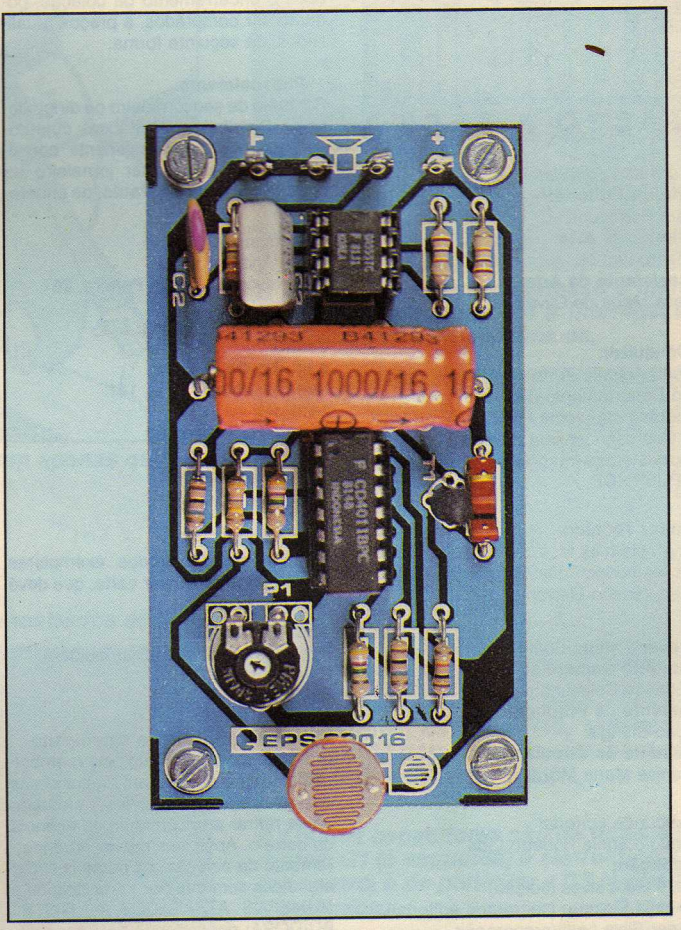
ELETRÔNICA

44 PASSO A PASSO Cr$ 5.900

Abril Cultural







MONTAGEM

GRILO ELETRÔNICO

INSTRUMENTAÇÃO

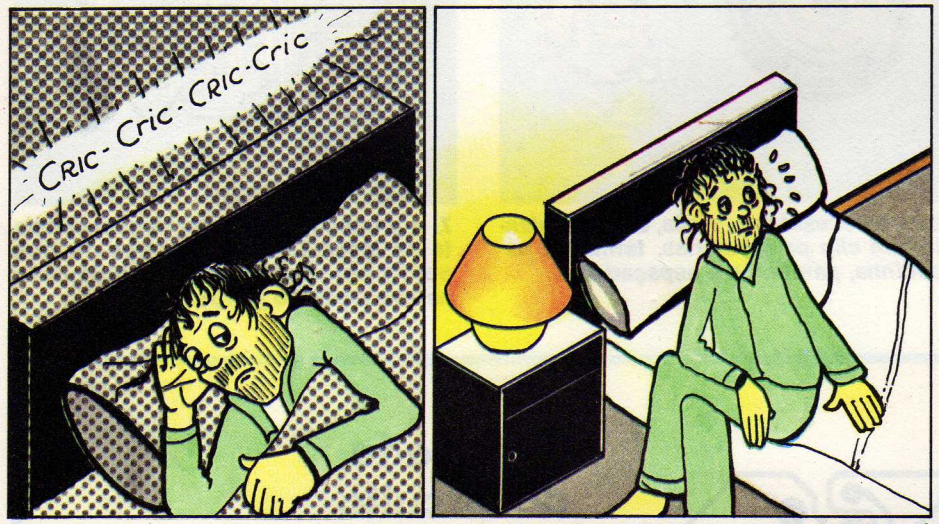
O FUNCIONAMENTO DO TOCA-DISCOS

O MICROPROCESSADOR 8080

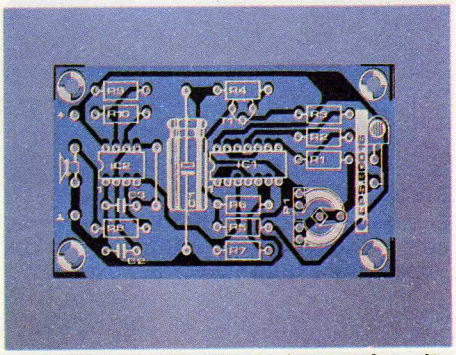
O AMPLIFICADOR

GRILO ELETRÔNICO

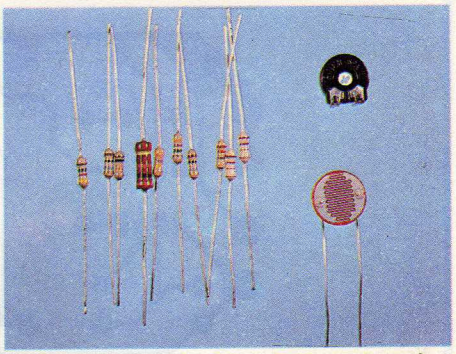
Divirta-se com seus amigos, brincando com o grilo eletrônico. É um kit fácil de montar e simula eletronicamente o canto desse inseto noturno. Pequeno e alimentado com pilhas, pode ser escondido em qualquer lugar. E, como os grilos, interrompe o seu canto assim que se acende a luz.



Esse aparelho simula o comportamento de um grilo, emitindo som apenas quando está em um ambiente escuro.

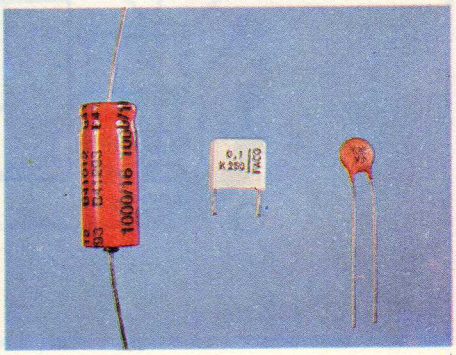


2. A placa de circuito impresso é muito importante, pois permite a interligação dos componentes eletrônicos.

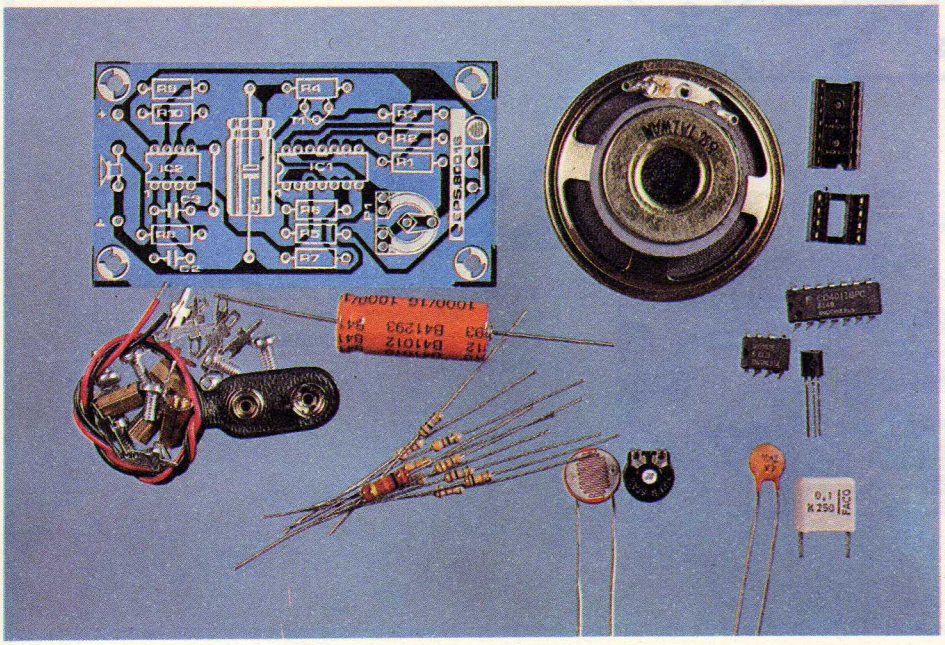


3. Resistores, de R1 a R10, ordenados da esquerda para a direita. Também são vistos o trim-pot P1 e o LDR.

4. Os três capacitores são de tipos diferentes: C1 (à esquerda) é eletrolítico, C2 (no centro) é de poliéster e C3 (à direita) é cerâmico.



1. Para montar esse kit, deve-se adquirir todos os componentes mostrados na foto.

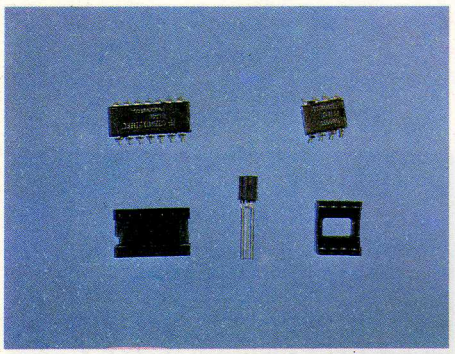


Um dos sons noturnos mais característicos é o canto do grilo. Como se sabe, esse inseto costuma passar a noite inteira emitindo seu cricri solitário, em meio à escuridão, só interrompendo seu canto assim que alguma luz é ligada, mas voltando a cantar quando a luz é novamente apagada.

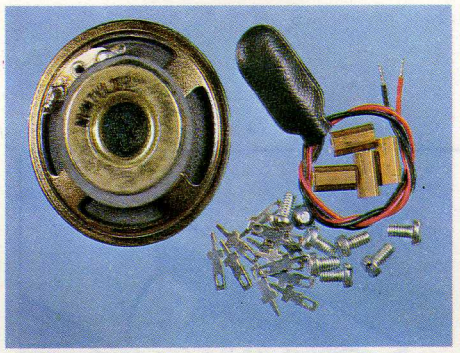
O mesmo efeito pode ser obtido eletronicamente, através do aparelho que descreveremos a seguir. Sua aplicação imediata restringe-se a fazer alguma brincadeira com os amigos. Conseqüentemente, o dispositivo deverá ser pequeno, o que dificulta a sua localização, e alimentado com pilhas, para se ter a máxima liberdade de escolha em relação ao lugar onde ele deverá ser escondido.

O seu funcionamento imita eletronicamente o canto noturno de um grilo, pois utiliza um resistor fotossensível (LDR) que tem capacidade de detectar o nível de iluminação existente no local onde o dispositivo está colocado, apresentando, no escuro, a máxima resistência elétrica.

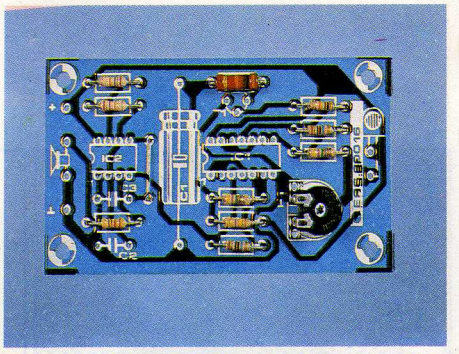
Para a construção desse aparelho, damos a seguir a lista completa do material necessário.



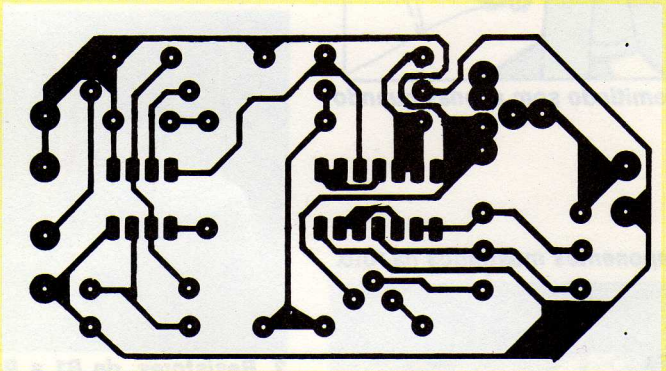
5. Aqui, os dois circuitos integrados, com os soquetes de montagem correspondentes e o transistor T1.



6. São necessários, ainda, um alto-falante, um clip para baterias, terminais espadinha, parafusos e espaçadores.

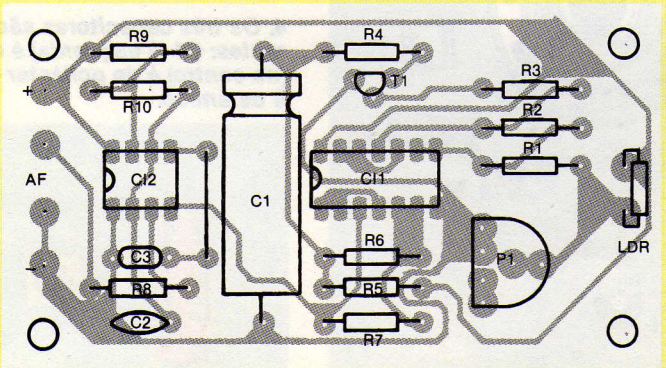


7. A primeira fase de montagem consiste na inserção dos resistores do trimpot P1 em suas respectivas posições e na execução do jumper.



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.

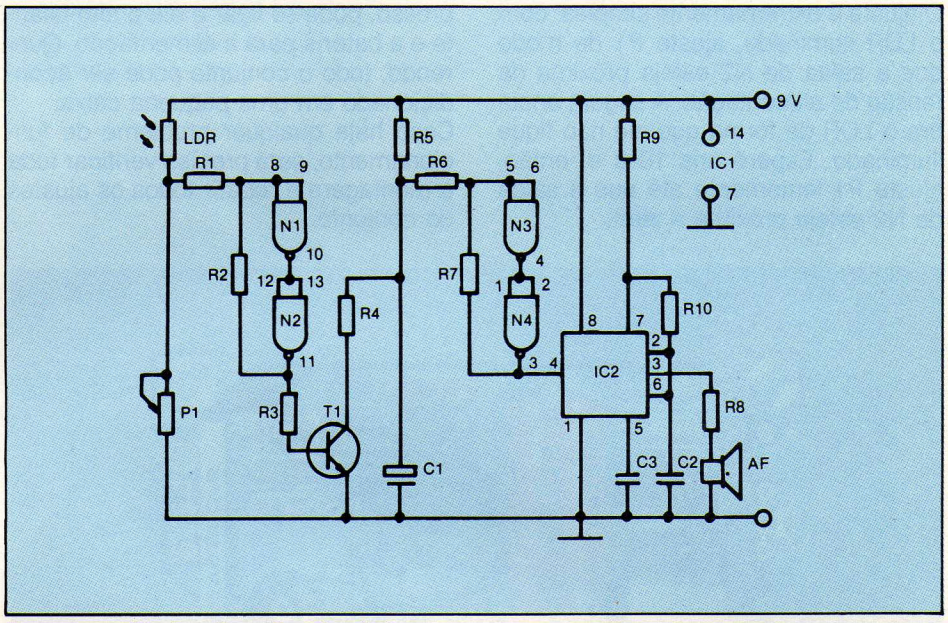
Ferramentas necessárias

- 1 alicate de corte
- 1 alicate de bico
- 1 chave de fenda pequena
- 1 ferro de soldar de 30 W
- 1 furadeira
- 1 jogo de brocas (diâmetros: 1 mm, 1,5 mm e 3,5 mm)
- material para confecção de circuito impresso.

Componentes

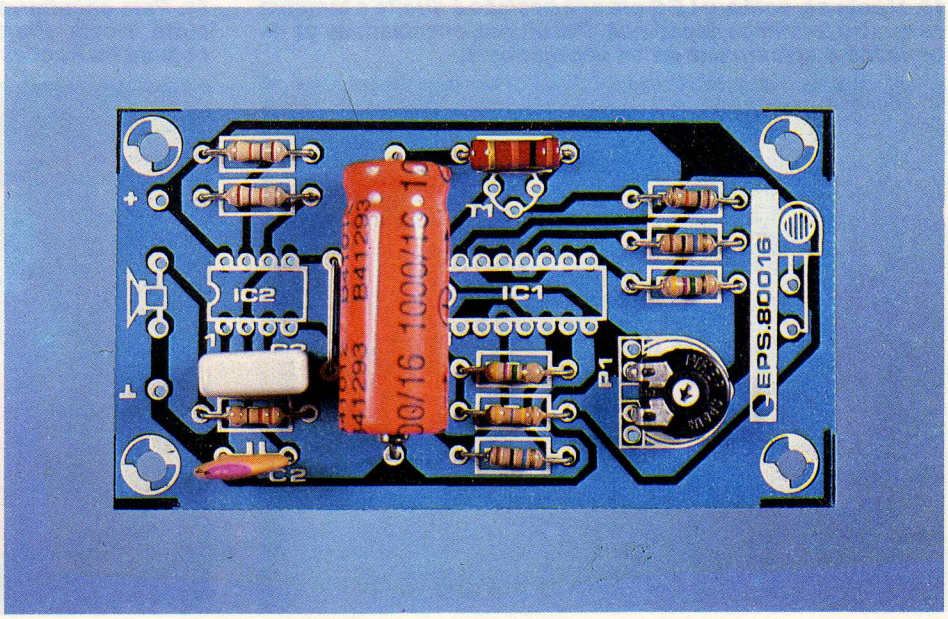
- 10 resistores de 1/4 W, nas posições R1 a R10 da placa, com os seguintes valores e cores:
  R1 - 4,7 MΩ (amarelo-violeta-verde)
  R2 - 10 MΩ (marrom-preto-azul)
  R3 - 10 KΩ (marrom-preto-laranja)
  R4 - 100 Ω (marrom-preto-marrom)
  R5 - 470 KΩ (amarelo-violeta-amarelo)
  R6 - 4,7 MΩ (amarelo-violeta-verde)
  R7 - 10 MΩ (marrom-preto-azul)
  R8 - 220 Ω (vermelho-vermelho-marrom)
  R9 - 27 KΩ (vermelho-violeta-laranja)
  R10 - 27 KΩ (vermelho-violeta-laranja)
- 1 trim-pot, na posição P1 da placa, com o seguinte valor:
  P1 - 47 KΩ
- 1 LDR
- 3 capacitores, nas posições C1 a C3 da placa, com os seguintes valores:
  C1 - 1000 µF/16 V — eletrolítico
  C2 - 10 nF — cerâmico
  C3 - 100 nF/250 V — poliéster
- 1 transistor, na posição T1 da placa, com o seguinte código:
  T1 - BC547C ou equivalente
- 2 circuitos integrados, nas posições IC1 e IC2 da placa, com os seguintes códigos:
  IC1 - 4011
  IC2 - 555
- 1 alto falante de 8 Ω/0,2 W
- 1 clip para bateria com fios
- 1 bateria de 9 V
- 4 terminais espadinha
- 15 cm de fio AWG28 (marrom)
- 15 cm de fio AWG28 (amarelo)
- 4 espaçadores metálicos
- 8 parafusos de 3,5 mm x 7 mm
- 1 placa de circuito impresso de 87 mm x 48 mm
- 1 soquete para CI de 14 pinos
- 1 soquete para CI de 8 pinos
- 1 pedaço de solda 60/40.

Como é possível observar, de acordo com o esquema elétrico desse dispositivo, quando o circuito está no escuro, a resistência do LDR alcança o seu valor máximo. Nessas condições, o trim-pot P1 deverá ser ajustado de maneira a aparecer um valor digital 0 nas entradas da porta N1. Conseqüentemente, também haverá um 0 na saída da porta N2 e o transistor T1 estará cortado, de forma que a carga de C1 aumentará lentamente através de R5. Dentro de aproximadamente 30 minutos, alcança-se o valor digital 1 nas entradas de N3. Em decorrência, a saída de N4 também será 1 e o oscilador, constituído pelo circuito integrado IC2 e seus componentes externos, entrará em funcionamento, gerando um sinal que será reproduzido pelo alto-falante. Ligando-se a luz para tentar localizar a fonte do sinal sonoro, o valor da resistência do LDR diminui e as portas N1 e N2 mudam de estado,



Esquema elétrico do grilo eletrônico.

8. Depois, montam-se os três capacitores. O eletrolítico (na posição C1) deve ser orientado conforme mostra a foto.



fazendo com que o transistor T1 entre em condução. Então, o capacitor C1 se descarregará, através do resistor R4 e de T1.

Desta forma, na saída da porta N4 aparecerá um valor digital 0 e o oscilador pára de funcionar. Quando a luz for novamente desligada, o aparelho demorará outros 30 minutos para voltar a funcionar, completando, assim, a imitação do grilo.

O ajuste é extremamente simples: com o LDR iluminado, ajuste P1 de modo que a saída de N2 esteja próxima da tensão de alimentação. A seguir, encubra o LDR de forma que ele não fique iluminado. Espere uns 10 s e, então, ajuste P1 lentamente até que a saída de N2 esteja próxima a zero.

Outros ajustes podem ser feitos, variando-se os valores de C2, R9 e R10, modificando, assim, o som emitido. Mudando-se o valor de C1, modifica-se o intervalo de tempo entre o instante em que se desliga a luz e o instante em que o oscilador começa a funcionar.

Seguindo corretamente as instruções, a montagem fica muito simples. Ao completar a montagem do circuito impresso, pode-se ligar a ele o alto-falante e a bateria para a alimentação. Querendo, todo o conjunto pode ser acondicionado em uma pequena caixa.

Caso haja qualquer problema de funcionamento, será preciso verificar toda a montagem e repetir todos os ajustes do conjunto.

Quanto tempo o grilo eletrônico demora para começar a cantar, depois de colocado num lugar escuro?

O grilo eletrônico, uma vez colocado num lugar escuro, demora aproximadamente 30 min para iniciar o seu funcionamento.

Qual a função do capacitor C1 no circuito?

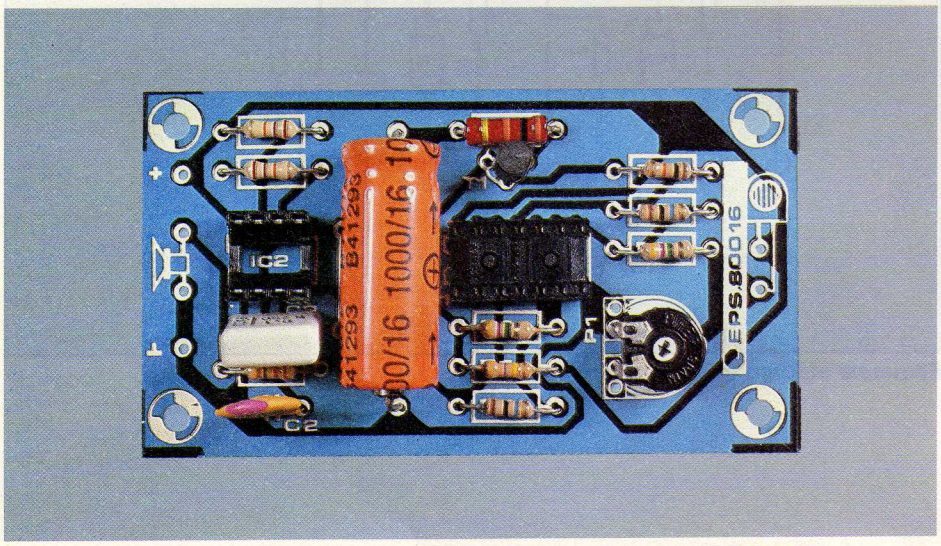
A função do capacitor eletrolítico C1 no circuito é determinar o intervalo de tempo que o grilo eletrônico demora para funcionar inicialmente, quando é colocado no escuro, ou para voltar a funcionar, se a luz for apagada. Esse intervalo de tempo é determinado pela carga do capacitor C1.

É possível fazer com que o grilo eletrônico demore menos tempo para começar ou recomeçar o seu funcionamento?

Sim, trocando o capacitor eletrolítico C1 por outro cuja capacitância possua um valor menor. Um capacitor de menor capacitância, carrega-se mais rapidamente e, assim, faz com que as entradas da porta lógica N3 atinjam o valor digital 1 mais depressa. Conseqüentemente, o oscilador entra em funcionamento em menos tempo, porque o circuito integrado IC2 também recebe, de modo mais rápido, o valor digital 1 em seu pino 4.

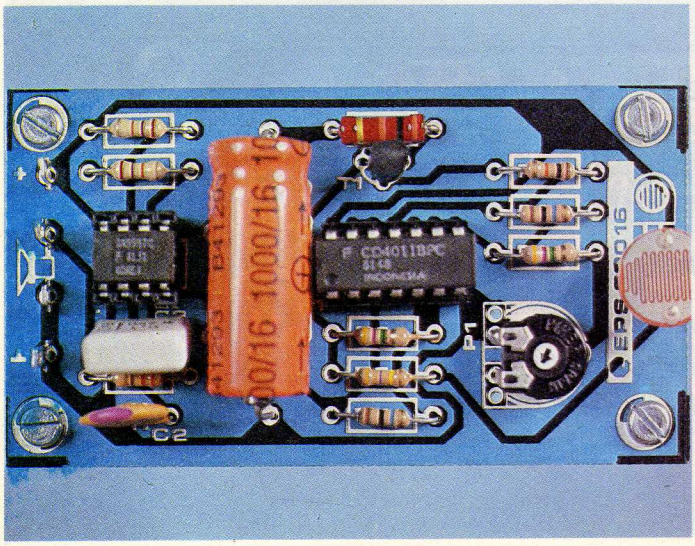
De que tipo são as portas lógicas N1, N2, N3 e N4?

Todas as quatro portas lógicas são do tipo NE e estão contidas dentro do circuito integrado IC1. No entanto, essas portas NE funcionam como inversoras no circuito, pois cada uma possui duas entradas que estão interligadas.

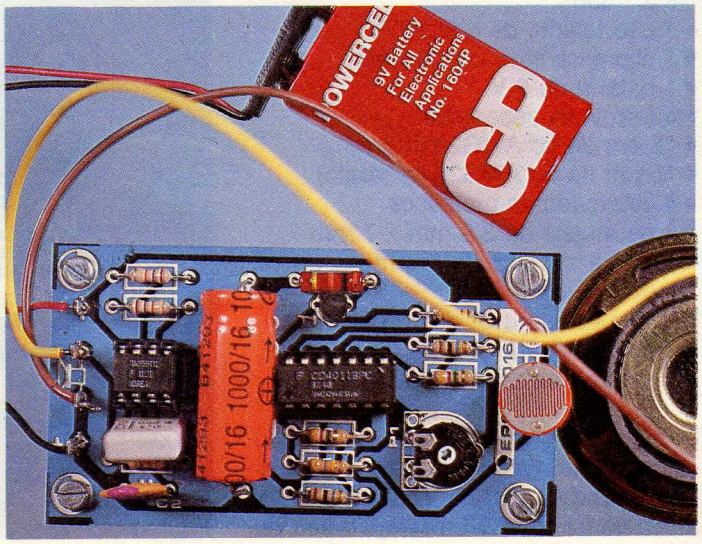


9. A seguir, são colocados os soquetes dos integrados e o transistor T1.

10. Monta-se, então, o LDR em sua posição à direita e também os quatro terminais espadinha. Por último, encaixam-se os integrados e aparafusam-se os espaçadores.

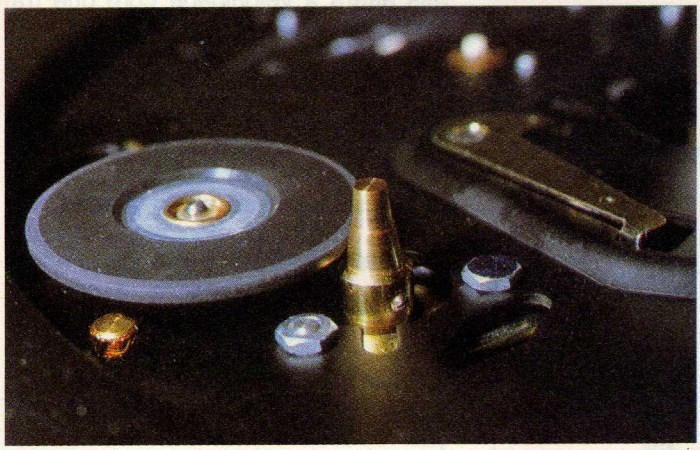


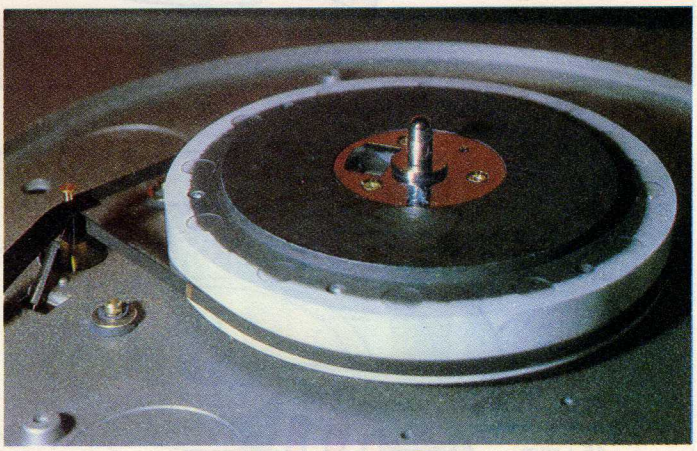
11. Para encerrar, a bateria e o alto-falante são ligados ao circuito. Nesta altura, procede-se ao ajuste de P1, de acordo com as instruções fornecidas no texto.



O FUNCIONAMENTO DO TOCA-DISCOS (3)

O prato do toca-discos deve possuir a maior estabilidade de rotação possível. Também não deve apresentar flutuações ou produzir ruídos, para assegurar a fidelidade da reprodução. Veja, aqui, os sistemas empregados no motor do prato, que garantem a transformação dessas exigências no máximo de qualidade.





ACIMA: diversos sistemas de tração empregados atualmente. Por correia, por polias e tração direta são os mais comuns.

Terminamos o capítulo anterior com a descrição dos três tipos de motor do prato do toca-discos: assíncrono ou de indução, síncrono e de corrente contínua. A seguir, veremos quais os principais métodos utilizados para controlar a rotação do motor do prato.

Sistemas de controle da velocidade de rotação

Existem diversos sistemas de controle da velocidade de rotação do motor do prato do toca-discos. Vamos mencionar os seguintes:

- motor controlado por gerador tacométrico;
- motor controlado por faixa magnética.

A velocidade, no **motor controlado por gerador tacométrico**, não depende da freqüência da rede, mas é regulada por um gerador tacométrico semelhante ao que vimos no motor unitorque. O gerador verifica a velocidade do motor e gera uma tensão, que depende do erro da velocidade. Essa tensão (previamente comparada com uma tensão de referência) encarrega-se de modificar a velocidade, para fazê-la igual ao valor prefixado. O captador de velocidade pode ser fotoelétrico ou eletromagnético.

O **motor controlado por faixa magnética** é semelhante ao modelo anterior, mas a sua velocidade é controlada por meio de uma cabeça magnética — que lê os impulsos contidos em uma fita — que está fixada ao prato do toca-discos. O sinal fornecido à cabeça magnética é comparado com um sinal de referência. A diferença de sinal entre ambos é tratada para que possa atuar sobre o motor e, dessa maneira, fazer com que o motor gire à velocidade adequada.

Sistemas de transmissão

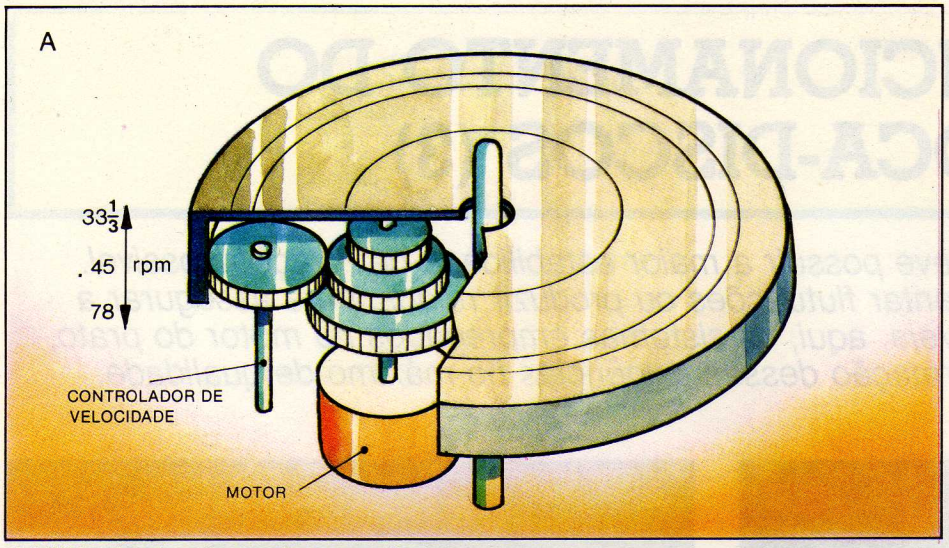
Atualmente, os tipos de tração utilizados para transmitir as rotações do motor ao prato que suporta o disco são as seguintes:

- transmissão por polias;
- transmissão por correia;
- tração direta.

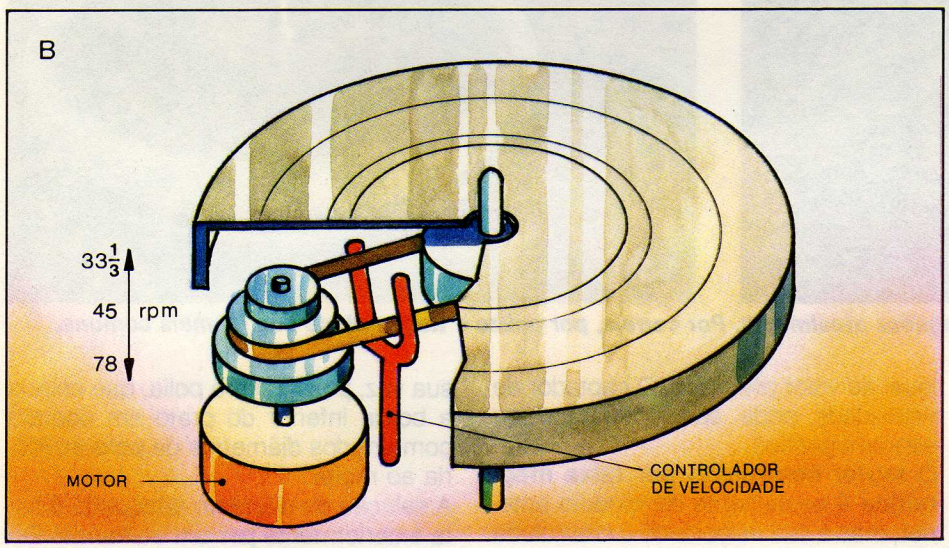
No sistema de **transmissão por polias**, o motor possui um eixo ao qual está preso um conjunto de três polias com diâmetros diferentes. O prato, por sua vez, possui outra polia, que coloca a borda inferior do prato em contato com um dos diâmetros da polia solidária ao motor.

A seleção do diâmetro adequado é feita exteriormente por um comando. Fazendo variar o diâmetro, varia também a velocidade de rotação do prato. Esse sistema é o mais antigo e está praticamente em desuso. As vibrações do motor não são totalmente absorvidas pela transmissão, pois as polias devem ter uma certa dureza para garantirem um tempo mínimo de uso. Por isso, as polias não podem amortecer as vibrações do motor e as transmitem à cápsula, com todos os inconvenientes que isso significa. Sua única vantagem é ser um sistema muito simples, com grande robustez e durabilidade, ainda que tenha pouca exatidão.

O sistema de **transmissão por correia** baseia-se na utilização de uma correia para transmitir as rotações do motor ao prato do toca-discos. A correia envolve uma polia (solidária com o eixo do motor) e o prato giratório. Essa correia pode ter seção circular, quadrada, etc. Em geral, é feita de borracha e é

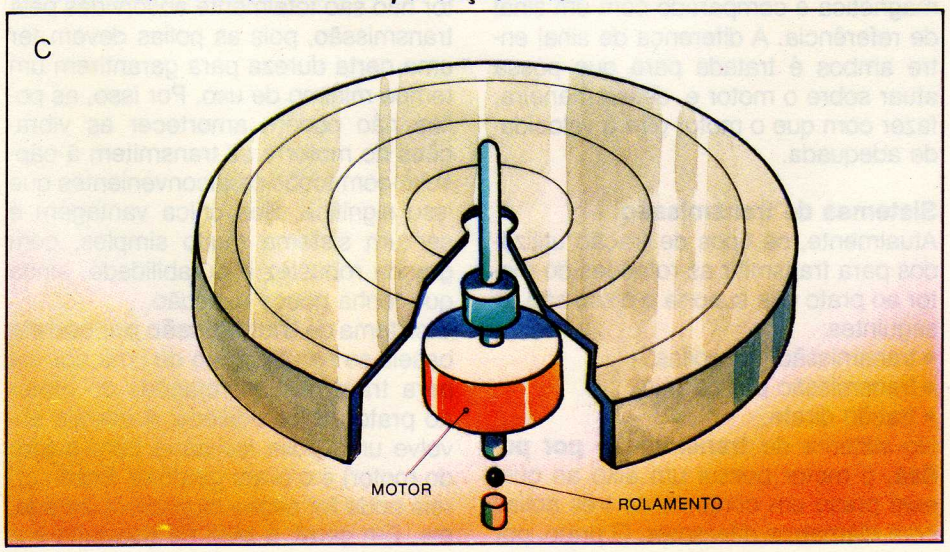


ACIMA: sistema de tração por polias.



ACIMA: sistema de tração por correia.

ABAIXO: sistema de transmissão por tração direta.



polida, para evitar irregularidades que possam afetar a estabilidade da velocidade de rotação do prato. A transmissão por correia apresenta um bom amortecimento das vibrações geradas pelo motor.

Esse sistema costuma ser ligado a motores síncronos, com número elevado de pólos, mas também é aplicado em motores de corrente contínua, de alta velocidade. A mudança de velocidade é feita por meio de uma forquilha que obriga a correia a mudar de posição sobre polias com diferentes diâmetros. Assim, a mudança de posição da correia altera a velocidade com que traciona o prato.

Esse sistema, em geral, tem um dispositivo de ajuste da velocidade, que consiste em dar à polia (que está solidária com o eixo do motor) um formato troncônico (forma em tronco de cone). Com isso, pode-se variar a seção da polia e, assim, a velocidade do prato. Atualmente, para realizar o ajuste fino da velocidade de rotação, são utilizados métodos eletrônicos que permitem ajustar a velocidade no seu valor exato, através de um potenciômetro linear, eliminando, portanto, as polias de seção variável.

No sistema de **tração direta** desaparecem completamente todos os tipos de correia ou de polia. O próprio eixo do motor é o encarregado de transmitir a velocidade de rotação ao prato de suporte. Para isso, a velocidade do eixo deve ser igual à velocidade de gravação do disco. Com o aparecimento dos motores de corrente contínua, esse problema foi resolvido. Já vimos que os motores síncronos deviam aumentar desproporcionalmente o número de pólos (em teoria, até 120) para se converterem em equivalentes dos motores de tração direta. Quando se elimina o sistema de transmissão, reduz-se o ***rumble*** ou ruído de bamboleio, pois são eliminados os possíveis focos de ruído.

Na prática, as tendências atuais de fabricação são a transmissão direta e a transmissão por correia. A primeira é mais utilizada: com o rápido avanço da eletrônica, conseguiu-se sistemas perfeitos de controle de velocidade, que complementam os motores de corrente contínua, multipolares ou servocontrolados, utilizando geradores auxiliares de freqüência.

O principal problema decorrente está no fato de que é necessário um com-

plexo sistema eletrônico para governar a velocidade do motor, pois se houver algum desequilíbrio, a qualidade de reprodução será prejudicada. Porém, esse defeito, com os avanços tecnológicos atuais, deixa de ser verdadeiramente um problema, pois sempre aparecem sistemas eletrônicos de controle melhores, que apresentam, em geral, um elevado grau de confiabilidade. As vantagens do sistema de transmissão direta em relação aos outros sistemas são, basicamente, os melhores resultados quanto ao ruído e ao bamboleio e a melhor estabilidade na velocidade de rotação.

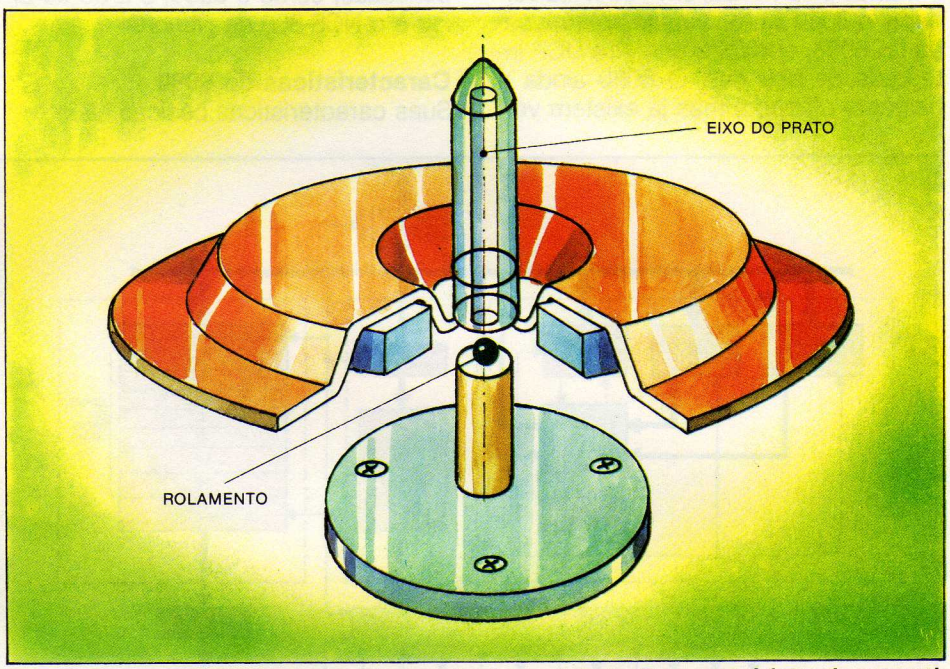
O prato ou suporte de discos

Em relação ao prato propriamente dito, podemos assinalar algumas características de sua fabricação. O prato deve ser, em linhas gerais, o mais redondo possível, absolutamente plano e perfeitamente concêntrico em relação ao seu eixo de rotação. O prato também atua como volante de inércia e ajuda a manter constante a velocidade de rotação.

Antes, quando eram utilizados os motores assíncronos ou de indução, os pratos deviam ter um peso considerável. Ainda hoje persiste a crença de que quanto mais pesado, melhor é o prato. Essa hipótese foi desmentida com o aparecimento dos sistemas de tração direta, com o motor de corrente contínua servocontrolado por procedimentos tacométricos.

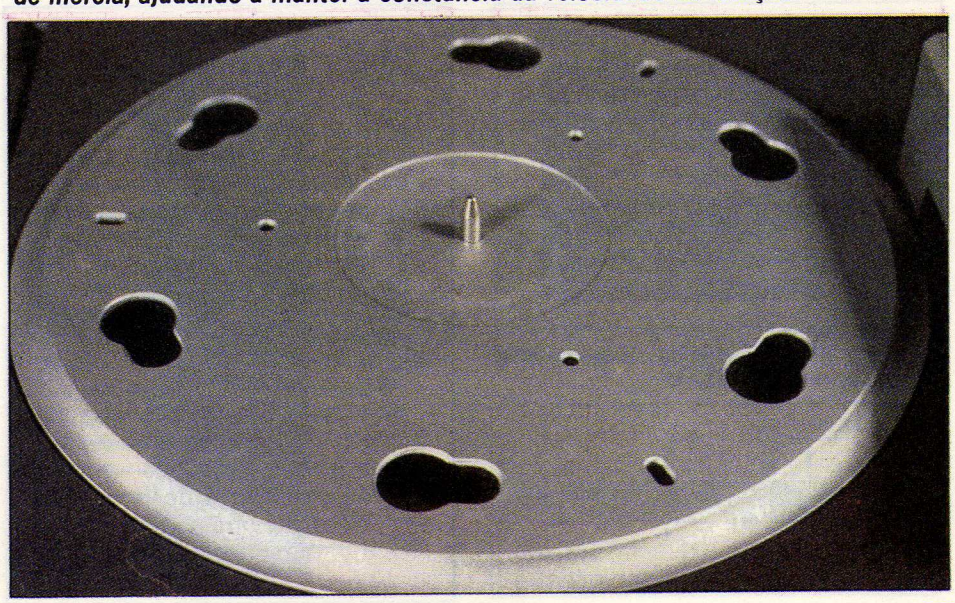
Para ajudar a estabilidade de rotação, equilibra-se dinamicamente o prato, principalmente se não se utiliza um sistema de tração direta. O modo de equilíbrio é semelhante, em sua concepção, ao modo utilizado para o balanceamento das rodas de um automóvel. Alguns fabricantes costumam indicar o momento de inércia do prato, geralmente de 160 a 220 kg . cm^2, ou mais. Outra tendência atual na fabricação de pratos é deslocar o maior peso possível para as partes externas, com o objetivo de melhorar a inércia. Dessa maneira, aumenta-se o efeito do volante de inércia e, conseqüentemente, a estabilidade da velocidade de rotação. Por outro lado, isso permite que o prato seja mais leve, mantendo o mesmo momento de inércia. O principal problema desse tipo de prato é que, como o disco não fica totalmente apoiado (apenas em três ou cinco pontos), a sua fabricação é muito delicada. Qualquer erro pode trazer problemas quanto à aderência do disco, ocasionando má estabilização da velocidade do disco.

O prato deve ser perfeitamente horizontal e plano. Essa característica de horizontalidade tem muito a ver com a qualidade do eixo do prato, que deve apresentar o mínimo de atrito. Para isso, são utilizados coxins de bronze. O eixo é de aço retificado e apóia-se, na base, sobre uma pequena bola de aço ou de grafite. Esse conjunto deve apresentar o menor jogo possível, para eliminar problemas de flutuação e de ruído. Os pratos atuais são construídos em alumínio, mas também outros materiais são empregados, como o plástico moldado, por exemplo. O peso, em geral, oscila em torno de 1 kg. Os pratos possuem um diâmetro máximo de 30 cm a 32 cm. Quanto ao material, não deve ser magnético, o que poderia afetar gravemente a cápsula, induzindo campos elétricos nela. Esses campos afetariam a fidelidade da reprodução e introduziriam ruídos.



ACIMA: o eixo do prato deve ser de excelente qualidade. Em geral, é feito de aço retificado. Para evitar atritos, o eixo apóia-se sobre um rolamento de aço ou grafite.

ABAIXO: o prato do toca-discos deve ser absolutamente plano. Atua como volante de inércia, ajudando a manter a constância da velocidade de rotação.



O MICROPROCESSADOR 8080 (1)

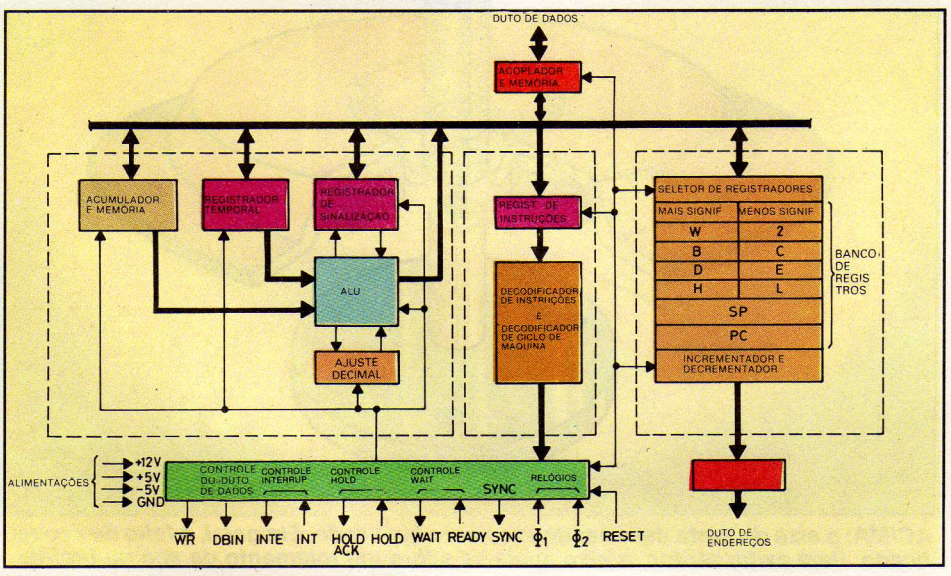
Conhecer o microprocessador 8080 é entrar em contato com a base que deu origem aos microprocessadores atuais. Neste capítulo, saiba quais são as suas características fundamentais, a sua estrutura interna, as funções que pode desempenhar e o seu sistema de conexão. E também, veja um de seus circuitos de aplicação.

O microprocessador 8080 foi comercializado pela INTEL, em 1974. Na verdade, o 8080 é uma versão aperfeiçoada do 8008, que foi a primeira UCP integrada de oito bits. O 8080 ainda é bastante utilizado, mas já existem versões mais modernas de oito bits, dele derivadas, como o 8085, o Z-80 da Zilog e o NCS-800 da National.

Características do 8080

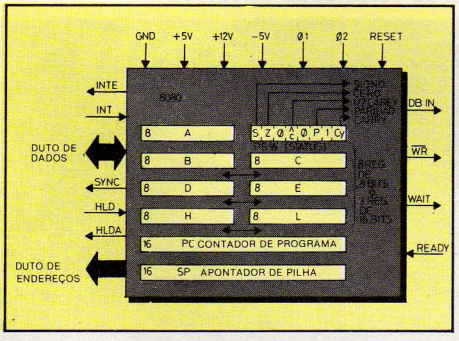
Suas características básicas são:

- É um microprocessador de 8 bits.
- É construído com tecnologia MOS de canal N.
- Possui uma capacidade de endereços de 64 Kbytes.
- Freqüência típica de clock: 500 KHz.
- Dispõe de 74 instruções para sua programação.
- Seus modos de endereçamento são: direto estendido, imediato, implícito; direcionamento direto e indireto por registro.
- A alimentação é razoavelmente complicada, pois necessita de três tensões diferentes em relação ao terra: +5 V, −5V e +12 V.
- Sistema de interrupção: tem um terminal sobre o qual se configuram todas as demandas de interrupção, com uma vetorização de oito níveis.

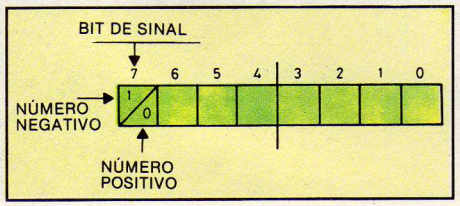


ACIMA: diagrama em blocos do 8080.

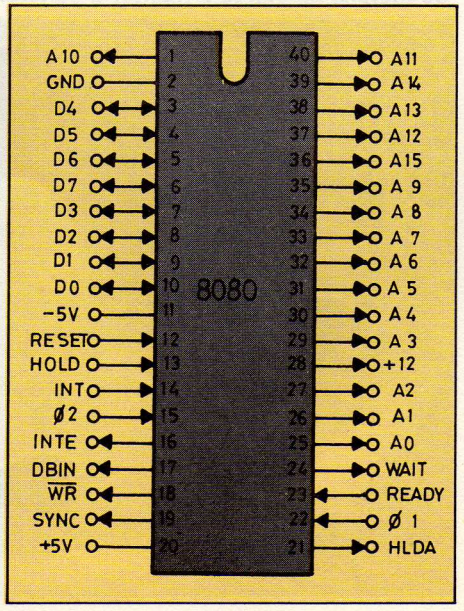
ABAIXO: registradores internos do μP 8080.



ABAIXO: distribuição de funções dos terminais do μP 8080.



ABAIXO: detalhe do sinal no byte.



Estrutura interna do 8080

O μP 8080 dispõe de dez registradores internos para sua programação. São os seguintes:

- um registrador acumulador;
- seis registradores gerais;
- um apontador de pilha;
- um contador de programa;
- um registrador de estado.

O **registrador acumulador** de oito bits é um registrador de uso geral, por onde entram e saem os dados vindos do exterior. Sua denominação é A.

Os seis **registradores gerais** de oito bits podem ser considerados como seis registradores de 8 bits cada um ou como três registradores de 16 bits cada um. A escolha de 8 ou 16 bits é determinada por cada instrução. Há instruções que necessitam dos seis registradores independentemente, enquanto outras os agrupam de dois em dois para formar registradores de 16 bits Esses registradores são denominados B, C, D, E, H e L. As instruções que requerem registradores de 16 bits agrupam esses registradores de dois em dois da seguinte forma: o B com o C, o D com o E e o H com o L.

O **apontador de pilha** (ou ponteiro) de 16 bits serve para a anotação automática do endereço de retorno da subrotina. Sua denominação é SP.

O **contador de programa** de 16 bits serve para indicar o endereço da instrução de execução. Sua denominação é CP (***PC***, em inglês).

O **registrador de estado** de 8 bits: como em todos os microprocessadores, no registrador de status ou registrador de estado, cada um dos bits tem significado próprio, cujo conteúdo está relacionado com as condições funcionais do μP em um dado momento. O significado de cada um desses 8 bits, de zero a sete, é o seguinte:

- Bit CARRY (bit de extravasamento ou "vai um"): esse bit indica que o resultado da execução da instrução tem "vai um" para a próxima operação. Quando tem, assume o valor zero.
- Bit 1: não utilizado, está sempre em um.
- Bit 2 (paridade; ***parity***, em inglês): esse bit indica se o número de bits na posição 1 do dado processado é par ou ímpar. Quando esse bit é um, o número de bits na posição 1 é ímpar. Quando esse bit é zero, o número de bits na posição 1 é par.
- Bit 3: não utilizado, está sempre em zero.
- Bit 4: INTERMEDIATE CARRY (extravasamento intermediário ou "vai um" intermediário): esse bit indica o "vai um" entre os dois subconjuntos de quatro bits que constituem um byte. Esses subconjuntos são denominados meios bytes (***nibbles***, em inglês). Desse modo, se dividirmos um byte pela metade, ficam duas partes de quatro bits, podendo existir propagação de "vai um" entre essas partes. Cada uma dessas partes é capaz de representar um dígito hexadecimal de 0 a F ou, então, um dígito decimal de 0 a 9. Há vezes em que se torna necessário saber quando se passa de F a 0 ou, então, de 9 a 0 (no caso decimal). Isso ocorre quando se vai incrementando dados constituídos de dígitos de quatro bits. O bit 4 do registrador de estado indica essa circunstância. Quando esse bit se torna 1, existe "vai um" do bit 3 para o bit 4 do dado.
- Bit 5: não utilizado; sempre em zero.
- Bit 6: ZERO: esse bit indica se o resultado da operação é zero. Quando esse bit assume o valor zero, o resultado também é zero.
- Bit 7: SIGNE (sinal): esse bit indica o sinal do resultado do dado processado. Se é um, o dado é negativo.

Em hexadecimal, são negativos os números desde 80 até FF, isto é, se o resultado de uma instrução é um número negativo, o bit 7 é igual a 1. Se o bit 7 for zero, isso significa que o resultado da instrução é um número positivo (em hexadecimal, são positivos os números que vão desde 00 até 7F).

Função dos terminais

A carcaça do microprocessador possui 40 terminais, sendo atribuída uma função específica a cada um deles.

Os terminais, cujas funções veremos a seguir, são:

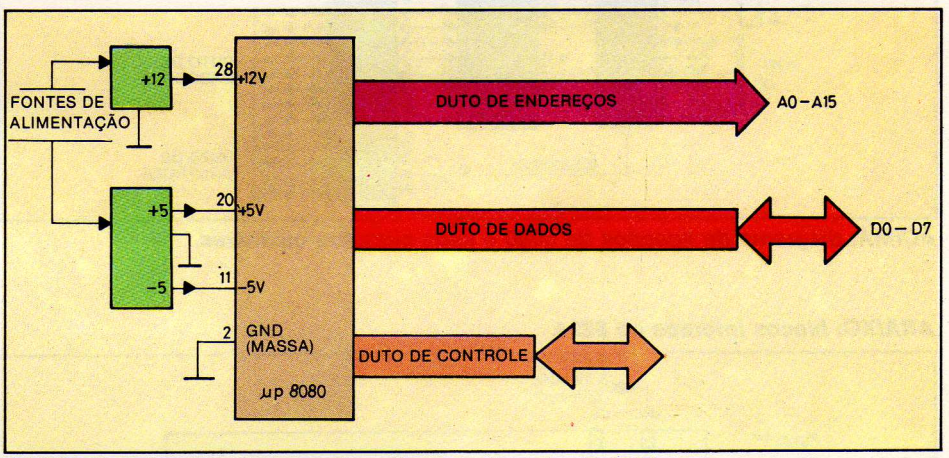
- A0-A15;
- D0-D7;
- RESET (zeramento);
- HOLD (sustentação negada);
- HLDA (sustentação negada aceita);
- INT (interrupção);
- INTE (aceitação de interrupção);
- DBIN (dados em modo de entrada);
- WR (escrita);
- SYNC (sincronização);
- ALIMENTAÇÃO;
- CLOCK (sinais de relógio);
- READY (pronto);
- WAIT (espere).

O conjunto de terminais A0-A15 conduz ao exterior os endereços das instruções, constituindo, por isso, o duto de endereços. É composto por 16 linhas, que transportam 16 bits paralelos capazes de endereçar 64 Kbits de memória. Observe-se que, em eletrônica digital, costuma-se endereçar 1 Kbit como sendo 1024 bits, em vez de 1000 bits, como seria o correto. Assim, 64 Kbits correspondem a 65432 bits, ou seja, 2^{16} bits.

O conjunto de terminais D0-D7 forma o duto de dados. Por esse duto circula o fluxo de informações (dados), da UCP para o meio externo e do meio externo para a UCP. Por esse motivo, o duto é bidirecional.

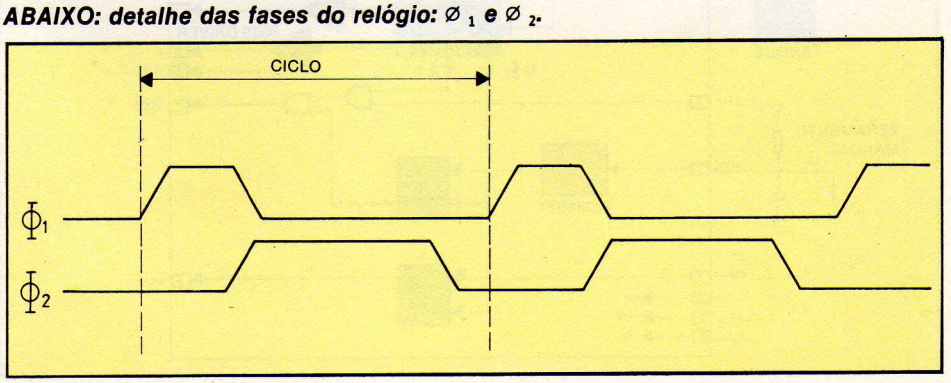
O terminal RESET é responsável pelo sinal de zeramento de todos os registradores internos do μP. Isso ocorre quando o RESET assume valor correspondente ao zeramento um durante, pelo menos, três ciclos de relógio.

HOLD: quando esse sinal de entrada assume o nível um, as linhas de endereços e de dados passam ao estado de alta impedância, ficando livres. Dessa



ACIMA: detalhe dos dutos e das alimentações do μP 8080.

ABAIXO: detalhe das fases do relógio: Ø 1 e Ø 2.



maneira, outro μP ou algum periférico podem usá-las durante o tempo que durar a função.

Quando o terminal HLDA é colocado no valor digital 1, o μP indica ao exterior que foi introduzido um HOLD. Portanto, o μP está num estado não-disponível, já que suas linhas estão em alta impedância.

O terminal INT é um sinal de demanda de interrupção. Por meio desse terminal, os periféricos podem enviar um sinal solicitando interrupção do programa em execução corrente. Isso ocorre quando esse terminal é levado ao valor digital um.

O terminal INTE é um sinal de aceitação de interrupção. Através desse terminal, o μP indica ao periférico que sua solicitação de interrupção foi aceita. Isso ocorre quando esse terminal vai ao valor digital um.

Por meio do terminal DBIN o μP indica aos circuitos exteriores que o duto de dados está em modo de entrada, isto é, em condição de leitura de dados. Isso ocorre quando esse terminal está no valor digital um.

Por meio do terminal WR, o μP indica aos circuitos exteriores que o duto de dados está em modo de saída ou de escrita. Isso ocorre quando esse terminal assume o valor digital zero.

Os sinais DBIN e WR são os que indicam aos periféricos e à memória o momento de leitura ou de escrita.

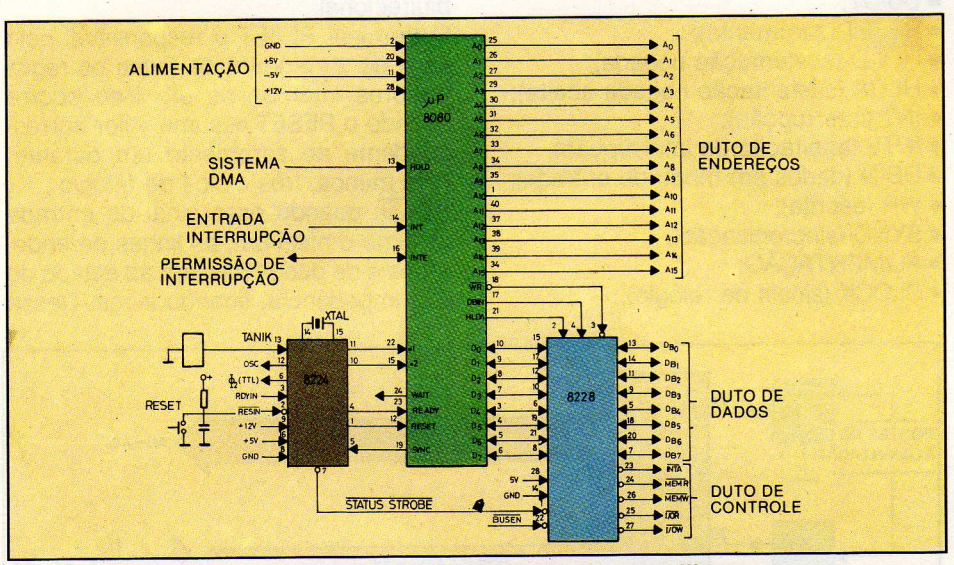
O terminal SYNC é o terminal de sincronização. O μP leva esse terminal a um quando começa a execução de uma nova instrução.

ALIMENTAÇÃO: o μP 8080 requer três tensões de alimentação: + 12 V (terminal Vdd), + 5 V (terminal Vcc), − 5 V (terminal Vbb) e massa ou terra (terminal Vss). A massa é o ponto de referência para as três tensões.

Quanto aos terminais CLOCK, o μP 8080 necessita de dois sinais de relógio, ϕ_1 e ϕ_2, com defasagem de 180°. Esses dois terminais não admitem valores de tensão TTL. Devido a isso, deve-se recorrer a um circuito integrado, como o 8224, projetado pelo próprio fabricante do μP, para gerar esses relógios a partir de um oscilador de quartzo.

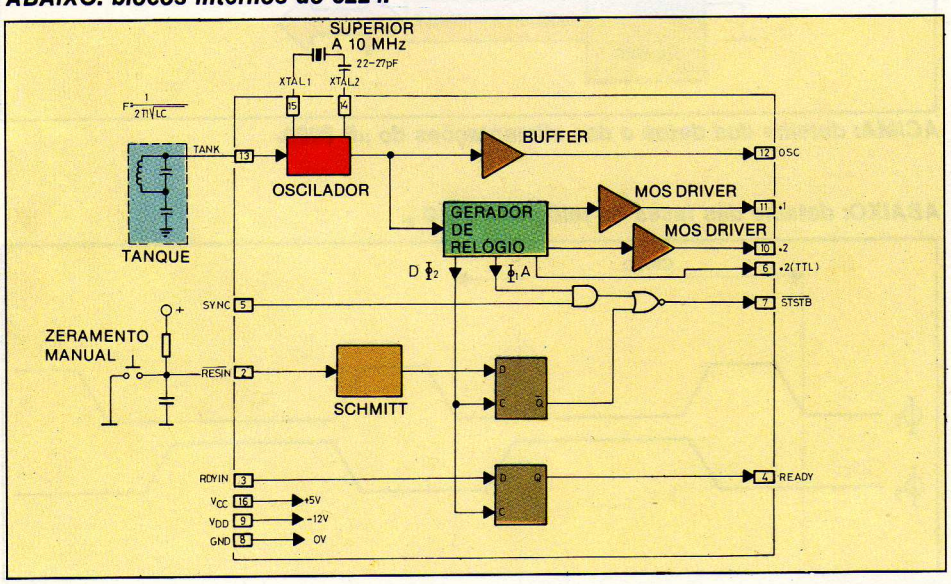
Pelo terminal READY, os periféricos ou memórias lentas indicam ao μP que estão preparados para permutar dados com ele. Quando isso ocorre, esse terminal é colocado no valor digital um.

Através do terminal WAIT, o μP indica ao exterior que se encontra em estado de espera, como conseqüência de ter estabelecido contato com o periférico lento que lhe introduziu o sinal READY. O μP indica essa situação levando o terminal WAIT ao valor digital um.



ACIMA: diagrama de ligações do 8080 e seus circuitos auxiliares.

ABAIXO: blocos internos do 8224.



Sistema de conexão do 8080

O microprocessador 8080 não pode ser conetado diretamente à memória e aos periféricos. Ele necessita de dois circuitos integrados exteriores, que foram projetados para completarem alguns de seus sinais e funções, além de casarem as impedâncias.

Esses circuitos são:

- o 8224, usado como gerador das duas fases de relógio, RESET (zeramento) e outros sincronismos;
- o 8228, usado como acoplador do duto de dados e como combinador de alguns sinais do μP. O circuito integrado 8228 dá forma a esses sinais, para que eles possam ser enviados à memória e aos periféricos.

Gerador de relógio 8224

Esse circuito integrado tem a função de gerar as duas fases de relógio, ϕ_1 e ϕ_2, a partir de um oscilador interno, controlado do exterior por um cristal de quartzo, e de um circuito-tanque LC. Com o circuito LC seleciona-se a freqüência fundamental do cristal. Os valores dados a LC servem para dar ganho ao sinal que tenha uma freqüência adequada ao relógio do microprocessador (ϕ_1 e ϕ_2). Dessa forma, o valor

da freqüência do cristal de quartzo não é determinante. Esse circuito integrado, além disso, proporciona a largura mínima do sinal de zeramento do μP, a partir do relógio e do zeramento manual externo.

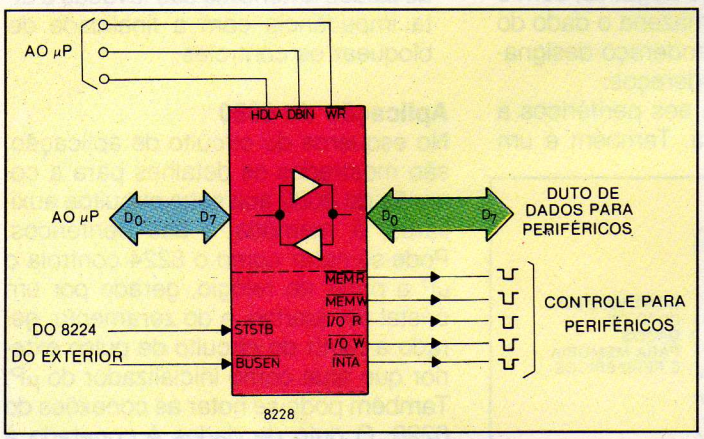
O circuito 8224 tem uma função complementar, que é a de proporcionar ao μP o sinal de READY (pronto), em combinação com o relógio ($\varnothing_2$) e com o próprio sinal READY externo. O 8224 tem, ainda, a função de entregar o sinal STSTB (***Status Strobe***, em inglês) — pulso de ativação de status —, que serve para dar passagem ao status de operação pelo duto de dados até o controlador 8228. O sinal STSTB é produzido em combinação com o sinal SYNC do microprocessador.

Controlador e acoplador de dutos 8228

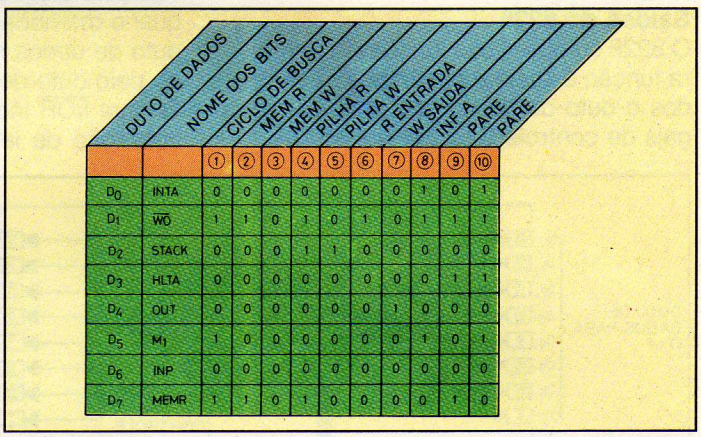
Esse circuito integrado proporciona ao μP 8080 um controle completo do duto de dados e, também, dos sinais que permitem acesso a memórias e entradas-saídas especiais.

O 8228 encontra-se dividido, quanto ao funcionamento, em duas partes perfeitamente diferenciadas. A primeira parte controla o duto de dados, em ambos os sentidos, com os sinais procedentes do μP, HLDA e DBIN, para determinar o sentido do fluxo de dados, segundo se produza o modo de escrita (W) ou o modo de leitura (R). Ao mesmo tempo que se produz a ativação desse controle, os bits experimentam uma amplificação de corrente, permitindo um maior feixe de saída (FAN OUT) do duto de dados em relação ao exterior do microprocessador. (Feixe de saída é a capacidade de uma linha do duto de dados alimentar um determinado número de CIs na saída. Define-se o feixe de saída como a relação entre a máxima corrente de saída e as correntes de entrada dos CIs alimentados.)

A segunda parte desse circuito integrado controla o conteúdo do duto de dados durante o tempo que dura o sinal SYNC do μP no primeiro ciclo de cada instrução. Esse conteúdo é o estado de certos bits internos que indicam o estado funcional do μP. O significado desses bits é interpretado, por meio de uma lógica interna, pelo 8228, ativando com eles os seus bits de saída, que

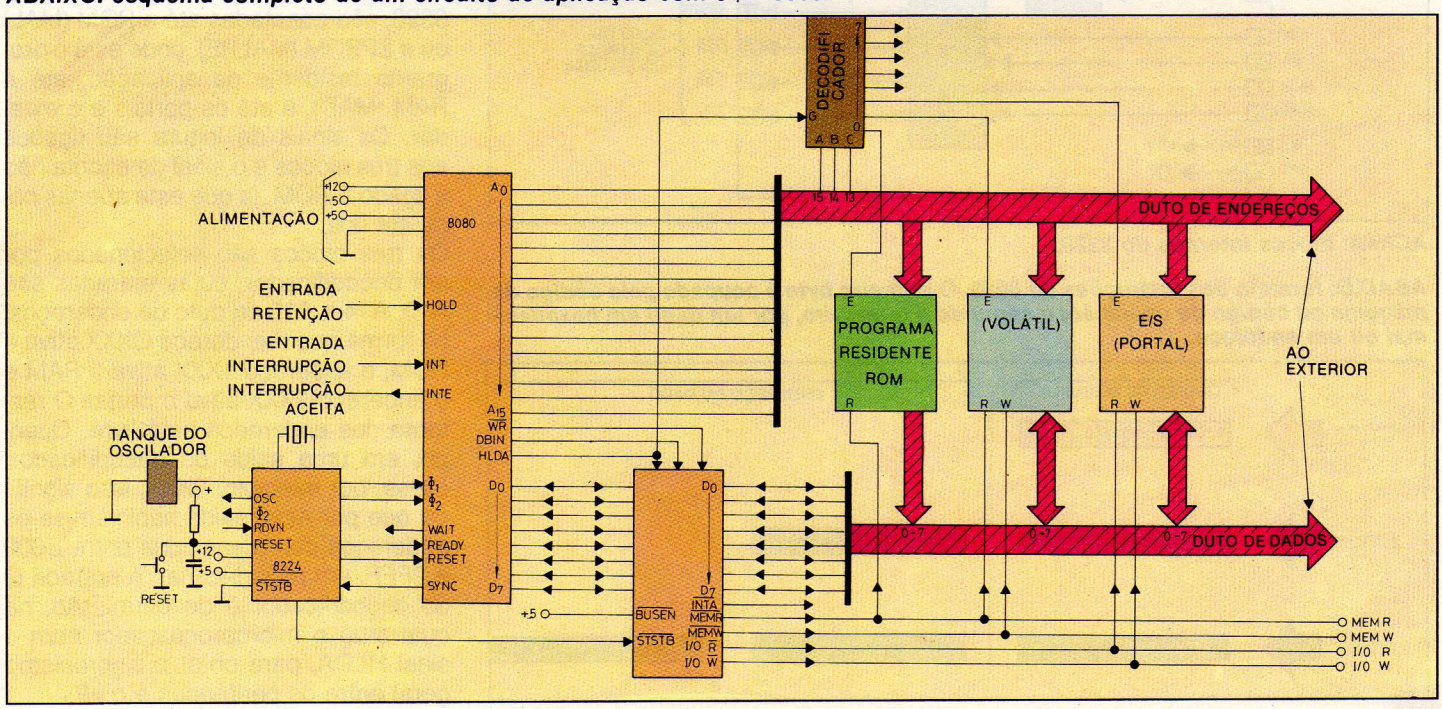


ACIMA: divisão funcional do 8228.



ACIMA: interpretação dos bits do duto de dados pelo 8228 para a conexão de sinais de controle e de periféricos.

ABAIXO: esquema completo de um circuito de aplicação com o μP 8080.



controlam a memória e os periféricos. Os bits entregues pelo μP têm os seguintes significados:

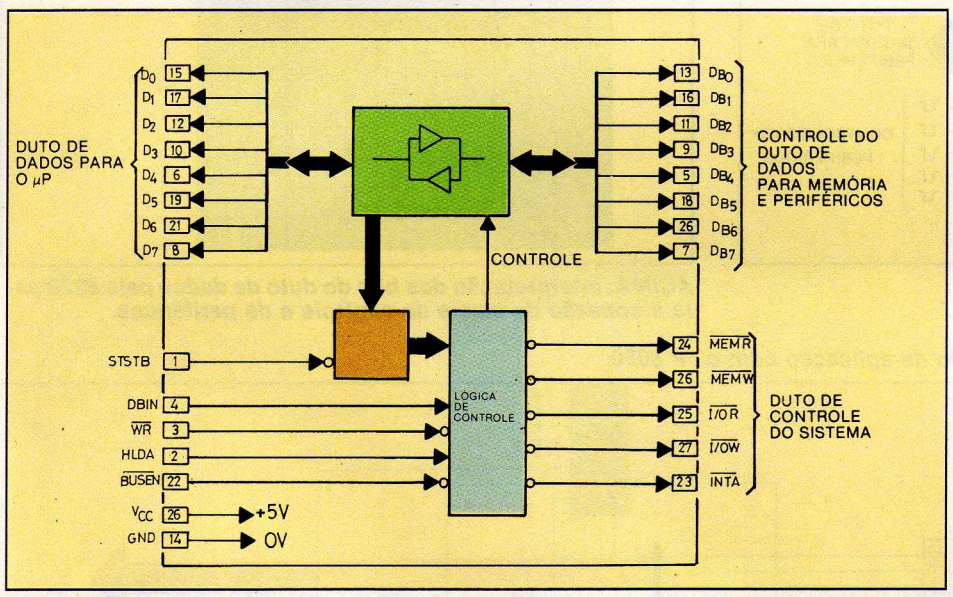
- D0 = INTA: sinal de reconhecimento de interrupção;
- D1 = WO: indica o modo de leitura ou escrita;
- D2 = STK: indica que o conteúdo da pilha está no duto de endereços;
- D3 = HLTA: indica que o microprocessador se deteve;
- D4 = OUT: indica que uma instrução de saída está sendo executada;
- D5 = M1: indica que o μP está no ciclo de busca;
- D6 = INP: indica que uma instrução de entrada está sendo executada;
- D7 = MEMR: indica operação de leitura de memória.

Saídas do 8228

O 8228 cumpre duas funções: a primeira função é acoplar em ambos os sentidos o duto de dados por meio dos sinais de controle $\overline{WR}$, DBIN e HLDA; a segunda função é gerar os sinais de acesso à memória e aos periféricos, completando a informação do duto de dados no segundo ciclo, por meio do sinal $\overline{STSTB}$, procedente do 8224, e dos sinais anteriores, procedentes do μP.

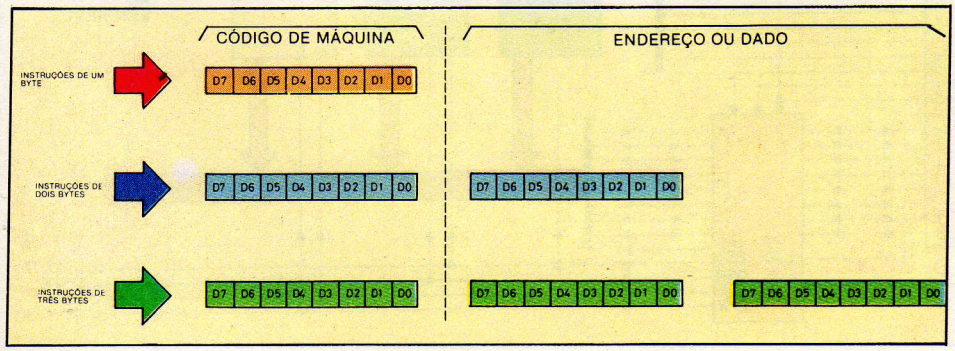
A informação que entra no microprocessador pelo duto de dados, para essa segunda função, ativa as saídas do 8228. Essas saídas, que controlam e sincronizam toda a periferia da UCP, são as seguintes:

- O sinal $\overline{MEMR}$ indica à memória a operação de leitura (R = READ). É um pulso negativo através do qual a memória fornece o dado endereçado pelo duto de endereços.
- O sinal $\overline{MEMW}$ indica à memória a operação de escrita (W = WRITE). Também é um pulso negativo, com o qual a memória armazena o dado do duto de dados no endereço designado pelo duto de endereços.
- O sinal $\overline{I/OR}$ indica aos periféricos a operação de leitura. Também é um pulso negativo, com o qual se transfere a informação de um periférico (por exemplo, um portal E/S) ao microprocessador. Um portal (***port***, em inglês), na sua forma mais simples, é na realidade um conjunto de retentores (***latches***, em inglês) constituídos por biestáveis e projetados para serem conetados a um μP.
- O sinal $\overline{I/OW}$ indica aos periféricos a operação de escrita. É um pulso negativo, para transferir a informação do μP ao periférico endereçado.
- O sinal $\overline{INTA}$ (***Interruption Acknowledge***, em inglês) é uma saída que indica ao periférico que pede interrupção que esta foi tomada pelo μP.
- O sinal $\overline{BUSEN}$ (***Buss Enable Input***, em inglês) é uma entrada pela qual as saídas anteriores são levadas a alta impedância com a finalidade de bloquear os controles.



ACIMA: blocos internos do 8228.

ABAIXO: formato das instruções do 8080. O primeiro byte é ocupado pelo código de máquina ou código de operação; o segundo e o terceiro, por um dado em hexadecimal ou um endereço.



Aplicação do 8080

No esquema do circuito de aplicação, são mostrados os detalhes para a conexão do 8080 aos seus circuitos auxiliares, à memória e aos periféricos. Pode-se notar como o 8224 controla o μP a partir do relógio, gerado por um cristal de quartzo, e do zeramento, gerado a partir do circuito de pulso exterior que atua como inicializador do μP. Também pode-se notar as conexões do 8228. O duto de dados é conetado à memória, aos periféricos e ao exterior, através de seus acopladores internos. As saídas de leitura, geradas pelo 8228, são conetadas até a ROM (MAL) ou a EPROM (MALRE), onde está o programa residente da aplicação, até a RAM (MAD), e até os portais e o exterior. Os sinais de leitura são ligados aos três blocos e o sinal de escrita não é ligado à ROM, já que esta apenas pode ser lida.

Os três blocos são selecionados por um decodificador, cujas entradas são A13, A14 e A15 do duto de endereços, de forma que o endereço OXXX ativa a ROM, o endereço 1XXX ativa a RAM e o endereço 2XXX ativa o portal. O restante dos endereços está livre. Quando, em uma saída do decodificador, diz-se, por exemplo, 2XXX, isso significa que por essa saída habilitam-se os endereços compreendidos entre 2000 e 2FFF, em hexadecimal. A entrada G do decodificador é de permissão, na qual atua o microprocessador com o sinal HLDA, para obter o sincronismo geral entre os periféricos e o μP.

O AMPLIFICADOR (4)

Aqui, continuamos tratando dos aspectos técnicos relacionados com o amplificador. Após descrevermos a saída do pré-amplificador, apresentamos o amplificador de potência, expondo uma série de fatores relativa à sua realimentação.

O sinal que a fonte fornece ao pré-amplificador é corrigido, equalizado, modificado, e amplificado segundo os padrões e o gosto pessoal de cada usuário. Por fim, alcança a saída e deixa de sofrer transformações.

A saída do pré-amplificador

Nos equipamentos que são apenas pré-amplificadores, esse sinal chega a um dos terminais adequados (geralmente, conetores CINCH), ao qual é ligada, da forma mais conveniente, a etapa de potência.

Se o pré-amplificador pertence a um amplificador completo, a etapa de potência é parte física desse conjunto. Nesse caso, existem duas possibilidades de conexão:

- conexão interna;
- conexão externa.

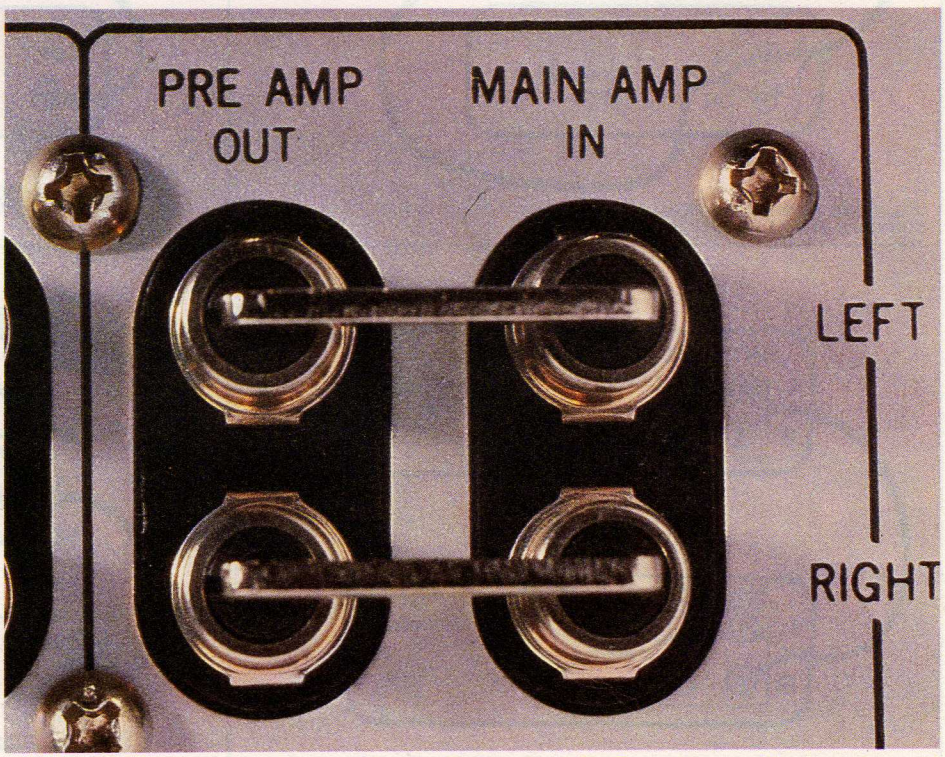
Na **conexão interna**, o final do pré-amplificador e o princípio do amplificador de potência passam despercebidos exteriormente. Pode mesmo acontecer que, interiormente, o amplificador de áudio completo ocupe uma única unidade física, na qual só exista a distinção elétrica entre o pré-amplificador e amplificador de potência.

Geralmente, os equipamentos amplificadores apresentam na parte posterior, junto aos outros conetores, a saída do pré-amplificador e a entrada de potência (cada entrada com seu próprio jogo de conetores), situadas próximas uma da outra.

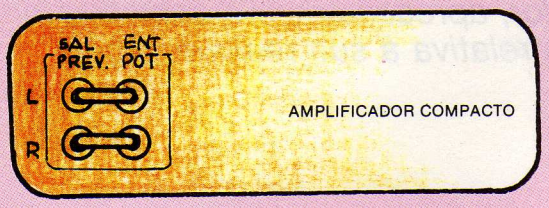
Como o mais comum é utilizar uma etapa em continuação à outra, pode ser incorporada uma ponte entre o conetor de entrada e o conetor de saída. Essa ponte não é mais do que um tipo de conetor, ao qual se deu uma forma conveniente (forma de U) para se ligar as duas etapas. Como a ponte pode ser retirada, os dois conetores podem ser utilizados independentemente: é nisso que reside a vantagem desse tipo de disposição.

Na **conexão externa** pode-se utilizar, por exemplo, o equipamento só como pré-amplificador, ligando-o a outro amplificador de potência separado (ou vários), para sonorizar um ambiente grande, diversos lugares, etc. Também pode-se utilizar só o amplificador de potência, de maneira que podemos ligar nele a saída de um outro pré-amplificador externo, que possua algum tipo de entrada que não exista no amplificador originalmente incorporado. Pode-se querer, ainda, acoplar entre o pré-amplificador e o amplificador de potência algum outro equipamento que faça um tratamento do sinal, como ocorre com um equalizador ou com um expansor dinâmico de amplitudes.

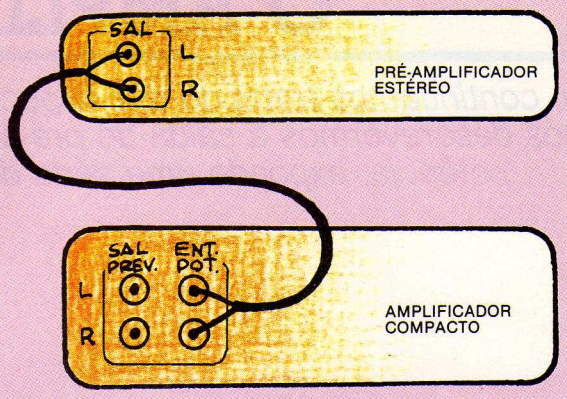
Ou pode-se ligar um mixer (misturador) à entrada de potência. Assim, em uma das entradas do amplificador de potência, pode ser ligada a saída do pré-amplificador incorporado, e a outra entrada pode ser utilizada para a mixagem (mistura) de várias fontes.



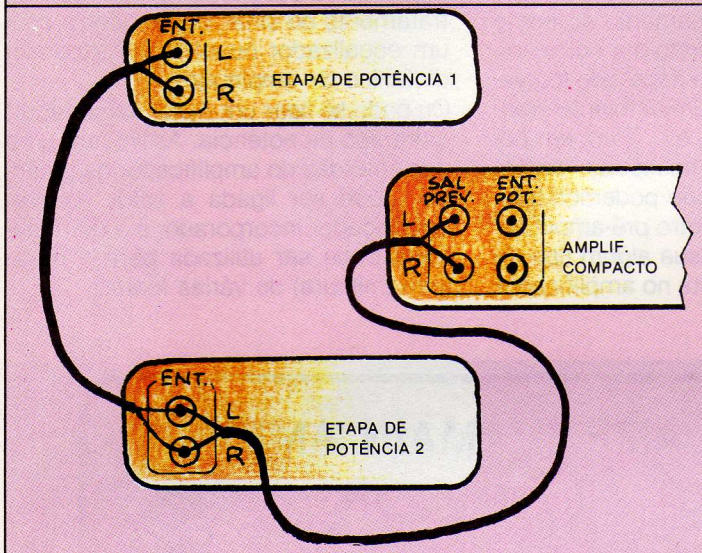
ACIMA: união externa pré-amplificador/potência. A união entre a saída do pré-amplificador e a entrada para a etapa de potência, em equipamentos amplificadores compactos, é feita, muitas vezes, de forma externa. Desse modo, dispõe-se de dois equipamentos distintos (pré-amplificador e potência) que podem ser utilizados juntos ou separados.



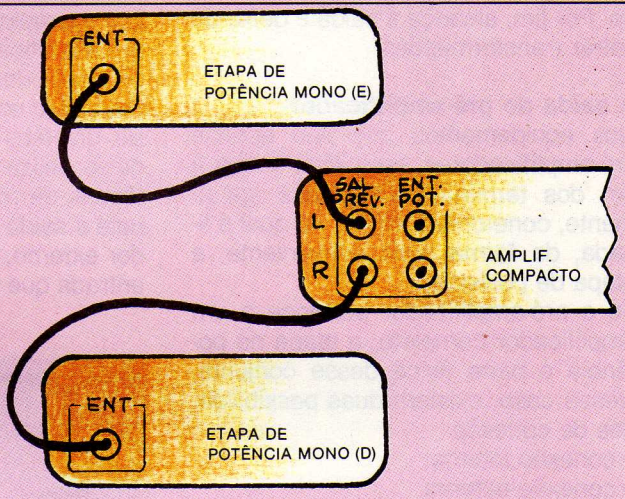
UTILIZAÇÃO NORMAL
PRÉ-AMPLIFICADOR + POTÊNCIA



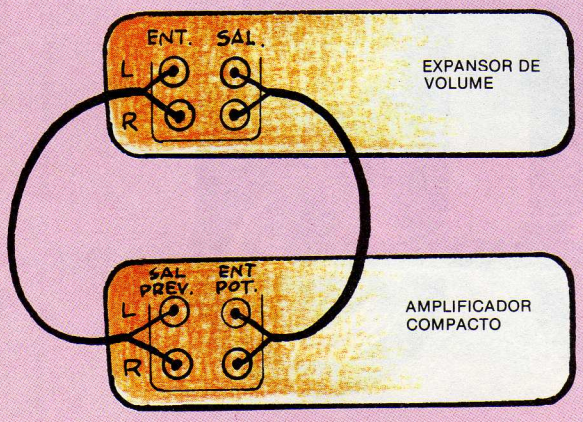
UTILIZAÇÃO DA ETAPA DE POTÊNCIA
COM UM PRÉ-AMPLIFICADOR INDEPENDENTE



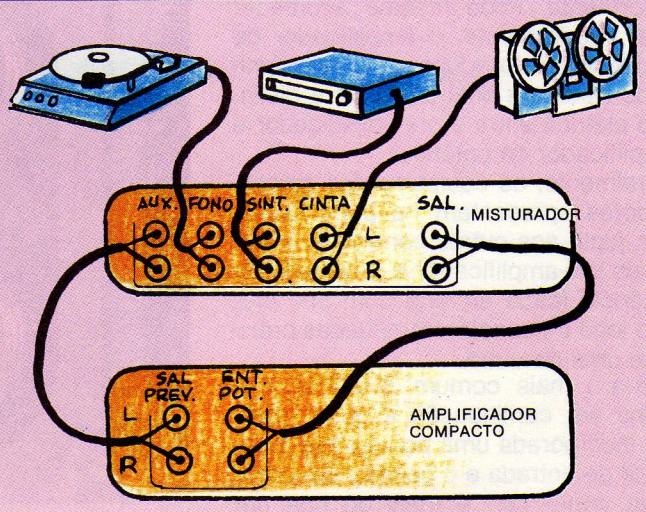
UTILIZAÇÃO DO PRÉ-AMPLIFICADOR
COM DUAS ETAPAS DE POTÊNCIA SEPARADAS



UTILIZAÇÃO DO PRÉ-AMPLIFICADOR
COM DUAS ETAPAS DE POTÊNCIAS MONAURAIS



UTILIZAÇÃO NORMAL COM UM
EQUIPAMENTO INTERMEDIÁRIO (EXPANSOR,
REDUTOR DE RUÍDO, ETC.)



UTILIZAÇÃO CONJUNTA COM UM
MISTURADOR EXTERNO

ACIMA: diferentes possibilidades de emprego das ligações entre o pré-amplificador e a etapa de potência.

O amplificador de potência

Depois que o pré-amplificador termina a sua função de adaptar, de acordo com nossos gostos e necessidades, o sinal que lhe foi entregue pela fonte sonora, ele terá, na saída, um sinal de 1 V de tensão eficaz. Este valor é insuficiente para excitar os alto-falantes (ou mesmo para excitar os fones de ouvido), pois a corrente que o pré-amplificador fornece é muito limitada.

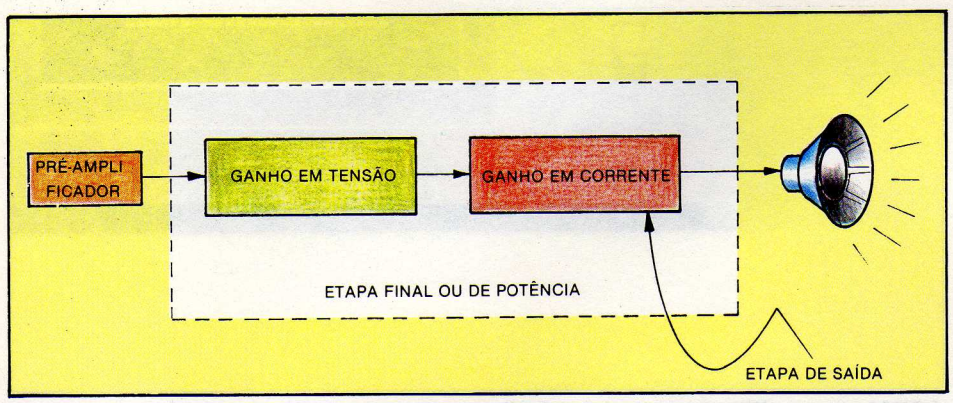
Dessa maneira, é necessário um novo estágio de tratamento do sinal, que seja capaz de elevar a energia desse sinal até o nível requerido pelos alto-falantes. Esse estágio é chamado de estágio de potência.

Uma condição especial que esse estágio deve cumprir é a de modificar apenas o nível energético do sinal, sem variar a sua largura de banda. Durante a amplificação, esse estágio também deve manter o sinal com a distorção mais baixa possível, assim como deve introduzir a menor quantidade de ruído.

Dessas condições, a mais difícil de se conseguir é a última, isto é, manter baixo o nível de ruído. A dificuldade deve-se ao fato de que os sinais de ruído são tão baixos quanto os manejados.

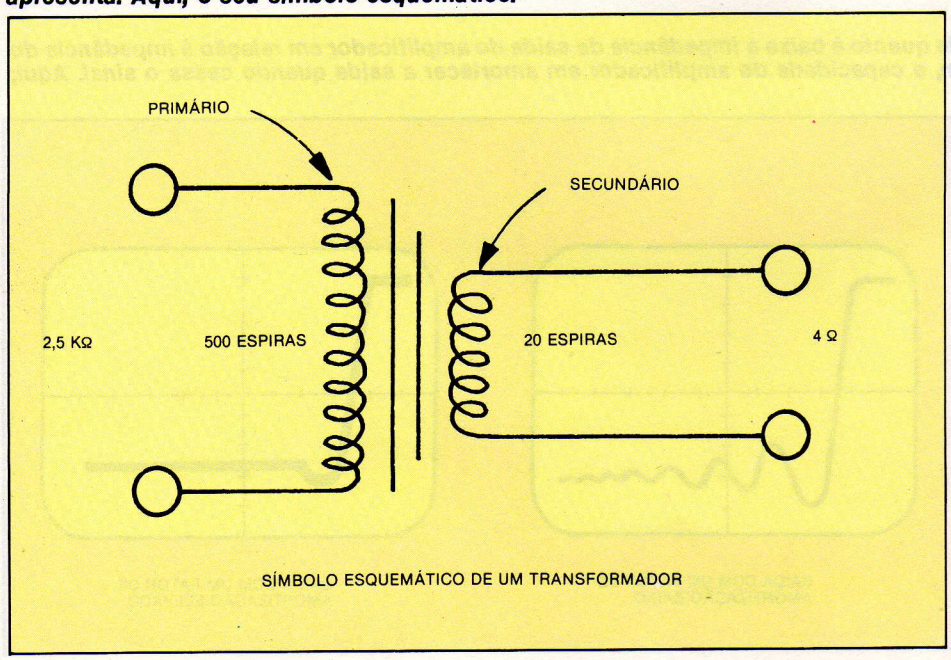
Realimentação

Para cumprir as duas primeiras condições estabelecidas para o amplificador de potência (faixa passante de amplitude constante e distorção), usa-se a téc-



ACIMA: no esquema, as duas partes que compõem a etapa de potência. A etapa que promove o ganho em corrente é denominada etapa de saída.

ABAIXO: pode-se empregar um transformador para ligar a alta impedância de saída de um amplificador com válvula à baixa impedância de um alto-falante. No entanto, o uso de transformador é limitado, devido ao grande número de inconvenientes que apresenta. Aqui, o seu símbolo esquemático.



Pode-se acoplar algum aparelho entre o pré-amplificador e o amplificador de potência?
Sim, se a conexão entre esses dois aparelhos for externa. Nesse caso, pode ser acoplado um equalizador ou um mixer entre o pré e o amplificador.

Quais são as principais características que um amplificador de potência deve possuir?
Uma das características é a de amplificar um determinado sinal, aumentando o seu nível de energia sem variar a sua resposta em freqüência. Outra característica é que o amplificador de potência deve manter o sinal com a menor distorção e a menor quantidade de ruído possíveis durante a amplificação.

Quais são as características de uma realimentação negativa?
A realimentação negativa reduz o ganho do amplificador, diminuindo também a sua distorção. Por outro lado, essa realimentação aumenta a resposta de freqüência do amplificador.

Em que consiste a realimentação negativa?
Consiste, basicamente, em aproveitar parte do sinal de saída e introduzi-lo novamente na entrada, em oposição de fase. Dessa maneira, diminuem não só a amplificação, mas também a distorção.

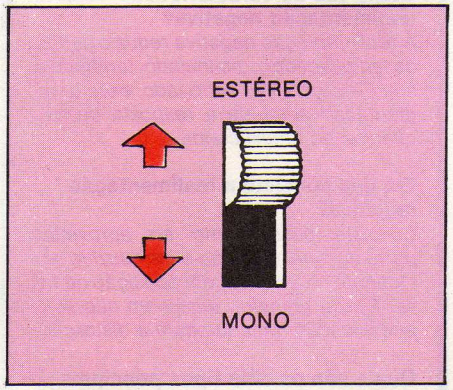
Quais são os dois tipos principais de distorção existentes?
São a distorção harmônica e a distorção por intermodulação. A primeira é produzida quando um tom puro é amplificado. Na saída do amplificador, além desse sinal haverá outros cujas freqüências são múltiplas da freqüência do sinal original. A segunda forma de distorção é produzida quando dois tons puros são amplificados. Na saída do amplificador, além desses sinais originais haverá não só os harmônicos desses tons, mas também sinais cuja freqüência é a soma e a diferença desses tons e de seus harmônicos.

nica de realimentação (***feedback***, em inglês). A realimentação, quando negativa, reduz o ganho total do amplificador, mas a distorção diminui na mesma proporção e ocorre um aumento equivalente na largura da faixa passante. Também com a realimentação negativa, o ganho torna-se mais estável, pois fica dependente apenas dos parâmetros passivos da malha de realimentação. Por isso, quando se usa realimentação, projeta-se o amplificador com um ganho maior, prevendo-se a redução de ganho introduzida pela realimentação. Pela melhoria de desempenho introduzida, a realimentação é imprescindível nos equipamentos de média e alta qualidade.

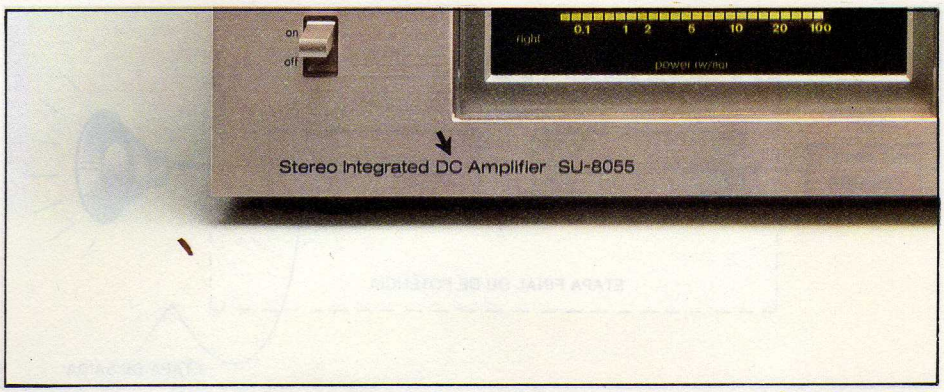
A realimentação consiste, basicamente, em aproveitar parte do sinal de saída e introduzi-la, de novo, na entrada, porém, em oposição de fase (realimentação negativa, que diminui a amplificação). A distorção que eventualmente possa existir na saída será corrigida automaticamente, pois a diferença entre o sinal de entrada e o sinal realimentado será maior nos pontos de distorção, tendendo, portanto, a corrigir esse fenômeno.

Podemos comparar a realimentação com o método empregado pelo professor que, para verificar o nível de conhecimento adquirido por seus alunos, realiza periodicamente perguntas ou provas. Com o resultado desses testes, o professor tem condições de saber se o que ensina está sendo assimilado com distorção, podendo, assim, fazer uma correção oportuna, ou se ele está ministrando matéria excessiva e os alunos estão se perdendo, ou se o nível que vigora na classe é relativamente baixo. Dessa forma, o professor pode determinar o nível ótimo para o fluxo de conhecimentos, com a menor distorção possível.

Dentro da etapa de potência existem duas partes claramente diferenciadas: a primeira, que fornece o ganho em tensão, e a segunda, que fornece o ganho em corrente. Essa última parte é chamada de etapa de saída, pois liga-se diretamente ao alto-falante.

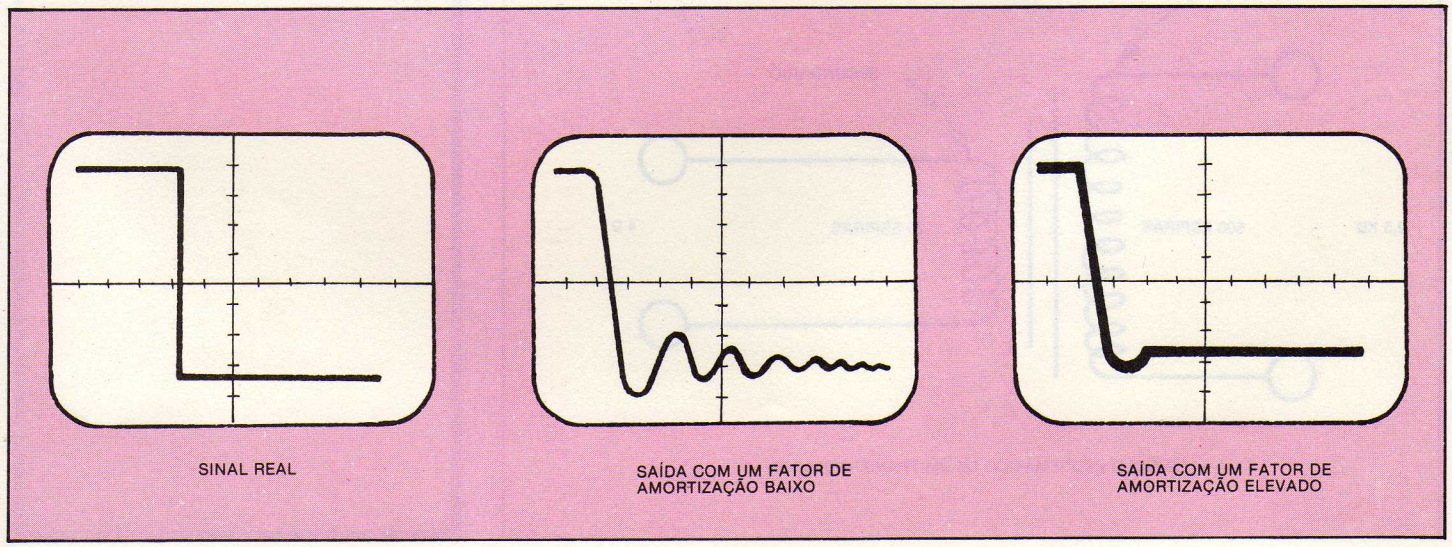


ACIMA: alguns equipamentos ligam as etapas de saída para conseguir maior potência. Em estéreo, o equipamento é capaz de fornecer 2 x 400 W (4 Ω) e em mono, 800 W (8 Ω).



ACIMA: os amplificadores como o da figura são anunciados como tendo ligação direta (CC), para indicar que são capazes de reproduzir sinais de freqüências muito baixas.

ABAIXO: o fator de amortização dá noção de quanto é baixa a impedância de saída do amplificador em relação à impedância do alto-falante. Esse fator demonstra, também, a capacidade do amplificador em amortecer a saída quando cessa o sinal. Aqui, pode-se ver graficamente a diferença.



As saídas em ponte

Alguns equipamentos de potência estereofônicos, principalmente os modelos profissionais ou semiprofissionais, podem ser empregados como amplificadores estéreos normais (dois canais independentes). Também podem fazer ponte entre as saídas dos dois canais, para serem utilizados como amplificadores monofônicos (um só canal), porém com uma potência de saída superior à potência que seria dada a cada um dos canais.

Os equipamentos que apresentam essa possibilidade possuem potência de saída elevada, sempre acima de 100 W por canal, podendo, dessa maneira, dar uma saída de 2 . 100 W ou, então, de cerca de 200 W em mono.

Somente os equipamentos preparados para essa possibilidade podem ser utilizados para fazer ponte. Essa experiência, quando realizada com um equipamento doméstico, para o qual não está previsto esse tipo de utilização, não é recomendável.

A ligação com os alto-falantes

Quando queremos transferir a máxima potência possível de um amplificador para um alto-falante, a impedância de saída do primeiro deve ser igual à impedância de entrada do segundo. Esse critério é o mesmo aplicado para a adaptação de uma etapa de potência com válvulas ao alto-falante. Porém, surge um problema: enquanto a impedância de saída de uma etapa de potência com válvulas pode ser da ordem de 2 KΩ ou 3 KΩ, a impedância dos alto-falantes atuais é de 4 Ω, 8 Ω ou, quando muito, 16 Ω.

Se fosse feita uma ligação direta, o descasalamento seria tão grande que apenas parte da potência chegaria aos alto-falantes. Para esse caso, criou-se uma solução: o transformador.

Um transformador é constituído por um núcleo de ferro ou de outro material magnético apropriado, em torno do qual são colocados dois enrolamentos de fio condutor. Um deles, denominado primário, está ligado à saída do amplificador e o outro, denominado secundário, está ligado ao alto-falante.

Dependendo do número de voltas de cada enrolamento, pode-se conseguir que a impedância correta seja enviada ao alto-falante. Esse componente, portanto, atua como um transformador de impedâncias.

No entanto, o uso de transformadores tem muitos inconvenientes. Em primeiro lugar, o seu tamanho depende da potência que deve ser transmitida e da freqüência de corte inferior do sistema, de maneira que são elementos volumosos e de grande peso (um transformador para 30 W de saída pesa cerca de 3 kg e tem 12 x 10 x 10 cm de dimensões). Outro inconveniente é que os transformadores podem limitar a faixa de freqüências a ser transmitida, especialmente a faixa de agudos, exigindo uma construção muito cuidadosa, que encarece bastante o equipamento.

Por essas razões, os transformadores só são empregados quando mostram-se indispensáveis (como ocorre com os equipamentos com válvulas) ou quando a potência de saída é baixa (inferior a 5 W ou 6 W). Alguns equipamentos com válvulas, com configuração especial na etapa de saída, não necessitam da ajuda de transformadores, porém requerem alto-falantes de alta impedância (200 Ω a 300 Ω), o que também é um inconveniente.

Nas etapas de saída com transistores, ao contrário, o critério seguido é conseguir uma impedância de saída a mais baixa possível, de modo que possam ser ligados alto-falantes com impedâncias variadas. Isso não pode ser feito se a saída tiver transformador, a não ser que este venha preparado com vários secundários, um para cada impedância de alto-falante.

NOÇÕES TEÓRICAS

Decomposição dos sinais

O sinal elétrico é entendido como meio para transmitir informação.

Em certos casos, são utilizados sinais de tipo analógico com uma ampla variedade de freqüências, amplitudes e formas de onda. Outras vezes, são empregados sinais digitais nos quais a informação a ser transmitida é quantificada sob a forma de bit. Nesse segundo caso, há a possibilidade de se variar a velocidade de transmissão dos sinais digitais, mesmo que a quantidade total de informação recebida dependa unicamente do número de bits.

Os sinais analógicos e os sinais digitais são constituídos por sinais básicos semelhantes que, convenientemente somados, dão lugar à forma de onda final, assim como é conhecida e observada na tela de um osciloscópio. Esses sinais são senóides de várias amplitudes e freqüências. Esses sinais, que são os únicos a existirem realmente como tais, são sinais originais, conhecidos pelo nome de harmônicos.

Cada sinal que se apresenta periodicamente no tempo pode ser decomposto em uma série de componentes senoidais ou harmônicos de várias freqüências e amplitudes. Se tomarmos como exemplo uma onda quadrada, podemos analisar os vários componentes dessa onda. A onda mais importante, ou de amplitude maior, é a que tem a mesma freqüência do sinal original. É denominada fundamental. Por outro lado, a onda de freqüência mais elevada será correspondente aos lados de subida e descida da onda quadrada, porque é nesses instantes que se verifica a variação mais rápida de valores.

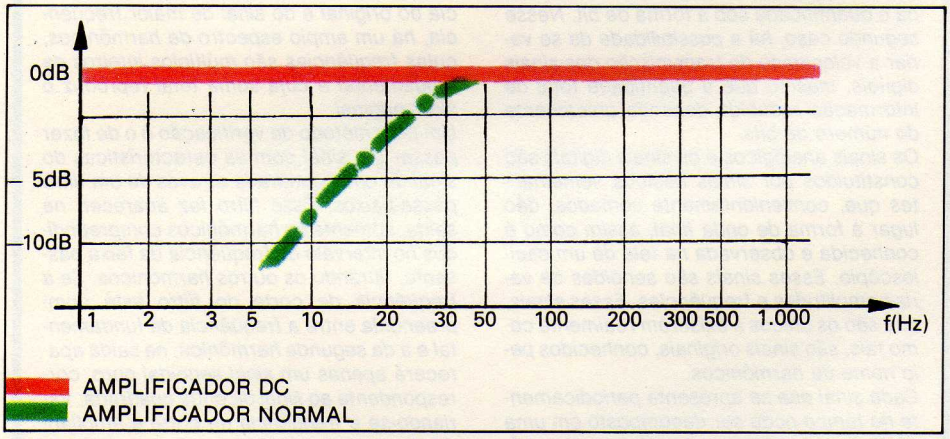
Entre os limites do sinal de mesma freqüência do original e do sinal de maior freqüência, há um amplo espectro de harmônicos, cujas freqüências são múltiplos inteiros da fundamental e cuja soma total reproduz o sinal original.

Um bom método de verificação é o de fazer passar um sinal com as características do sinal de onda quadrada através de um filtro passa-baixos. Esse filtro faz aparecer, na saída, somente os harmônicos compreendidos no intervalo de freqüência da faixa passante, filtrando os outros harmônicos. Se a freqüência de corte do filtro está compreendida entre a freqüência da fundamental e a da segunda harmônica, na saída aparecerá apenas um sinal senoidal puro, correspondente ao sinal de onda quadrada. Variando-se a freqüência de corte e ampliando-se a largura da faixa, a forma de onda tenderá à forma de onda quadrada original, mas com os lados bastante inclinados. Se todos os componentes puderem passar livremente, não será produzido nenhum efeito no sinal original, obtendo-se, assim, uma forma de onda de saída igual à da entrada.

CONVENIENT F
GREAT TEAC

TEAC, long known for turning out audio products of consistent technical excellence, has produced another winner — the BX-300 stereo amplifier. With careful attention to design detail TEAC engineers were able to achieve exception ally wide, flat frequency response and extremely low distortion, giving superb, clear, uncolored sound.

- **Built-in low noise, low distortion MC cartridge amplifier**
- **Direct-coupled circuitry in main amplifier**
- **Tape monitor (Tape 1, Tape 2) and Tape Copy (1 → 2, 2 → 1) functions**
- **41-position detent volume control**
- **11-position detent bass/treble controls**



ACIMA: respostas comparadas de dois amplificadores, um CC e outro normal.

ABAIXO: os equipamentos atuais apresentam valores de distorção baixíssimos, ainda que o ouvido não seja capaz de perceber distorções de sinais inferiores a 1%.

SPECIFICATIONS

Rated Power	35 W/channel (8 Ω load)	Equiva
Total Harmonic Distortion	MC Input—Speaker Out: 0.02% (20 Hz—20,000 Hz)	
Frequency Response	RIAA: 20 Hz—20,000 Hz, ±0.5 dB	Dampi
	Tuner, AUX, Tape 1, 2: 10 Hz—100,000 Hz	Power
		Dimens
		Weight

* *Impro*

Quanto mais baixa for a impedância nas saídas com transistores, maior será o rendimento. Muitos fabricantes fornecem na folha de características do aparelho um item que nos dá a noção de quanto é baixa essa impedância. Esse dado, denominado fator de amortização (***damping factor***, em inglês), é a relação entre a impedância do alto-falante e a da saída do equipamento. Para um amplificador que tenha 0,1 Ω de impedância de saída e um alto-falante de 8 Ω, o fator de amortização é de 80.

O fator de amortização também dá uma noção da capacidade do amplificador em amortecer vibrações restantes, produzidas pelo alto-falante depois de haver cessado o sinal. Se o cone do alto-falante continua vibrando depois que o sinal desaparece, cada nota ou som de uma reprodução normal mistura-se com a seguinte, produzindo um resultado diferente do esperado. Quanto mais elevado for o fator de amortização, mais rápido cessarão as vibrações restantes. São consideradas aceitáveis as amortizações com valores superiores a 40 ou 50.

Amplificadores de ligação direta

Atualmente, podem ser encontrados modelos cujo interesse principal está nos amplificadores de acoplamento direto ou acoplamento em corrente contínua ou CC (***DC*** ou ***direct coupled***, em inglês).

Isso significa que a resposta de freqüências desses amplificadores pode chegar até o nível mais baixo, isto é, zero ou corrente contínua.

Na prática, não há nada de especificamente útil em um amplificador responder a freqüências extremamente baixas, já que não há nenhum sinal audível nessa faixa (e são os sons audíveis os que nos interessam). O importante é que esses equipamentos apresentam uma resposta excelente no extremo mais baixo das notas graves. Porém, é um comportamento tão bom quanto o de um amplificador cuja margem de freqüências o torne capaz de reproduzir a partir de 10 Hz, 15 Hz ou 25 Hz, pois o efeito audível é o mesmo.

Dessa forma, é preciso deixar bem claro o que significa ligação direta, para que não se pense que melhores resultados possam ser obtidos com esses equipamentos, em relação a outros que respondem bem até 20 Hz. Simplesmente, a resposta do CC será me-

lhor, porém os resultados finais serão os mesmos porque o ouvido humano não percebe sons com freqüências inferiores a 20 Hz.

Tipos de distorção

A distorção é um dos parâmetros fundamentais dos amplificadores, especificamente quando se trata de um equipamento de alta-fidelidade.

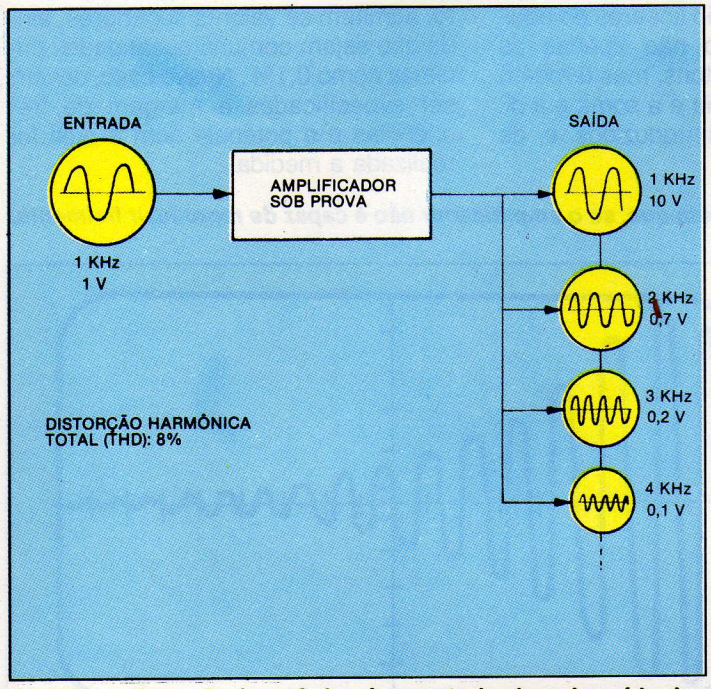
Em geral, o termo distorção é utilizado para todas as modificações da forma do sinal que entrou no amplificador, e que estão relacionadas com o próprio sinal. Isso é importante, pois não há distorção se não há sinal. Existem dois tipos principais de distorção:

- distorção harmônica;
- distorção por intermodulação.

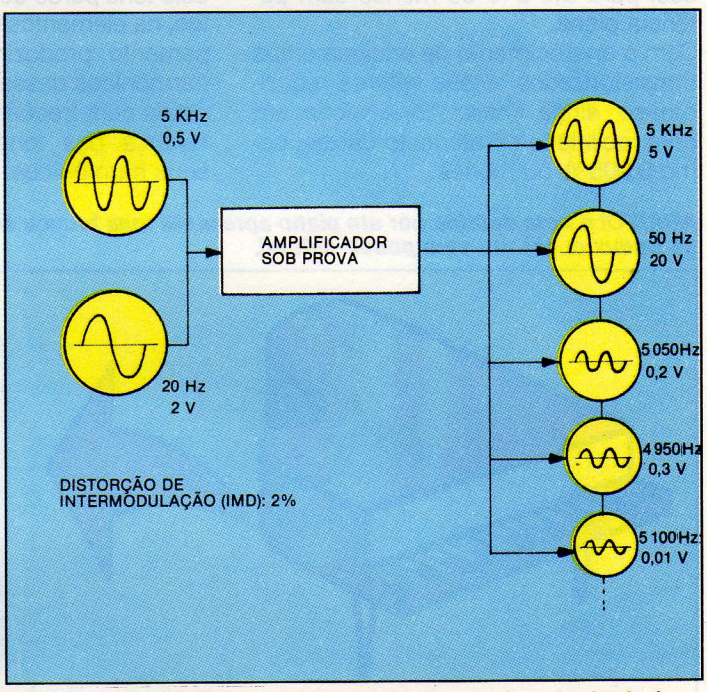
A **distorção harmônica** é produzida quando um sinal de freqüência determinada (tom puro) é amplificado por um componente cuja saída não é exatamente proporcional à entrada (componente não-linear). A saída desse componente conterá não apenas o próprio sinal de tom puro introduzido (componente fundamental), mas também outros sinais cujas freqüências são múltiplos da mesma (harmônicos).

Por exemplo, se introduzirmos um tom puro de 1 KHz, a saída conterá sinais de freqüência de 1 KHz (a fundamental), 2 KHz, 3 KHz, 4 KHz, etc. (os harmônicos). Quanto menor for o conteúdo de harmônicos contidos na saída, menor será a distorção harmônica introduzida e melhor qualidade terá o equipamento.

A relação entre a soma de sinais representados por todos os harmônicos e o sinal de tom fundamental é denominada distorção harmônica total (***THD*** ou ***total harmonic distorsion***, em inglês). Os valores de distorção são sempre

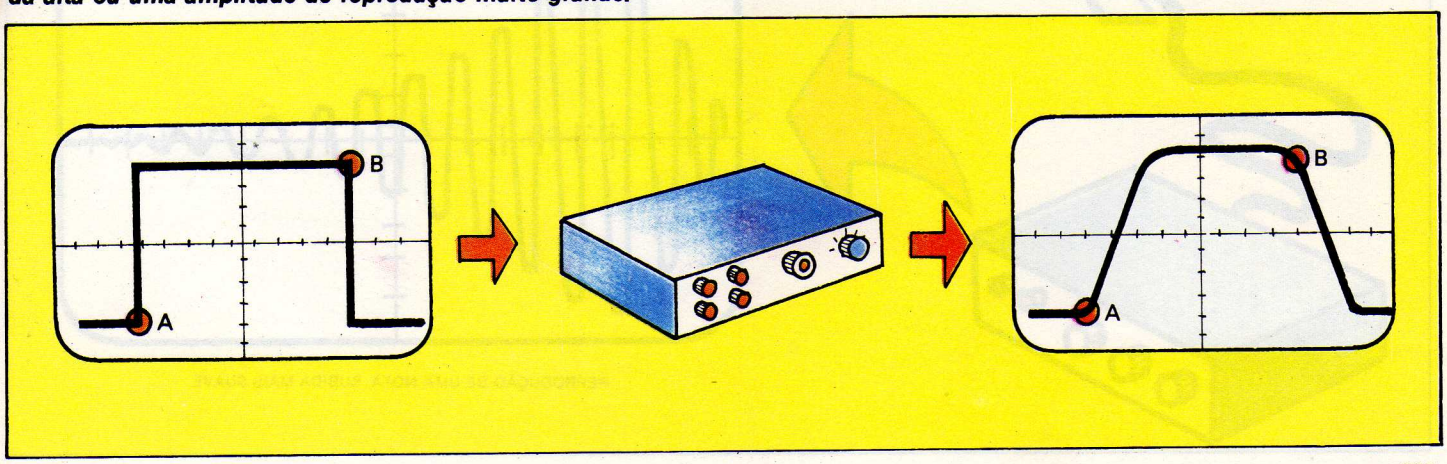


ACIMA: a distorção harmônica é caracterizada pela saída de sinais espúrios cujas freqüências são múltiplos do tom fundamental introduzido na entrada do amplificador.



ACIMA: a distorção por intermodulação produz sinais de freqüências que são somas ou diferenças das freqüências dos tons introduzidos. Seu efeito é mais desagradável ao ouvido que o efeito da distorção harmônica. Portanto, deve ser mantida igualmente baixa.

ABAIXO: deformação de um sinal quadrado. Quando um sinal com bruscas variações de nível é introduzido em um amplificador, este deve deformar o mínimo possível o sinal. Para isso, deve apresentar um tempo de comutação curto, uma velocidade de subida alta ou uma amplitude de reprodução muito grande.



apresentados como porcentagens. Assim, 1% significa que a amplitude fundamental é 100 vezes superior ao conjunto de todos os harmônicos.

Quando os sistemas de áudio não eram de alta-fidelidade, admitiam-se valores de até 10% de distorção harmônica total. Assim, a potência de saída dos equipamentos era medida quando o índice de distorção alcançava esse valor.

Conforme a exigência quanto à fidelidade de reprodução dos equipamentos foi aumentando, os valores de distorção harmônica foram sendo reduzidos, para até 2% ou menos com potência plena.

Com o aparecimento de equipamentos transistorizados, esses valores reduziram-se ainda mais; hoje, alcançam com facilidade cifras muito baixas, como 0,005% ou menos.

Ainda são vendidos equipamentos modernos que empregam válvulas, com valores de distorção até 0,1% ou mais; mas isso não chega a ser um desmérito, pois muitos aparelhos com transistores apresentam cifras mais altas.

O ouvido humano é capaz de detectar valores de distorção até 1%, em particular um ouvido "educado" na audição de música. Logo, não distinguirá entre dois equipamentos cujos valores de distorção sejam 0,1% e 0,01%.

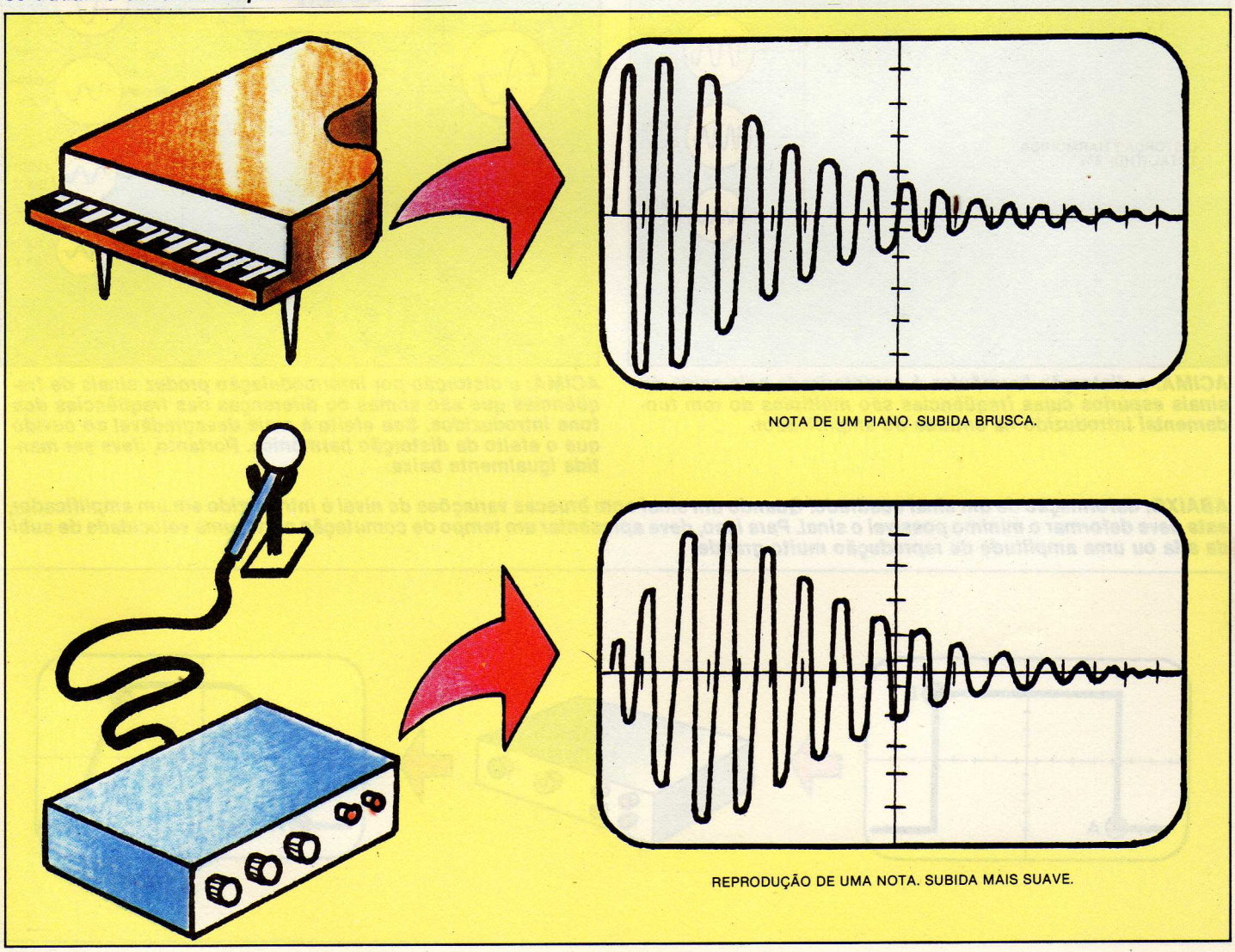
Vejamos, por outro lado, qual é a origem da **distorção por intermodulação**. Se introduzirmos no amplificador dois tons puros de freqüências diferentes, os elementos não lineares do equipamento produzirão não apenas os harmônicos desses tons, mas também sinais cuja freqüência é a soma e a diferença dos tons introduzidos e de seus harmônicos.

A relação entre a amplitude desses tons espúrios e a amplitude dos tons puros é a taxa de distorção por intermodulação (***IMD*** ou ***inter modulation distorsion***, em inglês).

Os valores para esse tipo de distorção devem ser mantidos baixos, sendo que os equipamentos atuais apresentam valores de mesma grandeza ou pouco superiores à distorção harmônica.

Alguns fabricantes indicam, entre as características de seus equipamentos, a quantidade de distorção total produzida pelos aparelhos. Essa quantidade refere-se aos efeitos produzidos por todos os motivos de distorção e, portanto, admitem-se valores superiores, ainda que sejam comuns quantidades mínimas como 0,1%. Nesse caso, devem ser especificadas a margem de freqüências e a potência com a qual foi realizada a medida.

ABAIXO: a nota emitida por um piano apresenta uma brusca subida que, se o amplificador não é capaz de reproduzir fielmente, se traduzirá em um som pouco natural.



NOTA DE UM PIANO. SUBIDA BRUSCA.

REPRODUÇÃO DE UMA NOTA. SUBIDA MAIS SUAVE.