

# Curso de Eletrônica

# Eletrônica Básica 1

Parte 1

**Prof. Kabori**

**Prof. Antonio Carlos Kabori**

[carloskabori@bol.com.br](mailto:carloskabori@bol.com.br)

[www.kabori.tk](http://www.kabori.tk)

Apostila de EB1 versão 2006.1

todos direitos reservados

## MÚTIPLoS E SUBMÚTIPLoS

Para representar as grandezas elétricas, utilizamos como em outras grandezas os múltiplos e submúltiplos. A utilização se faz necessário pois, em algumas grandezas suas representatividades são muito altas ou muito baixas, além de facilitar os cálculos.

Giga	<b>G</b>	$10^9$	1000000000
Mega	<b>M</b>	$10^6$	1000000
Kilo	<b>K</b>	$10^3$	1000
Unidade		$10^0$	1
mili	<b>m</b>	$10^{-3}$	,001
micro	<b>μ</b>	$10^{-6}$	,000001
nano	<b>n</b>	$10^{-9}$	,000000001
pico	<b>p</b>	$10^{-12}$	,000000000001

A potência de dez é um recurso matemático utilizado para representar de forma simplificado quantidades muito grandes ou muito pequenas por meio da multiplicação do algarismo significativo pela base de dez elevada a um expoente positivo ou negativo.

Em eletricidade e eletrônica, é muito importante que o expoente seja um múltiplo de três, possibilitando a substituição da potência de dez pelo prefixo métrico correspondente.

## REGRAS MATEMÁTICAS

### Transformação de expoentes da base dez

Para a transformação em potência de dez usaremos uma regra simples, se aumentar o valor do expoente deverá diminuir na mesma proporção o algarismo significativo e, se diminuir o expoente deverá aumentar na mesma proporção o algarismo significativo.

Exemplo:  $(12 \times 10^2) \Leftrightarrow (1,2 \times 10^3)$

### Adição e subtração com potências de dez

Ajustar a potências de dez das bases a um mesmo expoente e somar ou subtrair os seus algarismos significativos de acordo com a operação desejada.

Exemplo:  $(12 \times 10^2) + (8 \times 10^3) \Leftrightarrow (1,2 \times 10^3) + (8 \times 10^3) = 9,2 \times 10^3$

### Multiplicação e divisão com potências de dez

Multiplicar ou dividir os algarismos significativos e, respectivamente, somar ou subtrair os expoentes das potências de dez, conforme a operação desejada.

Exemplo:  $(12 \times 10^3) \times (2 \times 10^2) = 24 \times 10^5$

**EXERCÍCIOS****1. Transformação**

- a)  $10 \times 10^3 = \dots\dots\dots \times 10^1$
- b)  $3,5 \times 10^{-6} = \dots\dots\dots \times 10^{-2}$
- c)  $5,25 \text{ M}\Omega = \dots\dots\dots \text{K}\Omega$
- d)  $15,25 \text{ mA} = \dots\dots\dots \mu \text{ A}$
- e)  $0,125 \mu \text{ F} = \dots\dots\dots \text{ p F}$
- f)  $12 \text{ KpF} = \dots\dots\dots \mu \text{ F}$

**2. Calcule**

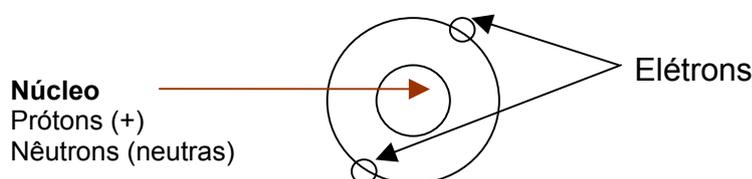
- a)  $(12 \mu \text{ A}) + (120 \text{ n A}) =$
- b)  $(125 \text{ p F}) + (0,18 \text{ n F}) =$
- c)  $(12 \text{ M}\Omega) - (6 \text{ K}\Omega) =$
- d)  $(45 \mu \text{ A}) \times (35 \text{ n A}) =$
- e)  $(30 \text{ n A}) / (15 \mu \text{ A}) =$
- f)  $(425 \times 10^3) + (250 \times 10^{-1}) =$

## TENSÃO, CORRENTE E RESISTÊNCIA ELÉTRICA.

Se observarmos, veremos que estamos cercados de equipamentos eletro-eletrônicos, em nossa casa , no trabalho , diversão , ou seja, são produtos que sem eles nossa vida sofreria uma grande transformação , ou até mesmo um caos.

Todos esses equipamentos traz intrínseco as três grandezas fundamentais para o estudo da eletroeletrônica, são elas a **Tensão** , a **Corrente** e a **Resistência elétrica**.

Recorremos a estrutura básica do átomo para início de nossa análise e estudos. O átomo é formado por um núcleo onde estão as cargas positiva (prótons) e as carga neutras (nêutrons); em órbita nas camadas orbitais se localizam os elétrons com carga negativa . Serão estes elétrons responsáveis pela corrente elétrica que estudaremos.



### Carga Elétrica

Um corpo tem carga negativa se nele há um excesso de elétrons e positiva se há falta de elétrons em relação ao número de prótons.

A quantidade de carga elétrica de um corpo é determinada pela diferença entre o número de prótons e o número de elétrons que um corpo contém. O símbolo da carga elétrica de um corpo é  $Q$ , expresso pela unidade **Coulomb** (C). A carga de um Coulomb negativo significa que o corpo contém uma carga de  $6,24 \times 10^{18}$  mais elétrons do que prótons.

### Diferença de Potencial - Tensão Elétrica

Graças à força do seu campo eletrostático, uma carga pode realizar trabalho ao deslocar outra carga por atração ou repulsão. Essa capacidade de realizar trabalho é chamada potencial. Quando uma carga for diferente da outra, haverá entre elas uma diferença de potencial (E).

A soma das diferenças de potencial de todas as cargas de um campo eletrostático é conhecida como *força eletromotriz*.

A diferença de potencial (ou tensão) tem como unidade fundamental o **volt(V)**.

## Corrente

Corrente ( $I$ ) é simplesmente o fluxo de elétrons. Essa corrente é produzida pelo deslocamento de elétrons através de uma ddp em um condutor. A unidade fundamental de corrente é o **Ampère (A)**. 1 A é o deslocamento de 1 C através de um ponto qualquer de um condutor durante 1 s, sendo portanto  $6,24 \times 10^{18}$  elétrons por segundo.

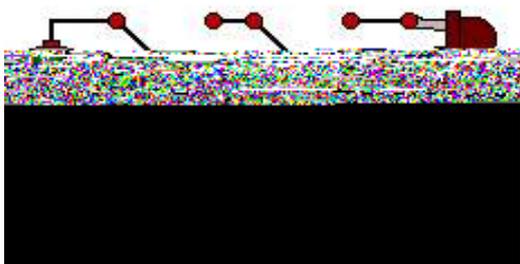
$$I = Q/t$$

O fluxo real de elétrons é do potencial negativo para o positivo. No entanto, é convenção representar a corrente como indo do positivo para o negativo.

## Resistência Elétrica

Resistência é a oposição à passagem de corrente elétrica. É medida em **ohms ( $\Omega$ )**. Quanto maior a resistência, menor é a corrente que passa.

Os resistores são elementos que apresentam resistência conhecida bem definida. Podem ter uma resistência fixa ou variável.



### Circuito Elétrico

Neste circuito elétrico fundamental, notamos a representação destas grandezas elétricas:

Fonte de tensão

Chaves ou interruptores

Carga e Resistência

É importante observar que para que haja corrente elétrica é preciso uma fonte de tensão e o circuito fechado.

## Potência Elétrica

De uma maneira geral, os aparelhos elétricos são dispositivos que transformam energia elétrica em outras formas de energia. Por exemplo: em um motor elétrico, a energia é transformada em energia mecânica de rotação do motor; em um aquecedor, a energia elétrica é transformada em calor; em uma lâmpada incandescente, a energia elétrica é transformada em energia luminosa, etc. Uma corrente elétrica realiza trabalho fazendo funcionar um motor, aquecendo um fio e de outras maneiras.

A potência de uma corrente, ou o trabalho que ela realiza por segundo, depende de sua intensidade e da tensão. Um watt é a potência de uma corrente de 1 Ampère, quando a diferença de potencial é 1 volt. Para calcular a potência elétrica podemos usar a equação

$$P = V \times I$$

**EXERCÍCIOS**

1. Conceitue Tensão elétrica.
  
2. Conceitue Corrente elétrica.
  
3. Conceitue Resistência elétrica.
  
4. Conceitue Potência elétrica.
  
5. Calcule a quantidade de elétrons que circula por uma seção de um condutor , por segundo , quando temos uma intensidade de corrente elétrica de :
  - a) 1,25 A
  
  - b) 250 mA
  
  - c) 700  $\mu$ A
  
6. “Pode haver tensão elétrica sem a necessidade de corrente elétrica, no entanto não poderá haver corrente elétrica sem uma tensão elétrica e um circuito fechado”.

Comente a afirmação acima, conceituando as grandezas elétricas.

## RESISTORES E CÓDIGOS DE CORES

Resistores são componentes que têm por finalidade oferecer uma oposição à passagem de corrente elétrica, através de seu material. A essa oposição damos o nome de resistência elétrica, que possui como unidade o ohm ( $\Omega$ ), onde encontramos como múltiplos mais usuais:

Kilo - ohm ( $K\Omega$ )

Mega - ohm ( $M\Omega$ )

Os resistores fixos são comumente especificados por três parâmetros:

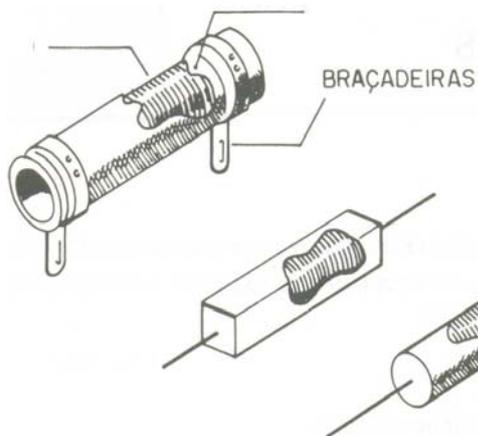
- O valor nominal da resistência elétrica;
- A tolerância, ou seja, a máxima variação em porcentagem do valor nominal;
- Máxima potência elétrica dissipada

**Exemplo:** Tomemos um resistor de  $1000 \Omega \pm 5\%$  - 0,33W, isso significa que possui um valor nominal de  $1000 \Omega$ , uma tolerância sobre esse valor de mais ou menos 5% e pode dissipar uma potência de no máximo 0,33 watts.

Dentre os tipos de resistores fixos, destacamos os de:

- Fio
- Filme de carbono
- Filme metálico.

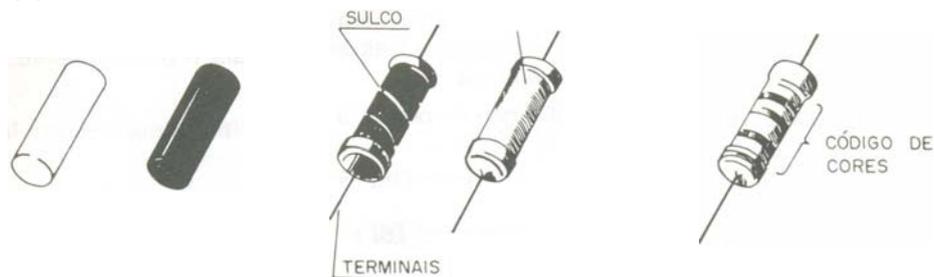
**Resistor de fio:** Consiste basicamente em um tubo cerâmico, que servirá de suporte para enrolarmos um determinado comprimento de fio, de liga especial para obter-se o valor de resistência desejado. Os terminais desse fio são conectados às braçadeiras presas ao tubo.



Os resistores de fio são encontrados com valores de resistência de alguns ohms até alguns Kilo-ohms, e são aplicados onde se exige altos valores de potência, acima de 5W, sendo suas especificações impressas no próprio corpo.

### Resistor de filme de Carbono:

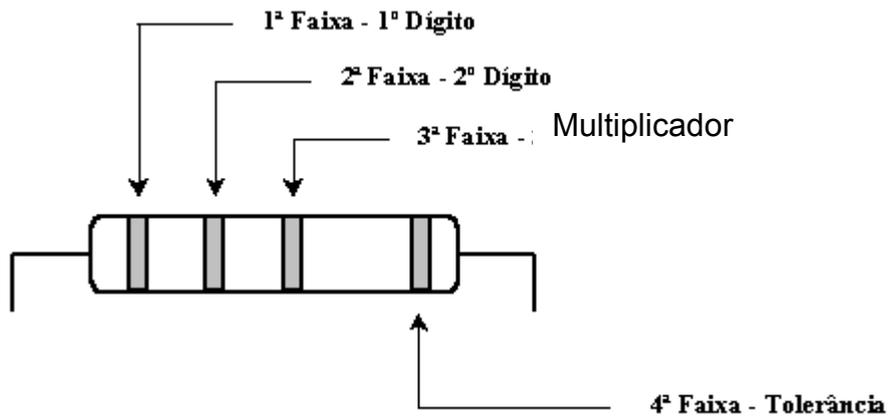
Consiste em um cilindro de porcelana recoberto por um filme (película) de carbono. O valor da resistência é obtido mediante a formação de um sulco, transformando a película em uma fita helicoidal. Esse valor pode variar conforme a espessura do filme ou a largura da fita. Como revestimento, encontramos uma resina protetora sobre a qual será impresso um código de cores, identificando seu valor nominal e tolerância.



Os resistores de filme de carbono são destinados ao uso geral e suas dimensões físicas determinam a máxima potência que pode dissipar.

### Resistor de filme metálico:

Sua estrutura é idêntica ao de filme de carbono, somente que, utilizamos uma liga metálica (níquel-cromo) para formarmos a película, obtendo valores mais precisos de resistência com tolerâncias de 1 % e 2%.



1ª e 2ª faixas 1º e 2º dígitos		3ª faixa Multiplicador		4ª faixa Tolerância	
Cor	Dígito	Cor	Multiplicador	Cor	Tolerância
Preto	0	Preto	1	Prata	± 10%
Marrom	1	Marrom	10	Ouro	± 5%
Vermelho	2	Vermelho	100	Sem faixa	± 20%
Laranja	3	Laranja	1000		
Amarelo	4	Amarelo	10000		
Verde	5	Verde	100000		
Azul	6	Azul	1000000		
Violeta	7	Prata	0,01		
Cinza	8	Ouro	0,1		
Branco	9				

**Exercícios**

1. Coloque o valor nominal dos resistores abaixo:

	Cores /faixas					Valor nominal
1	marrom	preto	ouro	ouro		
2	vermelho	vermelho	prata	ouro		
3	verde	azul	prata	prata		
4	marrom	cinza	preto	ouro		
5	marrom	cinza	vermelho	marrom	S/faixa	
6	vermelho	vermelho	vermelho	Ouro		
7	vermelho	violeta	vermelho	Ouro		
8	Laranja	laranja	vermelho	Ouro		
9	verde	azul	laranja	Ouro		
10	azul	cinza	vermelho	laranja	S/faixa	

2. Complete as cores para os resistores abaixo:

	Cores /faixas					Valor nominal
1				OURO		120R
2				OURO		180R
3				OURO		270R
4				OURO		1K
5				OURO		1K2
6				OURO		270K
7				OURO		1M2
8				OURO		2M7
9				OURO		3M3
10				OURO		470K

**Experimento: Código de cores e medidas de Resistores.**

1) Preencha a tabela abaixo:

Resistor	Cores	Valor Nominal (Vn)	Valor Medido (Vm)	Tolerância	%V
<b>1</b>					
<b>2</b>					
<b>3</b>					
<b>4</b>					
<b>5</b>					
<b>6</b>					
<b>7</b>					
<b>8</b>					

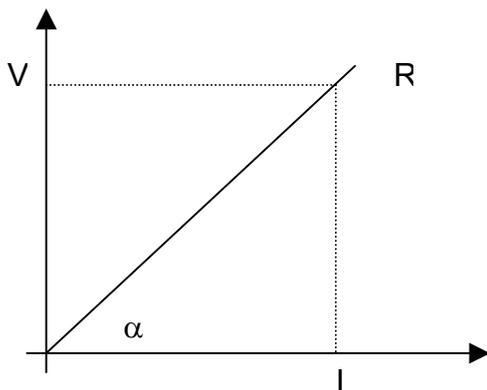
$$\Delta R\% = \left| \frac{Vn - Vm}{Vn} \right| \times 100$$

2) Conclusões e comentários.

## Lei de OHM

Consideremos uma resistência (R) ao qual foi aplicada uma certa tensão (V). Esta tensão estabelecerá, na resistência, uma corrente (I). Variando o valor da tensão aplicada na resistência, verificamos que a corrente que passa por ele também se modifica. O cientista alemão George Ohm realizou várias experiências, medindo estas tensões (e as correntes correspondentes) quando aplicadas em diversos valores de resistências diferentes. Verificou então que, para muitos materiais, a relação entre a tensão e a corrente mantinha-se constante, isto é,  $V / I = \text{constante}$ . Mas  $V / I$  representa o valor da resistência R. Este resultado é conhecido como lei de Ohm ( $V = R \cdot I$ ).

A representação gráfica cartesiana em um bipólo ohmico é uma resultante reta como mostra abaixo, sendo a resultante  $\text{tg}\alpha = \Delta v / \Delta I$  que equivale ao valor de R.



$$V = R \times I$$

$$I = V / R$$

$$R = V / I$$

### Atividades:

1. Em um experimento foram constatados valores como mostra as tabelas abaixo, construa um gráfico cartesiano com os dados e, obtenha o valor das resistências.

V	Ra	Rb
2v	8mA	5mA
4v	16mA	10mA
6v	24mA	15mA
12v	48mA	30mA

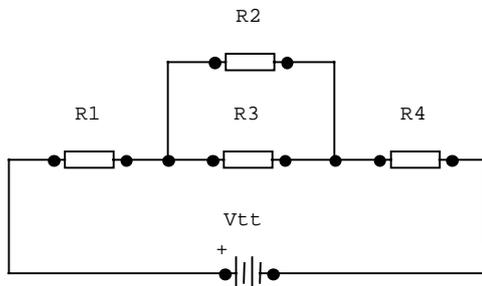
2. Calcule:

	R	V	I
A		24 V	6 mA
B		15V	3 mA
C	1,5 K		3 mA
D	10 M		5 uA
E	1 K	10 V	
F	1,5 M	20 V	

### Aplicações

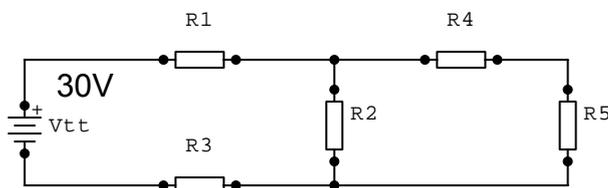
Para os circuitos abaixo, calcule o que se pede, de acordo com o quadro correspondente a cada circuito.

1.



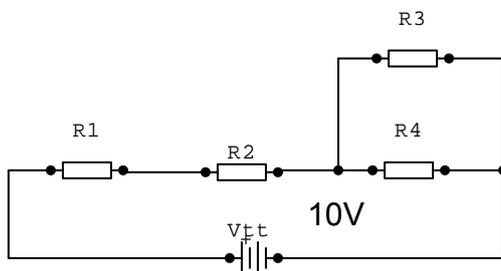
	V	R	I	P
R1		50R		
R2			150mA	
R3	15v	300R		
R4		25R		

2.



	V	R	I	P
R1			10ma	
R2	10V	2K		
R3	15V			
R4		1K 5		
R5				

3.



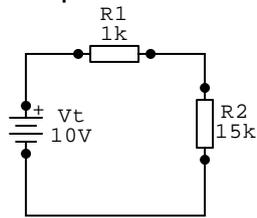
	V	R	I	P
R1				
R2	3V		1mA	
R3		15K		
R4	6V			

4. Para o circuito (3), caso o R3 abra, qual será a P em R4?

5. Para o circuito (3), caso R3 entre em curto, qual será a P em R4?

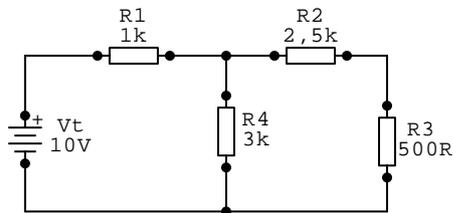
### Atividades

1. Calcule o valor da queda de tensão em R2, para o circuito abaixo:



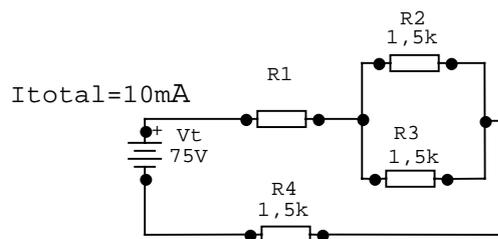
Resp:  $V_{R2} = \dots\dots\dots$

2. Calcule o valor da queda de tensão em R2, para o circuito abaixo:



Resp:  $V_{R2} = \dots\dots\dots$

3. Calcule o valor de R1, e a queda de tensão em R1, para o circuito abaixo:

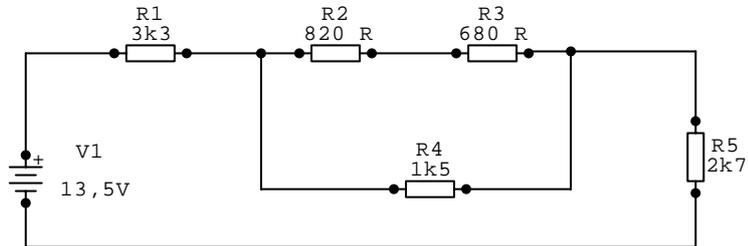


Resp:  
 $R_1 = \dots\dots\dots$

$V_{R1} = \dots\dots\dots$

## Exercícios

01- Sendo o circuito abaixo:



Preencha a tabela abaixo, calculando os valores; (*não esquecer as unidades*)

	<b>V</b>	<b>R</b>	<b>I</b>
<b>R1</b>			
<b>R2</b>			
<b>R3</b>			
<b>R4</b>			
<b>R5</b>			

02) Calcule o valor da potência dissipada no Resistor **R5**, caso o resistor **R3** entre em curto.

## Experimento: Comprovação da Lei de Ohm

### 1. Circuito



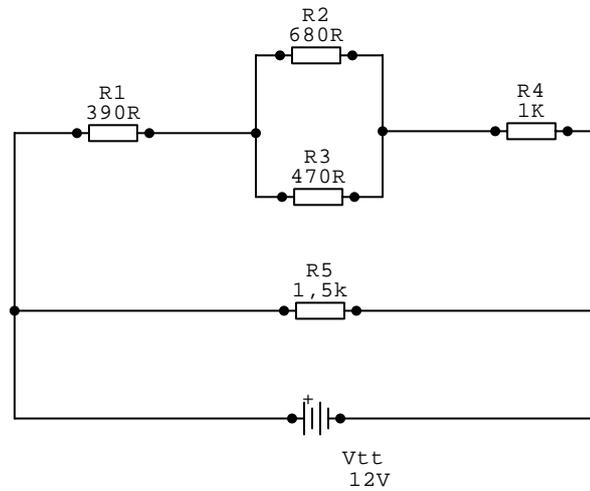
2. Com o circuito montado, utilizando o multímetro, efetue as medidas e preencha o quadro abaixo.

V	I (RA)	I (RB)
3v		
5v		
7v		
9v		
10v		
12v		
15v		

3. Com os valores obtidos, construa o gráfico cartesiano e calcule o valor das resistências.
4. Elabore um comentário conclusivo.

## Experimento: Aplicação da Lei de Ohm

### 1. Circuito



### 2. Montar o circuito e preencher a tabela abaixo:

	Teórico		Experimento	
	V	I	V	I
R1				
R2				
R3				
R4				
R5				

### 3. Elabore um comentário conclusivo do experimento.

## Potenciômetro

Quando estudamos os resistores, vimos que estes podem ser divididos em fixos e variáveis. Os resistores variáveis são conhecidos como potenciômetros, devido suas aplicações como divisores da tensão em circuitos eletrônicos.

Um potenciômetro, conforme mostra a figura, consiste basicamente em uma película de carbono, ou em um fio que percorrido por um cursor móvel, através de um sistema rotativo ou deslizante, altera o valor da resistência entre seus terminais. Comercialmente, os potenciômetros são especificados pelo valor nominal da resistência máxima, impresso em seu corpo.

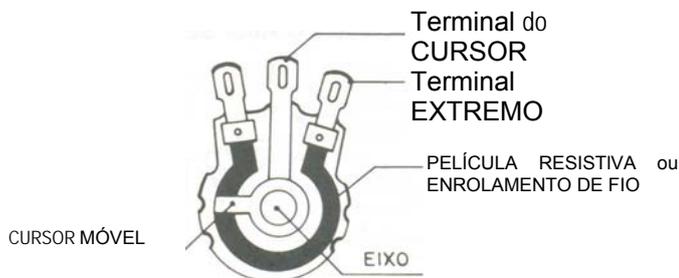
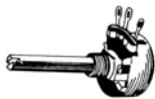


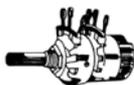
Figura 9.2 - Potenciômetro de fio.



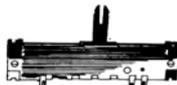
(a) simples



(b) com chave



(c) duplo com chave



(d) deslizante (sly-pot)



(e) ajustável (trimmer ou trim-pot)

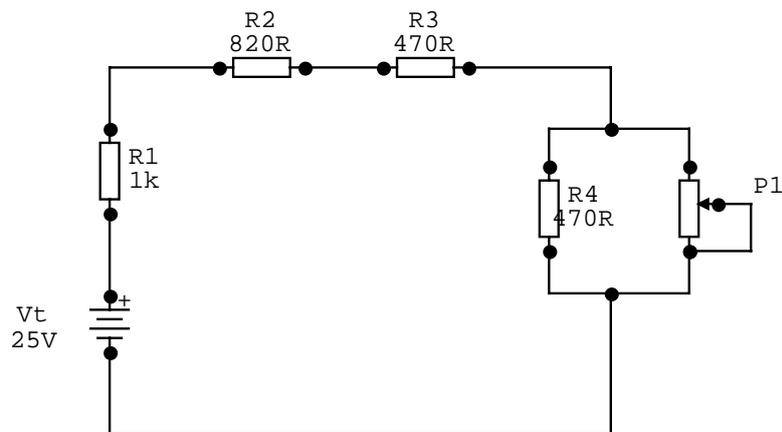


(f) multivolts

Na prática, encontramos vários modelos de potenciômetros, que em função do tipo de aplicação, possuem características mecânicas diversas. Abaixo, é visto um potenciômetro de fio, alguns tipos de potenciômetros de película de carbono.

## Exercício

1) No circuito, R1 é uma resistência ôhmica de valor nominal de  $1\text{K}\Omega$ , o potenciômetro é utilizado para calibrar o circuito de tal forma que, circule pela R1 uma corrente de  $10\text{ mA}$ . Qual será o valor de resistência que deve ter P1 no ajuste, para tal ocorrência?

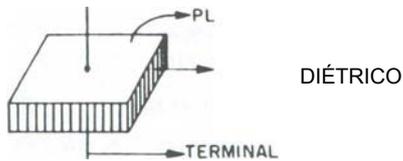


2) Para o circuito do exercício acima, qual (is) potenciômetros poderemos utilizar? Justifique sua resposta.

- a)  $470\text{ R}$
- b)  $1\text{ k}$
- c)  $270\text{ R}$
- d)  $370\text{ R}$

## CAPACITOR

O capacitor é um componente, que tem como finalidade, armazenar energia elétrica. É formado por duas placas condutoras, também denominadas de armaduras, separadas por um material isolante ou dielétrico, ligados a estas placas condutoras, estão os terminais para conexão deste com outros componentes.



Capacitância é a característica que o capacitor apresenta de armazenar cargas elétricas por unidade de tensão.

Portanto, podemos escrever a relação:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Onde:

C = capacitância

Q = carga elétrica

V = tensão

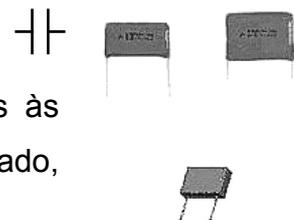
Quando aplicarmos uma tensão igual a 1 volt (V) e o capacitor armazenar 1Coulomb(C), teremos então uma capacitância igual a 1 Farad (F).

Devido às dificuldades construtivas, os capacitores encontram-se situados em faixa de valores submúltiplos do Farad como micro Farad ( $\mu\text{F}$ ), nano Farad (nF) e o pico Farad (pF).

Além do valor da capacitância, é preciso especificar o valor limite da tensão a ser aplicada entre seus terminais, Esse valor é denominado tensão de isolamento e varia conforme o tipo de capacitor.

Na prática, encontramos vários tipos de capacitores, com aplicações específicas, dependendo de aspectos construtivos, tais como, material utilizado como dielétrico, tipo de armaduras e encapsulamento. Dentro dos diversos tipos, destacamos:

1 - **Capacitores plásticos** (poliestireno, poliéster): consistem em duas folhas de alumínio separadas pelo dielétrico de material plástico, Sendo os terminais ligados às folhas de alumínio, o conjunto é bobinado e encapsulado, formando um sistema compacto.



Uma outra técnica construtiva é a de vaporizar alumínio em ambas as faces do

dielétrico, formando o capacitor. Essa técnica é denominada de metalização e traz como vantagem, maior capacidade em comparação com os de mesmas dimensões dos não metalizados.

## 2 - Capacitores eletrolíticos de alumínio:



Consistem em uma folha de alumínio anodizada como armadura positiva, onde por um processo eletrolítico, forma-se uma camada de óxido de alumínio que serve como dielétrico, e um fluido condutor, o eletrólito que impregnado em um papel poroso, é colocado em contato com outra folha de alumínio de maneira a formar a armadura negativa. O conjunto é bobinado, sendo a folha de alumínio anodizada, ligado ao terminal positivo e a outra ligada a uma caneca tubular, encapsulamento do conjunto, e ao terminal negativo.

Os capacitores eletrolíticos, por apresentarem o dielétrico como uma fina camada de óxido de alumínio e em uma das armaduras um fluido, constituem uma série de altos valores de capacitância, mas com valores limitados de tensão de isolamento e terminais polarizados.



De forma idêntica, encontramos os capacitores eletrolíticos de tântalo, onde o dielétrico é formado por óxido de tântalo, cuja constante dielétrica faz obter-se um capacitor de pequenas dimensões, porém com valores de tensão de isolamento, mais limitados.

## 3 - Capacitores cerâmicos:



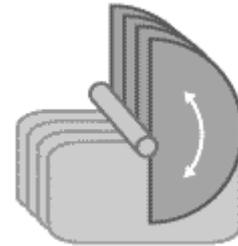
Apresentam como dielétrico um material cerâmico, que é revestido por uma camada de tinta, que contém elemento condutor, formando as armaduras. O conjunto recebe um revestimento isolante. São capacitores de baixos valores de capacitância e altas tensões de isolamento.



#### 4 – Capacitores variáveis:



Um conjunto de placas fixas intercaladas com um de placas móveis que podem girar em torno de um eixo comum. assim, a área efetiva do capacitor varia e, por conseqüência, a capacitância.



Foi bastante empregado na sintonia dos receptores de rádio com válvulas

Com o advento dos transistores, surgiu a necessidade de reduzir o tamanho, o que foi obtido pelo uso de filme plástico como dielétrico e não ar.

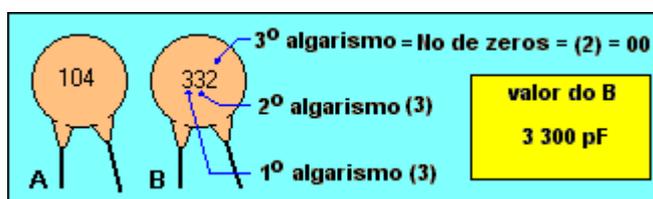
Na atualidade, sintonia é feita com diodos de capacitância variável (varicap) e capacitores variáveis deste tipo só devem ser encontrados em alguns equipamentos de radiofrequência de aplicação industrial.



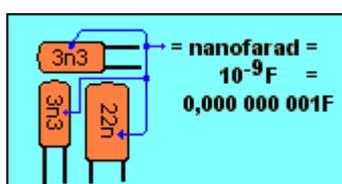
Construção similar (mas com apenas duas placas) pode ser usada em pequenos capacitores ajustáveis (trimmer, padder).

Existem outras construções como, por exemplo, para tensões muito altas, para montagem superficial (SMD), etc.

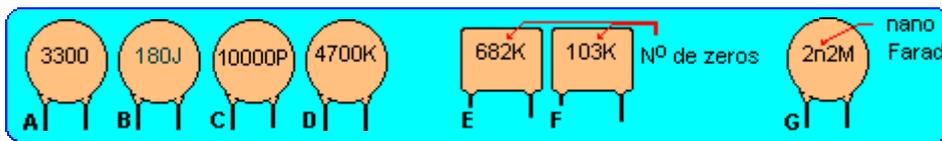
#### Leitura de capacitores



O valor do capacitor, "B", é de 3300 pF (picofarad =  $10^{-12}$  F) ou 3,3 nF (nanofarad =  $10^{-9}$  F) ou 0,0033  $\mu$ F (microfarad =  $10^{-6}$  F). No capacitor "A", devemos acrescentar mais 4 zeros após os dois primeiros algarismos. O valor do capacitor, que se lê 104, é de 100000 pF ou 100 nF ou 0,1 $\mu$ F.



O desenho ao lado, mostra capacitores que tem os seus valores, impressos em nanofarad (nF) =  $10^{-9}$ F. Quando aparece no capacitor uma letra "n" minúscula, como um dos tipos apresentados ao lado por exemplo: 3n3, significa que este capacitor é de 3,3nF. No exemplo, o "n" minúsculo é colocado ao meio dos números, apenas para economizar uma vírgula e evitar erro de interpretação de seu valor.



Note nos capacitores acima, envolvidos com um círculo azul, o aparecimento de uma letra maiúscula ao lado dos números. Esta letra refere-se a tolerância do capacitor, ou seja, o quanto que o capacitor pode variar de seu valor em uma temperatura padrão de 25° C. A letra "J" significa que este capacitor pode variar até  $\pm 5\%$  de seu valor, a letra "K" =  $\pm 10\%$  ou "M" =  $\pm 20\%$ . Segue na tabela abaixo, os códigos de tolerâncias de capacitância.

Até 10pF	Código	Acima de 10pF
$\pm 0,1\text{pF}$	B	
$\pm 0,25\text{pF}$	C	
$\pm 0,5\text{pF}$	D	
$\pm 1,0\text{pF}$	F	$\pm 1\%$
	G	$\pm 2\%$
	H	$\pm 3\%$
	J	$\pm 5\%$
	K	$\pm 10\%$
	M	$\pm 20\%$
	S	-50% -20%
	Z	+80% -20% ou +100% -20%
	P	+100% -0%

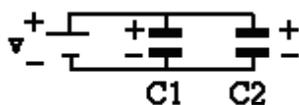
### Capacitores de Poliéster Metalizado usando código de cores

A tabela abaixo, mostra como interpretar o código de cores dos capacitores abaixo. No capacitor "A", as 3 primeiras cores são, laranja, laranja e laranja, correspondem a 33000, equivalendo a 33 nF. A cor branca, logo adiante, é referente a  $\pm 10\%$  de tolerância. E o vermelho, representa a tensão nominal, que é de 250 volts.

	1ª Algarismo	2ª Algarismo	3ª N° de zeros	4ª Tolerância	5ª Tensão
PRETO	0	0	-	± 20%	-
MARROM	1	1	0	-	-
VERMELHO	2	2	00	-	250V
LARANJA	3	3	000	-	-
AMARELO	4	4	0000	-	400V
VERDE	5	5	00000	-	-
AZUL	6	6	-	-	630V
VIOLETA	7	7	-	-	-
CINZA	8	8	-	-	-
BRANCO	9	9	-	± 10%	-

### ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES

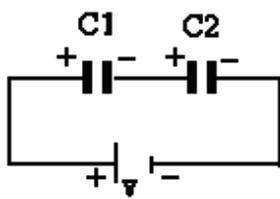
Em geral, os circuitos elétricos e eletrônicos são constituídos de vários componentes, associados de diferentes maneiras. Uma forma simples de abordar esse tipo de problema é considerar a associação dos componentes de um mesmo tipo. Veremos agora como tratar a associação de capacitores.



Capacitância  
equivalente de uma  
associação em paralelo

A associação em paralelo é ilustrada ao lado, para o caso de dois capacitores. O que caracteriza esse tipo de associação é a igualdade de potencial entre as placas dos capacitores. Na ilustração, as placas superiores estão com o mesmo potencial, dado pelo pólo positivo da bateria. Da mesma forma, as placas inferiores estão com o mesmo potencial negativo. Portanto, as diferenças de potencial são iguais, i.e.,  $V_1 = V_2 = V$ .

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$



Capacitância  
equivalente de uma  
associação em série

No caso da associação em série, é fácil concluir que são iguais as cargas acumuladas nas placas de todos os capacitores. Então, se as cargas são iguais, mas as capacitâncias são diferentes, então os potenciais também serão diferentes. Portanto,

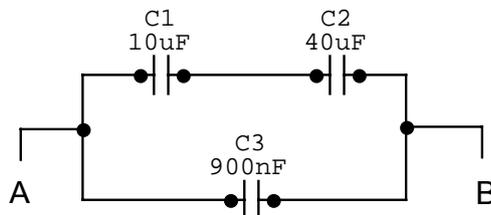
$$Q_1 = Q_2 = Q = C_1V_1 = C_2V_2$$

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

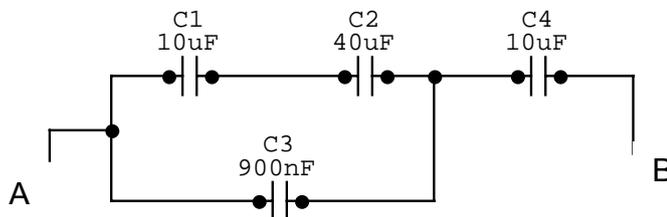
### Atividades:

1. Faça uma leitura sobre o assunto “leitura de capacitores” e elabore uma pesquisa sobre o referido assunto.
2. Calcule o valor do  $C_{eq}$  entre os pontos A e B dos circuitos abaixo:

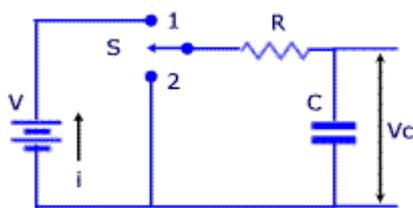
a)



b)



### Carga e descarga de capacitor.



Observando o circuito ao lado, nota-se que se a chave S for posicionada na posição 1, inicia-se o processo de carga do capacitor C, assim a tensão  $V_c$  atingirá o limite da tensão  $V$ , onde neste ponto  $V_c \cong V$

O tempo deste processo é definido pela equação  $\tau = R \times C$ , chamada de constante de tempo, que é diretamente proporcional ao valor de capacitância e ao valor de resistência.

Para calcularmos o valor de tensão no capacitor  $V_c$  em um determinado instante do processo de carga temos,  $V_c = V \left( 1 - e^{-T/\tau} \right)$  onde:

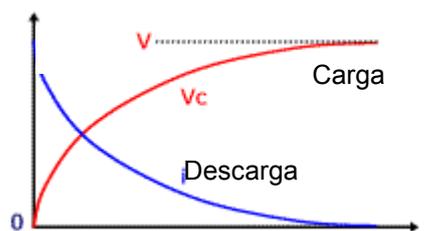
$V_c$  = tensão do capacitor

$V$  = tensão da fonte

$T$  = instante analisado

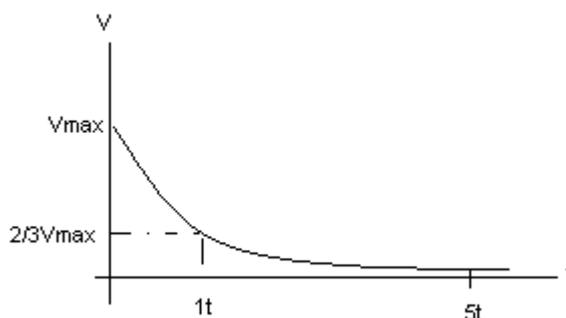
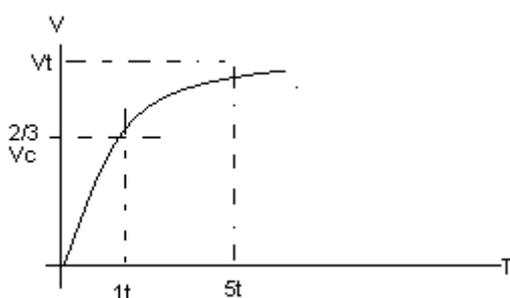
$\tau$  = constante de tempo RC

$e$  = constante matemática Euler



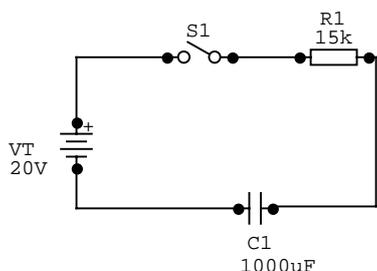
Para o processo de descarga, chave S na posição 2, o preceito teórico é o mesmo do processo de carga, sendo a equação que define a  $V_c$  em um determinado instante é:  $V_c = V_{\max} \times e^{-T/\tau}$ , onde  $V_{\max}$  é a tensão existente no capacitor C.

Aproximadamente o capacitor se carrega ou descarrega com  $2/3$  da tensão total na primeira constante de tempo e, se carrega ou descarrega totalmente após 5 constantes de tempo.

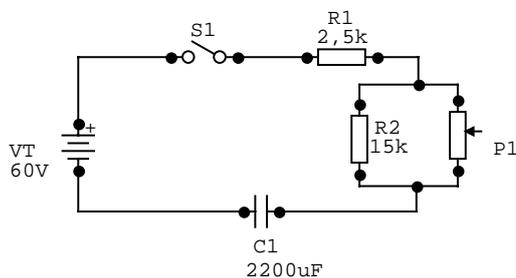


### Exercícios

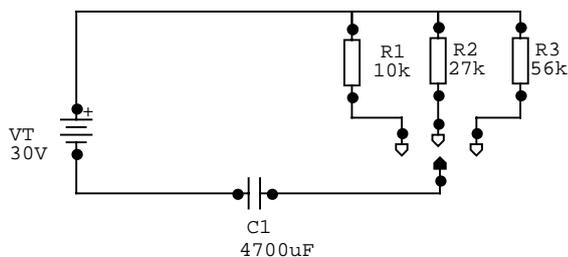
1. Conforme o circuito abaixo, calcule o tempo para que o capacitor C1 atinja a tensão de 15 V após o fechamento de S1, supondo que o estado inicial de C1 é totalmente descarregado.



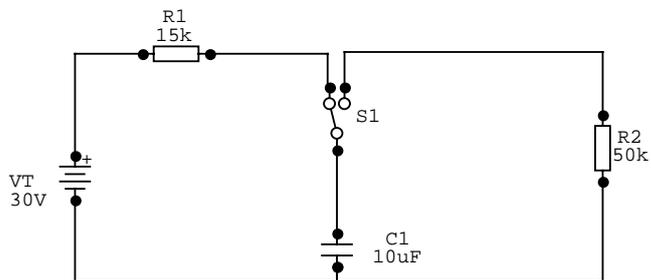
2. O circuito abaixo representa uma etapa de controle de tempo de disparo de uma central de alarme residencial. Qual será o valor de ajuste em P1 tal que a tensão do capacitor atinja 44,65 V após 15 segundos de acionamento de S1, sabendo que o capacitor está totalmente descarregado inicialmente.



3. Esboce em um único plano cartesiano Tensão x Tempo a curva de carga do capacitor C1, do circuito, nas situações de R1, R2 e R3. Adotar eixo T (10s/div) e eixo V (2v/div).



4. Sendo o circuito abaixo:



4.1 Supondo o C1 descarregado, após 250ms do processo de carga, qual o valor da tensão em C1?

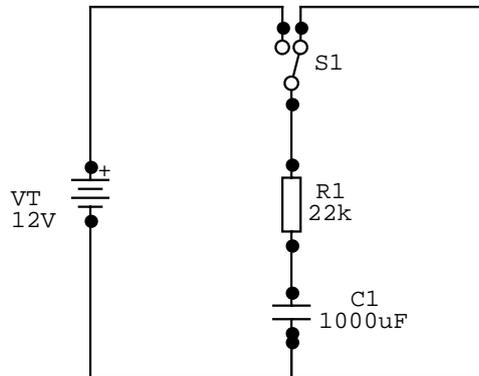
4.2 Supondo C1 carregado com o valor de VT, após 750ms do processo de descarga qual será a tensão em C1?

5. Construa o gráfico de carga para o circuito acima.

6. Construa o gráfico de descarga para o circuito acima

**Experimento:** Processo de carga e descarga de capacitor

1. Sendo o circuito abaixo:



2. Preencha a tabela abaixo para o processo de carga.

Vc medido	0v	1v	2v	3v	4v	5v	6v	7v	8v	9v	10v	11v	12v
T													
Vc calculado													

3. Preencha a tabela abaixo para o processo de descarga.

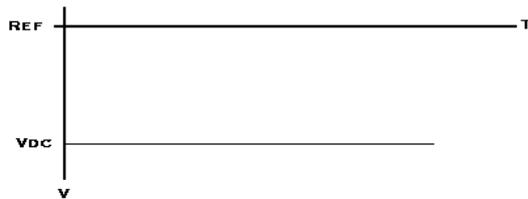
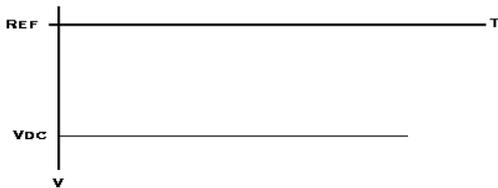
Vc medido	12v	11v	10v	9v	8v	7v	6v	5v	4v	3v	2v	1v	0v
T													
Vc calculado													

4. Construa o gráfico de carga e descarga o circuito.

### Estudo da Onda Senoidal

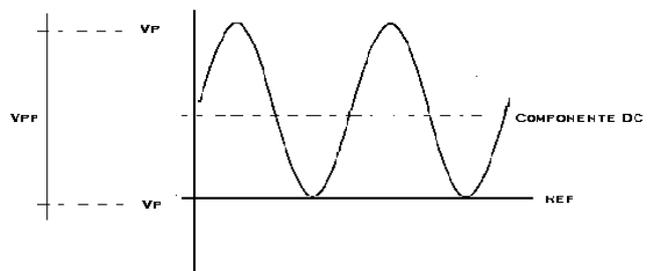
No estudo da tensão elétrica, vamos dividir esta grandeza em dois grupos: As tensões contínuas e as tensões não contínuas ou oscilantes.

A tensão contínua é aquela utilizada na grande maioria dos equipamentos eletrônicos, são as encontradas em baterias, pilhas e fontes de alimentação DC.



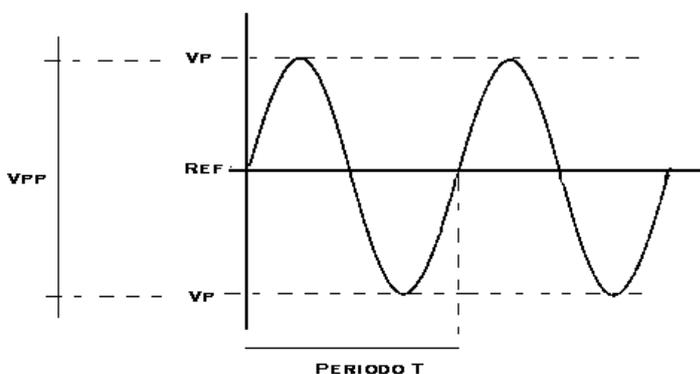
A tensão contínua possui o mesmo valor de tensão (amplitude), ao longo do tempo, podendo assumir valor positivo ou negativo em relação ao referencial.

As tensões oscilantes são aquelas que não possuem um valor constante de amplitude ao longo do tempo, podendo existir tensões oscilantes com valores acima ou abaixo do eixo da referencia, sendo o eixo imaginário de divisão simétrica da onda, comumente chamado de **“componente DC”**.



A onda senoidal alternada, encontrada principalmente na rede elétrica, descreve uma função senoidal, obviamente, e **“alternada”** ao eixo referencial, ou

seja, o eixo de simetria coincide com o eixo referencial, implicando em uma componente DC de valor nulo.

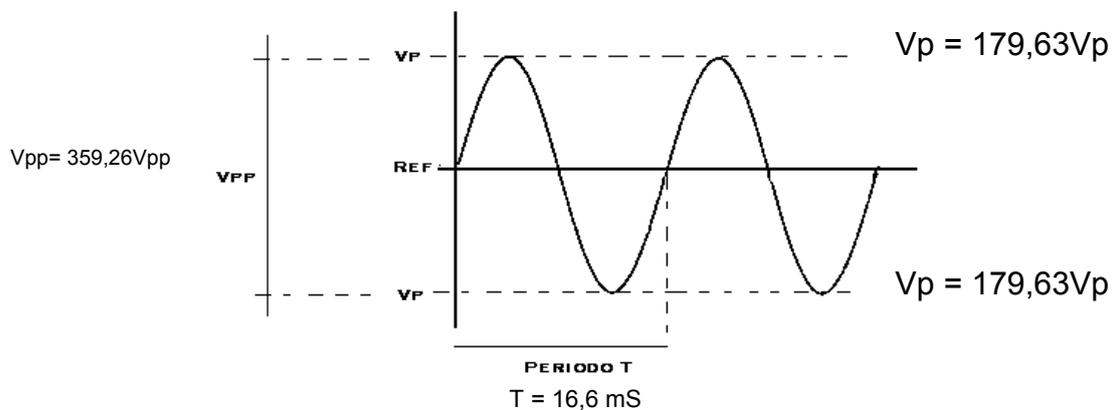


Para o estudo da onda senoidal alternada ter-se-ão os seguintes componentes:

- ✓  $V_p$ : indica o máximo valor de pico positivo ou negativo em relação ao referencial.
- ✓  $V_{pp}$ : indica o valor entre o pico Máximo positivo e Máximo negativo,  $V_{pp} = 2V_p$
- ✓  $V_{ac}$ : também chamado de  $V_{eficaz}$  ou  $V_{rms}$  (root mean square, ou seja, valor médio da senóide), é o valor contínuo equivalente imaginário, definido por:  $V_{ac} = V_p \times 0,707$ .

*Exemplos:*

Sendo a tensão da rede elétrica alternada de valor 127 Vac e 60Hz, esboce o gráfico com valores.



$$V_p = V_{ac} / 0,707 >$$

$$V_p = 127 / 0,707 >$$

$$V_p = 179,63V_p$$

$$\text{Assim: } V_{pp} = 2V_p >$$

$$V_{pp} = 359,26 V_{pp}$$

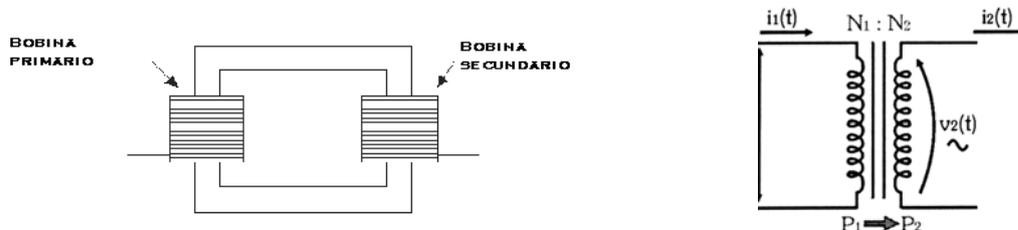
$$T = 1/F >$$

$$T = 1/ 60\text{Hz} >$$

$$T = 16,6 \text{ mS}$$

## Transformador

O Transformador é formado por um núcleo ferromagnético e pelos enrolamentos primário e secundário. Sua função principal é elevar ou reduzir a **tensão alternada** aplicada em seu primário.



A tensão aplicada na bobina do primário, ( $V_t$ ), gera um fluxo magnético concentrado no núcleo que será induzido na bobina do secundário, a qual gera uma tensão proporcional chamada de tensão no secundário ( $V_s$ ).

Idealmente, a potencia presente no primário do transformador é totalmente transferida para o secundário, ou seja,  $P_s = P_p$

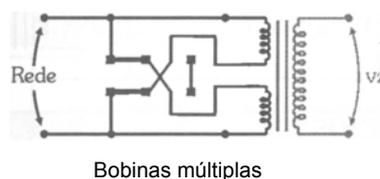
A relação entre o numero de espiras  $N_p$  do primário e  $N_s$  do secundário determina a relação entre as tensões  $V_p$  e  $V_s$  e também a relação entre as correntes  $I_p$  e  $I_s$ .

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_s}{V_p} = \frac{I_p}{I_s}$$

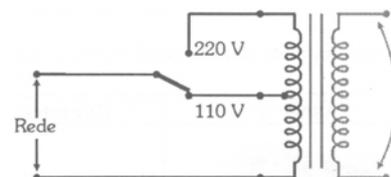
Portanto pode-se perceber que em um trafo elevador de tensão a corrente no secundário é menor que no primário, isto é, o diâmetro do fio do secundário pode ser menor que a do primário; no entanto para o trafo abaixador de tensão, a corrente no secundário é maior que a do primário, isto é, o diâmetro do fio do secundário deve ser maior que a do primário.

### Alguns

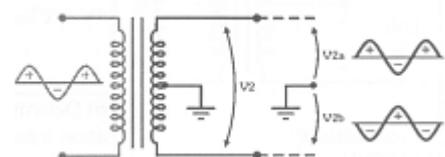
#### exemplos de trafos:



Bobinas múltiplas



Center tap



**Exercícios:**

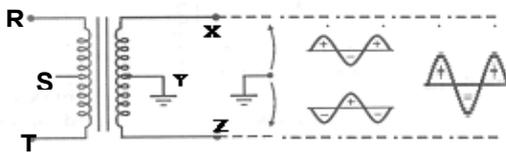
1. Transforme:

A	127 Vp	Vpp
B	300 Vac	Vpp
C	23 Vpp	Vrms
D	12 Vp	Vpp
E	372 Vac	Vrms
F	18 Vac	Vp
G	18 Vac	Vpp
H	36 Vpp	Vac

2. Calcule:

A	120 Hz	T =
B	60 Hz	T =
C	1 Mhz	T =
D	3,2 Khz	T =
E	2,7 Mhz	T =
F	1,2 uS	F =
G	100 mS	F =
H	1,5 mS	F =
I	255 uS	F =

3. Sendo trafo abaixo, calcule:



V xy	Vac	V yz	Vpp
Vxy	Vp	V xz	Vac
Vxy	Vpp	V xz	Vp
V yz	Vac	V xz	Vpp
V yz	Vp		

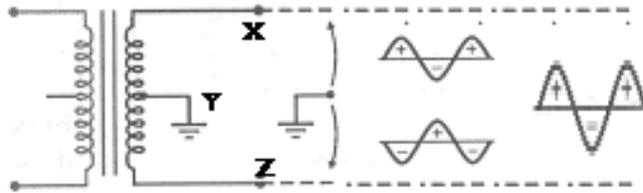
N RS= 15000esp

V RS= 127 Vac

N XY= 1500 esp

## Experimento

1. Para o transformador abaixo, desenvolva o seguintes procedimentos:



Medir $V_{pp}$ (osciloscópio)	
$V_{xy}$	
$V_{yz}$	
$V_{xz}$	

Calcular $V_{ac}$ (teoria)	
$V_{xy}$	
$V_{yz}$	
$V_{xz}$	

Medir $V_{ac}$ (multímetro)	
$V_{xy}$	
$V_{yz}$	
$V_{xz}$	

2. Comentários e conclusões.

## Semicondutor

A capacidade de um átomo de se combinar com outros depende do número de elétrons de valência. A combinação só é possível quando este é menor que 8. Elementos com 8 elétrons de valência não se combinam, pois são estáveis e inertes.

Consideramos agora o silício, que é o semicondutor mais usado e tem 4 elétrons de valência.

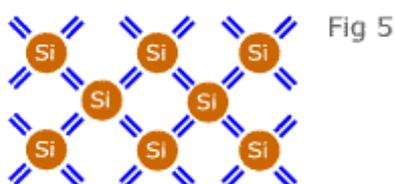


Fig 5

No estado puro cada, par de elétrons de átomos distintos formam a chamada **ligação covalente**, de forma que cada átomo fique no estado mais estável, isto é, com 8 elétrons na camada externa.

O resultado é uma estrutura cristalina homogênea conforme Fig 5. Na realidade é tridimensional. Está assim mostrada por uma questão de simplicidade. O material continua um semicondutor. Entretanto, quando certas substâncias, chamadas **impurezas** são adicionadas, as propriedades elétricas são radicalmente modificadas.

Se um elemento como o antimônio, que tem 5 elétrons de valência, for adicionado e alguns átomos deste substituírem o silício na estrutura cristalina, 4 dos 5 elétrons irão se comportar como se fossem os de valência do silício e o excedente será liberado para o nível de condução (Fig 6).

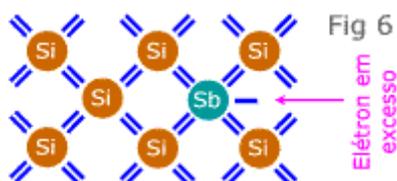


Fig 6

O cristal irá conduzir e, devido à carga negativa dos portadores (elétrons), é denominado **semicondutor tipo n**.

Notar que o material continua eletricamente neutro pois os átomos têm o mesmo número de prótons e elétrons. Apenas a distribuição de cargas muda, de forma a permitir a condução.

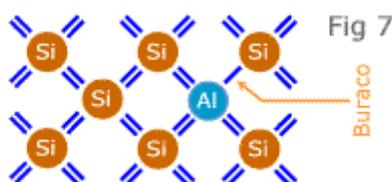
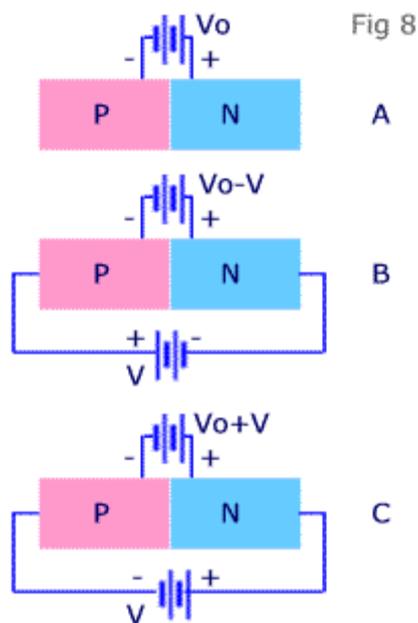


Fig 7

Uma impureza com 3 elétrons de valência (alumínio, por exemplo) é adicionada.

Alguns átomos de silício irão transferir um elétron de valência para completar a falta no átomo da impureza, criando um buraco positivamente carregado no nível de

valência e o cristal será um **semicondutor tipo p**, devido à carga positiva dos portadores (buracos).



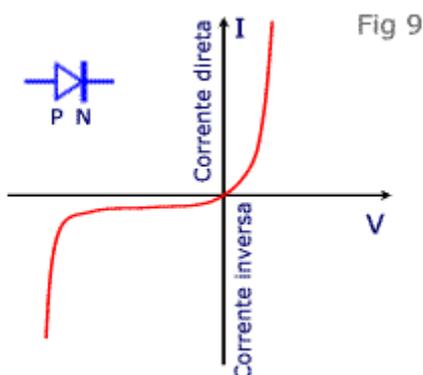
Se um semicondutor tipo P é colocado junto a um do tipo N, na região de contato, chamada junção, haverá a formação de uma *barreira de potencial*.

Lembrar que, no estado normal, o semicondutor é eletricamente neutro pois os átomos tanto do semicondutor quanto da impureza têm iguais números de elétrons e prótons. Na junção, os elétrons portadores da parte N tendem a ocupar buracos na parte P, deixando esta com um potencial negativo e a parte N com um potencial positivo e, assim, formando uma *barreira potencial*  $V_0$ . Assim, a polaridade da barreira de potencial mantém os elétrons na parte N e os buracos na parte P (Fig 8 A).

Se um potencial externo  $V > V_0$  for aplicado conforme Fig 8 B, o potencial de barreira será quebrado e a corrente elevada pois existem

muitos elétrons em N. Diz-se então que a junção está **diretamente polarizada**.

No caso de **inversamente polarizada**, Fig 8 C, o potencial de barreira será aumentado, impedindo ainda mais a passagem de elétrons e a corrente será pequena.

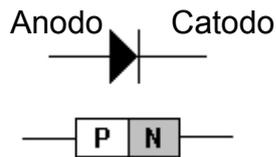


Barreira de potencial:

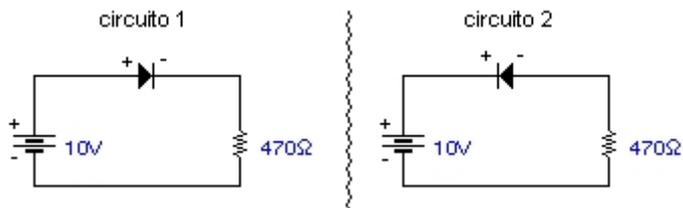
Si aproximadamente 0,7v  
Ge aproximadamente 0,3v

Este conjunto, chamado **diodo de junção**, funciona como um retificador. Na Fig 9 uma curva típica (não em escala) e o seu símbolo. Notar que, acima de um pequeno valor de polarização direta, a corrente aumenta bastante.

A polarização inversa tem limite. Acima de um determinado valor ocorre um efeito de ruptura, quebrando a barreira de potencial e a corrente sobe quase na vertical.



Agora vejamos dois exemplos simples do funcionamento dos diodos:



Circuito 1:

A corrente vai ser a tensão no resistor sobre a sua resistência, ou seja:

$$I = (10 - 0,7) / 470$$

$$I = 21\text{mA}$$

A tensão no diodo será a BP

Circuito 2:

Como o diodo está reversamente polarizado:

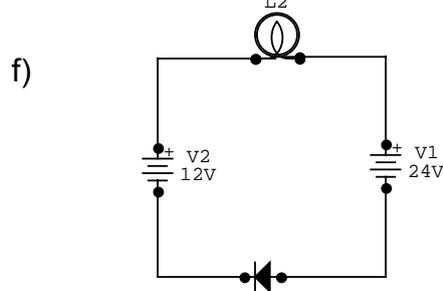
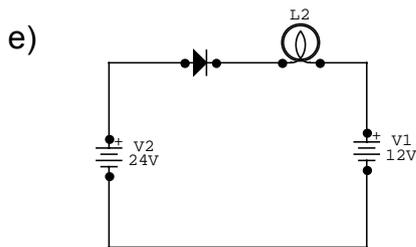
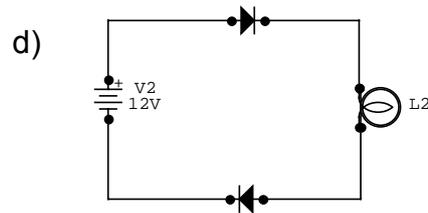
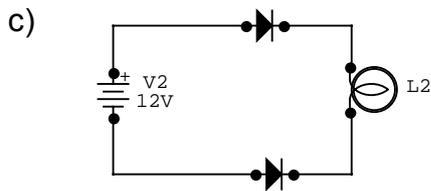
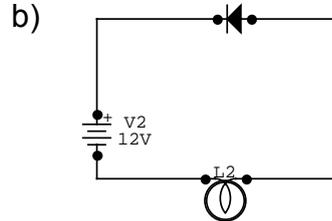
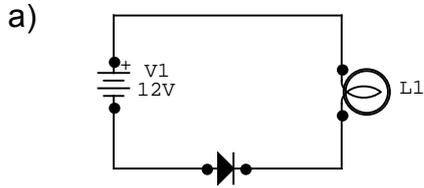
$$I = 0$$

A tensão no diodo será a VT

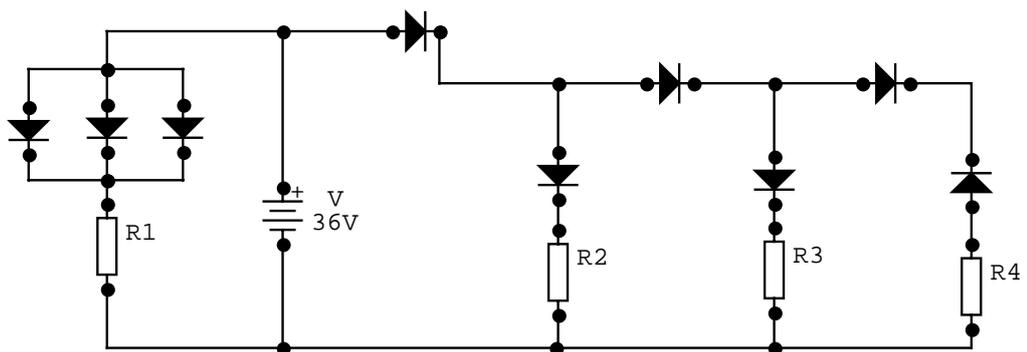
Observe que o Diodo Semicondutor se comporta como uma chave fechada quando polarizado diretamente, e como uma chave aberta quando polarizado reversamente.

**Exercícios:**

1. Para os circuitos abaixo, analise e indique se a lâmpada está acesa ou apagada.

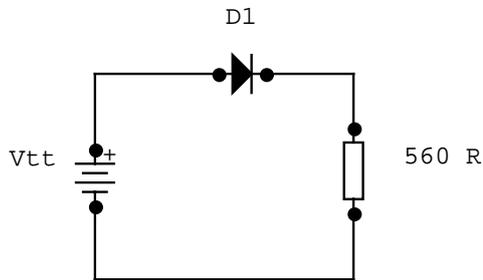


2. Para o circuito abaixo, calcule a potencia dissipada em cada resistor, sendo que todos os diodos são de Silício e todos os resistores são de valor 2k7.



**Experimento:**

1. Monte o circuito abaixo e preencha a tabela 1

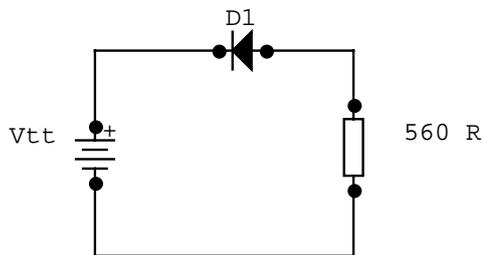


$V_{tt}$  = fonte dc ajustável  
 $I_d$  = corrente direta em D1  
 $V_d$  = tensão direta em D1

$V_{tt}$	0v	0,5v	1v	2v	3v	4v	6v	8v	10v	12v
$I_d$										
$V_d$										

Tabela 1

2. Monte o circuito abaixo e preencha a tabela 2



$V_{tt}$  = fonte dc ajustável  
 $I_r$  = corrente reversa em D1  
 $V_r$  = tensão reversa em D1

$V_{tt}$	0v	0,5v	1v	2v	3v	4v	6v	8v	10v	12v
$I_r$										
$V_r$										

Tabela 2

3. Com os dados obtidos construa a curva característica do diodo.

**Referências Bibliográficas :**

**CAPUANO**, Francisco e **MARINO**, Maria. Laboratório de Eletricidade e Eletrônica. São Paulo: Érica, 1995.

**MALVINO**, Albert P. Eletrônica . vol.1 e 2 . Pearson Education do Brasil Ltda., 1997.

**MARKUS**, Otávio. Ensino Modular: Sistemas Analógicos - Circuitos com Diodos e Transistores. São Paulo: Érica, 2000.

**ALBUQUERQUE**, Rômulo Oliveira. Análise de Circuitos em corrente Alternada. São Paulo: Érica.

**ALBUQUERQUE**, Rômulo Oliveira. Análise de Circuitos em corrente Contínua. São Paulo: Érica.

**MARKUS**, Otávio. Ensino Modular: Teoria e Desenvolvimento de Circuitos Eletrônicos. São Paulo: Érica, 2000.

**MARKUS**, Otávio. Ensino Modular: Eletricidade – Corrente Contínua. São Paulo: Érica, 2000.

**SIMONE**, Gílio Aluísio. Transformadores – Teoria e Exercícios. São Paulo: Érica.

**NETO**, Vicente Soares e . Telecomunicações – Tecnologia de Centrais Telefônicas. São Paulo: Érica.

**LANDO**, Roberto Antonio. Amplificador Operacional. São Paulo: Érica.

**GIORGINI**, Marcelo. Automação Aplicada: Descrição e Implementação de Sistemas Seqüenciais com PLCs. São Paulo: Érica.

**BOYLESTAD**, Robert L. Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2004.