

Sumário

Introdução	5
Capacitor	6
Descarga do capacitor	9
Capacitância	12
Área das armaduras	12
Espessura do dielétrico	12
Natureza do dielétrico	12
Tensão de trabalho	14
Tipos de capacitores	15
Capacitores fixos despolarizados	16
Capacitores ajustáveis	17
Capacitores variáveis	18
Capacitores eletrolíticos	18
Polaridade	19
Alteração de capacitância	21
Tolerância	21
Especificação técnica dos capacitores	24
Apresentação das características nos capacitores	24
Código de cores para capacitores	25
Teste de isolamento do capacitor	27
Apêndice	28
Questionário	28
Bibliografia	28



Espaço SENAI

Missão do Sistema *SENAI*

Contribuir para o fortalecimento da indústria e o desenvolvimento pleno e sustentável do País, promovendo a educação para o trabalho e a cidadania, a assistência técnica e tecnológica, a produção e disseminação de informação e a adequação, geração e difusão de tecnologia.

Melhoria da Qualidade – Buscar constantemente a melhoria do desempenho no trabalho, visando à excelência dos resultados.

Introdução

Os capacitores são componentes largamente empregados nos circuitos eletrônicos podendo cumprir funções tais como o armazenamento de cargas ou a seleção de frequências em filtros para as caixas de som.

Este fascículo é o primeiro a respeito dos capacitores e foi elaborado visando a familiarizá-lo com alguns aspectos deste componente tais como: constituição, tipo e características.

A partir deste fascículo, pode-se dizer que o capacitor fará parte diária do estudo da eletrônica básica, razão pela qual o conteúdo apresentado é de grande importância.



Para ter sucesso no desenvolvimento do conteúdo e atividades deste fascículo, o leitor deverá ter conhecimentos relativos a:

- Condutores e isolantes.
- Potencial elétrico.

Capacitor

O capacitor é um componente capaz de armazenar cargas elétricas, sendo largamente empregado nos circuitos eletrônicos.

Um capacitor se compõe basicamente de duas placas de material condutor, denominadas de armaduras, isoladas eletricamente entre si por um material isolante chamado dielétrico, como pode ser visto na **Fig.1**.

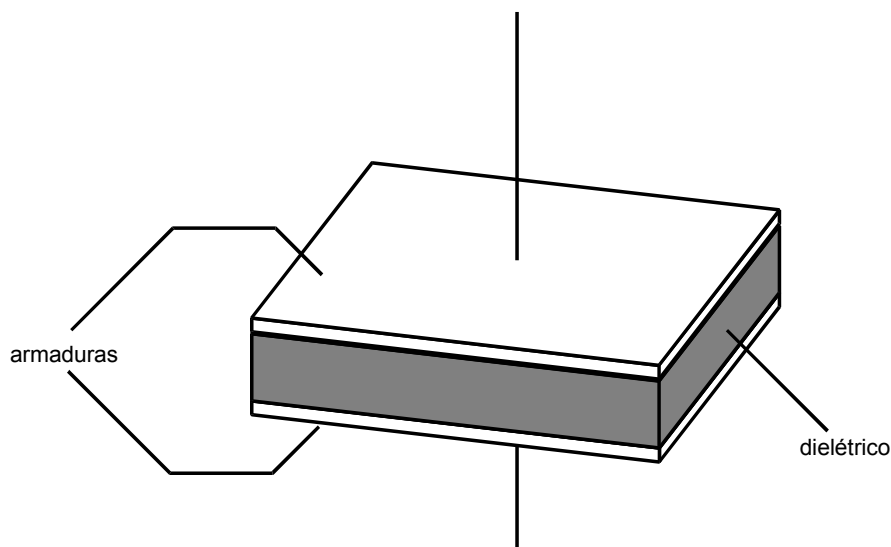


Fig.1 Constituição de um capacitor.

O material condutor que compõe as armaduras de um capacitor é eletricamente neutro no seu estado natural.

Em cada uma das armaduras, o número total de prótons e elétrons é igual, portanto as placas não têm potencial elétrico.

Não existindo potencial elétrico em cada uma das armaduras, não há diferença de potencial ou tensão entre elas, conforme ilustrado na **Fig.2**.

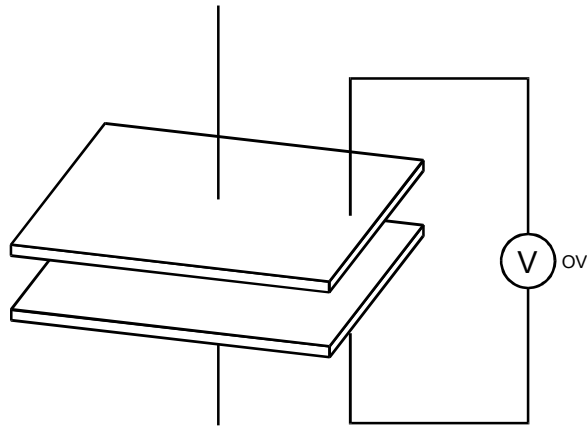


Fig.2 Diferença de potencial zero.

O fenômeno de armazenamento de cargas pelo capacitor pode ser compreendido mais facilmente analisando o movimento de elétrons no circuito. Por esta razão será utilizado o **sentido eletrônico** da corrente elétrica no desenvolvimento do assunto.

Conectando-se os terminais do capacitor a uma fonte de CC, o capacitor fica sujeito à diferença de potencial dos pólos da fonte.

O potencial da bateria aplicado a cada uma das armaduras faz surgir entre elas uma força **elétrica**, que nada mais é do que uma força de atração (cargas de sinal diferente) ou repulsão (cargas de mesmo sinal) entre cargas elétricas.

O pólo positivo da fonte absorve elétrons da armadura à qual está conectado enquanto o pólo negativo fornece elétrons à outra armadura, como ilustrado na **Fig.3**.

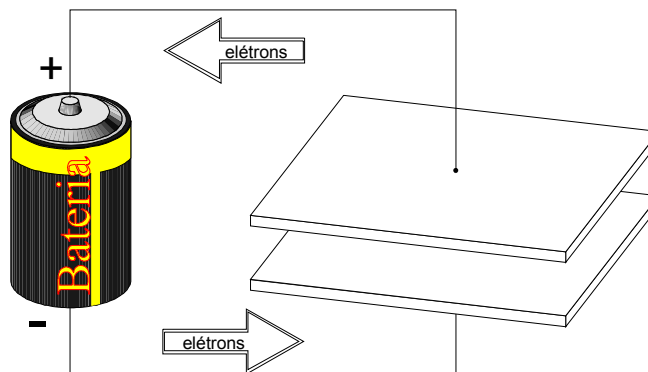


Fig.3 Absorção de elétrons da armadura no polo positivo e fornecimento de elétrons do negativo à armadura.

A armadura que fornece elétrons à fonte fica com íons positivos adquirindo um potencial positivo e a armadura que recebe elétrons da fonte fica com íons negativos, adquirindo potencial negativo, conforme ilustrado na **Fig.4**.

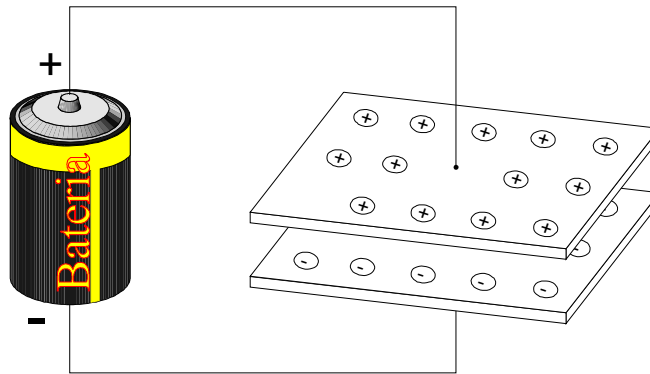


Fig.4 Cargas em um capacitor conectado a uma fonte.

Isto significa que ao conectar o capacitor a uma fonte de CC, surge uma diferença de potencial entre as suas armaduras.

A tensão presente nas armaduras do capacitor terá um valor tão próximo ao da tensão da fonte que, para efeitos práticos, pode-se considerá-las iguais, como indicado na **Fig.5**.

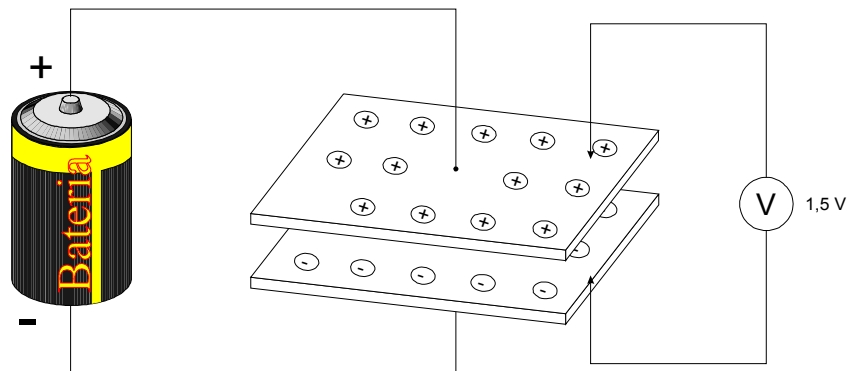


Fig.5 Tensão das armaduras igual à tensão da fonte.



Um capacitor conectado diretamente a uma fonte de alimentação apresenta entre suas armaduras uma tensão que pode ser considerada igual à da fonte.

Quando o capacitor assume a mesma tensão da fonte de alimentação, diz-se que o capacitor está **carregado**.

Se após ter sido carregado o capacitor for desconectado da fonte de CC, suas armaduras permanecem com os potenciais adquiridos, como ilustrado na **Fig.6**.

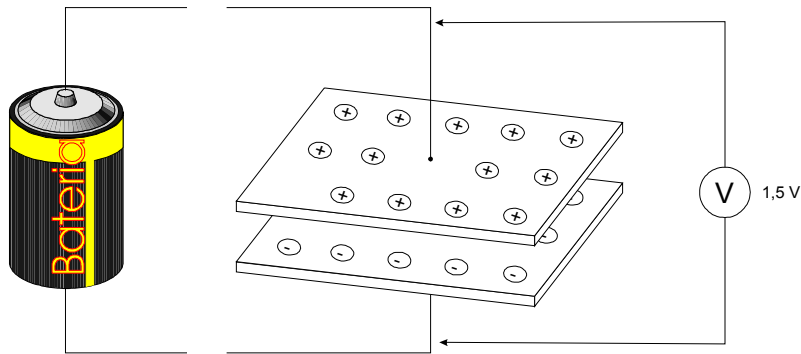


Fig.6 Permanência dos potenciais das armaduras após a fonte CC ser desconectada.

Isto significa dizer que, mesmo após ter sido desconectado da fonte de CC, ainda existe tensão presente entre as placas do capacitor.

Resumindo-se, pode-se dizer que quando um capacitor é conectado a uma fonte de CC, ele absorve energia desta fonte, armazenando cargas elétricas (íons positivos e negativos) nas suas armaduras.

Esta capacidade de absorver e manter a energia em suas armaduras é que define o capacitor como sendo um armazenador de cargas elétricas.

A energia armazenada no capacitor na forma de desequilíbrio elétrico entre suas armaduras pode ser reaproveitada.

DESCARGA DO CAPACITOR

Tomando-se um capacitor carregado e conectando-se seus terminais a uma carga, haverá uma circulação de corrente, pois o capacitor atua como fonte de tensão. Este comportamento pode ser visto na **Fig.7**.

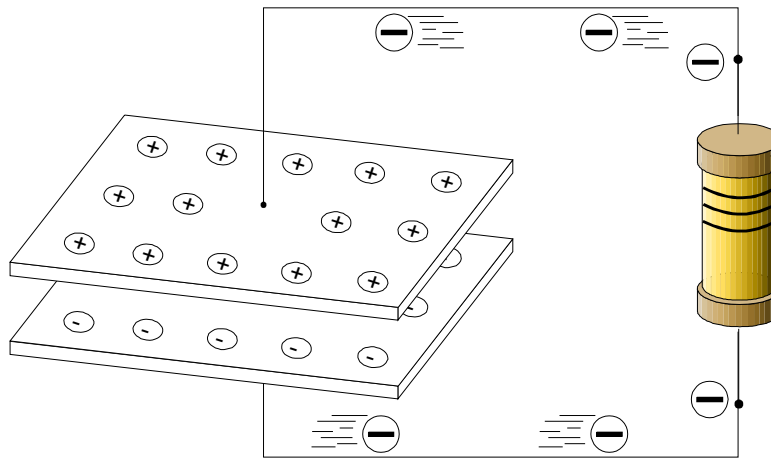


Fig.7 Descarga de um capacitor sobre uma carga (resistor).

Isto se deve ao fato de que através do circuito fechado inicia-se o restabelecimento do equilíbrio elétrico entre as armaduras.

Os elétrons em excesso em uma das armaduras movimentam-se para a outra onde há falta de elétrons, até que se reestabeleça o equilíbrio de potencial entre elas, como ilustrado na **Fig. 8**.

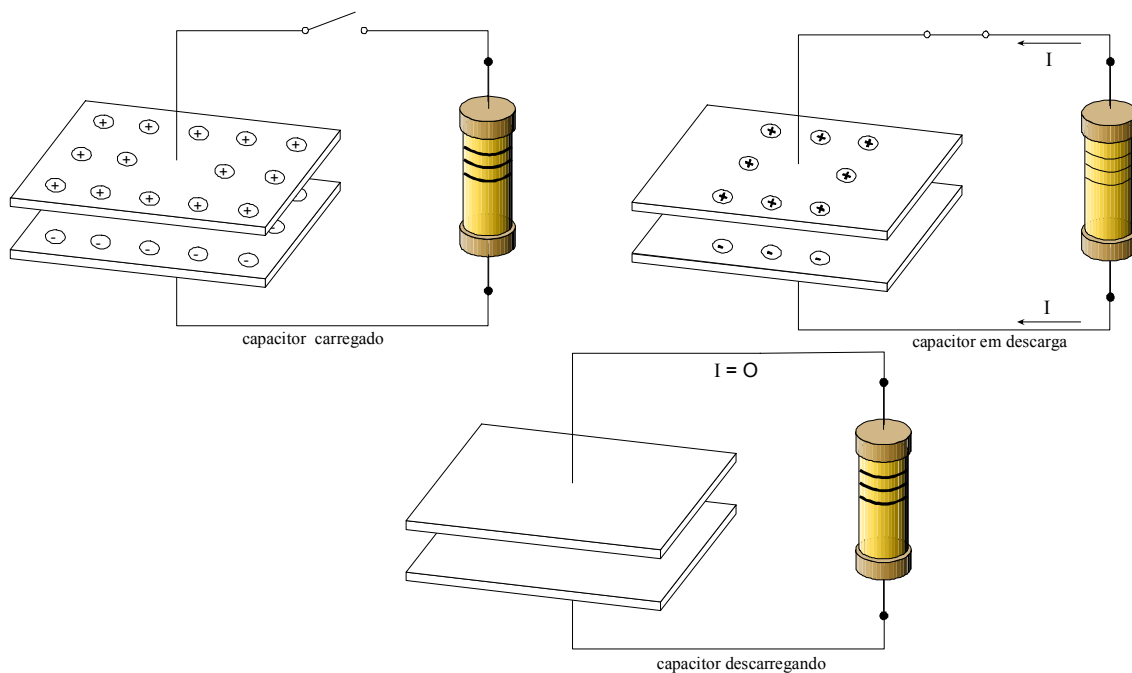


Fig. 8 Elétrons nas armaduras.

Durante o tempo em que o capacitor se descarrega, a tensão entre suas armaduras diminui porque o número de íons restantes em cada armadura é cada vez menor. Após algum tempo, a tensão entre as armaduras é tão pequena que pode ser considerada zero.



Quando um capacitor está em descarga, a tensão entre as suas armaduras diminui até praticamente zero.

Capacitância

A capacidade de armazenamento de cargas de um capacitor depende dos seguintes : área comum entre as armaduras, espessura do dielétrico e natureza do dielétrico.

ÁREA DAS ARMADURAS

Quanto maior a área das armaduras, maior a capacidade de armazenamento de um capacitor.

ESPESSURA DO DIELÉTRICO

Quanto mais fino o dielétrico, mais próximas estão as armaduras. O campo elétrico formado entre as armaduras é maior e a capacidade de armazenamento também.

NATUREZA DO DIELÉTRICO

Quanto maior a capacidade de isolamento do dielétrico, maior a capacidade de armazenamento do capacitor.

A capacidade de um capacitor de armazenar cargas é denominada de capacitância. (C) se define sendo a razão entre a carga elétrica a armadura (Q) pela diferença de potencial entre elas (V) :

$$C = \frac{Q}{V} \quad (1)$$



Quanto maior a capacitância, maior a capacidade de armazenamento de cargas.

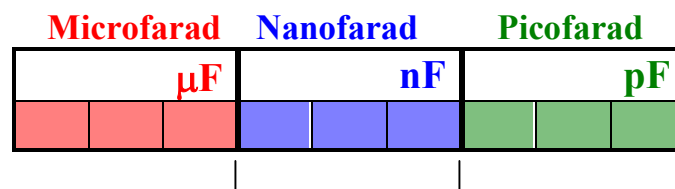
A unidade de medida de capacitância é o **farad** e é representada pela letra **F**. Entretanto, a unidade farad é extremamente grande, o que leva ao uso de submúltiplos dessa unidade.

A **Tabela 1** apresenta os símbolos representativos de cada submúltiplo e o seu valor com relação à unidade.

Tabela 1 Submúltiplos do farad.

Denominação	Símbolo	Relação com a unidade
Microfarad	μF	10^{-6}F ou 0,000001F
Nanofarad	nF	10^{-9}F ou 0,000000001F
Picofarad	pF	10^{-12}F ou 0,000000000001F

A conversão de valores entre as subunidades é feita da mesma forma que as outras grandezas.



Apresentam-se a seguir alguns exemplos de conversão.

- | | |
|--|--|
| 1) $1\mu\text{F}$ é o mesmo que 1.000nF. | 5) 820nF é o mesmo que $0,82\mu\text{F}$. |
| 2) 22nF é o mesmo que 22.000pF. | 6) 1.200pF é o mesmo que 1,2nF. |
| 3) 68nF é o mesmo que $0,068\mu\text{F}$. | 7) 47.000pF é o mesmo que 47nF. |
| 4) 150pF é o mesmo que 0,15nF. | 8) 47.000pf é o mesmo que $0,047\mu\text{F}$. |

A capacitância é um dos itens que especifica um capacitor.

TENSÃO DE TRABALHO

Além da capacitância, os capacitores têm ainda outra característica elétrica importante: a tensão de trabalho.

A tensão de trabalho é a tensão máxima que o capacitor pode suportar entre as suas armaduras. A aplicação de uma tensão no capacitor superior a sua tensão de trabalho máxima, pode provocar o rompimento do dielétrico fazendo com que o capacitor entre em curto, perdendo as suas características. Na maioria dos capacitores, o rompimento do dielétrico danifica permanentemente o componente.

Deve-se tomar cuidado de utilizarem-se sempre capacitores com tensão de trabalho superior ao valor que o componente irá trabalhar realmente.

Tipos de capacitores

Atualmente encontra-se no mercado um grande número de tipos de capacitores, empregando os mais diversos materiais.

Estes capacitores podem ser resumidos em quatro tipos básicos:

- Capacitores fixos despolarizados.
- Capacitores ajustáveis.
- Capacitores variáveis.
- Capacitores eletrolíticos.

A **Fig.9** mostra alguns capacitores na sua forma real.

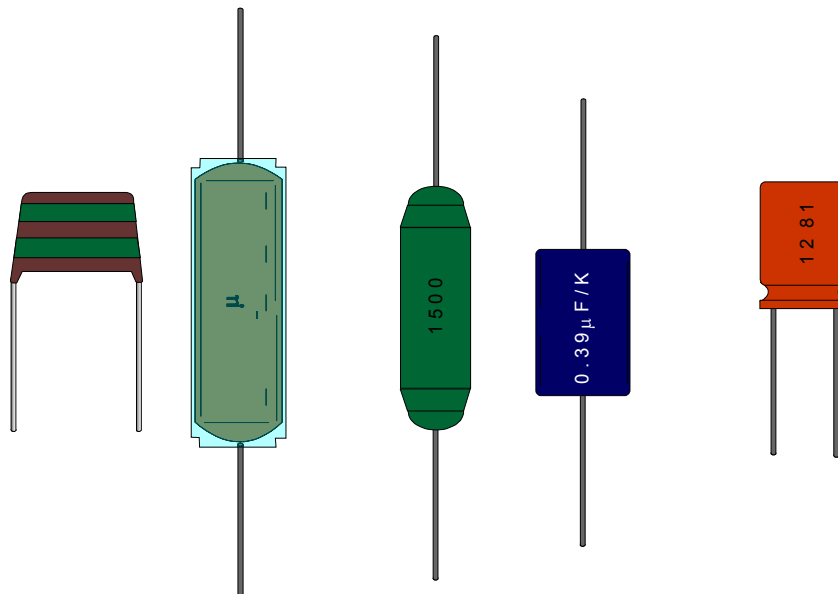


Fig.9 Alguns tipos de capacitores.

CAPACITORES FIXOS DESPOLARIZADOS

Apresentam um valor de capacitância específico, que não pode ser alterado. A **Fig.10** mostra o símbolo usado para representar os capacitores fixos despolarizados.

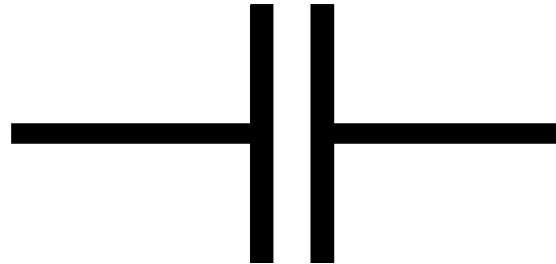


Fig.10 Símbolo dos capacitores fixos despolarizados.

A **Fig.11** mostra diversos tipos de capacitores fixos.

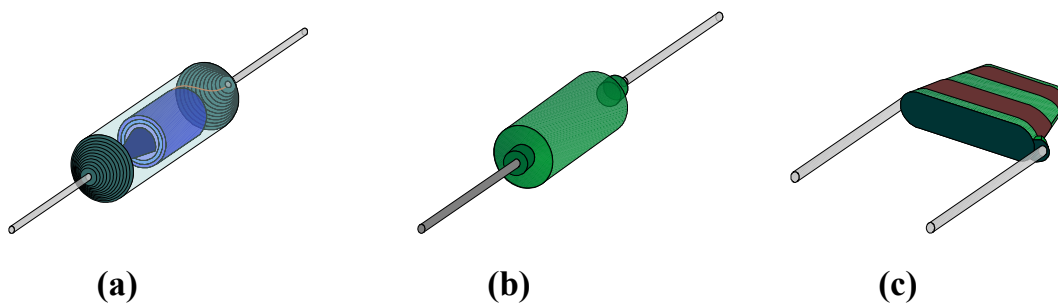


Fig.11 Diversos tipos de capacitores fixos : (a) stiroflex, (b) cerâmica e (c) poliéster

Estes capacitores se caracterizam por ser despolarizados, ou seja, qualquer uma das suas armaduras pode ser ligada tanto a potenciais positivos como negativos.



Capacitores despolarizados não tem polaridade especificada para ligação.

Alguns capacitores fixos podem apresentar-se na versão axial com os dois terminais nas extremidades ou radial com os dois terminais no mesmo lado do corpo. A **Fig.12** mostra estes dois tipos de capacitores.

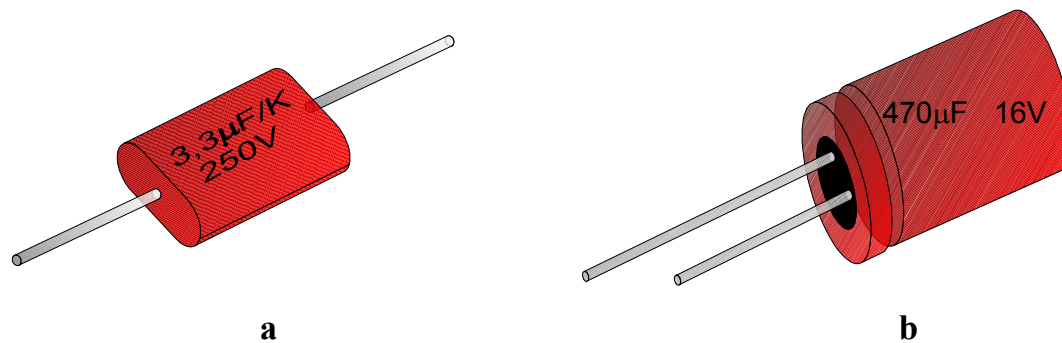


Fig.12 Capacitor fixo : (a) axial e (b) radial.

De acordo com a necessidade de montagem, pode-se utilizar um ou outro tipo.

CAPACITORES AJUSTÁVEIS

São utilizados nos pontos de calibração dos circuitos. A **Fig.13** mostra um capacitor ajustável típico e o seu símbolo.

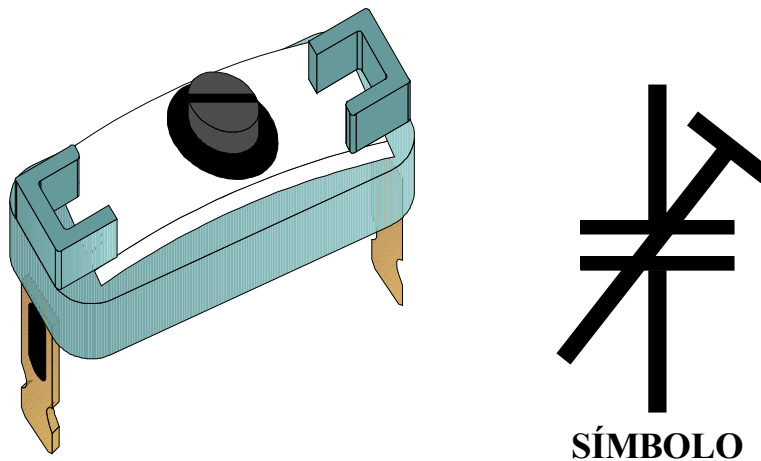


Fig.13 Capacitor ajustável.

Apresentam valor de capacitância ajustável dentro de certos limites, por exemplo 10pF a 30pF.

CAPACITORES VARIÁVEIS

São utilizados em locais onde a capacitância é constantemente modificada.

A **Fig.14** mostra um capacitor variável e o seu símbolo.

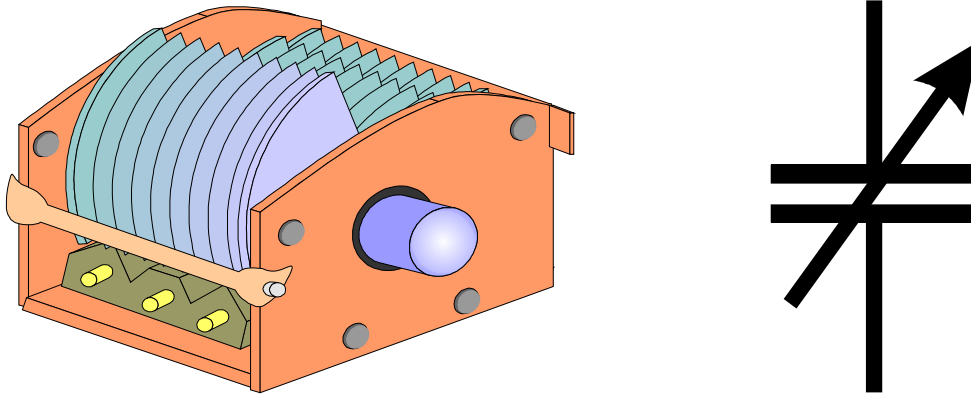


Fig.14 Capacitor variável e seu símbolo.

Encontram-se ainda capacitores variáveis múltiplos que se constituem de dois ou mais capacitores variáveis acionados pelo mesmo eixo. A **Fig.15** mostra um capacitor duplo e seu símbolo.

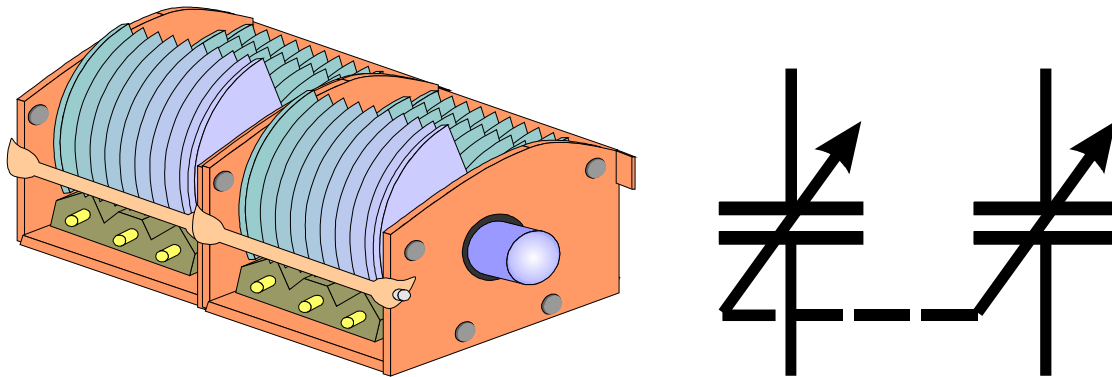


Fig.15 Capacitor duplo e seu símbolo.

A linha pontilhada indica que os dois capacitores têm seu movimento controlado pelo mesmo eixo.

CAPACITORES ELETROLÍTICOS

Os capacitores eletrolíticos são capacitores fixos cujo processo de fabricação permite a obtenção de altos valores de capacitância com pequeno volume.

A **Fig.16** permite uma comparação entre as dimensões de um capacitor eletrolítico e um não eletrolítico de mesmo valor.

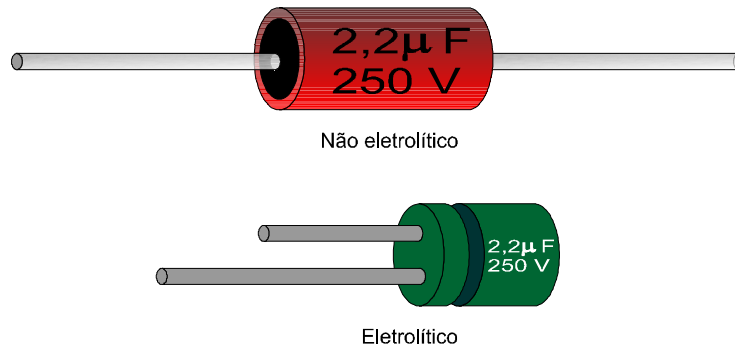


Fig.16 Comparação entre os volumes de um capacitor eletrolítico com um não eletrolítico.

O fator que diferencia os capacitores eletrolíticos dos demais capacitores fixos é o dielétrico. Nos capacitores fixos comuns o dielétrico é de papel, mica ou cerâmica. O dielétrico dos capacitores eletrolíticos é um preparado químico chamado de eletrólito que oxida pela aplicação de tensão elétrica, isolando uma armadura da outra. A utilização do eletrólito permite a redução da distância entre as armaduras a valores mínimos, o que possibilita a obtenção de maiores valores de capacitância (desde 1µF até os valores maiores que 200.000µF). O capacitor é selado em um invólucro de alumínio que isola as armaduras e o eletrólito da ação da umidade.


Os capacitores eletrolíticos apresentam algumas desvantagens que são decorrentes do seu processo de fabricação. São elas:

- Polaridade.
- Alteração de capacitância.
- Tolerância.

POLARIDADE

A formação da camada de óxido entre as placas depende da aplicação de tensão nas armaduras com polaridade correta.

A ligação com polaridade incorreta sobre as armaduras do capacitor provoca a destruição do eletrólito, permitindo a circulação de corrente entre as armaduras. O capacitor sofre um processo de aquecimento que faz o eletrólito ferver, podendo inclusive provocar uma explosão do componente devido à formação de gases no seu interior.

 Os capacitores eletrolíticos polarizados são utilizados apenas em circuitos alimentados por corrente contínua. Nos circuitos de corrente alternada a troca de polaridade da tensão danifica o componente.

O símbolo dos capacitores eletrolíticos expressa a polaridade das armaduras, como pode ser visto na Fig.17.

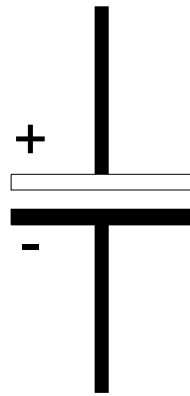


Fig.17 Símbolo dos capacitores eletrolíticos.

No componente, a polaridade é expressa de duas formas: por um chanfro na carcaça, que indica o terminal positivo ou pelo sinal positivo (+) impresso no corpo, como ilustrado na Fig.18.

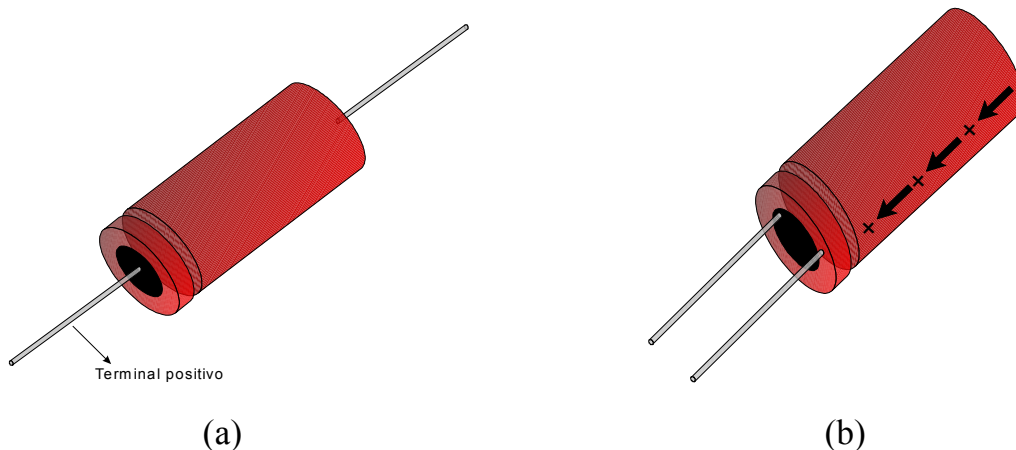


Fig.18 Indicação da polaridade em capacitor eletrolítico: (a) chanfro na carcaça ou (b) sinal positivo impresso.

ALTERAÇÃO DE CAPACITÂNCIA

O capacitor eletrolítico sofre alteração de capacitância quando não está sendo utilizado. Esta alteração se deve ao fato de que a formação da camada de óxido entre as armaduras depende da aplicação de tensão no capacitor.

Quando o capacitor eletrolítico permanece durante um período sem utilização, o dielétrico sofre um processo de degeneração que afeta sensivelmente a sua capacitância.



Capacitores eletrolíticos que não estão em uso têm a sua capacitância alterada.

Por esta razão, sempre que for necessário utilizar um capacitor que estava estocado durante algum tempo, deve-se conectá-lo a uma fonte de tensão contínua durante alguns minutos para permitir a reconstituição do dielétrico antes de aplicá-lo no circuito.

TOLERÂNCIA

Os capacitores eletrolíticos estão sujeitos a uma tolerância elevada no valor real, com relação ao valor nominal. Esta tolerância pode atingir valores de 20 a 30% e até mesmo 50% em casos extremos.



Os capacitores eletrolíticos têm grande tolerância no seu valor de capacitância.

Existem dois tipos de capacitores eletrolíticos, que estão relacionados com o tipo de dielétrico empregado:

- Capacitor eletrolítico de óxido de alumínio.
- Capacitor eletrolítico de óxido de tântalo.

A **Fig.19** mostra um capacitor eletrolítico de óxido de alumínio e outro de tântalo.

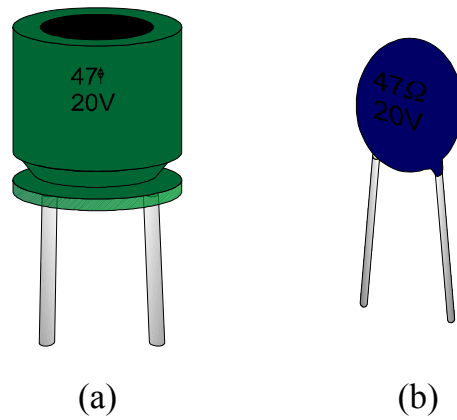


Fig.19 Capacitores eletrolíticos : (a) óxido de alumínio e (b) óxido de tântalo

Os capacitores eletrolíticos de óxido de tântalo apresentam a seguinte vantagem sobre os eletrolíticos de óxido de alumínio: a capacitância dos capacitores de óxido de tântalo sofre menor variação com o passar do tempo.

Existem ainda os capacitores eletrolíticos múltiplos, que consistem em dois, três ou até mesmo quatro capacitores no mesmo invólucro. A **Fig.20** mostra estes tipos de capacitores.

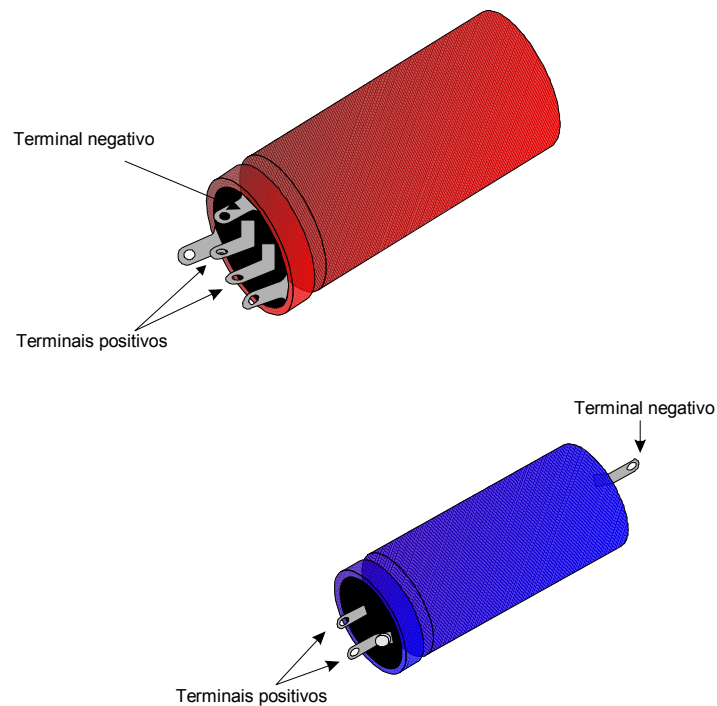


Fig.20 Capacitores eletrolíticos múltiplos.

Em geral, nesses capacitores o invólucro externo ou carcaça é comum a todos os capacitores.

Capacitores eletrolíticos como os da **Fig.20**, são muito usados em fontes de alimentação. Os capacitores eletrolíticos múltiplos podem ser representados pelo símbolo mostrado na **Fig.21**.

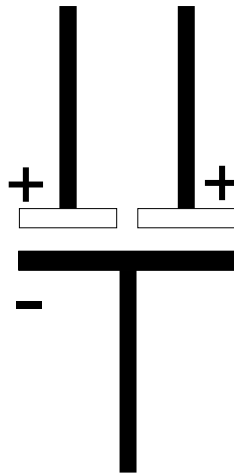


Fig.21 Símbolo dos capacitores eletrolíticos múltiplos.

Especificação técnica dos capacitores

Os capacitores são especificados tecnicamente por:

- Tipo.
- Capacitância.
- Tensão de trabalho.

Por exemplo : capacitor de poliéster de $0,47\mu$ e 600V e capacitor eletrolítico de 2.200μ e 63V.

APRESENTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS NOS CAPACITORES

A capacitância e a tensão de trabalho dos capacitores é expressa no corpo do componente de duas formas:

- Diretamente em algarismos.
- Através de um código de cores.

A **Fig.22** apresenta alguns capacitores com os valores de capacitância e a tensão de trabalho expressos diretamente em algarismos.

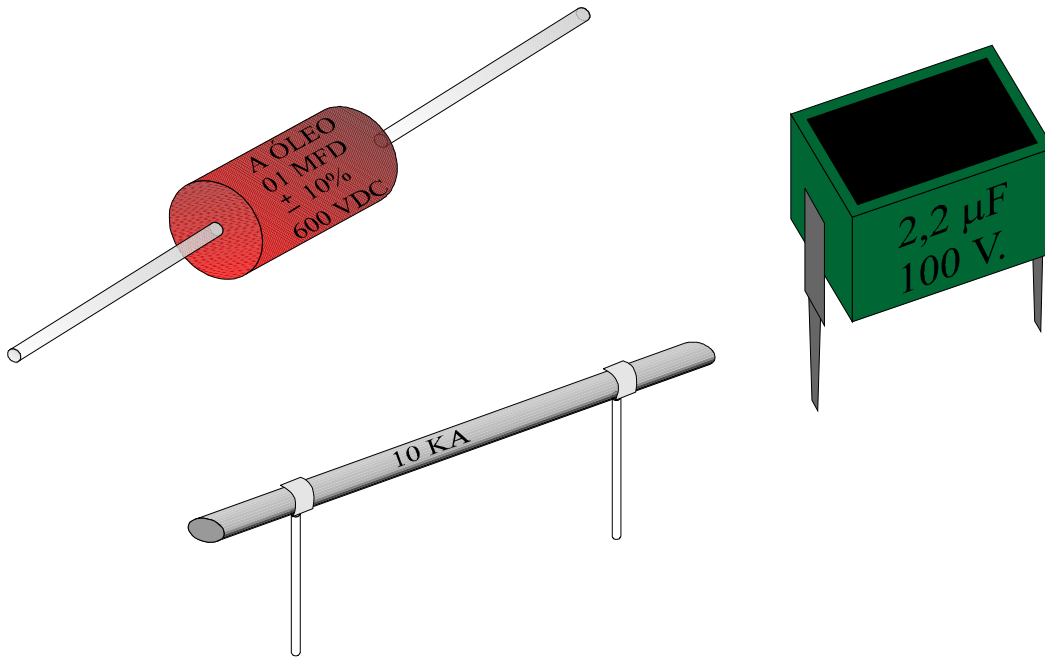


Fig.22 Valores dos capacitores expressos em algarismos.

Os valores são apresentados normalmente em microfarads (μF) ou picorafads (pF).

Quando os capacitores são menores que $1\mu\text{F}$, como por exemplo $0,1\mu\text{F}$, $0,0047\mu\text{F}$ ou $0,012\mu\text{F}$, o zero que precede a vírgula não é impresso no corpo do componente. Nestes casos aparece diretamente um ponto, que representa a vírgula, como ilustrado na **Tabela 2**.

Tabela 2 Valor real e valor impresso no capacitor.

Valor real	Valor impresso
$0,1\mu\text{F}$	$.1\mu$
$0,047\mu\text{F}$	$.047\mu$
$0,012\mu\text{F}$	$.012\mu$
$0,68\mu\text{F}$	$.68\mu$

CÓDIGO DE CORES PARA CAPACITORES

A **Fig.23** mostra o código de cores para capacitores e a ordem de interpretação dos algarismos.

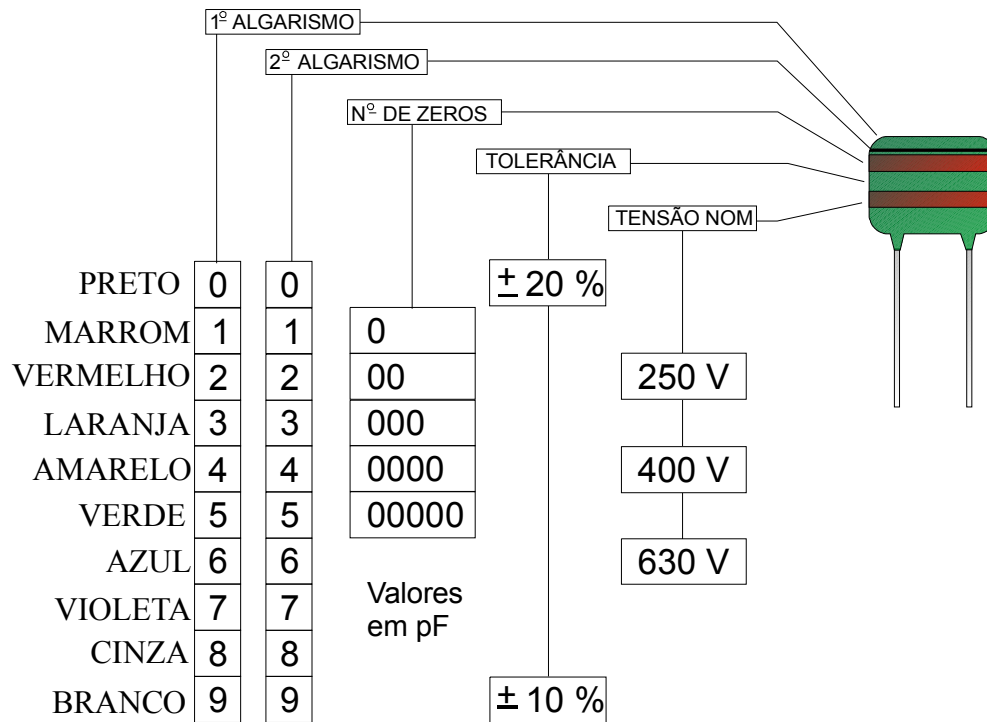


Fig.23 Código de cores para capacitores.

O valor de capacitância expresso pelo código de cores é dado em picofarads (pF).

Exercícios

Especificar os capacitores identificados pelas seguintes cores :

- Amarelo - Violeta - Laranja - Branco –Azul
- Laranja - Branco - Amarelo - Branco - Vermelho

Solução

- 47nF, ± 10%, 630V
- 0,39 μF, ± 10%, 250V

TESTE DE ISOLAÇÃO DO CAPACITOR

Um capacitor em condições normais apresenta entre suas armaduras resistência infinita (isolação) não permitindo assim circulação de corrente.

Mas, quando o dielétrico sofre degeneração, a resistência entre as armaduras diminui permitindo a circulação de uma pequena corrente denominada de corrente de fuga.

Quando se deseja verificar as condições do capacitor quanto à resistência de isolação entre as armaduras utiliza-se normalmente o ohmímetro.

A escolha da escala de ohmímetro depende do valor de capacitância do capacitor a ser testado, conforme ilustrado na **Tabela 3**.

Tabela 3 Teste de isolação de capacitores.

Capacitância	Escala
até $1\mu\text{F}$	x10.000
de $1\mu\text{F}$ a $100\mu\text{F}$	x 1.000
acima de $100\mu\text{F}$	x 10 ou x1

Para valores de capacitância de até $1\mu\text{F}$, a escala recomendada é a x10000 e para valores superiores recomenda-se x100 ou x10.

Após selecionada a escala, conectar as pontas de prova do ohmímetro aos terminais do capacitor. Neste momento o ponteiro deflexiona rapidamente em direção ao zero e logo em seguida retorna mais lentamente em direção ao infinito da escala.

Quando o capacitor está com a isolação em boas condições, o ponteiro deve retornar até o infinito da escala. Deve-se inverter as pontas de prova e repetir o teste.

Apêndice

QUESTIONÁRIO

1. O que acontece com um capacitor em descarga ?
2. Quais são os fatores que influenciam na capacitância de um capacitor ?
3. Cite os tipos básicos de capacitores.

BIBLIOGRAFIA

SENAI/DN . **Reparador de circuitos eletrônicos**; Eletrônica Básica I. Rio de Janeiro. (Coleção Básica SENAI, Módulo 1).

VAN VALKENBURG, NOOGER & NEVILLE. **Eletricidade Básica**. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, c 1960. 132p. vol.3