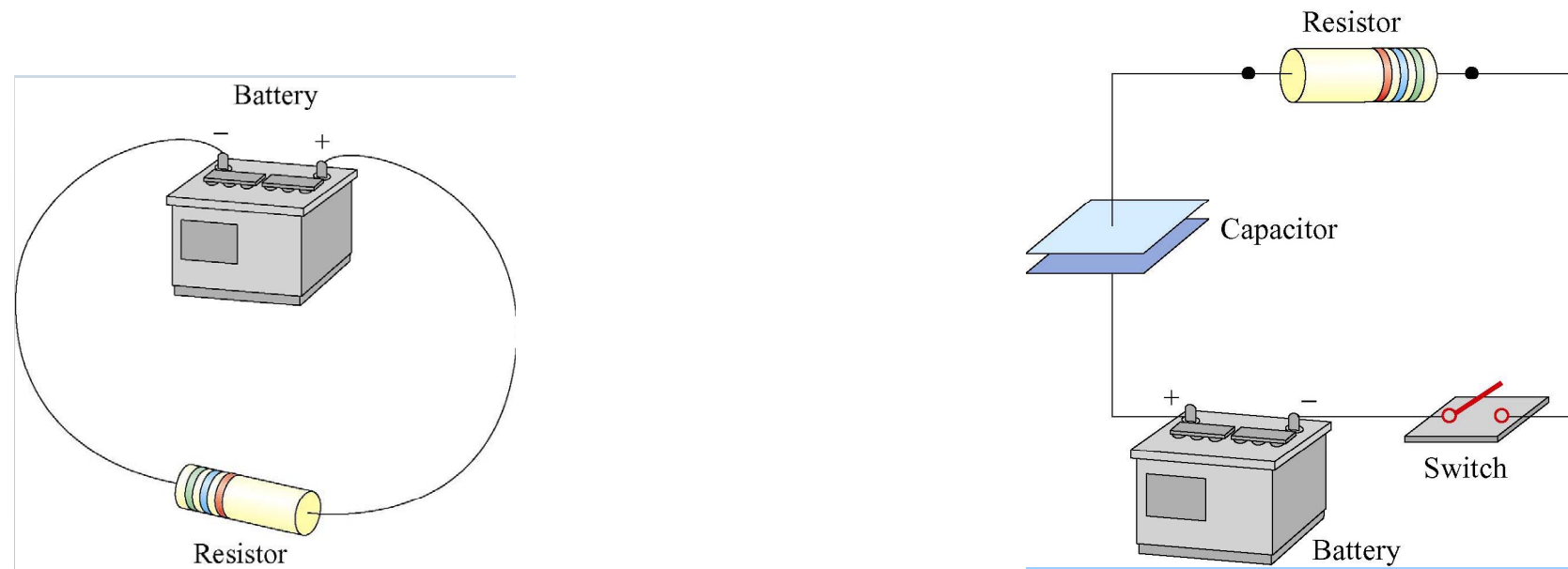


Circuitos Eléctricos

Circuitos elétricos



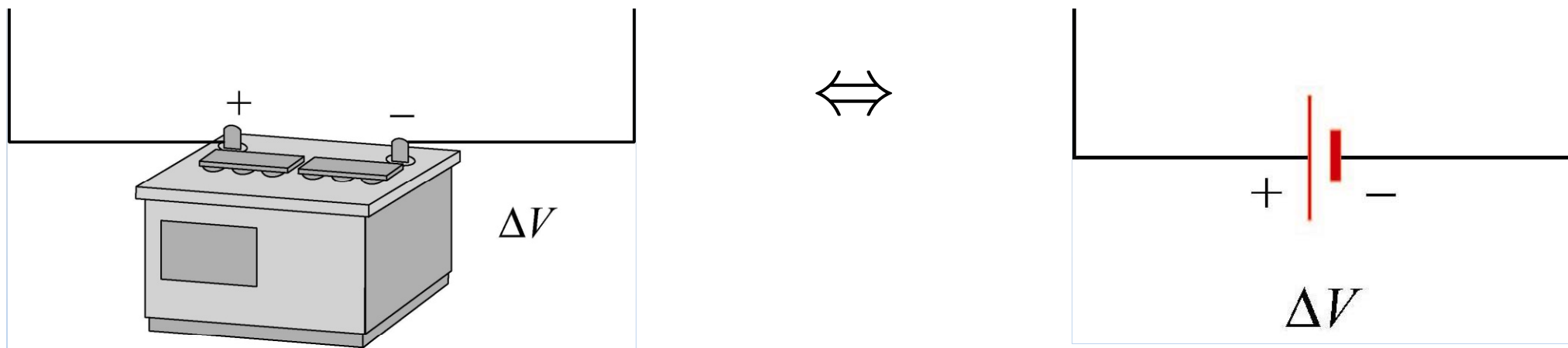
Símbolos utilizados para representar os elementos de um circuito

Battery	
Resistor	
Capacitor	
Switch	

Fio condutor com
resistência desprezível

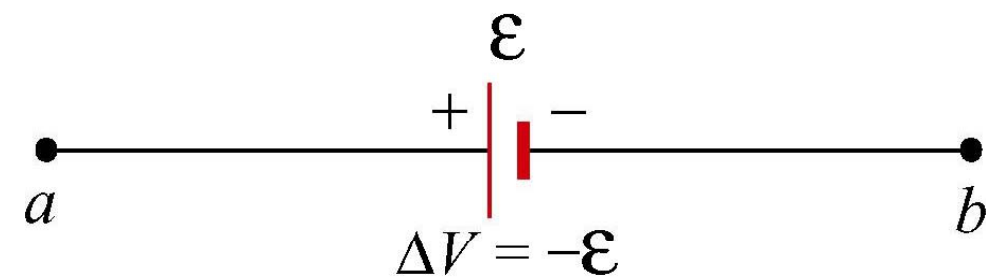
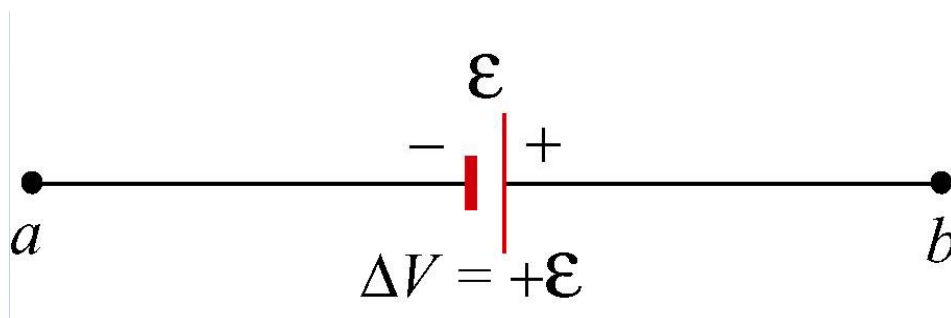
Representação dos elementos e convenções

Símbolos utilizados para representar os elementos de um circuito

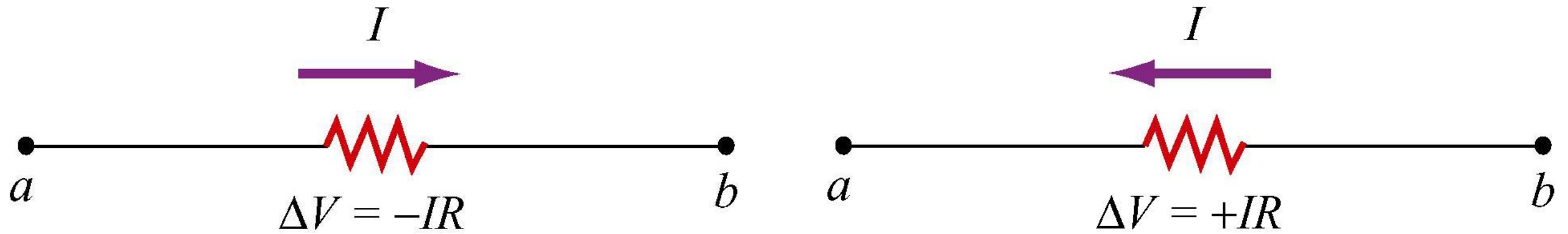


Convenções

$$\Delta V = V_b - V_a$$



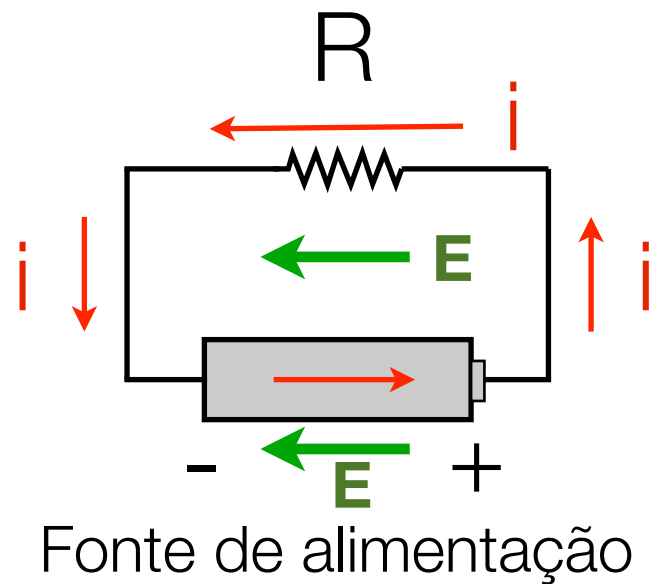
Convenções



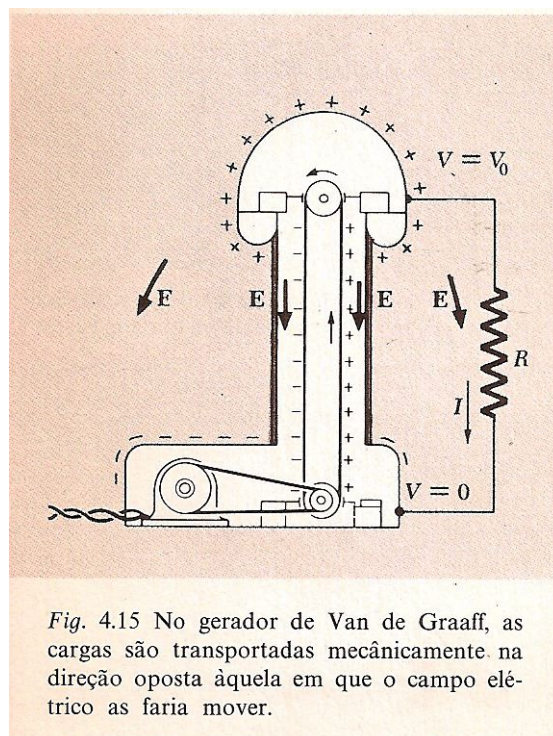
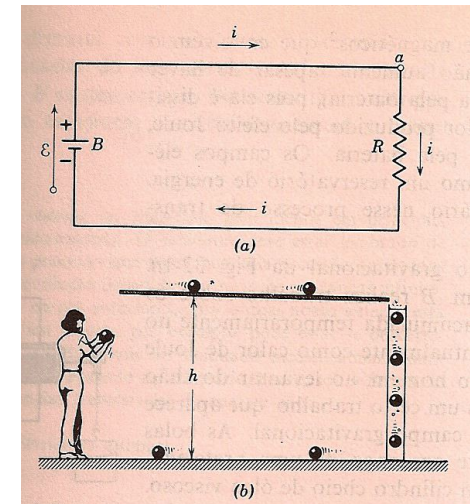
$$\Delta V = V_b - V_a$$

Se percorre no sentido da corrente há uma queda de potencial, caso contrário um ganho

Força eletromotriz



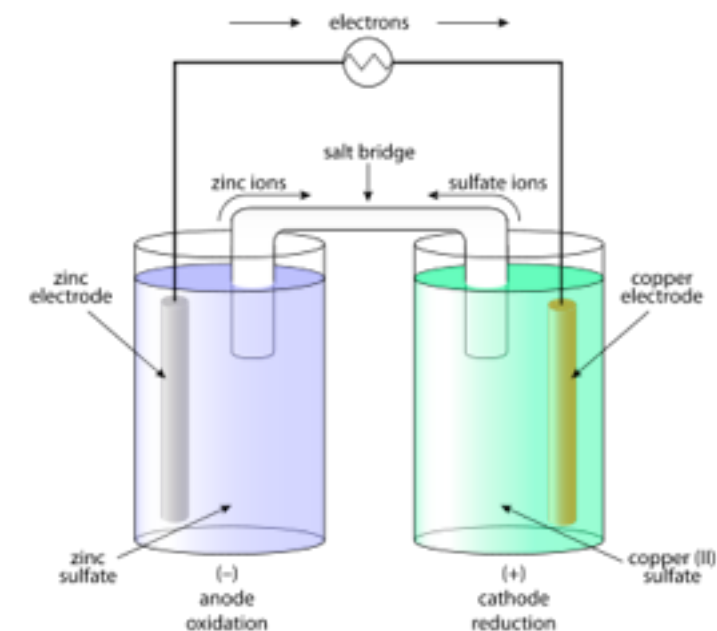
Note que dentro da fonte de alimentação a corrente flui na direção oposta ao campo



Painel Solar



Baterias

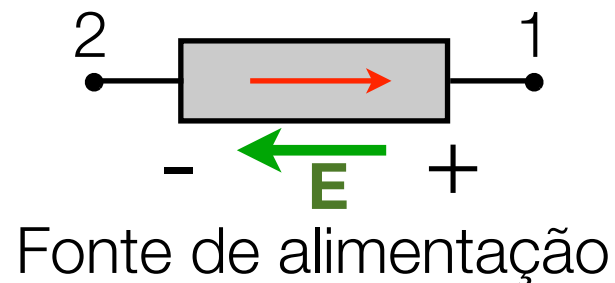


Daniell cell

Definição de força eletromotriz

**Força eletromotriz:
f.e.m.**

$$\varepsilon = dW/dq$$

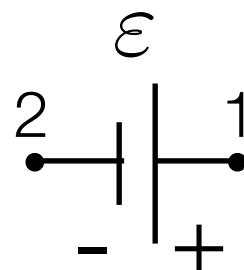


$$\varepsilon = - \int_2^1 \vec{E} \cdot d\vec{l} = V_1 - V_2$$

d.d.p. entre os pontos 1 e 2
em um circuito aberto

A d.d.p. entre os terminais de uma pilha de 1.5 V -
medida diretamente com o voltímetro - é 1.5V

Símbolo:

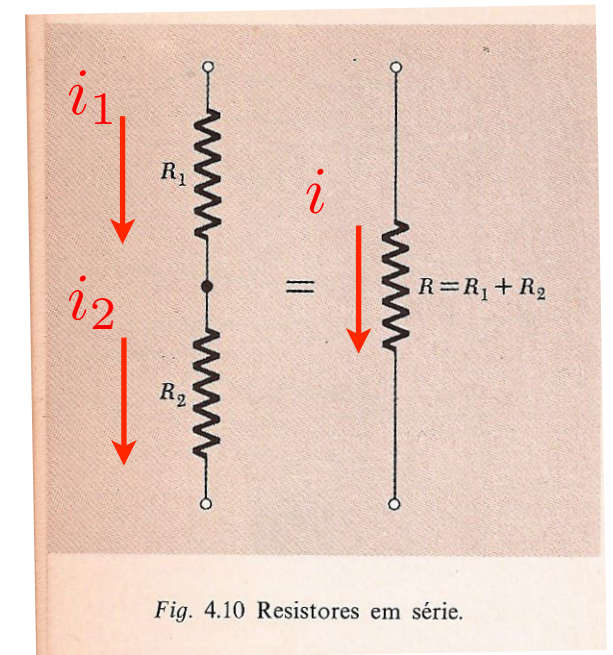


Resistores

Resistores em série:

$$i_1 = i_2 = i ; \quad V = V_1 + V_2 = iR_1 + iR_2 = i(R_1 + R_2)$$

$$V = R_{eq}i \quad \Rightarrow \quad R_{eq} = R_1 + R_2$$

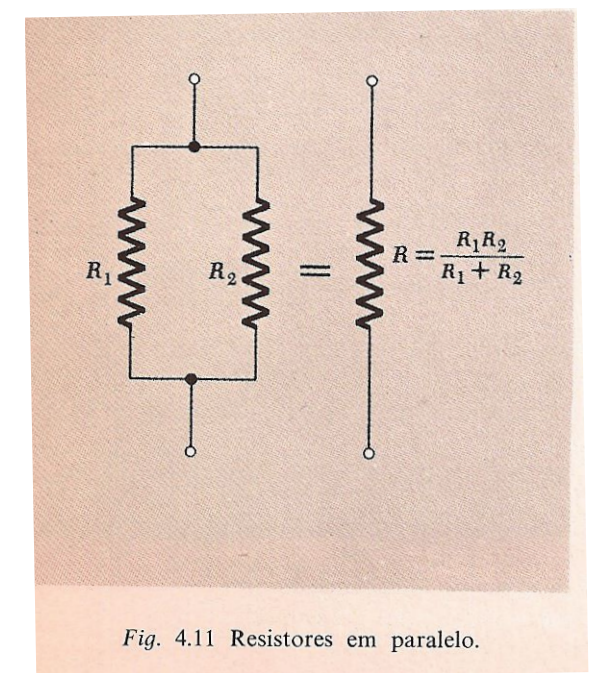


Resistores em paralelo:

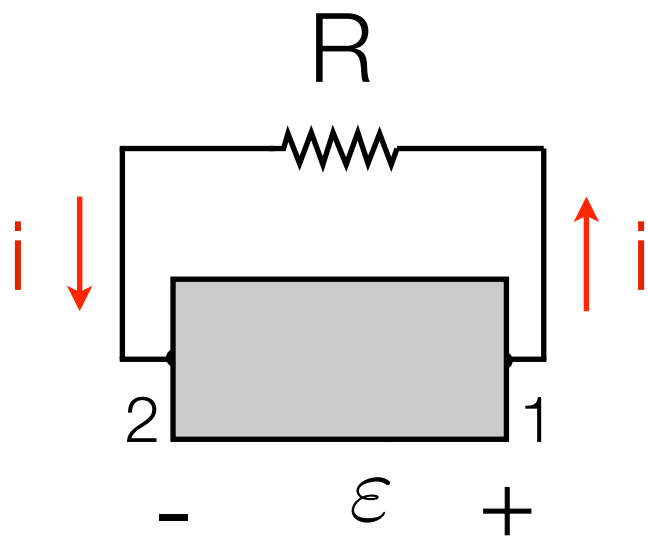
$$V_1 = V_2 = V ; \quad i = i_1 + i_2 \quad \Rightarrow$$

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

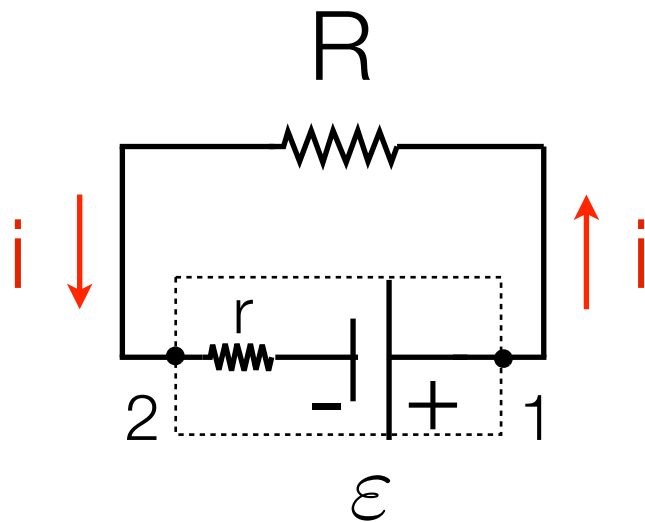
$$\Rightarrow \quad \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



Força eletromotriz



Força eletromotriz



r - resistência interna da fonte de alimentação

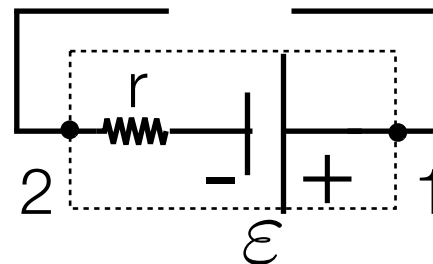
R e r estão em série $\longrightarrow i = \frac{\varepsilon}{R + r}$

Diferença de potencial nos polos da bateria:

$$V = V_1 - V_2 = Ri = \frac{R}{R + r} \varepsilon < \varepsilon$$

(circuito aberto)

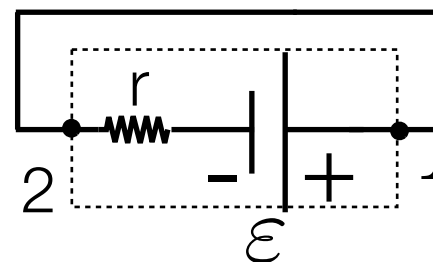
$$\lim_{R \rightarrow \infty}$$



$$i \rightarrow 0 \quad \& \quad V \rightarrow \varepsilon$$

(curto circuito)

$$\lim_{R \rightarrow 0}$$



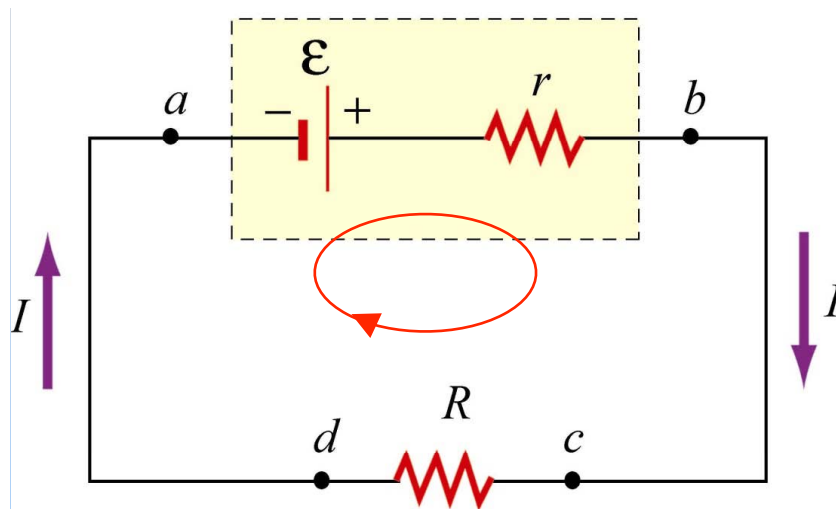
$$i \rightarrow i_{max} = \frac{\varepsilon}{r} \quad \& \quad V \rightarrow 0$$

Regras de Kirchhoff

Circuito com 1 malha

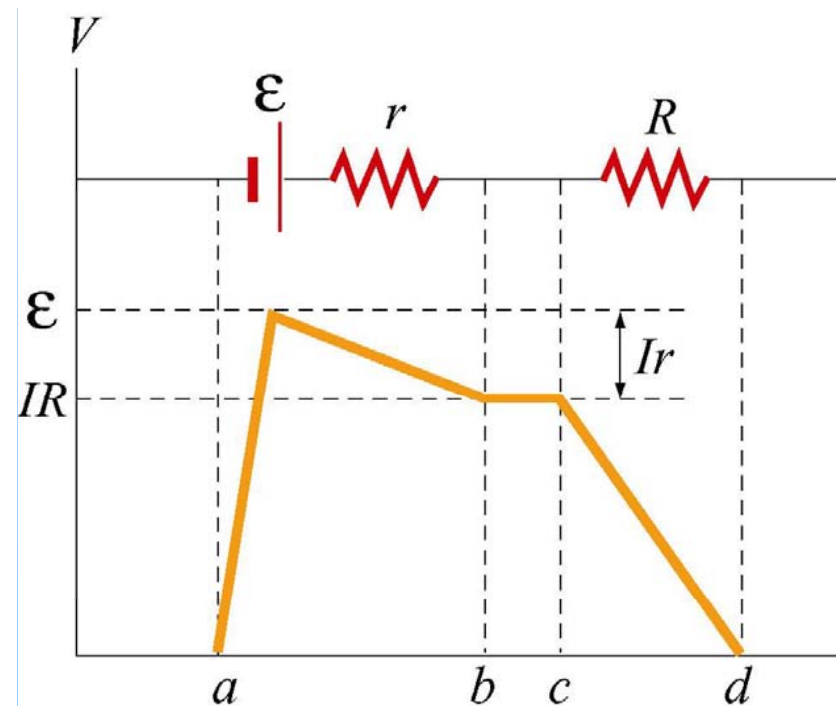
1. A soma de todas as variações de potencial ao longo de um circuito fechado é nula ($\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$)
(conservação de energia - campo eletrostático é conservativo)

Escolhemos o sentido da corrente e o do percurso da malha



- Através de fonte de f.e.m. percorrida no sentido da corrente há um **ganho** de potencial

$$\Delta V = \varepsilon$$



- Através de um resistor ôhmico percorrido no sentido da corrente há uma **queda** de potencial

$$\Delta V = Ri$$

Regras de Kirchhoff

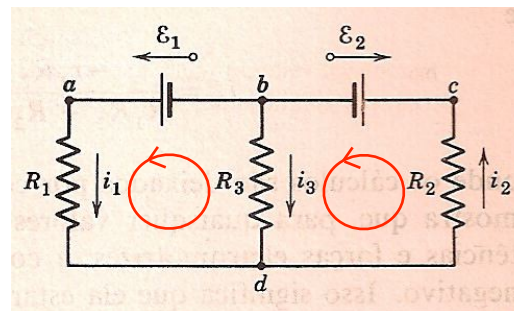
Circuito com mais de 1 malha

2. Em um nó, a soma algébrica de todas as correntes deve ser nula (conservação de carga)

Escolhemos os sentidos das correntes e dos percursos das malhas

- No nó b ou d temos:

$$i_1 + i_3 - i_2 = 0 \quad (1)$$



- Malha abd: b-a-d-b

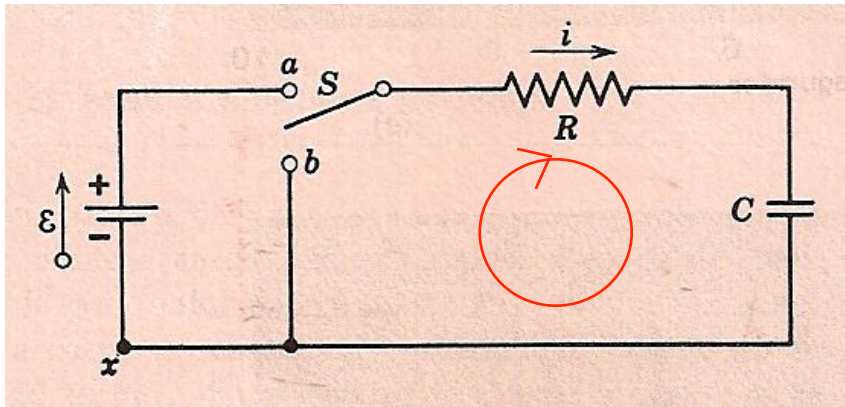
$$\varepsilon_1 - i_1 R_1 + i_3 R_3 = 0 \quad (2)$$

- Malha bcd: c-b-d-c

$$-\varepsilon_2 - i_3 R_3 - i_2 R_2 = 0 \quad (3)$$

Esse sistema com três equações lineares e três incógnitas permite determinar, por exemplo, as três correntes.

Circuito RC



Chave S conectada na posição (a)

Condições iniciais:

$$\text{Em } t = 0 \quad q(t = 0) = q_0 = 0$$

Lei das malhas: $\varepsilon - Ri - \frac{q}{C} = 0$ Eq. (1) $q = q(t) \quad i = \frac{dq}{dt}$

Decorre que: $i(t = 0) = i_0 = \frac{\varepsilon}{R}$

Derivando a equação (1) em relação ao tempo : $R \frac{di}{dt} = -\frac{i}{C} \Rightarrow \frac{di}{i} = -\frac{dt}{RC}$

Definindo $\tau = RC$ $\frac{di}{i} = -\frac{dt}{\tau} \Rightarrow \int_{i_0}^i \frac{di}{i} = -\int_0^t \frac{dt'}{\tau} \Rightarrow \ln \left(\frac{i}{i_0} \right) = -\frac{t}{\tau}$

$\Rightarrow$ $i(t) = i_0 e^{-t/\tau}$ quando $t = \tau \quad i(\tau) = \frac{i_0}{e} \approx \frac{i_0}{3}$

$\tau = RC$ tempo caracterísitco

Circuito RC

Carregando o capacitor

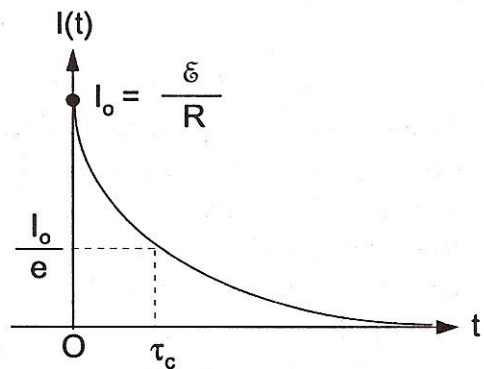


Figura 10.9 Corrente de carga de um capacitor

Carga no capacitor:

$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow dq = i dt \Rightarrow q(t) = \int_0^t i(t') dt'$$

$$i(t') = i_0 e^{-t'/\tau} \Rightarrow q(t) = -i_0 \tau e^{-t/\tau} \Big|_0^t$$

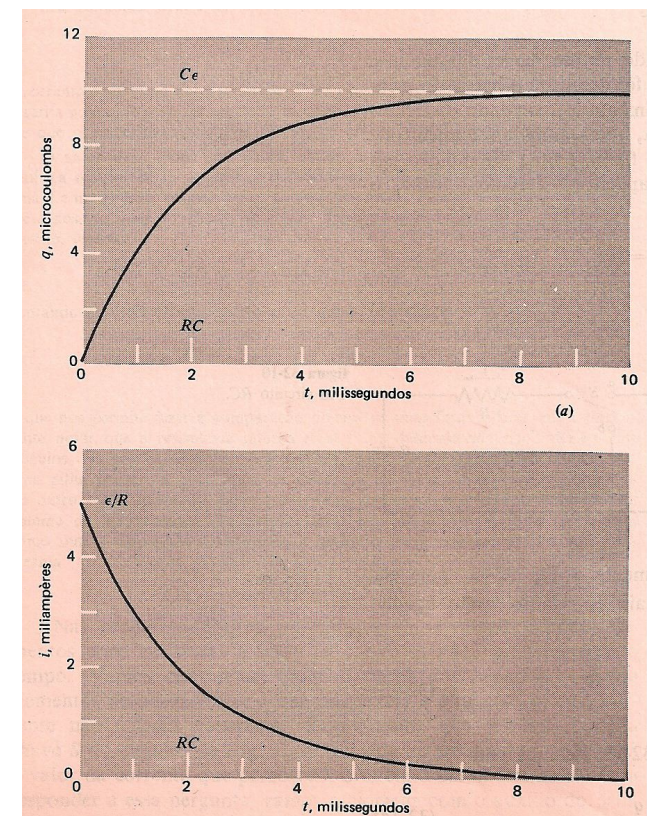
$$\Rightarrow q(t) = \varepsilon C \left(1 - e^{-t/\tau} \right)$$

$$q(t = 0) = 0$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} q(t) = \varepsilon C$$

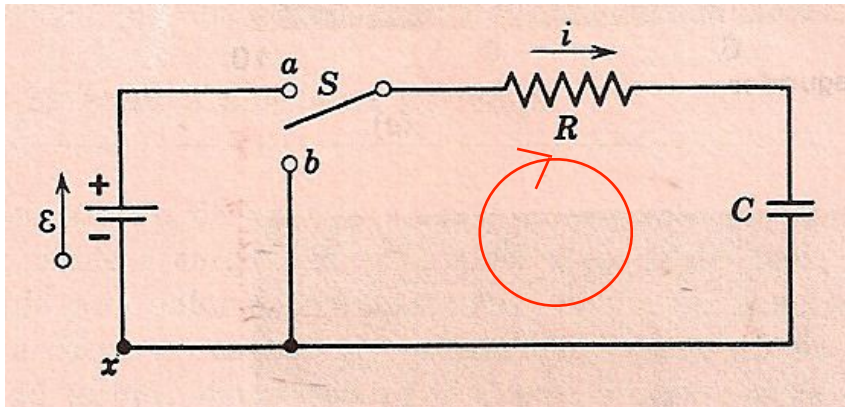
$$i(t = 0) = \frac{\varepsilon}{R}$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} i(t) = 0$$



Circuito RC

Descarregando o capacitor



Chave S conectada na posição (b)

Condições iniciais:

Em $t = 0$ $q(t = 0) = q_0 = C\varepsilon$ (carga máxima)

Lei das malhas: $-Ri - \frac{q}{C} = 0$ Eq. (2) $q = q(t)$ $i = \frac{dq}{dt}$

Decorre que: $i(t = 0) = i_0 = \frac{q_0}{RC} = -\frac{\varepsilon}{R}$

Da equação (2): $R \frac{dq}{dt} = -\frac{q}{C} \Rightarrow \frac{dq}{q} = -\frac{dt}{RC}$

Definindo $\tau = RC$ $\frac{dq}{q} = -\frac{dt}{\tau} \Rightarrow \int_{q_0}^q \frac{dq}{q} = -\int_0^t \frac{dt'}{\tau} \Rightarrow \ln \left(\frac{q}{q_0} \right) = -\frac{t}{\tau}$

$\Rightarrow$ $q(t) = q_0 e^{-t/\tau}$ quando

$t = \tau$ $q(t) = \frac{q_0}{e} \approx \frac{q_0}{3}$

$\tau = RC$ tempo caracterísitco

Circuito RC

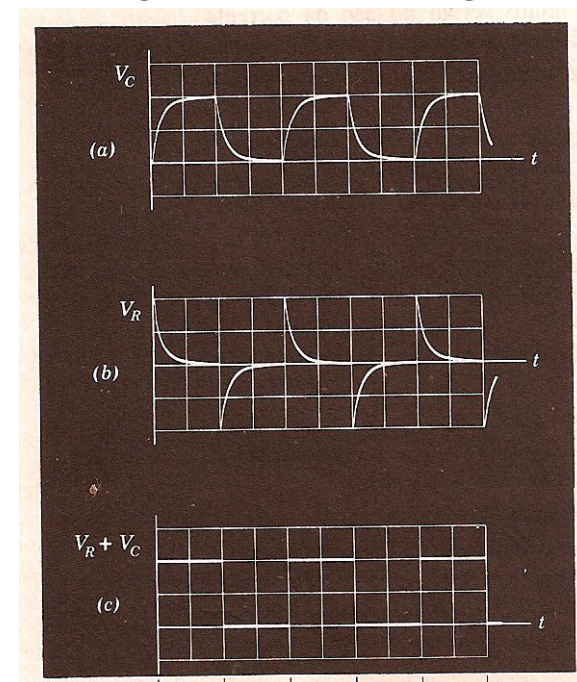
Descarregando o capacitor

Corrente no circuito: $i(t) = \frac{dq}{dt}$ $q(t) = q_0 e^{-t/\tau}$

$$\Rightarrow i(t) = -\frac{q_0}{\tau} e^{-t/\tau}$$

Sinal negativo indica apenas que a corrente tem sentido oposto ao escolhido na figura

Carga e descarga



$$q(t = 0) = q_0 \quad \left| \quad \lim_{t \rightarrow \infty} q(t) = 0\right.$$

$$i(t = 0) = i_0 = -\frac{q_0}{\tau} \quad \left| \quad \lim_{t \rightarrow \infty} i(t) = 0\right.$$