LM 311 PÁG 31

ELÉCTRON 43

ELÉCTRON 43

Cr$ 650,00

RÁDIO
TELEVISÃO
ELETRÔNICA



ÁUDIO DIGITAL: A Verdade Sobre o CD

Transmita Som pela Linha Elétrica com o INTERCOMUNICADOR VIA REDE

ANTI-ROUBO PARA CARROS: BLOQUEADOR DE IGNIÇÃO

CONTROLADOR DE TEMPERATURA AMBIENTE

RELÉ FOTOSSENSÍVEL

EXPLICANDO O CAPACITOR

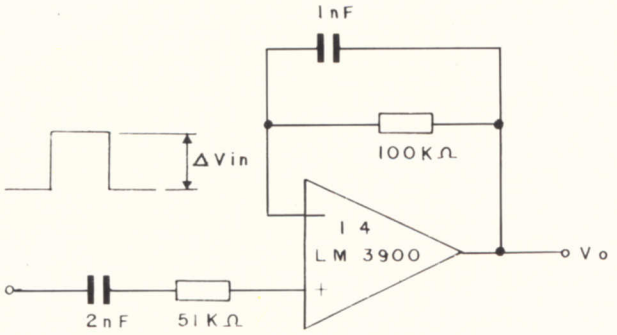
O QUE É (E COMO MONTAR) UM SERVOMECANISMO

RÁDIO: MODULAÇÃO AM-DSB

Altamira, Boa Vista, Macapá, Manaus, Rio Branco, Santarém Cr$ 845,00

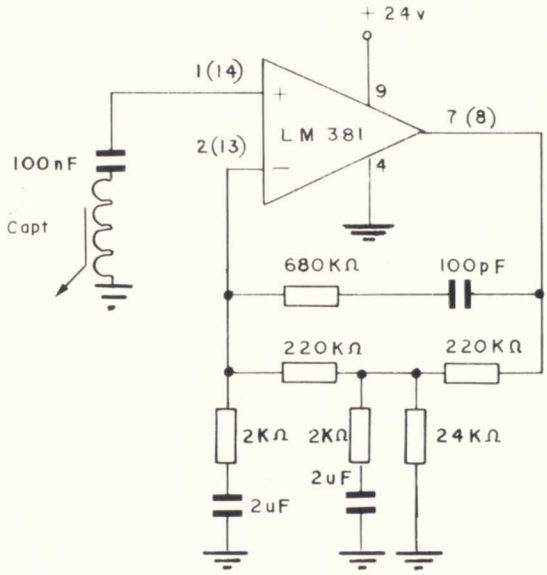
DIFERENCIADOR FONTE – POSITIVA

Este circuito diferencia as transições positivas do sinal de entrada. O LM 3900 é um amplificador operacional quádruplo da Norton, que serve para inúmeras aplicações incomuns como esta (sugerida pela Motorola). O tempo de subida do sinal de saída é 0,22ms para uma constante de tempo de mudança de nível na entrada de 1ms. Os valores dos componentes de realimentação e entrada podem ser modificados, se for desejado outro tipo de resposta do circuito.



PRÉ PARA CÁPSULAS MAGNÉTICAS

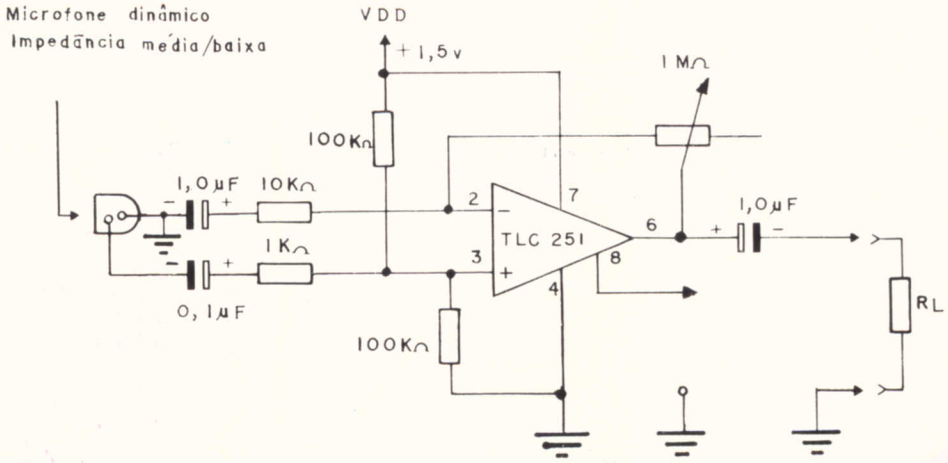
A National Semiconductor indica este circuito (no seu manual de circuitos integrados lineares) para operação com cápsulas magnéticas de baixa impedância. A equalização é NAB, determinada pela rede de realimentação entre a saída e a entrada inversora. Os números entre parêntesis referem-se à pinagem para os dois canais de um sistema estereofônico, já que o componente em questão é duplo. Observe que a fonte de alimentação é simples, de 24 V. A freqüência limite inferior de resposta deste circuito é de 50Hz. O ganho é de 51dB.



PRÉ PARA MICROFONES DINÂMICOS

Este pré-amplificador usa um operacional CMOS. Apresenta um consumo baixo e um número de componentes reduzido, permitindo a sua instalação em microfones portáteis. O nível de potência é baixo.

O operacional TLC 251 tem a resposta em freqüência controlada pelo nível de tensão aplicado no pino 8. Os níveis sugeridos são: para baixas freqüências, 1,5 V; para médias freqüências, 0,75 V; para altas freqüências, 0 V.



DIRETOR
SAVÉRIO FITTIPALDI

EDITOR
VICENTE FITTIPALDI

CIRCULAÇÃO
MARIA SILVIA PIRES

COLABORADORES
T. HARA, M. AMAYA, INÁCIO PEREIRA, MARCO GARCIA, GETÚLIO MATTOS, J. MARTIN, CELSO SILVA, CAIO BORGES, LUIZ C. JOSÉ, SUZI OMORI, DONIZETE KLUNG

REDAÇÃO/REVISÃO
ROBERTA CARAVIERI, M. VÁZQUEZ

ILUSTRAÇÃO
M. VÁZQUEZ, ALEXANDRE ORTOLANI, CARLOS EDUARDO SIQUEIRA, MAIRLOS P. NAVARRO

DESIGN/DIAGRAMAÇÃO
M. VÁZQUEZ

FOTOGRAFIA
GILBERTO CERRI

COMPOSIÇÃO
MEGACOMP LTDA.

FOTOLITO
STUDIO NIPPON LTDA.

IMPRESSÃO
W. ROTH

DISTRIBUIÇÃO
DINAP S/A.

DISTRIBUIÇÃO EM PORTUGAL
DISTRIBUIDORA JARDIM LDA

ELÉCTRON — Rádio, Televisão, Eletrônica é uma publicação da **Editora Fittipaldi Ltda.**

Redação, Administração e Publicidade: Rua Major Ângelo Zanchi, 275 a 303, CEP 03633, Tel. 296-7733, São Paulo, SP.

A T E N Ç Ã O !

É proibida a reprodução total ou parcial dos textos e ilustrações, sob pena das sanções estabelecidas em lei. Os artigos publicados são de inteira **responsabilidade** dos seus **autores.** É proibida a utilização dos circuitos em caráter **industrial** ou **comercial,** salvo com expressa autorização por escrito da Editora. A Editora não se responsabiliza pelo **uso indevido** dos circuitos publicados.

Antes de publicados, todos os aparelhos são **montados** e intensivamente **testados**. Aparelhos não testados **não** são publicados, em nenhuma hipótese. Os circuitos apresentados são **experimentais;** portanto, não podem ser comparados aos produtos industrializados.

O leitor deve se assegurar de que dispõe de **conhecimentos técnicos** e **práticos** suficientes e comprovados para realizar a montagem com sucesso. Tente sempre iniciar pelas montagens **mais simples** para que, caso o aparelho montado não funcione convenientemente, o leitor possa constatar a falha e saná-la. Antes de iniciar uma montagem, certifique-se de que todos os seus componentes e peças estão **disponíveis no mercado** no momento.

Se ocorrer alguma **dúvida,** consulte-nos (estritamente pelo **correio**), que responderemos o mais breve possível na Seção de Correspondência. **Números atrasados** poderão ser fornecidos pelo correio, ao preço da **última edição** em banca.

ELÉCTRON

EDIÇÃO Nº 43

MONTAGENS

4 *INTERCOMUNICADOR VIA REDE* — Por T. HARA

19 *SERVO PARA CONTROLE PROPORCIONAL* — Por MARCO GARCIA

30 *RELÉ FOTOSSENSÍVEL* — Por SUZI OMORI

42 *BLOQUEADOR DE IGNIÇÃO* — Por GETÚLIO MATTOS

52 *TEMPORIZADOR EM PONTE* (Montagem em Ponte) Por J. MARTIN

63 *CONTROLADOR DE TEMPERATURA AMBIENTE* — Por DONIZETE KLUNG

INFORMAÇÃO

14 *UNIDADES DE MEMÓRIA* (Digital) Por GETÚLIO MATTOS

25 *SISTEMAS DE CONTROLE: SERVOMECANISMOS* (Tecnologia) Por CAIO BORGES

35 *O BÁSICO DO ÁUDIO DIGITAL* (Áudio) Por M. AMAYA

46 *CAPACITORES* (Componentes) Por INÁCIO PEREIRA

57 *MODULAÇÃO AM-DSB* (Rádio) Por MARCO GARCIA

SEÇÕES

2 *CARO LEITOR*

2 *CONVENÇÕES*

3 *CORRESPONDÊNCIA*

13 *NOTICIÁRIO*

55 *REPARAÇÃO*

29, 51, 56, 2ª e 3ª capas *CIRCUITOS BÁSICOS*

ESPECIAL

70 *CURSO MICRO — LIÇÃO 7*

CARO LEITOR...

Esta é a segunda edição da ***Eléctron*** *depois da nossa reformulação. Como já foi dito, fizemos uma análise de como poderíamos tornar a revista mais comunicativa e pusemos em prática algumas idéias visuais totalmente novas. Além disso, nossos novos colaboradores se esforçam em trazer, com a melhor didática possível, informação precisa e interessante sobre os mais variados assuntos da Eletrônica.*

É claro que temos a humildade suficiente para não impor a você, leitor, nossas opiniões pessoais sobre os méritos da revista. Você é quem vai dar a palavra final. Por isso, insistimos mais uma vez: mesmo que não tenha costume, escreva para nós apontando aquilo que achou de bom e de mau na ***Eléctron.*** *Na seção de Correspondência publicaremos os seus comentários, além de continuarmos a esclarecer as suas dúvidas.*

Hoje trazemos a você duas montagens no mínimo curiosas: um (exclusivo!) ***transmissor de som via rede elétrica*** *e um* ***bloqueador de ignição temporizado*** *(se um ladrão roubar o seu carro, ele acaba ficando a pé algumas esquinas para frente). Também tentamos "trazer uma luz" sobre dois assuntos da moda, dos quais ainda se desconhece muito: a* ***gravação digital*** *e o* ***CD****. Os demais assuntos desta edição têm uma certa conexão entre si: temos algumas montagens que exemplificam o* ***controle de processos*** *com circuitos comparadores e relés, e um artigo teórico sobre o assunto. Como prometido, a seção de* ***Reparação*** *voltou, trazendo "dicas" e soluções práticas para os técnicos reparadores. A seção é escrita pelo* ***Prof. J. Martin,*** *um profissional dos mais capacitados e autor de muitos livros de Eletrônica. (Se você também tiver "histórias" de reparações interessantes para contar, escreva-nos!)*

Boas montagens, boa leitura!

CONVENÇÕES

Nas medidas de valores elétricos, usamos correntemente os seguintes prefixos multiplicadores:

p (pico)	10^{-12}	k (kilo)	10^{3}
n (nano)	10^{-9}	M (mega)	10^{6}
μ (micro)	10^{-6}	G (giga)	10^{9}
m (mili)	10^{-3}	T (tera)	10^{12}

Exemplos:

2k7Ω = 2 700 Ω
47pF = 0,047nF = 0,000 047μF = 0,000 000 047mF = 0,000 000 000 047 F

Os resistores usados nas montagens são todos de carbono de 1/8 W, com tolerância de 5%, exceto quando expresso outro tipo, potência ou valor no texto.

Um capacitor sem polaridade pode vir com o seu valor escrito dos seguintes modos (os exemplos abaixo são todos de um mesmo valor, 470pF):

470p
.47n
0.47kpF
471 (o último algarismo é o número de zeros e a unidade é sempre o pF)

As medidas das tensões internas aos circuitos (para fins de confirmação pelo montador) são feitas por multímetros com sensibilidade de 20kΩ/V ou mais.

Nos nossos protótipos são usadas placas de circuito impresso de fibra de vidro de face simples (exceto quando o autor do projeto indicar outro tipo de placa), e os *layouts* das trilhas de cobre são em escala natural.



BATERIAS SEM MANUTENÇÃO

Gostaria de obter maiores informações sobre as novas baterias automotivas que surgiram no mercado, cuja característica básica é a desnecessidade de se colocar água.

Josué Lopes
Porto Feliz - SP

Para os esclarecimentos necessários, recorremos ao comunicado nº 009541 da Assessoria de Imprensa da ROBERT BOSCH LTDA., que trata das Baterias SM (Sem Manutenção).

"Esta bateria, quando comparada às baterias convencionais, apresenta vantagens como o dispositivo anti-chama removível, o hidrômetro indicador do estado da carga e a descarga lenta, além da resistência ao calor, vibração e sobrecarga e a maior potência de arranque para o motor, em qualquer clima. O mais notório fica por parte de não ser necessária a colocação de água destilada, fazendo com que a sua vida útil seja prolongada."

Tecnicamente falando, a bateria sem manutenção (ou Bateria SM, como denominada pela Bosch) difere das convencionais a partir do projeto, já que a grade é feita de uma liga de chumbo e cálcio no lugar da liga de chumbo e antimônio normalmente utilizada. Podem-se encontrar outras vantagens além das mencionadas, como a utilização de chumbo micronizado, a centralização dos conectores das placas, o separador líquido/gás na tampa e a blindagem total da bateria.

GAMAS DE FREQÜÊNCIAS

*É possível alterar a faixa de operação da Antena Amplificadora de FM (montagem da revista **Eléctron** nº 39)?*

Roberto Carlos
M. Pomponet
Cabo Frio - RJ

Primeiramente, agradecemos as suas sugestões de publicarmos receptores para faixas de freqüências superiores a 108MHz e para escuta de comunicação entre navios. Elas já foram encaminhadas ao nosso setor técnico e, certamente, os circuitos serão publicados mais adiante.

*Quanto à sua observação sobre o artigo do Amplificador de 5W_{RMS} (**Eléctron** Nº 40), ocorreu realmente um equívoco na Lista de Material, pois Q_1, dado como um "5488", na verdade é um BC 548.*

Voltando à questão principal, você pode mudar a faixa de operação da antena alterando o valor do indutor L_1 ou do capacitor C_2, pois estes são os responsáveis pela sintonia do circuito.

MAIS TRAÇOS

Gostaria de saber se há alguma forma de converter meu osciloscópio de traço simples para um osciloscópio de duplo traço.

Sérgio Rodrigues
São Paulo - SP

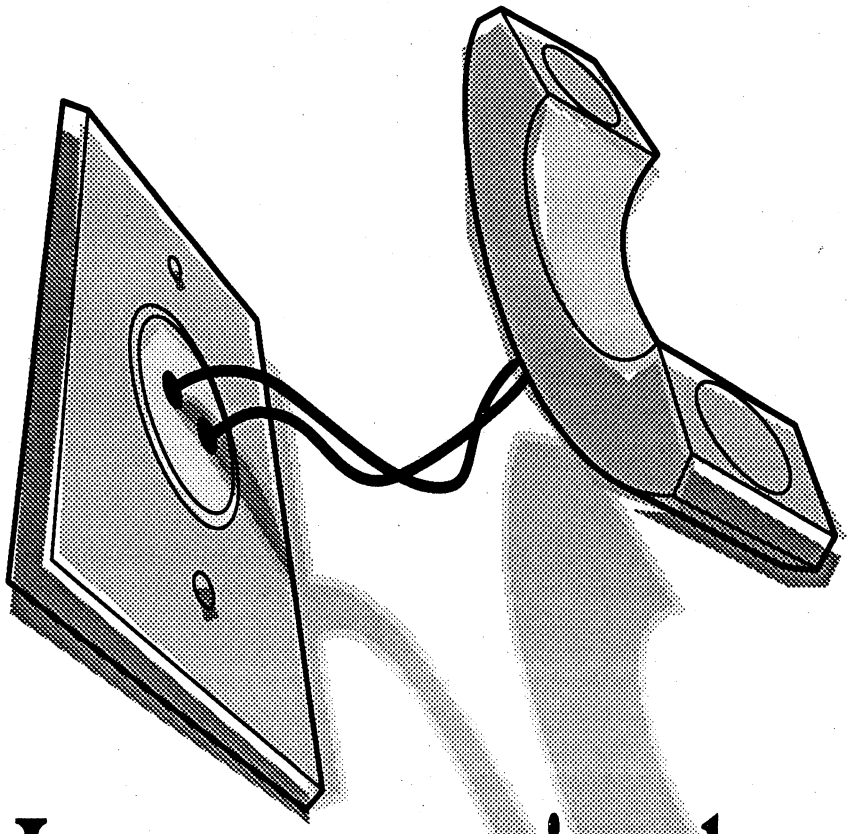
A sua idéia é muito interessante e a conversão é possível, sim, desde que se monte um circuito capaz de "capturar" amostras ora de um sinal ora de outro, com uma freqüência de chaveamento alta, enviando o resultado ao osciloscópio. O efeito é o mesmo de um duplo traço. Adicionando componentes de tensão contínua diferentes para os dois sinais, fazemos com que os traços apareçam em alturas distintas na tela. O circuito para isso já está sendo estudado e será publicado numa edição futura.

*Para maiores esclarecimentos sobre os osciloscópios, o leitor pode consultar a **Eléctron** nº 41, página 37. Lá está um artigo de teoria básica sobre os osciloscópios.* **E**

CORREÇÃO

Conforme correspondência enviada pela METALTEX, na pessoa do Eng. Enio Lewinsk (Diretor Comercial), estamos retificando dois erros que ocorreram na ELÉCTRON nº 41. No artigo "Chave Liga/Desliga por Som" (pág. 24), a Lista de Material especifica o relé RD 1RC1, quando o correto seria o SBMS 2RC1/3A-CIC, continuando erradas apenas as menções ao código RD 1RC1. O sr. Enio também nos alertou para um detalhe no artigo "Turn-Off Automático para TV", que faz indicação do uso de um relé SBMS 2RC1/3A para montagem em soquete, quando na verdade o certo é o uso de um SBMS 2RC1/3A-CIC, que é um relé de aplicação para montagem em circuito impresso.

(Queremos agradecer à Metaltex, em especial ao Eng. Enio Lewinsk, por alertar-nos para os erros, pois a nossa proposta é de uma revista séria e aberta às opiniões e críticas. Para tanto, contamos com o apoio de uma ótima equipe técnica, como também dos leitores que nos escrevem.)



Intercomunicador VIA REDE

Por T. HARA

APLICAÇÕES

Este interessante projeto é composto de um **transmissor** e de um **receptor**, operando em uma freqüência inferior à de radiodifusão de Ondas Médias. Podemos utilizar o aparelho para uma comunicação rápida entre várias dependências de uma casa ou para a transmissão de música ambiente em escritórios. A transmissão de som é feita pela própria linha da rede elétrica local, de uma tomada à outra, tornando o aparelho muito prático e versátil. Ele pode ser mudado de lugar sem alterações na sua instalação: basta apenas conectá-lo em uma outra tomada.

Com toda essa versatilidade, podemos utilizá-lo também na segurança residencial. O Transmissor pode ser facilmente instalado em portões, servindo como interfone para a identificação de visitantes.

INTERFERÊNCIA

Os eletrodomésticos e máquinas que possuem motores com contatos de escovas (máquinas de lavar, liquidificadores, furadeiras, etc.), geram centelhamentos elétricos, que se refletem na rede na forma de variações de tensão de curta duração (os **transientes**). Como esses ruídos possuem um espectro muito amplo de ondas eletromagnéticas, normalmente interferem em quase todas as faixas de freqüência de rádio.

A eliminação de interferências nos equipamentos de transmissão via rede é quase impraticável, pois a rede é a fonte da maioria das interferências. Os filtros passa-baixas e passa-altas não bastam para eliminar os ruídos.

O protótipo deste projeto foi montado e testado na rede local residencial. Obtivemos resultados satisfatórios para atender ao nosso objetivo. Entretanto, pequenos ruídos de fundo na transmissão de música ambiente podem ser evidentes, dependendo do tipo de aparelho elétrico que existir conectado à rede local.

FUNCIONAMENTO

TRANSMISSOR

O diagrama em blocos completo está na figura 1. A chave S_{1a}/S_{1b} é uma chave dupla para a seleção da função (Transmite ou Recebe) do Intercomunicador. As chaves S_2 e S_3 servem para selecionar cada uma das entradas de sinal: microfone ou entrada para música ambiente (proveniente de um gravador ou receptor de rádio). Observe também o circuito amplificador, que é utilizado tanto na transmissão como na recepção do sinal.

Quando desejar transmitir uma mensagem, selecione inicialmente a função Microfone fechando a chave S_2. Em seguida selecione a chave S_1 (função Transmite); neste exato momento, a alimentação é desligada do circuito receptor e ligada ao circuito transmissor (figura 2).

O sinal proveniente do microfone é amplificado pelo circuito de áudio e entregue ao circuito transmissor. A onda portadora de RF gerada pelo

oscilador do transmissor é modulada em amplitude (AM) e entregue à linha da rede elétrica local pelo próprio cordão de força da fonte de alimentação.

A freqüência escolhida para o oscilador (455kHz) é a freqüência intermediária (FI) utilizada nos receptores de AM. Isto nos possibilita o uso de bobinas de FI no oscilador, dispensando a confecção de bobinas específicas para esta montagem.

RECEPTOR

No circuito receptor (figura 3) a entrada do circuito é conectada à mesma linha do cabo de força usada pelo circuito transmissor.

Para receber o sinal proveniente do outro transmissor, inicialmente acione a chave S_1 para a posição Recebe. A alimentação do circuito receptor é restabelecida e o alto-falante é ligado à saída do amplificador (figura 3).

O sinal de RF modulada, proveniente da rede elétrica, é sintonizado pela bobina de FI em 455kHz. Este sinal é amplificado e entregue ao circuito detector. Como o sinal de RF modulada é inaudível, é sempre necessário um **circuito detector** que coloca na saída somente o sinal de áudio, eliminando a portadora de RF. O sinal de áudio é amplificado pelo circuito amplificador e reproduzido pelo alto-falante.

O RECEPTOR

A figura 4 apresenta o esquema elétrico do Intercomunicador.

A **seletividade** do circuito receptor é um fator muito importante nos meios de comunicação de rádio. Uma das nossas preocupações na elaboração do projeto foi a de conseguir um receptor de extrema simplicidade e boa seletividade. Construir um receptor de grande

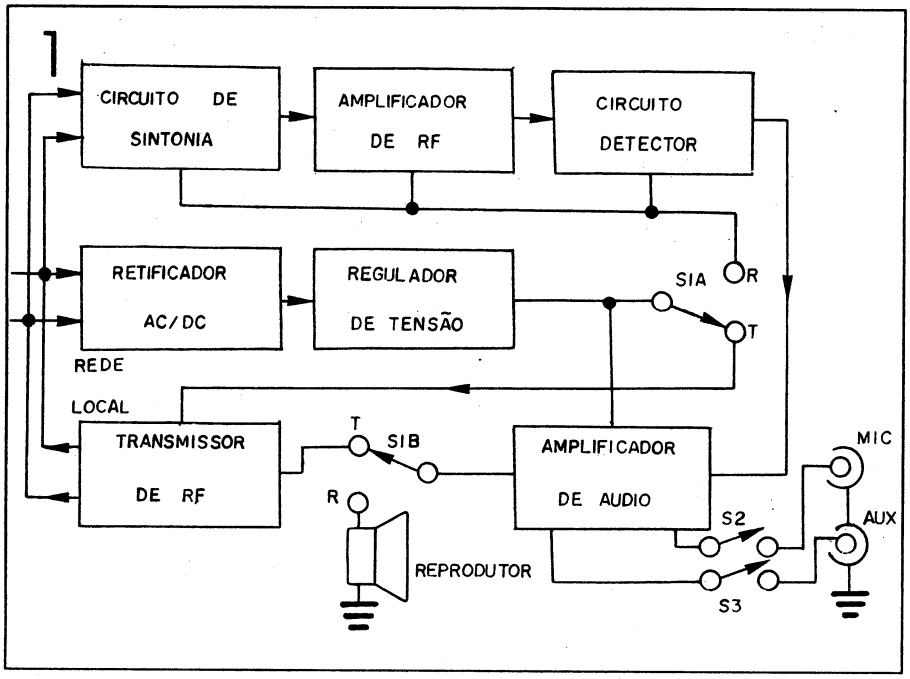
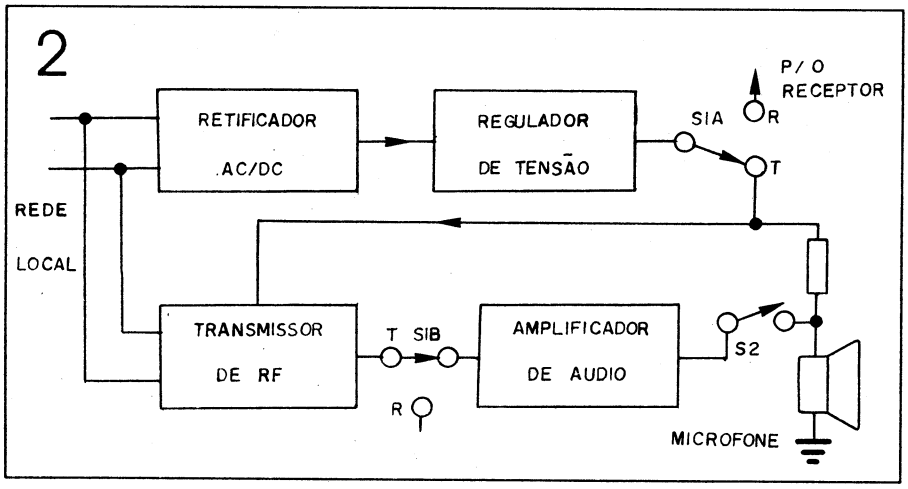
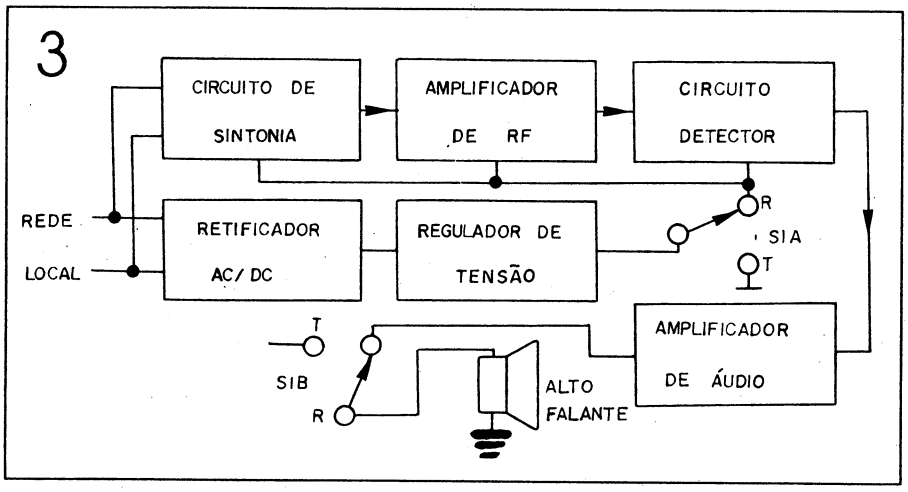


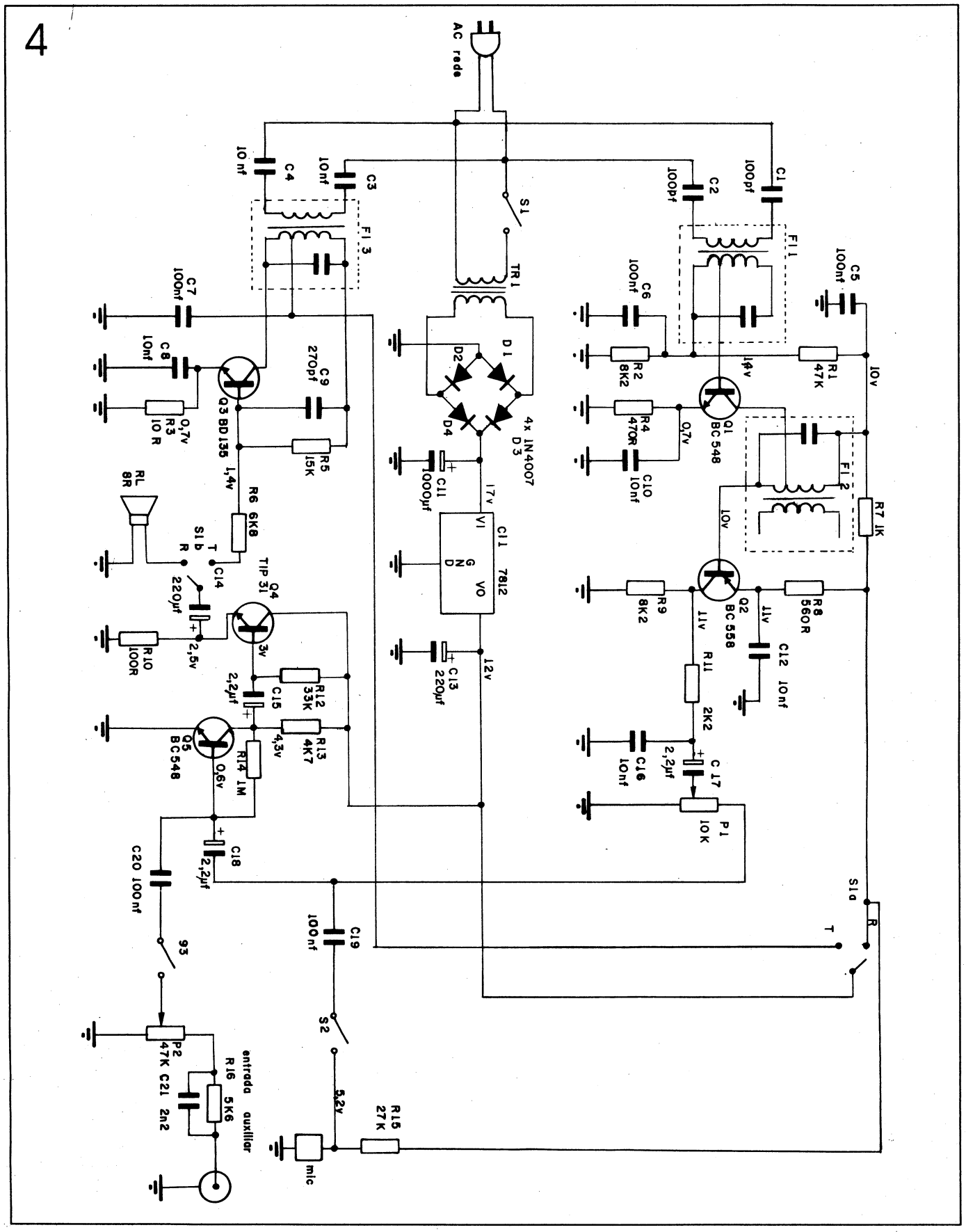
Diagrama em blocos completo



Transmissor

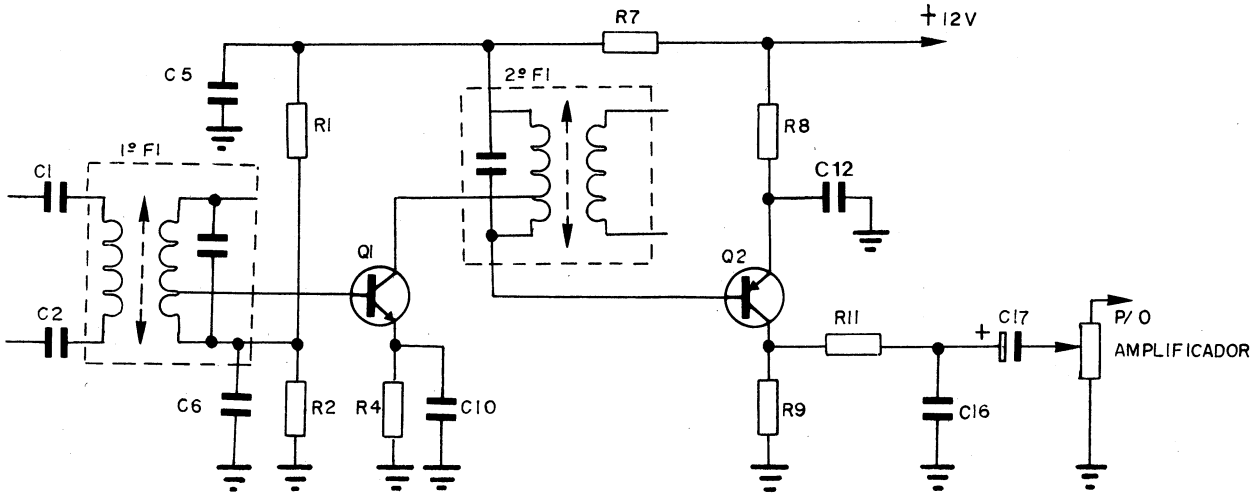


Receptor



Esquema elétrico

5



Receptor sintonizado simples

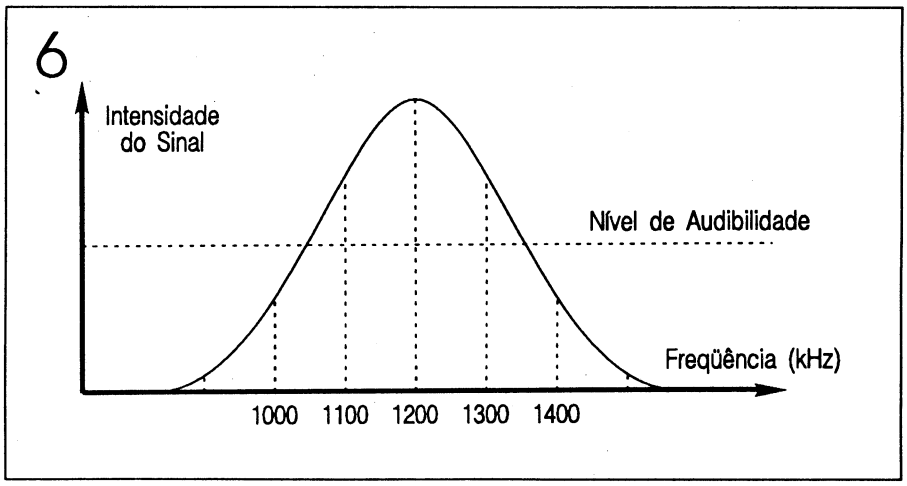
seletividade é muito complicado; resolvemos, então, escolher para o nosso projeto um receptor bem simples (figura 5).

Na figura 6 está mostrado graficamente o que acontece quando o receptor possui uma seletividade baixa. Se, por exemplo, desejássemos que o nosso receptor sintonizasse a freqüência de 1200kHz (no meio da faixa de Ondas Médias), certamente as estações vizinhas seriam ouvidas encobrindo o nosso sinal, porque o nível de sinal delas estaria acima do nível de audibilidade do nosso sinal.

A figura 7 é o gráfico de um receptor de boa seletividade. O leitor pode observar por este gráfico que os sinais das estações indesejadas possuem intensidade abaixo do nível de audibilidade; desta forma, somente uma estação pode ser ouvida de cada vez.

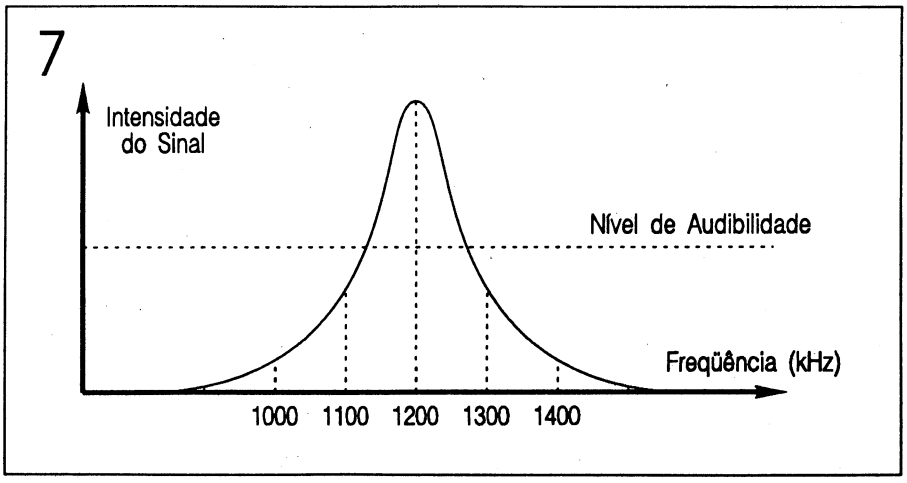
Como o nosso receptor tem baixa seletividade, se utilizássemos uma freqüência de radiodifusão comercial, as estações vizinhas poderiam "entrar" no sinal transmitido, preju-

6

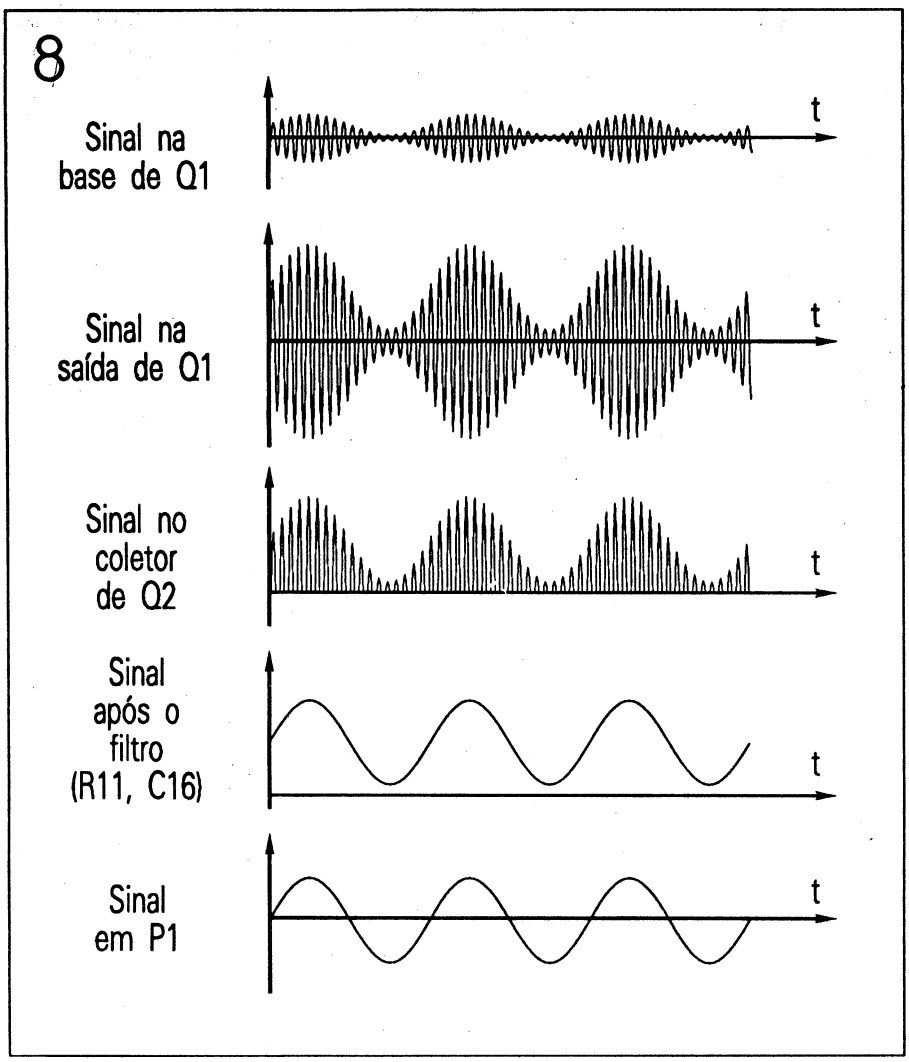


Curva de um circuito de sintonia de baixa seletividade

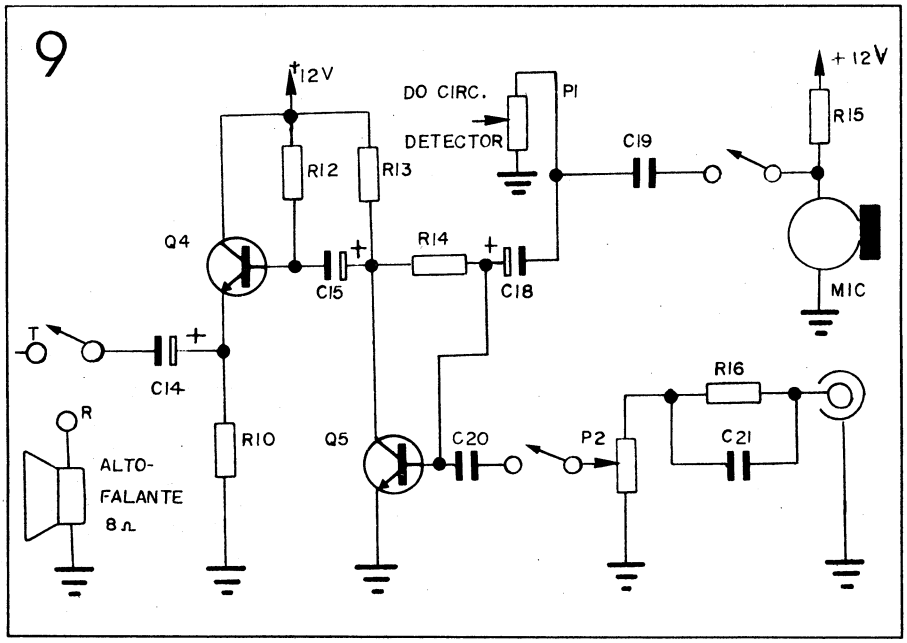
7



Curva de um circuito de sintonia de alta seletividade



Decodificação do sinal de RF no receptor



Amplificador de áudio em classe A

dicando a comunicação. A solução é escolher uma freqüência que se situe fora da faixa de radiodifusão comercial. Assim, mesmo que o receptor não possua boa seletividade, não haverá nenhuma estação próxima perturbando a comunicação. O uso direto das bobinas de FI de 455kHz, utilizadas nos rádios transistorizados de AM, resolve o inconveniente da seletividade.

O sinal sintonizado pela bobina FI_1 é acoplado à base do transistor Q_2 através da derivação do secundário (figura 5). Isto nos proporciona o casamento de impedância do circuito de sintonia com a entrada de Q_1. Outra vantagem deste tipo de acoplamento é que a impedância de entrada do transmissor não "carrega" o circuito ressonante da bobina de FI, melhorando a seletividade.

O transistor está montado na configuração emissor comum, com a polarização em paralelo através de R_1 e R_2. Os capacitores C_6 e C_{10} possuem a função de desacoplar o sinal de RF e eliminar a realimentação negativa do circuito, a fim de elevar o fator de amplificação do circuito.

O resistor R_4 possui a função de estabilizar a corrente de coletor de Q_1. A segunda bobina de FI, FI_2, sintoniza novamente o sinal amplificado por Q_1, aumentando a seletividade do receptor. O transistor Q_2 funciona como amplificador e detector de RF. Os componentes R_1 e C_{16} constituem um circuito de filtro de RF, cuja função é deixar passar somente o sinal de áudio.

Na figura 8 está o gráfico de evolução do sinal de RF modulado no circuito detector. O capacitor C_7 serve para acoplar o sinal de áudio do detector ao terminal do cursor do potenciômetro P_1 (ajuste de volume do sinal de áudio).

Na figura 9 podemos ver o circuito amplificador, constituído por dois transistores operando em classe A

com um estágio ligado ao outro em "cascata". O primeiro transistor, Q_5, recebe o sinal do "pot" de volume, amplifica-o em tensão e o entrega ao segundo transistor (Q_4), que é um amplificador de potência operando em classe A.

O alto-falante é conectado ao emissor do transistor Q_4 através de um capacitor eletrolítico, C_{14}. Esta configuração nos permite o casamento de impedância da saída do transistor Q_4 com o alto-falante.

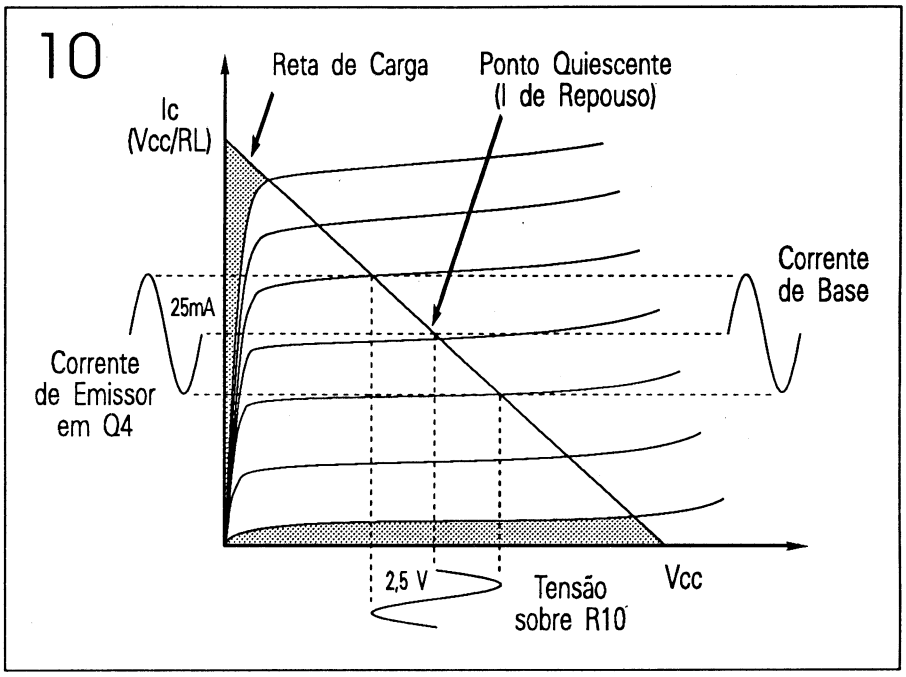
A corrente de fuga (que passa sem nenhum sinal na entrada), para Q_4, é de aproximadamente 25mA. Quando se aplica um sinal na entrada, a corrente de coletor varia entre o mínimo e o máximo da corrente de fuga. Na figura 10 tem-se a condição de operação do estágio de saída do amplificador, em classe A.

O circuito amplificador do nosso projeto fornece aproximadamente 60mW$_{RMS}$ de potência de áudio em pleno funcionamento.

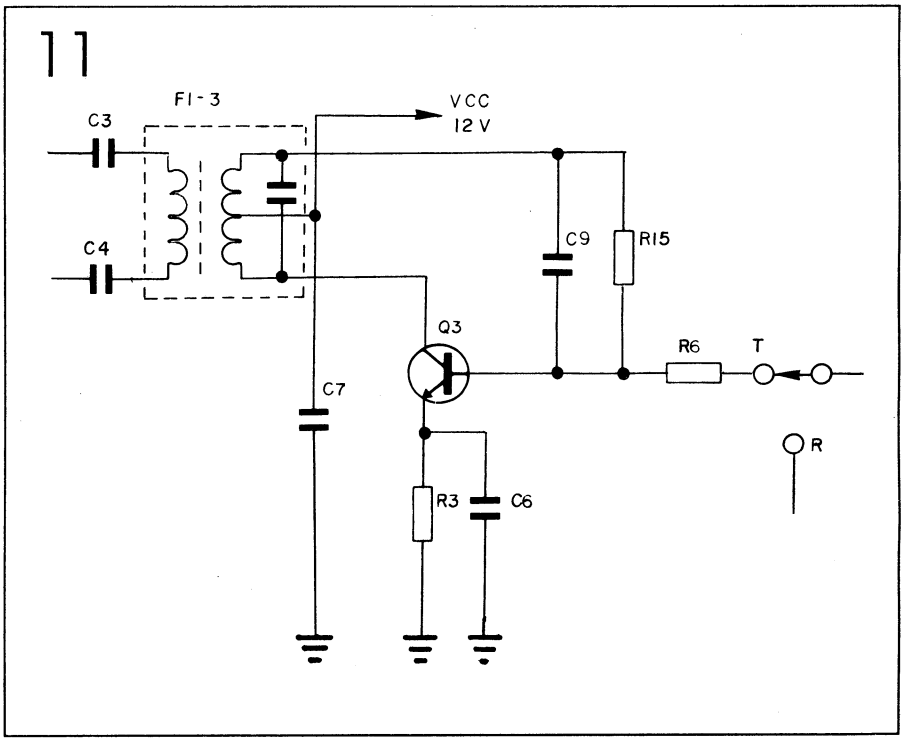
O TRANSMISSOR

O transmissor é constituído por um único oscilador Hartley de oscilação livre. Como o leitor pode ver na figura 11, a realimentação positiva que mantém o circuito oscilando é feita através do enrolamento superior da bobina de FI, em série com a base do transistor Q_3, pelos componentes C_9 e R_5. O resistor R_3 serve para manter estável a corrente de coletor do transistor, evitando o seu superaquecimento.

Quando selecionamos a entrada de microfone ou a entrada auxiliar através das chaves S_2 ou S_3 com a chave S_1 na função Transmite, o circuito oscilador é imediatamente energizado. O sinal de áudio proveniente da entrada auxiliar ou do microfone é amplificado e, através do resistor R_6, é aplicado na base do transistor oscilador Q_3.



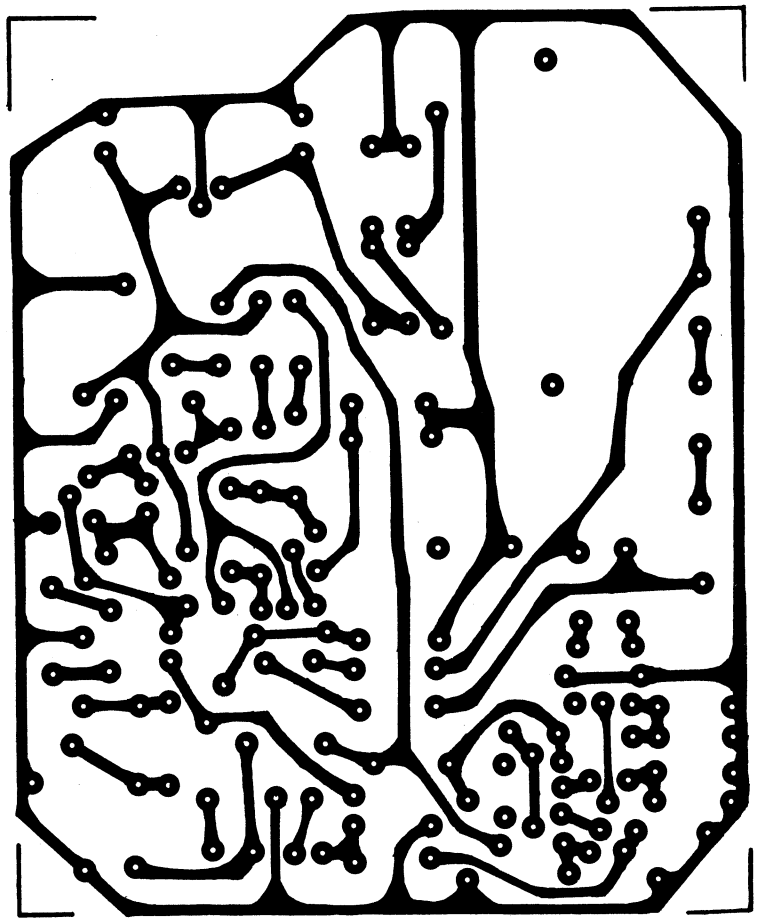
Curva de operação da etapa de saída do amplificador classe A



Etapa transmissora de AM

A corrente variável na entrada do Q_3 proporciona a variação de corrente de coletor e, conseqüentemente, provoca a variação da amplitude da onda portadora gerada pelo oscilador. O leitor pode observar na figura 11 que o secundário da bobina osciladora está conectado à linha da rede através dos capacitores C_3 e C_4, onde o sinal de RF modulada é emitido.

12



Circuito impresso

MONTAGEM

Na figura 12 está o *layout* do circuito impresso, e na figura 13, a disposição dos componentes (é evidente que serão montados pelo menos dois Intercomunicadores, e não apenas um).

O nosso projeto, mesmo sendo um circuito transmissor/receptor de radiofreqüência, não apresenta nenhuma dificuldade na montagem, pois não é necessário confeccionar nenhuma bobina. As bobinas de RF são adquiridas prontas, como foi explicado anteriormente.

Sugerimos apenas que o leitor solde os resistores e os capacitores primeiramente, deixando para depois os semicondutores e terminando a montagem com o transformador.

Terminada a soldagem dos componentes na placa, devemos conferi-la cuidadosamente com o *layout* dos componentes, principalmente as ligações de entrada do transformador da fonte de alimentação.

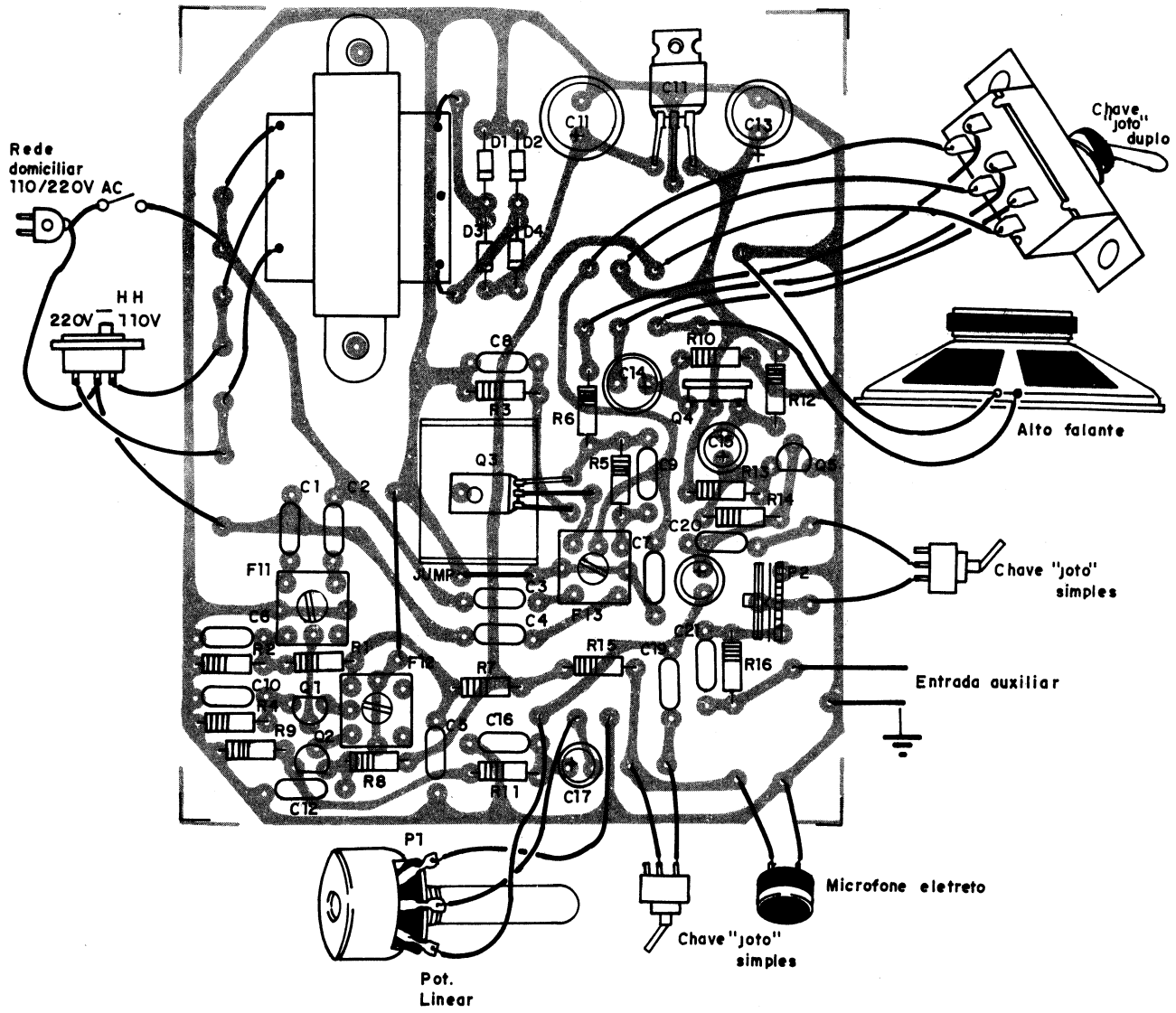
AJUSTE

Para ajustar o Intercomunicador é necessário ter em mãos pelo menos dois exemplares prontos. O ajuste não é crítico, mas se você tiver acesso a um gerador de RF, pode usá-lo para fazer o ajuste do circuito receptor mais facilmente.

RECEPTOR

- **Com o gerador de sinais:** conecte um dos aparelhos numa tomada da rede local. Ponha a chave S_1 na função Recebe. Ajuste o gerador de RF em 455kHz e aplique o sinal no primário da bobina FI_1 do receptor. Deverá ser ouvido um som parecido com um apito (1kHz) na saída do amplificador. Gire o núcleo da bobina FI_1 levemente para obter o

13



Montagem dos componentes

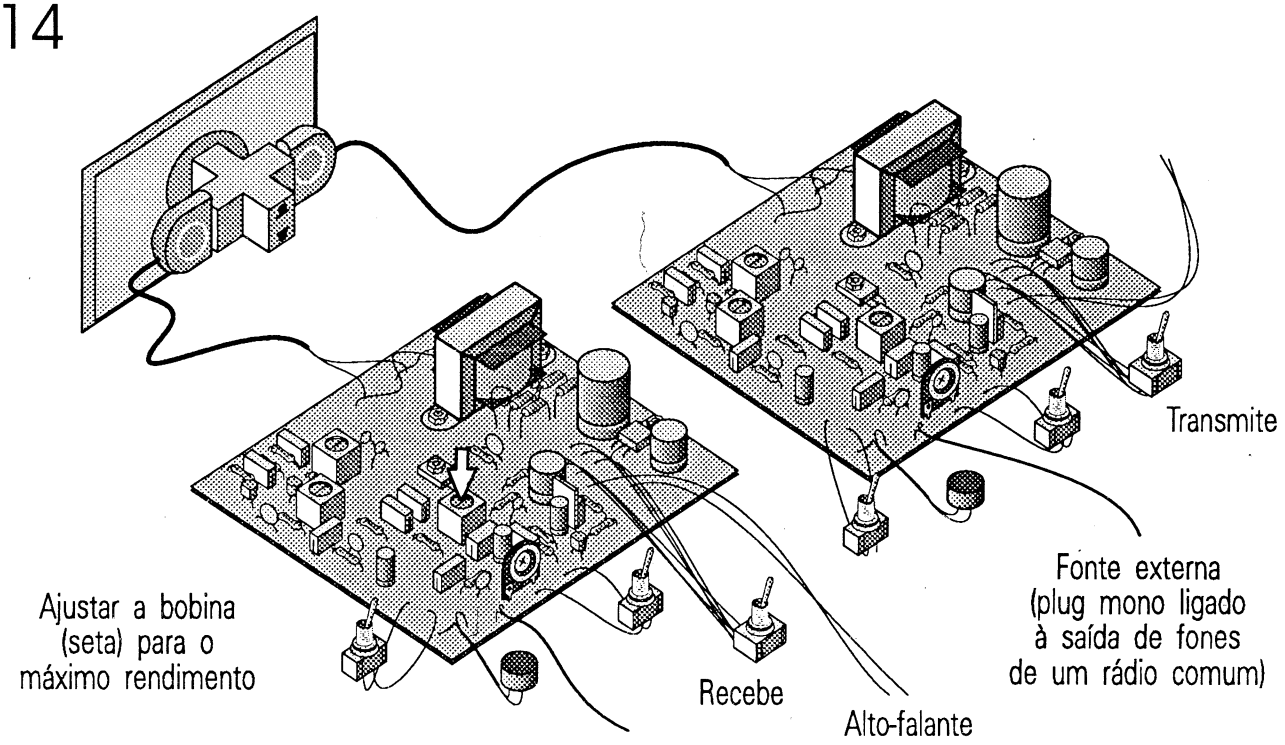
máximo de sinal. Repita esta operação para a bobina FI_2.

- **"De ouvido"**: conecte os dois aparelhos em tomadas da rede local. Ponha a chave S_1 de um deles na função Recebe e a do outro na função Transmite. Envie algum som pela entrada auxiliar do transmissor e ajuste o núcleo da bobina FI_1 do receptor para obter o maior ganho (volume) possível. Repita esta operação para a bobina FI_2.

TRANSMISSOR

Conecte os dois aparelhos em tomadas da rede local. Ligue a chave S_1 na posição Transmite. Aplique um som qualquer na entrada auxiliar, fechando S_3. Mantendo o primeiro Intercomunicador na posição Recebe, ajuste a bobina FI_3 do transmissor do segundo Intercomunicador para ouvir o sinal de áudio no primeiro Intercomunicador com o maior volume possível (fig. 14). **E**

14



Ajuste sem instrumentos do conjunto transmissor/receptor

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- Q_1, Q_5 — BC 548 (transistor NPN)
- Q_2 — BC 558 (transistor PNP)
- Q_3 — BD 135 (transistor NPN)
- Q_4 — TIP 31 (transistor NPN)
- D_1 a D_4 — 1N 4007 (diodos retificadores)
- IC_1 — 7812 (regulador de tensão de 12 V)

RESISTORES

- R_1 — 47KΩ (amarelo, violeta, laranja)
- R_2, R_9 — 8k2Ω (cinza, vermelho, vermelho)
- R_3 — 10Ω (marrom, preto, preto)
- R_4 — 470Ω (amarelo, violeta, marrom)
- R_5 — 15kΩ (marrom, verde, laranja)
- R_6 — 6k8Ω (azul, cinza, vermelho)
- R_7 — 1kΩ (marrom, vermelho, vermelho)
- R_8 — 560Ω (verde, azul, marrom)
- R_{10} — 100Ω (marrom, preto, marrom)
- R_{11} — 2k2Ω (vermelho, vermelho, vermelho)
- R_{12} — 33kΩ (laranja, laranja, laranja)
- R_{13} — 4k7Ω (amarelo, violeta, vermelho)
- R_{14} — 1MΩ (marrom, marrom, verde)
- R_{15} — 27kΩ (vermelho, violeta, laranja)
- R_{16} — 5k6Ω (azul, verde, vermelho)
- P_1 — 10kΩ (potenciômetro linear)
- P_2 — 47kΩ (*trimpot* do tipo "em pé")

CAPACITORES

- C_1, C_2 — 100pF (disco cerâmico)
- C_3, C_4, C_8, C_{10}, C_{12}, C_{16} — 10nF (poliéster)
- C_5, C_6, C_7, C_{19}, C_{20} — 100nF (poliéster)
- C_9 — 270pF (disco cerâmico)
- C_{11} — 1000μF/25V (eletrolítico)
- C_{13}, C_{14} — 220μF/25 V (eletrolítico)
- C_{15}, C_{17}, C_{18} — 2,2μF /25V (eletrolítico)
- C_{21} — 2,2nF (poliéster)

DIVERSOS

- Transformador 110/220 Vx15 V, 200mA
- Alto-falante pequeno de 8Ω
- Microfone de eletreto de 2 fios
- Cabo de rede
- 1 chave alavanca dupla; 2 chaves alavanca simples; 3 bobinas de FI para AM (podem ser de qualquer cor, desde que sejam as três iguais); 1 tomada RCA; placa de circuito impresso; caixa para a placa; solda, fios, etc.

Noticiário

DE ELETRÔNICA

LANÇAMENTO DE SATÉLITES POR CANHÃO

Hoje em dia os satélites são colocados em órbita por foguetes. Certamente não é um método muito econômico, já que as naves têm que ter potência e combustível suficientes para conseguir impulsionar a própria estrutura e o combustível ainda não queimado. A carga útil representada pelo satélite acaba sendo uma ínfima parcela da nave completa, multiplicando o custo por quilo de carga útil lançada.

A firma SANDIA NATIONAL LABORATORIES, sediada em Albuquerque (New Mexico, Estados Unidos), está criando uma tecnologia revolucionária para o lançamento futuro de pequenos satélites. A nova tecnologia consistirá em lançar o satélite através de um "canhão" composto de vários estágios aceleradores magnéticos, com uma inclinação de 30° em relação à Terra (instalados numa encosta de montanha). O sistema, como utiliza o princípio da indução magnética (o mesmo do trem-bala de levitação magnética), não envolve contato físico entre o satélite e o "canhão". No "canhão" projetado pelos pesquisadores, a velocidade final da carga deverá ser de 4,5km por segundo (16 200km/h!), suficiente para enviar através da atmosfera terrestre um satélite de até cerca de 500kg.

A carga impulsionada pelo canhão se compõe do satélite, uma armadura magneticamente induzida ao seu redor, uma ogiva aerodinâmica para reduzir o atrito com o ar e um foguete auxiliar. A armadura induzida é descartada após o lançamento e o foguete aumenta a velocidade da carga de mais 4,5km/s, para atingir a velocidade orbital durante a subida. Esta combinação entre o eletromagnetismo e as técnicas de foguetes reduz os riscos e custos deste tipo de lançamento.

O lançamento é feito por controle eletrônico. Um estágio de impulso (bobina cilíndrica) é energizado após o outro por uma grande descarga capacitiva, acelerando a carga. Entre cada par de estágios, um sensor de fibra ótica de altíssima velocidade mede precisamente a sua posição, enviando os dados ao computador de lançamento para que este libere a descarga do próximo estágio. Estes dados precisam estar bem sincronizados para se obter o máximo rendimento no lançamento. Para unir o computador ao canhão, uma sofisticada linguagem de comunicação chamada *"Warp 10"* está sendo utilizada, trazendo resultados satisfatórios nos experimentos realizados até o presente momento.

Para provar a possibilidade de funcionamento do lançador, foi testado um pequeno protótipo, que conseguiu desenvolver uma velocidade de 1km/s em uma carga de 160 gramas. Agora está sendo experimentado um lançador de seis estágios para um projétil de 4kg (uma esfera de 13cm de diâmetro). Os cientistas vêem perspectivas positivas nas futuras versões do lançador, que serão construídas para cargas cada vez maiores de modo a se comprovar a viabilidade total do projeto.

TRAVEL PILOT

Um novo equipamento eletrônico vem trazer aos motoristas algo mais do que conforto. A BOSCH alemã lançou um equipamento que permite a orientação e localização para motoristas, mesmo em lugares desconhecidos. O sistema, chamado ***Travel Pilot*** ("Piloto de Viagem"), tem um monitor de vídeo afixado ao painel por um suporte flexível. A tela do monitor mostra um mapa que mantém o motorista constantemente informado sobre a sua localização e destino. O equipamento é especialmente destinado para usuários semiprofissonais e empresas de táxi e transportes, auxiliando desde pequenos motoristas até grandes frotas.

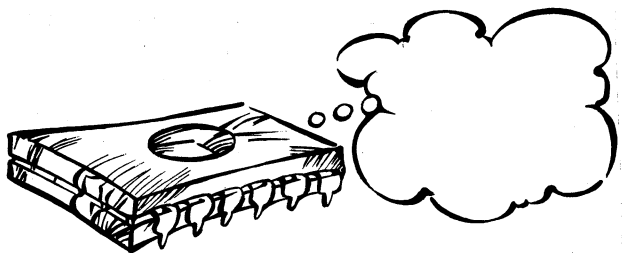
Os dados de localização são calculados pelo equipamento de forma inteiramente autonôma. Sensores colocados nas rodas medem distâncias e ângulos das curvas, e uma bússola eletrônica no vidro traseiro indica as direções tomadas pelo veículo. Esses dados são enviados ao Travel Pilot e relacionados a um mapa digital de ruas e estradas, previamente armazenado em um CD-ROM com capacidade para 550MB (megabytes). Os dados incluem zonas de pedestres, auto-estradas, estradas vicinais e estações ferroviárias.

Como o sistema é alemão, os CDs disponíveis contêm os mapas das 70 maiores cidades alemãs. A empresa informa que futuras versões do Travel Pilot abrangerão outros países e incluirão também outras informações específicas para cada localidade (inclusive os nomes das ruas!).

Através do sistema de comando do Travel Pilot, o motorista pode digitar seu destino e o aparelho informa a qualquer momento a localização do veículo, sempre ajustada a cada manobra. (Por questões de segurança, o Travel Pilot só permite a entrada de dados com o veículo parado, a fim de não confundir o motorista.)

Este equipamento foi desenvolvido pela Divisão de Comunicação Móvel da Bosch e será compatível com outros aparelhos de orientação a serem desenvolvidos posteriormente. **E**

Por GETÚLIO MATTOS



Unidades de Memória

Uma descrição sucinta dos principais métodos de armazenamento de dados digitais usados atualmente

Desde a Primeira Revolução Industrial, com o aparecimento das máquinas industriais, houve a necessidade de se guardar em algum lugar a grande quantidade de dados, calculados ou ainda a serem calculados, relativos às diversas funções executadas durante a produção.

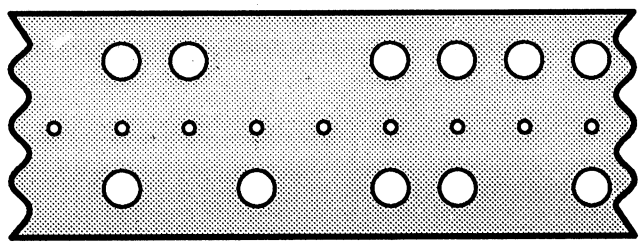
Se cada vez que se iniciasse um processo de produção fosse necessária a lembrança das etapas operacionais somente pela mente humana, estas seriam alteradas, pois por melhor que possa ser a memória de uma pessoa, a precisão e a integridade dos dados não se mantêm. Surgiu então a necessidade de equipamentos especializados na manipulação e no armazenamento de dados.

As **unidades de memória** (dispositivos práticos para o armazenamento automatizado de dados) foram evoluindo e se desdobrando em diversos tipos: cartões perfurados, fitas perfuradas, cartões-folhas, discos magnéticos, fitas magnéticas em rolos, matrizes de anéis de ferrite, circuitos integrados, discos óticos e memórias de bolha magnética. Comentaremos a seguir os tipos mais comuns de memória.

PAPEL PERFURADO

Na figura 1 vemos uma **fita perfurada**, utilizada como memória de uma máquina telex. A idéia de funcionamento é simples: a partir de um código prestabelecido, as letras e números são gravados na fita na forma de combinações de furos. Depois, a fita pode passar por um mecanismo de leitura que decodifica a mensagem, reavendo o seu sentido inicial.

1



Fita de telex

Este mesmo processo foi inicialmente utilizado em máquinas de **tear**, que tramavam os tecidos de acordo com os padrões já prontos, codificados nas fitas. Depois do seu uso pelo **telégrafo**, a fita passou a ser empregada no **telex**, ainda muito comum hoje. Nos antigos computadores de grande porte, os dados a serem processados eram inscritos em cartões por um processo semelhante, introduzido por **Herman Hollerith** (fundador da IBM) em 1890. (Do nome dele veio o apelido dos demonstrativos de pagamento.)

Há um outro sistema, que usa um princípio aparentado: o LP de áudio. A diferença é que, em vez de sinais digitais com dois valores fixos (furado ou não furado), o disco de vinil acomoda um sinal constante que varia analogamente à onda sonora correspondente (isto é, um sinal **analógico**). Mesmo assim, não deixa de ser considerado um meio de armazenamento de dados.

MEMÓRIAS MAGNÉTICAS

As memórias magnéticas são, junto com as semicondutoras, as mais di-

fundidas atualmente. Não só os disquetes, Winchesters e fitas *streamer* de computador são memórias magnéticas, mas também todas as fitas cassete e de rolo.

As gravações em fitas e discos magnéticos têm o menor custo por unidade de informação dentre todos os meios, mas o tempo de acesso é lento em relação às outras memórias. Se necessitarmos de memórias de acesso rápido, convém utilizar as memórias semicondutoras (circuitos integrados). Como a velocidade de acesso é um fator crítico nos computadores, eles usam memórias semicondutoras para as atividades normais e outros tipos para o armazenamento de reserva.

GRAVAÇÃO MAGNÉTICA

Os elétrons presos aos átomos são os responsáveis pelas propriedades magnéticas dos materiais. Nas suas órbitas, os elétrons têm um efeito giratório (o *spin);* portanto, o elétron é uma carga elétrica girando em círculos e, como conseqüência, gerando um campo magnético. Na maioria dos materiais, os *spins* em dupla giram em sentidos opostos e os seus campos magnéticos se anulam. Mas, em outros materiais, os *spins* dos elétrons não estão equilibrados, gerando um campo magnético específico. Esses materiais são chamados **ferromagnéticos.**

Os *spins* são "redirecionados" na gravação; para isto, basta controlar a direção dos campos magnéticos a que as partículas do material são expostas. Se o material magnético possui *spins* se anulando, o campo magnético é nulo: portanto, ele está desmagnetizado. Ao aplicarmos um campo magnético, as partículas se orientam conforme este campo. Aumentando-se o campo, mais *spins* se orientam conforme o campo. Depois do último deles assim se orientar, um acréscimo no campo magnético não terá influência nenhuma: isso é a **saturação.**

Ao retirarmos o campo, a maioria das partículas permanece na direção assumida sob sua influência. Aplicando outro campo em sentido oposto, novamente as partículas seguem o seu sentido, até atingir uma magnetização oposta à anterior. Este processo pode ser repetido indefinidamente, mas com o material magnetizado, não há mais magnetização zero com campo magnético zero; para obtê-la é necessário primeiro aplicar um campo de sentido oposto. Posto isso num gráfico de magnetização em função do campo, temos a **curva de histerese.**

Para a gravação magnética existem três métodos: o de laço de histerese ou curva de magnetização inicial, o de polarização magnética (sem levar em consideração a histerese) e o de gravação no ponto de Curie. Vejamos cada um deles.

A gravação por **laço de histerese** pode ocorrer basicamente de duas formas:

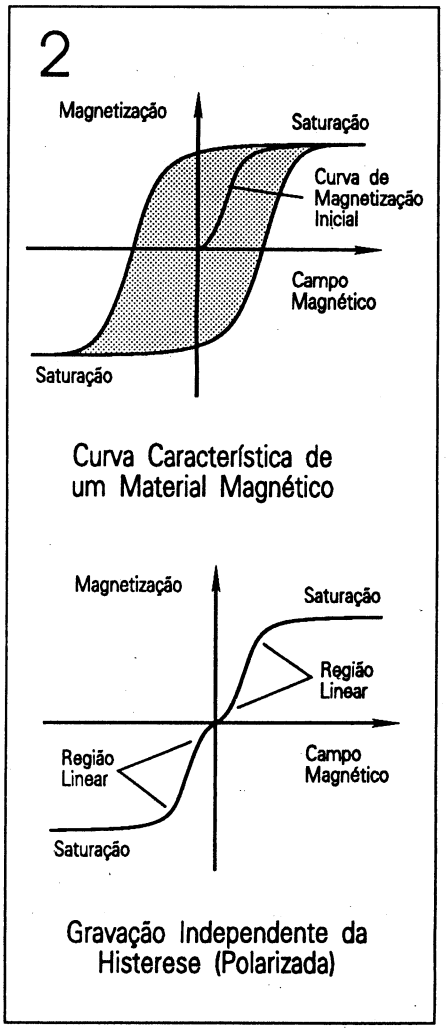
- Gravação por **modulação de freqüência,** que segue o princípio da transmissão de rádio FM, pois enquanto a portadora é gravada, a sua freqüência é modulada de acordo com a informação a ser armazenada.

- Existe também o método da **saturação,** que é amplamente utilizado em componentes digitais (disquetes, etc.). Neste caso, a magnetização é feita na máxima intensidade que o meio comporta.

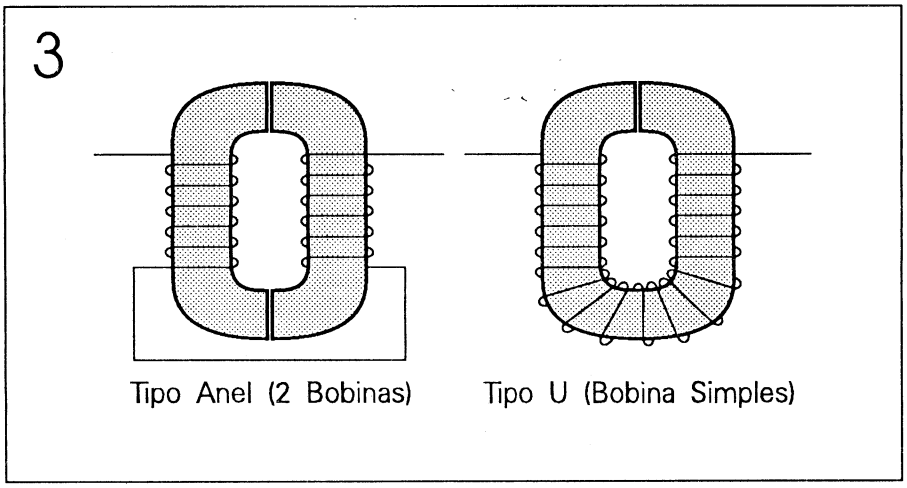
A gravação independente da histerese é a **gravação polarizada.** Neste tipo de gravação, o sinal a ser gravado é adicionado de um tom fixo de alta freqüência e amplitude elevada (conhecido em inglês como ***bias).*** Este sinal de polarização não é modulado pelo sinal a ser gravado e, por ser de freqüência muito superior, é absorvido pelo meio e não aparece na reprodução. O objetivo da polarização é colocar as partículas magnéticas na sua "região linear" de gravação, eliminando a magnetização original (ou, dito mais claramente, "apagando" o meio). É o sistema usado em todas as fitas de áudio, por exemplo: o *bias* é aplicado à fita pela cabeça de gravação e pela de apagamento. Cada material magnético exige um nível de *bias* diferente, pois sua curva de histerese é diferente.

Na **magnetização no ponto de Curie,** o meio é aquecido até perder as suas propriedades magnéticas; depois, resfria-se o meio imerso no campo de gravação até que este se magnetize.

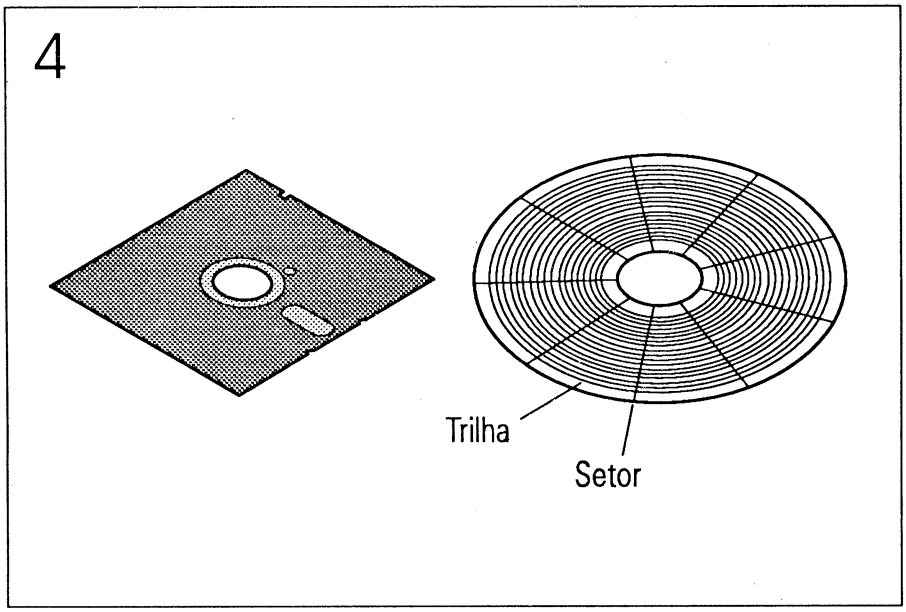
Na figura 2 vemos as curvas de magnetização pelo laço de histerese e pela polarização.



Curvas de gravação



Cabeças magnéticas



Disquete

CABEÇAS MAGNÉTICAS

Na figura 3 vemos dois tipos de cabeças magnéticas. A primeira é uma cabeça do tipo *anel:* apresenta **bobinas** iguais nos dois lados e **entreferros** no topo e na base; é comumente chamada "balanceada". Os ruídos gerados pelas próprias bobinas se cancelam e a cabeça apresenta grande resistência relativa à captação de campos externos.

A segunda cabeça é utilizada em aplicações digitais, geralmente em disquetes e discos rígidos, sendo responsável tanto pela leitura como pela gravação.

DISQUETE

Os disquetes, também conhecidos como *floppy disks* ("discos flexíveis"), são largamente utilizados na Informática. Existem disquetes de face simples ou dupla, conforme a confecção de sua estrutura.

Para se realizar a leitura, o disco é girado em velocidade constante e as cabeças gravam/lêem informações nas **trilhas.** As trilhas são divididas em **setores** (marcações especiais para a localização dos dados no meio).

Na figura 4 vemos os setores e trilhas de um disquete de $5^1/_4$ polegadas..

DISCO RÍGIDO

Com um funcionamento semelhante ao do disquete, o disco rígido (também chamado de disco "duro" ou "fixo") apresenta algumas vantagens, dentre elas a velocidade de acesso e a capacidade de armazenamento de dados.

O disco rígido é uma unidade fixa, selada, que tem sempre o mesmo disco no seu interior e se mantém girando o tempo todo. O disco propriamente dito, na verdade, são vários discos: presos a um mesmo eixo, eles formam uma espécie de "pacote". A gravação ou leitura é realizada por várias cabeças, que se movem em conjunto (fig. 5).

MEMÓRIAS SEMICONDUTORAS

BULK MEMORIES

As *bulk memories* são capazes de armazenar grande quantidade de informações em um pequeno espaço físico, apresentando apenas a desvantagem de terem o acesso lento. Podem ser divididas em memórias CCD e memórias de bolha.

MEMÓRIA CCD

É uma memória semicondutora sem junção (o que lhe permite ter pequenas dimensões). Cargas elétricas transmitem os dados (armazenados de forma serial, isto é, os bits que compõem uma palavra de dados são gravados e lidos um a um pela mesma via). A desvantagem da memória CCD é o fato de ser volátil (isto é, quando desligada a alimentação, as informações armazenadas são perdidas). Seu uso é muito difundido em chaveamento eletrônico de sistemas de comunicação de dados, em terminais inteligentes e

aplicações que utilizam memórias seriadas. Com relação à sua organização interna, existem três tipos:

- **Síncrona,** onde os dados se movimentam de uma célula à outra.
- **Série–Paralelo–Série,** que utiliza a movimentação simultânea dos dados em paralelo em direção ao detector de fim de linha (que emite os dados).
- **Organização de acesso** às linhas, que aleatoriamente transmitem os dados (este método é o mais utilizado, devido à alta velocidade de acesso e ao baixo consumo).

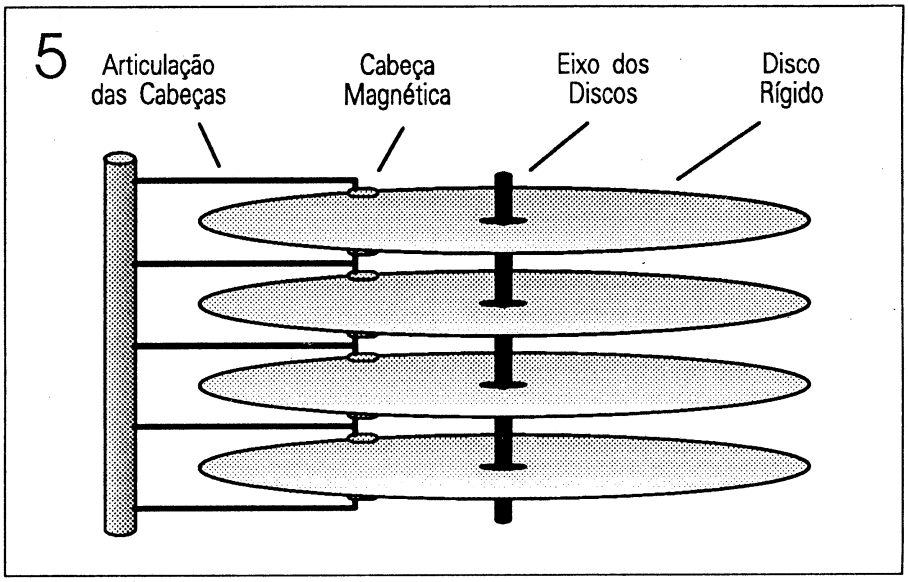
MEMÓRIA DE BOLHA MAGNÉTICA

A memória de bolha magnética (em inglês, *magnetic bubble memory)* apresenta a vantagem de não ser volátil (isto é, os dados continuam gravados mesmo sem alimentação). É formada por uma película de silicato magnético de espessura finíssima, sendo as propriedades magnéticas divididas em camadas.

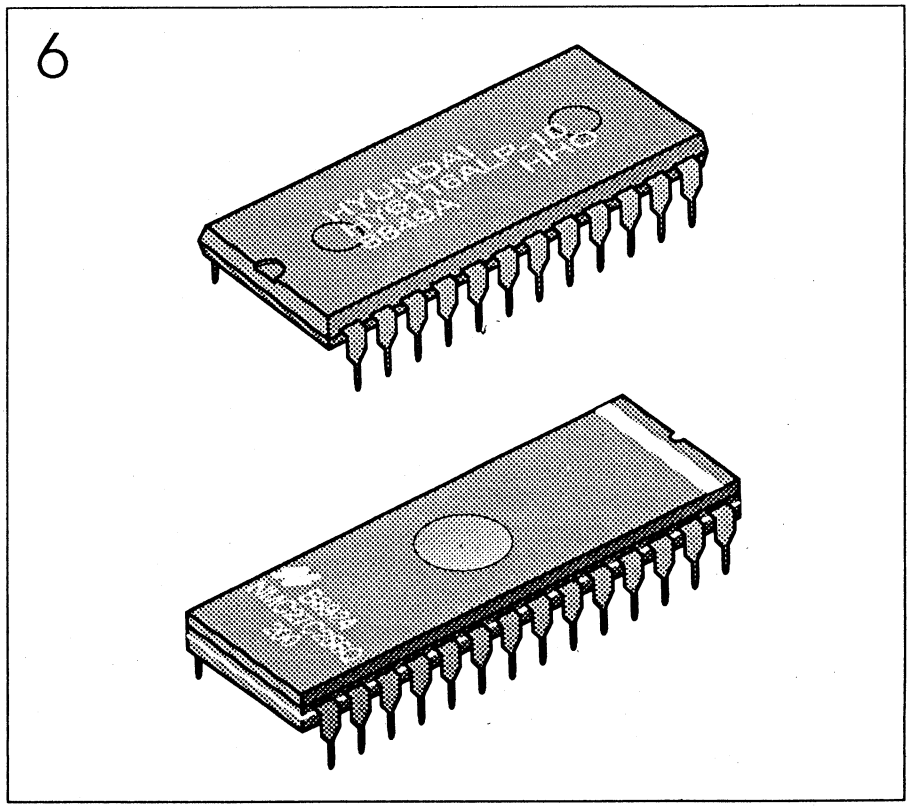
Mediante a aplicação de um campo magnético em pontos fixos na borda do material, esses pontos adquirem minicampos de formato cilíndrico ("bolhas"). Submetidas a um campo magnético rotativo (isto é, cujo fluxo magnético se desloca), as bolhas se movimentam em direção à extremidade oposta (orientadas por um grupo de barras de liga metálica). A ausência de uma bolha representa um nível "zero", e a sua presença um nível "um"; as bolhas que chegam à borda da base são regeneradas do lado oposto, de modo que os dados se movem efetivamente no meio, sem a necessidade de nenhuma peça mecânica móvel.

RAM E ROM

Na maioria dos microcomputadores e computadores de médio e grande porte, os dados manipulados durante o uso normal são temporariamente guardados na memória RAM *(random access memory* ou memória de acesso aleatório). A razão de seu uso é a velocidade de acesso relativamente alta, podendo-se efetuar as leituras e escritas em qualquer "lugar" no seu interior através de comandos de acesso direto às posições onde os dados estão. Seu funcionamento é restrito ao tempo em que o aparelho estiver ligado, pois a RAM não retém os dados sem energia. A RAM dos micros é um conjunto de *chips* absolutamente iguais, em aspecto, aos *chips* lógicos (fig. 6, em cima).



Esquema do mecanismo de acesso de um disco rígido



RAM e EPROM

A memória ROM *(read-only memory)* é somente de leitura. Isto é, após ela ter sido gravada uma vez, só pode ser lida, não usada como memória temporária. Há a ROM propriamente dita, cujo conteúdo é estabelecido pelo fabricante; a PROM *(programmable read-only memory)*, que pode ser gravada pelo usuário, e a EPROM *(erasable and programmable read-only memory)* que não pode ser regravada em qualquer posição de dados como a RAM, mas pode ser apagada por inteiro e regravada.

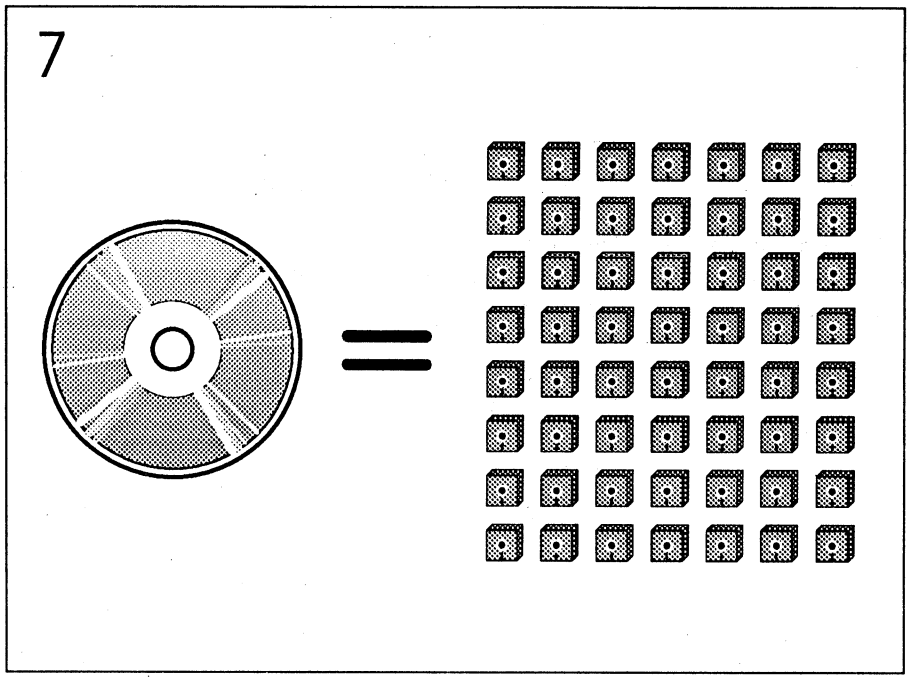
A EPROM é apagada por um princípio ótico (através da exposição a uma lâmpada ultravioleta), gravada com tensões e correntes especiais e depois lida como uma memória comum. O exemplo mais comum de EPROM é o *chip* do BIOS de um microcomputador (BIOS é o conjunto da configuração básica do micro com as instruções de acionamento).

A EPROM é geralmente encapsulada em cerâmica marrom e tem um janela de quartzo que deixa ver o *chip* propriamente dito no interior (fig. 6, embaixo).

CD-ROM

CD-ROM é a abreviação de *Compact Disc Read-Only Memory*, ou seja, "memória somente para leitura de disco compacto". É um disco de leitura ótica a *laser*, usado especificamente para o arquivamento em massa de dados digitais. O seu processo de fabricação e a leitura a *laser* são iguais aos do CD de áudio (para maiores detalhes leia o artigo sobre o CD nesta edição), mas o método de registro dos dados é diferente.

O CD-ROM pode servir para formar bibliotecas de dados industriais, comerciais e financeiros; registros fotográficos; dicionários e enciclopédias; atlas; documentação de jornais; e fontes de *"clip art"* (desenhos e símbolos sortidos) usados por revistas e jornais.



CD-ROM

Só essas aplicações são indicadas, porque o CD-ROM é fornecido ao usuário já gravado (portanto, tem que ser encomendado a uma indústria, e em boa quantidade). Como mostra a figura 7, cada CD-ROM pode acomodar até 550MB de dados, ou, dependendo da técnica de gravação, até 682MB. É espaço suficiente para guardar 200 mil páginas de texto datilografado, ou o conteúdo de 550 disquetes de 1,2MB!

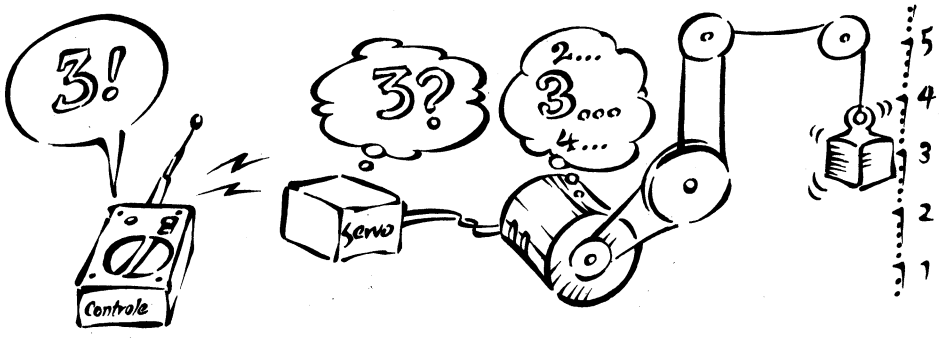
A capacidade incrivelmente grande do CD-ROM é também seu maior defeito. A quantidade de dados em um único disco é tamanha que novos processos de indexação e localização de dados tiveram de ser inventados. Em geral, para localizar um dado no disco usa-se um programa específico no micro. Pode-se pedir tudo que houver disponível sobre um certo assunto, ou fornecer uma "palavra-chave" para a busca dos dados que a contêm. Pode-se também escolher o tópico desejado numa lista de opções apresentada na tela do micro.

Como foi dito acima, o método de escrita de um CD-ROM é muito diferente do usado em áudio digital. Para um conjunto de dados tão grande, não seria de surpreender que cada disco tivesse pelo menos alguns kB de dados errados. No entanto, o "embaralhamento" dos dados e a geração de códigos auxiliares são muito mais eficientes que no CD de áudio, resultando numa taxa média de erros não-corrigidos de um byte em 10^{16} (dez seguido de dezesseis zeros)!

CÉREBRO

Os sistemas de armazenamento de dados podem ser poderosos, mas não se deve superestimar a aparentemente notável capacidade dessas memórias. Não se esqueça de que você dispõe, desde que nasceu, de um sistema bem mais complexo e avançado para a mesma finalidade: o seu **cérebro.** Já criticamos a dificuldade de se armazenar os dados nele com precisão, mas um cérebro comum (em bom estado, claro) pode armazenar algo como 10^{12} **bytes** (um milhão de megabytes) de dados. A experiência de uma vida inteira! Que tal? **E**

SERVO PARA CONTROLE PROPORCIONAL

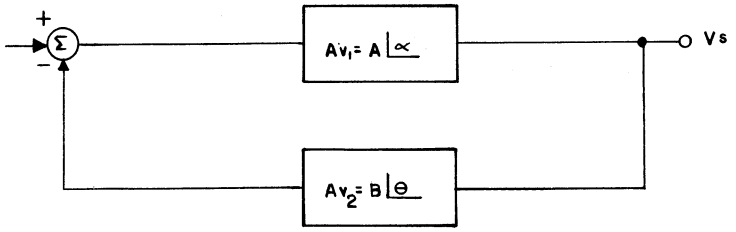


Este é um circuito aplicativo para o nosso Controle Remoto Multicanal (apresentado na edição anterior), assim como para qualquer controlador que transmita instruções binárias de três bits.

Um servomotor é um sistema formado por um motor e um circuito que controla a sua posição. O motor envia ao circuito de controle um sinal informando a sua posição e o circuito de controle corrige a posição do motor pela alteração proporcional na sua alimentação. A figura 1 mostra um servomotor de realimentação negativa, no qual o aumento da realimentação produz a diminuição do sinal de comando do motor (ver adiante).

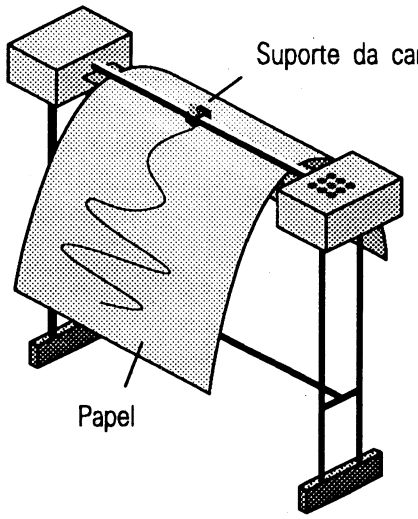
Atualmente o uso de servomecanismos é muito difundido. Como exemplo podemos citar a *plotter* (em inglês, "traçador"). A *plotter* é um periférico de computador que faz desenhos com uma caneta, substituindo a prancheta. Os sistemas de CAD/CAM (projeto e fabricação com auxílio de computador) utilizam a *plotter* para traçar plantas de edifícios, esquemas elétricos, desenhos de peças mecênicas, etc.

1



Um exemplo de servomecanismo com realimentação negativa

2



Plotter para folhas de papel grandes

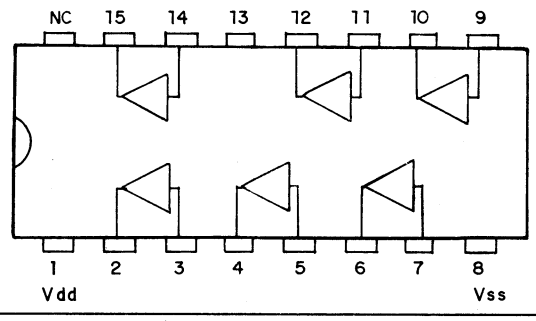
Um tipo corrente de *plotter* pode ser observado na figura 2. Esse modelo tem mecanismos para mover a caneta (na horizontal) e o papel (na vertical), e para baixar e levantar a caneta sobre o papel; o desenho é o resultado do trabalho coordenado desses mecanismos. O programa de desenho do micro envia as instruções de traçado e a *plotter* executa o desenho através de um servomotor. O microprocessador na *plotter* determina quanto a caneta tem de se mover em cada direção até chegar ao próximo ponto do roteiro de desenho; para isso, ele usa as coordenadas de posição informadas pelo motor.

Um erro de compreensão muito comum é pensar que o **motor de passo** é um servomotor. Um servomotor é formado pelo motor propriamente dito e por um circuito de realimentação, formando um circuito interativo (uma **malha fechada**). O motor de passo tem as suas posições definidas pelos **passos** (distâncias-padrão de movimento) e é controlado por um circuito em **malha aberta** (sem realimentação), que simplesmente aciona o motor por distâncias traduzidas em passos. Portanto, um motor de passo não pode ser considerado um servomotor.

A **realimentação** é o processo de se injetar na entrada de um circuito uma parcela do sinal de saída. Se o sinal que é realimentado está em fase com o sinal de entrada temos uma **realimentação positiva**, em que o sinal de saída tende a aumentar (pois estamos injetando na entrada um sinal de mesma fase). Este tipo de realimentação é muito usado em circuitos osciladores.

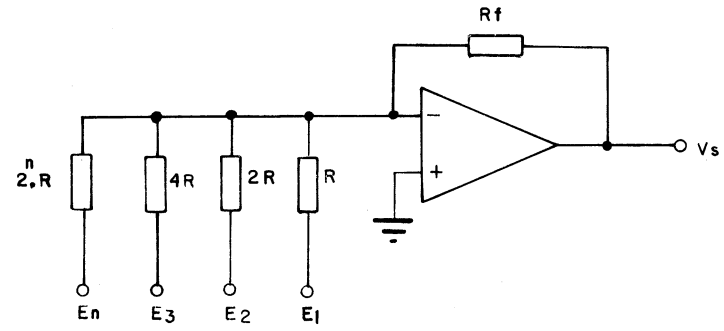
Quando o sinal da realimentação é defasado de 180° (invertido) a saída tende a ficar constante, pois toda vez que o sinal de entrada varia, a variação no sinal de saída faz a realimentação variar em sentido contrário, corrigindo a variação na saída. Isto é a **realimentação negativa.**

3



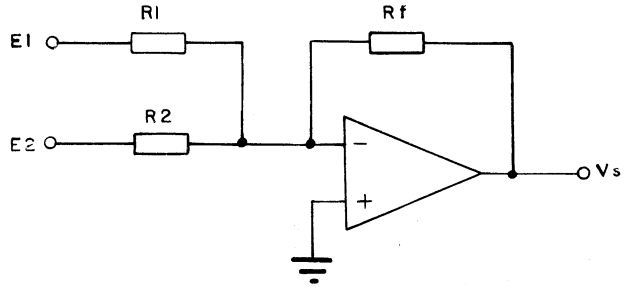
Pinagem do 4050

4



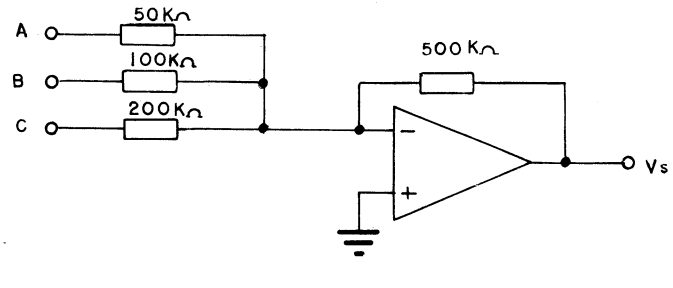
Rede resistiva acumuladora

5



Somador resistivo na entrada inversora do operacional

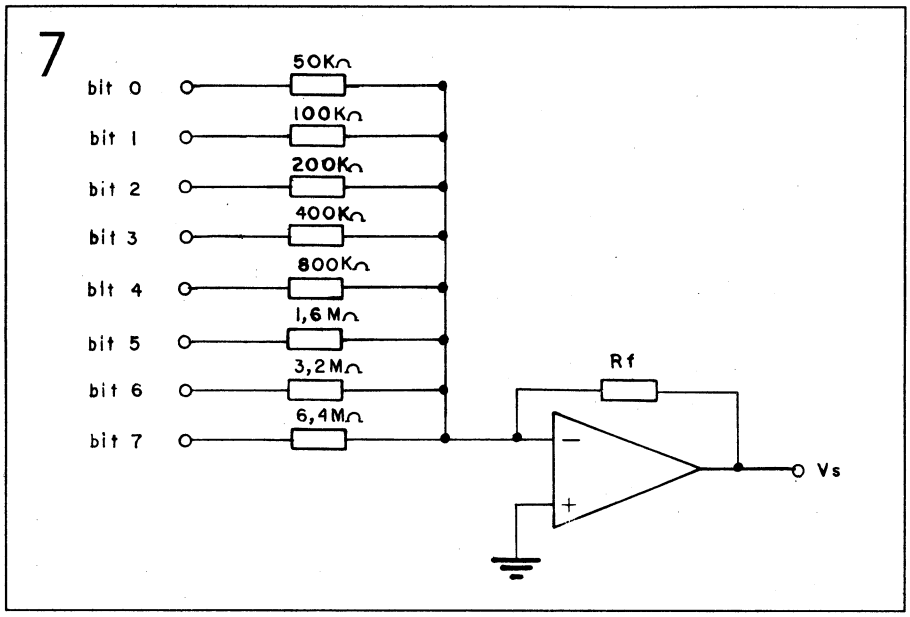
6



Circuito de 3 bits

Para controlar a posição de um motor fazendo-o girar até uma determinada posição, deve-se aplicar nele um sinal correspondente. Isto não é tão simples como parece, pois devido a certas características do mecanismo (inércia do rotor, por exemplo), não é possível fazê-lo parar na posição exata.

Por outro lado, com o motor informando ao circuito onde parou, ele tem condições de corrigir a sua posição. Para tanto, liga-se ao eixo do motor um **sensor** que envia ao circuito de controle um sinal que indica a sua posição. Assim, no caso citado, quando o eixo se aproxima da posição certa, a realimentação torna o sinal enviado ao motor progressivamente menor, até fazê-lo parar na posição correta. Isto acontece quando o sinal realimentado é defasado de 180° (invertido) em relação ao de entrada.



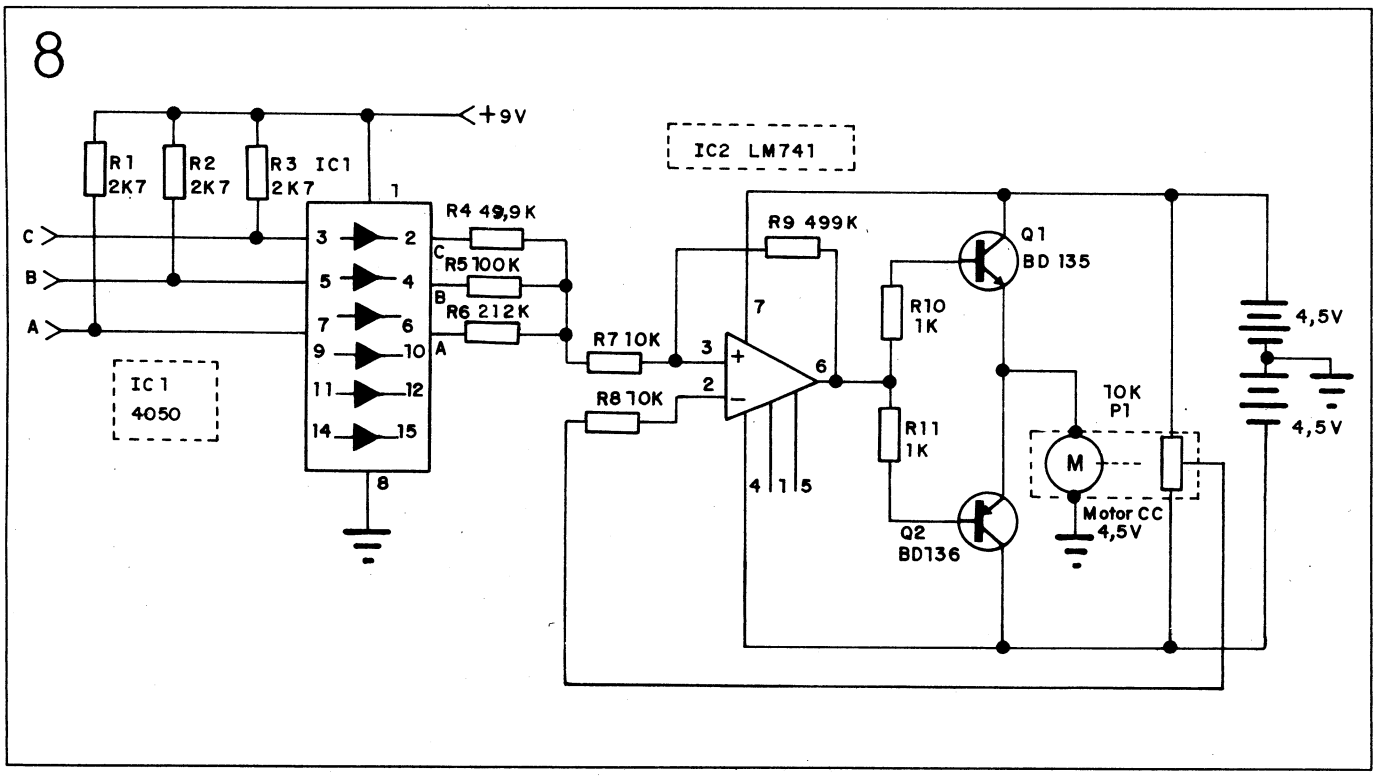
Circuito de 8 bits

FUNCIONAMENTO

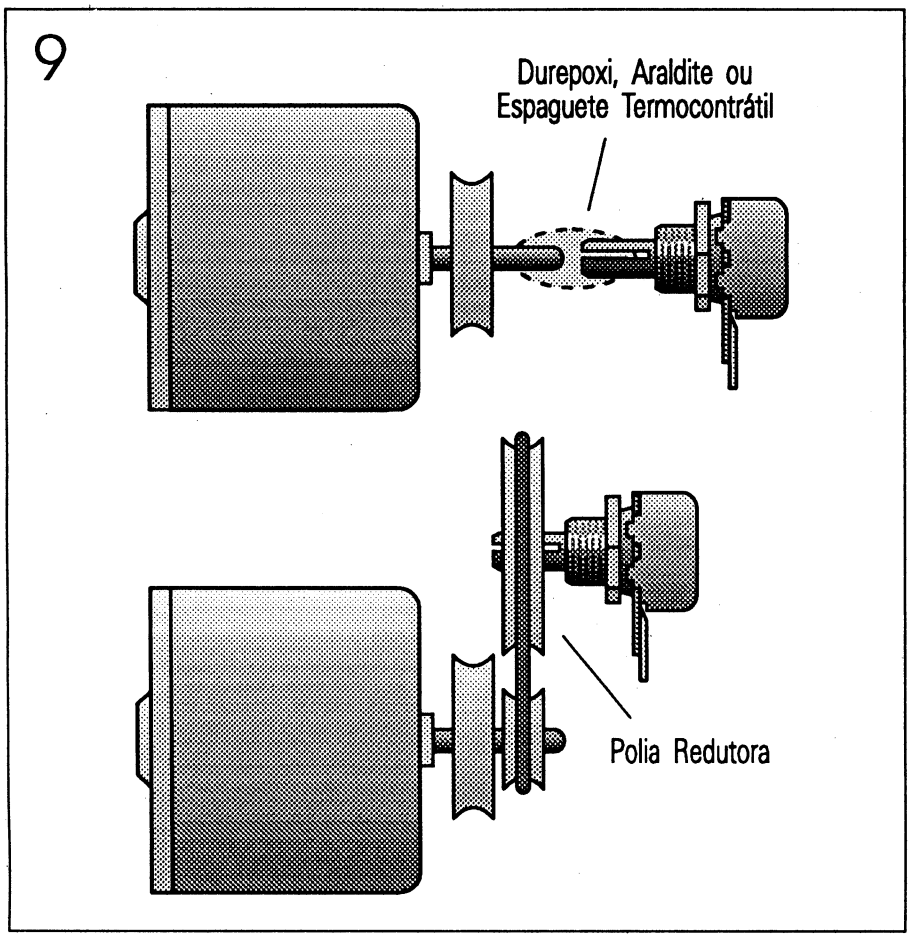
O nosso circuito é constituído por um conversor D/A (digital/analógico) e uma etapa de potência para o servomecanismo.

O *chip* IC_1 (4050) funciona como um *buffer* (reforçador de sinal), com a finalidade de garantir um nível de tensão digital aceitável para que possamos realizar a conversão. A pinagem do 4050 está na figura 3.

A conversão do sinal digital (do controlador) para o sinal analógico correspondente (que aciona o motor) é feita pelo IC_2 (741). Esse componente, um amplificador operacional comum, é aqui configurado como um conversor D/A por rede



Esquema elétrico



Sugestões de acoplamento de P1 ao motor

resistiva acumuladora (figura 4). Este conversor parte do seguinte conceito: à entrada do amplificador operacional é ligada uma rede somadora onde as entradas E passam por resistores. Cada um deles tem um valor diferente, seguindo a seguinte razão: para E_1, adota-se um valor R qualquer; para E_2, o dobro do valor do resistor de E_1, ou seja, 2R; e assim por diante.

O amplificador operacional com um somador resistivo ligado à entrada inversora (fig. 5) tem o seu ganho definido pela seguinte fórmula:

$$V_s=-R_f\cdot(E_1/R_1+E_2/R_2)$$

Temos duas aplicações da fórmula nas figuras 6 e 7. A primeira foi criada para o Controle Remoto Multicanal (publicado na edição anterior), de três bits (capaz de assinalar 8 posições), e a segunda para um controle de 8 bits (com a qual pode-se discriminar 256 posições).

O esquema elétrico do Servomotor está mostrado na figura 8. No nosso circuito, o sinal que aciona o motor (motor DC de 4,5 V) é o sinal analógico convertido a partir das entradas digitais A, B e C (três bits). Seguindo a regra citada acima, pode-se ampliar o número das entradas (e, por conseqüência, o grau de controle possível) facilmente.

Os transistores Q_1 e Q_2 fornecem a corrente necessária para o motor e estão configurados como **seguidor de emissor** em par complementar.

A malha de realimentação é fechada através do potenciômetro linear P_1 (10kΩ), que tem o seu cursor mecanicamente acoplado ao eixo do motor e serve como **sensor** de movimento. Dependendo da posição do cursor (e, conseqüentemente, do eixo), temos uma tensão proporcional no pino 2 (entrada inversora) do 741.

O IC_2 é ligado na configuração de **amplificador diferencial**, ou seja, na saída temos uma tensão proporcional à diferença dos sinais de entrada originários do conversor D/A e do potenciômetro de realimentação, obtendo assim a realimentação negativa.

MONTAGEM

A figura 10 mostra o *layout* da placa do circuito. Na figura 11 temos a disposição dos componentes na placa. Para a alimentação do circuito e do motor, como são exigidas duas tensões diferentes, sugerimos a montagem de uma pequena fonte simétrica ou a conexão de três pilhas (alcalinas) em série para +4,5 V e outras três para –4,5 V. A figura 12 ilustra a associação das pilhas.

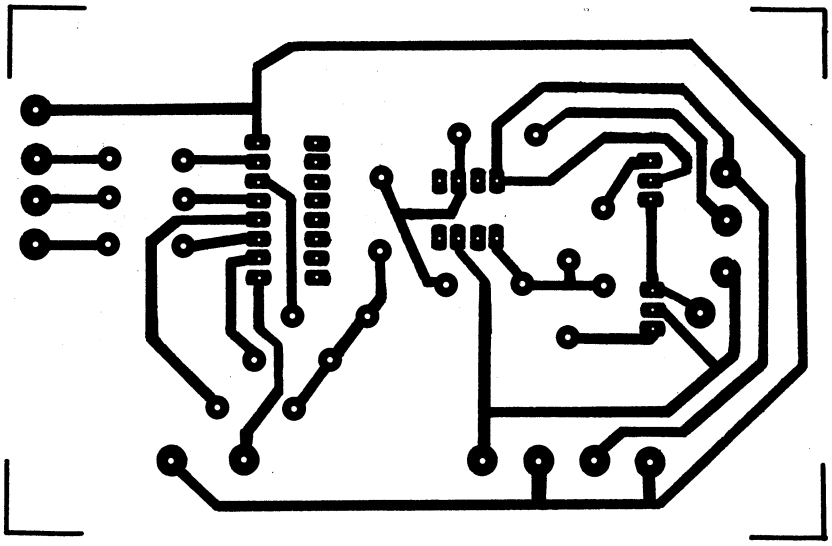
Uma observação importante: o motor e os transistores de comando sugeridos neste projeto são pouco potentes. Se quiser usar um motor de maior potência, substitua-o no circuito por um SCR ou relé capaz de manejá-lo indiretamente.

AJUSTE

Depois de preparar a placa do circuito, coloque nas entradas ABC os níveis lógicos correspondentes ao número 4 (decimal). Sua representação em binário é: A=0, B=0 e C=1. Ajuste o potenciômetro P_1 (sem conexão com o motor) até conseguir uma tensão de zero volts na saída do amplificador (pino 6 do IC_2).

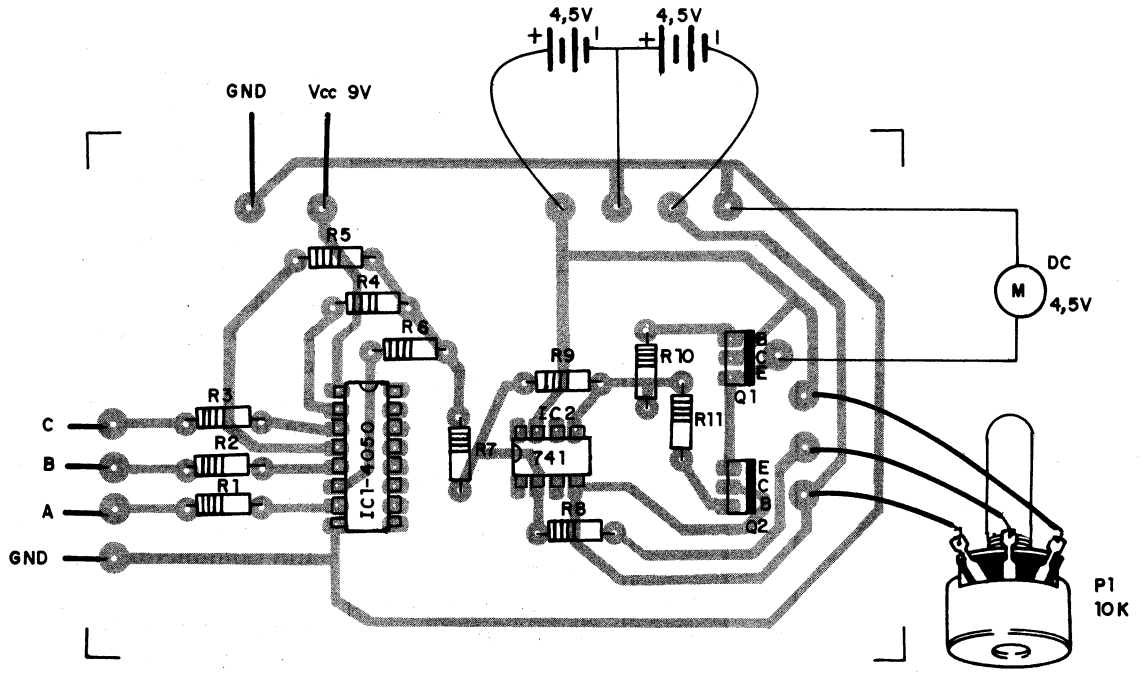
Após este ajuste, conecte o eixo do motor ao cursor do potenciômetro P_1, de forma que ele possa girar jun-

10



Layout da placa

11



Colocação dos componentes

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- IC_1 — CD 4050 (circuito integrado lógico CMOS)
- IC_2 — LM 741 (amplificador operacional)
- Q_1 — BD 135 (transistor de média potência NPN)
- Q_2 — BD 136 (transistor de média potência PNP)

RESISTORES

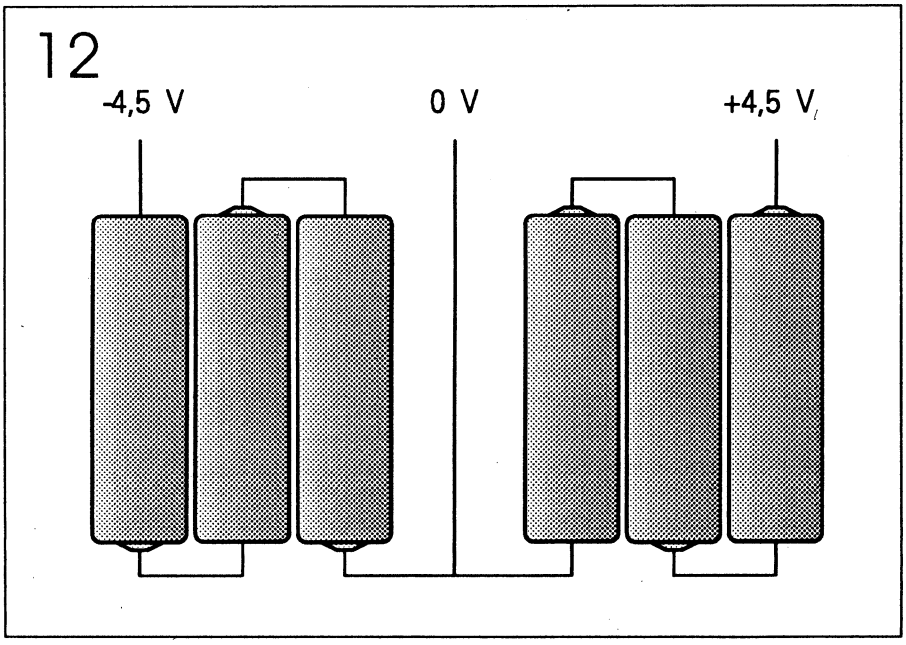
- R_1, R_2, R_3 — 2k7Ω (vermelho, violeta, vermelho)
- R_4 — 49k9Ω (amarelo, branco, branco, vermelho) ou 47kΩ (amarelo, violeta, laranja) — ver texto
- R_5 — 100kΩ (marrom, preto, amarelo)
- R_6 — 212kΩ (vermelho, marrom, vermelho, laranja) ou 180kΩ (marrom, cinza, amarelo) ou 220kΩ (vermelho, vermelho, amarelo) —ver texto
- R_7, R_8 — 10kΩ (marrom, preto, laranja)
- R_9 — 499kΩ (amarelo, branco, branco, laranja) ou 470kΩ (amarelo, violeta, amarelo) — ver texto
- R_{10}, R_{11} — 1kΩ (marrom, preto, vermelho)
- P_1 — 10kΩ (potenciômetro do tipo linear)

DIVERSOS

- Dois porta-pilhas de três pilhas cada, seis pilhas de 1,5 V, um motor de 4,5 V_{DC}, material para acoplar P_1 ao motor, placa de circuito impresso, fios, solda, etc.

to com o motor. A figura 9 fornece duas sugestões de acoplamento: uma direta (para o caso do giro requerido do motor ser pequeno) e uma com redução (para estender o controle por vários giros do motor). Procure usar um potenciômetro com cursor de "baixa inércia", isto é, fácil de girar, para não aumentar o trabalho do motor sem necessidade.

Vamos colocar agora um valor maior do que "4" nas entradas A, B e C. O motor roda em um dos sentidos e, como o cursor de P_1 está ligado ao eixo, este gira também e fornece uma tensão para o amplificador operacional. Esta tensão "tenta" igualar-se à tensão da entrada proveniente do conversor D/A; quando isso ocorre, a tensão na saída do amplificador é de zero volts e o motor cessa o movimento na presente posição.



Ligação das pilhas

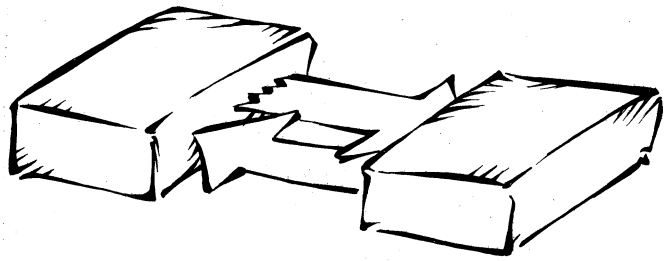
Colocando-se um valor inferior a "4" nas entradas, o motor roda em sentido contrário e pára em uma determinada posição.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como se pode observar, este circuito dispensa qualquer ajuste. Convém lembrar apenas que, para o conversor D/A escalonado, a relação entre os resistores de entrada do conversor deve ser a mais próxima possível da ideal (um valendo o dobro do outro). Se puder, use resistores de tolerância de 1% (os valores de R_4 e R_9 foram sugeridos como 49k9Ω e 499kΩ, respectivamente). Se não for possível obter resistores de 1%, use em seu lugar 47kΩ e 470kΩ (da série muito mais usada de 10%), ou, se a precisão for realmente muito necessária, substitua os resistores por *trimpots* e ajuste-os nos valores certos com a ajuda de um ohmímetro.

O mesmo vale para R_6, que teoricamente deveria ser de 200kΩ e na prática foi usado um de 212kΩ. Pela série de 10% o seu valor pode ser 180kΩ ou 220kΩ, sem prejuízo para o funcionamento do circuito. **E**

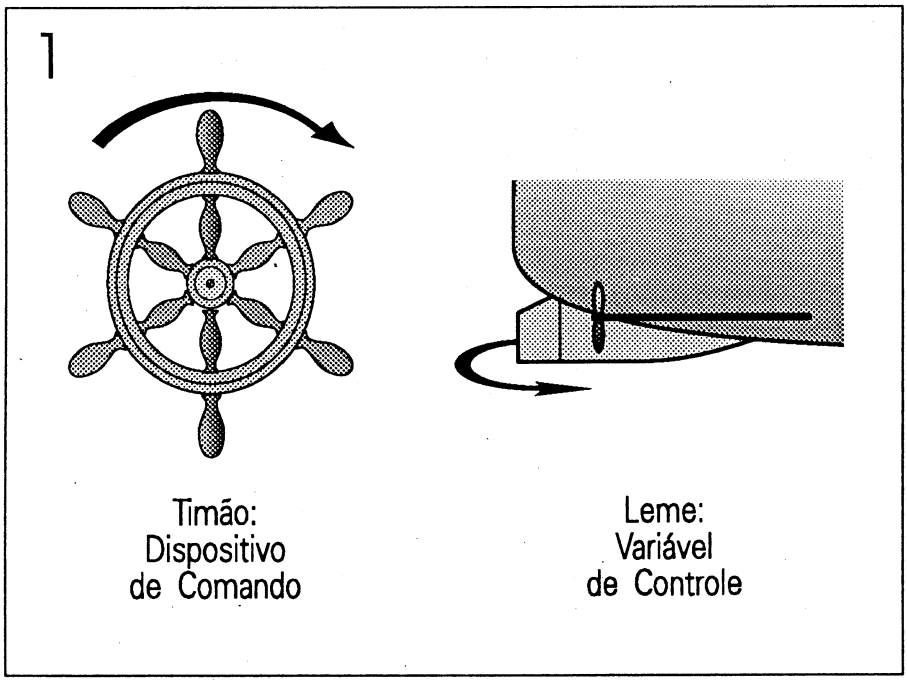
Sistemas de Controle: Servomecanismos



As operações associadas ao controle de processos ou de sistemas existem na natureza desde o surgimento do primeiro ser. Podemos considerar como um "sistema de controle natural" as operações que regulam algumas características físicas de suma importância para a nossa vida: a temperatura do corpo, a pressão sangüínea, a intensidade de luz na retina, o equilíbrio dos líquidos no corpo e outras funções que são controladas no sistema natural chamado corpo humano.

Com o desenvolvimento da civilização, o homem passou a regular alguns parâmetros físicos externos ao seu corpo, para manter ou melhorar as suas condições de vida. A partir de então surgiram os sistemas controlados artificiais: os **servomecanismos.**

Os servomecanismos são sistemas que utilizam um conjunto de equipamentos para controlar, remotamente ou não, automaticamente ou não, uma variável física denominada *variável de controle:* a posição de um leme, a velocidade de uma esteira de transporte, o fluxo de um líquido na tubulação, etc.



Exemplo de sistema de controle

Existem vários tipos de de servomecanismos, destacando-se os **de posição** (de algum objeto ou equipamento a partir de uma referência fixa) e os **de velocidade** (que ajustam o deslocamento de um equipamento ao longo do tempo, tendo também uma referência básica).

Na figura 1 pode-se observar o deslocamento de um leme de barco, como exemplo do que foi comentado. O timão exerce uma força sobre o leme a partir de um sistema de transmissão. Quanto mais próximo estiver o leme da posição final desejada, menor o esforço necessário para movê-lo.

No mesmo exemplo temos:

- O leme como **variável de controle** (o que deve ser controlado).
- O timão como **dispositivo de comando** (que manipula a variável de controle).

O leme deve fornecer a cada instante a posição que está ocupando, para que o acionador do timão possa ajustar seu esforço sobre este.

CORREÇÃO POR AMPLIFICADOR DE ERRO

O diagrama em blocos de um sistema de controle é mostrado na figura 2. O sinal emitido pelo dispositivo

de comando passa por um bloco denominado **amplificador de erro** antes de atuar sobre a variável de controle. O amplificador de erro ajusta o sinal a ser aplicado à variável de controle, de acordo com a informação vinda da mesma na forma de **realimentação** do sistema.

Na figura 3 temos o sistema de controle de aquecimento de uma caldeira que está à temperatura de 25°C e deve ser aquecida a 80°C. Para tanto, aciona-se o controle do aquecedor para ligá-lo. O sensor de temperatura indica a cada instante a temperatura da caldeira para o controle do aquecedor. Esta indicação faz com que o aquecedor diminua o calor fornecido, conforme a temperatura vai se aproximando do valor desejado.

Na figura 4 podemos observar o símbolo utilizado para indicar o amplificador (ou detetor) de erro. Aplica-se o sinal vindo do dispositivo de comando à entrada positiva do amplificador de erro, enquanto que o sinal realimentado (correspondente à informação atual da variável de controle) é aplicado à entrada negativa. O amplificador tem por função amplificar a diferença dos sinais aplicados às suas entradas, ou seja, quanto mais próximos os valores na entrada menor o valor na saída, indicando que a atuação na variável de controle pode ser reduzida, pois esta (no exemplo, a temperatura) está se aproximando do valor desejado (figura 5). A diferença entre o valor desejado na variável de controle e o valor atual dessa variável é denominada **erro.** Daí a origem do nome "amplificador de erro".

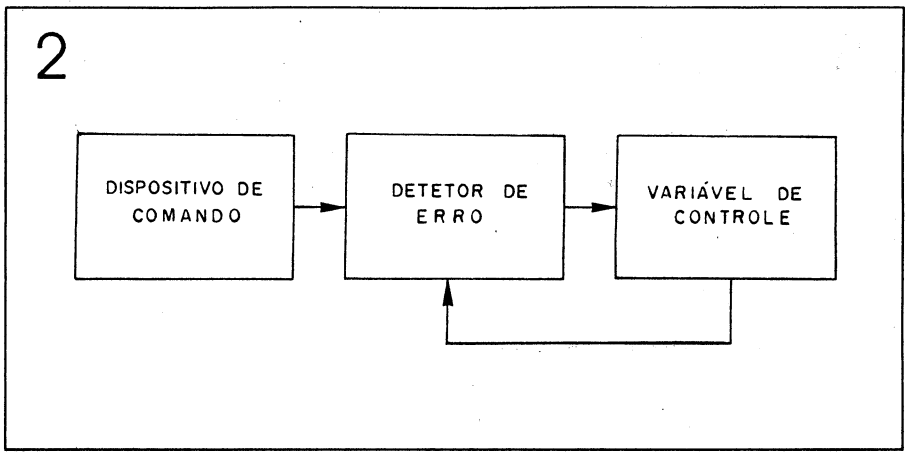
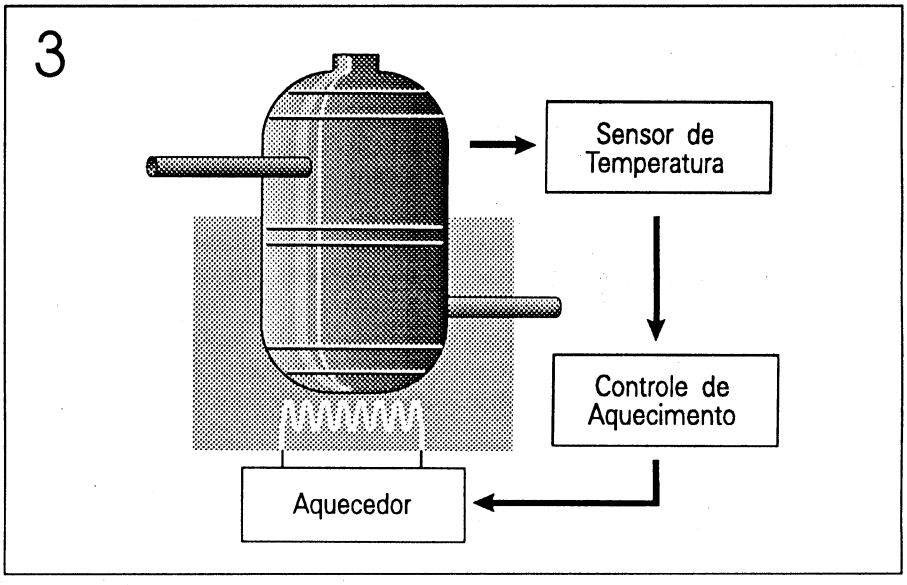
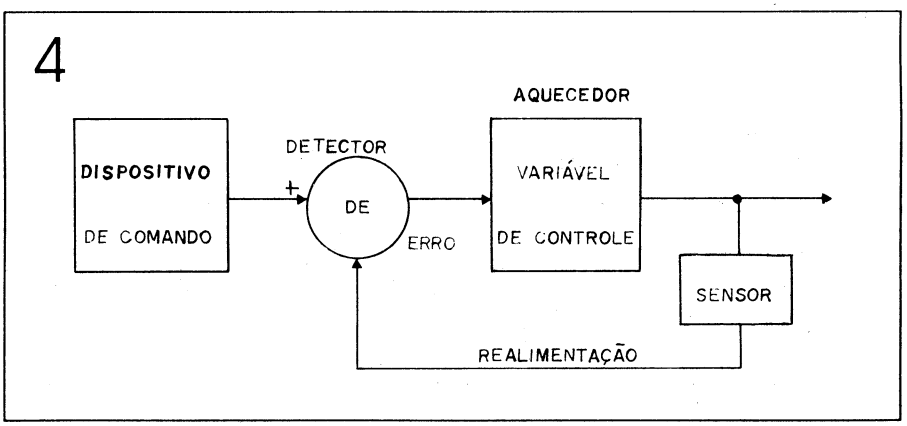


Diagrama básico de sistema de controle



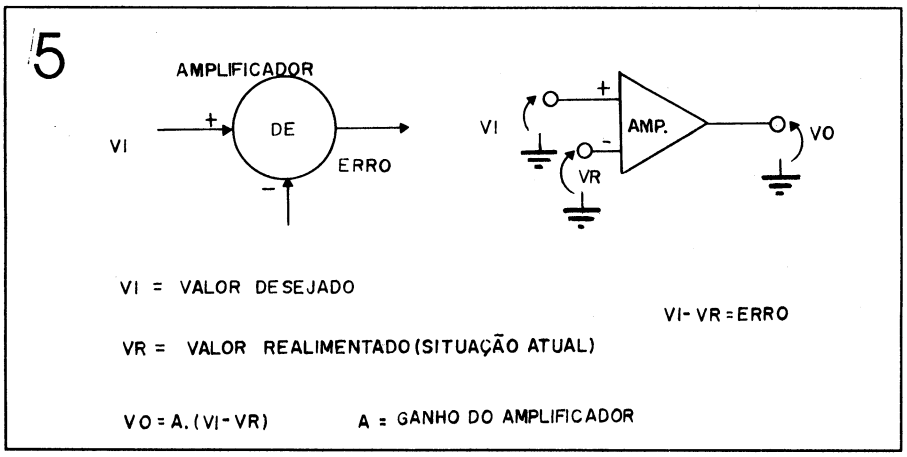
Aquecimento de uma caldeira



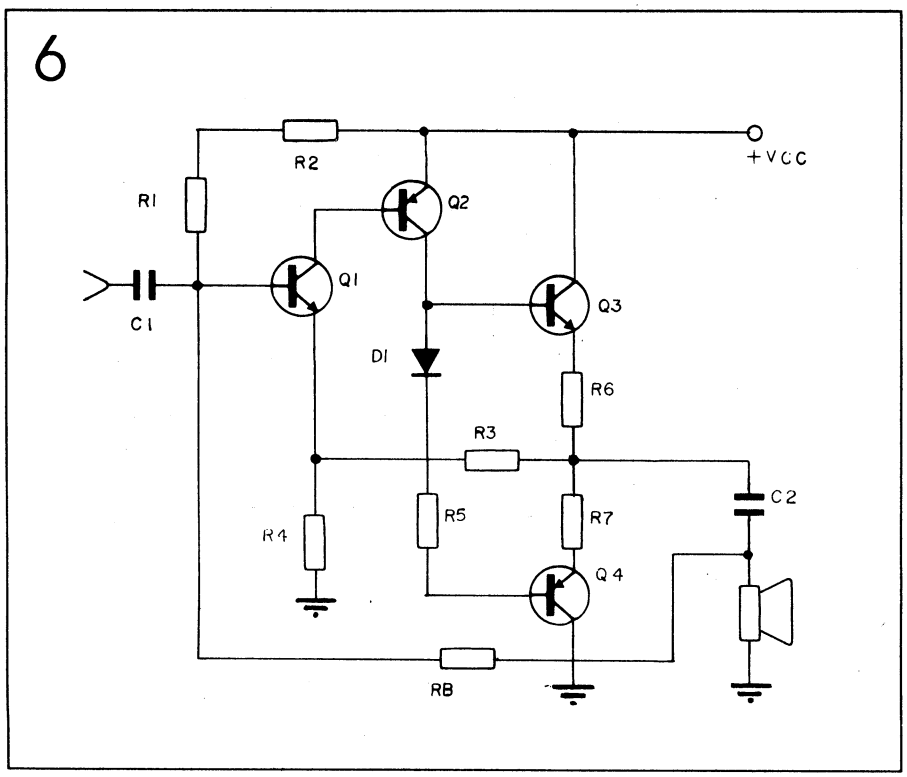
Sistema de controle da caldeira

REALIMENTAÇÃO

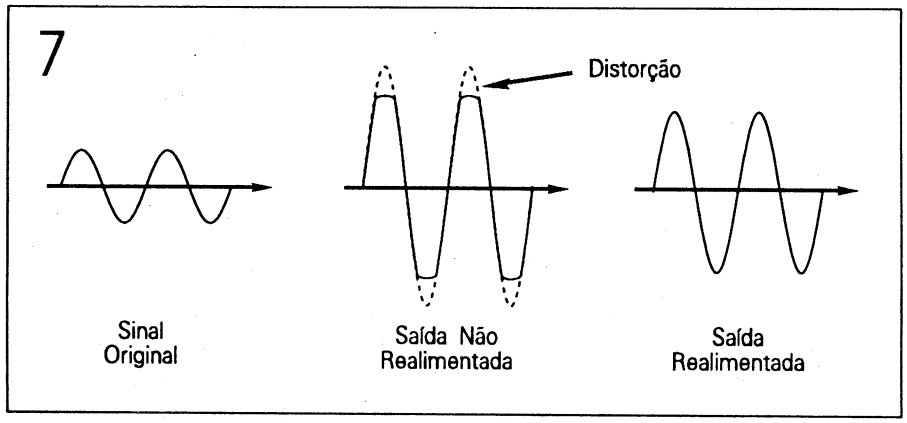
Um outro sistema de controle muito comum, encontrado em aparelhos eletrônicos é o **controle automático de ganho** (ou simplesmente CAG), que tem por finalidade ajustar a saída de áudio de um circuito amplificador em relação à posição indicada pelo potenciômetro em sua entrada (dispositivo de comando). Sobre este circuito, que é conhecido pela maior parte dos aficionados em Eletrônica (fig. 6), podemos desenvolver o conceito da **malha fechada.**



Amplificador de erro



Estágio de um amplificador com controle automático de ganho



Sinal de saída do amplificador, com e sem CAG

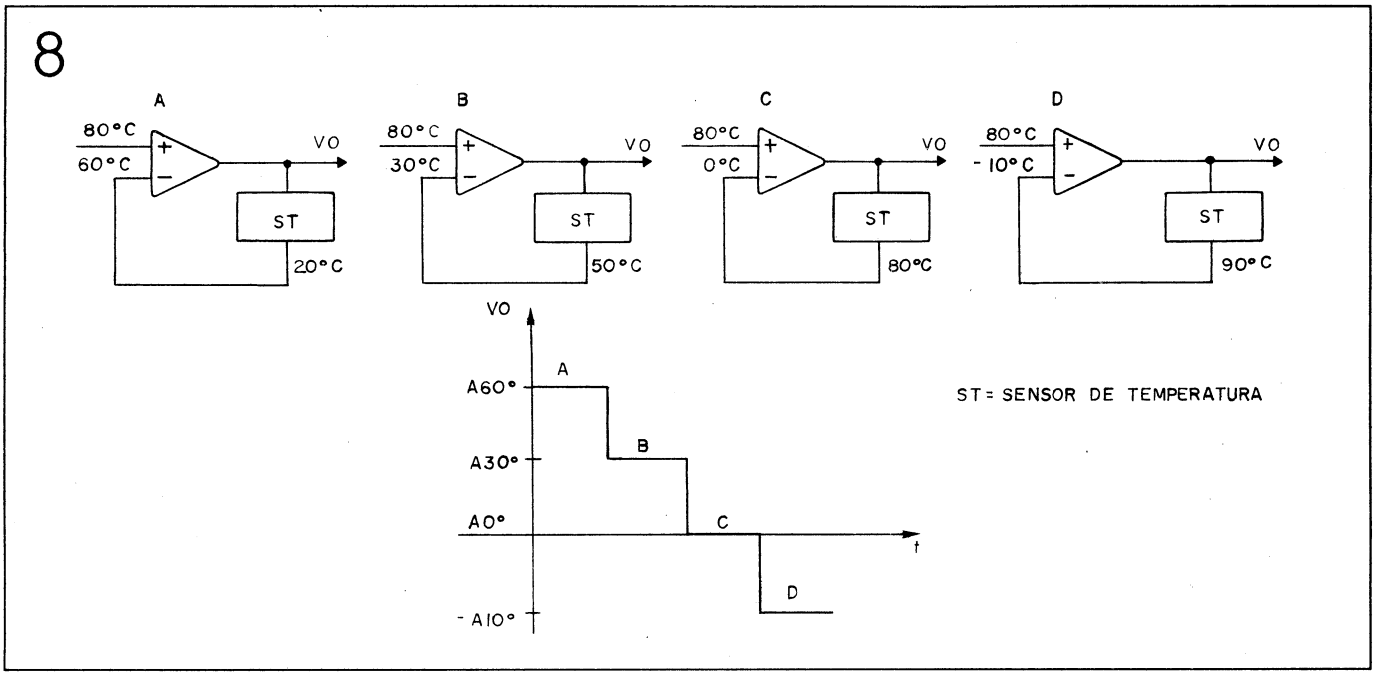
O resistor R_8 no CAG funciona como realimentação, que no caso é negativa, pois quanto maior o sinal aplicado sobre o resistor, menor a saída do amplificador (transistores Q_3 e Q_4). Na ausência do resistor, o sinal da saída aumentaria até levar os transistores ao ponto de saturação, gerando distorção no sinal de áudio (figura 7).

Definimos que temos um sistema de controle em **malha fechada** quando há realimentação do sinal que está sendo controlado. Analogamente, um sistema de controle em **malha aberta** ocorre quando não há realimentação do sinal que está sendo controlado; portanto, há a necessidade de se definir outro parâmetro que indique o instante de corte da atuação do sistema sobre a variável de controle, quando esta atinge o valor desejado.

Na figura 8 mostramos a importância e a atuação da realimentação em um sistema de controle.

- No caso (a) o valor de V_0 é o maior; a caldeira deve ser bastante aquecida, pois V_0 atua sobre o aquecedor.
- No caso (b) o valor de V_0 é menor do que em (a), portanto o aquecedor deve reduzir o calor passado para a caldeira.
- No caso (c) o valor de V_0 é 0; neste instante o aquecedor não deve atuar, sendo desligado.
- No caso (d) o valor de V_0 é negativo, pois a temperatura da caldeira superou a desejada e a entrada negativa do amplificador passou a ter um sinal maior do que a entrada positiva. Neste instante, se possível, o aquecedor deve funcionar como resfriador para abaixar a temperatura da caldeira até o valor desejado.

Como se pode observar, a realimentação é o principal fator em um sistema de controle ou servomecanis-



Realimentação em um sistema de controle

mo. Quando a ação determinada pelo comando é perfeitamente realizada, o sinal de realimentação equilibra-se com o sinal de comando, de forma que o erro é nulo, fazendo com que o sinal aplicado à variável de controle seja igual a zero.

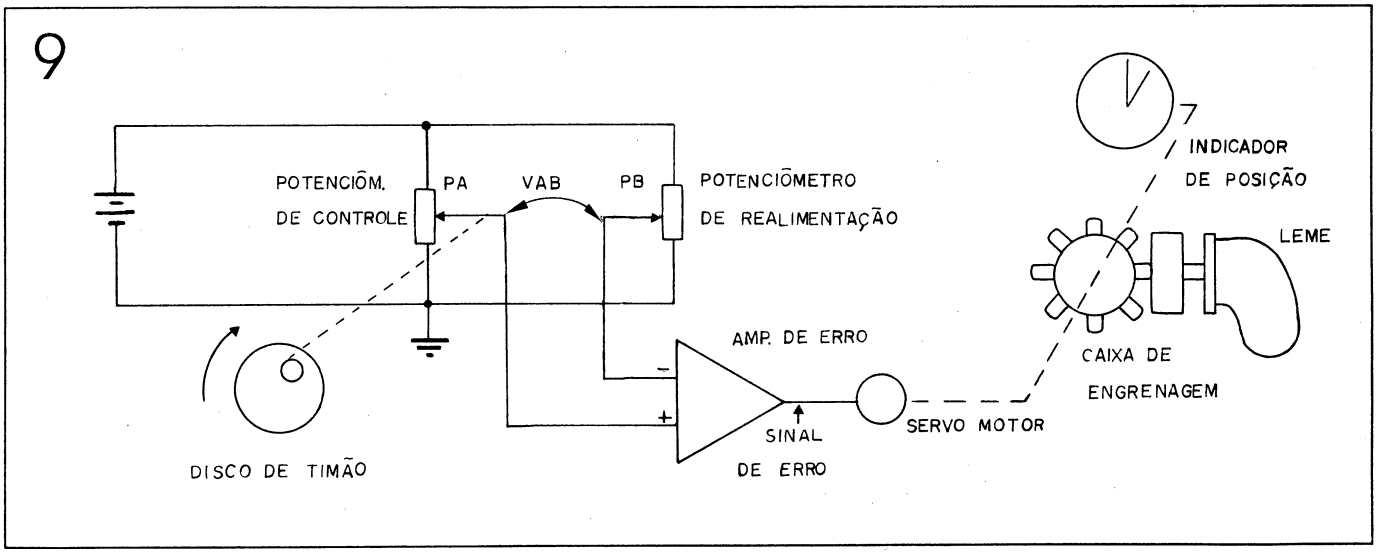
Todo servomecanismo deve ser capaz de receber uma instrução ou comando externo, medir o valor atual da grandeza controlada e atuar no dispositivo controlado no sentido de corrigir qualquer erro ou desvio do valor desejado.

APLICAÇÃO PRÁTICA

Vários componentes ou equipamentos eletrônicos são empregados para converter as variáveis físicas (temperatura, pressão, distância e força) em parâmetros elétricos (tensão e corrente), de forma que sejam manipulados por circuitos eletrônicos para o controle do sistema. Eis alguns desses componentes e o que eles transformam:

- **NTC e PTC** — variação de temperatura em variação da resistência.
- **Potenciômetro** — variação de posição em variação da resistência.
- **Transformador** — variação de campo magnético em variação de tensão e corrente.

Um sistema de servomecanismo usado para dirigir um navio é mos-



Servomecanismo para controle de direção de um navio

trado na figura 9. Um circuito formado por dois potenciômetros em ponte (P_A e P_B) desempenham as funções de comando e realimentação, formadas por um amplificador, um servomotor e uma caixa de engrenagens de redução. Um eixo de acionamento sai da caixa de redução e posiciona o leme do navio, fornecendo o sinal também para o indicador de posição.

O timão aciona o braço móvel do P_A. A realimentação é tirada de um eixo na caixa de engrenagens e aciona o P_B. O sinal amplificado da diferença de potencial fornecida por P_A e P_B é aplicado ao servomotor, o qual atua sobre a caixa de engrenagens e sobre o leme (que é a variável de controle).

Quando o navio está no curso correto, os braços A e B dos potenciômetros estão equilibrados e não há sinal de erro; portanto, $V_{AB}=0$. Com a entrada igual a zero, o amplificador de erro não aplica potência ao motor e este não gira, mantendo o curso normal.

Se o capitão decidir mudar o curso, ele movimenta o potenciômetro de controle (P_A) através do timão. Isto desequilibra a ponte de potenciômetros, dando origem a um sinal de erro. A amplitude do sinal de erro é proporcional à amplitude do desvio dado no timão. O sinal é amplificado pelo amplificador de erro, o qual produz potência suficiente para acionar o servomotor.

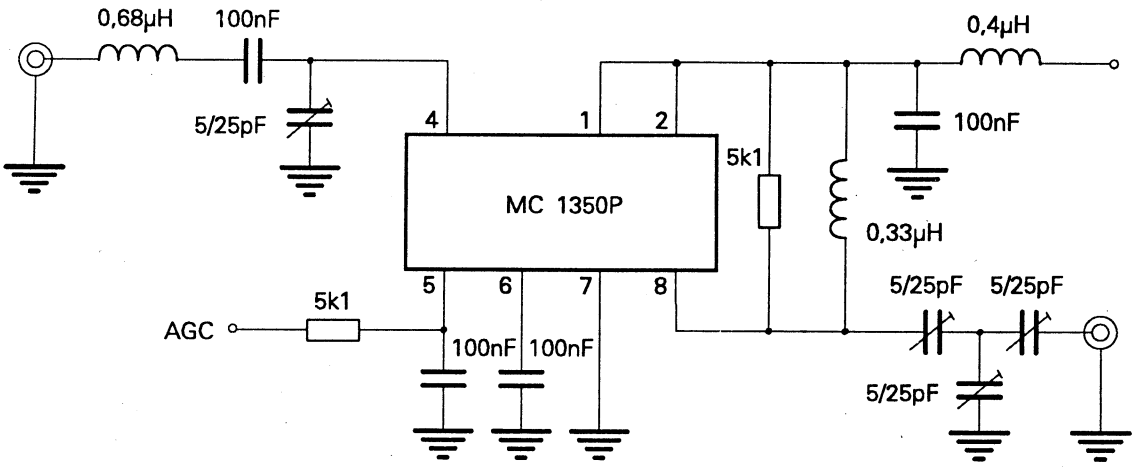
A polaridade do sinal de erro determina o sentido de rotação do servomotor que reposiciona o leme. Isso move P_B junto com o leme, restabelecendo o equilíbrio do circuito.

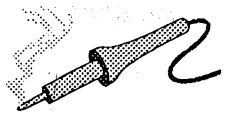
A caixa de redução é um dispositivo fundamental num sistema de controle. É constituída, neste exemplo, por um conjunto de engrenagens acopladas de um lado ao eixo do motor e do outro ao leme do navio. A redução da velocidade de rotação causa um aumento no torque, permitindo ao servosistema comandar facilmente dispositivos pesados como o leme do nosso exemplo. **E**

CIRCUITOS BÁSICOS

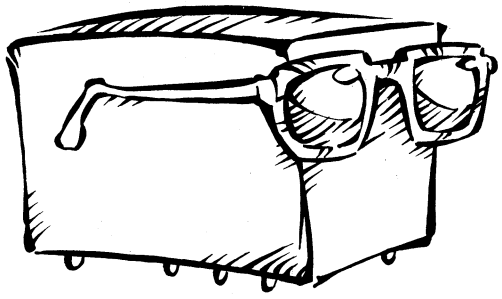
AMPLIFICADOR DE 45MHz

Este circuito pode ser usado em etapas de FI de receptores, com excelente ganho na freqüência indicada e impedância de saída de 50Ω. O MC 1350P consiste num amplificador de FI integrado, com ganho típico de 50dB em 45MHz. Opera com alimentação de 12 V a partir de uma fonte simples. A faixa do AGC (controle automático de ganho) é tipicamente de 68dB.





Por SUZI OMORI



Relé Fotossensível

Apresentamos a seguir um circuito muito simples, que aproveita as propriedades de um LDR e pode ser montado por qualquer principiante no hobby eletrônico

INTRODUÇÃO

Antes de vermos o funcionamento do projeto, daremos um enfoque especial a alguns componentes.

O LDR

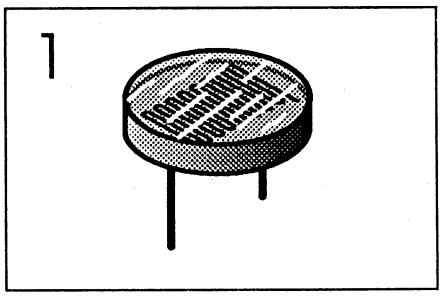
O LDR (literalmente, "resistor dependente da luz" ou, em inglês, *light dependent resistor)* também é conhecido pelos nomes de foto-resistor, fotocondutor e célula foto-resistiva (fig. 1). A sua característica é a variação da resistência em relação à luz, numa certa faixa do espectro (fig. 2). No material do LDR, a quantidade de elétrons livres (que conduzem a corrente) varia de acordo com a quantidade de luz incidente; no escuro a sua resistência é muito maior que no claro.

Os materiais mais utilizados na construção dos LDRs são o sulfeto de chumbo e o sulfeto de cádmio, sendo este último o mais comum por ter maior sensibilidade e uma resposta (em comprimento de onda) próxima à do olho humano. Os LDRs têm resistência no escuro (R_D, R_{dark} ou R_O) de 1MΩ a 20MΩ, e resistência no claro (R_L ou R_{light}) de algumas centenas ou dezenas de Ω.

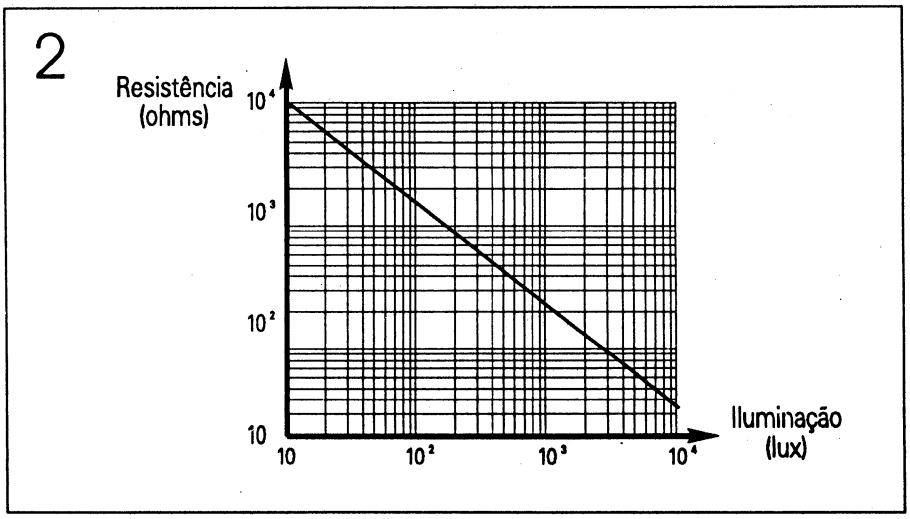
O COMPARADOR

Em termos bastante simples, podemos dizer que um circuito comparador indica quando a tensão em uma entrada é maior ou menor do que a tensão em outra entrada. A figura 3 mostra uma configuração típica de um comparador à base de amplificador operacional, com uma entrada conectada a uma tensão de referência (V_{ref}) e a outra conectada à tensão do sinal de entrada (V_{in}). Enquanto V_{in} é menor do que V_{ref}, a saída permanece no nível de tensão baixo, próximo de –V (fig. 3). Quando o nível de tensão na entrada do operacional ultrapassa o nível da tensão de referência, a saída comuta imediatamente para um nível de tensão alto, próximo de +V.

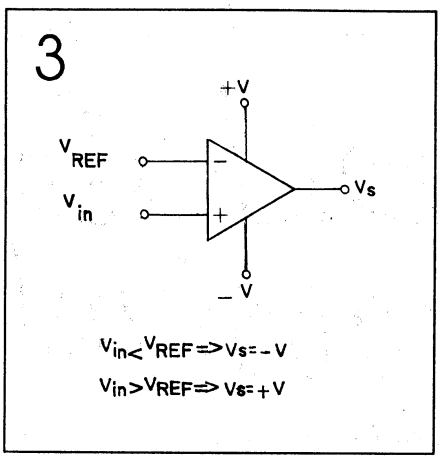
Em nosso circuito empregamos um *chip* comparador muito comum: o 311. Trata-se de um comparador de tensão simples e alta velocidade, projetado para trabalhar numa ampla faixa de tensões de alimentação, incluindo fontes simétricas de 15 V e fontes de 5 V (estas, muito utilizadas em circuitos digitais). O estágio de saída permite ainda a manipulação de tensões de comparação da ordem de 50 V com corrente de até



Aspecto do LDR



Curva característica resistência x luminosidade



Comparador básico

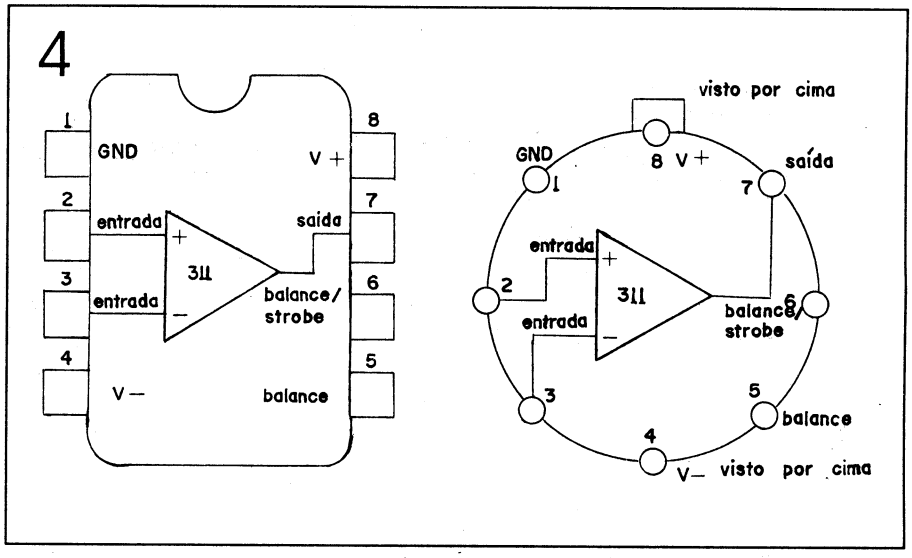
ção de tensões de comparação da ordem de 50 V com corrente de até 50mA, sendo portanto muito usado no acionamento de relés. O 311 apresenta ainda um terminal *(strobe)* que fornece um pulso quando a saída do comparador muda de estado. Na figura 4 apresentamos a pinagem do 311 em seus dois encapsulamentos mais comuns.

Os valores máximos absolutos para a operação do 311 são os seguintes:

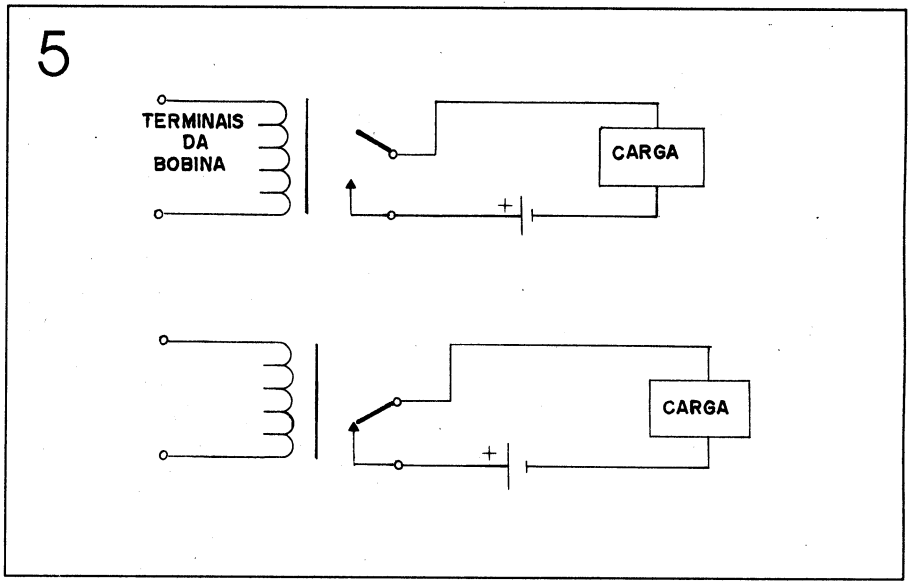
- Tensão de alimentação entre os terminais –V e +V: 36 V.
- Tensão diferencial de entrada: ±30 V.
- Tensão de entrada: ±15 V.
- Potência dissipada (t=25°C): 500mW.
- Faixa de temperatura de armazenamento: –65°C a 150°C.

RELÉ

É um dispositivo comutador eletromecânico, constituído por uma bobina (eletroímã) e por contatos fixos e móveis acionados pela bobina. Com a aplicação de uma corrente na bobina, pode-se abrir, fechar ou comutar os contatos, controlando os circuitos externos de forma indireta (sem contato elétrico direto).



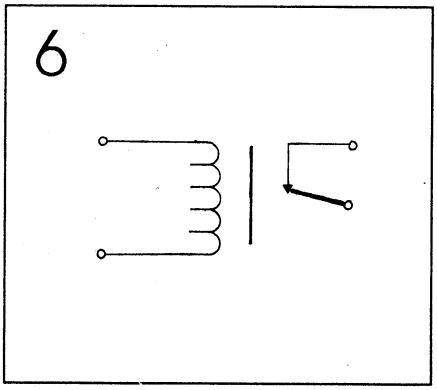
Comparador 311



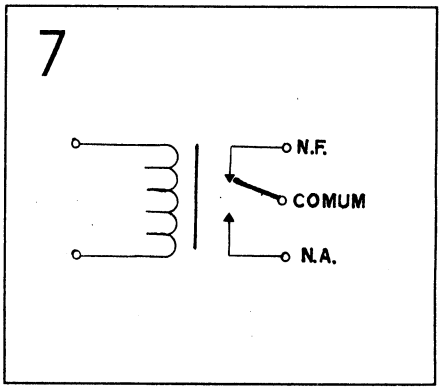
Contato NA

Existem vários tipos de contatos e a sua disposição depende da aplicação:

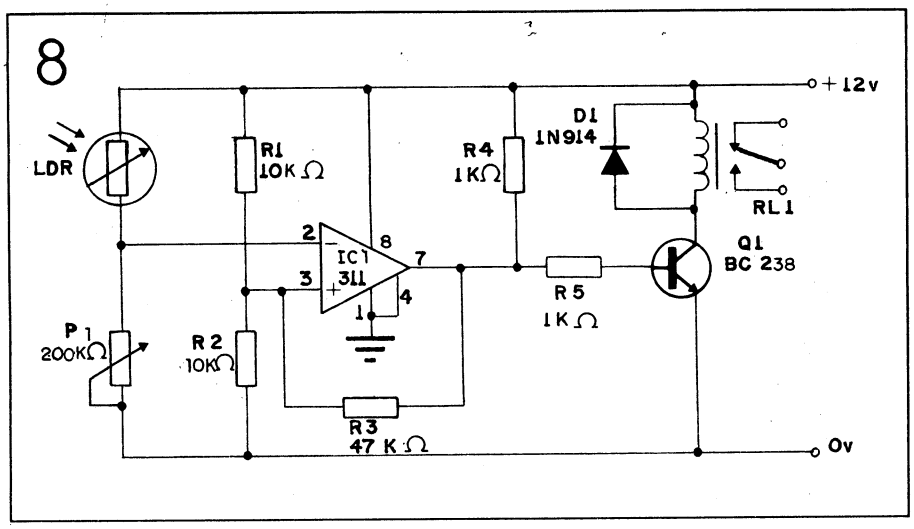
- **Contatos Normalmente Abertos** (NA). Os contatos permanecem desligados até a bobina ser ligada



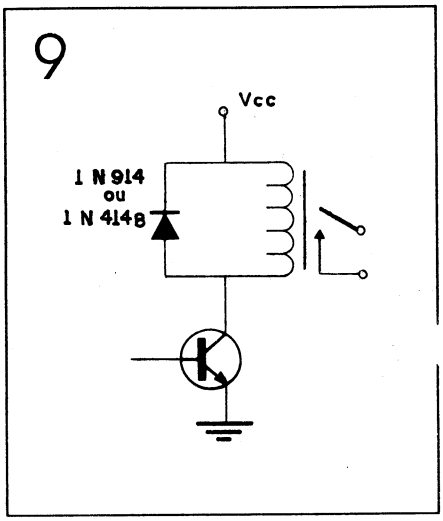
Contato NF



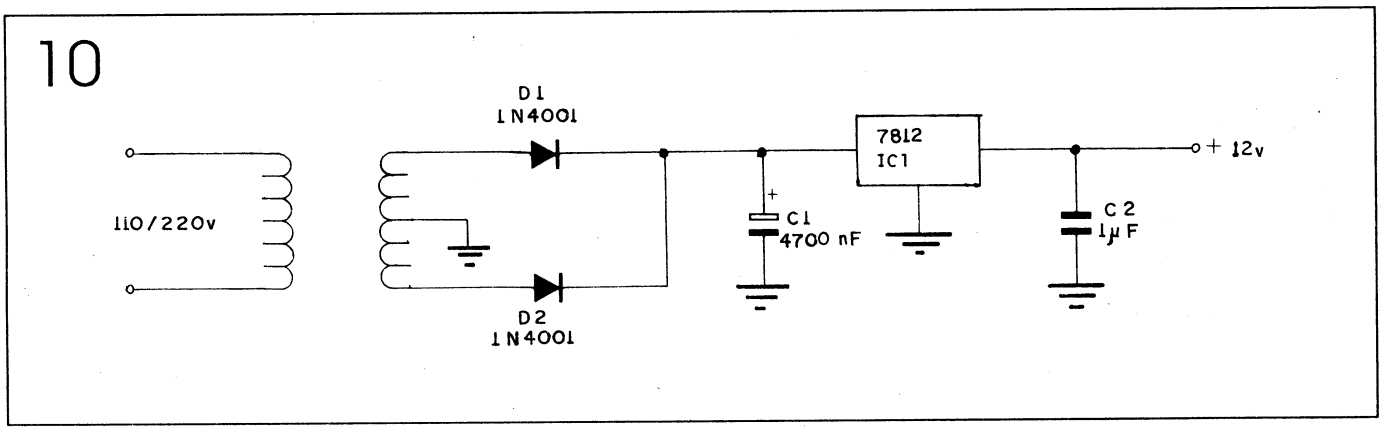
Contato reversível



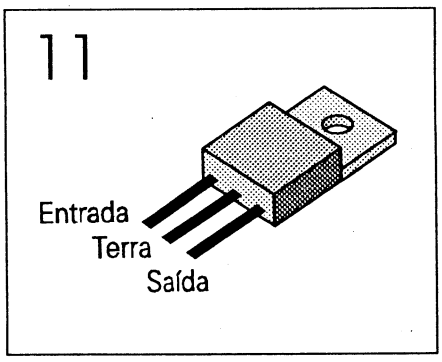
Esquema elétrico



Proteção do transistor acionador



Fonte de alimentação



Pinagem do 7812

(figura 5A); nesse momento, eles se fecham, ligando o circuito externo (figura 5B).

- **Contatos Normalmente Fechados** (NF). Com a bobina ligada o contato permanece fechado; portanto, ele mantém a carga externa ligada (figura 6), ao contrário do contato NA.

- **Contatos NA/NF ou Reversíveis.** Usa-se este circuito para ligar alternadamente duas cargas. O contato móvel comum (fig. 7) fica ligado a um contato (o NF) com a bobina desligada, e muda para o outro (NA) com a bobina ligada.

O CIRCUITO

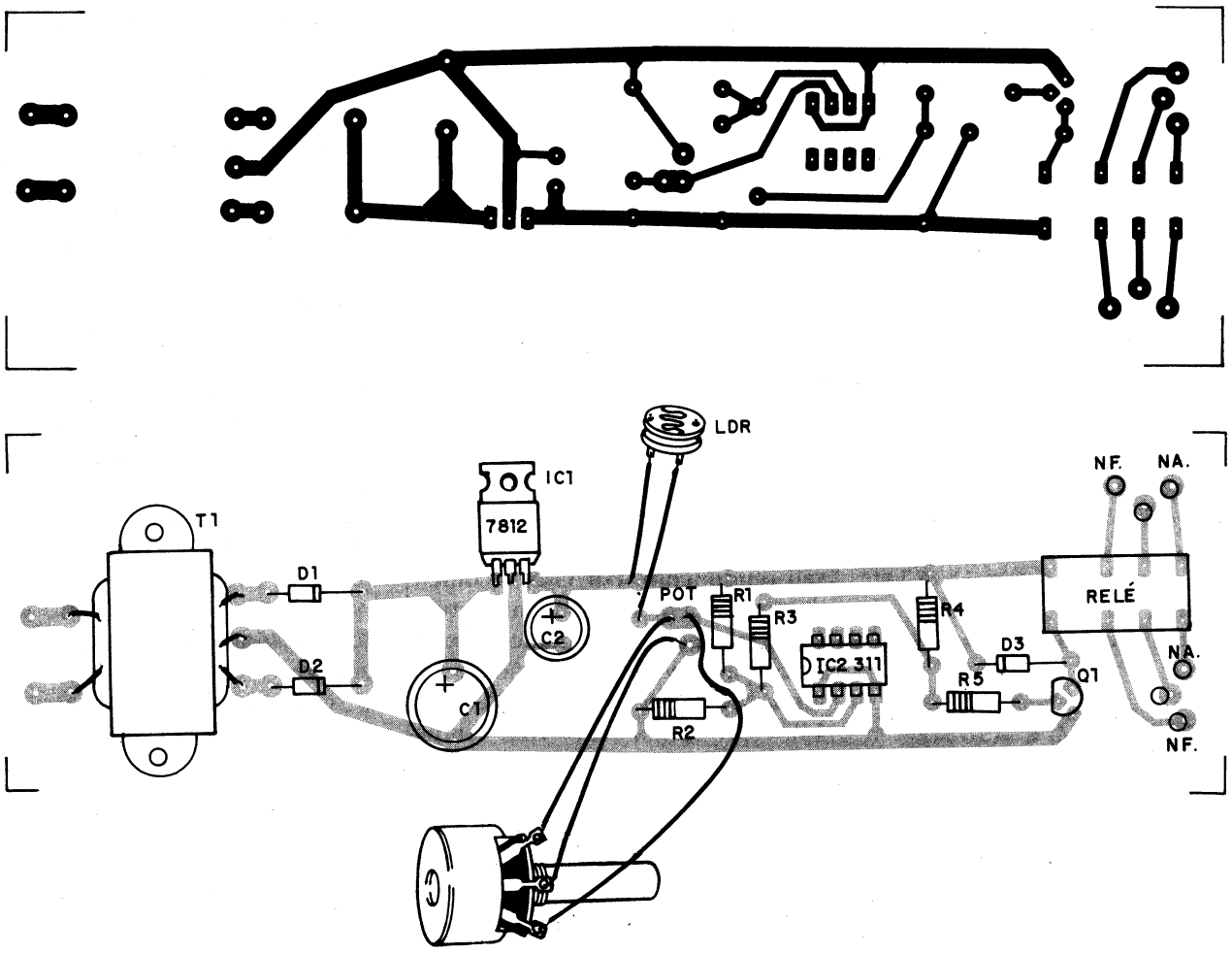
O esquema elétrico do circuito aparece na figura 8. No escuro, o LDR tem uma resistência alta, deixando passar pouca corrente para P_1. Com isso, a tensão na entrada não-inversora do comparador fica baixa (próxima de zero).

A tensão de referência fornecida pela associação de R_1, R_2 e R_3 fica em torno de 4V; com isto, temos na saída do comparador aproximadamente zero volts. Isto leva Q_1 ao estado de corte; conseqüentemente, não há corrente na bobina do relé e o contato comum permanece conectado à NF.

Com a incidência de luz no LDR, a sua resistência abaixa, o que eleva a tensão na entrada não-inversora do comparador para perto de 12 V (maior que a tensão de referência). Isso faz a saída do comparador comutar para 12 V; o transistor passa do estado de corte para o de saturação e aciona o relé, comutando o contato comum de NF para NA.

O diodo D_1 é um componente destinado a proteger o transistor Q_1.

12

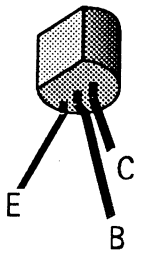


Placa de circuito impresso

No momento em que o relé é desligado, a carga indutiva na bobina gera um forte pulso de corrente no sentido contrário ao normal. Portanto, se o componente que aciona o relé não estiver dimensionado para suportar esse surto de corrente, pode ser queimado. A maneira mais simples de eliminar o efeito é colocar um diodo de comutação rápida, do tipo 1N 914 ou 1N 4148, entre o acionador e a bobina (figura 9).

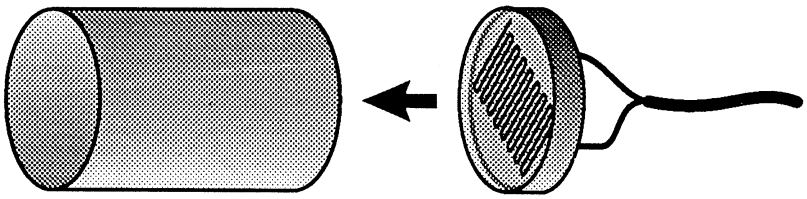
O resistor R_3 desloca o **ponto de desengate** do circuito. Ponto de desengate (ou de referência) é o valor da tensão de referência em que o comparador comuta o estado de saída. Sem R_3, se a tensão de entrada esti-

13



Pinagem do BC 238

14



Sugestão de montagem do LDR

ver próxima do ponto de desengate, a saída do comparador fica "indecisa", comutando várias vezes seguidas. Com R_3, quando a tensão de saída está no nível de tensão alto (+12 V), uma pequena parcela de tensão positiva realimenta a entrada não-inversora, garantindo o nível alto na saída. Além disso, com a tensão de saída igual a zero, uma parcela negativa da tensão realimenta a entrada não-inversora, mantendo a saída em nível baixo.

Comentaremos por último a fonte de alimentação (figura 10). Essa fonte é formada pelos diodos D_1 e D_2 (retificação), pelos capacitores C_1 e C_2 (filtragem) e pelo circuito integrado LM 7812 (estabilização e regulação da tensão). A pinagem do 7812 é mostrada na figura 11. A lista de material da fonte está separada da lista do circuito principal.

MONTAGEM E AJUSTE

Conhecida toda a teoria, vamos à parte prática. O *layout* e a posição dos componentes na placa estão juntos na figura 12.

Além de seguir as recomendações de costume, tenha cuidado para não inverter a posição dos diodos, transistores, comparador e capacitores eletrolíticos. A figura 13 mostra a pinagem do BC 238.

Salientamos o fato de que o leitor pode perfeitamente optar pela utilização de outro modelo de relé. Aconselhamos, primeiro, a consulta do manual do fabricante para a escolha do novo modelo e a determinação da pinagem, já que existem muitos relés de todos os tamanhos, com quantidade de contatos e tensões de alimentação variáveis (o mesmo é válido para o LDR).

É importante levar em conta que a iluminação apenas parcial da superfície sensível do LDR pode tirar o seu rendimento. Por isso, recomendamos a sua montagem em um tubo curto, que pode ser pintado de preto fosco para evitar a reflexão de luz vinda de direções indesejadas (fig. 14). Deve-se também evitar temperaturas de uso acima de 60°C.

Para o ajuste da sensibilidade, basta expor o LDR à luminosidade desejada para a comutação e girar o potenciômetro P_1 até escutar um "clic" (o que significa que o relé comutou).

USO

Os LDRs encontram aplicações práticas em alarmes, interruptores acionados por luz e controles automáticos de iluminação. Este projeto tem a vantagem de, através de uma simples inversão de ligação, poder funcionar ligando ou desligando uma carga, sem troca de componentes. Basta trocar a entrada inversora e a não-inversora (pinos 2 e 3, respectivamente) do comparador.

Este circuito pode perfeitamente ser usado como um detetor de proximidade que, além de indicar presença, serve para contar as pessoas ou objetos que passam por um determinado local num certo intervalo de tempo. Pode ser acoplado a uma sirene, alto-falante, LEDs ou a um sistema digital de contagem com visualização em *display* numérico. Outra utilidade prática é a indicação da falha de uma das lâmpadas traseiras de um automóvel (o aviso pode ser feito por um LED no painel)

Enfim: as aplicações possíveis só dependem da sua imaginação. Invente a sua própria aplicação e depois conte-nos os resultados... **E**

LISTA DE MATERIAL DO CIRCUITO BÁSICO

SEMICONDUTORES

- D_1 — 1N 914 ou 1N 4148 (diodo de sinal)
- Q_1 — BC 238 (transistor NPN) ou equivalente
- IC_1 — LM 311 (comparador)

RESISTORES

- R_1, R_2 — 10kΩ (marrom, preto, laranja)
- R_3 — 47kΩ (amarelo, violeta, amarelo)
- R_4, R_5 — 1kΩ (marrom, preto, vermelho)
- P_1 — 200kΩ (potenciômetro linear)

DIVERSOS

- LDR — FR-29 (Tecnowatt) ou equivalente
- RL_1 — MC 2R2, 12V (relé Metaltex, 2 contatos reversíveis)

LISTA DE MATERIAL DA FONTE

SEMICONDUTORES

- D_1, D_2 — 1N 4001 (diodo retificador)
- IC_1 — LM 7812 (regulador de tensão de 12 V)

CAPACITORES

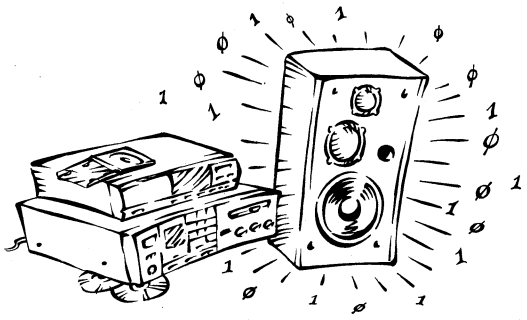
- C_1 — 4700μF/16 V (eletrolítico)
- C_2 — 1μF (cerâmico)

DIVERSOS

- Transformador — primário 110/220 V, secundário 16 V/1 A.

Por M. AMAYA

O BÁSICO DO ÁUDIO DIGITAL



As razões da qualidade do som do CD envolvem muito mais técnica do que pode parecer. Tão interessante como ouvir o disco prateado é conhecer o seu funcionamento

Muito do que se fala do CD, no geral, demonstra um desconhecimento grande do seu significado. Mesmo com o veloz avanço de mercado do CD, ainda correm nos meios de áudio muitos falsos conceitos e opiniões mal-fundamentadas. Assim, vamos tentar tornar claros os princípios do áudio digital e da sua aplicação no CD, mostrando que de fato não há nenhum grande mistério nesse assunto.

ANTECEDENTES DO CD

A curta história do CD tem seu primeiro antecedente em algum ponto dos anos 50, quando começou-se a falar em sinais sonoros transmitidos por rádio na **modulação em código de pulsos** (PCM), um dos vários sistemas digitais possíveis.

Em dezembro de 1972 a Philips apresentou um protótipo de sistema de gravação ótica a *laser*, o disco de vídeo digital (**Laserdisc**). Em fins de 1978, o Laserdisc foi lançado oficialmente, seguido de vários formatos concorrentes, com a intenção de "esmagar" o videocassete ainda no seu início. Evidentemente, isso não aconteceu... e uma idéia derivada do Laserdisc acabou se tornando mais atraente que o próprio: o **Compact Disc** de áudio.

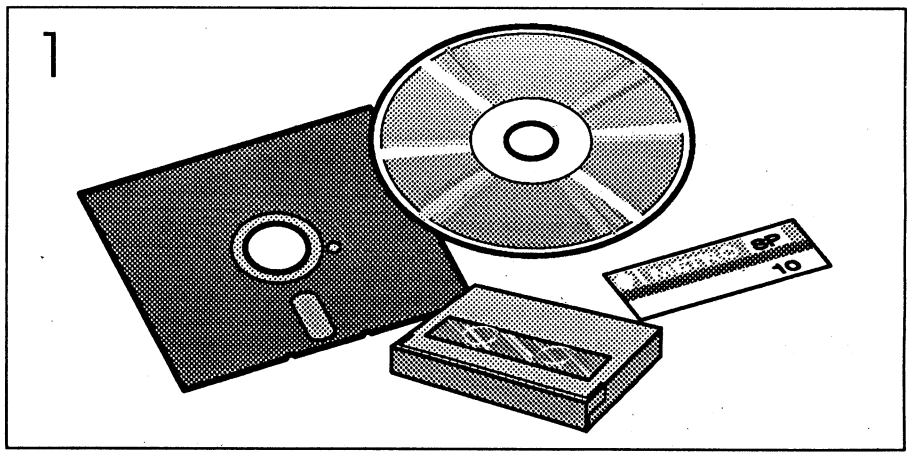
No início dos anos 80 as concepções de sistemas digitais eram inúmeras, em especial para vídeo. Elas fracassaram por causa da falta de consenso entre as indústrias quanto a um padrão universal. Assim, a supremacia total do CD foi garantida pela associação entre a Philips (holandesa, inventora) e a Sony (japonesa, co-inventora), duas das maiores empresas do mundo no setor.

Os primeiros títulos em CD, na sua forma definitiva, surgiram em 1982. Do mesmo modo que com os cilindros de Edison frente aos discos de Berliner, cem anos antes, o LP perdeu para o CD o posto de meio padrão de Alta-Fidelidade. Não deve acabar depressa, devido à enorme quantidade de LPs existentes, mas a sua morte é inevitável.

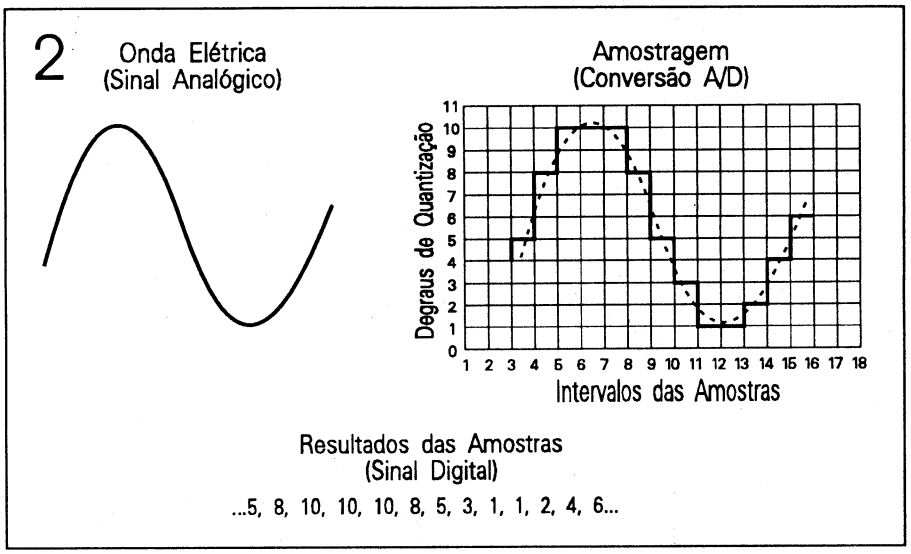
Analisando esses fatos, parece claro que o que levou a idéia do CD adiante foi a decisão da indústria de trocar a **fita** (de áudio e de vídeo) pelo **disco** e a gravação **analógica** pela **digital.** Na prática, isso aconteceu apenas em parte, mas ao menos o áudio analógico está com os dias contados. Além da substituição maciça do LP pelo CD, há ainda a atual "invasão" de sistemas digitais para gravação domiciliar, que serão comentados num artigo próximo.

O SEGREDO DO CD

O segredo do CD não é exatamente o uso de um raio *laser*, como se diz desde que ele virou moda. Bem mais importante é o sistema de **codificação digital** do som (menos



Meios de armazenamento digital



Exemplo (muito simplificado) de uma conversão A/D

"charmoso" para se citar numa propaganda do que o quase místico *laser*). Vamos tentar explicar com clareza o significado disso.

A informação codificada na forma digital pode, a rigor, ser armazenada no meio que você quiser: disco ótico (CD e CD-ROM), disco magnético (Winchesters e disquetes de micros), papel com faixa magnética (bilhetes de metrô), fita magnética de plástico (*masters* de gravação, DCC e DAT), papel perfurado (fita de telex), etc. Enfim: qualquer coisa que for capaz de registrar **números** (fig. 1).

Como se sabe, as ondas sonoras são variações entre valores máximos e mínimos de pressão do ar, com infinitos valores intermediários. A onda elétrica produzida pelos aparelhos de som é proporcional à onda sonora; portanto, é *análoga* a ela. Isso é o **sinal analógico.**

O **conversor analógico/digital** (A/D) é um aparelho que mede o sinal em intervalos de tempo constantes e registra os resultados numéricos das medições, conhecidos como **amostras** (fig. 2). Depois, basta ler os números na mesma seqüência e velocidade em que foram gerados, e aplicá-los no **conversor digital/analógico** (D/A), que reconstrói os níveis que formavam o sinal original. O **sinal digital** é simplesmente a seqüência de amostras.

Logicamente, esse sistema pode ser tão mais **preciso** quanto mais amostras do som forem extraídas num espaço de tempo, ou mais valores distintos puderem ser contados entre o zero e o valor máximo. Se o valor medido num instante não é inteiro, ele é arredondado para o número mais próximo.

A vantagem fundamental do sistema digital é a ausência de **interferência do meio de gravação** no som. Se o som foi armazenado na forma de números, isso significa que só a qualidade dos conversores A/D e D/A pode afetar o som, pois o número que foi gravado é o mesmo que vai ser lido.

No sistema digital, os números são gravados não em algarismos decimais como no exemplo da figura 2, mas sim no sistema **binário** (de base 2). Em binário só existem os algarismos **zero** e **um**; a representação de números em binário é a mais simples possível para a transmissão ou gravação (os números podem ser traduzidos como seqüências de aceso/apagado, ligado/desligado, sim/não, etc., sem meios-termos). Um algarismo binário é a menor unidade de informação possível; tecnicamente é chamado de **bit** (do inglês *binary digit*, "dígito binário"; também quer dizer "pedacinho"). Para formar um número extenso, os bits são agrupados em **palavras** (seqüências com quantidade de bits constante, representativas de um número ou instrução).

O código binário assim gerado é **"embaralhado"** (a ordem dos bits é modificada) para diminuir o risco de perda de dados. O sinal também é acrescido de **subcódigos** (sinais com informação adicional). Dessa maneira, antes da conversão D/A, os dados são "desembaralhados" e submetidos a rápidas operações matemáticas pelo *player* para confirmação. O *player* pode não só detectar erros de leitura como também "consertar" automaticamente os dados errados, por um processo matemático. Essa é uma das razões pelas quais o som do CD não produz "cracs" e "pops" como o LP, quando riscado ou sujo, até certo ponto. Também há subcódigos de número da faixa, indexação e outros.

Veja a figura 3 e compare os sinais que conseguimos ler dos dois tipos de discos com os *pickups* apropriados (braço/cápsula/agulha para um e *laser* para o outro). Enquanto o LP fornece a onda proporcional contínua, o CD fornece amostras do som à razão de 44 100 por segundo, sendo cada amostra um número entre 0 e 65 535, escrito em 16 algarismos (bits).

MASTERIZAÇÃO DIGITAL

A masterização é a preparação do ***master*** ou **matriz** (original de uma gravação comercial, de onde vão ser feitas as cópias).

Na segunda metade dos anos 70 entraram em moda os LPs de música

clássica "gravados digitalmente". Alguém tinha percebido que, mesmo para um disco analógico, o som ficava mais nítido quando a gravação era digital, pois nas sucessivas etapas da preparação do disco (mixagem e equalização) o sinal analógico se deteriora à medida que é passado de uma fita para a outra, e no domínio digital o equipamento trabalha apenas com números a serem somados e subtraídos, para os quais não existe ruído ou distorção.

Para identificar o processo de masterização usado pela gravadora, os CDs vêm com um código de três letras. Eis o seu significado:

- AAD — Disco gravado/mixado em aparelhos analógicos; a música foi passada já pronta pelo conversor A/D.

- ADD — Disco mixado digitalmente a partir de fitas analógicas.

- DDD — Disco gravado e produzido digitalmente (isto é, a conversão A/D ocorreu já na etapa dos microfones).

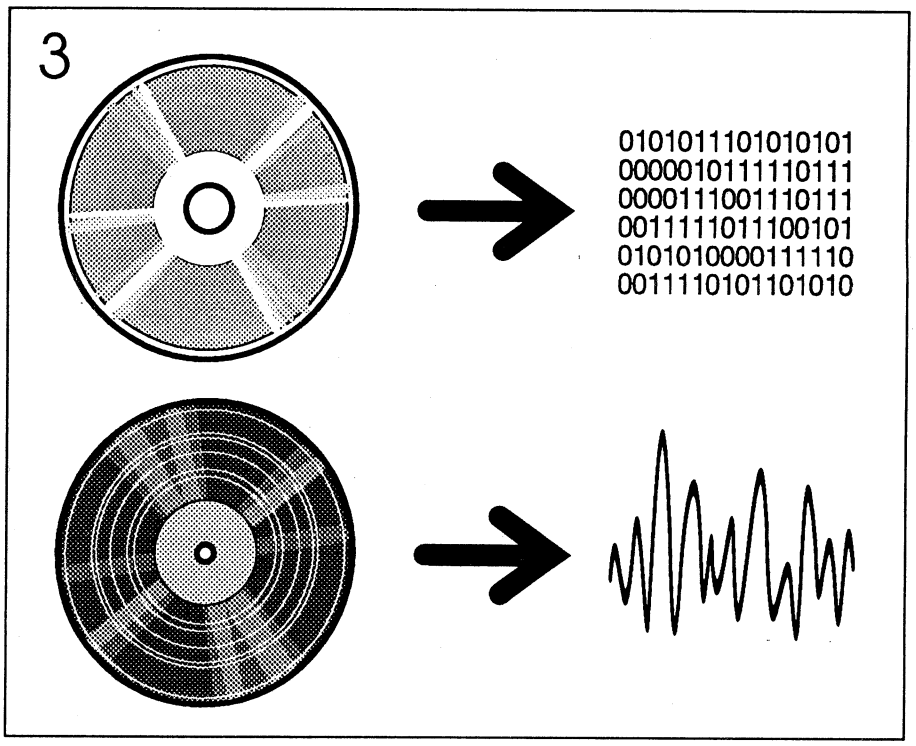
Fica evidente que os CDs que aproveitam melhor a capacidade do sistema digital são os DDD, já que a música contida neles não passou por gravadores analógicos em instante algum (a maioria dos discos de música clássica, o gênero mais exigente em termos sonoros, são DDD).

Com o advento do CD, as companhias gravadoras passaram a fazer duas coisas:

- Relançar em CD os LPs mais importantes do passado.

- Lançar os novos discos primeiro em CD e depois em LP.

Hoje em dia, quase todo LP de alguma importância já foi relançado em CD. Em alguns desses relançamentos, a música foi mixada de volta em equipamentos digitais, a partir das fitas originais (como no caso dos Beatles e do Pink Floyd); nesses casos, em algum lugar aparece escrito "**remasterizado por...**".



O que se encontra num disco analógico e num digital

Em outros discos, além da remixagem, foi aplicado algum processo artificial para remover em parte os ruídos e o desgaste causado pelo tempo no som (é o caso de duas coleções recentemente lançadas: uma de Jimi Hendrix e outra de Enrico Caruso).

DIFERENÇAS DO SOM DIGITAL

Sim, o som digital realmente tem características que o diferenciam (de ouvido!) do analógico. As mais importantes são a imunidade à degradação do sinal pelo meio, a baixa distorção, a ampla faixa dinâmica e a resposta de freqüência plana. Vamos comentá-las uma a uma.

Imunidade à degradação do sinal pelo meio gravado é a vantagem número um do sistema digital. Compare as duas situações:

- No sistema analógico, o vinil e a fita magnética adicionam harmônicos e chiado constante ao som. A sujeira produz ruído em um e irregularidades no nível de sinal do outro. Além disso, os equipamentos apresentam desvios de velocidade *(wow & flutter)*. Mesmo em bom estado, as cabeças e agulhas são incapazes de extrair das fitas e discos todo o som que está contido neles.

- No sistema digital não importa se os sinais foram gravados mais fortes ou mais fracos: os números contidos neles são rigorosamente aqueles que foram gravados, não um pouco maiores ou menores. Assim, o som resultante é idêntico para qualquer cópia da gravação. Quanto às oscilações na velocidade, um gerador de sinal de relógio *(clock)* de cristal de quartzo controla a velocidade da conversão de maneira uniforme, tornando-a independente de desvios na velocidade do *pickup*. Eventuais erros de leitura e perdas

de dados não são audíveis: o circuito conversor tem condições de recalcular os dados faltantes a partir dos existentes.

Distorção é tudo aquilo que o aparelho sonoro adiciona ao som reproduzido, tirando a sua fidelidade em relação ao original. A distorção pode ser de vários tipos: de *crossover*, por intermodulação de transientes, harmônica, etc. Geralmente o único dado considerado é o da distorção harmônica, em porcentagem.

Bom, a distorção inerente a um som digital bem-convertido é completamente imperceptível ao ouvido. Se há distorção, ela tem muito mais chance de ter vindo dos amplificadores, etc., do que do disco. Se você ouvir distorção em um CD, certamente ela já estava no som original do *master* — ou (é duro dizer isso) então foi criada por algum componente do seu equipamento!

Faixa dinâmica é a diferença (medida em dB) entre o som mais baixo e o mais alto que um meio sonoro pode comportar. O nível mais baixo é o nível do **ruído de fundo** e o mais alto é o máximo valor em que a distorção atinge certo nível. A faixa dinâmica de um CD *player* pode exceder 110 dB (para se ter uma idéia, a do LP é de cerca de 65 dB, a de um cassete de cromo com Dolby B é 50 a 65 dB, e a de um cassete de metal com Dolby C é de 70 a 80 dB).

Isso permite:

- Sons altos a ponto de ameaçar a integridade física do conjunto de som (tiros de canhão gravados em níveis realistas são capazes de destruir os alto-falantes).

- Sons sutis demais para serem percebidos mesmo nos LPs mais silenciosos (em passagens tranqüilas de música clássica pode-se ouvir os "bips" dos relógios digitais dos músicos e as páginas das partituras sendo viradas).

Note que a totalidade dos LPs (exceto os de "corte direto") e todas as transmissões de rádio sofrem algum nível de **compressão dinâmica** (processo para elevar o volume dos sons fracos e limitar o dos sons fortes, reduzindo assim a faixa dinâmica e fa-

CONSERVAÇÃO DOS CDs

Quando o CD foi apresentado ao público pela Sony e pela Philips, ele foi anunciado como "o som puro e perfeito, para sempre". A solução definitiva.

Pois é. Ele não é puro, nem perfeito, nem eterno, muito menos definitivo. Certos probleminhas de uso do "obsoleto" LP, ditos "superados", persistem no CD, contrariando a propaganda. Em certas demonstrações no começo da era digital, os discos eram pisados, riscados e até perfurados com furadeira para provar a sua robustez. Mas, às vezes um CD pára de tocar sozinho por causa de uma simples impressão digital! Como o consumidor não poderia ficar irritado com isso? A expectativa criada por uma publicidade eufórica tinha sido grande demais.

O CD é muito mais imune a riscos e poeira que o LP, mas não é completamente invulnerável. É necessário cuidar deles tão bem como se cuida dos LPs. Aqui vão algumas sugestões de conservação dos CDs.

- Preste atenção à **poeira.** Ela não atrapalha a reprodução, mas se acumula na lente do *laser*, diminuindo a sua eficiência luminosa (e muitas lentes não são nada fáceis de alcançar para limpeza).

- Quanto aos **riscos**, se eles forem perpendiculares às trilhas, só causarão ruído se forem realmente enormes. O *laser* é bem mais sensível aos riscos que tangenciam as trilhas, pois esses desviam o feixe de luz para fora ou para dentro, provocando o mesmo distúrbio de um LP riscado (pulos e repetições).

- Há uma "gambiarra" para tirar os riscos: esfregue Kaol ou Silvo no risco (sem molhar o lado do selo!!), suavemente, por um bom tempo (o material é duro de polir), e depois lave o CD em água corrente. Mas, com isto, outros riscos podem aparecer no local friccionado. Assim, use o truque só em **casos críticos:** se os riscos, por mais "feios" que pareçam, não impedirem o aparelho de tocar o disco, deixe como está.

- Para evitar riscos e poeira, faça simplesmente isto: tire o disco da caixa, ponha-o no *player*, toque-o e ponha-o de volta na caixa. Nada de empilhar discos ou deixá-los soltos, "de enfeite," em cima do equipamento. Cuidado na hora de pôr o disco de volta na caixa: assegure-se de que ele ficou bem preso.

- Não toque a superfície de leitura dos discos com os dedos; segure-o pelas bordas e pelo furo central.

- Para limpar um CD (o que só deve ser feito para tirar a sujeira e **não** periodicamente), esqueça tudo o que você já ouviu falar sobre limpeza de LPs. Não

(Continua na próxima página)

cilitando a transmissão ou gravação). Por isso, muitos CDs têm o relevo musical bem mais acentuado que as suas versões em LP ou tocadas em FM, já que a sua faixa dinâmica é a mesma do som ao vivo.

Quanto à **resposta de freqüência** (relação entre o nível de saída e o de entrada em cada freqüência sonora reproduzida), num sistema de Alta-Fidelidade analógico o meio de gravação inevitavelmente salienta algumas freqüências e atenua outras (isso, mais a distorção harmônica, causa a "coloração" ou a perda de nitidez dos timbres). Chamamos uma resposta ideal de **plana** porque, posta num gráfico, ela dá uma linha reta, indicando a ausência de desvios. No sistema digital, como não há influência do meio de gravação sobre o conteúdo, a resposta pode ser plana em relação ao que foi gravado, excedendo facilmente os extremos da faixa audível.

DIGITAL x ANALÓGICO

Desde o lançamento do primeiro CD alguns ouvintes céticos, defensores incondicionais do LP, apontaram falhas no som digital, dizendo que "ainda falta bastante para o som digital chegar perto de ser tão perfeito como o analógico". Talvez isso se deva ao estado atual de desenvolvimento do LP, bastante alto, ou à reconhecida má qualidade de muitas gravações digitais. As "acusações" mais freqüentes são:

- O peso dos graves, médios e agudos nas gravações é desbalanceado.
- Muitas gravações contêm chiado (apesar das afirmações em contrário dos defensores do CD).
- O som digital parece "seco", "morto", "frio", quando comparado ao de um bom LP.

Nenhuma dessas "acusações" contra o CD é válida. As duas primeiras têm razão mas o alvo é errado: a culpa é de produtores que fazem CDs sem tirar os truques que foram aplicados às gravações originais para compensar as deficiências inerentes ao LP (preênfase de agudos, compressão dinâmica, etc.), e que no CD não fazem sentido.

O chiado de uma gravação pertence

(Continuação da página anterior)
use solventes de limpeza comuns, pois eles podem arrancar o verniz de proteção do lado do selo. Ao passar um pano, não esfregue com força e não faça outro movimento senão o **radial** (a partir do centro do disco).

- Se você puder ver que a lente do *laser* tem sujeira, limpe-a — exclusivamente com um "pincel soprador" do tipo usado em fotografia.
- Não flexione o disco, pois isso causa rachaduras no verniz do lado do selo.
- Como com qualquer outra espécie de disco, evite a exposição dos seus CDs ao calor, mudanças bruscas de temperatura ou lugares úmidos.

DEFEITOS DE FABRICAÇÃO

Há muitas reclamações de consumidores sobre CDs recém-comprados que vêm de fábrica com ruído de LP riscado, páram de tocar ou pulam faixas sozinhos, ou simplesmente são ignorados como se não estivessem na gaveta do *player*. Na maioria desses casos é muito fácil e cômodo colocar toda a culpa no controle de qualidade das fábricas de CDs, mas um *player* atual, preciso e bem regulado, **pode** efetivamente tocar quase qualquer CD sem problemas, tolerando imprecisões grosseiras de alinhamento do disco e dados ilegíveis.

O tipo de defeito que inutiliza um CD é raro e quase sempre deve-se desconfiar tanto da regulagem do aparelho como de problemas físicos no CD. Mesmo assim, muitos afirmam que o CD nacional dá nitidamente mais problemas que o importado, como se diz de muitas outras coisas nacionais além de discos.

Na via das dúvidas, é bom inspecionar **qualquer** disco na hora da compra, em busca de furos e falhas na cobertura de alumínio, arranhões e irregularidades no plástico, etc.

DURABILIDADE

Outro problema é que, provavelmente, o CD não é tão eterno como era esperado. Ao cabo de alguns anos (de cinco a vinte), algumas moléculas do ar deverão ter entrado num CD e oxidado o alumínio quase imperceptivelmente para os olhos (mas nitidamente para os ouvidos).

Como essa conclusão é resultado de uma pesquisa de laboratório e não dado concreto, só saberemos se é mesmo assim no futuro. Atualmente, já existe um remédio: CDs feitos com **ouro** puro (chamados *Ultradisc*), certamente mais duráveis, mas por enquanto só disponíveis para uns poucos títulos e custando caro (cerca de 50% a mais).

única e exclusivamente à própria gravação, não ao CD; se ouvíssemos o *master*, perceberíamos exatamente o mesmo ruído (tanto é assim que a falta de chiado nos intervalos da música é justamente o *verdadeiro* ruído de fundo do CD, conhecido como "silêncio digital").

Já a última "acusação" é totalmente falsa: o som digital é, em termos de conteúdo de harmônicos, muito mais preciso que um LP típico, pois o sulco, a cápsula, etc. criam inevitavelmente harmônicos adicionais para os sons captados e desvios de fase entre eles, "colorindo" o som. Agradável ou não, isso não deixa de ser *distorção* do mesmo jeito; se o músico quisesse, teria distorcido o som original (como muitos realmente fazem, especialmente os músicos de rock).

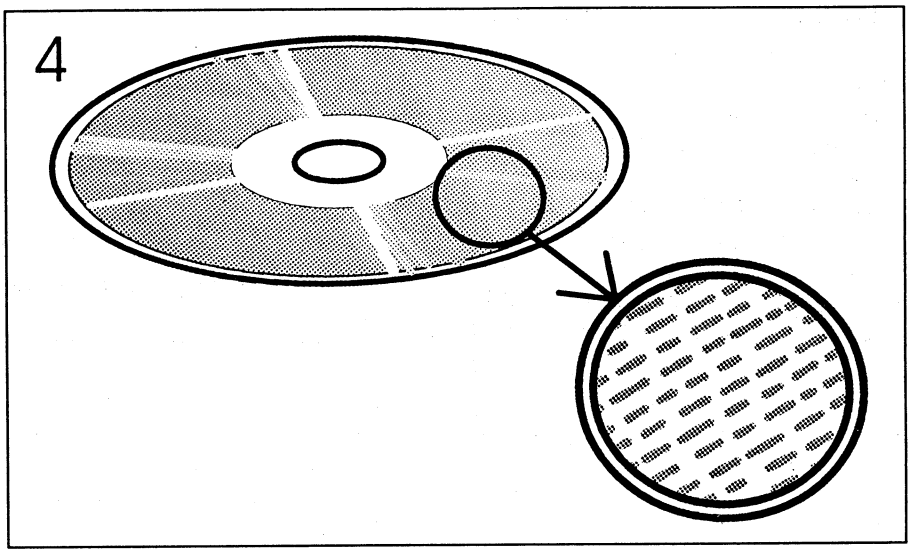
ANATOMIA DO CD

O CD é um disco de 12 cm de diâmetro e tem um lado único de leitura, com uma duração máxima em torno de 74 minutos. Discos maiores do que isso — até 79 minutos — existem, mas desrespeitam a norma original da Sony de distância entre as voltas da trilha, e podem não tocar corretamente em *players* antigos.

O CD é feito em três camadas de materiais diferentes:

- Uma camada grossa de **resina de policarbonato** transparente (um tipo de acrílico, conhecido como *Perspex*). A superfície interna do plástico é preenchida por **depressões** microscópicas que representam os bits da informação sonora (fig. 3). As microdepressões são ordenadas em uma trilha espiral que começa no lado de **dentro** do disco (e não no lado de fora como no LP).

- O lado de dentro do plástico é **metalizado** (coberto com uma camada de **alumínio** puro), de modo a fazer com que as microdepressões refletam a luz do *laser*. O alumínio é tão fino que chega a ser transparente (olhe um CD contra a luz).



A superfície refletiva

- Finalmente, do outro lado, isolando o alumínio do ar, fica uma fina **camada de resina.** Nela é impresso o selo do disco.

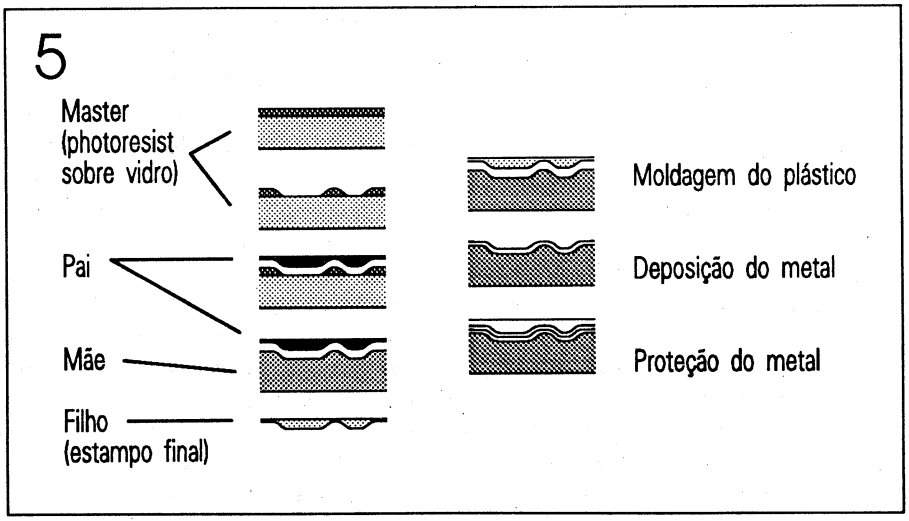
Muitas fábricas de CDs selam as bordas interna e externa dos discos, fazendo o alumínio acabar antes e deixando só o plástico. Isso prolonga a vida do disco, pois melhora a isolação do ar (que de outro modo oxidaria o alumínio, inutilizando-o).

Os pontos formados pelas depressões no plástico têm comprimento variável entre 0,83 µm e 3,56 µm (micrômetros), largura de 0,5 µm e profundidade de 0,1 µm. A distância entre duas voltas da trilha é de 1,6 µm. Para dar uma idéia dessas dimensões: se colocada em linha reta, a trilha de um CD típico mediria quase 5 quilômetros!

A capacidade de dados digitais do CD é quase 600MB, superior à maioria dos Winchesters. Por isso, o CD também serve como memória de computador (CD-ROM).

COMO O CD É FEITO

O *master* de um CD é um disco de



Etapas da fabricação do CD

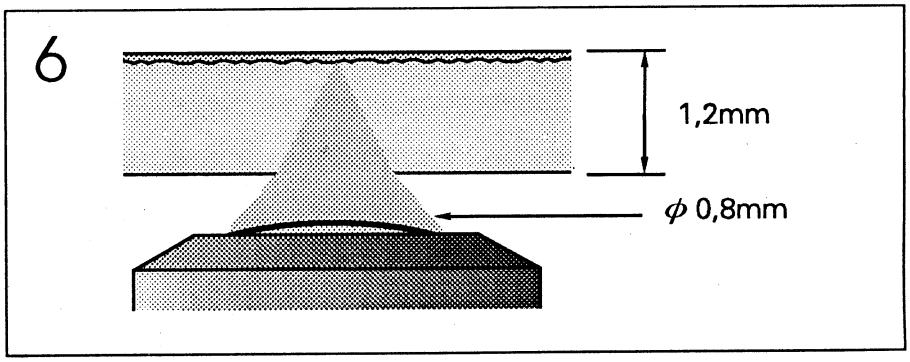
vidro coberto com **Photoresist** (um verniz sensível à luz). O *laser* de gravação forma os pontinhos perfurando esse material até encontrar o vidro. Depois do original pronto, uma camada metálica é depositada sobre o vidro gravado e destacada, formando um **molde negativo** do disco (conhecido como "pai"). Repetindo esse processo se obtém um **molde positivo** (chamado "mãe"), do qual são extraídos os **moldes definitivos** (os "filhos") que vão ser usados na fábrica. O processo completo aparece na figura 4; à esquerda, a produção dos estampos e à direita, a produção do disco.

Note que o LP passa pelas mesmas etapas de produção — só os materiais e processos mudam. Conclusão: a qualidade de um *master* de LP não garante a qualidade da cópia final, ao contrário do CD (onde os dados não podem ser distorcidos). É por isso que o LP nacional é tão ruim (com poucas exceções). Ainda assim, há quem garanta que o mesmo ocorre com o CD (ver box).

Para fazer os discos, o Perspex é **injetado** no molde, recebendo assim as microdepressões. Numa câmara de vácuo especial, os discos são aluminizados por um processo de **vaporização.** Finalmente, o alumínio é coberto de **verniz** e o selo é impresso pelo processo de **tampografia.** Depois ocorre o controle de qualidade e a distribuição.

LEITURA A *LASER*

O processo de leitura do CD consiste em aplicar à sua superfície um raio *laser* constante (gerado por um diodo especial) e medir a quantidade da luz refletida em cada instante. Ao passar por uma depressão (que do lado do *laser* é uma elevação), a luz é espalhada para os lados e o sinal que retorna é quase nulo. O conversor interpreta como dados as transições de luz fraca para forte.



Leitura a laser

O feixe de luz que sai do diodo *laser* é largo (mede 0,8 mm de diâmetro) e aproveita a refração do plástico do CD para chegar ao alumínio concentrado em uma área muito menor (apenas 1,7 μm). Isso explica porque as partículas de pó nunca afetam a reprodução de um CD: elas não são grandes a ponto de bloquear a luz completamente (isso não nos livra, porém, da necessidade de manter os CDs limpos, pois a poeira cai na lente do *pickup* e aí, sim, afeta a leitura. Para maiores detalhes, leia o box).

Ah, sim! Não se iluda com as ilustrações que mostram um raio de luz vermelha: o *laser* do CD é **invisível.** Ele tem um comprimento de onda de 780nm (nanômetros), bem dentro da faixa infravermelha, que não pode ser diferente disso porque o ângulo da refração interna do disco depende do comprimento de onda.

Ao mesmo tempo que o disco gira, o *pickup* se desloca em linha reta do centro para o exterior do disco. Aqui há um detalhe interessante: quanto mais para fora é a volta da trilha que está sendo lida, **mais devagar** o disco gira. Como assim? É simples. As microdepressões têm tamanhos uniformes e a cada volta dada o comprimento da trilha aumenta porque fica um pouco mais longe do centro. Se os pontos são sempre iguais, o *laser* tem que passar a uma velocidade constante em relação a eles (neste caso, 1,2 m/s). Por isso, a velocidade da rotação compensa a distância de cada volta da trilha em relação ao centro do disco, variando entre 486 rpm (no começo) e 196 rpm (no fim). No LP, como a rotação é constante (33,5 rpm), a agulha percorre progressivamente menos espaço por volta à medida que toca o disco.

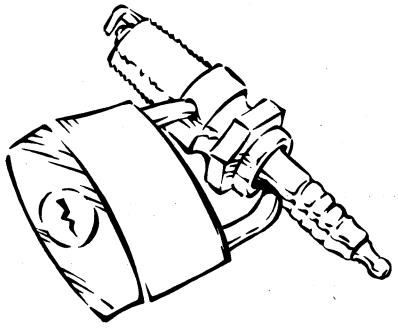
CONVERSÃO DO SINAL DIGITAL

Aqui está o que realmente diferencia o som dos aparelhos de CD entre si. Como foi dito antes, as únicas coisas responsáveis pela qualidade do som de um CD em bom estado são o equipamento usado no estúdio (microfones, conversores, etc.) e em casa (precisão do leitor a *laser* e conversores do *CD player).*

A diferença de um modelo de *player* para outro é geralmente pequena (todos são muito próximos da perfeição) e a maioria das gravações não aproveita as possibilidades do CD a ponto de desafiar a capacidade sonora dos aparelhos. Por isso, às vezes se questiona a validade das tecnologias ultra-avançadas (e ultracaras). Para quê um aparelho perfeito se os discos não são? (Por outro lado, a qualidade de som de um CD só pode ser melhorada com conversores D/A mais precisos.)

Os conversores usados nos *players* comerciais têm mudado muito nos últimos anos. A filosofia dos vários métodos de conversão será descrita no próximo artigo de Áudio. **E**

Por GETÚLIO MATTOS



BLOQUEADOR DE IGNIÇÃO

Quem não conhece alguém que teve o carro roubado? Aposto até que você está entre as milhares de pessoas que já sofreram ou compartilharam os problemas decorrentes do roubo de um carro: fazer boletins de ocorrência, ficar perdido em algum lugar sem meios de voltar para casa, ter que requisitar o seguro do automóvel, etc.

Os roubos de carros se tornam cada vez mais freqüentes: hoje a média de carros roubados é de um a cada minuto! O que fazer? Travar o volante? Travar os pedais? Fechadura magnética? Trocar as conexões do distribuidor? Soltar o cabo da bateria? Levar o volante consigo? Levar uma arma sob o banco? Deixar uma cobra venenosa solta dentro do carro? (Sim, até **isso** já foi feito!)

Todas essas maneiras de alguma forma protegem o carro, mas a de maior confiança é através de aparelhos eletrônicos. O problema é que os equipamentos comerciais são caros e de difícil instalação. Sem falar nos incômodos do uso (o alarme de buzina, por exemplo, dispara sem necessidade tantas vezes que ninguém mais liga para ele). E, em relação ao pior tipo de roubo que existe, o assalto em cruzamentos de avenidas, é impossível reagir com algum dos meios citados.

Neste artigo ensinamos a montar um Bloqueador de Ignição barato e de simples instalação. Primeiro, pelo número reduzido de componentes; segundo, por ser instalado pelo próprio usuário com conexões em lugares de fácil localização; e terceiro, por dificultar ao máximo o roubo do seu automóvel.

INTRODUÇÃO

O nosso Bloqueador de Ignição é acionado automaticamente e tem duas funções básicas:

- **Anti-roubo**, pois se o veículo estiver estacionado e alguém conseguir entrar, o dispositivo já estará acionado.
- **Anti-assalto**, pois se um assaltante obrigar o motorista a descer do automóvel para levá-lo, o carro irá parar sozinho algumas centenas de metros à frente.

FUNCIONAMENTO

Na figura 1 podemos entender melhor o funcionamento do aparelho através do diagrama em blocos.

O Bloqueador é sensível à abertura das portas, portanto cada vez que uma delas for aberta é acionado o circuito **monoestável** (o circuito monoestável, em lógica digital, é um circuito capaz de armazenar um bit de informação, isto é, para cada pulso de acionamento ele mantém a saída com nível lógico 0 ou 1).

Em particular no nosso circuito, usamos um tipo de monoestável chamado **flip-flop R-S.** Este flip-flop é composto de duas entradas e

1

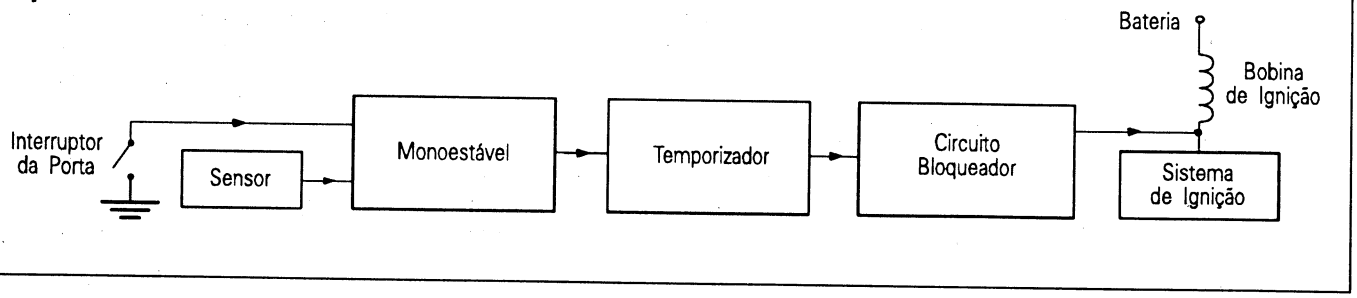


Diagrama de blocos

duas saídas, respectivamente, R-S e Q-Q. A figura 2 contém a tabela-verdade do flip-flop R-S e a sua configuração básica.

A desvantagem deste circuito é que, para valores em que os níveis lógicos de R e S são iguais, os valores de Q e Q são indefinidos. Como podemos notar pela tabela-verdade, para alterarmos os valores das saídas basta termos níveis complementares nas entradas. Para melhor compreensão deste circuito (que utiliza duas portas NAND), mostramos na figura 3 a tabela-verdade em conjunto com o símbolo desta porta lógica.

Voltando ao circuito, com a saída do monoestável em nível alto é acionado o circuito temporizador; este, após cerca de um minuto, aciona o circuito de bloqueio, que neste mesmo instante leva o potencial da saída do aparelho ao terra.

Como podemos ver no diagrama em blocos, a saída do circuito é ligada entre o negativo da bobina e a ignição eletrônica ou platinado. Quando este ponto é "aterrado", a ignição é inibida, impedindo o faiscamento das velas e não permitindo que o motor funcione.

2

ENTRADAS		SAÍDAS	
R	S	Q	$\bar{Q}$
0	1	0	1
1	0	1	0

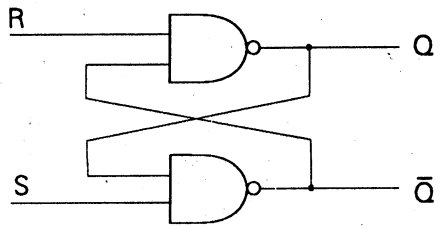


Tabela-verdade e configuração do flip-flop R-S

3

ENTRADAS		SAÍDA
A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

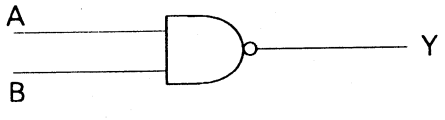
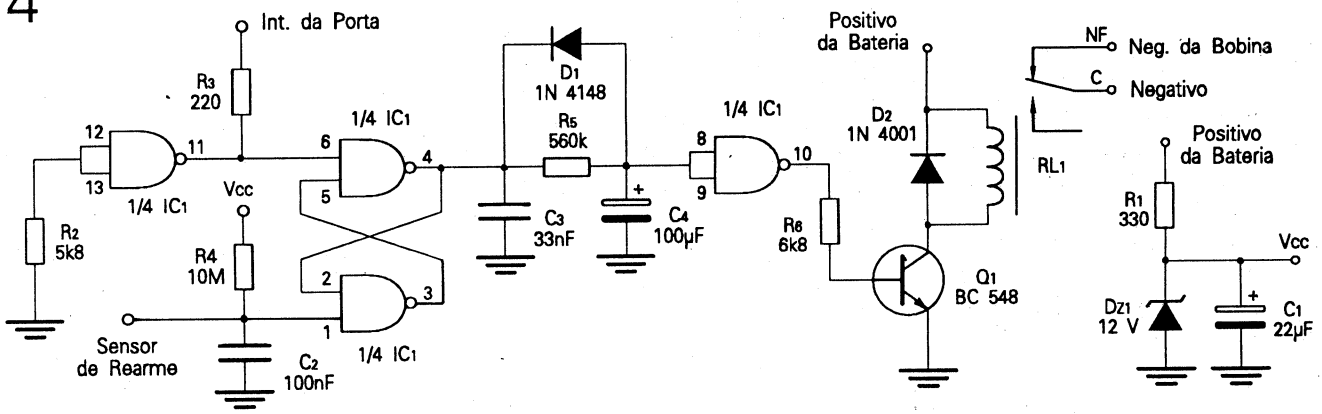


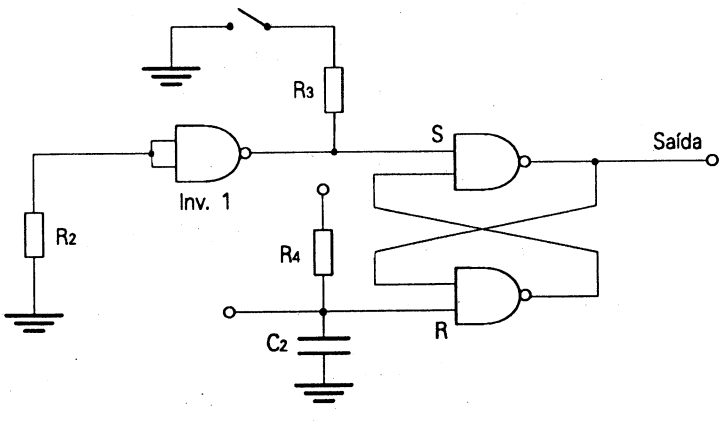
Tabela-verdade e equação lógica da porta NAND

4



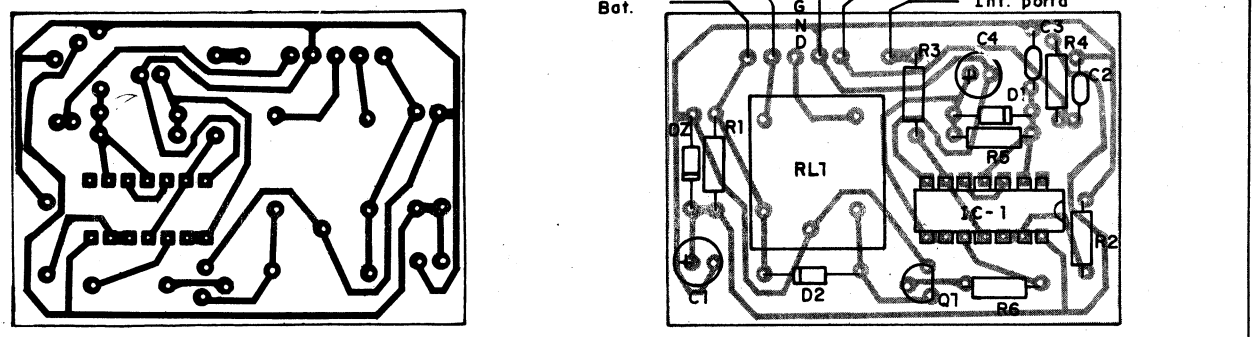
Esquema elétrico do Bloqueador de Ignição

5



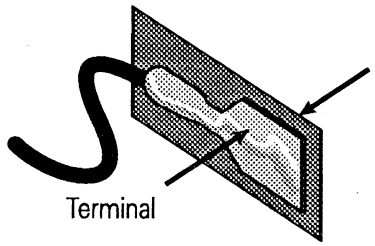
O flip-flop R-S usado no projeto

6



Placa de circuito impresso

7



Fita adesiva dupla face ou isolador de mica, furo e parafuso com arruela isolante (Não deixe o sensor fazer contato elétrico com a carroceria do carro!)

Sensor de porta aberta

Para fazer o motor funcionar novamente, basta colocar uma mão em um sensor e a outra no chassi do carro, "resetando" o monoestável e liberando a ignição.

O CIRCUITO

Na figura 4 temos o circuito do nosso Bloqueador de Ignição.

Mostramos na figura 5 o flip-flop R-S usado no nosso circuito, configurado como monoestável.

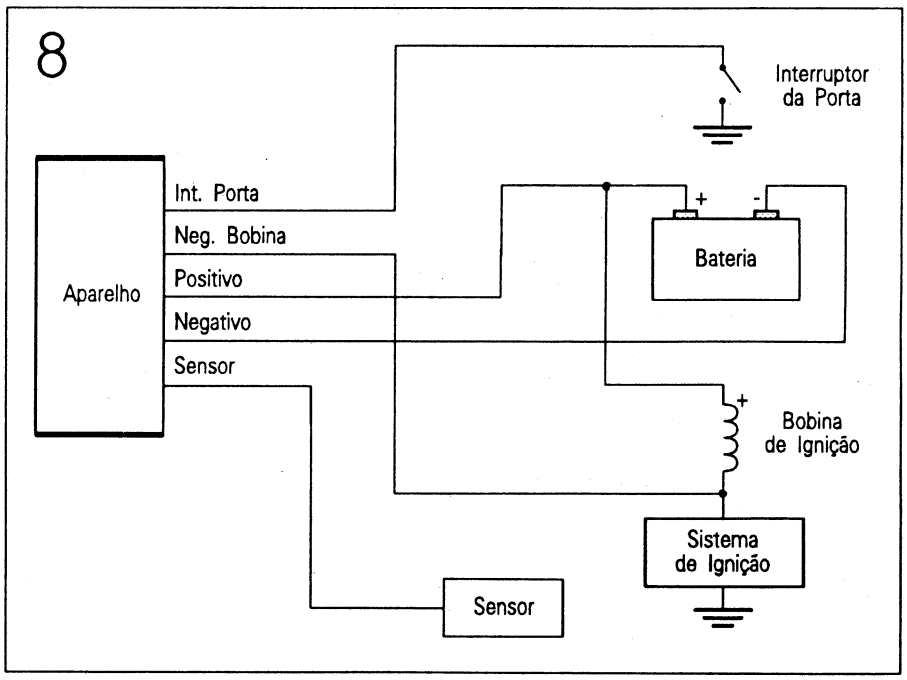
Ao ligarmos o circuito, temos a seguinte condição: R_2 "aterra" a entrada do inversor, o qual leva o nível alto à entrada S, enquanto C_2 funciona por alguns microssegundos como se fosse um curto, desse modo "aterrando" a entrada R. Assim, a saída permanece em nível baixo.

Quando é aberta uma das portas, o interruptor de porta é fechado, aterrando a entrada S através de R_3, enquanto R_4 mantém nível alto na entrada R. Desse modo a saída é levada a nível alto.

Voltando ao circuito do Bloqueador veremos que, na condição da saída em nível baixo, o potencial da entrada do segundo inversor terá nível baixo através de R_5; portanto, a base do transistor Q_1 terá tensão mais alta do que o emissor. Como Q_1 é do tipo NPN, ele conduzirá, fazendo com que o relé atraque e permita que o carro funcione normalmente.

Quando a saída é levada a nível alto através da abertura das portas, tem início a carga de C_4 através de R_5. Portanto, a tensão na entrada do segundo inversor se eleva e, chegando a cerca de 60% do valor de VCC, o inversor "aterra" a base de Q_1. Isto ocorre porque o circuito integrado é da família CMOS. Nos integrados

8



Conexão do Bloqueador no sistema elétrico do carro

deste tipo, um valor abaixo de 60% do valor da alimentação é polarizado com nível baixo e, acima deste valor, com nível alto.

Com a base de Q_1 "aterrada" o transistor entra em corte, desenergizando o relé RL_1. O potencial da bobina vai a zero, bloqueando a ignição.

O tempo de carga de C_4 até o instante do bloqueio é cerca de R•C (63% de V_{CC}). Neste circuito temos:

560kΩ x 100μF = 56s

Para voltar à condição inicial (funcionamento normal do automóvel) tocamos no sensor e no potencial terra, colocando a resistência interna do nosso corpo em paralelo com C_2 e formando um divisor de tensão com R_4. Como R_4 tem um valor de 10MΩ e a resistência da pele normalmente é menor do que isso, a tensão na entrada R é levada a nível baixo, "resetando" o flip-flop. Nesta condição, C_4 se descarrega de maneira quase instantânea através de D_1, fazendo Q_1 conduzir e o relé atracar, desbloqueando a ignição.

O capacitor C_3 serve para "aterrar" os ruídos provenientes do faiscamento das velas, e o conjunto formado por R_1, Dz_1 e C_1 mantém estável a tensão V_{CC}.

MONTAGEM E INSTALAÇÃO

A figura 6 mostra a placa de circuito impresso, bem como a disposição dos componentes. Na montagem, o leitor deve tomar cuidado ao conferir os terminais do transistor, a polaridade dos capacitores eletrolíticos e os pinos do circuito integrado, o qual deve ser montado em um soquete para facilitar a troca.

Um cuidado especial com os circuitos integrados CMOS é no seu manuseio. Antes dele estar inserido no circuito, não se deve tocar com a mão nos seus terminais, pois a energia eletrostática presente no nosso corpo às vezes é alta o suficiente para queimá-lo sem que percebamos. Acostume-se a guardar os *chips* CMOS "espetados" em alumínio, dentro dos tubos antiestáticos fornecidos pelo fabricante, ou em uma espuma condutiva.

Os fios devem ser de bitola 20 AWG e devem ser cortados com cerca de 50 cm.

O circuito deve ser acomodado numa caixa na qual haja possibilidade dos fios ficarem externos, permitindo assim a instalação no veículo. Para instalar o aparelho, o leitor deve esconder a caixa num lugar de difícil acesso (por exemplo, debaixo do painel do carro); feito isso, os fios devem ser conectados nos lugares adequados e isolados com fita isolante de boa qualidade.

Na figura 9 vemos como pode ser feito o sensor. Ele pode ser montado com um terminal, facilmente encontrado. O fio é "climpado" (preso mecanicamente), e o terminal é colado com uma fita adesiva de dupla face. Melhor ainda, pode ser fixado como um transistor de potência, ou seja: com um parafuso eletricamente isolado do chassi. Na figura 8 temos o esquema de ligação do aparelho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizados os testes após a instalação, podem ter surgido alguns problemas:

- **O aparelho não bloqueia a ignição.** Verifique se ao abrir a porta a luz de cortesia acende: se isto ocorrer, veja se o interruptor da porta está oxidado ou se o fusível está queimado.
- **O aparelho não desbloqueia.** Observe se o lugar onde você está colocando a mão realmente é ponto de chassi do automóvel e se a luz de cortesia não se acende, mesmo com as portas fechadas.

Para maior segurança é importante mostrar o segredo do desbloqueio apenas para pessoas de sua estrita confiança que necessitem dirigir o seu carro. **E**

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- D_1 — 1N 4148 (diodo de sinal)
- D_2 — 1N 4001 (diodo retificador)
- DZ_1 — diodo Zener de 12 V
- Q_1 — BC 548 (transistor NPN)
- IC_1 — CD 4011 (circuito integrado lógico CMOS)

CAPACITORES

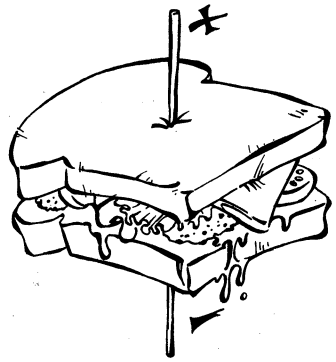
- C_1 — 22μF/16 V (eletrolítico)
- C_2 — 100nF/100 V (poliéster)
- C_3 — 33nF/100 V (poliéster)
- C_4 — 100μF/16 V (eletrolítico)

RESISTORES

- R_1 — 330Ω (laranja, laranja, marrom)
- R_2 — 5k8Ω (azul, cinza, vermelho)
- R_3 — 220Ω (vermelho, vermelho, marrom)
- R_4 — 10MΩ (marrom, preto, azul)
- R_5 — 560kΩ (verde, azul, amarelo)
- R_6 — 6k8Ω (azul, cinza, vermelho)

DIVERSOS

- RL — Relé de 12V (Schrack ZF 412012 ou NEC MR 31)
- Placa de circuito impresso
- Fio 20 AWG, solda, etc.



CAPACITORES

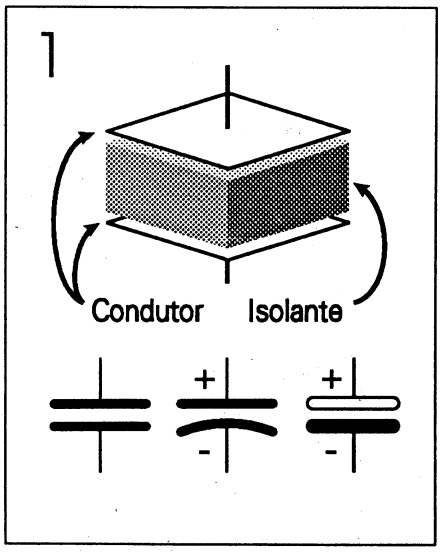
Os capacitores são da maior utilidade, mas nem sempre se conhecem seus princípios de funcionamento, suas limitações, ou quando usar um modelo ou outro em um projeto. Damos aqui uma introdução aos principais conceitos da teoria dos capacitores

COMO FUNCIONA UM CAPACITOR

Para se entender o que é um capacitor, basta observar a figura 1. Ela mostra um capacitor na sua forma mais simples: dois **condutores** separados por um **isolante** (tecnicamente chamado de **dielétrico**). Vamos explicar o funcionamento do capacitor em corrente contínua.

A CARGA

Quando o componente é ligado a uma **fonte de tensão** contínua, os elétrons são forçados a se moverem para uma das placas, tornando-a negativa, e a saírem da outra, tornando-a positiva (fig. 2). O resultado é uma **corrente elétrica**, mas note que os elétrons não passam pelo dielétrico: eles são puxados de uma das placas e empurrados para a outra pela energia da fonte de tensão. Se há mais elétrons numa placa do que na outra, diz-se que o capacitor está com **carga.**



Composição básica e símbolos do capacitor

Mas, que carga é esta? Será que ele estava vazio de elétrons e depois ficou cheio?

Não é bem isso. Ele está sempre cheio de elétrons, e a quantidade destes que ele possui no total, com ou sem carga, é **a mesma.** A diferença é que, quando ele está descarregado, o número de elétrons nas duas placas é igual, e quando ele está carregado, uma placa tem mais e a outra menos.

A carga armazenada nada mais é do que **energia eletrostática.** A energia eletrostática pode ser definida (de maneira simplificada) como uma **força de atração** entre as cargas positivas e negativas. Voltando ao capacitor carregado, vemos que uma das placas é negativa e a outra é positiva; portanto, temos energia eletrostática entre as duas placas. A figura 3 mostra um capacitor carregado, com as linhas de força do campo elétrico formado pela energia representada. Esta energia é manifestada (ou sentida por nós...) na forma de **tensão.** Assim, quando temos um capacitor carregado, temos nos seus terminais uma **diferença de potencial.**

Agora que já vimos alguns conceitos importantes, podemos voltar ao circuito e fazer um estudo mais completo do fenômeno da carga. Durante a carga, os elétrons circulam pelo circuito através da fonte de tensão; isto significa que existe corrente no circuito. A corrente entra no capacitor por uma das placas e sai pela outra, mas o dielétrico impede que exista corrente **através** do capacitor; com isso, ele se carrega. Em conseqüência da corrente de carga, temos uma diferença cada vez maior entre o número de elétrons de uma placa e o da outra. Quanto maior esta diferença, maior a energia eletrostática entre as placas. Sendo maior a energia, maior é a diferença de potencial nos terminais do capacitor.

É claro que, para haver corrente elétrica, deve haver uma diferença de potencial. Neste caso, temos uma

fonte de tensão contínua fornecendo diferença de potencial ao circuito. No início, com o capacitor descarregado, a tensão em seus terminais é de zero volts. Com isso, a única diferença de potencial em todo o circuito é a da fonte e o capacitor age como um curto-circuito, fazendo circular uma **corrente elevada** (para maior compreensão, observe novamente a figura 2). À medida que o capacitor vai se carregando, aparece em seus terminais uma segunda diferença de potencial, que anula progressivamente o potencial fornecido pela fonte e faz diminuir a corrente, como se o capacitor tivesse uma resistência crescente. Abaixo temos a fórmula que calcula a corrente:

$I_C = V - (V_C / R_T)$

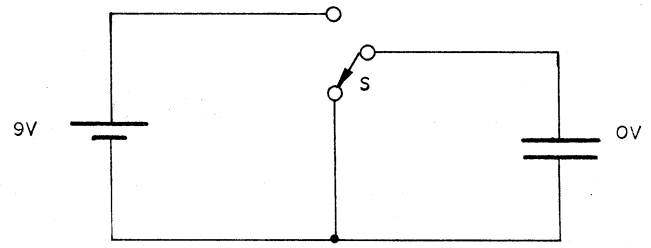
I_C é a corrente de carga, V é a tensão da fonte, V_C é a tensão no capacitor e R_T é a resistência total no circuito. Quando a tensão do capacitor se iguala à da fonte, ele está carregado e a corrente deixa de circular.

Uma vez carregado o capacitor, sua carga teoricamente é mantida indefinidamente. Na prática ele acaba se descarregando, mas, dependendo do material empregado em sua construção, demora o suficiente para que, na prática, possamos considerar a carga constante até o momento em que, propositadamente, provocamos a descarga.

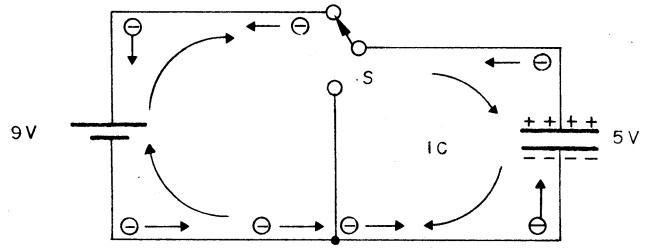
A DESCARGA

Para descarregar um capacitor é necessário apenas um **caminho condutor** entre suas placas. No nosso exemplo, os elétrons livres da placa negativa se dirigem ao potencial positivo da placa positiva; deste modo, a placa positiva recebe elétrons da placa negativa até ambas se tornarem eletricamente neutras. Com as placas neutras, a tensão do capacitor é nula, ou seja, ele está descarregado. O fluxo de elétrons da placa negativa para a placa positiva constitui a **corrente de descarga.** A figura

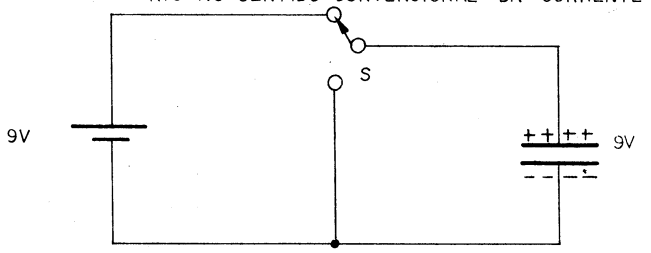
2



CAPACITOR DESCARREGADO
NÃO HÁ CIRCULAÇÃO DE CORRENTE
ELÉTRICA NO CIRCUITO



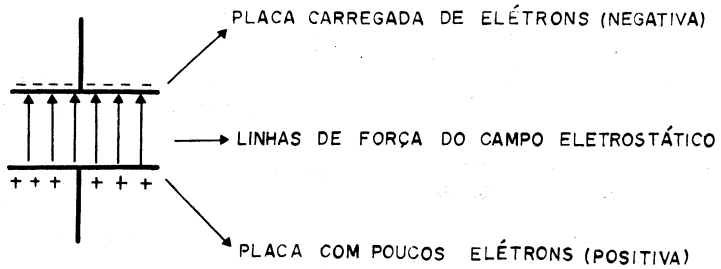
CAPACITOR SENDO CARREGADO
CORRENTE ELÉTRICA DE CARGA IC CIRCULANDO NO CIRCUITO
NOTEM QUE O SENTIDO DO FLUXO DOS ELÉTRONS É CONTRÁRIO AO SENTIDO CONVENCIONAL DA CORRENTE ELÉTRICA



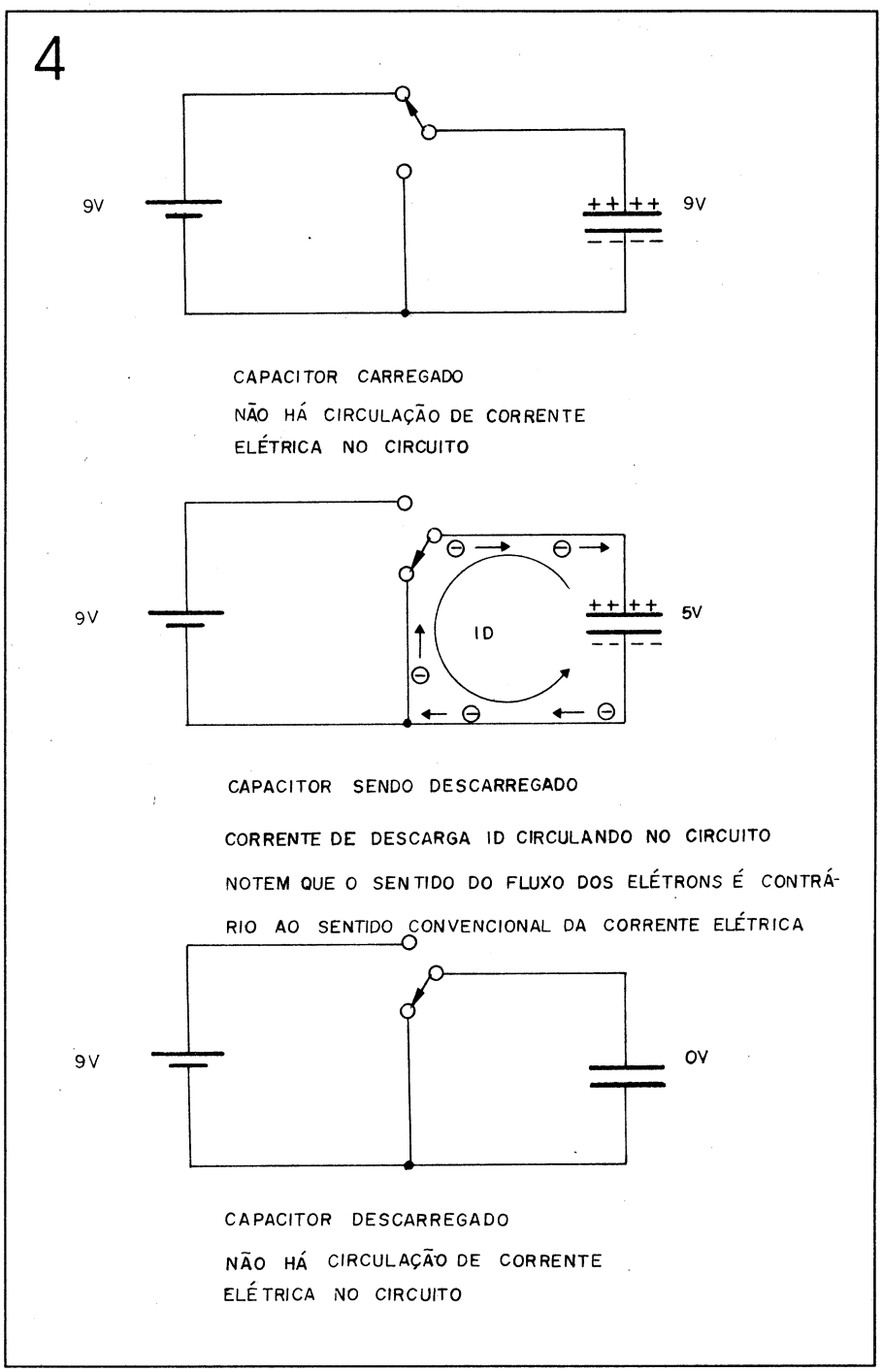
CAPACITOR CARREGADO
NÃO HÁ CIRCULAÇÃO DE CORRENTE
ELÉTRICA NO CIRCUITO

Processo de carga de um capacitor

3



Capacitor carregado



Processo de descarga de um capacitor

4 mostra esta corrente, que matematicamente é:

$I_D=(V_C/R_T)$

I_D é a corrente de descarga, V_C é a tensão no capacitor e R_T é a resistência total do circuito.

CUIDADO! Quando colocamos os terminais de um capacitor carregado em curto, a corrente de descarga é tão grande (afinal, a resistência de um curto é nula) que causa uma grande faísca se o capacitor for de valor alto. Esta faísca pode derreter os terminais do capacitor ou da base onde ele está montado. Só para exemplificar, capacitores de tamanho médio (dos usados em fontes de alimentação de TV) podem gerar correntes da ordem de dezenas ou até centenas de ampères!

MEDINDO A CAPACITÂNCIA

A propriedade de armazenamento de energia dos capacitores é chamada de **capacitância** (menos comumente, de "capacidade").

Para medirmos a capacitância usamos a unidade **farad** (abreviação F, símbolo C), assim denominada em homenagem ao famoso físico inglês **Michael Faraday.** Por volta de 1835, Faraday anunciou a descoberta do fenômeno da **indutância.** Simultaneamente, o americano Joseph Henry fez exatamente a mesma coisa (por coincidência!) e, para evitar injustiças, os nomes de ambos foram dados a unidades físicas, do mesmo modo que os de outros cientistas como Ohm, Ampère, Oersted, Siemens, Coulomb, Volta, Gauss, etc.

Esta é a definição do farad: quando aplicamos uma tensão de **1 volt** a um capacitor e este absorve **1 coulomb** de carga, ele possui **1 farad** de capacitância. Isso pode ser representado simplesmente assim:

$C=Q/V$

onde C é a capacitância, Q é a carga elétrica e V é a diferença de potencial.

Um farad é um valor tão grande que não serve para as aplicações eletrônicas. Usam-se em geral valores em µF (microfarads), nF (nanofarads) ou pF (picofarads).

São vários os fatores que influem na capacitância. Dentre eles, destacamos:

- Área das placas condutoras.

- Distância entre as duas placas.

- Habilidade do dielétrico em impedir a passagem da corrente elétrica (**permissividade**).

O **vácuo** é o dielétrico de referência absoluta. Por isso, normalmente se dá a permissividade dos materiais em relação à do vácuo (igual a 8,85pF/m). Essa relação é a **constante dielétrica.**

Quanto maior o número da constante dielétrica para um material, mais isolante ele é. Abaixo relacionamos alguns dielétricos e suas respectivas constantes dielétricas médias:

Vácuo — 1,0
Ar — 1,00059
Papel encerado — 2,5 a 3,5
Vidro — 5 a 10
Mica — 3 a 6
Borracha — 2,5 a 3,5
Água pura — 81

Esses valores devem ser entendidos deste modo: a água pura, por exemplo, se opõe 81 vezes mais à passagem da corrente elétrica do que o vácuo.

Para avaliarmos uma capacitância de um capacitor de placas paralelas, considerando os três fatores recém-vistos, podemos usar a seguinte expressão matemática:

$C=\varepsilon(A/d)\cdot(N-1)$

Ou, usando a constante dielétrica em vez da permissividade:

$C=0{,}0885k(A/d)\cdot(N-1)$

onde C é a capacitância em pF (*picofarads* ou centésimos de milionésimos de farad), ε é a permissividade (em pF/m), k é a constante dielétrica (adimensional), A é a área da superfície das placas condutoras em cm^2, d é a espessura do dielétrico em cm e N é o número de placas do capacitor.

Aqui vai um exemplo de emprego da última fórmula: "determinar a capacitância de um capacitor de duas placas paralelas que utiliza papel encerado como dielétrico."

Dados:

k=3,5
d=0,05 cm
A=12 cm^2
N=2

Solução:

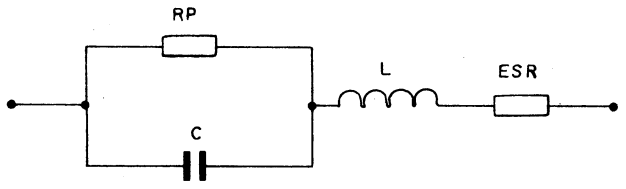
$C=[0{,}0885\cdot3{,}5\cdot12/0{,}05]\cdot(2-1)$
C=74,34pF

Da fórmula podemos concluir que, quanto maior a constante dielétrica, maior a capacitância efetiva do capacitor. Seguindo o mesmo raciocínio, quanto maior a área e/ou o número de placas, maior a capacitância; em contrapartida, quanto maior a distância dentre as placas, menor a capacitância.

MODELO EQUIVALENTE

Tudo, não só na Eletrônica mas em todas as outras áreas do conhecimento, pode ser representado através de **modelos matemáticos** para permitir a análise dos vários fatores que determinam individualmente o funcionamento de um processo ou fenômeno. Com os capacitores não poderia ser diferente: podemos conceber um modelo que representa suas características com grande precisão, bastando para isso desmembrá-lo em componentes ideais

5



ONDE: C = CAPACITÂNCIA DO CAPACITOR.
L = INDUTÂNCIA RELATIVA AOS TERMINAIS E PLACAS CONDUTORAS DO CAPACITOR.
ESR=RESISTÊNCIA SÉRIE DOS TERMINAIS E PLACAS CONDUTORAS DO CAPACITOR
RP = RESISTÊNCIA DE PERDAS NO DIELÉTRICO DO CAPACITOR

Modelo equivalente do capacitor real

(componentes imaginários com propriedades perfeitas e conhecidas). No nosso caso, o modelo pode ser um circuito elétrico equivalente formado apenas por resistores, indutores e capacitores ideais. A figura 5 mostra o modelo equivalente para os capacitores.

Alguns tipos de capacitores possuem uma forte **indutância**, devido ao fato de suas placas condutoras serem enroladas, criando o efeito de um indutor. Outros possuem uma baixa resistência e, portanto, uma alta **corrente de fuga** (corrente que consegue atravessar o dielétrico, causando perda de carga).

DEFINIÇÕES PRÁTICAS

Para prosseguirmos a análise dos capacitores, são necessários alguns conceitos e definições técnicas que determinam na prática as suas principais características. Vamos definilos um a um adiante.

CAPACITÂNCIA NOMINAL

É o valor (informado pelo fabricante) da capacitância do componente na temperatura de 25°C.

TENSÃO MÁXIMA DE TRABALHO

É a máxima diferença de potencial que se pode impor ao capacitor sem a degradação do seu dielétrico. A tensão máxima de trabalho de um capacitor está diretamente relacionada com a **rigidez dielétrica** de seu dielétrico (ver definição no fim do artigo).

TOLERÂNCIA

É uma medida da precisão na fabricação dos componentes. No caso do capacitor, representa o máximo desvio que pode haver, de acordo com o fabricante, entre a capacitância real e o seu valor nominal, a 25°C. Embora definida em porcentagem, quase sempre é representada por uma letra. Abaixo damos as tolerâncias mais usadas:

J: ±5%
K: ±10%
M: ±20%

FAIXA DE TEMPERATURA

É a faixa na qual podemos utilizar um componente sem causar danos à sua estrutura interna. Lembre-se de que, mesmo se um componente puder resistir a temperaturas enormes, devemos sempre que possível mantê-lo em temperaturas próximas à ambiente (25°C), pois quanto maior a temperatura de trabalho, menor a vida útil do componente.

COEFICIENTE DE TEMPERATURA

Dá a medida do comportamento do capacitor com a variação da temperatura. Normalmente é expresso em ppm/°C (partes por milhão por graus Celsius). É a máxima variação da capacitância do componente para cada grau Celsius de variação da temperatura. Abaixo temos a expressão que determina o valor da capacitância de um capacitor em uma dada temperatura:

$$C=C_{nom}\cdot[1+C_{\theta}\cdot(\theta_f-25)]/1\ 000\ 000$$

onde C é a capacitância na temperatura final, em F; C_{nom} é o valor nominal da capacitância do componente a 25°C, em F; C_{θ} é o coeficiente de temperatura, em ppm/°C; θ_f é a temperatura para a qual desejamos calcular a capacitância, em °C.

Exemplo: "um capacitor possui uma capacitância de 470µF a 25°C e seu coeficiente de temperatura é 1 000 ppm/°C. Calcule a sua capacitância a 75°C."

Solução:

$$C=0{,}00047\cdot[1+1\ 000\cdot(75-25)]/1\ 000\ 000$$

$$C=493{,}5\mu F$$

FATOR DE DISSIPAÇÃO

Todo componente dissipa uma parte da energia do circuito (perde energia). A descarga de um capacitor consiste em retirar a energia armazenada nele e devolvê-la ao circuito. Se o capacitor não tivesse perdas, a quantidade de energia retirada seria a mesma entregue antes. Porém, na prática, a energia reavida é sempre um pouco menor que a fornecida, devido às perdas inerentes ao material. A diferença é "jogada fora" pelo componente, na forma de calor.

A energia transformada em calor, dividida pela energia retirada do componente, dá o fator de dissipação ou fator de perda, também conhecido como tgΔ (tangente delta). Quanto maior a eficiência, mais próximo de zero é este fator.

CORRENTE DE FUGA

É a corrente elétrica que circula por dentro do dielétrico de um capacitor quando carregado. Todos os capacitores possuem uma pequeníssima corrente de fuga; é por isso que eles não conseguem manter a carga durante um período infinito. Em alguns tipos de capacitores, a corrente de fuga é maior que para outros; para termos uma idéia da diferença, podemos comparar os tempos de descarga:

Poliestireno: vários dias
Papel encerado: algumas horas
Capacitores eletrolíticos de tântalo tipo "gota": uma hora
Capacitores cerâmicos: alguns minutos
Capacitores eletrolíticos de alumínio: de segundos a horas

ABSORÇÃO

É a capacidade de um dielétrico armazenar energia mesmo após o capacitor ter sido descarregado, mantendo nos terminais deste uma

pequena diferença de potencial proveniente da carga residual.

RIGIDEZ DIELÉTRICA

É a máxima tensão a que um dielétrico consegue resistir sem ser danificado. Quando submetemos um dielétrico a uma diferença de potencial, ele resiste à circulação de corrente elétrica através dele (passa apenas uma pequena corrente de fuga, como já foi dito). Porém, isso tem um limite: aumentando-se gradativamente a diferença de potencial sobre o dielétrico, num certo instante ocorre a **ruptura**, isto é, subitamente a corrente atravessa o dielétrico, danificando-o permanentemente.

A ruptura da isolação ocorre na forma de uma faísca que perfura o dielétrico: é o mesmo fenômeno que ocorre em larga escala no **relâmpago**. Como assim? É simples. Numa tempestade, a nuvem de chuva vai adquirindo carga positiva em relação ao solo (neutro), devido ao atrito interno. Quando a tensão entre a nuvem e o solo atinge um certo valor, forma-se o raio e a nuvem se descarrega. Podemos considerar a nuvem e o solo como placas de um capacitor, o ar como o dielétrico e o raio como a corrente de ruptura.

A ruptura do dielétrico ocorre a nível molecular. No exemplo do raio, o ar (como qualquer dielétrico) é pobre em **elétrons livres** (aqueles que podem ser deslocados por um campo elétrico), essenciais à circulação da corrente. A **ruptura das ligações** entre as moléculas do dielétrico o separa em **íons** positivos e elétrons livres. É justamente isso o que causa a condução súbita da corrente no ar, a luz, o trovão e o cheiro de ozônio (e também a explosão do capacitor eletrolítico!). Note também como, em um raio duplo, o segundo raio "prefere" seguir o caminho aberto pelo primeiro, onde ainda há bastantes íons e elétrons livres. Esse caminho se dissipa rápido no ar, mas num dielétrico sólido, ele fica aberto para sempre...

Abaixo temos uma comparação entre a rigidez dielétrica de vários materiais. Ela é medida em volts por milímetro de espessura (V/mm).

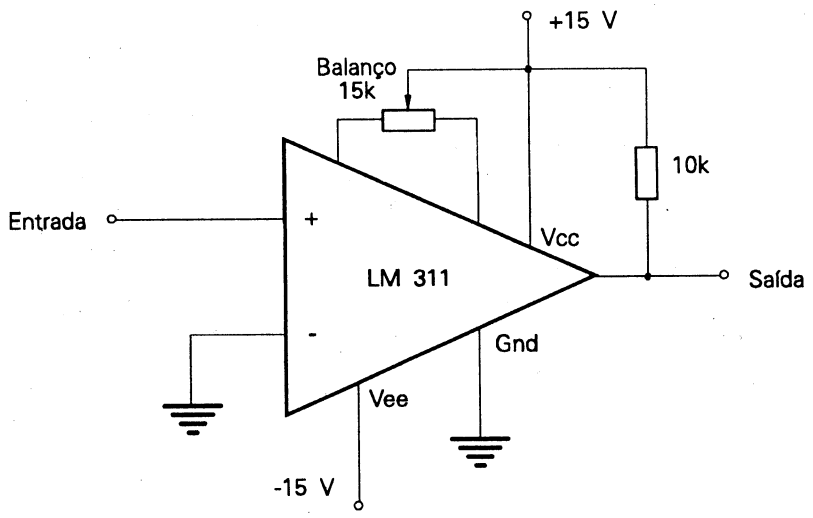
Ar — 3 200
Vidro — 8 000
Porcelana — 30 000
Papel encerado — 72 000
Mica — 80 000

No próximo artigo de Componentes daremos seqüência a este assunto, descrevendo em detalhes as propriedades dos principais tipos de capacitores. Até breve. **E**

CIRCUITOS BÁSICOS

DETECTOR DE PASSAGEM POR ZERO

Com este amplificador operacional, temos um pulso de saída (compatível com a lógica CMOS) sempre que o sinal passa pelo nível zero. O coração do circuito é um comparador de tensão sensível que, nesta aplicação, deve ser alimentado com fonte simétrica. O "balanço" deve ser ajustado para uma tensão de saída zero com uma tensão de entrada positiva ou negativa (diferente de zero, portanto). O controle de balanço pode ser um *trimpot* de 4,7kΩ.





Temporizador em Ponte

Com este projeto, indicado ao iniciante por ser montado facilmente em ponte de terminais, é possível ligar ou desligar algum eletrodoméstico depois de um intervalo programado de alguns segundos a mais de 45 minutos

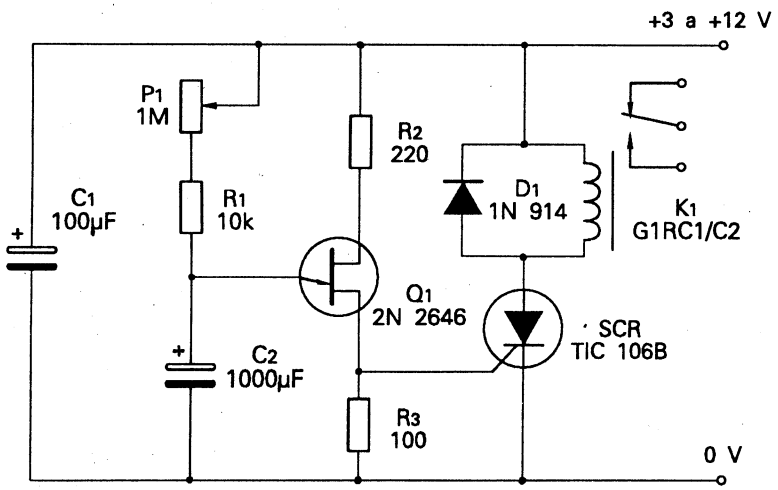
ESPECIFICAÇÕES

- Tensão de alimentação (V_{CC}): 9 ou 12V (ver texto).
- Carga máxima: 2 A ou 10 A, conforme o relé (ver texto).
- Faixa de tempo: 10 segundos a 45 minutos.

Este Temporizador *(timer)* usa dois semicondutores de tecnologias distintas: um transistor unijunção (UJT), que é o gerador de base de tempo, e um retificador controlado de silício (SCR), que atua como elemento de disparo. Alimentado com 9 ou 12V, este aparelho ativa um relé depois de um certo tempo prestabelecido, possibilitando assim o controle de cargas externas de alta potência — tanto alimentadas pela rede de energia como por baterias.

Com os relés usados, temos duas opções de potência máxima controlada. Para os relés MC a corrente máxima dos contatos é de 2 A, o que resulta em até 200 W na rede de 110 V. Com os relés da série G (em que a corrente é de 10 A), temos até 1kW na rede de 110 V.

1



Esquema elétrico

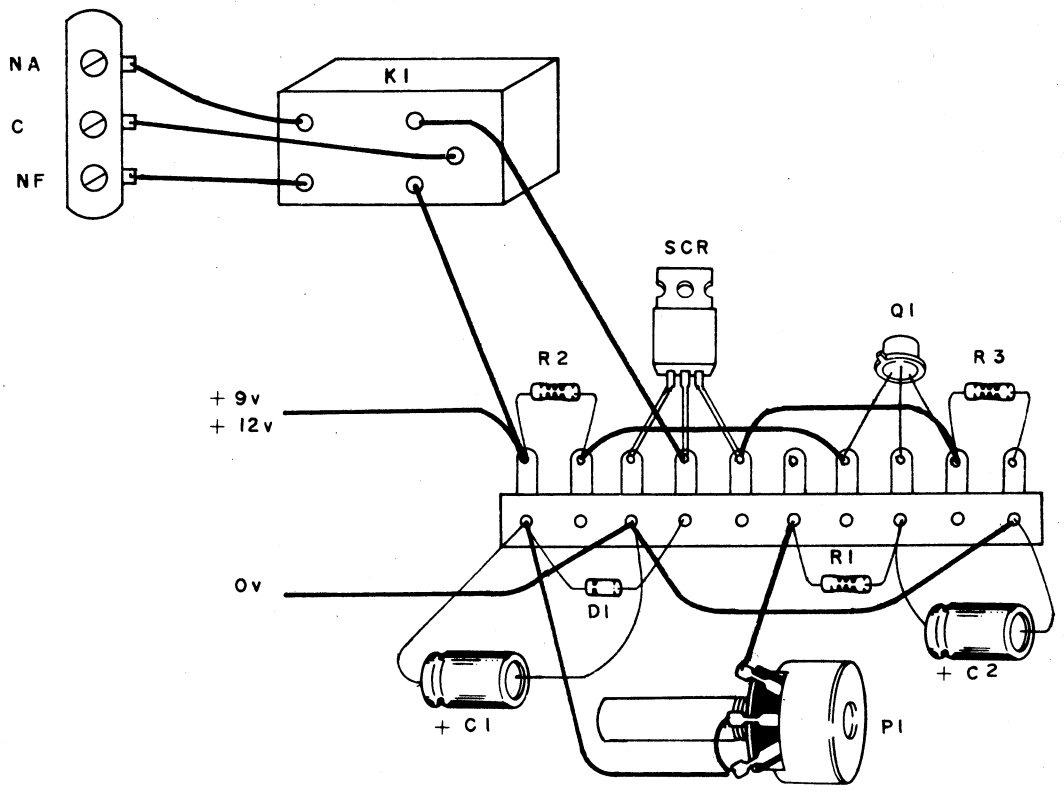
FUNCIONAMENTO

No circuito (fig. 1), o transistor de unijunção atua como um **oscilador de relaxação** que produz um pulso único depois de certo intervalo de tempo, determinado pelo ajuste de P_1 e pelo valor de C_2.

C_2 carrega-se lentamente através de P_1 e R_1 até ser atingida a tensão de disparo do unijunção, que corresponde à **relação intrínseca** do UJT mais 0,6 V — ou, para o nosso circuito (considerando os valores de R_2 e R_3), aproximadamente 7 V sob uma alimentação de 12 V (este valor varia bastante de circuito para circuito, já que a relação intrínseca do transistor unijunção 2N 2646 tem valores na faixa de 0,5 a 0,7).

Chegando na tensão de disparo, o unijunção apresenta uma resistência baixa entre o emissor e a base 1, descarregando em parte C_2 e produzin-

2



Como montar o circuito

do um pulso capaz de disparar o SCR. Com isso o relé é energizado e assim permanece depois de desaparecido o pulso de disparo. Para rearmar o circuito é preciso desligar por um momento a alimentação.

O SCR tem uma queda de tensão de aproximadamente 2 V quando em condução, daí a necessidade de dimensionar o relé em função da fonte de alimentação para garantir o desempenho. Assim, para a alimentação de 9 V, considerando a queda de 2 V, é aconselhável usar um relé de 6 V (MC2RC1 ou G2RC1). Para o uso em 12 V ou pouco mais, use um relé de 12 V mesmo (G2RC2 ou MC2RC2), já que ele ainda fecha seus contatos satisfatoriamente com 10 V de alimentação.

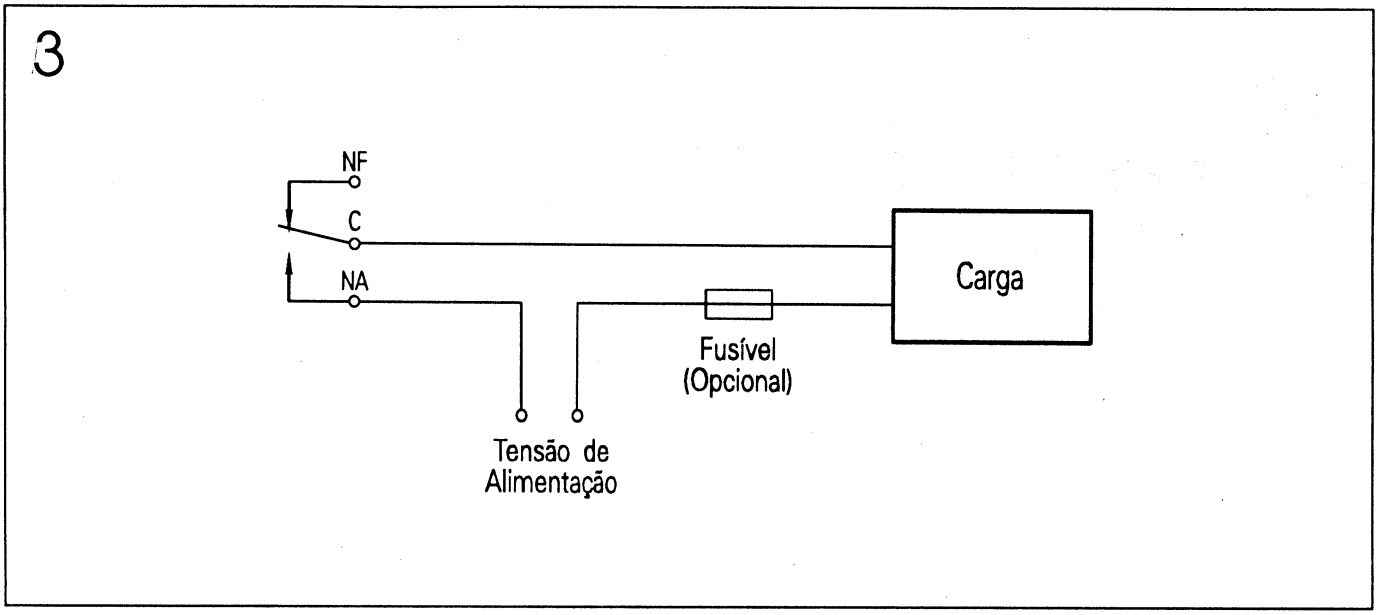
O diodo D_1 serve para cancelar a corrente reversa que a bobina do relé produz ao ser desligada e que poderia danificar o SCR.

Se na prática o leitor notar alguma dificuldade em obter o disparo no seu projeto, pode ser interessante aumentar a tensão da fonte para 13 ou 15 V. Outra possibilidade é usar um relé de 6 V e um resistor de 22 Ω em série com a sua bobina.

Com os componentes usados, a temporização chega a 45 minutos, mas aumentando o valor de P_1 e usando como C_2 um capacitor com baixa fuga de corrente, o tempo máximo pode ser aumentado.

MONTAGEM

Partimos diretamente do diagrama do aparelho. Podemos soldar todos os componentes na ponte de terminais, exceto os bornes de saída e o relé (esses devem ser fixados na caixa do conjunto). A disposição dos componentes está na figura 2.



Modo de ligar uma carga externa ao circuito

Podemos usar resistores de $^1/_8$ W ou $^1/_4$ W, com qualquer tolerância, e os eletrolíticos são para 12 V. O diodo admite equivalentes e o SCR pode ter outros sufixos como A, D ou G. Não é preceiso montar o SCR em dissipador de calor, devido à sua baixa corrente de operação neste circuito.

Pilhas comuns podem ser usadas no Temporizador, pois o consumo normal é extremamente baixo (menos de 1mA). O maior consumo, 40mA (em 12 V) ou 80mA (em 6 V), ocorre somente com o relé energizado. A fonte de alimentação deve ter, contudo, pelo menos 200mA de capacidade, como medida de segurança.

PROVA E UTILIZAÇÃO

Basta colocar o potenciômetro na posição de menor resistência (menor tempo) e ligar o circuito. Depois de alguns segundos, ouve-se o estalido do relé fechando os contatos.

Comprovado o funcionamento, podemos passar para a calibração ou uso imediato. A carga externa é ligada da maneira mostrada na fig. 3, sendo o fusível opcional. Note que é possível tanto ligar como desligar o circuito externo com o Temporizador, já que o relé tem contatos normalmente aberto e normalmente fechado. A calibração consiste em adaptar ao potenciômetro uma escala de tempos baseada nas leituras em um relógio ou cronômetro, facilitando a programação posterior do Temporizador.

É uma boa sugestão ligar um interruptor de pressão (do tipo normalmente aberto) em paralelo com C_2 para descarregá-lo completamente antes de iniciar uma nova temporização. **E**

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- Q_1 — 2N 2646 (transistor unijunção)
- SCR — TIC 106B (diodo controlado de silício)
- D_1 — 1N 914 ou 1N 4148 (diodo de sinal)

RESISTORES

- R_1 — 10kΩ (marrom, preto, laranja)
- R_2 — 220 Ω (vermelho, vermelho, marrom)
- R_3 — 100 Ω (marrom, preto marrom)
- P_1 — 1MΩ (potenciômetro linear)

CAPACITORES

- C_1 — 100μF/12 V (eletrolítico)
- C_2 — 1000μF/12 V (eletrolítico)

DIVERSOS

- K_1 — relé de 6 ou 12 V (ver texto)
- S_1 — interruptor simples
- Ponte de terminais, fonte de alimentação ou pilhas, caixa para a montagem, *knob* (botão) para o potenciômetro, fios, bornes, solda, etc.



Por J. MARTIN

Em breve, passaremos a publicar relatos dos colaboradores fixos e também dos leitores. Convidamos os técnicos reparadores a nos contarem suas experiências na descoberta e eliminação de defeitos em rádios, televisores, amplificadores, transmissores, videocassetes, sistemas de som portáteis, etc. Os relatos serão analisados pela redação e os melhores, publicados.

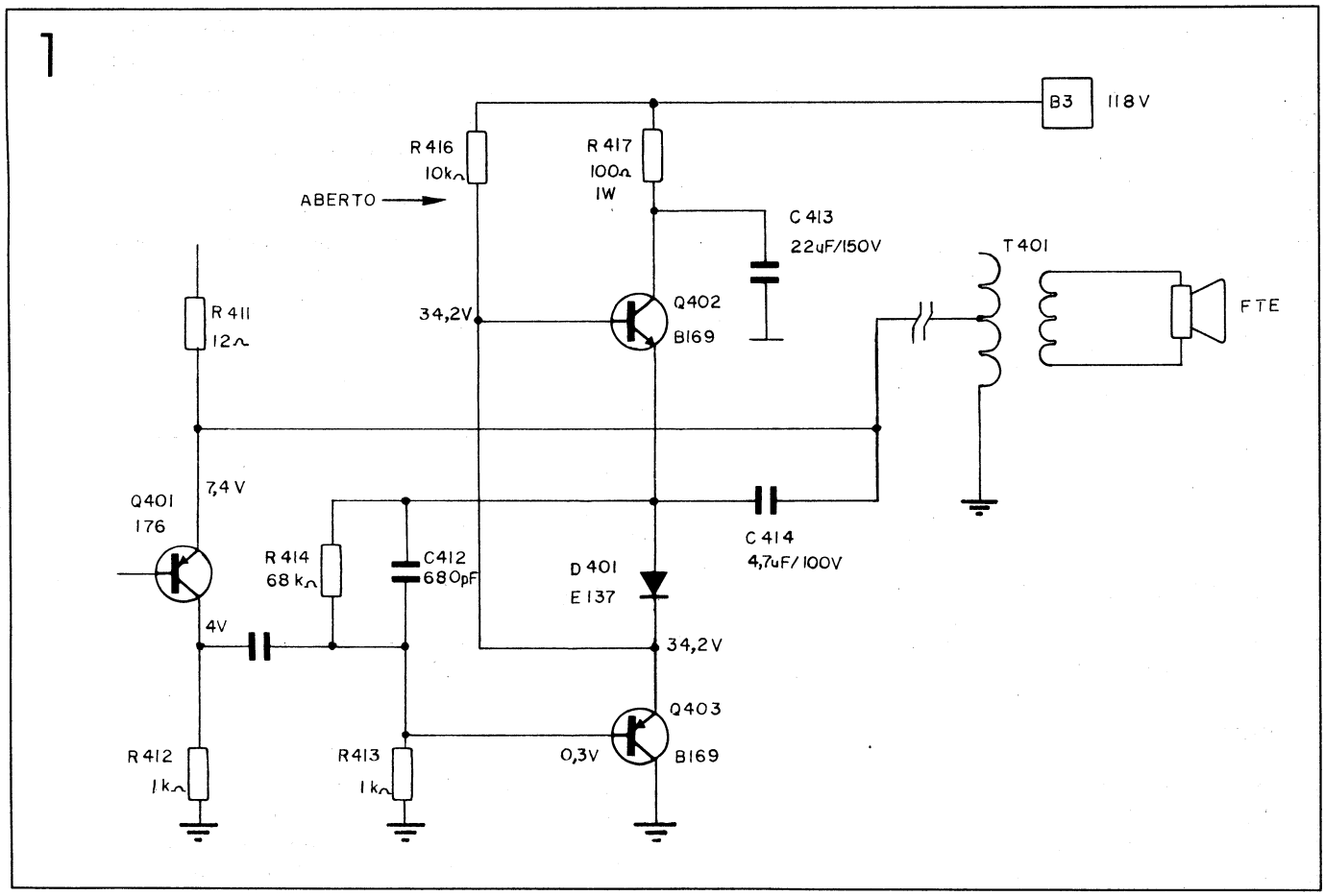
Recebi em minha oficina um televisor Philco, modelo PC-2003, chassi nº CPH-01, que apresentava um defeito "interessante" no setor de som. Estabelecida a alimentação no aparelho, o som saía distorcido e com um volume abaixo do normal. Em seguida, o som ia sumindo a ponto de tornar-se inaudível.

Como ocorre nestes casos, a primeira suspeita foi de que algum capacitor eletrolítico estava com problema. Analisando o diagrama (fig.1), pensei inicialmente em C_{414} e C_{411}. Evidentemente, se houvesse abertura ou curto em C_{413}, o problema não seria igual; entretanto, em curto certamente teríamos a queima de R_{417}, que constatei estar bom. Se o capacitor em questão estivesse aberto, poderia ocorrer alguma distorção e perda de volume, mas não no nível constatado. Testei os capacitores suspeitos: eles estavam normais.

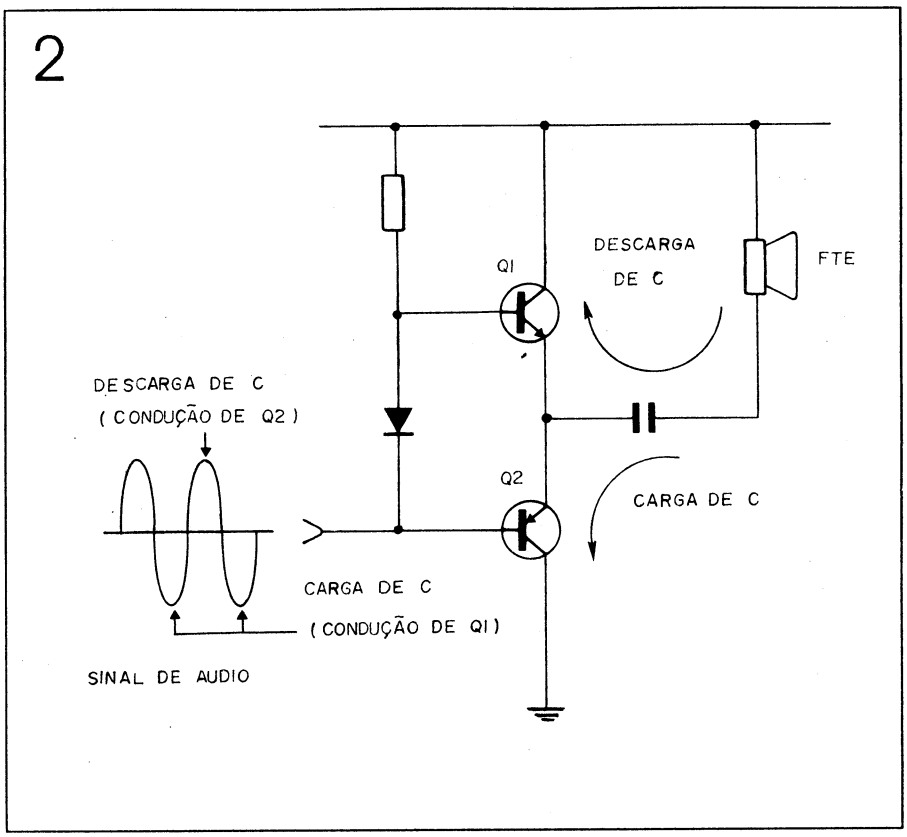
Para ter certeza de que o defeito estava nesta etapa, injetei um sinal na base de Q_{401}, sendo o sinal reproduzido com os problemas indicados.

Passei então a medir as tensões nos elementos do circuito; anomalias de tensão poderiam indicar componentes de polarização ou transistores com problemas. Este procedimento (testar antes os capacitores e depois os elementos de polarização) é bastante importante neste tipo de defeito, pois distingue nitidamente a possível origem da falha.

Medindo as tensões do circuito com um multímetro (com sensibilidade de 10kΩ/V), constatei que na base de Q_{402} (onde deveria haver 34,2 V) havia aproximadamente 11 V. Testei também a alimentação (é mais do que evidente...); B_3 estava com os 118 V indicados no diagrama, atestando que o problema não era de alimentação.



Esquema da seção do circuito com defeito



Princípio de funcionamento da saída complementar

Depois disso, verifiquei os resistores de polarização do transistor Q_{402}, que poderiam estar alterados. De fato, ao medir R_{416} (que deveria ser de 10kΩ), encontrei uma resistência acima de 100kΩ, indicando que este componente estava em aberto. Feita a troca deste resistor, o televisor voltou a ter o som no volume normal.

Está claro que, sem a polarização de base, o circuito de saída de áudio não poderia funcionar corretamente. Sem esta polarização não haveria corrente de emissor em Q_{402} e a polarização de Q_{403} também seria deficiente, causando não só a forte distorção como a perda de volume.

Lembramos que, num amplificador de áudio deste tipo (simetria complementar na saída — ver a fig. 2), os dois transistores trabalham "equilibrados" e qualquer problema de polarização num deles afeta também o outro. Cada transistor amplifica meio ciclo do sinal de áudio, carregando e descarregando o capacitor eletrolítico através do alto-falante ou do enrolamento primário de um transformador de saída (o caso deste circuito).

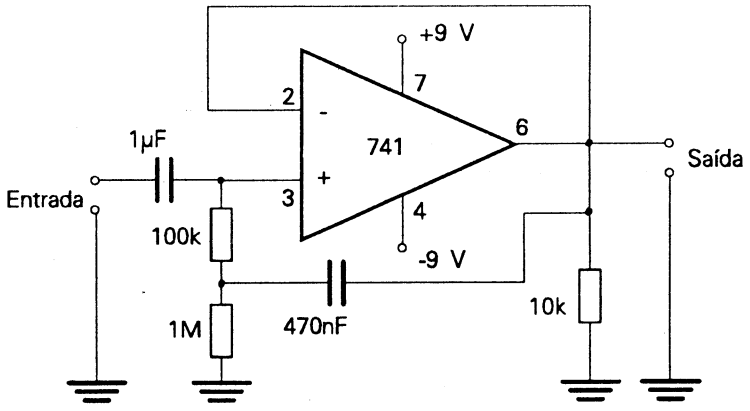
Instrumentos utilizados na reparação:

- Multímetro de 10kΩ/V.
- Injetor de sinais. **E**

CIRCUITOS BÁSICOS

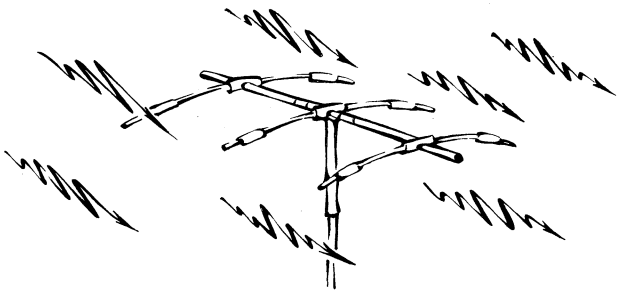
AMPLIFICADOR COM ENTRADA DE 500MΩ

A redução do ganho de um amplificador operacional também aumenta a sua impedância de entrada. Este circuito para sinais de tensão alternada tem uma impedância de entrada de 500MΩ e o ganho de tensão é unitário; portanto, ele serve como casador de impedância para a entrada de instrumentos de medição, por exemplo. A alimentação deve ser simétrica de 9+9 V. Para freqüências entre 100 e 10kHz, os valores dos capacitores são apropriados; para freqüências menores, eles devem ser aumentados.



Por MARCO GARCIA

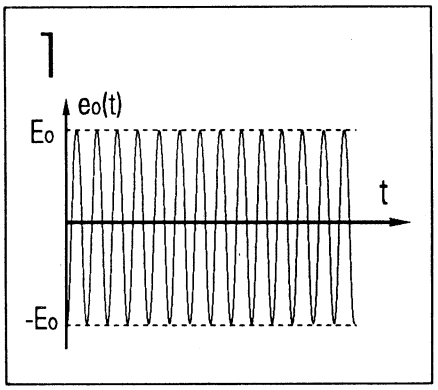
MODULAÇÃO AM-DSB



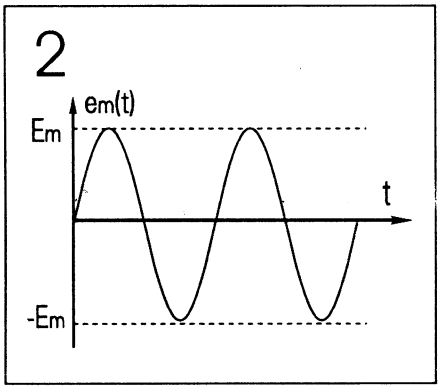
O emprego de técnicas de modulação ("embutir" um sinal em outro) vem da necessidade de se elevar a freqüência do sinal para podermos transmiti-lo. Se tentássemos transmitir um sinal de áudio sem modulá-lo em uma freqüência maior, encontraríamos vários obstáculos:

- O tamanho da antena necessária para o transmissor seria de alguns quilômetros.
- A potência requerida seria de megawatts ou até gigawatts.
- Teríamos espaço somente para uma radiotransmissora em cada região.

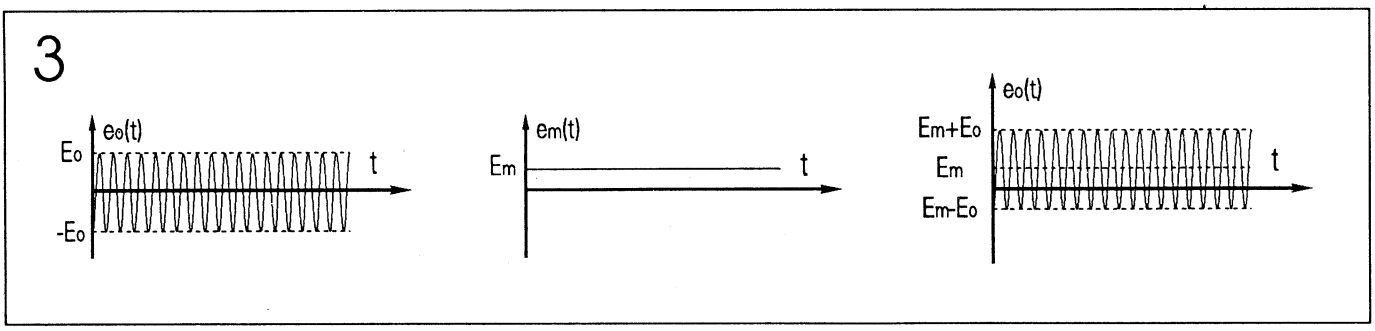
Entende-se por **modulação** a alteração de uma ou mais características de um sinal por outro sinal; ao primeiro sinal damos o nome de **portadora** e ao segundo de **sinal modulante.** A modulação que veremos aqui é a **modulação em amplitude** ou simplesmente AM (do inglês



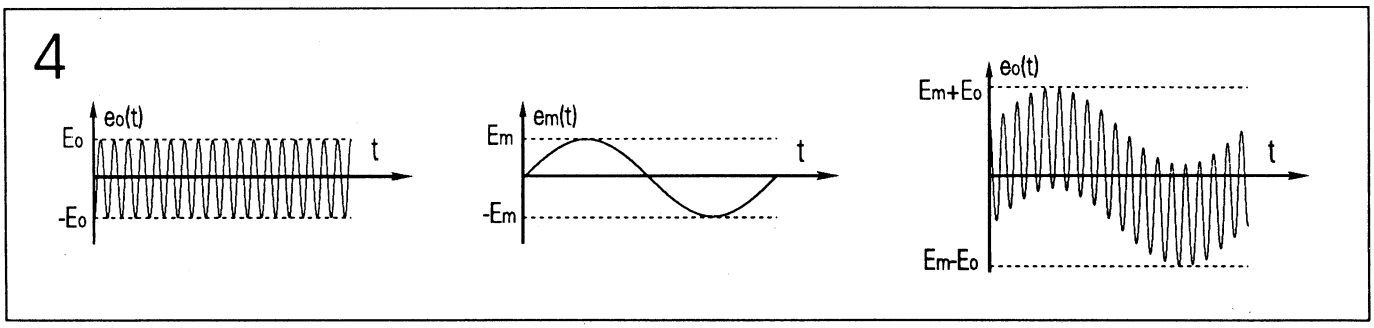
Portadora (sinal modulado)



Informação (sinal modulante)



Soma de um sinal periódico e um contínuo



Soma de sinais periódicos de freqüências diferentes

Amplitude Modulation), na qual a onda modulante altera a portadora em amplitude (diferença entre os valores máximos positivo e negativo de tensões).

DEDUÇÃO MATEMÁTICA DA AM-DSB

A tensão do sinal da onda portadora (figura 1) é definida pela fórmula:

$e_o(t)=E_o\cos\ \omega_o t$

Imaginemos agora um sinal de freqüência menor que a freqüência da portadora que tem sua forma de onda descrita na figura 2. Este sinal, ao qual damos o nome de "modulante" ou de "informação", é definido pela seguinte fórmula:

$e_m(t)=E_m\cos\omega_m t$
com $\omega_o << \omega_m$

Quando modulamos um sinal obtemos a seguinte expressão:

$e(t)=(E_o+e_m(t))\cos\omega_o t$

ou seja, estamos somando à portadora um sinal senoidal de amplitude E_m e freqüência ω_m.

Voltando um pouco atrás na parte eletrônica da dedução, lembremos o que ocorre quando somamos um sinal senoidal a um sinal DC (contínuo), como ilustra a figura 3. Conforme pode ser observado, o sinal DC varia de acordo com o sinal oscilante. Supondo que ao invés de um sinal contínuo tenhamos um sinal que varia no tempo, por exemplo, uma senóide (figura 4), este sinal modulado pode ser retificado e filtrado convenientemente, obtendo-se assim o sinal AM-DSB.

Em termos matemáticos, o que temos é o seguinte:

$e(t)=(E_o+e_m(t))\cos\omega_o t$ (1)

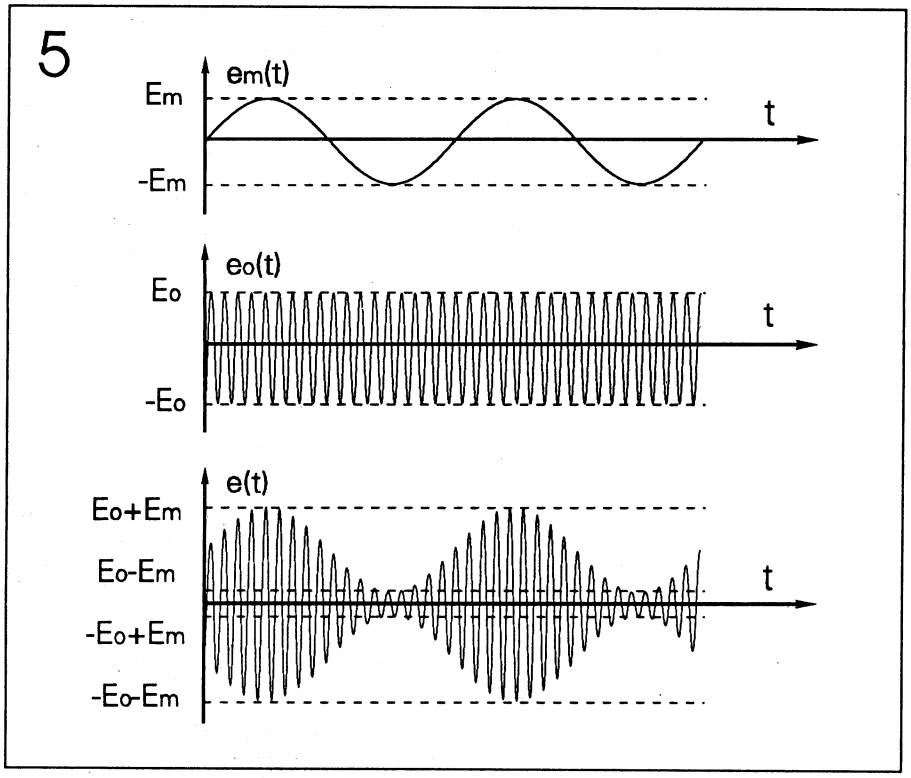
(sinal modulado AM-DSB), mas

$e_m(t)=E_m\cos\omega_m t$,

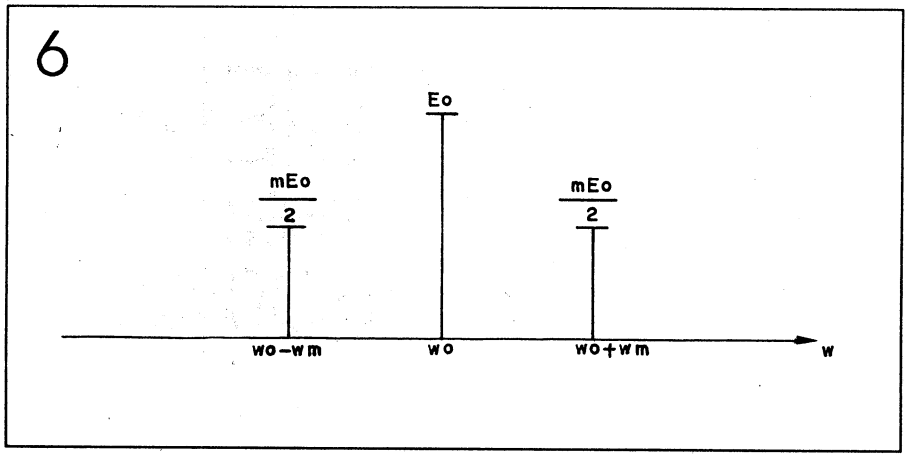
portanto, substituindo na equação 1, temos:

$e(t)=(E_o+E_m\cos\omega_m t)\cos\omega_o t$ (2)

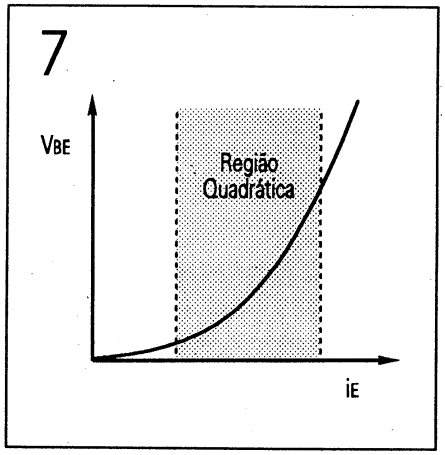
Fazendo a operação distributiva entre os termos, obtemos:



Modulação AM-DSB



Espectro de freqüência do sinal em AM-DSB



Curva característica de um transistor

$e(t)=E_o\cos\omega_o t+Em\cos\omega_m t\cdot\cos\omega_o t$
(3)

Para resolvermos esta expressão, vamos recorrer ao uso de uma fórmula originária da trigonometria, onde:

$\cos A\cdot\cos B=1/2\cos(A+B)+1/2\cos(A-B)$
(4)

Substituindo na equação 3 temos:

$e(t)=E_o\cos\omega_o t+1/2E_m\cos(\omega_o+\omega_m)t+1/2E_m\cos(\omega_o-\omega_m)t$
(5)

Isto porque fizemos a igualdade:

$\cos A=\cos\omega_o$ e $\cos B=\cos\omega_m$

Dividindo todos os termos por Eo, temos:

$e(t)=E_o[\cos\omega_o t+E_m/2E_o\cdot\cos(\omega_o+\omega_m)t+E_m/2E_o\cdot\cos(\omega_o-\omega_m)t]$
(6)

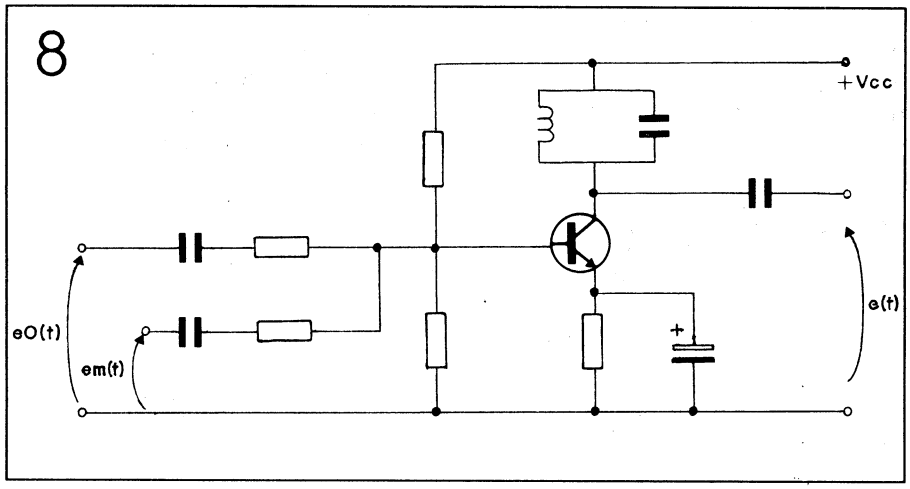
E_m/E_o também é conhecido como **índice de modulação** AM-DSB e é representado pela letra **m**.

Aplicando a propriedade distributiva temos:

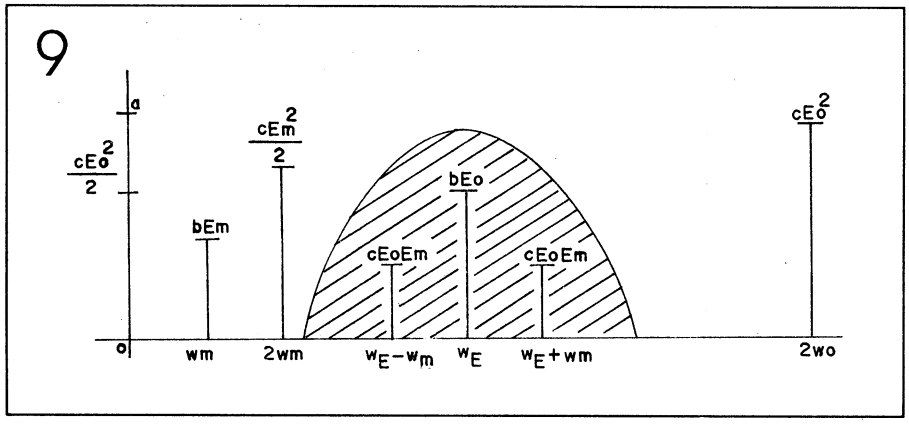
$e(t)=E_o\cos\omega_o t+mE_o/2\cdot\cos(\omega_o+\omega_m)t+mE_o/2\cdot\cos(\omega_o-\omega_m)t$
(7)

Esta última equação é a expressão final do sinal AM-DSB, cujos gráficos estão na figura 5.

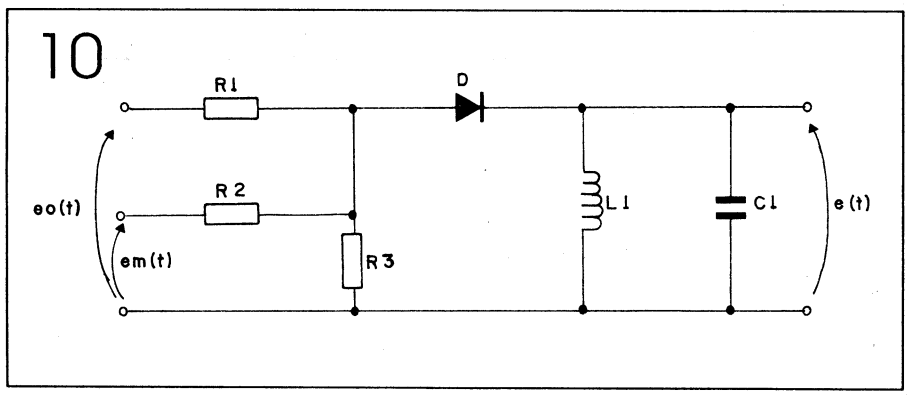
O sinal AM que estamos descrevendo é chamado DSB *(double side band,* "banda lateral dupla") por causa das duas raias laterais que aparecem em seu diagrama de espectro de freqüência. Estas duas raias aparecem devido aos termos $\cos(\omega_o+\omega_m)$ e $\cos(\omega_o-\omega_m)$. Analisando o espectro do sinal (figura 6) podemos distinguir as raias laterais e o sinal da portadora.



Modulador quadrático



Espectro de freqüência da saída do modulador quadrático



Modulador síncrono a diodo

TIPOS DE MODULADORES

MODULADOR QUADRÁTICO

Este tipo de modulador parte do princípio de se aproveitar a região linear do transistor quando ele está conduzindo. A Figura 7 mostra o esquema do modulador quadrático.

Sabemos que a curva característica do transistor tem a forma mostrada na figura 8. Na região assinalada temos uma curva quase exponencial, que podemos aproximar para uma parábola sem grande erro (daí essa

região ser chamada **região quadrática**). Polarizando o transistor nesta região temos o fenômeno descrito a seguir.

Segundo um matemático chamado **Taylor**, a exponencial de um número "t" pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$f(t)=e^t=1+t+(t^2/2)+t^3/6+t^4/24+... \quad (8)$$

Para saber qual é o valor de e^1, basta substituir na equação 8 o fator "t" por 1:

$$e^1=1+1+1^2/2+1^3/6+1^4/24+...=2,72$$

Voltando ao circuito, temos $ic=\beta ib$ e ib varia em função de V_{be}, ou seja, $ib=f(V_{be})$. Substituindo na equação 8 temos:

$$ic=a+bV_{be}+cV_{be}^2+dV_{be}^3+... \quad (9)$$

onde a, b, c, d, ... são constantes numéricas impostas pelo circuito.

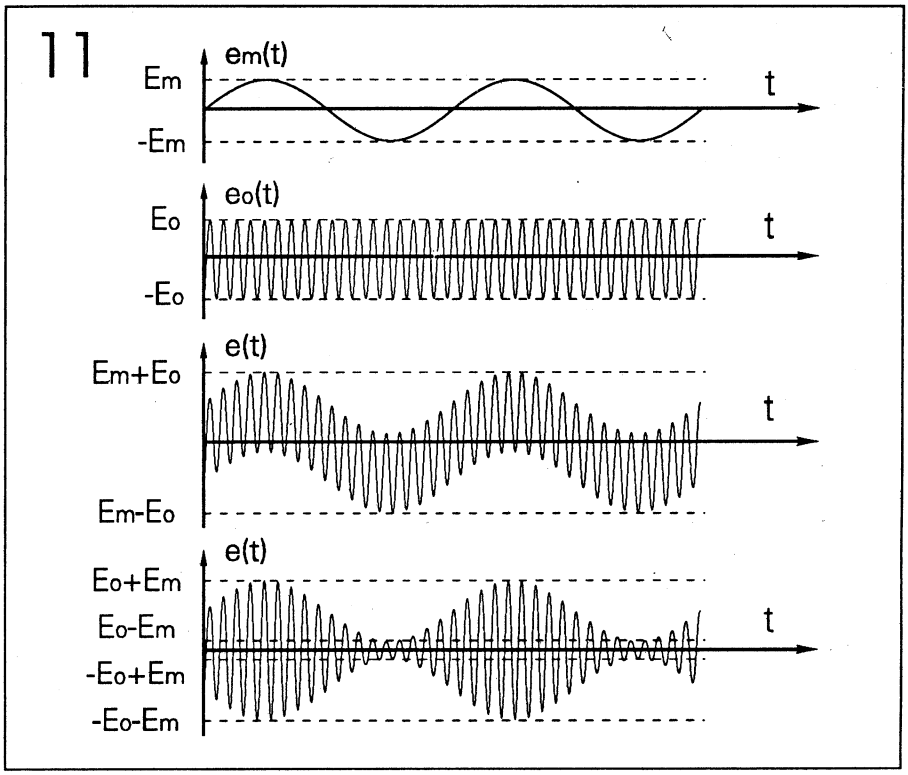
Se polarizarmos o transistor na região quadrática, injetando entre a base e emissor a soma algébrica dos sinais $e_m(t)$ (informação) e $e_o(t)$ (portadora), temos:

$$V_{be}=e_m(t)+e_o(t)$$

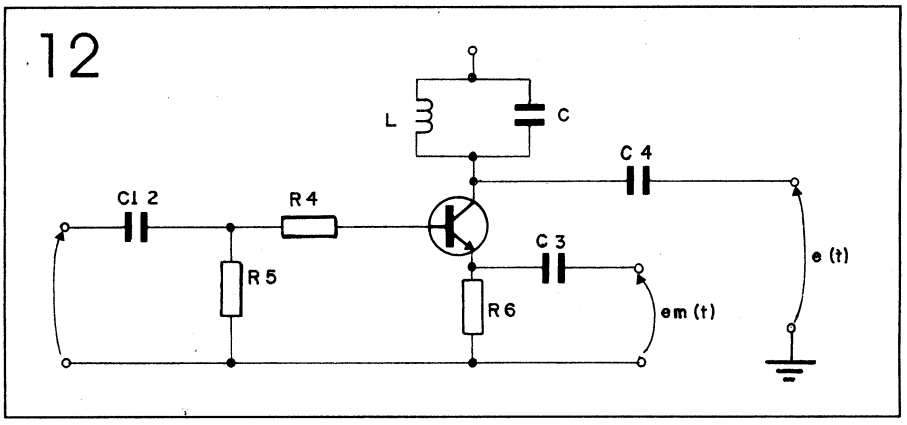
Como a corrente de coletor tem seu valor calculado, como demonstrado na equação 9, substituindo o valor de V_{be} nesta equação temos:

$$ic(t)=a+bE_o\cos\omega_o t+bE_m\cos\omega_m t+cE_o^2/2+cE_o^2/2\cdot\cos2\omega_o t+cE_m^2/2+cE_m^2/2\cdot\cos2\omega_m t+cE_oE_m\cos(\omega_o+\omega_m)t+E_oE_m\cos(\omega_o-\omega_m)t+... \quad (10)$$

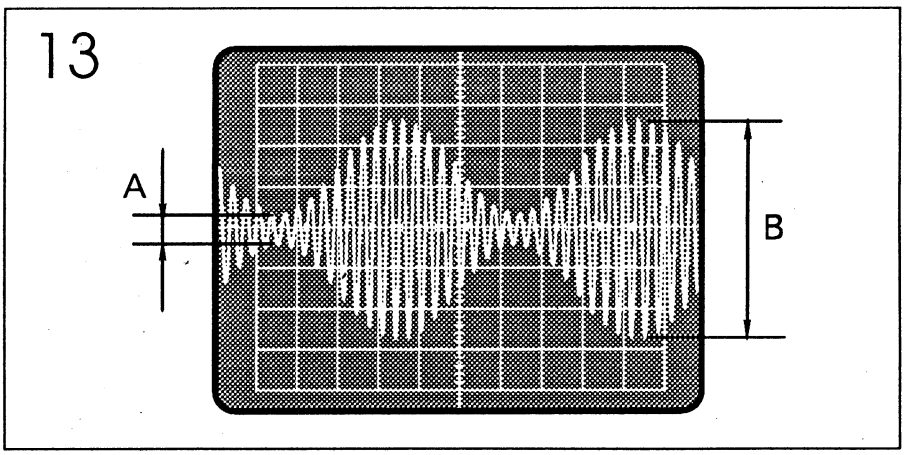
O espectro de corrente fica como mostrado na figura 9. Se colocarmos um filtro passa-faixa selecionando o que está dentro do hachurado, teremos a modulação AM-DSB.



Formas de onda do modulador síncrono a diodo



Modulador síncrono a transistor



Método de medição do m pelo sinal de saída

CHAVE SÍNCRONA A DIODO

Tem como princípio um sinal sendo amostrado por uma chave síncrona; isto gera uma série de harmônicos do sinal que, convenientemente filtrado, compõe o sinal AM-DSB. A figura 10 mostra um modulador síncrono a diodo, onde R_1 e R_2 formam um somador resistivo. O diodo tem função de chave síncrona e o filtro LC "rebate" a onda na saída.

Os sinais da figura 11 mostram as formas de onda nos vários pontos do circuito da figura 10.

CHAVE SÍNCRONA A TRANSISTOR

Este modulador é mostrado na figura 12. Tem o mesmo princípio do modulador a diodo, só que agora quem faz o papel de chave síncrona é o transistor, o qual opera alternadamente em corte e saturação.

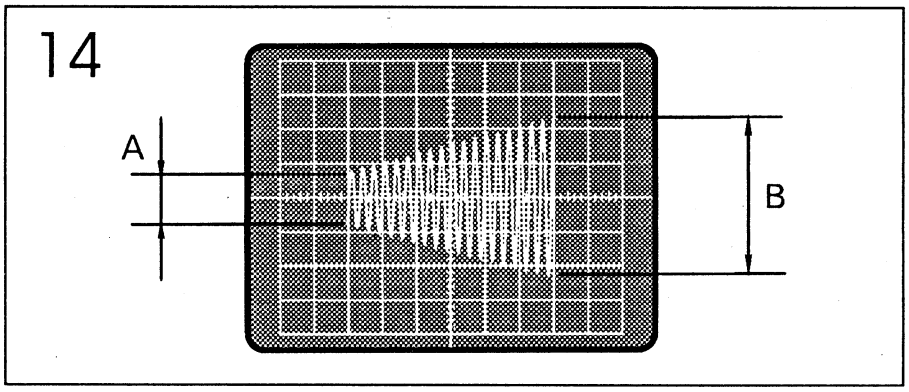
Quando a portadora passa pelo semiciclo positivo o transistor entra em saturação, o que leva o sinal modulante (que está no emissor) para a saída. Quando a portadora passa para o semiciclo negativo, o transistor entra em corte, fazendo o circuito LC devolver à saída a energia que tinha sido fornecida a ele no semiciclo anterior.

ÍNDICE DE MODULAÇÃO

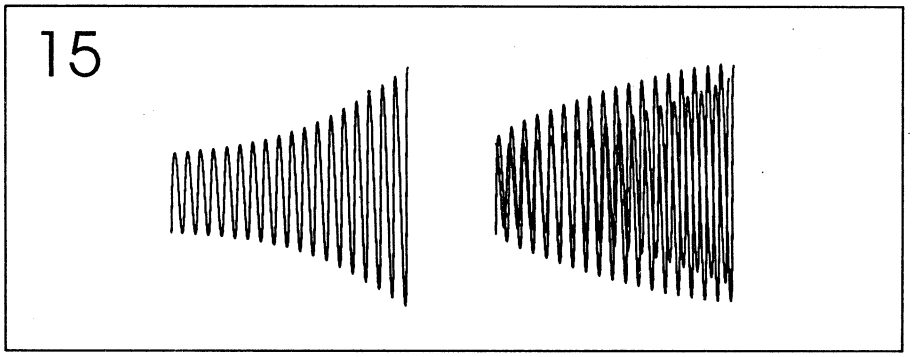
O índice de modulação é um parâmetro que indica o quanto o sinal AM foi modulado e se ele está distorcido. É determinado pela seguinte fórmula:

$m=M_{pp}/P_{pp}$

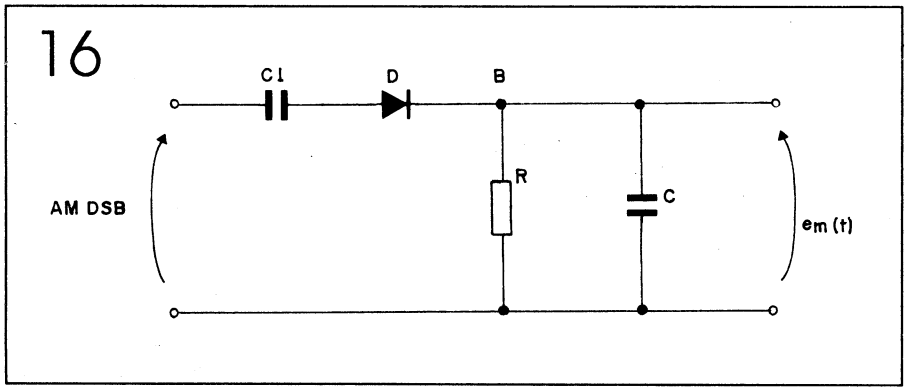
onde M_{pp} é o valor pico a pico do sinal modulante e P_{pp} é o valor pico a pico da portadora não modulada.



Método de medição do m pelo trapézio



Figuras que indicam distorção na modulação



Demodulador (detector de envoltória) a diodo

MEDIÇÃO DO ÍNDICE DE MODULAÇÃO COM OSCILOSCÓPIO

O primeiro método possível é pelo sinal de saída, conforme visto na figura 13. O valor de m é

$m=(B-A)/(B+A)$

ou, em porcentagem:

$m=100[(B-A)/(B+A)]$

O segundo método é o "método do trapézio". Consiste em se injetar o sinal modulado no eixo horizontal do osciloscópio e o sinal modulante no eixo vertical, compondo na tela o desenho mostrado na figura 14. Como no caso anterior,

$m=(B-A)/(B+A)$

ou, em porcentagem:

$m=100[(B-A)/(B+A)]$

Quando o sinal AM-DSB sofre algum tipo de distorção temos anomalias na forma do trapézio, como ilustram os exemplos na figura 15.

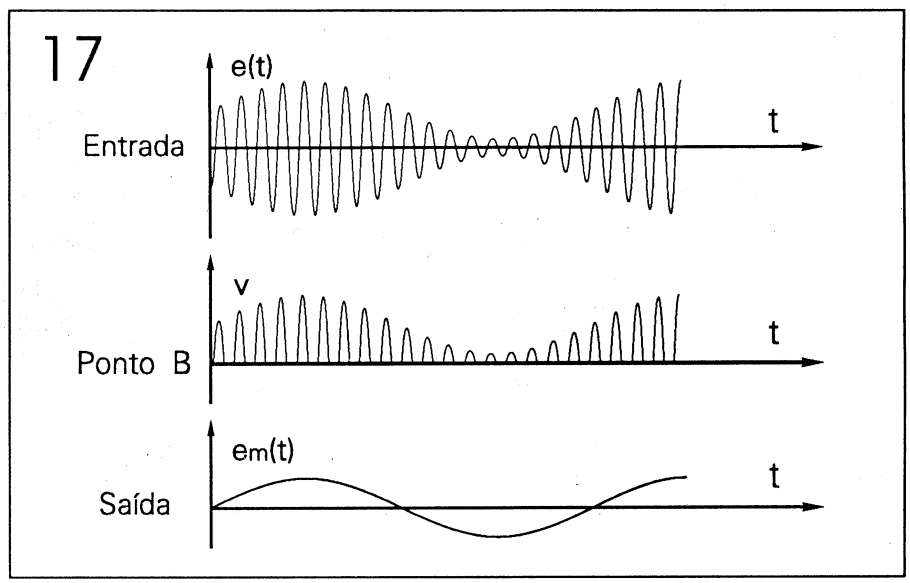
DEMODULAÇÃO AM-DSB

Como já vimos, a modulação AM-DSB tem dois componentes importantes: a portadora e a informação. A portadora é modulada em amplitude pelo sinal modulante. Quando temos que recuperar (demodular) um sinal AM-DSB devemos recuperar a sua envoltória, pois é nela que está contida a informação. Para tanto usamos circuitos chamados **detectores de envoltória.**

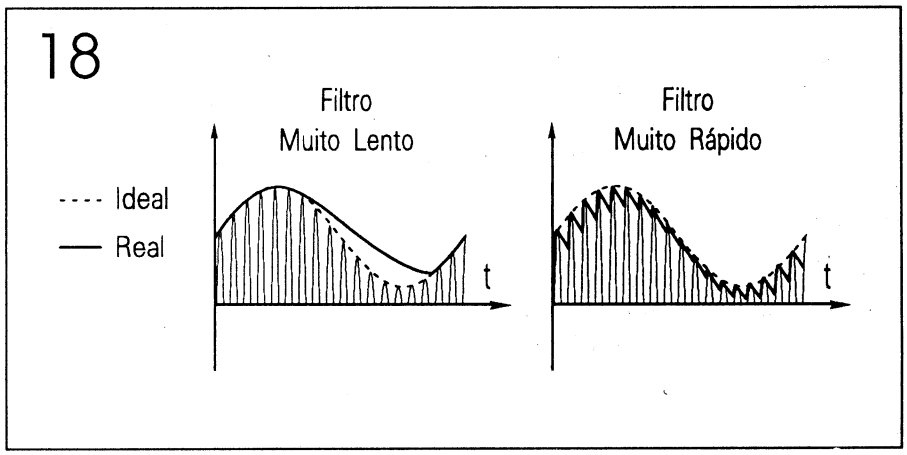
Devido à sua simplicidade e eficiência, o detector de envoltória mostrado na figura 16 é o circuito mais utilizado na demodulação AM-DSB. Este circuito é um retificador de meia-onda (que deixa passar apenas metade do ciclo do sinal modulado) com um filtro passa-baixas. Quando o sinal na entrada passa pelo semiciclo positivo (ou negativo, dependendo da posição do diodo), o diodo conduz e o sinal vai para o filtro passa-baixas, carregando o capacitor. Quando o sinal de entrada passa para o semiciclo negativo (ou positivo) e se torna menor que o sinal no capacitor, ele se descarrega através do resistor enquanto o diodo entra em corte. Este processo possibilita a recuperação do sinal da informação.

Temos no circuito as formas de onda mostradas na figura 17. O sinal de informação é satisfatoriamente recuperado, apresentando porém alguma distorção que, se bem controlada, não compromete o uso deste método.

Existem alguns problemas no cálculo dos detectores quanto ao filtro, que não pode ser nem muito lento nem muito rápido, pelos motivos abaixo:



Formas de onda no detector



Tipos de distorção causadas pelo filtro RC na demodulação

- **Filtro muito lento.** Se o filtro for muito lento (com R ou C muito grandes), temos o que chamamos de "descolamento de envoltória". Com a constante de tempo RC maior que o período do sinal, o capacitor se descarrega tão lentamente que não acompanha a envoltória, causando uma distorção forte no sinal.

- **Filtro muito rápido.** Se o filtro RC for dimensionado com uma constante de tempo muito baixa, o sinal no capacitor acompanha a portadora em vez da envoltória. Isto acontece porque o capacitor se descarrega tão rápido que não filtra a portadora por completo.

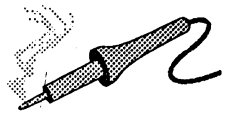
As duas distorções causadas pelo filtro são mostradas na figura 18.

Uma regra prática que permite o cálculo de um filtro RC conveniente é mostrada nesta equação:

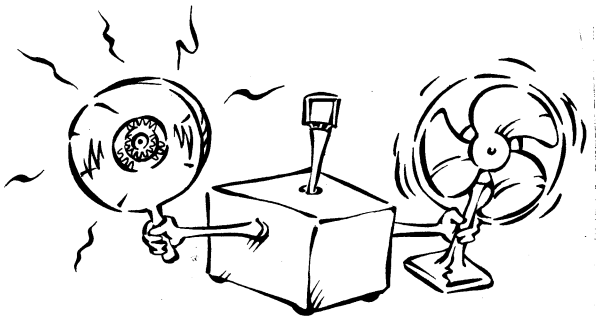
$$RC = 1/(2\pi \cdot m \cdot f_m)$$

onde m=índice de modulação e f_m=máxima freqüência transmitida.

Outro tipo de distorção muito comum é quando o diodo não é linear. Para tornar essa distorção mínima, devemos ter níveis de portadoras relativamente altos (± 0,3V para os diodos de germânio). **E**



Por DONIZETE KLUNG



CONTROLADOR DE TEMPERATURA AMBIENTE

Este projeto é interessante para quem deseja construir por seus próprios meios um **termostato** (controle automático de temperatura ambiente). A sua ação é simples: a partir de certa temperatura (pode-se escolher se é um limite superior ou inferior), o aparelho aciona um dispositivo de acordo com o desejado (aquecedor, ar-condicionado, ventilador, etc.), desligando-o no retorno à faixa de temperatura normal. Podemos aplicar este circuito em muitos lugares: nos cômodos de uma casa, em um escritório, em um aquário, em uma chocadeira eletrônica com temperatura controlada, etc. (Temos certeza que a imaginação do leitor descobrirá aplicações que nós nem sonhamos!)

O dado mais interessante do projeto é o fato de ser simples, porque além de possuir poucos componentes, seu funcionamento é de fácil compreensão e o seu circuito pode ser modificado para outras aplicações.

FUNCIONAMENTO

A figura 1 mostra o diagrama em blocos do Controlador de Temperatura, que consta de quatro blocos:

- O primeiro bloco é o **sensor de temperatura,** que mede a temperatura ambiente e transforma seu valor em uma tensão elétrica proporcional para o comparador.

- O segundo bloco é a **referência de temperatura:** este circuito informa ao comparador a temperatura em que queremos acionar a fonte térmica (ventilador, ar-condicionado, aquecedor, etc.).

- O terceiro bloco é o **comparador.** Como já diz o nome, ele compara a tensão vinda do sensor de temperatura com a tensão de referência de temperatura. Quando a tensão do sensor for maior que a de referência, ele envia um sinal para o bloco de acionamento de carga.

- O quarto bloco é o de **acionamento de carga,** cuja função é ligar ou desligar a fonte térmica.

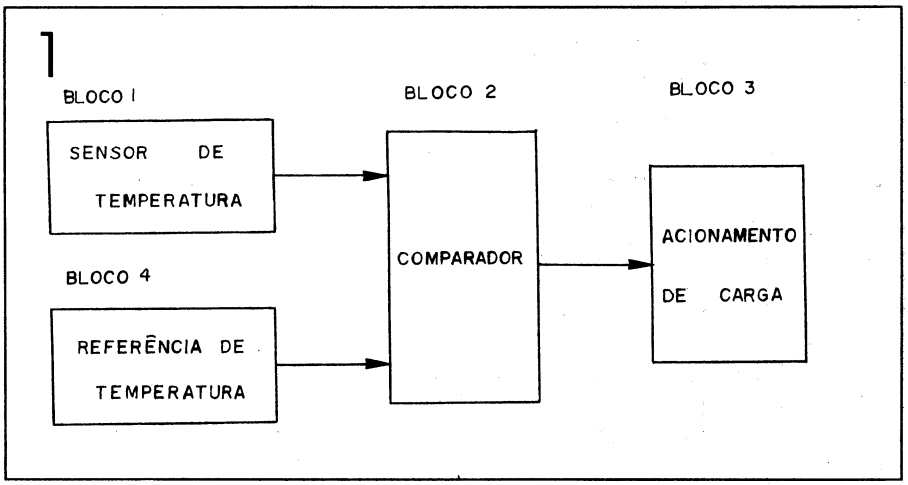
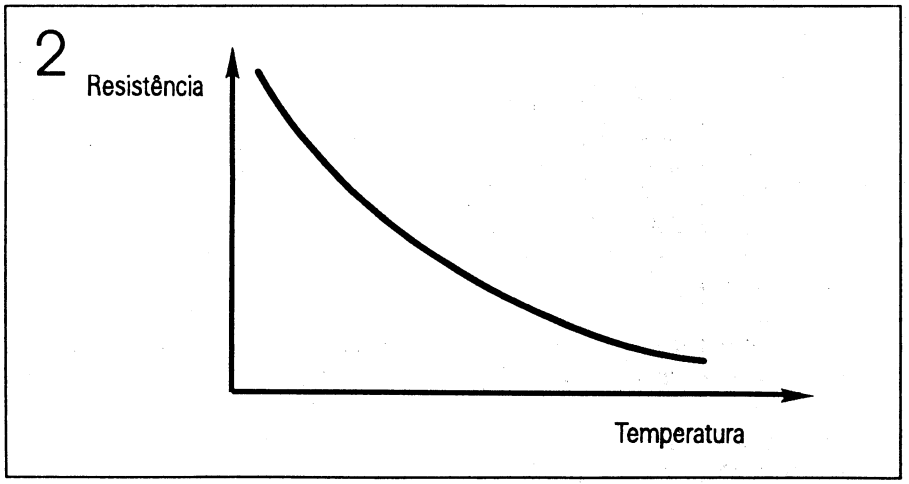
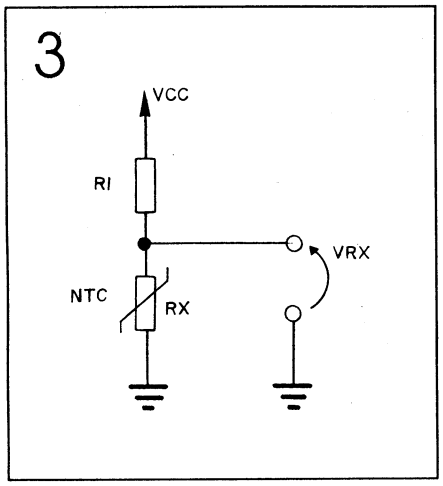


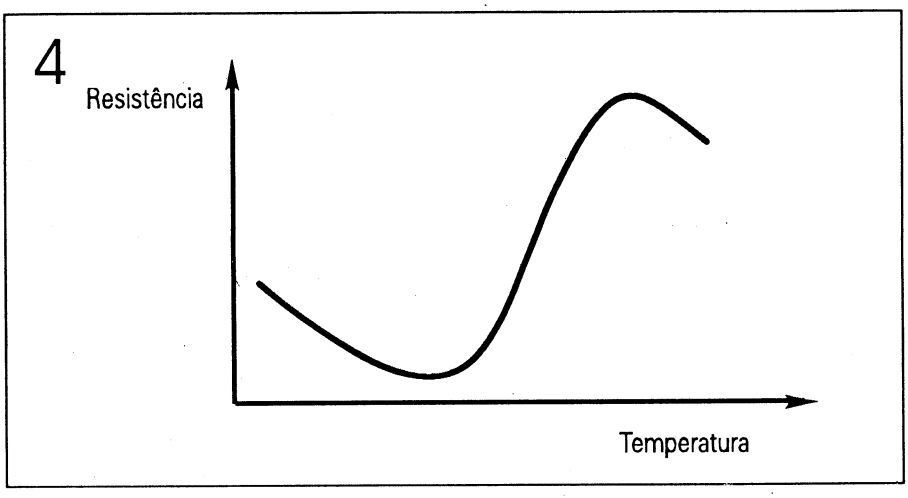
Diagrama em blocos



Curva característica do NTC



Sensor de temperatura com NTC



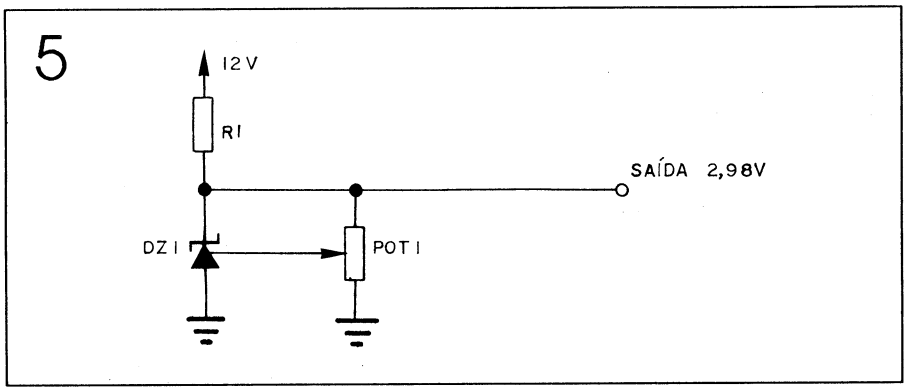
Curva característica do PTC

Antes de explicar cada bloco em maior detalhe, é bom fazer um breve comentário sobre o sensor de temperatura.

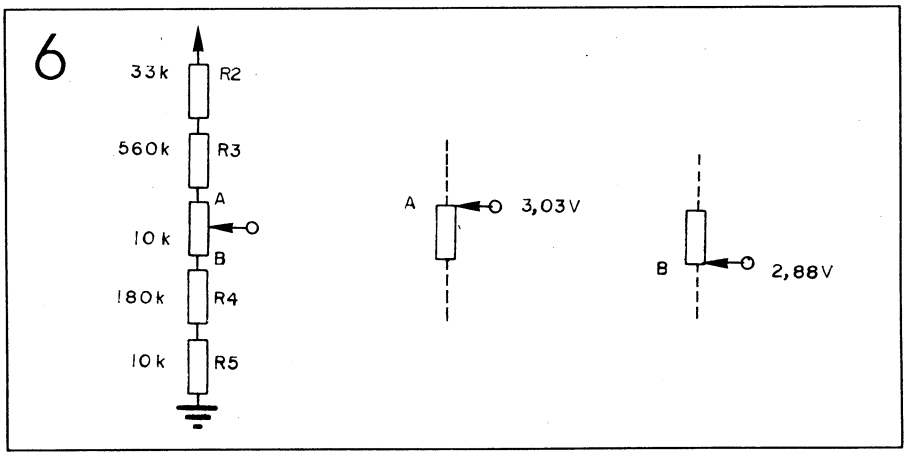
A função de um **sensor de temperatura** é transformar toda variação de temperatura em uma variação de tensão. Imagine, por exemplo, um sensor num ambiente com a temperatura igual a 20°C, gerando na sua saída uma tensão de 2 V. Se a cada grau Celsius que subir ou descer a sua saída variar 0,1 V, então com 25°C nós teremos uma tensão na saída de 2,5 V, com 15°C teremos 1,5 V e assim por diante... o que nos dá a noção que este é um sensor **linear**, ou seja: a tensão de saída varia proporcionalmente conforme a variação de temperatura acima ou abaixo do valor especificado.

É possível fazer sensores de temperatura com vários dispositivos. Um exemplo clássico deles são os NTCs e PTCs.

O **NTC** (sigla em inglês de *negative temperature coefficient resistor*, resistor de coeficiente térmico negativo), também denominado "termistor", apresenta um coeficiente de temperatura negativo (isto é, a resistência decresce com o aumento da temperatura). A figura 2 apresenta a curva característica da resistência em função da temperatura para um NTC.



Sensor de temperatura do circuito



Bloco de referência de temperatura

Se a resistência do NTC varia com a temperatura, então podemos usá-lo no circuito da figura 3. Quando a resistência do NTC abaixa, a tensão V_{RX} também cai; logo, temos um sensor de temperatura baseado no NTC.

O **PTC** (sigla em inglês de *positive temperature coefficient resistor*, resistor de coeficiente térmico positivo) tem uma resistência diretamente proporcional à temperatura, ao contrário do NTC. Devido às características da construção, o PTC apresenta coeficiente positivo apenas para

uma determinada faixa de temperatura, enquanto que o NTC opera em toda a faixa (por isso, o uso do PTC é restrito). A curva característica de um PTC está na figura 4.

O CIRCUITO

O primeiro bloco (sensor de temperatura) tem o circuito mostrado na figura 5. O circuito é formado por R_1, DZ_1 e P_1 e se baseia num sensor de temperatura muito usado em aplicações industriais, o LM 335.

A referência de temperatura é DZ_1; a função de R_1 é limitar a corrente que passa por DZ_1 e a função do P_1 é fazer a calibração do sensor (isto é, do limite de operação do acionador de carga).

O comportamento do sensor é o seguinte: se ele estiver em um ambiente com temperatura igual a 0°C, a tensão em sua saída deverá ser igual a 2,73 V. A cada °C que a temperatura sobe ou desce, a tensão de saída é incrementada ou decrementada respectivamente de 0,01 V. Então, se a temperatura ambiente for por exemplo 25°C, o sensor deve ser calibrado para que a tensão de saída seja

(25•0,01)+2,73=2,98 V

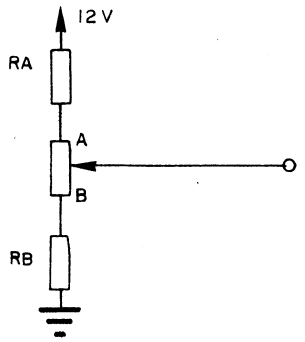
Logo, devemos ter 2,98 V na saída do sensor para a temperatura de 25°C.

Uma vez calibrada a temperatura ambiente, o sensor mostra na saída sempre a tensão referente ao valor da temperatura ambiente; logo, se ela subir para 30°C, a tensão na saída sobe para

(30•0,01)+2,73V=3,03 V

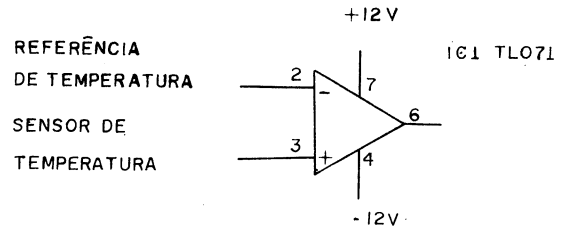
(É claro: se o sensor for calibrado incorretamente, todas as temperaturas medidas posteriormente também estarão erradas.)

7



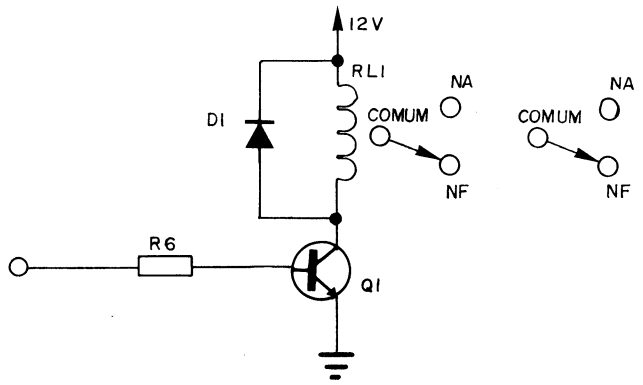
Referência de temperatura para exemplo de cálculo

8



Comparador de tensão

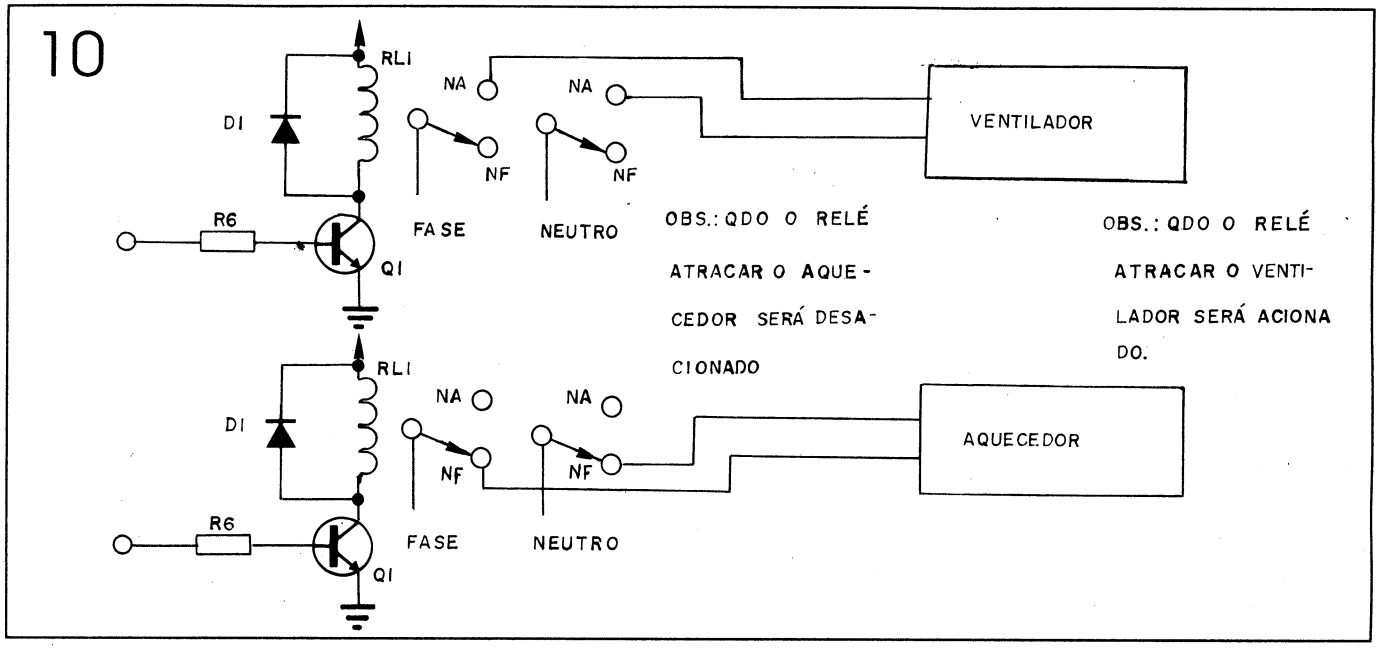
9



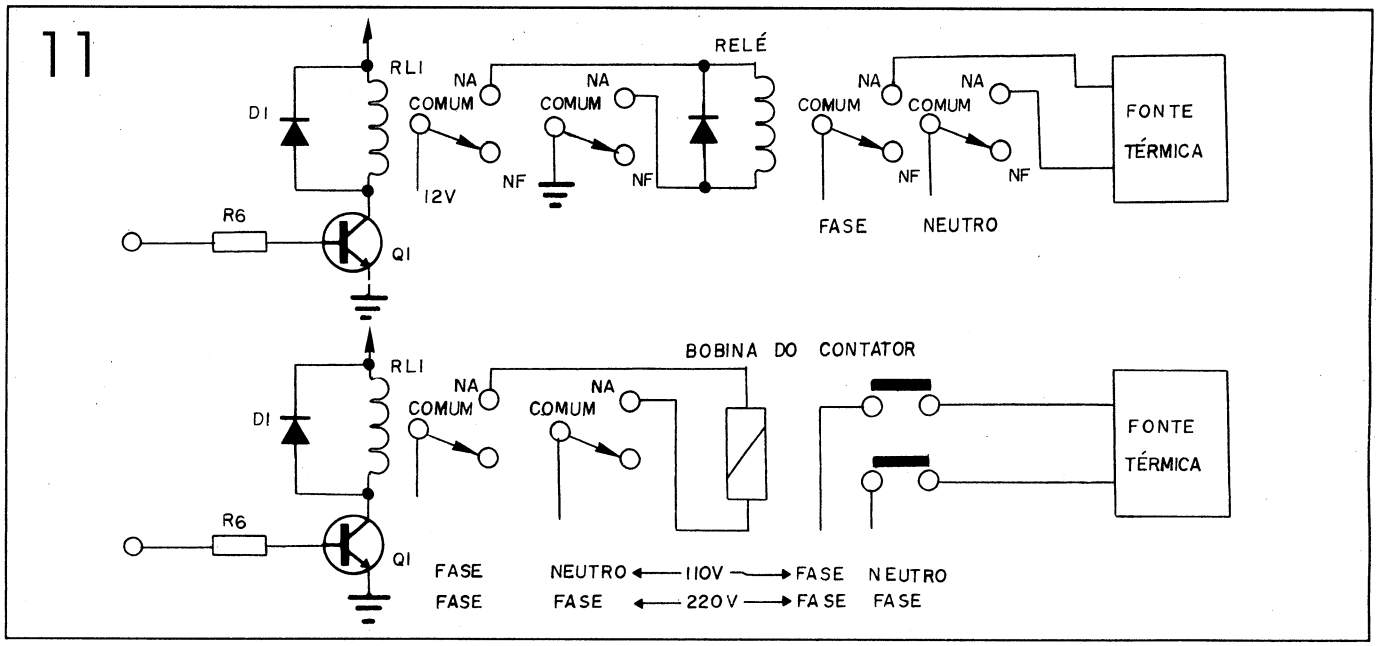
Bloco de acionamento de carga

A figura 6 apresenta o circuito do bloco 2 (referência de temperatura). Este circuito é um divisor de tensão formado por quatro resistores fixos e um potenciômetro (resistor ajustável). Os valores do bloco foram calculados para que, com o cursor do P_2 no ponto A, tenhamos uma tensão igual a 3,03 V (que representa 30°C) e, com o cursor no ponto B, tenhamos uma tensão de 2,88 V (que representa 15°C).

Caso haja interesse do leitor em modificar os valores máximo e mínimo da temperatura de referência, isto poderá ser feito sem maiores dificuldades. Adiante mostramos como



Operação do circuito com contatos NA e NF



Exemplo de acionamento de uma carga grande

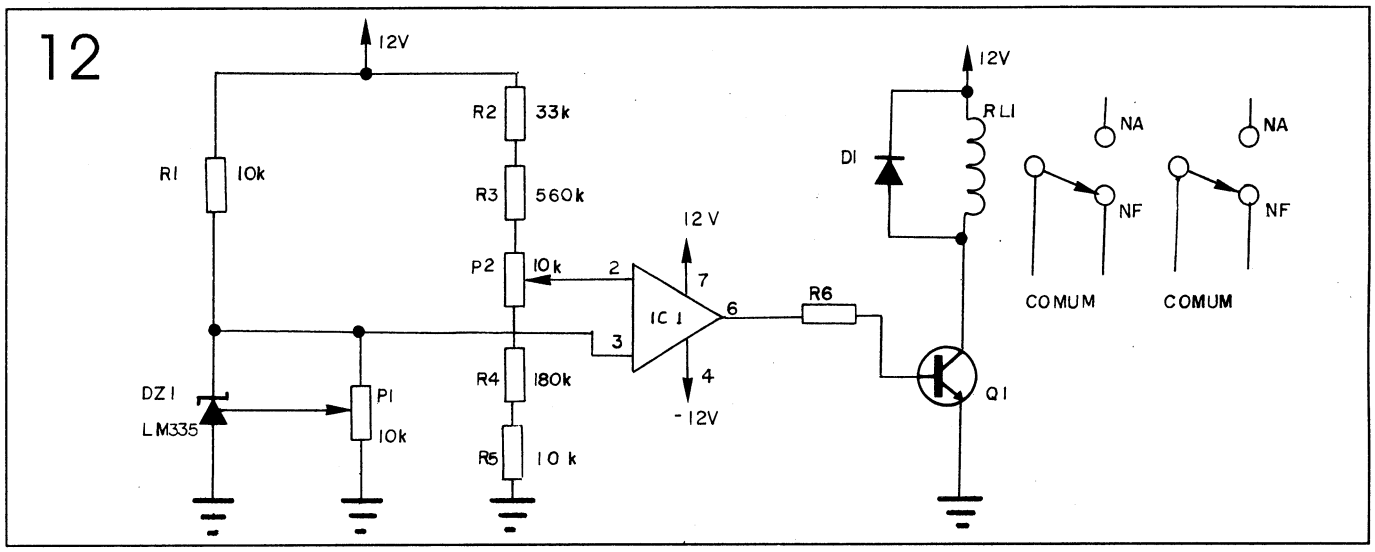
são feitos os cálculos; antes, porém, é bom fazermos um breve comentário.

No circuito do bloco 2 foram colocados dois resistores a mais, R_2 e R_5. Note que poderíamos substituir o grupo R_2/R_3 por um único resistor de 593kΩ e o grupo R_4/R_5 por um resistor de 190kΩ, porém na série de resistores de tolerância de 5% (a mais comum) estes valores não existem, e foi preciso fazer as associações para chegarmos num valor mais aproximado do ideal. Todavia, se o leitor conseguir achar resistores da série de tolerância de 1%, o valor exato de R_2/R_3 é 598kΩ e o de R_4/R_5 é 192kΩ . Não se deve esquecer de colocar um *jumper* (curto) no lugar dos resistores que não forem usados.

Continuemos, então, com os cálculos...

A figura 10 mostra o divisor de tensão. A primeira coisa a fazer é escolher os valores máximo e mínimo de temperatura (por exemplo, mínimo de 10°C e máximo de 40°C).

Sabemos que, com a temperatura igual a 0°C, o sensor mostra na saí-



Esquema completo do circuito

da uma tensão igual a 2,73 V, e a cada °C que a temperatura sobe essa tensão é incrementada de 0,01 V. Logo, a 10°C devemos ter uma tensão igual a

(10•0,01)+2,73=2,83 V

e, a 40°C, devemos ter uma tensão igual a

(40•0,01)+2,73=3,13 V

Quando o cursor do "pot" estiver em B, devemos ter uma tensão no divisor de 2,83 V e, quando estiver em A, 3,13 V. Sabendo esses valores, sigamos a seguinte "receita":

- Adote um potenciômetro de valor comercial (por exemplo, 10kΩ).

- Subtraia o valor da tensão referente a 40°C do valor da tensão referente a 10°C (este valor corresponde ao curso total do potenciômetro):

3,13–2,83=0,3 V

- Divida o valor encontrado acima pelo valor do "pot" escolhido (lembrando: 10kΩ é o mesmo que 10 000 Ω):

0,3/10.000=0,00003 A

- Divida o valor da tensão referente a 10°C pelo valor encontrado acima:

2,83/0,00003=94 333 Ω

- Subtraia da fonte de 12 V a tensão referente à temperatura de 40°C:

12–3,13=8,87 V

- Divida o valor da tensão encontrada pela corrente já calculada:

8,87/0,00003=295 666 Ω

Os valores encontrados para o exemplo são:

R_A= 295 666 Ω
R_B= 94 333 Ω
P= 10 000 Ω

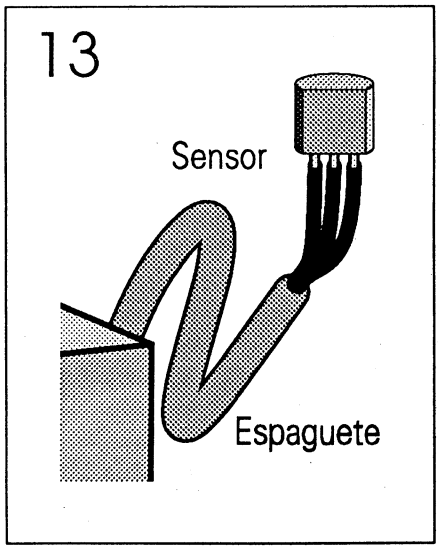
Note que, desses valores, o único comercial é o "pot" que foi escolhido no começo dos cálculos. Os valores de R_A e R_B terão que ser aproximados para um valor comercial, sendo divididos em dois para melhorar a aproximação. Essa divisão pode ser feita de várias formas; veja abaixo um exemplo.

R_A=270 000+22 000=292 000 Ω
(270kΩ e 22kΩ)

R_B=47 000+47 000=94 000 Ω
(2 x 47kΩ)

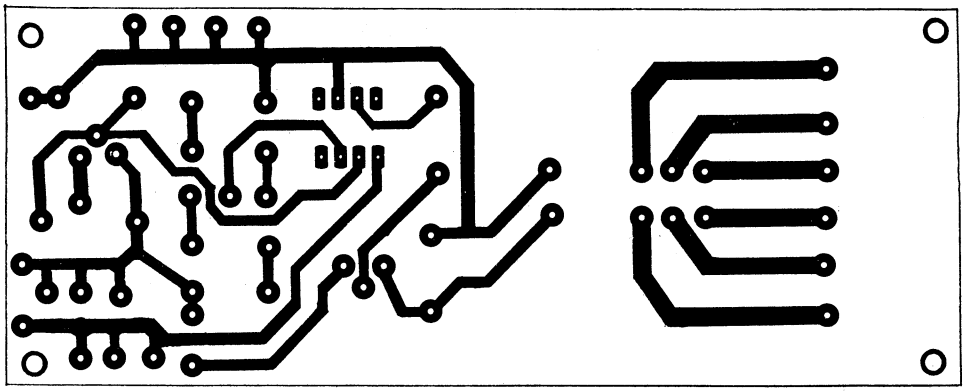
O circuito do bloco 3 (comparador) é mostrado na figura 8. Ele é baseado no amplificador operacional TL 071 ou no μA 771. Se V_{ref} for maior que V_{sensor}, a saída do comparador (pino 6) vai para –12 V. Se V_{sensor} for maior que V_{ref}, a saída do comparador vai para +12 V.

O circuito do bloco 4 (acionamento de carga) é mostrado na figura 9. Este circuito é formado pelo resistor R_6, o transistor Q_1, o relé RL_1 e o diodo D_1. Como Q_1 é um transistor NPN, se a saída do comparador for para +12 V ele conduzirá, fazendo



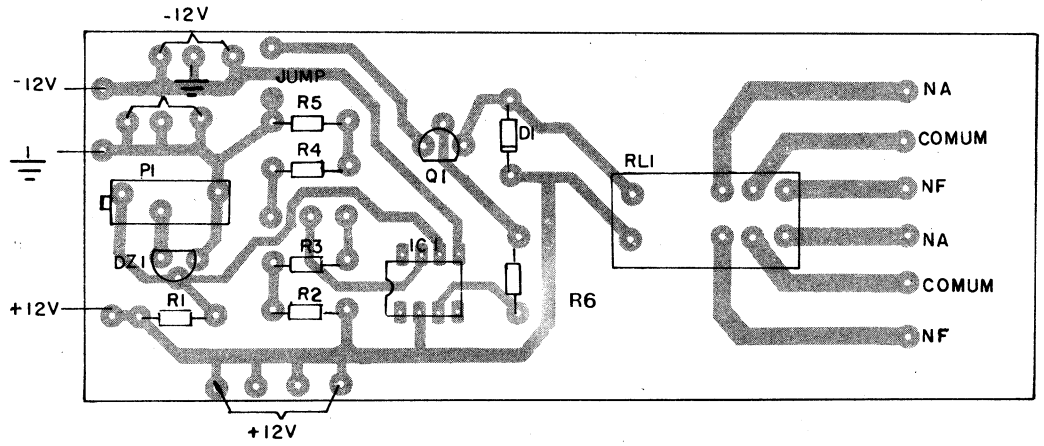
Conexão do sensor fora da caixa

14



Layout da placa

15



Colocação dos componentes

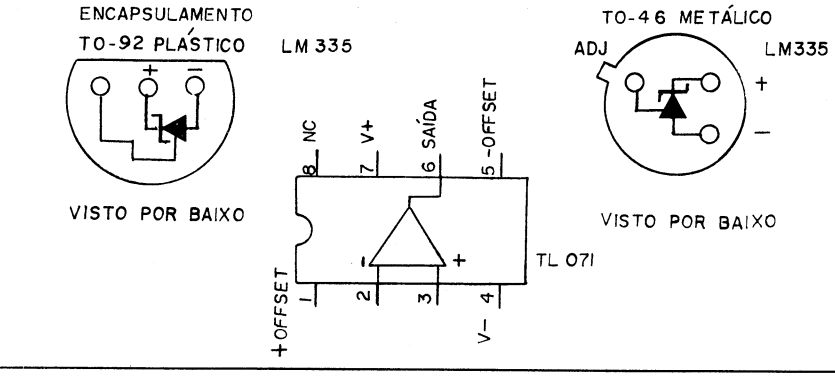
com que o relé atraque. Com isso, a fonte térmica é acionada (se ela estiver acoplada aos contatos normalmente abertos) ou desligada (se estiver acoplada aos contatos normalmente fechados). A figura 15 exemplifica os dois casos.

É bom entendermos o seguinte: o relé colocado no circuito tem corrente máxima nos contatos de 6 ampères reais. Se o leitor desejar acionar uma carga maior que esta, terá que fazê-lo pelo intermédio de outro relé de corrente maior (ou, no caso de um ar condicionado, um contator), pondo os contatos do relé do circuito para acionar as bobinas do outro. Isto é mostrado na figura 11.

MONTAGEM

A figura 12 mostra o circuito completo, a figura 14 mostra o *layout* da placa de circuito impresso e a figura 15 mostra a face dos componentes. A figura 16 mostra a pinagem do

16



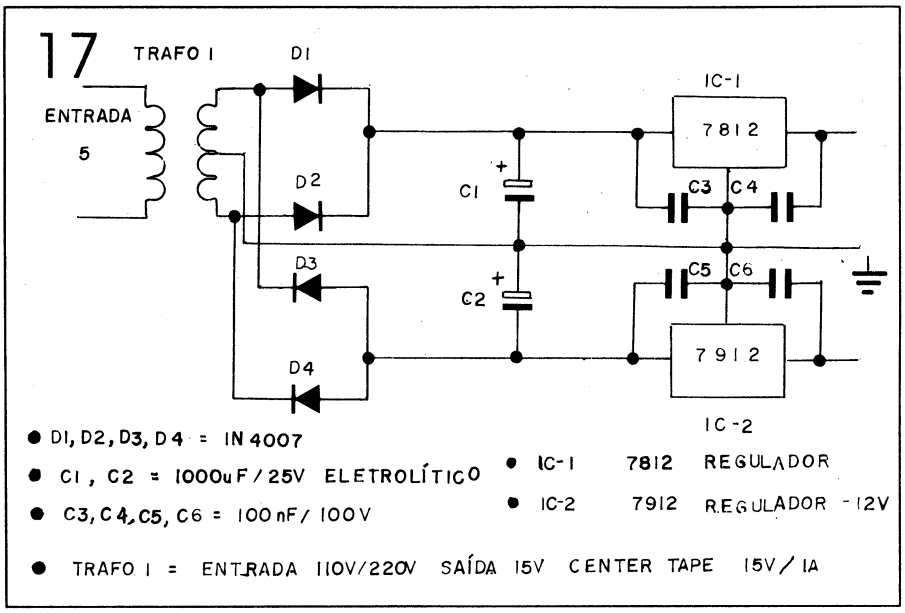
Pinagem dos chips LM 335 e TL 071

LM 335 e do TL 071.

A montagem é simples, devido à quantidade de componentes ser bem reduzida. Há poucos conselhos a dar: monte primeiro os componentes menores, como os resistores e o diodo; é recomendável usar soquete no amplificador operacional.

Algo de muita importância deve ser observado: o LM 335 (sensor de temperatura) deve ficar exposto ao ambiente, ou seja: se fizer uma caixa para acomodar o circuito, não se esqueça de deixar o sensor de fora (use uma cola tipo Super Bonder para fixá-lo na caixa). Para que os terminais não entrem em curto, envolva-os em espaguete (se possível, o do tipo termocontrátil, que encolhe com uma leve aplicação de calor e fica firme no lugar). A figura 13 ilustra a operação.

A fonte de alimentação requerida é simétrica (+12 V e –12 V); a figura 17 dá uma sugestão de fonte.



Fonte de alimentação

AJUSTE

Quando o circuito estiver montado, pegue um multímetro e faça os ajustes da seguinte maneira:

• **Sensor** — pegue um copo com gelo. Espere que o gelo comece a degelar, formando gotas d'água. Neste momento o gelo e a água líquida no fundo do copo estão em equilíbrio térmico a 0°C. Coloque o encapsulamento do LM 335 em contato com o gelo e espere uns 30 segundos para ter garantia de que o sensor está na mesma temperatura que o gelo. Calibre o P_1 para que na saída do sensor (pino 3 do TL 071 ou μA 771) a tensão seja igual a 2,73 V. Com isto o sensor estará calibrado.

• **Referência de temperatura** — com o P_2 preso na caixa do circuito, gire-o totalmente no sentido anti-horário. Meça a tensão no pino 2 do TL 071 ou μA 771. Faça a transformação de temperatura, ou seja, a tensão lida menos 2,73 V. Divida o valor encontrado por 0,01. Este novo valor será a temperatura escolhida para este ponto de P_2. Faça uma marca na posição e escreva o valor correspondente em °C. Repita o processo em toda a extensão do P_2. Se o P_2 totalmente virado no sentido anti-horário indicar temperatura máxima, troque entre si as conexões extremas do P_2.

Tome cuidado com as ilhas deixadas na placa para a entrada e saída de sinal de alimentação da fonte térmica, lembrando que o relé colocado no circuito suporta no máximo 6 ampères. Se for necessário maior valor de corrente, use o relé do circuito para acionar um outro de maior corrente ou um contator. **E**

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- DZ_1 — LM 335 (sensor de temperatura)
- D_1 — 1N 4007 (diodo retificador)
- IC_1 — TL 071 ou μA771 (amplificador operacional)
- Q_1 — BC 337 ou BC 547 (transistor NPN)

RESISTORES

- R_1, R_5 — 10kΩ (marrom, preto, laranja)
- R_2 — 33kΩ (laranja, laranja, laranja)
- R_3 — 560kΩ (verde azul , amarelo)
- R_4 — 180kΩ (marrom, cinza, amarelo)
- P_1 —10kΩ (*trimpot* multivoltas)
- P_2 — 10kΩ (potenciômetro linear)

DIVERSOS

RL_1 - Metaltex MXE 2RC2 ou MXF 2RC2 (relé de 6A, resistivo, 2 contatos reversíveis)

LIÇÃO 7: MICROPROCESSADOR 6502

RECAPITULAÇÃO

Conforme já foi visto, o **microprocessador** é um conjunto de circuitos (lógicos, combinacionais e seqüenciais) encapsulados em um único dispositivo (o circuito integrado ou *chip*), capaz de realizar seqüencialmente várias funções lógicas. Na figura 1 ilustramos os principais elementos de um microprocessador.

A **ULA** (Unidade Lógica Aritmética) é o bloco que realiza as operações lógicas (AND, OR, NAND, NOR, XOR, etc.) e aritméticas (soma, subtração, divisão, multiplicação, raiz quadrada, fatoração, etc).

A **UC** (Unidade de Controle) é o coração do microprocessador. É ela quem controla todas as funções internas e externas da CPU.

A **CPU** (Unidade Central de Processamento) é o bloco que coordena todas as operações.

Para o microprocessador se comunicar com exterior, existem duas portas: uma ligada na via de dados e outra ligada no CP (contador de programa). São registradores do tipo "*buffer* de endereço".

Também vimos que o estudo mais importante do micro é o do **registro das instruções.** As principais instruções que fazem parte da arquitetura interna do micro são:

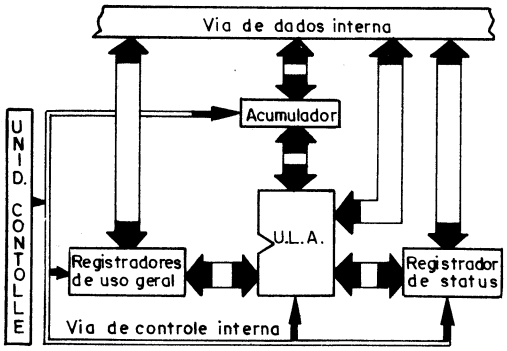
- **Instruções de transferência:** é o movimento de dados entre os registradores.
- **Instruções operativas:** execução das operações lógicas e aritméticas.
- **Instruções de controle seqüencial:** contém instruções de interrupções e um roteiro de dados.
- **Instruções de controle:** orienta as operações de entrada e saída de dados, acessos das memórias, etc.

Um microprocessador obedece a um **conjunto de instruções** próprio do seu modelo (em torno de uma centena). Cabe ao ***software*** (programa) organizar apropriadamente as instruções e fazer com que o micro execute as tarefas.

O MICROPROCESSADOR 6502

O 6502 é um microprocessador NMOS de 8 bits, com tecnologia LSI, fabricado pela Rockwell. Essa empresa fabrica a família R65XX (fi-

1

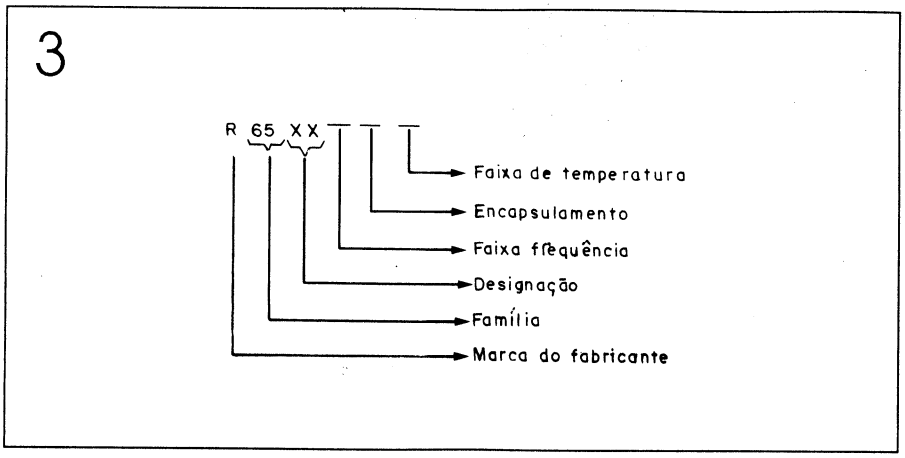


Elementos internos de um microprocessador

2

Mod.	Pinos	Endereç. de Memória
R6502	40	64kB
R6503	28	4kB
R6504	28	8kB
R6505	28	4kB
R6506	28	4kB
R6507	28	8kB
R6512	40	54kB
R6514	28	8kB

Modelos de chips da família 65XX



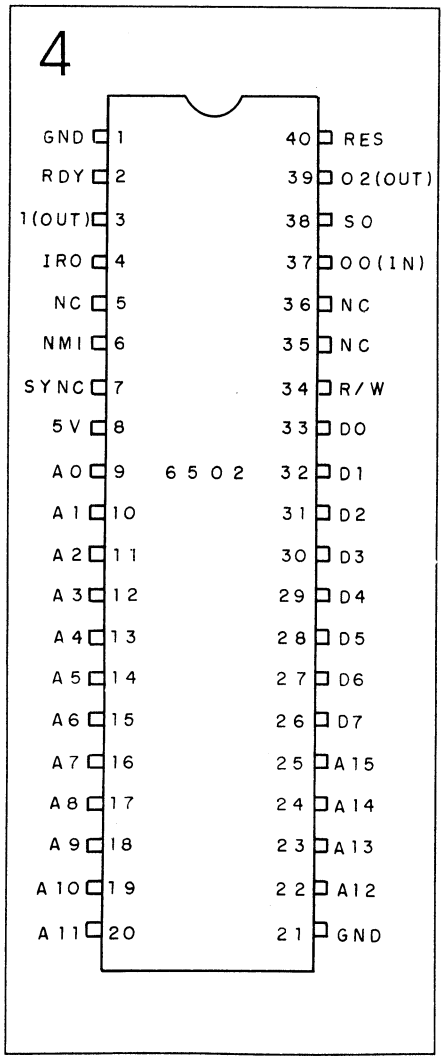
Designação dos chips

gura 2). Na figura 3 vemos a composição do código que designa os elementos da família. Seu significado:

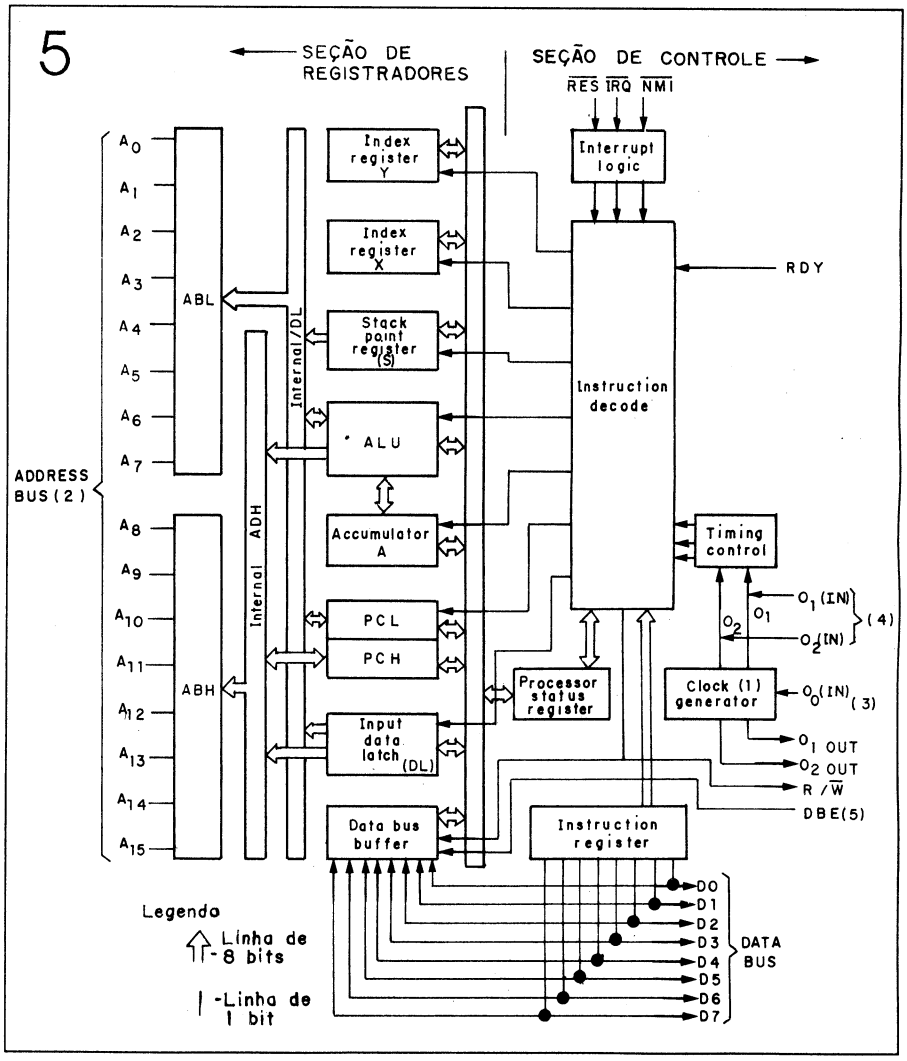
- A **faixa de temperatura** de operação vem especificada da seguinte forma: "E" significa de –40°C a +85°C, e sem letra, de 0°C a +70°C.
- O **encapsulamento** vem codificado do seguinte modo: C é cerâmico, P é plástico.
- A **faixa de freqüência** é expressa assim: sem letra, 1MHz; A, 2MHz; B, 3MHz. É comum encontrarmos três variantes: 6502 (1MHz), 6502A (2MHz) e 6502B (3MHz).

O 6502 possui um barramento de dados bidirecional de 8 bits e um barramento de endereço de 16 bits (capaz de endereçar 64kB de memória). Outras características:

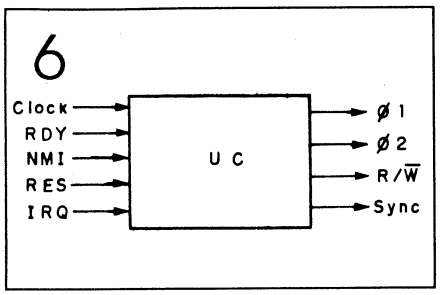
- 56 instruções.
- 13 modos de endereçamento.
- Fonte única de + 5V.



Pinagem do 6502



Arquitetura interna do 6502



Grupo de controle

• Aritmética decimal e binária.

Na figura 4 vemos a pinagem do 6502. As versões 6502, 6502A e 6502B possuem a mesma configuração e pinagem.

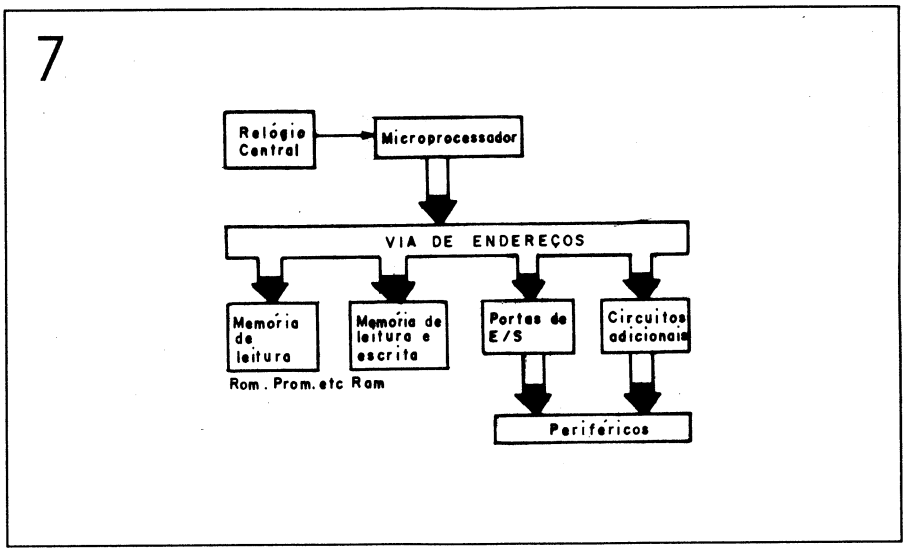
PINAGEM

• GND (1) — Terra *(ground)*.

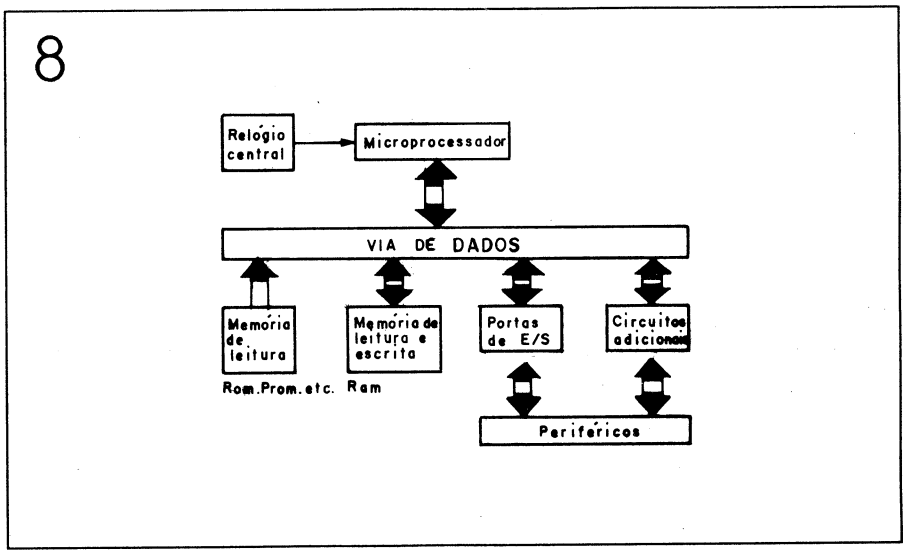
• RDY (2) — "Pronto" *(ready)*. Em nível baixo, é usado para atrasar momentaneamente o ciclo de leitura, para que uma memória ou periférico lento possa colocar seus dados no barramento. O sinal RDY deve mudar somente durante o *clock* 01 ou durante os primeiros 100μs do *clock* 02. O sinal RDY é amostrado durante o 02 e, estando em nível alto, o ciclo é completado. Com RDY em nível baixo, o ciclo é estendido até o próximo *clock* 02, momento em que é novamente amostrado. Desta forma, o RDY pode inserir um número inteiro de ciclos de *clock* de estados de espera. O sinal RDY é ignorado durante uma operação de gravação.

• 01 (3) — Sinal de *clock* de 1MHz, defasado em 180° em relação ao *clock 00*, que está no pino 37.

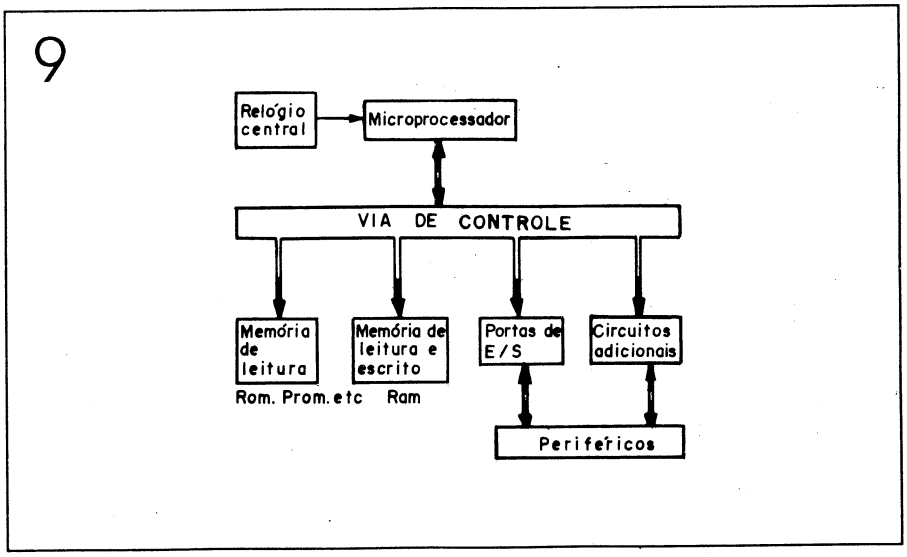
• IRQ (4) — Entrada de requisição de interrupção *(interrupt request)*. O micro completa a instrução que estava sendo executada antes de reconhecer a requisição; nesse momento, o *flag* de interrupção do *processor status register* é salvo na pilha *(stack)*. O micro "seta" o *flag* de interrupção para que não ocorram



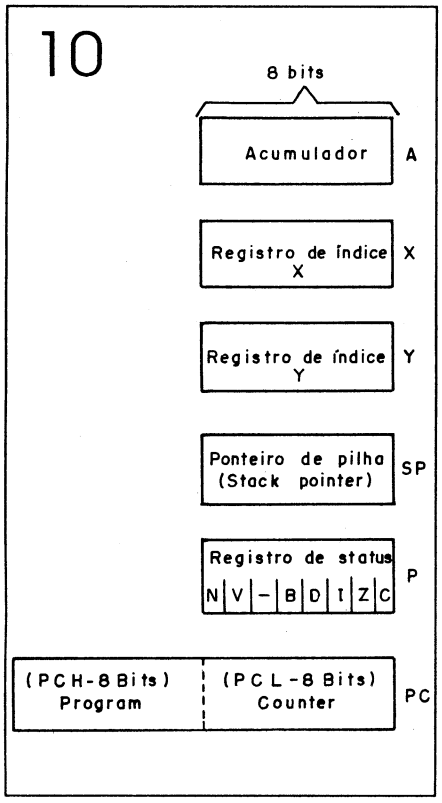
Via de endereços



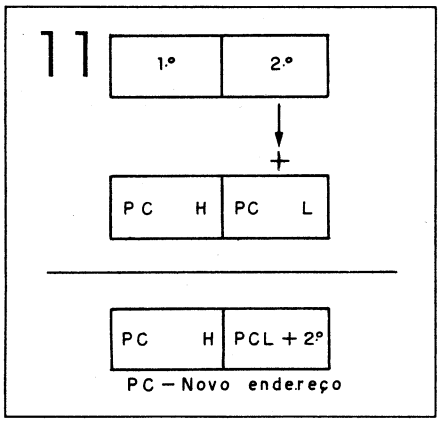
Via de dados



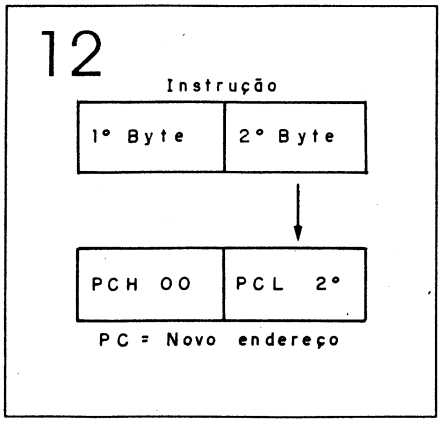
Via de controle



Registros do 6502



Endereçamento relativo



Endereçamento de página zero

mais pedidos de interrupção. Após esse ciclo, o contador de programa (8 bits menos significativos) é carregado com o conteúdo do endereço SFFFE, e os bits mais significativos com o conteúdo do endereço SFFFF; o controle do programa é passado para o vetor localizado nesses endereços.

- **NC (5)** — Não conectado.

- **NMI (6)** — Interrupção incondicional *(non-maskable interrupt)*. O NMI causa o mesmo procedimento deferido para o IRQ, exceto que o *flag* não é examinado e os endereços que contêm o vetor são SFFFA e SFFFB (dígito menos significativo e mais significativo, respectivamente).

- **SYNC (7)** — Sincronismo *(synchronism)*. Este sinal indica os ciclos em que o 6502 está fazendo um ciclo de busca de interrupção *(fetch)*. O sinal SYNC vai para o nível alto durante o *clock* 1.

- **V_{CC} (8)** — Alimentação +5V.

- **A0 – A15 (9 a 25)** — Barramento unidirecional de endereçamento, capaz de acessar 64k (65 535) células de memória.

- **D0 – D7 (26 a 33)** — Via de dados *(bus)* bidirecional. É o caminho físico onde os bits se "movimentam".

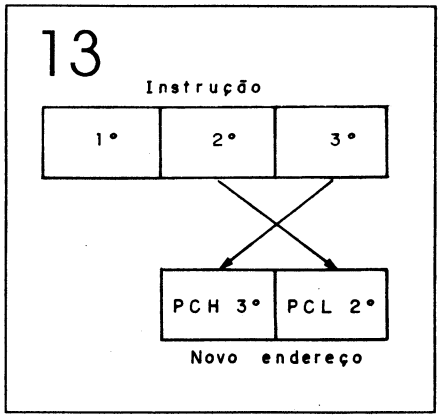
- **R/W (34)** — Leitura/gravação *(read/write)*. Sinal que indica quando a CPU transfere dados da memória para os registradores (nível alto) ou dos registradores para a memória (nível baixo).

- **NC (35 e 36)** — Não conectados.

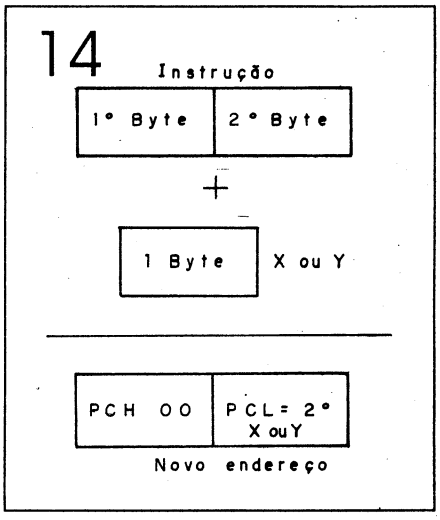
- **CLOCK 00 (37)** — Sinal de *clock* de 1MHz.

- **CLOCK 02 (38)** — Sinal de *clock* de 1MHz em fase com o *clock* 0.

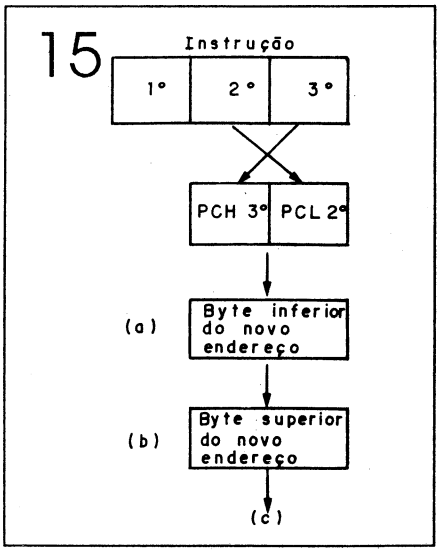
- **RES (39)** — Reinicialização *(reset)*. Um nível baixo nesta entrada reinicializa o microprocessador. Durante o tempo em que este sinal permanece em nível baixo, as operações



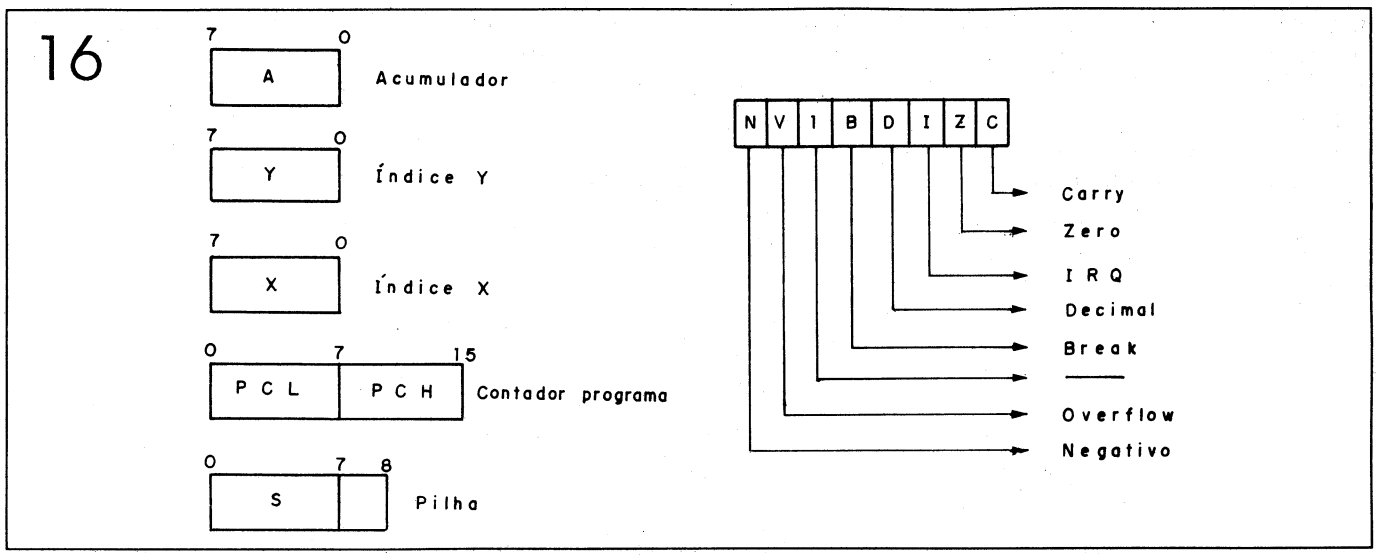
Endereçamento absoluto



Endereçamento indexado de página zero



Endereçamento indireto absoluto



Registros do 6502

de escrita e leitura são inibidas. Quando uma transição positiva é detectada, o microprocessador inicia imediatamente a seqüência de *reset*. Após o tempo de inicialização do sistema de 6 ciclos de *clock*, o *flag* de interrupção é "setado" e o microprocessador carrega o contador de programa com o vetor localizado nos endereços SFFFC e SFFFD. O microprocessador passa a executar a sub-rotina localizada no endereço indicado pelo vetor.

ARQUITETURA INTERNA

A figura 5 ilustra a arquitetura interna do 6502. Podemos dividi-lo em três grupos: endereços, dados e controle.

As 16 linhas de endereçamento provenientes de 6502 são "bufferizadas" pelo *tri-state*. A via de endereços permite acessar 65 535 posições da memória.

As 8 linhas de dados são "bufferizadas" pelo transmissor. Nos ciclos de leitura, o sinal R/W (leitura/gravação) inverte a direção no transmissor, permitindo que os dados sejam enviados para o 6502.

O grupo de controle (figura 6) contém os sinais que controlam todo o modo operacional interno do micro.

A figura 7 ilustra a via de endereços. Esta via é processada para levar ou buscar informações externas à CPU. A figura 8 mostra a via de dados; a figura 9 ilustra a via de controle. Nesta passam os sinais de controle que comandam todas as operações do microprocessador.

REGISTRADORES

A figura 10 mostra os registradores do 6502; vamos descrevê-los rapidamente. Uma pequena observação: quando dizemos "setar" ou "setado", estamos nos referindo a um pulso de nível alto que ativa o circuito. Analogamente, "resetar" significa desativar ou desabilitar o circuito.

- **Acumuladores** — Centralizam e registram os resultados das operações lógicas e aritméticas.

- **Registrador de Índice X** — Contém o valor a ser somado ao endereço, em instruções com indicação; pode ser usado como contador em *looping* e outras tarefas auxiliares.

- **Registrador de Índice Y** — idem.

- **Stack Pointer (SP)** — Literalmente, "ponteiro de pilha". Aponta para o último endereço na pilha (RAM) onde são salvos os conteúdos dos registradores, quando ocorrem as interrupções ou sub-rotinas.

- **Program Counter (PC)** — Contador de programa. Começa com o valor 0 e é incrementado de um a cada byte de instrução, exceto em instruções de desvio (que alteram seu conteúdo).

- **Registrador de *status* (P)** — É composto de 7 *flags*, que são "setados" ou "resetados" de acordo com o resultado da instrução.

- **N (Negativo)** — "Setado" para resultado negativo e "resetado" para positivo.

- **V *(Overflow)*** — *Overflow* (excesso) em uma operação.

- **B *(Break)*** — Quebra. "Setado" quando realizado um *break*.

- **D (Decimal)** — "Setado" para instrução decimal e "resetado" para a instrução CLD (limpar decimal), que impõe operação em binário.

- **I (Interrupt)** — "Setado" para a instrução *set interrupt*, que desabilita interrupções, e "resetado" para a

instrução *clear interrupt*, que habilita interrupções.

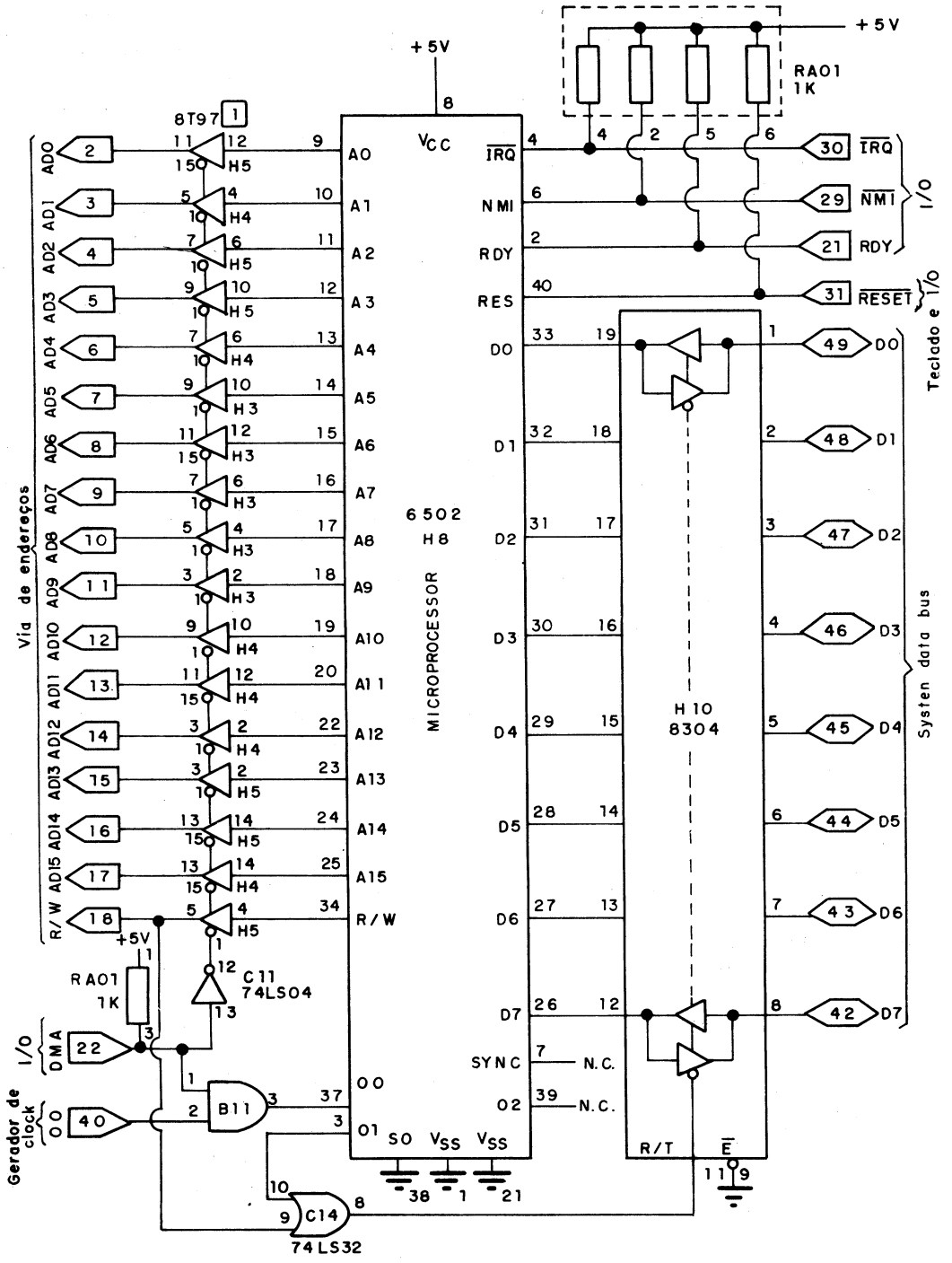
- Z (Zero) — "Setado" para operações com resultado igual a zero e "resetado" para resultado um.
- C *(Carry)* — "Setado" quando ocorre *carry* na operação.

LISTA DE INSTRUÇÕES

Para a manipulação da lista de instruções (que está no fim da lição), é necessário entender as 9 maneiras de endereçamento deste dispositivo.

- 1 — **Acumulador:** A instrução se refere a uma operação a ser executada

17



Implementação do 6502 no Apple

no acumulador, com apenas 1 byte.

• 2 — **Implícito:** Não é necessário especificar endereço na instrução.

• 3 — **Imediato:** O segundo byte da instrução contém o dado, sem necessidade de se dar o endereço.

• 4 — **Relativo:** O segundo byte da instrução é somado ao contador de programa para formar o novo endereço. Veja a figura 11.

• 5 — **Página Zero:** O byte superior do novo endereço é subentendido como 00H e o byte inferior é o segundo byte da instrução, resultando no endereçamento das posições de 000H a 00FFH (de 0 a 256). Veja a figura 12.

6 — **Absoluto:** O 2º e o 3º byte da instrução formam os bytes inferior e superior, repectivamente, do novo endereço. Veja a figura 13.

• 7 — **Indexado Absoluto:** O segundo e o terceiro bytes da instrução são somados aos registradores X e Y, e o resultado é o novo endereço.

• 8 — **Indexado Página Zero:** O segundo byte da instrução é somado aos registradores X ou Y e o resultado é o novo endereço na página zero (byte superior=00H). Veja a figura 14.

• 9 — **Indireto Absoluto:** O segundo e o terceiro bytes são carregados nos bytes inferior e superior, respectivamente, do contador de programa, o qual passa a indicar a posição de memória do byte inferior do novo endereço. O byte superior deste está na posição seguinte (figura 15).

Cada quadrículo nas figuras 1 a 14 corresponde a um byte, que contém 8 bits.

Em (a) da figura 15 temos a posição de memória. Em (b), temos a posição de memória incrementada de 1, e em (c) o resultado, que é o novo endereço. A figura 16 ilustra os registradores do 6502.

CIRCUITO APLICATIVO

O 6502 é empregado nos micros **Apple** de 8 bits.

Na figura 17 vemos o microproces-

18

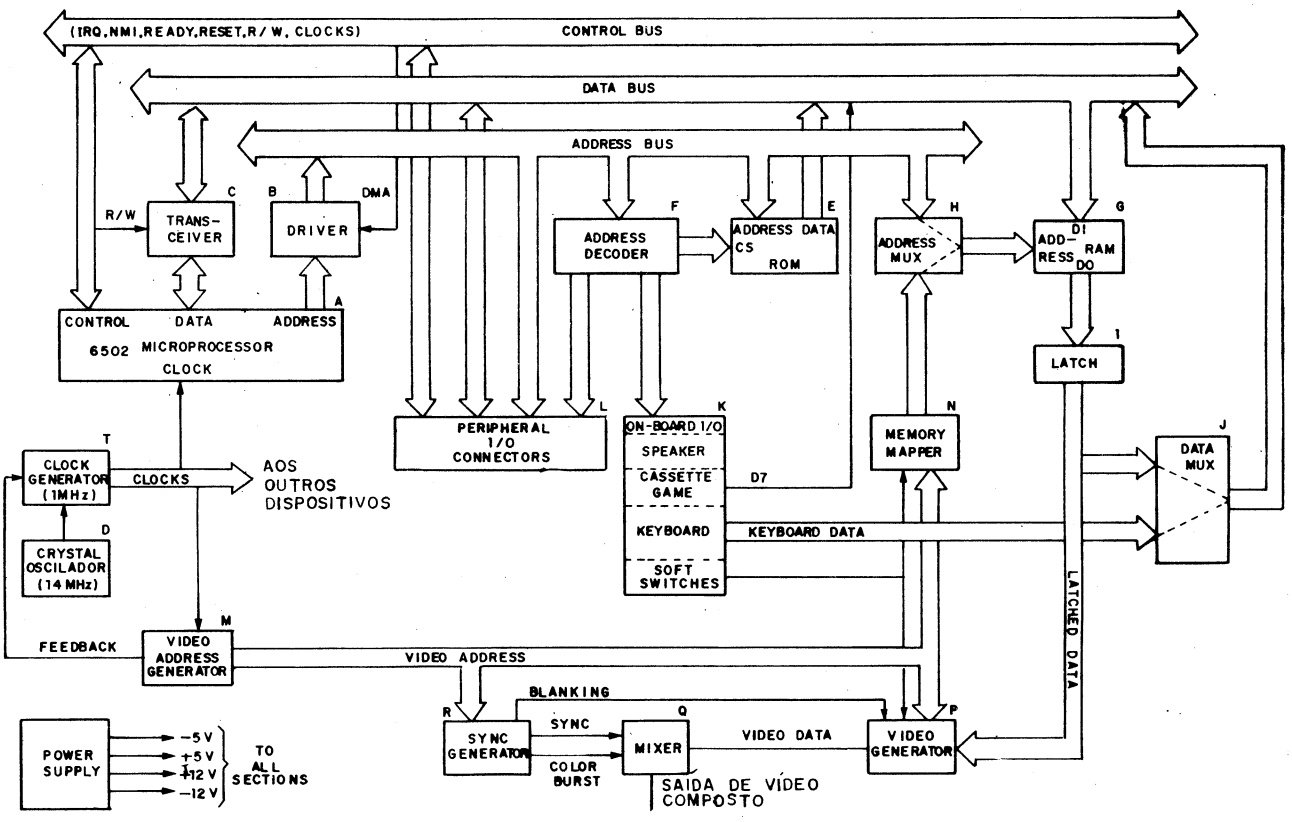
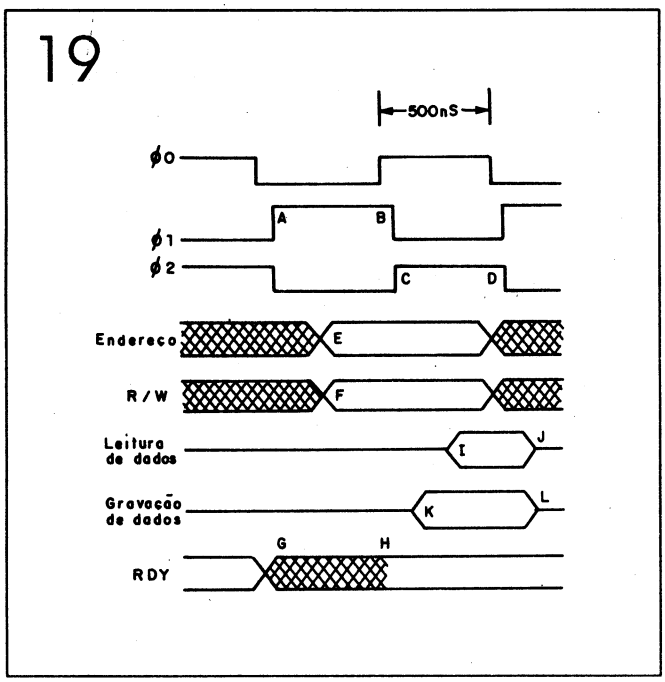
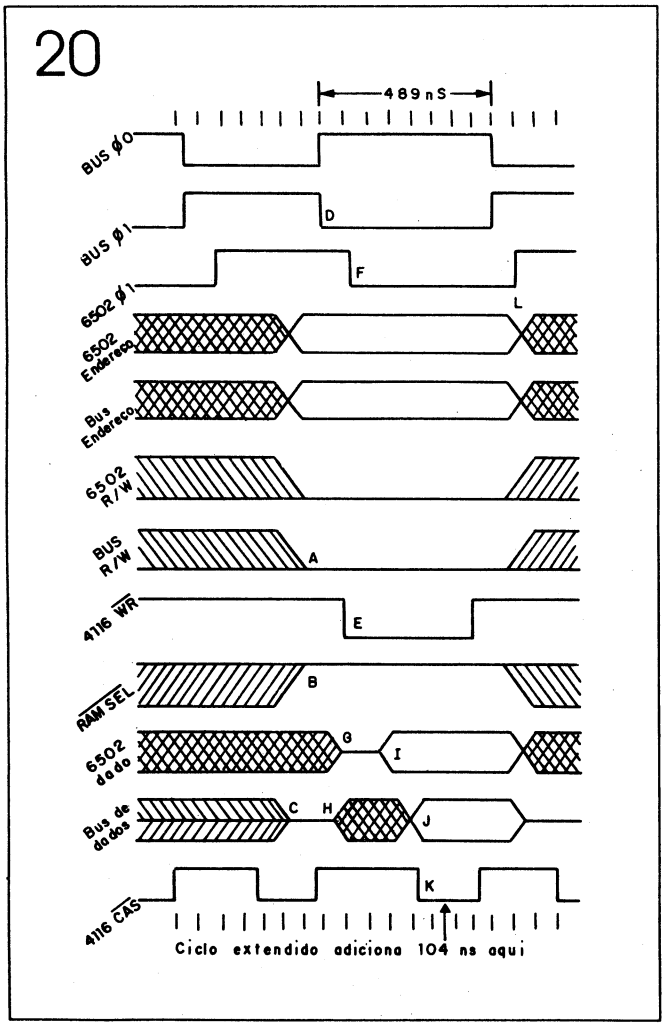


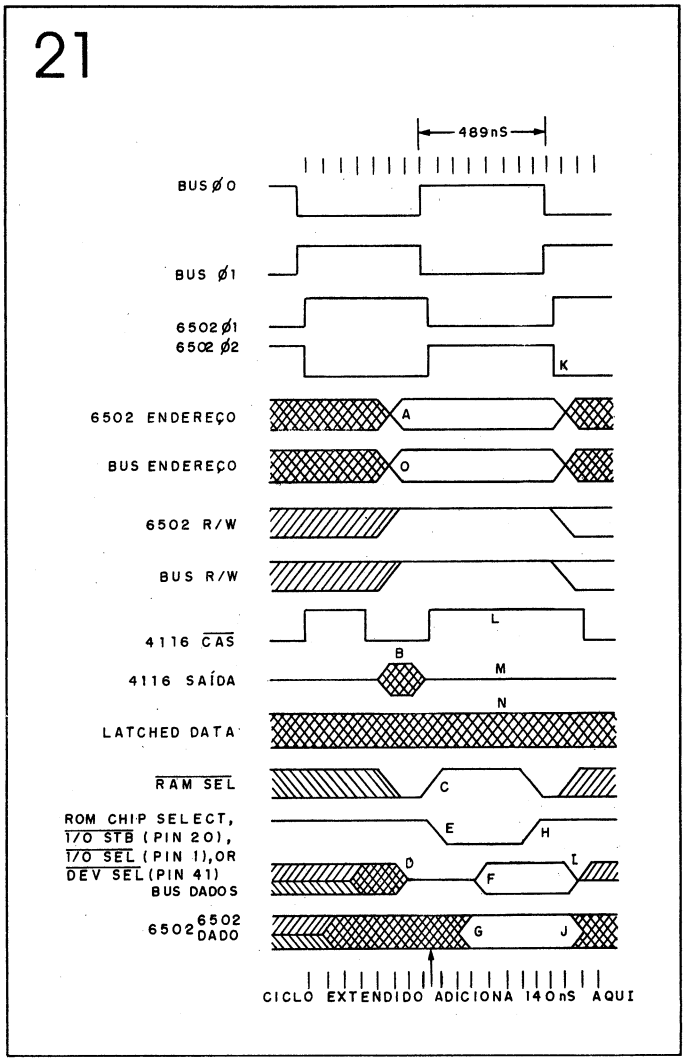
Diagrama de blocos do Apple



Timing do 6502



Timing de gravação de RAM



Timing para leitura de ROM ou periférico

sador instalado nas vias de dados e endereços no Apple; na figura 19, o diagrama do micro. Todas as vias de dados, endereços e controle estão interligadas ao 6502.

TIMING DO 6502

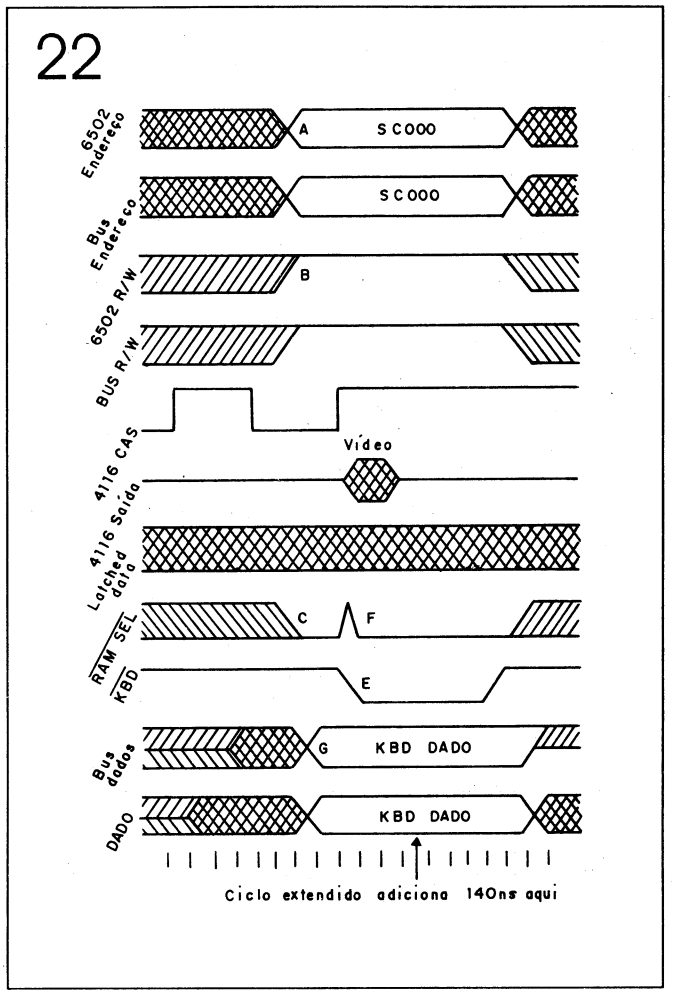
Analisaremos agora os principais diagramas de sinais *(timing)* do 6502. O *timing* do 6502 está na figura 20 e o *timing* para gravação de RAM, na figura 21. O dado se faz presente no *bus* (ponto I) e é armazenado na descida do CAS (ponto K).

Na figura 22 vemos o *timing* para a leitura de uma ROM ou periférico. Na figura 23 temos o ciclo para a leitura do teclado do microcomputador. A figura 24 mostra o ciclo para a gravação em um periférico.

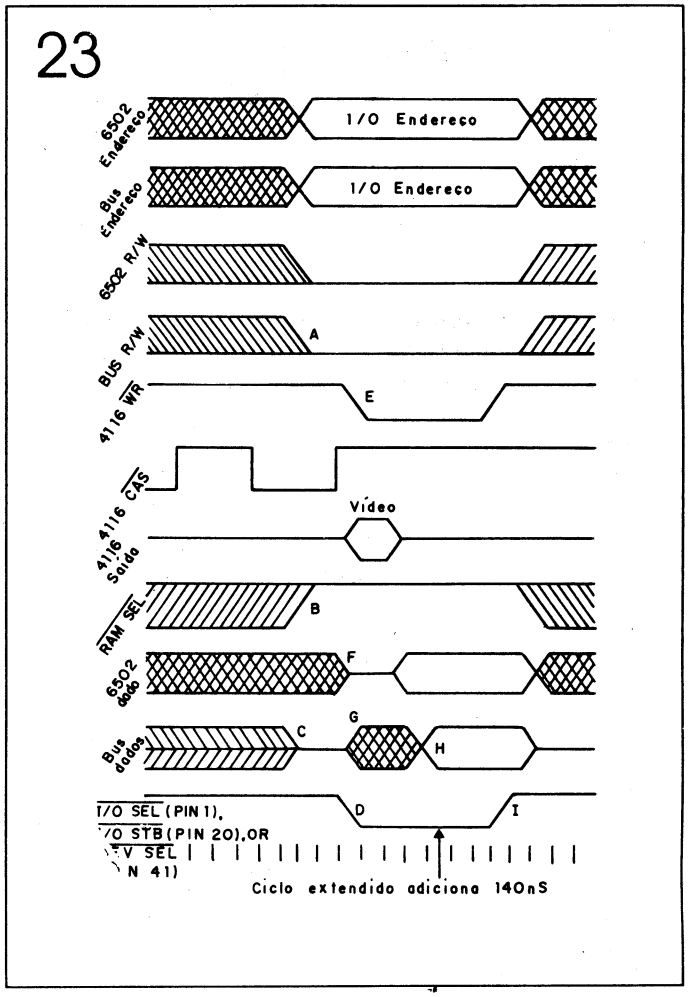
QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

1. O 6502 é do tipo:

a) CMOS de 8 bits



Timing de leitura de teclado



Timing de gravação em periférico

b) NMOS de 18 bits
c) NMOS de 8 bits

2. O seu barramento de dados é:

a) Bidirecional de 8 bits
b) Bidirecional de 16 bits
c) Unidirecional de 8 bits

3. O sinal usado para atrasar o ciclo de leitura do 6502 é o:

a) IRQ
b) RDY
c) NMI

4. O sinal de entrada de requisição de interrupção é o:

a) IRQ
b) RDY
c) NMI

RESUMO DA LIÇÃO 7: MICROPROCESSADOR 6502

- O 6502 é um microprocessador N-MOS fabricado com tecnologia LSI pela Rockwell. É utilizado nos microcomputadores Apple de 8 bits. (A partir da próxima lição estudaremos os microprocessadores de 16 bits, usados atualmente em quase todos os micros pessoais.)

- Opera em 1MHz. Os seus derivados, 6502A e 6502B, operam respectivamente em 2 e 3MHz.

- O 6502 possui um barramento de dados bidirecional de 8 bits e um barramento de endereços de 16 bits, capaz de endereçar 64kB de memória. Possui 56 instruções.

- Opera com uma fonte única de tensão (+ 5V).

- Trabalha com aritmética decimal e binária. Possui 13 modos de endereçamento.

Resposta do Questionário da Lição 6

1–A	3–A	5–B	7–A	9–C
2–A	4–C	6–B	8–A	10–A

5. O sinal que indica os ciclos em que o 6502 está fazendo um ciclo de busca de interrupção é o:

a) SYNC
b) RDY
c) IRQ

6. O *clock* (pinos 37 e 38) é de:

a) 2MHz
b) 3,58MHz
c) 1MHz

7. O 2º e o 3º byte da instrução formam os bytes superiores, apenas.

a) Certo
b) Errado

8. O endereçamento imediato possui o seguinte mnemônico:

a) BCC
b) ASL
c) ADC

9. O mnemônico da instrução "reseta *flag* C" é:

a) CPX
b) CLC
c) LDX

10. O *software* do 6502 possui quantas instruções?

a) 56 instruções
b) 1024 instruções
c) 256 instruções

E

LISTA DE INSTRUÇÕES DO 6502

Mnemônico	Tipo de Endereçamento	Código	Descrição
ADC	imediato	01101001	adiciona com *carry*
	absoluto	01101101	
	pág. zero	01100101	
	ind. ind. X	01100001	
	ind. ind. Y	01110001	
	pág. zero	01110101	
	ind. absol. X	01111101	
	ind. absol. Y	01111001	
AND	imediato	00101001	acumulador AND dado
	absoluto	00101101	
	pág. zero	00100101	
	ind. ind. X	00100001	
	ind. ind. Y	00110001	
	ind. p. z. X	00110101	
	ind. absol. X	00111101	
	ind. absol. Y	00111001	
ASL	acumulador	00001010	todos os bits do dado
	pág. zero	00000110	deslocam 1 casa para
	absoluto	00001110	a esquerda; o MSB é
	ind. p. z. X	00010110	carregado no *flag* C e
	ind. absol. X	00011110	LSB=0
BCC	relativo	10010000	desvia se *flag* C=0
BCS	relativo	10110000	desvia se *flag* C=1
BEQ	relativo	11110000	desvia se *flag* Z=1
BIT	pág. zero	00100100	acumulador ADN dado
	absoluto	00101100	

Mnemônico	Tipo de Endereçamento	Código	Descrição
BMI	relativo	00110000	desvia se *flag* S=1
BNE	relativo	11010000	desvia se *flag* S=0
BPL	relativo	00010000	desvia se *flag* S=0
BRK	implícito	00000000	pára programa
BVC	realtivo	01010000	desvia se *flag* V=0
BVS	relativo	01110000	desvia se *flag* V=1
CLC	implícito	00011000	reseta *flag* C
CLD	implícito	11011000	reseta *flag* D
CLI	implícito	01011000	reseta *flag* I
CMP	imediato	11001001	compara acumulador e dado
	absoluto	11001101	
	pág. zero	11000101	
	ind. ind. X	11000001	
	ind. ind. Y	11010001	
	ind. p. z. X	11010101	
	ind. absol. X	11011001	
	ind. absol. Y	11011001	
CPX	imediato	11100000	compara registro X e dado
	absoluto	11101100	
	pág. zero	11100100	

(Continua na página seguinte)

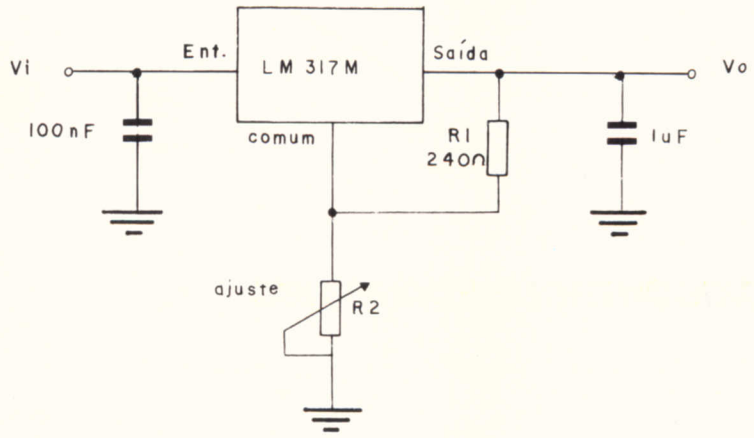
Mnemônico	Tipo de Endereçamento	Código	Descrição
DEC	absoluto	11001110	*decrementa o dado de –1*
	pág. zero	11000110	
	ind. p. z. X	11010110	
	ind. absol. X	11011110	
DEX	implícito	11001010	decrementa X de –1
DEY	implícito	10001000	decrementa Y de –1
EOR	imediato	01001001	acumulador EOR dado
	absoluto	01001101	
	pág. zero	01000101	
	ind. ind. X	01000001	
	ind. ind. Y	01010001	
	ind. p. z. X	01011101	
	ind. absol. Y	01011001	
INC	absoluto	11101110	incrementa dado de +1
	pág. zero	11100110	
	ind. p. z. X	11110110	
	ind. absol. X	11111110	
INX	implícito	11101000	incrementa X de +1
INY	implícito	11001000	incrementa Y de +1
JMP	absoluto	01001100	pula para o novo
	indireto abs.	01101100	endereço
JSR	absoluto	00100000	pula para sub-rotina
LDA	imediato	10100010	carrega dado no
	absoluto	10101101	registro X
	pág. zero	10100101	
	ind. ind. X	10100001	
	ind. ind. Y	10110001	
	ind. p. z. X	10110101	
	ind. absol. X	10111101	
	ind. absol. Y	10111001	
LDX	imediato	10100010	carrega dado no
	absoluto	10101100	registro X
	pág. zero	10100110	
	ind. p. z. X	10110110	
	ind. absol. Y	10111110	
LDY	imediato	10100000	carrega dado no
	absoluto	10101100	registro Y
	pág. zero	10100100	
	ind. p. z. X	10110100	
	ind. absol. X	10111100	
LSR	acumulador	01001010	desloca todos os
	absoluto	01001110	bits do dado para
	pág. zero	01000110	a direita; o MSB
	ind. p. z. X	01010110	é mantido
	ind. absol. X	01011110	
NOP	implícito	11101010	nenhuma operação
ORA	imediato	00001001	acumulador OR dado
	absoluto	00001101	
	pág. zero	00000101	
	ind. ind. X	00000001	
	ind. ind. Y	00010001	
	ind. p. z. X	00010101	
	ind. absol. X	00011101	
	ind. absol. Y	00011001	
PHA	implícito	01001001	armazena acumulador na pilha

Mnemônico	Tipo de Endereçamento	Código	Descrição
PHP	implícito	00001000	armazena registro P na pilha
PLA	implícito	01101000	resgata acumulador da pilha
PLP	implícito	00101000	resgata registro P da pilha
ROL	acumulador	00101010	desloca todos os
	absoluto	00101110	bits do dado para a
	pág. zero	00100110	esquerda; o MSB é
	ind. p. z. X	00110110	carregado no *flag C*
	ind. absol. X	00111110	e está no LSB
ROR	acumulador	01101010	desloca todos os
	absoluto	01101110	bits do dado para a
	pág. zero	01100110	direita; o LSB é
	ind. p. z. X	01110110	carregado no *flag* C
	ind. absol. X	01111110	e está no MSB
RTI	implícito	01000000	retorno de interrupção
RTS	implícito	01100000	retorno de sub-rotina
SBC	imediato	11101001	subtrai dado e *carry*
	absoluto	11101101	do acumulador
	pág. zero	11100101	
	ind. ind. X	11100001	
	ind. ind. Y	11110001	
	ind. p. z. X	11110101	
	ind. absol. X	11111101	
	ind. absol. Y	11111001	
SEC	implícito	00111000	seta *flag* C
SED	implícito	11111000	seta *flag* D
SEI	implícito	01111000	seta *flag* I
STA	absoluto	10001101	carrega acumulador
	pág. zero	10000101	no endereço
	ind. ind. X	10000001	
	ind. ind. Y	10010001	
	ind. p. z. X	10010101	
	ind. absol. X	10011101	
	ind. absol. Y	10011001	
STX	absoluto	10001110	carrega registro X
	pág. zero	10000110	no endereço
	ind. p. z. Y	10010110	
STY	absoluto	10001100	carrega registro Y
	pág. zero	10000100	no endereço
	ind. p. z. X	10010100	
TAX	implícito	10101010	transfere acumulador para registro X
TAY	implícito	10101000	transfere acumulador para registro Y
TSX	implícito	10111010	transfere registro S para registro X
TXA	implícito	10001010	transfere registro X para acumulador
TXS	implícito	10011010	transfere registro X para registro S
TYA	implícito	10011000	transfere registro Y para acumulador

REGULADOR LM 317M — 3A

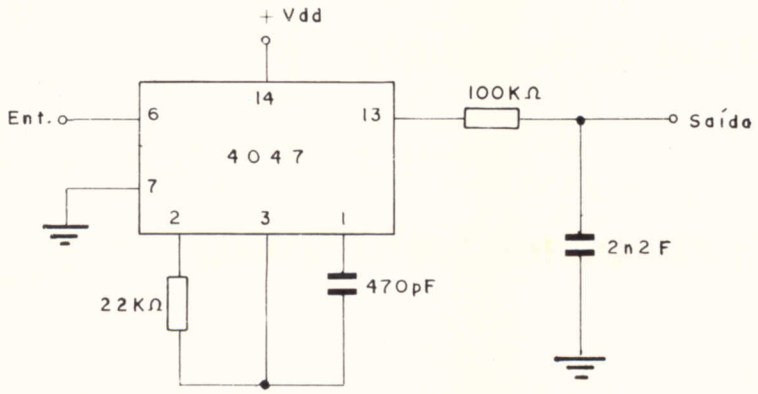
Tensões na faixa de 1,2 V a 37 V, sob correntes de até 3 A, podem ser conseguidas com esta etapa reguladora. Os valores obtidos na saída são funções do ajuste de R_2 segundo a fórmula dada a seguir. O circuito integrado LM 317 deve ser montado num bom dissipador de calor e a tensão de entrada deve ter pelo menos 3V além da tensão máxima desejada na saída. O capacitor de 1μF deve ser montado o mais próximo possível da saída do integrado regulador, de modo a prover o necessário desacoplamento e evitar instabilidades.

$V_o = 1{,}25 \cdot (1 + R_1/R_2) + I_{adj} \cdot R_2$



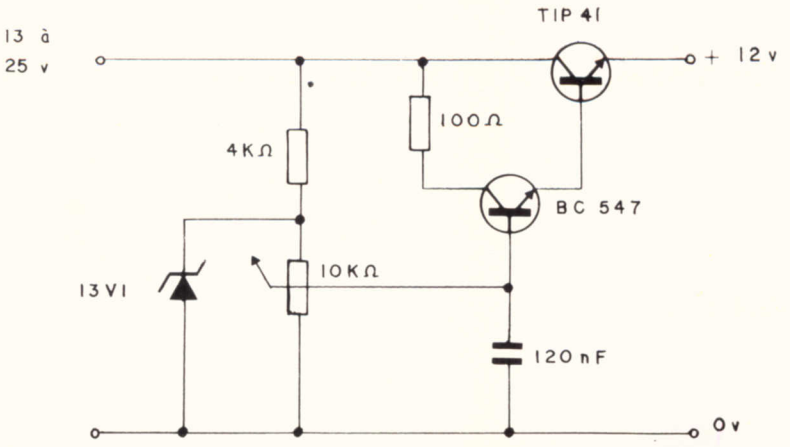
DISCRIMINADOR DE FREQÜÊNCIA

O integrado 4047 é um monoestável, utilizado aqui como conversor freqüência/tensão. A faixa de operação do circuito depende da rede RC nos pinos 1, 2 e 3, e a integração de saída (que dá estabilidade ao circuito) é dada pelo resistor de 100kΩ e pelo capacitor de 2,2nF. A alimentação do circuito pode ser feita com tensões entre 3 e 15 V (para os integrados da série A) e até 18 V (para os da série B). O sinal de entrada deve ser, obrigatoriamente, retangular.



REGULADOR 0 – 12 V/2 A

Eis um regulador variável de tensão de 0 a 12 V, que pode ser tomado como base para um excelente projeto de fonte simples de alimentação para a bancada. A corrente máxima disponível na saída é de 2 A com um diodo zener de 13V1. Zeners um pouco maiores podem ser usados para se ampliar a faixa de tensões, mas a entrada deve ficar sempre pelo menos 1,5 V acima da saída máxima. O transistor de potência deve ser instalado num dissipador de calor de bom tamanho, dado o calor desenvolvido no funcionamento do circuito. O potenciômetro é comum linear.



NA PRÓXIMA EDIÇÃO...

MEDIDOR DE FREQÜÊNCIA CARDÍACA

Uma interessante aplicação da Eletromedicina para você montar em casa. Ponha um dedo e veja a sua freqüência em um mostrador! Ótimo para o controle da dosagem dos seus exercícios físicos ou avaliação do "stress".



RADIOCONTROLE ECONÔMICO

Um circuito simples e confiável para qualquer aplicação que necessitar um controle de um canal.

GERADOR DE EFEITOS SONOROS

Este circuito não é somente simples como contém um truque interessante: a modulação do ataque e do decaimento do sinal de saída.

TIPOS DE CAPACITORES

Um estudo minucioso dos vários tipos de construções desses componentes, auxiliando o projetista a escolher o tipo mais apropriado para os seus projetos.

AMPLIFICADORES OPERACIONAIS

Uma explicação que levanta, a partir das aplicações correntes, o significado desse circuito quase onipresente nos projetos eletrônicos de hoje.

CONTADORES DIGITAIS

Veja aqui: métodos de contagem, circuitos envolvidos, componentes, aplicações, etc.

CONVERSÃO A/D e D/A EM ÁUDIO

O que realmente determina a qualidade de som de um equipamento de áudio digital (especialmente o CD) é a qualidade dos conversores usados. Damos aqui uma explicação clara e minuciosa dos "segredos" da conversão.

E MAIS...

- CURSO MICRO — LIÇÃO 8
- FUNCIONAMENTO DOS MOTORES DC E DE PASSO
- RÁDIO: AM-DSB/SC, AM-SSB E AM-VSB