



abc dos
COMPUTADORES

por Allan Lytel

- COMPUTADORES DIGITAIS
- COMPUTADORES ANALÓGICOS
- NÚMEROS BINÁRIOS
- CIRCUITOS DE COMPUTADOR
- DISPOSITIVOS DE MEMÓRIA
- OPERAÇÕES ARITMÉTICAS
- LÓGICA SIMBÓLICA
- DISPOSITIVOS DE ENTRADA E DE SAÍDA
- PROGRAMAÇÃO



UMA EDIÇÃO

antenna

RIO DE JANEIRO — BRASIL

abc dos computadores

Por **ALLAN LYTEL**

3.ª edição



ANTENNA EMPRESA JORNALÍSTICA S.A.

Edições Técnicas • Caixa Postal 1131 • ZC-00

20000 • RIO DE JANEIRO • BRASIL

Traduzido da edição original norte-americana

ABC's OF COMPUTERS

Tradutor: **Oswaldo de Albuquerque Lima**
Supervisor Redatorial: **Gilberto Affonso Penna**
sob licença especial de **Howard W. Sams & Co., Inc.**

Copyright © 1965 e 1973 by **Antenna
Empresa Jornalística S.A.** por ces-
são de **Howard W. Sams & Co. Inc.**



ANTENNA EMPRESA JORNALÍSTICA S.A.

Edições Técnicas • Caixa Postal 1131 • ZC-00
20000 • RIO DE JANEIRO • BRASIL

PREFÁCIO

Os historiadores do futuro poderão descrever nossa civilização como a “segunda revolução industrial”. Da mesma forma que a primeira revolução industrial criou máquinas que libertaram o homem dos grilhões do trabalho manual, os computadores eletrônicos irão finalmente libertá-lo do enfadonho trabalho mental de calcular e registrar dados. Hoje, computadores estão mantendo rigorosamente em dia as contas de depósitos e retiradas nos bancos, calculando e preparando cheques nos escritórios, e fazendo operar refinarias de petróleo inteiramente automatizadas desde o óleo cru até o carro-transporte.

ABC dos Computadores é uma introdução básica aos computadores. Numa linguagem acessível a todos ele explica o que são os computadores, como funcionam, e o que se pode esperar deles. Foi escrito para servir aos autodidatas que desejam obter um conhecimento geral dos computadores modernos.

Os dois tipos básicos de computadores — digital e análogo — são aqui descritos. Foram também incluídas explicações simplificadas sobre circuitos, sistemas de numeração, operações aritméticas, lógica simbólica, circuitos lógicos, contadores, memórias, dispositivos de entrada e de saída, bem como programação.

Este livro está baseado, em parte, na minha experiência de ensino no *Temple University Technical Institute and Community College* e na *International Business Machines*, ambas em Filadélfia.

Graças à cooperação de numerosos fabricantes de computadores, que tão generosamente forneceram o material ilustrativo, foi possível fazer com que o conteúdo deste livro represente o estado atual da técnica.

Ralph J. Cordiner, presidente da General Electric, declarou que as três contribuições importantes de nossa época são a energia nuclear, a automatização, e os computadores. Razão mais sólida para escrever este livro não poderia ser encontrada.

ALLAN LYTEL

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	
<i>Computadores — Digitais e Análogos</i>	7
Tipos de Computadores — Computadores Análogos — Computadores Digitais	
CAPÍTULO 2	
<i>Dispositivos de Comutação a Válvulas e a Relés</i>	23
Comutação em Computadores — Válvulas a gás e a vácuo	
CAPÍTULO 3	
<i>Dispositivos com Circuitos de Estado Sólido</i>	31
Transistores — Diodos — Componentes Fotelétricos — Outros Semicondutores — Dispositivos Magnéticos	
CAPÍTULO 4	
<i>Números para Computadores</i>	47
Sistemas de Numeração — Notação Binária	
CAPÍTULO 5	
<i>Operações Aritméticas</i>	55
Adição — Subtração — Multiplicação — Divisão — Numeração Octal — Códigos de Numeração	
CAPÍTULO 6	
<i>Lógica Simbólica</i>	65
Introdução à Lógica — Regras da Lógica dos Circuitos — Funções Lógicas — Circuitos Lógicos	
CAPÍTULO 7	
<i>Circuitos Lógicos Básicos</i>	75
A “Porta” — Circuitos “E” — Circuitos “OU” — Cir- cuitos “E/OU”	
CAPÍTULO 8	
<i>Contadores</i>	87
Contadores Binários — Décadas — Contadores “em Anel”	
CAPÍTULO 9	
<i>Circuitos Calculadores</i>	99
Representação dos Números — Adição e Subtração — Multiplicação e Divisão — Circuitos de Comparação	

CAPÍTULO 10

Armazenamento de Dados **113**
 Memória do Computador — Armazenamento Magnético
 — Outros Armazenamentos

CAPÍTULO 11

Dispositivos de Entrada e de Saída **137**
 O Processo Entrada-Saída — Conversão de Análogo
 para Digital — Dispositivos de Entrada — Dispositivos
 de Saída

CAPÍTULO 12

Programação **153**
 Programas armazenados — Instruções — Programas
 automáticos

capítulo 1

computadores - digitais e análogos

Até há alguns anos atrás, o computador era reservado unicamente para complicados cálculos científicos. Hoje, entretanto, ele tem mais importância para a nossa vida cotidiana do que podemos imaginar. Um computador, nos dias de hoje, pode fazer o seu cheque de pagamento, registrar o prêmio de seu seguro, processar as contas de sua casa comercial, ou endereçar uma revista aos seus assinantes.

Os modernos computadores digitais são rápidos — tão rápidos que sua velocidade está quase além da compreensão humana. Alguns podem fazer um *bilhão* de operações por segundo, e computadores ainda mais rápidos já estão em estudo. Problemas científicos que antes requeriam anos para serem resolvidos, podem agora sê-lo em dias ou horas, pelos computadores digitais. Muitos problemas foram mesmo reduzidos a uma questão de minutos.

A computação, ou cálculo, é entretanto apenas um dos aspectos dos computadores modernos. Outros usos, por exemplo, são o controle de máquinas-ferramenta e a tradução de línguas estrangeiras. Um computador, ainda na fase de laboratório, traduzirá de uma língua para outra à velocidade fantástica de 1 800 palavras por minuto! (Um tradutor humano pode traduzir, em média, somente 2 500 palavras por dia). Outro computador experimental (reconhecedor automático de dígitos) pode converter palavras em comandos, e depois obedecê-los.

A automatização, ou seja, a fabricação automática de produtos acabados, do início ao fim, torna-se possível com o auxílio dos computadores. Grandes máquinas operatrizes, perfuradoras e tornos, estão sendo inteiramente controlados pela eletrônica. Esses sistemas de controle fornecem fitas magnéticas diretamente, a partir de dados numéricos, e controlam todos os ciclos de usinagem da forma seguinte:

Um dispositivo lê os dados para a máquina, a qual é controlada de acordo com os comandos. A máquina tam-

bém armazena os programas para operações repetitivas, e as executa tantas vezes quantas forem necessárias. Um computador industrial típico pode economizar cêrca de metade do tempo de usinagem antes requerido pelo método manual de operação.

O computador subministra pulsos continuamente, e êstes comandam a máquina-ferramenta de modo a fazê-la mover-se ao longo de um percurso especificado, na velocidade adequada, mantendo a coordenação própria em todos os momentos, e "diz" às ferramentas de corte quando e onde devem cortar. O computador opera em velocidades muito altas, e um só dêles pode controlar várias máquinas-ferramenta.

Os computadores podem também "falar" entre si, através de microondas ou de linhas telefônicas. Como exemplo, suas respostas estão contribuindo para reduzir o custo dos grandes motores para foguetes. Os computadores estão economizando centenas de horas de trabalho dos engenheiros, e ao mesmo tempo dão à administração a informação diária do andamento de cada programa.

Êles estão ainda indicando os pontos de desequilíbrio potencial nos orçamentos, permitindo que se possa tomar providências em tempo. Os laboratórios de engenharia, em uma localidade, são conectados a zonas de prova em outros Estados, e ligados, por meio de linhas telefônicas interurbanas ou de microondas, a computadores eletrônicos instalados nos edifícios da administração. Êsses computadores trocam informações e dados à razão de 75 000 palavras por minuto!

Outros computadores traçam gráficos que mostram à administração o andamento de cada projeto, ou mantêm em dia o estoque das milhares de peças necessárias à produção. Qualquer dessas informações é obtida em poucos minutos, cada vez que solicitada.

Assim, fácil é compreender porque os computadores estão sendo cada vez mais usados como preciosos auxiliares na ciência, na engenharia, contrôles de estoques, fabricação — ou, de fato, em qualquer aplicação industrial ou comercial.

TIPOS DE COMPUTADORES

Há dois tipos de computadores: o computador análogo *mede* uma quantidade (como o faz um voltímetro),

e o computador digital *conta* números (como o faz uma máquina de somar). Num sistema análogo, as quantidades são medidas, em vez de contadas, antes de entrarem no computador. O computador atua nas entradas, fazendo um certo número de operações matemáticas ou resolvendo uma equação, e loca os dados de saída num gráfico.

Para frisar o contraste, suponha que se quer multiplicar dois números usando logaritmos. Será preciso em primeiro lugar achar seus logaritmos numa tábua. Depois adiciona-se o logaritmo do primeiro número ao logaritmo do segundo, e a soma é o logaritmo do número que se teria obtido se se tivesse multiplicado os números originais. Mas uma régua de cálculo faz a mesma coisa de modo muito mais rápido, mecânicamente, pois que ela é na realidade apenas uma tábua de logaritmos (e também uma forma elementar de computador).

Um *computador análogo*, como a régua de cálculo, é mais simples e mais direto que um computador digital, mas em geral não é um dispositivo de alta precisão. Seu funcionamento é considerado ótimo quando uma aproximação de três ou quatro algarismos significativos é suficiente, quando a flexibilidade do programa não é importante, e quando há somente uma variável independente. Os dados obtidos em forma análoga, tais como uma tensão variável representando temperatura ou velocidade, podem entrar diretamente num computador análogo. Entretanto, suas desvantagens — falta de precisão e flexibilidade limitada — geralmente não são suficientes para compensar esta vantagem. Para manipular um problema diferente, um computador análogo precisa, em regra, ser reconectado por meio de cabos de interligação.

Um *computador digital*, como uma máquina de somar, conta em vez de medir. Ele é na realidade uma máquina de calcular eletrônica de ultra-alta velocidade. Um modo de perceber a diferença entre os dois é dizer que o computador digital só trabalha com números inteiros, e o computador análogo não o faz. Quanto à construção, ambos consistem em muitos circuitos eletrônicos básicos ligados uns aos outros, como os elementos de um edifício.

COMPUTADORES ANALOGOS *

Os computadores análogos utilizam relações básicas entre duas tensões variáveis para produzir uma represen-

(*) Vide Nota 1.1 à pág. 21.

tação análoga, como se vê pela Fig. 1-1. Considere este circuito como um detector de FM no qual circulam correntes através de R1 e R2 em direções opostas. O voltímetro M1 lê a queda através de R1, e M2 a queda através de R2.

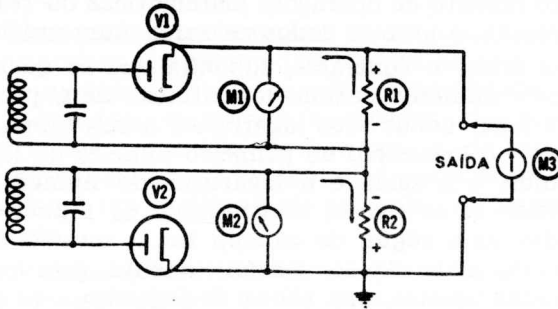


Fig. 1-1 — Adição análoga.

Se estas resistências forem iguais, e as correntes também iguais, as duas tensões serão iguais e de polaridades contrárias. A tensão total será zero em M3 porque as saídas estão ligadas em oposição e portanto se cancelam uma à outra.

Entretanto, se a tensão lida em M1 (designada como E_1) exceder a tensão lida em M2 (E_2), a tensão resultante será positiva; se E_2 exceder E_1 , essa tensão será negativa. Assim sendo, este circuito é um *somador algébrico*, cuja saída é uma tensão resultante da soma das duas entradas e levando em conta os seus respectivos sinais. Este circuito pode ser representado algébricamente como $E_3 = E_1 - E_2$.

O circuito mostrado não tem amplificador, embora sejam usados amplificadores em muitos circuitos de computadores análogos. Esses amplificadores são estágios de alto ganho, que podem realizar muitas operações. A Fig. 1-2 mostra um exemplo. Pelo uso das redes simples, um

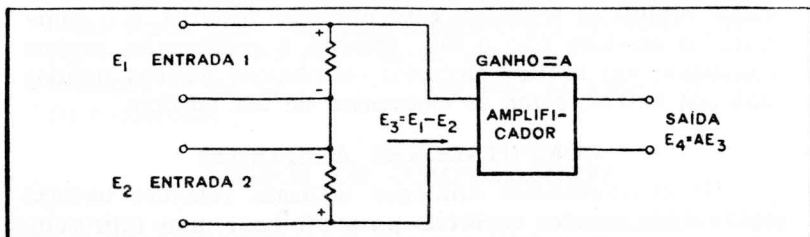


Fig. 1-2 — Multiplicação análoga.

estágio único (na realidade, duas válvulas) pode realizar operações tais como a adição ou a multiplicação. Na Fig. 1-2 a entrada do amplificador é o E_2 da Fig. 1-1. A saída (E_4) é igual à entrada (E_2) vezes o ganho do estágio. Suponha que o ganho é 12 e a entrada é de +6 volts. A saída será então 12×6 , ou 72 volts. A subtração (adição negativa) e a divisão (multiplicação com ganho menor que a unidade) podem ser realizadas da mesma forma direta.

Um computador análogo está ilustrado na Fig. 1-3. A esquerda, sob a mesa, estão as fontes de alimentação. Os

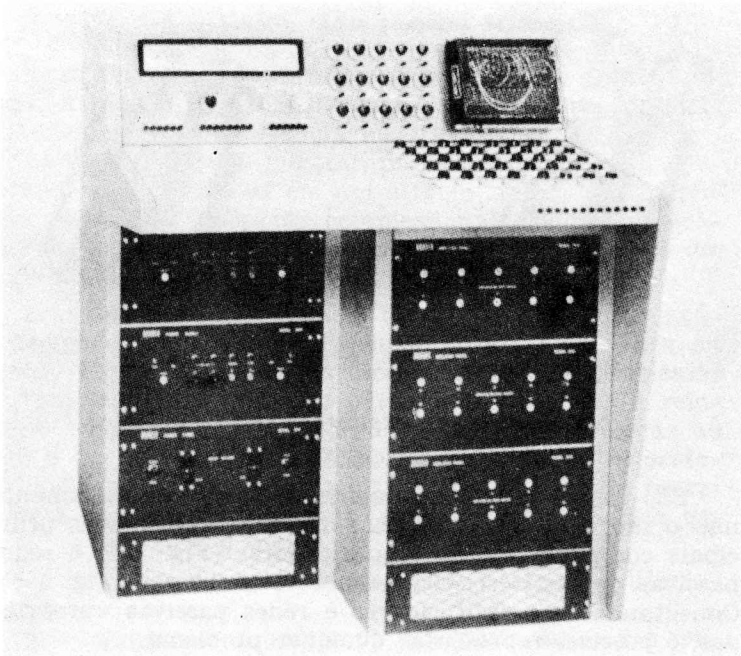


Fig. 1-3 — Um computador análogo.

amplificadores estão nos painéis à direita, enquanto que os controles para armar o problema são mostrados na parte de cima da mesa e no painel inclinado. Os cabos de interligação (direita, acima) interconectam as seções apropriadas do computador para um problema específico.

Os computadores análogos fazem muitas coisas. Uma instalação do Contrôlo de Tráfego Aéreo da Força Aérea Norte-Americana utiliza um computador análogo para acompanhar o curso das aeronaves e programar suas aterrissagens, à razão de duas por minuto, de modo a que não interfiram entre si. O computador calcula o curso de voo apropriado para cada aeronave, enquanto os operadores introduzem valores indicando a direção e velocidade do vento, a rota própria a ser usada, e a designação da aeronave. Depois disto feito, o computador compara o curso real da aeronave com o curso teórico que ele locou, e então dá as correções necessárias.

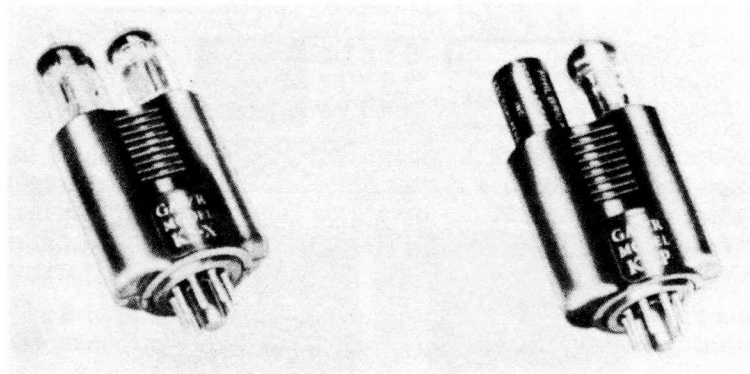


Fig. 1-4 — Dois amplificadores de encaixe.

São complexos os computadores análogos? Realmente não o são — além das fontes de alimentação, seus principais componentes são amplificadores (Fig. 1-4) e redes passivas de resistores, capacitores e indutores (Fig. 1-5). Conectando os amplificadores e redes passivas apropriadas, é possível representar qualquer problema.

Uma vez que um computador análogo *mede* mas não conta, as quantidades podem ser representadas de várias maneiras. Uma representação mecânica está ilustrada pela Fig. 1-6A. O eixo faz girar o pinhão, movendo a cremalheira de uma certa distância correspondendo à quantidade: uma grande quantidade significa um grande movimento; um número pequeno, um movimento pequeno correspondente. Elétricamente uma resistência variável, como na Fig. 1-6B, dá o mesmo resultado. À medida que o eixo

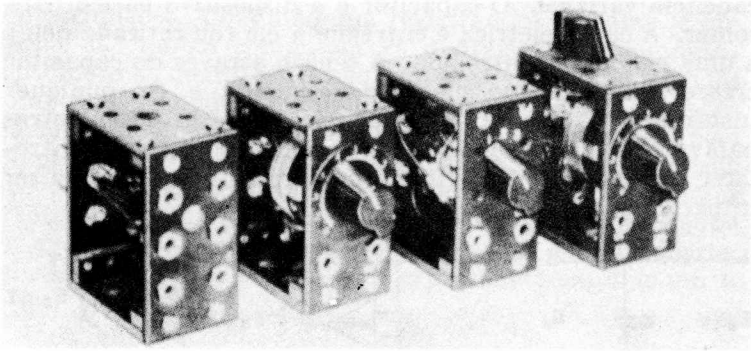


Fig. 1-5 — Quatro rêses passivas de encaixe.

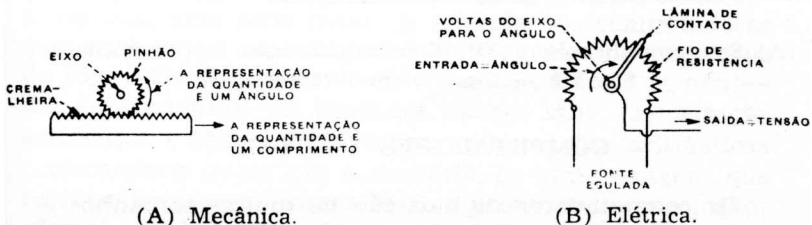
gira para representar um número, uma tensão aparece na saída. A tensão regulada na entrada provê uma fonte de referência para a resistência inteira.

As Figs. 1-1 e 1-2 mostraram como a adição e a subtração podem ser feitas em um estágio singelo do computador. Mas uma operação complexa, tal como a integração e a diferenciação, pode também ser efetuada em um único estágio.

A cadência de mudança de uma tensão, E , em relação ao tempo chama-se a sua derivada (uma é *derivada* da outra). Exemplos do uso de uma derivada, em problemas a serem resolvidos num computador análogo, são a velocidade (cadência de mudança da *distância* em relação ao tempo) e a aceleração (cadência de mudança da *velocidade*, ainda em relação ao tempo). Assim a derivada representa a cadência de mudança em relação a alguma variável, geralmente o tempo.

A operação de achar a derivada chama-se diferenciação.

A integração — o oposto da diferenciação — é o método pelo qual o computador produz uma soma, a qualquer

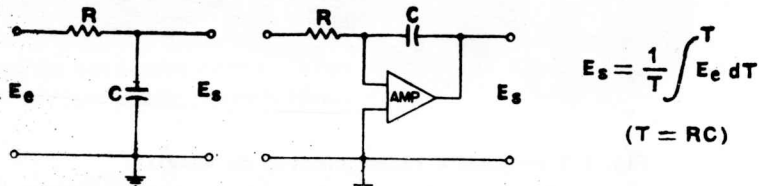


(A) Mecânica.

(B) Elétrica.

Fig. 1-6 — Duas maneiras de representar uma quantidade.

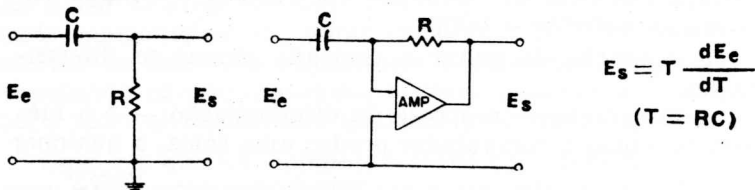
cadência variável. O capacitor é o dispositivo básico para somar. A carga elétrica é entregue a êle (ou retirada dêle) a uma cadência controlada. A tensão através do capacitor cresce à medida que sua carga aumenta e, em qualquer instante, é a integral da cadência de carga. Em outras palavras, a cadência de carga é deliberadamente controlada, de modo a representar o número ou quantidade a ser integrada.



(A) Sem amplificação. (B) Com amplificação. (C) Fórmula.
Fig. 1-7 — Circuitos de integração.

A integração, como indicada pela Fig. 1-7A, utiliza um capacitor C para armazenar a carga recebida. A tensão através de C é, em qualquer instante, a integral da cadência de carga. Este circuito computa a integral do tempo de entrada. Um amplificador é adicionado (Fig. 1-7B) para evitar a remoção da carga existente em C durante a integração.

O inverso da integração é, naturalmente, a diferenciação, ou a determinação da cadência à qual uma quantidade muda em relação a outra, geralmente o tempo. O circuito da Fig. 1-8A é um tipo simples de diferenciador. Na Fig. 1-8B é usado um amplificador com realimentação resistiva.



(A) Sem amplificação. (B) Com amplificação. (C) Fórmula.
Fig. 1-8 — Circuitos de diferenciação.

COMPUTADORES DIGITAIS

Os computadores digitais são de muitos tamanhos e formatos, do mesmo modo que desempenham muitas dife-

rentes funções. Uma máquina registradora de caixa, e um ábaco, são ambos computadores digitais. Num computador digital as quantidades são *contadas*, em vez de *medidas* como num computador análogo. Uma vez que são usados números, qualquer grau de precisão pode ser obtido pelo simples acréscimo de mais algarismos, ou *dígitos*. Desde que são usados dígitos, os componentes do computador (transistores, válvulas, etc.) respondem a estados de *ligado* ou *desligado* — como um interruptor que, ou está aberto, ou está fechado — e assim pode representar um 0 ou um 1.

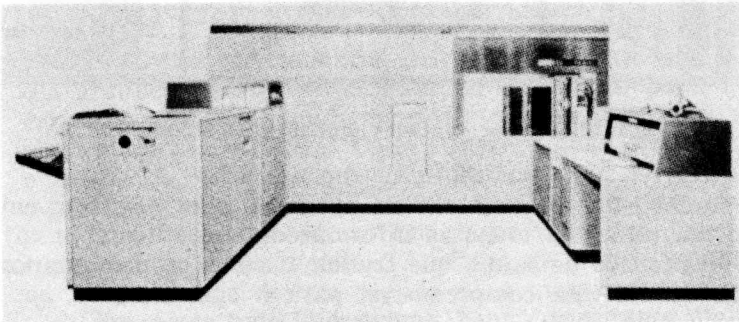


Fig. 1-9 — O computador digital IBM 305 RAMAC.

A Fig. 1-9 mostra um computador digital usado para controle de estoque. Seus circuitos calculadores são bastante simples, mas ele tem uma memória muito grande a fim de armazenar as grandes quantidades de dados requeridos para este fim. Uma instalação típica de um computador que faz folhas de pagamento e faturamento é mostrada na Fig. 1-10.

Sob muitos aspectos, um computador digital é uma espécie de dispositivo automático de calcular que, não somente pode seguir instruções, mas pode também *lembrar-se* de toda uma série delas. A maioria dos computadores digitais pode ser representada pelo diagrama de elementos da Fig. 1-11. Há, naturalmente, variações deste computador fundamental. As unidades básicas são: (1) a seção aritmética e lógica, que realiza as operações aritméticas propriamente ditas; (2) a memória, ou armazenagem, que retém o programa (instruções), o problema, e a solução; (3) a unidade de controle, que dirige a operação do com-

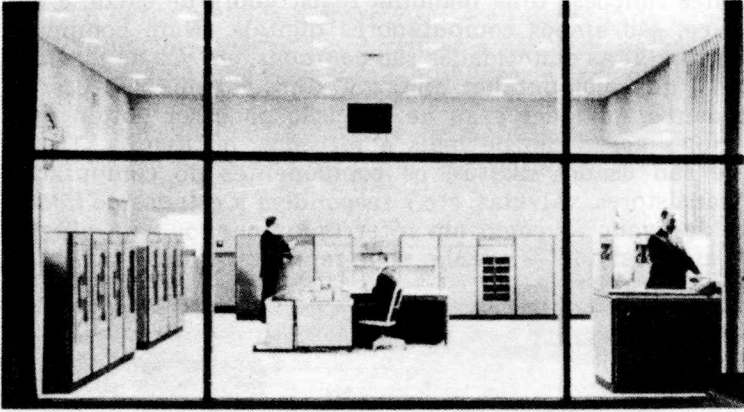


Fig.1-10 — O computador digital NCR Modelo 304.

putador; (4) dispositivos de entrada, para traduzir em forma utilizável tôdas as informações que entram; e (5) o dispositivo de saída, que traduz a saída do computador em uma forma compreensível para o operador.

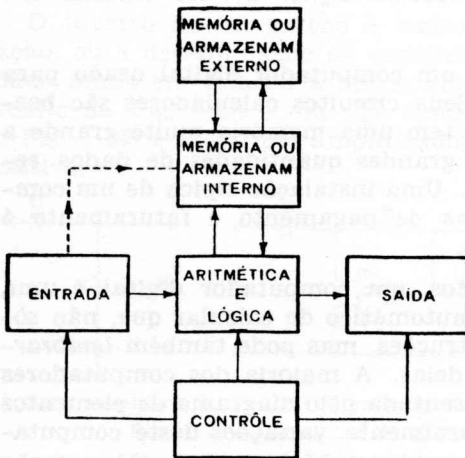


Fig. 1-11 — Diagrama de elementos de um computador digital.

A unidade aritmética, ou acumulador, coleta as informações e, sob o contrôle do computador, atua sobre êsses dados que ela própria armazenou ou que foi buscar na unidade de memória. Por exemplo, um número que estava

na memória pode ser pôsto no acumulador. Recebendo uma ordem tal como "E" (explicada mais adiante neste capítulo) um número será adicionado àquele já presente no acumulador, o qual então passará a conter a soma. Dependendo do problema, esta soma pode ser transferida para a memória, ou pode ser retida pelo acumulador para ulteriores operações. No caso de um número negativo, o acumulador reconhecerá o sinal respectivo. Para uma operação de "subtração", o acumulador acha a diferença e lhe atribui o sinal apropriado. Para "multiplicar", uma série de adições é feita no acumulador, e para "dividir" uma série de subtrações. A série ou seqüência de operações é um *programa*; e as etapas individuais são *instruções*.

A *unidade de memória*, ou de *armazenamento*, tem um grande número de posições, ou endereços, cada qual capaz de armazenar informações até o momento em que elas sejam necessitadas. Cada endereço pode ser descrito e localizado, de modo que a informação que êle contém, ou talvez o nôvo endereço onde a informação está armazenada, podem ser obtidos. Um grupo específico de endereços chama-se um *registro*. A leitura de uma informação da memória não destrói o dado — a mesma informação pode ser obtida indefinidamente. Num computador digital, tôdas as informações necessárias para a solução de um problema podem ser armazenadas na memória, incluindo tôdas as etapas ou o programa requerido para a solução. Uma vez que a informação apropriada foi posta na memória, o computador fica independente de todos os dispositivos externos até que uma solução seja obtida. Neste momento os resultados finais são armazenados até que sejam necessitados, e então se farão presentes através do dispositivo de saída.

A memória interna básica consiste num grupo de núcleos magnéticos. Fitas magnéticas, mostradas à esquerda na Fig. 1-10, constituem um tipo importante de armazenamento secundário. Os dados são lidos de uma fita, ou para uma fita, a fim de suplementar a memória principal.

Os tambores magnéticos, que são um outro tipo de armazenamento secundário, consistem em um tambor metálico rotativo ao redor do qual há várias trilhas de material magnético semelhante ao das fitas magnéticas. Uma ou mais cabeças transdutoras para cada trilha registram ou lêem os pulsos de informação, à medida que o tambor gira.

Outras memórias incluem a válvula Williams, que é um tubo de raios catódicos sobre a tela do qual são armazenados os dados, sob a forma de pontos; o capacitor de armazenamento, cuja carga se altera em concordância com os dados digitais; um transistor ou válvula, que podem estar ou conduzindo, para indicar um 1, ou não conduzindo, para indicar um 0; e outros.

A *seção de controle* dirige a operação do computador de modo a preencher as condições estabelecidas pelo programa. A unidade de controle observa as instruções e planeja sua execução correta seguindo os princípios de operação peculiares a uma dada máquina. Por exemplo, esta seção pode traduzir uma ordem de “multiplicar” por uma série de adições (o que na realidade a multiplicação é, para o computador).

Os dispositivos de *entrada* e de *saída* são semelhantes quanto ao funcionamento, mas desempenham funções opostas. Uma unidade de entrada lê informações contidas em cartões perfurados, fitas magnéticas, ou teclado. Ela também codifica esses dados de modo que o computador possa manipulá-los e utilizar a informação. A função oposta é desempenhada pela unidade de saída; ela converte os resultados do computador numa forma utilizável pelo operador, tal como uma folha datilografada, ou cartões perfurados para o controle de máquinas operatrizes.

Duas operações deste computador típico podem dar uma certa visão de suas funções. Suponha que o comando do programa diz “divida 1 100 por 250”. Sendo incapaz de dividir, a seção aritmética subtrai 250 de 1 100, depois subtrai 250 do resto, e assim por diante, até que o resto seja menor que o divisor, como segue:

$$\begin{array}{r}
 1\ 100 \\
 -\ 250 \\
 \hline
 850 \text{ (uma vez)} \\
 -\ 250 \\
 \hline
 600 \text{ (duas vezes)} \\
 -\ 250 \\
 \hline
 350 \text{ (três vezes)} \\
 -\ 250 \\
 \hline
 100 \text{ (quatro vezes)}
 \end{array}$$

Depois de quatro subtrações, o resto é 100. Por esta razão o computador conta o número de subtrações (quatro), e dá a resposta na saída — 1 100 dividido por 250 são 4, com um resto de 100.

A multiplicação é uma série de adições; assim, para multiplicar 2 500 por 4, o computador procede como segue:

$$\begin{array}{r} 2\ 500 \text{ (uma vez)} \\ + 2\ 500 \\ \hline 5\ 000 \text{ (duas vezes)} \\ + 2\ 500 \\ \hline 7\ 500 \text{ (três vezes)} \\ + 2\ 500 \\ \hline 10\ 000 \text{ (quatro vezes)} \end{array}$$

Portanto, 2 500 é adicionado quatro vezes para dar a resposta correta, 10 000.

Foram usados números do sistema decimal para os exemplos dados acima; entretanto, a maioria dos computadores modernos emprega números do sistema binário.

NÚMEROS BINÁRIOS

Os sistemas de numeração recuam, na História, quase até os primórdios da civilização do homem. Porque temos 10 dedos, nosso sistema de numeração é baseado em 10. Mas outros conceitos de numeração são possíveis; e alguns são mais facilmente utilizáveis por sistemas eletrônicos, onde um relé está fechado ou está aberto, uma lâmpada indicadora está acesa ou apagada, uma válvula conduz ou não conduz, ou um transistor está fornecendo um pulso de saída ou não está. Com base nesses dispositivos biestáveis, ou de dois estados, o sistema binário (número 2) tornou-se a base para o moderno computador digital, que é em última análise um calculador eletrônico de alta velocidade. O sistema binário (potência de 2) usa somente dois dígitos, 0 e 1.

Tanto as computações como as instruções para as operações do computador são apresentadas sob a forma de números binários. Diferentemente dos dispositivos mecânicos tais como os contadores, que podem ser baseados no

sistema decimal, os dispositivos eletrônicos para os modernos computadores digitais possuem usualmente só dois estados — ligado e desligado. Os computadores primitivos usavam relés; agora, são usados transistores ou válvulas como comutadores nos computadores.

Para a mecanização, o sistema decimal de numeração (de base 10) requer 10 diferentes estados reconhecíveis, um para cada dígito. De um modo geral, qualquer sistema de numeração requer m estados, onde m é a base de numeração. Uma vez que uma válvula ou transistor possui normalmente só dois estados estáveis de confiança, 10 válvulas (ou transistores) seriam necessárias para representar os dígitos decimais de 0 a 9.

Para superar essas dificuldades, o sistema binário de numeração foi adaptado para utilização em sistemas de controle industrial e computadores digitais. Ele está baseado em potências sucessivas de 2, e somente dois dígitos

Tabela 1-1 — Representação binária dos números.

Decimal	Binário		
	2^2	2^1	2^0
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0

— 1 e 0 — são usados. A Tabela 1-1 dá a representação binária para os números decimais 0, 1, 2, 3 e 4. Começando pela direita da tabela, a primeira coluna representa 2^0 , ou o número decimal 1. A coluna seguinte é 2^1 , ou o número decimal 2; e a terceira é 2^2 , ou 4. Assim, o número decimal 3, por exemplo, será representado no sistema binário desta tabela como 011, que significa nenhum 4, um 2, e um 1. Da mesma forma, o binário 101 representa o número decimal 5 — ou um 4, nenhum 2, e um 1.

LÓGICA SIMBÓLICA

As regras da aritmética binária fornecem um completo sistema de números que podem ser usados para conta-

gem. Este sistema de dois valores apresenta várias vantagens, comparado com outras bases de numeração. As regras são muito diretas e simples; por exemplo, não há tabuadas para multiplicação. Para utilização em computadores, os números binários têm também a vantagem de requerer somente dois estados dos indicadores, que são válvulas ou transistores. Os estados LIGADO e DESLIGADO podem ser usados para representar o 1 e o 0 do sistema binário, respectivamente.

A manipulação de números pode ser tratada através do uso de conexões lógicas que significam "OU" e "E". Em lógica, "OU" tem duas significações. Se A é um acontecimento e B outro, então " A OU B " pode significar quer um acontecimento, A ; ou, senão A , então B . Mas esta não é a única significação da palavra "OU". Se ocorre o acontecimento A e, ao mesmo tempo, o acontecimento B também ocorre, isto satisfaz a condição de A "OU" B . Assim, as duas significações são: (1) A , ou B , mas não ambos; (2) A , ou B , ou ambos. Em outras palavras, "OU" significa realmente e/ou (quer A quer B , ou tanto A como B). Onde A é um número binário e B é outro, A mais B ($A+B$), que é uma adição, pode ser considerado como A "OU" B .

Da mesma forma, A vezes B ($A \cdot B$), que é uma multiplicação, pode ser considerado como A "E" B . Assim, o "E" lógico é uma multiplicação binária; e o "OU" lógico é uma adição binária. Juntamente com o conceito de negação (não A , não B), as condições "OU"- "E" podem ser usadas para a lógica do computador, como verão nos capítulos seguintes.

NOTA 1.1

Embora tenhamos mantido a denominação usada na primeira edição, registramos o crescente uso, no Brasil, do nome "analógico" para este tipo de computadores. (Nota do Editor).

capítulo 2

dispositivos de comutação a válvulas e a relés

Neste capítulo examinaremos alguns dos elementos de circuitos ativos em computadores. Todos os computadores digitais, grandes ou pequenos, são apenas associações de circuitos computadores arranjados de uma forma funcional e lógica. Por causa das características de "ligado-desligado" da maior parte dos circuitos de comutação, o sistema binário (de dois valores) de numeração é usado.

Os circuitos de comutação, em sistemas de computação digital, representam o sistema de dois valores por "ligado-desligado", ou "aberto-fechado". As válvulas eletrônicas ou transistores operam como simples interruptores, que, ou permitem que a corrente circule, ou não o permitem. Estes dispositivos de comutação têm apenas dois estados, e portanto não podem ser arranjados facilmente para representar o sistema decimal de 10 estados. São usados também outros dispositivos de comutação, incluindo relés, diodos semicondutores e dispositivos magnéticos.

Na computação por meio de computadores digitais são requeridas muitas operações individuais de adição ou subtração. Estas operações fundamentais se processam na unidade aritmética.

COMUTAÇÃO EM COMPUTADORES

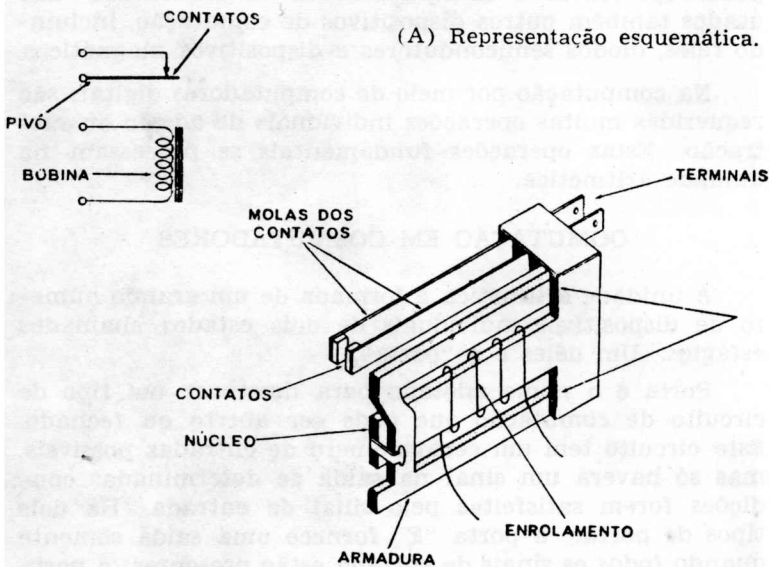
A unidade aritmética é formada de um grande número de dispositivos individuais de dois estados chamados estágios. Um deles é a "porta".

Porta é o nome adotado para descrever um tipo de circuito de comutação que pode ser aberto ou fechado. Este circuito tem um certo número de entradas possíveis, mas só haverá um sinal na saída se determinadas condições forem satisfeitas pelo sinal de entrada. Há dois tipos de porta: a porta "E" fornece uma saída somente quando *todos* os sinais de entrada estão presentes; a porta "OU", ou separador, fornece uma saída se *qualquer* dos sinais de entrada estiver presente.

O circuito biestável, ou flip-flop, é outro bloco fundamental na construção do computador. Os circuitos biestáveis podem ser feitos com válvulas, transistores, ou outros dispositivos ativos. Cada circuito biestável tem dois estados: o estado que “estabelece”, ou 1; e o estado que “restaura”, ou 0. Com efeito, os estados “estabelecer” e “restaurar” podem ser considerados semelhantes aos estados de “abrir” e “fechar” de um interruptor ou relé comuns.

Por causa de sua natureza estável em ambos os estados, um circuito biestável pode ser usado para armazenamento binário. Ele guardará e se “lembrará” de um “bit” (dígito-binário), a saída do “estabelece” sendo 1, e a do “restaura” sendo 0.

Os circuitos biestáveis (flip-flop) podem ser usados para vários fins. Um deles é armazenar a informação binária, a qual inclui mais que simples números binários. Por exemplo, o circuito biestável pode armazenar informação sobre o sinal de um número (quer seja positivo, quer negativo). Uma vez que ele tem duas saídas, “estabelece” e “restaura”, e uma vez que só há dois sinais, mais



(B) Representação pictórica.
Fig. 2-1 — Um relé simples.

e menos, fácil é ver-se porque o circuito biestável pode indicar o sinal de um número.

O "registro de deslocamento" é um dos dispositivos mais simples e mais freqüentemente usados. Suas aplicações incluem o armazenamento temporário de dados digitais, conversão de dados em série para paralelo ou de paralelo para série, e a geração e conformação de pulsos.

Um registro de deslocamento consiste em um certo número de circuitos biestáveis (flip-flop) ligados juntos de modo que cada um deles transfira sua informação para o seguinte quando o pulso de avanço é aplicado.

RELÉS

Nos computadores primitivos foram usados relés eletromagnéticos como dispositivos de comutação, mas sua baixa velocidade de operação limitava o ritmo do fluxo de informações, e portanto a rapidez do computador. Entretanto, sua ação será discutida aqui para explanar as funções de outros dispositivos.

Um relé eletromagnético básico, ilustrado pela Fig. 2-1, consiste em uma bobina enrolada sobre um núcleo de ferro. Uma corrente contínua circula através da bobina e cria um campo magnético que atrai a armadura. Pivotando sobre o ponto indicado pelas setas, a armadura se move e fecha os contatos ligados à carga. O esquema da Fig. 2-1A mostra os contatos normalmente fechados (N.F.) em vez de normalmente abertos (N.A.). Quando a bobina é energizada, os contatos se abrem. A estrutura mecânica de um relé básico pode ser vista na Fig. 2-1B.

Milhares de tipos diferentes de relés, tanto para uso geral como para fins especiais, podem ser obtidos para diferentes aplicações em comutação. São usados relés num circuito como o da Fig. 2-2, o qual demonstra duas funções lógicas. A, B, e C estão em série. Somente se todos os três estiverem fechados é que haverá uma queda de potencial em R. Considere-se A fechado. Conforme está desenhado, o circuito (A, B, C) estará então aberto, pois que B está aberto. Se B estiver fechado pela operação do relé M1, o circuito estará fechado. Se, depois que o circuito estiver fechado, o relé M2 operar, o contato C abre, e isto abrirá o circuito.

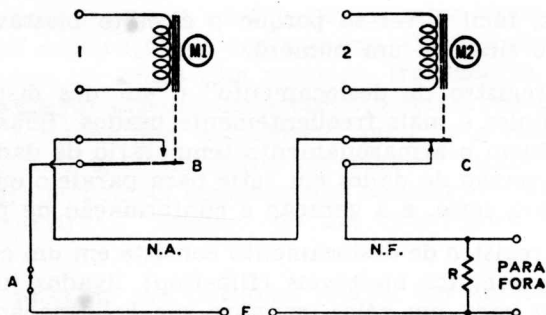
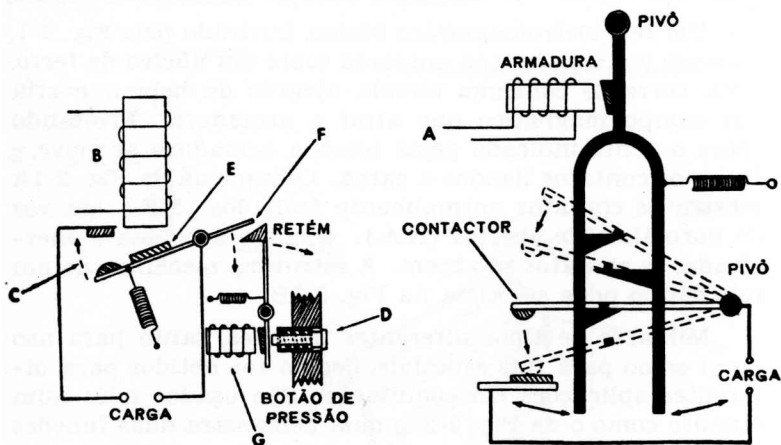


Fig. 2-2 — Um circuito de relés em série.

A Fig. 2-3A mostra um arranjo para um relé com travamento. Quando a bobina B é energizada, a armadura E é atraída em direção ao núcleo. Esta ação fecha os contatos C e completa o circuito através da carga. Em consequência do pivotamento, F move-se para baixo e fica travado pelo retém (o qual é mantido pela mola). Agora os contatos permanecerão fechados quando a bobina fôr dese-



(A) Tipo liga-desliga.

(B) Tipo de dois tempos.

Fig. 2-3 — Dois arranjos de relés com travamento.

nergizada; um fluxo de corrente de curta duração comanda esta ação de travamento e o relé fica fechado. Ele pode ser aberto manualmente pelo botão em D, ou atraindo

elêtricamente a barra do retém na direção oposta por meio de outra bobina, G.

Um relé com travamento pode contar, como mostrado na Fig. 2-3B. Cada vez que a corrente passa através da bobina, a armadura se move para a esquerda e então volta à sua posição pelo efeito da mola. Para cada pulso de corrente em A, a barra de contato move para baixo um dente. Como mostrado aqui, duas seqüências liga-desliga são necessárias até que os contatos completem o circuito através da carga. Este é um relé-contador utilizando o princípio de travamento. Contadores com maior capacidade são inteiramente possíveis, mas à medida que o número aumenta o dispositivo se torna cada vez mais complexo.

VALVULAS A GAS E A VACUO

Tanto as válvulas a vácuo como as a gás podem funcionar como circuitos de comutação. Em capítulos pos-

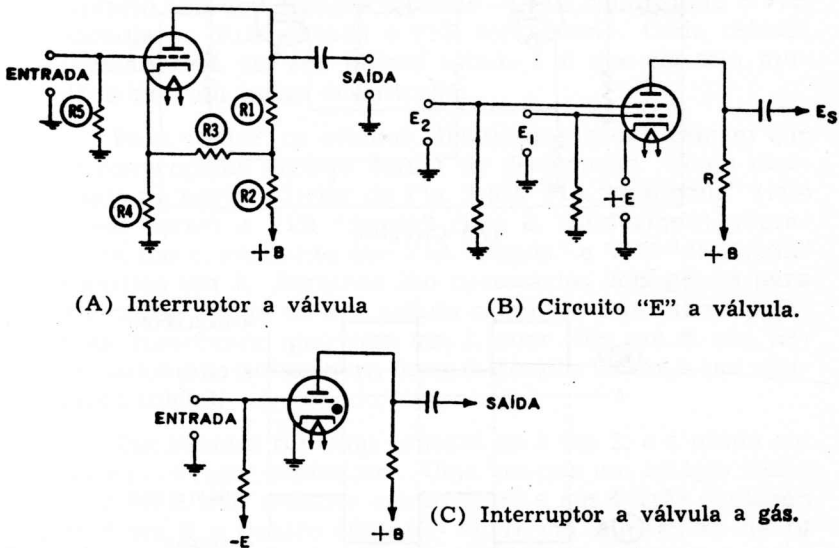
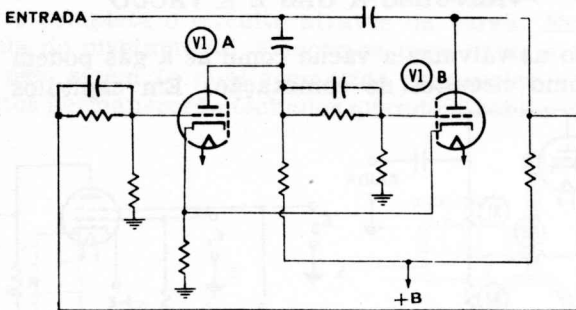


Fig. 2-4 — Circuitos de comutação a válvula.

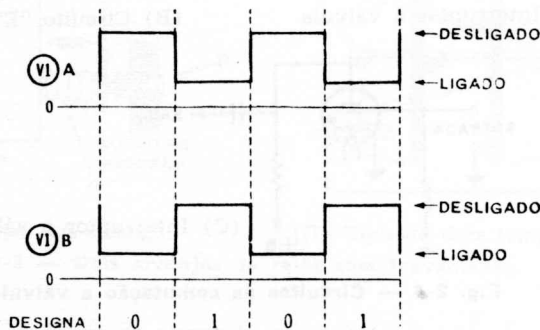
teriores esses circuitos serão estudados em maior detalhe para mostrar suas funções nos computadores. São inclui-

dos aqui para ilustrar seu uso como elementos ativos de circuito.

A Fig. 2-4 mostra três circuitos utilizando válvulas. Na Fig. 2-4A, a válvula funciona como um interruptor. A tensão de catodo é positiva por causa do divisor de tensão formado pelos resistores R2, R3, e R4, e a válvula está normalmente em corte. Somente um pulso positivo na grade, bastante grande para superar a polarização existente, fará com que a válvula conduza e venha a produzir uma saída através de R1. A Fig. 2-4B mostra como uma válvula pode ser usada como amplificadora numa configuração "E". Em virtude da polarização de catodo E, esta válvula não conduz, e um sinal positivo E_1 em uma grade não é o bastante para produzir condução. Mas se a outra grade também recebe uma tensão positiva (E_2), a válvula irá conduzir e produzirá uma saída que se traduz por uma



(A) Circuito.



(B) Curvas de tensão de placa.

Fig. 2-5 — O Circuito flip-flop.

queda de tensão através de R. Assim, haverá uma saída se E_1 e E_2 estiverem presentes para superar a polarização de catodo E.

O triodo tiratron na Fig. 2-4C é outro tipo de interruptor a válvula. A polarização de grade impede que a válvula conduza até que uma entrada positiva permita que a tensão de placa crie um fluxo de corrente. Num tiratron, entretanto, a grade não pode recuperar o controle, a menos que a placa se torne menos positiva.

O flip-flop (multivibrador biestável) — um comutador a válvula com dois estados possíveis na saída — está ilustrado na Fig. 2-5. Ele é um circuito básico num computador. O da Fig. 2-5A é um circuito biestável que trabalha da seguinte maneira: não havendo sinal na entrada, uma válvula conduz mais fortemente e, em consequência da realimentação, vai até à saturação. A forte corrente que circula pelo resistor de catodo é suficiente para manter a outra válvula em corte. Um pulso positivo aplicado às grades de ambas as válvulas comutará seus estados. Este circuito tem dois estados estáveis — V1A conduzindo e V1B cortada; e, V1A cortada e V1B conduzindo. Cada válvula permanecerá em seu último estado até que ele seja mudado por um pulso de entrada.

Para contar, os estados “ligado-desligado” exigem que se convençione alguma forma de designação. Como mostrado na parte inferior da Fig. 2-5B, V1A “desligada” (isto é, em corte) e V1B “ligada” (isto é, conduzindo) representa um 0, enquanto que V1A “ligada” e V1B “desligada” significa um 1. Portanto são necessários dois pulsos para o circuito voltar ao seu estado original. Em outras palavras, começando quer com um 1, quer com um 0, são necessários dois pulsos para fazer o circuito voltar à sua condição inicial.

Um simples flip-flop contará de 2 em 2, e é usado em série para fazer contadores. Uma vez que um estágio conta de 2 em 2, dois estágios contarão de 4 em 4, três contarão de 8 em 8, e quatro contarão de 16 em 16. Depois de 16 pulsos na entrada do primeiro estágio, o contador inteiro voltará ao zero.

Para os computadores digitais que operam no sistema binário (como o faz a maior parte deles), uma contagem de 16 em 16 é muito útil.

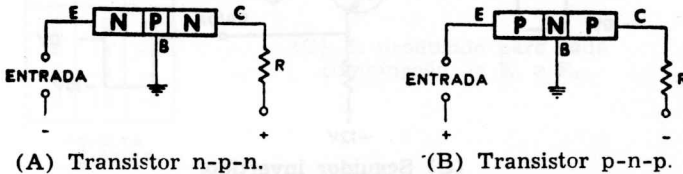
capítulo 3

dispositivos com circuitos de estado sólido

Numa válvula a vácuo ou a gás, o fluxo de elétrons se dá através de uma atmosfera extremamente rarefeita ou através de um gás. Num dispositivo de estado sólido tal como um diodo ou transistor, os elétrons se deslocam através de um sólido — daí o nome, “estado sólido”.

TRANSISTORES

Os transistores são dispositivos controlados por corrente, enquanto que as válvulas o são por tensão. Os circuitos dos computadores usam configurações de circuitos empregando transistores tanto do tipo n-p-n como do tipo



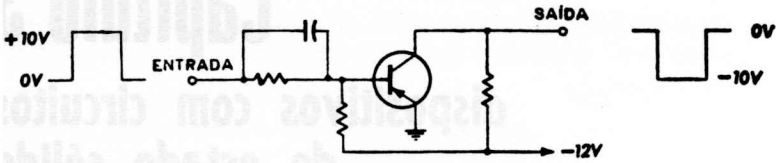
(A) Transistor n-p-n.

(B) Transistor p-n-p.

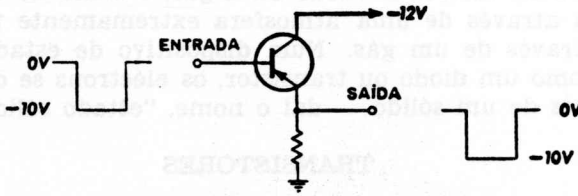
Fig. 3-1 — Tensões de alimentação aplicadas a transistores n-p-n e p-n-p.

p-n-p. A Fig. 3-1 mostra o contraste entre suas tensões de alimentação. Os transistores n-p-n, num arranjo de base comum (Fig. 3-1A) têm uma tensão negativa aplicada ao emissor e uma tensão positiva aplicada ao coletor. Num transistor p-n-p, estas tensões (ou, mais exatamente, fontes de corrente) são de polaridades opostas (Fig. 3-1B).

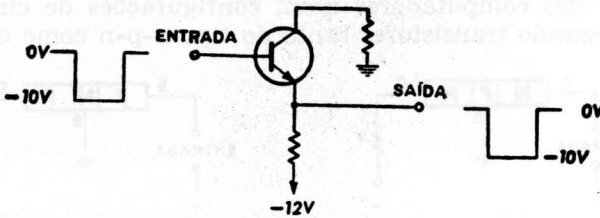
Qualquer número de estados opostos num transistor pode representar os binários 0 e 1. Considere um sistema de lógica de computador no qual 1 é -10 volts e 0 é zero volt. Efetivamente há muitos pares de valores, para esta combinação de valores binários um-zero, tais como pulso e ausência de pulso, tensão positiva e tensão negativa, ou qualquer outra dissimilaridade desse tipo. Três circuitos transistorizados são mostrados na Fig. 3-2. Na Fig. 3-2A um inversor converte um pulso positivo num pulso negativo para permitir a transição de um estágio n-p-n para



(A) Inversor.



(B) Seguidor de emissor.



(C) Seguidor invertido.

Fig. 3-2 — Tipos de circuitos de transistores.

um estágio p-n-p. Não ocorre inversão na Fig. 3-2B porque a saída é tomada da carga de emissor. Um circuito seguidor invertido aparece na Fig. 3-2C.

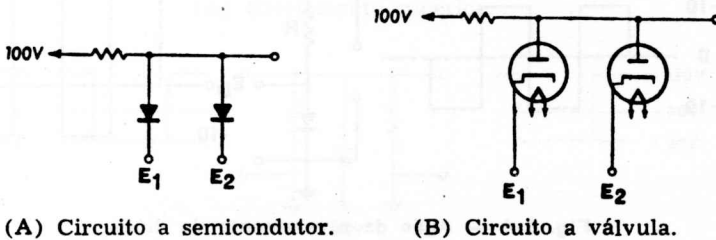
Um dos usos mais frequentes dos transistores é nos multivibradores, dos quais há diversas variedades. Um multivibrador pode ser de oscilação livre — isto é, não é preciso ter um sinal na entrada para que haja saída. Um sinal de sincronização pode ser introduzido, se necessário, para controlar a frequência desse oscilador auto-excitado. O flip-flop é outro tipo de multivibrador. Ele tem dois estados estáveis; cada pulso de entrada comuta o circuito para o outro estado, no qual ele permanece até o próximo pulso. Há também outros tipos, mas estes dois são os mais comuns em circuitos de computadores.

Um oscilador de oscilação livre pode ser utilizado para excitar contadores, divisores, e outros circuitos do compu-

tador. Para obter-se maior precisão na frequência de saída, são usados osciladores a cristal com ceifadores-conformadores de pulsos.

DIODOS

O uso de diodos (tanto semicondutores como válvulas) como elementos de comutação em "portas" está ilustrado na Fig. 3-3.



(A) Circuito a semicondutor.

(B) Circuito a válvula.

E ₁	E ₂	E _s
+2	+2	+2
-5	-5	-5
+2	-5	-5
-5	+2	-5

+2-ALTA
-5-BAIXA

(C) E_s produzido para cada combinação de E₁ e E₂.

Fig. 3-3 — Ação de comutação do diodo.

Este circuito mostra uma aplicação simples de um par de diodos para formar um circuito "OU", pois que qualquer baixa entrada produzirá inerentemente uma baixa saída. Com uma tensão positiva em ambos os anodos, os diodos conduzem, porque seus anodos estarão mais positivos que seus catodos. Com -5 volts em ambos os catodos, os dois diodos também conduzirão, porque seus anodos ainda estarão mais positivos que seus catodos. Entretanto, quando E₁ é +2 volts e E₂ é -5 volts, há uma mudança no circuito. Os 5 volts negativos produzem uma diferença de potencial total de 105 volts (+100 volts no anodo e -5 volts no catodo), e o diodo ligado a E₂ conduz. Esta condução faz que E_s seja -5 volts, pois que os diodos agem efetivamente como um curto-circuito, quando estão conduzindo. O outro diodo em cada par tem agora -5 volts em seu anodo e +2 volts em seu catodo; e uma vez

que seu anodo está menos negativo que seu catodo, éle não pode conduzir.

Os diodos têm muitos outros usos nos circuitos de computadores. Niveladores são usados para estabelecer níveis de tensões além dos quais partes do circuito não poderão funcionar.

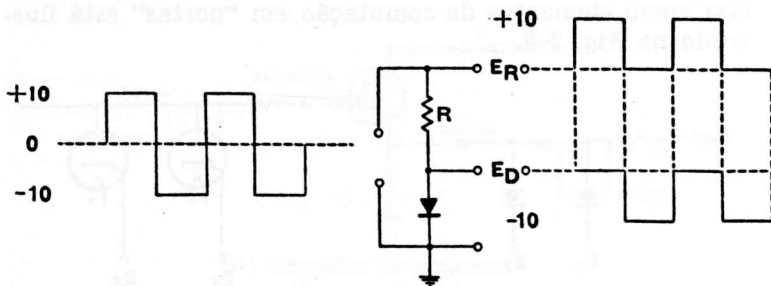
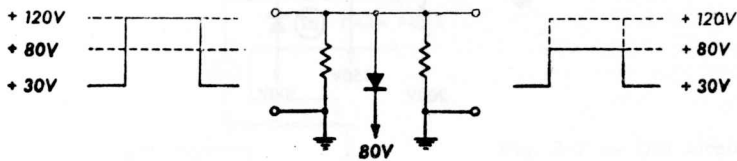


Fig. 3-4 — Ação de nivelamento do diodo.

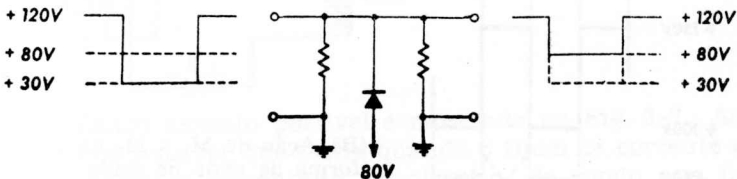
A ação de diodo na Fig. 3-4 explica a função do nivelador. Suponha que a carga R é de cerca de 10 000 ohms e que o diodo tem uma resistência direta (conduzindo) muito baixa, mas uma alta resistência inversa (não-conduzindo) de cerca de 350 000 ohms. Uma onda quadrada, como mostrado, é aplicada ao resistor e ao diodo em série, com duas saídas, uma através de R e a outra através do diodo. O catodo do diodo está no potencial de massa. Quando a entrada da onda quadrada é positiva, o diodo conduz e sua tensão de saída é efetivamente zero, ou massa; mas a queda através de R é -10 volts. A resistência total efetiva do circuito é apenas ligeiramente maior que 10 000 ohms. Mas quando a tensão de entrada é negativa, o diodo não pode conduzir. Quase toda a queda IR se dará através dos 350 000 ohms que constituem a resistência inversa do diodo, e haverá uma saída de -10 volts através do diodo. Durante este tempo haverá somente uma saída muito pequena através de R . A resistência total efetiva do circuito será de 360 000 ohms, ou uma relação de 35 para 1 entre a tensão do diodo e a tensão através de R .

Dois circuitos niveladores são mostrados na Fig. 3-5; o da Fig. 3-5A é um nivelador superior, e o da Fig. 3-5B um nivelador inferior. Na Fig. 3-5A o catodo do diodo vai a 80 volts e a entrada varre 90 volts, de $+30$ a $+120$ volts.

A medida que a tensão de entrada sobe para 80 volts, a tensão de saída a segue exatamente, uma vez que o diodo não está conduzindo. Mas assim que a entrada ultrapassa



(A) Nivelamento superior.



(B) Nivelamento inferior.

Fig. 3-5 — Circuitos de nivelamento a diodo.

os 80 volts, seu anodo fica mais positivo que seu catodo, e o diodo conduz. Esta ação “nivela” a saída em 80 volts, e impede a saída de crescer acima dêsse valor. Quando a onda quadrada de entrada cai abaixo de 80 volts, a tensão de saída segue-a, como antes.

No nivelador inferior da Fig. 3-5B, a ação fica invertida. Aqui o anodo do diodo vai a 80 volts. A entrada é uma onda quadrada, indo na direção negativa, que varre de +120 a +30 volts. Quando a entrada vai de 120 para 80 volts, a saída a segue, porque o diodo não está conduzindo. Assim que o catodo cai abaixo de 80 volts, ele se torna menos positivo que o anodo, e o diodo conduz. Esta ação “nivela” a saída, de modo que ela não pode cair abaixo de 80 volts.

Um nivelador duplo está ilustrado no amplificador a válvula da Fig. 3-6. Quando o sinal na grade leva a válvula ao corte, M1 conduz e impede a saída (tensão de placa) de subir acima de 150 volts. (Normalmente, sem um nivelador ela subiria para 200 volts). Na saturação, quando a válvula estiver conduzindo pesadamente, a tensão de placa cairia ordinariamente para um valor muito baixo; mas M2 conduz e limita êsse valor a 100 volts. Assim,

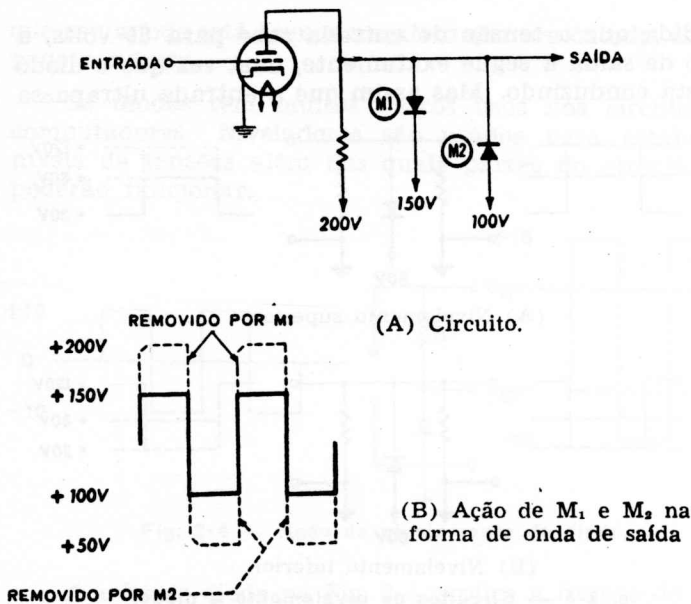


Fig. 3-6 — Um circuito de duplo nivelamento.

para este conjunto de condições, a saída é uma onda quadrada varrendo somente de +100 a +150 volts, a despeito de um grande sinal de excitação.

COMPONENTES FOTELÉTRICOS

Os dispositivos fotelétricos no computador lêem fitas de papel perfurado, e convertem essas leituras de luz em sinais elétricos, para um sem número de aplicações.

Os três tipos de dispositivos fotelétricos são: fotocondutivos ou fotossensitivos (os que mudam sua resistência), fotomissivos (os que emitem elétrons), e fotovoltaicos (os que geram uma tensão). Todos esses dispositivos são usados para entradas em sistemas de computação.

Os mais importantes são os dispositivos semicondutores fotocondutivos, os quais são constituídos por finas camadas de selênio, silício, sulfeto de cádmio, sulfeto de chumbo, seleneto de chumbo, etc., selados em vidro. Um arranjo de circuito simples utiliza uma tensão aplicada através da célula, e um resistor em série. Sem luz incidindo sobre a célula, ele tem uma alta resistência, e isto limita o fluxo de corrente. Mas quando a luz atinge o material semicon-

ductor da célula, sua resistência decresce e a corrente na série cresce. Este fluxo de corrente através do resistor de carga pode ser amplificado para fins de controle.

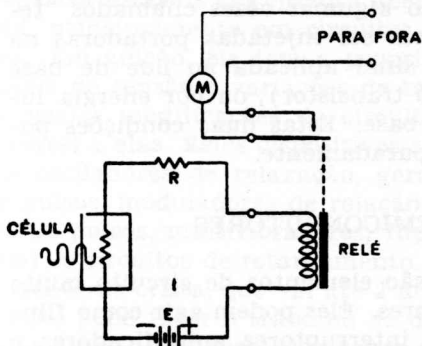


Fig. 3-7 — Um circuito de fotocélula.

Outro arranjo possível é mostrado na Fig. 3-7. Aqui, um relé sensível, que fecha quando o fluxo de corrente aumenta, foi acrescentado ao circuito, de modo que uma quantidade maior de energia pode ser controlada através dos contatos do relé.

Em adição às células fotelétricas, diodos semicondutores sensíveis à luz, chamados fotodiodos, são usados. A luz, incidindo sobre a junção p-n, diminui a resistência ao fluxo de corrente criado por uma tensão C.C. aplicada através do diodo. Este fluxo de corrente varia com a luz incidente, e a saída é aplicada a um amplificador de controle subsequente. Tais circuitos são frequentemente usados pelo computador para traduzir impulsos luminosos em sinais. Por exemplo, cartões ou fitas perfuradas têm uma série de furos ou fendas, cada um representando um número ou outro dado. Fazendo passar um feixe de luz através dos furos, é possível aos dispositivos fotelétricos detectar os cartões apropriados e rejeitar todos os outros.

A ação do fototransistor é semelhante à do fotodiodo. Ele é um transistor sensível à luz, tal como uma junção p-n-p especial de germânio. Estes dispositivos miniatura controlados pela luz têm uma ampla variedade de aplicações industriais e militares, onde a luz é utilizada para acionar equipamentos eletrônicos, tais como os dispositivos para leitura de cartões ou fitas perfuradas em sistemas de computação.

As vantagens primordiais dos fototransistores sobre outros dispositivos fotossensíveis são o seu pequeno tama-

nho, baixo consumo de energia, construção direta, boa sensibilidade à luz, e superior resposta à luz interrompida em altas velocidades.

Os fototransistores são algumas vezes chamados “tetrodos a luz” porque podem ser injetadas portadoras na base por uma tensão de sinal aplicada ao lide de base (como com qualquer outro transistor), ou por energia luminosa incidindo sobre a base. Estas duas condições podem ocorrer juntas ou separadamente.

OUTROS SEMICONDUTORES

Transistores e diodos são elementos de circuito muito importantes em computadores. Eles podem agir como flip-flops (circuitos biestáveis), interruptores, amplificadores, e outros elementos de circuito; mas são apenas uma espécie, entre toda uma família de semicondutores.

Os dispositivos de estado sólido tornam possíveis os circuitos miniaturizados utilizados nos computadores mais recentes, do tamanho de uma escrivadinha. Alguns dos mais novos aperfeiçoamentos de circuitos são blocos integrados contendo várias funções de circuitos, tais como indutância, capacitância, resistência, e amplificação num único elemento. O silício ou o germânio podem ser usados em diferentes elementos de circuito, e já foi feita uma demonstração de um multivibrador de estado sólido completo do tamanho de uma cabeça de fósforo! Por exemplo, um resistor é obtido por meio de dois contatos ôhmicos (não retificantes) com o material de silício ou de germânio; transistores e diodos são formados pela utilização de técnicas de difusão na base; e capacitores, pela utilização de uma junção de grande área.

Os *diodos-túnel* (*Esaki*) são altamente promissores nos circuitos de comutação dos computadores. Estas junções p-n altamente “dopadas” têm uma curva de resistência negativa característica — à medida que a tensão direta cresce, a corrente sobe para um valor muito alto, e então cai. Esta condutância negativa confere ao diodo-túnel um grande potencial de aplicação em circuitos de computadores.

O *transistor unijunção* é outro novo componente semicondutor. Originalmente chamado “diodo de dupla base”

ê ele difere do transistor convencional tanto pela construção como pelo funcionamento. Em contraste com o último, o transistor unijunção tem características de resistência negativa estáveis em circuito aberto. Por esta razão ê ele útil, principalmente em circuitos comutadores e osciladores. Em adição, ê ele tem a propriedade única de "sentir" níveis de tensão e variações de temperatura ou, por meio de várias modificações do circuito, pode ser tornado insensível a elas. Ê estes dispositivos são particularmente úteis em osciladores de relaxação, geradores dente-de-serra e de pulsos, moduladores de relação de pulsos, amplificadores de pulsos, multivibradores, flip-flops (circuitos b.estáveis), e circuitos de retardamento. Em virtude de sua alta corrente de crista, que vai até 2 ampères, o transistor unijunção pode fazer o trabalho de dois transistores convencionais em aplicações envolvendo comutação de potências médias e em osciladores. Em certos circuitos sensíveis à tensão, e circuitos de retém, um transistor unijunção pode substituir até cinco transistores convencionais!

O transistor unijunção pode funcionar em grande número de configurações de circuitos, de tal maneira que qualquer um dos três terminais servirá como uma entrada de sinal ou como uma saída para a carga.

Em razão das propriedades de comutação do *diodo-transistor de quatro camadas*, que muito se aproximam do computador ideal, ê ele está encontrando numerosas aplicações em computadores. Algumas delas incluem geradores e amplificadores de pulsos, osciladores, circuitos de alarma, contadores em anel, comutadores, e excitação de núcleos magnéticos. Ê ele permite também a combinação pouco comum: capacidade para manejar potência e rapidez na comutação.

O diodo de quatro camadas freqüentemente substitui relés, tiratrons, diodos a gás, e transistores de comutação. Antes da comutação, sua junção polarizada no sentido inverso age como um capacitor. Ê necessário, no curso da comutação, carregar êste capacitor, assim como injetar nêle portadores de corrente. A energia requerida precisa ser fornecida ou pelo pulso disparador, ou por elementos de circuito previstos para êste fim.

Ê este dispositivo parecido com um transistor funciona como um comutador semiconductor em virtude de seus dois estados. Um representa uma condição de circuito aberto,

em que ele atua como uma alta resistência — na faixa de 10 a 1 000 megohms. O outro representa um circuito fechado, ou um estado de baixa resistência, em que ele atua quase como um curto-circuito. Este dispositivo de dois terminais pode ser considerado como um transistor p-n-p e

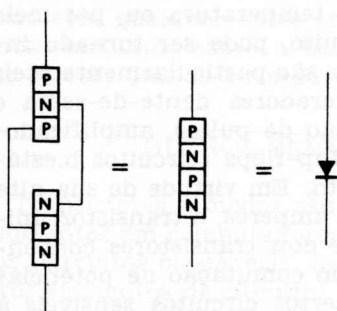


Fig. 3-8 — Um diodo-transistor (quatro camadas).

um n-p-n interligados como na Fig. 3-8. Na tensão aplicada apropriada, a junção central entra em colapso e a corrente circula. Portanto, o dispositivo pode funcionar como um comutador.

Na condição “desligado”, o diodo-transistor pode ser considerado como um capacitor tendo uma alta resistência em paralelo. O valor dessa capacitância, que é similar à capacitância de coletor de um transistor normal, depende da tensão através do diodo. Na condição “ligado”, a resistência é tão baixa que os efeitos capacitivos podem ser ignorados.

Na sua condição “desligado”, o dispositivo passará uma corrente capacitiva em resposta a uma onda de tensão crescendo muito rapidamente. Se esta onda cresce de modo suficientemente rápido, ocorrerá a comutação abaixo da tensão C.C. de comutação.

Um resistor de limitação, ou outra impedância de carga, é colocado em série com o diodo-transistor para impedi-lo de passar corrente excessiva no estado “ligado”. Uma vez que sua resistência decresce à medida que a corrente aumenta (para menos que 1 ohm, em altas correntes de pulsos), o diodo-transistor pode ser destruído, a menos que a corrente de carga seja limitada.

DISPOSITIVOS MAGNÉTICOS

O magnetismo é amplamente utilizado para o armazenamento de dados, porque êle permanece depois que a corrente que o criou se interrompeu. Materiais magnéticos são usados nos computadores digitais modernos, como memória ou em dispositivos lógicos. Esses materiais incluem um grupo conhecido como "ferrites", que são substâncias magnéticas do tipo cerâmico, feitas de ferro, cobalto, níquel, alumínio, magnésio e manganês. Embora metálicas e magnéticas, elas são não-condutoras e assim sua perda por histerese é muito baixa. Os elétrons da ferrite são, entretanto, afetados por campos magnéticos externos.

Núcleos de fita enrolada, que são bobinas com camadas delgadas de material magnético, são usados nos registros de transferência magnéticos. Os núcleos são de fita enrolada para reduzir suas perdas.

MEMÓRIAS DE NÚCLEO

As ferrites atuam como memória, ou armazenamento dos dados, nos computadores e dispositivos de controle. Um grande número de núcleos magnéticos forma o coração da unidade de memória.

A memória tem centenas de posições, ou endereços, todos êles podendo armazenar informações até que elas sejam necessitadas. Cada posição pode ser descrita e encontrada, de modo que sua informação possa ser obtida, ou então pode ser descrita a posição de novos pontos de armazenamento para os quais a informação foi enviada. A leitura da informação contida na memória pode destruir os dados; ou a mesma informação pode ser regenerada e reutilizada tantas vezes quantas se necessite, dependendo do programa. Em certos computadores, todas as informações requeridas para a solução de um problema podem ser armazenadas na memória, incluindo todos os passos do programa. Dêse modo, uma vez que a informação apropriada foi colocada na memória, o computador fica independente de todos os dispositivos externos até que êle alcança uma solução. Então os resultados finais são armazenados até que se os peça através do dispositivo de saída.

A Fig. 3-9 mostra um toróide de memória magnética. Se circula corrente através do fio do enrolamento, como

na Fig. 3-9A, o campo magnético será no sentido dos ponteiros do relógio; e um fluxo de corrente oposto produzirá um campo magnético no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio, como na Fig. 3-9B. Assim, um núcleo magnético tem dois estados estáveis, correspondendo a 0 e 1. Para "sentir", ou ler, o núcleo tem outro enrolamento como



Fig. 3-9 — Núcleo de ferrite.

mostrado na Fig. 3-9C. Se o núcleo está na posição "apagar", não haverá saída quando um pulso é passado através deste enrolamento; mas haverá uma saída quando o núcleo estiver na posição "estabelecer".

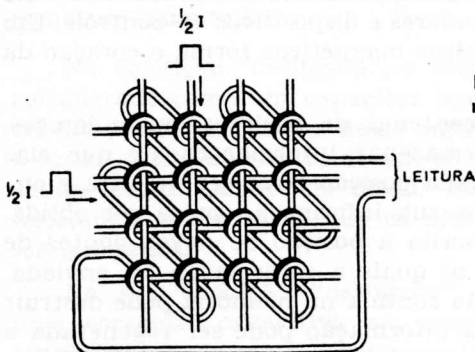


Fig. 3-10 — Porção de matriz de memória de núcleos.

Parte de uma rede de memória de núcleos pode ser vista na Fig. 3-10. Dois jogos de fios, chamados *linhas de escrita*, fornecem e tomam informação de cada núcleo. Um jogo é vertical e o outro é horizontal. Uma corrente de I ampères é requerida para preparar um núcleo de modo a armazenar um 1. Metade dessa corrente ($\frac{1}{2} I$) é enviada através da linha de escrita vertical, a qual atravessa quatro núcleos; e a outra metade é enviada através da linha de escrita horizontal, que da mesma forma atravessa quatro núcleos. Mas uma vez que somente um único

núcleo é atravessado por ambas as linhas (na sua interseção), este núcleo recebe $\frac{1}{2}$ I de cada linha, ou a corrente total de I ampères.

Sòmente este núcleo recebe corrente suficiente para passá-lo de um estado para o outro; todos os outros em que circula uma corrente de escrita recebem sòmente $\frac{1}{2}$ I.

Um terceiro fio, a linha de leitura, atravessa todos os núcleos; desde que apenas um núcleo é comutado de cada vez, esta variação de fluxo aparece na linha de leitura. Para determinar o estado de um núcleo escolhido, êle recebe um pulso com um 1. Se êle já tiver um 1 armazenado, *não* haverá saída na linha de leitura; mas se tiver um 0, *haverá* uma saída.

FITAS MAGNÉTICAS

As fitas magnéticas, usadas em todos, exceto os mais antigos computadores, contêm os dados do programa (lista de instruções que controlam o computador, etapa por etapa). Grandes quantidades desses dados podem ser armazenadas em estantes para rolos de fita magnética, e dêsse modo uma biblioteca de programas pode ser organizada para uso futuro. O programador seleciona e fornece ao sistema de entrada a fita apropriada, e o computador segue as instruções armazenadas como um escravo até que o programa seja completado (isto é, até que seja obtida uma solução).

Uma refinaria de petróleo, por exemplo, tem dúzias, ou até centenas de tanques de armazenagem, e manter um registro do volume armazenado em cada um poderia ser um problema. Esta é uma das tarefas mais fáceis para um computador. Um sistema automático lê o nível em cada tanque. Esta leitura é enviada ao computador, que a compara com uma tabela (armazenada numa fita magnética) para aquêle tanque, e — a partir da fita — mede, calcula e registra seu conteúdo exato de modo a fornecer um inventário permanente automático.

Os bancos, atolados sob fardos de papéis, encontraram algum alívio na automatização. Cada conta é registrada em fita magnética, e os depósitos ou retiradas podem ser rapidamente postos em dia, e o último saldo pode ser obtido imediatamente. Um jôgo de fitas magnéticas mestra

pode servir a qualquer número de seções de escritório, ou de suas agências.

As grandes lojas estão também usando fitas magnéticas em sistemas de processamento de dados para fornecer à administração, em minutos ou horas, dados completos sobre vendas e estoque, os quais, por outros meios, demandariam vários dias ou mesmo semanas.

Na terminologia normal de manuseio de dados, cada 1 numa série de pulsos é representado por um pulso, e cada 0 pela ausência do pulso.

Isto é conhecido como o método de representação de dados por "volta-a-zero" — o sinal sempre volta ao nível-base, depois de cada pulso, para representar um 1, como na Fig. 3-11A.

Há outros métodos de representação de dados, nos quais o sinal não volta sempre ao nível-base. Em um desses métodos (conhecido, por motivos óbvios, como o

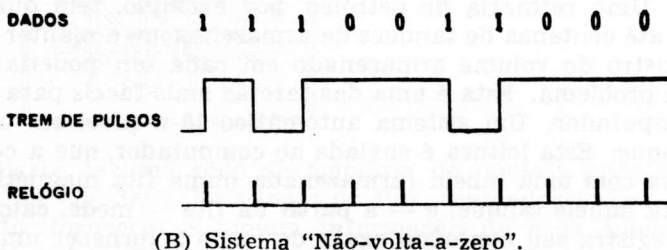
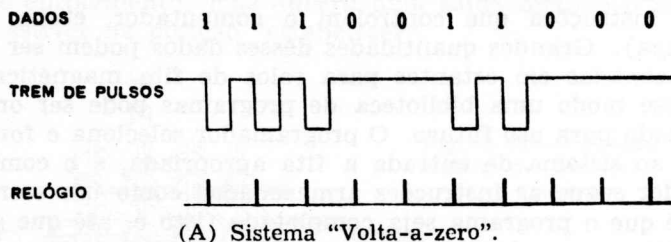


Fig. 3-11 — Técnicas de gravação.

sistema "não-volta-a-zero"), o sinal permanece em um de dois níveis, como ilustrado na Fig. 3-11B. A única ocasião em que este nível muda é quando o dado aparece como um 1; um 0 é representado por uma ausência de mudança.

Na gravação magnética, a densidade com a qual os pulsos podem ser acumulados na fita é extremamente importante, uma vez que a velocidade da fita ou tambor é limitada mecânicamente. Com uma gravação "não-volta-a-zero" é possível acumulá-los mais densamente porque a forma do fluxo muda somente quando aparece um pulso. Há também um máximo de uma mudança por "bit" de informação registrada na fita.

TAMBORES MAGNÉTICOS

Uma das técnicas para o armazenamento em massa é o tambor magnético, o qual é um grupo de anéis ou trilhas em torno de um tambor rotativo. A gravação e a reprodução magnéticas são praticamente as mesmas que com uma fita, com a diferença de que as cabeças gravadoras ou reprodutoras não entram em contato com a superfície magnetizada, mas ficam situadas logo acima da área magnética.

Os tambores magnéticos e outros tipos de armazenamento magnético são discutidos mais amplamente num capítulo ulterior sobre armazenamento.

capítulo 4

números para computadores

Os computadores utilizam o sistema binário de numeração, baseado numa contagem de 2. Nós, naturalmente, estamos mais familiarizados com nosso sistema decimal, baseado numa contagem de 10; mas há outros sistemas de numeração igualmente válidos que utilizam outras bases. A única razão pela qual eles parecem estranhos ou difíceis é que estamos habituados a pensar em termos da base 10. Alguns dos outros sistemas são o binário, usando a base 2; o biquinário, usando 10 aos pares; e os algarismos romanos. Nosso sistema decimal é usado pela imensa maioria das máquinas de calcular de mesa; os algarismos romanos têm seus próprios fins especiais; e o sistema biquinário é a base do ábaco.

SISTEMAS DE NUMERAÇÃO

O sistema decimal comporta um exame mais aprofundado. Tomem-se os dígitos 23, por exemplo. No sistema decimal, eles significam 2 dezenas e 3 unidades. Na base 5, entretanto, 23 significa 2 cincos e 3 unidades, ou

Tabela 4-1 — Contagem dos decimais 1 a 10 em três sistemas de numeração.

Base	Ordem dos Números									
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12
5	1	2	3	4	10	11	12	13	14	20

13 no sistema decimal. E usando a base 8, 23 é 2 oitos e 3 unidades, ou 19 no sistema decimal.

A Tabela 4-1 dá os números decimais de 1 até 10 e seus equivalentes usando a base 8 e a base 5. A contagem, no sistema decimal, é feita pelos familiares números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

No de base 8, ela é 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10; e no de base 5 ela é 1, 2, 3, 4, 10.

Em virtude de usarmos números decimais tão frequentemente, tendemos a esquecer que eles não são encontrados em tôdas as aplicações. Por exemplo, quando vemos VIII, qual o número que vem à mente? No sistema

Tabela 4-2 — Sistema de numeração ABC.

Decimal	ABC	Decimal	ABC	Decimal	ABC
1	A	14	AAB	27	BBC
2	B	15	AAC	28	BCA
3	C	16	ABA	29	BCB
4	AA	17	ABB	30	BCC
5	AB	18	ABC	31	CAA
6	AC	19	ACA	32	CAB
7	BA	20	ACB	33	CAC
8	BB	21	ACC	34	CBA
9	BC	22	BAA	35	CBB
10	CA	23	BAB	36	CBC
11	CB	24	BAC	37	CCA
12	CC	25	BBA	38	CCB
13	AAA	26	BBB	39	CCC

decimal, 5 e 3 no número 53 significa 5 dezenas e 3 unidades. Mas o número romano VIII é 1 cinco e 3 unidades, ou 8 em nosso sistema decimal.

$$352 = \begin{array}{r} 300 \\ 50 \\ 2 \\ \hline 352 \end{array}$$

$$4\,167 = \begin{array}{r} 4\,000 \\ 100 \\ 60 \\ 7 \\ \hline 4\,167 \end{array}$$

$$50\,213 = \begin{array}{r} 50\,000 \\ 200 \\ 10 \\ 3 \\ \hline 50\,213 \end{array}$$

(A) Como uma soma de uma série de números.

10^4 (10 000)	10^3 (1 000)	10^2 (100)	10^1 (10)	10^0 (1)
5	4 0	3 1 2	5 6 1	2 7 3

(B) Como uma série de potências de 10.

Fig. 4-1 — Notação decimal.

Qualquer sistema de numeração é composto de dígitos que têm valores arbitrários específicos. Depois que todos os números foram usados em seqüência na primeira posição, é acrescentada uma segunda posição, começando com o primeiro número; quando a segunda posição está completada, uma terceira posição é adicionada, etc.

Por exemplo, no sistema ABC da Tabela 4-2, A é 1. AC é 6, AAB é 14, BBC é 27, e CCB é 38, no nosso sistema decimal. Por que CCB é igual a 38? Porque aqui o primeiro C à esquerda significa 3 noves, o segundo C significa 3 três, e o B significa 2 unidades ($27 + 9 + 2 = 38$). Do mesmo modo CBA é 34, ou $27 + 6 + 1$.

Nosso sistema de numeração quotidiano é baseado em 10, e qualquer número pode ser escrito como a soma de uma série de números, cada um sendo uma potência de 10, como mostrado na Fig. 4-1A. Outra forma de mostrar isso é fazer colunas para cada potência de 10 e escrever os dígitos em seus lugares próprios, como na Fig. 4-1B. Cada coluna, lendo da direita para a esquerda, aumenta de 1 a potência de 10; por exemplo, 4 167 é $4(1\ 000) + 1(100) + 6(10) + 7(1)$. Assim, para mecanização e uso subsequente numa máquina de somar ou computador, o sistema decimal de numeração, ou de base 10, requer dez diferentes estados, perfeitamente reconhecíveis, para cada dígito.

Matematicamente, qualquer sistema de numeração requer m estados, onde m é a base. Uma vez que a maior parte das válvulas ou transistores tem somente dois estados estáveis que são *de confiança*, 10 dispositivos separados são necessários, um para cada dígito. Isto está mais

	10^3	10^2	10^1	10^0
0	—	—	—	—
1	—	—	—	—
2	ACESA	—	—	—
3	—	—	—	—
4	—	ACESA	—	—
5	—	—	—	—
6	—	—	ACESA	—
7	—	—	—	—
8	—	—	—	—
9	—	—	—	ACESA

Fig. 4-2 — Arranjo das lâmpadas indicando o número 2469.

claramente indicado na Fig. 4-2, onde cada transistor está ou *conduzindo* ou *ndo-conduzindo*.

Mas primeiramente seria interessante rever o sistema de potências. Qualquer número pode ser escrito como uma série de potências, o número 2 469₁₀ sendo expresso como:

$$\begin{aligned} 2\ 469 &= 2\ 000 + 400 + 60 + 9 \\ &= 2(10^3) + 4(10^2) + 6(10^1) + 9(10^0) \end{aligned}$$

Assim 2 469₁₀ aparecerá como mostrado na Fig. 4-2. Há quatro jogos de dez indicadores para os transistores. Em cada jogo uma lâmpada está acesa, indicando o dígito naquela coluna. Portanto, são necessários 40 indicadores para os transistores, a fim de representar um número de quatro algarismos. Cada dígito tem uma fileira de 0 a 9, e somente um transistor pode estar conduzindo de cada vez — um tremendo desperdício de espaço e de custo, uma vez que tantos transistores inertes precisam ser acomodados.

Qualquer número pode ser expresso como uma série de potências, como foi mostrado para 2 469. Ainda mais, qualquer base pode ser usada para expressar um dado número, em lugar da nossa costumeira base 10. Seja a base 5, como um exemplo: uma contagem de números decimais

Tabela 4-3 — Contagem na base 5.

Decimal	Base 5		Decimal	Base 5	
	5 ¹	5 ⁰		5 ¹	5 ⁰
1	0	1	9	1	4
2	0	2	10	2	0
3	0	3	11	2	1
4	0	4	12	2	2
5	1	0	13	2	3
6	1	1	14	2	4
7	1	2	15	3	0
8	1	3			

0 a 15, na base 5, seria como na Tabela 4-3. Representar 2 469₁₀ na base 5 requereria assim apenas a metade dos transistores.

$$2\ 469_{10} = 34\ 334_5$$

$$34\ 334_5 = 3(5^4) + 4(5^3) + 3(5^2) + 3(5^1) + 4(5^0)$$

$$2\ 469_{10} = 1\ 875 + 500 + 75 + 15 + 4$$

Esta indicação do número pode ser vista pela Fig. 4-3, que é uma representação visual do número 34 334 na base 5. Outros sistemas de numeração existem, e, para algumas aplicações, são mais úteis que o sistema decimal. Um deles é o sistema binário.

	5 ⁴	5 ³	5 ²	5 ¹	5 ⁰
0	—	—	—	—	—
1	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—
3	ACESA	—	ACESA	ACESA	—
4	—	ACESA	—	—	ACESA

Fig. 4-3 — Arranjo das lâmpadas indicando o número 34334 na base 5.

NOTAÇÃO BINÁRIA

Os interruptores para controle industriais funcionam num sistema de dois valores tais como “ligado-desligado” ou “fechado-aberto”. As válvulas e transistores nos computadores digitais também funcionam como simples interruptores para permitir ou impedir o fluxo de corrente. Desde que eles têm apenas dois estados, estes dispositivos de comutação não podem ser facilmente usados para representar o sistema decimal.

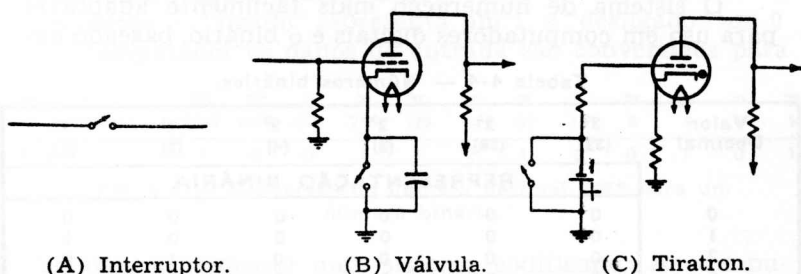


Fig. 4-4 — Três tipos de circuitos de comutação.

Alguns exemplos de comutadores estão ilustrados na Fig. 4-4. O interruptor simples na Fig. 4-4A tem dois estados, aberto e fechado; portanto ele pode ser usado como um dispositivo binário. Outros podem ser válvulas. A válvula na Fig. 4-4B conduzirá ou será cortada, dependendo da posição do interruptor em série com o catodo. Uma válvula a gás (Fig. 4-4C) também pode ser usada. Ela conduzirá somente quando o interruptor põe em curto a polarização. O interruptor e as válvulas são dispositivos de dois estados.

Um multivibrador transistorizado é mostrado na Fig. 4-5. A fileira de pulsos compreendendo a saída de frequência livre pode ser considerada uma série de dígitos

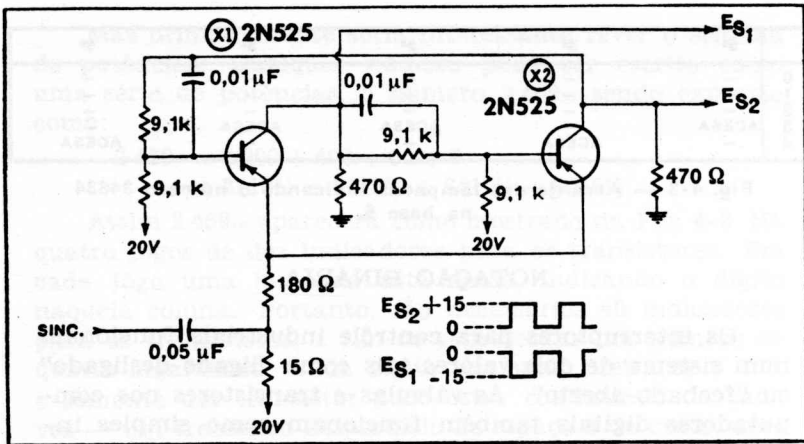


Fig. 4-5 — Um circuito multivibrador transistorizado.

binários tais como 0,1,0,1, etc., onde zero volt é um 0 e 15 volts (quer positivos, quer negativos) é um 1.

O sistema de numeração mais facilmente adaptável para uso em computadores digitais é o binário, baseado em

Tabela 4-4 — Números binários.

Valor Decimal	2^5 (32)	2^4 (16)	2^3 (8)	2^2 (4)	2^1 (2)	2^0 (1)
	REPRESENTAÇÃO BINÁRIA					
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0	1
6	0	0	0	1	1	0
7	0	0	0	1	1	1
8	0	0	1	0	0	0
9	0	0	1	0	0	1
10	0	0	1	0	1	0
12	0	0	1	1	0	0
14	0	0	1	1	1	0
16	0	1	0	0	0	0
18	0	1	0	0	1	0
20	0	1	0	1	0	0
23	0	1	0	1	1	1
27	0	1	1	0	1	1
31	0	1	1	1	1	1
37	1	0	0		0	1
43	1	0	1	0	1	1
48	1	1	0	0	0	0
50	1	1	0	0	1	0
57	1	1	1	0	0	1
63	1	1	1	1	1	1

Sòmente dois dígitos são usados, 1 e 0. As potências de 2 são: 1, 2, 4, 8, 16 e 32. Da mesma forma que 10^0 é 1, 2^0 é também 1; 2^1 é 2; 2^2 é 4, etc.

O número binário 101 é $4+0+1$ ou o decimal 5, escrito 5_{10} (o índice 10 denota que a base é 10). Do mesmo modo 10 111 é $16 + 0 + 4 + 2 + 1$, ou 23_{10} . Uma tabela para números binários se forma exatamente do mesmo modo que as potências de 10 para o sistema decimal. Os números decimais de 1 a 10 são os binários 1, 10, 11, 100, 101, 110, 111, 1 000, 1 001, 1 010. A Tabela 4-4 mostra estes e outros números binários. Para representar 2 469₁₀ no sistema binário, os 12 indicadores mostrados na Fig. 4-6 são necessários. Assim,

$$2\ 048 + 256 + 128 + 32 + 4 + 1 = 2\ 469_{10}$$

e

$$100\ 110\ 100\ 101_2 = 2\ 469_{10}$$

Para exprimir um dígito binário (chamado um *bit*, da expressão inglesa *binary digit*), sòmente um indicador é requerido — “ligado” representa um 1, e “desligado” um 0. No computador os dados de entrada são convertidos para

Potência	2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Valor Decimal	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1
Binário	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1

Fig. 4-6 — Conversão do número decimal 2469 para um número binário.

binário, usualmente num sistema codificado. As computações são feitas usando o sistema binário, e os dados de saída são reconvertidos outra vez de binário para decimal.

Todos os dispositivos de circuito nos Capítulos 2 e 3 agem como dispositivos binários. O sistema binário não só pode representar números decimais como, pela codificação, pode representar também letras do alfabeto.

capítulo 5

operações aritméticas

Uma das maiores vantagens do sistema binário de numeração é a facilidade com a qual os problemas aritméticos podem ser resolvidos num computador digital. Muito poucas regras, e nenhuma taboada, são requeridas para resolver qualquer problema de adição, subtração, multiplicação ou divisão. O problema geral é primeiramente subdividido numa série de operações individuais.

ADIÇÃO

A adição tem só quatro regras:

0	0	1	1
+0	+1	+0	+1
—	—	—	—
0	1	1	10

Aqui 1 mais 1 é 10 (pronunciado “um-zero”) porque o binário 10 é o decimal 2. Isto é o mesmo que dizer que o decimal 1 mais 1 é 2.

Seguindo estas regras, é possível adicionar diretamente dois números binários quaisquer. Por exemplo, para adicionar os decimais 12 e 5:

12 é o mesmo que o binário	1100
5 é o mesmo que o binário	101
—	—
17 é o mesmo que o binário	10001

Para somar 01011 e 00110:

Binário	Decimal
01011	11
00110	6
—	—
10001	17

Na adição binária há o problema do “transporte”, como em $1 + 1 = 10$; isto é, 0 mais “vai 1”. Pode-se ver isto pelo exemplo seguinte, onde 111101 é somado a 10110:

(A)	111101
(B)	10110

(C)	101011
(D)	1 1

(E)	1010011

O primeiro passo é somar os dois (A e B) e obter a soma parcial (C). A linha (D) mostra os dois transportes resultantes das somas $1 + 1$. A adição da soma parcial C, e dos transportes D, dá a soma final E, ou 1010011.

Um computador digital é na realidade uma versão muito ampliada de uma máquina de somar, fazendo eletronicamente o que a máquina de somar realiza através de um sistema mecânico de engrenagens, etc. Basicamente, o funcionamento dos dois é o mesmo, para fins de ilustração.

Um computador digital, uma vez recebidas as ordens do operador, armazena-as em sua memória e depois recorda cada ordem, uma a uma, até que a solução seja obtida. Embora seu funcionamento seja inacreditavelmente rápido, o computador necessita instruções para cada etapa. Ele só pode fazer aquilo que se lhe diz que faça; tendo uma memória limitada, e nenhuma imaginação, ele não pode pensar, como fazem os seres humanos.

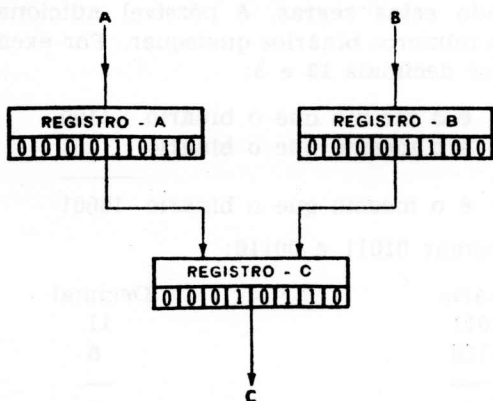


Fig. 5-1 — Adição usando três registros.

Cada operação do computador é determinada por uma série de instruções que dirige o fluxo de informações,

como mostrado na Fig. 5-1. Cada bloco representa um *registro*, que é um de um grupo de circuitos conectados em série, os quais podem armazenar ("lembrar") um número e fazê-lo realizar uma certa operação. Suponha que as instruções do computador são: "Some A com B e coloque o resultado em C". Isto significa que o número armazenado no registro A deve ser somado ao número que está no registro B, e que a soma deve ser colocada no registro C. Assumindo que os números já estão nos registros A e B, o computador fará automaticamente as seguintes operações:

1. Apaga o registro C retirando qualquer informação que nele exista. Isto é feito inserindo um 0 em cada quadrinho de C.
2. Transfere para C o número armazenado em A (1010). C é conectado a A, quadrinho por quadrinho. Neste programa o computador é também instruído para não "esquecer" o 1010, mas armazená-lo em A para subsequente utilização (incidentalmente 1010 é a constante, neste programa específico). C e A contêm agora ambos o mesmo número.
3. Adicione o número que está em B (1100) ao número que está em C (1010), seguindo as regras de adição binária discutidas anteriormente. Neste programa o computador é também instruído para manter a memória de B totalmente vazia para dar lugar à próxima variável.
4. Condições finais: o registro A ainda conserva o número original armazenado, e continuará a assim fazer até que seja apagado; B é apagado (neste programa) pela adição a C; e C contém agora a soma.

SUBTRAÇÃO

A subtração de números binários é feita de duas maneiras. Uma é por subtração direta:

$$\begin{array}{r} 101101 \\ - 1011 \\ \hline 100010 \end{array}$$

Note que, para subtrair 1 de 0, é necessário emprestar 1, tirando-se então de 10 (decimal 2), o que dá 1.

Os complementos também proporcionam um meio de subtração. Em nosso sistema decimal o complemento para 10 é a diferença entre 10 e um número dado — portanto, o complemento de 7 é 3. Pelo mesmo critério, o complemento para 9 é a diferença entre 9 e um número dado, sendo neste caso 2 o complemento de 7.

Pela *adição* dos complementos, é possível realizar subtrações. Primeiramente, eis aqui como a subtração é normalmente feita no sistema decimal:

$$\begin{array}{r} 7 \\ - 3 \\ \hline 4 \end{array}$$

Para subtrair, usando o sistema dos complementos para 10:

$$\begin{array}{r} 7 \\ + 7 \text{ (o complemento de 3 para 10; } 10 - 3 = 7) \\ \hline 14 \end{array}$$

Despreze o primeiro dígito extra (que ocorre por causa do complemento), dando o remanescente, 4.

Usando o sistema de complementos para 9:

$$\begin{array}{r} 7 \\ + 6 \text{ (o complemento de 3 para 9; } 9 - 3 = 6) \\ \hline 13 \end{array}$$

Aqui, entretanto, o 1 extra não é desprezado, mas é *adicionado* ao 3 (a razão matemática está além do objetivo desta discussão. Ver N.T. 1), dando a mesma resposta, 4. Esta adição do 1 extra, conhecida como *transporte de*

N.T. 1 — Para os que gostam de matemática e desejam aprofundar o assunto, sugerimos consultar os seguintes livros:

- 1) *Advances in Computers* — Vol. 1 — Capítulo “Binary Arithmetic”, págs. 232 e seguintes. (Academic Press — N. York-London, 1960).
- 2) *Numbers, Their Evolution from Cave-man to Computers* — Robert C. Mud — The National Cash Register Co., Dayton, 1961.

contórno, é uma etapa vital na subtração em computadores, como logo veremos.

No sistema binário há somente dois dígitos, 1 e 0; assim, naturalmente, só pode haver dois complementos. Para achar o complemento de 1, subtrai-se 1 de 1, obtendo-se 0 ($1 - 1 = 0$). Ainda, para achar o complemento para 1 de 0, subtrai-se 0 de 1, obtendo-se 1 ($1 - 0 = 1$). Em outras palavras, para achar o complemento de um número binário, substitui-se todos os 1 por 0, e todos os 0 por 1. Dessa forma, o complemento de 1011 é 0100.

Mas primeiro, para subtrair números binários diretamente:

$$\begin{array}{r} 1101 \\ - 1011 \\ \hline 0010 \end{array}$$

E como o complemento de 1011 é 0100, a subtração também é possível somando complementos:

$$\begin{array}{r} 1101 \\ + 0100 \\ \hline 10001 \\ \leftarrow 1 \text{ (transporte de contórno)} \\ \hline 0010 \end{array}$$

Esta técnica de complementos é importante por causa do projeto do circuito de um computador digital. Se o número é mantido num registro, o qual é uma série de multivibradores biestáveis, a complementação requer uma mudança de estado de cada multivibrador biestável.

0	0	1	1	ADIÇÃO
0	1	0	1	
0	1	1	10	
0	0	1	1	MULTIPLICAÇÃO
0	1	0	1	
0	0	0	1	

Fig. 5-2 — Regras de aritmética binária.

MULTIPLICAÇÃO

Para a multiplicação há quatro regras, as quais podem ser reduzidas a duas. Como mostrado na Fig. 5-2, $1 \times 1 = 1$,

e tódas as outras combinações dão zero. Por exemplo, para multiplicar 1011 por 0101:

Binário	Decimal
1011	11
0101	$\times 5$
<hr/>	<hr/>
1011	55
1011	
<hr/>	
110111	

Para multiplicar os decimais 12 e 5:

Binário	Decimal
1100	12
101	$\times 5$
<hr/>	<hr/>
1100	60
1100	
<hr/>	
111100	

Na multiplicação binária não há taboagens, nem transportes (exceto quando adicionando os produtos parciais), e todos os produtos são iguais a 0, exceto 1×1 , que é igual a 1. A multiplicação é uma série de adições, tal como multiplicar 14 por 8 no sistema decimal é a mesma coisa que somar 14 oito vezes. O binário 10101 é multiplicado por 101 como segue:

10101
101
<hr/>
10101
0
10101
<hr/>
1101001

Assim, a multiplicação é uma série de deslocamentos e adições, como no sistema decimal. Com 101 como o multiplicador, cada 1 é um deslocamento para a esquerda e uma adição, e cada 0 é um deslocamento para a esquerda *sem* adição.

Por exemplo, para multiplicar 100101 por 101:

```

100101
  101
-----
100101
00000  (deslocamento para a esquerda, sem adição)
100101  (deslocamento para a esquerda, com adição)
-----
10111001 (soma)

```

Para cada 1 no multiplicador (101), o multiplicando (100101) é deslocado uma casa para a esquerda e adicionado. Para cada 0 em 101, há um deslocamento, mas não há adição.

A multiplicação ou divisão, como uma série de deslocamentos, pode ser vista pela Fig. 5-3. O número original no registro é A, ou 1010100. Se A é deslocado uma casa para a esquerda — que é uma multiplicação por 2 — o resultado aparece como em B. O segundo deslocamento para a esquerda, em C, resulta em 10101000, ou 4 vezes A. O deslocamento para a direita é uma divisão por 2, como em D. Dois deslocamentos para a direita (A dividido por 4) produzem uma segunda divisão por 2, como em E.

A	0	0	1	0	1	0	1	0	0	
			/	DESLOC. P. ESQUERDA						
B	0	1	0	1	0	1	0	0	0	
		/	DESLOC. P. ESQUERDA							
C	1	0	1	0	1	0	0	0	0	
A	0	0	1	0	1	0	1	0	0	
			/	DESLOC. P. DIREITA						
D	0	0	0	1	0	1	0	1	0	
			/	DESLOC. P. DIREITA						
E	0	0	0	0	1	0	1	0	1	

Fig. 5-3 — Multiplicação e divisão como uma série de deslocamentos.

Repetindo, deslocar para a esquerda é uma forma de multiplicar, e deslocar para a direita, de dividir. Começando com 101100, um deslocamento para a esquerda dá 1011000, que é duas vezes 101100; e dividir por 2 é um deslocamento para a direita, ou 10110.

Mais um exemplo: começando com 101100 (decimal 44), um deslocamento para a esquerda dá 1011000 (decimal 88); e um deslocamento para a direita dá 10110 (decimal 22). Isto é exatamente como operar com números decimais. Tomando 347,036, um deslocamento para a es-

querua dá 3 470,36, que é dez vezes 347,036; e um deslocamento para a direita daria 34,7036, que é a décima parte de 347,036.

DIVISÃO

A divisão também pode ser feita da maneira usual, pelo processo longo. O divisor é subtraído do dividendo e um 1 é colocado no quociente. Se o divisor não pode ser subtraído, coloca-se 0 no quociente. Como exemplo:

$$\begin{array}{r}
 1101010 \quad | \quad 101 \\
 \underline{101} \\
 110 \\
 \underline{101} \\
 110 \\
 \underline{101} \\
 1
 \end{array}$$

Portanto, 101 cabe 10101 vezes em 1101010, deixando um resto de 1.

NUMERAÇÃO OCTAL

Como qualquer máquina, o computador é passível de erro. Assim, seu funcionamento deve ser verificado ocasionalmente, passo a passo, por um operador humano. Para esta finalidade o sistema decimal de numeração é inadequado, porque o computador só pode usar o sistema binário. Mas não há calculadores mecânicos que operem diretamente no sistema binário, e seria uma longa e entediante tarefa fazê-lo manualmente. Assim, o sistema octal de numeração, de base 8, é utilizado. A conversão do sistema octal para o decimal e vice-versa é relativamente simples. A Tabela 5-1 dá os equivalentes binários dos octais de 0 a 7. (Note-se que eles são os mesmos que os decimais de 0 a 7).

Uma vez que qualquer número octal pode ser escrito com um trio de binários (grupo de 3 dígitos), a conversão de um número binário para um octal é simples e direta. O número binário é subdividido em grupos de três dígitos,

Tabela 5-1 — Trios de binários.

Octal (Decimal)	Trio de Binários		
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

e cada grupo é então convertido para o seu número octal. (Onde necessário, são acrescentados zeros na frente do número para formar grupos de três). Por exemplo, para converter 1011 em um número octal:

$$\begin{array}{r} 001011 \\ \hline 1 \quad 3 \end{array}$$

Assim, o binário 1011 é o octal 13. Agora que sabemos como converter do binário para o octal, vejamos como o último é usado para verificar a exatidão de um computador:

$$\begin{array}{r} 111 \text{ é o octal } 7 \\ + 010 \text{ é o octal } + 2 \\ \hline 001001 \text{ é o octal } 11 \\ \hline 1 \quad 1 \end{array}$$

As duas respostas conferem uma com a outra. Um exemplo mais:

$$\begin{array}{r} 101 \text{ é o octal } 5 \\ + 110 \text{ é o octal } + 6 \\ \hline 001011 \text{ é o octal } 13 \\ \hline 1 \quad 3 \end{array}$$

Como já dissemos, a conversão de binário para decimal ou vice-versa, embora possível, não é conveniente; o sistema octal, entretanto, é diretamente relacionado com o binário e portanto mais fácil de manusear.

CÓDIGOS DE NUMERAÇÃO

Muitas vezes é usada uma combinação de decimal e binário, tal como os decimais codificados em binário da Tabela 5-2. Cada dígito decimal é codificado. Por exem-

Tabela 5-2 — Decimais codificados em binário.

Decimal	Decimal Codificado em Binário
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

plo, 18 em binário puro é 10010; mas em decimal codificado em binário é 00011000. Desta maneira é possível converter cada dígito individualmente, em vez de ter que converter o número todo. Esta facilidade de conversão é obviamente a vantagem do decimal codificado em binário.

Outro código freqüentemente usado é o de “excesso-três”, no qual cada número binário é representado como três a mais que seu valor efetivo. Isto permite a subtração direta usando complementos.

Outros códigos são também empregados. Um é o código Gray, ou código binário refletido, no qual cada mudança em seqüência de um número para o próximo requer somente uma mudança em um “bit” (dígito binário). Outro é o código alfa-numérico, no qual números binários são usados também para representar letras, sinais de pontuação, e outros símbolos. Por exemplo, A é 010011, ! é 011110, etc.

capítulo 6

lógica simbólica

Os computadores digitais são constituídos por vários tipos de circuitos simples, arranjados e grupados de acôrdo com as regras da lógica simbólica. Assim sendo, para compreender como um circuito funciona, e o que é que êle faz, é necessário saber um pouco sôbre lógica.

INTRODUÇÃO A LÓGICA

Lógica é a ciência de verificar a validade do pensamento ou razão, de modo que o que é verdadeiro numa afirmação será verdadeiro em tôdas as afirmações equivalentes. As verdades podem ser classificadas em quatro afirmações, chamadas *proposições*:

- 1 — Todos os A são B (“Todos os cães são animais”)
- 2 — Alguns A são B (“Alguns cães são perdigueiros”)
- 3 — Nenhum A é B (“Nenhum cão é ave”)
- 4 — Alguns A não são B (“Alguns cães não são perdigueiros”)

Êstes quatro exemplos absurdamente simples são verdades reconhecidas. Trabalhando a partir dêles, e *sômente dêles*, é possível descobrir uma porção de outras verdades. Por exemplo, vamos usar as mesmas palavras do exemplo da proposição n.º 1 nas proposições n.ºs 2, 3, e 4, e ver quais as que são verdadeiras e quais as que são obviamente falsas.

- 1 — Todos os cães são animais
- 2 — Alguns cães são animais
- 3 — Nenhum cão é animal
- 4 — Alguns cães não são animais

Assumindo que o n.º 1 é verdadeiro, então o n.º 2 é obviamente *sempre* verdadeiro; mas os n.ºs 3 e 4 são obviamente *sempre* falsos. Experimente êstes truismos você mesmo como, por exemplo, “tôdas as bananas são frutas”, ou qualquer outra verdade conhecida.

Muitas outras deduções podem ser feitas a partir dessas quatro afirmações. Os leitores interessados poderão consultar qualquer livro sôbre lógica para conhecerem a lista completa.

As proposições, se verdadeiras, podem ser reunidas para formar um *silogismo*:

Se é verdade que:

Todos os cães são animais, e que

Toto é um cão; pode-se deduzir, sem sombra de dúvida, que Toto é um animal.

A verificação da validade das afirmações 1 e 2 é um outro assunto; ela é a tarefa do raciocínio indutivo, que não será abordado aqui. Mas quando 1 e 2 são verdadeiros neste silogismo, a conclusão é válida. Usando símbolos, como fizemos no começo:

Todos os C são A

T é um C

∴ T é um A

Em vez de “e” ou “são” é possível usar seus equivalentes algébricos, com o sinal “igual” (“Todos os C são iguais a A” significa que “todos os C são A”).

$$C = A$$

$$T = C$$

$$\therefore T = A$$

Isto é álgebra simbólica em sua forma mais simples.

A lógica simbólica teve o seu verdadeiro início com as obras de Gottfried W. Leibniz (1646—1716), que experimentou criar “um método geral pelo qual todas as verdades racionais seriam reduzidas a uma espécie de cálculo”; e com as de Augustus de Morgan (1806—1876). Ambos tentaram converter a lógica em equações algébricas. Mas o fundador da lógica simbólica moderna foi George Boole (1815—1864), que deu ao mundo uma forma de lógica agora conhecida como álgebra de Boole.

Uma quantidade de obras sobre lógica matemática tinha aparecido depois disto, mas não foi antes de 1938 que a possibilidade de associar a lógica e a mecânica foi reconhecida. Claude E. Shannon, então um estudante no Instituto de Tecnologia de Massachusetts, em seu artigo “Uma Análise Simbólica dos Circuitos de Relés e de Comutação”, artigo agora clássico (Transactions of the A.I.E.E. Vol. 57, 1938) mostrou que: “... qualquer circuito é representado por um sistema de equações, correspondendo os termos das equações aos vários relés e comutadores no

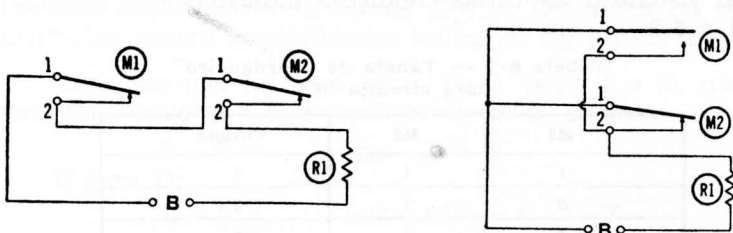
circuito... Nossa notação é tomada principalmente da lógica simbólica.”

As idéias básicas e simples de lógica delineadas por Boole, Shannon, e seus predecessores, proporcionam os fundamentos para muitas das aplicações de circuitos em computadores digitais. Mas o projeto lógico não está limitado somente a este setor. Os mesmos princípios têm uma aplicação direta, e uma importância crescente, em circuitos de comando para outros dispositivos eletrônicos, tais como no controle automático dos processos de fabricação. Onde quer que sejam utilizados relés, transistores ou válvulas, para controle, a lógica será de auxílio para a compreensão do funcionamento dos circuitos, tal como no caso dos computadores.

REGRAS DA LÓGICA DOS CIRCUITOS

Os circuitos de relés constituem um ponto de partida conveniente no estudo da lógica dos circuitos, porque seus princípios são igualmente aplicáveis aos circuitos de transistores ou válvulas. O simbolismo do circuito é tomado da lógica formal, a qual começa com a idéia fundamental de que uma afirmação ou é verdadeira ou é falsa — e não pode ser nada mais. De forma correspondente, um relé ou está aberto ou fechado.

Em lógica, dois conectivos — “E” e “OU” — exprimem a relação entre duas afirmações. “OU” significa a classe A ou a classe B, individualmente, ou a classe A e a classe B juntas. Por exemplo, a classe “mulheres” e a classe “pianistas” podem ser consideradas individualmente, ou as duas podem ser consideradas como dois grupos — digamos, em duas salas separadas, ou misturadas numa única



(A) Circuito “E” (série)

(B) Circuito “OU” (paralelo)

Fig. 6-1 — Circuitos “E” e “OU”.

sala grande. A representação típica de "OU" num circuito é a de relés em paralelo.

O outro conectivo, "E", é a classe de "mulheres" que são "pianistas"; em outras palavras, quando consideradas no sentido "E", são inseparáveis. Voltando à nossa analogia das salas, as classes de "mulheres" e "pianistas" são bastante grandes, mas a classe de "mulheres pianistas" é apenas uma fração das duas. A representação típica de "E" num circuito é a de relés em série.

Dois relés M1 e M2 são mostrados na Fig. 6-1, cada qual tendo dois contatos. Para levar energia de uma fonte B para uma carga R1, os relés devem ser ligados em série como indicado na Fig. 6-1A. Este circuito passará corrente somente se *ambos* os relés estiverem fechados. Isto é o mesmo que dizer, em lógica, que somente se *cada* afirmação fôr verdadeira é que as duas serão verdadeiras. Se uma das afirmações fôr falsa, um relé ficaria aberto e a corrente não passaria.

Se os contatos forem ligados em paralelo, como na Fig. 6-1B, a corrente de B circulará se M1 ou M2 estiverem fechados, ou ainda se ambos estiverem fechados.

Os dois estados — verdadeiro e falso — podem ser simbolizados por duas condições opostas quaisquer. Algumas delas são:

<i>Verdadeiro</i>	<i>Falso</i>
Fechado	Aberto
Pulso	Ausência de pulso
Positivo	Negativo

Na lógica dos computadores, o verdadeiro é designado por um 1, ou um circuito fechado; e o falso por um 0, ou um circuito aberto. Pelos circuitos da Fig. 6-1, não é difícil visualizar as várias condições indicadas nas Tabelas 6-1 e 6-2.

Tabela 6-1 — Tabela de "verdadeiro" para circuito "E".

M1	M2	Circuito
1	1	1
0	1	0
1	0	0
0	0	0

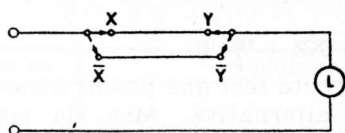
Para um circuito-série, M1 pode ter um valor de 1 ou 0 (fechado ou aberto), o mesmo se dando para M2. Assim, há quatro combinações possíveis, como mostrado na Tabela 6-1. Mas só quando $M1 = 1$ e $M2 = 1$ é que o circuito ficará completo, e só então a corrente circulará pela carga.

Para um circuito paralelo, há as mesmas quatro combinações possíveis. Mas, se $M1 = 1$, ou $M2 = 1$, ou se $M1 = 1$ e $M2 = 1$, o circuito estará fechado.

Tabela 6-2 — Tabela de “verdadeiro” para circuito “OU”.

M1	M2	Circuito
1	1	1
0	1	1
1	0	1
0	0	0

A negação, ou o desmentido de uma afirmação, é vital para a lógica (“Nenhum A é B; alguns A não são B”). Na lógica dos computadores, se uma posição de uma chave de duas posições é A, a outra posição é não-A, escrita como um A com uma barra por cima (\bar{A}). (Em alguns sistemas



(A) Circuito.

	X	Y	L
A	1	1	1
B	1	0	0
C	0	1	0
D	0	0	1

(B) Tabela de “verdadeiro”.

Fig. 6-2 — Um problema de lógica.

lógicos isto é indicado como A^1). Um exemplo de negação é mostrado na Fig. 6-2A. Aqui uma lâmpada L é controlada por dois comutadores de parede X e Y. Outra vez há somente as quatro possibilidades indicadas na Fig. 6-2B.

Uma vez que há uma saída (luz) para A e D, mas nenhuma para B e C, é possível escrever, para A:

$$L = X \cdot Y \quad \text{Luz} = X \text{ e } Y$$

E para D:

$$L = \bar{X} \cdot \bar{Y} \quad \text{Luz} = \text{não-X e não-Y}$$

Uma ligação em paralelo é impossível; ambas as chaves precisam estar em série para que a luz acenda. Por-

tanto, se A é verdadeiro e D é verdadeiro, a combinação de ambos só pode ser um circuito "OU".

Além disso:

$$L = \bar{X}\bar{Y} + X \cdot Y$$

Em outras palavras, uma vez que as chaves X e Y têm cada uma somente duas posições e que ambas devem ser as mesmas, há somente dois modos possíveis de ligar L; $\bar{X}\bar{Y}$ é um, e o outro é $X \cdot Y$. Estas regras de lógica estão sumarizadas na Fig. 6-3.

FUNÇÕES LÓGICAS

Tôdas estas teorias são as bases para encaminhar os dados através de um computador. Um exemplo servirá para mostrar como os circuitos lógicos funcionam. Suponha-se dois dígitos — o Y poderia ser 00, 01, 10 ou 11 — e que eles tenham que ser somados. É óbvio que só poderá haver uma soma de 1 se os dígitos forem diferentes, tais como 0 e 1 ou 1 e 0. Se os dígitos forem 0 e 0, sua soma, naturalmente, será 0; e se forem ambos 1, haverá uma soma de 0 (mas com um "vai 1"). Assim, pode-se fazer um somador utilizando um jôgo de circuitos lógicos.

A Fig. 6-4 mostra dois circuitos. O da Fig. 6-4A pode ser escrito como:

$$XY(X + Z)(Y + XZ + W)T$$

Em outras palavras, a corrente *tem que* passar através de XY; ela não tem outra alternativa. Mas ela pode seguir quer através de X ou Z no circuito paralelo, ou através de X e de Z. Ela pode então seguir tanto através de Y, como de Z e de X, juntos; ou de W; através de dois quaisquer; ou através de todos três. Finalmente, a corrente *tem que* passar através de T.

Uma vez que o Y à esquerda do circuito está em série, êle pode aparecer em qualquer lugar na linha. Assim, a fórmula pode ser reescrita como:

$$X(X + Z)Y(Y + XZ + W)T$$

Na fórmula precedente, quando X e Z em paralelo estão ambos fechados, circulará por êles a mesma corrente que circula por X em série. Ou a corrente através de X será a mesma que a corrente através dêle e através de X e Z em série. Assim:

$$X(X + Z) = X$$

Símbolo	Lógica	Relé ou Contato	Significação	Circuito
1	Verd.	Fechado	A afirmação é verdadeira. o circuito está fechado	
0	Falso	Aberto	A afirmação é falsa. o circuito está aberto	
.	Série	A e B	A está em série com B	
+	Paralelo	A ou B	A está em paralelo com B	
\bar{A}	Não-A		Oposto de A (Se $A = 0$, $\bar{A} = 1$; Se $A = 1$, $\bar{A} = 0$).	

(A) Regras básicas.

Lógica	Significação	Circuito
$0 \cdot 0 = 0$	Um "aberto" em série com um "aberto" é "aberto"	
$0 \cdot 1 = 0$	Um "aberto" em série com um "fechado" é "fechado"	
$1 \cdot 1 = 1$	Um "fechado" em série com um "fechado" é "fechado"	
$A \cdot \bar{A} = 0$	Um interruptor em série com sua negação está "aberto"	

(B) Circuitos série.

Lógica	Significação	Circuito
$0 + 0 = 0$	Um "aberto" em paralelo com um "aberto" é "aberto"	
$0 + 1 = 1$	Um "aberto" em paralelo com um "fechado" é "fechado"	
$1 + 1 = 1$	Um "fechado" em paralelo com um "fechado" é "fechado"	
$A + \bar{A} = 1$	Um interruptor em paralelo com sua negação está "fechado"	

(C) Circuitos paralelo.

Fig. 6-3 — Sumário das regras de lógica.

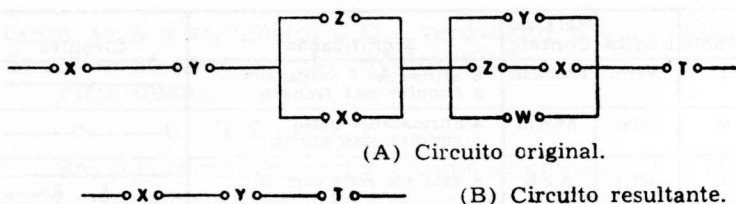


Fig. 6-4 — Redução do circuito.

O mesmo raciocínio, aplicado a Y ($Y + XZ + W$) dá a fórmula:

$$Y(Y + XZ + W) = Y$$

Substituindo:

$$(XX) (YY) T$$

Em lógica, A vezes A é igual a A (as classes de gatos que são gatos, são gatos — e não “gatos ao quadrado”, como em álgebra). Assim, a fórmula torna-se XYT , como mostrado pelo circuito-série na Fig. 6-4B.

Os dois podem, portanto, ser considerados circuitos equivalentes, na Fig. 6-4. É claro que X , Y ou T , individualmente, podem desligar ou abrir o circuito, mas que *todos três* precisam estar fechados para que o circuito se complete. Está também implícito que nem Z nem W têm qualquer efeito sobre o circuito, pois nenhum deles está na Fig. 6-4B.

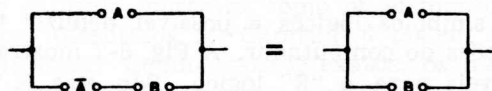
A afirmação de que X , Y , e T devem estar todos fechados para completar o circuito e que qualquer um deles pode abrir o circuito é verdadeira para todos os contatos-série individuais. Note-se que Z e W estão em paralelo com os outros interruptores. Por exemplo, na porção $Z + X$ do circuito, somente X está também em série em outra parte do circuito. Portanto ele deve estar fechado para que o circuito se complete. E se X está fechado ($X = 1$), Z simplesmente não conta; quer Z esteja fechado ou aberto, circulará corrente através de $X = 1$ em paralelo. (Z afeta o circuito se X estiver aberto; mas desde que há um circuito incompleto, este efeito pode ser desprezado).

Assim sendo, os dois circuitos agem da mesma forma, mas o da Fig. 6-4B é muito mais simples.

Um diagrama de elementos de um circuito pode ser rearranjado de várias diferentes maneiras pela utilização de relações lógicas. Estes rearranjos podem não ser muito óbvios, a julgar pelo original, mas os arranjos mais sim-

ples e diretos podem executar a mesma função. Observando-se a Fig. 6-5, vê-se que $A + \overline{A}B$ é o mesmo que $A + B$:

$$\begin{aligned} A + \overline{A}B &= A(B + \overline{B}) + \overline{A}B \quad (\text{uma vez que } B + \overline{B} = 1) \\ &= AB + A\overline{B} + \overline{A}B \\ &= A(B + \overline{B}) + B(A + \overline{A}) \\ &= A + B \end{aligned}$$



A	\overline{A}	B	CIRCUITO
1	0	1	1
1	0	0	1
0	1	1	1
0	1	0	0

A	B	CIRCUITO
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Fig. 6-5 — Equivalentes do circuito.

Substituindo A e B por 1, e \overline{A} e B por 0 (uma vez que, por definição, $A = 1$, $B = 1$, $\overline{A} = 0$, e $B = 0$), é possível também provar matematicamente que estas equações são todas iguais.

CIRCUITOS LÓGICOS

Até aqui temos mostrado relações estritamente lógicas. Para usar essas relações nos computadores, foi criada a linguagem especializada da Fig. 6-6. Estes símbolos ló-

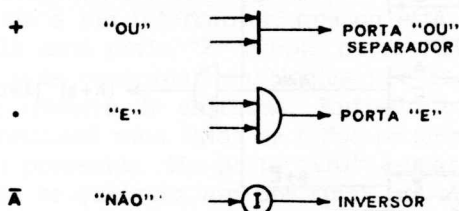


Fig. 6-6 — Símbolos de circuitos.

gicos não devem ser confundidos com operações aritméticas. Por exemplo, o sinal (+) não significa "adicionar" — ele é o "OU" lógico, e seu circuito chama-se uma porta ou separador "OU". Um ponto, parêntesis (.), ou ausência de sinal, todos significam o "E" lógico, chamado porta "E". O símbolo I foi escolhido para designar um inversor, que transforma A em não-A, cujo símbolo é \overline{A} .

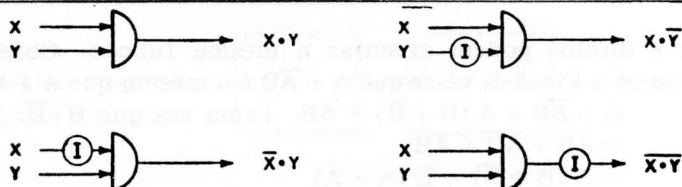


Fig. 6-7 — Funções básicas do circuito “E”.

Usando símbolos lógicos é possível deduzir todos os tipos de funções do computador. A Fig. 6-7 mostra quatro saídas possíveis para o “E” lógico. São elas $X \cdot Y$, $X \cdot \bar{Y}$, $\bar{X} \cdot Y$, e $\bar{X} \cdot \bar{Y}$.

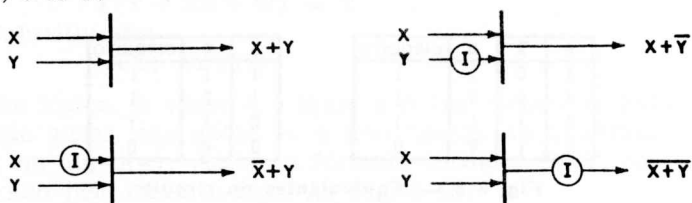


Fig. 6-8 — Funções básicas do circuito “OU”.

$X \cdot Y$ dará uma saída somente se X e Y estiverem ambos presentes; $X \cdot \bar{Y}$ dará uma saída somente se X e não- Y forem aplicados ao circuito porta; $\bar{X} \cdot Y$ permitirá saída somente para não- X e Y ; e não- X e não- Y são ambos requeridos para uma saída, no último exemplo. Da mesma forma, a Fig. 6-8 mostra quatro possibilidades para o “OU” lógico.

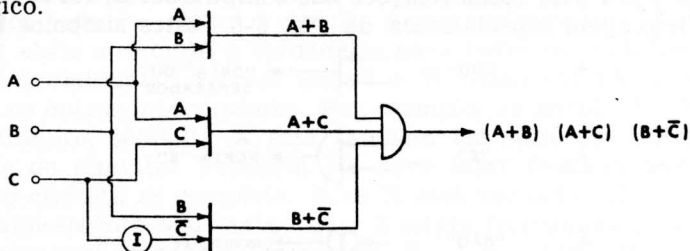


Fig. 6-9 — Desenvolvimento de uma afirmação lógica.

Suponha-se que uma determinada função de um computador requiera $(A + B)(A + C)(B + \bar{C})$ das entradas A , B , e C . Três circuitos “OU” são usados; o primeiro produz $A + B$, o segundo $A + C$, e o terceiro (juntamente com o inversor), $B + \bar{C}$. Todos três vão então para o circuito “E” a fim de proporcionar a saída adequada, como mostrado na Fig. 6-9.

capítulo 7

circuitos lógicos básicos

Este capítulo mostrará como os elementos de circuitos lógicos discutidos no Capítulo 6 podem ser dispostos para funcionar. Sendo opostos exatos, os números binários 1 e 0 usados nos circuitos lógicos podem ser representados por diversas ações e seus inversos. As diversas possibilidades são:

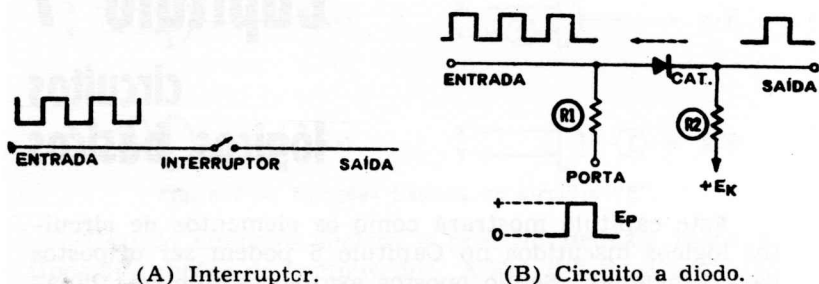
<u>0</u>	<u>1</u>
Tensão zero	Tensão positiva
Ausência de corrente	Presença de corrente
Pulso negativo	Pulso positivo
Tensão baixa	Tensão alta
Tensão zero	Tensão negativa
Ausência de pulso	Presença de pulso

Aí estão seis métodos de representar o par 1—0. Na realidade, quase todos os circuitos que possuem dois estados estáveis podem funcionar como um elemento lógico num computador digital.

A “PORTA”

A “porta” é o circuito lógico básico. Como o seu nome implica, ela é um interruptor, que ou está aberto ou fechado. Há uma porta “E” e uma porta “OU”, correspondendo a suas contrapartidas lógicas; e cada porta tem um certo número de entradas. Entretanto, a porta “E” só proporcionará uma saída se *todos* os sinais de entrada estiverem presentes. Na porta “OU” (separador), haverá uma saída se *qualquer um* dos sinais de entrada estiver presente.

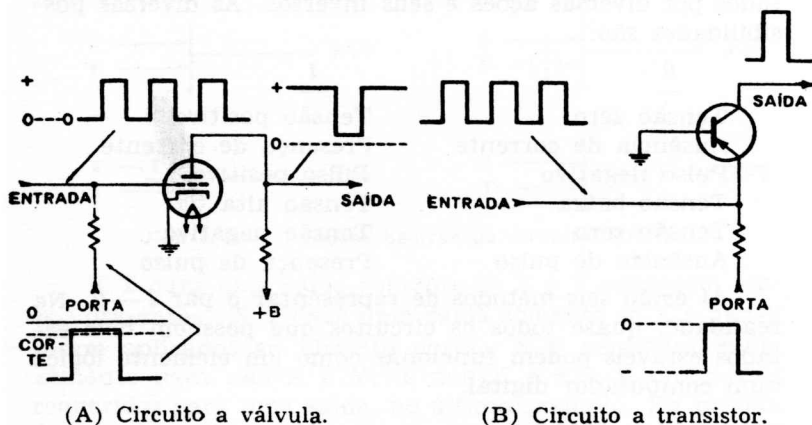
O circuito-porta fundamental é um simples interruptor ligando a entrada à saída, como na Fig. 7-1A. Quando este interruptor está aberto, os sinais (pulsos, neste exemplo) não podem passar da entrada para a saída. Os sinais não poderão passar da entrada para a saída até que o interruptor seja fechado. Embora isto pareça bastante elementar, esta é a ação de todos os circuitos-porta, por mais complexos que sejam.



(A) Interruptor.

(B) Circuito a diodo.

Fig. 7-1 — Circuitos porta fundamentais.



(A) Circuito a válvula.

(B) Circuito a transistor.

Fig. 7-2 — Circuitos porta a válvula e a transistor.

Considere-se a porta de um único diodo na Fig. 7-1B. A entrada é ainda uma série de pulsos. Uma polarização C.C. (+ E_K) é aplicada através de R_2 ao catodo, e a saída é tomada da junção de R_2 com o catodo. Sem sinal de entrada no lide da porta (R_1), não há condução porque o catodo está positivo em relação ao anodo. Como resultado, nenhum sinal pode passar da entrada para a saída. Em essência, o diodo, neste caso, é um circuito aberto, como o interruptor na Fig. 7-1A. Vejamos o que acontece quando uma onda quadrada de amplitude (E_p) é aplicada ao circuito-porta. Sendo maior que a polarização C.C., E_p torna o catodo mais negativo que o anodo, e o diodo conduz. Um sinal pode então passar da entrada para a saída enquanto durar este "degrau" aplicado à porta; mas como mostrado na Fig. 7-1B, a tensão na porta só permite que passe um pulso.

Embora este circuito seja uma porta verdadeira, ele tem a desvantagem de reduzir o sinal que passa através do circuito. Pode-se obter ganho usando elementos ativos no circuito, tais como válvulas ou transistores. A Fig. 7-2A mostra uma porta com amplificador a triodo. Ele está normalmente cortado por uma polarização negativa aplicada ao lide da porta. Entretanto, um sinal degrau na porta levanta a tensão fortemente negativa de grade ao ponto imediatamente acima do corte. A válvula conduz, e portanto amplifica o pulso da entrada. Como em todos os circuitos a válvula, o sinal fica invertido, como mostrado. A queda de tensão através do resistor de carga de placa é a saída.

O circuito transistorizado de base à massa na Fig. 7-2B é também um amplificador de porta. O coletor é negativo, e quando a tensão de emissor sobe para ligeiramente acima de zero, o transistor conduz. Uma tensão de porta positiva aplicada ao emissor permite então que a porta deixe passar um sinal.

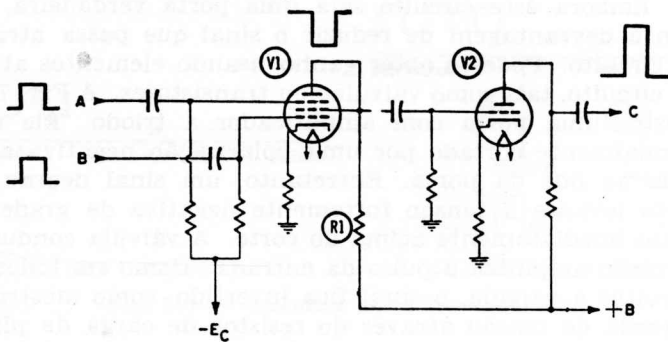
Os circuitos nas Figs. 7-1 e 7-2 são portas verdadeiras, mas estão limitados a funções "parado" ou "funcionando". Os conectivos lógicos de "E" e "OU", que são mais utilizados em computadores, estão além de sua capacidade.

CIRCUITOS "E"

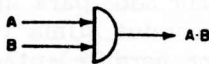
O circuito "E" aceita um certo número de sinais de entrada, mas não produz uma saída a menos que *tódas* as entradas sejam apropriadas. Tanto válvulas como semicondutores podem servir como circuitos "E".

CIRCUITOS "E" A PENTODO

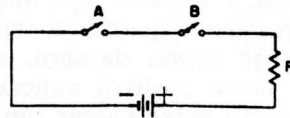
A Fig. 7-3A ilustra um circuito "E" que utiliza um pentodo de corte rápido V1. Uma tensão positiva é aplicada à grade de blindagem, e uma tensão negativa às grades supressora e de controle. Qualquer grade, se negativa, levará a válvula ao corte. Se um pulso positivo for aplicado à entrada A, mas não à entrada B (ou a B, mas não a A), V1 não conduzirá. Somente quando houver um pulso positivo em A e outro pulso positivo em B é que haverá um pulso de saída através de R1. Sendo de sentido negativo, este pulso precisa ser reinvertido por um amplifica-



(A) Circuito.



(B) Símbolo.



(C) Circuito com interruptores.

Fig. 7-3 — Portas "E".

dor inversor V2 de modo a produzir um pulso positivo (representando o binário 1) na saída C.

O símbolo do circuito "E" discutido no Capítulo 6 e mostrado na Fig. 7-3B é portanto válido para um circuito que requeira uma entrada tanto de A como de B para produzir uma saída. Outro "E", na Fig. 7-3C, é constituído simplesmente por dois interruptores em série. Um 1 é representado por um interruptor fechado, e um 0 por um interruptor aberto. Outra vez, somente quando A e B estiverem ambos fechados é que haverá uma corrente de saída através de R.

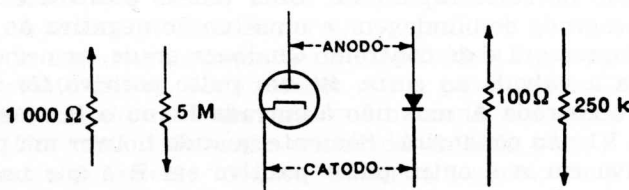


Fig. 7-4 — Ação do diodo.

CIRCUITOS "E" A DIODO

Um diodo (Fig. 7-4) também pode funcionar como um interruptor. Uma válvula conduzirá somente se sua placa for mais positiva que seu catodo. Nesta direção direta, ou de condução, a resistência de uma válvula é da ordem de 1 000 ohms (muito menos, em diodos a gás). Na direção inversa, ou da placa para o catodo, a resistência é muito alta — cerca de 5 megohms ou mais. O diodo semicondutor assemelha-se muito a seu correspondente a válvula. Na direção direta a resistência é de 100 ohms ou menos; mas na inversa, ou de não condução, o diodo é com efeito um circuito aberto. (Esta resistência, embora mensurável, é da ordem de 250 000 ohms ou mais.) Agindo como um comutador entre uma resistência baixa e uma alta, o diodo tem muitas aplicações — uma delas é no circuito "E".

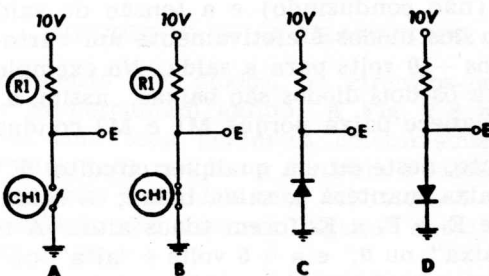


Fig. 7-5 — Ação interruptora de um diodo.

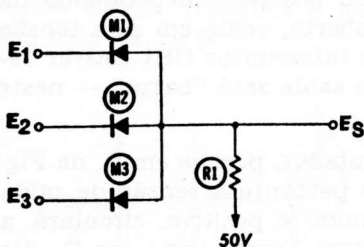
A ação de comutador pode ser vista pela Fig. 7-5. Em A a fonte de tensão está em série com um interruptor e uma carga R, para massa, e E é a tensão de saída. Dois estados de tensão de saída são possíveis, dependendo da ação do interruptor CH1. Se aberta, como em A, a tensão de saída será "alta". Mas se o interruptor CH1 estiver fechado, como em B, a tensão de saída será "baixa" — neste caso, zero ou massa.

O diodo age como um comutador, porque em C, na Fig. 7-5, ele não está conduzindo e portanto a tensão de saída E é alta; mas quando seu anodo é positivo, circulará a corrente e a tensão de saída será baixa, como em D. No circuito "E" a diodo, na Fig. 7-6, os anodos vão a + 50 volts da fonte de alimentação através de um resistor de carga comum R1. E_s é a tensão de saída, e há três en-

tradas: E_1 , E_2 e E_3 , para os catodos dos diodos. (Uma vez que suas resistências são muito baixas em comparação com R_1 , quando os diodos estão conduzindo, a queda através deles é desprezada, nos exemplos seguintes.) Se todos os catodos estiverem a tensão zero, como no exemplo 1, todos os três diodos conduzirão e a tensão de saída será zero. Quando as entradas forem todas mais 5 volts — que é “alta” neste exemplo — a saída será também “alta”, como mostrado em 2. Se todas as entradas forem “baixas”, -10 volts aqui, a saída será “baixa”, como em 3. Agora, quando a entrada de um diodo for mais baixa do que as dos outros, como em 4, a saída será ainda “baixa”. A razão é que M_1 , com -10 volts em seu catodo e + 50 volts em seu anodo (através de R_1), conduz e baixa a tensão de saída para -10 volts. Os outros dois diodos não podem conduzir porque cada um deles tem + 5 volts em seu catodo e -10 volts em seu anodo. Estes dois estão em corte (não conduzindo) e a tensão de saída é baixa porque um dos diodos é efetivamente um curto-circuito e transfere os -10 volts para a saída. No exemplo 5, as entradas para os dois diodos são baixas; assim, a tensão de saída permanece baixa porque M_1 e M_2 conduzem.

Portanto, neste ou em qualquer circuito “E”, qualquer entrada baixa manterá a saída baixa; a saída será alta somente se E_1 e E_2 e E_3 forem todos altos. A tensão -10 volts é “baixa”, ou 0; e a + 5 volts é “alta”, ou 1. Daí, se todas as entradas forem 1, a saída será 1. Caso contrário, ela será um 0.

O circuito na Fig. 7-6 é conhecido como um circuito “E” positivo, porque sua tensão “alta” de entrada é mais positiva que sua tensão “baixa”. Invertendo ambos os dio-



(A) Circuito.

	E_1	E_2	E_3	E_S
1	0	0	0	0
2	+5	+5	+5	+5 ALTA
3	-10	-10	-10	-10 BAIXA
4	-10	+5	+5	-10 BAIXA
5	-10	-10	+5	-10 BAIXA

-10 = BAIXA = 0
+ 5 = ALTA = 1

(B) Tensões obtidas com as várias entradas.

Fig. 7-6 — Um circuito “E” positivo a diodo.

dos e a fonte de alimentação (Fig. 7-7) obtém-se um circuito "E" negativo. Aqui a tensão -6 volts é "alta", ou um 1; e a tensão zero volt é "baixa", ou um 0. Se E_1 é "baixa", por exemplo, o diodo conduzirá, pondo todos os catodos na tensão zero. E_2 , que é "alta" neste caso, com -6 volts em seu anodo, não pode conduzir. Assim, o circuito é um "E" negativo porque a entrada "alta" é mais negativa que a "baixa".

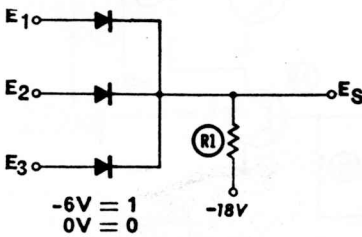


Fig. 7-7 — Um circuito "E" negativo a diodo.

CIRCUITOS "E" A TRANSISTOR

Diversamente dos diodos, os circuitos-porta "E" a transistor proporcionam ganho. A Fig. 7-8 mostra dois transistores com seus percursos coletor-emissor ligados em série. A entrada nas bases controla a saída. Para este circuito, -6 volts é um 1, e zero volt é um 0. (Por causa da realimentação, X2 deve ser "ligado" antes, e "desligado" depois de X1.)

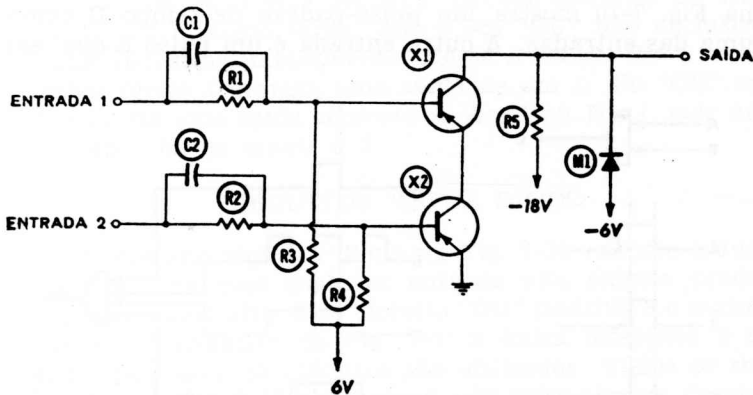


Fig. 7-8 — Uma porta em cascata a transistores.

Um circuito-porta paralelo transistorizado é mostrado na Fig. 7-9. Todas as entradas são feitas nas bases dos

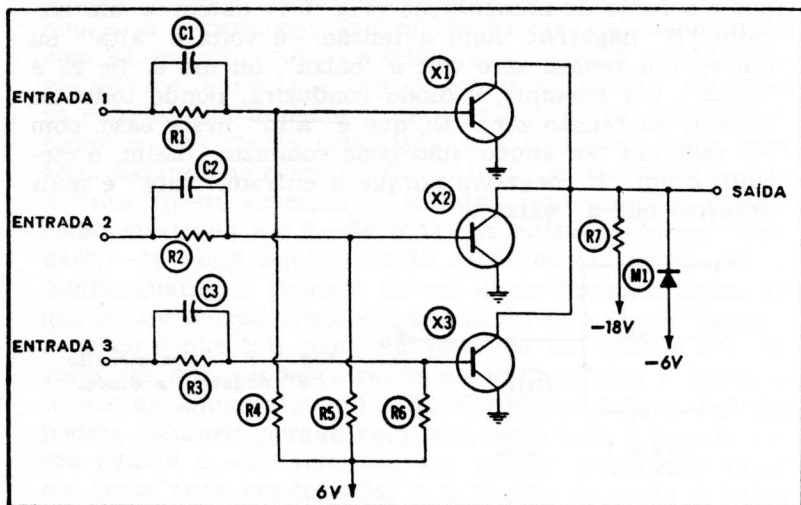


Fig. 7-9 — Uma porta em paralelo a transistores.

transistores, uma em cada base. R7 é a carga comum a todos os coletores.

Os pulsos ou níveis para circuitos-porta "E" não são sempre da mesma duração para cada entrada; assim sendo, é perfeitamente possível, para o circuito-porta, detectar uma coincidência entre várias entradas. A porta "E" na Fig. 7-10 mostra um pulso-padrão de tempo B como uma das entradas. A outra entrada é um pulso A que, em

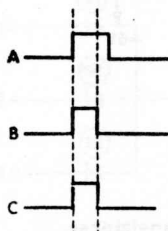
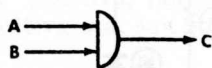


Fig. 7-10 — Efeito de um pulso marcador de tempo numa porta "E".

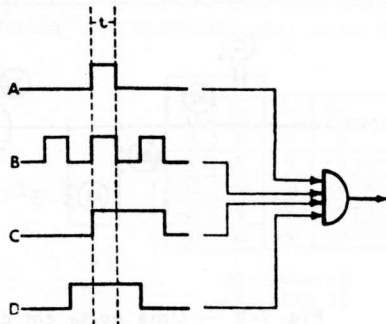


Fig. 7-11 — Uso de uma porta "E" para detectar coincidência.

seu percurso, tornou-se mais largo que o normal. Haverá um pulso de saída, C, somente quando os pulsos A e B coincidirem e permitirem que o circuito-porta "E" proporcione um 1. A Fig. 7-11 mostra outro exemplo, onde quatro pulsos são aplicados à porta. O pulso singelo A ocorre ao mesmo tempo que o centro dos três pulsos em B. Mas os pulsos C e D são ambos mais largos e, uma vez que eles são "altos" durante este mesmo tempo (t), a porta fornece uma saída "alta", ou um 1, quando todos os pulsos coincidem.

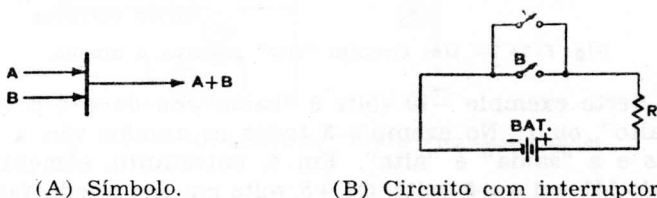


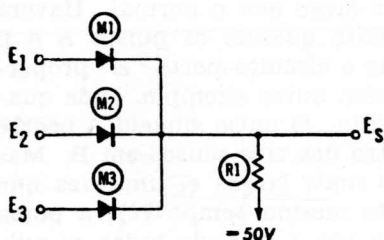
Fig. 7-12 — O separador "OU".

CIRCUITOS "OU"

Uma porta "OU" proporciona uma saída se *qualquer* das entradas for "alta". Isto é, será produzida uma saída (um 1) em qualquer momento em que pelo menos uma entrada seja um 1. Como mostrado na Fig. 7-12, uma porta "OU", algumas vezes denominada um separador, age da mesma forma que interruptores em paralelo. Se A está fechado, *ou* se B está fechado, circula corrente da Bat. através de R, como saída. Isto é um "OU" não exclusivo, o que significa simplesmente que se $A = 1$ ou $B = 1$ ou se *ambos forem 1*, haverá uma saída de um 1. No "OU" exclusivo, há uma saída somente se $A = 1$ ou $B = 1$, *mas não se ambos forem iguais a 1*.

CIRCUITOS "OU" A DIODO

O circuito lógico a diodo na Fig. 7-13 executa a função "OU" na qual qualquer entrada alta singela produzirá uma saída alta. Este circuito "OU" positivo é o mesmo que o "E" negativo da Fig. 7-7; a única diferença é no modo pelo qual os circuitos são utilizados. Todos os três catodos na Fig. 7-13 retornam a -50 volts através de uma resistência R1. Se todos os anodos retornam a zero volt como no exemplo 1, ou a -5 volts, todos eles conduzirão, visto que em ambos os casos os catodos são mais negativos.



(A) Símbolo.

	E_1	E_2	E_3	E_s
1	0	0	0	0
2	-5	-5	-5	-5
3	+5	+5	+5	+5 ALTA
4	+5	-10	-10	+5 ALTA
5	+5	+5	-10	+5 ALTA
6	-10	-10	-10	-10 BAIXA

-10 = BAIXA = 0
+ 5 = ALTA = 1

(B) Tensões obtidas com as várias entradas.

Fig. 7-13 — Um circuito "OU" positivo a diodos.

Neste exemplo -10 volts é "baixo", ou 0; e +5 volts é "alto", ou 1. No exemplo 3 todos os anodos vão a +5 volts e a "saída" é "alta". Em 4, entretanto, somente o anodo M1 vai a +5 volts. Os +5 volts em seu anodo fazem com que M1 conduza. Com quase nenhuma resistência em sua direção de condução, E_s torna-se +5 volts. Portanto os diodos M2 e M3 têm +5 volts em seus catodos, mas -10 volts em seus anodos, e esta condição os leva ao corte. Para o circuito "OU" *qualquer* entrada "alta", ou um 1, causa uma saída "alta". A Fig. 7-13 é um "OU" positivo; invertendo os diodos e a fonte de alimentação, teremos um "OU" negativo.

CIRCUITOS "E/OU"

Qualquer grupo de diodos pode agir quer como circuito "OU", quer como circuito "E", dependendo da polaridade e da finalidade. Um "E" positivo é o mesmo que um "OU" negativo, exceto que a saída será "alta" somente se *todas as entradas* forem altas, enquanto que para um "OU" negativo a saída será "baixa" se *qualquer uma* das entradas fôr "baixa".

Reciprocamente, um "E" negativo é o mesmo que um "OU" positivo, exceto que a saída será "baixa" somente se *todas as entradas* forem baixas, enquanto que para um "OU" positivo a saída será "alta" se *qualquer uma* das entradas fôr alta.

Por causa desta similaridade foi desenvolvido o circuito "E/OU". Ele pode ser tanto um "E" como um "OU", dependendo das condições. O circuito da Fig. 7-14 é uma porta "E/OU" transistorizada. Ela consiste em um estágio

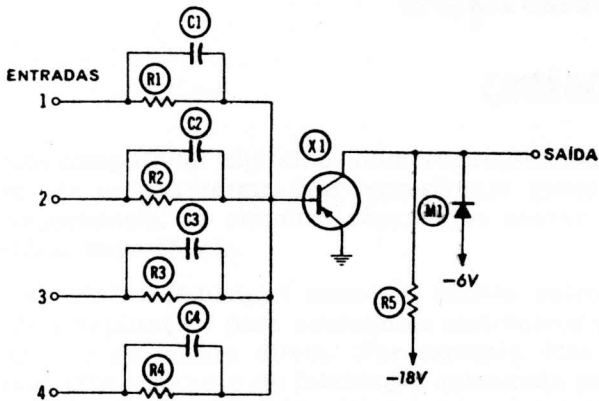


Fig. 7-14 — Um circuito “E/OU” transistorizado.

a emissor comum nivelador por saturação, com entradas em paralelo pela base, acopladas por resistência, e utiliza capacitores de base para proporcionar tempos de comutação mais rápidos. O circuito funciona como uma porta “OU” tanto para níveis como para pulsos de entrada com -6 volts como o 1 lógico, ou como uma porta “E” com zero volt como o 1 lógico.

capítulo 8

contadores

Num computador digital, os números representam instruções, da mesma forma que representam quantidades. Em conseqüência, os circuitos capazes de contar são de primordial importância.

A eletrônica industrial encontra muitos outros usos, além da computação, para contadores eletrônicos de alta velocidade e de leitura direta. Por exemplo, eles podem controlar uma operação de fabricação acionando um alarme ou parando o mecanismo depois que um total predeterminado for alcançado.

Qualquer ação elétrica, mecânica, ou óptica que possa ser convertida em *pulsos* elétricos pode ser contada, e portanto controlada. Entre alguns dos dispositivos de conversão estão as fotocélulas, bobinas magnéticas, e interruptores, assim como transdutores de pressão, temperatura, velocidade, aceleração, e deslocamento. Um grande número de configurações eletrônicas torna-se possível mediante o uso de válvulas, transistores, e relés, em circuitos multivibradores, flip-flops, em escada, e osciladores por bloqueio.

Muitos circuitos de contadores eletrônicos são semelhantes aos encontrados em rádios, televisores, e especialmente em equipamentos para provas, porque contagem e medição de frequência estão relacionadas de perto. Da mesma forma que é possível usar um medidor para ler o número de pulsos por segundo, é também possível, agora que sua frequência é conhecida, determinar o intervalo de tempo entre os pulsos contando o número deles que passa por um determinado ponto. Os circuitos podem ser projetados para operar quer no sistema de décadas convencional (denário), quer no sistema binário de numeração, ou em ambos. A leitura pode consistir da leitura direta dos sinais elétricos, de fita perfurada, de sinais luminosos, de alarmas, de funções mecânicas, ou de qualquer combinação destas. Ainda mais, a informação pode ser obtida sem ser destruída, da mesma forma que um subtotal pode ser obtido de uma máquina de somar comum. Isto permite o uso continuado dos dados.

CONTADORES BINÁRIOS

Os circuitos binários são destinados a contar no sistema de numeração de dois números. Os contadores são uma série de dispositivos de dois estados, tais como válvulas, transistores, ou núcleos magnéticos.

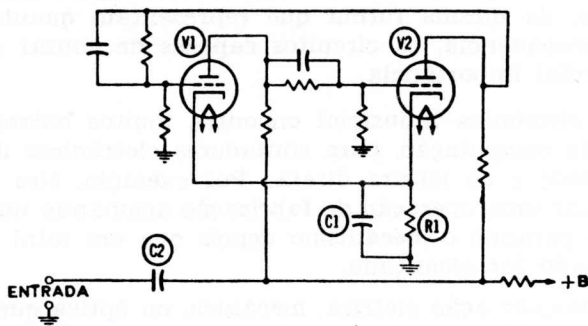


Fig. 8-1 — O circuito básico flip-flop.

O contador básico é o multivibrador biestável a válvula, ou “flip-flop” de dois estados, com uma carga de catodo comum como mostrado na Fig. 8-1.

Pulso	V1	V2	Indicação
2	cortada	conduzindo	0
	conduzindo	cortada	1
	cortada	conduzindo	0
2	conduzindo	cortada	1
	cortada	conduzindo	0
	conduzindo	cortada	1

Fig. 8-2 — Contagem com um flip-flop.

Não havendo entrada, uma das válvulas conduz mais intensamente e, por causa da realimentação, é levada à saturação. A intensa corrente circulando através do resistor de catodo R1 mantém a outra válvula em corte. Este circuito tem dois estados estáveis — V1 conduzindo e V2 cortada, e V1 cortada e V2 conduzindo. Ele permanecerá em um desses estados até a chegada de um pulso positivo através de C2. Este pulso aparecerá nas grades de ambas as válvulas, fazendo com que a válvula que estava conduzindo seja cortada e a outra comece a conduzir — daí a expressão onomatopáica “flip-flop”.

Para contar é necessário designar os estados “ligado-desligado”. Como mostrado na Fig. 8-2, “V1 desligada —

V2 ligada” é um 0, e “V1 ligada — V2 desligada” é um 1. Começando quer com um 1, quer com um 0, como mostrado, dois pulsos são assim necessários para fazer o circuito voltar ao estado inicial.

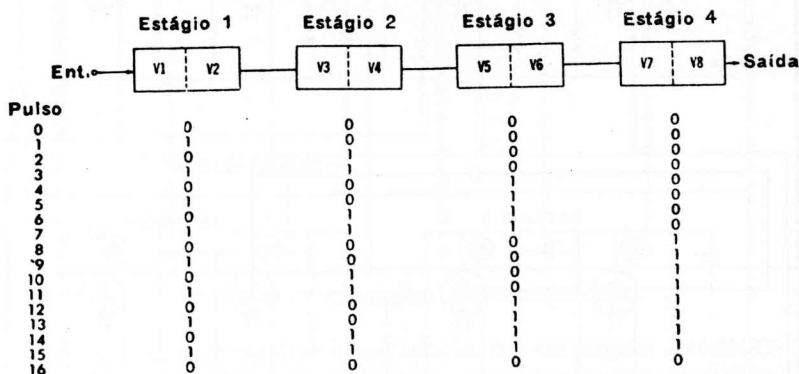


Fig. 8-3 — Contagem binária com um flip-flop de quatro estágios.

Um contador flip-flop de quatro estágios está ilustrado pela Fig. 8-3. Uma vez que os estágios estão em série, o primeiro estágio conta de 2 em 2, o segundo de 4 em 4, o terceiro de 8 em 8, e o quarto de 16 em 16. Isto significa que depois de cada 16 pulsos na entrada do primeiro estágio, o contador inteiro volta ao seu estado inicial correspondente a zero em todos os estágios. Para computadores digitais que operam no sistema binário, uma contagem de 16 é útil; mas algumas vezes uma contagem por dezenas é necessária.

CONTADORES EM DÉCADA

Um circuito de contagem binária pode ser convertido para contagem decimal, ou contagem por 10, através do uso de realimentação. A Fig. 8-4 é o esquema de um contador de quatro estágios. Sem realimentação, as oito válvulas (em quatro estágios) contam por 16. Entretanto, a realimentação da placa de V7 para as grades de V3 e V5 faz com que o contador comece em 0110 em vez de 0000. Assim, após nove pulsos a contagem será 1111. O décimo pulso fará com que V8 passe de 1 para 0 (de “desligada” para “ligada”), reduzindo a tensão na placa, o que resulta num pulso negativo: V7, sendo de estado oposto a V8, tem um pulso positivo que “liga” V3 e V5. Assim, depois

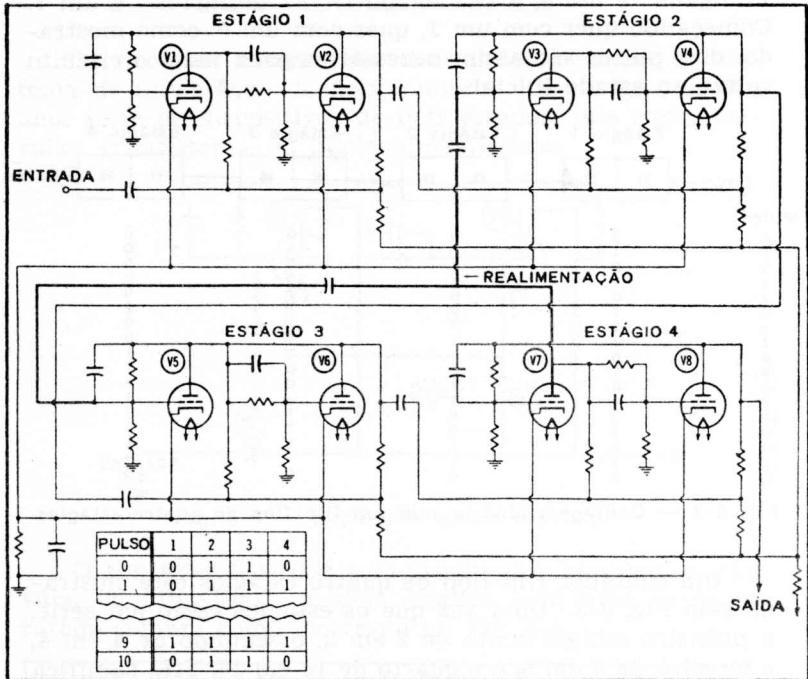


Fig. 8-4 — Um circuito contador decimal.

de cada 10 pulsos há uma saída e uma volta à condição 0110, preparando o contador para a próxima contagem de 10.

Pode-se ligar lâmpadas de néon às placas das válvulas contadoras, de modo a proporcionarem uma indicação visual para cada dígito, desde 0 até 10. (Ver N.T. 2).

Os *contadores predeterminados* têm um número que é preparado dentro deles antes de começar a contagem, e quando este número é alcançado ele dispara um sinal de saída. Qualquer contador em década pode assim ser encarado como um contador binário de quatro estágios predeterminado para ler seis contagens e dar uma saída depois de cada 10.

(N.T. 2) — Nas décadas comerciais a indicação por lâmpada de néon vai de 0 até 9. O 10 é obtido por um 0 na primeira década e por um 1 na que lhe segue imediatamente. Da mesma forma, 100 é obtido por 0 na primeira década, 0 na segunda, e 1 na terceira. E assim por diante.

Predeterminados			Estágio			
A	B	C	1	2	3	4
0			0	0	0	0
1			1	0	0	0
2			0	1	0	0
3			1	1	0	0
4	0		0	0	1	0
5	1		1	0	1	0
6	2		0	1	1	0
7	3		1	1	1	0
8	4		0	0	0	1
9	5		1	0	0	1
10	6	0	0	1	0	1
11	7	1	1	1	0	1
12	8	2	0	0	1	1
13	9	3	1	0	1	1
14	10	4	0	1	1	1
15	11	5	1	1	1	1
16	12	6	0	0	0	0

Fig. 8-5 — Contagem predeterminada.

A Fig. 8-5 mostra a seqüência da contagem predeterminada. A contagem ordinária, sem nenhuma modificação de circuito, é dada na coluna A; isto é para um contador binário puro. Entretanto, se o contador começar com 0010, como na coluna B, uma contagem completa será indicada depois de cada 12 pulsos de entrada; assim sendo, o contador está predeterminado para dar uma leitura de saída em 12. Ainda, se predeterminado para 0101, como em C, haverá uma saída depois de cada seis pulsos. Em outras palavras, um contador binário predeterminado que dá uma leitura de saída depois de cada 10 pulsos é um contador em década, mas qualquer número (até 16) pode ser predeterminado num contador de quatro estágios.

O número desejado é pôsto no contador girando-se botões no painel. As leituras são convertidas em 1's e in-

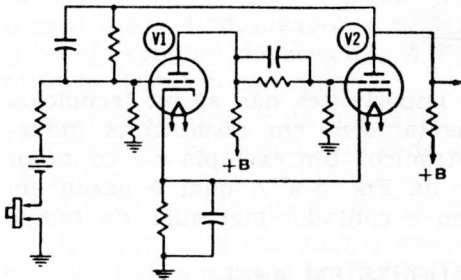


Fig. 8-6 — Um circuito de contador predeterminado.

seridas nos circuitos apropriados. Para um flip-flop de duas válvulas, um 1 significa que V1 está conduzindo (ligada) e V2 cortada (desligada). Todos os estágios a serem

predeterminados para 1 requerem uma tensão positiva na grade de contrôle. Num circuito simples como o da Fig 8-6, um botão de pressão pode ser usado para aplicar momentaneamente uma tensão positiva à grade de V1 fazendo com que a válvula conduza e assim inserindo um 1. Entretanto, são usados circuitos eletrônicos ao invés, visto que os botões de pressão ou interruptores são dema-

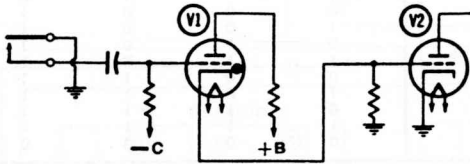


Fig. 8-7 — Uso de um tiratron para predeterminar um contador.

siado lentos. A Fig. 8-7 mostra como uma válvula tiratron (V1) é usada como interruptor eletrônico. A válvula V2 é para ser predeterminada para um 1 (conduzindo). Depois que uma contagem fôr completada, o relé de saída fecha os contatos A. A tiratron V1 dispara, pondo um potencial positivo na grade de V2, a qual conduz.

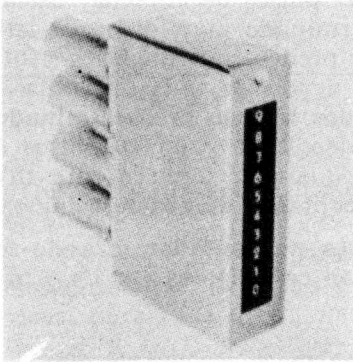


Fig. 8-8 — Um contador em década do tipo de encaixe.

Os contadores são importantes não só na tecnologia dos computadores, mas também em dispositivos industriais para contrôle eletrônico. Um exemplo é o contador em década de encaixe na Fig. 8-8, o qual é usado em equipamentos tais como o contador-marcador de tempo na Fig. 8-9.

CONTADORES EM ANEL

Os contadores em anel têm seus estágios ligados em paralelo num elo fechado. Sòmente um estágio está con-

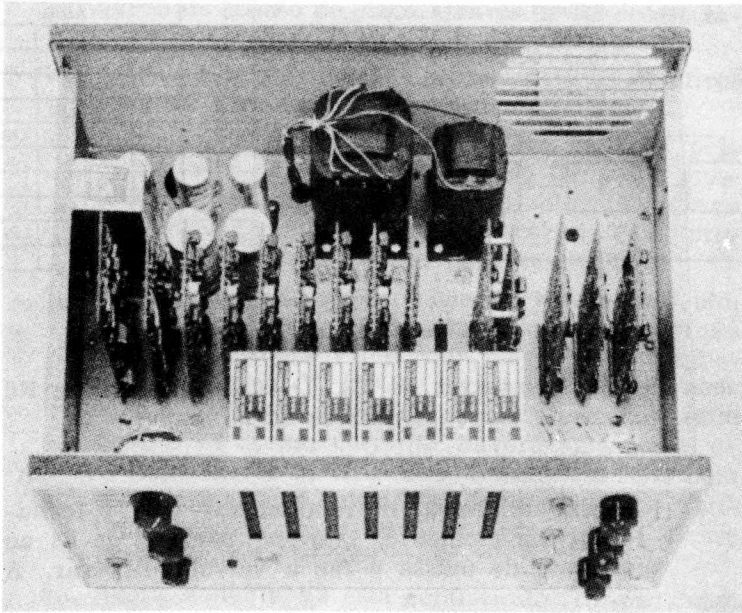


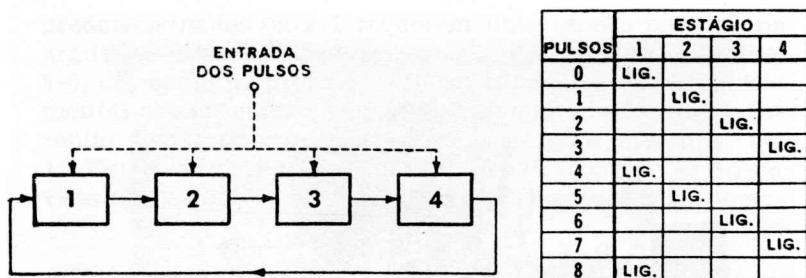
Fig. 8-9 — Um contador-marcador de tempo comercial.

duzindo (ligado) em um dado momento, e os pulsos de entrada são aplicados a todos os estágios em paralelo. Para cada pulso de entrada, o estágio que está “ligado” é “desligado”, e o seguinte é “ligado”.

Num contador de quatro estágios (Fig. 8-10A), por exemplo, somente o estágio 1 está “ligado” no início. O primeiro pulso torna 1 “desligado” e 2 “ligado”, o segundo torna 2 “desligado” e 3 “ligado”, etc., até o quarto pulso, o qual torna 4 “desligado” e 1 “ligado” — restabelecendo o estado original do circuito. A Fig. 8-10B mostra a sequência destas comutações.

Como um divisor de frequência, um contador em anel tem somente uma saída para cada série completa de pulsos (N pulsos para um contador com N estágios), mas esta saída pode ser tomada de *qualquer* estágio.

Um contador em anel a tiratron típico com quatro estágios está mostrado na Fig. 8-11. Uma tensão negativa está aplicada à grade de V1 para manter a válvula não-conduzindo. Quando esta polarização é sobrepujada, V1 dispara e sua lâmpada de néon M1 acende por causa da



(A) Diagrama de elementos. (B) Seqüência das comutações.

Fig. 8-10 — Um contador em anel de quatro estágios.

queda de tensão através de R3. O resistor em série R6 limita o fluxo de corrente através da lâmpada.

Em seqüência, o contador funciona desta maneira:

1. O botão de pressão de reposicionar, CH1, é fechado por um momento. Isto leva a grade de V1 ao potencial de massa e faz a válvula disparar. A

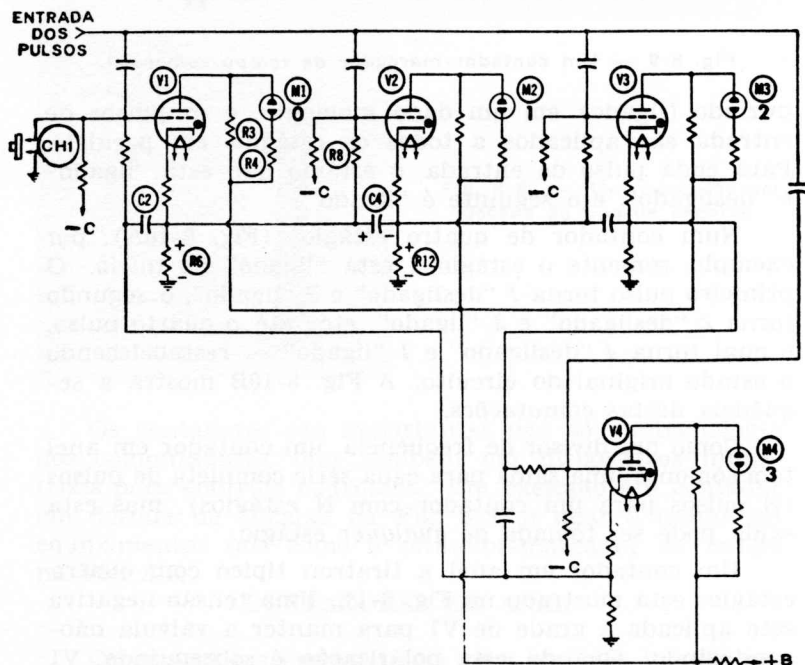
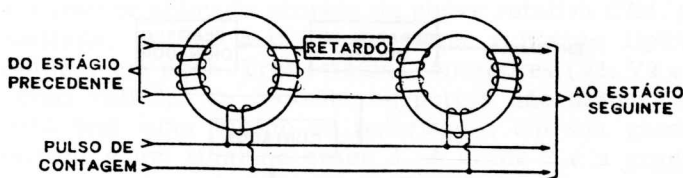
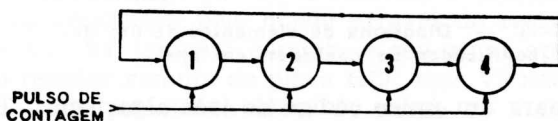


Fig. 8-11 — Um circuito de contador em anel a tiratrons.

- queda de tensão de placa através de R3 cresce rapidamente, acendendo a lâmpada de néon M1.
2. A tensão de polarização aplicada a todos os outros estágios mantém-nos cortados.
 3. A queda de tensão através de R6, causada pela corrente de catodo de V1, carrega C4, como mostrado. A tensão através de R6 é aplicada à grade de V2 via R8 de modo que esta válvula fica "preparada", ou quase pronta para conduzir.
 4. Neste ponto (o indicador a néon lendo zero), um pulso é aplicado a todas as grades. Este pulso não tem efeito sobre V1, porque ela já está conduzindo, nem em V3 ou V4 por causa desta polarização; mas ele fará com que V2 conduza. Enquanto V2 drenar corrente, haverá uma queda de tensão através de R12. Esta tensão, em série com a carga em C4, é aplicada ao catodo de V1, e, juntamente com a polarização na grade, é suficiente para cortar V1.
 5. Agora somente V2 está conduzindo (ligada), com sua lâmpada de néon acesa para indicar uma contagem de 1. O pulso seguinte faz com que V2 conduza, e depois de três pulsos V4 será a única válvula conduzindo (ligada).
 6. O quarto pulso retorna o contador ao seu estado inicial.



(A) Circuito contador de dois estágios.



(B) Diagrama de elementos de um contador em anel de quatro estágios.

Fig. 8-12 — Contadores a núcleos magnéticos.

Em virtude dos contadores em anel contarem de 1 em 1, eles requerem mais válvulas para uma dada contagem.

Núcleos magnéticos podem também ser usados como contadores. Estes dispositivos (discutidos nos Capítulos 3 e 7) são inerentemente binários — eles só podem ter um de dois estados possíveis, dependendo da direção da magnetização. A Fig. 8-12A mostra os dois primeiros estágios de um contador a núcleo magnético. Imagine-se que o primeiro núcleo está “armado” (tem um 1) e que o segundo está reposicionado (tem um 0). Um pulso de contagem passa *todos* os núcleos para 0 e manda o 1 para o próximo núcleo, mudando a contagem de 10 para 01. Uma rede de retardamento atrasa a transferência até que o pulso de contagem se complete.

Se os dois núcleos estivessem ligados de modo que a saída do segundo fôsse realimentada ao primeiro núcleo, a contagem seria de 10 para 01, e depois outra vez para 10. Isto significa que dois pulsos de contagem retornariam a unidade de dois estágios ao seu estado original, exatamente como num flip-flop. Uma fileira de núcleos pode ser interconectada, como na Fig. 8-12B, para fazer um contador em anel. Cada pulso de contagem movera então um 1 de um núcleo para o próximo, começando com 1000, depois 0100, 0010, 0001, e outra vez para 1000.

Os contadores em anel têm muitas aplicações. O decodificador da Fig. 8-13 é um exemplo. Aqui deseja-se

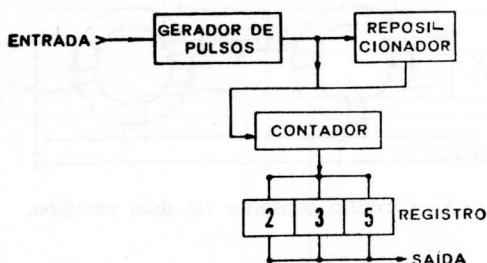


Fig. 8-13 — Diagrama de elementos de um decodificador de contador em anel.

uma saída para um único código de três algarismos. Dois elementos principais de circuito são usados: o contador, para determinação do número de pulsos de código recebido; e o registrador digital, para reconhecimento do código.

Suponhamos que o código é 235. O sinal de entrada, que consiste em grupos de pulsos, é amplificado e enviado ao contador. Depois que um grupo de dois pulsos for recebido, a contagem de 2 é transferida para o primeiro estágio do registrador digital e o contador em anel é reposicionado. Agora ele recebe o 3 e transfere este número para o segundo estágio do registrador digital. O mesmo procedimento ocorre com o 5. Depois que o código 235 foi recebido e reconhecido pelo registrador digital, há uma saída. Outro uso para o contador em anel é um comutador de alta velocidade, onde entradas para o computador provenientes de vários canais — tais como A, B, C e D na

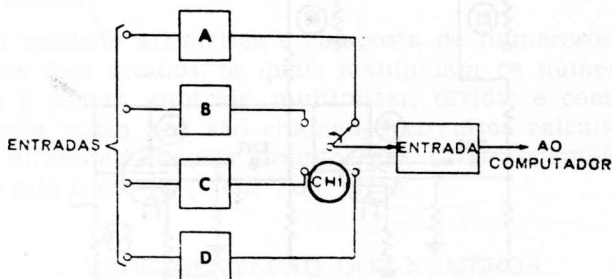


Fig. 8-14 — O contador em anel como um comutador de alta velocidade.

Fig. 8-14 — são requeridos numa base de participação em tempo. Cada um dos quatro sinais de entrada é momentaneamente aplicado através da chave rotativa CH1, como mostrado. A Fig. 8-15 mostra uma aplicação típica do contador em anel. Três estágios contadores (V1, V2 e V3) e duas válvulas de controle, ou portas, são usados. Cada porta tem uma tensão de polarização em sua grade de controle e um sinal na grade 3. A grade 2 é a grade de blindagem de cada válvula, e R19 é a carga comum de placa para ambas as portas.

Quando um pulso de entrada é recebido, V2 é tornada condutora pela queda através do resistor de catodo de V1. V4 também conduz, e seu sinal aparece através do resistor comum de placa R19; mas V3 não conduz porque está polarizada além do ponto de corte. Quando a queda através de R8 faz com que V3 dispare, V5 também conduz permitindo somente ao sinal B aparecer através de R19. Desta maneira um contador em anel pode agir como uma chave e permitir que somente um sinal de cada

vez seja enviado. O ritmo de comutação depende da fonte do pulso aplicado às válvulas do contador.

Os contadores em anel descritos neste capítulo usam todos válvulas a gás ou núcleos magnéticos, mas é também possível usar válvulas a vácuo.

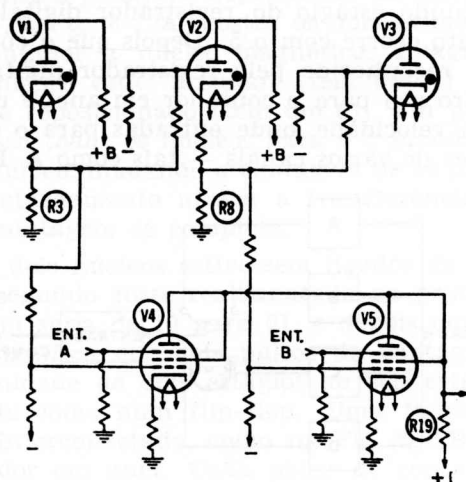


Fig. 8-15 — Diagrama do circuito de um comutador-contador em anel.

Os flip-flops podem ser arranjados como comutadores em anel, mediante o funcionamento de todos os estágios, menos um, no mesmo estado.

Por exemplo, na ausência de sinal, o estágio 1 pode ter um 0, e todos os outros um 1. O contador lerá então 0111. Depois do primeiro pulso ele lerá 1011; os pulsos seguintes mudarão a situação para 1101 1110, e novamente para a condição original de 0111.

Os contadores em anel podem também ser conectados juntamente com contadores binários. Assim, a combinação de um contador em anel de cinco estágios e um estágio binário forma um contador em década.

capítulo 9

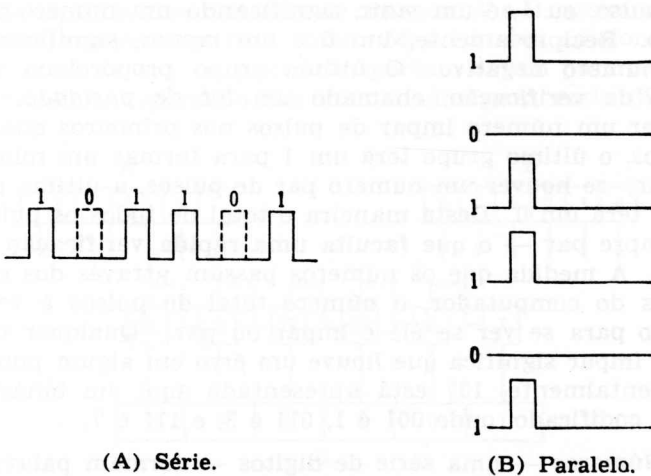
circuitos calculadores

Num computador digital o resultado final é obtido através de uma série de operações individuais, tais como adição ou subtração. Isto se processa na unidade aritmética — a qual pode ser considerada como o coração do computador.

A unidade aritmética é composta de numerosos estágios de dois estados, os quais manipulam os números de modo a somar, subtrair, multiplicar, dividir e comparar. Por esta razão eles são chamados circuitos calculadores, para diferenciá-los dos circuitos que fazem operações lógicas tais como “E”, “OU”, ou “Não”.

REPRESENTAÇÃO DOS NÚMEROS

Os números binários podem ser encaminhados através de um computador quer em série, quer em paralelo. (Fig. 9-1). Por exemplo, 101101 pode ter um caminho para o



(A) Série.

(B) Paralelo.

Fig. 9-1 — Representação dos números.

sinal ao longo do qual os pulsos se seguem uns aos outros em série, como na Fig. 9-1A; ou pode ter seis caminhos, um para cada 1 ou 0 como na Fig. 9-1B. Aqui, um pulso é 1, e a ausência de pulso é 0. O método paralelo é mais rápido que o método-série, uma vez que todos os dígitos são manipulados imediatamente, mas requer equipamento mais elaborado.

Os pulsos representam dígitos binários, chamados *bits*. Uma “palavra” de computador é formada por diversos grupos, cada um consistindo em uma série de bits, como mostrado na Fig. 9-2. Cada grupo, exceto o primeiro e o



Fig. 9-2 — Uma palavra de computador.

quinto neste exemplo, pode ter um máximo de três pulsos. (As linhas pontilhadas mostram a ausência de pulsos para os 0's). Esta palavra de computador, representando o número 137, é mais que um simples número. A informação sobre o sinal está incluída no primeiro grupo. Aqui um pulso, ou 1, é um *mais*, significando um número positivo. Reciprocamente, um 0 é um *menos*, significando um número negativo. O último grupo proporciona um pulso de verificação, chamado um *bit de paridade*. Se houver um número ímpar de pulsos nos primeiros quatro grupos, o último grupo terá um 1 para formar um número par; se houver um número par de pulsos, a última posição terá um 0. Desta maneira o total de todos os pulsos é sempre par — o que faculta uma rápida verificação de erros. À medida que os números passam através dos circuitos do computador, o número total de pulsos é verificado para se ver se é ímpar ou par. Qualquer número ímpar significa que houve um erro em algum ponto. Incidentalmente, 137 está apresentado aqui em binário-octal codificado, onde 001 é 1, 011 é 3, e 111 é 7.

Números — uma série de dígitos — formam palavras de computador que os circuitos lógicos alimentam às se-

ções calculadoras, onde as diversas operações são efetuadas. A primeira que iremos ver será a adição.

ADIÇÃO E SUBTRAÇÃO

A adição, do mesmo modo que os números, pode ser representada sob a forma série ou paralelo. A Fig. 9-3 mostra um adicionador em série. Os dois dígitos são mantidos separadamente nos registros A e B até serem alimen-

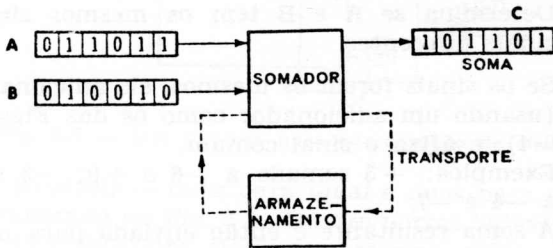


Fig. 9-3 — Adição em série.

tados, um de cada vez, ao circuito adicionador. Usa-se armazenamento para o transporte — como em $1 + 1 = 10$, o que é 0 e “vai 1”. A soma permanece no registro C até ordens posteriores.

Uma representação em paralelo aparece na Fig. 9-4. Ainda aqui há dois registros de entrada, A e B, assim como o armazenador C para a soma. Mas há seis adicionadores em vez de um, os quais transportam de um para o próximo, sendo necessário um adicionador para cada dígito,

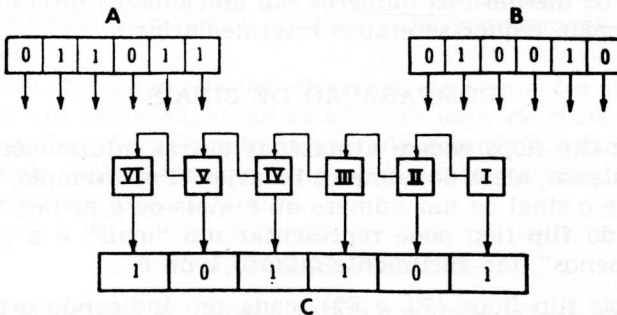


Fig. 9-4 — Adição em paralelo.

uma vez que todos são somados de uma vez. Note-se o acréscimo em equipamento requerido pela operação em paralelo, mais rápida.

As instruções ao computador, para adição e subtração, são praticamente diretas. Suponha-se que se dispõe de dois números, A e B, cada qual em seu próprio registro, e que a soma ou diferença deva ser colocada no registro C para aí ficar armazenada para ulterior utilização.

Para somar A e B, o computador faz:

1. Determina se A e B têm os mesmos sinais ou sinais diferentes.
2. Se os sinais forem os mesmos, êle adiciona A e B (usando um adicionador como os das Figs. 9-3 e 9-4), e afixa o sinal comum.

Exemplos: +3 somado a +6 é +9; -3 somado a -4 é -7.

A soma resultante é então enviada para o registro C.

3. Se os sinais forem diferentes, êle subtrai a quantidade negativa da positiva. Para subtrair, no sistema decimal, trocamos o sinal de um dígito e somamos. Por exemplo, para subtrair +4 de +9, mudamos +4 para -4 e somamos êste a +9, dando como resultado +5. No sistema binário, entretanto, o número a ser subtraído é convertido em seu complemento, como explicado no Capítulo 5, e então é adicionado.

Portanto, antes que a adição possa ser realizada, há primeiro o problema do reconhecimento dos sinais. Se êles forem os mesmos, os números são adicionados diretamente; se não, requer-se etapas intermediárias.

COMPARAÇÃO DE SINAIS

Os flip-flops podem armazenar outras informações de dois estados, além de números binários. Por exemplo, uma vez que o sinal de um número ou é mais ou é menos, uma saída do flip-flop pode representar um "mais" e a outra um "menos", tão facilmente quanto 1 ou 0.

Dois flip-flops (F1 e F2), cada um indicando o sinal de um número diferente, podem produzir quatro combi-

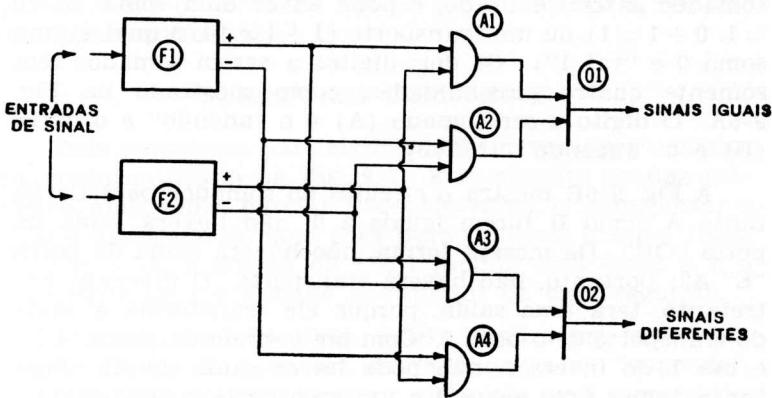


Fig. 9-5 — Um circuito para comparação de sinais.

nações possíveis — duas para *igual* e duas para *diferente*, como mostrado na Fig. 9-5. Quatro portas “E” são usadas. Se os dois flip-flops tiverem a mesma saída, uma das portas “E” (A1 para um sinal positivo e A2 para um negativo) terá uma saída; e a porta “OU” O1 proporcionará um sinal de saída. Isto é, haverá uma saída indicando sinais *iguais*, quer ambos os flip-flops tenham uma saída positiva ou negativa. Uma das duas portas “E” proporcionará um sinal de saída; e desde que uma porta “OU” requer somente uma entrada para produzir uma saída, O1 proporcionará um sinal de saída *igual*.

Se os dois sinais forem opostos — um positivo e outro negativo — só há duas combinações possíveis, naturalmente. Para qualquer das combinações, um dos dois circuitos “E” inferiores proporcionará uma saída no “OU” inferior (O2), indicando um sinal de saída *diferente* e a necessidade para uma operação de complementação e adição.

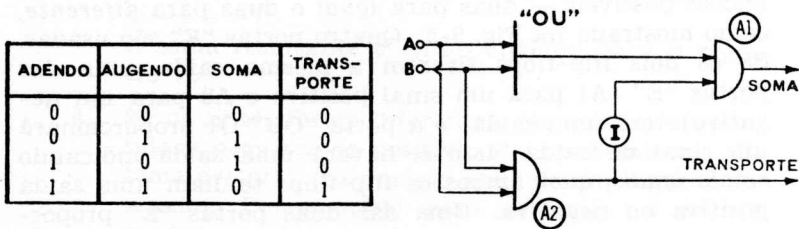
Em síntese, o simples diagrama de elementos na Fig. 9-5 é um comparador de sinais com uma de duas possíveis saídas. Se os sinais de entrada forem da mesma polaridade, haverá um sinal de saída *igual*; se não, haverá um sinal de saída *diferente*.

SOMADORES PARCIAIS

Depois que os sinais foram comparados, a segunda etapa é a adição propriamente dita. Para dois dígitos, um

somador parcial é usado, e pode haver uma soma ($1 + 0 = 1$, $0 + 1 = 1$) ou um transporte ($1 + 1 = 10$, o qual é uma soma 0 e “vai 1”). Os dois dígitos a serem somados têm somente quatro possibilidades, como mostrado na Fig. 9-6A. O dígito a ser somado (A) é o “adendo” e o outro (B) é o “augendo”. (N.T.3)

A Fig. 9-6B mostra o circuito do somador parcial. Se tanto A como B forem iguais a 0, não haverá saída da porta “OU”. Da mesma forma, não haverá saída da porta “E” A2; portanto, não haverá transporte. O inversor, entretanto, terá uma saída, porque ele transforma a saída do transporte de 0 para 1. Com um 0 vindo da porta “OU” e um 1 do inversor, não pode haver saída de A1. Portanto, temos uma soma 0 e um transporte 0. Entretanto se A ou B forem iguais a 1, haverá uma saída da porta



(A) Combinações possíveis.

(B) Circuito.

Fig. 9-6 — Diagrama de um somador parcial.

“OU” para A1, mas não haverá saída de A2. Agora, um 1 da porta “OU” e um 1 do inversor são aplicados à porta “E” A1, dando em resultado a saída de uma soma 1 e nenhuma saída de transporte (um 0). Se A e B forem ambos iguais a 1, eles passarão através da porta “OU” para produzir um 1, e também através da porta “E” A2 para produzir um transporte (um 1). O inversor inverte o 1, de modo que um 1 e um 0 são agora aplicados a A1 e não há saída de soma — portanto, uma soma 0. Assim, neste exemplo temos uma soma 0 e um transporte de 1.

É importante lembrar que, para produzir A mais B, ou a soma dos dois, este circuito usa uma porta “OU” ($A + B$) assim como portas “E” ($A \cdot B$). Isto é um exem-

(N.T.3 — Neologismos inspirados pelos termos “subtraendo” e “minuendo”.

plo de como os circuitos lógicos são chamados a realizar operações aritméticas.

SOMADORES COMPLETOS

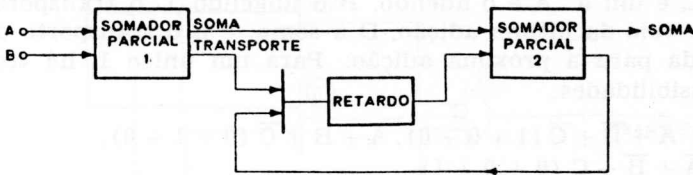
Dois somadores parciais formam um somador completo, como mostrado na Fig. 9-7. Este circuito produz primeiro uma soma parcial e depois soma o transporte, o qual é deslocado de uma casa para produzir a soma final. Na Fig. 9-7A, a adição de 1 e 1 produz uma soma 0, e o transporte de 1 é somado aos dígitos da casa seguinte.

A adição em série (Fig. 9-7B) implica em tomar um par de dígitos de cada vez do "adendo" e do "augendo", de modo que só um somador completo será necessário.

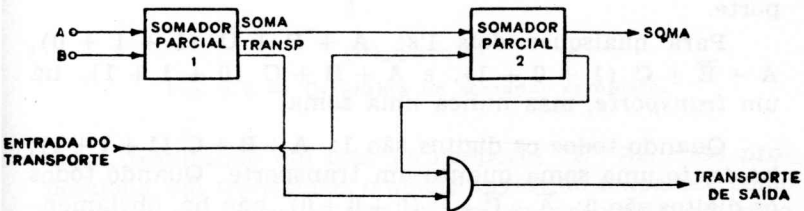
$$\begin{array}{r}
 1\ 0\ 1\ 1 \\
 1\ 0\ 1\ 0 \\
 \hline
 0\ 0\ 0\ 1 \\
 \hline
 1\ 0\ 1\ 0\ 1 \\
 \hline
 1\ 0\ 1\ 0\ 1
 \end{array}$$

SOMA PARCIAL
 TRANSPORTE
 SOMA FINAL

A



B



C

Fig. 9-7 — O somador completo. (A) Adição. (B) Adição em série. (C) Adição em paralelo.

Qualquer transporte é armazenado no elemento de retardo pela duração de um pulso. Quando o pulso do transporte alcançar a saída retardada, a unidade somadora receberá o próximo par de pulsos; e sua soma, mais o transporte retardado, produzem a soma de saída do somador.

A adição em paralelo (Fig. 9-7C) é mais rápida, naturalmente, uma vez que todos os dígitos no adendo e no augendo são somados simultaneamente. O primeiro somador parcial produz uma soma e um transporte. A soma é adicionada ao transporte pelo segundo somador parcial para produzir a soma de saída. Os transportes dos dois somadores parciais vão então para o elemento "E" para serem transportados para o estágio seguinte.

Onde apenas dois dígitos tenham que ser somados, a tarefa é simples para o somador parcial na Fig. 9-6. Quando ambas as entradas são 0, a saída será um 0; se ambas as entradas são 1, a saída será ainda 0, com um transporte de 1. Um 1 em qualquer das entradas significa um 1 também na saída.

Para somar dois números de três dígitos, entretanto, há oito possibilidades em vez de quatro somente. A Fig. 9-8A representa tôdas as oito. Fora todos os zeros, há três diferentes casos, dependendo do número de 1's — que pode ser um, dois ou três. Uma letra é um 1; e não-A, não-B, etc., é um 0. A é o adendo, B o augendo, C o transporte que veio da última adição, D a soma, e E o transporte de saída para a próxima adição. Para um único 1, há três possibilidades:

$$A + \bar{B} + \bar{C} (1 + 0 + 0), \bar{A} + B + \bar{C} (0 + 1 + 0), \\ \text{e } \bar{A} + \bar{B} + C (0 + 0 + 1)$$

Portanto há sempre uma *soma*, mas nunca um transporte.

Para quaisquer dois 1's: $A + B + \bar{C} (1 + 1 + 0)$, $A + \bar{B} + C (1 + 0 + 1)$, e $\bar{A} + B + C (0 + 1 + 1)$, há um *transporte*, mas nunca uma soma.

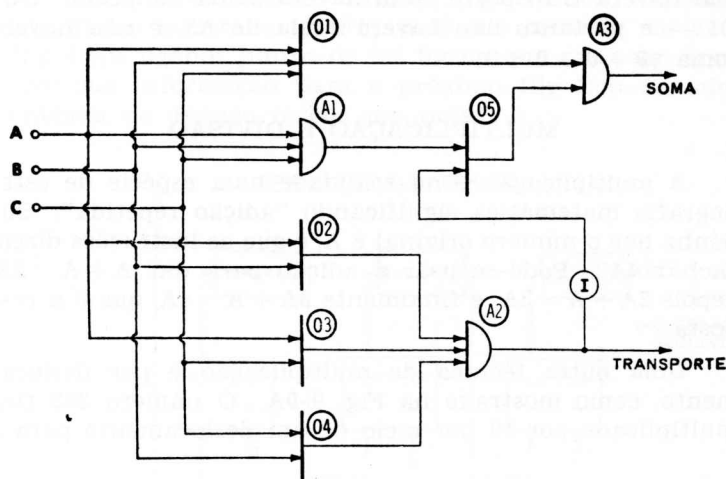
Quando todos os dígitos são 1: $A + B + C (1 + 1 + 1)$, há *tanto* uma soma quanto um transporte. Quando todos os dígitos são 0: $\bar{A} + \bar{B} + \bar{C} (0 + 0 + 0)$, não há, obviamente, nem soma nem transporte.

Para acompanhar a adição de números de três dígitos, refira-se à Fig. 9-8B e siga as entradas através do circuito, ao mesmo tempo que leia a explanação seguinte. (O elemento I é o inversor, que converte um 1 em 0, e um 0 em 1.)

Tudo 1's: As três portas "OU" (O1, O2, e O3) cada uma tem dois 1's. Assim, há um 1 vindo de cada uma

	A	B	C	D	E
	ADENDO	AUGENDO	ENTRADA TRANSP.	SOMA	TRANSP. DE SAÍDA
1	1	0	0	1	0
2	0	1	0	1	0
3	0	0	1	1	0
4	1	1	0	0	1
5	1	0	1	0	1
6	0	1	1	0	1
7	1	1	1	1	1
8	0	0	0	0	0

(A) Combinações possíveis.



(B) Circuito.

Fig. 9-8 — Diagrama do somador completo.

delas, resultando em três 1's na porta "E" A2. Isto proporciona um transporte, o qual é invertido e aparece como um 0 em O5. Mas os três 1's em A1 proporcionam uma entrada de 1 em O5; portanto, O5 produz uma saída. O1 tem três 1's; assim há dois 1's em A3. Isto produz uma saída que contém tanto uma soma como um transporte ($1 + 1 + 1 = 11$).

Dois 1's: As três portas "OU" (O2, O3 e O4) terão cada qual pelo menos um 1. A2 terá três 1's — portanto haverá um transporte. A porta "E" A1 terá dois 1's e portanto não produzirá saída. A2 terá uma saída (transporte

te), mas ela será invertida através de I. Uma vez que a porta "OU" O5 não terá entrada, também não terá saída para A3 e assim não haverá soma ($1 + 1 + 0 = 10$; $1 + 0 + 1 = 10$; $0 + 1 + 1 = 10$).

Um 1: Com um só 1, não pode haver três entradas para A2 — e portanto não haverá transporte. O inversor converterá este 0 para 1, o qual a porta "OU" O5 passará para a porta "E" A3. A3 também tem uma entrada proveniente de O1 — portanto há uma soma, mas não transporte ($1 + 0 + 0 = 1$; $0 + 1 + 0 = 1$; $0 + 0 + 1 = 1$).

Tudo 0's: Não haverá entrada para A2 — e portanto não haverá transporte. Não haverá saída da porta "OU" O1 — e portanto não haverá saída de A3, e não haverá soma ($0 + 0 + 0 = 0$).

MULTIPLICAÇÃO E DIVISÃO

A multiplicação é na realidade uma espécie de este-nografia matemática significando "adição repetida". Suponha que o número original é A, e que as instruções dizem "achar 4A". Pode-se usar a adição para dar $A + A = 2A$, depois $2A + A = 3A$, e finalmente $3A + A = 4A$, que é a resposta.

Uma outra técnica de multiplicação é por deslocamento, como mostrado na Fig. 9-9A. O número 352 fica multiplicado por 10 por meio de um deslocamento para a

$$\begin{array}{r}
 \text{DESLOC. P. ESQ. } \dot{E} \times 10 \\
 \quad 3 \ 5 \ 2 \ . \ 0 \ 0 \\
 \quad 3 \ 5 \ 2 \ 0 \ . \ 0 \ 0 \\
 3 \ 5 \ 2 \ 0 \ 0 \ . \ 0 \ 0 \\
 \\
 \text{DESLOC. P. DIR. } \dot{E} \div 10 \\
 \quad . \ 3 \ 5 \ 2 \ . \ 0 \ 0 \\
 \quad \quad 3 \ 5 \ . \ 2 \ 0 \\
 \quad \quad \quad 3 \ . \ 5 \ 2
 \end{array}$$

(A) Decimal.

$$\begin{array}{r}
 \text{DESLOC. P. ESQ. } \dot{E} \times 2 \\
 \quad \quad \quad 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \\
 \quad \quad \quad 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \\
 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \\
 \\
 \text{DESLOC. P. DIR. } \dot{E} \div 2 \\
 \quad \quad \quad 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \\
 \quad \quad \quad \quad 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad 1 \ 1 \ 0 \ 1
 \end{array}$$

(B) Binário.

Fig. 9-9 — Multiplicação e divisão por deslocamentos.

esquerda, dando 3520; e multiplicado por 100 por mais um deslocamento para a esquerda, dando 35 200. Um número binário tal como 110110 (27) fica multiplicado por 2 quando deslocado uma casa, dando 1101100 (54), e novamente multiplicado por 2 quando deslocado mais uma casa, dando 11011000 (108) como mostrado na Fig. 9-9B. Note que para

cada deslocamento para a esquerda — multiplicação por dois, em binário — cada espaço “vazio” recebe um 0.

A divisão, o oposto da multiplicação, requer um deslocamento para a direita. Por exemplo, começando com o número decimal 352, um deslocamento para a direita divide o número por 10 dando 35,2, e um segundo deslocamento para a direita produz 3,52, que equivale a dividi-lo por 100. O mesmo se aplica ao sistema binário, onde sucessivos deslocamentos para a direita de 110110 produzem 11011 e 1101, ou uma divisão por dois de cada vez. (Ver Fig. 9-9B).

Este deslocamento é feito no registro de deslocamentos. Como mostrado na Fig. 9-10, ele consiste em vários flip-flops ligados juntos de tal forma que cada um transfere sua informação para o próximo flip-flop quando a entrada de avanço recebe um pulso.

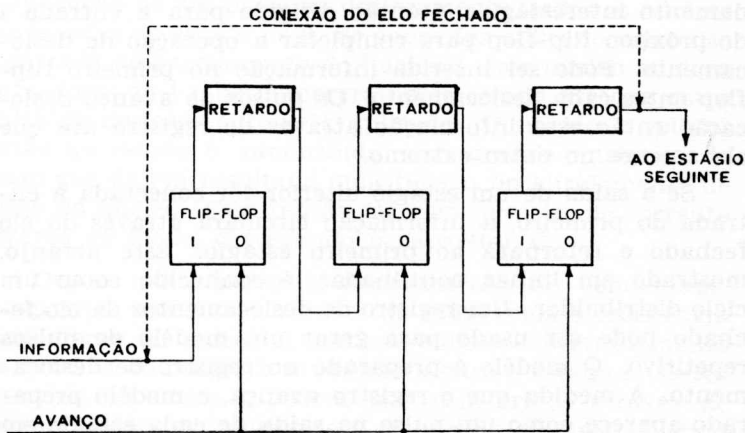


Fig. 9-10 — Diagrama de um registro de deslocamentos.

Deve aqui ser lembrado que os flip-flops podem ser feitos com válvulas, transistores, ou quaisquer outros dispositivos ativos, e que cada flip-flop tem dois estados estáveis chamados “armado” (1) e “desarmado” (0). Pode-se dizer que um flip-flop proporciona um tipo de memória. Ele permanecerá em seu último estado até que um pulso significando o estado oposto venha fazê-lo mudar. Por exemplo, enquanto o flip-flop estiver no estado “armado” ele assim ficará até que chegue um pulso de entrada “de-

sarmado". Ele passará então para o estado "desarmado" e permanecerá até que chegue um pulso na entrada "armado". Esta estabilidade é a razão pela qual o registro de deslocamentos utilizando flip-flops é um dos dispositivos digitais mais simples e mais freqüentemente usados, não somente para deslocamentos, na multiplicação e na divisão, mas também para armazenamento temporário de dados digitais, conversão de séries de dados de série para paralelo ou paralelo para série, e geração de modelos de pulsos. Agora analisaremos diversas técnicas para a geração de modelos de pulsos.

Refira-se outra vez à Fig. 9-10. A linha de avanço está conectada à entrada de zero de todos os flip-flops no registro de deslocamentos. Neste circuito, quando a linha recebe um pulso os flip-flops no estado "armado" (1) mudam para 0, e os no estado "desarmado" (0) permanecem no estado 0. O sinal de saída de um comutador flip-flop é conformado e retardado nos circuitos de retardamento interestágios, e então dirigido para a entrada 1 do próximo flip-flop para completar a operação de deslocamento. Pode ser inserida informação no primeiro flip-flop entre cada deslocamento. Os pulsos de avanço deslocarão então essa informação através do registro até que ela emerge no outro extremo.

Se a saída de um estágio ulterior fôr conectada à entrada do primeiro, a informação circulará através do elo fechado e retornará ao primeiro estágio. Este arranjo, mostrado em linhas pontilhadas, é conhecido como um ciclo distribuidor. Um registro de deslocamentos de elo fechado pode ser usado para gerar um modelo de pulsos repetitivo. O modelo é preparado no registro de deslocamento. A medida que o registro avança, o modelo preparado aparece como um pulso na saída de cada estágio em sucessão. O modelo de pulsos continuará a ser repetido cada vez que a informação circula em torno do elo e volta para seu lugar original no primeiro estágio. O número de "bits" em um ciclo, ou uma "palavra", será igual ao número de estágios no registro de deslocamento.

Os registros de deslocamento magnéticos consistem em um certo número de núcleos magnéticos formando um laço num quadro, conectados de forma tal que a informação digital é logicamente deslocada de um núcleo para o próximo pelo pulso de corrente de deslocamento. O circuito geral é mostrado na Fig. 9-11.

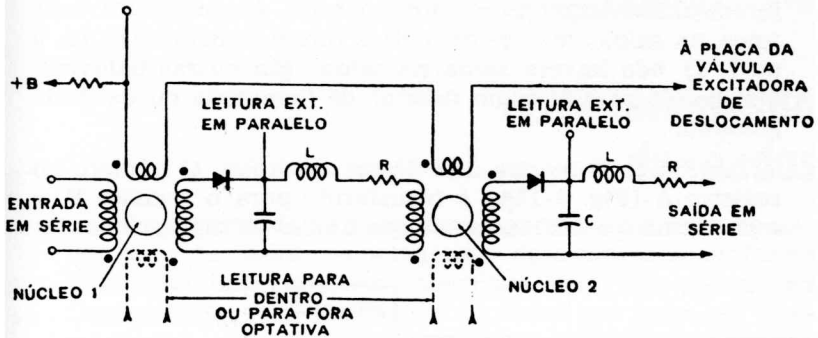


Fig. 9-11 — Um registro de deslocamentos a núcleos magnéticos.

A informação é armazenada num núcleo magnético por meio da associação dos núcleos 0 e 1 com os dois estados de magnetização residual inerentes nos núcleos. Com a aplicação de um pulso de deslocamento, todos os núcleos são levados ao estado de 0. Se agora for aplicado um pulso à entrada do enrolamento do núcleo 1, este núcleo mudará para o estado 1 e permanecerá nesse estado até que outro pulso de deslocamento seja aplicado. O núcleo 1 voltará então ao estado 0, produzindo uma grande mudança de fluxo que dá em resultado uma tensão no enrolamento de saída do núcleo. Esta tensão faz com que circule corrente através do diodo, carregando o capacitor C.

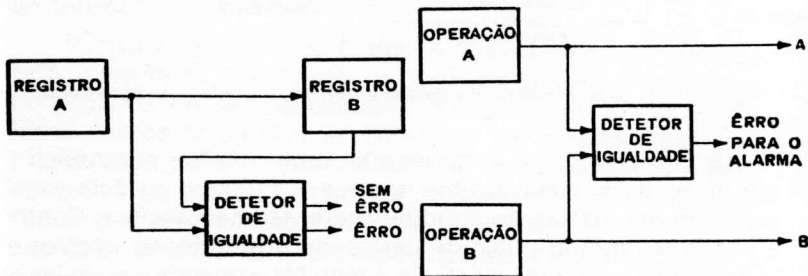
Depois que o pulso de deslocamento for completado, o capacitor descarrega através da indutância e resistência formadoras do pulso. A corrente circula no enrolamento de entrada do núcleo 2, mudando-o para o estado 1. Desta maneira, os sinais 1 podem ser transferidos através de longas fileiras de núcleos sem atenuação sensível. O sinal 0 pode ser transferido de um núcleo para outro, uma vez que não há grande mudança de fluxo no enrolamento de saída; portanto o núcleo seguinte não recebe sinal de entrada. A relação entre o sinal 1 e o sinal 0 é uma medida importante da eficiência elétrica do registro, e por esta razão deve ser tão grande quanto possível.

CIRCUITOS DE COMPARAÇÃO

O somador parcial (Fig. 9-6) tem uma característica importante, que permite seu uso como um circuito de comparação para detetar erros. Se dois dígitos diferentes

forem alimentados ao somador parcial, êle produzirá uma soma na saída; mas se os dígitos forem semelhantes (0, 0 ou 1, 1) *não* haverá soma na saída. Em outras palavras, o somador parcial é um detetor de igualdade ou de desigualdade.

A Fig. 9-12 mostra dois dêssees exemplos. O número no registro A (Fig. 9-12A) é transferido para o registro B, e o problema é certificar-se de que ambos os registros conte-



(A) Verificação da transferência entre registros.

(B) Verificação de duas operações em paralelo.

Fig. 9-12 — Circuitos de comparação.

nham o mesmo número. O somador parcial compara os conteúdos de A e de B, dígito por dígito. Enquanto não houver saída, isto significa que o dígito em A é o mesmo que o dígito correspondente em B. O computador pode agora apagar o registro A, uma vez que A transferiu seu conteúdo para B sem erro. Entretanto, um sinal “erro” indica que foi cometido um engano; assim sendo, o registro B deve ser esvaziado e o número transferido de novo.

Um segundo uso do detetor de igualdade é mostrado na Fig. 9-12B. Há dois estágios em paralelo, A e B, cada um dêssees resolvendo o mesmo problema aritmético. O detetor de igualdade compara os resultados de cada um, dígito por dígito. Sòmente se êles forem idênticos — significando que não houve erro em qualquer dos estágios — é que o computador prosseguirá para a próxima etapa.

capítulo 10

armazenamento de dados

Os computadores requerem diversos tipos de armazenamento de dados, ou memórias, determinados conforme seja mais importante a velocidade com que podem ser “lembrados”, ou a quantidade de dados que possa ser “memorizada”. Por exemplo, um computador tem uma memória pequena, de alta velocidade de acesso, para inserção ou extração, numa fração de segundo, de pequenas quantidades de dados; uma memória mais lenta, mas de maior capacidade, para as informações não requeridas imediatamente; e uma terceira, para armazenamento “em grosso”.

Fita Magnética ou Cartões Perfurados	Tambor Magnético	Núcleos Magnéticos
Baixa Velocidade	Média Velocidade	Alta Velocidade
Capacidade ilimitada	Alta Capacidade	Baixa Capacidade
Entrada Saída	Memória Secundária	Memória Primária

Fig. 10-1 — Comparação dos vários métodos de armazenamento.

Estes três sistemas podem ser vistos pela tabela da Fig. 10-1. A memória principal do computador é usualmente uma matriz de núcleos magnéticos, constituída de milhares de pequeninos anéis magnéticos. Os dados podem ser obtidos em um tempo extremamente pequeno, mas a capacidade total é limitada.

Um tambor magnético, que é um cilindro com uma série de trilhas magnéticas, forma a memória auxiliar ou secundária. Seu tempo de acesso — ou o tempo que ela gasta para achar um determinado elemento da informação — é maior que no sistema de núcleos, mas ela tem maior capacidade de armazenamento.

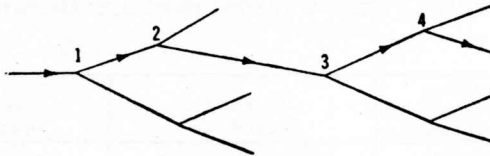
As fitas magnéticas e os cartões perfurados são a terceira forma de memória. Não há limite para a quantidade de informações que eles podem armazenar, mas seu

tempo de acesso é muito mais longo que para as outras memórias.

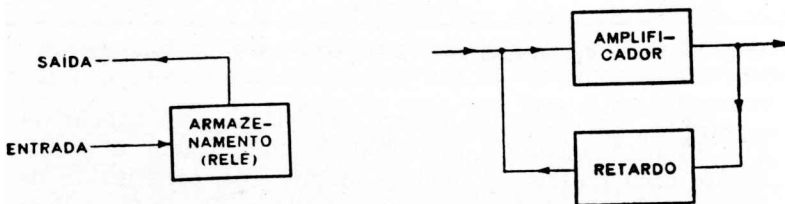
Existem outras formas também. Um flip-flop, por exemplo, “lembra-se” do seu último estado (quer 1, quer 0) até que excitado para mudar de estado. Entretanto, os três dispositivos de memória na Fig. 10-1 são os mais importantes, embora outros sejam também discutidos neste capítulo.

MEMÓRIA DO COMPUTADOR

Há uma notável semelhança entre o armazenamento num computador e o cérebro humano. Da mesma forma que o computador utiliza simples dispositivos “ligado-desligado” para armazenamento, assim se acredita que o cérebro humano recebe impressões similares do sistema ner-



(A) Percurso de uma série de decisões sim-não.



(B) Armazenamento estático.

(C) Armazenamento dinâmico.

Fig. 10-2 — Tipos de armazenamento.

voso. Os neurônios, ou células nervosas, parecem operar como dispositivos “sim-não” ao enviarem informações ao cérebro. Por exemplo, podem estar armazenados em seu cérebro estes dois “bits”: “Sim, eu vou correr se vir um urso”, e seu oposto, “Não, eu não vou correr se eu não vir um urso”. Assim que o seu nervo óptico enviar a mensagem “Não, eu não vejo um urso”, o cérebro responderá “Não, eu não vou correr”. Mas no momento que o nervo óptico diz “Sim, eu vejo um urso”... você sabe o resto.

Mesmo os mais complexos percursos podem ser seguidos, usando uma série de decisões "sim-não" como na Fig. 10-2A. Através de uma série de chaves simples, um percurso tal como 1-2-3-4 conduzirá a uma ação; e mudando qualquer chave, um novo percurso pode ser locado. Tanto no cérebro como no computador, a memória aceita esses modelos de percurso conduzindo à meta, ao mesmo tempo que rejeita todos os outros.

O armazenamento pode ser estático, como num relé de retenção ou nos cartões perfurados, onde os dados permanecem em um lugar (Fig. 10-2B); ou dinâmico, onde os dados circulam, como o pulso na Fig. 10-2C. Aqui o armazenamento consiste na circulação do bit através do amplificador. Se o amplificador falhar, o pulso estará perdido.

O computador e o cérebro humano parecem ter ainda uma semelhança. O cérebro aparentemente armazena as memórias mais antigas de uma forma estática (o subconsciente), e as memórias mais recentes de uma forma dinâmica (o consciente). Mas o cérebro tem uma capacidade enorme, que nenhuma memória de computador pode sequer aproximar. O cérebro médio pode armazenar de 100 milhões a 1 quatrilhão (10^8 a 10^{15}) "bits"! Um computador com a mesma capacidade teria o tamanho do Empire State Building. Mas levaria tanto tempo para examinar os dados armazenados, que ele seria uma inutilidade.

Além de serem classificados de acordo com a capacidade de armazenamento e a velocidade relativa, como na Fig. 10-1, ou como estáticos ou dinâmicos, como na Fig. 10-2, os sistemas de armazenamento podem também ser considerados como voláteis ou não-voláteis. Em um sistema de memória não-volátil, ou permanente, a informação permanece armazenada mesmo depois que a fonte de alimentação do computador for desligada. Exemplos deste tipo de armazenamento são os núcleos, fitas, ou tambores magnéticos; fitas e cartões de papel perfurado; e filmes fotográficos. Em sistemas de memória voláteis os dados desaparecem quando a fonte de alimentação é desligada. O armazenamento volátil inclui linhas de retardo, relés, válvulas, transistores e tubos de raios catódicos.

ARMAZENAMENTO MAGNÉTICO

Há três tipos de memória ou armazenamento magnético: (1) núcleos, consistindo em pequenos toróides de ma-

terial magnético; (2) fitas, enroladas em carretéis; e (3) tambores, feitos de pedaços curtos de fita enrolados em tórno de um cilindro.

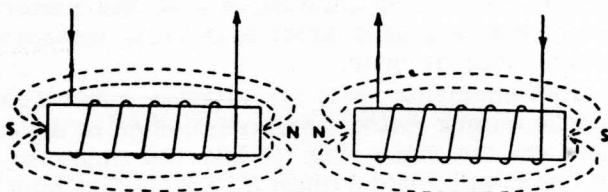


Fig. 10-3 — Magnetização de um núcleo.

Tôdas as formas de memória magnética dependem do princípio, ilustrado na Fig. 10-3, que uma corrente através de um enrolamento criará um campo magnético numa dada direção, e uma corrente oposta criará um campo magnético de direção contrária. Usando um núcleo de material retentivo, é possível armazenar o campo magnético no material do núcleo mesmo depois que o fluxo de corrente cessou.

MEMÓRIA DE NÚCLEOS

Um dos mais significativos avanços em sistemas de memória é a memória de núcleo magnético. O núcleo é um toróide de material magnético tal como magnésio-manganês ou ferrite de níquel-zinco, e êle pode ser magnetizado quer no sentido direto, quer no inverso. Isto significa que tanto um 1 como um 0 podem ser armazenados, dependendo da direção do fluxo magnético de densidade B , e o núcleo permanecerá nesse estado (direção da magnetização).

A Fig. 10-4 mostra uma curva de histerese para um núcleo magnético, sendo locadas a densidade de fluxo B e a força magnetizante H . Seja $-B_R$ o estado inicial do núcleo. Se um pulso de corrente igual ou maior que $+H_M$ for aplicado, a densidade de fluxo crescerá para $+B_M$ durante a duração do pulso. Quando o pulso é removido, o fluxo cairá para $+B_R$, ou seja o fluxo de repouso. Esta condição pode ser considerada o armazenamento de um 1.

Se um pulso de polaridade oposta igual ou maior que $-H_M$ fôr então aplicado, a densidade de fluxo se deslocará para $-B_M$ e depois retornará para $-B_R$ quando o pulso

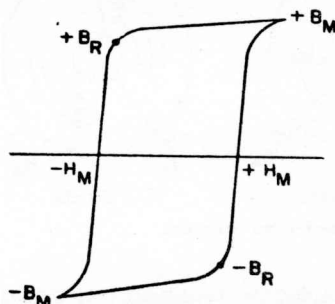


Fig. 10-4 — Curva de histerese.

cessar. Assim, $-B_R$ pode ser considerado como representando o armazenamento de um 0.

Mais uma vez, consideremos o núcleo começando em $-B_R$, que significa o armazenamento de um 0. Se um pulso *negativo* fôr aplicado, o núcleo não mudará de estado, mas irá para $-B_M$ e depois ficará outra vez em repouso em $-B_R$. Assim, a “comutação” de um estado para outro requer um pulso de corrente de direção oposta ao do estado presente do núcleo.

No processo de comutação a grande relação de mudança no fluxo durante o tempo t causa uma tensão induzida.

$$e = -N \frac{d\phi}{dt}$$

onde,

N é o número de espiras no enrolamento de saída

ϕ é o fluxo em webers

Esta tensão de saída aparece tôdas as vêzes que o núcleo muda de estado. Utilizando esta ação pode-se desenvolver um sistema rudimentar de memória. Um pulso de corrente armazena um dígito, ou bit, de informação (um 1 ou um 0) em cada núcleo, como mostrado na Fig. 10-5. Quando a informação é desejada, o núcleo em questão recebe um pulso e a saída é “lida”. Se esta informação fôr requerida na mesma posição em outra oportunidade, ela é recolocada por meio de regeneração.

A informação é colocada neste sistema de memória pondo-se um 1 ou um 0 em cada núcleo. O enrolamento

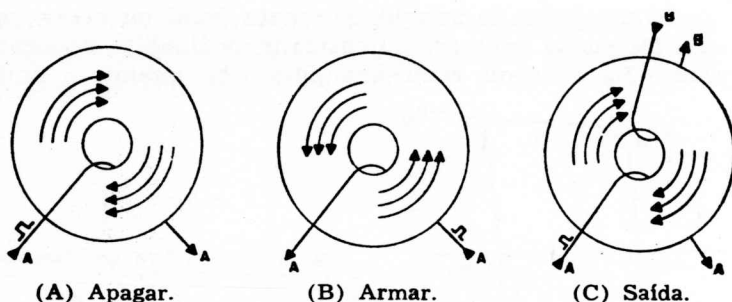


Fig. 10-5 — Magnetização do núcleo.

de saída também é feito sobre o núcleo. Quando um pulso negativo (um pulso na direção oposta) é aplicado ao enrolamento, somente os núcleos que estão armazenando um 1 é que serão comutados e produzirão uma saída; os núcleos contendo um 0 não serão comutados e portanto não produzirão uma saída. (Em alguns circuitos um enrolamento "inibidor" é acrescentado para evitar que alguns núcleos sejam comutados).

Dêsse modo, a informação retida por êsses núcleos pode ser lida a qualquer momento. Neste simples sistema, entretanto, a informação fica perdida quando se faz a leitura, a menos que ela seja regenerada por outros circuitos.

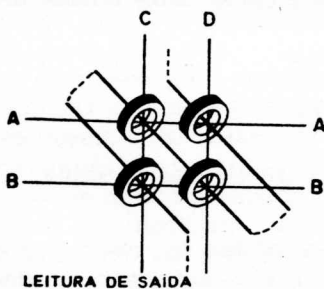


Fig. 10-6 — Pcrção de um plano de memória.

Também, na memória de fato existente no computador, é usado um sistema de comutação por matriz, para endereçar a informação aos núcleos de forma a reduzir o número de válvulas ou transistores necessários.

O diâmetro dos núcleos é de menos de 2 milímetros, o que significa que 10 000 caberão numa área de 25 x 25 centímetros — ou mais de 15 bits por centímetro quadrado! Os núcleos são montados sobre fios horizontais e verticais, como mostrado na Fig. 10-6, e cada núcleo pode ser

identificado pelos fios que o interceptam, tais como AC, AD, BC ou BD. Outro fio, passando através de todos os núcleos, representa o enrolamento para leitura.

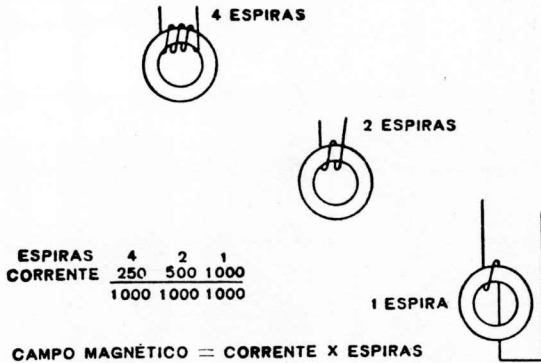


Fig. 10-7 — Magnetização de uma bobina.

É necessário um grande fluxo de corrente para magnetizar um núcleo, porque os fios passam através do núcleo, em vez de serem enrolados em torno dele. O campo magnético criado é determinado pela intensidade da corrente através de uma bobina, multiplicada pelo número de espiras nela enroladas, como mostrado na Fig. 10-7. Neste exemplo são necessários 250 miliampêres, com quatro espiras, para um produto de 1 ampère-espira. Com duas espiras somente, seriam necessários 500 miliampêres; e para uma espira, 1 ampère (1 000 mA) seria necessário. Uma vez que o “enrolamento” numa memória de núcleos consiste em apenas meia espira, uma grande corrente circula através dos fios.

Como mostrado pela Fig. 10-7, uma corrente I de um certo valor é requerida para comutar um núcleo — nada menor poderá fazê-lo. A Fig. 10-8 mostra parte de um arranjo de núcleos, ou matriz. Quando V1 súbitamente conduz, um pulso de corrente passa através de cinco núcleos. Mas esta corrente é de apenas $\frac{1}{2}$ I e não é suficiente para comutar nenhum núcleo. V2 é outra válvula, também com um pulso de corrente de placa de $\frac{1}{2}$ I e passando através de cinco núcleos. Assim, somente o único núcleo que fica na interseção dessas duas linhas recebe a corrente total I e é comutado.

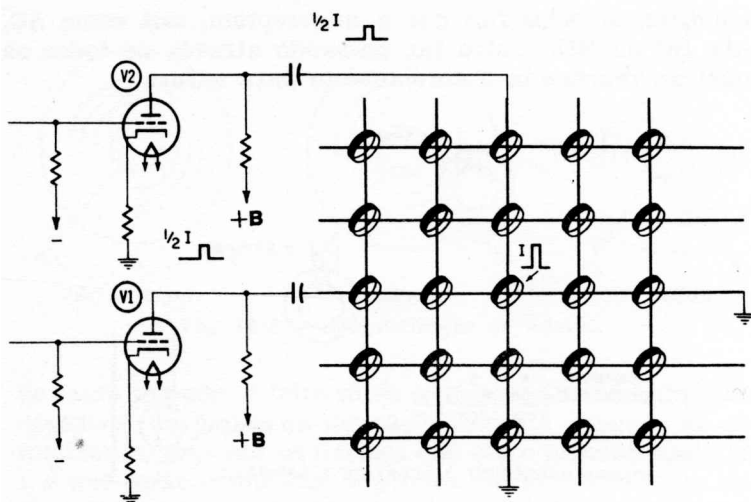


Fig. 10-8 — Porção de um excitador de um plano de núcleos.

Desde que cada núcleo magnético só pode armazenar um bit, centenas de núcleos são necessários numa memória de computador. Em virtude de seu curto tempo de acesso, a informação pode ser introduzida ou lida muito

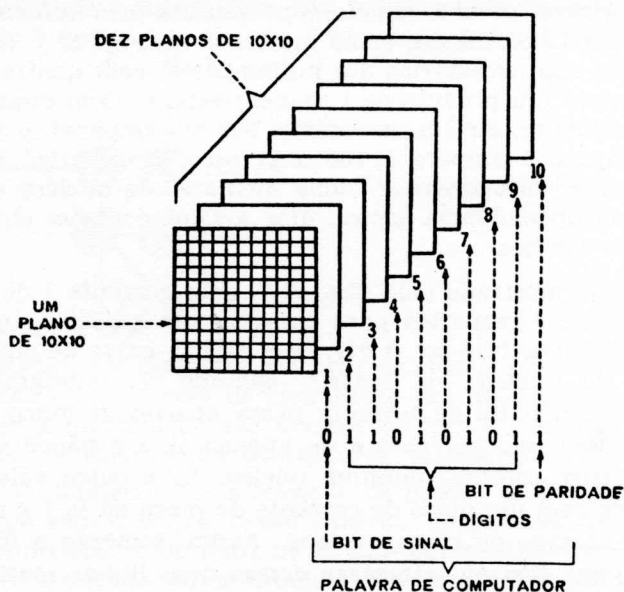


Fig. 10-9 — Um sistema de 10 planos.

rapidamente. Cada grupo completo de núcleos é um plano de memória, como mostrado na Fig. 10-9. Este tem 10 núcleos em cada lado, ou um total de 100 núcleos. Como há 10 planos, há 1 000 núcleos ao todo — uma memória

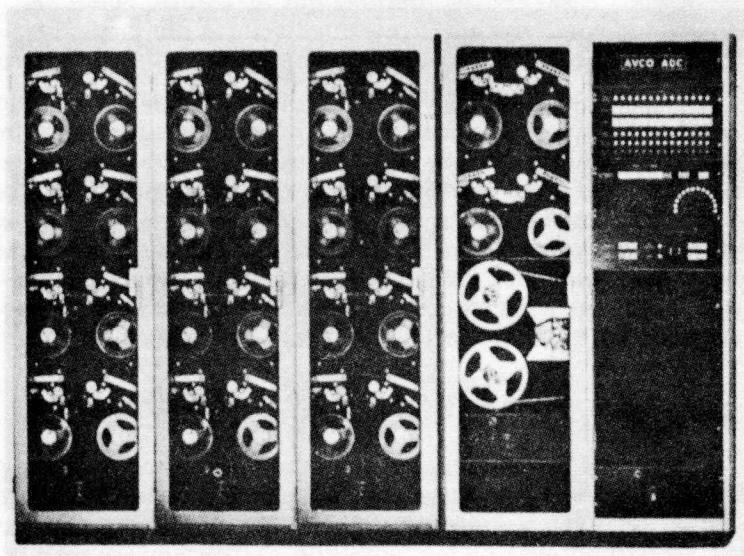


Fig. 10-10 — Uma unidade de leitura de fita.

pequena, em termos dos computadores modernos. Uma palavra de computador neste exemplo tem um total de 10 bits — oito representando o número, um representando um sinal mais ou menos, e um que é o bit de verificação (paridade). Uma vez que cada palavra tem 10 bits e são disponíveis 1 000 bits, a memória pode armazenar 100 palavras. No sistema paralelo ilustrado, cada bit cai em seu próprio plano de memória.

Complexos circuitos são necessários para introduzir e extrair dados numa memória de núcleos. Visto que, nesta discussão, é necessária uma válvula excitadora (Fig. 10-8) para cada linha vertical ou horizontal, seriam necessárias 1 000 válvulas para a memória da Fig. 10-9! Na prática, é usada uma matriz de comutação para reduzir o número

de válvulas necessárias. Isto é parte do sistema de endereçamento que localiza o núcleo desejado.

Os sistemas de núcleos magnéticos têm várias funções de armazenagem num computador moderno: um sistema principal de armazenamento, de grande capacidade, formando a memória; um sistema menor que se enche de informações e se esvazia num ritmo diferente, comumente conhecido como memória intermediária; e um grupo ainda menor para uso momentâneo, conhecido como um registro.

Duas novas técnicas de memória foram desenvolvidas, embora os núcleos sejam mais amplamente usados. Um dos métodos compreende uma placa de ferrite com pequenos orifícios nela perfurados; um campo magnético ao redor de cada orifício forma o bit de memória, e usam-se circuitos impressos para as ligações necessárias à inscrição e leitura dos dados. Na segunda técnica, camadas extremamente delgadas de um material magnético são depositadas sobre um material isolante.

ARMAZENAMENTO EM FITA MAGNÉTICA

Fitas magnéticas guardadas fora do computador podem armazenar enormes quantidades de informações, mas seu tempo de acesso é maior do que para outras memórias

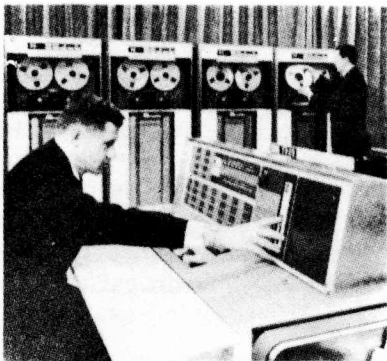


Fig. 10-11 — Armazenamento de fita para o sistema de processamento de dados IBM 7090.

porque os rolos de fita têm centenas de metros de comprimento. A Fig. 10-10 mostra um armário de 15 fitas, cada um com dois carretéis, servindo como a entrada do computador. O sistema IBM 7090 usa um armário semelhante, como ilustrado na Fig. 10-11.

Cada fita é desenrolada de um carretel e enrolada em outro, passando pelo menos por uma cabeça magnética, como mostrado na Fig. 10-12. A fita consta normalmente de três camadas. Sua base é comumente um plástico tal como o Mylar, sobre o qual é depositada uma camada muito fina de óxido de ferro para formar a substância magnética. Uma terceira camada protetora impede que o óxido seja raspado à medida que ele se move passando pela cabeça.

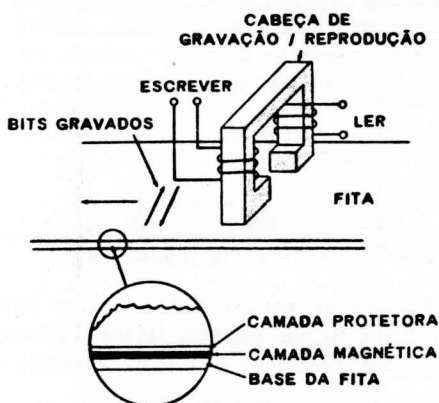


Fig. 10-12 — Gravação em fita.

A cabeça assemelha-se aos núcleos de uma memória magnética, com a diferença de ter um entreferro na estrutura magnética. O fluxo magnético fica contido na estrutura e penetra na fita através do entreferro.

A medida que a corrente passa através do enrolamento de "inscrição", é impresso um campo magnético através da fita. Dependendo da direção da corrente, será gravado um 1 ou um 0. Se houver informação gravada na fita, a mesma cabeça pode ser usada para reproduzir os dados gravados. Cada seção gravada induzirá um fluxo de corrente no enrolamento de "leitura", à medida que o fluxo magnético corta a bobina de leitura; e uma vez que a leitura e a inscrição não ocorrem ao mesmo tempo, um único enrolamento na mesma cabeça pode ser usado para ambos. Na função de inscrição, o fluxo de corrente no enrolamento produzirá um campo magnético para a gravação. Na função de leitura, um fluxo de corrente é induzido na cabeça pela passagem de um bit gravado. O entreferro, usado para ambos os fins, é geralmente da ordem de 0,025 milímetros, e é preenchido por uma pequena e muito delgada película de material não-magnético.

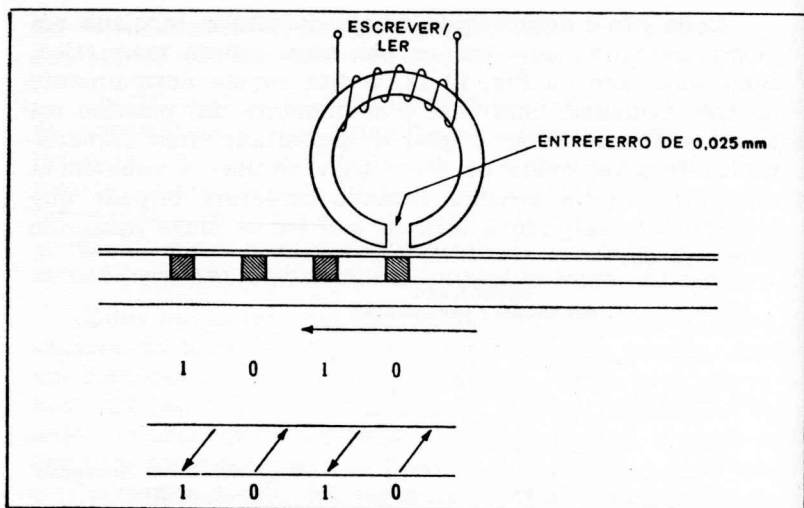


Fig. 10-13 — Gravação sôbre uma fita magnética.

Como mostrado na Fig. 10-13, uma série tal como 1010 poderia ser inscrita por uma única cabeça leitora-gravadora. Neste caso um 1 é magnetizado em uma direção e um 0 na outra.

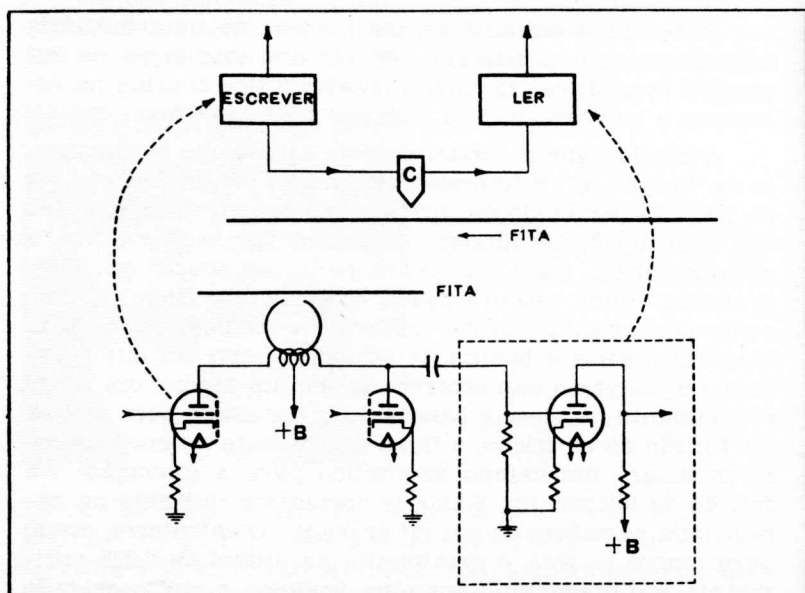


Fig. 10-14 — Amplificadores de leitura e escrita.

Uma única cabeça com amplificadores para inscrição e leitura é mostrada na Fig. 10-14. Dois amplificadores ou excitadores de inscrição são mostrados, um para cada direção de magnetização. Uma vez que a gravação e a reprodução ocorrem em tempos diferentes, o sinal captado pelo mesmo enrolamento da bobina durante a função de leitura é amplificado pelo amplificador de leitura.

O amontoamento dos pulsos (também discutido no Capítulo 3) é uma medida da densidade de gravação dos pulsos — em outras palavras, da proximidade de gravação dos dados. Quanto maior a densidade de pulsos, menor a quantidade de fita necessária para armazenar a informa-

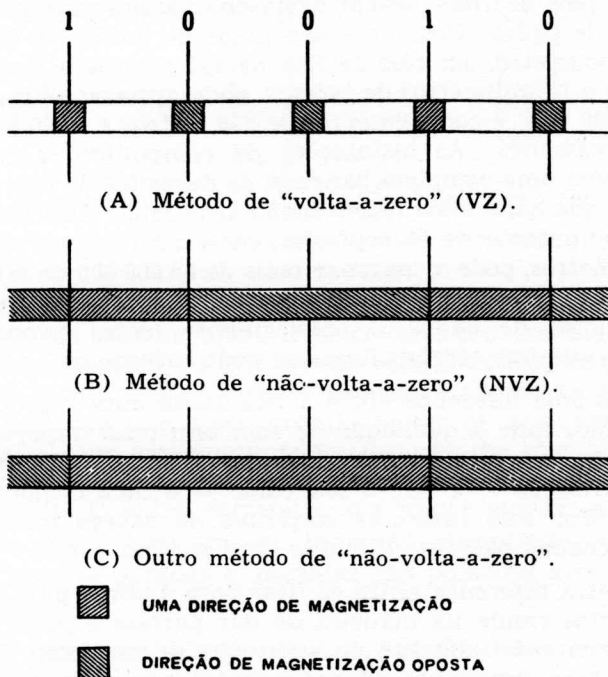


Fig. 10-15 — Métodos de gravação em fita.

ção. A Fig. 10-15A mostra um possível método de gravação, o da técnica de "volta-a-zero" (VZ). Como seu nome indica, a magnetização volta a zero depois de cada bit gravado, quer seja um 0, quer um 1. As duas diferentes direções de gravação magnética para um 1 e um 0 são também descritas.

A densidade de pulsos pode ser aumentada pelo sistema de gravação "não-volta-a-zero" (NVZ) nas Figs. 10-15B e C. A Fig. 10-15B ilustra um método no qual a direção de magnetização muda somente comutando de um 0 para um 1, ou de um 1 para um 0. Ao passo que são necessários cinco pulsos gravados para armazenar 10010 na Fig. 10-15A, na Fig. 10-15B somente são gravadas as mudanças nos dígitos. É também possível ter um sistema NVZ no qual a única vez que a direção de magnetização muda é quando se tem que armazenar um 1, como mostrado na Fig. 10-15C.

Qualquer aumento na densidade de pulsos é importante, pois as fitas devem armazenar tremendas quantidades de dados. Com uma densidade de pulsos de 80 bits por centímetro, um rôlo de fita de 400 metros de comprimento e 13 milímetros de largura pode armazenar mais de 2 800 000 bits; e comprimentos de 800 metros e 1 200 metros são freqüentes. As instalações de computadores muitas vezes têm uma completa bancada de depósitos de fita magnética que nada mais fazem senão armazenar informações. Um computador de 10 depósitos, cada um com um rôlo de 1 200 metros, pode armazenar mais de 85 000 000 de bits individuais de informação. Embora esta seja uma enorme quantidade de dados, é praticamente nada, comparada com a que um cérebro humano pode armazenar!

Há uma diferença entre a fita usada para reprodução de áudio, onde a qualidade de som tem uma importância soberana, e a fita para computadores, onde a direção da magnetização — e não o seu valor — é tudo o que interessa. Por esta razão, as correntes na cabeça inscritora são tornadas bastante intensas para saturar a fita.

Outra diferença entre as fitas para áudio e para computadores reside na maneira de dar partida e parar. Diversamente de uma fita de áudio que se move com lentidão e não precisa ser parada rapidamente, as fitas de computador se deslocam com velocidades de 2,5 metros por segundo, ou mais; e em virtude de o computador ter que localizar dados específicos com extrema precisão, êle deve estar apto a parar a fita no ponto apropriado sem perda de velocidade.

Os dados são armazenados em grupos de palavras de computador ocupando cerca de 25 milímetros de fita e separados por curtas seções de fita em branco. Por exemplo,

digamos que os dados necessários estão armazenados no grupo 856. A medida que a fita se move passando pela cabeça de reprodução, o circuito contador a ela associado contraria até o grupo apropriado. Depois de parar no grupo, a fita pode ter que reverter instantaneamente. Por causa das muitas partidas e paradas rápidas, medidas especiais são usadas para impedir que a fita se quebre. Um sistema típico,

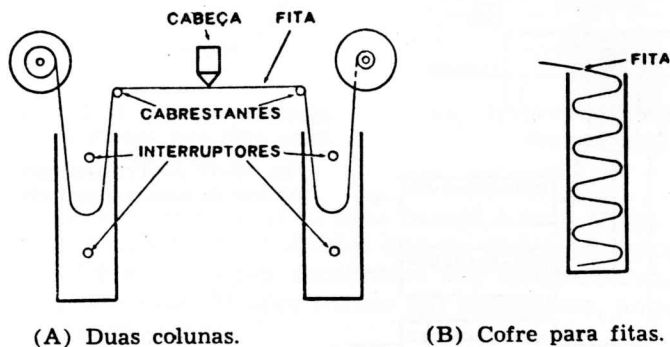


Fig. 10-16 — Técnicas para manuseio de fitas.

mostrado na Fig. 10-16A, é capaz de dar partida ou de parar a fita em 0,005 segundo. Duas colunas são usadas, uma para cada carretel. As chaves são células fotelétricas que mantêm a fita acima da chave inferior e abaixo da superior. Cada fita tem o seu próprio motor de acionamento conectado a um servomecanismo. Quando um rôlo de fita dá partida, êle só tem que puxar pelo laço — não pela fita inteira. O outro carretel e seu motor movem a fita para manter o laço em seu tamanho apropriado. Dêste modo, rápidas paradas e partidas são possíveis sem quebrar a fita.

Em algumas aplicações de alta velocidade os carretéis de fita alimentam cofres, onde a fita descansa em dobras frouxas como mostrado na Fig. 10-16B.

Uma desvantagem da fita é o seu longo tempo de acesso. Em casos extremos, onde os dados estão no fim de um rôlo de 1 200 metros, o computador teria que procurar ao longo de todos êsses 1 200 metros. O tambor magnético discutido a seguir tem um tempo de acesso muito mais curto.

MEMÓRIA DE TAMBOR MAGNÉTICO

As fitas magnéticas podem armazenar enormes quantidades de dados, mas sua velocidade restrita limita seus usos. Usando um tambor magnético, o tempo necessário para localizar a informação necessária é grandemente re-

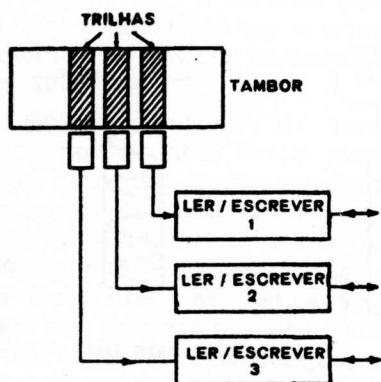


Fig. 10-17 — Trilhas num tambor de armazenamento.

duzido. A Fig. 10-17 mostra um método usando três trilhas, cada uma consistindo em uma tira de fita magnética com uma cabeça combinada de gravação-reprodução. Os dados podem ser tornados disponíveis quase imediatamente com este sistema. Um tambor magnético usualmente gira entre 1 200 e 15 000 r.p.m., 3 600 r.p.m. sendo a média. A informação sempre pode ser localizada, numa única trilha, em menos que uma volta. Na Fig. 10-18, por exemplo, se a cabeça estiver no ponto X sobre o tambor, o próximo ponto de dados desejado pode estar em Y, quase uma volta completa adiante; ou em Z, a apenas um quarto de volta de distância. O tempo máximo de acesso para um tambor girando a 3 600 r.p.m. é 0,0083 segundo, ou 8,3 milissegundos — o tempo necessário para o tambor fazer uma volta completa. O tempo médio é de aproximadamente 4 milissegundos.

Com trilhas magnéticas paralelas e uma densidade de 156 pulsos por centímetro quadrado, cada tambor pode armazenar milhões de bits de dados. O número de bits em cada trilha depende do diâmetro do tambor, o qual varia entre 10 e 40 centímetros; e o número de trilhas depende, naturalmente, da altura do tambor.

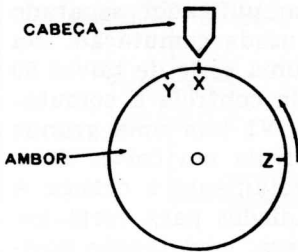


Fig. 10-18 — A informação está a menos que uma volta adiante.

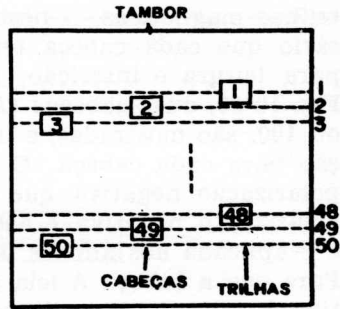


Fig. 10-19 — Posicionamento das cabeças.

A área por baixo de uma cabeça é uma trilha magnética composta de diminutos bits de dados gravados. Quarenta gravações por centímetro são freqüentemente usadas, com mais de doze trilhas por centímetro, ao longo da altura do tambor.

Mesmo com pequenas cabeças de gravação-reprodução, seria impossível colocar 200 cabeças através de um tambor de 30 centímetros, pois isso deixaria apenas 1,5 milímetro para cada cabeça. Em vez disso, as cabeças são escalonadas, como na Fig. 10-19, de modo que suas posições se sobreponham. Isto permite um espaçamento mais cerrado das

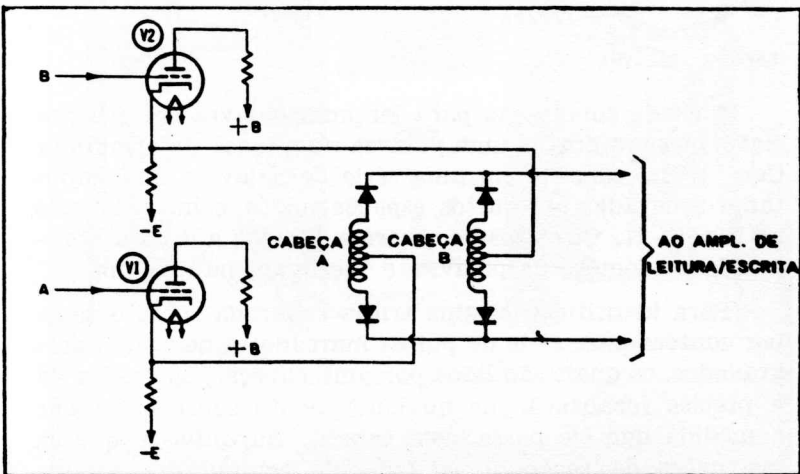


Fig. 10-20 — Isolamento das cabeças para fitas por meio de diodos.

trilhas magnéticas — neste exemplo há 50. Não é necessário que cada cabeça tenha um amplificador separado para leitura e inscrição; pode ser usada comutação. Na Fig. 10-20, duas cabeças (A e B), numa série de talvez 50 ou 100, são mostradas, e uma válvula controla a comutação para cada cabeça. O catodo de V1 tem uma grande polarização negativa que põe a válvula em corte. Esta polarização negativa é acoplada diretamente à cabeça A e é aplicada aos anodos do par de diodos para cortá-los. Para que a cabeça A leia ou reproduza, uma tensão positiva é aplicada à grade de V1. Esta válvula conduz, e a queda através do resistor de catodo torna a tensão de catodo positiva. Esta tensão positiva permite que os diodos conduzam e desta maneira “liguem” a cabeça A de forma que ela possa ler ou gravar. Da mesma forma, as outras cabeças podem ser acionadas comutando suas respectivas válvulas de controle.

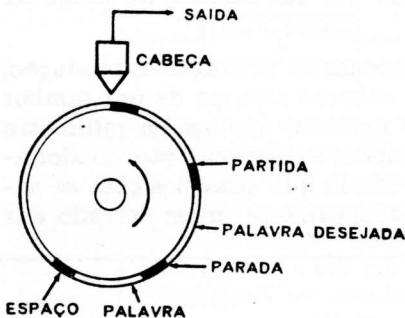


Fig. 10-21 — Espaçamento das palavras de computador no tambor.

É usada comutação para ler uma palavra em sua posição, ou para gravar uma palavra num lugar determinado. Cada trilha consiste em uma série de palavras de computador separadas por curtos espaços vazios, como mostrado na Fig. 10-21. Circuitos de controle “ligam” a cabeça apropriada no começo da palavra, e “desligam-na” no fim.

Para identificação, uma trilha separada sobre o tambor contém uma série de pulsos marcadores de tempo pré-gravados, os quais são lidos por uma cabeça. Sua saída dá a precisa localização de qualquer ponto sobre o tambor à medida que ele passa pela cabeça. Suponha-se que as instruções da seção de controle do computador sejam: “ Ler a palavra 35 na trilha 103”. O seletor de endereços

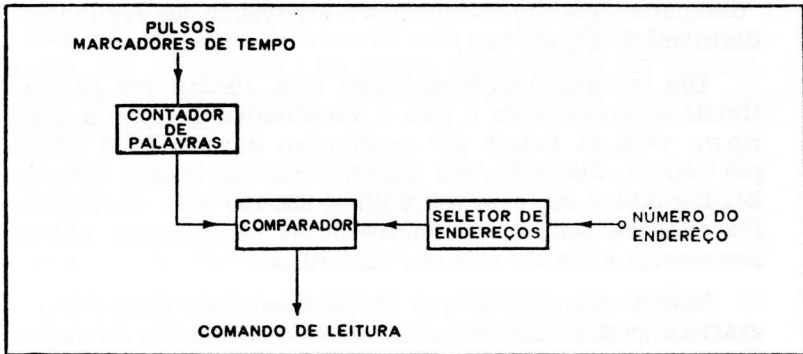


Fig. 10-22 — Seleção de palavras de computador.

(Fig. 10-22) é preparado para uma contagem de 35 e os pulsos da trilha do marcador de tempo no tambor são lidos num contador de palavras. O último, como seu nome indica, conta os pulsos do marcador de tempo que correspondem às palavras na trilha 103. Quando a contagem de 35 é alcançada, o circuito de comparação produz um sinal de saída, dizendo ao circuito de controle para “ligar” a cabeça para a trilha 103. Depois de ler a palavra, a cabeça é

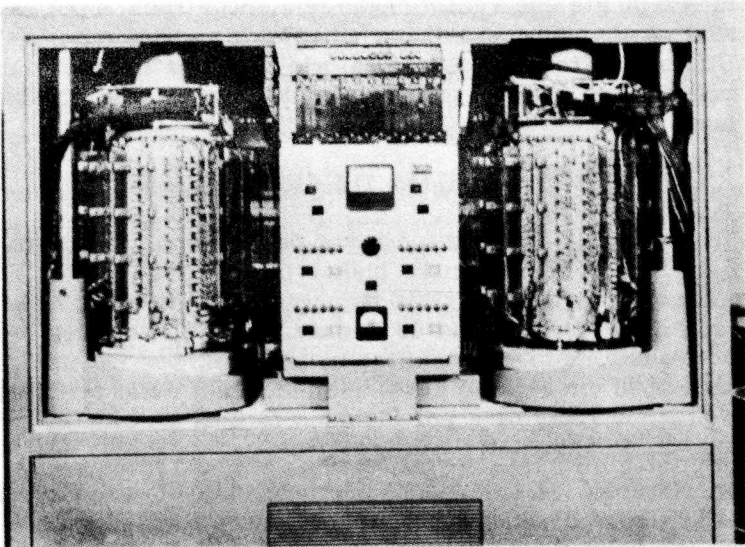


Fig. 10-23 — Unidade de tambores num processador de dados.

“desligada” quando ela alcança o espaçador que segue imediatamente a palavra.

Um tambor magnético típico (Fig. 10-23) tem 19 centímetros de diâmetro e gira a velocidades de 1 800 a 3 600 r.p.m. Com 51 pulsos por centímetro haverá 3 072 pulsos por trilha. Portanto, um modelo com 85 trilhas contém 261 120 bits, e um com 280 trilhas, 860 160 bits. Os tambores maiores, com um diâmetro de 47 centímetros, podem armazenar 6 210 500 bits em 825 trilhas.

Discos magnéticos, que se parecem com discos fonográficos, podem armazenar enormes quantidades de dados. Por exemplo, oito discos, gravados em ambos os lados com 25 trilhas por centímetro e uma densidade de 142 bits por centímetro, podem armazenar mais de 250 000 000 de bits!

Os tambores magnéticos muitas vezes recebem informações diretamente do depósito de fitas, de modo que elas estejam disponíveis no instante em que forem necessárias.

Os sistemas magnéticos são freqüentemente classificados de acordo com seu tipo de acesso. As memórias de núcleo podem ser inscritas ou lidas em qualquer ponto; daí serem elas conhecidas como de “acesso aleatório”. Uma fita requer leitura ao longo de todo o seu comprimento ou até que a informação seja encontrada, e por esta razão é chamada de armazenamento de “acesso em série”. Um tambor requer acesso aleatório da trilha e depois uma pesquisa em série do dado específico desejado — daí seu nome, “aleatório-série”.

OUTROS SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO

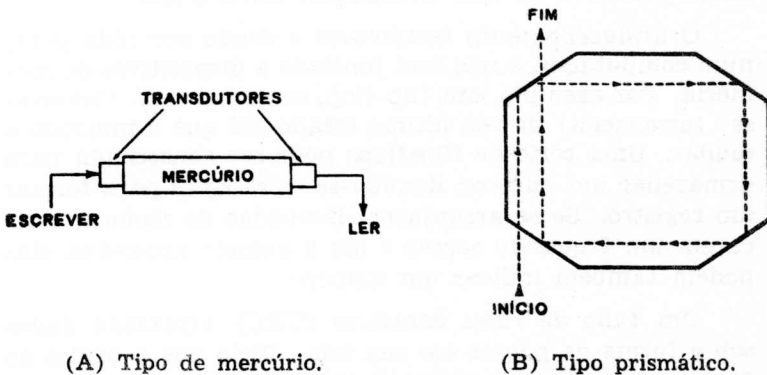
Há vários outros dispositivos de memória, ou armazenamento, de importância menor que os magnéticos. Os computadores muitas vezes requerem uma *linha de retardo*, a qual é uma forma de armazenamento. Num registro de deslocamento com núcleos magnéticos, por exemplo, é necessário um retardo antes que um 1 seja deslocado para o próximo estágio; e em algumas formas de adição, um retardo do transporte é necessário.

Retardos de uns poucos microssegundos e subindo até as centenas de microssegundos, podem ser obtidos fazendo passar os dados através de um meio tal como o tanque de mercúrio na Fig. 10-24A. Cristais de quartzo con-

vertem os pulsos dos dados em pulsos sônicos, os quais “nadam” através do mercúrio com a velocidade do som e assim são retardados. Na outra extremidade do tanque, um segundo transdutor reconverte os pulsos sônicos em pulsos elétricos.

Este retardo assemelha-se a uma trovoadas, onde o relâmpago é visto vários segundos antes que o trovão seja ouvido — sendo a razão para isso a tremenda diferença entre as velocidades do som e da luz.

Há vários tipos de linhas de retardo. Os tanques de mercúrio são úteis para baixas cadências de pulsos; e, num tanque grande, é possível usar vários percursos de retardo sem interferência.



(A) Tipo de mercúrio.

(B) Tipo prismático.

Fig. 10-24 — Linhas de retardamento.

Transdutores de cristal de quartzo transferem os pulsos de e para o tanque, e também pode-se usar quartzo como um retardador pelo emprêgo de um certo número de reflexos internos. Como mostrado na Fig. 10-24B, o percurso em tórno do cristal é cinco vêzes mais longo que o direto. Além disso o retardo pode ser aumentado ainda mais utilizando-se um polígono de muitos lados em vez do que foi mostrado.

As linhas de retardo utilizando o princípio da magne-tostrição têm a característica de ficarem deformadas quando submetidas a um campo magnético, e assim podem enviar de volta uma onda para uma bobina de fio em sua extremidade. Linhas de transmissão especiais são

também usadas para retardar um sinal de radiofrequência passando ao longo delas.

Os relés eletromecânicos como uma forma de armazenamento foram usados nos computadores digitais mais primitivos. Como discutido no Capítulo 2, relés com travamento, nos quais o fluxo de corrente fecha o relé e o mantém fechado, podem ser usados para armazenar dados. Um segundo impulso de corrente é necessário para desarmar o relé — e portanto êle é um armazenador não-volátil (permanente). Entretanto, falta aos relés a confiabilidade de outras técnicas, e são também muito volumosos e dispendiosos. Não obstante, milhares de relés eram usados com sucesso em computadores primitivos — o Mark II da Universidade de Harvard tinha 13 000, e o maior computador primitivo da Bell Telephone, tinha 9 000.

O *armazenamento temporário* é usado por tôda parte num computador, e não está limitado a dispositivos de memória. Por exemplo, um flip-flop, como um relé, “lembra-se” (armazena) de seu último estado até que é induzido a mudar. Uma série de flip-flops pode ser constituída para armazenar um número, ligando-se os estágios para formar um registro. Se se arranjam lâmpadas de modo a indicarem um 1 quando acesas e um 0 quando apagadas, elas podem também indicar um número.

Um *tubo de raios catódicos* (TRC) armazena dados sob a forma de pontos em sua tela. Visto que o brilho do fósforo se desvanece, a memória é volátil e precisa ser regenerada periódicamente.

O *filme fotográfico*, juntamente com o tubo de raios catódicos, fornece um meio para o rápido armazenamento de uma grande quantidade de dados. Um feixe de elétrons modulado pelos dados digitais, varre a face do TRC, e o filme é movido através da face do tubo para registrar os dados. Em razão do filme ser muito mais comprido que a largura da linha de luz do TRC, várias linhas podem ser gravadas em um único trecho. Pequenos pontos são registrados à razão de 10 000 elementos por segundo; e, se podem ser gravadas 50 linhas num filme de 35 mm, isto corresponde a uma cadência de 500 000 bits por segundo! O filme fotográfico pode ser revelado e dêle tiradas uma ou mais cópias para uso futuro. Um *Selectron* é um tipo

especial de tubo de raios catódicos usado para armazenamento de informações.

Na terminologia dos computadores, o armazenamento eletrostático consiste em uma grande matriz de capacitores. A informação é armazenada pelo estado de cada capacitor — por exemplo, um capacitor carregado pode representar um 1, e um capacitor descarregado um 0. O feixe de elétrons de um TRC pode então ser usado para carregar, descarregar, ou fazer a leitura.

Outros dispositivos, tais como cartões perfurados e fitas de papel perfuradas, serão discutidos no capítulo seguinte, sobre sistemas de entrada e de saída.

capítulo 11

dispositivos de entrada e de saída

Os dispositivos de entrada comuns são excessivamente lentos para um computador, o qual trabalha em velocidades super-humanas. Na fração de segundo que se gasta para bater a tecla de uma máquina de escrever, por exemplo, um computador pode fazer centenas, ou até milhares de operações. Para melhor utilizar o tempo disponível de um computador, a informação deve ser preparada e armazenada antecipadamente. As formas de armazenamento incluem fitas de papel, cartões, e fitas magnéticas.

O PROCESSO ENTRADA-SAÍDA

Os dados de entrada para um computador são a ele alimentados manualmente, ou provêm de instrumentos ou sensores, ou já se encontram armazenados numa forma utilizável pelo computador. Usando um teclado, um operador rápido pode bater de quinze a vinte bits por segundo, o que corresponde a dois ou três caracteres por segundo, na mais baixa forma de entrada. Os instrumentos que podem detetar uma variável tal como a pressão ou a temperatura são capazes de fornecer cerca de 10 000 bits por segundo — cerca de 1 000 leituras ou amostras. Finalmente, os dados de computador podem ser lidos de um computador para outro a uma velocidade de 60 000 bits, ou 10 000 caracteres, por segundo. Assim sendo, fica claro que as entradas não manuais são melhores, do ponto de vista de melhor utilização do tempo do computador.

Os dispositivos de entrada podem ser praticamente qualquer instrumento de medida ou de leitura. Podem ser usados dados digitais diretamente, mas a informação em forma análoga (como nos computadores para processos industriais) deve ser convertida em forma digital antes que possa ser usada pelo computador.

Botões e chaves são um dos muitos dispositivos usados para colocar números no computador. Fitas perfuradas e

cartões são outro. Um dispositivo lê os furos no papel ou fita e proporciona sinais de saída correspondentes. Leitoras de impressos, que varrem caracteres feitos com tinta magnética ou letras impressas em código oferecem promissoras possibilidades como dispositivos de entrada de um computador. O equipamento disponível em nossos dias pode ler cheques e outros documentos; e o futuro promete leitoras de impressão capazes de ler até livros, tal como você está lendo este, e de traduzir automaticamente as palavras impressas para dados binários. Outros dispositivos de entrada incluem leitoras de fita magnética, e sensores que medem valores tais como temperatura e os convertem em binário.

Os dispositivos de saída são, até certo ponto, o inverso dos dispositivos de entrada. As mesmas fitas de papel e cartões perfurados, e as fitas magnéticas, são usadas para recolher os dados. Há também outros dispositivos de saída tais como máquinas de escrever comandadas por meio de relés que acionam as teclas, e indicadores visuais usando lâmpadas ou tubos de raios catódicos. Há impressoras que imprimem não somente uma letra, mas uma linha, e até uma página inteira, de uma só vez. Em alguns computadores, locadoras podem traçar gráficos de certos tipos de saídas, e podem ser feitos registros fotográficos de qualquer tipo de saída, para arquivos permanentes.

Todos os esforços vêm sendo feitos para reduzir o tempo entrada-saída de modo a tornar os computadores ainda mais úteis. A Fig. 11-1 mostra um computador eletrônico capaz de ler e processar um documento comercial conven-

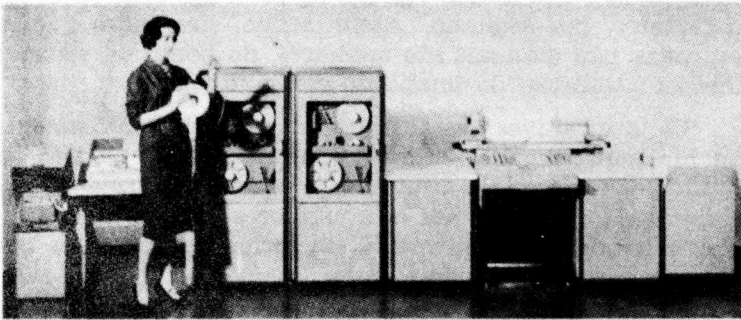


Fig. 11-1 — O computador NCR 390.

cional. Ele capacita as firmas comerciais a conservarem os tradicionais livros copiadores, os quais podem ser lidos pelos empregados; mas ao mesmo tempo esses registros podem ser usados como estão, para processamento de dados eletrônicos.

O computador da Fig. 11-1 afasta-se dos sistemas de entradas usuais. Ele usa fichas ordinárias de contabilidade com quatro tiras magnéticas verticais impressas no verso. Estas tiras não somente “lembram-se” de todos os dados pertinentes a uma determinada conta, mas também dizem ao computador como manusear a conta. A frente da ficha de contabilidade é de aspecto idêntico ao de qualquer formulário comercial e contém impressa a informação normal.

No comércio a varejo, as caixas registradoras muitas vezes são interconectadas com gravadores de fita perfurada que automaticamente preservam, em fita perfurada, um registro das transações de cada dia. As lojas individuais mandam então as fitas para o escritório central, onde elas são processadas automaticamente pelo computador.

Usando fichas de contabilidade magnéticas, este computador pode preparar uma folha de pagamento completa, incluindo os cheques de pagamento e todos os lançamentos necessários, para uma firma com 1 000 empregados, em meio dia de trabalho! Cada ficha magnética dá entrada no computador de informações tais como o número do empregado, departamento ao qual pertence, abonos de faltas, base de pagamento, horas extras, deduções, vencimentos acumulados, etc.

O computador faz então todos os cálculos e imprime os documentos e lançamentos necessários, postos em dia e prontos para o dia seguinte. Os dados essenciais são gravados magneticamente no verso das fichas, enquanto que a frente contém as mesmas informações impressas para referência rápida e exame pelo pessoal. Este computador tem uma memória interna de núcleos magnéticos com capacidade de 200 palavras, juntamente com programas internamente armazenados e que podem ser variados à vontade sem o uso de painéis de terminais ou de interconexões. Os quatro tipos de entradas — fichas de contabilidade magnéticas, cartões perfurados, fitas perfuradas e teclado — podem todos ser usados simultaneamente. Há

também quatro métodos de saída, correspondendo às entradas. A leitora de fita perfurada pode decifrar dados de entrada a uma velocidade de 400 caracteres por segundo. Isto equivale a ler 3 500 números de telefone por minuto!

Muitos computadores são projetados para aceitar dados somente em uma forma, usualmente fita magnética. Em alguns computadores cada entrada é primeiro convertida para fita magnética antes de ser elaborada no computador. Outra entrada comum, especialmente para pequenos computadores, é a fita de papel perfurada. A tarefa do computador determina a velocidade à qual ele deve operar, e portanto a forma de entrada requerida. Um computador de mesa, por exemplo, usaria os cartões perfurados, mais lentos, por motivo de economia.

CONVERSÃO DE ANALOGO PARA DIGITAL

Os dados análogos são antes medidos que contados. Um bom exemplo é um voltímetro, o qual indica o valor que ele está medindo pelo movimento de um ponteiro sobre uma escala.

No processamento de dados comerciais e científicos, quase toda a informação está disponível em forma digital; mas há uma grande e crescente procura de computadores digitais, para controle de processos onde os dados não são digitais. Por exemplo, num processo químico de fabricação controlado manualmente, tal como a refinação de petróleo, os homens que operam o sistema usualmente lêem os medidores e giram as válvulas para completar o processo. No processo automatizado da Fig. 11-2, entretanto, as leituras de temperatura, pressão, e vazão, são obtidas por medidores nos pontos A, B, e C. Sendo em forma

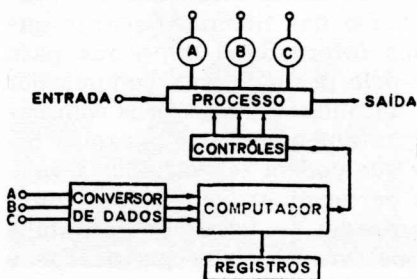
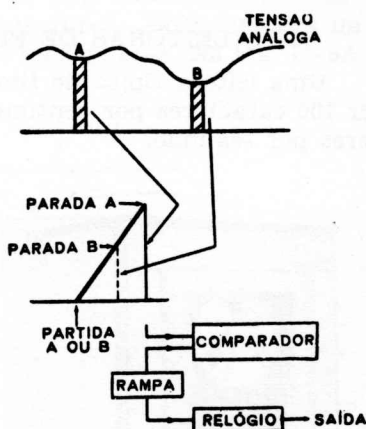


Fig. 11-2 — Um sistema de controle de processos.

análoga, estes dados devem ser convertidos em forma digital onde um computador digital tiver que ser usado. Por meio de seu programa o computador relaciona estas variáveis e fornece sinais de controle para aumentar a tensão em algum ponto, ou reduzir o calor em outro ponto. Ao mesmo tempo é feito um registro impresso para ulterior exame.

Um diagrama de elementos de um conversor de análogo para digital é mostrado na Fig. 11-3. Suponhamos que uma tensão de entrada análoga deve ser convertida

Fig. 11-3 — Conversão de análogo-para-digital.



para um valor digital. Isto é feito usando-se a técnica de amostragem. As duas amostras são aqui A e B, mas quaisquer outras poderiam ser tomadas, naturalmente. Para a amostra A, uma tensão crescente em rampa é aplicada, a qual dá partida a um relógio. A tensão em rampa continua a crescer até que o circuito comparador determina que ela tem o mesmo valor que a amostra. Uma saída de elemento de comparação faz então o relógio parar, e o número de pulsos do relógio representa a amplitude da tensão da amostra. Para uma amostra menor, tal como B, haverá menos pulsos do relógio. Em resumo, então, a saída do relógio é uma série de pulsos, cujo número é determinado pela entrada.

A maior parte dos medidores (um voltímetro é um deles) fornece uma leitura análoga da escala, mas têm sido produzidos novos tipos que fornecem diretamente uma leitura digital. Efetivamente, um tal medidor faz a sua pró-

pria conversão de análogo para digital e fornece não só uma leitura digital visual como também uma série de pulsos digitais.

DISPOSITIVOS DE ENTRADA

Leitoras de cartões perfurados, fitas de papel, e fita magnética foram mencionadas brevemente no início do capítulo; mas seria uma boa idéia penetrar um pouco mais a fundo nesses três dispositivos de entrada, para se ver como eles se comportam alimentando o computador com uma dieta contínua de informações.

LEITORAS DE FITA MAGNÉTICA

Uma leitora típica de fita magnética (Fig. 11-4) pode ler 100 caracteres por centímetro à razão de 30 000 caracteres por segundo.

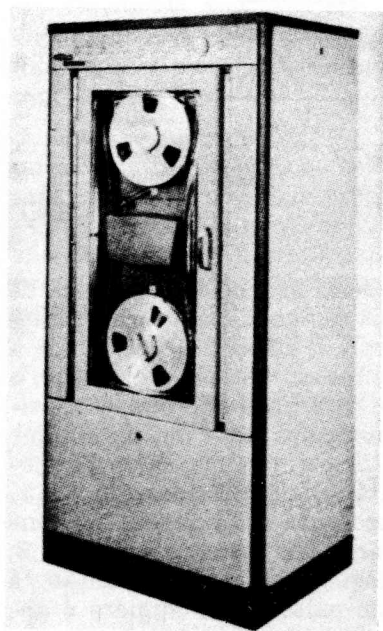


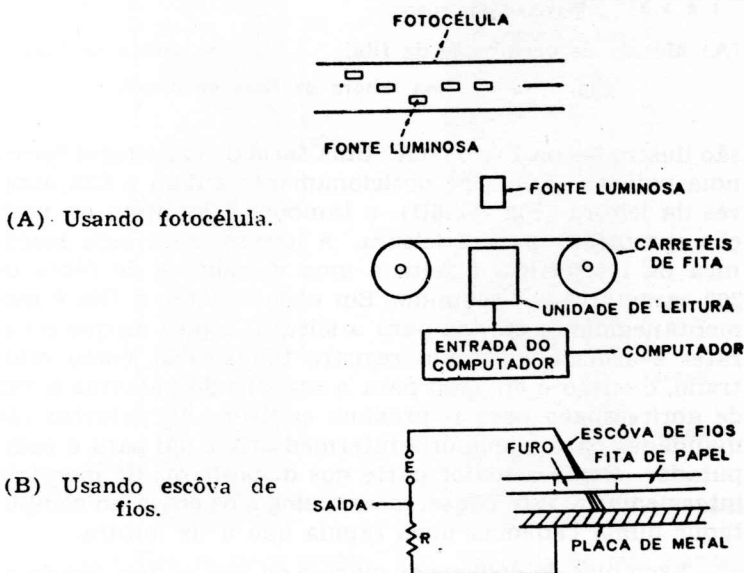
Fig. 11-4 — Uma leitora de fitas magnéticas.

Em muitos computadores, séries de unidades de fita magnética são mantidas e usadas como um sistema de alimentação. Quando um trecho particular de informação é

desejado, o computador “lembra-se” do que deve procurar, e busca entre as fitas magnéticas até que os dados sejam localizados. (A técnica do uso da fita foi discutida de modo mais completo no Capítulo 10.)

FITAS DE PAPEL

A fita de papel perfurado proporciona um armazenamento permanente, indelével, sendo os dados gravados sob a forma de furos feitos em locais específicos. Isto é um outro exemplo de um sistema de dois valores, onde a indicação é ou um “furo” ou “não-furo”. Dois métodos de detetar os dígitos são mostrados na Fig. 11-5. Na Fig. 11-5A

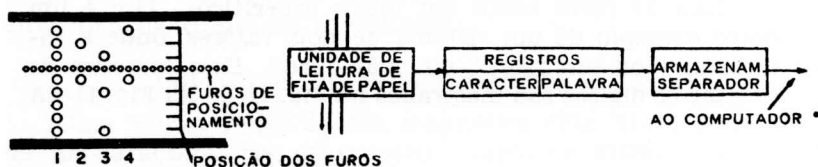


um feixe de luz varre a fita; e em qualquer lugar que haja um furo, a luz atinge uma fotocélula pela qual é emitido um pulso de saída. Uma série de células é necessária, uma para cada linha de buracos perfurados.

Uma técnica diferente é mostrada na Fig. 11-5B. Aqui uma escova de fios condutores completa o circuito através dos furos para uma placa metálica colocada por baixo.

Uma fita de papel perfurado de um teletipo pode ser facilmente convertida para a linguagem do computador por meio de um conversor e depois aplicada como uma entrada.

Os furos na fita de papel podem ser localizados somente em posições predeterminadas, como mostrado na Fig. 11-6A. Cada jôgo de furos através da fita representa um caráter (isto é, um número, letra ou sinal). Quatro dêles



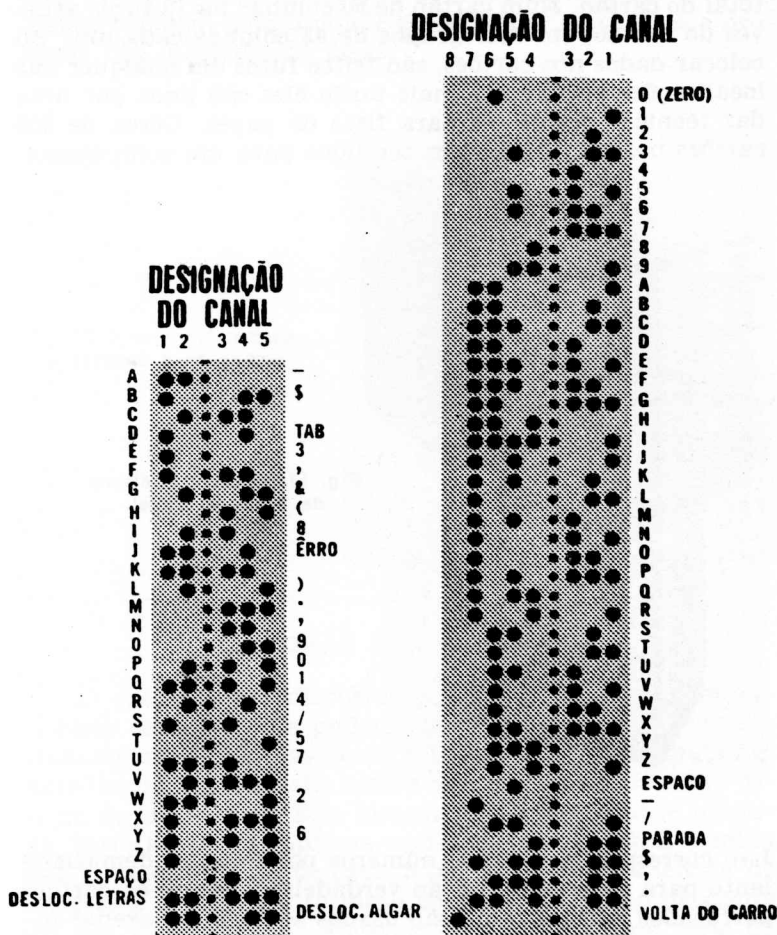
(A) Método de perfuração da fita. (B) A leitora de fita.

Fig. 11-6 — Uma leitora de fitas de papel.

são ilustrados na Fig. 11-6A. Uma série de caracteres forma uma palavra. Furos de posicionamento guiam a fita através da leitora (Fig. 11-6B), e também a mantêm na posição apropriada para a leitura. A leitura, quer seja mecânica ou fotelétrica, é feita a uma velocidade de cerca de 300 caracteres por segundo. Em cada caráter a fita é momentaneamente parada para a leitura, depois do que o caráter é armazenado num registro temporário, como mostrado, e então é enviado para o registro de palavras a fim de abrir espaço para o próximo caráter. As palavras são mandadas para a memória intermediária e daí para o computador. Como a maior parte dos dispositivos de memória intermediária, êste conserva os dados e os envia ao computador numa cadência mais rápida que a de leitura.

Exemplos de códigos de cinco e de oito canais são mostrados na Fig. 11-7. A fita de cinco canais na Fig. 11-7A usa 29 códigos. Como uma máquina de escrever, há uma letra e um algarismo deslocados no mesmo tipo, para permitir a impressão de dois caracteres por meio da mesma tecla. A fita de oito canais na Fig. 11-7B usa 44 códigos, um para cada caráter.

A leitora de fita de papel na Fig. 11-8 provê o computador com uma entrada de 1 800 caracteres por segundo. São usadas verificações de paridade e duas leitoras fotelétricas, cujas saídas são comparadas, para evitar erros.



(A) Fita de cinco canais, 29 códigos.

(B) Fita de oito canais, 44 códigos.

Fig. 11-7 — Códigos de fitas de papel.

CARTÕES PERFURADOS

Os cartões perfurados são usados para todas as formas de faturamento, folhas de pagamento, e outros fins de contabilidade. Praticamente todo mundo já viu este tipo de cartão perfurado. Os cartões da IBM têm 80 colunas, e os da Remington Rand têm 90. Os cartões de 80 colunas têm um caráter por coluna, com 12 furos sobre a largura

total do cartão. Num cartão de 90 colunas há 12 furos através do cartão, em dois grupos de 45 colunas cada um. Ao colocar dados nos cartões, são feitos furos em qualquer das localizações possíveis, e mais tarde êles são lidos por uma das técnicas discutidas para fitas de papel. Cêrca de 200 cartões por minuto podem ser lidos para um computador.

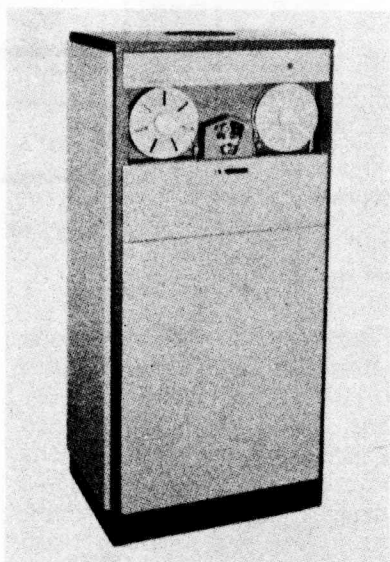


Fig. 11-8 — Uma leitora de fitas de papel.

Isto corresponde a 16 000 números por minuto, demasiado lento para uma computação verdadeira. Assim, os cartões perfurados normalmente são usados só para armazenar informações de entrada e de saída. Para serem usadas no computador, estas informações precisam ser primeiro transferidas para outra memória, mais rápida.

Certo número de técnicas são usadas para processar os cartões. Estas incluem a *perfuração*, fazendo os furos no cartão; a *reprodução*, um método mecânico para “sentir” os furos em um cartão e reproduzi-lo em um novo cartão; e *separação*, ou arranjo dos cartões em certa seqüência. No terceiro método, cartões-chave são colocados num conferidor. Uma pilha de cartões pode então ser passada por êle, e aqueles indicados pelos cartões-chave serão selecionados automaticamente. A leitora de cartões da

Fig. 11-9 tem uma velocidade de 2 000 cartões por minuto. Existe também uma unidade capaz de ler os cartões e produzir fita diretamente deles.

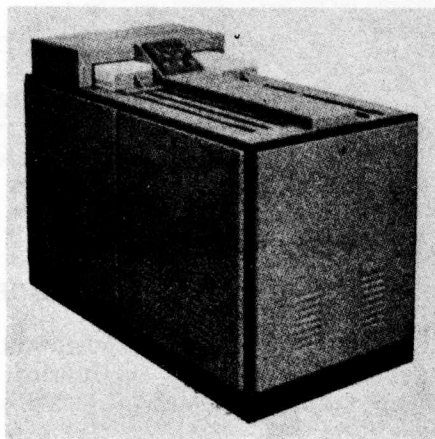


Fig. 11-9 — Uma leitora de cartões perfurados.

LEITORAS DE IMPRESSOS

O máximo em dispositivos de entrada para computadores seria um que pudesse ler uma página impressa e traduzir suas palavras para a linguagem do computador. Acredite-se ou não, esta leitora de impressos existe, em estágio de laboratório. Este dispositivo incrível, quase humano, varre a página impressa com um feixe de luz. A medida que a luz é refletida de cada letra ou número, a leitora de impressos compara o formato com a informação existente em sua memória, que efetivamente contém uma série de estênceis, um para cada letra ou número. Quando um número assim varrido coincide com um dos estênceis armazenados na memória, o símbolo de código apropriado é enviado para o computador.

Os usos possíveis para uma tal máquina ultrapassam a imaginação. Num escritório, computadores poderiam ler, por exemplo, uma fatura ou uma conta de frete e transferir a informação para a memória, de modo a fornecer à administração um sistema de contabilidade perpétuo e direto. Nem sequer é demasiado fantástico visualizar o jornal do futuro, onde os repórteres deixariam suas notas em uma

caixa, para serem lidas, postas em letra de imprensa. revisadas, e impressas automaticamente. Ligando uma leitora de impressos a uma tradutora, seria possível traduzir livros e jornais estrangeiros a baixo custo — um tremendo impulso para as relações diplomáticas.

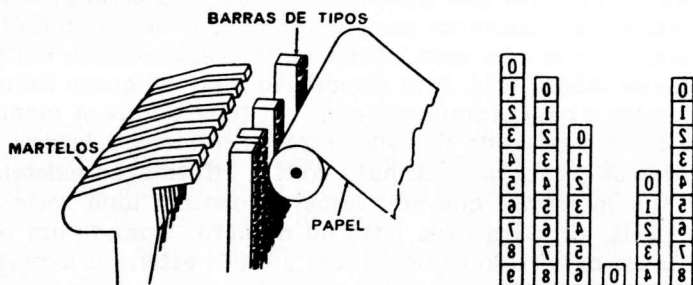
DISPOSITIVOS DE SAÍDA

Os dispositivos de saída traduzem os resultados da computação em linguagem corrente, compreensível pelo pessoal, ou os armazenam em fita magnética, cartões perfurados, ou fita perfurada, para uso pelo próprio computador. Alguns destes dispositivos serão discutidos no resto deste capítulo.

IMPRESSORAS

A impressora é o dispositivo de saída básico do computador. Ela converte em branco e preto os resultados do computador, de modo que eles possam ser lidos pelo pessoal.

O movimento das barras dos tipos de uma máquina de escrever comum são excessivamente lentos para computadores. Além disso, somente uma letra pode ser batida de cada vez. Um método de apressar esta operação é mostrado na Fig. 11-10A. Seis barras de tipos, cada uma com



(A) Princípio de operação.

(B) Faces dos tipos

Fig. 11-10 — Impressão simultânea.

os algarismo de 0 a 9, são levantadas até a posição apropriada para o número desejado (neste exemplo, 840689) e são todas batidas simultaneamente pelos martelos. Note-se, na Fig. 11-10B, que os algarismos na face dos tipos aparecem invertidos, e assim eles imprimirão corretamente.

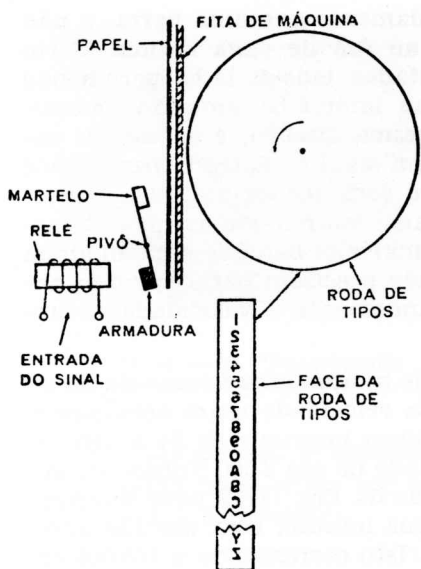


Fig. 11-11 — A impressora de roda de tipos.

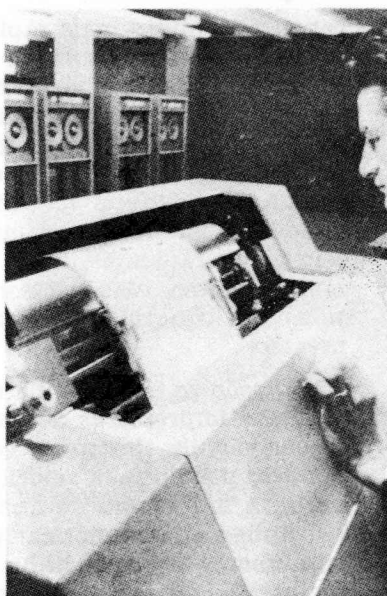
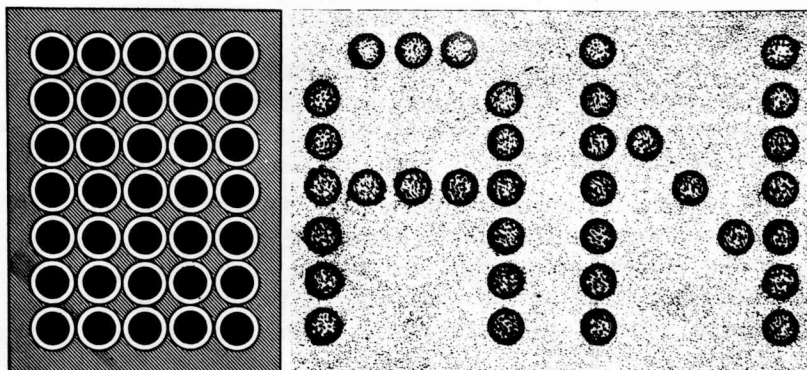


Fig. 11-12 — A impressora de linhas de alta velocidade Honeywell 400.

Um método de impressão ainda mais rápido é ilustrado pela Fig. 11-11. Aqui os algarismos e caracteres estão colocados sôbre a circunferência de uma roda. A roda pode



(A) Matriz de 5 x 7.

(B) Letras impressas.

Fig. 11-13 — Uma impressora de matriz de fios.

ser girada muito mais rapidamente que uma barra, e não precisa reverter a direção ao fim de cada batida. Certo número de rodas são montadas lado a lado, permitindo que muitos caracteres sejam impressos simultaneamente. Todas as rodas giram na mesma direção; e quando os caracteres estão em posição, um sinal de entrada para o relé aciona a armadura, fazendo com que os martelos correspondentes batam e imprimam. Mesmo que as rodas giram muito rapidamente, os martelos batem e recuam ainda mais depressa, e as rodas não precisam parar quando batidas. Só isto aumenta grandemente a velocidade de impressão.

Dispõe-se hoje em dia de muitas impressoras de rodas. Algumas impressoras de alta velocidade usam acionamento por válvula tiratron e podem imprimir de 24 a 160 caracteres por linha, à velocidade de até 2 000 linhas por minuto! A impressora de linhas da Fig. 11-12 pode imprimir 900 linhas alfa-numéricas por minuto, com até 120 letras ou números em cada linha. Isto corresponde a 108 000 caracteres — ou cerca de 200 páginas datilografadas em espaço um — por minuto!

Outras impressoras usam uma matriz de fios. A Fig. 11-13A mostra uma matriz de 5 por 7. A medida que o sinal é impresso sobre ela, o fio queima um pequeno ponto, num papel sensível especialmente preparado, para formar as várias letras e números. Na Fig. 11-13B as letras A e N são dadas como exemplos.

FITA PERFURADA

A fita de papel perfurado é usada não só para ler para o computador, como também para proporcionar informação de saída. Ao contrário da fita magnética, ela não pode ser apagada.

A Flexowriter de Friden na Fig. 11-14 é uma máquina de escrever completamente automática. Ela lê fita perfurada, cartões perfurados nos cantos, ou cartões com etiquetas, à razão de 100 palavras por minuto e, ao mesmo tempo, produz automaticamente outra fita de papel perfurado para uso futuro e uma cópia para o pessoal.

A perfuradora-auxiliar de fita na Fig. 11-15 permite à Flexowriter perfurar dados selecionados de duas fitas

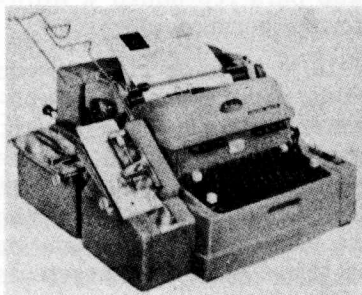


Fig. 11-14 — A "Programatic Flexowriter" SPS da Friden.

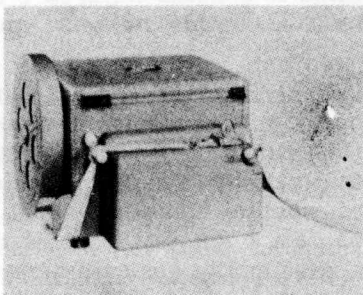


Fig. 11-15 — A perfuradora auxiliar de fita Friden.

preperfuradas sob o controle de um terceiro programa. Esta saída pode então ser armazenada e mais tarde alimentada à Flexowriter.

MOSTRADORES DE SAÍDA

Outra forma de saída é o mostrador de saída, frequentemente combinado com impressão. Um tubo de raios catódicos, por exemplo, pode mostrar a saída de um computador. O *Charactron* é um desses tubos de computador, que lê 100 000 palavras de computador por minuto! O pro-

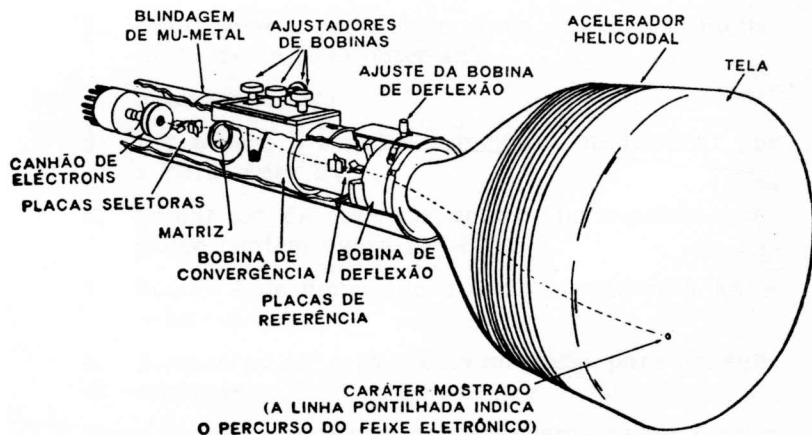


Fig. 11-16 — Construção do "Charactron".

cesso fotocopador *Xerox* é usado para reproduzir a informação, contida na tela, em forma permanente.

Como mostrado na Fig. 11-16, o feixe de elétrons do canhão do *Charactron* é defletido pelas placas seletoras, e passa através do caráter apropriado na matriz. Um código de seis bits seleciona o caráter desejado dentre 64 possibilidades, e um jogo de bobinas impede que o feixe se espalhe. Um sinal de 20 bits seleciona então a posição na tela onde este caráter deve aparecer. A cadência de aparecimento dos caracteres na tela é de 20 000 caracteres por segundo, e a saída é uma cópia impressa em papel, que pode ser arquivada, remetida pelo correio, ou usada como qualquer registro de escritório.

capítulo 12

programação

Um computador é um arranjo complexo de circuitos de armazenamento e de comutação capazes de executar certas funções lógicas tais como “E”, “OU”, e “NÃO”. Ele pode somar, subtrair, multiplicar e dividir tanto no sistema decimal como no sistema binário de numeração; e ele pode ler grandes quantidades de dados para sua alimentação. Mas a despeito de tudo isso há uma coisa que um computador não pode fazer — ele é incapaz de determinar o que é que ele deverá fazer. Incapaz de pensar por si mesmo, como fazem os seres humanos, é preciso dizer ao computador exatamente o que ele deve fazer, etapa por etapa. Esta seqüência de acontecimentos é chamada *o programa*.

Programar significa simplesmente dizer ao computador o que fazer, e quando fazê-lo — por exemplo, somar A e B, ou dividir C por D, ou qualquer outra etapa. Para calcular $ax^2 + bx + c$, conhecidos a, b, c, e x, o computador pode seguir este programa simplificado:

1. Ler a, b, c e x para a memória.
2. Ler x da memória para a porção do registro principal destinada a armazenamento temporário.
3. Multiplicar x por x para obter x^2 , e depois multiplicar por a para obter ax^2 .
4. Armazenar ax^2 .
5. Ler b para o registro principal e multiplicar por x para obter bx.
6. Somar ax^2 , da memória, com bx no registro; o registro contém agora $ax^2 + bx$.
7. Somar c de modo que o registro contenha $ax^2 + bx + c$.
8. Armazenar $ax^2 + bx + c$ na memória, para uso subsequente.

Estas etapas constituem um programa curto para a ação de um computador. Outro exemplo poderá ser a pro-

gramação de uma leitura do tambor magnético. Cinco etapas são necessárias:

1. Armazenar temporariamente o enderêço da palavra a ser lida.
2. Converter o enderêço num sinal que dará a trilha na qual a palavra está localizada e sua posição na trilha.
3. Usando êste sinal, selecionar primeiro a trilha apropriada.
4. Por meio dos pulsos do marcador de tempo, contar as palavras até que o início da palavra desejada seja alcançado.
5. Ler esta palavra para o registro apropriado, para as operações futuras.

Parar a leitura no fim da palavra.

PROGRAMAS ARMAZENADOS

O primeiro computador digital foi o ábaco, usado pelos antigos gregos e romanos, e mesmo hoje, por muitos comerciantes na China. Êste dispositivo relativamente simples consiste em fios paralelos nos quais são enfiadas contas, cada fio representando uma coluna de algarismos. A despeito de sua simplicidade, diz-se que um operador de ábaco bem treinado pode calcular mais depressa que uma pessoa usando máquina de calcular. Uma vez que às contas são movidas de uma extremidade do fio para a outra, pode-se dizer que o ábaco possui uma forma de armazenamento. Êste tipo elementar de armazenamento foi o protótipo do computador digital, no qual relés e pulsos tomam o lugar das contas.

O primeiro computador automático foi projetado por Charles Babbage em 1883. Denominado "máquina analítica", êle era controlado por cartões perfurados, de modo que suas operações ocorriam em seqüência. Visto que o programa estava nos cartões, externamente ao computador, êle era uma máquina de programação externa. Notável para o seu tempo, o computador de Babbage nunca foi construído porque os problemas de produção eram demasiado grandes e o apoio com que êle contava era demasiado pequeno.

O Mark 1 da Harvard, chamado Calculador Automático de Sequência Controlada; e completado em 1944, usa relés para operação interna e fita de papel perfurado para programação externa. O primeiro computador totalmente eletrônico, o ENIAC (iniciais de Electronic Numerical Integrator and Computer), foi completado na Universidade de Pensylvania em 1946. O ENIAC usa painéis de pegas e comutadores para seu programa. Todos êsses computadores armazenam seus programas fora do computador, e usam suas memórias internas somente para os números relacionados com a computação própria dita.

Os computadores modernos são máquinas de programa armazenado nas quais a memória interna retém tôdas as etapas necessárias para a solução do problema. A memória de núcleos magnéticos, primeiramente usada no UNIVAC II e nos IBM 704 e 705, é ainda o tipo de memória mais comum nos computadores modernos por causa de sua flexibilidade e rapidez.

Cada etapa no programa é uma instrução, e dentro de cada instrução estão códigos para as ações individuais (por exemplo, 17 pode significar "somar", e 13 "subtrair"). Assim, um programa compreende tôdas as etapas e planificação necessárias para guiar o computador ao longo do problema, as instruções ou comandos são etapas individuais que são seguidas em seqüência, e a codificação é a tradução das instruções para a linguagem do computador.

Em uma tarefa simples, o programa pode dizer ao circuito de controle para buscar o endereço 1 439, onde um número (ou uma palavra de computador) está armazenado. Êste número é lido para o circuito de controle, o qual foi instituído para somar êste número ao já existente em outro endereço, 2 163. Êste endereço é o acumulador (AC), a seção da memória reservada para as operações aritméticas.

INSTRUÇÕES

Num computador de programa armazenado, uma memória de núcleos magnéticos armazena as etapas ou instruções do programa em seqüência, como descrito no Capítulo 10. Com um plano de memórias de 64x64, haverá 4 096 posições individuais. Numerando cada núcleo de 0 a 4 096, cada posição terá assim um endereço. Cada palavra tem uma extensão de 10 dígitos, e assim haverá 10 planos.

Portanto, cada endereço significa realmente a posição de um núcleo, mas com a profundidade de 10 núcleos.

Um endereço tal como 1 304 é somente uma posição. Em cada posição há uma palavra, que pode ser uma instrução ou um número para ser computado. (As instruções e os números aparecem ambos como números binários, mas na discussão que se segue serão usados números decimais, por conveniência.) Um número tal como 3 571 pode ser armazenado na posição ou endereço n.º 2 153, aguardando instruções.

Uma série de instruções é mostrada na Fig. 12-1. A instrução A, por exemplo, diz-nos que o computador está seguindo uma série de instruções — a última foi 674, a

	<u>POSIÇÃO</u>	<u>CÓDIGO</u>	<u>(SIGNIFICA)</u>	<u>ENDEREÇO</u>
A	675	11	SOMAR	1306
B	342	01	ARMAZENAR-AC	1500
C	343	10	SOMAR-AC	1571
D	344	11	ARMAZENAR	1634

Fig. 12-1 — Códigos típicos de programa.

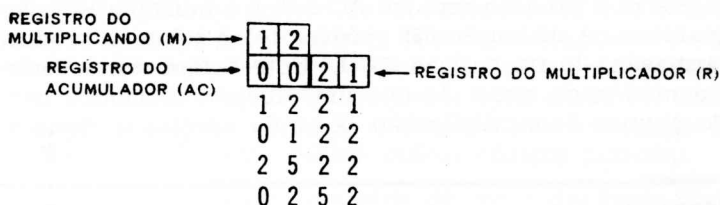
atual é 675, e a próxima será 676. Esta instrução é composta de duas partes, o código e o endereço. O código 11 significa aqui “somar”, e 1 306 é o endereço do número a ser somado. Portanto, 111 306, significa “somar o número cuja posição é 1 306”. Um circuito de comando toma os dois primeiros dígitos, 11, lê “somar”, e depois procura no endereço 1 306 o que é que deve ser somado. Esta é uma instrução de um único endereço; há outras, mais complexas.

Três instruções adicionais são mostradas em B, C e D da Fig. 12-1. A instrução B diz à memória do computador para mandar a instrução seguinte, localizada no endereço 342. Esta instrução chega como 011 500. O circuito de controle então decodifica este número. Os primeiros bits (01) são o código “armazenar AC”, o qual significa “tomar o número localizado em 1 500 e armazená-lo no registro acumulador (AC)”.

A instrução seguinte (343) é 101 571, ou “somar o número que está em 1 571 ao conteúdo do acumulador”.

Agora o acumulador passa a conter a soma dos números anteriormente localizados em 1 500 e 1 571. A etapa D significa o armazenamento dessa soma na posição 1 634.

A multiplicação é um processo de múltiplas etapas. Suponha-se, como na Fig. 12-2, que o multiplicando é 12 e o multiplicador é 21. Haverá, portanto, uma resposta, ou



<u>POSIÇÃO</u>	<u>CÓDIGO</u>	<u>(SIGNIFICA)</u>	<u>ENDERÊÇO</u>
037	24	CARREGAR M	1521
038	43	MULTIPLICAR	1673
039	11	ARMAZENAR	3471

Fig. 12-2 — Códigos de instruções para multiplicação.

produto, com quatro dígitos. Como discutido no Capítulo 5, a multiplicação é uma série de operações de adição e deslocamento, e três instruções serão necessárias, como mostrado. A primeira instrução é 037, a qual tem um código, 24, significando “carregar M”. Isto diz ao computador para tomar o número (12) na posição 1 521, e colocá-lo no registro M como mostrado.

A etapa 2, ou 038, tem o código 43, significando “multiplicar”. Neste momento é também dado o endereço 1 673, significando “multiplicar o número que agora está no acumulador pelo número no endereço 1 673”. O último número é 21, o multiplicador, o qual é colocado no registro do multiplicador.

O registro do acumulador entra neste exemplo para dois dígitos apenas; e uma vez que os produtos vão ter quatro, o acumulador e o multiplicador são postos juntos para formar um registro de quatro lugares.

O registro do acumulador (AC) e o registro do multiplicador (R) contêm agora 0021, enquanto que M contém

12. O último dígito de R é um 1 que o circuito de controle, e, seguindo as instruções, soma 12 a 0021 uma vez, obtendo 1 221. Este produto parcial é então deslocado para a direita, resultando em 0122. Por causa do último 2, o conteúdo de M (o número 12) é adicionado duas vezes a 0122 para produzir 2 522. Quando deslocado para a direita, este último se torna 252.

Agora o produto está em AC e R, e o multiplicador desapareceu. A instrução 039 (código 14) é tomar o produto e armazená-lo na posição 3 471. Note-se que estes deslocamentos nada mais são que um processo mecânico para esta técnica de multiplicação. É ainda necessário deslocar

LETRA DE CÓDIGO DO COMANDO	COMANDO	EXPLANAÇÃO
B	Trazer	Substituir o conteúdo do acumulador pelo conteúdo da memória cuja posição é m.
A	Adicionar	Somar o conteúdo de m ao conteúdo do acumulador, e reter a soma no acumulador.
S	Subtrair	Subtrair o conteúdo de m do conteúdo do acumulador, e reter a diferença no acumulador.
M	Multiplicar, Fracional	Multiplicar o número no acumulador pelo número na memória cuja posição é m, terminando o resultado a 30 casas binárias e retendo a metade mais significativa do produto no acumulador.
N	Multiplicar, Integral	Multiplicar o número no acumulador pelo número na memória cuja posição é m, retendo a metade menos significativa no acumulador.
D	Dividir	Dividir o número no acumulador pelo número na memória cuja posição é m, retendo o quociente (arredondado para 30 bits) no acumulador.
H	Reter	Armazenar o conteúdo do acumulador em m, retendo o número no acumulador.
C	Apagar	Armazenar o conteúdo do acumulador em m, apagando o acumulador.
Y	Armazenar Endereço	Armazenar somente a parte da palavra no acumulador que se refere ao endereço na memória cuja posição é m, deixando o resto da palavra sem alteração. (Útil quando o operador deseja modificar a parte do endereço de uma instrução).

Fig. 12-3 — Códigos de comando para o controle de processos do computador "Libratrol 500".

o número completo para a esquerda, para multiplicar por 2; e para a direita, para dividir por 2.

Neste capítulo seis diferentes códigos foram estabelecidos. Seus significados para o computador são os seguintes: 01 (Armazenar AC), toma o número do endereço dado e o armazena em AC; 10 (Somar AC), toma o número do endereço designado e o soma ao conteúdo de AC; 11 (Armazenar), toma o número do acumulador AC e o armazena no endereço designado; 24 (Carregar M), toma o número localizado no endereço dado e o coloca no registro do multiplicador M; 43 (Multiplicar), toma o número dado no endereço apropriado e o multiplica pelo conteúdo de M. Há, naturalmente, muitos outros códigos possíveis.

A Fig. 12-3 mostra uma série de comandos reais (instruções) do computador para controle de processos *Libratrol 500*. O computador, operando a partir das informações de entrada supridas pelo programa, efetua as computações, a manipulação lógica, e a formação das decisões necessárias para produzir as ações de controle. Sua operação é em série, de um só endereço, de ponto binário fixo, com programa armazenado internamente.

As entradas para o computador são derivadas da instrumentação de processos-padrão, sob a forma de tensões dadas por instrumentos análogos, sinais digitalizados de transdutores, e informações similares fornecidas pelo pessoal de operação.

Um diagrama de elementos deste computador é mostrado na Fig. 12-4. Uma vez que ele é projetado para controle de processos, há entradas de tensões provenientes de sensores (discutido no Capítulo 11), entradas de operador, e dados sob forma de pulsos para serem contados. As saídas incluem uma *Flexewriter* para fornecer cópias em papel ou fitas de papel perfurado, diversas saídas digitais para contatos no processo controlado, e várias tensões de controle disponíveis através de conversores digital-para-análogo para pontos no processo sob controle.

As instruções são na forma de palavras que incluem dados para computação e instruções para operação. A única diferença reside na maneira do computador usar estas informações; cada sistema tem o seu próprio método para produzir palavras. No IBM 1620 o formato das instruções de dois endereços reduz o número de instruções

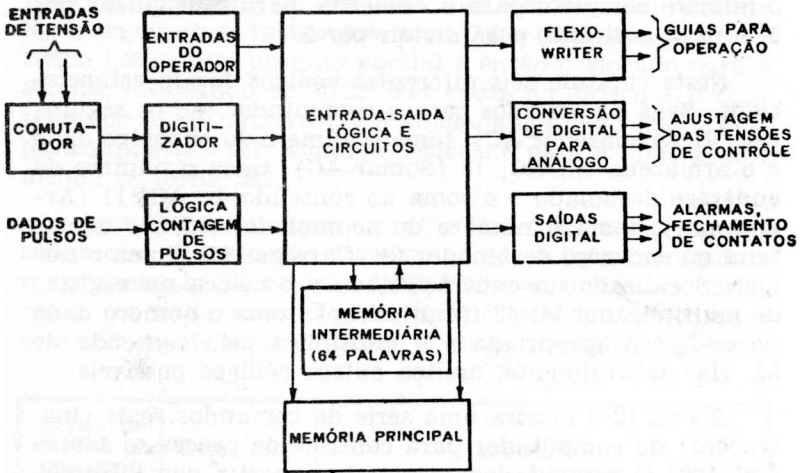


Fig. 12-4 — Diagrama de elementos do computador "Libratrol 500".

necessárias para executar uma operação, simplificando assim a programação do sistema e reduzindo a quantidade de armazenamento necessária. Por exemplo, *uma* só instrução irá localizar, somar, e armazenar a soma de dois

P	S	PORÇÃO PARA DADOS																									
27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
MSB																											LSB

(A) Palavra básica de dados internos.

S	DIGITO 6	DIGITO 5	DIGITO 4	DIGITO 3	DIGITO 2	DIGITO 1
25	24	23	22	21	20	19
	18	17	16	15	14	13
	12	11	10	9	8	7
	6	5	4	3	2	1

(B) Formato de palavra de dados digitais.

S	DIGITO 4	DIGITO 3	DIGITO 2	DIGITO 1
25	24	23	22	21
	20	19	18	17
	16	15	14	13
	12	11	10	9
	8	7	6	5
	4	3	2	1

(C) Formato de palavra de dados alfa-numéricos.

S	NÚMERO BINÁRIO DE 24 BITS																								
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	

S = SINAL
P = PARIDADE

(D) Formato de palavra de dados binários.

Fig. 12-5 — Composição de uma palavra de 27 bits do UNIVAC III.

números, ou transmitir de um local para outro toda uma coleção de registros, qualquer que seja seu tamanho. Para uma instrução de dois endereços, as posições dos dois endereços são dadas na instrução.

O UNIVAC III, por exemplo, usa uma palavra de 27 bits, 2 bits de paridade, e 25 bits de informação, como na Fig. 12-5A. Os bits menos significativos (LSB) estão à direita, e os mais significativos (MSB), à esquerda. Para formato de palavras de dados digitais, seis números de 4 bits mais o sinal fazem uma palavra como a da Fig. 12-5B; quatro bits de dígitos alfa-numéricos fazem uma combinação de letras e números como na Fig. 12-5C; e a Fig. 12-5D mostra o formato de palavras de dados binários que pode representar qualquer valor binário positivo ou negativo desde 0 até 16 777 215. As instruções no UNIVAC III usam seis bits para o código de operações e dez para o endereço único, juntamente com outros usos para o resto dos bits.

No computador Honeywell 800 uma palavra (Fig. 12-6) tem 54 bits — 6 para verificação e prevenção de erros, e 48 bits de informações. Estes podem ser usados como em

	TIPO	EXEMPLO											
		±	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
A	NUMÉRICO	±	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
B	ALFA-NUMÉRICO	R	O	B	I	N	S	O	N				
C	ALFA-NUMÉRICO COMPRIMIDO	C	.	W	E	B	B	1	7	4			
D	BINÁRIO	±	(44 DÍGITOS BINÁRIOS)										
E	INSTRUÇÃO	CÓDIGO DA OPERAÇÃO			ENDEREÇO A			ENDEREÇO B			ENDEREÇO C		
F	VIRGULA FLUTUANTE	±	EXPOENTE (7 DÍGITOS BINÁRIOS)			MANTISSA (40 DÍGITOS BINÁRIOS)							

Fig. 12-6 — Estrutura das palavras para o computador Honeywell 800.

A para representar um número decimal de 11 dígitos mais o sinal; ou diversos números decimais menores, cada um com seu próprio sinal. Usando-se codificação, estes 48 bits podem representar oito caracteres alfabéticos como em B, ou uma combinação de letras e números como em C. O sistema binário, como mostrado em D, é representado por 44 dígitos binários mais o sinal. Em E a palavra está divi-

dida em quatro porções de 12 bits — o código de operações mais três endereços. Isto faz uma instrução cuja forma de três endereços pode ser: “somar o número no endereço A ao número no endereço B e armazenar o resultado no endereço C”.

A notação exponencial de números torna possível escrevê-los como valores entre 1 e 10 juntos na notação exponencial, como mostrado em F. Assim, os 48 bits representam um sinal, o expoente de 10, e o número ou mantissa.

PROGRAMAS AUTOMÁTICOS

Certo número de tipos simplificados de linguagem de computadores, tais como o COBOL da RCA (Common Business-Oriented Language — linguagem universal para programação de computadores comerciais) têm sido desenvolvidos para maior facilidade de programação. Essas linguagens não são propriamente programas automáticos, mas símbolos e comandos especiais. Programas curtos, especializados, ou sub-rotinas, os quais são usados muitas vezes, ficam armazenados numa “biblioteca” de programas e são chamados ao uso quando assim for requerido.

Alguns sistemas de programação que têm tais sub-rotinas são o COBOL, o SPS (Symbolic Programming System, da IBM — Sistema de Programação Simbólica), FORTRAN (Formula Translation — Tradução de Fórmulas), e outros.

O FORTRAN, projetado para cálculos de engenharia e de pesquisas, usa notações escritas algébricas e inglêsas. Os programas são escritos sob a forma de equações que são compiladas automaticamente num eficiente programa de computador especialmente projetado e compatível com o sistema de processamento de dados da IBM.

Como comprar livros de eletrônica

Sempre que Você precisar de qualquer livro nacional ou estrangeiro de rádio, TV, áudio ou assuntos correlatos, peça-o à organização dirigida por técnicos de Eletrônica e com quase meio século de tradição em edições e vendas de livros e revistas especializadas. As Lojas do Livro Eletrônico mantêm livrarias no Rio de Janeiro e em São Paulo e remetem livros pelo correio para qualquer cidade brasileira ou do exterior. OS PEDIDOS POSTAIS devem ser endereçados exclusivamente à Caixa Postal 1131 — ZC-00 — Rio de Janeiro:

- Escreva com a máxima clareza seu nome e seu endereço completos.
- Mencione o Autor e o título de cada livro e (se souber) o seu número de referência.
- As encomendas podem ser atendidas pelo reembolso, com despesas a cargo do comprador.
- Os pedidos pelo reembolso para localidades distantes ou com serviços postais deficientes serão remetidos por via aérea com porte a cobrar do destinatário.
- As Lojas do Livro Eletrônico são distribuidoras exclusivas das edições de Antenna, "Seleções Eletrônicas" e de outras destacadas editôras técnicas nacionais e estrangeiras, efetuando fornecimentos a livrarias e revendedores do Brasil e do exterior.

Lojas do Livro Eletrônico

GUANABARA: Av. Marechal Floriano, 148
Fone 243-6314 • Rio de Janeiro • GB

SÃO PAULO: Rua Vitória, 379/383
Fone 221-0683 • São Paulo • Capital

REEMBÓLSO: Caixa Postal 1131 — ZC-00
Rio de Janeiro • GB • Brasil

distribuições exclusivas das Lojas do Livro Eletrônico

Ref. 172 — **CURSO PRÁTICO G.E. DE TELEVISÃO** — Obra de renome internacional, em 14 lições, desde a antena até o cinescópio.



Ref. 800 — **ABC DA ELETRÔNICA** — Earl J. Waters — Uma cartilha da Eletrônica, seus componentes e circuitos fundamentais.

Ref. 790 — **ABC DA ELETRICIDADE** — Howard W. Sams — Princípios básicos da Eletricidade, dos componentes e circuitos elétricos.



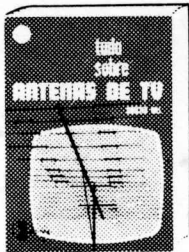
Ref. 650 — **ABC DOS TRANSISTORES** — George B. Mann — Livro que torna acessíveis o funcionamento e os circuitos dos modernos transistores.

Ref. 200 — **ABC DAS ANTENAS** — Allan Lytel — Princípios das antenas, tipos práticos para recepção e transmissão.



Ref. 675 — **O SELETOR DE CANAIS** — Alcyrone Fernandes de Almeida Jr — Conhecimentos indispensáveis ao videotécnico e mais 24 esquemas.

Ref. 560 — **TUDO SOBRE ANTENAS DE TV** — Gualter Gill — Escolha, construção e instalação de antenas para TV; sistemas coletivos, reforçadores e retransmissores de sinais.



Ref. 190 — **ABC DO RÁDIO MODERNO** — Walter G. Salm — Fundamentos do rádio, desde o centelhador de Hertz à FM-estereofônica.

Ref. 275 — **GUIA PRÁTICO DO REPARADOR DE TELEVISÃO** — Diagnóstico pela observação da imagem.



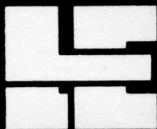
Ref. 780 — **COMPONENTES ELETRÔNICOS** — Earl J. Waters — Peças eletrônicas, seus princípios, funções e utilização.

Ref. 114 — **MOTORES ELÉTRICOS** — Raul P. Torreira — Princípios, funcionamento, tipos, manutenção, defeitos.



Ref. 372 — **CURSO DE REFRIGERAÇÃO DOMÉSTICA** — Tudo o que o mecânico deve saber para instalação, manutenção, diagnóstico e reparação de defeitos.

Lojas do Livro Eletrônico



Caixa Postal 1131 — ZC-00
Rio de Janeiro - GB - Brasil

ABC DOS COMPUTADORES

por ALLAN LYTEL

A maioria das pessoas considera os computadores como sendo dispositivos eletrônicos altamente complicados, que só podem ser compreendidos pelos que possuam conhecimentos superiores e grande experiência. No entanto, embora os computadores sejam máquinas bastante sofisticadas, seus circuitos básicos são mais simples, por exemplo, do que os de um televisor comum. O que os faz parecer complicados é o uso repetido dos mesmos circuitos.

ABC dos Computadores é uma introdução ao estudo básico dos computadores, explicando em linguagem acessível o que são, como operam, e o que deles se pode esperar que façam. Foi escrito para auto-aprendizagem do técnico eletrônico que deseja adquirir conhecimentos gerais sobre os modernos computadores — servindo igualmente para pessoas não técnicas. É também, uma obra de grande valor para emprêgo em escolas técnicas de grau médio e superior, como livro-texto preparatório, possibilitando aos alunos uma compreensão básica dos computadores e assim facilitando-lhes os estudos mais avançados que se seguirão.

Obedecendo a uma seqüência didática, o livro descreve os dois tipos básicos de computadores — digitais e análogos — prosseguindo com explanação simplificada de circuitos, sistemas de numeração, operações aritméticas, lógica simbólica, circuitos lógicos, contadores, dispositivos de memória, dispositivos de entrada e saída, programação e manutenção. Perfeitamente em dia com o assunto, **ABC dos Computadores** dedica todo um capítulo à análise das mais recentes e avançadas técnicas de programação em computadores comerciais.

Allan Lytel, seu autor, é altamente qualificado para explanar um assunto difícil aos que possuam pouco ou nenhum conhecimento técnico prévio. Diplomado por duas universidades (Temple e Syracuse) Lytel possui doutorado em jornalismo científico, tendo lecionado matemática e eletrônica no Instituto Técnico da Universidade de Temple. Ensinou radar durante sua convocação militar nos Signal Corps. Sua carreira industrial é também variada: trabalhou na criação e escreveu relatórios técnicos de inúmeros novos dispositivos, inclusive transistores, computadores digitais, etc. para a Burroughs Corp. e a RCA. Organizou e dirigiu um curso de computadores digitais para a IBM. É Diretor de Publicações da Avco Corp. Escreveu cerca de duas dezenas de livros sobre eletrônica e física e é ativo colaborador de numerosas revistas técnicas norte-americanas.

