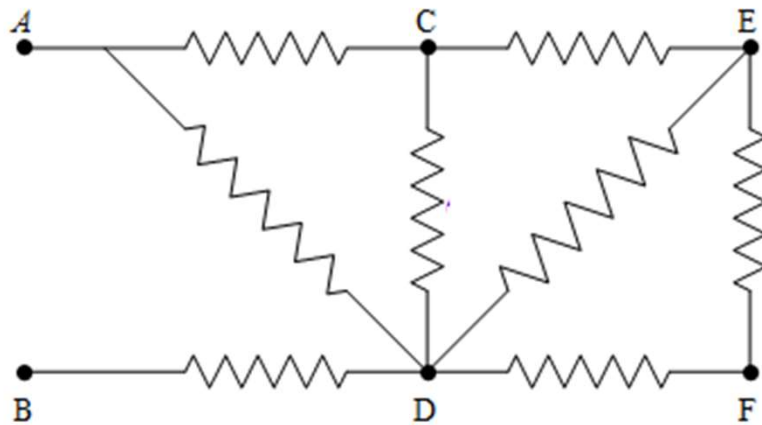


Associações em circuitos

Associações mistas

É uma combinação das associações em série e paralelo.



Exemplo de uma associação mista.

Em geral, independente do tipo de dispositivo, se estão conectados em série compartilham a mesma corrente elétrica e se estão em paralelo a mesma ddp.

Reduza essa associação e obtenha o circuito equivalente, supondo que as resistências elétricas são todas iguais.

Resistores

- Resistores são dispositivos incorporados em circuitos com o propósito de adicionar resistência elétrica para produzir determinado efeito. Podem atuar, por exemplo, como redutores de tensão, *transformadores de energia* para aquecimento ou fonte de luz, etc.



Resistor para circuitos eletrônicos.



Resistor para transformação de energia – aquecimento de água.



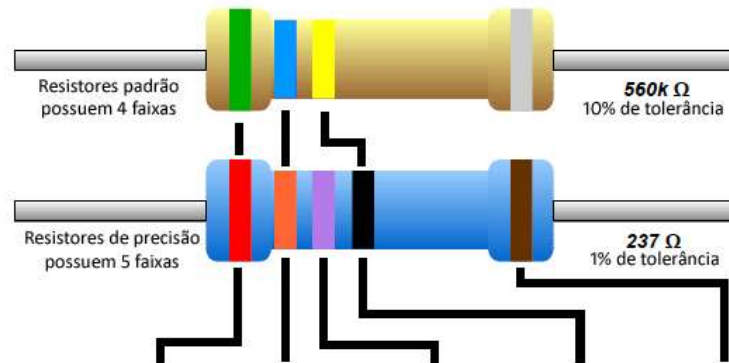
Resistor para transformação de energia – iluminação.

Resistores

Resistores para circuitos eletrônicos

Código de Cores

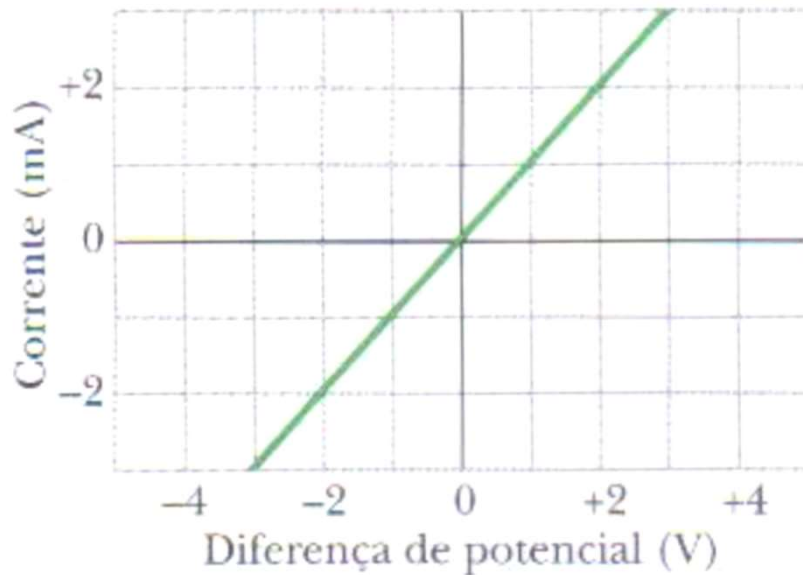
A extremidade com mais faixas deve apontar para a esquerda



Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	x 1 Ω	
Marrom	1	1	1	x 10 Ω	+/- 1%
Vermelho	2	2	2	x 100 Ω	+/- 2%
Laranja	3	3	3	x 1K Ω	
Amarelo	4	4	4	x 10K Ω	
Verde	5	5	5	x 100K Ω	+/- .5%
Azul	6	6	6	x 1M Ω	+/- .25%
Violeta	7	7	7	x 10M Ω	+/- .1%
Cinza	8	8	8		+/- .05%
Branco	9	9	9		
Dourado				x .1 Ω	+/- 5%
Prateado				x .01 Ω	+/- 10%

Lei de Ohm

- Materiais isotrópicos e homogêneos apresentam um comportamento importante na prática, que é a relação entre a diferença de potencial aplicada e a intensidade da corrente elétrica. Para tais materiais,



Escrevendo a equação para a “curva” do gráfico

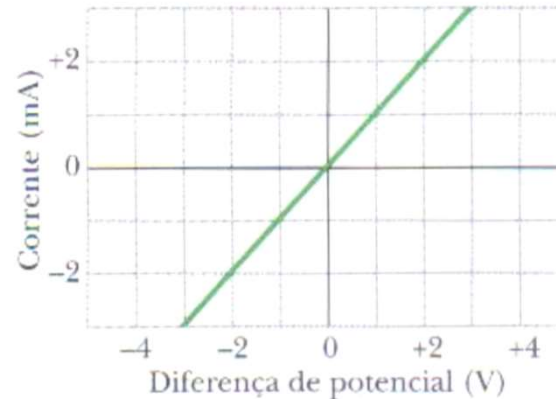
$$i_{(V)} = aV$$

Onde a declividade “ a ” da reta tem unidades de ohm^{-1} . Portanto,

$$i_{(V)} = \frac{V}{R}$$

Lei de Ohm

$$i_{(V)} = \frac{V}{R}$$



Para valores suficientemente grandes de “V”, um material pode deixar de obedecer a Lei de Ohm.

Nem todos os materiais obedecem a Lei de Ohm, mas para todos é possível escrever $R = \frac{V}{i}$.

➡ A lei de Ohm é a afirmação de que a corrente que atravessa um dispositivo é *sempre* diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada ao dispositivo.

➡ Um dispositivo obedece à lei de Ohm se a resistência do dispositivo não depende do valor absoluto nem da polaridade da diferença de potencial aplicada.

➡ Um material obedece à lei de Ohm se a resistividade do material não depende do módulo nem da direção do campo elétrico aplicado.

$$V = Ri$$

Forma macroscópica da Lei de Ohm.

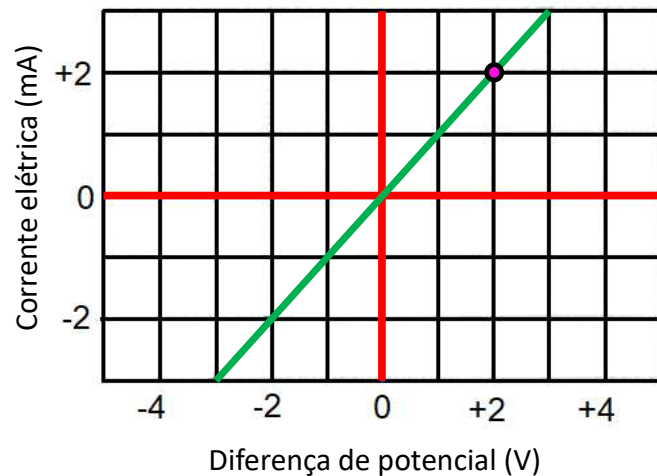
$$\vec{E} = \rho \vec{j}$$

Forma microscópica da Lei de Ohm.

Lei de Ohm

Exemplo

Qual é o valor da resistência elétrica do material a partir do qual se construiu o gráfico abaixo?



Basta calcular o inverso da declividade da reta.

$$i_{(V)} = \frac{V}{R} \rightarrow R = \frac{\Delta V}{\Delta i}$$

Como a reta passa pela origem, pode-se escrever

$$R = \frac{V}{i} \xrightarrow[\text{ddp de fácil leitura}]{\text{Escolhendo um valor para a}} R = \frac{2}{2 \times 10^{-3}} = 1 \text{ k}\Omega$$

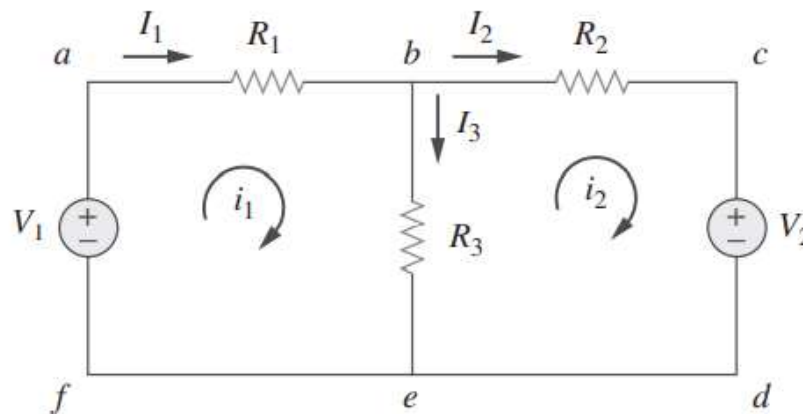
Análise de circuitos elétricos e eletrônicos

Existem várias técnicas (análise nodal, circuitos equivalentes de Norton e Thévenin, etc) que podem ser utilizadas na análise de circuitos mais complicados, nos quais não basta utilizar apenas as equações para cada tipo de associação. Entre essas abordagens, as *Regras de Kirchhoff* são as mais comuns.

Análise de circuitos elétricos e eletrônicos

Regras de Kirchhoff

Para as aplicações das regras de *Kirchhoff*, *malhas* e *laços* podem ser entendidos como iguais.



Um circuito com três malhas.

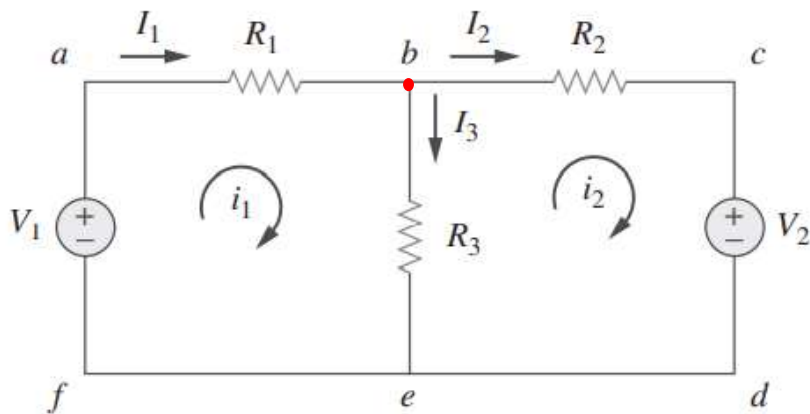
Análise de circuitos elétricos e eletrônicos

Regras de Kirchhoff

- Regra dos nós: é fundamentada na Lei de conservação da carga elétrica.

A soma das correntes elétricas que chegam em um nó do circuito é igual à soma das correntes que saem desse nó.

$$\sum i_{in} = \sum i_{out}$$



Para o nó localizado no ponto b:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

Análise de circuitos elétricos e eletrônicos

Regras de Kirchhoff

- Regra dos nós

Em geral, escolhe-se o sentido das correntes elétricas, respeitando a lei de conservação da carga elétrica. Caso seja encontrado algum valor negativo ao concluir o cálculo das intensidades, significa que o sentido escolhido estava errado para aquele resultado negativo.

- Regra das malhas: é fundamentada na Lei de conservação da energia.

A soma algébrica das variações de potencial elétrico encontradas ao longo de uma malha resulta nula, não importando o sentido ou o ponto de partida escolhidos para percorrê-la.

$$\sum_{k=1}^N V_k = 0 \quad \text{Para qualquer malha do circuito.}$$

Análise de circuitos elétricos e eletrônicos

Regras de Kirchhoff

- Regra das malhas

Durante a aplicação da regra das malhas, é preciso considerar mais duas regras:

Regra das fontes: ao passar por uma fonte encontrando primeiro o polo negativo, a variação do potencial elétrico entra na soma como uma quantidade positiva. Caso ocorra o contrário, então ela será negativa.

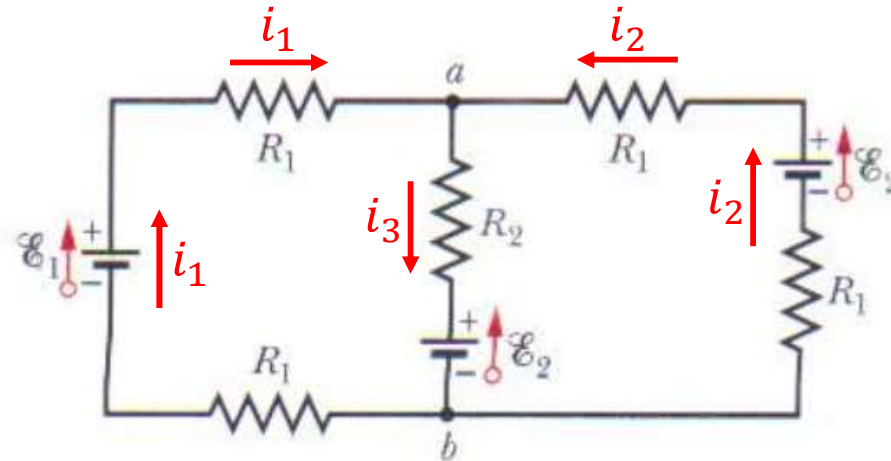
Regra das resistências: ao passar por uma resistência elétrica no sentido da corrente elétrica, a variação do potencial elétrico entra na soma como uma quantidade negativa. Caso ocorra o contrário, então ela será positiva.

Aplicações das
Regras de *Kirchhoff*

Determine o sentido e o valor absoluto das correntes em cada ramo do circuito abaixo, sabendo que

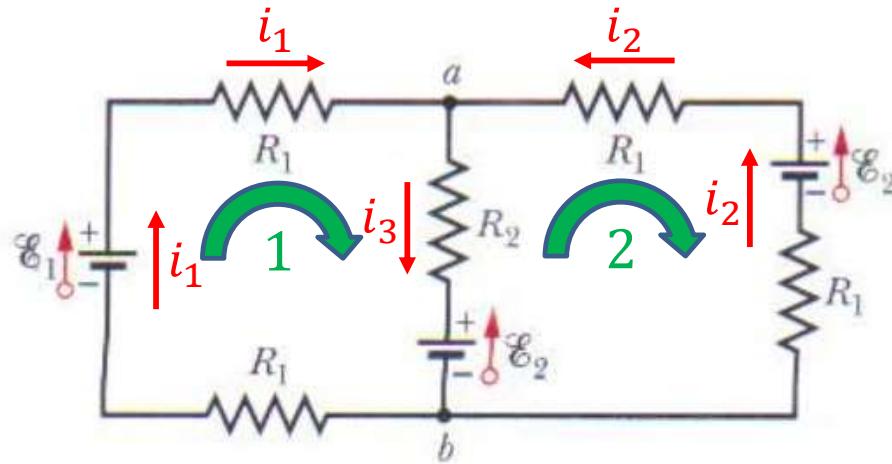
$$\mathcal{E}_1 = 3,0 \text{ V}, \quad \mathcal{E}_2 = 6,0 \text{ V},$$

$$R_1 = 2,0 \, \Omega, \quad R_2 = 4,0 \, \Omega.$$



- 1) Escolhe-se o sentido das correntes respeitando a regra dos nós. Nesse caso, $i_1 + i_2 = i_3$.
- 2) Aplica-se a regra das malhas, escolhendo uma malha e um sentido para percorrê-la, obtendo um sistema de equações.
- 3) Resolve-se o sistema de equações para determinar as correntes (*o que for pedido no problema*) – se o resultado numérico para alguma corrente elétrica for negativo, então o sentido da corrente está invertido na figura.

2) Aplicando a regra das malhas e montando um sistema de equações.



Malha 1:

$$\mathcal{E}_1 - R_1 i_1 - R_2 i_3 - \mathcal{E}_2 - R_1 i_1 = 0$$

$$\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 - 2R_1 i_1 - R_2 i_3 = 0$$

Malha 2:

$$\mathcal{E}_2 + R_2 i_3 + R_1 i_2 - \mathcal{E}_2 + R_1 i_2 = 0$$

$$R_2 i_3 + 2R_1 i_2 = 0$$

2) Aplicando a regra das malhas e montando um sistema de equações.

$$\begin{cases} \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 - 2R_1 i_1 - R_2 i_3 = 0 \\ R_2 i_3 + 2R_1 i_2 = 0 \\ i_1 + i_2 = i_3 \end{cases}$$

3) Resolvendo o sistema de equações.

$$i_1 + i_2 = i_3 \Rightarrow \begin{aligned} \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 - 2R_1 i_1 - R_2(i_1 + i_2) &= 0 \\ R_2(i_1 + i_2) + 2R_1 i_2 &= 0 \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} 3 - 6 - 4i_1 - 4(i_1 + i_2) &= 0 \\ 4(i_1 + i_2) + 4i_2 &= 0 \end{aligned}$$

$$\mathcal{E}_1 = 3,0 \text{ V}, \quad \mathcal{E}_2 = 6,0 \text{ V},$$

$$R_1 = 2,0 \, \Omega, \quad R_2 = 4,0 \, \Omega.$$

3) Resolvendo o sistema de equações.

$$3 - 6 - 4i_1 - 4(i_1 + i_2) = 0 \Rightarrow -3 - 8i_1 - 4i_2 = 0 \Rightarrow i_2 = -\frac{3 + 8i_1}{4}$$

$$(i_1 + i_2) + i_2 = 0$$



$$i_1 + 2i_2 = 0 \Rightarrow i_1 - 2\left(\frac{3 + 8i_1}{4}\right) = 0 \Rightarrow i_1 - \left(\frac{3 + 8i_1}{2}\right) = 0 \quad i_1 - 4i_1 - \frac{3}{2} = 0$$


$$-3i_1 = \frac{3}{2} \Rightarrow i_1 = -\frac{1}{2} = -0,5 \text{ A}$$

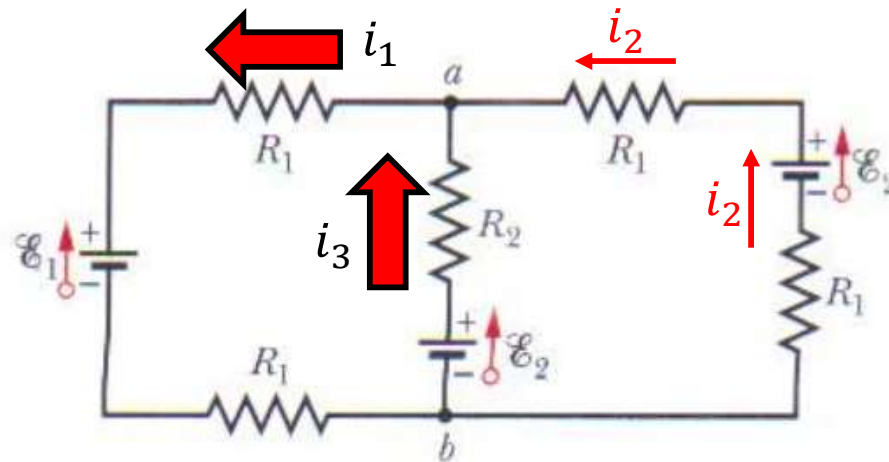
O resultado negativo indica que o sentido desta corrente está invertido na figura. Porém, segue-se com os cálculos utilizando esse resultado. Apenas no final é que se faz a alteração do sinal.

3) Resolvendo o sistema de equações.

$$i_2 = -\frac{3 + 8i_1}{4} = -\frac{3 + 8(-0,5)}{4} = -\frac{-1}{4} = 0,25 A$$

$$i_3 = i_1 + i_2 = -0,5 + 0,25 = -0,25 A$$

$i_1 = -0,5 A$		$i_1 = 0,5 A$
$i_2 = 0,25 A$		$i_2 = 0,25 A$
$i_3 = -0,25 A$		$i_3 = 0,25 A$

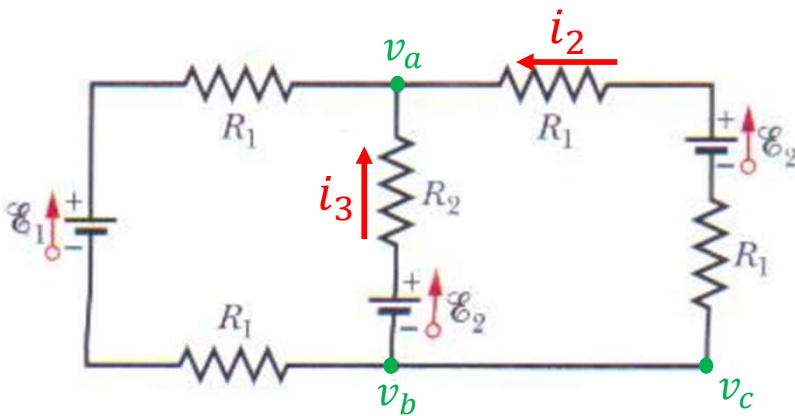


Análise de circuitos elétricos e eletrônicos

Regras de Kirchhoff

A diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um circuito pode ser determinada aplicando as ideias das regras de *Kirchhoff* ao se analisar um ou mais ramos.

Analizando a diferença de potencial elétrico entre os pontos a, b e c , considerando o circuito do exemplo anterior.



Há *ddp* entre os pontos b e c ?

$$v_{ab} \begin{cases} v_a + i_3 R_2 - \varepsilon_2 = v_b \\ v_a - v_b = \varepsilon_2 - i_3 R_2 = 6 - 0,25 \cdot 4 = 5 \text{ V} \end{cases}$$

$$v_{ac} \begin{cases} v_a + 2i_2 R_1 - \varepsilon_2 = v_c \\ v_a - v_c = \varepsilon_2 - 2i_2 R_1 = 6 - 2 \cdot 0,25 \cdot 2 = 5 \text{ V} \end{cases}$$

Análise de circuitos elétricos e eletrônicos

Regras de Kirchhoff

O LED da figura abaixo opera sob uma tensão de 1,7 V, para uma corrente elétrica de 10 mA. O resistor conectado a ele tem resistência elétrica $R = 330 \, \Omega$. Qual é o valor da *ddp* entre os pontos (1) *a* e *b* e (2) *a* e *c*? Qual é a tensão fornecida pela fonte?

