

Fechar

6872 Fundamentos de Eletrônica

Aula 2: Informação Preliminar

Elvio J. Leonardo

Bacharelado em Ciência da Computação
Departamento de Informática
Universidade Estadual de Maringá

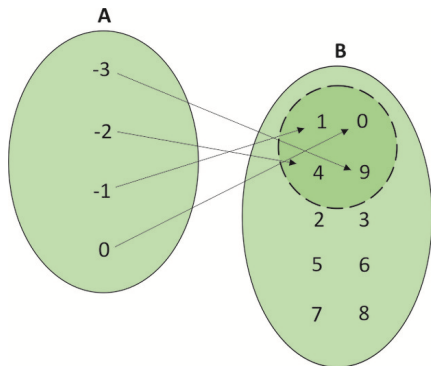
v. 2022

- ▶ Revisão matemática
 - ▶ Função matemática, função periódica, número complexo
- ▶ Conceitos básicos de eletricidade
- ▶ Grandezas elétricas
 - ▶ Tensão, corrente, potência, resistência
- ▶ Componentes elétricos
- ▶ Instrumentos de medição



Função Matemática (Conjuntos)

- Relação estabelecida entre dois conjuntos, **A** (ou domínio) e **B** (ou contradomínio) através de uma lei de formação
- Todos os elementos de **A** estão associados
- Cada elemento de **A** se associa a um único elemento de **B**
- Os elementos de **B** associados formam o conjunto imagem

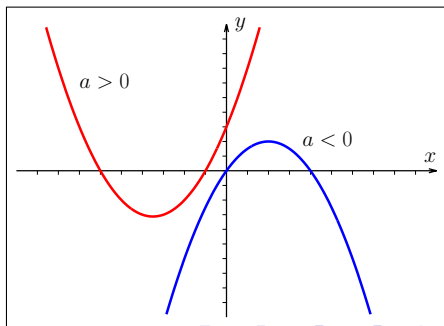
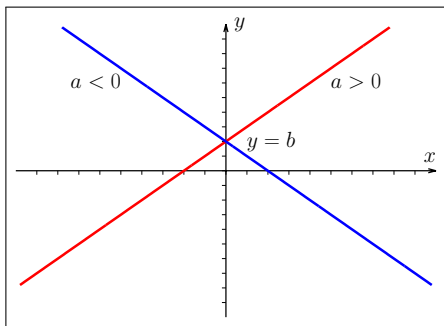


$f : A \rightarrow B$		
A	lei de formação $y = x^2$	B
-3	$y = (-3)^2 = 9$	9
-2	$y = (-2)^2 = 4$	4
-1	$y = (-1)^2 = 1$	1
0	$y = 0^2 = 0$	0

$$\begin{aligned}\text{Dom}(f) &= \{-3, -2, -1, 0\} \\ \text{CDom}(f) &= \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\} \\ \text{Im}(f) &= \{0, 1, 4, 9\}\end{aligned}$$

Função Matemática

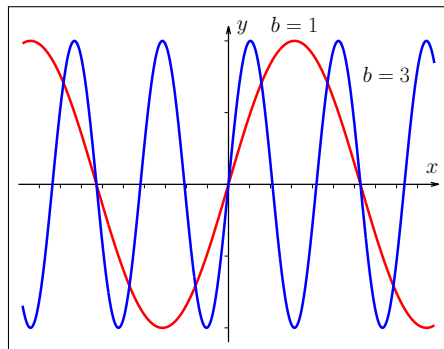
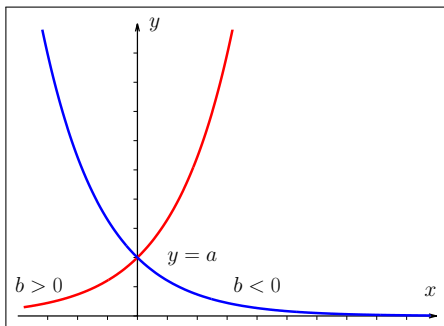
- ▶ Função de uma variável: $y = f(x)$
- ▶ Função de múltiplas (n) variáveis: $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$
- ▶ Função de uma variável pode ser representada em um plano cartesiano
- ▶ Exemplos de função de uma variável:
 - ▶ Polinômio de primeiro grau: $y = ax + b$
 - ▶ Polinômio de segundo grau: $y = ax^2 + bx + c$



Função Matemática (cont.)

► Exemplos de função de uma variável (cont.):

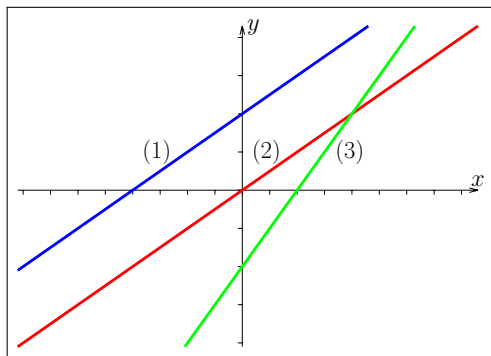
- Exponencial: $y = a \exp(bx)$
- Senóide: $y = a \sin(bx)$



Função Matemática (cont.)

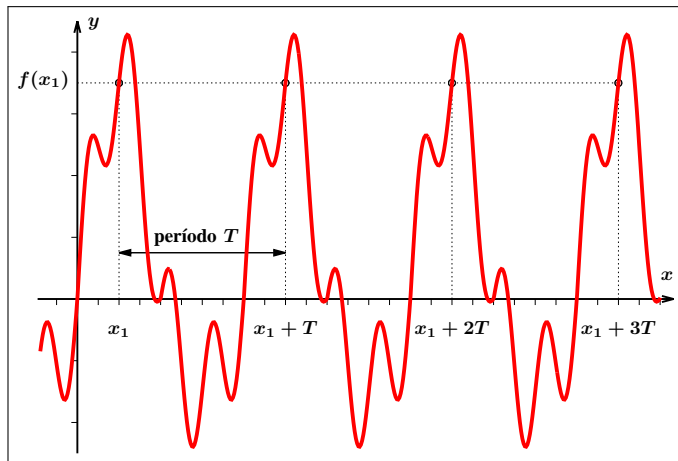
- ▶ Exemplos: obtenha as funções de primeiro grau ($y = ax + b$) dos gráficos abaixo
- ▶ Precisamos de dois pontos para resolver as duas variáveis a e b

- (1) $(x, y) = (0, 2) \rightarrow b = 2$
 $(x, y) = (-2, 0) \rightarrow a = 1$
logo: $y = x + 2$
- (2) $(x, y) = (0, 0) \rightarrow b = 0$
 $(x, y) = (1, 1) \rightarrow a = 1$
logo: $y = x$
- (3) $(x, y) = (0, -2) \rightarrow b = -2$
 $(x, y) = (1, 0) \rightarrow a = 2$
logo: $y = 2x - 2$



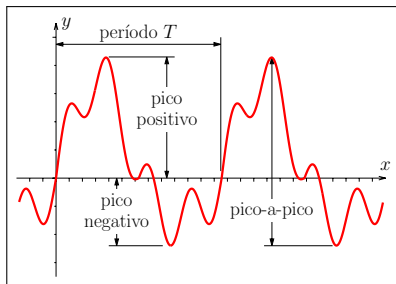
Função Periódica

- Função que se repete em um intervalo determinado, isto é, $f(x) = f(x + nT)$ onde T é uma constante e determina o intervalo de repetição



Função Periódica (cont.)

- ▶ Parâmetros de uma função periódica $y = f(x)$:
 - ▶ Período (T): intervalo de repetição; unidade: segundo [s]
 - ▶ Frequência (f): número de repetições por unidade de tempo; unidade: Hertz [Hz]
 - ▶ Valor de pico (\hat{y}): valor máximo que a função atinge; pode ser pico positivo ou negativo
 - ▶ Valor pico-a-pico (y_{pp}): diferença entre valores de pico positivo e negativo



Note que: $f = \frac{1}{T}$

Função Periódica (cont.)

- ▶ Parâmetros de uma função periódica $y = f(x)$:
 - ▶ Valor médio (\bar{y}): média aritmética dos valores obtidos pela função periódica

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \int_0^T y \, dx \quad \text{Se } \bar{y} = 0, \text{ então as áreas acima e abaixo do eixo } x \text{ são iguais}$$

- ▶ Valor eficaz ou RMS (*root mean square*) (y_{RMS}): valor constante que dissiparia a mesma energia em uma carga resistiva

$$y_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T y^2 \, dx}$$

- ▶ Fator de ondulação ou *ripple*: razão entre o valor eficaz da onda alternada (descontando seu valor médio) e o seu valor médio; indica a quantidade de ondulação da função periódica

$$\text{ripple} = \frac{\text{RMS}(y - \bar{y})}{\bar{y}}$$

Função Periódica (cont.)

► Exemplos:

- Rede elétrica: onda senoidal com frequência de 60 Hz e tensões RMS e de pico iguais a 127 V e 178,6 V (ou 220 V e 311,1 V)
- Sinal de relógio de computadores: onda quadrada com frequências em MHz (10^6 Hz) ou GHz (10^9 Hz)
- Ouvido humano: sensível a sinais entre 20 Hz e 20 kHz (10^3 Hz), dependendo da idade; audição canina alcança de 40 Hz a 75 kHz.

Heinrich Hertz (1857-1894)



- Discovered radio waves
- First to prove the existence of electromagnetic waves by using a device that transmit and receive radio pulses

My favorite frequency is
50,000 Hz

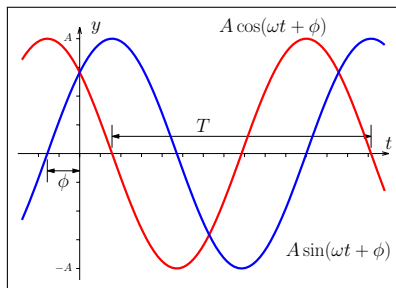


You've probably never
heard it before

Função Periódica (cont.)

► Exemplos de funções periódicas

- ▶ Seno: $y = f(t) = A \sin(\omega t + \phi) = A \sin(2\pi f t + \phi)$
- ▶ Cosseno: $y = f(t) = A \cos(\omega t + \phi) = A \cos(2\pi f t + \phi)$
- ▶ Lembrando que $\sin(\omega t) = \cos(\omega t - 90^\circ)$



$A = \hat{y}$: amplitude ou valor de pico

$y_{pp} = 2A$: valor pico-a-pico

$\bar{y} = 0$ V: valor médio

$$y_{\text{RMS}} = \frac{\hat{y}}{\sqrt{2}} \quad \text{V: valor eficaz}$$

ϕ : fase (ou defasagem) [rad]

T : período [s]

 $f = \frac{1}{T}$: frequência [Hz] $\omega = 2\pi f$: velocidade angular [rad/s]

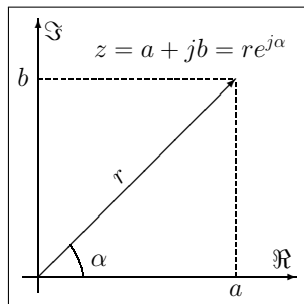
Números Complexos

- ▶ Número que pode ser representado como $z = a + jb$

- ▶ a representa a parte real
- ▶ b representa a parte imaginária
- ▶ j é a unidade imaginária, com $j^2 = -1$

- ▶ Plano Complexo

- ▶ Forma cartesiana: $z = a + jb$
 - ▶ parte real: $\text{Re}\{z\} = a = r \cos(\alpha)$
 - ▶ parte imaginária: $\text{Im}\{z\} = b = r \sin(\alpha)$
- ▶ Forma polar: $z = re^{j\alpha} = r \angle \alpha$
 - ▶ módulo: $|z| = r = \sqrt{a^2 + b^2}$
 - ▶ argumento: $\arg(z) = \alpha = \arctan\left(\frac{b}{a}\right)$



Números Complexos (cont.)

- ▶ Conjugado: $z^* = a - jb = re^{-j\alpha} = r\angle -\alpha$
- ▶ Para $z_1 = a_1 + jb_1 = r_1\angle\alpha_1$ e $z_2 = a_2 + jb_2 = r_2\angle\alpha_2$
 - ▶ Adição: $z = z_1 + z_2 = a_1 + a_2 + j(b_1 + b_2)$
 - ▶ Subtração: $z = z_1 - z_2 = a_1 - a_2 + j(b_1 - b_2)$
 - ▶ Produto: $z = z_1 \cdot z_2 = r_1 r_2 \angle (\alpha_1 + \alpha_2)$
 - ▶ Divisão: $z = z_1 \div z_2 = \frac{r_1}{r_2} \angle (\alpha_1 - \alpha_2)$
- ▶ Exemplo: $z_1 = 8 + j6 = 10\angle 36,9^\circ$ e $z_2 = 3 - j4 = 5\angle -53,1^\circ$
 - ▶ Adição: $z = z_1 + z_2 = 11 + j2 = 11,2\angle 10,3^\circ$
 - ▶ Subtração: $z = z_1 - z_2 = 5 + j10 = 11,2\angle 63,4^\circ$
 - ▶ Produto: $z = z_1 \cdot z_2 = 50\angle -16,2^\circ = 48,0 - j13,9$
 - ▶ Divisão: $z = z_1 \div z_2 = 2\angle 90^\circ = j2$

Carga Elétrica

- ▶ Macroscopicamente a matéria é eletricamente neutra na maioria das situações
 - ▶ Exceções: nuvens em uma tempestade, pessoas roçando o tapete em clima seco, placas carregadas de um capacitor, etc.
- ▶ Microscopicamente a matéria é cheia de cargas elétricas
- ▶ Elétrons movem-se entre pontos com diferentes potenciais elétricos
- ▶ A velocidade de deslocamento varia com a diferença de potencial (campo elétrico) e a facilidade de movimentação (propriedades da matéria)
- ▶ Unidade de carga elétrica: Coulomb [C], pelo físico francês Charles-Augustin de Coulomb
 - ▶ Um elétron tem uma carga de $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C (um próton tem a mesma carga mas com polaridade oposta)
- ▶ Movimentação de cargas elétricas produz corrente elétrica

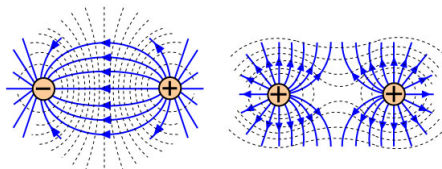


Charles-Augustin de Coulomb (born 14 June, 1736 — died 23 August, 1806) was a French military engineer and physicist. He is best known for the description of the electrostatic force of attraction and repulsion.

Campos Elétrico e Magnético

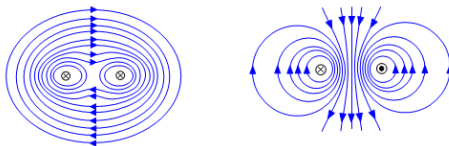
► Campo Elétrico

- Campo de força produzido por uma carga elétrica; atua sobre outras cargas colocadas em sua vizinhança



► Campo Magnético

- Campo de força produzido por uma carga elétrica em movimento; atua sobre outras cargas elétricas ou materiais magnéticos colocados em sua vizinhança



Grandezas Elétricas

► Tensão Elétrica [V ou v]

- É a diferença de potencial elétrico entre dois pontos
- Também conhecida como d.d.p. (ou diferença de potencial)
- Unidade: Volt [V], pelo físico italiano Alessandro Volta



Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (born 18 February, 1745 — died 5 March, 1827) was an Italian physicist, chemist, and pioneer of electricity and power who is credited as the inventor of the electric battery and the discoverer of methane.

► Convenção:

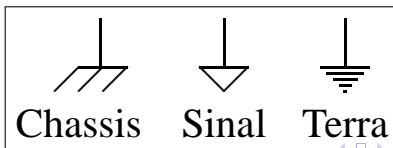
► $V_{AB} = V_A - V_B$ → d.d.p. entre os pontos A e B

► $V_A = V_A - V_{GND}$ → d.d.p. entre o ponto A e um referencial comum

► Referencial Comum: Terra, Chassis, *Ground*

► Tensão do referencial comum: $V_{GND} = 0\text{ V}$

► Símbolos:

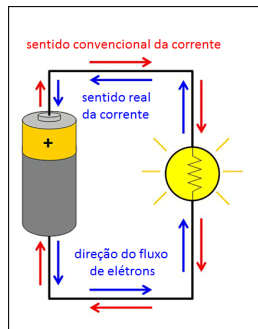


Grandezas Elétricas

- ▶ Corrente Elétrica [I ou i]
 - ▶ É o fluxo de partículas portadoras de carga elétrica por unidade de tempo
 - ▶ É produzida pela diferença de potencial elétrico entre as extremidades
 - ▶ Unidade: Ampère [A] = [C/s], pelo matemático e físico francês André-Marie Ampère
 - ▶ Convenção:
 - ▶ Sentido Convencional: corrente flui do ponto de maior potencial para o ponto de menor potencial
 - ▶ Sentido Real: corrente flui do ponto de menor potencial para o ponto de maior potencial



André-Marie Ampère (born 20 January, 1775 — died 10 June, 1836) was a French physicist and mathematician who was one of the founders of the science of classical electromagnetism.



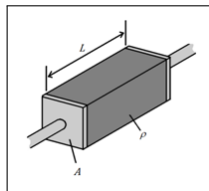
Grandezas Elétricas

▶ Resistência Elétrica [R]

- ▶ Característica de um corpo de se opor à passagem de corrente elétrica mesmo quando existe uma d.d.p. aplicada
- ▶ Unidade: Ohm [Ω], pelo físico alemão Georg Simon Ohm
- ▶ Depende basicamente do material e sua forma
 - ▶ Inversamente proporcional à seção transversal A
 - ▶ Diretamente proporcional ao comprimento L e à resistividade do material ρ



Georg Simon Ohm, (born March 16, 1789 — died July 6, 1854) was a German physicist who discovered the law, named after him, which states that the current flow through a conductor is directly proportional to the potential difference (voltage) and inversely proportional to the resistance.



Exemplos:

Material	Resistividade (ρ)
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$
Ouro	$2,4 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$
Silício	$640 \Omega\text{m}$
Água pura	$2,5 \cdot 10^5 \Omega\text{m}$
Borracha	$10^9 \Omega\text{m}$

▶ Condutância Elétrica [G]

- ▶ Inverso da resistência elétrica
- ▶ Unidade: Siemens [S], pelo inventor alemão Ernst Siemens

Grandezas Elétricas

► Potência Elétrica [P]

- É o trabalho realizado pela energia elétrica em um intervalo de tempo (ou em 1 segundo)
- Em circuitos elétricos: $P = V \cdot I$
- Elementos do circuito podem absorver ou fornecer energia
 - $P > 0$ → potência é absorvida pelo componente
 - $P < 0$ → potência é fornecida pelo componente
- Unidade: Watt [W], pelo engenheiro escocês James Watt



James Watt (born 19 January, 1736 — died 25 August, 1819) was a Scottish inventor, mechanical engineer, and chemist who improved the steam engine in 1776, which was fundamental to the Industrial Revolution.

► Energia Elétrica

- Energia = Potência · tempo
- Unidades
 - Joule [J] = [W · s], pelo físico britânico James Joule
 - kiloWatt-hora [kW-h], usado pelas empresas fornecedoras de energia

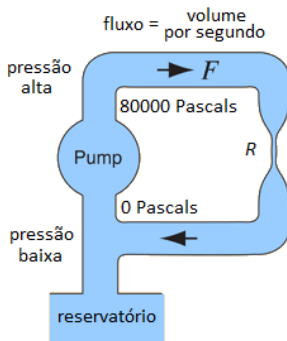
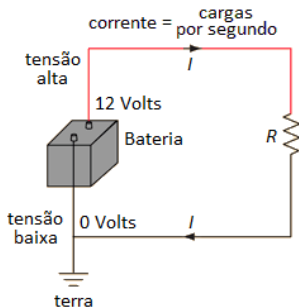


James Prescott Joule (born 24 December, 1818 — died 11 October, 1889) was an English physicist, mathematician and brewer. He studied the nature of heat, and discovered its relationship to mechanical work.

Grandezas Elétricas

► Analogia Elétrica-Hidráulica

Elétrico		Hidráulico
Tensão	\leftrightarrow	Pressão
Corrente	\leftrightarrow	Volume por segundo
Resistência	\leftrightarrow	Atrito



Grandezas Elétricas

► Múltiplos

Nome	Símbolo	Valor	Exemplos
kilo	k	$10^3 = 1000$	k Ω , kV, kHz
mega	M	$10^6 = 1000 \cdot 10^3$	M Ω , MHz
giga	G	$10^9 = 1000 \cdot 10^6$	G Ω , GHz
tera	T	$10^{12} = 1000 \cdot 10^9$	THz

► Submúltiplos

Nome	Símbolo	Valor	Exemplos
mili	m	$10^{-3} = 0,001$	mA, mH, ms
micro	μ	$10^{-6} = 10^{-3} \div 1000$	μ A, μ F, μ s
nano	n	$10^{-9} = 10^{-6} \div 1000$	nA, nF, ns
pico	p	$10^{-12} = 10^{-9} \div 1000$	pA, pF, ps

Grandezas Elétricas

- ▶ Uso de escala logarítmica: **decibel (dB)**
 - ▶ É uma unidade que indica a proporção de uma quantidade física (geralmente energia ou intensidade) em relação a um nível de referência especificado ou implícito [Wikipedia]
 - ▶ Relações:
 - ▶ Potência P expressa em dB em relação à potência de referência P_0 :

$$P_{dB} = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

- ▶ Tensão V e corrente I expressas em dB em relação às referências V_0 e I_0 :

$$V_{dB} = 20 \log \left(\frac{V}{V_0} \right)$$

e

$$I_{dB} = 20 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

- ▶ Pressão acústica p expressa em dB em relação à referência $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$:

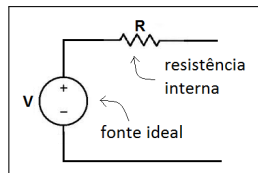
$$p_{dB} = 20 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)$$

- ▶ **dBm** ou **dBmW**: considera $P_0 = 10 \text{ mW}$

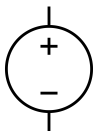
Componentes Elétricos

► Fonte de Tensão

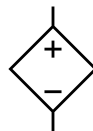
- Produz tensão elétrica, isto é, diferença de potencial (d.d.p.) elétrico entre os seus terminais
- Fonte ideal
 - Mantém tensão constante em seus terminais, para qualquer valor de corrente fornecida
 - Possui resistência interna nula (igual a zero)
- Fonte real
 - Tensão fornecida cai com o aumento da corrente
 - Possui resistência interna não nula
- Símbolos



Convencional



Controlada

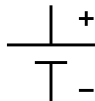


Componentes Elétricos

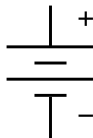
► Bateria

- Fonte de tensão onde a d.d.p. é geralmente produzida por reação química
- Símbolos representam pilha de placas metálicas, conforme invenção do físico italiano Alessandro Volta

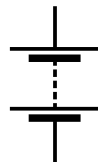
Uma Célula



Duas Células



Múltiplas Células



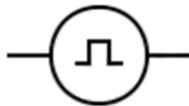
► Fontes de Sinais

- Fonte que produz tensão com o formato indicado

Senoidal



Pulso



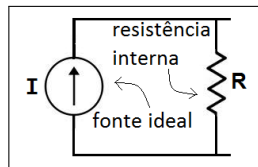
Triangular



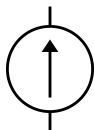
Componentes Elétricos

► Fonte de Corrente

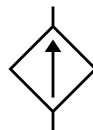
- Produz corrente elétrica entre os seus terminais
- Fonte ideal
 - Mantém corrente constante fluindo entre seus terminais, para qualquer circuito conectado
 - Possui resistência interna infinita
- Fonte real
 - Corrente fornecida cai com o aumento da tensão fornecida
 - Possui resistência interna não infinita
- Símbolos



Convencional



Controlada

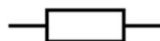


Componentes Elétricos

► Resistor

- Componente (usualmente com 2 terminais) que implementa resistência elétrica
- Podem ser fabricados de diversos compostos e filmes, além de ligas com alta resistividade, como níquel-cromo
- Dissipa energia em forma de calor
- Valor da resistência e tolerância
 - Indicado no corpo do componente, com números ou faixas de cores impressos
- Potência do componente
 - Indicado pelo tamanho

Fixo

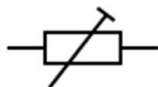
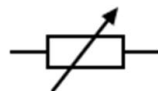
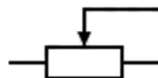


IEC



IEEE

Variável

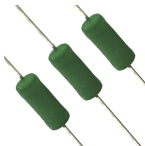


Resistores Comerciais

Fixo carbono



Fixo fio



Termistor (PTC e NTC)



Fotoresistor (LDR)



Potenciômetro



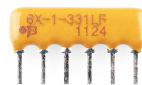
Potenciômetro deslizante



Trimpot



Array de resistores



Instrumentos de Medição

► Voltímetro

- Mede a d.d.p. (tensão elétrica) entre dois pontos do circuito
- Exibe o resultado por meio de um ponteiro móvel ou de um mostrador digital, de cristal líquido (LCD)

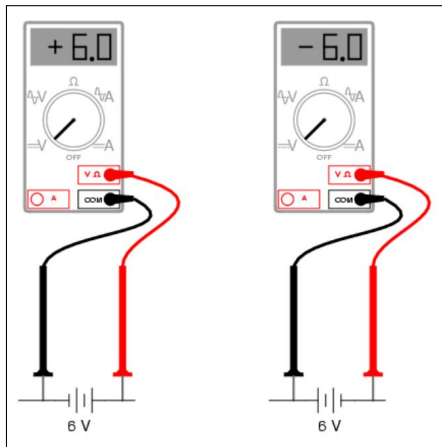
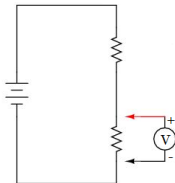
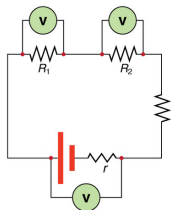


Instrumentos de Medição

► Voltímetro

► Ligação:

- Deve ser colocado em paralelo ao componente, isto é, entre os pontos onde existe a d.d.p. a ser medida
- O circuito deve estar energizado



Instrumentos de Medição

► Amperímetro

- Mede a corrente elétrica em um circuito
- Exibe o resultado por meio de um ponteiro móvel ou de um mostrador digital, de cristal líquido (LCD)

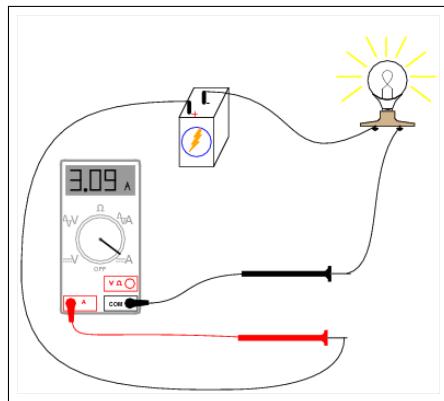
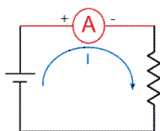


Instrumentos de Medição

► Amperímetro

► Ligação:

- Deve ser colocado em série ao componente, isto é, a corrente a ser medida deve atravessar o medidor
- O circuito deve estar energizado



Instrumentos de Medição

► Ohmímetro

- Mede a resistência elétrica
- Exibe o resultado por meio de um ponteiro móvel ou de um mostrador digital, de cristal líquido (LCD)

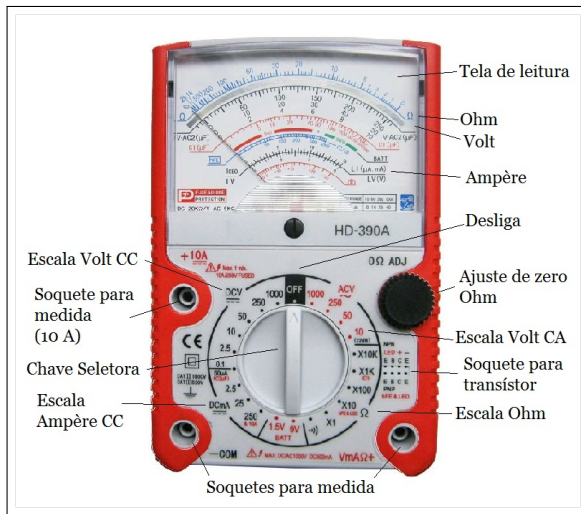


Instrumentos de Medição

- ▶ Multímetro (ou Multiteste)
 - ▶ Aparelho para medir grandezas elétricas
 - ▶ Medem tensão, corrente, resistência (alguns mais sofisticados medem capacitância, indutância, etc.)
 - ▶ Em geral possuem opção de teste de diodos e transistores
 - ▶ Modelo analógico
 - ▶ Possui mostrador analógico (com ponteiro)
 - ▶ Internamente utiliza um galvanômetro
 - ▶ Modelo digital
 - ▶ Possui mostrador digital (com números)
 - ▶ Internamente utiliza conversor analógico-digital

Instrumentos de Medição

► Multímetro Analógico



Instrumentos de Medição

► Multímetro Digital

