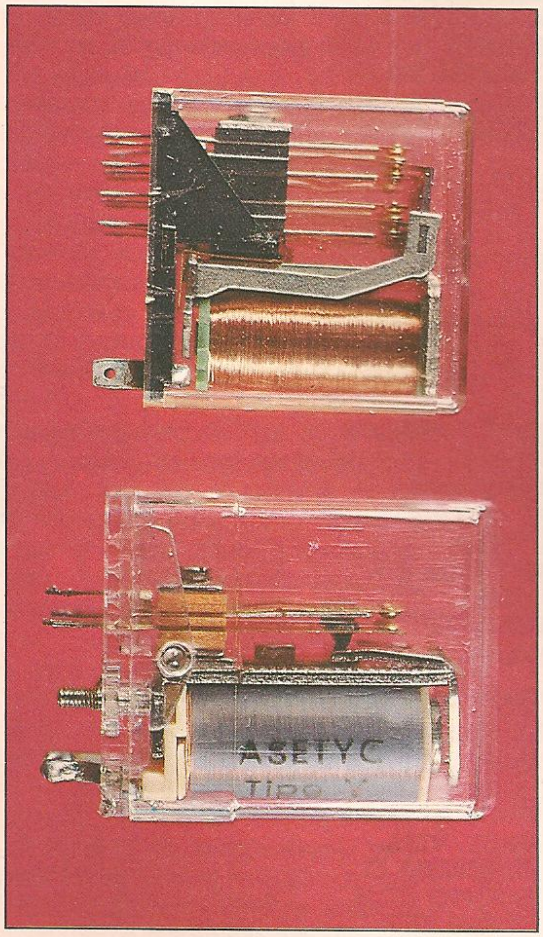
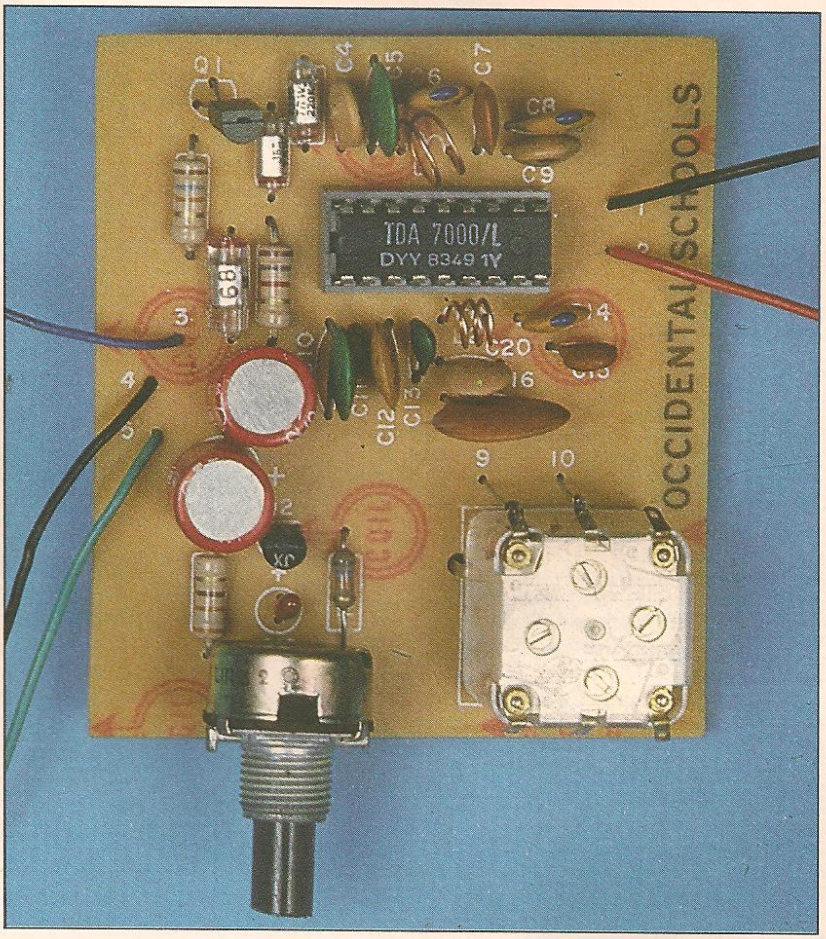
ELETRÔNICA

20 PASSO A PASSO Cr$ 2.550

Abril Cultural





COMPONENTES

O RELÊ

MONTAGEM

INSTALAÇÃO ELÉTRICA DO AUTOMÓVEL

WALK-MAN

INSTRUMENTAÇÃO

O OSCILOSCÓPIO

GRANDE CONCURSO
O SELO VALE MILHÕES
Abril Cultural Abril Cultural Abril Cultural
Colecione fascículos
O patrimônio cultural de sua família

Promoção válida somente no território brasileiro

O RELÊ (2)

Neste capítulo, analisaremos os diferentes tipos de relês à disposição no mercado: os de uso industrial, os miniaturizados, os telefônicos e os tubulares.

Diante da diversidade de aplicações existente no campo dos relês, foi desenvolvida uma grande variedade de tipos, cujas características procuram atender às exigências específicas de cada utilização.

Os relês de **aplicação industrial,** de uso geral em médias potências, são resistentes, com contatos adequados às correntes elevadas, e têm longa duração, assegurando cerca de 10 milhões de comutações.

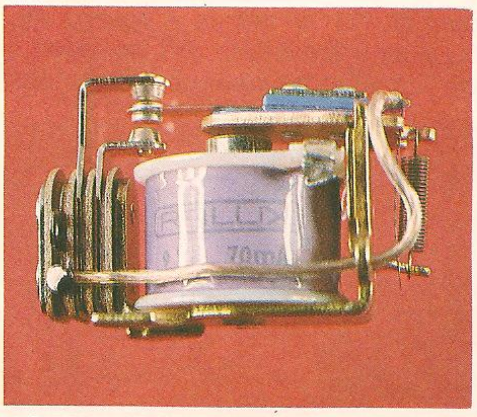
A excitação da bobina é feita com tensão alternada ou contínua, com tensões de excitação compreendidas entre 6 V e 500 V. A freqüência de comutação não ultrapassa, em geral, os 20 ciclos por segundo, ou seja, 50 milissegundos para cada comutação. Há, porém, relês capazes de comutar em alguns microssegundos.

Em determinados casos, é necessário utilizar relês de aplicação industrial com sistema de bloqueio, também chamados **biestáveis.** Esse sistema mantém o relê na última posição alcançada, mesmo quando a tensão é removida da bobina. O bloqueio pode ser realizado de dois modos: mecânico e magnético. O primeiro é feito através de um sistema de eixos giratórios, para manter os contatos na posição desejada. O bloqueio magnético é feito por um ímã que exerce a força suficiente sobre os contatos para mantê-los fechados ou abertos, dependendo da operação executada.

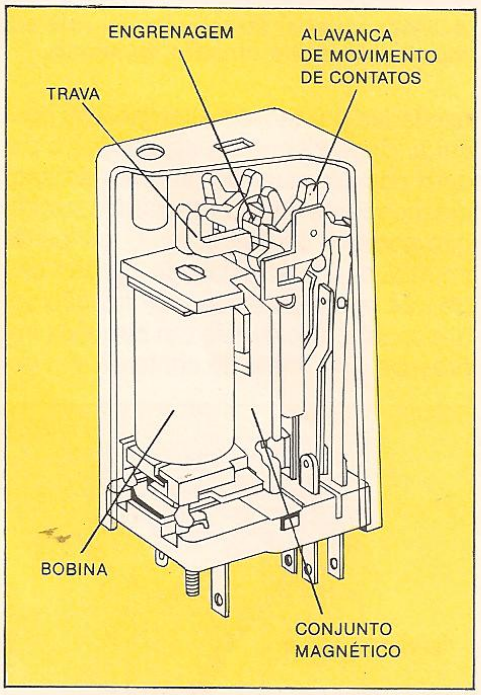
O número dos circuitos de comutação depende da sua aplicação: é muito variável, podendo ultrapassar seis contatos independentes. Os principais usos dos relês de aplicação industrial referem-se aos quadros e aparelhagens de controle.

Os relês **miniaturizados** oferecem, em relação aos anteriores, vantagens quanto às dimensões, relativamente reduzidas, e quanto à qualidade de algumas características; assim, é possível utilizar contatos para correntes de pequena intensidade ou de intensidade média até a ordem de ampères.

Nesse tipo de relê, as bobinas são projetadas especificamente para serem

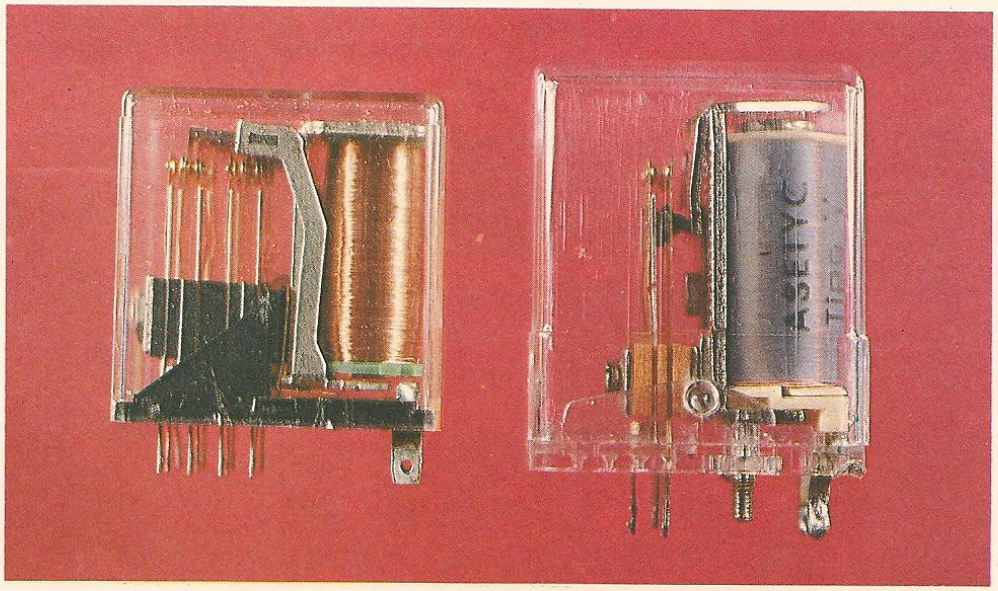


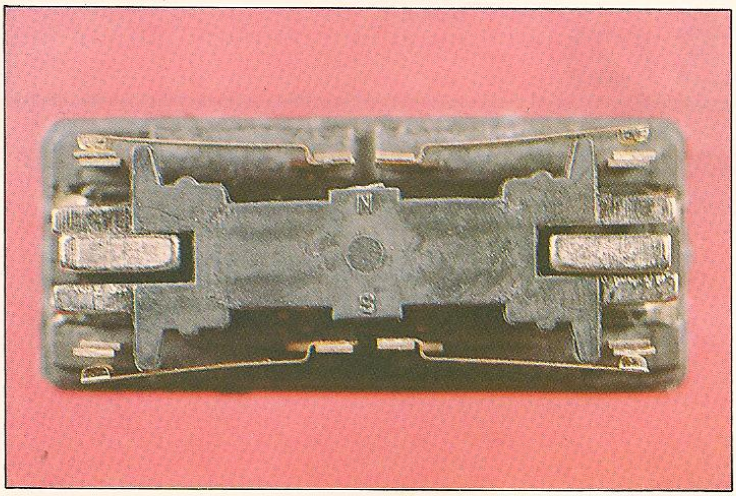
ACIMA: relê de aplicação industrial com contato para correntes intensas.



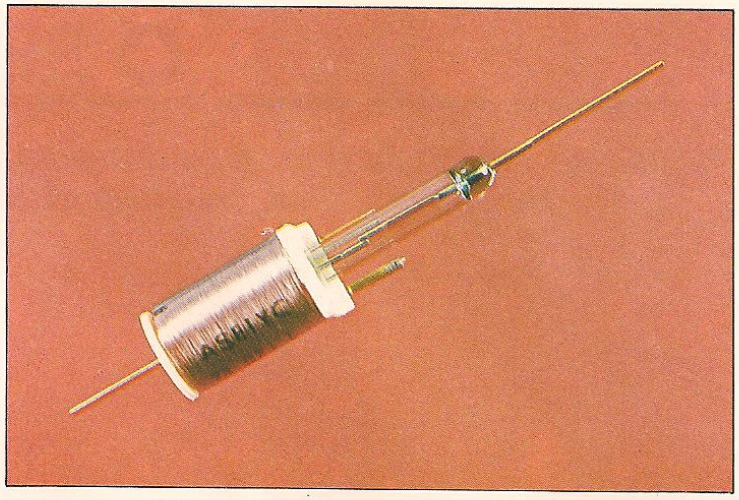
ACIMA: relê com bloqueio mecânico. Como se pode observar, o sistema de bloqueio é relativamente complexo.

ABAIXO: dois modelos diferentes de relê do tipo miniaturizado ou padrão.





ACIMA: aspecto interno de um relê achatado projetado para montagem sobre circuito impresso.



ACIMA: o relê tubular é um componente constituído pela bobina e pela ampola de vidro que contém os contatos.

excitadas por tensão alternada ou contínua, dependendo da aplicação, e podem possuir mais de um enrolamento independente. Desta maneira, a excitação pode vir de diferentes circuitos de comando. Os terminais de ligação são de três tipos: soldáveis, por fixação sobre sapata e soldáveis em circuitos impressos. O número de contatos, em geral, é superior ao dos relês de média potência.

Na categoria de relês miniaturizados, encontramos modelos com bloqueio de posição ou biestáveis, fabricados de acordo com o sistema eletromagnético. Seu funcionamento é assegurado por uma única bobina que, ao receber um impulso, faz variar a posição dos contatos e, para retomar a posição original, exige um novo impulso de polaridade contrária de tensão.

Outra versão consiste numa bobina com dois enrolamentos, que podem ser ligados de modo a produzir campos magnéticos inversos; assim, aplicando alternadamente impulsos de mesmo sinal nos enrolamentos, é possível deslocar os contatos entre duas posições estáveis.

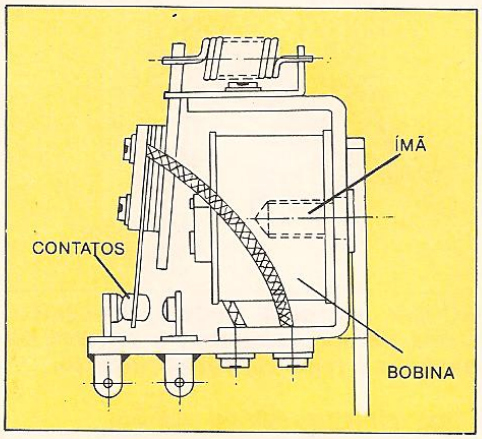
Os relês miniaturizados são empregados principalmente na interligação entre circuitos eletrônicos e sistemas elétricos e nas aparelhagens especiais de comando, controle e regulagem.

Um outro tipo, conhecido como relê **telefônico,** é caracterizado pela sua forma alongada e pela presença de alguns elementos mecânicos que permitem regular os tempos de abertura e de fechamento.

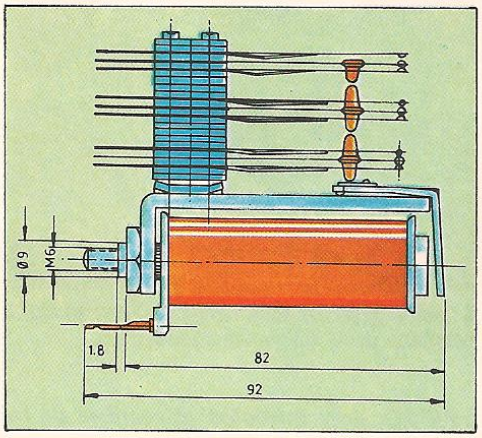
Esses relês admitem até três enrolamentos independentes, que podem ser ativados por um igual número de circuitos de comando, o que possibilita dotá-los com várias camadas de enrolamento em curto-circuito. Obtém-se, assim, uma lenta separação dos contatos.

Os relês telefônicos dispõem de contatos para correntes intensas ou não e admitem o máximo de seis circuitos de comutação. São utilizados principalmente em sistemas telefônicos e de telex e em quadros de comando.

Outra categoria de relês é constituída por modelos de dimensões muito reduzidas, projetados para serem montados sobre circuitos impressos. Têm formato achatado para que se adaptem sobre circuitos finos. São relês acionados por tensões contínuas e contêm um número variável de contatos colo-

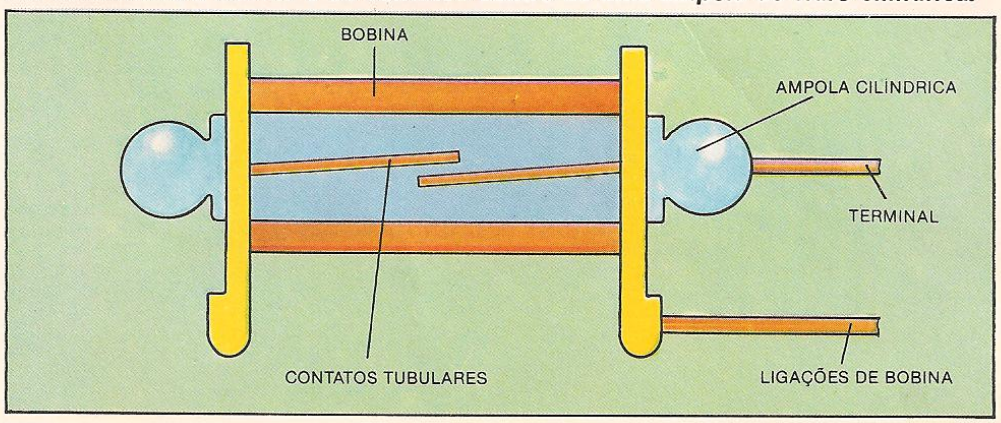


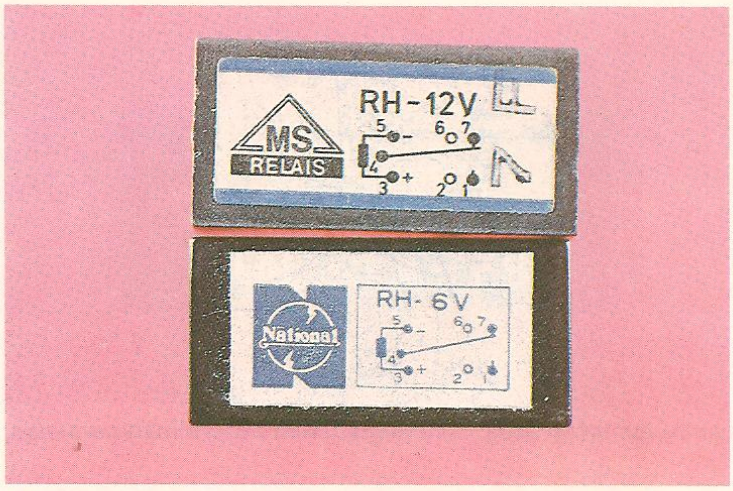
ACIMA: relê munido de ímã que produz um bloqueio magnético.



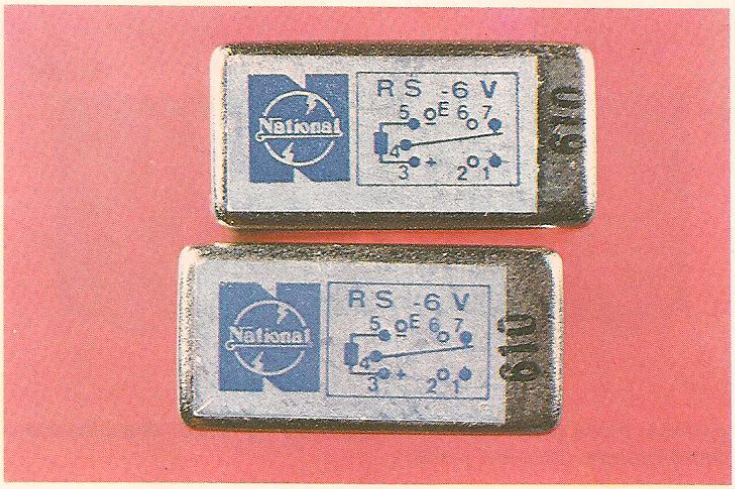
ACIMA: relê telefônico convencional; admite um número elevado de contatos.

ABAIXO: corte de um relê tubular no qual estão representados seus dois componentes essenciais: a bobina e os contatos dentro de uma ampola de vidro cilíndrica.





ACIMA: tipo de relê tubular encapsulado em um invólucro de plástico externo.



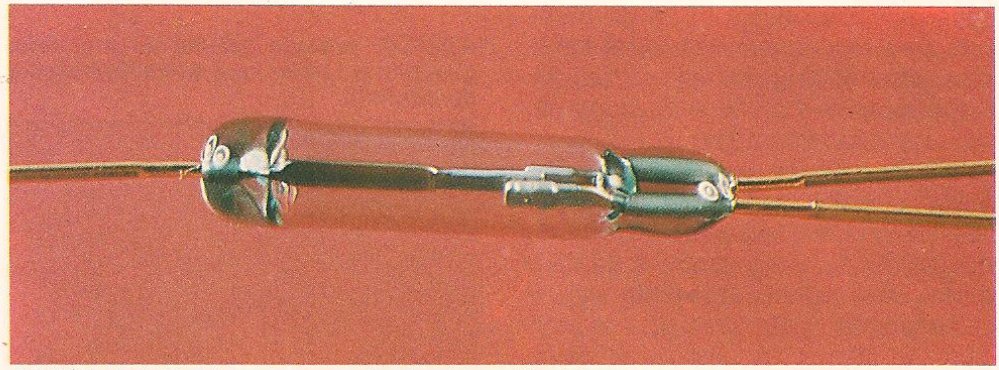
ACIMA: relê tubular encapsulado em estojo metálico que constitui uma blindagem magnética sobre os contatos.

cados, cada um deles, no interior de ampolas de vidro cilíndricas.
Por isso, são chamados de relês **tubulares** (***reed relay***, em inglês). Os contatos permitem correntes de pequena e média intensidade, comutando em tempos tão pequenos como microssegundos, e possibilitam até 100 milhões de operações, em alguns casos.

Os relês tubulares são utilizados em uma ampla variedade de aparelhagens eletrônicas, como sistemas informáticos, aparelhos de medição, de alta-fidelidade, de televisão, etc.
A estrutura de um relê tubular contém:

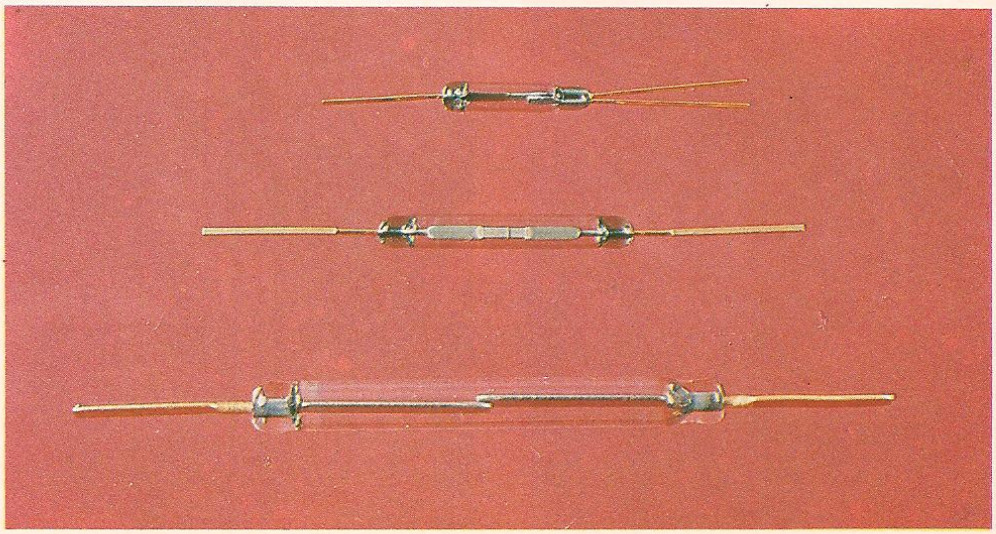
- bobina de excitação ou ímã de acionamento;
- contatos tubulares.

A bobina de excitação é uma bobina comum enrolada em torno de um suporte central oco.
Dentro desse suporte estão as ampolas de vidro cilíndricas que contêm os contatos. Como todos os outros relês já estudados, um relê tubular pode dispor de um ou mais enrolamentos independentes.



ACIMA: detalhe de uma ampola de vidro cilíndrica com contatos interruptores.

ABAIXO: vários modelos de ampolas tubulares de medidas diferentes.

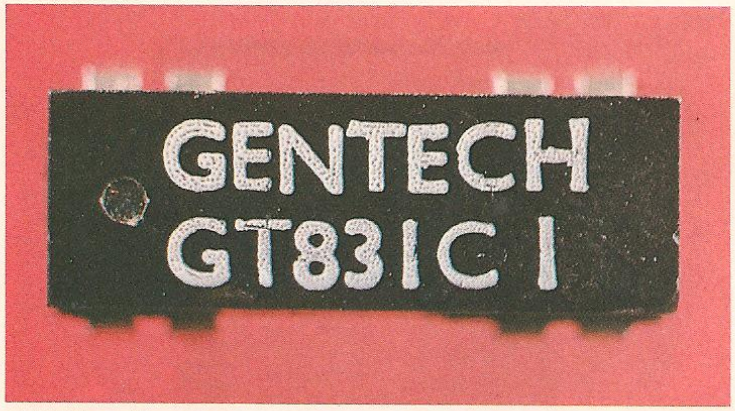


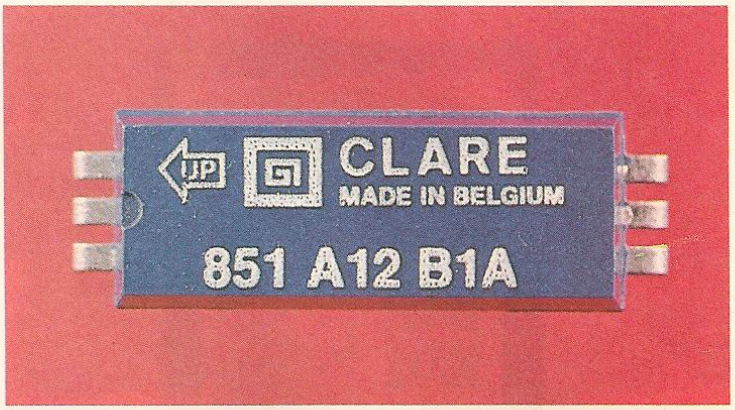
Um relê pode funcionar se aplicarmos corrente alternada em sua bobina?
Sim, mas o funcionamento será correto só nos tipos projetados para essa finalidade, detalhe que deve ser conhecido previamente consultando-se as características fornecidas pelo fabricante.

O relê biestável apresenta vantagens em relação ao convencional?
Somente nos casos em que o relê deve se manter em uma das duas posições possíveis, aberto ou fechado, durante longos períodos de tempo. Evita-se, então, a exigência de alimentar continuamente a bobina.

Que vantagens os relês tubulares apresentam em relação aos convencionais?
Apresentam maior confiabilidade, devido ao isolamento dos agentes atmosféricos, graças à cápsula de vidro hermética que protege os seus contatos.

Qual a razão de se utilizar o mercúrio em alguns modelos de relês tubulares?
Nesses modelos, o mercúrio é utilizado com a finalidade de se obter uma resistência extremamente baixa de contato e, também, para evitar que se produzam reverberações no momento em que os contatos se fecham.





ACIMA: relês tubulares encapsulados de forma semelhante à dos circuitos integrados, com dupla fileira de terminais paralelos, denominada dual em linha.

Os contatos tubulares são especialmente fabricados com material magnético, que permite a abertura e o fechamento quando se gera o campo magnético da bobina, evitando-se elementos mecânicos intermediários, como ocorre nos outros relês.

Visto que cada contato é encerrado numa cápsula hermética de vidro, ele não sofre a ação de agentes corrosivos ambientais ou da deposição de poeira. Os contatos são fabricados sob a forma de interruptores ou comutadores.

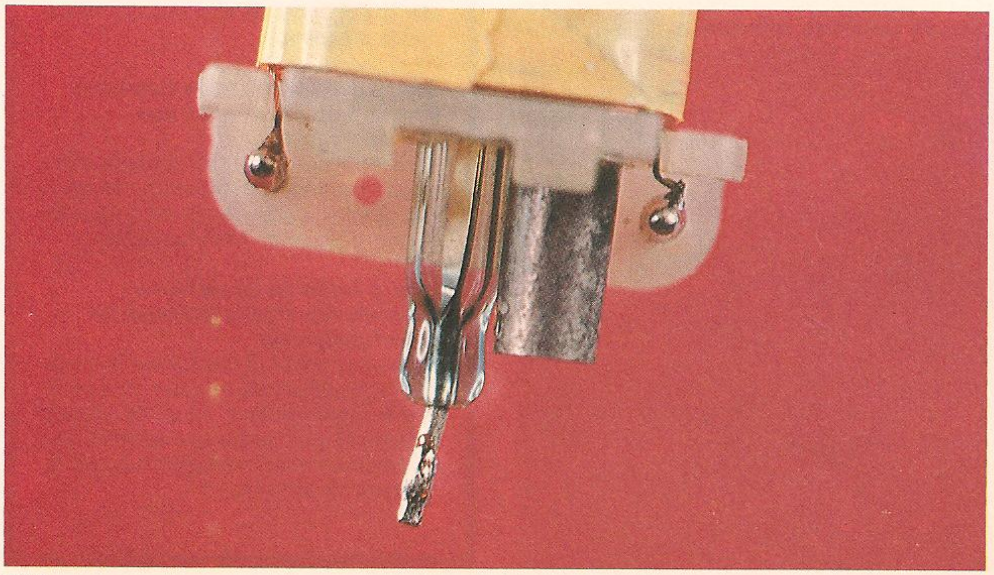
Tanto a bobina quanto os contatos podem ser fornecidos separadamente, possibilitando uma grande variedade de combinações. Nos casos em que se necessita de diferentes circuitos de contato, recorre-se a bobinas que permitam a inserção de múltiplas ampolas em seu centro.

É possível também obter relês com bloqueio ou biestáveis introduzindo-se no interior da bobina um ímã de diâmetro adequado, unido às cápsulas tubulares que ficaram livres; esse relê funciona de forma semelhante aos convencionais com bloqueio. Já que o princípio de funcionamento é a atração magnética entre os contatos, pode acontecer que campos externos suficientemente fortes provoquem o funcionamento do relê. Isso pode ser evitado utilizando-se modelos que disponham de estojo metálico externo.

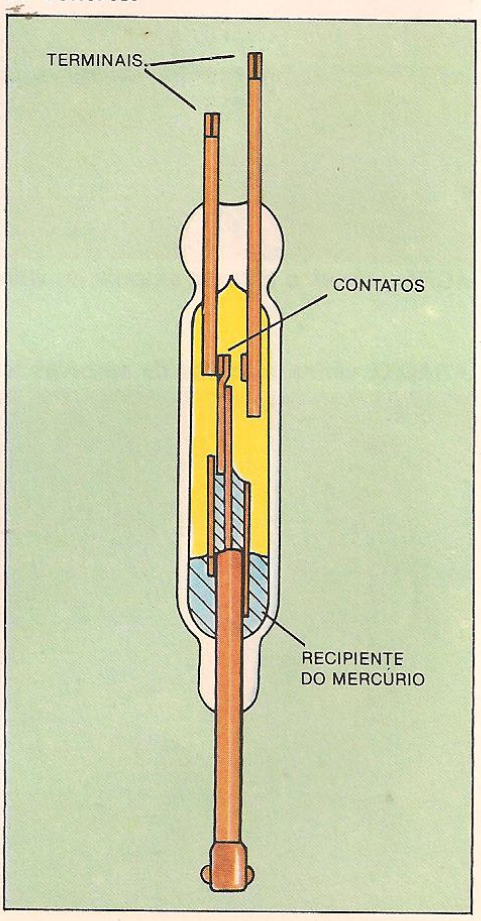
Os relês tubulares são construídos com formas e dimensões muito variadas. Podemos destacar o modelo encapsulado com dupla fileira de terminais paralelos denominado **dual em linha** (***dual in-line,*** em inglês); seu aspecto externo é muito semelhante ao dos circuitos integrados.

Existe também um tipo de relê tubular muito especial, que se distingue por seu elevado desempenho: trata-se de relê com sistema de contatos **de mercúrio.** Esse sistema apresenta a particularidade de conter uma gota de mercúrio no interior da ampola de vidro. Dependendo de sua posição, a gota de mercúrio fecha ou abre o circuito entre os contatos. Com relês desse tipo, obtém-se uma resistência de contato muito baixa (da ordem de 2 mΩ) e a ausência total de reverberações (***bouncing***, em inglês), isto é, vibrações dos contatos antes que sejam definitivamente fechados.

ABAIXO: relê tubular munido de ímã para obter um funcionamento biestável.



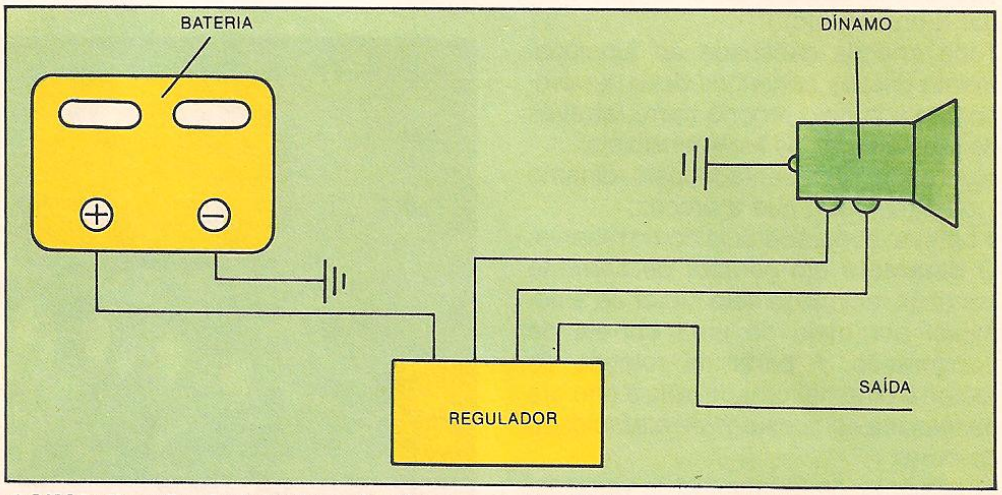
ABAIXO: cápsula tubular de mercúrio, que permite obter uma baixa resistência de contato.



INSTALAÇÃO ELÉTRICA DO AUTOMÓVEL

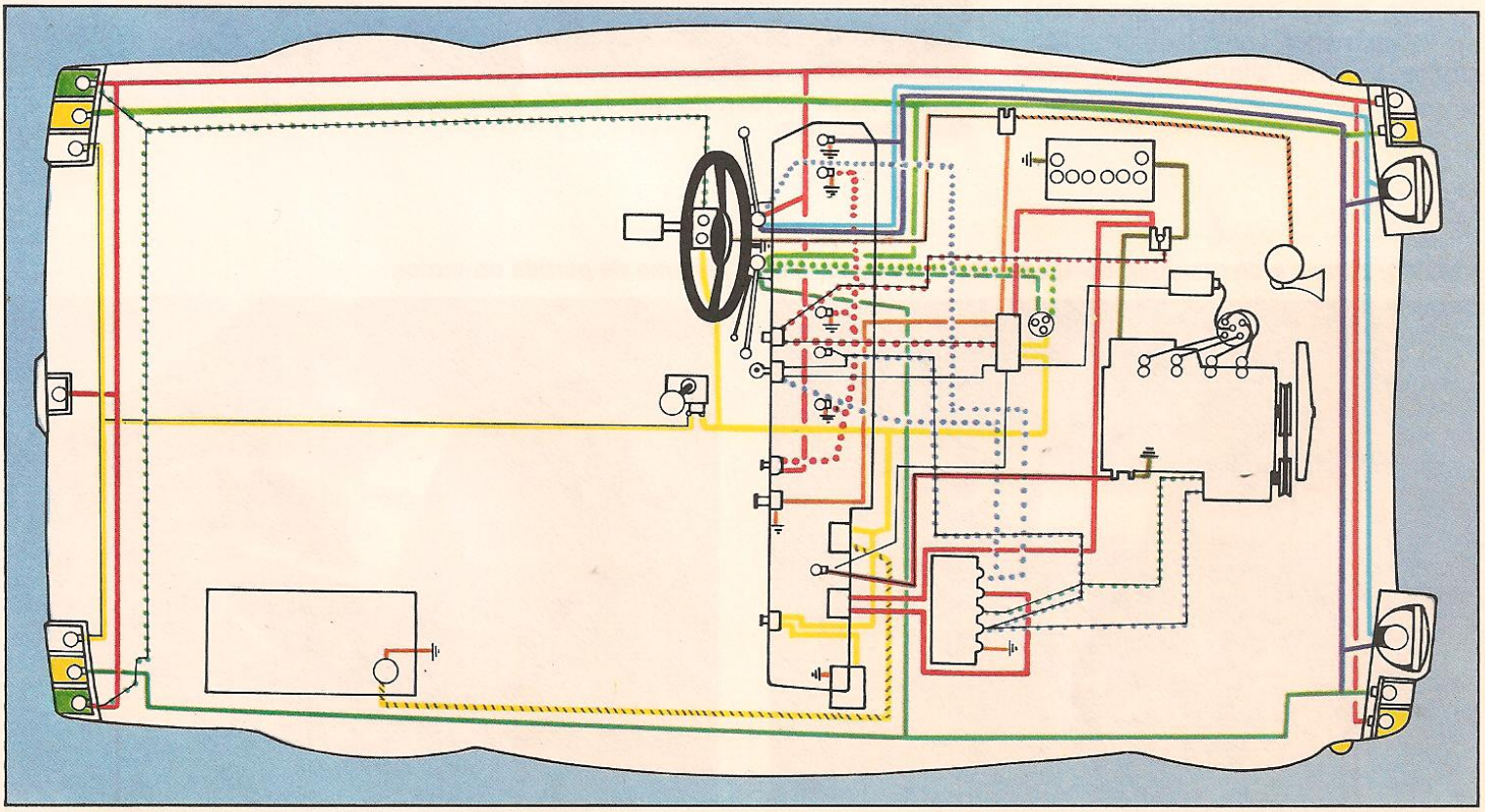
Como identificar a causa de um defeito inesperado no sistema elétrico do carro? De onde vem a energia que faz funcionar os faróis, a buzina, o acendedor? Estas são algumas das perguntas que respondemos neste capítulo. Além disso, você vai saber como devem ser feitas as ligações elétricas suplementares, para que os novos contatos sejam estáveis e seguros.

O sistema elétrico de um veículo tem um papel muito importante no seu funcionamento. Dele fazem parte alguns aparelhos eletrônicos que complementam o equipamento do carro, melhorando o seu desempenho. Depois de montados, esses aparelhos devem ser instalados no interior do veículo, na posição mais adequada ao seu funcionamento. Para isso, é indispensável conhecer as partes que compõem o sistema elétrico, de modo a poder identificá-las, bem como as ligações existentes entre elas. Esse reconhecimento pode ser feito a partir de um esquema elétrico básico.



ACIMA: ligação da bateria e do dínamo ao regulador.

ABAIXO: esquema elétrico de um automóvel moderno.



MONTAGEM

Inicialmente, vamos analisar as funções que o sistema elétrico deve desempenhar. Em primeiro lugar, gerar tensão e corrente com características adequadas, de modo que, ao ser produzida a faísca elétrica nas velas de cada cilindro, ocorra a explosão da mistura ar-carburante, que fornece movimento ao motor e, portanto, ao carro. Uma outra função do sistema elétrico é fazer acionar o motor por meio de um motorzinho elétrico auxiliar, denominado motor de arranque.

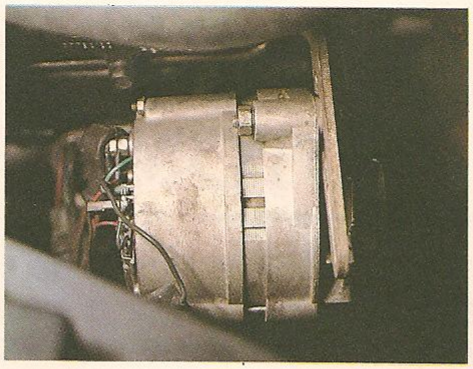
Esse sistema deve fornecer, ainda, a corrente elétrica necessária para acender os faróis e as lanternas, acionar a buzina, etc.

Toda energia destinada ao funcionamento desses aparelhos deve ser proporcionada pelo próprio carro, através de dois elementos indispensáveis:

- gerador, representado pelo dínamo ou alternador, que a produz;
- bateria, que a acumula como reserva.

O **dínamo** é um gerador de corrente contínua, acionado pelo motor do automóvel por meio de uma correia de transmissão. A partir da rotação do motor, o dínamo fornece toda a energia necessária ao consumo de eletricidade do carro.

Atualmente, na fabricação de veículos, o dínamo tem sido substituído por um **alternador**, que apresenta melhores características para o fornecimento de corrente com o motor em baixo regime. O alternador, como o nome indica, produz corrente alternada, que deve



ACIMA: alternador ou dínamo, gerador de corrente contínua.

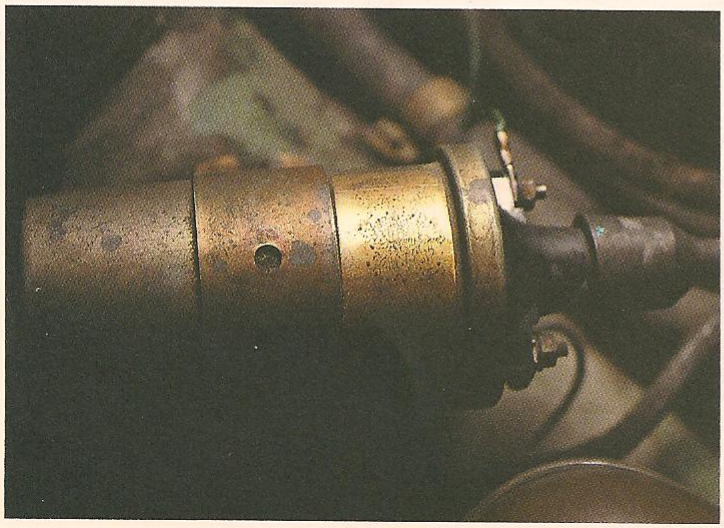


ACIMA: quando o motor está parado, a bateria substitui o dínamo; quando o motor volta a funcionar, a bateria é então recarregada.



ACIMA: caixa de fusíveis, cuja função é proteger o gerador dos curtos-circuitos ou das sobrecargas.

ABAIXO: bobina e distribuidor, componentes indispensáveis do sistema de partida do motor.





ser retificada mediante uma ponte de diodos situada na sua saída.

A **bateria** é um acumulador de eletricidade que funciona por processo químico; tem por finalidade fornecer corrente quando o motor está parado. Uma de suas características é poder armazenar toda a energia que não é consumida quando o motor do carro está em movimento. Isso é feito por meio da corrente que ela recebe do dínamo ou do alternador.

O funcionamento dos dois elementos — dínamo/alternador e bateria — é controlado automaticamente por um dispositivo denominado **regulador de voltagem** ou **grupo de regulagem**, que realiza as seguintes funções:

- Comutação do circuito da bateria para o alternador ou dínamo quando a tensão deste é superior à da bateria, fornecendo, assim, a corrente de carga. Esse processo é realizado por um elemento interno, o **disjuntor**.
- Estabilização da tensão na saída do gerador, evitando a ocorrência de fortes oscilações dependentes da variação do regime de giros do motor.

Um circuito que não requer regulagem é o **motor de arranque**, pois, por sua própria tensão, ele se alimenta diretamente da bateria.

A tensão contínua, tanto da bateria como do gerador, é, normalmente, de 12 V, com o pólo negativo ou massa conectado à carroceria metálica do carro; assim evita-se empregar um número maior de cabos de ligação.

Em alguns carros, entretanto, a ligação é inversa, ou seja, o pólo positivo é conectado à carroceria, atuando como massa, com todas as ligações acompanhando essa polaridade. Este sistema não é muito difundido, mas convém sempre verificar o circuito antes de fazer qualquer tipo de instalação.

Aqui, vamos considerar somente o primeiro caso, em que o pólo negativo é a massa. O positivo, obtido pelo regulador, distribui-se em direção a todos os pontos de consumo por meio de uma série de fusíveis, alojados numa caixinha, que protegem os geradores contra curtos-circuitos. Grande parte dos circuitos é controlada por um interruptor geral, acionado pela chave de contato. Os circuitos de carga da bateria e de partida do motor geralmente não comportam fusíveis.

Na caixinha dos fusíveis ocorre a distribuição da energia consumida pelo carro, tornando independentes alguns cir-

NOÇÕES TEÓRICAS

O amplificador operacional

Com o desenvolvimento da tecnologia de fabricação dos circuitos integrados, surgiu um tipo de amplificador com características muito especiais. Inicialmente, destinava-se à realização de operações de cálculo analógico, de onde provém seu nome: **amplificador operacional**. *Atualmente, suas aplicações se estendem para um grande número de funções: como amplificador de sinais, oscilador. filtro ativo, etc.*

O complexo de características próprias de um amplificador operacional aproxima-o bastante das condições já encontráveis em um amplificador normal, ou seja:

- *o mais elevado ganho de tensão possível;*
- *máxima impedância de entrada possível;*
- *impedância de saída muito baixa;*
- *resposta em freqüência uniforme numa faixa compreendida entre a freqüência zero (corrente contínua) e um valor muito elevado;*
- *facilidade de controle do ganho mediante uma resistência externa de realimentação, sem que ocorram oscilações parasitas ou outras situações desfavoráveis.*

O amplificador operacional satisfaz grande parte dessas exigências. Ele apresenta duas entradas diferenciais e uma única saída, na qual o nível do sinal obtido é o resultado da diferença entre os sinais aplicados nas entradas. O ganho diferencial do amplificador, portanto, é dado por:

$$A = \frac{Vs}{Ve1 - Ve2}$$

Dessa fórmula, deduzimos que se um dos sinais de entrada for igual a zero, obtém-se Vs = A (Ve1) ou Vs = A (Ve2). Isso quer dizer que, no primeiro caso, a saída continuará em fase com a entrada, pois o sinal Ve1 está sendo aplicado na entrada E1, denominada **entrada não-inversora**, *indicada pelo símbolo (+). No segundo caso, o sinal de saída será invertido em fase, pois o sinal Ve2 está sendo aplicado na entrada E2, denominada* **entrada inversora**, *indicada pelo símbolo (-). Num amplificador operacional pode-se realizar o controle do ganho por meio de uma rede de resistores externos. Esse controle pode ser feito com um amplificador operacional montado em duas configurações básicas: a de um amplificador* **inversor** *e a de um* **não-inversor**. *Para a montagem do amplificador inversor, basta conetar um resistor R1 em série com a entrada inversora (-), um outro resistor R2 de realimentação entre a saída e a entrada precedente e, eventualmente, um terceiro (R3) à massa, na entrada não-inversora (+). O valor de R3, caso se queira alguma compensação, deve corresponder ao valor da combinação em paralelo dos resistores R1 e R2, ou seja:*

$$R3 = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

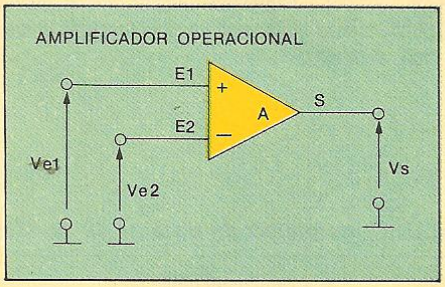
O ganho nesse amplificador será:

$$G = - \frac{R2}{R1}$$

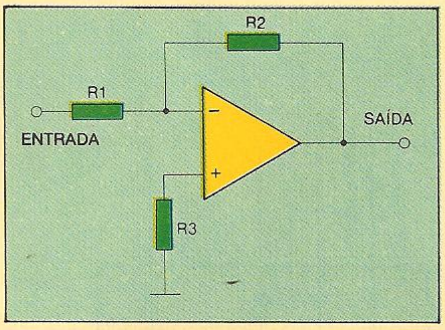
ou seja, o ganho resulta apenas do quociente entre o valor dos resistores, não dependendo dos parâmetros do amplificador, desde que o ganho A do mesmo, sem realimentação, seja suficientemente alto, acima, por exemplo, de 10 000. O sinal (-) indica que o sinal na saída do amplificador está invertido com relação ao da entrada.

Nessas condições, pode-se observar que o cálculo do ganho prefixado de um amplificador é bastante simples.

A resposta em freqüência depende, em grande parte, do ganho do estágio, pois o produto da freqüência de resposta por ganho é, em geral, uma quantidade constante. Isso equivale a dizer que qualquer aumento na faixa de freqüência do sinal a ser amplificado condiciona uma diminuição no ganho, baixando o valor da relação R2/R1.



Para a montagem de um amplificador não-inversor, basta conetar o terminal do resistor R1 — onde estava sendo aplicado o sinal de entrada — à massa, e retirar o terminal do resistor R3 da massa e usá-lo como entrada.



O ganho nesse amplificador será de:

$$G = \frac{R1 + R2}{R1}$$

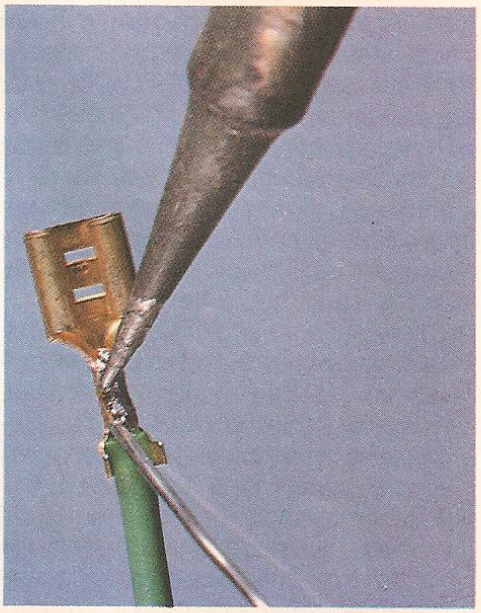
Também nesse caso, nota-se que o ganho é determinado apenas pelos valores dos resistores conetados externamente ao amplificador operacional.

Nesta montagem, o sinal de saída se apresenta em fase com o da entrada.

cuitos. Dessa forma, evita-se que todas as partes do carro fiquem sem energia no caso de um curto-circuito localizado, que queimará somente um dos fusíveis. Caso se queira realizar uma instalação elétrica no carro, deve-se levar em conta que os automóveis dispõem de um interruptor geral, acionado pela chave de contato ou de ignição, que estabelece ou interrompe a ligação entre a maior parte de seus dispositivos elétricos e os elementos geradores de energia. Esse cuidado é importante pois, em certos casos, a ligação de um aparelho suplementar é feita em conjunto com o interruptor, para que se possa acionar automaticamente o aparelho sempre que se ligar a chave.
Em outros casos, em que os aparelhos funcionam com ou sem chave, a ligação pode ser independente. Esse tipo

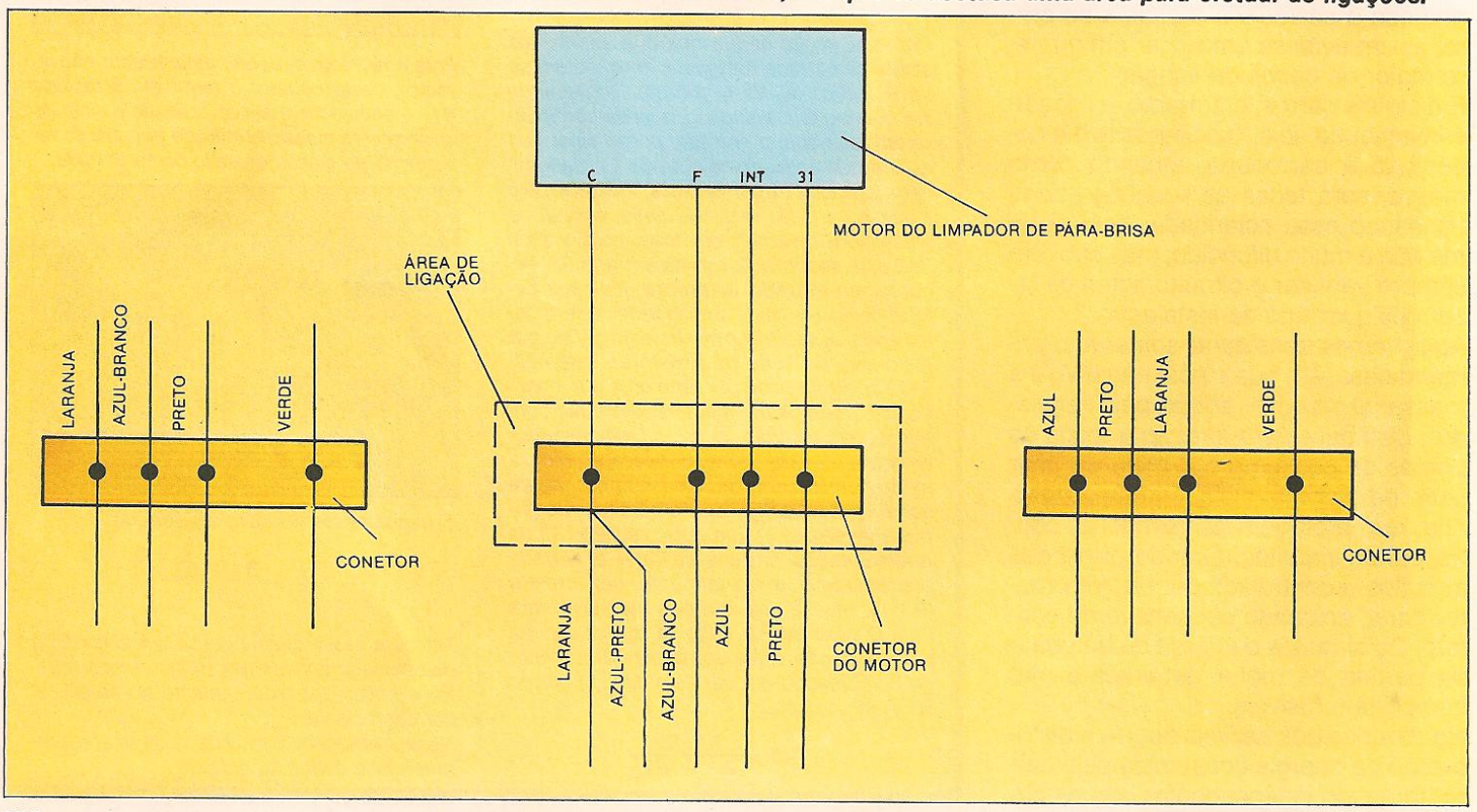


ACIMA: tipos diferentes de terminais ou conetores faston, empregados normalmente nos automóveis.



ACIMA: soldagem de um conetor faston à extremidade de um cabo.

ABAIXO: esquema de uma parte do sistema elétrico do automóvel, em que se destaca uma área para efetuar as ligações.



de ligação é mais delicado e requer maior cuidado, pois qualquer erro poderá provocar a descarga da bateria, em conseqüência de um consumo contínuo de corrente.

Depois de escolhido o acessório eletrônico a ser instalado, o primeiro passo será determinar, como já mencionamos, o local mais adequado para a sua instalação. Prepara-se, então, a fiação que vai ser utilizada.

É necessário procurar no esquema elétrico do automóvel os pontos mais apropriados para as ligações. Em muitos casos, é preciso substituir parte da instalação original para acomodar o novo aparelho. Muitas vezes, porém, basta colocar o aparelho, sem maiores adaptações.

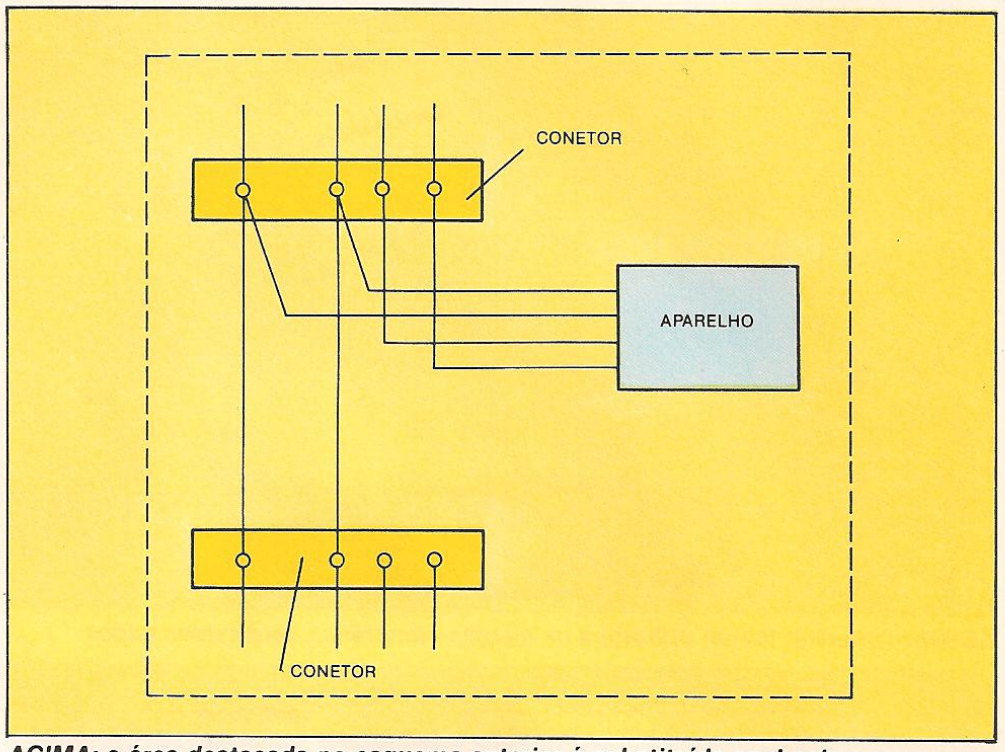
É sempre conveniente traçar, a partir da instalação existente, um pequeno esquema elétrico da nova instalação, assinalando os novos pontos de ligação e o cabos que serão substituídos.

A maior parte dos automóveis modernos dispõe de uma série de conectores com um pólo ou mais, por meio dos quais é possível secionar o sistema elétrico. Isso simplifica muito a execução de novas instalações, facilitando um eventual retorno ao sistema original, uma vez que não é preciso cortar ou eliminar nenhum cabo. Utilizando-se esses conectores como pontos de engate, a instalação é reversível, podendo ser feita a remoção do aparelho a qualquer momento.

Tendo por base o esquema elétrico do automóvel com as novas ligações acrescentadas, o passo seguinte será identificar no veículo o conetor (ou conetores) sobre o qual será feito o trabalho. Essa localização, às vezes, pode ser demorada.

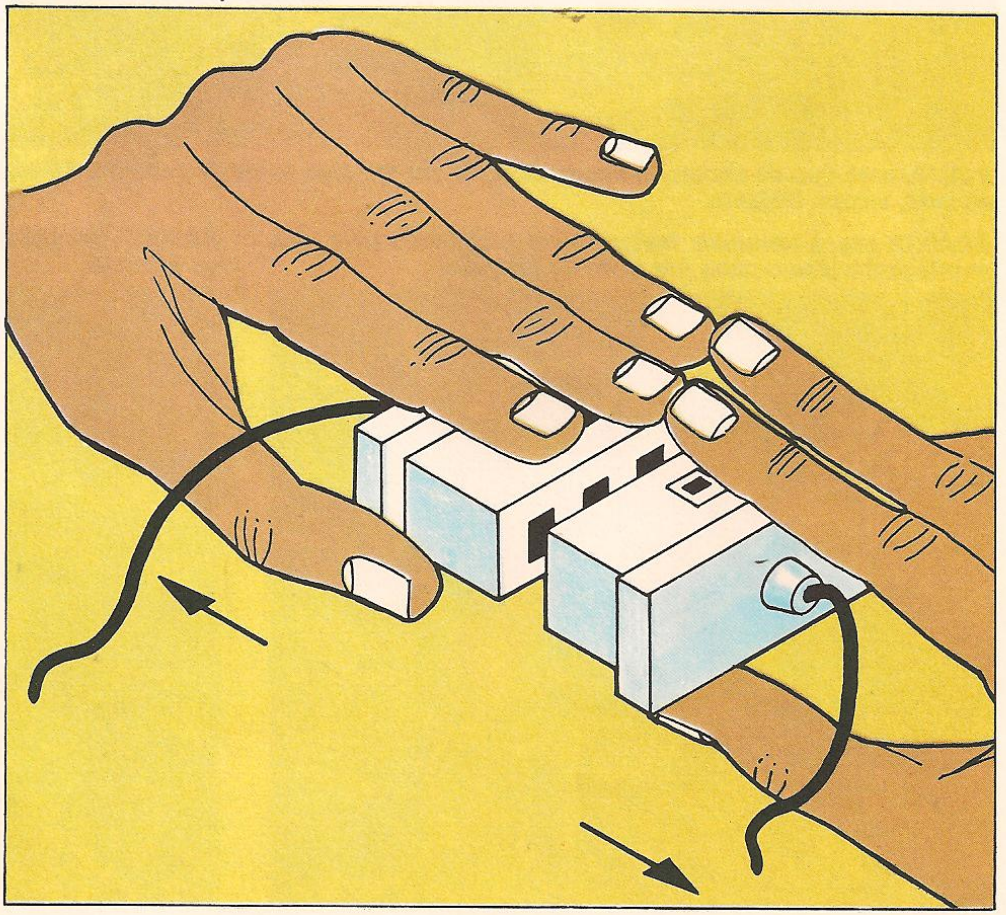
Em muitos veículos, a identificação dos cabos que correspondem aos conetores é facilitada pela indicação das cores no próprio esquema elétrico. Em outros casos, é necessário recorrer ao aparelho de teste para determinar a continuidade de um cabo ou medir uma tensão.

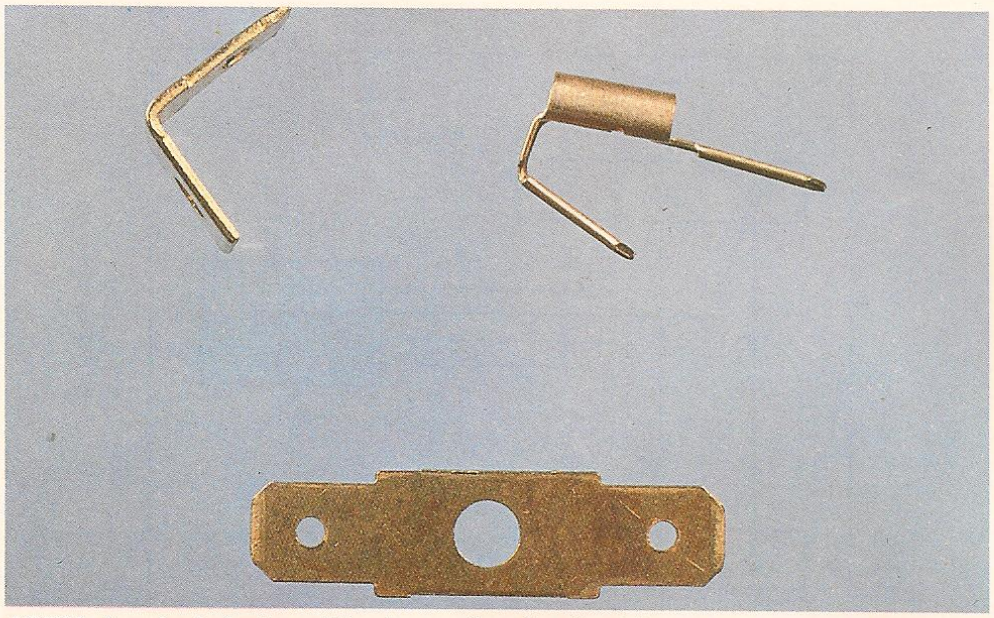
Os novos cabos devem ser ligados de forma adequada ao sistema já existente, para que se obtenha um contato estável e seguro. É conveniente preparar suas extremidades inserindo terminais de contato ou conetores individuais, do mesmo tipo dos usados no veículo. Esses contatos, conhecidos pelo nome ***faston***, podem ser encontrados em dois tipos — macho e fêmea —, junta-



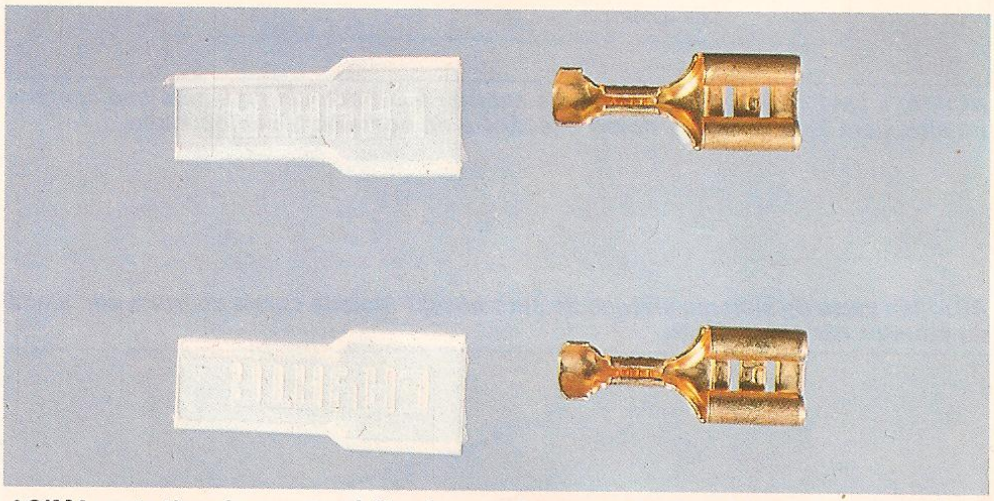
ACIMA: a área destacada no esquema anterior é substituída aqui pela que aparece no alto, com indicação das novas ligações e do aparelho a ser instalado.

ABAIXO: parte do sistema elétrico do automóvel é isolada com a abertura adequada do conetor correspondente.





ACIMA: terminais faston utilizados na ligação simultânea de diversos cabos.



ACIMA: este tipo de conetor é fixado ao cabo por meio de solda de estanho. Vê-se, ao lado, a capa isolante.

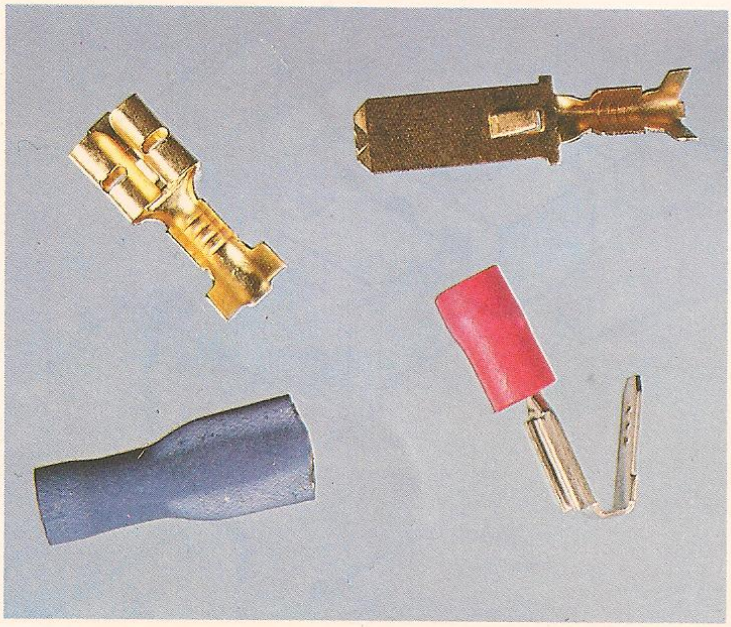
Quais os elementos que fornecem a energia necessária ao funcionamento dos aparelhos elétricos do carro?
São dois: o gerador, representado pelo dínamo ou alternador, e a bateria, que acumula a energia como reserva.

Qual o primeiro cuidado que se deve ter ao ligar um aparelho suplementar no carro?
É necessário procurar no esquema elétrico do automóvel os pontos mais apropriados para as ligações. Se for preciso, deve-se substituir parte da instalação original. É conveniente também traçar um pequeno esquema elétrico da nova instalação.

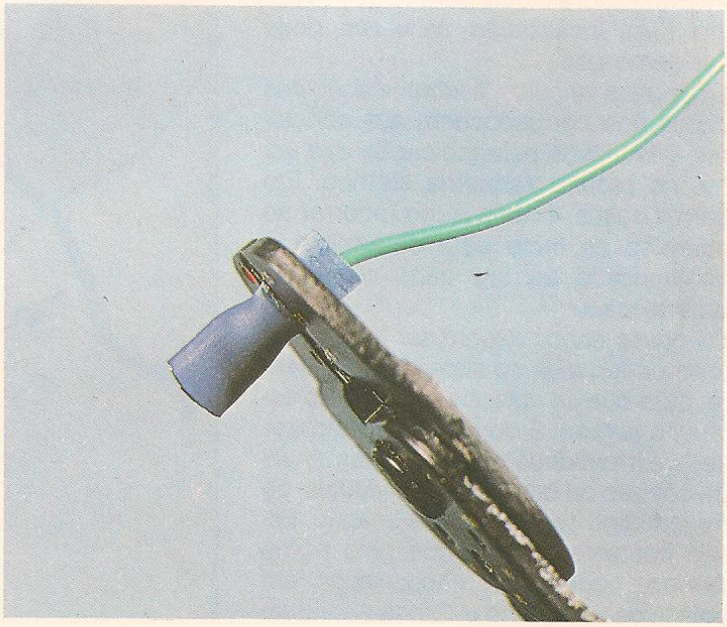
O que se deve fazer depois de completar a instalação de um aparelho e a ligação dos cabos?
Deve-se fazer um controle minucioso dos pontos de contato e das novas ligações, para saber se elas oferecem segurança e não se soltarão quando o veículo estiver em movimento.

Qual o papel desempenhado pela caixinha dos fusíveis?
Na caixinha dos fusíveis ocorre a distribuição da energia que o carro consome. Como alguns circuitos são independentes, se houver um curto-circuito, ele será localizado e não comprometerá todas as partes do carro.

ABAIXO: esses terminais faston foram projetados para uma montagem sobre o cabo por meio de pressão.



ABAIXO: fixação de um terminal faston por meio de uma pinça especial.



mente com os protetores de plástico usados para isolá-los.

A grande variedade de conetores faston está dividida em duas categorias: a dos conetores que são fixados ao cabo por pressão, por meio de uma pinça especial; e a dos que são soldados ao cabo com soldador elétrico e a liga de estanho-chumbo usual. Utiliza-se um ou outro tipo, dependendo do caso e dos pontos do automóvel em que se vai fazer a conexão.

Se a opção for pelos conetores de solda, deve-se ter uma tomada de força por perto.

Outra possibilidade é preparar o aparelho no próprio veículo, determinando o comprimento dos cabos e estabelecendo quantos conetores macho ou fêmea são necessários, para, em seguida, levar as peças a uma oficina e fazer a soldagem.

Se algum cabo do sistema original for substituído na instalação do aparelho, será necessário separar os conetores correspondentes e ligá-los aos cabos do aparelho, deixando livres os conetores não utilizados.

Às vezes, é preciso fazer mais de uma ligação num mesmo contato; para esses casos, há terminais que podem ser utilizados como elementos intermediários entre o contato original e os terminais de acréscimo, simplificando bastante essas delicadas operações.

Depois de completar a instalação do aparelho e a ligação dos cabos, é preciso fazer um controle bastante cuidadoso dos pontos de contato, sejam conetores ou não.

Os outros cuidados que você deve tomar, sempre que fizer uma ligação suplementar, são os seguintes:

- Examinar minuciosamente as novas ligações, para certificar-se de que elas estão bem firmes e oferecem segurança, e não correm o risco de se soltar com as vibrações do veículo em movimento.
- O isolamento é outro fator extremamente importante e que precisa ser sempre levado em consideração. Por isso, lembre-se de que qualquer ponto suspeito na nova ligação elétrica deve ficar convenientemente protegido com fita isolante.

Depois de completar a ligação, coloque de volta em sua base original e nos seus respectivos lugares os elementos ou acessórios do automóvel que eventualmente tenham sido desmontados para facilitar o trabalho.

NOÇÕES TEÓRICAS

O circuito operacional

O amplificador operacional descrito na página 395 comporta uma série de aplicações com base em circuitos predeterminados. Esses circuitos são fundamentados em duas importantes propriedades do amplificador operacional, que fornecem a base para o seu funcionamento:

- *Durante a operação linear, em que o valor da tensão de saída se encontre fixado entre os valores das tensões de alimentação, devido ao alto ganho, não se verifica uma diferença apreciável de potencial entre as duas entradas do circuito. Dizemos, então, que há um* **curto virtual** *entre elas. Se uma das entradas estiver ligada à terra, dizemos que a outra é um* **terra virtual**.
- *Devido à elevada impedância de entrada do amplificador, podemos dizer que não circula corrente pelas suas entradas.*

Portanto, sempre que os circuitos apresentam uma das entradas ligadas à massa (terra), supomos que a tensão da segunda entrada será igual à da massa (OV), ou seja, verifica-se um terra virtual ou uma massa virtual. Entre todas as aplicações de um amplificador operacional, destaca-se o **circuito somador**, *que executa uma operação clássica. É utilizado para efetuar a soma dos diversos sinais de tensões contínuas ou alternadas independentes, na proporção desejada. Com essa finalidade, liga-se a entrada não-inversora (+) à massa; na entrada inversora ligam-se tantos resistores em série quantos forem os sinais que se deseja somar, de modo que uma das extremidades de cada resistor seja conetada à do outro, deixando o terminal livre, pois este será o ponto de entrada dos sinais.*

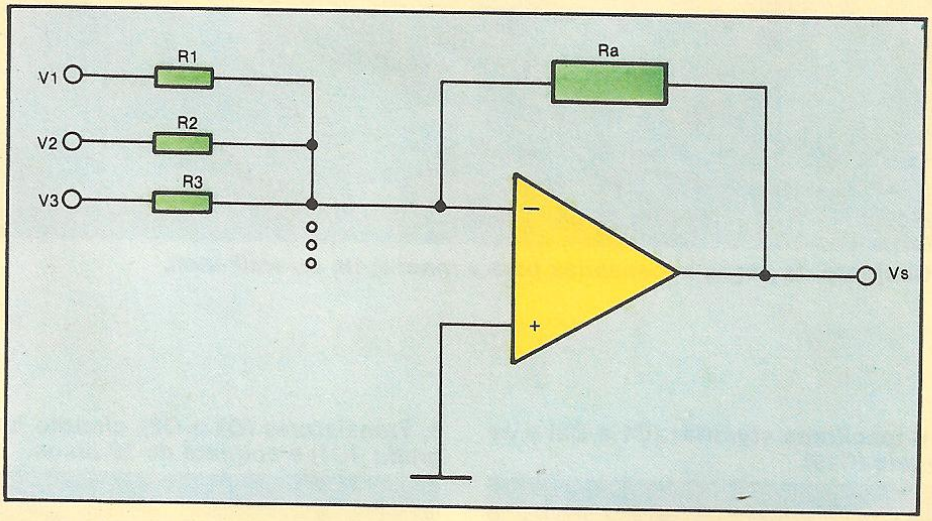
Entre a entrada e a saída liga-se um resistor de realimentação que, juntamente com os de entrada, define quanto é o ganho do circuito. Se identificarmos os sinais com as siglas v1, v2, v3... e os resistores correspondentes com as siglas R1, R2, R3..., chamando de Ra o resistor de alimentação, a tensão de saída será igual a:

$$-vs = \left(\frac{Ra}{R1}\right) v1 + \left(\frac{Ra}{R2}\right) v2 + \left(\frac{Ra}{R3}\right) v3 \ldots$$

O sinal menos (-) indica uma inversão de polaridade produzida pela entrada inversora. Caso o valor dos resistores de entrada seja exatamente igual ao valor do resistor de realimentação (isto é, Ra = R1 = R2 = R3...), a tensão de saída será igual à soma direta dos sinais de entrada:

$$-vs = v1 + v2 + v3 \ldots$$

Com base no que foi dito, obtemos um método excelente para realizar uma combinação entre sinais, bastando determinar os valores dos resistores necessários para obter essa combinação.



WALK-MAN

Com esse pequeno receptor de FM, totalmente portátil, vai ser muito mais gostoso ouvir suas músicas preferidas. E no volume que você quiser, pois o walk-man *tem fones de escuta individual.*

Este aparelho é um receptor de FM de alta qualidade e em tamanho miniatura, num sistema do tipo ***walk-man***, que utiliza o circuito integrado TDA 7000 como principal componente.

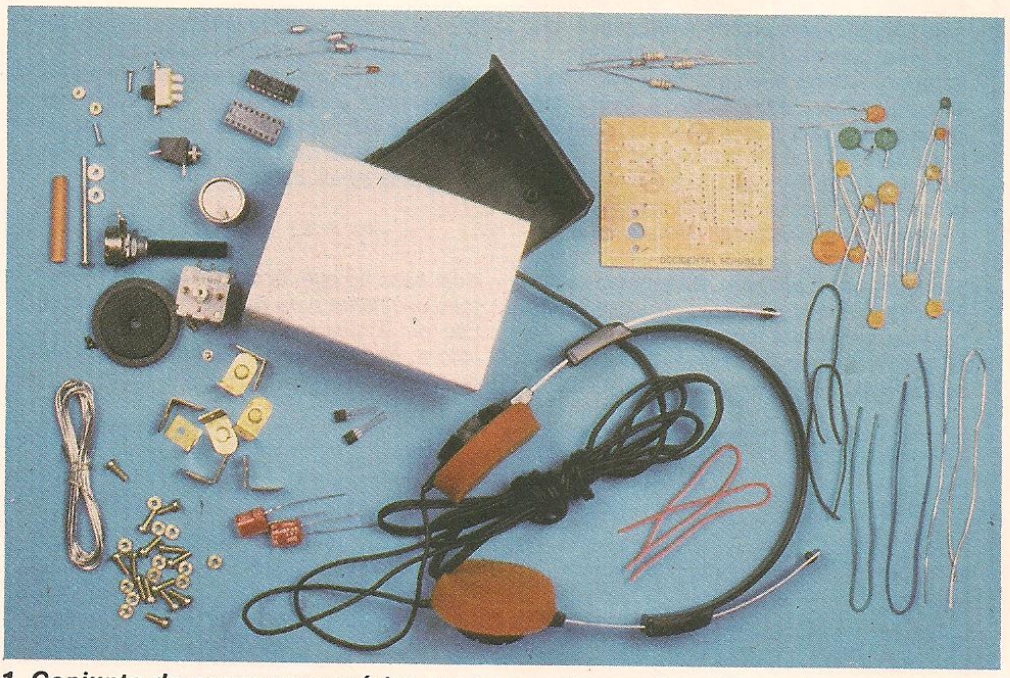
O receptor possui controle de volume, saída para fones de ouvido e a sintonia das emissoras é feita através de um pequeno knob estriado, interligado ao capacitor variável.

O circuito integrado TDA 7000 executa praticamente todas as funções do receptor, e apresenta características que transformam totalmente os padrões convencionais da radiorrecepção em FM. Uma dessas características foi a redução da freqüência intermediária de 10,7 MHz, usada nos receptores comuns, para 75 KHz. Sua faixa de tensão de operação é de 2,7 a 10 V.

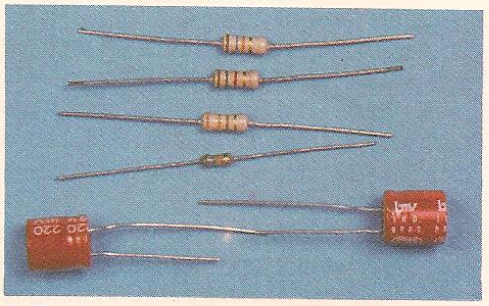
O circuito proposto para esse aparelho funciona com uma tensão de alimentação de 6 V, fornecida por quatro pilhas pequenas.

Ferramentas necessárias

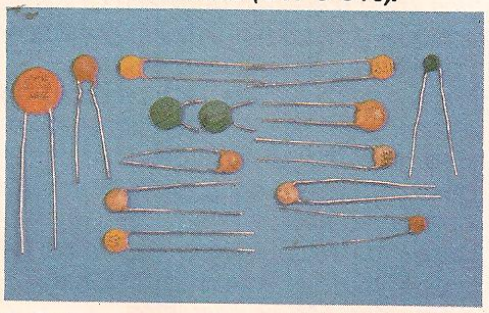
- 1 ferro de soldar com potência máxima de 30 W
- 1 alicate de bico
- 1 alicate de corte



1. Conjunto de peças necessárias para a montagem do walk-man.

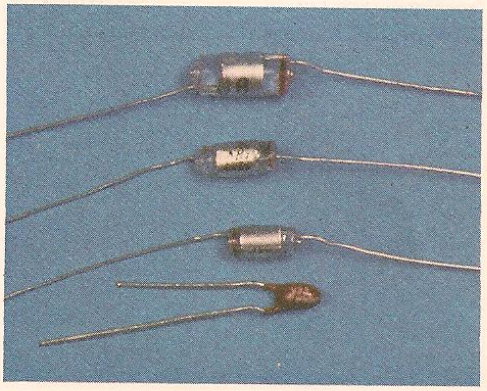


2. Resistores de 1/4 W (R1 a R4) e capacitores eletrolíticos (C17 e C18).

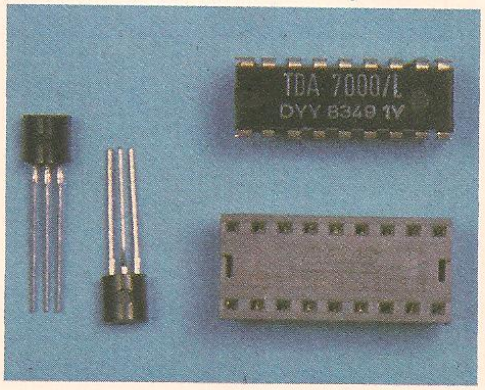


3. Catorze capacitores cerâmicos (C4 a C16 e C20).

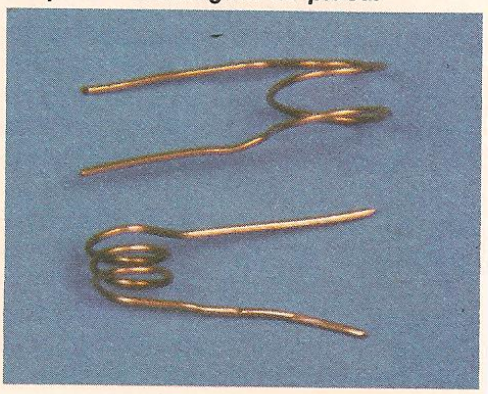
4. Capacitores styroflex (C1 a C3) e de tântalo (C19).



5. Transistores (Q1 e Q2), circuito integrado (IC1) e soquete de 18 pinos.



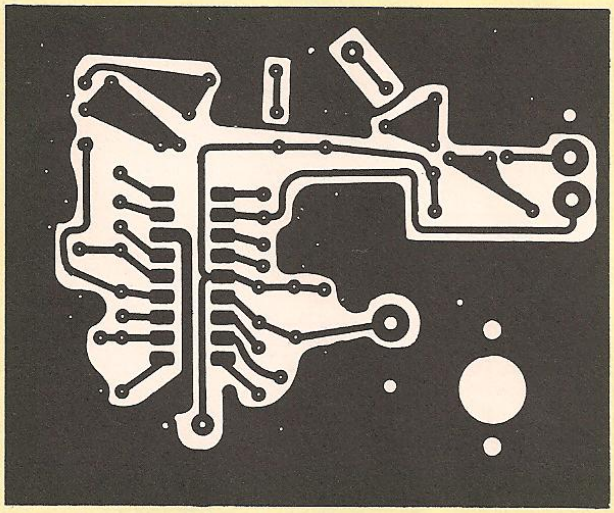
6. Bobinas (L1 e L2) já enroladas e prontas para a montagem na placa.



- 1 chave de fenda pequena
- 1 chave de fenda média
- 1 chave de fenda Phillips pequena
- 1 furadeira
- 1 conjunto de brocas
- 1 serra pequena
- 1 estilete estreito

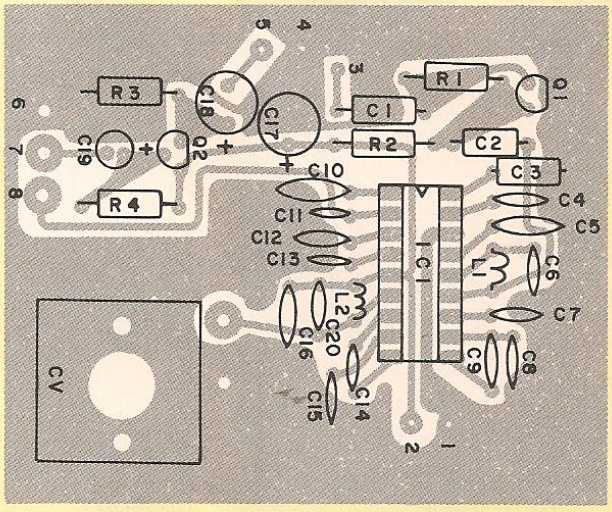
Componentes

- 1 placa de circuito impresso de 75 mm x 62 mm
- 4 resistores de 1/4 W, nas posições R1 a R4 da placa, com os seguintes valores e cores para identificação:
  R1 - 18 KΩ (marrom-cinza-laranja)
  R2 - 1,8 KΩ (marrom-cinza-vermelho)
  R3 - 330 Ω (laranja-laranja-marrom)
  R4 - 56 KΩ (verde-azul-laranja)
- 14 capacitores cerâmicos, nas posições C4 a C16 e C20 da placa, com os seguintes valores:
  C4 - 330 pF (marcado 330)
  C5 - 100 nF (marcado .1)
  C6 - 3,3 nF ou 3300 pF (marcado 332)
  C7 - 150 pF (marcado 150)
  C8 - 3,3 nF ou 3300 pF (marcado 332)
  C9 - 330 pF (marcado 330)
  C10 - 100 nF (marcado .1)
  C11 - 1,8 nF ou 1800 pF (marcado 1n8)
  C12 - 22 nF (marcado .022)
  C13 - 10 nF (marcado .01)
  C14 - 3,3 nF ou 3300 pF (marcado 332)
  C15 - 180 pF (marcado 180)
  C16 - 47 nF (marcado .047)
  C20 - 27 pF (marcado 27)
- 2 capacitores eletrolíticos, nas posições C17 e C18 da placa, com os seguintes valores:
  C17 - 220 μF x 16 V - unilateral
  C18 - 220 μF x 16 V - unilateral
- 3 capacitores styroflex, nas posições C1 a C3 da placa, com os seguintes valores:
  C1 - 68 pF (marcado 68)
  C2 - 82 pF (marcado 82)
  C3 - 220 pF (marcado 220)
- 1 capacitor de tântalo de 1 μF x 33 V, na posição C19 da placa
- 1 capacitor variável de poliéster de 20 pF, na posição CV da placa
- 2 transistores nas posições Q1 e Q2 da placa, com os seguintes códigos:
  Q1 - BF494
  Q2 - BC548



O traçado do circuito

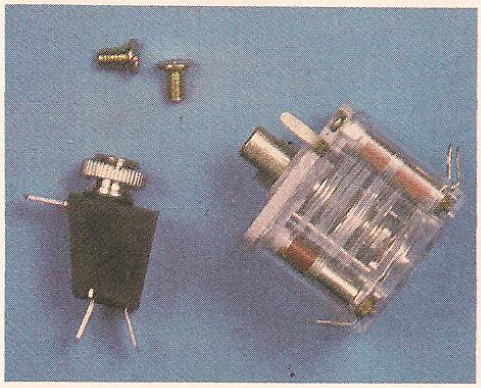
Traçado do circuito impresso, em tamanho natural. Para a construção do circuito, basta copiá-lo em papel milimetrado. Depois é só usá-lo, seguindo as explicações que já foram dadas.



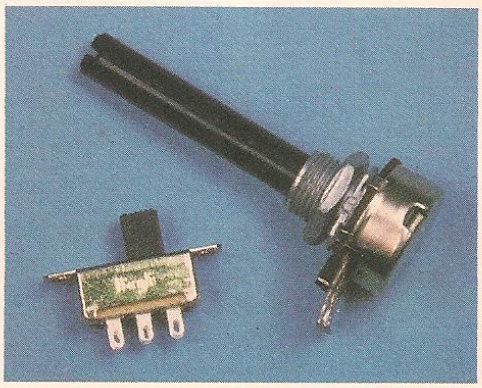
O desenho do circuito

Este desenho mostra a posição correta para a montagem dos componentes na placa de circuito impresso. Siga-o atentamente.

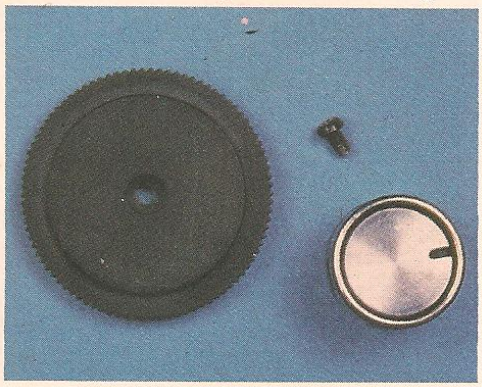
7. Jack P2 para fones de ouvido, capacitor variável (CV) e dois parafusos de fixaçao do variável.



8. Potenciômetro e chave H-H em tamanho miniatura.



9. Knob para o potenciômetro e para o variável, com seu parafuso de fixação.



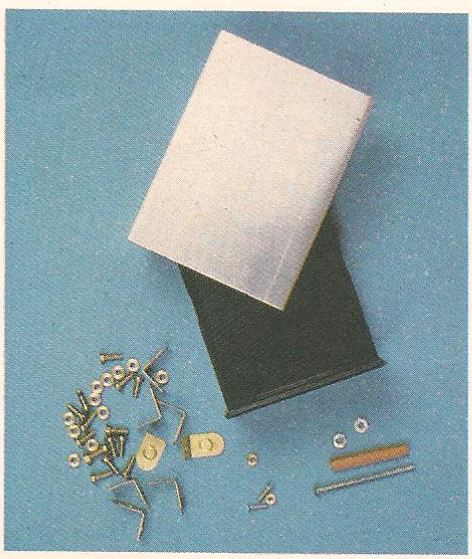
MONTAGEM

- 1 circuito integrado TDA 7000, na posição IC1 da placa
- 1 soquete de 18 pinos
- 1 potenciômetro em miniatura de 22 KΩ - LOG
- 1 jack P2 para fones
- 1 par de fones de ouvido
- 1 chave H-H em miniatura
- 1 knob para potenciômetro
- 1 knob estriado para encaixe no variável, com aproximadamente 40 mm de diâmetro
- 1 parafuso Phillips de 2,5 mm por 3,5 mm
- 2 pedaços de 10 cm cada um de fio preto n.º 22
- 2 pedaços de 10 cm cada um de fio vermelho n.º 22
- 10 cm de fio verde n.º 22
- 20 cm de fio azul n.º 22 (antena)
- 1 pedaço de fio nu para jumpers
- 1 pedaço de fio nu cobreado n.º 23 para construir as bobinas L1 e L2 (veja foto 10)
- 1 chassi com tampa (altura = 50 mm; largura = 70 mm; profundidade = 97 mm)
- 4 terminais de contato para pilhas com ressalto
- 4 terminais de contato para pilhas com rebaixo
- 1 espaçador de fenolite de 35 mm
- 2 parafusos para o variável
- 8 parafusos de 3 mm x 10 mm
- 1 parafuso de 3 mm x 45 mm
- 9 porcas de 3 mm
- 2 parafusos de 2 mm x 10 mm
- 2 porcas de 2 mm
- 1 pedaço de solda 60/40

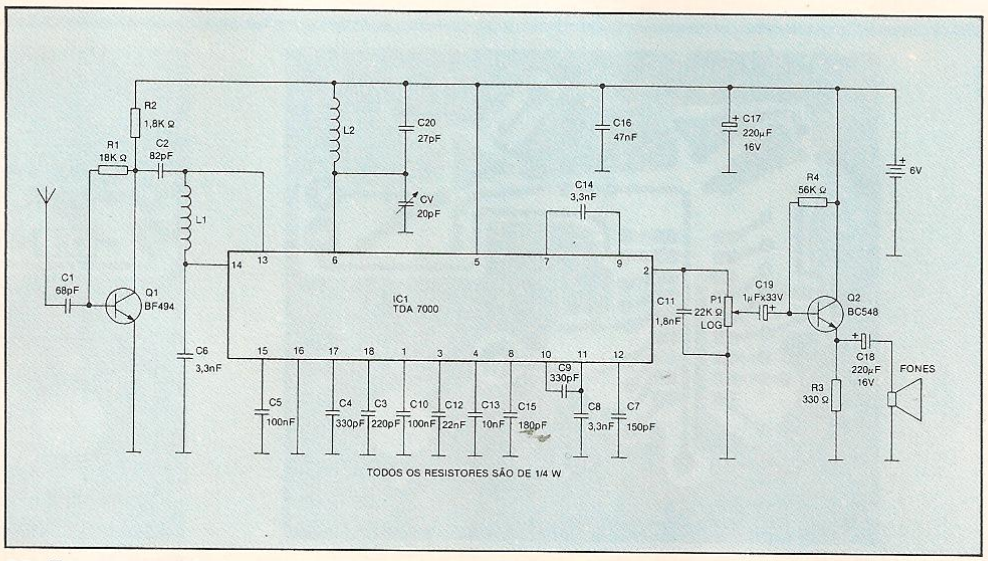
Montagem

Ao construir a placa de circuito impresso, preocupe-se somente com o lado cobreado. A disposição dos componentes no lado oposto não precisa estar desenhada na placa; ela existe somente para facilitar a compreensão.

O chassi e a tampa poderão ser construídos ou comprados prontos, a partir das dimensões fornecidas na relação de componentes. Antes de fazer qualquer furo na caixa, é aconselhável primeiro a aquisição das peças necessárias para a montagem.

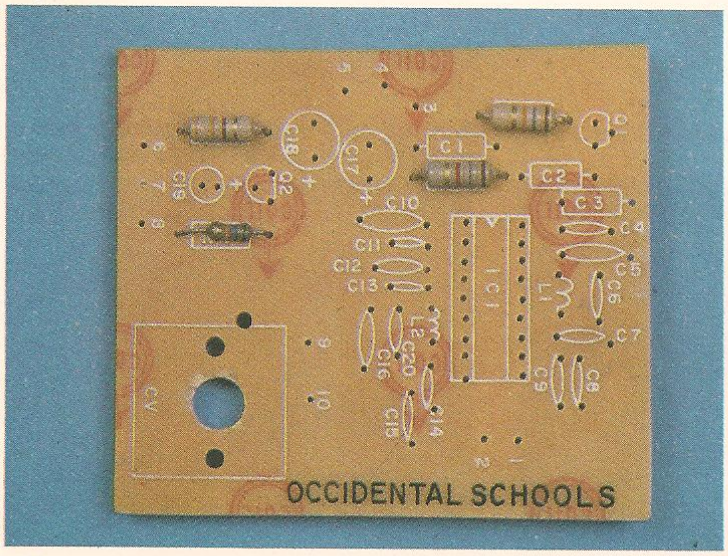


10. Chassi com tampa, espaçador de fenolite, terminais de contato, parafusos e porcas de fixação.

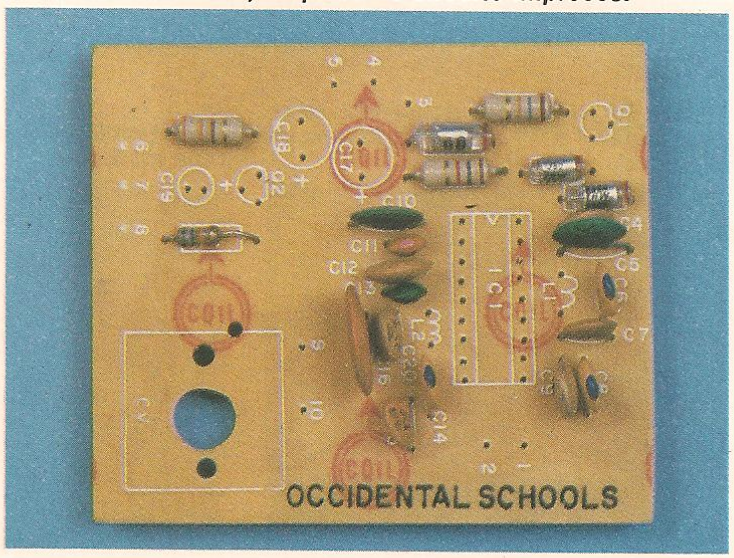


11. Esquema elétrico do walk-man.

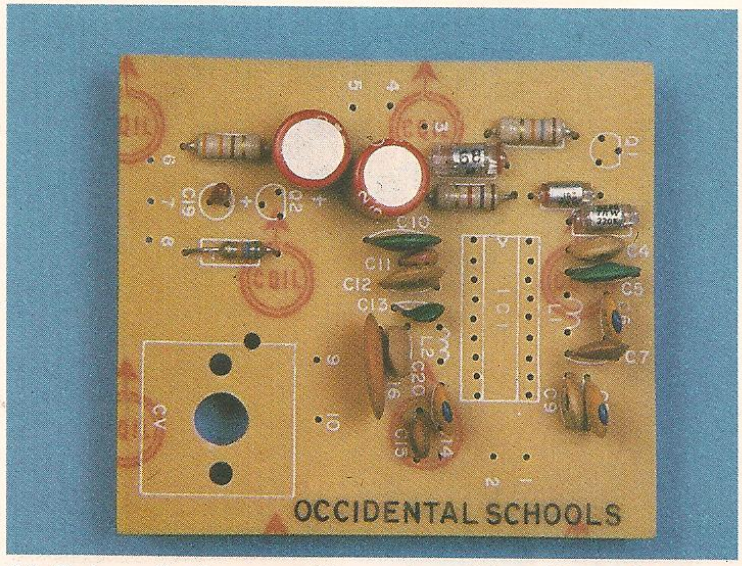
12. Colocação dos resistores (R1 a R4) na placa de circuito impresso.



13. Colocação dos capacitores styroflex (C1 a C3) e cerâmicos (C4 a C16 e C20) na placa de circuito impresso.



Os passos são os seguintes:
1.º) Solde os resistores nas posições R1 a R4 da placa de circuito impresso (veja foto 12).
2.º) Solde os capacitores styroflex nas posições C1 a C3 da placa de circuito impresso (veja foto 13).
3.º) Solde os capacitores cerâmicos nas posições C4 a C16 e C20 da placa (veja foto 13).
4.º) Solde os capacitores eletrolíticos nas posições C17 e C18 da placa de circuito impresso. Tome cuidado para que não haja uma inversão de polaridade (veja foto 14).
5.º) Solde o capacitor de tântalo na posição C19 da placa. Tome cuidado, pois esse componente também possui polaridade e não deverá ser soldado invertido (veja foto 14).
6.º) Solde o soquete de 18 pinos na posição IC1 da placa de circuito impresso, de tal forma que a marcação nele existente coincida com a marcação do símbolo desenhado na placa. Em seguida, encaixe o circuito integrado no soquete, tomando cuidado para que a ranhura no corpo do integrado coincida com a marcação existente no soquete (veja foto 15).
7.º) Monte os transistores Q1 e Q2 na placa, de forma que os seus chanfros coincidam com o lado reto do símbolo desenhado na placa (veja foto 15).
8.º) Faça a bobina de antena (L1) enrolando duas espiras (voltas) de fio nu cobreado n.º 23 em torno de uma fôrma cilíndrica de 6 mm de diâmetro (o eixo de um potenciômetro, por exemplo) (veja foto 6).
9.º) Faça a bobina de sintonia (L2) enrolando 3 espiras de fio nu cobreado n.º 23 em torno de uma fôrma cilíndrica de 4 mm de diâmetro (veja foto 6).
10.º) Solde as bobinas L1 e L2 na placa de circuito impresso (veja foto 16).
11.º) Monte e fixe o capacitor variável CV na placa e depois alargue os furos 6, 7 e 8 da placa (veja foto 17).
12.º) Corte o eixo do potenciômetro e depois solde seus terminais nos furos 6, 7 e 8 da placa (veja foto 18).
13.º) Para soldar os cinco pedaços de fio na placa de circuito impresso, orien-

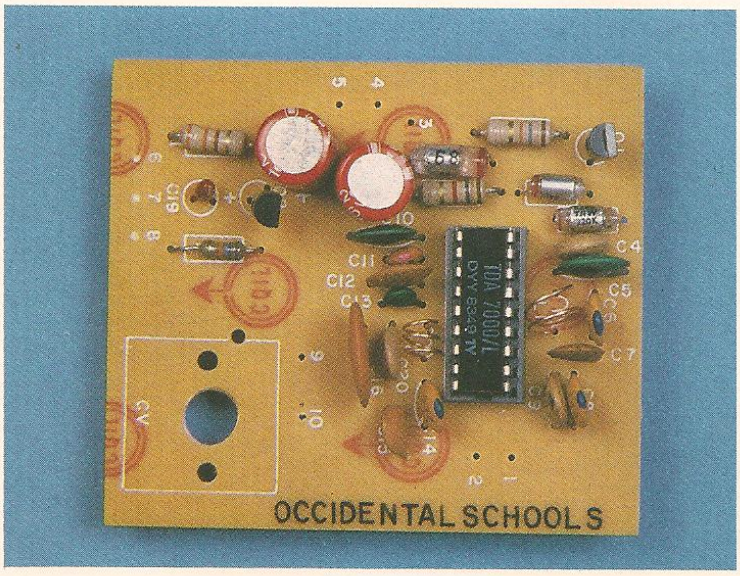


14. Colocação dos capacitores eletrolíticos (C17 e C18) e de tântalo (C19) no circuito impresso.

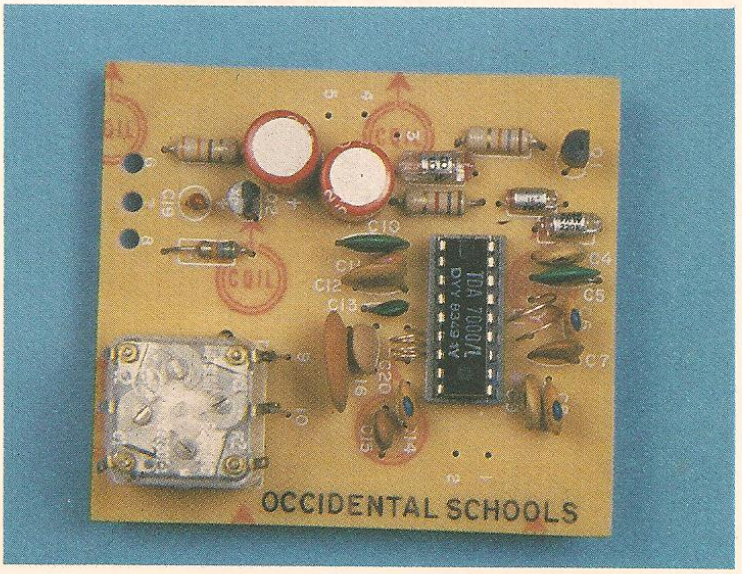


15. Montagem do soquete, do circuito integrado (IC1) e dos transistores (Q1 e Q2) no circuito impresso.

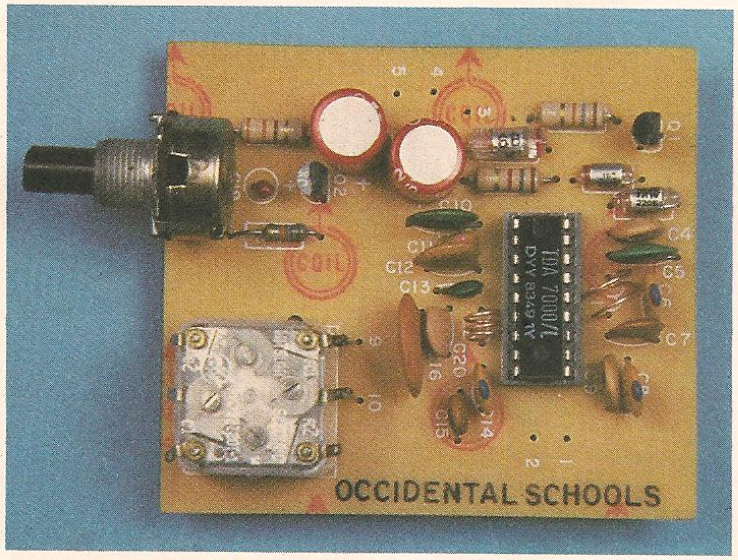
16. Colocação das bobinas (L1 e L2) na placa de circuito impresso.



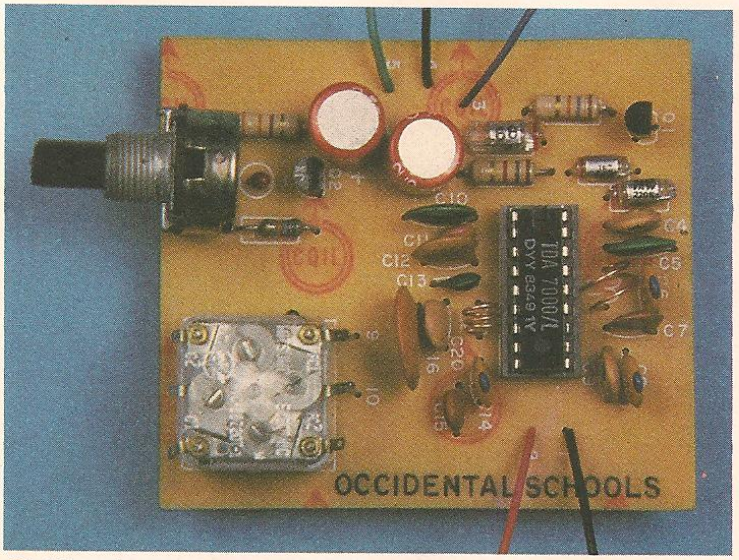
17. Montagem e fixação do capacitor variável (CV) na placa de circuito impresso.



te-se pelas duas colunas da direita da tabela I (veja a foto 19).
14.º) Para ligar a chave H-H, consulte a tabela I e veja a foto 20.
15.º) Para ligar o jack P2, oriente-se pela tabela I e veja a foto 21.
16.º) Encaixe e fixe o knob estriado no eixo do capacitor variável (veja foto 22).
17.º) Prepare o chassi, baseando-se na placa montada e, em seguida, fixe os 8 terminais de contato (4 com rebaixo e 4 com ressalto) no fundo do chassi, de tal maneira que fique um terminal com ressalto de frente para o outro com rebaixo e depois um terminal com rebaixo de frente para o outro com ressalto e assim sucessiva e alternadamente (veja foto 23).
18.º) Faça 3 jumpers entre os terminais de contato orientando-se pela foto 23.
19.º) Ligue o fio vermelho (+) da chave H-H no terminal de contato livre com rebaixo e o fio preto (–) da placa no terminal livre com ressalto (veja foto 23).
20.º) Fixe a chave H-H e o jack P2 na parte traseira do chassi (veja foto 24).
21.º) Coloque as pilhas no aparelho, ligue o plugue dos fones de ouvido no jack P2, depois ligue o aparelho, aumentando o volume através do potenciômetro, e proceda à calibração do walk-man. Ele deve emitir um chiado característico dos receptores de FM, caso não sintonize uma emissora. Se isso acontecer, procure sintonizar alguma emissora no extremo superior da faixa (entre 100 e 108 MHz) e verifique se sua posição corresponde aproximadamente ao extremo do giro do knob do variável. Se se notar uma grande diferença entre a posição da sintonia em relação à posição em que a emissora deveria estar, deve-se fazer um ajuste, comprimindo ou expandindo as espiras da bobina de sintonia (L2).
22.º) Depois da calibração, desligue o aparelho, encaixe e fixe a placa montada no chassi, com um espaçador de fenolite, um parafuso e uma porca (foto 25).
23.º) Fixe o potenciômetro no painel frontal do chassi e depois encaixe o seu knob (veja foto 25).
24.º) Tampe o chassi, e o walk-man está pronto para ser usado (veja foto 26).

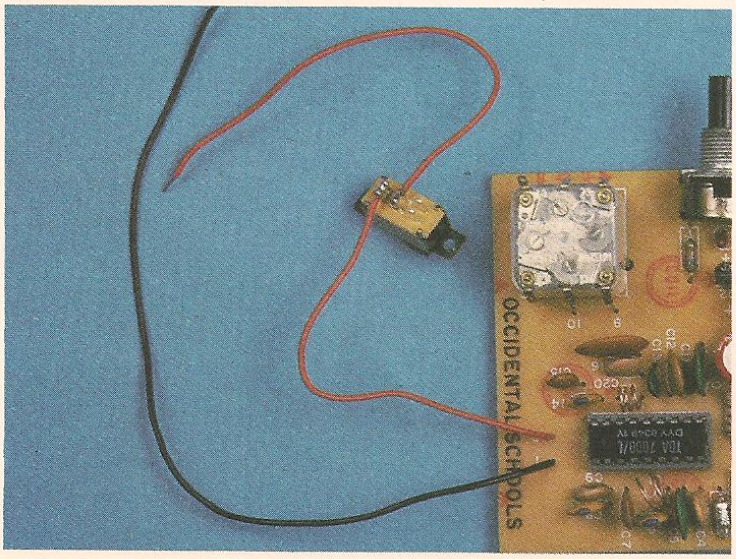


18. Montagem do potenciômetro com o eixo cortado no circuito impresso.



19. Ligação de cinco fios nos furos (1 a 5) da placa de circuito impresso.

20. Ligação da chave H-H entre um pedaço de fio vermelho e o outro fio vermelho ligado ao furo n.º 2 da placa.



21. Ligação do jack P2 nos fios verde e preto da placa de circuito impresso.

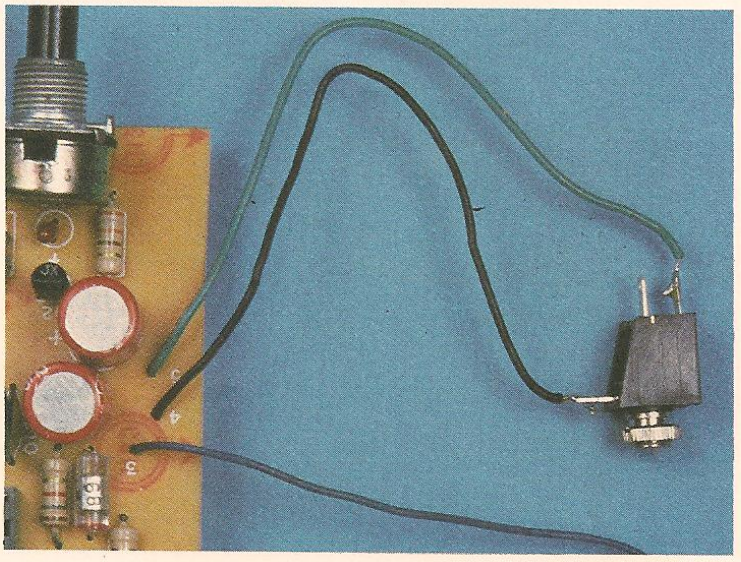
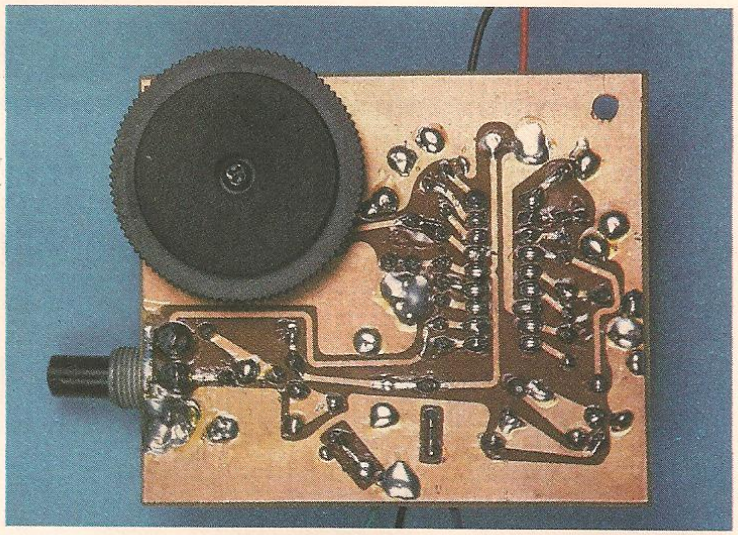
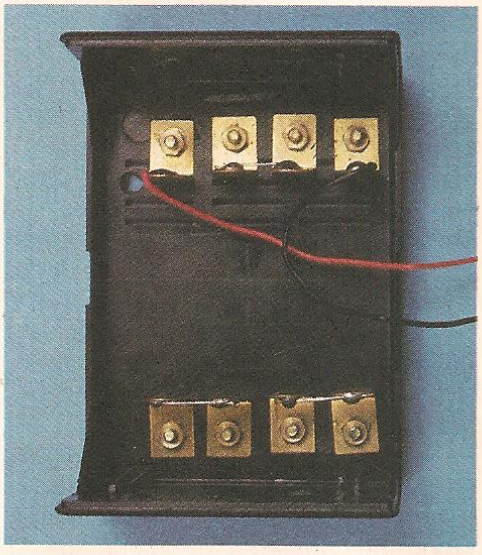


TABELA I
LIGAÇÃO DOS FIOS NA PLACA, NAS PILHAS, NA CHAVE H-H E NO JACK P2

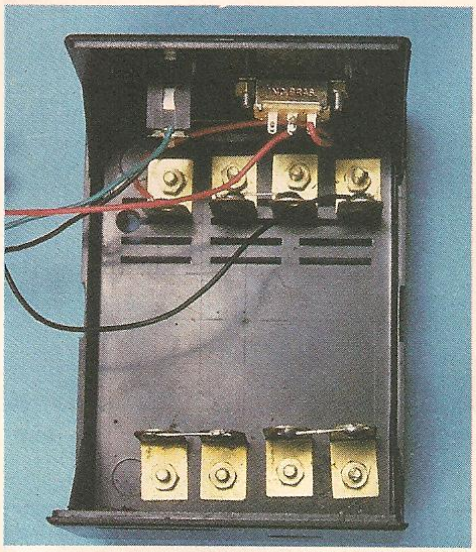
COMPONENTES	FIOS	FUROS NA PLACA
Pilhas terminal negativo	10 cm/preto n.º 22	1
Chave H-H terminais laterais	10 cm/vermelho n.º 22	2
Antena	20 cm/azul n.º 22	3
Jack P2 terra vivo	10 cm/preto n.º 22 10 cm/verde n.º 22	4 5



22. Encaixe e fixação do knob no eixo do capacitor variável.

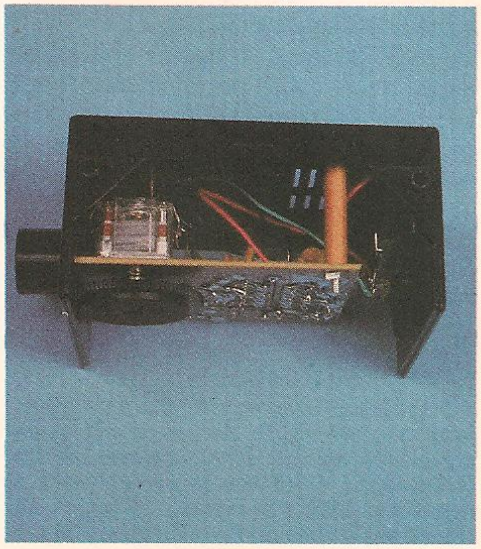


23. Fixação dos terminais de contato no chassi e execução de três jumpers. Ligação do fio vermelho num terminal e do fio preto noutro terminal.

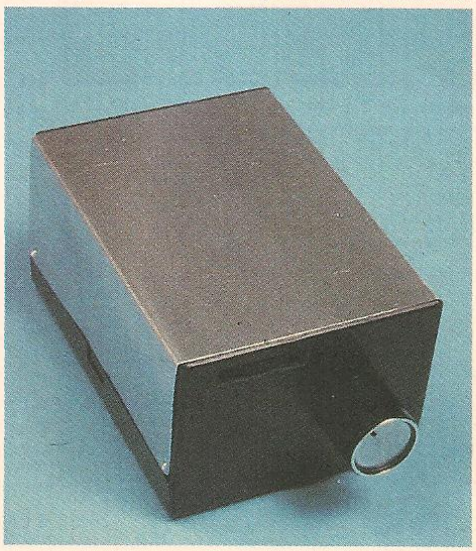


24. Fixação da chave H-H e do jack P2 na parte traseira do chassi.

25. Fixação da placa e do potenciômetro no chassi e colocação do knob.



26. Aspecto final do aparelho montado.



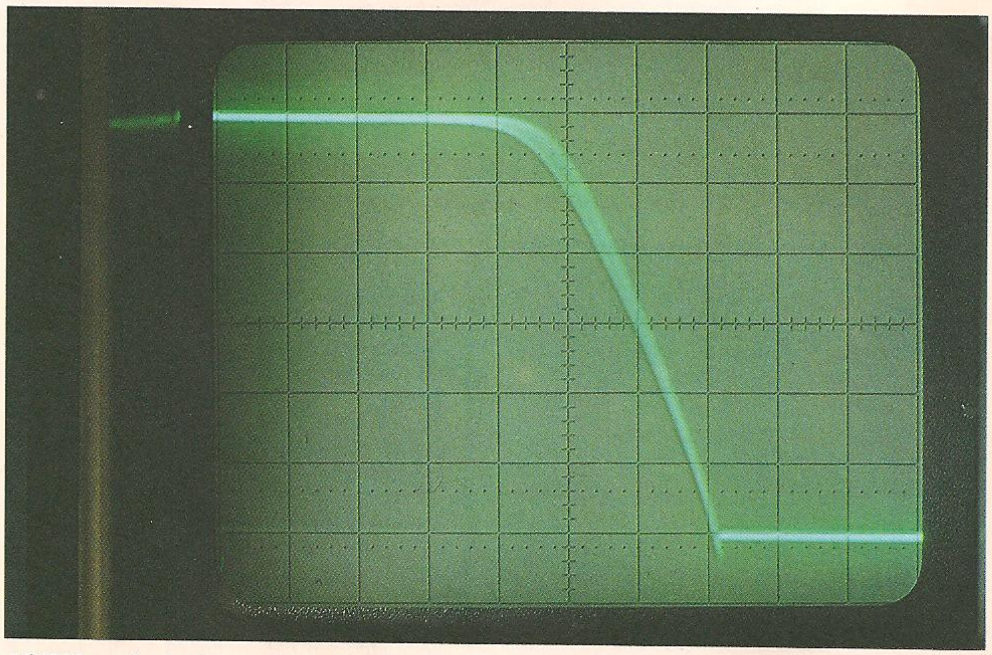
Qual é a função do transistor Q1 no circuito do aparelho?
O transistor BF494 (Q1) juntamente com os resistores R1 e R2 e os capacitores styroflex C1 e C2 formam um pré-amplificador de RF, que é o responsável pela pré-amplificação dos sinais modulados captados pela antena.

Qual é a função do circuito integrado TDA 7000 nesse receptor?
O circuito integrado TDA 7000 é o componente do aparelho que realiza todas as funções de um circuito completo de recepção em FM, inclusive a amplificação do sinal de áudio depois de detectado. Dentro do integrado existem os seguintes circuitos: oscilador local, misturador, amplificador de RF, amplificador de FI, 2 filtros, demodulador de fase, amplificador limitador de FI, correlator, chave silenciadora, fonte de ruído, fonte de alimentação e amplificador de saída.

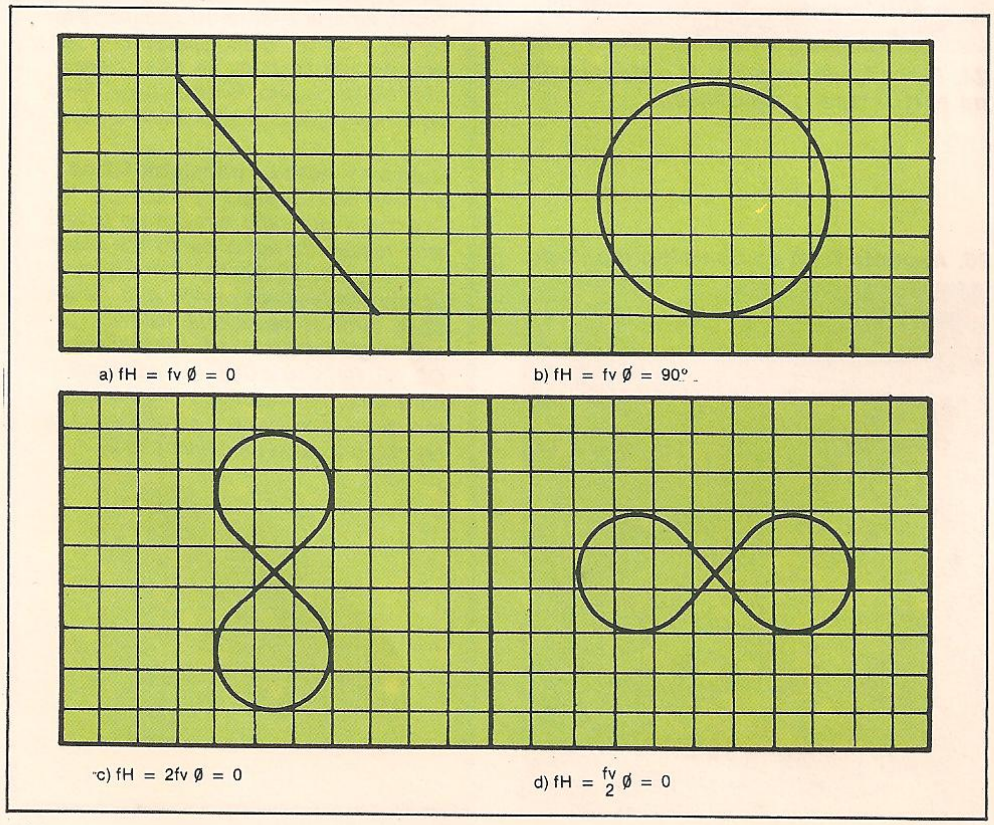
Qual é a função do transistor Q2 no circuito do receptor?
O circuito integrado fornece no pino 2 uma tensão de áudio de 75 mV sobre uma carga de 22 KΩ (P1). Como a impedância dos fones de ouvido varia de 8 a 32 Ω, torna-se necessário usar um circuito seguidor de emissor constituído por Q2, R3, R4, C19 e C18, que não amplifica o sinal, mas apenas realiza o casamento de impedâncias, entre a entrada (22 KΩ) e a saída (no mínimo, 8 Ω).

O OSCILOSCÓPIO (3)

Continuaremos aqui a examinar o osciloscópio, este importante instrumento de medição. Você vai conhecer agora um dos modelos mais difundidos: o osciloscópio de duplo canal.



ACIMA: reduzindo sensivelmente a exploração horizontal, pode-se observar em detalhe o movimento de descida do sinal.



A base de tempo a ser escolhida depende do sinal que se quer observar. Por exemplo, se se quer observar na tela do osciloscópio uma forma de onda de freqüência de ordem de 1 KHz, temos que escolher uma base de tempo de pelo menos 0,5 ms/cm ou 0,5 ms/divisão, pois como $T = \frac{1}{F}$, o período do sinal será de 1 ms.

Com isso, um ciclo de sinal ocupará 2 cm ou duas divisões na tela. Se escolhermos uma base de tempo de 1 ms/cm ou 1 ms/divisão, um ciclo do sinal ocupará apenas 1 cm da tela.

Se, em vez de utilizar a base de tempo, se aplicar à entrada X um sinal externo, a junção desse sinal com o do canal Y — no caso de ambos serem senoidais — produz na tela curvas muito características, genericamente denominadas **figuras de Lissajous**.

Pode-se obter inúmeras combinações de pares amplitude-freqüência para cada um dos dois sinais alternados, que produzirão inúmeras formas na tela do osciloscópio.

As aplicações mais comuns dessas curvas são as seguintes:

- comparação de freqüências
- medida de deformações ou distorções
- medida de defasagem
- medida das freqüências.

Os osciloscópios de duplo canal ou de duplo traço estão se difundindo cada vez mais no mercado, devido às grandes vantagens que oferecem e suas numerosas aplicações.

AO LADO: exemplos de figura de Lissajous: a) dois sinais na mesma freqüência e fase; b) dois sinais de mesma freqüência, mas defasados em 90°; c) e d) figura produzida por dois sinais, um deles com o dobro de freqüência do outro.

Esses aparelhos contêm dois amplificadores verticais (Y), geralmente idênticos, que permitem amplificar e representar dois sinais independentes. Portanto, a grande vantagem desse osciloscópio é tornar possível a observação **simultânea** dos dois sinais aplicados às suas entradas.

Existem duas maneiras de construir um osciloscópio de duplo canal:

- empregando-se um tubo de raios catódicos com duplo feixe eletrônico e dupla série de plaquetas verticais e horizontais de deflexão;
- empregando-se um tubo de raios catódicos convencional, dotado de um sistema de comutação em condições de apresentar os dois sinais alternadamente. Nessas duas maneiras, os sinais que se pretende visualizar permanecem nitidamente separados durante todo o seu percurso através dos circuitos do osciloscópio, atingindo depois o tubo, em cujo interior também não existe nenhuma interação entre eles.

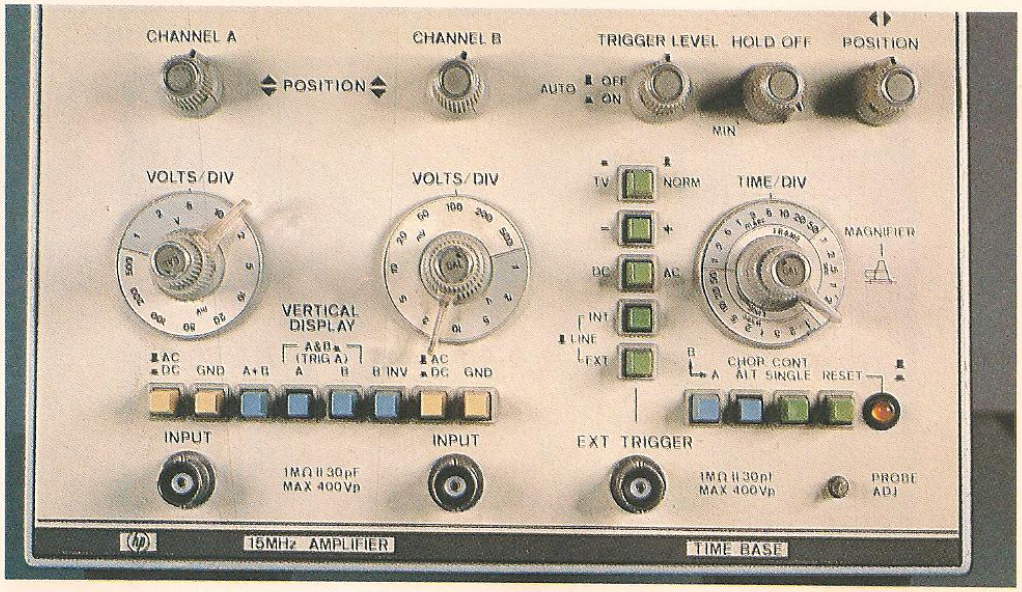
A primeira maneira é bastante simples, pois os sinais aplicados às entradas verticais chegam à dupla série de placas verticais e horizontais, e cada uma delas produz sua própria deflexão sobre o feixe catódico correspondente.

O circuito da base de tempo pode ser comum a ambas ou independente. Caso ele seja comum, a deflexão horizontal deve ser escolhida de tal maneira que o período de afastamento da tela permita visualizar facilmente os dois sinais aplicados às entradas. Se for independente, as deflexões são escolhidas independentemente uma da outra. Assim, o formato de cada sinal pode ser escolhido em separado.

Um segundo tipo de osciloscópio de duplo canal é dotado de um sistema de comutação que pode ser utilizado de duas formas diferentes, escolhidas à vontade, por meio dos comandos externos existentes no aparelho. Essas formas são as seguintes:

- **sistema alternado**
- **sistema comutado (*chopped*).**

Quando o osciloscópio trabalha de modo alternado, um dos canais se apresenta na tela com os dentes de serra correspondentes aos números pares do sinal de deflexão horizontal, produzido pela base de tempo, enquanto o outro canal se apresenta com os dentes de serra correspondentes aos números ímpares.



ACIMA: painel de um osciloscópio com os três comandos de ganho de sinal e as freqüências de varredura.

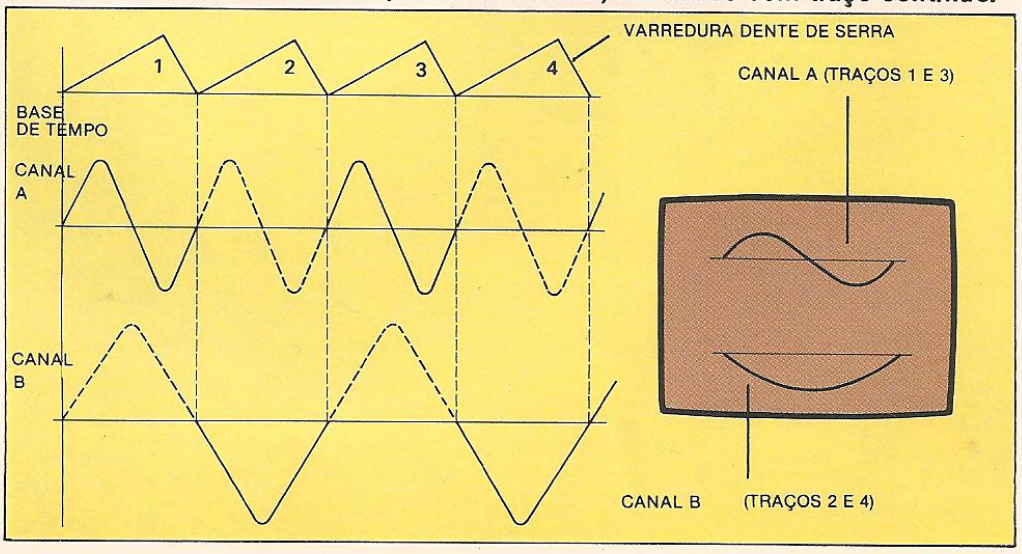
No interior de cada canal se sobrepõe uma tensão contínua diferente, separando os sinais presentes na tela. Dessa forma, pode-se comparar seus diferentes pontos e a posição de cada sinal é regulada independentemente por meio de dois comandos próprios situados externamente.

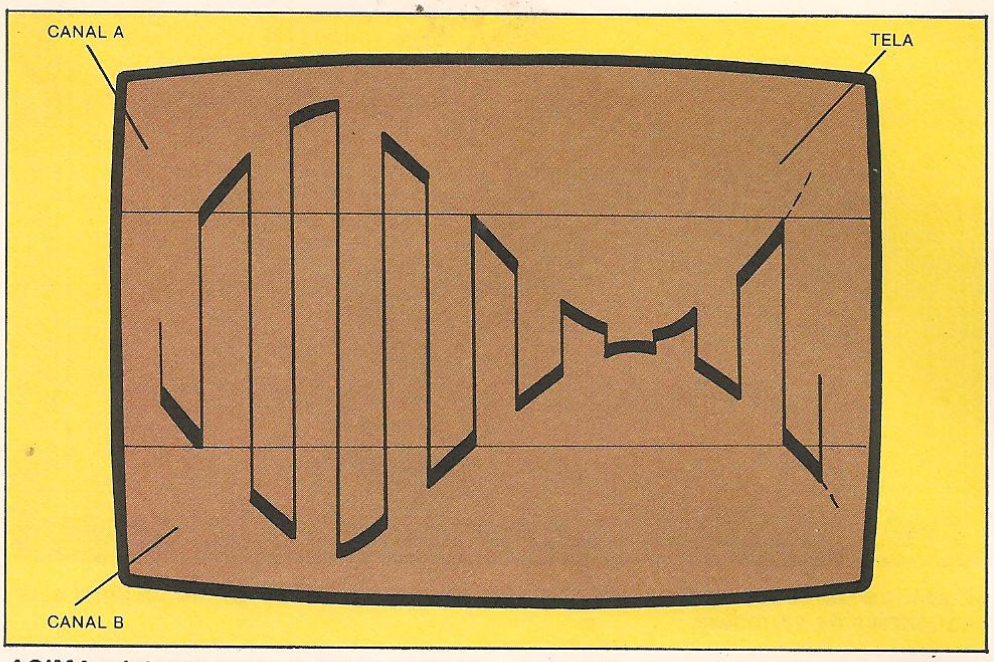
Quando se emprega esse sistema e a velocidade de varredura escolhida é alta, a visão não percebe as alternâncias sucessivas e o resultado é uma visão simultânea e contínua dos dois canais na tela do aparelho. Se, porém, tivermos uma velocidade de varredura baixa, a visão captará nitidamente a não-simultaneidade da representação na tela.

Quando o osciloscópio trabalha no modo comutado, o sistema de deflexão vertical passa rapidamente de um canal para outro durante todo o tempo de duração dos dentes de serra aplicados às placas horizontais (varredura horizontal). Dessa maneira, o período do sinal de cada um dos canais é praticamente o mesmo.

Esse sistema, ao contrário do anterior, é eficaz quando se escolhem velocidades de varredura horizontal baixas e, portanto, se tem sinais lentos no sistema de deflexão vertical, uma vez que a vista não consegue perceber os saltos do feixe e tem a impressão de observar ao mesmo tempo os dois canais. Além disso, quando a velocidade de varredura é alta (considerando-se que o período de comutação dos sinais é sempre o mesmo), vê-se que as formas de onda presentes nos dois canais são representadas em segmentos resultantes da comutação.

ABAIXO: sistema de varredura de um osciloscópio que utiliza o método alternado. Na tela aparecem somente os períodos de sinal, indicados com traço contínuo.





ACIMA: sistema comutado. A apresentação dos sinais na tela, como se pode observar, é descontínua.

Nos osciloscópios de duplo canal, existem diversas possibilidades para se escolher a imagem que se deseja observar. Por um lado, pode-se escolher apenas um canal dos dois canais (A ou B) de que se dispõe, para se observar o sinal, como em um osciloscópio de traço simples. Pode-se também escolher dois canais simultaneamente (A e B) ou realizar combinações lineares entre os dois, como a soma (A + B) ou a diferença (A - B ou B - A).

Como no osciloscópio de duplo feixe o circuito da base de tempo é geralmente comum aos dois canais, deve-se escolher com muito cuidado o tempo de espaçamento.

Com o sistema de deflexão horizontal por meio de sinal a dente de serra, pode-se verificar que, quando o feixe catódico retorna ao ponto de origem para dar início a uma nova varredura, a forma da onda do sinal que se quer visualizar não se encontra no ponto correspondente ao início da varredura precedente.

Na tela, o fenômeno se apresenta como um movimento contínuo da forma da onda, dando a impressão de deslocar-se da direita para a esquerda ou vice-versa, a uma velocidade que depende da freqüência do sinal em relação à freqüência do dente de serra.

Pode-se corrigir esse efeito de duas maneiras. Nos osciloscópios mais simples varia-se o período do dente de serra da varredura até fazê-lo coincidir com um múltiplo ou submúltiplo do período do sinal cuja forma da onda está representada. Se essa variação for contínua, pode-se parar a forma da onda na tela.

Esse procedimento é realizado por "tentativa e erro", e o resultado torna-se satisfatório somente quando a freqüência do sinal representado for suficientemente estável.

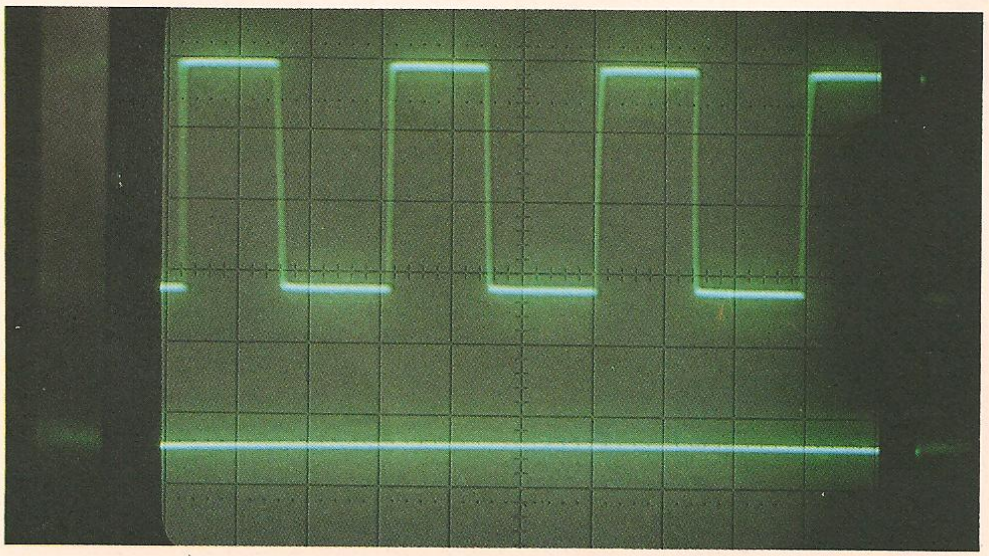
Se a varredura não for contínua, será necessário continuar ajustando o comando que fixa o período do dente de serra, para adequá-lo ao sinal que se quer visualizar.

Nos osciloscópios mais modernos e sofisticados, o procedimento consiste em dar partida ao sinal horizontal e, por conseqüência, ao dente de serra, quando o nível do sinal a visualizar se encontra em um determinado valor. Desse modo se verá a onda começando sempre em um ponto fixo e se conseguirá mantê-la parada qualquer que seja a sua freqüência e o dente de serra empregado.

Obtém-se, assim, uma **sincronização perfeita do sinal**. O valor de tensão de sinal escolhido para fazer "disparar" a varredura pode ser fixado através do comando externo correspondente, que, na maioria absoluta dos casos, traz a indicação **nível de disparo *(trigger level)*.**

Pode-se também preferir que o próprio osciloscópio determine o nível de disparo mais adequado. Isso acontece por meio de um sistema denominado **sincronização automática**.

ABAIXO: sinal aplicado a um dos canais. Pode-se observar o traço horizontal do outro canal, devido à ausência de sinal.



ABAIXO: controle de freqüência de varredura com botão selecionador.

