

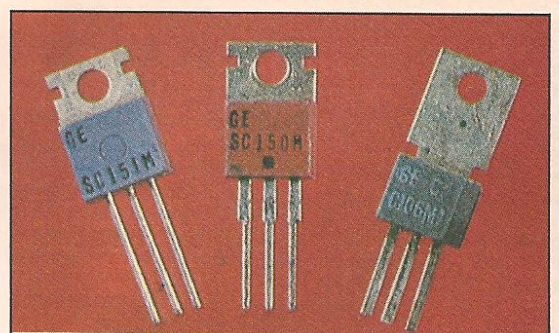
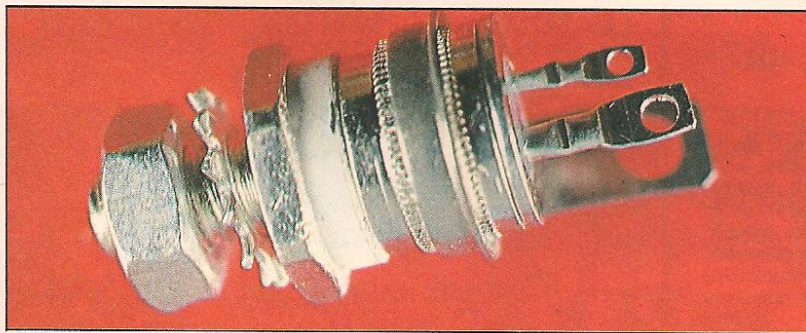
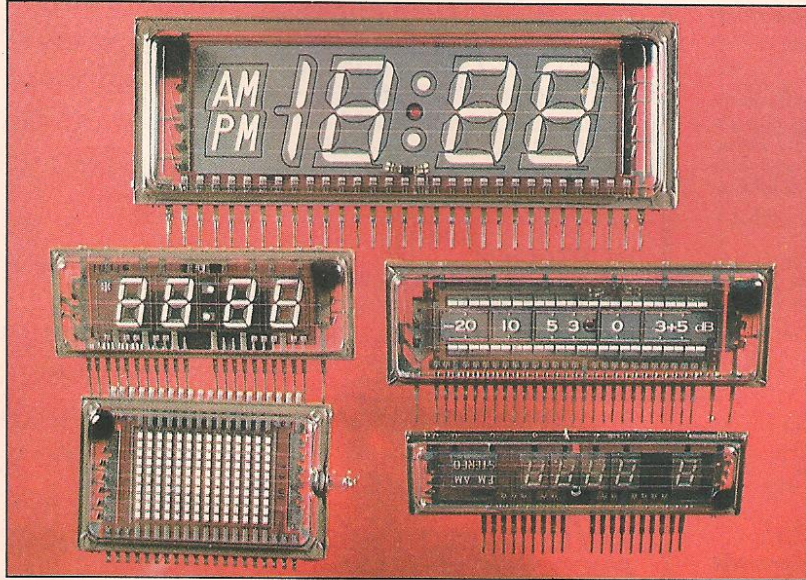
ELETRÔNICA

16

PASSO A PASSO

Cr\$ 2.550

Abril Cultural



COMPONENTES
O TIRISTOR
O TRIAC

INSTRUMENTAÇÃO

O TOCA-DISCOS

FUNCIONAMENTO DO TELEFONE

GRANDE
CONCURSO
O SELO VALE MILHÕES

Colecione
fascículos
Abril Cultural
O patrimônio cultural
de sua família

Promoção válida somente
no território brasileiro

COMPONENTES OPTOELETRÔNICOS (2)

Encerrando a série dos componentes optoeletrônicos, vamos falar neste capítulo dos elementos fotoacopladores ou optoisolantes, dos vários tipos de mostrador de cristal líquido, além do mostrador a vácuo.

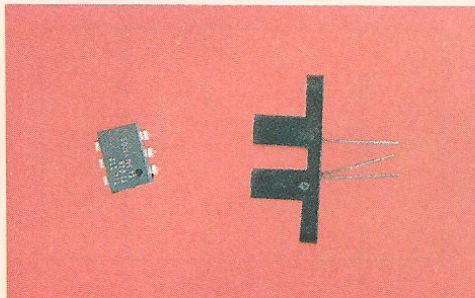
Os componentes fotoacopladores ou optoisolantes são formados de um elemento emissor de luz — um LED, na maior parte dos casos — e de um receptor de radiação luminosa, que pode consistir em um fotodiodo ou em um fototransistor. Com amplas possibilidades de combinações entre si e com diversas formas de invólucro, esses elementos oferecem uma grande variedade de escolha no que se relaciona às características de entrada, saída e acoplamento do componente.

Suas principais aplicações se relacionam com o acoplamento de dois estágios de um circuito eletrônico que exija um perfeito isolamento elétrico. Alguns modelos servem também para indicar o movimento de motores ou de peças rotativas por eles acionados.

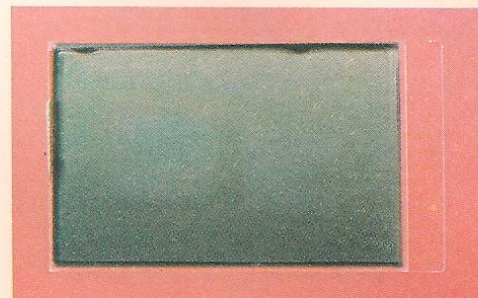
O modelo mais comum de fotoacoplador apresenta um diodo LED situado a pequena distância de um fototransistor, no interior de um invólucro comum, de forma retangular, com seis terminais ordenados em duas filas paralelas (**dual in-line**). Dois desses terminais correspondem ao anodo e ao catodo do LED, e outros dois ou três constituem os pontos de conexão do fototransistor — três se houver ligação elétrica com a base, e dois se não houver. Outro tipo de encapsulamento é em forma de **U**; nele os elementos emissores e receptores estão situados no interior de dois braços verticais, de modo que o acoplamento óptico possa ser interrompido pela interposição de qualquer objeto fino e opaco entre os dois. Na parte inferior são colocados os terminais de ligação, separadamente.

Sempre que for preciso optar por um determinado tipo de componente, convém considerar as seguintes características:

- Tensão direta do LED (V_F)
- Tensão inversa máxima do LED (V_R)
- Corrente direta do LED (I_F)

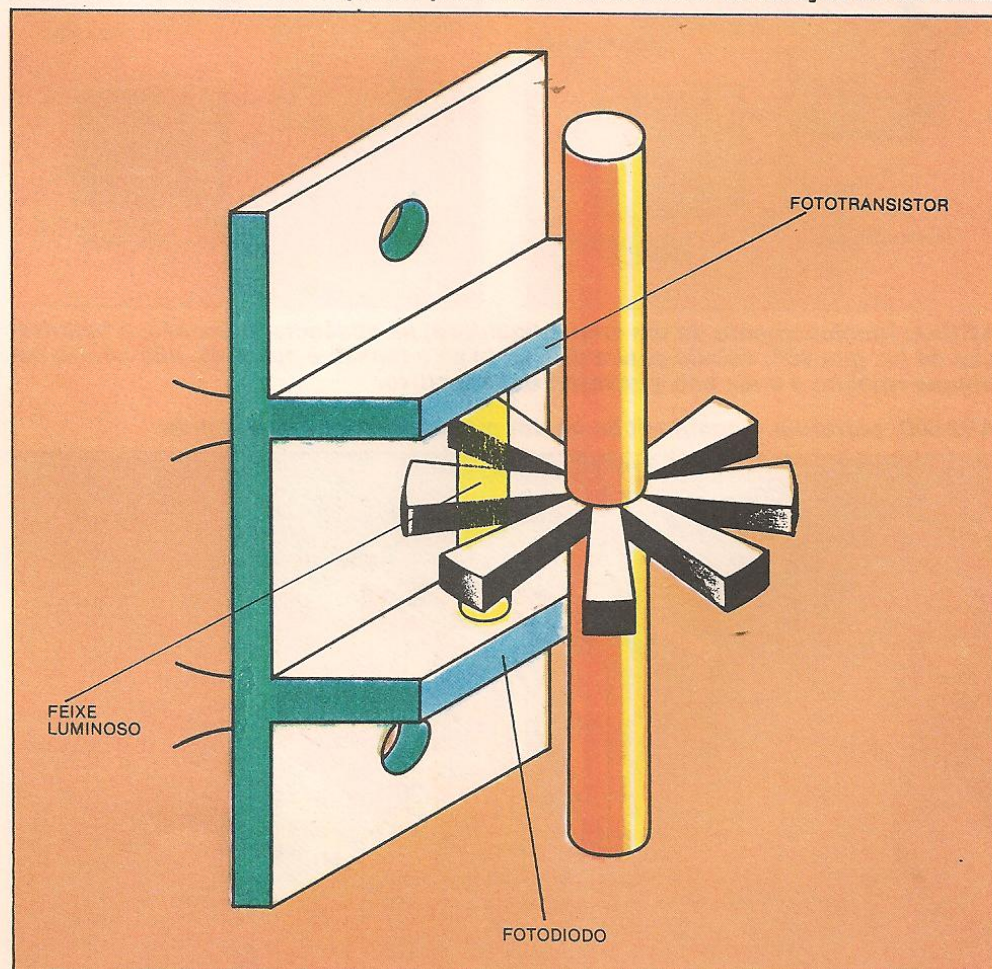


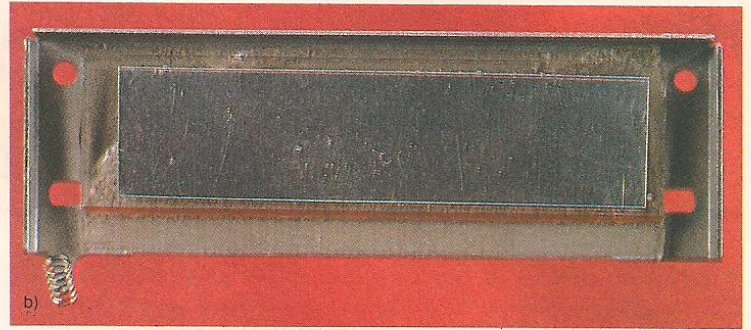
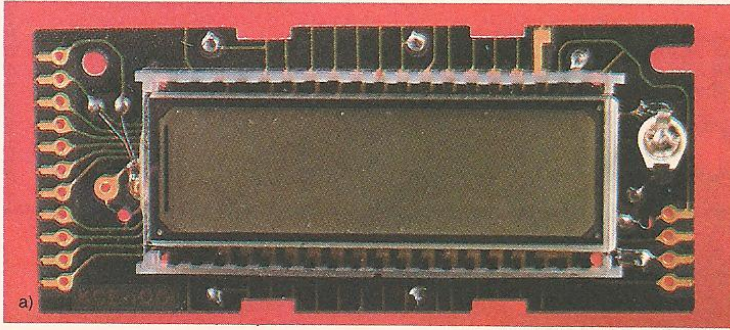
ACIMA: dois modelos de fotoacoplador. O da direita permite a interrupção do acoplamento com a introdução de um objeto opaco entre os braços.



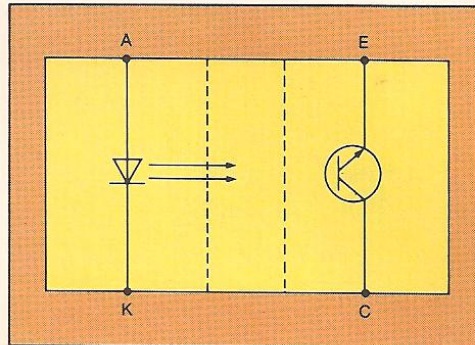
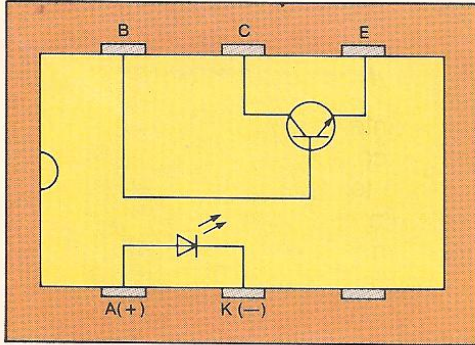
ACIMA: mostrador de cristal líquido de um dígito, do tipo refletor. Os terminais de ligação, transparentes, se encontram na extremidade do vidro, à direita.

ABAIXO: uso de um fotoacoplador para medir a velocidade de rotação de um eixo.

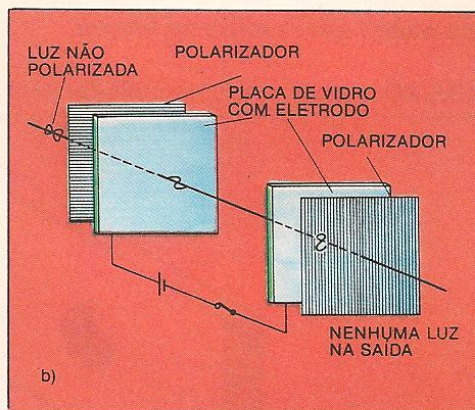
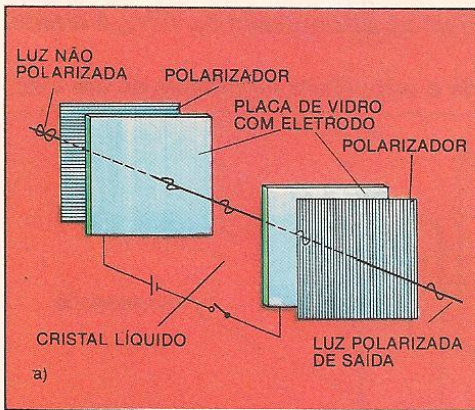




ACIMA: duas modalidades de aplicação dos mostradores de cristal líquido: a) num relógio digital modular; b) numa calculadora, da qual é vista apenas a parte onde estão os dados.

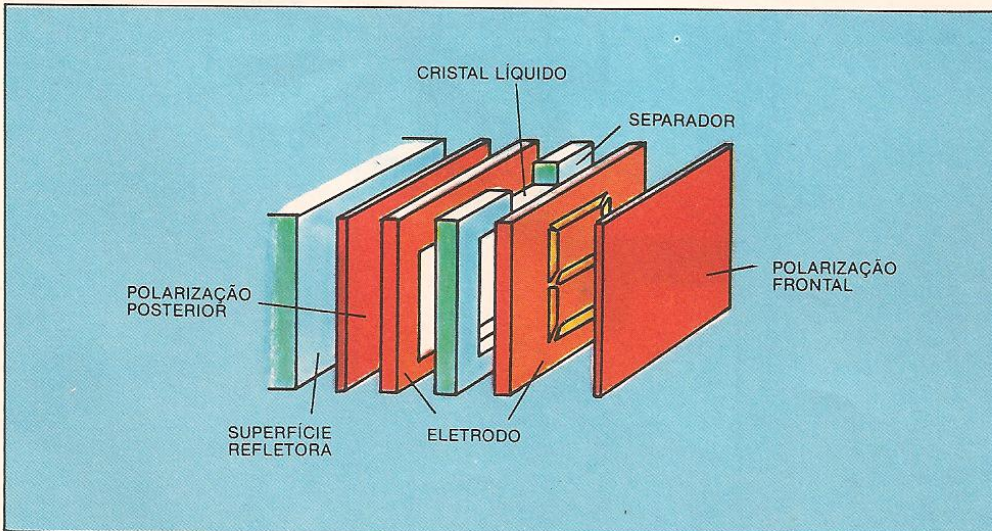


ACIMA: encapsulamento dual in-line e em forma de U.



ACIMA: funcionamento de um cristal líquido: a) na ausência de tensão, a polarização da luz gira 90°, saindo para a direita; b) se a tensão é aplicada, não ocorre nenhuma rotação e a luz não atravessa o dispositivo.

ABAIXO: estrutura e composição de um mostrador de cristal líquido.



- Tensão máxima do fototransistor (BV_{CEO} , BV_{CBO})
- Corrente de escuro (I_{CEO})
- Relação de transferência LED-transistor [CTR (%)]
- Isolamento LED-transistor.

Entre todas essas características, a mais importante é a relação de transferência entrada-saída de corrente (LED-transistor) — TESC (do inglês **C**urrent **T**ransfer **R**atio - CTR). Ela é definida como razão ou quociente entre as correntes de saída e de entrada, e se exprime como percentual desta última.

Vamos considerar, por exemplo, um optoisolante em que circule uma corrente de 5 mA através do LED; essa corrente gera uma outra de 10 mA no transistor. A TESC será, portanto, representada pelo quociente entre esses dois valores, ou seja: $TESC = 10/5 = 2$, ou 200%.

Além dos componentes optoeletrônicos, que se baseiam na propriedade dos semicondutores de receber e emitir radiações luminosas, outros dispositivos também podem ser utilizados para esse fim, embora não tenham o mesmo tipo de efeito.

Um desses elementos é o **mostrador de cristal líquido** (LCD). O fenômeno eletroóptico do cristal líquido é uma descoberta muito recente, que data de 1970. Schadt-Helfrich observou que alguns líquidos, quando submetidos a uma diferença de potencial, formam cristais polarizadores de luz. O desenvolvimento industrial dessa descoberta foi muito rápido e, em 1973, já surgia no mercado uma grande variedade de mostradores desse tipo, aplicados a relógios digitais, calculadoras e instrumentos de medição.

O princípio de funcionamento do LCD se baseia na propriedade de algumas substâncias que podem estar, ao mesmo tempo, no estado sólido e no líquido. Isto acontece porque as moléculas

que as compõem têm uma elevada capacidade de movimento— como ocorre nos líquidos —, mas com a tendência de ordenar-se no espaço sob uma forma semelhante à dos corpos sólidos cristalinos.

O mostrador ou indicador cristalino é formado por uma camada finíssima de cristal líquido de 20 micra (1 micron = 0,001 milímetro) de espessura, colocada entre duas superfícies planas de vidro, sobre as quais se aplicam polarizadores ópticos. Estes polarizadores permitem a transmissão da luz somente em relação a um plano horizontal ou vertical. O cristal líquido provoca uma variação de polarização de 90° da luz incidente.

Assim, se a luz entra com uma polarização horizontal, o cristal faz com que ela gire 90°; se a luz encontra um polarizador vertical sobre o vidro posterior, ela o atravessa.

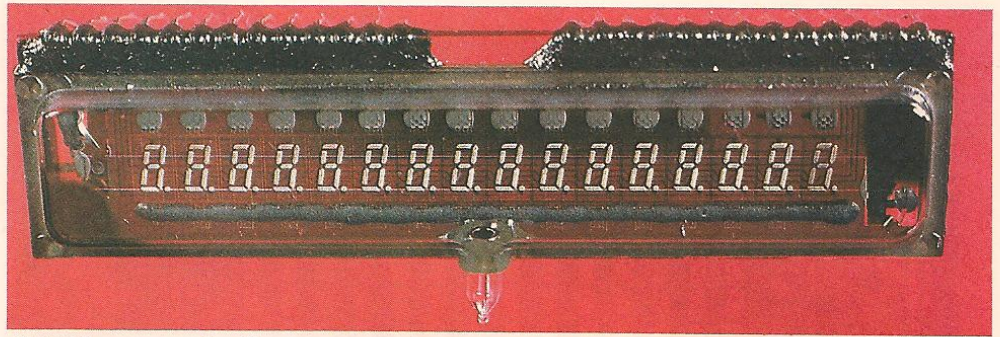
Se, através das duas superfícies que fecham o cristal, aplicar-se uma determinada tensão elétrica, as moléculas do cristal permitirão a passagem da luz sem produzir nela nenhuma alteração. Chegando ao polarizador posterior, essa luz é bloqueada e o conjunto atua como se fosse um corpo opaco.

Os eletrodos situados na superfície plana do cristal dispõem-se como segmentos retos, que podem ser excitados individualmente, permitindo a representação de caracteres numéricos ou alfabéticos. Isto torna possível realizar qualquer esquema gráfico ou imagem de acordo com um determinado projeto (**custom design**).

Há três tipos de mostrador LCD: transmissor, refletor e semi-refletor. O primeiro corresponde à estrutura que acabamos de descrever. Ele possui duas faces, que a luz atravessa de um lado para outro.

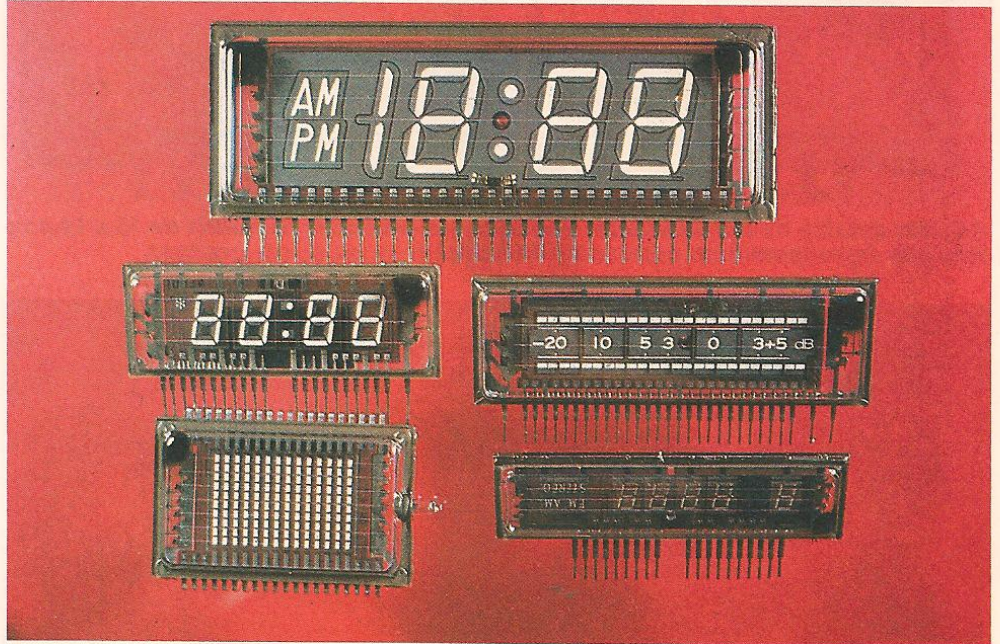
O LCD refletor apresenta uma superfície refletora na face posterior, que reflete para cima a luz recebida. Esse é o modelo mais difundido, especialmente por sua ampla utilização em relógios, calculadoras, etc.

O tipo semi-refletor é uma combinação dos dois tipos anteriores. Sua superfície posterior não é inteiramente refletora, e permite apenas a passagem de certa quantidade da luz incidente. Uma das grandes vantagens deste tipo de mostrador é o seu pequeno consumo de energia: além de só precisar de uma baixa tensão de excitação, ele consome pouquíssima corrente (poucos mi-



ACIMA: mostrador fluorescente de dezesseis dígitos.

ABAIXO: modelos de mostradores fluorescentes com a reprodução de letras ou sinais para finalidades específicas.



croampères), por ser um dispositivo eletrostático. Isso significa que ele pode funcionar permanentemente com pequenas fontes de energia, como alguns tipos de relógio de pulso. Normalmente, a excitação é provocada por uma tensão alternada com frequência de 32 Hz, já que as tensões contínuas provocam a contaminação dos eletrodos. Isso acontece devido à atração de moléculas portadoras de impurezas, que resulta na perda progressiva das propriedades que permitem a passagem da luz.

Na escolha desses cristais devem ser observadas as seguintes características:

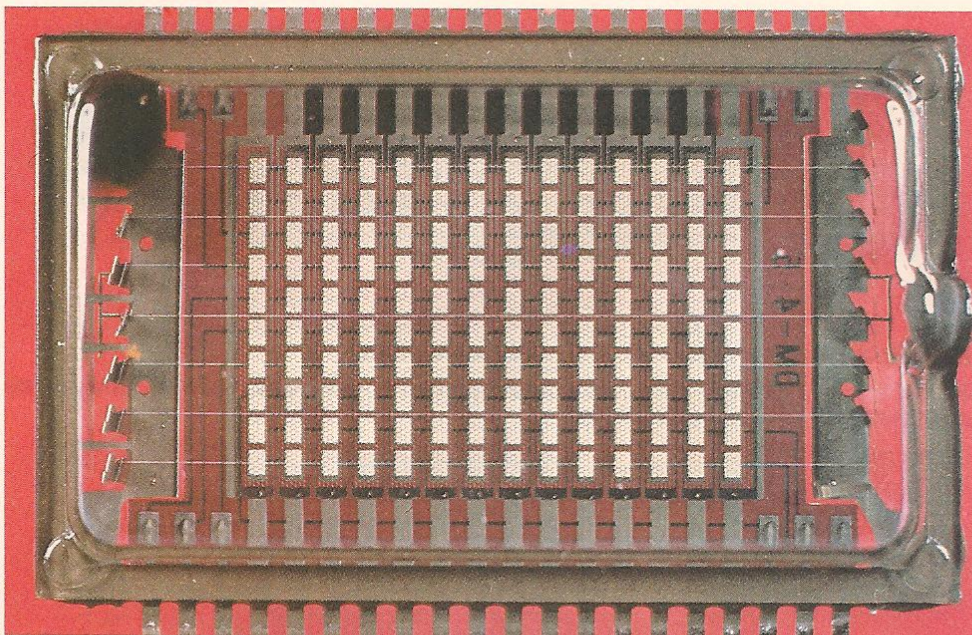
- Tensão de funcionamento (compreendida entre 3 e 9 V eficazes)
- Frequência de excitação (geralmente 32 Hz)
- Corrente por cm² (de 2 a 5 μA)
- Ângulo de visão ou diretividade (geralmente ± 45° da vertical).

Outro importante dispositivo eletro-óptico é o **mostrador fluorescente a vácuo**. Seu funcionamento se baseia

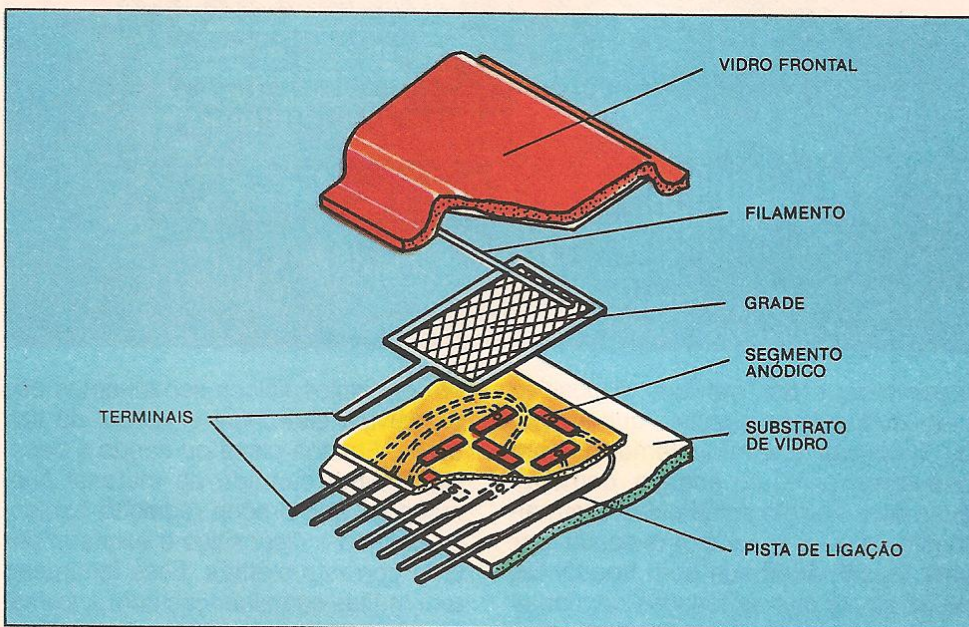
em princípios físicos semelhantes aos da válvula eletrônica a vácuo, do tipo triodo. Em sua placa ou anodo é depositada uma camada de material fluorescente que produz radiação luminosa quando o dispositivo é excitado por uma corrente elétrica. Esse fenômeno tem muitas semelhanças com a formação de imagens num tubo de raios catódicos, que já vimos num capítulo anterior.

O mostrador fluorescente é constituído por um ou mais filamentos muito finos, quase imperceptíveis a olho nu, postos nas proximidades do encapsulamento de vidro. Sobre os caracteres ou dígitos, a uma certa altura, é colocada uma grade única; na superfície inferior são colocados os anodos, sempre individualmente.

Os dígitos apresentam a estrutura clássica de sete segmentos, ainda que alguns modelos tenham características especiais. Em determinados casos, são feitos desenhos específicos para um determinado uso, como nos mos-



ACIMA: detalhe de um mostrador fluorescente em forma de matriz de 10 x 14 pontos, que representam os caracteres alfanuméricos ou sinais gráficos.



ACIMA: estrutura e composição de um dígito num mostrador fluorescente.

tradores de relógio, nos indicadores de sintonia e, também, nos medidores dos níveis de saída dos aparelhos de som, com a respectiva escala calibrada em decibéis.

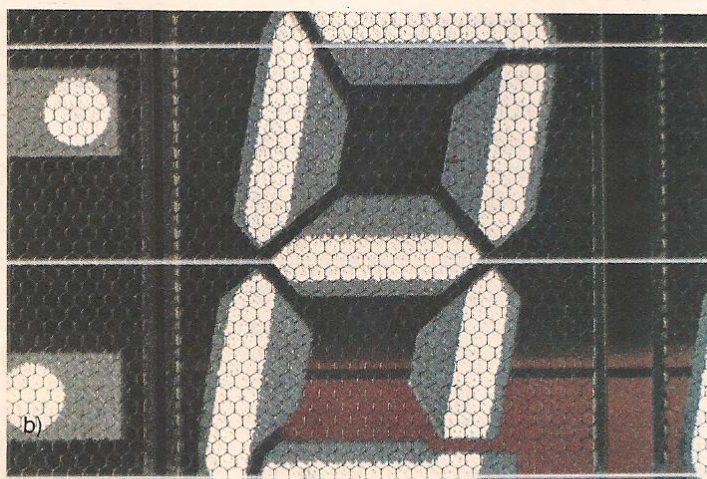
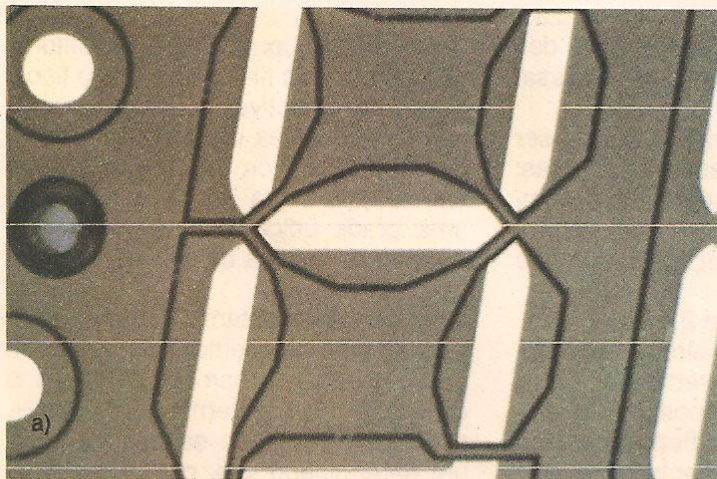
Os anodos dos segmentos correspondentes a cada dígito unem-se eletricamente, assumindo a configuração de anodo comum. Para que acendam, é preciso aplicar uma tensão no filamento, além da tensão necessária para a excitação da grade e dos anodos dos caracteres, que devem ser ativados seguidamente.

As características que definem esse tipo de mostrador são as seguintes:

- Tensão de acendimento do filamento E_f (de 3 a 7 V eficazes)
- Corrente de filamento I_f (de 7 a 100 mA eficazes)
- Tensão de referência E_K (de 5 a 8 V)
- Tensão de polarização do anodo ou da grade E_b e E_c (de 15 a 45 V)
- Corrente de anodo por dígito I_b (de 1 a 20 mA)
- Potência consumida (de 7 a 100 mW/dígito)
- Intensidade luminosa por dígito.

O mostrador completo é colocado num invólucro hermético de vidro, de formato retangular, onde é produzido o vácuo. Os terminais de ligação são reagrupados na parte externa, ao longo das bordas laterais do dispositivo, onde se encontra também a parte do tubo de vidro pela qual é extraído o ar durante o processo de fabricação.

ABAIXO: elementos internos de um mostrador fluorescente: a) filamentos transversais e anodos com segmentos fluorescentes; b) detalhe da grade que recobre cada dígito.



O TIRISTOR

O tiristor trabalha de maneira semelhante ao diodo, ou seja, permite a passagem da corrente em um único sentido, mas o início de sua condução é regulado por um eletrodo especial, que recebe o nome de porta.

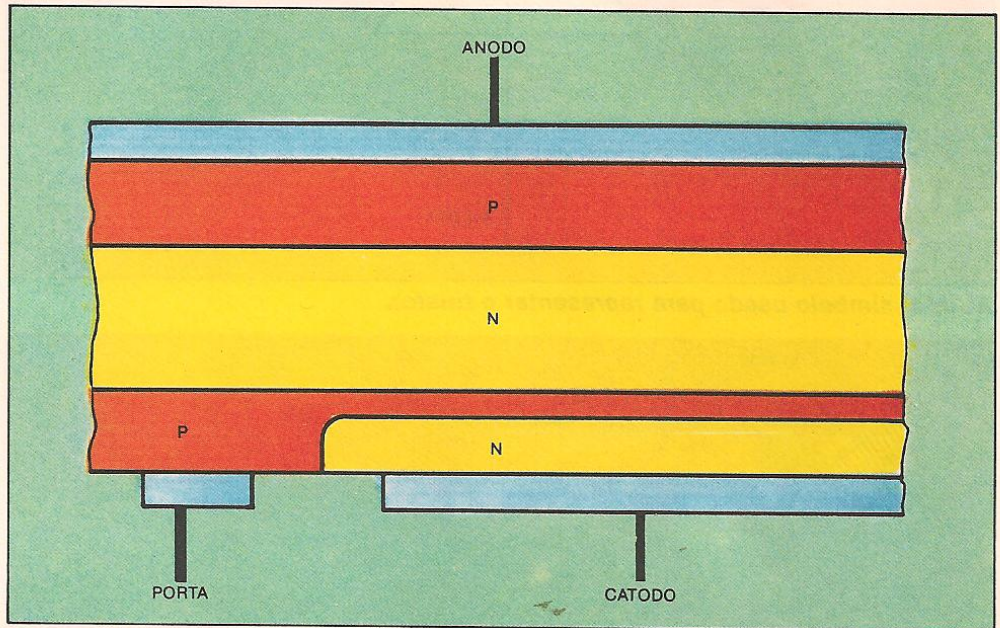
O tiristor é um componente semicondutor projetado para realizar a função de interruptor ou retificador controlado. Ele trabalha de forma muito semelhante a um diodo, ou seja, permite a passagem da corrente em um único sentido. No entanto, diferencia-se do diodo pelo fato de seu estado de condução ser regulado por um eletrodo especial conhecido por **porta**.

O tiristor é formado por uma estrutura de quatro regiões semicondutoras P-N-P-N; a primeira forma o anodo, e a última o catodo; a região que fica junto ao catodo é a porta (**gate**). Sua função consiste na saturação, ou colocação em condução, do dispositivo.

Essa estrutura pode ser dividida em duas partes. Como cada uma delas forma um transistor, temos então um transistor P-N-P, que é constituído pelo anodo e pelas duas regiões contíguas, e um outro transistor do tipo N-P-N, que é constituído pelo catodo e pelas duas regiões acima dele. Esses transistores são unidos eletricamente nas seguintes regiões:

- a base do P-N-P com o coletor do N-P-N;
- o coletor do P-N-P com a base do N-P-N e o eletrodo porta.

O circuito assim obtido forma uma estrutura fortemente realimentada: qualquer sinal de corrente aplicado à porta é amplificado e sai pelo coletor do transistor N-P-N, onde é então aplicado diretamente à base do P-N-P e é amplificado novamente em seu coletor. Este coletor coincide com o terminal porta, fechando o ciclo de realimentação positiva. O crescimento muito rápido da corrente faz com que o componente entre em saturação. Nessas condições, temos, entre o emissor do transistor P-N-P, que coincide com o anodo, e o emissor do transistor N-P-N, que forma o catodo do elemento em questão, uma impedância muito pe-



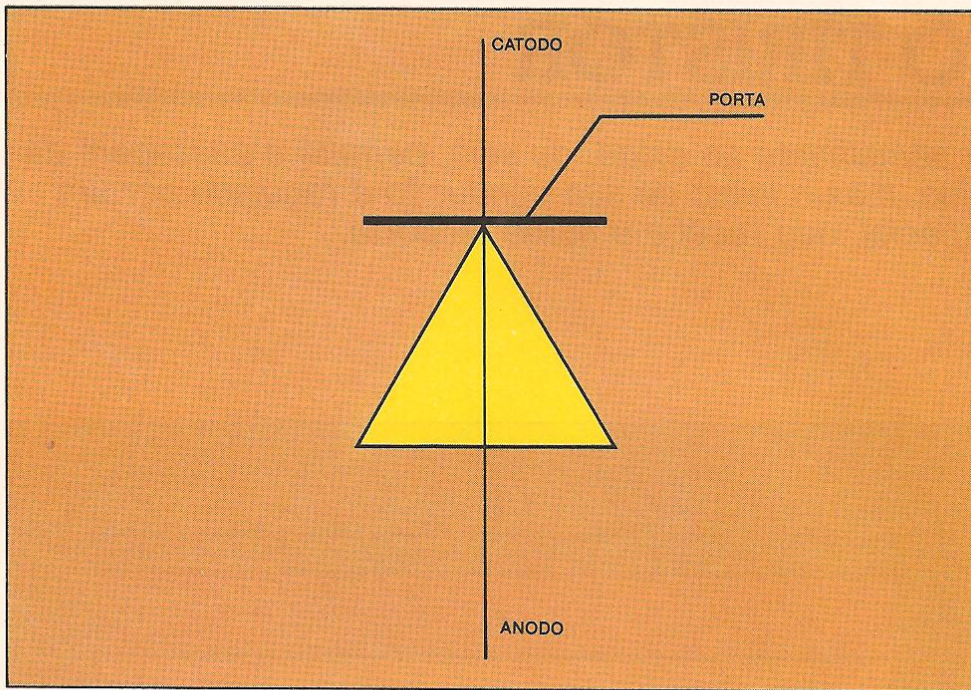
ACIMA: estrutura das quatro regiões semicondutoras de um tiristor.



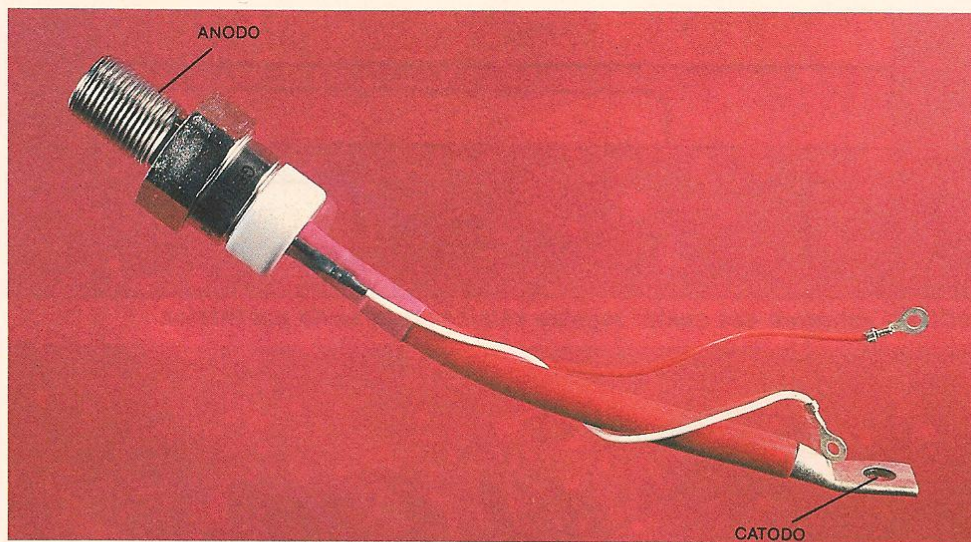
ACIMA: tiristor de média potência pronto para ser montado num radiador.



ABAIXO: tiristor de média potência com o anodo isolado do radiador.

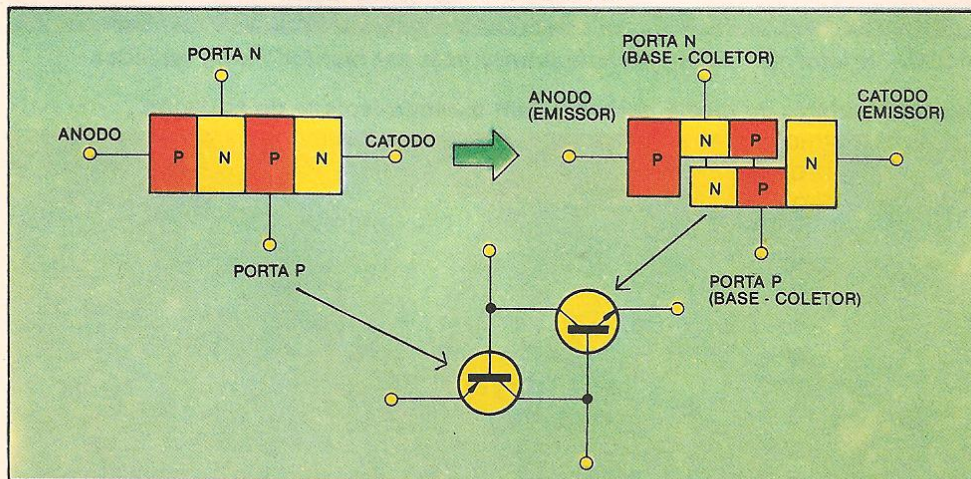


ACIMA: símbolo usado para representar o tiristor.



ACIMA: tiristor de grande potência. Os dois cabinhos, quando unidos à ligação do catodo (direita), servem para injetar a corrente de comutação.

ABAIXO: equivalência entre o tiristor e o transistor.



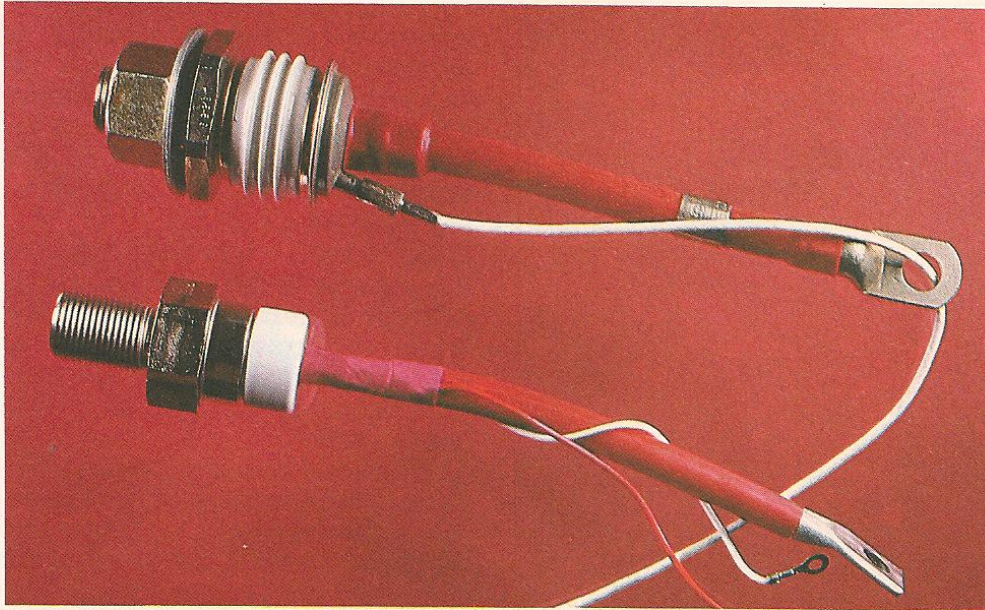
quena, o que permite a circulação de uma corrente intensa.

Dessa forma, a entrada em condução do tiristor depende do sinal aplicado na porta. Mas, uma vez em condução, o sinal aplicado na porta perde o controle sobre a corrente que se forma entre o anodo e o catodo (contrariamente ao que acontece num transistor bipolar) porque a própria realimentação interna mantém a condução.

O tiristor sai de condução apenas quando o anodo torna-se negativo em relação ao catodo. Pode-se, portanto, suprimir o sinal de porta sem influir de modo algum sobre a condução.

Além da forma precedente de condução, existem outras que vale a pena conhecer. Elas podem ser úteis para certas aplicações do componente. São as seguintes:

- Tensão: quando aumenta a tensão coletor-emissor de um transistor, pode-se provocar sua ruptura por avalanche. Verifica-se, nesse momento, uma situação bastante semelhante àquela que foi descrita para a alimentação interna, pois o tiristor entra em condução. Mas nesse caso, o transistor é destruído porque a junção se funde.
 - Variação rápida de tensão: se a tensão anodo-catodo varia muito rapidamente, produz-se uma transmissão dessa variação ao interior do componente. Devido a um efeito capacitivo, é induzido, na região de porta, um sinal de amplitude suficiente para dar início ao processo regenerativo da condução.
 - Temperatura: a função da temperatura sobre um transistor é de aumentar a corrente que deriva do coletor. No momento em que se obtém a corrente suficiente para dar início à regeneração, o tiristor entra em condução.
 - Condução através de um sinal de porta: esta é a forma de saturação mais comum. Seu mecanismo já foi comentado.
 - Luz: no caso dos fototiristores produz-se a condução em presença de luz incidente, da mesma maneira que ocorre com os fotodiodos.
- Observe-se que, apesar de os tiristores apresentarem determinadas semelhanças com o transistor bipolar, eles diferenciam-se deste no que se relaciona ao controle da corrente circulante no seu interior. Enquanto no transistor bipolar essa corrente é controlada pela ação da **ba-**



ACIMA: dois modelos de tiristor do mesmo formato. O do alto da foto é capaz de suportar maior tensão inversa.

ABAIXO: tiristor de potência do tipo carcaça de pressão.



se, no tiristor não existe controle algum sobre a corrente depois do início da condução.

Para que se possa retornar ao controle de qualquer dos mecanismos de condução descritos, deve-se, conseqüentemente, definir um procedimento de bloqueio do tiristor. Esse procedimento consiste na aplicação de uma tensão inversa entre anodo e catodo, com o negativo no anodo e o positivo no catodo. Desse modo, o tiristor é cortado rapidamente num período de tempo denominado "tempo de corte" (em inglês, **turn-of time**). Uma vez que o dispositivo entre em corte, a tensão inver-

sa poderá ser retirada imediatamente depois, e o componente conservará deste modo o estado adquirido.

A forma de trabalho do tiristor é definida pelas curvas características, nas quais a corrente é representada no eixo vertical e a tensão anodo-catodo no eixo horizontal. Costuma-se desenhar diversas curvas para os diversos valores de tensão de condução de porta. Essas curvas apresentam três regiões. A primeira, situada à esquerda, com a tensão invertida entre o anodo e o catodo, apresenta o ponto de máxima tensão quando o dispositivo entra em avalanche inversa.

Além da condução através da porta, existe outro meio de colocar em estado de condução um tiristor

O tiristor entra em condução também mediante a aplicação de uma tensão superior a um certo nível, entre o anodo e o catodo. Existem ainda outros métodos, mas eles são pouco utilizados na prática.

Como se pode bloquear o tiristor quando este se acha no estado de condução?

Mediante a aplicação de uma corrente inversa entre o anodo e o catodo. O tempo dessa aplicação deve ser superior ao "tempo de bloqueio".

Qual é a principal aplicação dos tiristores?

A retificação controlada das tensões alternadas, com a possibilidade de variar o ângulo de condução, ou seja, o sistema chamado controle de fase.

De que modo se pode decompor o tiristor para analisar o seu funcionamento?

Em dois transistores, um P-N-P e outro N-P-N, ligam-se, respectivamente, a base e o coletor do primeiro ao coletor e à base do segundo.

A que região da estrutura é ligado o eletrodo de controle ou porta do tiristor?

É ligado à região que se acha em contato com o catodo.

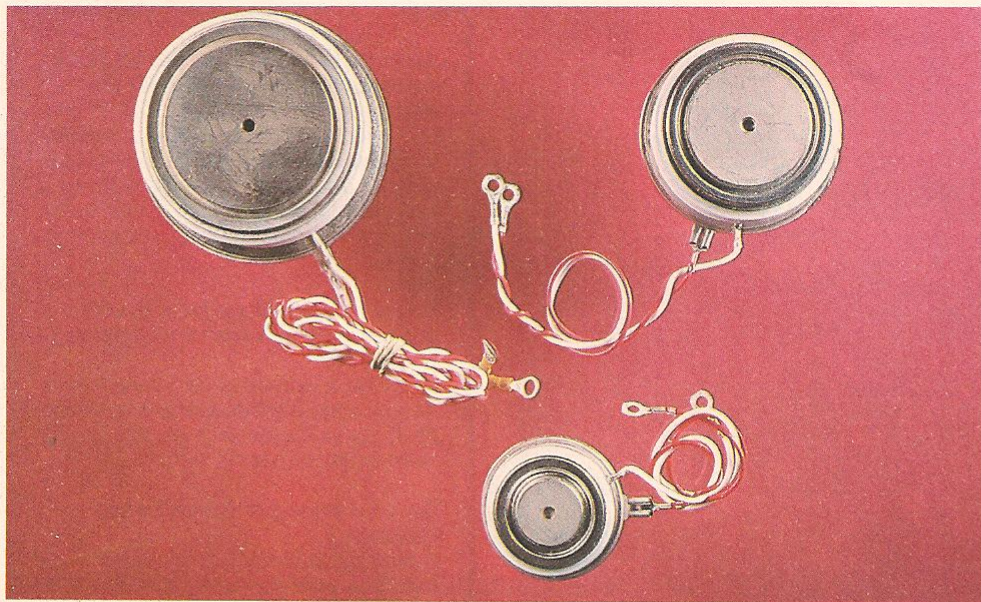
A corrente que atravessa o tiristor pode ser controlada pelo sinal da porta?

Não. O sinal da porta provoca somente a entrada em condução do componente, perdendo a partir desse momento qualquer possibilidade de controle.

Essa primeira região estende-se em direção à direita, com os diversos pontos de condução de porta, até chegar a um ponto de condução para tensões diretas.

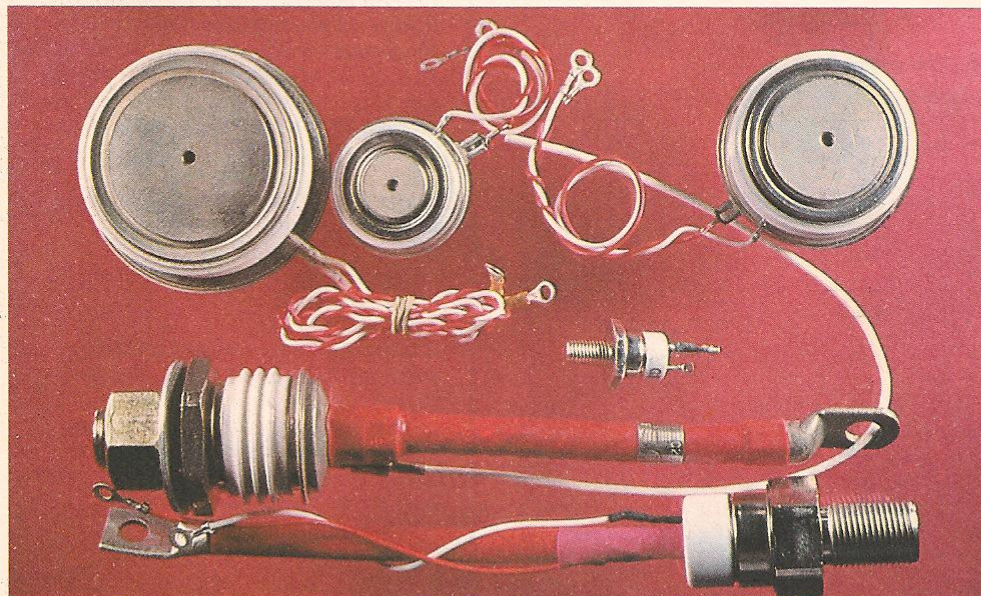
A segunda região é a da condução propriamente dita, em que se observa um fenômeno muito curioso de resistência negativa, dado que uma diminuição de tensão produz um aumento de corrente.

A terceira região é a de corrente de manutenção com baixa tensão anodo-catodo. Essa região é limitada somente pela dissipação máxima de potência do tiristor.

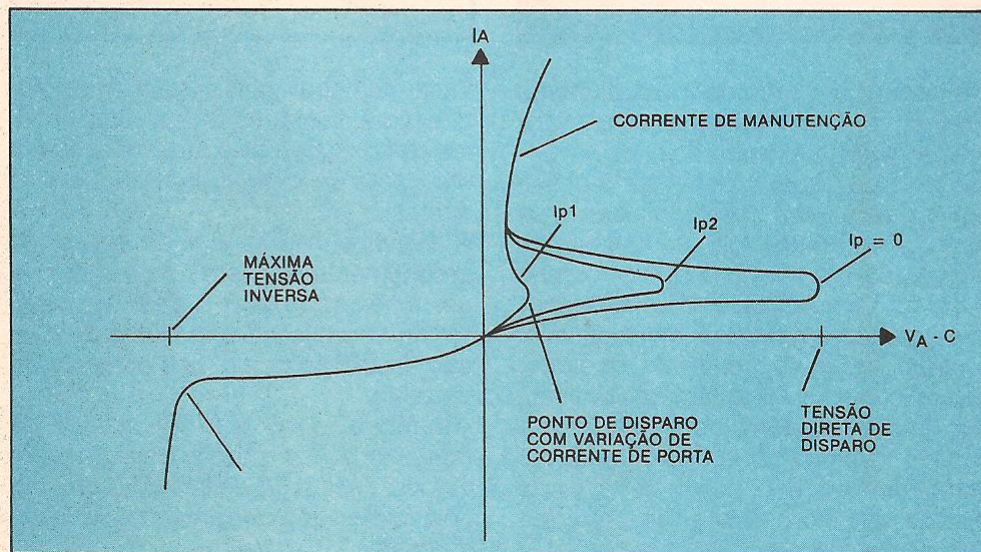


ACIMA: tiristores de diversas potências do tipo carcaça de pressão.

ABAIXO: tiristores com diversos tipos de carcaça.



ABAIXO: curvas características de um tiristor.



Para a fabricação dos tiristores empregam-se tecnologias semelhantes às adotadas para os transistores. Cada elemento parte de uma base semicondutora. Sobre essas bases, por um sistema de liga-difusão, difusão ou difusão planar, formam-se as quatro camadas P-N-P-N necessárias.

O invólucro é um fator muito importante e depende do tipo de emprego do tiristor. Os de baixa corrente são colocados em invólucros de plástico, como os dos transistores. Para correntes muito altas, utilizam-se carcaças de pressão (**press pack**).

As aplicações dos tiristores estendem-se da retificação de correntes alternadas — em substituição aos diodos convencionais — até a realização de determinadas comutações de baixa potência nos circuitos eletrônicos, passando pelos conversores, que transformam a corrente contínua em corrente alternada.

A principal vantagem que os tiristores apresentam em relação aos diodos, quando usados como retificadores, é que a sua entrada em condução é controlada pelo sinal de porta. Desse modo, é possível variar a tensão contínua de saída quando se faz variar o momento da condução, uma vez que se obtêm ângulos diferentes na fase de condução do ciclo da tensão ou da corrente alternada de entrada. Por outro lado, o tiristor é bloqueado automaticamente quando a corrente alternada passa de positiva para negativa, dado que nesse momento começa a receber tensão inversa. Esse sistema é conhecido com o nome de controle de fase. Estas são as características dos vários tipos de tiristor:

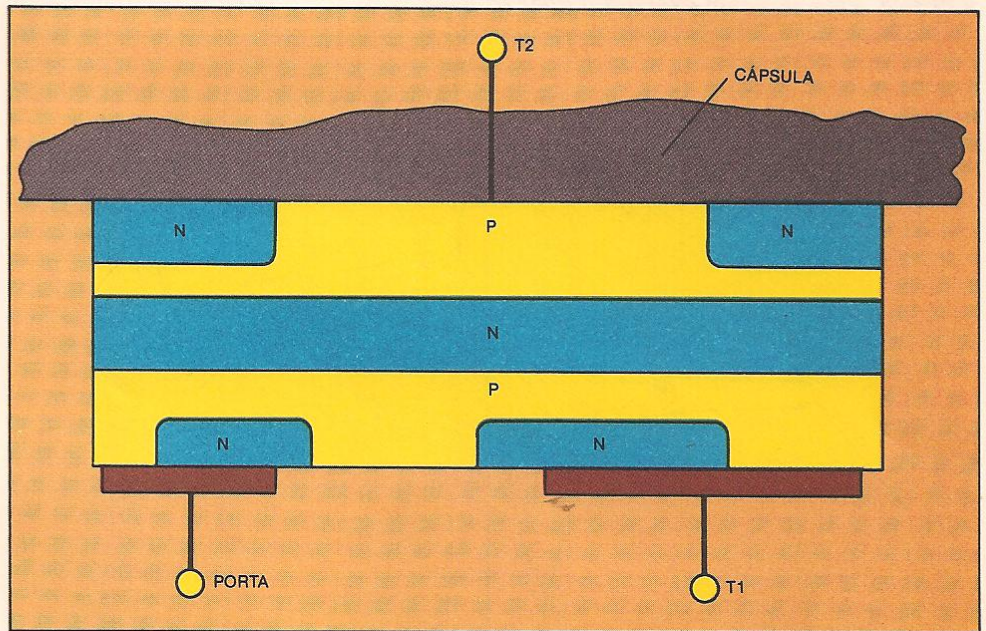
- $I_{T(RMS)}$: máxima corrente alternada eficaz conduzível
- $I_{T(AV)}$: máxima corrente contínua em condução
- V_{TM} : tensão direta máxima em condução de 180°
- V_{RRM} : tensão inversa máxima repetitiva aplicável sem produzir condução
- I_{GT} : corrente mínima de porta para condução
- I_{GD} : corrente máxima de porta aplicável sem produzir a condução
- V_{GT} : tensão de porta necessária para produzir a condução
- V_{GTmax} : tensão de porta máxima para a condução
- V_{GTmin} : tensão mínima de porta necessária para garantir a corrente de condução

O TRIAC

Neste capítulo falaremos do triac (abreviação do inglês Triode AC: o triodo para corrente alternada). A sua estrutura interna é constituída por dois sistemas interruptores complementares, cada um deles semelhante a um tiristor ou diodo controlado.

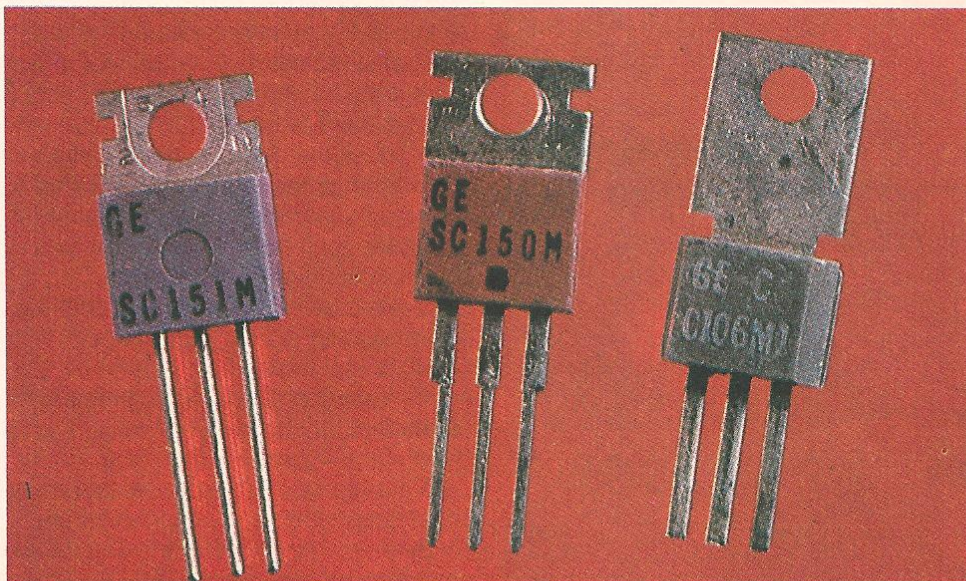
O triac é um componente semicondutor. Ele nasceu da necessidade de se dispor de um interruptor controlado que apresentasse características funcionais semelhantes às do tiristor ou diodo controlado, mas que permitisse o controle do ciclo completo da corrente alternada. A palavra "triac" é uma abreviação da denominação inglesa **Triode AC**, que significa triodo para corrente alternada. Como o próprio nome indica, o componente dispõe de três eletrodos.

Sua estrutura compõe-se de dois sistemas interruptores, um P-N-P-N e outro N-P-N-P, ligados em paralelo. Cada um é semelhante a um tiristor (ou diodo controlado). De certo modo, assemelha-se à disposição que se obteria ligando-se dois tiristores complementares (ou paralelos com polaridade invertida).

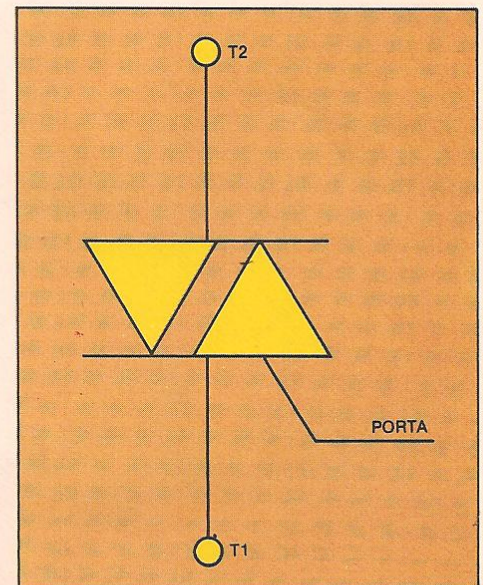


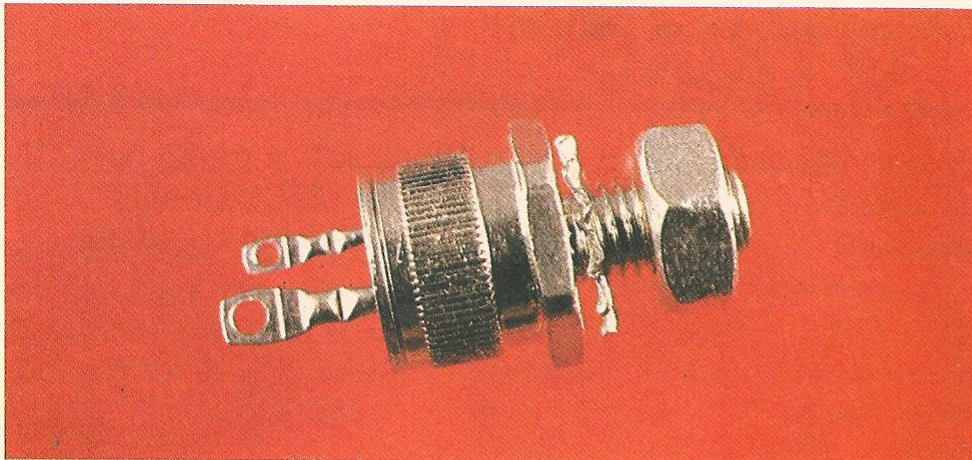
ACIMA: estrutura interna de um triac, em que se podem observar todas as regiões semicondutoras existentes.

ABAIXO: três triac do tipo de baixa potência. É possível montá-los nos dissipadores por meio da aleta metálica posterior.

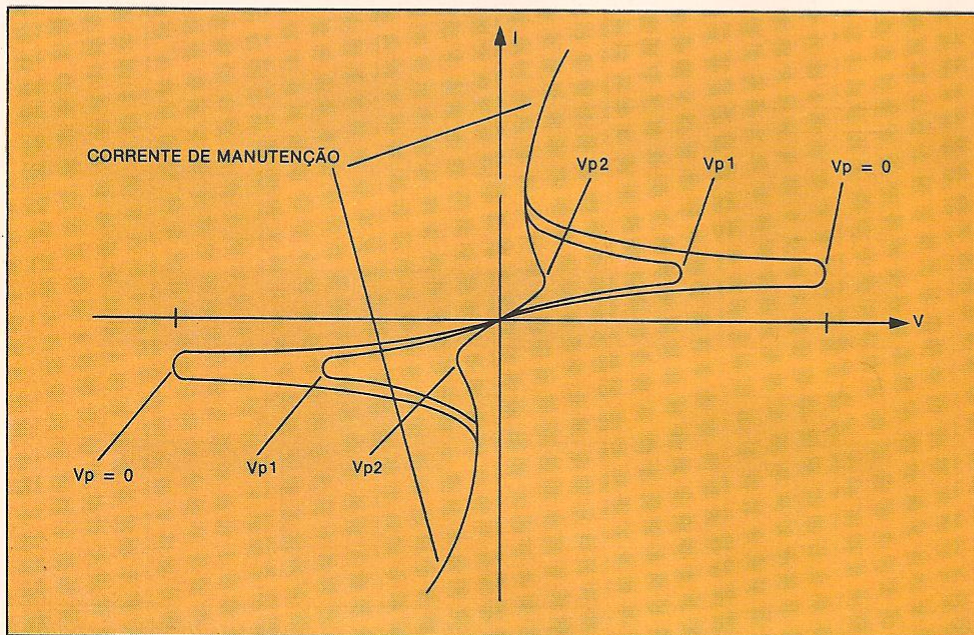


ABAIXO: símbolo indicativo do triac.



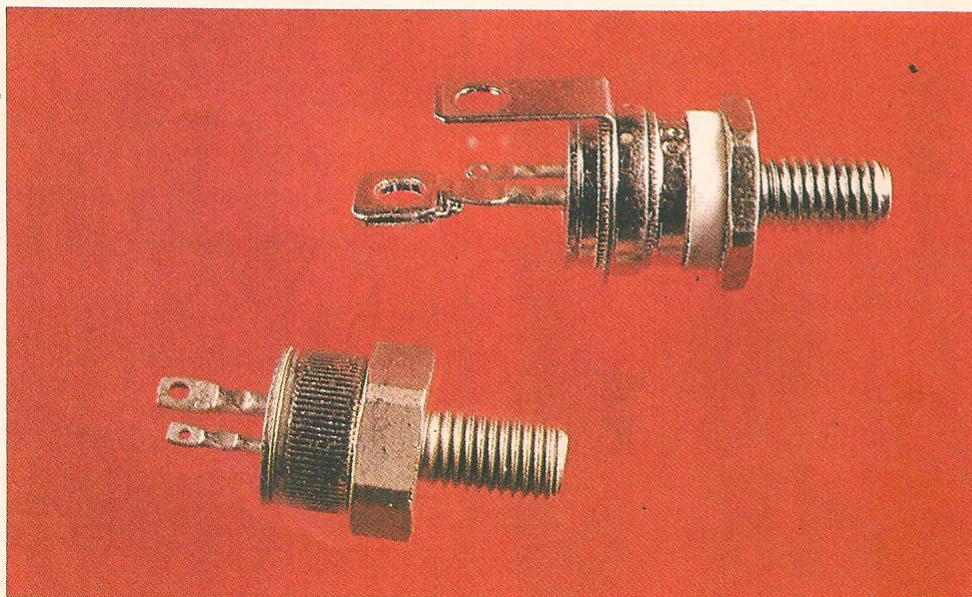


ACIMA: triac de potência, preparado para montagem no dissipador com o parafuso à direita. Este também executa a ligação elétrica de um dos seus terminais.



ACIMA: característica corrente x tensão T1-T2 para diversas tensões da porta.

ABAIXO: dois modelos de triac diferenciados pela presença (no alto) ou pela ausência (embaixo) do isolamento do parafuso de fixação do radiador.



No desenho que mostra sua estrutura, podemos observar os dois eletrodos principais — T1 e T2 — que, nesse caso, não são denominados anodo e catodo porque trabalham com dupla polaridade na tensão alternada. Debaixo do terminal T2 (e ligadas a ele) encontram-se duas regiões, uma P e outra N. Descendo para o terminal T1 aparecem uma região N, uma P e, finalmente, uma N ligada eletricamente à última P, através da ligação de T1.

À esquerda, existe uma outra região N relativa ao contato da porta (*gate*) de comando do dispositivo. O terminal T1 serve de referência para medida das tensões e correntes dos terminais T2 e da porta.

As curvas características se parecem com as do tiristor, quando este trabalha com polarização direta, estendendo-se também até a região em que, ou a corrente ou a tensão são negativas, com forma semelhante, ainda que oposta, às primeiras.

Nas curvas, observa-se a máxima tensão suportável pelo componente, sem passar a conduzir, de modo que a máxima tensão alternada de pico a pico fica automaticamente delimitada e pode ser controlada.

O disparo do triac ocorre quando se aplica uma corrente ao eletrodo chamado porta.

Existe um amplo leque de opções para o tipo de disparo desejado. De fato, este pode ser obtido aplicando-se uma corrente contínua, uma corrente pulsante vinda de um retificador, uma alternada direta ou um "trem" de impulsos gerados por um dispositivo qualquer de controle.

Sempre tomando como referência o terminal T1, os diversos métodos de disparo para funcionamento podem ser resumidos da seguinte forma:

- a) Terminal T2 positivo: tensão de disparo na porta positiva, provocando a entrada de uma corrente através deste terminal, cujo sentido é considerado positivo.
- b) Terminal T2 positivo: tensão de disparo na porta negativa, corrente na porta negativa.
- c) Terminal T2 negativo: tensão de disparo na porta positiva, corrente na porta positiva.
- d) Terminal T2 negativo: tensão de disparo na porta negativa, corrente na porta negativa.

Embora essas quatro possibilidades sejam teoricamente admissíveis,

obtem-se a melhor sensibilidade do triac com os tipos **a** e **d**. No tipo **b**, a sensibilidade é decididamente menor, e no tipo **c**, ainda mais reduzida. Aliás, este último não deve ser utilizado; se, por alguma razão, ele estiver previsto em determinado projeto, será necessário um triac concebido especialmente para esse fim, para que sejam evitados graves inconvenientes.

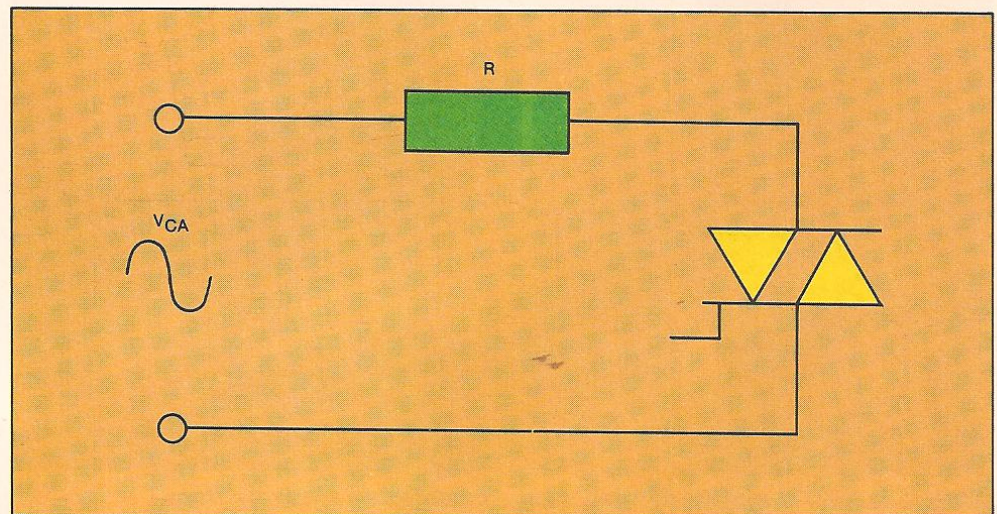
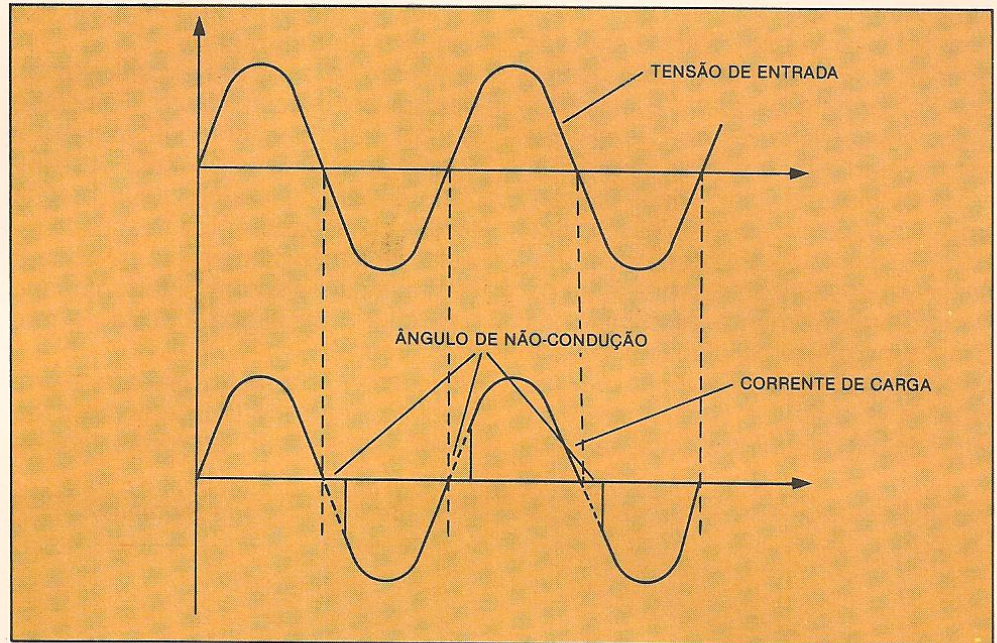
A diferença mais importante entre o funcionamento de um triac e o de dois tiristores é que, neste último caso, cada tiristor só conduzirá pelo período de meio ciclo se for adequadamente disparado, bloqueando-se quando a corrente muda de polaridade e resultando na condução completa da corrente alternada. O triac, porém, bloqueia-se durante o breve instante em que a corrente passa pelo valor zero, até que alcance o valor mínimo de tensão entre T2 e T1, voltando a conduzir desde que a excitação da porta seja adequada. Isso implica a perda de um pequeno ângulo de condução, mas não acarreta problemas se as cargas forem resistivas, isto é, com a corrente em fase com a tensão.

No caso de cargas reativas, é preciso levar em conta, no esquema do circuito, que, no momento em que a corrente passa pelo zero, não coincide com a mesma situação da tensão aplicada. Isso acontece porque nesses momentos ocorrem impulsos de tensão entre os dois terminais do componente.

A versatilidade do triac e a simplicidade do seu emprego fazem dele o componente ideal para uma grande variedade de aplicações, relacionadas principalmente com o controle das correntes alternadas. Uma delas é a sua utilização como interruptor estático, que oferece muitas vantagens em relação aos interruptores mecânicos, que necessitam sempre do movimento de um contato. Já o triac dispara sempre a cada meio ciclo, quando a corrente passa pelo zero, e isso evita os arcos e as sobretensões derivadas da comutação de cargas induzidas que armazenam uma determinada energia durante seu funcionamento.

Existem muitas possibilidades de se realizar, na prática, o disparo de um triac. Pode-se, então, escolher o mais adequado para a aplicação concreta que se vai efetuar. É possível resumi-lo em duas variantes fundamentais:

- Disparo com corrente contínua
- Disparo com corrente alternada.



ACIMA: formato da corrente circulante através da carga R do circuito. Observa-se a perda de um certo ângulo de condução, quando o triac passa pelo valor zero.

ABAIXO: neste triac, a cápsula pode ser montada em radiadores para T0-3.



COMPONENTES

No primeiro caso, a tensão provém de uma fonte de tensão contínua aplicada ao triac por meio de um resistor limitador da corrente da porta. É absolutamente necessário dispor de um elemento interruptor em série com a corrente de disparo, com função de controle; ele pode ser um simples interruptor mecânico ou um transistor que trabalhe em comutação. Esse sistema de disparo é normalmente empregado nos circuitos eletrônicos alimentados por tensões contínuas. A função dessas tensões é controlar uma corrente, a partir de um determinado sinal de exci-

tação, em geral originado em um tipo qualquer de transdutor.

O disparo por meio de corrente alternada pode ser executado com o emprego de um transformador que forneça a tensão para o disparo. Outra possibilidade é partir diretamente da própria tensão da rede, com um adequado resistor limitador da corrente da porta e com qualquer elemento interruptor que transmita a excitação à porta no momento certo.

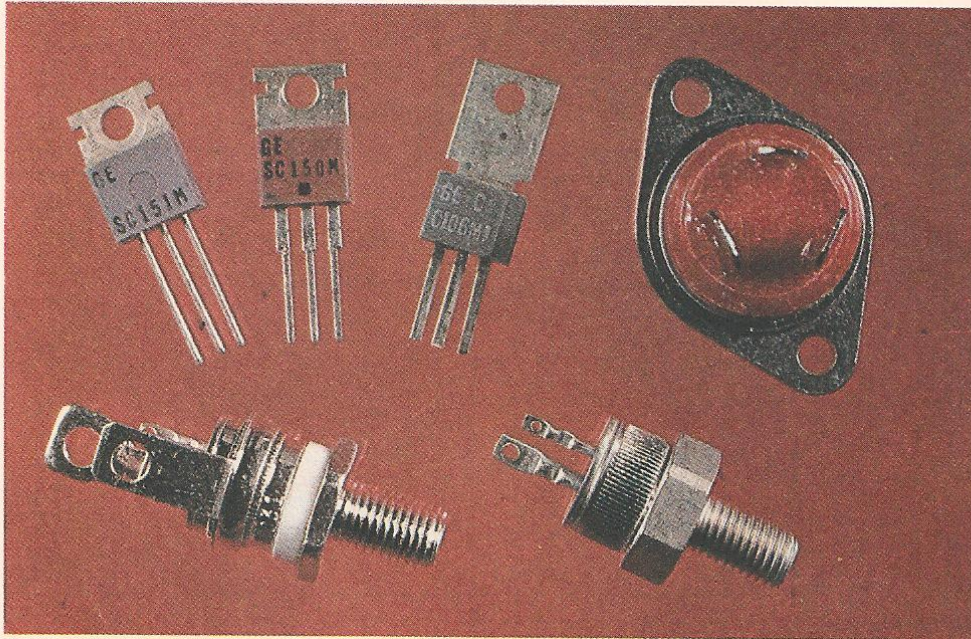
Um componente muito usado para produzir o disparo do triac é o chamado "diac" (abreviação da forma inglesa

Diode AC). Esse dispositivo tem uma estrutura interna semelhante à do triac, só que sem o eletrodo da porta. Assim, o único mecanismo aplicável para entrada em condução é a tensão entre os seus dois terminais. Depois de ter superado o ponto de disparo, essa tensão cai a um valor baixo ou de manutenção. Geralmente, é empregado nos circuitos que executam um controle de fase da corrente do triac, de tal modo que se aplique a tensão à carga somente por uma fração do ciclo da corrente alternada.

Esses sistemas são usados no controle da iluminação com intensidade variável, no aquecimento elétrico com regulação de temperatura e em alguns controles de velocidade de motores.

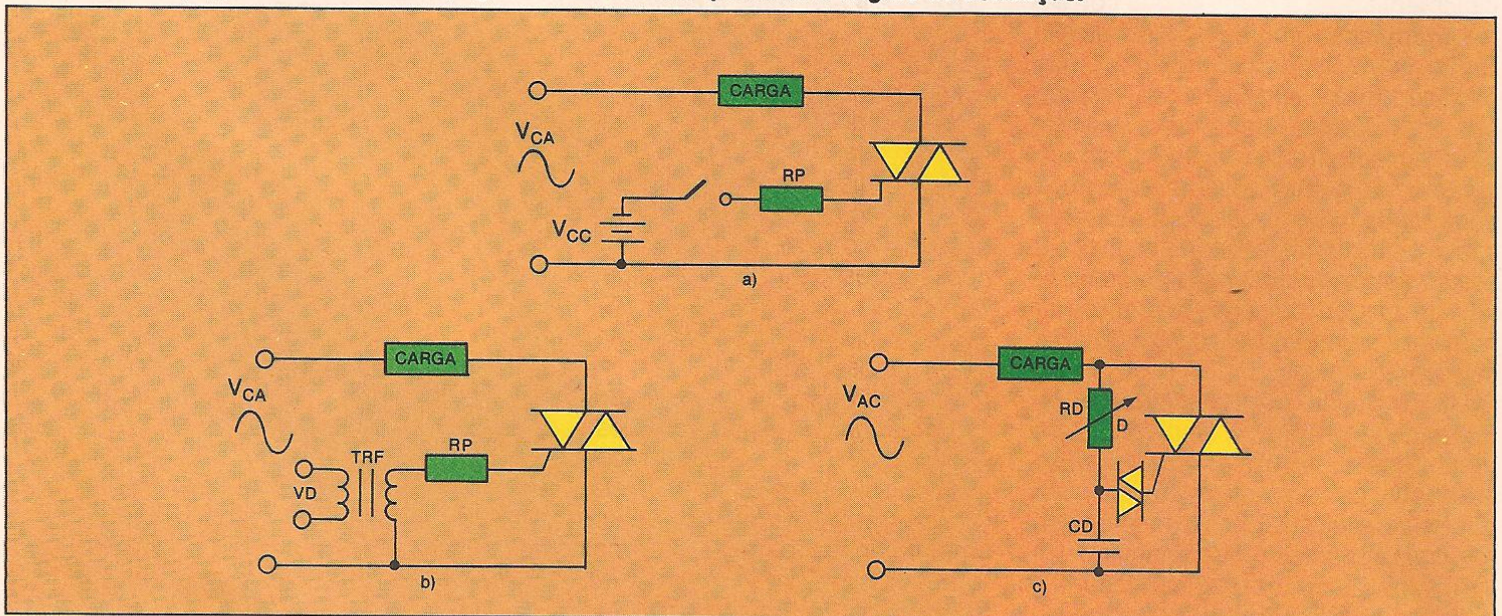
O modo mais simples de se executar tais controles consiste no emprego do circuito representado na figura 1. Nele, o resistor variável R_D carrega o capacitor C_D até atingir a tensão de disparo do diac D . E, através do diac D , produz-se então a descarga de C_D , cuja corrente chega à porta do triac e o coloca em condução.

Esse mecanismo é produzido uma vez no semiciclo positivo e outra no negativo. O momento do disparo poderá ser regulado com o valor de R_D e, por consequência, varia o tempo de condução do triac, bem como o valor da tensão média aplicada à carga. Dessa maneira, obtém-se um controle de potência simples, mas eficaz.



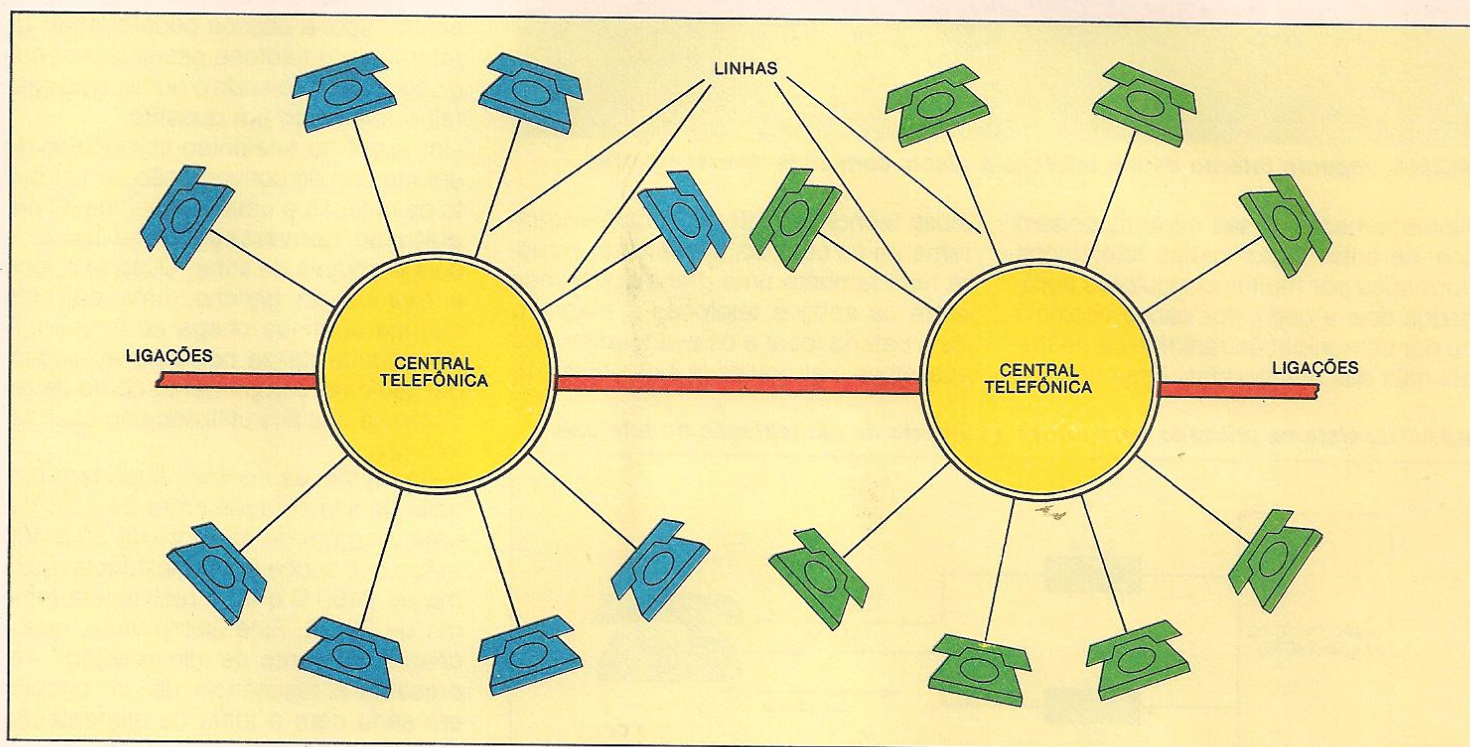
ACIMA: família completa de triac, com elementos de todos os tipos.

Figura 1. As várias maneiras de disparar um triac: a) por meio da corrente contínua V_{CC} aplicada através de R_P ; b) por meio da corrente alternada; c) por meio do diac D , ligado a um circuito que varia o ângulo de condução.



FUNCIONAMENTO DO TELEFONE

O telefone é, sem sombra de dúvida, um dos meios de comunicação a distância mais difundidos que existem no mundo de hoje e, de certa forma, um dos mais econômicos. Mas sua popularidade maior deve-se, sobretudo, à rapidez e eficiência com que permite vencer distâncias, colocando em contato direto pessoas separadas às vezes por dezenas de milhares de quilômetros.



ACIMA: os aparelhos telefônicos de uma grande área geográfica são ligados a centrais que, por sua vez, comunicam-se entre si por meio de ligações especiais.

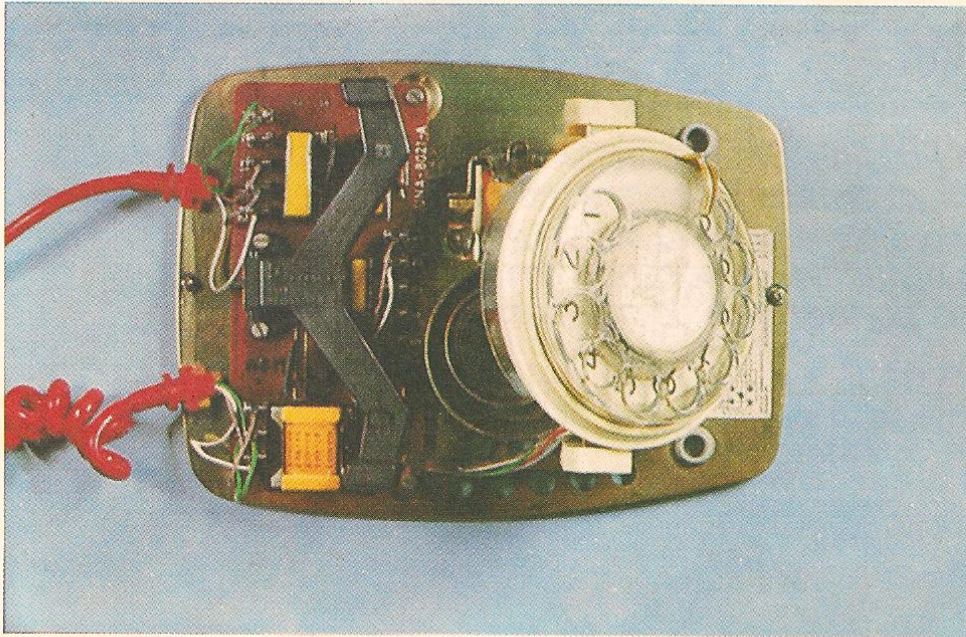
O telefone foi inventado em 1876, pelo cientista norte-americano Alexandre Graham Bell. O sistema funcionava como hoje, transformando as ondas sonoras, em sinais elétricos. Esses sinais podiam ser transmitidos por um cabo metálico de um aparelho telefônico a outro, onde a eletricidade era novamente convertida em sons.

É possível que, na ocasião, a descoberta tenha parecido a muitos apenas um brinquedo maravilhoso e caríssimo, que só os ricos podiam ter. Muito rapidamente, porém, perceberam-se as incriveis possibilidades de um sistema de comunicação a distância. Começaram, então, as pesquisas e experimentos destinados a aperfeiçoar o enge-

nho e torná-lo cada vez mais eficaz. Hoje em dia, ninguém duvida que o telefone seja um dos meios de comunicação mais importantes que existem. É também o mais usado, um dos mais baratos e de alcance quase ilimitado: é possível estabelecer comunicação entre pontos tão distantes como São Paulo e Tóquio ou Nova York e Madri, como se os interlocutores estivessem frente a frente. Essa aproximação tanto pode traduzir-se por uma despretenhosa conversa entre amigos como por um decisivo contato entre presidentes de dois países distantes ou, ainda, como um animado "papo" eletrônico entre dois computadores que trocam informações entre si.

Um sistema telefônico moderno compõe-se, basicamente, de um conjunto de aparelhos terminais (os telefones dos assinantes) que se liga a uma estação central por meio de cabos. Na central estão os equipamentos necessários para se estabelecer a comunicação entre dois telefones. No entanto, cada central só pode trabalhar com um número limitado de assinantes.

Além disso, os cabos metálicos, ainda imprescindíveis à intercomunicação entre os aparelhos telefônicos, têm seu desempenho limitado a uma certa extensão. Por esse motivo, é preciso dispor várias centrais telefônicas ao longo das linhas para cobrir uma determinada área geográfica.

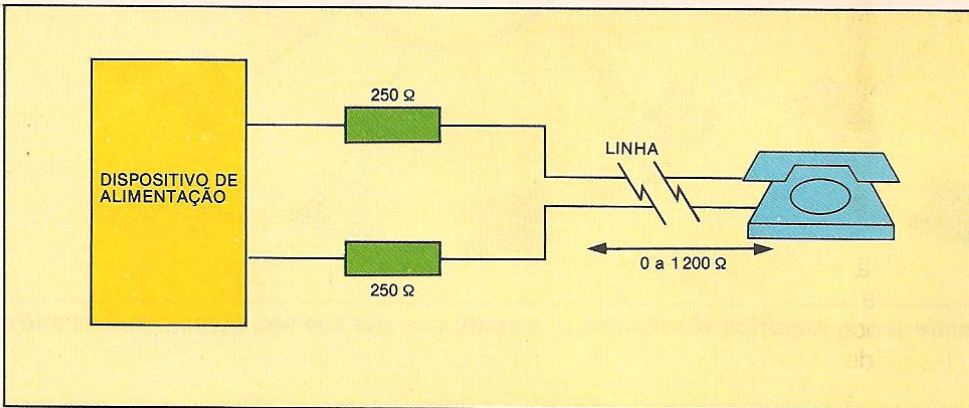


ACIMA: aspecto interno de um telefone a disco, com suas diversas partes.

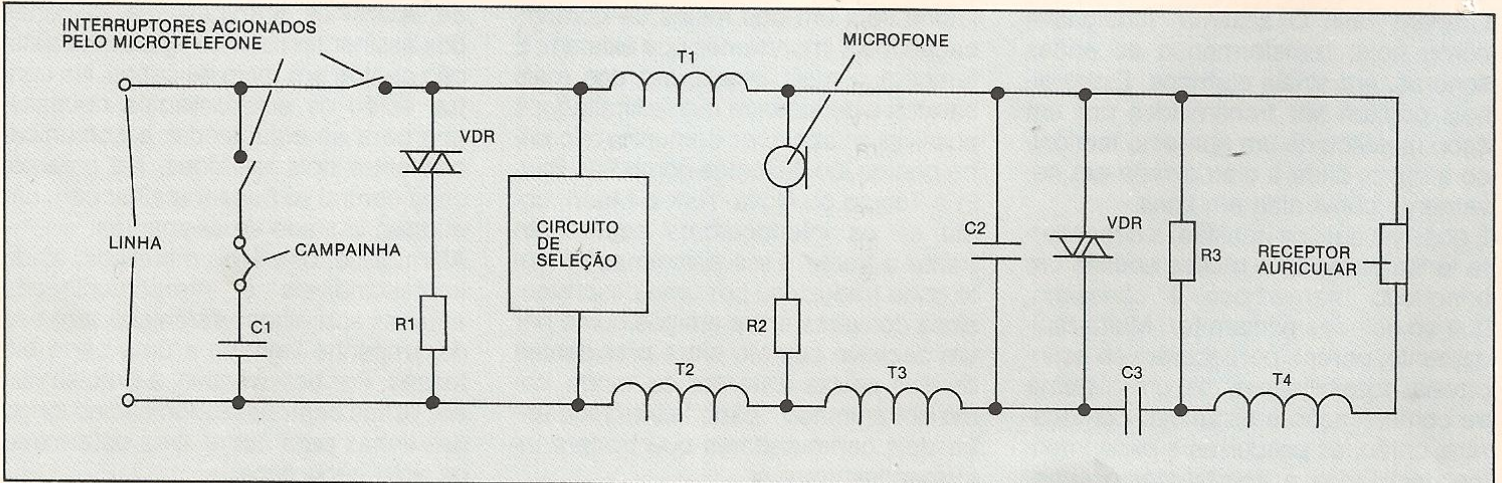
Modernamente, essas centrais podem ligar-se entre si por cabos telefônicos (formados por muitos condutores agrupados dois a dois), por cabos coaxiais ou por comunicação radiofônica na frequência das microondas. Essa maravi-

hosa tecnologia refere-se mais evidentemente às centrais telefônicas, embora haja também uma grande diferença entre os antigos telefones a magneto ou a bateria local e os avançadíssimos aparelhos eletrônicos já existentes nos

ABAIXO: sistema utilizado para enviar a corrente de alimentação ao telefone.



ABAIXO: esquema elétrico de um telefone convencional.



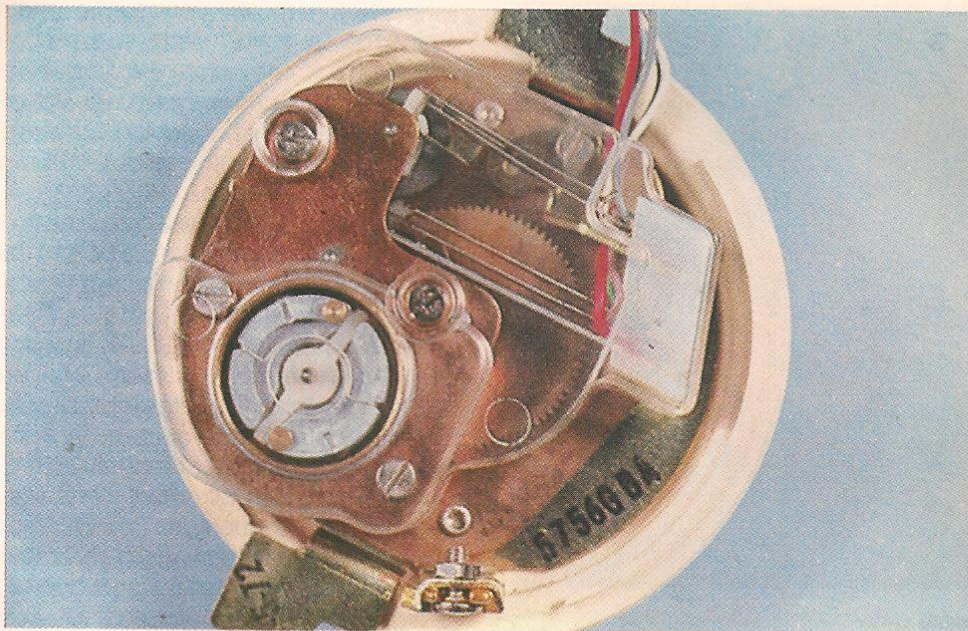
dias de hoje. Mas, as mudanças ocorrem tão rapidamente que os velhos telefones ainda eram usados até algumas décadas atrás. Para que o sistema funcionasse, a pessoa devia girar uma manivela para, assim, gerar uma corrente alternada. Essa corrente transformava-se em sinal óptico (acendimento de uma lâmpada), acústico (toque de uma campainha) ou misto (acendimento da lâmpada e toque da campainha ao mesmo tempo) perceptíveis na central. Percebendo o sinal (ou sinais), a telefonista completava a ligação entre os dois assinantes.

No caso das centrais telefônicas de nossos dias, o processo é totalmente automático: a pessoa pode chamar diretamente o telefone desejado apenas discando ou teclando o número do aparelho telefônico em questão.

Um aparelho telefônico compõe-se de um circuito de conversação, um circuito de seleção e uma campainha. O **circuito de conversação** está ligado a dois terminais de linha. Quando o fone é retirado do gancho, uma corrente elétrica contínua chega ao circuito. A intensidade dessa corrente vai depender tanto do comprimento como da resistência dos fios utilizados no cabo telefônico.

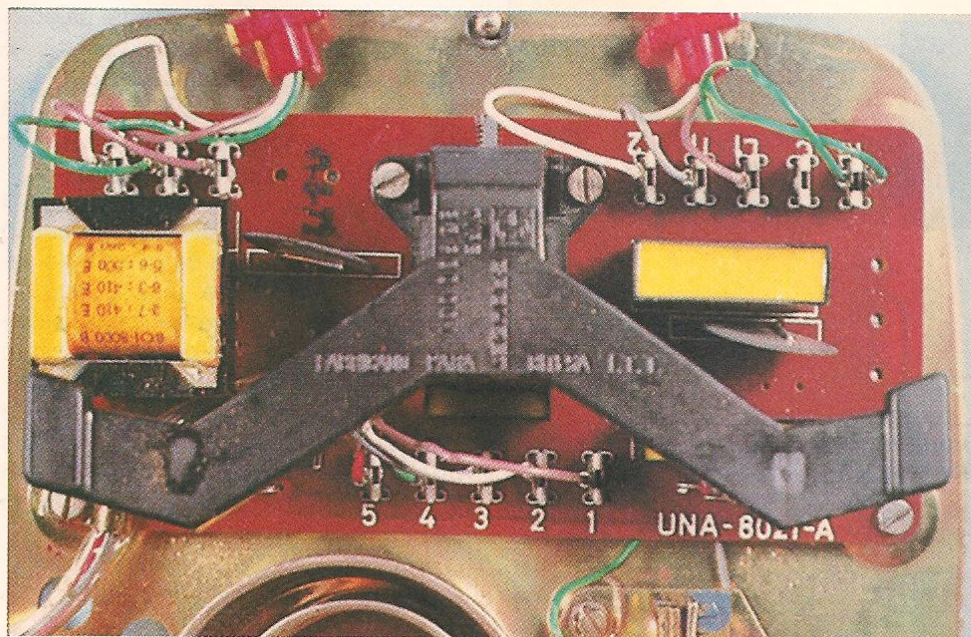
Geralmente, as centrais suportam tensões de alimentação entre 24 e 28 V e uma margem de corrente de 20 a 100 mA, o que supõe uma resistência máxima de 2400 Ω e uma resistência mínima de 500 Ω. Este último valor, que é chamado "ponte de alimentação", representa a resistência de um circuito em série com a fonte de alimentação da bateria central.

Subtraindo-se o valor mínimo de 500 Ω daquele obtido na linha de máximo comprimento (2400 Ω), obtém-se 1900



ACIMA: detalhe do circuito de conversação montado num circuito impresso.

ABAIXO: detalhe do disco de seleção visto por dentro.



Ω , que representa o valor máximo admissível para a resistência dos cabos. Costuma-se usar cabos de, no máximo, 4,2 km de comprimento por 0,4 mm de diâmetro, correspondendo a uma linha telefônica de 1200 Ω .

A corrente de linha percorre os dois enrolamentos primários do transformador telefônico ou transformador "híbrido". Uma pequena fração da corrente circula pelo enrolamento de outro transformador, precedente ao híbrido, e por um resistor, de modo a compensar o circuito. Dessa forma, quando se fala ao microfone do telefone, produzindo o sinal de áudio correspondente, geram-

se campos magnéticos iguais, mas de sentidos contrários, entre os dois enrolamentos primários e o enrolamento seguinte.

Com isso, impede-se a transmissão de energia ao enrolamento secundário ligado ao circuito do receptor ou auricular. Como consequência, evita-se também o chamado efeito local, que é a escuta da própria voz durante a conversação telefônica (em inglês, **sidetone**). Quando, por um defeito qualquer do telefone, ocorre o efeito local, a pessoa que está falando tende a reduzir automaticamente o tom de voz, piorando ainda mais a qualidade da transmissão.

Como se faz a ligação entre os aparelhos telefônicos e a central?

Uma linha de transmissão, formada por um par de condutores chamados cabos telefônicos, liga cada um dos telefones à estação central.

Com que tipo de corrente elétrica funciona o telefone?

Com uma corrente contínua que vem da central pelo cabo telefônico.

Como são transmitidos pela linha telefônica os sinais do bocal e do auscultador do telefone?

Um transformador "híbrido" recebe e combina os dois sinais, utilizando para este fim uma conexão especial de seus enrolamentos.

Os sinais ficam atenuados enquanto percorrem a distância entre dois pontos de comunicação?

Sim. O comprimento da linha influi no nível dos sinais, devido à resistência dos condutores e à capacidade e indutância existente entre eles.

Como funcionam o disco e o teclado de seleção por pulsos?

Abrindo e fechando a extremidade da linha tantas vezes quantas forem as indicadas pelo número selecionado, com uma frequência de 10 Hz.

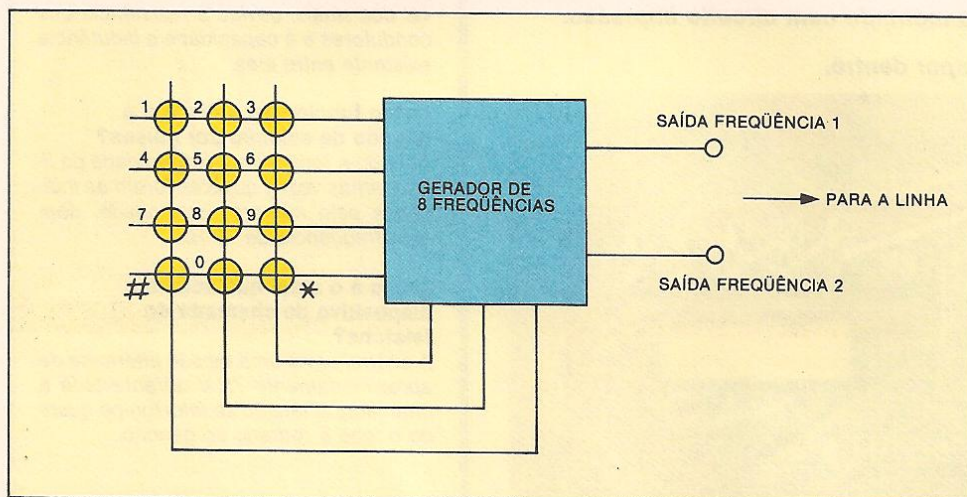
Como é o sinal que aciona o dispositivo de chamada do telefone?

A central envia uma tensão alternada de aproximadamente 75 V durante toda a chamada. A tensão se interrompe quando o fone é retirado do gancho.

Os sinais elétricos, gerados pela emissão de voz no bocal do telefone que inicia a ligação, são amplificados e conduzidos pelos cabos aos enrolamentos do aparelho receptor. Os enrolamentos transmitem os sinais elétricos ao circuito auricular (fone do auscultador). Esses sinais passam pelas bobinas de minúsculos eletroímãs e fazem variar a intensidade do magnetismo. O diafragma disposto à frente dos eletroímãs faz vibrar o ar, reproduzindo, assim, os sons originários do telefone transmissor. Aqui, como no bocal, a corrente elétrica é neutralizada, de modo a evitar perdas de energia e o efeito local.

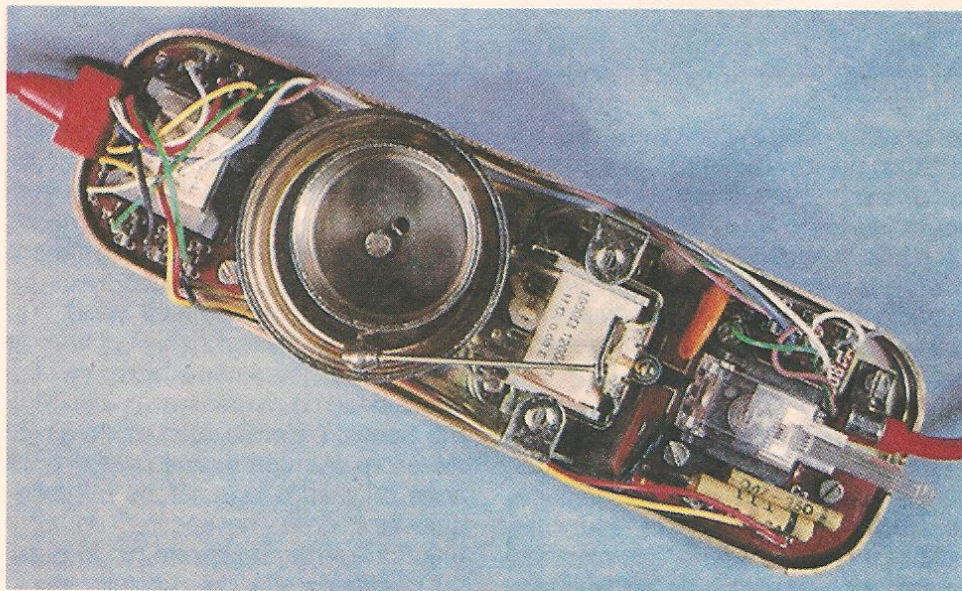


ACIMA: modelo compacto de telefone a disco.



ACIMA: princípio de funcionamento do telefone a multifrequência; pressionando-se uma tecla, dois sinais de frequência diferentes chegam à linha.

ABAIXO: interior do telefone compacto mostrado acima. Observa-se uma maior densidade de componentes, devido às suas dimensões reduzidas.



Nos telefones de concepção mais avançada, a tendência é substituir o antigo circuito de conversação por outro eletrônico, com amplificadores incorporados. Esses dispositivos eliminam totalmente a necessidade de um transformador híbrido.

Existem duas variantes de **circuitos de seleção**, conforme o tipo de central utilizado no sistema telefônico: o sistema de pulsos e o sistema de multifrequência. O sistema de pulsos pode operar com um disco convencional ou com um teclado. Cada vez que se gira o disco dos números ou se pressiona uma tecla do telefone, um impulso elétrico transmite-se ao cabo telefônico, com uma frequência de 10 Hz. Por exemplo, se for selecionado um 7, sete impulsos serão transmitidos pela linha, gerando uma onda quadrada. O nível superior dessa onda é de 24 ou 48 V (dependendo da central) e o inferior é de 0 V ou valores próximos.

No caso do teclado é possível selecionar todos os números consecutivamente, na velocidade desejada. O circuito eletrônico do teclado memoriza os números para depois enviá-los à linha na frequência correta.

O sistema de multifrequência opera sempre com teclado. A compressão das teclas envia para cada número selecionado uma série bitonal de frequências diversas. Desse modo, quando se tecla o número de um assinante qualquer, transmite-se ao longo da linha, até a central, uma sucessão de frequências breves. A duração dessas frequências é interpretada pela central para efetuar a ligação com o número telefônico desejado.

O **circuito da campainha** é simples. Consiste essencialmente de um capacitor que bloqueia a corrente elétrica contínua em série com a própria campainha. Normalmente, a campainha é uma bobina com núcleo magnético. As correntes de chamada saem da central, obedecendo à seleção feita no disco ou teclado de um telefone, e chegam ao número desejado sob a forma de sinais elétricos de 75 V. Os sinais atingem imediatamente o capacitor da bobina da campainha. Isso produz oscilações de uma estrutura semelhante a uma armadura, ligada a um martelinho que golpeia duas sinetas de metal e faz o telefone "tocar". Levantando-se o fone, abre-se o circuito da caixa de comunicações e interrompe-se a série de sinais, silenciando o telefone.

O TOCA-DISCOS

Embora tenha construção e funcionamento simples, o toca-discos é de fundamental importância para a perfeita decodificação dos sinais gravados nos sulcos dos discos fonográficos.

O toca-discos é um aparelho elétrico impulsionado por um dispositivo que o força a girar constante e regularmente. Esse movimento giratório transmite-se aos discos fonográficos postos sobre seu prato. A função do toca-discos é reproduzir as informações sonoras contidas nos sulcos do disco, transformando-as em sinais elétricos. Para isso, é necessário que todos os componentes do equipamento trabalhem harmonicamente. Tais componentes são:

- Cápsula
- Braço
- Prato
- Motor e peças de tração
- Sistema de suspensão.

A **cápsula** é um elemento essencial a uma boa reprodução fonográfica. Sua função é transformar as ondulações verticais e horizontais dos sulcos dos discos em sinais elétricos correspondentes. Mais tarde, esses sinais são adequadamente amplificados e transformados em vibrações sonoras. É por isso que a cápsula é chamada de **transdutor** eletromecânico do toca-discos. As informações referentes aos sons estão gravadas na superfície dos sulcos do disco em disposição espiralada. Cada sulco é percorrido longitudinalmente pela agulha, que descreve um



ACIMA: o toca-discos, também chamado simplesmente de prato, é a parte da vitrola que reproduz as informações contidas nos sulcos dos discos fonográficos.

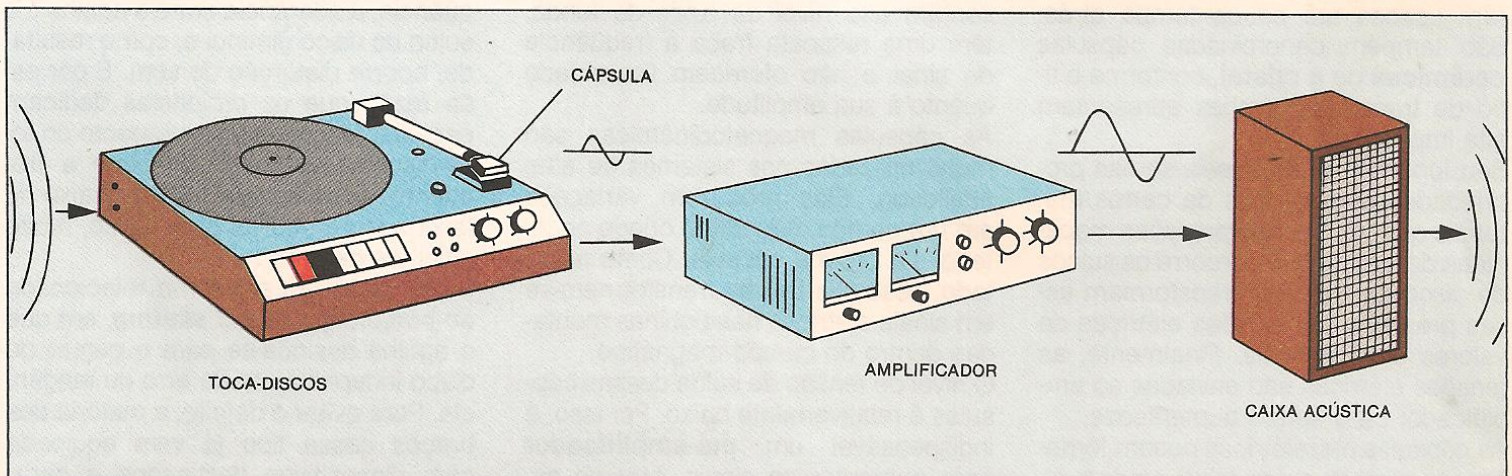
movimento radial da periferia para o centro do disco.

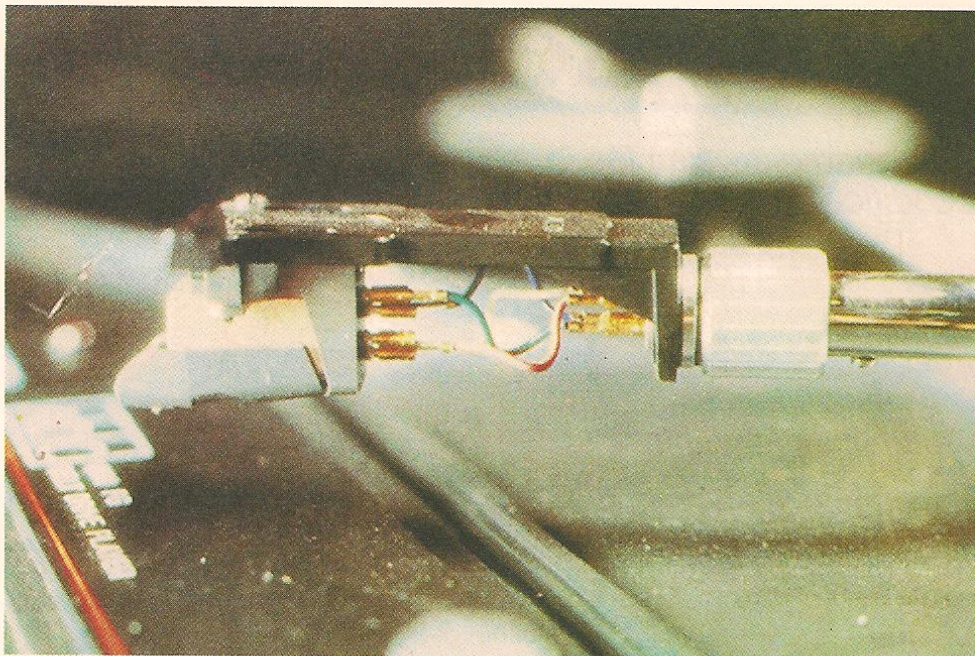
Dependendo do tipo de modulação dos sulcos, os discos podem ser classificados em monofônicos ou monaurais e estereofônicos ou binaurais. Nos discos monaurais, os sulcos são gravados com variações apenas na largura ou

somente na profundidade, registrando um único canal de áudio. Os discos estereofônicos apresentam sulcos gravados simultaneamente com variações horizontais e em profundidade, registrando dois canais de áudio.

Existem vários tipos de cápsula, e cada uma delas tem um princípio de funcio-

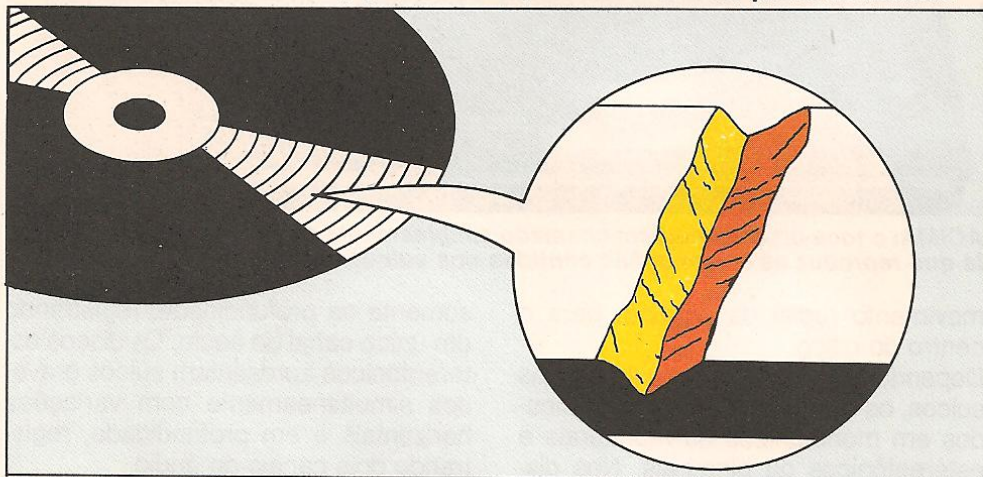
ABAIXO: o sinal recebido pela cápsula (cabeça) é enviado a um amplificador e, depois, a um sistema de alto-falantes que o transforma em vibrações sonoras.





ACIMA: a cápsula é um elemento vital a qualquer sistema de som: ela transforma as informações contidas nos sulcos dos discos fonográficos em sinais elétricos.

ABAIXO: sulco de um disco, que varia em profundidade e no plano horizontal.



namento diverso. Entre os tipos mais usados destacam-se as cápsulas **piezelétricas** e as **magnetodinâmicas**. As primeiras são as mais antigas e foram usadas até pouco tempo atrás. São também denominadas cápsulas **cerâmicas** ou **a cristal**, conforme o tipo de transdutor; ambas apresentam alta impedância.

Seu funcionamento baseia-se nas propriedades piezelétricas de certos materiais que, recebendo pressões mecânicas da agulha que percorre os sulcos do disco fonográfico, transformam essas pressões em tensões elétricas de valores proporcionais. Finalmente, as tensões elétricas são enviadas ao amplificador para serem aumentadas.

As cápsulas piezelétricas podem fornecer um nível de saída relativamente al-

to quanto à tensão. Além disso, são insensíveis aos campos magnéticos externos e ainda oferecem a vantagem do baixo custo. Por outro lado, apresentam alto nível de ruído de fundo, têm uma resposta fraca à frequência do sinal e não oferecem linearidade quanto à sua amplitude.

As cápsulas magnetodinâmicas são muito utilizadas nos sistemas de alta-fidelidade. Elas produzem variações em um campo magnético criado no interior da própria cápsula. Como resultado, essas variações transformam-se em sinais elétricos nas bobinas montadas dentro do campo magnético.

O nível de tensão de saída dessas cápsulas é relativamente baixo. Por isso, é indispensável um **pré-amplificador** para aumentar os sinais. Mesmo as-

sim, as cápsulas magnetodinâmicas têm uma boa resposta de frequência e um baixo nível de ruído de fundo.

O **braço** é o suporte da cápsula. Tem a função de mantê-la constantemente em contato com os sulcos do disco, garantindo com seu peso uma "leitura" satisfatória dos sinais sonoros. Por esse motivo é elemento de grande importância na determinação da qualidade — boa ou má — da leitura.

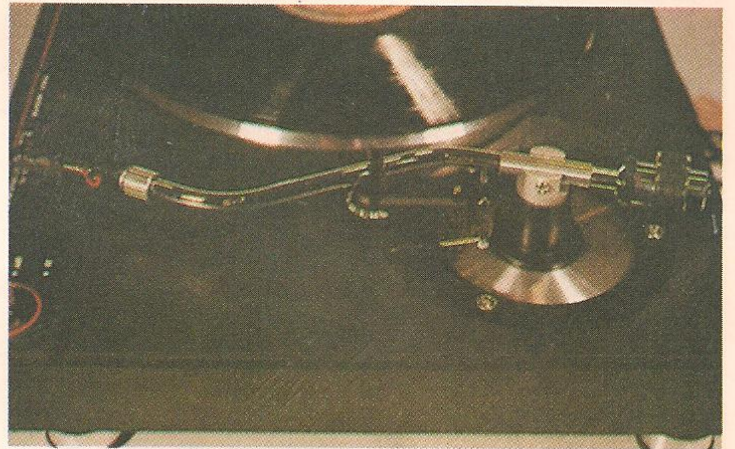
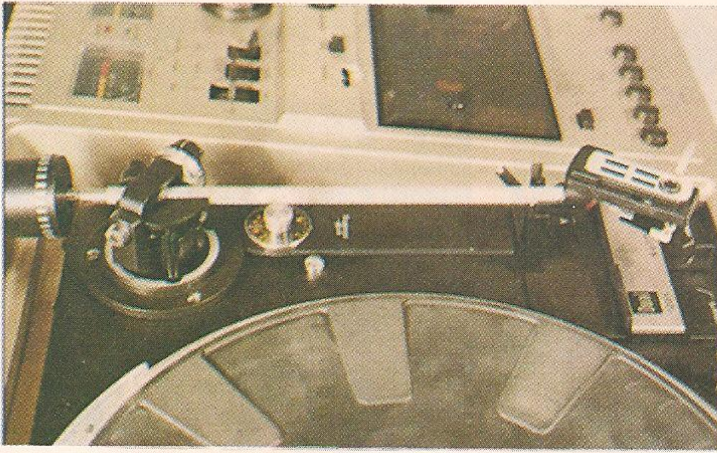
O braço é geralmente construído com materiais não-magnéticos, que devem ser também muito rígidos. A rigidez impede que as vibrações vindas do exterior atinjam a cápsula. O formato do braço também é de grande importância. Uma forma inadequada aumenta a possibilidade de **erro de tangência**, de **ângulo de leitura** e de **frequência de ressonância**.

Configura-se um **erro de tangência** quando a agulha percorre os sulcos do disco pressionando desigualmente seus lados. Este defeito pode ser evitado providenciando-se para que o eixo do braço fique tangente à circunferência que passa pelo ponto tocado naquele momento pela ponta da agulha. Caso contrário, a agulha se apoiará sempre mais sobre um dos lados do sulco do que do outro.

O **ângulo de leitura** é formado pelo eixo do braço e pelo raio do disco. Varia conforme a agulha progride em direção ao centro do disco e, por isso, pode influir nos erros de tangência. Tais erros podem ser reduzidos ao mínimo nos toca-discos com braço em forma de **S**; nesses casos, o ângulo de leitura mantém-se constante nas proximidades dos 90°, qualquer que seja a faixa percorrida pela agulha.

A **frequência de ressonância** é característica do conjunto braço/cápsula. Quando o conjunto atinge essa frequência, a aderência entre a agulha e o sulco do disco diminui e, como resultado, ocorre distorção do som. É por essa razão que os projetistas dedicam especial atenção a esse aspecto do toca-discos, cuidando para que a frequência fique sempre muito abaixo da faixa sonora audível e, portanto, muito difícil de detectar.

Finalmente, um problema relacionado ao braço/cápsula é o **skating**, em que a agulha desloca-se para o centro do disco independente de erro de tangência. Para evitar o defeito, a maioria dos braços desse tipo já vem equipada com dispositivos destinados a gerar



ACIMA: dois tipos diferentes de braço: o da esquerda é completamente reto, enquanto o da direita descreve uma curva em forma de S. Este último é considerado pelos especialistas como o mais adequado para uma perfeita reprodução sonora.

forças atuantes em sentido contrário ao deslizamento do braço (são os dispositivos chamados **antiskating**), isto é, em sentido centrífugo.

O conjunto **prato/motor** tem como finalidade fornecer um suporte seguro ao disco e imprimir a ele uma velocidade de rotação adequada à sua reprodução. É fundamental que a velocidade de rotação do prato seja igual à que foi usada para a gravação do disco e que se mantenha constante durante toda a reprodução.

Atualmente, os motores mais comumente usados nos toca-discos são os **síncronos** e os de **corrente contínua**. O motor síncrono garante uniformidade

e estabilidade à rotação do prato, graças ao sincronismo entre esta e a frequência da corrente elétrica que faz o motor funcionar.

Mesmo assim, os toca-discos de motor síncrono vêm equipados com um circuito que produz uma frequência de referência muito estável, superior à da corrente da rede. Com isso, é possível fazer uma regulagem "fina" da velocidade de rotação do prato com a ajuda de um controle eletrônico, que varia levemente a frequência de referência.

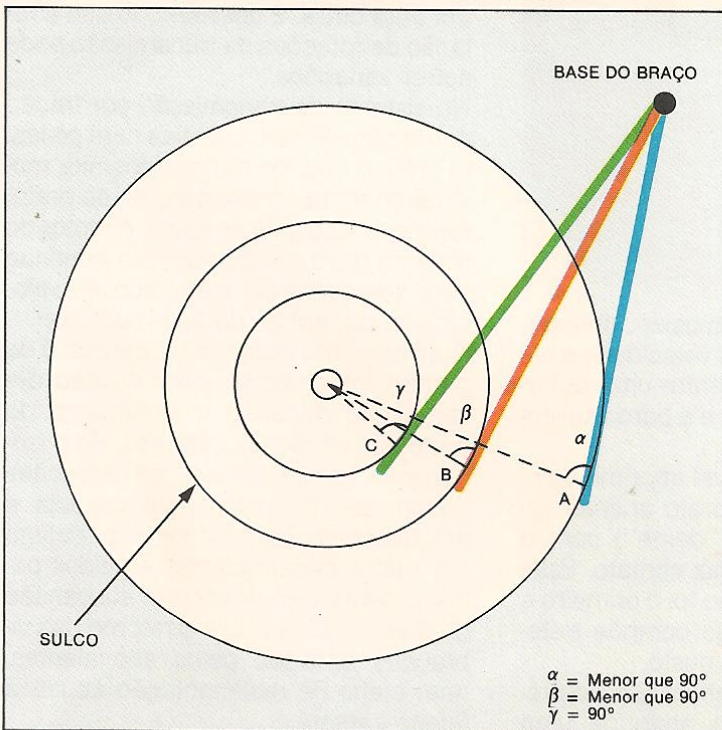
O motor de corrente contínua é o que melhor se adapta ao **servocontrole**. Esse dispositivo compõe-se de um **sensor-tacômetro** que analisa cons-

tantemente a velocidade de rotação do prato e corrige as distorções, utilizando-se de tensões proporcionais aplicadas a um circuito onde são comparadas a um sinal de referência.

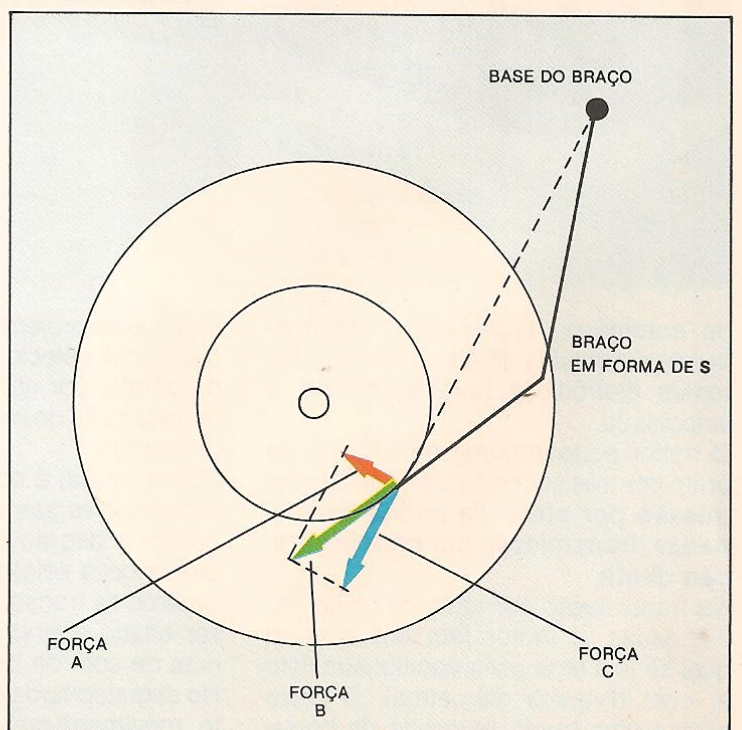
Depois de fazer a comparação, o dispositivo de correção emite um sinal que é amplificado e em seguida aplicado ao motor para corrigir eventuais desvios da velocidade nominal. Da mesma forma como ocorre no modelo síncrono, aqui também é possível fazer uma regulagem "fina" da velocidade de rotação do prato.

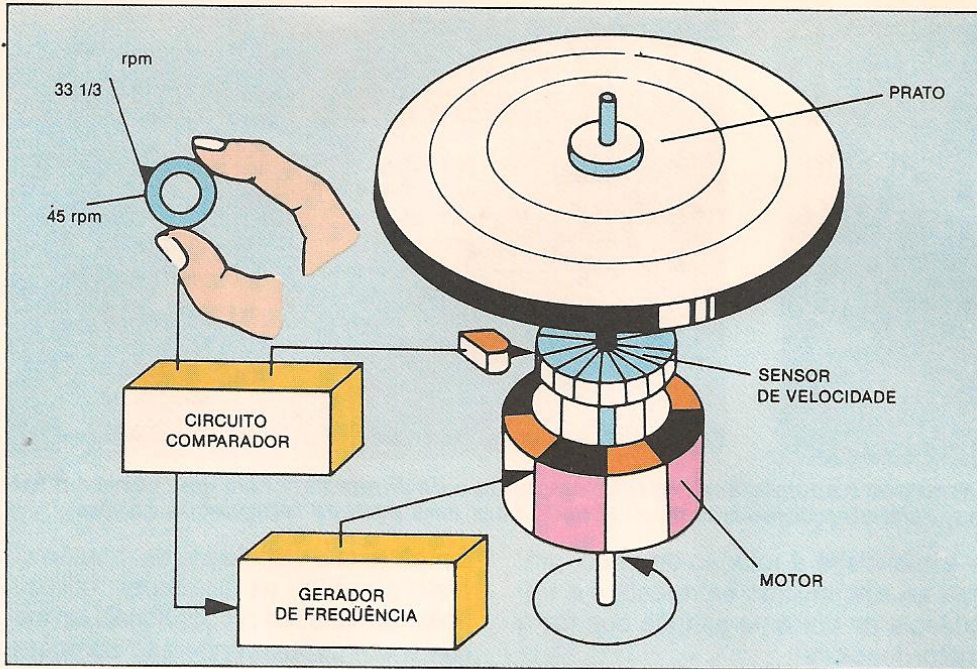
O prato move-se impulsionado pelo motor, e seu funcionamento pode ser considerado análogo ao de um volante

ABAIXO: somente no ponto C não ocorre um erro de tangência, pois o braço fica tangente ao sulco do disco.



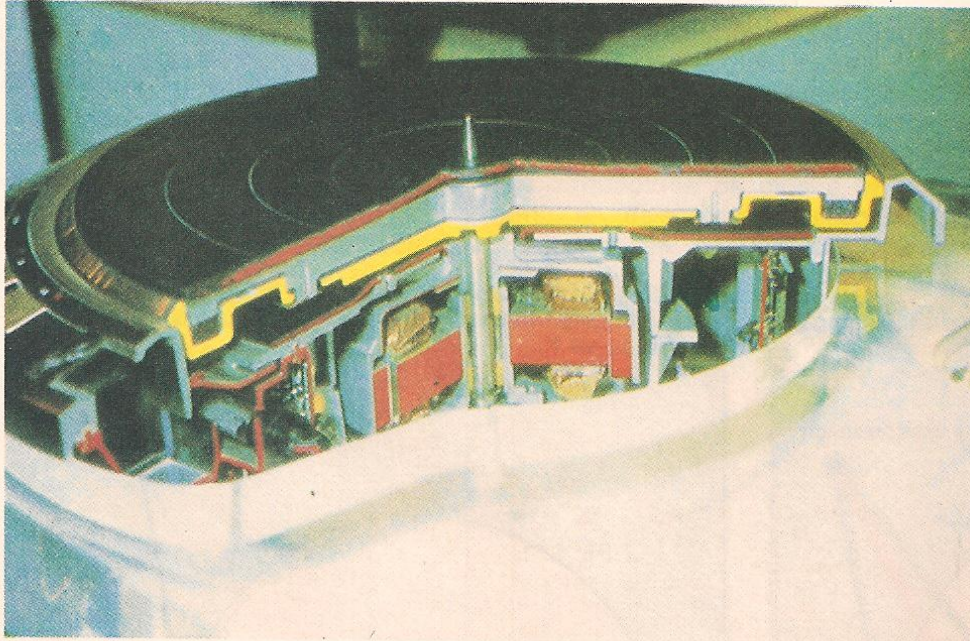
ABAIXO: o deslocamento lateral do braço (skating) tende a levá-lo para o centro do disco e é mais comum nos braços em forma de S.





ACIMA: funcionamento de um motor de corrente contínua servocontrolado.

ABAIXO: abertura parcial do prato de um toca-discos, feita especialmente para mostrar os elementos internos que compõem o conjunto prato/motor.



de automóvel: sua massa uniformemente distribuída colabora com os sistemas eletrônicos para estabilizar a velocidade.

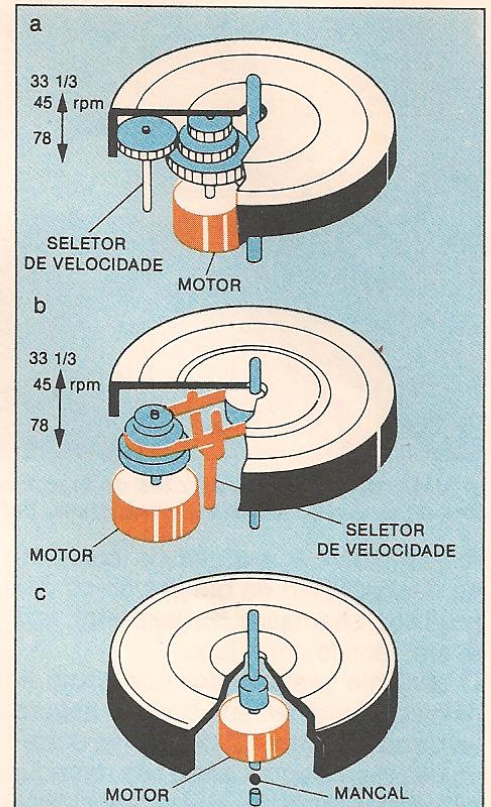
O motor pode imprimir movimento ao prato por três sistemas distintos: **transmissão por atrito de polias escalonadas, transmissão por correia e tração direta.**

Na transmissão por atrito de polias escalonadas, o motor tem um eixo no qual se fixa uma polia escalonada (isto é, com diversos diâmetros). O prato possui uma borda revestida de borra-

cha que se projeta para baixo. Uma terceira polia seleciona a velocidade e faz o contato, por atrito, entre uma determinada polia do motor e a borda saliente do prato.

Dessa forma, é possível imprimir velocidades diversas ao prato apenas variando o degrau (ou "dente") com o qual a polia seletora faz contato. Esse sistema de transmissão foi o primeiro a ser usado e ainda hoje compõe sistemas de som de baixo custo.

No segundo tipo de transmissão, o prato movimenta-se pela ação de uma



ACIMA: sistemas de transmissão dos toca-discos: a) por atrito; b) por correia; c) por tração direta.

correia. Para que isso aconteça, a correia é enrolada em uma das polias de um grupo escalonado (de vários diâmetros) que se fixa ao eixo do motor. A seleção da velocidade de rotação do prato é realizada por um garfo que se desloca constantemente e, assim, obriga a correia a passar ora para uma polia, ora para outra. É desse modo que a relação de rotações da transmissão pode sofrer variações.

No sistema de transmissão por tração direta não existem correias nem polias. O próprio eixo do motor transmite movimento rotatório diretamente ao prato. Para que isso seja possível, o motor do sistema deve ser de corrente contínua com servocontrole eletrônico de velocidade, ou, então, do tipo multipolar.

Num conjunto assim, a suspensão é de grande importância, pois de seu desempenho depende o isolamento do prato das vibrações externas. Se o isolamento for imperfeito, as vibrações podem ser captadas pela cápsula e amplificadas, traduzindo-se o defeito por ruídos desagradáveis emitidos pelos alto-falantes. A correta suspensão do prato evita também o retorno das vibrações emitidas pelos alto-falantes, num efeito de realimentação acústica (efeito Larsen).