

8. Energia e Potência

Um componente inserido num circuito pode receber energia do circuito, fornecer energia ao circuito e, em alguns casos, não receber nem fornecer energia. A **energia $w(t)$** recebida ou fornecida pelo componente tem como unidade o **joule (J)**. Em Electrotecnia também é frequente usar como unidade de energia o **quilowatt-hora (kWh)**:

$$1\text{kWh} = 1000 \cdot 3600 \underbrace{\text{Ws}}_{\text{J}} = 3600000\text{J} = 3600\text{kJ} = 3,6\text{MJ}$$

Um componente de um circuito **recebe energia do circuito** se, dentro desse componente, a corrente flui do terminal de **potencial mais alto** para o terminal de **potencial mais baixo**.

Um componente de um circuito **fornece energia ao circuito** se, dentro desse componente, a corrente flui do terminal de **potencial mais baixo** para o terminal de **potencial mais alto**.

A **potência instantânea $p(t)$ em jogo num componente de um circuito** é a derivada em ordem ao tempo da energia recebida ou fornecida pelo componente ao circuito e tem como unidade o **watt (W)**. O seu valor (em watts) é igual ao produto do valor da **tensão** que existe entre os terminais desse componente (em volts) pelo valor da **corrente** que o atravessa (em amperes).

Se a tensão entre os terminais de um componente e a corrente que o atravessa forem constantes:

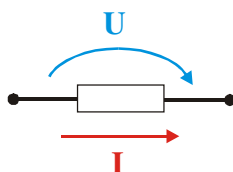
- A potência em jogo no componente é dada por

$$P = U \cdot I \text{ (W)}$$

- A energia recebida ou fornecida pelo componente durante um intervalo de tempo Δt é dada por

$$W = P \cdot \Delta t = U \cdot I \cdot \Delta t \text{ (J)}$$

Convenção de Sinais para os Componentes Passivos



Se a tensão e a corrente forem ambas positivas ou ambas negativas, então $P = U \cdot I$ é **positiva**. Em qualquer dos casos, dentro do componente a corrente flui do terminal de potencial mais alto para o terminal de potencial mais baixo e, portanto, **o componente recebe energia do circuito**.

Se tensão for positiva e a corrente for negativa ou então a tensão for negativa e a corrente for positiva, então $P = U \cdot I$ é **negativa**. Em qualquer dos casos, dentro do componente a corrente flui do terminal de potencial mais baixo para o terminal de potencial mais alto e, portanto, **o componente fornece energia ao circuito**.

Num circuito isolado, o módulo da soma das potências de todos os componentes que recebem energia do circuito é igual ao módulo da soma das potências de todos os componentes que fornecem energia ao circuito.

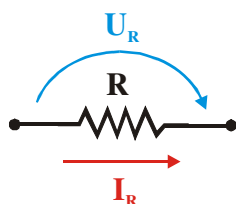
A potência em jogo num **condutor ideal** é nula porque não existe tensão entre os seus terminais. Um condutor ideal **não recebe energia do circuito nem lhe fornece energia**. Mas pode transportar energia, sem a consumir.

A potência em jogo num **circuito aberto** é nula porque a corrente que o atravessa é nula. Um circuito aberto **não recebe energia do circuito nem lhe fornece energia**.

A potência em jogo numa **fonte ideal de tensão em vazio** é nula seja qual for a tensão que existe entre os seus terminais porque a corrente que a atravessa é nula. Uma fonte ideal de tensão em vazio **não recebe energia do circuito nem lhe fornece energia**.

A potência em jogo numa **fonte ideal de corrente curto-circuitada por um condutor ideal** é nula seja qual for a corrente que a atravessa porque não existe tensão entre os seus terminais. Uma fonte ideal de corrente curto-circuitada por um condutor ideal **não recebe energia do circuito nem lhe fornece energia**.

Numa **resistência**:



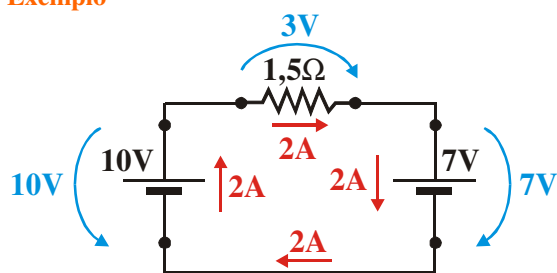
$$P_R = U_R \cdot I_R = \underbrace{(R \cdot I_R)}_{U_R} \cdot I_R = R \cdot I_R^2$$

$$P_R = U_R \cdot I_R = U_R \cdot \underbrace{\left(\frac{U_R}{R}\right)}_{I_R} = \frac{U_R^2}{R}$$

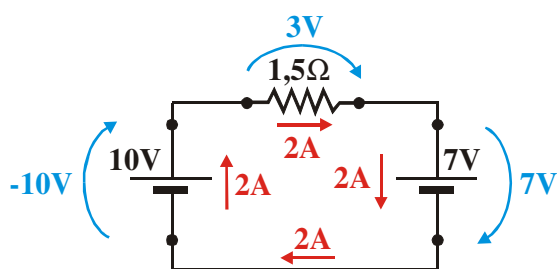
Efeito de Joule: Uma resistência constante **R** (em ohm) atravessada por uma corrente constante **I** (em ampere) durante um intervalo de tempo **Δt** (em segundos) recebe do circuito uma energia **W** (em joule), que liberta sob a forma de calor, dada por

$$W = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

Exemplo



Usando sentidos verdadeiros para as tensões e a corrente



Usando a Convenção de Sinais para os Componentes Passivos

- dentro da resistência, a corrente flui do terminal de **potencial mais alto** para o terminal de **potencial mais baixo**, por isso a resistência **recebe energia do circuito**.

Potência em jogo na **resistência**: $P = 3 \cdot 2 = 6W$

- dentro da fonte de 10V, a corrente flui do terminal de **potencial mais baixo** para o terminal de **potencial mais alto**, por isso a fonte **fornece energia ao circuito**.

Potência em jogo na **fonte de 10V**: $P = -10 \cdot 2 = -20W$

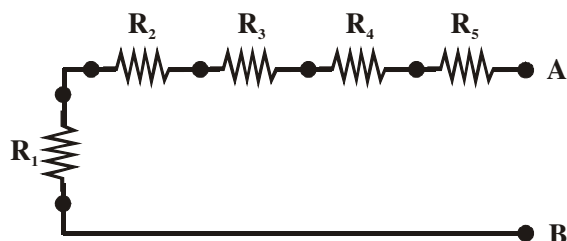
- dentro da fonte de 7V, a corrente flui do terminal de **potencial mais alto** para o terminal de **potencial mais baixo**, por isso a fonte **recebe energia do circuito**.

Potência em jogo na **fonte de 7V**: $P = 7 \cdot 2 = 14W$

$$|6 + 14| = |-20|$$

9. Série Eléctrica e Paralelo Eléctrico

Dois componentes estão **em série** quando são atravessados pela **mesma corrente**.

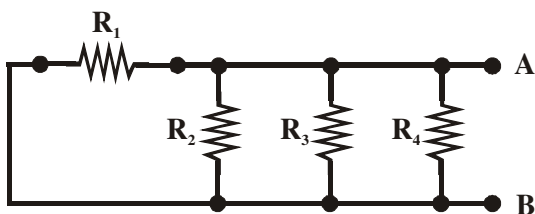


R_1 , R_2 , R_3 , R_4 e R_5 estão em série, relativamente aos terminais A e B.

R_{AB} (resistência medida entre os terminais A e B) é **superior à maior das resistências**, e aumenta se se colocar mais alguma resistência em série com as outras.

$$R_{AB} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = \sum_{i=1}^5 R_i$$

Dois componentes estão **em paralelo** quando estão submetidos à **mesma tensão**.



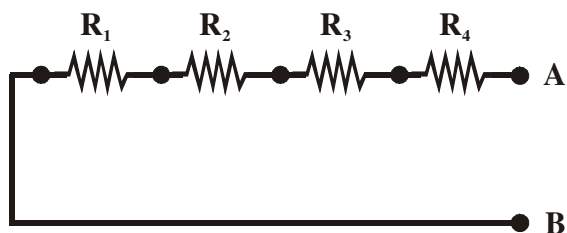
R_1 , R_2 , R_3 e R_4 estão em paralelo, relativamente aos terminais A e B.

R_{AB} (resistência medida entre os terminais A e B) é **inferior à menor das resistências**, e diminui se se colocar mais alguma resistência em paralelo com as outras.

$$R_{AB} = R_1 // R_2 // R_3 // R_4$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \sum_{i=1}^4 \frac{1}{R_i}$$

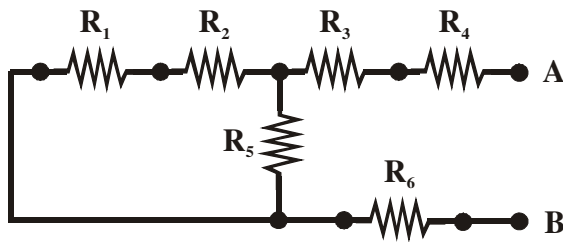
- Dois componentes em série podem não ter nenhum terminal comum.



R_1 e R_4 estão em série, relativamente aos terminais A e B, mas não possuem nenhum terminal comum.

$$R_{AB} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

- Dois componentes com um terminal comum podem não estar em paralelo e também não estar em série.

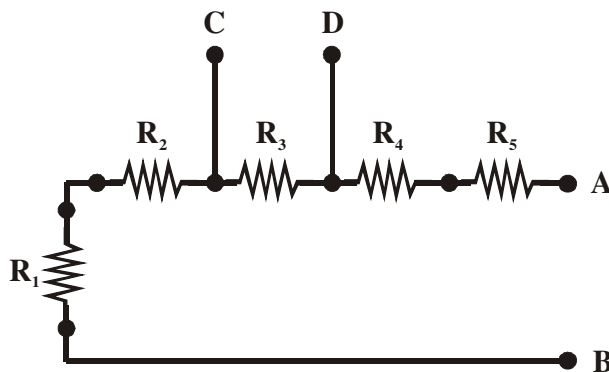


Relativamente aos terminais A e B:

- R_1 está em série com R_2
- R_3 está em série com R_4 e com R_6
- R_2 não está nem em série nem em paralelo com R_3
- R_2 não está nem em série nem em paralelo com R_5
- R_5 não está nem em série nem em paralelo com R_6
- R_5 está em paralelo com a série formada por R_1 e R_2
- O paralelo de R_5 com a série formada por R_1 e R_2 está em série com R_3 , R_4 e R_6 .

$$R_{AB} = [(R_1 + R_2) // R_5] + R_3 + R_4 + R_6$$

- A associação existente entre dois ou mais componentes de um circuito depende dos terminais considerados.



R_{AB} é a resistência medida entre os terminais A e B quando todos os outros terminais estão em aberto.

R_{CD} é a resistência medida entre os terminais C e D quando todos os outros terminais estão em aberto.

R_{AD} é a resistência medida entre os terminais A e D quando todos os outros terminais estão em aberto.

R_{BC} é a resistência medida entre os terminais B e C quando todos os outros terminais estão em aberto.

Relativamente aos terminais A e B (terminais C e D em aberto), todas as resistências estão em série.

$$R_{AB} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

Relativamente aos terminais C e D (terminais A e B em aberto), R_1 , R_2 , R_4 e R_5 estão em série com um circuito aberto, logo não são atravessadas por nenhuma corrente. Uma corrente que entre pelo terminal C e saia pelo terminal D só passa por R_3 .

$$R_{CD} = R_3$$

Relativamente aos terminais A e D (terminais B e C em aberto):

- R_4 está em série com R_5 .
- R_1 , R_2 e R_3 estão em série com um circuito aberto, logo não são atravessadas por nenhuma corrente.

$$R_{AD} = R_4 + R_5$$

Relativamente aos terminais B e C (terminais A e D em aberto):

- R_1 está em série com R_2 .
- R_3 , R_4 e R_5 estão em série com um circuito aberto, logo não são atravessadas por nenhuma corrente.

$$R_{BC} = R_1 + R_2$$

Uma **fonte ideal de tensão**:

- pode estar **em vazio** (ou seja, colocada em série com um circuito aberto), sendo atravessada por uma **corrente nula**;
- **não pode ser curto-circuitada com um condutor ideal** (ou seja, colocada em paralelo com um condutor ideal);
- pode ser colocada **em série com uma ou mais fontes ideais de tensão**, independentemente dos valores das tensões das outras fontes;
- **só pode** ser colocada **em paralelo** com outra fonte ideal de tensão que possua uma **tensão de igual valor** entre os seus terminais.

Uma **fonte ideal de corrente**:

- pode ser **curto-circuitada com um condutor ideal**, possuindo uma **tensão nula** entre os seus terminais;
- **não pode estar em vazio**;
- pode ser colocada **em paralelo com uma ou mais fontes ideais de corrente**, independentemente dos valores das correntes das outras fontes;
- **só pode** ser colocada **em série** com outra fonte ideal de corrente que debite uma **corrente de igual valor**;
- apresenta entre os seus terminais uma **tensão** cujos **sentido e valor dependem do circuito alimentado pela fonte**.

Dualidade...

Tensão	Série	Em vazio
Corrente	Paralelo	Em curto-circuito