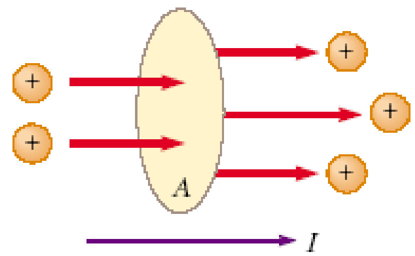
Experiência 4

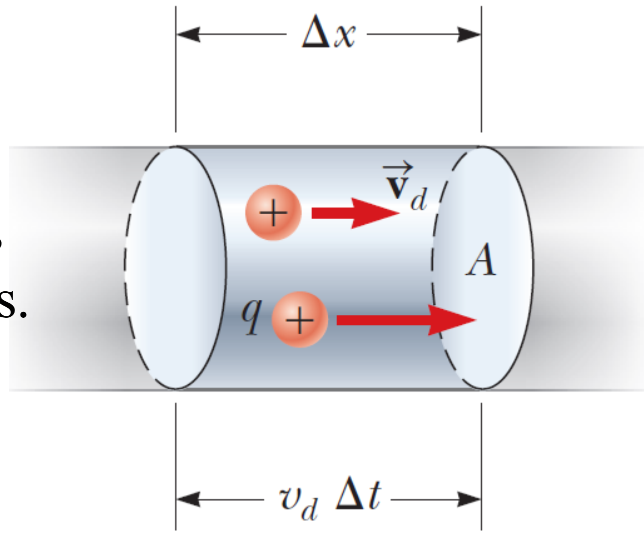
# CIRCUITOS ELÉTRICOS DC

# Corrente elétrica

- Define-se corrente elétrica como a quantidade de carga que passa pela secção de um fio condutor por unidade de tempo:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \xrightarrow[lim\ \Delta t \to 0]{} \frac{dQ}{dt}$$




- A direção da corrente elétrica é a direção do movimento das cargas positivas.

- Esta direção não é a direção real da corrente nos circuitos elétricos, visto que só os eletrões são livres para conduzir corrente nos fios condutores metálicos.

- A unidade de corrente é o Ampere ($A$):

$$1\ A = 1\ C\ /\ 1s.$$

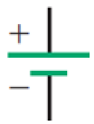
- Só existe corrente num fio condutor se existir uma d.d.p. entre os terminais desse fio gerado por uma bateria (fonte de tensão).

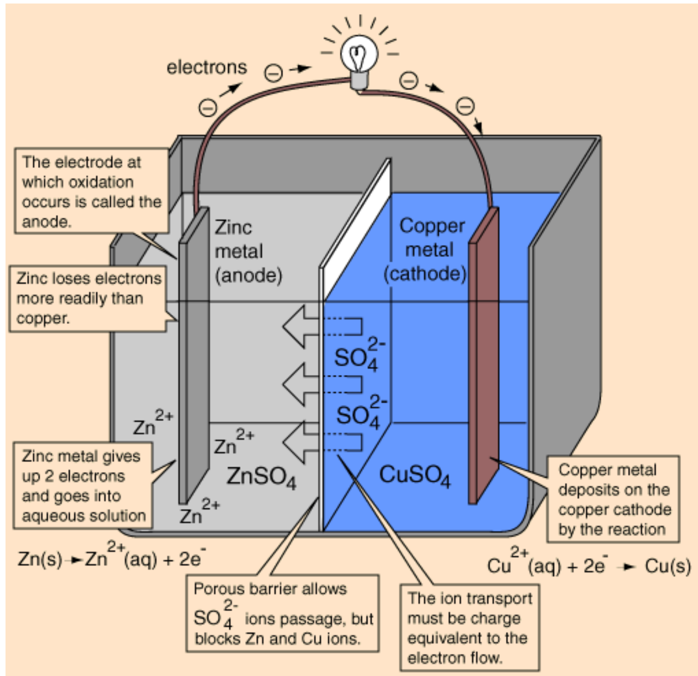
- Circuitos que usam baterias como fontes são chamados circuitos de corrente contínua (DC), visto que a corrente é constante no tempo.

- O princípio de funcionamento baseia-se nas células voltaicas.

- A força eletromotriz ($\varepsilon$) de uma bateria é a d.d.p. (não é uma força!) máxima que a bateria consegue gerar entre os seus terminais.

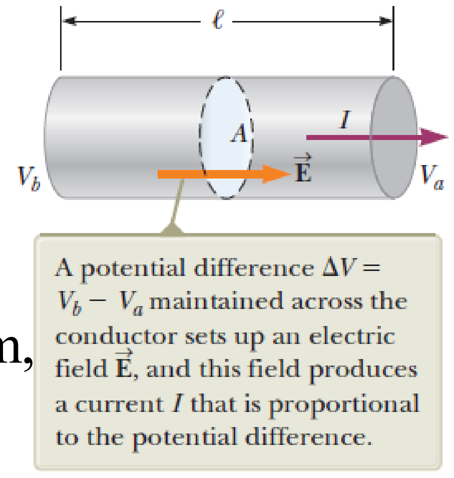
- Como as baterias reais têm uma pequena resistência interna à passagem da corrente ($r$) a d.d.p. máxima que a bateria gera é menor do que a força eletromotriz: voltagem terminal ($\Delta V$).

- O símbolo de uma bateria num circuito é: 



- Vamos começar por definir densidade de corrente como a corrente por unidade de área do fio (unidades de $A/m^2$):

$$J = \frac{I}{A}$$

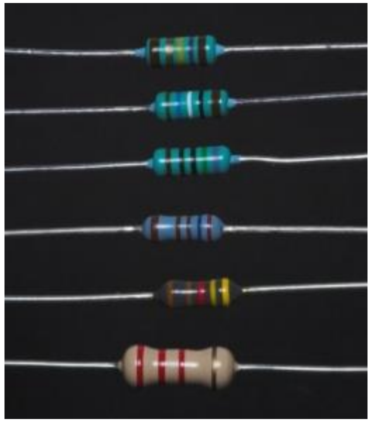



- Em certos materiais a seguinte relação verifica-se:

$$J = \sigma E$$

Onde $\sigma$ é a condutividade do material (unidades de Siemens/m, $S/m$).

- Esses materiais são denominados óhmicos. A relação anterior é conhecida como a **lei de Ohm**.



- Se considerarmos agora um condutor de comprimento $l$ onde cada extremidade está a um valor diferente de potencial, vimos atrás que:

$$\Delta V = V_b - V_a = El$$

- • Usando a lei de Ohm:

$$J = \frac{I}{A} = \sigma \frac{\Delta V}{l} \Leftrightarrow \Delta V = RI$$

Onde: $R = l/(\sigma A)$ é a resistência do material (unidades: Ohm, $\Omega$).

# Resistência, conductividade e resistividade

- Ao inverso da condutividade designamos de resistividade:

$$\rho = 1/\sigma$$

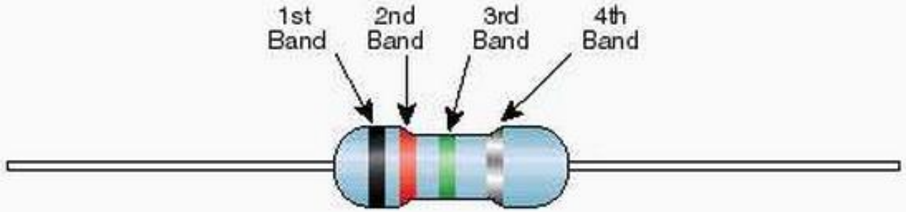
(unidades de Ohm.m, $\Omega \cdot m$)

- A resistência pode ser reescrita em função da resistividade:

$$R = \rho l/A$$

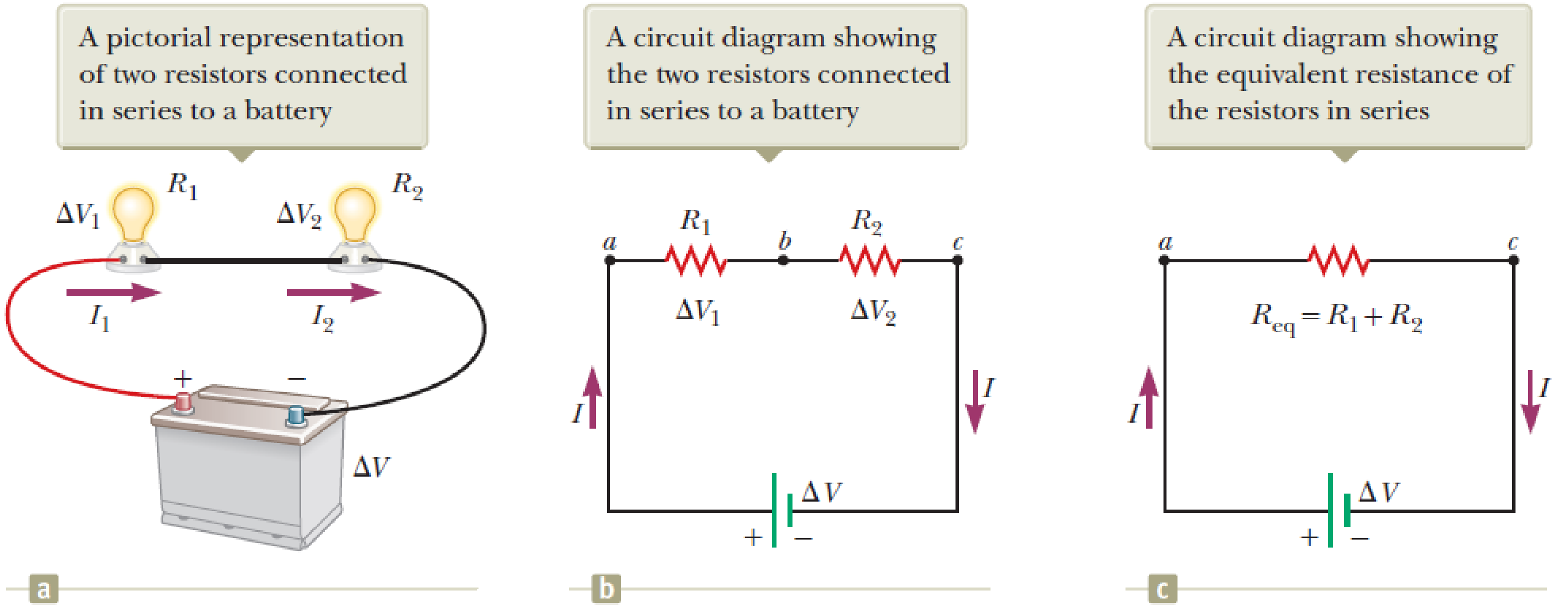
- A resistividade é uma propriedade do material (materiais de resistividade elevada são maus condutores). A resistência é uma propriedade do objeto (depende não só do material mas também da geometria do objeto).
- Resistências são elementos usados em circuitos elétricos. O valor da resistência pode ser determinado de acordo com uma escala de cores.

**Standard EIA Color Code Table** **4 Band:** ±2%, ±5%, and ±10%



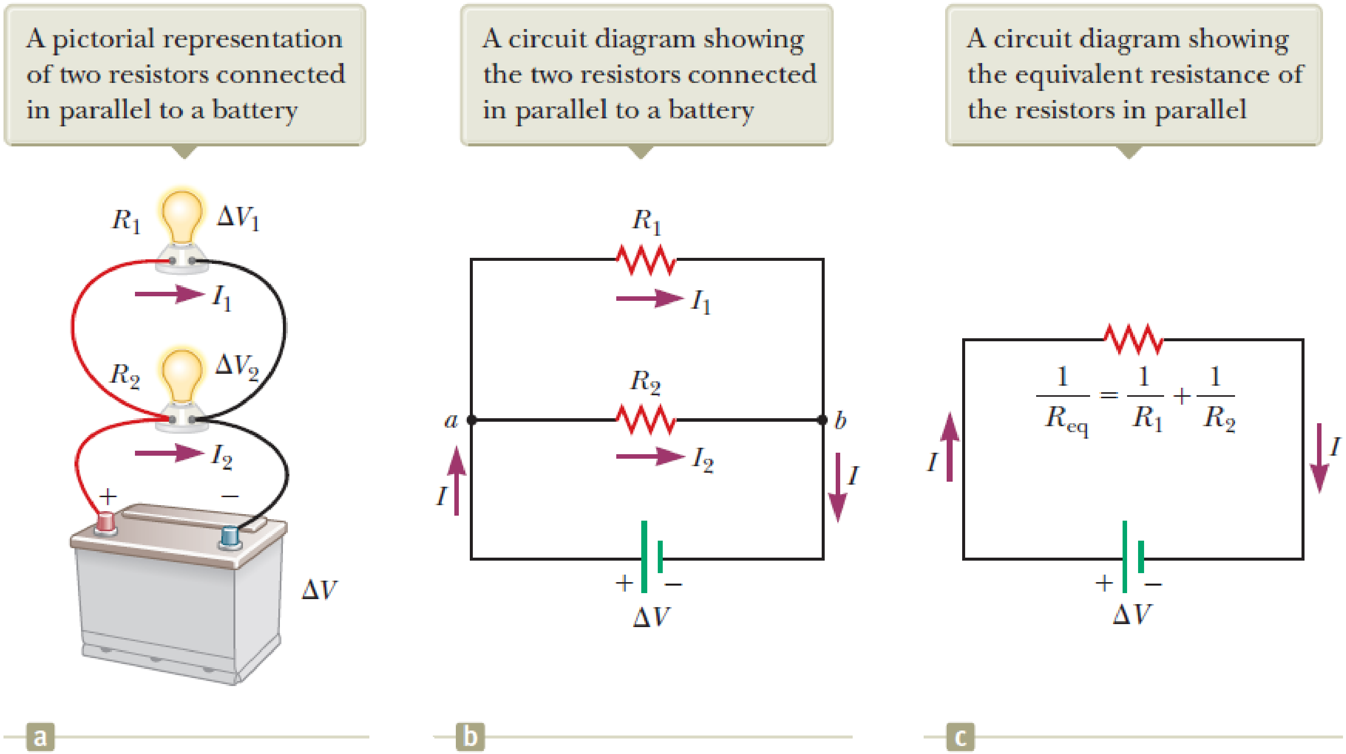

| Color | 1st Band (1st figure) | 2nd Band (2nd figure) | 3rd Band (multiplier) | 4th Band (tolerance) |
|---|---|---|---|---|
| Black | 0 | 0 | $10^0$ | |
| Brown | 1 | 1 | $10^1$ | |
| Red | 2 | 2 | $10^2$ | ±2% |
| Orange | 3 | 3 | $10^3$ | |
| Yellow | 4 | 4 | $10^4$ | |
| Green | 5 | 5 | $10^5$ | |
| Blue | 6 | 6 | $10^6$ | |
| Violet | 7 | 7 | $10^7$ | |
| Gray | 8 | 8 | $10^8$ | |
| White | 9 | 9 | $10^9$ | |
| Gold | | | $10^{-1}$ | ±5% |
| Silver | | | $10^{-2}$ | ±10% |

## Resistências em série




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

## Resistências em paralelo




$$R_{Equ} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)^{-1}$$

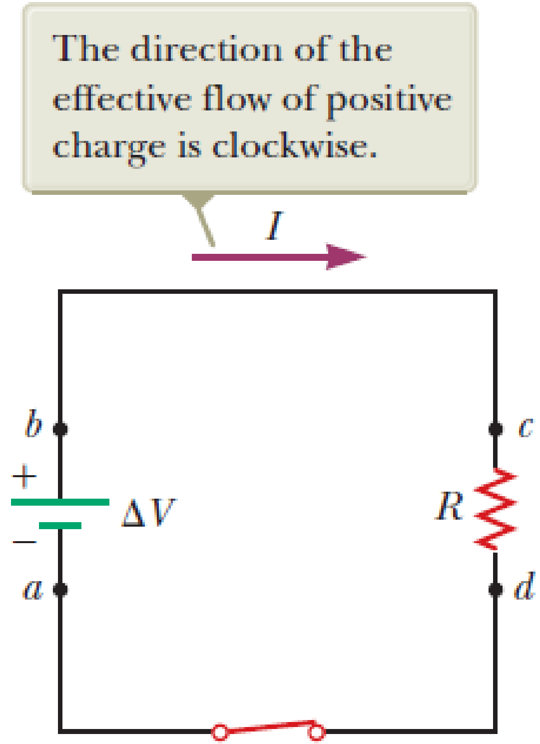
# Potencia

- Considere o circuito apresentado na figura ao lado. O símbolo representa uma resistência.

- Qual a energia entregue pela bateria à resistência por unidade de tempo (potência)?

$$P = I\,\Delta V = R\,I^2$$

- Essa energia aumenta a energia interna na resistência (devido a colisões dos eletrões com átomos da resistência) e, consequentemente a sua temperatura. Essa energia sai do circuito pela resistência sob a forma de calor e radiação térmica.



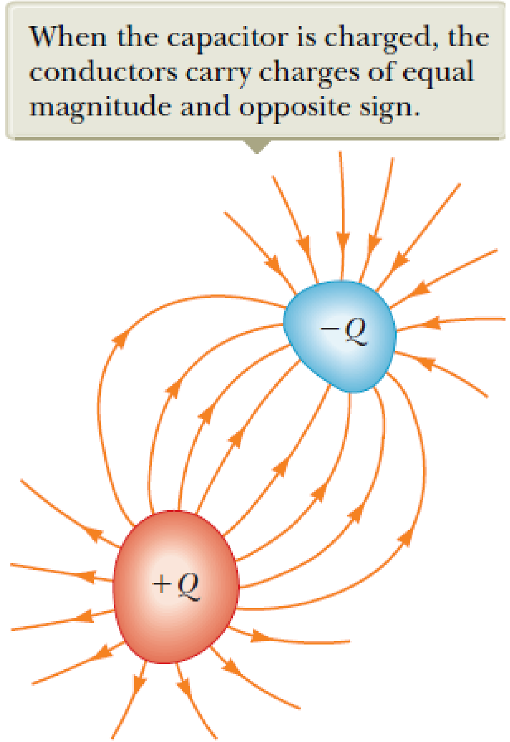
- Um condensador é um sistema com dois condutores, cada um dos quais carregando uma carga $Q$ com sinais opostos.
- Sendo assim existe uma d.d.p. $\Delta V$ entre cada um dos condutores (também chamados de pratos do condensador).
- A capacidade do condensador é definida como:

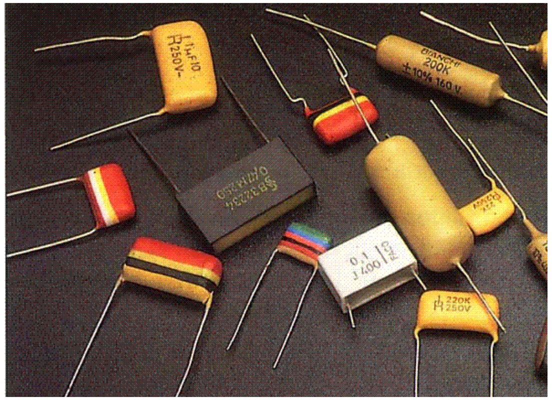
$$C = Q/\Delta V$$

- A capacidade tem unidades de Farad (F):

$$1\ F = 1\ Coulomb/\ 1\ Volt.$$

- O Farad é uma unidade muito grande. Normalmente os condensadores têm capacidades da ordem dos microfarads ($\mu F$) ou picofarads ($pF$).
- A capacidade de um condensador é sempre positiva.
- O símbolo de um condensador num circuito é:



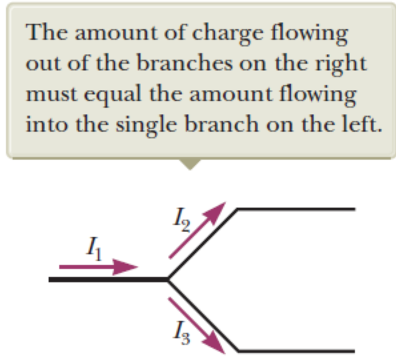



# Análise de circuítos: Leis de Kirchhoff

- As leis de Kirchhoff são dois princípios que podem ser usados para simplificar a análise de circuitos complexos.

- 1ª Lei de Kirchhoff (**Lei dos nós**): A son de todas as correntes num dado nó deve ser nula.

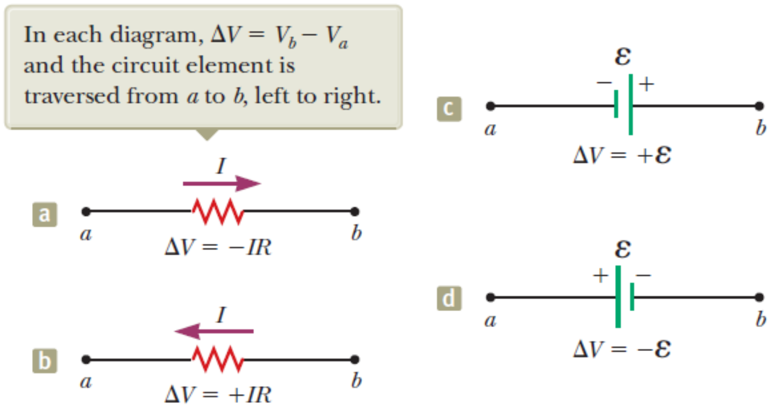
$$\sum_i I_i = 0$$




$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

- 2ª Lei de Kirchhoff (**Lei das malhas**): A soma de todas as diferenças de potencial ao longo de uma malha no circuito deve ser nula.

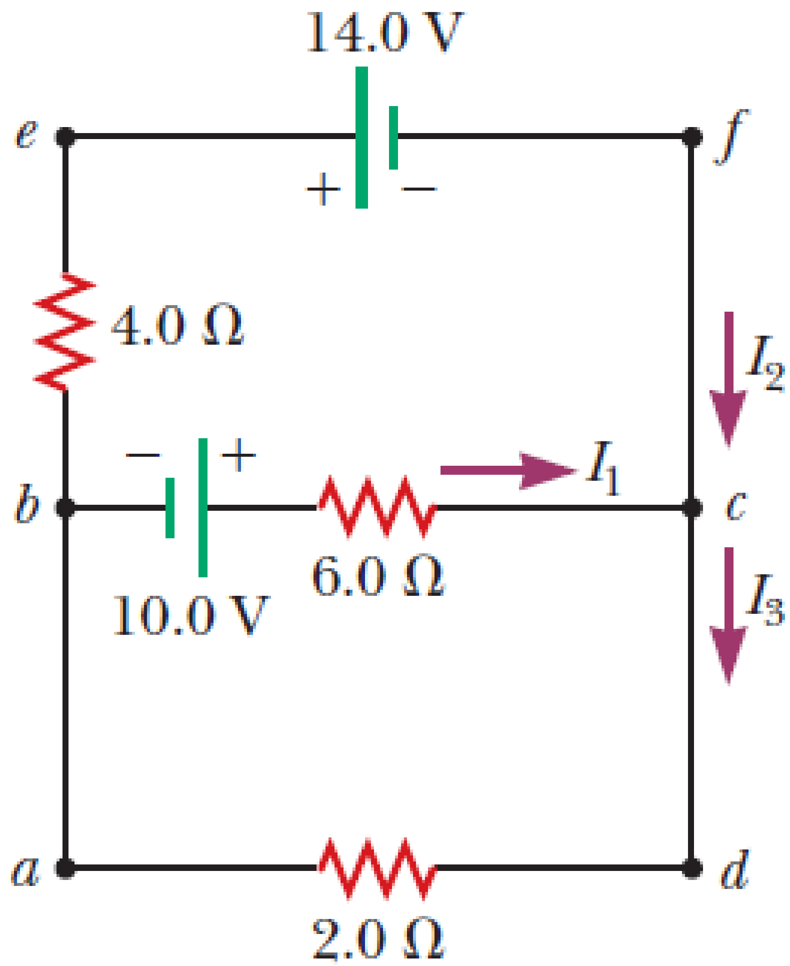
$$\sum_i \Delta V_i = 0$$




- Os sinais das d.d.p. devem ser consistentes com o sentido em que se percorre a malha.

# Exemplo: Circuito com múltiplas malhas

- Considere o circuito apresentado ao lado. Calcule o valor de $I_1$ ,$I_2$ e $I_3$.




- Re: Temos três malhas no circuito e vários nós. Vamos aplicar a lei dos nós no nó indicado pela letra *c*:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

- Temos três malhas, mas só precisamos de mais 2 equações. Vamos escolher as malhas *efcb* e *bcda* (percorridas no sentido horário):

$$efcb\text{:}\ \ -14 + 6I_1 - 10 - 4I_2 = 0$$

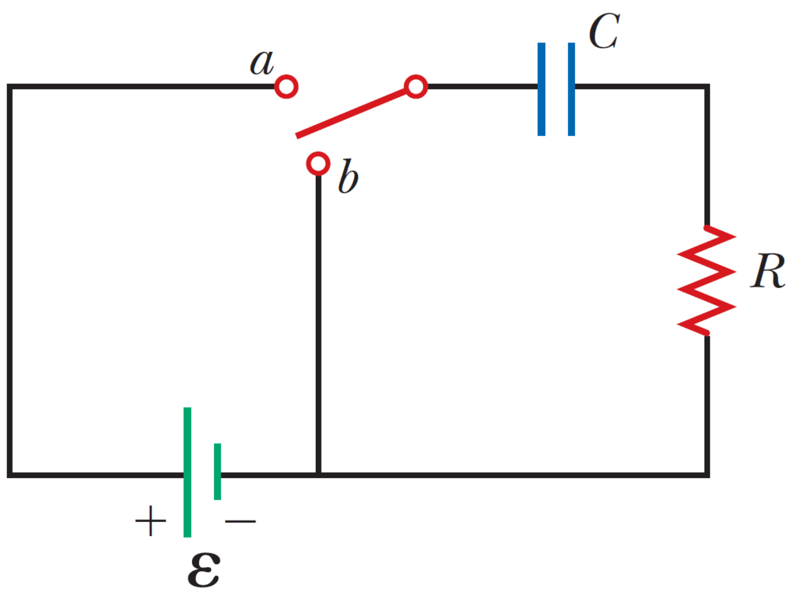
$$bcda\text{: } 10 - 6I_1 - 2I_3 = 0$$

- Resolvendo o sistema de três equações obtemos:

$$I_1 = 2A\ ,\ I_2 = -3A\ ,I_3 = -1A$$

# Circuitos RC - Descrição

- São circuitos constituídos por um condensador e uma resistência.
- Na figura ao lado, quando o interruptor fica na posição $a$, estabelece-se uma corrente no circuito. Não existe corrente entre as placas do condensador, mas carga de sinais opostos vão-se acumulando em ambas as placas até que o condensador fica carregado.
- A carga no condensador vai então aumentando com o tempo, enquanto que a corrente no circuito vai diminuindo.
- Nesta configuração está-se a realizar a carga do condensador.
- Quando o interruptor está na posição $b$ está-se a fazer a descarga do condensador.



# Circuitos RC – Análise quantitativa (carga)

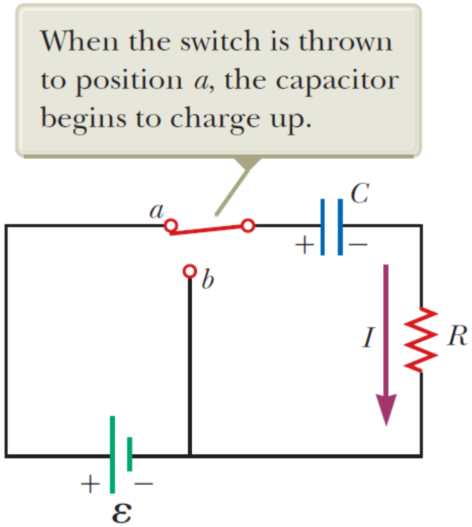
- É possível demonstrar (aplicando as leis de Kirchhoff ao circuito RC) que:

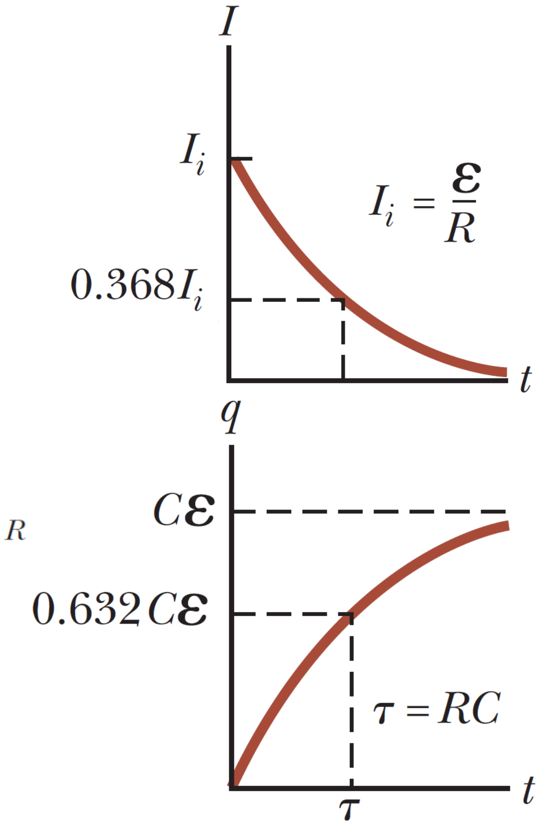
$$I(t) = I(t=0)e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{\varepsilon}{R}e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$q(t) = q_{Max}\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

$$= \varepsilon C\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

- O termo $\tau = RC$ que aparece no argumento da exponencial é designado por constante de tempo (tem como unidade o $s$).



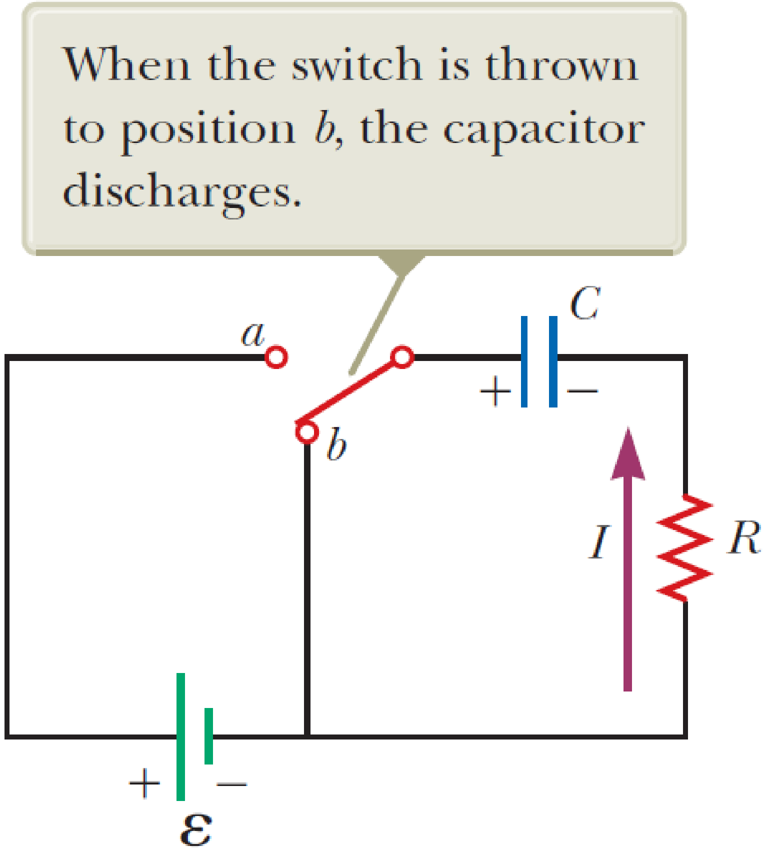



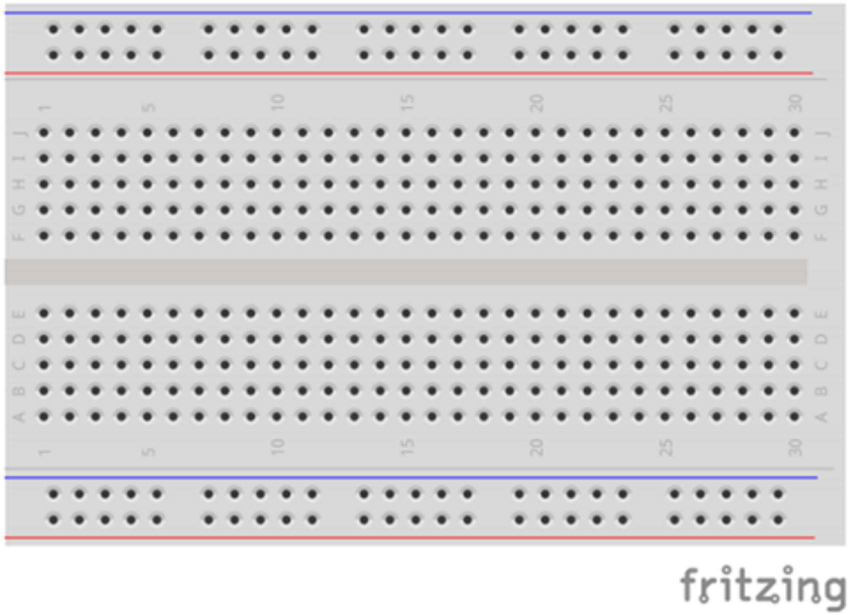
# Circuitos RC – Análise quantitativa (carga)

- É possível demonstrar (aplicando as leis de Kirchhoff ao circuito RC) que:

$$I(t) = -\frac{q(t=0)}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$q(t) = q(t=0) e^{-\frac{t}{RC}}$$





fritzing