

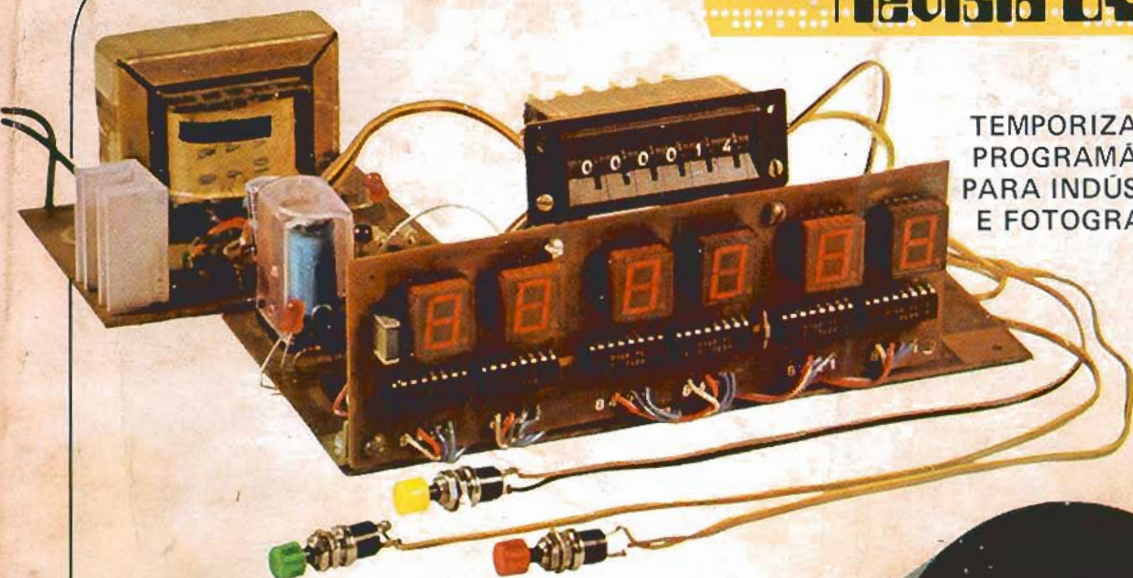
# NOVA ELETRONICA

Nº1 - FEVEREIRO 77

COM SUPLEMENTO

**Revista BYTE**

TEMPORIZADOR  
PROGRAMÁVEL  
PARA INDÚSTRIA  
E FOTOGRAFIA



- SUSTAINER PARA GUITARRAS
- BIO-REALIMENTAÇÃO
- SIRENE ELETRÔNICA

"CONTA-GIROS  
DIGITAL"  
PARA MONTAR  
E COLOCÁ-LO  
EM SEU CARRO



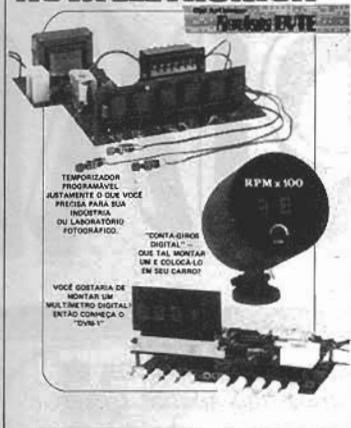
VOCÊ GOSTARIA DE  
MONTAR UM  
MULTÍMETRO DIGITAL?  
ENTÃO CONHEÇA O  
"DVM-1"



**CURSO**

CURSO DE  
PROGRAMAÇÃO DE  
MICROCOMPUTADORES

# NOVA ELETRÔNICA



**NOVA ELETRÔNICA**  
é uma publicação de  
propriedade de  
**EDITELE — Editora Técnica  
Eletrônica Ltda.**

Diretor Responsável:  
**LEONARDO BELLONZI**  
Diretor Superintendente:  
**LEONARDO BELLONZI**  
Coordenador Técnico:  
**ENGº JULIANO BARSALI**  
Coordenador de Produção:  
**ALEXANDRE V. MARTINS**  
Arte e Fotografias:  
**SERGIO OLIVELLA**  
Consultoria Técnica:  
**LEONARDO BELLONZI**  
**JOSEPH E. BLUMENFELD**  
**JULIANO BARSALI**  
**CLÁUDIO CÉSAR**  
**DIAS BAPTISTA**  
**GERALDO COEN**  
Serviços Gráficos:  
**CIA. LITHOGRAPHICA**  
**YPIRANGA**  
R. Cadete, 209

Distribuição Nacional:  
**ABRIL S.A.**  
**CULTURAL E INDUSTRIAL**

Redação, Administração e Publicidade: Rua Aurora, 171 — 2º and. — Cj. 5 — Salas 2 e 3.  
**TODA A CORRESPONDÊNCIA DEVE SER EXCLUSIVAMENTE ENDEREÇADA A NOVA ELETRÔNICA — C. POSTAL 30 141 — 01000 — S. Paulo — SP.**

# NOVA ELETRÔNICA

## SUMÁRIO

**5 APLICAÇÕES DO MOS EM POTÊNCIAS ELE- VADAS (V-MOS)**

**12 A BIO-REALIMENTA- ÇÃO**

**16 CURSO DE PROGRA- MAÇÃO DE MICRO- COMPUTADORES**

**23 UM TACÔMETRO DI- GITAL DE PRECISÃO**



**28 ÁUDIO E SONS DIFE- RENTES NOS CON- JUNTOS MUSICAIS**

**38 O SUSTAINER**

**48 TEMPORIZADOR PRO- GRAMÁVEL**



**57 "BARGRAPH"**

**67 UMA SIRENE ELE- TRÔNICA**



**69 AMPLIFICADORES DE ÁUDIO DE 20 A 60 WATTS USANDO TRANSISTORES DAR- LINGTON COMPLEMEN- TARES**

Todos os direitos reservados; proíbe-se a reprodução parcial ou total dos textos e ilustrações desta publicação, assim como traduções e adaptações, sob pena das sanções estabelecidas em lei. Os artigos publicados são de inteira responsabilidade dos seus autores. É vedado o emprego dos circuitos em caráter industrial ou comercial, salvo com expressa autorização escrita dos Editores; apenas é permitida a realização para aplicação didática ou científica. Não assumimos nenhuma responsabilidade pelo uso dos circuitos descritos e se os mesmos fazem parte de patentes. Em virtude de variações de qualidade e condição dos componentes, os Editores não se responsabilizam pelo não funcionamento ou desempenho deficiente dos dispositivos montados pelos leitores. Não se obriga a Revista, nem seus Editores, a nenhum tipo de assistência técnica nem comercial; os protótipos são minuciosamente provados em laboratório próprio antes de suas publicações. **NÚMEROS ATRASADOS:** preço da última edição à venda, por intermédio de seu jornaleiro, no Distribuidor ABRIL de sua cidade ou na Editora; não remetemos pelo reembolso, sendo que os pedidos deverão ser acompanhados de cheque visado pagável em S. Paulo, mais o frete registrado de superfície ou aéreo, em nome de EDITELE — Editora Técnica Eletrônica Ltda. Temos em estoque somente as últimas seis edições.



# EDITORIAL

*O lançamento desta Revista foi precedido de planejamento e contactos de nível internacional durante mais de um ano. Pretendíamos não apenas trazer ao público interessado ou profissional em eletrônica um novo subsídio de consultas e desenvolvimento de seus conhecimentos, mas algo mais e que sempre sentimos faltar.*

*Não se trata, como de imediato possa parecer, de "mais uma revista". A literatura técnica é necessária e indispensável em qualquer ramo de atividade; nada se pode desenvolver quando não existe disponibilidade de fontes de consulta, teorias, aplicações práticas. Imbuídos de tal pensamento e procurando preencher a lacuna de uma publicação de bom nível, que atingisse todos os escalões de especialidades e conhecimentos no setor da eletrônica sem, contudo, fugir às limitações dos interesses e conhecimentos dos militantes em cada um desses escalões, é que decidimos fazer esta revista.*

*O desenvolvimento da eletrônica é alucinante. Diariamente surgem novas técnicas, novos conceitos, novos componentes. O técnico e o projetista são obrigados a uma constante atualização. A quantidade de novos componentes é impressionante. Todos os pesquisadores trabalham incessantemente na busca de maior miniaturização, melhor desempenho e redução de custos. É imprevisível o caminho da Ciência Eletrônica: a tremenda novidade de hoje é superada em curtíssimo espaço de tempo.*

*Apresentamos aos profissionais e amantes da eletrônica uma publicação diferente sob todos os aspectos. Dizemos diferente no melhor dos sentidos. Pesquisas por nós feitas mostraram-nos a avidez pelo novo. Essa é uma de nossas metas.*

*Diariamente recebemos dos mais renomados fabricantes, laboratórios e distribuidores de todo o mundo, notícias, características, exemplos de aplicações práticas e amostras de novos componentes. Nossa bibliografia é das mais completas, ricas e atuais no que tange a material cuja divulgação precisa ser feita a todos e não a uma minoria privilegiada.*

*Não pretendemos, apenas, divulgar teorias; é muito importante dar a conhecer o lado prático, a aplicação funcional. Para isso possuímos um laboratório humano e materialmente bem equipado. Nele são desenvolvidos, submetidos às mais variadas e completas provas o que publicamos com sentido prático e que certamente o leitor irá querer montar. De uma coisa pode haver certeza: os protótipos foram por nós ou por nossos colaboradores montados e provados com componentes existentes no mercado nacional; após essa fase é que são publicados, coisa que não é muito comum. Isso somente*

*dá ao leitor uma certeza e confiabilidade que ele se habituou a não ter. As fotografias que fartamente irão ilustrar nossos artigos documentarão tal afirmativa.*

*Eis a grande novidade, inédita entre nós e que certamente irá agradar: é nossa intenção ter, sob a forma de "kit", o material para que o leitor possa executar com sucesso a parte prática de nossos artigos. Evidentemente, respeitada a complexibilidade maior ou menor dos mesmos, teremos não só todos os componentes necessários como também as placas de fiação impressa e mesmo as caixas apropriadas que darão um acabamento bem profissional ao dispositivo. O leitor deverá prestar atenção aos anúncios e às notícias complementares inseridas no mesmo número ou nos números subseqüentes.*

*Por outro lado, serão encontrados, nas páginas de nossa Revista cursos de grande interesse. Neste número iniciamos o de "Programação de Microcomputadores". Tais cursos não se limitarão, apenas, à enfadonha mas indispensável matéria teórica; sempre terão a parte prática, a qual, para maior facilidade, porá à disposição de todos os "kits" de componentes e materiais requeridos para um perfeito aprendizado prático.*

*Preocupar-nos-emos com a publicação de características, tecnologia e aplicações de componentes comuns e os mais recentes lançados no mercado mundial.*

*Isso tudo faremos com uma apresentação gráfica inigualável na América Latina, o que pode ser comprovado já neste primeiro número.*

*Sobre a empresa que distribue a nossa Revista, só seu nome dispensa qualquer comentário. Sua organização impecável é a melhor garantia de que a distribuição por todo o Território Nacional jamais deixará aos leitores a dúvida na continuidade da aquisição de nossos números.*

*As páginas de NOVA ELETRÔNICA são de todos: dos que lidam na "mais alta eletrônica" até aos simples curiosos; dos estudantes; dos técnicos de todos os níveis; dos amadores e profissionais; enfim, de todos os que já se encontram envolvidos pela Ciência Eletrônica ou que pretendem adentrá-la.*

*Acreditamos que, de mãos dadas e na maior das confraternizações com as demais publicações nacionais existentes, poderemos colaborar de forma marcante para o desenvolvimento daquela Ciência no Brasil. Trabalhamos com o pensamento voltado para o leitor, para aquele que lê revistas importadas e fica na expectativa do material para aplicar na solução de seu problema pessoal ou de sua empresa e para aquele que deseja montar um dispositivo funcional com o qual pretenda impressionar amigos ou familiares.*



# EDITORIAL

*Todo nosso planejamento foi feito para que, em cada número, o leitor sempre encontre coisas úteis, de aplicação o mais imediata possível e dentro da maior atualidade, procurando facilitar a execução prática através de "kits" e componentes avulsos.*

*Não pretendemos, jamais, parar no espaço e no tempo, ufanantes com sucessos colhidos. Lutaremos para caminhar ao lado — e quiçá à frente — das melhores publicações congêneres do estrangeiro, as quais recebemos logo após suas saídas a público e mesmo muito antes de terem chegado ao Brasil, quando para cá vêm.*

*As constantes e periódicas viagens de nossos Diretores aos Estados Unidos e Europa garantem o suprimento de matéria atual. Isso é um fato muito importante, pois que, nessas viagens, vão visitar fabricantes e laboratórios de renome, dos quais trazem as mais recentes novidades e técnicas. Isso tudo só poderá beneficiar os leitores, que terão em nossa Revista o campo mais vasto e a mais perfeita atualização.*

*Estamos à inteira disposição de todos aqueles que, desenvolvendo um projeto original ou inédito, bem como os que tenham aperfeiçoado ou criado uma tecnologia, queiram tornar seu trabalho conhecido pelo público; bastará submeter seus planos e a exequibilidade dos mesmos à nossa apreciação para possível aproveitamento, recebendo em troca o mais amplo e imprescindível apoio.*

*De uma forma democrática, aceitamos todas as críticas e sugestões que merecerão nossa melhor atenção; sendo razoáveis, possíveis de executar e atendendo à maioria, serão imediatamente postas em prática. É claro que não é fácil, de forma alguma, "agradar a Gregos e a Troianos". Com isso não queremos dizer que atenderemos à necessidade particular de um ou outro que precisa de algo específico para resolver o seu problema. Queremos que todos os que adquirirem nossa Revista sempre se sintam compensados pelo preço que estão pagando e bem digam o tempo que dedicarem à sua integral leitura.*

*Finalmente, convidamos todos os fabricantes, montadores, importadores, distribuidores, comerciantes, etc., que nos enviem, periodicamente, notícias sobre suas atividades, lançamentos de novos componentes ou equipamentos, ou entrem em contacto conosco, para que possamos dar a mais ampla, completa e desinteressada divulgação de tudo que ocorre no campo da Eletrônica no Brasil.*

# Aplicações do MOS em potências elevadas (V-MOS)

A estrutura do sulco em V proporciona uma família de transistores de efeito de campo para funcionar acima de 25 W com saída linear e alta impedância.

A tecnologia dos semicondutores de óxido metálico — MOS, até ao presente considerada aplicável apenas em dispositivos para pequenos sinais e baixas potências, está pronta para trabalhar as altas potências. Aplicada exclusivamente em circuitos de baixa potência, possibilitou a combinação de vantagens de desempenho com o baixo custo em lógica e memórias. Agora, uma nova versão, V-MOS, ou seja semicondutores de óxido metálico vertical, dá-nos essas mesmas vantagens em aplicações de potência.

Família dos transistores de efeito de campo de potência V-MOS, com capacidade de manipulação de correntes da ordem de 10 Amperes, tensão de ruptura (breakdown) superior a 200 Volts e resistências de frações de Ohm, começam a surgir. Efetivamente, MOS-FET de potência que podem operar acima de 25 Watts e comutar 2 Amperes, são disponíveis em encapsulamentos TO-3, TO-39 ou cerâmicos tipo flangeado para aplicações em frequências elevadas. São fabricados para tensões de ruptura típicas de 35 V com umresistência de  $1,4 \Omega$ , 60 V com  $2,2 \Omega$  e 90 V com  $3,4 \Omega$ . Avançando nesta tecnologia, logo existirão dispositivos para 400 V com muito mais potência de dissipação.

Os V-MOS fornecem alta densidade de corrente e características de transferência linear sobre uma ampla gama de correntes, alta capacidade de ruptura fonte-dreno e baixa capacitância residual

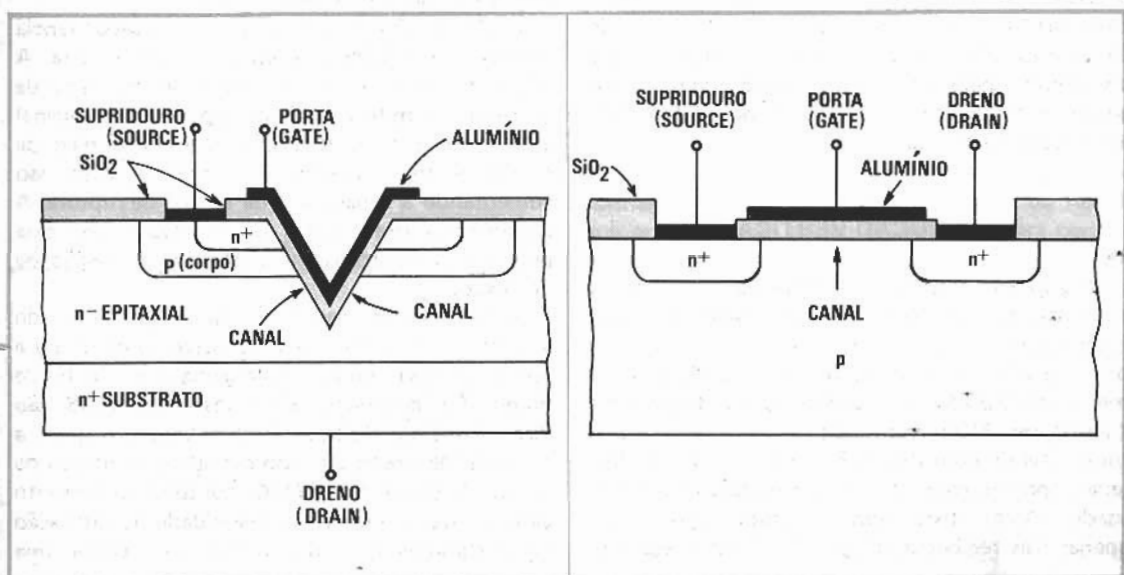


FIGURA 1



porta (gate) — dreno (drain) — características simplesmente não obtíveis nos convencionais transistores MOS.

## VANTAGENS ADICIONAIS

Transistores bipolares, controlados por correntes de portadores minoritários, têm sido os únicos dispositivos em estado sólido linear disponíveis para altas potências. Os transistores de efeito de campo V-MOS, que são dispositivos controlados por tensão de portadores majoritários, oferecem muitas vantagens. Possuem mais alta impedância de entrada devido à carência de condução entre a porta (gate) e o canal (channel), alta velocidade de comutação devido à ausência de armazenamento de portadores minoritários e ausência de ruptura secundária (second breakdown) porque seu coeficiente negativo de temperatura limita uma excessiva corrente de dreno. Além disso, suas características de transferência são lineares de 400 miliampéres a mais de 2 Ampéres — essencial em amplificadores lineares de potência. A tecnologia V-MOS combina estas vantagens em dispositivos práticos de potência e isto abre um novo campo de facilidades para os engenheiros projetistas.

A tecnologia V-MOS resulta do conhecimento dos semicondutores de óxido metálico e do processamento bipolar. O primeiro passo é difundir as regiões do canal (channel) e supridor (source) de maneira semelhante às difusões de base e emissor nos transistores bipolares. Então um sulco em forma de V é traçado através das regiões do canal e supridor, usando-se um *anisotrópico* ou *traçador preferencial* para assegurar dimensões precisas. Estas dimensões são determinadas apenas pela profundidade (espessura) da "janela" de óxido e estrutura cristalina do silício. O processo é completado pelo crescimento de dióxido de silício sobre o sulco em V da região porta e, então, aplica-se a metalização.

## CONDUÇÃO VERTICAL

A corrente flue verticalmente no cristal (chip) semicondutor; por isso o "V" no V-MOS. A seção ilustrada na fig. 1 mostra-nos as quatro camadas ( $n^+$ , p,  $n^-$  e  $n^+$ ) cujas dimensões críticas são precisamente controladas por processos de difusão. Os transistores MOS convencionais possuem estruturas laterais com dimensões menos bem controladas, proveniente do processo foto-litográfico usado. Além disso, tais estruturas apresentam apenas três regiões a ( $n^+$ , p e  $n^+$ ). A fabricação em

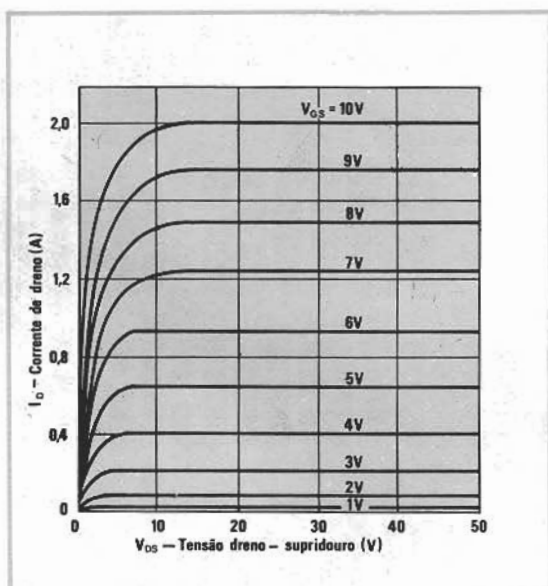


FIGURA 2

quatro camadas e o aspecto vertical do V-MOS possibilitam transistores de potência com estreitas tolerâncias necessárias para dispositivos de potência de alto desempenho.

A alta densidade do V-MOS resulta parcialmente do curto espaçamento do canal, que é da ordem de 1,5 microns, comparado com o espaçamento dos atuais transistores que é de cerca de 5 microns. Acrescente-se que cada face do sulco da porta aumenta a densidade da corrente, pois que são possíveis dois "caminhos" de corrente para uma única porta. Também outro fator a adicionar à capacidade de alta corrente é a localização do dreno por detrás do cristal (chip) onde praticamente ele não ocupa área de silício.

A alta tensão de ruptura e a baixa capacitância residual do V-MOS provém da região  $n^-$  extra. A relativamente baixa concentração de impurezas de tal região permite à região de depleção dreno-canal espalhar-se para o dreno, reduzindo o pico de campo elétrico através da junção e com isso aumentando a capacidade da tensão de ruptura. A capacitância dreno-porta do V-MOS é reduzida pelo efeito armazenador (buffering) da região de depleção.

Ainda outra característica importante do V-MOS é a relação linear da corrente de dreno e tensão de porta numa ampla gama de correntes de dreno. Os convencionais transistores MOS são dispositivos quadráticos (square-law) nos quais a corrente de dreno é proporcional ao quadrado da tensão de porta. No V-MOS, contudo, um estreito canal provoca o efeito de velocidade de saturação de portadores que, por outro, lado causa uma

relação linear entre a corrente de dreno e a tensão de porta acima de aproximadamente 400 miliamperes (fig. 2).

Com uma estrutura vertical semelhante ao transistor bipolar, o V-MOS oferece vantagens de alta tensão de ruptura, alta capacidade de corrente e alta frequência de trabalho sem as desvantagens do desempenho dos bipolares.

### MELHOR COMUTAÇÃO.

O MOS FET de potência apresenta diversas significantes vantagens para alta potência e comutação em estado sólido. Um típico dispositivo como o VMP1 pode comutar 1 A em 4 nanossegundos, 200 vezes mais rapidamente que um convencional transistor bipolar Darlington de tamanho equivalente. E com uma resistência de entrada de 1 000 M $\Omega$  o V-MOS FET não necessita de circuitos de excitação de alta corrente ou amplificadores para acoplá-lo com circuitos excitadores de porta lógica complementar MOS (C-MOS).

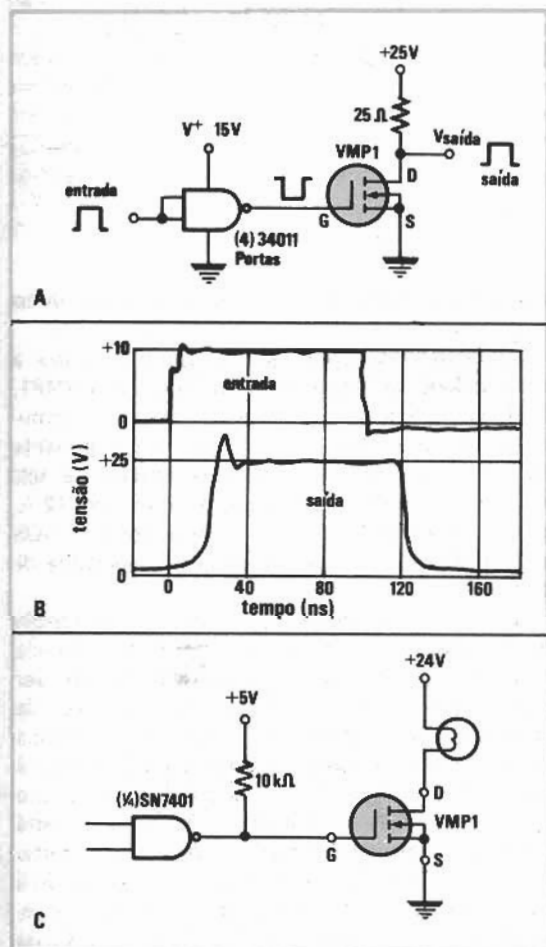


FIGURA 3

Como ele é um dispositivo tipo enriquecimento (enhancement), uma tensão de entrada de 0 V provocará o corte (a corrente de fuga será menor que 0,5  $\mu$ A). Com uma tensão de porta de 10 V, suporta uma garantida mínima corrente drenosupridor (drain-to-source)  $I_{ds}$  de 1 A com uma resistência de 2  $\Omega$   $r_{ds}$ . Para comutar um transistor bipolar em menos de 1  $\mu$ s é necessário, pelo menos, 200 mA e para cortá-lo rapidamente é preciso uma tensão negativa. Mas o FET de potência com uma alta impedância de entrada não necessita, praticamente, de corrente para tal. Alguns microampères de corrente de excitação são necessários para alterar a capacitância de entrada de quase 40 pF para mudar seu estado em menos de 1  $\mu$ s.

A simplicidade dos projetos comutadores de alta corrente lógico-compatíveis (fig. 3) usando V-MOS FET elimina a necessidade de resistores externos usualmente requeridos para a limitação da corrente de entrada, adaptar a tensão ou proteção contra fugas. O pulso de entrada para a porta lógica produz um pulso na saída em 20 ns (figura 3 B). Se uma porta C-MOS simples como o tipo 4011 for empregada no lugar de quatro, o atraso (delay) aumentará para próximo de 50 ns devido ao baixo "drive" disponível para carregar a capacitância de entrada de 40 para 60 pF do VMP1.

O circuito TTL de coletor aberto pode ser usado de muitas formas para excitar o FET, como no circuito "drive" da lâmpada esquematizado na fig. 3 C. Diminuindo o valor do resistor de 10 k $\Omega$  do TTL adaptador será aumentada a velocidade do circuito. No entanto, para aplicações em lâmpadas como a do exemplo, qualquer valor pode ser adequado se a potência necessária for disponível. Um resistor de 1 k $\Omega$  drenará 1 mA; um resistor de 100 k $\Omega$  drenará 50  $\mu$ A.

A substituição de transistores bipolares por MOS FET de potência pode reduzir enormemente os componentes necessários o que aumentará a confiabilidade. Consideremos o circuito da fig. 4 que emprega uma gestão da interface para periférico programável da série 8 000 projetado para o micro-processador tipo 8080 para controlar impressoras, selenóides, "displays", atuadores, etc. Setenta e dois resistores e quarenta e oito transistores bipolares podem ser substituídos por 24 dispositivos V-MOS!

A muito maior impedância de entrada de 1 000 M $\Omega$  do FET reduz o consumo do circuito de alimentação. Cada par Darlington de transistores bipolares precisa de 2 mA de corrente de excitação. Com uma fonte de alimentação de 5 V, o circuito bipolar drenará 240 mW de potência.



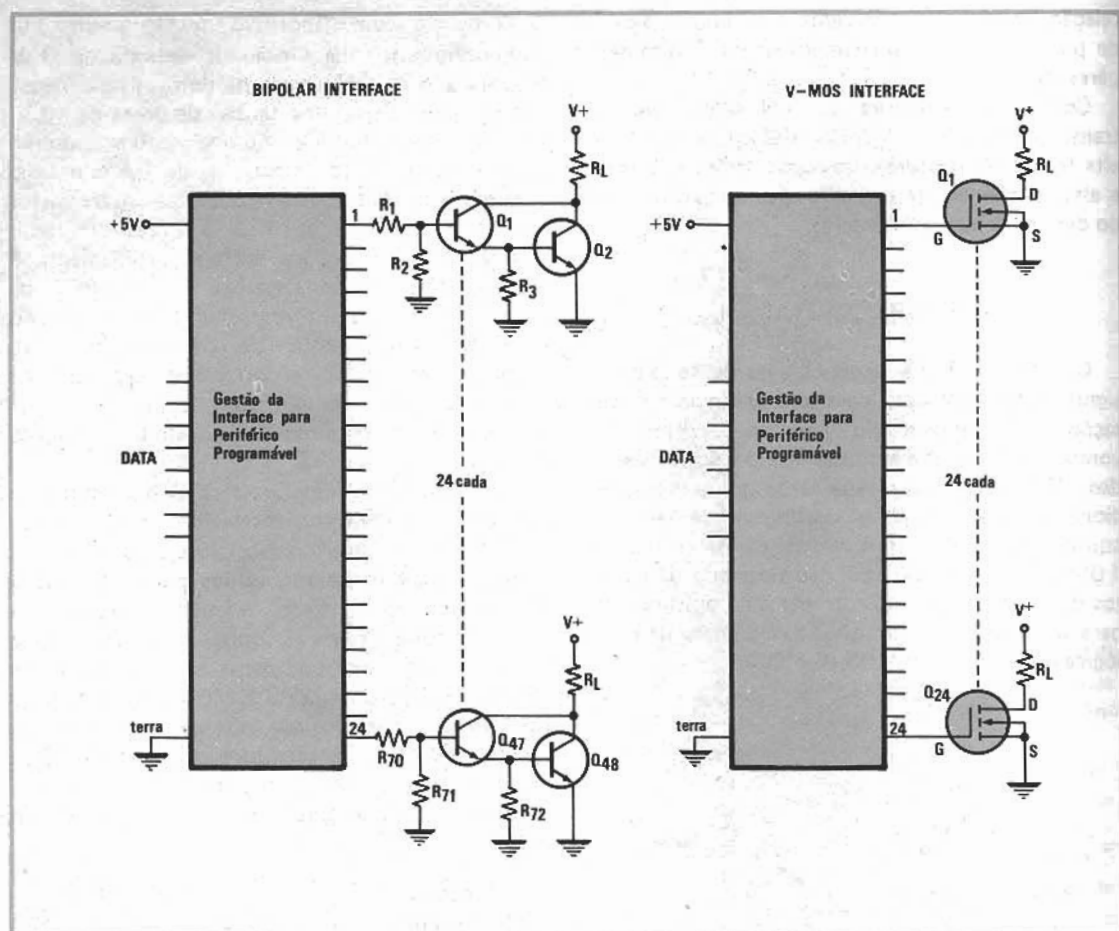


FIGURA 4

Considerando que há mais de 10 nA de perda de corrente em cada um dos FET, o circuito total drenará 240 nA a 5 V, ou apenas, 1,2  $\mu$ W.

### MANIPULANDO CORRENTES MAIS ELEVADAS

Onde é necessária a comutação de mais de 2 A, dois ou mais FET podem ser ligados em paralelo. É tão fácil como conectar as portas de um C-MOS em paralelo para maior capacidade de excitação. Sobretudo, precauções especiais são desnecessárias para assegurar a distribuição da carga de corrente entre os dispositivos. O coeficiente positivo de temperatura da resistência dreno-supridor limita correntes excessivas por qualquer um dos dispositivos. O coeficiente negativo de temperatura dos dispositivos bipolares tende justamente ao oposto. Aumenta o fluxo de corrente nos dispositivos muito quentes devido à queda de resistência dos transistores bipolares com o aumento da temperatura. Isso provoca uma condição de fuga térmica,

que causa a rápida destruição do dispositivo (efeito de avalanche).

O circuito apresentado na fig. 5 A ilustra a simplicidade da ligação em paralelo de três VMP1, FET de potência de 2 A para formar um comutador de 6 A sem nenhum outro componente externo. Esse circuito ou uma ligação de seis dispositivos com capacidade de comutar 12 A, pode ser excitado por uma única porta C-MOS série 4000, apenas sacrificando a velocidade de comutação.

Em aplicações necessitando operar com tensão mais elevada que um simples FET de potência pode manipular, vários dispositivos podem ser ligados em série (fig. 5 B). Na condição de condução a porta (gate) de Q1 está a +15 V com a tensão do dreno (drain) a cerca de 1 V devido à queda  $I_{DS} \times r_{DS}$  do dreno para o supridor (source) de Q1. O transistor Q2 também está conduzindo devido à tensão positiva em sua porta. O divisor de tensão, resistores R1 e R2, aplica 55% da alimentação do +15 V à porta de Q2 e, considerando o dreno a +2 V com 1 V no

supridouro, produz um muito adequado enriquecimento (enhancement) de +8,15 V para Q2 — levando-o rapidamente à condução. Na condição de não condução, a porta de Q1 é posta à terra pela porta lógica do C-MOS e menos de 1  $\mu$ A de corrente flue por Q1.

O divisor de tensão resistivo agora “vê” 85 V de diferença entre a fonte de alta tensão e a fonte lógica. Isto coloca a porta de Q2 a cerca de 53 V. Q2 então atua como um seguidor de supridouro (source) suportando apenas microampéres de corrente entre dreno e supridouro. Então a sua tensão entre porta e supridouro é essencialmente 0; o que causa uma queda através de Q1, remanesecendo uma queda de 47 V através de Q2. Isto distribui de uma forma razoavelmente igual a alta tensão entre ambos os FET.

Para garantir que esta divisão de tensão seja mantida sob condições transientes, o valor dos capacitores C1 e C2 é escolhido para fazer as constantes de tempo R1C1 e R2C2 constantes. E os valores desses capacitores são suficientemente elevados para balancear a capacitância de entrada de Q2.

A capacidade em manipulação de corrente de controle de um motor trifásico pode ser estendida simplesmente pela adição de um FET de potência em paralelo com os originais. Desde que estes comutadores de potência são diretamente lógico-compatíveis e têm alta impedância de entrada, é

bem possível ter 2-, 4-, 6-, ou 8-A de modulação de largura de pulsos em controles de motores com torque constante operando com uma simples porta C-MOS da série 4000 excitando cada terminal. E os requisitos de baixa excitação de comutação têm adicionais benefícios de permitir que os terminais superiores sejam excitados com opto-isoladores de menor potência melhor que com volumosos transformadores de pulsos.

## APLICAÇÕES LINEARES

Para circuitos analógicos, o V-MOS FET tem diversas vantagens. Seu ganho de corrente é essencialmente equivalente ao de um dispositivo bipolar com beta infinito, devido à impedância de entrada de aproximadamente 1 000 M $\Omega$ . Tem um ganho unitário de freqüência de resposta de 600 MHz devido ao modo de operação por efeito de campo de portadores majoritários. A mais alta característica de ganho linear para a corrente dreno-supridouro de 400 mA a 2 A torna-o útil em aplicações de potência linear.

Talvez a mais simples aplicação analógica do FET V-MOS é como comutadora. Um comutador analógico de baixa resistência tem de 1,5 a 3  $\Omega$  de resistência de condução, dependendo do tipo de dispositivo, para sinais de 0 a 10 V. A corrente de fuga de desligamento é menor do que 0,5  $\mu$ A. Como o corpo de um encapsulamento de potência com 3 terminais deve ser ligado ao supridouro do FET, a corrente analógica deve sempre ser feita fluir do dreno para o supridouro. O fluxo de corrente inversa vai encontrar o diodo pn existente

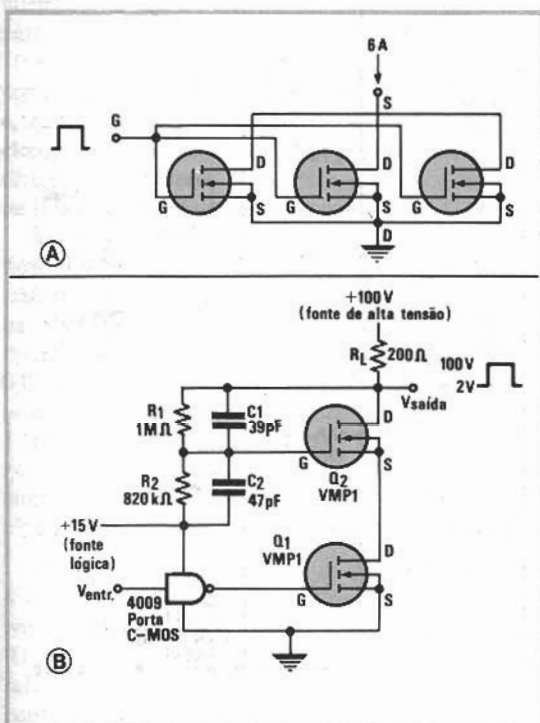
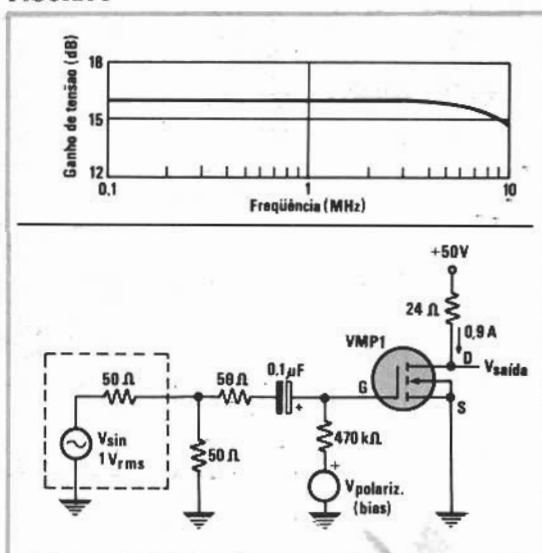


FIGURA 5

FIGURA 6





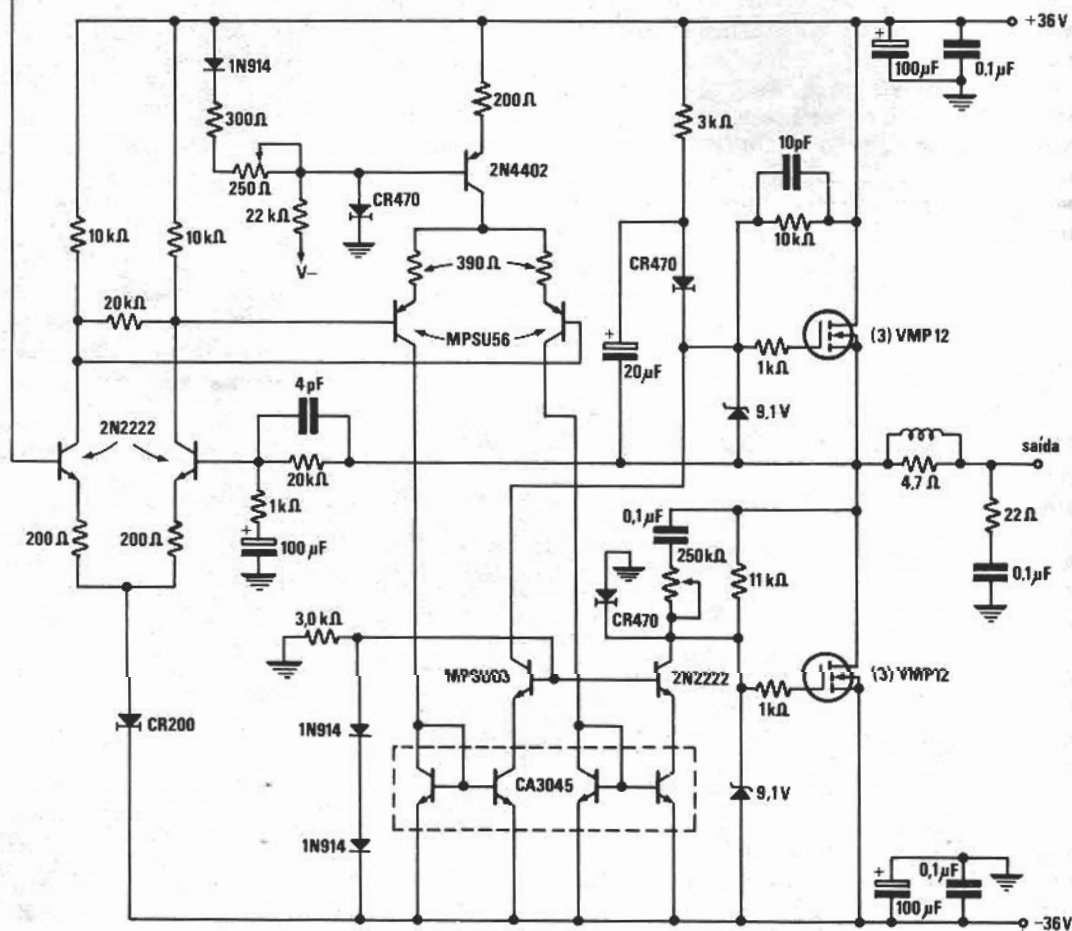
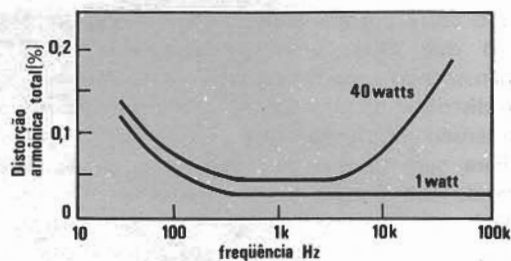
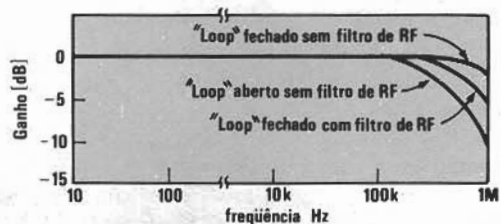
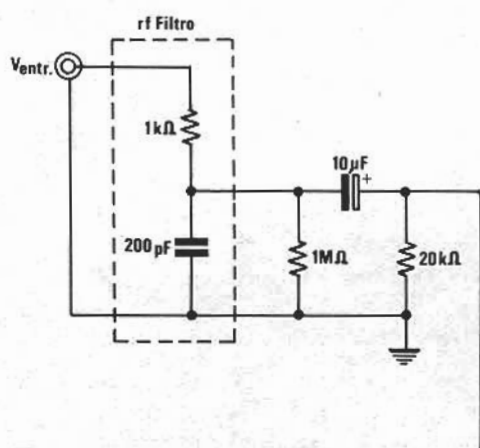


FIGURA 7

## USOS EM ALTAS FREQUÊNCIAS

A mesma geometria de cristal (chip) é conseguida numa família de RF, a VMP4; usa a tecnologia da montagem de flange em linha. Emprega, ainda, bastante elevada resistência de entrada e baixa capacitância de entrada; comparado com um transistor bipolar equivalente, torna-o útil em amplificadores de potência VHF de banda larga.

Por exemplo, um simples FET de potência, usado no circuito da fig. 8 tem um ganho de potência plana dentro de 15 db para cerca de  $\pm 1$  db de 40 a 180 MHz — não facilmente obtido com transistores bipolares equivalentes. O circuito pode fornecer 10 a 12 W a uma carga de  $50 \Omega$ , dependendo da entrada (fig. 9). Uma característica-chave é a habilidade do circuito para resistir a cargas infinitas de relações de tensões de ondas estacionárias sem nenhum circuito de potência especial.

Estes dispositivos V-MOS são os primeiros a nascer de uma família de MOS FET que provocará sua extrema utilidade em comutação de potência de estado sólido e aplicações em potências lineares. Encontrarão usos em ambas as novas aplicações e como eventuais substitutos dos antigos.

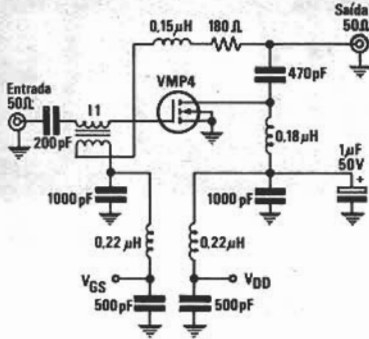


FIGURA 8

entre o corpo e o dreno diretamente polarizado.

O circuito de prova e resposta de frequência ilustrado na fig. 6 mostra a simplicidade necessária para um amplificador de banda larga de CC a 10 MHz. O VMP1 sob prova possui uma transcondutância,  $g_m$ , de aproximadamente 0,27 mhos e, com uma carga de  $24 \Omega$  fornece um ganho do circuito ( $g_m \times$  resistência de carga  $R_L$ ) de 6,5. A distorção harmônica total para este circuito varia de 0,075% a  $1 V_{rms}$  de saída até 0,8% a  $10 V_{rms}$ .

Estes dispositivos fazem estágios áudio-amplificadores de alta qualidade. Um amplificador estéreo de 80 W (um dos canais é esquematizado na fig. 7) usa seis FET de potência em arranjo "push-pull". A distorção harmônica é inferior a 0,04% usando pequeno "feedback" negativo para uma resposta de frequência dentro de 3 dB de 1 Hz a 800 kHz. Só 22 dB de "feedback" foram necessários com os FET, onde são usualmente empregados 40 dB com estágios a transistores bipolares.

A distorção, que depende da potência de saída, é mostrada para várias combinações de operação em "loop" aberto e fechado, com e sem filtro de RF. Um "bonus" extra quando se usa FET nesta saída de amplificador é inerentemente a proteção contra curto-circuitos, a ruptura secundária (secondary breakdown) e a fuga térmica.

## OBSERVAÇÕES:

Os circuitos apresentados neste artigo são meramente ilustrativos, não se destinando, portanto, a aplicações práticas imediatas. Os V-MOS estarão, dentro de algum tempo, à disposição no mercado brasileiro; os leitores aguardem nossa comunicação quando isso ocorrer.

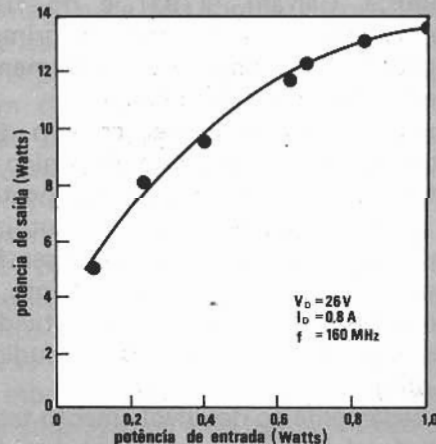


FIGURA 9



A maioria dos aparelhos de radio-  
grafia utiliza ondas de RF, a VLF, ou a  
tecnologia de micro-ondas para gerar  
ondas de alta frequência.

# A BIO-REALIMENTAÇÃO

## O QUE É A BIO-ENGENHARIA

Sob o título de bio-engenharia, engenharia biomédica, biônica, etc., aflora, aparentemente, uma nova especialização profissional. Tal fato, porém, não é totalmente correto. Embora os nomes sejam realmente fruto do nosso século, a bio-engenharia acompanha nossa espécie desde o surgimento como "*Homo sapiens*". Cabe, entretanto, destacar os experimentos do anatomista Galvani (1791) e do físico Volta (1800), talvez como a primeira tentativa de se quantificar instrumentalmente um parâmetro fisiológico.

Assim como para um engenheiro diagnosticar em um equipamento eletrônico seu defeito, ou para um médico diagnosticar uma doença qualquer, ambos utilizam sinais-pista detectados pelos seus sentidos básicos. Um ou outro, no entanto, se ressentem da insensibilidade e subjetividade desses sentidos básicos (visão, audição, tato, etc.).

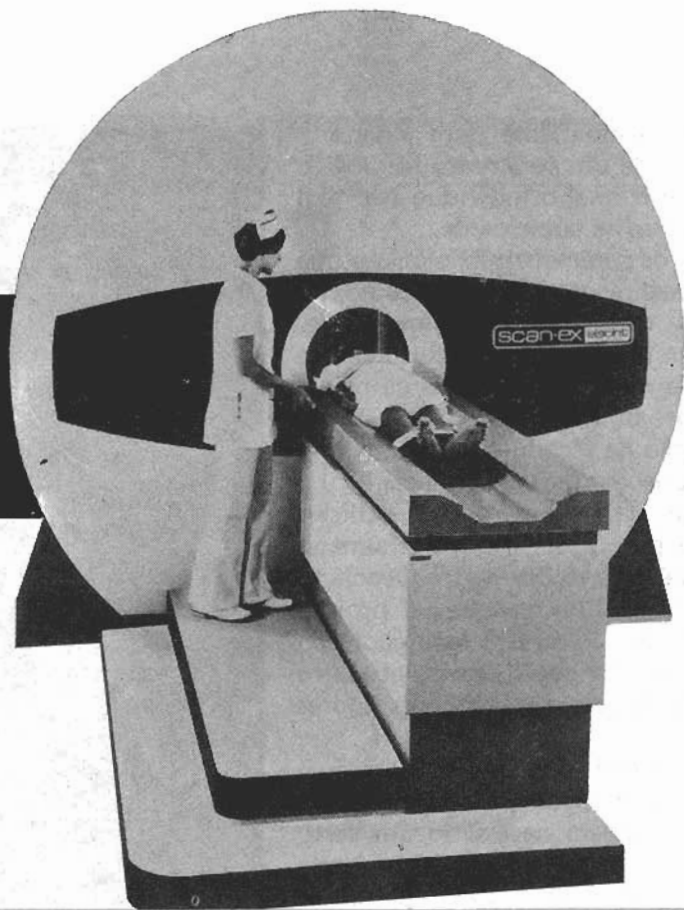
Paralelamente ao desenvolvimento tecnológico da eletrônica, surge a oportunidade de se construir aparelhos eletrônicos capazes de auxiliarem o médico no diagnós-

tico, bem como permitirem a quantificação de parâmetros normais e patológicos para os seres vivos. Vale salientar ao leitor que a bio-engenharia envolve, além da eletrônica, os setores de hidráulica, física, física nuclear, química, cibernética, matemática, materiais, etc.

Antes do advento da bio-engenharia como especialidade, o desenvolvimento dos equipamentos era feito pelos próprios pesquisadores de bio-ciências, em seus laboratórios.

O avanço da instrumentação bio-médica acompanhou de uma forma notável o desenvolvimento da tecnologia eletrônica e, como seria de se esperar, começou a tornar-se altamente sofisticada e difícil de ser desenvolvida por um pesquisador dedicado mais às bio-ciências. Em meio a uma confusa e nem sempre tranqüila simbiose de engenheiros e pesquisadores de bio-ciências, há umas duas décadas atrás, surgiu o bio-engenheiro, indivíduo altamente especializado tendo como característica o conhecimento de, pelo, menos, uma especialidade em engenharia e uma em bio-ciência,

Gary Gronich



além de possuir uma linguagem que o torna capaz de se comunicar satisfatoriamente com os dois grupos de pesquisadores.

Iniciando uma série de artigos que tem como intenção a divulgação da bio-engenharia em nosso meio, desenvolvemos pequenos projetos que, longe de serem equipamentos sofisticados de laboratório, funcionam a contento do experimentador, sendo úteis para professores e alunos demonstrarem, seja em aula ou em exposições de ciências, diversos e importantes fenômenos biológicos, além de terem um custo muito acessível.

### BIO-REALIMENTAÇÃO

Antes de abordarmos o projeto propriamente dito, cumpre-nos ressaltar com veemência dois fatos:

1.º — este projeto, bem como os futuros, tem caráter ilustrativo, *não devendo, portanto, ser utilizado para fins terapêuticos;*

2.º — um dos princípios básicos em

bio-engenharia, consiste em se proteger o indivíduo, que interage com o equipamento, de eventuais danos físicos; todo o equipamento elétrico que entrar em contato com o corpo humano deve ser construído de forma a evitar possíveis choques elétricos; em vista de serem as fontes de alimentação convencionais as principais causadoras desse tipo de acidente e como a montagem de tais fontes, a partir da rede elétrica domiciliar, que preencha aquele princípio básico é razoavelmente complexa, além de ser muito cara, nossos projetos serão todos alimentados por baterias; *em hipótese alguma deverão ser utilizadas fontes tipo transformador + retificador ou divisores resistivos.*

É oportuno alertar ao leitor que se decidir montar e experimentar algum de nossos circuitos fazê-lo seguindo rigorosamente nossas instruções, evitando introduzir modificações ou adaptações. O material que empregamos é de fácil aquisição e nada tem de especial; portanto, não procure equivalentes.

A bio-realimentação consiste em se reali-

mentar instrumentalmente num indivíduo o estado atual de um parâmetro fisiológico normal, sobre o qual o indivíduo não tem informação ao nível coincidente.

Vários são os parâmetros fisiológicos que podem ser realimentados, assim como vários são os meios dessa realimentação. Nosso projeto consiste num circuito eletrônico capaz de medir a resistência da pele e continuamente informar ao indivíduo, através da variação de frequência de um tom audível, as variações dessa resistência.

A escolha da realimentação auditiva prende-se ao fato de ser o ouvido humano muito sensível a variações de frequência, o que simplifica, sobre maneira, o projeto bio-realimentador. Para esta realimentação não é necessário conhecer o valor absoluto da resistência da pele, mas sim seus valores relativos.

O que se pretende com a realimentação é variar "conscientemente" a resistência da pele, para o que será necessário um certo treinamento. A maior ou a menor facilidade de se conseguir este intento prende-se à capacidade de cada um em se concentrar e se controlar.

Para a realização da bio-realimentação devemos permanecer em repouso, uma vez que a atividade física, assim como as variações do estado emocional, são acompanhadas de variações da resistência da pele, independente de nossa vontade ou de qualquer realimentação externa.

Os eletrodos deverão ser fixados aos dedos anular e indicador, por meio de fita gomada ou esparadrapo, devendo a mão para tal finalidade usada, ficar também em repouso e numa posição confortável.

## FUNCIONAMENTO

A "alma" do nosso bio-realimentador é um circuito integrado tipo NE 555 (fig. 1) conectado como multivibrador astável. A frequência de oscilação depende diretamente dos valores de C1 e da corrente de coletor de Q1, ligado como gerador de corrente; R1 e R2 ligados à sua base formam um divisor resistivo que, junta-

## RELAÇÃO DE COMPONENTES

R1 — 47 k $\Omega$  @ 1/4 W

R2 — 680 k $\Omega$  @ 1/4 W

R3, R4, R6 — 1 k $\Omega$  @ 1/4 W

R5 — 22 k $\Omega$  @ 1/4 W

R7 — 10 k $\Omega$  @ 1/4 W

R8 — 50 k $\Omega$  (pot. lin.)

R9 — 10 k $\Omega$  (trimpot)

C1 — 100 nF (poliester)

C2 — 10 nF (poliester)

C11 — NE 555 ou equivalente

Q1 — BC 178 (ou equivalente PNP)

Q2 — BC 549 (ou equivalente NPN)

Q3 — 2N3055 (ou equivalente NPN)

Placa de fiação impressa Ref. E1, E2 — Ver texto

P1, P2 — Plug banana, macho, miniatura

P3, P4 — Plug banana, fêmea, miniatura

FTE — alto-falante (ver texto)

Alimentação — 9 V (ver texto)

CH<sub>1</sub> — interruptor miniatura

mente com R3 e R9, determinam a corrente de coletor.

Ao se conectarem os eletrodos, coloca-se a resistência da pele ( $R_{pele}$ ) em paralelo com R2, o que altera a frequência do oscilador. Se  $R_{pele}$  aumentar ou diminuir, teremos uma queda ou aumento da frequência de oscilação de C11. R8 funciona como controle de volume para Q3, que é o amplificador de potência.

O transistor Q2 está conectado como inversor.

## MONTAGEM

O bio-realimentador deve ser montado numa placa de fiação impressa cujo projeto é muito simples. É altamente recomendado este tipo de montagem que, além de dar ao dispositivo um aspecto mais atraente, evita a possibilidade de erros de ligações, evidentemente levando-se em consideração ter sido a placa bem feita.



FIGURA 1

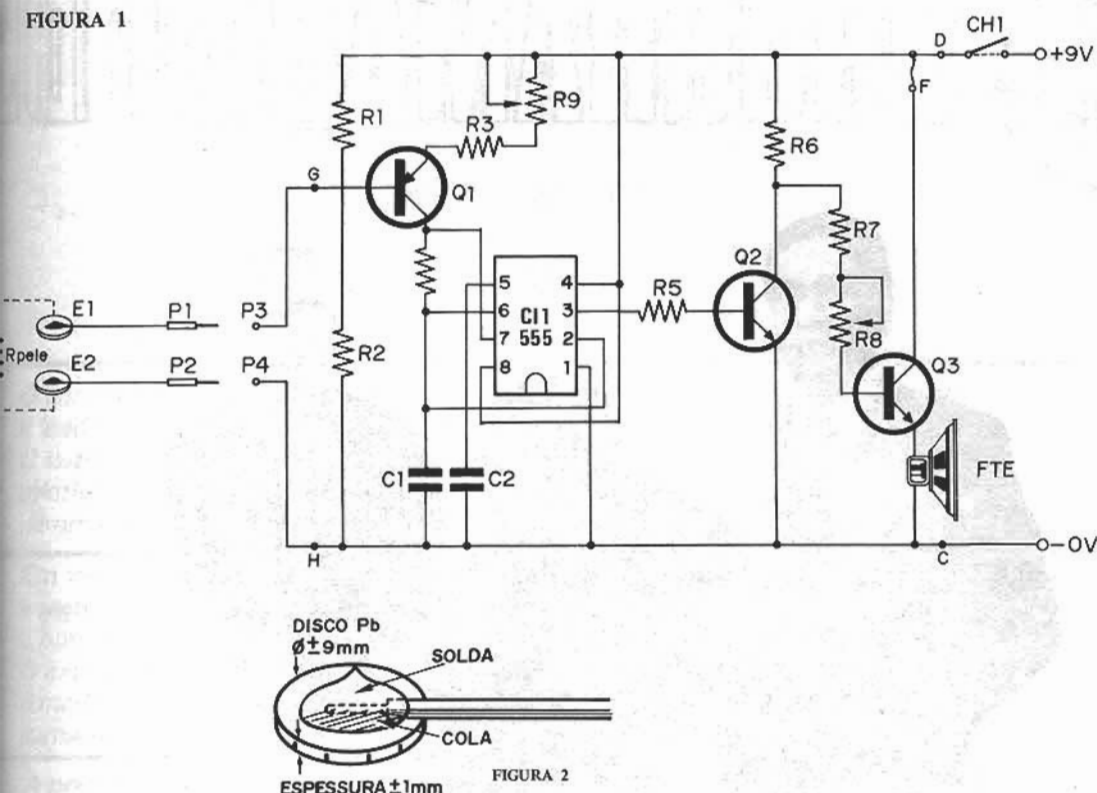


FIGURA 2

Devem ser tomados os cuidados de praxe, como: atenção na soldagem do circuito integrado, o qual não admite excesso de calor e jamais pode ser ligado invertido; a mesma recomendação é válida para os transistores.

O alto-falante pode ser de qualquer tipo. Para uma maior durabilidade da bateria recomendamos que sua impedância seja superior a 8 Ohms.

Quando o bio-realimentador for ligado pela primeira vez, logicamente após cuidadosa verificação das ligações, coloque os cursores de R8 e R9 no centro de suas respectivas pistas. Uma vez alimentado o circuito ouvir-se-á, no alto-falante, uma oscilação. Sem que os eletrodos tenham sido conectados à entrada, a frequência da oscilação deve ser ajustada para alguns Hz variando-se R9. Se, durante o uso do bio-realimentador, desejarmos variar essa frequência de seu funcionamento, bastará um reajuste de R9.

Os eletrodos são feitos de chumbo. Sua

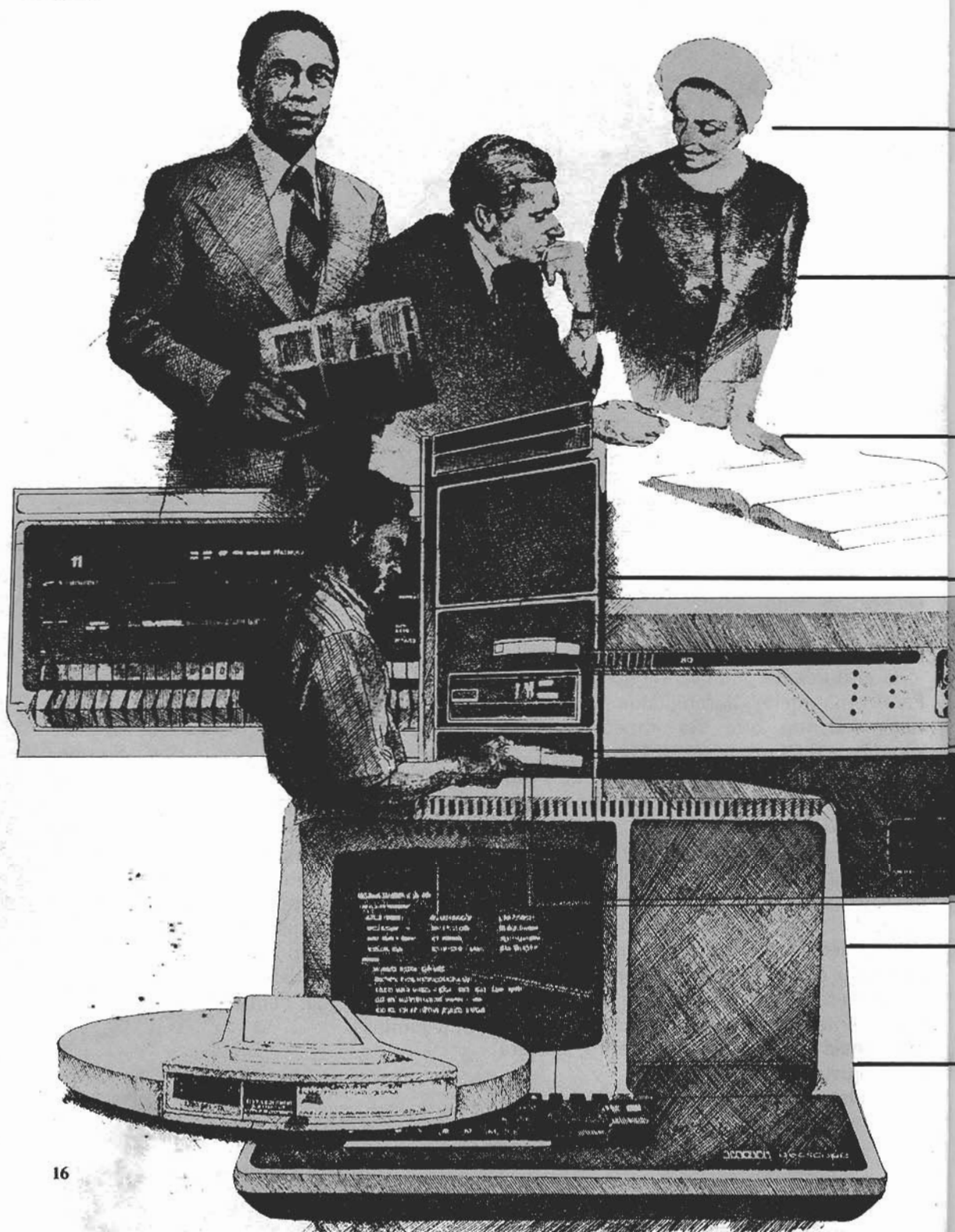
confeção não oferece dificuldade (fig. 2). Com um vazador cortamos, de um pedaço de chumbo com cerca de 1 mm de espessura, dois discos com o diâmetro aproximado de 10 mm; para isso empregamos lençol de chumbo utilizado pelos encanadores. Numa das superfícies de cada um dos discos soldamos os condutores formados por fio flexível # 20 ou # 22; essa solda deve ser convenientemente protegida por cola epoxy, o que evitará sua oxidação e lhe conferirá maior rigidez mecânica.

Sempre que o bio-realimentador for usado, deve-se limpar, cuidadosamente, as superfícies dos eletrodos que irão entrar em contacto com a pele, pois que devido ao suor e aos ácidos presentes na superfície da pele normal, eles poderão se oxidar, provocando condução deficiente. Para isso serve uma lixa de água, bem fina, ou raspar com uma lâmina.



Revista **BYTE**

# PROGRAMAÇÃO DI



# MICROCOMPUTADORES

---

*O curso de Programação de Microcomputadores que iniciamos neste número é inédito e sem similares, mesmo em revistas estrangeiras.*

*O leitor pode, realmente, encontrar algo, relativo ao assunto, em artigos esparsos, mas jamais sob a forma de um curso.*

---

*Em virtude de ser uma matéria bastante atual e palpitante, quem se decidir a seguir nossas lições irá adquirir inestimáveis conhecimentos e uma série de conceitos sui-generis.*

*O assunto irá exigir conceitos básicos que o leitor já deverá possuir; no entanto, à medida que eles se tornarem necessários, os recordaremos sumariamente, se possível.*

---

*À primeira vista pode parecer um curso de nível muito elevado.*

*Na realidade a terminologia é um pouco diferente, seremos obrigados a usar palavras e frases em inglês as quais, traduzidas, jamais teriam o verdadeiro significado. Além do mais essa terminologia tornou-se mundialmente usada e o leitor precisará compreendê-la e absorvê-la.*

---

*Convém esclarecer que este não é um curso por correspondência.*

*As lições devem ser estudadas com muita atenção desde a primeira pois que, sendo uma seqüência lógica das outras, não havendo um método, surgirá uma confusão difícil de ser resolvida.*

---

*Os exercícios que se propuserem terão suas respostas e explicações na lição seguinte. Assim, os leitores não nos deverão enviar os mesmos, resolvidos, para que procedamos às correções.*

---

*O nosso curso abordará os seguintes e principais tópicos:*

- Introdução aos Microcomputadores*
- Estrutura do Processador 8080*
- Programas*
- Programas Avançados*

---

*O curso terminará com pormenorizados dados, elementos e instruções para que o leitor, se assim o desejar, possa montar um microcomputador cuja aquisição será brevemente possível sob forma de "kit", pré-montado, pré-calibrado e que funcionará perfeitamente.*

---



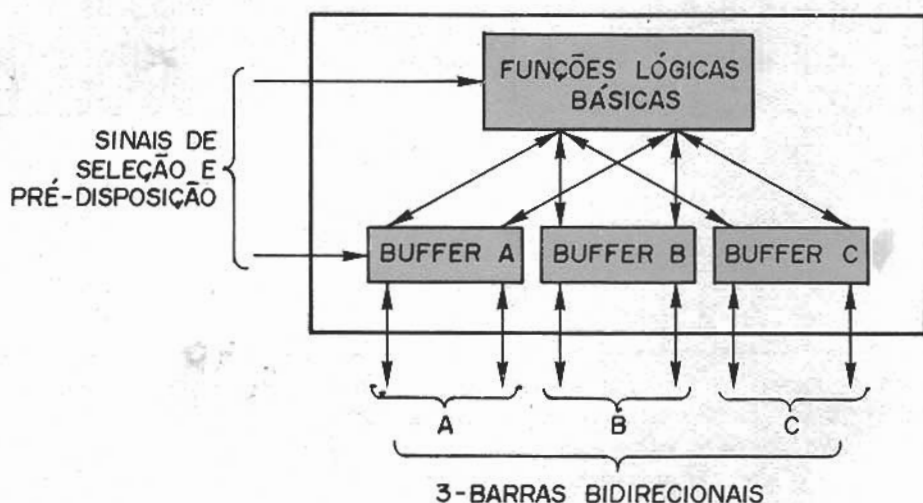


FIGURA 1

Os microcomputadores estão se difundindo cada vez mais; são utilizados como controladores de sistemas complexos, para substituir conjuntos lógicos discretos, etc. Seu preço, cada vez mais baixo, permite o que antes era impossível: um amador pode montar um computador completo em sua própria casa; um empresário pode especificar um sistema de computação exatamente adaptado, em custo e tamanho, às suas necessidades. O acesso a um computador era, há alguns anos atrás, caro e difícil. Sua localização exigia espaço, instalações especiais, pessoal treinado. Hoje, um microcomputador de capacidade equivalente a um computador médio de há cinco anos passados, pode ser instalado sobre uma mesa, ocupando pouco mais que um amplificador.

Mas nada vale esta facilidade se não sabemos usar nosso microcomputador. Saber usá-lo é saber programar. Esta é a primeira lição de uma série que visa ensinar a programação de um microcomputador. Saber programar significa saber "ensinar" a máquina a fazer o que queremos. As possibilidades de um microcomputador são infinitas. Podemos "ensiná-lo" a calcular, a controlar máquinas-ferramenta, a controlar nosso aparelho de TV de forma a realizar jogos, a emitir uma fatura, a fazer uma lista de compras, a guardar dados numa fita "cassete", etc. . .

*O que é um microcomputador?* Um

microcomputador é um dispositivo lógico variável; um microcomputador nada mais é que um circuito que realiza uma função lógica. Possui, contudo, uma característica excepcional: essa função lógica pode "mudar". Um mesmo microcomputador pode trabalhar como máquina de calcular, pode controlar um torno, pode imprimir faturas ou ainda jogar xadrez. Pode, enfim, realizar qualquer função lógica imaginável. Esta possibilidade de mudar a função da máquina faz com que ela seja chamada de máquina universal (GENERAL PURPOSE COMPUTER) — fig. 1.

O que permite a um microcomputador realizar funções diferentes? É o *programa*. "diz" à máquina o que ela deve fazer. Para cada função, há um programa: o programa que imprime faturas, o programa que joga xadrez, etc. . . Muda-se o programa e muda a função do microcomputador.

Nosso objetivo, neste curso, é ensinar a programar microcomputadores. Conseguiremos "ensinar" o microcomputador a realizar as funções desejadas. Programas podem ser muito simples (por exemplo: somar dois números) ou complexíssimos (por exemplo: traduzir um texto do inglês ao português). Começaremos estudando a estrutura do microcomputador; veremos seus blocos principais e sua "linguagem" interna.

## O MICROCOMPUTADOR

Um microprocessador é um dispositivo composto de um pequeno número de "chips" LSI, que:

- opera sob controle de um programa;
- pode efetuar operações sobre dados, tais como, operações lógicas, operações aritméticas, "input/output" (entrada/saída) de dados, controle do "input/output", decisões sobre a execução do programa em função dos dados, etc.

Um *microcomputador* é um dispositivo composto de:

- um microprocessador
- memória
- circuito de "input/output"

Para a programação não é necessário conhecer o funcionamento interno do microcomputador, nem seus circuitos. Basta ter um modelo claro de sua estrutura. O modelo clássico está representado na fig. 2.

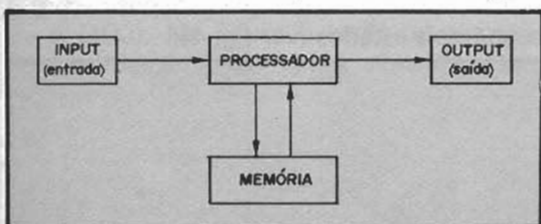


FIGURA 2

Não vamos entrar nos detalhes de funcionamento de cada uma das partes; para nós basta entender sua função como um bloco, sem nos preocuparmos com a realização eletrônica. Assim como existiu a máquina de calcular mecânica, existiu o computador mecânico e até mesmo o computador hidráulico, onde a corrente elétrica era substituída pelo escoamento de um fluido! Os princípios de funcionamento são sempre os mesmos. As *unidades de "input"* fornecem dados ao sistema. Exemplos: chaves, teclados, conversor analógico/digital, leitor de fita de papel, leitor de "cassette". As *unidades de "output"* recebem resultados do sistema. Exemplos: LEDs, vídeo, impressora, gravador de "cassette". Fazendo uma analogia com uma calculadora de bolso, o teclado seria a unidade de "input"

e o "display" a unidade de "output". Normalmente, em um microcomputador, pode haver várias unidades de "input" e várias de "output". A escolha de uma unidade de "input" ou "output" depende da finalidade do sistema. Se for controlar um processo industrial, nosso microcomputador precisará, provavelmente, de chaves e conversores analógico/digitais. Se for usado para emitir faturas, precisará de uma impressora. De qualquer forma, as unidades de "input/output" (abreviado I/O) são essenciais para comunicação com o sistema. Sem elas, o sistema se tornará inútil.

O *processador* é a alma do microcomputador. Gera os sinais que controlam os outros dispositivos, executando o programa. Veremos adiante, em detalhe, como o processador executa um programa.

A *memória* é um dispositivo que armazena dados. É um conjunto de registradores, numerados de zero até à capacidade total da máquina. Chama-se a este número de *endereço* do registrador. O registrador pode conter um dado. Este dado é um número binário. A capacidade dos registradores (mais conhecidos como *posições de memória*) varia de computador para computador e é uma característica da máquina. Nos microcomputadores mais usados, a memória tem posições de oito "bits". Cada posição pode armazenar um número que vai de 0 a 256. Veremos adiante o que é "bit" e como se usa numeração binária. O número armazenado em uma posição de memória é o seu *conteúdo*. Na figura 3 está representada uma memória de 32 posições.

0	1	2	3
4	5	6	7
8	9	10	11
12	13	14	15
16	17	18	19
20	21	22	23
24	25	26	27
28	29	30	31

FIGURA 3

A posição de memória endereço 17 contém o número 72. O conteúdo de cada endereço pode mudar sob comando do processador. O processador pode, por exemplo, transferir o conteúdo da posição 17 para a posição 23, ou somar o conteúdo da posição 12 com o conteúdo da posição 8. De forma geral, o processador pode ler ou gravar na memória. *Ler*: dar um endereço e obter em resposta o conteúdo. *Gravar*: dar um endereço a um dado. Este dado é armazenado no endereço fornecido.

É prático fazer a analogia da memória como sendo um conjunto de caixas postais, cada uma com seu número (endereço) e contendo cartas (conteúdo) que o processador pode manipular como se fôsse o carteiro.

Uma pergunta que surge frequentemente é: qual a diferença entre um microcomputador e um computador? Resposta: nenhuma. O esquema que apresentamos é válido para qualquer computador, maxi, mini ou micro. A diferença entre eles é tão somente uma diferença de porte, capacidade e velocidade. Em estrutura, são iguais.

## O PROGRAMA

Para que nosso microcomputador possa realizar um trabalho útil, ele deve ser "instruído". Suponhamos que ele tem como dispositivo de "input" um conversor que recebe dados de uma balança. Como "output", temos um vídeo. Queremos que o peso do objeto que está na balança apareça no vídeo, até um certo limite. Acima deste peso, queremos que apareça a indicação "excesso". Nosso programa será uma série de ordens dadas pelo processador aos dispositivos "input/output", como se o processador fosse um superior controlando vários funcionários:

1. obter o valor do peso, pelo conversor;
2. comparar este valor com o limite, que está na memória;
3. se for maior, emitir no vídeo a palavra "excesso";
4. caso contrário, emitir o valor no vídeo;
5. parar.

Cada uma destas ordens é chamada *instrução*. Um *programa* é uma sequência de instruções que realizam determinada função. No caso, nosso programa faria do microcomputador um controlador de balança. O programa deve especificar, passo a passo, tudo o que o processador deverá fazer. Nenhum detalhe pode ser deixado em aberto.

Devemos imaginar o processador como uma pessoa que está lendo o programa e executando obedientemente as instruções uma após a outra, até achar, uma instrução de parada ou uma instrução que mande voltar a alguma anterior.

## NUMERAÇÃO BINÁRIA, OCTAL E HEXADECIMAL

Todos os computadores, micro, mini ou maxi, estão baseados no mesmo conceito fundamental: o *dígito binário (bit)*. Um dígito binário é um número que só pode ter 2 valores: "0" ou "1". Um "bit" pode ser representado por qualquer dispositivo que tenha dois estados (ver fig. 4).

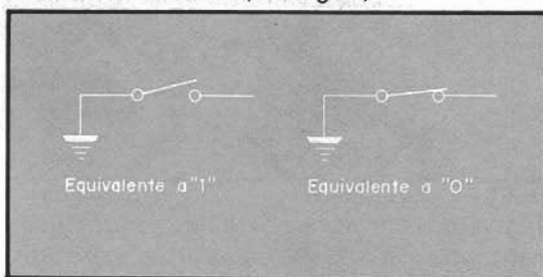


FIGURA 4

O computador usa os algarismos "0" e "1" para representar números de qualquer grandeza. Para sabermos como isso é feito vamos, primeiro, entender o funcionamento de nossa numeração decimal.

O que representa o número 83? Oito dezenas e três unidades:  $83 = 8 \times 10 + 3$ . O número  $2347 = 2 \times 1000 + 3 \times 100 + 4 \times 10 + 7$ .

Cada algarismo é multiplicado por uma potência de 10. Lendo o número da direita para a esquerda teremos: unidades, dezenas (10), centenas ( $10 \times 10 = 100$ ), milhares ( $10 \times 10 \times 10 = 1000$ ) e assim por diante. O número 10 é a base do sistema de numeração decimal.



Da mesma forma, o número 2 é a base do sistema de numeração binária. Na numeração binária temos os algarismos de "0" a "1". Por esta razão, a numeração binária é adotada em computadores. Sua representação por circuitos é muito fácil. O número 1011 em binário representa:

$$\begin{aligned} 1011 &= 1 \times (2 \times 2 \times 2) + 0 \times (2 \times 2) + 1 \times 2 + 1 = \\ &= 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 1 = \\ &= 8 + 2 + 1 = 11 \end{aligned}$$

Contar de 0 a 20 em binário é fácil, uma vez que só existem 2 algarismos (bits). O equivalente binário do decimal 0 é 0. O equivalente de 1 é 1. Como esgotamos todos os algarismos binários, começamos nova coluna para o 2. O resultado é 10 (que não tem nada a ver com o 10 decimal: *10 decimal não é 10 binário*!).

O equivalente binário de 3 é 11. De novo esgotamos os algarismos e, portanto, começamos a terceira coluna para o equivalente de 4 (100). Na figura 5 estão os números binários de 0 a 20. Para converter um

0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1

FIGURA 6

número binário a decimal, desenvolve-se o número, da direita para a esquerda, multiplicando cada algarismo por uma potência de 2:

$$\begin{aligned} 10011 &= 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + \\ &\quad + 1 \times 2 + 1 = \\ &= 1 \times (2 \times 2 \times 2 \times 2) + 0 \times \\ &\quad \times (2 \times 2 \times 2) + 0 \times (2 \times 2) \\ &\quad + 1 \times 2 + 1 = \\ &= 1 \times 16 + 0 \times 8 + 0 \times 4 + \\ &\quad + 0 \times 2 + 1 \times 2 + 1 = \\ &= 16 + 2 + 1 = 19 \end{aligned}$$

Para facilitar esta conversão, pode-se usar o esquema da fig. 6.

A conversão inversa, de decimal a binário é feita dividindo sucessivamente o número decimal por 2, anotando os restos. Vamos converter em binário o decimal 19; observemos a Tabela I.

TABELA I

$\frac{19}{2} = 9$	+	1	←	
$\frac{9}{2} = 4$	+	1	←	
$\frac{4}{2} = 2$	+	0	←	
$\frac{2}{2} = 1$	+	0	←	
$\frac{1}{2} = 0$	+	1	←	
				1 0 0 1 1

Portanto,  $19_{10} = 10011_2$

Os índices 10 e 2 identificam a numeração decimal e binária, respectivamente.

Números binários tendem a ficar muito longos. Por isso, os "bits" são agrupados com conjuntos de 3 ou 4. Temos, então, números de base 8 (octal) ou base 16 (hexadecimal).

Considere o número binário 11011101100. Agrupado os "bits" de 3 em 3, o número é convertido para a numeração octal:

$$\begin{array}{cccc} \underline{110} & \underline{111} & \underline{101} & \underline{100} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 6 & 7 & 5 & 4 \end{array} = 6754_8$$

A base 8 (octal) só inclui os algarismos: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Agrupando os "bits" de 4 em 4, o número é convertido para a base 16.

$$\begin{array}{ccc} \underline{1101} & \underline{1110} & \underline{1100} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ D & E & C \end{array} = DEC_{16}$$

A base 16 (hexadecimal) inclui os algarismos:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E.

A tabela II mostra as equivalências entre as 4 base estudadas.

### Exercícios

Os exercícios são importantes para dominar os conceitos que serão apresentados durante o Curso. Na próxima lição, daremos a solução dos exercícios propostos; o leitor não deverá mandar os exercícios resolvidos para serem corrigidos: aguarde o próximo número!

1 — Converter de binário a decimal os números:

1100101; 10101010; 1111111; 100000

2 — Converter de decimal a binário:

17; 30; 32; 113

3 — Dar o equivalente octal e hexadecimal do número binário:

100101101011

### Resumo

Um microcomputador tem um processador que controla dispositivos de "input" e "output" e pode obter e gravar dados da memória. O processador opera sob controle de um programa. O programa é uma sequência de instruções que detalham a função a ser realizada. O computador usa numeração binária, com os algarismos 1 e 0.

HEXADECIMAL	DECIMAL	OCTAL	BINÁRIO
0	0	0	0000
1	1	1	0001
2	2	2	0010
3	3	3	0011
4	4	4	0100
5	5	5	0101
6	6	6	0110
7	7	7	0111
8	8	10	1000
9	9	11	1001
A	10	12	1010
B	11	13	1011
C	12	14	1100
D	13	15	1101
E	14	16	1110
F	15	17	1111

# UM TACOMETRO DIGITAL DE PRECISÃO



COMO ECONOMIZAR COMBUSTÍVEL?  
USANDO O MOTOR DO  
VEÍCULO DENTRO DAS ROTAÇÕES  
EM QUE ELE MAIS RENDE  
E MENOS CONSOME.  
ESTE MODERNO TACÔMETRO  
LHE POSSIBILITARÁ  
UMA INDICAÇÃO SEGURA E PRECISA  
DA RPM DO MOTOR  
DO SEU CARRO.





## Um TACÔMETRO digital de precisão

O tacômetro ou conta-giros, como vulgarmente também se chama, é um dos mais úteis acessórios em um automóvel, motor marítimo ou motor estacionário. Ele permite, ao motorista, dirigir seu veículo — onde é largamente empregado — de modo mais seguro, seguindo melhor as especificações do fabricante do motor no que diz respeito à sua rotação, o que irá se traduzir em melhor aproveitamento de seu torque e faixa de economia de combustível.

Para nada vale saber-se, pelo manual de características, que o motor de determinado automóvel atinge sua máxima potência, a 4 000 rotações por minuto, que seu torque máximo é quando funciona a 2 000 rpm ou que sua maior economia de combustível se dá com o funcionamento entre 2 600 a 3 000 rpm sem que se disponha de um instrumento pelo qual seja possível avaliar quantitativamente tais rotações.

Nenhum motorista, por melhor que seja, mesmo um piloto de provas, pode afirmar, de ouvido, que "percebe" as diferentes rotações. Note-se que, nas máquinas de competição, um dos instrumentos principais é o tacômetro, pelo qual o piloto pode analisar o desempenho de seu motor e dele conseguir o maior rendimento.

O motor, quando utilizado fora de rotações certas, tem seu tempo de vida encurtado, gasta mais combustível, "queima" óleo, sofre danosos sobre-aquecimentos e não rende como devia. Além do mais, como acertar-se corretamente sua "marcha lenta", que é uma das especificações primordialmente fornecidas pelos fabricantes?

Não só os veículos de passeio como os de carga e até locomotivas necessitam de um tacômetro.

Com um conta-giros o motorista dirige sem riscos de prejudicar o motor, uma vez que assim pode respeitar os limites máximos e mínimos de sua rotação e economizar combustível, desde que use a faixa econômica de funcionamento ideal, de acordo com especificações de seu fabricante.

Alguns dirão: mas o manual de instruções de um carro, diz que ele é econômico até certa velocidade em km/h. Muito bem! Suponhamos um veículo de quatro marchas. O leitor experiente: facilmente atingirá, na 3a. marcha, a faixa de velocidade máxima que segundo o fabricante, é econômica no que diz respeito a combustível. No entanto...haja gasolina!... A rotação do motor assim utilizado é tal que parece que se vai "desbielar" todo!... Seu aquecimento é assustador!... Que acontece com sua lubrificação?...

Mas, vamos ao que interessa, pois a nossa finalidade não é ensinar a dirigir e nem dar aulas de mecânica de motores.

### VANTAGENS DO TACÔMETRO DIGITAL

O movimento analógico do ponteiro de um galvanômetro, que tem sido o tradicional indicador usado nos tacômetros automotivos, apresenta diversas desvantagens. É inerentemente impreciso, devido à inércia de sua agulha indicadora, impedindo indicações rápidas. Possui altas perdas, que são ocasionadas pela transformação eletro-mecânica em que se fundamenta seu princípio de funcionamento. Por ser formado por partes móveis que, evidentemente, têm de se apoiar em mancais, seus desgastes causam consideráveis perdas de funções de medição e leitura. Por maior que seja sua escala, num relance de olhos não se pode ver, com facilidade, a divisão que traduz a leitura correta, isto sem se falar no erro provocado pela paralaxe e na imprescindível atenção que o motorista deve prestar ao tráfego congestionado, tornando-se difícil uma imediata interpretação da leitura; ela é subconscientemente feita e, algum tempo depois, quando a situação já é diversa, é que ele se apercebe das rpm do motor.

A indicação digital supre todas essas desvantagens. As rotações do motor são claramente indicadas rpm "em números" e com alto grau de precisão. Em virtude de os números no display não necessitarem de interpretação, sobretudo pelo fato de não haver um ponteiro constantemente "dançando" sobre uma escala, instantaneamente é possível saber-se as rpm do motor, para o que uma ínfima fração da atenção do motorista é desviada do tráfego ou da estrada.

Tivemos ocasião de provar diversos dos muitos tacômetros que se encontram à venda e pudemos constatar seus altos índices de imprecisão. Alguns indicavam rotações absurdamente diferentes daquelas em que funcionava o motor.

Por outro lado, observamos que a maior parte dos motoristas instala um tacômetro em seu carro, ao lado de "um monte de relógios" sem saber a verdadeira utilidade daquele e nem destes! É mais um enfeite no painel! Talvez por esse motivo é que os fabricantes, nacionais ou estrangeiros, procuram dar "aquele" aspecto para tornar mais bonito e atrativo seu conta-giros, pouco se importando com a sua precisão. Nem é bom falar na instalação

O tacômetro digital que descrevemos pode ser usado em motores de dois a dezesseis cilindros, sejam tipos de dois ou quatro tempos.

### DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

O diagrama esquemático do tacômetro digital é visto na fig. 1. Basicamente é um freqüencímetro

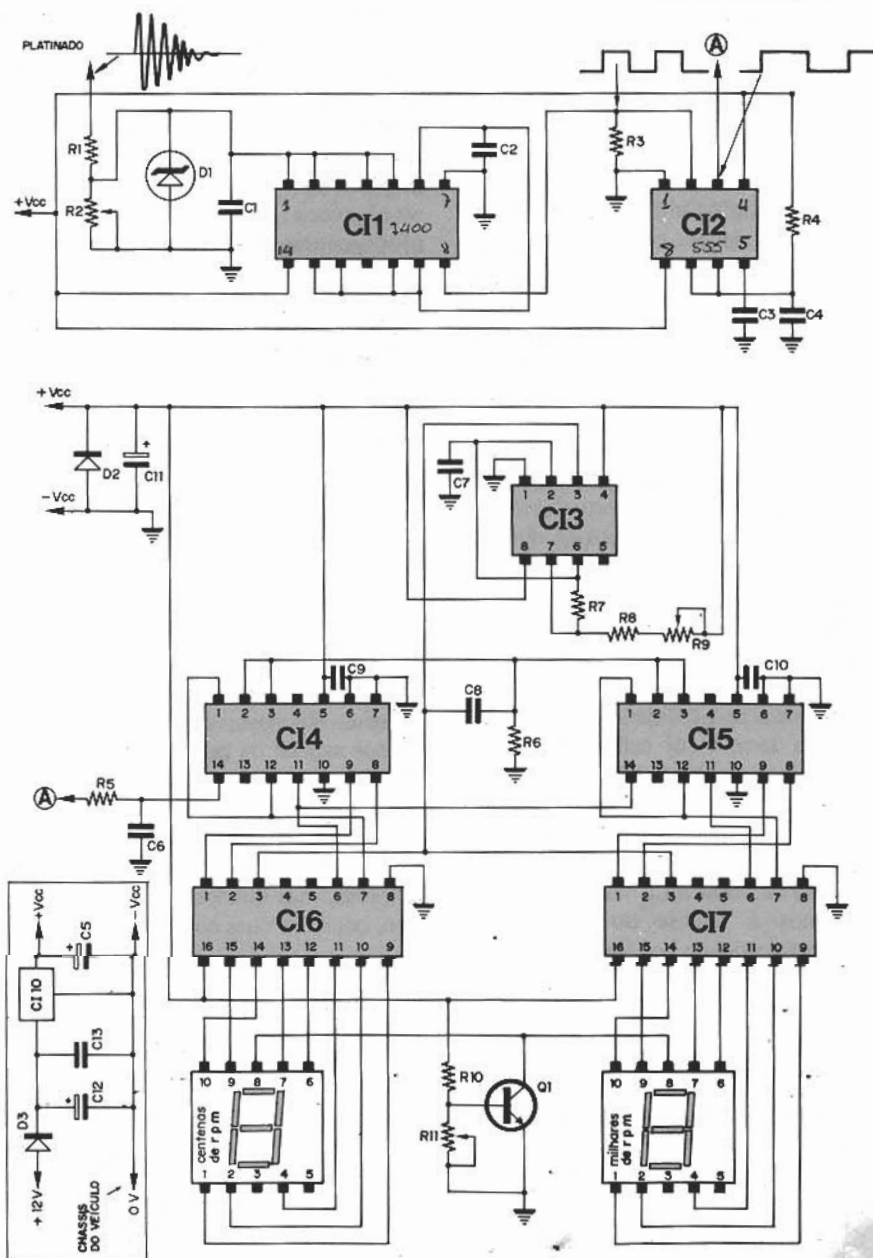


FIGURA 1



## Um TACÔMETRO digital de precisão

modificado para ser usado como tacômetro. São utilizados apenas dois "displays": DS1 indica centenas e DS2 indica milhares de rpm. "Displays" para dezenas e unidades não foram incluídos porque iriam variar muito rapidamente, perdendo sua utilidade. Além disso, indicações da ordem de dezenas e unidades de rpm não são muito significativas no desempenho do motor.

Examinando-se o circuito, vê-se que a tensão do platinado é aplicada a um divisor formado pelos resistores R1 e R2, para ser reduzida a uma tensão compatível com os circuitos TTL empregados no tacômetro.

O platinado, como todos os contactos, apresenta muitas vibrações durante o funcionamento, provocando oscilações parasitas na tensão.

Tais oscilações podem causar falsas leituras se forem interpretadas pelo circuito e, portanto, precisam ser eliminadas. Isto é efetuado pelo diodo Zener D1, que estabiliza a amostra da tensão em 5,6 ou 6,8 V, pelo capacitor C1, que absorve transientes de curta duração e por C11, que "quadra" perfeitamente o sinal. Este integrado contém dois "Schmitt triggers", que foram ligados em série para um melhor efeito.

O sinal é, então, enviado a um circuito monoestável C12, formado por um temporizador. Ele gera pulsos de duração bem definida, a um pulso na entrada e não é mais influenciado pela duração do ciclo. Esta é a sua dupla finalidade: entregar aos circuitos contadores pulsos bem definidos e diminuir a possibilidade de entrada de falsos pulsos. Seu tempo foi calculado de uma maneira tal que, acima de 6 000 rpm (rotação máxima da maioria dos motores) faz com que o tacômetro não aceite mais os pulsos vindos do platinado, assim também diminuindo a probabilidade da entrada de falsas informações.

Agora, passemos à análise do circuito que realmente interpreta o sinal e nos fornece a leitura.

### a) Décadas Contadoras

Uma para as centenas e outra para os milhares (C15), ligadas de maneira a fornecerem contagem decimal sob a forma binária; isto significa que a cada pulso na entrada corresponde um passo no contador e que a contagem, iniciada em zero, volta a ele depois do número nove e é reiniciada.

Estes contadores possuem duas entradas (pinos 2 e 3) que, sob um nível alto, "zeram" as saídas. Aplicando-se um nível baixo a pelo menos uma

delas, temos a contagem normal. Outras duas entradas (pinos 6 e 7) permitem que se faça a mesma coisa, mas "jogando" nas saídas o número nove, tendo sido aterradas porque não são utilizadas.

Uma das saídas da primeira década foi ligada à entrada da segunda, de maneira que esta só começa a contar após a chegada do décimo pulso à primeira (note-se que estes contadores reagem aos degraus negativos dos pulsos; assim, a 2a. década só irá iniciar seu ciclo quando a saída da primeira, pino 11, voltar a zero, no décimo pulso recebido). Consegue-se assim a contagem de centenas e milhares de rpm.

### b) Decodificadores "drivers"

Dois (C16 e C17), com "latches" internos, que decodificam os números da forma binária para os sete segmentos de cada "display". Estes CIs têm uma característica especial que é a da entrada EL (pino 3), ativadora dos "latches". Com um nível baixo aplicado a esta entrada, o decodificador opera normalmente. Porém, a um nível alto, ela faz com que o circuito armazene a última informação presente em suas entradas e a estabilize nas saídas (função executada pelos "latches" internos).

### c) Temporizador

C12, funcionando como a base de tempo do sistema. No caso, está ligado como um multivibrador astável de precisão, através da rede externa R7, R8, C7 e R9. A saída de pulsos foi conectada aos terminais de "zeramento" dos contadores e às entradas EL ("latches") dos decodificadores. Como já vimos, o nível baixo não afeta tais entradas, mas quando os pulsos passam pelo nível alto, ocorrem duas coisas:

1. os decodificadores ficam com suas saídas estabilizadas, isto é, mantêm nos "displays" a última informação recebida, enquanto durar o nível alto;
2. com um pequeno atraso, feito por C8 e R6, os contadores são zerados e ficam prontos para receberem novas informações no próximo nível baixo vindo do multivibrador (o atraso é necessário, para evitar que os contadores sejam "zerados" antes de poderem enviar a última leitura aos decodificadores).

Neste ponto pode-se perceber a operação de todo o conjunto: vemos que os contadores contam sempre um número variável de pulsos (vindos do platinado) durante um espaço fixo de tempo (controlado pelo multivibrador). Em outras palavras, temos o número de rotações do motor, por minuto.

Como só são usados "displays" para milhares e centenas de rpm, desprezando as dezenas e as unidades, poderíamos ter o problema de uma variação muito lenta da rotação nos "displays" (os extremos lidos pelo tacômetro são 100 e 6 000 rpm). Isto é compensado fazendo com que o multivibrador tenha um ciclo de apenas 150 ms. Teremos, então, nos "displays" uma renovação de leitura de aproximadamente 7 vezes por segundo.

O multivibrador precisa ser ajustado para o tipo de motor em que vai ser usado o tacômetro (pois, para uma mesma rotação do motor, a frequência de funcionamento do platinado varia de acordo com o número de cilindros e tempos); é o único ajuste necessário neste circuito, que veremos no próximo número.

Os "displays" utilizados são FND500 de sete segmentos. O transistor Q1 é o responsável pela regulação da intensidade luminosa dos "displays" devido à alta corrente drenada por eles. Esta

variação é muito útil, sobretudo quando o veículo é dirigido à noite e na estrada.

Os capacitores C6, C9 e C10 absorvem possíveis transientes. Como regra geral, C9 e C10 são montados junto a C14 e C15, devido ao ambiente saturado de interferências, como soe acontecer num automóvel.

Em paralelo à alimentação geral foi ligado um conjunto diodo-capacitor (D2 e C11). O capacitor, como nos outros casos, absorve eventuais variações bruscas de tensão; o diodo protege todo o circuito no caso de uma inversão de polaridade.

O estágio regulador da alimentação é constituído por D3, C12, C13 e C10. Este integrado é um estabilizador de tensão, tipo 7805. C13 foi colocado em paralelo com C12, por ser efetivo para transientes mais rápidos.

O protótipo, desenvolvido em nosso laboratório, foi arduamente provado, inclusive sob as piores condições, instalado em veículos de diversas marcas, inclusive importados; seu desempenho e precisão são assombrosos.

No próximo número forneceremos todos os detalhes de montagem, calibração e instalação, esta exigindo certos cuidados.

*(Conclui no próximo número)*

## LEIA NO PROXIMO NÚMERO

Entre outros assuntos, você poderá ler no próximo número de NOVA ELETRÔNICA:

### CURSO DE ÁUDIO

PLENO PROBE (o medidor de níveis lógicos que vale por 16)  
LUZES PSICODÉLICAS  
AMPLIFICADOR DE POTÊNCIA DE ÁUDIO COM CI TBA 810DAS





# ÁUDIO E SONS DIFERENTES NOS



CLAUDIO CESAR DIAS BATISTA

# CONJUNTOS MUSICAIS

Haverá, inicialmente, um esboço da história dos sistemas de som utilizados pelos conjuntos musicais profissionais, de sua evolução e do motivo que justifica a complexa aparelhagem atualmente usada.

Será mostrada a específica utilização de um determinado aparelho que compõe tais sistemas. Em seguida, serão fornecidos os detalhes completos para a montagem do aparelho em si, utilizando material encontrável com facilidade — pelo menos aqui na Capital Bandeirante — de forma a ir totalizando, nos diversos artigos, o sistema inicialmente descrito. Isso, evidentemente, envolverá projetos vários, tais como: caixas acústicas, amplificadores de potência, mesas de som, microfones, sintetizadores, para guitarras e módulos modificadores, pedaleiras, "phasers", "flangers", etc. Posteriormente os processos serão usados para os sistemas de som para estúdios de gravação profissionais, amadores e assim por diante, dando uma visão do que o leitor dispensará para obter, fazendo ele próprio um aparelho equivalente a outro muito mais dispendioso comprado já pronto.

Ao lado da descrição teórica e prática dos equipamentos feitos por nós, gratuitamente, para OS MUTANTES, nos quais empregamos componentes discretos e operacionais, alguns conjuntos e laboratórios de som, equipamentos esses de grande confiabilidade, serão publicados artigos expondo circuitos já em pesquisa e que gradativamente irão substituir os discretos por equivalentes operacionais (OpAmps). Tal objetivo é atualizar e permitir evolução, sem desprezar o grande material já à nossa disposição e permitir, também, um aprendizado prático.

Esta forma de apresentação permitirá a você escolher entre a confecção desde uma simples parte do sistema descrito que "encaixe" naquele que já possua, até à totalidade do sistema proposto, suficiente

para um trabalho profissional de amplitude; dará, a quem não a tenha, a idéia geral dos "por ques" e uma boa base para decisão a respeito de equipamento, coisa que acreditamos ser impossível, quando baseada nas publicações nacionais existentes e no ensino técnico de eletrônica.

Finalmente, solicitamos aos leitores aguardarem o desenvolver da matéria que visa a atender uma maioria e não este ou aquele caso particular, esta ou aquela circunstância, este ou aquele problema específico. As modificações, alterações e adaptações deverão ser experimentadas pelos próprios interessados, pois que tudo foi antecipadamente programado, montado, exaustivamente provado e, uma vez seguidas as instruções, usados os compo-

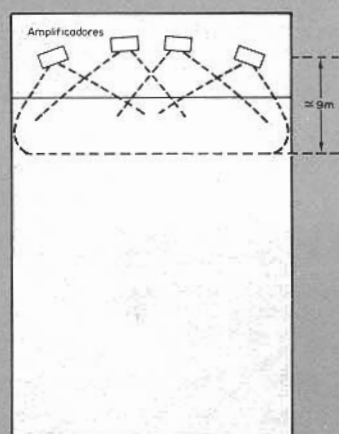


FIGURA 1

nentes indicados, tudo funcionará dentro das especificações de cada aparelho em si ou dentro do conjunto que ele formará ou poderá formar.

## A EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE SOM DOS CONJUNTOS MUSICAIS

Escolhendo a época dos sucessos em LP do conjunto musical norteamericano "The Ventures", ou dos brasileiros "The Jet Blacks", formemos um quadro da situação da maioria dos conjuntos musicais eletrificados (início da década de 60).

Não havia, ou quase não havia, a execução vocal. Os solos musicais, assim como todo o acompanhamento, eram quase sempre realizados pela guitarra elétrica. Fora a bateria tais solos e acompanhamentos eram produzidos por instrumentos musicais amplificados por um tipo basicamente idêntico de amplificador: o "Fender Showman" é o exemplo clássico, de onde se originaram os Tremendões e outros nacionais.

A característica essencial desses amplificadores é seu curto alcance sonoro: é o que denominamos "short throw". Isto quer dizer que mantém a mesma característica de resposta de frequências e timbre até uma curta distância e que, à medida que nos afastamos deles, para os lados e para a

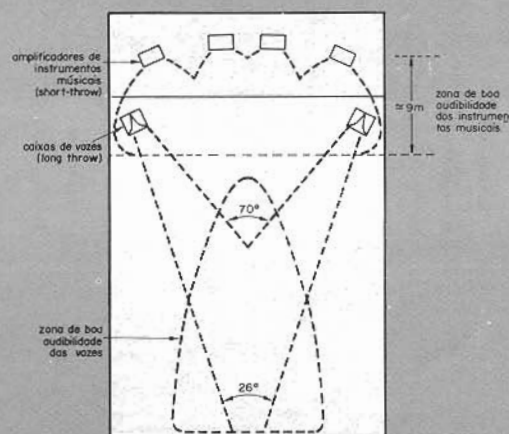


FIGURA 2

frente (distância entre a frente do conjunto musical e o fundo da sala), o controle sobre a dispersão sonora feito por suas caixas acústicas é deficiente, modificando-se a resposta, a clareza, a inteligibilidade.

O ângulo coberto pelo som desses amplificadores é bem grande, principalmente nas baixas frequências e é útil até distâncias ao redor de 9 metros do palco à platéia, após o que as reflexões nas paredes, no chão e a diretividade diferente nas diversas frequências tornam a qualidade sonora incontrolável pelo músico (fig. 1).

Como as apresentações na época eram, geralmente, para auditórios pequenos, clubes, bailes, etc., tudo ia às mil maravilhas.

Surgiram os Beatles. Com eles e outros, o som vocal foi extremamente valorizado; daí a necessidade de aparelhagem para a amplificação das vozes, também sentida nos grupos musicais brasileiros que, de certa forma, refletem as variações dos estrangeiros.

Por causa do fenômeno da microfonia ou realimentação acústica, as caixas para vozes deveriam ser, obrigatoriamente, colocadas entre o público e os músicos, voltadas para o público e longe dos microfones. Hoje em dia começam a ser tentadas, em maior escala, técnicas de anulação da realimentação, com o emprego de dois microfones distanciados, direcionais e fora de fase.

A posição ideal, para o sistema monofônico, seria a colocação da(s) caixa(s) de vozes no teto e no centro, mas a impossibilidade disso ser feito com sistemas portáteis obrigou o uso de um par de colunas sonoras, uma em cada lado do palco, como se fosse um sistema estereofônico (fig. 2).

Devido a ser, as colunas sonoras, por natureza, um sistema de grande alcance — "long throw" — principalmente quando utilizadas cornetas acústicas e devido ao efeito Haas (para maiores detalhes a este respeito, consulte o livro "Estereofonia Prática" — Saul Sorin — Ed. Radiorama 8, que pode ser encontrado nas livrarias especializadas em livros técnicos), que se resume em existir uma área fora da qual a inteligibilidade do som é deteriorada quando o mesmo provém de duas fontes sonoras, a região da platéia atingida com clareza pelo som das vozes amplificadas não o era pelo som dos amplificadores dos instrumentos musicais e vice-versa.

O som dos amplificadores de instrumentos chegava já misturado, com sua própria reflexão nas paredes, à região onde se ouviam bem as vozes e o som das vozes chegava excessivamente retardado, vindo da caixa mais distante, a quem quer que não estivesse na linha central entre as duas "caixas de vozes", causando perda de inteligibilidade destas na zona onde se ouviam bem os instrumentos.

A região coberta pelo sistema de "reamplificação de vozes" abarcava um público bastante mais numeroso e mais distante do palco, permitindo, praticamente, que as distâncias e a platéia atingível se tornassem ilimitadas, enquanto que a falta de resistência dos músicos a altos níveis sonoros, aliada ao problema do "vazamento" via microfones e a necessidade de que um músico ouvisse os demais, não permitia que todo o som viesse por detrás destes.

Surgiu a idéia, logo posta em prática, de se reamplificar, também, os instrumentos musicais pelas "caixas de vozes", usando-se caixas e amplificadores mais potentes e sofisticados. O resultado satisfaz ao pú-

blico, que passou a ouvir melhor os instrumentos via reamplificação — desde que os amplificadores dos instrumentos individuais no palco fossem mantidos a níveis mais baixos, a ponto de não interferirem com seu próprio som vindo do público pelas caixas de reamplificação.

Os músicos, no entanto, recebiam, inevitavelmente, a reflexão do som de suas vozes e dos instrumentos, via caixas de reamplificação, paredes, chão e teto do auditório. Esta reflexão, às vezes de alto nível sonoro e sempre com atraso em relação ao som original, "embaralhava o som" ouvido pelo músico, a ponto de um não escutar com inteligibilidade a voz do outro.

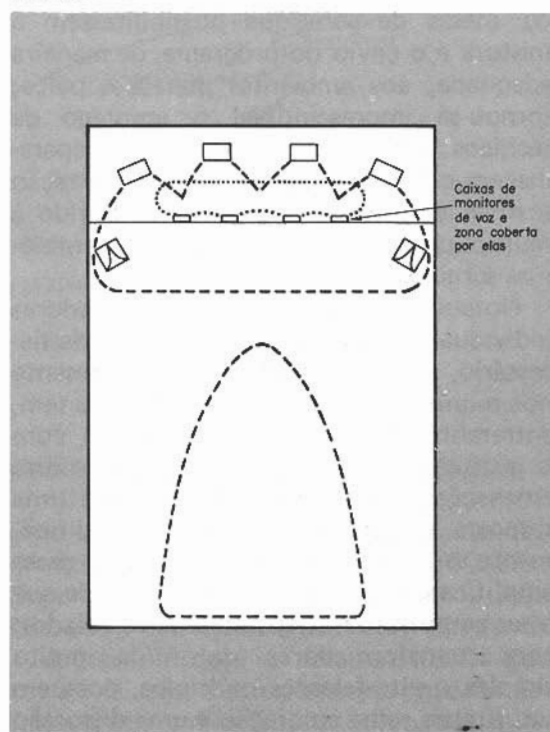


FIGURA 3

A solução foi a colaboração de pequenas caixas de retorno, ou "monitores" de voz, no chão do palco, à frente dos músicos e por trás dos microfones unidirecionais (fig. 3).

Passando a ouvir bem as vozes, mas somando-se a elas o som do retorno, o de sua própria voz, o da bateria e os dos amplificadores de palco, um músico deixou de ouvir, com clareza, o som do amplifi-



cador do outro, principalmente quando tais músicos estivessem situados em extremos opostos do palco, devido às características de "short throw" e à impossibilidade de se exagerar o nível de volume desses amplificadores, como já anteriormente se disse.

Foi assim que veio à idéia reamplificarem-se os próprios instrumentos musicais, via monitores, para os músicos em conjunto — usando-se amplificadores e caixas de maior potência. Todos, músicos e público, passaram a ouvir tudo muito bem, fossem quais fossem as dimensões do palco e do auditório, tratando-se, agora, de dois ambientes completamente separados do ponto de vista do controle do som. Para tanto, foi necessária a construção de mesa ou mesas de som que possibilitassem a mistura e o envio do programa, de maneira adequada, aos ambientes platéia e palco; tornou-se imprescindível o emprego de técnicos para o controle de som, aparelhagem cara e sofisticada e de organização a nível empresarial do conjunto devido à multiplicidade de pequenos novos problemas surgidos.

Nota-se que o uso de amplificadores individuais aparentemente ficou desnecessário, já que todo o som está presente nos monitores. A maioria dos músicos tem, entretanto, seu próprio amplificador, com o qual estuda, convive, ao qual dirige suas emanações espirituais e dele recebe uma resposta sutilmente personalizada; dificilmente o músico abandonará o uso desse amplificador. Dá-se, também, o fato de que esses amplificadores, geralmente valvulados, com transformadores de saída muito simples e alto-falantes múltiplos, possuem um timbre, uma coloração e uma distorção muito especiais e característicos, bem como prolongam ou sustentam os "envelopes" sonoros, o que absolutamente não deve acontecer com o sistema de som dos

monitores e o da reamplificação para o público. Essa coloração, cuja pesquisa foi nosso objetivo por longo tempo, é difícil, mas possível de obter com pequenos modificadores transistorizados, distorcedores e afins, que permitem a quem realmente deseja livrar-se dos problemáticos amplificadores a válvula, fazê-lo sem medo, como aconteceu com vários grupos musicais sob nossa orientação (Grupo 17, etc.). Seja como for, correndo os palcos da maioria dos grandes e avançados grupos musicais, o leitor lá encontrará os tão amados Fender Twin Amp, Gibson, Tremendões, Palmers e outros representantes do "estado gasoso" a retribuir calorosamente as vibrações dos seus músicos e senhores.

Com o desenvolvimento dos diferentes aspectos dos problemas até este momento resumidos e das soluções práticas e verdadeiramente funcionais para os mesmos, serão fornecidos circuitos de excelentes amplificadores valvulados para instrumentos musicais, propositadamente longe do que se possa chamar de alta fidelidade. Serão, também, apresentados amplificadores e preamplificadores transistorizados de altíssima fidelidade. Nossa opinião particular é que as unidades modificadoras de som devem ter o menor tamanho físico possível e serem localizadas em sistemas de pedais colocados em "suportes pedaleiras", sendo que o sinal elétrico deverá estar pronto daí em diante para ser reproduzido em alta fidelidade por um sistema capaz de atender ao conjunto todo dos músicos e do público. Em alguns casos — e quando a "grana" der — deverão ser usados amplificadores valvulados *pequenos*, como modificadores e geradores de timbre característico, por exemplo, o Twim Amp ou equivalente de fabricação nacional.

Outra possibilidade para os amplificadores valvulados de instrumentos musicais é o uso em pequenos grupos de amadores ou profissionais que não desejem ou não possam se expandir para ambientes grandes, com público realmente numeroso, desistindo, então, do uso de pedais e modificadores de som com resultados previsíveis,



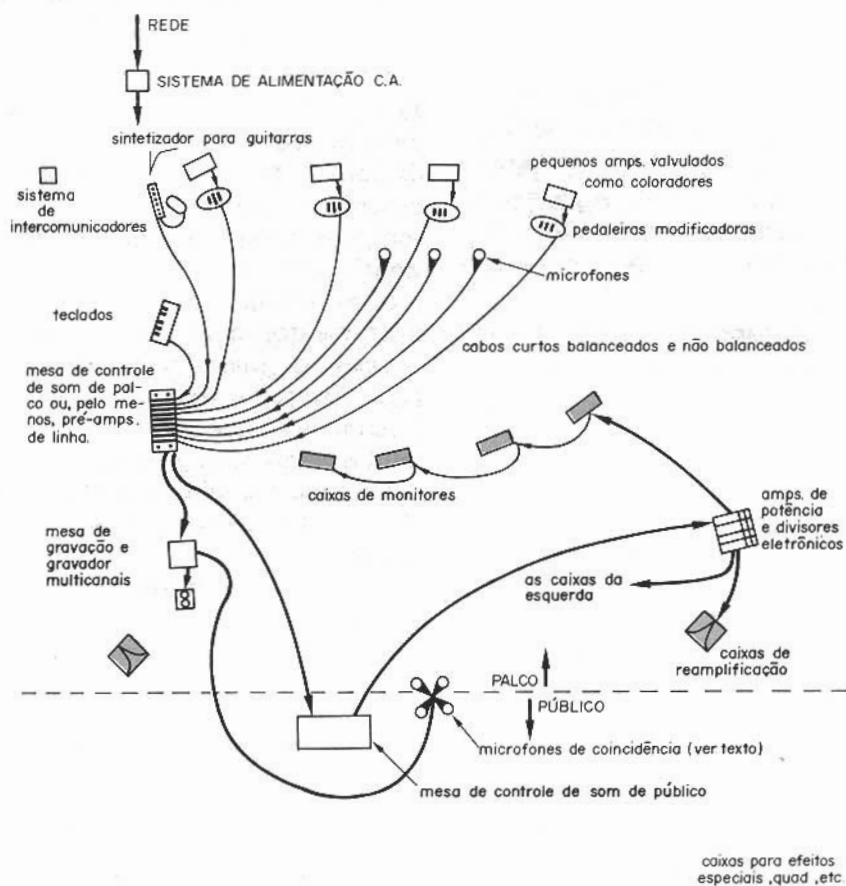


FIGURA 4

já que estes terão um "som" diferente em cada amplificador convencional valvulado que for utilizado.

Quanto ao amplificador valvulado de alta fidelidade, não é quase utilizado, a não ser alguns modelos ingleses Hiwatt e outros similares americanos, devido a poderem ser obtidos resultados muito semelhantes com amplificadores transistorizados por preço, custo de transporte e de manutenção muito inferiores (fig. 4).

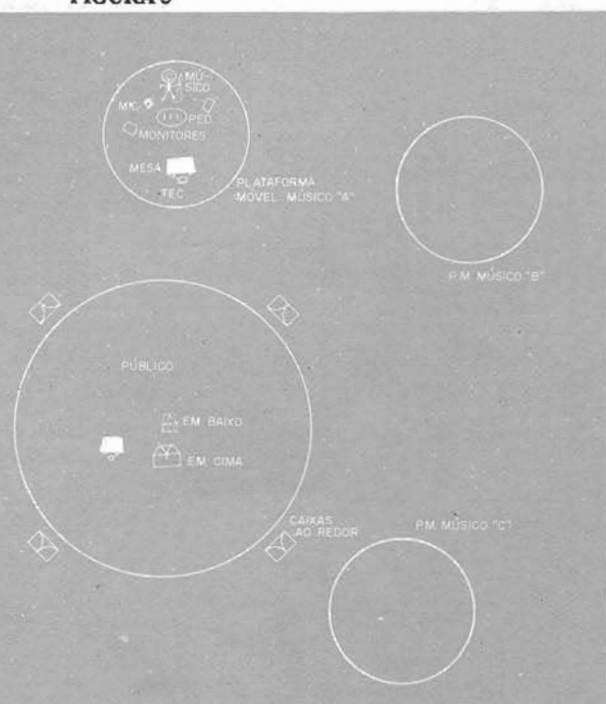
A gravação de "shows ao vivo", nos grandes grupos, é feita em tomadas de linhas de microfones e instrumentos, diretamente na mesa de som de palco para a mesa de gravação e, também, separadamente, via microfones independentes, pertencentes ao sistema de gravação. Nestes

últimos é utilizada, com sucesso, a técnica de microfones coincidentes da BBC (The Technique of the Sound Studio — Alec Nisbett — Ed. The Focal Press — England).

A gravação deve ser feita em multicanais os quais são posteriormente misturados (mixagem), em outros estúdios, nos quais são feitas ou não a correção de partes do programa, adicionados efeitos especiais, etc.

Resta, ainda, dizer que, como possibilidade futura, temos o uso de várias mesas de som, uma para cada músico, com seu(s) técnico(s) auxiliar(es), além da mesa de som para o público e a de gravação, aliadas à monitoração total e independente para cada músico. Isto permitiria a disposição relativa de músicos e público, como ilustra

FIGURA 5



a fig. 5 e até a movimentação no espaço, do ambiente completo ou plataforma de cada músico. Tal coisa, que saibamos, ainda não foi executada, aqui ficando a idéia...

Os equipamentos que daqui para diante passaremos a descrever, dando os mais minuciosos detalhes para as suas montagens, empregam componentes e materiais acessórios encontráveis com facilidade no comércio especializado da Capital de São Paulo. Você deverá analisar, antes de decidir-se por sua montagem, se servirá ou não para o seu uso; jamais deverá introduzir modificações, a não ser que tenha bons conhecimentos para o fazer as especificações dos diversos equipamentos, uma vez confeccionados com os materiais e seguidas as instruções, serão idênticas às dos protótipos exaustivamente provados sob as mais diversas condições. As modificações que pretender introduzir devem ser bem estudadas e experimentadas pelo próprio idealizador das mesmas, o mesmo valendo para outras adaptações que não as por nós indicadas.

## SINTETIZADORES, PEDALEIRAS E MODIFICADORES

Começaremos a série de artigos focalizando um setor importante do sistema geral de som dos conjuntos musicais. É o "som de palco". No palco é que estão localizados os *grandes segredos*, os modificadores de som, os pedais, os distorcedores, "wah-wahs", "phasers", "flangers", as câmaras de eco, os reverberadores, os sintetizadores, os instrumentos musicais eletrônicos e eletrificados, os microfones, os amplificadores para instrumentos musicais e toda a "tranqueira" que os músicos dos conjuntos muitas vezes carregam com eles mesmos e cujos circuitos fabricantes guardam a "sete chaves" em pastas assinaladas com "Top Secret".

Especificamente, dos mais secretos e "bolados" circuitos, escolhemos os pedais e modificadores de som; mais tarde virá o resto.

Possuimos um sistema próprio de interligação dos pedais e outros modificadores que culmina, passando pela já mais conhecida e utilizada "pedaleira", num verdadeiro e inédito sintetizador para instrumentos musicais e vozes.

O sistema completo é bastante recente e estará em breve sendo apresentado nos "shows" e discos d'OS MUTANTES por nosso irmão Sérgio. Dele consta os mais diversos pedais, alguns antigos, mas até hoje não superados, há muito usados em pedaleiras pel'OS MUTANTES, até outros novíssimos, como *dobradores (BONS) de frequências* e "ring modulators", que Sérgio apenas experimentou em nosso laboratório, na Serra da Cantareira.

Você poderá montar, isoladamente, qualquer um dos circuitos que achar interessante ou lhe convier para seu próprio sistema de som, ou poderá acoplá-lo, em um sistema modular, até formar um sintetizador para instrumentos musicais ou vozes. A este sistema podem ser acoplados quaisquer pedais existentes no mercado.

Os principais circuitos que nos permitirão chegar ao sintetizador, não necessariamente nesta ordem, serão:

### Módulo de entrada

O grande segredo do sintetizador sem teclado.

### Sustainer

O melhor circuito de sustainer existente, sem distorção, usando Op Amp. servirá como compressor também para mesas de som (limitador ou compressor infinito).

### Distorcedores

Uns 9 ou mais tipos diferentes para você obter (mesmo) desde o macio "som do yes" e "overloading" dos amplificadores valvulados até os "fuzzes" mais sujos possíveis; haverá, também, distorcedores especiais sextuplos a serem usados um em cada corda de guitarra ou contra-baixo para eliminar o "embrulhamento" dos acordes e obter sons contínuos e muito ricos em harmônicos (captadores especiais sextuplos a serem usados um em cada corda, apenas neste modelo, sendo os demais distorcedores para trabalharem com qualquer guitarra).

### Contour Generators (CG)

Indispensável nos sintetiza não produz qualquer som, mas servem para controlar o tempo de ataque, "sustain" e "decay" (envelope) dos VCO, VCF, etc., que você usará, permitindo que efeitos hoje em dia realizados por manipulação de potenciômetros de volume nas guitarras ou em pedais de volumes e "wah-whas" sejam estendidos a "step beyond" (or several...).

### Osciladores de Controle

Depois explicaremos.

### Geradores de Ruído

Para efeitos de chuva, tempestade, silvos, etc.

### VCF, VCO

Explicaremos a seguir.

### Dobrador de Frequências

Nosso circuito: principalmente nas notas agudas, dá a oitava acima limpa e nítida.

### Ring Modulator

Nosso circuito; para aparelho bastante

usado pelo Mahavishnu (John) nas gravações mais recentes.

### Phaser

Você já conhece; as novidades explicaremos mais tarde.

### Flanger

Um super Phaser, para efeitos tão bons quanto os originalmente conseguidos em estúdios, com gravadores sincronizados.

### Delayers e Reverberadores Eletrônicos

Fica para o momento oportuno.

### Noise Source

Gerador de ruído.

### Modulation Mix

Não produz som, mas combina os sinais de Noise Source e do Oscilador para controlar VCF.

### Balanceador

Permite combinar os sons sintetizados com os sons normais (não confundir com o balanceador de canais usados nos sistemas de som estereofônico).

### Funk Machine

Será futuramente detalhado.

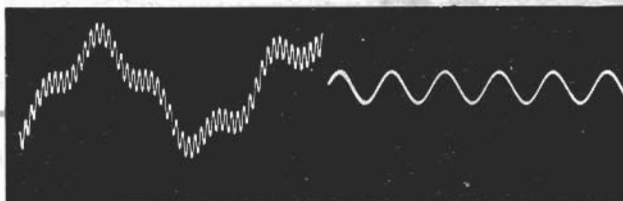
### Fonte de Alimentação

Fonte estabilizada regulável, múltipla, que permitirá alimentar os diversos módulos do sintetizador e também os pedais modificadores que você já possua, eliminando as caras e problemáticas baterias.

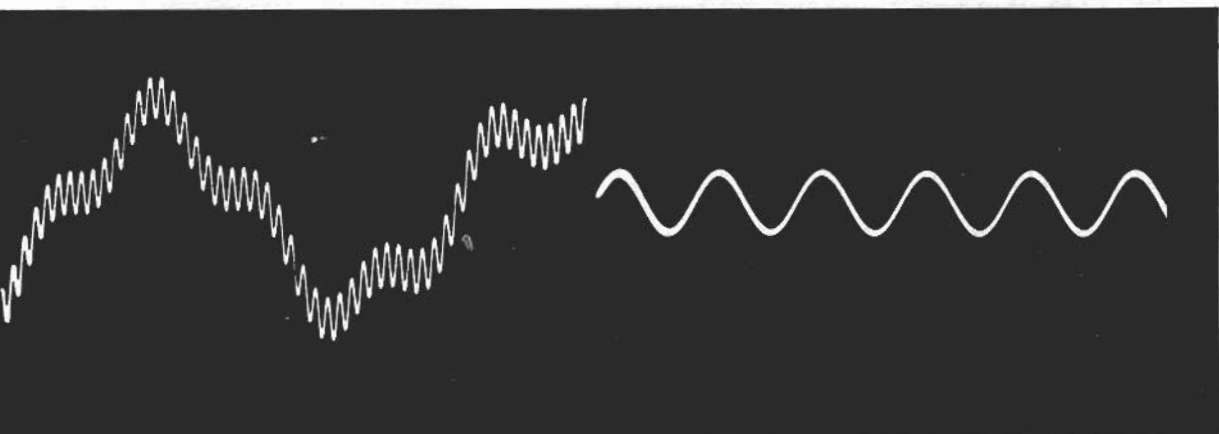
### Alphatron

Controle de sintetizador utilizando ondas alfa; várias pessoas em conjunto com apenas um sintetizador; resultados de experiências e idéias originais.

Ainda bem mais para a frente temos programada a publicação de um teclado e osciladores com os quais você possa montar, junto com os módulos anteriores, um *sintetizador de teclado* com mais possibilidades que o conhecido Mini-Moog e com a mesma qualidade e confiabilidade.







## NOTA DA REDAÇÃO

Poderá parecer-lhe estranha uma abertura como a deste artigo — auto-promoção de seu autor. No decorrer do texto, com a forma de apresentação dos diversos circuitos e os resultados que o leitor obterá, esperamos que acredite ser tão necessário como nós pensamos.

O autor iniciou-se em Eletrônica ao contrário da maioria; jamais freqüentou, regularmente, um curso especializado. Nasceu em família de músicos: pai, cantor; mãe concertista de piano; irmãos, os atuais componentes do famoso conjunto OS MUTANTES. Seu interesse prático pela Eletrônica deu-se com a construção caseira e artesanal de guitarras elétricas — seus instrumentos chegaram a ter grande valor entre os músicos, assim como os amplificadores, os modificadores de som, os sistemas P.A. ou de reamplificação, os estúdios de som, os sistemas residenciais de alto desempenho, os sintetizadores, os "theremins", as caixas acústicas, as cornetas e toda uma infindável aparelhagem com a qual se envolveu e produziu desde que enveredou pelo maravilhoso mundo do som. Começou, portanto, da prática em direção à teoria. Hoje possui uma imensa e invejável bibliografia formada por livros, revistas e anotações de suas próprias pesquisas.

Cursou a Escola de Administração de Empresas de São Paulo — Fundação Getúlio Vargas, tendo, então, se conscientizado da necessidade de "fechar um circuito de realimentação" entre a prática e a teoria para que assim uma desse sentido e reajuste à outra.

Torna-se útil esta apresentação para que o leitor se ambiente ao estilo dos artigos do autor, mais parecidos com contos ou romances literários, do que com a habitual maneira fria de expor todas as teorias e princípios de funcionamento. Mas a matéria, temos absoluta certeza, irá satisfazê-lo com a mesma intensidade com eletriza cada

experiência, cada montagem que ele realiza, no momento que anota, no emaranhado dos cálculos e circuitos iniciais, em letras, como um grito de vitória: "DEU CERTO!... FUNCIONA!..."

Esperamos alcançar o objetivo de propiciar-lhe o mesmo sentimento que tomou o autor quando pela primeira vez assistiu à demonstração do som estereofônico, em casa de um amigo de seu pai, cujo nome jamais esqueceu e em homenagem ao qual dedica seu trabalho: Armando Sales. Se esta série de artigos produzir ao leitor o mesmo que produziu no autor, um maior relacionamento com o Universo por meio do Som, sentir-nos-emos plenamente recompensados.

O leitor que esperar a fria empáfia das publicações técnicas convencionais corre dois riscos. O primeiro de "chatear-se" extremamente com um certo desperdício de palavras e de divagações anti-científicas. O segundo, ao desistir da montagem pelo primeiro motivo, deixar de realizar, por um pequeno custo, um aparelho de grande confiabilidade.

O aclamado som d'OS MUTANTES aí está para garantir a eficácia, eficiência e viabilidade dos circuitos e dos projetos que serão descritos. Tais circuitos foram exaustivamente *provados na prática, em uso profissional*, o que lhes confere elevada margem de confiabilidade, normalmente impossível de ser atingida por empresas comerciais devido às exigências de produção em série.

O nível de qualidade obtido dos sistemas que serão publicados estará no mesmo plano dos melhores existentes no Exterior e no Brasil.

As soluções teóricas nem sempre serão as ideais, podendo surgir simplificações, melhor utilização dos aparelhos e circuitos propostos.

O que, na realidade, nos propomos a fazer com esta série de artigos é um trabalho sério, passando do simples amadorismo para um verdadeiro profissionalismo.

Uma constante troca de correspondência entre o autor, empresas norteamericanas e inglesas, como James Bulloughs, Altec, Cerwin-Vega, Gauss, Electro-Voice, Shure Brothers, R.T.R., etc., a incansável assistência teórica e material de empresas nacionais, como Filcres, Novik e outras, bem como a assistência da pesquisa pura sonora efetuada pelos OS MUTANTES, por Arnaldo D. Baptista, pelas Faculdades Integradas Alcântara Machado, tudo se somando ao seu trabalho de pesquisa — para o qual muito tem contribuído sua esposa, Ana Maria — o qual vem sendo realizado desde 1963, possibilitarão a apresentação de equipamentos funcionais, confiáveis e, em muitos casos, como um original sintetizador para guitarra e vozes, absolutamente inéditos, jamais havendo publicação semelhante no Brasil nem no exterior.

Os artigos conterão, sempre que necessária, uma visão geral, comentários, filosofia “da coisa”, história da evolução do equipamento, em seguida ao que virão os circuitos, materiais, “lay-outs” e demais informações detalhadas para que o leitor possa ter subsídios para a elaboração de excelentes conjuntos que, montados seguindo todas as instruções e usando os materiais indicados, funcionarão perfeitamente e atenderão suas necessidades. Será, pois, o “prato” espiritual da balança, perfeitamente equilibrada pelo “prato” material.

O autor reconhece que os diferentes leitores dispõem de maior ou menor tempo, encarando mais subjetiva ou objetivamente a matéria exposta. Para tentar atender a todos, sugere-se aos que tenham pouco tempo a perder ou que prefiram um

enfoque puramente objetivo, lerem apenas as partes mais importantes que serão destacadas. No entanto, achamos que uma rápida leitura de tudo poderá esclarecer melhor e evitará certas dúvidas.

Para melhor esclarecer e caracterizar quem escreverá esta série de artigos específicos, cumprenos dizer que o autor, especificamente em áudio, é especializado em:

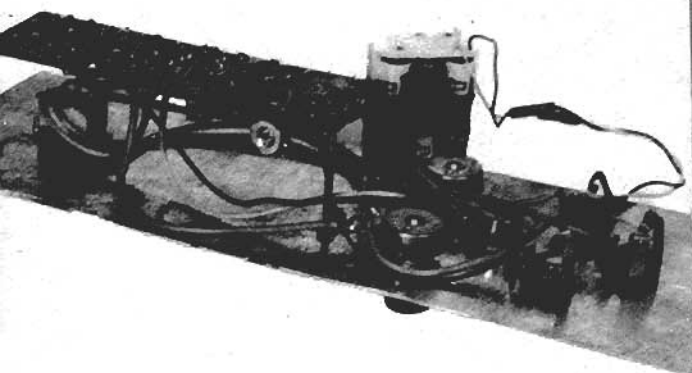
- instrumentos musicais eletrônicos e eletrificados — sintetizadores e outros;
- amplificadores para instrumentos musicais;
- modificadores de som para instrumentos musicais;
- reamplificação de conjuntos musicais e orquestras — P.A. Systems;
- caixas acústicas para instrumentos musicais;
- caixas acústicas para reamplificação — cornetas e alto-falantes;
- mesas de controle para P.A.;
- mesas de controle para estúdios de gravação e laboratórios de som;
- sistemas completos para estúdios de som profissionais e amadores;
- sistemas de som residenciais;
- a música em si;
- conjuntos musicais, organização empresarial de grandes grupos;
- etc.

Somos os pioneiros neste tipo de publicação específica. Na realidade, sobre tais assuntos, muito já se escreveu, mas jamais assuntos específicos, bem práticos, exaustiva e profissionalmente provados e aprovados.





Cláudio César Dias Baptista

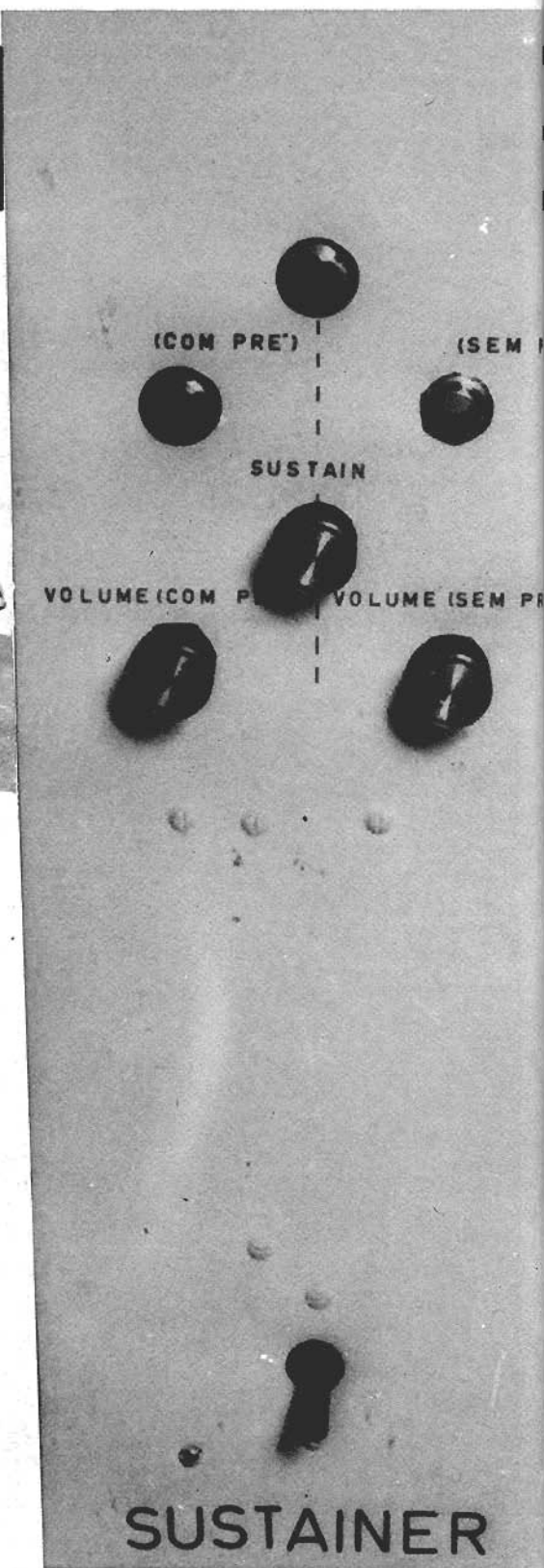


### NOTAS PRELIMINARES

Para chegarmos ao primeiro módulo do sintetizador é indispensável uma recordação sobre aquilo que seja, exatamente, um sintetizador de som e o que dele se pode esperar. Vejamos, pois.

Os sintetizadores de som originaram-se em pesquisas (1) dirigidas a facilitar o trabalho de composição ou síntese de som dos instrumentos musicais existentes e de sons totalmente novos, realizado em laboratórios de empresas ligadas ao som, "buscadores" e músicos individuais.

Aquelas empresas e estes pobres "cientistas loucos" eram obrigados a cortar e emendar pedacinhos de fita de áudio gravada para comporem uma síntese sonora qualquer. Outros usavam desenhos e material cinematográfico para obter o mesmo resultado. É evidente o trabalho necessário: quando os jovens pesquisadores terminavam uma nova música, estava na hora de cuidar da aposentadoria e, se de cunho popular, a música já saía clássica.



(1) — CURSO "ESSE" DE ALTA FIDELIDADE — Fundamentos Psico-Acústicos — Engenheiros Paulo e Hélio Taques Bittencourt  
MÚSICA DE LA ERA TECNICA — Fred Prieberg — EUDEBA  
38 NOVA ELETRÔNICA

# SUSTAINER

A grande idéia foi controlar os diversos aparelhos geradores de som ao invés de, usando "botões", por meio de tensões elétricas muito mais rápidas e múltiplas que as mãos.

Surgiram os VCA, VCF, VCO e outros VC qualquer coisa. VC quer dizer "Voltage Controlled" (controlado por tensão); daí ser:

VCA — Voltage Controlled Amplifier — uma espécie de pedal de volume eletrônico;

VCF — Voltage Controlled Filter — algo bem superior, mas que podemos imaginar como um "Wah-Wah" eletrônico, com muito mais possibilidades do que simplesmente ficar repetindo "Wah-Wah" a ritmo constante, como um tremolo ou vibrato;

VCO — Voltage Controlled Oscillator — Um gerador de áudio de alta precisão, controlado por tensão.

Começou a interessar, não? !...

As grandes diferenças entre o órgão elétrico e o sintetizador são: o órgão produz as notas musicais a partir de geradores de frequências fixas, com forma de onda mais ou menos pura (senoidal); existem vários geradores em qualquer órgão eletrônico, cada qual gerando uma das notas musicais e seus semi-tons, num total de doze; as notas mais agudas (altas) são diretamente geradas, enquanto que as mais graves (baixas) são divisões por dois das frequências das doze notas originais.

Pode-se imaginar a complexidade de um sistema de duplo teclado e com "mil" recursos como os Hammond, Yamaha ou Wurliitzer profissionais. Os diversos timbres e ruídos são acrescentados, misturados ou filtrados usando-se equipamento extra lá no interior do órgão. Desta forma, sons como o "flute", etc., são formados às custas, cada qual, de todo um sistema separado e fixo, comutado por chaves e sem muita possibilidade de variação por parte do músico, a não ser nos grandes órgãos.

O maior "trunfo" do órgão é ser polifônico, isto é, podem ser tocadas várias notas de uma só

vez (acordes), enquanto que apenas recentemente os sintetizadores começaram a ser comercializados desta forma e bem caros, sempre muito mais que seus irmãos monódicos (que tocam apenas uma nota por vez).

No sintetizador, pelo contrário, existe apenas um ou um pequeno número de geradores (osciladores), que são os VCO; estes geram formas de onda bastante ricas em harmônicos, principalmente a quadrada (pulse), a triangular e a dente de serra.

Enquanto no órgão as frequências são fixas, no sintetizador cada VCO gera qualquer frequência de áudio com precisão. Conforme se ligue a ele uma tensão maior ou menor, se obtém qualquer nota mais alta ou mais baixa (mais aguda ou mais grave). Simplesmente fazendo um teclado que, a partir de divisores de tensão e contactos comandados pelas teclas, ligasse a um só VCO tensões matematicamente relacionadas com as diferentes notas musicais, teríamos, por um custo muitas vezes inferior ao do órgão, a escala musical inteira e já com "timbre" enriquecido pelas próprias formas de onda complexas dos geradores. Desvantagem: apenas é gerada uma nota por vez. Se você "fizer um acorde" num sintetizado monódico (Mini-Moog, etc.), sairá só a nota mais alta (aguda).

Outra boa idéia foi, lembrando que qualquer forma de onda complexa é constituída por sobreposição de formas senoidais simples (Basic Oscillators — Irving M. Gottlieb — Rider — USA) e pelo Teorema de Fourier, filtrar-se o sinal complexo "ardido" do VCO para se obterem sons mais suaves, imitando instrumentos existentes ou completamente novos. O encarregado desta função foi o VCF (filter).

Usando sistemas complexos e auxiliados até por computadores, os pesquisadores originais (RCA, etc.) conseguem obter sínteses, impossíveis de distinguir, dos instrumentos musicais existentes. O que pegou mesmo foi o "som novo", sendo hoje super conhecido e identificável o som do "Moog" — instrumento fabricado em série, nos Estados Unidos, pela fábrica do mesmo nome e "bolado" por R. A. Moog.



A idéia do sintetizador, portanto, é controlar-se, independentemente e sempre por meio de tensão, cada parâmetro que defina o som, sua intensidade, seu teor harmônico, seu envelope harmônico e "intensífico" (...), etc., usando-se o menor número possível de unidades geradoras e controladoras.

Um sintetizador possui, por conseguinte, dois setores principais:

**Gerador** — onde estão os VCO e os teclados.

**Controlador** — onde são modificados os sinais gerados.

Pode ser acrescentado, à parte, um misturador de controle, que seleciona os diversos sinais a serem ouvidos.

O sintetizador é um aparelho muito mais simples e barato que o órgão eletrônico e muito nos admira não haver ainda fabricação nacional, em grande escala e a preço razoável, principalmente devido ao incentivo dado pelas dificuldades impostas à importação. Se for por desconhecimento dos circuitos ideais e confiáveis, isto não será mais desculpa após estes artigos, pois haverá material suficiente para qualquer um desenvolver a produção de sintetizadores de teclado, simples ou complexos e até uma novidade: o sintetizador para guitarras, que não possui teclado.

### SINTETIZADOR PARA GUITARRAS, OUTROS INSTRUMENTOS MUSICAIS E VOZES

Recordando o exposto anteriormente vemos que um dos "drawbacks" do sintetizador comum é ser monódico.

Desde muito antes da existência do mercado de sintetizadores comerciais, como o Mini-Moog, o Moog Satellite ou os ARP, preocupamo-nos com a possibilidade de acoplar, a um sistema sintetizador, uma guitarra elétrica, para formar uma "guitarra-sintetizador". Isto foi no tempo em que os animais falavam, quer dizer, no tempo em que construíamos guitarras especiais, artesanalmente e muito pouco entendia de circuitos elétricos, pelo menos um pouco menos que o nada que entendo hoje!...

De posse de circuitos comerciais de sintetizadores norte-americanos e com alguma dose de paciência, conseguimos, via difíceis raciocínios

tipo  $2 + 2 = 4$ , um circuito bastante complicado e pouco racional que "percebia" cada palhetada, mesmo a mais rápida, de uma guitarra e com isso disparava os CG ou Geradores do Contorno que, por sua vez, controlariam, como nos sintetizadores convencionais, os VCF, VCO, etc., permitindo que tanto o som normal, puro e polifônico da guitarra, quanto seus tons sustentados com ou sem distorção e outros ainda, onde a guitarra intervém como mera fonte de informação e os sinais são totalmente independentes, sejam emitidos com as características normais dos sintetizadores monódicos de teclado.

Não apenas a guitarra; também vozes, outro sintetizador, órgão ou qualquer sinal eletrônico serão admitidos e sintetizados neste aparelho, eliminando o uso obrigatório do teclado. É claro que serve também para isso que você está pensando: contrabaixo, bateria, com microfones ou captadores, etc., todos serão muito bem aceitos.

Vítima do que sempre acontece quando "inventamos" algo, tivemos notícia de que coisa semelhante foi tentada e realizada no exterior. De qualquer maneira, os aparelhos comerciais agora existentes são pequenos pedais que, ligados à guitarra, produzem sons parecidos com alguns determinados sons do sintetizador, como o "Sintetizador" da Ludwig ou o "Funk Machine".

Nosso sintetizador supera todos estes pela possibilidade de controle total do sinal com mais recursos que os próprios sintetizadores: é polifônico, podendo, inclusive, completar os sintetizadores existentes. Outra vantagem é o sistema modular: você usa as partes que desejar, chega e gasta onde e quanto quiser.

Não desdenhe! Também no Brasil se inventam coisas! Santos Dumont está voando por aí para confirmar! Pela simples análise do circuito de entrada e detecção de transientes do sintetizador você verá que nada tão "estrambólico" poderia vir de circuitos comerciais estrangeiros. Mas ele dá conta do recado, é usável em shows e gravações e é o que interessa no momento. Futuramente procuraremos racionalizá-lo, usando integrados, eliminando o transformador, simplificando, etc. Como temos pressa de ir para a frente aqui no Brasil, não deixaremos de publicar o que já temos: pode rir o quanto quiser do circuito original... Outros circuitos muitos deles, serão adaptações ao material existente, dos melhores circuitos de modificadores estrangeiros e funcionam tão bem

ou melhor do que eles. Se assim não fosse, os MUTANTES simplesmente usariam os importados e não estes, pois dinheiro não deve ser impecilho ao trabalho sério, nem estes modificadores são a parte pesada no orçamento dos grandes grupos musicais.

Um exemplo da qualidade será nosso primeiro circuito — o Sustainer — que você poderá ir usando como pedal, com baterias, se quiser esperar pela publicação da Fonte de Alimentação Estabilizada — ou até acoplado a mesas de som (existentes ou por fazer) como limitador, sem distorção, de sinais, nas entradas ou saídas.

### O SUSTAINER

Sérgio, d'Os Mutantes, não usava sustainers existentes no mercado por realmente não prestarem. Distorciam, prolongavam pouco, etc. Usava um complicado compressor de nossa "invenção".

Um dia, viajando pelos USA, encontrou "o" sustainer. Era melhor, mais simples, mais barato que nossos compressores é perfeito para suas necessidades. Usando um circuito operacional com

o nome apagado pelo fabricante, o sustainer deixou-nos malucos! Montamos um semelhante, mas todos os "op amp" que nele colocávamos oscilava, ia ao máximo ganho e não era controlado pelo sinal retificado. Durante uma semana quebramos a cabeça, atrás de especificações, até que o José, da Filcres, com sua memória de computador, lembrou-nos de um integrado que era controlável em ganho, pelo pino 5, exatamente como o original. Tinha que servir! Corremos para a Serra, soldamos e ligamos! Funcionou! Melhor ainda que o original Americano, com muito mais dB de compressão possível e sem o achatamento que o circuito original produzia, às vezes, em algumas situações que gerassem oscilação. Era o CA 3080 (the transconductance amplifier). Não o esqueça mais! Serve para "mil" novas aplicações, desde compressores, expansores até "ring-modulators" como o que "bolamos" integralmente e usando *integrados*.

Funcionando o sustainer, obtivemos os resultados constantes na Tabela I (medições a 100 Hz, com Gerador Heathkit modelo IG-72, com saída a "600 Ohms").

SUSTAINER IMPORTADO	NOSSO SUSTAINER
Máxima tensão de entrada = 120 mV RMS após o que começa a ceifar o "loop" positivo	300 mV RMS após o que ceifa simetricamente e com forma arredondada
Máxima tensão de entrada para distorção aceitável com "som puro" para guitarras = 60 mV RMS	200 mV RMS
Compressão máxima, com início de distorção (achatamento) = 32 dB	46 dB
Compressão máxima, com sinal aceitável como "som puro" para guitarras = 26 dB	40 dB
Tensão de entrada suficiente para haver compressão = 3 mV RMS	2 mV RMS

Tensão máxima de saída no pico inicial até começar a compressão (com distorção assimétrica) = 1 600 mV RMS	Idem (sem pré) com distorção simétrica
Tensão máxima de saída, durante a compressão = 200 mV RMS, com distorção aceitável para "som puro" em guitarras	230 mV RMS (sem pré)
Não possui	PRÉ - AMPLIFICADOR
Não possui	Headroom = + 18 dB sobre os 600 mV RMS de saída. Tensão de saída correspondente aos 230 mV RMS de saída do Sustainer, sobre carga de 10 k $\Omega$ = 600 mV RMS

A distorção, para o importado ou para o nosso, aumenta à medida que aumenta a frequência. O valor de 200 mV RMS de máxima entrada para a distorção aceitável a 100 Hz, está impresso abaixo da curva de resposta a frequências. Os valores 150, 80 e 60 indicam, respectivamente, o mesmo nível de distorção nas frequências correspondentes, para o nosso sustainer.

A resposta a frequência, para 200 mV RMS de entrada, portanto com compressão e saída máximas, é a que se pode observar na curva da fig. 1.

Um microfone de alta impedância (47 k $\Omega$ ) é

possível ligar-se, com máxima ou nenhuma compressão, diretamente à entrada do sustainer, mas haverá distorção perceptível ao cantar-se "AAAAH" com certa força a cerca de 1,5 cm do microfone (o que produz  $\pm$  300 mV RMS na saída do microfone). Gritando-se no microfone a vogal "o", a cerca de 15 cm, obtém-se até 3 V na saída, o que trará distorção excessiva.

Para uso em gravações à distância, o sustainer é perfeitamente recomendável, enquanto não se atingirem níveis de 300 mV RMS à saída do microfone. Com microfones de baixa impedância, (50 a 200 $\Omega$ ) onde a saída máxima é umas 5 vezes

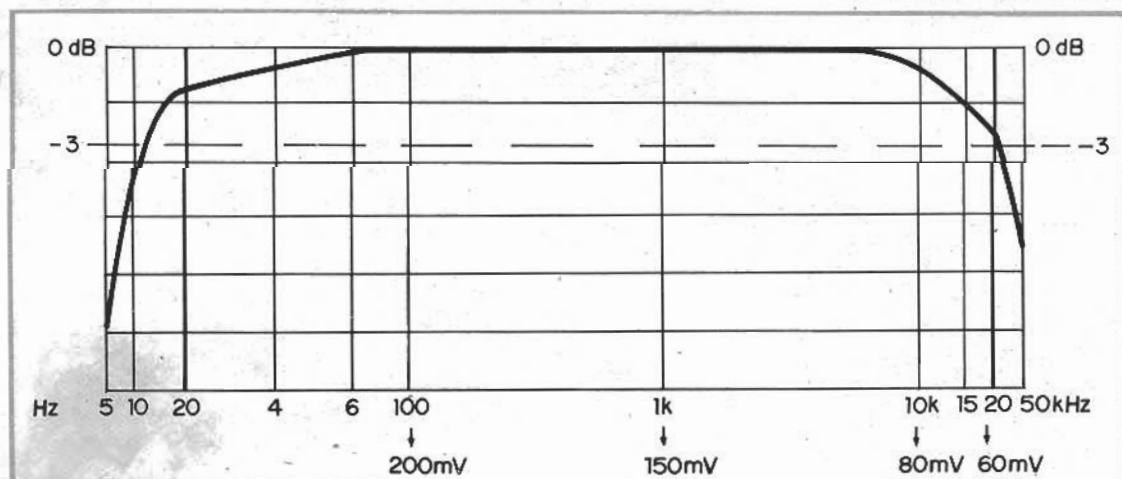


FIGURA 1

mais fraca que nos de alta impedância, pode-se usar mais folgadoamente o sustainer como limitador. De qualquer maneira, haverá distorção a níveis altos de SPL. Para fins profissionais, é recomendável usar-se pré com entrada diferencial ou balanceada e atenuar-se, após este, o sinal para que não atinja a 300 mV RMS, o que se ajustará por meio de LED de "peaking" (estes circuitos serão publicados).

O "som" do sustainer, para efeitos práticos, usando-se guitarra elétrica, cujos picos raramente ultrapassam os 210 mV RMS, é perfeitamente puro; não há qualquer "embrulhamento" perceptível nos acordes (intermodulação). O pico inicial da palhetada, quando em notas destacadas, produz transiente muito curto e quando aparece, traz "gosto" ao som, ao contrário de prejudicá-lo. Em seqüências contínuas, sem "destacados", não se ouve o transiente — é possível provocá-lo ou não ao tocar-se a guitarra, com facilidade de controle. Muita atenção foi dada a este transiente ao acrescentar-se o pré-amplificador. O resultado final, com ou sem pré, é um dispositivo muito requintado e **exaustivamente provado com a guitarra nas mãos**, para permitir o uso ideal das qualidades do prolongamento e "touché".

## MONTAGEM DO SUSTAINER

Você deve decidir, com muito cuidado, que tipo de aparelho irá montar. Se pretende ir confeccionando os módulos que publicaremos, chegando ao Sintetizador para Instrumentos Musicais, deverá montar o sustainer, completo, com pré-amplificador. **Caso deseje apenas um excelente pedal de sustainer, não monte o pré-amplificador do sustainer.**

A placa de fiação impressa, ilustrada em tamanho natural na fig. 2, serve para os dois casos: sustainer com e sem pré. Na fig. 3, que mostra a disposição dos componentes, você verá uma linha tracejada: esta indica a separação do sustainer de seu pré-amplificador que, como dissemos, é opcional. **Se desejar apenas o sustainer sem pré, monte só a parte acima da linha.** Se desejar o sustainer com o pré, monte todo o circuito.

A saída, no circuito, do sustainer sem pré, é o ponto A (Figs. 2 e 4). Você deverá ligar o

potenciômetro de volume (R 27) ao ponto A e à terra, indo o curso para a chave "by-pass" e daí à saída.

Se fizer o pré, não usará o ponto A nem R 27. Deverá interligar os pontos Z e Z' na placa de fiação impressa. A saída sustainer com pré será, então, pelo ponto M, ligando-se aí R 28, que será o potenciômetro de volume, cursor à chave

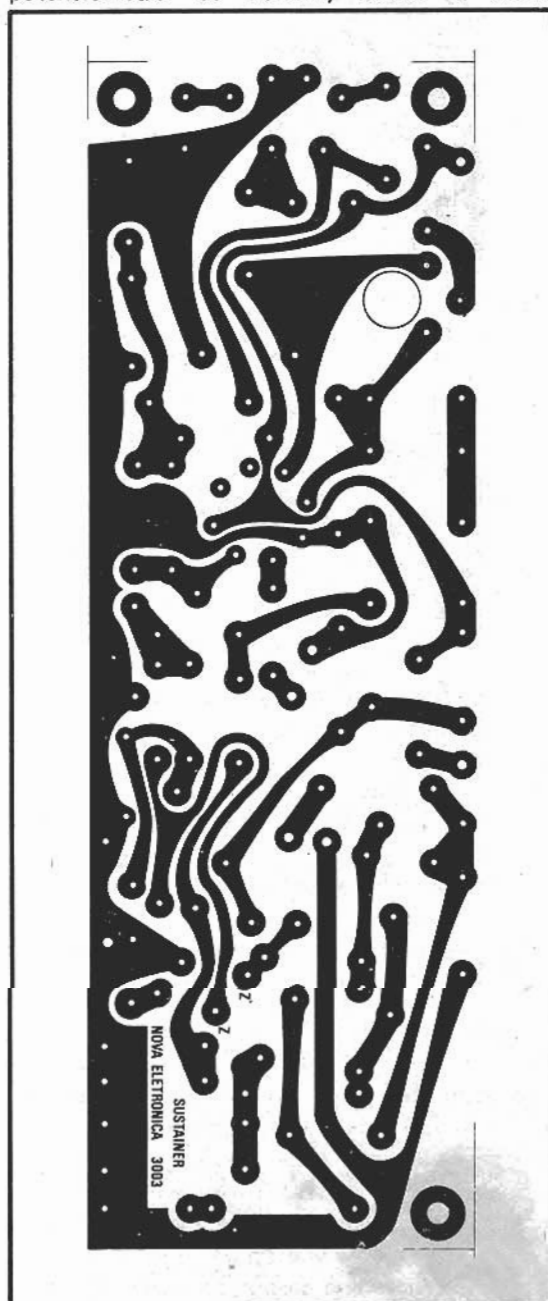


FIGURA 2



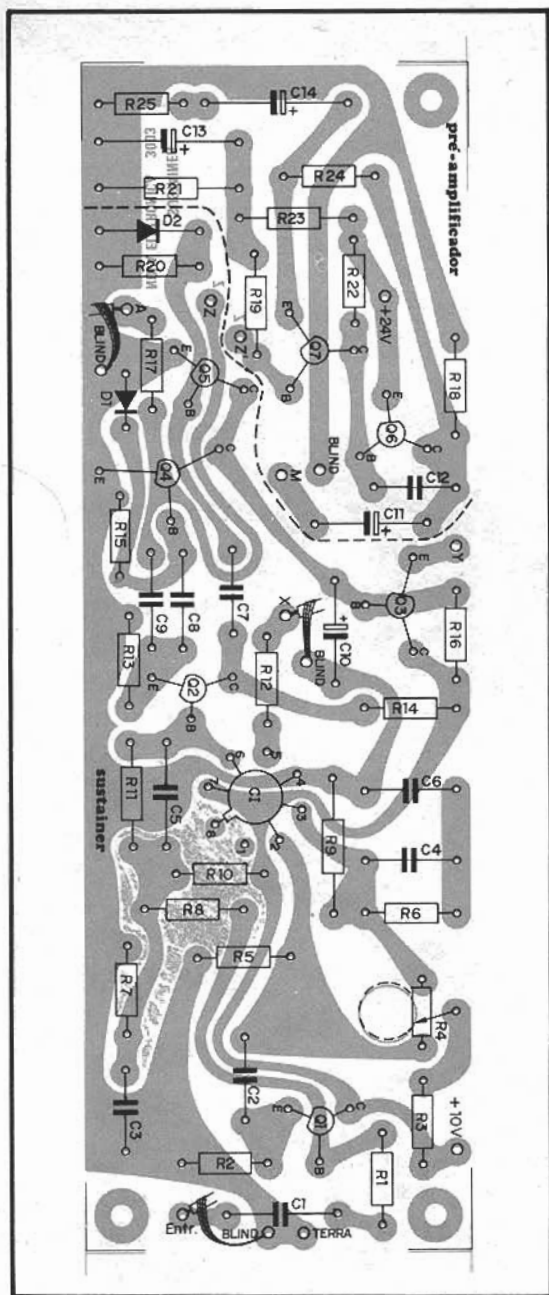
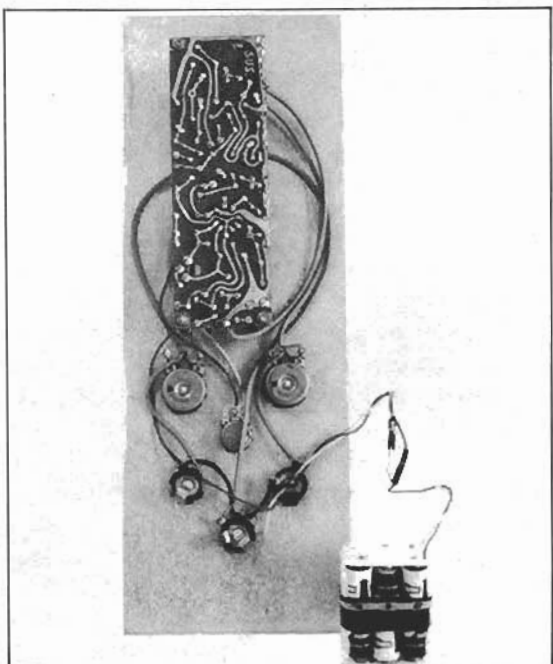


FIGURA 3

"by-pass" e desta à saída. Se você montar o sustainer com pré deverá alimentar este pré separadamente com 24 V CC. A fonte de alimentação será publicada num próximo artigo, pois fará parte do sintetizador e terá as várias tensões necessárias estabilizadas. Provisoriamente, poderá montar os componentes do pré, **sem ligar o ponto Z ao Z' nem os 24 V** e utilizar a saída sem pré (ponto A), ligando-o ao potenciômetro R 28 ao



mesmo (o sustainer aguenta). Ao montar a fonte ligue, então, como recomendado, os pontos **Z, Z', R 28** ao ponto **M** e o **+ 24 V** ao pré, não usando mais o ponto **A**. Pode, também, montar todo o circuito completo com o pré e usar bateria separada de 24 V em lugar da fonte, até que monte a fonte. Não recomendamos montar uma fonte de 24 V e reduzir para 10 V, alimentando o pré e o sustainer: poderá ter problemas de "ronco".

Por falar em "ronco", com baterias ou com a fonte, que será publicada, o sustainer não "ronca" perceptivelmente, se não houver problemas com sua guitarra ou cabo blindado.

Qualquer guitarra pode ser usada, mesmo a Fender, que não possui blindagem interna. É preferível, para maior aproveitamento, que você dê atenção à blindagem no interior da guitarra, aos captadores e ao cabo blindado. O ideal é que os captadores sejam blindados (tipo Gibson) e que os circuitos internos da guitarra não sejam feitos com fios blindados, mas que sejam totalmente envolvidos por blindagem metálica (como alguns modelos Framus ou como a guitarra que confeccionamos para Sérgio, com revestimento interno de finas folhas de ouro). Isto evitará perda de agudos por capacitância nos cabos blindados e problemas com oscilação nos aparelhos que vêm após a guitarra, (amps, etc.), além de eliminar o

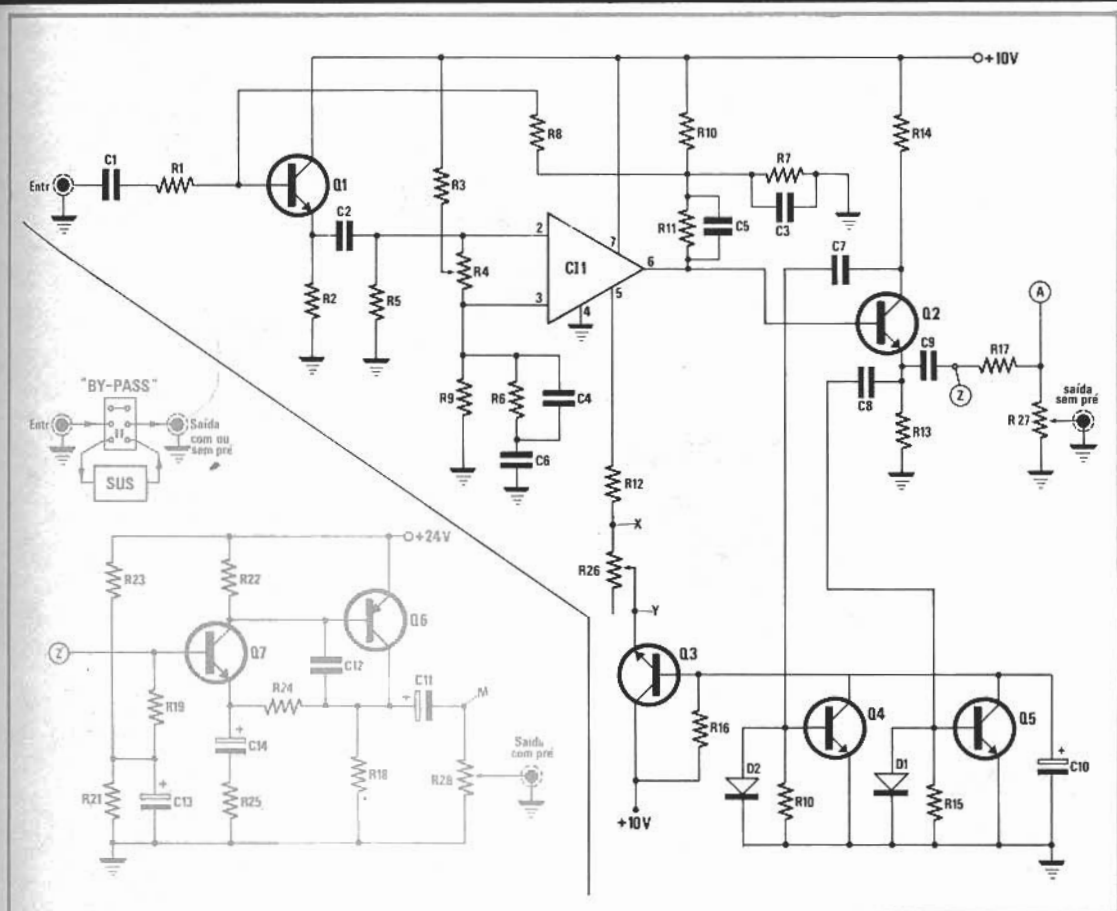


FIGURA 4

"ronco". O cabo blindado de saída da guitarra, quanto mais curto, melhor, sendo boa idéia, para quem apenas usar o sustainer, colocá-lo no interior da guitarra, empregando pilhas, tendo todas as vantagens referidas, além da possibilidade de usar cabos mais longos. Idéias como captadores balanceados, etc., todas são viáveis e ficam a seu gosto. Se dispuser, de um "pau com cordas" e captadores, ainda assim não se preocupe: de o sustainer fará muito por ele! . . .

**IMPORTANTE** — Evite a ligação de "terra" da saída aos "terras" da entrada (loops de terra). Não deverá ligar a blindagem dos cabos de saída aos jacks de saída e estes à chapa metálica do painel. Esta deverá estar **apenas** conectada à "terra" pelo jack de entrada (fig. 5). Isto evitará oscilações e ruídos aleatórios. O uso de jacks com encapsulamento plástico é ideal, mas atualmente estão em falta no mercado. É muito recomendável, ao ir anexando novos módulos ao sustainer,

desligar os cabos de saída dos jacks, conectando-os diretamente (soldados por dentro) ao próximo módulo. Isto vale para todos os módulos do sintetizador, sendo a condição ideal que o painel que virá a ser formado e as caixas protetoras fiquem ligados à "terra" **apenas** pelo jack de entrada do sintetizador. Use solda da melhor qualidade (60/40) e jamais empregue pasta de soldar. Se não souber ou não quiser fazer a placa de fiação impressa, pode encontrá-la pronta; veja os anúncios desta Revista, para as informações necessárias. Se desejar projetar sua própria placa, tenha cuidado com a posição dos componentes pois o sustainer é aparelho de alta sensibilidade e sujeito, em caso de projeto inadequado, a oscilações. Com cuidado, é possível, colocando os transistores por baixo e a maior parte dos componentes em pé, reduzir as dimensões do circuito para mais ou menos metade das publicadas neste artigo.

# RELAÇÃO DE COMPONENTES

## SUSTAINER SEM PRÉ

- C11 – CA 3080
- Q1 – BC208
- Q2 – BC 208
- Q3 – BC208
- Q4 – BC 208
- Q5 – BC208
- D1 – FDH440
- D2 – FDH440
- R1 – 10 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R2 – 10 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R3 – 470 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R4 – 2,2 k $\Omega$  (trimpot, lin.)
- R5 – 1 M $\Omega$  @ 1/4 W
- R6 – 15 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R7 – 27 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R8 – 1 M $\Omega$  @ 1/4 W
- R9 – 1 M $\Omega$  @ 1/4 W
- R10 – 56 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R11 – 150 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R12 – 27 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R13 – 4,7 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R14 – 4,7 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R15 – 1 M $\Omega$  @ 1/4 W
- R16 – 150 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R17 – 10 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R26 – 1 M $\Omega$  – pot. lin. sem inter.
- R27 – 47k $\Omega$  – pot. lin. sem inter.
- C1 – 0,01  $\mu$ F – Schiko
- C2 – 0,47  $\mu$ F – Schiko
- C3 – 0,47  $\mu$ F – Schiko
- C4 – 0,01  $\mu$ F – Schiko
- C5 – 0,001  $\mu$ F – Disco
- C6 – 0,47  $\mu$ F – Schiko
- C7 – 0,01  $\mu$ F – Schiko
- C8 – 0,01  $\mu$ F – Schiko
- C9 – 0,05  $\mu$ F – Schiko
- C10 – 10  $\mu$ F @ 25 V
- By-Pass – Inter. 2 polos, 2 pos.

## PRÉ DO SUSTAINER

- Q6 – EM 503
- Q7 – BC208
- R18 – 2,2 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R19 – 470 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R21 – 180 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R22 – 4,7 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R23 – 68 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R24 – 10 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R25 – 6,8 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R28 – 10 k $\Omega$  – pot. lin. sem inter.
- C11 – 4,7  $\mu$ F @ 25 V
- C12 – 100 pF
- C13 – 4,7  $\mu$ F @ 25 V
- C14 – 25  $\mu$ F @ 25 V

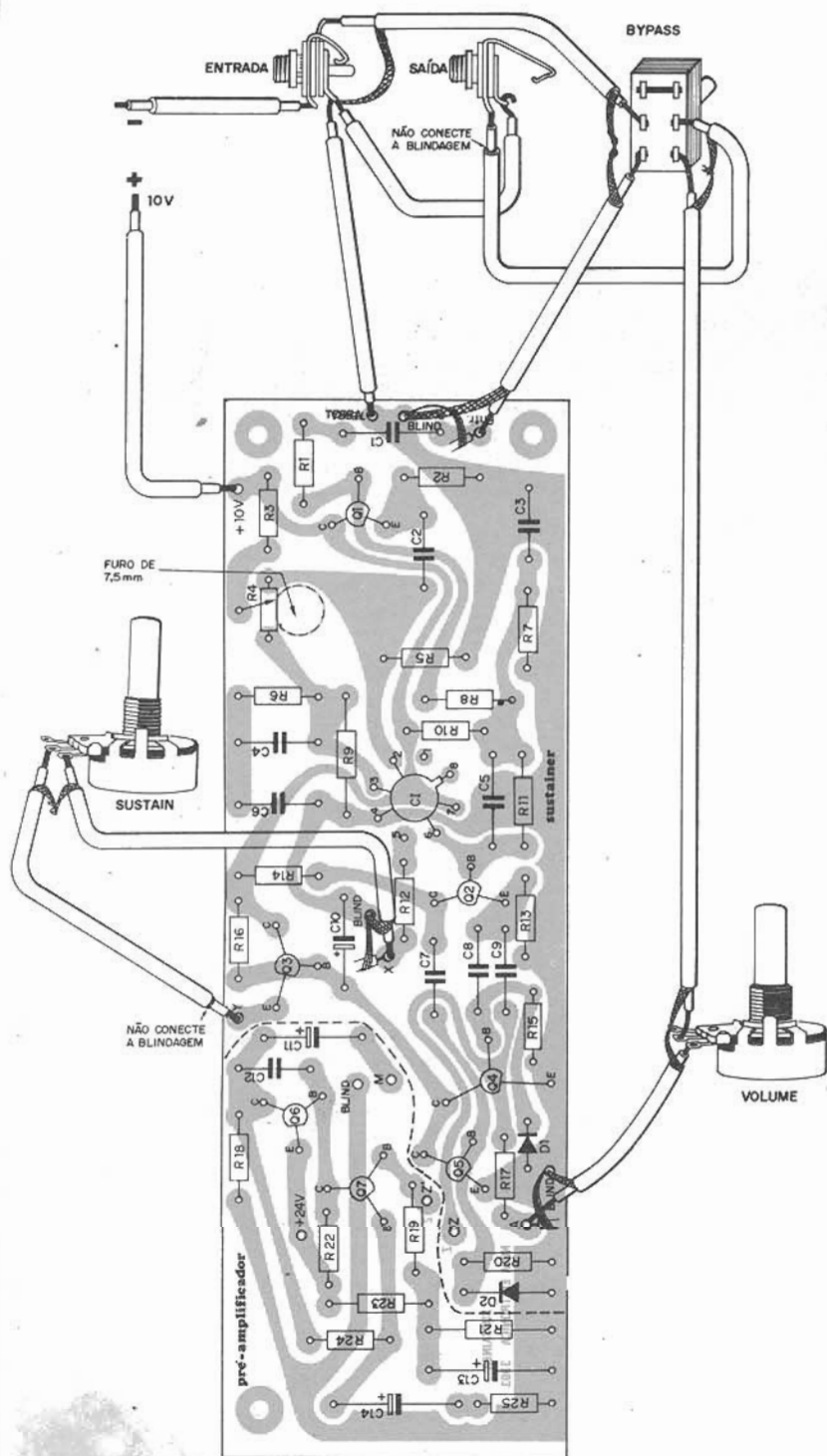


FIGURA 5

**OBSERVAÇÃO** – O material para a montagem do sustainer, com ou sem pré, é disponível sob a forma de "kit"; veja anúncio em outra parte desta revista.

## AJUSTE SEM APARELHOS

Não é essencial o uso de aparelhagem de prova para montar o sustainer com excelentes resultados. Não possuindo esses aparelhos (osciloscópio, gerador de áudio, etc.), ao concluir a montagem, ligue uma guitarra ao jack de entrada e um amplificador ao de saída. Coloque o trimpot R 4 à metade do curso e procure "de ouvido", a "posição de melhor som", menos distorção, mais prolongamento e menos ruído (coloque sempre o potenciômetro de sustain na posição "máximo" durante as provas).

## AJUSTE COM APARELHOS

Ligue um osciloscópio à saída do sustainer e um gerador de áudio à entrada. Deixe o R4 na posição média e ajuste o gerador para 100 Hz, em escala que dê facilidade des controle de sinais muitos fracos (de 1 a 5 milivolts).

Coloque os potencômetros de sustain e volume no máximo e vá aumentando a tensão de entrada de 0 a 10 mV. Verá, se tudo estiver bem que, ao redor de 2 a 3 mV, a saída do sustainer estará atingindo o máximo, continuando nesse nível por mais tensão que você coloque na entrada (limitação ou compressão infinita).

Voltando a níveis menores que 2 mV RMS, onde não há compressão e a saída aumenta na mesma proporção que a entrada, verá que existe uma posição média do trimpot onde o sinal se mantém perfeito e à volta da qual o sinal se "achata" de um lado ou de outro. A posição onde não há achatamento é a ideal: o sustainer está pronto para ser usado.

## COMO FUNCIONA

O sinal (fig. 4) entra pela base de Q1, saindo pelo emissor; entra no CI via pino 2, sai pelo pino 6 e entra na base de Q2, indo, então, à saída pelo pino 6 e entra na base de Q2, indo, então, à saída do sustainer (sem pré) pelo emissor deste transistor. Neste transistor de saída existem dois capacitores C7 e C8, um no coletor e outro no emissor, que levam o sinal a um retificador de onda completa, formando por Q3, Q4, Q5, D1 e

D2 indo do emissor de Q3, via R 26 (sustain), ao pino 5 do integrado.

O pino 5 recebe mais diferença na tensão quanto maior for o sinal de entrada. Neste integrado, quanto mais tensão houver no pino 5, menor o ganho. Daí resulta a limitação e o "sustain" produzidos. Quanto mais fraco for o sinal da guitarra, mais o CI o amplifica e vice-versa, resultando um nível constante de saída enquanto houver sinal maior que 3 mV na entrada. Com um pouco de realimentação acústica, via amplificador-falantes-cordas da guitarra, obtém-se som indefinidamente contínuo.

**OBSERVAÇÃO:** Para uso profissional existe a possibilidade de se substituírem as 6 pilhas por uma única bateria de 9 Volts e seu rabicho. Isto diminui os possíveis maus contactos devido à quantidade de pilhas de 1,5 V. A bateria, porém, custará mais caro!...

Apenas a título informativo e para que você possa fazer uma comparação, um sustainer importado, quase equivalente e de segunda mão (pois que a importação não é mais possível), custa ao redor de Cr\$ 2 000,00, sem pré e se conseguir alguém que o queira vender. Existem sustainers nacionais por cerca de Cr\$ 700,00, isto em agosto de 1976. O custo do nosso anda na casa dos Cr\$ 350,00.

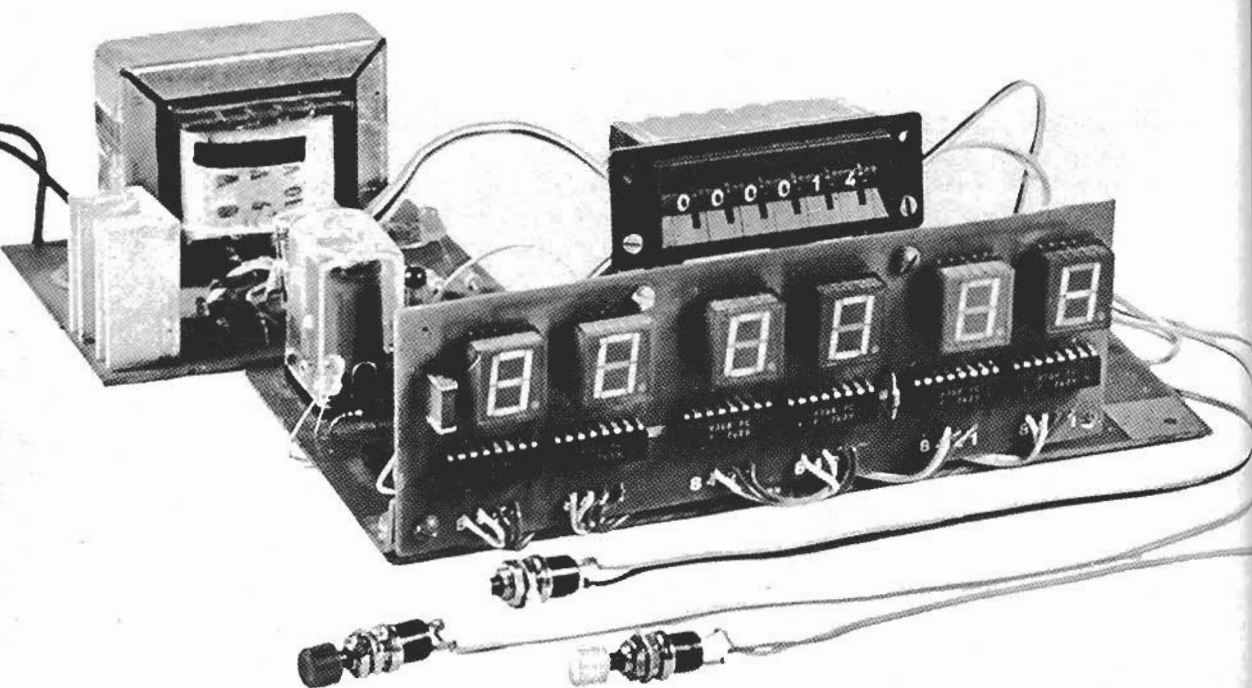
## NOTA DO AUTOR

Tivemos conhecimento de que, entre o período da entrega do texto deste artigo à Redação da Revista e sua publicação, de novos aperfeiçoamentos em sistemas modificadores de som **para guitarras**, que se assemelham bastante ao sintetizador sem teclados que estamos publicando.

Tais novos sistemas são de autoria das empresas "Colorsound" e "Top Gear". Como nosso sintetizador sem teclados está pronto e em funcionamento já há mais de um ano, como a idéia de sua realização nos vem há mais de dez anos atrás, como conhecemos, atualmente, apenas o diagrama em blocos dos aparelhos "Colorsound" e "Top Gear", mas não seus circuitos elétricos e como, finalmente, estes aparelhos são construídos para guitarras, o que não se dá com o nosso que é para uso geral, mantemos a afirmação sobre a originalidade de nosso sintetizador.



# TEMPORIZADOR



Os conta-segundos eletrônicos convencionais são baseados no princípio de funcionamento da carga e descarga de um capacitor; maior é sua capacitância, maior será o intervalo de tempo.

Onde se requer tempo muito elevado forçosamente há que se recorrer a capacitores eletrolíticos que, devido a uma enorme tolerância e a facilidade com que sua capacitância varia em função da temperatura ou por envelhecimento, não podem ser muito precisos.

De outra feita, o tempo máximo regulável sempre é inferior a sessenta minutos, com tolerâncias inaceitáveis; tal rendimento, na maior parte das vezes, não é desejável.

Com o circuito que apresentamos podem ser resolvidos problemas, como:

1. ligar um forno elétrico a determinada

hora para que, ao início do trabalho, esteja à temperatura conveniente para começar a produção;

2. desligar luzes de vitrines ou luminosos de lojas a horas determinadas;
3. marcador de tempo de alta precisão para laboratórios fotográficos;
4. limitador de tempo de funcionamento de máquinas operatrizes;
5. marcador de tempo de banhos galvanoplásticos.

Tantas e tantas outras aplicações poderíamos indicar, que o melhor será o seguinte resumo: é necessário um contador de tempo, programável, de precisão, capaz de marcar frações de segundo e o máximo, não de uma hora, mas de dias, sem perda de sua precisão? Este temporizador é o indicado.

# PROGRAMÁVEL

(PARTE 1)



**ESTE É UM PERFEITO CONTADOR DE SEGUNDOS, MINUTOS, HORAS OU DIAS, PARA FINS INDUSTRIAIS.**

**NA PRÁTICA PODE SER PROGRAMADO**

**PARA ACIONAR OU DESLIGAR**

**UM MOTOR, ACENDER OU APAGAR LUZES OU QUALQUER**

**APARELHO ELÉTRICO COM INTERVALOS**

**DE TEMPO DE DIAS, HORAS, MINUTOS E SEGUNDOS.**

**É, TAMBÉM, DE ESPECIAL INDICAÇÃO**

**SEU EMPREGO EM LABORATÓRIOS FOTOGRÁFICOS,**

**DE FÍSICA, QUÍMICA, ETC.**

Por outras palavras; se desejarmos acionar um dispositivo por 1 minuto, 23 segundos e 30 centésimos, nosso temporizador o fará; se desejarmos acionar, o mesmo dispositivo por 1 hora, 10 minutos e 15 segundos, uma vez programado, o nosso temporizador o fará com uma precisão muito boa; se o dispositivo precisa ser acionado, digamos, às 4 horas e 20 minutos da manhã do dia seguinte, ou da semana seguinte, nosso temporizador o fará com erro tolerável de alguns segundos.

O circuito aplica-se em infinitas possibilidades de controles de tempo, chegando mesmo a poder ser programado para intervalos como um mês, três dias, duas horas, doze minutos, trinta segundos e cinquenta centésimos de segundo, com grande precisão, a menos que falte energia elétrica.

## O CIRCUITO

Para tornar mais facilmente compreensivo o circuito, vamos apresentá-lo subdividido em vários NAND e NOR inclusos nos circuitos integrados, necessários para a partida (start), para a parada (stop) e também para o comando do relé e das lâmpadas piloto (LEDs) de supervisão, de forma a simplificar ao máximo a descrição de funcionamento.

No que se refere aos divisores por 10 e por 6, encontra-se desenhado apenas o retângulo correspondente ao integrado, com a respectiva numeração dos pinos.

Observemos o circuito da fig. 1. O transformador de alimentação possui um secundário com uma tensão de 10/12 V que, retificada pela ponte P1 e estabilizada em 5 V por C112 (7805), alimenta todos os integrados do temporizador.

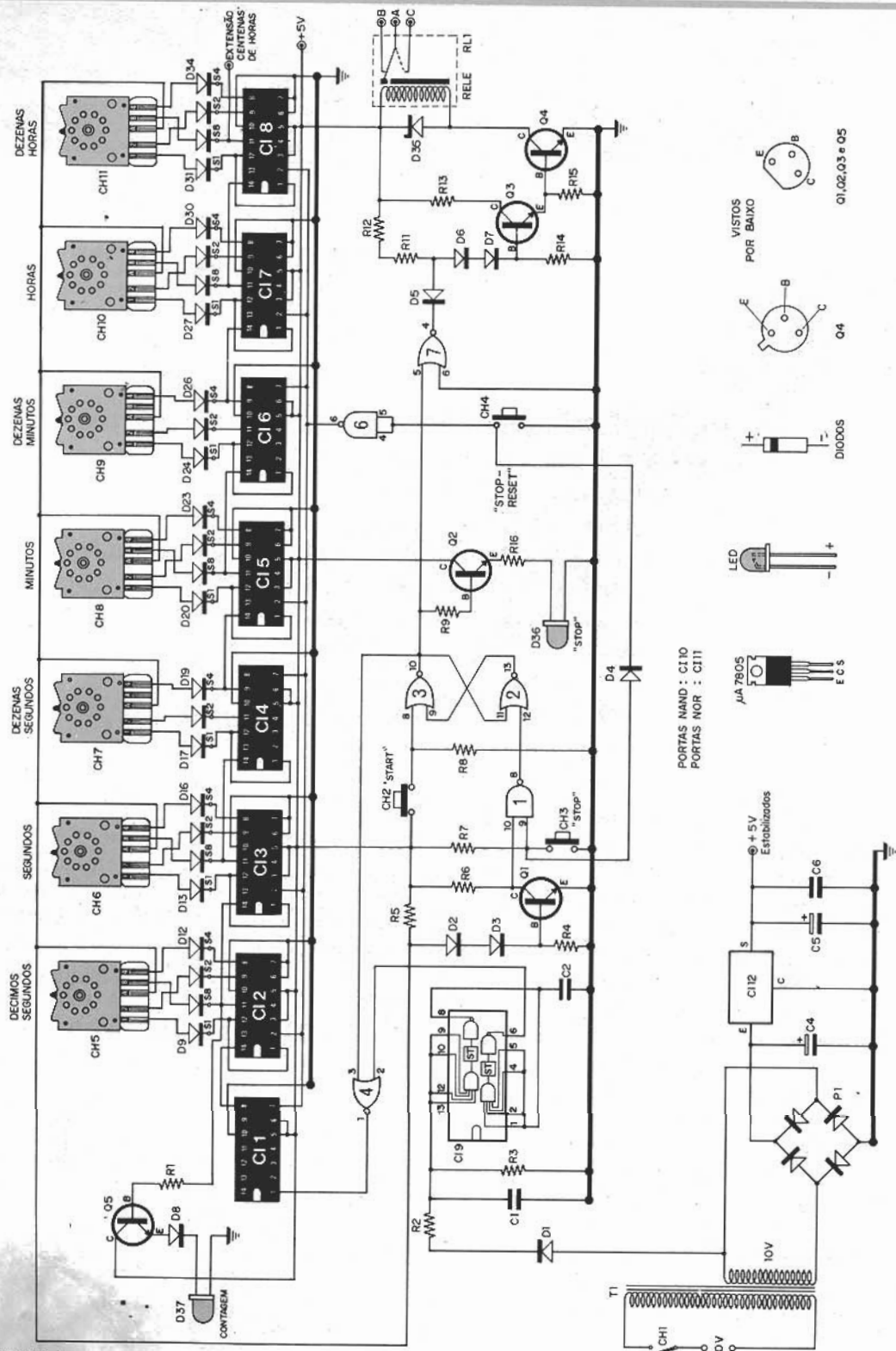


FIGURA 1

Ao mesmo tempo, essa tensão é retificada pelo diodo D1 para fornecer um sinal unidirecional de 60 Hz. O que realmente mais interessa neste sinal é a frequência que será utilizada como piloto para o temporizador.

Esta tensão de 60 Hz, depois de atenuada e filtrada, é aplicada a um "Schmitt trigger", existente no CI9 (7413). A saída deste disparador foi ligada à entrada do segundo, também dentro de CI9, com um capacitor aterrado (C2). Na saída deste segundo "Schmitt trigger" temos o sinal de 60 Hz que irá comandar os divisores.

O dispositivo, seja usado como contador de segundos ou como contador de dias, necessita de um comando de partida (start), de um de parada (stop), para a eventualidade de ser necessário interromper uma contagem já iniciada e um de zeramento (reset) para zerar todo o contador.

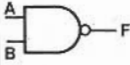
Além disso, deve existir um automatismo tal que possibilite o acionamento do relé uma vez esgotado o tempo pré-fixado; torna-se necessário, então, empregar dois outros integrados: o 7402 (CI11), composto por quatro portas NOR de duas entradas e o 7400 (CI10), com quatro portas NAND de duas entradas, ligadas como se observa na fig. 1.

Pressionando o interruptor CH2 (start), colocamos a entrada da porta NOR n.º 3 (pino 8) na condição "1", isto é, aplicamos-lhe um nível alto. Esta porta NOR é ligada a uma outra (n.º 2), formando um "flip-flop".

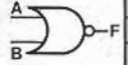
Com o nível alto na entrada, a saída do NOR n.º 3 (pino 10), ficará na condição "0", ou seja, a um nível baixo, que será o mesmo do pino 3 do NOR n.º 4, permitindo a passagem dos 60 Hz, aplicados ao terminal 2 dessa mesma porta.

Na saída do NOR n.º 4 (pino 1) estará presente o sinal de 60 Hz que será enviado à cadeia de divisores do temporizador.

O primeiro divisor, um 7492 (CI1 — pino 1), divide por 6, fornecendo 10 Hz na saída como resposta aos 60 Hz em sua entrada.



A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

TABELAS VERDADE NAND E NOR (duas entradas)

CI2 (7490) divide por 10, apresentando 1 Hz na saída, isto é, um pulso a cada segundo.

CI3 é igual a CI2 e CI4 também divide por 6.

Essa ordem de colocação dos dois últimos é necessária para a contagem dos segundos de 1 a 59.

Segundo esta primeira cadeia há uma outra com dois divisores, um por 10 e outro por 6, para a contagem dos minutos e mais dois, ainda, dividindo por 10, para contar as horas de 1 a 99.

Como se vê pelas tabelas, cada um destes

#### TABELAS VERDADE

##### DIVISOR POR 10 (7490)

IMPULSOS DE ENTRADA	TERMINAL 11 SAÍDA D	TERMINAL 8 SAÍDA C	TERMINAL 9 SAÍDA B	TERMINAL 12 SAÍDA A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1



## DIVISOR POR 6 (7492)

IMPULSOS DE ENTRADA	TERMINAL 9 SAÍDA C	TERMINAL 11 SAÍDA B	TERMINAL 12 SAÍDA A
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1

circuitos só envia informação ao seu sucessivo ao receber o pulso que faz a contagem retornar a zero, quer dizer: o 10º pulso no 7490 e o 6º pulso no 7492 (lembrar que estes integrados reagem aos degraus de descida dos pulsos). Assim, por exemplo, no pino 11 do 7490, temos um pulso na saída para cada dez pulsos na entrada.

Cada integrado, salvo o primeiro, é ligado a comutadores digitais através dos diodos D9 a D34; os comutadores são usados para a programação da contagem. Todas as suas saídas estão ligadas em paralelo, para alimentar a base de Q1.

Se examinarmos, agora, um destes comu-

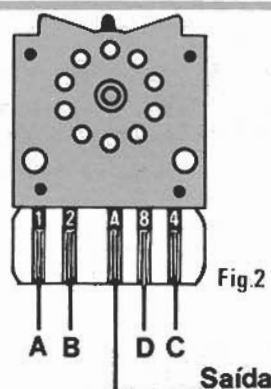


Fig.2

tadores, (fig. 2) fazendo medições de continuidade, com um multímetro, entre os terminais A-B-C-D e o de saída, constataremos como, quando giramos o cursor, estes quatro terminais estarão em contacto com o de saída, seguindo um código bem determinado. Por exemplo: girando o cursor para o nº 5, verificaremos que existe continuidade entre A-C e o de referência, mas não entre este e B-D; se o nº 7 estiver representando, teremos tal condição com os terminais A-B-C e não com D.

Em outras palavras, as saídas A-B-C-D do comutador resultarão decodificadas exatamente da mesma maneira que as saídas de um divisor por 10. A diferença é que, quando na tabela verdade encontramos a condição "1", podemos considerar o terminal ligado eletricamente ao de saída e, eletricamente isolado, correspondendo à condição "0" da tabela.

Observando as figs. 3, 4 e 5, onde

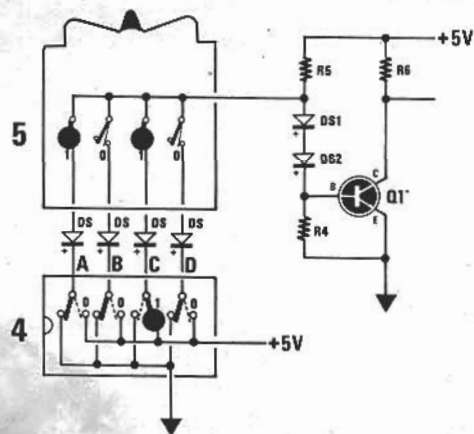


FIGURA 3

Poderemos compreender facilmente como é feita a pré-seleção do tempo empregando comutadores binários seguindo atentamente o esquema.

As quatro saídas A-B-C-D do comutador, quando este indica o nº 5, ficam dispostas internamente como mostra o desenho. Por outro lado, podemos ver o que apresenta o integrado 7490 em suas saídas, no 4º pulso.

Nestas condições notaremos como o terminal A do comutador fica curto-circuitado pelo pino A do integrado, posto na condição "0", isto é, à massa.

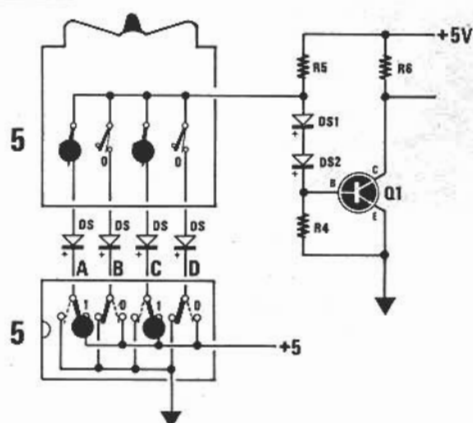


FIGURA 4

Quando o 7490 recebe 5 pulsos em sua entrada, as saídas A-B-C-D são comutadas para a condição indicada nesta figura (ver também a tabela da verdade), com os terminais A e C na condição "1", enquanto B e D estão em "0", isto é, ligados à massa.

Como neste caso o comutador binário tem suas saídas em idênticas condições (A-C = 1; B-D = 0), nenhum dos 4 terminais tem a possibilidade de curto-circuitar à massa a tensão positiva de polarização de base do transistor Q1. Q1 começa então a conduzir.

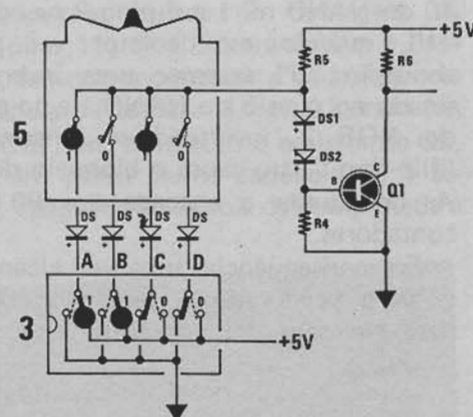


FIGURA 5

Nesta figura representamos o 7490 quando recebe na entrada apenas 3 pulsos. O comutador continua predisposto no n.º 5 fazendo com que seu terminal A fique ligado ao + B, enquanto C está ligado à alimentação de base do transistor Q1; obtemos o mesmo resultado da fig. 3.

Os diodos (D9-D34) inseridos entre os terminais do comutador e do integrado são indispensáveis para evitar que os terminais deste não se curto-circuitem entre si.

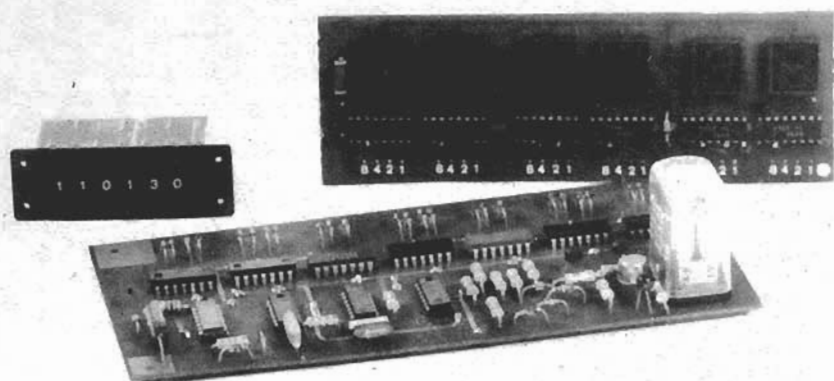
simplificamos um integrado 7490 e as relativas funções "1" e "0" com chaves (ligando os quatro terminais A-B-C-D ao positivo de 5 V, quando estes devem encontrar-se na condição "1" ou à terra, quando devem encontrar-se na condição "0"), podemos, com maior facilidade, compreender o princípio de funcionamento do nosso contador de tempo.

Na fig. 3, por exemplo, o comutador binário está ligado no n.º 5, enquanto o integrado 7490 está na condição que teríamos quando na entrada são aplicados quatro pulsos. Nesta condição as 4 saídas A-B-C-D do 7490, como se pode ainda constatar pela tabela verdade, têm só o terminal C na condição "1" e os outros 3 (A-B-D) na condição "0".

No esquema elétrico vemos que os

terminais A-C do comutador binário, sendo predispostos no n.º 5, resultam ligados à saída A-C do integrado 7490. Encontrando-se só o terminal C na condição "1" (o terminal A está na condição "0", isto é, ligado à massa), a tensão positiva de 5 V, que através do resistor R5 polarizava a base do transistor Q1, será curto-circuitada à massa pelo terminal A do integrado. Privando a base de Q1 da tensão positiva de polarização, este não estará em condição de conduzir.

Quando, por outro lado, ao integrado 7490 (como se vê na fig. 4) forem aplicados 5 pulsos, os terminais A-B-C-D ficarão dispostos (veja, também, a tabela verdade): A-C na condição "1" (isto é, ligado ao positivo) e B-D na condição "0", ou melhor, curto-circuitados à massa. Resulta



que os contactos A-C do comutador binário ficam ligados, dois terminais com tensão positiva (no integrado) e B-C isolados; a tensão positiva presente na base de Q1 não será mais curto-circuitada à massa e o transistor conduzirá.

É fácil de se deduzir que só haverá tensão na base de Q1 quando as quatro saídas A-B-C-D do integrado se encontrarem codificadas de modo análogo às saídas A-B-C-D do comutador binário e em nenhuma outra condição, porque existirá sempre um dos quatro pinos do integrado curto-circuitando à massa tal tensão.

De fato, se observarmos a fig. 5, onde aparece novamente um 7490, porém com 3 pulsos aplicados na entrada, veremos que suas saídas A-C estão em "1" e C-D, em "0". Como o terminal C está na condição "0", a tensão de base de Q1 resulta conectada à massa.

Portanto, se ligarmos a cada um dos divisores um comutador binário, como é visto na fig. 1 e programarmos o conjunto para 12 horas, 26 minutos, 10 segundos e 8 décimos, só teremos Q1 conduzindo ao ser completada essa contagem, pois antes disso sempre haverá um ou mais pinos dos integrados na condição "0", curto-circuitando a tensão de polarização de base de Q1.

Quando Q1 conduz há um fluxo de corrente pelo seu coletor e, conseqüentemente, uma queda de tensão sobre R6, fazendo a tensão de coletor cair para menos de 0,3 V. Falando em termos de lógica, o coletor vai da condição "1" para a condição "0".

Por conseguinte, o transistor, como facilmente se compreende, comporta-se como um simples inversor, tendo no seu coletor sempre o estado contrário ao da base.

Estando o coletor de Q1 ligado ao pino 10 do NAND nº 1 e o pino 9 na condição "1", quando este coletor vai para a condição "0" teremos uma inversão de estado no pino 8 do NAND 1 e no pino 12 do NOR 2, invertendo-se o estado do "flip-flop". Isto causa o bloqueio do NOR 4, impedindo a chegada dos 60 Hz aos contadores.

Em conseqüência, uma vez alcançado o número pré-fixado, o temporizador guardará nos seus contadores o valor programado.

Como se pode notar no circuito, a saída da porta NOR 3 é ligada também ao pino 5 da NOR 7. Ao pressionarmos o interruptor "start", para colocar o sistema em funcionamento, a saída desta porta vai à condição "1", polarizando a base de Q3 e este transistor, conduzindo, irá excitar a base de Q4, o qual, por sua vez, manterá operado o relé que está em série com seu coletor. Chegando o contador ao número pré-fixado, a porta NOR 7 inverterá sua saída para a condição "0". O diodo D5, em tal condição, ligará à massa a tensão de polarização de Q3, resultando no bloqueio de Q4 e na desoperação do relé.

O interruptor "stop", identificado como CH3, serve para conectar à massa uma das entradas do NAND 1 (pino 9). Esta operação, feita manualmente, tem o mesmo objetivo do transistor Q1, que quando é completada a contagem, leva o pino 10 da mesma porta a "0". Este

interruptor foi incluído no circuito para permitir parar os contadores nos casos em que, uma vez iniciada a contagem, precisemos interrompê-la temporariamente e continuá-la mais tarde. O interruptor "stop-reset" (CH4) zera os contadores e, através de D4, "reseta" o "flip-flop", parando a contagem.

Como não achamos necessário, por razões econômicas, a inclusão de "displays", (porém, no caso de interesse, há um capítulo adiante, sobre a montagem de um), temporizador estaria "cego". Foi oportuno, então, inserir um dispositivo óptico para nos indicar se o circuito está funcionando, ou não.

Retiraram-se pulsos de contagem da saída (pino 11) de CI2 para excitar a base de Q5, fazendo-o conduzir a cada segundo (frequência de saída = 1 Hz). Ligando um LED (D37) em série com o emissor de Q5, aquele irá piscar numa cadência de 1 segundo, apagando-se depois de completada a

O resistor R16 em série com o LED "stop" é indispensável para evitar pô-lo fora de uso em pouco tempo por excesso de corrente.

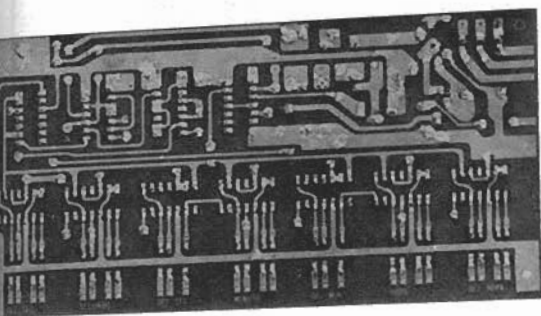
O circuito elétrico que projetamos tem capacidade máxima de 99 horas (4 dias e 3 horas), 59 minutos, 59 segundos e 100 centésimos de segundo.

Quem desejar poderá aumentar o tempo máximo acrescentando um outro divisor por 10 ao já existente e alcançando assim as 99 horas (mais de 41 dias), tempo que para casos particulares também poderá ter bastante utilidade. Observamos que a maior parte dos leitores necessitam de tempos menores limitados, por exemplo, ao máximo de 9 horas ou a 59 minutos. Neste caso será suficiente não incluir na placa de fiação impressa os integrados e os relativos comutadores digitais da contagem excluída.

Se interessa, digamos, só os minutos, poderão ser excluídos os dois integrados e os comutadores binários relativos às horas; se, por outro lado, for necessária a contagem apenas de horas e minutos, os integrados contadores não poderão ser eliminados, mas em compensação podem ser excluídos do circuito os três comutadores digitais e os respectivos diodos de ligação relativos aos segundos, dezenas e décimos de segundo. Se não interessam os décimos de segundo (tais tempos são úteis quase que exclusivamente a laboratórios fotográficos) e as horas podem-se eliminar do circuito os comutadores digitais relativos aos décimos de segundo, os dois integrados necessários para a contagem das horas e seus respectivos comutadores. Como se vê, o circuito pode ser adaptado às mais diversas finalidades que o leitor tenha em vista.

Para os menos experientes em técnica digital adiantamos que os comutadores digitais necessários adequados para o nosso circuito são do tipo "binário" os quais, ao serem acionados, apresentam nas saídas um código coincidente com o da tabela verdade dos contadores 7490 e 7492.

Não é possível o emprego de outros comutadores (os tipos existentes são:



contagem. Esse LED funcionará, portanto como lâmpada piloto, indicando que o temporizador está contando. De fato pensamos que, se o sistema fosse programado para acionar o relé depois de longos períodos (horas ou dias), sempre poderiam surgir dúvidas a respeito deste funcionamento. O piloto dissipará tal dúvida e dará a certeza de se ter realmente pressionado o interruptor "start" e não, inadvertidamente, o "stop-reset". O segundo LED, conectado ao emissor de Q2, servirá para informar, acendendo-se, que o contador atingiu o tempo pré-fixado.



binário, decimal e invertido), **nem efetuar este código utilizando chaves rotativas comuns, mais baratas.** Com efeito, o custo mais elevado dos comutadores é justificado pela sua melhor qualidade e precisão. Seus contactos são feitos de modo a eliminar os pulsos espúrios de "bouncing". E, além de serem dourados, não há a possibilidade de colocar duas pistas em curto-circuito. Empregando tais comutadores não se incorre nos inconvenientes causados pelos temporizadores comuns e será elementar a programação perfeita do contador, sem haver o perigo de ocorrer a contagem também dos pulsos de "bouncing".

### "DISPLAY" PARA O TEMPORIZADOR

Quem desejar um melhor controle visual do funcionamento do temporizador, como por exemplo no caso de necessidade de se verificar, durante a contagem, o tempo já transcorrido, descrevemos um circuito, para dotar de "olhos" o nosso contador (fig. 6).

Na realidade, é um simples circuito de "displays" de sete segmentos e seus respectivos decodificadores "drivers". Estes últimos decodificam os números em forma BCD binário, vindos dos contadores, para os sete segmentos dos "displays".

Verifica-se (fig. 6) que nos decodificadores correspondentes aos contadores 7492 são utilizadas apenas 3 entradas, estando o pino 6 aterrado. Isto se explica porque os 7492, neste caso, estão ligados para contar apenas até 5, não se tornando necessário a utilização de uma das entradas.

O capacitor C7, em paralelo à alimentação, serve como estabilizador da tensão, absorvendo transientes e o diodo D38 reduz a tensão de alimentação dos "displays" para minimizar a corrente drenada por eles e assim evitar uma sobre-carga da fonte.

No próximo número forneceremos os detalhes de montagem deste temporizador, bem como informações para a sua obtenção sob a forma de "kit".

(Conclui no próximo número)

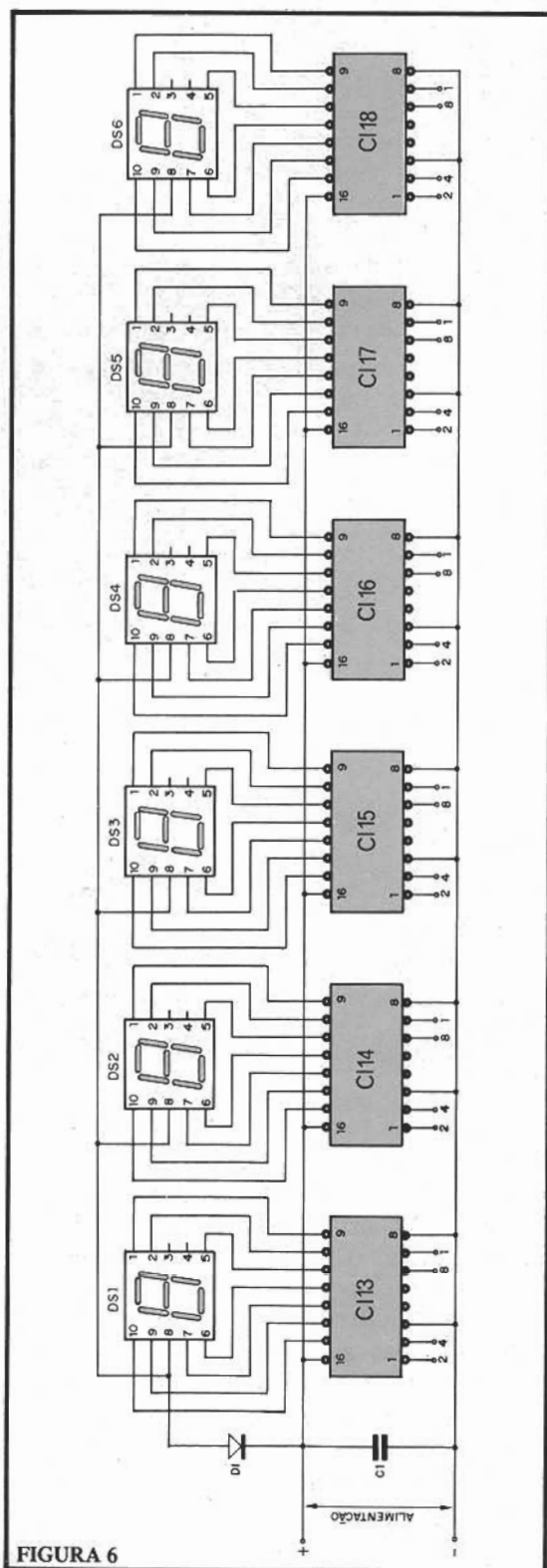
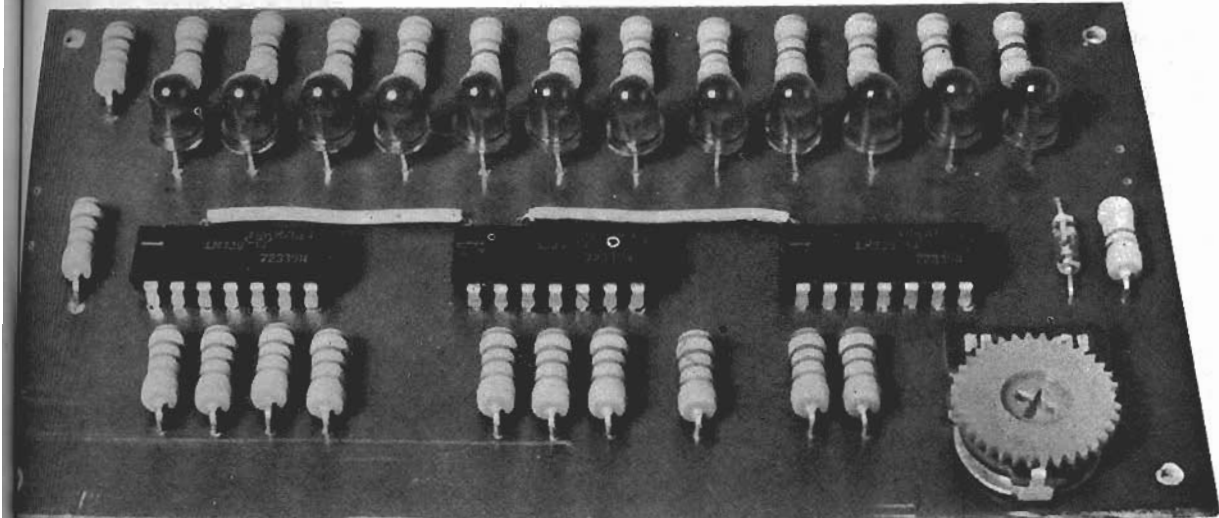


FIGURA 6



# "BARGRAPH"

**UM INDICADOR COM UMA  
ESCALA DE LEDs  
QUE PODE SER  
USADO EM DISPOSITIVOS  
PARA MEDIR  
TENSÕES, RESISTÊNCIAS,  
FREQUÊNCIA, ETC.**

Na revolução progressiva da eletrônica digital, o uso do tradicional galvanômetro está em vias de ser substituído por indicadores cujas escalas são "displays" ou LEDs. Estes dispositivos superam uma das maiores desvantagens daqueles medidores: não possuem peças móveis e, conseqüentemente, desaparecem todos os problemas mecânicos. Além do mais, a possibilidade de montagem compacta permite-nos a sua colocação em espaços reduzidos.

O "bargraph" é formado por uma fileira de LEDs que, conforme a conveniência, podem ser dispostos circular, horizontal ou verticalmente (fig. 1). De imediato podemos citar algumas aplicações: tacômetros, velocímetros, indicadores de nível de combustível, pressão de óleo, amperímetros,

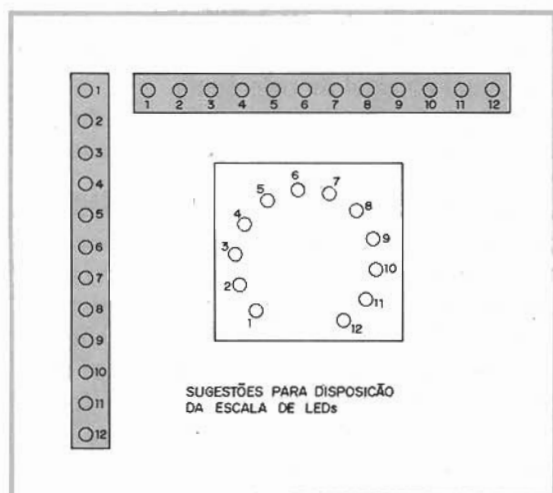


FIGURA 1

miliamperímetros, voltímetros, medidores de resistências, medidores de potência, freqüencímetros, etc. Sobre estes instrumentos usando os tradicionais galvanômetros, o "bargraph" possui a grande vantagem de indicações e leituras muito mais rápidas.

Vejam os uma aplicação prática. Aconselhamos ao leitor estudar um pouco seu princípio de funcionamento pois que, futuramente, usaremos muito este dispositivo adaptado, evidentemente, a uma finalidade específica.

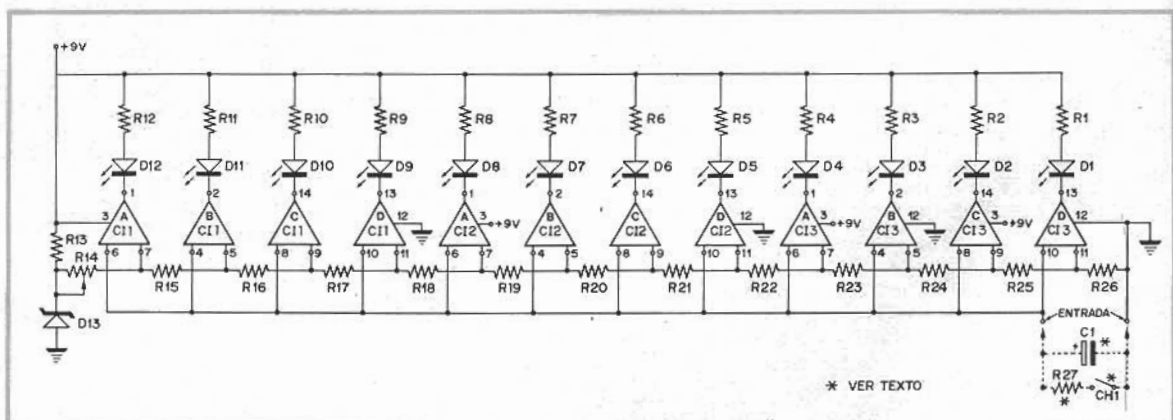


FIGURA 2

## FUNCIONAMENTO DO COMPARADOR DE TENSÕES E RESISTÊNCIAS

A fig. 2 apresenta o diagrama esquemático do nosso "bargraph".

O objetivo a alcançar é acender um LED por cada valor de tensão pré-estabelecido. Consegue-se isso de forma bem definida recorrendo ao uso de comparadores que, como o leitor deve saber, têm a característica de conduzir quando o sinal na entrada é igual ao sinal de referência.

O projeto se limita ao cálculo de um divisor resistivo que forneça as tensões de referência desejadas.

No nosso caso, pois queremos aproveitar os doze comparadores existentes nos três circuitos integrados (C11 a C13), fizemos um divisor formado por doze resistores iguais (R15 a R26). Este divisor é alimentado através de um trim-pot (R14) por uma tensão estabilizada de 5,6 V. Desta forma haverá certeza que o dispositivo terá uma boa precisão, visto ser a referência estável.

A tensão sobre o último comparador será obtida aplicando a Lei de Ohm:

$$V = \frac{5,6 \times (12 \times R26)}{R14 + (12 \times R26)} = 1,2 \text{ V}$$

Esta tensão decrescerá de 1/12 para cada comparador sucessivo. Melhor dizendo: D12 acenderá quando a tensão de entrada no comparador for 1,2 V; D11 acenderá quando a entrada no comparador for de 1,1 V; D10 acenderá quando a tensão na entrada do comparador for 1,0 V; D9 acenderá quando a tensão na entrada do comparador for 0,9 V e assim por diante. A fórmula possibilitou estes valores exem-

plificativos com R14 regulado para 100 kΩ.

Todas as entradas dos comparadores são ligadas em paralelo de forma que, se aplicarmos à entrada, por exemplo, 0,97 V acenderão D1 a D9.

Substituindo o potenciômetro por uma chave comutadora e vários resistores de precisão, realizaremos um voltímetro para diversas gamas de tensão. O leitor, com a interpretação do circuito, poderá perfeitamente e sem muita dificuldade, fazer as adaptações que seu caso particular requerer.

## FUNCIONAMENTO COMO TEMPORIZADOR

Para funcionar como temporizador é necessária a ligação de um capacitor eletrolítico (C1) de alto valor, baixas perdas e boa qualidade, aos terminais de entrada, indicado a tracejado no circuito; o emprego de capacitores de tântalo é o ideal. À medida que o capacitor vai se carregando, os LEDs irão se acendendo, seqüencialmente, indicando essa carga. Assim podem ser obtidas indicações de tempo desde uma fração de segundo a mais de um minuto por LED, dependendo do ajuste de R14 e da capacitância de C1. Experimentando, o leitor poderá chegar ao melhor compromisso entre um e outro.

O interruptor CH1, em paralelo com o capacitor, é do tipo de pressão e serve para descarregar C1, com isso provocando e "reset" do temporizador; R27 em série com CH1 é uma proteção para a descarga de C1.

Inúmeras outras aplicações o leitor certamente encontrará para o "bargraph".

# RELAÇÃO DE COMPONENTES

R1 a R12	— 680 $\Omega$ @ 1/4 W
R13	— 330 $\Omega$ @ 1/4 W
R14	— 470 k $\Omega$ (trim pot)
R15 a R26	— 2,2 k $\Omega$ @ 1/4 W
R27	— 47 $\Omega$ @ 1/4 W
D1	— (ver texto)
D12	— diodos emissores de luz FLV 110 ou equivalente
D13	— Zener 5,6 V @ 400 mW (1N752 ou equivalente)
H1	— interr. de pressão N.A.
C1 a C13	— LM 339

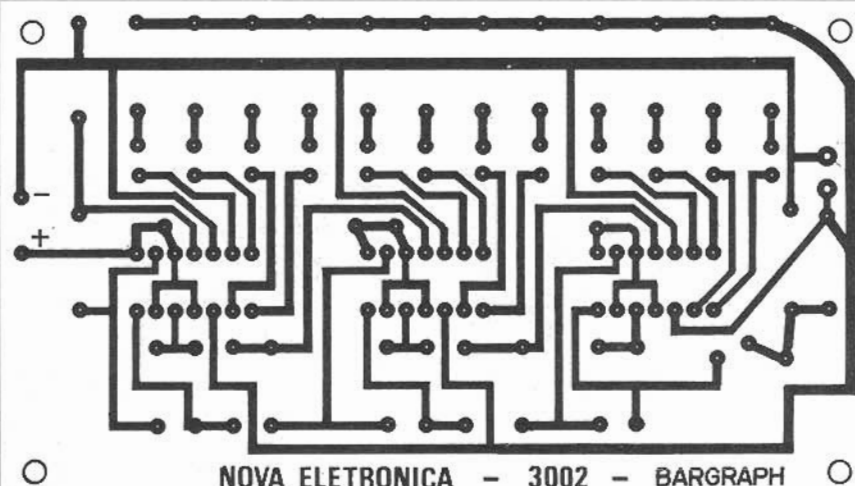


FIGURA 3

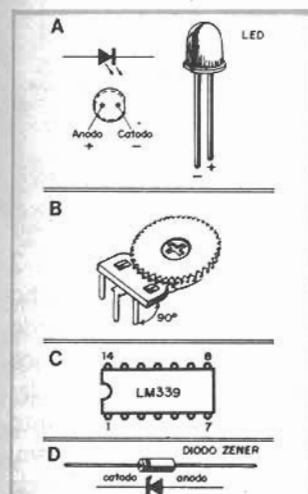


FIGURA 5

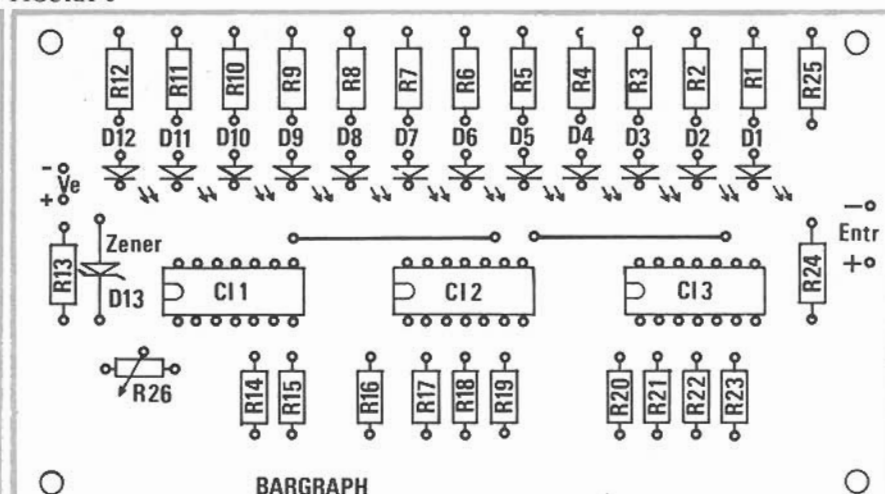


FIGURA 4

## MONTAGEM

Na fig. 3 vemos o desenho, em tamanho natural, da placa de fiação impressa e a fig. 4 nos mostra a disposição dos componentes vista pela face não cobreada.

Algumas recomendações, embora sejam as costumeiras, convém que se façam. Use resistores de, pelo menos, 5% de tolerância e os valores ohmicos devem ser todos iguais para R1 a R12 e para R15 a R26; poderá, facilmente, constatar que diferenças apreciáveis produzirão um nível de tensão nos comparadores que conduzirão a indicações erradas. Empregando resistores de precisão e tolerância igual ou inferior a 1% é possível o uso de até 50 circuitos operacionais e, evidentemente, 50 LEDs.

A fig. 5 ilustra: (A) identificação dos terminais dos LEDs; (B) forma de dobrar

os terminais do trim-pot para encaixar na placa de fiação impressa; (C) pinagem dos CI; (D) identificação dos terminais do diodo Zener.

É importante o uso de um soldador cuja dissipação máxima seja de 30 W e solda da melhor qualidade (60/40). Cuidado nas soldagens: verifique se não colocou em curto filetes de cobre da placa; faça as soldagens dos LEDs o mais rapidamente possível, pois que estes componentes danificam-se pelo calor excessivo. Use soquetes para os circuitos integrados.

A alimentação do "bargraph" é de 9 a 12 V CC e muito bem filtrada.

Os LEDs podem ser vermelhos, verdes, amarelos, brancos ou, se assim quiser, alternados para definir pontos de referência.

O protótipo foi desenvolvido e provado em nosso laboratório.



# MULTÍMETRO DIGITAL

## de 3 1/2 dígitos



O conjunto de circuitos integrados A/D conversores de 3 1/2 dígitos da Siliconix LD110/111 oferecem alto desempenho e versatilidade com um mínimo de requisitos dos circuitos externos. É formado por um processador digital síncrono monolítico PMOS (LD110) e um processador analógico monolítico bipolar PMOS (LD111). As características principais do conjunto conversor A/D incluem a precisão de 0,05% (de leitura)  $\pm 1$  na contagem; uma corrente típica de polarização (bias) de entrada de 4 pA; impedância de entrada superior a 1 000 M $\Omega$ ; auto-zeramento; uma única tensão de referência. Componentes externos selecionados pelo projetista permitem duas diferentes gamas de tensão (2 000 V e 200,0 mV) e uma larga escala de relações de amostra (1/3 e 12 amostras por segundo) para acomodar uma variedade de aplicações. Descreveremos sua aplicação num Multímetro Digital que o leitor pode adquirir sob a forma de "kit" pré-montado e pré-calibrado.

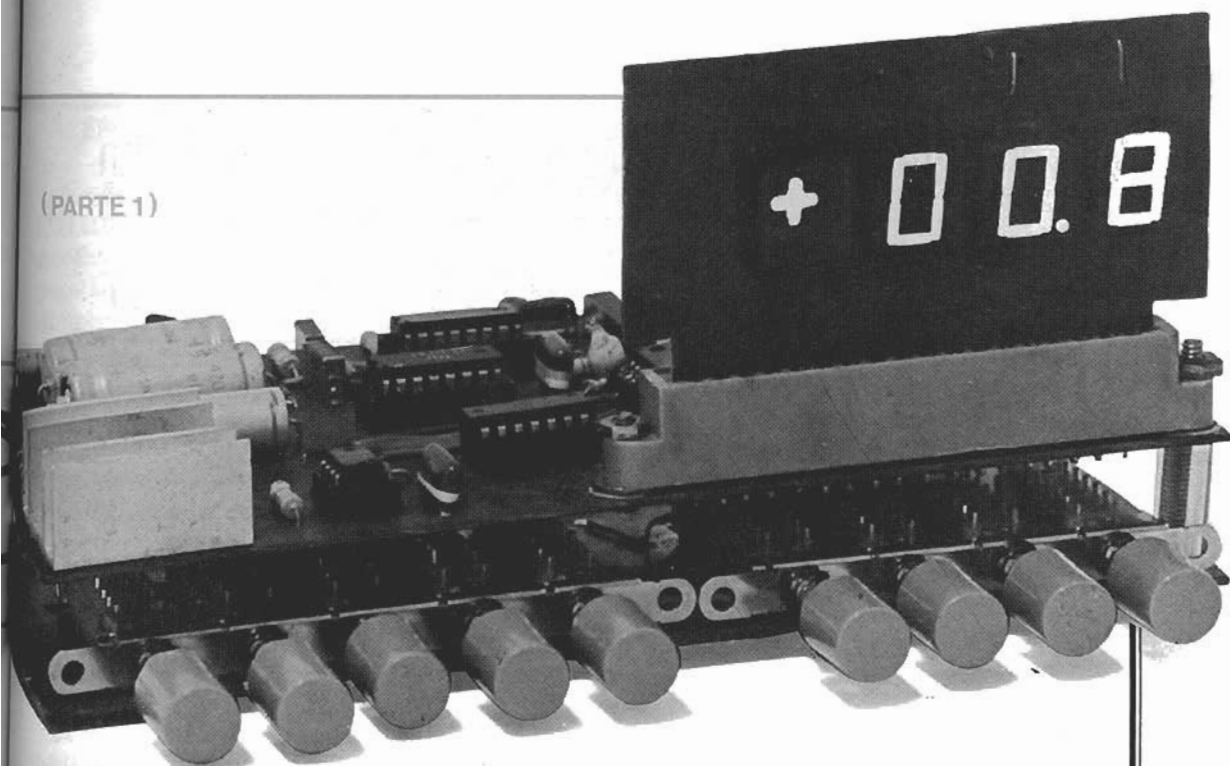
### OPERAÇÃO FUNCIONAL

A técnica da conversão reside na relação da carga fornecida por uma corrente proporcional à tensão de entrada, num determinado intervalo de medição, com a acumulação das cargas quantizadas igual a uma contagem BCD. As unidades de carga quantizadas são obtidas através de modulação em largura de pulso de uma corrente de referência. Na figura 1 o conjunto de conversores A/D é mostrado com os componentes RC externos necessários para se analisar a operação funcional do conversor.

A frequência de "clock" é dividida pelo contador de base-de-tempo, do processador digital LD110, em intervalos de amostragem de 6 144 ciclos, onde 4 096 ciclos constituem o intervalo de medição e os restantes 2 048 ciclos, o intervalo de auto-zeramento.

O intervalo de auto-zeramento permite que os efeitos da temperatura, de "drift" e "offset" sejam impressos na tensão de armazenagem de auto-zeramento ( $V_{strg}$ ), que é mantido como uma referência por  $C_{strg}$ . Conseqüentemente, durante o intervalo de medição seguinte estes efeitos serão compensados. Além disso,  $V_{strg}$  adquire

(PARTE 1)



uma componente de tensão, disponível na saída do amplificador AZ, que fornece uma corrente igual a  $-1/2 V_{REF}/R_1$ , através do resistor R3. A corrente de malha fornecida ao nó de soma do integrador, pelo adição de  $V_{strg}/R_3$  com a corrente através de R1, será igual a  $V_{REF}/2R_1$ , dependendo da posição do interruptor "UP/DOWN".

A entrada do amplificador atenuador (buffer) é aterrada durante este intervalo.

A tensão de entrada  $V_{IN}$  é aplicada à entrada do amplificador atenuador durante o intervalo de medida.

Este amplificador, juntamente com R2, envia uma corrente adicional  $V_{IN}/R_2$  ao nó de soma do integrador. O comparador transmite o estado de saída do integrador (em relação a  $V_{strg}$ ) ao controle lógico. O controle lógico tenta estabelecer equilíbrio no circuito acionando o interruptor "UP/DOWN" em um dos dois possíveis modos de operação (7 ciclos "clock" na posição "UP", 1 ciclo na posição "DOWN" ou 1 ciclo de "clock" na posição "UP", 7 ciclos na posição "DOWN") enquanto o contador mantém a contagem "UP" em andamento.

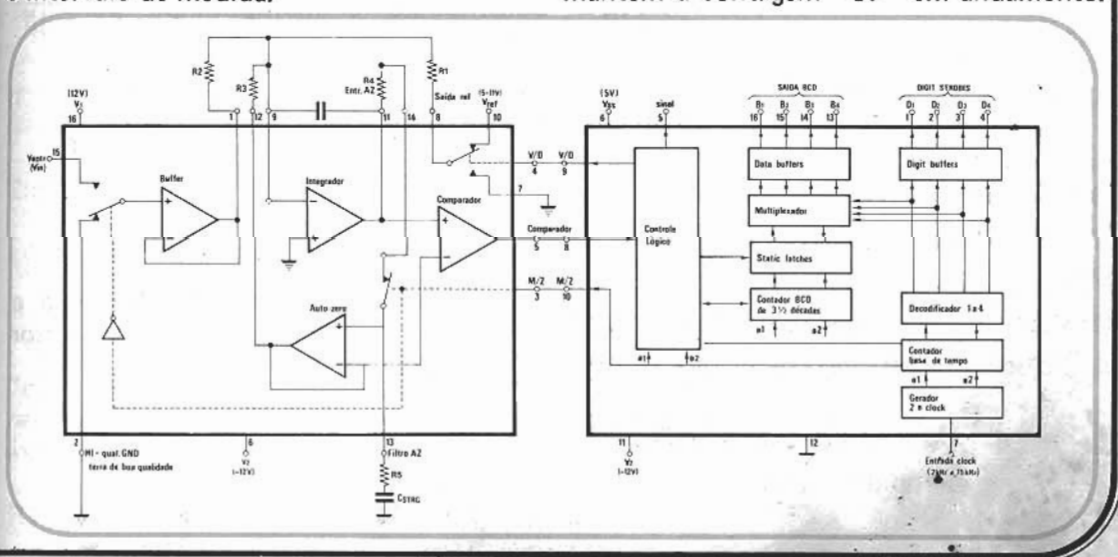


FIGURA 1

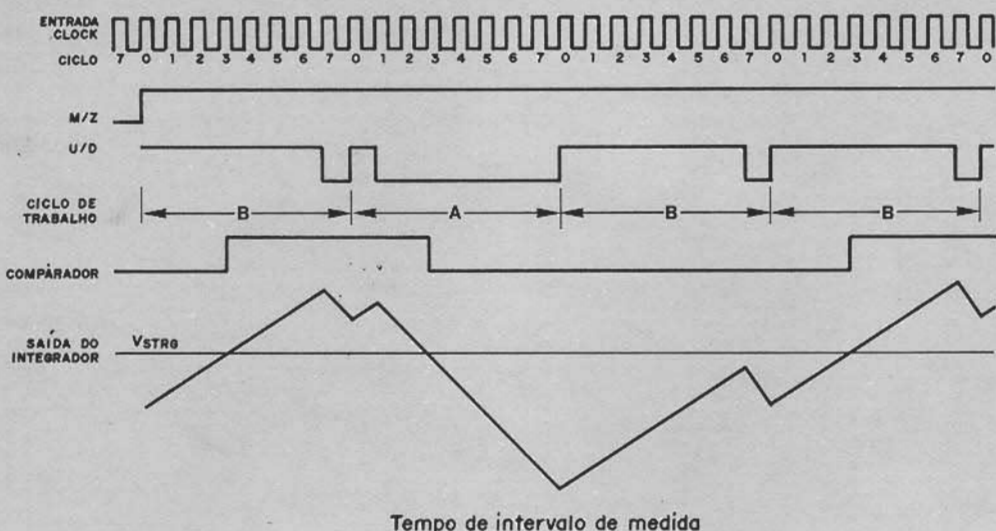


FIGURA 2

Os níveis de saída do integrador, da medição zero (M/Z), de "UP/DOWN" (U/D) e do comparador, durante o intervalo de medição, estão representados na figura 2.

As seguintes equações descrevem a técnica da medição:

$$\Delta Q = 0$$

onde:

$$\Delta Q = \frac{V_{IN}}{R2} \Delta t_{\text{medição}} - \frac{V_{REF}}{2R2 f_{IN}} \times (NU) + \frac{V_{REF}}{2R1 f_{IN}} (ND) \dots (1)$$

(NU) = contagens UP

(ND) = contagens DOWN

Mas:

Contagens UP + contagens DOWN = (ciclos de "clock" no intervalo de medição) ... (2)

$$\text{Contagens UP} - \text{contagens DOWN} = (\text{contagem líquida}) \dots (3)$$

Então:

$$0 = \frac{V_{IN}}{R2} \Delta t_{\text{medição}} - \frac{V_{REF}}{2R2 f_{IN}} (\text{contagem líquida}) \dots (4)$$

Mas:

$$\Delta t_{\text{medição}} = \frac{4096}{f_{IN}} \dots (5)$$

Substituindo e multiplicando por  $f_{IN}$ , resulta

$$\text{Contagem líquida} = V_{IN} \cdot \frac{R1}{R2} \cdot \frac{8192}{V_{REF}} \dots (6)$$

A equação (6) é fundamental para a aplicação do conjunto conversor LD110/LD111 A/D.

## ESCOLHA DOS COMPONENTES

A aplicação do conjunto conversor LD110/LD111 A/D deve começar com a escolha da fonte de alimentação e a frequência de "clock". As tensões de alimentação recomendadas são  $V_1 = 12\text{ V} \pm 10\%$ ,  $V_2 = -12\text{ V} \pm 10\%$  e  $V_{SS} = 5\text{ V} \pm 10\%$ . As frequências de "clock" deverão estar entre 2 e 75 kHz. Os ciclos de trabalho do "clock" não são de particular importância; o tempo de "O" lógico, contudo, deve ser superior a  $5\text{ }\mu\text{s}$ . A relação de amostragem e a frequência de "clock" estão assim relacionadas:

$$\text{Relação de Amostra} = f_{IN} / 6144 \dots (7)$$

A frequência de "clock" pode ser escolhida de tal forma a minimizar a interferência da frequência da linha. Se o auto-zeramento e os períodos de medida forem múltiplos integrais da frequência da linha ( $f_1$ ), a rejeição desta frequência será máxima:

$$\Delta t_{\text{zero}} = 2048 / f_{IN} \quad (\Delta t_{\text{medida}} = 2\Delta t_{\text{zero}}) \dots (8)$$

$$\frac{2048}{f_{IN}} = \frac{n}{f_L} \dots (9)$$

$$n = 1, 2, 3, \dots, 51$$

Então:

$$f_{IN} = \frac{2048 f_L}{n} \dots (10)$$

Uma vez escolhida a frequência de "clock", poderão ser determinados os valores corretos para os componentes RC externos.

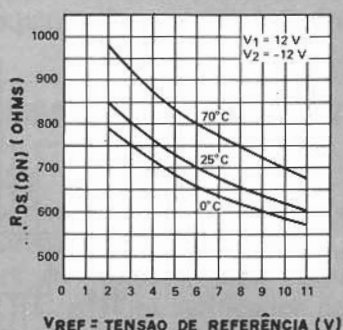
A equação (6) define a relação entre  $R1/R2$  e a tensão de referência  $V_{REF}$ ,

quando é escolhida a faixa de tensões fundo de escala  $V_{IN}$  (F.S.). Esta relação é a seguinte:

$$\frac{R2}{R1} = \frac{V_{IN} \text{ (F.S.)}}{2000} \cdot \frac{8192}{V_{REF}} \dots (11)$$

Em geral, é mais conveniente selecionar  $V_{REF}$  antes de assumir valores de resistências devido às implicações dos coeficientes de temperatura, a dificuldade de se conseguir certos valores de tensão e outras considerações.

$V_{REF}$  deve ser maior que 5 V, mas menor que  $V_1$ . Com o aumento de  $V_{REF}$  a



$R_{DS(ON)}$  (U/D Switch) vs.  $V_{REF}$  and Temperature

FIGURA 3

resistência do interruptor U/D no estado "ON" diminui, como mostra a figura 3.

$R1$  também aumenta com  $V_{REF}$ , fazendo decrescer, portanto, a proporção da resistência total dada por  $r_{DS}$  (ON). Consequentemente, uma  $V_{REF}$  elevada minimiza os efeitos da resistência do interruptor U/D em "ON".

É muito importante que  $V_{REF}$  tenha um baixo coeficiente de temperatura para minimizar a variação e o erro resultante na contagem.

A equação (12) mostra a mudança na contagem que poderá ocorrer devido a uma pequena alteração em  $V_{REF}$ :

$$\Delta \text{contagem} = -2000 \frac{V_{IN}}{V_{IN} \text{ (F.S.)}} \cdot \frac{\Delta V_{REF}}{V_{REF}} \dots (12)$$



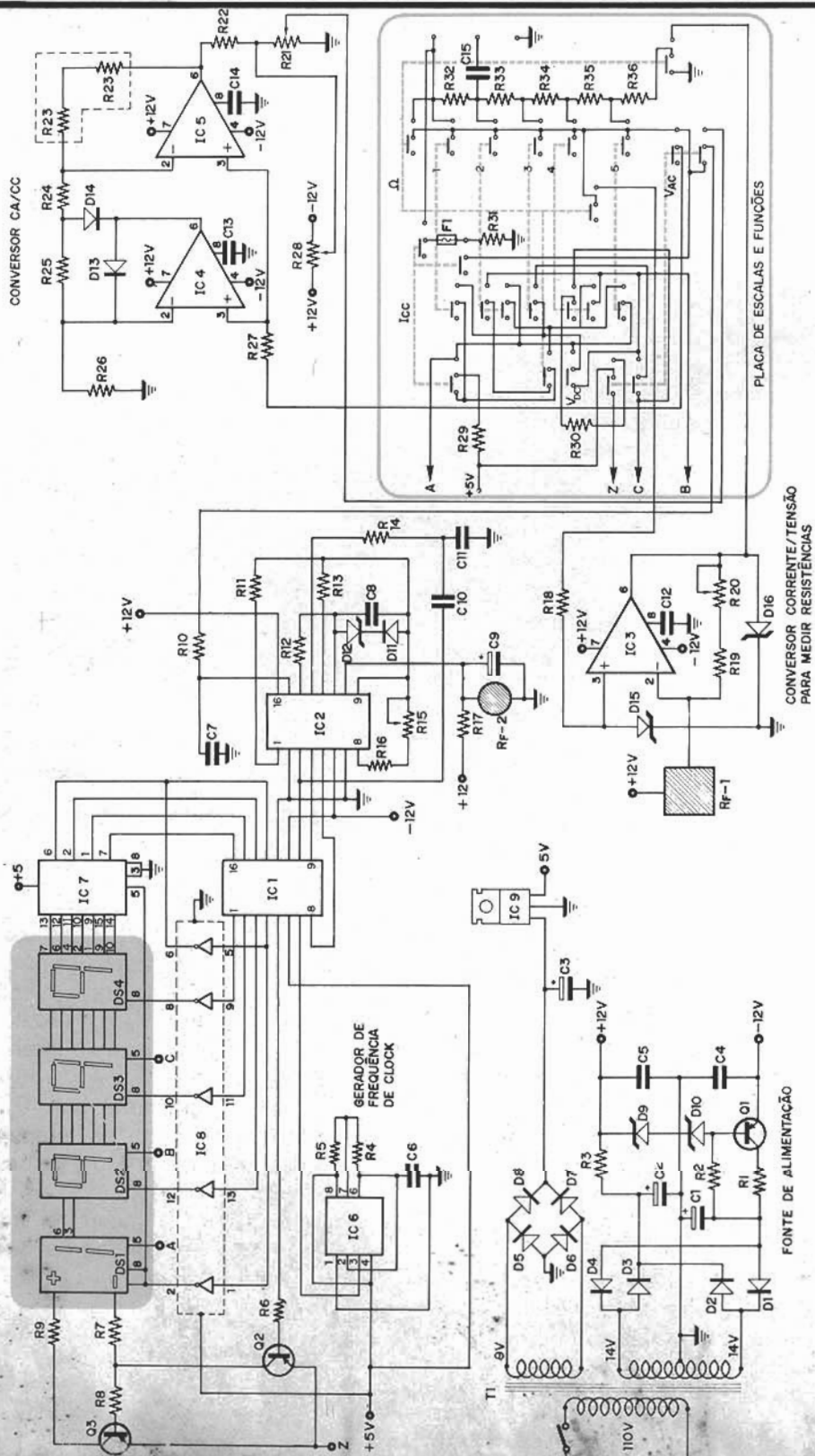


FIGURA 4

Em consequência, a contagem diminuirá de 1 para cada + 0,05% de variação em  $V_{REF}$ , para  $V_{IN} = V_{IN} (F.S.)$ .

R2 deve ser escolhido de forma a possibilitar uma corrente de fundo de escala de  $20 \mu A$  para o nó de soma do integrador ( $100 k\Omega$  para 2 000 V e  $10 k\Omega$  para 200,0 mV). R1 pode então ser determinado pela equação (11). R1, R2 e  $V_{REF}$  são os componentes básicos do sistema sensíveis à temperatura. O intervalo de auto-zeramento torna o sistema essencialmente independente às mudanças em  $C_{INT}$ , R3, R4, R5, Cstrg e às tensões de compensação dos amplificadores.

É desejável, contudo, usar resistores com baixos coeficientes de temperatura em R1 e R2, para reduzir os erros resultantes das diferenças em tais coeficientes.

A precisão especificada do conversor A/D será mantida se o capacitor do integrador ( $C_{INT}$ ) for escolhido para que a variação de tensão no mesmo seja mantida dentro de 0,75 V de  $V_{strg}$ . Uma análise deste particular resulta na seguinte relação para  $C_{INT}$ :

$$C_{INT} = 28,5 \frac{V_{IN} (F.S.)}{R2f_{IN}} \dots (13)$$

Este capacitor e o diodo Zener, a ser colocado em paralelo, devem ter uma perda combinada inferior a 10 nA, para minimizar esta possível fonte de erro.

### APLICAÇÃO DO CONVERSOR NO MULTÍMETRO DIGITAL

O diagrama esquemático da figura 4 apresenta o conversor A/D com LD110/LD111 utilizado num voltímetro digital para 1,999 V.

O capacitor C10 ajusta a saída em zero para a entrada zero. R11 calibra o voltímetro. R11 e R16 são resistores especiais de filme metálico, com coeficiente de temperatura de -50 ppm.

IC6, ligado como um multivibrador astável, fornece a frequência de "clock" de 24,5 kHz, injetada no pino 7 de IC1.

IC7 decodifica os sinais binários de saída de IC1 em 7 segmentos para a leitura nos "displays" (DS1 a DS4), enquanto IC8

valida sincronicamente esses dígitos, permitindo a visualização dos sinais decodificados e multiplexados.

Os transistores Q2 e Q3 são usados para acionar o sinal de polaridade em DS1.

O sinal a ser medido é aplicado, através de R10 (que é também utilizado como proteção contra sobretensões), ao pino 15 de IC2. C7 tem a função de filtrar eventuais resíduos de CA, quando o sinal possa conter e integrar tais transientes.

RF2 é um Zener de 10,2 V com um baixíssimo coeficiente de temperatura (Zener de precisão).

A fonte de alimentação nada tem de especial, a não ser a separação das estabilizações para evitar mútuas influências.

### MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIA E CORRENTE

Para fazer que o voltímetro meça também Ohms e Ampères, é preciso uma chave seletora de funções, uma seletora de alcance (range), um retificador para converter os sinais CA em CC e dois circuitos lineares para converter resistências e correntes em tensões.

#### CONVERSOR CORRENTE/TENSÃO

Como neste multímetro há apenas uma escala de correntes, o conversor é formado apenas pelo resistor de precisão R31.

A conversão é feita pelo sistema clássico de se obter uma amostra de tensão proporcional à corrente que passa pelo resistor.

Recomenda-se que este componente tenha a maior precisão possível e também um baixo coeficiente de temperatura; os resistores de filme metálico, com 1% de tolerância, são os ideais.

Apesar de que esta escala tem um alcance de 2 Ampères, recomenda-se aos leitores não utilizarem o instrumento durante muito tempo em correntes de valores próximos ao máximo, devido ao perigo de sobreaquecimento de resistor e consequente alteração de seu valor ohmico.

## CONVERSOR RESISTÊNCIAS/TENSÕES COM AMPLIFICADOR OPERACIONAL

A figura representa o circuito básico simplificado de um conversor corrente/tensão usado para medir resistências.

$G_I$  é um gerador de corrente constante e  $R_X$  é a resistência a ser medida. A corrente  $I$  passa, em sua quase totalidade, por  $R_R$ , devido à alta impedância de entrada do amplificador. Teremos, então, sobre  $R_R$  a tensão  $V_R = IR_R$ , que resulta igual a 1 V, de acordo com os valores dos componentes escolhidos. Esta tensão ficará impressa diretamente nos terminais de  $R_P$ .

$R_P$  e  $R_X$  formam um divisor de tensão, do que se pode deduzir:

$$V_X = \frac{R_X}{R_X + R_P} \cdot V_S$$

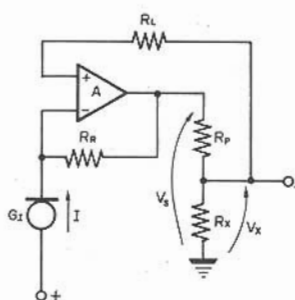
$V_X$  é realimentada para a entrada não inversora de  $A$ , através de  $R_L$ .

Temos, então:

$$V_S = V_{RP} + \frac{R_X}{R_X + R_P} \cdot V_S$$

Sabemos que  $V_{RP} = V_R = 1$  V; portanto:

$$V_S = 1 + \frac{R_X}{R_X + R_P} \cdot V_S$$



$$V_S - V_S \left( \frac{R_X}{R_X + R_P} \right) = 1$$

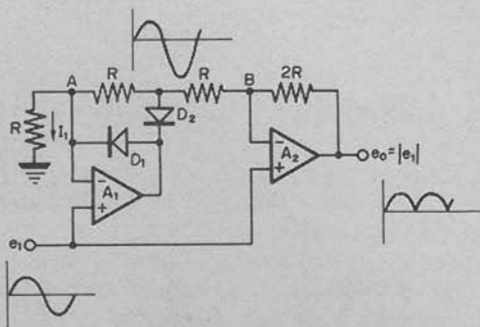
$$V_S \left( 1 - \frac{R_X}{R_X + R_P} \right) = 1$$

$$V_S \left( \frac{R_X + R_P - R_X}{R_X + R_P} \right) = 1$$

$$V_S = \frac{R_X + R_P}{R_P}$$

Vemos, assim, que a variação de  $V_S$  é diretamente proporcional à variação de  $R_X$ .

## CONVERSOR CA/CC COM APLIFICADORES OPERACIONAIS



Neste circuito temos uma retificação em onda completa através do chaveamento da realimentação em  $A_1$  que faz ligar e desligar um dos "caminhos" de sinal para  $A_2$ .

O semi-ciclo positivo dos sinais cria a corrente  $I_1$  que faz  $D_1$  conduzir, sabendo-se que nem  $D_2$  nem a entrada do amplificador poderiam fornecer esta corrente.

Estando apenas  $D_1$  conduzindo,  $A_1$  estará na configuração de seguidor de tensão (voltage follower) e "força" o ponto A a seguir o sinal de entrada  $e_1$ . Da mesma maneira, a realimentação em  $A_2$ , fazendo acionar suas duas entradas, leva o ponto B à mesma condição do ponto A. Assim não

há diferença de potencial entre os pontos A e B, onde, conseqüentemente, não haverá fluxo de corrente. Como resultado da ausência de corrente no "caminho" de realimentação de  $A_2$ , a tensão de saída ficará igual à tensão de entrada.

Em resumo: um sinal positivo de entrada causa o desligamento de um dos percursos do sinal de  $A_2$ , por  $A_1$  e  $A_2$ , então, age como um seguidor de tensão.

Quando o sinal passa pelo semi-ciclo negativo, as duas entradas de  $A_2$  são ativadas. A corrente  $-I_1$  resultante corta  $D_1$  e faz  $D_2$  conduzir, conectando  $A_1$  como um amplificador não inversor com ganho de +2. Este amplificador apresenta um sinal igual a  $2e_1$  na entrada inversora de  $A_2$  que tem, por sua vez, um ganho de -2. Por outro lado, o sinal injetado em sua entrada não inversora é amplificado com um ganho de +3.

Utilizando sobreposição de efeitos, o sinal de saída será igual a

$$e_0 = -4e + 3e = -e_1$$

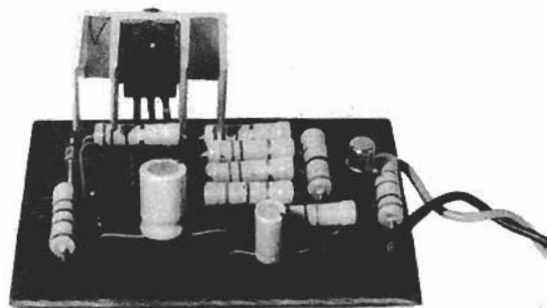
Portanto, uma mudança de polaridade do sinal de entrada muda o ganho total do circuito de +1 para -1.

(Conclui no próx. número)



# UMA SIRENE ELETRÔNICA

O leitor certamente já viu em diversas publicações, circuitos de sirenes eletrônicas, uns simples, outros mais complexos, cuja aplicação é indicada para os mais diversos fins. No entanto, sempre há os que buscam tal tipo de dispositivo, seja para usos profissionais (alarmes, avisos em fábricas ou estabelecimentos comerciais), seja por curiosidade (brinquedos, hobby, feiras de ciências).





Na fig. 1 apresentamos o diagrama esquemático de uma sirene eletrônica que emprega componentes bem modernos, como: um transistor unijunção (Q1), um circuito integrado tipo 555 (C11) e um transistor de potência (Q2).

O reduzido número de componentes permite uma montagem assaz compacta, possibilitando seu alojamento nos mais reduzidos espaços.

Seu funcionamento é muito simples. C11 gera um sinal da ordem de 1 kHz; esta frequência é modulada por Q2 que fornece um sinal em forma de dente de serra ao pino 5 de C11. A modulação produz o som característico de uma sirene mecânica. O sinal, saindo do pino 3 do circuito integrado, excita o transistor de potência que, por sua vez, excita o alto-falante.

A sirene é alimentada por uma fonte de corrente contínua capaz de fornecer de 9 a 12 V a, no mínimo, 1 Ampère.

O alto-falante deve ter uma impedância de 8  $\Omega$  e suportar uma potência da ordem de 5 W; seu tamanho será determinado pelo local onde será instalado.

As figs. 2 e 3 ilustram, respectivamente, a placa de fiação impressa, em tamanho natural, vista pela face cobreada e a disposição dos componentes.

A montagem não é crítica, podendo ser realizada mesmo por quem tenha muito pouca experiência. Recomenda-se, no entanto, a técnica da fiação impressa para possibilitar maior compacticidade ao dispositivo e menos possibilidade de erros. Muita atenção deve ser dada à correta colocação do circuito integrado (para o qual se

recomenda um soquete apropriado), atenção na ligação dos transistores, polaridade de componentes e da fonte de alimentação.

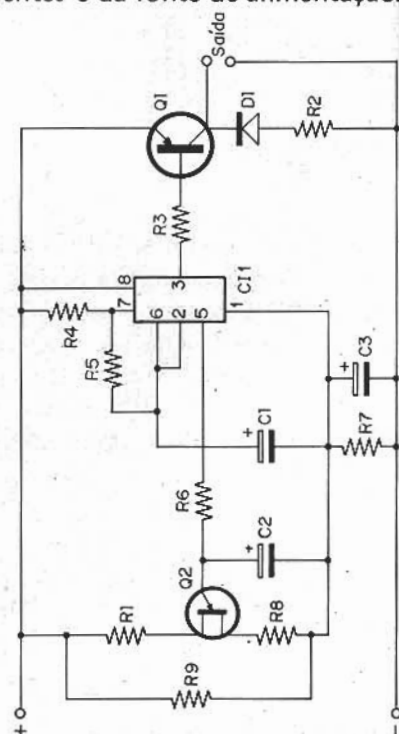


FIGURA 1

#### RELAÇÃO DE COMPONENTES

R1 — 1 k $\Omega$ @ 1/2 W	R9 — 100 $\Omega$ @ 1 W
R2 — 27 $\Omega$ @ 1/2 W	C1 — 0,1 $\mu$ F @ (disc.)
R3 — 100 $\Omega$ @ 1/2 W	C2 — 22 $\mu$ F @ 16 V
R4, R5 — 4,7 $\Omega$ @ 1/2 W	C3 — 10 $\mu$ F @ 16 V
R6 — 470 $\Omega$ @ 1/2 W	D1 — 1N4004
R7 — 10 $\Omega$ @ 1/2 W	Q1 — EM6133
R8 — 47 $\Omega$ @ 1/2 W	Q2 — 2N2646
	C11 — NE555

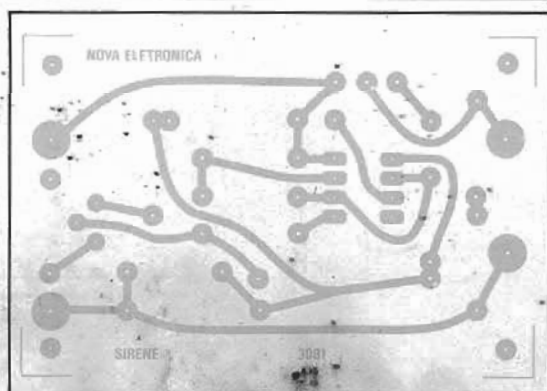


FIGURA 2

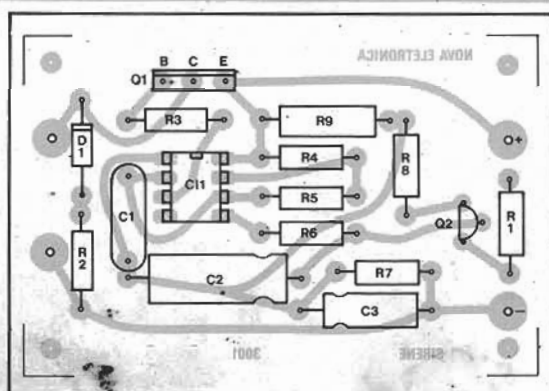


FIGURA 3

# Amplificadores de áudio de 20 a 60 watts usando transistores DARLINGTON complementares

Os dois amplificadores descritos superam em resultados a qualquer circuito integrado existente, bem como custarão menos. Cada um usa apenas um pequeno transistor para sinais fracos e dois transistores Darlington de potência.

A resposta é plana até frequências de 200 kHz com distorção harmônica inferior a 0,2%.

Poderão ser usados em qualquer aplicação de áudio ou onde um custo extremamente baixo, aliado a uma qualidade de reprodução satisfatória para toca-discos, gravadores e receptores residenciais, sejam os requisitos principais.



## DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

Os amplificadores usam um circuito push-pull com transistores Darlington complementares, Q2 e Q3, para a etapa de saída. Estes transistores são excitados por Q1, de alto ganho, que trabalha em classe A (fig. 1).

Os diodos D1 a D2 e R6 fornecem a polarização, CC para os transistores de saída e mantém a corrente de repouso em aproximadamente 20 mA, reduzindo a distorção de transição ou cruzada (crossover).

Os diodos são termicamente conectados ao dissipador para compensar a variação das tensões de base-emissor de Q2 e Q3 com a temperatura. Desta forma obtém-se um ponto de operação estável e evita-se a perda dos transistores de saída pela variação da temperatura.

O ponto central A está fixado a metade da tensão da fonte pela realimentação CC, através de R2, R3 e R4; por esse fato, a  $V_{BE(on)}$  do transistor Q1 é multiplicada.

A tensão no ponto central é ajustada por R4. O transistor Q1 é estabilizado em CC por realimentação local obtida com o resistor de 150 Ohms, R5. Para manter o alto ganho de CA de Q1, usamos o capacitor de 200  $\mu$ F, C4. A frequência de corte desta combinação é de 5 Hz, o que está abaixo da do corte de C5 e R1, na saída do amplificador e, portanto, não afeta sua resposta a baixas frequências.

O ganho em CA, aproximadamente 12, é dado pela relação entre R3 e R1. B é o ponto de encontro, de equilíbrio, do sistema de realimentação de entrada do amplificador. Um capacitor, C3, mantém a tensão constante entre os pontos A e C durante a variação da tensão CA de saída. Durante o semi-ciclo positivo, o ponto C sobe além da tensão  $V_C$ , lá mantida pela fonte, assegurando polarização suficiente para a base de Q2. A tensão através de R7 difere da tensão sobre C3 somente pela  $V_{BE(on)}$  de Q2 e, portanto, aproximadamente constante, o que quer dizer que Q2 e Q3 são excitados por uma alta impedância, que age como uma fonte de corrente. Isto ajuda a reduzir a distorção de transição

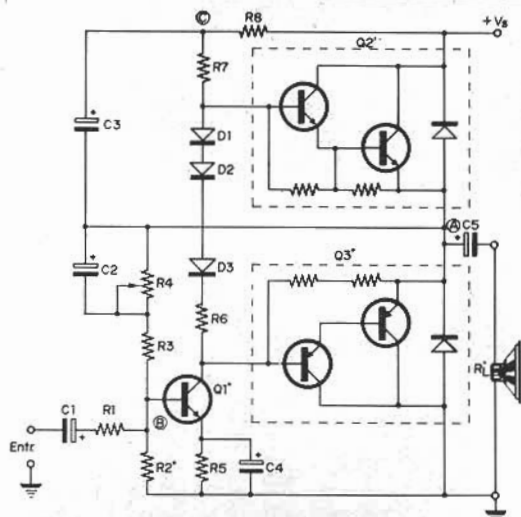


FIGURA 1

(crossover), porque os transistores de saída são controlados pelas suas características de "beta" ao invés de suas características de VBE. Apesar de a característica "beta" versus corrente de coletor ser não linear, esta pode vir a sê-lo, por meio de realimentação negativa, enquanto que a característica VBE possui um limiar abaixo do qual o transistor não mais amplifica. Nesta área, o ganho em circuito aberto (open loop) é zero e a realimentação não é efetiva.

Se guiadas por uma fonte de corrente, as tensões de base dos transistores de saída mostram um "degrau" através do limiar da tensão VBE. Na prática, "degraus" ideais não existem, pois a fonte de corrente não é ideal; outrossim, as capacitâncias residuais precisam ser carregadas. Sendo assim, ainda há alguma distorção de transição. Para minorar o problema, se não podemos fazer um "degrau" ideal, podemos fazê-lo pequeno; os diodos D1 a D3 servem a este objetivo.

Cinco amplificadores diferentes são descritos todos usando o mesmo circuito com transistores de saída e tensões de alimentação diferentes.

Darlingtonos plásticos TO-220 são usados para conseguir 20 Watts sobre uma carga de 8 Ohms. Com transistores encapsulados tipo TO-3 e fontes de alimentação mais potentes, o circuito entregará 40 Watts.

# RELAÇÃO DE COMPONENTES

R1 – 10 k $\Omega$  @ 1/2 W  
 R2 – ver Tabela I  
 R3 – 120 k $\Omega$  @ 1/2 W  
 R4 – 150 k $\Omega$  (trim pot)  
 R5 – 150  $\Omega$  @ 1/2 W  
 R6 – 47  $\Omega$  @ 1/2 W  
 R7 – 4,7 k $\Omega$  @ 1/2 W  
 R8 – 1 k $\Omega$  @ 1/2 W  
 C1 – 10  $\mu$ F @ 25 V  
 C2 – 15  $\mu$ F @ 50 V  
 C3 – 10  $\mu$ F @ 50 V  
 C4 – 200  $\mu$ F @ 5 V  
 C5 – 1 500  $\mu$ F @ 70 V  
 Q1, Q2, Q3 – ver Tabela I e N.R.  
 D1, D2 e D3 – 1N4148

Nova Elettronica

FACE COBREADA



FIGURA 2

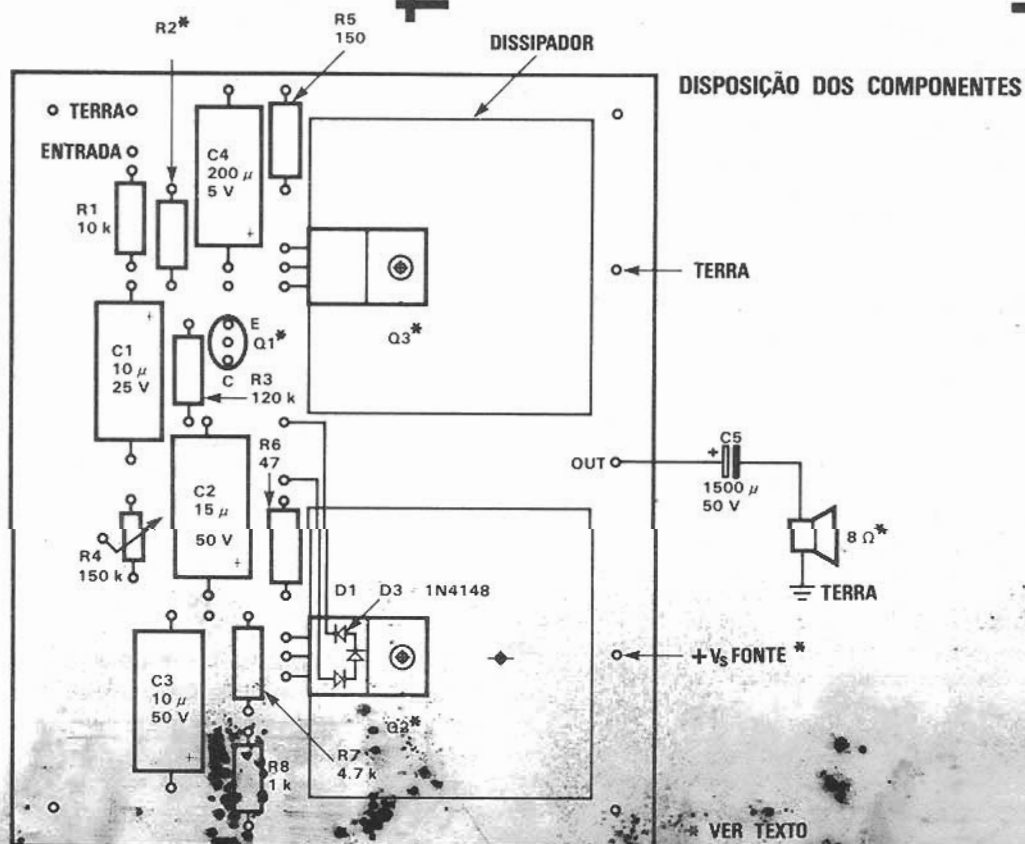




TABELA I - ESPECIFICAÇÕES DOS CIRCUITOS

$P_{saída}$ Nominal	20	40	40	50	60	W
$P_{saída}$ (0,5% Distorção)	21,4	43	42	52	60	W
Tensão da Fonte	40	55	42	60	50	V
$R_L$ (Resistência de Carga)	8	8	4	8	4	$\Omega$
Transistor de entrada	Q1*	BC337	2N5830	2N5830	2N5830	
Transistores de Saída	Q2*	SE9300	SE9304	SE9304	SE9304	
	Q3*	SE9400	SE9404	SE9404	SE9404	
Seleção Especial "SOA" de Q2 e Q3				45 V-2,4 A	30 V-5 A	
Encapsulamento de Q2 e Q3	TO-220	TO-3	TO-3	TO-3	TO-3	
Max. Temp. perm. cápsula R2 e R3 - $T_{c(max)}$	103	107	103	118	112	$^{\circ}C$
Dissipador para cada Q2 e Q3	6,5	3,5	2,3	4,0	2,2	max $^{\circ}C/W$
Dissipador para $T_{c(max)} = 100^{\circ}C$	6,0	3,2	2,1	2,6	1,4	$^{\circ}C/W$
Resistor R2	15	12	15	12	12	k $\Omega$
Tensão de Entr. para Max. Saída*	1,2	1,6	1,25	1,75	1,5	$V_{RMS}$

\* Ver Nota da Redação.

sobre cargas de 4 ou 8 Ohms. Com transistores especialmente selecionados em SOA, o circuito torna-se um amplificador de 50 Watts sobre 8 Ohms ou 60 Watts sobre 4 Ohms (veja a Tabela I). Na fig. 2 apresentamos uma sugestão para a confecção da placa de fiação impressa.

### CARACTERÍSTICAS DOS AMPLIFICADORES

A resposta a frequência é plana dentro de 1 dB de 20 Hz para carga de 8 Ohm e de 50 Hz para carga de 4 Ohms, até além de 200 kHz (fig. 3). O corte de baixas frequências é dado por C5,  $R_L$  e o de frequências altas pela resposta a frequências dos transistores de saída.

Apesar de a resposta ser plana até 200 kHz, a distorção aumenta além de 70 kHz devido à distorção de transição para os sinais de grande amplitude. Isto é devido à inabilidade dos transistores Darlington de se desligarem rapidamente por causa das cargas retidas na base. A dissipação maior é motivada por condução "common-mode". Como os sinais de áudio não têm grande amplitude além de 20 kHz, a resposta a frequência é muito boa, na prática. Para cargas altamente indutivas, um circuito RC colocado através de  $R_L$  pode ser usado para aumentar a estabilidade em altas frequências.

A distorção harmônica é baixa para um circuito tão simples. Entre 2 e 50% da

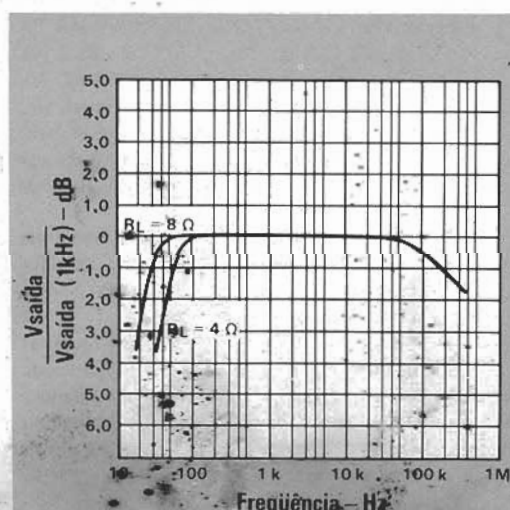


FIGURA 3

## SENSIBILIDADE

A amplificação é de 12 (26 dB) e a tensão de entrada para máxima saída é de 1,2 V para o amplificador de 20 W e de 1,75 V para o amplificador de 50 W (ver Tabela I). A sensibilidade pode ser aumentada por diminuição da resistência de entrada.

## DISSIPAÇÃO DE CALOR

A Tabela I mostra as máximas temperaturas permissíveis para a cápsula dos transistores e os valores de dissipadores para cada transistor de saída. Também estão descritos os dissipadores que mantêm a temperatura dos transistores abaixo de 100°C.

## CONCLUSÃO

Este é um circuito simples e, portanto, barato. O alto ganho dos transistores de saída Darlington resulta em baixa distorção harmônica; a qualidade da reprodução é bastante boa devido à pequena distorção de transistores.

N.R. — Este circuito não teve seu protótipo provado em nosso laboratório; no entanto, face à confiabilidade da fonte de onde foi traduzido e adaptado (Nota de Aplicação n.º 334 — set/76 — Hans Palonda — Fairchild), sua montagem é altamente recomendada aos que tenham bons conhecimentos de eletrônica, muita prática em circuitos de áudio e equipamento adequado para os ajustes necessários.

No próximo número publicaremos outra série de amplificadores, porém com mais informações e detalhes relativos a fontes de alimentação, proteção contra curto-circuitos e outras sofisticações.

Os transistores SE 9400, SE 9300, BC 337\* (ver Tabela I) para a montagem da versão de 20 W encontram-se à venda na FILCRES. Os transistores para a montagem das demais versões, ainda, não se acham no nosso comércio especializado, o que só deverá ocorrer dentro de algum tempo; os leitores aguardem, pois, que nesta ocasião daremos as informações necessárias. É totalmente desaconselhável o uso de equivalentes.

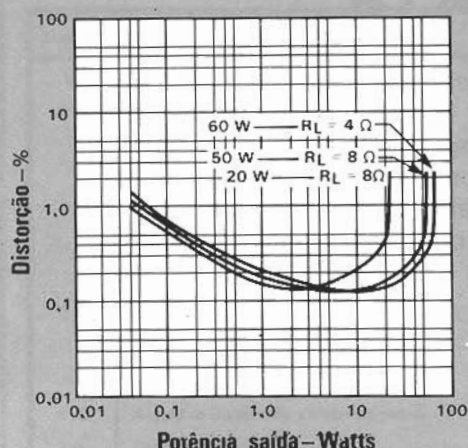


FIGURA 4

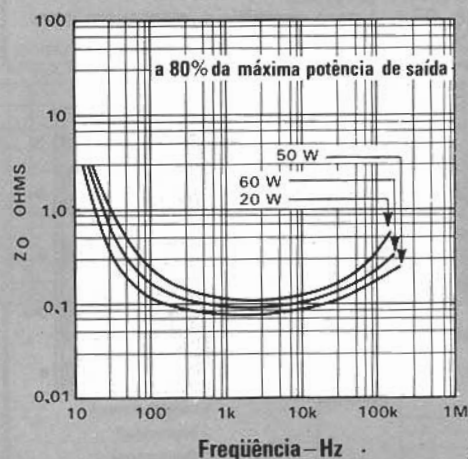


FIGURA 5

potência máxima, a distorção está abaixo de 0,2%. Aumenta para 0,5% até chegar à potência máxima (fig. 4).

A resposta a onda quadrada é muito boa a 10 kHz, o que indica boa resposta a transientes. A impedância de entrada é de 10 kΩ em toda a faixa de frequências. A impedância de saída é menor que 150 mΩ para maior parte da faixa de frequências, mas, a baixas frequências, esta sobe, devido à capacitância de C5.