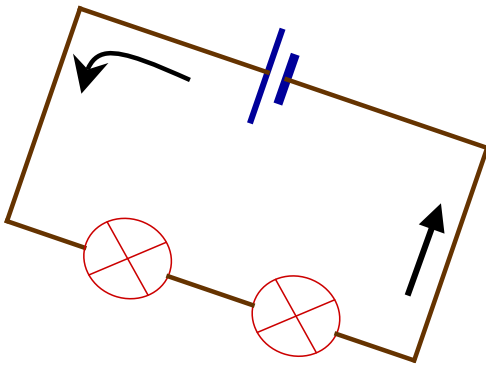


Capítulo 1



Introdução aos Circuitos Eléctricos



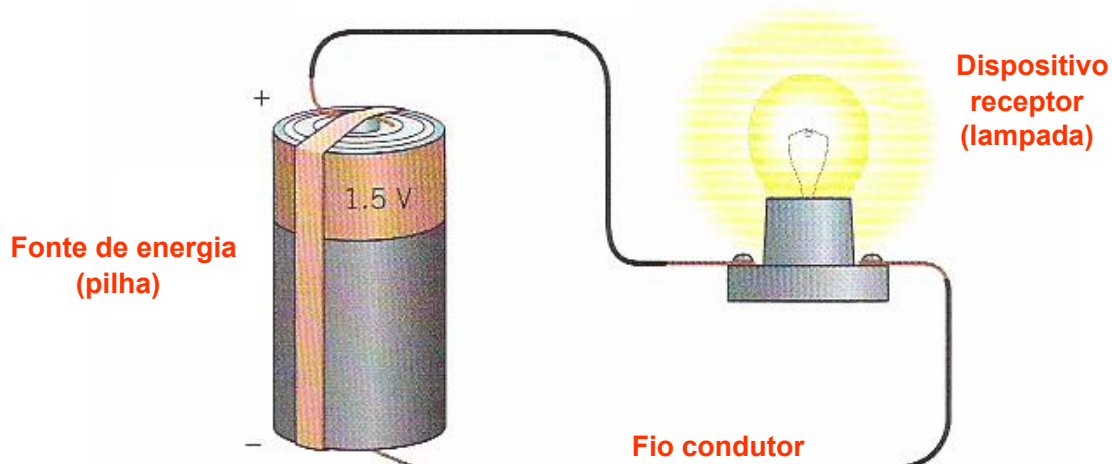
Ernesto Martins
evm@ua.pt
DETI (gab. 4.2.38)
Universidade de Aveiro



Circuito eléctrico básico

Tipicamente, um circuito eléctrico é feito da ligação de **3 tipos de componentes**:

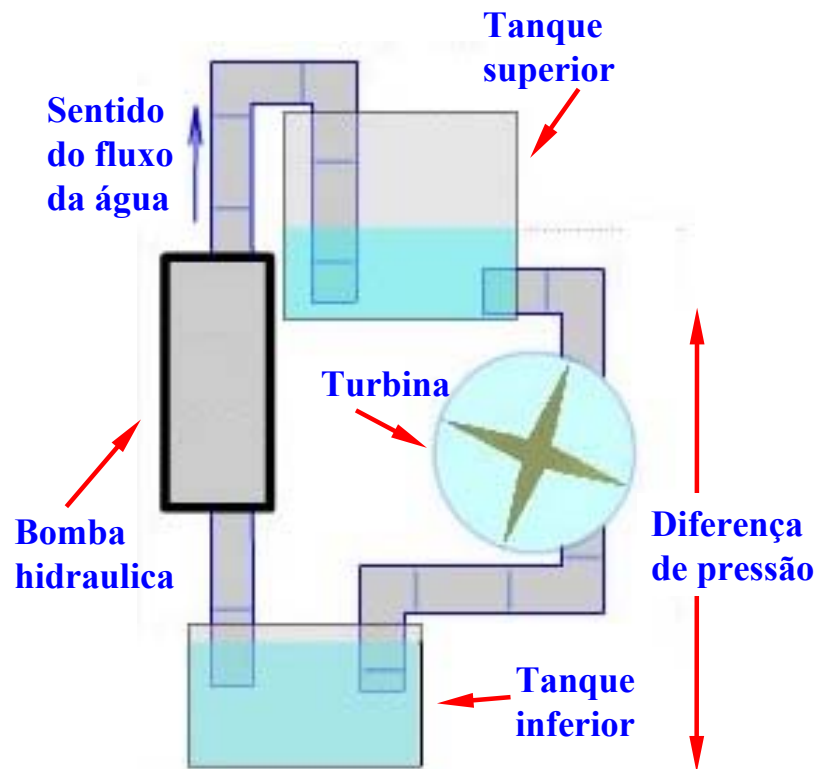
1. Fontes de energia;
2. Dispositivos que usam a energia (dissipam ou armazenam);
3. Fios condutores que estabelecem um caminho fechado para a corrente eléctrica.



Circuito eléctrico - analogia hidraulica

O funcionamento do sistema hidráulico é caracterizado

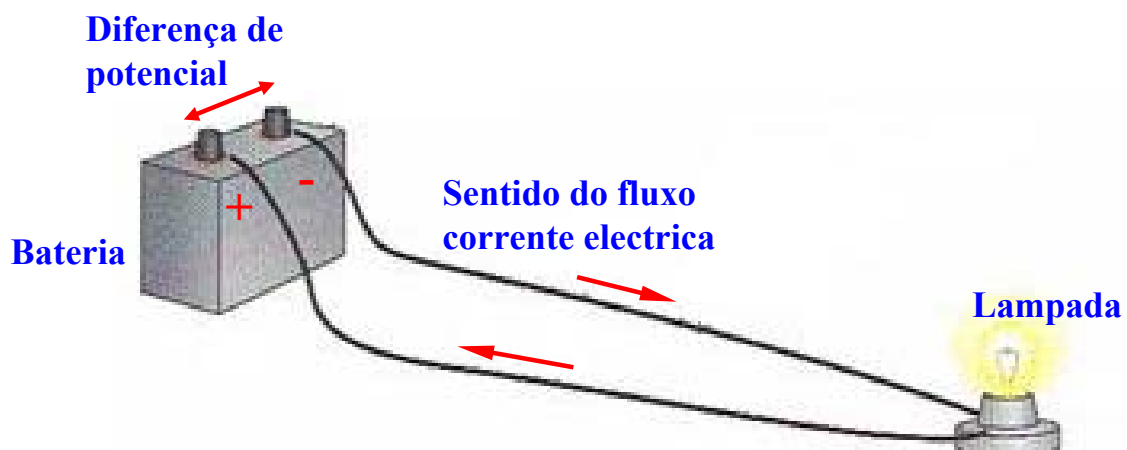
- Pela existência de uma diferença de pressão entre dois pontos;
- Por um fluxo de água de uma dada intensidade.



Circuito eléctrico - analogia hidraulica

O funcionamento de um circuito eléctrico caracteriza-se por

- A existência de uma diferença de potencial (ou tensão) entre dois pontos;
- Um fluxo de carga eléctrica (corrente eléctrica) de uma dada intensidade.



Corrente, tensão e resistência

Corrente eléctrica, I

- É o movimento orientado de cargas eléctricas (electrões num metal, iões positivos ou negativos numa solução condutora);

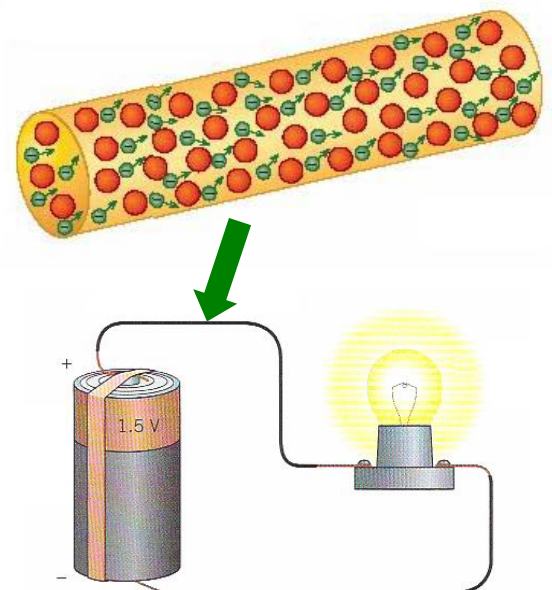
- Define-se como a quantidade de carga eléctrica transferida por unidade de tempo;

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

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

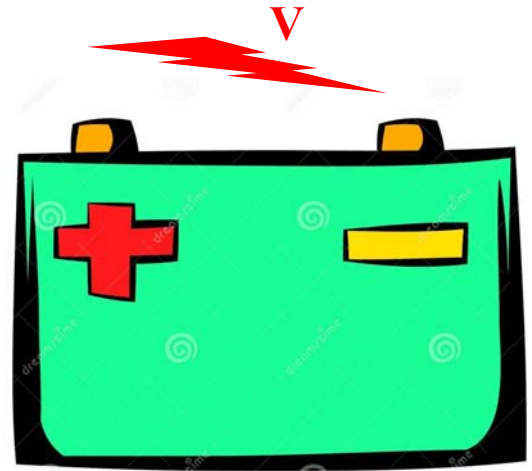
$$1 \text{ Coulomb} / \text{seg} = 1 \text{ Ampère}$$

1 Coulomb corresponde à carga de 6.24×10^{18} electrões



Diferença de potencial ou Tensão, V

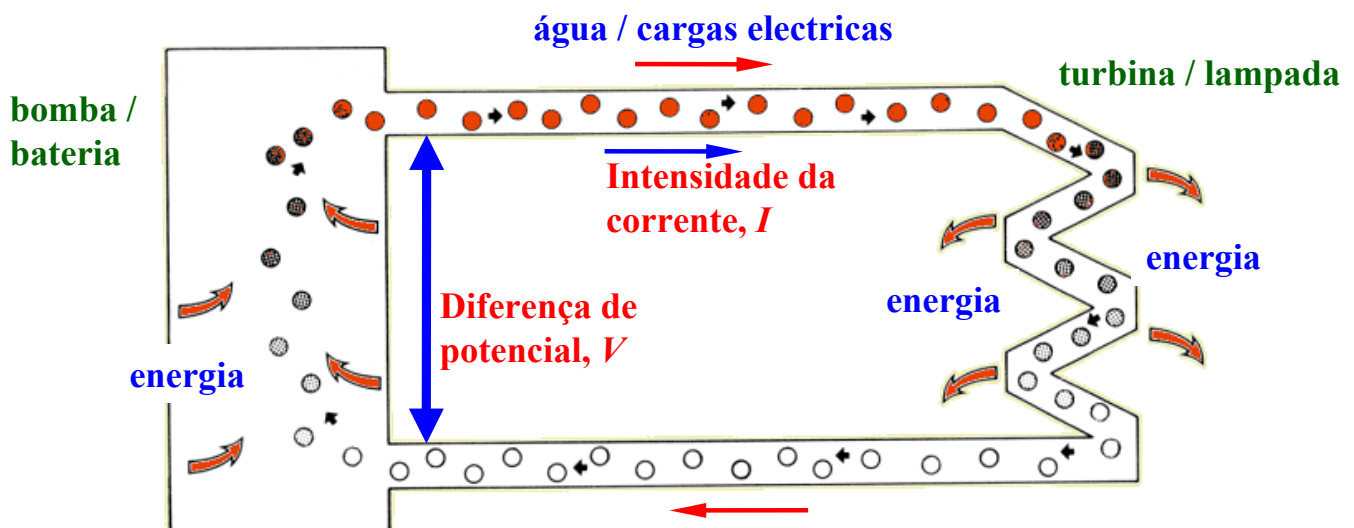
- Podemos imaginar que a **Tensão** é a ‘força’ que impele as cargas eléctricas a movimentarem-se (tal como a pressão é o que impele a água a fluir numa canalização);
- Numa bateria, um conjunto de reacções químicas dão origem a uma **diferença de potencial** entre os dois pólos;
- A **Tensão** está 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.



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

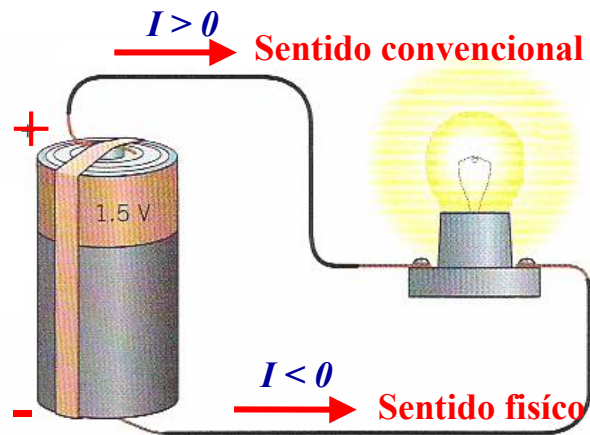
Circuito eléctrico - analogia hidraulica

- 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



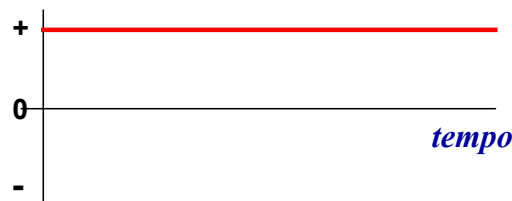
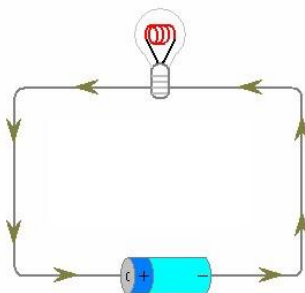
Corrente eléctrica - sentido físico e sentido convencional

- 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 $I = \text{carga}/\text{unidade de tempo}$, 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.

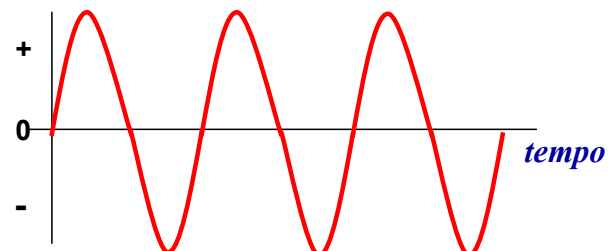
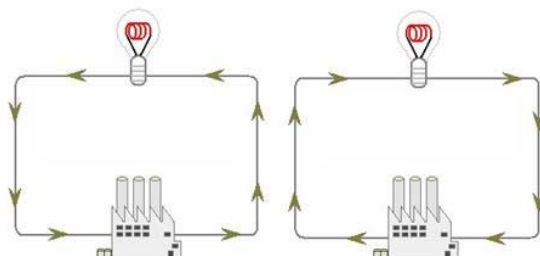


Dois tipos de corrente eléctrica

- Num circuito eléctrico onde a fonte de energia é uma bateria, a corrente é constante e flui sempre no mesmo sentido – a **corrente é contínua, ou DC**;



- Uma fonte alternada produz uma corrente variável que muda de sentido periodicamente – é uma **corrente alternada, ou AC**.



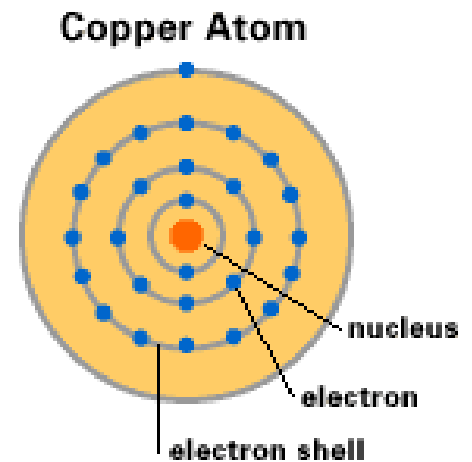
Condutores e isoladores eléctricos

● 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.



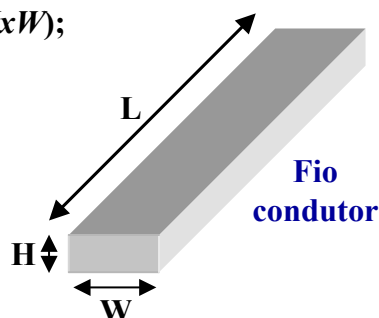
Resistência eléctrica

● No seu movimento através dum material condutor, os electrões chocam ocasionalmente com os átomos do material, perdendo energia sob a forma de calor.

● A **resistência eléctrica** é uma medida da oposição que o material oferece à passagem da corrente eléctrica; Medida em *Ohm* (Ω).

● Factores que influenciam a resistência de um condutor:

- Material (Resistividade, ρ);
- Comprimento (L);
- Área da secção ($H \times W$);
- Temperatura.



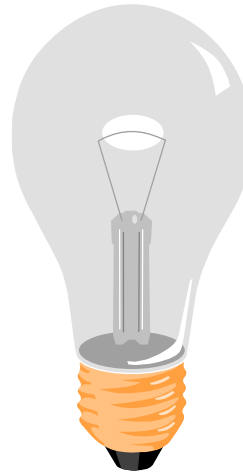
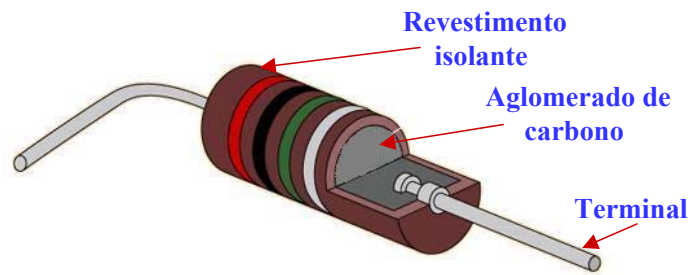
Material	$\rho (\Omega m)$
prata (Ag)	1.6×10^{-8}
cobre (Cu)	1.7×10^{-8}
ouro (Au)	2.2×10^{-8}
alumínio (Al)	2.7×10^{-8}
tungsténio (W)	5.5×10^{-8}
ferro (Fe)	10×10^{-8}
Nicromio (Ni Cr)	110×10^{-8}

Resistência e conductância

- Ao inverso da resistência chamamos **Conductância**. Medida em *mho* ou *Siemen (S)*.

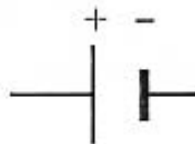
- Aos componentes projectados para terem um valor específico de resistência, chamamos **Resistências**;

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



Esquemas eléctricos - simbolos

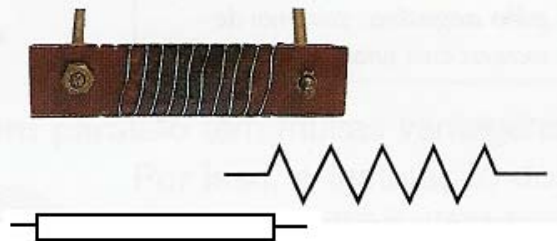
Pilha



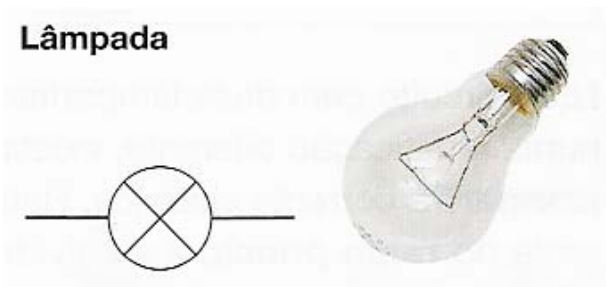
Fio de ligação



Resistência



Lâmpada



Interruptor aberto



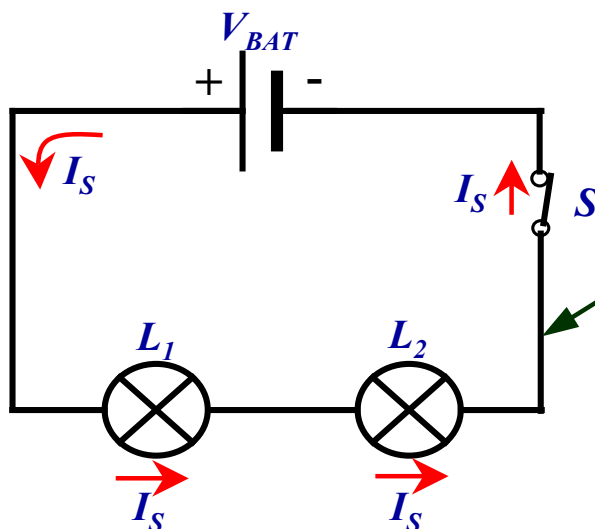
Circuitos série e paralelo

Medição de correntes e tensões

Circuitos eléctricos – série e paralelo

● Circuito série:

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



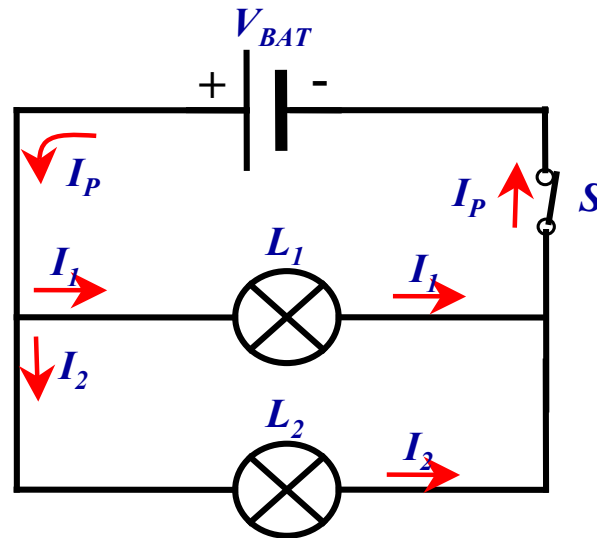
Condutores são ideais:

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} .



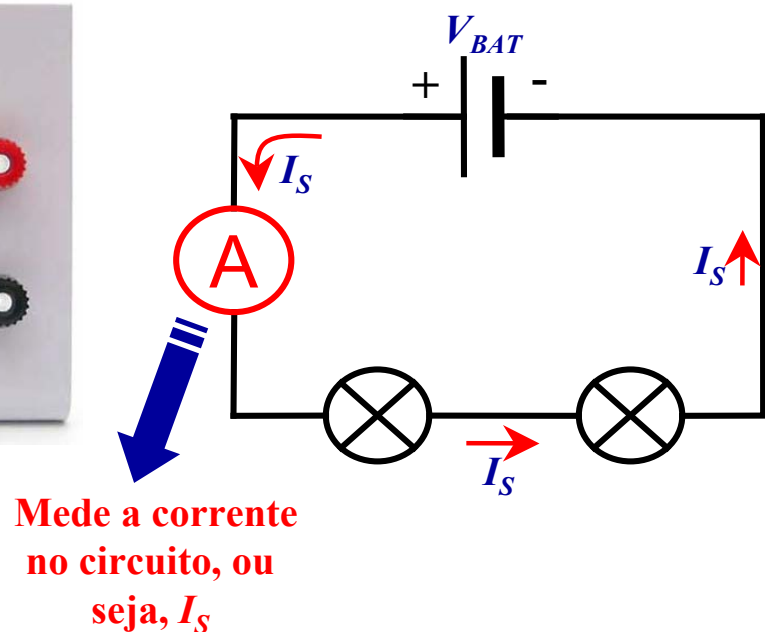
Medição de correntes eléctricas

- Corrente (em Amperes) é medida com um **Amperímetro**;
- A corrente passa através de... por isso o Amperímetro é sempre ligado **em série** no circuito.

Amperímetro



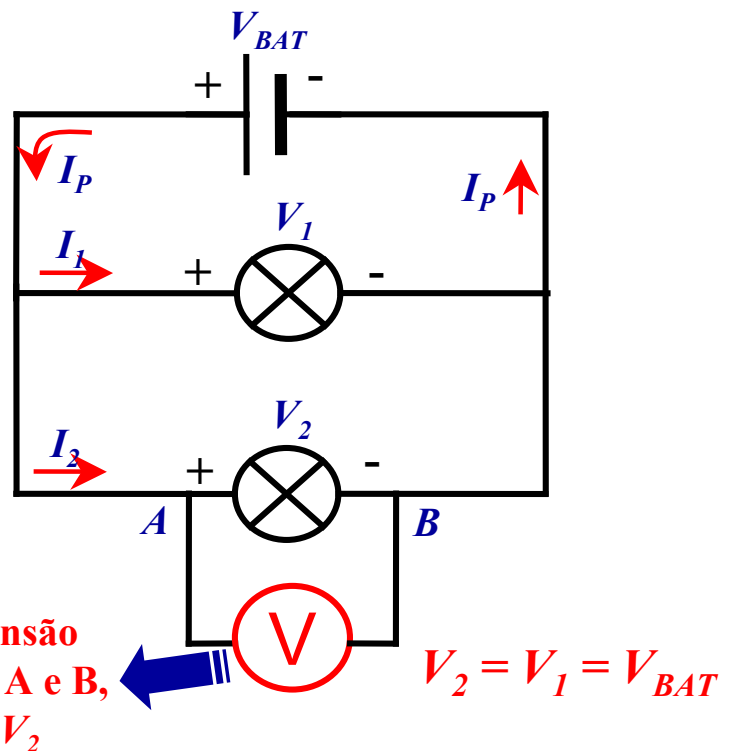
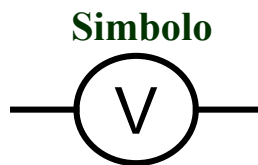
Simbolo



Mede a corrente
no circuito, ou
seja, I_S

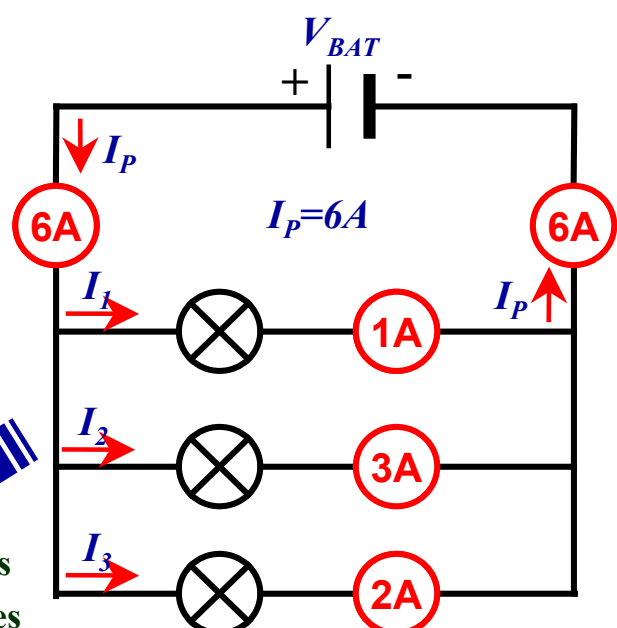
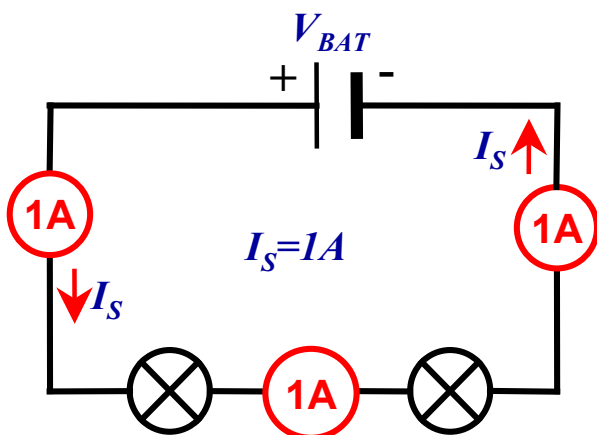
Medição de tensões eléctricas

- Tensão (em Volts) é medida com um **Voltímetro**;
- A tensão é sempre **entre dois pontos**... por isso o Voltímetro é ligado entre esses pontos, ou seja, **em paralelo**.



Correntes em circuitos série e paralelo

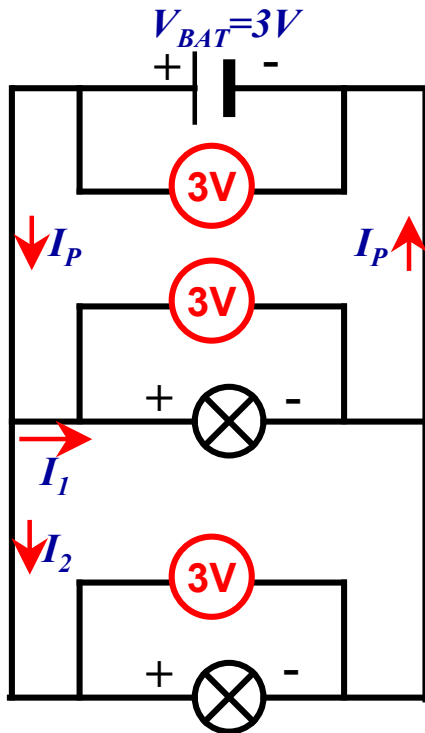
- Num **circuito série** a corrente é a mesma em qualquer ponto.
- Num **circuito paralelo** a corrente divide-se por cada um dos ramos.



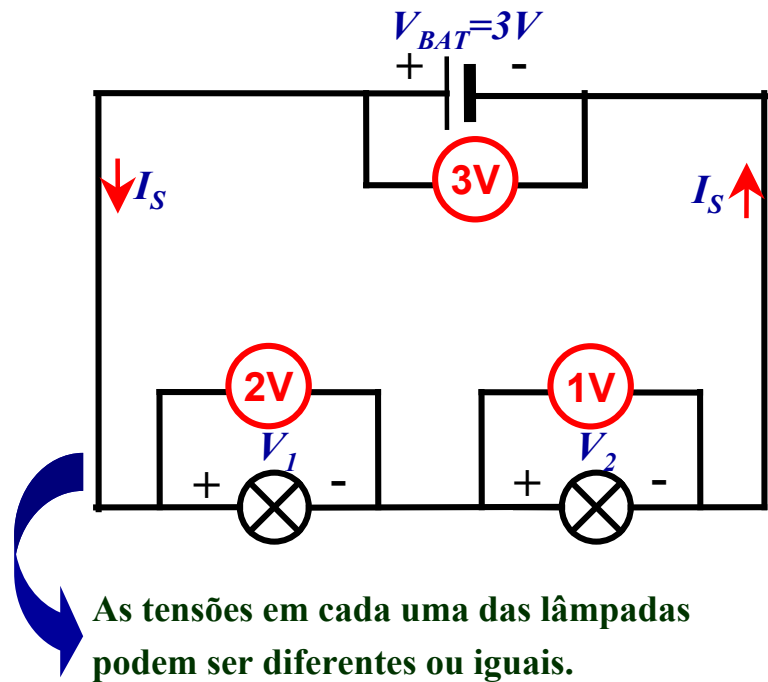
As correntes em cada uma das lâmpadas podem ser diferentes ou iguais.

Tensões em circuitos série e paralelo

● Num **circuito paralelo** a tensão é a mesma em todos os elementos.



● Num **circuito série** a tensão divide-se por cada um dos elementos.



Elementos de circuito

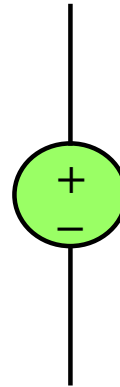
Elementos de circuito

- 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.



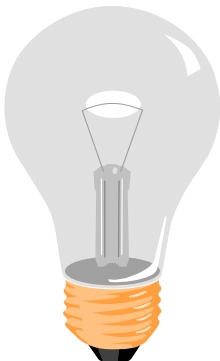
$$V = 1.5V$$

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:

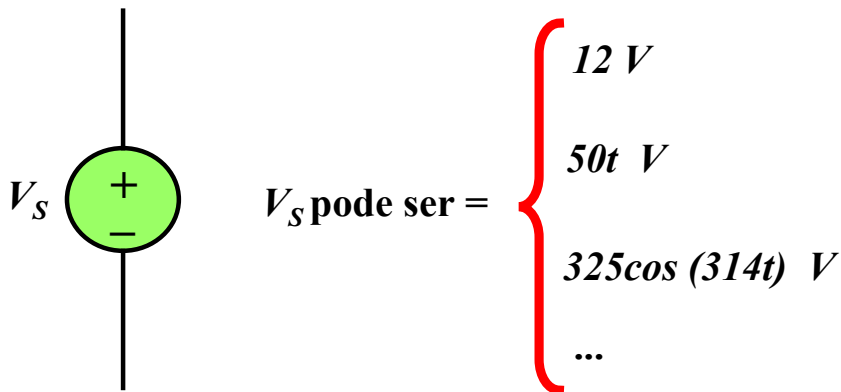
- Valor constante;
- Resistência pura.

- 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.

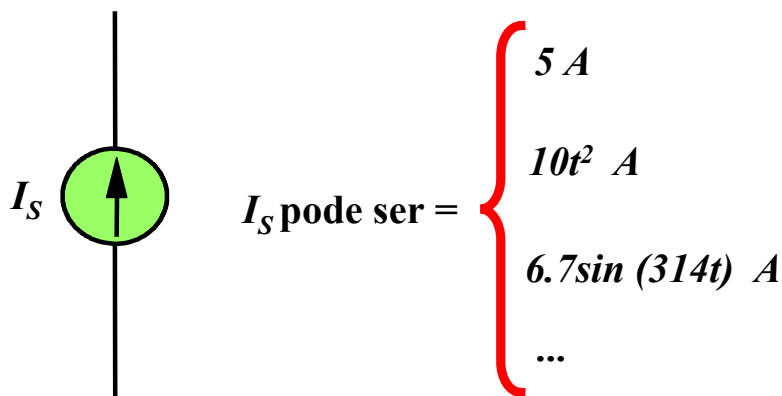
Nota: O sinal + no topo do símbolo não significa que o terminal superior da fonte seja sempre positivo em relação ao inferior.

De facto, o terminal superior é sempre V_S Volts positivo em relação ao inferior. No entanto V_S pode ser uma quantidade negativa, caso em que o terminal superior se torna negativo em relação ao inferior.

Elementos de circuito básicos

Fonte independente de corrente

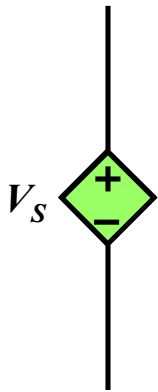
- Corrente que a atravessa é independente da tensão aos seus terminais;
- É uma fonte ideal: pode apresentar uma tensão aos terminais (e portanto pode fornecer uma quantidade de energia) ilimitada.



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

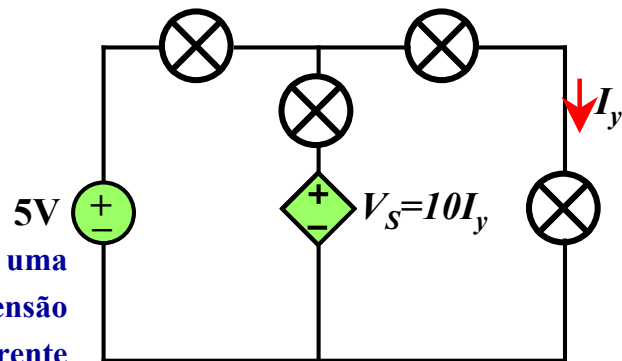
Nota: A seta no símbolo não significa que a corrente saia na realidade pelo terminal superior da fonte. Se I_S se tornar uma quantidade negativa, a corrente estará de facto a circular no sentido contrário à seta.

Elementos de circuito básicos

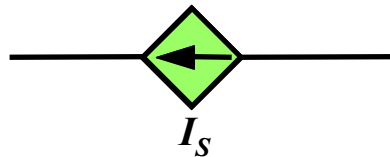


- **Fonte dependente (ou controlada) de tensão:** O valor da tensão da fonte depende de uma outra grandeza no circuito (e.g. tensão ou corrente);

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



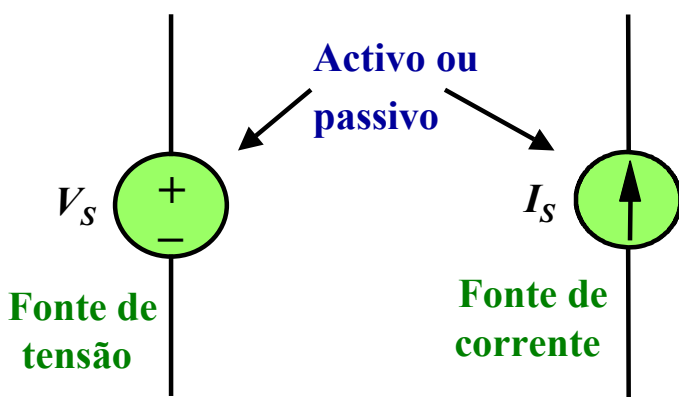
- **Fonte dependente (ou controlada) de corrente:** O valor da corrente da fonte depende de uma outra grandeza no circuito (e.g. tensão ou corrente).



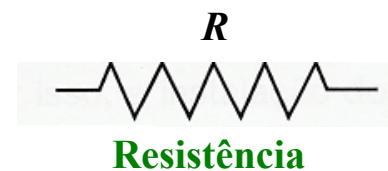
Elementos de circuito activos e passivos

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).



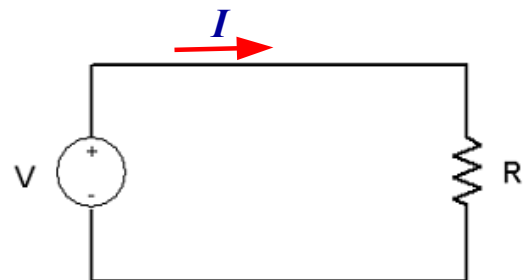
Sempre passivo!



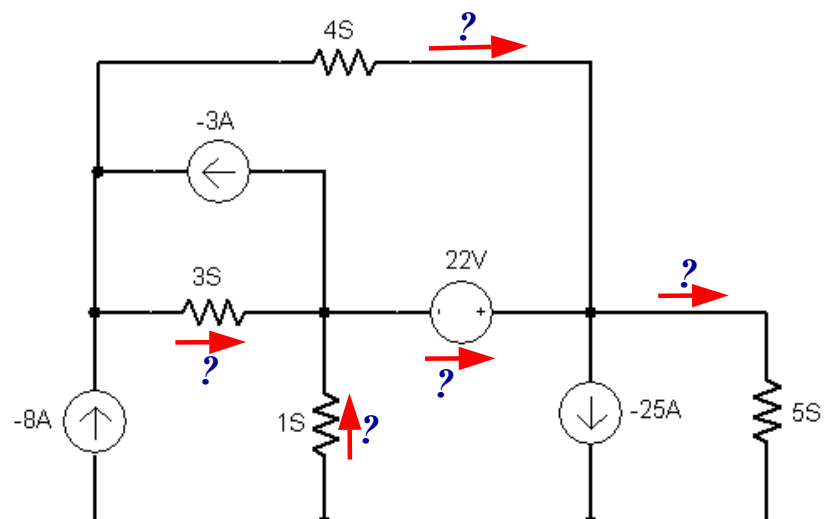
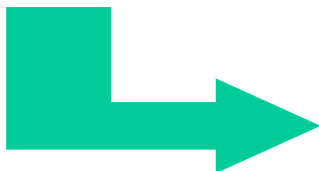
Polaridades / sentidos de referência

Sentido das correntes num circuito

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



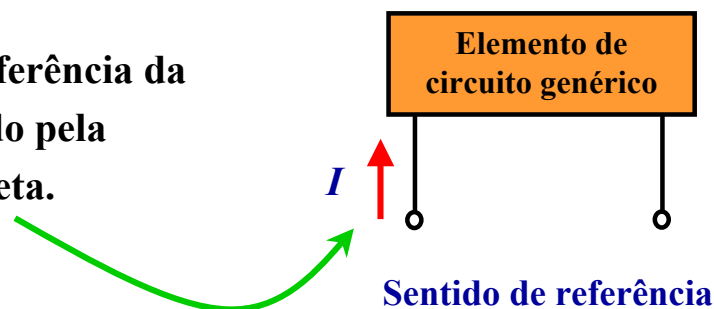
- ... mas o sentido das correntes em todos os ramos de um circuito nem sempre é evidente à priori



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).

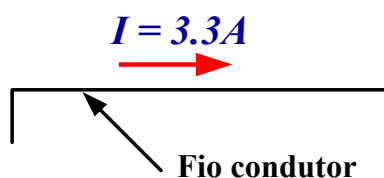
- O sentido de referência da corrente é indicado pela colocação duma seta.



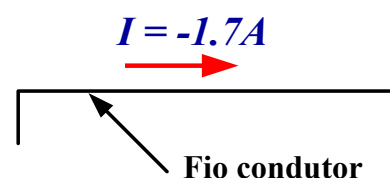
Sentido de referência e sentido real da corrente

- 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**.

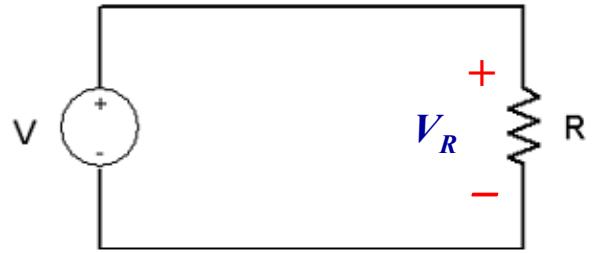


➤ O sentido real é **ao contrário** do de referência se a corrente é **negativa**.

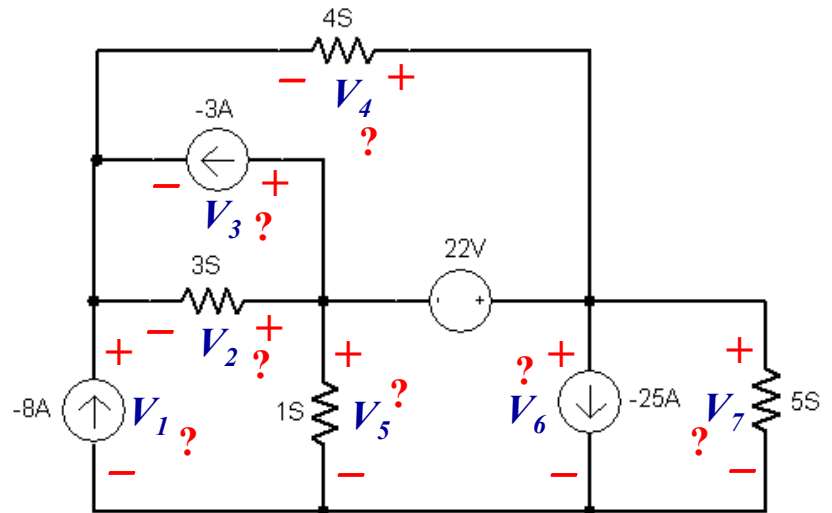
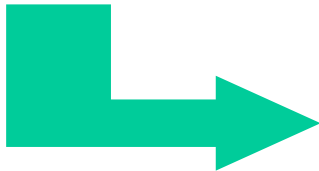


Polaridade das tensões

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



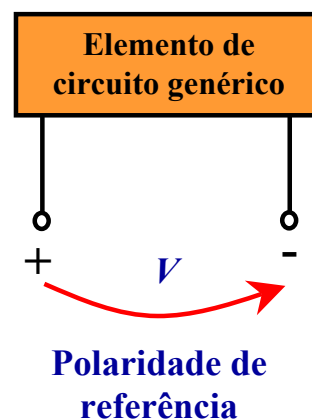
- ... mas as polaridades em todos os elementos de um circuito nem sempre são evidente à priori



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).

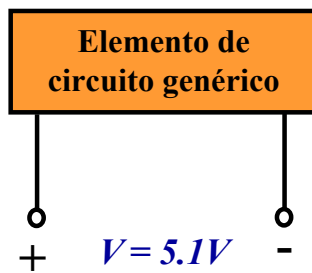
- A polaridade de referência é indicada pela colocação dos sinais (+) e (-), ou através duma **seta** entre os terminais, que aponta no sentido do potencial mais baixo.



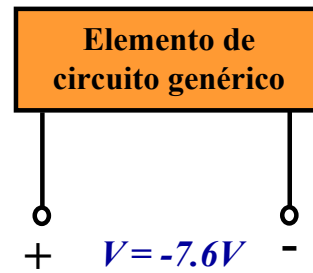
Polaridade de referência e polaridade real

- 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**;

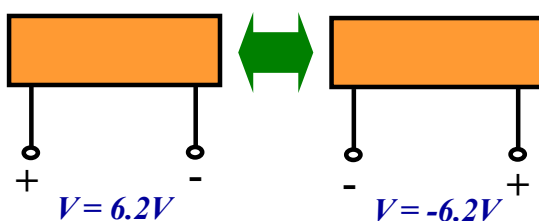
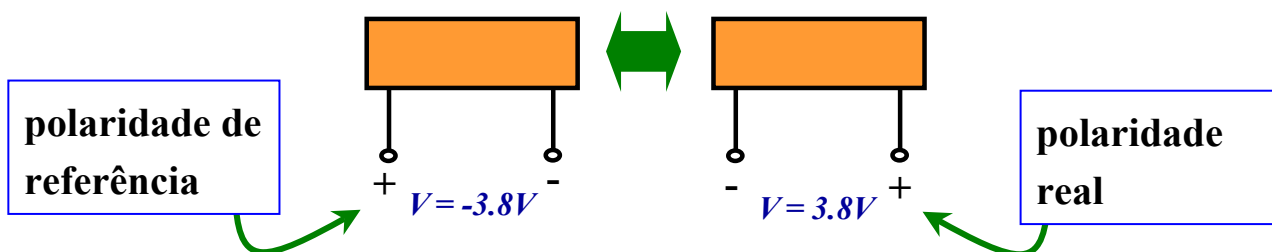


➤ A polaridade real é **ao contrário** da de referência se a tensão é **negativa**;



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!