo 5.9.

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT):

- Iniciando no ponto destacado e percorrendo o circuito no sentido anti-horário:

$$+60 + 30 - V_x - 40 = 0$$

$$V_x = 50V$$

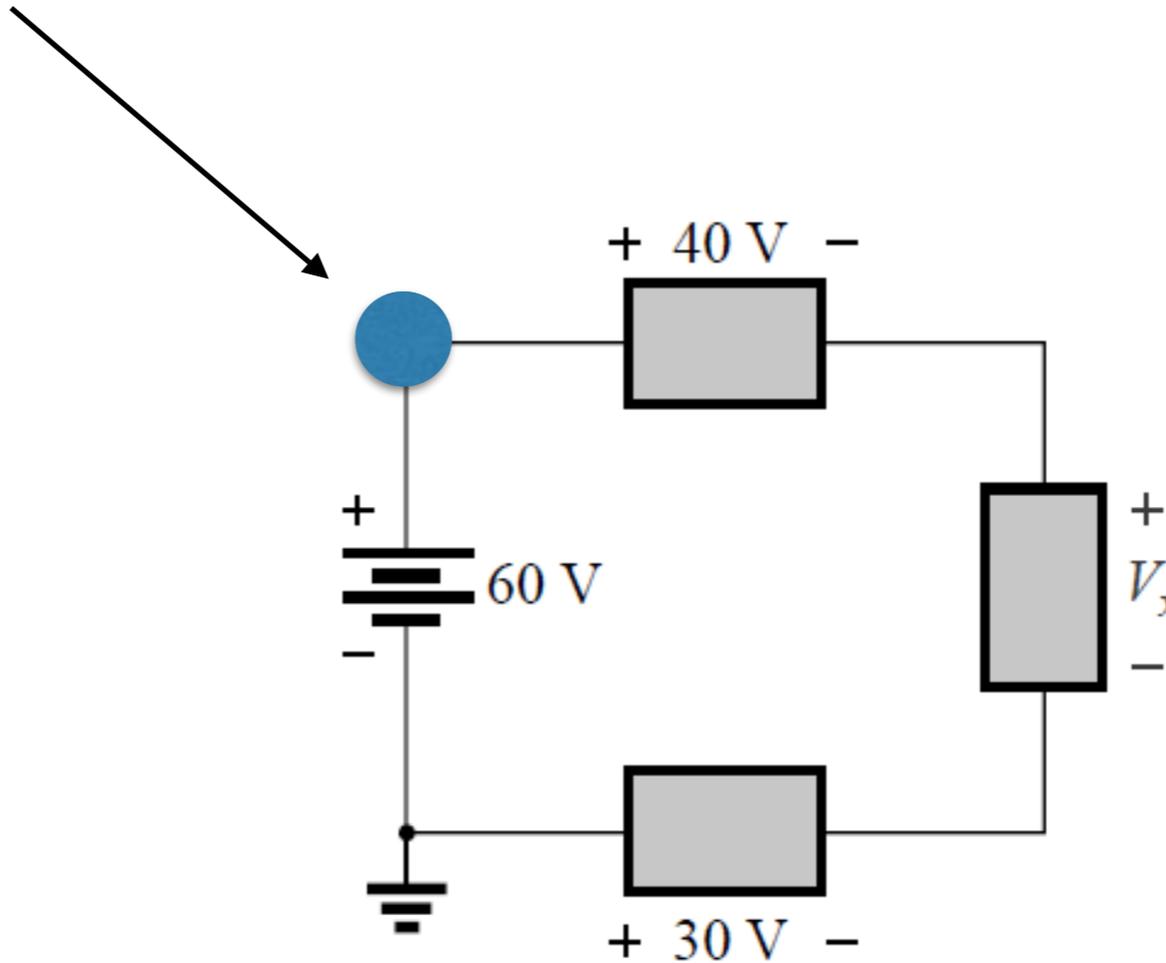


Figura 5.30 Configuração em série a ser examinada no Exemplo 5.11.

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT):

- Iniciando no ponto destacado e percorrendo o circuito no sentido anti-horário:

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

$$+15 - 54 + 18 + V_2 = 0$$

$$V_2 = 21V$$

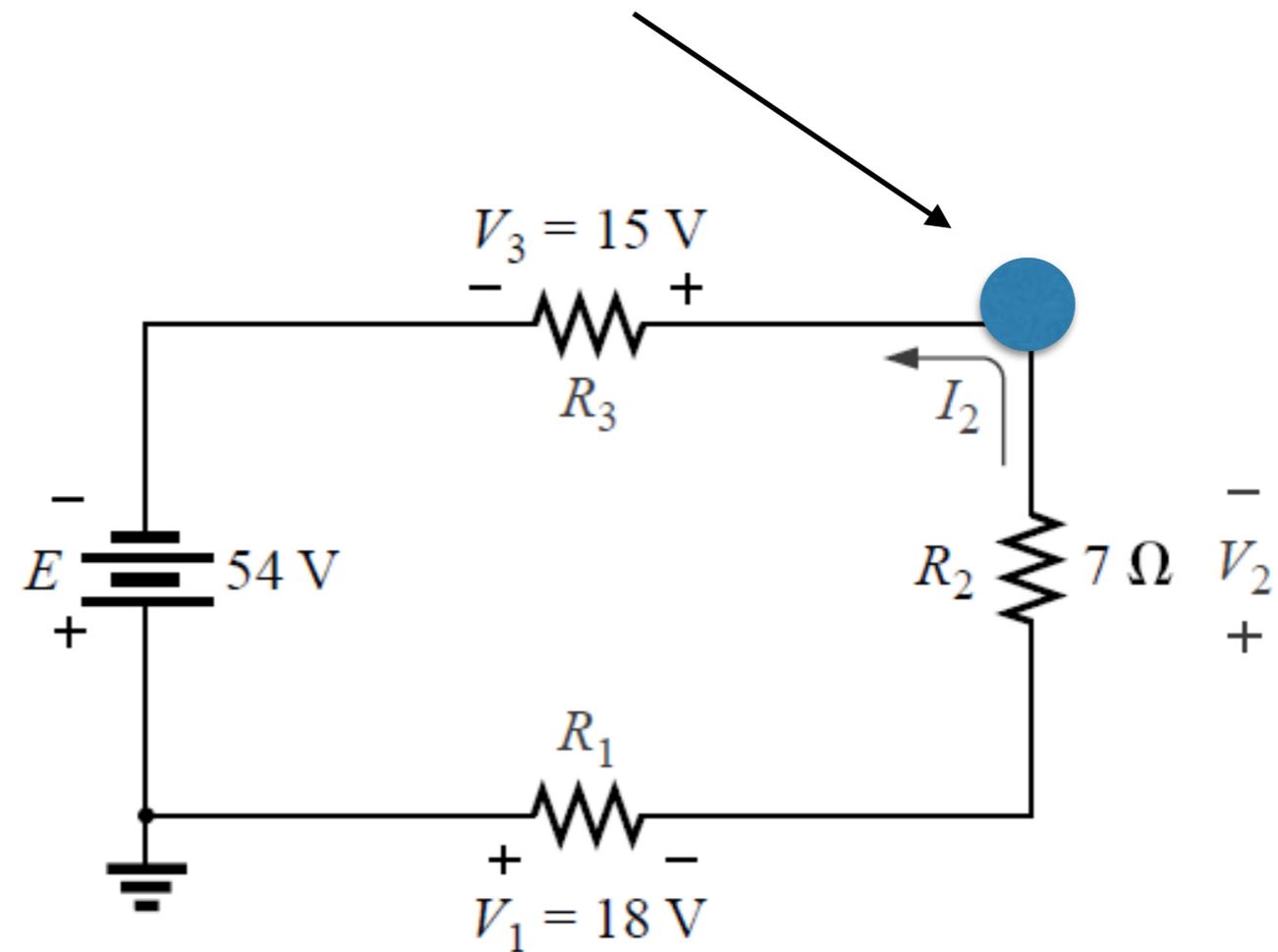


Figura 5.32 Configuração em série a ser examinada no Exemplo 5.13.

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT):

- Na verdade, a tensão através de elementos resistivos em série vai se dividir proporcionalmente ao valor de cada resistência em relação ao valor total da série.
- Em outras palavras, em um circuito resistivo em série, quanto maior a resistência, maior será a tensão capturada.
- Além disso, a razão das tensões através de resistores em série será a mesma que a razão de seus níveis de resistência.

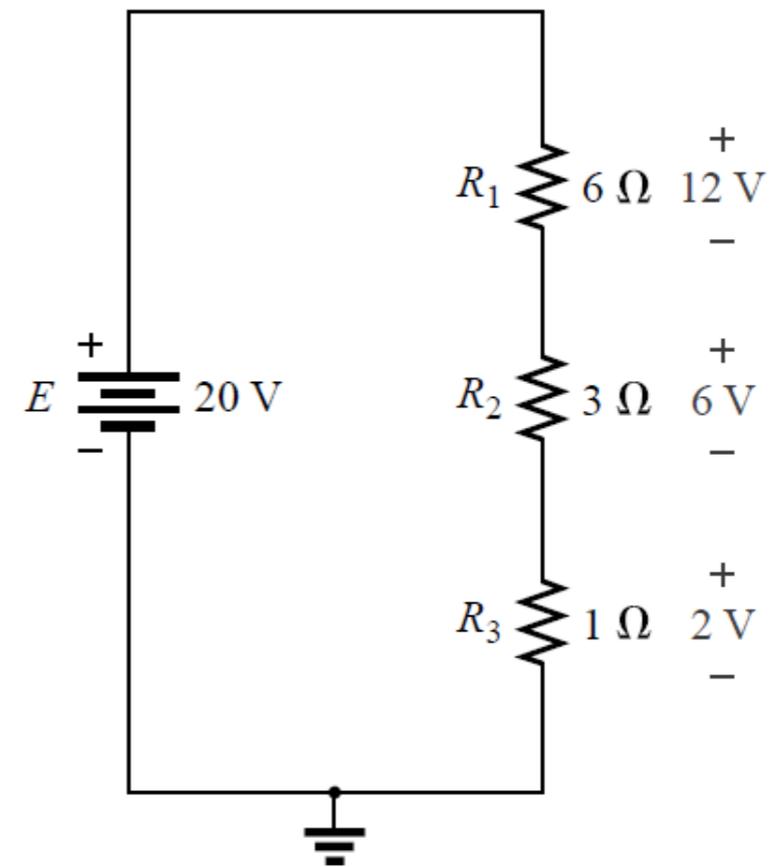


Figura 5.33 Exibição de como a tensão se divide através de elementos resistivos em série.

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Divisor de tensão:

- A regra do divisor de tensão permite a determinação da tensão através de um resistor em série sem que se tenha de determinar primeiro a corrente do circuito.
- A regra em si pode ser deduzida ao se analisar o circuito em série simples na figura ao lado.
- A regra do divisor de tensão declara que a tensão através de um resistor em um circuito em série é igual ao valor daquele resistor vezes a tensão aplicada total dividida pela resistência total da configuração em série.

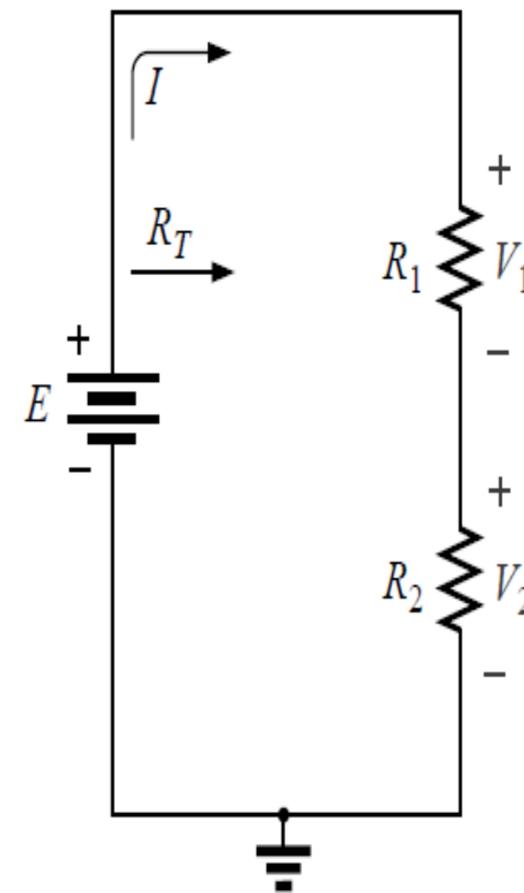


Figura 5.36 Desenvolvimento da regra do divisor de tensão.

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Divisor de tensão:

$$R_T = R_1 + R_2$$

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

$$V_1 = R_1 \cdot I = R_1 \cdot \frac{E}{R_1 + R_2}$$

$$V_2 = R_2 \cdot I = R_2 \cdot \frac{E}{R_1 + R_2}$$

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

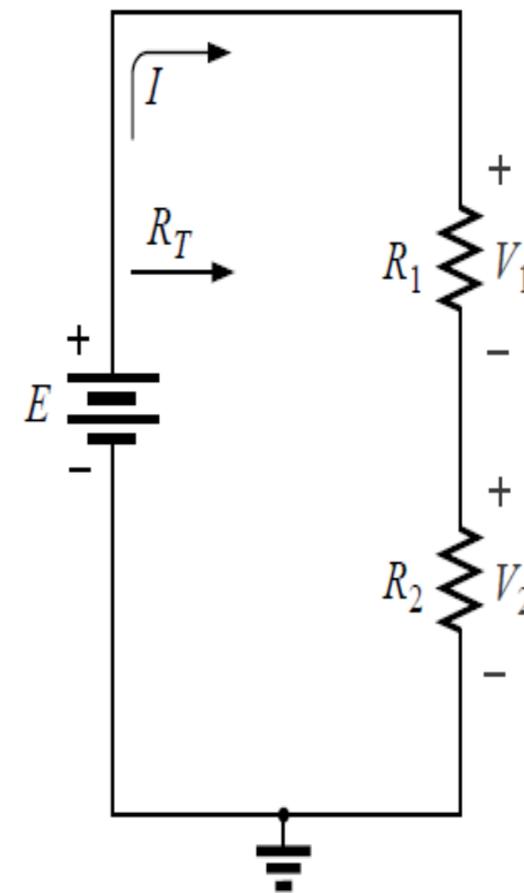


Figura 5.36 Desenvolvimento da regra do divisor de tensão.

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Divisor de tensão:

$$V_1 = R_1 \cdot \frac{E}{R_1 + R_2} = 20 \cdot \frac{64}{20 + 60} = 16V$$

$$V_2 = R_2 \cdot \frac{E}{R_1 + R_2} = 60 \cdot \frac{64}{20 + 60} = 48V$$

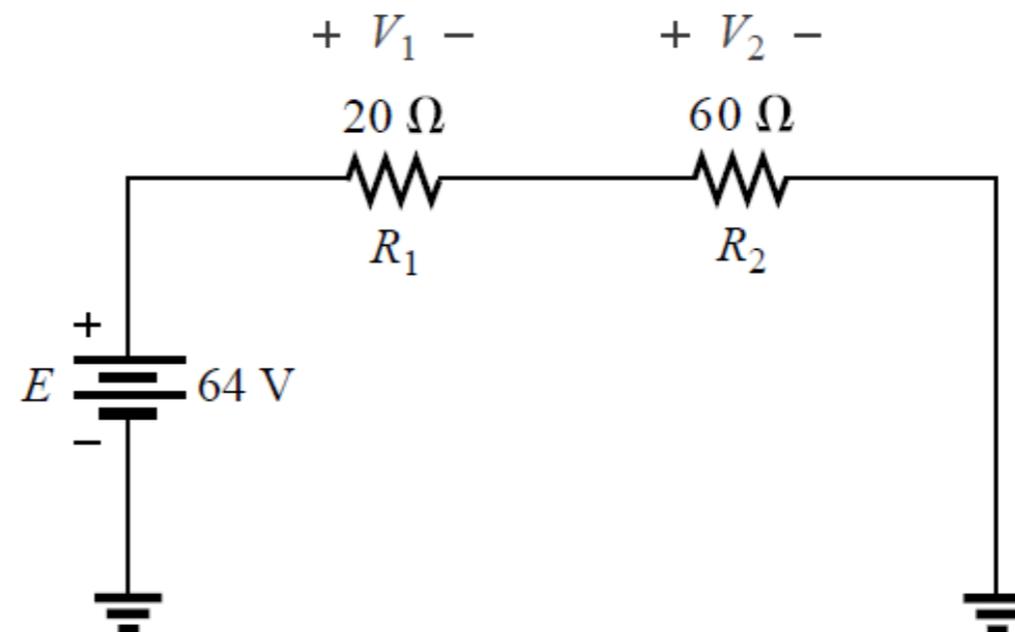


Figura 5.37 Circuito em série a ser examinado usando-se a regra do divisor de tensão no Exemplo 5.15.

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Divisor de tensão:

$$V_1 = R_1 \cdot \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} = 2k \cdot \frac{45}{2k + 5k + 8k} = 6V$$

$$V_2 = R_2 \cdot \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} = 5k \cdot \frac{45}{2k + 5k + 8k} = 15V$$

$$V_3 = R_3 \cdot \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} = 8k \cdot \frac{45}{2k + 5k + 8k} = 24V$$

$$V' = V_1 + V_2 = 6 + 15 = 21V$$

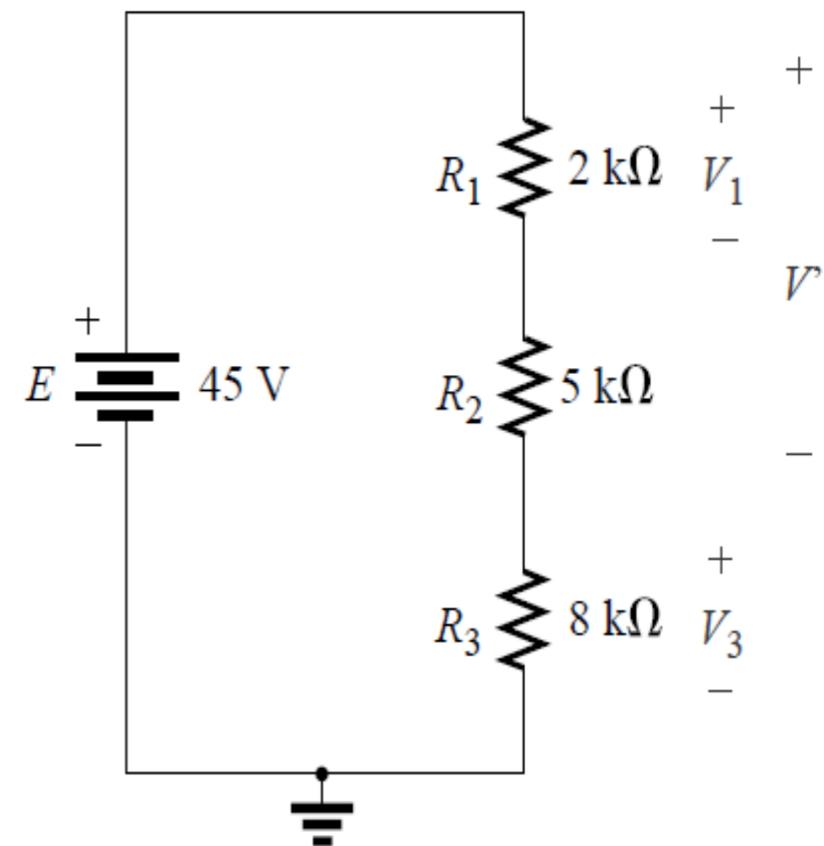


Figura 5.38 Circuito em série a ser investigado nos exemplos 5.16 e 5.17.

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Formas de desenhar e intercâmbio de elementos:

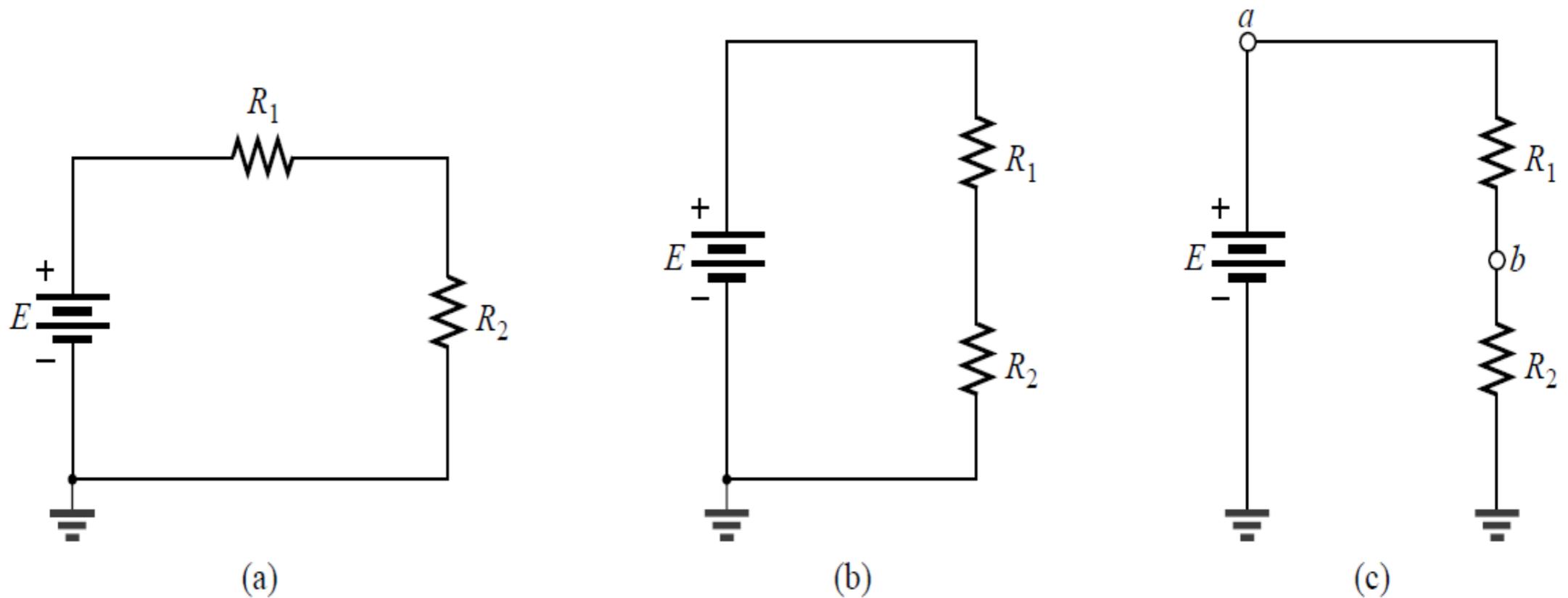


Figura 5.46 Três formas de mostrar o mesmo circuito CC em série.

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Identificação das tensões nos elementos:

- O fato de a tensão ser uma grandeza estabelecida entre dois pontos resultou em uma notação de duplo índice inferior que define o primeiro índice inferior como correspondente ao ponto de maior potencial.
- A notação de duplo índice inferior V_{ab} especifica o ponto a como o de maior potencial.
- Se esse não for o caso, um sinal negativo deve ser associado ao valor de V_{ab} .
- Em outras palavras: a tensão V_{ab} é a tensão no ponto a em relação ao ponto b .

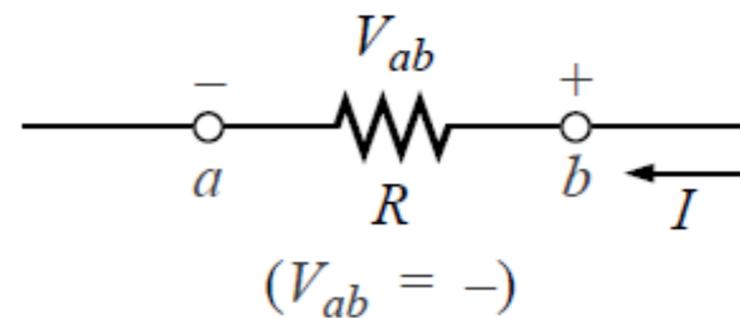
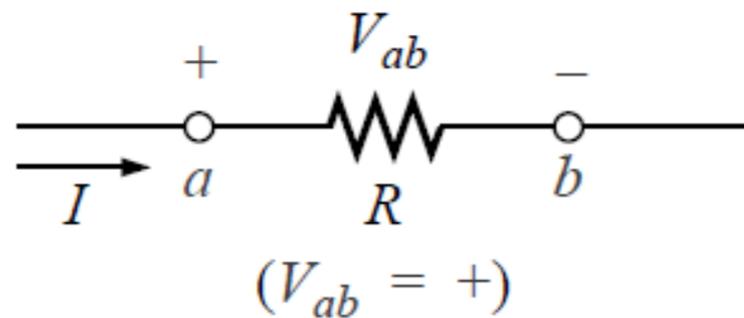


Figura 5.50 Definição do sinal para a notação de duplo índice inferior.

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Identificação das tensões nos elementos:

- Se o ponto b da notação V_{ab} for especificado como o potencial de terra (zero volt), então uma notação de subscrito inferior único poderá ser usada para informar a tensão em um ponto em relação ao ponto de terra.

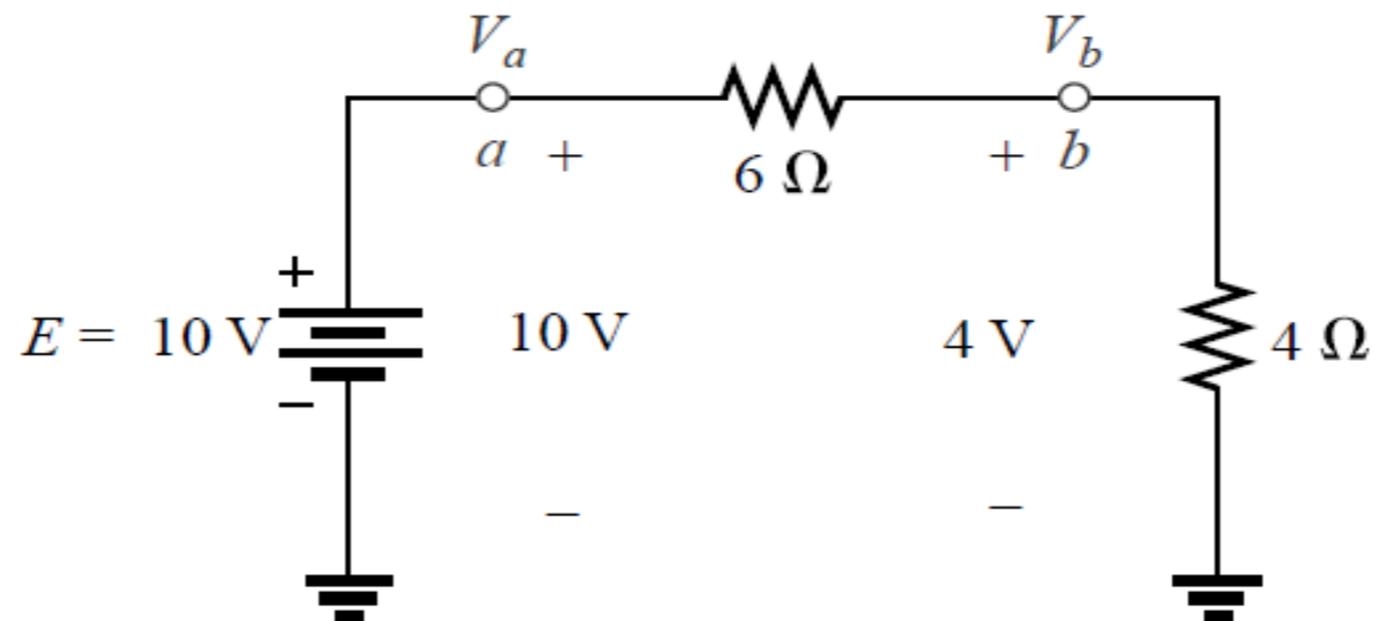


Figura 5.51 Definição do uso da notação de índice único para valores de tensão.

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Identificação das tensões nos elementos:

- Uma relação particularmente útil pode ser estabelecida agora, e ela terá aplicação extensiva na análise de circuitos eletrônicos.
- Em razão dos padrões de notação citados anteriormente, temos a seguinte relação:

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

Lei de Kirchhoff para tensões (LKT)

Identificação das tensões nos elementos:

$$V_{ab} = V_a - V_b = 16 - 20 = -4V$$

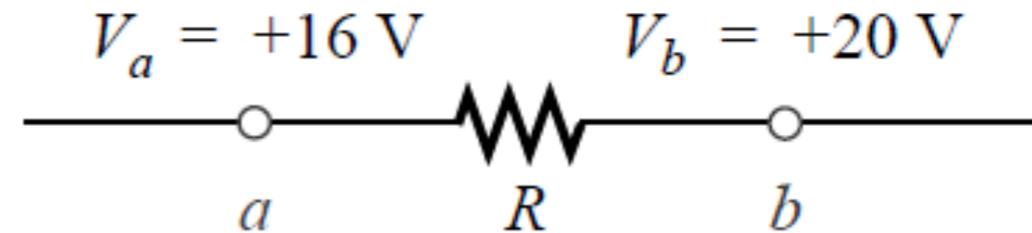


Figura 5.52 Exemplo 5.21.

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

$$5 = V_a - 4$$

$$V_a = 5 + 4 = 9V$$

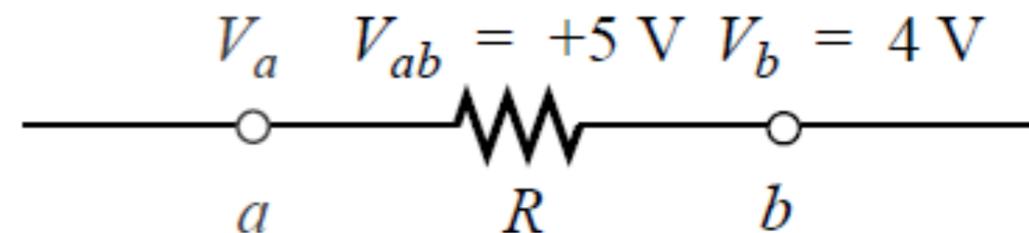


Figura 5.53 Exemplo 5.22.

Regulação de Tensão

Regulação de tensão:

- Quando você usa uma fonte *CC* como o gerador, a bateria ou a fonte da figura abaixo, você presume inicialmente que ela fornecerá a tensão desejada para qualquer carga resistiva que possa conectar à fonte.

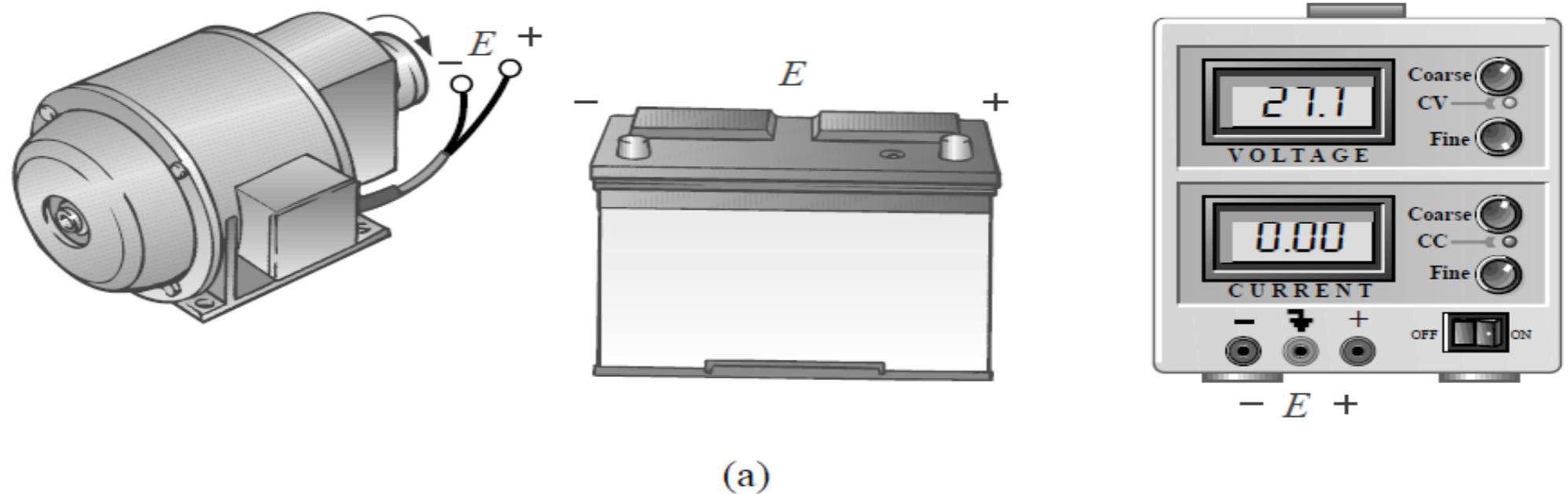


Figura 5.65 (a) Fontes de tensão *CC*; (b) circuito equivalente.

Regulação de Tensão

Regulação de tensão:

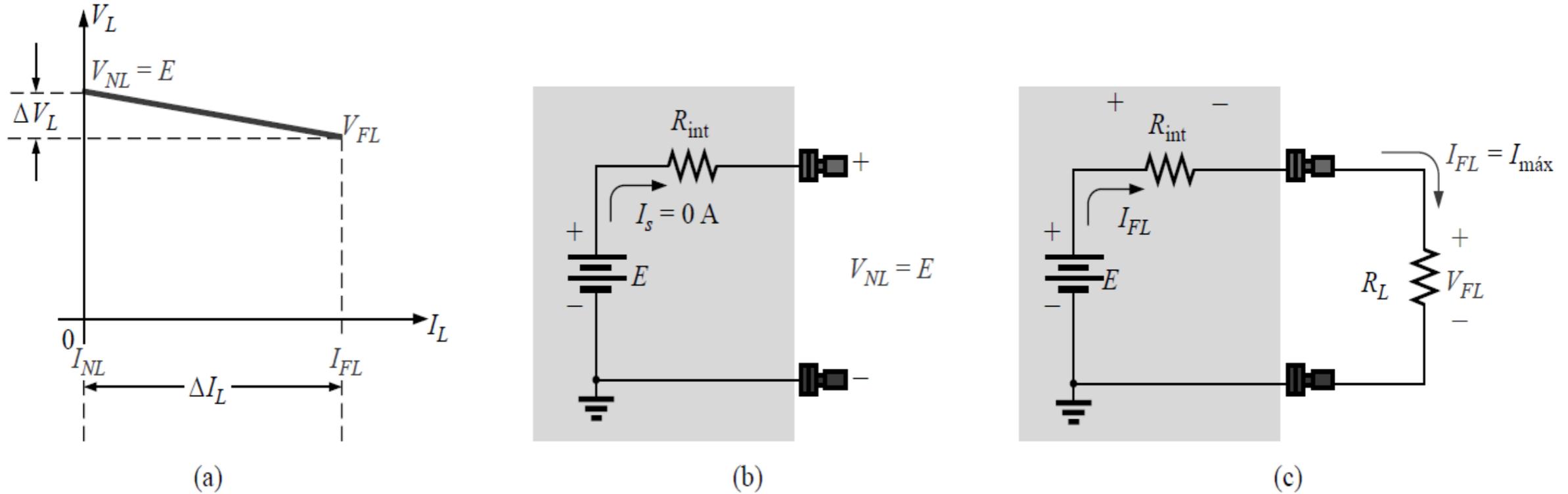


Figura 5.68 Definição das propriedades de importância para uma fonte de potência.

Regulação de Tensão

Regulação de tensão:

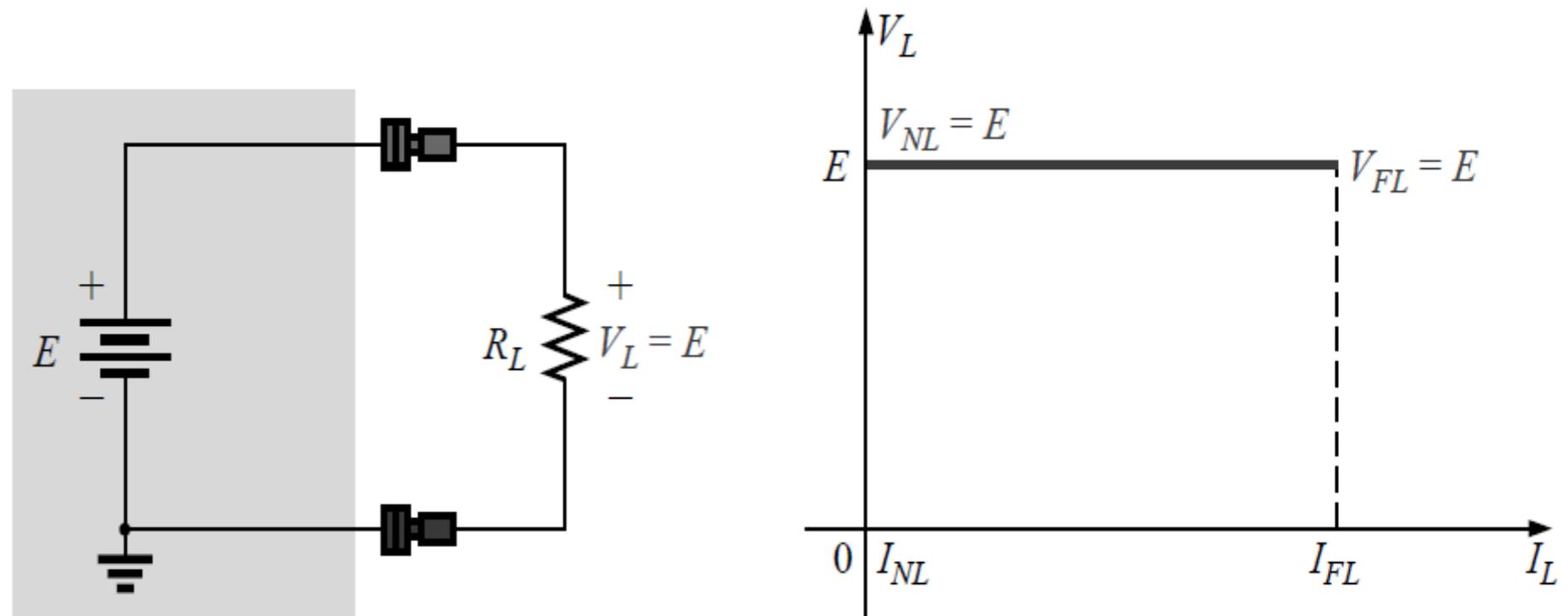


Figura 5.69 Fonte ideal e suas características terminais.

Regulação de Tensão

Regulação de tensão:

- Para nos ajudar a antecipar a resposta esperada de uma fonte, uma especificação chamada regulação de tensão (abreviada VR, do inglês Voltage Regulation; frequentemente chamada de regulação de carga em planilhas de especificação) foi estabelecida.
- A equação básica em termos das quantidades na figura anterior é a seguinte:

$$V_R = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \cdot 100\%$$

$$V_R = \frac{120 - 118}{118} \cdot 100\% = 1,69\%$$

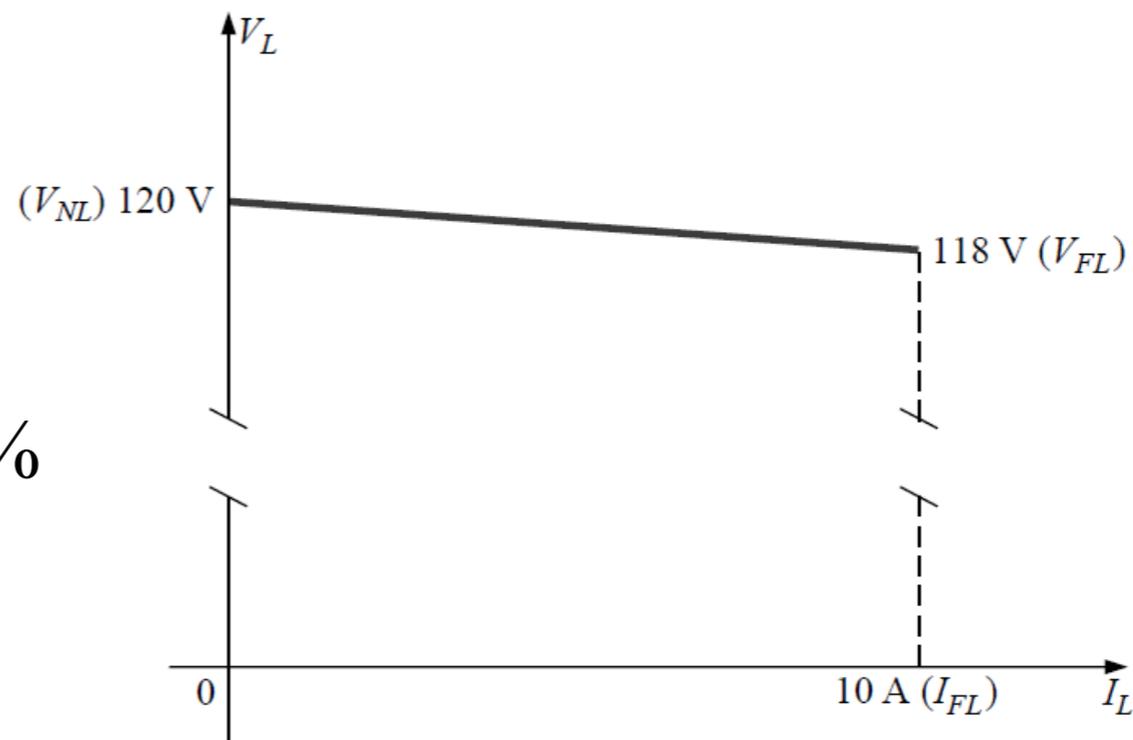


Figura 5.70 Características terminais para a fonte do Exemplo 5.28.

Efeitos dos instrumentos nos circuitos:

- Sempre que se aplica um medidor a um circuito, você muda o circuito e a resposta do sistema. Felizmente, entretanto, para a maioria das aplicações, considerando-se os medidores como ideais, é uma aproximação válida desde que determinados fatores sejam considerados.
- Por exemplo, qualquer amperímetro conectado em um circuito em série introduzirá uma resistência à combinação em série que afetará a corrente e as tensões da configuração.
- A resistência entre os terminais de um amperímetro é determinada pela escala escolhida do amperímetro.
- Em geral, para amperímetros, quanto mais alto o valor máximo da corrente para uma escala em particular, menor será a resistência interna.

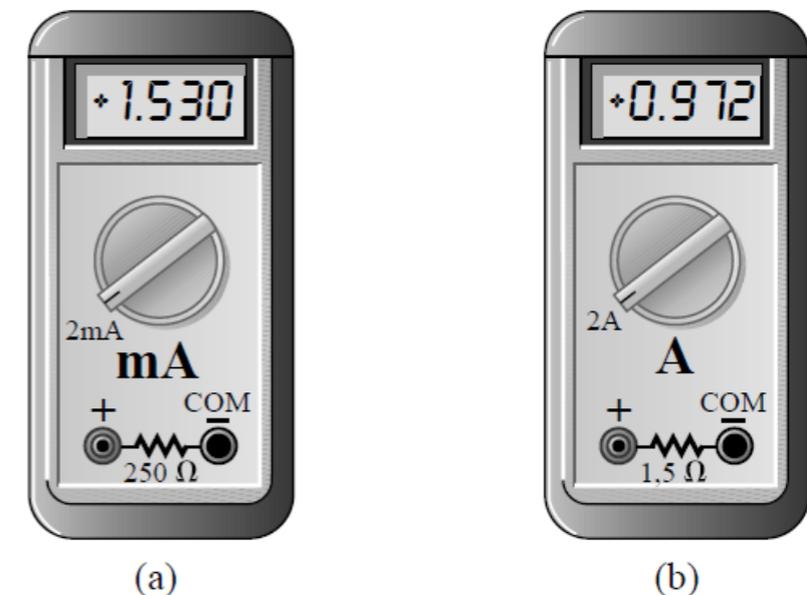


Figura 5.73 Introdução dos efeitos da resistência interna de um amperímetro: (a) escala de 2 mA; (b) escala de 2 A.

Efeitos dos instrumentos nos circuitos:

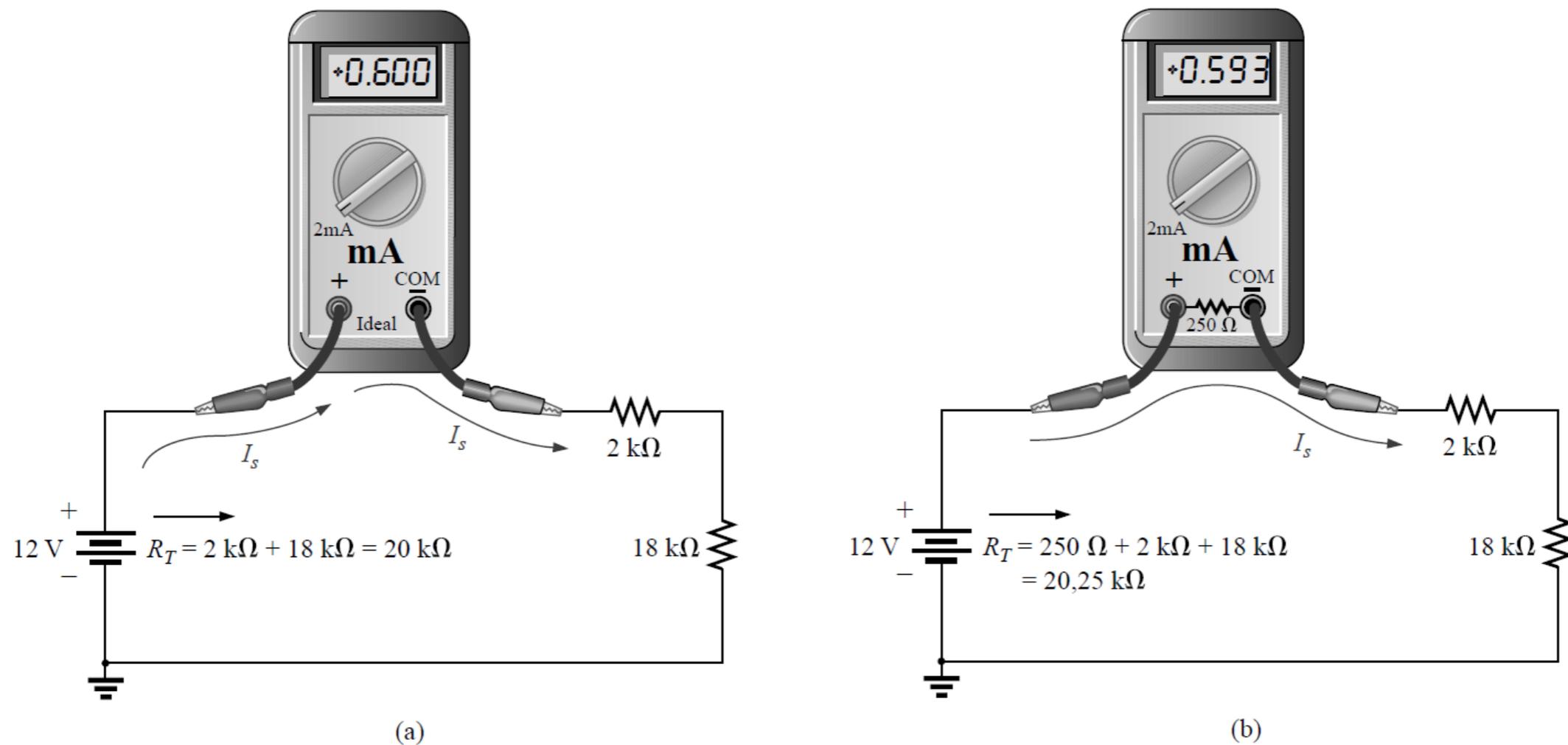
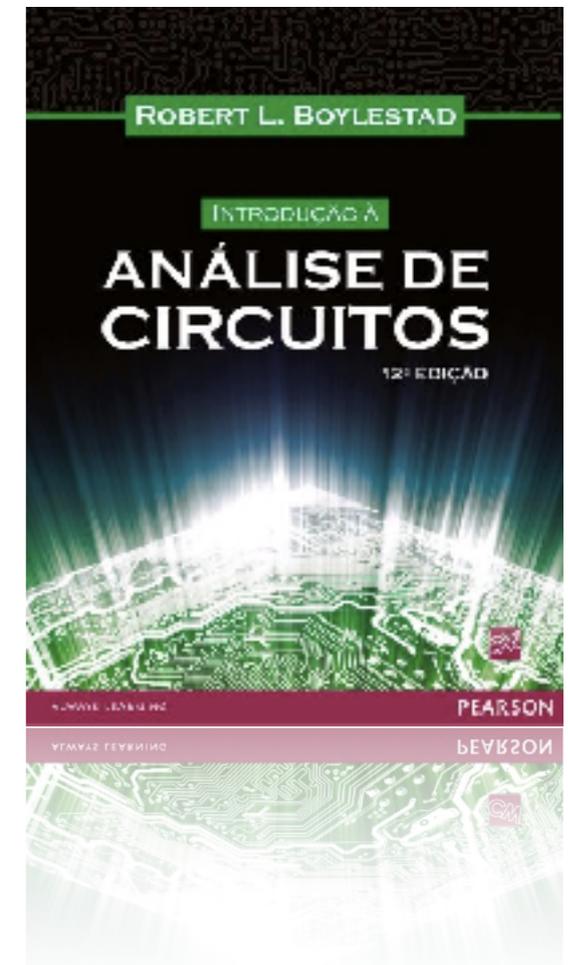
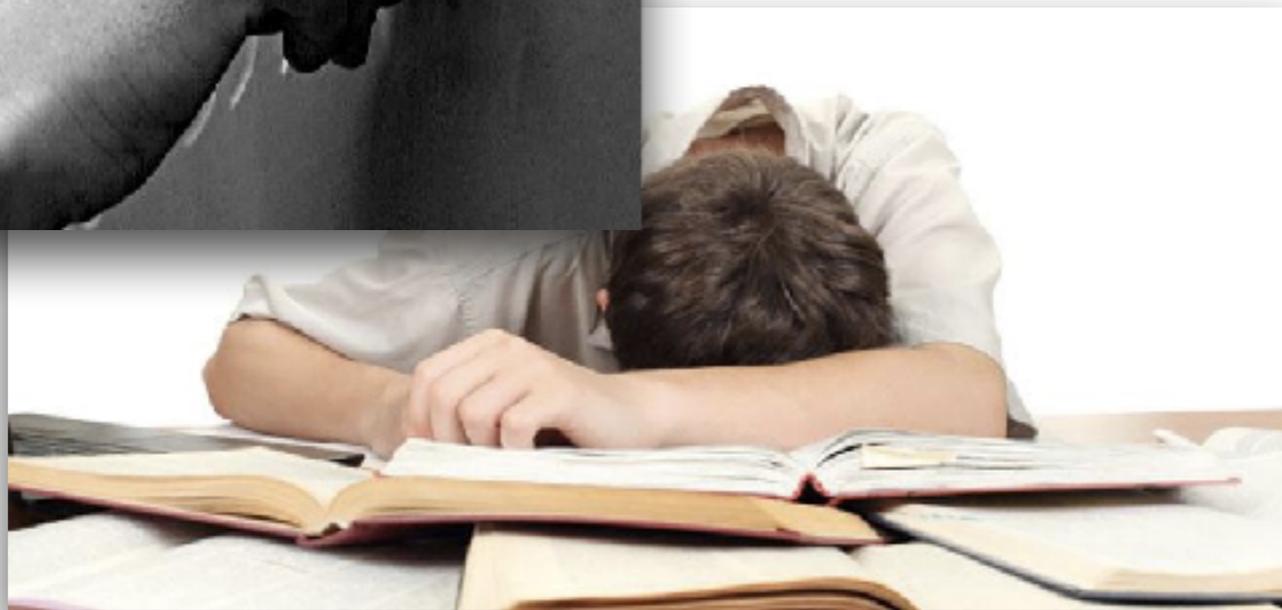
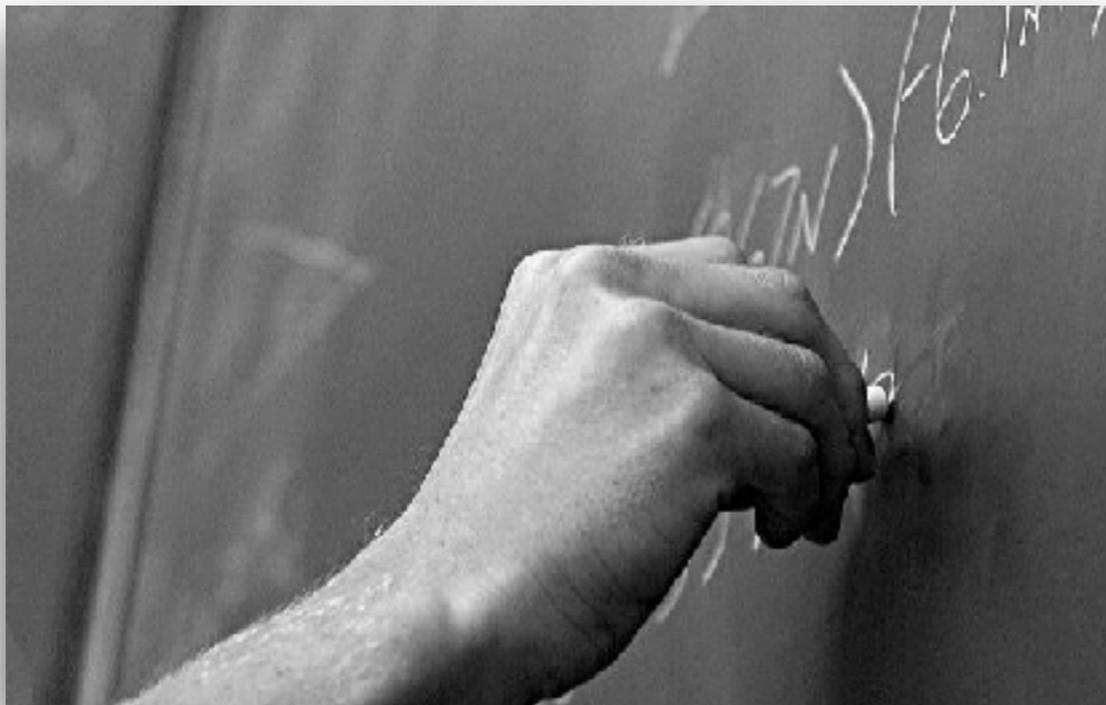


Figura 5.74 Aplicação de um amperímetro na escala 2 mA a um circuito com resistores na faixa de kilohms: (a) ideal; (b) real.

Demonstrações

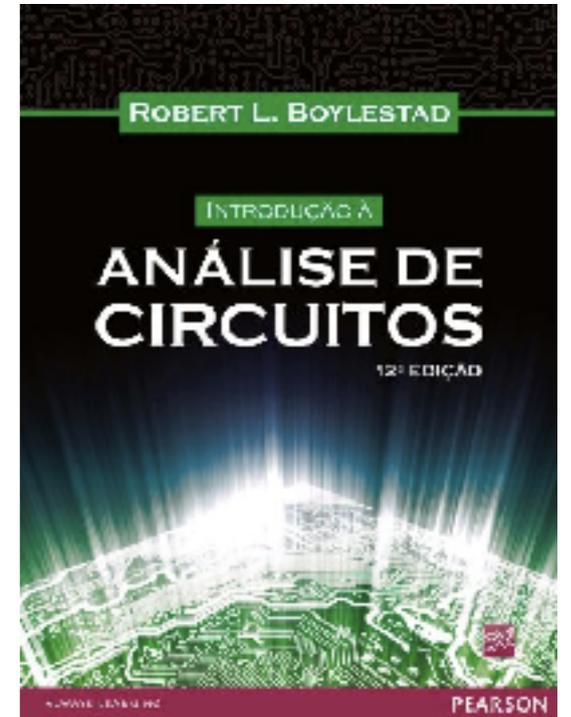
Exemplos:

- Exemplos e problemas do capítulo 5 - Circuitos em série do livro *Análise de Circuitos* de Robert L. Boylestad, Pearson, 2012.

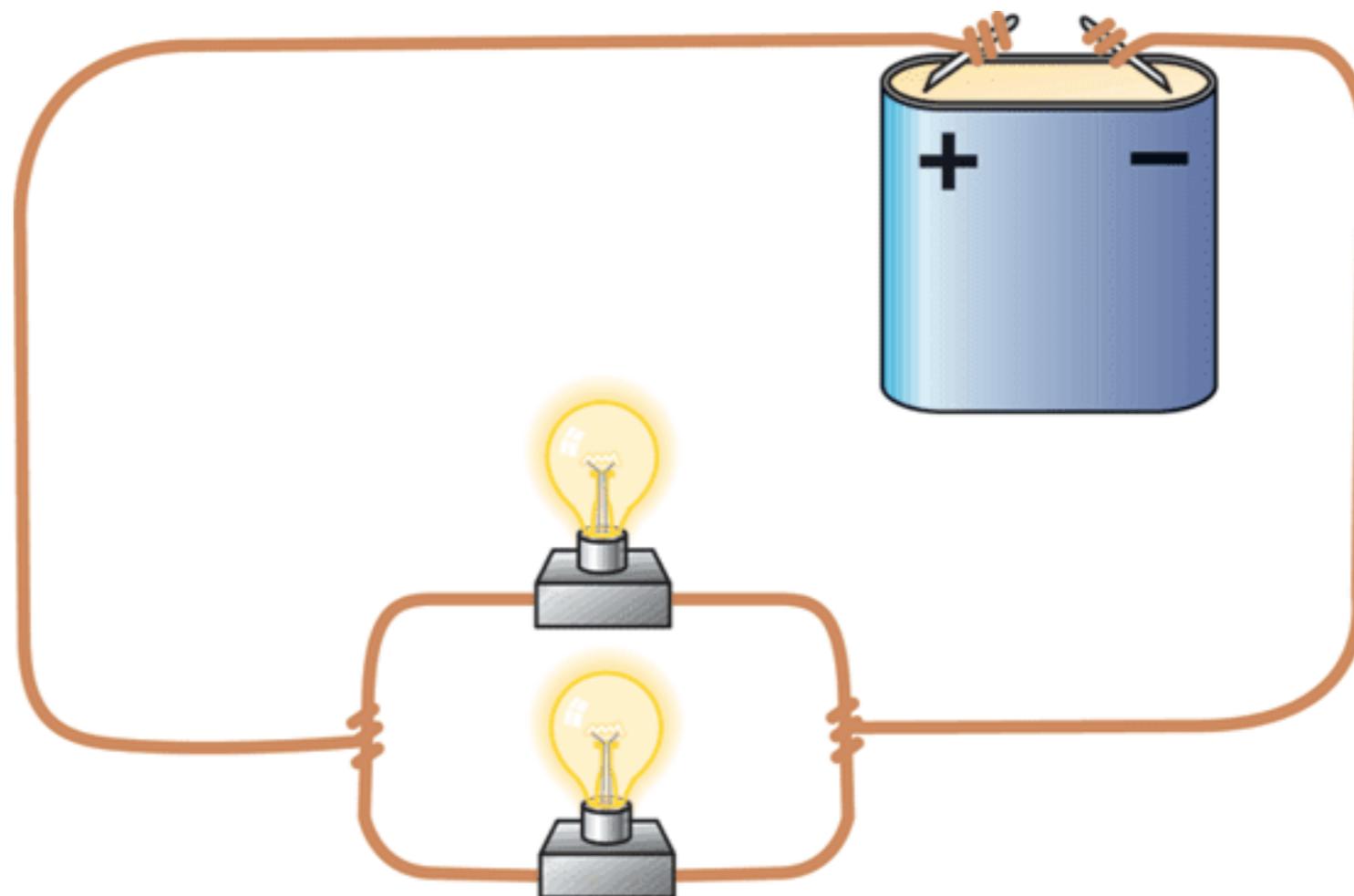


Durante e após a aula:

- Ler o capítulo 5 - Circuitos em série do livro *Análise de Circuitos* de Robert L. Boylestad, Pearson, 2012.



Circuitos em paralelo.



Fonte: <http://eletricasimplesefacil.blogspot.com/2016/01/tipos-de-circuito.html>