

INTERFACES SOFTWARE/HARDWARE

11497 : 2018-2019

Mestrado em Engenharia Informática

NOTAS COMPLEMENTARES

- Pedro Araújo
- Gab. 4.12 (sala 6.15 & 6.21)
- E-mail: paraujo@di.ubi.pt
- www.di.ubi.pt/~paraujo/ArquitecturaComputadoresII

OBJECTIVOS DA UNIDADE CURRICULAR

- 1) Conhecer os mecanismos de aquisição (input) de dados pelos computadores e o modo como estes podem controlar(output) os dispositivos a que se encontrem ligados;
- 2) Entender a estrutura e a tecnologia dos dispositivos periféricos que podem ser ligados a um computador, de modo a poder efectuar a sua selecção em face das necessidades de um projecto específico real;
- 3) Acompanhar a evolução e a aplicação das tecnologias, sendo capaz de entender os seus princípios e características, incluindo as mais inovadoras;
- 4) Desenvolver software optimizado, baseado no conhecimento das características do hardware aonde as aplicações irão ser executadas;

PROGRAMA PROPOSTO (temas a abordar, sem qualquer ordem específica)

Aulas teóricas (T)

- Conceitos introdutórios de eletrotecnia e eletrónica analógica e digital;
- Dispositivos periféricos usados para entrada e saída de dados – visão geral;
- Microprocessadores/microcontroladores;
- Conversão A/D e D/A;
- Aquisição de dados por computador (input);
- Controlo por computador (output);
- Barramentos e portas de comunicação (paralela, série, USB, outras);
- Sensores e redes de sensores;
- Tecnologias sem fios (Zigbee, Bluetooth, Wifi, outras);
- Integração com dispositivos móveis (Android, outros);
- Linguagens de descrição de hardware (Verilog, VHDL);
- Sistemas embutidos (electrodomésticos, automóveis, outros);
- Análise de aplicações (processamento de sinais, robótica, TV, sistemas médicos, edifícios inteligentes, smart cities entre outros);

Aulas práticas (P)

- Pesquisas sobre temas propostos;
- Apresentação e realização de trabalhos práticos sobre a matéria abordada nas aulas;
- Palestras por convidados;

MATERIAL DE APOIO

Apontamentos das aulas: [[ACETATOS](#)]

- 1) [IntroducaoEletronicaArtistas.pdf](#) [IntroducaoEletronicaArtistas.zip](#)
- 2) [IntroducaoEletronica.pdf](#)
- 3) [ABC DOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS EM CORRENTE CONTÍNUA](#)
- 4) [Digital Design and Computer Architecture.pdf](#)

BIBLIOGRAFIA

- [1] “Electrónica Analógica”, [Acácio Manuel Raposo Amaral](#), ISBN: 9789726188773, 2017, Edições Sílabo.
- [2] “Sistemas Digitais”, [Acácio Manuel Raposo Amaral](#), ISBN: 9789726187677, 2014, Edições Sílabo.
- [3] “Computer Organization & Design: The Hardware/Software Interface”, David A. Patterson, John L. Hennessy; Morgan Kaufmann Publishers, 2nd Edition, 1997.
- [4] “Hardware/Firmware Interface Design: Best Practices for Improving Embedded Systems Development”, [Gary Stringham](#); Newnes, 1th edition, 2009.
- [5] Bases de dados de artigos científicos (IEEExplore, Portal da ACM, Elsevier, Springer, Wiley, Kluwer, etc.).
- [6] Textos disponibilizados na página da disciplina.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Classificação final: $CF = T + P$

T(parte teórica) = 8 valores – parte teórica, frequência ou exames

P(parte prática) = TPI + TPF

TPI = 4 valores – trabalho de pesquisa, com apresentação/discussão na aula (power point) – 1 tema para 2 grupos;

TPF = 8 valores – trabalho prático, baseado em Arduino/Rpi, com relatório, sistema físico e apresentação/discussão na aula – 1 tema para 2 grupos;

Admissão a Exame: $F \geq 6$ & realização da frequência e de ambos os projetos (os três elementos de avaliação são obrigatórios)

Nota final: CF ou P+Exame

Melhoria de classificação: apenas possível para T, contando a melhor nota.

Alunos especiais (trabalhadores estudantes, etc): à partida têm de cumprir os critérios anteriores, mas devem contactar o docente para que o seu caso seja estudado em particular.

Datas

Freq: 2019/06/05

TPI: temas: 2019/03/27 , apresentação/discussão : 2019/04/10

TPF: temas: 2019/04/17 , apresentação: 2018/05/29

Definições

Sistema: conjunto de dispositivos e/ou componentes interligados que desempenham uma função complexa.

Sistema analógico/digital: constituído por vários blocos, que no conjunto desempenham determinada função.

Ex1 (analógico): Televisor = circuito de imagem + circuito de som + ...

Ex2 (digital): Processador = memória + controladores + unidade lógica aritmética + ...

Dispositivo: circuito constituído por vários componentes que desempenha uma função simples.

Ex1 (analógico): amplificadores, osciladores, ...

Ex2 (digital): contadores, somadores, registos, ...

Componente: cada uma das partes que constituem um dispositivo

Ex: resistências, condensadores, transistores, circuitos integrados,...

Circuito integrado (chip): circuito em que os diversos componentes estão integrados sobre uma mesma base (substrato ou plataforma)

Elementos de Circuitos

- **Conceitos básicos:** corrente , tensão (voltagem,diferença de potencial-ddp), resistência
- **Isoladores, condutores, semicondutores:** impedem ou permitem a passagem de corrente eléctrica
- **Lei de Ohm:** lei fundamental da electrotecnia/electrónica
- **Fontes de alimentação:** fornecem energia eléctrica aos circuitos
- **Resistências:** transformação da energia eléctrica em energia térmica, associações série/paralelo, divisor de tensão e potenciômetro/resistência ajustável
- **Potência e energia**
- **Leis de Kirchhoff**
- **Condensadores**
- **Relays, transformadores**
- **Diodos:** rectificadores, LED, foto-diodos, Zener
- **Transistores:** BJT , FET
- **Corrente alternada (CA):** conversão CA-CC (corrente alternada – corrente contínua)
- **Aquisição de sinais:** conversão analógico-digital (AD) e digital-analógico (DA)

Trabalho de Pesquisa 1

Conceitos básicos:

- corrente
- tensão
- resistência

➤ O que significam?

➤ Como se relacionam?

Conceitos básicos: Corrente e Tensão

Carga eléctrica : responsável pelas forças de atracção/repulsão entre partículas carregadas

- a carga pode ser positiva ou negativa
- cargas do mesmo nome repelem-se e de nomes diferentes atraem-se
- átomo: electrão→carga negativa protão→carga positiva neutrão→sem carga
- as cargas podem transferir-se (ex. ao esfregar um objeto de plástico num pano de lã)
- a transferência de carga corresponde a:
 - 1) processo de transferência de energia – ex. cabos de transmissão de energia eléctrica
 - 2) processo de transferência de informação (através das variações na taxa de transferência de carga) – ex. sistemas de comunicações (telefone, televisão)

Corrente eléctrica – I : medida da taxa em que a carga se está a movimentar através de uma determinada superfície e num certo sentido, tem como unidade o Ampère (A)

- a corrente eléctrica, sendo um movimento de cargas, define-se pela sua intensidade e sentido;
- são os electrões que se movimentam, ou seja, partículas de carga negativa (podendo no entanto ser elementos de carga positiva a movimentarem-se);
- chama-se corrente contínua (cc) a uma corrente constante em termos do sentido em que flui;

Tensão eléctrica – U : a acumulação de cargas em um ponto em relação a outro, leva ao aparecimento de uma diferença de potencial, ou voltagem, ou tensão, proporcional à diferença de cargas entre os dois pontos. Essa tensão é responsável pela capacidade de movimentar as cargas ao longo do circuito, tem como unidade o Volt (V).

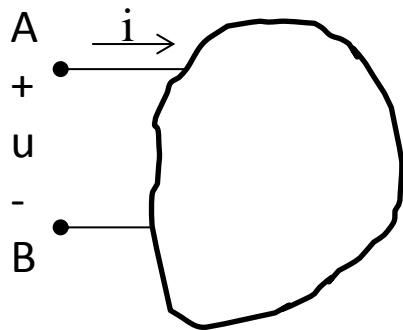
Conceitos básicos: isolantes, semicondutores, condutores

- **Isolador** (ou dielétrico) – mau condutor de corrente eléctrica, não se deixa facilmente atravessar pelo fluxo de cargas; Exs: borracha, silicone, vidro, cerâmica, ar, papel, madeira, água pura.
- **Semicondutor** – apresentam condutividade entre os isolantes e os condutores, não sendo bons condutores nem bons isolantes. Dois exemplos são o germânio e o silício, sendo este último o mais utilizado, devido às suas melhores características e também por ser muito abundante à face da Terra (é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre a seguir ao oxigénio). Em comparação com os metais e os isolantes, as propriedades eléctricas dos semicondutores são afetadas por variações de temperatura, pressão, luz, etc, bem como pela adição de impurezas. Isto permite a construção de sensores bem como de dispositivos eletrónicos (transistores, circuitos integrados).
- **Condutor** – bom condutor de corrente eléctrica, deixa-se atravessar facilmente pelo fluxo de cargas; Exs: metais na sua maioria, mas também não metais como grafite, água salgada ou qualquer material em estado de plasma. Nos metais a prata é o melhor condutor, seguido do cobre, ouro e alumínio. Os condutores podem ser melhores ou piores, na medida em que oponham grande resistência ou menor resistência à passagem da corrente eléctrica.

Elementos de Circuito

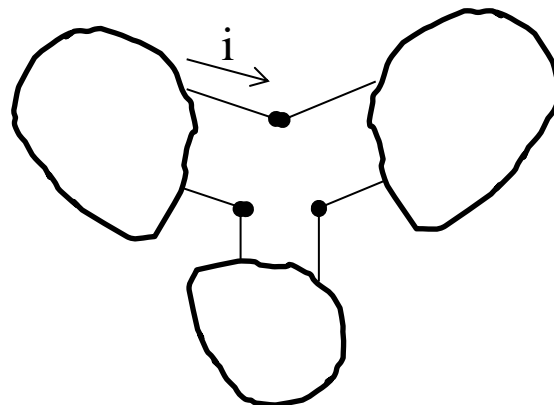
Elemento de circuito - modelo matemático para os dispositivos físicos reais

- elemento geral de circuito: pode ser decomposto em um ou mais elementos simples;
- elemento simples de circuito: não pode ser dividido em elementos mais simples, ficando completamente caracterizado pela relação entre a tensão (u) e a corrente (i) nos seus terminais;



elemento geral de circuito: caracterizado por um par de terminais, (A,B) aos quais outros elementos podem ser ligados

Circuito elétrico: composto por um conjunto de elementos de circuito de tal modo que exista pelo menos um percurso fechado para que possa estabelecer-se uma corrente.



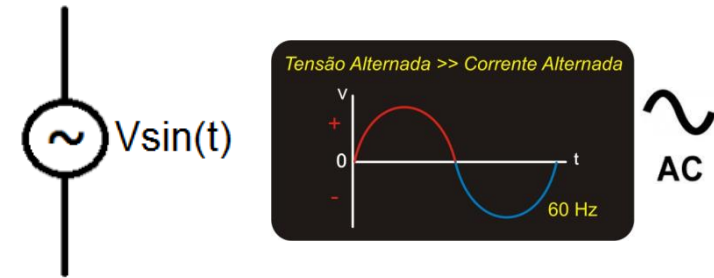
Elementos de Circuito - fontes

Fonte de tensão independente: caracterizada por uma tensão nos seus terminais que não depende da corrente que a atravessa

- tensão contínua (DC-direct current) se o sentido da tensão nunca muda (ex. pilhas, baterias);
- tensão alternada (AC-alternate current) se o sentido da tensão muda periodicamente (ex. rede eléctrica, alternadores dos automóveis);



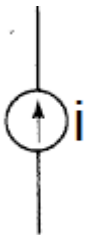
fontes de tensão contínua (DC) - ideal



fonte de tensão alternada (AC) - ideal

Fonte de corrente independente: caracterizada pelo fornecimento de uma corrente que não depende da tensão nos seus terminais

- corrente contínua se o sentido da corrente nunca muda;
- corrente alternada se o sentido da corrente muda periodicamente;

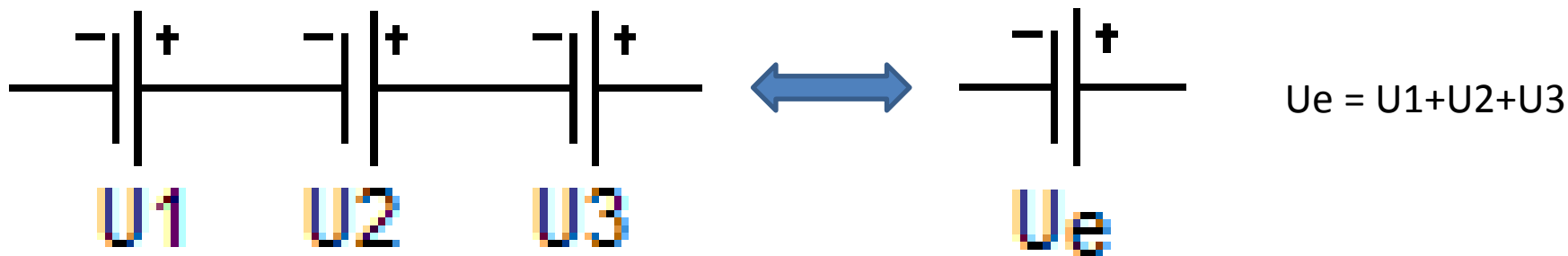


fonte de corrente contínua

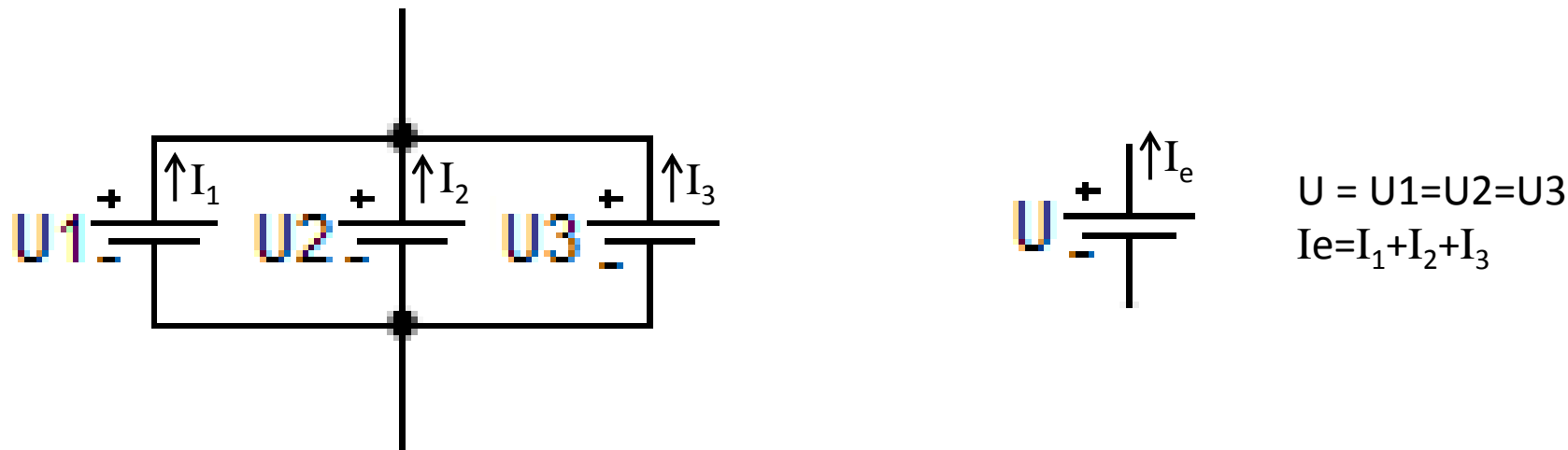
Elementos de Circuito – associação de fontes

As fontes, (pilhas, baterias) podem associar-se em série ou em paralelo, consoante o objectivo que se pretende atingir.

Se ligarmos, sucessivamente, o polo negativo de uma bateria ao polo positivo de outra, consegue-se um agrupamento com uma f.e.m. superior à de cada bateria e igual à soma de todas as f.e.m:

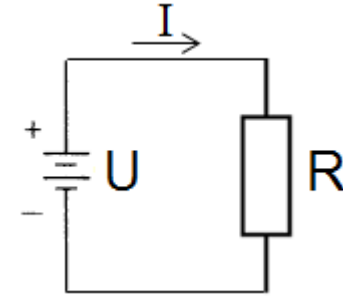


Se pretendermos uma fonte CC que debite correntes mais elevadas do que uma só bateria, agrupamos várias baterias em paralelo (note-se que as baterias têm de ter f.e.m. iguais):



Conceitos básicos: Lei de Ohm

Se aplicarmos uma fonte de tensão (U) a um circuito eléctrico, vai estabelecer-se uma corrente (I) com um sentido e valor que dependem dos vários elementos do circuito.



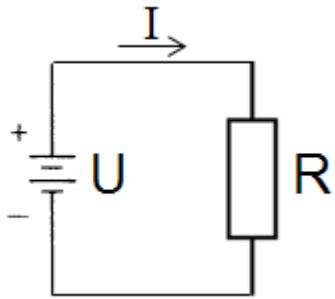
Sentido da corrente - podem considerar-se dois sentidos:

- 1) sentido real: como a corrente eléctrica corresponde ao movimento dos electrões - cuja carga é negativa - o sentido real da corrente é saindo do pólo negativo da fonte , atravessando o circuito e regressando à fonte pelo pólo positivo;
- 2) sentido convencional: no início dos estudos sobre electricidade, estabeleceu-se que a corrente seria do pólo positivo para o negativo, este sentido (embora incorreto) na maioria dos casos não interfere com a análise/projeto dos circuitos, pelo que normalmente é o usado.

Valor da corrente: Lei de Ohm (em homenagem a George Simon Ohm, 1789-1854)

- a voltagem (U) através de um elemento de circuito simples é directamente proporcional à corrente (I) que o atravessa, onde a constante de proporcionalidade é a resistência (R): $U = R * I$ [Volt]
- num elemento de circuito a intensidade de corrente eléctrica (I) é directamente proporcional à tensão (U) aplicada ao circuito e inversamente proporcional à resistência (R) do mesmo: $I = U / R$ [Ampére]
- resistência : $R = U / I$, unidade de resistência – Ohm [Ω] $1\Omega = 1V/1A$

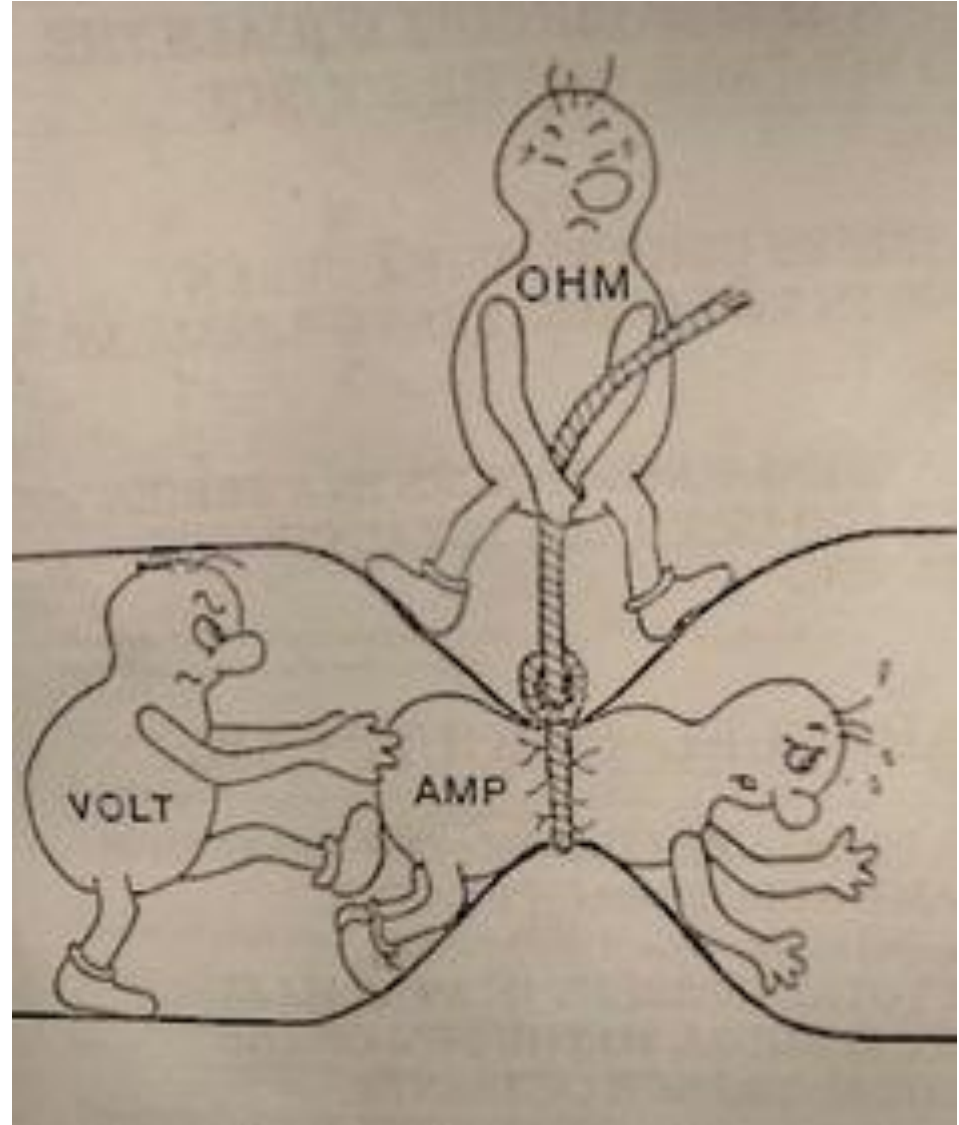
Lei de Ohm



$$I[\text{Ampère}] = U[\text{Volt}] / R[\text{Ohm}]$$

$$U[\text{Volt}] = R[\text{Ohm}] * I[\text{Ampère}]$$

$$R[\text{Ohm}] = U[\text{Volt}] / I[\text{Ampère}]$$



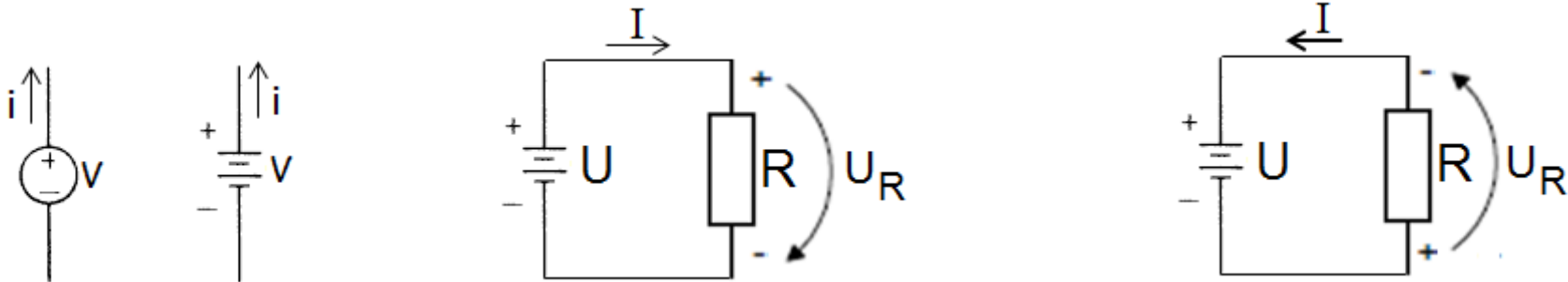
Sentido da tensão e da corrente eléctrica

Em tudo o que se segue assume-se o sentido convencional da corrente eléctrica.

Num elemento como uma fonte de tensão (U) a funcionar como gerador, a corrente sai do pólo positivo, atravessa o circuito ligado à fonte (R - habitualmente designado por carga) e regressa a esta pelo pólo negativo – dizemos portanto que vai do pólo positivo (+) para o pólo negativo (-). Já dentro da fonte o sentido é do pólo negativo (-) para o positivo (+).

Num elemento passivo ou receptor, como uma resistência R , ao ser atravessado por uma corrente I , desenvolve-se uma tensão U_R com o pólo positivo (+) no terminal por onde entra a corrente e pólo negativo (-) por onde sai a corrente e cujo valor é dado pela lei de Ohm.

Note-se que outros sentidos podem ser considerados desde que se indiquem os sinais apropriados. Por exemplo $-I$ significa que a corrente é ao contrário do que está marcado e não que é uma “corrente negativa”. Do mesmo modo $-U_R$ significa que a tensão é ao contrário do que foi marcado.



Ex: $U=10V$, $U_R=10V$ $R=5\Omega$
 $I=U_R/R=10/5=2A$

Ex: $U=10V$, $U_R=-10V$ $R=5\Omega$
 $I=U_R/R=-10/5=-2A$

Conceitos básicos: Lei de Ohm (cont.)

Exemplo1: uma bateria de $U=12V$ fornece uma corrente $I=2A$ a uma lâmpada. Qual a resistência dessa lâmpada?

Resposta1: $R = U / I = 12 / 2 = 6\Omega$

Exemplo2: uma resistência é de 5Ω é ligada a uma bateria de $24V$. Qual a corrente que atravessa essa resistência?

Resposta2: $I = U / R = 24 / 5 = 4.8A$

Exemplo3: uma corrente de $1.2A$ é medida numa resistência de 15Ω . Qual a tensão que está aplicada à resistência?

Resposta3: $U = R * I = 15 * 1.2 = 18V$

Além das unidades fundamentais de corrente[*Ampère (A)*], tensão[*Volt(V)*] e resistência[*Ohm (Ω)*], é frequente a utilização de múltiplos e submúltiplos destas unidades. Os mais utilizados são:

Múltiplo/Submúltiplo	Símbolo	Valor
Tera	T	10^{12}
Giga	G	10^9
Mega	M	10^6
Kilo	K	10^3
----- unidade fundamental -----		
Mili	m	10^{-3}
Micro	μ	10^{-6}
Nano	n	10^{-9}
Pico	p	10^{-12}

Exemplo4: uma pilha de $9V$ fornece uma corrente de $2mA$ a uma resistência. Qual o valor dessa resistência?

Resposta4: $R = U / I = 9 / 2 * 10^{-3} = 4500\Omega = 4.5K\Omega = 4K5\Omega$

Exemplo5: uma resistência de $2M\Omega$ é ligada a uma pilha de $1.5V$. Qual a corrente que atravessa essa resistência?

Resposta5: $I = U / R = 1.5 / 2 * 10^6 = 0.75 * 10^{-6} = 0.75\mu A$

Potência e energia

A oposição à passagem da corrente, ou seja a resistência de uma material, leva ao aquecimento desse material, ou seja, a transformação da energia eléctrica em energia calorífica, transformação essa conhecida por efeito de Joule.

Potência (P) - energia (ou trabalho) produzida ou consumida por unidade de tempo, medindo-se em *Joule* / segundo (J/s).

Em electrotecnia utiliza-se o *Watt* (W) para unidade de potência eléctrica e o Watt-hora (Wh) como unidade de energia (unidade que aparece referenciada nas facturas de electricidade).

A potência de um receptor está relacionada com a sua resistência (R), com a corrente (I) que o percorre e a tensão (U) aos seus terminais, da seguinte forma:

$$P = U * I = R * I^2 = U^2 / R \text{ [W]}$$

Estas relações são úteis, por exemplo, para saber qual a corrente que é consumida por um receptor de uma dada potência e uma dada tensão nominais, ou para saber que potência é consumida por uma resistência, quando se aplica uma dada tensão, etc

Quanto maior a potência de um receptor eléctrico, maior capacidade de produzir trabalho ele terá, mas também maior quantidade de energia eléctrica ele consumirá.

Exemplo: Qual a corrente consumida por uma lâmpada de 60 W, sabendo que para a alimentar se utiliza uma bateria de 12 V?

Resolução: $I = P / U = 60 / 12 = 5 \text{ A}$

Elementos de Circuito - resistências

A condutividade elétrica de um material é uma medida da sua capacidade de conduzir corrente elétrica. O inverso da condutividade é a **resistência**, que mede quanto o material limita a passagem de corrente. A resistência elétrica é medida em **Ohms (Ω)** em homenagem ao cientista alemão **Georg Simon Ohm** (1789-1854). Metais como cobre e prata, usados em fios e circuitos impressos, possuem uma resistência muito baixa (da ordem de bilionesimos de ohm).

Resistências são componentes de dois terminais que possuem um valor de resistência bem definido. Podem ser usados para controlar o fluxo de corrente e/ou para dividir a tensão. Variam em tamanho, tipo de material usado na sua construção, precisão e capacidade de dissipar calor (potência).

Unidade – múltiplos e submúltiplos mais usuais:

$$1\text{M}\Omega = 10^6\Omega : \text{mega-ohm}$$

$$1\text{K}\Omega = 10^3\Omega = 1000\Omega : \text{kilo-ohm}$$

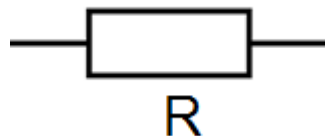
$$\Omega : \text{ohm}$$

$$\text{m}\Omega = 10^{-3}\Omega : \text{mili-ohm}$$

Em resistências comerciais é comum representar valores fracionários com k ou M no lugar da vírgula, e omitir o símbolo Ω , ou substituí-lo por R.

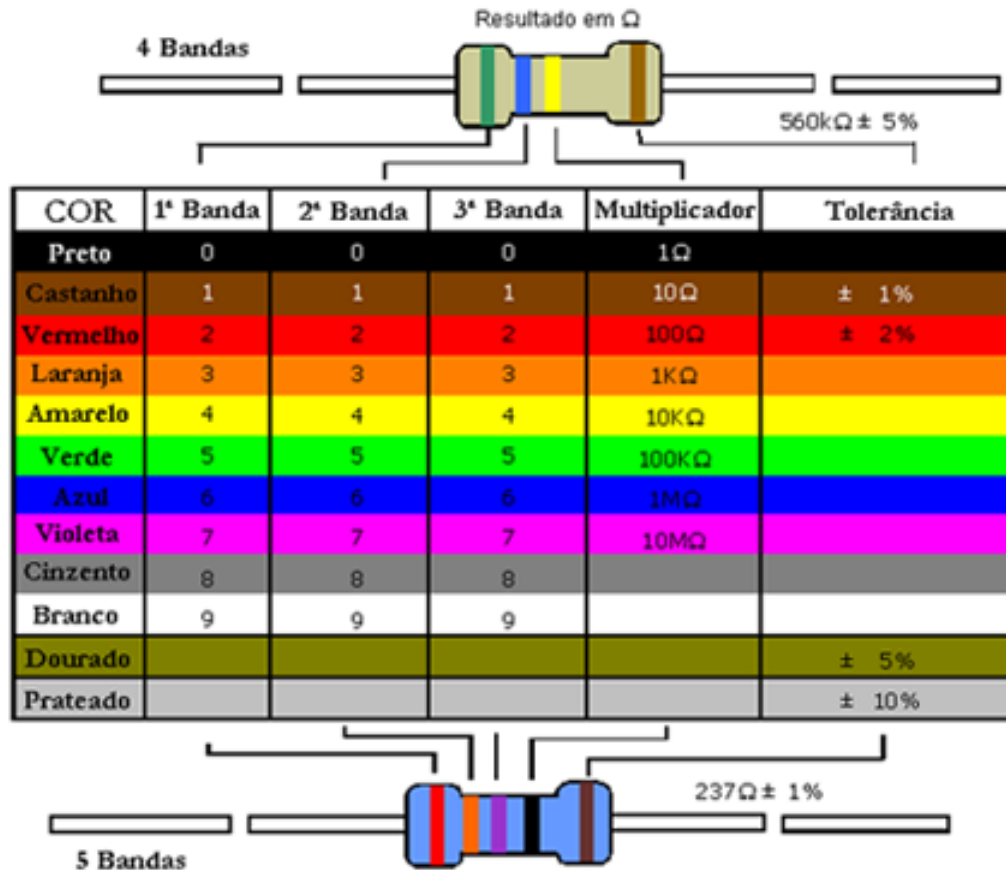
Exemplos: 2M2 = 2,2M Ω , 3k3 = 3,3k Ω , 10R = 10 Ω

Em esquemas elétricos, as resistências são representadas pelos símbolos alternativos abaixo:



Elementos de Circuito - resistências

marcação do valor das resistências - código das cores



Multiplicador = $10^{\text{algarismo correspondente à cor}}$

Ex: resistência de 4 bandas

1ª banda = castanho $\rightarrow 1$

2ª banda = verde $\rightarrow 5$

3ª banda(multiplicador)=vermelho $\rightarrow 2$

$R = 15 \cdot 10^2 = 15 \cdot 100 = 1.5K\Omega = 1K5$

A tolerância significa que, se uma resistência tem valor nominal $R(\Omega)$ e uma tolerância de $T(\%)$, então ela poderá ter qualquer valor entre $R \pm T$:

ex1: $1.5K\Omega \pm 1\%$, [1485,1515] Ω

ex2: $1.5K\Omega \pm 5\%$, [1425,1575] Ω

Aplicações on-line para cálculo do valor de resistências:

http://www.audioacustica.com.br/exemplos/Valores_Resistores/Calculadora_Ohms_Resistor.html

http://www.novaeletronica.com.br/ferramentas_online/cores-de-resistor-online.php

Elementos de Circuito - resistências

marcação do valor das resistências

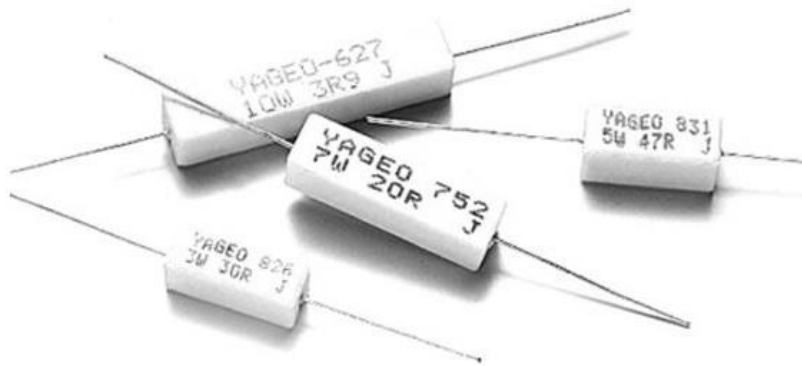
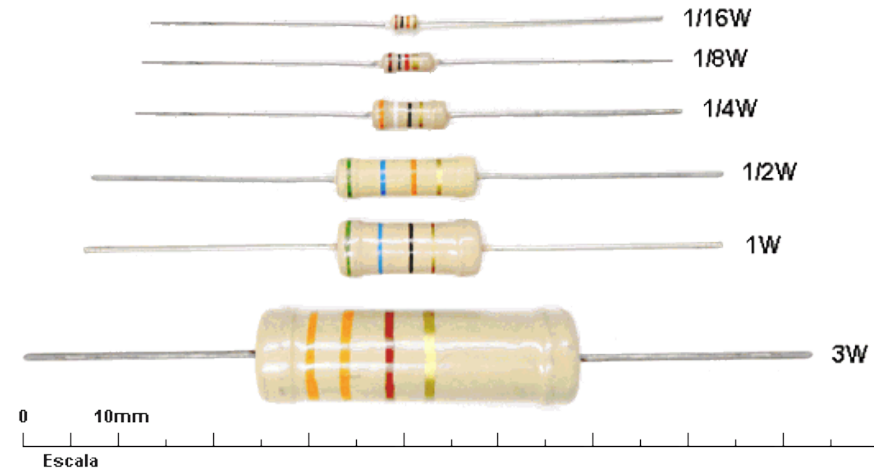
Um outro parâmetro das resistências é a sua potência, a qual se refere ao calor suportado pela resistência sem se queimar. Em electrónica são comuns resistências entre 1/16W e 1W. A potência não costuma estar marcada na própria resistência (excepto em certos casos), sendo determinada pelo tamanho da resistência.

ex1. $R=1K\Omega$, $P= \frac{1}{4}W \rightarrow$ corrente máxima suportada ?

$$P=R \cdot I^2 \rightarrow 0.25=10^3 \cdot I^2 \rightarrow I \approx 16mA$$

ex2. $R=1K\Omega$, $P= 1W \rightarrow$ corrente máxima suportada ?

$$P=R \cdot I^2 \rightarrow 1=10^3 \cdot I^2 \rightarrow I \approx 32mA$$



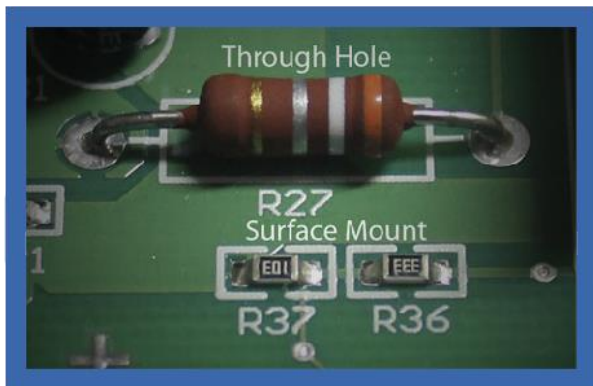
Resistências de potência: os valores estão marcados no corpo das resistências

Elementos de Circuito

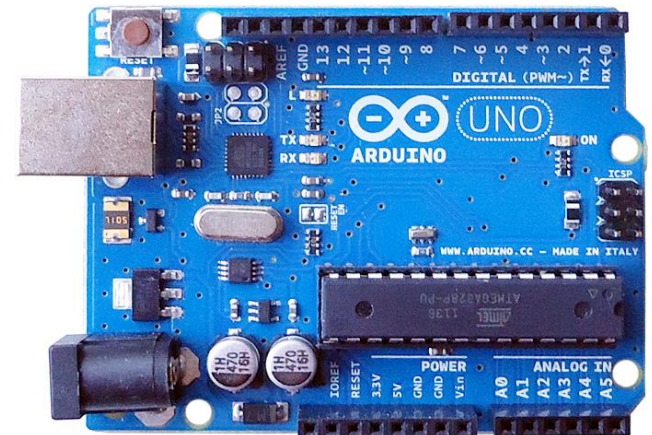
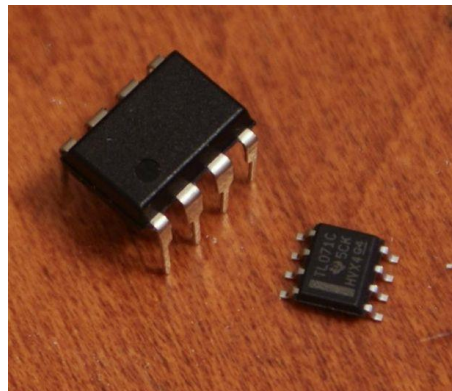
Tecnologia *through-hole* e SMD (*Surface-Mount Device*)

As resistências anteriores são exemplos da tecnologia “through-hole” em que os componentes dispõem de terminais ou pinos, que são inseridos em orifícios abertos nas placas de circuito impresso PCB(Printed Circuit Board) sendo depois soldados do lado oposto.

Em alternativa, os componentes SMD(Surface Mounted Devices) de montagem superficial, são montados diretamente sobre a superfície da PCB, permitindo o aproveitamento de ambas as faces. Estes componentes geralmente são menores do que os equivalentes *through-hole* porque possuem terminais muito curtos e justos ao corpo do componente.






Componentes through-hole e SMD



Placa Arduino: through-hole + SMD

Elementos de Circuito – resistências SMD

marcação do valor das resistências (3 dígitos)

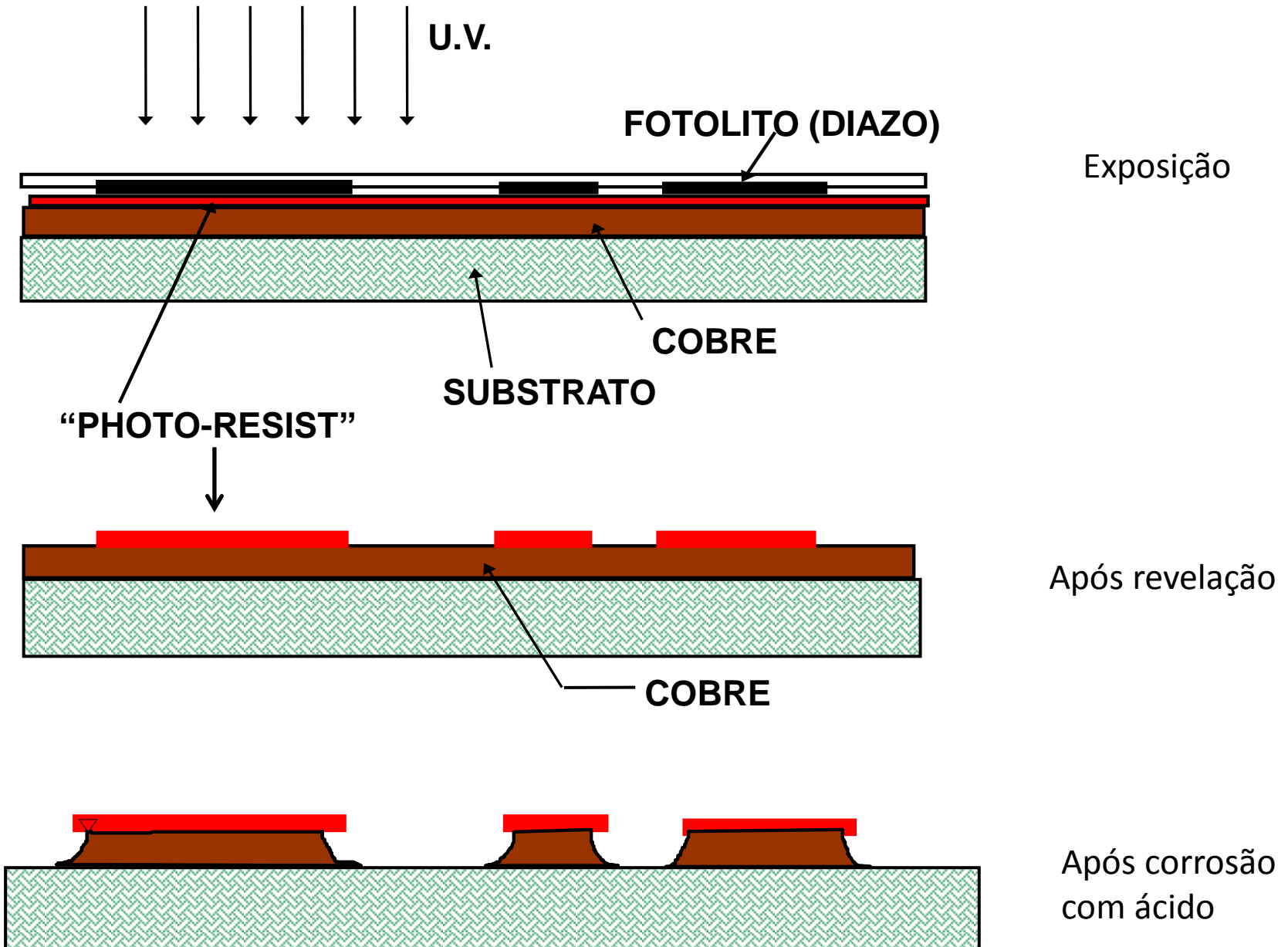
Componente	Codificação	Exemplo
	1ºValor=1º número 2ºValor=2º número 3ºValor=Multiplicador	Neste exemplo a resistência tem um valor de: 1200 ohms = 1K2
	1ºValor=1º número O "R" indica vírgula 3ºValor=2º número	Neste exemplo a resistência tem o valor de: 1,6 ohms
	" R " indica " 0. " 2º Valor = 2º número 3º Valor = 3º número	Neste exemplo a resistência tem o valor de: 0.22 ohms

SMD Resistor Calculator 3 e 4 dígitos: <https://www.electronica-pt.com/smd-code>

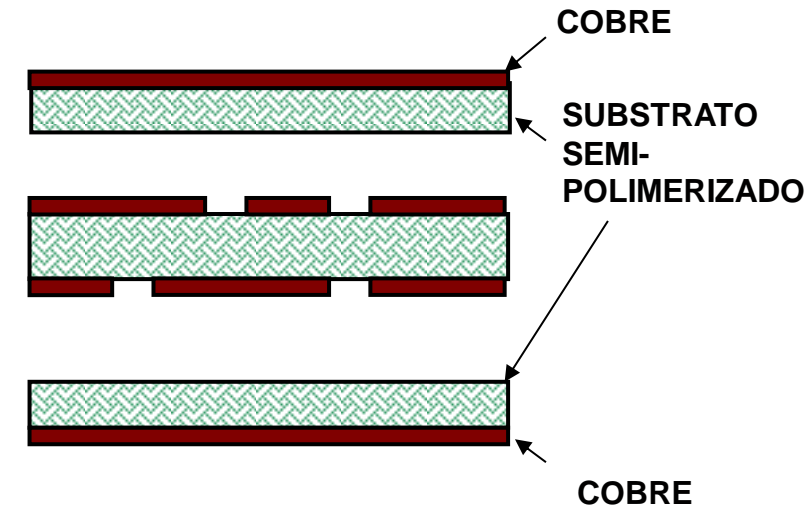
Circuitos Impressos : PCB-Print Circuit Board

- Funções essenciais:
 - Suporte mecânico dos componentes
 - Propriedades do substrato
 - Ligações eléctricas dos circuitos
 - Pistas (cobre)
 - Ilhas (soldagem)
 - Vias (Ligação entre faces opostas)
- Funções secundárias:
 - Dissipação de calor
 - Blindagem electrostática
 - Elementos de circuito
 - Bobines
 - Microlinhas
 - Contactos
 - Identificação de componentes
 - Serigrafia

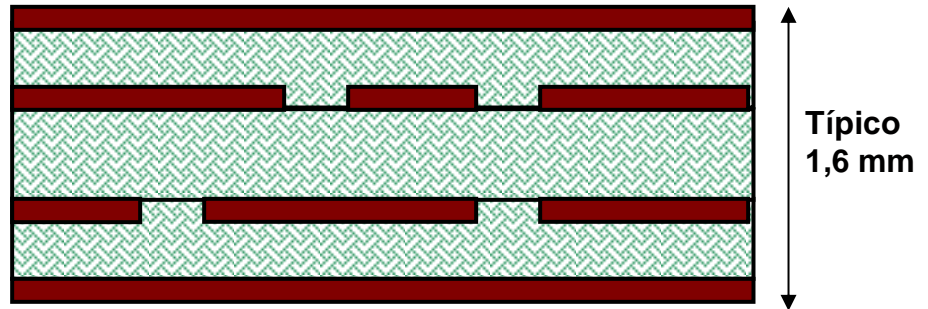
PCB - fabricação: processo fotográfico



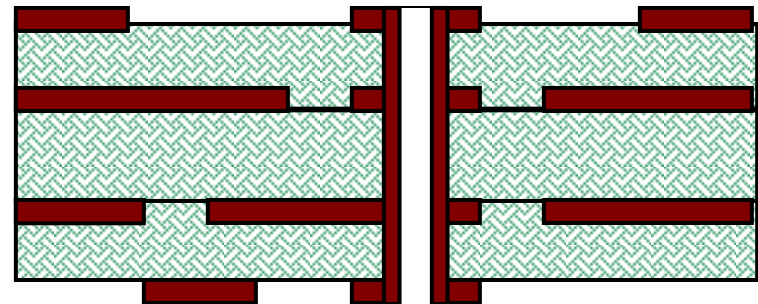
Circuito Impresso 4 Camadas



Preparação para laminação

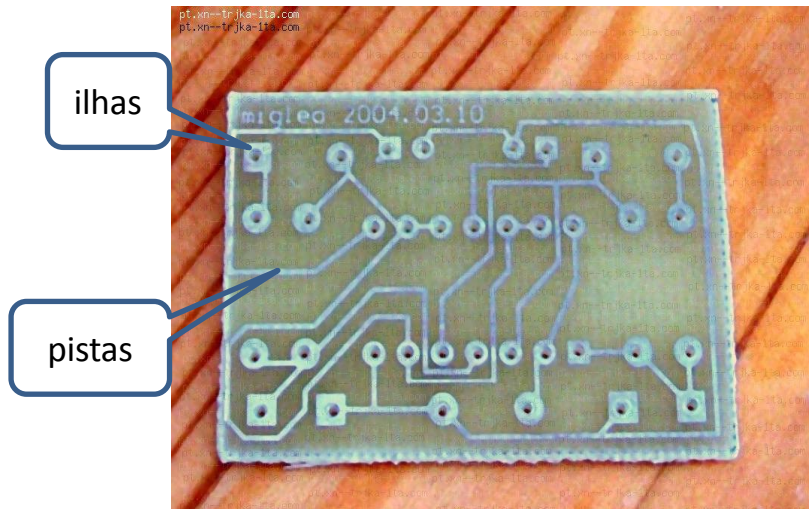
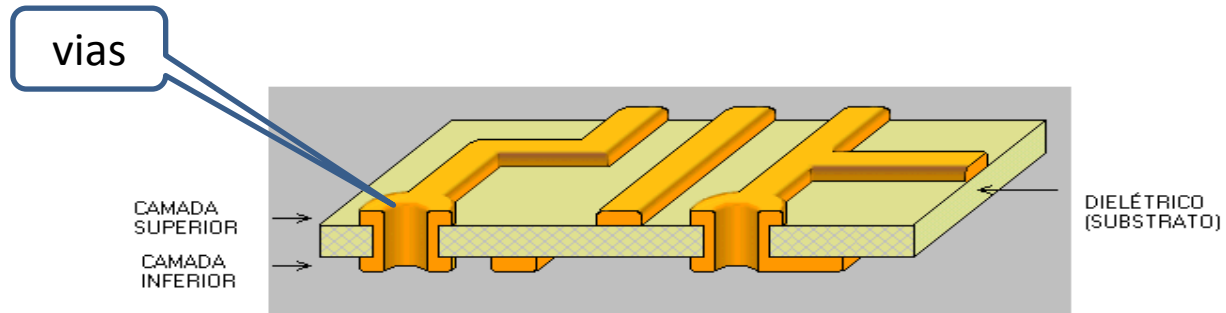


Após laminação

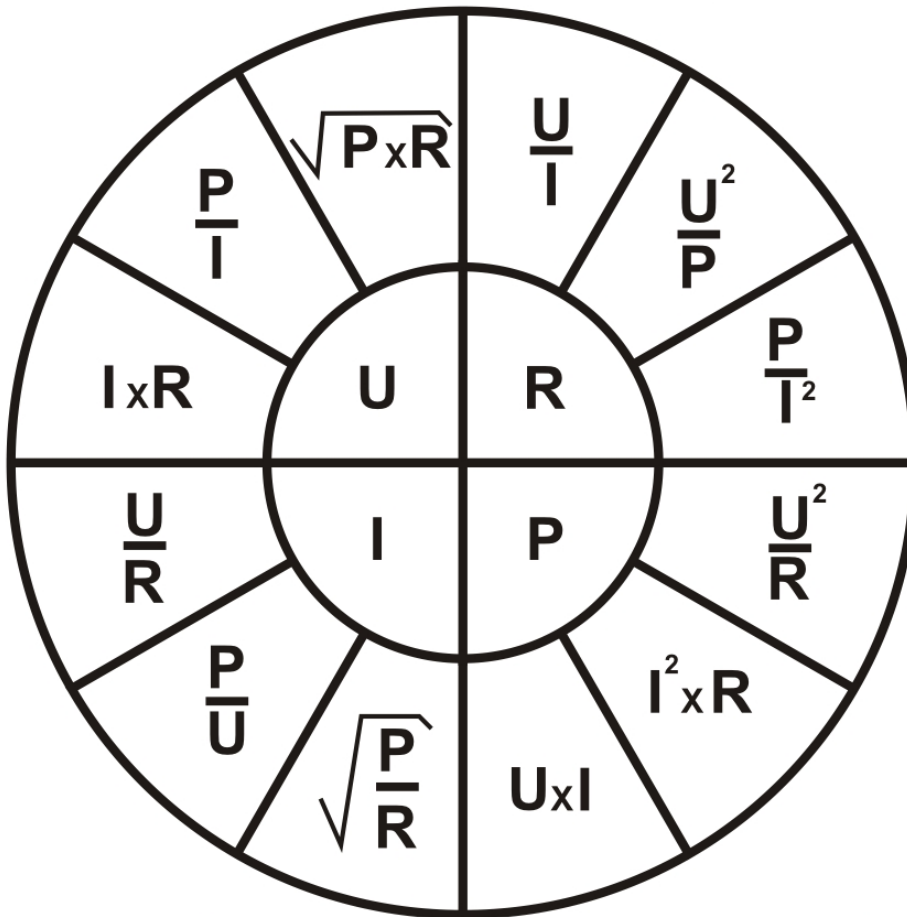


Após processamento das faces externas
(mesmo processo que dupla face)

PCB – Printed Circuit Board : dupla face (furo metalizado)



Regra Prática



U – tensão [V-Volt]

R – resistência [Ω -Ohm]

I – corrente [A-Ampère]

P – potência [W-Watt]

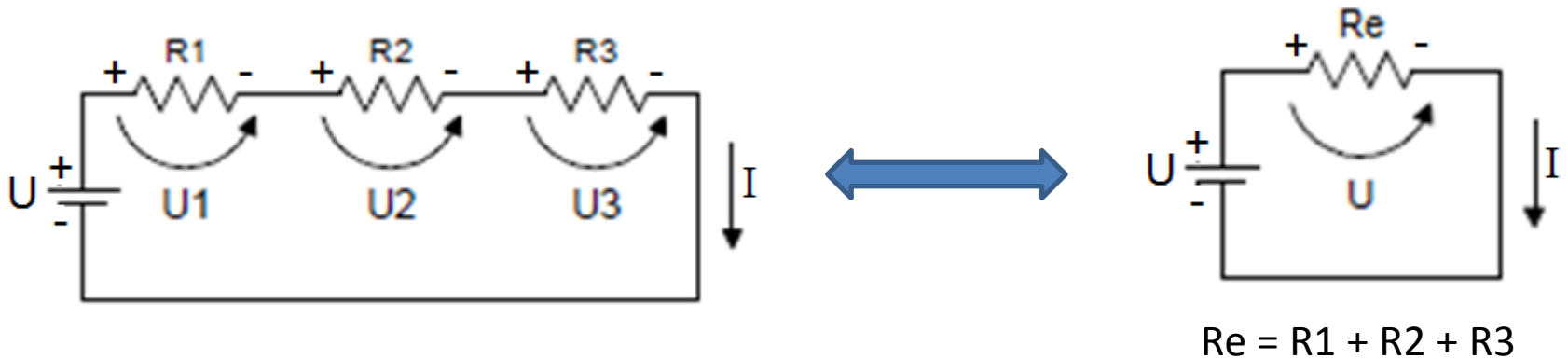
Exemplos

Tensão : $U = I \times R = \frac{P}{I} = \sqrt{P \times R}$

Potência : $P = U \times I = I^2 \times R = \frac{U^2}{R}$

Associação de resistências em série

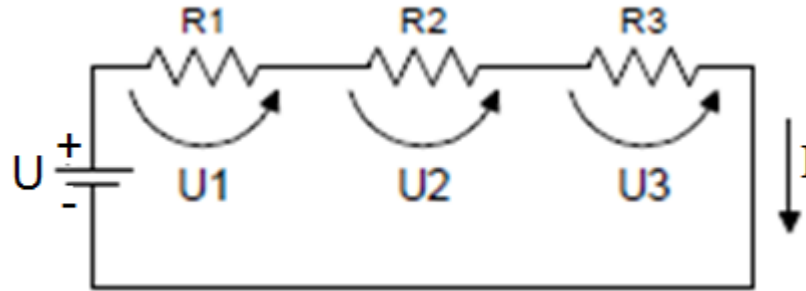
Se duas ou mais resistências são ligadas em série, isto é, a corrente que sai de uma resistência entra directamente na seguinte, a sua resistência equivalente é a soma de todas as resistências.



Conceito de queda de tensão:

- a tensão U da fonte reparte-se pelas várias resistências de tal modo que: $U = U_1 + U_2 + U_3$
- a corrente I é comum a todas as resistências
- cada resistência provoca uma “queda de tensão”, que corresponde à tensão aos seus terminais e que é dada pela lei de Ohm (aplicada a cada uma das resistências)
- queda de tensão: em $R_1 \rightarrow U_1 = R_1 \cdot I$, em $R_2 \rightarrow U_2 = R_2 \cdot I$, em $R_3 \rightarrow U_3 = R_3 \cdot I$
- $U = U_1 + U_2 + U_3 = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + R_3 \cdot I = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot I$, $U = R_e \cdot I \rightarrow R_e = R_1 + R_2 + R_3$
- Nota: para a mesma corrente I a queda de tensão é tanto maior quanto maior o valor da resistência (ou seja, uma resistência de maior valor “retém” mais tensão aos seus terminais)

Associação de resistências em série



Exemplo:

Considere: $R1=44\Omega$, $R2=28\Omega$, $R3=48\Omega$, alimentadas por uma bateria de $U=12\text{ V}$.
Determine:

- a) Resistência equivalente
- b) Corrente que percorre o circuito
- c) Tensão aos terminais de cada resistência

Resolução:

a) $Re = 44 + 28 + 48 = 120\Omega$

b) $I = U / Re = 12 / 120 = 0.10\text{A} = 100 \cdot 10^{-3}\text{A} = 100\text{mA}$

c) $U1 = I \cdot R1 = 0.1 \times 44 = 4.4\text{V}$ $R3 > R1 > R2 \rightarrow U3 > U1 > U2$

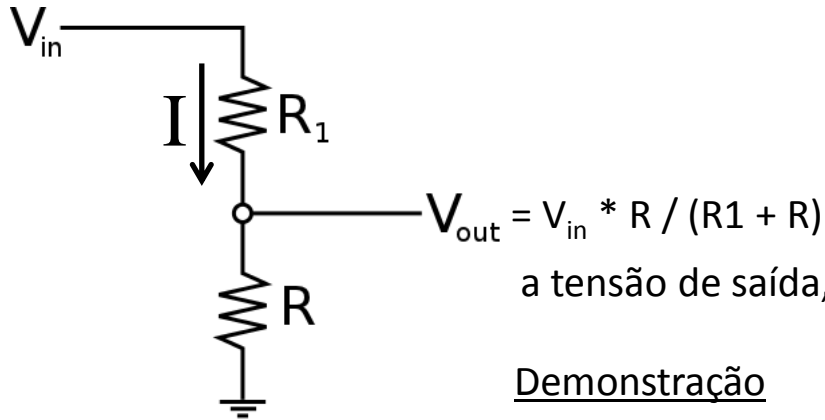
$U2 = I \cdot R2 = 0.1 \times 28 = 2.8\text{V}$

$U3 = I \cdot R3 = 0.1 \times 48 = 4.8\text{V}$

$U = U1+U2+U3 = 4.4+2.8+4.8 = 12\text{V}$

Divisor de tensão – 2 resistências fixas

Divisor de tensão – duas resistências (R e R_1) ligadas em série e alimentadas pela tensão de entrada (V_{in}) com tensão de saída (V_{out}), ambas medidas em relação à massa (GND)



a tensão de saída, V_{out} , depende de V_{in} e da relação entre R_1 e R

Demonstração

$$I = V_{in} / (R_1 + R) \rightarrow V_{out} = R * I = V_{in} * R / (R_1 + R)$$

1) Considerando R fixa e R_1 variável

$$R_1 \downarrow \rightarrow V_{out} \uparrow \quad R_1 = 0 \rightarrow V_{out} = V_{in}$$

$$R_1 \uparrow \rightarrow V_{out} \downarrow \quad R_1 = \infty \rightarrow V_{out} = 0$$

2) Considerando R_1 fixa e R variável

$$R \downarrow \rightarrow V_{out} \downarrow \quad R = 0 \rightarrow V_{out} = 0$$

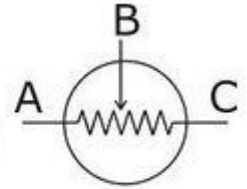
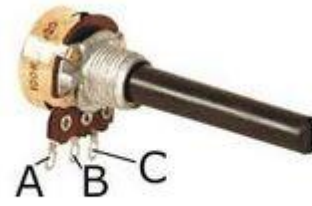
$$R \uparrow \rightarrow V_{out} \uparrow \quad R = \infty \rightarrow V_{out} = V_{in}$$

Substituindo a resistência variável por um sensor, cuja resistência seja função de uma certa grandeza física (luminosidade, força, temperatura,...) este circuito permite transformar o valor dessa grandeza num valor de tensão eléctrica correspondente.

Divisor de tensão – potenciômetro/resistência variável

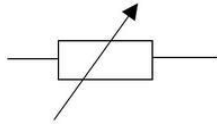
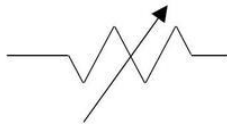
Um potenciômetro é um componente que permite o ajuste do valor da sua resistência interna, regra geral através da rotação de um cursor. Pode actuar como resistência variável ou como divisor de tensão.

Exemplos:

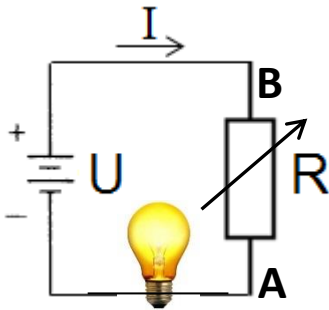


www.areatecnologia.com

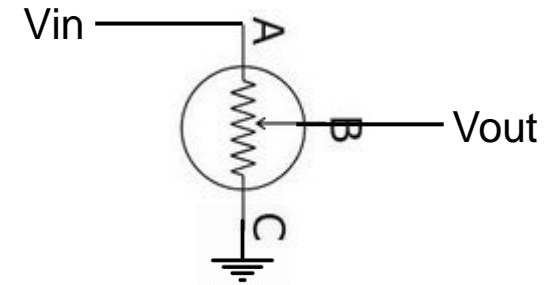
Símbolos:



Utilizações:



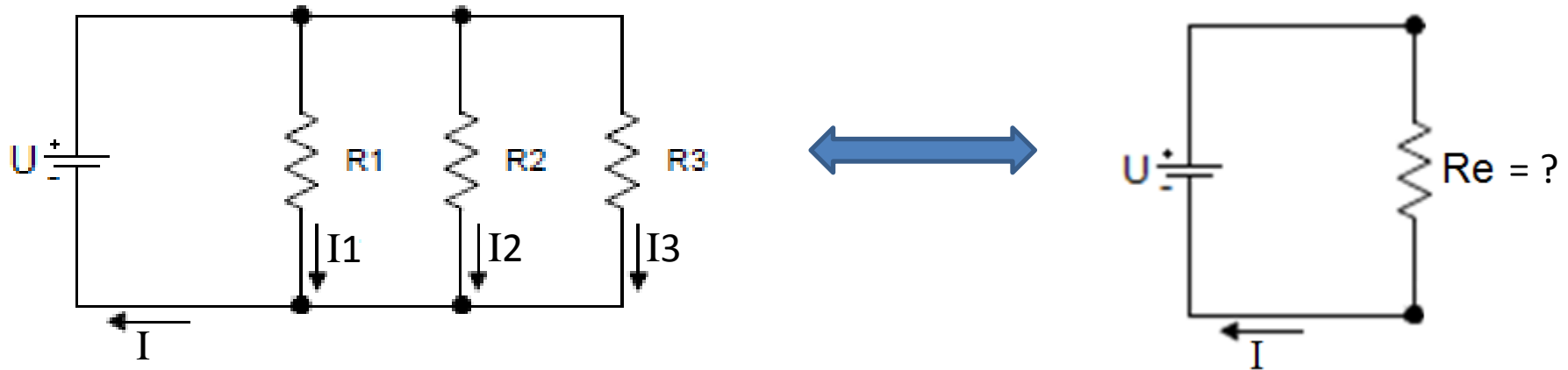
O brilho da lâmpada é função de I que por sua vez é função de R
Logo o brilho é função da posição do potenciômetro



V_{out} é função da posição do potenciômetro: $0 \leq V_{out} \leq V_{in}$

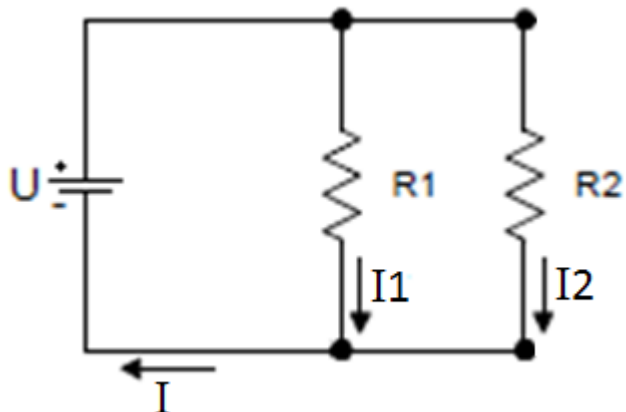
Associação de resistências em paralelo

Se duas ou mais resistências se associam de forma a que cada uma delas forma um caminho separado para a corrente total, diz-se que estão ligadas em paralelo. Desta vez, a tensão aos terminais de cada resistência é a mesma e igual a U , em valor absoluto.



$$I = I_1 + I_2 + I_3 = U/R_1 + U/R_2 + U/R_3 = U \cdot (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) \quad , \quad I = U/R_e \rightarrow 1/R_e = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

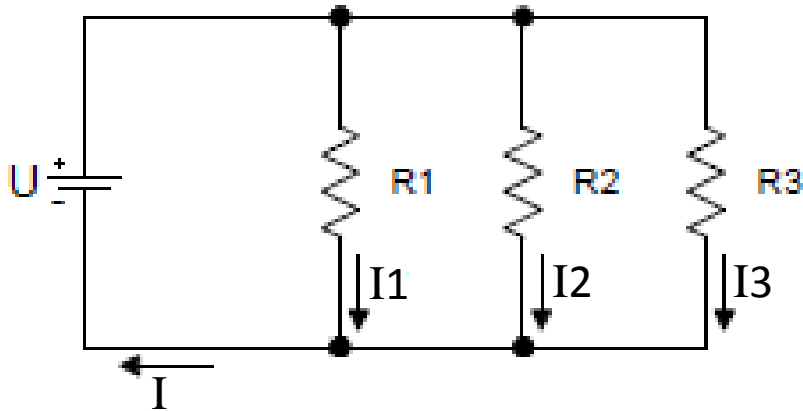
Caso particular de duas resistências (caso muito comum na prática)



$$R_e = R_1 * R_2 / (R_1 + R_2)$$

Nota: a resistência equivalente a uma associação em paralelo é sempre menor ou igual que a menor delas.

Associação de resistências em paralelo



Exemplo1:

Considere: $R_1=20\Omega$, $R_2=25\Omega$, $R_3=50\Omega$,
alimentadas por uma bateria de $U=12\text{ V}$.

Determine:

- a) Resistência equivalente
- b) Corrente que percorre o circuito
- c) Corrente em cada resistência

Resolução:

a) $1/Re = 1/20 + 1/25 + 1/50 \rightarrow Re \approx 9.1\Omega$

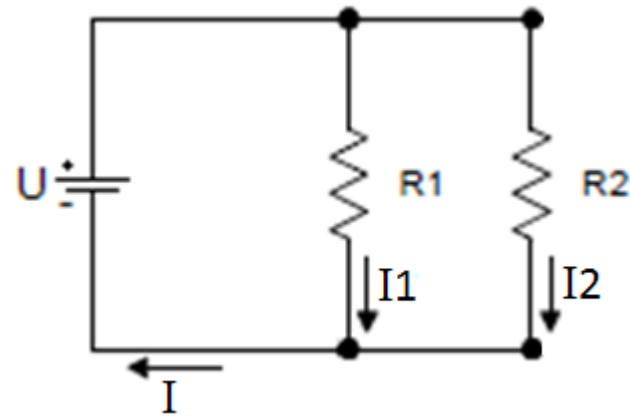
b) $I = U / Re = 12 / 9.1 \approx 1.32\text{A}$

c) $I_1 = U/R_1 = 12/20 = 0.6\text{A}$

$I_2 = U/R_2 = 12/25 = 0.48\text{A}$

$I_3 = U/R_3 = 12/50 = 0.24\text{A}$

$I = I_1 + I_2 + I_3 = 0.6+0.48+0.24=1.32\text{A}$



Exemplo2:

Mesmos valores. Determine:

- a) Resistência equivalente
- b) Corrente que percorre o circuito
- c) Corrente em cada resistência

Resolução:

a) $1/Re = 1/20 + 1/25 \rightarrow Re \approx 11.1\Omega$

$Re = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = 20 \cdot 25 / (20 + 25) = 500/45 \approx 11.1\Omega$

b) $I = U / Re = 12 / 11.1 \approx 1.08\text{A}$

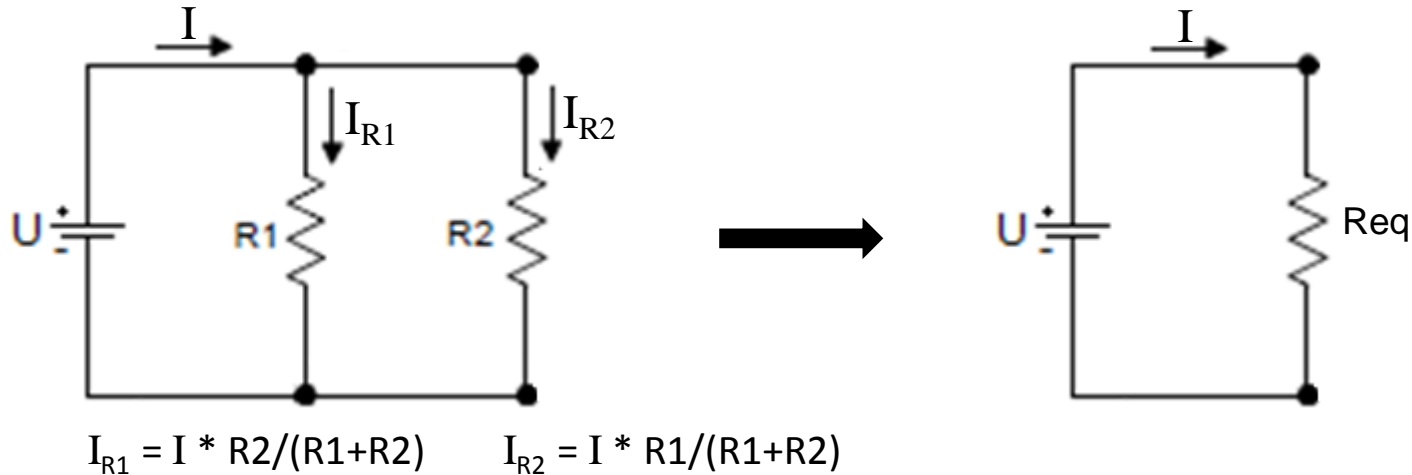
c) $I_1 = U/R_1 = 12/20 = 0.6\text{A}$

$I_2 = U/R_2 = 12/25 = 0.48\text{A}$

$I = I_1 + I_2 + I_3 = 0.6+0.48=1.08\text{A}$

Divisor de corrente – 2 resistências fixas

Divisor de corrente – duas resistências (R_1 , R_2) ligadas em paralelo e alimentadas por uma fonte de tensão (U) comum às duas resistências.



Demonstração

I = corrente total fornecida pela fonte

$R_{eq} = R1 || R2 = (R1 * R2) / (R1 + R2) \rightarrow$ resistência equivalente ao paralelo entre $R1$ e $R2$

$$U = I * R_{eq} = I * (R1 * R2) / (R1 + R2)$$

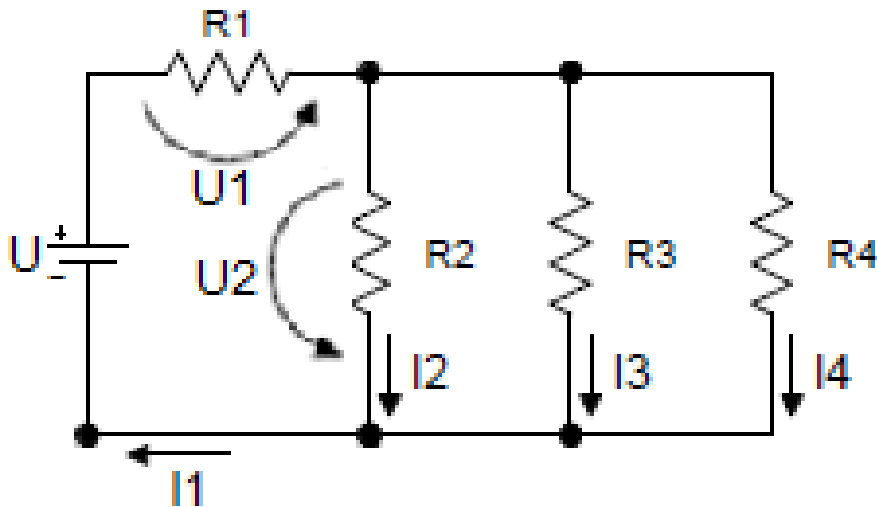
$$I_{R1} = U / R1 = [I * (R1 * R2) / (R1 + R2)] / R1 = I * R2 / (R1 + R2)$$

$$I_{R2} = U / R2 = [I * (R1 * R2) / (R1 + R2)] / R2 = I * R1 / (R1 + R2)$$

Associação de resistências em série-paralelo

A resolução de problemas envolvendo circuitos constituídos por resistências em série e em paralelo pode ser efectuada substituindo todos os grupos de resistências em paralelo pela sua resistência equivalente. O circuito pode então ser reduzido a uma associação série (ou paralelo) simples que, por sua vez, pode ser reduzida à sua resistência equivalente R_e .

Exemplo 1: Determine a resistência equivalente do circuito, bem como o valor da corrente e da tensão em cada uma das resistências, sabendo que $U = 10\text{ V}$, $R_1 = 1.5\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_3 = 10\Omega$ e $R_4 = 20\Omega$.



$$\begin{aligned} R_p &= R_2 \parallel R_3 \parallel R_4 \rightarrow \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \\ &= \frac{1}{4} + \frac{1}{10} + \frac{1}{20} = 0.4 \\ R_p &= \frac{1}{0.4} = 2.5\Omega \end{aligned}$$

$$R_e = R_1 + R_p = 1.5 + 2.5 = 4\Omega$$

$$I_1 = \frac{U}{R_e} = \frac{10}{4} = 2.5\text{A}$$

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 = 1.5 \cdot 2.5 = 3.75\text{V}$$

$$U_2 = R_p \cdot I_1 = 2.5 \cdot 2.5 = 6.25\text{V} \quad \text{ou} \quad U = U_1 + U_2, \quad U_2 = U - U_1 = 10 - 3.75 = 6.25\text{V}$$

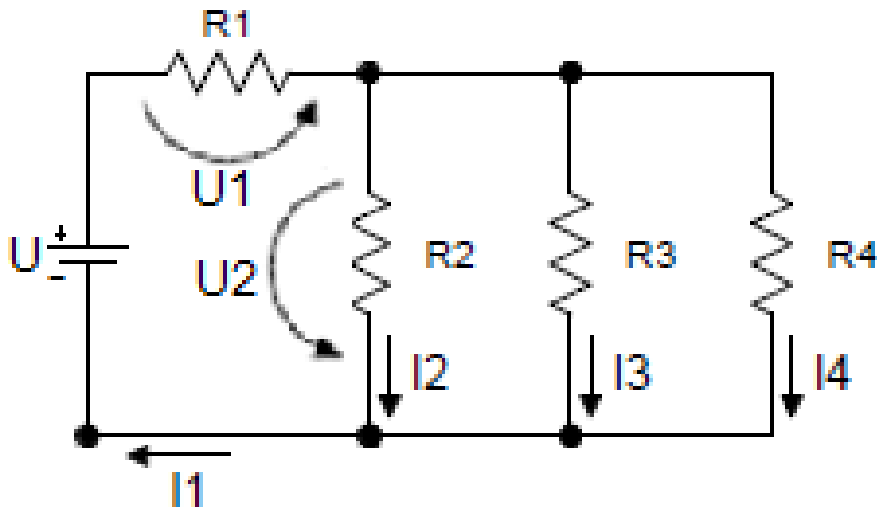
$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{6.25}{4} = 1.5625\text{A}$$

$$I_3 = \frac{U_2}{R_3} = \frac{6.25}{10} = 0.625\text{A}$$

$$I_4 = \frac{U_2}{R_4} = \frac{6.25}{20} = 0.3125\text{A} \quad I_1 = I_2 + I_3 + I_4 = 1.5625 + 0.625 + 0.3125 = 2.5\text{A}$$

Associação de resistências em série-paralelo

Exemplo 2: Determine a resistência equivalente do circuito, bem como o valor da corrente e da tensão em cada uma das resistências, sabendo que $U = 10\text{ V}$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_3 = 8\Omega$ e $R_4 = 8\Omega$.



$$R_p = R_2 \parallel R_3 \parallel R_4 = R_2 \parallel (R_3 \parallel R_4) \\ = 4 \parallel (8 \parallel 8) = 4 \parallel 4 = 2\Omega$$

$$R_e = R_1 + R_p = 2 + 2 = 4\Omega$$

$$I_1 = U/R_e = 10/4 = 2.5\text{A}$$

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 = 2 \cdot 2.5 = 5\text{V}$$

$$U_2 = R_p \cdot I_1 = 2 \cdot 2.5 = 5\text{V} \quad \underline{\text{ou}} \quad U = U_1 + U_2, \quad U_2 = U - U_1 = 10 - 5 = 5\text{V}$$

$$I_2 = U_2/R_2 = 5/4 = 1.25\text{A}$$

$$I_3 = U_2/R_3 = 5/8 = 0.625\text{A} \quad (I_3 = I_2/2)$$

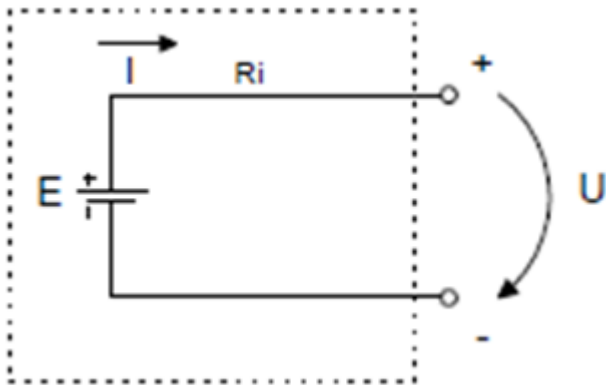
$$I_4 = U_2/R_4 = 5/8 = 0.625\text{A} \quad (I_4 = I_3) \quad I_1 = I_2 + I_3 + I_4 = 1.25 + 0.625 + 0.625 = 2.5\text{A}$$

Resistência interna de uma fonte de tensão

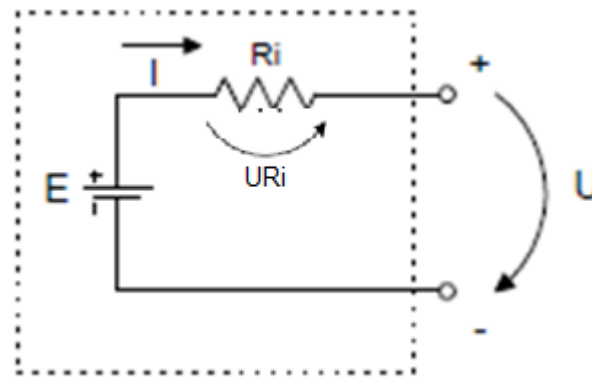
Qualquer fonte de tensão, nomeadamente as pilhas, as baterias ou os geradores, tem uma resistência interna (R_i) cujo valor depende da sua construção. A existência desta resistência interna faz com que a tensão em carga (quando se liga uma carga à fonte), seja menor que a tensão em vazio (sem qualquer carga). Principalmente com as pilhas e baterias, R_i aumenta com o envelhecimento da fonte.

E = força eletromotriz da fonte, é uma voltagem ou tensão intrínseca da fonte

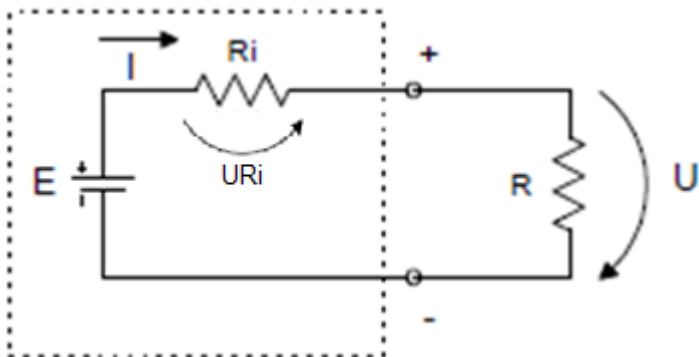
Fonte ideal ($R_i=0$, $I=\text{qualquer}$) $\rightarrow U = E$ (sem perdas)



Fonte real ($R_i>0$) em vazio ($I=0$, $U_{Ri}=0$) $\rightarrow U = E$ (sem perdas)

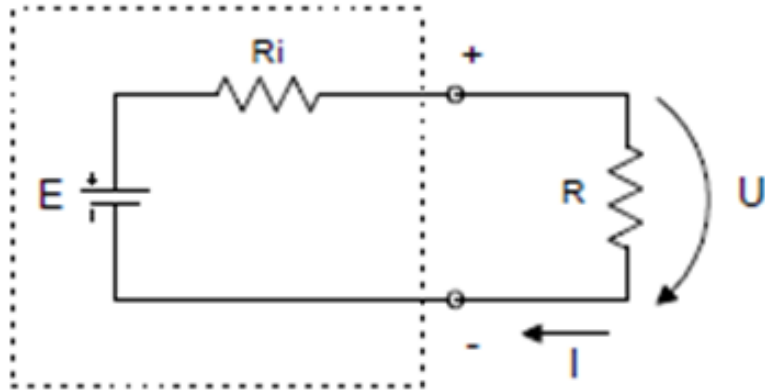


Fonte real ($R_i>0$) e em carga ($I>0$, $U_{Ri}>0$) $\rightarrow E = U_{Ri} + U \rightarrow U = E - U_{Ri} = E - R_i \cdot I$



- quanto menor for R (maior carga), maior será I e menor será U
- R_i tende a aumentar com o envelhecimento da fonte

Resistência interna de uma fonte de tensão



A tensão em vazio (sem carga) de uma bateria é 6V.

Quando alimenta uma resistência de 10Ω , a tensão aos seus terminais passa para 5 V.

Qual o valor da resistência interna da bateria?

Resolução:

Força electromotriz da bateria, $E = 6\text{ V}$

Se a tensão passa para 5 V quando se liga uma resistência de 10Ω , quer dizer que “cai” 1 V na resistência interna da bateria, logo:

$$U_{Ri} = I \cdot Ri = 1\text{ V}$$

$$\text{Como, } I = U/R = 5/10 = 0.5\text{ A} \rightarrow Ri = U_{Ri}/I = 1/0.5 = 2\Omega$$

- Se a carga aumentar para $R=5\Omega \rightarrow I=E/Re=E/(Ri+R)=6/(2+5)\approx 0.56\text{ A} \rightarrow U=I \cdot R=0.56 \cdot 5=2.8\text{ V} \ll 6\text{ V}$ (mau)
- Se a carga diminuir para $R=20\Omega \rightarrow I=E/Re=E/(Ri+R)=6/(2+20)\approx 0.27\text{ A} \rightarrow U=I \cdot R=0.27 \cdot 20=5.4\text{ V} < 6\text{ V}$ (melhor)
- para $R=1\text{ K}\Omega \rightarrow I=E/Re=E/(Ri+R)=6/(2+1000)\approx 0.00599\text{ A} \rightarrow U=I \cdot R=0.00599 \cdot 1000=5.99\text{ V} \approx 6\text{ V}$ (bom)

➤ Logo a carga R aplicada a uma fonte deve ser muito maior que a sua Ri para que não haja perdas ($R \gg Ri$)

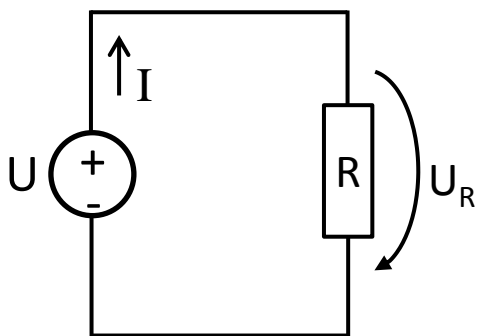
Medições – Voltímetros, Amperímetros, Ohmímetros e Multímetros

A lei de Ohm relaciona entre si as principais grandezas eléctricas: tensão, corrente e resistência.

Ao utilizar os circuitos eléctricos/electrónicos torna-se necessário medir essas grandezas. Para cada uma delas é utilizado um aparelho diferente, que deve ser apropriadamente ligado ao circuito a medir.

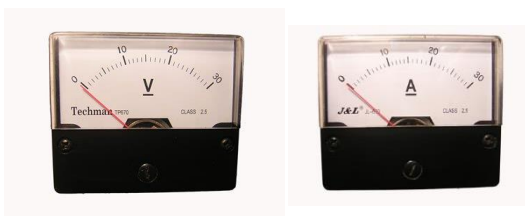
A introdução de um aparelho de medida pode alterar as condições de funcionamento do circuito, levando a medidas erradas. Para cada uma das grandezas indica-se o aparelho a usar e o modo de o ligar.

Circuito: como medir U , I e R ?



Nas medições a efectuar podem ser usados instrumentos separados (voltímetro, amperímetro e ohmímetro) ou um multímetro que reúne num só os três instrumentos. Num caso ou no outro, eles podem ser analógicos (de ponteiro móvel) ou digitais.

De uma maneira geral os aparelhos digitais são preferíveis.



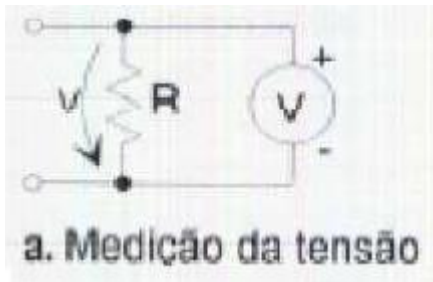
Voltímetro, amperímetro e ohmímetro analógicos



Multímetro analógico e digital

Medição de tensão, corrente e resistência

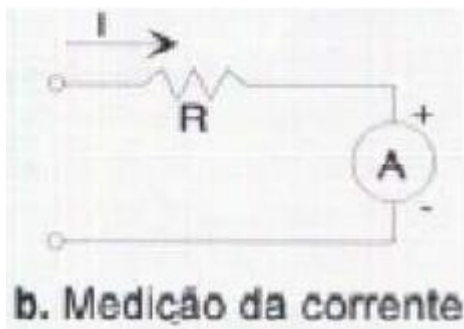
Nota: ter em atenção o sentido de aplicação das pontas de prova do aparelho de medida, a corrente deve entrar pelo terminal positivo (normalmente a ponta vermelha) e sair pelo negativo (normalmente a ponta preta marcada com “COM” no aparelho). Se as pontas forem trocadas e o aparelho for de ponteiro este irá defletir para a esquerda podendo danificar-se; se o aparelho for digital irá aparecer o sinal menos (-).



U – tensão : trata-se de medir uma diferença de potencial entre dois pontos, pelo que o instrumento de medição terá de ser ligado nesses pontos.

O instrumento a utilizar é o voltímetro (ou multímetro em escala de tensão).

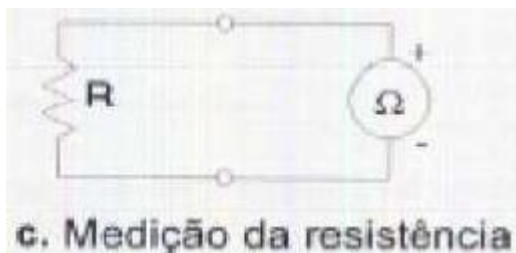
A resistência interna do voltímetro deve ser o mais alta possível para que não “carregue” o circuito a medir.



I – corrente : trata-se de medir um fluxo de cargas (como se fosse um fluxo de água) pelo que o instrumento de medição terá de estar intercalado nesse fluxo.

O instrumento a utilizar é o amperímetro (ou multímetro em escala de corrente).

A resistência interna do amperímetro deve ser a menor possível para que não se oponha à passagem da corrente.



R – resistência : O instrumento a utilizar é o ohmímetro (ou multímetro em escala de resistência) o qual deve ser ligado aos terminais da resistência a medir.

O aparelho aplica à resistência uma tensão U e mede a corrente I , fazendo o cálculo de $R=U/I$.

Leis de Kirchhoff

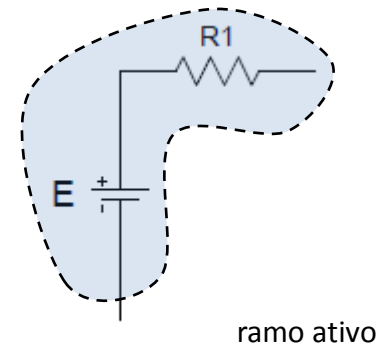
- As leis de Kirchhoff são usadas para efectuar a análise de circuitos eléctricos complexos, tais como os que incluem mais de uma fonte de alimentação além de outros componentes que podem estar em série ou em paralelo.
- Derivam do princípio de conservação da energia aplicada aos circuitos eléctricos , pois tal como em qualquer sistema fechado, a energia eléctrica, num dado circuito, também se conserva. De facto, a energia que é produzida (por pilhas, baterias, etc.) é igual à energia que é consumida, tanto pelos receptores propriamente ditos (lâmpadas, resistências, etc.) como por perdas nas resistências dos fios e contactos necessários à ligação do próprio circuito (frequentemente em forma de calor).
- Para enunciar estas leis, convém ter presentes os seguintes conceitos:
 - Ramo
 - Nó
 - Malha

Nota: As leis de Kirchhoff são baseadas no eletromagnetismo e só são válidas quando o tamanho da oscilação eletromagnética é muito maior que as dimensões do circuito.

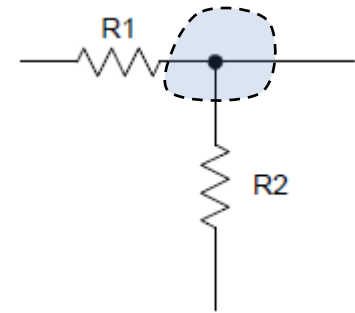
Leis de Kirchhoff

Ramo - conjunto de elementos eléctricos em série, percorridos pela mesma corrente (pode ser apenas um elemento).

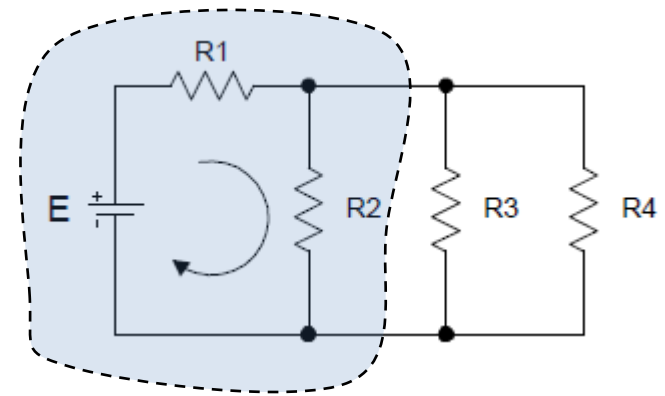
- Ramo ativo – se contém força electromotriz (fontes)
- Ramo passivo – se não contém força electromotriz



Nó - ponto de junção, ligação ou intersecção de 3 ou mais ramos.



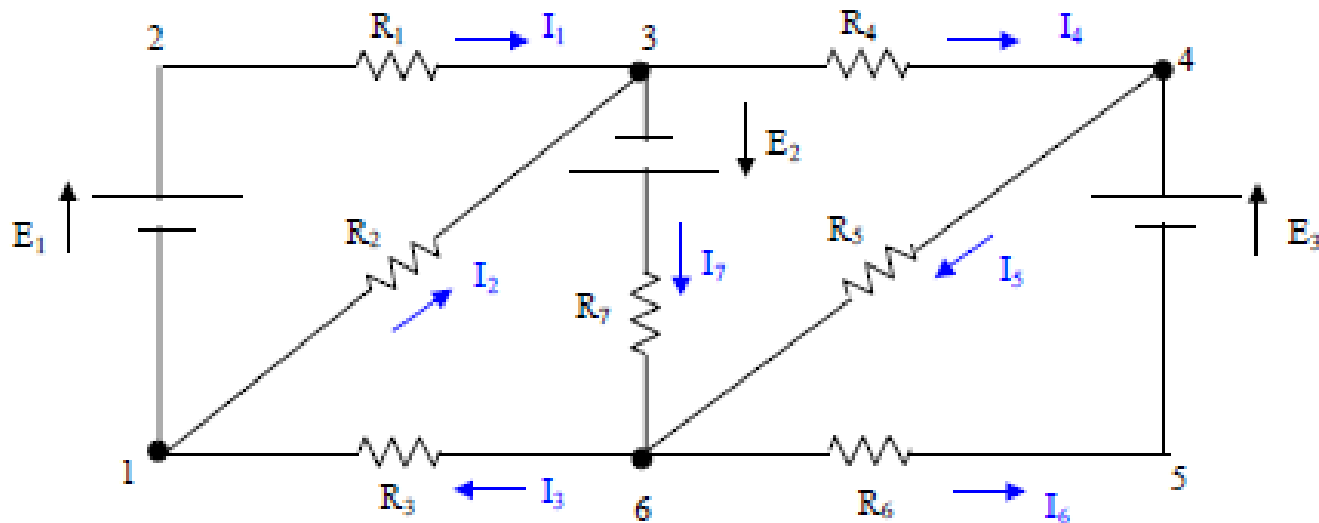
Malha - conjunto de ramos formando um circuito fechado (anel).



Leis de Kirchhoff

Exemplo

- Circuito com 4 nós $\rightarrow (1), (3), (4), (6)$;
- (2) e (5) são pontos do circuito, mas não são nós
- Exemplos de ramo (3)–(4) e (4)–(5)–(6);
- (2)–(3)–(4) não é um ramo;
- Exemplo de malha (4)–(5)–(6)–(4) ou (1)–(3)–(2)–(1)
- (4)–(5)–(6)–(3) não é uma malha

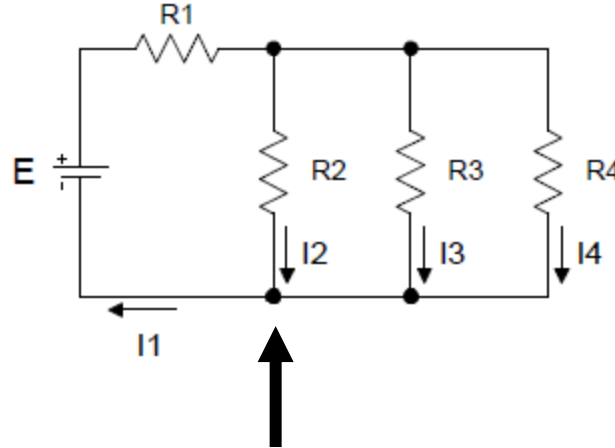


Leis de Kirchhoff

1ª Lei de Kirchhoff : Lei das Correntes ou Lei dos Nós

Em um nó, a soma das correntes elétricas que entram é igual à soma das correntes que saem, ou seja, um nó não acumula carga $\rightarrow \sum I = 0$

No circuito seguinte, a Lei dos Nós aplicada ao nó assinalado é : $I_2 + I_3 + I_4 = I_1 \leftrightarrow I_2 + I_3 + I_4 - I_1 = 0$



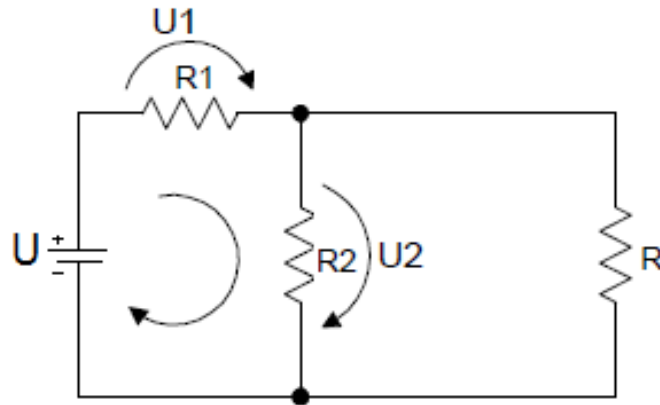
Nota : As correntes que chegam ao nó podem ser consideradas positivas e as que saem negativas; o inverso também é válido.

Leis de Kirchhoff

2ª Lei de Kirchhoff : Lei das Tensões ou Lei das Malhas

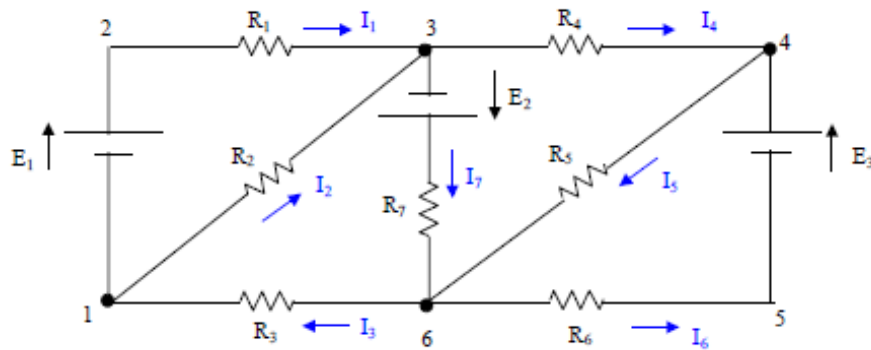
Ao longo de uma malha, a soma algébrica das d.d.p (diferença de potencial eléctrico, ou seja, tensão) é nula $\rightarrow \sum U = 0$

No circuito seguinte, a Lei das Malhas aplicada à malha assinalada é: $-U + U_1 + U_2 = 0 \leftrightarrow U = U_1 + U_2$



Leis de Kirchhoff

- num circuito com **N** nós podem escrever-se **N-1** equações de nós independentes;
- as equações de nós são independentes se em cada nova equação que se escreva existir pelo menos uma corrente que não entrava em nenhuma outra equação anterior;
- as equações de malha são independentes se em cada nova equação que se escreva entrar pelo menos um ramo que não existia em nenhuma outra equação anterior;



havendo 7 correntes de ramo (portanto 7 incógnitas) → há que escrever 7 equações independentes

- como há $N=4$ nós, tem-se $N-1=3$ equações de nós independentes:

$$(1) : I_1 + I_2 = I_3$$

$$(3) : I_1 + I_2 = I_4 + I_7$$

$$(4) : I_4 + I_6 = I_5$$

$$(6) : I_7 + I_5 = I_3 + I_6 \text{ não é independente}$$

- faltam 4 equações, que serão 4 equações de malha independentes:

$$(1)-(2)-(3)-(1) : -E_1 + R_1 * I_1 - R_2 * I_2 = 0, E_1 = R_1 * I_1 - R_2 * I_2$$

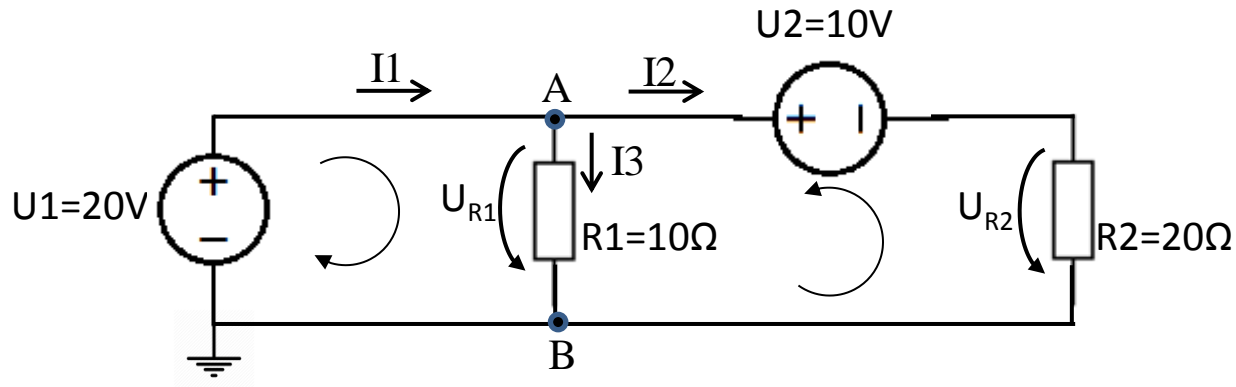
$$(1)-(3)-(6)-(1) : R_2 * I_2 - E_2 + R_7 * I_7 + R_3 * I_3 = 0, E_2 = R_7 * I_7 + R_3 * I_3 + R_2 * I_2$$

$$(6)-(3)-(4)-(6) : -R_7 * I_7 + E_2 + R_4 * I_4 + R_5 * I_5 = 0, E_2 = R_7 * I_7 - R_5 * I_5 - R_4 * I_4$$

$$(6)-(4)-(5)-(6) : -R_5 * I_5 + E_3 - R_6 * I_6 = 0, E_3 = R_5 * I_5 + R_6 * I_6$$

$$(1)-(2)-(3)-(6)-(1) : -E_1 + R_1 * I_1 - E_2 + R_7 * I_7 + R_3 * I_3 = 0 \text{ não é independente}$$

Leis de Kirchhoff - exemplos



P. Achar as tensões e correntes marcadas

R. O circuito tem dois nós (A e B) e foram marcadas duas malhas.

Nós: para dois nós basta escrever uma equação: (A) $\rightarrow I_1 = I_2 + I_3$

Malhas : $-U_1 + U_{R1} = 0 \rightarrow -20 + I_3 \cdot R_1 = 0$

$-U_{R2} - U_2 + U_{R1} = 0 \rightarrow -I_2 \cdot R_2 - 10 + I_3 \cdot R_1 = 0$

$I_3 \cdot 10 = 20 \rightarrow I_3 = 20/10 = 2A \rightarrow$

$-I_2 \cdot 20 - 10 + 2 \cdot 10 = 0 \rightarrow -I_2 \cdot 20 = -10, I_2 = -10/-20 = 0.5A$

$I_1 = 0.5 + 2 = 2.5A$

$U_{R1} = 20V \quad U_{R2} = I_2 \cdot R_2 = 0.5 \cdot 20 = 10V$

$I_1 = 2.5A$

$I_2 = 0.5A$

$I_3 = 2A$

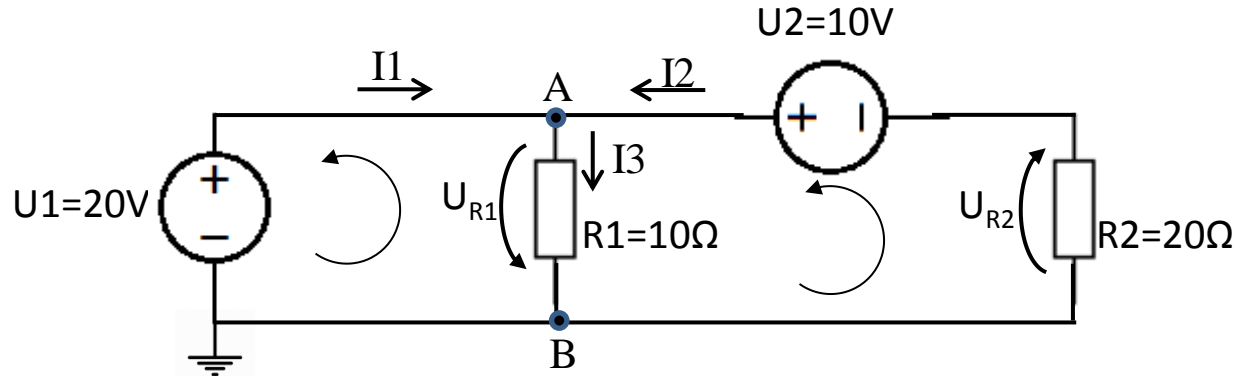
$U_{R1} = 20V$

$U_{R2} = 10V$

Leis de Kirchhoff - exemplos

A marcação do sentido das correntes e das tensões nos ramos, bem como da circulação nas malhas é arbitrária e será sempre válida desde que os mesmos sejam respeitados nas equações.

O circuito abaixo é o mesmo do exemplo anterior mas a corrente I_2 , a tensão U_{R2} e o sentido da malha mais à esquerda foram invertidos.



P. Achar as tensões e correntes marcadas

R. O circuito tem dois nós (A e B) e foram marcadas duas malhas.

Nós: para dois nós basta escrever uma equação: (A) $\rightarrow I_1 + I_2 = I_3 \rightarrow I_1 = I_3 - I_2$

Malhas : $-U_{R1} + U_1 = 0 \rightarrow -I_3 \cdot R_1 + 20 = 0$ $U_{R2} - U_2 + U_{R1} = 0 \rightarrow I_2 \cdot R_2 - 10 + I_3 \cdot R_1 = 0$
 $-I_3 \cdot 10 = -20 \rightarrow I_3 = -20/-10 = 2A$ $\rightarrow I_2 \cdot 20 - 10 + 2 \cdot 10 = 0 \rightarrow I_2 \cdot 20 = -10 \rightarrow I_2 = -10/20 = -0.5A$
 $I_1 = 2 - (-0.5) = 2.5A$ $U_{R1} = 20V$, $U_{R2} = I_2 \cdot R_2 = 0.5 \cdot 20 = -10V$

$$I_1 = 2.5A \quad I_2 = -0.5A \quad I_3 = 2A \quad , \quad U_{R1} = 20V \quad , \quad U_{R2} = -10V$$

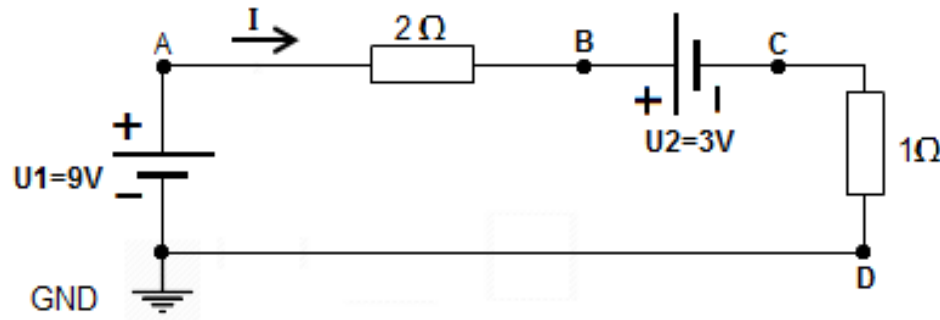
Os valores negativos de I_2 e U_{R2} significam apenas que estas grandezas estão marcados ao contrário e que o verdadeiro sentido é o indicado no exemplo atrás.

Exemplos

http://www.fisicaexe.com.br/fisica1/eletromagnetismo/kirchhoff/kirchhoff3_nm.pdf

<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/09/exercc3adcios-leis-de-kirchhoff.pdf>

Medições ao longo de um circuito



Lei das malhas: $-U_1 + 2 \cdot I + U_2 + 1 \cdot I = 0$, $-U_1 + U_2 + 3 \cdot I = 0$, $-6 + 3 \cdot I = 0 \rightarrow I = 2A$

A medição da tensão (ou ddp – diferença de potencial) é sempre feita entre dois pontos de um circuito, ex:

- (A)-(B) : $U_{A-B} = 2 \cdot 2 = 4V$ (B)-(A) : $U_{B-A} = -2 \cdot 2 = -4V$ (C)-(D) : $U_{C-D} = 2 \cdot 1 = 2V$
- (A)-(C) : $U_{A-C} = U_{A-B} + U_2 = 4 + 3 = 7V$ (C)-(A) : $U_{C-A} = -U_2 + U_{B-A} = -U_2 - U_{A-B} = -3 - 4 = -7V$

Habitualmente num circuito, as tensões medem-se em relação a um ponto comum (COM) designado por referência (REF), massa ou terra (GND-ground) – costuma ser o ponto aonde se encontra ligado o negativo da fonte de alimentação desse circuito, como por exemplo as pilhas (regra geral através de um fio preto).

Neste exemplo, as tensões seguintes são referidas a GND:

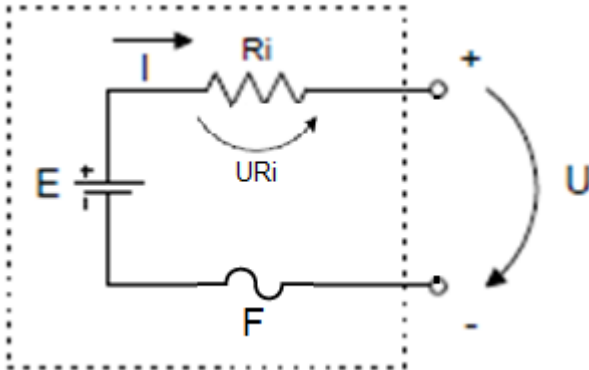
- (A) : 9V(ramo da esquerda) ou $U_{A-B} + U_2 + U_{C-D} = 4 + 3 + 2 = 9V$ (ramo da direita)
- (B) : $U_{B-A} + U_1 = -4 + 9 = 5V$ (ramo da esquerda) ou $U_2 + U_{C-D} = 3 + 2 = 5V$ (ramo da direita)
- (C) : $-U_2 + U_{B-A} + 9 = -3 - 4 + 9 = 2V$ (ramo da esquerda) ou $U_{C-D} = 2V$ (ramo da direita)
- (D) : $-U_{C-D} + (C) = -2 + 2 = 0V$ (ramo da esquerda) ou 0V \rightarrow ao longo de um fio condutor a ddp é zero

Circuito aberto, fechado e curto-circuito

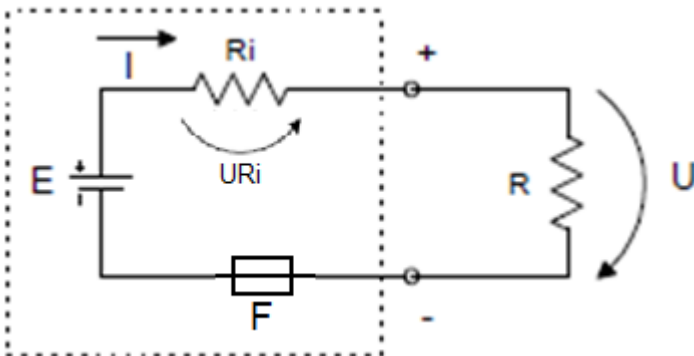
E = força electro-motriz (intrínseca da fonte)

R_i = resistência interna da fonte

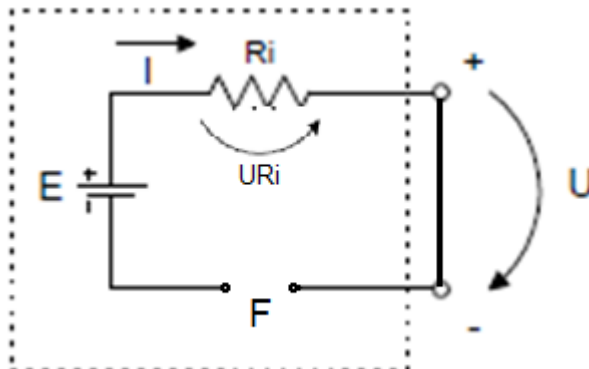
F = fusível



Circuito aberto (em vazio, $I=0$, $U_{Ri}=I \cdot R_i=0$) $\rightarrow E = U_{Ri} + U \rightarrow U = E$
 \rightarrow fusível F não funde



Circuito fechado (em carga, $I>0$, $U_{Ri}=I \cdot R_i>0$) $\rightarrow E = U_{Ri} + U \rightarrow U = E - I \cdot R_i$
 \rightarrow se R_i e/ou I forem baixas, então $U \approx E$
 \rightarrow fusível F não funde (excepto se I ultrapassar o valor nominal do fusível)



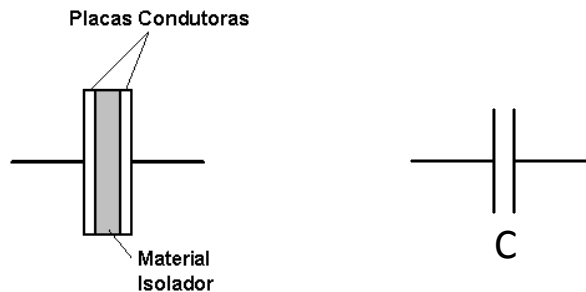
Curto-circuito (R muito pequena ou nula)

- antes de o fusível F fundir...
- U é nula (ou muito pequena praticamente nula)
- a corrente I é apenas limitada por R_i (e pelas resistências dos fios)
- se R_i for pequena a corrente I pode ser muito grande, levando ao aquecimento da fonte e dos fios e à provável fusão do fusível F (desde que seja ultrapassada a sua corrente nominal)

Condensadores

Condensador

- 1) dispositivo passivo que armazena energia na forma de um campo eléctrico electrostático, podendo mais tarde devolver essa energia a um circuito.
- 2) é composto por duas placas (ou armaduras) de material condutor, separadas por um material isolante ou dieléctrico o qual pode ser papel, cerâmica, mica, materiais plásticos, electrólitos ou ar, etc.



$$C = k * A/d$$

C: Capacidade

k: Constante dieléctrica

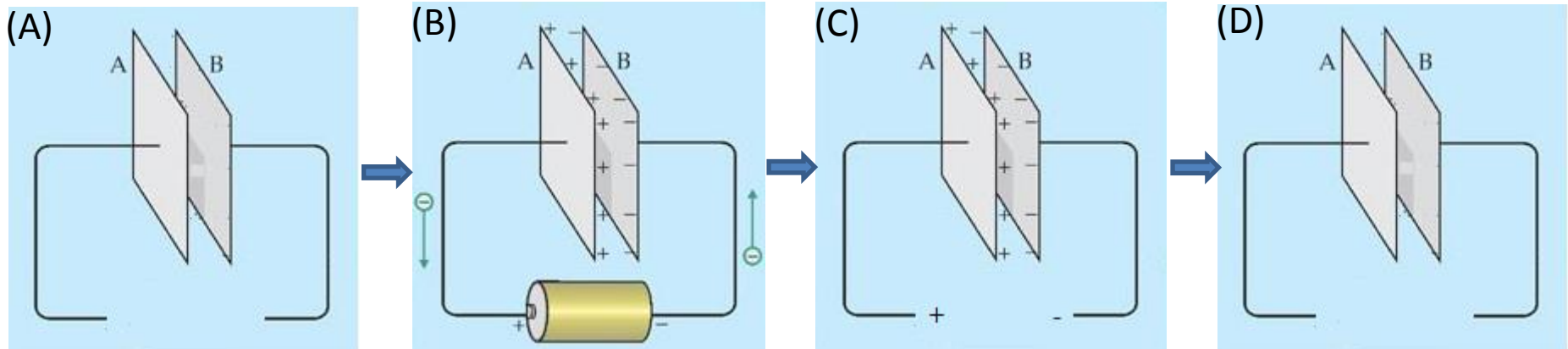
A: área das placas

d: distância entre as placas

Fig. (A)(B) Ao serem ligadas a uma fonte, as placas originalmente descarregadas, são capazes de armazenar cargas eléctricas do mesmo valor absoluto, porém de sinais contrários – o condensador fica assim carregado.

Fig.(C) Quando se desliga a fonte essa carga vai manter-se durante um certo tempo que depende da carga do condensador e do circuito externo a que este esteja ligado.

Fig.(D) Ao fim de algum tempo a carga desaparece – o condensador fica descarregado.



Condensadores – carga e descarga : regime transitório

$$i = C \frac{dv}{dt}$$

- a corrente no condensador é função da derivada (variação) da tensão aos seus terminais;
- se a tensão variar bruscamente a corrente pode tomar valor muito elevados (a tensão não pode variar instantaneamente)

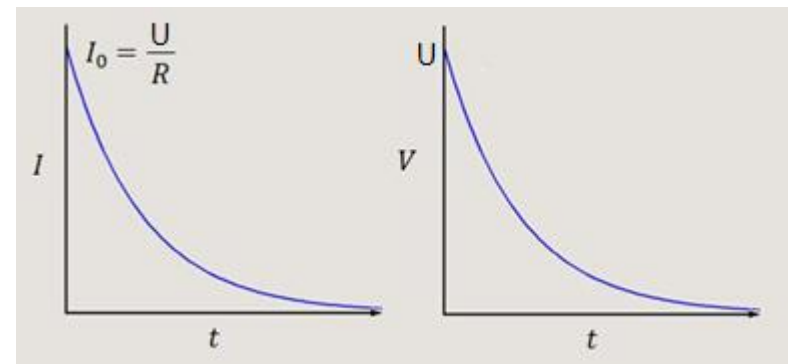
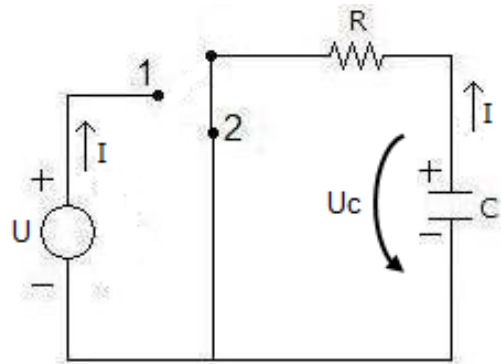
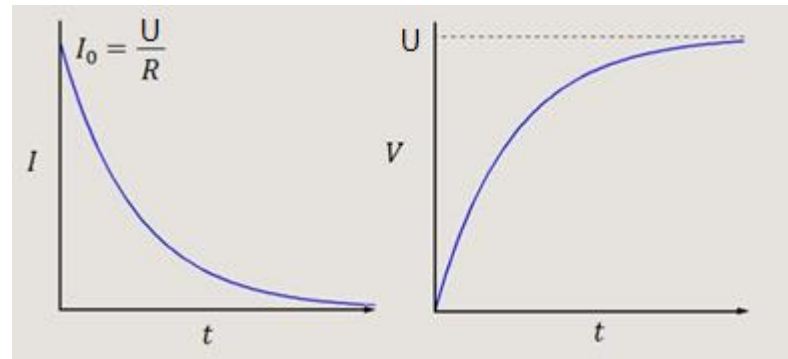
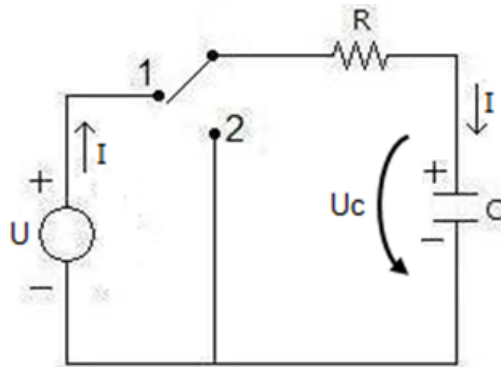
$$v = \frac{1}{C} \int_0^t i d\tau$$

- a tensão aos terminais do condensador é o integral da corrente que o atravessa;
- na realidade nenhuma corrente pode atravessar o condensador por causa do dieléctrico, apenas há corrente enquanto houver variação de tensão

Carga



Descarga



Condensadores

Capacidade

A capacidade mede-se em Farads (F).

O Farad é um valor bastante grande portanto na prática usam-se submúltiplos:

- microfarad $\rightarrow \mu F = 10^{-6} \text{ F}$
- nanofarad $\rightarrow nF = 10^{-9} \text{ F}$
- picofarad $\rightarrow pF = 10^{-12} \text{ F}$

O valor é inscrito directamente no corpo do condensador ou usando um código numérico (ou código de cores).

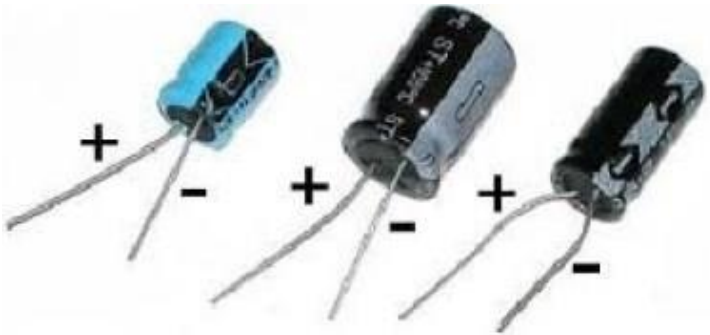
Polaridade

- não-polarizados : os terminais são idênticos podendo ser trocados sem problema
- polarizados : o terminal marcado com (+) deve ser ligado ao pólo de potencial mais elevado e o terminal marcado com (-) deve ser ligado ao pólo de potencial mais baixo;

NOTA: a troca da polaridade pode levar à explosão do condensador

Tensão nominal

os condensadores apresentam uma tensão de trabalho que não deve ser ultrapassada sob pena da sua destruição



Com o passar do tempo ou com as condições de serviço, os condensadores podem perder a capacidade (deixam de armazenar carga) ou apresentam fugas entre as armaduras incluindo curto-circuitos.

Condensadores

Capacidade

A capacidade mede-se em Farads (F).

O Farad é um valor bastante grande portanto na prática usam-se submúltiplos:

- microfarad $\rightarrow \mu F = 10^{-6} F$
- nanofarad $\rightarrow nF = 10^{-9} F$
- picofarad $\rightarrow pF = 10^{-12} F$

O valor é inscrito directamente no corpo do condensador ou usando um código numérico (ou código de cores).

Polaridade

- não-polarizados : os terminais são idênticos podendo ser trocados sem problema
- polarizados : o terminal marcado com (+) deve ser ligado ao pólo de potencial mais elevado e o terminal marcado com (-) deve ser ligado ao pólo de potencial mais baixo;

NOTA: a troca da polaridade pode levar à explosão do condensador

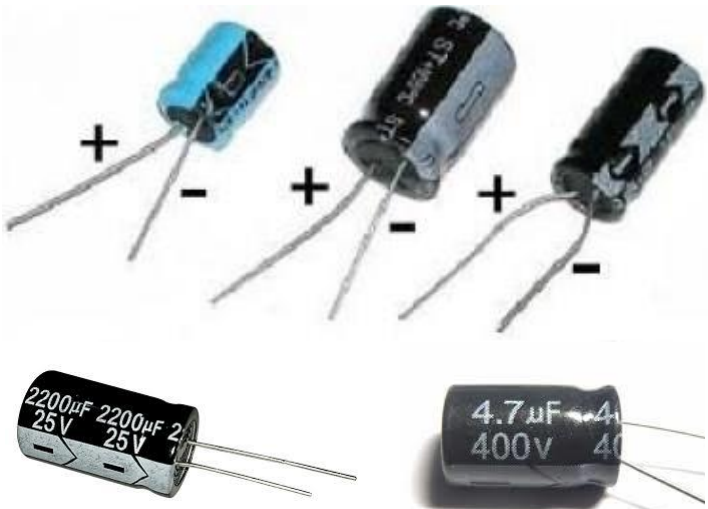
Tensão nominal

os condensadores apresentam uma tensão de trabalho que não deve ser ultrapassada sob pena da sua destruição

Com o passar do tempo ou com as condições de serviço, os condensadores podem perder a capacidade (deixam de armazenar carga) ou apresentam fugas entre as armaduras incluindo curto-circuitos.

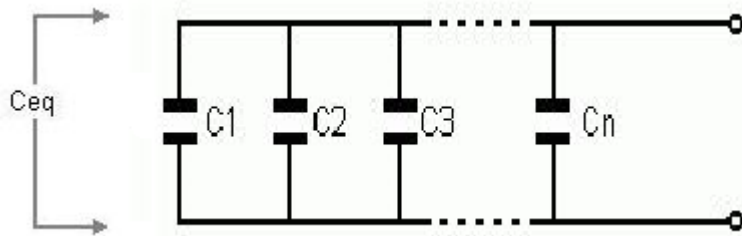
Principais usos do condensador:

- filtragem (por exemplo em fontes de alimentação)
- sistemas de memória do tipo dinâmico (RAM)



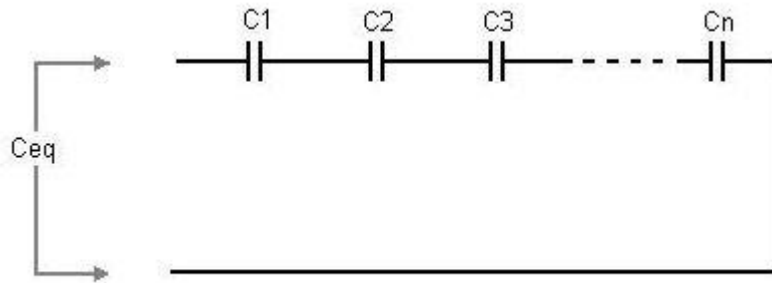
Condensadores – associações série-paralelo

Associação de Capacitores em Paralelo



$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 \dots + C_n$$

Associação de Capacitores em Série



Ceq – capacidade equivalente :

$$1/C_{eq} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots + 1/C_n$$

Para 2 condensadores:

$$C_{eq} = \frac{C_1 * C_2}{C_1 + C_2}$$

Electromagnetismo – relés(relay)

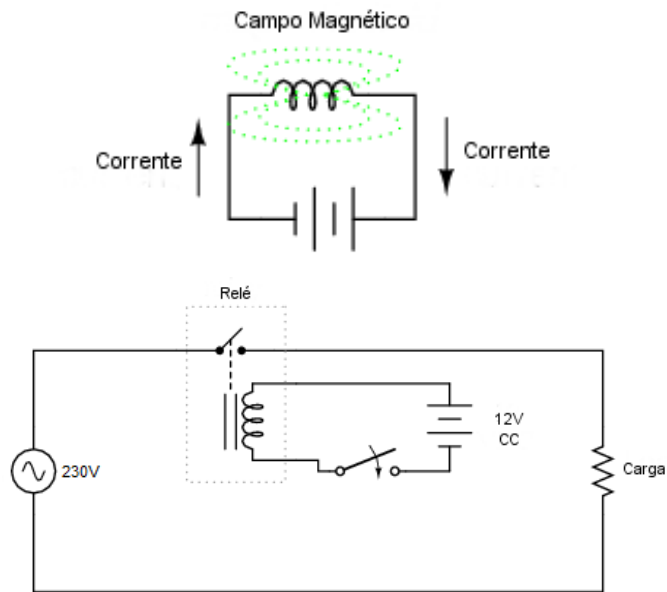
Adaptado de: <http://www.profelectro.info/rele-electromagneticoelectromecanico-principio-de-funcionamento/>

Quando um fio condutor é percorrido por uma corrente eléctrica cria à sua volta um campo magnético.

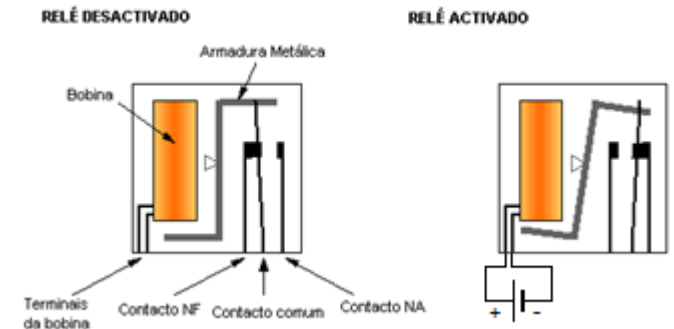
Se em vez de um fio linear, usarmos uma bobina (um fio enrolado em espiras/circunferências) o campo magnético criado é maior. Caso o núcleo (parte central da bobina) seja de um material ferroso o campo magnético será maior do que se o núcleo for o ar.

Finalmente, outra forma de aumentar o valor do campo magnético é aumentar o valor da corrente que percorre a bobina.

Esse campo magnético pode ser utilizado para exercer uma força sobre uma peça constituída por material ferromagnético que esteja colocada perto da bobina que cria o campo. Quanto menor for a distância entre a bobina e a peça maior será a força.



Diversos tipos de relés

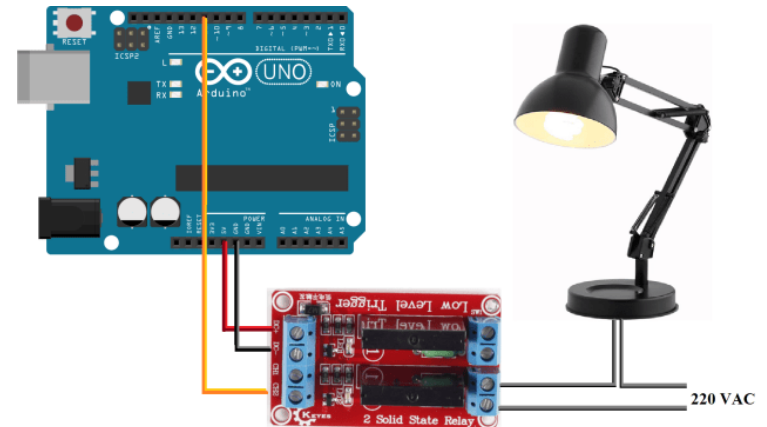
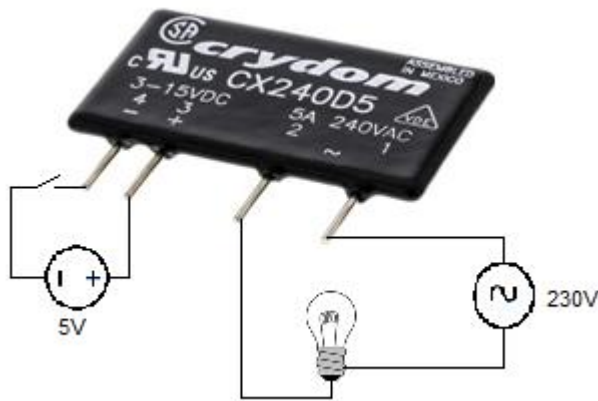


NF – Normalmente Fechado NA – Normalmente Aberto
NC – Normally Closed NO – Normally Open

SSR - *Solid State Relay* (relés de estado sólido)

São dispositivos capazes de desempenhar as mesmas funções dos relés eletromecânicos, mas baseiam-se na utilização de de semicondutores (tiristor, transistores ou *triacs*), não possuindo partes móveis.

São mais duradouros, pequenos, leves, seguros, rápidos e silenciosos, embora (possivelmente) mais caros.



Símbolos elétricos



fio condutor



interruptor



gerador de tensão
contínua



lâmpada



amperímetro



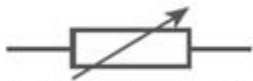
volímetro



resistência



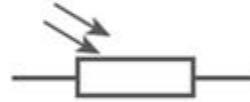
resistência



resistência variável



termistor de
resistência térmica



RDL (resistência
dependente da luz)



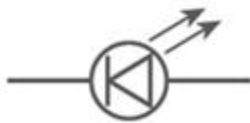
díodo



ligação à terra



motor



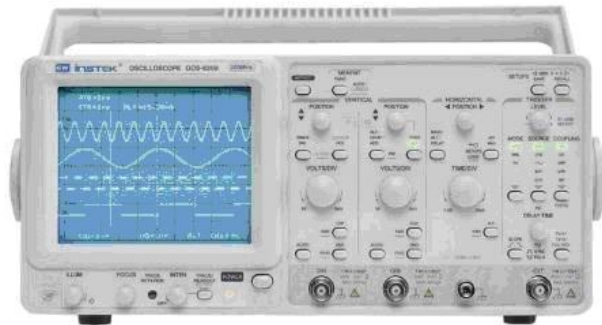
díodo emissor
de luz



condensador

Medições – Osciloscópio

O osciloscópio é um aparelho que permite a visualização e análise de sinais elétricos na forma de um gráfico em função do tempo. Podem ser do tipo analógico ou digital.



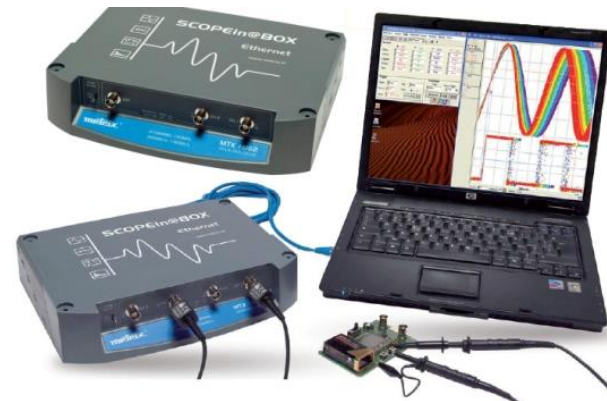
Osciloscópio analógico



Osciloscópio digital

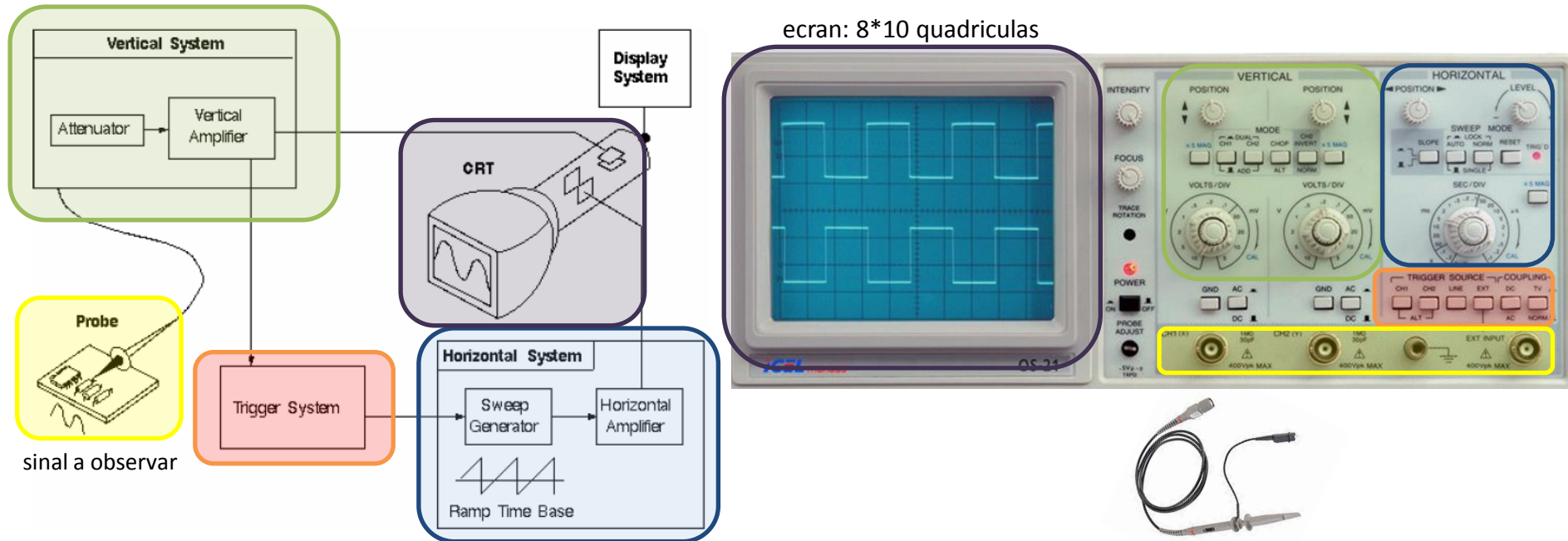


Osciloscópio portátil



Osciloscópio virtual (USB)

Osciloscópio : Princípio de Funcionamento / Diagrama de Blocos



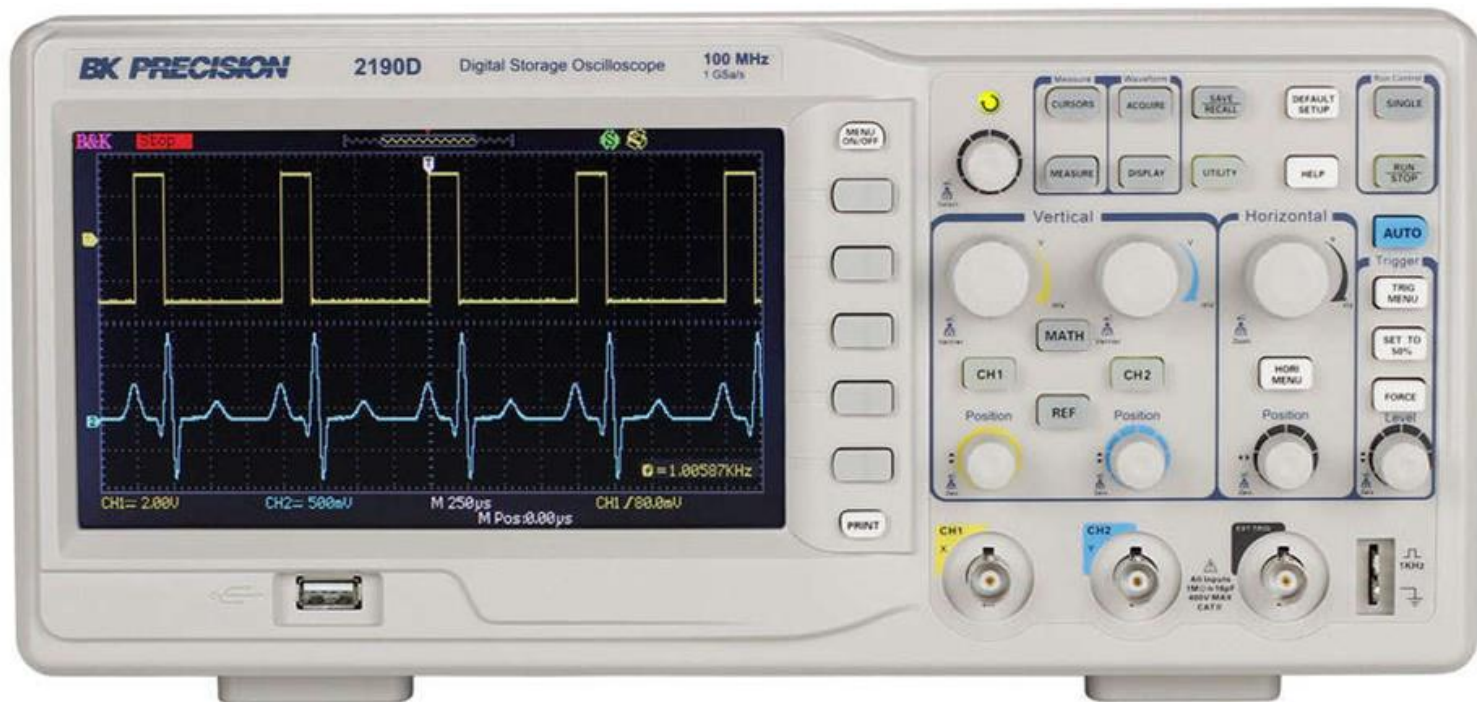
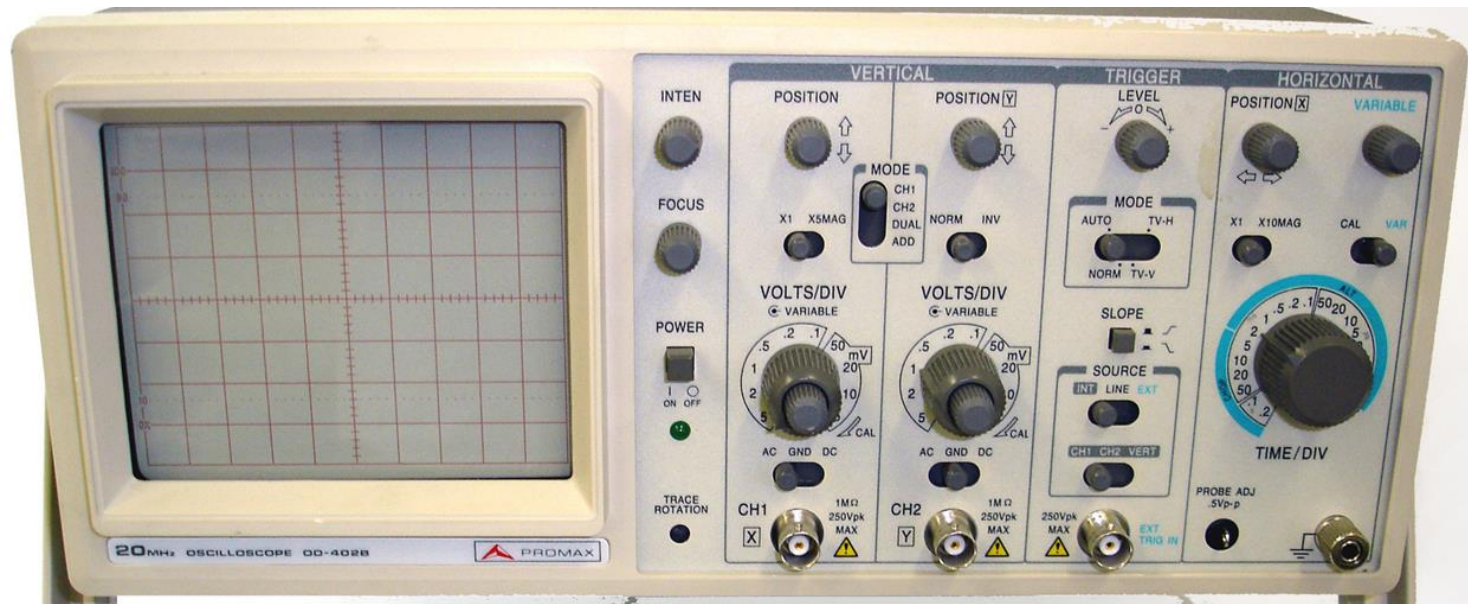
Vertical (eixo dos YY) : permite ajustar a amplitude do sinal (reduz ou amplifica o sinal) → unidade [volt/div];
O sinal a observar é aplicado ao sistema de deflexão vertical fazendo com que um ponto luminoso se mova para cima ou para baixo no ecran;

Horizontal (eixo dos XX, base de tempo) : ajusta o tempo de varrimento horizontal → unidade [time/div];
Simultaneamente com o sinal a observar aplicado às placas verticais, a aplicação de um sinal em forma de rampa faz com que o ponto se desloque da direita para a esquerda do ecran, regressando rapidamente ao lado direito para recomençar um novo ciclo de varrimento, tudo dentro de um intervalo de tempo específico;

A ação conjunta do movimento horizontal e vertical traça o gráfico do sinal no ecran.

O sistema de **trigger** ou **sincronismo** garante a estabilização do sinal no ecran.

Conjunto de **entradas** de sinais (uma por canal: CH1, CH2...).



Osciloscópios virtuais

- Permitem analisar sinais introduzidos pela placa de som (microfone)
- Têm como principal limitação não poderem representar sinais DC (tensões contínuas)
- Podem executar uma diversidade de funções como por exemplo FFT(Fast Fourier Transform)
- Existem versões on-line e programas desktop

Osciloscópio virtual on-line:

<https://academo.org/demos/virtual-oscilloscope/>

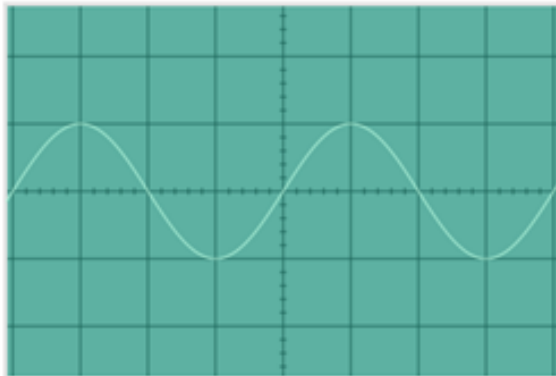
Virtual Oscilloscope

This online virtual oscilloscope allows you to visualise live sound input and get to grips with how to adjust the display. If you find this useful, our [police spectrum analyser](#) may also be of interest to you.

Physics Sound Audio

Google Chrome

To use Live Audio Input, please download the latest version of Chrome.



Input
Sine Wave (amplitude 1.0)

Access Live Input
☐

Input Wave Frequency
250 Hz

Oscilloscope gain
1.0

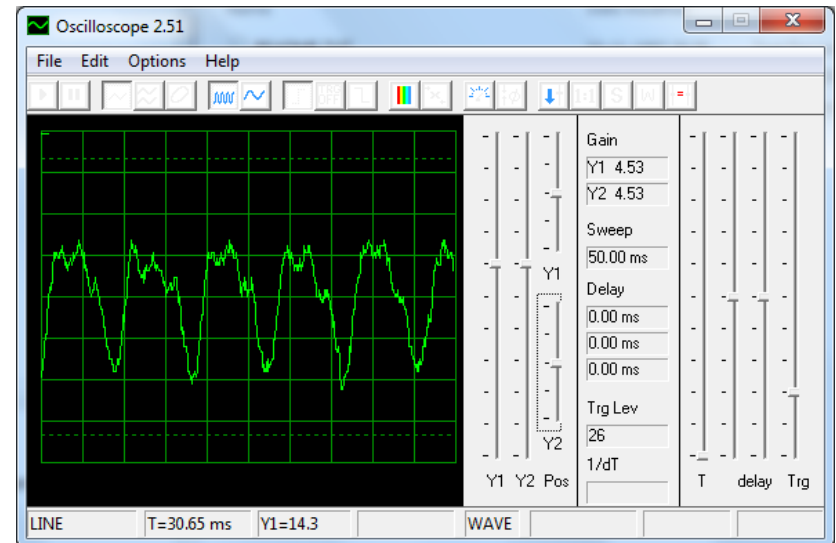
Seconds / div
1 ms

Volts / div
1 V

Winscope

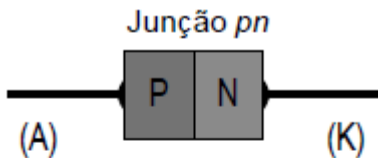
<http://www.zen22142.zen.co.uk/Prac/winscope.htm>

<http://www.zen22142.zen.co.uk/Downloads/download.htm>

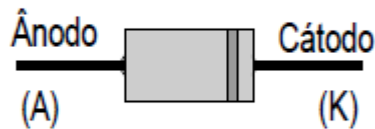


Diodos

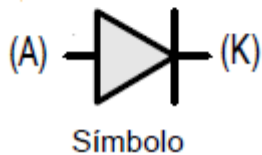
- Dispositivo de dois terminais;
- Componente utilizado em circuitos muito variados como: rectificadores, processamento de sinais, circuitos digitais, etc..
- Tipos mais comuns: diodos de “galena” (usados nos primitivos receptores de rádio); diodos de vácuo (válvulas de vácuo); diodos de junção (baseados em materiais semicondutores como o silício, germânio, etc.);
- Tipos especiais: foto-diodos(sensíveis à luz); varicap(para sintonia de canais de rádio/TV); led: diodos emissores de luz; diodos de zener(para limitar um valor de tensão);...



O díodo de junção pn consiste na junção de dois materiais, um semicondutor tipo p em contacto com um semicondutor tipo n



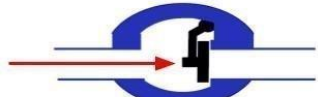
O terminal p designa-se por “ânodo” e o n por “cátodo”.



O símbolo indica o sentido permitido para a passagem da corrente: esta apenas é possível no sentido $(A) \rightarrow (K)$

Diodos

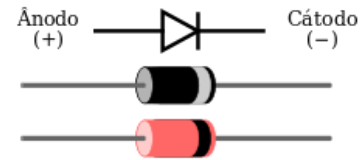
Diodos são como válvulas



Sentido proibido - Válvula se fecha



Sentido permitido - Válvula se abre



DIODO RÁPIDO



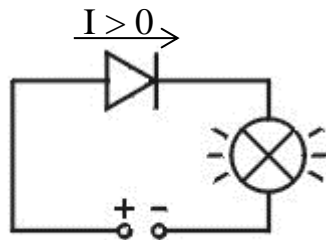
DIODO RETIFICADOR



DIODO DETECTOR

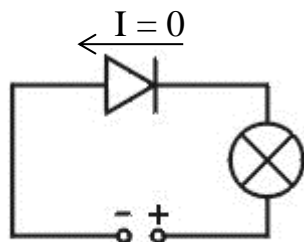


<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-diodo/>



Polarização Direta

Polarização direta - ânodo positivo em relação ao cátodo: o diodo permite a passagem da corrente (lâmpada acesa)

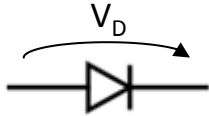


Polarização Inversa

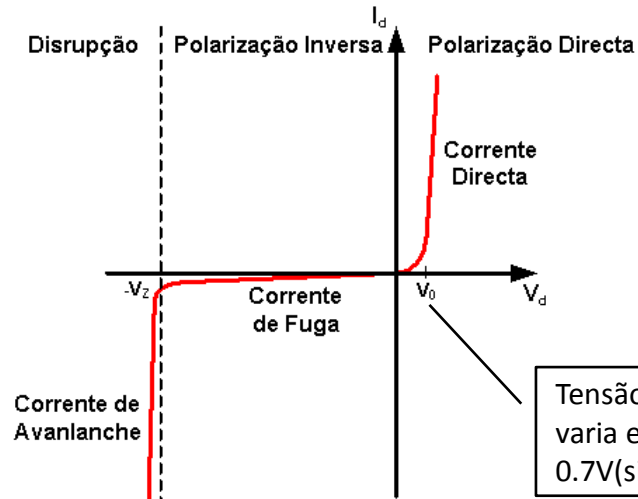
Polarização inversa - ânodo negativo em relação ao cátodo: o diodo bloqueia a passagem da corrente (lâmpada apagada)

Diodos

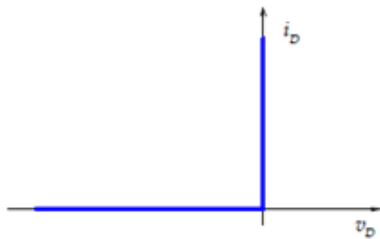
diodo real



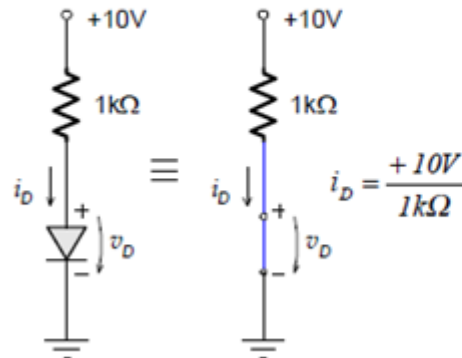
se $v_D > 0$ – diodo polarizado directamente
se $v_D < 0$ – diodo polarizado inversamente



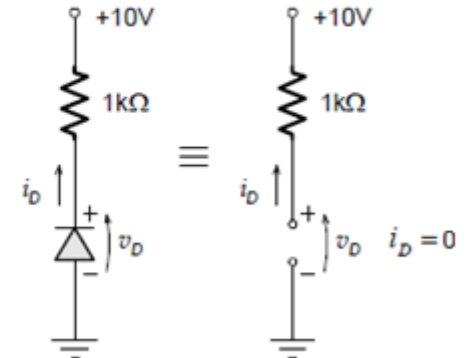
diodo ideal



Diodo polarizado directamente, equivalente a um **curto-circuito**



Diodo polarizado inversamente, equivalente a um **circuito em aberto**.



LED - Light Emitting Diode

https://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo_emissor_de_luz

O LED (Diodo Emissor de Luz) é um diodo semicondutor (junção P-N) que quando é energizado emite luz visível . Em qualquer junção P-N polarizada diretamente, ocorrem recombinações de lacunas e electrões. Essa recombinação exige que a energia possuída pelos eletrões seja liberada, o que ocorre na forma de calor ou fotões de luz .

A luz emitida não é monocromática, mas a banda colorida é relativamente estreita. A cor, depende do cristal e de outros materiais utilizados na sua construção.

Semicondutor	Cor da luz	Comprimento de onda
Arsenieto de gálio e alumínio	Infravermelha	880 nm
Arsenieto de gálio e alumínio	Vermelha	645 nm
Fosfato de alumínio, índio e gálio	Amarela	595 nm
Fosfato de gálio	Verde	565 nm
Nitreto de gálio	Azul	430 nm

Leds brancos, dois tipos:

1) leds emissores de cor azul, revestidos com uma camada de fósforo do mesmo tipo usado nas lâmpadas fluorescentes, que absorve a luz azul e emite a luz branca.

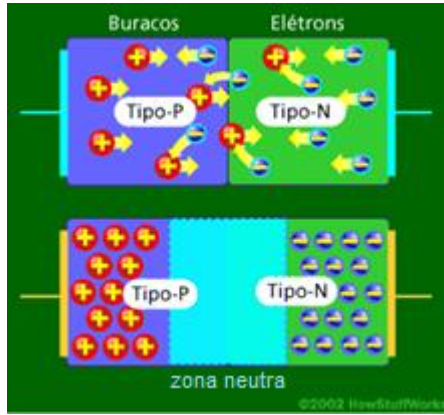
2) leds brancos RGB formados por três "chips", um vermelho (R,red), um verde (G,green) e um azul (B,). Uma variação dos LEDs RGB são LEDs com um microcontrolador integrado, o que permite que se obtenha um verdadeiro show de luzes utilizando apenas um LED, tal como os led auto-piscantes.

Devido ao seu baixo preço, alto rendimento e grande durabilidade, os leds tornam-se ótimos substitutos para as lâmpadas comuns e cada vez mais tendem a substituí-las.

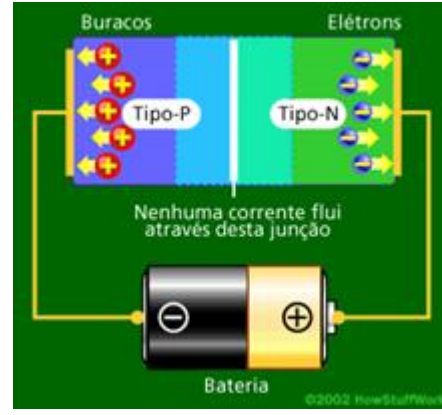
Diodo/LED – princípio de funcionamento

Diodo

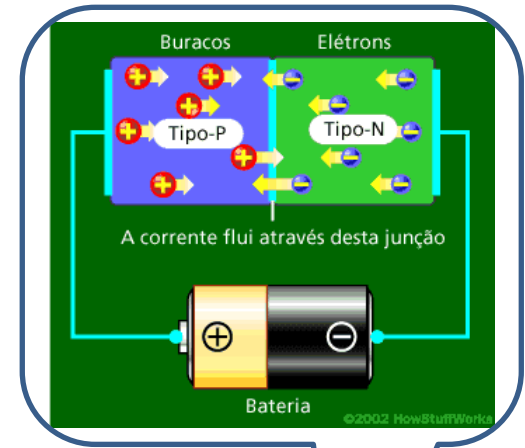
Junção P-N



Junção P-N

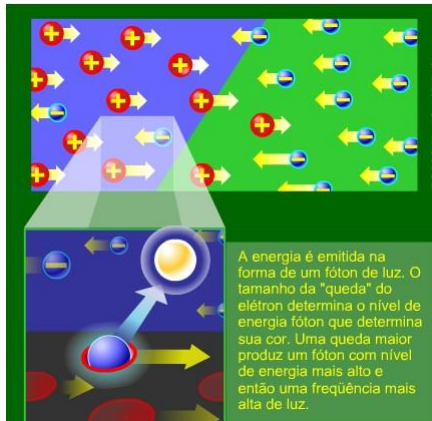


Não condutora

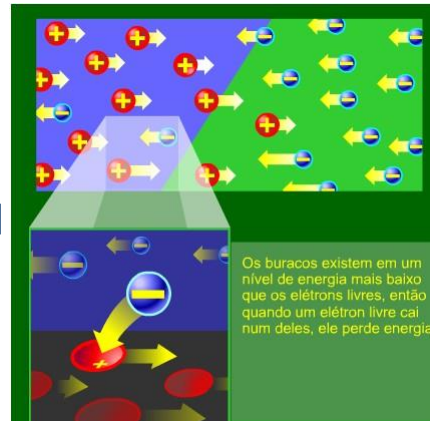


Condutora

LED

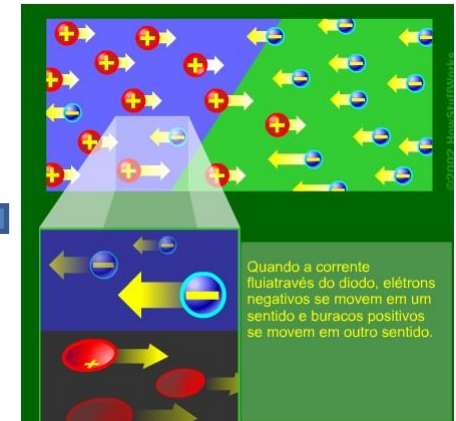


a energia é emitida na forma de um fóton luminoso; o "tamanho" da queda determina o nível de energia e a cor



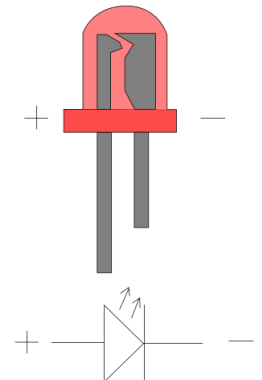
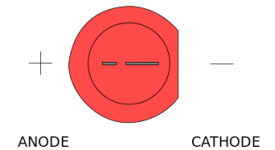
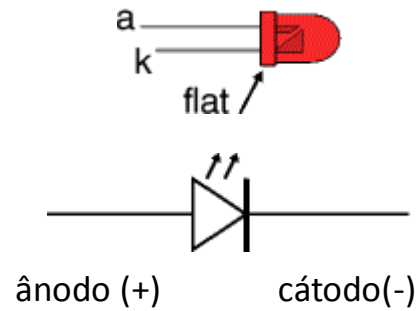
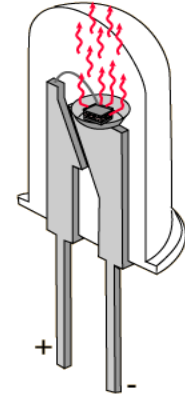
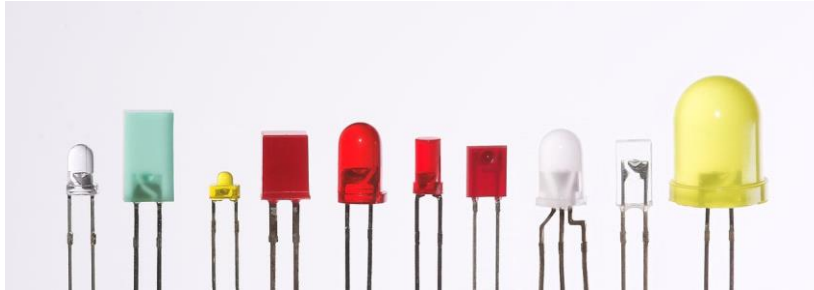
- lacunas – nível de energia baixo
- electrões – nível de energia mais alto

quando o electrão "cai" no buraco, liberta energia



electrões movem-se num sentido, lacunas no outro

LED - Light Emitting Diode

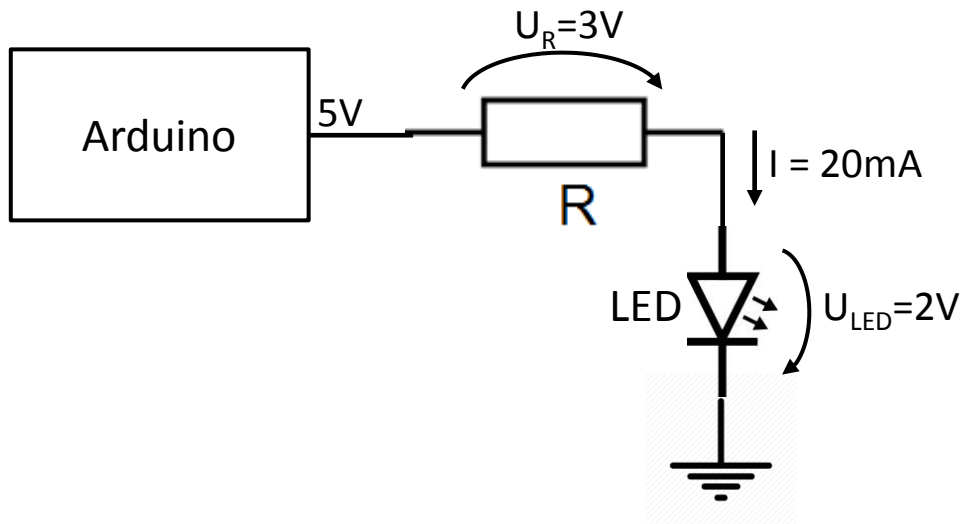


LED - Light Emitting Diode

Em geral, os Leds trabalham com valores de tensão entre 1.6V e 3.3V. Em termos da corrente máxima esta é de cerca de 20mA para os Leds de 5mm de diâmetro e cerca de metade para os Leds mais pequenos de 3mm de diâmetro.

Devido a estes valores máximos, os Leds não podem ser ligados diretamente à saída de uma grande parte dos circuitos, por exemplo às saídas de um Arduino, pois este opera geralmente com 5V. Assim, é comum usar uma resistência limitadora de modo a fazer baixar a tensão e a corrente para valores aceitáveis.

O exemplo seguinte ilustra esta situação, para um Led de 2V/20mA:



P) Qual o valor de R a utilizar?

R) A resistência terá de provocar uma queda de tensão de 3V quando percorrida pela corrente de 20mA:

$$R = U_R / I = 3 / (20 \cdot 10^{-3}) = 150\Omega$$

$$P = R \cdot I^2 = 150 \cdot (20 \cdot 10^{-3})^2 = 0.06W \text{ (pelo que será suficiente uma resistência de 1/8W a 1/4W)}$$

OLED - Organic Light-Emitting Diode

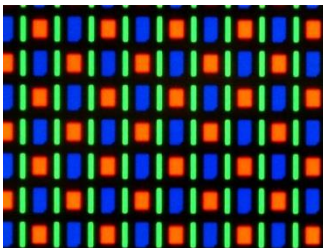
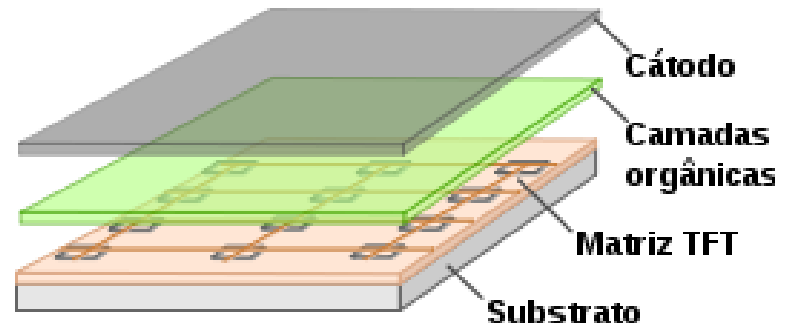
AMOLED : Active-Matrix Organic Light-Emitting Diode

OLED

- tecnologia criada pela Kodak em 1980
- compostos por moléculas de carbono (!) que emitem luz ao receberem uma carga elétrica
- ao contrário dos diodos tradicionais, as moléculas podem ser diretamente aplicadas sobre a superfície da tela, usando um método de impressão (tipo impressora ink-jet); depois basta acrescentar os filamentos metálicos que conduzem os impulsos eléctricos a cada célula

AMOLED

- baseados em OLED
- ligar/desligar pixel cerca de 3x mais rápido que LCD
- maior luminosidade que LED (150% mais)
- menor tempo de resposta (menor arrastamento)
- maior ângulo de visão
- melhor definição de cor (ex: negro mais negro)
- menor espessura do display
- ecrans flexíveis e transparentes



[Nexus_one_screen_microscope.jpg](#)

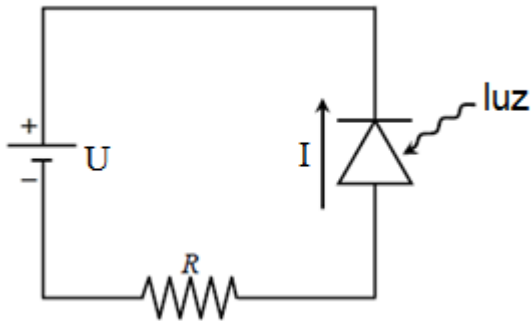
Matthew Rollings at [English Wikipedia](#)



Foto-Diodos

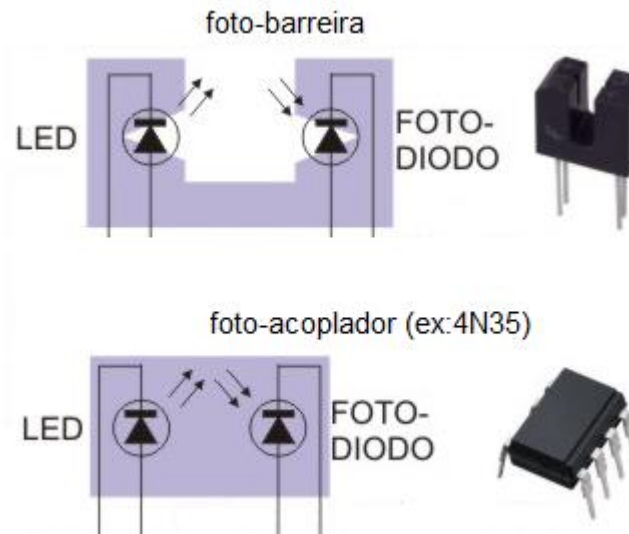
O foto-diodo é um diodo de junção construído de modo a possibilitar a utilização da luz para controlar a corrente que o atravessa. Quando a junção é inversamente polarizada e na ausência de luz incidente a corrente é praticamente nula. Quando a junção é iluminada o número de portadores de carga aumenta e portanto a corrente através do diodo.

Os foto-diodos respondem muito rapidamente às variações de luz, possibilitando as mais diversas aplicações, como em foto-acopladores, circuitos digitais, controles remotos, etc.



No escuro como o diodo está inversamente polarizado a corrente I é nula

Havendo luz incidente, passa a existir corrente I , cuja intensidade depende da intensidade da luz incidente

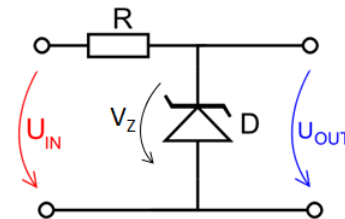
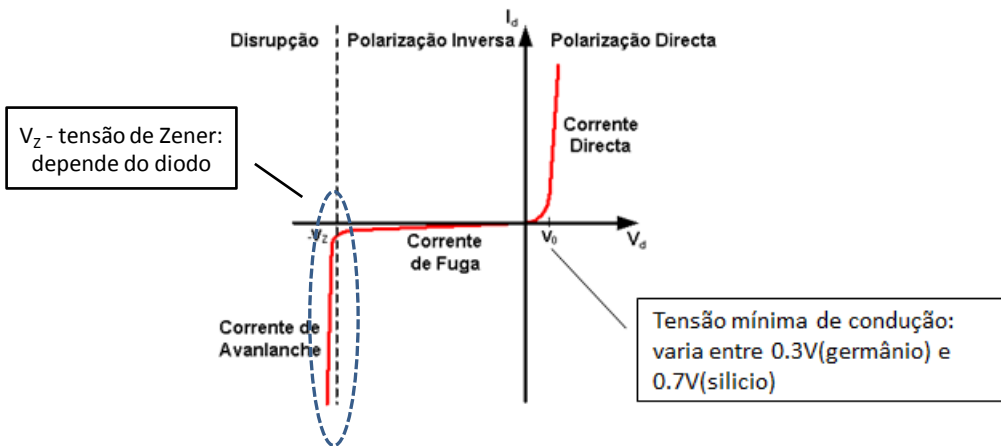


Diodos de Zener

<https://www.electronica-pt.com/diodo-zener>

Diodo Zener (também conhecido como diodo regulador de tensão, diodo de tensão constante, diodo de ruptura ou diodo de condução reversa) é um tipo de diodo especialmente projetado para trabalhar na zona polarização inversa.

Conforme o diagrama abaixo, na zona de trabalho do diodo de Zener a tensão inversa é praticamente constante mesmo para grandes variações da corrente (a tensão fica fixa ou estabilizada)



caso 1) $U_{in} < V_Z \rightarrow U_{out} = U_{in} \rightarrow U_{out}$ não regulada

caso 2) $U_{in} > V_Z \rightarrow U_{out} = V_Z \rightarrow U_{out}$ regulada

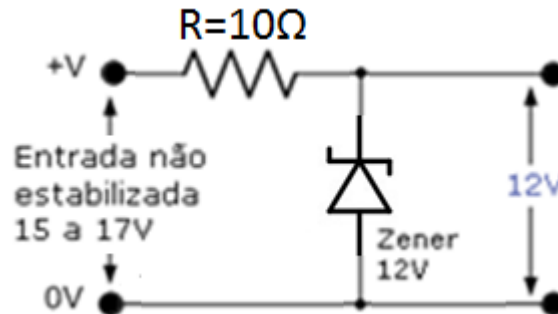
R – resistência limitadora da corrente

DIODO ZENER



simbolo

V_Z - tensão de Zener
pode variar entre cerca de 2V até 50V



Qualquer variação da tensão de entrada entre cerca de 15V-17V é “absorvida” pelo Zener, mantendo-se a saída fixa nos 12V (apenas com ligeiras alterações)

Transistores

O transistor é um dispositivo de três terminais em que um dos terminais permite controlar a corrente que atravessa os outros dois.

Existem basicamente dois tipos de transistores:

1) Transistores de efeito de campo (FET-Field Effect Transistor)

(serão vistos mais adiante)

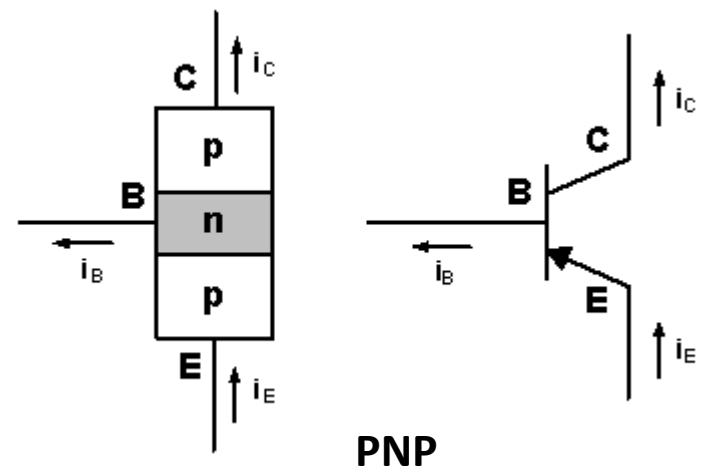
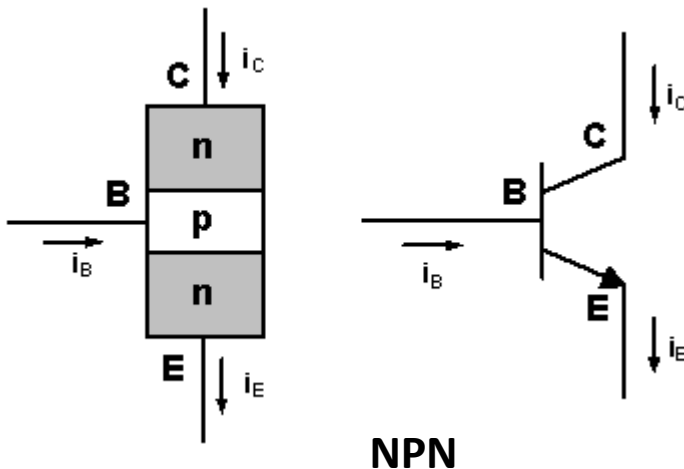
2) Transistor de junção bipolar (BJT-Bipolar Junction Transistor)

- os terminais designam-se por: Emissor(E), Base(B) e Coletor(C)
- o terminal de controlo é a Base(B)
- a corrente entre E e C é controlada pela corrente de B
- a corrente de controlo em B é muito menor que a corrente controlada entre E e C

3) dividem-se em:

NPN: consistem em duas regiões “n” separadas por uma região “p”

PNP: consistem em duas regiões “p” separadas por uma região “n”

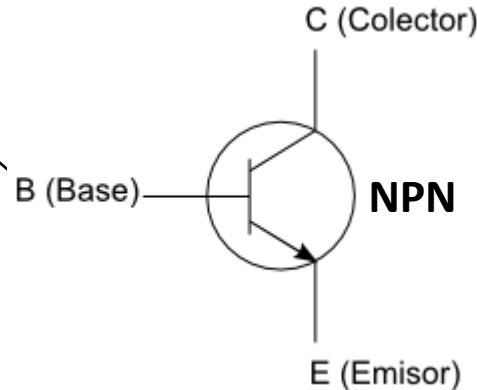


Transistores

BJT – polarização

B-Base: electrodo de comando

- se positivo em relação ao emissor o transistor conduz corrente entre o colector e o emissor; caso contrário o transistor estará ao corte e não passa corrente entre o colector e o emissor

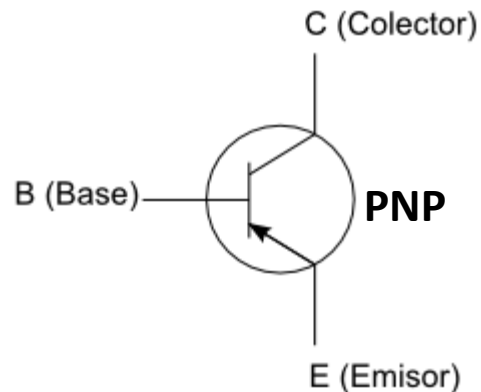


C-colector: normalmente ligado ao pólo positivo da alimentação (+)

E-Emissor: normalmente ligado ao GND, pólo negativo da alimentação (-)

B-Base: electrodo de comando

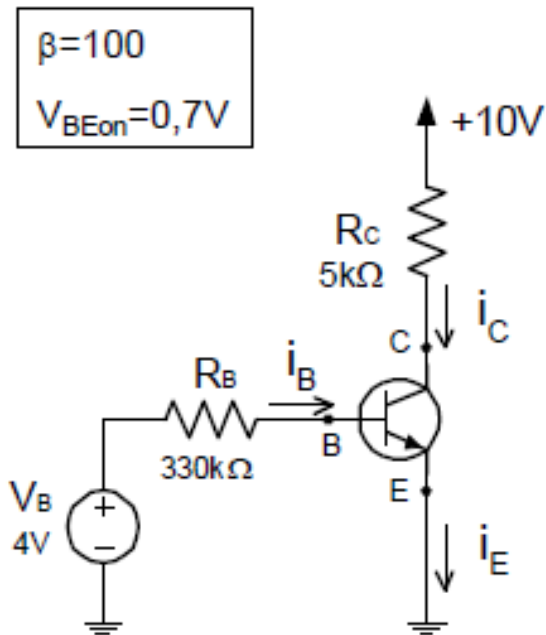
- se negativo em relação ao emissor o transistor conduz corrente entre o colector e o emissor; caso contrário o transistor estará ao corte e não passa corrente entre o colector e o emissor



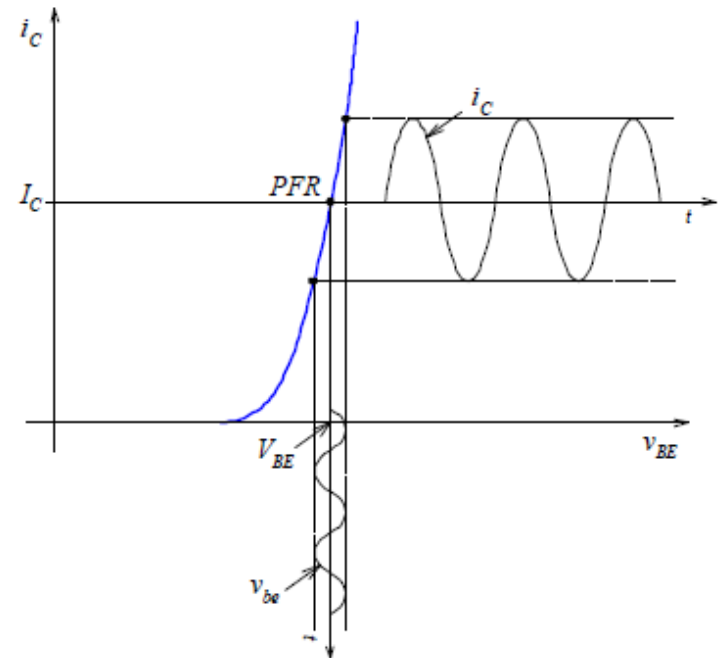
C-colector: normalmente ligado ao pólo negativo da alimentação (-)

E-Emissor: normalmente ligado ao pólo positivo da alimentação (+) - GND

Transistores - amplificação



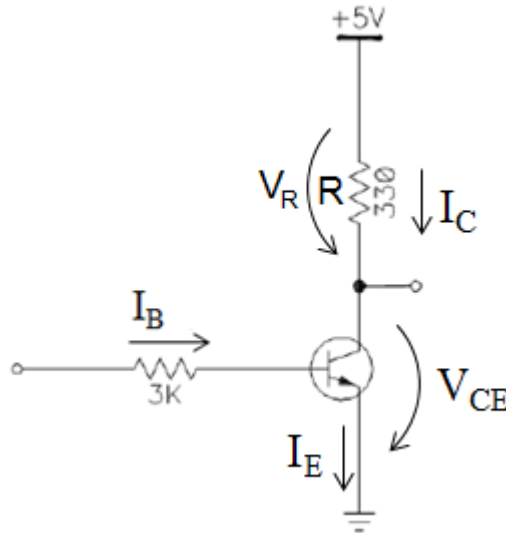
O BJT como amplificador



$$i_E = i_C + i_B$$

$$i_C = \beta * i_B \quad , \quad i_C > i_B \rightarrow \beta = \text{factor amplificador de corrente do transistor}$$

Transistores - comutação

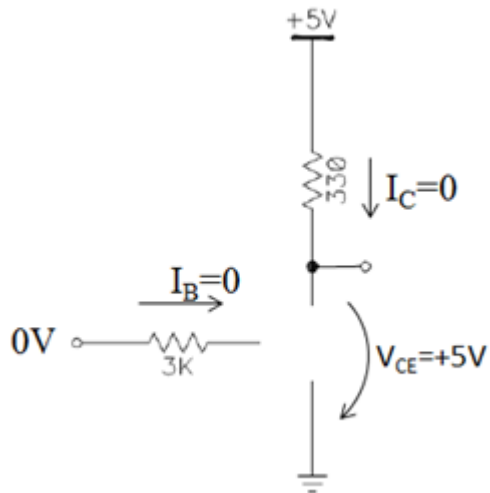


$$I_E = I_C + I_B$$

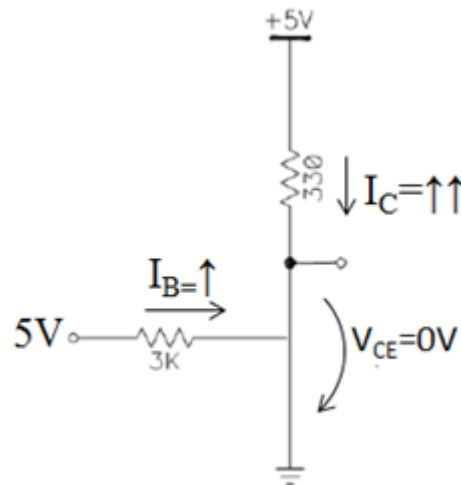
$$I_C = \beta * I_B$$

$$V_R + V_{CE} = 5$$

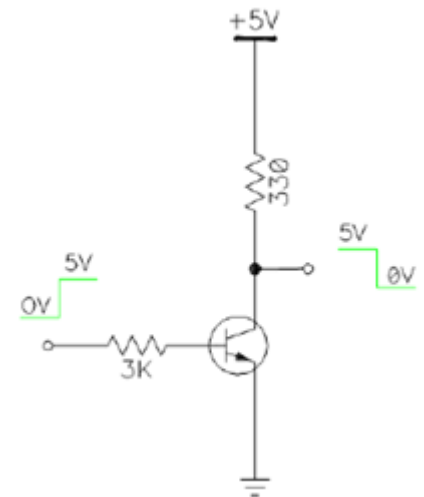
$$V_{CE} = 5 - V_R$$



transistor ao corte



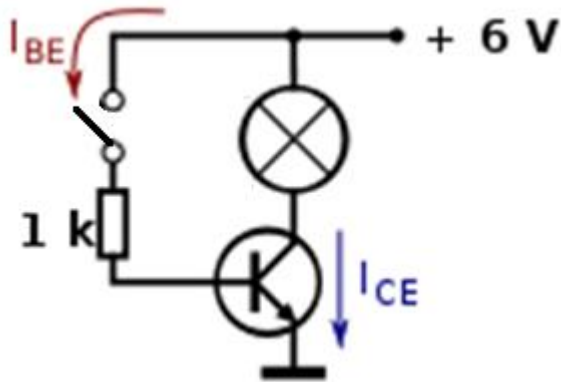
transistor saturado



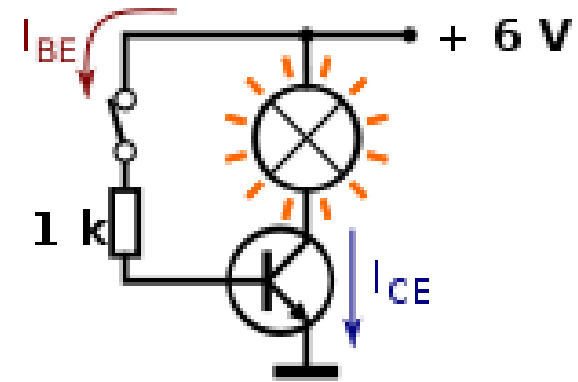
transistor como comutador
(circuito inversor)

Transistores

BJT – como comutador: exemplo com transistor NPN

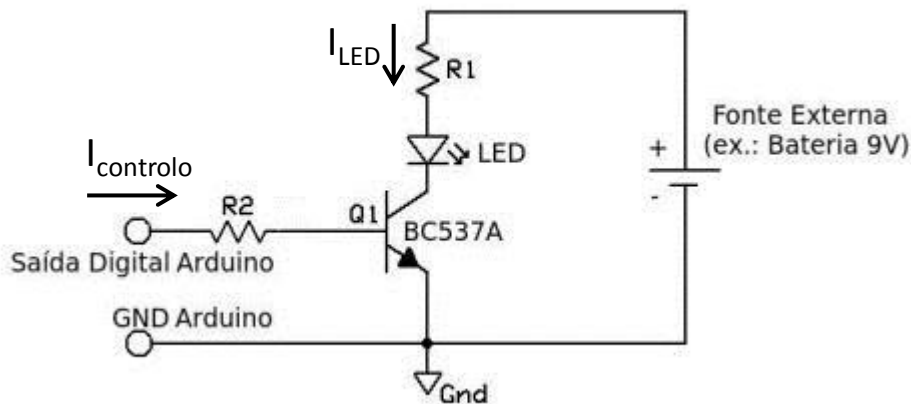


Interruptor aberto: $I_{BE} = 0$, $I_{CE} = 0$
→ transistor ao corte, lâmpada apagada



Interruptor fechado: $I_{BE} > 0$, $I_{CE} > 0$
→ transistor condutor, lâmpada acesa

Transistor NPN ligado a uma saída do Arduino



Valores típicos para $R1$ e $R2$

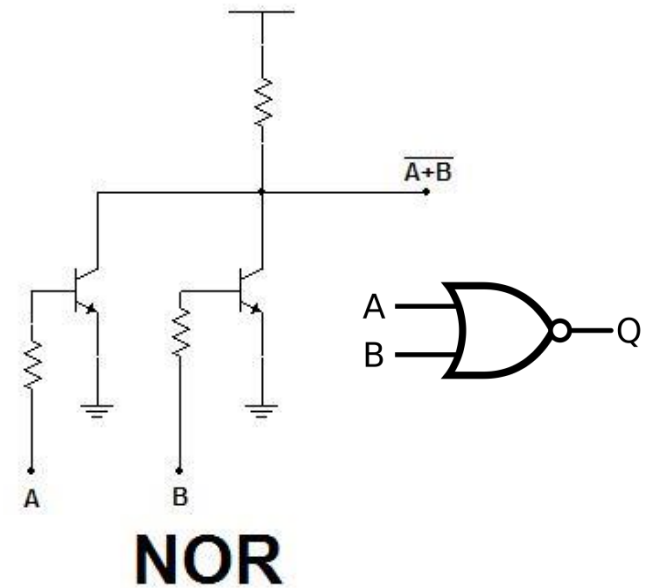
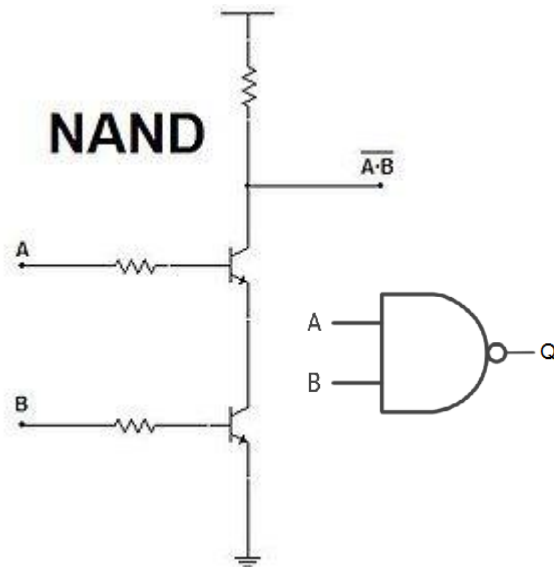
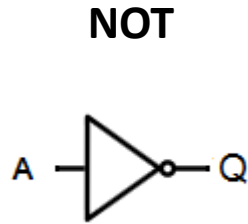
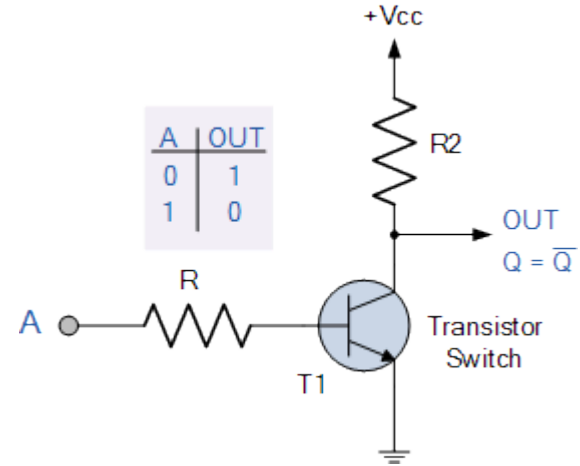
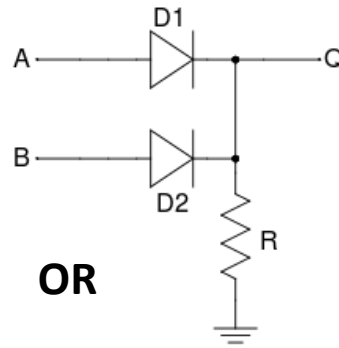
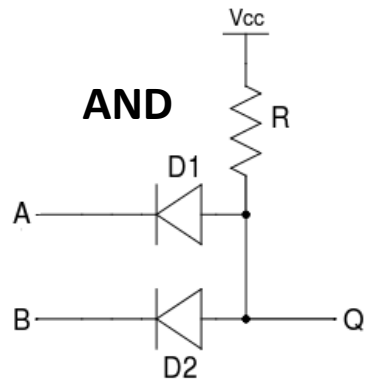
$R1 = 150\Omega$

$R2 = 1k\Omega$ a $4,7k\Omega$

$I_{controle} \approx 1mA$

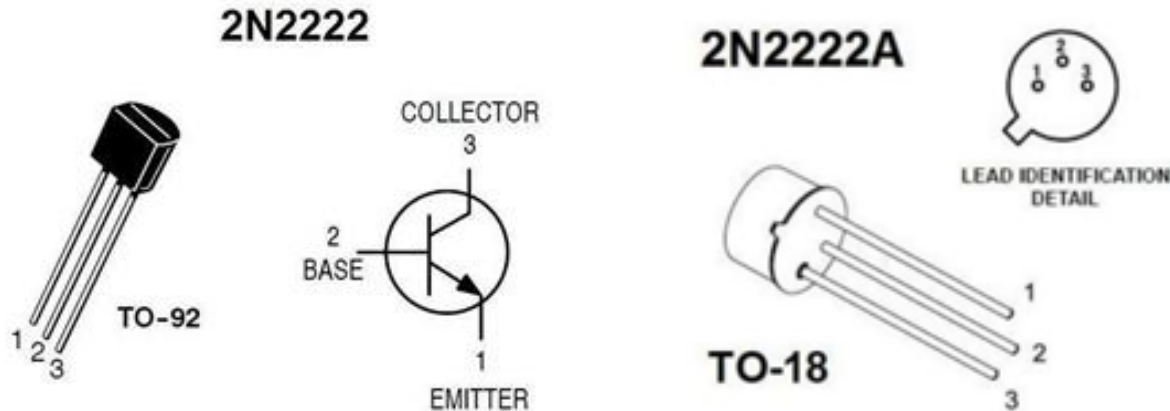
$I_{LED} \approx 30mA$

Diodos + Transistores : portas lógicas



Transistores

Exemplos de transistores



O **2N2222**, é um transistor NPN, utilizado em aplicações de baixa potência como amplificador e comutador.

Suporta correntes até 1 A, 50 V, 300 mW e frequências até 100 MHz, com um Beta de pelo menos 100.

Está disponível numa variedade de embalagens, tais como: TO-18, TO-92, SOT-23, e SOT-223.

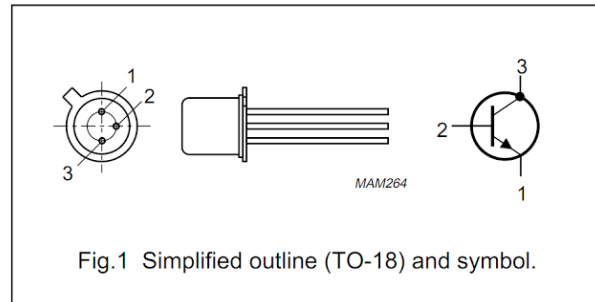
Data Sheets

[Folha de Dados da Fairchild Semiconductor's equivalente PN2222 \(PDF\)](#)

Transistores – exemplos

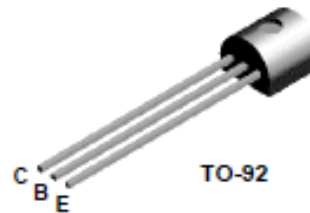
PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector, connected to case

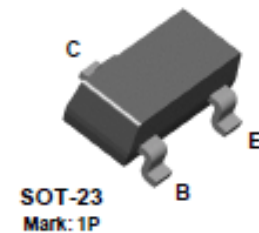


FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

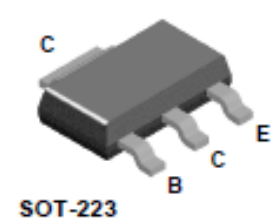
PN2222A



MMBT2222A



PZT2222A



NPN General Purpose Amplifier

This device is for use as a medium power amplifier and switch requiring collector currents up to 500 mA. Sourced from Process 19.

Absolute Maximum Ratings* T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V _{CE0}	Collector-Emitter Voltage	40	V
V _{CB0}	Collector-Base Voltage	75	V
V _{EB0}	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I _C	Collector Current - Continuous	1.0	A
T _J , T _{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

Extrato do data sheet do 2N2222 da Fairchild (ON)

Transistores - curiosidades

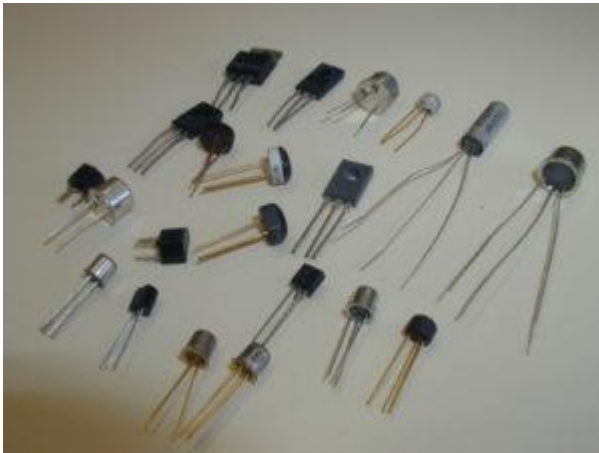
<https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor>



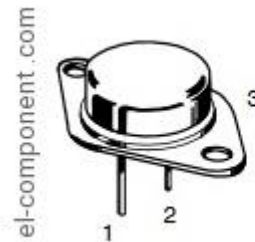
Símbolo do transístor em calçada à portuguesa na Universidade de Aveiro



A replica of the first working transistor.

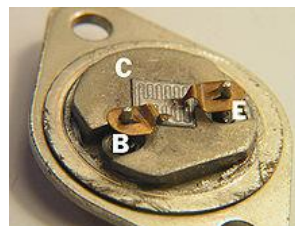


Diversos encapsulamentos de transistores



2N3055 pinout

1. Base
2. Emitter
3. Collector

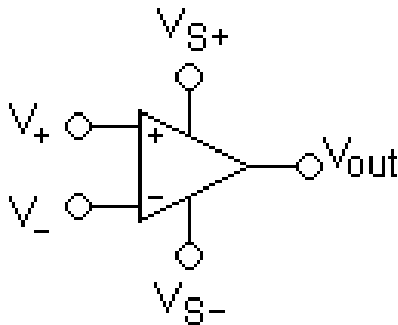


Amplificadores Operacionais

O nome deriva da sua capacidade para realizar operações matemáticas como adição, subtração, multiplicação (amplificação), diferenciação e integração.

A sua primeira aplicação foi em computadores analógicos.

É provavelmente o dispositivo mais bem sucedido na área de circuitos eletrónicos analógicos. Com apenas alguns poucos componentes externos, ele pode ser ajustado de modo a fazer uma grande variedade de funções. Também são relativamente baratos.



Designação dos terminais

V_+ : entrada não-inversora

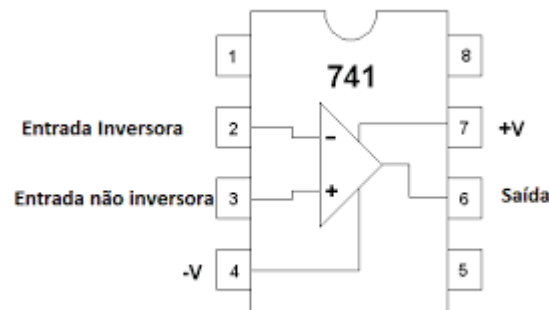
V_- : entrada inversora

V_{out} : saída

V_{S+} : alimentação positiva

V_{S-} : alimentação negativa

Exemplo de circuito real: $\mu A741$



Exemplo de amplificador operacional real: “741”

<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD741.pdf>



Low Cost,
High Accuracy IC Op Amps

AD741 Series

FEATURES

Precision Input Characteristics

- Low V_{OS} : 0.5 mV max (L)
- Low V_{OS} Drift: 5 μ V/ $^{\circ}$ C max (L)
- Low I_b : 50 nA max (L)
- Low I_{OS} : 5 nA max (L)
- High CMRR: 90 dB min (K, L)

High Output Capability

- $A_{OL} = 25,000$ min, 1 k Ω Load (J, S) T_{MIN} to T_{MAX}
- $V_o = \pm 10$ V min, 1 k Ω Load (J, S)

Chips and MIL-STD-883B Parts Available

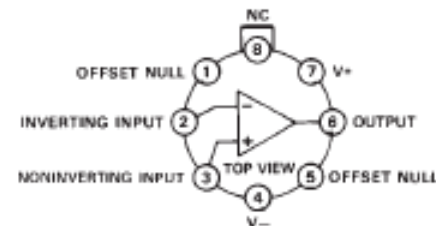
GENERAL DESCRIPTION

The Analog Devices AD741 Series are high performance monolithic operational amplifiers. All the devices feature full short circuit protection and internal compensation.

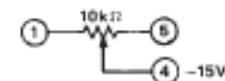
The Analog Devices AD741J, AD741K, AD741L, and AD741S are specially tested and selected versions of the standard AD741 operational amplifier. Improved processing and additional elec-

CONNECTION DIAGRAMS

TO-99 (H) Package

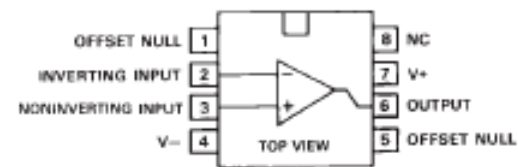


NOTE: PIN 4 CONNECTED TO CASE



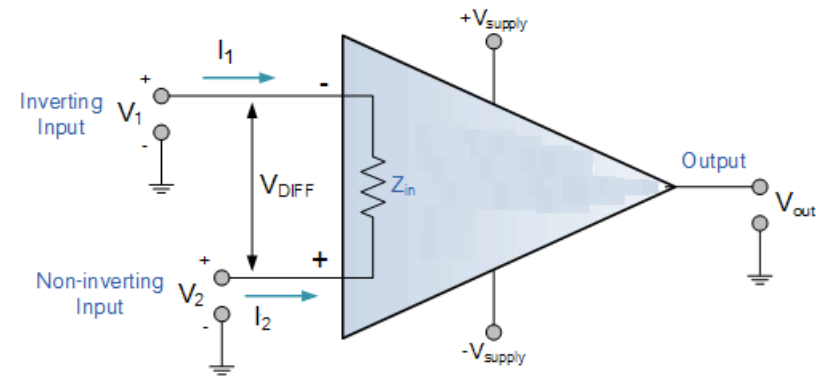
NC = NO CONNECT

Mini-DIP (N) Package



NC = NO CONNECT

Amplificadores Operacionais



$$V_{out} = A * V_{DIFF}$$

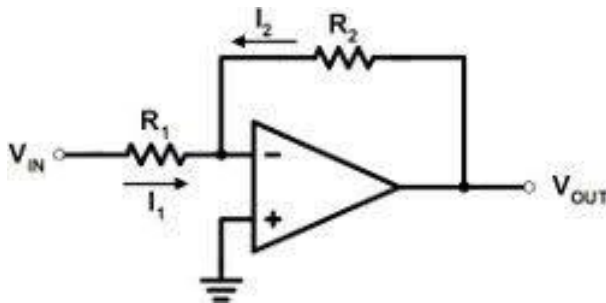
A = ganho em malha aberta, normalmente muito alto

Caso ideal

$A = \infty \rightarrow V_{DIFF} = 0$ (pois V_{OUT} não pode ser infinito)

$Z_{in} = \infty \rightarrow I_1 = 0$ e $I_2 = 0$ (não há corrente nas entradas)

Exemplo1: montagem inversora



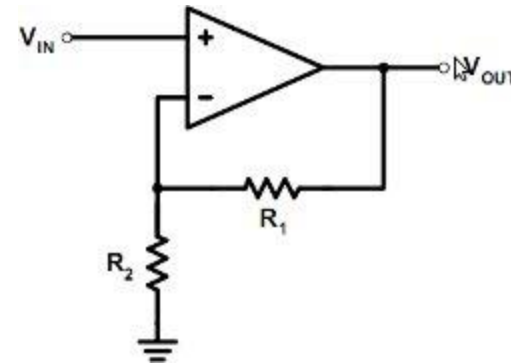
$$I_1 = V_{IN}/R_1$$

$$I_2 = -I_1$$

$$V_{OUT} = R_2 * I_2 = R_2 * (-V_{IN}/R_1) = -R_2/R_1 * V_{IN}$$

$$A = -R_2/R_1$$

Exemplo2: montagem não inversora



$$V_{OUT} = V_{R1} + V_{IN}$$

$$I_{R2} = V_{IN}/R_2 = I_{R1}$$

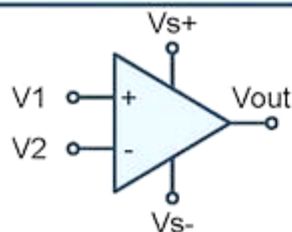
$$V_{R1} = R_1 * I_{R1} = R_1 * V_{IN}/R_2$$

$$V_{OUT} = R_1 * V_{IN}/R_2 + V_{IN} = (1 + R_1/R_2) * V_{IN}$$

$$A = 1 + R_1/R_2$$

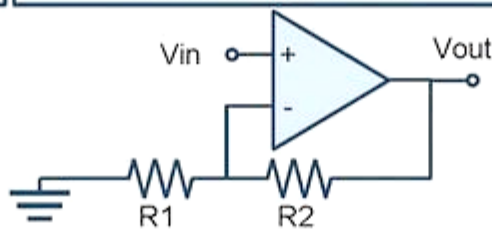
Configuraciones Básicas de Amplificadores Operacionales

Comparador de Voltaje



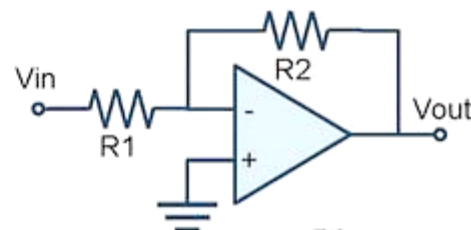
$$V_{out} = \begin{cases} V_{s+} & V1 > V2 \\ V_{s-} & V1 < V2 \end{cases}$$

Amplificador No Inversor



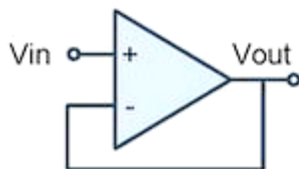
$$V_{out} = V_{in} \times \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

Amplificador Inversor



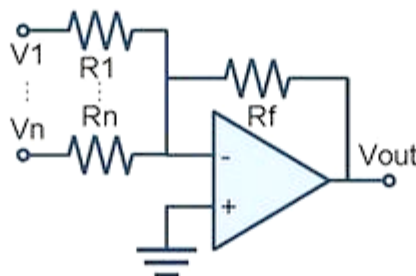
$$V_{out} = -V_{in} \times \frac{R2}{R1}$$

Seguidor de Voltaje



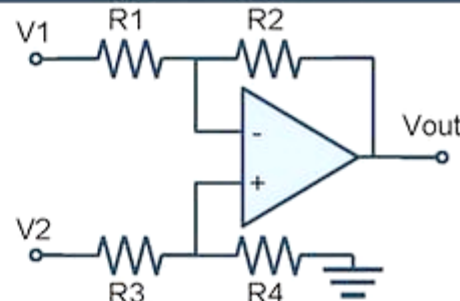
$$V_{out} = V_{in}$$

Sumador Amplificador Inversor



$$V_{out} = -R_f \times \left(\frac{V1}{R1} + \dots + \frac{Vn}{Rn} \right)$$

Amplificador Diferencial

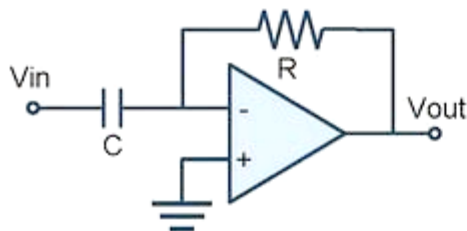


$$V_{out} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \times \left(\frac{R4}{R3 + R4}\right) \times V2 - \left(\frac{R2}{R1}\right) \times V1$$

Si $R1 = R3$ y $R2 = R4$ entonces

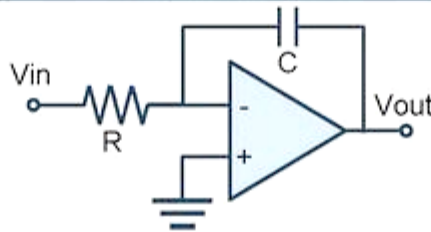
$$V_{out} = \left(\frac{R2}{R1}\right) \times (V2 - V1)$$

Amplificador Derivador



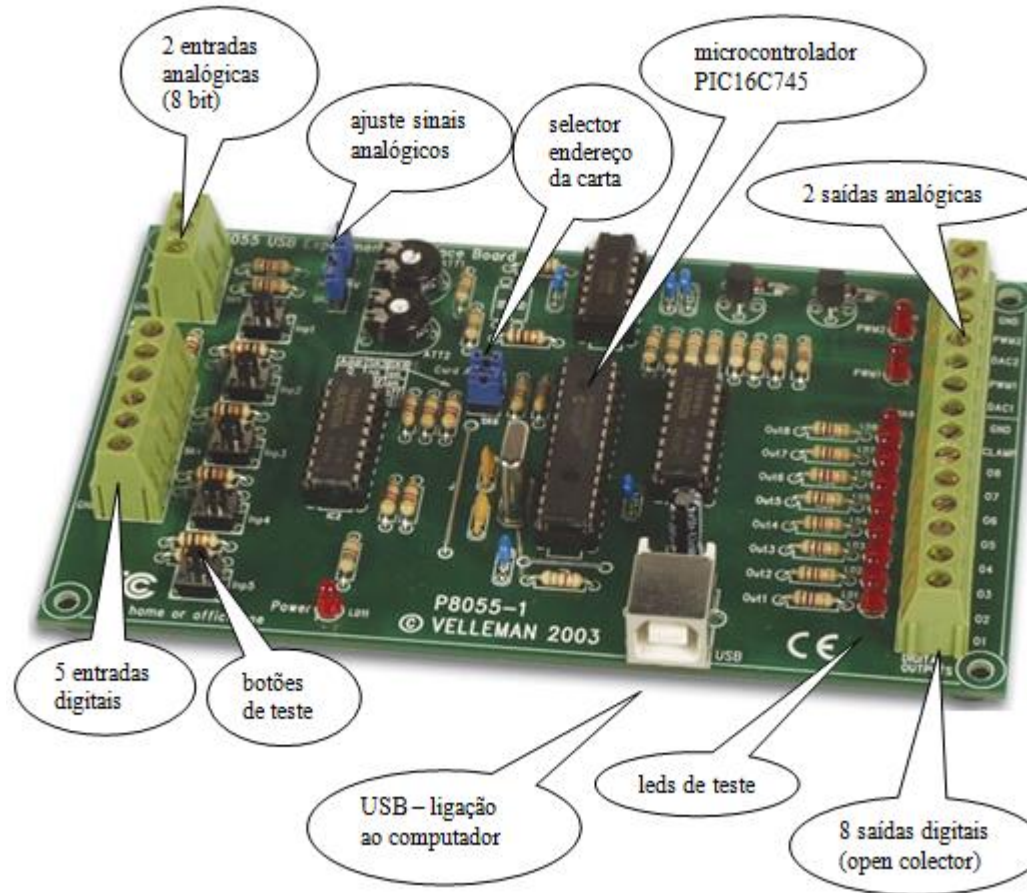
$$V_{out} = -R \times C \times \left(\frac{dV_{in}}{dt}\right)$$

Amplificador Integrador



$$V_{out} = -\left(\frac{1}{R \times C}\right) \int V_{in} dt$$

Velleman K8055



Specifications

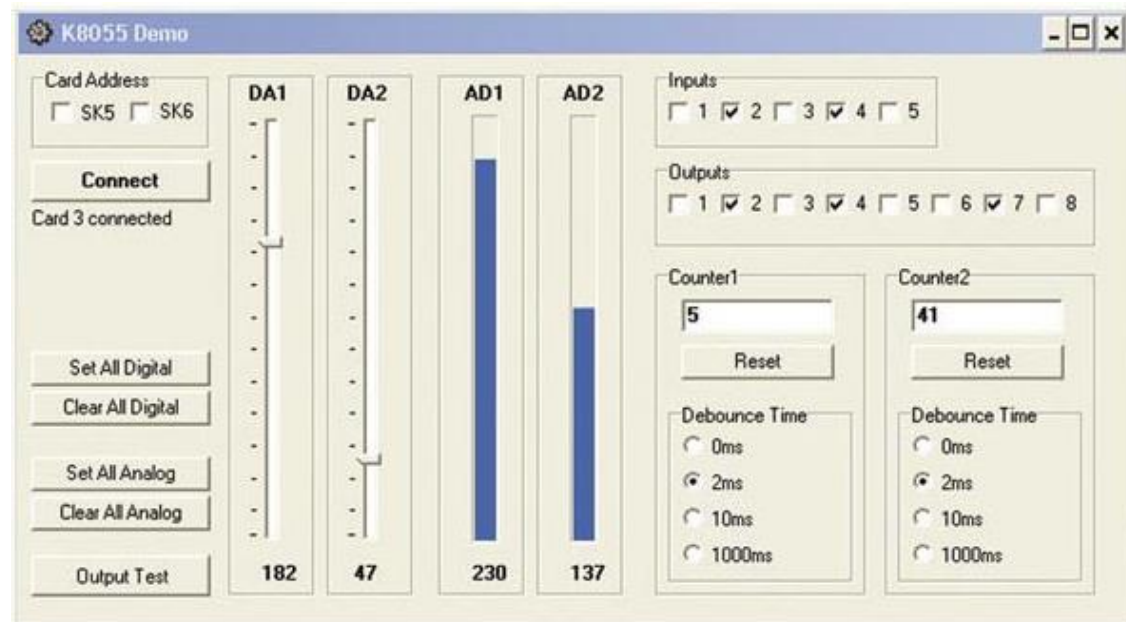
- 5 digital inputs (0= ground, 1= open) (on board test buttons provided)
- 2 analogue inputs with attenuation and amplification option (internal test +5V provided)-8 bit
- 8 digital open collector output switches (max. 50V/100mA) (on board LED indication)
- 2 analogue outputs-8bit: 0 to 5V, or: PWM 0 to 100% open collector outputs max 100mA / 40V (on board LED indication)
- general conversion time: 20ms per command
- power supply through USB: approx. 70mA
- diagnostic software with DLL included

K8055 DLL

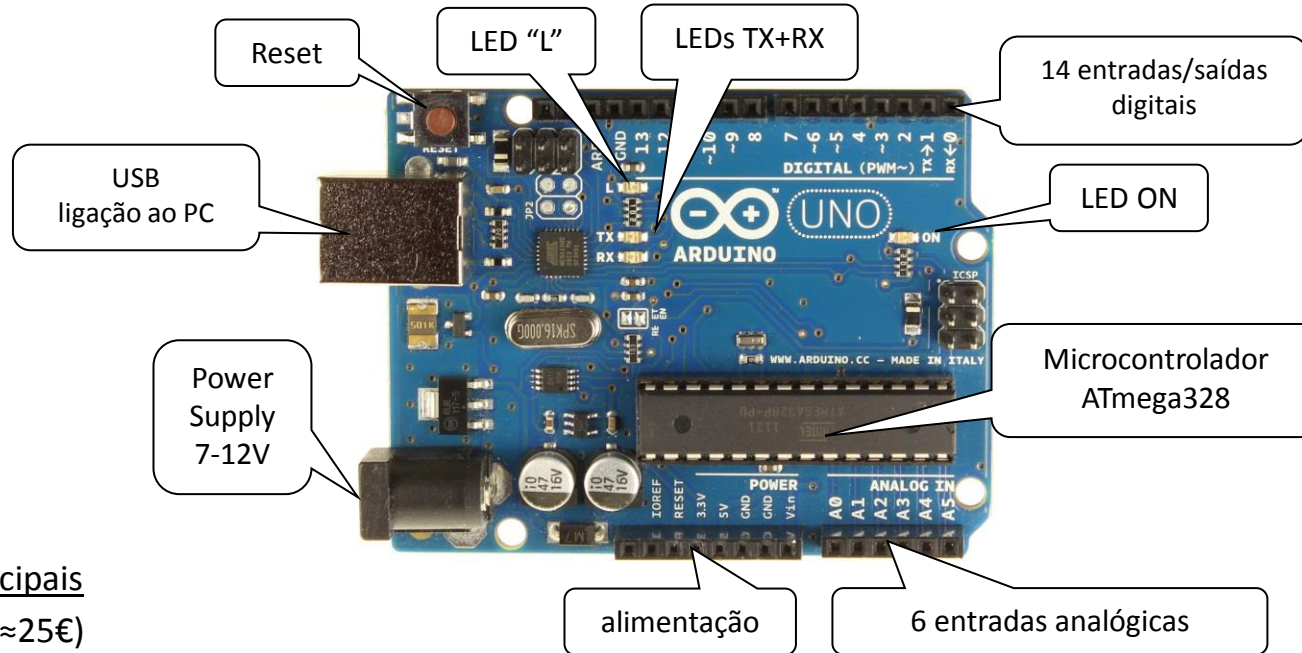
- The Velleman K8055 is an USB device.
- Actually it acts as a HID device (Human Interface Device): Windows should detect it automatically without the need to install a device driver.
- But you need to have a DLL file on your system: the **K8055D.DLL**.
- This DLL is written by Velleman and contains the functions you can execute on the K8055 card.
- It acts as a link between your program and the K8055.
- You may write custom Windows applications in Delphi, Visual Basic, C++ Builder or any other 32-bit Windows application development tool that supports calls to a DLL.
- In a 64bit version of Windows place the file inside the SysWOW64 folder.

Software de teste

- Permite testar todas as funções da placa.
- Existe em várias linguagens: Delphi(Pascal), Basic, C#, ...
- Pode ser alterado/adaptado para um projeto específico.



Arduino : modelo UNO

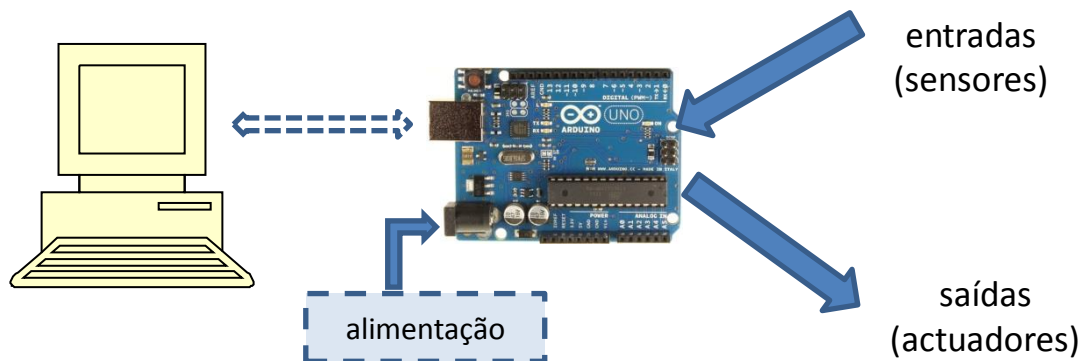


Características Principais

- Baixo custo (≈25€)
- Microcontrolador: ATmega328, 16MHz
- Tensão de alimentação: USB ou fonte externa
- Memória: Flash(código)=32KB, SRAM(variáveis)=2KB, EEPROM=1KB
- Entradas/saídas digitais: 14, entradas analógicas: 6
- Ligação ao PC: USB
- Comunicações: UART & I²C
- Conector de expansão
- Diversos módulos externos (*Shields*): controlo motores, comunicações s/fio, ...
- Existem diversas variantes: Due, Uno, Duemilenove, Mega, ADK, Lillypad, Nano,...
- Existem "clones" com funções melhoradas (ex: chipKIT)
- Fornecedores nacionais: PT Robotics(<http://www.ptrobotics.com/>), SAR (<http://www.botnroll.com/>), ElectroFun(<https://www.electrofun.pt/arduino>)

Arduino : carta controladora programável

Depois de programado pode funcionar autonomamente ou ligado a um sistema externo (PC)



```
Blink | Arduino 1.6.8
File Edit Sketch Tools Help

Blink
/*
 * Faz piscar o Led interno do Arduino
 */

const int LedPin = 13; //Led interno está ligado ao pino 13

const int tempoON = 100; //tempo em que o Led está aceso
const int tempoOFF = 500; //tempo em que o Led está apagado

// the setup function runs once when you press reset or power the
void setup() {
  // initialize digital pin 13 as an output.
  pinMode(LedPin, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {

}

Arduino/Genuino Uno on COM17
```

Ambiente de desenvolvimento(Java): ling. tipo C/C++, gratuito, muitas bibliotecas existentes: Ethernet, LCD, DateTime, ...

KIT disponível no LTC: Arduino Physical Computing Kit

IDE: <http://arduino.cc/en/Main/Software>

Arduino - Variantes



Uno



Chipkit



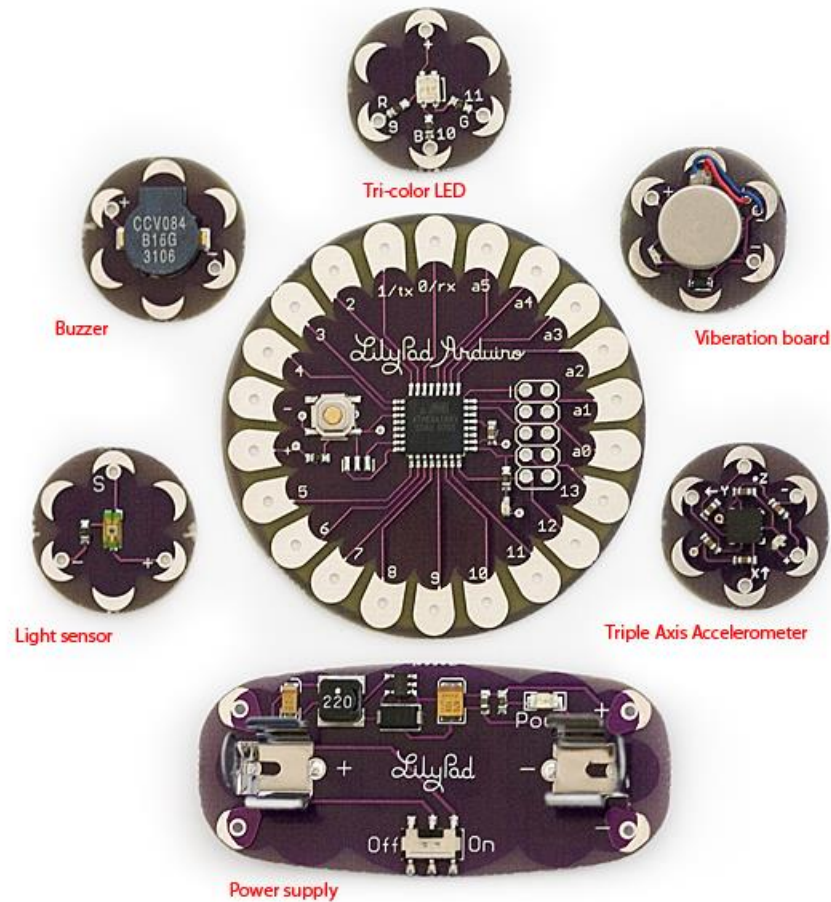
Due



Mini

Arduino - Variantes

Arduino **Lilypad**: versão para aplicação no vestuário



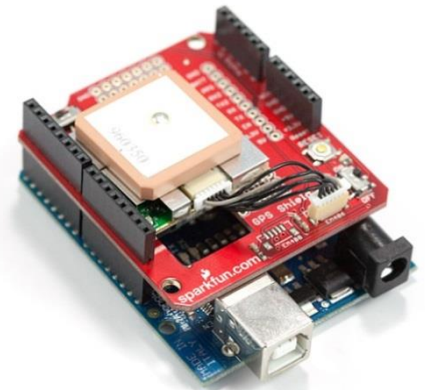
Arduino – Shields (ampliam as funções da placa base)



Motor



GSM



GPS



WiFi



LCD+keyboard



Ethernet

Arduino - Variantes

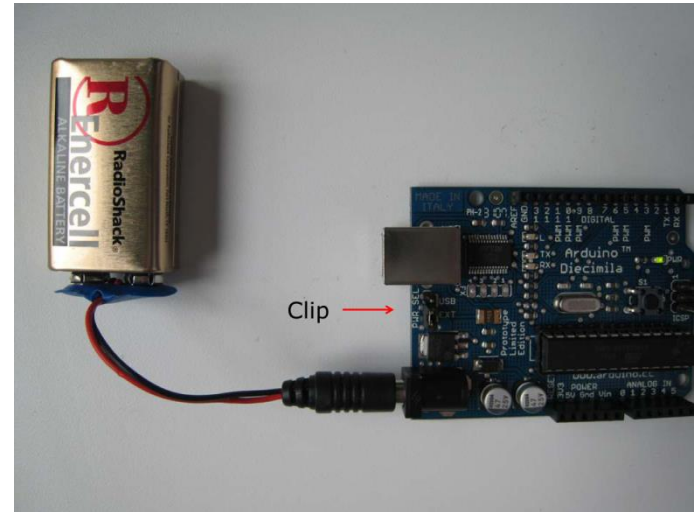
Plataforma de e-Health: Kit para Arduino (e Raspberry Pi)



Arduino – alimentação eléctrica



cabo USB

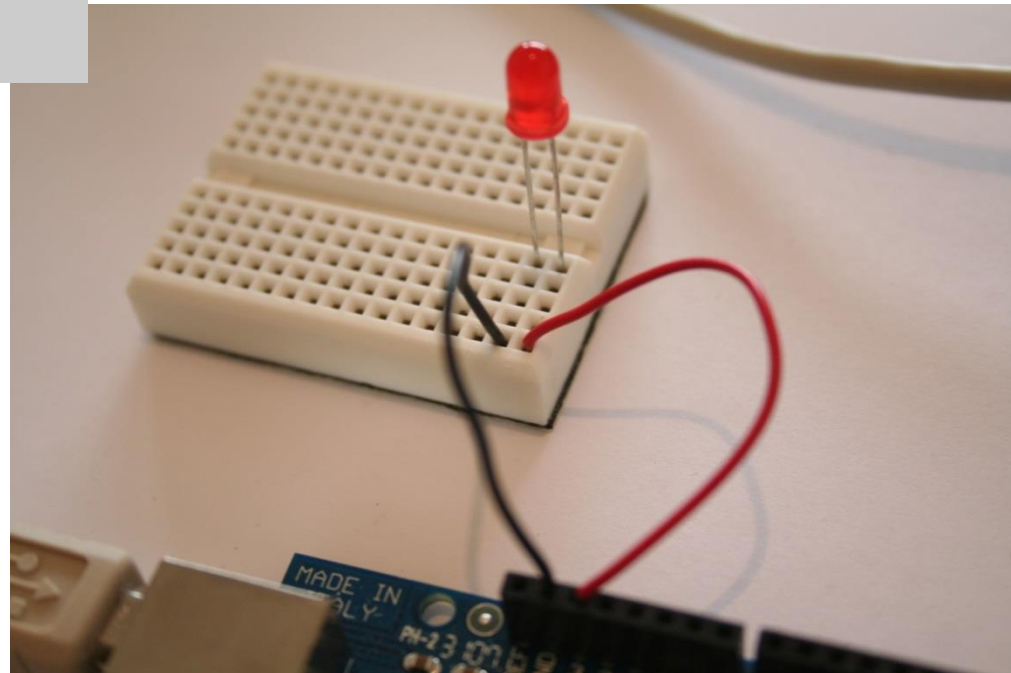
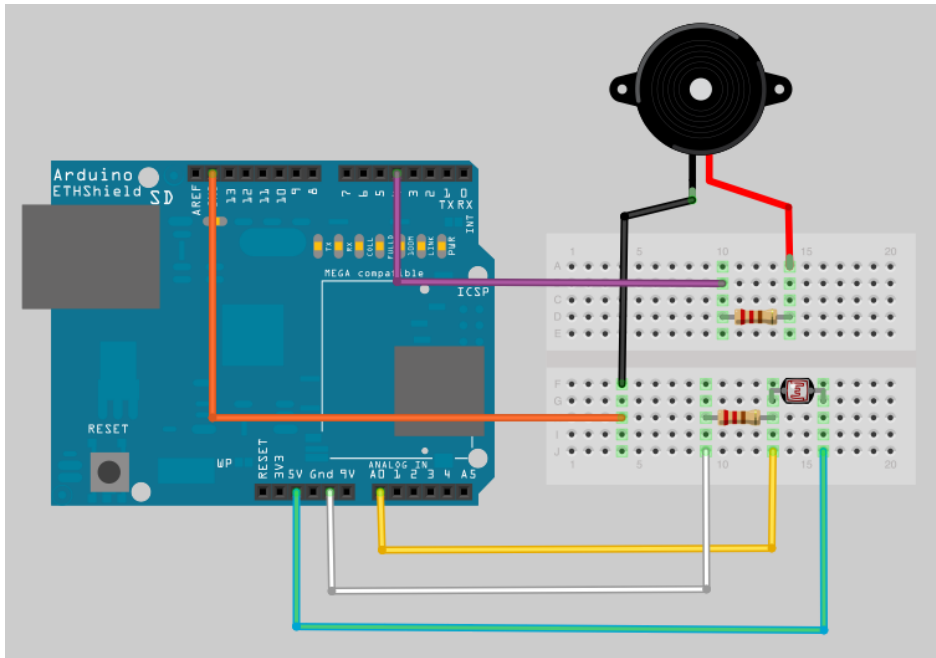


pilha / bateria

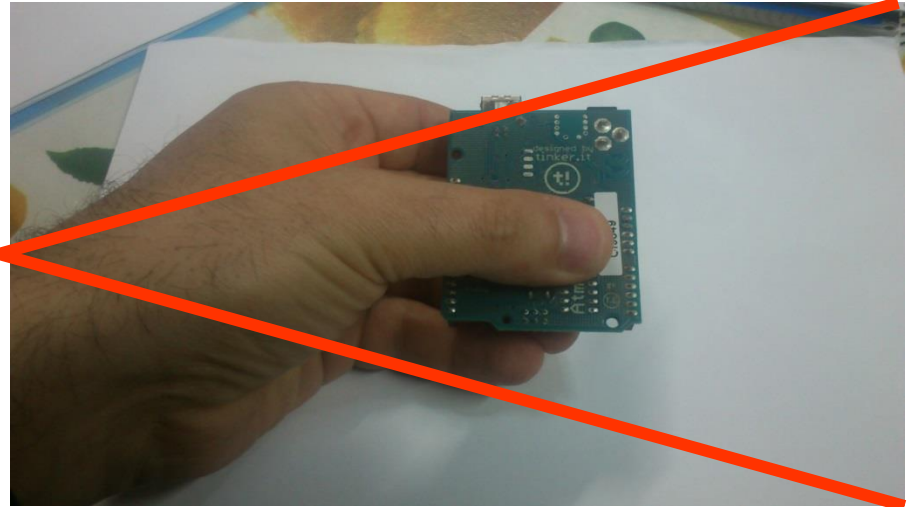
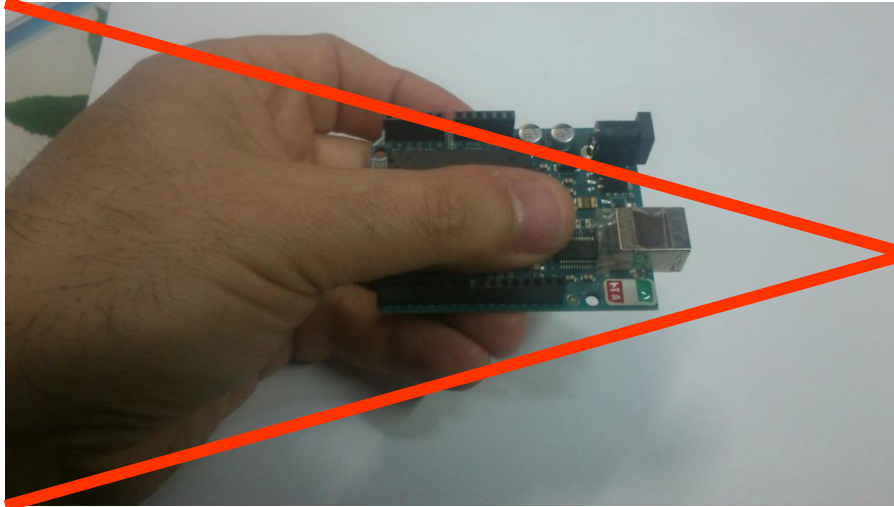


fonte de alimentação (power supply)

Arduino - ligações

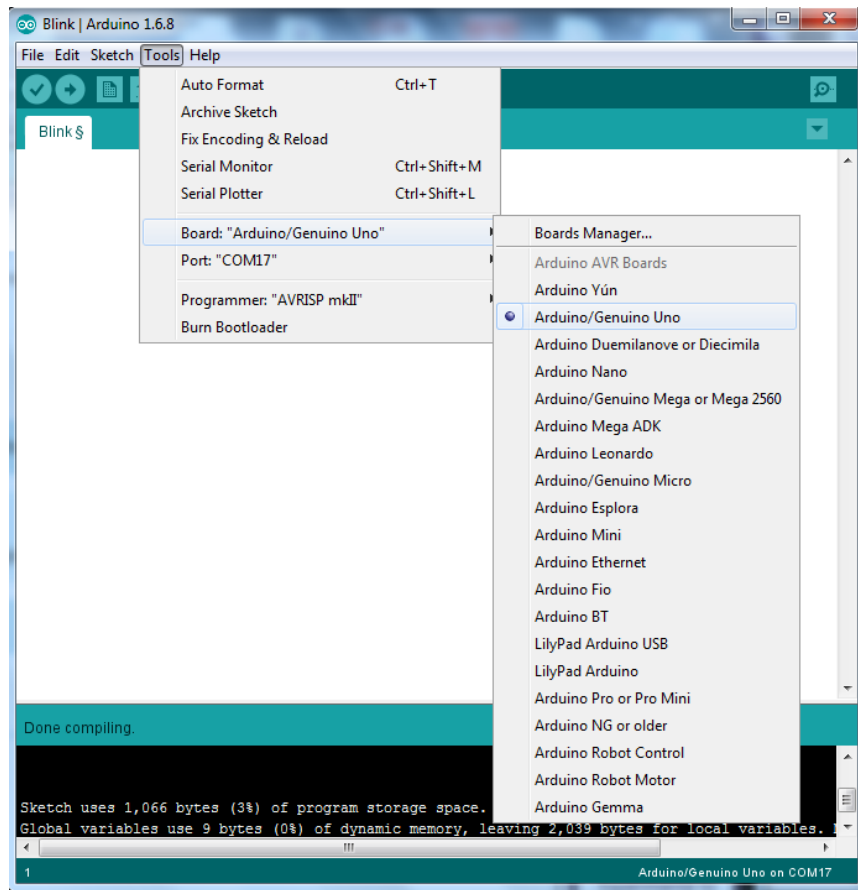


Arduino - manipulação

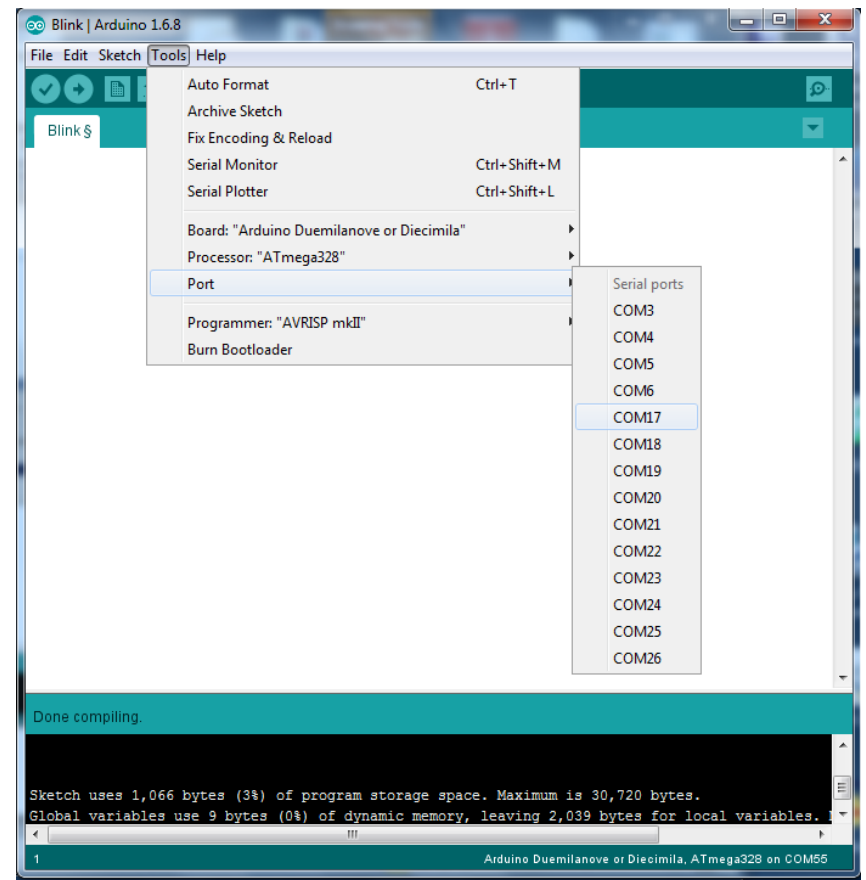


Arduino - configuração

Seleção do modelo da placa Arduino



Porta para comunicação Arduino-PC



Arduino - programação

Programa para Arduino = “SKETCH”

Estrutura de um sketch

<declarações> : declaração de constantes, variáveis, tipos, etc (OPCIONAL)

void setup ()

```
{  
  código executado uma só vez; serve principalmente para efectuar inicializações  
}
```

void loop ()

```
{  
  código executado de modo contínuo (em ciclo) até que a alimentação seja desligada (ou reset).  
}
```

Comentários

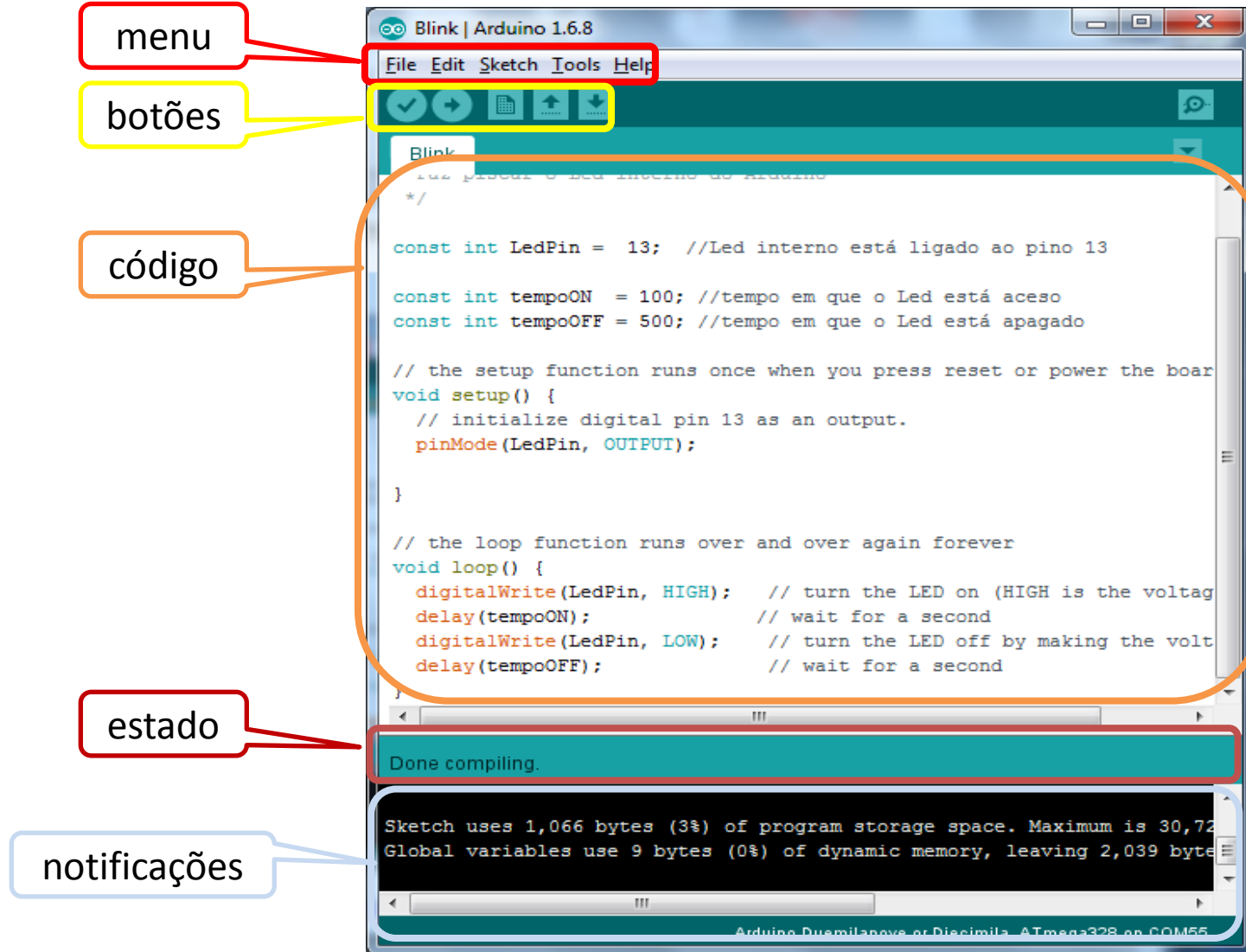
//linha de comentário

/*

 texto de comentário

*/

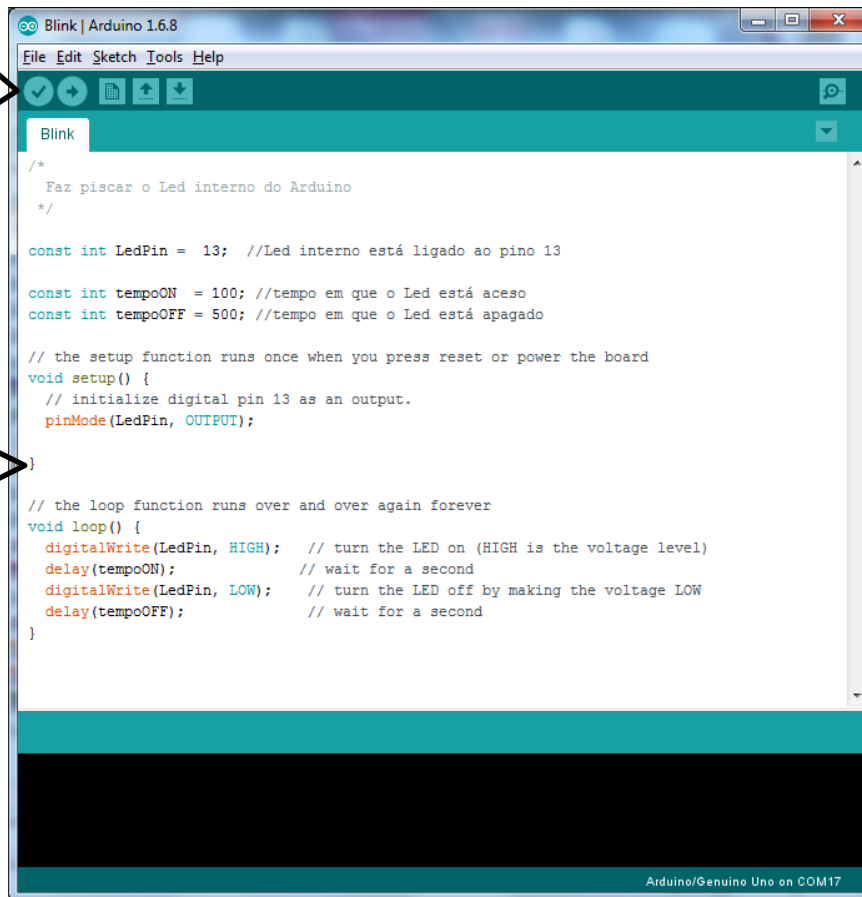
Arduino IDE(Integrated Development Environment)



Arduino – utilização

(2)
carregar
código
(verificar)

(1)
escrever
código



```
/*
  Faz piscar o Led interno do Arduino
  */

const int LedPin = 13; //Led interno está ligado ao pino 13

const int tempoON = 100; //tempo em que o Led está aceso
const int tempoOFF = 500; //tempo em que o Led está apagado

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin 13 as an output.
  pinMode(LedPin, OUTPUT);
}

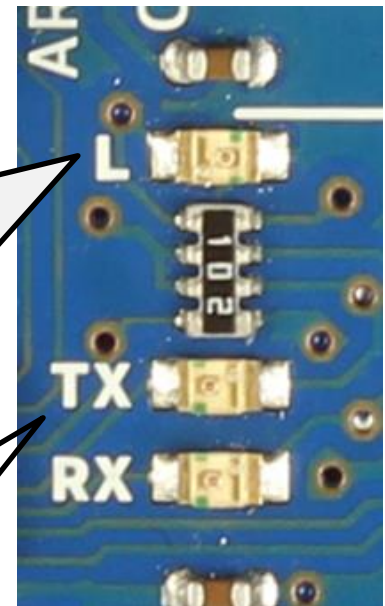
// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LedPin, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(tempoON); // wait for a second
  digitalWrite(LedPin, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(tempoOFF); // wait for a second
}
```

Sketch = “Blink” (Led L a piscar)



(4)
Led L
pisca
segundo
o código
do
sketch

(3)
TX/RX
cintilam

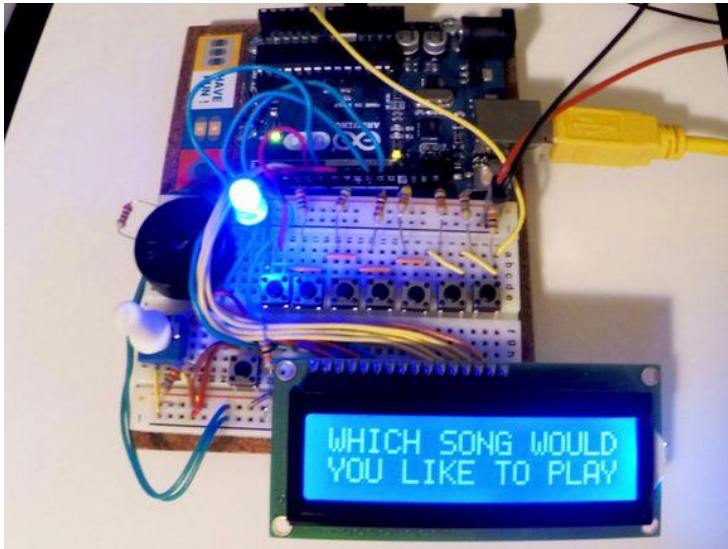


Arduino : proyectos diversos

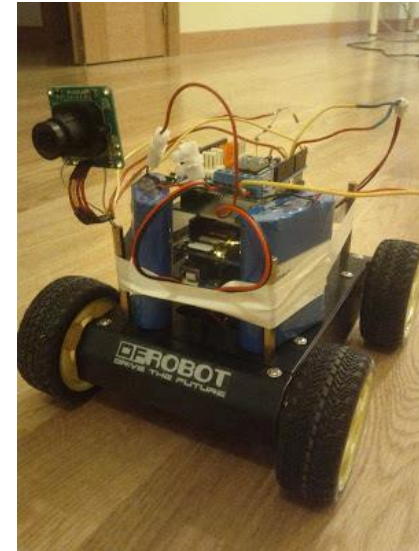
<http://playground.arduino.cc/Projects/Ideas>

<http://runtimeprojects.com/>

Electronic Piano



Internet controlled Arduino car



Arduino : proyectos diversos

LilyPad Example: LED Biking Jacket



<http://www.trendhunter.com/trends/lilypad-arduino-diy-programmable-fashion>

Arduino : proyectos diversos

T-shirt modded to let you know when you have new emails



<http://www.engadget.com/2010/03/30/t-shirt-modded-to-let-you-know-when-you-have-new-emails/>

Arduino : resumo de comandos (cheat-sheet)



ARDUINO CHEAT SHEET

JEROEN DOGGEN, AP UNIVERSITY COLLEGE ANTWERP



Structure

```
void setup()
void loop()
```

Control Structures

```
if (x<5) {}
for (int i = 0; i < 255; i++) {}
while (x < 6) {}
```

Further Syntax

```
// Single line comment
/* Multi line comment
#define ANSWER 42
#include <myLib.h>
```

General Operators

= assignment
+, - addition, subtraction
*, / multiplication, division
% modulo
== equal to
!= not equal to
< less than
<= less than or equal to

Pointer Access

& reference operator
* dereference operator

Bitwise Operators

& bitwise AND
| bitwise OR
^ bitwise XOR
~ bitwise NOT

Compound Operators

++ Increment
-- Decrement
+= Compound addition
&= Compound bitwise AND

Constants

HIGH, LOW
INPUT, OUTPUT
true, false
53: Decimal
B11010101: Binary
0x5BA4: Hexadecimal

Data Types

void
boolean 0, 1, false, true
char e.g. 'a' -128 → 127
unsigned char 0 → 255
int -32768 → 32767
unsigned int 0 → 65535
long -2147483648 → 2147483647
float -3,4028235E+38 → 3.402835E+38
sizeof(myint) returns 2 bytes

Arrays

```
int myInts[6];
int myPins[] = {2, 4, 8, 5, 6};
int myVals[6] = {-2, -4, 9, 3, 5};
```

Strings

```
char S1[15];
char S2[8] = 'A','r','d','u','i','n','o';
char S3[8] = 'A','r','d','u','i','n','o','\0';
char S4[] = "Arduino";
char S5[8] = "Arduino";
char S6[15] = "Arduino";
```

Conversion

char() int() long()
byte() word() float()

Qualifiers

static Persist between calls
volatile Use RAM (nice for ISR)
const Mark read-only
PROGMEM Use flash memory

Interrupts

```
attachInterrupt(interrupt, function, type)
detachInterrupt(interrupt)
boolean(interrupt)
interrupts()
noInterrupts()
```

Advanced I/O

```
tone(pin, freqhz)
tone(pin, freqhz, duration_ms)
noTone(pin)
shiftOut(dataPin, clockPin, how, value)
unsigned long pulseIn(pin, [HIGH, LOW])
```

Time

unsigned long millis() 50 days overflow
unsigned long micros() 70 min overflow
delay(ms)
delayMicroseconds(us)

Math

min(x,y) max(x,y) abs(x)
sin(rad) cos(rad) tan(rad)
pow(base, exponent)
map(val, fromL, fromH, toL, toH)
constrain(val, fromL, toH)

Pseudo Random Numbers

```
randomSeed(seed)
long random(max)
long random(min, max)
```

ATmega328 Pinout

ATmega328 Arduino									
RESET	1	5V	5V	5V	5V	5V	5V	5V	5V
D0	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D1	11	12	13	14	15	16	17	18	19
D2	20	21	22	23	24	25	26	27	28
D3	29	30	31	32	33	34	35	36	37
D4	38	39	40	41	42	43	44	45	46
D5	47	48	49	50	51	52	53	54	55
D6	56	57	58	59	60	61	62	63	64
D7	65	66	67	68	69	70	71	72	73
D8	74	75	76	77	78	79	80	81	82
D9	83	84	85	86	87	88	89	90	91
D10	92	93	94	95	96	97	98	99	100
D11	101	102	103	104	105	106	107	108	109
D12	110	111	112	113	114	115	116	117	118
D13	119	120	121	122	123	124	125	126	127
D14	128	129	130	131	132	133	134	135	136
D15	137	138	139	140	141	142	143	144	145
D16	146	147	148	149	150	151	152	153	154
D17	155	156	157	158	159	160	161	162	163
D18	164	165	166	167	168	169	170	171	172
D19	173	174	175	176	177	178	179	180	181
D20	182	183	184	185	186	187	188	189	190
D21	191	192	193	194	195	196	197	198	199
D22	200	201	202	203	204	205	206	207	208
D23	209	210	211	212	213	214	215	216	217
D24	218	219	220	221	222	223	224	225	226
D25	227	228	229	230	231	232	233	234	235
D26	236	237	238	239	240	241	242	243	244
D27	245	246	247	248	249	250	251	252	253
D28	254	255	256	257	258	259	260	261	262
D29	263	264	265	266	267	268	269	270	271
D30	272	273	274	275	276	277	278	279	280
D31	281	282	283	284	285	286	287	288	289
D32	290	291	292	293	294	295	296	297	298
D33	299	300	301	302	303	304	305	306	307
D34	308	309	310	311	312	313	314	315	316
D35	317	318	319	320	321	322	323	324	325
D36	326	327	328	329	330	331	332	333	334
D37	335	336	337	338	339	340	341	342	343
D38	344	345	346	347	348	349	350	351	352
D39	353	354	355	356	357	358	359	360	361
D40	362	363	364	365	366	367	368	369	370
D41	371	372	373	374	375	376	377	378	379
D42	380	381	382	383	384	385	386	387	388
D43	389	390	391	392	393	394	395	396	397
D44	398	399	400	401	402	403	404	405	406
D45	407	408	409	410	411	412	413	414	415
D46	416	417	418	419	420	421	422	423	424
D47	425	426	427	428	429	430	431	432	433
D48	434	435	436	437	438	439	440	441	442
D49	443	444	445	446	447	448	449	450	451
D50	452	453	454	455	456	457	458	459	460
D51	461	462	463	464	465	466	467	468	469
D52	470	471	472	473	474	475	476	477	478
D53	479	480	481	482	483	484	485	486	487
D54	488	489	490	491	492	493	494	495	496
D55	497	498	499	500	501	502	503	504	505
D56	506	507	508	509	510	511	512	513	514
D57	515	516	517	518	519	520	521	522	523
D58	524	525	526	527	528	529	530	531	532
D59	533	534	535	536	537	538	539	540	541
D60	542	543	544	545	546	547	548	549	550
D61	551	552	553	554	555	556	557	558	559
D62	560	561	562	563	564	565	566	567	568
D63	569	570	571	572	573	574	575	576	577
D64	578	579	580	581	582	583	584	585	586
D65	587	588	589	590	591	592	593	594	595
D66	596	597	598	599	600	601	602	603	604
D67	605	606	607	608	609	610	611	612	613
D68	614	615	616	617	618	619	620	621	622
D69	623	624	625	626	627	628	629	630	631
D70	632	633	634	635	636	637	638	639	640
D71	641	642	643	644	645	646	647	648	649
D72	650	651	652	653	654	655	656	657	658
D73	659	660	661	662	663	664	665	666	667
D74	668	669	670	671	672	673	674	675	676
D75	677	678	679	680	681	682	683	684	685
D76	686	687	688	689	690	691	692	693	694
D77	695	696	697	698	699	700	701	702	703
D78	704	705	706	707	708	709	710	711	712
D79	713	714	715	716	717	718	719	720	721
D80	722	723	724	725	726	727	728	729	730
D81	731	732	733	734	735	736	737	738	739
D82	740	741	742	743	744	745	746	747	748
D83	749	750	751	752	753	754	755	756	757
D84	758	759	760	761	762	763	764	765	766
D85	767	768	769	770	771	772	773	774	775
D86	776	777	778	779	780	781	782	783	784
D87	785	786	787	788	789	790	791	792	793
D88	794	795	796	797	798	799	800	801	802
D89	803	804	805	806	807	808	809	810	811
D90	812	813	814	815	816	817	818	819	820
D91	821	822	823	824	825	826	827	828	829
D92	830	831	832	833	834	835	836	837	838
D93	839	840	841	842	843	844	845	846	847
D94	848	849	850	851	852	853	854	855	856
D95	857	858	859	860	861	862	863	864	865
D96	866	867	868	869	870	871	872	873	874
D97	875	876	877	878	879	880	881	882	883
D98	884	885	886	887	888	889	890	891	892
D99	893	894	895	896	897	898	899	900	901
D100	902	903	904	905	906	907	908	909	910
D101	911	912	913	914	915	916	917	918	919
D102	920	921	922	923	924	925	926	927	928
D103	929	930	931	932	933	934	935	936	937
D104	938	939	940	941	942	943	944	945	946
D105	947	948	949	950	951	952	953	954	955
D106	956	957	958	959	960	961	962	963	964
D107	965	966	967	968	969	970	971	972	973
D108	974	975	976	977	978	979	980	981	982
D109	983	984	985	986	987	988	989	990	991
D110	992	993	994	995	996	997	998	999	1000

I/O Pins

	Uno	Mega
# of IO	14 + 6	54 + 11
Serial Pins	0 - RX, 1 - TX	RX1 → RX4
Interrupts	2,3	2,3,18,19,20,21
PWM Pins	5,6 - 9,10 - 3,11	0 → 13
SPI (SS, MISO, MOSI, SCK)	10 → 13	50 → 53
I2C (SDA, SCL)	A4, A5	20,21

Analog I/O

```
analogReference (EXTERNAL, INTERNAL)
analogRead (pin)
analogWrite (pin, value)
```

Digital I/O

```
pinMode (pin, [INPUT, OUTPUT])
digitalRead (pin)
digitalWrite (pin, value)
```

Serial Communication

```
Serial.begin(speed)
Serial.print("text")
Serial.println("text")
```

Websites

forum.arduino.cc
playground.arduino.cc
arduino.cc/en/Reference

Arduino Uno Board



Arduino : links úteis

- **Site oficial Arduino** : <http://www.arduino.cc>

Comandos da linguagem Arduino: <http://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>

- **Simuladores**

123D Circuits.io : <http://123d.circuits.io>

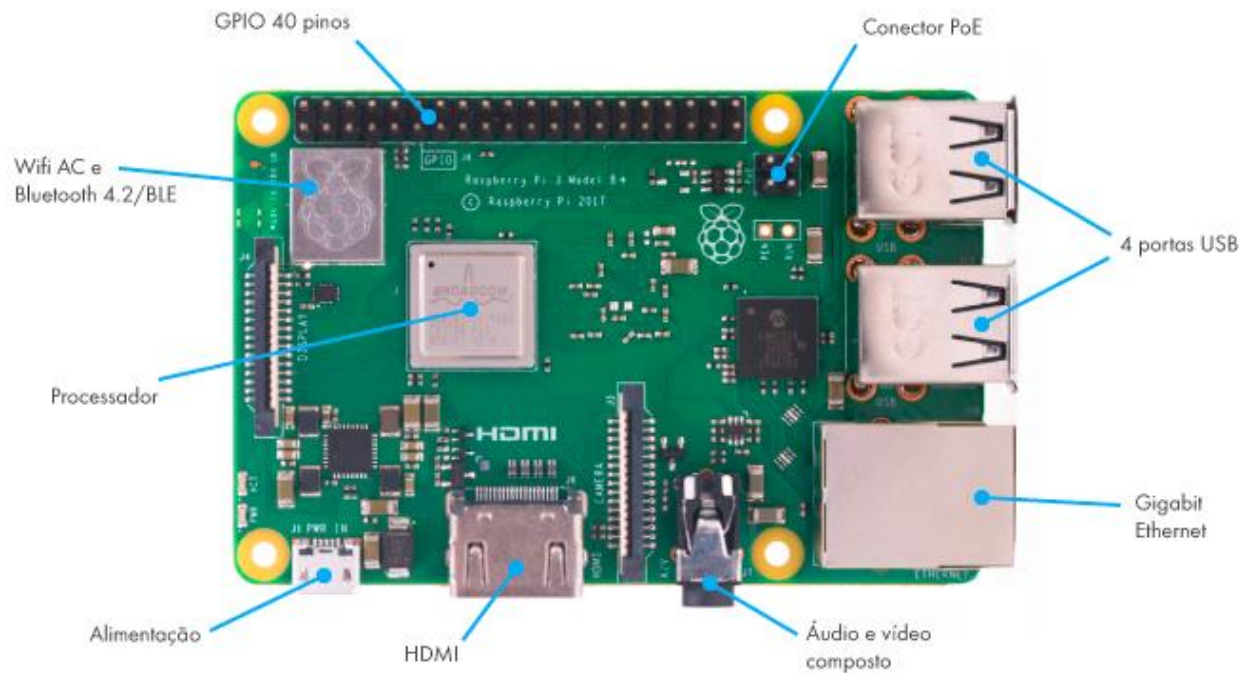
Virtual Breadboard

<http://www.virtualbreadboard.com/Main.aspx?TAB=Home>

<http://www.virtualbreadboard.com/Main.aspx?TAB=Downloads>

- **Fritzing** - para desenhar esquemas elétricos: www.fritzing.org
- **Processing** - linguagem de programação usada para escrever programas com interface gráfica:
<https://playground.arduino.cc/Interfacing/Processing>

Raspberry Pi : https://pt.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi



Raspberry Pi é um [computador](#) do tamanho de um cartão de crédito, que se conecta a um monitor de computador ou TV, e usa um teclado e um mouse padrão, desenvolvido no [Reino Unido](#) pela [Fundação Raspberry Pi](#).

Todo o hardware é integrado numa única placa.

O Raspberry Pi 3 B+ é baseado em um Soc(*system on a chip*) Broadcom BCM2837 a 1.4GHz, 1 GB de RAM, Bluetooth 4.2.

O projeto não inclui uma memória não-volátil - como um [disco rígido](#) - mas possui uma entrada de [cartão SD](#) para armazenamento de dados.^[6]

Pode correr o Linux (Snappy Ubuntu Core) ou o Microsoft Windows 10 IoT edition.

A linguagem de programação nativa é o Python.

www.raspberrypi.org