

Vocês não podem
perder a nossa
próxima aula...



- TEORIA
- PRÁTICA
- INFORMAÇÃO

BE-A-BA' da ELETROÔNICA

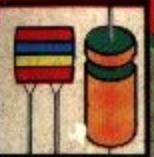
A REVISTA-CURSO QUE
ENSINA A ELETROÔNICA,
EM LIÇÕES SIMPLES
E OBJETIVAS,

COMO VOCÊ PEDIU!

MATRÍCULAS (AINDA...)
ABERTAS, EM TODAS AS
BANCAS! RESERVE,
DESDE JÁ, O SEU
PRÓXIMO EXEMPLAR!

B E-A-BA' da ELETROÔNICA

Nº2



LIÇÕES DE
TECNOLOGIA
NA LINGUAGEM QUE
VOCÊ ENTENDE!

5.000



PL-02

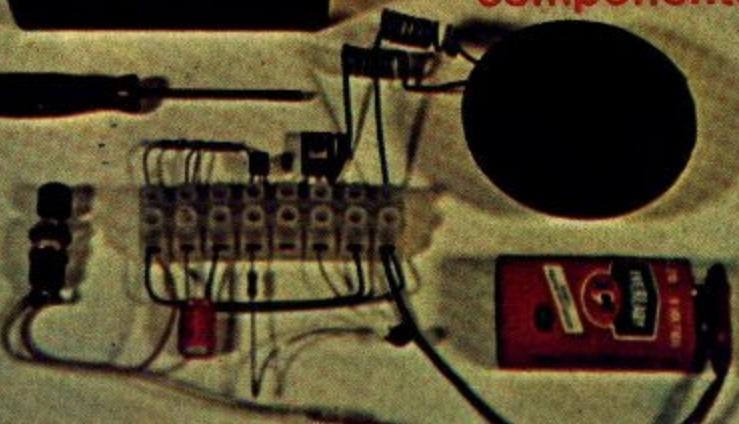
conheça tudo sobre
os capacitores -
teoria e prática

Sireninha

informe-se sobre
as primeiras
ferramentas

iniciação ao hobby:
construa uma sirene
eletrônica

aprenda os "macetes"
para a aquisição de
componentes



a REVISTA-CURSO que você pediu!

BE-A-BA' da® ELETRÔNICA

Editor e Diretor:

BÁRTOLO FITTIPALDI

Produtor e Diretor Técnico:

BEDA MARQUES

Programação Visual:

CARLOS MARQUES

Artes:

JOSÉ A. SOUSA e
RUBENS CORDEIRO

Colaboradores/Consultores:

ANTONIO CARLOS DE
FREITAS

Capa: RUBENS CORDEIRO
BEDA MARQUES

Departamento de Reembolso

Postal:

PEDRO FITTIPALDI

Fone (011) 943-8733

Impresso em São Paulo - Brasil

Printed in São Paulo - Brazil

BÉ-A-BÁ DA ELETRÔNICA®

Reg. no INPI n.º 028640 e DCDP

Copyright by

BÁRTOLO FITTIPALDI - Editor

Rua Santa Virginia, 403 Tatuapé
CEP 03084 - São Paulo - SP

**TODOS OS DIREITOS
RESERVADOS**

DISTRIBUIÇÃO NACIONAL:

Fernando Chinaglia

Distribuidora S/A

Rua Teodoro da Silva, nº 907

Grajaú - Rio de Janeiro - RJ.



ÍNDICE 2.ª AULA

- 2 - SINAL DE ENTRADA (Conversando com os "alunos")
- 4 - OS CAPACITORES (8)
- 6 - O Farad - A unidade de capacitância (I)
- 8 - Os diversos tipos de capacitores (I)
- 12 - Voltagem de trabalho (e fuga...) dos capacitores (T)
- 14 - A Constante de Tempo (o capacitor utilizado como temporizador...)
- 16 - "Lendo" o valor dos capacitores - O código de cores (I)
- 20 - Associando capacitores em série e em paralelo (T)
- 22 - Os capacitores na prática (P)
- 25 - As experiências (P)
- 29 - Informações Simplificadas sobre alguns dos componentes (I)
- 31 - Capacitores "especiais" (I)
- 35 - Capacitores Variáveis e Ajustáveis (I)
- 39 - FERRAMENTAS E COMPONENTES (I)
- 49 - INICIAÇÃO AO HOBBY (P) - ("Sireninha" - um gerador eletrônico para alarmas, buzinas, etc.)
- 61 - O CIRCUITO - Como funciona (I)



SINAL DE ENTRADA

Aqui estamos, novamente reunidos, para a segunda "aula" do BÊ-A-BA DA ELETRÔNICA, abordando o funcionamento de outros importantes componentes, através de seções TEÓRICAS (T), PRÁTICAS (P) e de INFORMAÇÃO (I). Como foi muito bem aceita pelos "alunos" essa divisão em blocos (T-P-I) dos principais assuntos, manteremos esse tipo de classificação, que, com o tempo e o "costume", facilitará muito ao leitor encontrar qualquer tema que necessite ser revisto ou recordado...

Como já foi dito no SINAL DE ENTRADA do BÊ-A-BA n.º 1, embora se pretenda dar uma certa *ordem* aos assuntos teórico/práticos abordados, *nem sempre* os diversos aspectos fundamentais da Eletrônica seguirão uma "cronologia" tradicionalmente adotada em cursos "regulares" de Eletrônica... Inevitavelmente, de vez em quando seremos obrigados a colocar – momentaneamente – "o carro à frente dos bois", sempre que (principalmente nos aspectos práticos...) for necessário um conhecimento "antecipado" sobre componentes e/ou circuitos, mesmo que ainda não abordados profundamente em seus aspectos teóricos...

Essa aparente "bagunça" deve-se à constatação de que o "aluno" mostra grande interesse por montagens práticas – paralelamente às instruções puramente teóricas – que servem para "ilustrar" o aprendizado, tornando-o mais ameno e atraente... Se fôssemos adotar uma cronologia tradicionalmente usada no ensino da Eletrônica, apenas depois de muitas e muitas lições

teóricas, seria dada ao "aluno" a oportunidade de realizar pequenos circuitos de uso prático... Com o nosso sistema, contudo, logo nas primeiras "lições", algumas montagens práticas já podem ser realizadas. Contudo, é forçoso que nessas montagens apareçam componentes (e mesmo algum conceito teórico...) ainda não "estudados"... Sempre que isso ocorrer, algumas explicações básicas – caracterizadas pelo símbolo (I) – INFORMAÇÃO – serão dadas sobre tal componente ou conceito, apenas para que o "aluno" não fique muito "no ar"... Mais tarde, no devido tempo, tais componentes serão abordados em profundidade, nas "lições" que tratem especificamente do assunto...

Dessa maneira, o aprendizado se realizará "aos saltos", porém sem que isso signifique perda de eficiência ou clareza... Usando de uma comparação já mencionada, a "coisa" será mais ou menos como se um aluno de conservatório musical, ao lado das primeiras lições sobre o (um tanto maçante...) aspecto teórico da música, já vá aprendendo (ainda que "mecanicamente"...) a executar pequenas melodias simples, mesmo que ainda não saiba "ler as notas"... Com esse procedimento, o interesse é mantido aceso desde o início, evitando desistências precoces... Obviamente (ainda dentro da comparação exemplificada...), chegará a hora de aprender a "ler as notas" da canção que já se sabe executar "de ouvido"... Nessa "altura do campeonato", contudo, a "soma" dos conhecimentos práticos e teóricos resultará – na nossa opinião – *muito* maior do que seria possível obter com um método tradicional de ensino (primeiro *toda* a teoria para, só depois, começar a parte prática...).

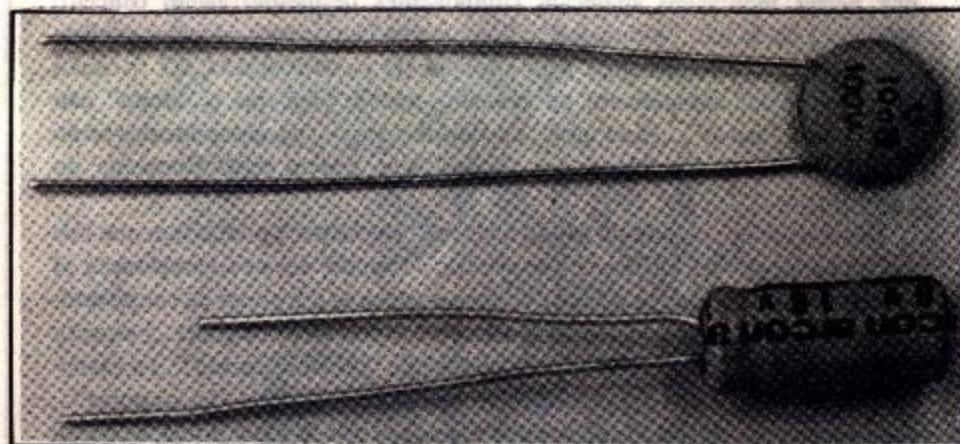
De acordo com o "regulamento" proposto no SINAL DE ENTRADA de BÊ-A-BA n.º 1, vamos brincar de "*nós ensinamos e vocês aprendem*", mas sem que isso signifique que não possamos também, a todo momento, aprender algo com vocês, no sentido de aperfeiçoar constantemente a revista, tornando-a cada vez mais interessante e assimilável...

Mas, chega de conversa, e vamos à nossa "segunda aula", tratando de assuntos importantes dentro do universo mágico da Eletrônica...

O EDITOR

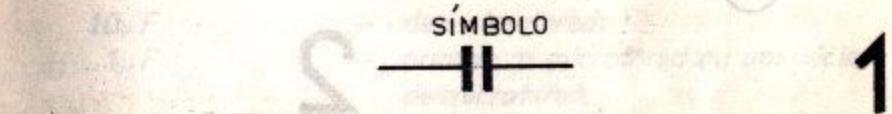
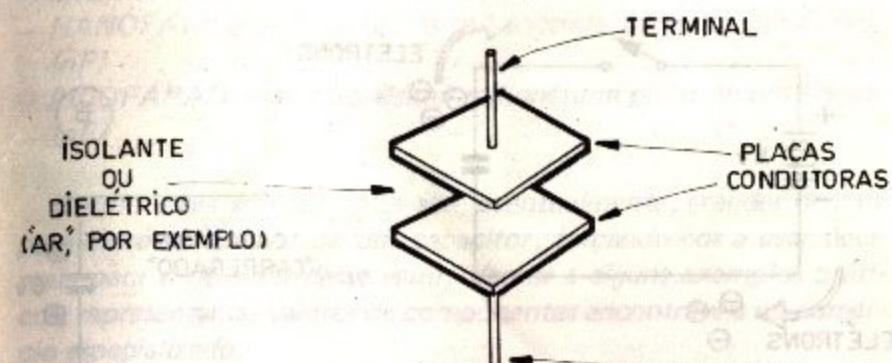
É proibida a reprodução do total ou de parte do texto, artes ou fotos deste volume, bem como a industrialização ou comercialização de quaisquer projetos ou circuitos nele contidos, sem a prévia autorização dos detentores do copyright. Todos os assuntos veiculados foram previamente testados nos seus aspectos teórico/práticos, porém BÊ-A-BA DA ELETRÔNICA não se responsabiliza por falhas ou defeitos ocorridos, bem como não se obriga a qualquer tipo de assistência técnica ou didática aos leitores. Todo o cuidado possível foi observado por BÊ-A-BA DA ELETRÔNICA no sentido de não infringir patentes ou direitos de terceiros, no entanto, se erros ou lapsos ocorrirem nesse sentido, obrigamo-nos a publicar, tão cedo quanto possível, a necessária reificação ou correção. Embora BÊ-A-BA DA ELETRÔNICA assuma a forma de "revista-curso", não se obriga à concessão de quaisquer tipos de diplomas, certificados ou comprovantes de aprendizado que, por lei, só podem ser fornecidos por cursos regulares, devidamente registrados, autorizados e homologados pelo Ministério da Educação e Cultura.

OS CAPACITORES T



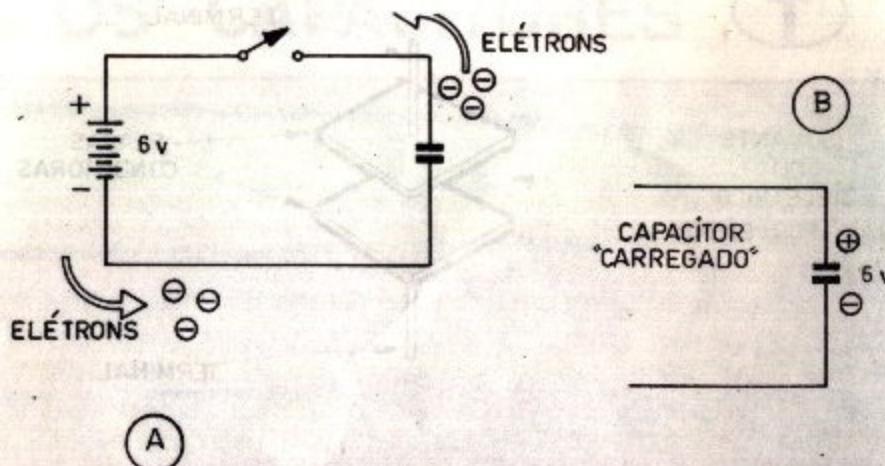
Depois dos resistores (estudados em BÉ-A-BÁ n.º 1), os componentes mais importantes da Eletrônica são os CAPACITORES, que perfazem importantíssimas funções em todo tipo de circuito... Assim como o resistor, o capacitor também pode ser considerado *onipresente*, ou seja — praticamente não existe circuito sem, pelo menos, um capacitor (salvo raras exceções...).

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...



2

O FARAD

A unidade de capacidade

A unidade usada para medir a capacidade 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 capacidade 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 práticos, representando valores de componentes encontráveis no comércio especializado:

valor do capacitor	– como se "lê" o valor
$10\mu F$	– dez microfarads
$.1\mu F$	– ponto um microfarad ou um décimo de microfarad.
$.22\mu F$	– ponto zero vinte e dois microfarads ou vinte e dois milésimos de microfarad.
$100pF$	– cem picofarads.
$10nF$	– dez nanofarads.

Eventualmente, um mesmo valor de capacidade 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 – ver BE-A-BÁ n.º 1...). Vamos exemplificar com um capacitor medindo um centésimo de microfarad. As três indicações a seguir representam o mesmo valor de capacidade (um centésimo de microfarad), porém expresso em sub-múltiplos diferentes da unidade:

$.01\mu F$ – $10nF$ – $10KpF$

Isso quer dizer que um capacitor de um centésimo de microfarad também pode ser "chamado" de dez nanofarads ou de dez mil picofarads! E 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...

$$.001\mu F = 1nF = 1K\mu F$$

$$.1\mu F = 100nF = 100K\mu F$$

$$.047\mu F = 47nF = 47K\mu F$$

$$.22\mu F = 220nF = 220K\mu F$$

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)

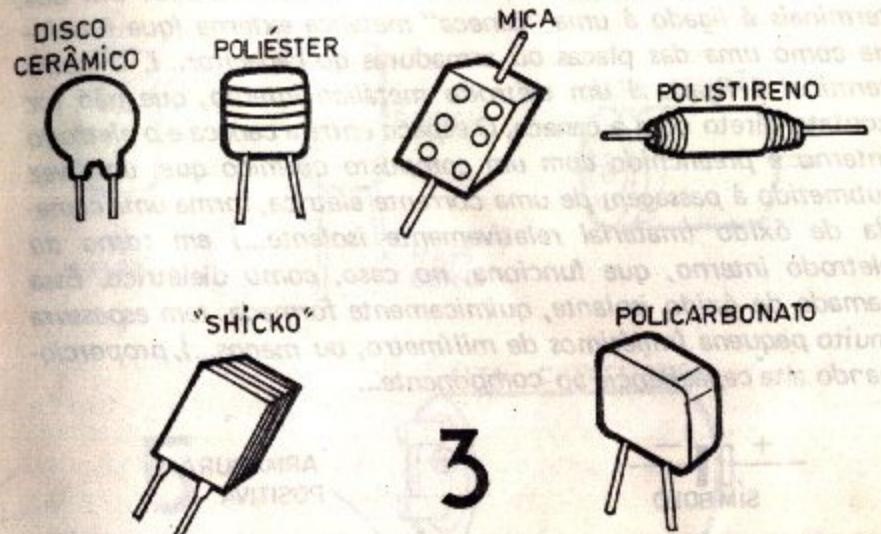
$100\mu F$ (cem microfarads)

$220\mu F$ (duzentos e vinte microfarads)

$1.000\mu F$ (mil microfarads)

Os diversos tipos de capacitores I

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 capacidade e de outros parâmetros, como voltagem de trabalho, temperatura de trabalho, etc. O desenho 3 mostra a aparência dos tipos mais comuns de capacitores

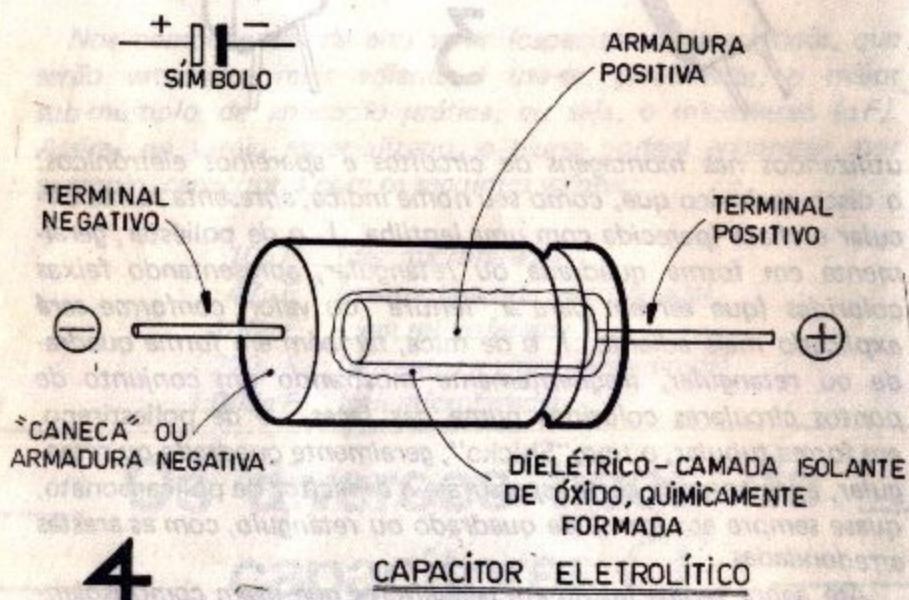


3

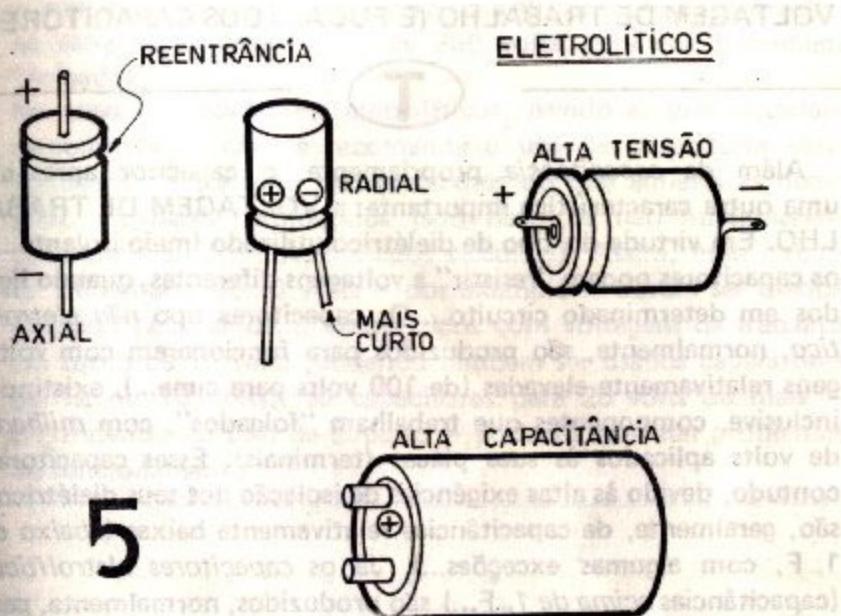
utilizando nas montagens de circuitos e aparelhos eletrônicos: o disco cerâmico que, como seu nome indica, apresenta forma circular e chata (parecida com uma lente...), o de poliéster, geralmente em forma quadrada ou retangular, apresentando faixas coloridas (que servem para a "leitura" do valor, conforme 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 policarbonato, 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 capacidade (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 iso-

lante...) 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 à um elétrodo metálico interno, que não faz contato direto com a caneca. O espaço entre a caneca e o elétrodo 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 elétrodo 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 capacidade ao componente...



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... 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...

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 capacidade 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...

T

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 capacidades relativamente baixas (*abaixo de 1 μ F*, com algumas exceções...). Já os *capacitores eletrolíticos* (*capacitâncias acima de 1 μ 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...

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...

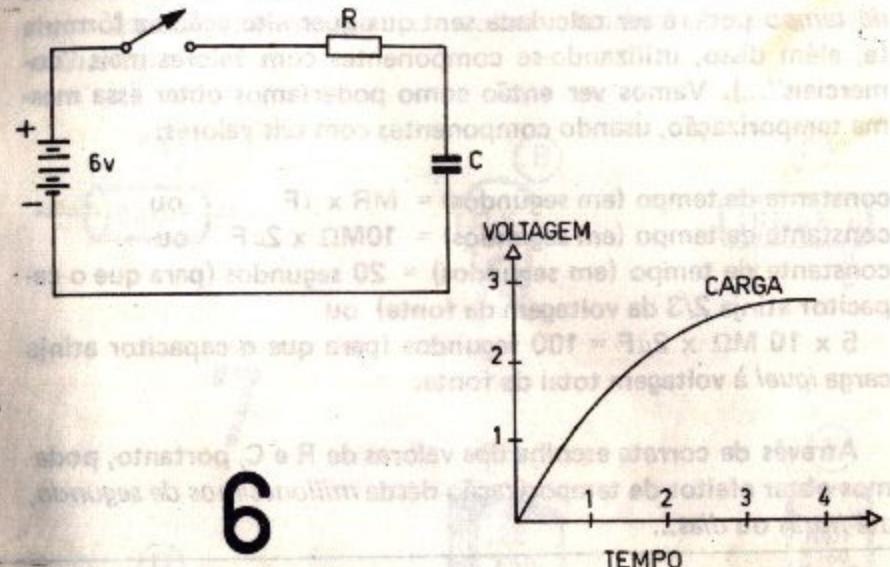
Se uma bateria (ou outra fonte qualquer...) for ligada a um capacitor — como mostrado no desenho 2 — diretamente, o componente será "carregado" com a voltagem da fonte quase que instantaneamente... Entretanto, se colocarmos um resistor nesse pequeno circuito, *em série*, entre a bateria e uma das placas 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 capacitor (quanto maior a capacidade, 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 capacidade (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:

$$\text{tempo (em segundos)} = 10 \times 2$$

$$\text{tempo (em segundos)} = 20$$

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 $2/3$ da voltagem dessa fonte...



6

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:

$$\text{tempo (em segundos) para carga total} = 5 \times 10 \times 2$$

$$\text{tempo} = 100 \text{ segundos.}$$

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:

$$\begin{aligned} \text{constante de tempo (em segundos)} &= MR \times \mu\text{F} \quad \text{ou} \\ \text{constante de tempo (em segundos)} &= 10M\Omega \times 2\mu\text{F} \quad \text{ou} \\ \text{constante de tempo (em segundos)} &= 20 \text{ segundos (para que o capacitor atinja } \frac{2}{3} \text{ da voltagem da fonte) ou} \\ 5 \times 10 M\Omega \times 2\mu\text{F} &= 100 \text{ segundos (para que o capacitor atinja carga igual à voltagem total da fonte).} \end{aligned}$$

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

“Lendo” o valor dos capacitores

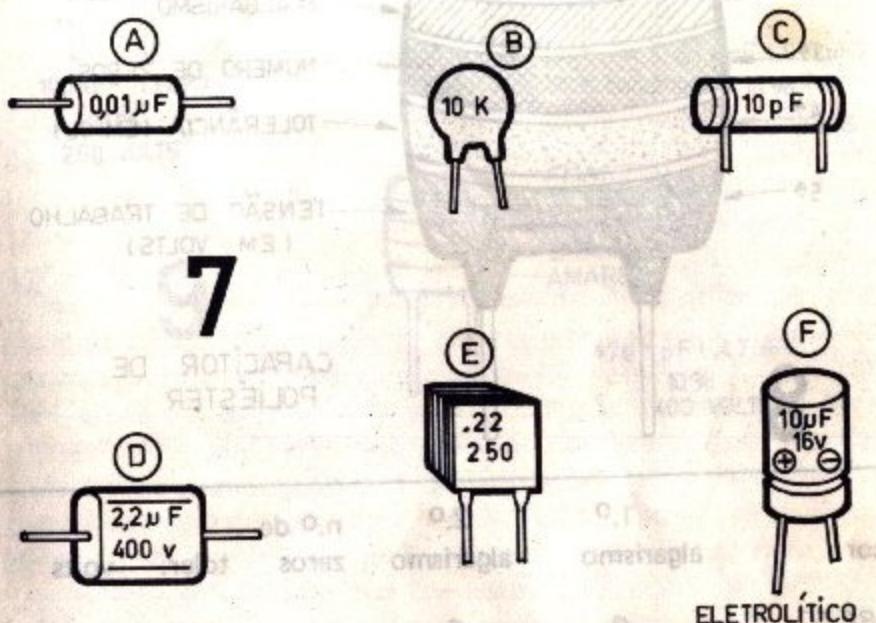
(O CÓDIGO DE CORES)

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 capacidade 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.



Além dos modelos de capacitor mostrados no desenho 7, existe um outro tipo, muito popular entre os estudantes e hobbystas (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 (ver BE-A-BÁ n.º 1). 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”...

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...)

FAIXAS

8

CAPACITOR DE POLIÉSTER

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

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 (II), lá no começo desta lição...

MARROM
PRETO
AMARELO
PRETO
VERMELHO

100KpF (.1 μF)20%
250 VOLTS

VERMELHO
VERMELHO
LARANJA
BRANCO
VERMELHO

22KpF (.022 μF)

10%

250 VOLTS

AMARELO
VIOLETA
AMARELO
BRANCO
AMARELO

470 KpF (4.7 μF)10%
400 VOLTS

9

ficação 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 (II), lá no começo desta lição...

ASSOCIANDO CAPACITORES EM SÉRIE E EM PARALELO

T

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...

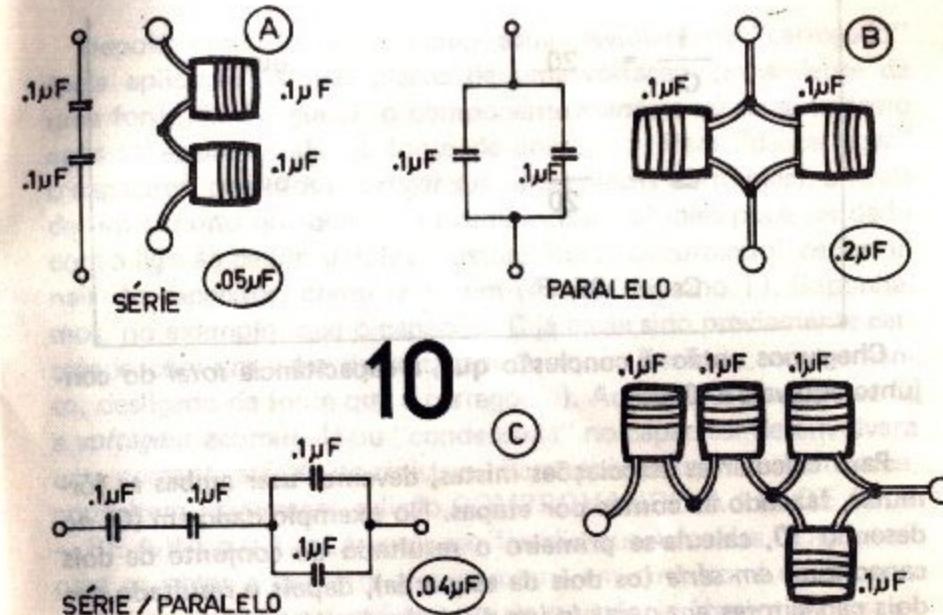
Quando se interligam capacitores das maneiras mostradas no desenho 10, necessitamos de aplicar algumas fórmulas matemáticas simples para calcular o valor total de capacidade apresentada pelo conjunto... Para o cálculo de capacitores em paralelo – como em (B) no desenho 10 – a fórmula é a seguinte:

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

Ou seja: a capacidade total em paralelo (C_p) é igual à soma das capacidades 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:

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

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 (mas ainda assim de fácil resolução, não assustando ninguém, a menos que seja um completo "analfabeto" ...). A fórmula a ser usada é a seguinte:

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

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

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

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

$$\frac{1}{C_s} = 20$$

ou

$$C_s = \frac{1}{20}$$

ou

$$C_s = .05\mu F$$

Chegamos então à conclusão que, a capacidade 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 faça-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 confirmem se é obtido o total de $.04\mu F$ mostrado no exemplo...

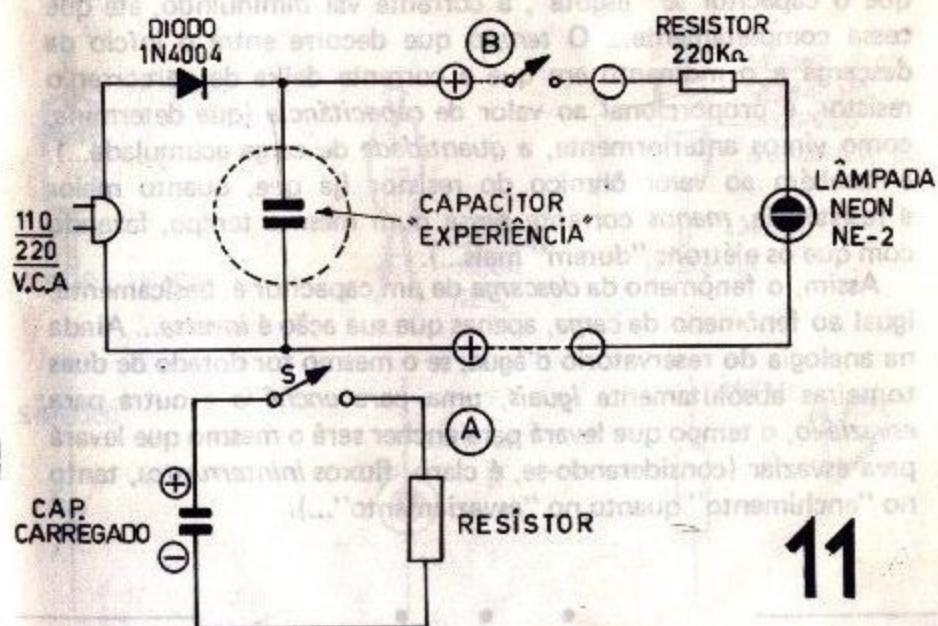
Os capacitores na prática



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 capacidade, 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 desconectado 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 – BÉ-A-BÁ n.º 1... 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...).

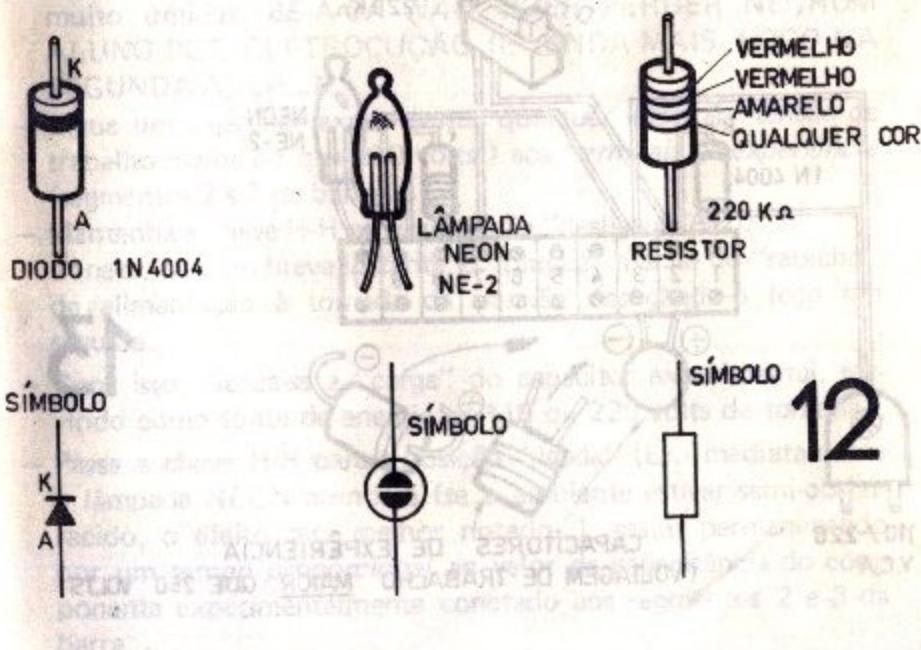
Permanecendo na analogia com o reservatório d'água, se o mesmo estiver *bem cheio*, ao ser aberta a torneira que o esgota, o fluxo de saída da água, a princípio, será *bem intenso*... Aos poucos, contudo, conforme a quantidade d'água no reservatório vai diminuindo, também diminui a intensidade do fluxo, 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"...).

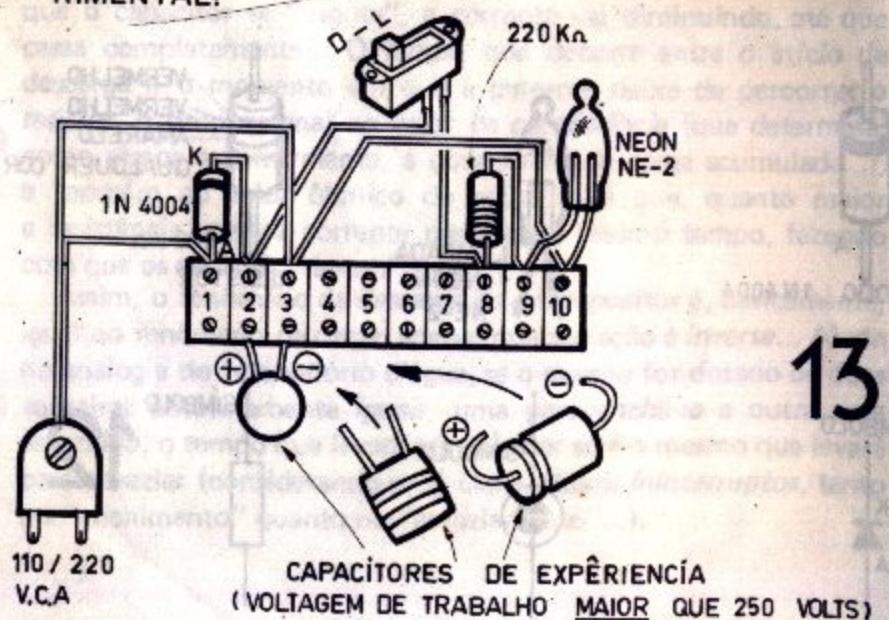
As experiências P

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. 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 $220\text{K}\Omega \times 1/4$ 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. **IMPORTANTE:** embora esses capacitores possam ser de praticamente *qualquer* tipo ou valor, sua tensão de trabalho *não pode* ser inferior a 250 volts, pois o circuito experimental será alimentado diretamente da rede de corrente alternada (tomada da parede), que apresenta voltagens de 110 ou 220 volts. **CAPACITORES PARA VOLTAGENS INFERIORES A 250 VOLTS, SERÃO DANIFICADOS SE LIGADOS AO CIRCUITO EXPERIMENTAL!**



Interligue as peças como mostrado no desenho 13 (se ainda não sabe como conectar os componentes à barra de conetores parafusados, consulte o BÉ-A-BÁ n.º 1), tomando um cuidado especial com o diodo 1N4004, que tem "posição" certa para ser ligado. A lâmpada NEON e o resistor de $220\text{K}\Omega$ não têm *polaridade*, ou seja: seus terminais podem ser ligados, indiferentemente. Os terminais 2 e 3 da barra servirão como "terminais de experiências", devendo 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. **BÉ-A-BÁ NÃO QUER PERDER NENHUM ALUNO POR ELETROCUÇÃO (E AINDA MAIS, LOGO NA SEGUNDA AULA...).**
- 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-obscurado, o efeito será melhor notado...), assim permanecendo por um tempo *proporcional* ao valor de capacidade do componente experimentalmente conectado aos segmentos 2 e 3 da barra.

- Isso quer dizer que, por exemplo, se o valor do capacitor experimental for $1\mu F$, o "lamejão" conseguido na lâmpada NEON será bem breve; já, se o capacitor experimental tiver um valor entre 1 e $2\mu F$, a luminosidade na lâmpada NEON será bem mais intensa e duradoura. Se, entretanto, conetarmos aos terminais de experiência — por exemplo — um capacitor eletrolítico de $32\mu F$ — 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...).

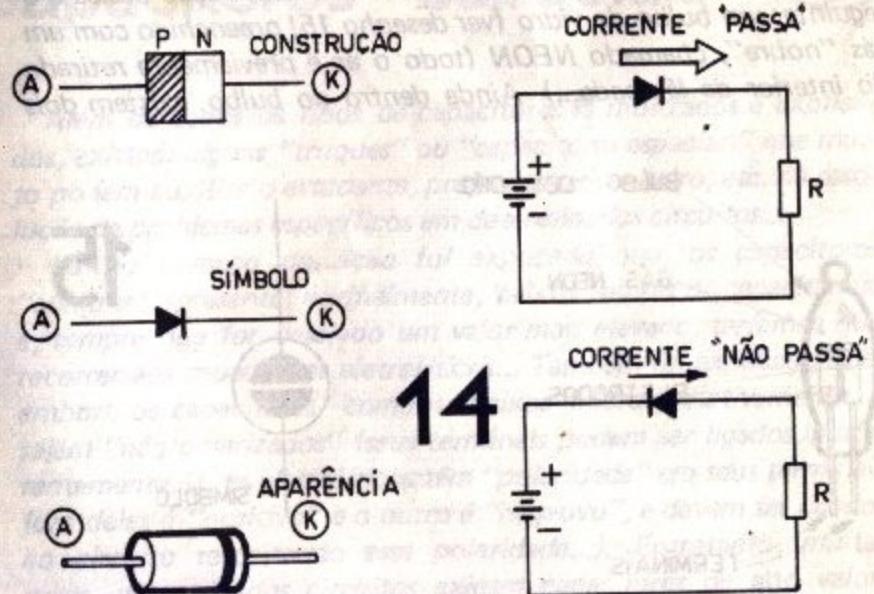
INFORMAÇÕES SIMPLIFICADAS SOBRE ALGUNS DOS COMPONENTES UTILIZADOS NA MONTAGEM EXPERIMENTAL



Dois dos componentes utilizados nessa experiência prática, são um pouco "avançados" para essas primeiras "aulas" do BE-A-BA: o diodo e a lâmpada NEON... Para que a "turma" não fique muito no ar", vamos a algumas informações rápidas sobre tais componentes (que, futuramente, em lições próprias, serão abordados com maior profundidade...).

Diodo

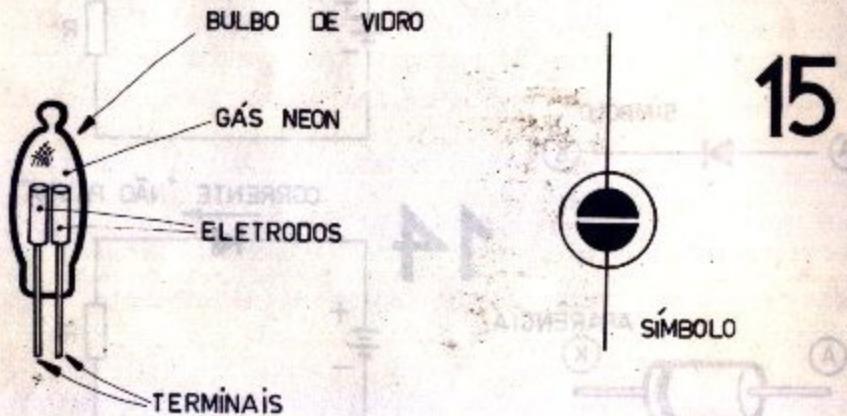
O diodo é um componente produzido através da junção de dois materiais SEMI-CONDUTORES (ver BE-A-BA n.º 1). Uma junção



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



15

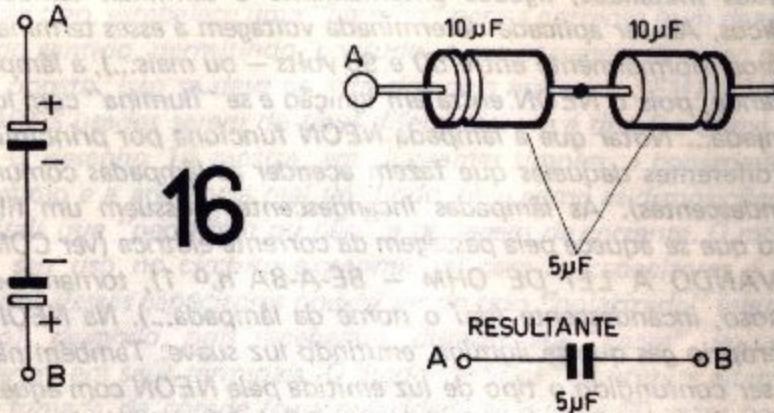
eletrodos metálicos, ligados externamente a terminais também metálicos. Ao ser aplicada determinada voltagem à esses terminais externos (normalmente entre 50 e 90 volts – ou mais...), a lâmpada acende, pois o NEON entra em ignição e se "ilumina" com luz alaranjada... Notar que a lâmpada NEON funciona 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 – BE-A-BÁ n.º 1), 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 (explicando em BE-A-BÁ n.º 1). 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...

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 capacitação 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,

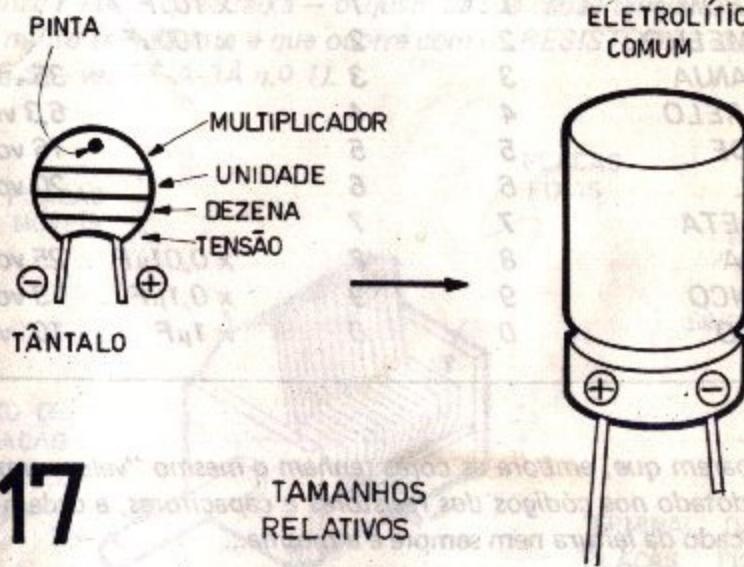


porém não polarizados (cujos terminais, portanto, possam ser ligados indiferentemente aos outros componentes e "redes" do circuito...).

Um "truque" muito usado, nesse caso, é o de colocar dois capacitores eletrolíticos em série — cada um com o dobro do valor de capacidade 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 capacidade 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 capacidade total do conjunto será de $5\mu F$ (confiram 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 cerâmico, 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...



17
TAMANHOS
RELATIVOS

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 capacidade e tensão de trabalho, diretamente sobre os corpos dos componentes... Assim, para simplificar as coisas, esses capacitores também "mostram" os seus dados (capacidade, 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... A tabela a seguir mostra como deve ser feita essa leitura:

CÓDIGO DE CORES PARA CAPACITORES DE TÂNTALO

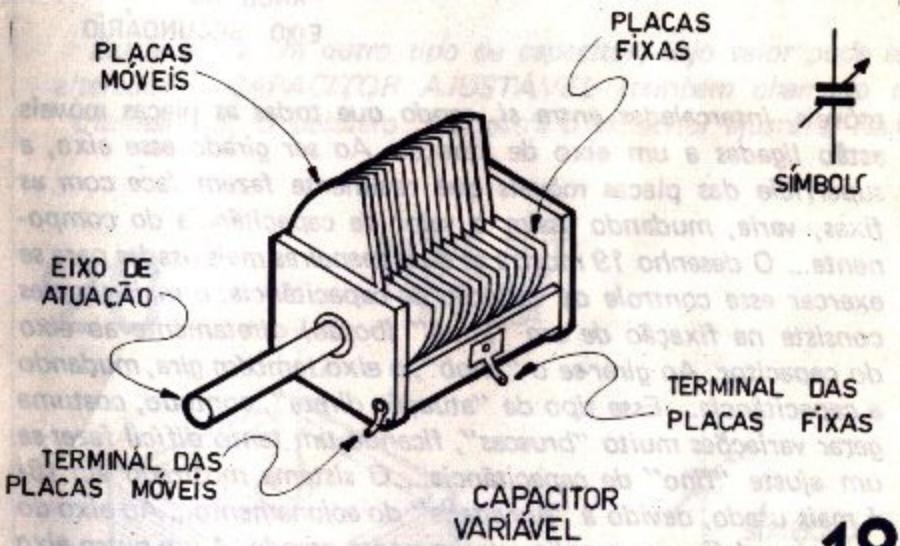
cor	unidades	dezenas	multiplicador	tensão
MARRON	1	1	$\times 10\mu F$	
VERMELHO	2	2	$\times 100\mu F$	
LARANJA	3	3		35 volts
AMARELO	4	4		6,3 volts
VERDE	5	5		16 volts
AZUL	6	6		20 volts
VIOLETA	7	7		
CINZA	8	8	$\times 0,01\mu F$	25 volts
BRANCO	9	9	$\times 0,1\mu F$	3 volts
PRETO	0	0	$\times 1\mu F$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

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...

CAPACITORES VARIÁVEIS E AJUSTÁVEIS

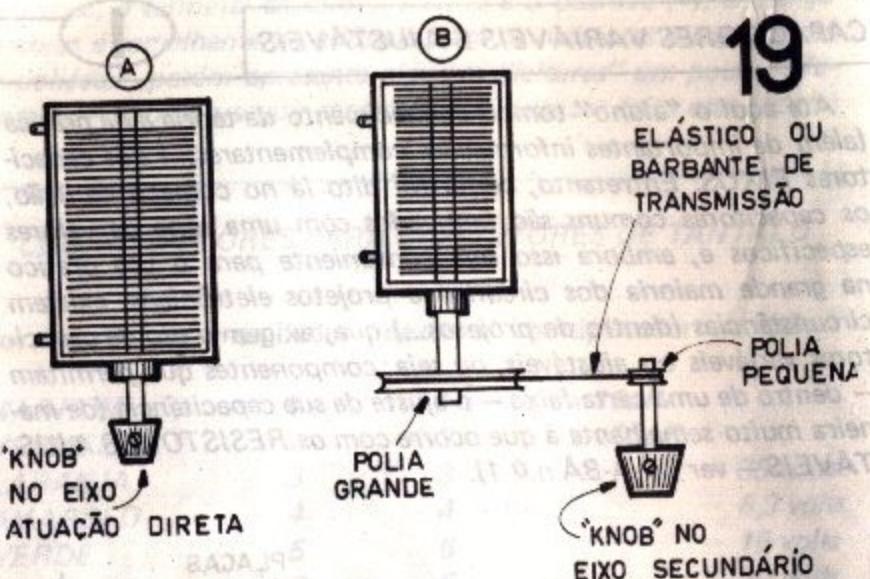
I

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 permitem – dentro de uma certa faixa – o ajuste da sua capacidade (de maneira muito semelhante à que ocorre com os RESISTORES AJUSTÁVEIS – ver BE-A-BA n.º 1).



18

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



19

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 (futuramente, BE-A-BÁ explicará como os capacitores (variáveis ou não...) atuam na sintonia dos circuitos de rádio...).

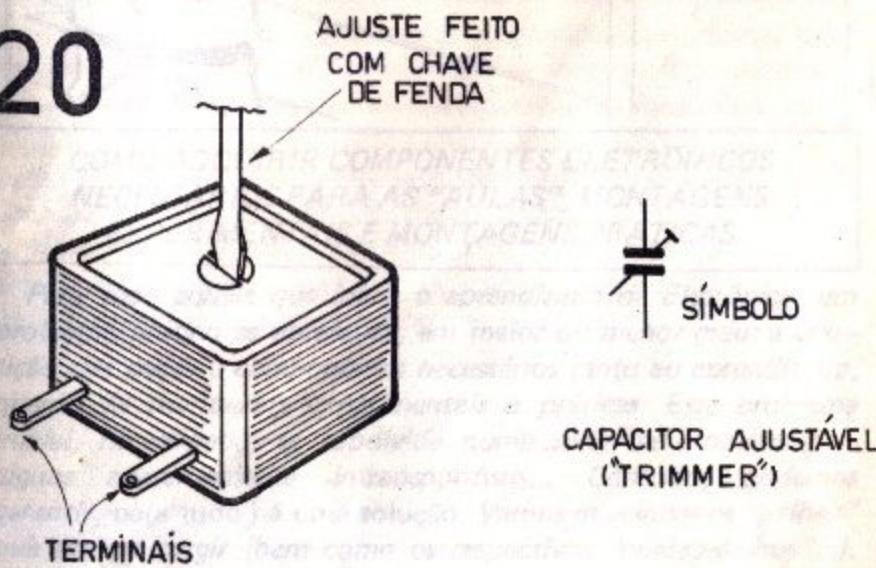
Além do tipo mostrado de capacitor variável, existe também os tipos "miniatura" que, embora de construção um pouco diferente, funcionam e atuam por princípios idênticos...

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 (tam-

20



bém 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 (os princípios serão detalhados em futuras lições de BE-A-BÁ...) 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...

FERRAMENTAS E COMPONENTES I



COMO ADQUIRIR COMPONENTES ELETRÔNICOS NECESSÁRIOS PARA AS "AULAS", MONTAGENS EXPERIMENTAIS E MONTAGENS PRÁTICAS

Para todo aquele que inicia o aprendizado da Eletrônica, um problema prático se apresenta, em maior ou menor grau: a aquisição das peças e componentes necessários tanto ao aprendizado, quanto às montagens experimentais e práticas. Esse problema inicial, na verdade, se subdivide numa série de probleminhas, alguns aparentemente intransponíveis... Contudo, podemos garantir, para tudo há uma solução. Vamos relacionar os "galhos" que podem surgir (bem como os respectivos "quebra-galhos"...).

1 - O primeiro problema que surge é o desconhecimento da aparência "real" da peça ou componente. O estudante tem medo natural de ser enganado (ou de enganar-se...) no momento da compra. A SOLUÇÃO é seguir atentamente os artigos ou "lições" descritivas. As publicações que respeitam as dificuldades do leitor, como o BE-A-BÁ DA ELETRÔNICA (e a "irmã mais velha" do BE-A-BÁ, a revista DIVIRTA-SE COM A ELETRÔNICA...) sempre mostram a "cara" do componente, para que o leitor possa identificá-lo com facilidade (tanto durante a montagem propriamente, quanto no momento da aquisição). Se o "aluno" for do tipo esquecidinho, ou muito distraído, o jeito é levar a revista à loja, no momento da compra, para comparar os componentes adquiridos com os recomendados na publicação.

2 - Outro problema que surge é o dos "eternos" equivalentes... Embora sejam (felizmente) raros, ainda existem balonistas de lojas de material eletrônico que fazem tudo para "empurrar" componentes ao iniciante, sob a alegação de que "é a mesma coisa... pode usar esse que vai funcionar... trata-se de um equivalente direto... etc". Isso quase sempre "dá galho" na hora da comprovação do funcionamento do circuito ou experiência. A SOLUÇÃO é a seguinte: exigir que os valores e códigos das peças e componentes adquiridos sejam exatamente os citados na LISTA DE PEÇAS constante da "aula" ou montagem descrita na revista (a menos que, na própria LISTA, conste a possibilidade do uso de equivalências). O leitor não deve ter medo ou acanhamento em demonstrar o seu desconhecimento ou pouca experiência no assunto. Levar a própria revista à loja, abri-la na página em que aparece a LISTA DE PEÇAS e "bater o pé" para que toda a mercadoria adquirida seja exatamente a solicitada, é um excelente "antídoto" contra balonistas "empurros"...

3 - Como em todo tipo de comércio, também o de material eletrônico apresenta suas características de concorrência, variação de preços de um fornecedor para outro, bons e maus atendimentos, lojas que só vendem componentes acima de determinadas quantidades, etc. Para evitar problemas

nesse aspecto, as SOLUÇÕES são as seguintes: se na cidade onde você mora existem mais de uma loja de componentes eletrônicos, não faça a compra de componentes para determinado circuito logo na primeira loja! Consulte previamente todos os fornecedores existentes, munido de uma cópia da LISTA DE PEÇAS (ou, preferivelmente, da própria revista...) e faça uma concorrência, anotando os preços e o valor total. Você verificará que, com esse sistema, quase sempre será possível economizar, pelo menos, algumas centenas de cruzeiros. Quanto à qualidade do atendimento, procure sempre as lojas já acostumadas a atender estudantes, hobbyistas e principiantes. Alguns fornecedores têm uma freguesia eminentemente formada por técnicos, profissionais e engenheiros, e não se "interessam" muito em atender principiantes (no que estão, aliás, completamente errados, pois esquecem-se que o estudante ou principiante de agora será o técnico ou engenheiro de amanhã...). Eventualmente, algumas lojas não consideram viável, economicamente, a venda "picada" de componentes (principalmente dos mais baratos, como os resistores...) e, por isso, só fornecem acima de determinadas quantidades. No caso do preço e do atendimento serem bons, esse problema é facilmente solucionável: basta formar um grupo (quanto maior, melhor...) de interessados, estudantes ou iniciantes, leitores do BE-A-BÁ, e fazer as compras "em bloco", atendendo assim às exigências do varejista. Esse sistema de "cooperativa" costuma dar resultados muito bons para todos... Se na sua cidade existe apenas uma loja de material eletrônico, com toda a certeza o gerente irá se interessar em estocar componentes para a venda aos estudantes e principiantes, se você conseguir formar o grupo ou "cooperativa" sugeridos, e "conferenciar" com o lojista, mostrando-lhe que, se a loja for provida desses componentes, a venda estará garantida, todo mês, pois o número de pessoas interessadas não é pequeno... Uma boa e amigável conversa pode solucionar muita coisa. Falando em "amigável", procure iniciar e manter as melhores relações possíveis com os bons lojistas e balonistas, recomendando-os sempre aos seus amigos que também se interessam pelo assunto. Uma boa amizade fará com que você seja sempre atendido de forma mais atenciosa e precisa...

4 - Se na sua cidade não existem lojas de material eletrônico, não se desespere! Acostume-se a ler com atenção toda a revista. Você verificará que existem anunciantes dispostos a enviar-lhe, pelo Correio, através do sistema de Reembolso Postal ou qualquer outro meio equivalente, ferramentas, peças e componentes, a partir de uma solicitação sua, geralmente feita através do preenchimento de um cupom apropriado. Esse tipo de fornecedor geralmente mantém uma faixa de preços compatível com a apresentada pelas lojas, o que é muito conveniente para o "aluno" que reside em localidades pequenas ou muito afastadas dos grandes centros ou capitais... O leitor deve lembrar-se sempre de que os anúncios não estão aí apenas para "encher" a paginação da revista – muito pelo contrário – as inserções publicitárias constituem importante fonte de informações para o interessado em Eletrônica! Na última das hipóteses, os anúncios são úteis no sentido de transmitir ao leitor as novidades existentes na praça, dentro do ramo...

5 - Alguns componentes – principalmente RESISTORES e CAPACITORES – costumam, na maioria das montagens, admitir uma grande tolerância nas suas características secundárias (embora não especificamente no valor ôhmico ou de capacidade...). Vamos trocar isso em miúdos: se a LISTA DE PEÇAS requer, por exemplo, "um resistor de $100\Omega \times 1/4$ de watt", com toda a certeza o circuito permitirá o uso de um resistor de wattagem mais elevada, ou seja: de $1/2$ watt, de 1 watt, de 2 watts ou mais, desde que o valor de resistência seja, rigorosamente, de 100Ω . Assim, se não for encontrado no varejista o resistor de $1/4$ de watt, pode ser usado qualquer outro dos "maiores". O mesmo ocorre com a voltagem de trabalho dos capacitores... De uma maneira geral, os circuitos admitem o uso de capacitores para voltagens superiores àquela marcada na LISTA DE PEÇAS. No caso dos capacitores "comuns", por exemplo, como a grande maioria das montagens para o estudante ou principiante são alimentadas com tensões baixas (no máximo 12 volts...) e os componentes são industrializados para voltagem bem mais altas, nada impede que seja usado um capacitor para 250, 400 ou 600 volts,

indiferentemente (embora os de maior voltagem sejam, quase sempre, também maiores, fisicamente...). Isso também é válido para os eletrolíticos, porém, com certa "moderação"... Expliquemos: se a LISTA DE PEÇAS requer "um capacitor eletrolítico de $10\mu F \times 10$ volts", nada impede que seja utilizado no circuito um componente (desde que com capacidade rigorosamente de $10\mu F$) para 16 ou 25 volts. Não se recomenda, contudo, o uso de eletrolíticos com voltagens de trabalho muito elevadas em relação à requerida. Se, no caso do exemplo dado, for usado um eletrolítico de $10\mu F \times 160$ volts, muito provavelmente o circuito não funcionará corretamente (embora inexistente, nesses casos, o risco de danos aos componentes). Finalmente, é importante uma recomendação: NÃO se deve usar RESISTORES DE WATTAGEM INFERIOR À REQUERIDA, ou CAPACITORES COM VOLTAGEM DE TRABALHO INFERIOR À REQUERIDA. Quanto à tolerância (em %) dos valores dos componentes, sempre que na LISTA DE PEÇAS não constar especificamente esse parâmetro, poderão ser usados componentes com a maior tolerância existente no mercado (são, geralmente, mais baratos que os componentes de tolerância mais "estreita" – um resistor de 1% é mais caro que um de 20%). Entretanto, quando na LISTA DE PEÇAS constar esse dado, é importante que seja respeitado. Se for requerido um capacitor com tolerância de 10%, não deverá ser usado um componente com tolerância de 20%, pois isso acarretará imprecisões no funcionamento do circuito.

6 - Uma interessante e econômica fonte de componentes, "a preço de banana" (embora hoje em dia nem mesmo a própria banana esteja "a preço de banana"...), também pode ser explorada pelo "aluno" ou principiante de recursos financeiros reduzidos (eufemismo para "duro", mesmo...). Na maioria das cidades existem os chamados "ferro velho", que negociam sucatas variadas (mesmo as que não são de ferro, apesar do nome do negócio). Nesses depósitos, proliferam velhos "chassis" de rádios, televisores, vitrolas e outros equipamentos eletrônicos, inutilizados. Quase sempre essa "sucata eletrônica", que pode ser comprada a preço baixíssimo, está cheia de componentes ainda aproveitáveis. A pequena dificuldade representada

pela retirada dos componentes das suas placas, sem danificá-los, será largamente compensada pelo reduzido custo final desses componentes. Principalmente para uso experimental, peças obtidas em "ferro velho" constituem ótimos subsídios ao estudante...

7 - Com o acompanhamento das "aulas", realização de montagens experimentais, e o desenrolar do "curso", o "aluno" irá, inevitavelmente, acumulando uma boa quantidade de peças e componentes, que podem (e devem...) ser "arquivados" para aplicações futuras, tanto em experimentações como em circuitos definitivos. Para que o material de estudo não "vire bagunça", é aconselhável organizar bem a "sucata", classificando os componentes por tipos, valores e especificações, acondicionando-os em pequenas caixas (servem até de fósforos, caixas de fitas para máquina de escrever, caixas de filmes fotográficos, saboneteiras, etc), que devem ser etiquetadas com a identificação dos componentes que contém, para maior facilidade no momento em que se desejar encontrar algo específico... O "aluno" mais caprichoso (e que se dispuser a gastar um tutuzinho...) poderá também adquirir os modernos mini-gaveteiros plásticos, próprios para acondicionar componentes eletrônicos e outras miudezas necessárias ao aprendizado e à prática da Eletrônica...

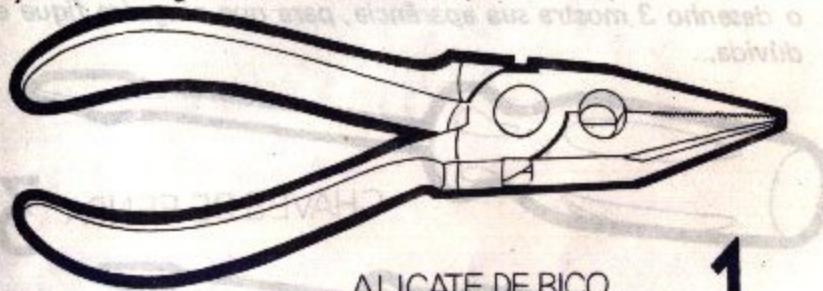
AS PRIMEIRAS FERRAMENTAS

Além do ferro de soldar (ver BE-A-BÁ n.º 1), o estudante de Eletrônica necessita, para realizar suas experiências iniciais (e, futuramente, para o real exercício da "coisa"...), de algumas ferramentas básicas, sem as quais, com toda a certeza, dificilmente conseguirá acompanhar as "aulas" mais simples...

Ferramentas não são muito baratas, porém, com bom senso, e com uma "pesquisa" de preços bem feita, o "aluno" conseguirá adquirir as mais essenciais a um preço razoável (também no caso das ferramentas, se na cidade em que o "aluno" mora não existirem lojas que as vendam, a aquisição poderá ser feita pelo reembolso postal, através do preenchimento dos "cupons de solicitação" encartados por alguns dos anunciantes).

As principais ferramentas necessárias ao estudante de Eletrônica são o **FERRO DE SOLDAR** (assunto já abordado na "aula" anterior...), o **ALICATE DE BICO**, o **ALICATE DE CORTE** e as **CHAVES DE FENDA**. Vamos falar um pouco sobre essas importantes ferramentas.

- **ALICATE DE BICO** - O alicate de bico (mostrado no desenho 1) é utilíssimo para prender, desentortar, entortar, modificar posições de terminais, enfim: uma infinidade de funções (que o "aluno" descobrirá, à medida que for realizando duas montagens, experimentais ou práticas...). Para o iniciante, o **ALICATE DE BICO** deve ser do tipo pequeno (de preferência com o cabo isolado). Existem ferramentas desse tipo numa faixa de preço muito ampla, e fica a critério do "aluno" (especialmente do seu bolso...) o tipo que deve ser adquirido. No caso das ferramentas mais baratas, que — normalmente — não têm cabo ou manoplas isoladas — não será difícil providenciar esse isolamento com pedaços de "mangueirinha" ou tubo de plástico ou borracha...



ALICATE DE BICO

1

- **ALICATE DE CORTE** - O alicate de corte também é essencial para o estudante de Eletrônica pois, é muito grande a quantida-

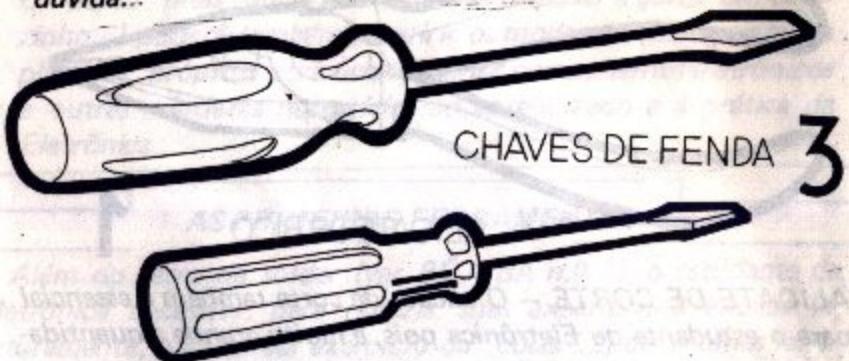


ALICATE DE CORTE

2

de fios e terminais que devem ser cortados durante as "aulas" experiências ou montagens práticas. O desenho 2 mostra o "jeitão" dessa ferramenta – para aqueles que ainda não a conhecem... Da mesma forma que o ALICATE DE BICO, porém com suas "garras" contendo lâminas, no lugar de pinças, o ALICATE DE CORTE também pode ser encontrado numa faixa de preços muito grande. Para o iniciante, basta uma ferramenta pequena (também de preferência com o cabo isolado...), existindo inúmeros fabricantes, aqui mesmo no Brasil, produzindo ferramentas de qualidade comparável às importadas...

- CHAVES DE FENDA – Para as necessidades iniciais do "aluno" de Eletrônica, apenas duas chaves de fenda são necessárias (embora, com o tempo, seja conveniente possuir uma série de chaves, de tamanhos e tipos variados...). Para o iniciante, uma chave pequena (com "boca" de 2 a 3 milímetros) e outra média (boca de 5 ou 6 milímetros) bastarão. Nas casas especializadas existem jogos compostos de várias chaves, a um preço bem razoável. Embora essa ferramenta seja muito conhecida, o desenho 3 mostra sua aparência, para que ninguém fique em dúvida...



Embora o ferramental descrito seja o básico (estritamente necessário ao aprendizado prático da Eletrônica...), algumas outras ferramentas serão necessárias, com o decorrer da evolução do "aluno"... Dentro da "família" do ALICATE DE BICO, por exemplo, existem os ALICATES DE BICO CURVO, as PINÇAS e os ALICATES TRAVANTES, todos com utilização específica em determinadas funções. Na família dos ALICATES DE CORTE, seus "primos" mais próximos são os chamados DESCASCADORES DE FIO, que são alicates especiais, próprios para retirarem o

isolamento dos fios, sem danificar o "miolo" metálico condutor... Essas ferramentas, contudo, são de preço um tanto "salgado", se comparadas às ferramentas básicas. No grupo das chaves também existem muitas variações, cada uma destinada a uma aplicação específica... Com forma muito parecida à das CHAVES DE FENDA comuns, podem ser também adquiridas as CHAVES DE PHILIPS (aquela com a "boca" em cruz...) e as chamadas CHAVES DE PORCA, ou CHAVES DE BOCA, que também podem ser adquiridas em vários tamanhos ou medidas...

De qualquer maneira, na medida das suas possibilidades, o interessado em Eletrônica deve, pouco a pouco, organizar uma boa caixa de ferramentas pois, mais cedo ou mais tarde, as necessidades irão "crescendo" (tanto em relação ao próprio aprendizado, quanto às montagens práticas...), e nada mais "chato" do que necessitar-se de determinada ferramenta que não se possue e ter-se que, improvisando, fazer-se "a coisa" com os dentes...

Complete sua coleção

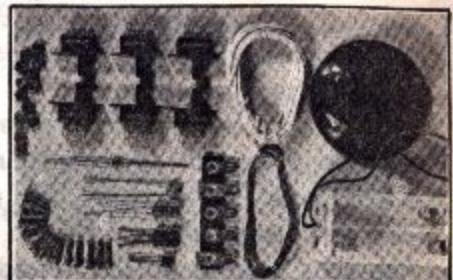


PEÇA OS NÚMEROS ATRASADOS AO NOSSO
DEPARTAMENTO DE REEMBOLSO POSTAL

ADQUIRA JÁ A SUA

DIVERTA-SE COM A
ELETROÔNICA

INICIAÇÃO AO HOBBY P



SIRENINHA

(UM GERADOR ELETRÔNICO DE "SOM DE SIRENE", QUE PODE SER ADAPTADO A BRINQUEDOS, ALARMES, COMO BUZINA DE BICICLETA, ETC...).

Conforme havíamos prometido na primeira "lição", em todo BÊ-A-BÁ será descrita, pelo menos, uma montagem prática, para que o "aluno" já vá realizando (e vendo funcionar...) seus primeiros pequenos circuitos... Com isso, o aprendizado dos aspectos fundamentais da Eletrônica será muito mais "gostoso", pois, ao lado de conceitos puramente teóricos (às vezes um tanto "chatos", concordamos, embora importantes...), o "aluno" vai também aprender a *gostar* da "coisa", como puro divertimento, lazer ou hobby... A turma se surpreenderá com o grande número de circuitos fáceis e baratos, porém interessantes e divertidos que se pode construir "em casa", usando os modernos recursos e componentes, mesmo antes de se atingir um conhecimento teórico mais profundo na matéria...

Como já mencionamos na primeira "lição", inevitavelmente tais circuitos práticos requererão o uso de componentes, conceitos ou circuitos *ainda não estudados*... Sempre que isso ocorrer, contudo, para que o "aluno" não fique "boiando", serão fornecidas explicações breves e simplificadas (sempre no item (I) — INFORMAÇÃO...) sobre esses conceitos, circuitos ou componentes "avanhados"... No seu devido tempo, contudo — quando as

"lições" progressivas do BÉ-A-BÁ chegarem lá... — cada um desses itens, provisoriamente abordados de forma superficial, será estudado em profundidade...

O valor desse método (apenas aparentemente confuso...) é que, quando o "aluno" for estudar mais a fundo determinado componente mais "sofisticado", em seus aspectos puramente teóricos, já o terá usado várias vezes em montagens práticas, e já conhecerá "ao vivo", *muito* do seu funcionamento, o que facilitará, na nossa opinião, a assimilação dos conceitos teóricos...

• • •

A montagem prática dessa nossa segunda "aula" é a SIRENINHA, um gerador sonoro eletrônico que imita o som de uma sirene (quando acionado, o som vai "subindo" lentamente, até atingir um timbre agudo e forte...), que pode — a critério da imaginação do "aluno"... — ser aplicado em brinquedos, alarmes, como buzina de bicicleta, como "campainha" residencial, etc... Como ainda estamos na 2.^a "lição" do nosso "curso" (BÉ-A-BÁ n.^o 2), não vamos "forçar a barra", nem em complexidade nem em custo... As montagens práticas aqui publicadas irão crescer lentamente, em quantidade de componentes e em complexidade, apenas à medida em que a turma também for "avançando" nos conhecimentos adquiridos, para que ninguém "se assuste" logo no começo... A montagem da SIRENINHA é tão fácil que, mesmo os que "faltaram na primeira aula (BÉ-A-BÁ n.^o 1)", não terão qualquer dificuldade em realizá-la... Já os "bons alunos", que "comparceram" ao BÉ-A-BÁ n.^o 1, farão "a coisa", com um pé nas costas...

LISTA DE PEÇAS

- Um transístor BC549 (ver o item CONHECENDO OS COMPONENTES...).
- Um transístor BD140 (idem).
- Um resistor de $5K6\Omega \times 1/4$ de watt.
- Um resistor de $100K\Omega \times 1/4$ de watt.

- Um resistor de $330K\Omega \times 1/4$ de watt.
- Um capacitor (disco cerâmico, poliéster, etc.) de $.01\mu F$.
- Um capacitor eletrolítico de $100\mu F \times 16$ volts.
- Um alto falante *mini* (diâmetro de 2 ou 2,5 polegadas), com impedância de 8Ω .
- Uma bateria de 9 volts (aquele "quadradinha"), com o respectivo "clip" ou conector (ver o item CONHECENDO OS COMPONENTES...).
- Uma barra de conectores parafusados (tipo "Weston" ou similar...) com 8 segmentos (embora a barra seja vendida, normalmente, com 12 ou 20 segmentos, é facilmente "cortável" no tamanho desejado...).
- Um interruptor de pressão ("push-bottom"), tipo *normalmente aberto*.

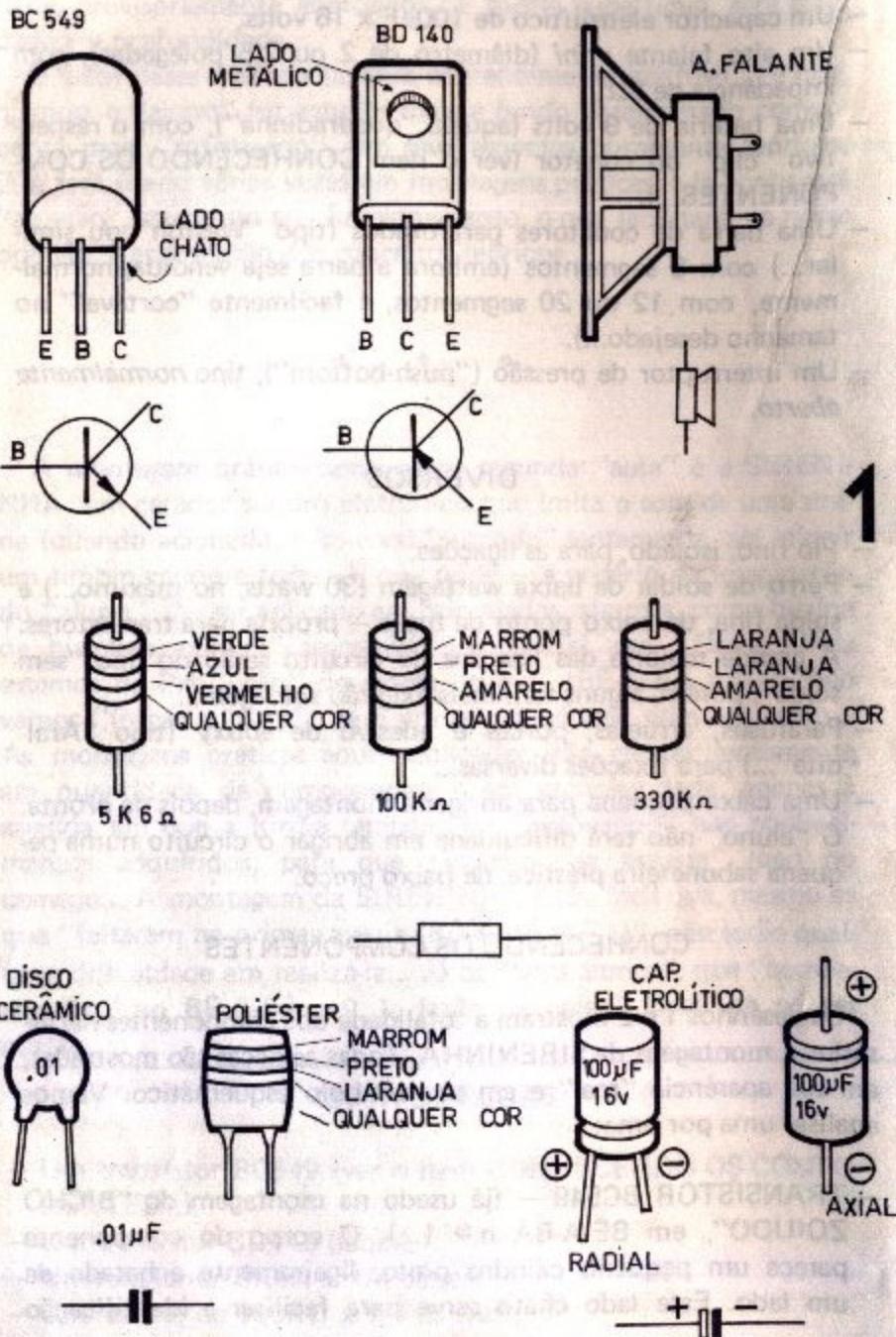
DIVERSOS

- Fio fino, isolado, para as ligações.
- Ferro de soldar de baixa wattagem (30 watts, no máximo...) e solda fina, de baixo ponto de fusão — própria para transístores. A grande maioria das ligações do circuito serão do tipo "sem solda", porém, alguns terminais exigirão soldagem...
- Parafusos, arruelas, porcas e adesivo de *epoxy* (tipo "Araldite"...) para fixações diversas...
- Uma caixa pequena para abrigar a montagem, depois de pronta. O "aluno" não terá dificuldade em abrigar o circuito numa pequena saboneteira plástica, de baixo preço.

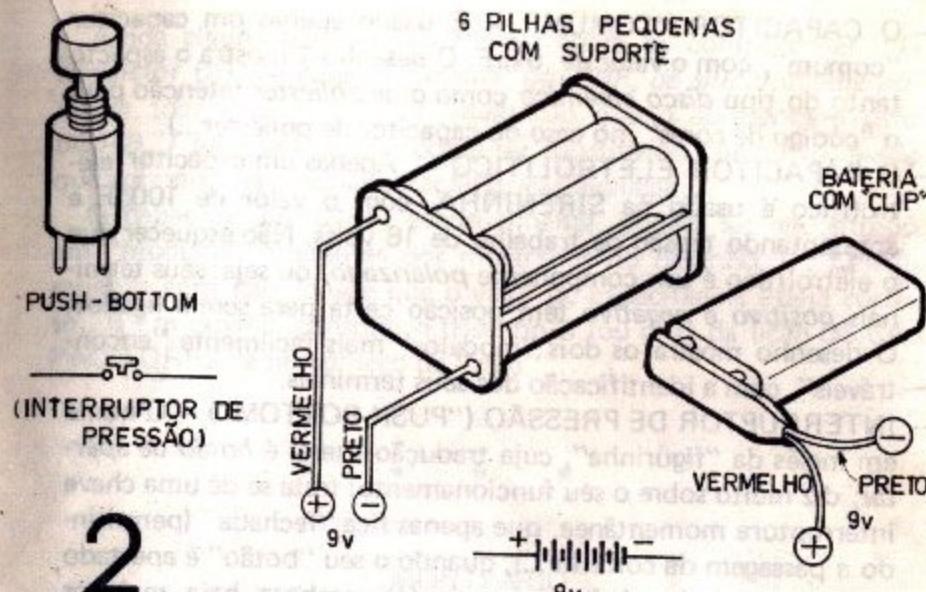
CONHECENDO OS COMPONENTES

Os desenhos 1 e 2 mostram a totalidade dos componentes necessários à montagem da SIRENINHA. Todas as peças são mostradas, em sua aparência "real" e em seu símbolo esquemático. Vamos analisar uma por uma:

- TRANSÍSTOR BC549 — (já usado na montagem do "BICHO ZOIUDO", em BÉ-A-BÁ n.^o 1...). O corpo do componente parece um pequeno cilindro preto, ligeiramente achatado de um lado. Esse lado chato serve para facilitar a identificação



1



2

dos terminais E, B e C. Se o "aluno" não conseguir encontrar o BC549, poderá usar também o BC238, BC548 e outros. As características técnicas do BC549 são transístores NPN de silício, pequena potência, para aplicações gerais.

- **Transistor BD140** – O corpo do componente é retangular e achatado, apresentando uma perfuração em seu centro e um lado *metallizado*. Orientando-se pela posição do lado *metallizado*, fica fácil identificar-se os seus terminais E, B e C.
- **ALTO FALANTE MINI, COM IMPEDÂNCIA DE 8Ω** – O alto-falante é, provavelmente, um "bicho conhecido" do aluno (mesmo por aqueles que, até o momento, ainda não haviam se interessado por Eletrônica) em seu aspecto externo... Os alto-falantes *mini* são fabricados tanto com estrutura plástica (mais baratos...) como metálica (mais caros...). A *impedância* (que será estudada mais tarde no nosso BÉ-A-BÁ...) do alto-falante é *muito* importante nesse circuito. Assim, *não* utilize componente com impedância de 4 ou 16Ω nessa montagem...
- **OS RESISTORES** – São usados, na montagem da SIRENINHA, resistores de três valores diferentes. O desenho 1 mostra os "códigos de cores" identificatórios desses valores (qualquer dúvida, consulte o BÉ-A-BÁ n.º 1).

- O CAPACITOR "COMUM" — É usado apenas um capacitor "comum", com o valor de $.01\mu F$. O desenho 1 mostra o aspecto tanto do tipo *disco cerâmico* como o de *poliéster* (atenção para o "código de cores", no caso do capacitor de poliéster...).
- O CAPACITOR ELETROLÍTICO — Apenas um capacitor eletrolítico é usado na SIRENINHA, com o valor de $100\mu F$ e apresentando tensão de trabalho de 16 volts. Não esquecer que o eletrolítico é um componente *polarizado*, ou seja: seus terminais *positivo* e *negativo* têm posição certa para serem ligados. O desenho mostra os dois "modelos" mais facilmente "encontráveis", com a identificação dos seus terminais.
- INTERRUPTOR DE PRESSÃO ("PUSH-BOTTOM") — O nome em inglês da "figurinha", cuja tradução literal é *botão de apertar*, diz muito sobre o seu funcionamento: trata-se de uma chave interruptora momentânea, que apenas fica "fechada" (permitindo a passagem da corrente...), quando o seu "botão" é apertado (geralmente pelo *dedo* do operador, embora haja malucos que os apertem com o nariz ou outras partes da anatomia...). Se o "aluno" quiser baratear ainda mais a montagem, poderá substituir o "push-bottom" por um "botão de campainha" comum, desses que se usa na porta das residências, o qual, embora maior e mais "desajeitado", é bem mais barato... A recomendação *normalmente aberto* na LISTA DE PEÇAS se deve ao fato de também existirem interruptores de pressão do tipo *normalmente fechado* (que apenas "abrem", obstruindo a passagem da corrente, quando apertados...).
- BATERIA DE 9 VOLTS — O desenho 2 mostra a bateria de 9 volts (à direita...), já ligada ao seu conector (também chamado de "clip"...). Notar que, para identificar os fios do *positivo* e *negativo*, os conectores são normalmente fornecidos com fios, respectivamente, *vermelho* e *preto*. A bateria de 9 volts, embora pequena e prática, não é muito barata. Se o "aluno" não fizer muito questão do tamanho, poderá substituir a bateria por seis pilhas pequenas de 1,5 volts cada ($6 \times 1,5 = 9$) acondicionadas num suporte próprio. Também nesse caso, o *positivo* costuma ser identificado por um fio *vermelho* e o *negativo* por fio *preto*.

Ainda alguns pontos importantes sobre os componentes... O transístor BD140 é, tecnicamente, um *PNP*, de *silício*, *média potência* (daí o seu tamanho maior do que o apresentado pelo BC549...) para uso geral. Poderá ser substituído por outro, desde que apresente as mesmas características técnicas...

O capacitor de $.01\mu F$, eventualmente, poderá ser encontrado em "modelos" diferentes dos mostrados no desenho 1... Não se espante com isso (desde que o valor de capacitância esteja correto...). Em dúvida, consulte o desenho 3 (ou o 7) da lição OS CAPACITORES, lá no começo da "aula"...

MONTANDO

Agora que o "aluno" já tomou conhecimento de todas as peças necessárias, suas aparências, disposição e identificação de terminais, etc., podemos iniciar a montagem propriamente... Um circuito eletrônico é constituído sempre, na prática, de uma série de componentes *interligados* — elétrica e mecanicamente, de acordo com um certo "padrão", para que sejam obtidos os resultados desejados... Existem muitas maneiras de se efetuar essas ligações:

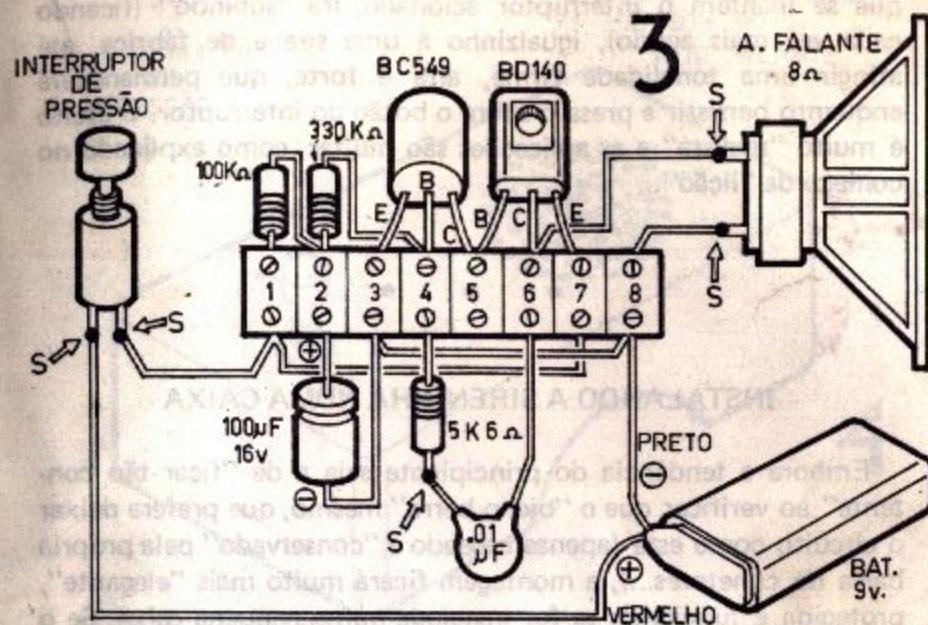
- A MONTAGEM EM "ARANHA" — que é feita pela ligação soldada entre os terminais dos diversos componentes, diretamente, sem qualquer tipo de "suporte", ou seja: as peças ficam auto-sustentadas.
- A MONTAGEM EM BARRA DE TERMINAIS SOLDADOS — uma pequena "réguia" de material isolante, dotada de uma série de ilhos metálicos, serve de base elétrica e mecânica ao circuito, sendo os componentes interligados, através de solda, a esses ilhos metálicos.
- A MONTAGEM EM CIRCUITO IMPRESSO — é o sistema mais moderno, prático e compacto de se realizar montagens de circuitos eletrônicos. Basicamente, uma placa fina de material isolante

(geralmente fenolite ou fibra de vidro) é revestida por uma película de metal condutor (cobre) na qual é "gravada" ou impressa (daí o nome do sistema...) a configuração das ligações do circuito. A placa também é dotada de furos para receber os terminais dos componentes, que são, no momento da montagem, soldados à pista constituída pela película de cobre.

Todos esses sistemas serão, mais cedo ou mais tarde, explicados e detalhados aqui no BÉ-A-BÁ, à medida que as técnicas sejam necessárias, para acompanhar a evolução dos "alunos" e a crescente complexidade dos circuitos práticos apresentados... Por enquanto, contudo, para que a turma não se complique, nessas primeiras "lições", adotaremos, nas montagens, o sistema de BARRA DE CONETORES PARAFUSADOS. Essa barra (facilmente encontrável em casas de material elétrico ou eletrônico...) é feita de plástico isolante, e apresenta uma série de segmentos, cada um contendo um "miolo" metálico perfurado, com parafusos que exercem a dupla função de "prender" os terminais de componentes ou fios de ligação e prover a ligação elétrica entre esses fios e terminais. No BÉ-A-BÁ n.º 1 já foi detalhado esse sistema de montagem, assim, quem estiver "no ar", deve recordar a primeira lição...

O desenho 3 mostra como devem ser feitas as interligações dos componentes e fios, entre si e em relação à barra de conectores parafusados. Os números de 1 a 8 marcados junto aos segmentos da barra servem para orientar as diversas ligações (e também para conferir tudo ao final...). Vamos a algumas recomendações básicas, porém importantes para o êxito da montagem:

- Ao pôrrender os fios e terminais aos segmentos da barra de conectores, os parafusos devem ser apertados com firmeza, porém *não* de maneira excessiva (um aperto muito forte poderá romper os fios ou terminais...).
- Atenção às posições dos terminais dos transistores e do capacitor eletrolítico (esses componentes têm posição certa para serem ligados). Se for necessário, consulte novamente o desenho 1.
- A polaridade correta (*positivo* e *negativo*) da bateria ou pilhas também é *muito* importante. Se os fios *vermelho* e *preto* forem ligados invertidos, o circuito *não* funcionará (além de, provavelmente, serem inutilizados importantes componentes...).



- Atenção aos valores dos resistores. O "aluno" que ainda não decorou bem o *código de cores* deve consultar o desenho 1.
- Notar, no desenho 3, que, embora a grande maioria das ligações seja "sem solda" (realizadas através da barra de terminais...), algumas delas são soldadas: terminais do "push-bottom", do alto-falante e conexão do resistor de $5K6\Omega$ ao capacitor de $.01\mu F$. Essas ligações soldadas estão marcadas no desenho com setas e com a letra "S".
- Utilize fios de ligação razoavelmente longos nas conexões do "push-bottom", alto-falante e bateria ou pilhas. Isso facilitará a instalação do circuito numa caixa (ou outro tipo de instalação desejado pelo "aluno"...), após a verificação de funcionamento do circuito.

Ao final, confira tudo, orientando-se pelos números anotados nos segmentos, para verificar se nenhuma ligação foi trocada ou esquecida.

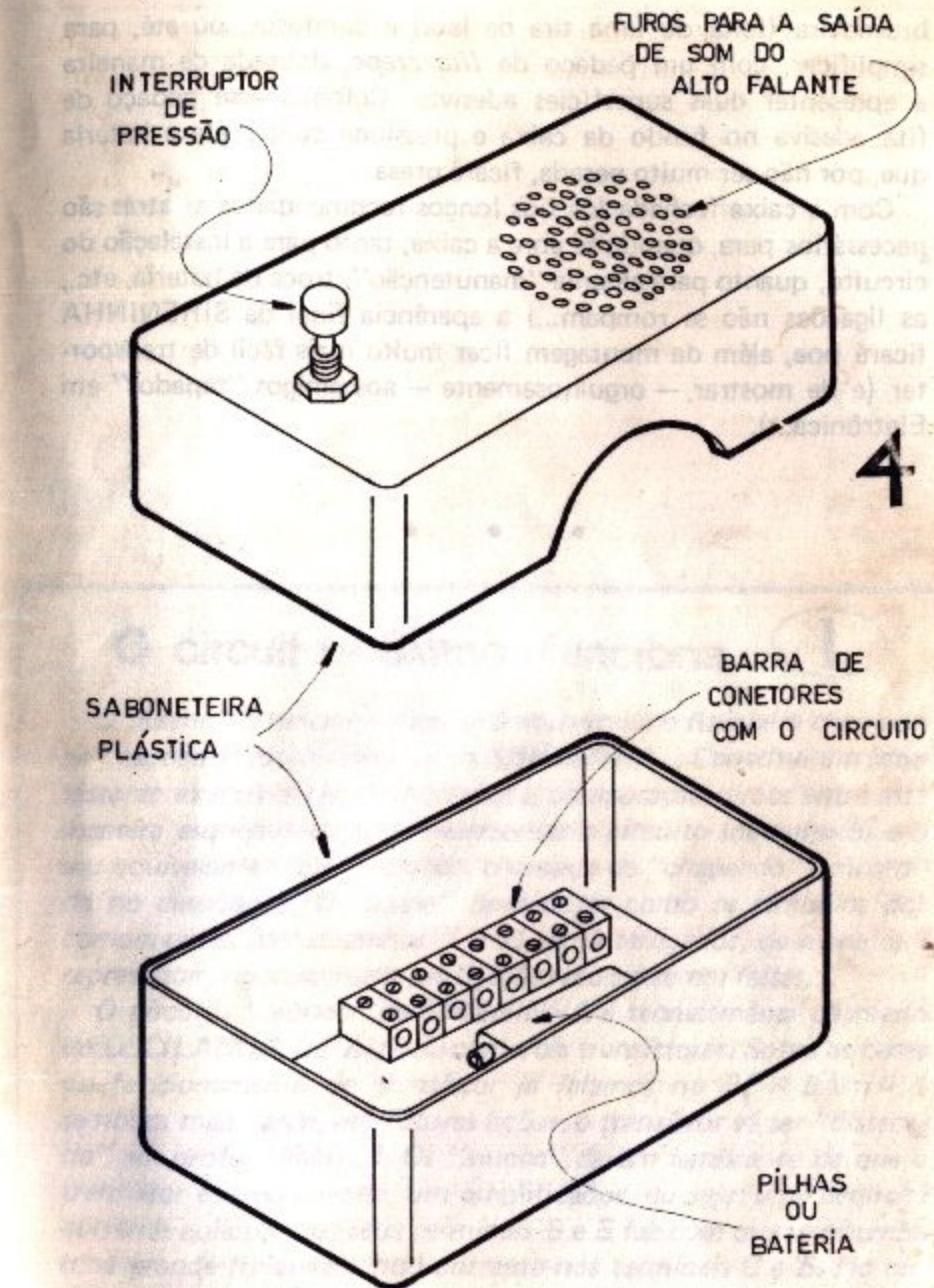
Com a bateria ou pilhas devidamente ligadas (através do "clip" ou do suporte...), pressione o "push-bottom". Imediatamente o alto-falante começará a emitir um som, forte e grave que, à medida

que se mantém o interruptor acionado, irá "subindo" (ficando cada vez mais agudo), igualzinho à uma sirene de fábrica, até atingir uma tonalidade firme, alta e forte, que permanecerá enquanto persistir a pressão sobre o botão do interruptor. O efeito é muito "realista" e as aplicações são muitas, como explicado no começo da "lição"...

INSTALANDO A SIRENINHA NUMA CAIXA

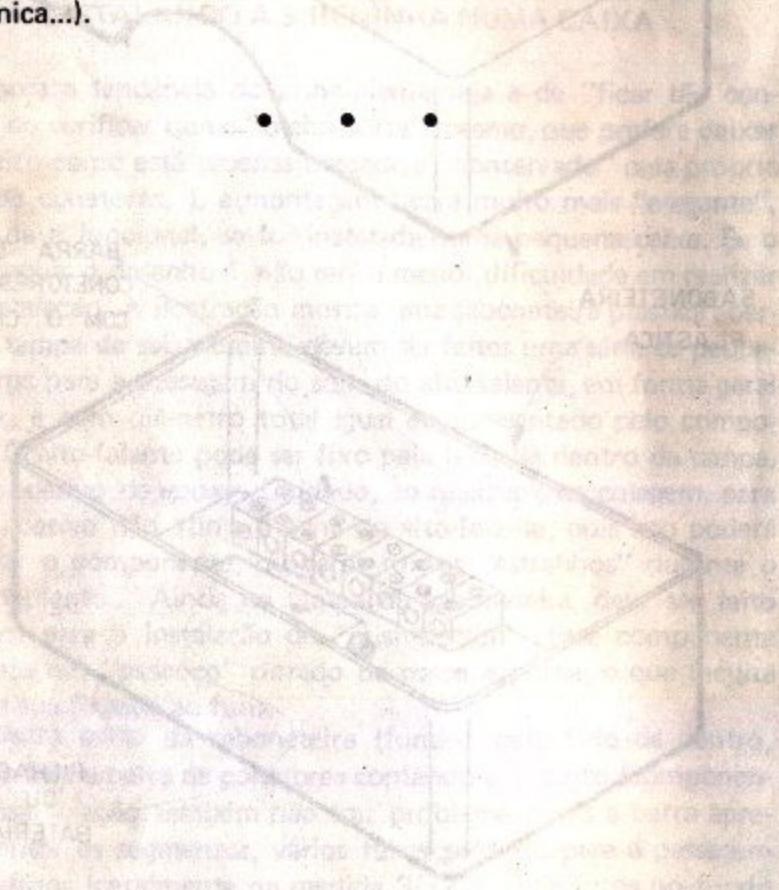
Embora a tendência do principiante seja a de "ficar tão contente" ao verificar que o "bicho berra" mesmo, que prefere deixar o circuito como está (apenas baseado e "conservado" pela própria barra de conetores...), a montagem ficará muito mais "elegante", protegida e funcional, se for instalada numa pequena caixa. Se o aluno seguir o desenho 4, não terá a menor dificuldade em realizar essa instalação. A ilustração mostra uma saboneteira plástica aberta. Na tampa da saboneteira, devem ser feitos uma série de pequenos furos para a passagem do som do alto-falante, em forma geral circular, e com diâmetro total igual ao apresentado pelo componente. O alto-falante pode ser fixo pela lado de dentro da tampa, com o adesivo de *epoxy*. Cuidado, ao realizar essa colagem, para que o adesivo não atinja o cone do alto-falante, pois isso poderá inutilizar o componente, ou gerar ruídos "estranhos" durante o funcionamento... Ainda na tampa da saboneteira, deve ser feito um furo para a instalação do "push-button". Esse componente apresenta um "pescoço" dotado de rosca e porca, o que facilita muito a sua fixação ao furo.

Na outra parte da saboneteira (fundo), pelo lado de dentro, deve ser fixa a barra de conetores contendo o circuito (componentes). Essa fixação também não traz problemas, pois a barra apresenta, entre os segmentos, vários furos próprios para a passagem de parafusos (geralmente na medida 3/32"). Dois furos no fundo da caixa bastarão para a passagem dos conjuntos de parafusos e porcas necessários à fixação da barra. A bateria (ou pilhas) também deve ser fixa ao fundo da caixinha, através de uma pequena



braçadeira (feita de uma tira de lata) e parafusos, ou até, para simplificar, com um pedaço de *fita crepe*, dobrada de maneira a apresentar duas superfícies adesivas. Coloque esse pedaço de fita adesiva no fundo da caixa e pressione contra ela a bateria que, por não ser muito pesada, ficará presa.

Com a caixa fechada (os fios longos recomendados aí atrás são necessários para, quando se abre a caixa, tanto para a instalação do circuito, quanto para alguma "manutenção", troca da bateria, etc., as ligações não se rompam...) a aparência final da SIRENINHA ficará boa, além da montagem ficar muito mais fácil de transportar (e de mostrar – orgulhosamente – aos amigos "tapados" em Eletrônica...).

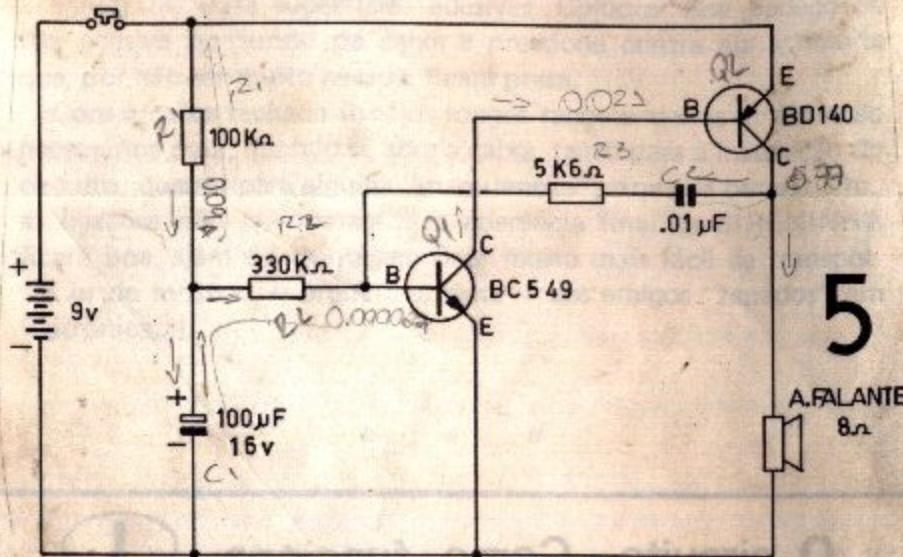


O circuito – Como funciona



O desenho 5 mostra o diagrama esquemático (também chamado de "esquema" do circuito...) da SIRENINHA... Constitui um interessante exercício de aprendizado, a comparação direta entre essa maneira esquemática de se representar o circuito (desenho 5) e o seu equivalente "real" (também chamado de "chapeado"), mostrado no desenho 3. O "aluno" deve notar como os símbolos dos componentes (ver desenhos 1 e 2) são interligados, de maneira a representar, rigorosamente, as ligações reais a serem feitas...

O circuito "teórico" da SIRENINHA é tecnicamente chamado de OSCILADOR DE ÁUDIO com dois transístores. Sobre as bases do funcionamento do transistor já falamos no BE-A-BA n.º 1 (embora mais tarde, em futuras lições, o transistor vá ser "dissecado" em profundidade...). Os "alunos" devem lembrar-se de que o transistor é, basicamente, um amplificador, ou seja: uma pequena corrente aplicada aos seus terminais B e E faz com que se obtenha uma grande (relativamente) corrente nos terminais C e E. No circuito da SIRENINHA, os dois transístores são interligados de maneira que a saída de um "realimenta" a entrada do outro, e vice-versa. Devido ao uso de transístores de "polaridade" diferente (um PNP e o outro NPN...), o circuito fica grandemente simplificado.



ficado, reduzindo o número dos outros componentes necessários ao "casamento" entre os dois transístores. Notar que o terminal C do transistor BC549 ("saída" desse componente...) está ligado ao terminal B do transistor BD140 ("entrada" desse transistor...). Da mesma forma, o terminal C do BD140 ("saída") está ligado ao terminal B do BC549 ("entrada"), porém, desta vez, a ligação não é direta, mas feita através de um capacitor ($0.01\mu F$) em série com um resistor ($5K6\Omega$). Como foi visto na "lição" sobre os CAPACITORES, lá no começo da "aula", o resistor em série com o capacitor faz com que este último leve algum tempo, tanto para carregar-se quanto para descarregar-se. No circuito da SIRENINHA, esse tempo de "carga e descarga" é que determina a freqüência com que os dois transístores se "realimentam" entre si, causando a oscilação que gera o sinal sonoro ouvido no alto-falante.

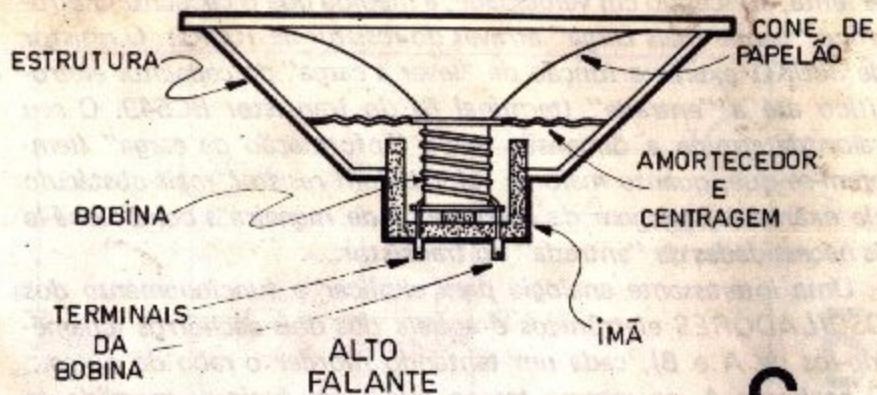
Acontece que, para gerarmos o "efeito de sirene" (com o som começando "devagar", "acelerando" progressivamente...), precisamos de um outro capacitor – o eletrolítico de $100\mu F$. Esse capacitor, devido ao seu valor relativamente elevado, "carrega-se" lentamente, através do resistor de $100K\Omega$ (também de valor relativamente alto...), fazendo com que o conjunto de transístores,

a princípio, realize a mútua realimentação de maneira relativamente lenta, crescendo em velocidade, à medida que o capacitor eletrolítico "ganha mais carga" através do resistor de $100K\Omega$. O resistor de $330K\Omega$ exerce a função de "levar a carga" do capacitor eletrolítico até a "entrada" (terminal B) do transistor BC549. O seu valor determina a dimensão dessa "informação de carga" (lembrem-se que, quanto maior o valor de um resistor, mais obstáculo ele exerce à passagem da corrente...) de maneira a condicioná-la às necessidades de "entrada" do transistor...

Uma interessante analogia para explicar o funcionamento dos OSCILADORES eletrônicos é aquela dos dois cachorros (chamemo-los de A e B), cada um tentando morder o rabo do outro... O cachorro A, ao mesmo tempo que tenta fugir da mordida do cachorro B, faz tudo para alcançar o rabo do companheiro de brincadeira (brincadeira...?). O mesmo acontece com o cachorro B. Assim, os dois ficam correndo em círculo, indefinidamente, até que cansam ou desistam... É mais ou menos isso o que ocorre com os dois transístores do circuito da SIRENINHA... Um faz o outro "andar" e o outro faz o "um" andar também, prosseguindo nessa recíproca excitação enquanto o circuito estiver alimentado pela fonte de energia (pilhas ou bateria...).

O ALTO-FALANTE

O alto-falante (que será mais detalhadamente estudado quando falarmos sobre o ELETROMAGNETISMO...) é um componente importante no circuito pois, sem o "dito cujo", não ouviríamos a oscilação realizada pelos dois transístores. O desenho 6 mostra, em corte, a construção de um alto-falante típico. Basicamente, uma bobina (fio condutor enrolado) desliza no interior do campo magnético gerado por um ímã. Essa bobina, ao ser percorrida por corrente elétrica (no circuito da SIRENINHA, fornecida pela pilha, através do transistor BD140...), interage com o campo magnético. Essa interação força a bobina a movimentar-se, sendo



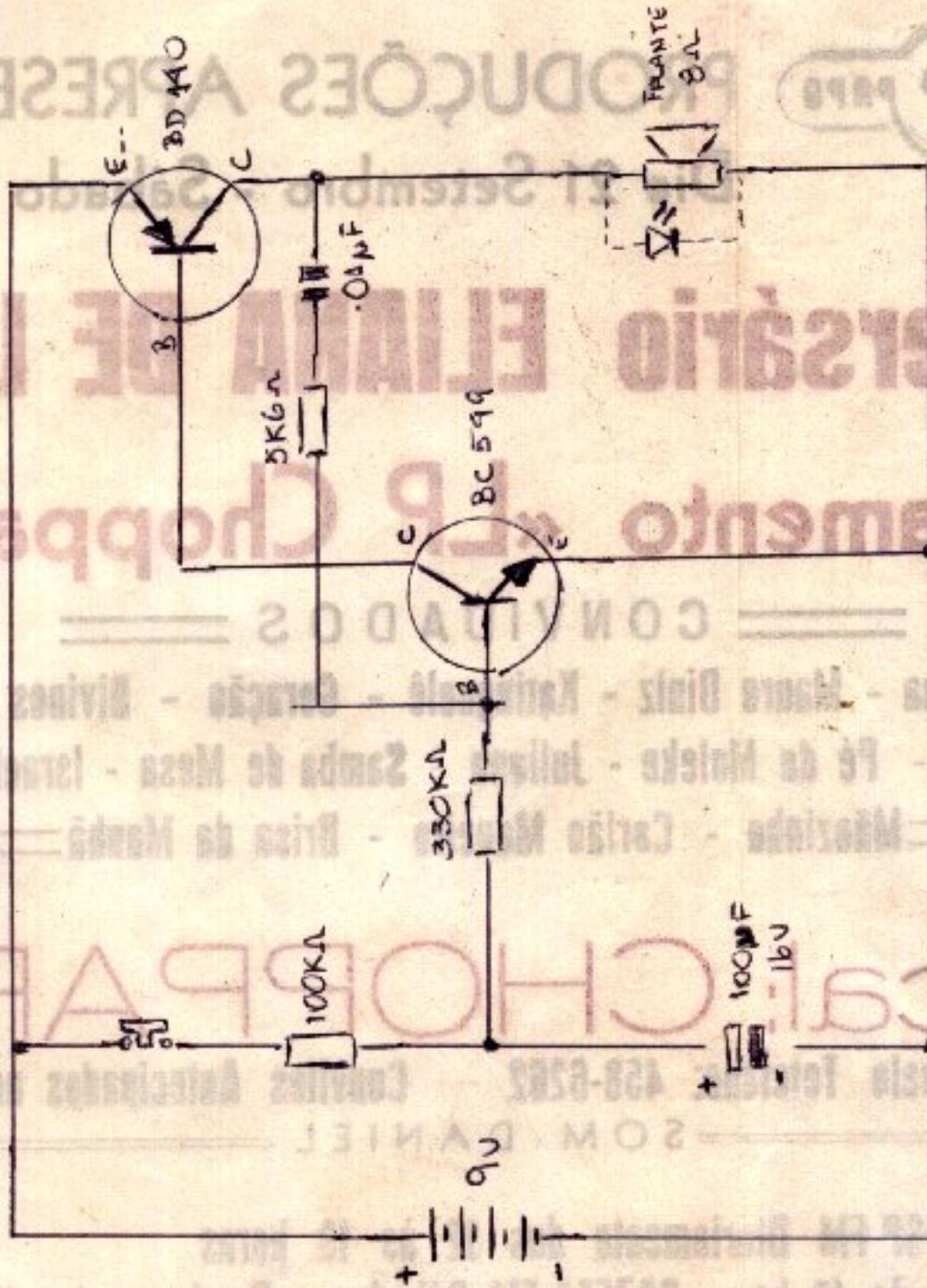
6

esse movimento diretamente proporcional à intensidade e sentido da corrente que a percorre. Essa bobina está, no alto-falante, presa a um sistema de amortecimento e centragem (destinado a "regularizar" o seu movimento...) e, ao mesmo tempo, a um cone de papelão. O movimento (vibração) da bobina é assim transmitido ao cone e este, por sua vez, transmite esse movimento ao ar, gerando o som que ouvimos...

Futuramente, muitas experiências com alto-falantes serão feitas aqui no BE-A-BÁ. Por enquanto, basta ao aluno saber que esse componente serve para transformar sinais elétricos em sinais sonoros, ou seja: o alto-falante é um "transdutor", ou um "transformador" de energias (transforma energia elétrica em energia mecânica – já que o som é o movimento mecânico realizado pelas moléculas do ar, no caso...).

• • •

SIRENINHA (oscilador de áudio)



Obs.: Substituir o diodo p/ um LED.
circuito funcionando.
Trocar os valores do capacitor e
menor ou maior que o
valor original.

