

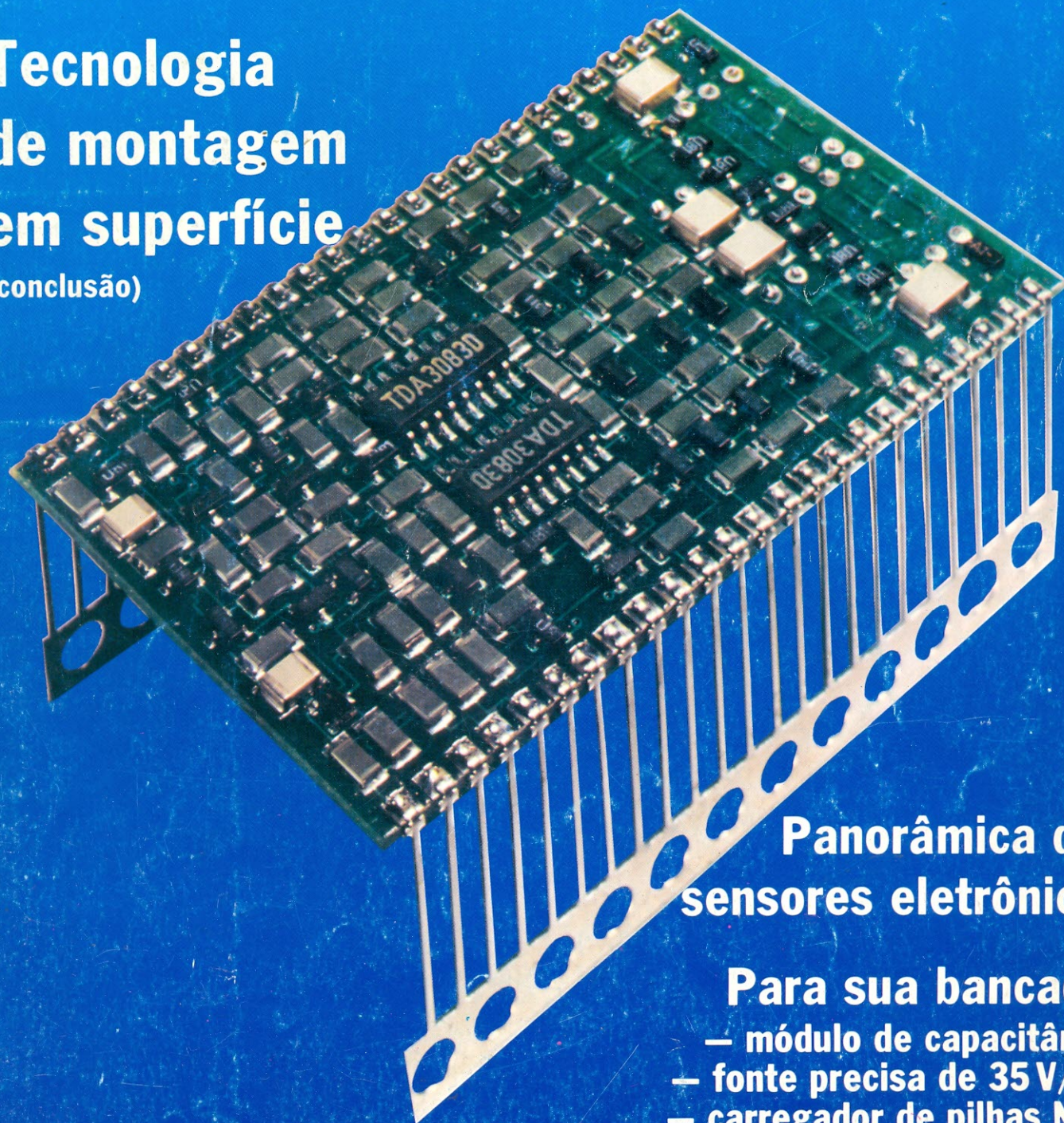
Nº 24
julho
1988

elektor

Cz\$ 500,00

eletrônica

**Tecnologia
de montagem
em superfície**
(conclusão)



**Panorâmica dos
sensores eletrônicos**

Para sua bancada:

- módulo de capacitância
- fonte precisa de 35 V/3 A
- carregador de pilhas NiCd

MULTÍMETRO

DIGITAL



MIC 7000 FT

- 4 1/2 dígitos
- TRUE — RMS
- PRECISÃO BÁSICA: 0,05%
- FREQUÊNCIA: ATÉ 200 KHz
- CONDUTÂNCIA 200 nS
- TESTE DE CONTINUIDADE
- CORRENTE: AC/DC ATÉ 10 A
- DIMENSÕES: 87x175x32 mm (LxCxA)
- PÊSO 290 gramas

MIC 2200 A

- BAIXO CUSTO
- 3 1/2 dígitos
- PRECISÃO BÁSICA 0,8%
- TESTE DE DIÓDOS
- CORRENTE DC ATÉ 10 A
- VOLTAGEM ATÉ 1.000 V
- VIDA DA BATERIA: 800 horas
- DIMENSÕES: 91x170x40 mm (LxCxA)
- PÊSO 320 gramas

MIC 6600 C

- 3 1/2 dígitos
- PRECISÃO BÁSICA 0,5%
- TESTE DE TRANSISTORES — Hfe
- CONDUTÂNCIA 200 nS
- TESTE DE CONTINUIDADE
- CORRENTE: AC/DC ATÉ 10 A
- VOLTAGEM ATÉ 1.000 V
- DIMENSÕES: 87x175x32 mm (LxCxA)
- PÊSO 290 gramas

SOLICITE UMA DEMONSTRAÇÃO NO REVENDEDOR DE SUA CONFIANÇA

RE-SOM

ELETRÔNICA LTDA.

Rua General Osório, 164 - 2º andar

CEP: 01213 - São Paulo - SP - Tel.: 221-8194 / 221-6213



Esta edição está quase que totalmente dirigida para instrumentação e bancada — a começar pela extensa matéria sobre sensores e atuadores, que são apresentados em toda sua variedade e nos modelos mais recentes. As montagens também não dão razão para queixas: com um módulo que converte frequencímetros em capacímetros, uma fonte semiprofissional e um carregador para todas as pilhas de níquel-cádmio, acreditamos haver sugestões para todos os gostos. A seção de Idéias, porém, está especialmente atraente para os que militam nessas áreas da eletrônica: ela traz nada menos que treze pequenos circuitos, variando desde acionamentos para motores até controladores de vários tipos, passando por engenhosos dispositivos de segurança. Confira.

INFORMAÇÕES/SERVIÇOS

<i>Serviço de placas</i>	37
<i>Selektor</i>	60
<i>Livros</i>	67
<i>Mercado</i>	68

TECNOLOGIA

<i>Sensores e atuadores na eletrônica</i>	29
---	----

Uma grande vitrine sobre os principais tipos de transdutores empregados atualmente em indústrias, telecomunicações, vídeo e sistemas de segurança

<i>SMT: a eletrônica em versão compacta (3ª parte)</i>	60
--	----

Para concluir a série, uma análise sobre os métodos de solda e as máquinas de montagem específicos para SMDs

MONTAGENS

<i>Fonte de precisão</i>	9
--------------------------------	---

Eis uma solução profissional para quem precisa de mais tensão e mais corrente em sua bancada (até 35 V e 3 A), com valores realmente exatos e leitura contínua de saída

<i>Carregador universal para pilhas NiCd</i>	26
--	----

Com este simples circuito é possível recarregar pilhas e baterias de níquel-cádmio de qualquer tipo e procedência.

<i>Módulo de capacitância para frequencímetros</i>	41
--	----

Excelente alternativa aos capacímetros comerciais, este circuito é muito mais barato e pode ser acoplado a quase todos os medidores de frequência

<i>Idéias</i>	45
---------------------	----

Treze circuitos de acionamento e controle

APLICAÇÕES PRÁTICAS

<i>Como lidar com suas pilhas de níquel-cádmio</i>	17
--	----

Por ser caro e pouco difundido no Brasil, esse tipo de pilha merece um artigo que esclareça seu funcionamento e os cuidados que deve receber para durar mais tempo

**elektor
eletrônica**

*Elektor
edição Brasileira*

**Ano III, Número 24,
Julho/88**

Direitos de reprodução para o Brasil:
Publitrion Publicações Técnicas Ltda.
Al. dos Jurupis, 896 — 4º andar
(011) 241-0833
CEP 04088 — S. Paulo

Diretora executiva: Helena Orlinski

Editor: Juliano Barsali

Arte: Carlos Alberto de Camargo
Francisco Reinaldo Borges
Lúcia Helena Corrêa Pedrozo
Andréia Wirthmann

Laboratório: Alberto Tomaz de Aquino

Comercial:
Jorge A. Brum Calaça (gerente)

Assistente Administrativa:
Tânia M. C. Batista

Assinaturas: Marli Mantovani
Nilza Bueno do Nascimento

*Diretor
responsável:* Engº Antonio J. Neves Rosa

*Editor-chefe da
edição internacional:* Len Seymour

Editor assistente: J. Buiting

*Diretor técnico e
coordenação internacional:* K. K. M. Walraven

*Secretaria editorial
internacional:* G.W.P. Linden, M. Pardo

Edições em outros países:
Elektor Sarl, Bailleul, França
Elektor Verlag, GmbH, Aachen,
Alemanha Ocidental
Elektor EPE, Atenas, Grécia
Elektor Electronics PVT Ltd., Bombaim, Índia
Ferreira & Bento Ltda., Lisboa, Portugal
Elektuur B.V., Beek, Holanda
Ingelek S.A., Madri, Espanha
Kedhorn Holdings PTY Ltd., Wahoonga, Austrália
Electronic Press AB, Danderyd, Suécia
Elektor Electronics, Herts, Grã-Bretanha

Proibida a reprodução total ou parcial, mesmo citando-se a procedência, dos artigos assinados, fotografias, projetos e circuitos impressos publicados em Elektor.

Printed in Brasil
Copyright: 1986 Uitgeversmaatschappij
Elektuur B. V. (Beek, NL)
1986 Publitrion Publicações
Técnicas Ltda. (São Paulo, Brasil)

Composição: GAZETA MERCANTIL

Fotolito: Scat Fotolito Ltda.

Impressão: Unicolor - Indústria Gráfica Ltda.

Distribuição:  FERNANDO OLIVEIRA DISTRIBUIDORA S.A.

Valores de resistência e capacidade

Sempre que possível, evitamos nos valores de resistência e capacidade o uso de casas decimais e um grande número de zeros. Para facilitar a leitura empregam-se os seguintes prefixos:

p (pico-) = 10^{-12}

n (nano-) = 10^{-9}

μ (micro-) = 10^{-6}

m (mili-) = 10^{-3}

k (kilo-) = 10^3

M (mega-) = 10^6

G (giga-) = 10^9

Exemplos

2,7 k Ω = 2700 Ω

3,3 M Ω = 3 300 000 Ω

Todos os resistores utilizados são de carvão, 1/4 W de dissipação e 5% de tolerância, exceto indicação em contrário.

Capacitores

47 pF = 0,000 000 000 047 F;

10 nF = 0,01 μ F = 10^{-8} F = 10 000 pF.

Todos os capacitores, exceto os eletrolíticos e os de tântalo, são previstos para uma tensão mínima de funcionamento de 60 V em corrente contínua. Como regra prática, pode-se considerar que a tensão de serviço de um capacitor deve ser igual a pelo menos o dobro da tensão de alimentação do circuito onde está inserido.

Tensões indicadas

Os valores de tensões contínuas indicados nos circuitos foram medidos com voltímetros de 20k Ω /V, a não ser que haja indicação em contrário.

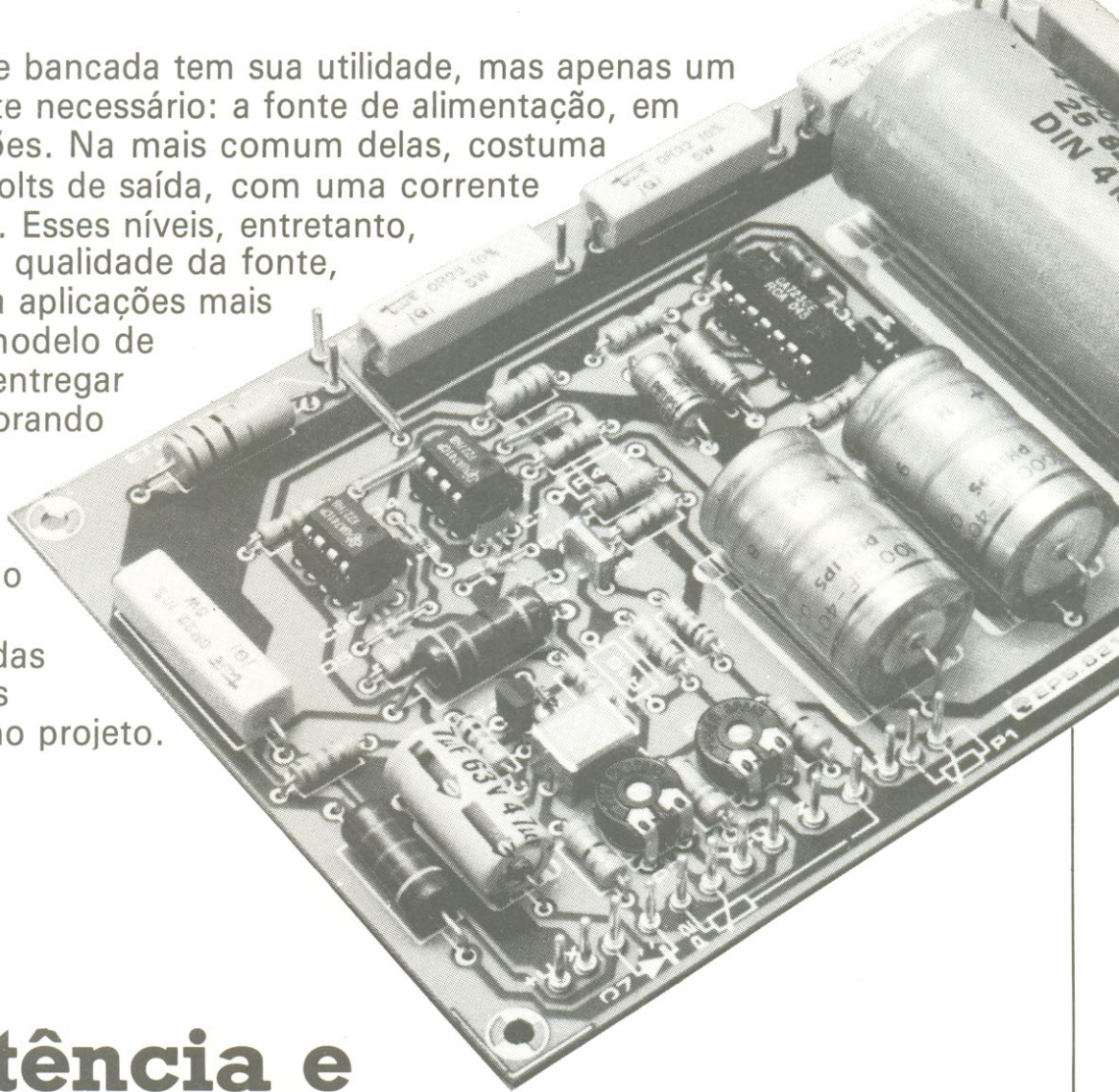
Utilização de U e não de V

Geralmente faremos uso do símbolo internacional "U" para indicar tensões, em vez da letra "V", que é facilmente confundida com a abreviatura da unidade "Volt". Por exemplo, escrevemos $U_b = 10$ V.

Direitos autorais: Todos os desenhos, fotografias, projetos de qualquer espécie e, principalmente, os desenhos dos circuitos impressos publicados em cada número de Elektor estão sob a proteção de Direitos Autorais e não podem ser total ou parcialmente reproduzidos por qualquer meio ou imitados sem a permissão prévia por escrito da empresa editora da revista. Alguns dos circuitos, dispositivos, componentes, etc., descritos nesta revista, podem estar sob a proteção de patentes: a empresa editora não aceita qualquer responsabilidade decorrente de não indicação explícita dessa proteção.

Os circuitos e esquemas publicados em Elektor só podem ser realizados desde que se tenha em vista uma utilização privada ou científica sem fins lucrativos.

Todo equipamento de bancada tem sua utilidade, mas apenas um deles é absolutamente necessário: a fonte de alimentação, em alguma de suas versões. Na mais comum delas, costuma fornecer até 25...30 volts de saída, com uma corrente máxima de 1 ampère. Esses níveis, entretanto, assim como a própria qualidade da fonte, são insuficientes para aplicações mais refinadas. Pois este modelo de precisão é capaz de entregar até 35 V a 3A, incorporando tanto limitação de corrente como proteção contra curto-circuitos. Tensão e corrente de saída podem ser monitoradas constantemente pelos medidores incluídos no projeto.



Alta potência e controle perfeito com esta... ...fonte de precisão

Para testar qualquer circuito com exatidão e segurança, é preciso dispor de uma excelente fonte de alimentação. Não basta uma simples fonte estabilizada; ela deve incluir também alguma forma de proteção contra falhas que possam surgir no circuito sob teste — ou seja, um dispositivo limitador de corrente e que proteja contra curto-circuitos.

Para desempenhar devidamente suas funções, uma fonte deve exibir então os seguintes recursos:

- * Capacidade de entregar correntes relativamente elevadas com tensões iguais ou superiores a 24 V;
- * Estabilidade total, com qualquer condição de saída;

- * Proteção contra curtos no estágio final;
- * Controle limitador de corrente, até a máxima corrente de saída;
- * Controle da tensão de saída plenamente variável, de zero ao valor máximo;
- * Indicação precisa dos níveis de tensão e corrente na saída;
- * Entradas sensoras para compensar quedas de tensão, sempre que for preciso utilizar cabos de ligação mais extensos. Note que, embora os dois últimos itens não sejam absolutamente necessários, sua inclusão torna a fonte ainda mais versátil e fácil de utilizar.

A fonte de precisão aqui sugerida segue os mesmos

padrões estabelecidos para equipamentos profissionais e inclui todos os recursos descritos. Pode fornecer de 0 a 35 volts e dispõe de limitação de corrente continuamente variável, até 3 ampères. Seu desempenho equipara-se ao de fontes comerciais bem mais caras, embora resolva os problemas de estabilização com uma abordagem inédita.

Princípio de operação

A grande maioria das fontes de alimentação emprega a regulação do tipo série, pela qual os

transistores estabilizadores de potência ficam ligados efetivamente em série ou em paralelo com a carga. Este circuito segue a tendência, mas inova no processo de estabilização.

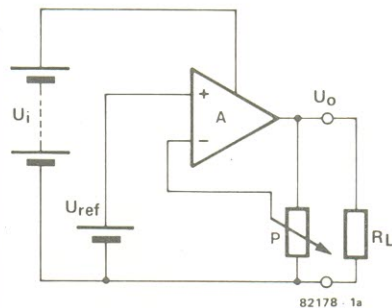
O diagrama de blocos da figura 1a ilustra o princípio de funcionamento de um regulador série convencional. O elemento ativo do circuito é formado pelo operacional A, cuja saída fornece a corrente de carga — ou seja, encontra-se em série com a carga R_L . Sua entrada não inversora é mantida em uma tensão de referência (U_{ref}), enquanto a inversora assume um nível sempre proporcional à tensão de entrada, obtido a partir do potenciômetro P.

Sob tais condições, a saída do operacional vai estabilizar no ponto em que a diferença entre as duas entradas for nula. Em outras palavras, ele irá manter uma condição de igualdade entre a tensão de referência e aquela presente no cursor do potenciômetro P. É óbvio, portanto, que a tensão de saída depende sempre da posição assumida por esse cursor.

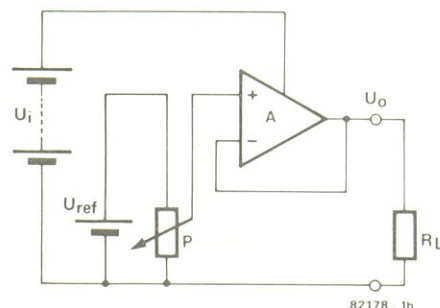
Com o potenciômetro a meio curso, por exemplo, a saída terá o dobro da tensão de referência. As desvantagens desse sistema residem no fator de estabilidade, que depende do ajuste de P, no fato de a tensão de saída não poder assumir um valor inferior à de referência e na operação pouco linear do potenciômetro. A primeira e a última podem não representar um grande empecilho, em certos casos, mas ter a saída restrita a um valor mínimo imposto pela referência é amadorístico, para não dizer coisa pior.

O diagrama da figura 1b propõe outra solução. Nesse caso, o operacional atua como um amplificador de ganho e P torna-se um divisor de tensão, mas ligado em paralelo com a tensão de referência. A saída do amplificador será agora proporcional ao nível de tensão presente no cursor do potenciômetro. Em tal configuração, a gama de tensões de saída estará situada realmente entre 0 e a própria referência. Soa melhor, mas ainda continua longe do ideal, pois a tensão de referência deve ter, pelo menos, o mesmo valor da máxima tensão de saída. O operacional vai exigir,

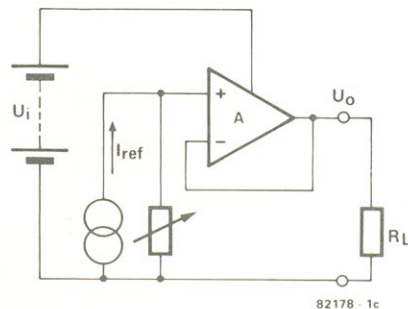
1a



b



c



d

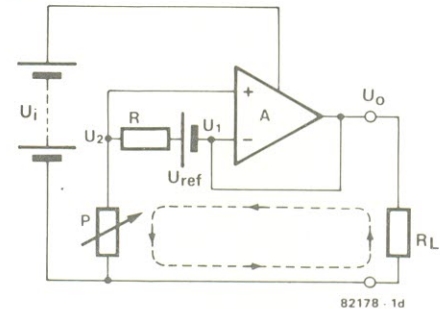


figura 1 — Estas ilustrações, juntamente com o texto, demonstram porque a utilização de uma fonte de corrente constante é preferível a uma tensão de referência.

além disso, uma linha de alimentação negativa, que pode ser considerada uma desvantagem adicional. E o fator de estabilidade, por fim, permanece dependente do potenciômetro P.

O circuito da figura 1c representa um grande avanço por substituir a tensão de referência, no que se refere ao operacional, por uma corrente. A tensão de saída é agora determinada pela corrente que atravessa o potenciômetro P. Como vantagem, ele deixa de depender do nível assumido pela tensão de referência.

Chegamos assim à figura 1d, que é bastante semelhante à anterior, em princípio. A corrente de referência, nesse caso, é obtida a partir da tensão de saída, por meio do resistor série R. Embora a idéia não seja inteiramente nova, o método aqui utilizado não foi dos mais ortodoxos.

Vimos que a fonte de corrente foi obtida pela inclusão de um resistor em série com uma tensão de referência proveniente da saída. Para que isso ocorra na prática, no

entanto, o valor do potenciômetro P deve ser bem inferior ao de R. O operacional continua tentando equilibrar a diferença entre os níveis de tensão aplicados às suas entradas, mas agora a tensão de saída será igual ao nível de sua entrada não inversora.

O resistor série é colocado, na verdade, entre as duas entradas do operacional. Devido porém à alta impedância das mesmas, nenhuma corrente pode ter acesso ao operacional — ao menos teoricamente. Assim, a corrente vinda da fonte de referência segue o trajeto indicado pela linha tracejada, no diagrama da figura 1d. Como $U_1 = U_2$ (igualdade garantida pelo operacional), o nível de corrente permanece constante, totalmente independente de P e da carga.

Esse nível de corrente equivale a U_{ref}/R . Como o operacional irá sempre equilibrar a tensão sobre P, a corrente de referência será compensada a cada variação da carga. E o resultado é exatamente o circuito que estávamos procurando: uma corrente

constante de referência (mesmo em 0 V), empregando uma tensão de referência e um resistor.

A fonte real

A principal diferença entre o diagrama de blocos da fonte de precisão, representado na figura 2, e o da figura 1d reside na inclusão de mais um operacional e de um transistor série. Já as partes referentes à fonte de corrente (U_{ref} e R) e ao potenciômetro (P1), continuam inalteradas.

O segundo operacional (A2) é responsável pela limitação da corrente na saída. Repare que a tensão sobre o resistor de emissor R_s , pertencente ao transistor T, é proporcional à corrente de carga. Ao mesmo tempo, uma parcela da tensão de referência é desviada pelo cursor de P2, para ser comparada por A2 com o nível presente em R_s . Toda vez que a tensão sobre esse resistor torna-se mais elevada que a estabelecida por P2, o operacional reage diminuindo a corrente de base do transistor, até que a diferença seja anulada. O LED na saída de A2 atua como um limitador de corrente.

2

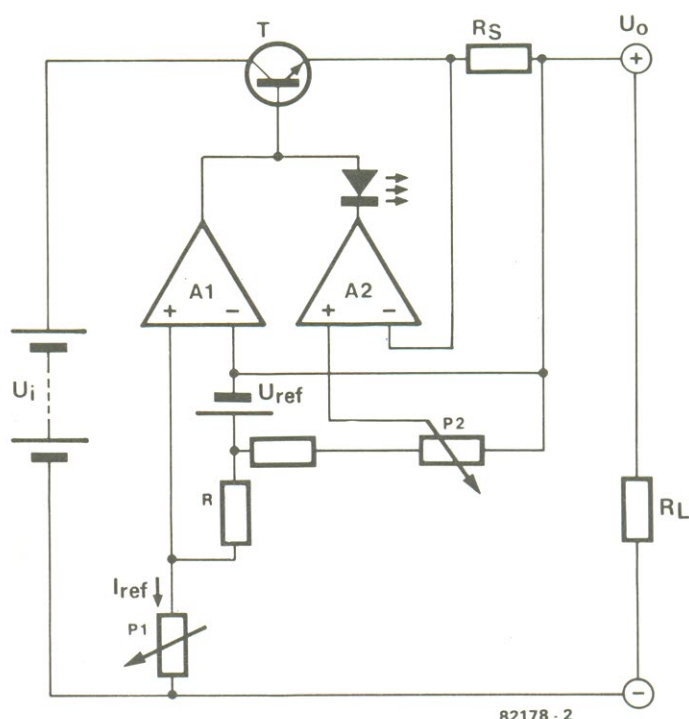


figura 2 — Diagrama de blocos básico referente à fonte de precisão. O operacional A1 proporciona a regulação de tensão, enquanto A2 cuida da limitação de corrente.

Agora, ao esquema

Bem, já basta de teoria; vamos encarar a parte prática, começando pelo esquema da figura 3. O circuito, como se vê, é formado praticamente por duas fontes independentes: a etapa de potência ficou a cargo do transformador Tr2, enquanto que Tr1 alimenta o estágio de referência e os operacionais.

A referência foi obtida a partir do inevitável integrado 723, ainda atual apesar de sua idade. Seus componentes de apoio foram selecionados para fornecer uma tensão de referência de 7,15 V, a qual vai surgir na junção formada por R4/R5, R15/R16 e R9. Para facilitar a análise, convém esclarecer desde já que R4/R5 correspondem a "R" e IC2 ao A2, no diagrama teórico da figura 2.

Essa tensão de referência vai alcançar a entrada não inversora de IC2 (pino 3), ao passo que a inversora fica acoplada à linha de terra, via R8. Os diodos D2 e D3

foram incluídos para proteger as entradas do operacional contra transientes. A saída de IC2 controla todo o estágio final da fonte (composto pelos transistores T3...T5), fazendo a "dosagem" da corrente de base em T2.

Falando dos transistores finais, eles estão ligados em paralelo e suas saídas são combinadas através dos resistores de emissor, para fornecer a corrente necessária, via resistor R21 — que é o equivalente prático de R_s , na figura 2. A adoção de três 2N3055 nessa configuração proporcionou um estágio de potência razoavelmente econômico, capaz de manipular até 3 ampères confortavelmente.

A tensão sobre R21 é comparada, em IC3, com o nível estabelecido pelo cursor de P2; este provém da fonte de referência, por intermédio do par R15/R16. Note que a saída de IC3, assim como a de IC2, fica ligada (via D5) com a base de T2. Sempre que a corrente de saída for superior à determinada por P2, aquela será reduzida por IC3, até

que os dois níveis sejam iguais. O transistor T1 e os componentes associados acendem o LED D7 para indicar o acionamento da limitação de corrente.

Dois microamperímetros iguais foram incluídos no circuito, a fim de permitir a monitoração direta da tensão e da corrente de saída. Ambos contam com um trimpot de ajuste, colocado em série, para a calibração fina da leitura. Uma vez encontrado o valor exato de resistência, os dois podem ser substituídos por resistores fixos.

Quanto ao capacitor C3, no estágio da tensão de referência (IC1), assume duas funções: reduz qualquer ruído provocado pelo zener interno do 723 e proporciona uma "partida lenta" para a fonte da tensão de referência. Isto quer dizer que quando a fonte é ligada, os operacionais têm algum tempo para estabilizar, antes que sejam solicitados ao trabalho. Caso essa partida lenta não fosse incluída no projeto, o máximo nível de tensão poderia surgir repentinamente na saída — por breves instantes, é

verdade, mas mesmo assim potencialmente devastador.

Os diodos D1...D8, posicionados em pontos estratégicos do circuito, estão presentes para protegê-lo contra a possibilidade de conexão acidental de tensões externas aos terminais de saída, quando ele é deligado. É o que pode facilmente ocorrer, por exemplo, quando se trabalha com circuitos contendo alimentação de reserva por baterias.

Os componentes R7 e C6 melhoram a reação do circuito na troca de níveis de tensão na saída, enquanto C7 e C8 eliminam a possibilidade de oscilação dos operacionais. Para uma operação mais estável da fonte, por fim, é preciso dispor de uma mínima resistência de carga; isto foi previsto com a inclusão de R22.

Você já deve ter notado também que existem mais terminais de saída que o normal em fontes de alimentação. É que os dois terminais adicionais, +Us e -Us, são entradas e não saídas, também conhecidas como "entradas sensoras". São utilizadas na compensação das quedas de tensão, quando se trabalha com longos cabos de conexão entre a fonte e sua carga.

A figura 4 ilustra um caso prático de utilização. Dois fios adicionais são conectados, estendendo-se entre a carga e as entradas sensoras; como resultado, a tensão de alimentação pode ser realmente medida na carga e não nos terminais de saída da fonte. Ficam compensadas assim quaisquer quedas provocadas pela resistência dos cabos principais.

De fato, deve-se ter em mente que se a resistência total desses cabos for de 1 ohm, por exemplo, a queda de tensão será de 1 volt com uma corrente de carga de 1 ampère. Em uso normal, pode-se deixar em curto os terminais +U/+Us e -U/-Us.

Montagem

Como dissemos, a máxima corrente entregue pelo circuito é de 3 A a 35 V, mas nada impede, em princípio, que outros valores sejam obtidos. Não se deve esquecer, porém, que qualquer alteração nesse sentido deve ser

4

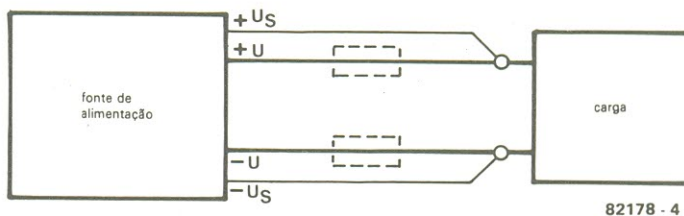


figura 4 — As duas entradas sensoras são utilizadas da maneira aqui ilustrada, para permitir que o circuito compense as eventuais quedas de tensão provocadas pelo uso de cabos longos.

5

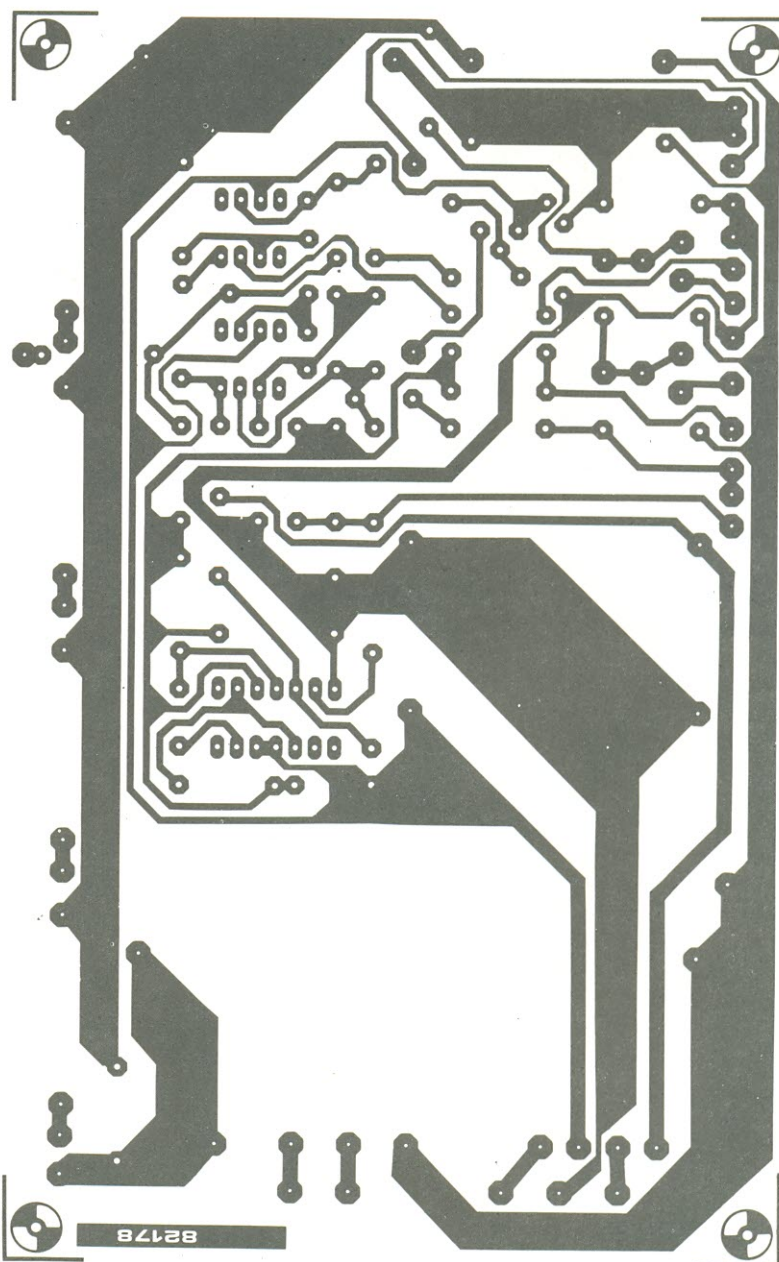


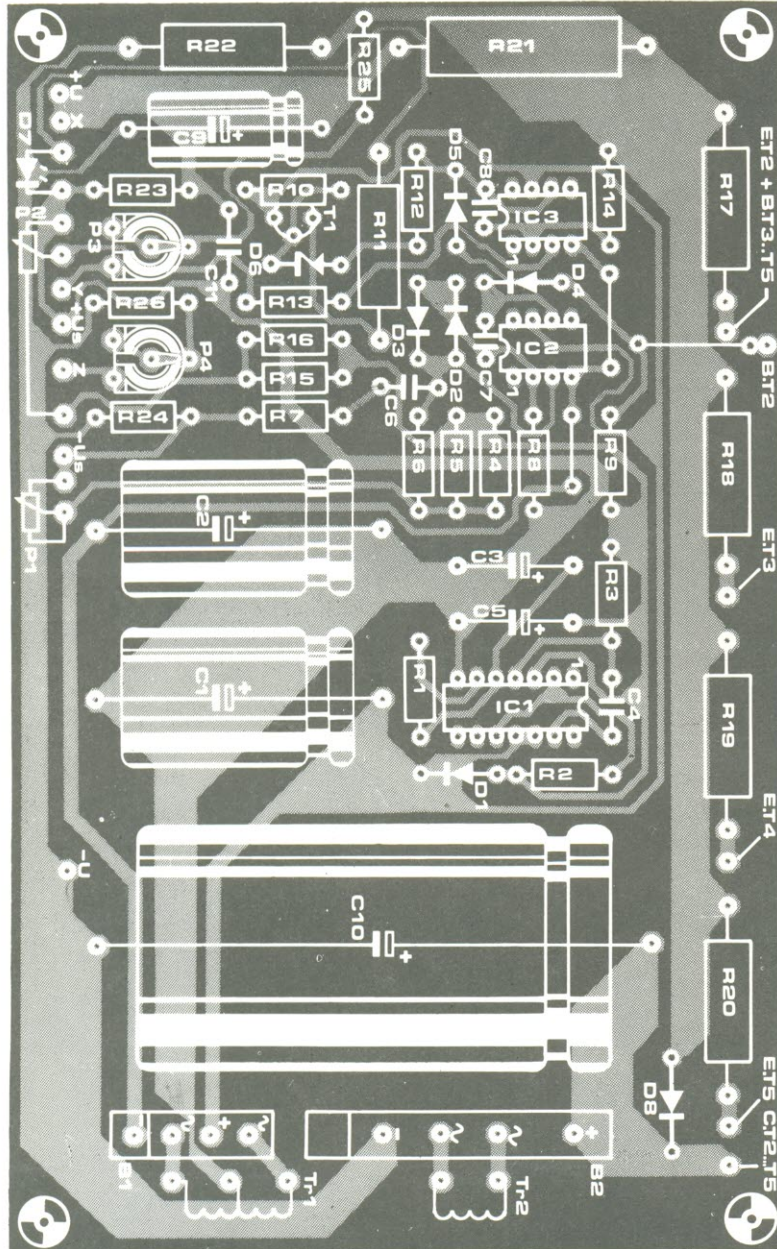
figura 5 — Traçado do cobre e disposição dos componentes relativos à placa impressa da fonte de precisão.

acompanhada por mudanças adequadas nos valores de C9 e C10. O fator restritivo, nesses casos, consiste na máxima tensão coletor/emissor dos transistores T2...T5 — a qual, no caso do 2N3055, é de 60 V. Outro parâmetro decisivo será, obviamente, a capacidade de corrente projetada para o transformador de potência. Lembre-se que a saída máxima da fonte é sempre $1/\sqrt{2}$ inferior à corrente fornecida pelo secundário, o que explica um transformador de

4 A para uma saída final de apenas 3 A.

Foram adotados três transistores de potência em paralelo porque cada 2N3055 não pode dissipar mais que 50 W, isoladamente. Levou-se em conta, aqui, que com uma tensão nula na saída a máxima dissipação corresponde ao maior nível da tensão retificada, multiplicado pela corrente máxima. Em tais condições, apenas um 2N3055 seria suficiente, considerando-se uma saída de 1 A a 35 V.

O circuito pode aceitar mais um transistor de potência, sem modificação alguma no circuito, desde que o resistor de emissor seja adequadamente calculado. De qualquer modo, cada um deles pede um dissipador de 2°C/W (que pode ser substituído por outro de 1°C/W para cada par de transistores). Note que o capacitor C12 vai acoplado diretamente aos terminais de saída, conforme ilustra o mapa de conexões da fonte (figura 6).



Lista de componentes

Resistores

R1, R3, R6, R8, R12, R13, R14- 4,7 k
R2- 22
R4, 416- veja texto
R5- 10 k
R7, R10- 1 k
R9- 2,2 k
R11- 470/ 1 W
R15- 15 k
R17- 10/1 W
R18, R19, R20- 0,22/3 W
R22- 4,7k/1 W
R23, R24- 47
R25- 5,6 k
R26- 270 k
P1- pot. 50 k
P2- pot. 1 k
P3- trimpot de 2,5 k
P4- trimpot de 250 k
Todos os valores em ohms

Capacitores

C1, C2- 100 μF /25 V
C3- 100 μF /10 V
C4- 100 pF
C5- 10 μF /25 V
C6- 1 nF
C7- 100 pF
C8- 56 pF
C9- 47 μF /63 V
C10- 4700 μF /63 V
C11- 820 nF
C12- 100 nF

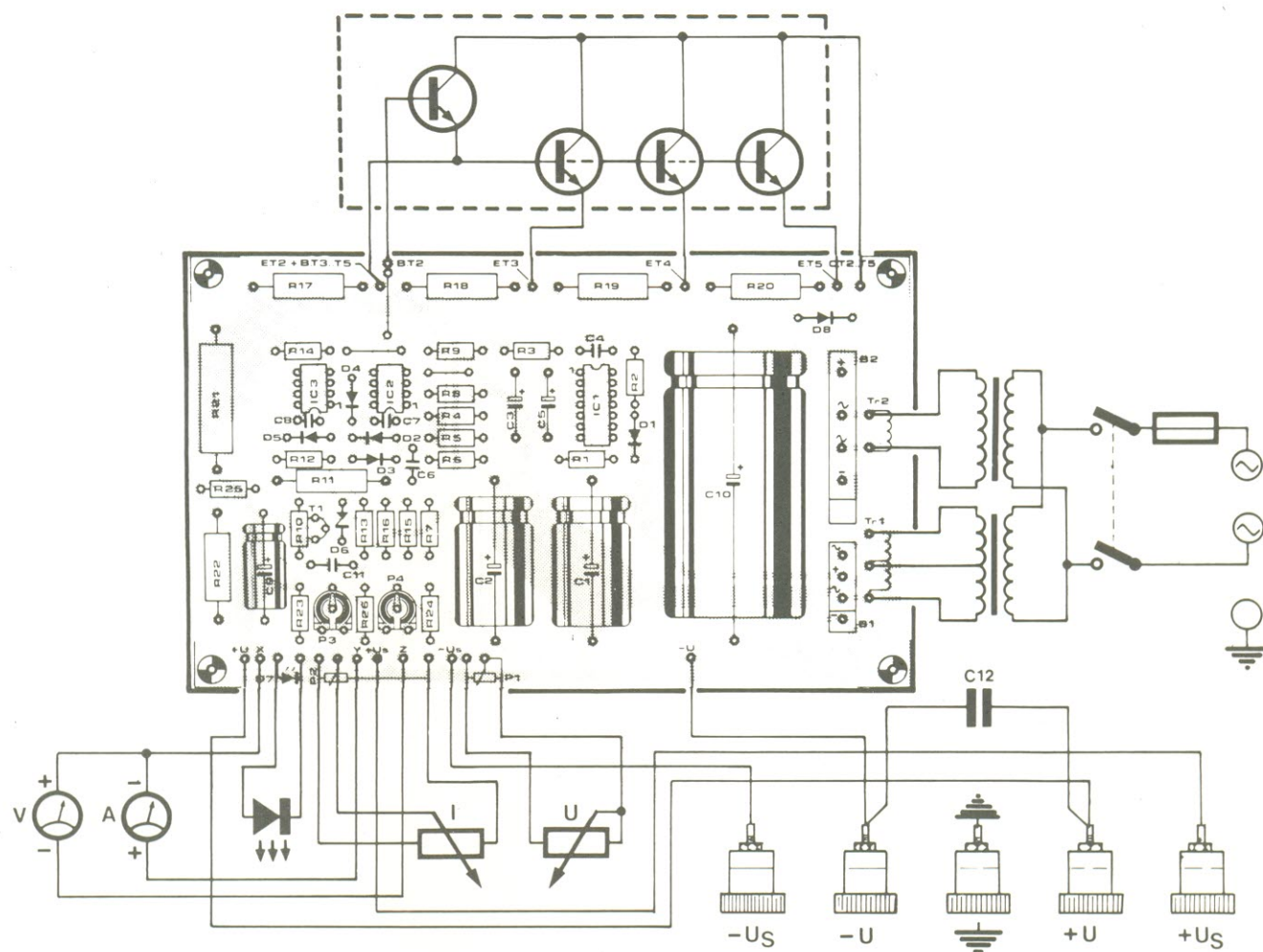
Semicondutores

B1- 4 diodos ou ponte 40 V/1 A
B2- 4 diodos ou ponte 80 V/5 A
D1, D8- 1N4001
D2...D5- 1N4148
D6- zener de 3,3 V/400 mW
D7- LED vermelho
T1- BC559C
T2- BD241
T3, T4, T5- 2N3055
IC1- 723
IC2, IC3- 741

Diversos

S1- chave de dois pólos
M1, M2- medidores de 100 μA
Tr1- trafo 2x12 V, 400 mA
Tr2- trafo 33 V/4 A
F- fusível de 1 A
Placa nº 82178
Bornes de entrada e saída

Dos dois transformadores, Tr1 se encarrega da corrente de referência e Tr2, de alimentar o estágio final.



82178 - 6

figura 6 — Diagrama de fiação da fonte, mostrando as conexões entre a placa e os demais componentes.

Deixe a montagem dos resistores R4 e R16 para o fim, já que seus valores vão depender da tensão e da corrente máximas de saída. Por esse mesmo motivo, não é conveniente instalar a placa impressa no gabinete antes de completar os testes e a calibração do circuito.

Para isso, comece posicionando P1 no máximo, para depois ligar a fonte e acoplar um multímetro à saída da mesma. Determine então o valor de R4 por tentativa e erro, para ter a máxima tensão de saída; basta ligar diferentes resistores em paralelo com R5. Uma vez encontrado o valor correto, o resistor poderá ser soldado no local reservado na placa. Em seguida, repita o processo com P2 e R16 (em paralelo com R15), até



alcançar o valor desejado de corrente.

Falta apenas calibrar os medidores, para terminar, que é feito através de P3 e P4. Também é possível montar a fonte com um só microamperímetro, por medida de economia; é só ligar uma chave de 2 pólos/2 posições aos pontos x, y e z, para efetuar a comutação entre volts e ampères.

7

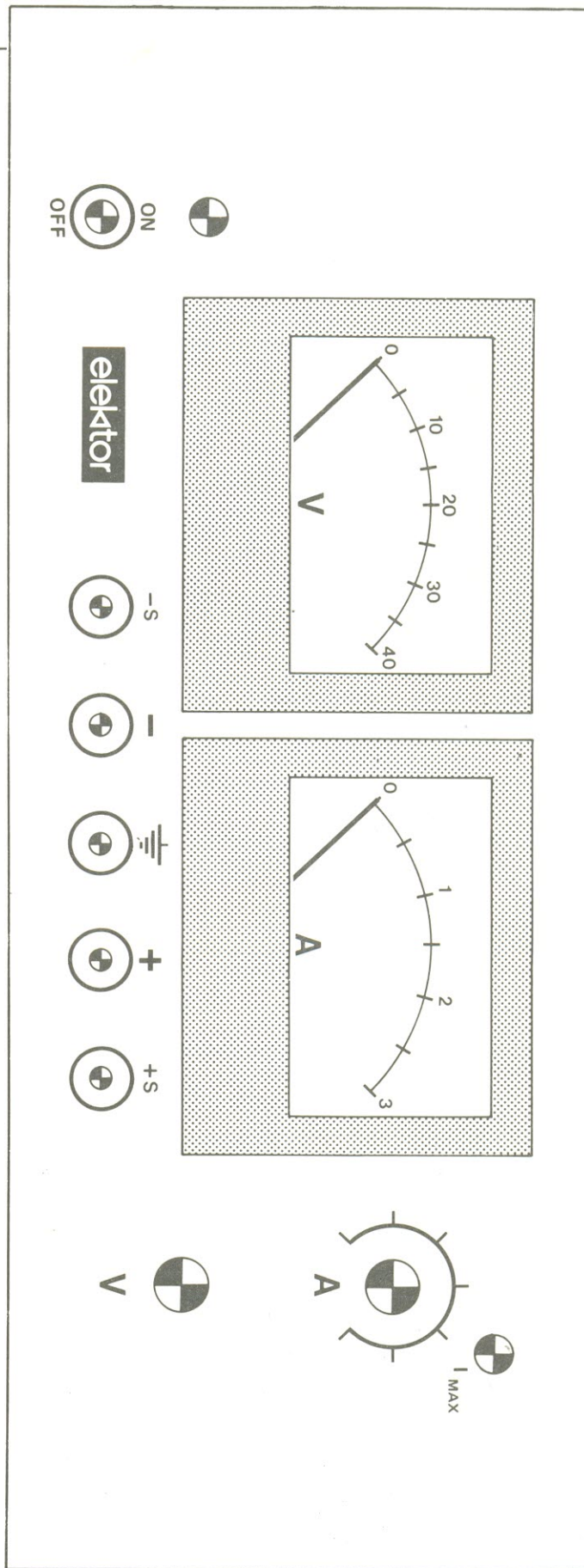


figura 7 — Sugestão para o painel da fonte, aqui representado em escala reduzida; as dimensões reais são 30 por 11 cm.

Pouco se fala das pilhas e baterias de NiCd no Brasil. Verdade que isso acontece porque são importadas, muito caras e, portanto, pouco popularizadas entre nós. Isto não é motivo para deixar de esclarecer uma série de pontos sobre sua operação e manutenção; pelo contrário, se um equipamento alimentado com essas pilhas vier parar em nossas mãos, nada melhor que algumas dicas práticas para fazê-las durar mais tempo — que é exatamente a proposta deste artigo.

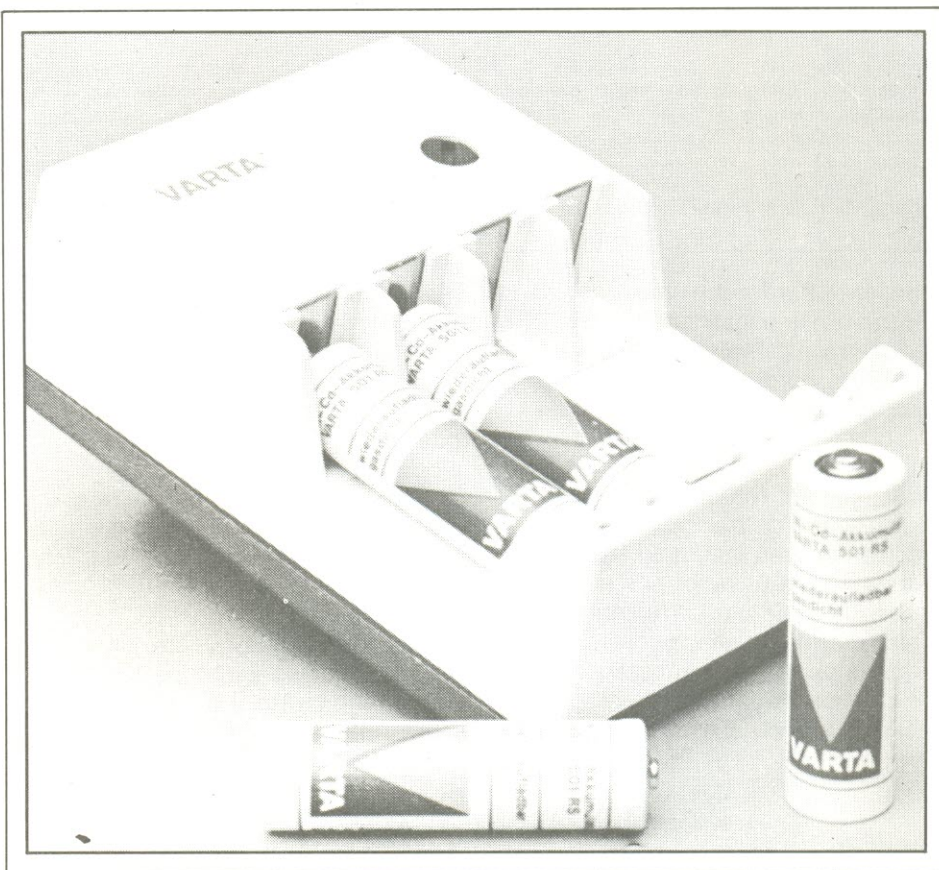
Como lidar com suas pilhas de níquel-cádmio

Existem vários fatores a considerar ao nos depararmos com a opção de utilizar pilhas recarregáveis de níquel-cádmio, em substituição às pilhas secas tradicionais. Embora aquelas sejam bem mais caras que estas, o fato de poderem ser recarregadas proporciona uma boa economia a longo prazo. Além disso, são mecanicamente robustas e menos suscetíveis a vazamento de eletrólito, possuem uma resistência interna bastante reduzida e apresentam uma tensão virtualmente constante por mais de 90% do ciclo de descarga.

As duas últimas características são especialmente úteis. A baixa resistência interna, por exemplo, permite acoplar um maior número de pilhas em série e utilizar frequências de lampejos mais altas nos *flashes* alimentados a bateria. Uma tensão de trabalho estável, por outro lado, significa máquinas e equipamentos mais confiáveis, mesmo com as pilhas já bem descarregadas. É o caso dos gravadores cassete e câmeras de vídeo, que não correm o risco de perder rotação durante uma gravação ou uma filmagem.

As pilhas de níquel-cádmio, além disso, são mais "honestas": enquanto as pilhas secas podem "fingir" estar em bom estado, após um período de descanso, as NiCd fornecem corrente com tensão estável ou deixam de se manifestar definitivamente.

Mas elas também apresentam uma ou duas desvantagens, além do preço elevado. Sua tensão média de descarga, por exemplo, é de apenas 1,2 V (contra 1,5 V das pilhas secas) — fazendo com que uma associação de quatro delas



em série forneça 4,8 V, ao invés de 6 V. E o problema é que nem todo circuito trabalha de modo satisfatório com uma redução de 20% na alimentação. Isto, por sua vez, pode acarretar uma frequência maior de recargas, já que somente o primeiro terço do ciclo de descarga será então utilizado.

De modo geral, a capacidade das pilhas e baterias de níquel-cádmio é praticamente idêntica à dos tipos convencionais, se bem que algumas alcalinas especiais exibam valores maiores. Deve-se ter em mente, porém, que a capacidade de uma pilha — e em

particular das pilhas primárias de zinco-carbono — depende em maior ou menor grau da taxa de descarga. As pilhas de NiCd são especialmente adequadas a taxas elevadas de descarga e uso contínuo, enquanto que as pilhas secas convencionais são próprias para serviço intermitente, com menores correntes de descarga. Assim sendo, a tecnologia de níquel-cádmio apresenta maior capacidade efetiva em gravadores operados por longos períodos e aplicações semelhantes.

A capacidade das pilhas NiCd de mesmo tipo costuma variar de um

TABELA 1

	pilha pequena (AA, HP7, etc.)	pilha média (C, HP11, etc.)	pilha grande (D, HP2, etc.)	bateria 9 V (PP3, miniatura)
tensão nominal da pilha/bateria convencional (V)	1,5	1,5	1,5	9
Tensão nominal da pilha/bateria NiCd (V)	1,2	1,2	1,2	9
Capacidade da pilha/bateria convencional (Ah)	0,15/2	0,4/6	1/10	0,05/5
Capacidade da pilha/bateria NiCd (Ah)	0,5 0,45	1,8 2,0 1,65	—	0,09 0,11

Obs.: todas as capacidades referem-se a uma taxa de descarga de 5 horas, com uma temperatura de 20°C.

tabela 1 — Comparação entre as principais características das pilhas de níquel-cádmio e suas equivalentes convencionais. As grandes variações verificadas na capacidade das pilhas secas deve-se às diferentes taxas de descarga e estrutura física das mesmas.

Note que as maiores capacidades são obtidas com as do tipo alcalino, que costumam exibir uma reserva de energia quatro vezes maior que a das pilhas secas convencionais.

fabricante para outro; mas, ao contrário das pilhas secas, esse parâmetro é sempre indicado no invólucro, permitindo uma comparação direta entre elas.

É óbvio, por fim, que a maior vantagem atribuída às pilhas de níquel-cádmio (ou seja, a possibilidade de recarregá-las) implica em uma inconveniência prática para o usuário: a necessidade de um carregador. Nesta mesma edição, porém, estamos propondo a montagem de um circuito de carga universal, bastante prático e relativamente barato.

Escolhendo o tipo certo de pilha

Uma vez decidido em favor das pilhas ou baterias NiCd, o usuário depara-se com a questão do tipo a ser adotado. Caso o objetivo seja substituir os tipos convencionais, a escolha do tamanho fica resolvida de imediato. Para maior clareza, a tabela 1 relaciona as principais diferenças entre a tecnologia tradicional e a de níquel-cádmio.

Repare, nessa tabela, que a capacidade efetiva dos tipos tradicionais pode variar até 10 vezes, dependendo do tipo de pilha e da taxa de descarga. O

menor valor, em geral, refere-se às células de zinco-carbono padrão trabalhando em condições desfavoráveis de descarga (5 horas de descarga contínua), ao passo que o maior diz respeito às alcalinas.

A capacidade nominal, para os modelos de NiCd, costuma ser representada em relação a uma descarga de 5 horas (C/5). Trocando em miúdos, é a capacidade obtida quando uma pilha com plena carga é descarregada até ficar com uma tensão de 1 V, num período de 5 horas. Os valores obtidos com descargas de uma hora são aproximadamente 10 a 15% menores, enquanto que períodos de 10 horas resultam em uma elevação desprezível da capacidade.

A influência da corrente de descarga sobre a tensão e a capacidade da pilha (como resultado de uma maior resistência interna) é ligeiramente mais elevada no caso de modelos menores, com capacidade inferior a 100 mAh, mas continua sendo virtualmente desprezível quando comparada às pilhas secas convencionais. Como dissemos, pilhas de mesmo tamanho são normalmente produzidas com diferentes capacidades — sendo possível, por exemplo, encontrar

as do tipo pequeno com 0,5 ou 0,6 Ah de capacidade.

O tempo necessário para se recarregar completamente uma pilha NiCd padrão, do tipo sinterizado, é de 14 horas, em média — assumindo a máxima corrente normal de carga (isto é, sem a utilização de carga rápida e com um carregador que desligue automaticamente ao final do ciclo). O processo normal de carga pode ser aplicado com um circuito dos mais simples, composto apenas por um retificador em meia onda e um resistor em série.

Se forem exigidos tempos de carga mais curtos, a solução será apelar para pilhas de carga rápida, especialmente projetadas, que aceitam correntes três vezes maiores; com elas, o ciclo de carga pode ser completado em 4... 6 horas. Também existe a opção de utilizar carregadores automáticos rápidos, capazes de restabelecer uma pilha em 15... 60 minutos. Dependendo do fabricante, esses "super-carregadores" podem ser usados com pilhas NiCd especiais, de carga rápida, ou com os tipos sinterizados tradicionais.

Essa alternativa, no entanto, só costuma ser garantida quando tanto o carregador como as pilhas são da mesma marca. Além disso, tais unidades de carga rápida têm

preços pouco convidativos (o uso de carregadores rápidos será analisado adiante com mais detalhes, neste mesmo artigo).

Para encerrar esta primeira etapa, recomendamos checar estes dois aspectos, ao adquirir pilhas de níquel-cádmio.

1. Certifique-se de que o equipamento ou circuito em questão irá operar satisfatoriamente com a tensão reduzida dos tipos NiCd. No caso dos dispositivos alimentados a pilha isto não deverá representar um problema; de qualquer forma, veja se o circuito é capaz de trabalhar normalmente com uma alimentação de 1 V por pilha.

2. Verifique se os tipos equivalentes de níquel-cádmio vão caber no compartimento reservado às pilhas. Não deve haver dificuldades no caso das pilhas cilíndricas, mas as baterias miniaturizadas de 9 V poderão não ter dimensões correspondentes, embora obedeçam à padronização específica.

Usando as NiCds:

1. O ciclo de carga

As pilhas de níquel-cádmio são carregadas, em geral, com uma corrente constante equivalente a um décimo de sua capacidade nominal. Ressalte-se que essa corrente de carga deve ser razoavelmente constante (ou então limitada a um valor seguro). Devido à baixíssima resistência interna dessas pilhas, é conveniente evitar carregá-las com tensão constante — pois haveria o perigo de sobreaquecimento, causado pela drenagem de correntes muito elevadas.

Na prática, a pilha não armazena a corrente durante todo o ciclo de carga. No início e no final do período, a energia fornecida pela corrente de carga é empregada na reconstituição dos eletrodos e na produção de gás. Por esse motivo, o nível de corrente aplicado durante o ciclo de carga deve ser superior à capacidade nominal da pilha. Adota-se então um fator de 1,4, ou seja, a pilha deve receber 40% além de sua capacidade nominal para atingir seu estado de plena carga. Assim sendo, com uma corrente normal de carga, chegamos a um tempo total de 14 horas.

1

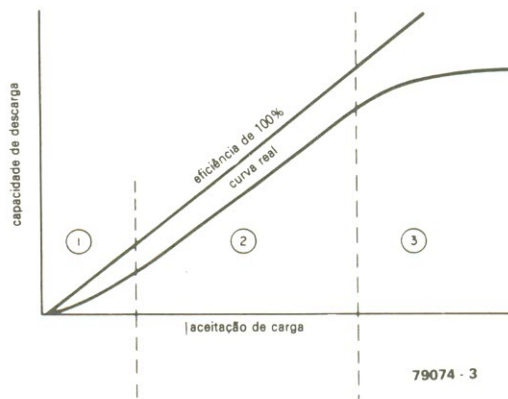


figura 1 — Curva da aceitação de carga de uma pilha NiCd. No início e no fim do ciclo, apenas uma parcela da corrente de carga é armazenada pela pilha (setores 1 e 3). Na ocorrência de sobrecarga, quase toda a energia entregue à pilha é consumida na produção de gás ou convertida em calor.

2

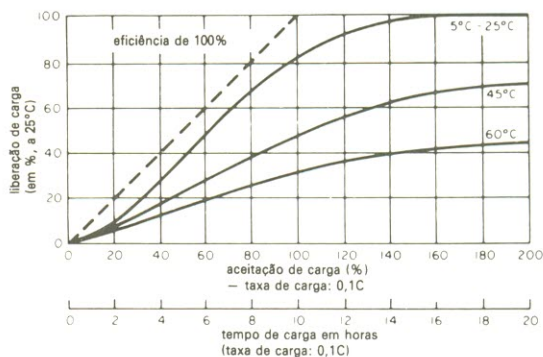
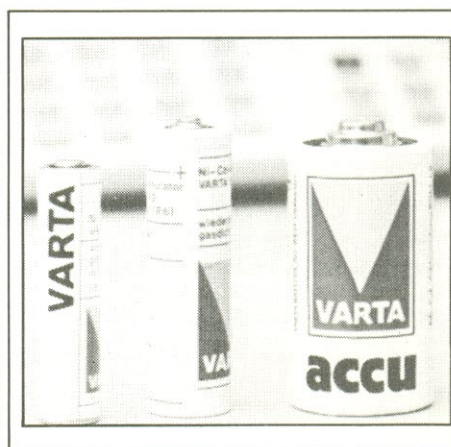


figura 2 — Quanto maior a temperatura, tanto menor será a aceitação de carga das pilhas de níquel-cádmio — daí a necessidade de taxas de carga ligeiramente maiores. É preciso ter o cuidado, porém, de evitar a sobrecarga.

Se o período nominal de carga for excedido, a pilha entra em sobrecarga, isto é, deixa de armazenar corrente e passa a convertê-la em calor. Desde que isto ocorra com a corrente normal de carga e a temperatura das pilhas permaneça dentro dos limites prescritos pelo fabricante, os tipos de níquel-cádmio podem suportar sobrecarga por longos períodos. De acordo com a procedência e o tipo da pilha, a mínima temperatura para carga normal situa-se entre 0 e 10°C, enquanto a máxima é de



40...60°C. O melhor desempenho é conseguido entre 10 e 25°C, faixa em que é possível carregar a pilha com 100% de sua capacidade nominal.

Em temperaturas mais baixas a capacidade dessas pilhas começa a cair, que levam assim menos tempo para atingir a plena carga e tornam-se mais sensíveis a sobrecargas. Com a elevação da temperatura, a aceitação de carga da pilha cai ainda mais: em torno de 55°C, essa queda chega a 30%. Quanto maior a frequência de recargas em altas temperaturas, tanto maior o risco de danos permanentes à pilha.

Caso haja possibilidade, seria útil consultar as especificações dos fabricantes a respeito da sobrecarga de pilhas com a corrente nominal de carga, já que o período máximo de tempo permissível varia de um para outro. Um deles, por exemplo, cita 20 mil horas como o valor mais aceitável, enquanto outro traça um limite em 500 horas e um terceiro, mais cuidadoso, afirma que uma sobrecarga ocasional com a duração de alguns dias não tem

maiores consequências. Esta última versão pode ser considerada válida para todos os tipos de pilhas NiCd, embora seja sempre melhor encerrar o ciclo de carga assim que a pilha atingir sua capacidade máxima.

Claro que também é possível realizar a carga com uma corrente inferior à normal, mas não é uma operação das mais vantajosas. De fato, o fator de carga sobe de 1,4 para 2, sem falar que a recarga contínua com correntes inferiores à recomendada pode ocasionar

3

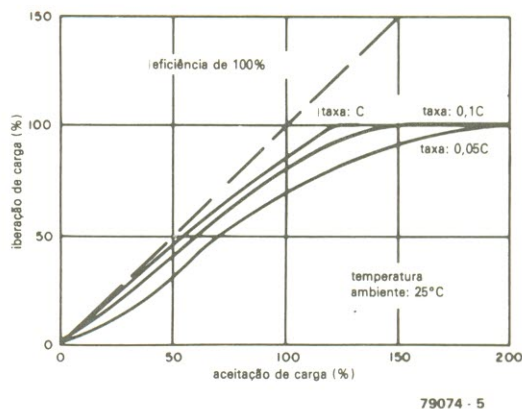


figura 3 — A aceitação de carga melhora com taxas elevadas de carga. Caso a corrente aplicada à pilha seja reduzida, ocorre um aumento no nível de sobrecarga necessário para se obter a plena capacidade.

4

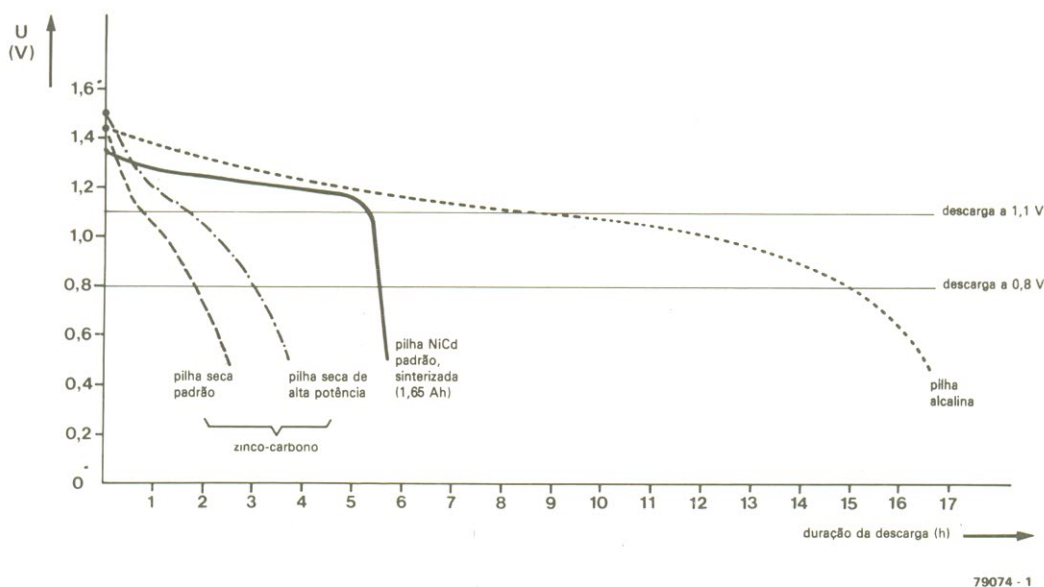


figura 4 — Comparação entre as curvas de descarga de pilhas convencionais e as de níquel-cádmio. As condições aqui representadas (ou seja, descarga contínua com uma corrente constante e relativamente elevada) são muito pouco vantajosas para as pilhas normais de zinco-carbono. Considerando uma descarga intermitente (dando tempo para que elas se

recuperem), com uma corrente mais baixa, essas pilhas podem dispor da mesma capacidade oferecida pelas de NiCd de tamanho equivalente, ao passo que os tipos de alta potência chegam a atingir o dobro desse valor. Já a capacidade das pilhas alcalinas, por outro lado, não depende tanto das condições de descarga.

reduções temporárias na capacidade efetiva das pilhas. Não se deve recarregar pilhas completamente descarregadas com uma corrente inferior à metade do valor indicado. Pode-se empregar correntes menores para carregar pilhas parcialmente descarregadas, sem bem que novamente com perda de capacidade, devido ao chamado "efeito memória" — ou seja, a pilha percebe que não está sendo plenamente carregada e se adapta à situação. O mesmo efeito aparece com cargas repetidas em altas temperaturas. A capacidade perdida pode ser recuperada, no entanto, pela aplicação de vários ciclos de carga com a corrente "total", e descarregando rapidamente as pilhas entre eles.

2. Sobrecarga

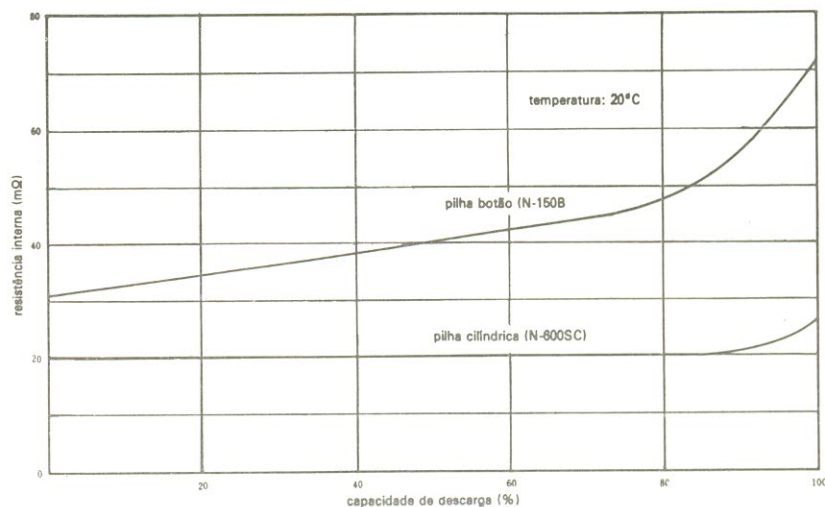
Caso uma pilha (ou um conjunto de pilhas) deva ser mantida sempre à plena carga, sendo totalmente descarregada de forma regular, é possível mantê-la num regime de carga contínua, com uma corrente igual ou ligeiramente inferior à normal. Mas se o objetivo for alimentação de reserva, quando ela raramente é descarregada de forma completa, recomenda-se que após completada a carga essa corrente seja reduzida para um valor de manutenção, equivalente a 20...50% da corrente normal.

3. Carga rápida

O processo de carregar as pilhas NiCd mais rapidamente, com uma corrente acima da prescrita, é viável com várias delas; mais uma vez, porém, os fabricantes têm opiniões divergentes. Como regra geral, é perfeitamente aceitável aplicar carga rápida em pilhas totalmente descarregadas, mediante correntes duas ou três vezes superiores à nominal e por períodos de várias horas — desde que a temperatura esteja acima de 20°C e não ultrapasse 45°C. Em temperaturas menores jamais se deve exceder a corrente normal de carga.

O processo de carga rápida nunca deve ser tentado sem a disponibilidade de carregadores dotados de um temporizador ou um sensor de temperatura, que encerre automaticamente o ciclo ou reduza os valores a níveis seguros. Optando por um temporizador como elemento de

5

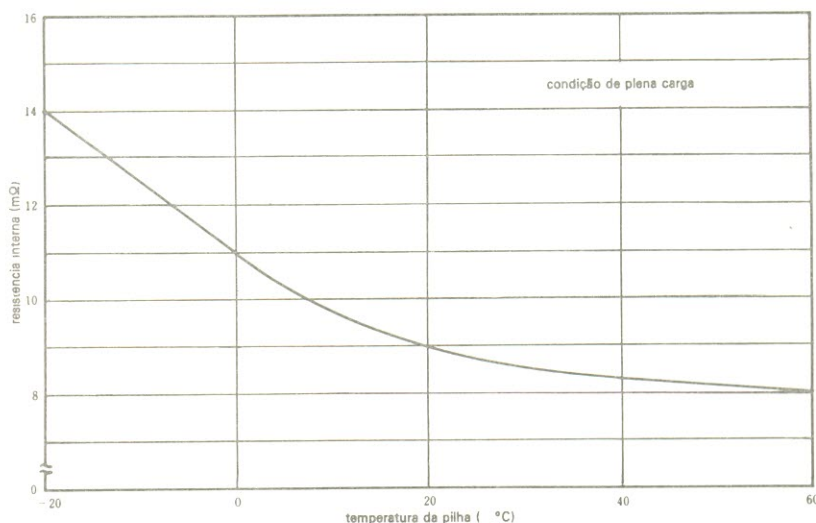


79074 - 6

figura 5 — Variação da resistência interna segundo variações na capacidade de descarga. Como se vê, a resistência interna das pilhas cilíndricas, com eletrodos sinterizados, é virtualmente constante

durante quase 90% do ciclo de descarga, fazendo com que a tensão também fique inalterada nesse período. Em contrapartida, a resistência das pilhas tipo botão varia consideravelmente com a capacidade.

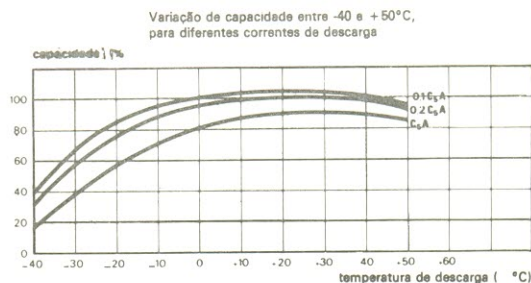
6a



79074 - 7a

figura 6a — Alteração da resistência interna com a temperatura.

b



79074 - 7b

figura 6b — Quanto maior a corrente de descarga, tanto maior o efeito da resistência interna em baixas temperaturas.

controle, será preciso saber de antemão o estado inicial da pilha (na prática, isto normalmente significa descarga total). Exemplificando, a carga acelerada de uma pilha padrão de níquel-cádmio, com o dobro da corrente normal, só é permissível com temperaturas maiores que 20°C e ciclos que não ultrapassem 6 horas.

Várias pilhas NiCd do tipo sinterizado podem ser submetidas a cargas rápidas ainda mais severas que as mencionadas (sempre de acordo com o modelo e o fabricante), mas em geral não se recomenda fazê-las atingir plena carga nessas condições; valem, ademais, as mesmas precauções para evitar sobrecarga e sobreaquecimento. Assim, por exemplo, uma pilha de tamanho pequeno (com uma capacidade nominal de 450 mAh) completamente descarregada, pode receber cargas rápidas de 45 minutos, com uma corrente 10 vezes maior que a nominal (450 mA), para depois ser "completada" com a corrente normal (45 mA).

4. O ciclo de descarga

Mais uma vez dependendo do fabricante, as pilhas NiCd podem ser descarregadas ao longo de uma faixa de temperaturas que pode variar entre -40 e -20°C até +45 a +60°C, aproximadamente. A capacidade nominal de uma pilha é dada para a temperatura de 20°C; com valores maiores a capacidade efetiva sobe ligeiramente, ao passo que com temperaturas inferiores ocorre uma redução significativa. Em 0°C, a capacidade pode cair para um valor entre 5 e 25% do nominal.

A resistência interna dessas pilhas exibe um coeficiente de temperatura negativo. Desse modo, com a queda da temperatura essa resistência sofre uma elevação considerável (podendo subir até 75%, ao longo de uma faixa entre +60 e -20°C). Naturalmente, a maior resistência interna provoca uma diminuição na tensão da pilha, sob condições de descarga em baixas temperaturas.

Devido ainda à resistência interna, a capacidade da pilha é também afetada pela taxa de descarga — em outras palavras,

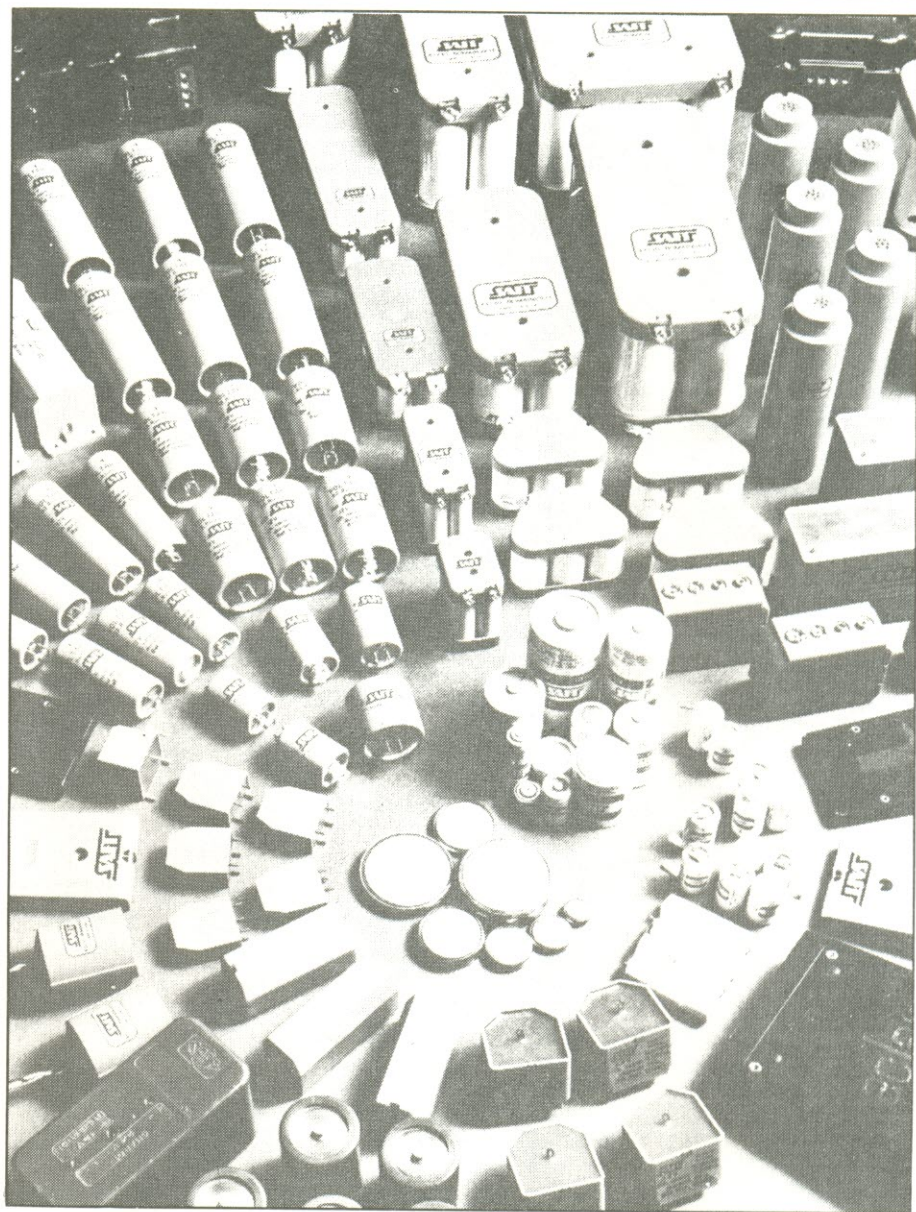
quanto maior a corrente de descarga, tanto menor a capacidade. Portanto, a relação entre capacidade e taxa de descarga (ou seja, o nível de queda da capacidade para um certo aumento da corrente de descarga) é estabelecida pela resistência interna da pilha, que por sua vez depende em grande escala de seu tamanho e estrutura física.

No que concerne à estrutura, pode-se fazer uma distinção básica entre pilhas com e sem sinterização. Quase todos os tipos de níquel-cádmio destinados a substituir pilhas cilíndricas convencionais possuem eletrodos sinterizados, ao passo que as pilhas do tipo botão e as baterias miniaturizadas de 9 V (que são confeccionadas, na prática, com

pilhas tipo botão) costumam ser do outro tipo.

A resistência interna dos modelos sinterizados equivale, em média, a algo entre 1/4 e 1/10 da verificada nos modelos sem sinterização e permanece virtualmente constante durante todo o ciclo de descarga. Já nas pilhas que não empregam eletrodos sinterizados essa resistência atinge 3 a 5 vezes seu valor original. Em contrapartida, estas também apresentam uma pequena vantagem: uma taxa mais reduzida de auto-descarga (assunto sobre o qual falaremos mais adiante).

Independentemente da estrutura da pilha, pode-se generalizar a regra de que quanto maior seu tamanho (isto é, com uma maior



capacidade), tanto menor será a resistência interna. Diferentes fabricantes, entretanto, geralmente designam valores diversos de resistência para pilhas com as mesmas dimensões! Assim sendo, as pilhas pequenas costumam aparecer com resistências internas entre 15 e 35 mΩ; as médias, com resistência de 10 a 20 mΩ; e as grandes, de 5 a 15 mΩ. Em termos de comparação, uma boa pilha alcalina exibe, aproximadamente, uma resistência interna de 300 mΩ quando nova, de 900 mΩ com 80% de carga e de vários ohms quando praticamente descarregada.

Para a grande maioria das aplicações existentes, a resistência interna das pilhas NiCd pode ser desprezada, pelo fato de mostrar-se drasticamente inferior à das pilhas secas tradicionais. Contudo, nos casos em que é necessário adotar taxas de descarga extremamente altas, tal como na alimentação de aeromodelos radiocontrolados, o efeito da resistência sobre a corrente de descarga e a capacidade deve ser levado em conta.

Assim, considerando que uma pilha seja descarregada num ritmo 4 vezes superior à sua capacidade nominal (algo com 4 A, no caso de um tipo de 1 Ah), a capacidade efetiva da mesma sofre uma redução de quase 30%. A máxima corrente permissível, numa descarga contínua, é determinada pelo nível de calor gerado pela pilha e, dependendo de seu tipo e do fabricante, pode ser 4 a 10 vezes maior que a capacidade nominal.

Mediante uma ventilação adequada ou operando a pilha no modo pulsado, é possível obter taxas de descarga consideravelmente mais elevadas — atingindo até 150 vezes mais que a capacidade nominal, no caso de certas pilhas do tipo botão. Para tais aplicações específicas, porém, é conveniente consultar cuidadosamente as especificações do fabricante e, no caso de persistir alguma dúvida, saná-la diretamente com os técnicos da empresa.

Em todas as aplicações, o comportamento das pilhas NiCd quando totalmente descarregadas merece nossa atenção. Sempre que várias delas são acopladas em

pilhas de NiCd...

7

Descarregada a $20^\circ \pm 5^\circ\text{C}$
Corrente máxima permissível para descarga contínua: 14,4 A

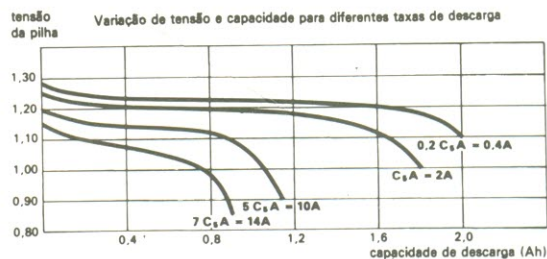
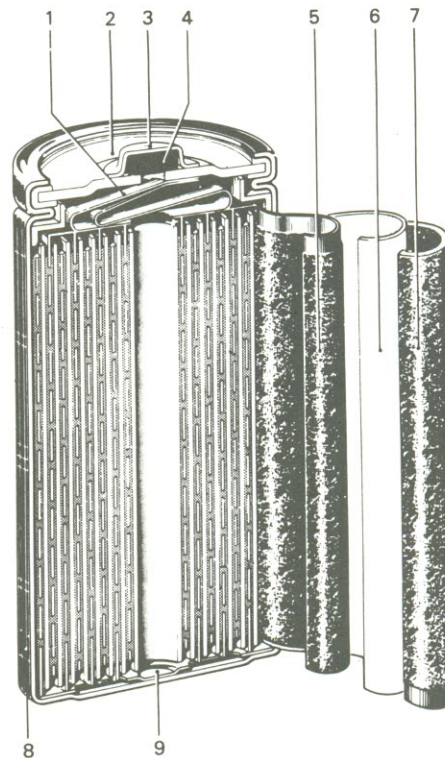


figura 7 — Efeito da corrente de descarga sobre a tensão e a capacidade de descarga, no caso de uma pilha NiCd de tamanho médio (tipo C).

8



1. conexões do pólo positivo
2. tampa
3. botão central (positivo)
4. passagem de segurança
5. placa positiva
6. separador
7. placa negativa
8. invólucro de aço niquelado
9. conexão do pólo negativo

79074 - 2

figura 8 — Estrutura física de uma pilha NiCd cilíndrica com eletrodos sinterizados. Embora o invólucro seja hermeticamente selado, uma passagem de segurança no topo da pilha permite a liberação dos gases que se formam com taxas excessivas de

carga ou descarga, evitando assim que ela seja destruída. Essa passagem é auto-vedante, mas sua abertura contínua acaba resultando em perda de eletrólito e degradação permanente do desempenho da pilha.

série (isto é, toda vez que for necessária uma alimentação maior que 1,2 V, uma poderá eventualmente descarregar antes das demais. Nesse caso, pode acontecer de a polaridade da pilha sofrer uma inversão e ser carregada "ao contrário" pelas

restantes. Isto pode resultar em produção de gás, aumento da pressão interna, liberação desse gás e perda de eletrólito.

Uma perda substancial ou repetida de eletrólito fatalmente vai resultar em uma deterioração permanente da capacidade e vida

útil da pilha. É por esse motivo que se deve ter todo o cuidado de evitar as descargas excessivas. O risco de inversão de uma pilha e suas danosas conseqüências é bem maior sob severas condições de carga e também quando muitas pilhas são ligadas em série.

Como resultado conjunto da produção de calor e inversão de polaridade (nas conexões em série), as pilhas podem ser danificadas de forma permanente, através de curto-circuitos. Se o curto ocorrer externamente, ou seja, no circuito que estiver sendo alimentado, as altíssimas correntes produzidas poderão fazer estragos consideráveis a componentes sensíveis ou mesmo às trilhas do circuito impresso, sem mencionar os riscos de danos pessoais. Deve-se ter sempre em mente que tanto o topo como o invólucro dessas pilhas ficam diretamente conectados aos seus eletrodos — sendo recomendável, portanto, a precaução de incluir um fusível de segurança no terminal “vivo” da alimentação.

Retenção de carga

As pilhas e baterias de níquel-cádmio podem ser estocadas por períodos bastante longos, em qualquer condição de carga, com uma temperatura ambiente situada entre -40 e $+50^{\circ}\text{C}$, aproximadamente. As unidades total ou parcialmente carregadas, porém, perdem carga aos poucos, como resultado do fenômeno da auto-descarga — o qual se faz sentir com mais intensidade nos tipos sinterizados.

O ritmo de auto-descarga varia de acordo com a temperatura e já foi comprovado que a retenção da carga melhora nas temperaturas mais baixas. De fato, a 40°C uma dessas pilhas chega a descarregar em poucas semanas, enquanto que numa temperatura ambiente normal ela ainda é capaz de fornecer, após três meses, entre 60 e 80% de sua plena capacidade. Já com valores abaixo de zero é possível obter de 80 a 90% da capacidade total, mesmo depois de vários meses.

Devido ao efeito dos diferentes tempos e temperaturas de armazenagem, normalmente é impossível que o usuário saiba o

estado de carga das pilhas, ao comprá-las. Por esta razão, é sempre aconselhável submetê-las a uma recarga preventiva, antes de colocá-las em uso.

Vida útil prevista

Desde que não sejam tratadas de forma inconveniente, as pilhas NiCd podem ser carregadas e descarregadas mais de 500 vezes.

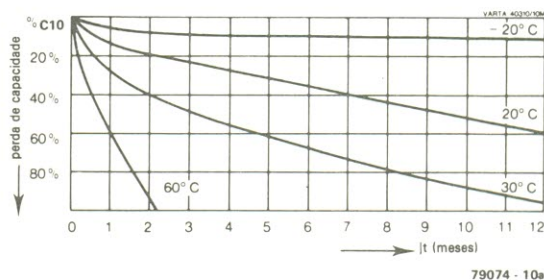
Deve-se esperar, porém, uma gradual perda de capacidade, à medida em que o número de ciclos de recarga for aumentando. Costuma-se considerar encerrada a vida útil dessas pilhas quando sua capacidade cai para 70 ou 80% do valor nominal. O tempo que levarão para alcançar esse ponto vai depender da temperatura ambiente de operação (temperaturas mais elevadas encurtam a vida útil das pilhas) e do nível médio de descarga.

9



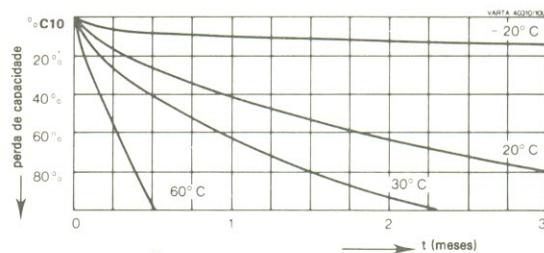
figura 9 — Curva de tensão da pilha durante uma reversão. Cargas inversas em excesso (quando, por exemplo, muitas pilhas estão ligadas em série) podem resultar em danos permanentes para a pilha.

10a



79074 - 10a

b



79074 - 10b

figura 10 — Taxas de auto-descarga referentes a pilhas do tipo botão (a) e com eletrodos sinterizados (b), em diferentes temperaturas. Como se pode ver, as pilhas sem sinterização exibem melhores características de retenção de carga.

Embora as descargas incompletas tendam a aumentar o número de ciclos de recarga aceitos pelas pilhas, não demonstraram afetar de forma significativa a energia total fornecida por elas durante o período de vida útil. Na prática, porém, é frequentemente possível (com um pouco de sorte, é claro) atingir de 1500 a 2000 ciclos de recarga, caso as pilhas nunca sejam descarregadas além de 50% de sua capacidade.

Assim sendo, o hábito de recarregar as baterias da calculadora a cada semana, apesar de ser necessário fazê-lo apenas a cada quinzena, pode significar uma vida útil de sete ou até dez anos, ao invés dos cinco previstos pelo fabricante. Por outro lado, os aficcionados do aeromodelismo que submetem suas pilhas a elevadas taxas de descarga, para depois recarregá-las rapidamente, a partir de baterias de automóvel, não devem esperar uma duração superior a 100 ciclos. Em outras palavras, a vida útil das pilhas e baterias de níquel-cádmio varia consideravelmente de acordo com as condições de operação e com as taxas de recarga.

Em suma...

Eis aqui um sumário do que se deve fazer para garantir uma longa vida útil às suas pilhas NiCd:

1. Nunca solde fios diretamente nos terminais da pilha ou bateria (a não ser que esteja provida com terminais apropriados para soldagem);

2. Cuidado ao carregar pilhas em baixas temperaturas; as pilhas utilizadas externamente, em dias muito frios, devem ser antes aquecidas à temperatura ambiente, para só então receberem carga; evite também a recarga em temperaturas elevadas e jamais permita que seja ultrapassada a faixa prescrita de temperaturas;

3. Impeça a todo custo os curto-circuitos e sobre-descargas com taxas elevadas de correntes; como regra geral, é preciso evitar a descarga total das pilhas;

4. Nunca deixe as pilhas em regime de sobrecarga contínua, com correntes maiores que a normal de carga (equivalente,

pilhas de NiCd...



como vimos, a 1/10 da capacidade nominal);

5. Recarregue sempre as pilhas novas, antes de usá-las;

6. Ao carregar várias pilhas ao mesmo tempo, ligue-as sempre em série e não em paralelo; ou então faça a recarga individualmente;

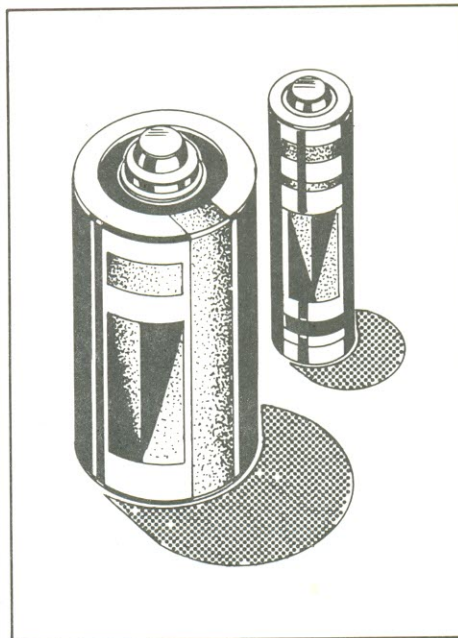
7. Cuidado para não inverter a polaridade das pilhas, tanto na carga como na descarga;

8. Jamais tente abrir pilhas ou baterias de níquel-cádmio e nunca jogue-as no fogo; cuidado com aquelas fisicamente danificadas, pois o cádmio é um elemento tóxico e o eletrólito é altamente corrosivo;

9. Obedeça sempre as recomendações do fabricante.

Bibliografia

- Eveready: *Nickel Cadmium, Engineering Data*, dez. 76
- General Electric: *Nickel Cadmium Akkumulatoren, Anwendungstechnisches Handbuch*, 2. Ausgabe, 1978
- SAFT: *Gasdichte Nickel-Cadmium Akkumulatoren*, publicado por F. Brück e F. Putois
- Sanyo: *Rechargeable CADNICA Battery Engineering Handbook*, Osaka, Japão, 1976
- Varta: *Gasdichte Nickel-Cadmium Akkumulatoren, Hinweise für die Projektierung*, publicação nº 5 40 07, Hannover, Alemanha



Mais que um complemento do artigo anterior, este circuito representa uma alternativa barata aos carregadores comerciais para pilhas e baterias de níquel-cádmio. Ele é capaz de carregar qualquer tipo de pilha, segundo todas as normas e precauções — incluindo um dispositivo para evitar inversões de polaridade pelo usuário.

Carregador universal para pilhas NiCd

Já sabemos que não é possível ligar pilhas de níquel-cádmio em paralelo, a fim de carregá-las simultaneamente, devido às tolerâncias de tensão e às várias condições iniciais de carga exibidas por elas. De fato, a corrente de carga só pode ser determinada com exatidão se as pilhas forem ligadas em série e vai depender da capacidade de cada uma (ou seja, do número de miliampêres-hora).

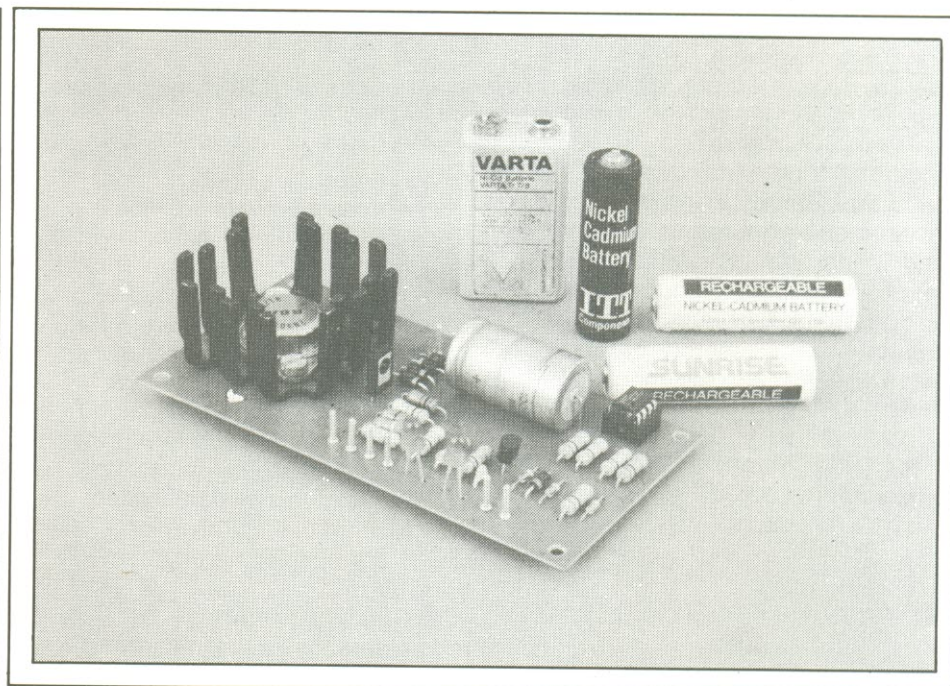
A maioria delas é carregada em 14 horas, com uma corrente equivalente a 10% desse valor de mAh — um valor seguro, que não representa perigo para as pilhas, caso fiquem muito tempo sob carga. Além disso, com um período mínimo de 14 horas, não importa que elas estejam ou não totalmente descarregadas.

Tratando-se de um carregador universal, como em nosso caso, foi preciso então prever uma corrente ajustável de saída, já que cada tipo de pilha requer uma taxa específica de carga.

O circuito prático

Na figura 1 podemos ver o esquema completo do carregador universal. A fonte de corrente tem por base os transistores T1...T3, que fornecem um valor constante de carga. Mas esse estágio só entra em operação quando as pilhas são colocadas na polaridade correta (isto é, o terminal positivo em "+" e o negativo em "-"); cabe a IC1 verificar essa ligação, checando a polaridade da tensão nos terminais de saída.

Com as pilhas corretamente ligadas, o pino 2 de IC1 não será tão positivo quanto o pino 3;



consequentemente, a saída desse integrado vai tornar-se positiva e fornecer corrente à base T2, que irá ativar a fonte de corrente. O nível dessa corrente pode ser selecionado, por meio de S1, entre 50, 180 ou 400 mA — que são valores previamente estabelecidos pelos resistores R6...R8. Eles foram calculados de forma que a posição 1 da chave corresponda à carga de pilhas pequenas, a posição 2 às pilhas médias e a terceira às de tamanho grande.

A fonte de corrente tem uma operação das mais simples, atuando como um sistema de realimentação de corrente. Vamos supor, como exemplo, que S1 esteja na primeira posição e que a saída de IC1 seja positiva; T2 e T3 estão recebendo corrente de base e passam a conduzir. A corrente que atravessa esses transistores gera uma tensão sobre R6,

levando T1 também a conduzir; quanto mais corrente passar por R6, tanto mais o transistor T1 irá conduzir, reduzindo assim a excitação de base para T2 e T3. Estes, por sua vez, vão conduzir menos, em oposição ao aumento anterior de corrente. O resultado lógico é uma corrente razoavelmente constante por T3 e pelas pilhas acopladas ao circuito.

Dois LEDs foram incluídos na fonte de corrente, para indicar se o carregador está funcionando e em que condições. O diodo D8 acende com a tensão positiva entregue por IC1, sempre que as pilhas estão ligadas corretamente. Na eventualidade de uma conexão errada, o pino 2 de IC1 ficará mais positivo que o pino 3; o operacional, que atua como comparador, vai fornecer uma saída nula. Nesse caso, a fonte de corrente deixará de ser ativada e

1

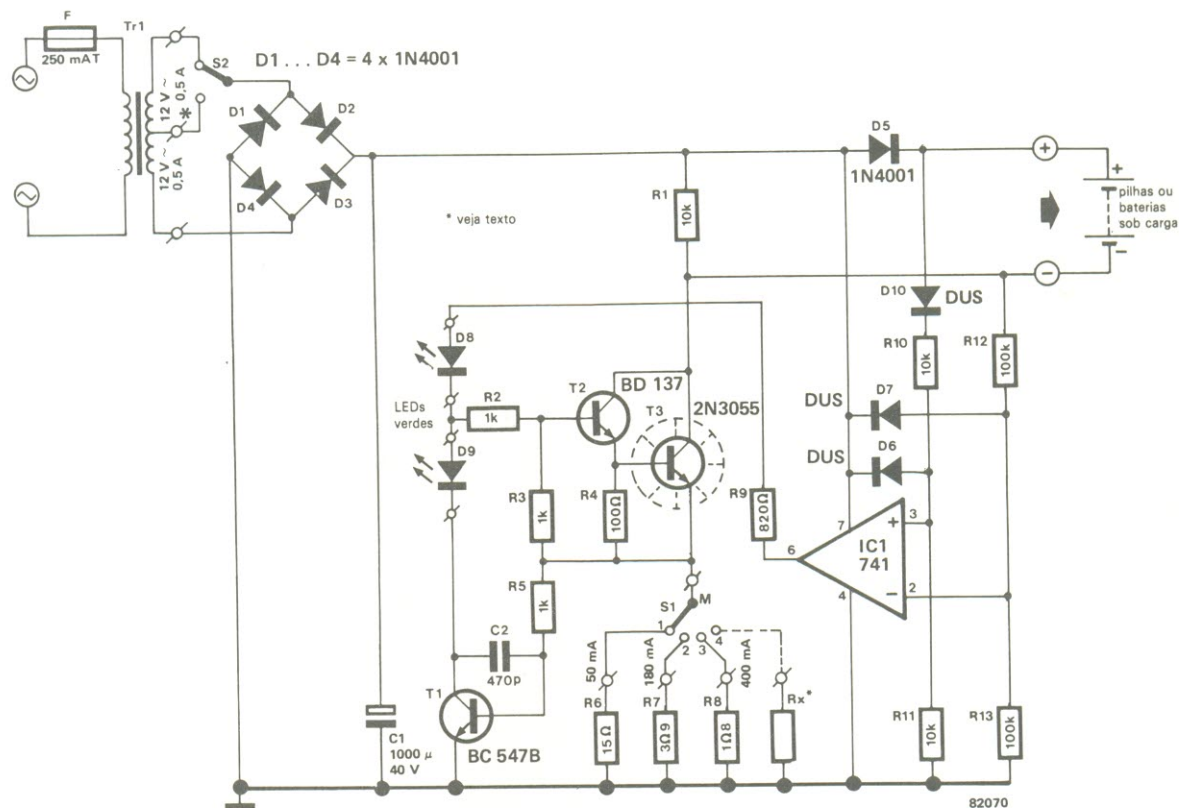


figura 1 — O carregador universal é composto por uma fonte de corrente comutável (T1...T3) e um comparador (IC1) que verifica a polaridade das pilhas. Dois LEDs (D8 e D9) indicam se a tensão de

alimentação é suficiente, se as pilhas estão sendo carregadas com a corrente adequada e também se foram ligadas com a polaridade correta.

D8 permanecerá apagado. O mesmo vale para a ausência de pilhas no circuito, pois o pino 2 fica com uma tensão mais elevada que a do pino 3, provocada pela queda em D10. O carregador, portanto, só vai funcionar com pilhas ligadas corretamente e com uma tensão de pelo menos 1 V.

O LED D9 indica o funcionamento correto da fonte de corrente. Embora pareça uma precaução um tanto estranha, o fato é que a corrente fornecida por IC1 não basta como indicação, pois deve haver também um nível de tensão elevado o suficiente para estabilizar tal corrente. Isto significa que a tensão de alimentação deve ser sempre maior do que a fornecida às pilhas; só então haverá um nível adequado para que o realimentador de corrente (T1) trabalhe a contento, fazendo D9 acender.

Dicas práticas

A figura 2 ilustra a placa de circuito impresso projetada para o

Table 1.

	modelo e designação internacional	pilha/bateria comum nº IEC	pilha/bateria NiCd nº IEC	corrente de carga	posição de S1
	pequena (AA)	R6 (1,5 V)	KR 15/51 (1,2 V)	45...60 mA	1
	média (C)	R14 (1,5 V)	KR 27/50 (1,2 V)	165...200 mA	2
	grande (D)	R20 (1,5 V)	KR 35/62 (1,2 V)	350...400 mA	3
	bateria miniatura (PP3)	6F22 (9 V)	— (7,5 V) (8,4 V) (9 V)	7...11 mA	4

tabela 1 — Características básicas válidas para todas as marcas de pilhas e baterias NiCd (com eletrodos sinterizados). Lembre-

se que a capacidade das mesmas varia conforme o fabricante.

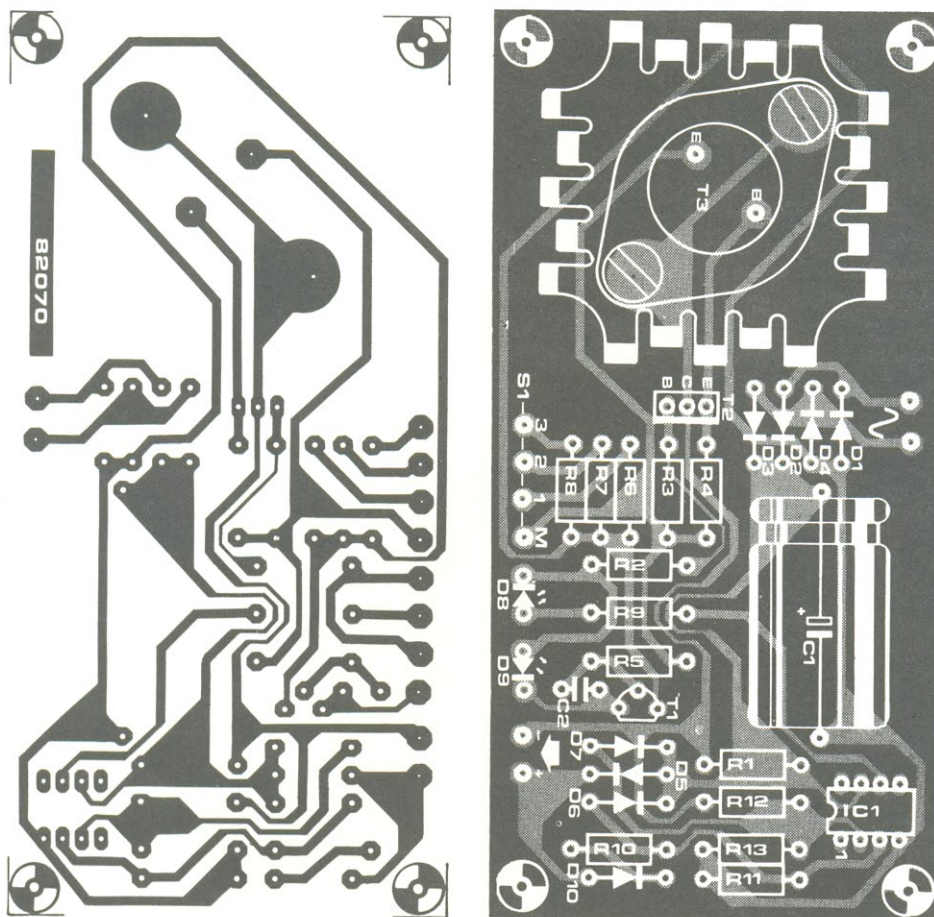


figura 2 — Traçado do cobre e disposição dos componentes referentes à placa impressa do carregador. O transistor T3 deve ser montado sobre um dissipador.

Lista de componentes

Resistores
 R1, R10, R11- 10 k
 R2, R3, R5- 1 k
 R4- 100
 R6- 15
 R7- 3,9
 R8- 1,8
 R9- 820
 R12, R13- 100 k
 Todos os valores em ohms

Capacitores
 C1-1000 μ F/40 V
 C2- 470 pF

Semicondutores
 T1- BC 547B
 T2- BD 137
 T3- 2N3055
 IC1- 741
 D1...D5- 1N4001
 D6, D7, D10- DUS*
 D8, D9- LEDs verdes

Diversos
 Tr1- trafo de 2x12 V/0,5 A
 S1- chave de 1 pólo, 3 ou mais posições
 S2- chave de 1 pólo, 2 posições
 Fusível de 250 mA
 Placa nº 82070
 Dissipador para T3 (encaps. TO-3)

*DUS = diodo universal de silício (tipo 1N914, 1N4148, etc.)

nosso carregador, vista pelos dois lados, em tamanho natural. Note que, com exceção do transformador, todos os componentes podem ser acomodados nessa placa, incluindo T3 com seu dissipador (uma necessidade, especialmente quando poucas pilhas estão sendo carregadas).

Recomenda-se também utilizar um transformador com derivação central, de forma que uma tensão mais baixa possa ser selecionada através de S2. Essa derivação não só evita que T3 padeça de calor, como economiza também um bocado de energia. O diodo D9, como dissemos, encarrega-se de assinalar quando há suficiente tensão de alimentação.

Já vimos que o carregador prevê três correntes distintas, próprias

para pilhas pequenas, médias e grandes, e são determinadas pelo valor de R6, R7 e R8. Se forem necessárias outras correntes de carga, esses resistores terão que ser alterados — tal como no caso das baterias miniatura de 9 V, também relacionadas na tabela 1.

O valor desejado pode ser calculado dividindo-se 0,7 V pela corrente de carga. Assim, por exemplo, no caso de uma corrente de 100 mA, será preciso ter um resistor de 7 ohms ($0,7 \text{ V} : 0,1 \text{ A} = 7 \Omega$). Correntes de até 1 A são viáveis, mas é preciso prever um dissipador de maior tamanho para T3. O número de posições de S1 também pode ser aumentado, sem problemas; o resistor Rx, no esquema, simboliza justamente essa possibilidade.

Para concluir, lembre-se que o processo de carga toma 14 horas,

em média. Prefira sempre as pilhas sinterizadas, que não serão danificadas se esse limite for ultrapassado.

✶

Os efeitos térmicos, mecânicos, magnéticos, químicos e irradiantes de nosso meio ambiente já são normalmente detectados e medidos por processos eletrônicos. A conversão desses efeitos (analógicos por natureza) em sinais elétricos (digitais por conveniência) é invariavelmente efetuada por sensores, peças importantes de nossa evolução tecnológica

Sensores e atuadores na eletrônica

Os sensores podem ser encontrados em uma grande variedade de tipos; estima-se que existem perto de 20 mil deles, produzidos por milhares de fabricantes em todo o mundo. Os mais importantes são utilizados, entre outras coisas, para detectar e medir temperatura, pressão, gases, radiação, umidade, magnetismo, aceleração, direção, ângulos, fluxo, níveis, deslocamento, presença e posição.

A operação da maior parte dos transdutores depende de efeitos óticos (lasers, fibras óticas e emissores/detectores de infravermelho), semicondutores ou piezoelétricos. Espera-se deles uma série quase interminável de virtudes: sensibilidade, resistência à corrosão, estabilidade, precisão, facilidade de integração em circuitos microeletrônicos, baixo

custo e, de preferência, uma curva linear de entrada/saída.

Os sensores óticos

Os sensores para fibras óticas costumam ser divididos em três partes: transmissor, modulador e receptor, cada um dos quais possui pelo menos um componente ativo principal. O transmissor dispõe de um elemento emissor, tal como LEDs ou lasers; o modulador contém um mecanismo sensor de estímulos, tal como um diafragma ou outro material com propriedades óticas específicas; e o receptor possui algum tipo de fotodetector.

Os emissores empregados nos sensores de fibras óticas podem ser classificados como banda larga (incandescentes), banda estreita (LEDs), coerentes (lasers) ou

Chamamos de *sensor* (nome popular dado aos transdutores) a todo dispositivo que converte um parâmetro de natureza não elétrica em um sinal elétrico ou vice-versa. As variações provocadas nas características do sinal, nesse caso, são uma função do parâmetro de entrada.

A maioria dos transdutores fornece uma saída analógica, mas alguns deles geram sinais digitais, sob a forma de valores discretos. Grande parte dos transdutores é também do tipo linear, ou seja, fornecem uma saída que constitui uma função linear da entrada.

A exemplo de muitos circuitos, os transdutores podem ser considerados como quadripolos, embora dois de seus terminais não sejam necessariamente elétricos. Em geral, exigem excitação elétrica externa para funcionar, excetuando-se os sensores piezoelétricos, fotovoltaicos e eletromagnéticos.

Os *atuadores*, por sua vez, são dispositivos que convertem sinais elétricos em outra forma de energia, normalmente mecânica. Não passam, portanto, de um tipo especial de transdutores, entre os quais podemos citar alto-falantes, chaves eletrônicas e inúmeros instrumentos de medição.

TABELA 1 — Comparação entre os emissores usados em sensores de fibras óticas

Características	SLEDs	ELEDs	SLDs	Lasers
Faixa espectral (nm)	80-100	75-80	10-20	0,8-2,5
Potência típica de emissão, em mW, a 100 mA (exceto lasers)	0,5-0,75	0,4-0,5	0,6-0,8	5-10
Eficiência de acoplamento da potência ótica nas fibras	mediocre, exige lentes	pequena	razoável	boa
Tempo de resposta (ns)	10-50	5-15	5-15	1-2,5
Estabilidade com a temperatura ambiente	menor variação	sensível	sensível	menos sensível
Vida prevista (anos)	1000	1000	100	100
Opções de encapsulamento				
— Lentes	sim	não	não	casos especiais
— Conectores de fibras	sim	sim	sim	sim
— Resfriadores termo-elétricos e módulos de estabilização	não	raramente necessários	casos especiais	para todas as aplicações críticas

radiadores de corpo negro (emitindo de dentro ou de fora da fibra). A escolha entre eles vai depender exclusivamente do mecanismo modulador utilizado.

Assim, por exemplo, os termômetros fluoróticos são acoplados a fibras óticas para tirar proveito da fluorescência de certos materiais, a qual depende da temperatura. Outros sensores dependem da radiação do corpo negro para medir temperaturas elevadas, em faixas que variam de 300 a 2000 °C. Entretanto, a grande maioria das aplicações usa suas próprias fontes luminosas externas, sob a forma de um LED ou um laser, principalmente devido à necessidade específica de controlar acuradamente os comprimentos de onda, potências de saída e frequências de modulação do emissor.

Os sensores para fibras óticas foram impulsionados significativamente pelo desenvolvimento dos LEDs, diodos superluminescentes (SLDs) e lasers usados na indústria de comunicações e discos óticos. Os LEDs semicondutores, por exemplo, são capazes de emitir tanto pela superfície como pelas bordas, de acordo com sua concepção (veja a tabela 1).

Os LEDs de emissão em superfície (SLEDs) exibem um feixe de saída com um ângulo bastante aberto, com um perfil de intensidade lambertiano. Os tipos que emitem pelas bordas (ELEDs), por outro lado, dispõem de um guia de onda inerente à estrutura (como os lasers), além de um feixe mais estreito, com perfil gaussiano.

Os SLDs são um meio termo entre LEDs e lasers, exibindo um ganho de passagem único. Devido à sua maior densidade de corrente, eles não atingem o limiar do ganho de passagem múltiplo, mesmo tendo uma luminescência maior que a dos LEDs. Por outro lado, pelo fato de a luz ter que executar uma única passagem pela área ativa dos SLDs, o espectro dos mesmos é mais estreito que o dos LEDs.

O nível de potência que um emissor deve produzir, em um sensor para fibras óticas, é uma

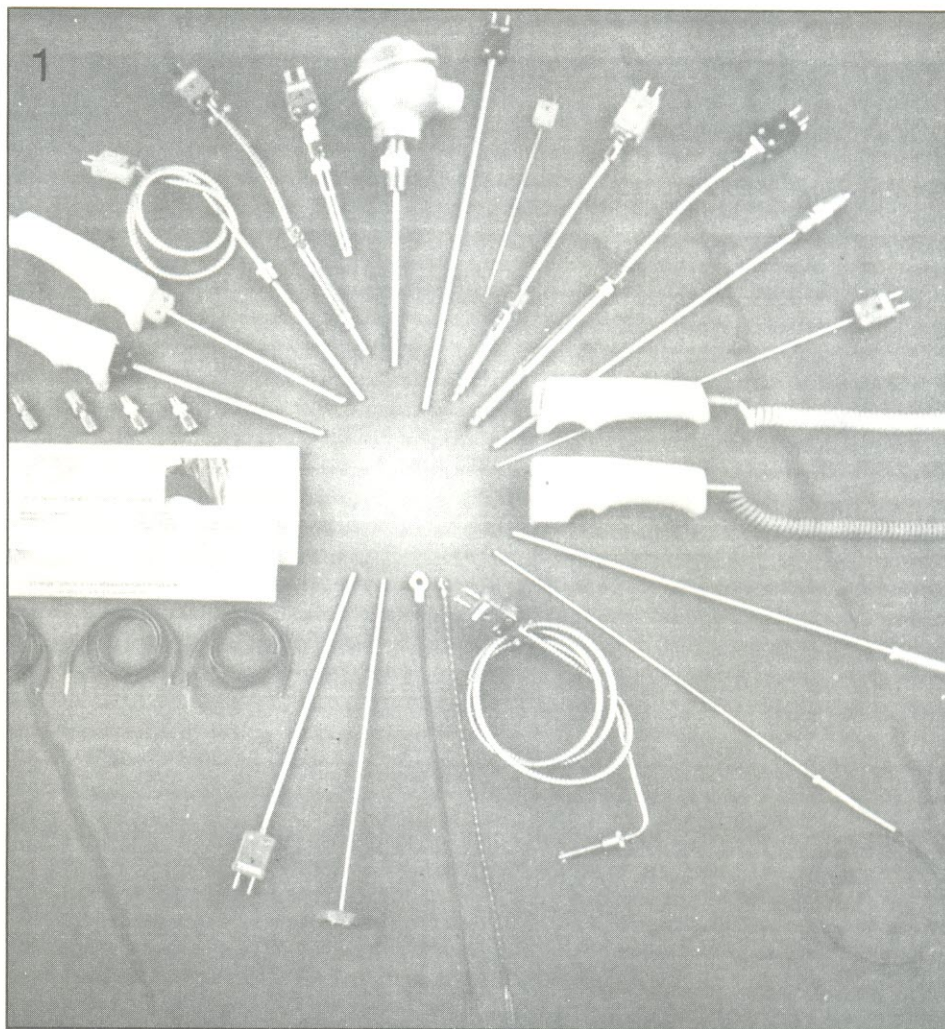


figura 1 — Amostras de sondas de temperatura que utilizam termopares (foto: cortesia da Omega International Inc.)

função de vários fatores de projeto. Essa potência deve ser transferida, em primeiro lugar, para um cabo de fibras óticas; em muitos casos, precisa passar por algumas adaptações, antes da transferência (tal como polarização, por exemplo, no caso de um giroscópio de fibra).

Os LEDs, SLDs e lasers não só utilizam os mesmos materiais semicondutores, como também apresentam a mesma estrutura básica. Em princípio, todos esses dispositivos dispõem de uma junção PN, que ao ser polarizada diretamente provoca uma recombinação de elétrons e lacunas, com a emissão simultânea de energia luminosa. O comprimento de onda dessa luz emitida, por sua vez, é controlado pela composição do material semicondutor; assim sendo, a quantidade de alumínio vai

2

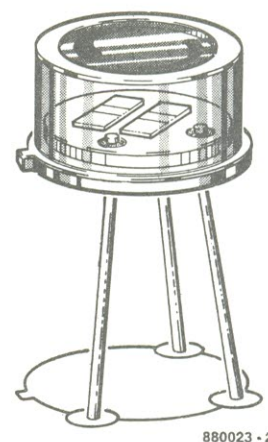


figura 2 — Típico sensor de infravermelho.

determinar o comprimento de onda central da emissão. Como se vê pela tabela 1, os LEDs, SLDs e lasers seguem uma ordem ascendente de sofisticação.

Uma das aplicações mais importantes reservadas aos sensores óticos é a robótica, já que permitem implementar a visão artificial — sem o que os robôs jamais poderiam explorar todo seu potencial. Outra aplicação que merece ser citada é a soldagem por arco, mais especificamente na supervisão de junções e no controle de processos; os sensores são naturalmente insensíveis à luz produzida pelo arco voltaico.

Utilização também interessante é a do sensor de oxigênio, que detecta a oxigenação do sangue humano, de forma a controlar o ritmo dos marca-passos. Esse tipo de sensor é integrado no cateter de estimulação e instalado no ventrículo direito do coração.

Uma nova linha de sensores inteligentes promete livrar veículos, edifícios, aviões e fábricas de boa parte de sua fiação cada vez mais complexa. Um desses sensores possui um CI que atua como codificador ótico multiplexável, produzido para a Honeywell por sua divisão optoeletrônica do Texas. Ele combina, na mesma pastilha, circuitos digitais e analógicos com sensores especiais, capazes de determinar sentido de rotação, posição angular e a própria rotação.

Vale citar ainda uma nova técnica para se medir correlações físicas em sistemas de transporte de fluidos, desenvolvidos pela Berg Akademie Freiberg, da Alemanha Ocidental. Ela adota fibras óticas para medir com precisão a concentração, tamanho, flutuação, velocidade e distribuição seccional das partículas — todos parâmetros críticos no controle e regulação do processo. Entre as medições consideradas viáveis com esse sistema estão as de impurezas na água ou líquidos orgânicos e inorgânicos, bolhas de gás em vários líquidos, cristais em soluções saturadas e floculantes em tubulações.

A Universidade 'Sofia, no Japão, desenvolveu um sensor capaz de controlar comutações em computadores óticos. Essa chave ótica não requer circuitos elétricos, já que os sinais óticos são todos controlados por feixes de luz, permitindo também comando à

3

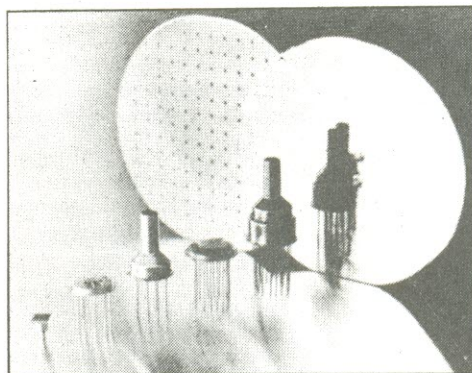


figura 3 — Componentes de um sensor piezoelétrico de pressão (foto: cortesia da Telefunken AG).

4

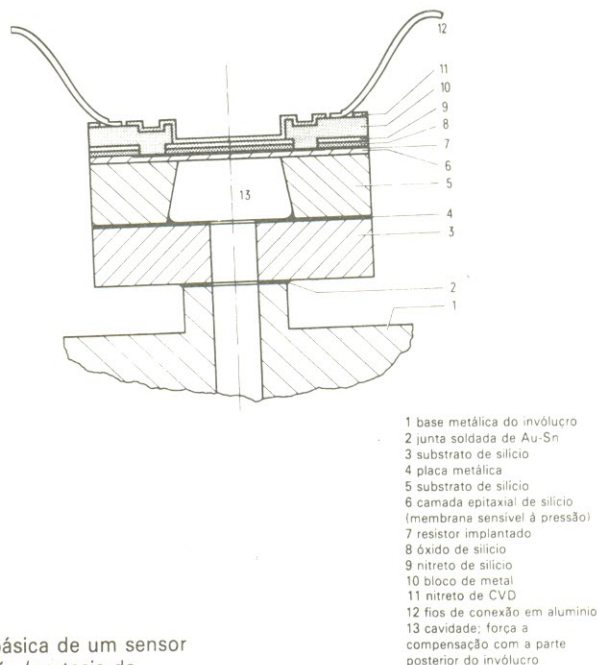


figura 4 — Estrutura básica de um sensor piezoelétrico de pressão (cortesia da Siemens AG).

5

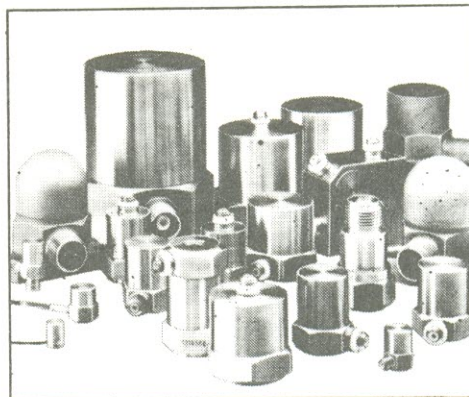


figura 5 — Uma seleção de típicos sensores de pressão (foto: cortesia da Bruel & Kjaer).

distância e troca de informações. Espera-se que esse desenvolvimento acelere as pesquisas sobre a tecnologia de processamento de dados óticos, que forma a base dos computadores e comunicações puramente óticos.

Sensores a semicondutor

Podemos dizer que têm uma boa dianteira sobre os demais tipos, por dois motivos: são invariavelmente produzidos em silício, um material abundante e bastante pesquisado, e podem ser facilmente integrados com amplificadores e circuitos lógicos, na mesma pastilha.

Tais sensores costumam ser encontrados sob a forma de fototransistores e fotodiodos. Os primeiros são detectores constituídos por um transistor de junção bipolar, que opera com base flutuante; o potencial da região de base é determinado então pelo número de portadores de carga ali armazenados. A radiação eletromagnética a ser detectada é aplicada nessa região, dando origem a uma corrente de base. O transistor trabalha, basicamente, numa configuração emissor comum.

Os fotodiodos, por seu lado, produzem corrente sempre que são iluminados. Eles podem ser encontrados em duas classes distintas:

1. Diodos com camada de depleção, que consistem normalmente de uma junção PN mantida sempre abaixo da tensão de ruptura; os fotodiodos PIN e Schottky são duas das versões deste primeiro tipo.
2. Diodos de avalanche, que possuem junções PN inversamente polarizadas e mantidas acima da tensão de ruptura.

Os sensores próprios para a detecção de gases também costumam empregar semicondutores, mas de outro tipo, tais como óxido de estanho, óxido de zinco e óxido de titânio, entre outros.

Sensores a termopar

O princípio dos termopares baseia-se no contato entre dois

6

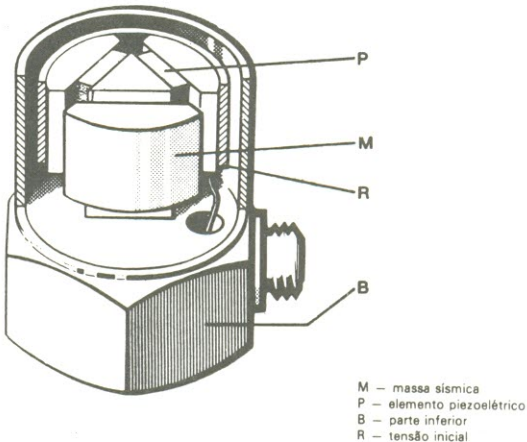


figura 6 — Estrutura de um sensor para acelerômetros.

7

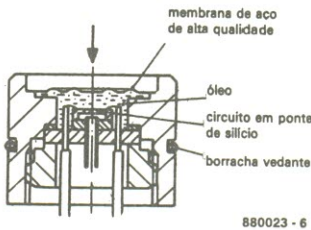


figura 7 — Estrutura de um sensor combinado para pressão e temperatura (cortesia da Sensortechnik Widemann).

8

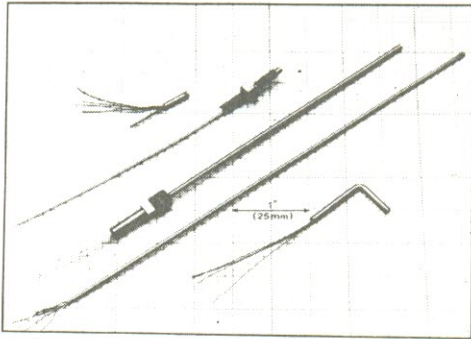


figura 8 — Amostras de sonda de pressão da série EPI (foto: cortesia da Entran Ltd.).

metais diferentes que, quando têm suas junções submetidas a temperaturas diversas, dão origem a uma tensão. Os modelos de cobre e ferro combinados com o constantan podem ser usados até os 500°C, ao passo que temperaturas da ordem de 1500°C exigem as ligas de platina e ródio combinadas com platina pura. Para valores ainda mais elevados de

temperatura, é preciso recorrer à combinação de irídio com uma liga do próprio irídio com ródio.

Sensores piezoelétricos

Quando certos materiais são submetidos a um esforço mecânico, surge uma polarização elétrica no cristal que os compõe e suas faces tornam-se eletricamente carregadas; a polaridade dessas

cargas é invertida, caso a compressão seja convertida em tensão mecânica. Em contrapartida, a aplicação de um campo elétrico ao material faz com que ele se expanda ou contraia, de acordo com a polaridade do campo.

Este é o princípio de operação dos sensores piezoelétricos, cuja importância reside no acoplamento entre as energias elétrica e mecânica — sendo muito utilizados, portanto, em cápsulas fonográficas, alto-falantes e microfones, para citar apenas alguns poucos casos.

As aplicações práticas

Sensores de temperatura — Como já mencionamos, inúmeros sensores desta categoria estão baseados no efeito Seebeck, característico dos termopares. São produzidos, geralmente, em formato de sonda, como se pode ver na figura 1.

Outro sensor de temperatura muito conhecido é o termistor, que pode ser considerado uma espécie de resistor, porém confeccionado com um material semiconductor que exhibe coeficiente de temperatura negativo (daí ser conhecido também como "NTC"). Isto quer dizer que, quando a temperatura aumenta, o componente se torna mais condutivo (isto é, sua resistência decresce); a alteração resultante de tensão em seus terminais equivale, portanto, a uma medida da elevação da temperatura. Existem também os termistores com coeficiente positivo de temperatura (os "PTCs"), nos quais a resistência sobe proporcionalmente à temperatura.

Outra forma de se medir a temperatura pode ser proporcionada pela radiação de infravermelho (ou seja, pelo calor), mediante sensores apropriados (veja a figura 2). Esta técnica, denominada *termografia* ou *formação de imagens térmicas*, baseia-se no fato de que todo corpo ou objeto irradia calor. Ela não requer nenhuma fonte de iluminação externa, podendo empregar apenas uma câmera com um conjunto adequado de lentes.

9

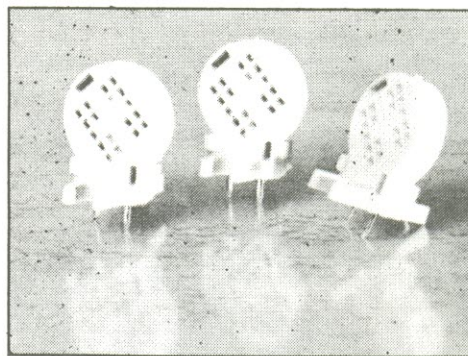


figura 9 — Três minúsculos sensores de umidade (foto: cortesia da Valvo-Philips).

10

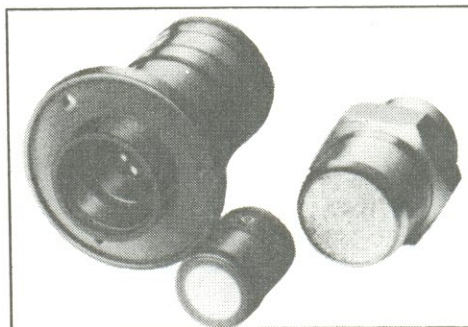


figura 10 — Típicos sensores de gás (foto: cortesia da Dragewerk AG).

11

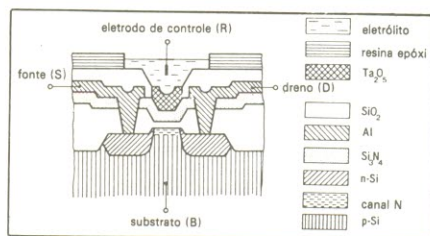
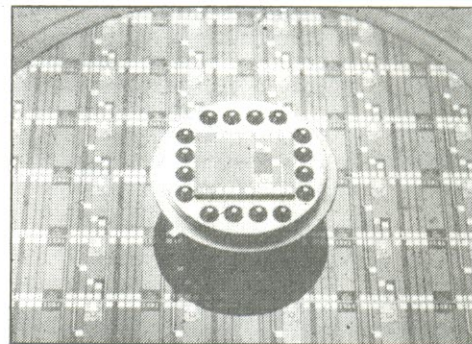


figura 11 — O ISFET é um transistor MOSFET modificado, de modo a operar



como sensor de gás (cortesia da Telefunken AG).

Costuma ser adotada, por exemplo, em testes de produção, a fim de estabelecer se algum elemento está aquecendo muito rapidamente (sinal quase certo de que o mesmo está com defeito). Pode ser encontrada também na área médica, mais especificamente em diagnósticos, mostrando as áreas do corpo que possam eventualmente apresentar

distribuições anormais de temperatura.

Sensores de pressão e esforço mecânico — Embora existam muitos métodos de se medir esses dois parâmetros, o mais comum deles emprega o efeito piezoelétrico. E, como era de se esperar, o quartzo é o material mais utilizado nessas aplicações,

graças às suas vantagens sobre os demais: (1) robustez mecânica; (2) baixo custo; (3) boa isolamento elétrica, permitindo que as cargas geradas pela pressão sejam liberadas vagarosamente.

As partes que compõem um típico sensor piezoelétrico podem ser vistas na figura 3. Ele consiste de uma pastilha de silício com apenas 1 mm de diâmetro, sobre a qual são gravados um diminuto cristal piezoelétrico e quatro pistas resistivas, por meio de implante iônico. Toda vez que a pressão distorce o cristal, o valor de um ou mais ramos da ponte de resistências é alterado.

Este tipo de sensor é bastante versátil, podendo ser utilizado na medida de pressão absoluta ou relativa, sobrepressão e diferença entre pressões, suportando valores de até 40 MPa. Mas ele encontra utilização igualmente em todo tipo de máquinas de pesagem, assim como em hidráulica, refinarias, câmaras pressurizadas, alto-falantes e instalações de filtragem.

Os sensores de pressão também estão presentes nos acelerômetros, mas ali trabalham de forma um pouco diferente. Tais dispositivos, que medem vibrações ou impactos mecânicos, contêm uma massa sísmica com movimento livre e um elemento piezoelétrico (quartzo, em geral) — como se vê na figura 6. Sempre que a massa sísmica sofre uma aceleração na direção de seu eixo, ela exerce uma força proporcional sobre o quartzo. Este é distorcido e a tensão piezoelétrica resultante passa a carregar um capacitor; essa carga pode ser medida, mas deve ser um processo rápido, para evitar fugas.

Nas frequências inferiores à ressonância do sensor, a massa sísmica acompanha as vibrações com precisão. Este tipo de sensor costuma possuir um pré-amplificador embutido.

Sensores de umidade — São quase que exclusivamente usados em higrômetros, isto é, instrumentos que medem a umidade do ar. Antigamente, tais sensores empregavam fios de cabelo humano ou de seda; hoje em dia, usam capacitores,

12

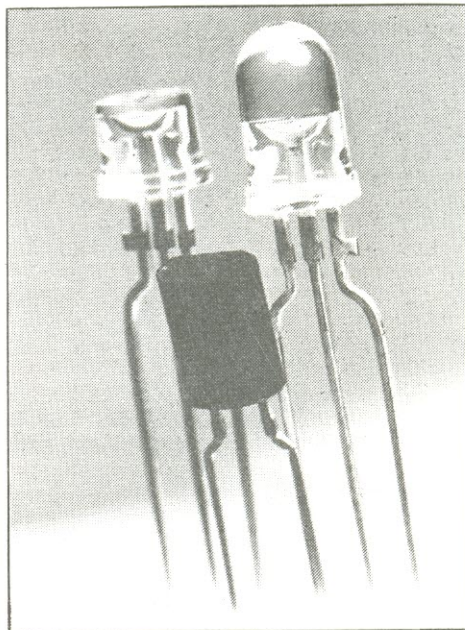


figura 12 — Modelos típicos de fototransistores e de um fotodiodo de infravermelho (no centro da foto).

espelhos de ponto de condensação ou meios óticos.

Os tipos que usam o espelho de ponto de condensação dependem do fenômeno que faz embaçar as superfícies frias. O momento exato em que começa o embaçamento é determinado óticamente e, como os valores de pressão e temperatura em que os gases condensam são conhecidos com exatidão, a técnica fornece resultados bastante precisos.

Outra categoria de sensor por ponto de condensação consiste em uma diminuta pastilha de material resistivo, revestida com um composto químico higroscópico. A pastilha recebe dois terminais elétricos e, com a ocorrência de condensação no revestimento, tem sua resistência aumentada. É um tipo de sensor bastante vulnerável, mas chega a ser utilizado devido às suas reduzidas dimensões — tal como na câmera gravadora de 8 mm da Sony, por exemplo.

Os sensores óticos de umidade tiram proveito da propriedade que as moléculas dos gases têm de absorver energia em certas frequências; o vapor de água exige tal propriedade na região do infravermelho. Com o auxílio de

um sensor para essa faixa, é possível então determinar o quanto de energia foi absorvido (quanto maior a umidade, tanto mais energia terá sido absorvida). Essa técnica tem a desvantagem, porém, da facilidade com que o sensor fica manchado, tornando-se assim inútil.

Hoje em dia, os sensores de umidade baseados em efeitos capacitivos são considerados os melhores, valendo bem o preço pedido. No caso, é utilizado um tipo especial de capacitor, com um dielétrico sensível à umidade. No sensor da Valvo, por exemplo (veja a figura 9), o dielétrico é um laminado revestido de ouro pelos dois lados, que forma assim os eletrodos. A umidade altera a constante dielétrica desse laminado e, conseqüentemente, a capacitância do dispositivo. E como esse capacitor constitui um dos ramos de uma ponte capacitiva, a variação de seu valor pode ser facilmente convertida em uma tensão elétrica.

Sensores de gás — Como já dissemos, estes sensores são normalmente baseados em materiais semicondutores, os quais devem apresentar a característica

de reduzir sua resistência na presença de certos gases no ar ambiente. Tal efeito é provocado pela absorção dessas moléculas, que formam uma fina camada na superfície do material — afetando assim sua condutividade e, portanto, também sua resistência. São sensores bastante sensíveis: concentrações de apenas 1 ppm (partes por milhão) do gás visado no ar ambiente não passam despercebidas.

Uma variante desse tipo de sensor é o ISFET da Telefunken, representado na figura 11. Consiste, basicamente, em um MOSFET modificado, no qual a tradicional porta metálica foi substituída por uma camada que reage aos íons de certos gases. Desse modo, os ISFETs são bastante robustos, de pequenas dimensões, com uma saída de baixa impedância e uma ampla faixa de operação linear, além de serem compensados em temperatura e fornecerem um sinal compatível com a lógica dos microprocessadores.

Muitos sensores de gases ainda dependem (e vão continuar a depender) de uma reação química que produza alterações em uma tensão elétrica, resistência ou corrente. Outros, no entanto, empregam o calor gerado pela reação de combustão do gás, quando este atinge a superfície do sensor. Esse calor é então aplicado a um fio de platina, cuja resistência sofre uma variação.

Existem também sensores óticos de gases, usados principalmente na detecção de fogo ou fumaça. Costumam utilizar fotodiodos ou fototransistores para monitorar a absorção da luz pelo ar ambiente; assim que a fumaça escurece o ar, por exemplo, o fototransistor vai para o corte e aciona o atuador apropriado. Mais sensíveis ainda são os detectores iônicos, que ionizam o ar no interior de sua cápsula, tornando-o condutor; na presença de sinais mínimos de fumaça, mesmo invisível, a corrente iônica é alterada, disparando o alarme. Exigem maiores cuidados, porém, devido ao uso de materiais radioativos.

13

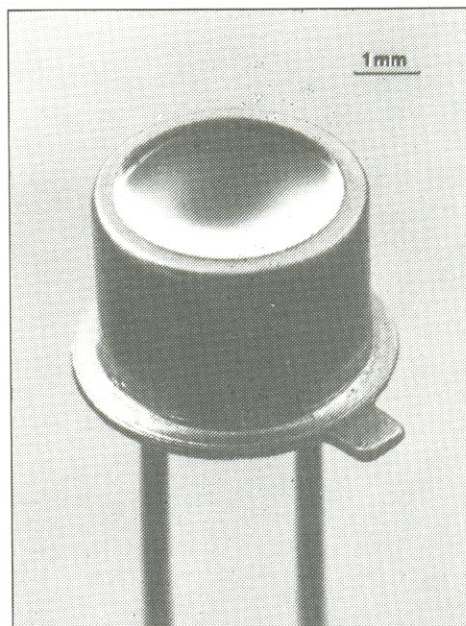


figura 13 — Fotodiodo usado como sensor de gás (foto: cortesia da Plessey Semiconductors).

Sensores de luz — São provavelmente os mais populares entre os vários tipos de sensor. Baseiam-se em uma série de componentes semicondutores, tais como fototransistores, fotodiodos (veja a figura 12), diodos PIN, fotovaristores ou células solares — todos eles feitos do mesmo material, o silício, e atuando praticamente da mesma forma, em comprimentos de onda variando entre 400 e 1000 nm.

Seu princípio de operação é relativamente simples: os fótons penetram no silício e fazem com que vários elétrons pulem para outro nível de energia. Isto, por sua vez, dá origem a uma fotocorrente, que pode ser usada para acionar um atuador. Nos comprimentos de onda inferiores a 400 nm (na região do ultravioleta), utiliza-se fotomultiplicadores, dispositivos que ainda são confeccionados como válvulas e têm todas as vantagens das mesmas, ou seja, boa largura de faixa, baixo fator de ruído e amplificação elevada.

Em um fotomultiplicador típico, os elétrons primários emitidos pelo catodo, como resultado do bombardeamento fotônico, são

acelerados pelo campo existente entre anodo e catodo, chegando ao anodo com uma grande energia, gerando uma corrente no circuito do mesmo. A corrente de anodo é muito maior que a original, do catodo, razão pela qual esse dispositivo recebeu o nome de “fotomultiplicador”.

Os fotodetectores descritos encontram também utilização como sensores de luz em tubos para câmeras, embora estejam sendo passados rapidamente para trás pelos sensores CCD (*charge-coupled devices* ou dispositivos de acoplamento de cargas), particularmente nas câmeras de vídeo comuns e para medicina e na robótica.

Os CCDs têm dimensões bastante reduzidas: normalmente, o modelo com o tamanho de um CI de 28 pinos exibe uma resolução de 60 mil elementos. Cada um desses elementos consiste de um fotodiodo com uma área sensível de apenas alguns micra, acompanhado por um transistor MOS que armazena os fotoelétrons gerados. A carga desses “capacitores” é lida em intervalos regulares, através de um registrador de deslocamento.

Outros circuitos, integrados no mesmo dispositivo, encarregam-se de processar a informação, tornando-a compatível com os microprocessadores.

Sensores biológicos — Durante os últimos anos, um novo tipo de sensor surgiu nos campos da biologia e da medicina: são os chamados biossensores, compostos por moléculas, tais como enzimas e anticorpos. Quando tais sensores reagem a outras substâncias, geram um pequeno sinal elétrico que pode ser detectado com o auxílio de um eletrodo adequado (ou seja, uma sonda especial).

Sensoriamento remoto — Esta recente e interessante técnica tornou-se possível graças à disponibilidade, agora corriqueira, de informações enviadas por satélites de toda a superfície terrestre. Sensores remotos, a bordo desses satélites, fornecem dados digitais em sete faixas da luz visível, além das gamas da radiação infravermelha refletida e da infravermelha térmica.

Como diferentes superfícies refletem quantidades diversas de radiação, elas nos aparecem com cores e intensidades luminosas variadas. Da mesma forma que distinguimos objetos pela sua aparência (mas de uma forma mais sofisticada), essas imagens captadas remotamente podem ser usadas para identificar os vários tipos de vegetação em uma determinada área, por exemplo. Pelo fato de serem registradas na região do infravermelho, surgem muitos detalhes que normalmente não seriam visíveis — tal como as condições de certas colheitas e as características térmicas de determinadas edificações ou regiões aquáticas.

O sensoriamento remoto permite o estudo da superfície terrestre em uma escala apenas sonhada pelos cientistas, até pouco tempo atrás. De fato, em apenas uma parcela do tempo tomado pelos métodos convencionais, as informações digitais podem ser usadas agora na identificação e medição de grandes extensões de colheitas, utilização de terra, tipos de solo, propriedades de rios e lagos,

14

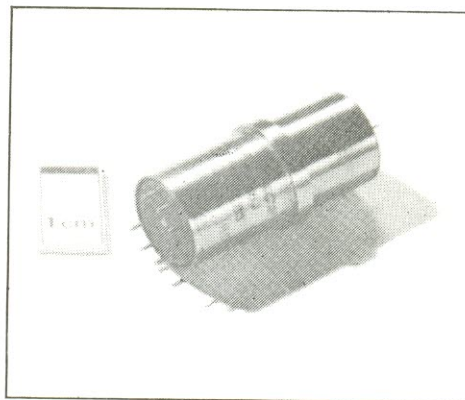


figura 14 — O DART (*Dual Axis Rate Transducer*) é um sensor miniaturizado, próprio para a estabilização de sistemas de exploração por laser, infravermelho e radar. Medindo apenas 40,6 mm de comprimento e 18 mm de diâmetro, ele utiliza um cristal piezoelétrico giratório para detectar o ritmo aplicado (foto: cortesia da British Aerospace).

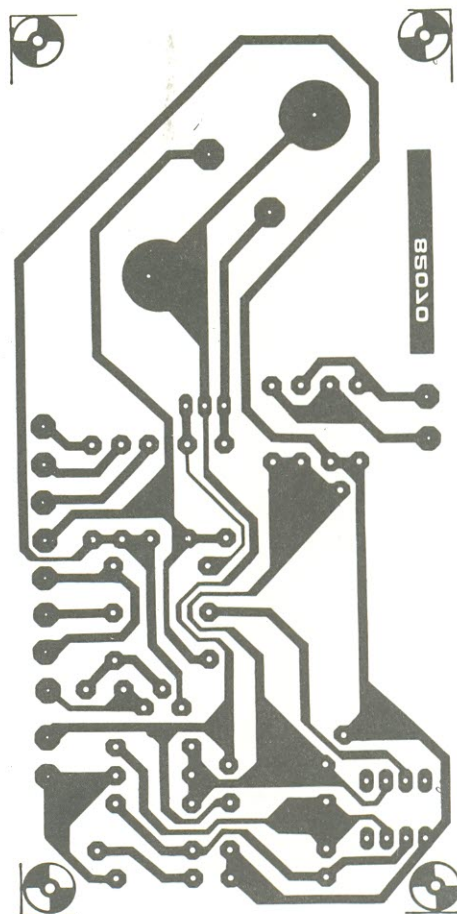
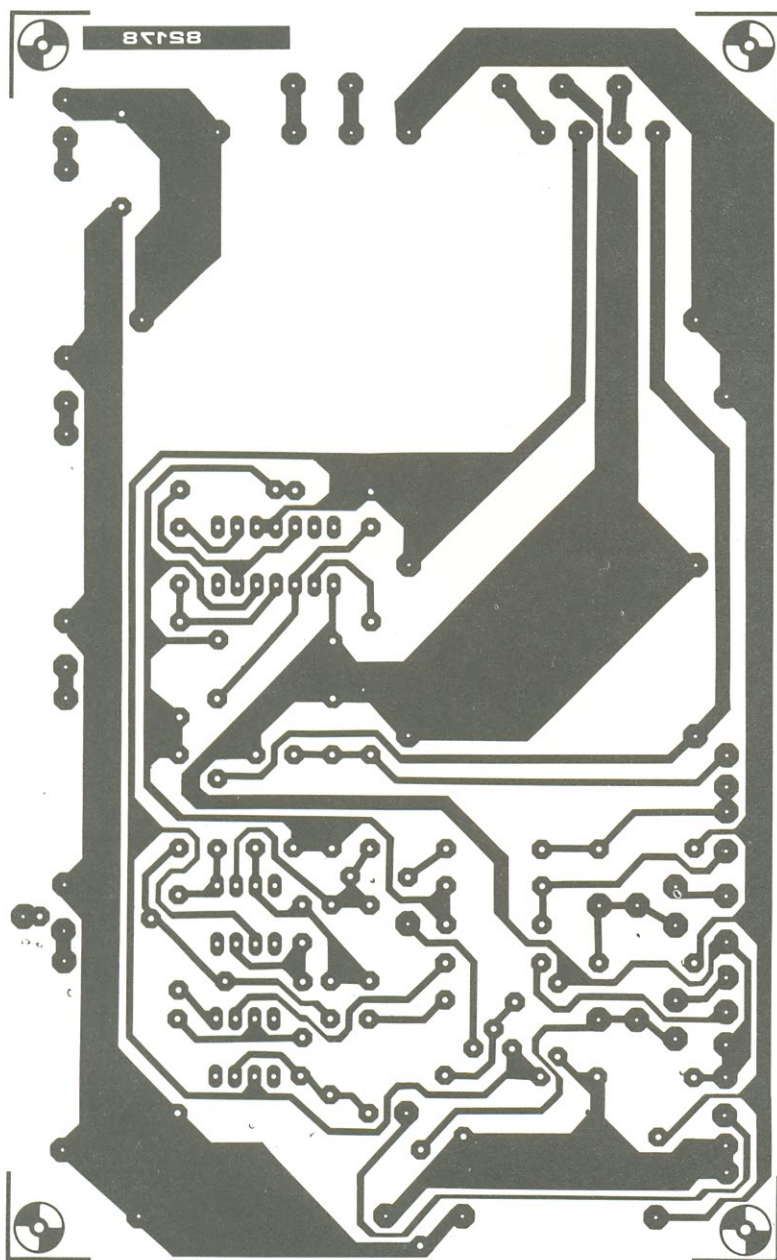
estruturas geológicas e condições da vegetação.

Em certas regiões pouco habitadas, a existência de certas características da superfície terrestre está sendo estabelecida pela primeira vez — completando assim inúmeras lacunas que existiam na cobertura de nosso planeta. Aliás, um dos fatores mais atraentes do sensoriamento remoto é o custo relativamente baixo das coberturas em larga escala.

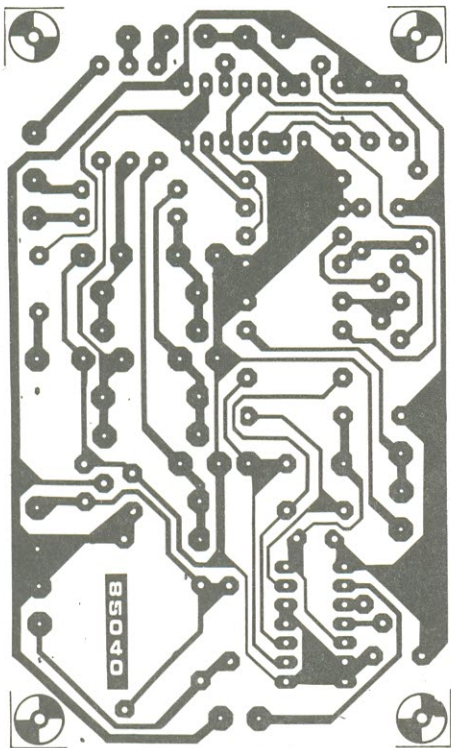
Créditos

Agradecemos a cooperação recebida das seguintes empresas ou organizações na preparação desta matéria: British Aerospace; Bruel & Kjaer; Dragewerk AG; Entran Ltd.; Hawker-Siddeley; IGI Consulting Inc.; Omega International Corporation; Plessey Semiconductor; Salford University; Sensortechnik Wiedemann; Siemens AG; STC Mercator; Telefunken; Valvo Philips.

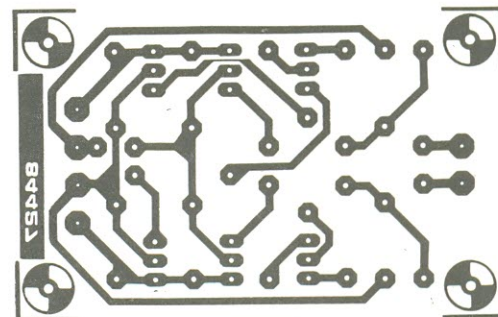




carregador...

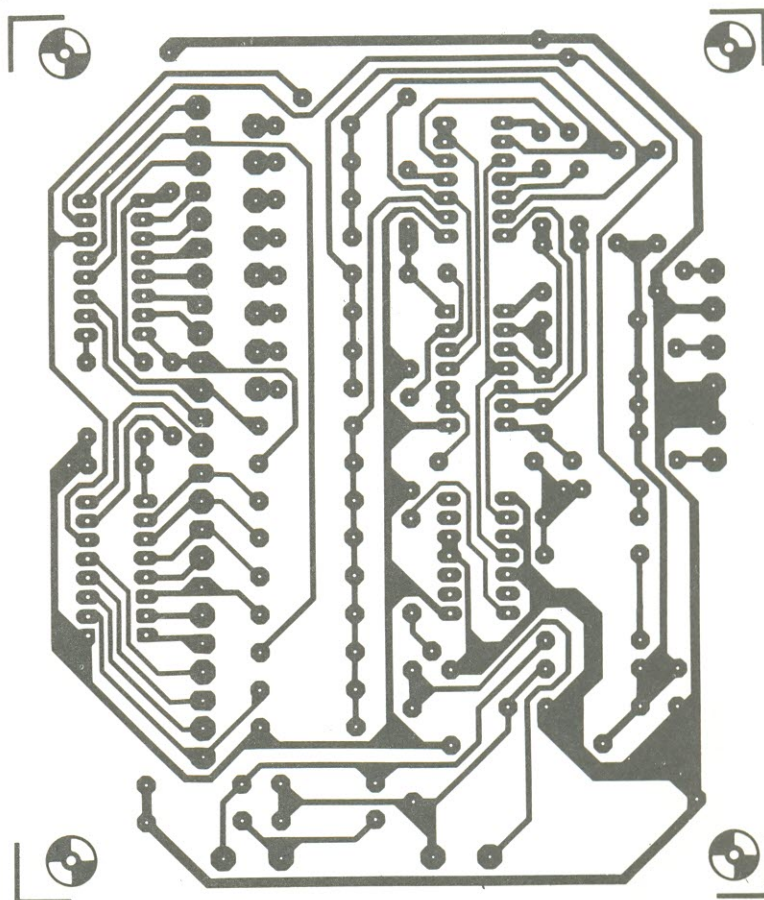


módulo de capacitância...



1. Acionador econômico
para motores

11. Temporizador
genérico



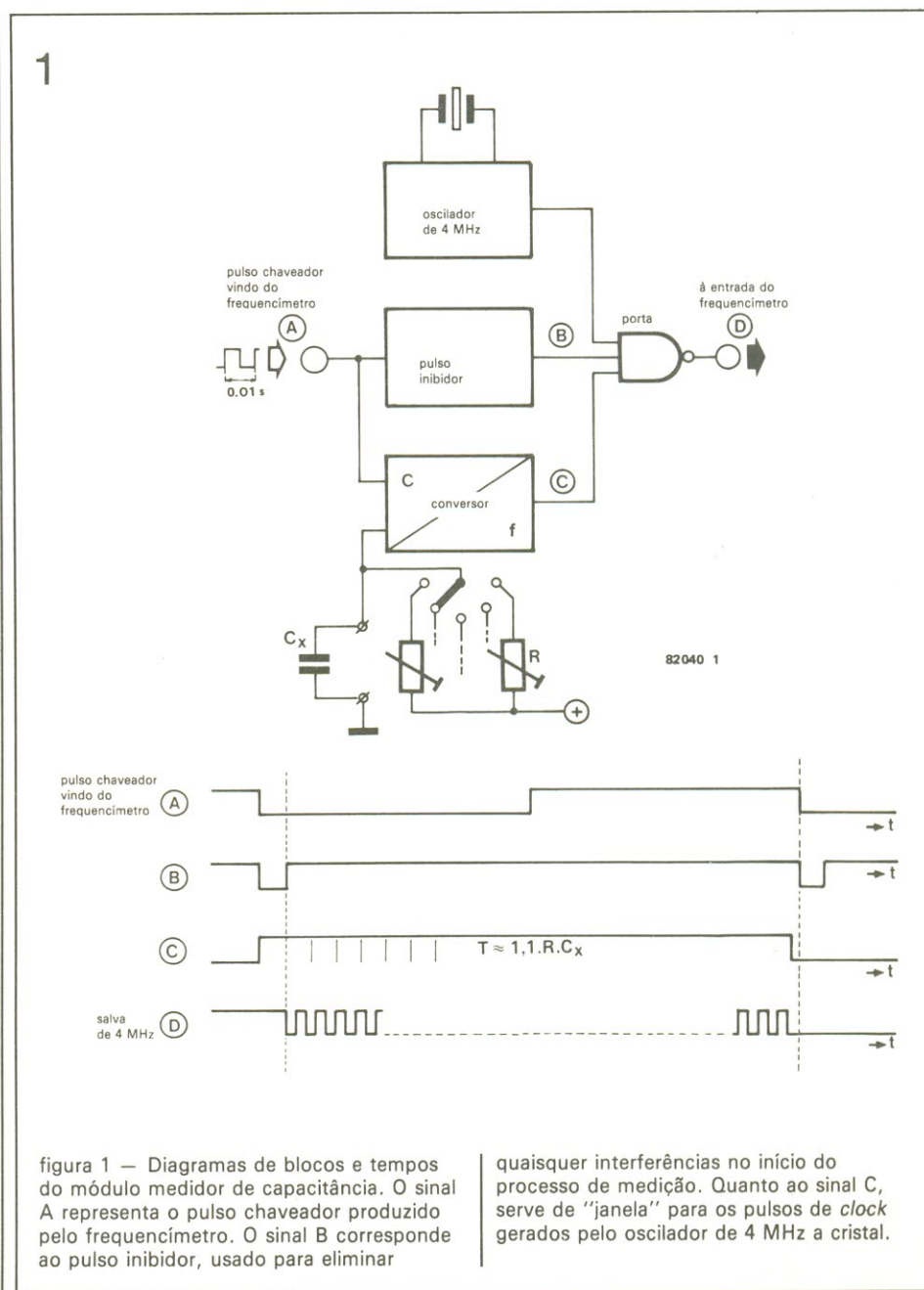
Os frequencímetros são bem mais versáteis do que muitos poderiam imaginar: com um circuito adequado na entrada, podem ser aproveitados na medição de todo tipo de grandezas, além de frequência e período. O módulo extra aqui descrito converte qualquer um deles, praticamente, em um preciso capacitímetro. Além da vantagem de identificar capacitores de valor desconhecido, este circuito adicional pode mostrar-se bastante útil no “casamento” de capacitâncias (tal como no projeto de filtros de precisão, por exemplo).

Módulo de capacitância para frequencímetros

O diagrama de blocos representado na figura 1 demonstra o princípio de operação do módulo de capacitância. Três sinais separados são aplicados simultaneamente a uma porta NE, com a finalidade de produzir um sinal adequado para o frequencímetro. O diagrama de pulsos permite ver e relacionar as “formas de onda” presentes em pontos essenciais do circuito, durante a conversão capacitância/frequência (C/f).

O circuito dispõe de um oscilador de 4 MHz a cristal, responsável pela produção dos pulsos de *clock* necessários. Assumindo, por exemplo, que o pulso chaveador vindo do frequencímetro (sinal A) tenha uma duração de 0,01s, o contador vai receber um total de 40 mil pulsos a cada 10 ms; com esse tempo de chaveamento, portanto, no visor aparece o número 40000.

Relacionando o período de tempo decorrido ao se carregar um capacitor, até um certo nível, com a duração desse pulso chaveador, pode-se fornecer ao frequencímetro o número exato de pulsos que corresponda ao valor daquele capacitor. O conversor capacitância/frequência consiste simplesmente em um monoestável, cujo período é determinado pelo valor dos resistores associados (R, que no caso são trimpots) e pelo capacitor sob teste (C_x). Assim sendo, o período durante o qual esses pulsos de *clock* são recebidos pelo frequencímetro vai



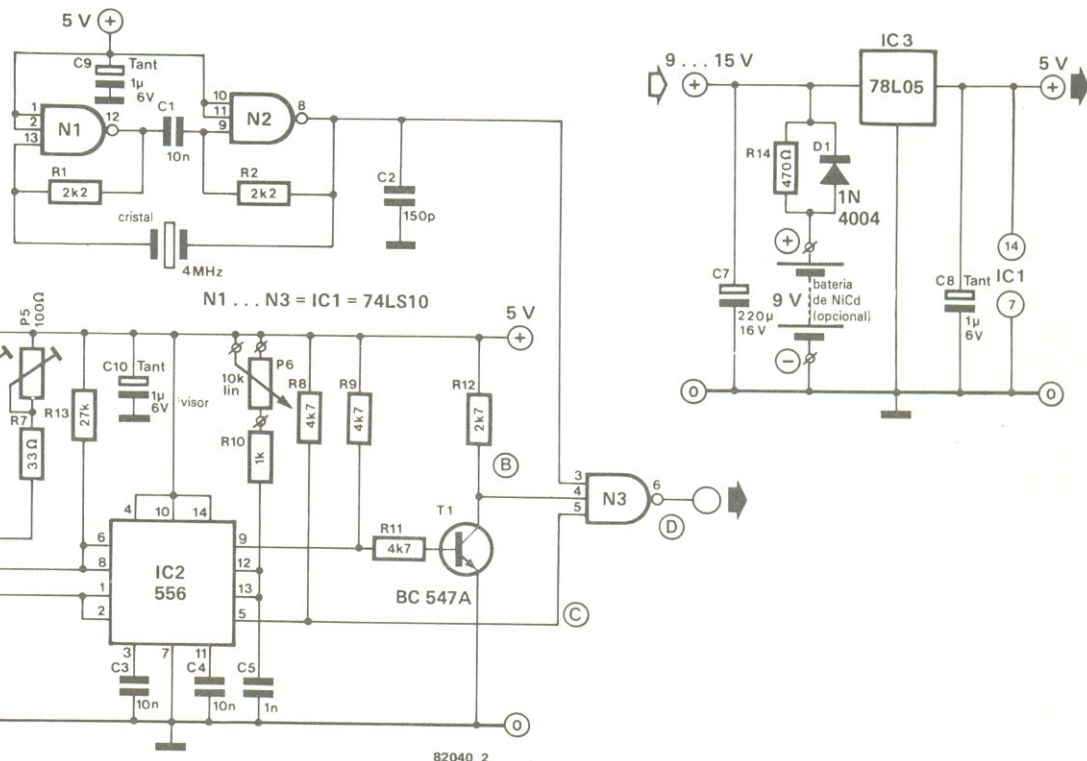


figura 2 — Como se vê neste esquema, os elementos básicos para a implementação do módulo de capacitômetro são um temporizador duplo e um oscilador controlado por um cristal de 4 MHz.

depende da extensão do pulso liberado pelo monoestável.

O monoestável é disparado por um pulso chaveador fornecido pelo próprio frequencímetro. Em princípio, portanto, é o instrumento que determina quando os pulsos de *clock* são necessários. E para que a contagem dos pulsos vindos do oscilador seja delimitada pelo período do monoestável, os sinais entregues pelo oscilador e pelo monoestável devem passar pela mesma porta NE.

Examinando melhor os diagramas de blocos e tempos, percebe-se que o procedimento de contagem não é tão simples assim, devido a um pulso inibidor (B) que também é aplicado à porta NE. Na prática, esse sinal imobiliza o frequencímetro durante um certo espaço de tempo, no início da medição — evitando assim a contagem de pulsos espúrios, produzidos pelo monoestável ao ser disparado. O circuito de

inibição é também disparado pelo pulso chaveador vindo do frequencímetro.

No entanto, ocorre um erro de medição quando o sinal B é combinado com os sinais A e C, pois durante o período do mesmo os pulsos de *clock* já deveriam estar sendo contados (veja figura 1). Tal efeito pode ser remediado pelo ajuste dos trimpots "R".

No diagrama de pulsos aparece ainda o sinal produzido na saída do módulo de capacitância (D); repare que os pulsos de *clock* só estão presentes durante os períodos combinados de B e C. E aqui surge outro pequeno problema, pois o sinal do monoestável não deve durar mais tempo que o próprio chaveamento.

Esta capacitância foi projetado, em princípio, para medir valores de até 400 μF , com praticamente qualquer frequencímetro existente. Leituras maiores, porém, poderão ser obtidas dividindo-se a frequência de *clock* por 10 ou por 100 e selecionando-se um tempo

de chaveamento mais elevado (1 segundo, por exemplo).

Esquema prático

Felizmente para todos, o módulo medidor de capacitância pode ser implementado com pouquíssimos componentes, como comprova a figura 2. O temporizador duplo IC2 (que é o tradicional 556) está ligado de modo a formar dois monoestáveis independentes. Um deles atua como um conversor capacitância/frequência, juntamente com Cx, os trimpots P1...P5 e os resistores R3...R7 (esses potenciômetros de ajuste também servem para calibrar o circuito).

A outra metade do temporizador constitui o circuito inibidor. A duração do pulso de inibição gerado por esse segundo monoestável é determinado pelos valores do capacitor C5, do

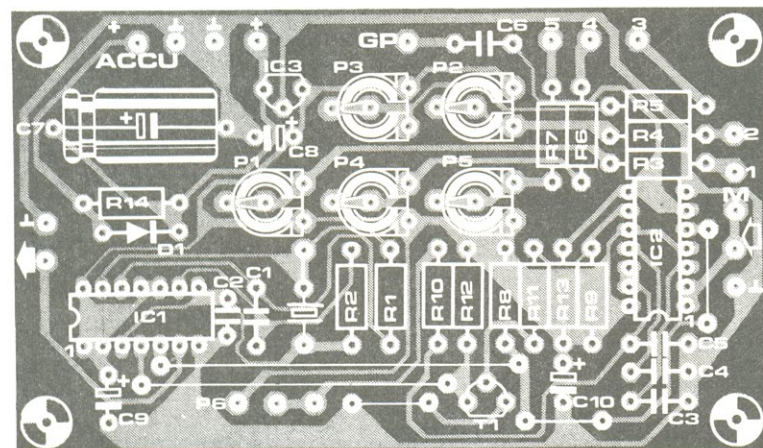
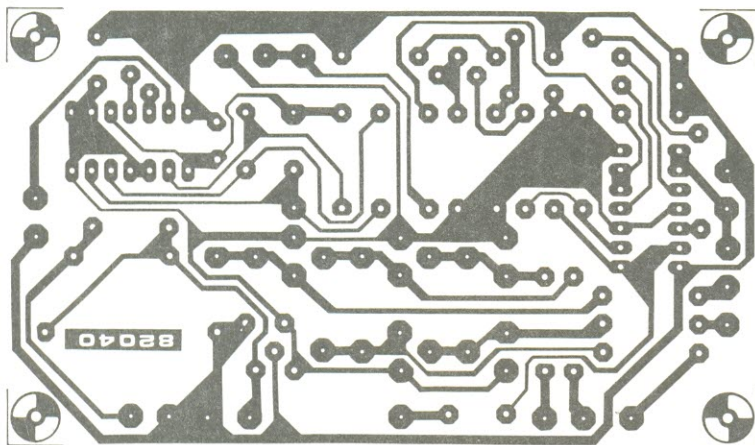


figura 3 — Placa de circuito impresso desenvolvida especialmente para nosso módulo, vista pelos dois lados, em escala 1:1. Os terminais de conexão com o capacitor Cx devem ser tão curtos quanto possível.

TABELA 1

Comutação de faixas através da chave S1

faixa	posição de S1
1	00,100nF...39,999 nF
2	000,10 nF...399,99 nF
3	0001,0 nF...3999,9 nF
4	01,000μF...39,999 μF
5	001,00μF...399,99 μF

resistor R10 e do trimpot P6 — o qual permite ajustar essa duração entre 1 e 12 μs. O pulso inibidor é então invertido pelo transistor T1, antes de ser aplicado à porta NE (N3). O sinal liberado pelo primeiro monoestável vai diretamente para outras das entradas dessa porta. O pulso chaveador produzido pelo

frequencímetro dispara os dois lados de IC2 através de C6 e R13.

O oscilador de 4 MHz foi implementado com base nas portas N1/N2 e sua saída também foi acoplada à porta N3. O sinal que aparece na saída da mesma é o que deve ser entregue ao frequencímetro.

Alimentação

A fonte merece um item à parte, já que existem duas possibilidades para alimentar o módulo. A primeira, e mais óbvia, consiste em obter a tensão necessária no próprio frequencímetro. Nesse caso, a alimentação pode ser feita a partir do capacitor de filtragem do instrumento e depois estabilizada por IC3. É uma regulação mais que suficiente, pois

Lista de componentes

Resistores
R1, R2- 2,2 k
R3- 330 k
R4- 33k
R5- 3,3 k
R6- 330
R7- 33
R8, R9, R11- 4,7 k
R10- 1 k
R12- 2,7 k
R13- 27 k
R14- 470
Todos os valores em ohms

Potenciômetros
P1- trimpot de 1 M*
P2- trimpot de 100 k*
P3- trimpot de 10 k*
P4- trimpot de 1 k*
P5- trimpot de 100*
P6- pot. linear de 10 k
Todos os valores em ohms

*tipos multivoltas

Capacitores
C1, C3, C4- 10 nF*
C2- 150 pF (cerâmico)
C5, C6- 1 nF*
C7- 220μF/16 V
C8...C10- 1 μF/6 V (tântalo)

*poliéster metalizado

Semicondutores
IC1- 74LS10
IC2- 555
IC3- 78L05
D1- 1N4004
T1- BC547A

Diversos
Cristal de 4 MHz
Bateria de NiCd (veja texto)
Placa nº 82040

a tensão que alimenta o módulo não tem efeito algum sobre as medições, graças ao princípio de operação.

Como segunda opção, o circuito poderia ser utilizado com frequencímetros a bateria. Recomenda-se então providenciar uma fonte separada, constituída por uma bateria miniatura convencional, de 9V, ou pilhas de níquel-cádmio (veja um bom artigo sobre elas nesta mesma edição) — as quais podem ser mantidas sob regime constante de carga pelo resistor R14.

Montagem

O traçado e a disposição dos componentes da placa destinada ao módulo de capacitância podem

ser vistos na figura 3. Não há muito o que dizer da montagem em si, que nada tem de complicado; é preciso ressaltar apenas um ou dois detalhes mais importantes. Os trimpots P1...P5, por exemplo, embora tenham sido representados como tipos convencionais, podem ser substituídos por helipots, que proporcionam um ajuste bem mais preciso.

As conexões de entrada e saída devem ser feitas, de preferência, com soquetes tipos BNC. Quanto aos terminais de acoplamento de Cx, devem ser bem curtos; o melhor seria utilizar conectores de pressão de caixas acústicas, que permitem uma ligação direta e segura. No caso de grandes capacitores, do tipo que possui terminais parafusados, por exemplo, pode-se ligar a esses conectores dois pequenos pedaços de fio terminados por garras jacaré.

É preciso não esquecer de providenciar também um par plugue/tomada para ligar a fonte de alimentação ao circuito, juntamente com uma caixa adequada. Caso o módulo vá ser instalado no interior do frequencímetro, as únicas conexões necessárias com o mundo exterior são as do capacitor Cx e o potenciômetro P6. Se o frequencímetro em questão não tiver uma saída de pulsos chaveadores, o montador terá que providenciar um sinal apropriado; não deverá ser difícil localizar o ponto certo para tal ligação observando atentamente o esquema do instrumento.

Calibração e uso

Como acontece com todo aparelho de medida, a precisão de nosso módulo medidor de capacitância vai depender de uma calibração perfeita. Embora cada faixa deva ser calibrada separadamente, o processo é dos mais simples; aconselha-se apenas utilizar como Cx capacitores de

boa qualidade, se possível com 1% de tolerância (nem que sejam emprestados...).

Basta então acoplar cada um dos capacitores-padrão aos soquetes de teste e ajustar depois o trimpot correspondente, até que a leitura do frequencímetro indique o valor nominal. Se não houver bons capacitores à mão, mesmo assim o módulo poderá ser razoavelmente calibrado, usando-se meios "empíricos" — que envolve medir pelo menos 10 capacitores com tolerância de 5% e igual valor. A calibração deverá obedecer então a leitura que for obtida mais vezes. Será preciso apenas ter o cuidado de usar capacitores do mesmo tipo em todas as medições (só de poliéster metalizado ou só de styroflex, por exemplo).

Uma vez calibrado o módulo, ele deverá ser comutado para a faixa mais elevada e receber um capacitor não identificado em seus terminais de teste. O potenciômetro P6 será então ajustado de modo que a leitura fique bem clara, sem qualquer oscilação; aí o valor indicado poderá ser multiplicado pelo fator de escala (veja a tabela 1).

No que se refere à medição de capacitores eletrolíticos, melhor consultar um longo artigo já publicado em *Elektor* sobre o assunto ("Capacitores eletrolíticos", nº 6, dez.86/jan.87), para não ficar confuso com as contradições entre o valor nominal dos componentes e as leituras mostradas pelo aparelho.

Tenha sempre em mente, por fim, que os valores de capacitância variam com a frequência. A 100 Hz, por exemplo, como em nosso caso, os valores indicados poderão ser até 20% inferiores aos obtidos com uma frequência de 10 Hz nas medições.



Treze circuitos de acionamento e controle

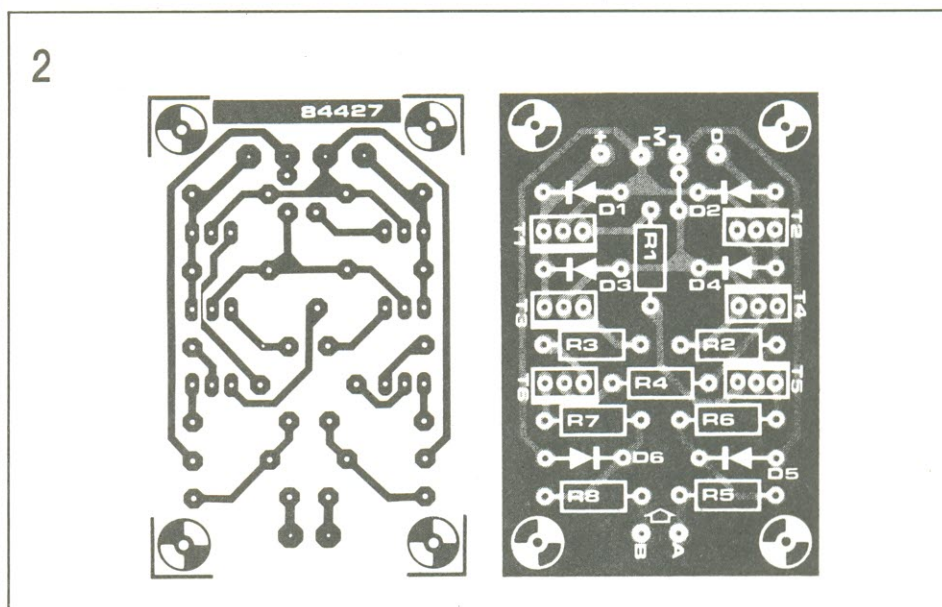
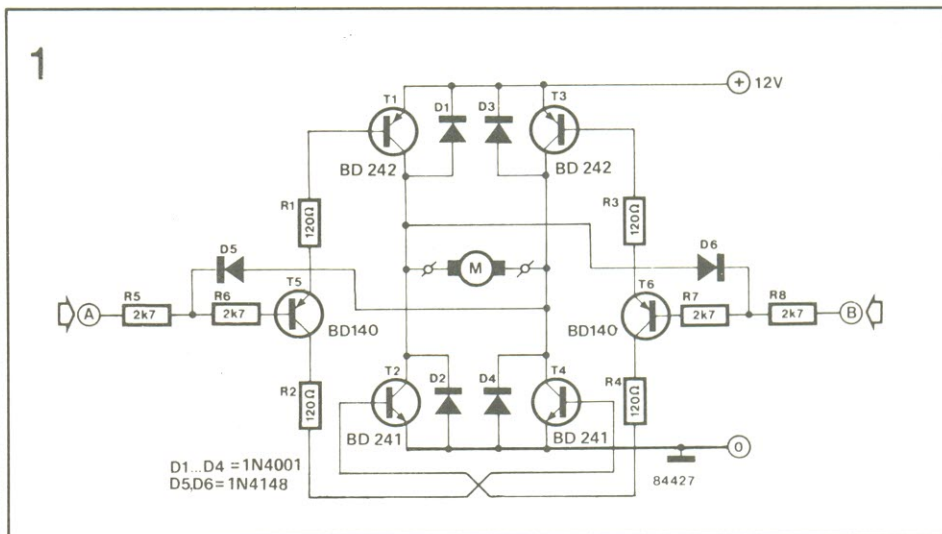
1. Acionador econômico para motores

Bons tempos aqueles em que, se queríamos um motor funcionando por dois minutos, bastava simplesmente ligá-lo por dois minutos. Hoje temos controladores industriais computadorizados, robôs e toda espécie de comandos eletrônicos — o que talvez explique porque muitos técnicos (especialmente os da velha guarda) ainda ficam ressabiados quando é sugerido algo como um circuito acionador de motores.

Mas como se vê pelo diagrama, circuitos como esse não precisam ser complexos, nem utilizar CIs "cabeludos"; e para facilitar ainda mais as coisas, ele vem acompanhado de sua própria plaquinha de circuito impresso.

A versão proposta por nós possui duas entradas. Se ambas estiverem em nível alto (ou seja, +12V), nada acontece; assim que a tensão em uma delas (a entrada A, digamos) cair para zero, o excitador T5 passa a conduzir. Isto faz com que T1 e T4 também conduzam e o motor comece a girar num determinado sentido.

Antes de prosseguir, queríamos abrir parênteses para explicar o "econômico" do título. Todos devem ter notado que cada par de transistores da ponte é controlado por um único transistor excitador. Pois esse artifício não só economiza componentes, como também a energia que seria usada pelos dois excitadores adicionais. Assim sendo, quando T5 conduz, T1 também entra em condução; ao mesmo tempo, uma corrente passa a fluir de T1, via T5, até a base de



T4, que passa a conduzir por sua vez. Em suma, estamos empregando a corrente de base de T1 e T3 para excitar T4 e T2, respectivamente, gerando assim um circuito de excitação comum.

Existem outros dois componentes que merecem alguma atenção: os diodos D5 e D6. Eles asseguram que nada de errado ocorra, caso as duas

entradas sejam aterradas simultaneamente. Assim, por exemplo, se a entrada A estiver em nível baixo, tanto T1 como T4 vão conduzir e o anodo de D6 ficará ligado diretamente à linha de +12V. Na eventualidade de B ser aterrada também, o transistor T6 (assim como T2 e T3) ficará impedido de conduzir, pois sua base estará positiva. A segunda

Como o CI adotado dispõe de quatro portas NE tipo disparador Schmitt, das quais apenas duas foram utilizadas no estágio de retardo, aproveitou-se a oportunidade para incluir uma etapa eliminadora de rebotes mecânicos.

No esquema anexo, as portas N1/N2 formam essa etapa anti-rebotes, ao passo que N3/N4 dão origem ao retardo. Supondo que a chave S1 esteja na posição "desligado", a saída de N2 assume um nível baixo, os capacitores C1 e C2 encontram-se descarregados e as saídas de N3 e N4 estão em nível alto. O potencial de base dos transistores PNP (T1 e T2) fica quase igual ao de emissor, mantendo-os assim no corte; os relés, portanto, permanecem desenergizados.

Ao se ligar S1, a saída de N2 torna-se alta e C2 é instantaneamente carregado via D3. A saída de N4 vai então para um nível baixo, fazendo com que a base de T2 se torne mais negativa que o emissor; esse transistor conduz, ativando o relé Re2.

Enquanto isso, o capacitor C1 carrega-se mais lentamente, por meio de D2 e R2; a saída de N3 não assume um nível baixo até que a tensão sobre C1 alcance seu valor de limiar. Quando isso acontece, cai o nível do pino 4 de N3, T1 conduz e o relé Re1 é acionado.

Assim que a chave S1 é desligada novamente, C1 é imediatamente descarregado via D1, permitindo que Re1 volte logo à posição de repouso. O capacitor C2, por sua vez, descarrega-se

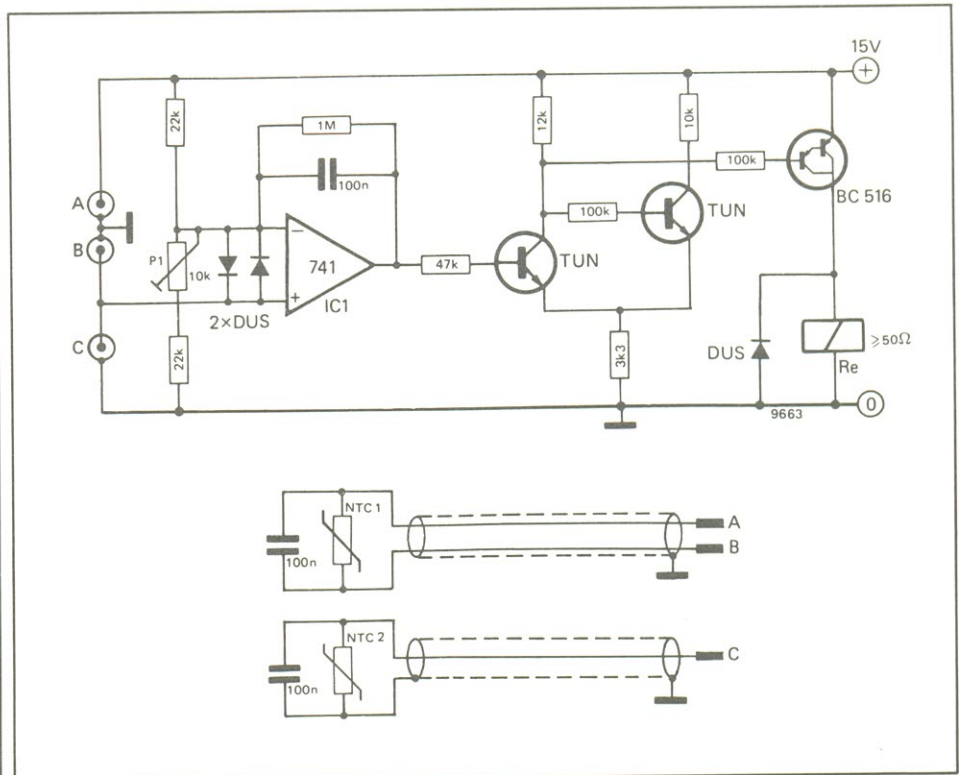
mais devagar por R3 e D4, criando um atraso perceptível para a desativação de Re2.

O retardo ao ligar depende da constante de tempo $R2/C1$, enquanto que no desligamento ele é determinado por $R3/C2$; com os valores indicados, esse atraso gira em torno de 2...3 segundos. O circuito pede uma tensão de operação de 6 a 15 volts, ao passo que a corrente vai depender dos relés adotados. Lembre-se que a corrente máxima suportada por um BC557 é de 100 mA — fator que deverá ser levado em conta ao se escolher tais relés. Nada impede, porém, que sejam utilizados transistores com maior capacidade de corrente.

4. Controlador para painéis solares

Os aquecedores de água por energia solar estão cada vez mais difundidos no Brasil, graças à economia de energia que podem proporcionar. A água é bombeada até os coletores solares, que ficam instalados no telhado; uma vez aquecida pela incidência direta dos raios solares, ela é utilizada no fornecimento doméstico normal, através de uma caixa d'água convencional de dois circuitos.

Não há sentido, porém, em bombear água para os coletores nos dias mais frios, quando a temperatura dos mesmos é inferior à da água quente interna (que pode ser então aquecida por outros meios), já que ao invés de receber eles irradiam o calor. É preciso dispor, então, de um termostato diferencial, que só acione a bomba quando a temperatura dos painéis solares for superior à da água presente na caixa.



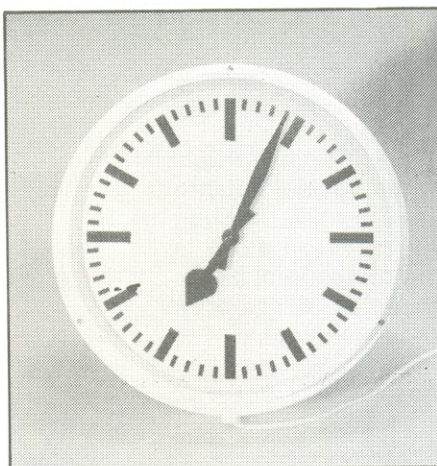
Como se vê pelo esquema, a captação de temperatura é efetuada por dois termistores do tipo NTC, um deles instalado junto aos coletores e o outro na caixa d'água. Eles compõem dois dos

ramos de uma ponte, sendo que os dois restantes são formados por dois resistores fixos e um trimpot. Ao "sentir" igual temperatura, os NTCs exibem a mesma resistência nominal e a ponte permanece

sincronização centralizados. Eles são sincronizados por pulsos provenientes da rede e enviados a cada um através de um cabo separado. Caso você tenha ganhado, comprado ou arrematado em leilão um desses velhos relógios e gostaria que ele fosse mais que um objeto de decoração em sua casa, eis uma solução simples e prática.

O circuito é composto basicamente por um monoestável, um contador e um biestável, além da ponte de transistores que excita o relógio. O monoestável IC2 é precedido por um simples "moldador" de pulsos (T1), que o aciona na frequência da rede. O contador IC3, por sua vez, sofre um *reset* automático a cada 3600 pulsos, por intermédio de IC4a/b. Ao mesmo tempo, o biestável IC5 é continuamente ativado, fazendo com que o circuito em ponte de T2...T7 inverta a polaridade do motor a cada 60 segundos.

Dependendo do tipo de relógio que você tem em mãos, o



secundário do transformador deve ser projetado de modo a fornecer cerca de 70% da tensão pedida pelo seu motor. Além disso, a ponte sugerida não pode operar com tensões superiores a 30 V, ao passo que a corrente máxima gira em torno de 250 mA.

O circuito exige um único ajuste, efetuado por P1; esse trimpot deverá ter seu cursor posicionado

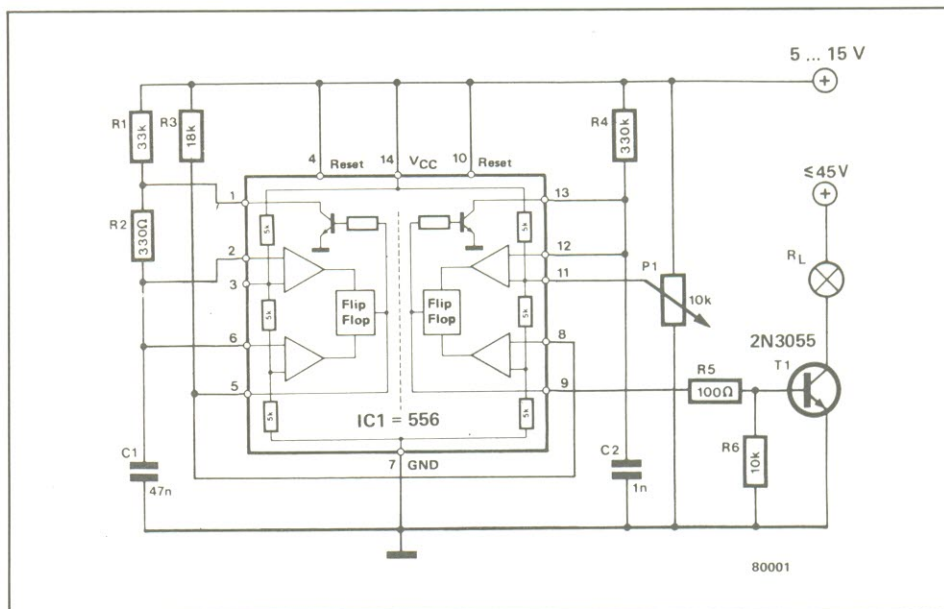
de modo a propiciar a máxima supressão do ruído introduzido pela rede. Cuidado apenas para não calibrar o período do monoestável em mais de 16,67 ms, pois nesse caso apenas metade dos ciclos de 60 Hz vão alcançar o contador.

Nota da redação: Este circuito foi originalmente projetado para a frequência de rede vigente na Europa, que é de 50 Hz. Ele já foi devidamente alterado, porém, para se adaptar aos nossos 60 Hz; deve-se apenas ter cuidado, na prática, com a calibração do potenciômetro P1. Em caso de dificuldade no ajuste, é possível até mesmo eliminar o estágio composto por IC2, já que o 4040 pode aceitar os pulsos de 60 Hz sem a intermediação do monoestável.

6. Dimmer de baixa tensão

Contendo dois temporizadores idênticos, o 556 é o CI ideal para servir de base a um *dimmer* compacto, com perdas reduzidas, para lâmpadas de baixa tensão. Um dos temporizadores serve de gerador de *clock*, enquanto o outro atua como um monoestável com largura de pulso variável.

Como se pode ver pelo esquema, são poucos os componentes de apoio necessários para completar o circuito. A primeira metade do integrado trabalha como astável, cuja frequência é determinada pelos valores de R1, R2 e C1, ficando em torno de 1 kHz. A largura ou duração dos pulsos de *clock*, portanto, é de 1 ms, aproximadamente.



O sinal de *clock* é aplicado à entrada de disparo da segunda metade (pino B), que é o monoestável do conjunto. A saída deste vai controlar um transistor de potência (T1), que por sua vez

chaveia a carga (ou seja, a lâmpada). Pela variação do ciclo de trabalho desse monoestável, assim, a lâmpada recebe pulsos de maior ou menor duração, que alteram sua intensidade luminosa.

Como os valores mostrados no esquema, a largura dos pulsos de saída (pino 9) pode ser variada em 10 vezes. A máxima duração de cada pulso (descontando o efeito de P1) pode ser calculada pela fórmula

$$T = 1,1 \times R4 \times C2$$

— a qual fornece cerca de 0,4 ms, em nosso caso. Assim sendo, com

uma frequência de *clock* de 1 kHz, o ciclo de trabalho pode ser variado continuamente entre 60 e 96%, representando uma gama razoável, na prática.

Esses valores são obtidos mantendo-se o cursor de P1 numa faixa em torno de sua posição central; caso ele seja levado para uma das extremidades, o circuito deixará de funcionar adequadamente. Por esse motivo,

é aconselhável experimentar com um ou dois resistores em série com P1, a fim de tornar a gama de ajuste menos sensível. O circuito pode ser alimentado com qualquer tensão situada entre 5 e 15 V.

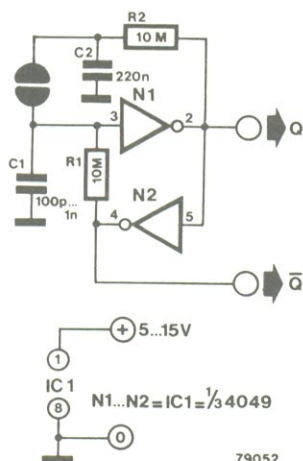
7. Chave por toque ultra-compacta

U. Sussbauer

A grande vantagem deste sistema de chaves acionadas pelo toque dos dedos está no fato de cada uma requerer apenas um par de contatos e empregar somente dois inversores e duas redes RC. Desse modo, um único integrado tipo 4049 permite implementar três chaves iguais (veja uma sugestão na figura 2).

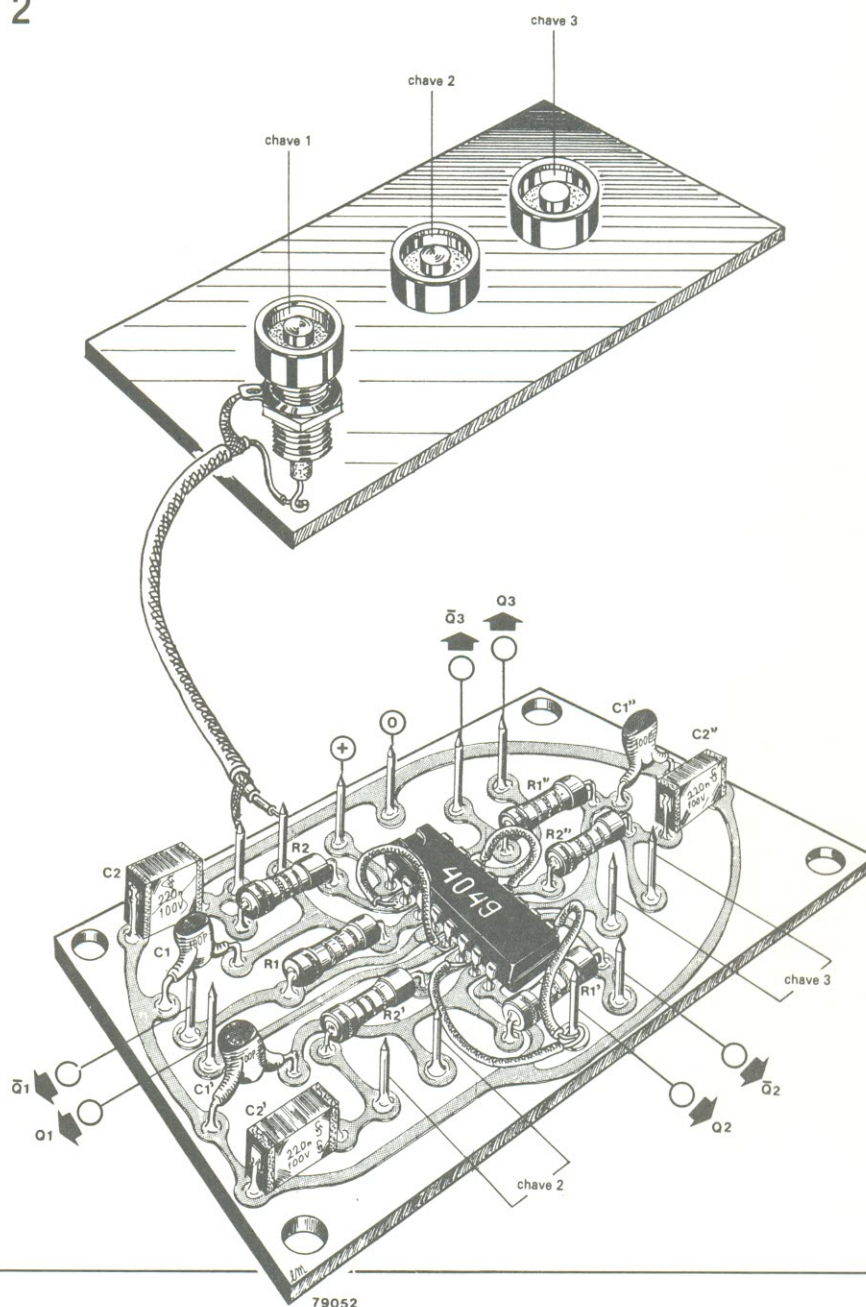
Toda vez que o circuito é ligado, a entrada de N1 assume um nível baixo, já que C1 está inicialmente descarregado; nessas condições, a entrada de N2 deve estar em nível

1



79052

2



alto e sua saída em nível baixo – mantendo assim baixa a entrada de N1. O circuito fica “travado”, portanto, em uma condição estável.

Enquanto isso, o capacitor C2 é carregado via R2, até atingir o nível lógico alto. Caso os contatos de toque sejam então unidos pelos dedos, esse nível “1” de C2 é aplicado à entrada de N1 (lembrando que $C2 > C1$); a

situação se inverte, portanto, juntamente com os níveis em Q e $\bar{Q}$, já que N1 fica com uma saída baixa e N2 com uma saída alta.

Unindo os contatos mais uma vez provoca-se a descarga de C1 sobre C2, fazendo com que as saídas voltem ao estado original. Se os contatos ficarem acionados por um período superior à constante de tempo R2.C2, as saídas mudarão de estado

novamente; de fato, caso os contatos fiquem em curto permanente, o circuito irá oscilar numa frequência determinada por essa constante de tempo.

Com os valores sugeridos para os componentes, os contatos não devem ser unidos por mais de 1 segundo, em média. Mas esse período poderá ser ampliado aumentando-se o valor de C2.

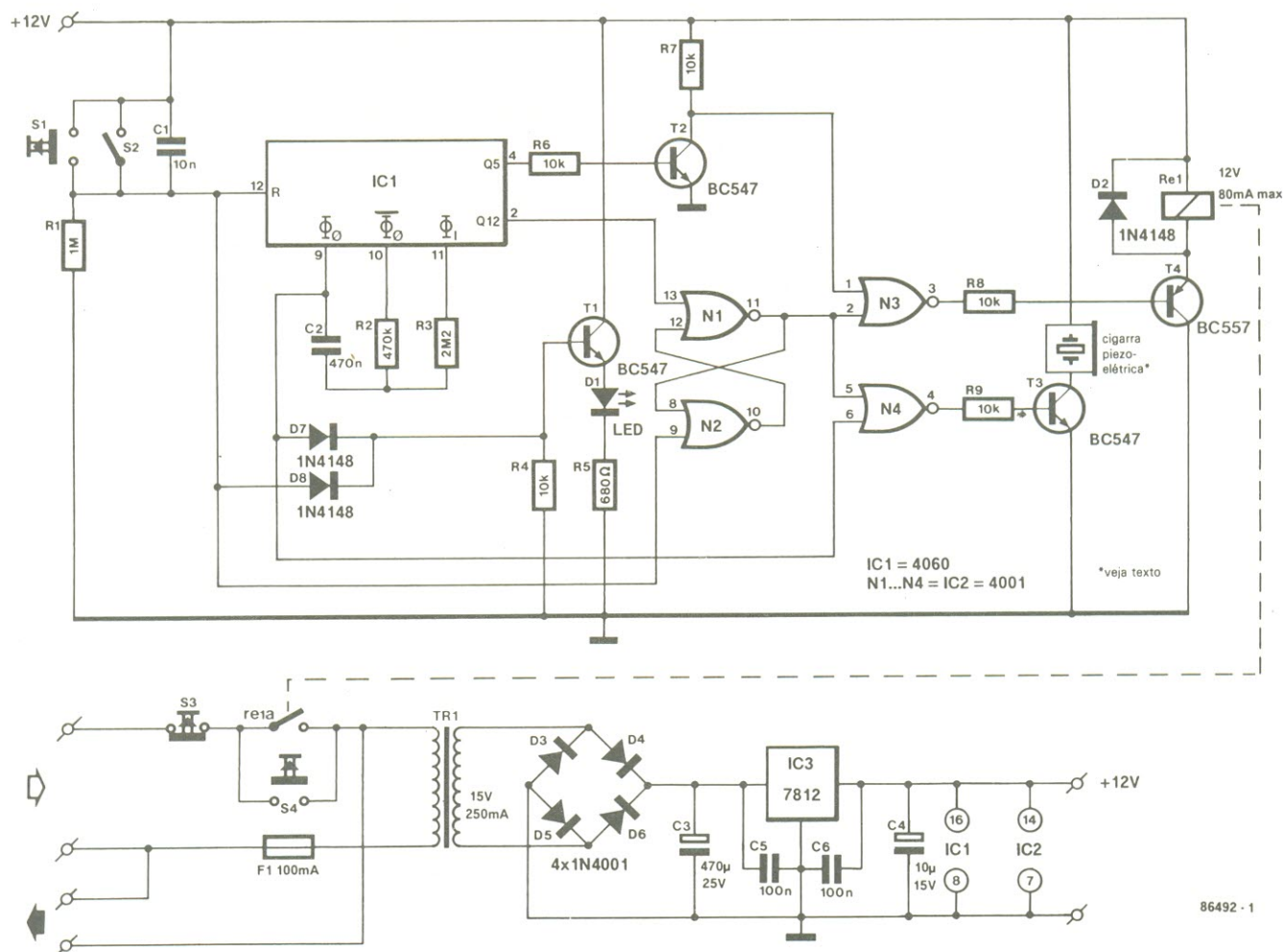
8. Cão de guarda

E. Allefs

Este temporizador desliga automaticamente qualquer equipamento ligado a ele, após 30

minutos de funcionamento contínuo sem supervisão. Ele é posto em operação pelo acionamento de S4, que ativa o relé Re1; este, através de seu par de contatos, permite alimentar tanto o circuito como o equipamento acoplado.

Isto ocorre porque a presença inicial dos +12 V no circuito aplica um *reset* no contador-oscilador IC1 e no biestável S/R (formado por N1 e N2), por meio de um pulso lógico alto, de curta duração, na junção de R1 com C1. As saídas de N1 e N3 assumem os níveis alto



e baixo, respectivamente, possibilitando que Re1 seja energizado via T4. Em suma, podemos dizer que o contato Re1a proporciona uma função de auto-retenção para o sistema.

Depois de receber o *reset*, IC1 começa uma contagem regressiva, cadenciado pelo seu *clock* interno, com uma frequência de 2 Hz. O LED D1 pisca nesse ritmo, indicando assim a condição de contagem. A inclusão de S2 permite inibir permanentemente o temporizador (S1 tem a mesma função, embora de forma apenas momentânea), caso em que D1 brilha continuamente.

O LED, portanto, cumpre as funções de um indicador tríplice: temporizador ativado (piscando), circuito e equipamento desativados (apagado) e temporizador desativado com o equipamento ligado (continuamente aceso).

Enquanto a saída Q12 do contador permanecer no nível lógico baixo, a tensão no coletor

de T2 — que atua como inversor da saída Q5 — não poderá interromper o fluxo de corrente pela bobina do relé, via T4. Decorridos, porém, cerca de 34 minutos ($T_{Q12} = 1/2 \times 2^{12} = 2048$ s) desde o *reset* aplicado a IC1 e N1/N2, a saída Q12 vai para o nível alto, alterando o estado do biestável.

A saída de N1 vai então para "0", mas Re1 não é desativado por T4, pois a outra entrada da porta NOU N3 continua em nível alto (isto é, Q5 ainda não mudou de estado). A cigarra auto-oscilante começa a soar na mesma frequência de 2 Hz, porém, já que T3 é excitado pela porta N4, que recebe dois níveis baixos em suas entradas.

O usuário é avisado, assim, que dispõe de mais 15 segundos para pressionar S1 e ganhar outro período de 34 minutos. Se isto não for feito (ou seja, se o contador não sofrer um *reset* antes de Q5 assumir um nível alto), N3

providenciará a desativação do relé, cujos contatos vão cortar a tensão da rede aplicada a Tr1 e ao equipamento acoplado.

Essa breve análise deixa claro que o jeito de silenciar a cigarra piezoelétrica e evitar o desligamento do sistema consiste em pressionar momentaneamente S1 ou comutar S2. Se for necessário, a chave S3, do tipo normalmente fechado, poderá ser acionada para interromper a alimentação da rede dentro do intervalo de meia hora, sem a incômoda intervenção da cigarra.

Por fim, os intervalos propostos de temporização poderão ser mudados segundo necessidades individuais; basta utilizar outras saídas do contador e/ou outras frequências de *clock* para o mesmo (adaptando os valores de R2 e C2).

9. Controle de velocidade para motores

M. Junghans

Motores elétricos de até 1/4 HP são utilizados em vários eletrodomésticos, podendo então ser facilmente recuperados para outras aplicações, ao invés de serem jogados fora juntamente com a carcaça do aparelho original. Eles se mostram extremamente úteis, por exemplo, na implementação de serras ou furadeiras de bancada — casos em que vem a calhar um controlador de velocidade, capaz de manter quase constante a rotação, mesmo com grandes variações de carga.

A rotação do motor é "lida" por um comutador ótico, formado por um disco contendo 15 furos ou

chanfros em sua periferia. Ele interrompe periodicamente o feixe de luz que o LED envia ao fototransistor, cortando e ativando T1. Os pulsos resultantes no coletor desse transistor são utilizados no disparo do monoestável IC1, cuja saída Q sofre uma integração por R6/C4 e R7/C5, a fim de gerar um nível CC inversamente proporcional à velocidade do motor.

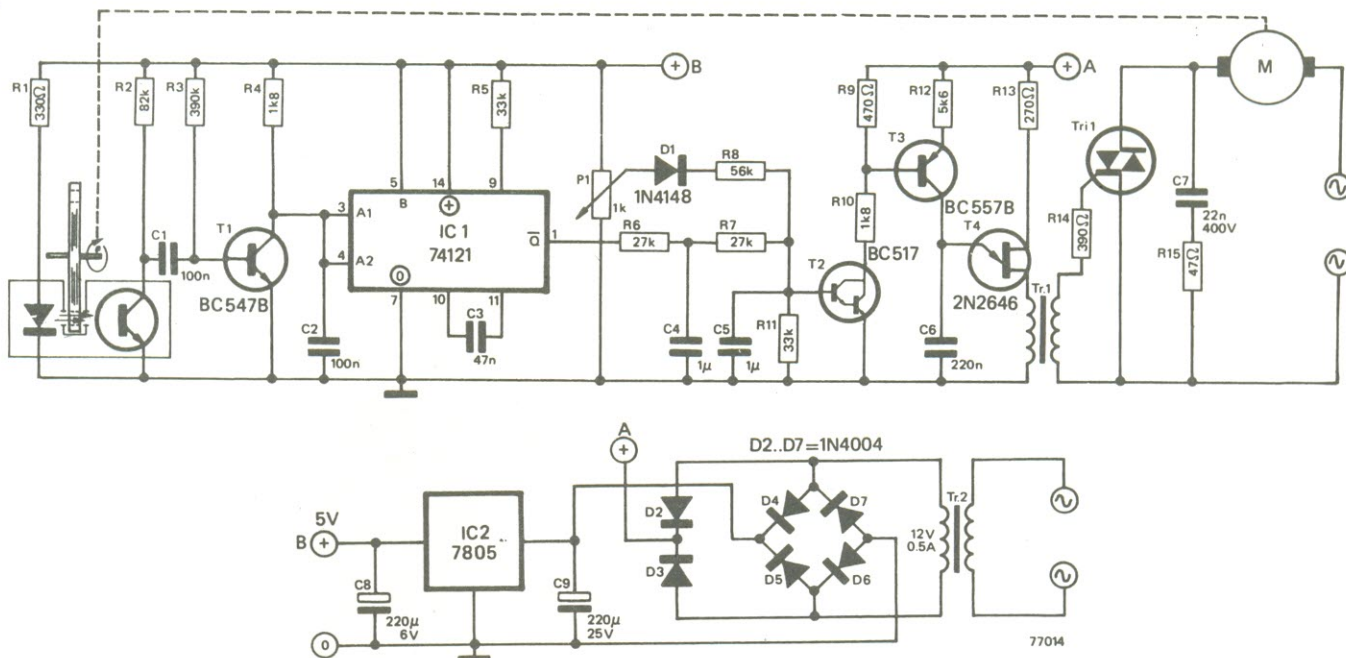
A velocidade desejada para o motor é determinada por P1, sendo depois comparada em T2 com a velocidade real do mesmo. O par T3/T4 constitui um gerador de pulsos, próprio para disparar o triac uma vez a cada meio ciclo da tensão da rede. O transistor T2 varia a corrente de coletor de T3 e, conseqüentemente, a corrente de carga de C6; a partir daí é controlado o ponto do ciclo em que ocorre o pulso de disparo.

Se a velocidade do motor apresentar uma tendência a subir, a tensão sobre C4 irá cair, reduzindo a corrente de base

enviada a T2. Como resultado, vai aumentar a tensão de coletor desse transistor, provocando uma redução da corrente em T3; o pulso de disparo irá ocorrer então mais tarde, desacelerando o motor. Com uma queda na rotação, vai ocorrer o inverso: a tensão sobre C4 sofrerá um aumento, fazendo cair a tensão no coletor de T2 e aumentando a corrente no coletor de T3; o pulso de disparo, portanto, vai surgir um pouco antes a cada ciclo, elevando a rotação.

O estágio de disparo (T2...T4) é excitado a partir de uma tensão retificada em onda completa, sem qualquer filtragem (A). A cada disparo, T4 descarrega C6 rapidamente e permanece conduzindo até a tensão de alimentação atingir o ponto de nulo seguinte. Em consequência, C6 é sempre descarregado no início de cada semiciclo e a posição dos pulsos de disparo, em relação aos pontos nulos, é imposta somente pela corrente

1



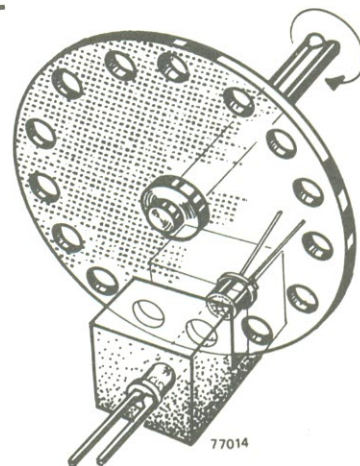
presente em T3. Em outras palavras, os pulsos de disparo ficam sincronizados com a rede.

É óbvio que o tipo de triac a ser adotado vai depender do motor disponível. Ele deve ser capaz de suportar uma tensão três vezes superior à da rede, no mínimo; quanto à corrente, vai ser estabelecida pela máxima corrente do motor. Uma regrinha prática, bastante razoável, ensina que se deve dividir a potência nominal do motor pela tensão da rede e multiplicar por dois o resultado. A título de exemplo, um motor rotulado com 500 W/245 V vai exigir um triac de

$$500/245 \times 2 = 4 \text{ A}$$

O transformador de pulsos Tr1 pode ser enrolado em um *potcore* comum, com fio esmaltado tendo 0,1 mm de bitola; são 80 espiras no primário e 40 no secundário. Note que, em certos casos, o disco comutador poderá ser dispensado, caso seja possível montar o conjunto LED/fototransistor dentro da própria carcaça do motor; nesse caso, é o motor que deve providenciar algum meio de interromper (ou refletir) periodicamente o feixe de luz. O darlington T2, por fim, tanto pode ser substituído pelo seu equivalente mais próximo (o MPSA14), como por dois transistores "discretos" (BC547 e BD139, ligados na configuração darlington).

2

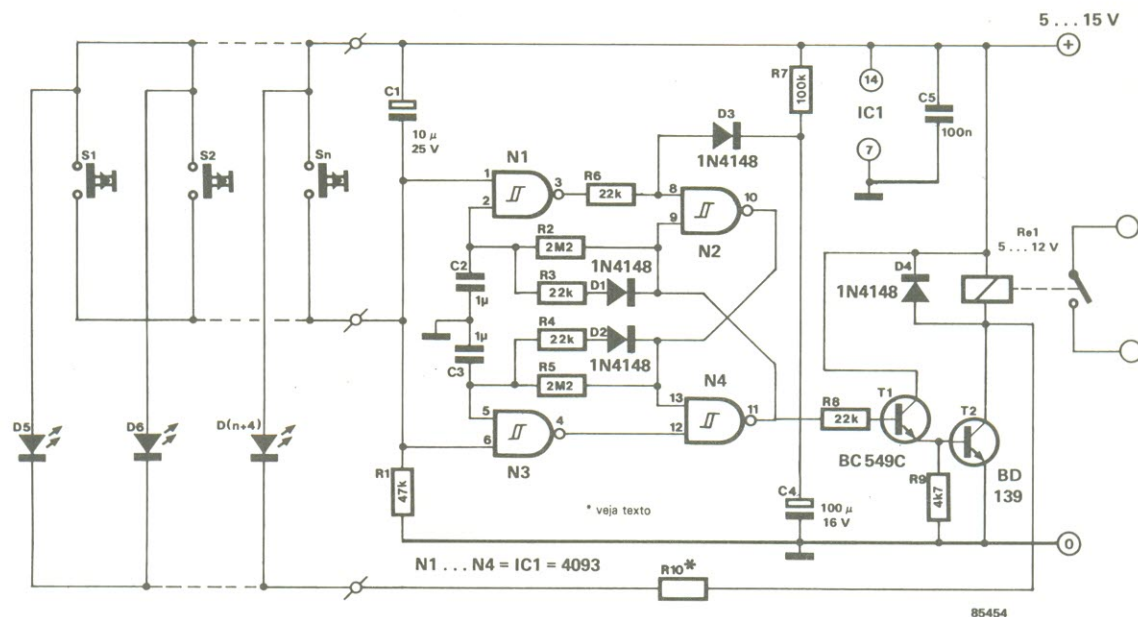


10. Chave paralela múltipla

Não é raro que precisemos ligar e desligar luzes ou aparelhos em diversos pontos de um mesmo

prédio. Exemplo típico é a chave paralela usada nos hotéis, que permite controlar a iluminação a partir de várias posições distintas. Mediante um circuito eletrônico e a fiação apropriada, o número dessas posições pode ser ampliado *ad infinitum*.

A comutação, neste caso, é efetuada através de um relé controlado por um biestável S/R (N2/N4), via transistores T1 e T2. O estado desse biestável tem relação com o funcionamento das chaves lógicas N1 e N3; de fato, um pulso de disparo na junção de



R1 com C1 somente é aplicado à entrada que faça o biestável mudar de estado. Em outras palavras, um trem de pulsos de disparo (ou seja, 0, 1, 0, 1, 0...), com um intervalo mínimo de alguns segundos entre pulsos, vai resultar em uma série de alterações de nível lógico, fazendo com que o relé seja ativado e desativado alternadamente.

Os pulsos de disparo são gerados toda vez que um dos botões de contato momentâneo

(S1...Sn) é acionado por alguns instantes. Como todos esses botões ficam ligados em paralelo, eles podem ser interligados por um sistema a dois fios. Existe a possibilidade de incluir um LED junto a cada chave, embora isto vá exigir um fio adicional; como os LEDs também devem ficar em paralelo, seria aconselhável que fossem de um só tipo.

O valor do resistor R10 é calculado a partir da fórmula:

$$R10 = [(U - 2)/I_d \cdot n] \text{ ohms}$$

— onde U é a tensão de alimentação, em volts; I_d é a corrente que passa pelos LEDs, em ampères; e n é o número de LEDs instalados.

11. Temporizador genérico

Dispondo de dois contadores CMOS, é fácil implementar uma prática chave de tempo. Aquela que estamos propondo aqui pode ser programada entre 0 e 77,8 horas, além de ser capaz de acionar ou desativar qualquer aparelho nesse meio tempo.

O temporizador usa como referência os 60 Hz da rede, cujos

pulsos são contados pelos dois 4040 ligados em cascata. Cada um desses CIs é um contador de 12 bits, podendo atingir o tempo máximo de $0,0167 \times 2^{24}$ segundos, onde 0,0167 s é o período da rede elétrica. Isto totaliza, portanto, cerca de 77,8 horas.

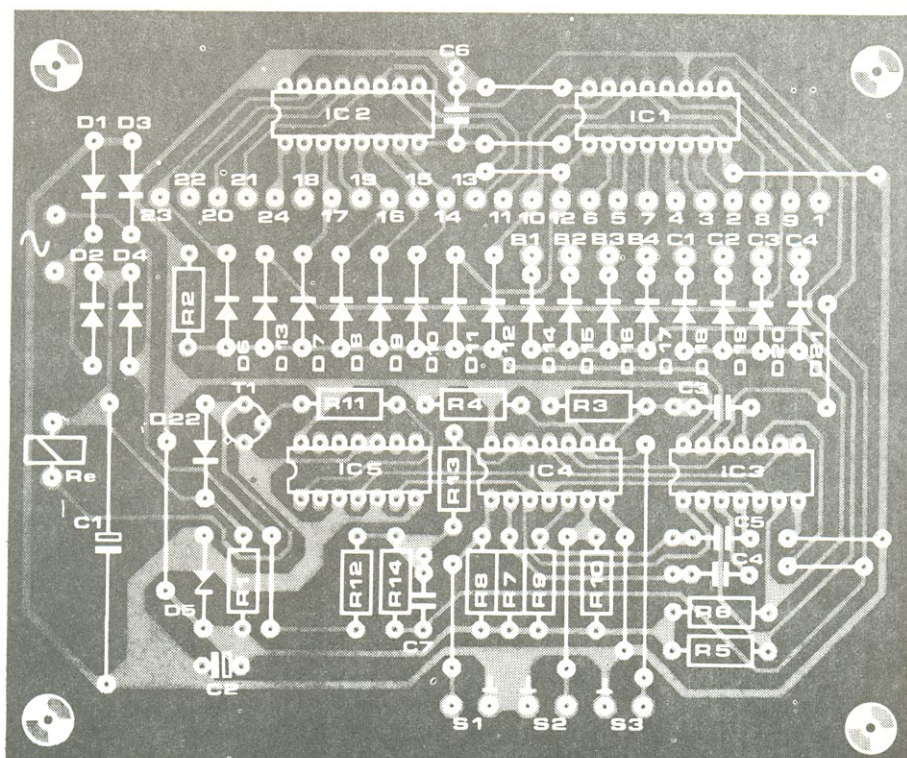
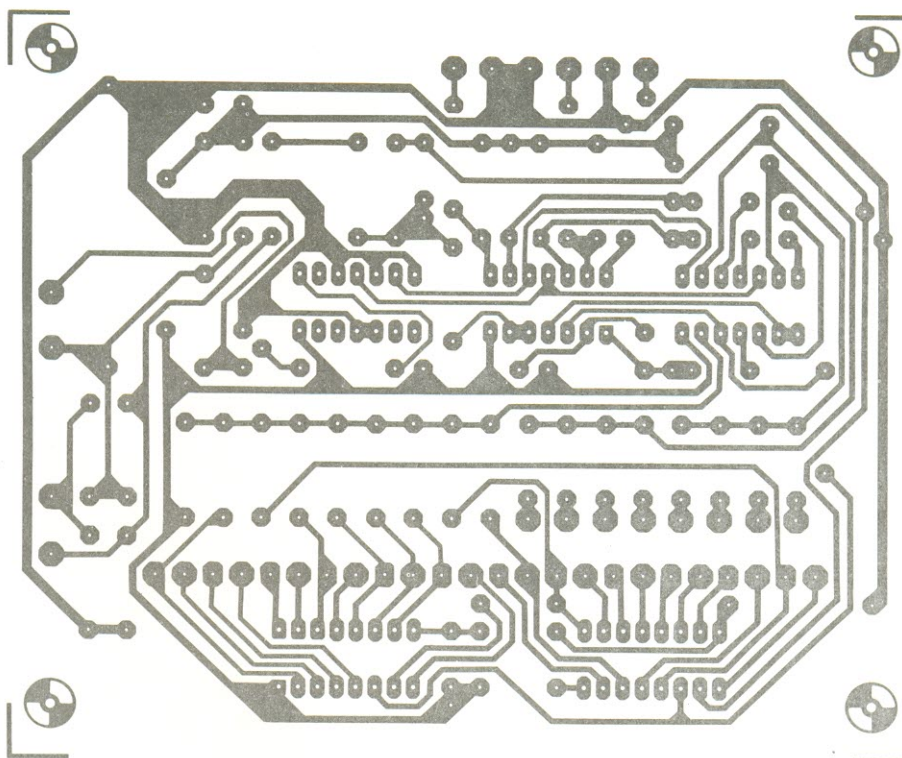
Caso seja desejado um ciclo de tempo menor, será preciso aplicar um *reset* aos contadores no momento em que a contagem limite for atingida. Como exemplo, vamos supor que o ciclo exigido seja de 24 horas; nesse caso, o estágio contador deve atingir o

valor $24 \times 60 \times 60 \times 60 = 5184000$, que equivale ao número binário 1001111000110100000000.

Todos os dígitos "1" desse número indicam as saídas de IC1/IC2 que devem ser ligadas à porta E formada pelo diodos D6...D13. Assim sendo, uma vez atingida a contagem desejada, tais saídas assumem simultaneamente um nível alto, disparando monoestável N1/N7 que aplica um pulso de *reset* aos contadores. Note que foi previsto também um *reset* manual para esse estágio. Qualquer outro período global



2



antes de aplicar um *reset* ao circuito. Por esse motivo, recomenda-se dar início à sequência de temporização no horário mais conveniente possível

(de manhã ou no começo da tarde, digamos).

Por fim, para tornar o temporizador menos suscetível às interferências vindas da rede,

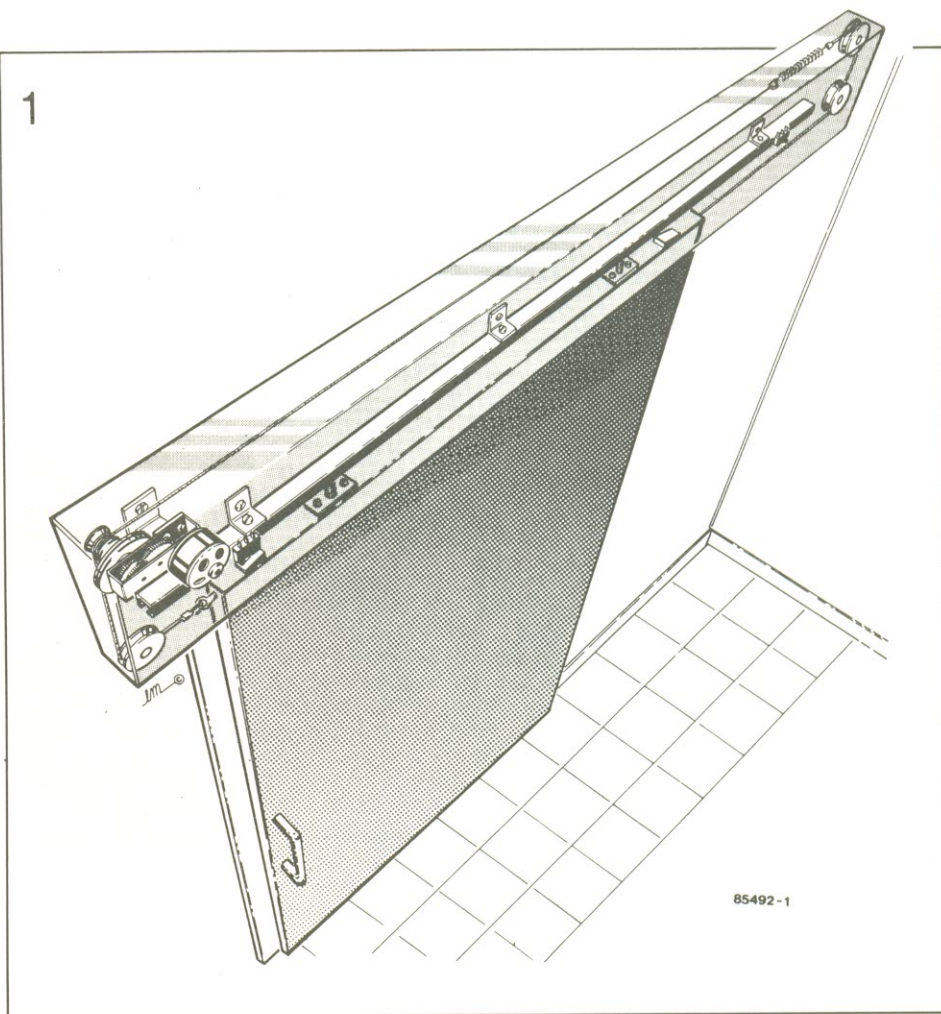
pode-se incluir em sua entrada um simples disparador Schmitt, mesmo daqueles formados por simples portas NE.

12. Porta deslizante automatizada

Complicadas apenas na aparência, as portas automáticas do tipo deslizante podem ser facilmente implementadas, desde que o montador tenha alguma habilidade mecânica, consiga um pequeno motor CC e não se importe com um movimento relativamente lento. Até mesmo os ambientes domésticos teriam algo a ganhar com uma porta dessas, desde que corretamente instalada.

A construção mecânica básica de nossa porta automática foi representada, com a maior clareza possível, na figura 1. A primeira coisa a providenciar é um bom pedaço de fio de náilon reforçado, que deve fazer o percurso mostrado, passando por quatro polias também feitas de náilon. As duas extremidades desse fio são fixadas às laterais da porta e o esticamento adequado pode ser obtido através de uma mola tensora, também ilustrada na figura 1. O fio deve dar duas ou três voltas no eixo do motor (ou no eixo do redutor de velocidade), cujo sentido de rotação depende da polaridade de sua alimentação.

Embora façam parte da eletrônica do sistema, os interruptores S1 e S2 também afetam sua estrutura mecânica: é que ambos devem ser dispostos nos batentes laterais da porta, de forma que ela os pressione, nem que seja momentaneamente, ao abrir ou fechar. Para automatizar o conjunto, será preciso dispor de algum tipo de sensor, seja ele baseado em barreiras luminosas, de ultra-som, de infravermelho ou similares; em suma, algo que transita um pulso positivo com



uma largura adequada, sempre que uma pessoa estiver se aproximando da porta.

A parte eletrônica resume-se ao esquema da figura 2. Sua função é controlar um circuito em ponte formado por transistores; dependendo do nível lógico que aplica às bases de T1/T3 ou T2/T4, ele determina se o motor deve ficar parado ou girar no sentido horário/anti-horário. Ao testar esse circuito, o motor pode ser substituído pelos LEDs D1 e D2, com seus respectivos resistores de limitação de corrente.

A escolha dos transistores da ponte vai depender da corrente

“puxada” pelo motor (que deve ser um tipo de 6...18 V, encontrado em lojas de modelismo); ela não deve exceder, de qualquer forma, os 500 mA. Os pares T1/T3 e T2/T4 são complementares, próprios para esse nível de corrente (tal como o par BD239-BD240, sugerido no esquema).

Um breve pulso no pino 6 do biestável FF1 faz a porta se movimentar (talvez seja necessário, na primeira vez, inverter as ligações do motor, para que a porta se desloque no sentido correto). Ao abrir totalmente, ela pressiona o interruptor S2. Não

SMT: a eletrônica em versão compacta

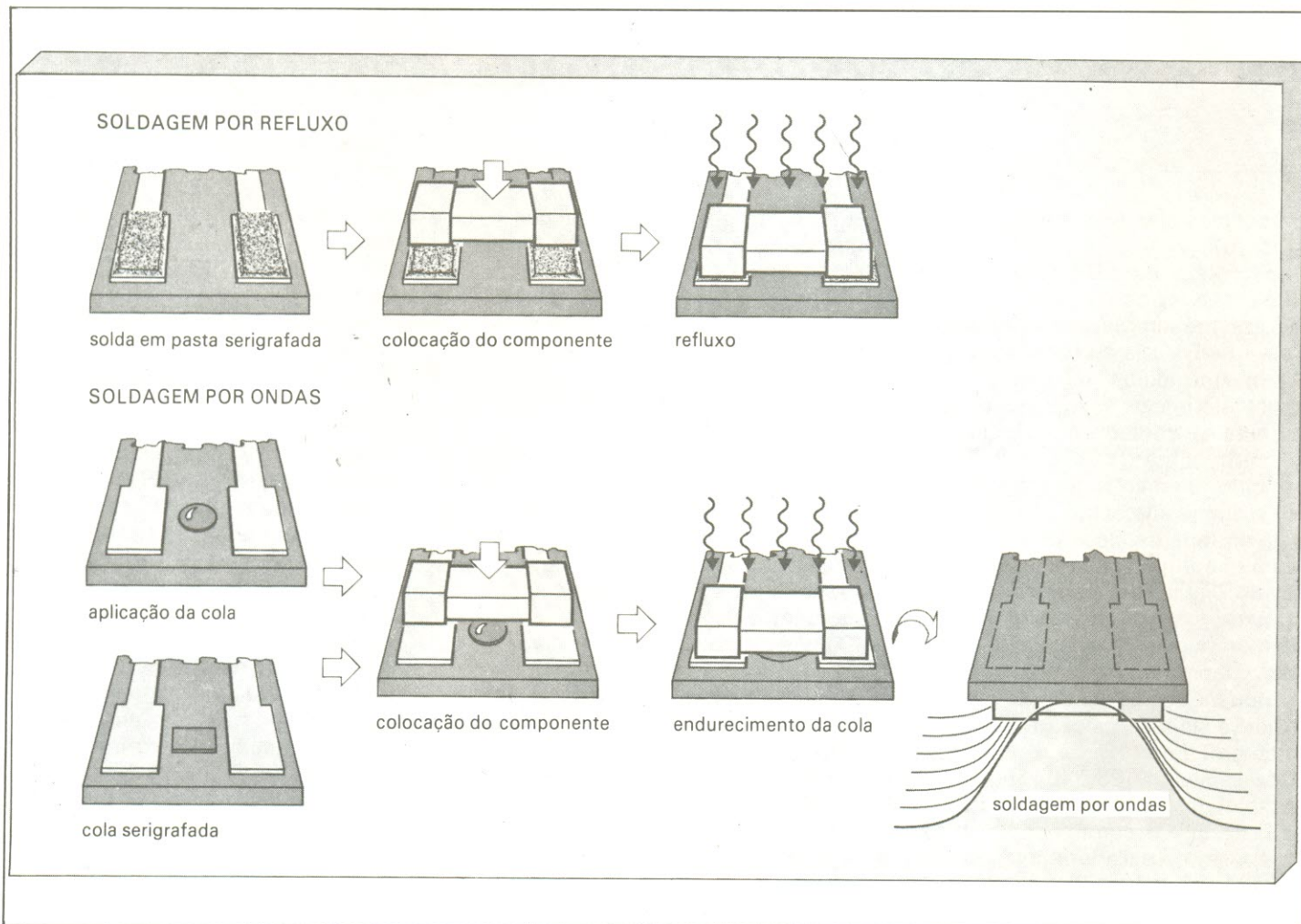
3ª parte métodos de solda/montagem automática

Para concluir a série sobre tecnologia de montagem em superfície, vamos analisar as modalidades de soldagem empregadas com os SMDS, um dos principais fatores a influenciar o projeto de placas para esses componentes. Incluímos também um breve apanhado sobre as máquinas criadas para montá-los nessas placas

Um processo adequado de soldagem é particularmente importante para garantir um bom contato elétrico e minimizar curto-circuitos. A escolha desse processo vai depender do tipo de circuito impresso (face simples ou dupla, multicamada, etc.), dos componentes envolvidos e dos recursos de produção. Embora a maioria dos SMDs aceite todos os métodos de soldagem, as técnicas aplicadas aos CIs (por exemplo) devem ser selecionadas com todo o cuidado. Além do processo manual — que deve ser adotado somente em caso de manutenção — existem

diversos métodos automáticos, entre os quais se destacam as soldagens por ondas e por refluxo.

Os dois foram representados, de forma simplificada, na figura 1. O mais popular deles ainda é, sem dúvida, o de soldagem por ondas; nesse processo, os componentes são primeiramente fixados no lugar por meio de adesivos especiais (veja a 2ª parte da série), os quais podem ser aplicados por serigrafia ou em forma de “gotas”. Dependendo de sua composição, o adesivo passa por um processo de endurecimento, depois de instalado o componente, através de calor ou luz ultravioleta.



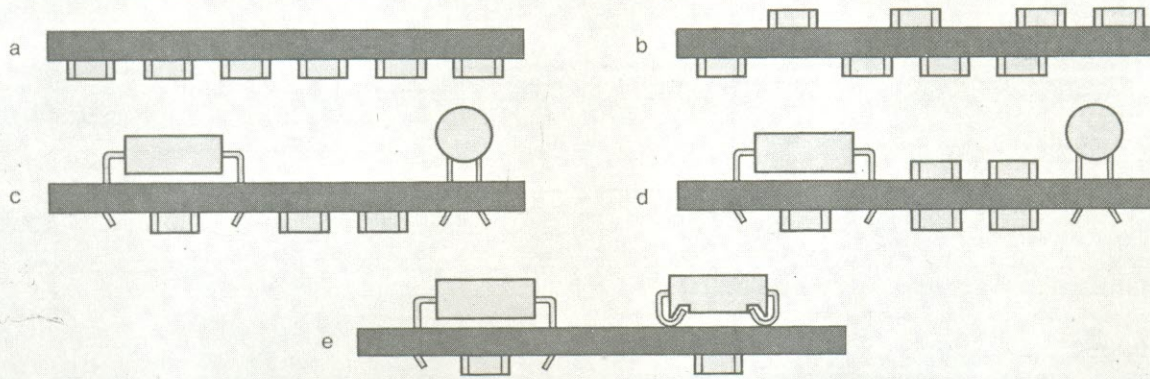


figura 2 - As variações possíveis de montagem em placa impressa, após a popularização dos SMDs.

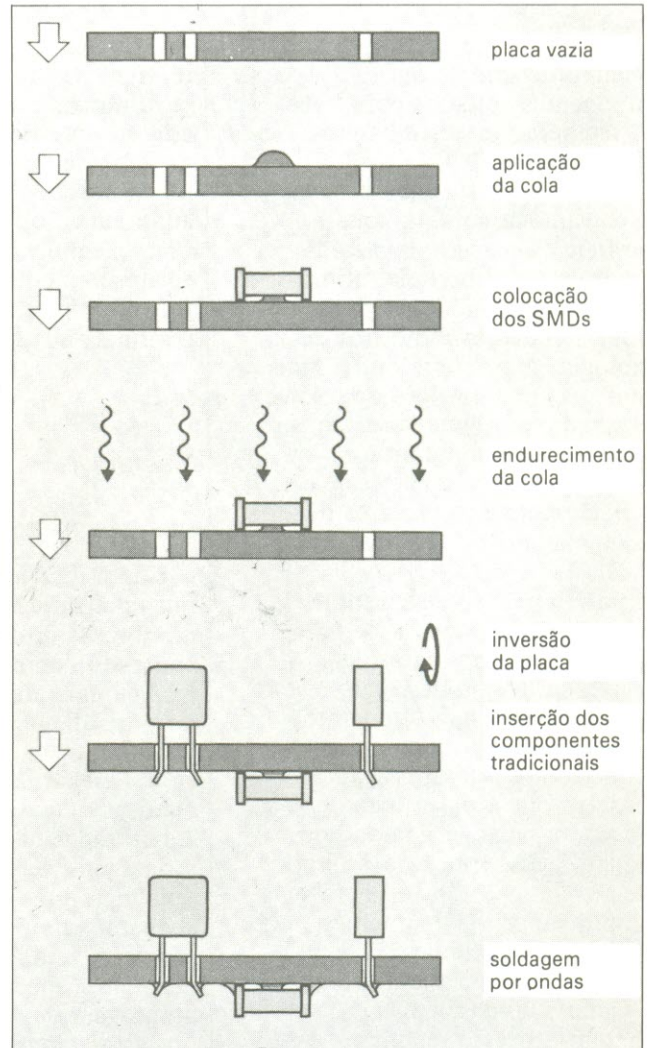
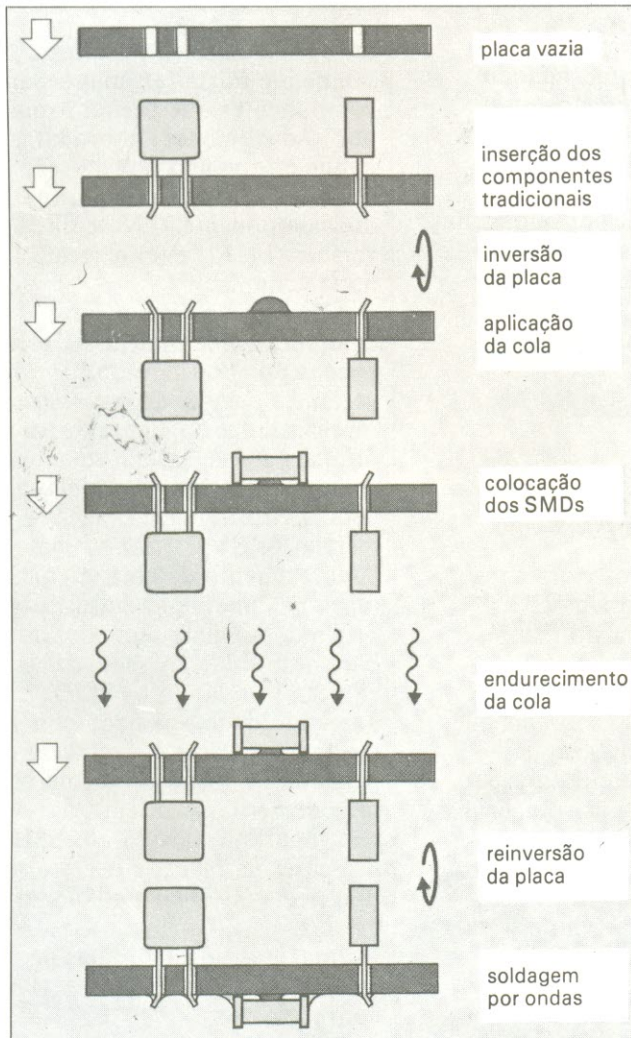


figura 3 - Duas opções de processamento de montagens mistas, considerando componentes nos dois lados da placa.

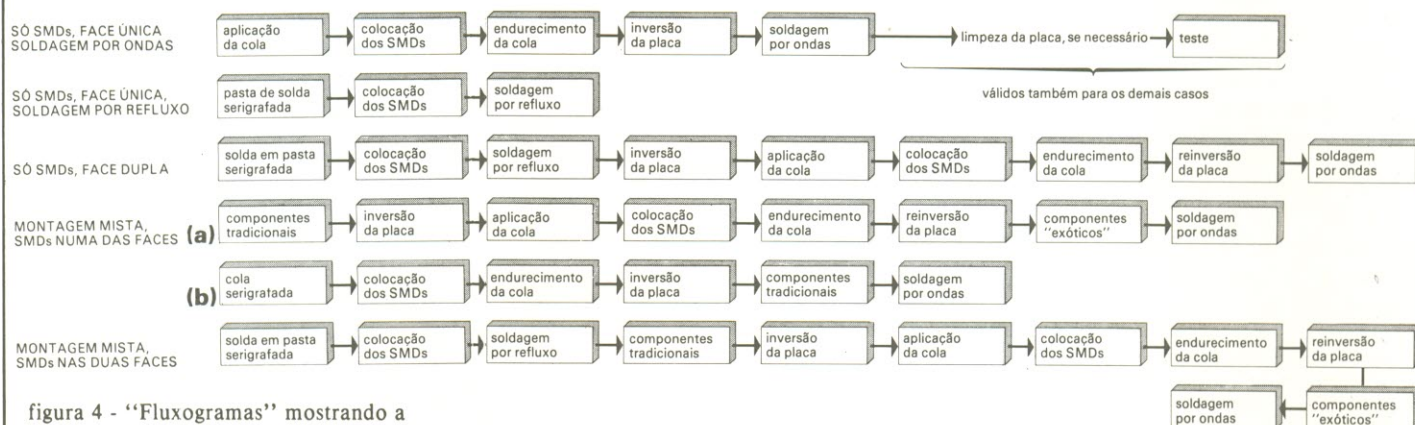


figura 4 - "Fluxogramas" mostrando a sequência de operações efetuada nos vários tipos de montagem contendo SMDs.

Feito isto, a placa pode ser levada ao banho de solda, com os componentes voltados para baixo.

A temperatura desse banho situa-se entre 240 e 260°C e a solda liquefeita forma realmente ondas que entram em contato com a superfície da placa. No caso da montagem em superfície, utiliza-se a modalidade de onda dupla, que melhor atende aos requisitos dessa tecnologia. A primeira onda, mais turbulenta, cria um jato de solda que garante um bom estanhamento de todas as áreas metalizadas, ao passo que a segunda, de formato laminar, remove os excessos de solda (acúmulos e "pontes" entre trilhas).

Optando pela soldagem por refluxo, o adesivo pode ser dispensado, já que uma solda especial, em forma de pasta, é serigrafada nas ilhas de contato; depois de colocado o componente, ela é derretida pela aplicação de calor, sem que a placa tenha que ser virada para baixo. Chamado de "refluxo", esse tratamento térmico pode ser efetuado de várias formas, tal como vapor, gases quentes, infravermelho e até laser.

Vê-se, portanto, que na soldagem por ondas a solda é aplicada durante o processo, enquanto que na de refluxo ela é colocada em uma etapa anterior. Por esse motivo, os pré-requisitos — tais como orientação e configuração dos

componentes, por exemplo — diferem bastante de um método para outro, como veremos mais adiante. A soldagem por refluxo é geralmente reservada para certos integrados SMD que não se adaptam à soldagem por ondas; um bom exemplo são os encapsulamentos PLCC (*plastic leaded chip carriers*), que possuem terminais nos quatro lados.

Técnicas de soldagem nas montagens mistas

Como dissemos anteriormente, por uma série de motivos as montagens do tipo misto (isto é, contendo componentes SMD e tradicionais) ainda vão prevalecer durante algum tempo sobre as que utilizam apenas montagem em superfície. É interessante, por isso, analisar de passagem as soluções encontradas na realização dessas montagens, levando em conta os dois métodos de soldagem que acabamos de ver. Na figura 2, para começar, estão reunidas as diferentes opções atuais de montagem de componentes sobre placas de circuito impresso: no alto, em (a) e (b), estão as versões contendo somente SMDs; as duas seguintes são mistas, com os componentes SMD em uma só face

(c) ou nas duas (d); a última delas também é mista (e), mas separa os componentes que aceitam soldagem por ondas (na face cobrada) daqueles que não podem ser soldados por esse método (na face dos componentes). Note que as versões (b), (d) e (e) exigem placas de face dupla.

As versões mistas menos complexas, que podem ser soldadas apenas por ondas, permitem duas variantes básicas de montagem, representadas na figura 3. Na primeira delas, instala-se antes os componentes convencionais, para depois virar a placa, aplicar a cola e instalar os SMDs; faz-se então o endurecimento da cola e, com a placa novamente na posição original, submete-se o conjunto ao banho de solda. A segunda variante começa instalando os SMDs e passando depois aos componentes tradicionais, com a vantagem de permitir a aplicação da cola pelo método serigráfico; em contrapartida, devido aos SMDs já presentes na placa, é necessário prever algum espaço adicional na mesma, para dar lugar às ferramentas das máquinas de inserção dos componentes convencionais.

A figura 4 sintetiza, sob a forma de "fluxogramas", as diferentes possibilidades de montagem das placas impressas, envolvendo os dois tipos possíveis de componentes e as

duas modalidades de soldagem, com SMDs em uma ou ambas as faces.

Como a soldagem afeta o projeto

Toda técnica de soldagem tem um efeito marcante sobre o *lay-out* do circuito impresso, dando origem a uma série de regras básicas de projeto. Na soldagem por ondas, por exemplo, é empregada uma grande quantidade de solda líquida para atingir todos os pontos de contato desejados. A quantidade de solda, que permanece nesses pontos depois da passagem da onda, vai depender da geometria dos mesmos e de vários parâmetros inerentes ao próprio banho de solda. Um fator de grande importância é a orientação dada aos componentes na placa, como se vê na figura 5; deve-se ter sempre o cuidado de fazer com que todos os terminais fiquem expostos às ondas de solda.

Entre as principais causas de soldas defeituosas nesse processo, podemos destacar:

- A formação de “pontes” de estanho entre pistas e terminais muito próximos;
- Falhas de estanhamento, quando os terminais não têm contato nem mesmo parcial com as ondas de solda;
- Acúmulo de solda, que pode ocorrer devido a uma drenagem insuficiente do estanho; esse fenômeno tende a enrijecer terminais de SMDs que são normalmente flexíveis — o que pode levar à destruição do componente pelas forças de tensão e compressão geradas por variações de temperatura.

Para eliminar as primeiras duas fontes de problemas, é preciso manter no *lay-out* espaçamentos e larguras mínimas, determinadas empiricamente, nas trilhas e ilhas de soldagem. E o acúmulo de solda pode ser evitado estendendo-se as ilhas na direção de deslocamento da placa.

Como neste método os SMDs são fixados à placa por meio de adesivo,

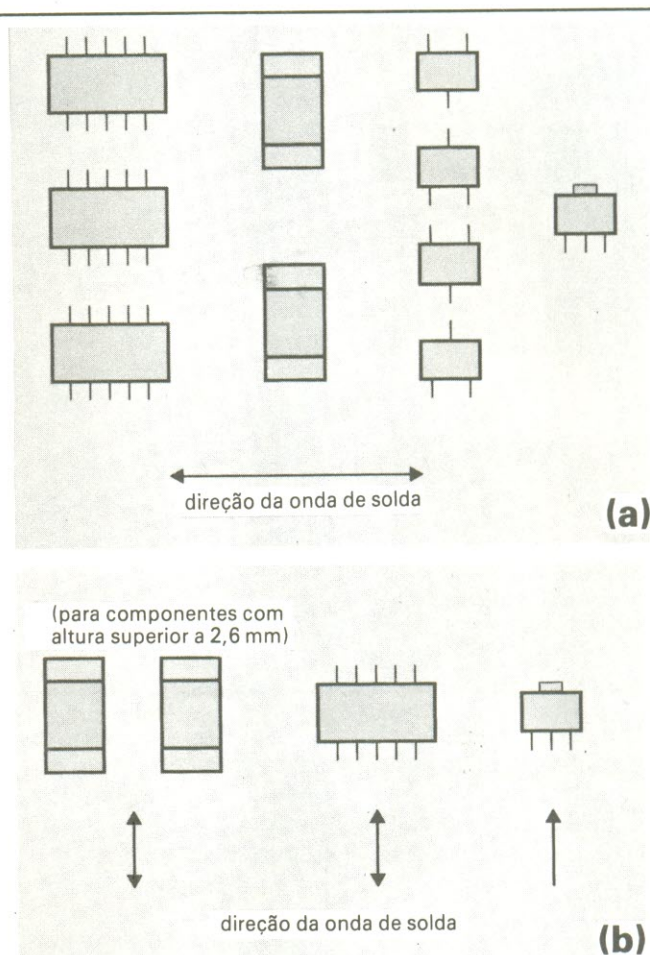


figura 5 - Posicionamento correto (a) e inadequado (b) de certos componentes SMD, no caso de soldagem por ondas.

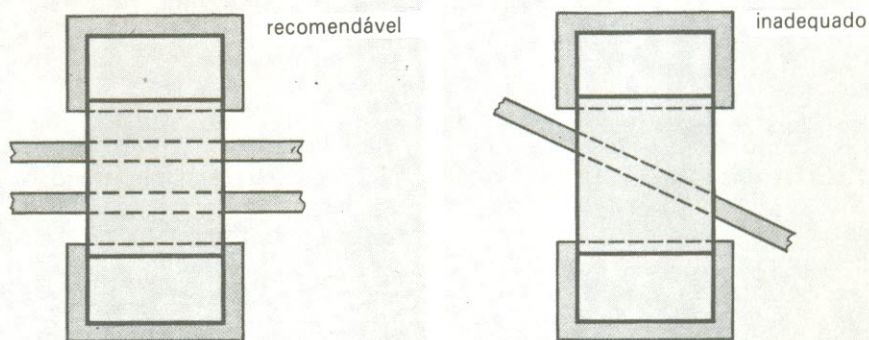
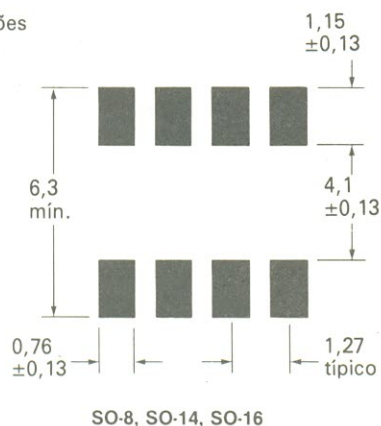
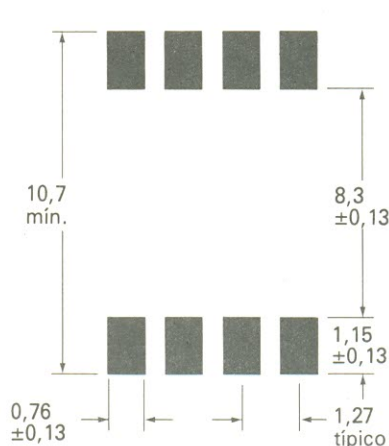


figura 6 - Orientação para o direcionamento de trilhas não revestidas com máscara de solda.

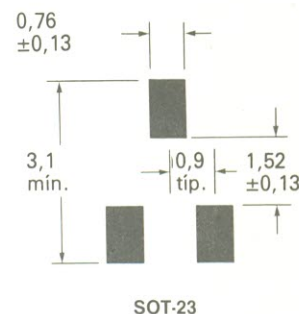
dimensões
em mm



SO-8, SO-14, SO-16



SO-16L, SO-20



SOT-23

figura 7 - Dimensões e distâncias recomendadas para as ilhas de soldagem dos encapsulamentos SO (no caso de soldagem por refluxo; a soldagem por ondas exige valores com mais "folga").

evita-se que eles se desloquem durante a soldagem e as ilhas podem ser relativamente grandes. Mas esta regra só é válida, de modo geral, para os SMDs de dois terminais; os modelos com múltiplos pinos limitam essa "folga" devido ao reduzido espaçamento entre eles (1,27 mm, em geral).

Assim sendo, o contato adequado com a solda é determinado pelas dimensões das ilhas, pela orientação correta dos componentes e por um espaçamento criterioso entre os mesmos. Além disso, as possibilidades de se ampliar ilhas de soldagem e espaçamentos só poderão ser estabelecidas empiricamente, em cada caso — pois dependem das propriedades de estanhamento das próprias ilhas, do formato da onda de solda e também do fluxo aplicado à placa antes da soldagem.

Em contraste com a soldagem por ondas, no sistema por refluxo utiliza-se uma quantidade bem definida de solda, aplicada em forma de pasta diretamente sobre as ilhas, para depois derretê-la por aquecimento. Dessa forma, o problema da formação de "pontes" é drasticamente reduzido e o do estanhamento deficiente, praticamente eliminado.

Deve-se ter em mente, porém, que as regras de projeto podem variar de acordo com o método de refluxo adotado (ou seja, com o tipo de aquecimento da solda). Como orientação genérica, no entanto, pode-se dizer que as ilhas de contato devem ser tão pequenas quanto possível (ao contrário da soldagem por ondas), de modo a evitar que os SMDs desloquem-se da posição correta. De fato, com a técnica do refluxo os componentes são fixados à placa apenas pela pasta de solda, podendo mudar de posição antes que a solda solidifique; as principais causas desse problema costumam ser a tensão superficial da solda e as vibrações da placa.

A tensão superficial da solda, aliás, pode exercer tanto efeitos positivos como negativos sobre o processo de refluxo. Sua influência benéfica é o auto-alinhamento dos componentes sobre a placa, especialmente dos mais leves; pode-se obter esse efeito submetendo a placa a uma vibração controlada. Por outro lado, ela tende a deslocar os SMDs de sua posição original, em especial aqueles com poucos terminais, apoiados sobre ilhas desiguais ou com quantidades desiguais de solda.

Existem muitas outras regras para o projeto de placas em SMT; tantas, na verdade, que é humanamente impossível reuni-las aqui, numa série introdutória, de cunho informativo. As figuras 6 e 7 ilustram duas delas, entre o que há de mais básico nessa área; as demais deverão ser procuradas na vasta literatura fornecida pelos fabricantes de SMDs e de máquinas específicas para sua montagem — até porque tais regras variam de acordo com uns e outras (veja a bibliografia, no final do artigo).

Automatizando a montagem

Como já comentamos, os componentes de montagem em superfície são especialmente adequados à inserção automática na placa, já que eles ficam simplesmente apoiados sobre ela. A figura 8 ilustra de forma esquematizada os três sistemas principais de montagem de SMDs, começando pelo manual, que emprega um simples manipulador com um bocal a vácuo em uma de suas extremidades. O equipamento se torna necessário porque os SMDs

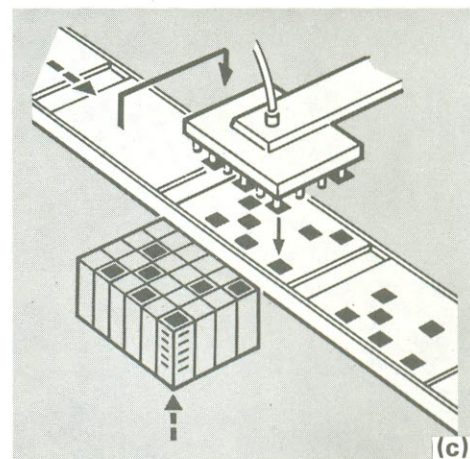
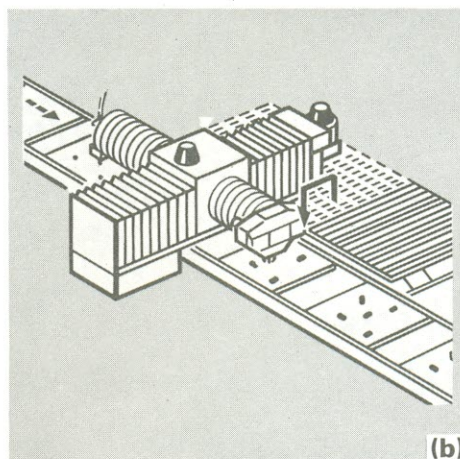
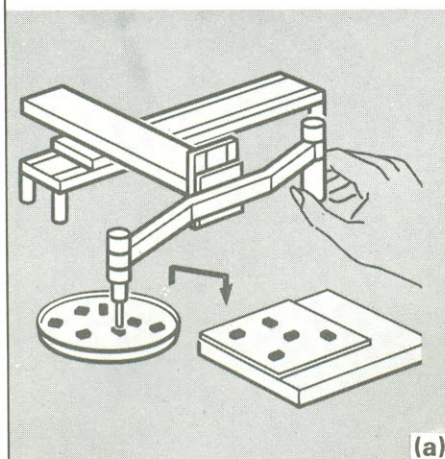


figura 8 - Os três métodos básicos de posicionamento dos SMDs: manual (a), sequencial (b) e simultâneo (c).

menores não podem ser manipulados sem alguma espécie de ferramenta. Portanto, o tempo de colocação por componente é maior, se comparada com os dos componentes tradicionais, assim como a taxa de erros por placa; a conclusão óbvia é a de que o método manual deixa muito a desejar, em termos econômicos.

Assim, os métodos realmente adotados pela indústria são aqueles representados em (b) e (c), na figura 8. O primeiro é chamado de *sequencial* (*pick-and-place*, em inglês) e o segundo, de *simultâneo*. Na montagem sequencial, os componentes são apanhados um a um pela máquina e instalados em seus devidos lugares, na placa. É a opção mais indicada para lotes pequenos e médios de SMDs, oferecendo grande flexibilidade, excelente precisão de posicionamento e a possibilidade de checar a "identidade" dos componentes durante o processo de montagem. Outra vantagem desse método é a boa versatilidade de programação, que permite redirecionar os movimentos facilmente, a cada mudança no lote de componentes e nas placas.

Já o objetivo da montagem simultânea consiste em instalar o maior número possível de componentes em uma única

operação. Em princípio, porém, apenas os elementos cúbicos e cilíndricos prestam-se a esse tipo de montagem — ficando de fora, portanto, todos os SOs, SOTs e DIPs. É fácil deduzir que ela se destina a grandes lotes de componentes, que compensem a pouca flexibilidade de reprogramação dos movimentos. Além disso, os componentes devem ser fornecidos em caixas de empilhamento vertical e essas caixas devem ficar dispostas, ao lado do equipamento, na mesma distribuição dos componentes na placa. A cabeça posicionadora, então, apanha todos os componentes de uma vez, através de vários bocais a vácuo, que também devem corresponder à disposição feita na placa.

Não existe, infelizmente, uma receita pronta para ser oferecida, na hora de escolher entre essas duas alternativas. A solução mais econômica vai depender de uma série de variáveis, tais como tamanho dos lotes de componentes, tipos de componentes usados, projeto da placa, variedades de SMDs e muitas outras. Existem ainda outros fatores difíceis de quantificar, como confiabilidade de posicionamento, flexibilidade do sistema e, principalmente, universalidade da gama de componentes utilizados. Em casos

específicos, pode-se até combinar as duas modalidades de montagem.

Um exemplo de equipamento do tipo sequencial pode ser visto na figura 9. Trata-se do sistema MS-72, comercializado pela Siemens, adequado à montagem de todo tipo de SMD, em qualquer modalidade de embalagem. Por ser automático, o equipamento exige controle por computador — no caso, uma CPU com 512 kbytes de memória e duas unidades de disquetes. Segundo a empresa, a máquina é de fácil programação, pois não exige conhecimento de linguagens de alto nível: todo o processo é efetuado com linguagem natural, sob a forma de diálogos. Além disso, ela permite interconexão com sistemas CAD/CAM, através de uma interface RS-232.

Bibliografia

- *An Introduction to Surface Mounting* — Dr. Otmar Hintringer e Werner Maiwald, Siemens Aktiengesellschaft, Divisão de Componentes.
- *PCB Layout Recommendations* — Werner Maiwald, Siemens Aktiengesellschaft, Divisão de Componentes.
- *SMD Automatic Placement System MS-72* — Siemens Aktiengesellschaft.
- *Surface Mount Technology Notebook* — National Semiconductors

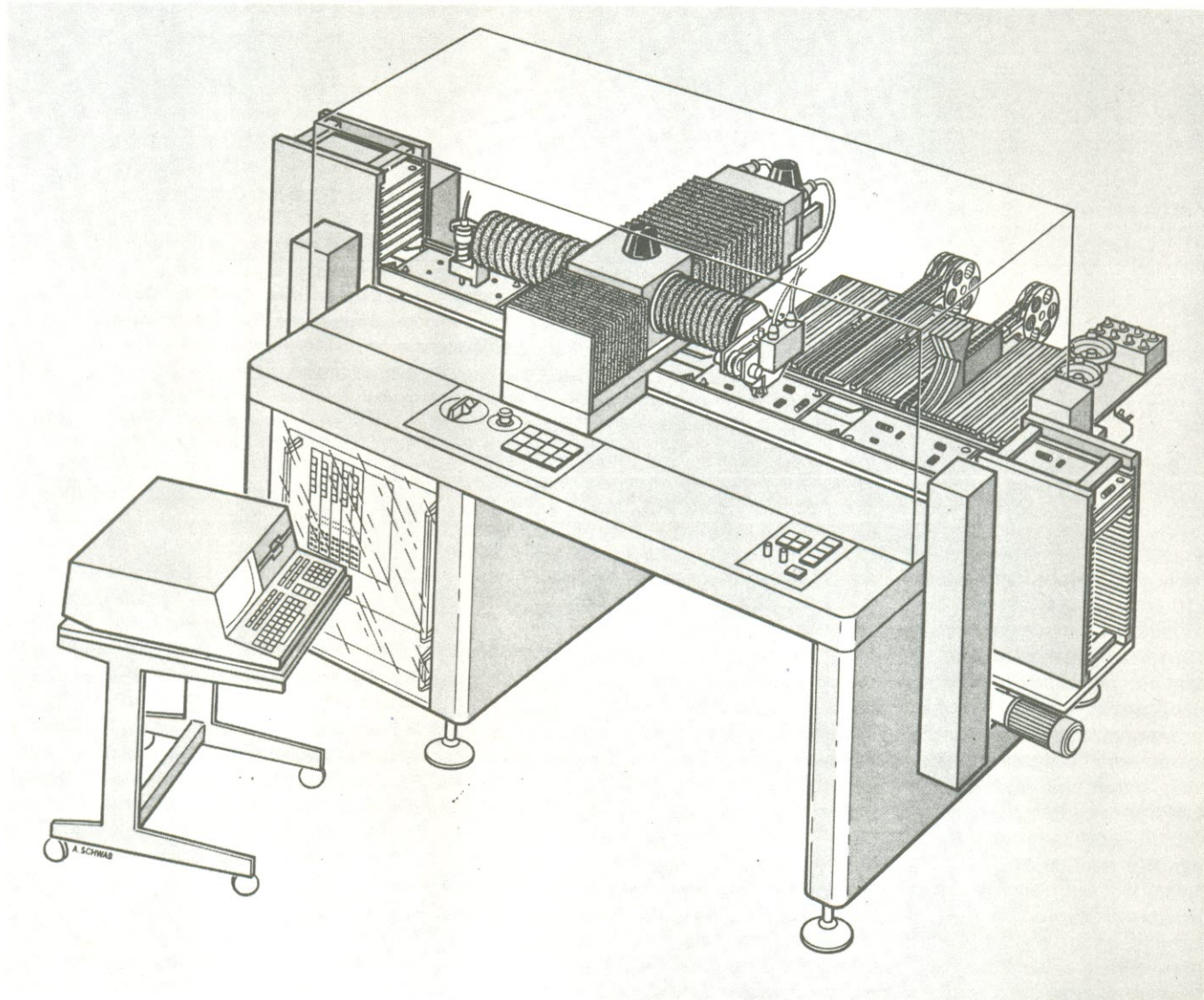


figura 9 - Visão de conjunto do sistema de posicionamento sequencial MS-72, oferecido pela Siemens.

CIRCUITOS ELETRÔNICOS MSX

Programas para análise e projetos

Raul M. P. Friedmann
Editora Aleph

Partindo da premissa que muitos usuários dos micros MSX devem ter a eletrônica como trabalho ou interesse paralelo, justifica-se não só o lançamento deste livro, mas de vários outros na mesma linha. De fato, num país em que quase não se edita mais livros sobre eletrônica para dar lugar aos de informática (leia-se *software*), é animador constatar o que parece ser um sinal de reversão dessa tendência; de fato, em qualquer país civilizado essas duas áreas não são consideradas mutuamente excludentes.

Para melhor resumir os objetivos da obra, vamos passar a palavra ao autor: "A finalidade deste livro consiste em fornecer ferramentas para processamento de dados e obtenção de gráficos relativos aos diversos assuntos abordados, os quais são apenas citados ou exemplificados nos livros que normalmente tratam do assunto. A utilização do computador, em conjunto com *software* adequado, permite computar valores e obter gráficos que seriam inviáveis ou extremamente trabalhosos de outra forma, devido ao volume e complexidade dos cálculos necessários" (prefácio, página 9).

Em suma, os programas contidos no livro praticamente convertem o micro em uma poderosa calculadora programável, com bons recursos gráficos e a vantagem adicional de um visor e uma memória de dimensões bem maiores. Dividido em cinco

capítulos, ele começa e termina abordando temas mais prosaicos, que nos parecem dirigidos especificamente para iniciantes: multivibradores com o 555 e amplificadores básicos, respectivamente. Os três capítulos intermediários, porém, atingem um espectro mais amplo de leitores e permitem explorar melhor as possibilidades da linha MSX. São todos dedicados à análise gráfica, em primeiro lugar de funções, seguidas pela série trigonométrica de Fourier e, por fim, pelos diagramas de Bode.

Cada capítulo traz o resumo da teoria (essencial para dispensar consultas a outros livros, como referência), o programa ou programas necessários e uma série de exercícios resolvidos e propostos — estes acompanhados

de suas respostas. Certos programas possuem recursos que pouco ou nunca são encontrados, tal como o uso de escalas logarítmicas na análise de funções ou o acesso às coordenadas de cada um dos pontos que definem os gráficos obtidos.

Embora os profissionais de eletrônica possam tirar bom proveito do livro, ele nos parece excepcionalmente útil como ferramenta pedagógica, tanto para professores como para alunos avançados de cursos técnicos. Fazemos votos apenas para que outros como esse sejam editados, formando uma verdadeira biblioteca de cálculos de eletrônica apoiados por computador.



Linguagem assembly para IBM-PC

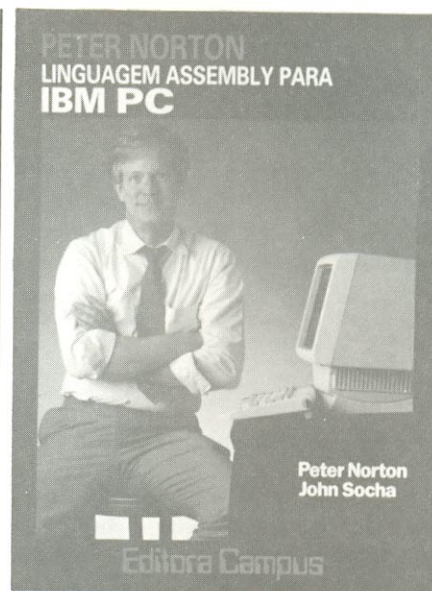
Peter Norton e John Socha
Editora Campus

Este livro pode ser considerado essencial para todos os que possuem um IBM PC e desejam explorar ao máximo suas potencialidades. Além de ensinar, de forma acessível, como dominar a linguagem de máquina desses micros, ele foi escrito por uma das maiores autoridades no assunto: Peter Norton, autor de vários programas e livros voltados para a linha PC.

Ele permite escrever programas completos em *assembler*, tais como editores de texto, utilitários, etc. No meio do caminho, vai ensinar também muitas técnicas usadas pelos programadores profissionais para simplificar seu

trabalho. Está incluído ainda um projeto modular e refinamentos sucessivos, que poderão ajudar a criar programas mais legíveis e confiáveis.

Peter Norton também justifica o uso dessa linguagem em programação. Como os programas escritos em *assembler* constituem, segundo ele, o "coração" dos PCs e seus compatíveis, uma espécie de denominador comum de todas as linguagens de alto nível, dominá-los significa também entender o próprio microprocessador 8088. Além disso, tais programas costumam ser menores e mais rápidos que os de qualquer outra linguagem, sem falar que ajudam a compreender várias características de outros tipos de programas e das linguagens de alto nível.



mercado

Sistema para integrar micros a terminais

Um novo recurso, que permite explorar ao máximo a capacidade de microcomputadores XT e AT, está sendo lançado pela Microlínea Integração de Sistemas. Batizado de NET-MT, com desenvolvimento da Microbase Informática, a partir do sistema operacional NET 16 MB, o novo sistema liga terminais aos micros, possibilitando a execução simultânea de várias tarefas. Nessas condições, o modelo XT pode ser ampliado através de três terminais, somando 4 estações de trabalho, enquanto o AT opera com até quatro terminais.

Segundo explica Octaviano Galvão, diretor da Microlínea, a principal vantagem do NET-MT é sua flexibilidade, que permite operar qualquer linguagem

desenvolvida para sistemas multiterminais. Quanto aos custos, ele afirma estarem bem abaixo do total necessário para a implantação de uma rede de microcomputadores. O sistema é compatível com sistemas operacionais do padrão Turbo DOS-86, CP/M-86, PC/M-80 e MS-DOS 3.3 (este com algumas funções restritas à estação principal). No tocante à capacidade de memória, o *software* é capaz de gerenciar até 16 discos de 1 GB e foi concebido para atender até oito impressoras.

Galvão lembra que o lançamento de um produto multiterminal, multiprogramação e multitarefa como esse é muito oportuno, especialmente para pequenas e médias empresas, que a partir de agora têm a chance de otimizar seus equipamentos e estendê-los a outras áreas de suas instalações. Ele poderá ser vendido isoladamente, como *software*, ou

em conjunto com terminais NET-TV, compatível com os padrões IBM e também integrados pela Microlínea.



Quadro copiador da Nashua

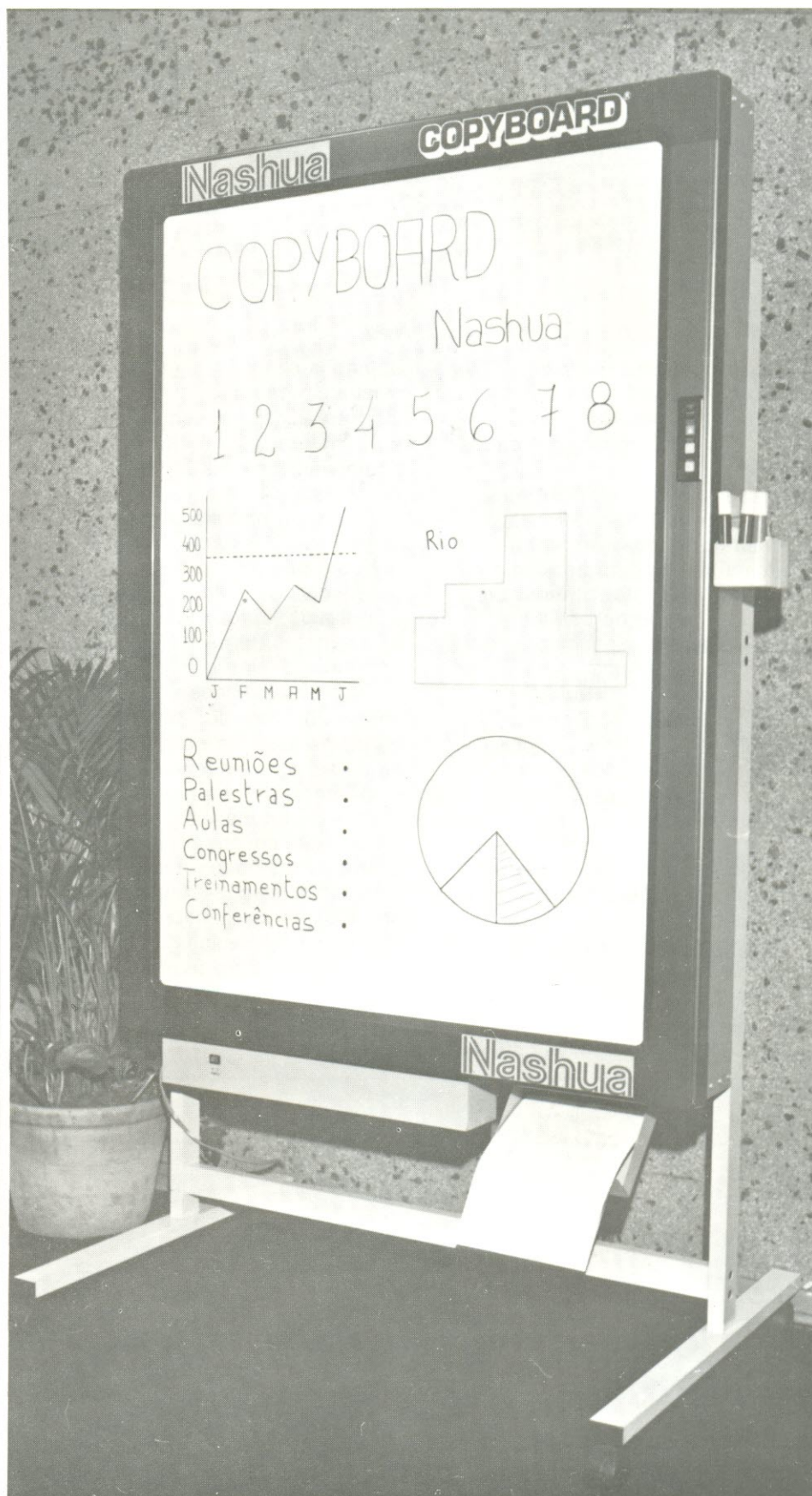
O *Copyboard* é um quadro branco, auto-copiável, desenvolvido especialmente para reuniões, seminários e salas de aula. Tudo o que nele é escrito com uma caneta especial pode ser copiado em formato reduzido — podendo substituir assim os quadros negros ou brancos tradicionais com vantagens.

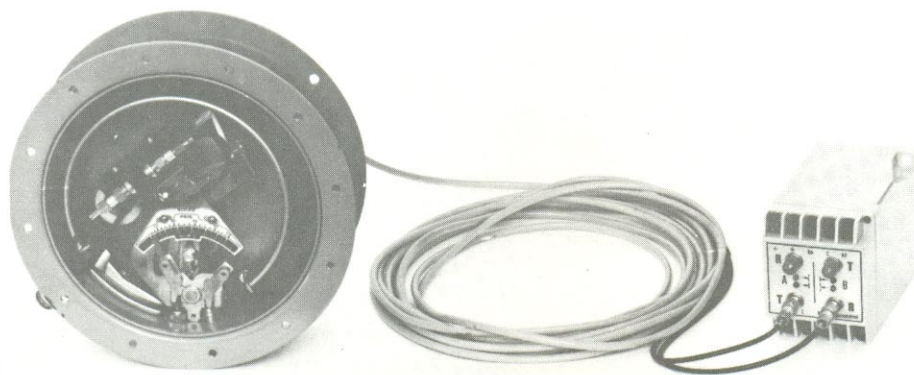
Com o acionamento de um simples botão, toda a sua superfície é reproduzida numa folha de papel térmico (o mesmo utilizado em fac-símiles) de tamanho A4. Essa cópia reduzida funciona então como matriz para outras, que podem ser feitas em copiadoras comuns e distribuídas entre as pessoas presentes.

A superfície das duas telas do *Copyboard* é reticulada, facilitando o trabalho do expositor ou professor, pois permite traçar gráficos ou desenhos com mais desenvoltura; as reproduções são feitas com fundo branco, sem retícula. Outra vantagem das telas é seu avanço automático, que acompanha a altura desejada da escrita, para maior comodidade do expositor.

O quadro vem montado sobre um cavalete com rodízios, para facilitar seu deslocamento e orientação. Quando às telas, com dimensões de 127 x 88 cm, têm altura regulável, possibilitando uma visualização ideal pelos participantes.

A Nashua já está comercializando seu *Copyboard* em todo o território nacional, através de suas filiais e representantes; como nos demais produtos de sua fabricação, oferece também suprimentos e assistência técnica permanente.





Fibras óticas no controle industrial

Restritas quase que exclusivamente à telefonia, as fibras óticas passaram a ser aplicadas também no controle de processos industriais. É o que oferece a IFF Bristol Controles, Instrumentos e Sistemas, através de sua nova linha *Optocontrol*. O sistema é composto basicamente por um transceptor, uma chave ótica e um cabo de fibras óticas, além do sensor específico e uma interface eletro-ótica.

Segundo Anatol Hotimsky, diretor comercial da empresa, a tecnologia optoeletrônica pode ser aplicada na medição de quase todos os fenômenos físicos decorrentes da produção industrial, tais como pressão, vazão, temperatura, aceleração, corrente e campo magnético, entre outros. Ele enumera as vantagens dessa tecnologia: redução global do peso das instalações, já que os cabos óticos não requerem eletrodutos pesados para sua proteção; possibilidade de instalação ao lado

de cabos elétricos, uma vez que o sinal luminoso não sofre interferências; e ausência total de faiscamento, garantindo assim equipamentos mais seguros e dispensando invólucros de proteção ou barreiras de segurança.

Numa primeira fase, foram desenvolvidos instrumentos do tipo liga-desliga, apropriados para pressostatos, termostatos, chaves de nível e de vazão. Mas existe ainda a possibilidade de implementá-los, por exemplo, em botoeiras para motores, chaves fim de curso, chaves de vibração e interfaces para controladores lógicos programáveis. Dependendo do tipo de sensor adotado, esses instrumentos podem ter as mais variadas aplicações, tais como processamento químico ou petroquímico, cabines de pintura, manuseio e estocagem de grãos, mineração e plataformas marítimas.

Finalmente saiu!

AMPLIFICADORES OPERACIONAIS
E FILTROS ATIVOS

por Antonio Pertence Jr

Este livro se destina a todos aqueles que trabalham com eletrônica nas mais diversas áreas, tais como: Eletrônica Industrial, Instrumentação, Telecomunicações, Bioeletrônica, Controle e Servomecanismos, etc.

Trata-se de um texto prático e objetivo sobre as aplicações e projetos com Amplificadores Operacionais.

Completando o trabalho, são apresentadas experiências práticas para serem realizadas pelos leitores ou estudantes.

MANUAIS

SMALL-SIGNAL SEMICONDUCTORS - 1987 - Motorola
CMOS LOGIC DATA - 1988 - Motorola
CMOS/NMOS SPECIAL FUNCTIONS DATA - 1986 - Motorola

THYRISTOR DEVICE DATA - 1985 - Motorola
RF DEVICE DATA - 1986 - Motorola
LINEAR APPLICATIONS DATABOOK - 1986 - National
ALS/AS LOGIC DATA BOOK - 1987 - National
INTERFACE DATABOOK - 1986 - National
Book IC08 - ECL 10K and 100K Logic Families - 1986 - Philips

Book IC10 - Memories MOS, TTL, ECL - 1986 - Philips
Book IC11 - Linear Products - 1988 - Philips
Book IC14 - Microprocessors, Microcontroller and Peripherals Bipolar, MOS - 1987 - Philips
Book IC15 - FAST TTL Logic Series - 1986 - Philips
Book S3 - Small-Signal Transistors - 1988 - Philips
Book S5 - Small-Signal Field-Effect Transistors - 1988 - Philips

Book S6 - RF Power Transistors and Modules - 1986 - Philips

Book S8a - Light-Emitting Diodes - 1986 - Philips
Book S9 - Power MOS Transistors - 1988 - Philips
Book S10 - Wideband Transistors and Hybrids - 1987 - Philips

DESIGNER'S GUIDE HIGH-SPEED CMOS - 1986 - Philips
SYSTEM CELL - DESIGN MANUAL CELL LIBRARY - 1987 - Philips

HIGH-SPEED DATA PRODUCTS IC HANDBOOK - 1987 - Plessey

BIPOLAR POWER DEVICES - 1986 - RCA
PRESSURE SENSOR HANDBOOK - 1987 - Sensym
PROGRAMMABLE LOGIC DATA MANUAL - 1986 - Signetics

BIPOLAR LSI DATA MANUAL - 1986 - Signetics
ALS/AS LOGIC DATA BOOK - 1986 - Texas
LSI LOGIC DATA BOOK - 1986 - Texas
2um CMOS STANDARD CELL DATA BOOK - 1986 - Texas
LINEAR CIRCUITS DATA BOOK - 1984 - Texas
POWER PRODUCTS DATA BOOK - 1985 - Texas
MOS MEMORY DATA BOOK - 1986 - Texas

ELETRÔNICA DE POTÊNCIA/FONTES DE ALIMENTAÇÃO

POWER CONTROL WITH SOLID-STATE DEVICES - Gottlieb

IC VOLTAGE REGULATOR SOURCEBOOK WITH EXPERIMENTS - Martin

44 POWER SUPPLIES FOR YOUR ELECTRONIC PROJECTS - Traister/Mayo

HIGH-FREQUENCY SWITCHING POWER SUPPLIES - THEORY & DESIGN - Chrystis

POWER SEMICONDUCTOR CIRCUITS - Dewan/Straughen

SWITCH-MODE POWER SUPPLY DESIGN - Chetty

POWER SEMICONDUCTOR DRIVES - Dewan/Siemon

THYRISTOR DC DRIVES - Sen

PRACTICAL POWER-CONTROL TECHNIQUES - Gottlieb

PRINCIPLES OF SOLID-STATE POWER CONVERSION - Tarter

THYRISTOR DESIGN AND REALIZATION - Taylor

ELECTRONICA DE POTENCIA - Séguier

SOLID STATE INDUSTRIAL ELECTRONICS - Pearson

DESIGNING WITH FIELD-EFFECT TRANSISTORS - Siliconix

CONSULTE-NOS, TEMOS SEMPRE TÍTULOS NOVOS
PUBLICADOS POR EDITORES NACIONAIS OU
ESTRANGEIROS.

Atendemos pelo Reembolso Postal e VARIG, com despesas por conta do cliente, para pedidos acima de Cz\$ 500,00 (VARIG: Cz\$ 1.000,00). Pedidos menores devem vir acompanhados por cheque nominal ou Vale Postal, acrescidos de Cz\$ 50,00 para as despesas de despacho pelo Correio.

SOLICITE
CATÁLOGO

LITEC

LIVRARIA EDITORA TÉCNICA LTDA
Rua dos Timbiras, 257 01208 São Paulo - SP
Telefone: (011) 222-0477 Caixa Postal 30.869

ESTE ESPAÇO PODERIA SER
OCUPADO PELA SUA EMPRESA

PUBLICIDADE fone: 241-0833

PC TELEX

Adquirindo um computador PHEGASUS, o usuário ganha grátis um super sofisticado aparelho de telex, graças ao regime de trabalho paralelo e simultâneo entre a linha de telex e os demais aplicativos de software. A impressora tipo EPSON de 80 colunas, 100 CPS, que faz parte do PHEGASUS é equipada com rolo que possibilita trabalhar tanto com papel sulfite, quanto com os formulários contínuos ou as bobinas de telex até 3 cópias. Se alguma mensagem por telex chegar durante a execução de algum aplicativo de software, todo o conteúdo será gravado no disco e o usuário será avisado sobre isso com o aparecimento de uma bandeirinha no vídeo. Querendo conhecer o conteúdo da mensagem, o usuário pode ver o texto no vídeo, ou imprimir na impressora. O PC-TELEX na versão PHEGASUS, oferece para o seu futuro usuário a vantagem de ser pequeno, com um visual bastante arrojado que ajuda a compor um ambiente lindo e agradável, dentro de qualquer escritório. Contando com as vantagens de ser também um computador, o PHEGASUS, oferece todas as vantagens de um bom editor de texto (tipo Carta Certa, Wordstar, etc.), de poder produzir as mensagens personalizadas e poder também programar o envio das mensagens, conforme o tempo livre ou a linha de telex livre. O teclado possui todos os caracteres da língua portuguesa com a devida acentuação e tem todas as características de um teclado PC ergonômico. O PHEGASUS é equipado com um sistema opcional "No Break" para garantir o seu ininterrupto funcionamento. Enfim, por preço de um computador normal, o usuário ganha de graça um aparelho de telex e vice-versa.

Algumas das características técnicas:

- Monitor de Vídeo de 9 polegadas.
- Impressora de 80 colunas matricial.
- Fonte de alimentação de 196 watts de potência, fornecendo saídas de tensão com: +5 volts, -5 volts, +12 volts e -12 volts.
- C.P.U. de 16 Bits de arquitetura INTEL 8088.
- 8 SLOTS para interfaces.
- 640 Kbytes de Memória RAM.
- 8 Kbytes de possíveis expansões de memória EPROM.



 **ATS**
TECNOLOGIA

ATS - Tecnologia Indústria e Comércio Ltda.

Pça. Joaquim Roberto, 30 - CEP 05423 - Fone: (011) 210-3719

Telex: 1138571 - APLS - Pinheiros - São Paulo - SP.

Santa Ifigênia a Rua que virou Shopping



*Onde Você Encontra
Tudo em Material
Elétrico, Eletrônico,
Som, Telefonia e
Informática*