Apostila

Conhecendo Resistores e Capacitores

INDICE

1. Fonte de energia elétrica 02
1.1 Fonte CC (corrente contínua)..... 05
1.2 Fonte CA (corrente alternada)..... 06
2. Corrente elétrica 07
3. Resistor (parte 1) 09
4. Introdução à Lei de Ôhm 09
4.1 Exercícios de fixação 12
5. Resistor (parte 2) 13
5.1 Resistor fixo 13
5.2 Código de cores 17
5.3 Exercícios de fixação 20
5.4 Resistor variável 21
5.5 Associação de resistores 23
5.5.1 Associação série 23
5.5.2 Associação paralela 25
5.5.3 Associação mista 26
5.5.4 Exercícios de fixação 27
6. Capacitor 27
6.1 Capacitor fixo 31
6.2 Capacitor variável 33
6.3 Código de capacitores 35
6.4 Exercícios de fixação 39
6.5 Carga e descarga de capacitores 40
6.5.1 Carga 41
6.5.2 Descarga 44
6.5.3 Exercícios de fixação 45

Definição de Eletrônica

Eletrônica é o ramo da ciência que estuda o uso de circuitos formados por componentes elétricos e eletrônicos, com o objetivo principal de *representar, armazenar, transmitir ou processar* informações além do controle de processos e servo mecanismos. WIKIPÉDIA

APRESENTAÇÃO

Essa apostila aborda a parte prática básica de eletrônica, envolvendo os componentes mais comuns, no que diz respeito a símbolos e encapsulamentos.

Na fase preparatória para introdução em componentes eletrônicos, trabalharemos com o princípio de funcionamento de circuito elétrico, de maneira sucinta, uma fez que o assunto será abordado com detalhes em outro momento. A introdução se faz necessária para que possamos entender o funcionamento básico de cada componente aqui abordado.

Todos os símbolos, encapsulamentos e valores de componentes encontrados nessa apostila são comerciais e atualmente utilizados, portanto de fácil acesso.

1. FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA

A fonte é um elemento básico usado para alimentação de circuitos elétricos e eletrônicos e classificam-se em: Contínua, pulsante e alternada. As fontes possuem em terminais de saída uma **d.d.p.** (diferença de potencial) que quando ligados um no outro através de uma carga, cria-se uma força que movimenta os elétrons do potencial maior (positivo, +) para o menor (negativo, -), sentido convencional (adotado). Essa força é chamada de **f.e.m.** (força eletro-motriz) e ao movimento dos elétrons é dado o nome de **Corrente elétrica.**

Vamos usar como exemplo duas caixas d'água para entendermos melhor essas grandezas elétricas.

Exemplo prático:

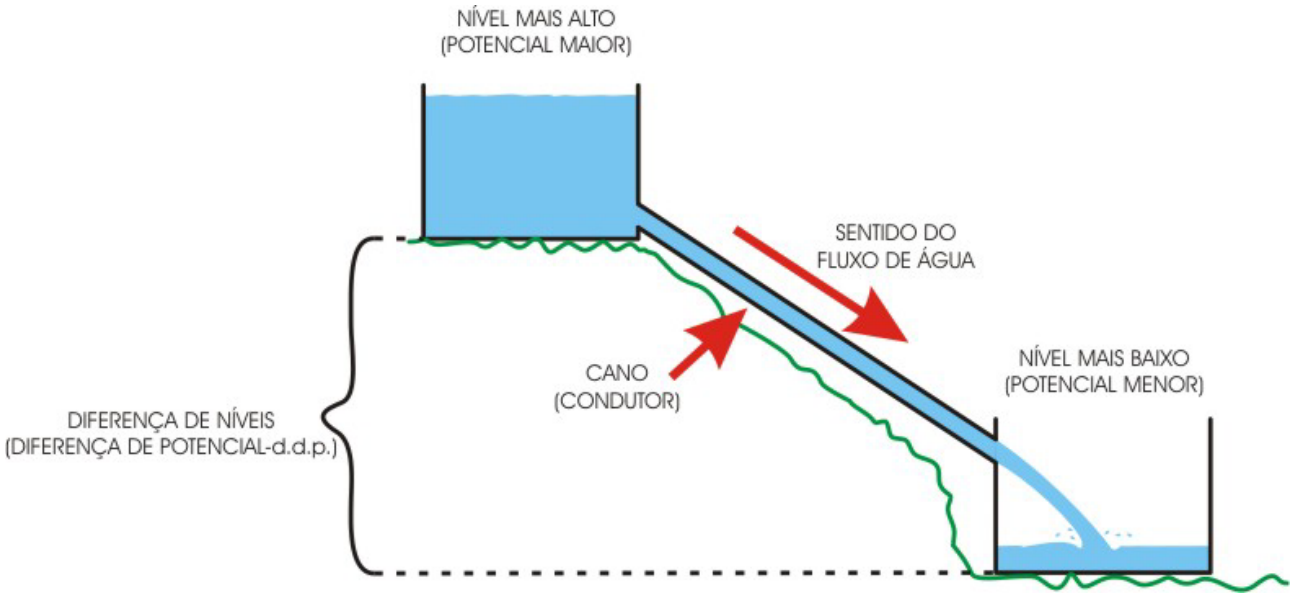


Figura 1

Temos no exemplo da figura 1, duas caixas d'água colocadas em níveis diferentes, proporcionando assim uma diferença de nível, ou uma diferença de potencial (**d.d.p.**). Se interligarmos o potencial maior ao potencial menor através de um condutor (cano), a força exercida pela **d.d.p.** fará com que circule pelo condutor, um fluxo de água no sentido do potencial maior para o menor.

No nosso exemplo:

- **d.d.p.** é a diferença de nível entre as caixas;
- **f.e.m.** é a força da gravidade
- **Corrente elétrica** é o fluxo de água

Resumindo, se existir uma conexão entre uma diferença de potencial, uma força eletro-motriz fará circular por essa conexão um fluxo de corrente elétrica do positivo para o negativo (sentido convencional).

A unidade de medida para representarmos uma **d.d.p.** (diferença de potencial) é o Volt (V), e os múltiplos e submúltiplos mais usados são:

- kV (quilo Volts) $x10^3$
- mV (mili Volts) $x10^{-3}$

A unidade de medida para representarmos uma intensidade de fluxo de corrente elétrica é o Ampère (A), e os múltiplos e submúltiplos mais usados são:

- kA (quilo ampères)
- mA (mili ampères)
- μA (micro ampères)

Obs.: Os múltiplos e submúltiplos são utilizados juntos as unidades de medida para simplificar a representação das mesmas, sendo aplicadas nas principais grandezas como (Volt, Ampère, Ôhm, Watt, Farad, metro, grama, litro, etc.) e simbolizados como:

- G (Giga) = $x10^{9}$
- M (Mega) = $x10^{6}$
- k (quilo) = $x10^{3}$
- m (mili) = $x10^{-3}$
- μ (micro) = $x10^{-6}$
- n (nano) = $x10^{-9}$
- p (pico) = $x10^{-12}$

Exemplos:

1) 5km (quilo metros ou kilômetros) = 5 $x10^{3}$ m = 5000m (metro)
2) 3kg (quilo grama ou kilograma) = 3 $x10^{3}$ g = 3000g (grama)
3) 0,02m (metro) = 20 $x10^{-3}$ m = 20mm (milímetro)
4) 200ml (mili litro) = 200 $x10^{-3}$ l = 0,02L (litro)
5) 0,012A (ampères) = 12 $x10^{-3}$ A = 12mA (mili ampères)
6) 1000V (Volts) = 1 $x10^{3}$ V = 1KV (quilo Volt)
7) 0,7mA (mili ampères) = 700 $x10^{-6}$ A = 700μA (micro ampères)

Dessa forma observa-se que os valores são multiplicados ou divididos por 1000 (mil) em cada nível, para alterarmos a representação da unidade final.

Vejamos como ficaria 1Volt convertido em múltiplos e submúltiplos mais comuns:

- G (Giga)	= $x10^{9}$	0,000000001 GV
- M (Mega)	= $x10^{6}$	0,000001 MV
- k (quilo)	= $x10^{3}$	0,001 kV
1Volt – unidade básica		1V
- m (mili)	= $x10^{-3}$	1.000 mV
- μ (micro)	= $x10^{-6}$	1.000.000 μV
- n (nano)	= $x10^{-9}$	1.000.000.000 nV
- p (pico)	= $x10^{-12}$	1.000.000.000.000 pV

Em qualquer linha que estiver, divida por 1000 a cada linha que subir e represente com a letra. Se for descer, multiplique por 1000 a cada linha. Conforme exemplo ao lado

É muito comum inserir os símbolos (letras) de múltiplos e submúltiplos para eliminar os zeros em uma grandeza.

Mais exemplos (embora as duas maneiras estejam corretas)

Se usa 1kg e não 1000g (mil gramas)

Se usa 80km e não 80.000m (oitenta mil metros)

1.1- **FONTE CC (Corrente contínua)**

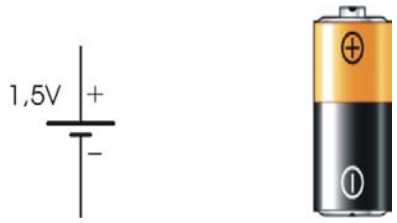
Fonte de corrente contínua é aquela onde o fluxo de corrente elétrica circula pela carga sempre constante e em um único sentido.

Exemplos de fonte cc.

- Pilha
- Bateria
- Fonte eletrônica retificada e estabilizada

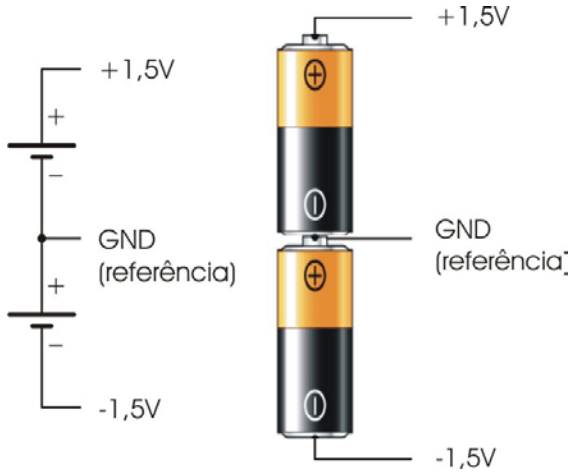
Tipos e símbolos

Fonte fixa simples



Uma pilha de 1,5V é um exemplo de fonte fixa.

Fonte fixa simétrica



Com duas pilhas em série é um exemplo de fonte simétrica, onde a partir da referência, temos tensão positiva e negativa. Da mesma forma, se ignoramos a referência, temos a soma das fontes, obtendo uma fonte de 3V.

Fonte variável

Com esse tipo de fonte podemos variar (ajustar) qualquer valor de tensão dentro da faixa especificada.

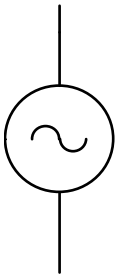
Exemplo: fonte variável de 0v a 30v.

1.2- FONTE CA (Corrente alternada)

Fonte de corrente alternada é aquela que, o próprio nome já diz, alterna o sentido de corrente devido a sua mudança de polaridade. As formas de onda (tipos) de fonte c.a., mais comuns são as **Senoidal**, **Triangular** e **Quadrada**.

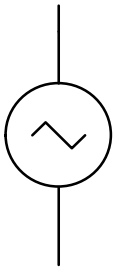
Tipos e símbolos

Senoidal

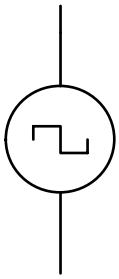


Com esse símbolo senoidal, representamos uma fonte de energia muito comum no nosso dia a dia que é a "tomada" de 110 ou 220 Volts

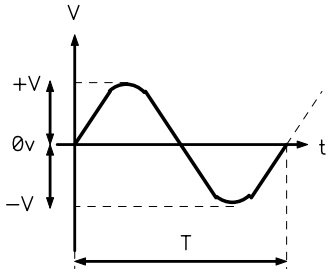
Triangular



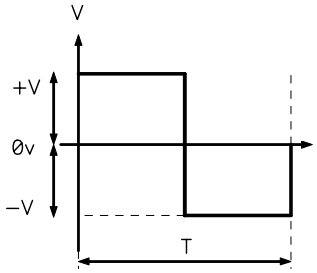
Quadrada



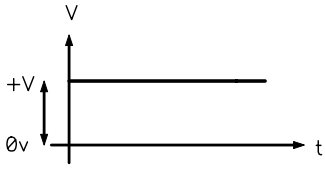
A fonte de corrente alternada será vista com mais detalhes em outro momento, mas mostramos a seguir alguns espectros (formas de ondas) de alguns sinais alternados e contínuo, a título de ilustração.



Senoidal



Quadrada



Contínua

Onde:

V	=	tensão
+V	=	tensão positiva
-V	=	tensão negativa
t	=	tempo
T	=	período

Os sinais alternados são especificados pelo tipo, tensão máxima e freqüência. Exemplo: Nossa "tomada 220V" o sinal é do tipo senoidal, tensão máxima (tensão de pico) de aproximadamente 311Volts e freqüência de 60 Hz.

2- CORRENTE ELÉTRICA

Corrente elétrica como já comentado anteriormente, é o fluxo de elétrons entre a diferença de potencial. Essa corrente elétrica circulando por vários componentes eletroeletrônicos de um circuito, é que ocasiona o funcionamento do mesmo.

Muitos componentes não podem receber a corrente máxima gerada na fonte de alimentação, por possuírem características internas que os levariam a danos irreparáveis (queima). Devido a isso, necessitamos limitar o fluxo de corrente elétrica para esses componentes. O componente responsável por essa função é o **resistor**, que coloca-se no caminho da corrente elétrica, proporcionando uma resistência (obstáculos) à sua passagem, diminuindo a sua intensidade.

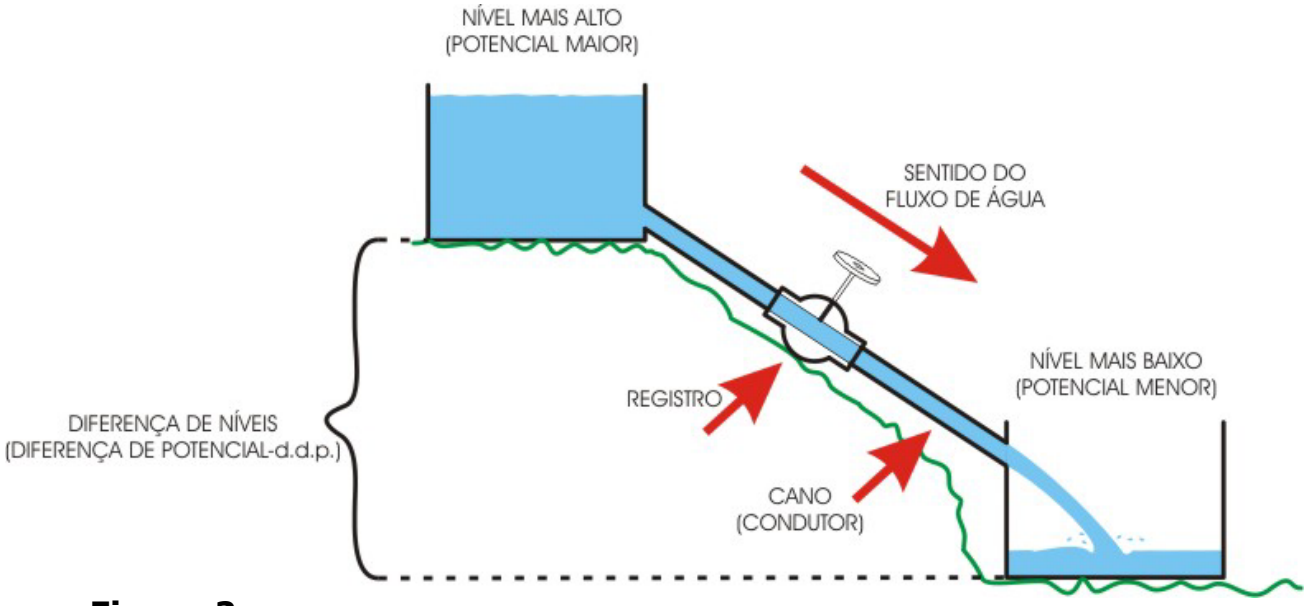


Figura 2

Na figura 2 temos um exemplo prático para explicarmos o funcionamento de um **resistor**. As duas caixas com água formam nossa diferença de potencial (**d.d.p.**), a tubulação, nosso condutor e o registro o nosso **resistor.**

Nesse processo observa-se que, a medida que fechamos nosso registro, a intensidade de fluxo de água diminui, pois estamos colocando mais dificuldade a passagem da água. Em um circuito elétrico o **resistor** tem a mesma função, ou seja, impor dificuldade à passagem da **corrente elétrica**, diminuindo seu fluxo (intensidade).

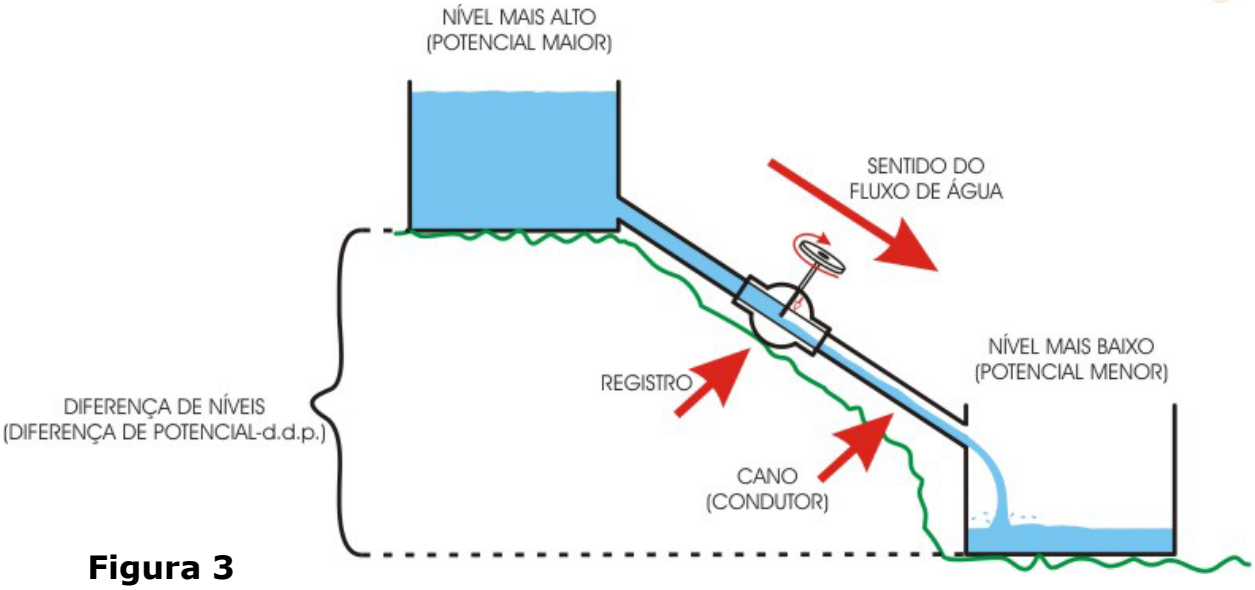


Figura 3

Observe o desenho da figura 3, onde fechamos o um pouco o registro, o fluxo de água diminui. Outra coisa muito importante a ser observado e entendido é que, nesse "circuito", em qualquer ponto da tubulação a vazão de água é a mesma. **NÃO** podemos falar que antes do registro passa mais água do que depois do registro, ou seja, se do potencial maior (caixa de cima), sai 10 litros por segundo, no potencial menor (caixa de baixo) chega 10 litros por segundo. A intensidade do fluxo será igual em todo o condutor, antes e depois da resistência (registro).

Figura 4

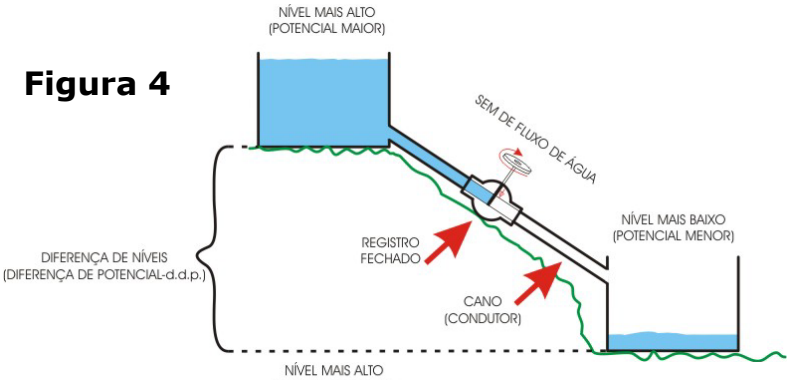
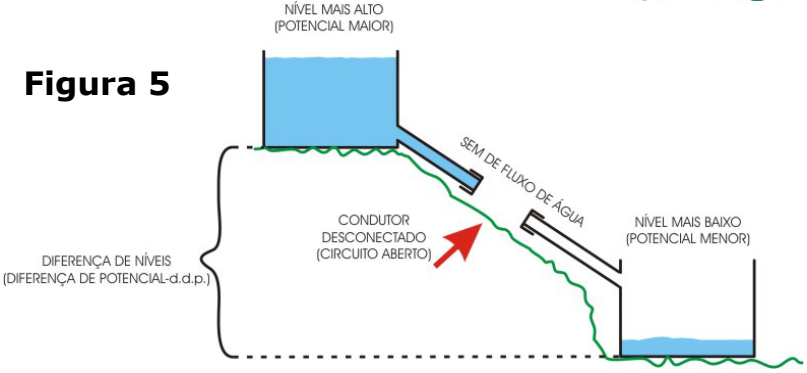


Figura 5



Na figura 4 fechamos completamente o registro e observamos que não tem mais fluxo de água. Podemos dizer que o circuito foi interrompido ou desconectado como ilustra a figura 5.

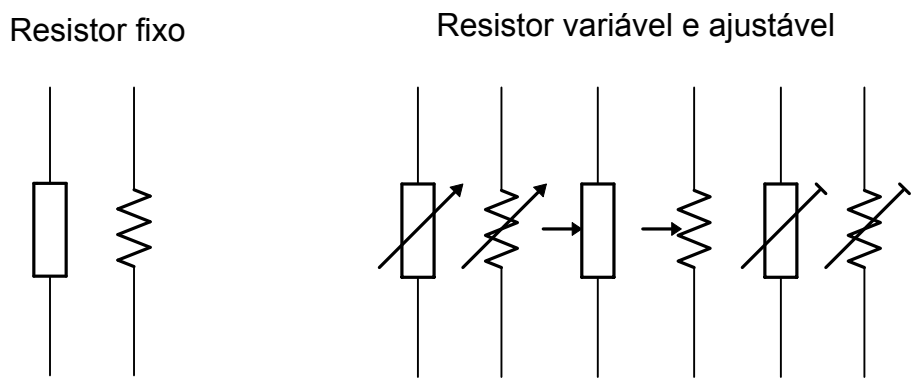
3- RESISTOR (parte 1)

O resistor é um semicondutor cuja função é dificultar a passagem de corrente elétrica, limitando a sua intensidade através de uma **resistência elétrica** e distribuindo-a aos demais componentes. O resistor apresenta-se em dois tipos: Fixo e variável.

A unidade de medida de **resistência elétrica** é o Ohm (Ω ou R) e os múltiplos mais usados são:

MΩ (mega Ohms)
kΩ (quilo Ohms)

Tipos e símbolos

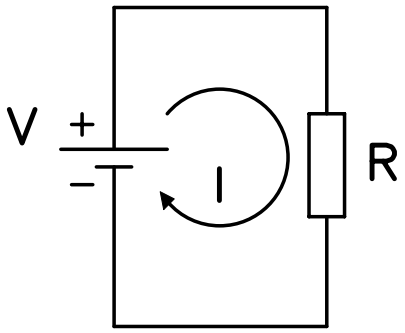


4- INTRODUÇÃO À LEI DE ÔHM

A Lei de Ohm será apresentada de maneira simples, pois trata-se de um assunto abordado em detalhes em um outro momento.

Tendo um circuito contendo uma fonte de corrente contínua e um resistor como carga, ligado em seus terminais como na figura 6, teremos imediatamente um fluxo de corrente elétrica contínua e constante que parte do potencial maior (positivo) para o menor (negativo) passando pelo resistor. A intensidade do fluxo de corrente elétrica depende da diferença de potencial (d.d.p.) em Volts e do valor ohmico do resistor (resistência). Compare isso com o exemplo das caixas d'água anteriores, ou seja, a intensidade do fluxo da água, depende da altura que estiver a caixa de cima e de quanto se fecha o registro.

Nesse circuito a Lei de Ohm nos permite calcular o valor de qualquer uma dessas grandezas (corrente, tensão e resistência), desde que saibamos as outras duas.



Onde:

V = tensão (d.d.p.) em Volt (V)
I = intensidade de corrente elétrica em Ampère (A)
R = resistência elétrica em Ohm (Ω)

Figura 6

A Lei de Ohm diz que **V=R.I**, portanto se quisermos calcular outro valor, basta isolá-lo na fórmula.

Exemplo:

Se no circuito acima tivéssemos uma tensão de 12v (Volts) ligada a um resistor de 10Ω, a intensidade de corrente elétrica seria de :

I=V/R ⇒ I = 12/10 ⇒ I = 1,2A (Ampères)

Devido a uma corrente elétrica passando pelo resistor, e esse impondo uma resistência à sua passagem, acaba transformando a energia elétrica em energia térmica aquecendo seu corpo. Em alguns casos essa energia térmica passa a ser desprezível, mas em outros, devemos considerar de fundamental importância nos cálculos de um circuito eletroeletrônico. A essa transformação é dado o nome de **Potência.**

Num circuito elétrico como o exemplo anterior, devemos calcular a potência para podermos dimensionar um resistor adequado, para que possa dissipar essa potência sem ocasionar sua queima.

Os resistores dissipam o calor gerado trocando-o com o ambiente (ar) de modo natural ou forçado (ventilador), portanto quanto maior for o corpo do componente, mais material terá para aquecer e maior será o contato com o ar, sedo assim, maior será a potência que suportará. Existem também resistores construídos com material que possibilita melhor troca de calor (dissipação) com o ambiente, mantendo-o com tamanhos reduzidos.

A unidade de medida de potência é WATT (W) e os múltiplos e submúltiplos mais comuns são:

kW (quilo Watt)
mW (mili Watt)

A Lei de Ohm também diz que **P=V.I**

Onde:

P = potência em Watts (W)
V = tensão em Volts (V)
I = corrente em Ampères (A)

Exemplo:

Em um circuito elétrico temos um resistor conectado a uma fonte c.c. de 10v (Volts). Sabendo que passa pelo resistor uma corrente elétrica de intensidade igual a 2A (Ampères) pede-se: qual o valor ohmico do resistor e a potência que deverá suportar.

Valor ohmico $R = V/I \Rightarrow R = 10/2 \Rightarrow$ **R = 5Ω**

Potência $P = V.I \Rightarrow P = 10.2 \Rightarrow$ **P = 20w**

Exemplo prático do dia a dia:

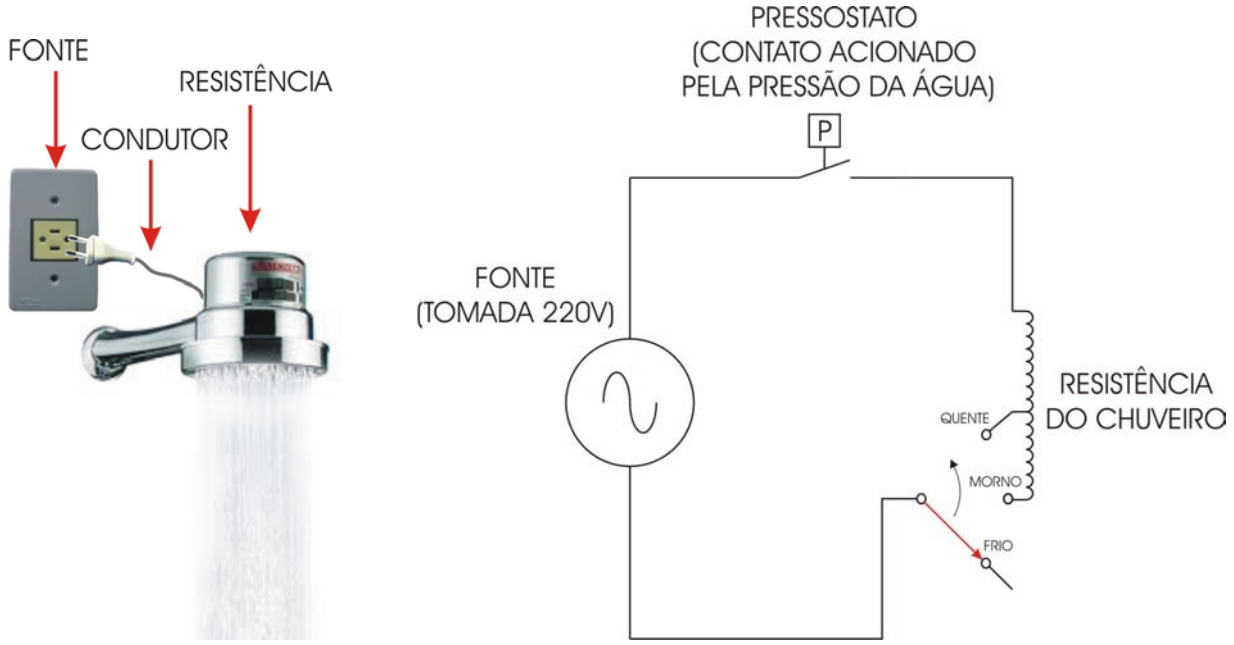


Figura 7

Na figura 7 representamos um esquema elétrico de um chuveiro ligado a uma fonte de corrente alternada. Observe que existe uma fonte, uma resistência e uma chave seletora de temperatura. A posição atual da chave está em "FRIO", pois a resistência está desligada.

Se ligarmos na posição "MORNO" e ligar o chuveiro, a pressão da água ligará o pressostato que fará circular corrente elétrica por toda a resistência. Como no circuito estamos usando toda a resistência para a passagem da corrente, ela será a menor possível, aquecendo menos e conseqüentemente diminuindo a potência. Se ligarmos a chave na posição "QUENTE", usamos apenas uma parte da resistência que fará com que a corrente aumente, e com isso aumenta também a potência.

A resistência do chuveiro aquece por causa da corrente que passa por ela e precisa dissipar esse calor (espalhar). Quem "tira" o calor da resistência é a água que passa por ela, que acaba saindo quente. Quando abrimos bastante o registro do chuveiro a água passa rapidamente pela resistência e esquenta pouco. Se queremos um banho mais quente, normalmente fechamos um pouco o registro pra água ficar mais tempo em contato com a resistência e sair mais quente. Se fecharmos muito, diminuí a pressão da água e o pressostato desliga a resistência pra evitar que ela queime. Por isso que ao instalar o chuveiro, primeiramente temos que enchê-lo de água pra depois ligar. Porque se ligar sem água, a resistência não terá com quem trocar calor e queimará.

Na figura 6, onde temos o circuito com o resistor, funciona do mesmo jeito. A diferença do resistor é que a função dele é limitar a passagem da corrente elétrica, conseqüentemente pode aquecer. Já a resistência do chuveiro, sua função é aquecer e isso acontece porque ela limita a passagem da corrente.

4.1- EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

Lista **EF01**

OBS.: Para todos obterem resultados aproximados, adotem as seguintes regras:

1 – Utilizar no resultado final o múltiplo ou submúltiplo apropriado;
2 – Nunca esqueça de colocar a unidade de medida correta junto ao valor;
3 – Utilizar no máximo duas casas depois da vírgula, arredondando a segunda para cima, caso a terceira seja maior que 4;
4 – Nunca arredondar um valor antes de representá-lo com submúltiplo;
5 – Evitar usar um valor arredondado para prosseguir com outros cálculos;
6 – Tenha sempre à mão uma calculadora.

5- RESISTOR (parte 2)

Como já mencionado, os resistores são classificados em dois tipos: fixos e variáveis. Os resistores fixos são aqueles cujo valor da resistência não pode ser alterada, enquanto que os variáveis têm a sua resistência modificada dentro de uma faixa de valores através de um cursor móvel.

5.1- RESISTOR FIXO

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; e a máxima potência elétrica dissipada.
Exemplo: Um resistor com valores de 100Ω, ± 5% e 1/4W, significa que possui um valor nominal de resistência de 100Ω (Ohms), uma tolerância sobre esse valor de mais ou menos 5% e pode dissipar uma potência de no máximo 1/4W (Watts) ou 0,25W.

Dentre os tipos de resistores fixos, destacamos os de fio, de filme de carbono e o de filme metálico.

Resistor de fio : Consiste basicamente em tubo cerâmico, que servirá de suporte para enrolarmos um determinado comprimento de fio, de liga especial (níquel-cromo) para obter-se o valor desejado. Os terminais desse fio são conectados aos terminais presos ao tubo.

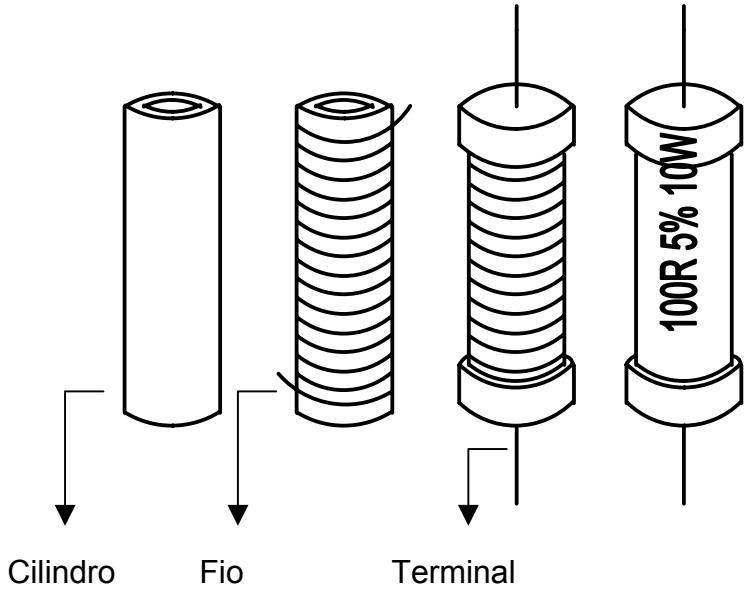


Figura 8

Os resistores de fio são encontrados com valores de resistência de alguns Ohms (Ω) até alguns quilo Ohms (kΩ), e são aplicados onde se exige altos valores de potência, acima de 5W (Watts), sendo sua especificações impressas no próprio corpo.

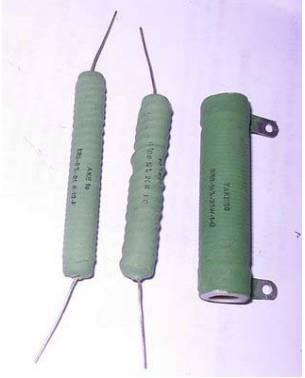


Figura 9

Resistor de filme de carbono: Consiste em um cilindro de porcelana recoberta por um filme (película) de carbono. O valor da resistência é obtido mediante a formação de sulco (corte), transformando a película em uma fita helicoidal. Esse valor pode variar conforme a espessura do filme e largura da fita formada. Como revestimento, encontramos uma resina protetora sobre a qual será impresso um código de cores, que identificará seu valor nominal e tolerância. Observe a figura 10.

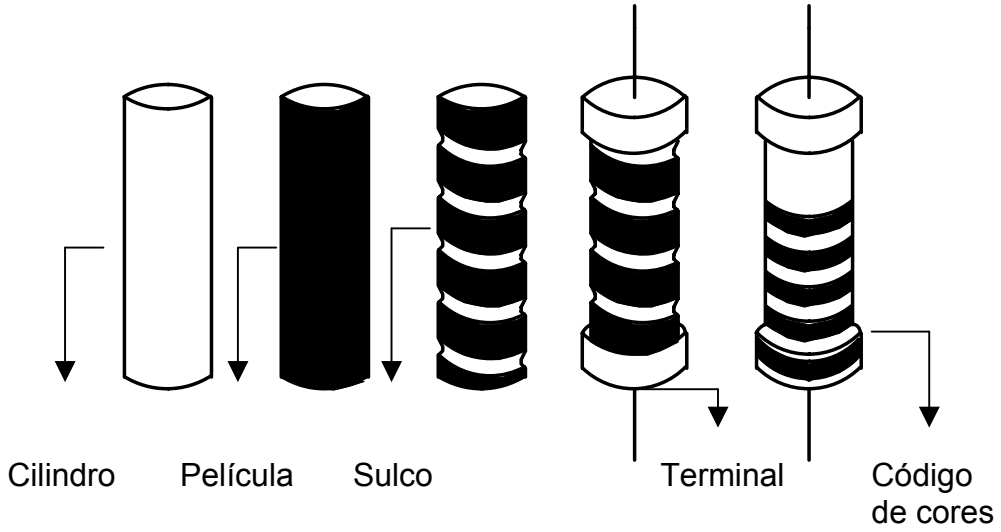


Figura 10

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

Figura 11

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 abaixo de 2%. Os de filme metálico também possuem melhor dissipação de calor, possuindo assim, potências maiores que os de filme de carbono, mantendo-se em tamanhos reduzidos.

Figura 12

Encontramos atualmente resistores bem menores, soldados em placas eletrônicas, conhecido como resistor SMD, que traduzindo significa montagem em superfície. Esses resistores, assim como outros componentes, possuem terminais de solda acoplados no próprio corpo e extremamente curtos. Muitos desse resistores (os menores), não possuem valores impressos no seu corpo e só sabemos que são resistores pela identificação na placa, ao lado do componente, do tipo R1, R2 ... . Os valores desses resistores são obtidos através do esquema eletrônico da placa ou catalogo do fabricante.

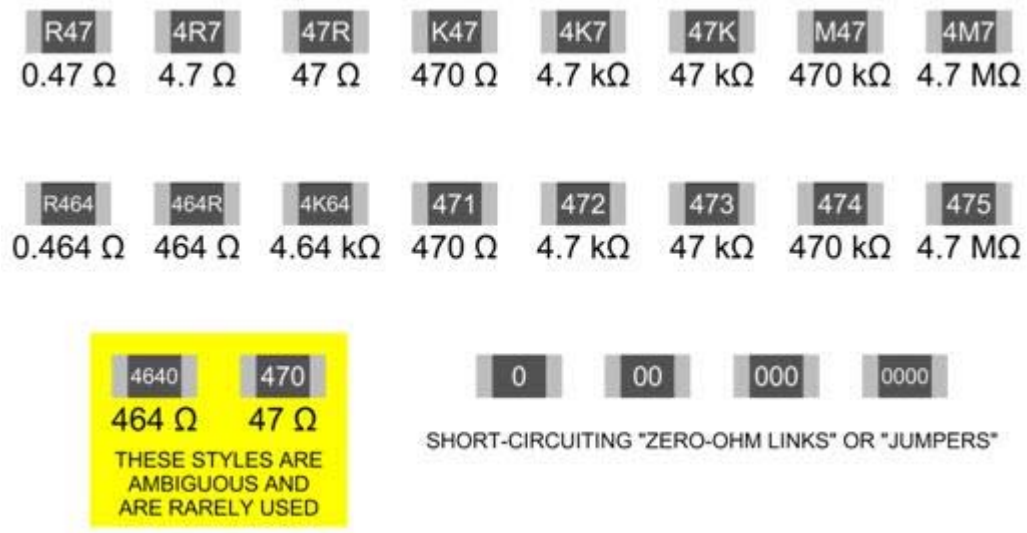


IMAGEM AMPLIADA

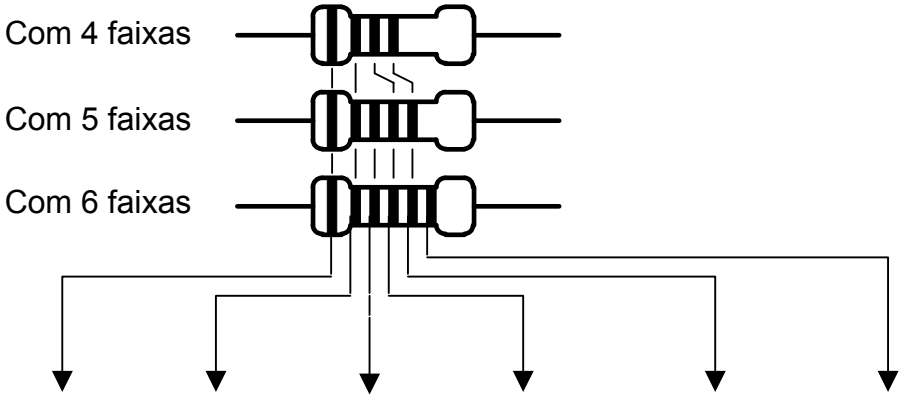
Comparando os dois

Figura 13

5.2- CÓDIGO DE RESISTORES

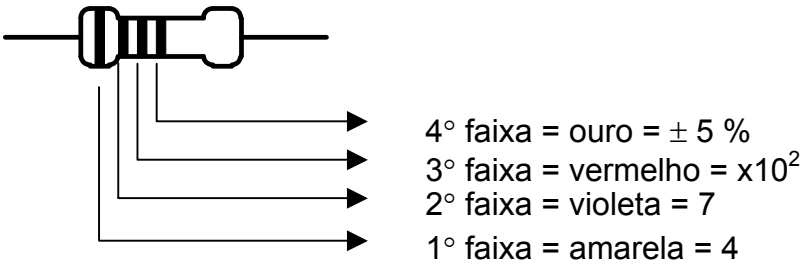
Os resistores de filme de uso geral, possuem impresso em seu corpo um código de cores que identifica a sua resistência, tolerância e às vezes o coeficiente de temperatura, que vem a ser a variação do valor de resistência com o variação de temperatura de trabalho.

A tabela a seguir, mostra como fazer a leitura desse código de cores.

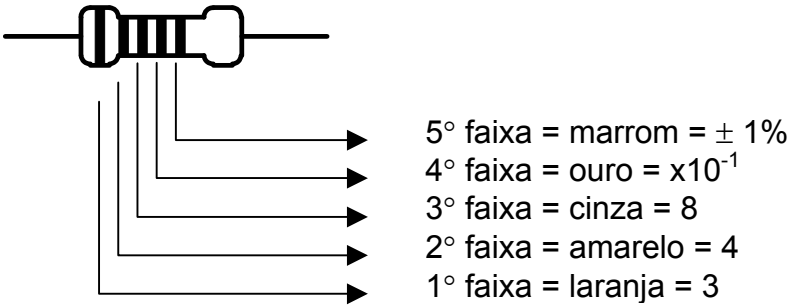


COR	1º Algar.	2º Algar.	3º Algar.	Fator Mult.	Toler.	Coef. T. PPM/ºC
Preta	-	0	0	1	-	-
Marrom	1	1	1	10	±1%	100
Vermelha	2	2	2	10^2	±2%	50
Laranja	3	3	3	10^3	-	15
Amarela	4	4	4	10^4	-	25
Verde	5	5	5	10^5	±0,5%	-
Azul	6	6	6	10^6	±0,25%	10
Violeta	7	7	7	10^7	±0,1%	5
Cinza	8	8	8	10^8	±0,05%	-
Branca	9	9	9	10^9	-	1
Ouro	-	-	-	10^{-1}	±5%	-
Prata	-	-	-	10^{-2}	±10%	-

Exemplo:



$47 \times 10^2 \pm 5\ \%$ = $4700\Omega \pm 5\ \%$ = $4{,}7k\Omega \pm 5\ \%$ = **4k7 ± 5 %**



$348 \times 10^{-1} \pm 1\%$ = **34,8Ω ± 1%**

Resistores com 4 faixas são de filme de carbono e possuem tolerâncias acima de 1%.

Resistores com 5 faixas são de filme metálico e de precisão, ou seja, de tolerância menores que 2%.

Resistores com 6 faixas, além de serem de precisão, possuem a indicação de coeficiente de temperatura. Esse coeficiente de temperatura é dado em PPM/°C, que significa Parte Por Milhão por Graus. Por exemplo, uma faixa de coeficiente de cor laranja, significa que o resistor sofre uma variação de sua resistência de 15Ω para cada 1MΩ por grau de temperatura.

Podemos encontrar em alguns circuitos antigos, resistores com apenas 3 faixas, por não existir a faixa de tolerância, indicando assim que o resistor possui uma tolerância de ± 20% (não encontrado mais comercialmente).

Os resistores com código de cores, pode nos deixar na dúvida quanto a que lado do resistor devemos começar a leitura do código. Para esclarecermos essas dúvidas, devemos nos atentar para as seguintes dicas:

- As faixas normalmente são agrupadas do lado de um dos terminais, portanto a faixa mais próxima desse terminal é a primeira, ou primeiro algarismo significativo;
- A primeira faixa nunca deverá ser de cor preta, prata ou ouro, conforme tabela;
- A segunda faixa nunca deverá ser de cor prata ou ouro, conforme tabela;
- Geralmente quando não se consegue posicionar, faz-se a leitura nos dois sentidos, e a que a tabela não permitir, descarta-se. Entretanto, existem alguns resistores de precisão que se consegue ler pela tabela dois valores diferentes. Os resistores obedecem uma serie de valores comerciais, que basta comparar os dois valores obtidos, para verificar qual deles existe. Depois de todas as tentativas anteriores, essa última é infalível.

Os valores comerciais para resistores obedecem as séries E-6, E-12, E24, E-48 e E-96 apresentadas na tabela a seguir:

E-6	10	15	22	33	47	68

E-12	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82

E-24	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30
	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91

E-48	100	105	110	115	121	127	133	140	147	154	162	169
	178	187	196	205	215	226	237	249	261	274	287	301
	316	332	348	365	383	402	422	442	464	487	511	536
	562	590	619	649	681	715	750	787	825	866	909	953

E-96	100	102	105	107	110	113	115	118	121	124	127	130
	133	137	140	143	147	150	154	158	162	165	169	174
	178	182	187	191	196	200	205	210	215	221	226	232
	237	243	249	255	261	267	274	280	287	294	301	309
	316	324	332	340	348	357	365	374	383	392	402	412
	422	432	442	453	464	475	487	499	511	523	536	549
	562	576	590	604	619	634	649	665	681	698	715	732
	750	768	787	806	825	845	866	887	909	931	953	976

Vejamos agora como encontrar na tabela o valor de um resistor:

Para as séries E-6, E-12 e E-24 tomemos como exemplo, o código 15 que consta nas três séries. Para esse código, podemos encontrar no mercado resistores com os seguintes valores:

0,15Ω
1,5Ω
15Ω
150Ω
1500Ω ou 1k5
15000Ω ou 15k
150000Ω ou 150k
1500000Ω ou 1M5
15000000Ω ou 15M

Observe que o código 15 está presente em todos os valores. Assim faremos para todos os códigos dessas séries.

Para as séries E-48 e E-96 tomemos como exemplo, o código 196 que consta nas duas séries. Para esse código, podemos encontrar no mercado resistores com os seguintes valores:

1,96Ω
19,6Ω
196Ω
1960Ω
19600Ω ou 19,6k
196000Ω ou 196k
1960000Ω ou 1960k
19600000Ω ou 19,6M

Da mesma forma, o código 196 está presente em todos os valores. Assim faremos para todos os códigos dessas séries.

Os resistores encontrados nessas séries, são os chamados de resistores de precisão por apresentarem tolerância abaixo de 2% e mais de 4 faixas.

Em um exercício onde calculamos um valor de resistor, devemos optar sempre por um valor comercial mais próximo e preferencialmente, acima do calculado para ser usado na prática.

5.3- EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

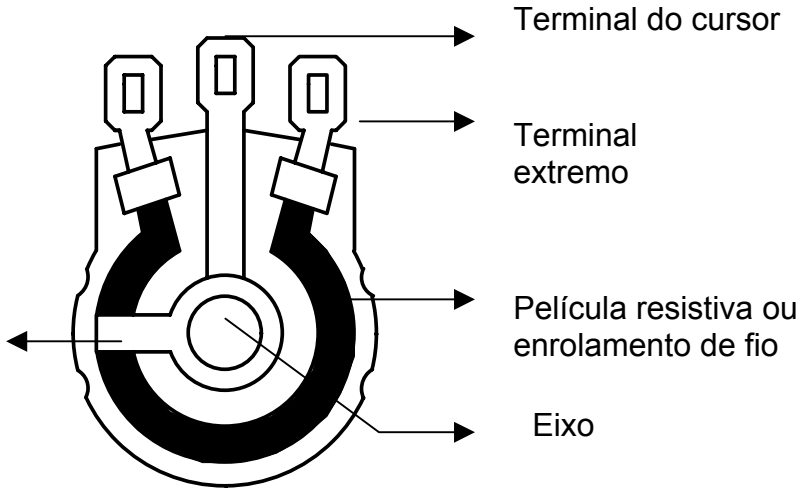
Lista **EF02**

5.4- RESISTOR VARIÁVEL

Os resistores variáveis são conhecidos como potenciômetro, devido suas aplicações como divisores de tensão em circuitos eletrônicos.

Um potenciômetro, consiste basicamente em uma película de carbono, ou de fio percorrido por um cursor móvel, que 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 14



Na prática, encontramos vários modelos de potenciômetros, que dependendo do tipo de aplicação, possuem características mecânicas diversas.

Abaixo segue alguns modelos de resistores variáveis:

Potenciômetro comum

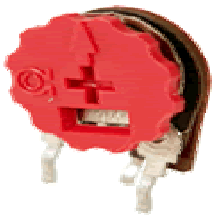
Potenciômetro multivoltas

Potenciômetro duplo

Knob (botão) para potenciômetro

Potenciômetro deslizante

Os potenciômetros acima são de atuação externa, ou seja, ficam dispostos em painéis para que se possa mexer constantemente. Já os de baixo, conhecidos como trimpots, são de atuação interna, ficam dentro dos equipamentos soldados na placa e precisam de ferramenta para ajustá-los (chave de fenda).



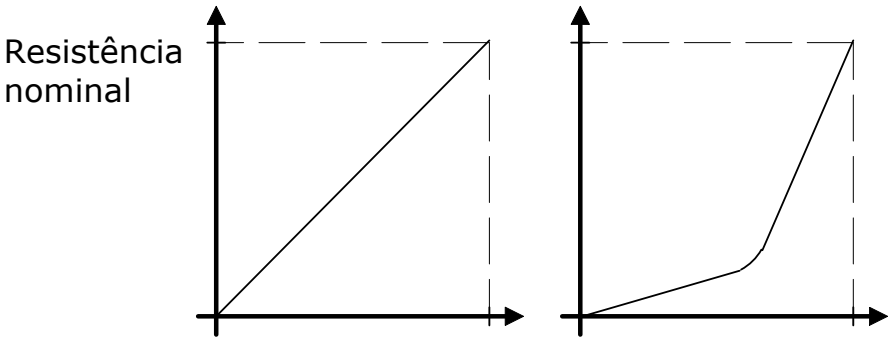
Trimpot comum

Trimpots multivoltas

Existem potenciômetros de fio, que são aplicados em situação onde é maior a sua dissipação de potência, possuindo uma faixa de baixos valores de resistência (até kΩ). Já os potenciômetros de película são aplicados em situação de menor dissipação de potência, possuindo uma ampla faixa de valores de resistência (até MΩ).

Quanto à variação de resistência, os potenciômetros de película de carbono podem ser lineares ou logarítmicos, isso é, uma característica de variação linear ou logarítmica de sua resistência.

Abaixo mostramos duas curvas de variação de resistência com relação ao deslocamento do cursor.



Ângulo de rotação do eixo

Para medirmos a variação da resistência de um potenciômetro, utilizamos um ohmímetro, devendo este ser conectado entre o terminal central e um dos extremos, conforme mostra a figura 15.

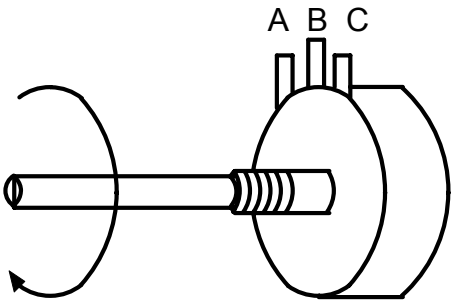


Figura 15

Ao girarmos o eixo no sentido horário, teremos um aumento da resistência entre os terminais B e C e uma diminuição proporcional entre os terminais B e A, observando que a soma dos dois valores será igual à resistência nominal, que é obtida entre os terminais A e C.

5.5- ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Os resistores podem ser associados em um circuito em série, paralelo ou misto.

A associação de resistores será visto de maneira simplificada.

5.5.1- ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

Chamamos de associação série, um circuito que possui mais de um resistor ligados de maneira que só exista um caminho para que a corrente elétrica circule, do positivo da fonte até o negativo, como na figura 16:

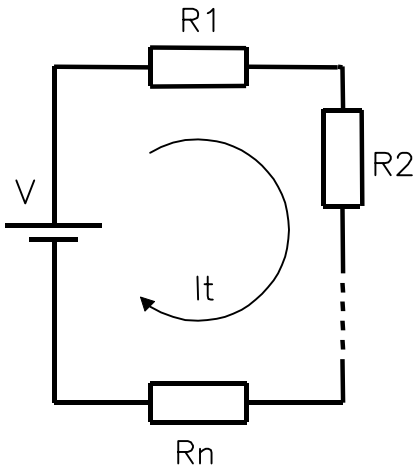


Figura 16

No circuito acima, existe uma resistência total chamada de resistência equivalente, que no circuito série calculamos da seguinte maneira:

Req = R1 + R2 + R3 + ... + Rn

Exemplo:

Req = R1 + R2 + R3
Req = 100 + 330 + 470
Req = 900Ω

Em um circuito série, quanto mais resistores tivermos associados, maior será a resistência equivalente. Vale dizer que a resistência equivalente, terá valor sempre maior do que o maior dos resistores associados.

A corrente elétrica "enxerga" no seu caminho, uma única resistência, e "parte" com sua intensidade já determinada, calculada pela Lei de Ohm. Portanto, em um circuito série, a intensidade de corrente que passa por cada componente, é igual. Entretanto, a tensão da fonte, se divide entre os componentes, como mostra a figura 17 abaixo:

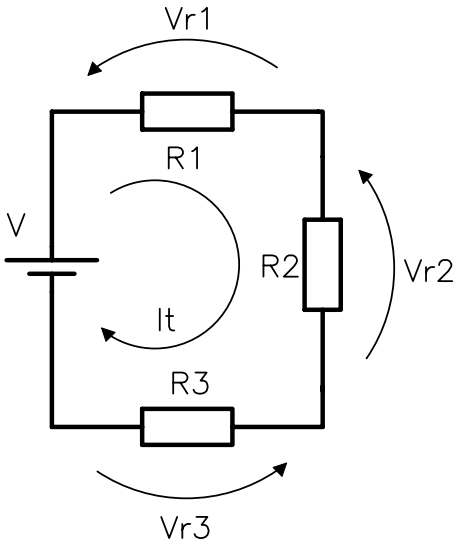


Figura 17

A tensão da fonte V é igual a soma das tensões nos componentes, ou seja, V = Vr1 + Vr2 + Vr3. A tensão em cada componente é calculada separadamente utilizando também a Lei de Ohm .
Exemplo Vr1 = R1. Ir1

Sendo: Vr1 = tensão no resistor R1
R1 = valor ôhmico do resistor
Ir1 = corrente elétrica que passa por R1, que no caso da associação série, é igual a corrente total (It).

5.5.2- ASSOCIAÇÃO PARALELA

Uma associação paralela de dois ou mais resistores é caracterizada conforme mostra a figura 18 a seguir:

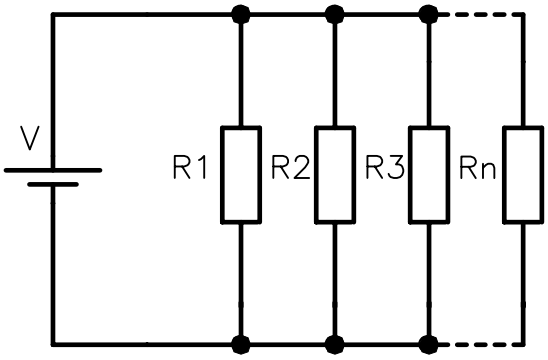


Figura 18

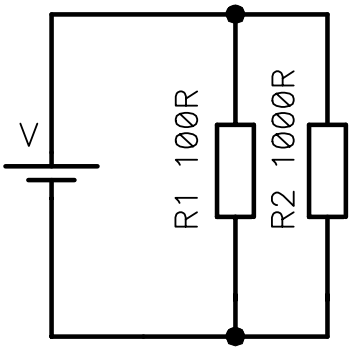
No circuito acima, também existe uma resistência equivalente (total), que no circuito paralelo calculamos da seguinte maneira:

$$1/Req = 1/R1 + 1/R2 + 1/R3 + ... + 1/Rn$$

ou então aplica-se a formula para a associação de dois resistores apenas de cada vez:

$$Req = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

Exemplo:



Opção 1

$$\frac{1}{Req} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}$$

$$\frac{1}{Req} = \frac{1}{100} + \frac{1}{1000}$$

$$\frac{1}{Req} = \frac{10 + 1}{1000}$$

$$11\ Req = 1000$$

$$Req = \frac{1000}{11}$$

$$Req = 90{,}91\Omega$$

Opção 2

$$Req = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

$$Req = \frac{100 \cdot 1000}{100 + 1000}$$

$$Req = \frac{100000}{1100}$$

$$Req = 90{,}91\Omega$$

Em um circuito paralelo, quanto mais resistores tivermos associados, menor será a resistência equivalente. Também vale dizer que a resistência equivalente, terá valor sempre menor do que o menor dos resistores associados.

Nesse circuito a corrente total, também "parte" com seu valor já determinado, porém, encontra vários caminhos para percorrer, dividindo entre os componentes e depois unindo-se novamente até o negativo.

Como podemos observar no circuito abaixo, a corrente elétrica se divide entre os resistores ao passo que a tensão é aplicada com mesmo valor sobre todos eles. Portanto, inverso ao circuito em série.

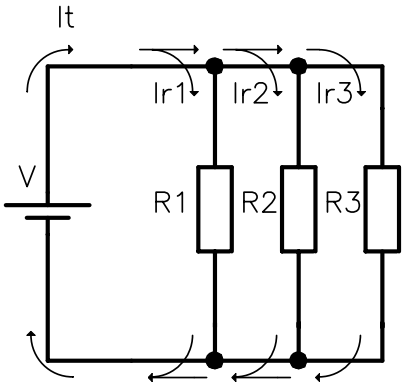


Figura 19

A corrente total que parte da fonte V é igual a soma das correntes nos componentes, ou seja, It = Ir1 + Ir2 + Ir3. A corrente em cada componente é calculada separadamente utilizando também a Lei de Ohm .
Exemplo Ir1 = Vr1/R1

5.5.3- ASSOCIAÇÃO MISTA

Nessa associação é aplicada a mistura da associação série com a paralela, como mostra o esquema da figura 20 abaixo, e calculamos cada valor analisando o circuito separadamente:

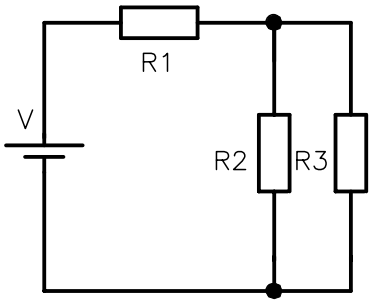


Figura 20

Nesse caso, por exemplo, devemos associar R2 com R3 por estarem em paralelo, substituindo os dois por uma resistência equivalente, e essa por sua vez estará em série com o resistor R1, fazendo então a associação em série entre os dois resultando na resistência total equivalente.

5.5.4- EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

Lista **EF03**

6 – 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 conhecido como **dielétrico**. Ligados a estas placas condutoras, estão os terminais para conexão deste com outros componentes, conforme mostra a figura 21.

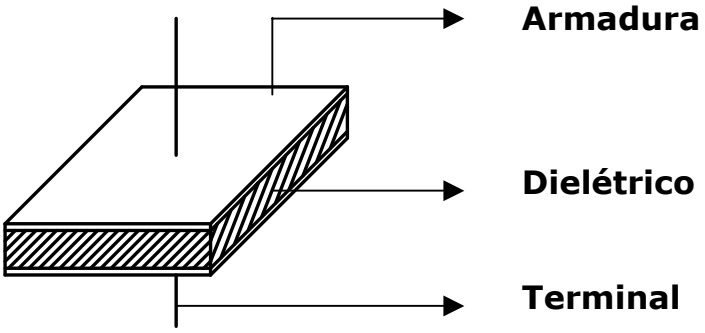
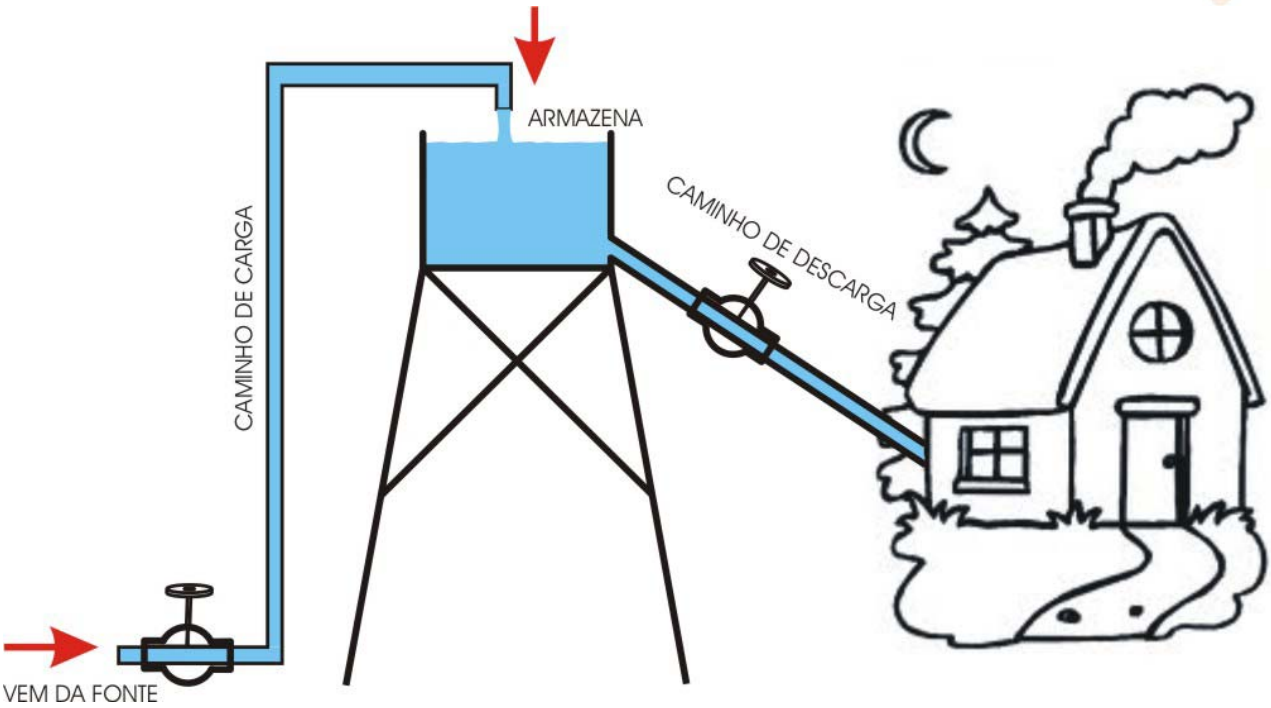


Figura 21

A característica que o capacitor apresenta de armazenar mais ou menos cargas elétricas por unidade de tensão é chamada de **capacitância (C)**.

A unidade de medida para a capacitância é o **Farad (F)**.

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



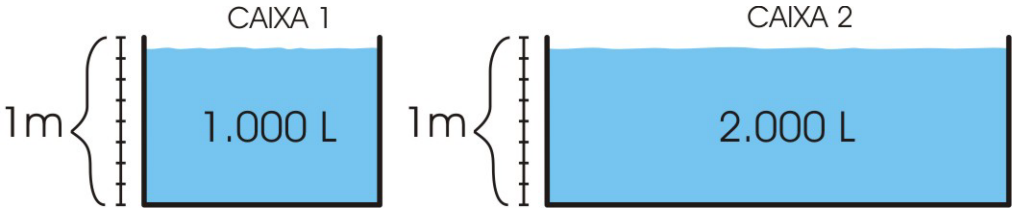
Vamos associar o capacitor à caixa d'água de nossa casa para entendermos o seu funcionamento.

Observe, primeiramente, que na figura acima temos um condutor (cano) que liga a fonte (água da rua) à caixa para armazenarmos a água. Na caixa temos outro condutor que leva a água para a casa. Dessa forma, sabemos que se faltar água da rua (fonte), não faltará água na casa porque temos água armazenada na caixa. A casa será abastecida até a caixa esvaziar (se descarregar). Se antes disso, voltar a ter água da rua, a caixa será novamente enchida (ou carregada).

Muito bem, o capacitor tem a mesma função, armazenar energia elétrica. Também podemos comparar o capacitor com uma bateria recarregável como a de telefone celular, porém o processo de carga e descarga é muito mais rápido.

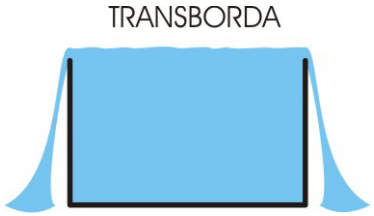
No exemplo da caixa d'água também sabemos que quanto maior for a capacidade da caixa, mais água ela consegue armazenar, conseqüentemente demora mais pra carregar (encher) e descarregar (esvaziar).

Outra coisa muito importante que devemos atentar é o nível de água que cada caixa pode suportar. No desenho abaixo, vemos duas caixas de capacidades diferentes, porém com níveis iguais.



A caixa 1 tem capacidade de 1.000 litros e só pode atingir o nível de 1 metro. A caixa 2 tem o dobro da capacidade (2.000 litros), mas tem o mesmo limite de nível de 1 metro.

Se passarmos esse nível a caixa não suportará e transbordará, conforme figura abaixo.



Como já dito anteriormente, no caso do capacitor, a capacidade de armazenamento de cargas elétricas é dado o nome de CAPACITÂNCIA, e o nível máximo de tensão (d.d.p. – diferença de potencial) que podemos aplicar, é chamado TENSÃO DE ISOLAÇÃO.

Se aplicarmos uma tensão no capacitor maior que ele suporta, o dielétrico (isolante) se rompe e o capacitor estoura ("transborda").

A relação capacitância e tensão de isolação é inversamente proporcional. Para mantermos o mesmo tamanho do capacitor, quando aumentamos a capacitância, diminuímos a tensão de isolação e vice-versa.

Quanto maior for as armaduras do capacitor, maior será sua capacitância e maior o seu tamanho. Para mantermos o seu tamanho com uma capacitância maior, devemos diminuir a espessura da isolação (dielétrico), diminuindo assim sua tensão de isolação.

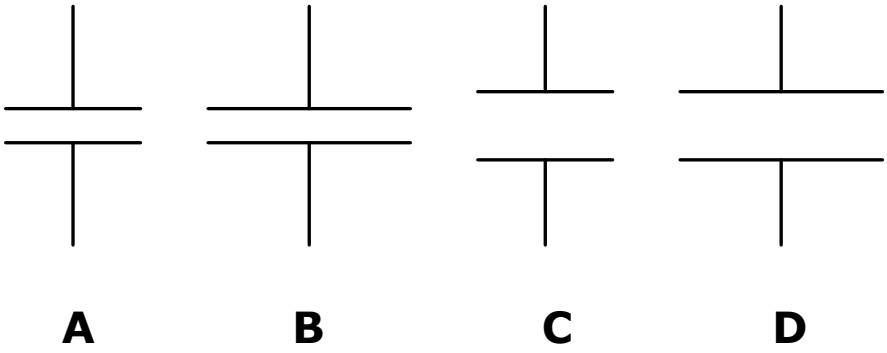


Figura 22

Analisando os capacitores da figura 22, quanto ao tamanho das armaduras bem como as distancias entre elas, podemos dizer que:

1 – O capacitor "A" possui menor capacitância que o "B".
2 – O capacitor "A" possui maior capacitância que o "C".
3 – O capacitor "A" possui menor tensão de isolação que o "C".
4 – O capacitor "B" possui maior capacitância que o "D".
5 – O capacitor "B" possui menor tensão de isolação que o "D".

A tensão de isolação de um capacitor, como já visto, indica o valor máximo de tensão que podemos aplicar em seus terminais sem danificar o dielétrico e curto circuitarmos as armaduras. Portanto a tensão da carga armazenada pode ser de 0 Volts até o valor máximo, respeitando é claro, um valor de segurança, adotando um valor comercial acima da tensão de trabalho.

A capacitância indica o quanto de energia ele vai armazenar. Quanto maior a capacitância, maior será a carga armazenada. Obs.: Não confundir com valor de tensão (Volts).

Uma maneira fácil de comparação para esclarecermos carga de energia armazenada, é pegarmos como exemplo a pilha.

Imagine duas pilhas comuns, uma pequena e uma grande, ambas possuem em seus terminais 1,5 Volts de tensão, porém a grande possui mais energia armazenada, por isso dura mais.

Outro exemplo bem comum é a bateria de 12 Volts do carro, comparada à bateria de 12 Volts do chaveiro do alarme. Ambas possuem 12 Volts, porém a do carro consegue armazenar muito mais energia que a do chaveiro. Isso porque os circuitos os quais elas estão ligadas, exigem consumos diferentes (corrente elétrica). Podemos tranqüilamente, ligarmos a bateria do carro no circuito do chaveiro que ele funcionará normalmente, pois quem define o consumo ou valor de corrente elétrica é o circuito e não a fonte (bateria). Contudo, se ligarmos a bateria do chaveiro no carro e dermos a partida, nem a luz do painel deverá acender . Embora a bateria também possua 12 Volts, não terá energia armazenada suficiente para ligar o motor de partida, fazendo com que ela de descarregue rapidamente.

Devido às dificuldades construtivas, os capacitores encontram-se situados em faixas de valores submúltiplos do Farad, como o micro Farad (μF), nano Farad (nF) e o pico Farad (pF).

$1\mu F = 10^{-6} F$
$1nF = 10^{-9} F$
$1pF = 10^{-12} F$

6.1 CAPACITOR FIXO

Símbolos e tipos

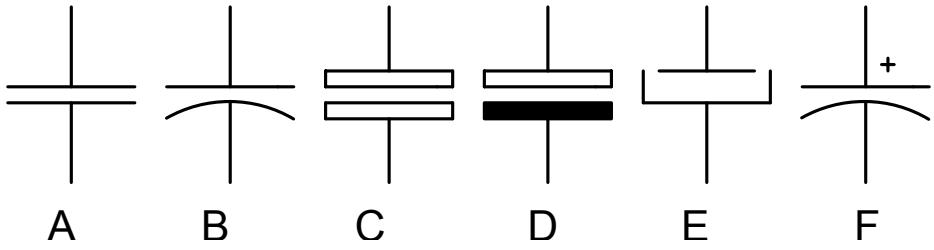
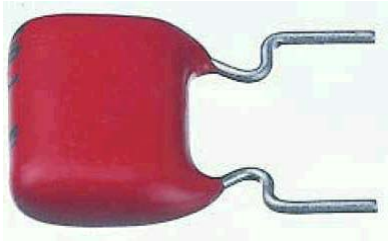


Figura 23

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

1- **Capacitores plásticos** (poliestileno, poliester, polipropileno): consistem em duas folhas de alumínio separados 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 metalização e traz como vantagem, maior capacidade de compactação comparando com os de mesmas dimensões dos não metalizados. Esses capacitores são simbolizados em um esquema conforme figura 23 desenho A, B e C.
Na figura 24 mostramos dois tipos de encapsulamento (forma física real)



Poliestileno com 1% tolerância Poliester com 10% tolerância

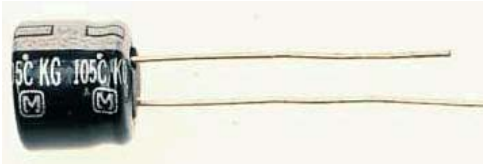
Figura 24

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. Um fluído 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 anodizado, ligada 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 um fina camada de óxido de alumínio e em uma das armaduras um fluído, constituem um série de altos valores de capacitância, mas com valores limitados de tensão de isolação 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 isolação mais limitados. Representamos esses capacitores conforme figura 23 desenhos D, E e F, onde os terminais superiores representam o positivo.

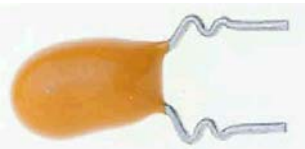
Na figura 25 mostramos dois tipos de encapsulamento (forma física real), um axial, onde existe um terminal de cada lado do capacitor e outro radial, com os dois terminais do mesmo lado.



Axial Radial

Figura 25

Na figura 26, mostramos um capacitor eletrolítico de tântalo



Tântalo

Figura 26

3- **Capacitores cerâmicos**: apresentam com dielétrico um material cerâmico, que é revertido por uma camada de tinta, que contem elemento condutor, formando as armaduras. O conjunto recebe um revestimento isolante . São capacitores de baixos valores de capacitância e altas tensões de isolação. Na figura 27 mostramos dois tipos de encapsulamento (forma física real).
Na figura 23, desenhos A, B e C veremos os símbolos utilizados.

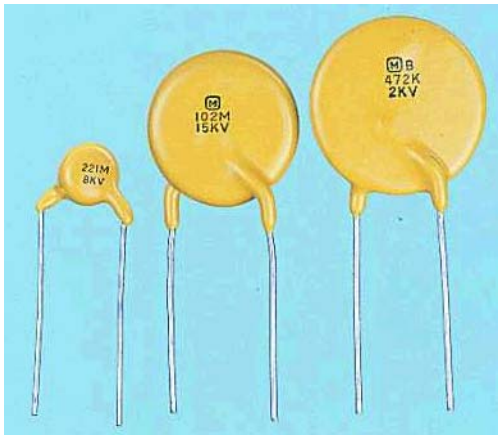


Figura 27

6.2- <u>CAPACITORES VARIÁVEIS</u>

Símbolos e tipos

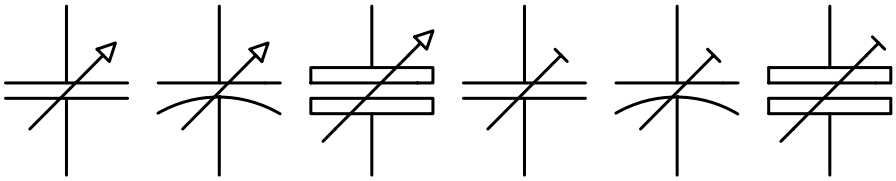


Figura 28

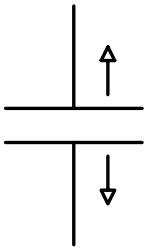
Além dos capacitores fixos, encontramos também os capacitores variáveis, que possuem sua capacitância variável normalmente por atuação mecânica. A variação de capacitância se faz alterando o tamanho das armaduras ou a distância entre elas. Esses capacitores são comumente encontrados em circuitos transmissores e receptores de RF (rádio freqüência), para pequenos ajustes na calibração (capacitores ajustáveis), ou para mudança de sintonia de um rádio receptor de AM e FM, por exemplo.
Na figura 28 mostramos três símbolos de capacitores variáveis e três de ajustáveis. Como nos resistores costuma-se dizer que os variáveis são de

atuação externa, onde altera-se sua capacitância através de um botão no painel de um aparelho, e o ajustável é de atuação interna, necessitando às vezes, abrir o aparelho e usar ferramentas específicas para calibração.
Na figura 29 mostramos dois tipos de capacitores ajustáveis.

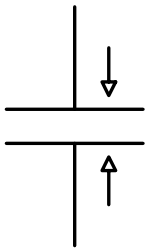
Montagem comum Montagem em superfície (SMD)

Figura 29

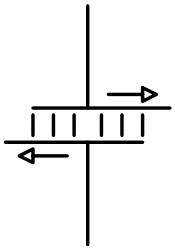
A ilustração de variação de capacitância podemos ver na figura 30.



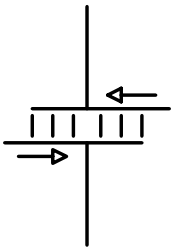
Afastando as placa diminuímos a capacitância e aumentamos a tensão de isolação



Aproximando as placas, aumentamos a capacitância e diminuímos a tensão de isolação



Deslocando as placas para fora, diminuímos a capacitância



Deslocando as placas para dentro, aumentamos a capacitância

Figura 30

6.3 CÓDIGO DE CAPACITORES

Os capacitores como já mencionado, possuem diferentes tipos e formas, e para cada um, uma faixa de capacitância específica.

Os eletrolíticos possuem capacitância a partir de alguns μF (micro Farad) e baixa tensão de isolação, por volta de 16, 25, 35, 50, 63, 100 Volts entre outras. Como o submúltiplo mF (mili Farad) é pouco utilizado, é comum encontrarmos capacitores em torno de 1000, 2200, 4700, 6800 μF, ao invés de 1; 2,2; 4,7; 6,8 mF.

O valor da capacitância e tensão de isolação é impresso no seu corpo sem dificuldade de interpretação de leitura. A capacitância é expressa normalmente em μF e a tensão em Volts, sendo às vezes omitido a unidade de medida e tendo os valores separados por barra (/).
Exemplo: 10/25 = 10μF x 25V.

Os capacitores plásticos possuem capacitância na ordem de nF (nano Farad) e possuem uma tensão de isolação maior que os eletrolíticos, por volta de 250, 400, 630 Volts. Já os cerâmicos, possuem capacitância na ordem de pF (pico Farad) e tensão de isolação por volta de 1000 Volts.

Os capacitores de plásticos e cerâmicos possuem sua capacitância impressa no corpo, codificada de várias maneiras e nem sempre acompanhada do valor da tensão de isolação, pois esses, por possuírem valores altos, atendem a maioria das aplicações, salvo casos específicos, onde devemos consultar o manual do fabricante.

Outro parâmetro que nem sempre é apresentado na inscrição do código do capacitor em geral, é a tolerância. Os capacitores de uso comum sem indicação de tolerância, possuem esta na faixa de 20%.

A tolerância indica a máxima variação em porcentagem do seu valor nominal que ele pode possuir em seu valor fixo.
Exemplo: Se temos um capacitor de 100 nF com tolerância de ±20%, indica que poderemos medir um valor fixo de 80 a 120 nF, que estará dentro da especificação do fabricante. IMPORTANTE: Não quer dizer que durante o funcionamento, o capacitor poderá variar de 80 a 120 nF.

A tolerância quando indicada, apresenta-se em porcentagem ou representada pelas letras J, K e M que indicam 5, 10 e 20% respectivamente.

É muito comum se confundir na leitura do código, principalmente quando a tolerância é representada pela letra K, que no caso dos resistores, por exemplo, indica quilo Ohms, ou seja, um múltiplo 1000 (mil) vezes maior que o Ohm. A letra K em capacitores indica somente que o capacitor possui ±10% de tolerância.

Como mencionado anteriormente, os capacitores de plásticos e cerâmicos possuem sua capacitância impressa codificada de várias maneiras. A importância desse componente é muito grande, já que um valor inadequado pode comprometer o funcionamento total do circuito ao qual está acoplado.

Seguem então algumas regras para decifrarmos esses capacitores:

1- Os capacitores que apresentam em seu código o submúltiplo p (pico), n (nano) ou μ (micro), indicam por si só o seu valor de capacitância.

Exemplo:

8**p**2 = 8,2 pico Farad
68**n** = 68 nano Farad
n47 = 0,47 nano Farad
2,2μ = 2,2 micro Farad
μ27 = 0,27 micro Farad

Observem que o submúltiplo pode entrar no código no lugar da vírgula (,) ou do zero vírgula (0,), bastando portanto substituir por estes e fazer a leitura usando a unidade representada.

2- Capacitor representado por dois dígitos separados ou não por vírgula ou ponto, sem representação da unidade de medida ou submúltiplo, estão expressos em pico Farad. Exceto capacitor eletrolítico ou códigos iniciados por ponto (.), vírgula (,), zero ponto (0.) ou por zero vírgula (0,).

Exemplo:

68 = 68 pico Farad
8,2 = 8,2 pico Farad
10 = 10 pico Farad

Obs.: esses capacitores são, na grande maioria, cerâmicos, por sua baixa capacitância.

3- Capacitores representados por três dígitos, onde o terceiro é igual a zero (0), sem a unidade de medida ou submúltiplo, o valor está expresso em nano Farad, exceto os eletrolíticos.

Exemplo:

100 = 100 nano Farad
220 = 220 nano Farad
470 = 470 nano Farad

Obs.: esses capacitores são, na grande maioria, de plásticos.

4- Capacitor representado por três (3) dígitos onde o terceiro é diferente de zero (0), sem representação de submúltiplo, o valor está expresso em pico Farad, onde o primeiro digito representa o primeiro algarismo significativo, o segundo dígito é o segundo algarismo significativo e o terceiro dígito é o fator multiplicativo ou o número de zeros que devemos acrescentar aos dois primeiros.

Exemplo:

101 = 100 pico Farad (10 + 1 zero)
473 = 47000 pico Farad (47 + 3 zeros)
122 = 1200 pico Farad (12 + 2 zeros)

Obs.: os resistores SMD também são codificados dessa maneira, como na figura 13 da página 16, e o valor é dado em Ohm.

5- Capacitor com inscrição representada com valor igual ou maior que mil (1000), o valor está expresso em pico Farad, exceto os eletrolíticos.

Exemplo:

1000 = 1000 pico Farad
3300 = 3300 pico Farad
2700 = 2700 pico Farad
47000 = 47000 pico Farad

Obs.: essa inscrição encontra-se normalmente em capacitores de plásticos.

6- Capacitor com inscrição representada com valor menor que um (1), ou seja, iniciadas por zero vírgula (0,), zero ponto (0.), somente vírgula (,), ou somente ponto (.), o valor está expresso em micro Farad (μF).

Exemplo:

.1 = 0,1 micro Farad
0,1 = 0,1 micro Farad
0,033 = 0.033 micro Farad
0,47 = 0,47 micro Farad
.22 = 0,22 micro Farad

Observando essas regras, verificamos que um mesmo valor de capacitância pode ser representado de várias maneiras.

Exemplo:

10nF (nano Farad) = 10000 = 0,01 = .01 = 103 = μ01 = 10n

Podemos encontrar também com facilidade, capacitores com os três parâmetros inscritos no seu corpo que são: capacitância, tolerância e tensão de isolação.

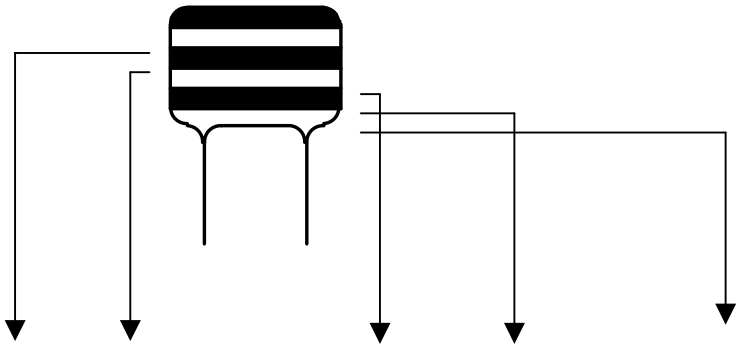
Exemplo:

100K250	onde:	100	= capacitância 100nF
		K	= tolerância ± 10%
		250	= tensão de isolação de 250 Volts
.1M50	onde:	.1	= capacitância 0,1μF
		M	= tolerância ± 20%
		50	= tensão de isolação de 50 Volts

Os capacitores, assim como os resistores, possuem valores de capacitância padronizados que obedecem a série E-12, cuja seqüência é: 1 - 1,2 – 1,5 – 1,8 – 2,2 – 2,7 – 3,3 – 4,7 – 5,6 – 6,8 – 8,2, com fator multiplicativo conforme a faixa, desde pF (pico Farad) até alguns Farads.

Normalmente, o valor da capacitância, a tensão de isolação e a tolerância são impressos no próprio encapsulamento (corpo) do capacitor, todavia em alguns tipos como os de poliester metalizado, estes parâmetros são especificados por um código de cores.

Na figura 31, mostramos esse código de cores.



COR	1º Algar.	2º Algar.	Fator Mult.	Tolerância	Tensão Nominal
Preta	-	0	-	±20%	-
Marrom	1	1	10 pF	-	-
Vermelha	2	2	10^2 pF	-	250V
Laranja	3	3	10^3 pF	-	-
Amarela	4	4	10^4 pF	-	400V
Verde	5	5	10^5 pF	-	100V
Azul	6	6	-	-	630V
Violeta	7	7	-	-	-
Cinza	8	8	10^{-2} pF	-	-
Branca	9	9	10^{-1} pF	±10%	-

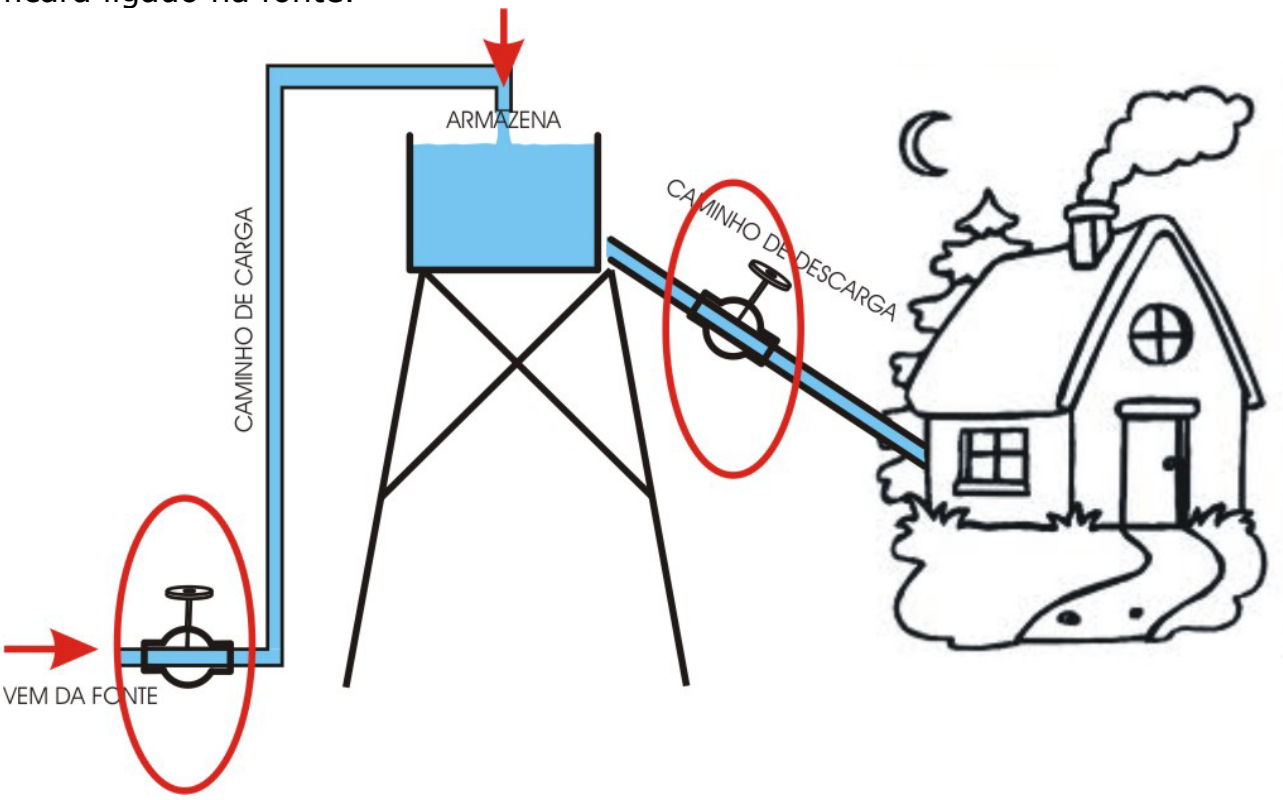
Figura 31

6.4- EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

Lista **EF04**

6.5- CARGA E DESCARGA DE CAPACITOR

Os capacitores ao serem ligados a uma fonte de corrente contínua, carregam-se com cargas elétricas atingindo níveis de tensão que podem se igualar à tensão da fonte. O nível dessa tensão que ficará no capacitor, depende de sua capacitância, da resistência ligada no circuito e o tempo que o capacitor ficará ligado na fonte.



No exemplo da caixa d'água acima, observamos a existência de dois registros. Vimos em exemplos anteriores que os registros, a medida que fechamos, colocamos resistência a passagem do fluxo de água. Nesse caso, se fecharmos um pouco o registro de entrada, demorará mais pra encher a caixa, pois diminui o fluxo de água. Na saída da caixa acontece a mesma coisa. Se o registro estiver totalmente aberto, o pressão da água é maior (maior fluxo) e esvaziamos a caixa mais rápido.

Em um circuito com um resistor (registro) e um capacitor (caixa d'água), funciona da mesma forma.

Esse circuito é chamado de circuito RC (R de resistência e C de capacitância, ou resistor e capacitor). Nesse circuito existe uma constante de tempo conhecida como "τ" (lê-se TAU), que é o produto de R x C onde:

R = valor medido em Ohms
C = valor medido em Farad
τ = resultado dado em segundos

6.5.1- CARGA

A constante de tempo "τ" (TAU),corresponde ao tempo necessário para que a tensão no capacitor atinja 63,2% da tensão da fonte na carga.

Na figura 32, mostramos uma tabela e gráfico de carga do capacitor, baseado na constante de tempo "τ".

t	V_c
0	0
τ	63,2% da fonte
2.τ	86,5% da fonte
3.τ	95% da fonte
5.τ	99,3% da fonte

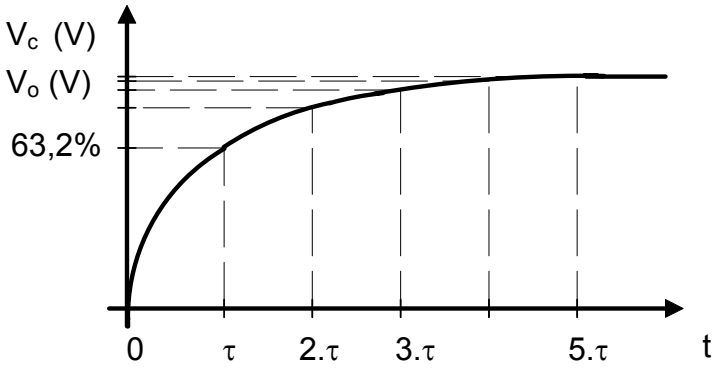


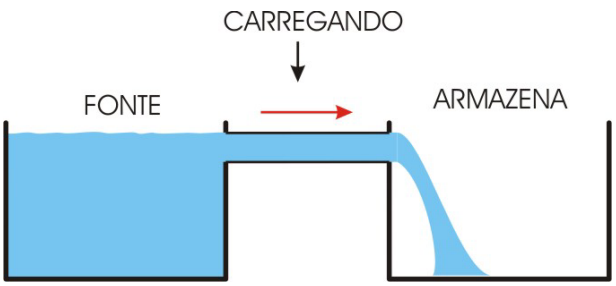
Figura 32

Onde: V_c = tensão no capacitor
V_o = tensão da fonte
t = tempo de carga em segundos

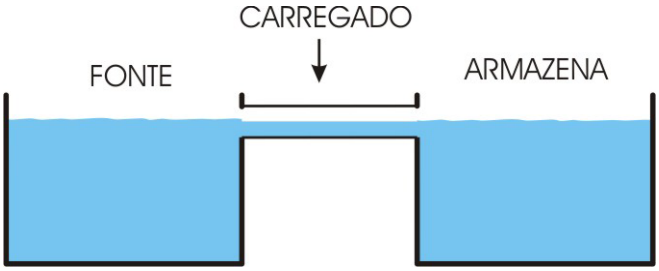
Na prática, consideramos que para um tempo de 5.τ o capacitor encontra-se totalmente carregado.

Observamos pelo gráfico que nos primeiros instantes de carga, o capacitor já atinja um bom percentual da tensão total, e a medida que o tempo passa a carga se torna mais lenta até a totalização. Concluímos então que no início de carga existe uma corrente elétrica alta circulando pelo capacitor que vai diminuindo à medida que o capacitor vai carregando, até que não exista mais uma diferença de potencial entre o capacitor e a fonte, cessando assim a corrente de carga.

Devido a essa característica, podemos afirmar que o capacitor inicialmente descarregado, comporta-se como um curto-circuito (pela corrente alta) e após a carga total, comporta-se como um circuito aberto (por não circular mais corrente).

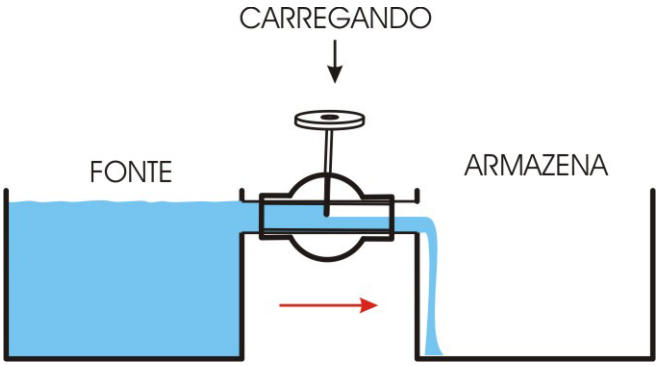


Na figura à esquerda observamos que se temos uma fonte (caixa cheia) conectada ao capacitor (caixa vazia) circulará um fluxo máximo de corrente elétrica (água) e carregará o capacitor (caixa da direita)



Nessa figura observamos que ao atingir a carga total (nível máximo), não circulará mais fluxo de corrente porque a fonte (caixa da esquerda) ficará no mesmo nível do capacitor (caixa da direita). Portanto, se não tem mais diferença de nível não terá mais fluxo.

Como não tem mais fluxo de corrente elétrica no circuito, podemos dizer que o capacitor está carregado e o circuito está "aberto".



Na figura a esquerda, observamos que se colocarmos um registro podemos controlar o tempo de enchimento da caixa. Quanto mais fechado, mais resistência, menor é o fluxo e maior é o tempo de enchimento.

Vamos passar isso para um diagrama elétrico com os mesmos conceitos.

Exemplo: Observe a figura 33

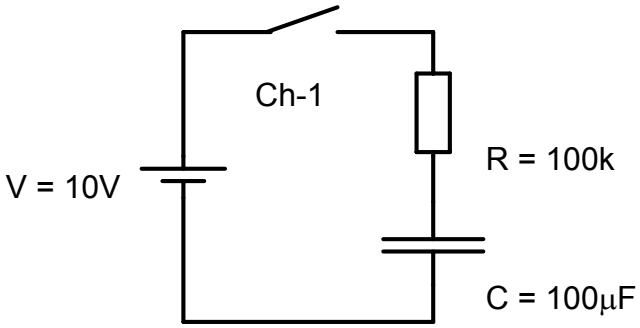


Figura 33

Partindo com o capacitor descarregado, se ligarmos a chave Ch-1, circulará uma corrente pelo circuito que irá carregar o capacitor C.

Pergunta: Qual é o tempo que o capacitor atingirá a carga total?

Carga total = 5.τ
Se τ = R.C
Carga total = 5.R.C $\Rightarrow$ 5. 100000(Ω). 0,0001(F)
Carga total = 50 segundos

Portanto, a chave Ch-1 deve permanecer ligada no mínimo 50 segundos, para que o capacitor atinja a carga total independente da tensão da fonte.

Se desejarmos calcular a carga do capacitor em tempos inferiores a 5.τ, devemos utilizar a seguinte equação:

$$V_c = V_o . (1 - e^{-t / R.C})$$

Onde:
- V_c = tensão no capacitor
- V_o = tensão da fonte
- e = constante (base) = 2,72
- t = tempo de carga em segundos
- R = resistência em Ohm
- C = capacitância em Farad

Exemplo:

Se no circuito da figura 31 mantivéssemos a chave Ch-1 fechada por apenas 25 segundos, qual seria a tensão da carga armazenada no capacitor?

$V_c = V_o . (1 - e^{-t / R.C})$
$V_c = 10. (1 – 2,72^{-25 / 100000.0,0001})$
$V_c = 10. (1 – 2,72^{-2,5})$
$V_c = 10. (1 – 0,082)$
$V_c = 10. (0,918)$

$$\mathbf{V_c = 9,18\ Volts}$$

Observe que acionamos a chave pela metade do tempo (25s) e a tensão no capacitor passou de 90%.

6.5.2- DESCARGA

A constante de tempo "τ", corresponde ao tempo necessário para que a tensão no capacitor atinja 36,8% da tensão da fonte na descarga.

Na figura 34, mostramos uma tabela e gráfico de descarga do capacitor, baseado na constante de tempo "τ".

t	V_c
0	V_o
τ	36,8% da fonte
$2.\tau$	13,5% da fonte
$3.\tau$	5% da fonte
$5.\tau$	0,7% da fonte

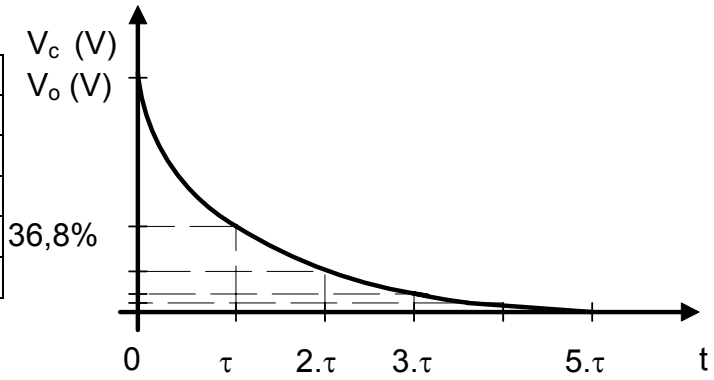


Figura 34

Onde: V_c = tensão no capacitor (final)
V_o = tensão inicial (adquirido na fonte)
t = tempo de descarga em segundos

Na prática, consideramos que para um tempo de $5.\tau$ o capacitor encontra-se totalmente descarregado.

Consideremos agora que o capacitor do circuito da figura 35 apresenta-se carregado ($V_c = V_o$)

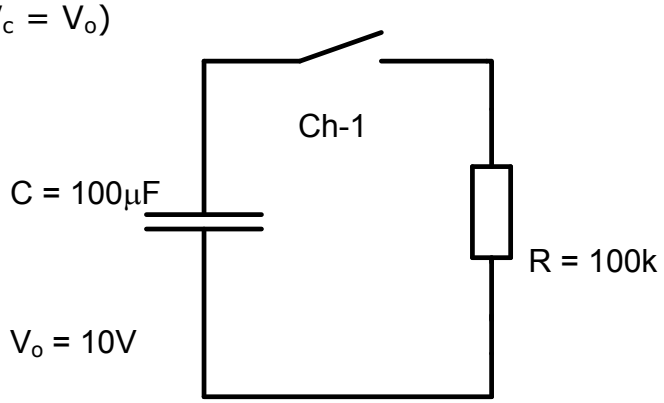


Figura 35

Partindo com o capacitor carregado, se ligarmos a chave Ch-1, circulará uma corrente pelo circuito que irá descarregar o capacitor C.

Pergunta: Qual é o tempo necessário para o capacitor se descarregue totalmente?

Descarga total = 5.τ
Se τ = R.C
Descarga total = 5.R.C $\Rightarrow$ 5. 100000(Ω). 0,0001(F)
Descarga total = 50 segundos

Portanto a chave Ch-1 deve permanecer ligada no mínimo 50 segundos, para que o capacitor atinja a descarga total independente da tensão da fonte. É importante observar que o tempo de descarga é o mesmo que o de carga, ou seja, de 5.τ.

Se desejarmos calcular a descarga do capacitor em tempos inferiores a 5.τ, devemos utilizar a seguinte equação:

$$\boxed{V_c = V_o \cdot e^{-t / R.C}}$$

Onde:
- V_c = tensão no capacitor final
- V_o = tensão inicial do capacitor
- e = constante (base) = 2,72
- t = tempo de descarga em segundos
- R = resistência em Ohm
- C = capacitância em Farad

Exemplo:

Se no circuito da figura 33 mantivéssemos a chave Ch-1 fechada por apenas 25 segundos, qual seria a tensão final da carga armazenada no capacitor?

$V_c = V_o \cdot e^{-t / R.C}$
$V_c = 10 \cdot 2{,}72^{-25 / 100000.0{,}0001}$
$V_c = 10 \cdot 2{,}72^{-2{,}5}$
$V_c = 10 \cdot 0{,}082$

$$\boxed{\mathbf{V_c = 0{,}82\ Volts}}$$

Nesse caso, também observamos que ao acionar a chave pela metade do tempo (25s), o capacitor quase descarrega totalmente.

6.5.3- EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

Lista **EF05**