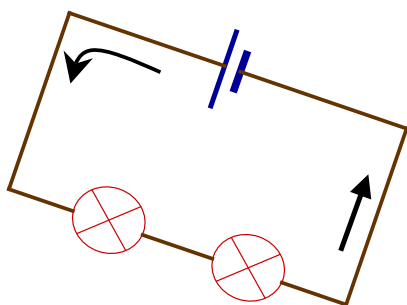


# *Sinais e Sistemas Electrónicos*



## *Capítulo 1: Fundamentos (parte 1)*



Ernesto Martins  
evm@ua.pt  
DETI (gab. 4.2.38)  
Universidade de Aveiro



Sinais e Sistemas Electrónicos – 2022/2023

### **Sumário**

- **Corrente, tensão eléctricas;**
- **Condutores e isoladores e resistência eléctrica;**
- **Esquemas eléctricos;**
- **Circuitos em série e em paralelo;**
- **Elementos de circuitos;**
- **Polaridades e sentidos de referência;**
- **Potência.**

## Corrente, tensão e resistência

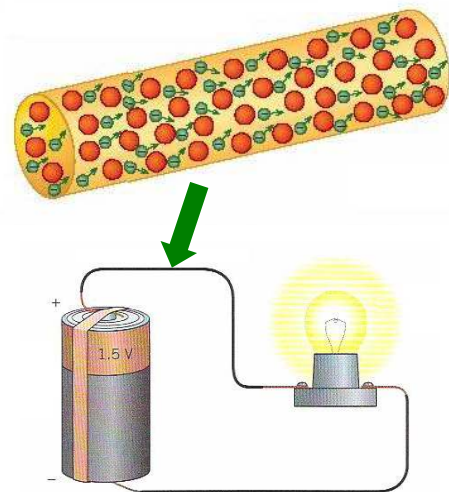
### Corrente eléctrica, $I$

- É o movimento orientado de cargas eléctricas (electrões num metal, iões positivos ou negativos numa solução condutora);
- Define-se como a quantidade de carga eléctrica transferida por unidade de tempo;

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{ou} \quad I = \frac{dq(t)}{dt}$$

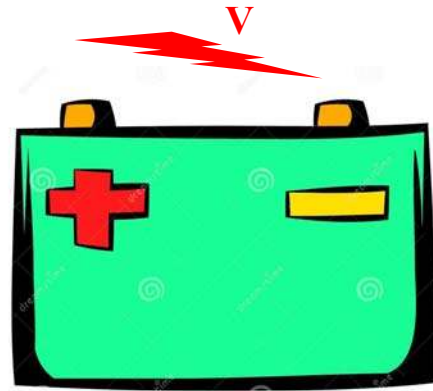
- Sendo a carga,  $Q$ , medida em **Coulomb**, a unidade da corrente eléctrica é **C/s**, que se chama **Ampère**.

$$1 \text{ Coulomb} / \text{seg} = 1 \text{ Ampère}$$



## Diferença de potencial ou Tensão, $V$

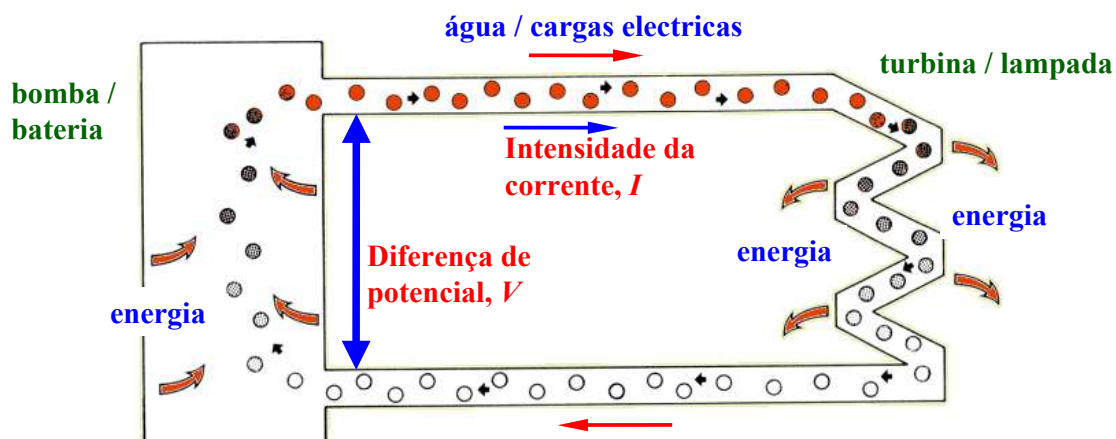
- Podemos imaginar que a **Tensão** é a ‘força’ que impele as cargas eléctricas a movimentarem-se (tal como a pressão é o que impele a água a fluir numa canalização);
- Numa bateria, um conjunto de reacções químicas dão origem a uma **diferença de potencial** entre os dois pólos;
- A **Tensão** está relacionada com a **energia**; É uma medida do **trabalho** (energia), **W**, necessário para deslocar uma **carga de 1 Coulomb** de um terminal para o outro.



$$V = \frac{W}{Q} \quad \text{ou} \quad V = \frac{dw}{dq} \quad 1 \text{ Joule} / 1 \text{ Coulomb} = 1 \text{ Volt}$$

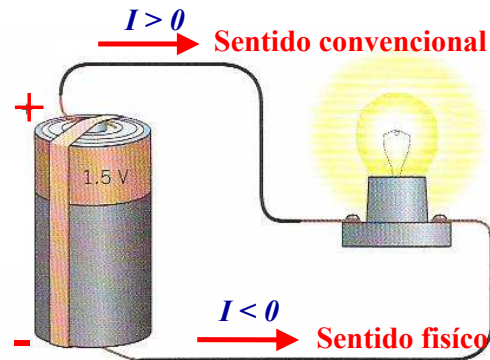
## Circuito eléctrico - analogia hidraulica

- Bomba hidraulica** – **energia mecânica** bombeia a **água** para cima, criando a diferença de pressão necessária para manter o fluxo;
- Bateria** - **energia química** armazenada bombeia **as cargas** através da bateria, criando a diferença de potencial



## Corrente eléctrica - sentido físico e sentido convencional

- Nos condutores metálicos os electrões fluem do terminal negativo para o terminal positivo da bateria – este é o **sentido físico** da corrente eléctrica;
- Mas como  $I = \text{carga/unidade de tempo}$ , se a carga é negativa, então  $I$  tem sinal negativo;
- Assim, para trabalharmos com correntes positivas, considera-se que a corrente flui do terminal positivo para o negativo – o **sentido convencional** da corrente eléctrica.



## Condutores e isoladores eléctricos

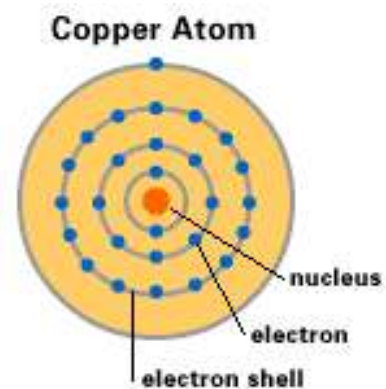
- O número de electrões de valência dos átomos dos materiais determina as suas propriedades condutoras ou isoladoras:

- $> 4$  electrões de valência  $\Rightarrow$  isolador;
- $< 4$  electrões de valência  $\Rightarrow$  condutor
- $4$  electrões de valência  $\Rightarrow$  semiconductor

- Bons condutores: ouro, prata, cobre, alumínio, etc.

- Isoladores: borracha, plástico, papel, mica, etc.

- A **resistência eléctrica** é uma medida da oposição que o material oferece à passagem da corrente eléctrica; Medida em *Ohm* ( $\Omega$ ).



## Resistência eléctrica

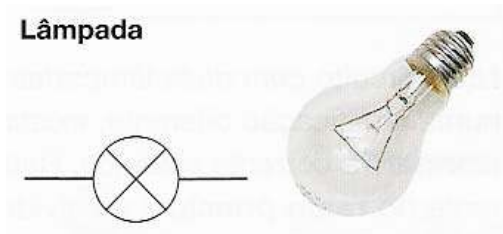
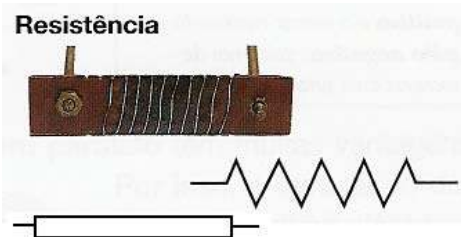
● Aos componentes projectados para terem um valor específico de resistência, chamamos **Resistências**;

● O filamento de uma lâmpada de incandescência é uma resistência (de tungsténio) que transforma a energia eléctrica em luz e calor.

● Ao inverso da resistência chamamos **Conductância**. Medida em *Siemen (S)*.



## Esquemas eléctricos - símbolos

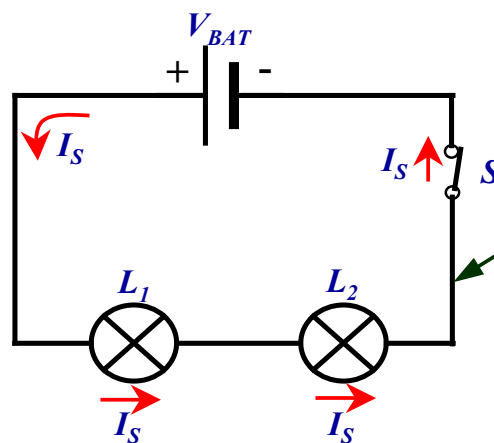


## Circuitos série e paralelo

### Circuitos eléctricos – série e paralelo

#### ● Circuito série:

- Um único caminho de corrente;
- A corrente é igual nas duas lâmpadas.



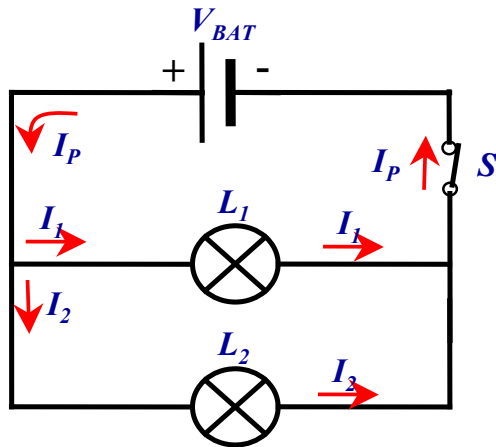
**Condutores são ideais:**

têm resistência eléctrica nula;  
são superfícies equipotenciais.

## Circuitos eléctricos – série e paralelo

- **Circuito paralelo:**

- Múltiplos caminhos de corrente;
- A tensão é a mesma nas duas lâmpadas:  $V_{BAT}$ .



## Elementos de circuito

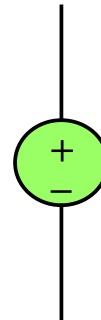
## Elementos de circuito

- É importante distinguir entre:
  - Os **dispositivos físicos** de um circuito;
  - Os **modelos matemáticos** usados para analisar o comportamento desses dispositivos;



### Dispositivo físico:

- Corrente fornecida é limitada;
- Tensão diminui com o tempo.



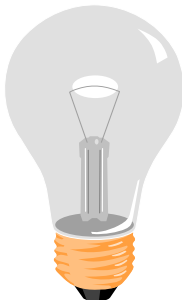
$$V = 1.5V$$

### Modelo matemático:

- Fornece corrente sem limite;
- Tensão constante.

## Elementos de circuito

*220V / 60W*



### Dispositivo físico:

- Resistência varia com a temperatura;
- Resistência varia com a frequência.

$$R = 807\Omega$$



Resistência

### Modelo matemático:

- Valor constante;
- Resistência pura.

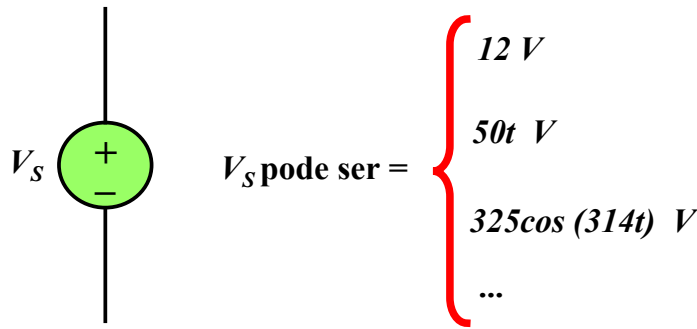
- Aos modelos matemáticos chamamos **elementos de circuito**.



## Elementos de circuito básicos

### Fonte independente de tensão

- Tensão aos seus terminais é independente da corrente que a atravessa;
- É uma fonte ideal: pode fornecer uma corrente (e portanto energia) ilimitada.

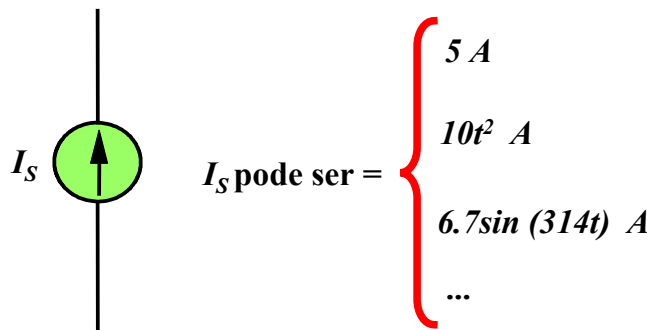


- Se  $V_S = \text{constante}$ , então temos uma fonte DC.

## Elementos de circuito básicos

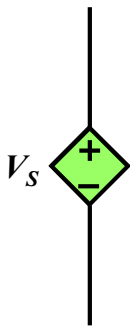
### Fonte independente de corrente

- Corrente que a atravessa é independente da tensão aos seus terminais;
- É uma fonte ideal: pode apresentar uma tensão aos terminais (e portanto pode fornecer uma quantidade de energia) ilimitada.



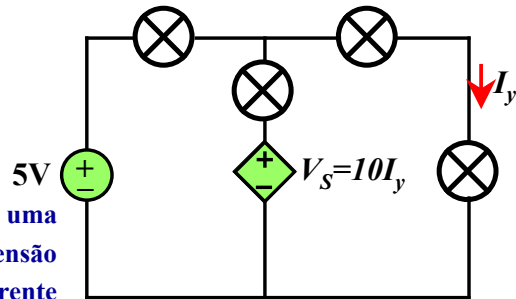
- Se  $I_S = \text{constante}$ , então temos uma fonte DC.

## Elementos de circuito básicos

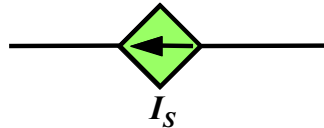


- **Fonte dependente (ou controlada) de tensão:** O valor da tensão da fonte depende de uma outra grandeza no circuito (e.g. tensão ou corrente);

Exemplo de circuito com uma fonte dependente de tensão controlada por corrente



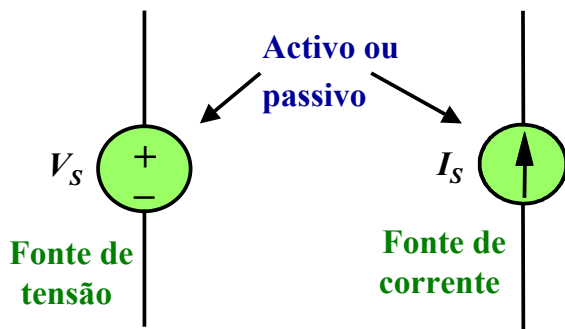
- **Fonte dependente (ou controlada) de corrente:** O valor da corrente da fonte depende de uma outra grandeza no circuito (e.g. tensão ou corrente).



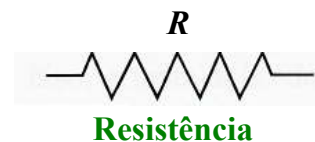
## Elementos de circuito activos e passivos

Um elemento de circuito pode também classificar-se como activo ou passivo

- **Activo:** se pode fornecer energia ao circuito (e.g. fonte);
- **Passivo:** se não pode fornecer energia ao circuito (e.g. resistência).



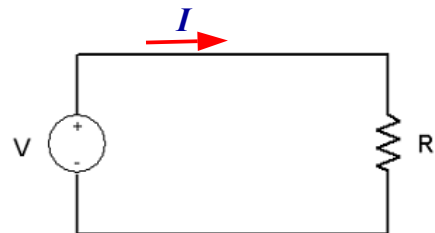
Sempre passivo!



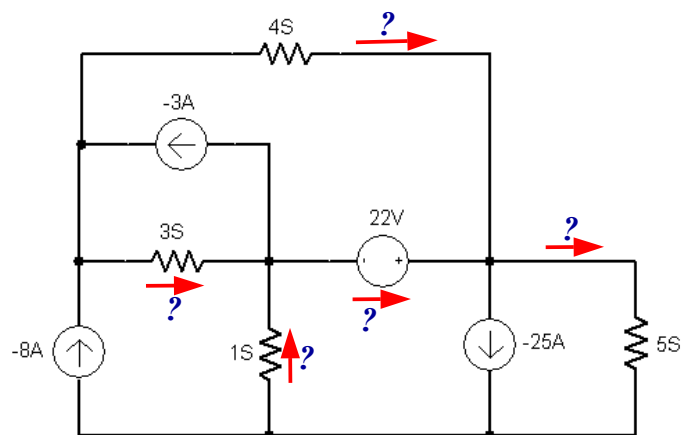
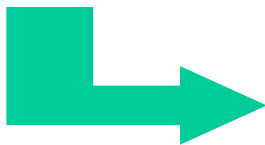
## Polaridades / sentidos de referência

### Sentido das correntes num circuito

- Como veremos, para analisar um circuito é importante **assumir previamente** um sentido para a(s) corrente(s);

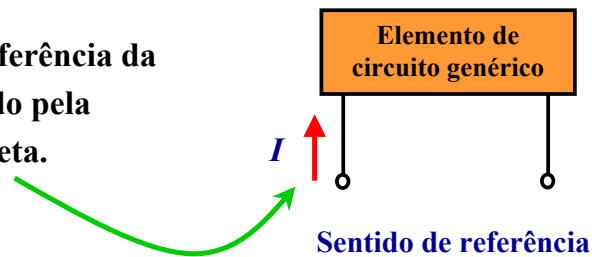


- ... mas o sentido das correntes em todos os ramos de um circuito nem sempre é evidente à priori



## Sentido de referência e sentido real da corrente

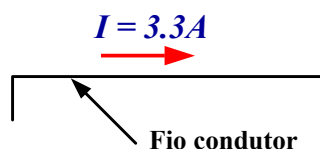
- Quando não sabemos o sentido das correntes, assumimos **sentidos de referência**;
- Temos então:
  - **Sentido de Referência:** é um sentido convencionado (**arbitrário**) da corrente para efeitos de análise do circuito;
  - **Sentido Real:** indica o sentido real da corrente (em geral, é desconhecido à partida).
- O sentido de referência da corrente é indicado pela colocação duma seta.



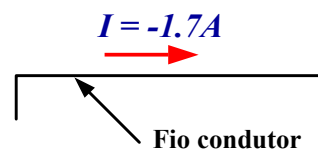
## Sentido de referência e sentido real da corrente

- A análise é feita tendo por base os sentidos de referência arbitrados;
- O **sentido real** da corrente fica determinado assim que sabemos o **valor da corrente**.

➤ O sentido real é **igual** ao de referência se a corrente é **positiva**.

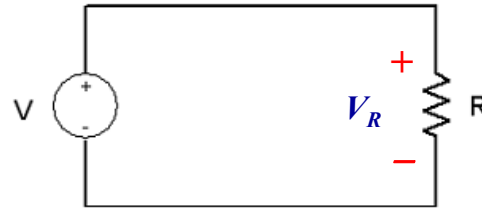


➤ O sentido real é **ao contrário** do de referência se a corrente é **negativa**.

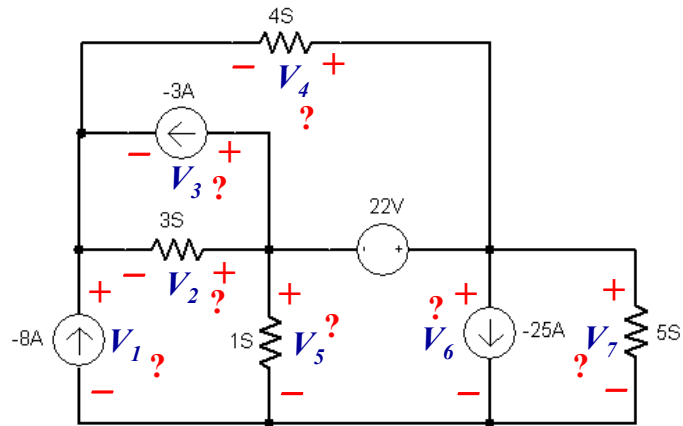
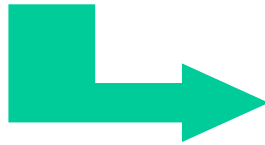


## Polaridade das tensões

- Para analisar um circuito é também essencial **assumir previamente** uma polaridade (+ e -) para as tensões aos terminais dos vários elementos;



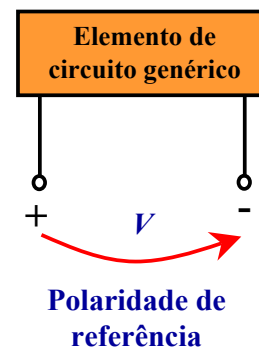
- ... mas as polaridades em todos os elementos de um circuito nem sempre são evidente à priori



## Polaridade de referência e polaridade real

- Quando não sabemos a polaridade das tensões, assumimos **polaridades de referência**;
- Temos então:
  - **Polaridade de Referência:** é uma polaridade convencionada (**arbitrária**) para efeitos de análise do circuito;
  - **Polaridade Real:** indica o sentido real da polaridade (em geral, é desconhecido à partida).

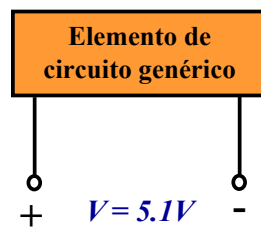
- A polaridade de referência é indicada pela colocação dos sinais (+) e (-), ou através duma **seta** entre os terminais, que aponta no sentido do potencial mais baixo.



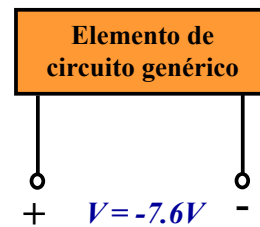
## Polaridade de referência e polaridade real

- A análise é feita tendo por base as polaridades de referência arbitradas;
- As **polaridades reais** das tensões ficam determinada assim que sabemos os seus **valores**.

➤ A polaridade real é **igual** à de referência se a tensão é **positiva**;

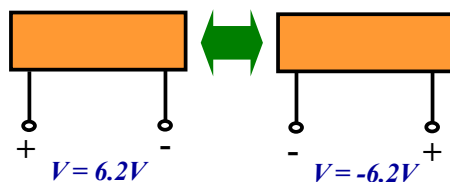
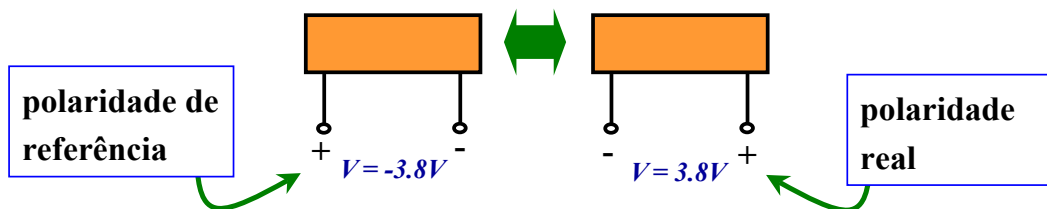


➤ A polaridade real é **ao contrário** da de referência se a tensão é **negativa**;



## Polaridades equivalentes

- Situações equivalentes:



Nada nos impede de usar a polaridade de referência mesmo que esta seja ao contrário da polaridade real – temos é de usar o valor algébrico correcto da tensão!

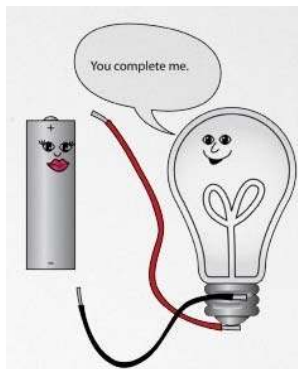
## Potência em circuitos eléctricos

### Potência

- A potência (em *Watt*) define-se como o trabalho (energia), *W*, por unidade de tempo;

$$P = \frac{dw}{dt} \qquad 1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule / seg}$$

- A potência é, então, a taxa à qual a energia é fornecida (por um elemento de circuito activo) ou dissipada (por um elemento passivo).



Uma lampada de  
**10W**  
absorve (dissipa, consome, ...)  
**10J**  
por cada segundo em que está  
ligada

## Potência

- Podemos exprimir a potência como:

$$P = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \times \frac{dq}{dt} = V \cdot I \quad 1 \text{ Watt} = 1 \text{ J/C} \times 1 \text{ C/s}$$

- Ou seja, para um dado elemento de circuito, a potência é proporcional:

- À **Energia** necessária para transferir **1 Coulomb** através do elemento, ou seja, à tensão (**V**);
- Ao número de **Coulombs** transferidos durante **1 Segundo** através do elemento, ou seja, a corrente (**I**).

## Potência

- Num circuito eléctrico há elementos que **fornecem** potência e outros que **absorvem** potência;
- A **Lei da Conservação da Energia** garante que o total da potência fornecida iguala a totalidade da potência absorvida:

$$\sum_i P_i^{\text{fornecida}} = \sum_j P_j^{\text{absorvida}}$$

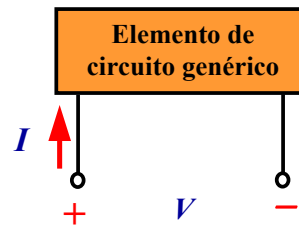


## Potência: absorvida ou fornecida?

- Na análise de um circuito, por vezes precisamos de saber se um dado elemento **fornece** ou **absorve** potência;
- Uma maneira de determinar isso, passa pela adopção da **Convenção de Sinal de Elemento Passivo (CSEP)**:

C  
S  
E  
P

A polaridade de referência da tensão e o sentido de referência da corrente são escolhidos de forma a que a corrente entre pelo terminal positivo.

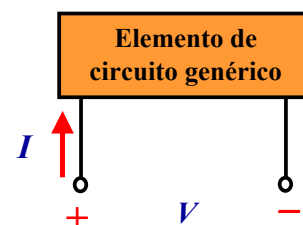


## Potência: absorvida ou fornecida?

- Adoptada a **CSEP**, assim que determinarmos os valores da tensão,  $V$ , e da corrente,  $I$ , é fácil saber se o elemento **fornece** ou **absorve** potência:

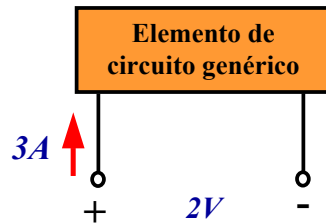
➤ se  $P = V \times I > 0 \Rightarrow$  a potência é **absorvida**,  
sendo dada por  $P_{absorvida} = V \times I$ ;

➤ se  $P = V \times I < 0 \Rightarrow$  a potência é **fornecida**,  
sendo dada por  $P_{fornecida} = |V \times I|$



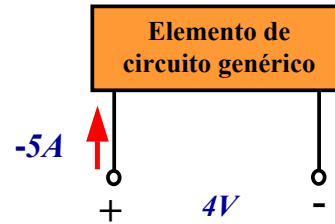
## Potência: absorvida/fornecida, exemplos

- Polaridades e sentidos das correntes já são dados de acordo com a **CSEP**



$$P = 2 \times 3 = 6W$$

**$P$  é absorvida**

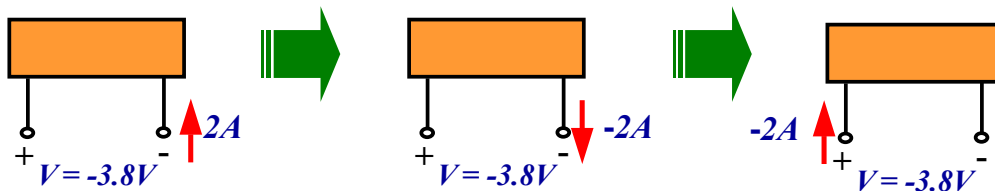


$$P = 4 \times (-5) = -20W$$

**$P$  é fornecida**

## Potência: absorvida/fornecida, exemplos

- A polaridade da tensão e o sentido da corrente podem ter de ser alterados de forma a satisfazer a **CSEP**:



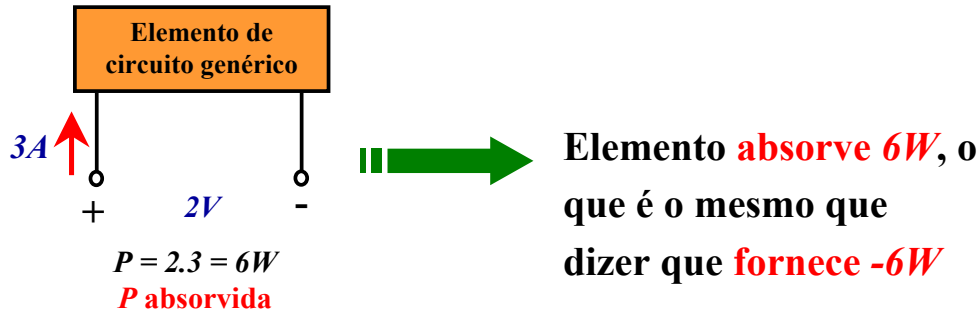
$$P = (-3.8) \times (-2) = 7.6W$$

**$P$  é absorvida**

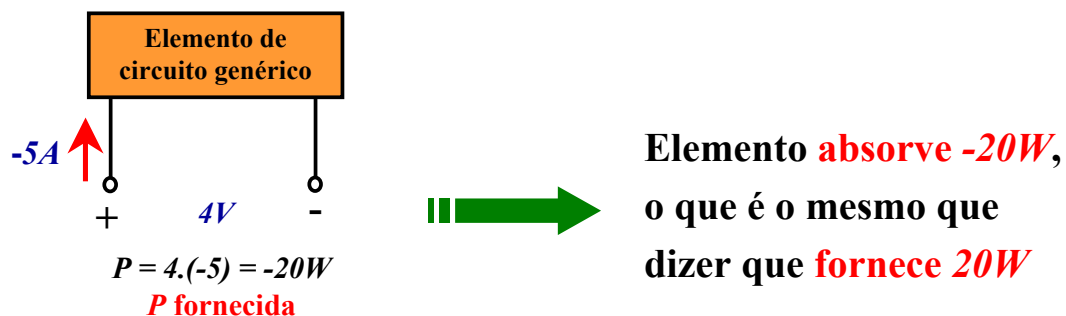
## Potência: absorvida/fornecida

- Para qualquer elemento de circuito:

$$P_{\text{absorvida}} = -P_{\text{fornecida}}$$



## Potência: absorvida/fornecida

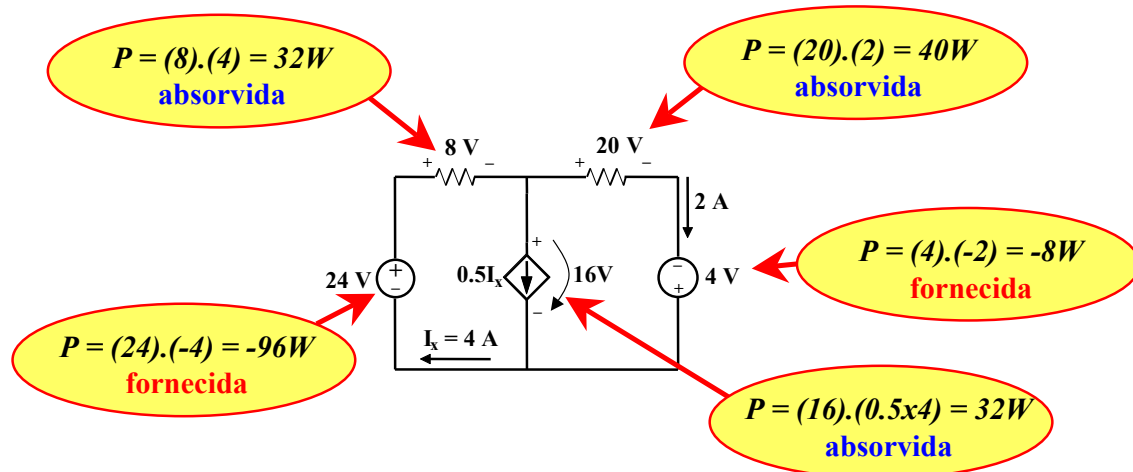


- Mas, na realidade, **absorve** ou **fornece**?

**Resposta:** a resposta é ditada pelo valor da potência, absorvida ou fornecida, que **for positivo**.

## Potência: Exemplo de cálculo

Calcular a potência absorvida/fornecida por cada elemento de circuito.



$$\sum_j P_j^{absorvida} = 32 + 40 + 32 = 104W$$

$$\sum_i P_i^{fornecida} = 96 + 8 = 104W$$