

PRÁTICA

DE APLICAÇÃO DOS

RESISTORES



Prof. Eng. Alexandre Dezem Bertozzi, Esp.

www.bertozi.com

maio 2011 - v.1.0

TEMA 1

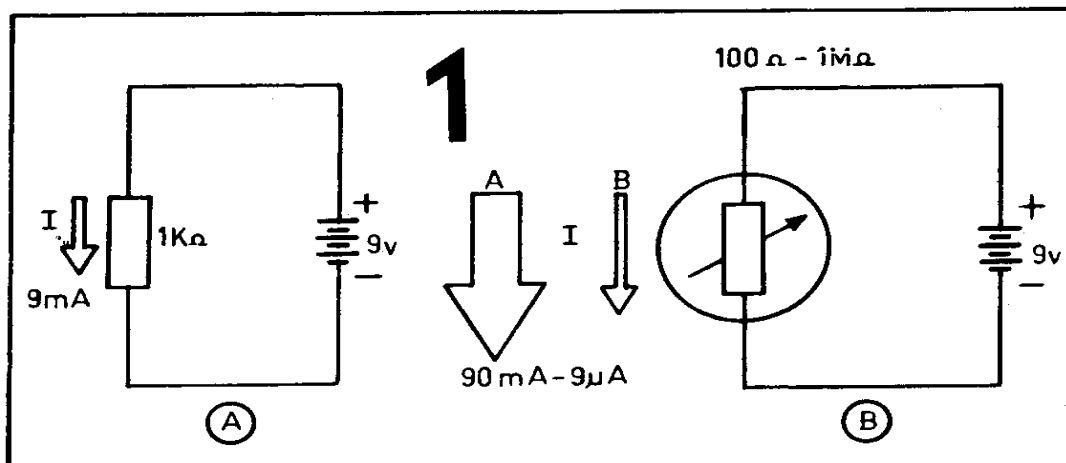
LDR - TERMÍSTOR -

RESISTORES *NÃO LINEARES*
(QUE MUDAM O SEU VALOR
ÔHMICO ATRAVÉS DA AÇÃO
DE FATORES "EXTERNOS"...).

VARÍSTOR

No nosso "curso" já falamos amplamente sobre o mais simples (porém, sob certa interpretação, também um dos mais importantes...) dos componentes da Eletrônica: o RESISTOR... Como foi visto naquela lição, o resistor exerce um trabalho "aparentemente" simples: botar obstáculo à passagem da corrente, em maior ou menor grau...

Como, em decorrência do que aprendemos com a Lei de Ohm, as três principais *grandezas* elétricas (corrente, tensão e resistência) são interdependentes e, sempre que, num determinado circuito, por mais simples que seja, *modificarmos* uma dessas três grandezas, as outras duas também sofrerão as consequências dessa modificação, se, por exemplo, tivermos num circuito um *resistor fixo* (que também podemos chamar, para simplificar, de "resistor comum"...), como aparece no desenho 1-A, desde que a tensão aplicada ao resistor seja também fixa (no caso do exemplo, os 9 volts fornecidos pelas pilhas ou bateria), podemos calcular com precisão a corrente (usando a Lei de Ohm), que será estável e inalterável, enquanto persistirem os valores de resistência e tensão envolvidos... Dizemos então, que o resistor comum é um componente *linear* pois, a corrente só pode ser aumentada se também aumentarmos a tensão aplicada, e vice-versa: só podemos diminuir a corrente, diminuindo a tensão.



Além

disso, essa interdependência é diretamente proporcional, ou seja: dado um resistor fixo de valor "X", para dobrarmos a corrente que o percorre, devemos dobrar a tensão a ele aplicada, ou, para obtermos uma corrente 3 vezes menor do que a inicial, devemos reduzir a tensão de alimentação a 1/3 do inicial...

A essa característica de "proporcionalidade e interdependência direta", damos o nome, em Eletrônica, de "linearidade"...

Obviamente, se, no lugar do resistor comum, colocarmos um resistor ajustável (potenciômetro, "trim-pot", etc.), podemos modificar o seu valor ôhmico dentro de uma certa faixa, alterando, com isso, a corrente que o percorre (ainda dentro dos preceitos da Lei de Ohm), mesmo que a tensão de alimentação seja fixa... Entretanto, para efeitos de cálculo e de lógica, um potenciômetro, por exemplo, depois de ajustado (num momento, portanto, em que ninguém esteja mexendo no eixo do dito cujo...), nada mais é do que um *resistor fixo comum*, permanecendo válida a sua "linearidade" dentro *desse* valor para o qual foi ajustado...

Existem, porém, em Eletrônica, alguns resistores *especiais*, chamados de "não lineares", cujos valores ôhmicos podem ser alterados, automaticamente, pela ação "externa" de certas formas de energia (sem a necessidade, portanto, de que alguém vá lá girar um eixo ou um "knob"). Esses resistores especiais, também chamados de "resistores dependentes" (pela simples razão do seu valor *depend*er sempre de um fator externo...), pelas suas características próprias, se prestam para um grande número de aplicações específicas e importantes, dentro de inúmeros circuitos e projetos, principalmente como "sensores" de condições externas, ambientais, do próprio circuito, etc... Vejamos o desenho 1-B, onde aparece, em diagrama, um circuito simples formado por uma fonte de tensão (pilhas ou bateria) e um *resistor não linear* (notar o símbolo *diferente* daquele usado para o resistor comum...). Suponhamos que, dependendo de um fator externo qualquer, tal resistor possa variar o seu valor ôhmico "sozinho", dentro da faixa que vai de 100Ω a $1M\Omega$... Nesse caso, mesmo com a tensão de alimentação fixa (9 volts), a corrente através do resistor poderá variar entre 90mA e $9\mu A$!

Essa "habilidade" de alterar a sua resistência intrínseca, a partir de um "estímulo energético externo", faz com que um resistor desse tipo possa *comandar* variações da corrente em determinados "ramos" de um circuito. Essas variações, por sua vez, podem ser aproveitadas, diretamente ou depois de amplificação, para uma série de fins especiais...

Embora, a nível de laboratório, possam existir inúmeros tipos de resistores "dependentes", capazes de "reagir" a vários estímulos externos diferentes, os mais comuns, dentro da moderna Eletrônica, são os relacionados a seguir:

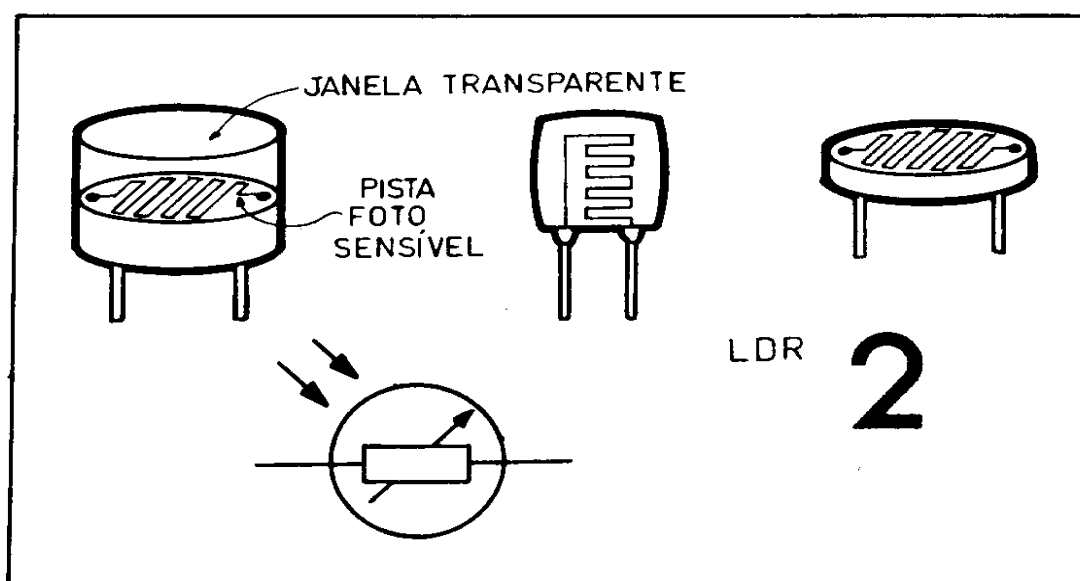
- LDR – Resistor Dependente da Luz (o seu “apelido” vem da abreviação da expressão inglesa *Light Dependent Resistor*).
- TERMISTOR – Resistor Dependente da Temperatura.
- VARISTOR (ou VDR) – Resistor Dependente da Tensão (o nome é formado pelas iniciais de *Voltage Dependent Resistor*).

Vamos dar uma “passada de olhos” sobre um por um desses componentes de nome esquisito (mas de funcionamento muito fácil de compreender...)

TEMA 2

O LDR

Como bem indica o seu nome, o LDR tem o seu valor ôhmico diretamente dependente da luz que incide sobre o próprio elemento resistivo que o compõe. Normalmente, um LDR consiste numa pista de *sulfeto de cádmio*, depositada sobre uma base isolante qualquer (vidro, cerâmica, etc.), sendo que, os dois extremos dessa pista estão conectados, externamente, a terminais metálicos que servem para interligar o componente aos circuitos ou aplicações... Para proteger a pista de material foto-sensível, existe, quase sempre, uma cobertura transparente (vidro, plástico, etc.) que, embora permita a passagem da luz, veda a penetração de umidade, impedindo danos à pista. O desenho 2 mostra alguns dos “modelos” mais comuns de LDRs, que são produzidos dentro de ampla gama de especificações e parâmetros.



É importante saber, desde o início, que o LDR, assim como o resistor comum, é um componente *não polarizado*, ou seja: a corrente pode percorrê-lo (encontrando, é claro, maior ou menor grau de dificuldade...) em ambos os sentidos, podendo “entrar por um terminal e sair pelo outro”, ou vice-versa, indiferentemente... O funcionamento básico do LDR (que será detalhado em experiências, mais adiante...) é o seguinte: na escuridão, seu valor ôhmico é elevado, sob plena iluminação, sua resistência cai substancialmente, para valores muito baixos. Sob todas as possíveis condições intermediárias de iluminação, o componente assume também inúmeros valores de resistência, sempre diretamente dependentes do nível de luz que o atinge... Simplificando: *mais luz — menos resistência e menos luz — mais resistência*. O símbolo adotado para representar o LDR nos “esquemas” de circuitos, também está no desenho 2.

TEMA 3

O TERMÍSTOR

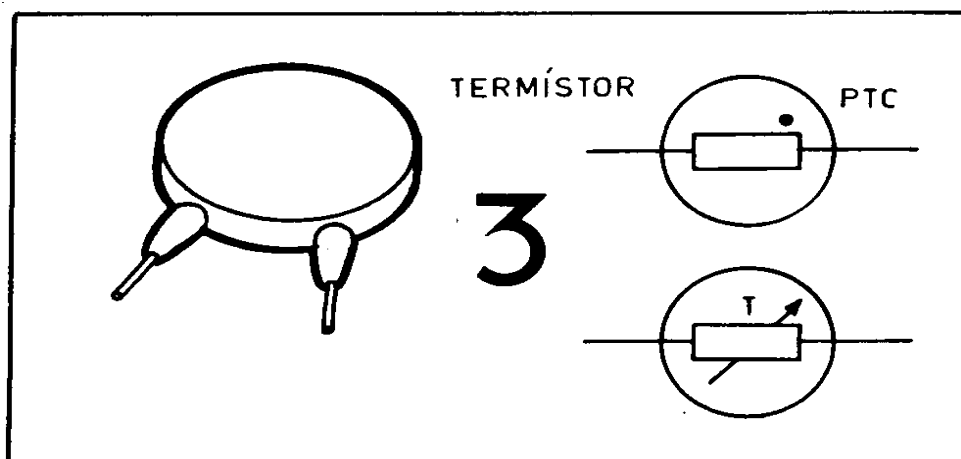
Luz e calor são formas de energia *muito* parecidas, ambas dentro do espectro das *radiações eletromagnéticas*.

Assim, se podemos fazer resistores que “reagem” à luz, também podemos conseguí-lo em relação ao calor! Um termístor, assim, é um resistor cujo valor ôhmico depende da *temperatura* do meio em que o componente está inserido (ou do corpo ao qual esteja encostado ou próximo...). Entretanto, ao contrário do LDR, no qual a relação luz/resistência é sempre inversa (*mais luz — menos resistência*), os termístores podem ser construídos com coeficientes *positivos* ou *negativos*, ou seja: *diretos* ou *inversos*... Isso quer dizer que existem termístores cuja resistência ôhmica *aumenta*, quando *sobe* a temperatura (coeficiente positivo ou *direto*) e outros, cujo valor de resistência *diminui* quando a temperatura *aumenta*... Dá-se o nome de PTC (Positive Temperature Coefficient) aos do primeiro tipo e NTC (Negative Temperature Coefficient) aos do segundo grupo.

O material constituinte do termístor, entre outros, pode ser o *titanato de bário* (para os termístores PTC) ou *óxidos metálicos* (para os NTC). Assim como ocorre com os resistores comuns e LDRs, os termístores são componentes *não polarizados*, ou seja: suas “pernas” podem ser ligadas indiferentemente, não havendo “lado certo” para serem conectados aos circuitos ou aplicações... O desenho 3 mostra a “cara” mais comum do termístor, em forma de pequeno círculo (também podem ser encontrados componentes em forma de pequenas esferas ou tubos,

às vezes encapsulados em vidro, etc.), bem como os símbolos costumeiramente adotados para representá-lo nos diagramas. Quase sempre, o tipo de coeficiente (P ou N) também é indicado junto ao símbolo. Devido às suas "habilidades", os termístores são componentes extremamente próprios para circuitos de controle ou medição de temperatura, em diversas aplicações...

Um exemplo típico: se usarmos um termístor como se fosse um dos resistores de polarização de base de um transistor e mantivermos o componente literalmente encostado a tal transistor, sempre que, por um "descontrole" ou "sobre-excitação" qualquer, o transistor começar a conduzir um excesso de corrente, aquecendo-se em virtude disso, o termístor "sentirá" esse aumento de temperatura no transistor e, a partir desse "estímulo", aumentará a sua resistência ôhmica (no caso, portanto, um termístor PTC), ocasionando a diminuição da corrente de polarização de base do transistor. Com menor *corrente de base*, o transistor apresentará também menor *corrente de coletor*, "esfriando", portanto, e voltando às condições normais de funcionamento... Falaremos, nas experiências, mais alguma coisa sobre os usos práticos dos termístores...

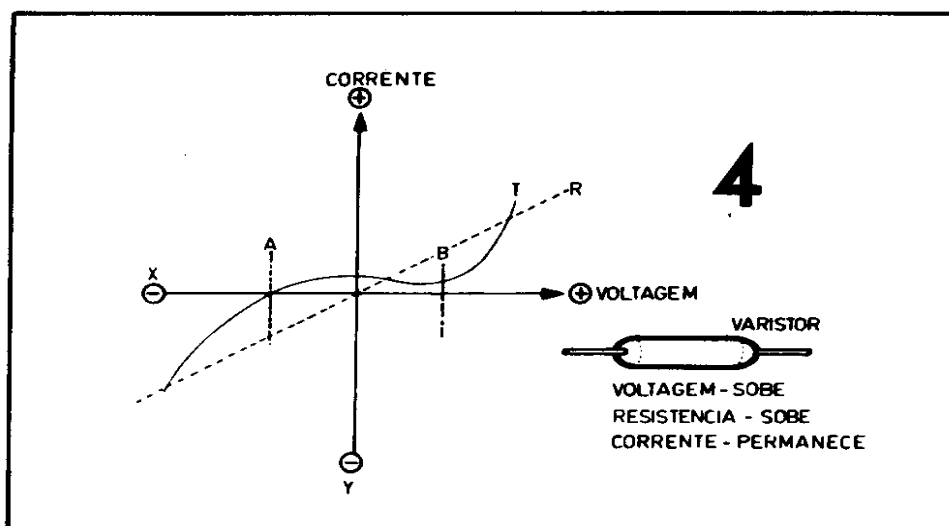


TEMA 4

VARÍSTOR (VDR)

O varístor é um resistor (geralmente constituído de *óxido de zinco* ou certos *titanatos* em forma cerâmica) cujo valor ôhmico é, em certa faixa, dependente da *tensão* aplicada aos seus terminais... Embora, sob certos aspectos o varístor seja um "parente" do LDR e do termístor, ocorre, com ele, um fenômeno um pouquinho mais difícil de acompanhar, pois o "fator externo" que determina a alteração da sua resistência é *uma das próprias grandezas* principais da Eletricidade e Eletrônica, ou seja: a *tensão* (voltagem)! Para perceber como funciona o bichinho, nada como um pequeno gráfico, mostradô no desenho 4...

Os dois eixos representam a voltagem (X) e a corrente (Y). A linha tortuosa representa o "crescimento" da corrente em função da tensão. A linha pontilhada em diagonal mostra o "comportamento" de um resistor fixo comum, no qual, subindo a voltagem, sobe também a corrente, sempre proporcionalmente. Num varistor, contudo, dentro de uma certa faixa (delimitada no gráfico pelos pontos A e B), conforme sobe a voltagem a ele aplicada, sua resistência também se eleva, fazendo com que a corrente permaneça a mesma (ver como, entre os pontos A e B a "curva" da corrente fica "plana"...). Por essa importante característica, o varistor é muito usado em circuitos de televisores, como supressor de excessos ou pulsos momentâneos de sobretensão e como estabilizador de voltagem e de corrente, em determinados "ramos" desses circuitos...



A rapidez de "reação" do varistor é muito grande, e assim ele exerce uma função importante como "protetor" em relação aos demais componentes... Vamos fazer uma comparação simples, para "trocar em miúdos" o funcionamento do varistor...

Suponha um estádio de futebol, com apenas uma única entrada pequena, controlada por um só porteiro... Enquanto o "bolo" de gente que pretende entrar para ver o jogo é relativamente pequeno, pressionando pouco o porteiro (baixa voltagem), o dito cujo exerce uma força normal para segurar a turma, e evitar tumulto... Entretanto, conforme a turma cresce, aumentando a pressão em cima do coitado (voltagem subindo), *ele também vai ficando cada vez mais forte*, cada vez mais "machão", e segurando a tropa "no braço"... Isso quer dizer que: a "resistência" (física) do porteiro (varistor) cresce junto com a "pressão" (tensão ou voltagem) exercida pela turma na estreita passagem, de modo que, a todo momento, por mais que a tropa empurre, continua a entrar no estádio o *mesmo* número de pessoas por minuto, sem debandadas e coisas assim... Deu pra sacar...?

Os varístores, geralmente, apresentam forma alongada (tubo), sendo proporcionalmente mais compridos (fisicamente), a medida que devem controlar tensões mais altas. O desenho 4 mostra a "cara" mais comum desse componente, bem como uma "tabelinha" de comportamento do varistor em relação às três grandezas da Eletricidade (dentro, é claro, da faixa de atuação para a qual foi projetado e fabricado...).

TEMA 5

VOLTANDO AO LDR (TEORIA E PRÁTICA)

Dos três principais resistores "não lineares", que têm seu valor ôhmico controlável por fatores externos, com toda a certeza o mais usado, devido à grande versatilidade que apresenta, é o LDR... Um grande número de circuitos interessantes pode ser projetado a partir das "habilidades" desse componente, capaz de "ver" a luz e traduzir variações luminosas em variações de resistência (e, como já vimos, em variações de corrente também...).

Existem LDRs em vários modelos, e cujos valores ôhmicos podem variar dentro de faixas muito diversas. Entretanto, seus parâmetros reais, quase sempre não apresentam rigidez, ou seja: podemos, a partir de ajustes feitos no próprio circuito ao qual o LDR esteja incorporado, condicionar o correto ponto de funcionamento do componente... Assim, em todo projeto que use um LDR, na prática, podemos usar diversos *Resistores Dependentes da Luz*, mesmo que de modelos ou parâmetros diferentes, bastando que haja uma espécie de "controle de sensibilidade" destinado a "trazer" o funcionamento do LDR para a faixa que pretendemos...

TEMA 6

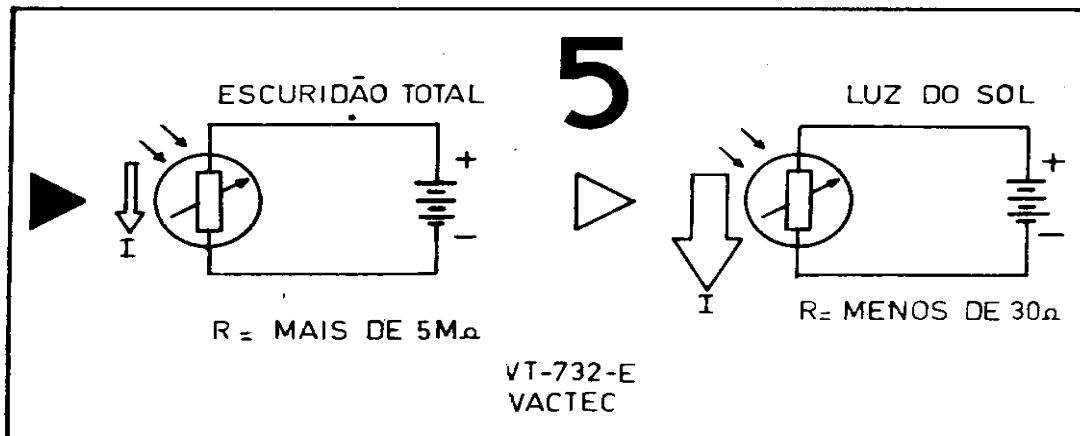
OS PARÂMETROS (I)

Como todos os outros componentes eletrônicos, o LDR também tem os seus limites elétricos, que devem ser conhecidos e respeitados, para um bom resultado da aplicação... Os principais são os seguintes: –

- **A DISSIPAÇÃO** – *Devido à sua construção um tanto delicada, o LDR, para efeitos de dissipação (wattagem), deve sempre ser considerado como um resistor de baixa wattagem (em torno de 1/4 de watt, é um limite que pode ser considerado na prática, quando dos cálculos e projetos...).*
- **O VALOR ÔHMICO** – *Embora, como foi dito, as faixas de*

atuação possam variar bastante de modelo para modelo, de uma maneira geral a resistência de um LDR vai de algumas dezenas ou centenas de ohms sob iluminação total (luz do Sol), até vários megohms quando submersos em completa escuridão...

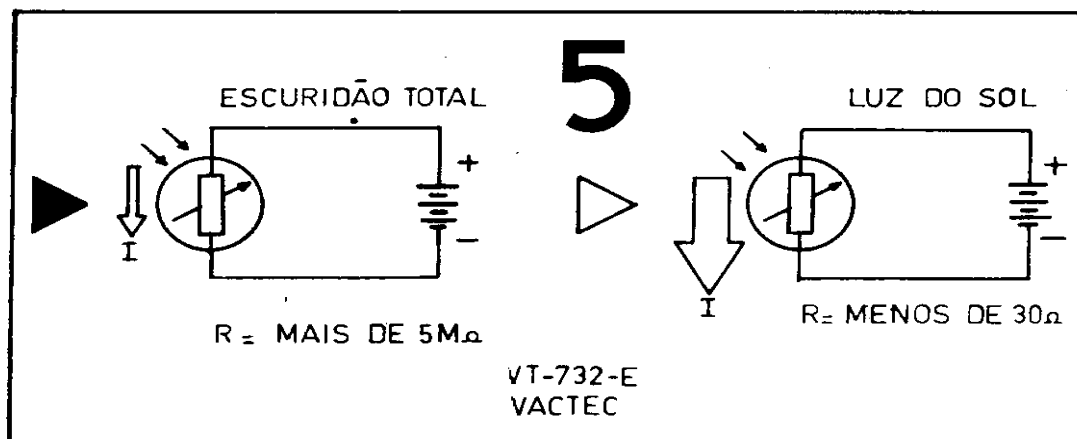
A título de exemplo (no qual os limites indicados podem ser, inclusive, considerados como médios, para esse tipo de componente...), os esquemas do desenho 5 mostram os valores de resistência assumidos pelo LDR VT-732-E (da Vatec), quando em escuridão total e quando sob luz direta do Sol (de 30Ω a $5M\Omega$, aproximadamente). Entre essas duas condições extremas de iluminação (nenhuma luz e "toda" a luz...), existem, é claro, infinitos níveis intermediários, os quais, por sua vez, determinam também valores intermediários de resistência para o LDR... A "coisa" funciona mais ou menos assim: um feixe luminoso (podemos chamá-lo, para simplificar, de raio de luz...) é formado por grande número de partículas, denominadas fótons, que apresentam considerável nível de energia...



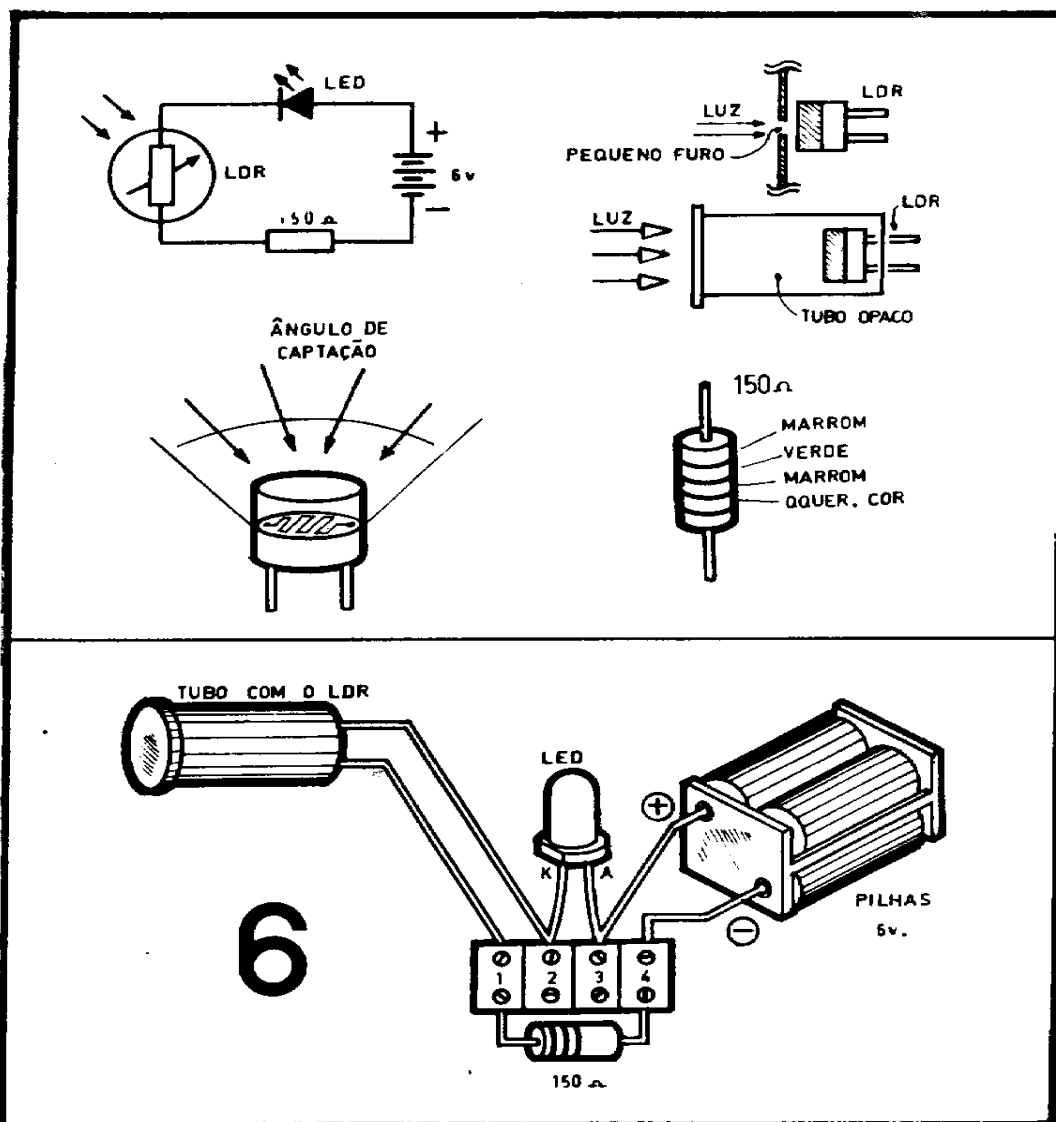
Assim, quando apontamos uma lanterna de mão (ligada, é claro...) para uma parede, o que estamos fazendo é "jogar" uma "pá" de fótons sobre tal parede... Muito bem... Já sabemos que a corrente elétrica é composta por um fluxo de elétrons (partículas atômicas de carga elétrica negativa) e que um determinado material apenas pode ser considerado bom condutor (ver 1a. "aula") quando apresenta bastante elétrons livres (que funcionam como "portadores" da corrente, ou quando a sua estrutura atômica não é muito "rígida", permitindo assim o "livre trânsito" dos elétrons... O material de que é feito o LDR, não apresenta muitos elétrons livres, em estado "normal" (sendo, então, um condutor não muito bom, apresentando resistência ôhmica elevada...). Contudo, assim que a luz incide sobre ele, cada vez que um fóton ("partícula" de luz) "bate" nele, "arranca" um elétron (que antes estava "preso" à sua estrutura atômica, de forma mais ou menos rígida...). Esse elétron "solto" pode, então funcionar como portador de corrente, possibilitando a redução da resistência ôhmica do material! Naturalmente, quanto mais fótons (ou, dizendo de outra

atuação possam variar bastante de modelo para modelo, de uma maneira geral a resistência de um LDR vai de algumas dezenas ou centenas de ohms sob iluminação total (luz do Sol), até vários megohms quando submersos em completa escuridão...

A título de exemplo (no qual os limites indicados podem ser, inclusive, considerados como médios, para esse tipo de componente...), os esquemas do desenho 5 mostram os valores de resistência assumidos pelo LDR VT-732-E (da Vatec), quando em escuridão total e quando sob luz direta do Sol (de 30Ω a $5M\Omega$, aproximadamente). Entre essas duas condições extremas de iluminação (nenhuma luz e "toda" a luz...), existem, é claro, infinitos níveis intermediários, os quais, por sua vez, determinam também valores intermediários de resistência para o LDR... A "coisa" funciona mais ou menos assim: um feixe luminoso (podemos chamá-lo, para simplificar, de raio de luz...) é formado por grande número de partículas, denominadas fótons, que apresentam considerável nível de energia...



Assim, quando apontamos uma lanterna de mão (ligada, é claro...) para uma parede, o que estamos fazendo é "jogar" uma "pá" de fótons sobre tal parede... Muito bem... Já sabemos que a corrente elétrica é composta por um fluxo de elétrons (partículas atômicas de carga elétrica negativa) e que um determinado material apenas pode ser considerado bom condutor (ver 1a. "aula") quando apresenta bastante elétrons livres (que funcionam como "portadores" da corrente, ou quando a sua estrutura atômica não é muito "rígida", permitindo assim o "livre trânsito" dos elétrons... O material de que é feito o LDR, não apresenta muitos elétrons livres, em estado "normal" (sendo, então, um condutor não muito bom, apresentando resistência ôhmica elevada...). Contudo, assim que a luz incide sobre ele, cada vez que um fóton ("partícula" de luz) "bate" nele, "arranca" um elétron (que antes estava "preso" à sua estrutura atômica, de forma mais ou menos rígida...). Esse elétron "solto" pode, então funcionar como portador de corrente, possibilitando a redução da resistência ôhmica do material! Naturalmente, quanto mais fótons (ou, dizendo de outra



Terminadas e conferidas as ligações, conete as pilhas e tape a "boca" do tubo (ou do furinho) com a mão. Devido à alta resistência assumida pelo LDR sob essa condição de "não luz", não haverá corrente suficiente para o acendimento do LED, que permanecerá apagado (ou com uma "luzinha" muito fraca, quase impossível de ser notada...). Tire então a mão da frente do tubo com o LDR e aponte-o para uma janela que esteja recebendo luz solar, ou para uma lâmpada acesa... Verifique o "crescimento" da luminosidade do LED devido ao fato de estar recebendo agora muito mais corrente (já que o LDR, ao "ver" a luz, baixou sua resistência ôhmica a um nível que permite a passagem da corrente de "acendimento" do LED... Experimente apontar o LDR para uma lâmpada acesa e, ao mesmo tempo, fazer alguns movimentos com a mão, alguns centímetros à frente do tubo, botando, assim, algum "obstáculo" à passagem da luz... Verifique os efeitos disso na luminosidade do LED... Experimente também apontar o LDR diretamente para o Sol, verificando que o LED apresenta, assim, plena luminosidade...

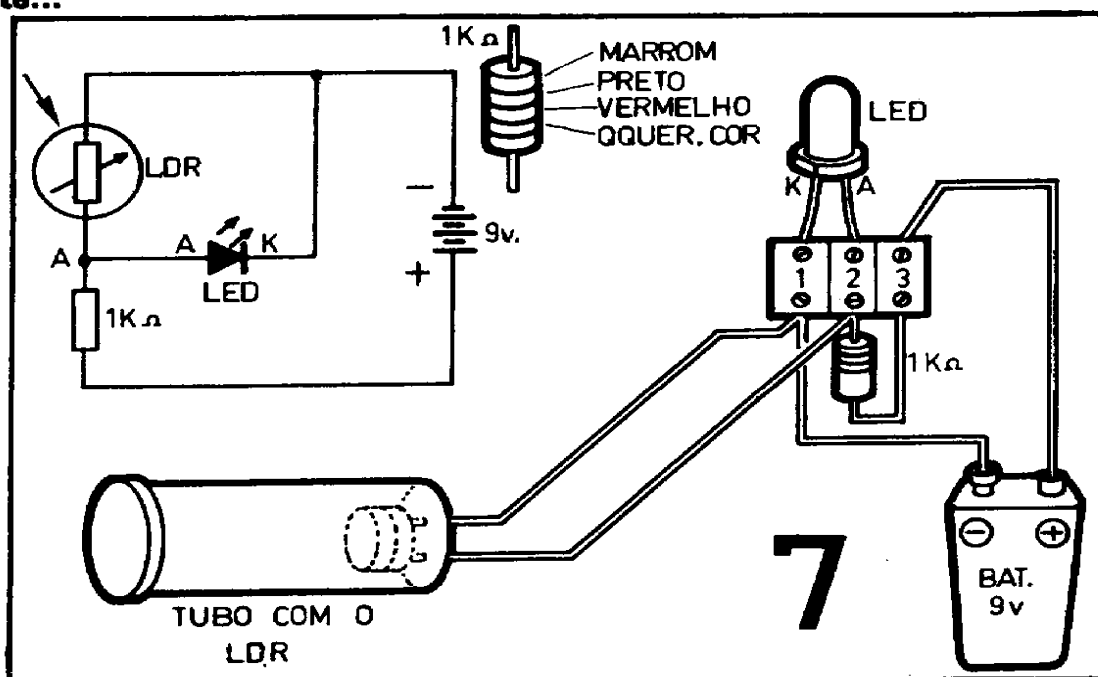
Como a luz do LED pode ficar difícil de ser vista ao ar livre, sob total luminosidade solar, o "aluno" pode dotar o tubo com o LDR de um par de fios bem longos (ligados, como mostra o desenho, aos segmentos 1 e 2 da barra...), para que o tubo possa ser colocado ao ar livre, enquanto que o restante do circuito (inclusive o LED), possa permanecer dentro de um ambiente no qual as condições normais de iluminação permitam notar, com facilidade, as variações luminosas do próprio LED... Finalmente, para comprovar a ação de "mão dupla" do LDR (componente não polarizado), inverta as ligações dos seus terminais (ligando o fio originalmente conetado ao segmento 2, ao segmento 1, e vice-versa...). Verifique que o funcionamento do circuito fica inalterado, pois o LDR permite (ou *não permite*, dependendo das condições de luz...) a passagem da corrente nos dois sentidos...

Como o "aluno" deve ter constatado, essa primeira experiência mostra o LDR atuando no "ligamento de alguma coisa", sob a ação da luz, ou seja: quanto mais luz, mais a "coisa" fica "ligada"... Essa idéia básica pode, com o auxílio de amplificações e disposições circuitais mais complexas, realizar interessantes façanhas, como veremos mais adiante...

TEMA 8

2.ª EXPERIÊNCIA – "DESLIGANDO" UM LED COM A LUZ... (T)

Através de uma outra disposição circuitual, também muito simples, podemos "reverter" a ação do circuito da 1ª. experiência, fazendo com que a luz, ao incidir sobre o LDR, "desative" o LED reduzindo a sua luminosidade, ou até apagando-o completamente...



No desenho 7 a “coisa” toda está devidamente “dissecada”... Os componentes são, basicamente os mesmos da 1a. experiência, com a alteração apenas do valor do resistor fixo, e da voltagem da fonte de alimentação...

Os materiais necessários são:

- Um LDR (Resistor Dependente da Luz) de qualquer tipo.
- Um LED vermelho, de qualquer código.
- Um resistor de $1K\Omega$ x 1/4 de watt.
- Uma bateria de 9 volts com o respectivo “clip” ou 6 pilhas pequenas de 1,5 volts cada (perfazendo os mesmos 9 volts), com o respectivo suporte.
- Uma barra de conectores parafusados com 3 segmentos.

Pelos mesmos motivos já explicados na 1a. experiência, o LDR, para facilidade nas avaliações da experiência, deverá estar colocado num tubo ou numa caixinha, à frente de um pequeno furo, destinado a “direcionar” e “estreitar” a sua sensibilidade... Faça as ligações (poucas e fáceis) com atenção, guiando-se pelos números dos segmentos da barra e tomando cuidado principalmente com a posição do LED e polaridade da bateria (ou pilhas). Terminadas as ligações, aponte o LDR alternadamente para a luz ou para a escuridão, conforme sugerido na 1a. experiência, e verifique o comportamento do LED... Agora, quanto mais luz incidir sobre o LDR, menor será a luminosidade do LED, e vice-versa (colocando o LDR na escuridão, o LED acende com boa luminosidade), sempre de forma proporcional, ou seja: temos um micro-dispositivo de iluminação automática que *apenas brilha no escuro*, já que em ambientes iluminados, desliga-se sozinho...

Vamos ver por que isso ocorre... Em escuridão absoluta, o LDR apresenta alta resistência (muitos megohms). Nesse caso, o LED, que está ligado à fonte de alimentação em polarização direta, recebe a corrente necessária ao seu acendimento, através do resistor limitador de $1K\Omega$.

Tudo se passa, na prática, como se o LDR “não estivesse lá” (se o “aluno” simplesmente retirar o LDR do circuito, em ambiente de completa escuridão, a luminosidade do LED não sofrerá alteração perceptível...). Já, com forte iluminação sobre o LDR, sua resistência cai a poucas centenas (ou mesmo algumas dezenas...) de ohms, fazendo com que o ponto A do circuito fique, praticamente, ligado diretamente ao negativo da alimentação... Ora, nesse caso, tudo funciona como se os dois terminais do LED (A e K) estivessem, ambos, ligados ao *negativo* das pilhas ou bateria, e assim o LED *não acende*, pois a corrente através dele reduz-se a quase “zero”! O “aluno” também pode interpretar a coisa de outra maneira (com o mesmo resultado lógico...): na prática, o LDR está *em paralelo* com o LED (verificar 1a. “aula”...). Assim, enquanto o LDR apresentar alta resistência

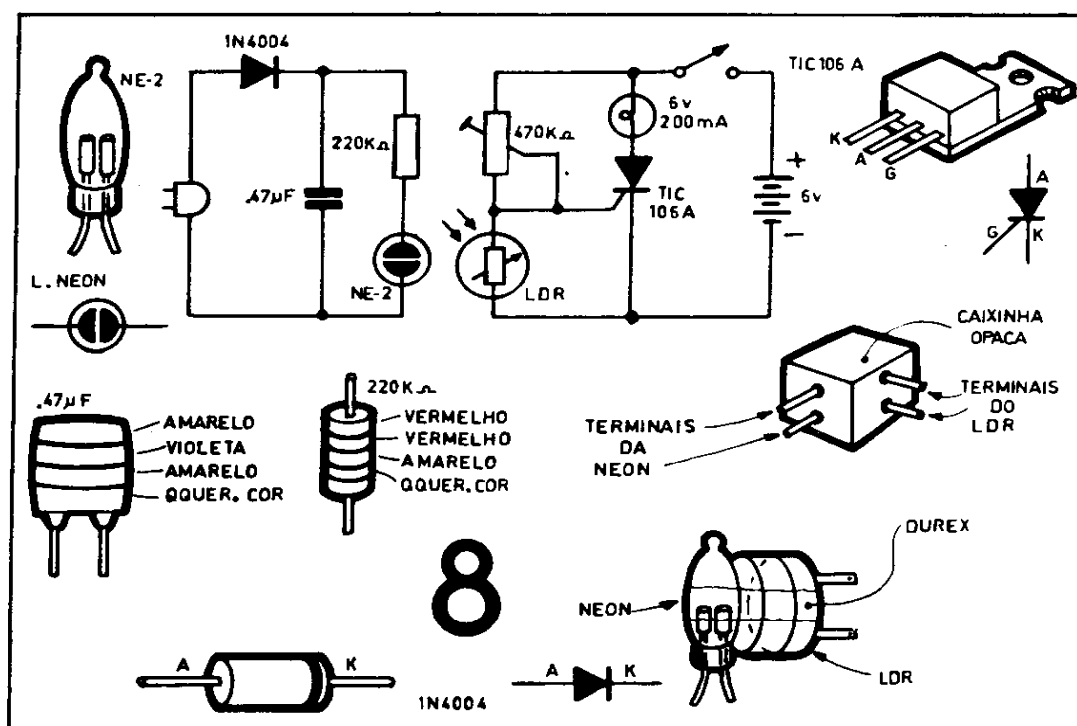
(na escuridão), a corrente nesse conjunto/paralelo (LED e LDR) ficará “desequilibrada” em favor do LED, ou seja: supondo que a corrente total no conjunto seja de 9mA, “passarão”, apenas uns poucos *microampéres* pelo LDR e quase a totalidade dos 9 *miliampéres* pelo LED, ocasionando seu acendimento... Contudo, ao iluminarmos fortemente o LDR, sua resistência cai a valores extremamente baixos, fazendo com que o “desequilíbrio” de corrente se inverta, ou seja: começam a “passar” pelo LDR, praticamente os 9 *miliampéres*, enquanto que a corrente “sobrante” para o LED se restringirá a um mínimo, insuficiente para o seu pleno acendimento ..

Também esse tipo de atuação básica do LDR pode ser “amplificada” ou “direcionada” (física e eletricamente), de modo a prestar-se a um grande número de aplicações práticas, em aparelhos domésticos, industriais, etc.

TEMA 9

3.^a EXPERIÊNCIA – UMA APLICAÇÃO PRÁTICA DO LDR ILUMINADOR AUTOMÁTICO DE EMERGÊNCIA (P)

Agora que já conhecemos os princípios de funcionamento do LDR podemos, com o auxílio de outros componentes e conceitos, todos já estudados no nosso “curso”, elaborar projetos relativamente complexos, com funções práticas específicas... No desenho 8 o “aluno” encontra um circuito (além de uma série de outras informações visuais necessárias...) que pode ser chamado de ILUMINADOR AUTOMÁTICO DE EMERGÊNCIA... O funcionamento é o seguinte: normalmente o aparelho fica ligado (permanentemente) a uma tomada da rede C.A. do local (residência, loja, etc.) Enquanto “houver força” na tomada, tudo bem... O circuito não apresenta nenhuma reação (se o período for o noturno, obviamente a iluminação normal do ambiente estará ligada...). Assim que ocorrer um eventual corte na C.A. (“falta de força”), o circuito aciona, automaticamente, numa fração de segundo, uma lâmpada de emergência, alimentada a pilhas, que ilumina o ambiente em substituição às lâmpadas “normais”, que se apagaram em virtude do corte na C.A.! Trata-se de um dispositivo utilíssimo, principalmente em quartos de crianças (quando falta a luz, a maioria delas abre um berreiro “pouco suportável”...) e em pontos dentro de uma loja ou estabelecimento de qualquer tipo que devam, por motivos de segurança ou outros, estar *permanentemente* iluminados. Por exemplo: um dos pontos “de segurança” principais, dentro de uma loja, é a caixa registradora ou guichê de pagamentos. Instalado nesse local o ILUMINADOR, sempre que as luzes alimentadas pela C.A. se apagarem devido à “falta de força”, o dispo-



sitivo iluminará o local, convenientemente, de forma automática e imediata...

Como já foi dito, na ilustração 8 o "aluno" encontra, além do diagrama esquemático, também todas as "facilidades" quanto às interpretações de valores dos componentes, disposições de terminais, etc.

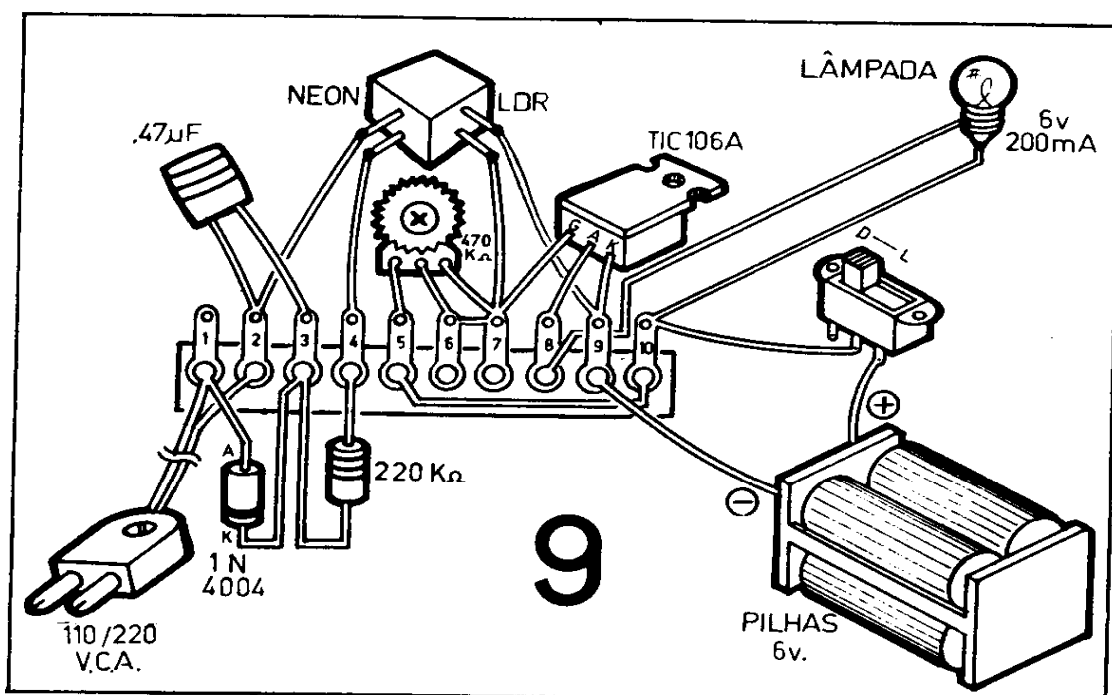
Vamos, inicialmente, à lista de materiais necessários:

- Um SCR (Retificador Controlado de Silício) tipo TIC106A ou equivalente.
- Um LDR (Resistor Dependente da Luz), de qualquer tipo.
- Um diodo 1N4004 ou equivalente.
- Uma lâmpada Neon, tipo NE-2.
- Um resistor de $220K\Omega$ x 1/4 de watt.
- Um "trim-pot" de $470K\Omega$.
- Um capacitor de $.47\mu F$ x 350 volts (voltagem mínima).
- Um "rabicho" (cabo de alimentação C.A. com tomada "macho" numa das pontas).
- Uma chave H-H mini.
- Uma lâmpada incandescente pequena, para 6 volts x 200 miliampéres (pode ser uma lâmpada do tipo utilizado em lanternas de mão, do tipo grande).
- Quatro pilhas médias ou grandes, de 1,5 volts cada, com o respectivo suporte.
- Uma barra de conetores soldáveis (ponte de terminais), com 10 segmentos.

DIVERSOS

- Um refletor para a lâmpada incandescente. Poderá ser aproveitado um refletor de lanterna grande, ou até um de farol de automóvel, de fácil obtenção nos “ferros-velhos” da vida...
- Uma caixa para abrigar a montagem. As dimensões dependerão, basicamente, do tamanho do refletor utilizado, bem como do conjunto de alimentação (pilhas médias ou grandes). Recomenda-se que a caixa seja em plástico, pela maior facilidade de “trabalhar” esse material sem a necessidade de ferramentas especiais... Contudo, nada impede que seja utilizada uma caixa de madeira ou metal, a critério do “aluno”...

Identificados todos os componentes e seus valores (desenho 8), devemos “encapsular” o LDR e a lâmpada Neon, num só bloco imune à iluminação externa, inicialmente grudando a Neon à “cara” do LDR com fita adesiva (ver desenho) e, em seguida, “guardando” o conjunto dentro de uma pequena caixa, de modo que os terminais dos componentes sobressaíam, para ligação externa ao restante do circuito.

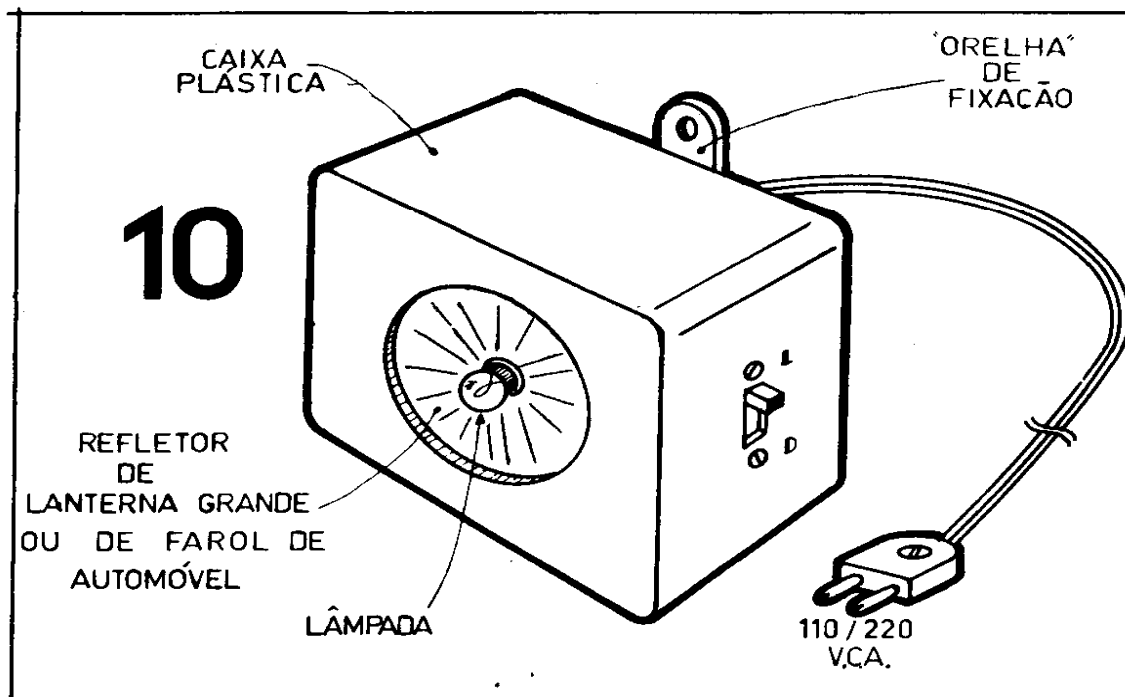


Tomar o cuidado de identificar bem os terminais dos dois componentes (marcando essa identificação na própria superfície da caixinha vedante), para evitar trocas perigosas quando das ligações... Se não for possível arranjar-se uma caixinha própria para a “embalagem” do LDR e da Neon, a solução é envolver o conjunto, totalmente (deixando as “perninhas” dos componentes de fora...) com fita isolante preta, em várias camadas, de modo a isolar completamente o conjunto das condições luminosas do ambiente...

O desenho 9 mostra como devem ser feitas as ligações dos com-

ponentes à barra de terminais que serve de base ao circuito. Os pontos que devem merecer maior atenção, como sempre, referem-se aos componentes polarizados: SCR, LDR, diodo e polaridade das pilhas.

A numeração de 1 a 10 junto aos segmentos da barra poderá ser anotada, a lápis, pelo aluno, pois isso facilitará muito a identificação dos pontos de conexão, durante a montagem. Nas soldagens, evitar demorar-se com o ferro aquecido sobre os terminais dos componentes mais delicados (SCR, LDR e diodo), pois tais peças podem sofrer danos por sobreaquecimento...



Confira tudo com bastante atenção, ao término da montagem, antes de enfiar tudo na caixa, que pode adotar a disposição sugerida no desenho 10, com o refletor e lâmpada incandescente numa das faces maiores, a chave "liga-desliga" numa das laterais, uma "orelha" para fixação ou "penduramento" na parte superior traseira e, finalmente, o "rabicho" (cabo para a rede C.A. saindo dos "fundos" do aparelho...

Um teste muito simples de funcionamento poderá ser feito, antes de "botar pra quebrar"... Mantenha a chave interruptora na posição "desligada", coloque as pilhas no suporte, ajuste o eixo do "trim-pot" para a sua posição média e conete o "rabicho" a uma tomada de C.A. (110 ou 220 volts, indiferentemente). Ligue o interruptor do ILUMINADOR... A lâmpada do refletor deverá permanecer apagada... Em seguida, "simule" uma falta de C.A., simplesmente retirando o plugue do "rabicho" da tomada da parede... Imediatamente a lâmpada do ILUMINADOR deverá acender, indicando que o circuito está funcionando corretamente. Se isso não ocorrer, recorra ao ajuste do "trim-pot", girando-o, lentamente, em ambos os sentidos, até obter o comportamento descri-

to. Uma vez acesa a lâmpada do ILUMINADOR, ela não mais se apagará, mesmo que o plugue do "rabicho" seja reinserido na tomada da parede... Para fazer com que o circuito retorne a sua atitude de "desligado", a chave H-H deverá ser, momentaneamente, *desligada-ligada* ("clic" pra lá, "clic" pra cá...), com o que a lâmpada do refletor se apagará, ficando "no aguardo" de uma "falta de força", para, novamente, acender automaticamente...

CONSIDERAÇÕES SOBRE O CIRCUITO

O diodo 1N4004 "retifica" a C.A., deixando passar apenas os semi-ciclos positivos.

Esses pulsos positivos são entregues ao capacitor de $.47\mu\text{F}$ que os armazena e filtra, regularizando-os numa espécie de corrente contínua.

A lâmpada Neon é então alimentada por essa C.C., através do resistor limitador de $220\text{K}\Omega$, ficando permanentemente acesa, enquanto houver "força" de C.A. na entrada do circuito. Enquanto a Neon estiver acesa, devido ao fato da "bichinha" estar literalmente grudada ao LDR, este, recebendo toda a luz, permanece em estado de baixa resistência, mantendo o terminal de *gate* do SCR (dependendo do ajuste do "trim-pot"...) negativado, com o que o Retificador Controlado de Silício *não conduz* (ver 10a. "aula"). A lâmpada incandescente fica apagada. Assim, contudo, que a C.A. "some", a Neon fica, obviamente, sem alimentação e apaga. O LDR não "vê" mais luz nenhuma e sua resistência aumenta consideravelmente. Com isso, o terminal de *gate* do SCR fica "positivado" (via "trim-pot"), disparando o Retificador Controlado de Silício que, então, provê a lâmpada incandescente da corrente necessária ao seu acendimento... Tudo muito rápido e direto... Devido às suas características de manter a condução, *mesmo* depois que a "autorização" de *gate* (pulso positivo) for retirada, o SCR permanece suprimindo a lâmpada de corrente, até que, momentaneamente, a alimentação C.C. do circuito seja cortada (pelo "desliga-liga" da chave H-H).

TEMA 10

4.a EXPERIÊNCIA — USANDO UM TERMISTOR NUM CIRCUITO "MEDIDOR DE QUENTURA" (P)

Assim como podemos usar um LDR para "sentir" variações luminosas e, a partir disso, acionarmos um circuito ou aplicação qualquer, também podemos fazê-lo com o termistor, porém em relação às variações de temperatura... A experiência mostrada na sua totalidade no desenho 11 é muito elucidativa nesse sentido.

Um termistor foi inserido na rede de realimentação de um oscilador transistorizado (tipo PNP-NPN), de modo que à medida que a resistência for se alterando, em função da temperatura, muda também a frequência de oscilação... Trata-se de uma experiência muito simples, porém de efeito final muito interessante, podendo, inclusive, ser usada para demonstrações em Feiras de Ciências e outras atividades desse tipo, realizadas costumemente nas Escolas secundárias eventualmente frequentadas pelos "alunos" do **CIÊNCIA**. O desenho 11 mostra *tudo*: "esquema", componentes principais em seus códigos, valores e identificações, "chapeado" ("vista real" da montagem) e até a sugestão para a caixa e aparência externa final do projeto...

Vamos, inicialmente, às peças necessárias... Mais adiante, falaremos sobre os aspectos teóricos do funcionamento e sobre o desempenho do circuito...

- Um transistor AC188 ou equivalente (atenção: deve ser um transistor PNP, de *germânio*).
- Um transistor BC548 ou equivalente (NPN, de silício, para uso geral).
- Um termistor com valor nominal de resistência de $5K\Omega$ *para cima*. Para a presente montagem, recomenda-se o uso de um termistor NTC (cujas resistências, portanto, *baixa* com o *aumento* da temperatura). Normalmente os valores ôhmicos comerciais para os termistores são especificados para a temperatura de 25° , e qualquer valor nominal, entre $5K\Omega$ e $50K\Omega$, funcionará bem no circuito.
- Um resistor de $3K9\Omega \times 1/4$ de watt.
- Um capacitor eletrolítico de $22\mu F \times 6$ volts (ATENÇÃO: para bom funcionamento, recomenda-se o uso de eletrolítico para baixa voltagem — 6 volts, no caso -- porém, se não for possível a sua obtenção, também poderão ser usados componentes para 10, 12 ou 16 volts).
- Um alto-falante mini, com impedância de 8Ω .
- Uma chave H-H mini.
- Uma barra de conectores parafusados, tipo "Weston, com 6 segmentos.
- Uma única pilha pequena de 1,5 volts.

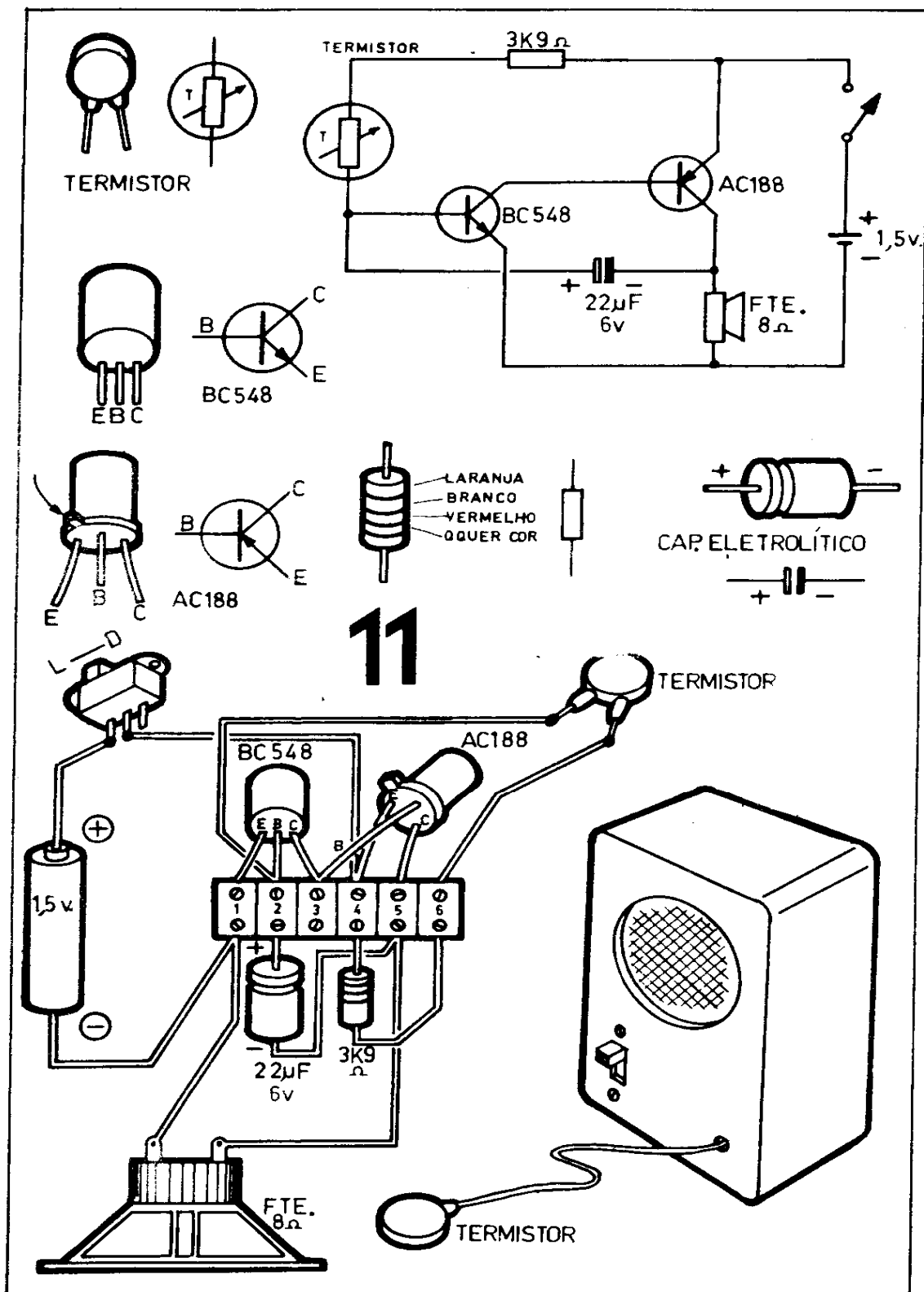
DIVERSOS

- Caixa para abrigar a montagem (cabe tudo, com folga, numa sa-boneteira plástica).
- Cola de *epoxy* para fixação do alto-falante, e outros "grudamentos"...

A "circuitagem" é tão simples, que não há a necessidade de explicações muito pormenorizadas... Basta que o "aluno" siga o "chapeado" com atenção, guiando-se pelos números, de 1 a 6, atri-

buídos aos segmentos da barra de conetores. Observadas com correção das posições dos terminais dos transístores, capacitor eletrolítico e polaridade da única pilha, nada deverá "dar errado", pois o circuito é muito simples...

Recomenda-se, para efeito de praticidade no manuseio e operação, que os fios que conduzem ao termístor (saindo dos segmentos 2 e 6 da barra de conetores) sejam razoavelmente longos (cerca de



- 30 cm) e que tenham as suas junções aos terminais do componente soldadas e isoladas por pedacinhos de "espaguete" plástico, podendo, em seguida, a junção ser solidificada e protegida por uma camada do adesivo de *epoxy*. O alto-falante mini não costuma apresentar furação na borda, o que obsta a sua fixação por meio de parafusos...

Assim, a solução é o "velho" *epoxy*, que pode ser usado para colá-lo (cuidado para o adesivo não atingir o cone de papelão, o que pode danificar o alto-falante...), pelo lado de dentro da caixinha, bem à frente de uma série de furinhos, em padrão circular, destinados à saída do som...

Quanto às pilhas, dificilmente o "aluno" encontrará suporte para apenas uma, das pequenas... Assim, a solução é: ou usar-se um suporte para duas pilhas, "curto-circuitando" os terminais destinados à pilha "inexistente", ou, simplesmente, soldar os fios do circuito diretamente aos terminais positivo e negativo da dita cuja...

Assim que se liga o circuito (uma vez, é claro, conetada a única pilha...), o alto-falante começa a emitir um "tóc... toc..." (oscilação de baixa frequência, devido ao valor relativamente elevado do capacitor de realimentação).

Colocando-se o termistor num ambiente de temperatura mais elevada, ou aproximando-o de um corpo aquecido (lâmpada acesa, ferro de passar roupa ligado, panela que acabou de sair do fogão, etc.), a sua resistência cai e o "tóc... toc..." acelera, imediatamente (devido à elevação da frequência de oscilação do circuito, ocasionada pela diminuição do valor ôhmico do termistor...). Faça experiência encostando o termistor à uma pedra de gelo (o "tóc... toc..." deverá ficar bem lento) e, logo em seguida, segurando-o firmemente na mão, com o que a sua temperatura se eleva, aumentando a frequência de oscilação... Pode-se, até, disputar quem, na turma, tem a "mão mais quente" (com todos os aspectos maliciosos que possam daí advir...), fazendo com que todos os participantes segurem o termistor e verificando-se, pela velocidade do "tóc... toc...", quem é o mais "quente" da turma...

Obviamente que não é só pela mão que se pode medir a "quentura" das pessoas, mas isso é uma outra história, que fica por conta de cada um...

Se o "aluno" achar que, para o seu "gosto", a frequência básica emitida pelo MEDIDOR DE QUENTURA está muito alta ou muito baixa, poderá alterá-la modificando o valor do capacitor eletrolítico (maiores capacitâncias = menores frequências, e vice-versa...).

Também podem ser conseguidas alterações substanciais, a título de experimentação, na frequência básica do "tóc...tóc...", usando-se um termistor com outros valores (embora recomende-se a faixa de $5K\Omega$ a $50K\Omega$), ou até mudando-se o valor do resistor de

3K9 Ω . para mais ou para menos (dentro de uma faixa recomendada de 1K Ω a 10K Ω). Embora alimentado por uma única pilha, o som é bem audível (não vai arrebentar os tímpanos de ninguém, entretanto...) e a durabilidade da pilha será muito boa, pois o consumo de corrente é baixo. **NÃO SE DEVE TENTAR** aumentar o volume sonoro do sinal, elevando-se a tensão de alimentação, pois isso poderá causar a inutilização do transistor AC188...

TEMA 11

5.ª EXPERIÊNCIA – UM MULTI-ALARMA COM MÓDULOS INTERCAMBIÁVEIS, PARA LUZ OU TEMPERATURA (LDR e TERMISTOR) (P)

Inspirados no desenvolvimento das experiências 1, 2 e 5, podemos construir um sistema de alarma multi-sensível, capaz de botar um par de LEDs a piscar, dando o aviso sempre que uma das seguintes situações ocorrer (dependendo do módulo sensor utilizado):

- A luminosidade ambiente cair abaixo de um certo nível.
- A temperatura ambiente cair abaixo de um certo nível.
- A temperatura ambiente subir acima de um certo nível.

O circuito ainda é simples, embora o seu funcionamento final já incorpore certas sofisticações, e é formado por um *coração* (oscilador acionando dois LEDs) e um conjunto de módulos sensores... Vamos, primeiramente, relacionar as peças por blocos (para que, inclusive, o “aluno” tenha a opção de construir apenas *uma* das funções, se assim o desejar...):

O CIRCUITO

- Um transistor BC548 (NPN, de silício, para uso geral).
- Um transistor BC558 (PNP, de silício, para uso geral).
- Dois LEDs, de qualquer cor e tipo (ATENÇÃO: para bom funcionamento, os LEDs devem ser *idênticos*...).
- Um resistor de 47 Ω x 1/4 de watt.
- Dois resistores de 1K Ω x 1/4 de watt.
- Um resistor de 10K Ω x 1/4 de watt.
- Um resistor de 2M2 Ω x 1/4 de watt.
- Um capacitor, de qualquer tipo, de .47 μ F.
- Uma chave H-H mini.
- Uma bateria de 9 volts com o respectivo “clip”.
- Dois pedaços de barra de conetores parafusados, um com 9 segmentos para a circuitagem principal e um com 3 segmentos para a inter-conexão com o módulo sensor.
- Caixa para abrigar a montagem, a critério do “aluno”.

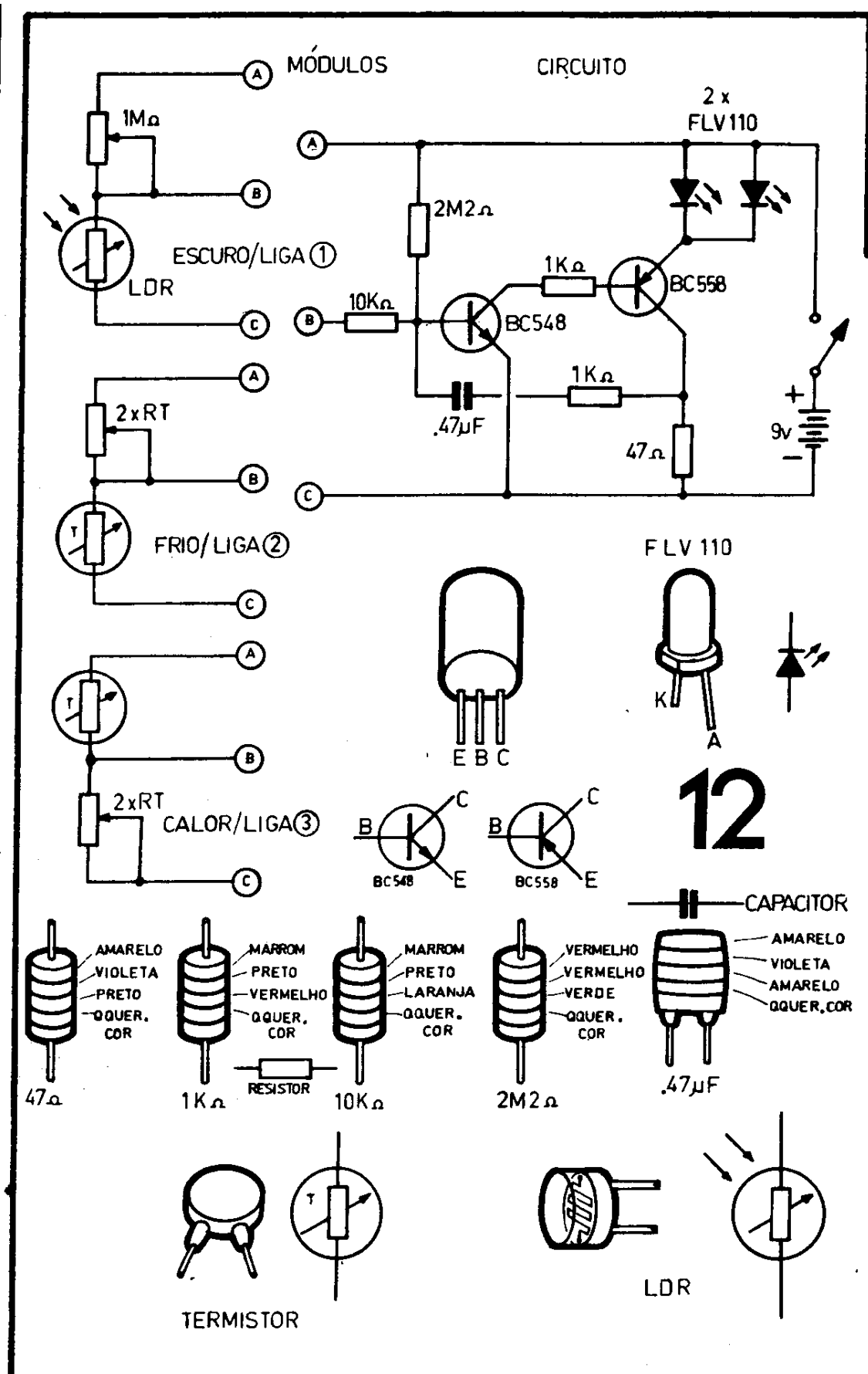
SENSOR ESCURO/LIGA

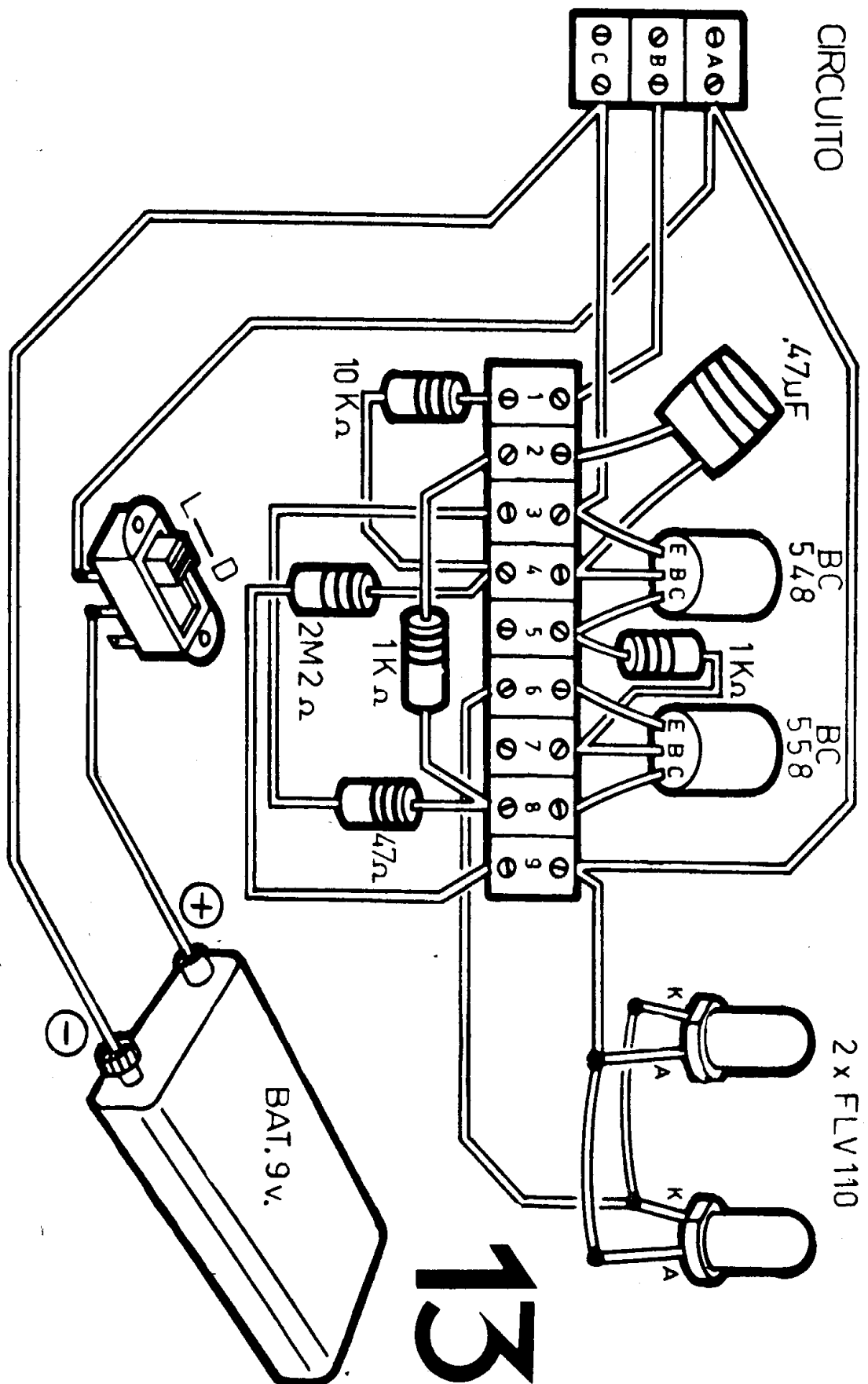
- Um LDR (Resistor Dependente da Luz), de qualquer tipo.
- Um “trim-pot” de $1\text{M}\Omega$.
- Uma barra de conetores parafusados, com 3 segmentos.

SENSOR FRIO/LIGA E CALOR/LIGA

- Um termístor NTC, com resistência nominal acima de $5\text{K}\Omega$ (na verdade, para esse tipo de aplicação, quanto maior for o valor ôhmico nominal do termístor, melhor...).
- Um “trim-pot” com valor de resistência cerca de 2 vezes o *nominal do termístor* (EXEMPLO: se o termístor for de $5\text{K}\Omega$, use um “trim-pot” de $10\text{K}\Omega$, se o termístor for de $22\text{K}\Omega$, use um “trim-pot” de $47\text{K}\Omega$ e assim por diante...).
- Uma barra de conetores parafusados, com 3 segmentos.

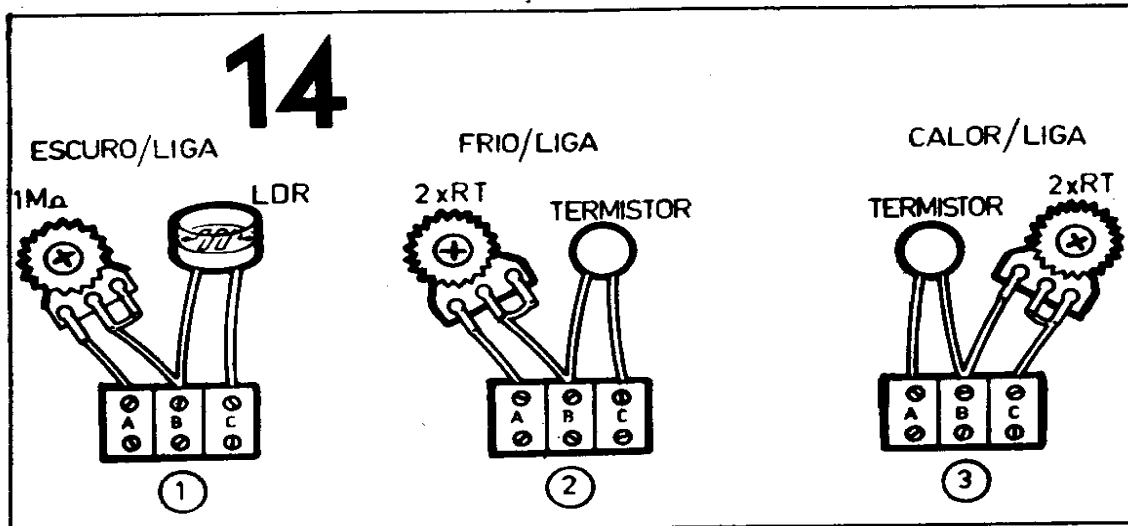
Obtidas, no desenho 12, todas as informações necessárias quanto às aparências, códigos e cores, valores e disposições de terminais dos componentes, o “aluno” poderá basear-se diretamente no desenho 13, para a ligação das peças e inter-conexões diversas... A numeração de 1 a 9 junto aos segmentos da barra de conetores serve como *guia*, para facilitar a identificação dos pontos de conexão. As posições das “pernas” dos transístores e dos LEDs deve ser observada com cuidado. Atenção para não trocar os transístores que, embora idênticos externamente, têm códigos diferentes, sendo um PNP e outro NPN... Verificar também a correção da polaridade da bateria...





Os três sensores possíveis estão no desenho 14, e são todos muito simples, não oferecendo qualquer dificuldade na sua montagem. Notar a codificação (A), (B) e (C) existente nas barras de conectores dos sensores e na respectiva barra de ligação anexa ao circuito básico (desenho 13, à esquerda...).

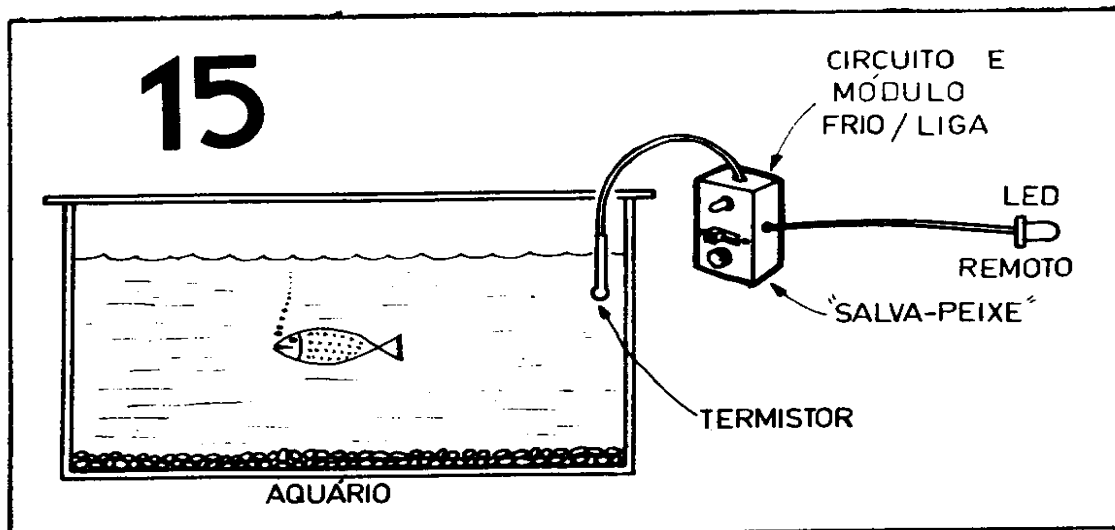
Terminada e conferida a montagem (circuito básico e módulo ou módulos...), faça a conexão dos pontos (A), (B) e (C) e, através do ajuste dos "trim-pots", determine o nível de sensibilidade ou ponto de atuação do "MULTI-ALARMA..."



Esses ajustes, eventualmente, poderão exigir um pouquinho de paciência e atenção, até atingir-se os pontos desejados, porém não são difíceis... É sempre bom começar com o "trim-pot" em sua posição média, deslocando-se, posteriormente o ajuste, se necessário, num ou noutro sentido... Com o SENSOR 1, o circuito apenas acionará o "pisca-pisca" dos dois LEDs, quando a condição da luminosidade ambiente cair abaixo de um nível ajustado pelo "trim-pot". Com um ajuste cuidadoso, podemos fazer com que os LEDs apenas pisquem quando o dispositivo for colocado em ambiente completamente *escuro*, constituindo um interessante brinquedo que será muito apreciado pelos pequenos (em ambiente iluminado, o circuito se desliga, sozinho, consumindo um mínimo de energia nesse estado de "espera"...

Com o SENSOR 2, o MULTI-ALARMA acionará os LEDs quando a temperatura "sentida" pelo termistor *cair* a um nível pré-estabelecido, dependente do ajuste do "trim-pot"... Com o SENSOR 3, a situação é inversa: o alarm "piscante" só dispara quando a temperatura ambiente, detetada pelo termistor, *subir* acima de um nível pré-ajustado...

As aplicações são *tantas*, que preferimos deixar a cargo da privilegiada cabeça dos "alunos", as utilizações práticas para o dispositivo... Entretanto, a título de exemplo, observem o desenho 15...

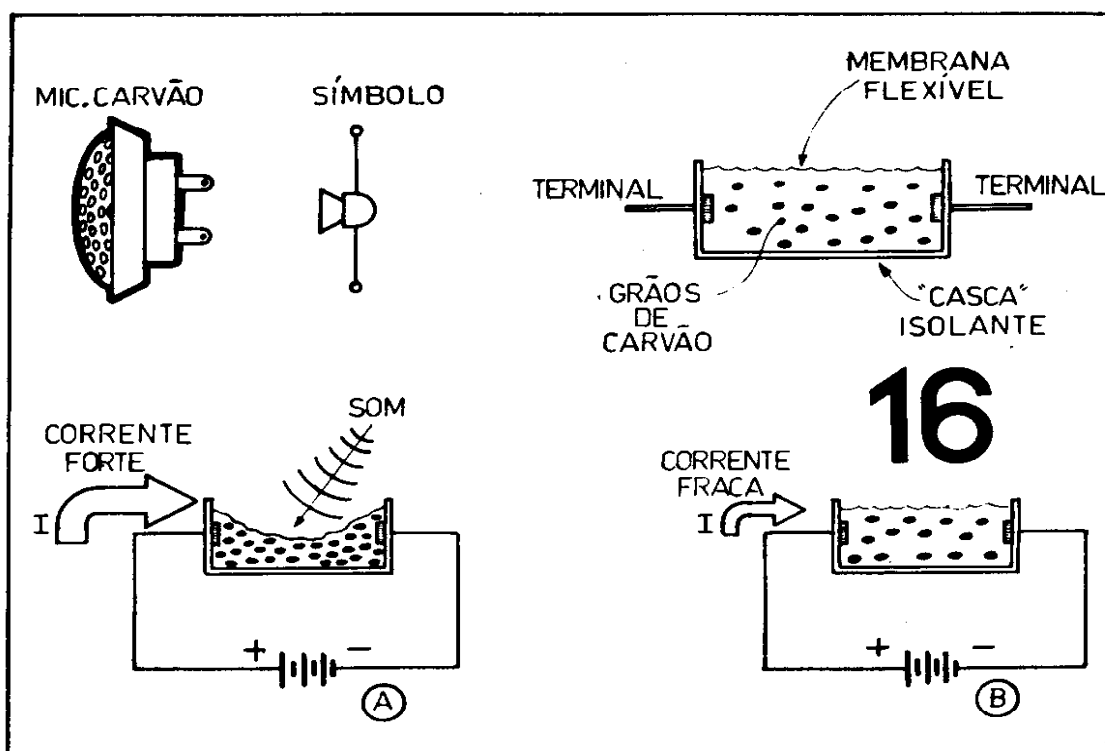


Se o termistor for protegido por um pequeno tubo de vidro, bem vedado com adesivo de "epoxy", poderá ser usado para monitorar a temperatura dentro de um aquário (é sabido que os peixes ornamentais, principalmente os de origem tropical, são muito prejudicados, podendo até morrer, se a temperatura da água cair muito). Usando-se o SENSOR 2 (FRIO/LIGA), o MULTI-ALARMA indicará, pelo piscar dos LEDs, quando a água estiver fria demais para os bichinhos escamosos... Como são dois os LEDs acionáveis pelo circuito, um deles poderá ficar na própria caixa do MULTI-ALARMA, próximo ao aquário, enquanto o outro, através de um par de fios de comprimento conveniente (podem ser usados vários metros...), pode ficar numa posição remota qualquer, "dando o alarm" também, até em outro compartimento da casa...

Ainda dentro dos chamados resistores "dependentes", existe um outro componente que pode ser incluído no grupo (embora alguns mais "acadêmicos" possam torcer o nariz a isso...). Trata-se do MICROFONE DE CARVÃO, ainda muito utilizado no bocal dos telefones (atualmente, os modernos aparelhos telefônicos usam um microfone de eletreto, anexo a um pequeno circuito de amplificação, alimentado pela própria tensão presente na linha telefônica...). O MICROFONE DE CARVÃO nada mais é do que um "Resistor Dependente do Som"... Vejamos como ele funciona...

Conforme mostra o desenho 16, um microfone de carvão contém, dentro de uma cápsula de material isolante, um aglomerado de pequenos grãos de carvão (que é um material considerado como *condutor resistivo*, ou seja: conduz a corrente, embora apresente certo valor intrínseco de resistência...), entre suas superfícies metálicas condutoras, acessíveis externamente através de dois terminais. Uma das superfícies da cápsula é formada por uma membrana bem flexível, que pode movimentar-se, sob a "pressão" exercida por um som que atinja (o SOM é um movimento ondulatório das moléculas que formam o ar embora também possa ser transmitido por outros "meios": metais, por exemplo...).

Enquanto o microfone estiver “em repouso” (sem movimentos na sua membrana), o componente age como um simples resistor (normalmente na casa das centenas de ohms). Entretanto, assim que sons, de intensidade conveniente, atingirem a membrana, esta se movimenta (devido à sua grande flexibilidade), pressionando os grânulos de carvão e fazendo com que eles se “aglomerem”, ainda que momentaneamente... Com essa aglomeração ou “ajuntamento” momentâneos dos grãos, a resistência elétrica total do conjunto cai, pois reduz-se os espaços de ar — não condutivos — entre eles, o que ocasiona uma alteração na corrente que percorre o componente, se seus terminais estiverem ligados a uma fonte de tensão qualquer (como mostram os diagramas A e B).



O som apresenta, pelas suas próprias características, variações de “energia” (volume) e velocidade (frequência), bem amplas e rápidas, porém o “miolo” resistivo do microfone de carvão, é construído de modo a poder acompanhar (variando sua resistência em função das pressões exercidas pela membrana junto aos grãos...) com perfeição... Assim, se tivermos uma ligação como a mostrada em A e B, ao falarmos frente à membrana, a corrente I será *modulada* pela nossa voz, ou seja: variará em intensidade e em “velocidade” dos pulsos e picos, em função direta do som emitido pelo nosso aparelho fonador... Se essa corrente modulada for amplificada por um conjunto de transístores, por exemplo, poderá acionar um alto-falante, ou um fone de ouvido (como é o caso do próprio telefone, já mencionado lá no começo desse bloco explicativo...).