

# Introdução à Eletrônica

Eletrônica para Ciência da Computação

---

**PROFESSOR: RUBENS T. HOCK JR.**

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS - CCT

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEE

# Introdução à Eletrônica

## Estrutura da Matéria

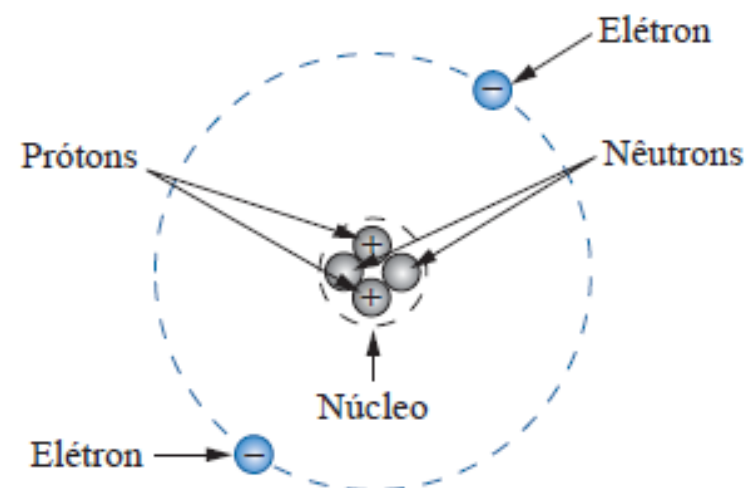
---

# Estrutura da Matéria

A matéria é constituída por diversas partículas combinadas em átomos, que são constituídos por três partículas eletricamente carregadas:

- Nêutron: Carga elétrica nula
- Próton: Carga elétrica positiva
- Elétron: Carga elétrica negativa

Átomo de Hélio



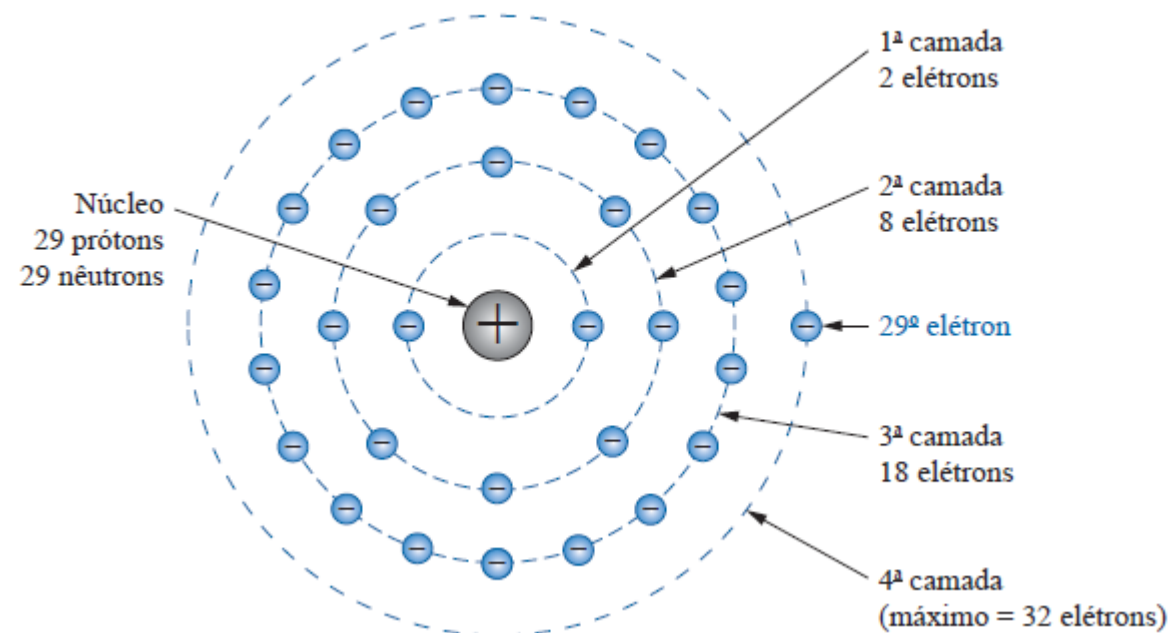
# Estrutura da Matéria

A matéria é constituída por diversas partículas combinadas em átomos, que são constituídos por três partículas eletricamente carregadas:

- Nêutron: Carga elétrica nula
- Próton: Carga elétrica positiva
- Elétron: Carga elétrica negativa

O elemento químico é correspondente com o número de prótons/elétrons que o átomo possui

Átomo de Cobre (Cu,  $Z=29$ )



# Estrutura da Matéria

A tabela periódica organiza os átomos dos elementos

1 <b>H</b> hidrogênio 1,008																	2 <b>He</b> hélio 4,0026													
3 <b>Li</b> lítio 6,94	4 <b>Be</b> berílio 9,0122															5 <b>B</b> boro 10,81	6 <b>C</b> carbono 12,011	7 <b>N</b> nitrogênio 14,007	8 <b>O</b> oxigênio 15,999	9 <b>F</b> flúor 18,998	10 <b>Ne</b> neônio 20,180									
11 <b>Na</b> sódio 22,990	12 <b>Mg</b> magnésio 24,305															13 <b>Al</b> alumínio 26,982	14 <b>Si</b> silício 28,085	15 <b>P</b> fósforo 30,974	16 <b>S</b> enxofre 32,06	17 <b>Cl</b> cloro 35,45	18 <b>Ar</b> argônio 39,948									
19 <b>K</b> potássio 39,098	20 <b>Ca</b> cálcio 40,078(4)	21 <b>Sc</b> escândio 44,956	22 <b>Ti</b> titânio 47,867	23 <b>V</b> vanádio 50,942	24 <b>Cr</b> cromio 51,996	25 <b>Mn</b> manganês 54,938	26 <b>Fe</b> ferro 55,845(2)	27 <b>Co</b> cobalto 58,933	28 <b>Ni</b> níquel 58,693	29 <b>Cu</b> cobre 63,546(3)	30 <b>Zn</b> zinco 65,38(2)	31 <b>Ga</b> gálio 69,723	32 <b>Ge</b> germânio 72,630(8)	33 <b>As</b> arsênio 74,922	34 <b>Se</b> selênio 78,971(8)	35 <b>Br</b> bromo 79,904	36 <b>Kr</b> criptônio 83,798(2)													
37 <b>Rb</b> rubídio 85,468	38 <b>Sr</b> estrôncio 87,62	39 <b>Y</b> ítrio 88,906	40 <b>Zr</b> zircônio 91,224(2)	41 <b>Nb</b> nióbio 92,906	42 <b>Mo</b> molibdênio 95,95	43 <b>Tc</b> tecnécio [98]	44 <b>Ru</b> rutênio 101,07(2)	45 <b>Rh</b> ródio 102,91	46 <b>Pd</b> paládio 106,42	47 <b>Ag</b> prata 107,87	48 <b>Cd</b> cádmio 112,41	49 <b>In</b> índio 114,82	50 <b>Sn</b> estanho 118,71	51 <b>Sb</b> antimônio 121,76	52 <b>Te</b> telúrio 127,60(3)	53 <b>I</b> iodo 126,90	54 <b>Xe</b> xenônio 131,29													
55 <b>Cs</b> césio 132,91	56 <b>Ba</b> bário 137,33	57 - 71														72 <b>Hf</b> háfnio 178,49(2)	73 <b>Ta</b> tântalo 180,95	74 <b>W</b> tungstênio 183,84	75 <b>Re</b> rênio 186,21	76 <b>Os</b> ósio 190,23(3)	77 <b>Ir</b> irídio 192,22	78 <b>Pt</b> platina 195,08	79 <b>Au</b> ouro 196,97	80 <b>Hg</b> mercúrio 200,59	81 <b>Tl</b> tálio 204,38	82 <b>Pb</b> chumbo 207,2	83 <b>Bi</b> bismuto 208,98	84 <b>Po</b> polônio [209]	85 <b>At</b> astato [210]	86 <b>Rn</b> radônio [222]
87 <b>Fr</b> frâncio [223]	88 <b>Ra</b> rádio [226]	89-103														104 <b>Rf</b> rutherfordio [261]	105 <b>Db</b> dúbnio [268]	106 <b>Sg</b> seabórgio [266]	107 <b>Bh</b> bório [270]	108 <b>Hs</b> hássio [277]	109 <b>Mt</b> meitnério [276]	110 <b>Ds</b> darmatádio [281]	111 <b>Rg</b> roentgênio [281]	112 <b>Cn</b> copernício [285]	113 <b>Nh</b> nihônio [286]	114 <b>Fl</b> fleróvio [289]	115 <b>Mc</b> moscóvio [288]	116 <b>Lv</b> livermório [293]	117 <b>Ts</b> tenessino [294]	118 <b>Og</b> oganessônio [294]
																57 <b>La</b> lântânio 138,91	58 <b>Ce</b> cério 140,12	59 <b>Pr</b> praseodímio 140,91	60 <b>Nd</b> neodímio 144,24	61 <b>Pm</b> promécio [145]	62 <b>Sm</b> samário 150,36(2)	63 <b>Eu</b> eúrópio 151,96	64 <b>Gd</b> gadolínio 157,25(3)	65 <b>Tb</b> térbio 158,93	66 <b>Dy</b> disprósio 162,50	67 <b>Ho</b> hólmio 164,93	68 <b>Er</b> érbio 167,26	69 <b>Tm</b> túlio 168,93	70 <b>Yb</b> itérbio 173,05	71 <b>Lu</b> lutécio 174,97
																89 <b>Ac</b> actínio [227]	90 <b>Th</b> tório 232,04	91 <b>Pa</b> protactínio 231,04	92 <b>U</b> urânio 238,03	93 <b>Np</b> netúnio [237]	94 <b>Pu</b> plutônio [244]	95 <b>Am</b> amerício [243]	96 <b>Cm</b> cúrio [247]	97 <b>Bk</b> berquílio [247]	98 <b>Cf</b> califórnio [251]	99 <b>Es</b> einstênio [252]	100 <b>Fm</b> fémio [257]	101 <b>Md</b> mendelévio [258]	102 <b>No</b> nobélio [259]	103 <b>Lr</b> laurêncio [262]

3

Li

lítio

[6,938 - 6,997]

número atômico

símbolo químico

nome

peso atômico  
(ou número de massa do isótopo mais estável)

# Introdução à Eletrônica Eletrostática

---

# Eletrostática

---

Eletrostática é a área da Física que abrange o estudo das cargas elétricas em repouso.

A eletrostática é regida pelas forças de atração ou repulsão entre duas partículas com carga elétrica

A relação matemática é descrita pela lei de Coulomb:  $F = kq_1q_2/r^2$

- $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ : constante eletrostática
- $q_1$  e  $q_2$  : Cargas elétricas das partículas (Coulomb)
- $r$ : distância entre as partículas(m)

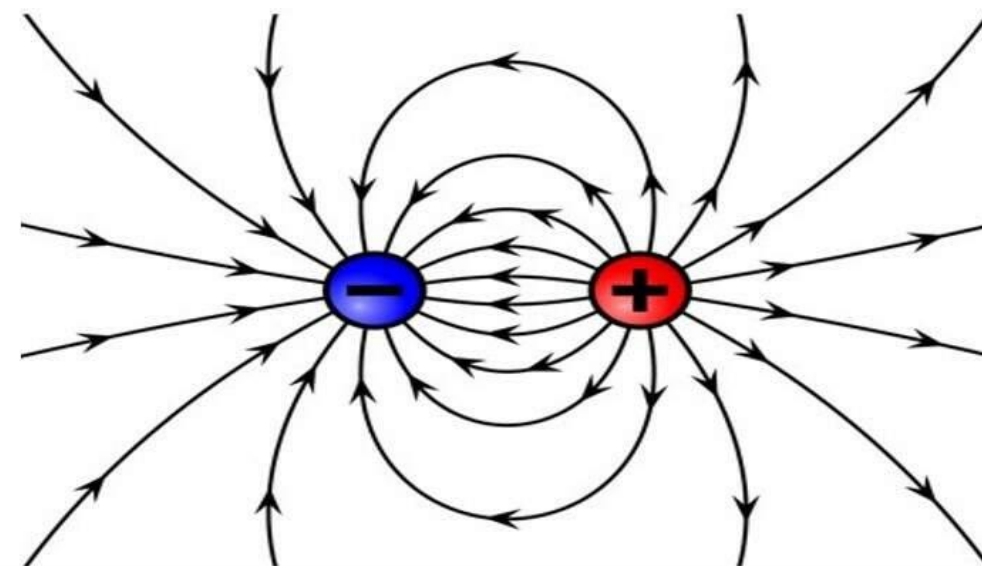
A carga elementar ( $e$ ) que um único próton ou elétron carrega consigo é de  $1,602176 \cdot 10^{-19}\text{C}$

# Eletrostática

---

O campo elétrico é uma grandeza física vetorial atribuída a cargas elétricas. Toda carga elétrica influencia o espaço ao seu redor por causa do seu campo elétrico.

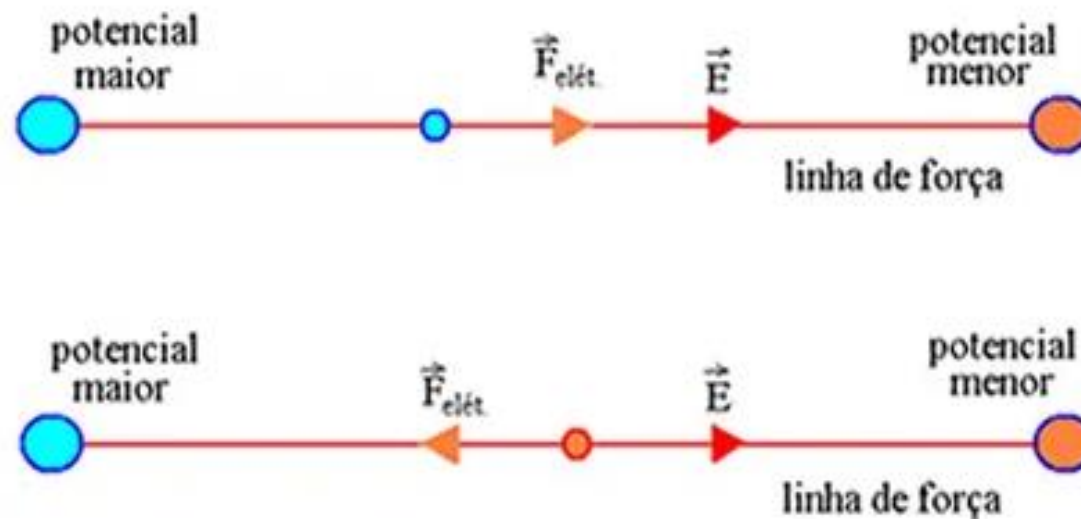
A unidade de campo elétrico no Sistema Internacional de Unidades é o Newton por Coulomb (N/C) ou o Volt por metro (V/m).





# Eletrostática

O potencial elétrico é uma grandeza física escalar representada totalmente por seu módulo e medida em Volts (V). Essa grandeza mede a quantidade de energia fornecida por um campo elétrico para cada Coulomb de carga.



# Introdução à Eletrônica

## Condutores e Isolantes

---

# Materiais Condutores

---

Materiais condutores são materiais que permitem a passagem de um fluxo intenso de elétrons com a aplicação de uma força (tensão) relativamente pequena. Geralmente, os átomos dos materiais que são bons condutores possuem apenas um elétron na camada de valência (camada mais distante do núcleo).

O cobre é elemento condutor mais frequentemente usado. O alumínio é muito utilizado em linhas de transmissão de energia pelo fato de ser mais leve, o que acaba compensando a diminuição na condutividade. Em casos específicos (áudio), conectores banhados a ouro são utilizados.



# Materiais Condutores

---

Relação entre a condutividade elétrica dos principais elementos condutores:

A condutividade do cobre é 61,7 S.m/mm<sup>2</sup>.

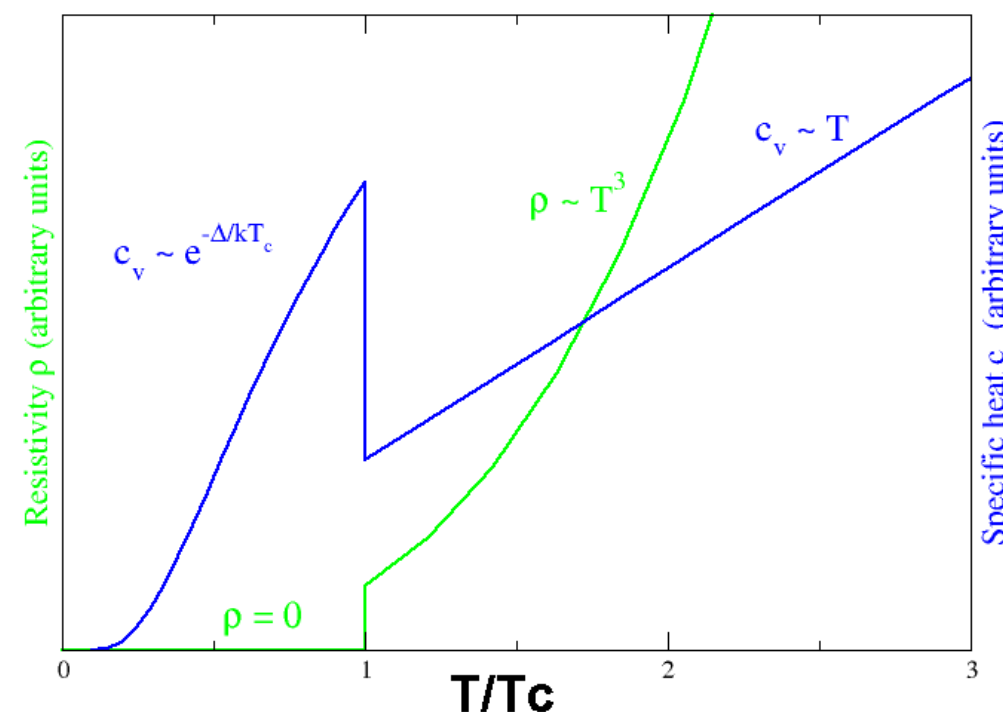
Metal	Condutividade relativa (%)
Prata	105
Cobre	100
Ouro	70,5
Alumínio	61
Tungstênio	31,2
Níquel	22,1
Ferro	14
Constantan	3,52
Nicromo	1,73
Calorita	1,44

# Materiais Supercondutores

A resistência elétrica de alguns metais como o mercúrio, chumbo e estanho desapareciam completamente quando resfriados abaixo de uma temperatura crítica que é característica a cada tipo de material.

Supercondutores geralmente têm temperaturas críticas por volta de 20 K e até menores que 1 K. O mercúrio sólido, por exemplo, tem uma temperatura crítica de 4,2 K.

Em 2015, medições demonstraram que o sulfureto de hidrogênio é supercondutor a cerca de 200 K (-73,15 °C)



# Materiais Supercondutores

---

Os eletroímãs supercondutores são na maioria das vezes usados em máquinas de ressonância magnética (MRI), espectrômetros de massa e até nos ímãs que direcionam o feixe em aceleradores de partículas.

Mais recentemente, os supercondutores têm sido utilizados na construção de circuitos digitais baseados na tecnologia quântica de fluxo rápido, RF e filtros de microondas para estações base de telefonia móvel.

Promissoras aplicações futuras incluem redes inteligentes de alta performance, transmissão de energia elétrica, transformadores, dispositivos de armazenamento de energia, motores elétricos, dispositivos de levitação magnética, limitadores de corrente, os materiais nanoscópicos, materiais compósitos e supercondutores de refrigeração magnética.

# Materiais Semicondutores

---

Os semicondutores constituem um determinado grupo de elementos químicos cujas características elétricas são intermediárias entre as dos condutores e as dos isolantes.

Toda a indústria eletrônica depende dessa classe de materiais, visto que os dispositivos eletrônicos e os circuitos integrados (CIs) são construídos usando-se materiais semicondutores. Embora o silício (Si) seja o material mais usado, o germânio (Ge) também é utilizado.

Atualmente, os semicondutores nitreto de gálio (GaN), carbeto de silício (SiC) e o arseneto de gálio (GaAs) estão sendo desenvolvidos para substituir o silício em muitos dispositivos importantes.



# Materiais Semicondutores

---

Os materiais semicondutores possuem quatro elétrons em sua camada mais externa (camada de valência). Com a inserção de impurezas nos átomos de silício (chamada de dopagem), é possível para transformá-lo num elemento mais condutor, porém, de forma controlada. A proporção de impurezas é da ordem de 1 ppm, ou seja, uma parte de impureza para um milhão de átomos de silício.

Na dopagem tipo N, o fósforo (P) ou o arsênico (As) é adicionado ao silício, possuindo cinco elétrons na camada de valência. O quinto elétron não tem a que se ligar, ganhando liberdade de movimento.

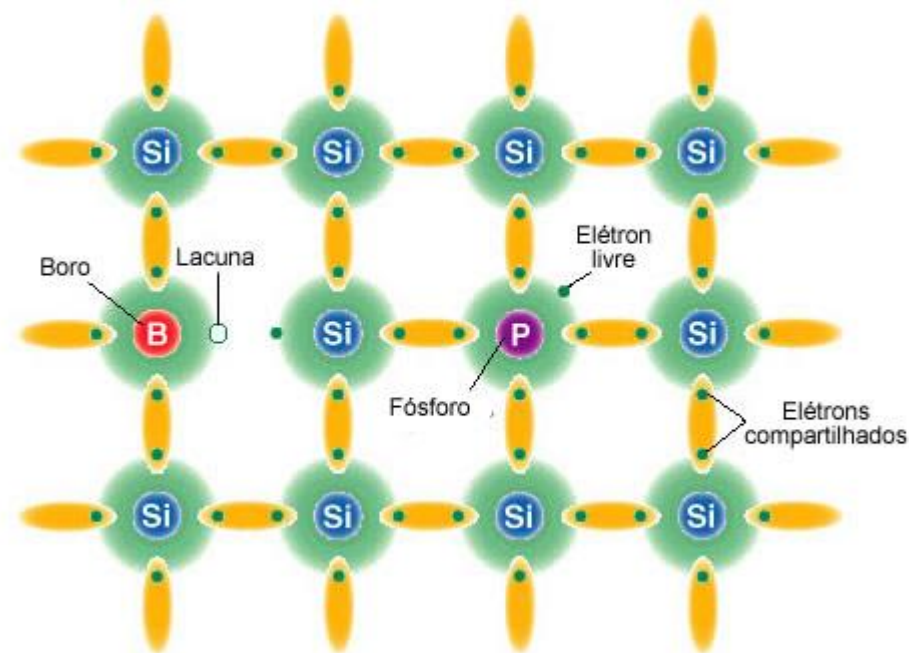
Na dopagem tipo P, o boro (B) ou o gálio (Ga) é adicionado ao silício, possuindo três elétrons na camada de valência. Quando misturados no reticulado de silício, formam "buracos" ou "lacunas" na treliça e um elétron do silício não tem a que se ligar.



# Materiais Semicondutores

Arranjo dos átomos de silício e de impurezas na estrutura cristalina.

A junção de pastilhas de tipo N e tipo P criam os principais componentes eletrônicos, os diodos e os transistores.

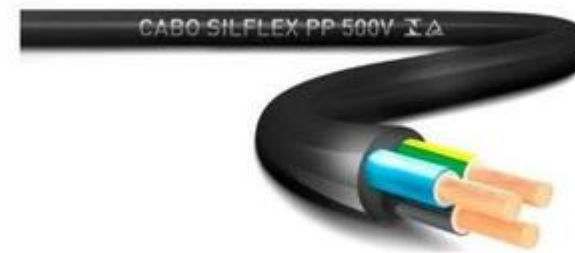


# Materiais Isolantes

---

Os isolantes são materiais que possuem pouquíssimos elétrons livres, sendo necessária a aplicação de um potencial (uma tensão) muito elevado para estabelecer uma corrente mensurável.

Na eletricidade e eletrônica, os materiais isolantes são utilizados para evitar que a corrente elétrica flua por caminhos não desejados, mais conhecidos como curto circuito. Um dos usos mais comuns do material isolante é o encapamento de fios condutores, que geralmente são de PVC (até 1 kV) ou XLPE (até 1 kV).



# Materiais Isolantes

---

Rigidez dielétrica de alguns dos isolantes mais comuns.

Material	Rigidez dielétrica média (kV/cm)
Ar	30
Porcelana	70
Óleos	140
Baquelite®	150
Borracha	270
Papel (parafinado)	500
Teflon®	600
Vidro	900
Mica	2.000

# Materiais Isolantes

Isolador de porcelana 15 kV



© SIKLO

Isolador de vidro 50 kV



# Materiais Isolantes

---

Isolador de mica 2,4 kV



Isolador de alumina 10 kV/mm



Isolador para quadro elétrico 15 kV



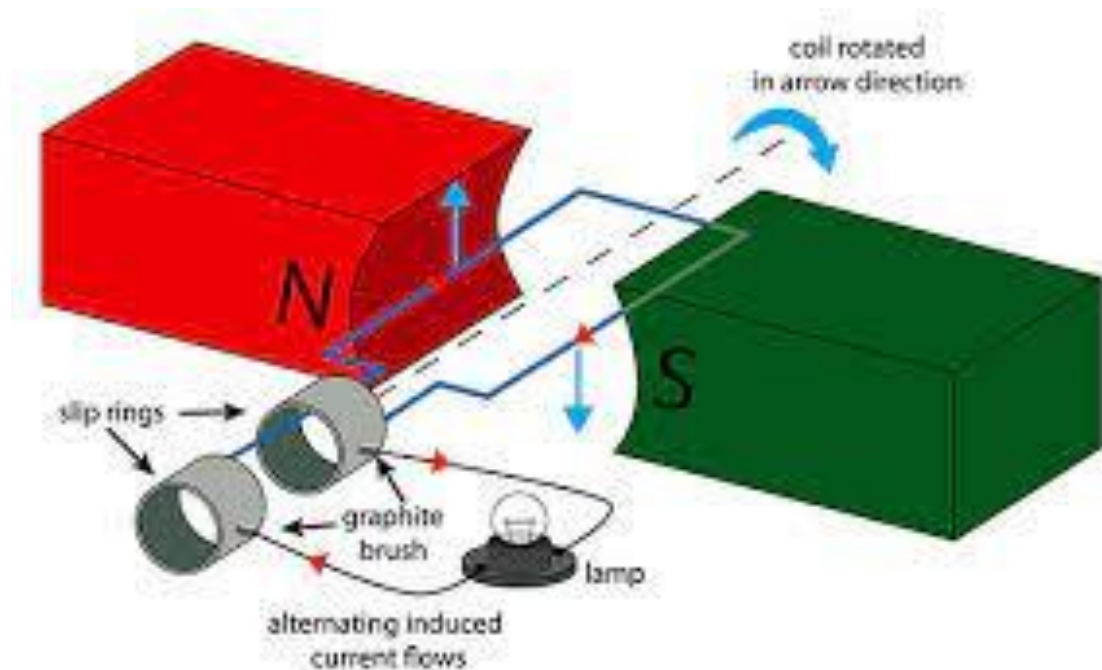
# Introdução à Eletrônica

# Fontes de Energia Elétrica

---

# Geradores Eletromecânicos

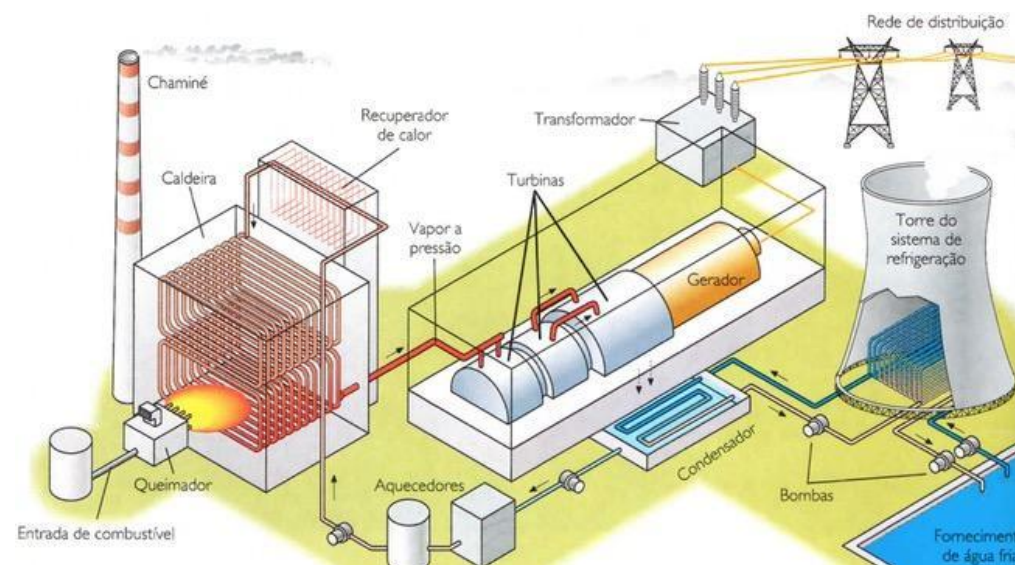
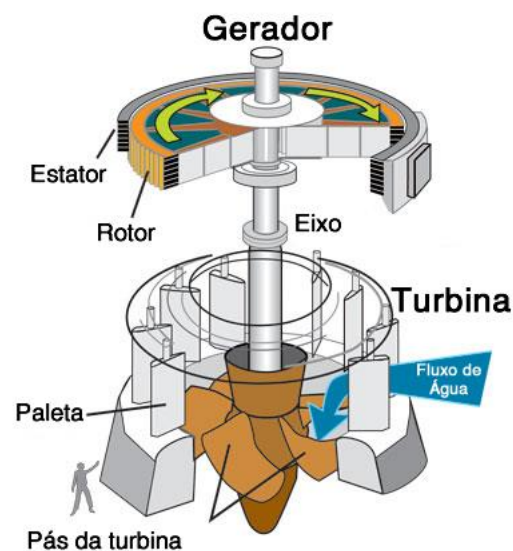
São equipamentos que convertem energia mecânica em energia elétrica. Usinas hidrelétricas, termelétricas e a geradores a combustão são exemplos de geradores eletromecânicos





# Geradores Eletromecânicos

Geram energia em corrente alternada ou em corrente contínua.





# Geradores Químicos

---

São equipamentos que convertem energia química em energia elétrica. Pilhas e baterias são exemplos de geradores eletromecânicos. Geram energia em corrente contínua.



# Energias Renováveis - Solar

---

São equipamentos que convertem energia solar (fotoelétrica) em energia elétrica. Módulos e células fotovoltaicas são exemplos de geradores solares.





# Energias Renováveis - Solar

---

Existe também a possibilidade de utilizar a energia solar na forma concentrada para geração de energia. A concentração de luz na torre central gera vapor que posteriormente é transformada em energia mecânica e, por fim, em energia elétrica.



# Energias Renováveis - Eólica

---

São equipamentos que convertem a energia do movimento do vento em energia elétrica. Turbinas eólicas são exemplos de geradores eólicos.



# Introdução à Eletrônica

# Instrumentação Eletrônica

---

# Fontes de Alimentação

Fontes de alimentação são equipamentos que fornecem tensão variável e ajustável em forma de corrente contínua para aplicações diversas. Possuem diversos mecanismos de proteção e, portanto, são muito utilizadas em bancas de ensino e desenvolvimento de projetos.



# Multímetros

Os multímetros são equipamentos que realizam a medição de:

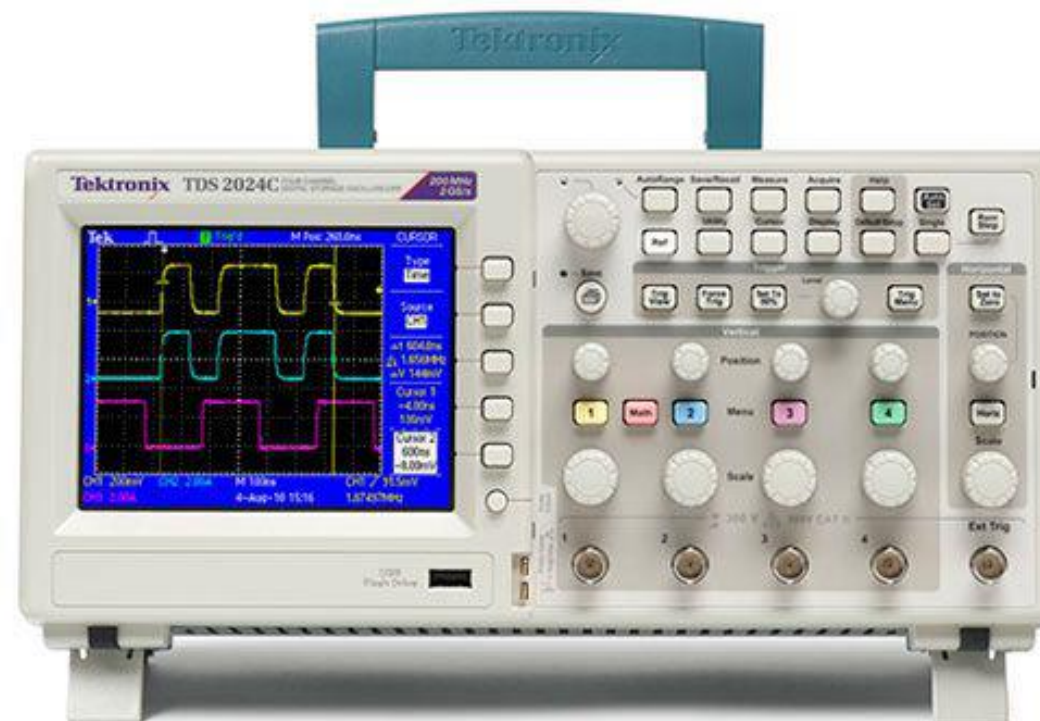
- Corrente
- Tensão
- Resistência
- Capacitância
- Diodos
- Continuidade
- Frequência
- Transistores
- Temperatura





# Osciloscópios

O osciloscópio é um instrumento de medição que permite visualizar graficamente sinais elétricos que variam no tempo. O eixo vertical representa a amplitude do sinal (tensão, corrente, potência, etc.) enquanto o eixo horizontal representa o tempo.





# Osciloscópios

---

Os osciloscópios necessitam de pontas de prova para receber e mostrar os sinais na tela. As pontas de prova pode ser:

Ponta de prova de tensão



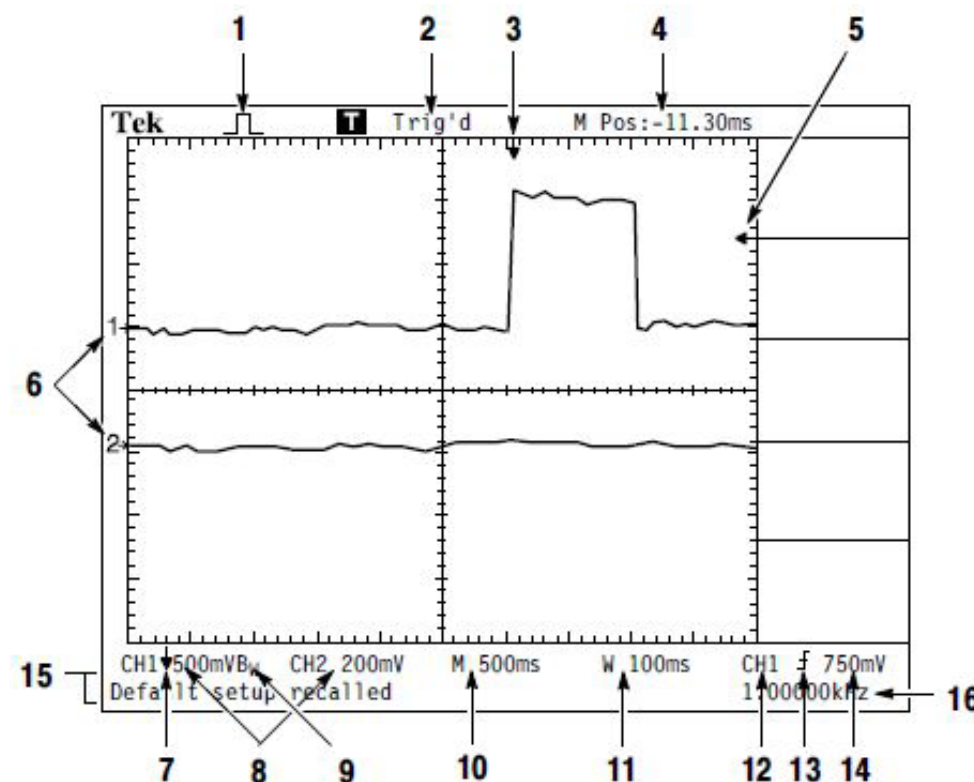
Ponta de prova de corrente



# Osciloscópios

A tela do osciloscópio geralmente mostram as seguintes informações:

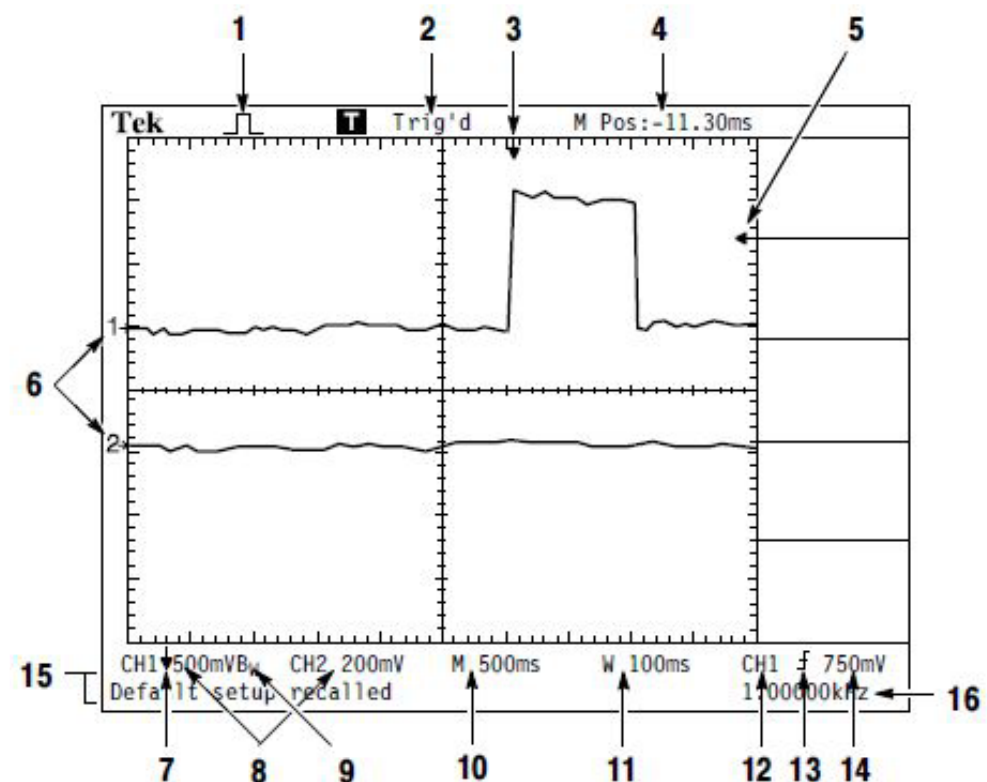
- 1. Modo de aquisição;
- 2. Status do trigger;
- 3. Marcador da posição horizontal do trigger;
- 4. Tempo entre o centro da tela e o trigger;
- 5. Nível vertical do trigger;
- 6. Referência de terra das formas de onda,
- 7. A seta indica se o canal está invertido;
- 8. Mostra o fator de escala vertical dos canais;



# Osciloscópios

A tela do osciloscópio geralmente mostram as seguintes informações:

- 9. BW indica que o canal está com banda limitada;
- 10. Mostra a base de tempo principal;
- 11. Mostra a base de tempo da janela, se utilizado;
- 12. Mostra qual a fonte do trigger;
- 13. Mostra o tipo de trigger escolhido;
- 14. Mostra o nível do trigger;
- 15. Mostra mensagens úteis;
- 16. Mostra a frequência do trigger.



# Introdução à Eletrônica

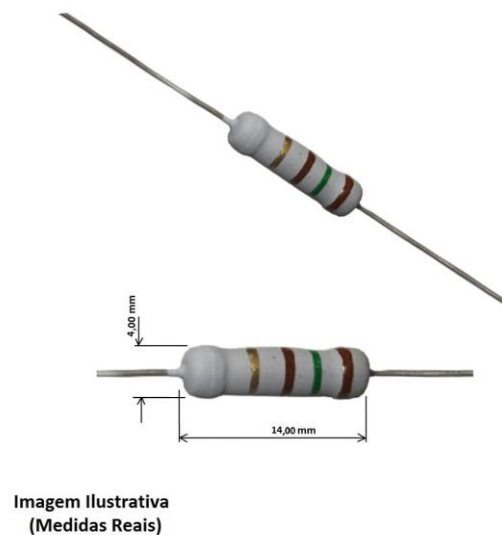
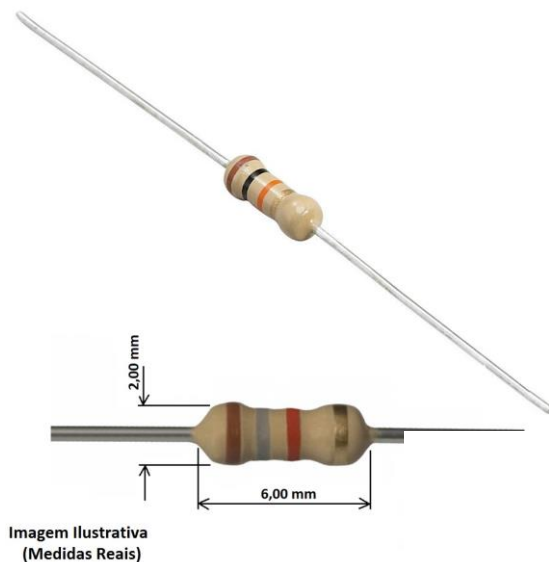
# Principais Componentes Eletrônicos

---

# Resistores

Componentes que limitam a passagem da corrente elétrica. É especificado a resistência ( $\Omega$ ) e a potência máxima dissipada

Símbolos: 



# Resistores

Tabela de cores:

Exemplo: 

$$33 \cdot 10^3 = 33 \text{ k}\Omega \pm 5\%$$

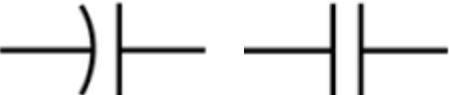


$$68 \cdot 10^1 = 680 \Omega \pm 5\%$$

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	$\times 1 \Omega$	
Marrom	1	1	1	$\times 10 \Omega$	+/- 1%
Vermelho	2	2	2	$\times 100 \Omega$	+/- 2%
Laranja	3	3	3	$\times 1K \Omega$	
Amarelo	4	4	4	$\times 10K \Omega$	
Verde	5	5	5	$\times 100K \Omega$	+/- 5%
Azul	6	6	6	$\times 1M \Omega$	+/- 25%
Violeta	7	7	7	$\times 10M \Omega$	+/- 1%
Cinza	8	8	8		+/- 05%
Branco	9	9	9		
Dourado				$\times 1 \Omega$	+/- 5%
Prateado				$\times 01 \Omega$	+/- 10%

# Capacitores

Componentes que armazenam energia elétrica em forma de campo elétrico, ou seja, podem armazenar energia em quantidades finitas. É especificado a capacitância (F) e a tensão máxima de operação (V)

Símbolos: 



# Indutores

---

Componentes que armazenam energia elétrica em forma de campo magnético, ou seja, podem armazenar energia em quantidades finitas. É especificado a indutância (H) e a corrente máxima de operação (A)


Símbolo: 

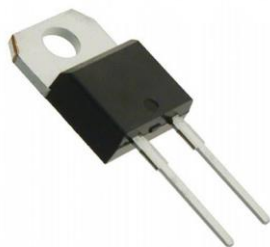




# Diodos

Componentes eletrônicos que permitem a passagem da corrente em apenas um sentido. É composto por duas pastilhas de silício dopado, uma do tipo P e outra do tipo N (PN). É especificado a corrente máxima de operação (A) e a tensão máxima de bloqueio (V)

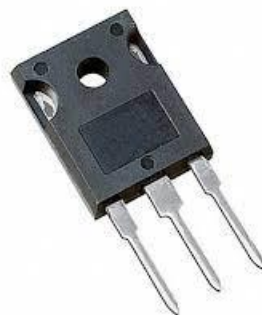
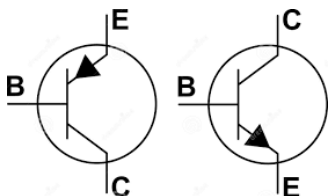
Símbolo: 



# Transistores

Componentes eletrônicos que permitem a passagem controlada de corrente em apenas um sentido. É composto por três pastilhas de silício dopado (PNP ou NPN). É especificado a corrente máxima de operação (A) e a tensão máxima de bloqueio (V)

Símbolos:



© Artisan Technology Group

# Bibliografia

---

BOYLESTAD, R. L. Introdução à Análise de Circuitos. Prentice-Hall. São Paulo, 2004.

BOYLESTAD, R.; NASHELSKY, L. Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. 6ª edição, Prentice Hall do Brasil, 1998.

CIPELLI, Antonio Marco Vicari; MARKUS, Otavio; SANDRINI, Waldir João. Teoria e desenvolvimento de projetos de circuitos eletrônicos. 18 ed. São Paulo: Livros Erica, 2001. 445 p. ISBN 8571947597.