

# Circuitos Eléctricos e Sistemas Digitais

1.º Semestre 2018-2019

## Circuitos Eléctricos e Sistemas Digitais

- Notas iniciais, convenções de escrita.
- Símbolos e unidades eléctricas SI, prefixos métricos
- Notações científica e em engenharia.
- Desvio/erro, exatidão, precisão
- Arredondamentos e algarismos significativos

**Nota:** Este conjunto de slides de CESDig 2018/2019 poderá ter (e tem com certeza) erros involuntários. Agradece-se a sua comunicação, bem como o envio de comentários para [jmfigueiredo@fc.ul.pt](mailto:jmfigueiredo@fc.ul.pt). Os slides não dispensam (e aliás recomendam) a consulta de outras fontes, nomeadamente, as indicadas na bibliografia recomendada.

# Convenções de escrita

A utilização de caracteres na representação de grandezas, constantes, parâmetros, coeficientes e unidades eléctricas e magnéticas rege-se pelas seguintes convenções:

- As grandezas escalares constantes no tempo, mas também o valor médio e a amplitude das grandezas variáveis no tempo representam-se por caracteres maiúsculos em itálico. Exemplos:  $U$ ,  $V$ ,  $Q$ ,  $I$ ,  $I_m \sin(\omega t)$ .
- Para os valores instantâneos das grandezas escalares usam-se caracteres minúsculos em itálico. Exemplos:  $i(t)$ ,  $v(t)$ . Por vezes, com o intuito de simplificar a representação das equações, omite-se a variação temporal, escrevendo-se apenas  $i$  e  $v$  em vez de  $i(t)$  e  $v(t)$ .
- As grandezas vectoriais, como, por exemplo, o vector campo eléctrico  $\vec{E}$ , e o vector força eléctrica,  $\vec{F}$ , são representadas com caracteres maiúsculos em estilo romano.
- As grandezas e as funções complexas, como a **impedância**, os fasores da tensão e da corrente, a função de transferência, também se representam em estilo romano ( $Z$ ,  $V$ ,  $I$ , ...). No entanto, o módulo e a fase das grandezas complexas são representados em itálico.
- as constantes, parâmetros e coeficientes são representados com caracteres gregos ou latinos, minúsculos ou maiúsculos em itálico, de acordo com as convenções internacionais. Por exemplo, a resistência eléctrica,  $R$ , a capacidade eléctrica,  $C$ , a indutância electromagnética,  $L$ , a mobilidade dos electrões,  $m$ , a permissividade do vazio,  $\epsilon_0$ , etc.

[http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino\\_Teaching\\_SI.html](http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino_Teaching_SI.html)

# Convenções de escrita

Um sinal  $v(t)$  elétrico pode conter uma componente independente do tempo (a componente contínua ou dc) e uma componente que é uma função periódica com valor médio nulo.

As componentes dc representam-se por caracteres maiúsculos em itálico com índices maiúsculos ( $V_{IN}$ ). (O valor médio de um sinal puramente alternado é nulo.)

As componentes puramente alternadas representam-se por caracteres minúsculos em itálico com índices minúsculos ( $v_{in}$ ).

Assim, e em geral, um dado sinal  $v(t)$  é descrito como  $v(t) = v_{IN} = V_{IN} + v_{in}$ , onde o sinal  $v(t)$  é representado por caracteres minúsculos em itálico com índices maiúsculos  $v_{IN}$ , o valor médio (ou componente contínua) do sinal  $v(t)$  é  $\langle v(t) \rangle = \langle v_{IN} \rangle = V_{IN}$ .

No caso de um sinal de corrente  $i(t)$  escreve-se  $i_{IN} = I_{IN} + i_{in}$ .

# Símbolos e Unidades eléctricas SI

- diferença de potencial ou (de) tensão constantes:  $\Delta U$ ,  $U$ ,  $\Delta V$ ,  $V$ ; unidade: volt, V
- diferença de potencial ou de tensão variável no tempo:  $\Delta v$ ,  $v$ ; unidade: volt, V
- quantidade de carga eléctrica constante no tempo:  $Q$ ; unidade: coulomb, C
- quantidade de carga eléctrica variável no tempo:  $q$ ; unidade: coulomb, C
- intensidade de corrente eléctrica constante:  $I$ ; unidade: ampere, A
- intensidade de corrente eléctrica variável no tempo:  $i$ ; unidade: ampere, A
- resistência eléctrica:  $R$ ; unidade: ohm;  $\Omega$
- condutância (inverso da resistência):  $G$ ; unidade: siemens, S
- capacidade:  $C$ ; unidade: farad, F (não confundir com a unidade faraday)
- indutância:  $L$ ; unidade: henry, H
- impedância:  $Z$ ; unidade: ohm,  $\Omega$
- reactância:  $X$ ; unidade: ohm,  $\Omega$ .

[http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino\\_Teaching\\_SI.html](http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino_Teaching_SI.html)

# Unidades SI Fundamentais

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	meter	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Intensidade de corrente	ampere	A
Temperatura	kelvin	K
Intensidade luminosa	candela	cd
Quantidade de substância	mole	mol

[http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino\\_Teaching\\_SI.html](http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino_Teaching_SI.html)

# Unidades SI: Eletricidade

Grandeza	Unidade	Símbolo
Corrente	ampere	A
Carga	coulomb	C
Tensão	volt	V
Resistência	ohm	$\Omega$
Potência	watt	W

Estas unidades são definidas a partir das unidades fundamentais metro-quilograma-segundo, conhecidas como sistema de unidades m-k-s.

Com exceção da unidade de intensidade de corrente elétrica (unidade SI fundamental), todas as unidades elétricas e magnéticas são derivadas das unidades fundamentais do SI.

[http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino\\_Teaching\\_SI.html](http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino_Teaching_SI.html)

# Prefixos métricos

Prefixo	Símbolo	Valor
peta	P	$10^{15}$
tera	T	$10^{12}$
giga	G	$10^9$
mega	M	$10^6$
quilo	k	$10^3$

Ver os significados dos vocábulo.

Muitas vezes para se perceber o real significado de alguns termos científicos/técnicos é importante conhecer a sua origem.

Eis um exemplo:

O que é que estuda a **tribologia**?

O que é que estuda a **triboeletricidade**?

Porque será que o símbolo de quilo se escreve em minúsculas?

[http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino\\_Teaching\\_SI.html](http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino_Teaching_SI.html)

# Prefixos métricos

Prefixo	Símbolo	Valor
mili	m	$10^{-3}$
micro	$\mu$	$10^{-6}$
nano	n	$10^{-9}$
pico	p	$10^{-12}$
femto	f	$10^{-15}$

Escreve-se femto e não fento.

Ver o significado dos vocábulos.

[http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino\\_Teaching\\_SI.html](http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino_Teaching_SI.html)



# Notações científica e engenharia

$$47\ 000\ 000 = 4.7 \times 10^7 \text{ (notação científica)}$$
$$= 47 \times 10^6 \text{ (notação em engenharia)}$$

$$0.000\ 027 = 2.7 \times 10^{-5} \text{ (notação científica)}$$
$$= 27 \times 10^{-6} \text{ (notação em engenharia)}$$

$$0.605 = 6.05 \times 10^{-1} \text{ (notação científica)}$$
$$= 605 \times 10^{-3} \text{ (notação em engenharia)}$$

Ter em atenção que nestas notas/slides o separador decimal tanto por ser o ponto como a vírgula.

Ver:

[http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino\\_Teaching\\_SI.html](http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/Ensino_Teaching_SI.html)

## Conversões métricas:

$$0.47 \text{ MW} = 470 \text{ kW}$$

$$10\ 000 \text{ pF} = 0.01 \text{ }\mu\text{F}$$

## Aritméticas métricas:

$$10,000 \text{ }\Omega + 22 \text{ k}\Omega =$$

$$10,000 \text{ }\Omega + 22\ 000 \text{ }\Omega = 32\ 000 \text{ }\Omega$$

$$\text{ou } 10 \text{ k}\Omega + 22 \text{ k}\Omega = 32 \text{ k}\Omega$$

$$200 \text{ }\mu\text{A} + 1.0 \text{ mA} =$$

$$200 \text{ }\mu\text{A} + 1\ 000 \text{ }\mu\text{A} = 12\ 000 \text{ }\mu\text{A}$$

$$\text{ou } 0.200 \text{ mA} + 1.0 \text{ mA} = 1.2 \text{ mA}$$

Ter em atenção que nestas notas/slides o separador decimal tanto por ser o ponto como a vírgula.

# Erro/desvio, exatidão, precisão

A incerteza é parte dos processos de medida experimentais.



O desvio/erro é a diferença entre o valor verdadeiro/real ou mais aceite e o valor medido.

A exatidão é uma indicação do grau do desvio que afetas as medidas.

**A precisão é uma indicação da repetibilidade das medidas.**

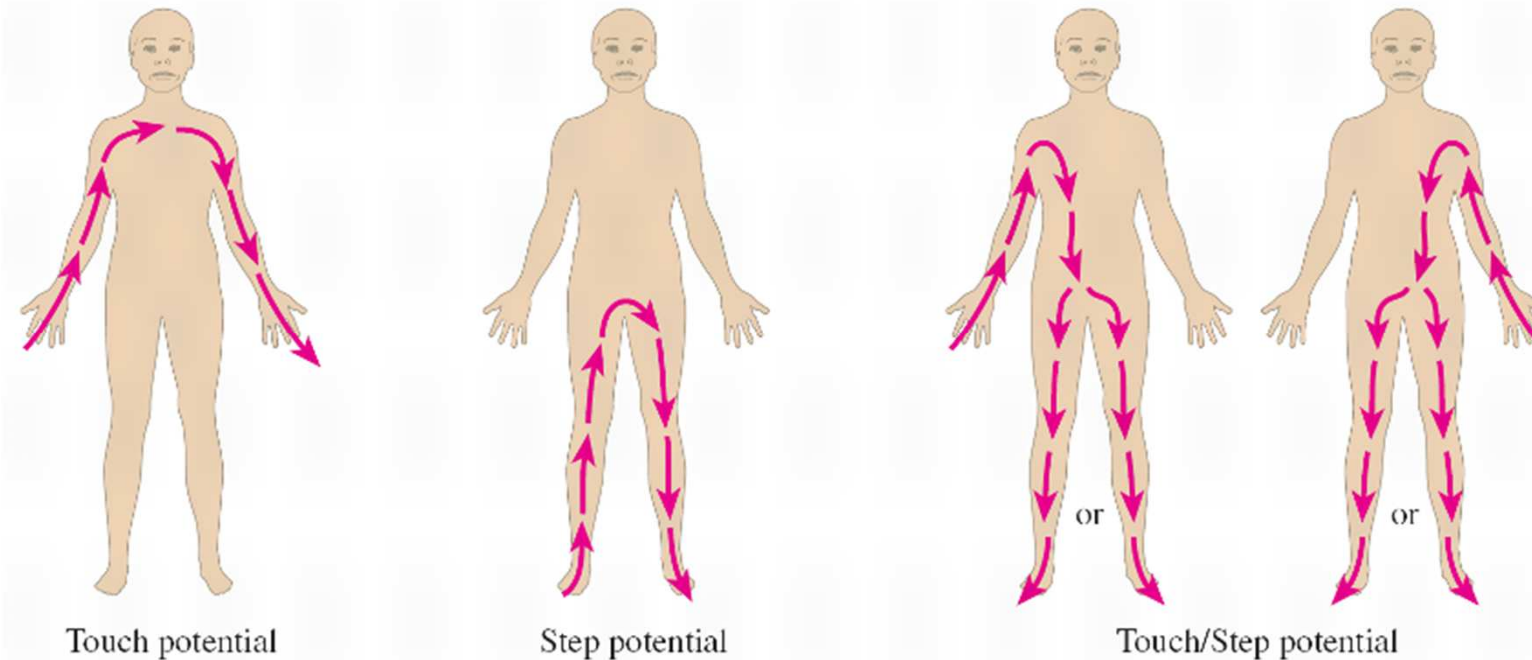
# Efeitos da Corrente Elétrica no Corpo Humano

Choque elétrico

Regras e Comportamentos de Segurança

# Choque elétrico

É a intensidade de corrente através do corpo, e não a tensão, que provoca o choque elétrico. Claro que a corrente é induzida pela tensão a que o corpo fica sujeito. Quando dois pontos do corpo ficam sujeitos a uma diferença de potencial (ddp) estabelece-se uma corrente entre esses dois pontos. O percurso da corrente depende dos pontos de contacto.



A severidade do choque elétrico depende da ddp, dos pontos de contato e do caminho que a corrente toma através do corpo. O percurso da corrente determina que tecidos e órgãos são afetados. Os choques que envolvem passagem de corrente pelo coração ou/e pelos pulmões são os mais perigosos.

# Efeitos da Corrente Elétrica no Corpo Humano

## Choque elétrico

É a corrente e não a tensão que causa o choque. A severidade do choque depende, é claro, do valor da diferença de potencial e do caminho percorrido pela corrente no corpo.

**A resistência típica do corpo humano varia entre 10 kΩ e 50 kΩ;  $220 \text{ V}/10 \text{ k}\Omega = 22 \text{ mA}$ .**

## Efeitos no corpo humano

- 2 mA, começo da percepção
- 10 mA, choque sem dor e sem perda de controlo muscular
- 20 mA, choque com dor
- 30 mA, choque com dor severa, contracção muscular, dificuldades de respiração
- 75 mA, fibrilação fibrilação
- 250 mA (0,25 A), fibrilação ventricular, usualmente fatal após 5 s
- 4000 mA (4 A), paragem cardíaca
- 5000 mA (5 A), queimadura dos tecidos

## Efeito térmico (queimaduras) - Temperaturas elevadas

Os componentes electrónicos em operação, em geral, atingem elevadas temperaturas para o ser humano (~373 K), o que pode originar queimaduras e causar incêndios se não estiverem correctamente acondicionados.

# Regras e Comportamentos de Segurança

- Não trabalhar em piso molhado;
- Evitar contacto com os terminais das fontes;
- Manter a bancada de trabalho limpa e arrumada;
- Desligar as fontes antes de trabalhar nos circuitos;
- Não manusear instrumentos com as mãos molhadas;
- Não levar comida ou bebidas para a bancada de trabalho;
- Descarregar os condensadores antes de tocar nos circuitos;
- Não usar valores de corrente superiores às necessidades dos circuitos;
- Fazer em último lugar a conexão ao ponto de maior tensão dos circuitos;
- Não trabalhar com equipamentos sem conhecer os procedimentos e os cuidados a ter;
- Conhecer os locais onde se encontram os interruptores de segurança e as saídas de emergência;