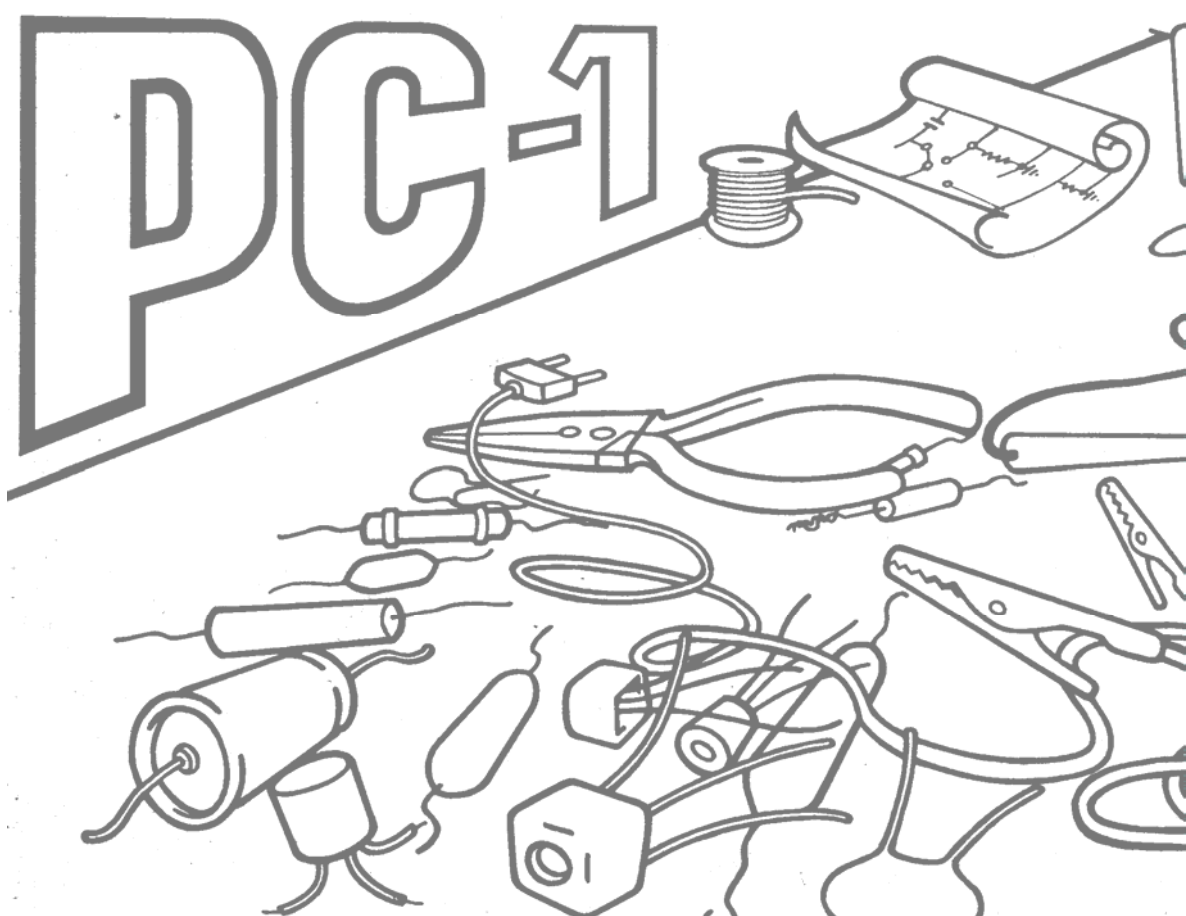


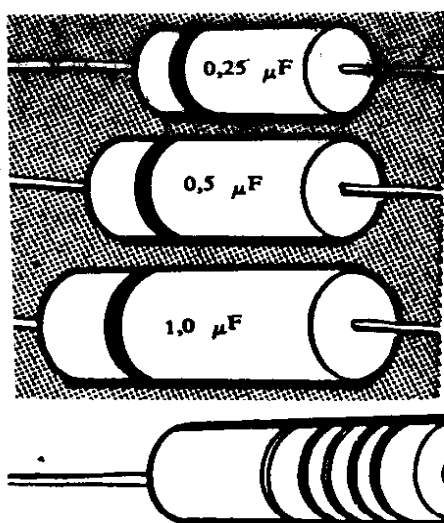
PRÁTICA DE APLICAÇÃO DOS CAPACITORES



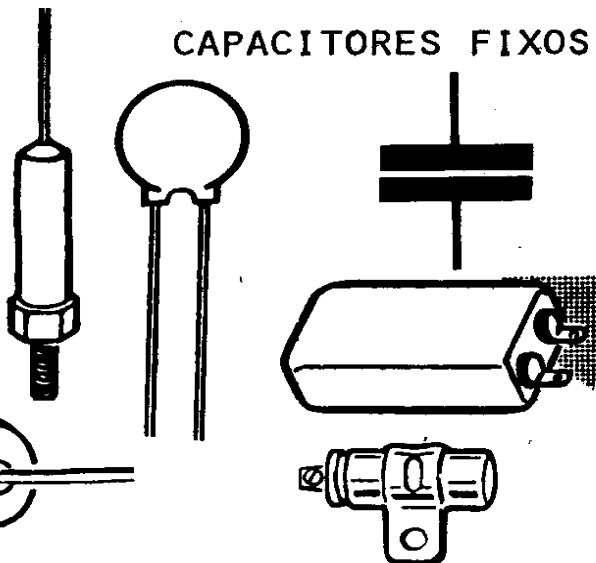
Prof. Eng. Alexandre Dezem Bertozzi, Esp.
Versao 1.0 – maio de 2011.

www.bertozi.com

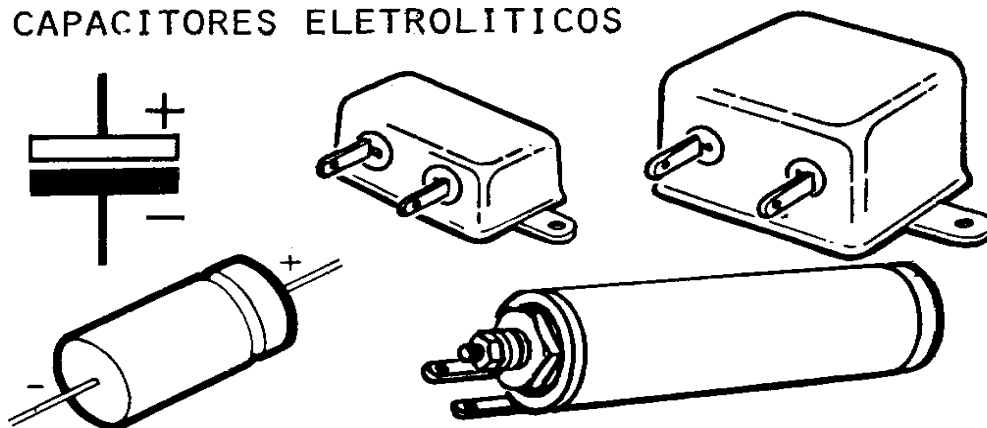
OS CAPACITORES



CAPACITORES FIXOS



CAPACITORES ELETROLITICOS



CAPACITORES VARIÁVEIS DE MICA

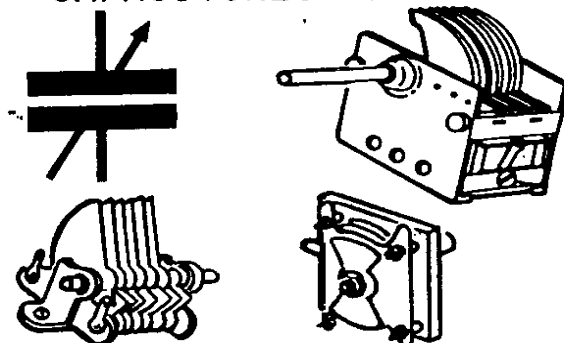
("TRIMMER")



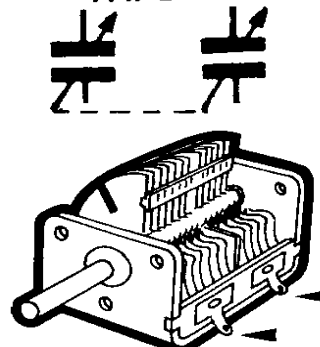
ou capacitores ajustáveis



CAPACITORES VARIÁVEIS

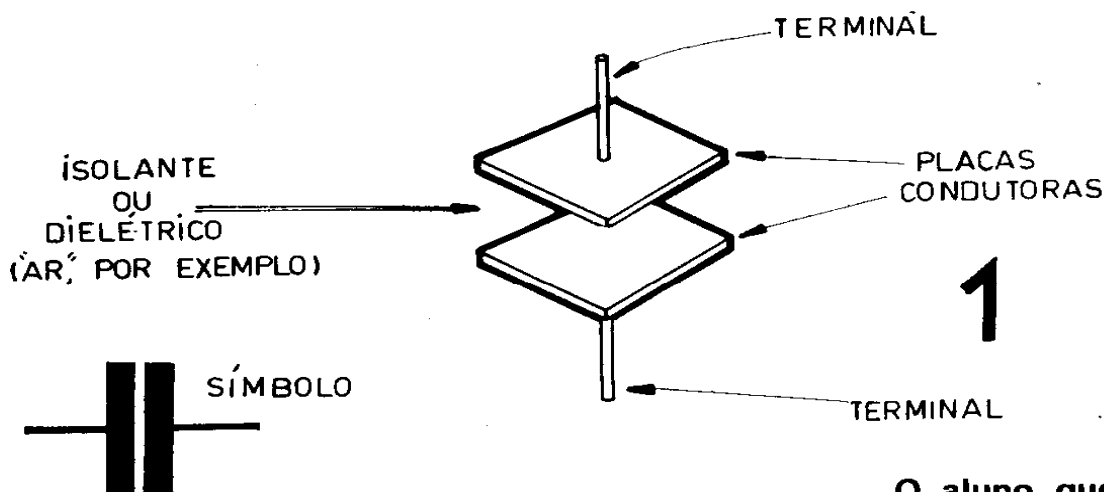


TANDEM



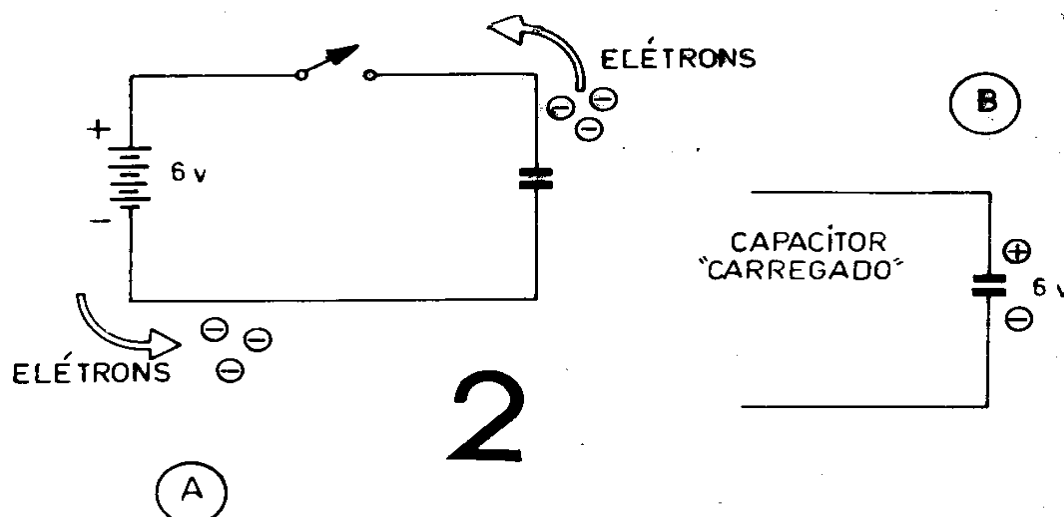
TEMA 1

Basicamente, um capacitor não é mais do que um conjunto de duas placas condutoras (metal, geralmente), separadas por um meio isolante qualquer (ar, plástico, etc.), construído como mostra o desenho 1 (que inclui também o símbolo esquemático adotado para representar o capacitor nos "esquemas"...).



O aluno que "não faltou" à primeira aula, sobre os resistores, há de se lembrar da classificação dos materiais quanto à sua resistividade elétrica, em BONS CONDUTORES, MAUS CONDUTORES e SEMI-CONDUTORES. Na construção de um capacitor entram materiais BONS CONDUTORES (nas placas) e materiais MAUS CONDUTORES (ou ISOLANTES...) no dielétrico. Devido à presença do material isolante separando as placas condutoras, o capacitor *não permite* a passagem de corrente contínua. Para o principiante, pode parecer estranho, ou até dispensável, um componente que *não pode* ser percorrido pela corrente, afinal, "para que serviria um componente que *não deixa* alguma coisa acontecer...?". Numa explicação bem simplificada, o capacitor serve para: *armazenar* energia (cargas elétricas) e *retardar* ou "temporizar" uma mudança de voltagem em determinado ponto de um circuito...

O desenho 2 mostra como podemos fazer o capacitor "carregar-se" ou armazenar energia. Em A está o pequeno circuito necessário, constituído, além do próprio capacitor, de uma fonte (pilhas) e uma chave interruptora, tudo ligado "em série"... Ao ser fechado o interruptor, o terminal *positivo* das pilhas "atrai" elétrons da placa do capacitor a ele ligado. Ao perder elétrons (que são cargas *negativas*) tal placa assume carga *positiva*. Por outro lado, o terminal *negativo* das pilhas "fornece" elétrons (já que os tem "sobrando"...) à placa do capacitor a ele ligada... O tempo que a fonte de energia (pilhas, no caso...) leva para "tomar" os elétrons de uma das placas e "empanturrar" de elétrons a outra depende de dois fatores: o valor de capacitância do capacitor e a voltagem da fonte.



Assim, no caso do exemplo, ao fim desse tempo, pode-se desligar o interruptor, isolando-se assim o capacitor da fonte de energia. Entretanto, mesmo separado das pilhas, o capacitor se manterá "carregado" com os 6 volts (como mostrado em B), ou seja: o componente "guardou" essa diferença de potencial de 6 volts, "armazenando" a energia em suas placas...

TEMA 2

FARAD

unidade de capacitância

A unidade usada para medir a capacitância é o FARAD (em homenagem ao cientista que pesquisou o assunto e determinou as primeiras fórmulas de cálculo...). Entretanto, ocorre com os capacitores, na prática, um problema: a unidade Farad é enorme, muito grande para o uso "real". Como a capacitância é diretamente proporcional ao tamanho das placas, um capacitor de – por exemplo – 1 Farad seria um imenso "trambolho", tanto física como eletricamente... Assim, na prática, usamos apenas capacitores com valores muito menores do que 1 Farad. Para "escrever" esses valores, temos que usar sub-múltiplos do Farad, dos quais os mais adotados são:

- MICROFARAD – a milionésima parte de um Farad. (μF)
- NANOFARAD – a milésima milionésima parte de um Farad. (nF)
- PICOFARAD – a milionésima milionésima parte de um Farad. (pF)

Mesmo esses sub-múltiplos são, eventualmente, grandes demais para escrever o valor de um capacitor, forçando-nos a usar decimais para a notação desse valor. Vamos a alguns exemplos práti-

cos, representando valores de componentes encontráveis no comércio especializado:

<u>valor do capacitor</u>	<u>— como se “lê” o valor</u>
$10\mu F$	— dez microfarads
$.1\mu F$	— ponto um microfarad ou um décimo de microfarad.
$.022\mu F$	— ponto zero vinte e dois microfarads ou vinte e dois milésimos de microfarad.
$100pF$	— cem picofarads.
$10nF$	— dez nanofarads.

Eventualmente, um mesmo valor de capacitância pode ser “escrito” e “lido” de várias maneiras diferentes (dependendo, naturalmente, do sub-múltiplo utilizado). Além disso, utilizamos também na codificação dos valores dos capacitores, a abreviação K (significando “mil vezes”, assim como usado na notação dos valores dos resistores.

Vamos exemplificar com um capacitor medindo um centésimo de microfarad. As três indicações a seguir representam o mesmo valor de capacitância (um centésimo de microfarad), porém expresso em sub-múltiplos diferentes da unidade:


 $.01\mu F \quad - \quad 10nF \quad - \quad 10KpF$

Isso quer dizer que um capacitor de um centésimo de microfarad também pode ser “chamado” de dez nanofarads ou de dez mil picofarads! É muito importante para o estudante de Eletrônica saber fazer a “conversão” dos valores entre os vários sub-múltiplos adotados. A “coisa” não é tão difícil como pode parecer a princípio, bastando um pouco de atenção. A tabela a seguir mostra mais alguns exemplos práticos de “conversões” ou “equivalências” entre os sub-múltiplos...



$$\begin{aligned}
 .001\mu F &= 1nF = 1KpF \\
 .1\mu F &= 100nF = 100KpF \\
 .047\mu F &= 47nF = 47KpF \\
 .22\mu F &= 220nF = 220KpF
 \end{aligned}$$

Nos componentes de alto valor (capacitores eletrolíticos, que serão estudados mais adiante...) usa-se, geralmente, o maior sub-múltiplo de aplicação prática, ou seja, o microfarad (μF). Assim, no varejo especializado, o aluno poderá encontrar, por exemplo, capacitores com os seguintes valores:

$10\mu F$	(dez microfarads)
$47\mu F$	(quarenta e sete microfarads)
$100\mu F$	(cem microfarads)
$220\mu F$	(duzentos e vinte microfarads)
$1.000\mu F$	(mil microfarads)

TEMA 3

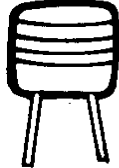
Diversos tipos de capacitores —||—

Embora basicamente todo capacitor seja construído no sistema "duas placas condutoras separadas por um isolante", essa disposição, aparentemente simples, admite "mil" variações — industrialmente falando. Assim, os capacitores são feitos de muitas maneiras diferentes, dependendo do tamanho final que o componente deva ter, do seu valor de capacitância e de outros parâmetros, como voltagem de trabalho, temperatura de trabalho, etc. O desenho 3 mostra a aparência dos tipos mais comuns de capacitores

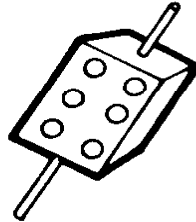
DISCO
CERÂMICO



POLIÉSTER



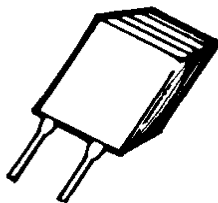
MICA



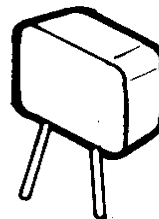
POLISTIRENO



"SHÍCKO"



POLICARBONATO

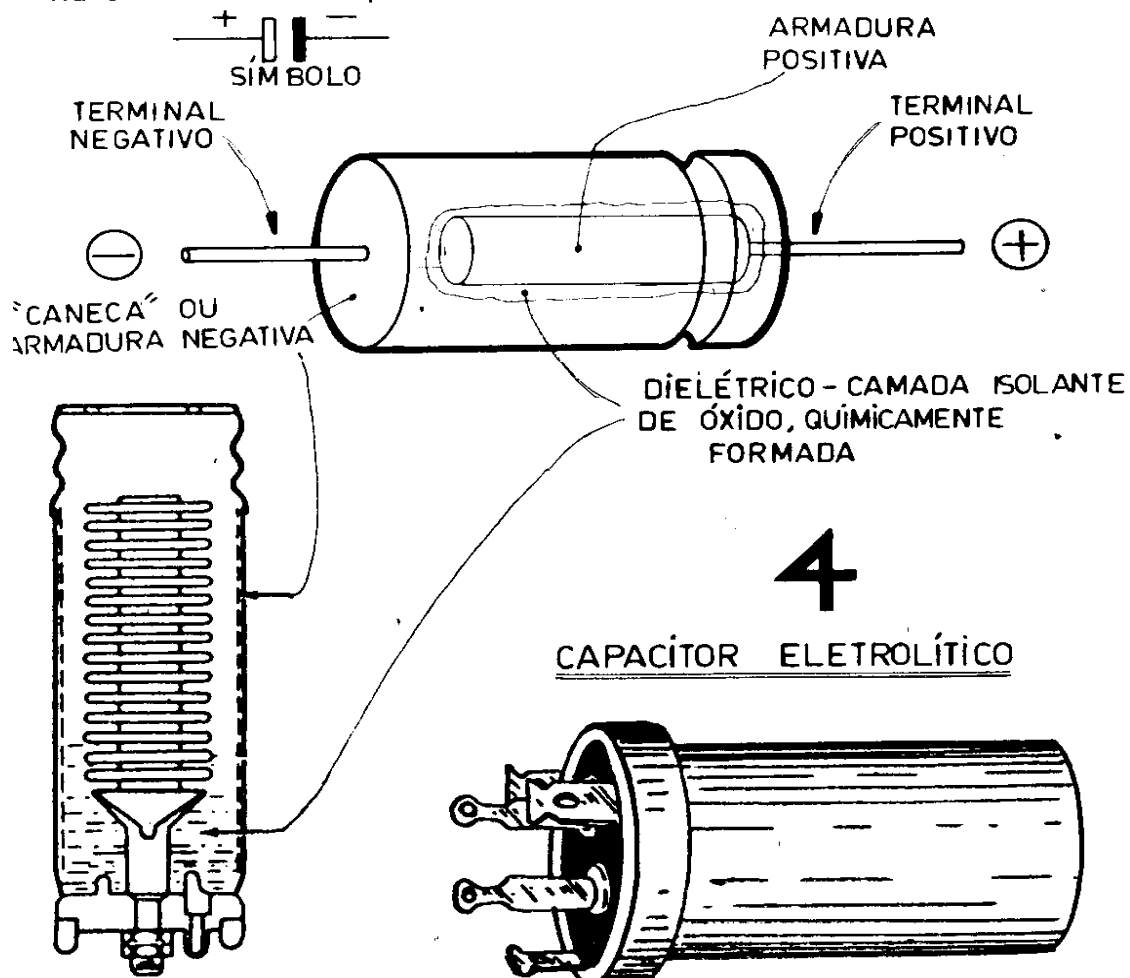


3

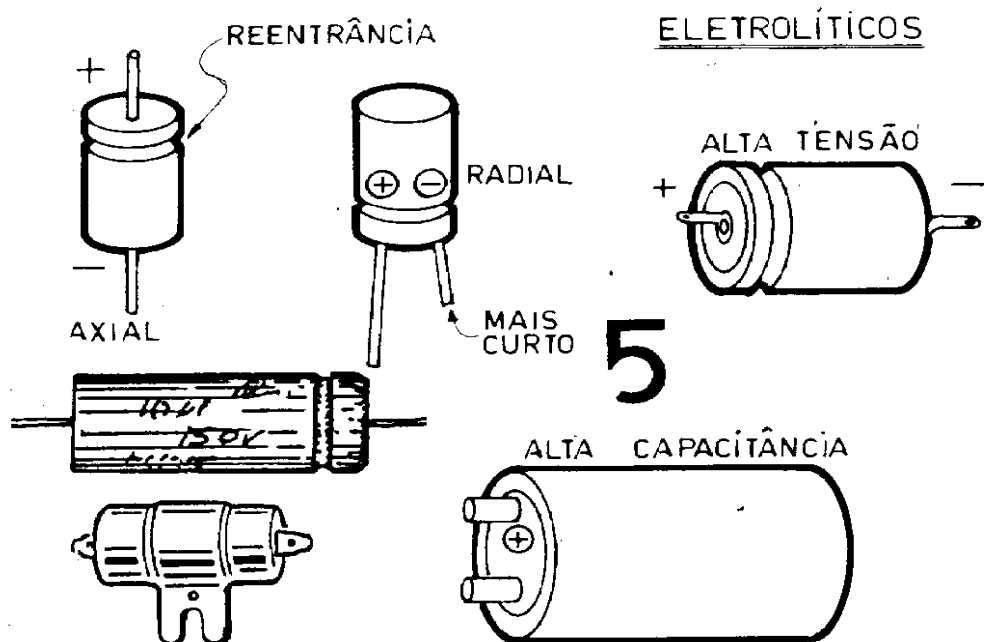
utilizados nas montagens de circuitos e aparelhos eletrônicos: o disco cerâmico que, como seu nome indica, apresenta forma circular e chata (parecida com uma lentilha...), o de poliéster, geral-

mente em forma quadrada ou retangular, apresentando faixas coloridas (que servem para a "leitura" do valor, conforme será explicado mais adiante...), o de mica, também em forma quadrada ou retangular, freqüentemente mostrando um conjunto de pontos circulares coloridos numa das faces, o de poliestireno, em forma tubular, o tipo "Shicko", geralmente quadrado ou retangular, apresentando certa espessura e o capacitor de polícarbortato, quase sempre em forma de quadrado ou retângulo, com as arestas arredondadas...

Até agora temos falado em capacitores que usam como isolante entre as duas placas, um meio fixo ou sólido qualquer, ou seja: o dielétrico (meio isolante) é, normalmente uma camada de plástico, poliéster, mica (mineral isolante de alta qualidade...) papel, etc. Entretanto, quando necessitamos de valores muito altos de capacitância (normalmente de $1\mu F$ para cima...), esses isolantes não se prestam, industrialmente para a confecção dos componentes. Para esses casos específicos, são produzidos os chamados capacitores eletrolíticos, cujo dielétrico (meio isolante...) é formado quimicamente. O desenho 4 mostra a "cara" e as "entranhas" de um capacitor eletrolítico típico... Um dos terminais é ligado à uma "caneca" metálica externa (que funciona como uma das placas ou armaduras do capacitor...).



O outro terminal é ligado a um eletrodo metálico interno, que não faz contato direto com a caneca. O espaço entre a caneca e o eletrodo interno é preenchido com um composto químico que, uma vez submetido à passagem de uma corrente elétrica, forma uma camada de óxido (material relativamente isolante...) em torno do eletrodo interno, que funciona, no caso, como dielétrico. Essa camada de óxido isolante, quimicamente formada, tem espessura muito pequena (milésimos de milímetro, ou menos...), proporcionando alta capacitância ao componente...



O tipo axial apresenta os terminais saindo um de cada extremidade da peça (sendo o positivo identificado por uma reentrância em torno do corpo do componente...). O tipo radial apresenta os dois terminais saindo da mesma extremidade do capacitor, sendo a identificação da polaridade marcada no próprio corpo do componente, ou codificada pelo tamanho (comprimento) dos próprios terminais — o mais curto é sempre o negativo...

Em virtude, contudo, das suas características eletro-químicas, os capacitores eletrolíticos são polarizados, ou seja: seus terminais tem "sinal", positivo e negativo, não podendo ser ligados invertidos, sob pena de não funcionamento (ou até, em alguns casos, da inutilização do componente...). Notar, ainda no desenho 4, que até o símbolo do capacitor eletrolítico é diferente daquele utilizado para os capacitores "comuns"... Os eletrolíticos também são produzidos numa razoável variedade de "modelos", cujas aparências mais comuns são mostradas no desenho 5...

Os capacitores eletrolíticos para voltagens de trabalho (ver explicação mais adiante...) mais elevadas, além de serem maiores, também apresentam terminais diferentes (no geral, pequenas

“orelhas” metálicas, em lugar dos terminais em forma de fio...). Já os de capacitância muito alta, apresentam, no seu corpo cilíndrico relativamente volumoso, terminais do tipo radial (ambos numa só extremidade do componente...), porém em forma de pinos (às vezes munidos de rosca e porca) grossos e curtos...

TEMA 4

VOLTAGEM DE TRABALHO (E FUGA...) DOS CAPACITORES

Além da *capacitância* propriamente, o capacitor apresenta uma outra característica importante: a **VOLTAGEM DE TRABALHO**. Em virtude do tipo de dielétrico utilizado (meio isolante...), os capacitores podem “resistir” a voltagens diferentes, quando ligados em determinado circuito... Os capacitores tipo *não eletrolítico*, normalmente, são produzidos para funcionarem com voltagens relativamente elevadas (de 100 volts para cima...), existindo, inclusive, componentes que trabalham “folgados”, com *milhares* de volts aplicados às suas placas (terminais). Esses capacitores, contudo, devido às altas exigências de isolação dos seus dielétricos, são, geralmente, de capacitâncias relativamente baixas (*abaixo* de $1\mu\text{F}$, com algumas exceções...). Já os *capacitores eletrolíticos* (capacitâncias *acima* de $1\mu\text{F}$...) são produzidos, normalmente, para trabalharem com voltagens relativamente baixas (de 100 volts para baixo, até 3 volts ou menos...). Alguns pontos são importantes para o conhecimento do “aluno”, quanto a esse aspecto:

- Nenhum capacitor pode ser ligado a uma voltagem *superior* à sua voltagem de trabalho, ou seja: se um capacitor previsto para funcionar em até 16 volts, for ligado a um circuito onde seja submetido a 50 volts — por exemplo — inevitavelmente o componente acabará se “queimando”...
- De uma forma geral, quanto maior a voltagem de trabalho de um capacitor, maior também será o seu tamanho (devido à necessidade de dielétricos mais “espessos”...).
- Normalmente, capacitores com voltagens de trabalho relativamente *altas*, podem ser usados “sem medo”, em circuitos que funcionem sob voltagens inferiores... Isso quer dizer que, se você utilizar um capacitor para 250 volts num circuito submetido a 100 volts — por exemplo — tudo estará bem...
- De uma maneira geral para que uma boa margem de segurança seja estabelecida, considere-se como aceitável uma voltagem de trabalho para determinado capacitor, *no mínimo* duas vezes maior do que a tensão à qual deva o componente ser submetido no circuito em que esteja ligado. Isso significa — exemplificando — que, num circuito submetido a uma alimentação de 120 volts, os capacitores deverão ser de 250 volts, para que trabalhem “folgados”...

- No caso de capacitores eletrolíticos, devido às suas especiais características, não se recomenda o uso de capacitores com voltagens de trabalho *muito* maiores do que aquelas às quais serão *realmente* submetidos (sob risco de não funcionarem corretamente, em determinados circuitos). Assim, num circuito alimentado por 6 volts — por exemplo — devem ser usados (quando necessários...) eletrolíticos com voltagens de trabalho em torno de 10 volts (podendo também ser usados capacitores de 12 ou 16 volts). Já capacitores para 25 volts ou mais — dependendo do tipo de circuito — poderão acarretar problemas de funcionamento...

Como todo e qualquer componente eletrônico, o capacitor também tem as suas “deficiências”... A principal delas é a chamada “FUGA DE CORRENTE”... Teoricamente, um capacitor com dielétrico *perfeito* (completamente isolante...) e encapsulado em material também perfeitamente isolante, deve apresentar fuga *zero*, ou seja: nenhuma *corrente contínua* deverá ser capaz de atravessar o componente, de um terminal para outro (naturalmente respeitada a *voltagem de trabalho* do componente...). Entretanto, embora na teoria isso seja possível, na prática não o é, pois, industrialmente, não é possível construir-se um dielétrico (meio isolante) absolutamente *perfeito*... Assim, sempre existirá uma certa fuga de corrente entre as placas do capacitor, ainda que pequena...

Nos capacitores *não eletrolíticos* essa fuga pode ser considerada desprezível, no entanto, nos *eletrolíticos*, tal fuga é — normalmente — mensurável e importante, quando se calcula determinados tipos de circuitos...

TEMA 5

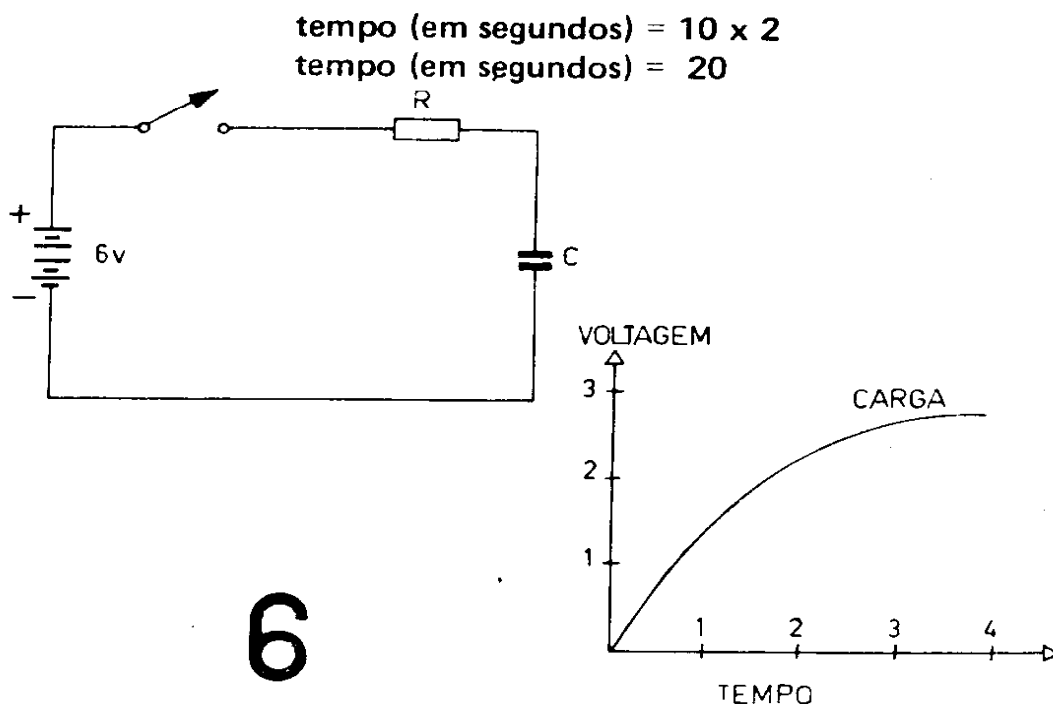
A CONSTANTE DE TEMPO (O CAPACITOR UTILIZADO COMO TEMPORIZADOR...)

No início da presente lição, foi dito que o capacitor é capaz de “armazenar” energia e também de *retardar* ou “temporizar” uma mudança de voltagem... Vamos ver como isso funciona, pois trata-se do fundamento de importantíssimas funções do componente dentro de alguns circuitos...

Se uma bateria (ou outra fonte qualquer...) for ligada a um capacitor — como mostrado no desenho 2 — diretamente, o componente será “carregado” com a voltagem da fonte quase que instantaneamente... Entretanto, se colocarmos um resistor nesse pequeno circuito, *em série*, entre a bateria e uma das placas do capacitor, essa carga poderá ser “retardada”, ou seja: o capacitor levará *algum* tempo para “assumir” a voltagem da fonte. Esse tempo é diretamente proporcional ao valor do resistor (quanto maior o valor do resistor, maior o tempo...) e ao valor do capaci-

tor (quanto maior a capacitância, maior o tempo...). Esse "retardo" na carga se deve ao fato do resistor "atrapalhar" o caminho dos elétrons, como que "segurando-os", fazendo com que eles cheguem às placas do capacitor (ou saiam delas...) mais devagar, literalmente...

O produto da capacitância (C) pela resistência (R) numa rede de componentes desse tipo, é denominado **CONSTANTE DE TEMPO**. Assim, multiplicando-se o valor do capacitor (em Farads) pelo valor do resistor (em Ohms), obtém-se, em *segundos*, o tempo que o capacitor leva para se carregar com *dois terços* da voltagem aplicada (pela fonte...). Vamos exemplificar: suponhamos que, no desenho 6, R meça 10Ω e C meça 2F. O Cálculo ficará assim:



Isso quer dizer que, se associarmos, em série, um resistor de 10Ω com um capacitor de 2F e ligarmos esse conjunto a uma fonte de energia qualquer, o capacitor levará cerca de 20 segundos para atingir "carga" correspondente a $\frac{2}{3}$ da voltagem dessa fonte...

Se quisermos saber quanto tempo o capacitor levará para assumir carga com voltagem *total* (igual a apresentada pela fonte), basta multiplicarmos essa *constante de tempo* ($R \times C$) por 5, ficando então a fórmula da seguinte maneira:

$$\text{tempo (em segundos) para carga total} = 5 \times R \times C$$

No caso do exemplo já dado:

$$\begin{aligned} \text{tempo (em segundos) para carga total} &= 5 \times 10 \times 2 \\ \text{tempo} &= 100 \text{ segundos.} \end{aligned}$$

Assim, chegamos à conclusão que, com os valores de R e C dados no exemplo, o capacitor levará cerca de 100 segundos para assumir voltagem igual à da fonte...

É bom notar, contudo, que *Ohms* representam valores *muito* baixos (na prática...) para os resistores, e *Farads*, valores *muito* altos (na prática) para os capacitores. Com o auxílio porém de um pequeno "truque" matemático, a coisa fica fácil de ser feita e calculada: se o resistor tiver o seu valor inscrito na fórmula em *Megohms* (milhões de Ohms — abreviação M) e o capacitor em *Microfarads* (milionésimos de Farad — abreviação μF), a *constante de tempo* poderá ser calculada sem qualquer alteração na fórmula (e, além disso, utilizando-se componentes com valores mais "comerciais"...). Vamos ver então como poderíamos obter essa mesma temporização, usando componentes com tais valores:

constante de tempo (em segundos) = $MR \times \mu F$ ou
constante de tempo (em segundos) = $10M\Omega \times 2\mu F$ ou
constante de tempo (em segundos) = 20 segundos (para que o capacitor atinja 2/3 da voltagem da fonte) ou
 $5 \times 10 M\Omega \times 2\mu F = 100$ segundos (para que o capacitor atinja carga *igual* à voltagem total da fonte).

Através da correta escolha dos valores de R e C, portanto, podemos obter efeitos de temporização desde *milionésimos de segundo*, até *horas* ou *dias*...

TEMA 6

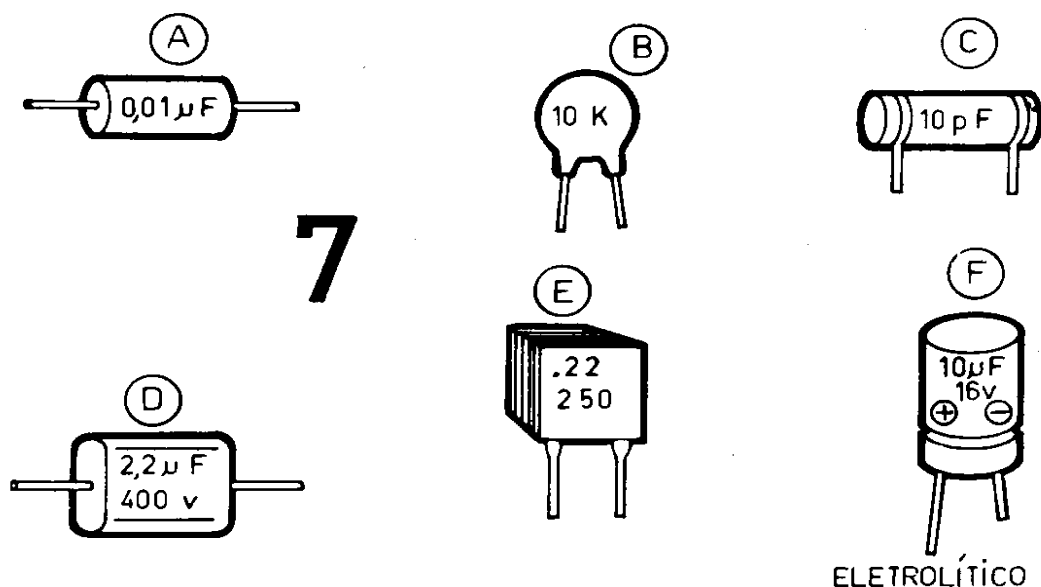
Valor dos capacitores

(O CÓDIGO DE CORES)

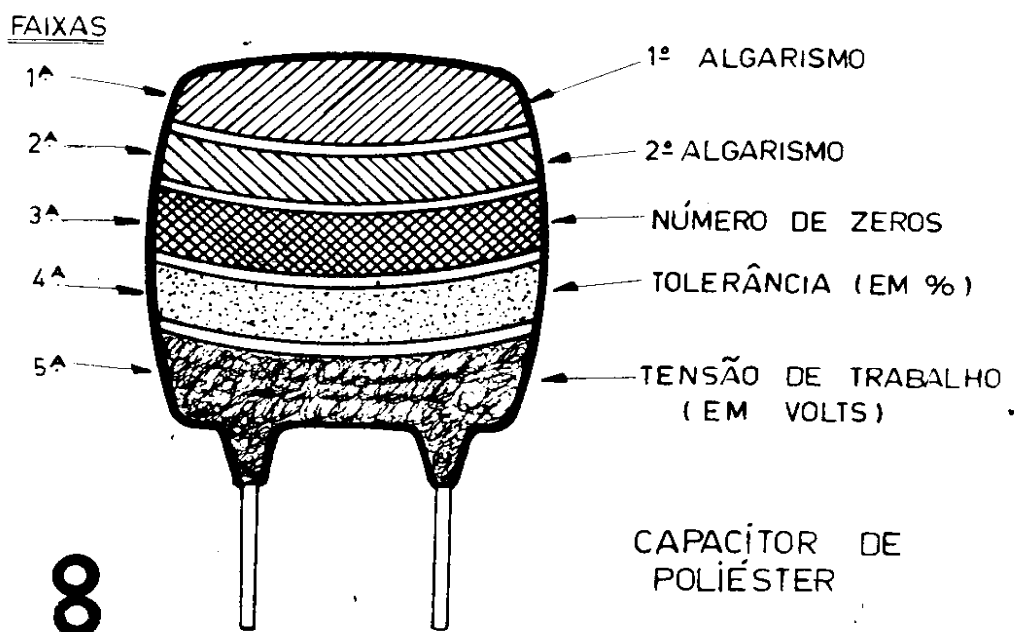
Assim como acontece com os resistores, os capacitores são fabricados em "séries" de valores padronizados, indo de uns poucos picofarads (pF) até milhares de microfarads (μF). Para a identificação desses valores, alguns fabricantes imprimem o valor da capacitância no corpo do componente. O desenho 7 mostra alguns capacitores com os sistemas de notação mais adotados... Vamos "ler" os valores:

- A — "ponto zero um microfarads".
- B — "dez mil picofarads".
- C — "dez picofarads".
- D — "dois vírgula dois microfarads" — voltagem de trabalho 400 volts.
- E — "ponto vinte e dois microfarads" — voltagem de trabalho 250 volts.
- F — "dez microfarads" — voltagem de trabalho 16 volts.

Notar que os componentes de valor relativamente alto costumam apresentar a voltagem de trabalho também impressa, juntamente com o valor.

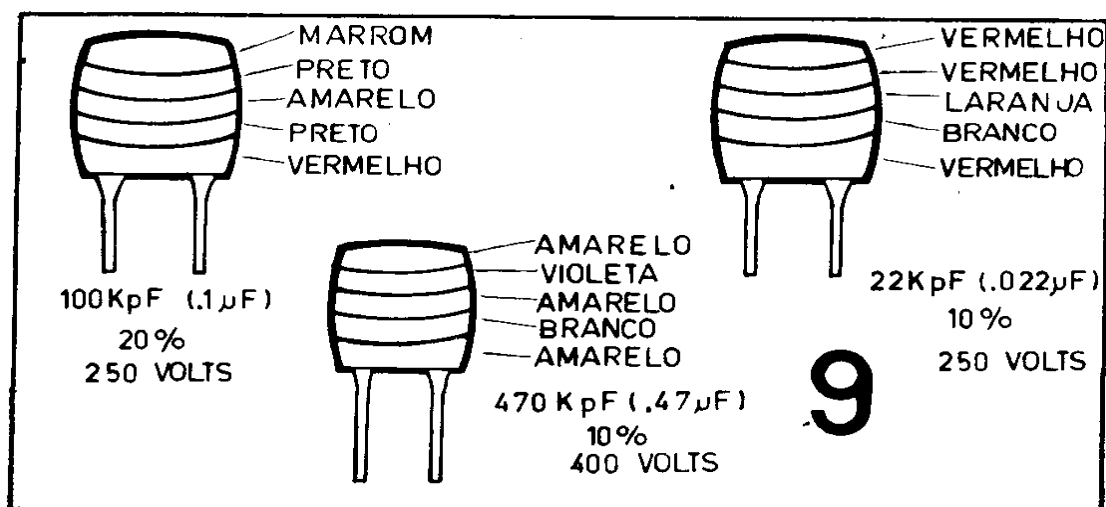


Observem o desenho 8, que mostra, em detalhe, um capacitor desse tipo, com a identificação das faixas e a ordem em que devem ser "lidas"...



Além dos modelos de capacitor mostrados no desenho 7, existe um outro tipo, muito popular entre os estudantes e hobbys-tas (devido principalmente ao seu pequeno tamanho e ampla faixa de valores "encontráveis" no varejo especializado...) que é o chamado CAPACITOR DE POLIÉSTER. O capacitor de poliéster apresenta corpo quadrado ou retangular, ostentando uma série de faixas coloridas que servem para "ler" o valor, de maneira muito semelhante à adotada para a leitura dos valores dos resistores.

A ordem da leitura é sempre do topo do capacitor em direção ao lado que apresenta os terminais (base). O desenho 9 mostra três exemplos de capacitores de poliéster, com a respectiva identificação das cores das faixas e com a "leitura" do seu valor, tolerância e voltagem de trabalho. **IMPORTANTE:** a leitura do código de cores nos capacitores de poliéster é sempre feita em picofarads. Se for necessária (para facilitar algum cálculo ou interpretação...) uma "conversão" para outro submúltiplo (no desenho 9 os exemplos também têm os seus valores inscritos em microfarads – μF), o "aluno" deve consultar o item O FARAD – A UNIDADE DE CAPACITÂNCIA (I), lá no começo desta lição...



A tabela a seguir mostra a interpretação do código de cores para a leitura do valor (e de outros dados, como a tolerância e a voltagem de trabalho...)

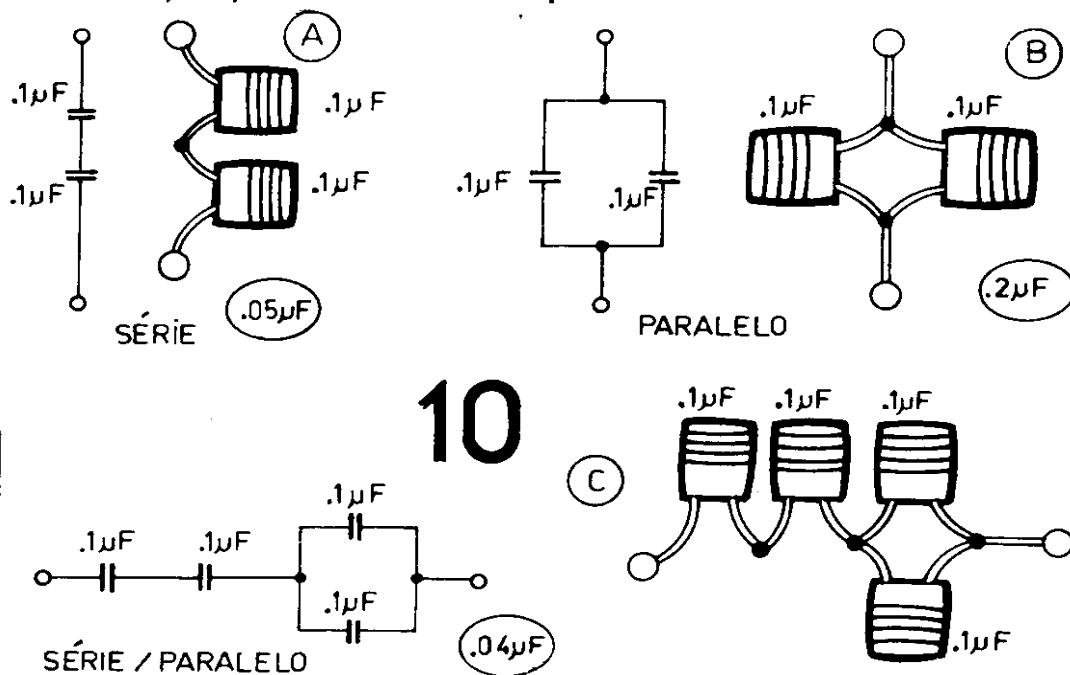


cor	1.º algarismo	2.º algarismo	n.º de zeros	toler.	volts
PRETO	0	0		20%	250 V
MARROM	1	1	0		
VERMELHO	2	2	00		
LARANJA	3	3	000		
AMARELO	4	4	0000	10%	400 V
VERDE	5	5	00000		630 V
AZUL	6	6			
VIOLETA	7	7			
CINZA	8	8		10%	
BRANCO	9	9			

TEMA 7

ASSOCIANDO CAPACITORES EM SÉRIE E EM PARALELO

Assim como acontece com os resistores, os capacitores nem sempre são encontráveis no *exato* valor necessário para determinada montagem, experiência ou circuito, já que é impraticável, industrialmente falando, produzir-se componentes com *todo e qualquer valor*, de zero a infinito... Felizmente, podemos conseguir valores "intermediários" (não fabricados normalmente...) através de associações *em série* ou *em paralelo* desses componentes... Observem o desenho 10. Em (A) temos dois capacitores (vistos em símbolo e em aspecto real...) ligados *em série* (um atrás do outro...). Em (B) aparecem dois capacitores ligados *em paralelo*... Finalmente, em (C) temos o que se convencionou chamar de "associação mista" ou um conjunto de quatro capacitores ligados *em série/paralelo*. Notar que *nada* impede que sejam ligados *em série* mais do que dois capacitores (3, 4, 5 ou mais...) ou *em paralelo* também mais do que dois componentes... As "associações mistas" (série/paralelo) também podem ser compostas de *qualquer* número de componentes...



Quando se interligam capacitores das maneiras mostradas no desenho 10, precisamos de aplicar algumas fórmulas matemáticas simples para calcular o valor total de capacitância apresentada pelo conjunto... Para o cálculo de capacitores em paralelo – como em (B) no desenho 10 – a fórmula é a seguinte:

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Ou seja: a capacitância total em paralelo (C_p) é igual à soma das capacitâncias individuais de todos os capacitores ligados ao conjunto. Vamos conferir com o exemplo dado em (B) onde aparecem dois capacitores de $.1\mu F$ ligados em paralelo:

$$C_p = .1\mu F + .1\mu F \quad \text{ou} \quad C_p = .2\mu F$$

Assim, o conjunto exemplificado em (B) *equivale* a um só capacitor de $.2\mu F$.

O cálculo para capacitores *em série* é um pouquinho mais complicado (mais ainda assim de fácil resolução, não assustando ninguém...). A fórmula a ser usada é a seguinte:

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots\dots\dots \frac{1}{C_n}$$

Vamos então, usando a fórmula, calcular a associação *série* mostrada em (A) no desenho 10, composta de dois capacitores de $.1\mu F$ cada...

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{.1\mu F} + \frac{1}{.1\mu F} \quad \text{ou}$$

$$\frac{1}{C_s} = 10 + 10 \quad \text{ou}$$

$$\frac{1}{C_s} = 20 \quad \text{ou}$$

$$C_s = \frac{1}{20} \quad \text{ou}$$

$$C_s = .05\mu F$$

Chegamos então à conclusão que, a capacitância *total* do conjunto equivale a $.05\mu F$.

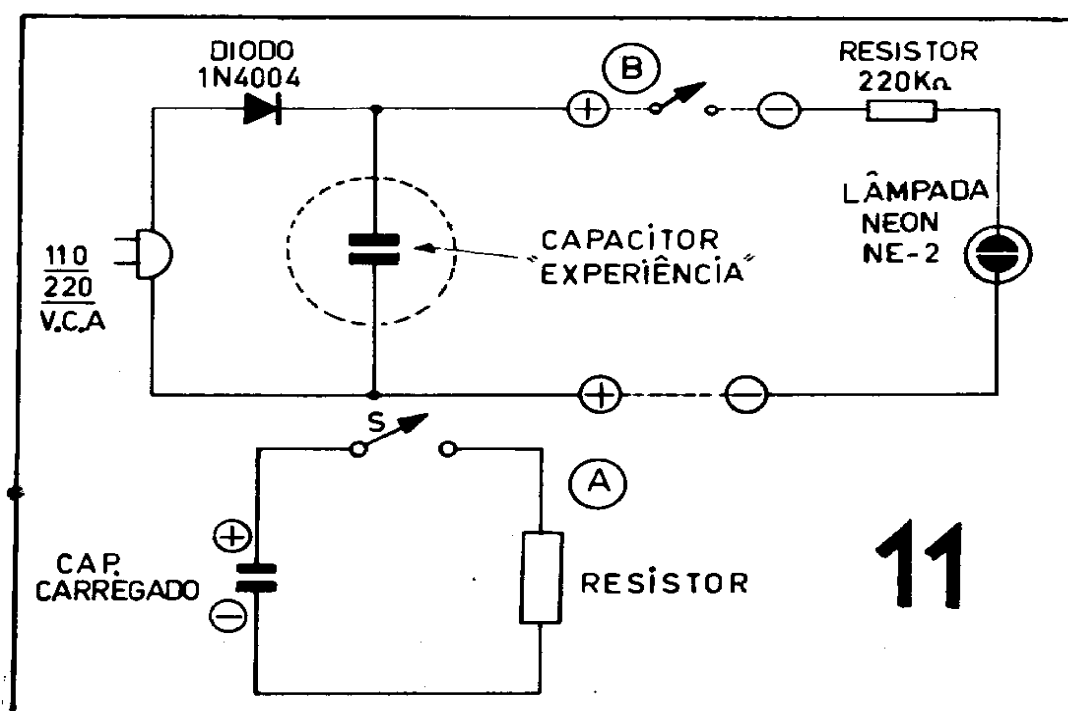
Para calcular as associações mistas, devemos usar ambas as fórmulas, fazendo as contas por etapas. No exemplo dado em (C) no desenho 10, calcula-se primeiro o resultado do conjunto de dois capacitores *em série* (os dois da esquerda), depois o resultado dos dois capacitores *em paralelo* (na direita) e, finalmente, considera-se como se os dois "capacitores totais" resultantes estejam interligados *em série* e faz-se um novo cálculo final (usando-se a fórmula para capacitores *em série*...). Façam o cálculo, lembrando-se que *todos* os componentes do conjunto são de $.1\mu F$ e confirmam se é obtido o total de $.04\mu F$ mostrado no exemplo...

TEMA 8

Os capacitores na prática

No começo da presente lição, foi explicado como o capacitor pode ser "carregado" com determinada voltagem, fornecida por uma fonte de energia. No item A CONSTANTE DE TEMPO (O CAPACITOR UTILIZADO COMO TEMPORIZADOR...), o "aluno" ficou sabendo que, para atingir essa carga, o componente leva *algum tempo*, dependendo de fatores como: o próprio valor de capacitância, o valor do resistor/série acoplado ao circuito, etc.

Depois, contudo do capacitor estar devidamente "carregado" (pela aplicação às suas placas de uma voltagem proveniente de uma fonte de energia...), o componente *mantém* tal carga (mesmo após ser desconetado da fonte de energia...). Para "descarregar" o capacitor, devemos interligar suas duas placas (terminais), através de um circuito qualquer... O exemplo mais simples pode ser dado com a ligação de um simples resistor, "curto-circuitando" os terminais do capacitor, como se vê em (A), no desenho 11. Suponhamos, no exemplo, que o capacitor C já havia sido previamente carregado com um valor de voltagem qualquer (estando, no momento, desligado da fonte que o carregou...). Ao ser fechada a chave S, a *voltagem* acumulada ou "condensada" no capacitor desenvolverá uma *corrente* através do resistor...



Para saber porque isso acontece, consultem novamente a lição COMPROVANDO A LEI DE OHM.

Lá vocês verificarão que, uma das “fórmulas” para se obter a corrente que percorre um circuito, é dividir-se a voltagem aplicada a tal circuito, pela resistência ôhmica apresentada pelo mesmo... O cálculo é o seguinte:

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

Onde I é a corrente (em ampéres), V a tensão (em volts) e R a resistência, em ohms).

Entretanto, a passagem dessa corrente de “descarga” do capacitor pelo resistor a ele acoplado só ocorre enquanto o capacitor possui “carga”... Tudo ocorre como se o capacitor, literalmente, vá se “esvaziando” da carga acumulada (exatamente como um reservatório de água se esvazia, se deixarmos uma torneira aberta até esgotar o líquido...).

Permanecendo na analogia com o reservatório d’água, se o mesmo estiver *bem cheio*, ao ser aberta a torneira que o esgota, o fluxo de saída da água, a princípio, será *bem intenso*... Aos poucos, contudo, conforme a quantidade d’água no reservatório vai diminuindo, também diminui a intensidade do fluxo, até que, no final, apenas um “fio” de água escorre da torneira... Finalmente, com o reservatório completamente vazio, o fluxo para (pois não há mais água no reservatório, que possa sair pela torneira...).

Com um capacitor carregado acoplado a um resistor, a “coisa” acontece de maneira muito semelhante. No exemplo em (A) – desenho 11, ao ser fechada a chave S (o que equivale a abrir-se a torneira do reservatório de água...), inicialmente, a corrente que emana do capacitor e percorre o resistor é intensa...

À medida que o capacitor se “esgota”, a corrente vai diminuindo, até que cessa completamente... O *tempo* que decorre entre o início da descarga e o momento em que a corrente deixa de percorrer o resistor, é proporcional ao valor de *capacitância* (que determina, como vimos anteriormente, a *quantidade* de carga acumulada...), e também ao valor ôhmico do resistor (já que, quanto maior a resistência, *menos* corrente passa num mesmo tempo, fazendo com que os elétrons “durem” mais...).

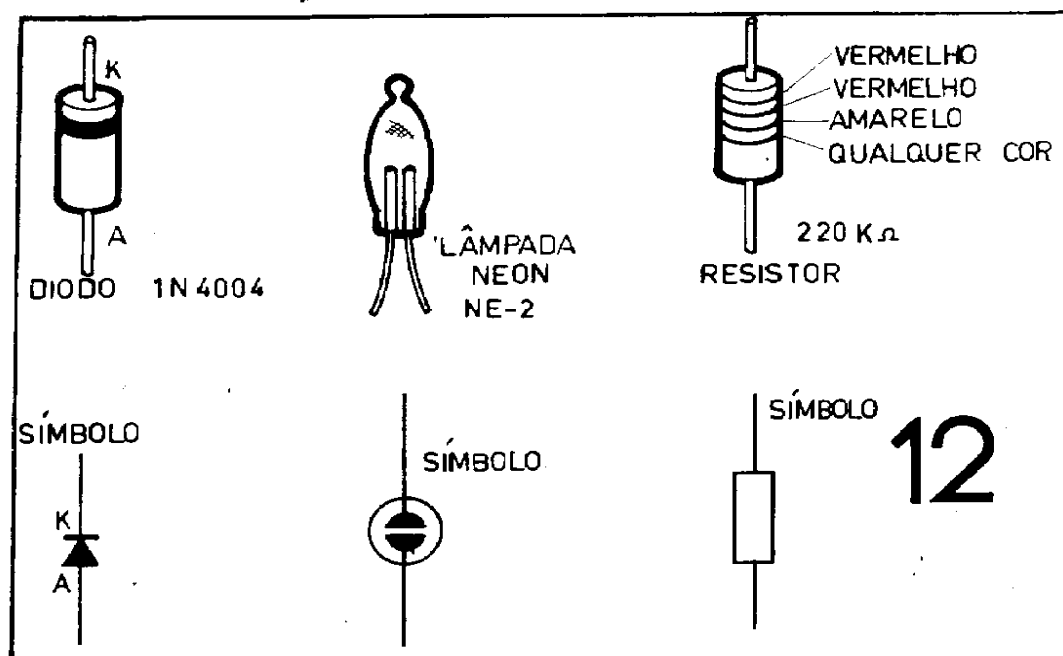
Assim, o fenômeno da *descarga* de um capacitor é, basicamente, igual ao fenômeno da *carga*, apenas que sua ação é *inversa*... Ainda na analogia do reservatório d’água, se o mesmo for dotado de duas torneiras absolutamente *iguais*, uma para *enchê-lo* e outra para *esvaziá-lo*, o tempo que levará para encher será o mesmo que levará para esvaziar (considerando-se, é claro, fluxos *ininterruptos*, tanto no “enchimento” quanto no “esvaziamento”...).

TEMA 9

As experiências

— Não é necessário que o aluno execute estas Experiências, muito embora seja absolutamente imprescindível que as compreenda. —

Através do circuito mostrado em (B) no desenho 11, podemos demonstrar e comprovar essa ação dos capacitores. No desenho 11 vê-se o “esquema” ou diagrama do circuito experimental. O desenho 12 mostra os componentes do circuito, para que o “aluno” possa identificá-los corretamente. Primeiramente aparece o DIODO, componente que apresenta corpo cilíndrico (parecido com o dos resistores) e tem dois terminais, sendo, um deles, identificado por uma pequena *cinta* ou *anel*, em cor contrastante (o terminal marcado chama-se K e o outro é o A. No desenho, além da aparência do diodo, vê-se também o seu símbolo esquemático (que é o desenho adotado para representar o diodo nos “esquemas”...). Logo a seguir aparece a LÂMPADA NEON, constituída de um pequeno bulbo de vidro com dois eletrodos internos, ligados a dois terminais externos.

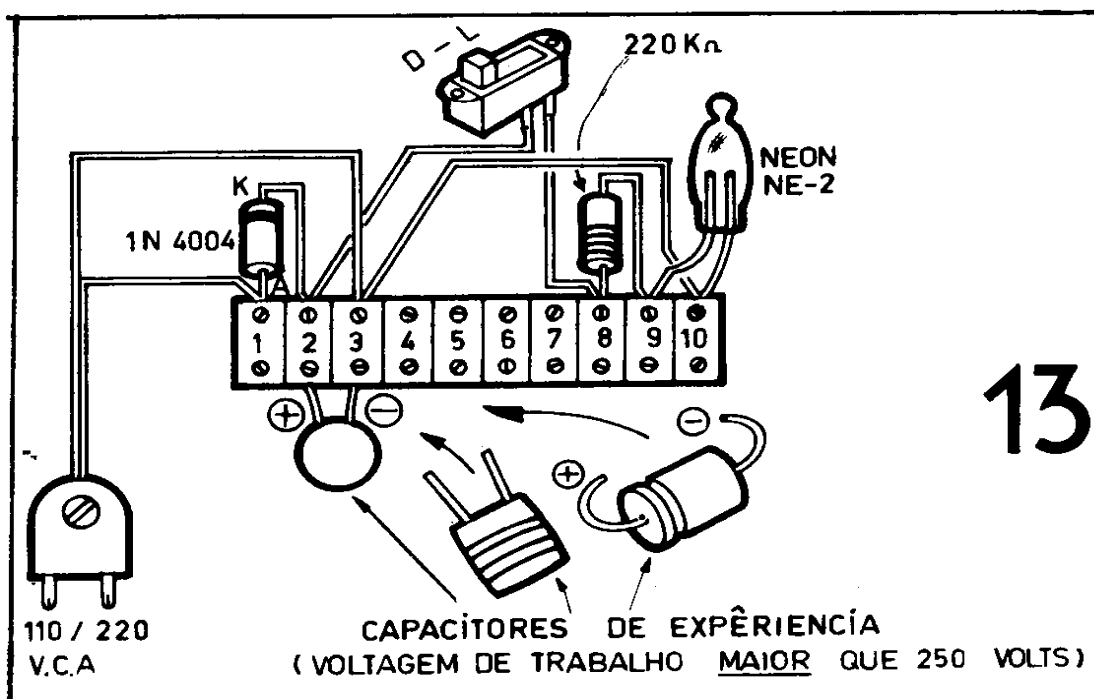


O símbolo da lâmpada NEON também aparece no desenho. Finalmente é mostrado o resistor utilizado na montagem experimental, também em seu aspecto real e símbolo esquemático, além da identificação do “código de cores” representativo do seu valor ôhmico... Além dessas peças algumas outras serão necessárias para as experiências com capacitores.

res. A lista a seguir relaciona tudo o que é necessário:

- Um diodo 1N4004 ou equivalente (podem também ser usados o 1N4005, 1N4007, etc.).
- Uma lâmpada NEON, tipo NE-2 (facilmente encontrável no mercado de componentes eletrônicos...).
- Um resistor de $220K\Omega$ x 1/4 de watt.
- Um "rabicho" (cabo de força, com tomada *macho* numa das pontas).
- Uma barra de conetores parafusados (tipo "Weston") inteira.
- Um interruptor simples (chave H-H ou "gangorra", mini).
- Capacitores de valores diversos, para as experiências. **IMPOR- TANTE:** embora esses capacitores possam ser de praticamente *qualquer* tipo ou valor, sua tensão de trabalho *não pôde* ser inferior a 250 volts, pois o circuito experimental será alimenta- do diretamente da rede de corrente alternada (tomada da pare- de), que apresenta voltagens de 110 ou 220 volts. **CAPACITO- RES PARA VOLTAGENS INFERIORES A 250 VOLTS, SERÃO DANIFICADOS SE LIGADOS AO CIRCUITO EXPE- RIMENTAL!**

Interligue as pe- ças como mostrado no desenho 13, conetando os componentes à barra de conetores parafusados, tomando um cuidado especial com o diodo 1N4004, que tem "posição" certa para ser ligado. A lâmpada NEON e o resistor de $220K\Omega$ não têm *polaridade*, ou seja: seus terminais podem ser ligados, indiferentemente. Os termi- nais 2 e 3 da barra servirão como "terminais de experiências", de- vendo a eles serem ligados os "capacitores experimentais" (pelo lado inferior...).



EXPERIÊNCIAS

- **MUITA ATENÇÃO:** nas experiências, o circuito será alimentado pela rede de corrente alternada (110 ou 220 volts), portanto, *todo cuidado é pouco* no sentido de se prevenir “curtos” e até “choques” que, sob determinadas circunstâncias, podem ser FATAIS, principalmente se o “aluno” deixar pontos do circuito sem o devido isolamento e, o que é ainda pior, tocar partes metálicas do circuito com os dedos, QUANDO O MESMO ESTIVER LIGADO À REDE C.A. Jamais manuseie o circuito estando descalço e/ou com os pés sobre superfícies molhadas ou muito úmidas.
- Ligue um capacitor experimental qualquer (*atenção: tensão de trabalho maior* do que 250 volts!) aos *terminais de experiência* (segmentos 2 e 3 da barra).
- Mantenha a chave H-H na sua posição “desligada” (D).
- Conete, por um breve instante, o “plugue” macho do “rabicho” de alimentação à tomada da parede, desligando-o logo em seguida.
- Com isso, efetua-se a “carga” do capacitor experimental, servindo como fonte de energia os 110 ou 220 volts da tomada...
- Passe a chave H-H para a posição “ligada” (L). Imediatamente a lâmpada NEON acenderá (se o ambiente estiver semi-obscurido, o efeito será melhor notado...), assim permanecendo por um tempo *proporcional* ao valor de capacitância do componente experimentalmente conetado aos segmentos 2 e 3 da barra.
- Isso quer dizer que, por exemplo, se o valor do capacitor experimental for $.1\mu\text{F}$, o “lampejo” conseguido na lâmpada NEON será bem breve; já, se o capacitor experimental tiver um valor entre 1 e $2\mu\text{F}$, a luminosidade na lâmpada NEON será bem mais intensa e duradoura. Se, entretanto, conetarmos aos terminais de experiência — por exemplo — um capacitor eletrolítico de $32\mu\text{F}$ — 350 volts, a sua carga será suficiente para alimentar a lâmpada NEON por vários segundos!
- Com essas experiências, o “aluno” comprovará — através da intensidade e duração do brilho da NEON — que a “carga” acumulada ou “condensada” no capacitor experimental, dependerá, diretamente, do valor deste (quanto *maior* a capacitância, *maior* a carga e *maior* o tempo de “descarga” — através da lâmpada NEON...).

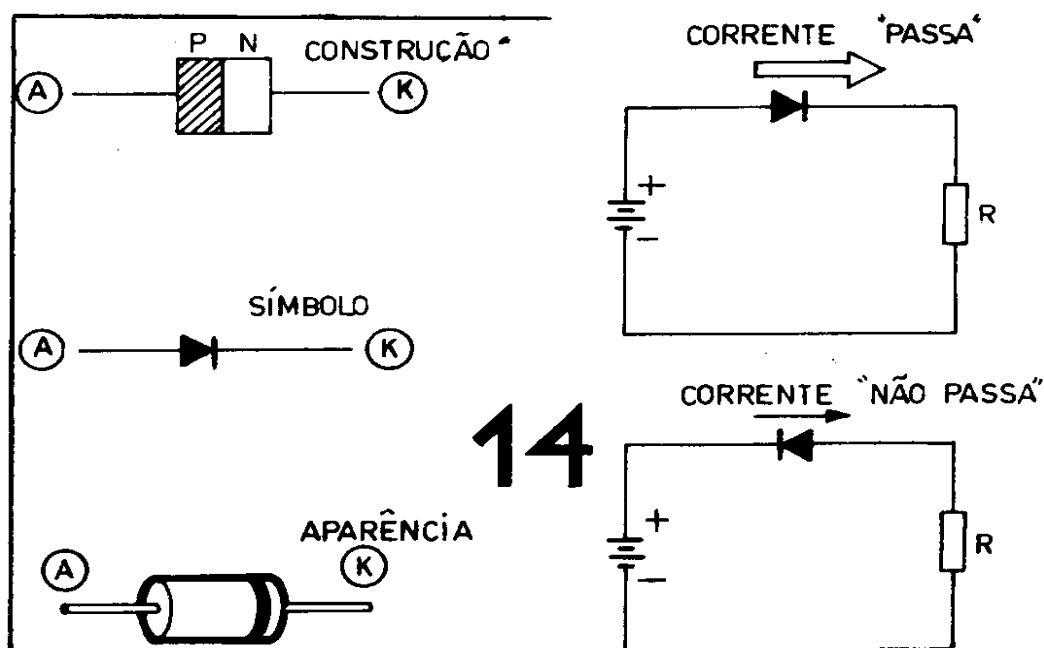
INFORMAÇÕES SIMPLIFICADAS SOBRE ALGUNS DOS COMPONENTES UTILIZADOS NA MONTAGEM EXPERIMENTAL

Dois dos componentes utilizados nessa experiência prática, são um pouco “avançados” para essas primeiras experiências.

DIODO

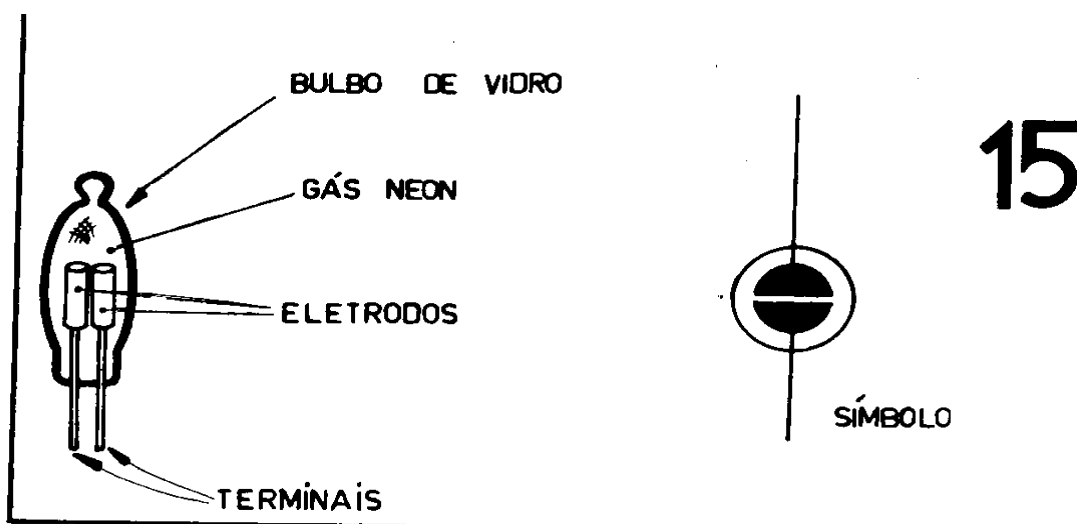
O diodo é um componente produzido através da junção de dois materiais SEMI-CONDUTORES.

Uma junção desse tipo, estabelece uma "barreira" para a corrente num determinado sentido, permitindo, contudo, a sua passagem livre, no sentido oposto. Isso se deve ao fato dos dois materiais SEMI-CONDUTORES usados serem de tipos diferentes: um é tipo P e outro tipo N. O desenho 14 mostra, em diagramas simples, a construção, o símbolo e a aparência real do diodo, bem como as disposições circuitais que "permitem ou não" a passagem da corrente. O motivo do seu uso no circuito experimental para os capacitores é que, alguns desses capacitores podem ser do tipo "polarizado" (eletrolítico), devendo, pois receberem, durante sua "carga", voltagem "certa" em seus terminais. O diodo "retifica" a corrente alternada da tomada da parede (cuja polaridade se inverte 60 vezes por segundo...), fazendo com que a "carga" do capacitor sob experiência se realize de forma correta...



A LÂMPADA NEON

A lâmpada NEON é um importante (e "antigo"...) componente, muito usado na sinalização (como simples lâmpada indicadora...), mas que também pode atuar em muitas outras funções importantes, como será futuramente explicado. Sua construção básica é a seguinte: um bulbo de vidro (ver desenho 15) preenchido com um gás "nobre", chamado NEON (todo o ar é previamente retirado do interior da lâmpada...).



Ainda dentro do bulbo, existem dois eletrodos metálicos, ligados externamente a terminais também metálicos. Ao ser aplicada determinada voltagem à esses terminais externos (normalmente entre 50 e 90 volts – ou mais...), a lâmpada acende, pois o NEON entra em ignição e se “ilumina” com luz alaranjada... Notar que a lâmpada NEON funciona por princípios bem diferentes daqueles que fazem acender as lâmpadas comuns (incandescentes). As lâmpadas incandescentes possuem um filamento que se aquece pela passagem da corrente elétrica (ver COMPROVANDO A LEI DE OHM), tornando-se luminoso, incandescente (daí o nome da lâmpada...).

Na NEON, é o próprio gás que se ilumina, emitindo luz suave. Também não deve ser confundido o tipo de luz emitida pela NEON com aquela obtida com os LEDs.

Tanto o funcionamento, quanto as aplicações, são completamente diferentes, não podendo uma lâmpada NEON ser usada em determinado circuito originalmente projetado para usar LED, ou vice-versa...

TEMA 10

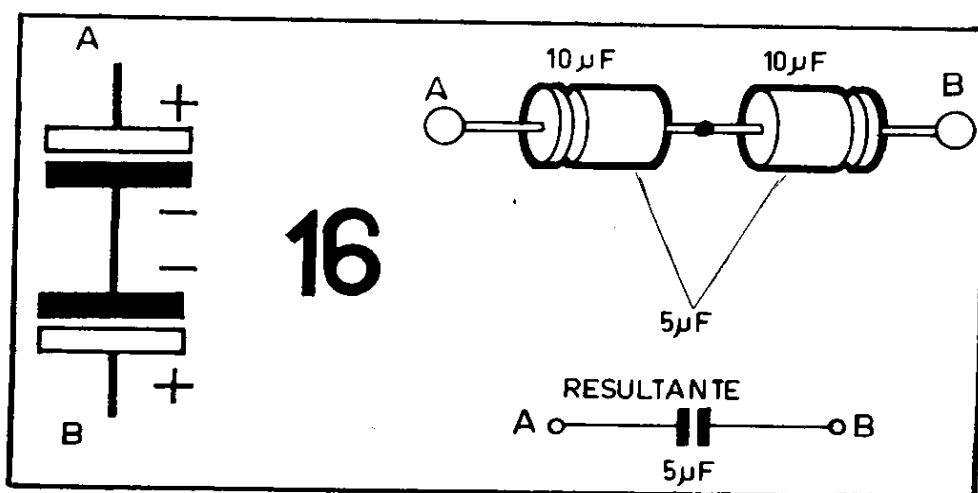
Capacitores ‘especiais’

Além de todos os tipos de capacitores já mostrados e explicados, existem alguns “truques” ou “capacitores especiais” que muito podem auxiliar o estudante, projetista, engenheiro, etc. na resolução de problemas específicos em determinados circuitos...

Lá no começo da lição foi explicado que, os capacitores “comuns” apresenta, normalmente, baixos valores de capacitância e, sempre que for desejado um valor mais elevado, teríamos que

recorrer aos capacitores eletrolíticos... Também foi explicado que, embora os capacitores comuns (baixos valores, relativamente...) sejam "não polarizados" (seus terminais podem ser ligados indiferentemente...), os eletrolíticos têm "polaridade" em seus terminais (um deles é "positivo" e o outro é "negativo", e devem ser ligados ao circuito respeitando essa polaridade...). Entretanto, muitas vezes, determinados circuitos exigem capacitores de alto valor, porém não polarizados (cujos terminais, portanto, possam ser ligados indiferentemente aos outros componentes e "redes" do circuito...).

Um "truque" muito usado, nesse caso, é o de colocar dois capacitores eletrolíticos em série — cada um com o dobro do valor de capacitância requerido para aquele ponto do circuito — e ligados "pólo com pólo" (ou "costa com costa", como dizem alguns...)... Observem o desenho 16. À esquerda aparece um conjunto de símbolos, com dois capacitores eletrolíticos interligados em série, de maneira que os seus negativos estejam conectados entre si, e que os dois terminais positivos fiquem "sobrando", servindo para as conexões "externas" do conjunto... A mesma ligação de componentes é mostrada no desenho (à direita...) em sua aparência "real"...

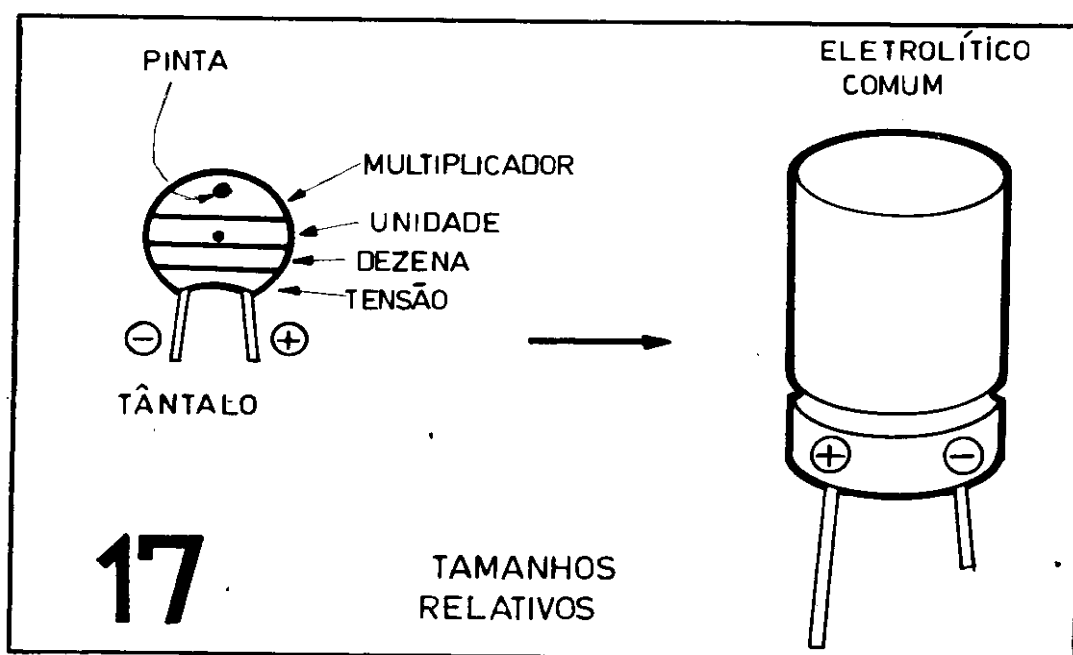


Notar que, em virtude dos dois capacitores do conjunto estarem ligados em série, o valor total de capacitância deve ser calculado de acordo com a fórmula já detalhada... Assim, no caso do exemplo, como os dois capacitores eletrolíticos ligados são de $10\mu F$ cada, a capacitância total do conjunto será de $5\mu F$ (confirmam pela fórmula...). Ainda dentro do exemplo proposto no desenho 16, o conjunto de dois capacitores eletrolíticos (polarizados, portanto...) de $10\mu F$ cada, ligados "costa com costa", resultam num só capacitor, de $5\mu F$, e não polarizado, como é mostrado no desenho 16...

Os capacitores de alto valor (eletrolíticos, normalmente...) são relativamente grandes — pelo menos em relação aos capacitores de menor valor, industrializados por outras técnicas (disco cerâ-

mico, poliéster, etc...). Em alguns circuitos, entretanto, devido à necessidade (geralmente industrial ou comercial...) de se fazer a "coisa total" bem pequena, necessitamos, ao mesmo tempo de capacitores de alto valor (ainda que polarizados...), porém de minúsculo tamanho... Nesses casos, podemos usar os modernos capacitores de tântalo, que são "parentes" dos eletrolíticos comuns (já que também funcionam por processos eletro-químicos...), porém de tamanho muito menor...

O desenho 17 mostra (em tamanhos relativos...) um capacitor de tântalo e um eletrolítico "comum"... Como os capacitores de tântalo são muito pequenos, não é possível aos fabricantes "escrever" os dados sobre seus valores de capacitância e tensão de trabalho, diretamente sobre os corpos dos componentes... Assim, para simplificar as coisas, esses capacitores também "mostram" os seus dados (capacitância, tensão de trabalho, etc...) através de um código de cores, impresso sobre o próprio componente... Observando o desenho 17 (esquerda), vamos verificar como se "lê" os dados no capacitor de tântalo...



Primeiramente, com a pinta (quase sempre vermelha...), voltada para você, o terminal da direita é sempre o positivo (+). O código de cores é semelhante ao adotado para os resistores e capacitores de poliéster, porém apresenta algumas "leituras" um pouco diferentes...

Reparem que, embora as cores tenham o mesmo "valor numérico" adotado nos códigos dos resistores e capacitores, a ordem e o significado da leitura nem sempre é a mesma...

A tabela a seguir mostra como deve ser feita essa leitura:

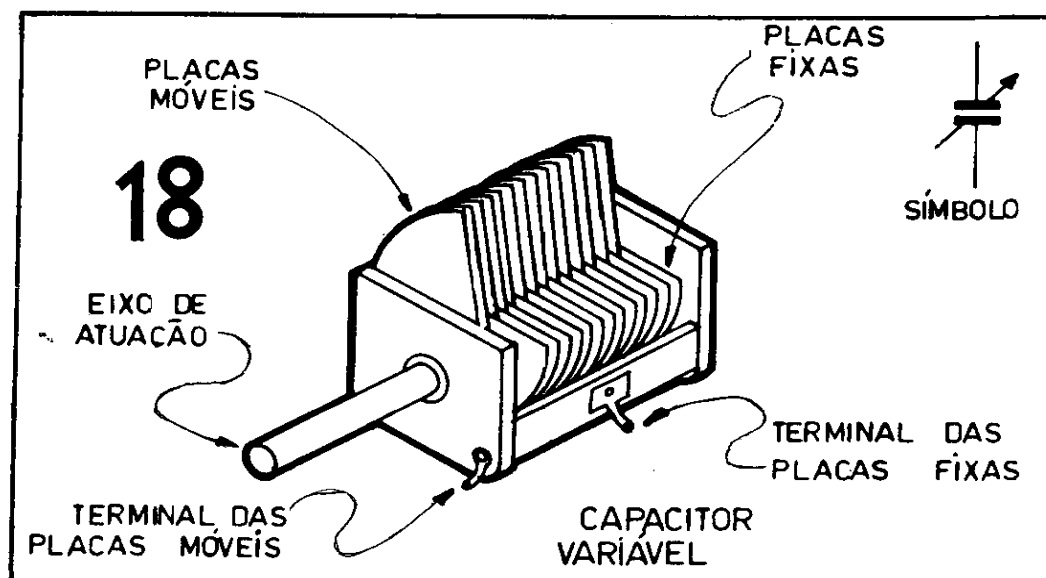
CÓDIGO DE CORES PARA CAPACITORES DE TÂNTALO

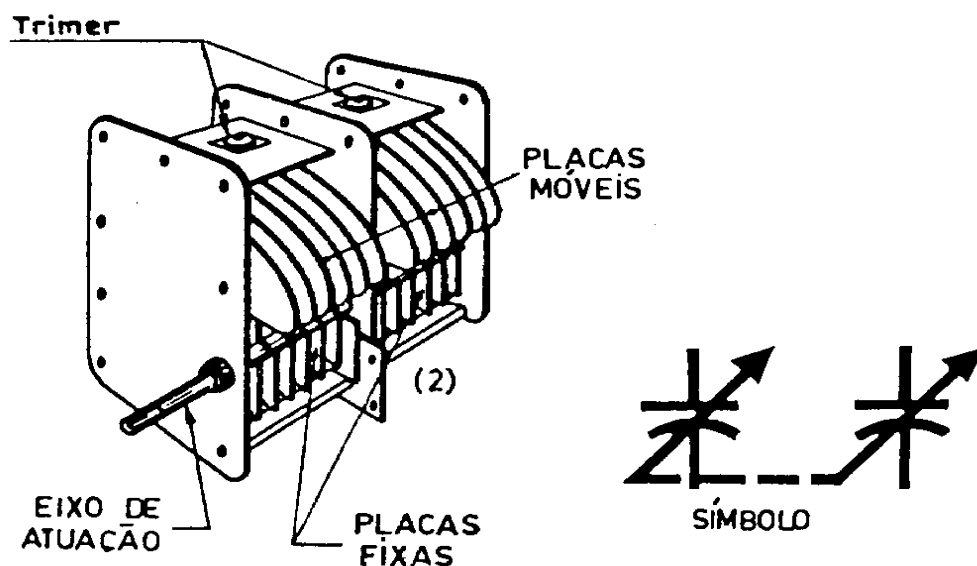
cor	unidades	dezenas	multiplicador	tensão
MARROM	1	1	$\times 10\mu F$	
VERMELHO	2	2	$\times 100\mu F$	
LARANJA	3	3		35 volts
AMARELO	4	4		6,3 volts
VERDE	5	5		16 volts
AZUL	6	6		20 volts
VIOLETA	7	7		
CINZA	8	8	$\times 0,01\mu F$	25 volts
BRANCO	9	9	$\times 0,1\mu F$	3 volts
PRETO	0	0	$\times 1\mu F$	10 volts

TEMA 11

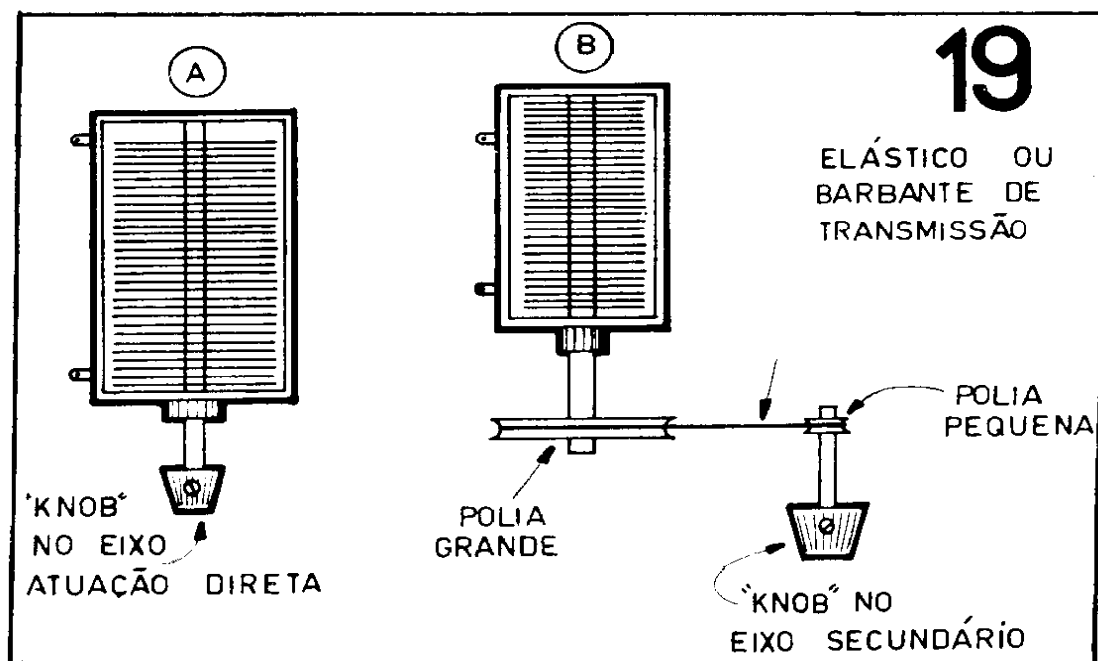
CAPACITORES VARIÁVEIS E AJUSTÁVEIS

Até aqui o "aluno" tomou conhecimento da teoria e da prática (além de importantes informações complementares...) dos capacitores **FIXOS**. Entretanto, como foi dito lá no começo da lição, os capacitores comuns são fabricados com uma série de valores específicos e, embora isso seja conveniente para o uso prático na grande maioria dos circuitos e projetos eletrônicos, existem circunstâncias (dentro de projetos...) que, exigem o uso de capacitores variáveis ou ajustáveis, ou seja: componentes que permitam — dentro de uma certa faixa — o ajuste da sua capacitância (de maneira muito semelhante à que ocorre com os **RESISTORES AJUSTÁVEIS**).





O desenho 18 mostra, em aparência e símbolo esquemático, o capacitor variável mais comum. Sua construção é relativamente complexa pois, no lugar das placas fixas normalmente existentes no interior dos capacitores de valor fixo, o capacitor variável apresenta: um conjunto de placas fixas e um conjunto de placas móveis, intercaladas entre si, sendo que todas as placas móveis estão ligadas a um eixo de atuação. Ao ser girado esse eixo, a superfície das placas móveis que realmente fazem face com as fixas, varia, mudando assim o valor de capacitância do componente...



O desenho 19 mostra as duas maneiras mais usadas para se exercer esse controle de variação de capacitância: o mais simples consiste na fixação de um "knob" (botão) diretamente ao eixo do capacitor. Ao girar-se o "knob", o eixo também gira, mudando

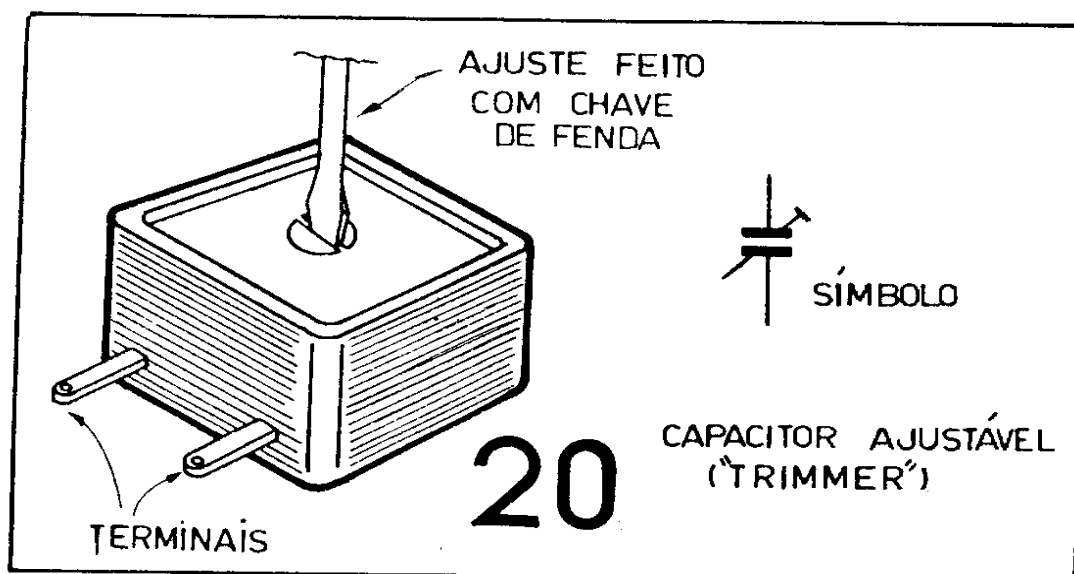
a capacitância... Esse tipo de "atuação direta", contudo, costuma gerar variações muito "bruscas", ficando um tanto difícil fazer-se um ajuste "fino" de capacitância... O sistema mostrado em (B) é mais usado, devido à "suavidade" do acionamento... Ao eixo do capacitor é fixa uma polia relativamente grande. A um outro eixo (que pode ser chamado de "secundário"...), fixa-se uma polia pequena e o "knob" de atuação... Interligando-se as duas polias por um "sistema de transmissão" (barbante ou elástico...), ao girar-se o "knob", o eixo do capacitor variável também gira (porém, muito mais lentamente, devido ao efeito de "redução" produzido pelo conjunto de polias...), suavemente, possibilitando ajustes muito mais precisos... Esse é o sistema usado na maioria dos aparelhos de rádio, para a sintonia

Além do tipo mostrado de capacitor variável, existe também os tipos "miniatura" que, embora de construção um pouco diferente, funcionam e atuam por princípios idênticos...

Os capacitores variáveis são fabricados com valores (que representam a sua capacitância máxima — já que a mesma pode ser ajustada...) entre alguns picofarads e algumas centenas de picofarads...

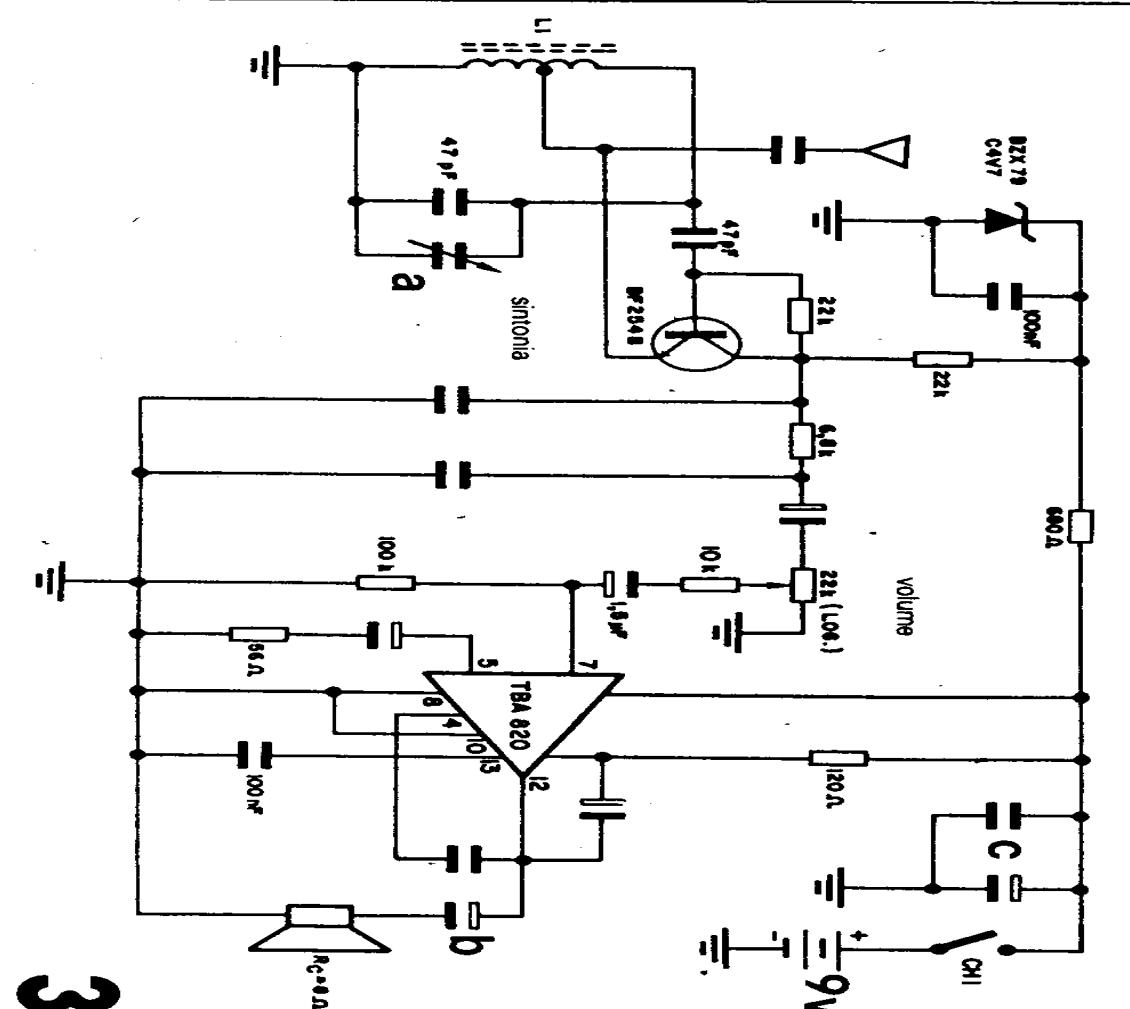
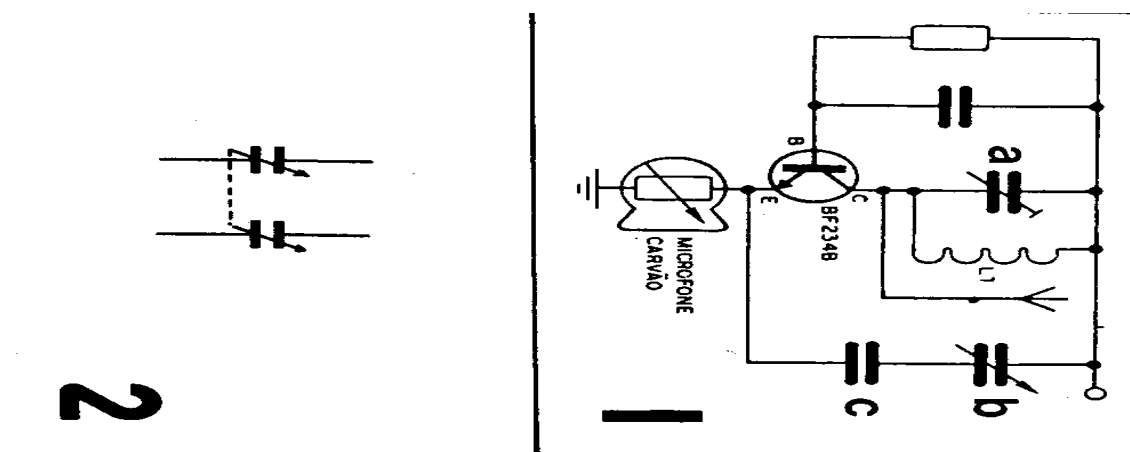
Dentro da sua "família" (a dos capacitores...), o variável executa função semelhante à que realiza o potenciômetro na "família" dos resistores...

Existe ainda um outro tipo de capacitor, cujo valor pode ser alterado: o CAPACITOR AJUSTÁVEL (também chamado de "trimmer"...). O desenho 20 mostra o capacitor ajustável (também o seu símbolo) em sua aparência mais comum. O "trimmer" não apresenta eixo ao qual possa ser acoplado um "knob" para atuação direta. Em seu lugar existe um pequeno parafuso, que pode ser girado com o auxílio de uma chave de fenda. O giro do parafuso aproxima ou afasta (dependendo do sentido do giro...) as placas do capacitor, mudando o seu valor.



O capacitor ajustável também é muito usado em circuitos de sintonia nos aparelhos de rádio e, nesses casos, o seu ajuste, quando feito com o aparelho "em funcionamento", é feito com uma chave de fenda especial, de plástico, pois o "corpo" metálico da ferramenta altera o ajuste, causando imprecisões...

Na "família" dos capacitores, o "trimmer" faz papel semelhante ao realizado pelo "trim-pot", no grupo dos resistores...



- 1) Capacitor é o componente cuja principal finalidade reside em:
a) Armazenar carga elétrica **b)** Reter a corrente alternada **c)** Impedir a passagem de corrente **d)** Nenhuma das alternativas
- 2) A unidade utilizada para medir a capacidade é o Farad. Seus submúltiplos mais utilizados são:
a) Milifarad e pico-farad **b)** Microfarad, pico-farad e nanofarad **c)** Milifarad e decifarad **d)** Quilofarad e microfarad.
- 3) No processo de descarga, um capacitor fornece inicialmente a mesma tensão (voltagem) com que foi carregado se:
a) Atingiu 2/3 da sua capacidade de carga **b)** Foi totalmente carregado **c)** A tensão de carga for maior que a de isolamento do dielétrico **d)** Nenhuma das alternativas.
- 4) Se tivermos num circuito de descarga um resistor de 100 ohms e quisermos aumentar o tempo de descarga do capacitor devemos:
a) Diminuir a resistência **b)** Aumentar a resistência **c)** Diminuir a capacitância **d)** Nenhuma alternativa
- 5) Veja a figura 1. Os capacitores marcados com as letras **b** e **c** estão associados em:
a) Paralelo **b)** Série **c)** Série paralelo **d)** Não podem estar associados porque são diferentes.
- 6) Ainda com relação à figura 1. O capacitor marcado com a letra **a** é um:
a) Capacitor fixo **b)** Trimer **c)** Variável **d)** Eletrolítico.
- 7) Na figura 2 os capacitores variáveis constituem:
a) Uma associação **b)** Um tandem **c)** Um trimer **d)** Dois variáveis.

8) Na figura 3 o capacitor indicado com a letra "a" e o indicado com a letra "b" são respectivamente.

- a) Eletrolítico e variável b) Fixo e eletrolítico
c) Variável e eletrolítico d) Variável e fixo

9) Ainda com relação à figura 3 na associação "c" qual deve ser a tensão de trabalho dos capacitores:

- a) 16 V b) 9 V c) 500 V d) 6 V

10) Quantos capacitores fixos e eletrolíticos "respectivamente" possui o circuito da figura 3.

- a) 10 e 6 b) 9 e 5 c) 9 e 6 d) 9 e 7

