



## Eletrônica Básica

**Professor: Neilor Colombo Dal Pont**

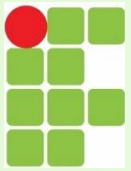
**Sistemas Embarcados**

# TÓPICOS DA AULA



- Revisão
- Exercícios
- Multímetro e protoboard
- Medidas

# MEDIDAS E GRANDEZAS



## Grandezas elétricas:

- Carga;
- Tensão;
- Corrente;
- Resistência;
- Potência;
- Energia;
- Frequência;
- Capacitância;
- Indutância.

## Unidades de Medida:

- Coulomb [C];
- Volts [V];
- Ampère [A];
- Ohms [ $\Omega$ ];
- Watts [W];
- Quilowatt hora [kW.h];
- Hertz [Hz];
- Farads [F];
- Henry [H].

# MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS



- Potências de 10 representam números onde o número base é o 10.
- As potências de base 10 são formadas pelo algarismo 1 seguido de zeros da quantidade do número do expoente quando este é positivo.
- Da mesma forma, quando o expoente é negativo ele tem o número de zeros com uma vírgula na frente.
- São atribuídos símbolos a potências de 10 para auxiliar nas unidades de medida.

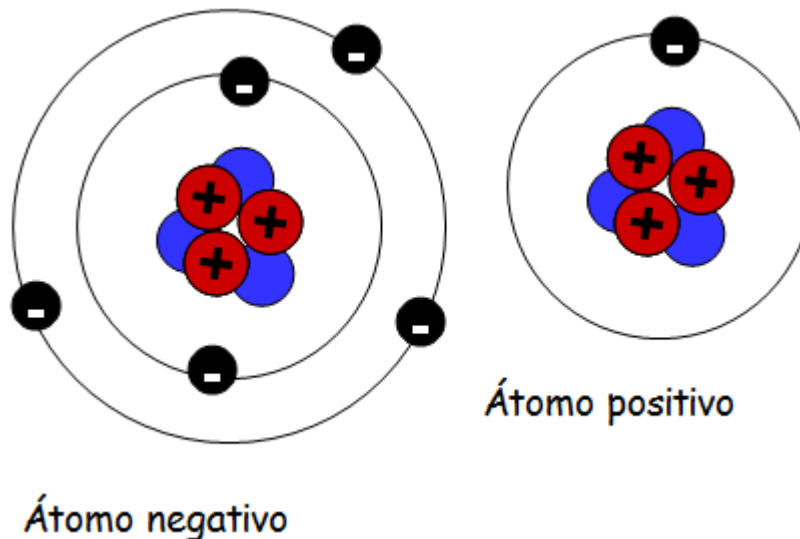
tera	T	$1000^4$	$10^{12}$	Trilhão	Bilhão
giga	G	$1000^3$	$10^9$	Bilhão	Milhar de milhão
mega	M	$1000^2$	$10^6$	Milhão	Milhão
quilo	k	$1000^1$	$10^3$	Mil	Milhar
hecto	h	$1000^{2/3}$	$10^2$	Cem	Centena
deca	da	$1000^{1/3}$	$10^1$	Dez	Dezena
nenhum		$1000^0$	$10^0$	Unidade	Unidade
deci	d	$1000^{-1/3}$	$10^{-1}$	Décimo	Décimo
centi	c	$1000^{-2/3}$	$10^{-2}$	Centésimo	Centésimo
mili	m	$1000^{-1}$	$10^{-3}$	Milésimo	Milésimo
micro	$\mu$	$1000^{-2}$	$10^{-6}$	Milionésimo	Milionésimo
nano	n	$1000^{-3}$	$10^{-9}$	Bilionésimo	Milésimo de milionésimo
pico	p	$1000^{-4}$	$10^{-12}$	Trilionésimo	Bilionésimo

- Quando multiplicados os números, se somam os expoentes.
- Quando divididos os números, se diminuem os expoentes.

# ELETROSTÁTICA



- Um corpo é chamado de neutro quando o número de prótons é igual o número de elétrons, ou seja  $N_e = N_p$ .
- Um corpo é chamando de negativamente carregado, ou negativo, quando  $N_e > N_p$ .
- Um corpo é chamando de positivamente carregado, ou positivo, quando  $N_e < N_p$ .
- Além disso, a carga elétrica é quantizada, ou seja, ela é sempre um múltiplo da carga elétrica elementar.



# ELETRÓSTÁTICA



## Princípios da eletrostática:

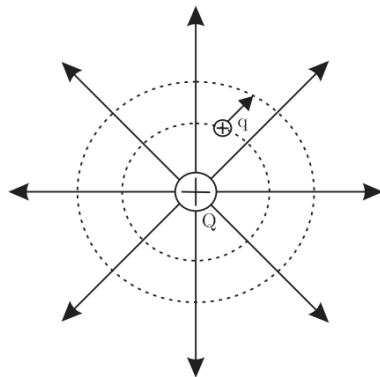
### Materiais condutores e isolantes:

- Os **condutores** são materiais que possibilitam a movimentação de cargas elétricas em seu interior com grande facilidade. Esses materiais possuem uma grande quantidade de elétrons livres, que podem ser conduzidos quando neles aplicamos uma diferença de potencial. Metais como cobre, platina e ouro são bons condutores.
- Os materiais **isolantes** são aqueles que oferecem grande oposição à passagem de cargas elétricas. Nesses materiais, os elétrons encontram-se, de modo geral, fortemente ligados aos núcleos atômicos e, por isso, não são facilmente conduzidos. Materiais como borracha, silicone, vidro e cerâmica são bons exemplos de isolantes.

# TENSÃO ELÉTRICA



- A **diferença de potencial (d.d.p)**, ou **tensão elétrica**, é definida como o trabalho necessário para que uma carga se desloque de um ponto A para um ponto B, quando imersa em um campo elétrico.
- Ou então, é a energia necessária para movimentar as cargas elétricas.
- Sua unidade no SI é o Volt [V], ou [J/C].



$$V = \frac{K \cdot Q}{d}$$

# TENSÃO ELÉTRICA



- Os pássaros não levam choques quando pousam nos fios de alta tensão pois todo seu corpo vai estar em um mesmo potencial, mesmo que ele seja alto.
- Suas duas patas estão sob o mesmo potencial, assim, não há carga circulando por elas.

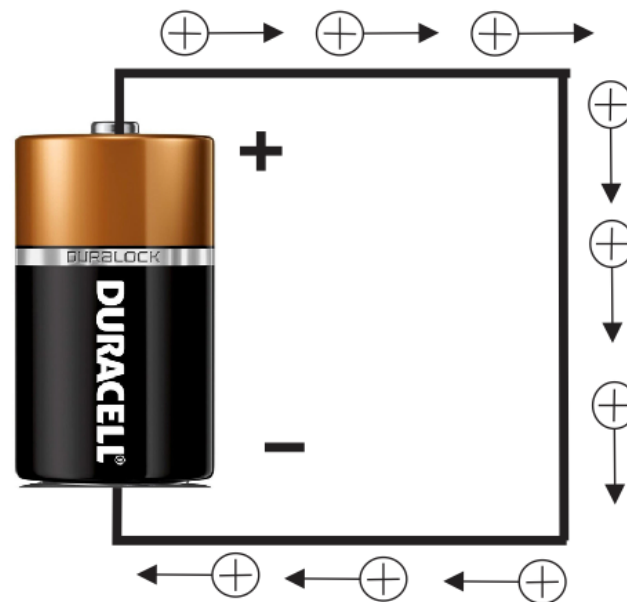




# TENSÃO ELÉTRICA



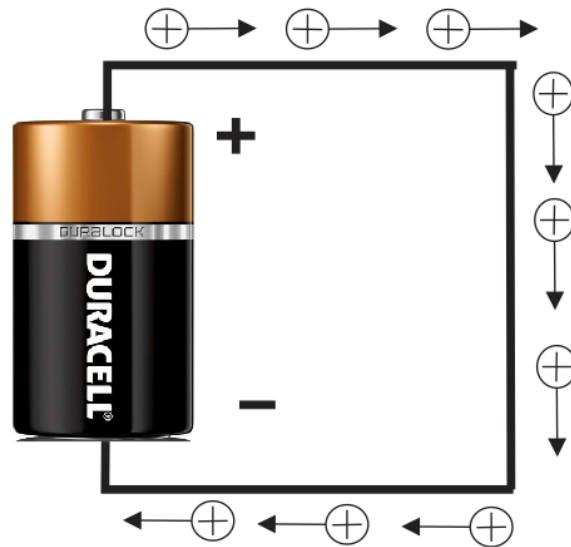
- Em um circuito elétrico a fonte, como uma bateria, gera uma diferença de potencial ou tensão em seus terminais.
- Dessa forma, quando conectado um condutor entre eles, as cargas positivas vão se mover do maior potencial para o menor potencial.



# CORRENTE ELÉTRICA



- Já a movimentação de cargas em um condutor causada pela tensão é chamada de **corrente elétrica**.
- A corrente elétrica é a quantidade de cargas se movimentando em função do tempo.
- Sua unidade é o Coulomb por segundo [C/s], ou Ampére [A].

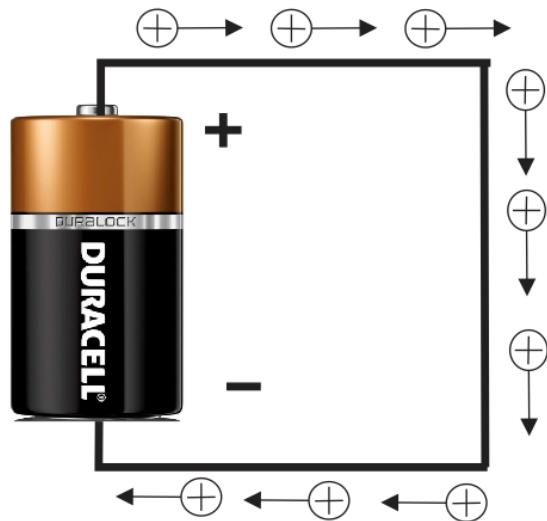


# CORRENTE ELÉTRICA

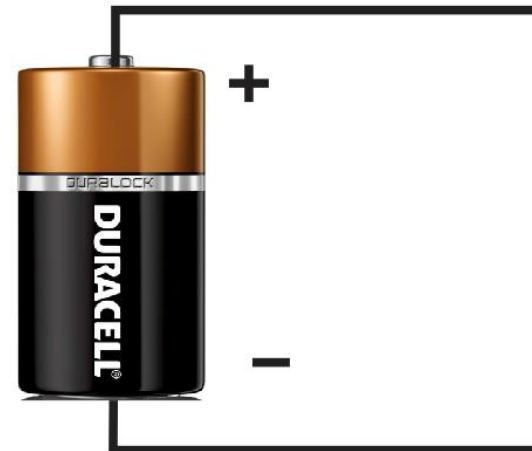


- Para que as cargas possam circular pelo material este material deve ter elétrons livres, ou seja, deve ser um material condutor.
- Quando aplicada uma tensão em um material isolante, as cargas não conseguem circular, ou seja, não há corrente elétrica.

**Condutor**



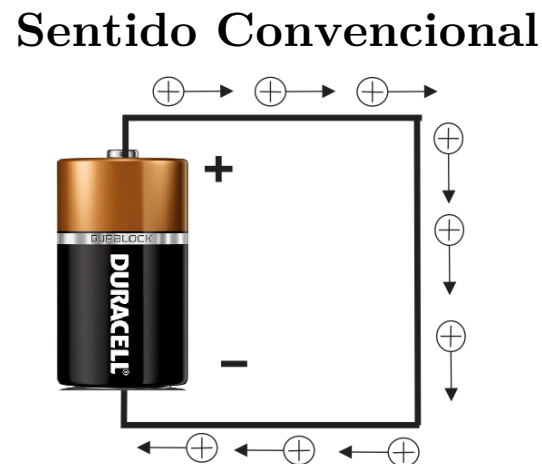
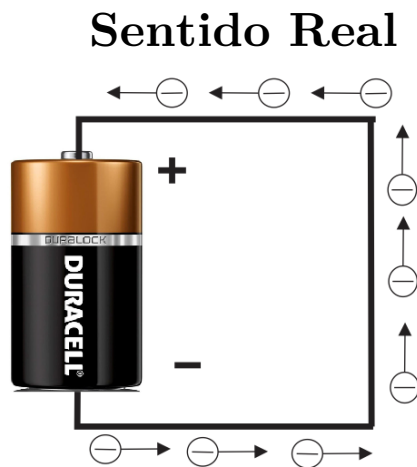
**Isolante**



# CORRENTE ELÉTRICA



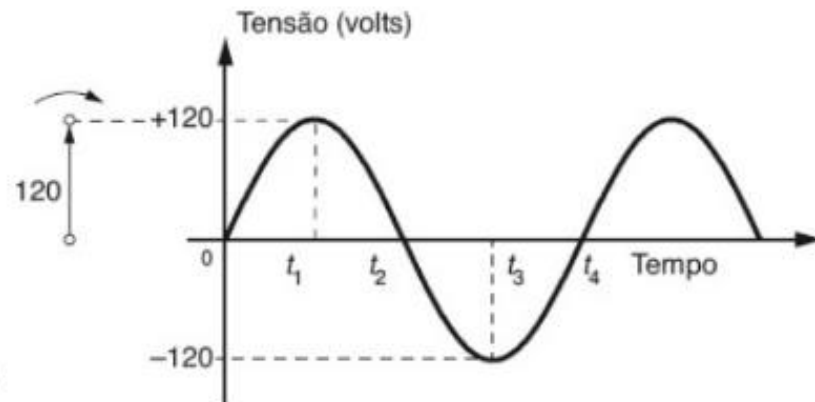
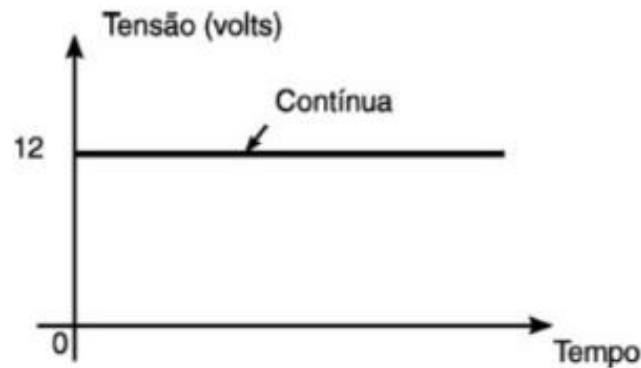
- Na prática, as cargas positivas, ou prótons, não podem se mover.
- O sentido “real” do movimento das cargas são os elétrons se movendo do negativo para o positivo.
- Porém, a teoria dos circuitos elétricos foi desenvolvida antes dos modelos atômicos atuais, assim, nas análises de circuito, é atribuído que as cargas se movem do positivo para o negativo.



# CORRENTE ELÉTRICA



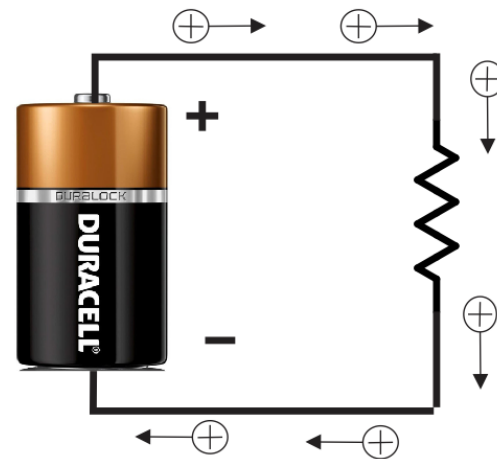
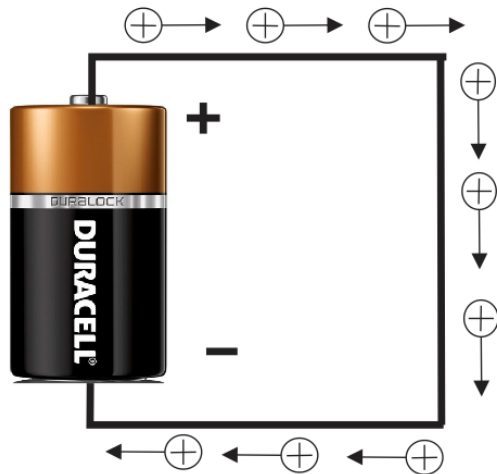
- A tensão e a corrente elétrica podem ser contínua ou alternada.
- A corrente contínua tem o mesmo valor em qualquer instante de tempo.
- Já a corrente alternada varia em função do tempo com uma certa frequência.



# RESISTÊNCIA ELÉTRICA



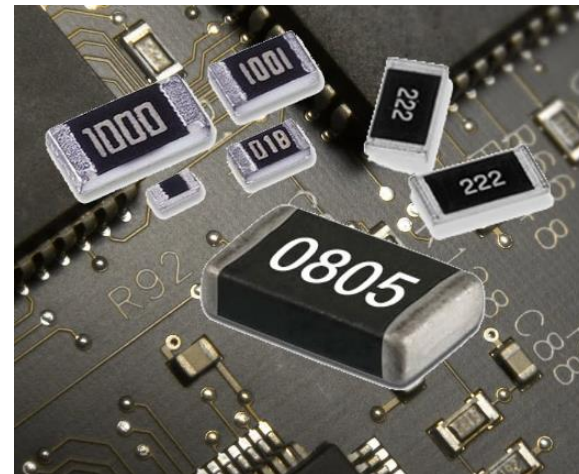
- Alguns materiais conduzem as cargas melhor do que outros.
- Ou seja, em alguns materiais, as cargas circulam com grande facilidade, enquanto em outros elas conseguem circular, mas com alguma dificuldade.
- Essa característica é chamada de **resistência elétrica**, e sua unidade no SI é o Ohm [ $\Omega$ ].



# RESISTÊNCIA ELÉTRICA



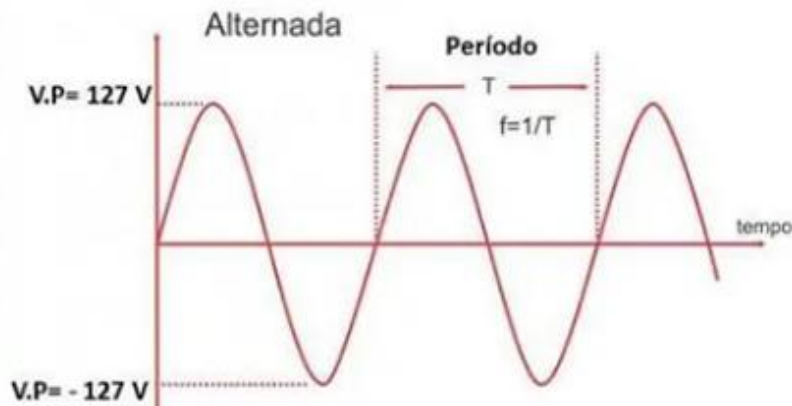
- O **resistor** é o componente físico.
- A **resistência** é sua grandeza, medida em ohms.
- Por exemplo, ao fazer manutenção em um chuveiro, é trocado o componente físico, ou seja, o resistor.



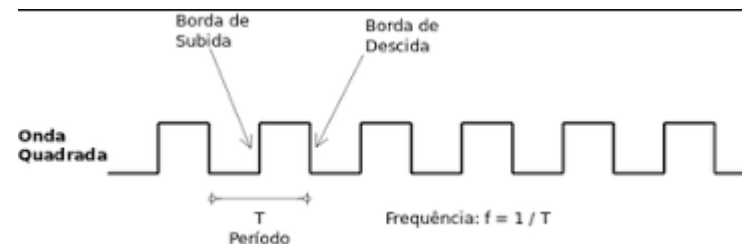
# FREQUÊNCIA ELÉTRICA



- A **frequência** é a quantidade de oscilações que ocorrem em um sistema periódico por segundo.
- No caso da eletricidade, é a quantidade de oscilações completas de uma tensão, corrente ou sinal elétrico.
- Ela é dada pelo inverso do período em segundos, e sua unidade é o Hertz [Hz]



$$f = \frac{1}{T}$$





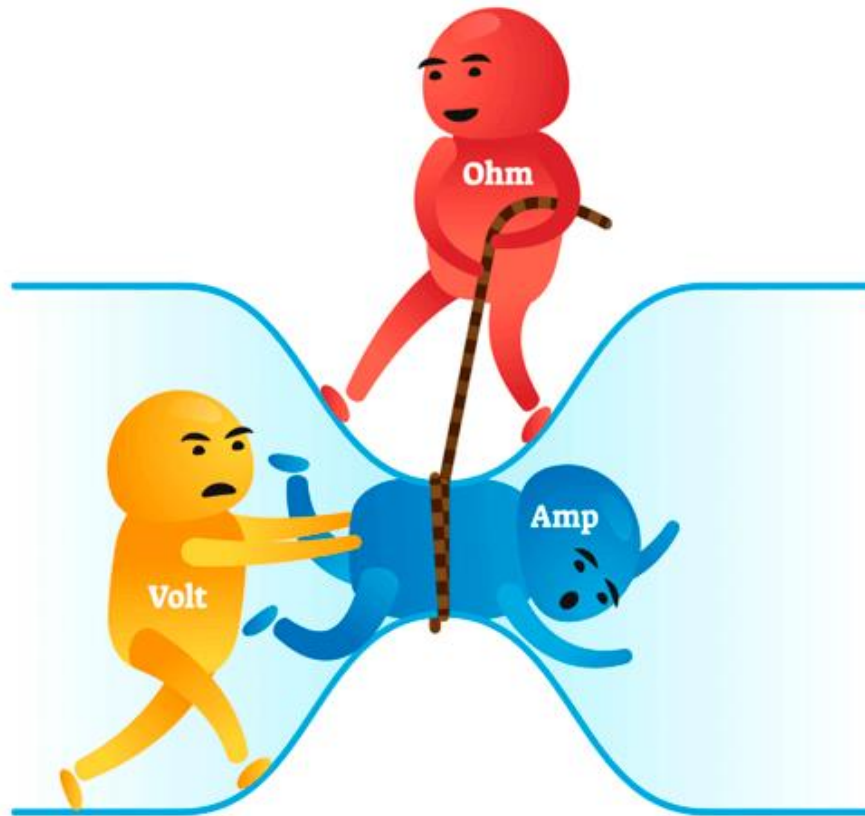
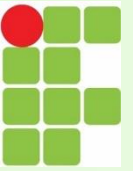
# LEIS DE OHM



- A **primeira lei de Ohm** é a equação mais usada da área de eletricidade.
- Ela diz que a tensão elétrica é o resultado da multiplicação da corrente elétrica pela resistência elétrica.
- Ela é válida para circuitos de corrente contínua em regime permanente, e para circuitos em corrente alternada que contenham apenas resistores.
- Também é válida para circuitos em corrente alternada com indutores e capacitores, porém deve ser usada a impedância, que é assunto do próximo semestre.

$$V = R \cdot I \quad R = \frac{V}{I} \quad I = \frac{V}{R}$$

# LEIS DE OHM

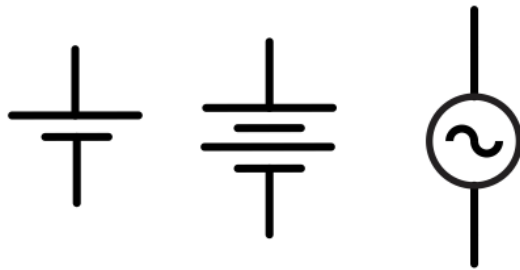


# LEIS DE OHM

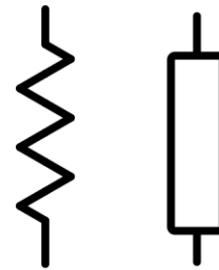


- Para representar os circuitos elétricos, são usados símbolos.
- Simbologia de circuitos elétricos:

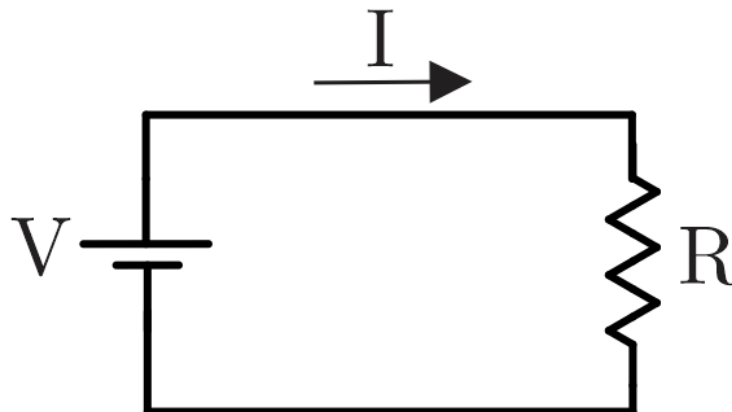
Fontes de tensão



Resistores



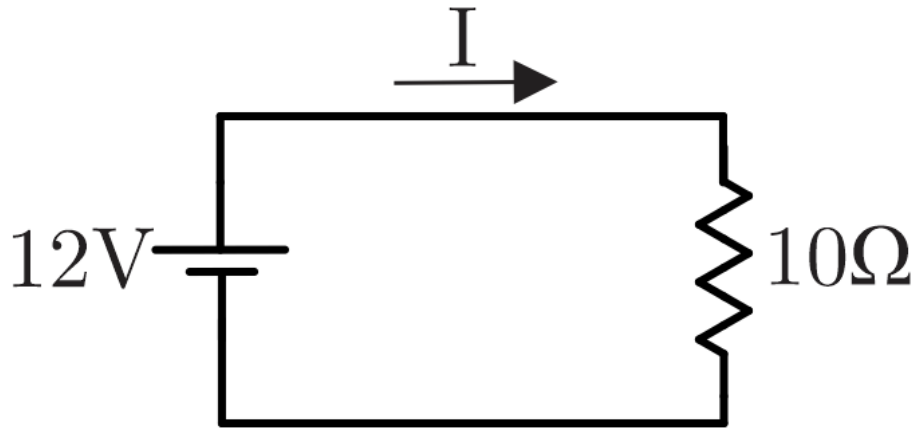
Circuito elétrico



# LEIS DE OHM



- Exemplo:
- Calcule a corrente elétrica no circuito abaixo:

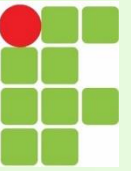


$$V = R \cdot I$$

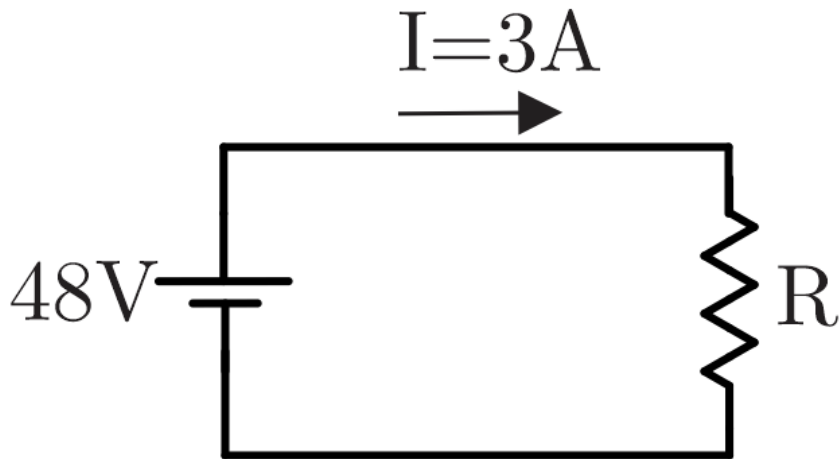
$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{12}{10} = 1,2 \text{ A}$$

# LEIS DE OHM



- Exercício:
- Calcule a resistência no circuito abaixo:



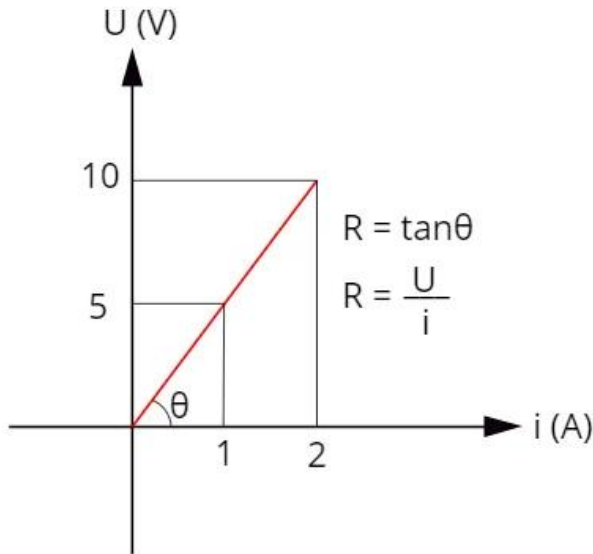
$$V = R \cdot I$$

# LEIS DE OHM

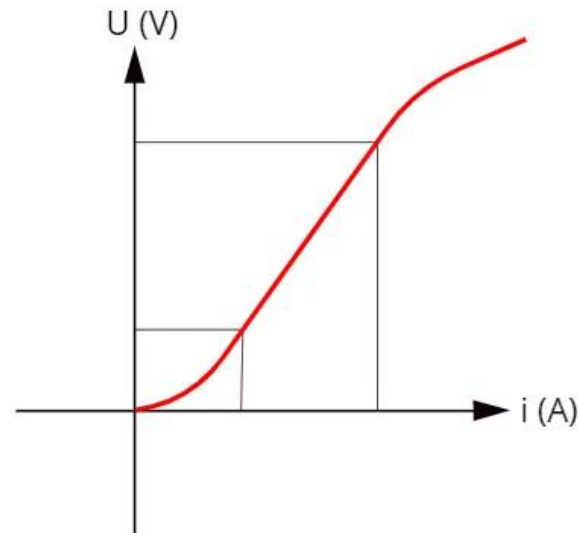


- As leis de Ohm só são válidas pra os chamados resistores ôhmicos.
- Nesses resistores, a resistência varia linearmente com a tensão e a corrente.

## Resistor ôhmico



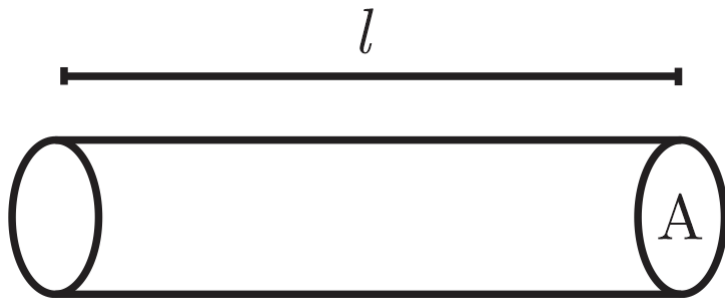
## Resistor não ôhmico



# LEIS DE OHM

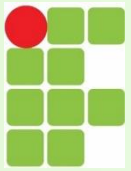


- Já a **segunda lei de Ohm** está relacionada com a resistência dos materiais.
- Ela é dada pela seguinte equação:
- $\rho$  é a resistividade do material, cuja unidade é  $[\Omega \cdot \text{m}]$ .
- $l$  é o comprimento do material, dado em  $[\text{m}]$ .
- $A$  é a área da seção transversal (bitola), dada em  $[\text{m}^2]$ .



$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

# LEIS DE OHM



➤ Abaixo está uma tabela com a resistividade de alguns materiais:

Classificação	Material	Resistividade $\rho(\Omega.m)$
<b>Metais</b>	Prata	$1,6 \times 10^{-8}$
	Cobre	$1,7 \times 10^{-8}$
	Alumínio	$2,8 \times 10^{-8}$
	Tungstênio	$5,0 \times 10^{-8}$
	Platina	$10,8 \times 10^{-8}$
	Ferro	$12 \times 10^{-8}$
<b>Ligas</b>	Latão	$8,0 \times 10^{-8}$
	Constantã	$50 \times 10^{-8}$
	Níquel-Cromo	$110 \times 10^{-8}$
	Grafite	$4.000 \text{ a } 8.0000 \times 10^{-8}$
<b>Isolantes</b>	Água Pura	$2,5 \times 10^3$
	Vidro	$10^{10} \text{ a } 10^{13}$
	Porcelana	$3,0 \times 10^{12}$
	Mica	$10^{13} \text{ a } 10^{15}$
	Baquelite	$2,0 \times 10^{14}$
	Borracha	$10^{15} \text{ a } 10^{16}$
	Âmbar	$10^{16} \text{ a } 10^{17}$



# LEIS DE OHM



- Exemplo:
- Calcule a resistência elétrica de 10 m de fio de cobre com 1,5 mm<sup>2</sup>. (1 mm<sup>2</sup> = 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>).

$$\rho_{cu} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \qquad R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$$R = \frac{1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 10^1}{1,5 \cdot 10^{-6}} \qquad R = \frac{1,7}{1,5} \cdot 10^{-1}$$

$$R = 1,13 \cdot 10^{-1} \Omega = 0,113 \Omega$$

# LEIS DE OHM



- Exercício:
- Calcule a resistência elétrica de 50 m de fio de alumínio com  $0,5 \text{ mm}^2$ . ( $1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$ ).  $\rho_{\text{alm}} = 2,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ .

# CONDUTÂNCIA ELÉTRICA



- A **condutância** é propriedade um material possui de permitir a passagem da corrente elétrica.
- Ela é dada pelo inverso da resistência, e sua unidade é o Siemens [S].

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$$G = \frac{1}{R}$$

# POTÊNCIA ELÉTRICA

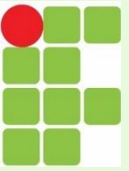


- Observe que, ao multiplicar a tensão e a corrente elétrica, se tem uma grandeza em Joule por segundo [J/s].
- Mas, na física, a unidade dada em J/s é a potência.
- Logo, a **potência elétrica** é dada pela multiplicação da tensão pela corrente elétrica.

$$V \cdot I = \frac{J}{C} \cdot \frac{C}{s} = \frac{J}{s}$$

$$P = V \cdot I$$

# POTÊNCIA ELÉTRICA



- Ela representa o trabalho, ou “gasto de energia”, pelo tempo.
- Sua unidade do SI é o Joule por segundo, ou Watt [W].

$$P = V \cdot I$$

# POTÊNCIA ELÉTRICA



- Usando a primeira lei de Ohm, pode-se encontrar relações entre a potência, a tensão e a resistência:

$$P = V \cdot I$$

$$V = R \cdot I$$

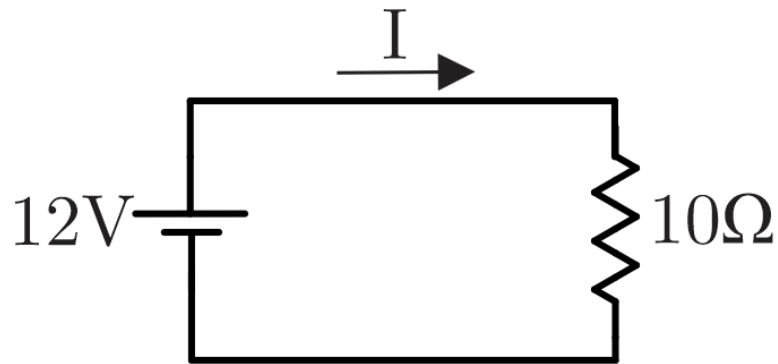
$$P = R \cdot I^2$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

# POTÊNCIA ELÉTRICA



- Exemplo:
- Calcule a potência elétrica no circuito abaixo:



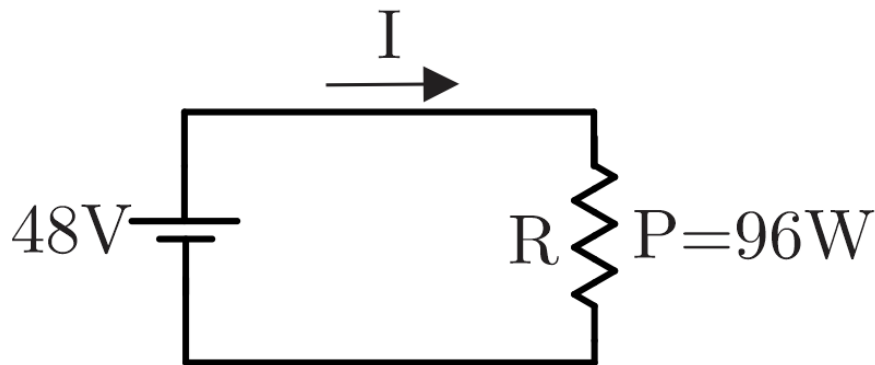
$$P = \frac{V^2}{R} \quad P = \frac{12^2}{10}$$

$$P = \frac{144}{10} = 14,4 \text{ W}$$

# POTÊNCIA ELÉTRICA



- Exemplo:
- Sabendo que a potência no resistor do circuito é de 96W, calcule a corrente e a resistência elétrica.



$$P = V \cdot I$$

$$V = R \cdot I$$

$$P = R \cdot I^2 \quad P = \frac{V^2}{R}$$



# EFEITO JOULE

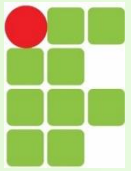


- O **efeito joule** é um fenômeno físico que consiste na conversão de energia elétrica em calor.
- Ele ocorre quando um corpo com uma resistência elétrica é atravessado por uma corrente elétrica.
- Ele é desejável em circuitos de aquecimento, como chuveiros e fornos elétricos.
- Porém, em outros circuitos, ele representa perdas em forma de calor.
- A quantidade de calor  $Q$  gerada em Joules é dada pela seguinte equação:

$$P = R \cdot I^2$$

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t$$

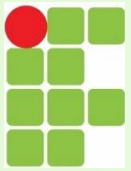
# RENDIMENTO



- O **rendimento** é a relação entre a potência usada para realizar trabalho (potência de saída) e a potência total do circuito (potência de entrada).
- Na maioria dos circuitos há perdas em forma de calor por efeito joule, por exemplo, na resistência dos cabos e conexões.
- Na maioria dos equipamentos, o rendimento é dado em porcentagem.

$$\eta = \frac{P}{P_t} \qquad \eta\% = \frac{P}{P_t} \cdot 100$$

# RENDIMENTO



- Exemplo:
- Um circuito tem 10 W em perdas por efeito joule. Sabendo que a potência da carga do circuito é 100 W, calcule o rendimento.

$$P = 100 \text{ W} \quad P_t = 100 + 10 = 110 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{100}{110} = 0,909$$

$$\eta\% = 0,909 \cdot 100 = 90,9\%$$

# ENERGIA ELÉTRICA



- Vimos que a unidade de potência elétrica é o Joule por segundo, ou Watt.
- Já o Joule [J] é uma medida de trabalho, ou seja, energia fornecida a um sistema.
- Logo, para encontrar a energia em um circuito elétrico, deve-se multiplicar a potência pelo tempo que o circuito fica em funcionamento.

$$E = P \cdot t$$

# ENERGIA ELÉTRICA



- A unidade de medida mais usada para a energia em eletricidade é o quilowatt vezes hora [kW.h].
- Lembrando que  $1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$  ou 1000 W.
- Assim, para encontrar a energia gasta por um circuito, basta multiplicar a potência em **kW** pelo número de **horas** que o circuito fica ligado.

$$E = P \cdot t$$

# ENERGIA ELÉTRICA



- Exemplo:
- Um aquecedor elétrico tem 500 W de potência e, durante o inverno, fica ligado por uma hora por dia durante um mês.
- Sabendo que o preço do kW.h de energia é R\$ 0,50, calcule quanto será pago na conta de energia pelo uso do aquecedor.

$$P_{kW} = \frac{500}{1000} = 0,5 \text{ kW} \quad t_h = 30 \cdot 1 = 30 \text{ h}$$

$$E = P \cdot t = 0,5 \cdot 30 = 15 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

$$Conta = 15 \cdot 0,5 = R\$ 7,50$$

# ENERGIA ELÉTRICA

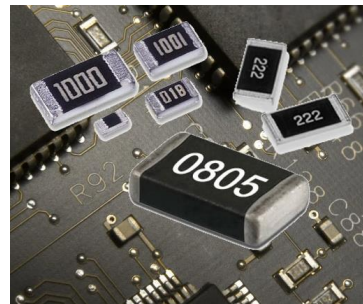
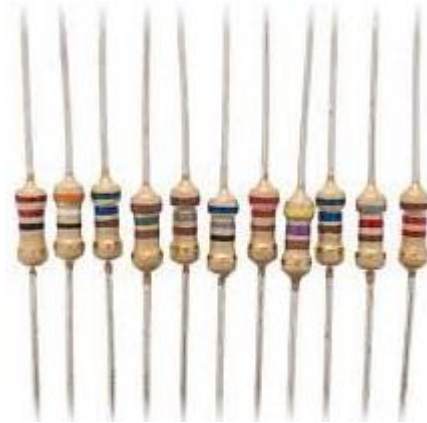
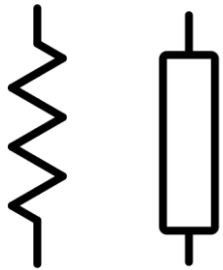


- Exercício:
- Um aparelho de ar condicionado tem potência de 750 W, e durante o verão fica ligado por 6 horas por dia. Sabendo que a tarifa da Celesc é de 56 centavos por kWh, calcule o custo do uso do aparelho ao final do mês.

# RESISTORES



- **Resistor** é um componente elétrico/eletrônico que oferece oposição a passagem de corrente elétrica.
- Ou seja, ele limita o fluxo de cargas em um circuito.
- Além disso, devido ao efeito joule, este componente aquece ao ser percorrido por uma corrente elétrica.

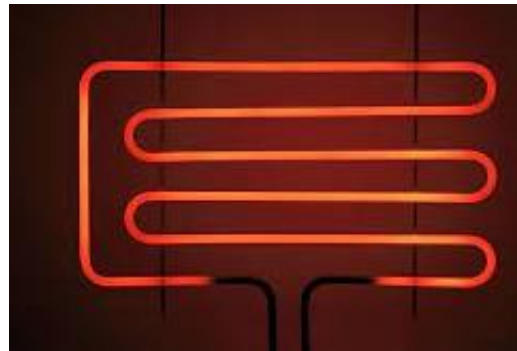




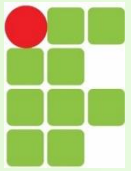
# RESISTORES



- **Aplicações:**
- Limitação de corrente em circuitos.
- Aquecedores.
- Circuitos eletrônicos (osciladores, AmpOp, filtros, etc).
- Circuitos de medição (resistor shunt).
- Variação de parâmetros em circuitos (potenciômetros).
- Etc...

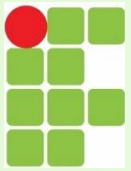


# RESISTORES



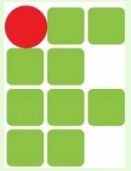
- **Resistores comerciais:**
- Resistências de  $\text{m}\Omega$  ,  $\Omega$ ,  $\text{k}\Omega$  e  $\text{M}\Omega$ .
- **Tolerância:** é a faixa de variação, para mais ou para menos, que a resistência de um resistor pode ter em relação ao seu valor;
- Para resistores comuns: 20%, 10%, 5%.
- Para resistores de precisão: 2%, 1% e menores.
- Ex: Ao comprar um resistor de  $1\text{k}\Omega$  com 10% de tolerância, sua resistência terá um valor entre  $0,9\text{k}\Omega$  e  $1,1\text{k}\Omega$ .

# RESISTORES

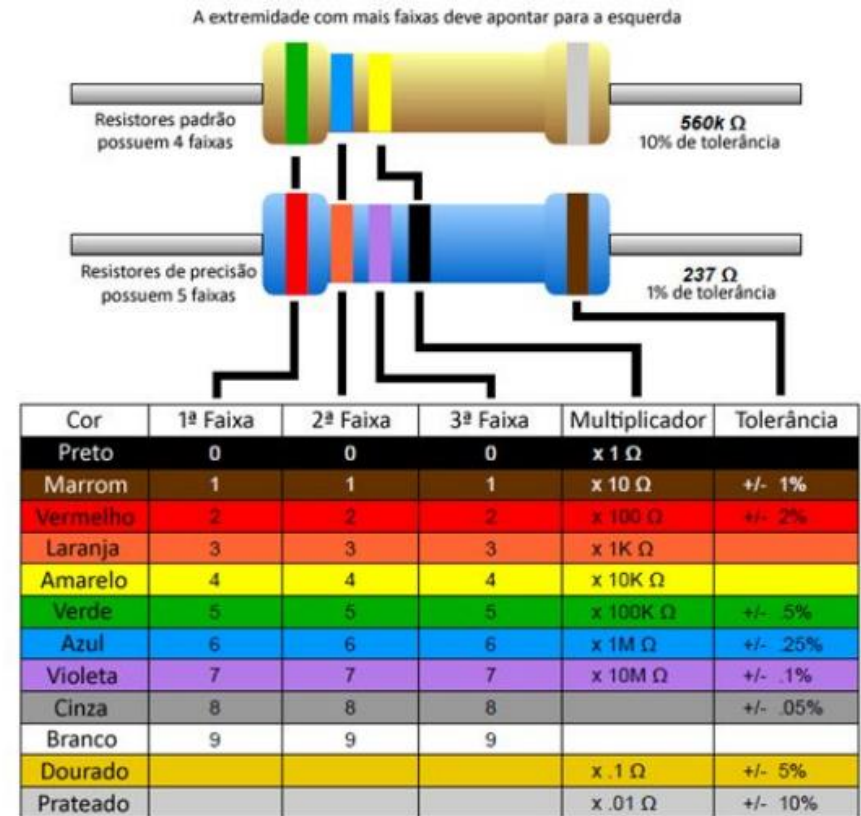


- **Potência:**
- A máxima potência suportada por um resistor depende do material que ele é construído.
- Alguns exemplos:
- Resistores de carvão:  $1/8$  W,  $1/4$  W,  $1/2$  W, 1 W, 2 W...
- Resistores de fio: 5 W, 7 W, 10 W, 50 W...
  
- **Montagem:** é a forma como o resistor é inserido na placa de circuito impresso
- PTH (Pin Through Hole, ou “pino pelo buraco”): São resistores que atravessam a placa para serem soldados.
- SMD (Surface Mounted Device, ou “componente montado em superfície”): São soldados na superfície da placa, e na maioria dos casos são muito menores que os PTH.

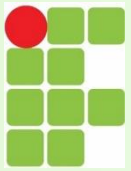
# RESISTORES



- **Código de Cores:**
- É um código usado para identificar os resistores do tipo PTH.
- Nos resistores mais comuns, se têm 4 faixas.
- As duas primeiras faixas indicam os primeiros algarismos da resistência.
- A terceira faixa indica o fator multiplicador.
- A quarta faixa indica a tolerância.



# RESISTORES



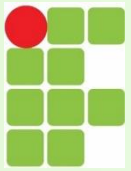
- **Exemplo:**
- O resistor abaixo tem as cores marrom, preto, vermelho e dourado.
- Marrom na primeira faixa indica 1, preto na segunda faixa indica 0, ou seja, 10.
- A terceira faixa é vermelha, e indica o fator multiplicador, 100.
- Assim, a resistência é  $10 \times 100 = 1000$ , ou  $1\text{k}\Omega$ .
- A quarta faixa dourada indica uma tolerância de 5%.

A extremidade com mais faixas deve apontar para a esquerda

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	$\times 1\text{K} \Omega$	
Amarelo	4	4	4	$\times 10\text{K} \Omega$	
Verde	5	5	5	$\times 100\text{K} \Omega$	+/- 5%
Azul	6	6	6	$\times 1\text{M} \Omega$	+/- 25%
Violeta	7	7	7	$\times 10\text{M} \Omega$	+/- .1%
Cinza	8	8	8		+/- .05%
Branco	9	9	9		
Dourado				$\times .1 \Omega$	+/- 5%
Prateado				$\times .01 \Omega$	+/- 10%



# RESISTORES



## ➤ Exercício:

➤ Identifique a resistência dos resistores abaixo:

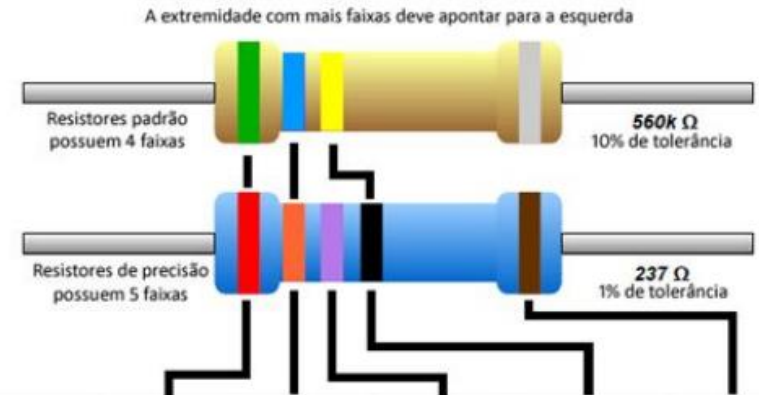
➤ 1)



➤ 2)



➤ 3)



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%

# RESISTORES



## ➤ Exercício:

➤ Identifique a resistência dos resistores abaixo:

➤ 1)  $47 \times 10^2 = 4,7 \text{ k}\Omega \text{ } 5\%$



➤ 2)  $22 \times 10^3 = 22 \text{ k}\Omega \text{ } 10\%$



➤ 3)  $56 \times 10^1 = 560 \Omega \text{ } 5\%$



A extremidade com mais faixas deve apontar para a esquerda

Resistores padrão possuem 4 faixas

Resistores de precisão possuem 5 faixas

560k  $\Omega$  10% de tolerância

237  $\Omega$  1% de tolerância

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



# RESISTORES



- **Código Usando Números:**
- É um código usado para identificar os resistores do tipo SMD.
- Funciona de forma semelhante ao código de cores.
- Os dois primeiros números indicam os dois números iniciais da resistência.
- O terceiro número representa o fator multiplicador na base 10.

**223**  
223  
=  $22 \times 10^3$   
= 22,000 Ohm  
= 22K Ohm

**8202**  
8202  
=  $820 \times 10^2$  Ohm  
= 82,000 Ohm  
= 82 KOhm

**4R7**  
4R7  
= 4.7 Ohm

**0R22**  
0R22  
= 0.22 Ohm

**0**  
0  
= 0 Ohm

**000**  
000  
= 0 Ohm



# RESISTORES



## ➤ Exemplos:

➤  $10 \times 10^2 = 1 \text{ k}\Omega$



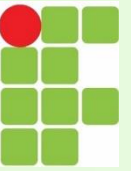
➤  $20 \times 10^1 = 200 \Omega$



➤  $47 \times 10^0 = 47 \Omega$



# RESISTORES



## ➤ Exercício:

➤ 1)



➤ 2)



➤ 3)



# RESISTORES



## ➤ Exercício:

➤  $22 \times 10^2 = 2,2 \text{ k}\Omega$



➤  $10 \times 10^5 = 1 \text{ M}\Omega$



➤  $33 \times 10^0 = 33 \text{ }\Omega$



# Exercícios



➤ 1 - Dado o circuito abaixo, faça as seguintes questões:

- a) Determine a resistência do resistor.
- b) Calcule a corrente elétrica.
- c) Procure o resistor e meça sua resistência.
- d) Monte o circuito no protoboard.
- e) Meça a tensão e a corrente.
- f) Monte o circuito no simulador e faça as medições.

