

## Sistemas Electrónicos 2014-15

### Elementos de Análise de Circuitos:

- Algumas Grandezas Físicas. SI. Notação.
- Grandezas Eléctricas. Carga, Tensão e Corrente.
- Potência e Energia. Exercício.
- Elementos de Circuito:
  - Fontes de Tensão e Corrente. Passivos.
- Lei de Ohm.
- Ligações de elementos: série e paralelo
- Topologia de circuitos

## SI: Unidades (eléctricas) Derivadas

Grandeza	unidade	símbolo	dimensão
Carga	coulomb	C	[A.s]
Energia	joule	J	[m <sup>2</sup> .kg.s <sup>-2</sup> ]
Potência	watt	W	[m <sup>2</sup> .kg.s <sup>-3</sup> ]
Tensão	volt	V	[m <sup>2</sup> .kg.s <sup>-3</sup> .A <sup>-1</sup> ]
Resistência	ohm	Ω	[m <sup>2</sup> .kg.s <sup>-3</sup> .A <sup>-2</sup> ]
Condutância	siemens	S	[m <sup>-2</sup> .kg <sup>-1</sup> .s <sup>3</sup> .A <sup>2</sup> ]
Capacidade	farad	F	[m <sup>-2</sup> .kg <sup>-1</sup> .s <sup>4</sup> .A <sup>2</sup> ]
Indutância	henry	H	[m <sup>2</sup> .kg.s <sup>-2</sup> .A <sup>-2</sup> ]
Frequência	hertz	Hz	[s <sup>-1</sup> ]

## SI: Unidades Base

Grandeza	unidade	símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Intensidade de corrente	ampère	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de matéria	mole	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

## Grandezas: Notação em Engenharia

### Notação Científica:

$a \times 10^b$

$a \in \mathbb{R}$  = mantissa

$b \in \mathbb{Z}$  = expoente

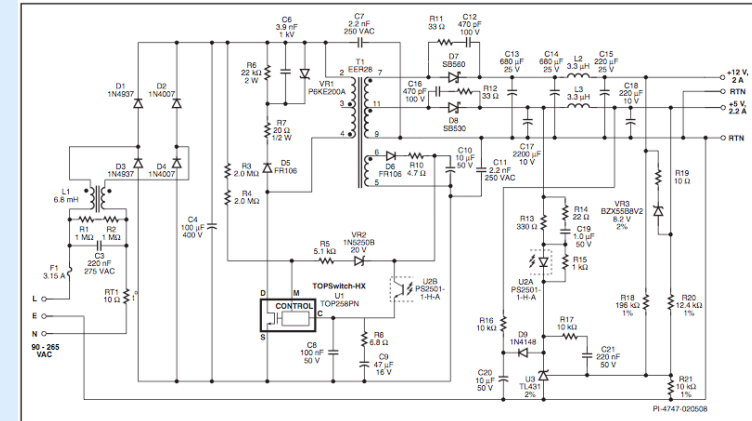
Em engenharia  $b$  é sempre múltiplo de 3

$$2540000000 \text{ Hz} = 2540000000 \times 10^0 = 2.54 \times 10^9 = 2.54 \text{ GHz}$$

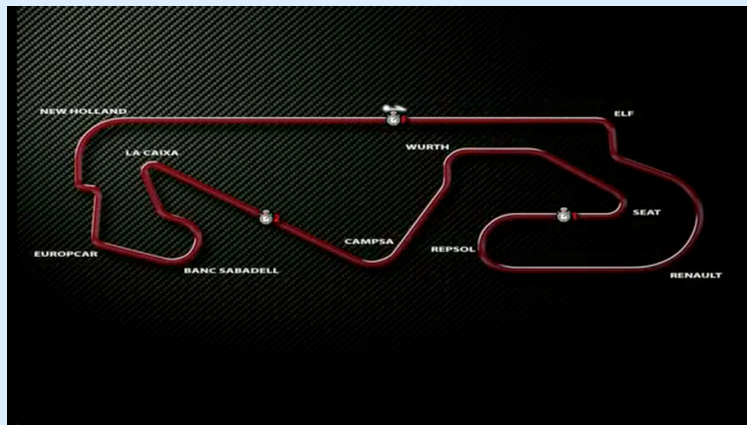
## SI: Múltiplos e Submúltiplos

Prefixo	Símbolo	10 <sup>n</sup>	Prefixo	Símbolo	10 <sup>n</sup>
kilo	k	10 <sup>3</sup>	mili	m	10 <sup>-3</sup>
mega	M	10 <sup>6</sup>	micro	μ (u)	10 <sup>-6</sup>
giga	G	10 <sup>9</sup>	nano	n	10 <sup>-9</sup>
tera	T	10 <sup>12</sup>	pico	p	10 <sup>-12</sup>
peta	P	10 <sup>15</sup>	femto	f	10 <sup>-15</sup>
exa	E	10 <sup>18</sup>	atto	a	10 <sup>-18</sup>
zetta	Z	10 <sup>21</sup>	zepto	z	10 <sup>-21</sup>
yotta	Y	10 <sup>24</sup>	yocto	y	10 <sup>-24</sup>

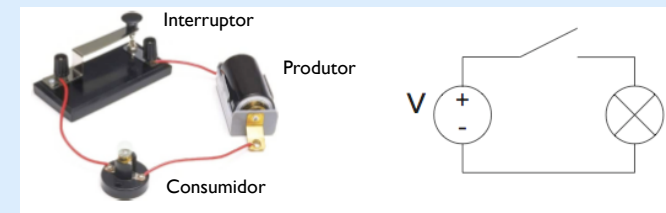
## Circuitos Eléctricos (1)



## Circuitos



## Circuitos Eléctricos (2)



Real

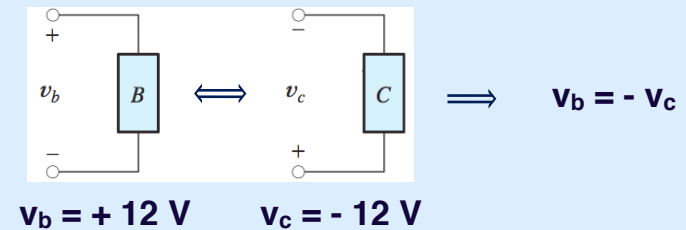
Esquema / Modelo

Normalmente um circuito fechado, em que os elementos são ligados por condutores, por onde circula corrente (em geral electrões).

## Carga Eléctrica

- Positiva ou negativa
- Mede-se em coulomb (C)
- Representa-se pela letra “q”
- Múltiplos inteiros da carga do electrão:  $1,6022 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Podem separar-se e podem movimentar-se
- Separação de cargas  $\Rightarrow$  tensão eléctrica (V)
- Movimento de cargas  $\Rightarrow$  corrente eléctrica (I)

## Tensão Eléctrica (2)

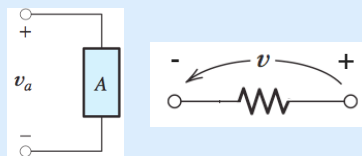


## Tensão Eléctrica (1)

- Para separar 2 cargas que se atraem é necessária energia.
- Tensão ou diferença de potencial entre 2 pontos  
 $V = \text{Energia} / \text{unidade de Carga (J/C)}.$

$$v = \frac{dw}{dq}$$

- Representação.
- Sentido (polaridade) arbitrário/arbitrado.

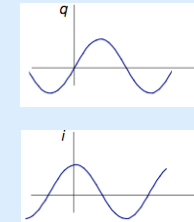
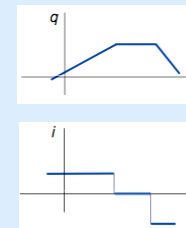


## Corrente Eléctrica (1)

Quando há variação de carga com o tempo (C/s) existe Corrente eléctrica (A).

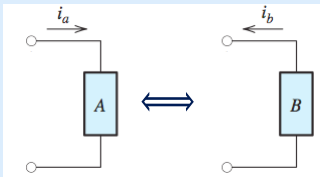
$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

O sentido “dito” positivo da corrente  $I$  é o oposto ao do movimento dos electrões.



## Corrente Eléctrica (2)

- Representação.
- Sentido da corrente que atravessa um elemento é arbitrário/arbitrado.



$$\Rightarrow i_a = -i_b$$

$$i_a = +2 \text{ mA} \quad i_b = -2 \text{ mA}$$

## Potência e Energia (1)

$$\text{Potência (W)} = \text{Energia (J)} / t \text{ (s)}$$

$$vi = \frac{dw}{dq} \left( \frac{dq}{dt} \right) = \frac{dw}{dt} = p$$

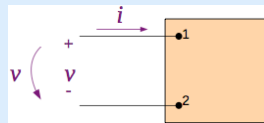
Potência > 0  $\Rightarrow$  Elemento consome energia

Potência < 0  $\Rightarrow$  Elemento fornece energia

Consumo de 15 kW x h ???

## Circuito elementar (ideal)

- tem 2 terminais
- não pode ser dividido
- descrito em termos de  $v$  e  $i$

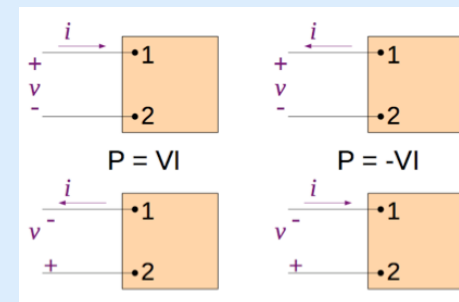


Valor algébrico	$i$	$v$
Positivo	corrente no sentido da seta	tensão "cai" de '+' para '-' (é maior no lado +)
Negativo	corrente no sentido oposto à seta	tensão "sobe" de '+' para '-'

fonte: Pedro Fonseca - LabE

## Potência e Energia (2)

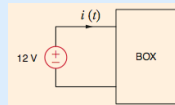
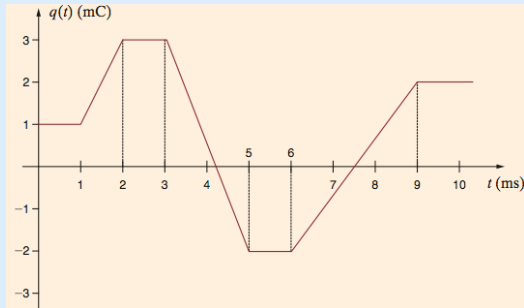
Convenção de sinais:



fonte: Pedro Fonseca - LabE

## Exercício (1)

Calcular e desenhar a corrente que entra na BOX.  
Calcular a energia absorvida pela BOX entre 0 e 10 ms.



$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

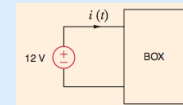
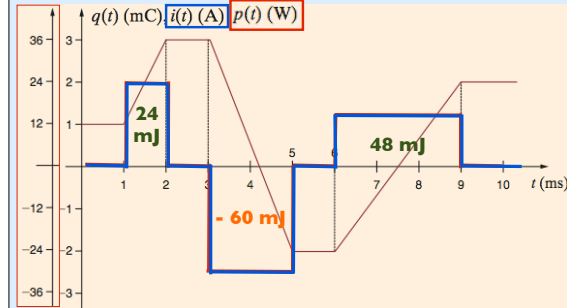
fonte: Irwin and Nelms - Basic Engineering Circuit Analysis

DETI-UA (JEO) SE 2014-15

Elementos de Análise de Circuitos - 17

## Exercício (3)

Calcular e desenhar a corrente que entra na BOX.  
Calcular a energia absorvida pela BOX entre 0 e 10 ms.



$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

$$p(t) = v(t)i(t)$$

$$w = \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt$$

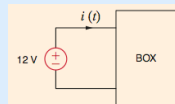
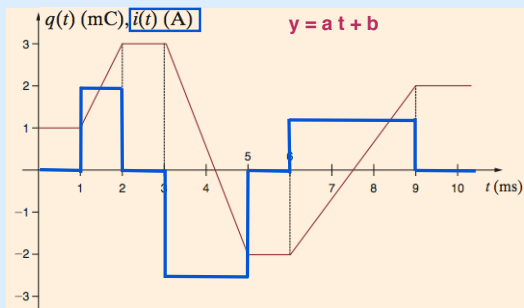
fonte: Irwin and Nelms - Basic Engineering Circuit Analysis

DETI-UA (JEO) SE 2014-15

Elementos de Análise de Circuitos - 19

## Exercício (2)

Calcular e desenhar a corrente que entra na BOX.  
Calcular a energia absorvida pela BOX entre 0 e 10 ms.



$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

$$p(t) = v(t)i(t)$$

fonte: Irwin and Nelms - Basic Engineering Circuit Analysis

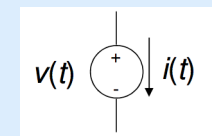
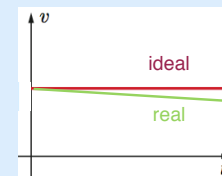
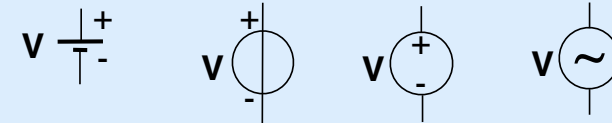
DETI-UA (JEO) SE 2014-15

Elementos de Análise de Circuitos - 18

## Elementos de Circuito: Fontes Independentes (V)

Elementos Activos: capacidade de gerar energia

Fonte de Tensão independente ideal: a tensão é independente da corrente que fornece ou recebe



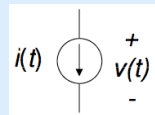
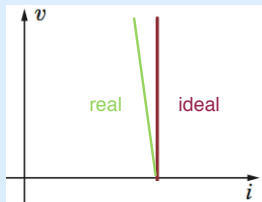
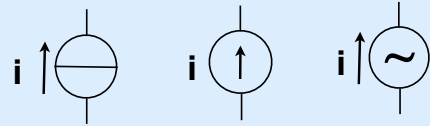
$i(t) = \text{qualquer}$

DETI-UA (JEO) SE 2014-15

Elementos de Análise de Circuitos - 20

## Fontes Independentes (I)

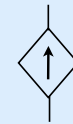
Fonte de Corrente independente ideal: a corrente é independente da tensão aos seus terminais



$v(t) = \text{qualquer}$

## Fontes Dependentes / Controladas (2)

- Fonte de corrente controlada por tensão (VCCS)



$$I_s = G_m V_c$$

$G_m$  - transcondutância (S)

- Fonte de corrente controlada por corrente (CCCS)



$$I_s = A_i I_c$$

$A_i$  - ganho de corrente (adimensional)

## Fontes Dependentes / Controladas (1)

- Fonte de tensão controlada por tensão (VCVS)



$$V_s = A_v V_c$$

$A_v$  - ganho de tensão (adimensional)

- Fonte de tensão controlada por corrente (CCVS)



$$V_s = R_m I_c$$

$R_m$  - transresistência ( $\Omega$ )

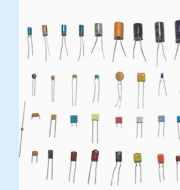
## Elementos de Circuito Passivos

Não geram energia, mas podem, por vezes, armazená-la.

**Resistência**  
resistência R  
ohm  $\Omega$



**Condensador**  
capacidade C  
farad F



**Bobine**  
indutância L  
henry H

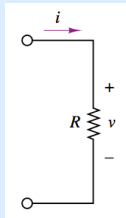
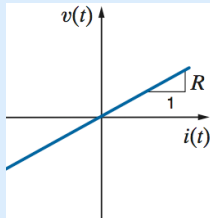


## Resistências. Lei de Ohm.

**Lei de Ohm:** numa resistência existe uma relação linear entre a tensão (V) aos seus terminais e a corrente (I) que a atravessa.

$$R = \frac{V}{I} \Leftrightarrow V = R \times I \Leftrightarrow I = \frac{V}{R}$$

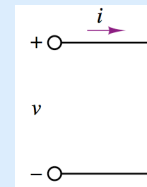
$$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$$



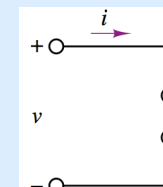
### Condutância

$$G = \frac{1}{R} \text{ siemens (S)}$$

## Resistências (3)

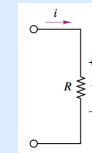


The short circuit:  
 $R = 0$   
 $v = 0$  for any  $i$



The open circuit:  
 $R \rightarrow \infty$   
 $i = 0$  for any  $v$

### Potência dissipada numa resistência:



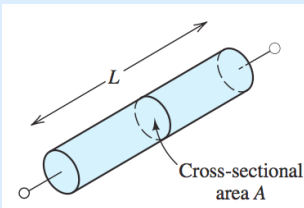
$$P = V \times I$$

$$V = R \times I$$

$$P_R = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

## Resistências (2)

### Parâmetros físicos de uma resistência:



$$R = \frac{\rho L}{A}$$

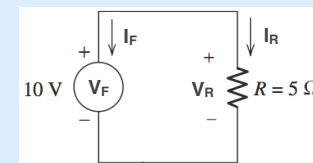
$L$  = comprimento (m)

$A$  = área da secção (m<sup>2</sup>)

$\rho$  = resistividade do material ( $\Omega\text{m}$ )

## Conservação de Energia

A soma das potências fornecidas é igual à soma das potências absorvidas.



$$V_R = V_F = 10 \text{ V}$$

$$I_R = -I_F$$

$$I_R = V_F / R = 10 / 5 = 2 \text{ A}$$

$$P_R = V_R \times I_R = 10 \times 2 = 20 \text{ W}$$

$$P_F = V_F \times I_F = 10 \times (-2) = -20 \text{ W}$$

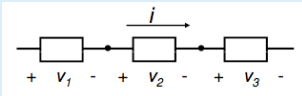
**Nota 1:** a potência é absorvida quando a corrente que “entra” pelo + da tensão é positiva.

**Nota 2:** potência absorvida negativa significa que, afinal, a potência é fornecida.

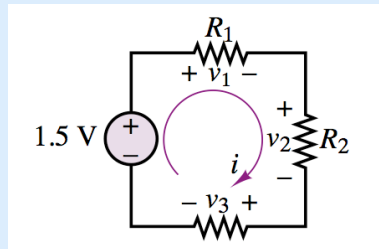
## Circuitos: ligação de elementos (1)

### Ligação Série:

- 2 ou mais elementos estão ligados em série quando são percorridos pela mesma corrente

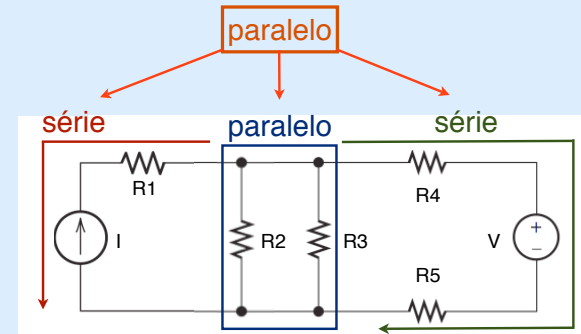


Exemplo



## Circuitos: ligação de elementos (3)

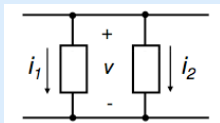
### Séries de Paralelos e Paralelos de Séries:



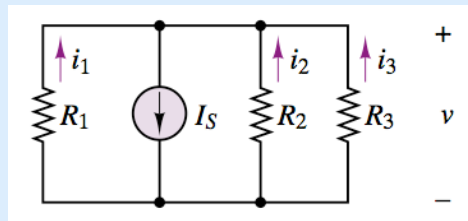
## Circuitos: ligação de elementos (2)

### Ligação Paralelo:

- 2 ou mais elementos estão ligados em paralelo quando exibem a mesma tensão aos seus terminais

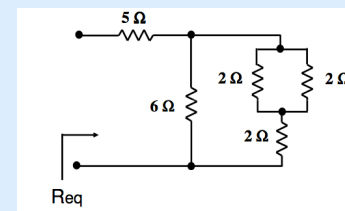


Exemplo

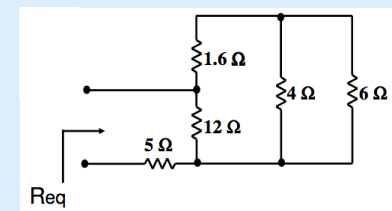


## Circuitos: ligação de elementos (4)

### Exercício - calcular Req para os seguintes circuitos:



$$\begin{aligned} 2 // 2 &= 1 \Omega \\ 1 + 2 &= 3 \Omega \\ 6 // 3 &= 2 \Omega \\ 5 + 2 &= 7 \Omega = Req \end{aligned}$$

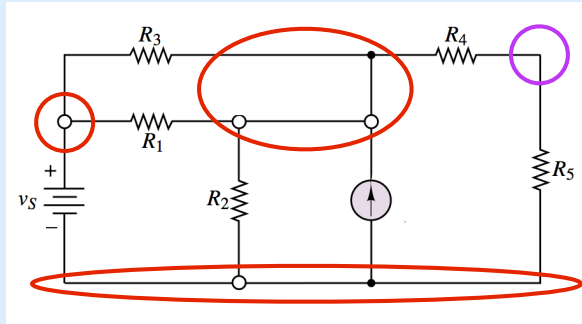


$$\begin{aligned} 4 // 6 &= 2.4 \Omega \\ 2.4 + 1.6 &= 4 \Omega \\ 4 // 12 &= 3 \Omega \\ 5 + 3 &= 8 \Omega = Req \end{aligned}$$



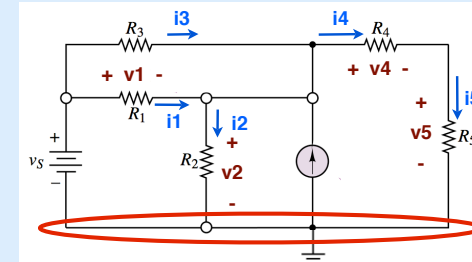
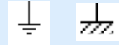
## Circuitos: definições topológicas

Nó (*node*) - ponto (eléctrico) de união de 2 ou mais elementos.  
Nó essencial - nó com 3 ou mais elementos.



## Circuitos: Massa

(*Ground - GND*) Massa / Terra: nó ao qual, habitualmente, se associa o valor de zero volt e em relação ao qual todas as tensões podem ser referenciadas.

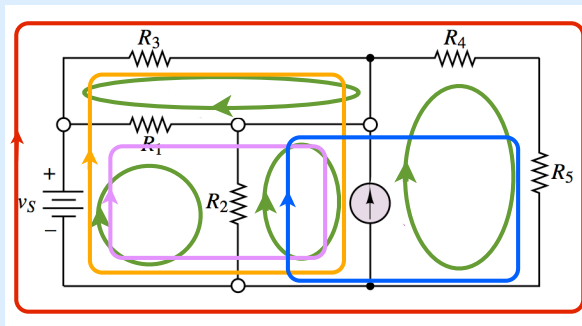


o sentido  
é  
arbitrado

- As correntes medem-se nos ramos.
- As tensões medem-se entre nós (ddp), mas um desses nós pode ser a massa.

## Definições topológicas: Caminho Fechado e Malha

Caminho Fechado (*loop*) - percurso que começa e acaba no mesmo nó.  
Malha (*mesh*) - *loop* que não contém mais nenhum *loop*.



- Há 2 *loops* não representados na figura. Quais são ?