

Oficina de Robótica Eletrônica Básica



LARM
Laboratório de Automação e Robótica Móvel

Apresentação

- Material produzido para o projeto **Oficina de Robótica** por:
 - Anderson Luiz Fernandes Perez
 - Miguel Garcia Silvestre
- Contatos:
 - Universidade Federal de Santa Catarina -Laboratório de Automação e Robótica Móvel
 - [anderson.perez \(at\) ufsc.br](mailto:anderson.perez@ufsc.br)
 - [renanrdaros \(at\) hotmail.com](mailto:renanrdaros@hotmail.com)
- <http://oficinaderobotica.ufsc.br>

Sumário

- Introdução
- Corrente, tensão e potência
- Resistores
- Condutores, Isolantes e Semicondutores
- Diodos
- Capacitores
- Transistores
- Relês
- Circuitos Integrados
- Eletrônica Digital
- Anexo I – Uso do Protoboard

Introdução

- A eletrônica pode ser definida como a **ciência** que **estuda** formas de **controlar a energia elétrica por meios elétricos**.
- Estuda o uso de circuitos elétricos formados por **componentes elétricos** e **eletrônicos** para **controlar sinais elétricos**.
- A eletrônica divide-se em analógica e digital.

Introdução

- Um breve histórico da eletrônica
 - 1750 – Benjamim Franklin – definiu o conceito de corrente elétrica.
 - 1897 – Josep Thonson – descobriu o elétron.
 - 1880 – Thomas Édison – descobriu o princípio da lâmpada elétrica.
 - 1902 – J. A. Fleming – criou a válvula elétrica.
 - 1946 – Universidade da Pensilvânia – EUA – criado primeiro computador a válvula (ENIAC).
 - 1947 – William Sockley – inventa o transistor.
 - 1958 – Criado o circuito integrado.

Introdução

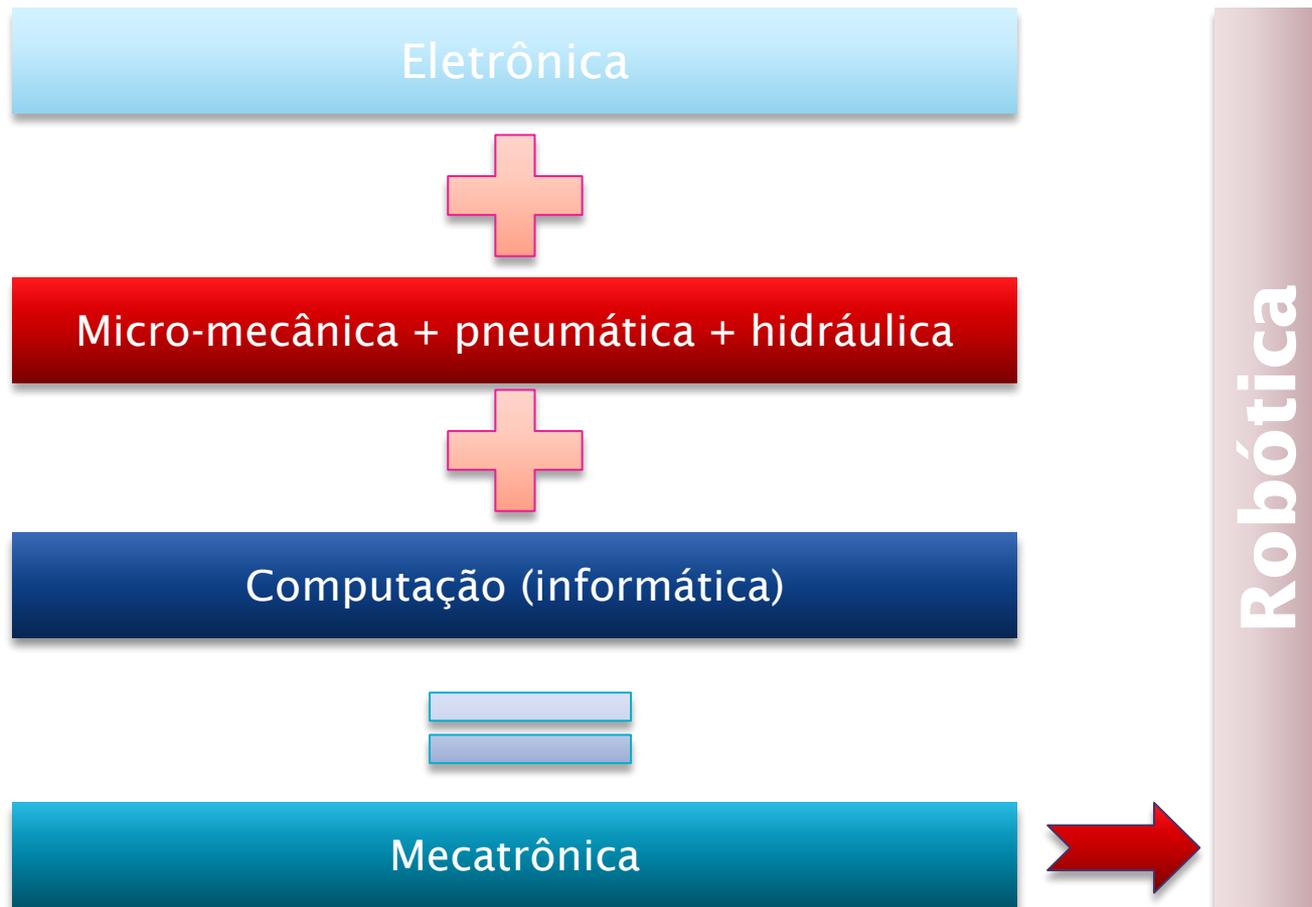
- Na eletrônica os seguintes **símbolos** são utilizados para **representar unidades de medida** (conforme Sistema Internacional):
 - **V** = Volt (tensão)
 - **W** = Watt (potência)
 - **A** = Ampère (corrente)
 - **C** = Coulomb (medida da carga elétrica)
 - **Ω** = Ohm (resistência)
 - **Hz** = Hertz (frequência)
 - **F** = Farad (capacitância)
 - **H** = Henry (indutância)
 - **s** = Segundo (medida de tempo em segundos)

Introdução

- Os seguintes **prefixos** são utilizados para **representar unidades** (conforme Sistema Internacional):
 - **Pico** (p): 10^{-12}
 - **Nano** (n): 10^{-9}
 - **Micro** (μ): 10^{-6}
 - **Mili** (m): 10^{-3}
 - **Quilo** (k): 10^3
 - **Mega** (M): 10^6
 - **Giga** (G): 10^9

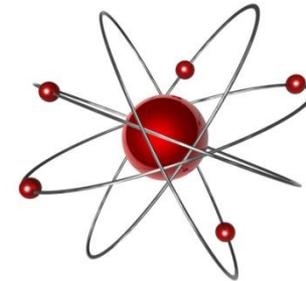
Introdução

- Eletrônica na robótica



Corrente, tensão e potência

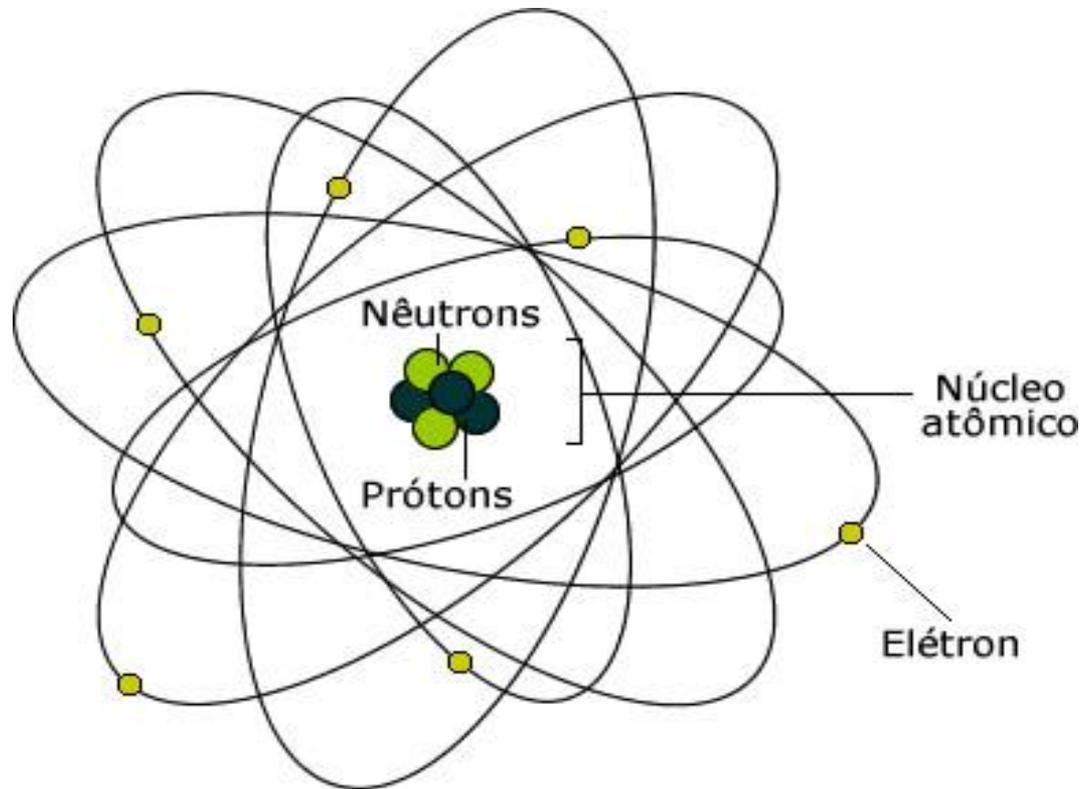
- Átomo
 - Composto por prótons, nêutrons e elétrons.
 - Os prótons carregam cargas positivas e estão presentes no núcleo do átomo.
 - Os nêutrons não carregam carga e assim como os prótons estão presentes no núcleo do átomo.
 - Os elétrons carregam carga negativa e orbitam o núcleo do átomo.



Corrente, tensão e potência

- Exemplo
 - Átomo de Carbono

Quanto mais próximo o elétron estiver do núcleo, maior será a força de atração sobre ele.



Corrente, tensão e potência

- Átomo
 - Quando o átomo possui o mesmo número de elétrons e de prótons é considerado neutro.
 - Quando o átomo possui um número maior de prótons do que de elétrons é considerado positivo.
 - Quando o átomo possui um número maior de elétrons do que de prótons é considerado negativo.

Ionização é o nome dado quando o átomo ganha ou perde elétrons.

Corrente, tensão e potência

- Corrente
 - Os **elétrons livres** movimentam-se de um átomo a outro através de um meio condutor.
 - **Corrente elétrica** é o **fluxo de elétrons** que **circula em um condutor**.
 - A **corrente** (**símbolo I**) elétrica é **medida** em **Ampère** (**símbolo A**).
 - Para os elétrons se moverem de um átomo a outro é necessário haver uma **diferença de potencial** ou **tensão**.

Corrente, tensão e potência

- Corrente
 - A corrente pode ser medida em:
 - Ampere (A)
 - Miliampere (mA - 10^{-3})
 - Microampere (μA - 10^{-6})

Observação:

- Na eletrônica o sentido da corrente é do polo positivo em direção ao polo negativo.
- Na física o sentido da corrente é do polo negativo para o polo positivo.

Corrente, tensão e potência

- Tensão
 - É a força responsável por impulsionar os elétrons em um condutor.
 - A tensão é medida em Volts (símbolo V).
 - **Exemplos:**
 - Bateria/pilha de 9 volts
 - Tomada de 110 ou 220 volts



Corrente, tensão e potência

- Potência
 - A potência (medida em Watt (W)) é a **grandeza que determina** a “**velocidade**” em que a **energia elétrica é transformada** em **outras formas de energia** (trabalho).
 - $W = V * I$ (potência é igual a tensão multiplicado pela corrente).
 - O **chuveiro**, um **forno elétrico** e o **ferro de passar roupas** são exemplos da **transformação** da **energia elétrica** em calor (**energia térmica**).
 - A potência pode ser medida em W (**watts**) em kW (**kilo watts**) ou MW (**mega watts**).

Corrente, tensão e potência

- Lei de Ohm

- A tensão (V) é igual ao produto da corrente (I) pela resistência (R).

$$V = I * R$$

- É possível calcular também:

- Resistência (R)

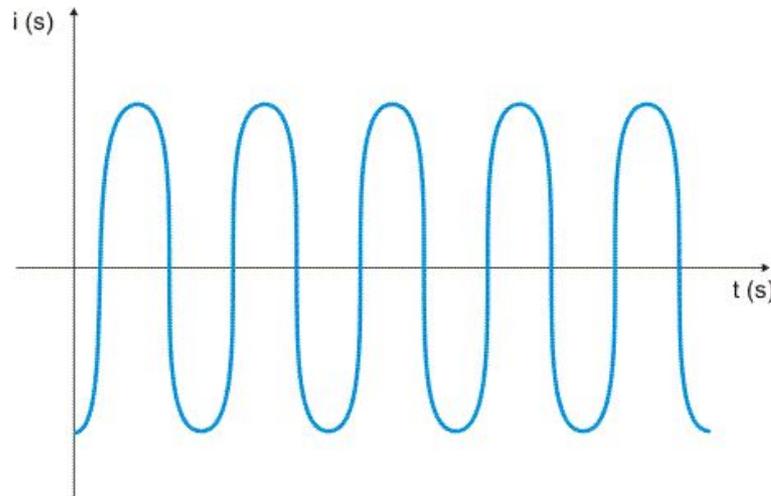
- $R = V / I$

- Corrente (I)

- $I = V / R$

Corrente, tensão e potência

- Tipos de correntes elétricas
 - Corrente alternada
 - Na corrente alternada o sentido dos elétrons é invertido periodicamente, ou seja, ora é positiva ou é negativa.
 - A energia que chega em nossas casas é do tipo corrente alternada.



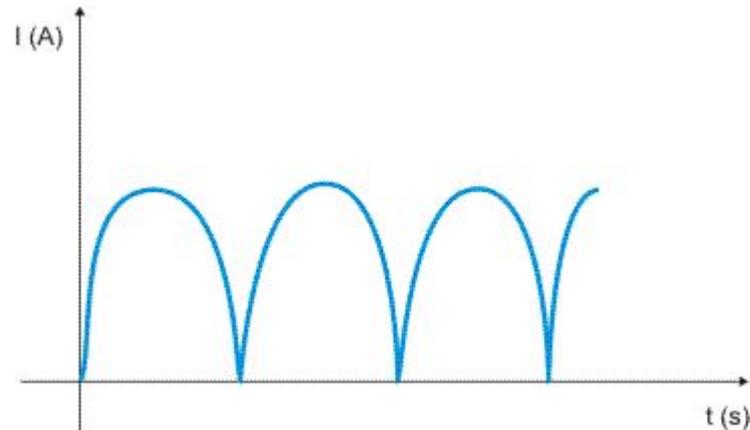
Corrente, tensão e potência

- Tipos de correntes elétricas
 - Corrente contínua
 - Não altera o seu sentido, ou seja, ou é sempre positiva ou é sempre negativa.
 - Grande parte dos equipamentos eletrônicos trabalha com corrente contínua.



Corrente, tensão e potência

- Tipos de correntes elétricas
 - Corrente pulsante
 - Somente alterna o valor.
 - Corrente resultante da retificação da corrente alternada.



Resistores

- Resistência é uma **grandeza** que indica **o quanto um determinado condutor se opõe a passagem de corrente** elétrica.
- **Bons condutores** de eletricidade possuem um número maior de elétrons livres, ou seja, **possuem uma baixa resistência**.
- A **resistência é medida em Ohms** e o **símbolo** é a letra grega ômega Ω .

Resistores

- O resistor é um componente eletrônico utilizado para limitar o fluxo de corrente.
- Os resistores podem ser do tipo fixo ou do tipo variável.
- Os resistores mais comuns são os de filme carbono.



Resistores

- Um resistor fixo de filme carbono possui em seu corpo faixas coloridas.



- Onde:
 - A primeira faixa indica o primeiro número.
 - A segunda faixa indica o segundo número.
 - A terceira faixa indica o multiplicador.
 - A quarta faixa indica a tolerância.

Resistores

- Tabela de cores para a identificação de resistores

Cores	Faixa 1 e 2	Faixa 3	Faixa 4
Preto	0	1	-
Marrom	1	10	1%
Vermelho	2	100	2%
Laranja	3	1000	-
Amarelo	4	10.000	-
Verde	5	100.000	-
Azul	6	1.000.000	-
Violeta	7	10.000.000	-
Cinza	8	-	-
Branco	9	-	-
Ouro	-	-	5%
Prata	-	-	10%
Sem cor	-	-	20%

Resistores

- Exemplo:



Primeira faixa = laranja -> 3

Segunda faixa = laranja -> 3

Terceira faixa = marrom -> 10

Resistor de: $33 * 10 = 330 \text{ Ohm}$

Quarta faixa = ouro -> tolerância de 5%

Resistor de: 313.5 Ohm a 346.5 Ohm

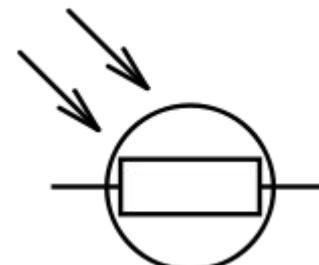
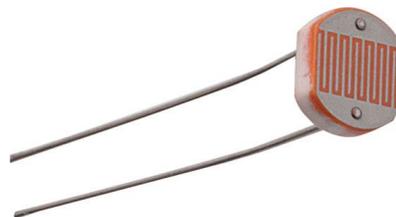
Resistores

- Potenciômetro (resistor variável)
 - É um **resistor variável**, ou seja, sua **resistência pode ser ajustada** conforme a necessidade da aplicação (circuito).
 - Um potenciômetro pode ser **linear** ou **logaritmo**, dependendo da **função do ângulo de giro de seu eixo**.



Resistores

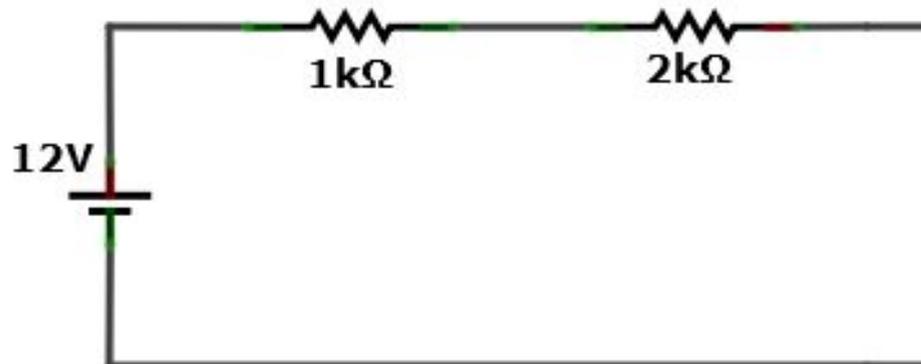
- LDR (*Light Dependent Resistor* – resistor dependente de luz)
 - O LDR ou foto resistor é um resistor variável que aumenta ou diminui a resistência de acordo com a intensidade da luz que está sendo incidida sobre ele.
 - O LDR converte a luz do espectro visível em resistência.
 - É um tipo de sensor muito utilizado em robótica.
 - Quanto maior a luminosidade incidida sobre ele menor será a resistência.



Resistores

- Circuito em Série
 - A corrente é a mesma (constante) em qualquer ponto do circuito.
 - O resistor equivalente ou resistência equivalente (R_{eq}) é o somatório de todos os resistores em série no circuito.
 - Em um circuito em série a tensão se divide entre os componentes (divisor de tensão).
 - Exemplo:

$$R_{eq} = 3K\Omega$$



Resistores

- Circuito em Paralelo

- Os componentes eletrônicos estão ligados em paralelo.
- Em um circuito paralelo a **corrente se divide** entre as **malhas do circuito**.
- A corrente total do circuito é calculada por:

- $I_{\text{total}} = V / R_{\text{total}}$

- A resistência equivalente pode ser calculada por:

- $R_{\text{eq}} = R / N$, onde N é o total de resistores.

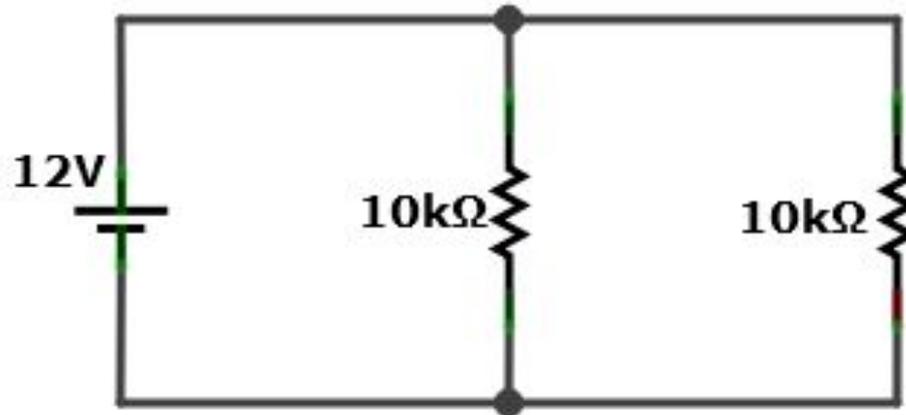
- Esta equação somente é utilizada quando os resistores tem o mesmo valor.

- Se o circuito tiver dois resistores em paralelo com valores diferentes, a equação da resistência equivalente será:

- $R_{\text{eq}} = (R_1 * R_2) / (R_1 + R_2)$

Resistores

- Circuito em Paralelo
 - Exemplo:



$$R_{eq} = 5K\Omega$$

Resistores

- Valores Comerciais de Resistores

Resistores de Filme Carbono - 5%						
1,0 Ω	1,1 Ω	1,2 Ω	1,3 Ω	1,5 Ω	1,6 Ω	1,8 Ω
2,0 Ω	2,2 Ω	2,4 Ω	2,7 Ω			
3,0 Ω	3,3 Ω	3,6 Ω	3,9 Ω			
4,3 Ω	4,7 Ω					
5,1 Ω	5,6 Ω					
6,2 Ω	6,8 Ω					
7,5 Ω						
8,2 Ω						
9,1 Ω						

Resistores

- Valores Comerciais de Resistores

Resistores de Filme Carbono - 5%						
10 Ω	11 Ω	12 Ω	13 Ω	15 Ω	16 Ω	18 Ω
20 Ω	22 Ω	24 Ω	27 Ω			
30 Ω	33 Ω	36 Ω	39 Ω			
43 Ω	47 Ω					
51 Ω	56 Ω					
62 Ω	68 Ω					
75 Ω						
82 Ω						
91 Ω						

Resistores

- Valores Comerciais de Resistores

Resistores de Filme Carbono - 5%						
100 Ω	110 Ω	120 Ω	130 Ω	150 Ω	160 Ω	180 Ω
200 Ω	220 Ω	240 Ω	270 Ω			
300 Ω	330 Ω	360 Ω	390 Ω			
430 Ω	470 Ω					
510 Ω	560 Ω					
620 Ω	680 Ω					
750 Ω						
820 Ω						
910 Ω						

Resistores

- Valores Comerciais de Resistores

Resistores de Filme Carbono - 5%						
1 K Ω	1,1 K Ω	1,2 K Ω	1,3 K Ω	1,5 K Ω	1,6 K Ω	1,8 K Ω
2 K Ω	2,2 K Ω	2,4 K Ω	2,7 K Ω			
3 K Ω	3,3 K Ω	3,6 K Ω	3,9 K Ω			
4,3 K Ω	4,7 K Ω					
5,1 K Ω	5,6 K Ω					
6,2 K Ω	6,8 K Ω					
7,5 K Ω						
8,2 K Ω						
9,1 K Ω						

Resistores

- Valores Comerciais de Resistores

Resistores de Filme Carbono - 5%						
10 K Ω	11 K Ω	12 K Ω	13 K Ω	15 K Ω	16 K Ω	18 K Ω
20 K Ω	22 K Ω	24 K Ω	27 K Ω			
30 K Ω	33 K Ω	36 K Ω	39 K Ω			
43 K Ω	47 K Ω					
51 K Ω	56 K Ω					
62 K Ω	68 K Ω					
75 K Ω						
82 K Ω						
91 K Ω						

Resistores

- Valores Comerciais de Resistores

Resistores de Filme Carbono - 5%						
100 K Ω	110 K Ω	120 K Ω	130 K Ω	150 K Ω	160 K Ω	180 K Ω
200 K Ω	220 K Ω	240 K Ω	270 K Ω			
300 K Ω	330 K Ω	360 K Ω	390 K Ω			
430 K Ω	470 K Ω					
510 K Ω	560 K Ω					
620 K Ω	680 K Ω					
750 K Ω						
820 K Ω						
910 K Ω						

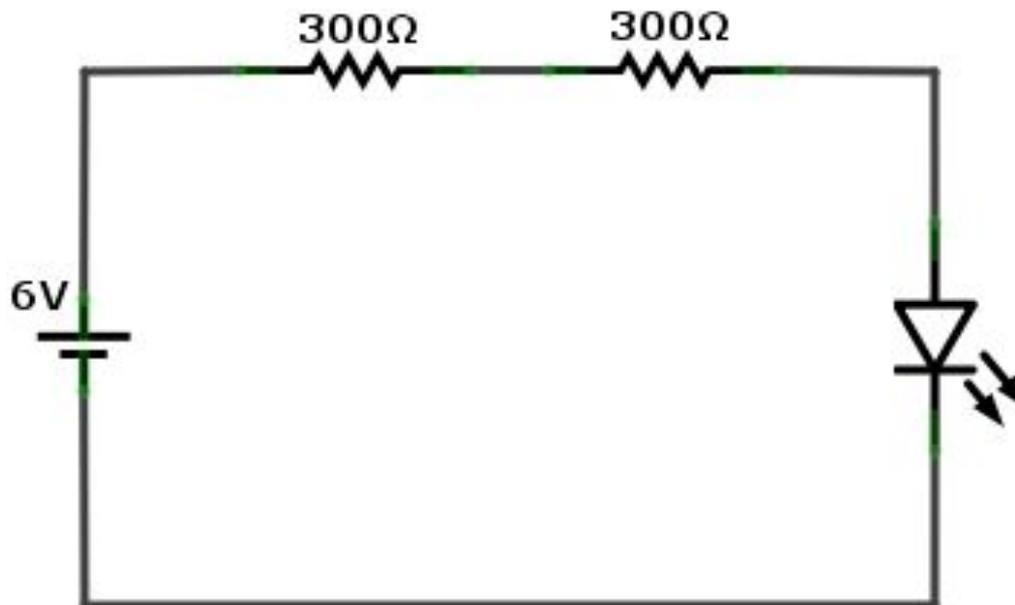
Resistores

- Valores Comerciais de Resistores

Resistores de Filme Carbono - 5%						
1 MΩ	1,1 MΩ	1,2 MΩ	1,3 MΩ	1,5 MΩ	1,6 MΩ	1,8 MΩ
2 MΩ	2,2 MΩ	2,4 MΩ	2,7 MΩ			
3 MΩ	3,3 MΩ	3,6 MΩ	3,9 MΩ			
4,3 MΩ	4,7 MΩ					
5,1 MΩ	5,6 MΩ					
6,2 MΩ	6,8 MΩ					
7,5 MΩ						
8,2 MΩ						
9,1 MΩ						
10 MΩ						

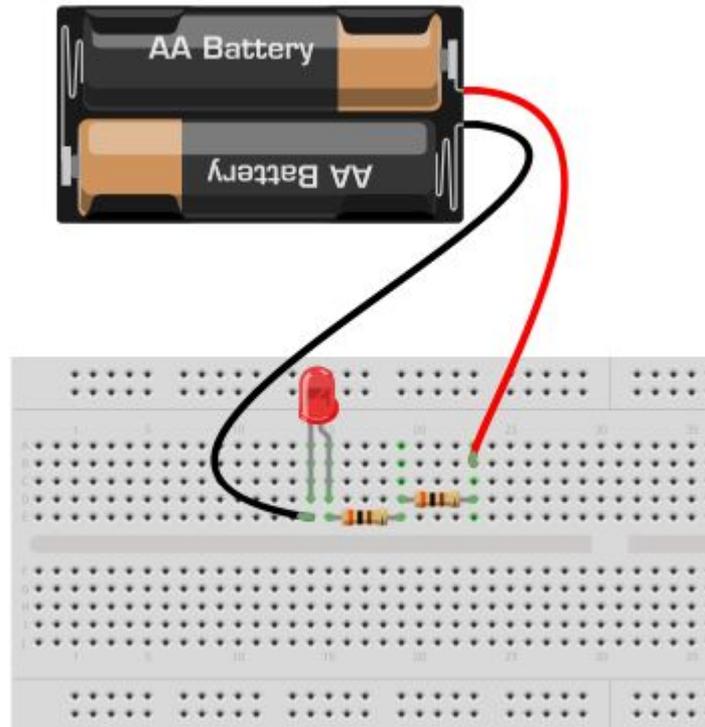
Resistores

- Exemplo
 - Ligação de resistores em série



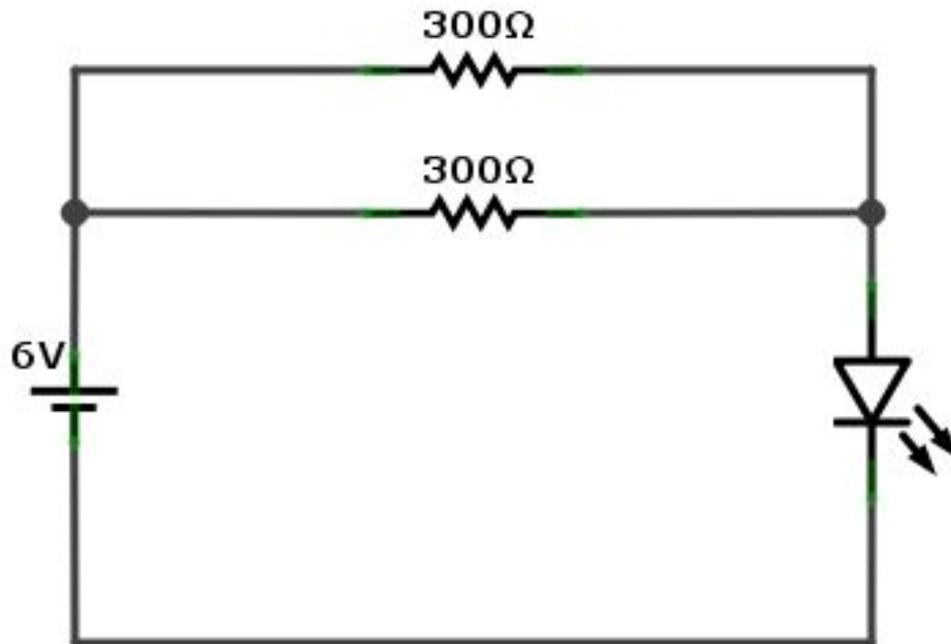
Resistores

- Exemplo
 - Ligação de resistores em série



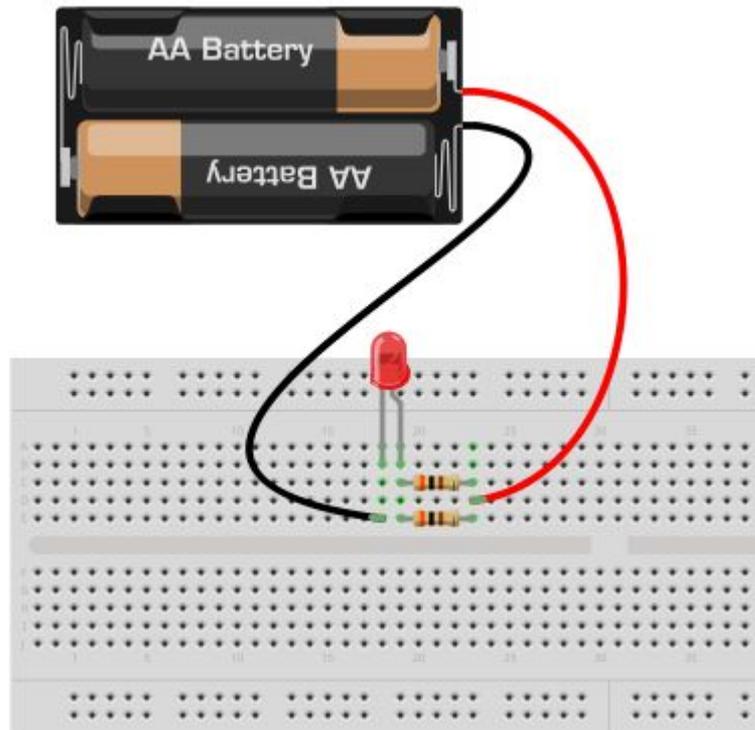
Resistores

- Exemplo
 - Ligação de resistores em paralelo



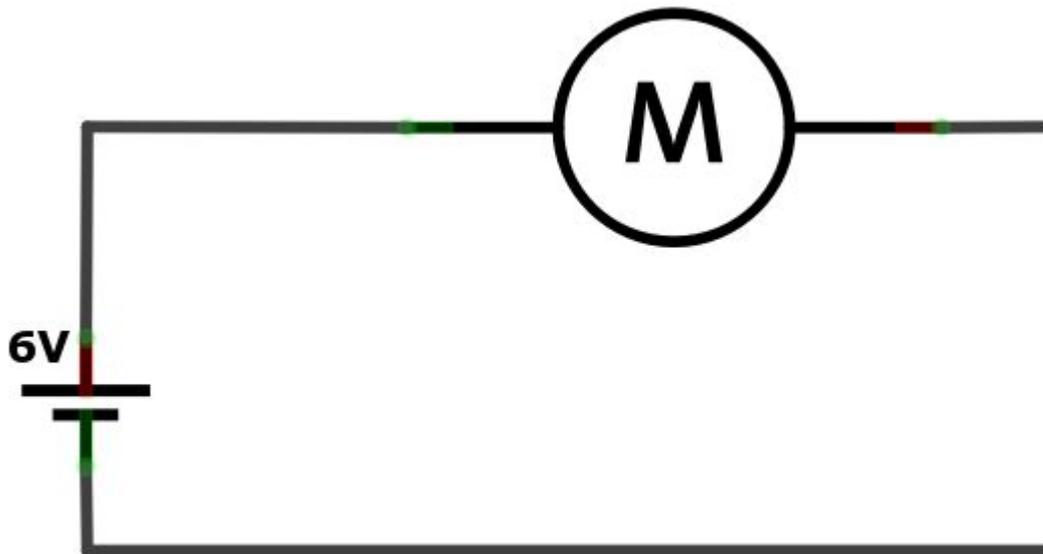
Resistores

- Exemplo
 - Ligação de resistores em paralelo



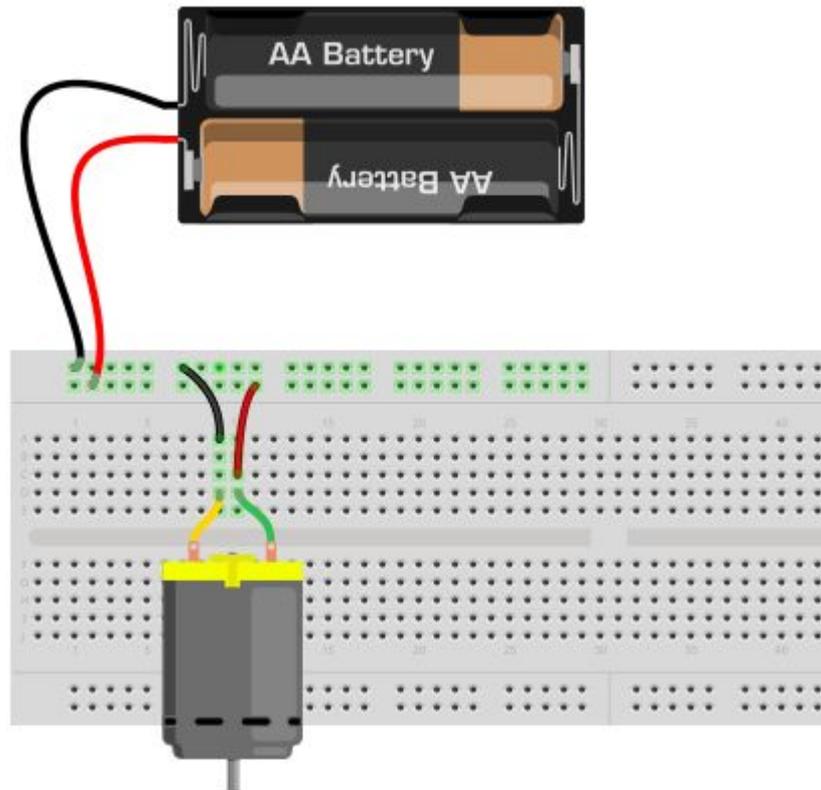
Resistores

- Exemplo
 - Ligação de um motor DC



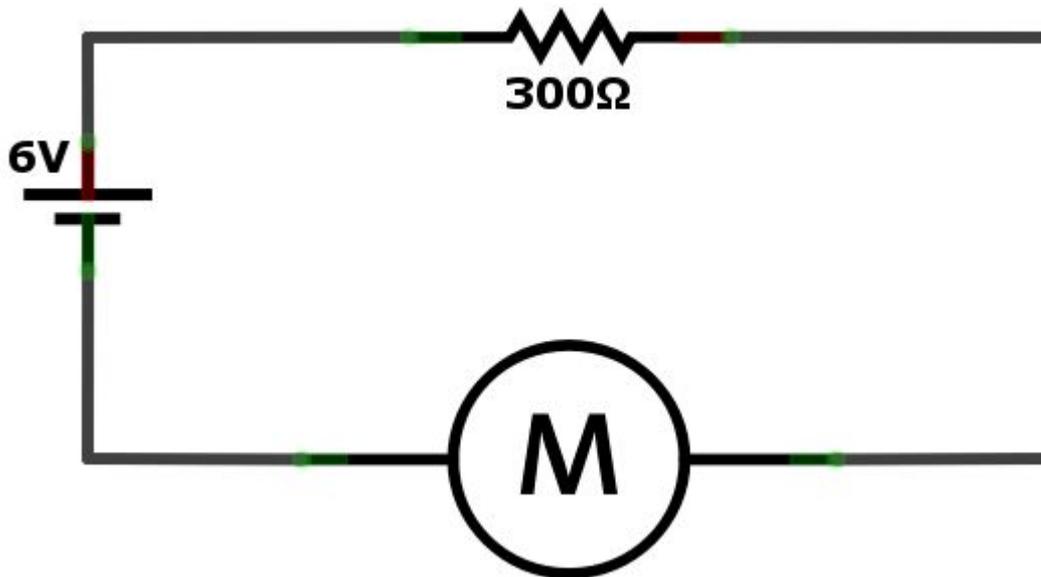
Resistores

- Exemplo
 - Ligação de um motor DC



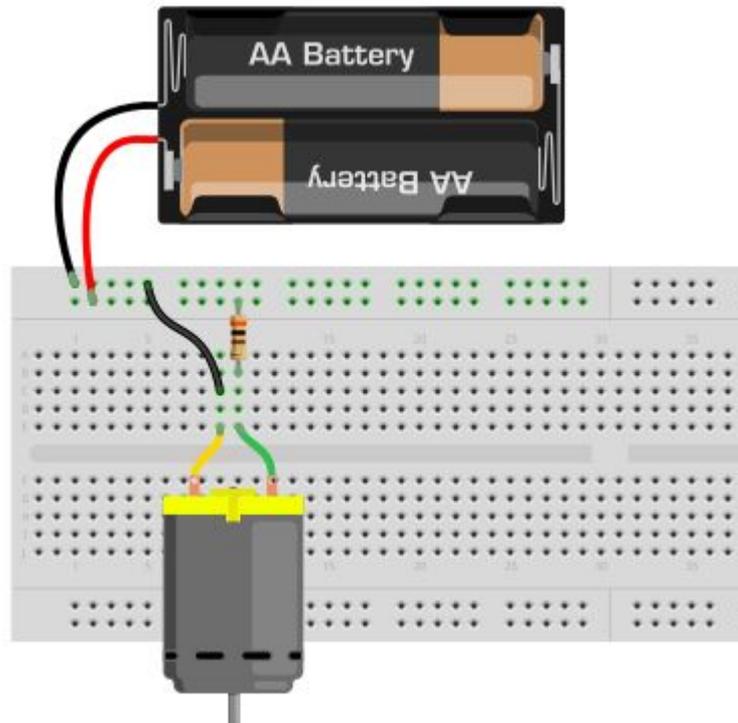
Resistores

- Exemplo
 - Ligação de um motor DC com resistência em série



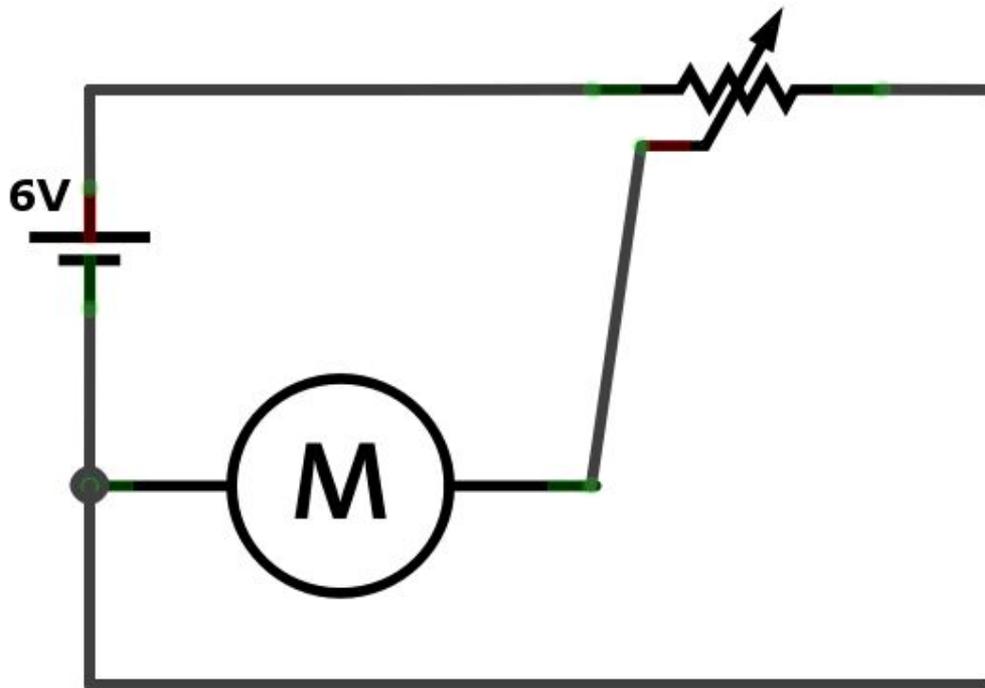
Resistores

- Exemplo
 - Ligação de um motor DC com resistência em série



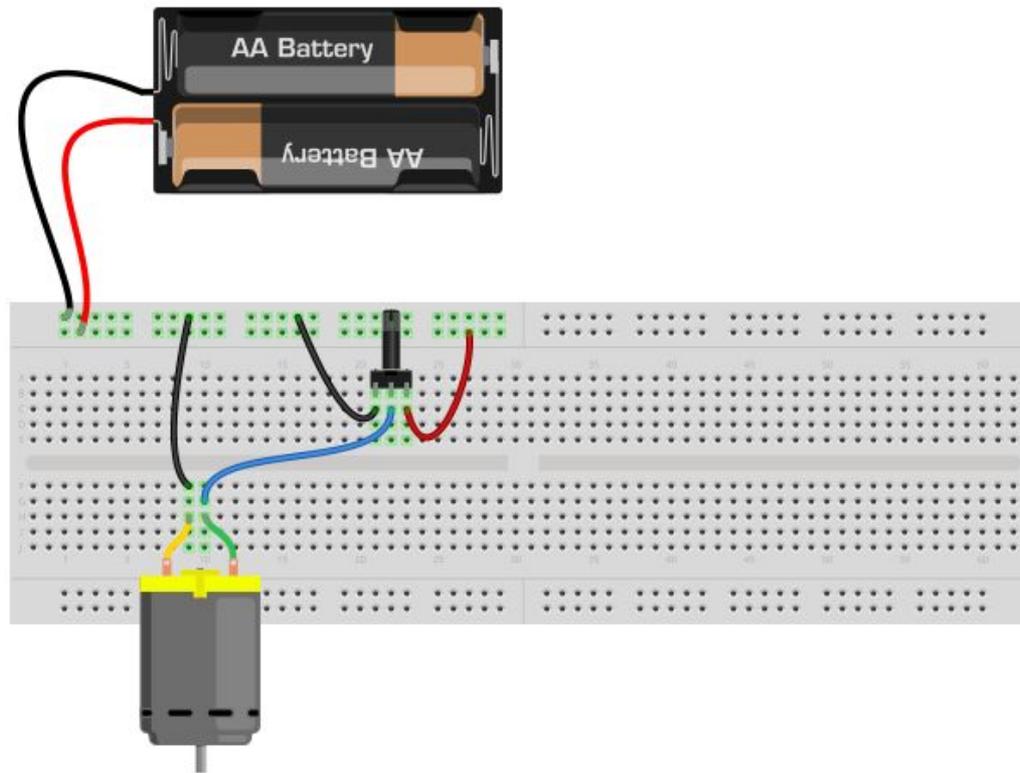
Resistores

- Exemplo
 - Ligação de um motor DC com controle de velocidade com potenciômetro



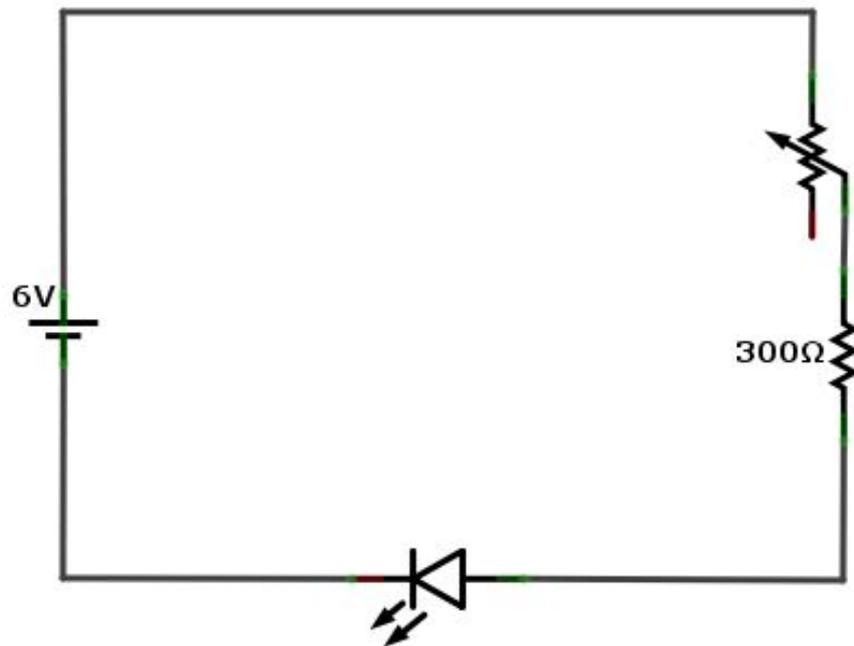
Resistores

- Exemplo
 - Ligação de um motor DC com controle de velocidade com potenciômetro



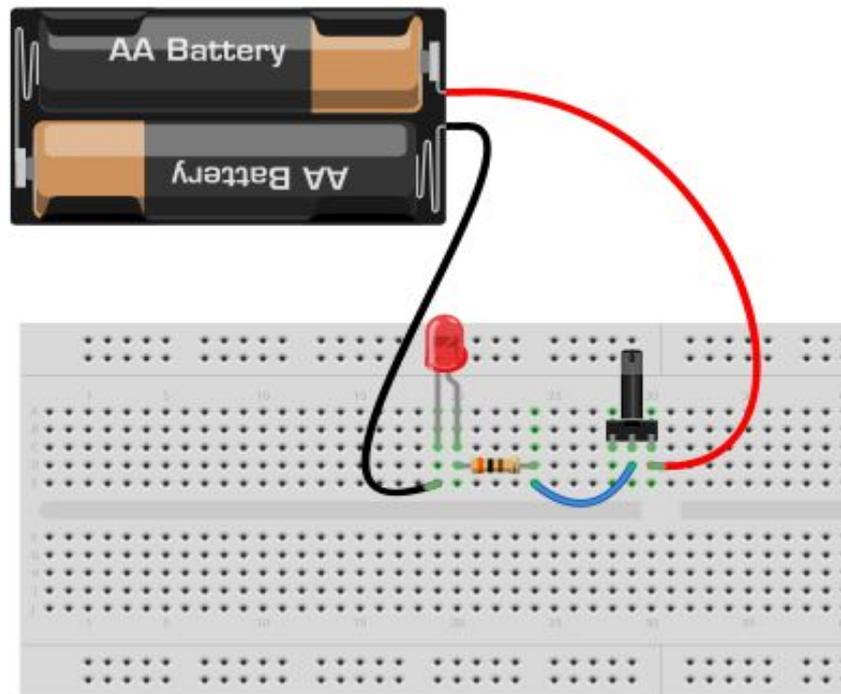
Resistores

- Exemplo
 - Potenciômetro controlando a intensidade de luz emitida por um LED



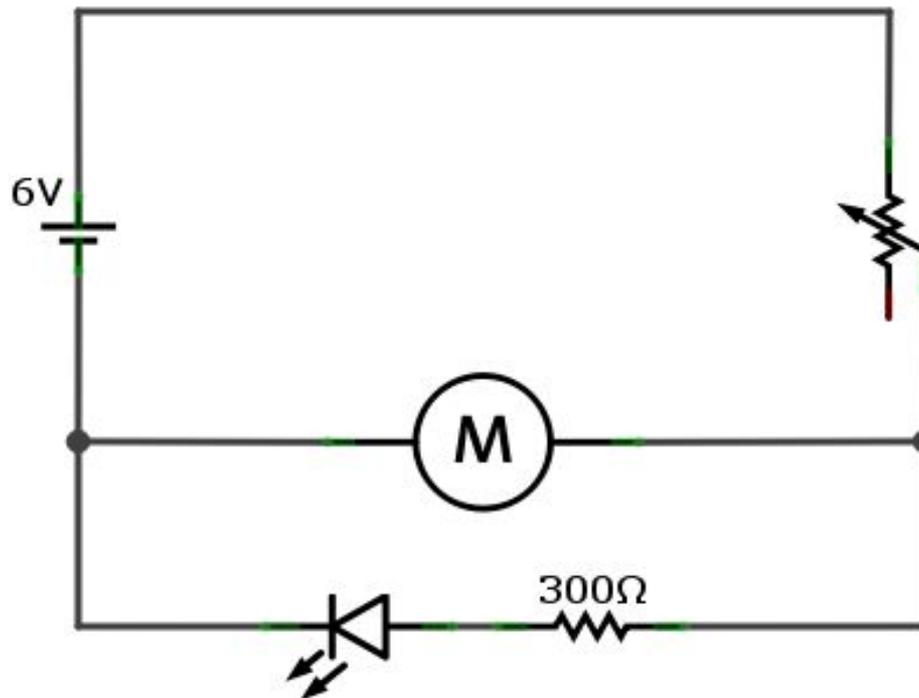
Resistores

- Exemplo
 - Potenciômetro controlando a intensidade de luz emitida por um LED



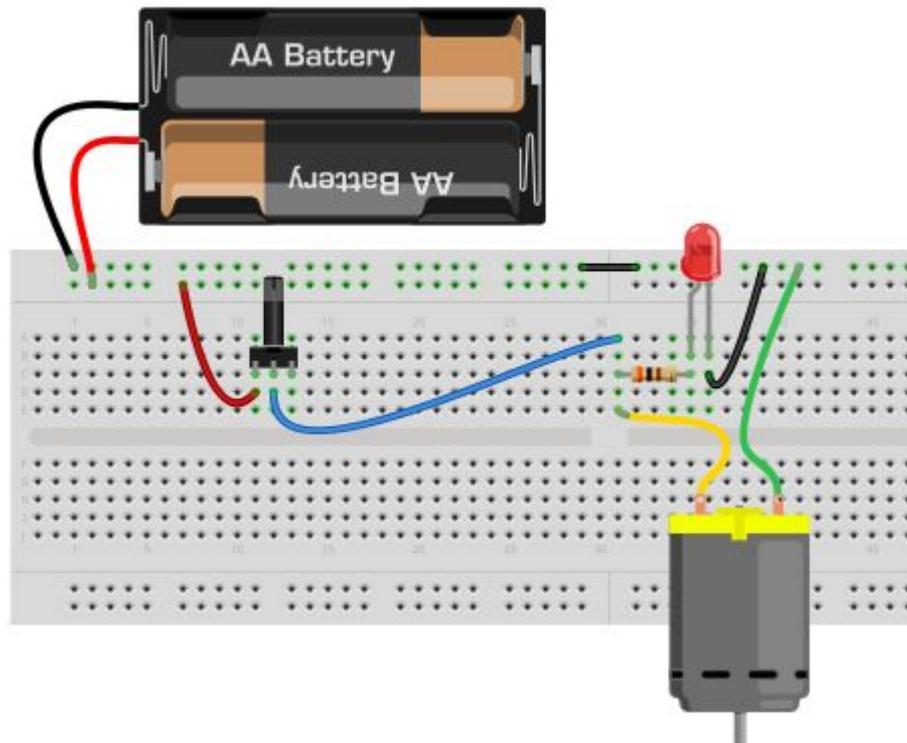
Resistores

- Exemplo
 - Potenciômetro controlando um LED e um motor DC



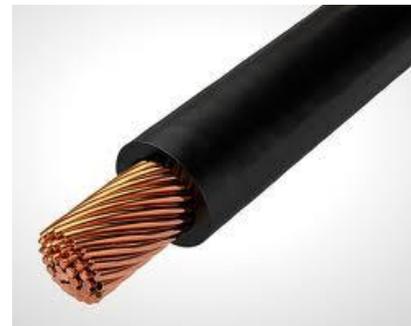
Resistores

- Exemplo
 - Potenciômetro controlando um LED e um motor DC



Condutores, Isolantes e Semicondutores

- **Condutores**
 - São materiais que **pouco se opõem à passagem de corrente elétrica.**
 - Possuem **baixa resistividade.**
 - Os **elétrons da camada de valência** estão **fracamente ligados ao núcleo** e, assim, **quebram facilmente suas ligações com o átomo, tornando-se livres para compor a corrente elétrica.**



Condutores, Isolantes e Semicondutores

- **Condutores**

- Exemplo:

ELEMENTO	RESISTIVIDADE ($\Omega\cdot m$)
Prata	$1,59 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,72 \times 10^{-8}$
Ouro	$2,44 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,82 \times 10^{-8}$

Condutores, Isolantes e Semicondutores

- **Isolantes**
 - Fazem **muita oposição à passagem de corrente elétrica**.
 - Possuem **alta resistividade**.
 - Os elétrons da camada de valência estão fortemente ligados ao núcleo e, por isso, precisam de uma energia muito maior para desfazer suas ligações com o átomo. Isso resulta em poucos elétrons livres para compor a corrente elétrica.



Condutores, Isolantes e Semicondutores

- **Isolantes**

- Exemplo:

ELEMENTO	RESISTIVIDADE ($\Omega\cdot m$)
Vidro	10^9 a 10^{13}
Borracha	10^{13} a 10^{15}
Porcelana	3×10^{12}

Condutores, Isolantes e Semicondutores

- **Semicondutores**
 - Materiais que possuem valores de resistividade situados em uma faixa que fica entre os condutores e os isolantes.
 - Podem se comportar como isolantes ou condutores, dependendo de alguns fatores.
 - Possuem quatro elétrons na camada de valência.
 - Dentre todos os materiais semicondutores, o Silício (Si) e o Germânio (Ge) são os que recebem maior atenção.

Condutores, Isolantes e Semicondutores

- Semicondutores

- Exemplo:

ELEMENTO	RESISTIVIDADE ($\Omega\cdot m$)
Silício	10^{-1} a 6×10^1
Germânio	10^{-3} a 5×10^{-1}



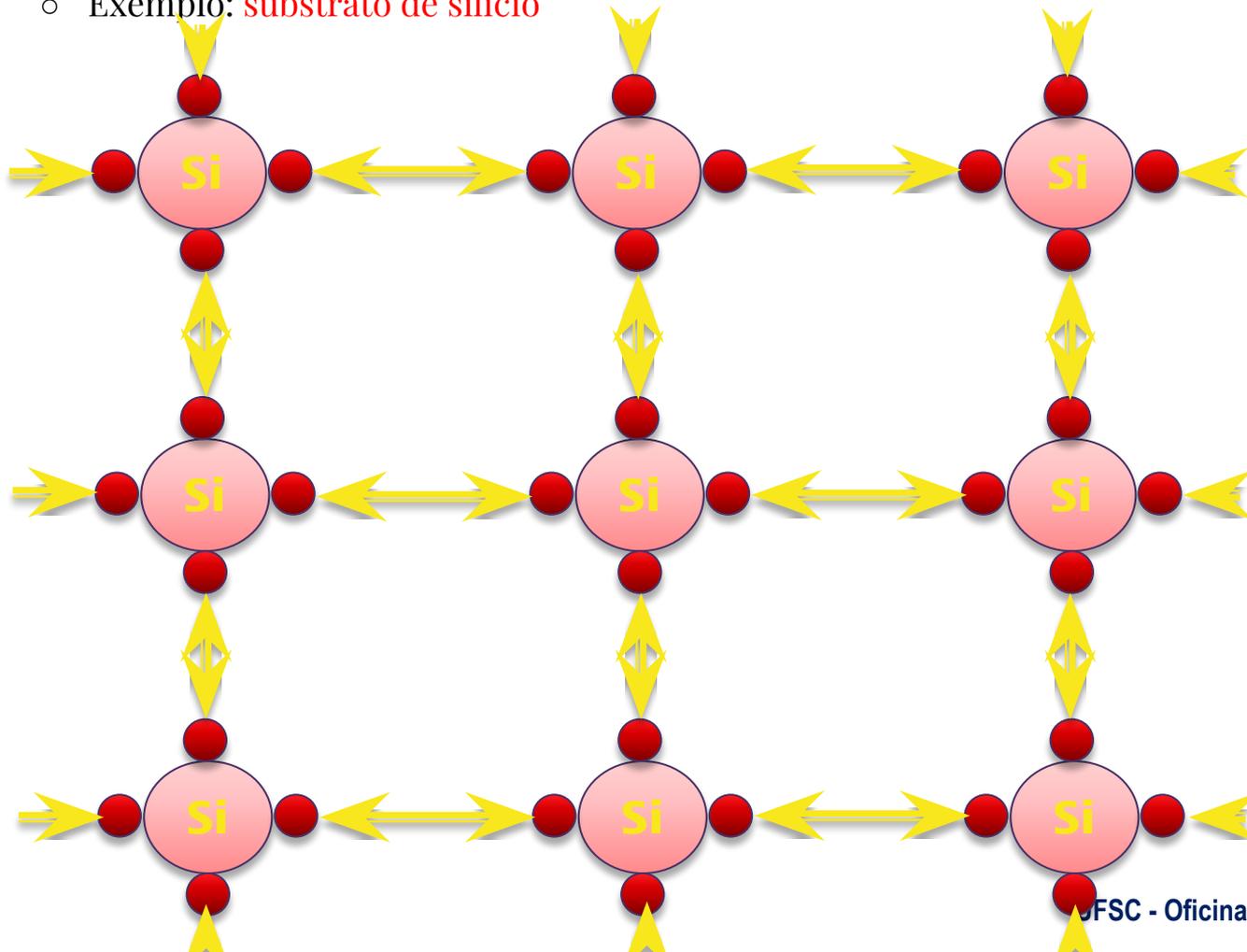
Condutores, Isolantes e Semicondutores

- **Semicondutores Intrínsecos**
 - Semicondutores que **passaram por um processo de refinamento** a fim de se obter um **nível muito baixo de impurezas**.
 - Cada átomo do material forma **ligações covalentes** com os átomos da vizinhança, formando um **arranjo periódico chamado de cristal**.
 - Embora nenhum elétron devesse ficar de fora dessas ligações, alguns absorvem energia (luminosa ou térmica) suficiente para quebrar a ligação, tornando-se **livres**.
 - O número de **elétrons livres é relativamente pequeno**.
 - **São maus condutores de eletricidade**.

Condutores, Isolantes e Semicondutores

- Semicondutores Intrínsecos

- Exemplo: substrato de silício



Condutores, Isolantes e Semicondutores

- **Semicondutores Extrínsecos**
 - As características elétricas dos materiais semicondutores podem ser alteradas quando os mesmos passam por um **processo de adição de impurezas chamado de dopagem**.
 - Nesse processo, **átomos de impureza são adicionados ao material semicondutor intrínseco**.
 - Existem dois tipos de materiais semicondutores extrínsecos que são fundamentais para a construção dos dispositivos semicondutores usados na eletrônica: **os semicondutores tipo P e os semicondutores tipo N**.

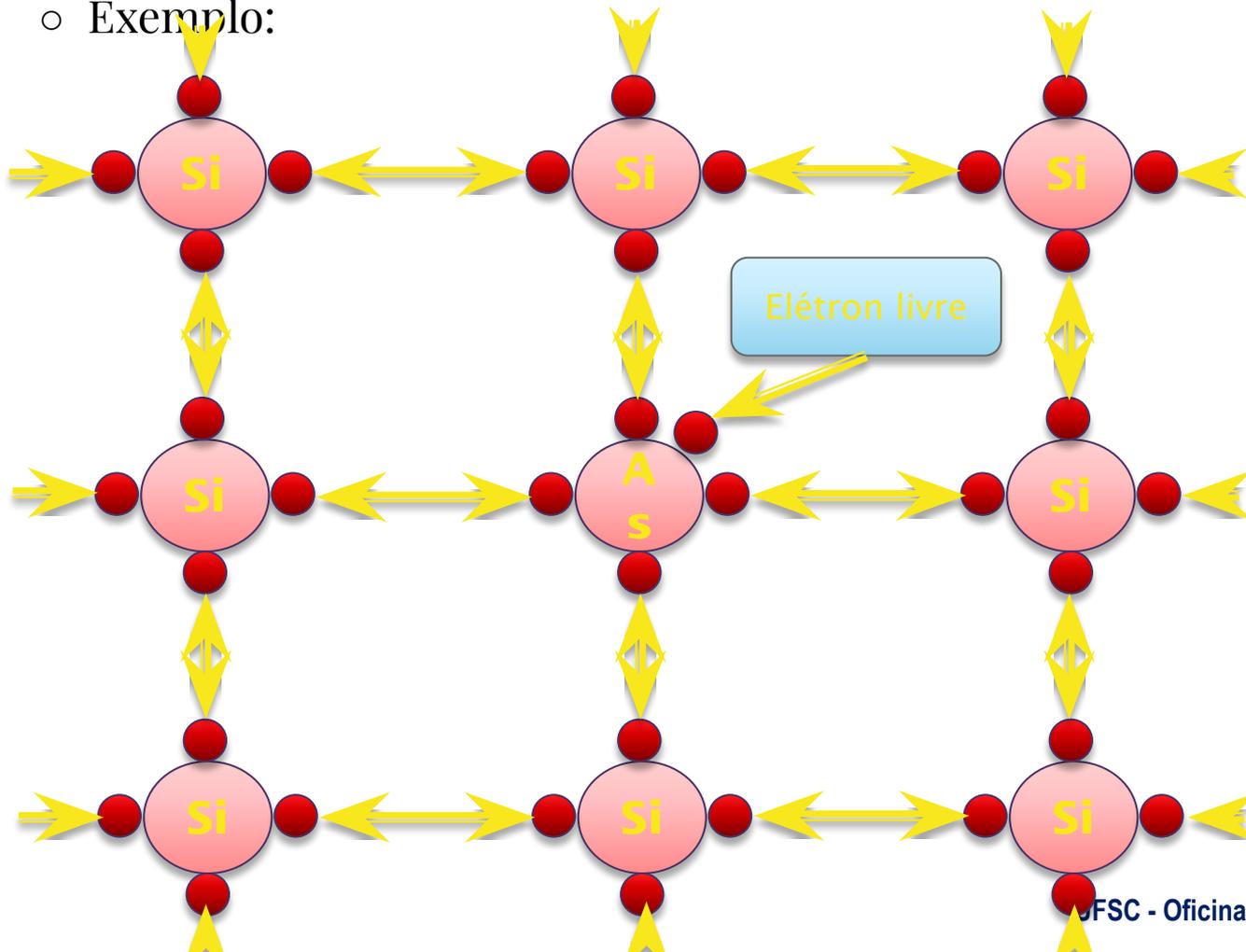
Condutores, Isolantes e Semicondutores

- **Semicondutor Tipo N**
 - O material semicondutor tipo N é obtido ao adicionar, em um semicondutor intrínseco, **átomos de elementos químicos que possuem cinco elétrons na camada de valência** (átomos pentavalentes).
 - Quatro dos cinco elétrons de valência dos átomos de impureza farão parte de ligações covalentes com os átomos do material semicondutor que estão ao seu redor.
 - **O quinto elétron dos átomos de impureza não terá com quem formar ligações covalentes**, ficando apenas ligado (fracamente) ao seu átomo de origem.
 - Cada átomo de impureza contribui com um elétron relativamente livre.

Condutores, Isolantes e Semicondutores

- Semicondutores Tipo N

- Exemplo:



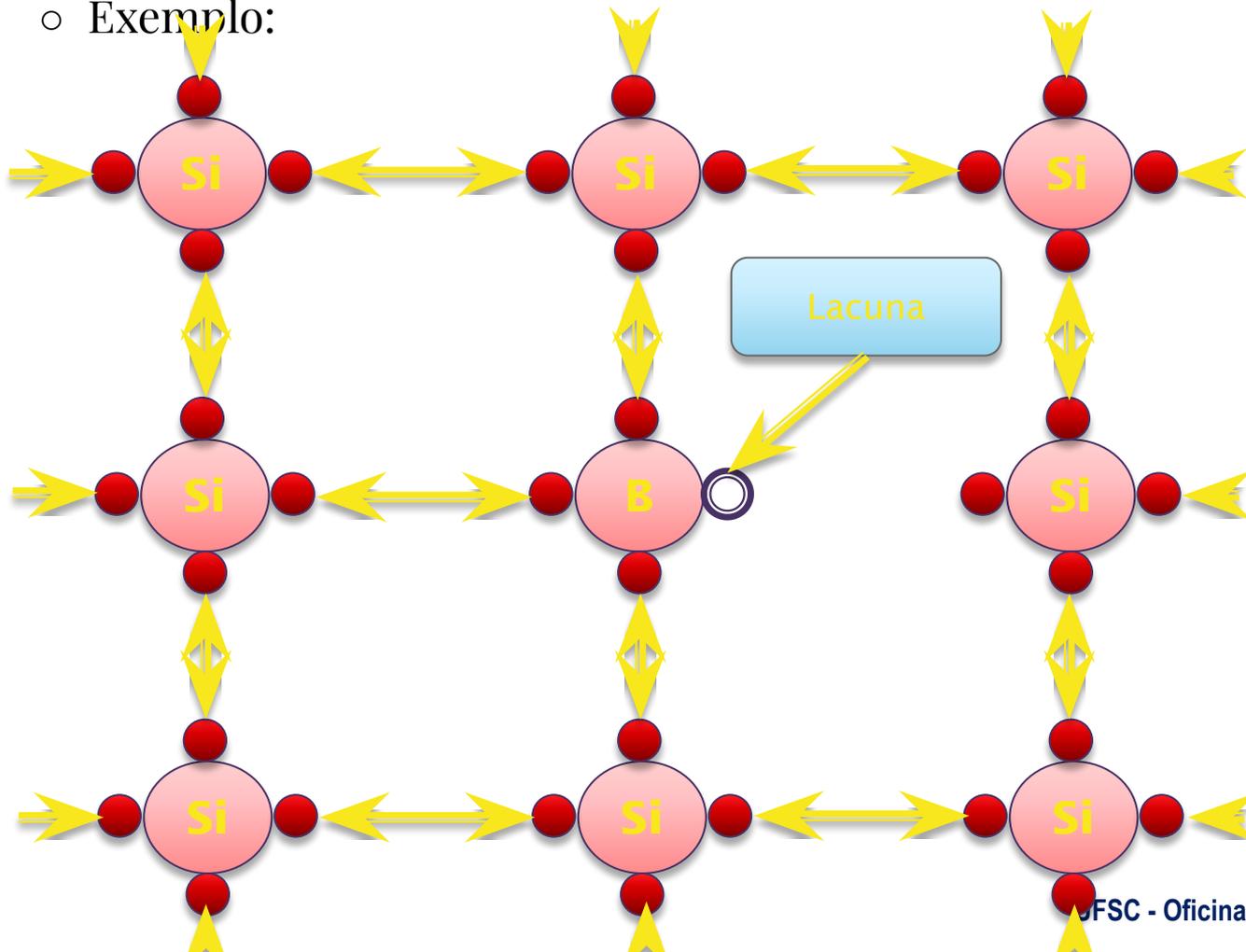
Condutores, Isolantes e Semicondutores

- **Semicondutor Tipo P**
 - O material semicondutor tipo P é obtido ao adicionar, em um semicondutor intrínseco, **átomos de elementos químicos que possuem três elétrons na camada de valência** (átomos trivalentes).
 - Como os átomos desse tipo de impureza possuem apenas três elétrons na camada de valência, esses átomos formarão **ligações covalentes com apenas três dos quatro átomos de material semicondutor** que estão ao seu redor.
 - A **falta de um elétron** para formar a quarta ligação **resulta em uma lacuna**.
 - Cada átomo de impureza contribui com uma lacuna.

Condutores, Isolantes e Semicondutores

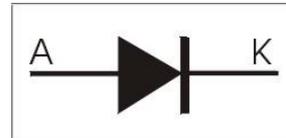
- Semicondutores Tipo P

- Exemplo:



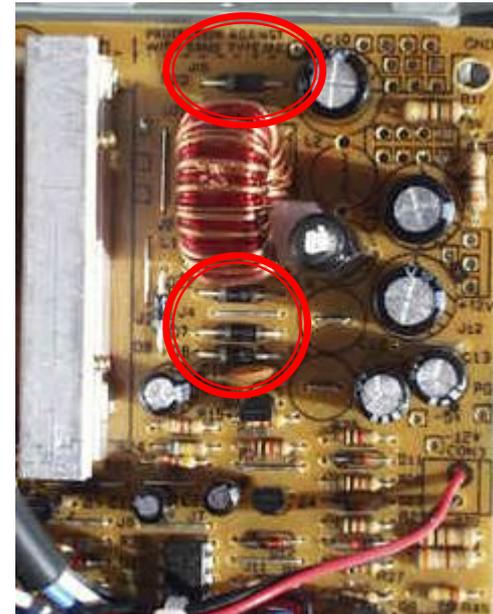
Diodos

- Dispositivo semicondutor utilizado para controlar o fluxo da corrente.
- Sua composição é fruto da **junção de dois cristais**, um do **tipo n (catodo)** e um do **tipo p (anodo)**.
- Um diodo **somente** permite **passagem de corrente** do **anodo (+)** para o **catodo (-)**.



Diodos

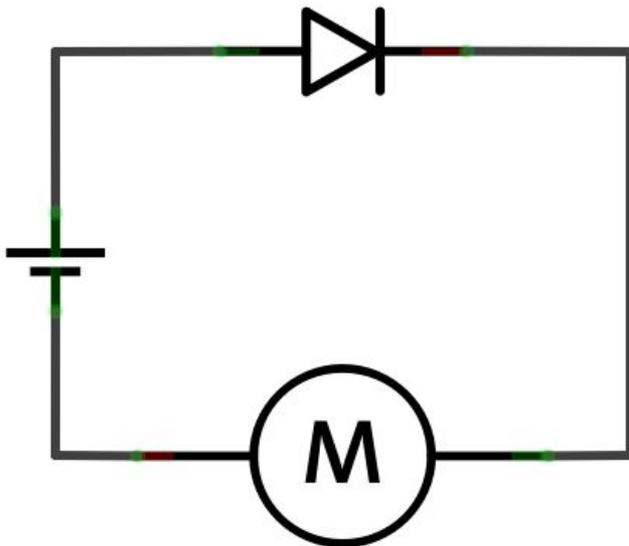
- A **queda de tensão** em um diodo é de **0,3 V** (diodo de Germânio) **ou de 0,7 V** (diodo de Silício).
- Os diodos são comumente utilizados para a **proteção de circuitos** ou como **retificadores**, por exemplo, em fontes de alimentação de PCs.



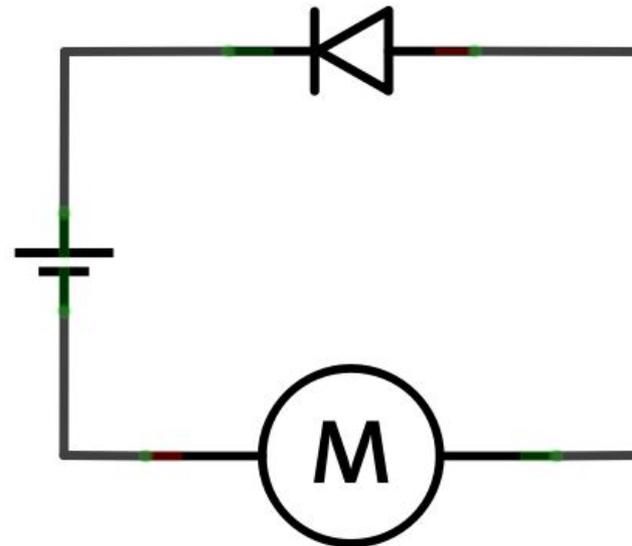
Diodos

- Exemplo
 - Polarizando um diodo diretamente e reversamente

Diodo diretamente polarizado

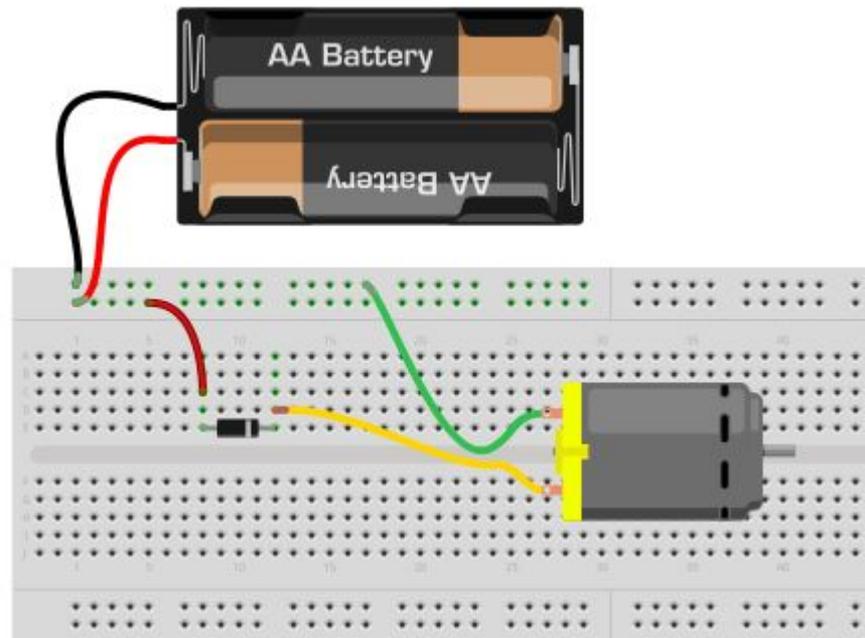


Diodo inversamente polarizado



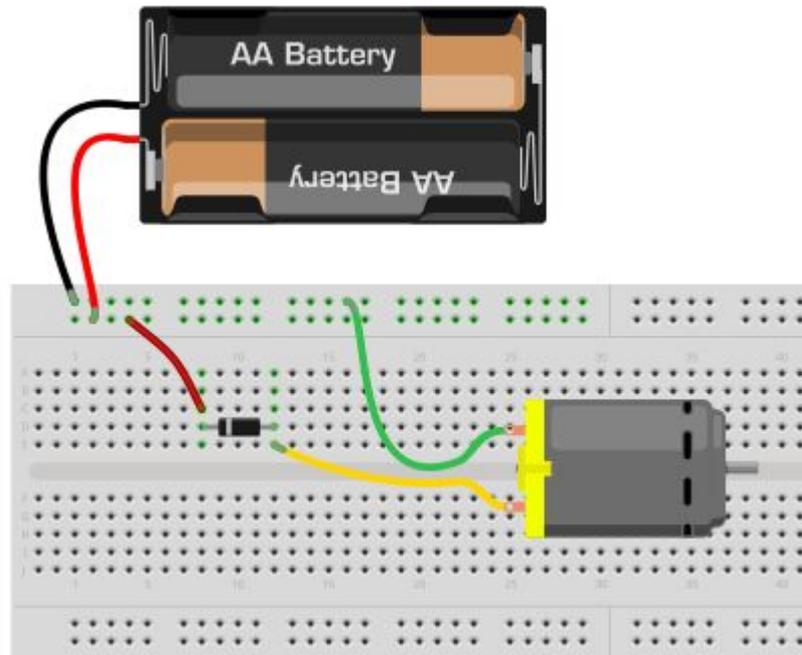
Diodos

- Exemplo
 - Polarizando um diodo diretamente



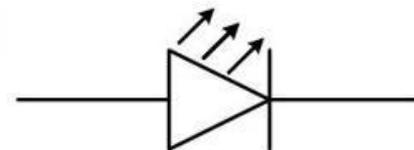
Diodos

- Exemplo
 - Polarizando um diodo reversamente



Diodos

- LED (*Light-Emitting Diode* – Diodo Emissor de Luz)
 - O LED **emite luz visível** (amarela, verde, vermelha, laranja ou azul) ou **luz infravermelha**.
 - O LED é **similar a um diodo comum** e **deve ser ligado em série com um resistor limitador de corrente**.
 - A queda de tensão em um LED comum pode variar de 1,5V e 3,1V com correntes de 10 a 50 mA.



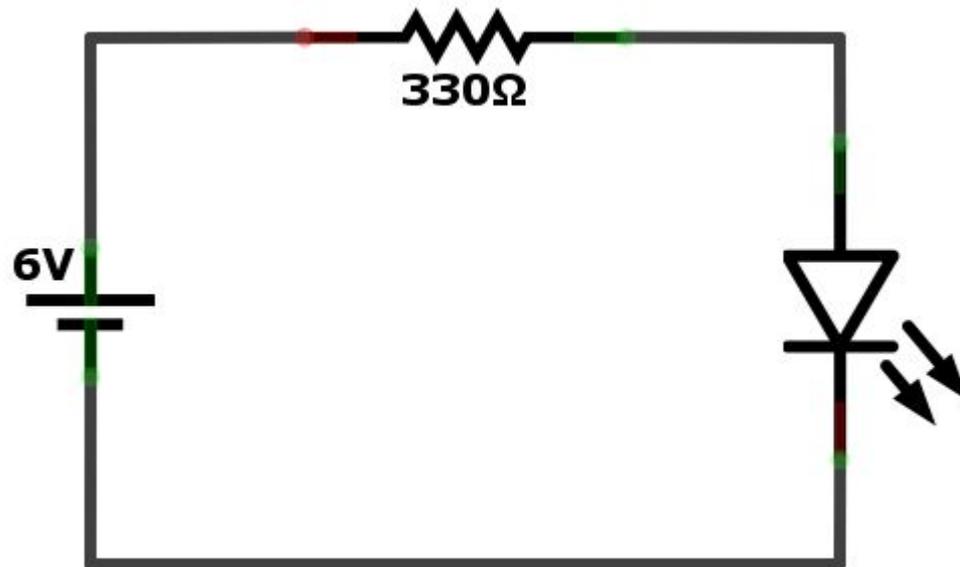
Diodos

- LED (*Light-Emitting Diode* – Diodo Emissor de Luz)
 - Valores aproximados de queda de tensão e corrente de trabalho de um LED

Cor do LED	Queda de tensão	Corrente máxima
Vermelho	1,8V	0,02 A
Verde	2,1V	0,02 A
Amarelo	2,0V	0,015 A
Laranja	2,0V	0,02 A
Azul	3,1V	0,02 A
Branco	3,1V a 4,0V (depende do fabricante)	0,02 A
Infravermelho	1,1V	0,02 A

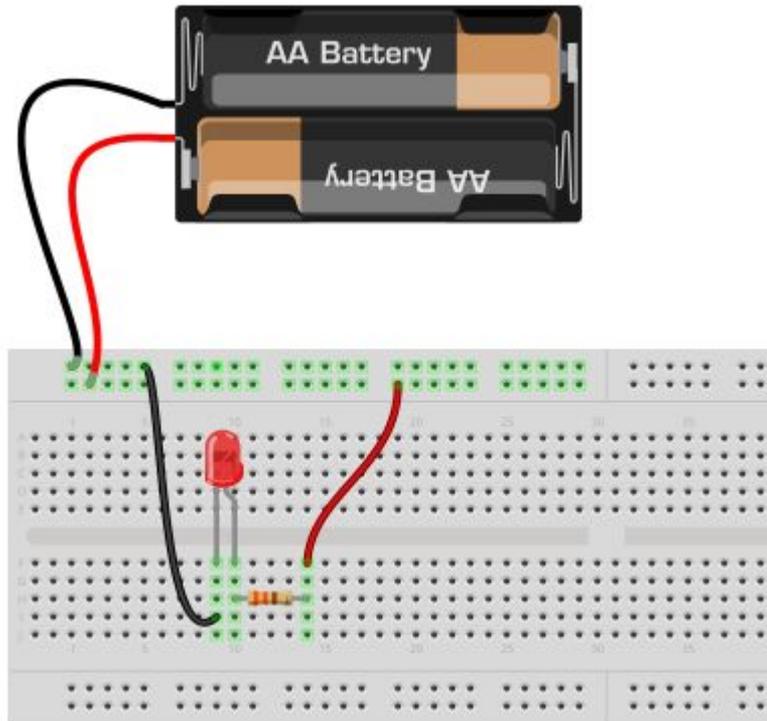
Diodos

- Exemplo
 - Acendendo um LED



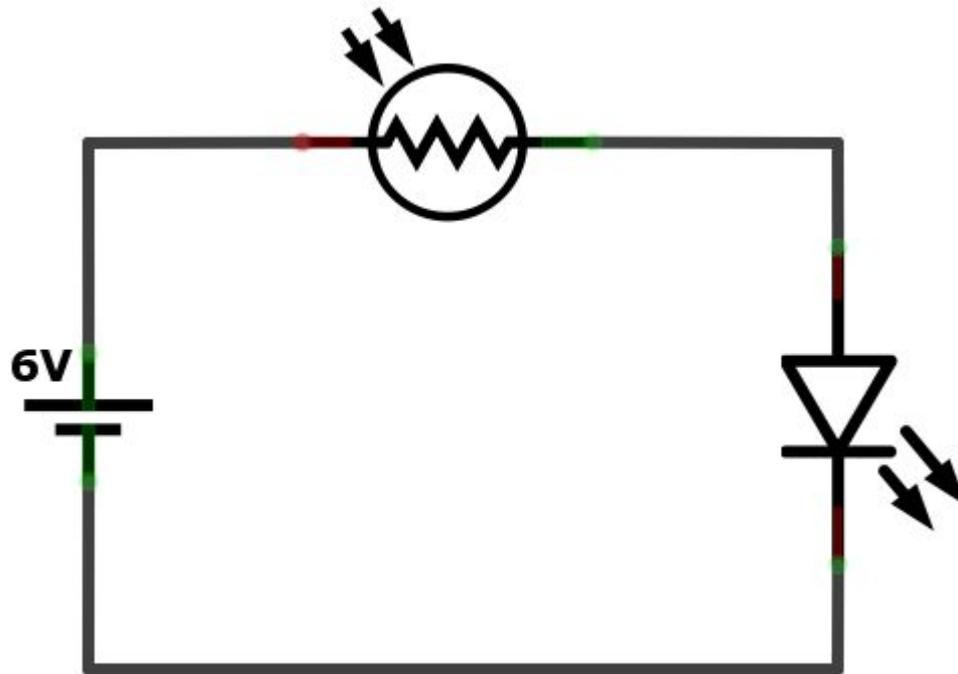
Diodos

- Exemplo
 - Acendendo um LED



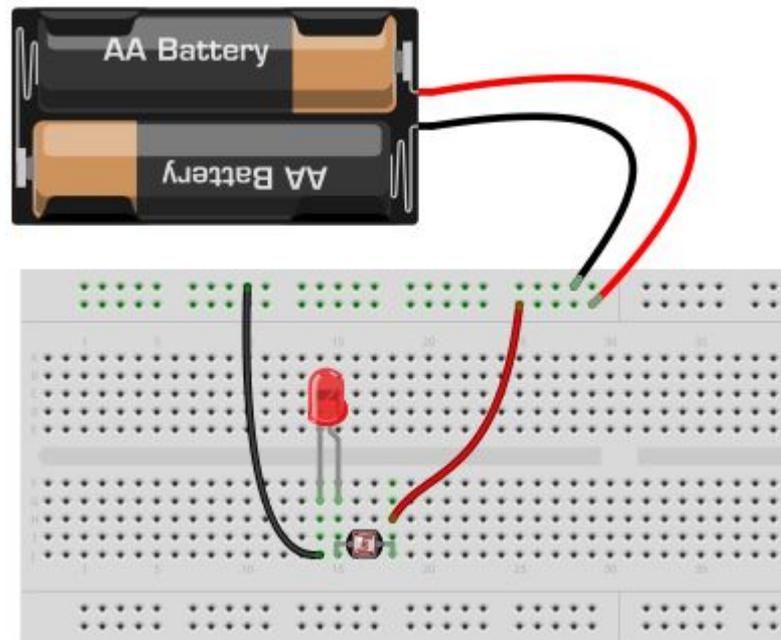
Diodos

- Exemplo
 - Controlando a intensidade de luz de um LED com LDR



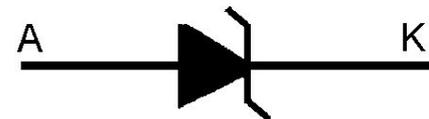
Diodos

- Exemplo
 - Controlando a intensidade de luz de um LED com LDR



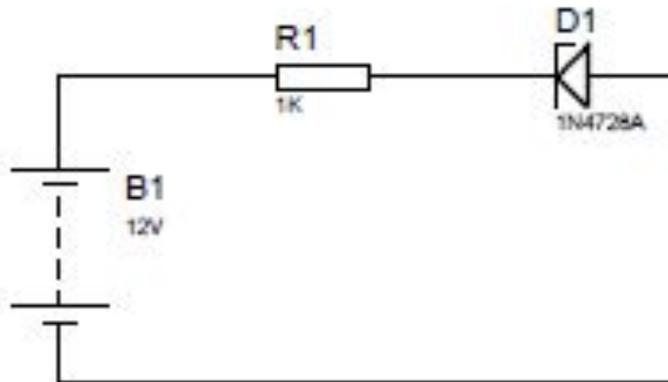
Diodos

- Diodo Zener
 - Um diodo zener, quando polarizado diretamente, funciona como um diodo normal.
 - Quando polarizado inversamente o diodo zener garante uma tensão constante em um circuito (efeito zener) funcionando como um estabilizador de tensão.
 - Por exemplo, se o diodo zener for de 5,6 V e a fonte geradora oscilar para 8 V, o diodo irá regular a tensão de 8 V para 5,6 V.



Diodos

- Diodo Zener
 - Um resistor em série é sempre utilizado para limitar a corrente no diodo zener abaixo de sua corrente máxima nominal.



Diodos

- Diodo Zener

- Para calcular a corrente máxima em um diodo zener, é preciso calcular:

- $P_z = V_z * I_{zmax}$, onde:

- P_z – potência zener
- V_z – tensão zener
- I_{zmax} – corrente máxima do zener

- Se o diodo for de 12V com potência máxima de 400mW (mili watts) a corrente será:

- $I_{zmax} = P_z / V_z$, então:
- $I_z = 0,4 / 12 = 0,033$ ou **33,3 mA**

Diodos

- Diodo Zener

- Tabela de Diodos Zener (+ usados)

Código	Tensão	Potência
1N746	3,3	400 mW
1N747	3,6	400 mW
1N750	4,7	400 mW
1N751	5,1	400 mW
1N752	5,6	400 mW
1N754	6,8	400 mW
1N755	7,5	400 mW
1N756	8,2	400 mW
1N758	10	400 mW

Diodos

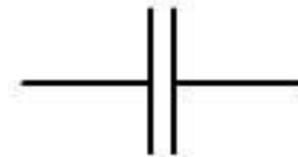
- Diodo Zener

- Tabela de Diodos Zener (+ usados)

Código	Tensão	Potência
1N5227	3,6	500 mW
1N5229	4,3	500 mW
1N5230	4,7	500 mW
1N5231	5,1	500 mW
1N5232	5,6	500 mW
1N5235	6,8	500 mW
1N5237	8,2	500 mW
1N5239	9,1	500 mW
1N5240	10	500 mW

Capacitores

- Um capacitor ou condensador é um componente eletrônico **composto por duas placas condutoras separadas por um material isolante** (dielétrico).
- É utilizado para **armazenar cargas elétricas**.
- A unidade de grandeza de um capacitor é a **capacitância** medida em **Farad** (símbolo **F**).

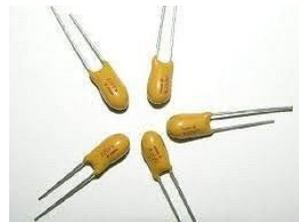


Capacitores

- O Farad é uma relação Coulomb (símbolo C) por volt, ou seja, um dispositivo tem a capacitância de 1 Farad quando uma carga de 1 Coulomb armazenada fizer estabelecer um potencial elétrico de 1 Volt.
- Normalmente são usados submúltiplos de Farad, tais como: μF (micro), nF (nano) e pF (pico).

Capacitores

- Tipos de capacitores
 - Cerâmicos
 - Filme plástico
 - Eletrolítico de alumínio
 - Eletrolítico de tântalo
 - Variáveis



Capacitores

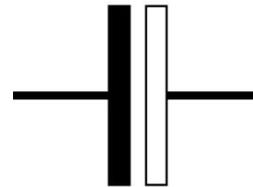
- Parâmetros dos capacitores
 - **Capacitância nominal (C_N):** valor da capacitância de trabalho do capacitor.
 - **Tolerância:** variação da capacitância nominal.
 - **Tensão nominal (V_N):** tensão contínua máxima que pode ser aplicada ao capacitor.
 - **Tensão de operação (V_{op}):** tensão de operação. Não deve ser superior a tensão nominal.
 - **Tensão de pico (V_p):** tensão máxima que pode ser aplicada ao capacitor, por curtos períodos de tempo, até 5 vezes por minuto, durante 1 hora.

Capacitores

- Parâmetros dos capacitores
 - Resistência paralela (V_p): resistência do dielétrico medida em ohms.
 - Resistência série equivalente (R_{SE}): formada pelas resistências das placas, resistências de contatos dos terminais com as placas e as resistências dos próprios terminais do capacitor.
 - Corrente de fuga: fluxo de corrente através do dielétrico.
 - Características de temperatura: temperatura de operação do capacitor.

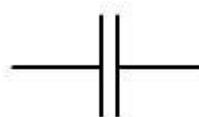
Capacitores

- Eletrolítico
 - Construído por duas folhas de alumínio embebidas em borato de sódio ou ácido bórico (**placas condutoras**). As duas folhas são separadas por uma camada de óxido de alumínio (**dielétrico**).
 - **Capacitor que possui polaridade, se ligado invertido pode ser danificado.**
 - Geralmente são utilizados como filtros de sinais elétricos.



Capacitores

- Cerâmico
 - O **dielétrico** dos capacitores cerâmicos é **feito** de **material cerâmico**.
 - Não possuem polaridade.
 - Apresentam **capacitância na ordem de pF** (Pico Farads).
 - São **utilizados** geralmente em **circuitos de alta frequência**.



Capacitores

- Cerâmico

- A capacitância nominal nos capacitores cerâmicos pode ser identificada da seguinte forma:

- **Leitura direta em picofarads:** no corpo do capacitor aparecerá um número, por exemplo, 8200, que significa 8200 pF.

- **Código com 3 algarismos:** os dois primeiros indicam a dezena e a unidade, respectivamente e o terceiro indica o número de zeros.

- **Exemplo:**

- 104, capacitor de 100.000 pF.



Capacitores

- Cerâmico

- A tolerância dos capacitores cerâmicos é identificada por uma letra após os números.

$C \leq 10 \text{ pF}$	Letra indicativa	$C > 10 \text{ pF}$
+/- 0,1 pF	B	
+/- 0,25 pF	C	
+/- 0,5 pF	D	
+/- 1 pF	F	+/- 1%
+/- 2 pF	G	+/- 2%
	H	+/- 3%
	J	+/- 5%
	K	+/- 10%
	M	+/- 20%
	S	+ 50% a - 20%
	Z	+ 80% a - 20% + 100% a - 20%
	P	+ 100%

Capacitores

- Cerâmico

- A tolerância dos capacitores cerâmicos é identificada por uma letra após os números.

- Exemplo:

- Capacitor 104K e 104M

- 104K

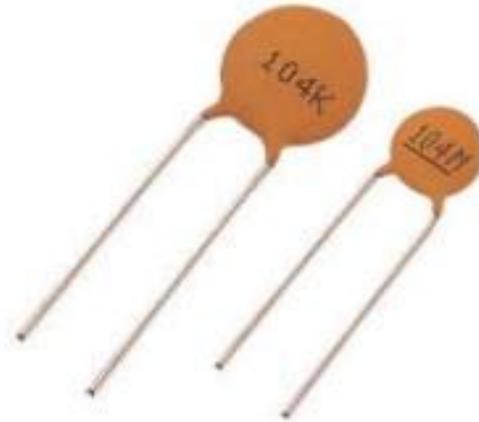
- Capacitância: 100.000 pF

- Tolerância: +/- 10%

- 104M

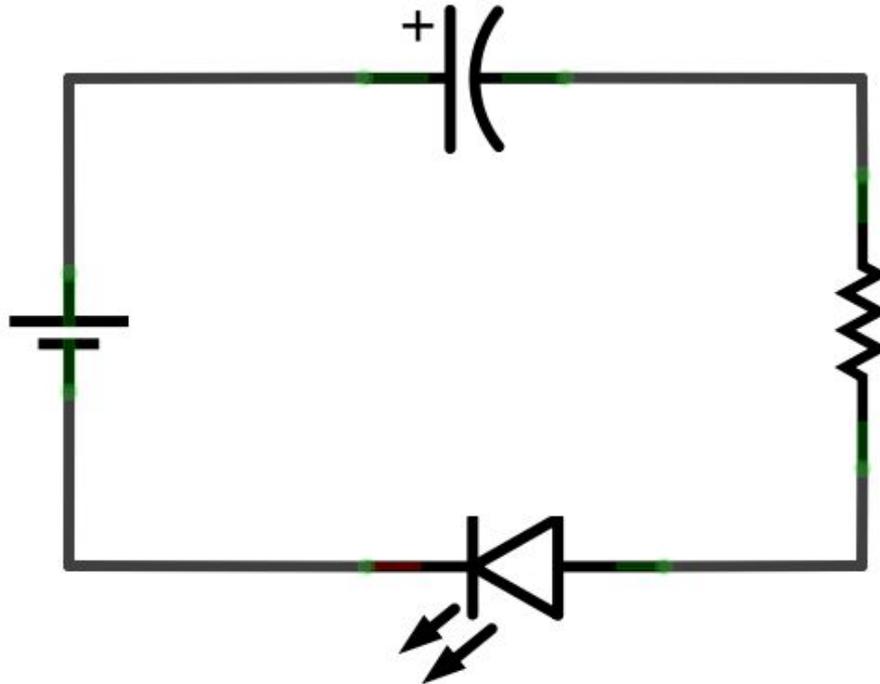
- Capacitância: 100.000 pF

- Tolerância: +/- 20%



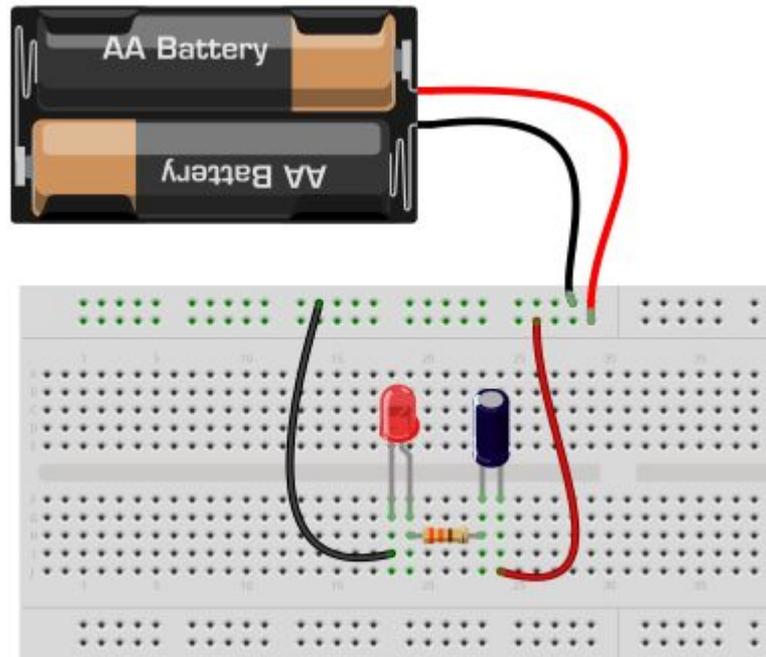
Capacitores

- Exemplo
 - Circuito com capacitor eletrolítico em série com um LED – **carga do capacitor**



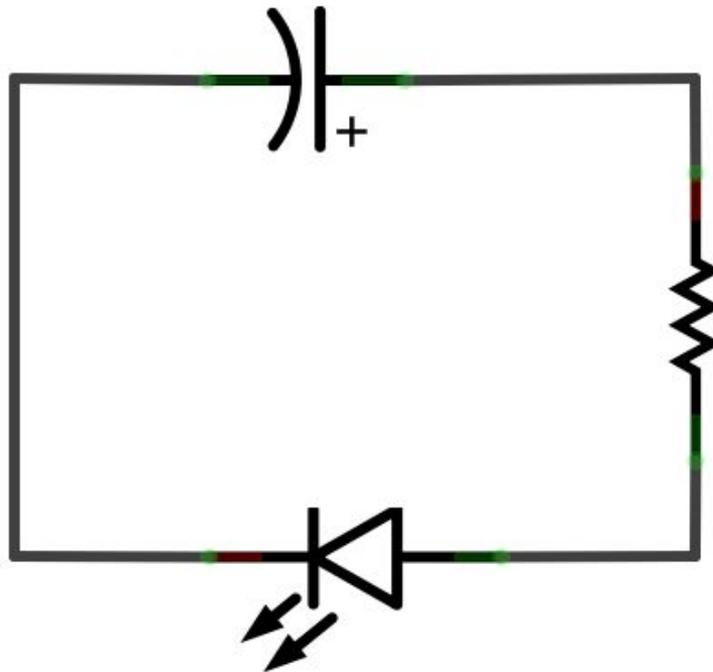
Capacitores

- Exemplo
 - Circuito com capacitor eletrolítico em série com um LED – **carga do capacitor**



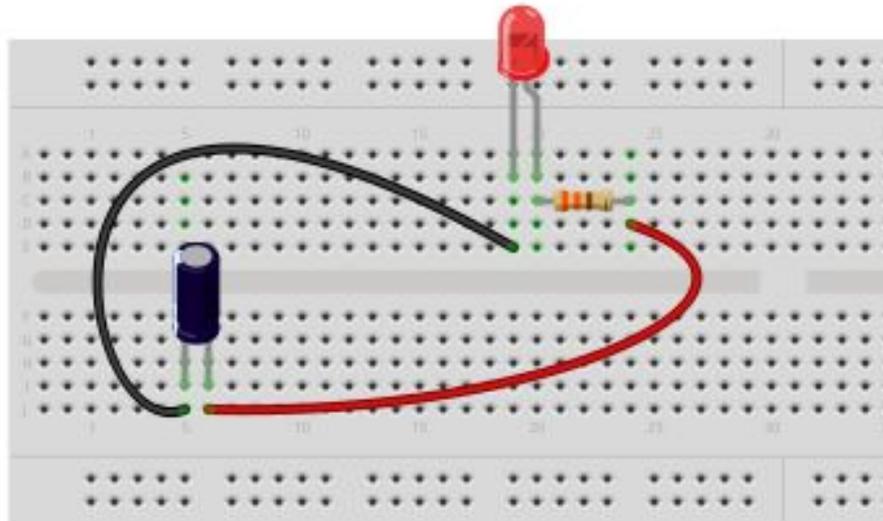
Capacitores

- Exemplo
 - Circuito com capacitor eletrolítico em série com um LED – **descarga do capacitor**



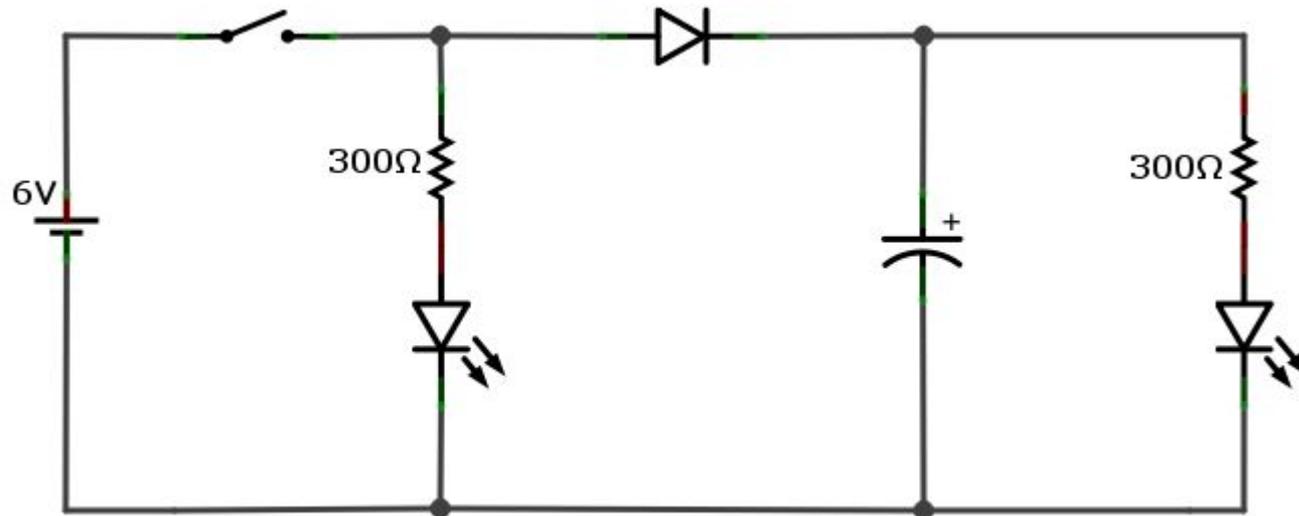
Capacitores

- Exemplo
 - Circuito com capacitor eletrolítico em série com um LED – **descarga do capacitor**



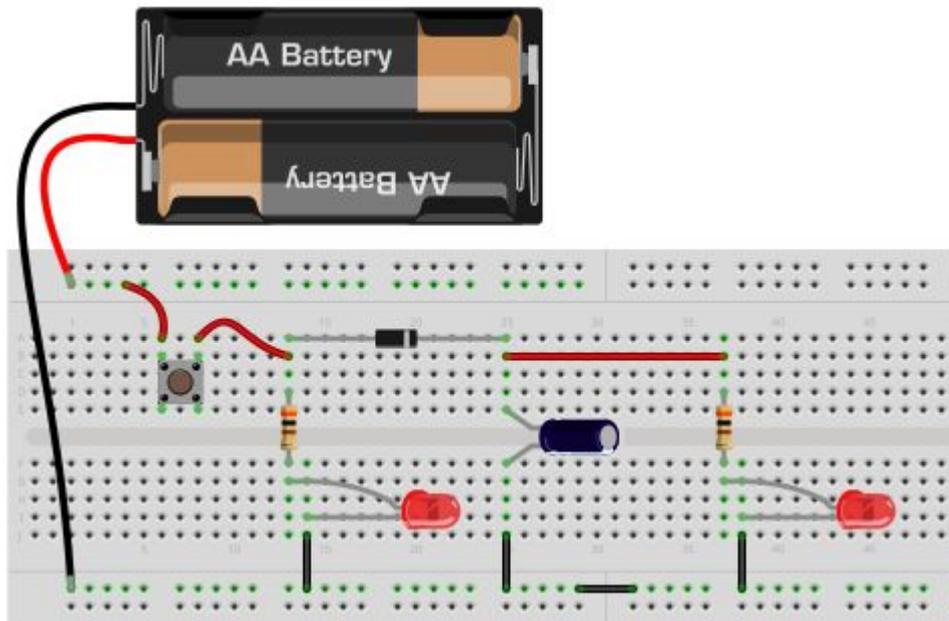
Capacitores

- Exemplo
 - Carga e descarga do capacitor



Capacitores

- Exemplo
 - Carga e descarga do capacitor



Capacitores

- Valores Comerciais dos Capacitores

Capacitores Comerciais				
10 pF	0,001 μ F	0,1 μ F	10 μ F	1000 μ F
12 pF	0,0012 μ F			
13 pF	0,0013 μ F			
15 pF	0,0015 μ F	0,15 μ F	15 μ F	
18 pF	0,0018 μ F			
20 pF	0,002 μ F			
22 pF		0,22 μ F	22 μ F	2200 μ F
24 pF				
27 pF				

Capacitores

- Valores Comerciais dos Capacitores

Capacitores Comerciais				
30 pF				
33 pF	0,0033 μ F	0,33 μ F	33 μ F	3300 μ F
36 pF				
43 pF				
47 pF	0,0047 μ F	0,47 μ F	47 μ F	4700 μ F
51 pF				
56 pF				
62 pF				
68 pF	0,0068 μ F	0,68 μ F	68 μ F	6800 μ F
75 pF				
82 pF				

Capacitores

- Valores Comerciais dos Capacitores

Capacitores Comerciais				
100 pF	0,01 μ F	1,0 μ F	100 μ F	10.000 μ F
110 pF				
120 pF				
130 pF				
150 pF	0,015 μ F	1,5 μ F		
180 pF				
200 pF				
220 pF	0,022 μ F	2,2 μ F	220 μ F	22.000 μ F
240 pF				
270 pF				

Capacitores

- Valores Comerciais dos Capacitores

Capacitores Comerciais				
300 pF				
330 pF	0,033 μ F	3,3 μ F	330 μ F	
300 pF				
360 pF				
390 pF				
430 pF				
470 pF	0,047 μ F	4,7 μ F	470 μ F	47.000 μ F

Capacitores

- Valores Comerciais dos Capacitores

Capacitores Comerciais				
510 pF				
560 pF				
620 pF				
680 pF	0,068 μ F	6,8 μ F		
750 pF				
820 pF				82.000 μ F
910 pF				

Transistores

- Os transistores (*TRANSfer resISTOR*) foram criados por Bardeen, Brattain e Schockley, nos EUA em 1947, quando trabalhavam na *Bell Telephone*.
- Um transistor é um componente eletrônico formado por três materiais semicondutores.



Transistores

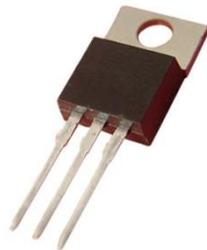
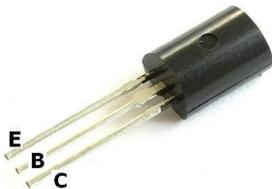
- O princípio básico de funcionamento dos transistores é o uso de uma tensão entre dois terminais para controlar o fluxo de corrente no terceiro terminal.
- Os transistores podem ser usados como chave, amplificadores de sinais e amplificadores de corrente.
- Podem ser ligados em cascata para aumentar o ganho de corrente.

Transistores

- Os terminais de um transistor são:
 - **Base (B)**: comum aos outros dois terminais. Quando está energizada a corrente flui do emissor para o coletor.
 - **Coletor (C)**: responsável por receber os portadores de carga. É a onde entra a corrente a ser controlada.
 - **Emissor (E)**: responsável por emitir portadores de carga. Saída da corrente que foi controlada pelo coletor.
- Um transistor se assemelha a dois diodos, um a esquerda e outro a direita.

Transistores

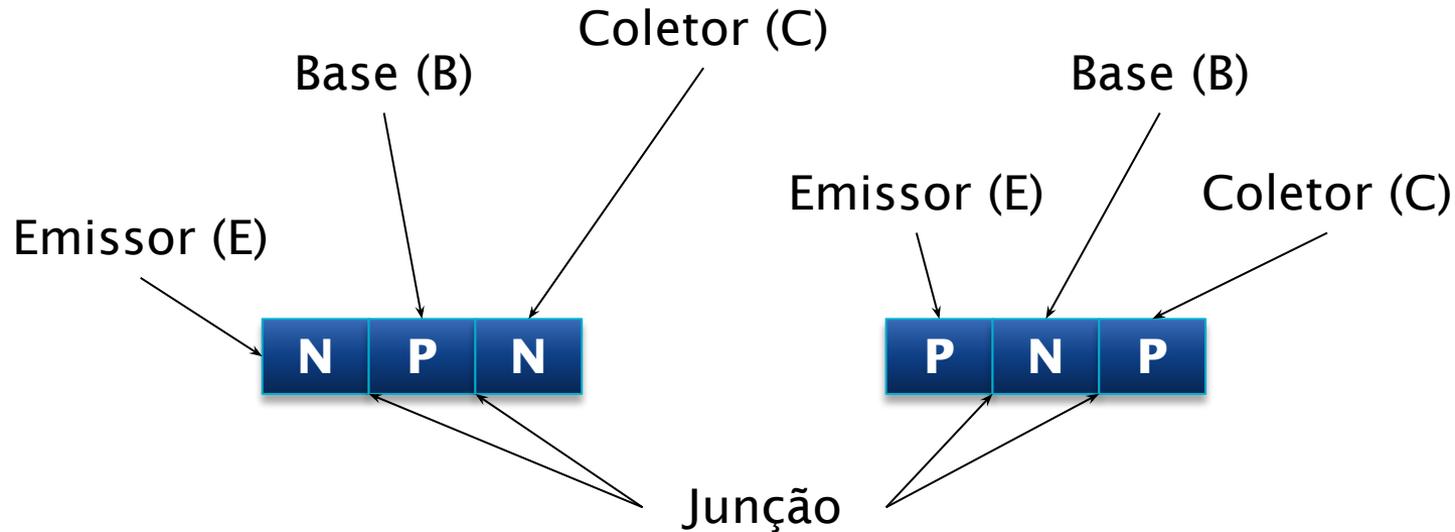
- Os transistores podem ser de:
 - **Baixa potência:** trabalham com correntes menores.
 - **Média potência:** maiores que os de baixa potência. Normalmente são acoplados a dissipadores de calor. Trabalham com correntes maiores que os de baixa potência.
 - **Alta potência:** são maiores que os de média potência e já incluem em sua estrutura um dissipador de calor. Trabalham com altas correntes.



Transistores

- Transistor Bipolar

- Os transistores **bipolares** podem ser do tipo **NPN** ou **PNP**.



Transistores

- Parâmetros Importantes dos Transistores
 - I_C = corrente do coletor.
 - I_E = corrente do emissor.
 - V_{CE} = tensão entre o coletor e o emissor.
 - V_{CEO} = tensão máxima que se pode aplicar entre o coletor e o emissor quando a base está desligada (em *off*).
 - V_{CBO} = tensão máxima que se pode aplicar entre o coletor e a base quando o emissor está aberto (em *off*).
 - V_{EBO} = tensão máxima aplicada entre o emissor a base com o coletor aberto (em *off*).
 - $I_{C_{MAX}}$ = corrente máxima que pode circular pelo coletor.

Transistores

- Parâmetros Importantes dos Transistores
 - P_D = Potência de dissipação de calor de um transistor. Pode ser calculada por:
 - $P_D = V_{CE} * I_C$
 - f_t = frequência máxima de operação do transistor. Para os transistores de uso geral (comuns) o parâmetro f_t pode variar de 1 a 200 MHz.
- Em um transistor cerca de 95% da corrente injetada no emissor flui em direção ao coletor e 5% em direção a base.

Transistores

- Relação entre a corrente do emissor e a corrente do coletor
 - A **relação entre** a corrente do emissor e a corrente do coletor é conhecida como **α** (alfa).
 - A relação **α** pode ser calculada pela seguinte equação:
 - **$\alpha = I_C / I_E$**

Transistores

- Relação entre a corrente do coletor e a corrente da base
 - A **relação entre** a corrente do coletor e a corrente da base é conhecida como β (beta).
 - A relação β pode ser calculada pela seguinte equação:
 - $\beta = I_C / I_B$

Transistores

- A corrente do emissor pode ser calculada por $I_E = I_C + I_B$.
- A corrente do coletor é aproximadamente igual a corrente do emissor.
- A corrente da base é sempre muito menor do que a corrente do coletor ou a corrente do emissor.

Transistores

- Transistor Bipolar
 - Polarização de um transistor bipolar
 - Emissor comum
 - Coletor comum
 - Base comum

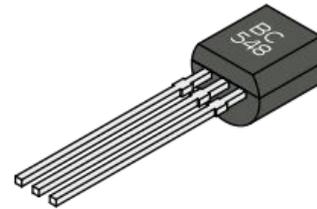
Transistores

- Identificação dos Transistores Bipolares
 - Nomenclatura Norte Americana
 - Exemplo:
 - 2N2222
 - O primeiro número, **2**, indica o número de junções do componente.
 - A letra **N** indica que o material de fabricação do transistor é silício.
 - Os demais algarismos, **2222**, indicam a sequência alfanumérica da série.



Transistores

- Identificação dos Transistores Bipolares
 - **Nomenclatura Europeia**
 - **Exemplo:**
 - **BC548**
 - Primeira letra indica o material do transistor:
 - A – Germânio
 - **B – Silício**
 - Segunda letra indica a aplicação:
 - **C – uso geral ou áudio**
 - D – transistor de potência
 - F – transistor para aplicações de rádio frequência
 - A sequência de número identifica o componente.



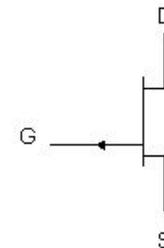
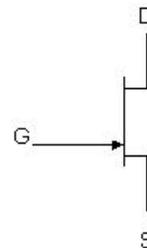
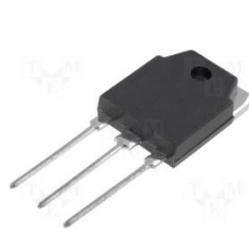
Transistores

- Identificação dos Transistores Bipolares
 - Nomenclatura Japonesa
 - Exemplo:
 - 2SC1815
 - O primeiro número e a primeira letra indicam:
 - 1S - diodo
 - 2S - transistor
 - A segunda letra indica o tipo:
 - A ou B - PNP
 - C ou D - NPN



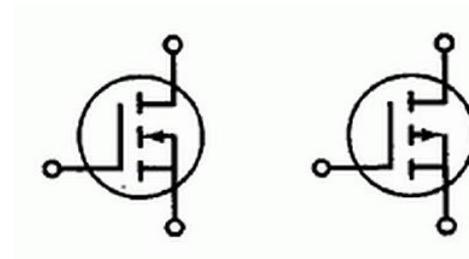
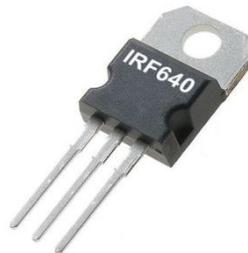
Transistores

- Transistor de Efeito de Campo (FET)
 - Os terminais de um transistor de efeito de campo (do Inglês *Field Effect Transistor*) são:
 - **Fonte (source (S))**: . É equivalente ao emissor em um transistor bipolar.
 - **Porta (gate (G))**: . É equivalente a base em um transistor bipolar.
 - **Dreno (drain (D))**: . É equivalente ao coletor em um transistor bipolar.
 - Os transistores FET podem ser de canal N ou canal P.



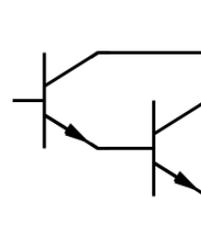
Transistores

- Transistor de Efeito de Campo (MOSFET)
 - Os transistores MOS (do Inglês *Metal Oxide Semiconductor*) podem ser fabricados em dimensões muito pequenas.
 - Um **transistor MOS** é um transistor FET com o terminal *gate* isolado por uma fina camada de óxido de silício.
 - É sensível a energia estática, o contato direto com os terminais deve ser evitado.



Transistores

- Transistor Darlington
 - Combina dois transistores do tipo bipolar em um único encapsulamento.
 - A vantagem de um transistor darlington é o grande ganho de corrente, uma vez que a corrente é o produto do ganhos dos transistores individuais.
 - É considerado um transistor de uso geral e é muito empregado na amplificação de áudio.



Transistores

- Tipos de Encapsulamento

- TO-92

- Carcaça de plástico

- TO-18

- Carcaça metálica

- TO-39

- Carcaça metálica

- TO-126

- Utilizado em transistores de média potência.

- TO-220

- Utilizados em transistores de potência. O terminal do centro, coletor, tem ligação elétrica com o suporte metálico para dissipação de calor.

- TO-3

- Utilizados em transistores de alta potência. A carcaça é de metal.

Transistores

- Tabela com alguns Transistores de Potência
 - Série BD - NPN

Código	Vce (V)	Ic (max) A	h _{FE}	Pd (W)
BD135	45	1,5	40 – 250	8
BD137	60	1,5	40 – 250	8
BD139	80	1,5	40 – 250	8
BD233	45	2	40 – 250	25
BD235	60	2	40 – 250	25
BD237	80	2	40 – 250	25
BD437	45	4	85 – 475	36

Transistores

- Tabela com alguns Transistores de Potência
 - Série BD - PNP

Código	Vce (V)	Ic (max) A	h_{FE}	Pd (W)
BD136	45	1,5	40 – 250	8
BD138	60	1,5	40 – 250	8
BD140	80	1,5	40 – 250	8
BD234	45	2	40 – 250	25
BD236	60	2	40 – 250	25
BD238	80	2	40 – 250	25
BD438	45	4	85 – 475	36

Transistores

- Tabela com alguns Transistores de Potência
 - Série TIP- Darlington - NPN

Código	V _{ce} (V)	I _c (max) A	h _{FE}	P _d (W)
TIP110	60	2	500	50
TIP120	60	5	1000	65
TIP121	80	5	1000	65
TIP122	100	5	1000	65
TIP140	60	10	1000	125
TIP141	80	10	1000	125
TIP142	100	10	1000	125

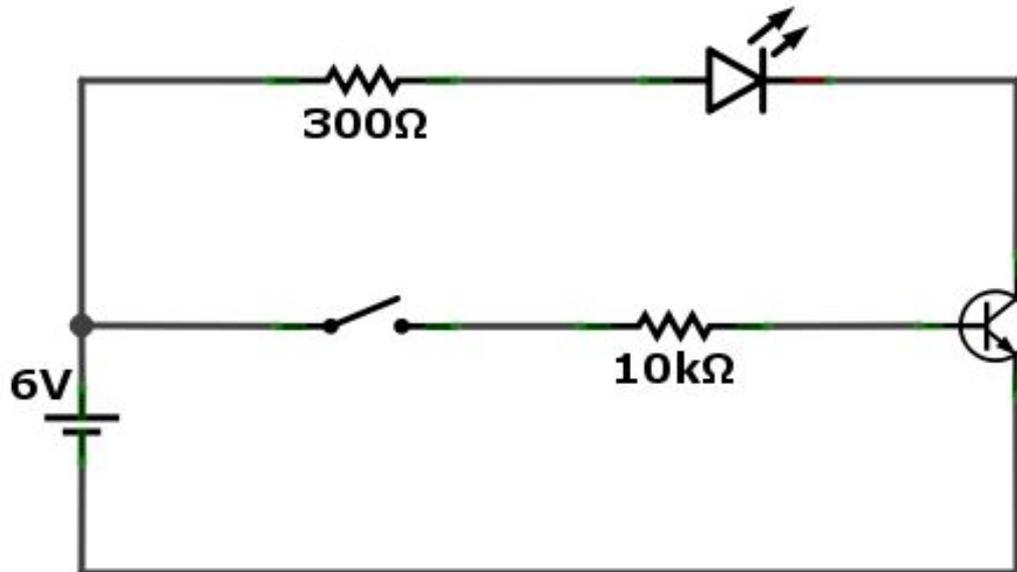
Transistores

- Tabela com alguns Transistores de Potência
 - Série TIP- Darlington - PNP

Código	V _{ce} (V)	I _c (max) A	h _{FE}	P _d (W)
TIP115	60	2	500	50
TIP125	60	5	1000	65
TIP126	80	5	1000	65
TIP127	100	5	1000	65
TIP145	60	10	1000	125
TIP146	80	10	1000	125
TIP147	100	10	1000	125

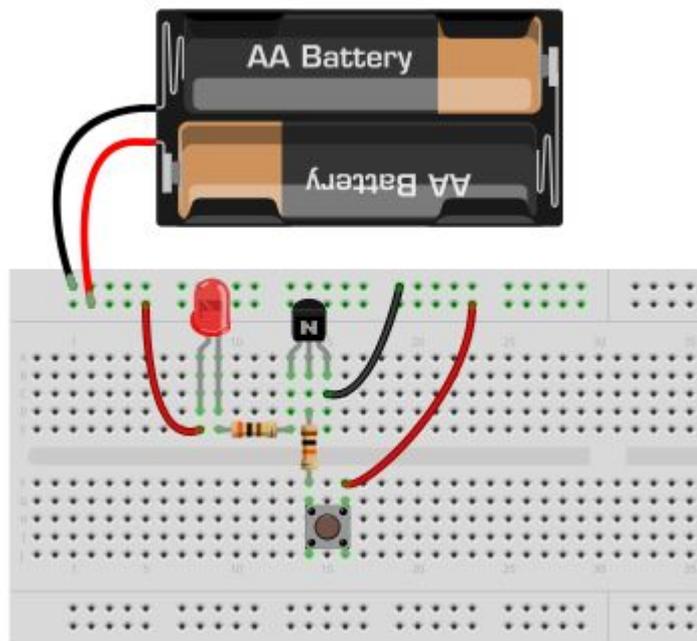
Transistores

- Exemplo
 - Uso do transistor bipolar NPN



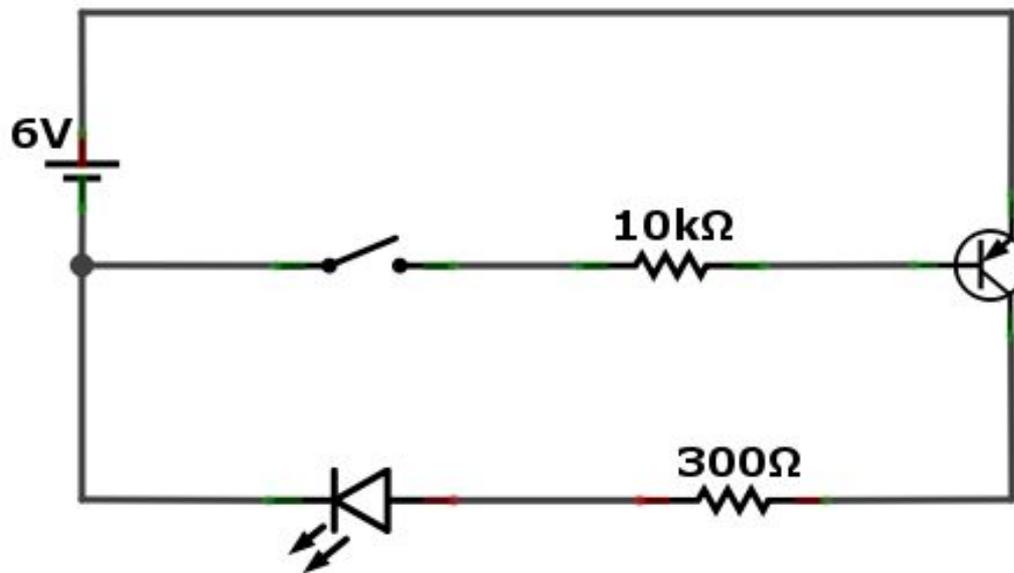
Transistores

- Exemplo
 - Uso do transistor bipolar NPN



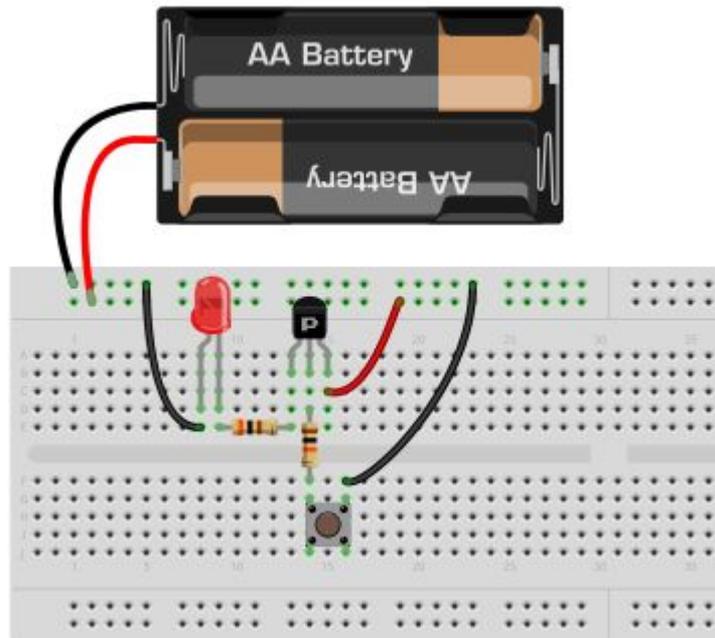
Transistores

- Exemplo
 - Uso do transistor bipolar PNP



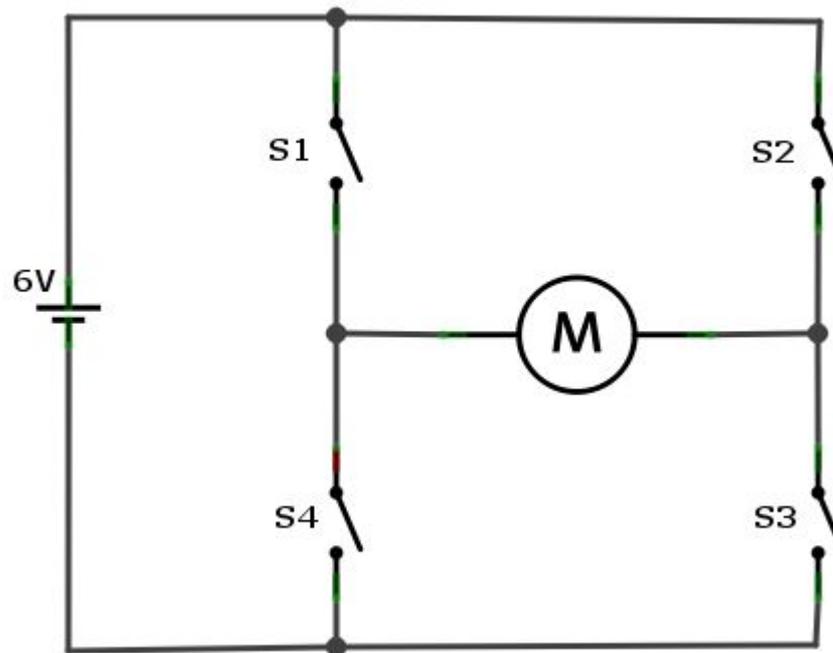
Transistores

- Exemplo
 - Uso do transistor bipolar PNP



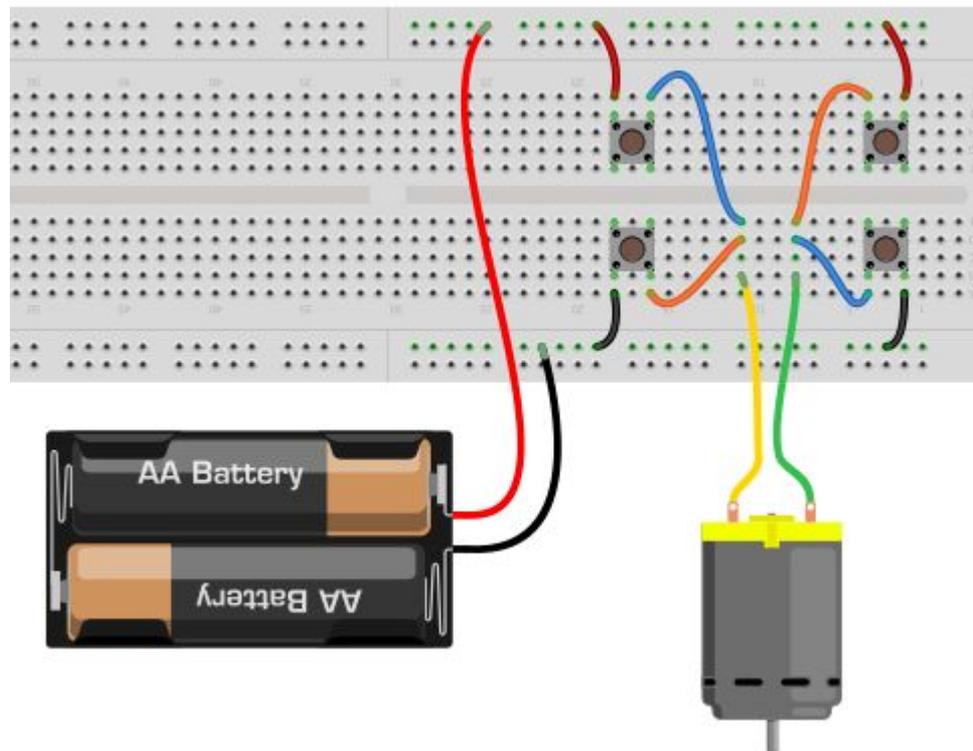
Transistores

- Exemplo
 - Circuito de controle de sentido de giro de um motor DC com botões – **circuito Ponte H**



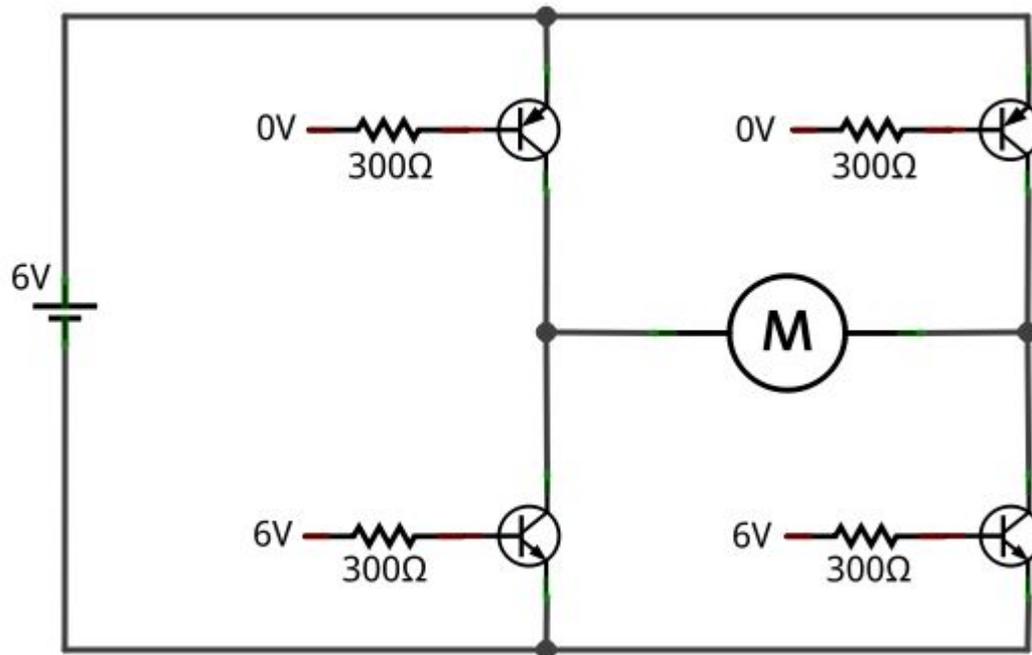
Transistores

- Exemplo
 - Circuito de controle de sentido de giro de um motor DC com botões – **circuito Ponte H**



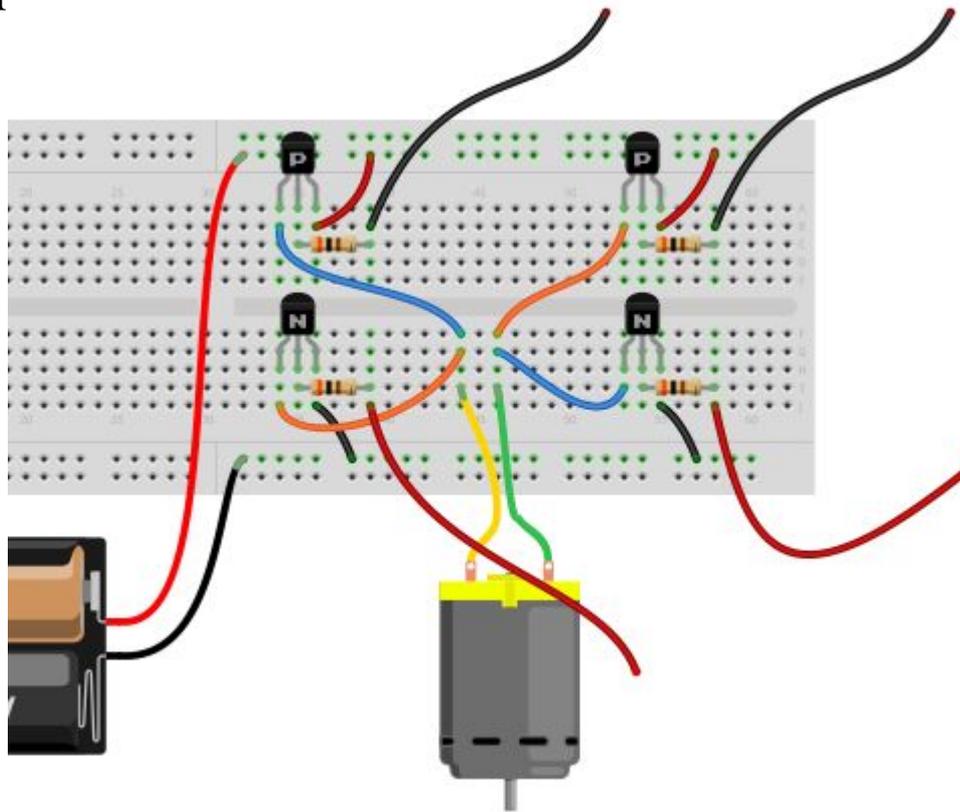
Transistores

- Exemplo
 - Circuito de controle de sentido de giro de um motor DC com transistores NPN e PNP – **circuito Ponte H**



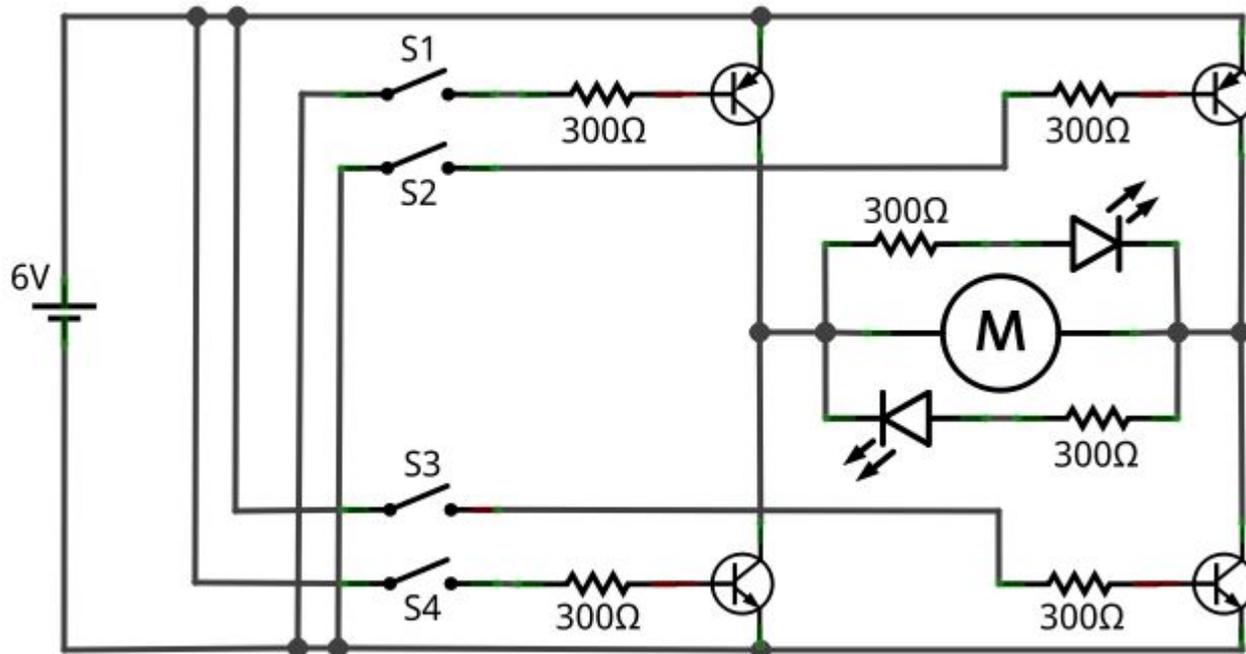
Transistores

- Exemplo
 - Circuito de controle de sentido de giro de um motor DC com transistores NPN e DNP **circuito Ponte H**



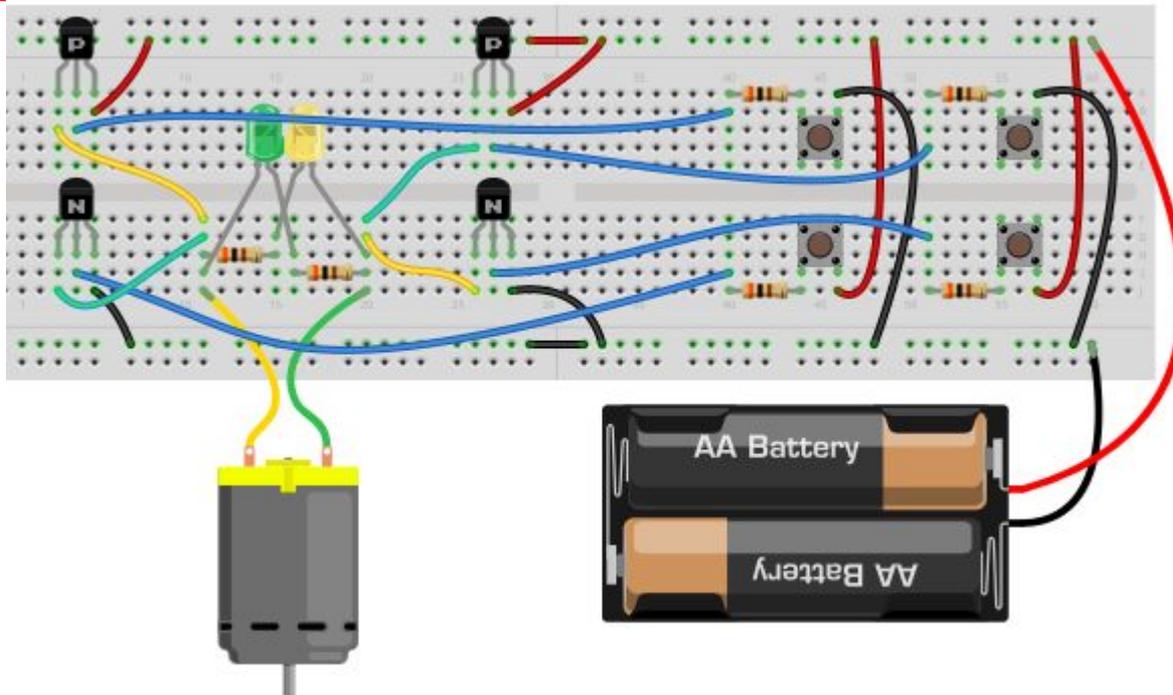
Transistores

- Exemplo
 - Circuito de controle de sentido de giro de um motor DC com transistores NPN e PNP, botões e LEDs – **circuito Ponte H**



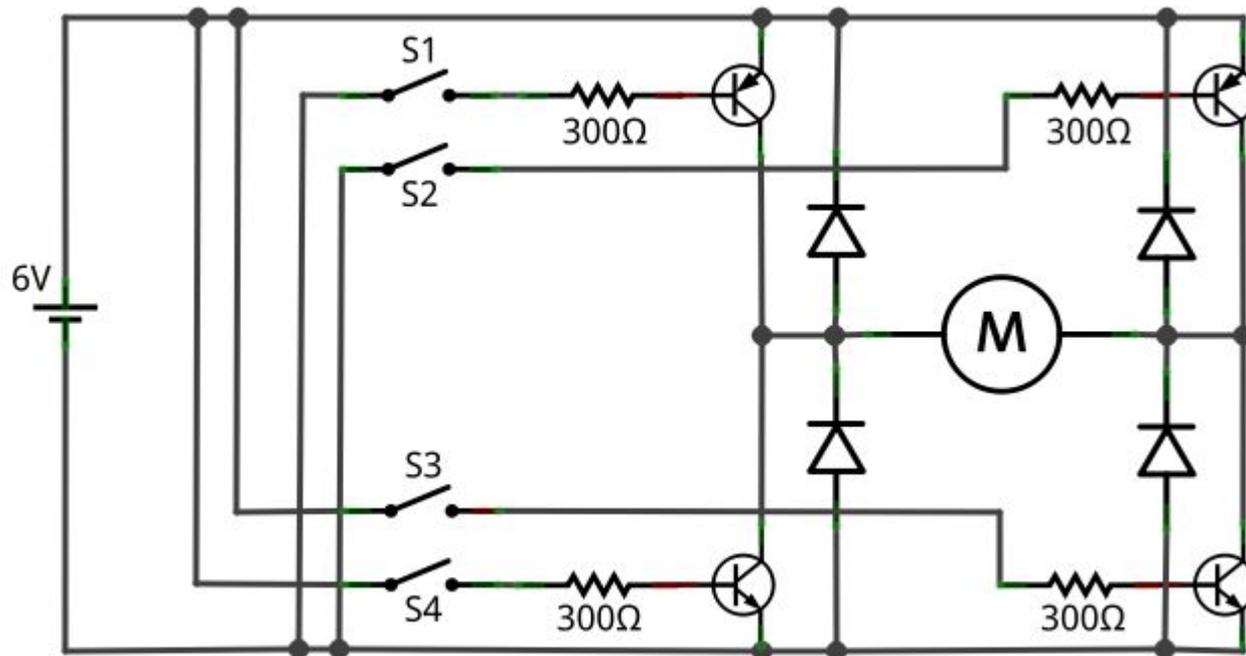
Transistores

- Exemplo
 - Circuito de controle de sentido de giro de um motor DC com transistores NPN e PNP, botões e LEDs – **circuito Ponte H**



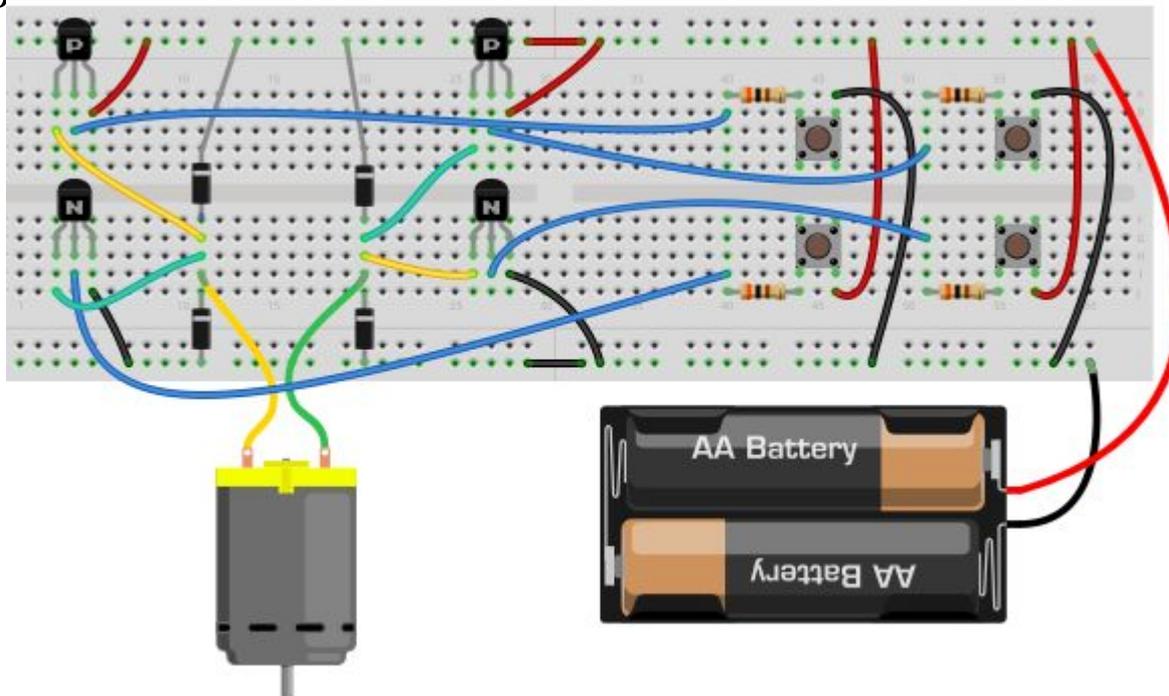
Transistores

- Exemplo
 - Circuito de controle de sentido de giro de um motor DC com transistores NPN e PNP, botões e diodos de proteção – **circuito Ponte H**



Transistores

- Exemplo
 - Circuito de controle de sentido de giro de um motor DC com transistores NPN e PNP, botões e diodos de proteção *circuito Danta II*



Relês

- Um relê é uma **chave eletromecânica** formada por uma bobina (eletroímã), mola de desarme, uma armadura, um conjunto de contatos e terminais.
- A passagem de **corrente elétrica** pela bobina gera um **campo magnético** que **aciona os contatos do relê**.
- Os **contatos** dos relês **podem ser** do tipo **normalmente aberto** (NA) ou **normalmente fechado** (NF).

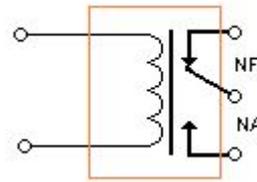
Relês

- O relê trabalha com uma **pequena tensão e corrente na entrada** para gerar **tensão e corrente muito maior na saída**.

- Outro tipo de relê são os relês eletromecânicos



o sólido

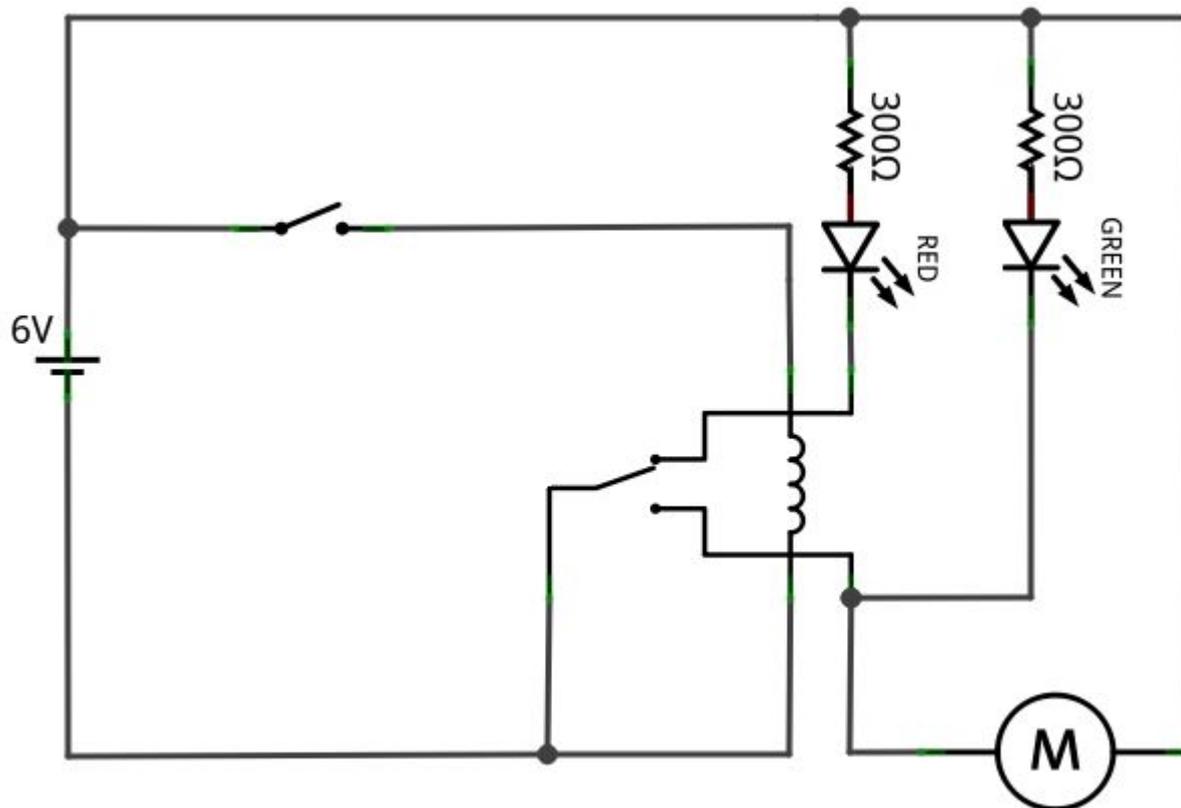


s rápidos que



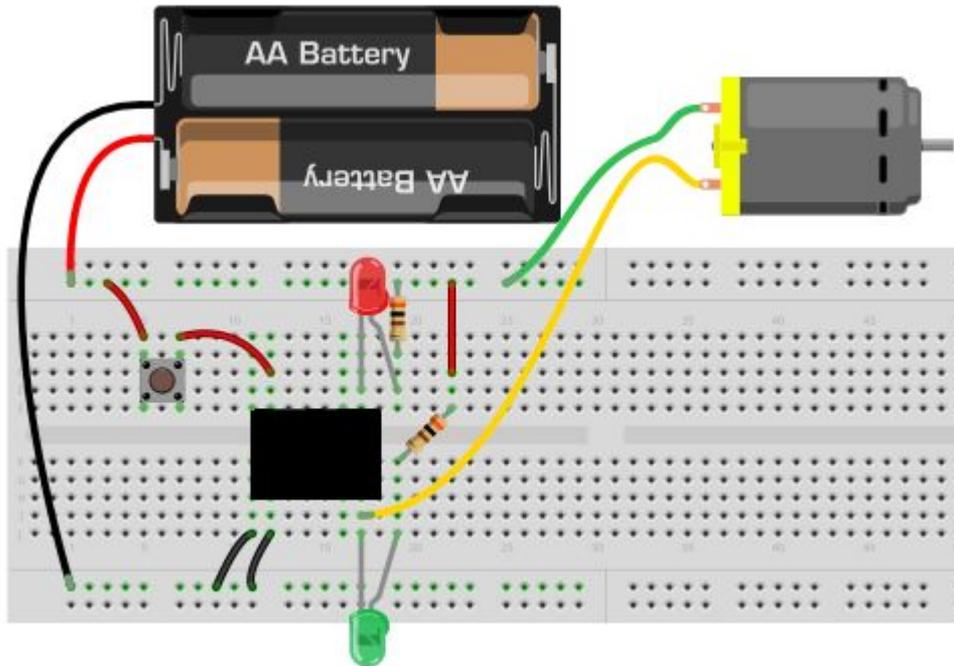
Relês

- Exemplo
 - Acionamento de um motor DC e um LED



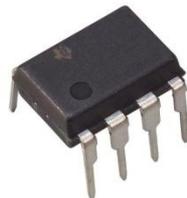
Relês

- Exemplo
 - Acionamento de um motor DC e um LED



Circuitos Integrados

- Circuitos eletrônicos miniaturizados **compostos**, principalmente, de **dispositivos semicondutores**.
- A escala de **integração**, ou seja, a quantidade de transistores compondo um único CI varia de **10** (SSI – *Small Scale Integration*) até **10.000.000** (SLSI – *Super Large Scale Integration*).

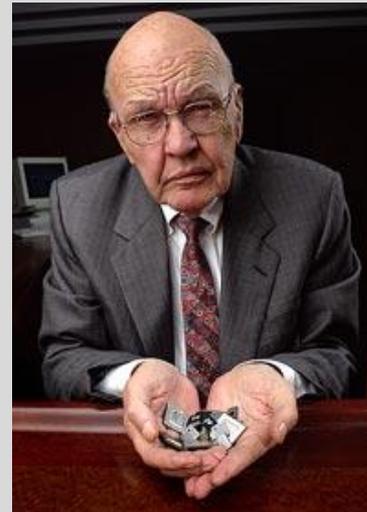


Circuitos Integrados

- Curiosidade

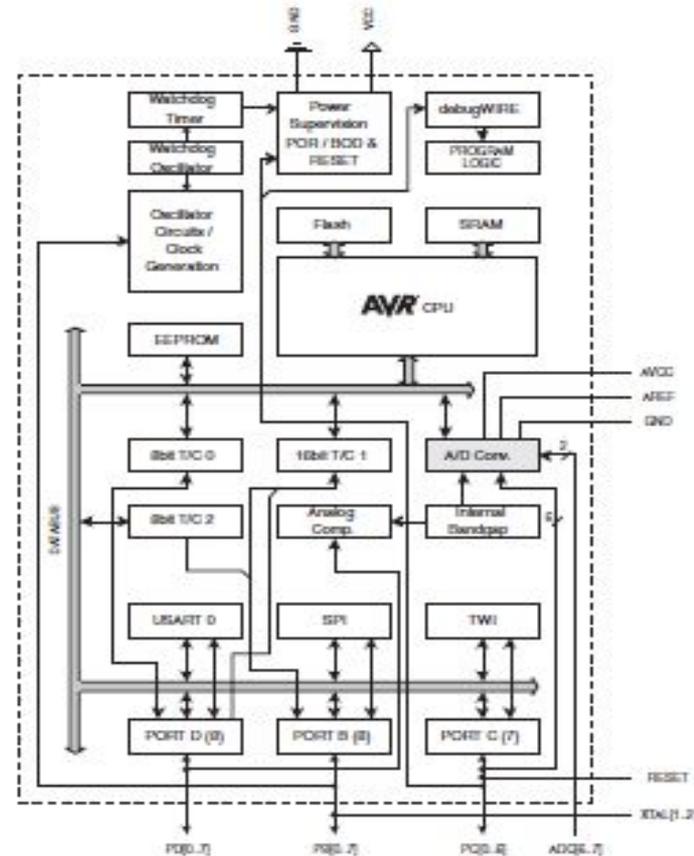
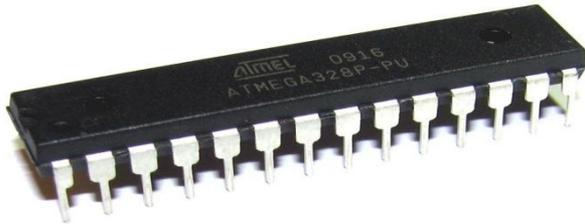
O Circuito Integrado foi criado em 1958 pelo físico estadunidense **Jack Kilby** quando trabalhava na empresa *Texas Instruments, Inc.*

Em 2000 Jack Kilby foi agraciado com o prêmio **Nobel de Física**.



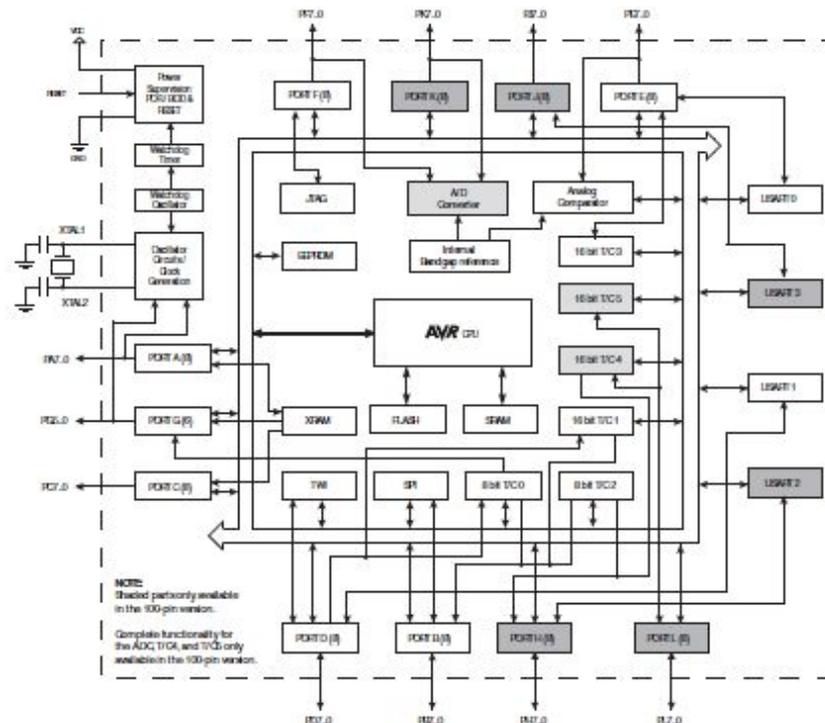
Circuitos Integrados

- Exemplo de Circuito Integrado (CI)
 - Microcontrolador ATmega 328 – **utilizado no Arduino Uno**



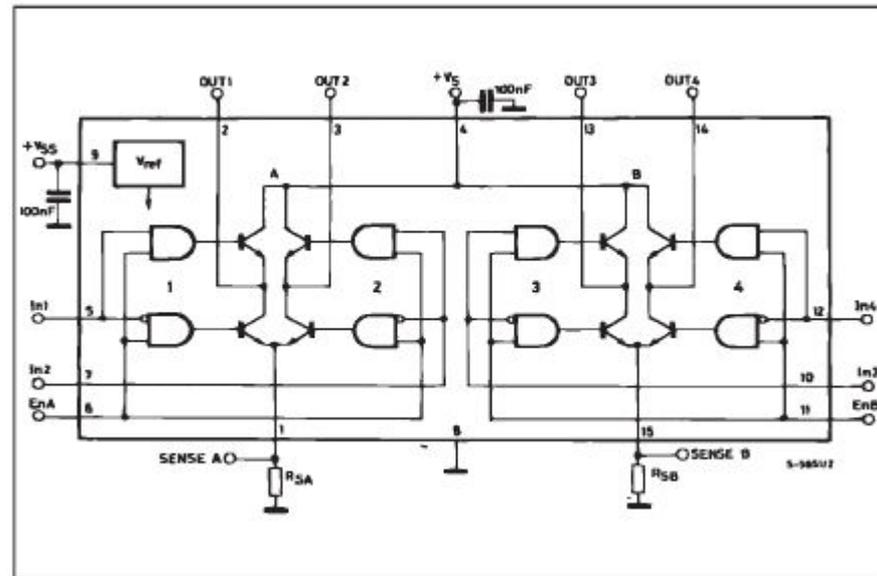
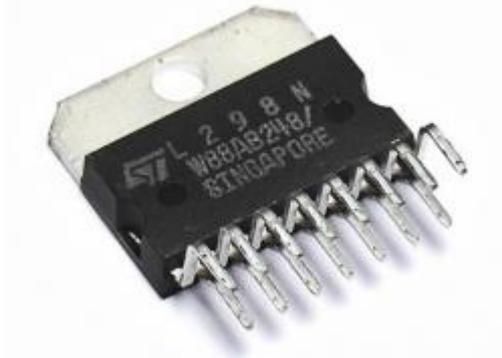
Circuitos Integrados

- Exemplo de Circuito Integrado (CI)
 - Microcontrolador ATmega 2560 – utilizado no Arduino Mega 2560



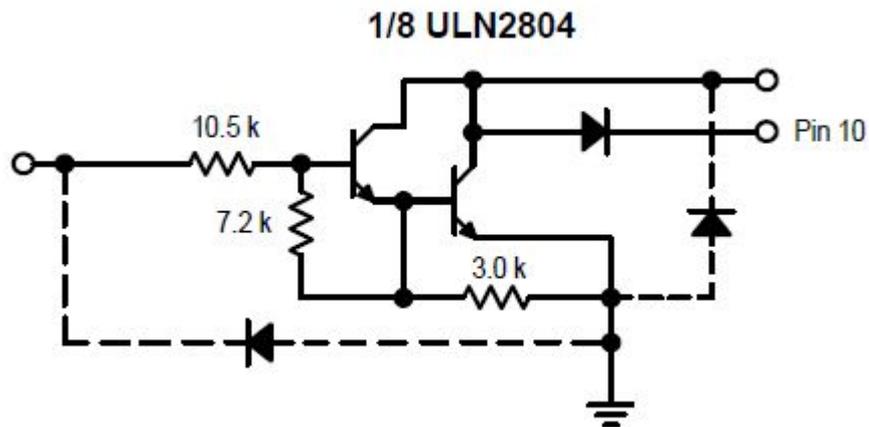
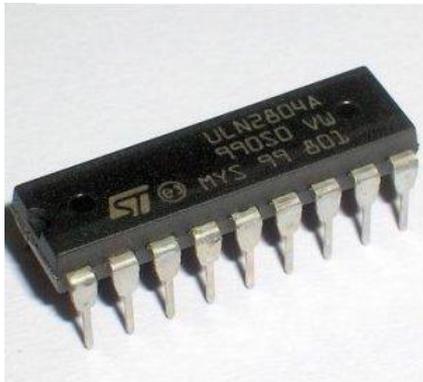
Circuitos Integrados

- Exemplo de Circuito Integrado (CI)
 - Driver de corrente L298n – Ponte H completa (2x)



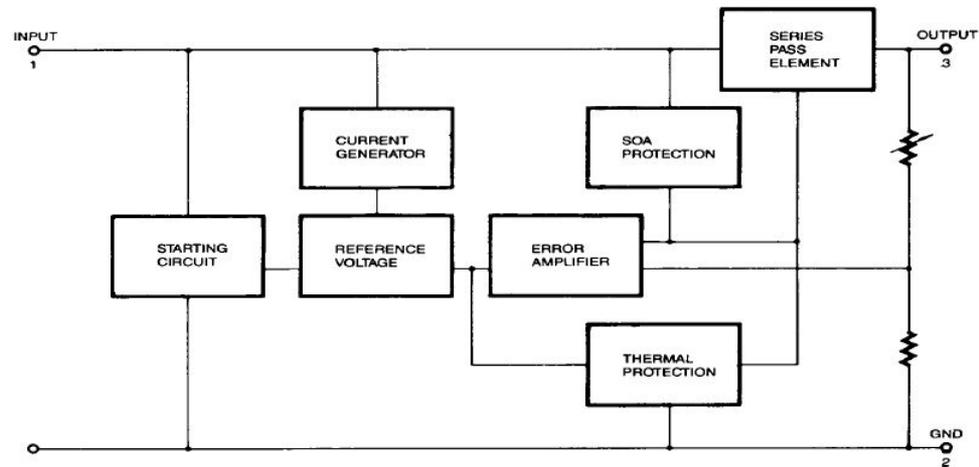
Circuitos Integrados

- Exemplo de Circuito Integrado (CI)
 - Driver de corrente ULN2804 – Controle para motor de passo



Circuitos Integrados

- Exemplo de Circuito Integrado (CI)
 - Regulador de tensão 7805



Eletrônica Digital

AND



OR



NOT



Entra da 1	Entra da 2	Saída
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Entra da 1	Entra da 2	Saída
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Entrada 1	Saída
0	1
1	0

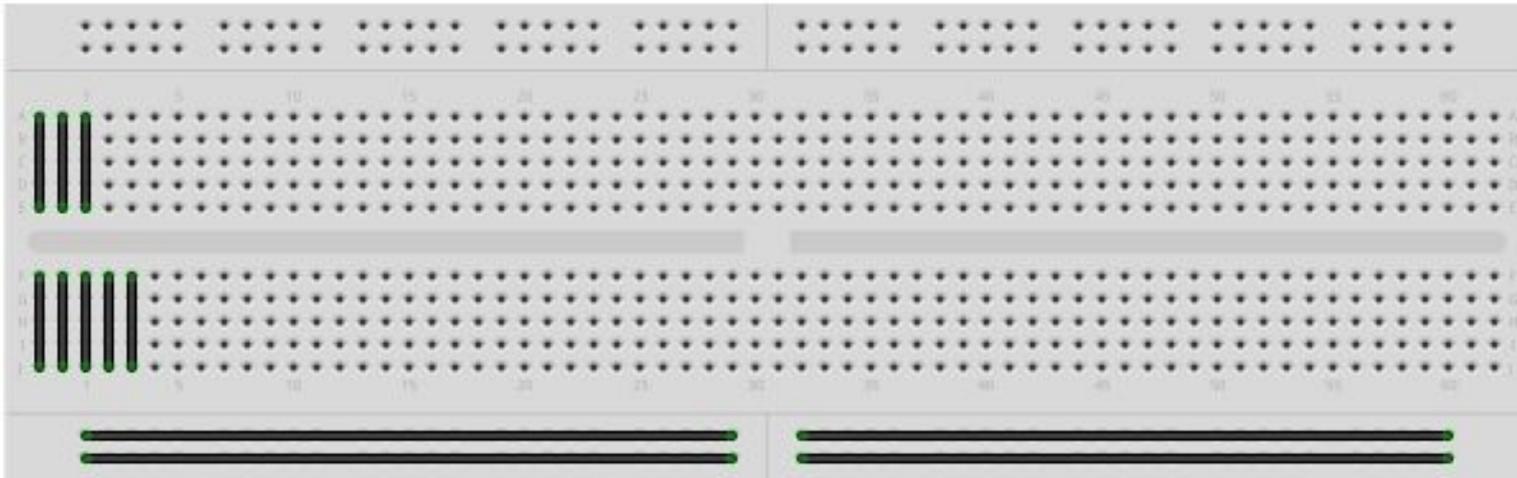
Anexo I – Uso do Protoboard (Matriz de Contatos)

- Ferramenta que **auxilia** no **desenvolvimento** de **protótipos** de **circuitos eletrônicos**.
- Torna desnecessária a soldagem de componentes eletrônicos em uma placa.
- É composta de **furos** que **são interconectados** por um **material condutor** localizado abaixo da camada de plástico.



Anexo I – Uso do Protoboard (Matriz de Contatos)

- A figura ilustra a forma como os furos estão interconectados.



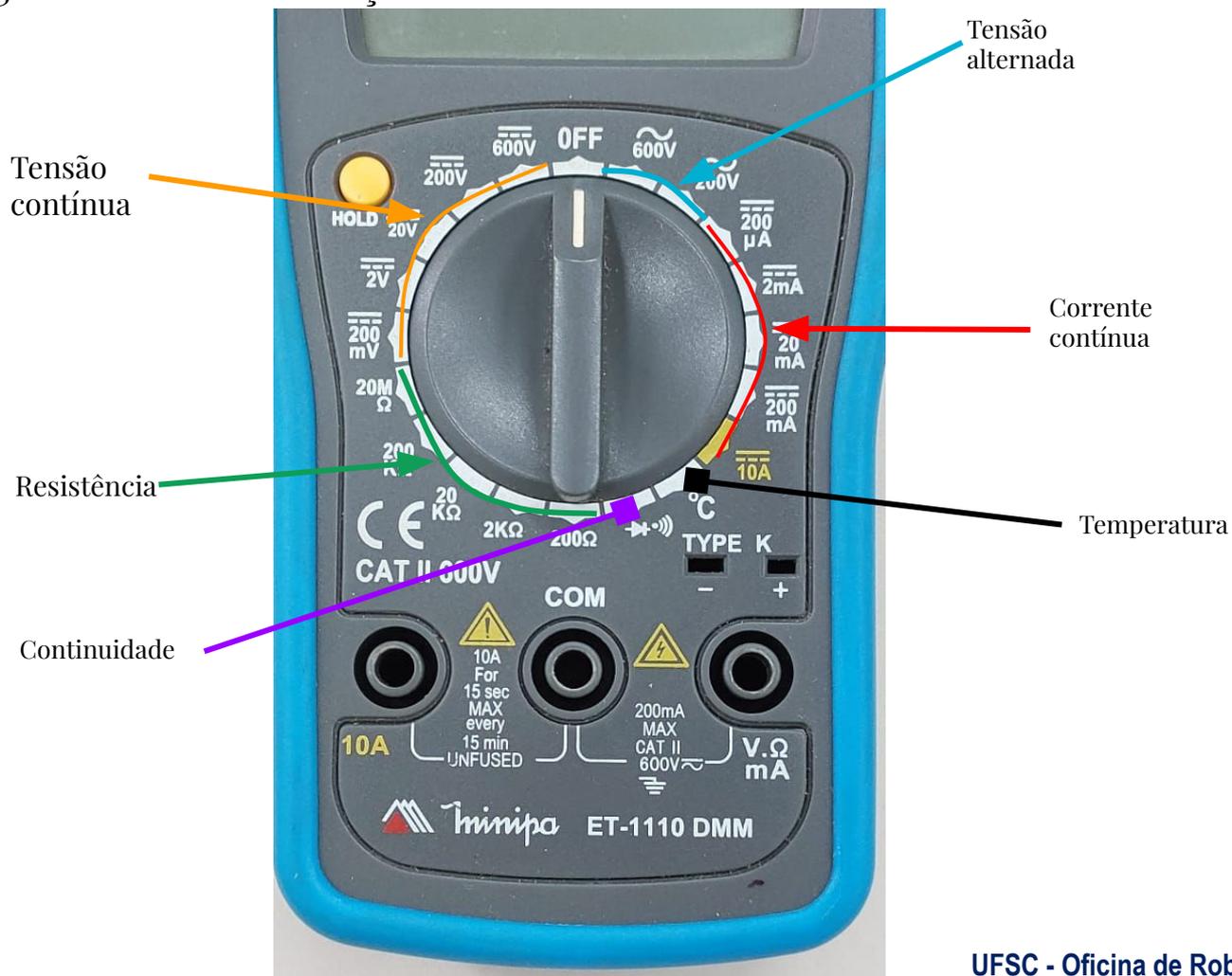
Anexo 2 – Visão geral do Multímetro

- Um multímetro digital é uma ferramenta de teste utilizada para medir dois ou mais valores elétricos.



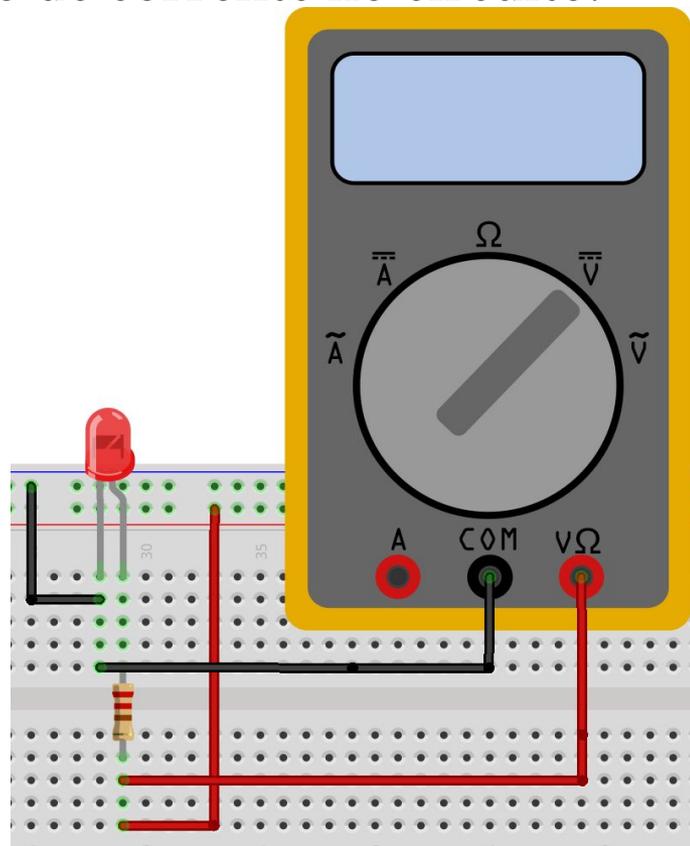
Anexo 2 – Visão geral do Multímetro

- A figura ilustra as funções do seletor do multímetro.



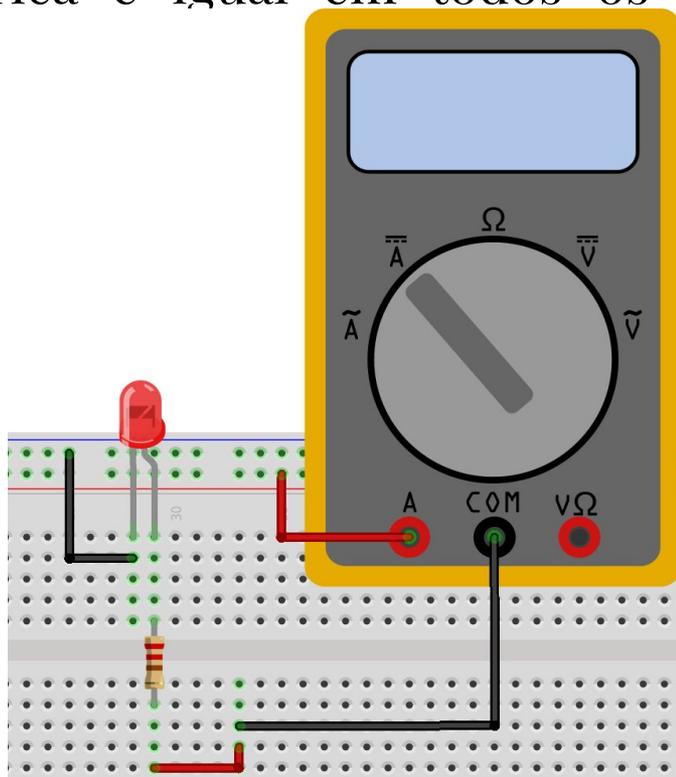
Anexo 2 – Uso do Multímetro

- A figura ilustra as funções do seletor do multímetro para medir tensão.
 - A tensão sempre será medida em paralelo, para que não haja alteração de corrente no circuito.



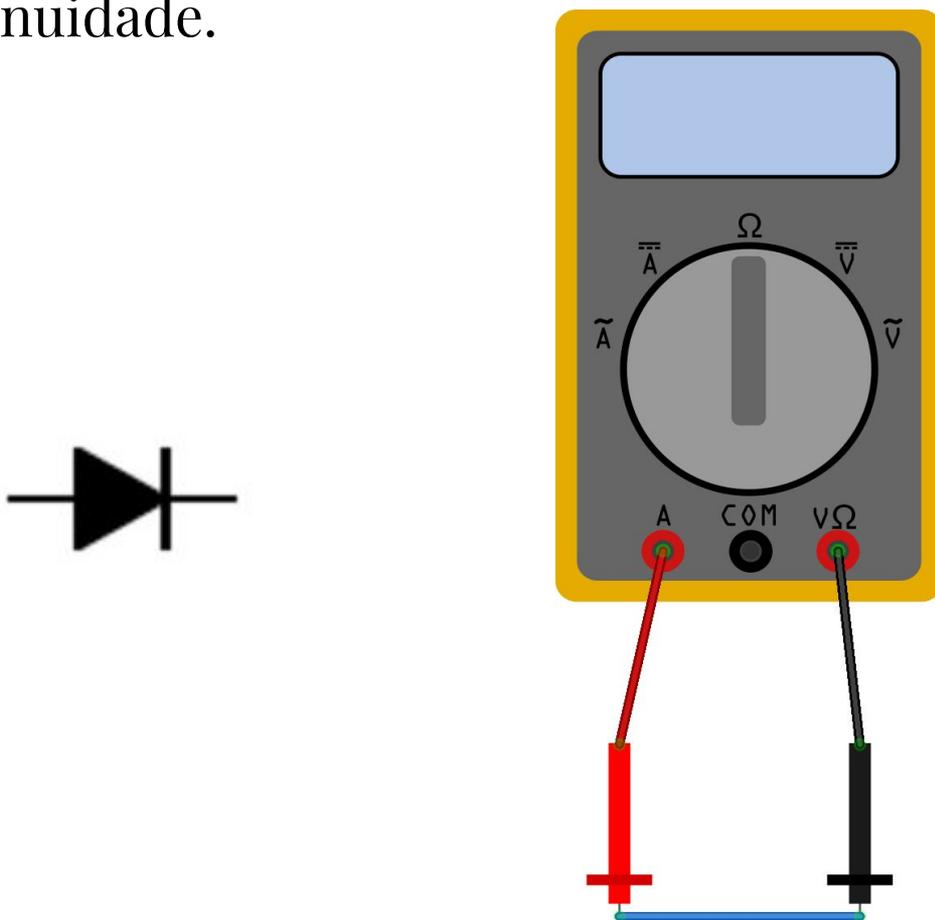
Anexo 2 – Uso do Multímetro

- A figura ilustra as funções do seletor do multímetro para medir corrente.
 - Para medir corrente sempre será em série. A corrente é medida em série porque, em um circuito em série, a corrente elétrica é igual em todos os elementos do circuito



Anexo 2 – Uso do Multímetro

- A figura ilustra as funções do seletor do multímetro em continuidade.



Anexo 3 – Ferramentas

- Alicates de bico fino
- Chave philips
- Chave de fenda

