

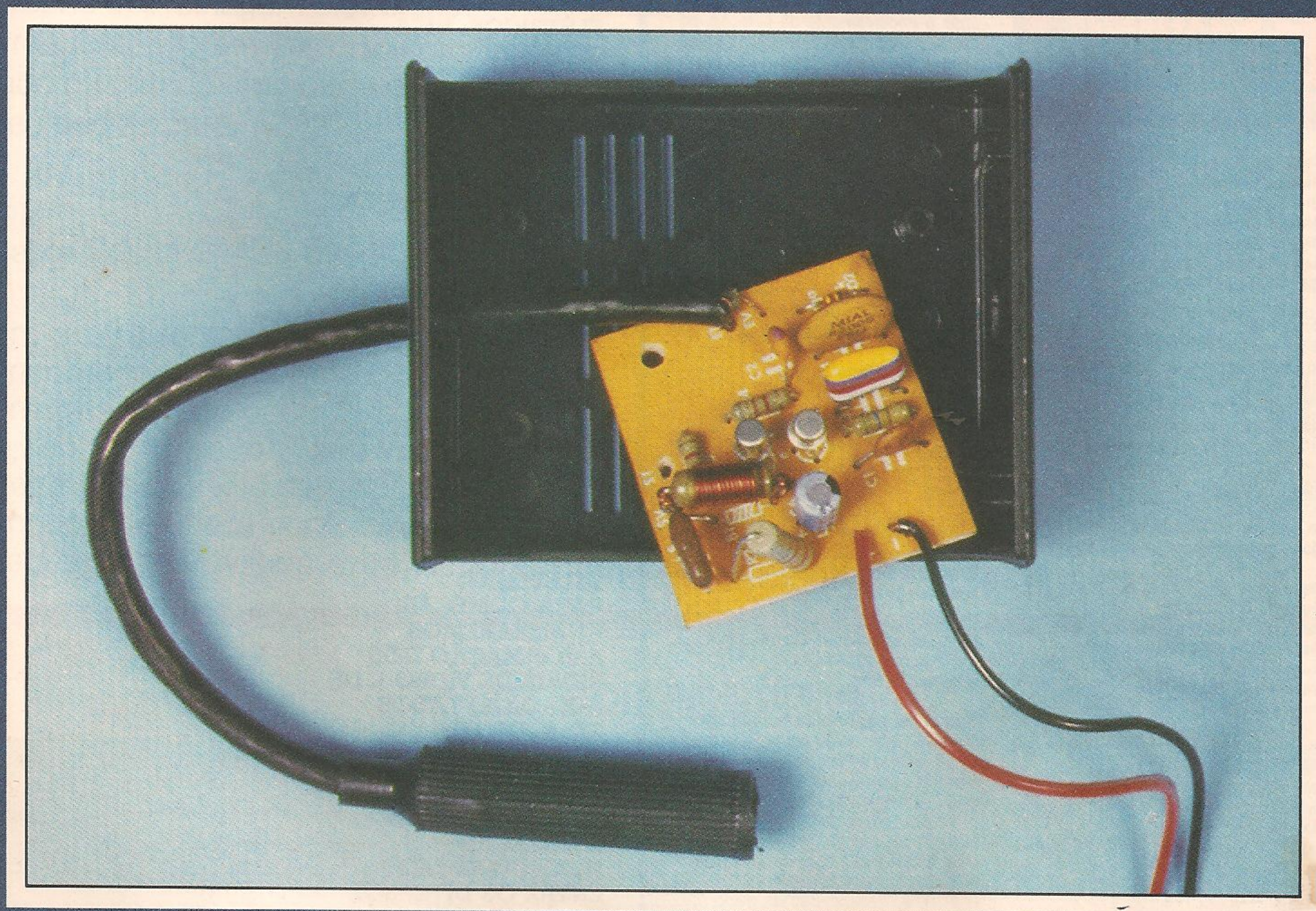
ELETRÔNICA

27

PASSO A PASSO

Cr\$ 3.000

Abril Cultural



COMPONENTES
O MOTOR ELÉTRICO
O MICROPROCESSADOR

MONTAGEM
AMPLIFICADOR DE ANTENAS FM



Promoção válida somente
no território brasileiro

O MOTOR ELÉTRICO (3)

Falaremos neste capítulo dos motores síncronos, que têm velocidade de rotação constante e uniforme regulada pela frequência da rede. Analisaremos também os motores universais ou a coletor.

A principal característica dos **motores síncronos**, como indica o nome, é o sincronismo, ou seja, o fato de a velocidade de rotação ser constante e uniforme, regulada diretamente pela frequência da tensão de alimentação.

Este tipo de motor é formado por um induzido móvel ou rotor e por um indutor fixo ou estator.

Existem também modelos cuja parte móvel corresponde ao indutor e a parte fixa ao induzido.

O princípio de funcionamento dos motores síncronos é de grande simplicidade e consiste no emprego dos efeitos combinados do campo magnético constante do indutor. O campo magnético pode ser criado por um eletroímã alimentado por uma corrente contínua ou ainda por um ímã permanente e pelo induzido, que contém uma série de enrolamentos aos quais é aplicada uma corrente alternada.

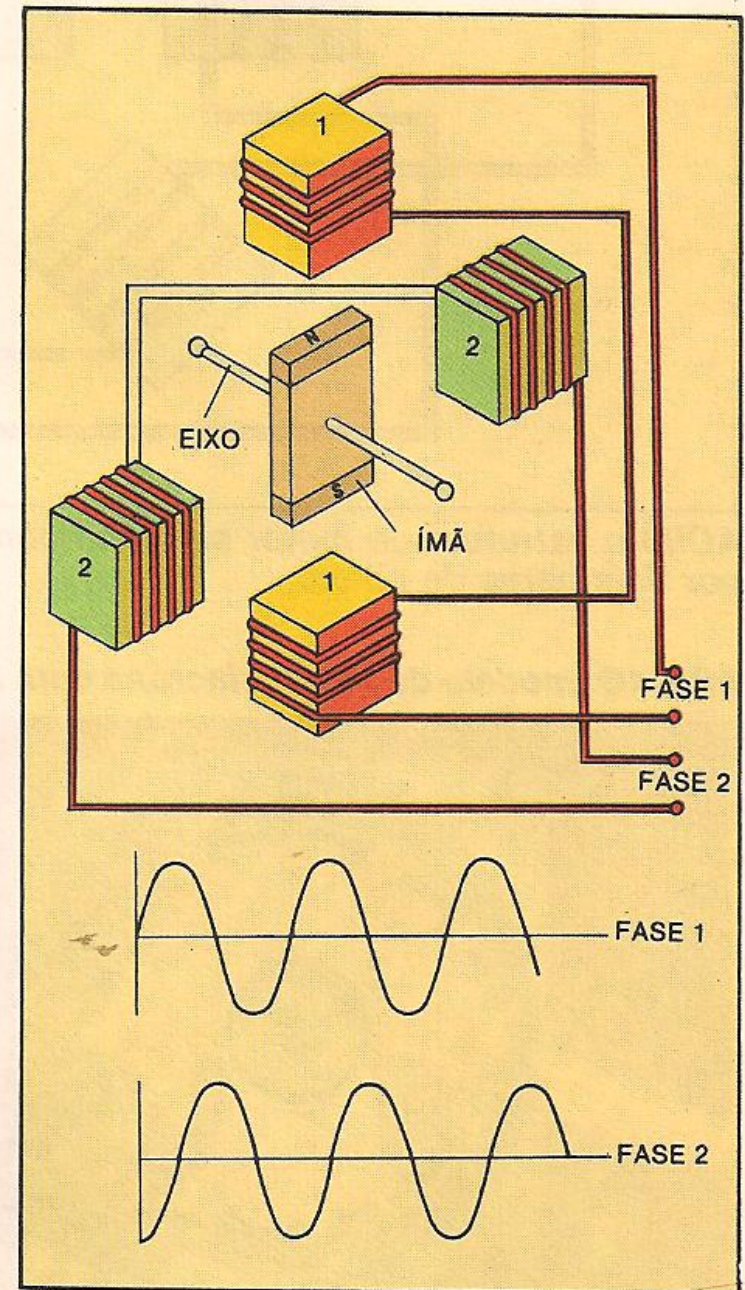
Consideremos uma estrutura elementar, constituída por dois pares de enrolamentos com núcleos magnéticos, assinalados pelos números 1 e 2, e por um ímã permanente inserido em um eixo giratório. O ímã é colocado no centro geométrico dos pares de enrolamentos, numa posição perpendicular

ao plano formado por eles. Aplicando tensão alternada ao par 1, produz-se nos enrolamentos um campo magnético que varia de intensidade e de sentido segundo a frequência da rede. Em um determinado instante, o campo entre os dois enrolamentos será máximo, criando-se um pólo norte na parte de cima do enrolamento superior e um pólo sul na parte de baixo. O mesmo ocorre com o enrolamento inferior.

Nesse momento, o ímã permanente é atraído pelos dois enrolamentos e se coloca numa posição vertical. Se, ao mesmo tempo, é aplicada uma segunda tensão alternada ao par de enrolamentos 2, com defasagem de fase de 90° em relação à tensão alternada anterior, o campo se tornará nulo no instante considerado, já que a corrente passa pelo valor 0 e não exerce nenhuma influência.

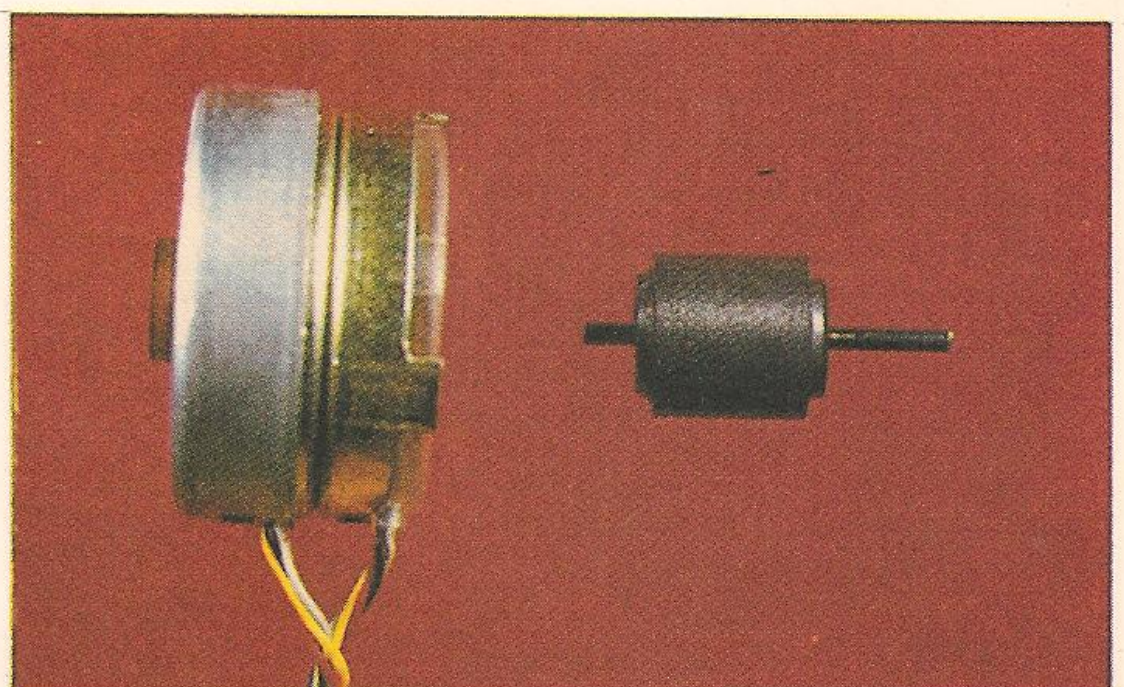
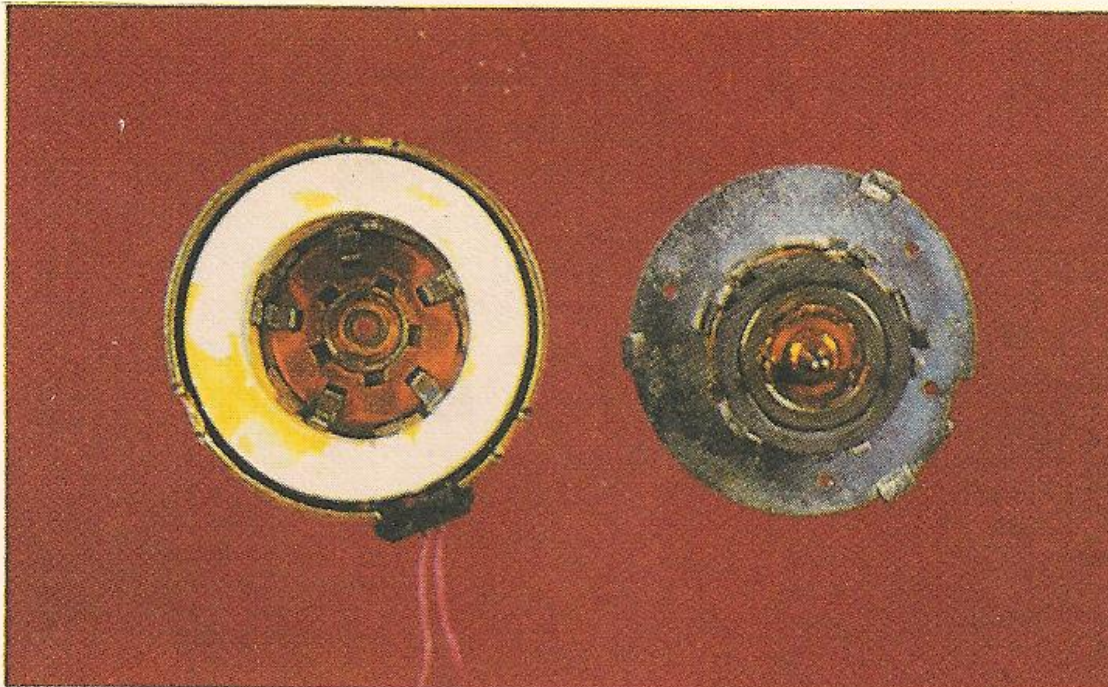
Sucessivamente, porém, o campo começará a crescer. Assim, o ímã girará até colocar-se em posição horizontal, alinhado com os enrolamentos 2.

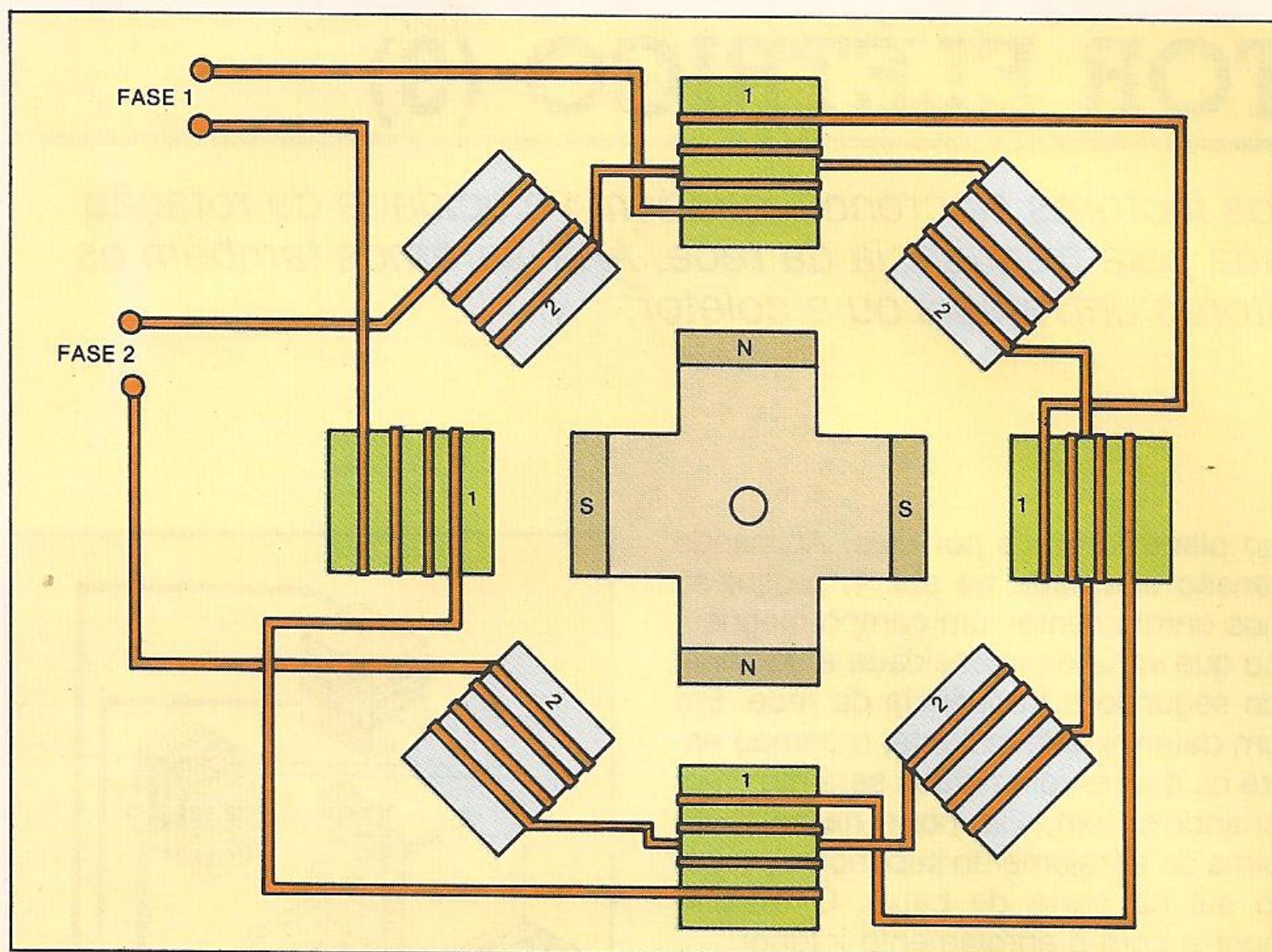
O processo continua porque este segundo campo diminui, enquanto cresce o primeiro, mas em sentido contrário ao inicial, pois a variação da tensão neste momento é negativa, com a con-



ACIMA: estrutura elementar de um motor síncrono. O ímã que forma o estator fica no centro geométrico entre os enrolamentos do induzido.

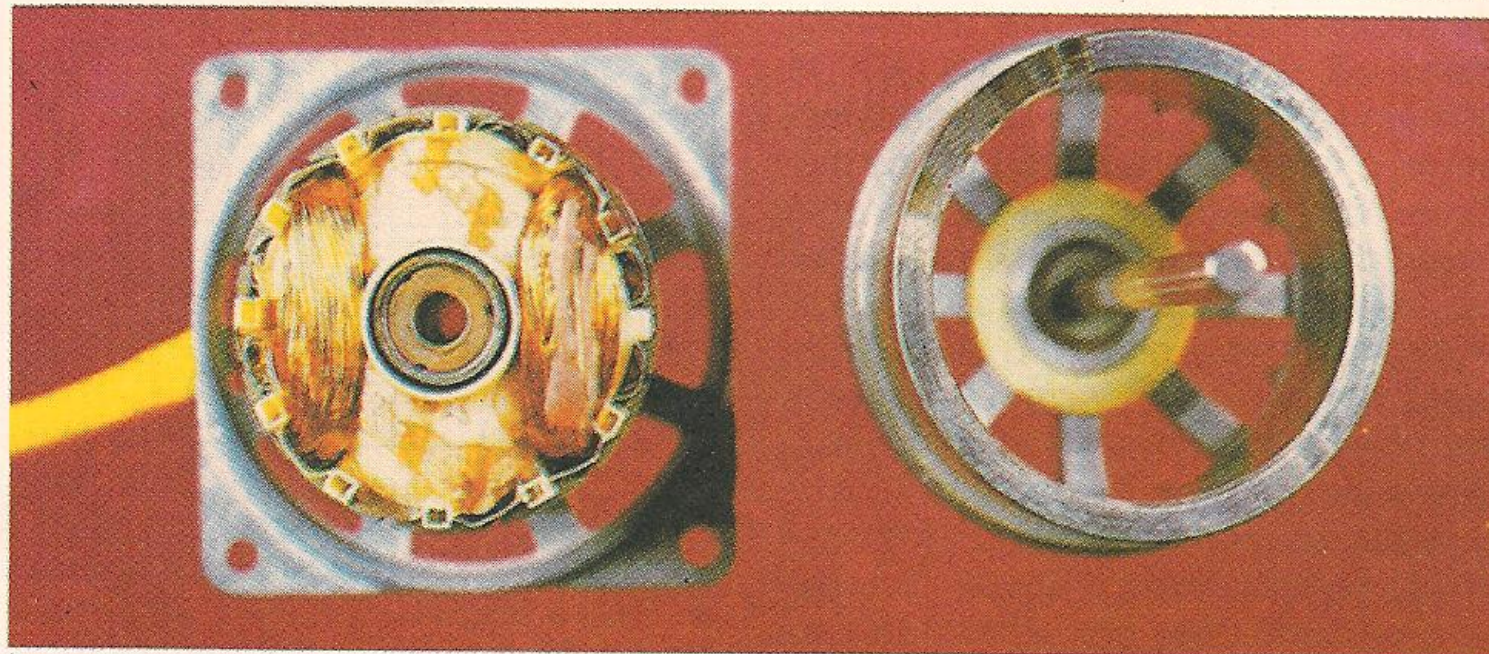
ABAIXO: à esquerda, dois motores síncronos com indutor formado por um ímã permanente de forma cilíndrica. À direita, os enrolamentos do induzido.



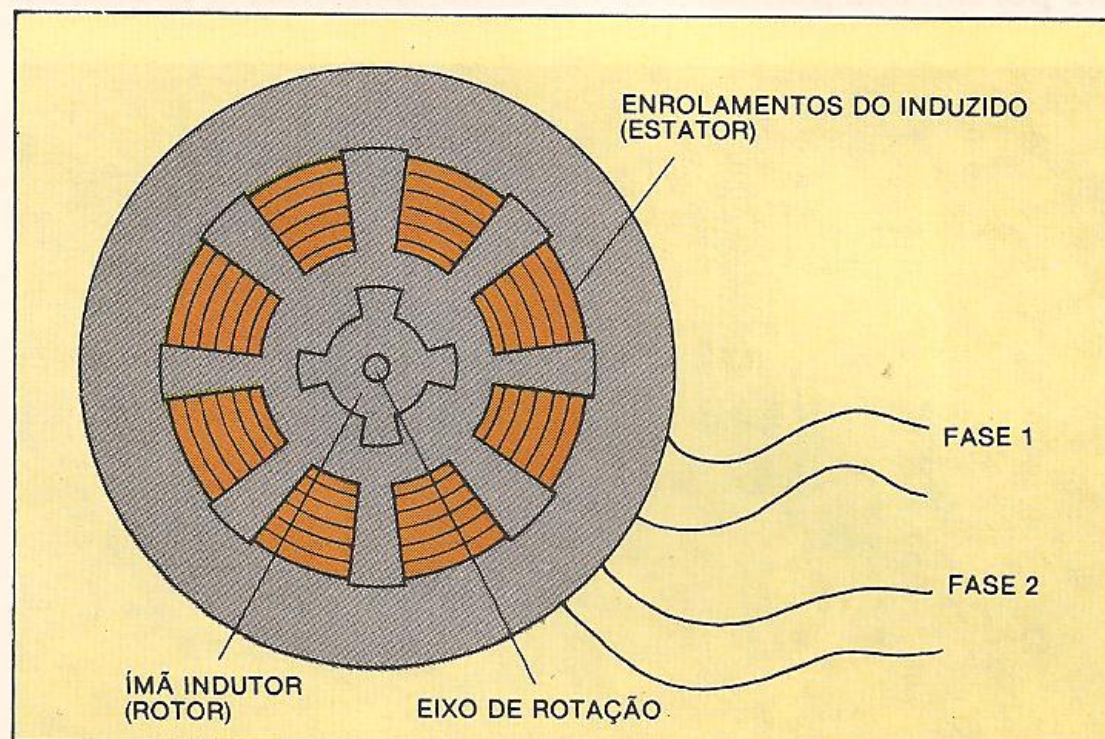


ACIMA: estrutura de motor síncrono com velocidade reduzida e indutor composto por dois pares de pólos.

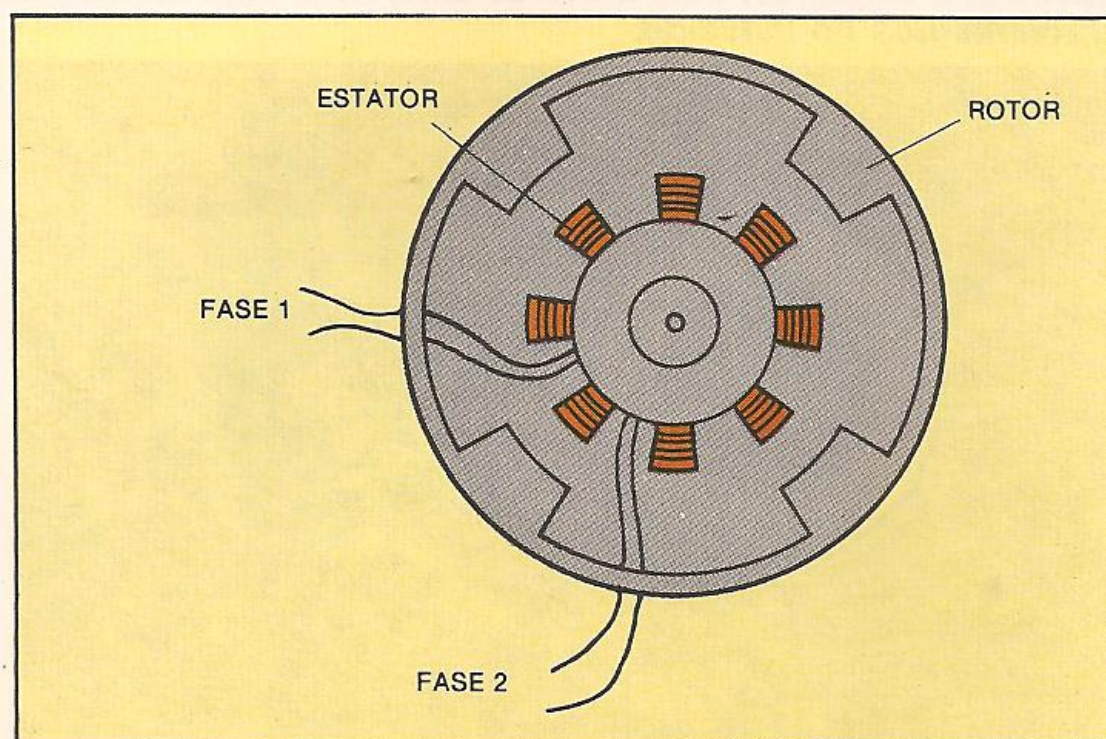
ABAIXO: modelo de motor síncrono com rotor ou indutor no lado externo do estator.



ABAIXO: corte esquemático de um motor síncrono com dois pares de pólos.



ABAIXO: modelo de motor síncrono com induzido no interior do indutor.



seqüente inversão dos pólos magnéticos. Deste modo, o ímã continua a girar, colocando-se novamente em posição vertical, mas com o norte para baixo e o sul para cima.

Em seguida, os enrolamentos 2 também terão o campo invertido, atraindo o ímã e mantendo-o em rotação. Esta seqüência contínua e repetitiva é o resultado da transformação de energia elétrica em energia mecânica de rotação, propriedade fundamental de qualquer motor.

No nosso caso, o ímã permanente ou rotor executa um giro a cada ciclo completo da corrente. Assim, a velocidade de rotação coincide com a frequência da rede. Por exemplo, se a frequência da rede for de 60 Hz, ela produzirá uma rotação de 60 ciclos completos em um segundo. O rotor, conseqüentemente, dará 60 voltas nesse mesmo tempo, o que corresponde a 60 revoluções por segundo (ou 60 rps).

ABAIXO: tabela da velocidade em rpm de um motor síncrono, em função do número de pólos e da frequência.

NÚMERO DE PÓLOS	FREQUÊNCIA (Hz)	
	50	60
2	3 000	3 600
4	1 500	1 800
6	1 000	1 200
8	750	900
10	600	720
12	500	600

Se, em vez de um ímã, forem utilizados dois ímãs como rotor, dispostos em ângulo reto e unidos ao mesmo eixo, e se, em vez de dois pares de enrolamento, forem empregados quatro pares de enrolamento, o efeito resultante será também uma rotação.

A velocidade de rotação, porém, será a metade da anterior. Assim, a velocidade de rotação de um motor síncrono pode ser definida pela fórmula $N = 2 \cdot f/P$, em que N representa a velocidade de rotação em rps, f é a frequência da corrente alternada e P é o número de pólos que o indutor possui. No exemplo citado, como o indutor possui quatro pólos, a velocidade resultante será de 30 rps. Alguns modelos de motores síncronos têm o induzido situado no interior do indutor, a parte móvel é externa e o sistema de funcionamento é semelhante ao de dois ímãs.

Em alguns tipos de motores, os ímãs permanentes do estator são substituídos por eletroímãs. Nesses casos, aplica-se aos enrolamentos uma corrente contínua de excitação com o objetivo

de criar todos os pares de pólos magnéticos necessários. Por outro lado, como os eletroímãs constituem o rotor e são, portanto, móveis, é preciso um dispositivo capaz de produzir os contatos elétricos, como nos motores a corrente contínua.

Com essa finalidade empregam-se dois anéis coletores que deslizam em duas escovas, de modo que o pólo positivo permaneça sempre aplicado a um dos anéis e o negativo ao outro.

Para criar as duas fases do enrolamento e o funcionamento do motor, é comum o emprego de um capacitor em série com um dos grupos de enrolamentos. Assim, quando a corrente percorre o capacitor, defasa-se em aproximadamente 90° .

Se, em vez de colocar um capacitor nos enrolamentos, for colocado um indutor, haverá uma inversão do sentido de rotação, sem alteração das outras características de funcionamento.

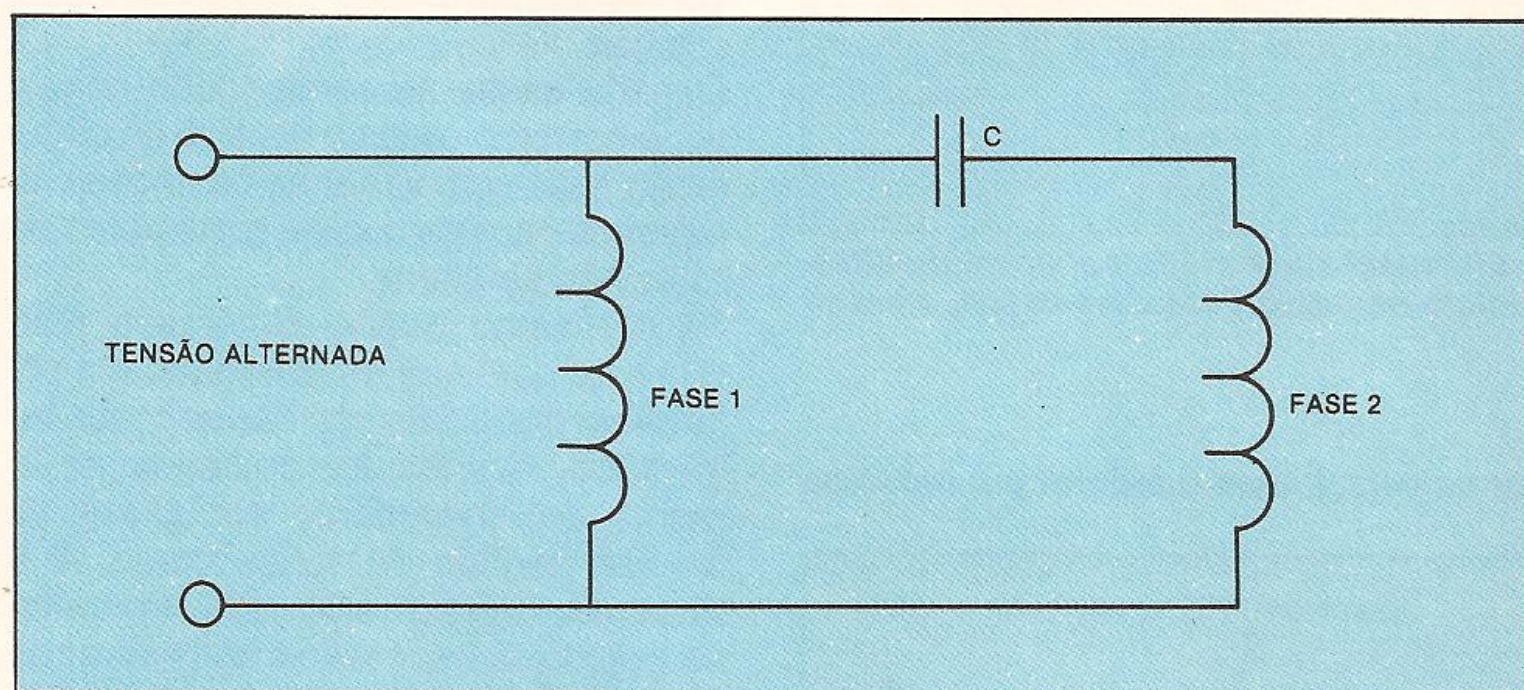
A propriedade principal do motor síncrono é a velocidade rigorosamente constante entre os dois limites de car-

ga permitidos pelo seu torque motor. Este possibilita um número muito amplo de aplicações, entre as quais a de fazer girar a fita magnética dos gravadores de alta qualidade.

Outra característica importante desses motores, quando possuem um rotor constituído por ímãs permanentes, é o fato de não necessitarem de nenhum contato elétrico deslizante para obter movimento. Assim, a sua vida útil fica aumentada.

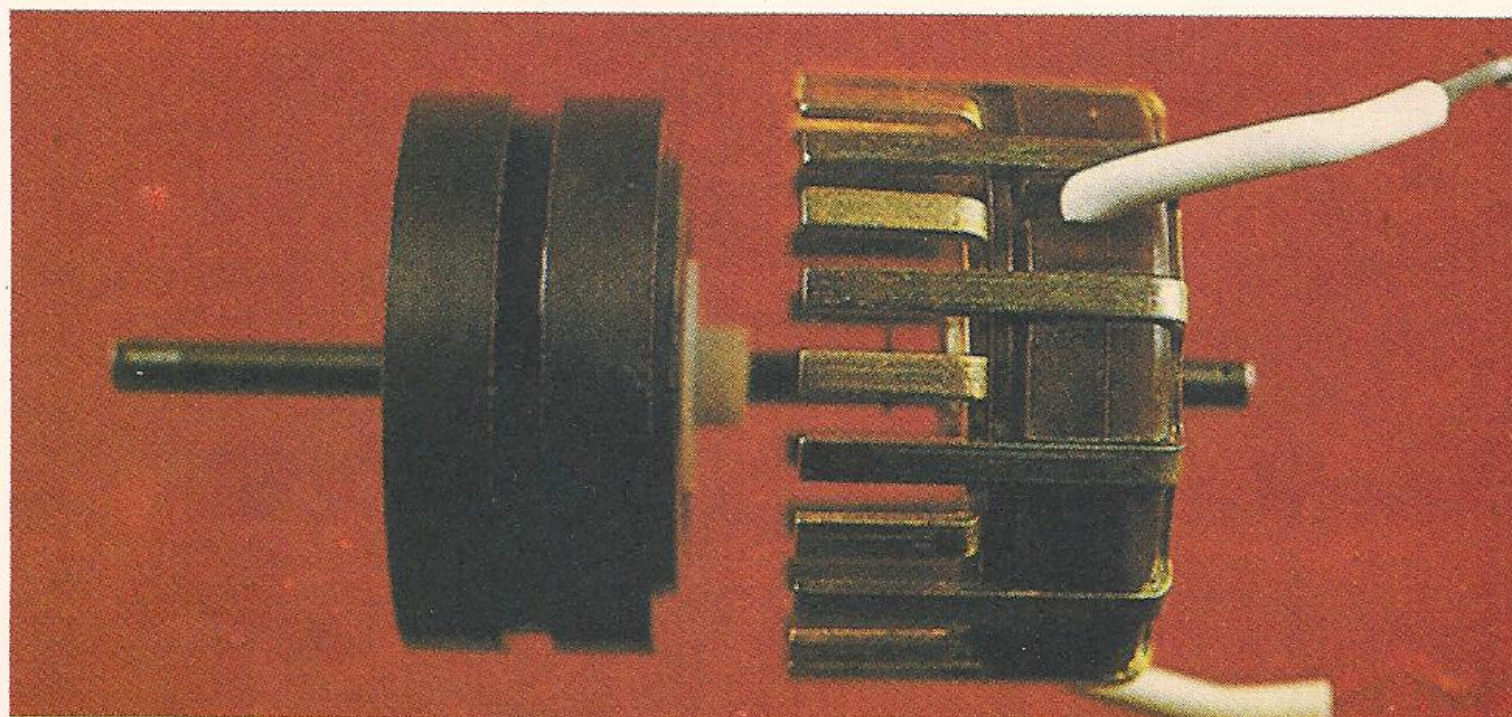
Quando a carga aplicada ao eixo supera o valor limite estabelecido para o torque, o rotor não consegue acompanhar o campo girante estabelecido pelo estator e se desacopla deste. O rotor seria então rapidamente imobilizado. Quando isso ocorre, a corrente do induzido pode aumentar, alcançando valores de intensidade perigosos para os enrolamentos.

Um tipo especial de motor, que pode trabalhar tanto com corrente alternada como com corrente contínua, e que se presta a numerosas aplicações, em função da simplicidade de funciona-



ACIMA: esquema elétrico das ligações que criam a defasagem indispensável ao funcionamento do motor.

ABAIXO: detalhe do indutor e do induzido de um motor síncrono de grandes dimensões. Emprega-se um ímã para o rotor ou indutor.



Qual é a principal característica dos motores síncronos?

Como o próprio nome indica, a principal característica é o sincronismo, ou seja, a velocidade de rotação é regulada diretamente pela frequência da tensão de alimentação.

Qual é o princípio de funcionamento dos motores síncronos?

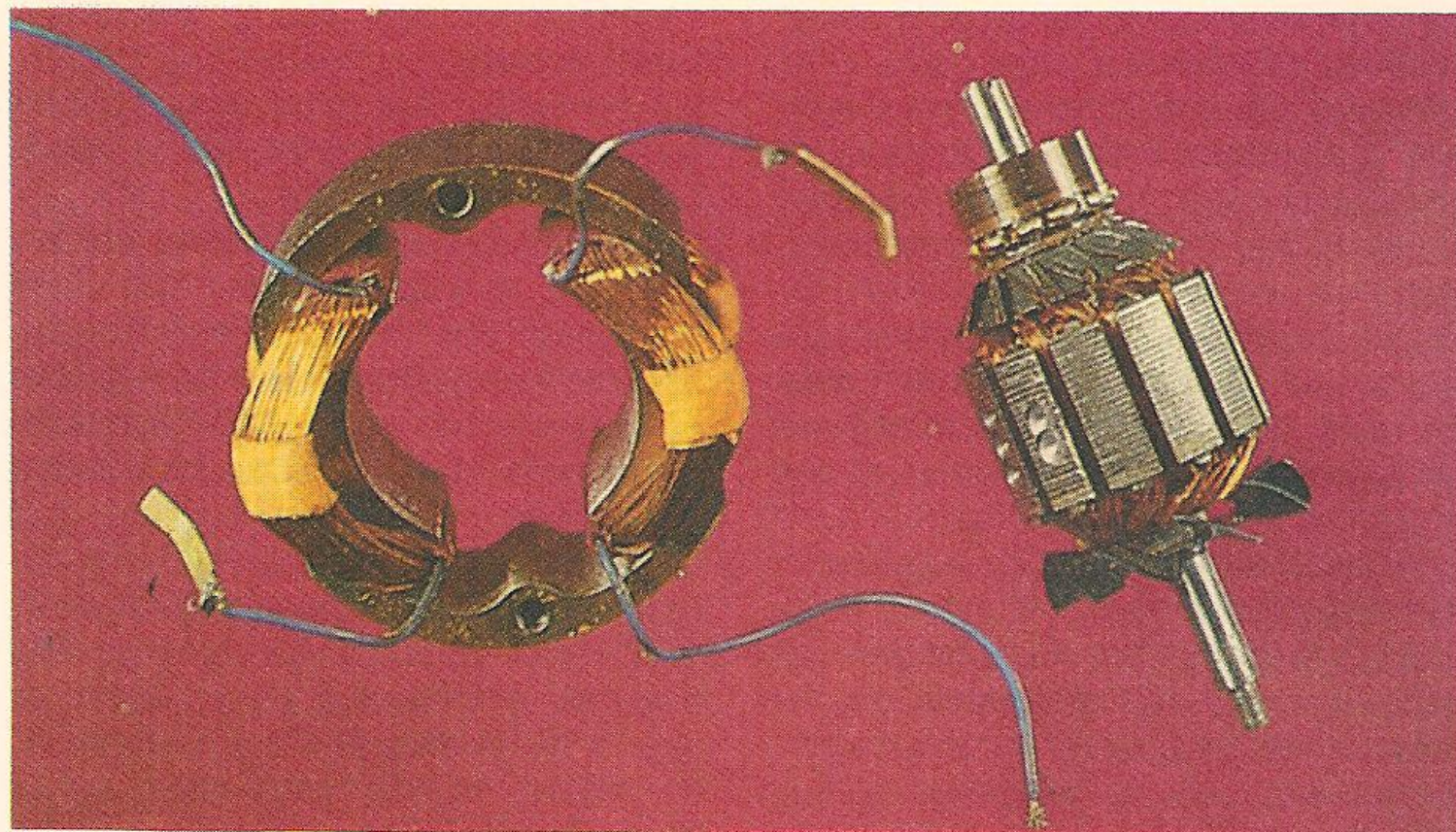
O princípio consiste nos efeitos combinados do campo magnético constante do indutor. Esse campo pode ser criado por um eletroímã alimentado por uma corrente contínua ou ainda por um ímã permanente e pelo induzido. Esse induzido contém uma série de enrolamentos aos quais é aplicada uma corrente.

Como é definida a velocidade de rotação de um motor síncrono?

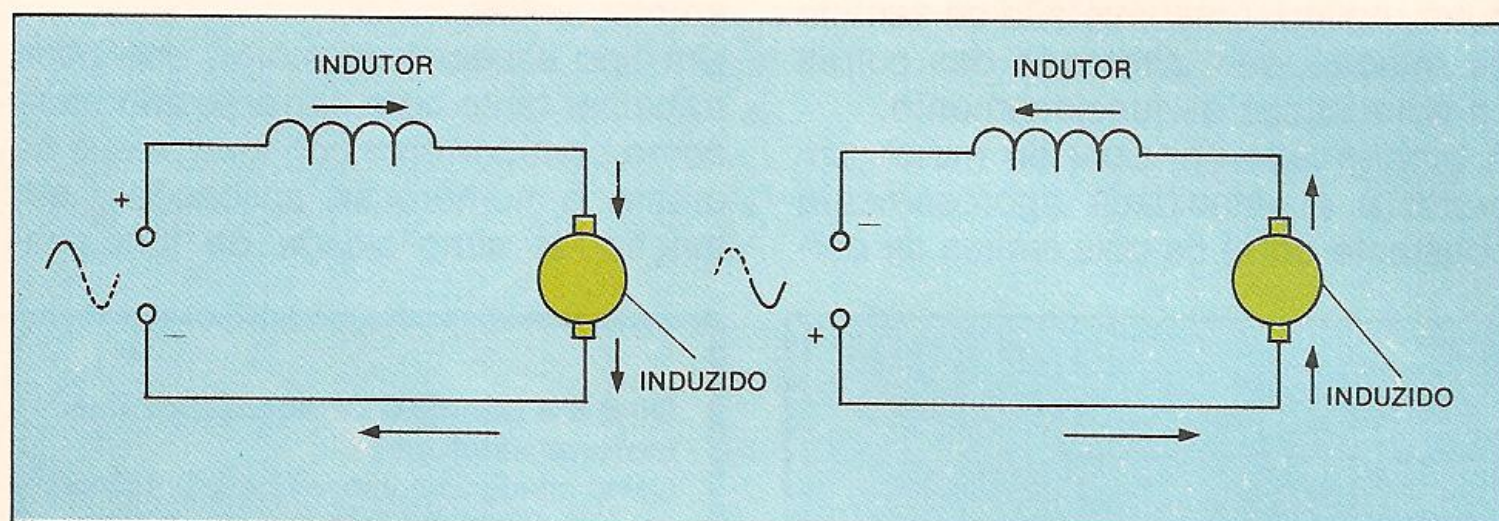
Ela pode ser definida pela fórmula $N = 2 \cdot f/P$, em que N representa a velocidade de rotação em rps, f é a frequência da corrente alternada e P é o número de pólos que o indutor possui.

Qual é a principal característica de um motor universal?

Esse tipo de motor pode trabalhar tanto com corrente alternada quanto com corrente contínua, e se presta a numerosas aplicações, em função da sua simplicidade de funcionamento e do custo bastante reduzido.

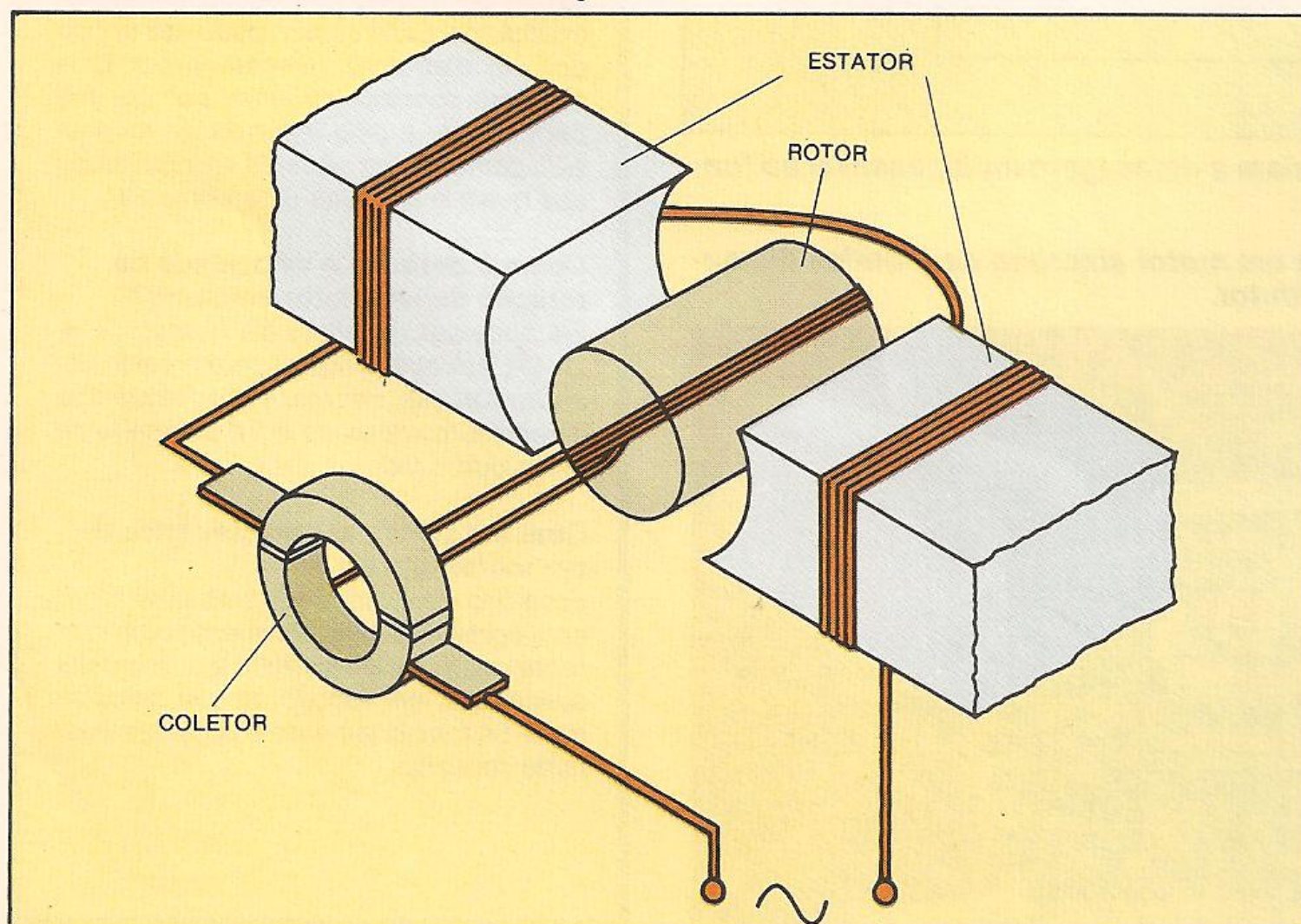


ACIMA: motor universal, com o estator à esquerda e o rotor à direita. Na parte superior do rotor localiza-se o coletor.



ACIMA: circulação da corrente em um motor universal alimentado por corrente alternada: a) com semiciclo positivo; b) com semiciclo negativo. Nos dois casos, o sentido de rotação é o mesmo.

ABAIXO: esquema das ligações de um motor universal, com o indutor e o induzido colocados em série com a alimentação.



mento e do custo reduzido, é o **motor universal** ou **a coletor**.

Esse motor tem uma estrutura semelhante à de um motor de corrente contínua, com os enrolamentos do indutor e do induzido ligados em série.

A forma de trabalho de um motor de corrente contínua consiste na aplicação de tensão a um eletroímã indutor, que gera um campo magnético no rotor. Esse rotor é constituído por um enrolamento que, por sua vez, envolve um cilindro de material magnético, acoplado a um eixo.

As ligações do enrolamento são feitas por meio de um anel coletor dividido em duas partes isoladas, em contato com duas escovas ligadas aos pólos positivo e negativo da alimentação.

A corrente é invertida duas vezes, a cada giro, para manter a rotação. Se as escovas com o enrolamento do indutor forem ligadas em série e à sua extremidade se aplicar uma tensão alternada, durante o semiperíodo em que a tensão é positiva, a corrente circula através do enrolamento, produzindo as condições de campo indispensáveis à rotação.

Quando passa ao semiperíodo negativo, a corrente muda o sentido de circulação, mas sem variar as condições recíprocas para as quais o movimento do rotor não se altera.

Se o mesmo motor alimentado com corrente contínua for desligado e a polaridade das conexões das escovas for invertida, quando for colocado novamente em movimento ele girará no mesmo sentido de antes, como se a troca não tivesse sido feita. Portanto, na prática, é necessário considerar alguns fatores relacionados com modificações na estrutura dos motores.

Em primeiro lugar, nos núcleos para corrente contínua ocorrem perdas elevadas, devido às correntes induzidas ou correntes de Foucault.

Para reduzir essas perdas, montam-se os núcleos sob a forma de lâminas finas, separadas por camadas também finas de papel ou verniz.

O segundo fator a ser levado em conta é a grande perda de energia no ferro do núcleo, por efeito da histerese. Isso cria a necessidade de diminuir o máximo possível o volume do motor.

O motor universal é empregado na maioria dos aparelhos elétricos ou eletrodomésticos: aspiradores de pó, ventiladores, máquinas de costura, barbeadores elétricos, etc.

O MICROPROCESSADOR (4)

Você vai estudar neste capítulo uma parte importante do microprocessador: as memórias relacionadas à UCP. Elas são responsáveis pelo armazenamento temporário ou permanente das informações.

Uma parte importante do microprocessador é a que contém as informações que o sistema deve processar para obter os resultados previstos. O armazenamento temporário ou permanente destas informações é atribuição das **memórias** relacionadas à UCP (Unidade Central de Processamento).

As memórias podem ser providas de unidades separadas, sob a forma de circuitos integrados independentes, ou então já estão presentes na pastilha do próprio microprocessador. Nesse caso, o microprocessador recebe o nome de microcontrolador, se a memória for do tipo MAL (ROM) ou o nome de microcomputador monolítico, se a memória for do tipo MAD (RAM).

De qualquer maneira, os CIs de memória, tanto ROM como RAM, constituem famílias independentes, com características muito específicas, que devem ser analisadas separadamente.

Existem muitos tipos de memórias, como memórias de acesso serial, memórias tipo pilha, memórias tipo fita, etc. Para nós, interessam os dois tipos de memória já citados: RAM e ROM.

A **Memória de Acesso Direto, MAD (Random Access Memory, RAM**, em inglês), permite, após fornecido o endereço desejado, o acesso direto à localização de armazenamento selecionada, tanto para se escrever ou colocar informações, como para ler as informações já armazenadas.

No caso de escrita, as informações presentes na entrada da memória são transferidas para a localização selecionada pelo endereço, onde são armazenadas. No caso de leitura, as informações armazenadas no endereço selecionado são conduzidas à saída, onde são encaminhadas ao processador.

A **Memória Apenas de Leitura, MAL (Read Only Memory, ROM**, em inglês), a rigor, é um CI que não deveria ser chamado de memória, pois o termo "memória" envolve um comportamento de circuito seqüencial, enquanto o subsistema ROM é um circuito puramente combinatório.

Na realidade, os subsistemas ROM são tabelas que contêm dados colocados em termos de dígitos binários 0 e 1, e podem ser comparados a tabelas impressas, onde lemos dados, ou então a discos, onde escutamos (lemos) a música gravada permanentemente.

Vejamos, inicialmente, as memórias do tipo RAM. Devido a detalhes de natureza tecnológica, são produzidos dois tipos de memórias RAM em CIs: as estáticas e as dinâmicas. Nas memórias estáticas, a informação permanece armazenada enquanto houver tensão ali-

mentando o CI. Nas memórias dinâmicas, é necessário restaurar periodicamente a informação armazenada, para que esta não se perca. Esta restauração (**refresh**, em inglês) é realizada em períodos de alguns milissegundos, dependendo do CI utilizado.

Atualmente fabricam-se memórias RAM dinâmicas com capacidade de 256 kbits. Já foram produzidas em laboratório, e em breve estarão no mercado, memórias de 512 kbits e 1 Mbit. Para endereçar memórias de 256 kbits, são necessárias 18 linhas binárias,

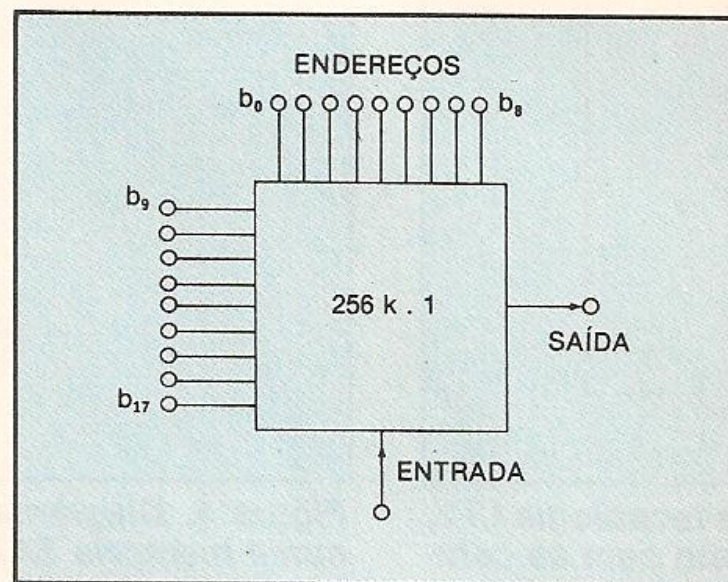


Figura 1. Memória MAD 256 K . 1. Temos 18 linhas de endereçamento, uma linha de entrada e uma linha de saída.

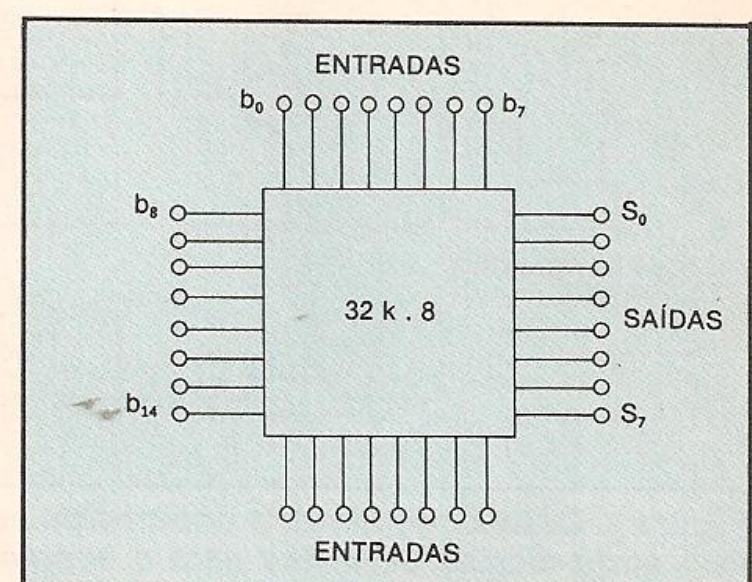
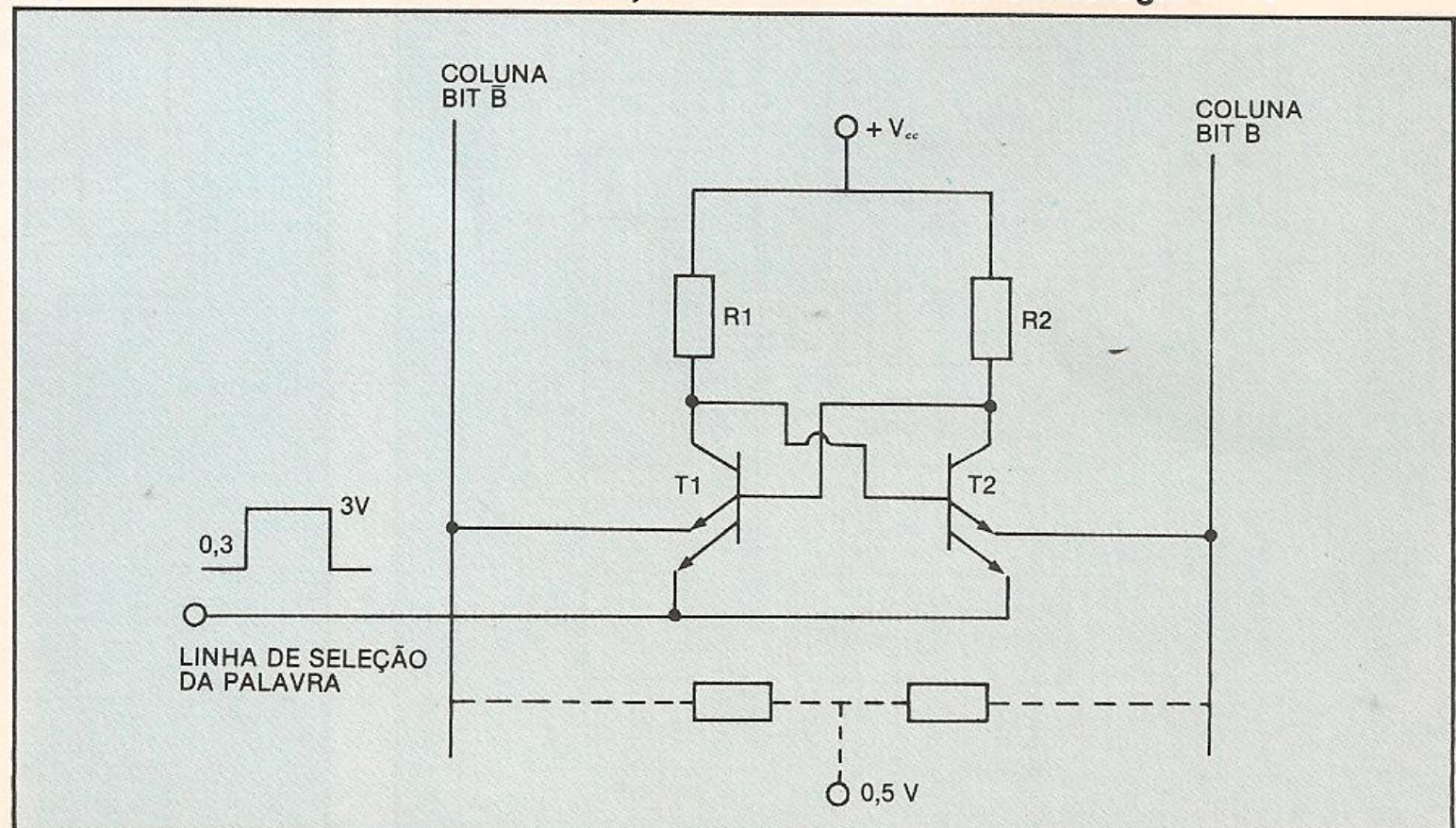


Figura 2. Memória MAD 32 K . 8. Temos 14 linhas de endereçamento, 8 linhas de entrada e 8 linhas de saída.

Figura 3. Célula básica de memória, fabricada dentro da tecnologia LTT.



pois $2^{18} = 256 \cdot 1024$ (em eletrônica, é comum admitir-se $1 \text{ kbit} = 1024 \text{ bits}$ e $1 \text{ Mbit} = 1024 \cdot 1024 \text{ bits}$, daí as memórias de 64 kbits, 256 kbits e 512 kbits. As linhas binárias conduzem o endereço codificado que, depois de decodificado, seleciona a localização de informação desejada.

A organização interna da memória pode ser de diversos tipos. Consideremos, por exemplo, uma memória de 256 kbits. Podemos ter apenas 1 bit armazenado em cada localização seleciona-

da. Temos, então uma memória de $256 \text{ K} \cdot 1 \text{ bit}$, ou seja, temos $256 \cdot 1024$ endereços, sendo que em cada um há apenas 1 bit armazenado.

Consideremos uma segunda memória, com a mesma capacidade de armazenamento, porém organizada assim: $64 \text{ kbits} \cdot 4 \text{ bits}$. Isso significa que, em cada endereço de memória, temos 4 bits de informação armazenados e que devemos selecionar um dentre $64 \cdot 1024$ endereços para escolher um desses conjuntos de 4 bits.

Finalmente, podemos considerar a mesma capacidade numa terceira organização: $32 \text{ kbits} \cdot 8 \text{ bits}$. Isto significa que em cada localização de memória temos 8 bits armazenados, com um total de $32 \cdot 1024$ endereços. Selecionando um desses endereços, poderemos ler ou escrever 8 bits simultaneamente. Embora já sejam fabricadas memórias RAM em arseneto de gálio, com tempos de acesso de 1 ns (10^{-9} s), a maior parte destes CIs é produzida tendo o silício como semiconductor básico.

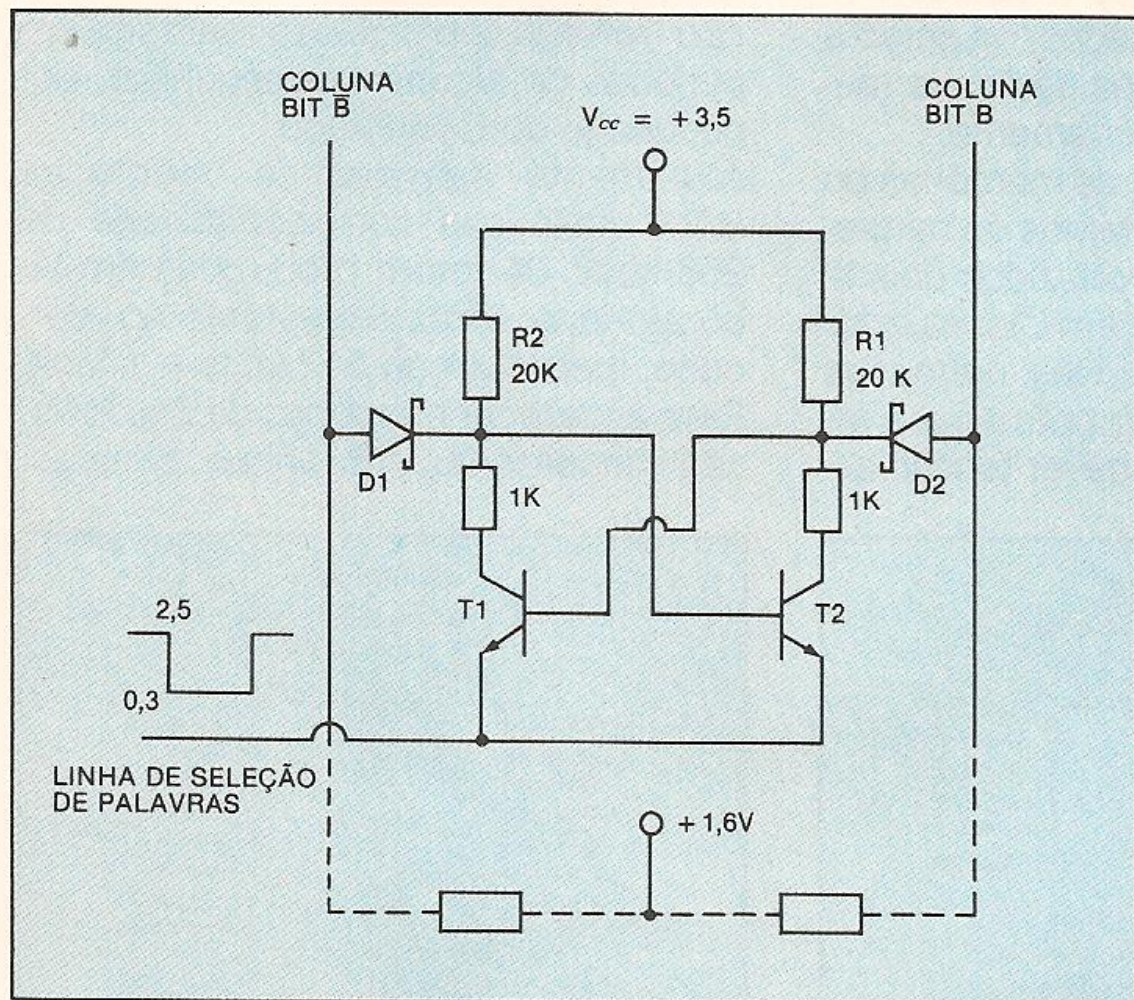


Figura 4. Célula de memória construída com a tecnologia LTT, utilizando diodos Schottky para o acoplamento com as colunas de bits.

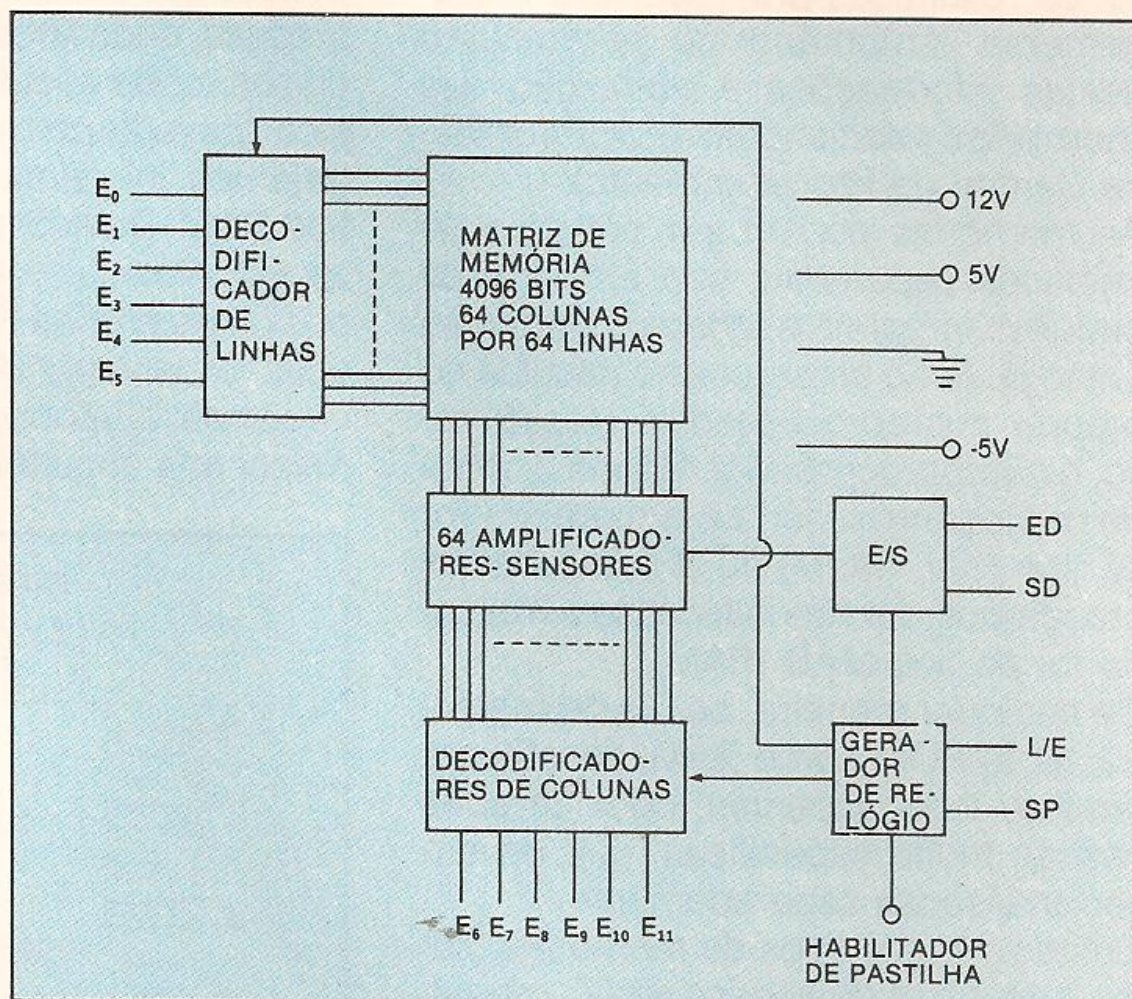


Figura 5. Diagrama em blocos interno comumente adotado numa memória RAM/MOS de 4 kbits, tecnologia NMOS.

Figura 6. Diagrama em blocos adotado em uma memória convencional de 4 kbits de capacidade, tecnologia NMOS, montado em uma carcaça de 18 pinos.

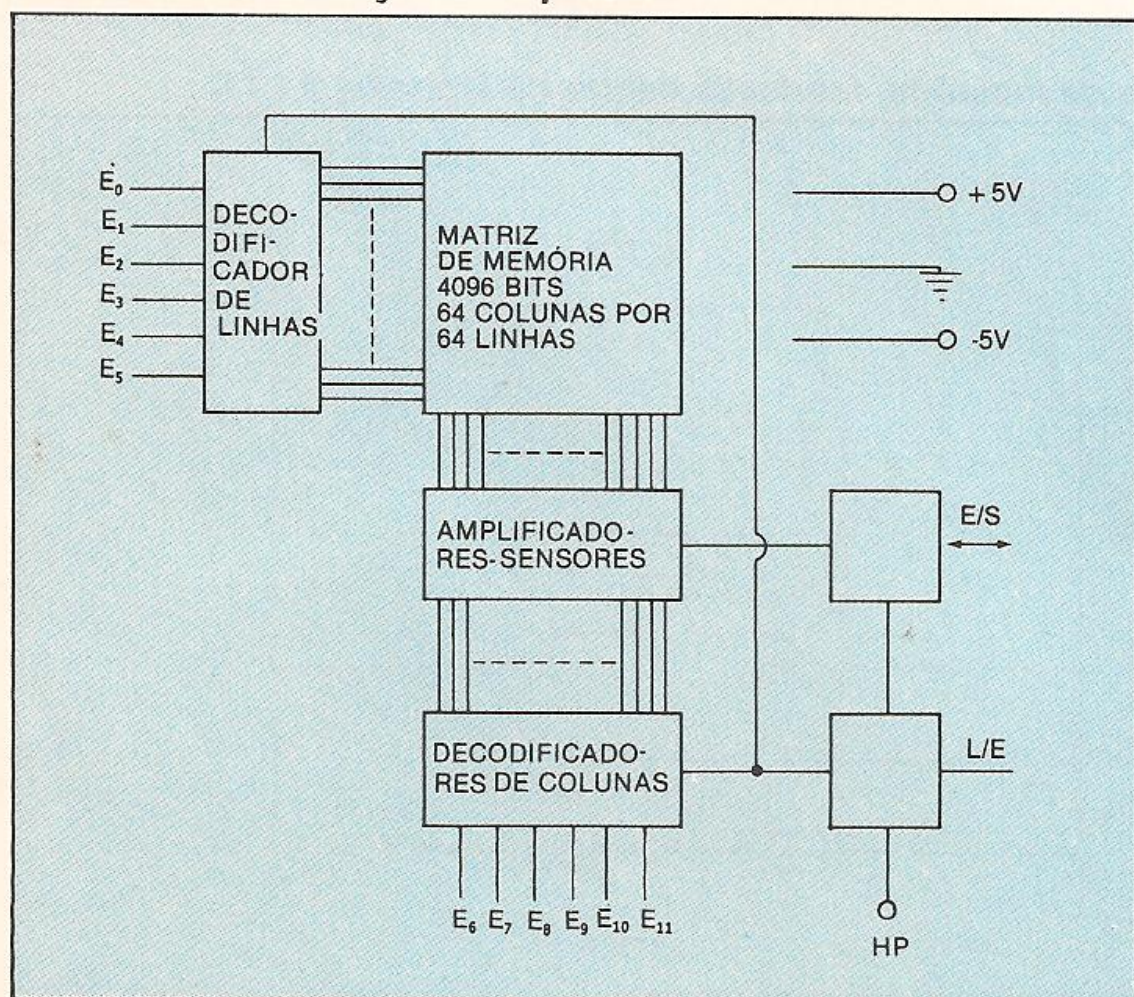
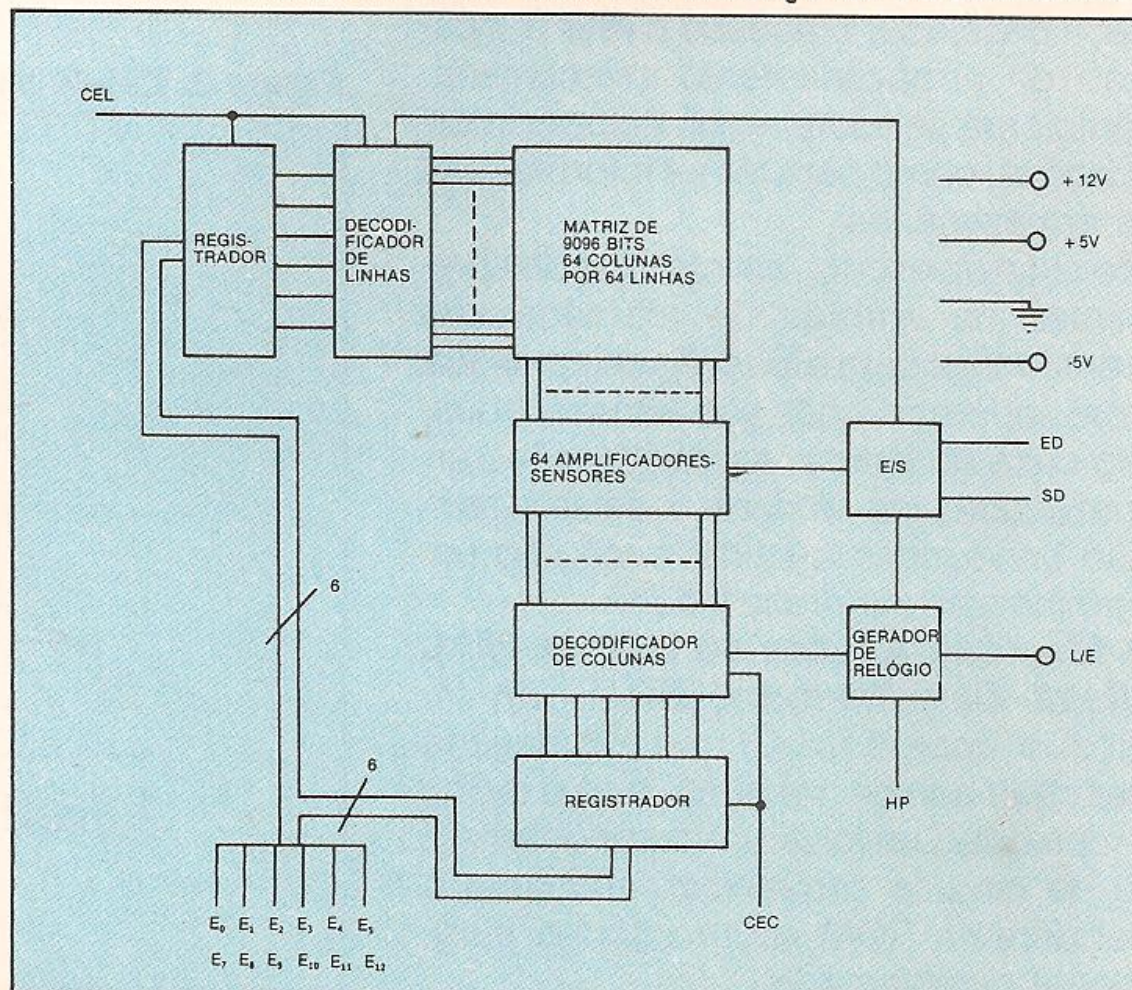


Figura 7. Diagrama em blocos adotado em uma memória NMOS de 4 kbits, montado em uma carcaça de 16 terminais.



Duas tecnologias são utilizadas na produção de pastilhas de memórias: a bipolar e a MOS. Esta última domina o mercado e sua predominância deverá se acentuar nos próximos anos.

Vejamos, agora, algumas noções sobre as células de armazenamento de bits, que são colocadas em cada endereço. Em geral, a estrutura interna de uma memória tem suas linhas de endereçamento divididas em 2 subconjuntos: os endereços de linhas da matriz de memória (conjunto de células da memória) e os endereços de colunas da matriz da memória. Ativando a linha e a coluna, selecionamos a célula.

Na figura 3, vê-se o esquema de uma célula de memória bipolar estática, tecnologia LTT. Esta célula é um circuito biestável que utiliza transistores (no caso, 2) com múltiplos emissores, muito comuns na tecnologia LTT.

No estado de repouso da célula, a linha de palavras está em 0,3 V e as colunas de bits estão em 0,5 V. Nessas condições, os transistores T1 e T2 estão com os seus emissores inferiores ativos e os seus emissores conectados na coluna de bits, inativos.

Por exemplo, se o transistor T1 estiver saturado (o bit 0 está armazenado), a tensão no coletor do transistor, em relação ao emissor inferior, é 0,3 V, no máximo. Essa tensão é aplicada entre a base e o emissor do transistor T2, sendo insuficiente para que T2 conduza. Portanto, T2 está cortado e a corrente que circula por R2 mantém T1 saturado. Enquanto não houver mudanças externas, essa situação permanece.

Admitamos, agora, que desejamos ler a informação armazenada. Conectamos amplificadores-sensores de alta impedância de entrada nas colunas de bit B e $\bar{B}$, e selecionamos a célula pela ativação da linha de palavra, que passa de 0,3 V para 3 V. Assim, são desativados os emissores ligados a esta linha e ativam-se os emissores conectados às colunas B e $\bar{B}$. Como o transistor T1 está conduzindo, uma corrente é transferida para a coluna $\bar{B}$, enquanto B fica em 0,5 V. A transferência é detectada pelo amplificador-sensor, que a interpreta como o armazenamento do bit 0.

Na operação de escrita, o procedimento é semelhante, só que, agora, são aplicados geradores de baixa impedância nas colunas de bits $\bar{B}$ e B, que impõem tensões nestas linhas. Se, por exemplo, impusermos 2 V na coluna de bit $\bar{B}$, quando a célula em questão for

selecionada, a linha de seleção de palavra passa a 3 V. Nessa situação, o emissor de T2 ligado à coluna B está em 0,5 V e o emissor de T1 ligado à coluna $\bar{B}$ está em 2 V. Assim, temos T2 conduzindo e T1 cortado, e o biestável dessa célula passa a armazenar o bit 1. Em síntese, as células de memória estão organizadas segundo matrizes endereçadas por linhas e colunas. Os amplificadores-sensores/geradores correspondem apenas às colunas, permitindo a injeção ou a retirada de infor-

mações. As linhas e colunas internas da matriz de células são obtidas a partir da decodificação das linhas de endereçamento.

Na figura 4 temos o esquema de uma célula de memória estática, tecnologia LTT (**Schottky**), que permite uma velocidade de operação muito maior e uma potência consumida menor.

Assim como as memórias bipolares, as memórias RAM fabricadas com a tecnologia MOS podem ser de dois tipos: estáticas e dinâmicas.

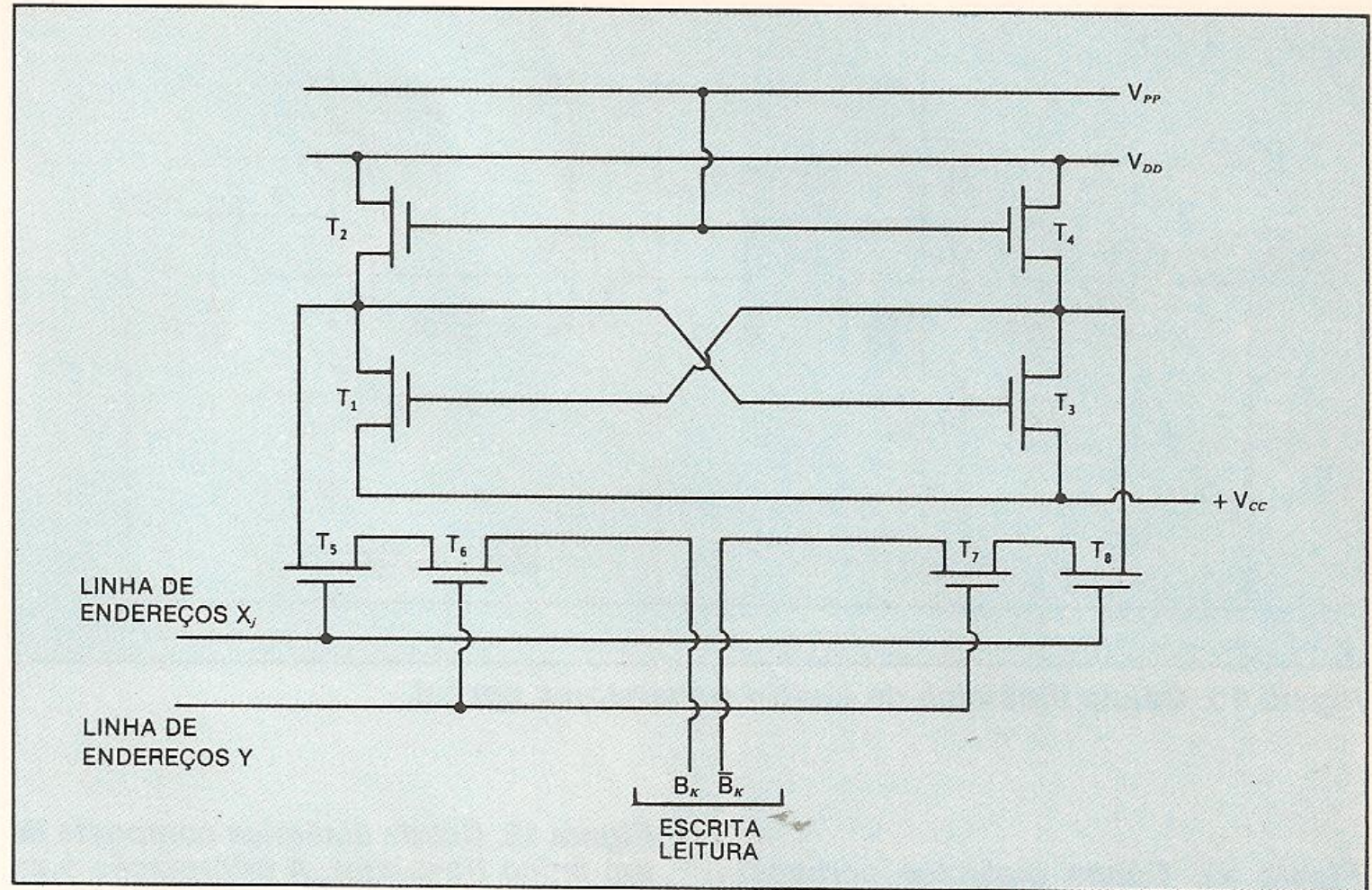
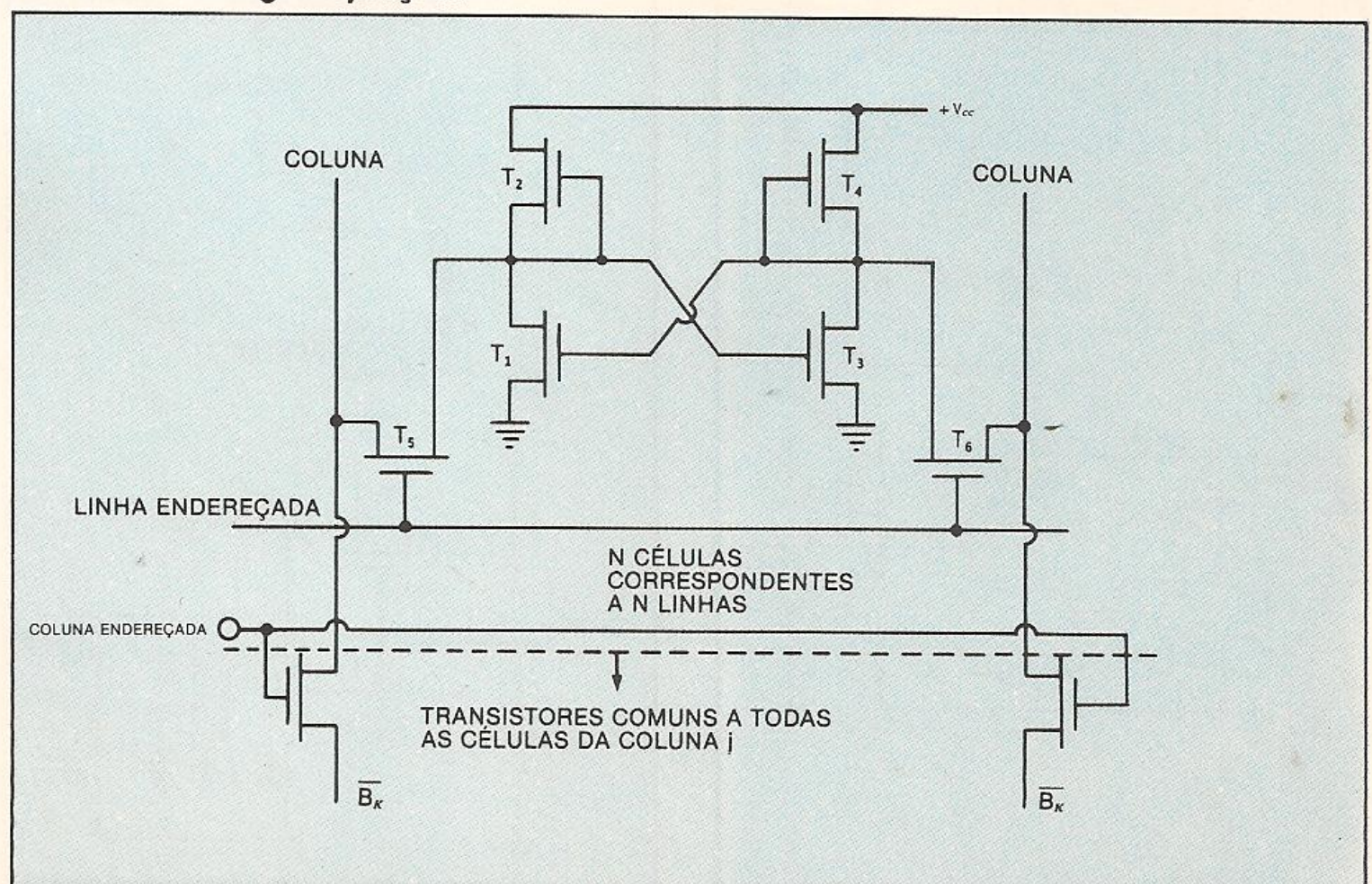


Figura 8. Célula básica de acesso direto estática, composta de oito transistores. A fonte de alimentação V_{DD} indica que os transistores MOS são canal P.

Figura 9. Célula básica de um subsistema MAD estático composto de seis transistores canal N carga-depleção.



As memórias estáticas MOS, da mesma forma que as bipolares, têm suas células constituídas por um biestável, só que agora construído com dispositivos MOS. As memórias dinâmicas MOS armazenam sua informação em pequenos capacitores, em geral parasitários, que periodicamente devem ter a sua carga renovada para que a informação armazenada não se perca. Antes de analisarmos essas células formadas por capacitores, vejamos a organização das memórias MOS.

As memórias RAM/MOS são colocadas em soquetes **dual in-line** de três tipos: com 22, 18 ou 16 terminais. Considerando-se memórias de 4 kbits de capacidade, a distribuição dos terminais num soquete de 22 pinos é a seguinte (figura 5):

- 12 linhas de endereçamento (E_j);
- 01 linha de controle leitura/escrita (L/E);
- 01 linha de entrada de dados (ED);
- 01 linha de saída de dados (SD);
- 01 linha de seleção de partida (SP);
- 01 linha de habilitação de pastilha (HP);

04 terminais de alimentação de tensão e terra;

Total: 21 terminais utilizados.

No caso da utilização de um soquete de 18 pinos (figura 6) é eliminado o sinal SP, mantendo-se apenas o sinal HP para esta função. Elimina-se a tensão de alimentação de +12 V; multiplexam-se (comutam-se) as linhas ED/SD, pois, ou desejamos armazenar dados ou desejamos ler os dados armazenados. Atualmente, elimina-se a tensão de substrato de -12 V, pois esta tensão passa a ser gerada internamente no CI. No caso da utilização de um soquete de 16 pinos (figura 7) uma mudança mais drástica é realizada, já que o endereço é enviado em duas etapas: em primeiro lugar, envia-se o endereço das linhas. Este endereço é armazenado e, em seguida, envia-se o endereço das colunas. Assim, o número de linhas de endereçamento fica dividido pela metade. A distribuição de terminais num soquete de 16 pinos, para memória de 4 kbits é a seguinte:

- 06 linhas de endereçamento (E_j);
- 02 linhas de sinais de comutação (CEL e CEC);
- 01 linha de controle escrita/leitura (L/E);
- 01 linha de entrada de dados/saída de dados (E/S);
- 01 linha de habilitação de pastilha (HP);
- 03 terminais de alimentação de tensão e terra.

Total: 14 terminais utilizados.

Desses terminais, ainda pode ser eliminado um correspondente à tensão de -5 V, que pode ser gerada internamente na pastilha do CI.

Consideremos uma célula de memória estática de 8 transistores MOS (figura 8). O biestável é constituído pelos transistores T1, T2, T3 e T4, sendo que os transistores T3 e T4 atuam como se fossem resistores de carga. Quando esta célula é endereçada, o endereçamento das linhas e colunas da matriz ativa os transistores T5, T6, T7 e T8. Na leitura, amplificadores-sensores de alta impedância são colocados na linha B_k e $\bar{B}_k$, de modo que o conteúdo do biestável não é alterado. Na escrita, geradores de baixa impedância são aplicados nas linhas B_k e $\bar{B}_k$ (por exemplo, $B_k = 1$ e $\bar{B}_k = 0$). Com $B_k = 1$, através dos transistores T5 e T6, impomos 1 no dreno de T1. Ao mesmo tempo, com $\bar{B}_k = 0$, através dos transistores T7 e T8, impomos 0 no dreno de T3. Assim, temos T1 cortado e T2 conduzindo, armazenando o dígito 1.

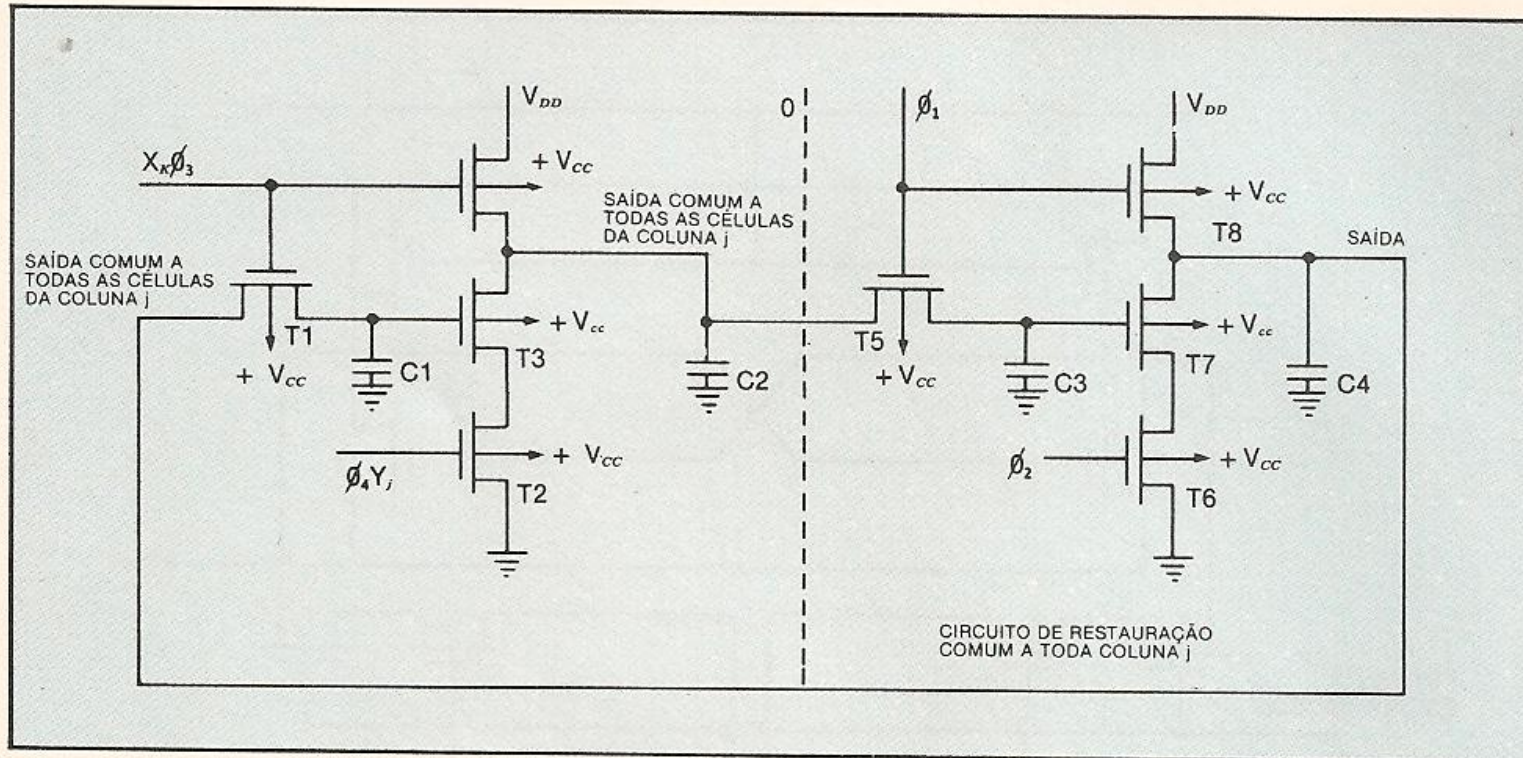


Figura 10. Célula dinâmica de quatro transistores por bit.

Figura 11. Célula dinâmica composta apenas de dois transistores.

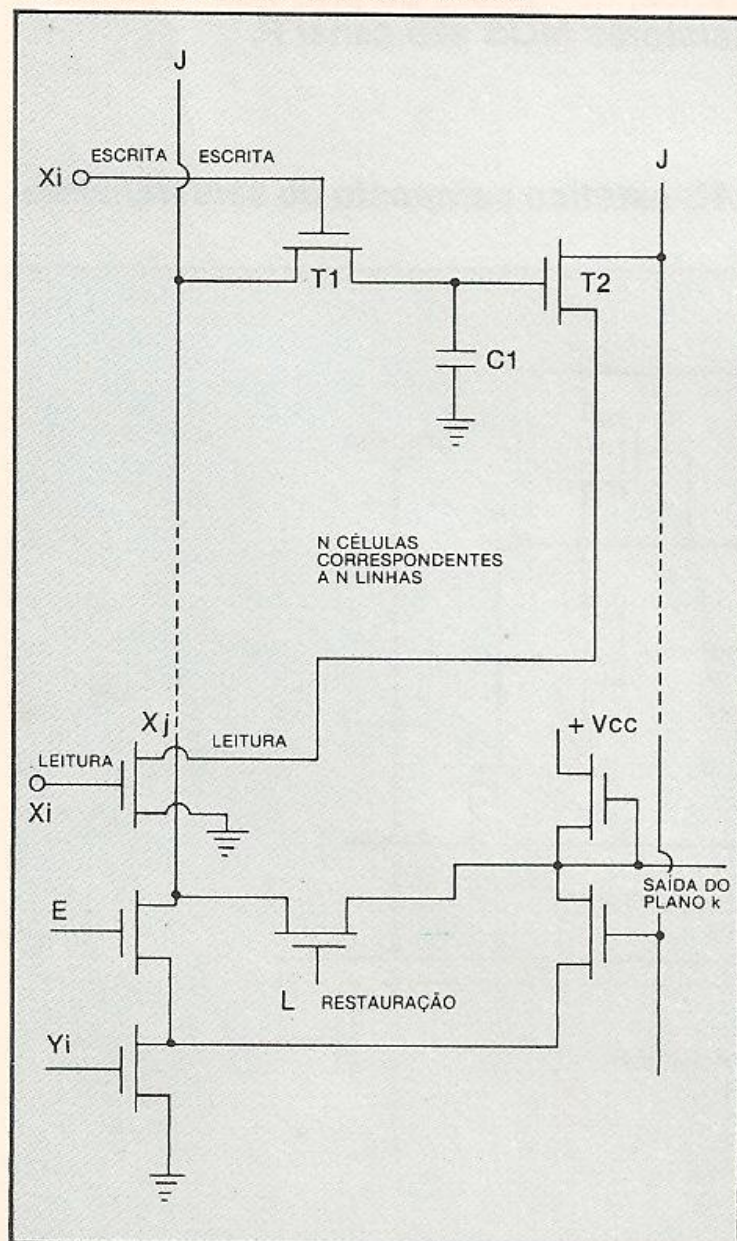
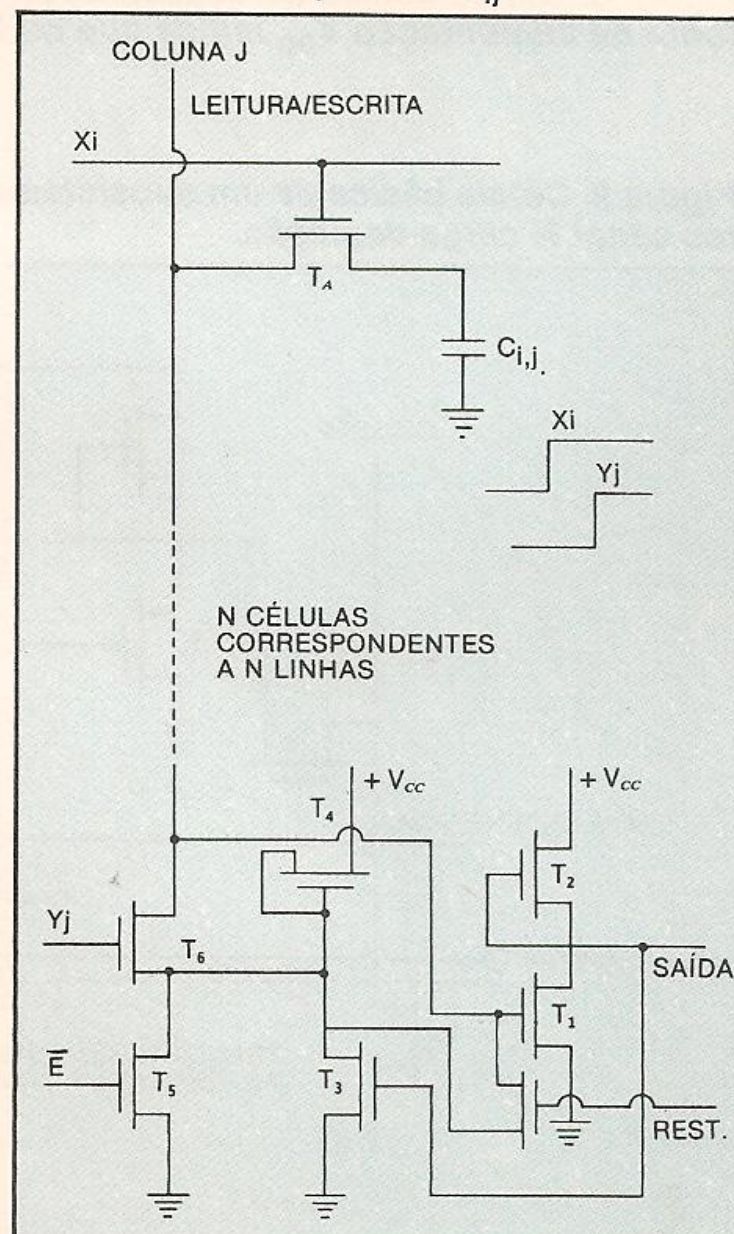


Figura 12. Célula dinâmica composta de um único transistor. A informação é armazenada no capacitor C_{ij} .



Vejamos, agora, as memórias do tipo ROM, ou memórias apenas de leitura. As memórias ROM não podem ser consideradas circuitos seqüenciais porque não armazenam informação que possa ser facilmente alterada. Os subsistemas ROM se comportam mais como tabelas onde a informação pode ser apenas lida. A tecnologia, porém, tem propiciado uma evolução dos subsistemas ROM que os está aproximando das memórias reais. A ROM propriamente dita tem sua con-

figuração interna totalmente definida pelo fabricante de microeletrônica. Porém, mesmo aqui podemos ter dois casos. No primeiro caso, o fabricante de CIs produz um tipo padrão e o coloca à venda no comércio. Exemplos de padrões de subsistemas ROM são os geradores de caracteres alfanuméricos de 5 . 7 pontos e de 7 . 9 pontos. No segundo caso, o usuário final especifica ao fabricante de CIs qual a configuração de 0 e 1 que deseja na matriz de memória.

Algumas vezes, diz-se que o subsistema ROM tem operação dinâmica. Isto não tem nenhuma semelhança com a operação da memória RAM dinâmica. Nos subsistemas ROM dinâmicos o que ocorre é que se pode desligar as cargas dos circuitos de endereçamento e de saída enquanto a memória não está sendo endereçada. Assim, o consumo de potência do CI é reduzido.

A **Memória Apenas de Leitura Programável, MALP (Programmable Ready Only Memory, PROM**, em inglês) permite apenas uma vez a programação de seus endereços de memória por parte do usuário. Esta programação pode ser de dois tipos. No primeiro tipo, a queima ou não de um fusível colocado em cada endereço define se na locação desejada teremos 0 ou 1. No segundo tipo, há um transistor base-em-aberto colocado em cada endereço. Esse transistor pode ser acompanhado de dois diodos colocados um contra o outro (figura 16). A programação consiste em queimar o diodo formado pela junção emissor-base, provocando nele um curto-circuito. Assim, ao invés de termos um diodo contra o outro, o que não permitiria a passagem de corrente, passamos a ter um diodo entre o coletor e o emissor. O diodo define a presença do bit 1 no endereço. As PROM são geralmente bipolares.

O subsistema **Memória Apenas de Leitura Reprogramável, MALRE (Erasable Programmable Ready Only Memory, EPROM**, em inglês) é produzido apenas em tecnologia MOS e permite a reprogramação de seus endereços pelo usuário tantas vezes quantas forem necessárias.

Estes subsistemas são fornecidos pelo fabricante com todos os bits de memória na posição 1. A operação de programação consiste em colocar o subsistema no modo programação e aplicar, endereço por endereço, as tensões especificadas pelo fabricante para a programação dos bits 0 ou 1.

Os subsistemas EPROM são caracterizados por possuírem uma janela de quartzo, através da qual é possível iluminar a pastilha do CI com luz ultravioleta. Após uma dezena de minutos de exposição à luz ultravioleta, todos os bits armazenados nos endereços do subsistema EPROM retornam à posição 1. O subsistema pode ser, então, submetido a nova programação.

O subsistema **Memória Apenas de Leitura Eletricamente Reprogramá-**

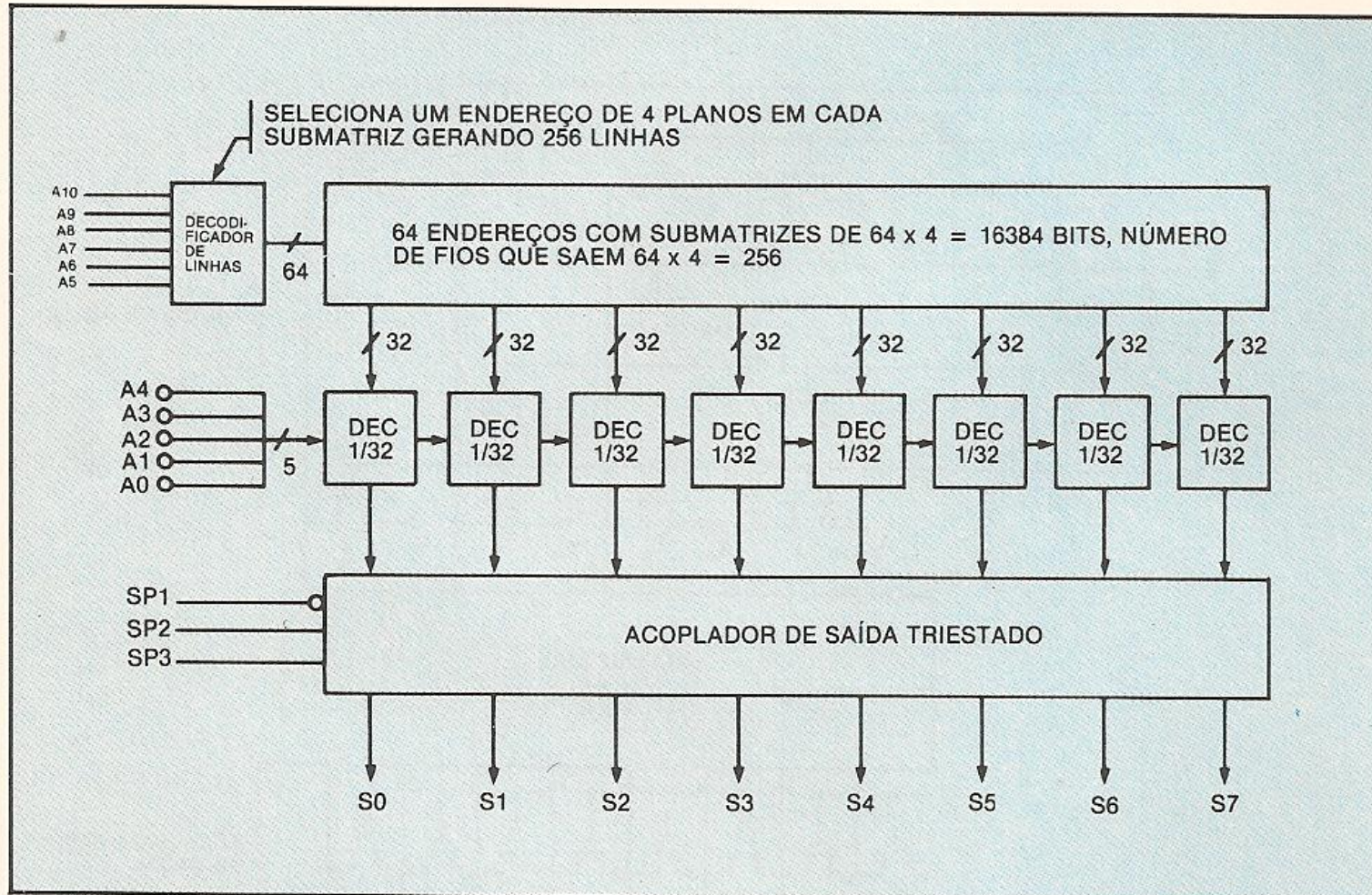
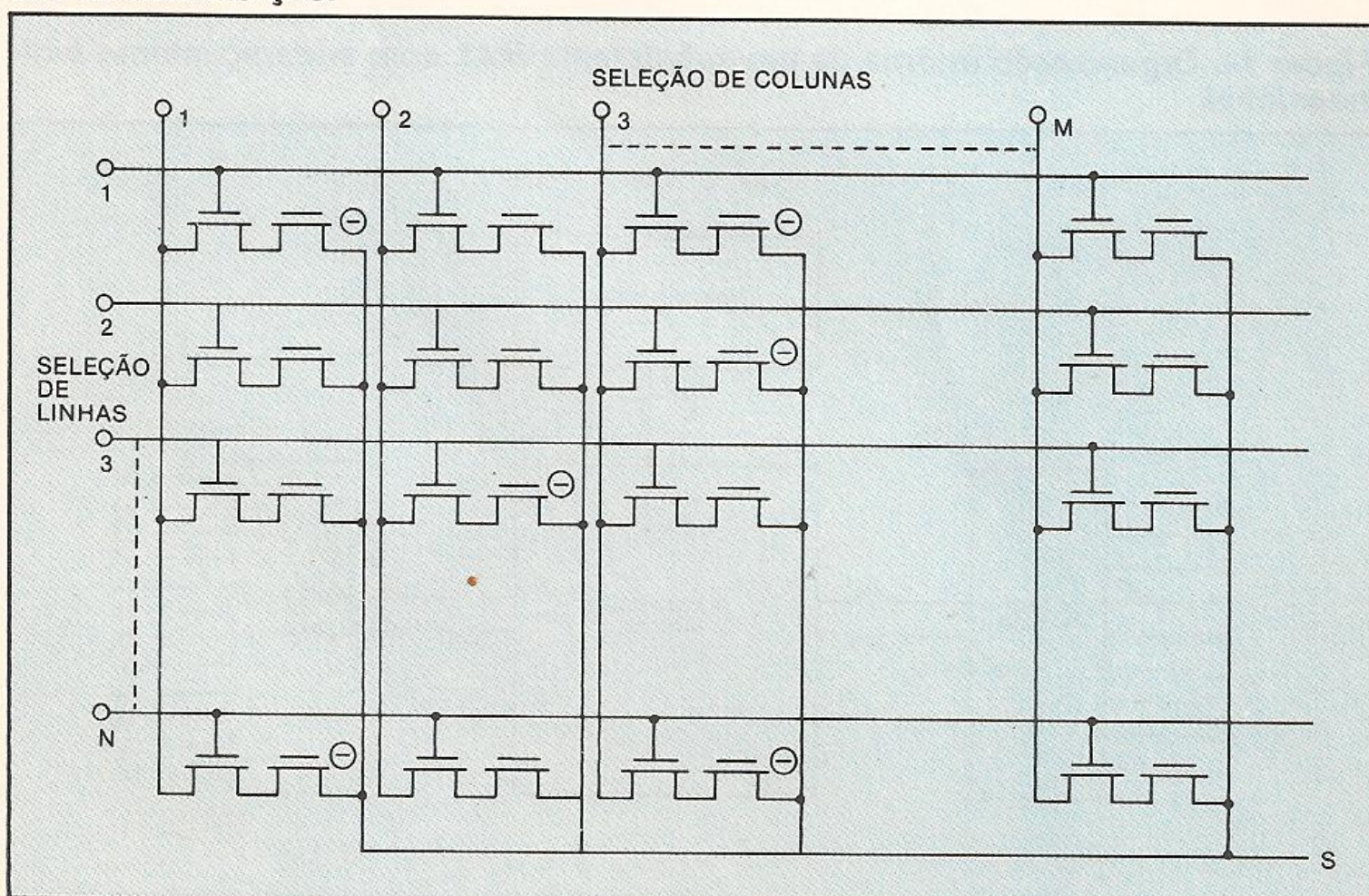


Figura 15. Organização interna de um subsistema MAL com 16 kbits de capacidade.

Figura 16. Disposição interna de um subsistema MALRE. Para a programação, devemos endereçar a célula e aplicar pulsos convenientes de tensão na saída e na tensão de alimentação.



vel, **MALERE** (*Electrically Alterable Ready Only Memory, EAROM* ou **E²PROM**, em inglês) também é produzido apenas em tecnologia MOS. A principal diferença em relação ao subsistema anterior é que ele pode ser escrito e apagado a partir de sinais elétricos, não necessitando de incidência de luz elétrica. Também o subsistema EAROM é fornecido com todos os bits de endereços na posição 1.

No modo programação, aplicando-se as tensões especificadas pelo fabri-

cante, é possível colocar na matriz de memória a configuração de bits desejada pelo usuário. No modo apagamento, é possível modificar esta configuração, também eletricamente.

O leitor poderá perguntar por que não usar, então, este subsistema como memória RAM, escrevendo-se e apagando-se as informações eletricamente, já que, uma vez gravadas, as informações mantêm-se mesmo com o corte da energia de alimentação.

A resposta é simples: a tecnologia ain-

da hoje não permite a construção de subsistemas EAROM que possam ser escritos e reescritos mais de 1 000 000 de vezes. Embora este seja um número elevado, num computador, em alguns minutos, podemos ter mais de 1 000 000 de acessos num endereço, o que danificaria esta célula de memória. Entretanto, o emprego de subsistemas EAROM expandiu-se muito, e, hoje, estes subsistemas são usados inclusive como memória de emergência, no caso de falta de energia no sistema.

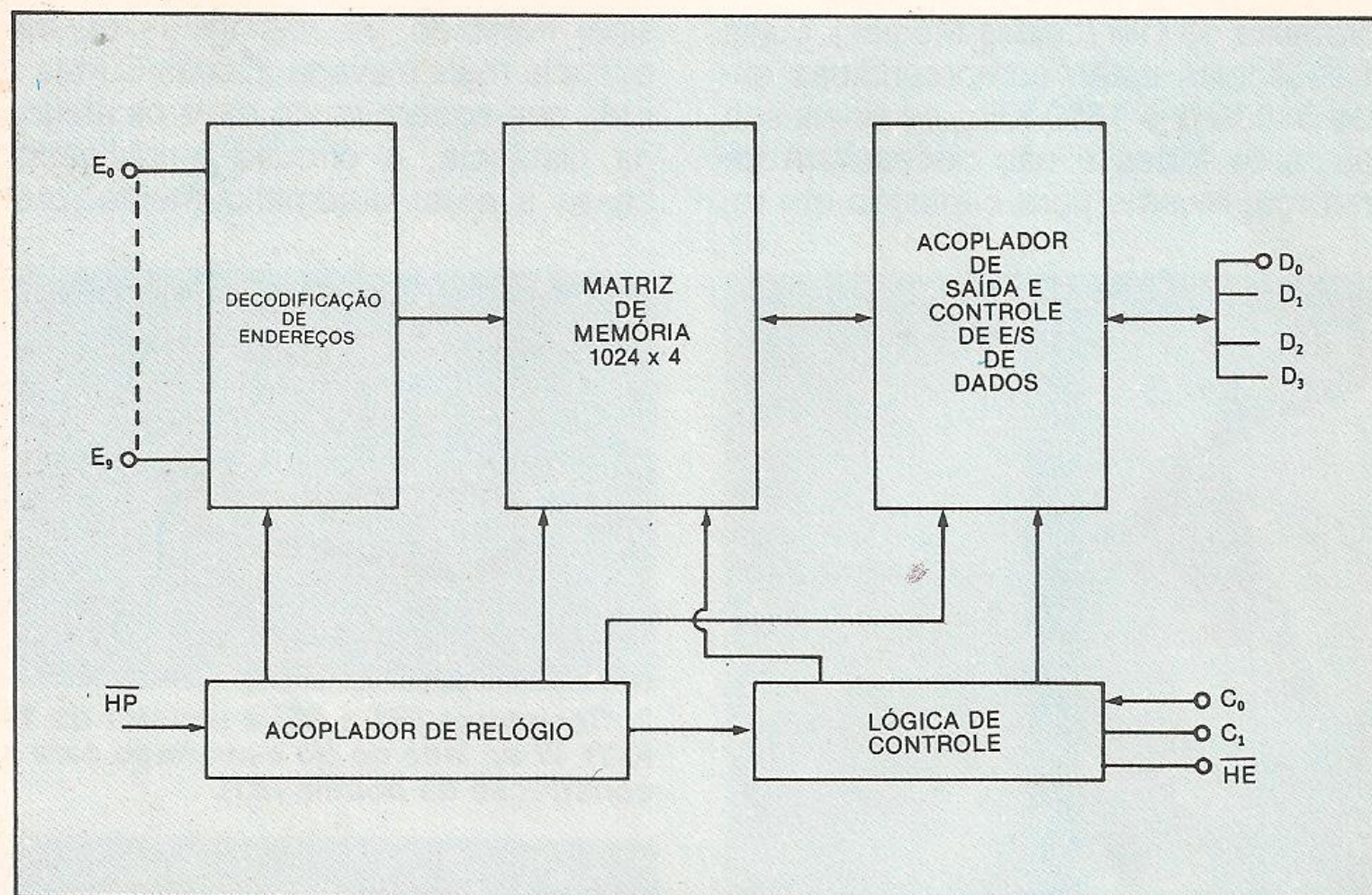
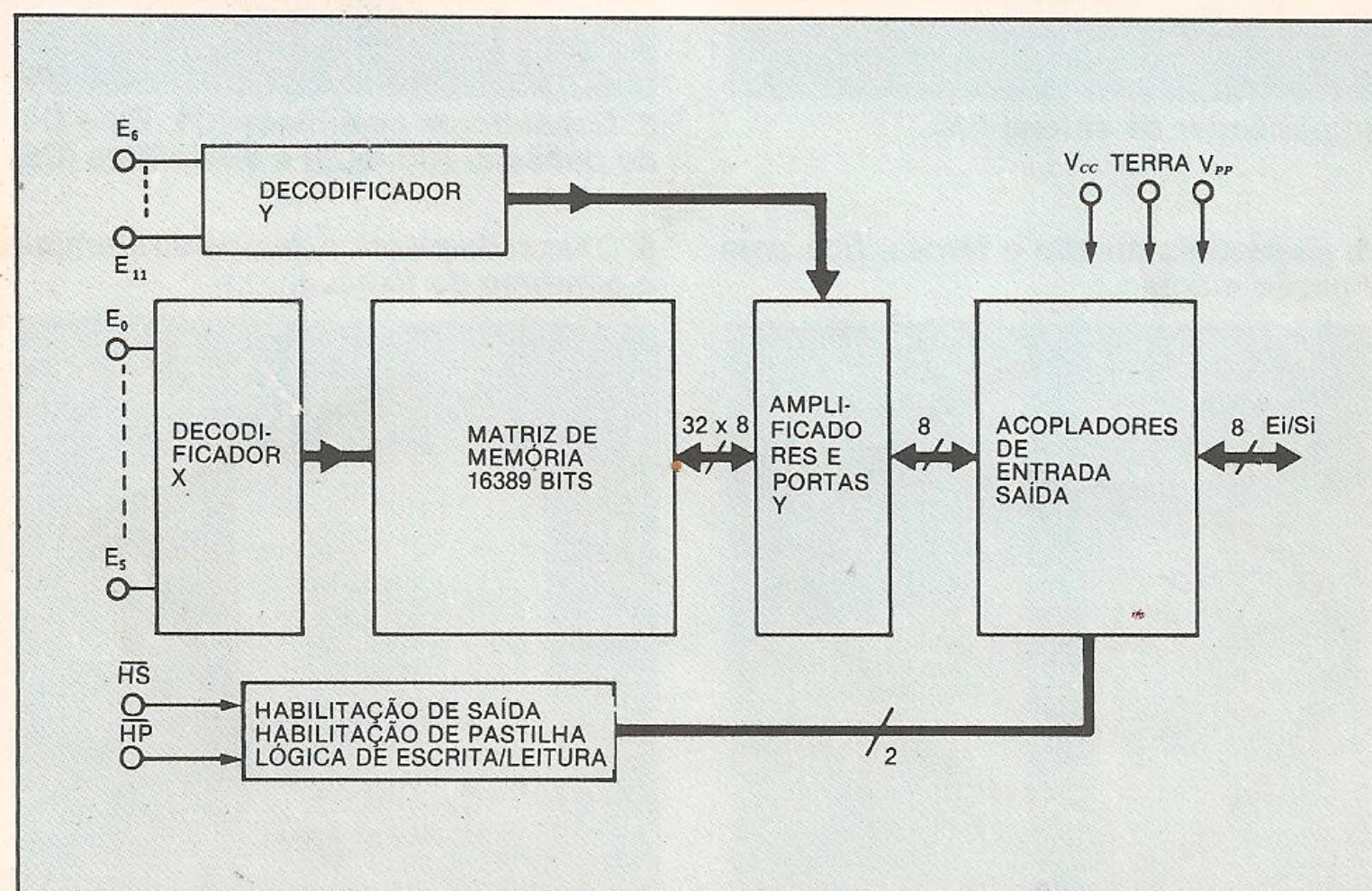


Figura 17. Diagrama em blocos típico de um subsistema MALERE-NMOS (General Instruments ER3400).

Figura 18. Diagrama em blocos de um subsistema MALERE-FAMOS.



Para que servem as memórias?

As memórias são usadas para o armazenamento temporário ou permanente das informações que o sistema de um microprocessador deve processar para obter os resultados previstos.

O que é RAM?

RAM é uma memória de acesso direto que permite, depois de fornecido o endereço desejado, o acesso direto à localização de armazenamento selecionada, tanto para escrever ou colocar informações quanto para ler as informações.

O que é ROM?

ROM é uma memória apenas de leitura. Os dados nela colocados são permanentes e não podem ser modificados. Portanto, essa memória pode ser comparada a uma tabela de dados binários 0 e 1, onde lemos as informações desejadas.

Quanto tipos de memória RAM são produzidos?

São produzidos dois tipos: as estáticas e as dinâmicas. Nas estáticas, a informação permanece armazenada enquanto houver tensão alimentando o CI. Nas dinâmicas, é necessário restaurar periodicamente a informação armazenada, para que esta não se perca.

O que é PROM?

PROM é uma memória apenas de leitura programável. Ela permite que o usuário faça a programação de seus endereços. Essa programação pode ser feita pela queima — ou não — de um fusível colocado em cada endereço ou pela queima da junção emissor-base de um transistor colocado em cada endereço.

Como se faz o apagamento das informações contidas numa EPROM?

Através da exposição da pastilha do CI à luz ultravioleta por aproximadamente dez minutos.

AMPLIFICADOR DE ANTENAS FM

Este aparelho é um amplificador de antena, especial para uso em veículos, mas que também pode ser adaptado para uso residencial. Proporciona um grande reforço nos sinais recebidos, de estações de rádio localizadas em regiões distantes, principalmente nos sinais compreendidos na faixa de FM (Frequência Modulada).

O circuito do amplificador de antena FM é, tecnicamente, um amplificador de RF (Radiofrequência) de faixa ampla, que atinge também as frequências de transmissão das emissoras de FM (Frequência Modulada), isto é, de 88 MHz a 108 MHz. O amplificador funciona como um reforçador entre a antena

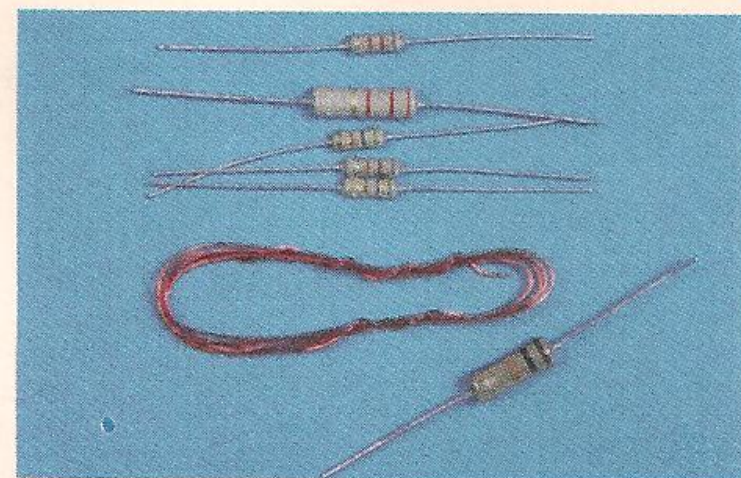
normal e o rádio, aumentando a amplitude dos sinais recebidos, que se tornaram fracos devido à distância.

Na faixa de OM (Ondas Médias), cujas frequências estão compreendidas entre 540 KHz e 1650 KHz, os sinais são bastante fortes e não necessitam de reforço, mesmo para captação em re-

giões distantes. Dessa maneira, nesta faixa, o amplificador não atua, ou seja, não exerce qualquer tipo de reforço no sinal recebido. Já nas faixas de frequência mais elevada (Ondas Curtas e FM), que sofrem muito mais os efeitos da distância, o circuito amplificador passa a atuar automaticamente, pré-



1. Peças necessárias para a montagem do amplificador de antena FM.

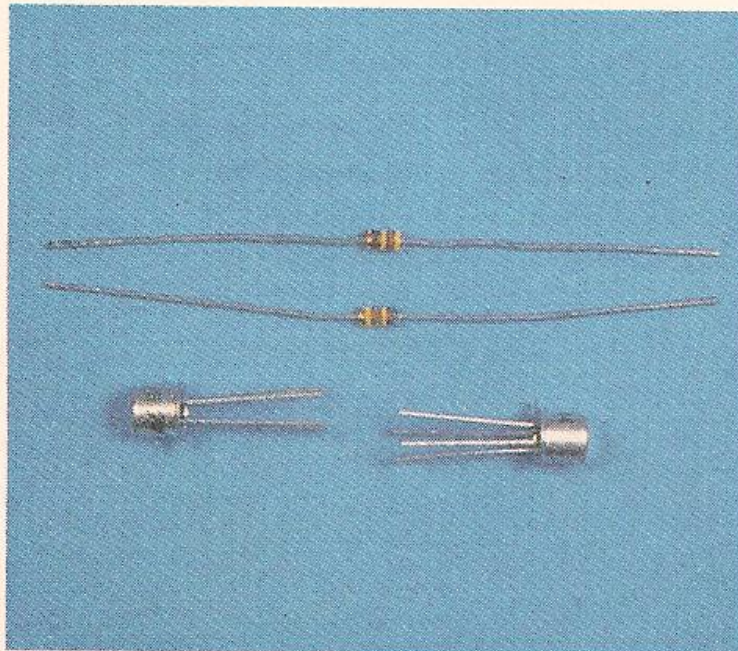


2. Resistores (R1 a R5) e resistor de 10 K Ω /1 W ao lado do fio esmaltado para a construção da bobina (B1).

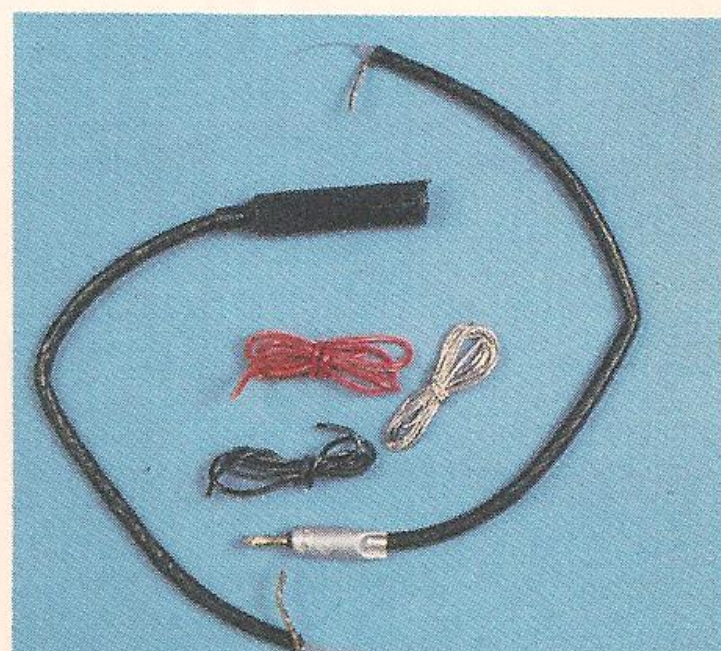


3. Capacitores cerâmicos (C1, C2 e C4), de poliéster (C3 e C5) e eletrolítico (C6).

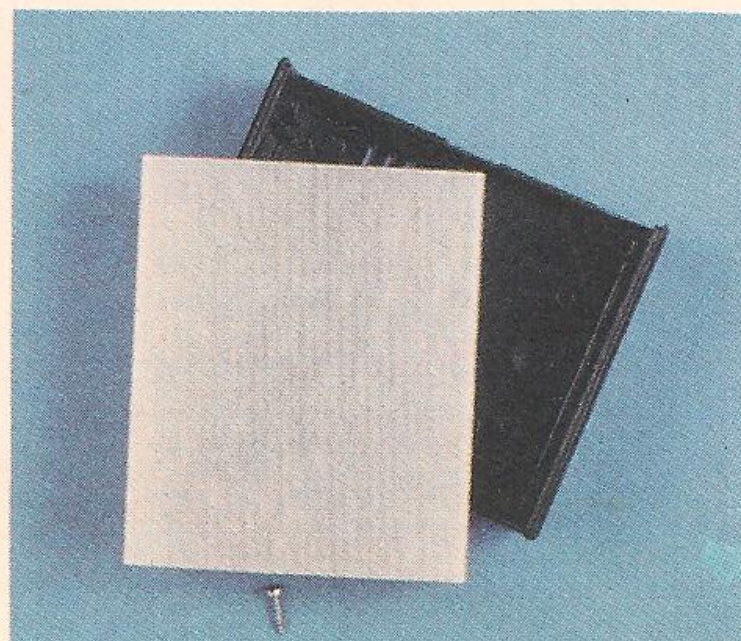
4. Diodos de sinal (D1 e D2) e transistores (Q1 e Q2).



5. Conectores macho e fêmea, fios para ligação e solda.



6. Chassi de plástico, tampa de alumínio e parafuso de fixação.



amplificando os sinais vindos da antena, antes de serem injetados no rádio. Com isso, a recepção de estações difíceis, fracas ou distantes é nitidamente melhorada.

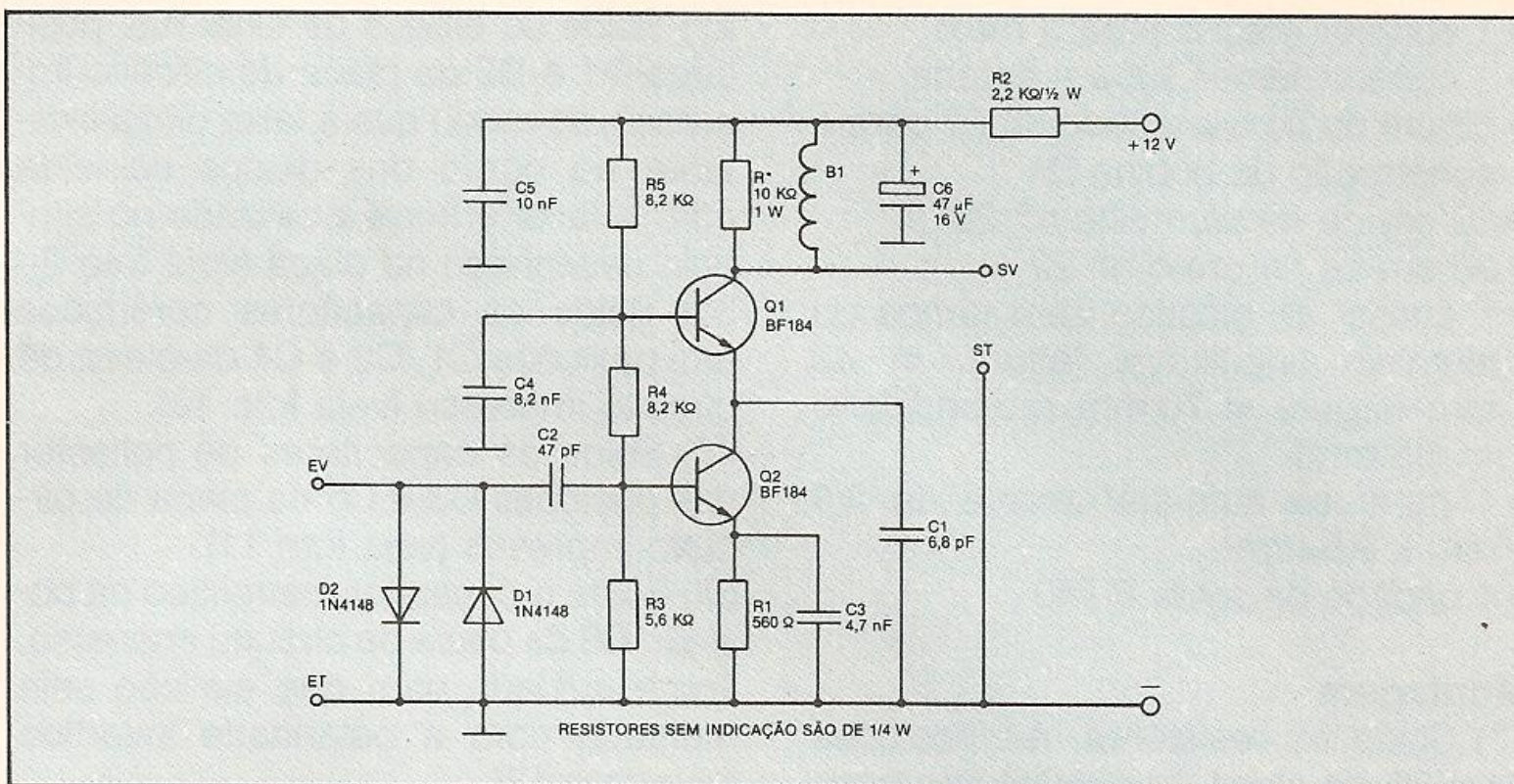
Ferramentas necessárias

- 1 ferro de soldar com potência máxima de 30 W
- 1 alicate de bico
- 1 alicate de corte
- 1 chave de fenda pequena
- 1 furadeira
- 1 conjunto de brocas
- 1 estilete estreito

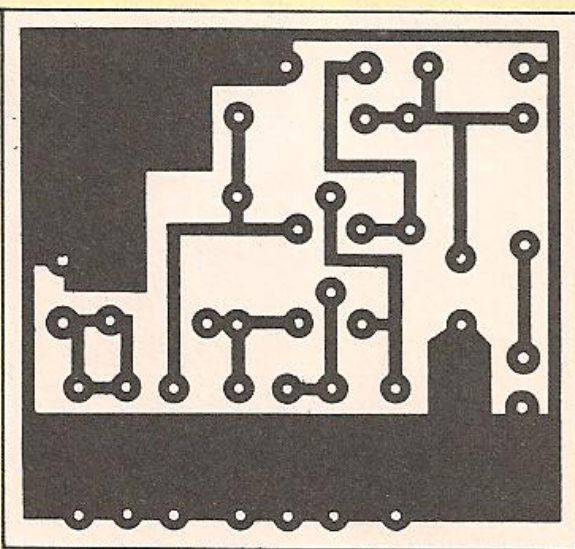
Componentes

São os seguintes:

- 1 placa de circuito impresso de 46 mm x 43 mm
- 4 resistores de 1/4 W, nas posições R1 e R3 a R5 da placa de circuito impresso, com os seguintes valores e cores para identificação:
 - R1 - 560 Ω (verde-azul-marrom)
 - R3 - 5,6 K Ω (verde-azul-vermelho)
 - R4 - 8,2 K Ω (cinza-vermelho-vermelho)
 - R5 - 8,2 K Ω (cinza-vermelho-vermelho)
- 1 resistor de 1/2 W, na posição R2 da placa de circuito impresso, com o seguinte valor e cor: R2 - 2,2 K Ω (vermelho-vermelho-vermelho)
- 1 resistor de 1 W, que serve de suporte para a bobina B1, com o seguinte valor e cor para identificação: R* - 10 K Ω (marrom-preto-laranja)
- 3 capacitores cerâmicos, nas posições C1, C2 e C4 da placa de circuito impresso, com os seguintes valores:
 - C1 - 6,8 pF (marcado 6,8)
 - C2 - 47 pF (marcado 47 ou 470)
 - C4 - 8,2 nF (marcado 8200)
- 2 capacitores de poliéster, nas posições C3 e C5 da placa de circuito impresso, com os seguintes valores e cores para identificação:
 - C3 - 4,7 nF ou 4,7 KpF (amarelo-violeta-vermelho)
 - C5 - 10 nF ou 10 KpF (marrom-preto-laranja)
 Pode-se também usar capacitores cerâmicos.
- 1 capacitor eletrolítico, na posição C6 da placa de circuito impresso, com o seguinte valor:
 - C6 - 47 μ F x 16 V - unilateral
- 2 diodos de sinal 1N4148 ou equivalente, nas posições D1 e D2 da placa de circuito impresso
- 2 transistores BF184 ou equivalente, nas posições Q1 e Q2 da placa de circuito impresso

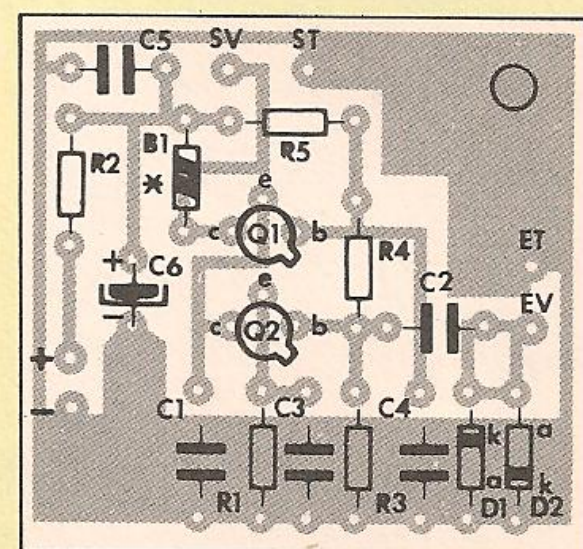


7. Esquema elétrico do amplificador de antena FM.



O traçado do circuito

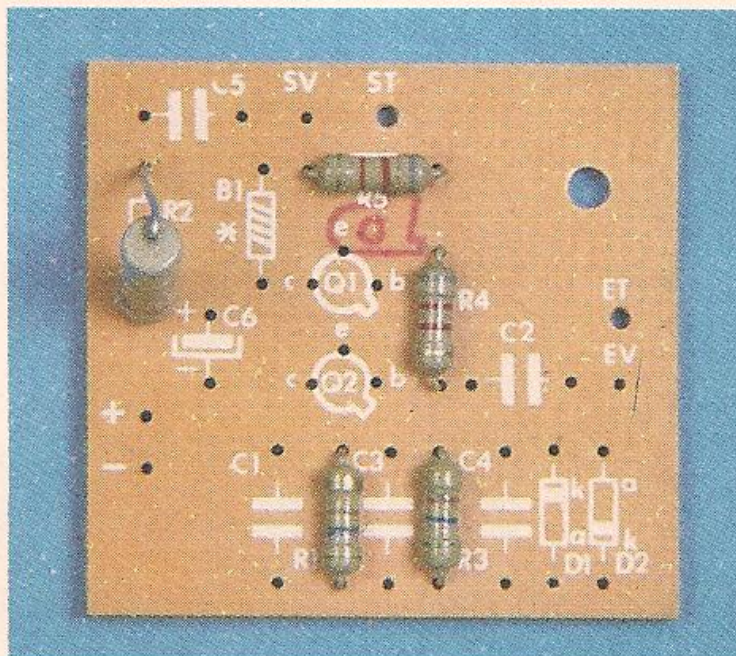
Traçado do circuito impresso, em tamanho natural. Para a construção do circuito, basta copiá-lo em papel milimetrado. Depois é só usá-lo.



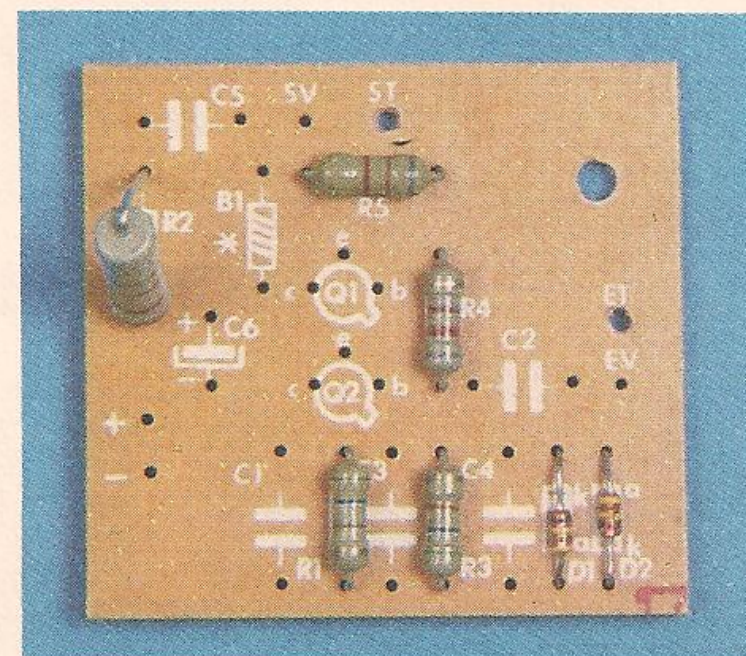
O desenho do circuito

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

8. Colocação dos resistores (R1 a R5) na placa de circuito impresso.



9. Colocação dos diodos de sinal (D1 e D2) na placa de circuito impresso.



MONTAGEM

- 1 conector macho para o rádio
- 1 conector fêmea para a antena
- 50 cm de fio esmaltado n.º 22 para a construção da bobina B1
- 30 cm de fio vermelho n.º 22
- 30 cm de fio preto n.º 22
- 1 chassi de plástico com tampa de alumínio encaixável (altura = 40 mm; largura = 70 mm; profundidade = 85 mm)
- 1 parafuso auto-atarraxante de 2,9 mm x 9,5 mm
- 1 pedaço de solda 60/40

Montagem

1.º) Solde os resistores nas posições R1 a R5 da placa de circuito impresso (veja foto 8).

2.º) Solde os diodos de sinal nas posições D1 e D2 da placa de circuito impresso, de modo que a faixa cinza existente no corpo dos diodos coincida com a faixa branca localizada no símbolo desenhado na placa (veja foto 9).

3.º) Solde os capacitores cerâmicos nas posições C1, C2 e C4 da placa de circuito impresso (veja foto 10).

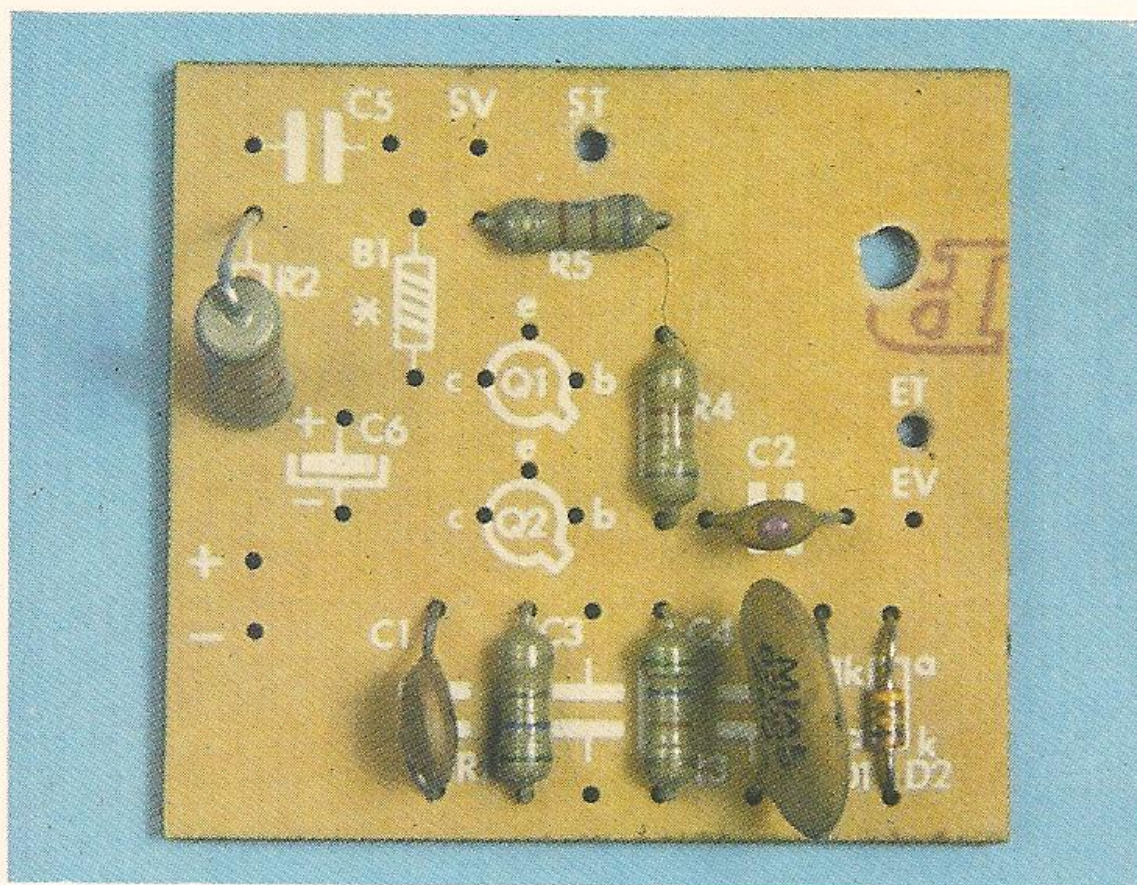
4.º) Solde os capacitores de poliéster nas posições C3 e C5 da placa de circuito impresso (veja foto 11).

5.º) Solde o capacitor eletrolítico na posição C6 da placa de circuito impresso. Tome cuidado para que ele não seja montado com a polaridade invertida (veja foto 12).

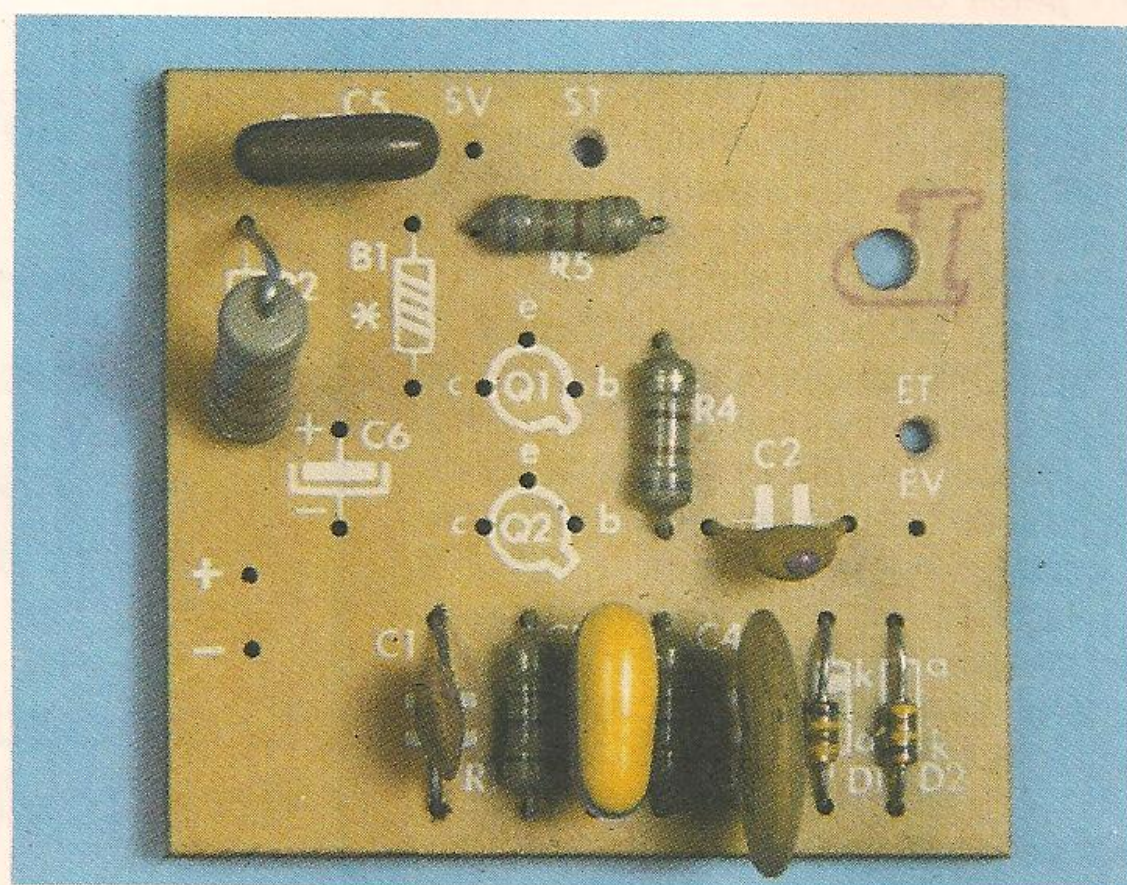
6.º) Observe que cada transistor BF184

possui uma carcaça metálica e quatro terminais para as ligações. Três terminais correspondem à base (b), ao coletor (c) e ao emissor (e), e o quarto terminal está ligado à carcaça metálica. Como na placa de circuito impresso só existem os furos para a ligação da base, do coletor e do emissor, identifique o quarto terminal, orientando-se pelos furos da placa de circuito impresso, e depois corte-os rente à carcaça metálica de cada transistor.

7.º) Monte os transistores nas posições Q1 e Q2 da placa de circuito impresso, de modo que os ressaltos existentes na carcaça dos transistores coincidam com os ressaltos localizados no símbolo desenhado na placa (veja foto 13).

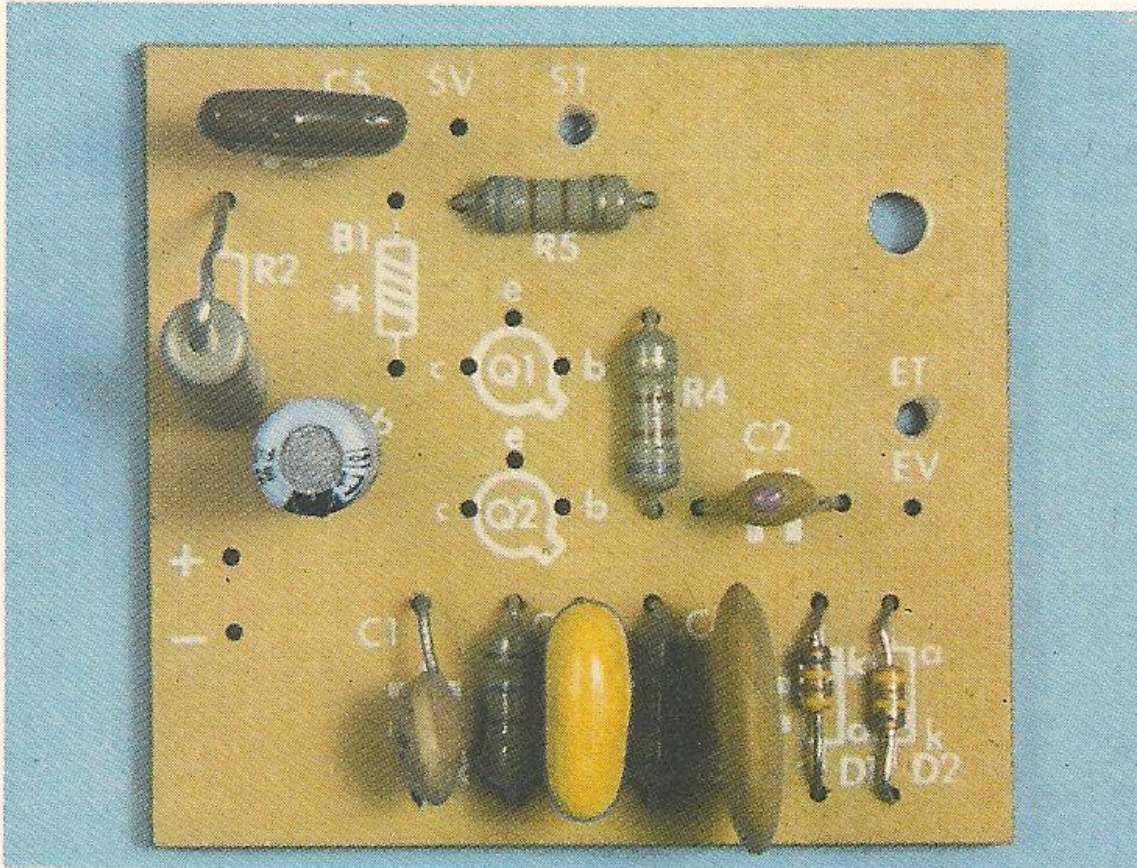


10. Colocação dos capacitores cerâmicos (C1, C2 e C4) na placa de circuito impresso.

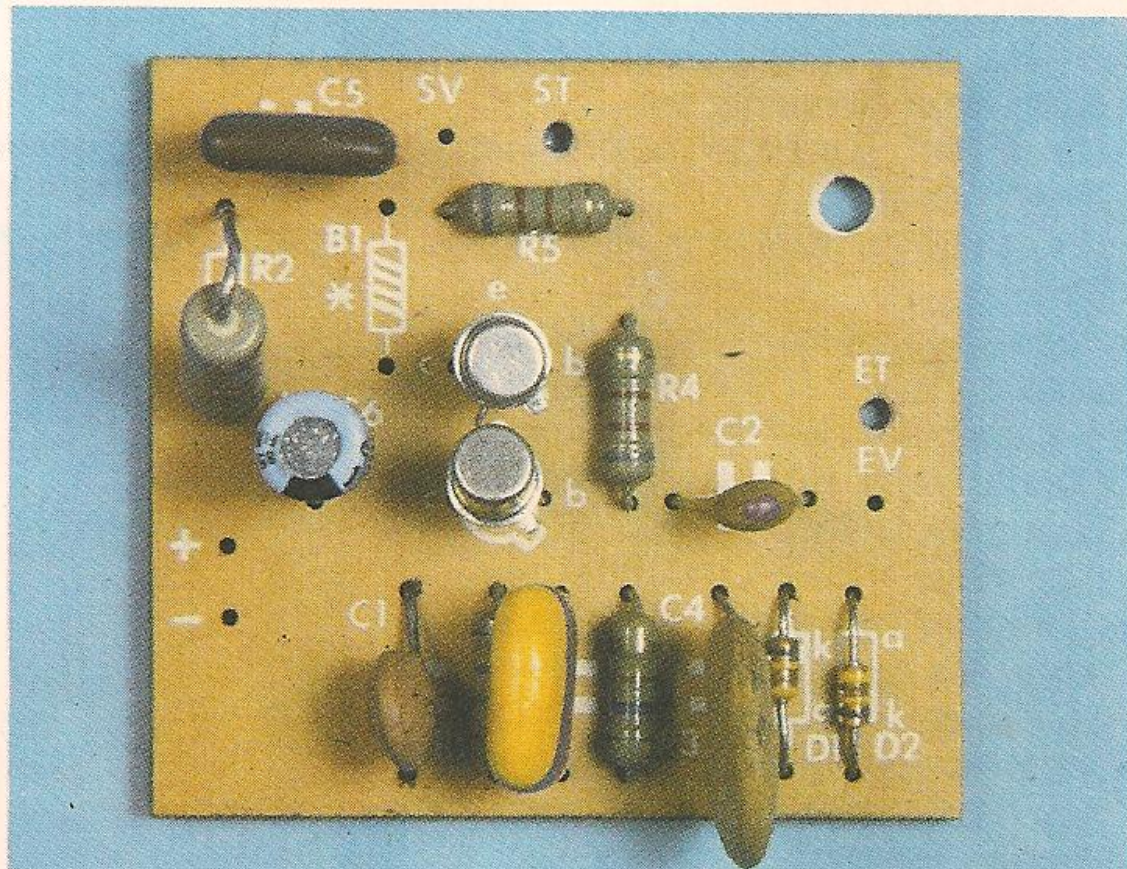


11. Colocação dos capacitores de poliéster (C3 e C5) na placa de circuito impresso.

12. Colocação do capacitor eletrolítico (C6) na placa de circuito impresso.



13. Montagem dos transistores (Q1 e Q2) na placa de circuito impresso.



8.º) Pegue o resistor de 10 K Ω /1 W e enrole sobre o seu corpo 15 espiras (voltas) de fio esmaltado n.º 22, de modo que essas espiras fiquem bem juntas umas das outras (veja foto 14).

9.º) Raspe as duas extremidades do fio esmaltado da bobina B1, enrolada sobre o resistor, e depois solde essas extremidades, uma em cada terminal do resistor. Dessa maneira, a bobina B1, com seu resistor, está pronta para ser montada na placa (veja foto 14).

10.º) Monte a bobina com seu resistor na posição B1 da placa de circuito impresso (veja foto 15).

11.º) Pegue o pedaço de 30 cm de fio vermelho n.º 22 e solde uma de suas extremidades no furo da placa de cir-

cuito impresso marcado com o sinal (+) (veja foto 16).

12.º) Pegue o pedaço de 30 cm de fio preto n.º 22 e solde uma de suas extremidades no furo da placa de circuito impresso marcado com o sinal (-) (veja foto 16).

13.º) Pegue o chassi de plástico e faça um furo de 7 mm de diâmetro, de um lado, e um furo de 6 mm de diâmetro, do outro lado (veja foto 17).

14.º) Pegue o conector fêmea e o conector macho e prepare-os, descascando as pontas de seus cabos. Note que cada ponta possui uma malha (terra) que envolve um fio isolado (vivo).

15.º) Passe o cabo do conector fêmea pelo furo de 6 mm do chassi e, em se-

guida, ligue a malha (terra) no furo da placa marcado com a sigla ET e o fio (vivo) no furo da placa marcado com a sigla EV (veja foto 18).

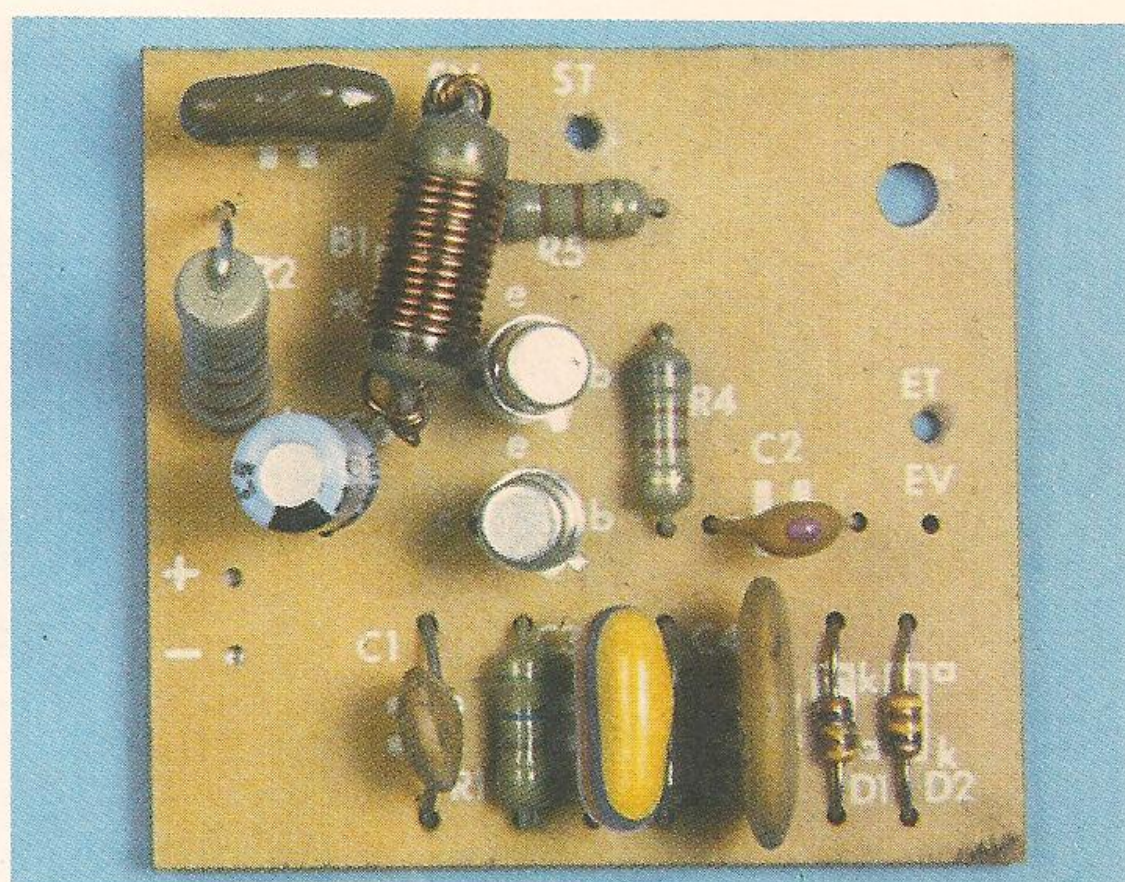
16.º) Passe o cabo do conector macho pelo furo de 7 mm do chassi e, em seguida, ligue a malha (terra) no furo da placa marcado com a sigla ST e o fio (vivo) no furo da placa marcado com a sigla SV (veja foto 19).

17.º) Fixe a placa de circuito impresso num dos ressaltos existentes no fundo do chassi para essa finalidade, usando um parafuso auto-atarraxante de 2,9 mm x 9,5 mm (veja foto 20).

18.º) Passe os fios vermelho e preto pelo furo de 7 mm do chassi, juntamente com o cabo do conector macho que já

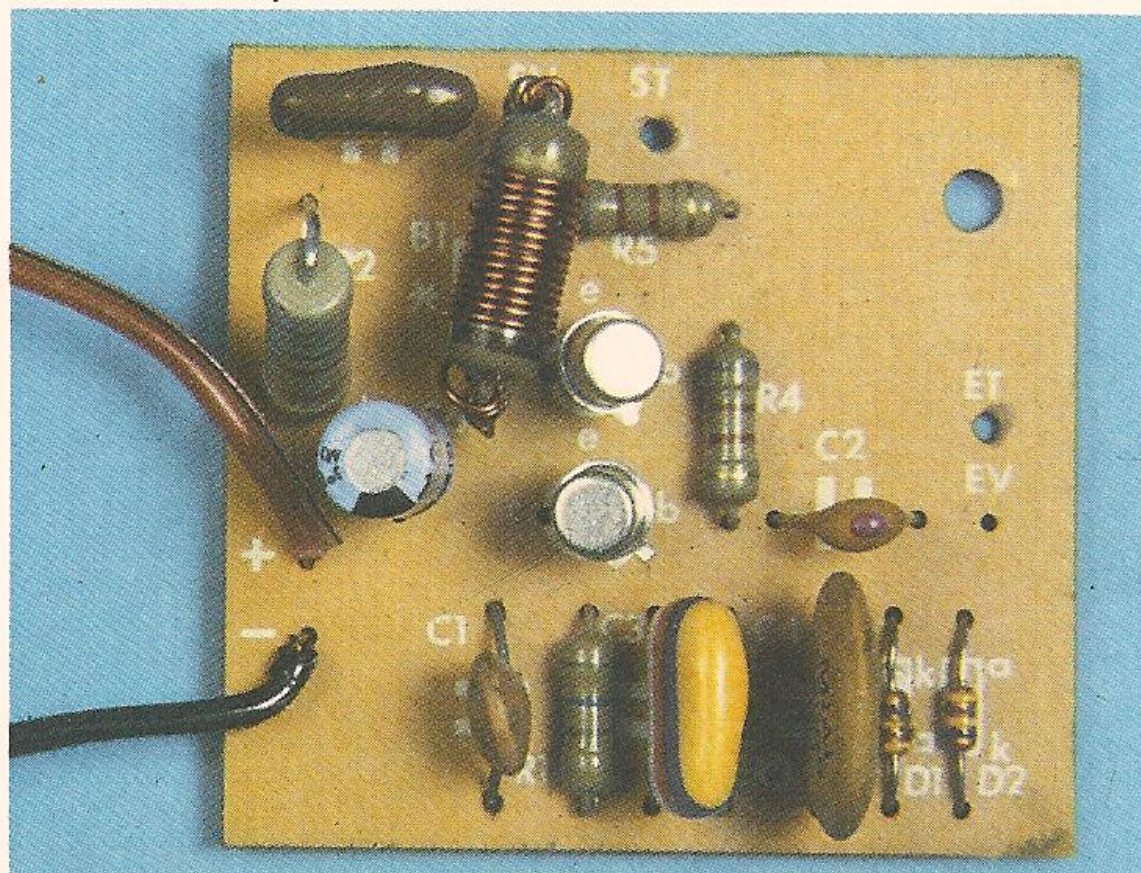


14. Bobina (B1) enrolada sobre o corpo do resistor de 10 K Ω /1 W.

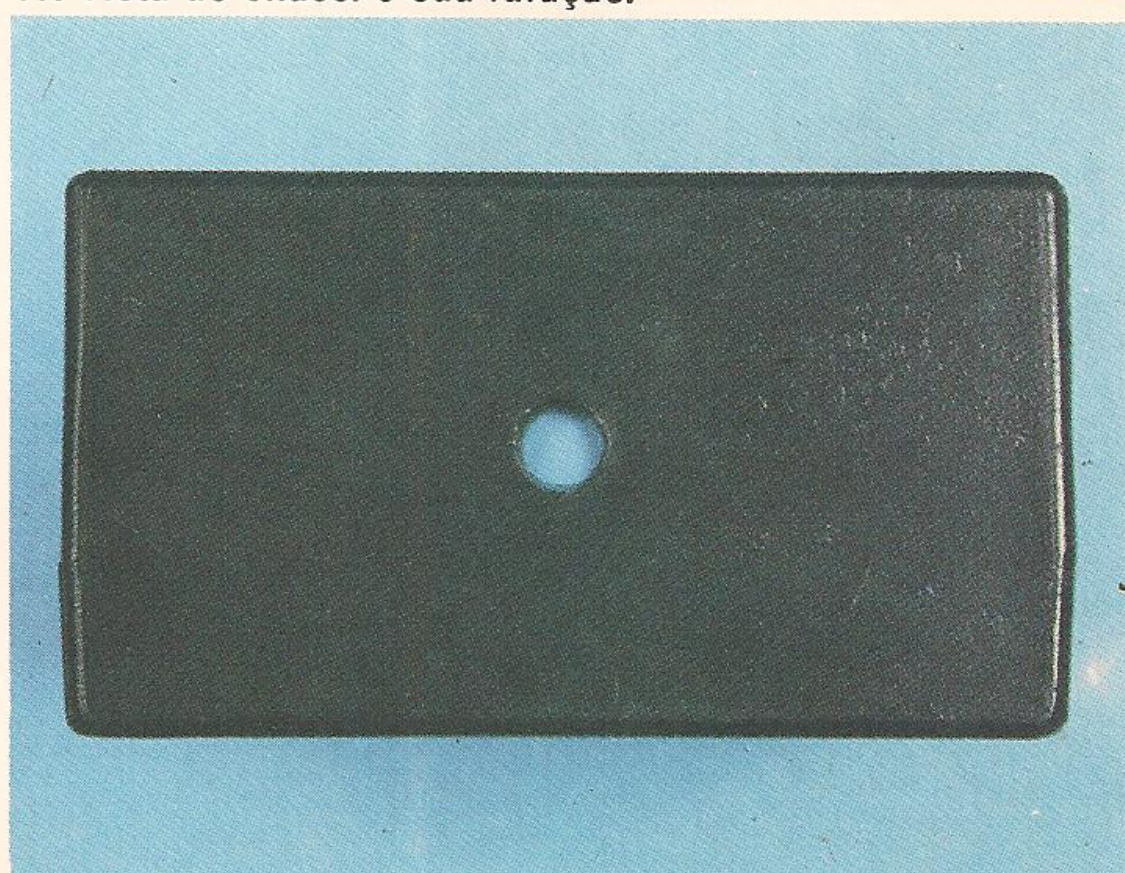


15. Montagem da bobina (B1) com seu resistor na placa de circuito impresso.

16. Ligação dos fios vermelho e preto em dois furos da placa de circuito impresso.



17. Vista do chassi e sua furação.



havia sido passado e soldado na placa (veja foto 20).

19.º) Encaixe a tampa de alumínio sobre o chassi. Finalmente o amplificador de antena FM está pronto para ser instalado (veja foto 21).

Instalação

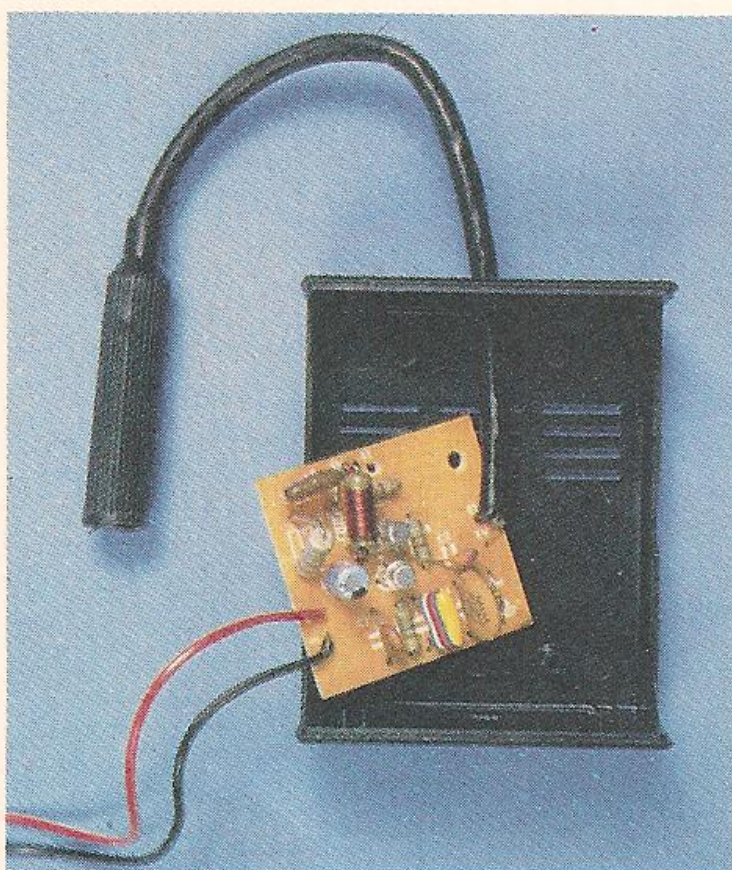
O aparelho pode ficar permanentemente conectado entre a antena e o rádio. Sua alimentação pode, através de uma simples adaptação, ser ligada e desligada pelo próprio interruptor do rádio, o que torna muito mais prático o uso do aparelho.

O cabo original, que vem da antena, deve ser ligado ao conector fêmea do aparelho e o conector macho do apare-

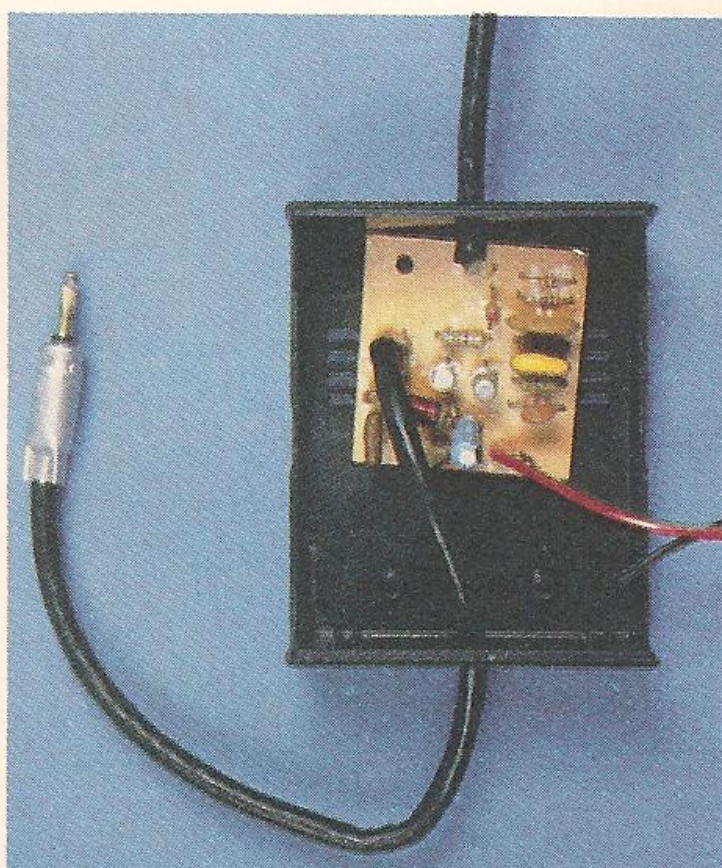
lho deve ser ligado à entrada de antena do rádio.

Quanto à alimentação do circuito do aparelho, o fio preto (negativo) deve ser ligado ao chassi do carro ou do rádio, ou a qualquer outro ponto com potencial negativo. O fio vermelho (positivo) deve ser ligado a um ponto do circuito elétrico do carro ou do rádio, onde o aparelho estiver sendo instalado, que apresente um potencial de 12 V.

Se o leitor quiser, através de uma adaptação simples, poderá fazer uma ligação no interruptor do rádio de modo que, somente ao ser ligado este último, o amplificador de antena FM passe a receber os 12 V positivos necessários à sua alimentação.

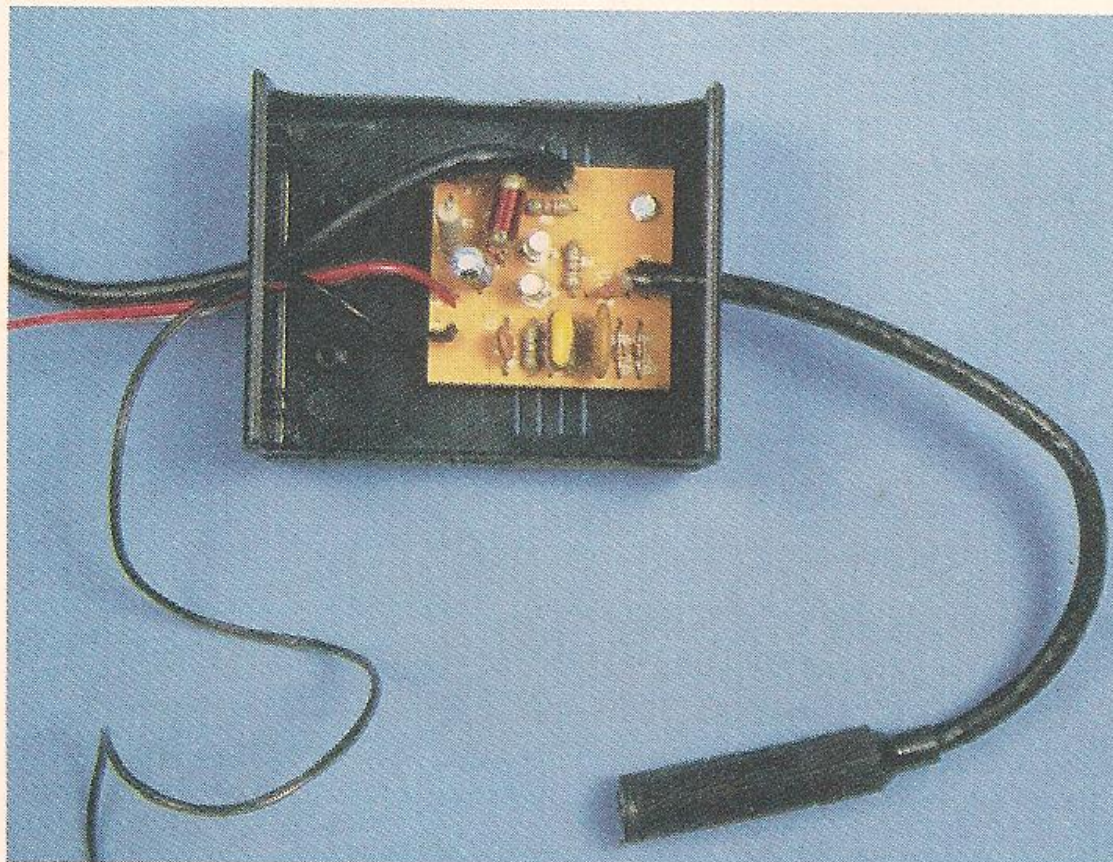


18. Passagem do cabo do conector fêmea pelo furo do chassi e sua ligação na placa.

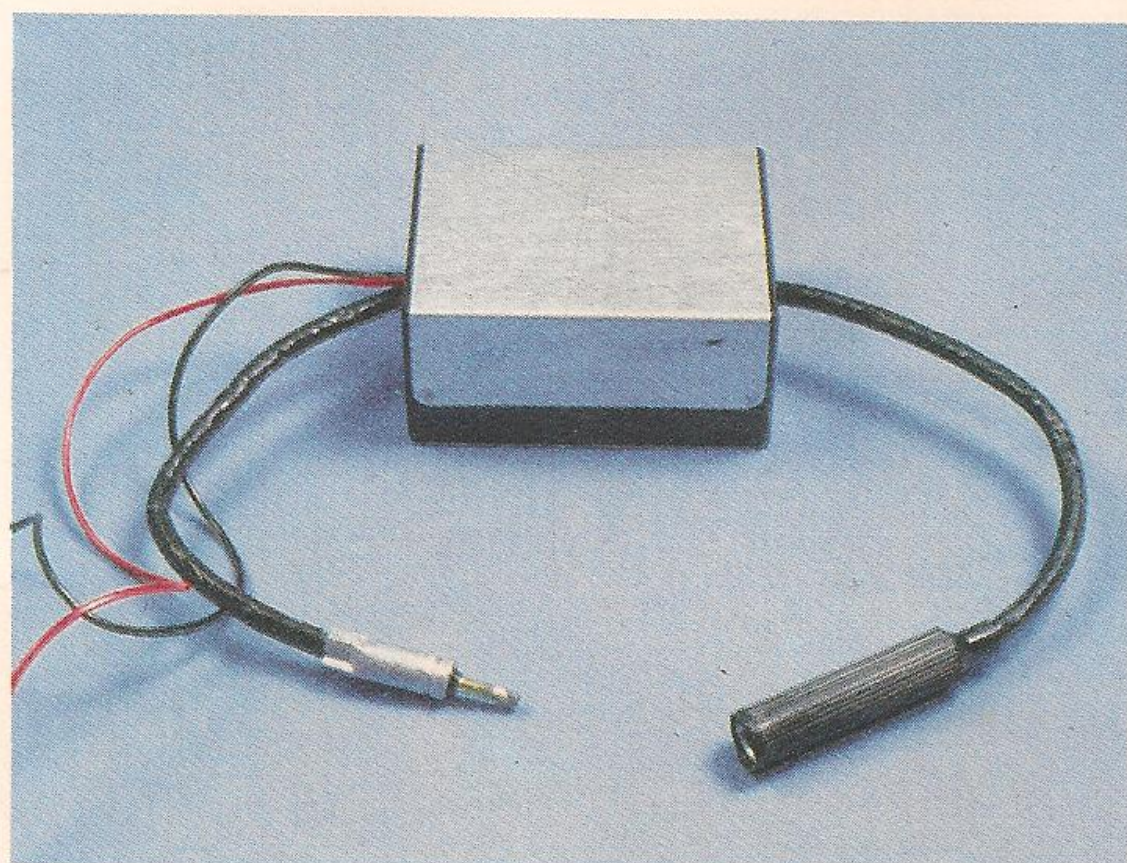


19. Passagem do cabo do conector macho pelo furo do chassi e sua ligação na placa.

20. Fixação da placa de circuito impresso no chassi e passagem dos fios vermelho e preto por um dos furos do chassi.



21. Aspecto final do amplificador de antena FM montado.



Qual a função da carcaça metálica do transistor BF184?

A função da carcaça metálica, assim como a do quarto terminal ligado internamente a ela, é exercer uma blindagem no transistor, evitando instabilidade no circuito e, principalmente, a captação de ruídos.

Por que são cortados os terminais de blindagem dos transistores?

Porque o traçado do circuito impresso foi desenvolvido de forma a não ser necessária a blindagem. No entanto, ao invés de cortar os terminais, outra opção é ligá-los através de solda às grandes áreas cobreadas da placa de circuito impresso. Essas superfícies são chamadas de terra e são próprias para receber as ligações de blindagem.

O aparelho só amplifica os sinais das emissoras de FM?

Não, ele amplifica também os sinais das emissoras que operam em OM (Ondas Médias) e OC (Ondas Curtas), pois seu amplificador de RF é de faixa ampla.

O aparelho serve para ser usado somente em veículos?

Não, embora tenha sido idealizado para uso específico em veículos. Se o aparelho for alimentado por uma fonte de tensão de 12 V, muito bem filtrada e desacoplada para evitar ruídos e captações espúrias, ele poderá ser usado também em aparelhos de rádio residenciais, se houver necessidade.

ESTÁGIO DE POTÊNCIA E CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO

Vamos ver como funciona um amplificador de potência, examinando os seus circuitos mais importantes: o estágio de potência e a fonte de alimentação.

Desenvolvendo a análise sobre o funcionamento dos circuitos modulares que formam o amplificador de alta-fidelidade, vamos examinar os módulos que constituem o estágio de potência e a fonte de alimentação de um amplificador de potência.

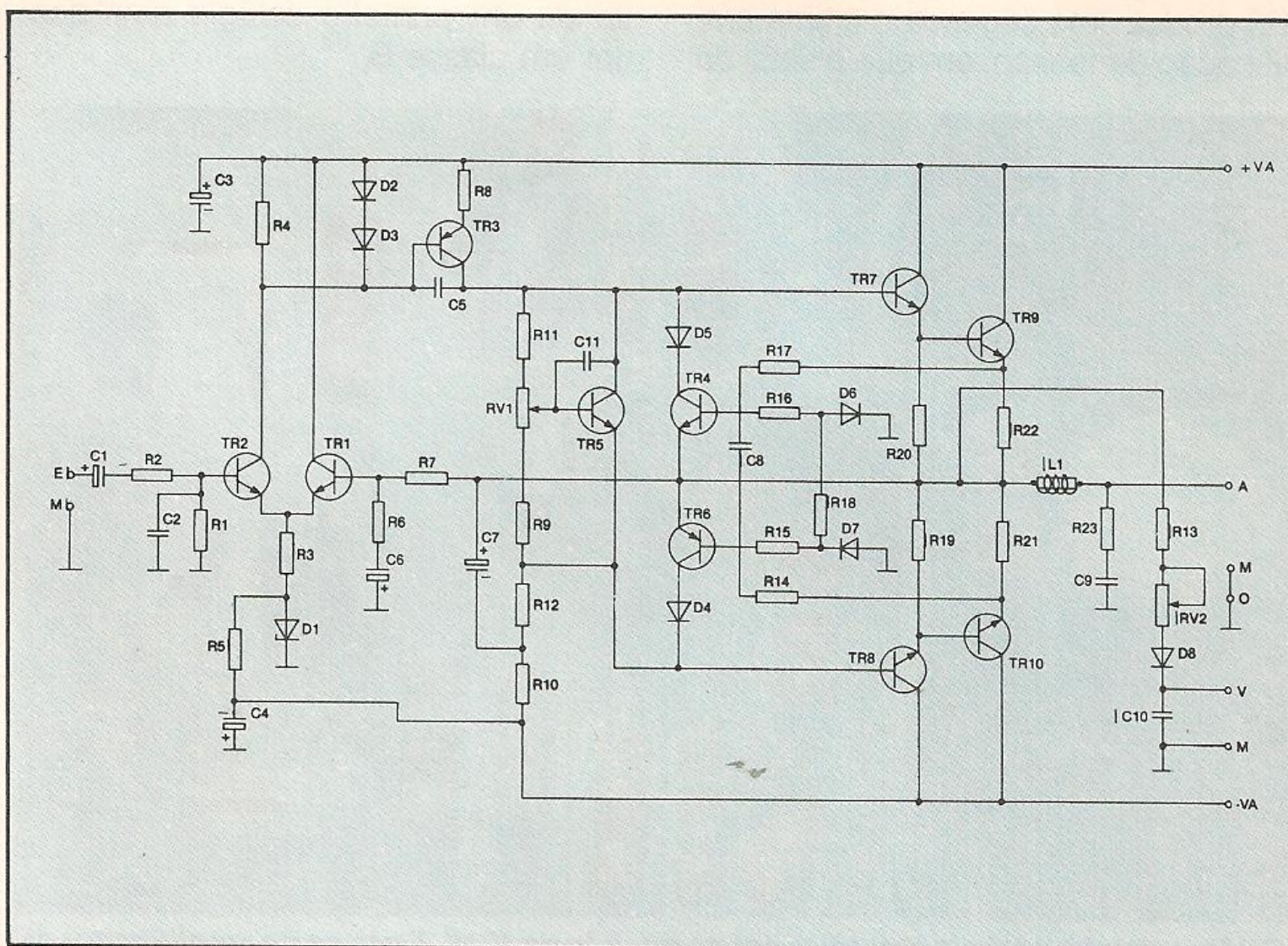
Os amplificadores de potência apresentam algumas diferenças significativas em relação aos de menor potência, devido aos níveis de potência mais altos e ao conseqüente aumento da dissipação de calor.

Esse estágio de potência apresenta um ganho constante na faixa de frequências audíveis e mantém, nessa faixa, uma distorção reduzida, com um nível baixo de ruído.

O nível de sinal de entrada para a obtenção da potência máxima é o mesmo para a obtenção de potência baixa.

No esquema elétrico n.º 1, que é de um amplificador de 40 W, podemos observar que o sinal alcança o circuito pelos pontos E e M, passando para o primeiro estágio através de C1 e R2. Estes se encarregam de separar as tensões contínuas e adaptar as impedâncias. Este estágio de amplificação é constituído pelos transistores TR2 e TR1, em montagem de amplificador diferencial. A saída desse estágio, tomada sobre as extremidades do resistor R4, corresponde ao sinal que representa a diferença entre os dois sinais aplicados sobre a base dos transistores TR1 e TR2, multiplicada pelo ganho do estágio. A polarização das bases em 0 V é obtida através dos resistores R1, ligado à massa, e R7, unido ao ponto médio do amplificador.

A tensão dos emissores é obtida por -VA, através de R5, que polariza o diodo zener D1, de 8,2 V e o resistor R3. Através desse circuito, estabiliza-se a tensão contínua do ponto mediano do amplificador (que deve manter-se em 0 V em qualquer condição), o que facilita o



ACIMA: esquema elétrico do módulo amplificador de 40 W.

acoplamento em tensão contínua entre os diferentes estágios, até o sinal chegar ao alto-falante, com conseqüente melhora da resposta em baixas frequências.

O funcionamento do efeito estabilizador pode ser descrito assim: vamos admitir que, em um dado instante, a tensão do ponto médio apresente uma alteração, em decorrência de um fenômeno qualquer, e adquira uma tendência a tornar-se positiva. Nesse caso, o transistor TR1 recebe na própria base uma polarização mais acentuada, que aumenta sua condução, e seu emissor fornece uma intensidade maior de corrente em R3, com relativo aumento de tensão no ponto de união entre os dois emissores.

Isso produz o efeito contrário sobre TR2, já que sua base continua a manter-se em 0 V, diminuindo a tensão ba-

se-emissor. Portanto, diminui a corrente de coletor desse transistor e, naturalmente, a queda de tensão em R4 é menor. A conseqüência é que a tensão de base de TR3 se torna mais positiva e, no caso de um transistor PNP, é produzido um efeito semelhante ao observado em TR2, isto é, uma diminuição da corrente de coletor. Assim, a tensão no coletor diminui, produzindo uma menor condução de TR7 e TR9. Ao mesmo tempo, a redução da corrente em R10 e R12 produz uma maior corrente através de TR8 e TR10. Os transistores TR7 e TR9, conduzindo menos, e os transistores TR8 e TR10, conduzindo mais, tendem a baixar a tensão do ponto A e, assim, a compensar o efeito inicial.

Se a alteração da tensão do ponto médio fosse negativa, seria originado um mecanismo semelhante ao caso ante-

rior, mas em sentido inverso com a volta à estabilidade, ou seja, às condições de equilíbrio. Uma das principais vantagens desse sistema de amplificação é a de poder contar com uma fonte de alimentação simples sem necessidade de nenhuma seção estabilizadora.

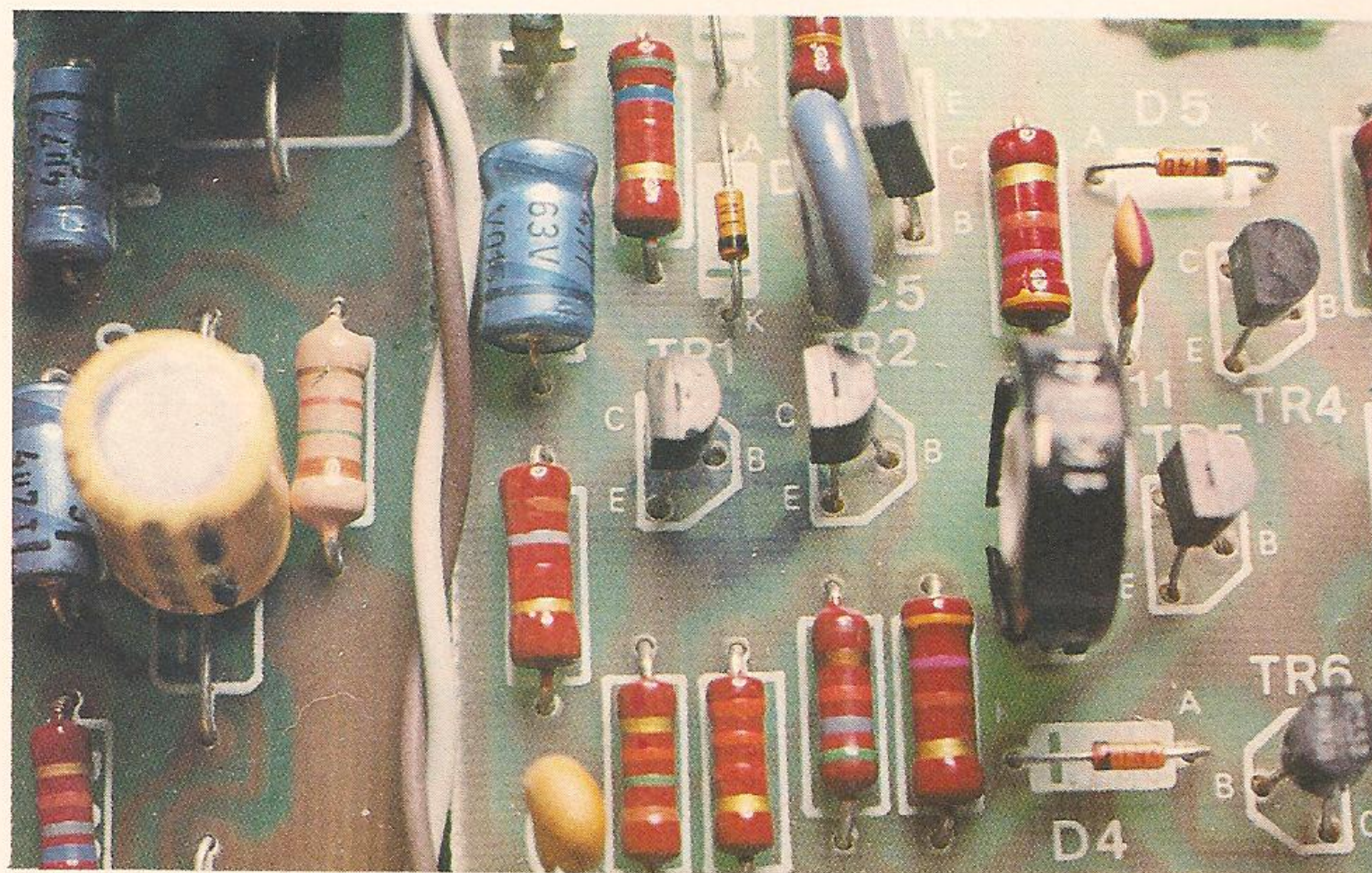
O sinal obtido pelo estágio diferencial é aplicado à base de TR3, em montagem de emissor comum. Há um detalhe, porém: o máximo sinal de saída é limitado através dos diodos D2 e D3 em série a um nível de cerca de 1,4 V.

Esse estágio, formado pelo transistor TR3 produz uma segunda e última amplificação de tensão, em que o sinal de

saída é obtido sobre o resistor de coletor formado por R11, RV1, R9, R12 e R10, embora o resistor que intervenha realmente em termos de sinal seja R10. Os outros destinam-se a funções de polarização do estágio de saída do amplificador (composto por dois pares de transistores complementares em montagem de coletor comum), produzindo um sensível ganho de corrente. O sinal é aplicado nas bases de TR7 e TR8 de forma que o primeiro conduz durante os semiciclos positivos e o segundo, durante os negativos, constituindo um primeiro estágio amplificador em classe B.

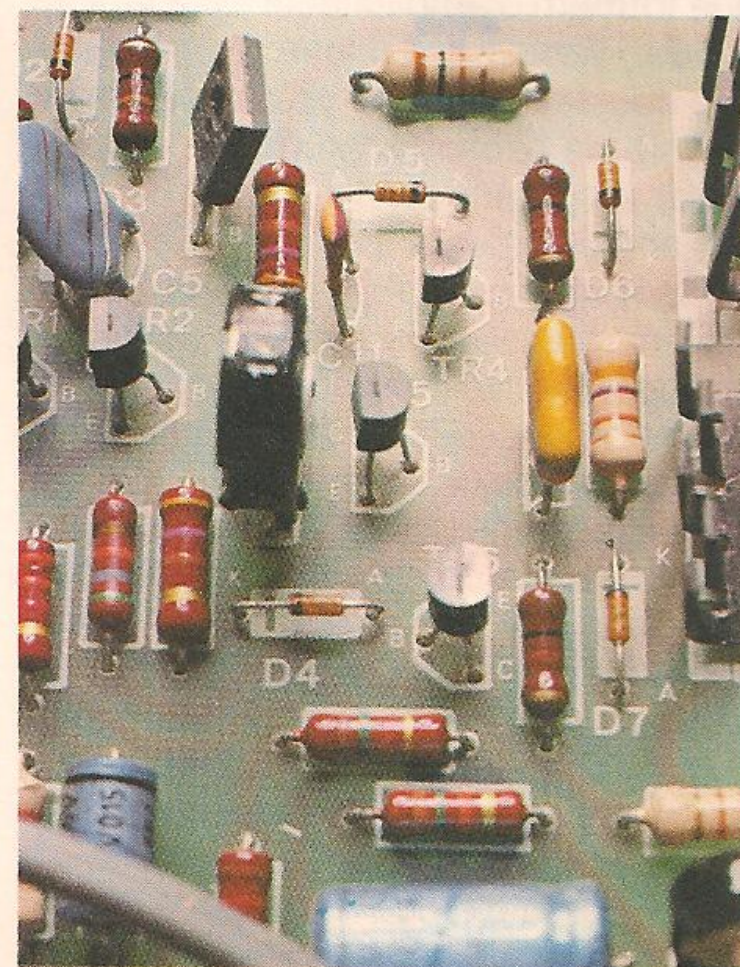
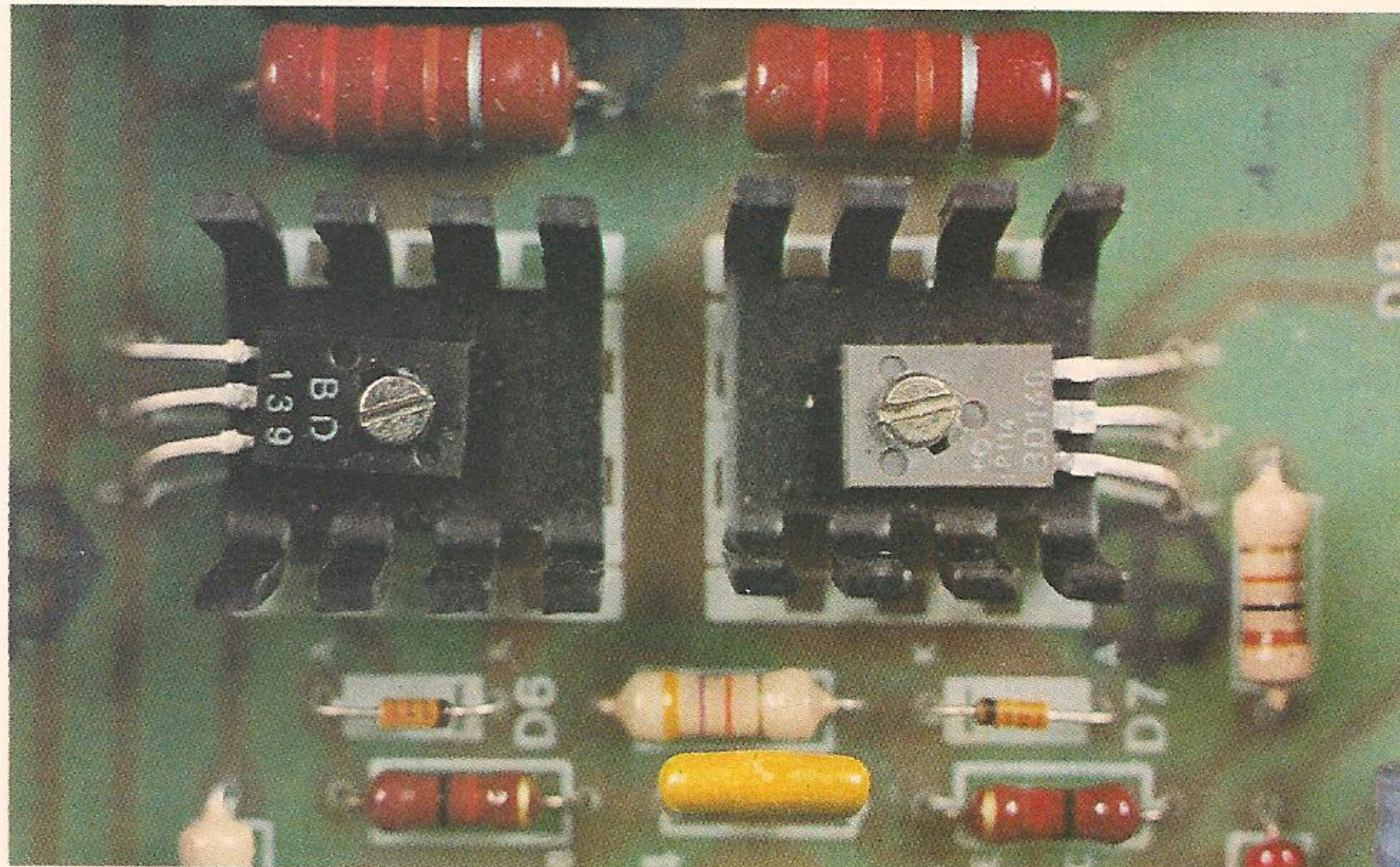
A potência de sinal desenvolvida por cada um desses dois transistores — e aplicada, respectivamente, sobre os resistores R20 e R19, como também nas bases de TR9 e TR10 — é de 1 W, o que implica na dissipação dessa potência sob a forma de calor. Isso requer a utilização de dissipadores de calor de pequenas dimensões que evitem a destruição dos transistores.

O estágio final é constituído por TR9 e TR10, que se encarregam de fornecer a potência adequada ao alto-falante através de R21 e R22 e da bobina L1. Quando o amplificador se situa em sua potência de saída máxima, sua dissipa-



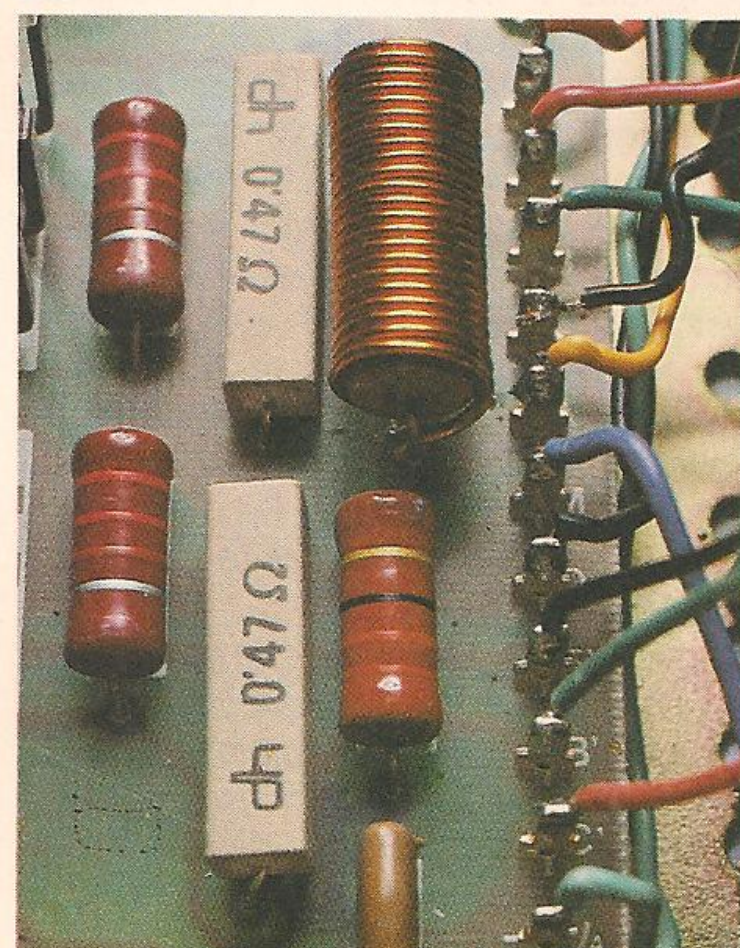
ACIMA: primeiro estágio amplificador do módulo de 40 W. Trata-se do amplificador diferencial formado por TR1 e TR2.

ABAIXO: o estágio de saída é formado por dois pares de transistores complementares. Na ilustração, vê-se a saída formada por TR7 e TR8.



ACIMA: segundo estágio amplificador, circuito de regulação da corrente de repouso e limitador de sobrecargas.

ABAIXO: resistores de potência e bobina L1.



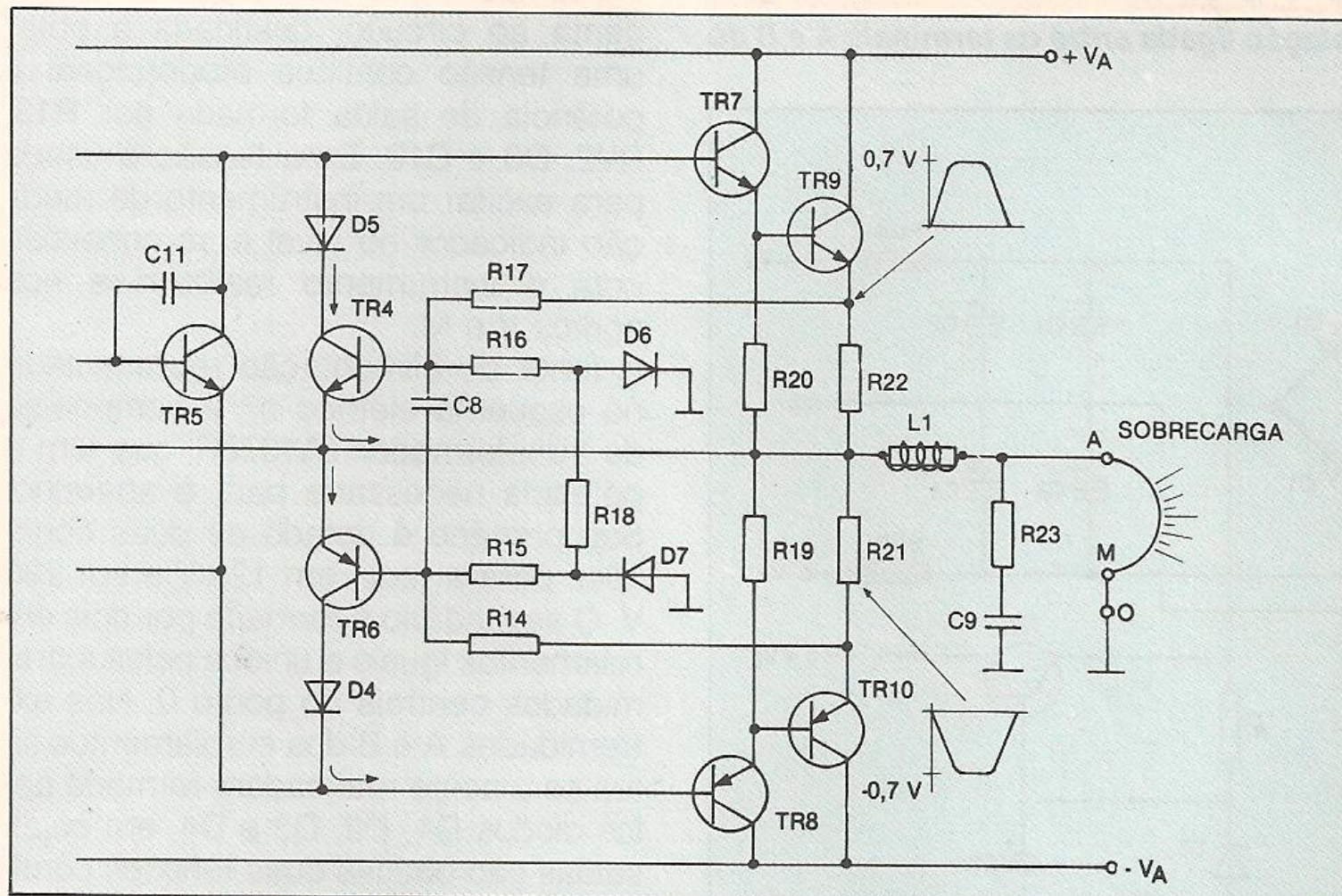
ção de energia térmica é de 40 W. Isso requer a utilização de transistores com carcaças metálicas e de radiadores de calor de dimensões adequadas.

Na ausência de sinal, é necessário que este último estágio conduza uma certa corrente contínua de repouso, para evitar a distorção cruzada. Isso é obtido através do efeito de TR5, acoplado pela base ao potenciômetro RV1, que obtém e estabiliza a tensão de excitação requerida.

No projeto desse amplificador, também foi incorporado um circuito de proteção para os transistores finais, devido às sobrecargas na saída. O circuito

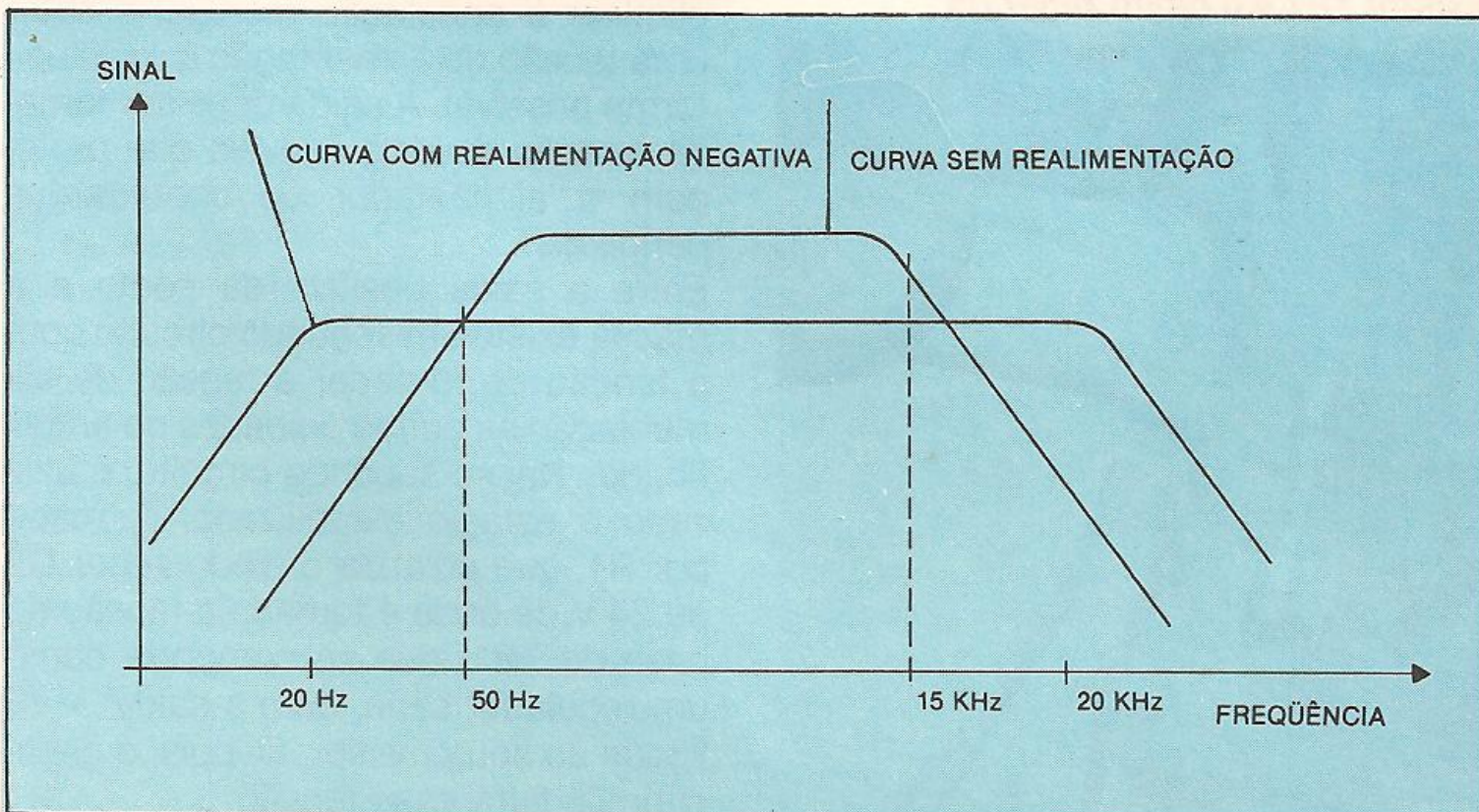
de proteção é constituído pelos transistores TR4 e TR6, pelos diodos D4, D5, D6 e D7, pelos resistores R14, R15, R16, R17 e R18 e pelo capacitor C8. Este circuito detecta qualquer aumento de tensão em R22 ou R21, originado por uma alteração qualquer da corrente que nele circula.

Vamos supor que, no momento em que a sobrecarga é produzida (curto-circuito na saída do alto-falante), TR7 e TR9 estivessem conduzindo. Ocorreria que a corrente de saída aumentaria a tal ponto que a tensão contínua entre as extremidades de R22 seria suficiente para colocar TR4 em condução, atra-



ACIMA: detalhe do circuito protetor das sobrecargas com a indicação de circulação da corrente.

ABAIXO: resposta em frequência de um mesmo circuito com ou sem realimentação inversa.



Qual é a função dos transistores TR9 e TR10?

Os transistores TR9 e TR10 formam o estágio final do amplificador de 40 W, e são encarregados de fornecer a potência adequada ao alto-falante, através de R21, R22 e da bobina L1.

Existe alguma proteção contra sobrecargas nos transistores TR9 e TR10?

Sim; a proteção é fornecida por um circuito formado pelos transistores TR4 e TR6, pelos diodos D4, D5, D6 e D7, pelos resistores R14, R15, R16, R17 e R18 e pelo capacitor C8.

Para que são usados os capacitores C1, C2, C3 e C4 da fonte de alimentação?

Eles são encarregados de eliminar a ondulação residual e, conseqüentemente, obter uma tensão de alimentação a mais uniforme possível.

Por quantos circuitos é formada a fonte de alimentação do amplificador de potência?

Ela é formada por dois circuitos; o primeiro fornece as tensões + Va e - Va e o segundo fornece a tensão + Ve.

O capacitor C5 tem a mesma aplicação que os capacitores C1, C2 C3 e C4?

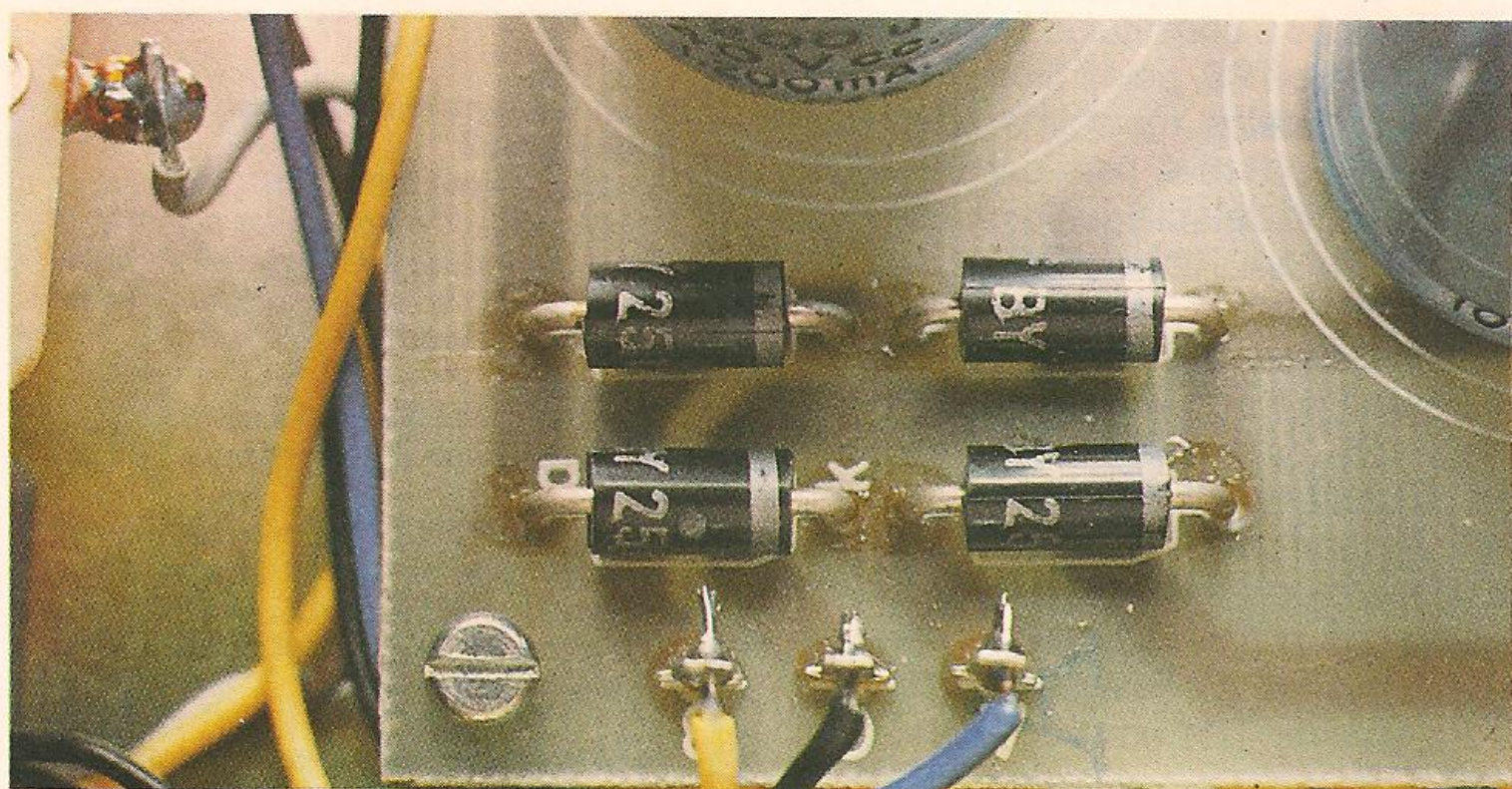
Sim; como eles, o capacitor C5 filtra as ondulações da tensão de saída + Ve.

Os módulos amplificadores de potência de 40 W requerem um nível de sinal de entrada maior que os de menor potência?

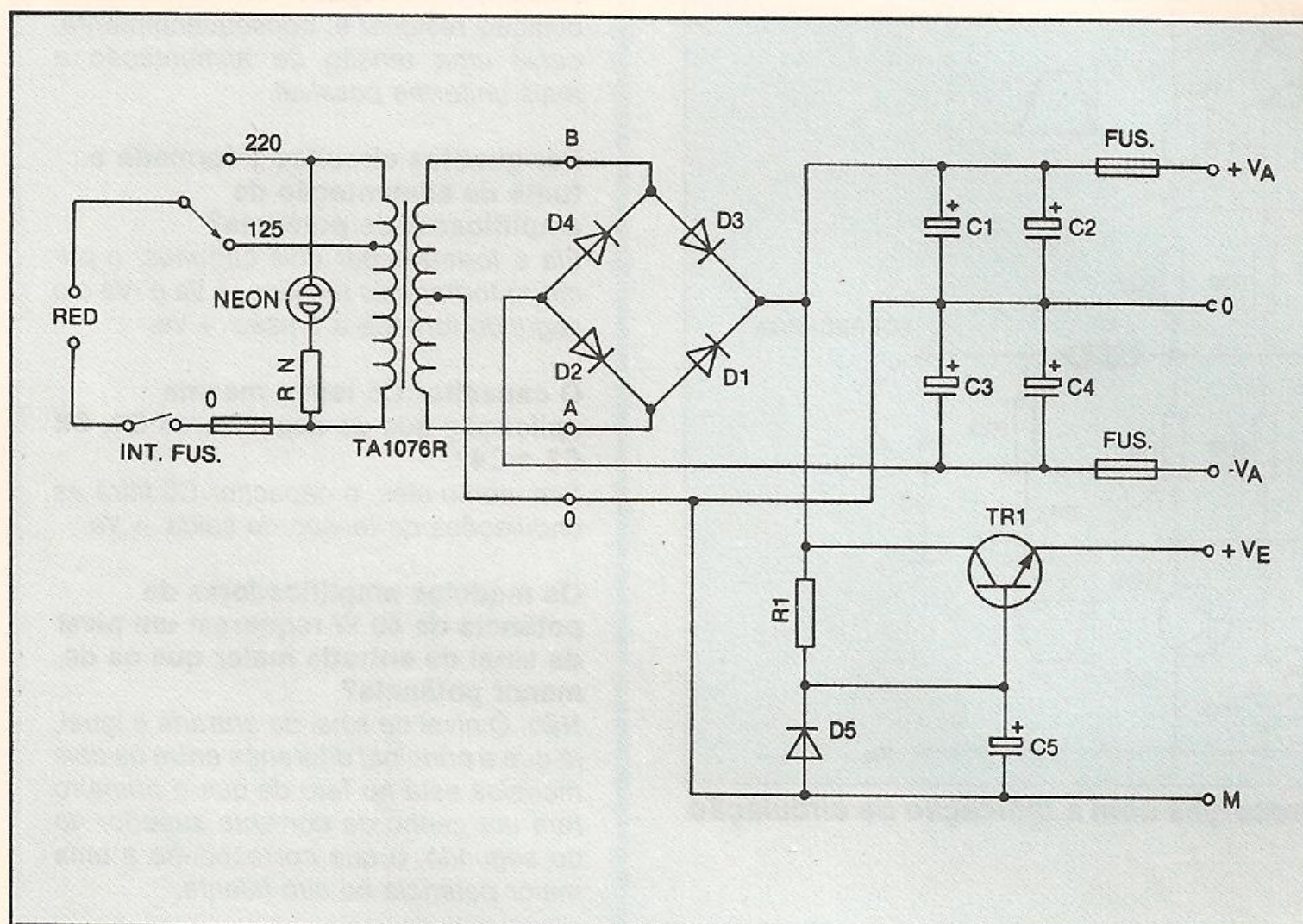
Não. O nível de sinal de entrada é igual, já que a principal diferença entre os dois modelos está no fato de que o primeiro tem um ganho de corrente superior ao do segundo, o que corresponde a uma maior potência no alto-falante.

Como se estabiliza a tensão do ponto médio diante de uma variação qualquer na alimentação?

A estabilização é conseguida através do efeito do amplificador diferencial que amplifica o aumento ou a diminuição da tensão do ponto médio ligado à base de TR1. No estágio seguinte, esta variação é invertida, de modo que o resultado final compensa essa amplificação.

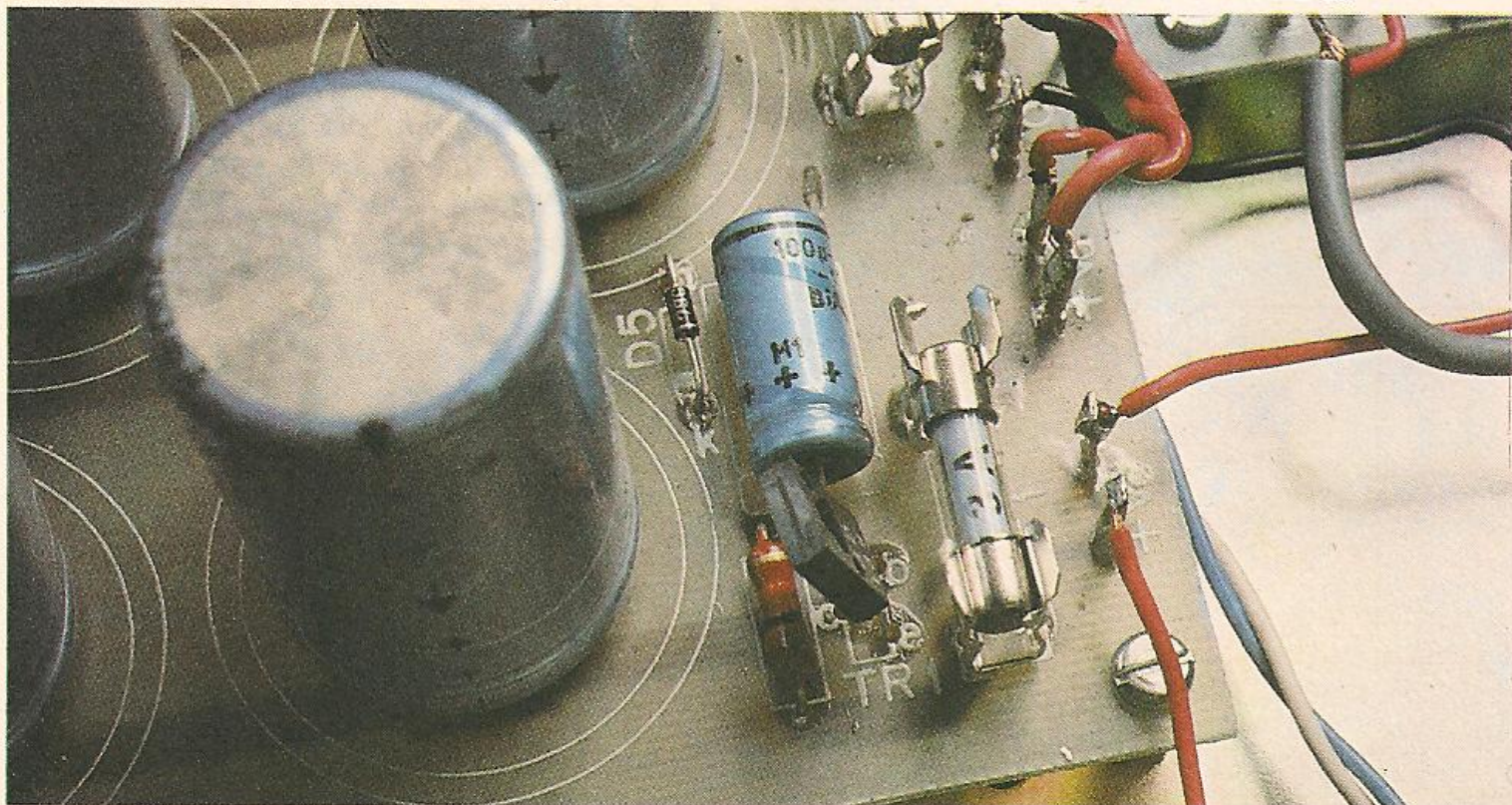


ACIMA: ponte retificadora da fonte de alimentação ligada entre os terminais A e B do secundário.



ACIMA: esquema elétrico da fonte de alimentação de 40 W.

ABAIXO: estágio de estabilização com o transistor TR1 e o diodo zener D5.



vés de R17. Isso provocaria diminuição da tensão da base de TR7, até o corte desse dispositivo. Conseqüentemente, também de TR8, eliminando automaticamente o excesso de corrente. Se, no momento da sobrecarga, TR8 e TR10 estivessem em condução, seria produzido um efeito semelhante pela ação de R21, R14 e TR6.

Este módulo apresenta um sistema de realimentação inversa correspondente a uma fração do sinal de saída que é acoplado ao estágio diferencial de entrada através de R7, R6 e C6. Dessa maneira, melhora a resposta em frequência e a distorção diminui.

Há também uma seção que se acrescenta ao circuito, destinada a obter uma tensão contínua proporcional à potência de saída formada por R13, RV2, D8 e C10. Essa tensão é usada para excitar um instrumento de medição indicador do nível e as conexões com o instrumento realizam-se nos pontos V e M.

A fonte de alimentação representada no esquema elétrico n.º 2 compõe-se do transformador TA1076R, que tem a potência necessária para o aparelho. Seu primário é dotado de duas conexões para a rede, em 125 V e em 220 V. O secundário é formado por dois enrolamentos iguais e unidos pelas extremidades centrais no ponto 0. Nas extremidades A e B dos enrolamentos situa-se a ponte retificadora formada pelos diodos D1, D2, D3 e D4, em cujas saídas são obtidas duas tensões contínuas. Uma das tensões é positiva e a outra é negativa, e são medidas em relação ao ponto 0, que é tomado como terminal de 0 V ou massa.

Há também os capacitores para filtragem C1, C2, C3 e C4, encarregados de eliminar a ondulação residual e obter uma tensão de alimentação a mais uniforme possível. A saída deve ser tomada através de dois fusíveis que protegem o alimentador de sobrecargas perigosas.

Entre a saída positiva da ponte e a massa existe um segundo circuito com a função de fornecer a tensão de alimentação às outras unidades do amplificador. Nesse segundo circuito, é utilizado o estágio estabilizador formado por R1, que polariza o diodo zener D5 de 24 V, de onde é tomada a tensão de base de TR1, que se comporta como um regulador série, com a saída +VE ligada ao seu emissor. Depois, o capacitor C5 filtra essa tensão.