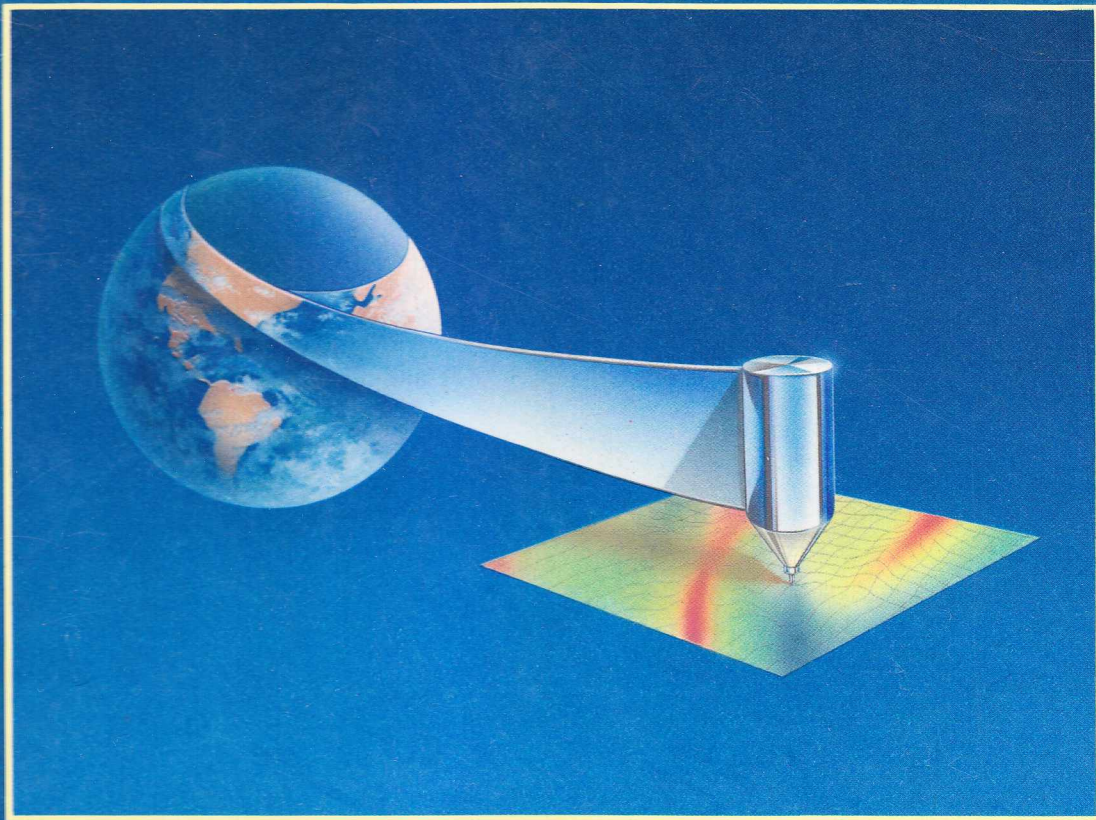


E N T E N D A O

COMPUTADOR

INPUT/OUTPUT



NOVA CULTURAL

E N T E N D A O

COMPUTADOR

INPUT/OUTPUT



NOVA CULTURAL

Authorized Portuguese Edition © 1988, Editora
Nova Cultural S.A. Original edition © 1985
Time-Life Books Inc. All rights reserved.

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida
por qualquer meio, seja eletrônico ou mecânico,
inclusive por equipamentos ou sistemas de classificação
de informações e pesquisa, sem a prévia autorização da
editora, exceto curtos trechos para resenhas, desde que
com o devido crédito.
Time-Life is a trademark of Time Inc., U.S.A.

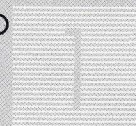
Edição organizada pela Editora Nova Cultural Ltda.
Av. Brigadeiro Faria Lima, 2000 — 3º andar
CEP 01452 — São Paulo — SP — Brasil
(Artigo 15 da lei 5988, de 14/12/1973)

Esta obra foi composta na AM Produções Gráficas Ltda.
e impressa na Divisão Gráfica da Editora Abril S.A.

ISBN 85-13-00089-2

5

Sistemas flexíveis para um mundo de informação
Os caminhos do input/output



33

Uma máquina de palavras
O operador e o sistema: um jogo de equipe



58

Glossário

61

Índice

62

Créditos das fotos



Sistemas flexíveis para um mundo de informação

Num interessante contraste entre o velho e o novo, uma tradicional banda de metais tocou marchas patrióticas, seguida logo após por uma pulsante música eletrônica, que animou o futurista espetáculo de luzes oferecido pela Grumman Aerospace Corporation para a apresentação do X-29, seu novo avião de combate experimental em Calverton, Long Island, no verão de 1984. O convidado especial, vice-presidente George Bush, um ex-piloto da Marinha americana, durante seu discurso observou a nova aeronave e brincou com a platéia: “É um belo modelo, mas suas asas foram colocadas de trás para frente”.

O X-29 realmente parecia ter sido montado ao contrário. As asas da maioria dos aviões são voltadas para trás, na direção da cauda, mas o X-29 tinha asas que surpreendentemente se projetavam para a frente. O projeto da Grumman, contudo, não estava errado. Os engenheiros já sabiam havia muito tempo das vantagens oferecidas por asas voltadas para a frente. Entre elas, a facilidade de levantar vôo, a menor resistência ao ar, o fim da ameaça de se perder o controle durante subidas acentuadas e a possibilidade de se fazer curvas fechadas a velocidades superiores à do som. Até recentemente, contudo, dois obstáculos impediam que a indústria aeronáutica pusesse em prática a teoria das asas voltadas para a frente em aviões supersônicos. Os materiais usados na construção de aviões convencionais ou eram fracos, ou pesados demais para sustentar asas voltadas para a frente, e a instabilidade inerente a esse tipo de avião era impossível de ser controlada por equipamentos comuns de orientação.

Para solucionar o primeiro problema, desenvolveu-se um composto leve e reforçado para as asas. O segundo desafio, o controle do arisco avião em vôo, foi vencido pelos avanços na tecnologia dos computadores. Na verdade, o X-29 é um laboratório aéreo de pesquisas a respeito de asas voltadas para a frente, notável pelos equipamentos periféricos de entrada e saída (input e output) que alimentam os computadores e imediatamente recuperam a informação resultante para ajustar as superfícies de controle muitas vezes por segundo, de maneira a evitar que o avião se despedace no ar.

A tecnologia de input/output, ou I/O, é a auxiliar prática da ciência da computação. Suas raízes alcançam um passado mais remoto que o dos próprios computadores. O sucesso obtido a duras penas por cientistas e engenheiros na tarefa de responder duas questões práticas — como colocar dados e instruções dentro do computador e como recuperar o resultado do processamento de forma útil — resultou numa grande variedade de soluções em hardware e software. Essas inovações expandiram a versatilidade do uso de computadores aos limites da imaginação humana, do detalhado desenho de ossos artificiais à execução de música sem músicos, ou ao controle de um avião “incontrolável”.

Fita perfurada (*no alto*), números binários (*à direita*) e gráficos digitalizados (*à esquerda*) unem-se sem divisões numa única fita de Möbius, representando três das muitas formas que a mesma informação pode assumir ao entrar ou sair do computador.

Através dos anos, a criatividade na engenharia e na programação possibilitou que usuários de computadores introduzissem a informação das mais variadas maneiras acionando chaves num painel de controle, manipulando conexões, digitando teclados normais ou numéricos, desenhando com um marcador sobre uma mesa eletrônica, falando num microfone ou tocando com a ponta do dedo a tela do monitor. Em muitos casos, os computadores podem receber informações de outras máquinas (input) sem intervenção humana. Satélites meteorológicos, por exemplo, enviam informações a computadores em terra, que transformam então os sinais recebidos em espetaculares fotografias coloridas.

A tecnologia para fornecer informações às outras máquinas (output) também é maravilhosamente variada. Alguns dos primeiros computadores mostravam seus resultados formando padrões específicos de luzes acesas ou apagadas; tais sistemas de output exigiam especialistas para decifrar seu significado e logo abriram o caminho para alternativas mais inteligíveis, ou “amistosas”. Alguns mecanismos de output, como os tubos de raios catódicos (CRTs), são mais apropriados para a apresentação de output efêmero, ou que mude rapidamente; eles são os preferidos, por exemplo, para a visualização de um texto que ainda esteja em processo de edição ou composição. Quando o texto está pronto, outros equipamentos, como impressoras controladas por computador, fornecem uma cópia impressa — um tipo permanente de output. Computadores podem apresentar output na forma de voz artificial ou outros efeitos sonoros, produzidos por um sistema de alto-falantes. Em certos casos, quando um computador não precisa comunicar-se com um usuário humano, ele pode enviar seu output a outra máquina através de sinais eletrônicos. O X-29 é um desses casos: uma nave pilotada essencialmente por output eletrônico de computadores.

Nos últimos anos, a tecnologia de I/O pareceu às vezes superar a própria ciência da computação; os equipamentos de I/O são mais variados, freqüentemente mais caros e ocupam mais espaço que o computador a que estão ligados. Os equipamentos de I/O também desenvolveram uma velocidade de execução quase comparável à estonteante capacidade de cálculo do processador central. Contudo, isso nem sempre foi assim.

MEIOS IMPROVISADOS DE COMUNICAÇÃO

Muitos dos aparelhos usados inicialmente para input e output de computadores já existiam antes dos próprios computadores; eles simplesmente eram conectados aos computadores quando necessário. Freqüentemente, o resultado era um sistema remendado no qual o equipamento de I/O não era nem conveniente para o usuário nem suficientemente adaptado ao computador para aproveitar por completo toda a capacidade da máquina. Até o advento da padronização, cada peça do equipamento de I/O tinha seu próprio sistema de codificação, o que exigia software e hardware especialmente projetados para a transferência de informação codificada para o computador e para a obtenção dos resultados processados. Mas a principal desvantagem desses aparelhos adaptados era sua frustrante lentidão. Pouco adiantava dispor de um computador capaz de executar milhares de cálculos por segundo se o input e o output de informações demoravam minutos, horas ou até dias.

O mais importante dos dispositivos emprestados foi o cartão perfurado, um conceito que se remete às tentativas de automação da indústria de tecelagem de seda

do século XVIII. Em 1804, um francês, Joseph Marie Jacquard, lançou um tear mecânico controlado por seqüências de cartões perfurados. A disposição dos furos nos cartões determinava o padrão do tecido, pois controlava os movimentos de cada passagem da lançadeira.

Ainda no século XIX, o gênio matemático inglês, Charles Babbage, e sua colaboradora Augusta Ada Byron, condessa de Lovelace, empregaram os cartões perfurados de Jacquard para programar uma gigantesca máquina a vapor chamada máquina analítica, que tentava fazer com engrenagens o que os computadores conseguiriam mais tarde fazer com relés, válvulas eletrônicas e microcircuitos de silício.

Em 1890, Herman Hollerith, um inventor e empresário americano, dedicou-se à tarefa de mecanizar o processo de recenseamento dos Estados Unidos. Ele concebeu um sistema de tabulação por cartões perfurados que contou e classificou a população do país num tempo três vezes menor que o despendido dez anos antes por um exército de contadores humanos.

Seguindo o êxito de Hollerith, tabuladores usando cartões perfurados como input tornaram-se um instrumento importante para os negócios americanos. O próprio Hollerith fundou a Tabulating Machine Company, que mais tarde iria associar-se a várias outras firmas para formar a International Business Machines Corporation, o futuro gigante da indústria de computadores. Durante a primeira metade do século XX, a IBM e seus concorrentes lucraram bastante com a crescente dependência que o mundo dos negócios estabelecia em relação a máquinas de contar e calcular.

Nos primórdios da era dos computadores, nos anos 40, muitos engenheiros, embora inovando em outros campos, ainda julgavam melhor continuar a usar cartões perfurados, simplesmente porque estes já estavam aprovados e porque a IBM, um gigante conservador, estava profundamente comprometida com eles. Fisicamente, os cartões tinham se tornado um retângulo de papel mais grosso que uma folha de papel normal, mas mais fino e flexível que o papelão convencional. Como no sistema original de Hollerith, a informação era perfurada em linhas e colunas de pequenos buracos.

Em geral, os cartões eram lidos pelos computadores em lotes de várias centenas, como nos tabuladores mecânicos. Um mecanismo de leitura similar ao desenvolvido por Hollerith inspecionava cada cartão colocando-o encostado a uma superfície metálica e passando um conjunto de delicados fios sensores através dele. Os fios não reconheciam nada quando passavam pela superfície do cartão; mas a cada perfuração entravam em contato com o metal atrás dele, completando uma conexão elétrica. O computador lia cada contato como o fragmento de um dado. Um aparelho separado, chamado verificador, conferia a precisão do trabalho do operador de perfurações e, sempre que um cartão estava gasto, um mecanismo de reprodução trocava-o por um novo.

Uma das primeiras alternativas aos cartões perfurados como meio de input/output foi a fita de papel perfurado, que apresentava a vantagem de gravar os dados em fitas contínuas, ao invés de gravá-los em lotes de cartões individuais. As origens das fitas de papel remontam às fitas móveis de papel usadas nos receptores de telégrafo do século XIX e, um pouco mais tarde em sua genealogia, no teletipo, máquina introduzida em Chicago, no começo do século XX, pela equipe de pai e filho engenheiros, Charles e Howard Krum. Sua invenção, que utilizava perfurações em rolos de fita de papel e teclados sincronizados que imprimiam as mensa-

gens, revolucionou a comunicação telegráfica, que até então geralmente dependia de operadores especializados nas duas pontas da linha, transmitindo as mensagens pelo código de traços e pontos de Samuel Morse.

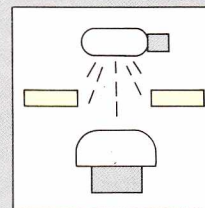
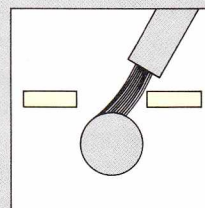
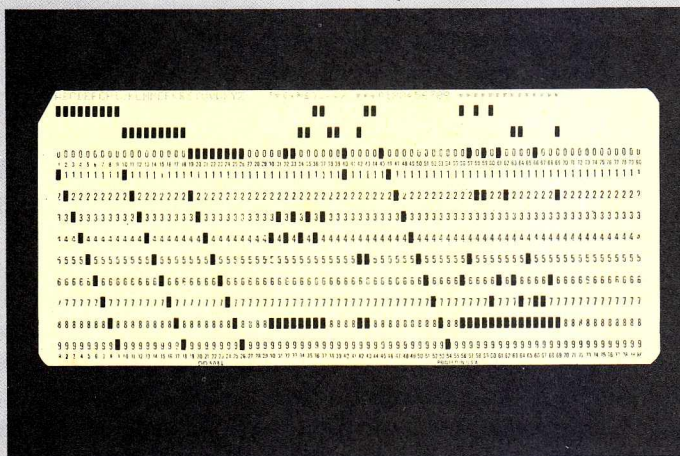
Ao ser adaptada a tabuladores, e mais tarde a computadores experimentais, a fita de papel perfurado servia às mesmas finalidades dos cartões perfurados e era lida por aparelhos similares. Normalmente, depois que uma fita era perfurada, suas pontas eram coladas para formar uma fita sem fim. Sub-rotinas, pequenos programas contidos em programas maiores, podiam ser codificadas e colocadas em aparelhos de leitura separados. Isso economizava tempo de computador, proporcionando acesso mais rápido a cada conjunto de instruções. Mas a fita de papel tinha um defeito óbvio: estava sujeita a rasgos. E rasgar uma fita podia ser tão desastroso quanto derrubar um lote de cartões perfurados. Para evitar esse problema, a fita tinha que ser tracionada devagar, com tensão apenas moderada, o que naturalmente frustrava os usuários que esperavam o máximo de velocidade de seus mecanismos de I/O.

O pioneiro da computação George Stibitz, dos Laboratórios Bell, empregou fitas de papel perfurado no Calculador de Números Complexos, que ele desenvolveu

O cartão perfurado

Principal meio de input para computadores de outra época, os cartões perfurados mantiveram-se basicamente inalterados desde que Herman Hollerith os concebeu para tabular o censo americano de 1890. Um cartão moderno (*abaixo*), muito similar à versão lançada pela IBM em 1928, tem seu canto superior direito recortado para evitar que os processadores de dados o empilhem de ponta-cabeça ou de trás para frente. Números, letras e símbolos são perfurados nas oitenta colunas verticais do cartão de acordo com uma variação do código criado por Hollerith: um número corresponde a um único furo numa das nove linhas horizontais inferiores, uma letra é representada por dois furos — um numa das chamadas linhas numéricas e o outro numa das três linhas superiores; símbolos são representados por dois ou mais furos.

meros, letras e símbolos são perfurados nas oitenta colunas verticais do cartão de acordo com uma variação do código criado por Hollerith: um número corresponde a um único furo numa das nove linhas horizontais inferiores, uma letra é representada por dois furos — um numa das chamadas linhas numéricas e o outro numa das três linhas superiores; símbolos são representados por dois ou mais furos.



Dois dos métodos mais comuns para transformar a informação perfurada nos cartões em pulsos eletrônicos de um computador digital estão ilustrados à esquerda. A técnica eletromecânica (*em cima*) pressiona o cartão entre um rotor metálico e uma linha de oitenta pequenas escovas metálicas, uma para cada coluna do cartão. Quando uma escova penetra num furo, ela toca o rotor, fechando um circuito e enviando um sinal ao computador. Com o segundo tipo de leitora (*embaixo*), pequenas células fotoelétricas percebem raios de luz passando através dos furos.

pouco antes da Segunda Guerra Mundial. A máquina de Stibitz, que ficou conhecida como Model I, foi construída a partir das chaves de relés do tipo liga-desliga que os Laboratórios Bell vinham empregando desde a década de 20 para processar os números discados e controlar o encaminhamento das chamadas telefônicas. Stibitz se propôs a resolver problemas matemáticos com seqüências de relés que operavam conforme o sistema binário, no qual todos os números são representados como séries de dígitos zero e um. Com as posições ligado e desligado dos relés simbolizando um e zero respectivamente, Stibitz projetou sua máquina para efetuar cálculos ligando e desligando as chaves a grande velocidade. Um usuário poderia teclar dois números de oito dígitos em um teclado de teletipo, instruir o Calculador de Números Complexos para dividir um número pelo outro e obter a resposta impressa no mesmo teletipo em 30 segundos.

A Segunda Guerra Mundial criou uma atmosfera de urgência — e uma enxurrada de recursos governamentais — que estimularam a jovem ciência da computação a crescer em muitas direções fascinantes. Mas a tecnologia de input/output continuava a depender do que já estava testado e aprovado, como ficou claro nos esforços britânicos para decifrar os códigos das mensagens de rádio dos alemães. Os cientistas designados para o super-secreto projeto Ultra construíram um conjunto de máquinas do tamanho de salas — o chamado Colossus —, nas quais os relés usados por Stibitz e outros foram substituídos por válvulas eletrônicas; ainda assim, as mensagens inimigas eram passadas ao Colossus da maneira normal, com fitas de papel perfurado. O Colossus foi um projeto bem-sucedido, mas não sem as devidas penas. Não só porque a fita de papel estava sujeita a rasgos, como também porque em altas velocidades a parte exposta da fita de papel tinha o potencial de corte de uma serra elétrica.

O INCENTIVO DO CONTROLE DA ARTILHARIA

Durante esse período, o desenvolvimento dos computadores nos Estados Unidos foi motivado pela necessidade de respostas rápidas a problemas de balística de artilharia. Como alguns dos mais avançados sistemas de artilharia da época eram controlados por leitores de fitas, um computador poderia desenvolver uma série de instruções de teste para disparar uma nova arma e fornecer os resultados em fitas de papel perfurado; a fita passaria então a ser utilizada como input do sistema de controle da arma.

Uma máquina que marcou época surgiu durante a guerra, o ENIAC, sigla em inglês de Computador e Integrador Numérico Eletrônico, que podia calcular a trajetória de um obus em menos tempo do que o necessário para o próprio obus partir da boca do canhão e atingir seu alvo. O ENIAC, desenvolvido para o exército na Escola de Engenharia Moore, na Universidade da Pensilvânia, elevou o uso de válvulas eletrônicas a novos patamares de eficiência, mas empregava um sistema de I/O que se arrastava em comparação com o computador. Ele usava cartões perfurados como input e era programado manualmente; antes que o computador começasse a resolver problemas matemáticos a velocidades impressionantes, uma equipe de técnicos tinha que passar horas ajustando chaves e introduzindo cabos em soquetes, um a um, para interconectar as várias partes do sistema.

Os indícios das inovações que acabariam por transformar os equipamentos de input/output estavam mais evidentes em outro computador inspirado pelas necessidades da guerra, apropriadamente chamado de Whirlwind (“redemoinho”), e de-

envolvido pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Em 1944, a Marinha americana encomendou a uma equipe de engenheiros do MIT, liderados por Jay W. Forrester, a tarefa de desenvolver um computador que resolvesse problemas de estabilidade e controle em um novo simulador de vôo. O resultado foi um monstro, que ocupava uma construção de dois andares, do porão até o teto, e que demorou seis anos para se tornar operacional. Quando isso ocorreu, a Marinha já tinha se desinteressado do projeto, que foi assumido pela recém-criada Força Aérea americana, empenhada desesperadamente em modernizar o sistema de defesa aérea da parte continental dos Estados Unidos. O Whirlwind colocou em uso dois mecanismos de I/O adaptados de outras tecnologias: o tubo de raios catódicos (CRT) e a Flexowriter.

O CRT que o Whirlwind usava para mostrar seu output era similar a um monitor de televisão; consistia num grande tubo a vácuo no qual feixes de elétrons iluminavam uma tela recoberta de fósforo. Para um registro mais duradouro, a informação podia ser impressa numa máquina semelhante a uma máquina de escrever, a Flexowriter. Descendente das velhas pianolas e dos teletipos, a Flexowriter tinha a capacidade dupla de escrever palavras e perfurar código em fitas de pa-

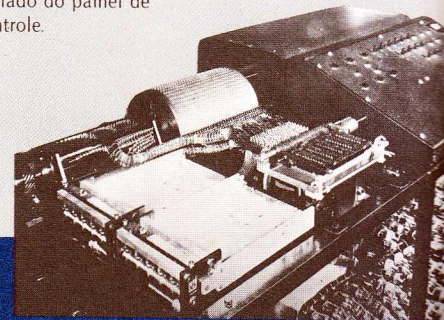
Uma corrida tecnológica para descontar o atraso

Os primeiros projetistas de computadores usaram como equipamentos de input e output aquilo que encontravam à mão, adaptando velhos dispositivos de contabilidade e arquivo, tais como fitas e cartões de papel perfurado e máquinas de teletipo, para se adequarem a suas novas funções. Esses casamentos entre a tecnologia mecânica existente e o mundo

emergente da eletrônica permitiram que os engenheiros se comunicassem com suas máquinas, mas a comunicação era, na melhor das hipóteses, ineficiente. À medida que os computadores evoluíram, foram ganhando equipamentos feitos especialmente para eles, como indicado pelos exemplos mais marcantes, ilustrados aqui e nas páginas seguintes.

1942

O computador Atanasoff-Berry aceitava input de cartões perfurados passados por duas bandejas leitoras ao lado do painel de controle.



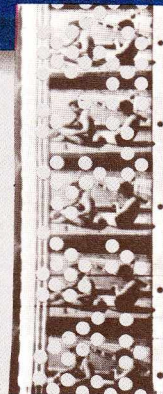
1939

Usuários do Modelo I do Bell Labs, um ancestral do computador digital, entravam com problemas e obtinham suas respostas em máquinas de teletipo.



1939

O engenheiro alemão Konrad Zuse perfurou instruções codificadas para seu computador Z2 em fitas de filme de 35 mm.



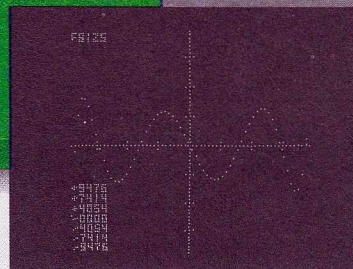
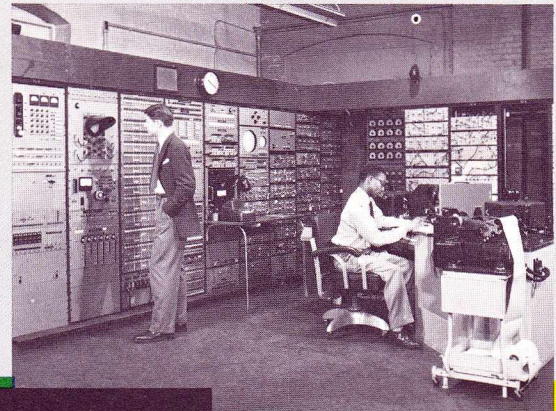
pel. Era o ancestral primitivo de um equipamento de I/O, sequer sonhado na época, o processador de textos.

Nos anos 50, o Whirlwind tornou-se protótipo de uma série de computadores que permitiram que a Força Aérea construísse um sofisticado sistema de defesa chamado SAGE, sigla em inglês de Ambiente Semi-automático em Terra. O sistema era capaz de manipular inputs simultâneos de 23 centros regionais dos Estados Unidos e Canadá, que monitoravam uma imensa rede de bases de radar e outros sensores. Operadores em cada centro digitavam os dados em teclados de input e observavam telas circulares para controlar condições meteorológicas, padrões de vôo dos aviões e outras informações essenciais à defesa aérea. Ao mesmo tempo, a bateria de equipamentos de I/O do sistema SAGE, usando linhas telefônicas para enviar e receber sinais, mantinha a comunicação entre centros adjacentes, fazendo do sistema um todo sem divisões. O Whirlwind original foi "aposentado" de seu serviço no MIT em 1959, mas alguns de seus sucessores diretos ainda estavam em operação no meio da década de 80.

O fermento criativo disseminado pela Segunda Guerra Mundial continuou borbulhando em ambos os lados do Atlântico após o fim do conflito. Na Grã-Bretanha,

1945-1951

O Whirlwind do MIT foi o primeiro computador a possibilitar a operação em tempo real. O input era feito através de fita perfurada numa Flexowriter (abaixo, à direita); o output era exibido numa tela CRT (abaixo) ou na Flexowriter.



1946

Operadores programavam o gigante ENIAC ajustando cerca de 6 000 chaves nas unidades de cálculos e depois conectando manualmente os cabos a um painel. Um problema que a máquina resolvia em 20 segundos podia ocupar dois dias de trabalho.

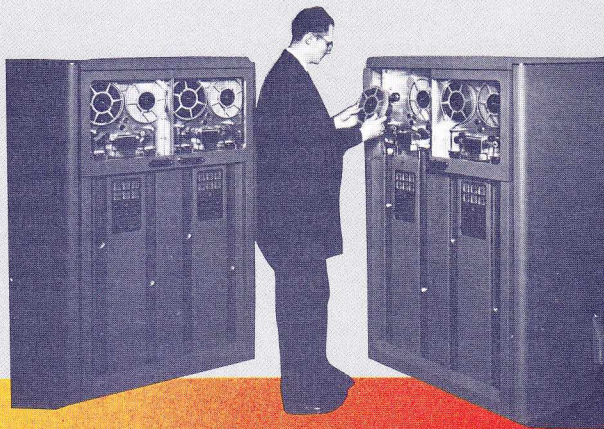
uma equipe da Universidade de Cambridge, liderada por Maurice Wilkes, revelou em 1949 o primeiro computador de grande porte do mundo projetado para armazenar seus próprios programas. O input da nova máquina, chamada EDSAC, sigla em inglês de Calculador Automático Eletrônico de Armazenagem em Retardo, era feito por fitas de papel.

Wilkes tinha passado os anos da guerra trabalhando em radares militares, um campo no qual a Grã-Bretanha era líder no mundo. Na verdade, a aplicação mais importante de tecnologia de radares em computadores ocorrida no pós-guerra veio de outro pesquisador britânico, F. C. Williams. Ele havia trabalhado durante a guerra num método de exibição de dados de radar num CRT e, no fim dos anos 40, passou a integrar o grupo da Universidade de Manchester que se dedicava à construção de um computador chamado Manchester Mark I. Ele realizou seu sonho do tempo da guerra com um novo aparelho de output — uma série de telas nas quais os dados da memória do computador podiam ser visualizados e alterados à medida que a máquina trabalhava no programa.

Um programador visitante logo utilizou a invenção de Williams de maneira inovadora, escrevendo um programa que jogava damas e exibia o tabuleiro e as pe-

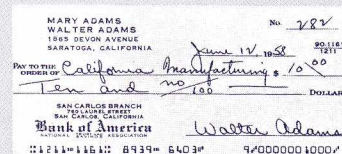
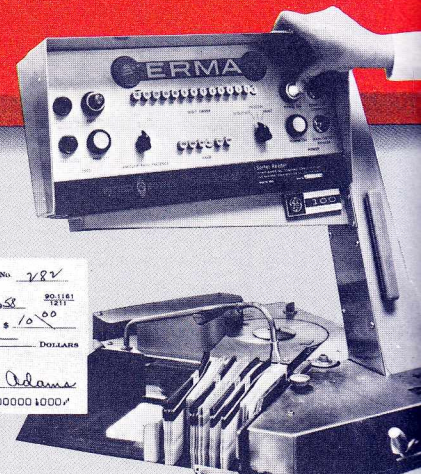
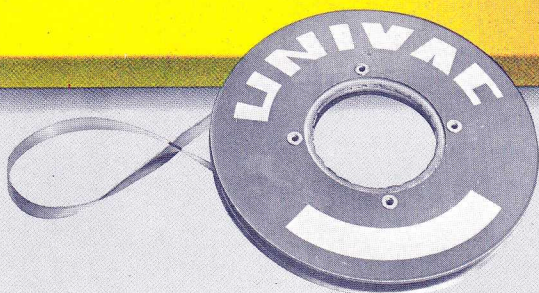
1951

Os carretéis de 400 metros de fita de gravação metálica de 1/2 polegada de largura (abaixo), usados pelo UNIVAC para input e output, possibilitavam que o computador lesse e escrevesse dados a uma velocidade de 12 500 caracteres por segundo.



1952

O IBM 701 gravava dados em fita plástica, mais rápida que a fita metálica e menos abrasiva para o sensível mecanismo de leitura do computador.



ças na tela do Manchester Mark I. O programa de damas gerava output auditivo, além do visual, tocando *God Save the King* em alto-falante ao fim de cada partida.

A aplicação era frívola, mas as técnicas de input/output utilizadas representavam avanços significativos. Além de mostrar dados no CRT, o Manchester Mark I fornecia dados em fitas perfuradas de papel e em texto impresso por teletipo. Contudo, a operação do computador e de seus equipamentos de I/O constituía um desafio. Partes do sistema estavam instaladas em diferentes andares, de maneira que os usuários tinham que subir e descer correndo um lance de escadas, ajustando chaves em um andar, colocando fitas de papel perfurado em outro e torcendo o tempo inteiro para que a vibração produzida por carros e caminhões do lado de fora do prédio não arruinasse o delicado trabalho.

Nos Estados Unidos, o físico John W. Mauchly e o engenheiro elétrico J. Presper Eckert, líderes do grupo responsável pela construção do ENIAC na Universidade da Pensilvânia, trabalhavam após o fim da guerra num modelo mais avançado, chamado EDVAC, sigla em inglês de Computador Eletrônico de Variáveis Discretas.

Mais compacto e ainda mais poderoso que o ENIAC, o novo computador reduzia a quantidade de trabalho manual (ajuste de cabos e chaves) necessária à pre-

1961

No IBM Stretch, as barras de tipos convencionais foram substituídas por um revolucionário mecanismo de impressão baseado numa esfera do tamanho de uma bola de golfe.

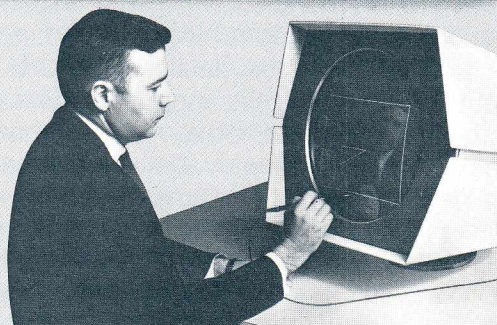


1958

O Método de Contabilidade por Registro Eletrônico (ERMA), projetado pelo Instituto de Pesquisas de Stanford para o Bank of America, usava um leitor de caracteres em tinta magnética.

1962

A caneta de luz da Itek Corporation, usada comercialmente pela primeira vez no PDP-1 da Digital Equipment Corporation, permitia que o operador desenhasse diretamente na tela CRT.



paração da máquina para cada novo programa. Mauchly e Eckert deixaram a universidade em 1946 para se lançar aos negócios por conta própria, esperando vender computadores de uso genérico. Embora tenham se decepcionado como empresários, continuaram a brilhar no campo científico, desenvolvendo dois sistemas de importância duradoura para a tecnologia de I/O.

Um sistema, concluído em 1949, foi o chamado BINAC, sigla em inglês de Computador Automático Binário. Projetado para a Northrop Aircraft Corporation, ele era suficientemente compacto (1,40 m x 1,60 m x 30 cm) para ser operado dentro de um avião em voo. O BINAC podia receber dados de um teclado de máquina de escrever ou de fita magnética codificada. A fita magnética, que havia sido utilizada em algumas calculadoras antes do advento do computador, operava a partir de um princípio similar ao dos recém-popularizados gravadores de som: sua fina fita plástica era revestida especialmente para armazenar dados como campos magnéticos induzidos por sinais elétricos. Assim como nos carretéis dos gravadores, a fita podia ser apagada e usada várias vezes.

Por uma série de razões, o BINAC nunca chegou a funcionar como devia, mas Mauchly e Eckert já estavam trabalhando numa máquina muito mais ambiciosa chamada UNIVAC, sigla em inglês de Computador Automático Universal. O sistema foi concluído em 1951 e comercializado em seguida pela Remington Rand, um grande fabricante de tabuladores de cartões perfurados, que tinha adquirido a financeiramente instável empresa de Mauchly e Eckert.

O UNIVAC foi o primeiro computador dos Estados Unidos produzido para fins comerciais e parte de seu sucesso deveu-se aos componentes de I/O que oferecia. Eckert e Mauchly tinham se proposto a desenvolver uma fita magnética para o UNIVAC que pudesse ser usada tanto para input como para output. Ao contrário da bastante frágil fita plástica utilizada pelo BINAC, a fita do UNIVAC era metálica. Além disso era compacta. Um só carretel podia conter 400 metros da fita de 1/2 polegada de largura, e cada polegada da fita podia armazenar cem ou mais dígitos decimais. Assim, um carretel podia armazenar mais de 1 milhão de caracteres de dados, o equivalente a dezenas de milhares de cartões.

A equipe de Eckert-Mauchly construiu um leitor eletrônico, chamado UNISERVO, que lia e gravava dados na fita a velocidades que prometiam revolucionar o processamento de input/output. O UNISERVO podia ter 12 500 caracteres por segundo, mas a fita metálica se mostrou excessivamente desgastante para as cabeças sensoras do leitor de alta velocidade; em projetos subseqüentes o metal foi substituído por novos compostos plásticos, duráveis, mas menos abrasivos.

O NASCIMENTO DA IMPRESSÃO EM ALTA VELOCIDADE

Talvez o mais bem-sucedido componente da família UNIVAC de equipamentos de I/O tenha sido sua impressora de alta velocidade. A necessidade de tal impressora era evidente desde o princípio, especialmente no uso de computadores para processar folhas de pagamento, faturamento e controle de estoque. Já havia algumas tecnologias promissoras. Uma máquina retirada de um submarino alemão capturado durante a guerra continha uma curiosa impressora "em movimento", na qual o papel era pressionado por martelos contra uma roda de tipos em contínua rotação. Várias firmas americanas experimentavam maneiras de aprimorar esse conceito quando a equipe do UNIVAC decidiu produzir uma impressora própria.

A execução do projeto foi atribuída ao gerente de projetos Earl Masterson e o

instrumento que ele concebeu, em conjunto com J. Presper Eckert, tornou-se a primeira impressora de alta velocidade comercialmente viável do mundo. Anos mais tarde, Masterson recordava que o estímulo para produzir a impressora tinha partido do departamento de marketing da Remington Rand. “O pessoal de marketing só conseguiria encontrar novos clientes para o UNIVAC se ele conseguisse produzir um grande volume de output. A pressão para que terminássemos a impressora foi tremenda.”

Quando o primeiro UNIVAC foi entregue — para o Departamento de Recenseamento americano, em 1951 — Masterson ainda trabalhava em um protótipo de uma invenção. Mas, em 1954, ele concluiu uma máquina cujos princípios se tornariam parte permanente da tecnologia de I/O. Chamada UNIPRINTER, a criação de Masterson era uma impressora de linhas: era capaz de imprimir uma linha completa de 120 caracteres quase simultaneamente, em vez de imprimir um caractere de cada vez, como vinha sendo feito desde a invenção da máquina de escrever no século XIX.

A engenhosa peça do equipamento que tornava possível e prática a impressão de linhas completas era um tambor rotativo. Gravados em relevo no tambor, havia uma série de conjuntos completos de tipos — um conjunto circundando o tambor para cada uma das 120 posições de impressão de uma linha. Um martelo era acionado em cada posição de impressão, pressionando o papel e a fita contra o tambor que girava rapidamente em seu eixo horizontal. Movida por válvulas eletrônicas que consumiam 14 000 watts de energia, a impressora de Masterson recebia os carretéis de fita magnética contendo a informação processada pelo computador central e imprimia os dados a uma velocidade de seiscentas linhas por minuto, quatro vezes mais rápido que o concorrente mais próximo, os tabuladores usados como impressoras pela IBM.

Ao todo, 46 UNIVACs do Modelo I foram vendidos ao governo e empresas privadas nos anos 50 e, embora a impressora fosse vendida como um opcional, Masterson podia orgulhar-se de que “quase todos os que compraram o computador, adquiriram também a impressora”.

A IBM ENTRA NA BRIGA

Como um gigante lânguido, descansando com um olho prudentemente aberto, a International Business Machines Corporation observou durante algum tempo o progresso da ciência da computação e da tecnologia de input/output aparentemente sem se mover. Talvez a IBM tenha preferido esperar que o trabalho de desenvolvimento fosse realizado pelos outros, para então manter sua posição duramente conquistada de líder absoluta da indústria de equipamentos de escritório, simplesmente adaptando os novos equipamentos à sua lucrativa linha de calculadoras com cartão perfurado. Ou talvez temesse incorrer na lei antitrust se começasse a explorar muito cedo o campo da computação.

Quaisquer que fossem as razões, a IBM não empreendeu nenhum trabalho novo na área de computação nos anos do pós-guerra imediato, apesar de seu envolvimento anterior nas pesquisas com computadores em Harvard e no MIT. Porém, curiosamente, foi a pesquisa de tecnologia de input/output que acabou por acordar a empresa. Os engenheiros da IBM vinham insistindo com a diretoria para que renovasse seu interesse na emergente revolução dos computadores; e encontraram receptividade na figura de Thomas J. Watson Jr., vice-presidente executivo e filho

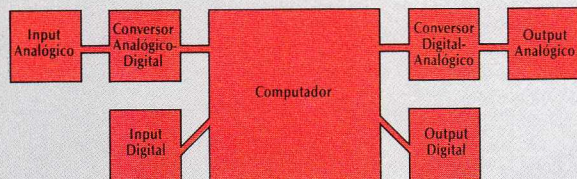
do presidente do conselho. Watson Jr., piloto da Segunda Guerra Mundial, havia ficado profundamente impressionado com a avançada tecnologia dos radares e de outras áreas militares, que conhecera durante seu serviço militar — e evidentemente usou sua considerável influência para fazer com que a empresa adaptasse as mais recentes técnicas eletrônicas.

Em 1949, a diretoria da IBM aprovou a realização de um estudo sobre fitas magnéticas, para determinar como o novo dispositivo poderia efetivamente ameaçar os sistemas de equipamentos de escritório que eram o pão de cada dia da IBM. Alguns dos executivos da companhia duvidavam que a fita magnética pudesse tornar-se algum dia uma força significativa no mercado de máquinas comerciais; ao contrário dos cartões perfurados, que podiam ser verificados manualmente, a fita magnética exigia maquinário especial para a verificação de erros. Além disso, a IBM tinha um vasto investimento em tecnologia de cartões perfurados, da qual possuía a maioria das patentes. Mas o estudo foi levado adiante e, ao produzirem máquinas para testar o potencial da fita magnética, os engenheiros da IBM estabeleceram as bases da atuação da empresa na área de computadores.

UM SISTEMA PROGENITOR

Em 1952, a IBM lançou seu primeiro computador totalmente eletrônico, originalmente chamado Calculador da Defesa, e mais tarde conhecido como 701. Embora continuasse a usar cartões perfurados, a nova máquina dispunha de uma série de avançados equipamentos de I/O, inclusive CRTs, impressoras de linhas de alta velocidade e fitas magnéticas de plástico. O Modelo 702, criado logo a seguir para uso comercial, oferecia ao cliente a opção de leitura de informação através de cartões ou de fita magnética, e de produção de output em impressoras ou em fita. Na metade dos anos 50, os engenheiros da IBM estavam desenvolvendo um disco magnético para a armazenagem de informação e um aparelho chamado sincronizador de dados que controlava o relacionamento entre os componentes de I/O e a unidade central de processamento (CPU). O gigante conservador e a ciência adolescente rumavam juntos em direção ao futuro.

Os caminhos do input/output



Até o mais sofisticado sistema estereofônico se revelará completamente inútil se não for capaz de captar a informação de áudio da gravação. Será igualmente inútil se não tiver altofalantes sensíveis, que transformem essa informação em sons ricos. Também o computador, apesar de todo seu poder, será apenas um amontoado de circuitos se não contar com meios de receber os dados, armazená-los para processamento e depois transformar os resultados processados em ações ou efeitos visuais que atendam às expectativas do operador humano.

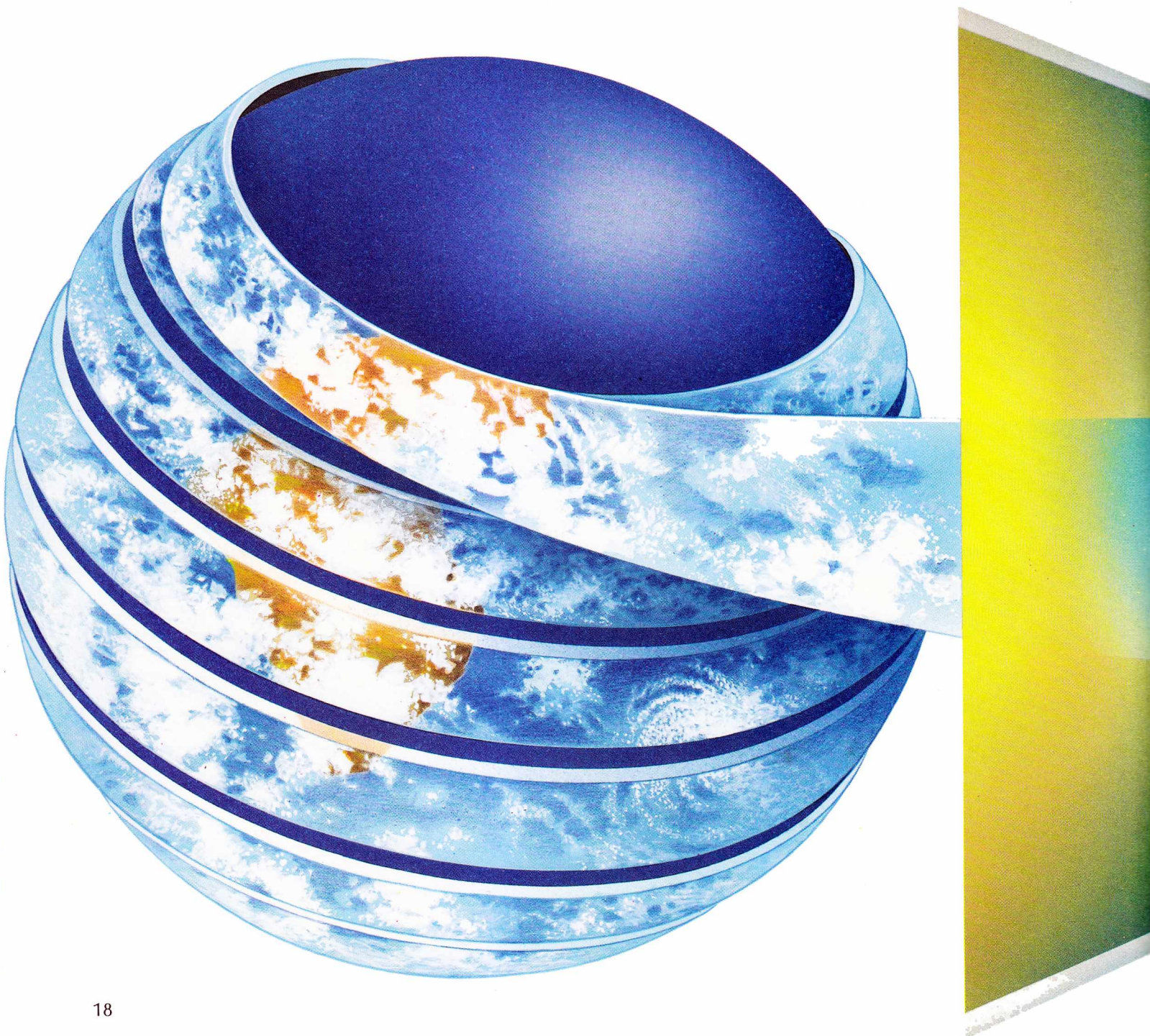
Diferentemente dos conjuntos de som, que têm apenas uma tarefa a desempenhar, os computadores são solicitados a manipular todo tipo de informação. Fazer a recepção dessa informação é a tarefa dos chamados equipamentos de input, que podem ser tão genéricos quanto um teclado ou mouse, ou tão especializados quanto alguns sensores, capazes de monitorar a pressão do ar em túneis de aerodinâmica ou a temperatura da turbina de um foguete. Frequentemente, a informação recebida pelos sensores deve ser transformada nos zeros e uns da linguagem dos computadores, antes que a máquina possa agir em função dessa informação. Isso é feito por um conversor analógico-digital; sem ele, todo o poder do computador permaneceria represado. Dados já processados pelo computador podem então ser exibidos em equipamento de output, tais como telas de vídeo, impressoras ou traçadores gráficos. E podem também ser usados de outras maneiras — por exemplo, para pilotar naves controladas por computador, ou para girar barras de aço em fábricas computadorizadas.

O processo de input/output, ou I/O, de um computador é feito a partir de certos elementos básicos, seja a máquina em questão um supercomputador, um modesto modelo pessoal ou um conjunto de computadores que dirigem o vôo de um avião experimental. As páginas 26-29 mostram o caminho seguido pelos dados ao entrar e sair de um computador, e descrevem diversos métodos para tornar o processamento de I/O o mais eficiente possível.

Tradução dos fenômenos



A informação captada no começo do processo de input pode ser luz, som, calor, pressão ou qualquer combinação de outros fenômenos do mundo real. Cada um desses fenômenos ocorre de modo contínuo, com infinitas gradações entre os extremos, e deve ser traduzido para outra forma antes de ser passível de análise pela precisa lógica de um computador. Aparelhos de input chamados sensores iniciam o processo da tradu-



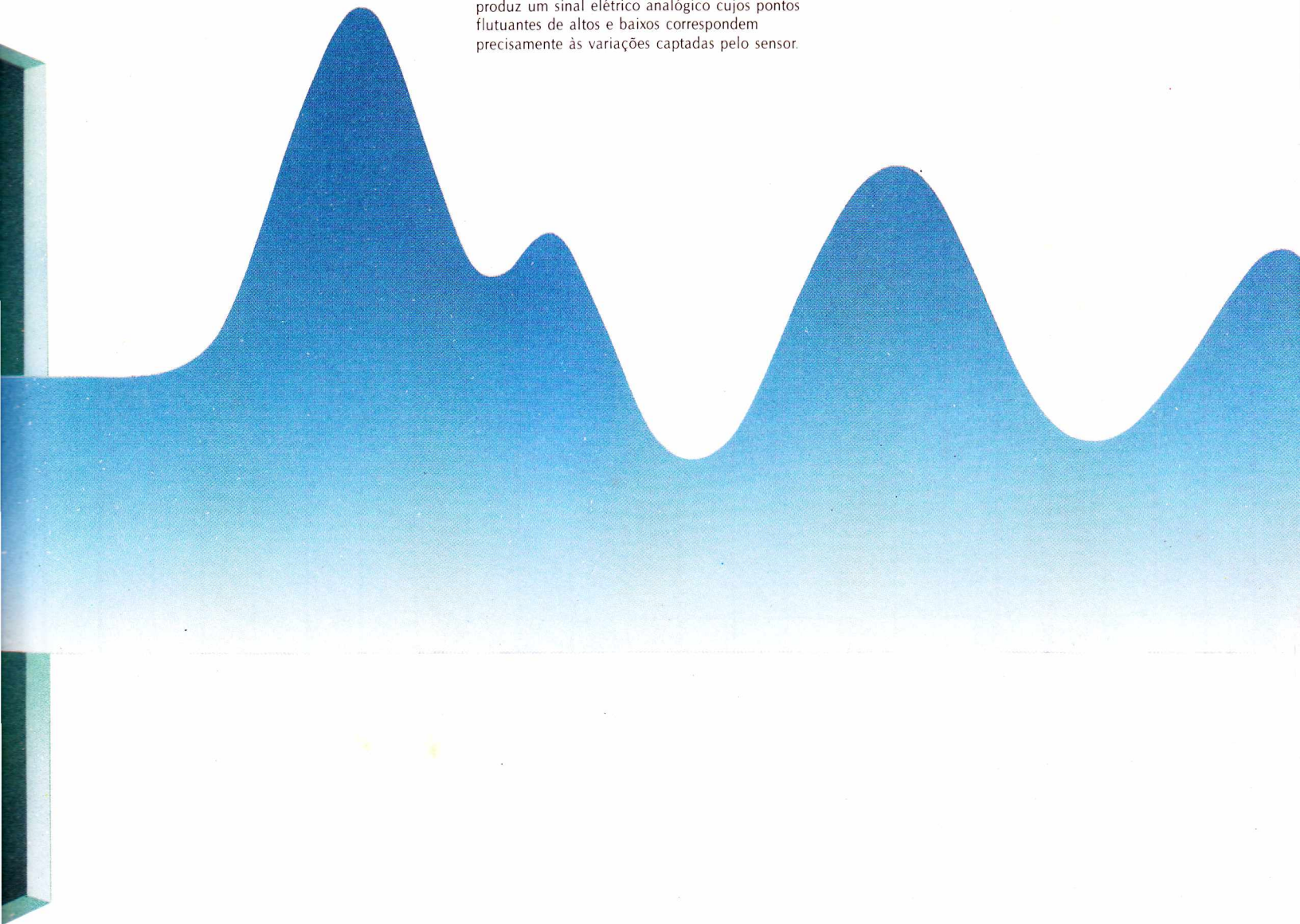
ção convertendo os dados em sinais elétricos de tensão variável.

Conhecidas como sinais analógicos por serem de fato analogias da realidade, as tensões representam flutuações do fenômeno físico que se está medindo ou observando. Por exemplo, um sensor de temperatura produz uma tensão mais forte quando a temperatura sobe e uma mais fraca quando esta desce.

Porém, um sinal analógico variável é apenas o primeiro passo, pois a maioria dos computadores modernos emprega a lógica binária, de dois estados: seus circuitos trabalham apenas em termos de ligado/desligado. Portanto, antes de poder completar sua viagem pelo sistema, o input analógico deve passar por toda uma série de modificações adicionais.

Uma tradução analógica

Nesta versão metafórica da gênese de um sinal analógico, um fenômeno do mundo real é retirado da Terra como a casca de uma fruta madura, depois passa pelo portal de um sensor imaginário. O sensor produz um sinal elétrico analógico cujos pontos flutuantes de altos e baixos correspondem precisamente às variações captadas pelo sensor.

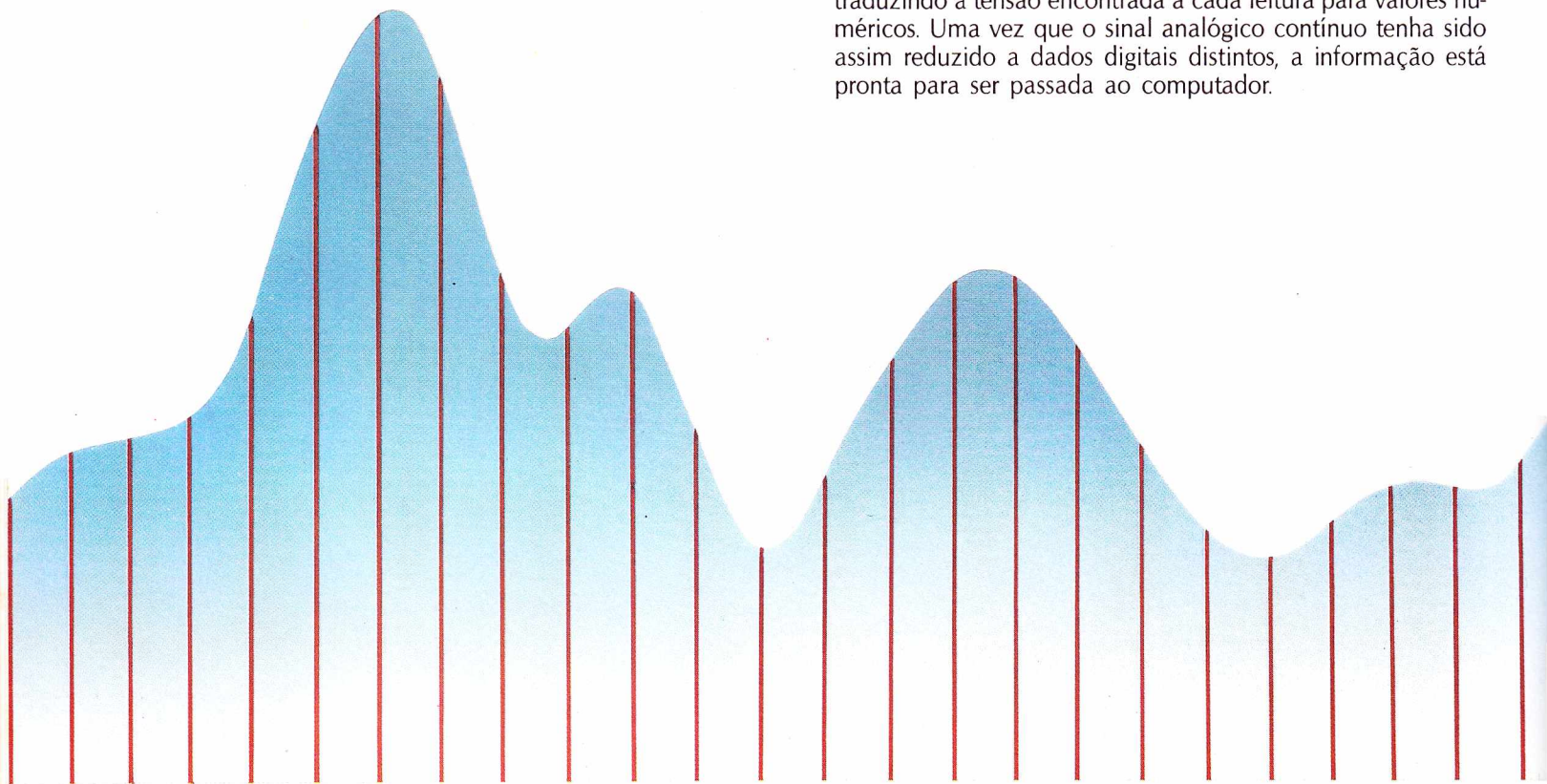


Dos sinais analógicos à lógica digital



Antes de os computadores digitais eletrônicos poderem interpretar um sinal analógico para processamento, o sinal deve ser traduzido para linguagem binária do computador. Isto é feito passando-se o sinal por um conversor analógico-digital (A-D), que transforma as tensões variáveis em rápidos pulsos ligado/desligado. Os pulsos correspondem tanto à lógica sim/não (verdadeiro/falso) do computador quanto ao sistema numérico binário, que pode expressar qualquer número, não importa quão grande ou pequeno este seja, como uma combinação de zeros e uns (*boxe à direita*). Num computador digital, zeros e uns são representados pelos estados ligado e desligado dos minúsculos circuitos eletrônicos que formam a unidade central de processamento da máquina, ou CPU, assim como sua memória interna e outros componentes.

Para transformar o sinal analógico em digital, o conversor A-D faz leituras periódicas, ou amostras, do sinal analógico, traduzindo a tensão encontrada a cada leitura para valores numéricos. Uma vez que o sinal analógico contínuo tenha sido assim reduzido a dados digitais distintos, a informação está pronta para ser passada ao computador.

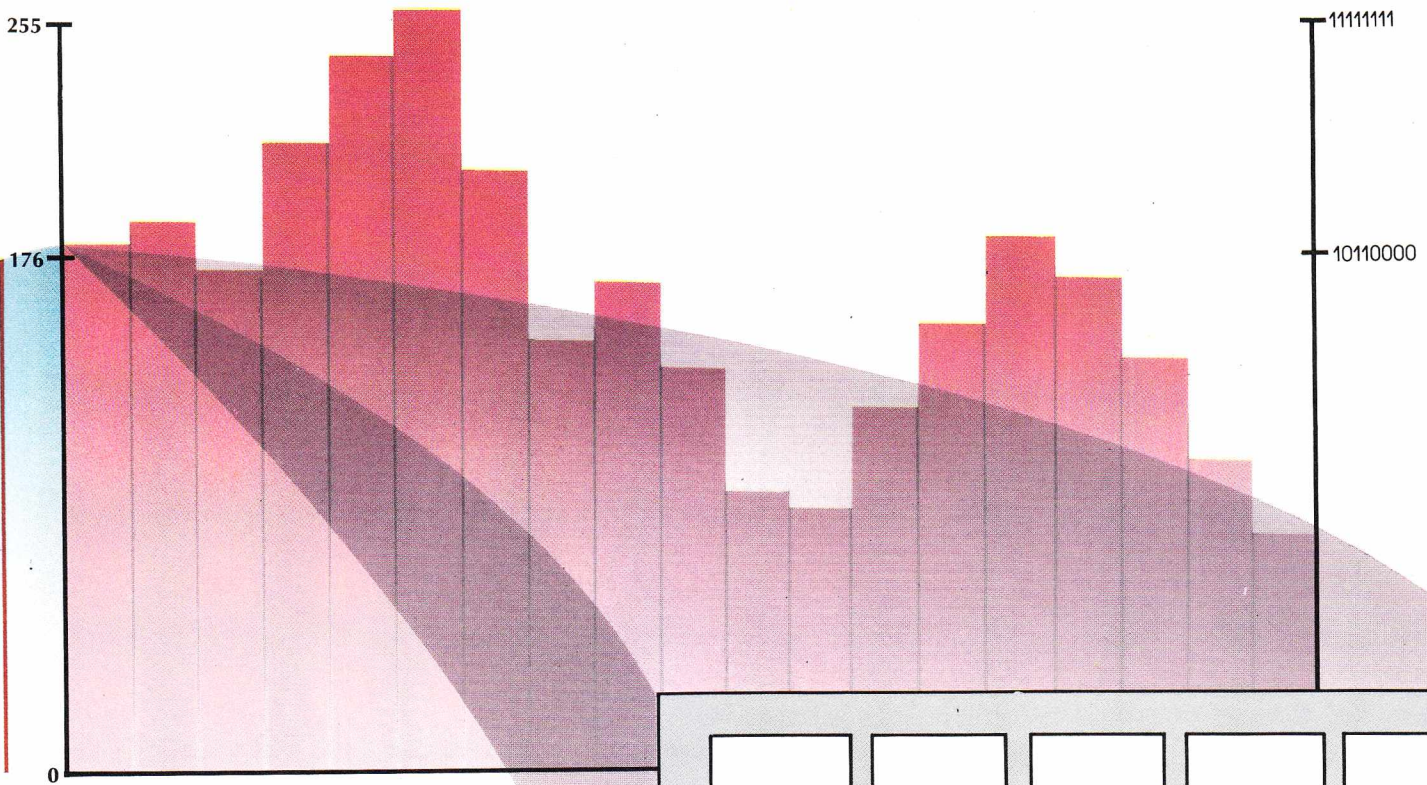
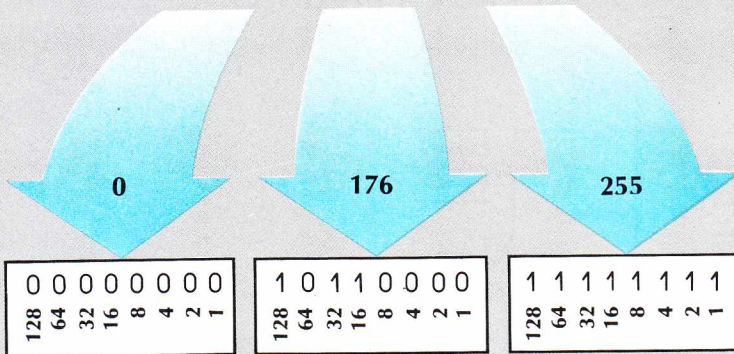


Uma tradução digital

Para transformar um sinal analógico contínuo em sinal digital discreto, um conversor analógico-digital pega amostras do sinal a intervalos regulares. Esses intervalos devem ser muito rápidos, o dobro da velocidade da frequência mais alta do sinal, para evitar uma conversão enganosa. Na melhor das hipóteses, o sinal digital constitui apenas uma aproximação do original analógico. Assim que o conversor toma suas rapidíssimas leituras, ele atribui um número para cada segmento (*à direita*); quanto mais alta a tensão, maior será o número, quanto mais baixa a tensão, menor o número.

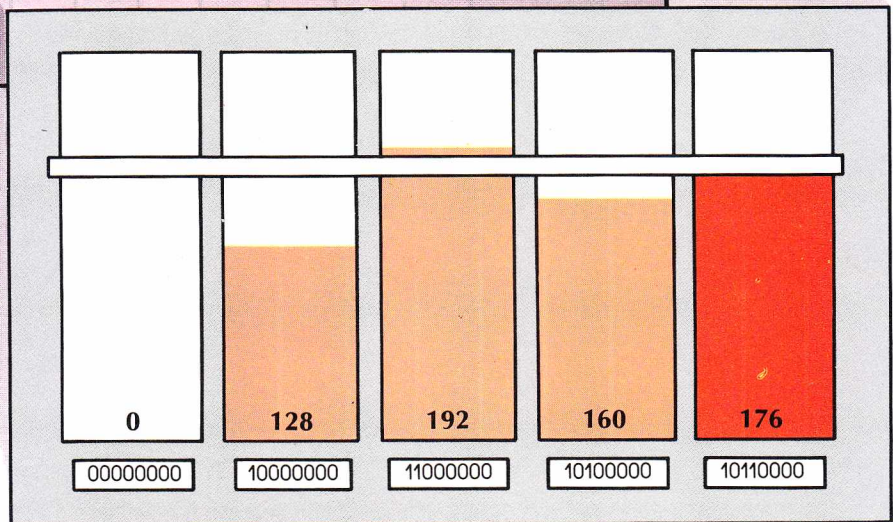
O bit binário

No sistema numérico binário, de base dois, cada posição à esquerda da posição da unidade aumenta o valor em potência dois (isto é, eleva ao quadrado). No número binário 10110000, por exemplo, os números um marcam posições representando os valores decimais 128, 32 e 16; somando-se esses valores obtemos o número decimal 176. O maior decimal que pode ser expresso em um byte é 255 (11111111). Computadores podem manipular informação em unidades, ou palavras, de oito a sessenta bits de comprimento.



Conversão analógico-digital

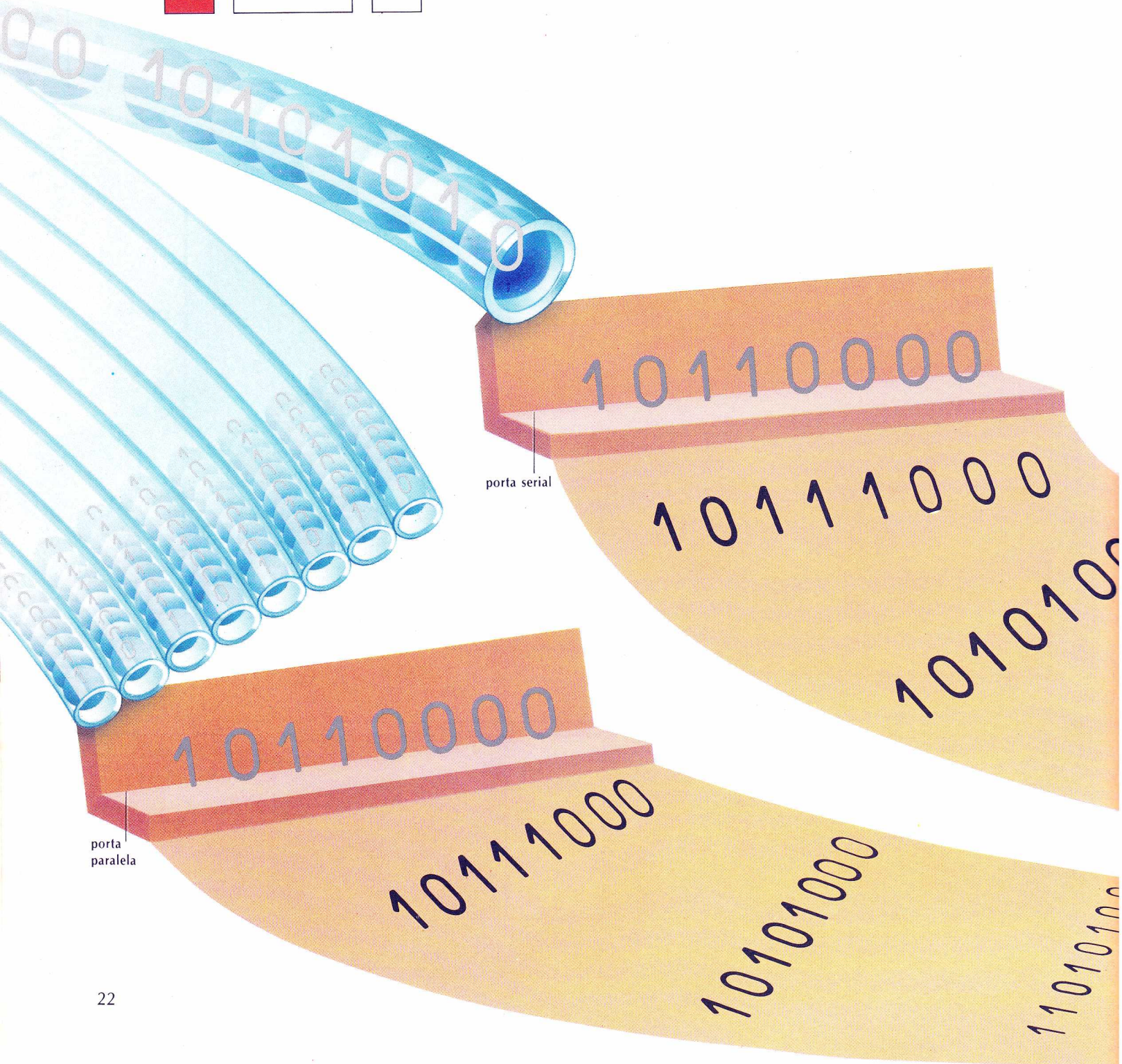
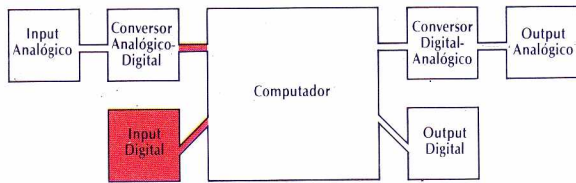
Usando uma técnica conhecida como aproximação sucessiva, este simples conversor de oito bits tenta expressar uma tensão desconhecida gerando uma série de tensões de tentativa numa faixa de 0 a 255. O conversor altera um bit de cada vez em função de suas tensões de teste. A média, 10000000 (128), mostra-se muito baixa, mas, adicionando-se o próximo bit, 11000000 (192), fica muito alta. Desligando-se aquele bit e ligando-se o próximo obtém-se 10100000, ou 160, muito baixa. Mas ao se acrescentar o próximo bit obtém-se a resposta: 10110000, ou 176.



Ordens de movimento

Depois de codificada em pulsos binários, a informação entra no computador de maneira paralela ou serial, através de portas eletrônicas chamadas portas. Uma porta é considerada paralela ou serial dependendo da disposição dos bits que deve manipular.

No modo serial, os bits que formam uma palavra de computador (o comprimento de palavra usado aqui é de oito bits, ou um byte) correm um atrás do outro por um único caminho. Na porta, eles são alinhados lado a lado para formar unidades de comprimento que o computador foi projetado para mani-

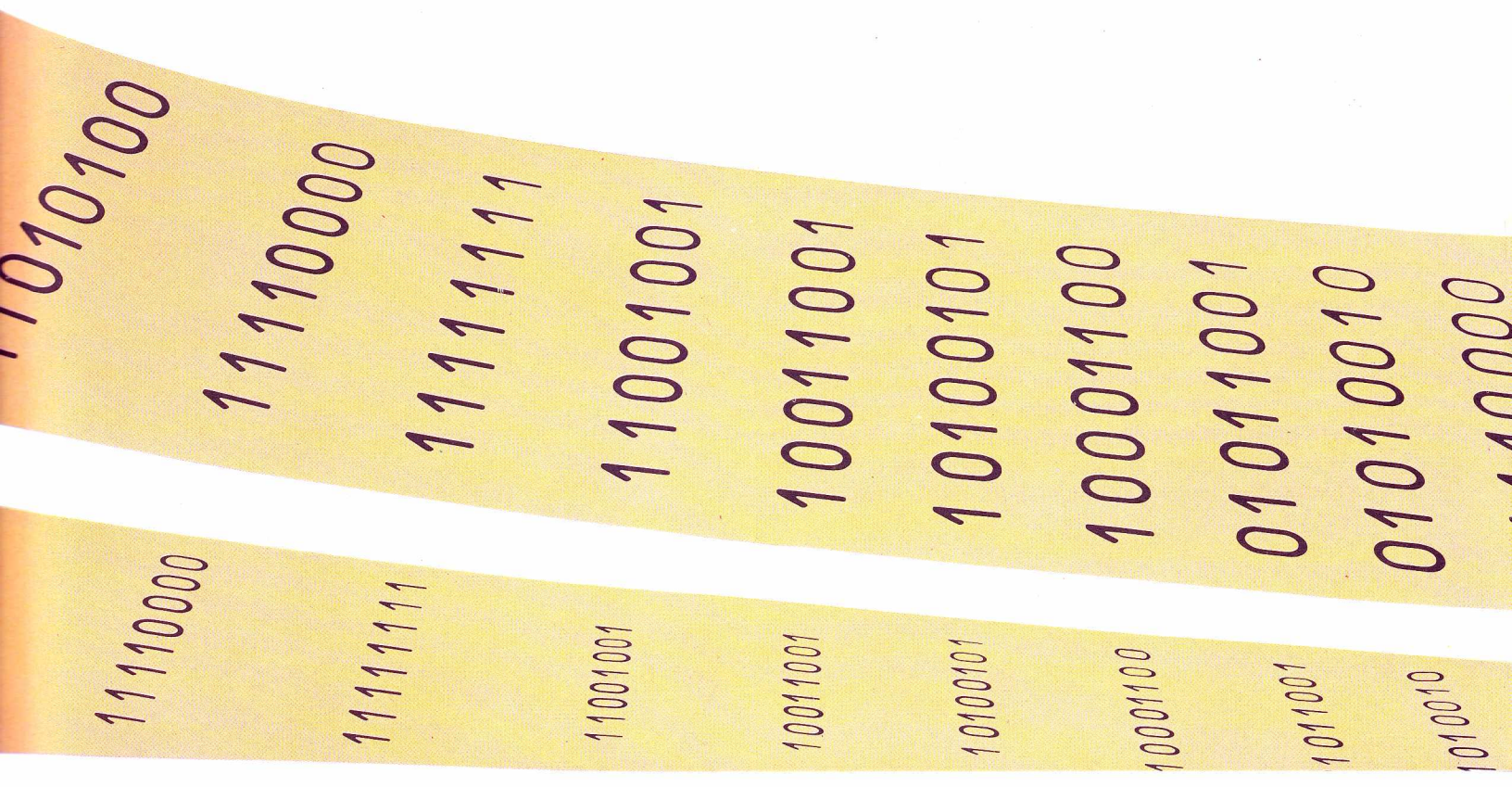
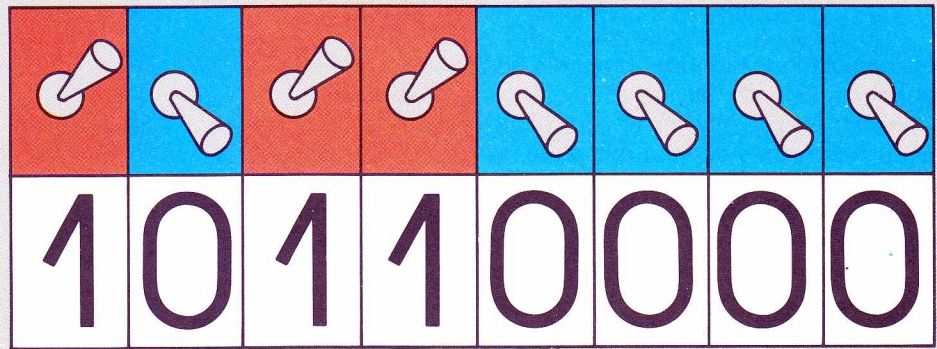


pular. Daquele ponto em diante, os bits individuais movem-se paralelamente, como uma unidade.

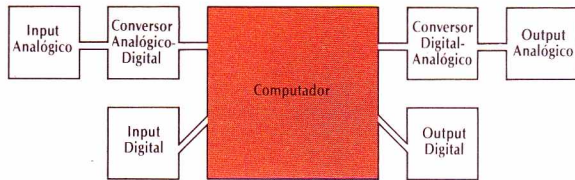
Bits entrando por uma porta paralela já chegam alinhados, tendo vindo por caminhos individuais. Essa transmissão é muito mais rápida que a serial mas tem suas desvantagens. A distâncias superiores a 30 metros, a sincronização dos sinais paralelos é difícil e o custo da fiação múltipla torna-se proibitivo. Assim, quando os sinais devem percorrer longas distâncias, milhares de quilômetros por telefone, por exemplo, os projetistas de computadores dão preferência ao método serial, mais lento.

A objetividade do input digital

Nem todos os dados que entram pelas portas de input de um computador têm origem analógica. Uma grande parte da informação usada por computadores já é digital desde o início, tendo sido introduzida por dispositivos como teclados, máquinas perfuradoras ou fita magnética. Neste dispositivo digital simplificado, o equivalente binário de 176 — 10110000 — foi introduzido com interruptores representando um (ligado) ou zero (desligado).



Mapa rodoviário do sistema interno

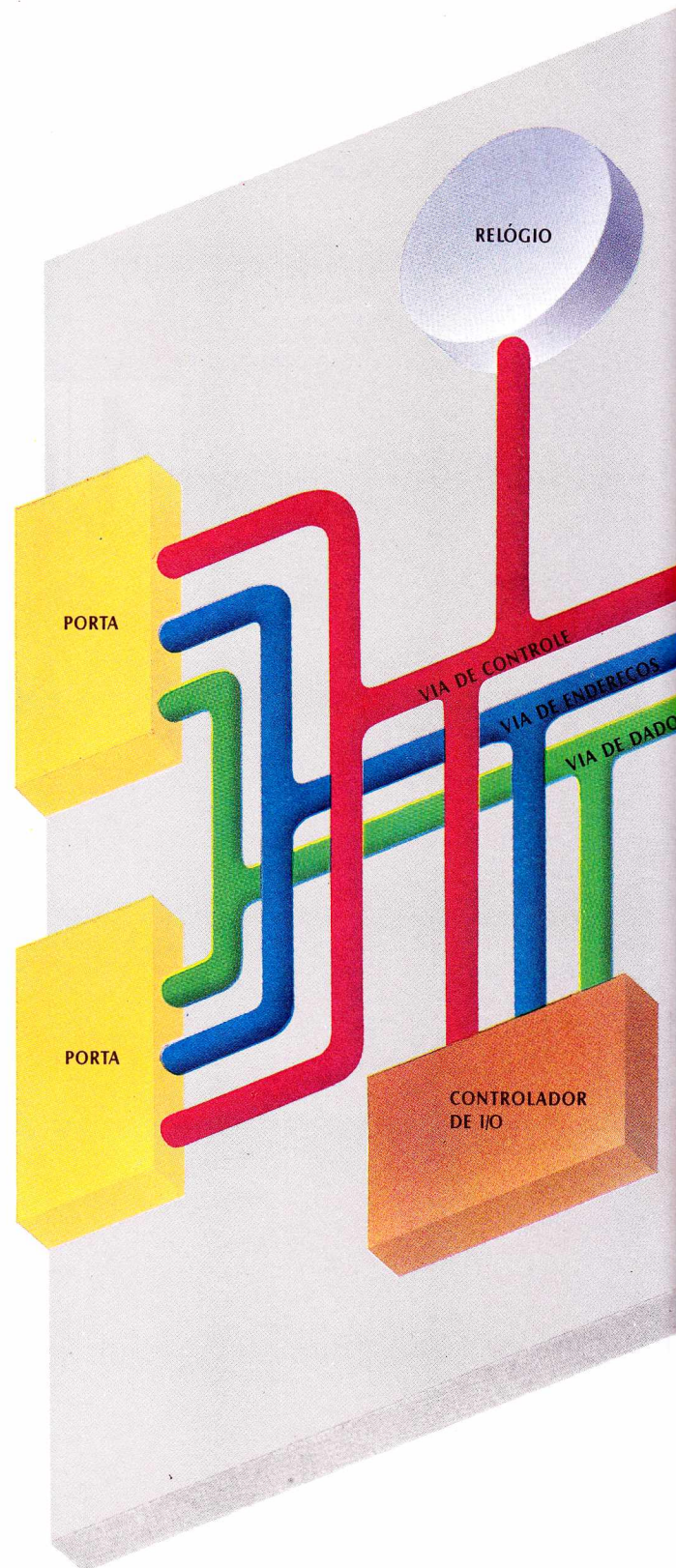


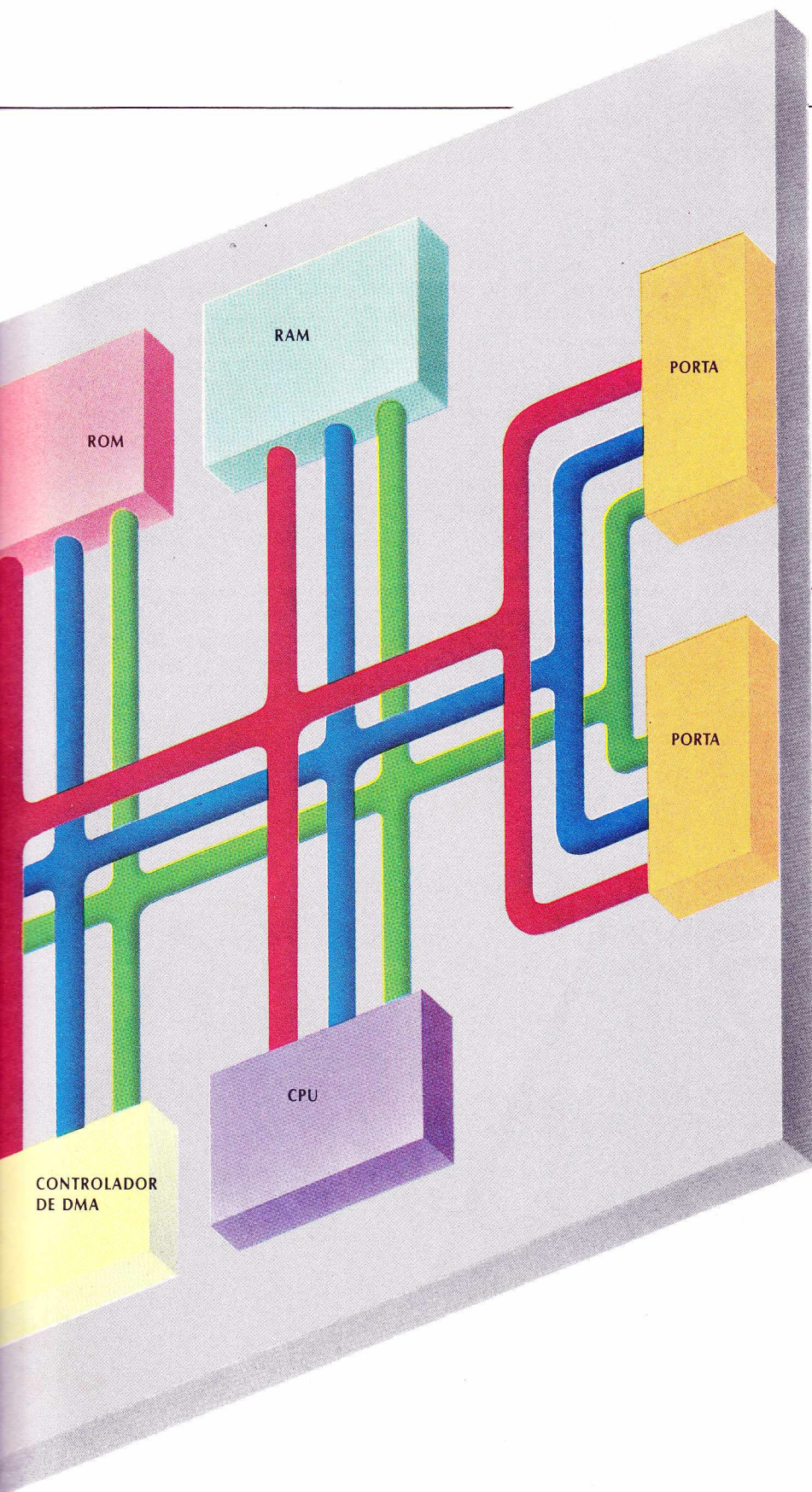
Certos computadores são mais complexos que outros, mas mesmo assim todos eles têm alguns componentes em comum. Eles podem variar em tamanho, de um único microchip até um cubo de 30 centímetros de lado composto de muitos CIs, mas suas funções são sempre as mesmas.

O elemento-chave de todo computador é a unidade central de processamento (CPU): ela atua como o cérebro da máquina, o componente que executa as instruções e que ordena as idas e vindas dos dados durante o processamento. A CPU depende de informações e instruções armazenadas em dois tipos de memória de computador: ROM, ou memória só para leitura (*read-only memory*), e RAM, memória para leitura e gravação (*read-and-write memory* ou *random-access memory*). O conteúdo da ROM, permanente, é preservado intacto, mesmo quando se desliga o computador. A informação da RAM pode ser alterada à vontade — como ao carregar um novo programa no computador a partir de dispositivos externos —, e se apaga quando o computador é desligado.

Outros componentes comuns a todos os computadores incluem os relógios, que sincronizam operações internas (e são às vezes instalados no próprio chip da CPU); as vias, circuitos eletrônicos que fazem a ligação entre os elementos do computador; e as portas de input/output. O sistema estilizado mostrado à direita também dispõe de duas peças opcionais, um controlador de input/output (I/O) e um controlador de acesso direto à memória (DMA), que não fazem parte de todos os computadores.

Quando a informação externa chega ao computador através das portas de input, ela passa pelas vias até a CPU, que armazena na RAM. Mais tarde, a CPU pode recuperar esses dados para processá-los de acordo com instruções armazenadas na memória. Os resultados podem ser mantidos na memória ou enviados através de uma porta de output para um periférico, para lá ficarem arquivados ou serem transformados em ação de algum tipo. As páginas 26-29 mostram detalhadamente as três principais maneiras pelas quais os computadores controlam o input e o output: sondagem, interrupção e DMA.





Componentes e suas funções

Portas acolhem o fluxo de dados que entram e saem do computador. Podem ser portas de input, de output ou ambivalentes e são aptas a operar de maneira serial ou paralela.

Vias são trilhas internas por onde passa a informação: sinais de controle passam pela via de controle; dados passam pela via de dados para um destino cujo endereço passa pela via de endereços.

O relógio envia pulsos eletrônicos regulares pela via de controle, sincronizando todas as atividades do computador.

ROM, a memória interna permanente do computador, contém informações essenciais como as instruções de inicialização do computador.

RAM é o banco de memória temporária, o depósito de programas e dados que podem ser alterados pela CPU.

A CPU atua como cérebro de todo o sistema do computador; ela realiza as operações aritméticas e lógicas da máquina.

O controlador de I/O normalmente faz parte de grandes sistemas multiusuários, onde controla operações rotineiras de input/output para a CPU.

O controlador DMA, outro item de equipamento opcional, pode prescindir da CPU e realizar comunicações diretas entre a RAM e os periféricos.

Dois métodos de coordenação de I/O

Com o ingresso de dados no computador, entra em ação uma das três técnicas fundamentais de controle das operações. Os passos principais de duas das técnicas de I/O mais comuns, sondagem e interrupção, têm seus conceitos mostrados à direita e abaixo.

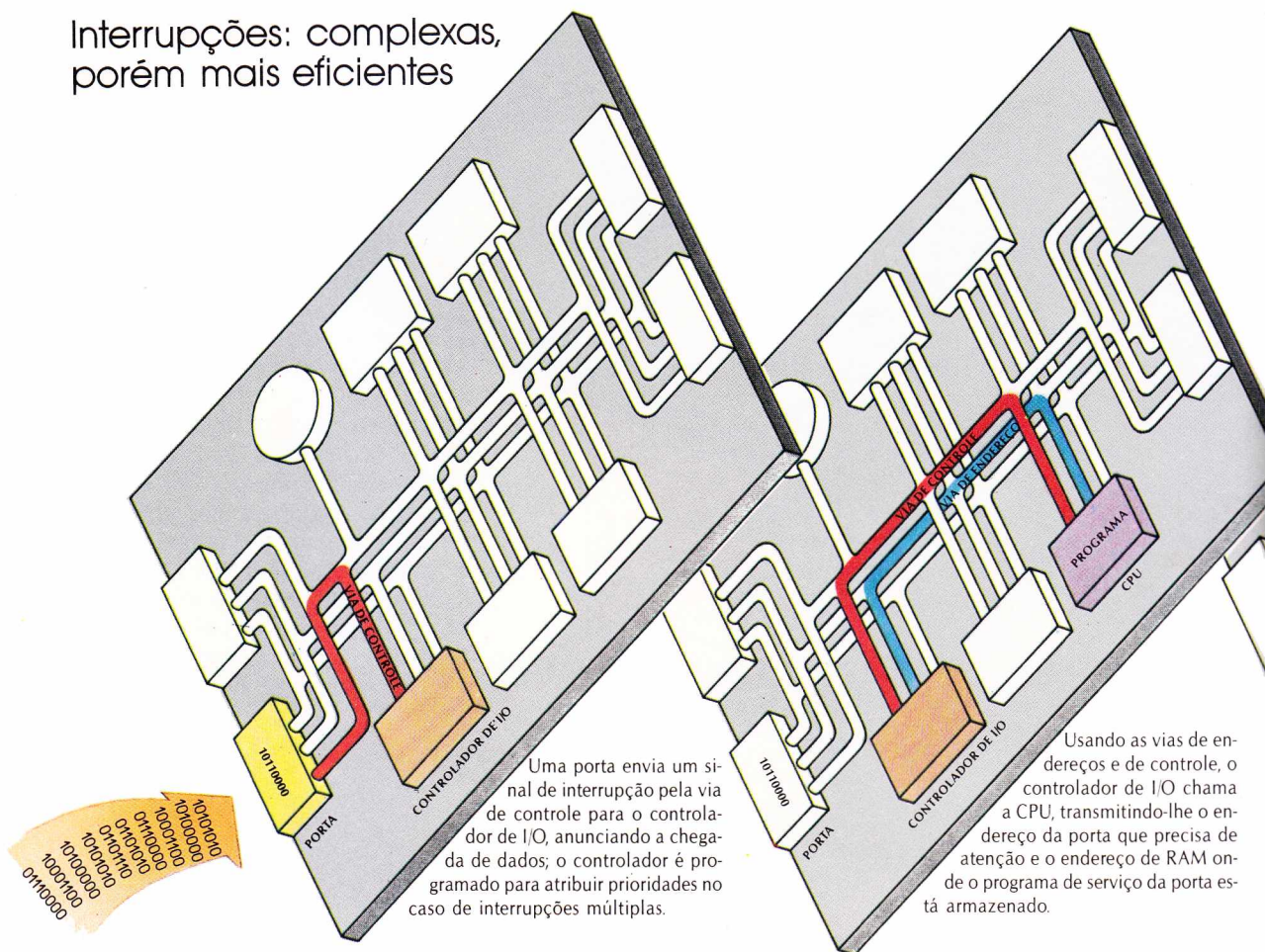
Na sondagem, a CPU deve verificar regularmente cada uma das portas para determinar se ela tem informação de input ou se está preparada para aceitar dados para output. O estado da porta é indicado por sinais eletrônicos de um só bit, conhecidos como sinalizadores ou flags (bandeiras, em inglês). A sondagem é simples, mas lenta. Ela também desperdiça o valioso tempo da CPU, uma vez que a CPU precisa fazer uma pausa entre as instruções de processamento que estão sendo executadas para efetuar a verificação de cada porta, caso alguma ação esteja sendo requisitada; é como se a única maneira de um anfitrião saber se um convidado chegou fosse descer a escada periodicamente e abrir a porta da frente.

A técnica da interrupção requer hardware e software mais

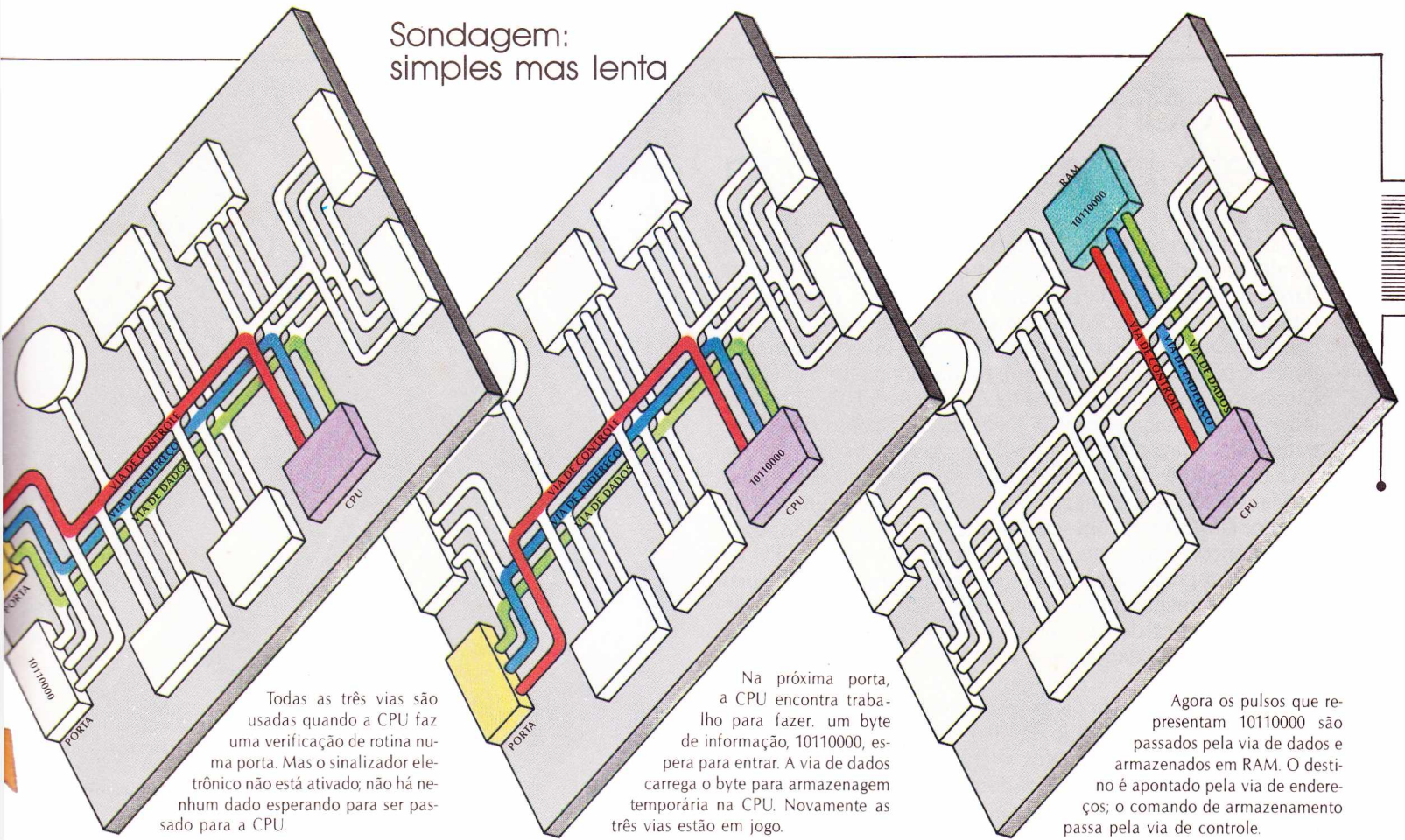
complexos, mas faz um uso bem mais eficiente da capacidade e do tempo da CPU. Quando esse sistema está em uso, a CPU fica concentrada em sua tarefa essencial, que é a de processar dados. Quando uma porta está pronta para input ou output, ela transmite um sinal à CPU, que só então faz uma pausa no processamento. Nessa técnica, prioridades são predeterminadas, o que evita confusão no caso de duas ou mais interrupções serem sinalizadas simultaneamente. O usuário pode também optar por mascarar, ou ignorar, as interrupções, com uma exceção: a interrupção por falta de energia. Essa interrupção "não mascarável" (*nonmaskable interrupt*, ou NMI) informa à CPU que ela dispõe de alguns microssegundos para guardar dados antes que a falha de energia desligue o sistema.

Ambas as técnicas de sondagem e interrupção são usadas tanto para input quanto para output, e nenhuma delas necessita de um controlador de I/O. Para simplificar, as seqüências de ilustrações mostram apenas o processo de input; o output é feito pelo mesmo processo, mas invertido.

Interrupções: complexas, porém mais eficientes



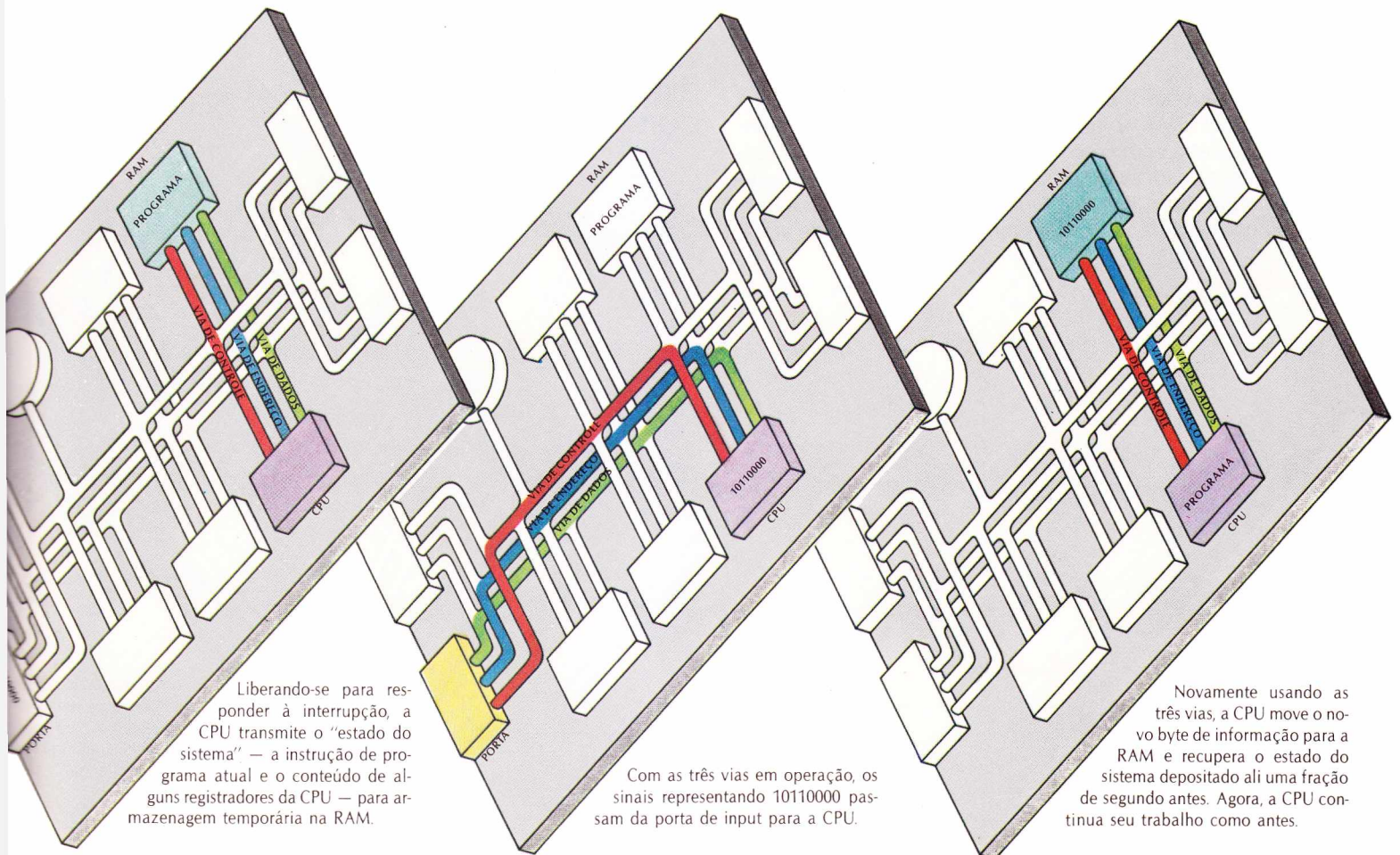
Sondagem: simples mas lenta



Todas as três vias são usadas quando a CPU faz uma verificação de rotina numa porta. Mas o sinalizador eletrônico não está ativado; não há nenhum dado esperando para ser passado para a CPU.

Na próxima porta, a CPU encontra trabalho para fazer: um byte de informação, 10110000, espera para entrar. A via de dados carrega o byte para armazenagem temporária na CPU. Novamente as três vias estão em jogo.

Agora os pulsos que representam 10110000 são passados pela via de dados e armazenados em RAM. O destino é apontado pela via de endereços; o comando de armazenagem passa pela via de controle.



Liberando-se para responder à interrupção, a CPU transmite o "estado do sistema" — a instrução de programa atual e o conteúdo de alguns registradores da CPU — para armazenagem temporária na RAM.

Com as três vias em operação, os sinais representando 10110000 passam da porta de input para a CPU.

Novamente usando as três vias, a CPU move o novo byte de informação para a RAM e recupera o estado do sistema depositado ali uma fração de segundo antes. Agora, a CPU continua seu trabalho como antes.

Um caminho mais direto para a memória

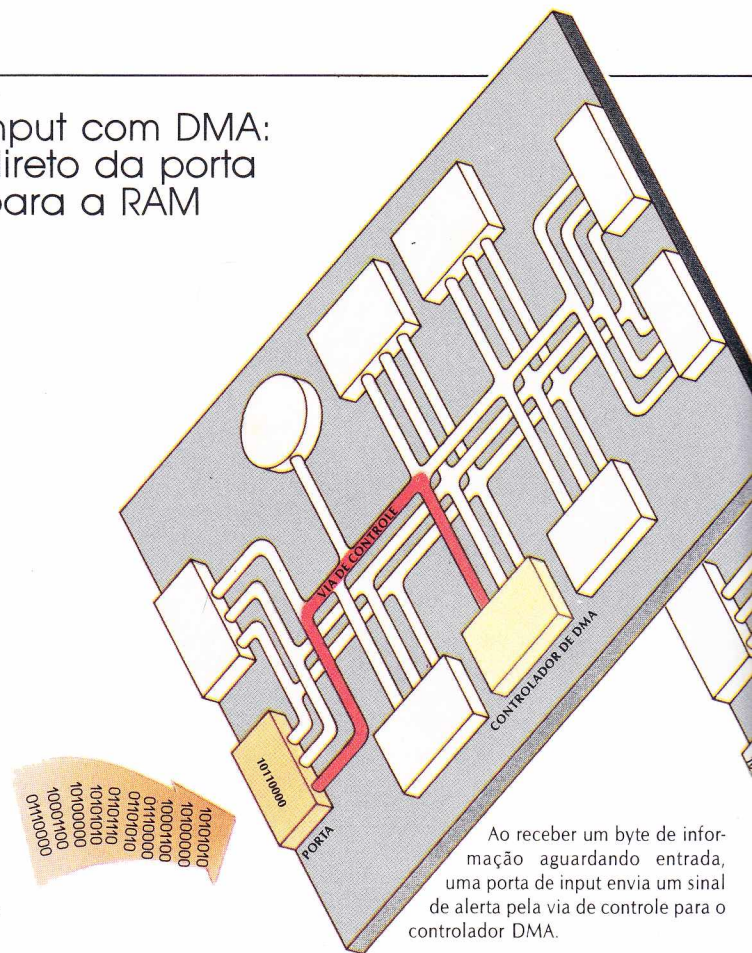
Muitos sistemas de tráfego urbano dispõem de uma via expressa de alta velocidade que permite aos carros ultrapassarem rapidamente filas congestionadas nas horas de pico. O acesso direto à memória, ou DMA, trata os dados de input e output com uma vantagem similar, permitindo que estes passem diretamente para fora ou para dentro da memória sem a intervenção relativamente retardadora da CPU. Na verdade, o controlador DMA avança e toma o lugar da CPU como diretor de tráfego eletrônico de dados na rede de vias de um computador.

O controlador DMA pode assumir o comando do sistema de vias de diversas maneiras. Na versão mais comum, o controlador DMA recebe um sinal de interrupção de um dispositivo periférico e envia um comando de parada para a CPU interromper o processamento. A CPU reage enviando um sinal de reconhecimento do comando, entrega o controle do sistema e depois fica descansando. Enquanto isso, o controlador DMA transfere os dados entre a RAM e os dispositivos de input e output.

A principal vantagem de se usar o acesso direto à memória é a velocidade. Ao contrário da CPU, que é genérica e projetada para realizar muitas tarefas, o controlador DMA tem apenas uma função e seus circuitos podem ser projetados de acordo com esta. O DMA, portanto, é usado em dispositivos periféricos, tais como terminais para gráficos coloridos, que são simplesmente rápidos demais para serem controlados pela CPU. O DMA também é útil em operações nas quais o input chega em grandes quantidades, como na recepção de dados a partir de eficientes discos modernos.

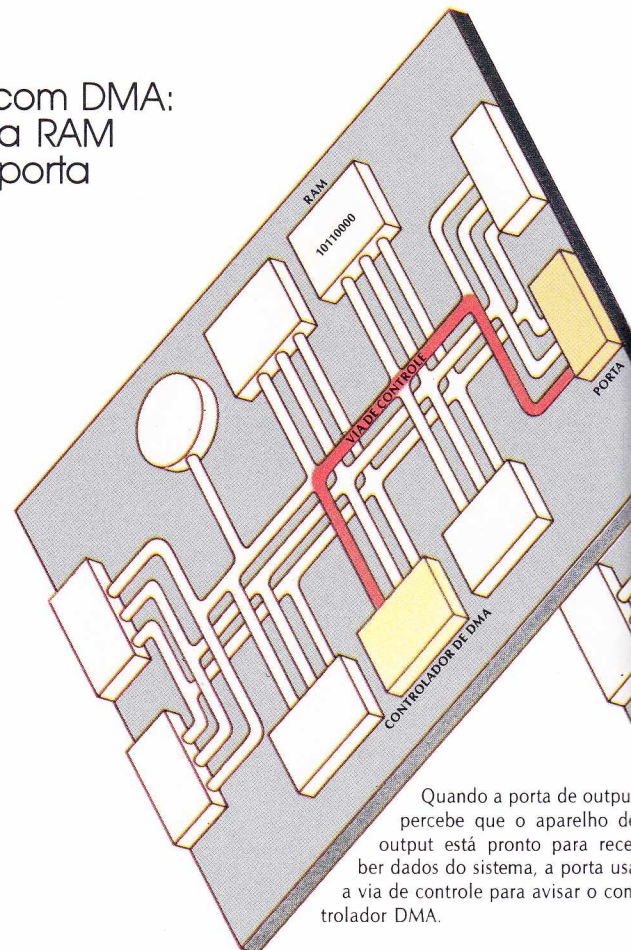
A seqüência vista à direita, em cima, ilustra as operações do controlador DMA ao manipular dados de input. A seqüência inferior mostra como o controlador DMA usa a mesma técnica para tratar dados de output, enviando-os através de uma porta para um dispositivo periférico onde serão armazenados ou exibidos ou, ainda, onde determinarão algum tipo de ação.

Input com DMA:
direto da porta
para a RAM

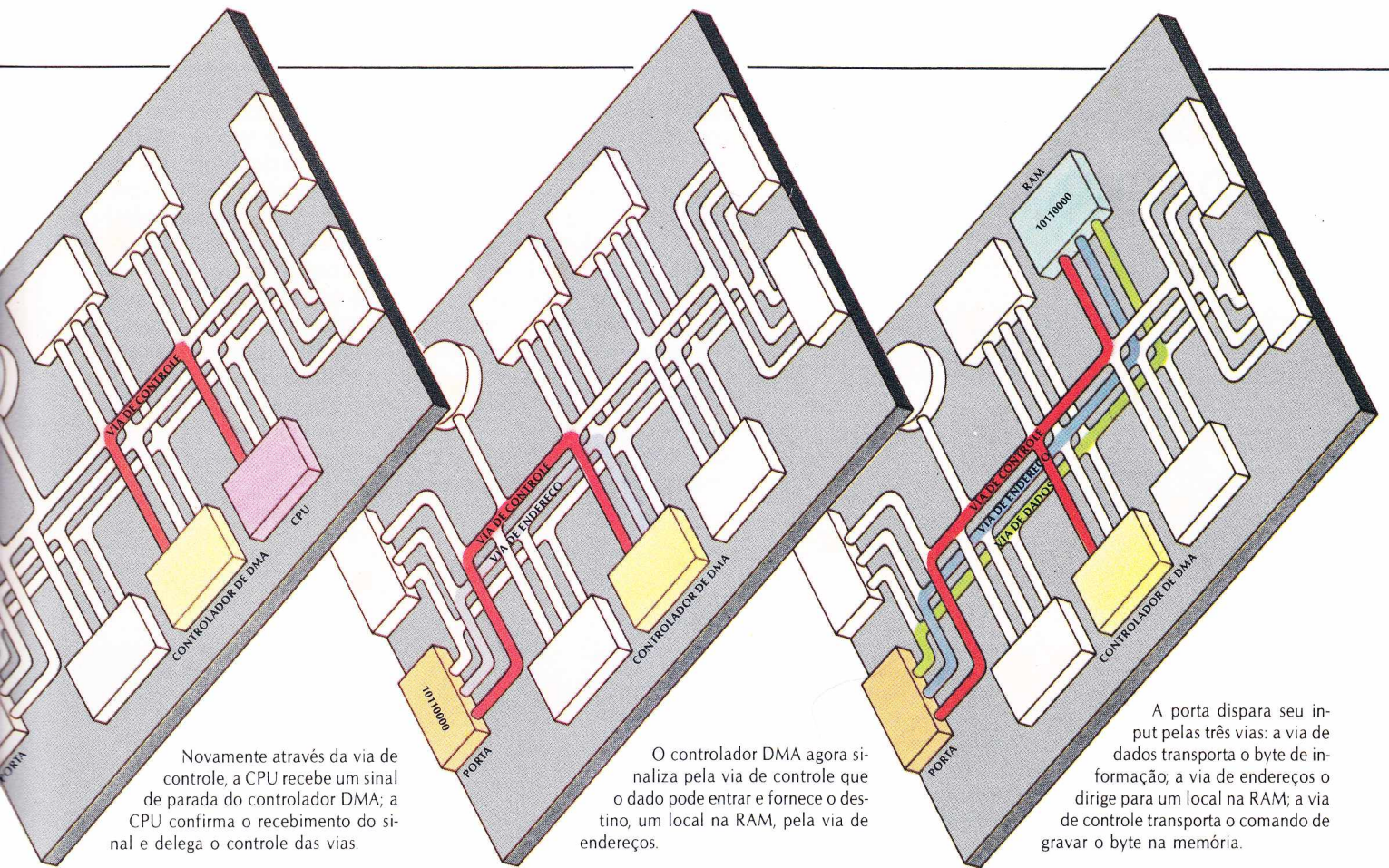


Ao receber um byte de informação aguardando entrada, uma porta de input envia um sinal de alerta pela via de controle para o controlador DMA.

Output com DMA:
direto da RAM
para a porta



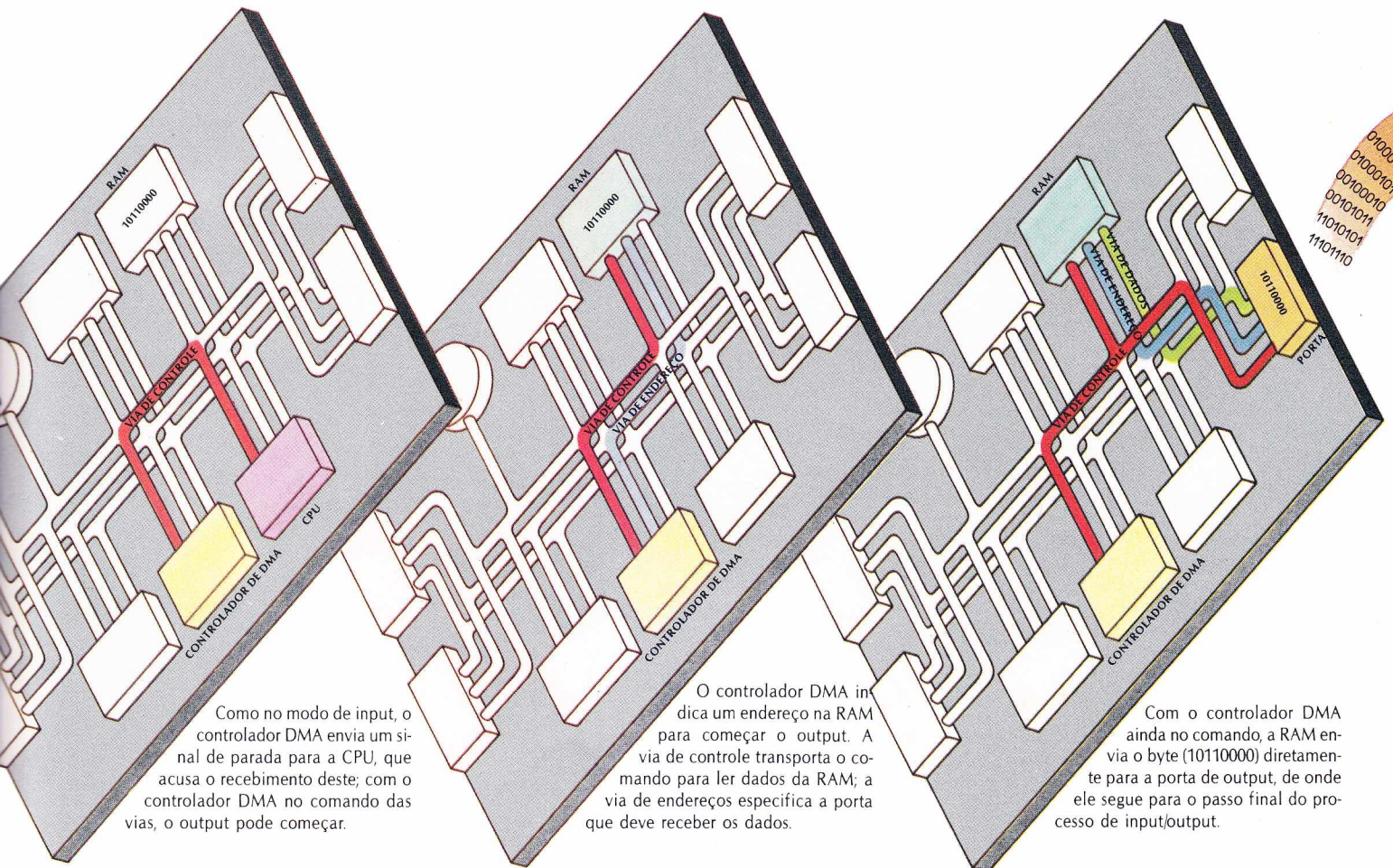
Quando a porta de output percebe que o aparelho de output está pronto para receber dados do sistema, a porta usa a via de controle para avisar o controlador DMA.



Novamente através da via de controle, a CPU recebe um sinal de parada do controlador DMA; a CPU confirma o recebimento do sinal e delega o controle das vias.

O controlador DMA agora sinaliza pela via de controle que o dado pode entrar e fornece o destino, um local na RAM, pela via de endereços.

A porta dispara seu input pelas três vias: a via de dados transporta o byte de informação; a via de endereços o dirige para um local na RAM; a via de controle transporta o comando de gravar o byte na memória.



Como no modo de input, o controlador DMA envia um sinal de parada para a CPU, que acusa o recebimento deste; com o controlador DMA no comando das vias, o output pode começar.

O controlador DMA indica um endereço na RAM para começar o output. A via de controle transporta o comando para ler dados da RAM; a via de endereços especifica a porta que deve receber os dados.

Com o controlador DMA ainda no comando, a RAM envia o byte (10110000) diretamente para a porta de output, de onde ele segue para o passo final do processo de input/output.

01000100
01000101
00100010
00101011
11010101
1101110

Tradução dos dados para o mundo real



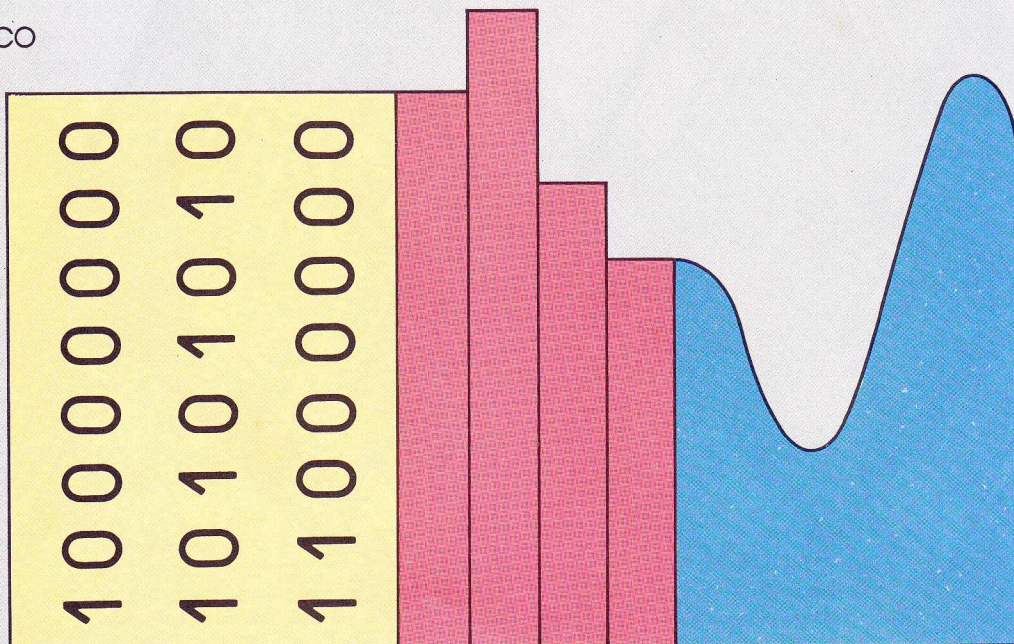
Assim como ocorre com a informação de input, que é o alimento da CPU do computador, o output pode também se dar sob forma digital ou analógica, dependendo do dispositivo de output em uso. Sintetizadores, que permitem ao computador produzir sons audíveis, precisam transformar o output digital em sinais analógicos, capazes de ativar o alto-falante. Em contraste com isso, instrumentos como tubos de televisão, ou impressoras, que produzem seus resultados sobre papel, são projetados para transformar unidades distintas de output digital em seus respectivos resultados distintos na tela ou no papel.

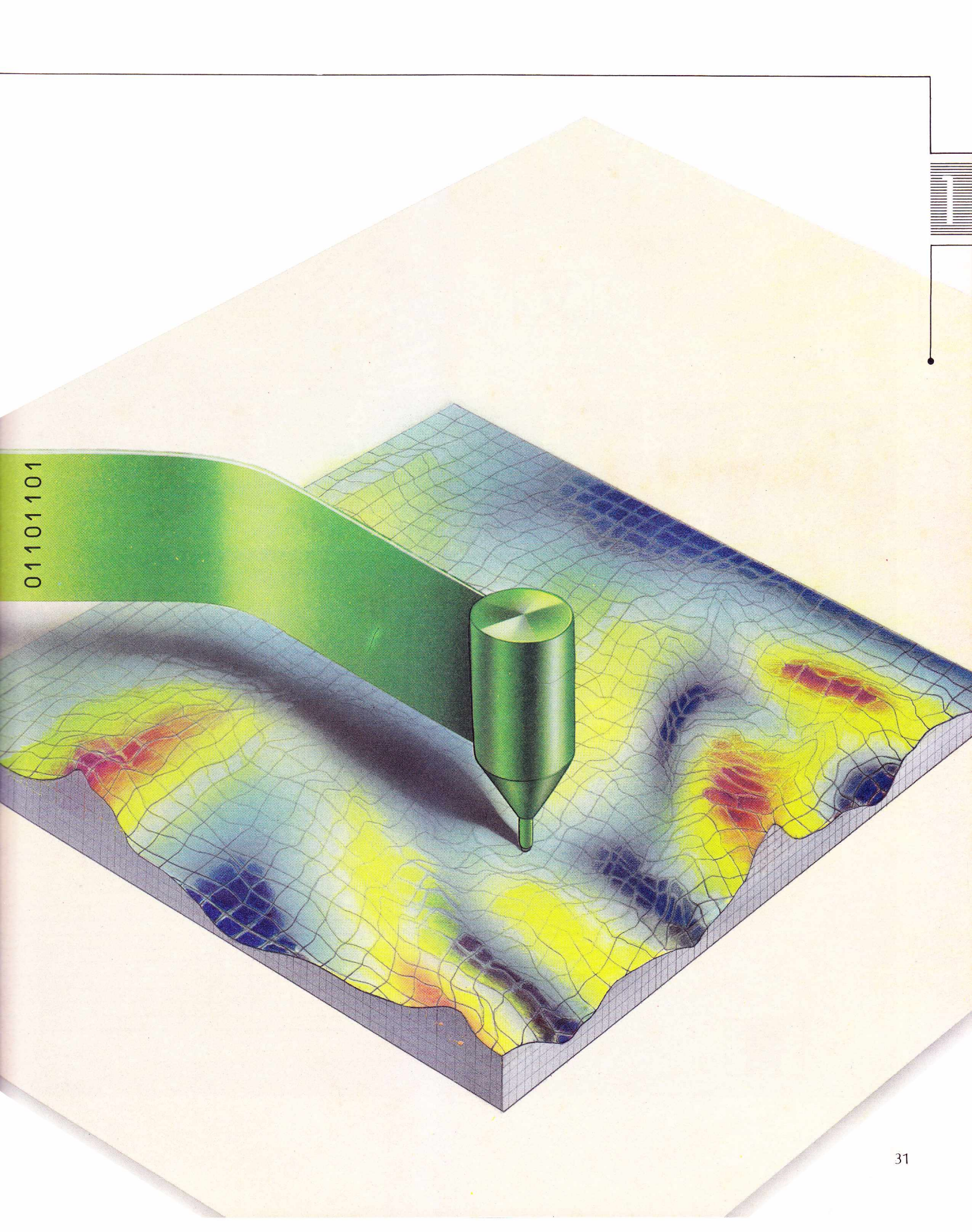
Outro dispositivo digital de output é o traçador, mostrado aqui de forma estilizada. Ele traduz os sinais binários enviados pelo computador em coordenadas precisas que a caneta une para produzir uma imagem gráfica.

10111011
01010111
11111111
10110101
01101101
11010111
11011111
10110011
10101111
01101010
10011111
11111011
11101101
11011011
11101111
11110111

Output em estilo analógico

O output analógico é possibilitado por um processo que é exatamente o inverso daquele pelo qual o input analógico é transformado em sinais digitais. Conforme ilustrado à direita, um conversor transforma sinais binários num sinal analógico contínuo. Primeiro, o conversor atribui a cada byte ou palavra de informação digital uma tensão de acordo com o valor do número binário; isto produz uma curva dentada com mudanças abruptas de tensão. A curva passa então por um filtro eletrônico especial que a suaviza, mudando-a para um sinal analógico contínuo. Este sinal, por sua vez, pode operar um aparelho analógico de output, como um alto-falante ou o motor que opera o braço de um robô.

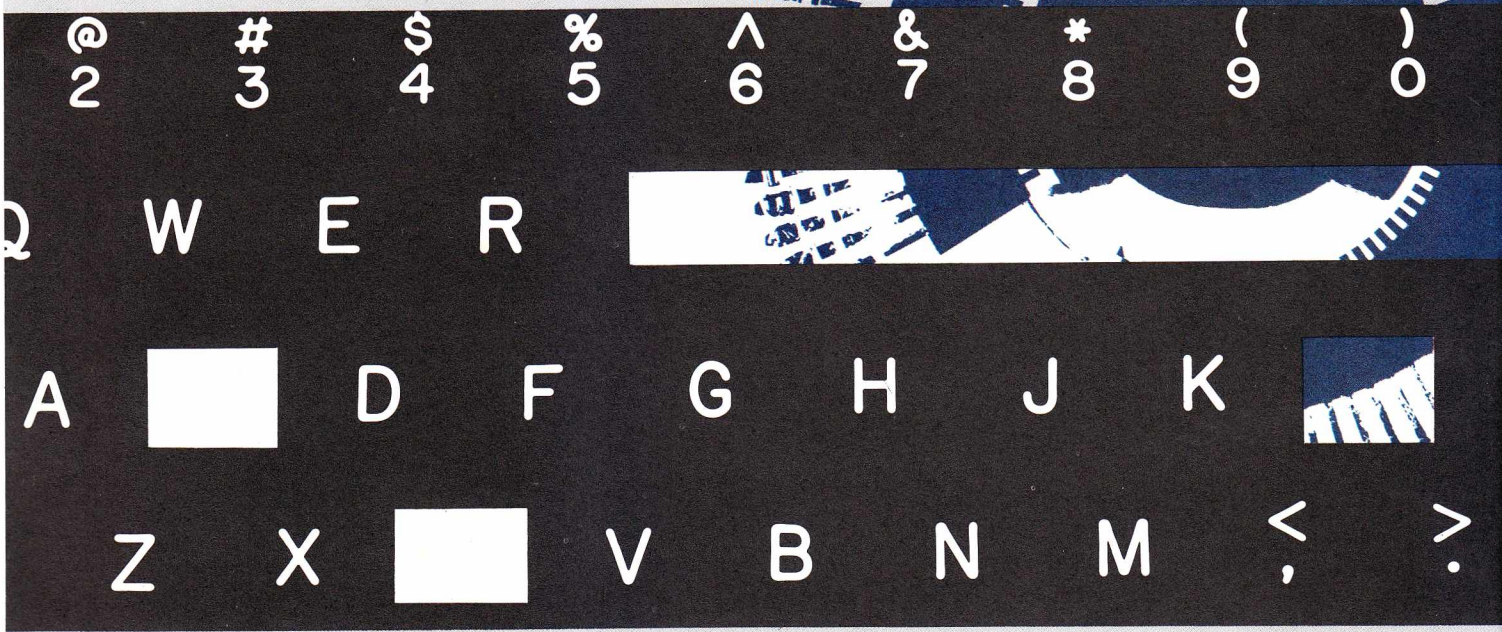
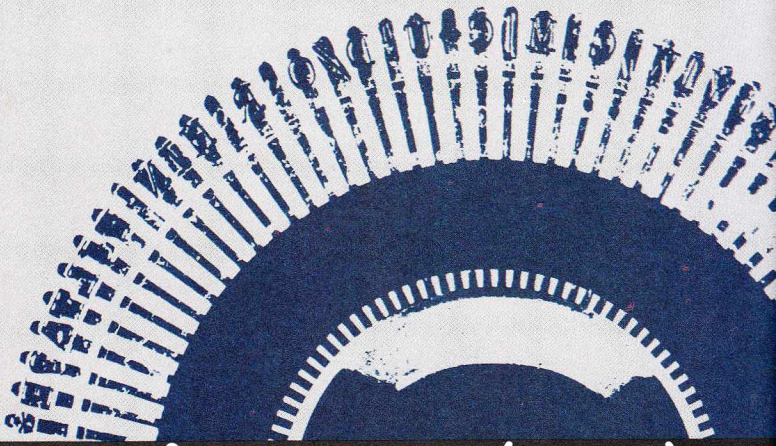




01101101

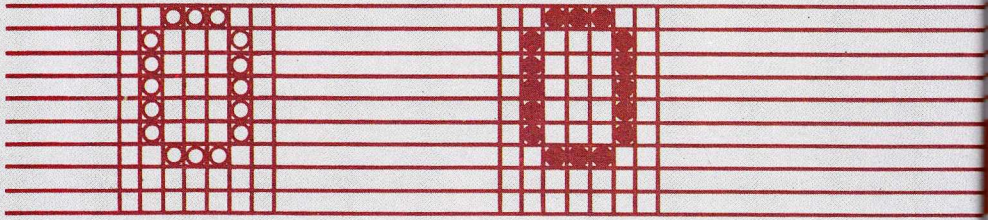
C

文



Y

書



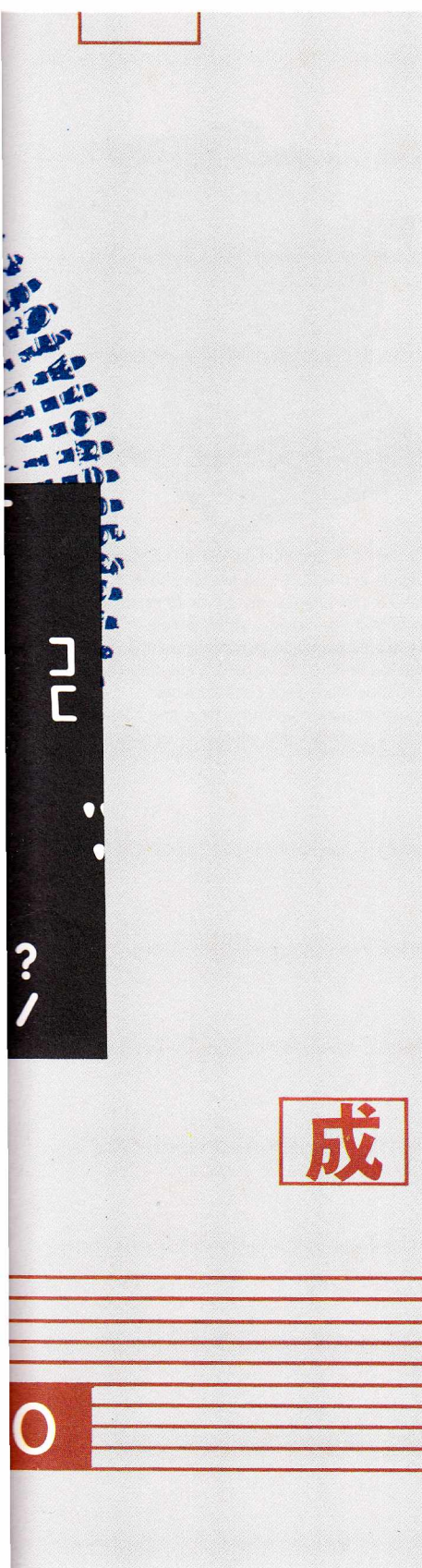
Uma máquina de palavras

Não havia desafio maior para as versáteis mentes dos estudantes que freqüentavam o centro computacional do Instituto de Tecnologia de Massachusetts no fim dos anos 50 do que a busca de novos usos para as exóticas máquinas a que tinham acesso. Esses jovens entusiastas, que estavam entre os primeiros a se autodenominar *hackers*, faziam constantes experiências com o computador TX-0 da escola. E, um dia, em 1959, um anônimo *hacker* do MIT teve a felicidade de descobrir que podia usar o equipamento de input/output do computador para produzir com perfeição trabalhos escolares.

O TX-0 era uma máquina avançada, feita com compactos transistores em vez das volumosas válvulas que eram o padrão da época, e projetada especificamente para aplicações experimentais, não apenas para cálculos numéricos. Entre seus periféricos havia uma Flexowriter, a máquina similar a uma máquina de escrever usada nos sistemas SAGE e Whirlwind para imprimir caracteres, além de perfurar código em fitas de papel. Na verdade, as Flexowriters tinham sido concebidas para produzir cartas padronizadas, que foram as antecessoras das populares malas diretas de hoje, com suas informações pseudopersonalizadas. Códigos especiais perfurados na fita paravam a máquina automaticamente durante o ciclo de impressão para que o operador pudesse digitar diferentes nomes, endereços e saudações em cartas que, no restante, eram idênticas.

Inicialmente, os estudantes empregavam a Flexowriter para escrever programas e imprimir os dados resultantes. Sua grande vantagem na produção de trabalhos escolares era que os estudantes podiam usar a capacidade de parar e continuar para teclar as correções na fita de papel, em vez de passar pelo aborrecimento de ter que reescrever páginas inteiras. Depois, colocavam a fita corrigida na leitura mecânica que interpretava a disposição das perfurações e fazia a Flexowriter datilografar o trabalho, agora sem nenhum erro.

As máquinas de escrever entraram na era do computador e o resultado foi uma divisão de seu trabalho em duas partes: input, simbolizado aqui por um teclado, e output, representado por um gabarito de matriz de pontos e pela margarina de uma impressora de computador. Essas funções, ampliadas pelo poder do computador, originaram uma das aplicações mais úteis da alta tecnologia: o processamento de texto.



No outono de 1961, o MIT já havia recebido um poderoso computador novo, o PDP-1 (sigla de Processador de Dados Programados), da Digital Equipment Corporation, firma liderada por um ex-aluno do MIT, Kenneth Olsen. Enquanto o aparelho de leitura de fitas da Flexowriter, totalmente mecânico, podia ler apenas dez caracteres por segundo, a leitora do PDP-1, equipada com células fotoelétricas, rodava a uma velocidade de quatrocentos caracteres por segundo. Tal avanço não permaneceria inexplorado por muito tempo.

Stephen Piner, um dos mais engenhosos *hackers* estudantes, logo escreveu um programa para o PDP-1 destinado a ajudá-lo, e a seus colegas, na edição dos programas para o computador e, não por acaso, também na edição de seus trabalhos escolares, o que, aliás, fazia com grande rapidez. Piner batizou seu programa de Expensive Typewriter (“Máquina de Escrever Cara”, em inglês), um reconhecimento da ironia de se utilizar uma máquina tão sofisticada para uma função normalmente desempenhada por uma simples máquina de escrever.

O acesso ao PDP-1 era tão restrito que Piner e seus colegas continuaram a digitar os primeiros rascunhos dos textos numa Flexowriter separada. “Nós podíamos encontrar justificativas para usar o computador em correções de textos ou programas existentes”, lembrou um dos colegas de Piner, Alan Kotok. “Mas usar o computador para escrever o primeiro texto era considerado deselegante e abusivo.”

FACILITANDO O TRABALHO COM PALAVRAS

Embora os *hackers* do MIT percebessem o fato apenas vagamente, eles estavam abrindo caminho para o futuro. O Expensive Typewriter de Piner foi um dos primeiros programas processadores de texto, e muitos iriam segui-lo. Hoje, o uso do computador como uma máquina de escrever flexível (mas não tão cara) é mais popular do que qualquer outra aplicação. Usuários de todo tipo sentam-se à frente de teclados de computador, preparam os dedos e vêem as palavras aparecer no monitor de vídeo como se fosse por magia. Secretárias apresentam cartas sempre perfeitamente datilografadas, escritores escrevem e revisam seus romances e, é claro, uma nova geração de estudantes escreve seus trabalhos com um mínimo de chateação.

Embora o uso de computadores na produção de textos seja relativamente recente, as tentativas de facilitar mecanicamente o trabalho de escrita começaram há quase três séculos. Em 1714, a rainha Ana, da Inglaterra, concedeu a patente ao engenheiro Henry Mill por ter inventado “uma máquina ou método artificial para a impressão ou transcrição de letras individualmente ou progressivamente, uma após a outra, como na escrita”. Infelizmente, a teoria era mais fácil que a prática. Mill não conseguiu construir uma máquina de escrever funcional; nem dúzias de outros inventores que perseguiram o mesmo objetivo. Ninguém foi bem-sucedido até cerca de 1860, quando o editor de um jornal de Wisconsin, chamado Christopher Latham Sholes, se dedicou ao problema.

Havia em Sholes um pouco do espírito do *hacker* de hoje. Ele abandonou o trabalho em jornais quando obteve uma indicação política para o cargo de coletor da alfândega do porto de Milwaukee, mas não se esqueceu das tediosas horas que levava para escrever artigos e editoriais com canetas de ponta de pena ou de aço: deveria haver uma maneira melhor, e ele estava disposto a encontrá-la. Já que o novo trabalho de Sholes não requeria muito tempo, pois Milwaukee não era um



Lançada em 1873, a máquina de Sholes & Glidden, pioneira das máquinas de escrever, combinava um desenho atraente com recursos de operação pouco adequados. A máquina tinha tipos suspensos que batiam no rolo de baixo para cima, tornando impossível para o operador ler o que havia teclado, a não ser que erguesse a estrutura do carro.

porto internacional importante, ele teve muito tempo para se deleitar com suas experiências. Numa oficina local, Sholes e um associado, Carlos Glidden, desenvolveram um aparato para numerar consecutivamente as páginas de um livro. A partir dessa simples máquina desenvolveu-se a primeira máquina de escrever praticamente viável.

Sholes patenteou o aparelho em 1867. Seis anos mais tarde, a máquina de Sholes e Glidden foi lançada no mercado pelo respeitável fabricante de armamentos E. Remington & Sons, que acabaria por se tornar a Remington Rand e que, em 1951, iria comercializar o UNIVAC, o primeiro computador comercial dos Estados Unidos. Depois da Guerra Civil, a Remington tinha diversificado sua produção, passando a produzir máquinas de costura. As primeiras máquinas de escrever refletiam essa mudança: eram decoradas com alegres motivos florais e montadas em suportes de máquinas de costura, de tal maneira que ao se pisar no pedal o carro voltava automaticamente.

O primeiro modelo da Type-Writer, nome dado por Sholes ao artefato, tinha limitações características. Pelo alto preço de 125 dólares, o cliente recebia uma máquina que escrevia só com letras maiúsculas. Além disso, as barras de tipos, acionadas pelas teclas, ficavam escondidas sob o carro, e o operador tinha que levantar o carro para ver o que havia datilografado.

A Type-Writer não foi um sucesso imediato, mas recebeu muitos elogios de seus primeiros compradores. Um deles era um ex-tipógrafo chamado Samuel Clemens, que escreveu livros sob o pseudônimo de Mark Twain. Usando o método de “catar milho” (o sistema de toque só foi inventado vários anos depois), Twain escreveu esta carta para seu irmão:

ESTOU TENTANDO P PEGAR O JEITO DESTA NOVA E M MODERNA MÁQUINA DE ESCREVER. MAS NÃO ESTOU TENDO MUITO SUCESSO NA TENTATIVA. CONTUDO, ESTA É A PRIMEIRA TENTATIVA QUE JÁ FIZ & AINDA ASSIM PERCEBOQUE LOGO & FACILMENTE CONSEGUIREI FICAR PRÁTICO EM SEU USO..ACRÉDITO QUE PODEREI DATILOGRAFAR MAIS RÁPIDO DO QUE ESCREVO. ELA JUNTA UMA ENORME QUANTIDADE DE PALAVRAS NUMA PÁGINA. NÃO BAGUNÇA TUDO NEM ESPALHA BORRÕES DE TINTA PELO PAPEL.

Poucos anos depois, Twain tornou-se o primeiro escritor a entregar um manuscrito datilografado a seu editor. (De acordo com Twain, o livro era *Tom Sawyer*, embora os estudiosos afirmem tratar-se de *A Vida no Mississípi*.) Na verdade, Twain ficou tão entusiasmado com os auxílios mecânicos à escrita e à impressão que mais tarde investiu 300 000 dólares numa máquina de composição. Ela não se mostrou viável na prática e Twain foi à falência.

Outras companhias logo lançaram suas próprias versões de máquinas de escrever, inclusive as chamadas máquinas visíveis — que permitiam ao operador ver o que estava sendo escrito — e modelos com uma tecla de mudança de caixa, que permitia imprimir letras maiúsculas e minúsculas. A eficiência dessas máquinas aprimoradas, bem como o fato de que “não bagunçavam tudo nem espalhavam borrões de tinta pelo papel”, acabaram por vencer a resistência dos homens de negócios.

Um notável foco de resistência à nova tecnologia foi a empresa de vendas pelo correio Sears, Roebuck. A Sears achava as cartas datilografadas muito impessoais e, mesmo depois de a máquina de escrever ter sido aceita pela maioria, na década de 1890, ainda insistia para que suas secretárias escrevessem toda a correspondên-

cia à mão, para não ofender sua clientela de fazendeiros com as inovadoras cartas “feitas por máquinas”.

A máquina de escrever não só revolucionou a rotina dos escritórios como também mudou o próprio quadro de funcionários. Ao criar empregos socialmente aceitáveis para mulheres, ela se tornou um importante fator de emancipação, abrindo para as mulheres um campo que, na maioria das empresas, era dominado pelos homens. A máquina de escrever, como observou Christopher Sholes antes de sua morte em 1890, “obviamente é uma bênção para a humanidade, em especial para as mulheres. Minha invenção foi mais sábia do que eu imaginava”.

Logo a seguir, contudo, as mulheres começaram a perceber que tinham sido liberadas do fogão para serem escravizadas pela máquina de escrever. Era uma máquina que não perdoava, irritantemente fiel à pressão dos dedos sobre as teclas: um único erro e toda uma página tinha que ser redatilografada. O desenvolvimento da máquina elétrica na década de 20 nada fez para aliviar esse problema. A eletricidade permitia maior velocidade e exigia menos dos dedos, mas uma pressão acidental na tecla errada podia disparar uma série de erros.

Quando os primeiros computadores surgiram durante a Segunda Guerra Mundial, era natural que se utilizassem máquinas de escrever modificadas para imprimir o output das unidades centrais de processamento. Em menos de dez anos, elas estavam sendo usadas para preparar também os dados de input. Contudo, os problemas de erros e de tediosas revisões persistiam, e pareciam ainda mais frustrantes quando contrastados com a alta velocidade das CPUs.

A BUSCA DE UMA SOLUÇÃO POR SOFTWARE

Pioneiros do campo dos computadores procuravam soluções por software, mais do que por hardware. Cansados de ter que codificar toda instrução na lógica binária de dois estados, ligado/desligado, sim/não dos computadores, eles começaram a procurar maneiras mais simples de se comunicar com suas máquinas. Seus primeiros esforços resultaram em novos códigos, temperados com letras e palavras curtas tiradas do inglês. Maurice Wilkes, que na época trabalhava na Universidade de Cambridge, é tido como o primeiro a criar uma dessas chamadas linguagens assembly (linguagens de montagem). Em 1949, ele concebeu uma para ser usada no EDSAC, o primeiro computador capaz de armazenar programas em memória interna. Ao mesmo tempo, pesquisadores do MIT desenvolviam uma linguagem mais avançada para o ainda incompleto Whirlwind.

Tipicamente, uma linguagem assembly consistia de comandos representados por símbolos de fácil memorização. As letras SU, por exemplo, poderiam comandar uma subtração no computador; TM poderia fazer o computador transferir para a memória o dado que seguia a instrução. Cada símbolo substituía uma longa sequência de zeros e uns do programa. Os símbolos eram automaticamente convertidos para o código binário, o único que o computador podia entender, através de programa conhecido como assembler (montador).

A comunicação com a máquina por meio de rudimentos de linguagem humana, em vez de zeros e uns, foi o primeiro passo em direção ao desenvolvimento de linguagens de programação de alto nível e um grande avanço rumo à manipulação de textos pelo computador. Um progresso adicional viria em 1955, quando o Laboratório Lincoln do MIT concluiu a produção do TX-0, a máquina que seria usada poucos anos mais tarde pelos criativos *hackers* daquele instituto. O TX-0

era o sonho dos programadores. Além de dispor de uma memória de 65 536 caracteres, grande para a época, era equipado com os mais atualizados equipamentos de input e de output. O TX-0 tinha um osciloscópio com tela e um instrumento fotossensível chamado light-pen (caneta óptica) para alterar a tela. Além disso, sua Flexowriter havia sido modificada para permanecer em ligação direta, permitindo entrada direta pelo teclado, sem ter que perfurar a incômoda fita de papel.

O TX-0 estava esperando por um jovem engenheiro de pesquisas aeronáuticas, Jack Gilmore, que retornou ao MIT depois de pilotar aviões de transporte para a Marinha americana durante a Guerra da Coréia. Estudante formado em 1951, Gilmore tinha escrito o primeiro programa assembly para o Whirlwind. Desta vez seus colegas mostraram-lhe o TX-0 e lhe disseram: “Veja o que você pode fazer com esta coisa”.

Gilmore começou então a escrever uma série de programas utilitários. Eles deviam, declarou, “ajudar-nos no trabalho sujo”, permitindo aos pesquisadores modificar e depurar (*debug*, “eliminar erros”) seus programas diretamente. Como método de comunicação entre programador e computador, a criação de Gilmore foi um antecessor dos atuais sistemas operacionais, o grupo de programas que desempenham tarefas como controlar a localização dos dados armazenados na memória temporária ou em discos e fitas. Um programa, chamado FIND (“ACHAR” em inglês), permitia que o usuário procurasse em outros programas palavras ou instruções específicas. O operador poderia também iniciar a impressão dos dados de um programa simplesmente teclando o código PRINCE.

O projeto seguinte de Gilmore levou-o a aprofundar-se na manipulação de textos pelo computador. Esperando criar um aparelho de input aprimorado para o TX-2, uma versão melhorada do TX-0 (não houve um TX-1), ele escreveu em 1957 um programa experimental denominado Scope Writer, que lhe permitia desenhar letras de fôrma no osciloscópio do computador com uma caneta óptica. A tela de 8 polegadas quadradas tinha 512 pontos na vertical e 512 na horizontal; “nós preenchíamos a tela com pontos”, Gilmore lembrou mais tarde, “e, depois, usando uma caneta óptica, desligávamos os que não queríamos, desenhando essencialmente o caractere”.

UM TECLADO NA TELA

Gilmore e seus colaboradores criaram um editor de programas para manipular esses caracteres. Com ele, o computador exibia na metade inferior da tela um teclado simulado com duzentas teclas, aproximadamente três vezes o número de teclas da velha Flexowriter. Cada tecla era representada por um ponto na tela. Ao se tocar um ponto com a caneta óptica, o caractere apropriado — a letra a ou o número 8, por exemplo — apareceria na metade superior da tela, que simulava uma página impressa. Havia até provisão para expoentes, como em 2^2 (dois ao quadrado), e índices, como em H_2O .

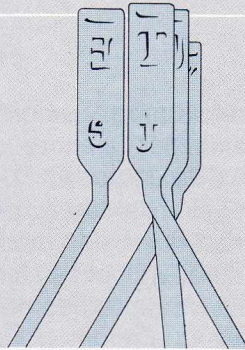
O aspecto mais interessante do editor de programas talvez seja a simulação das teclas de função, que precederam os teclados dos computadores atuais. Tocando-se um ponto, por exemplo, fazia-se o retorno do carro da máquina de escrever.

O editor de programas também permitiu a edição e revisão rápidas do que já havia sido “teclado” com a caneta óptica na página simulada. Os operadores podiam marcar a posição em que estavam no texto através de um indicador, ou cursor, que podia ser movido pela tela para se fazer inserções. O usuário também

Um hábito difícil de abandonar

QWERTY: propositalmente lento

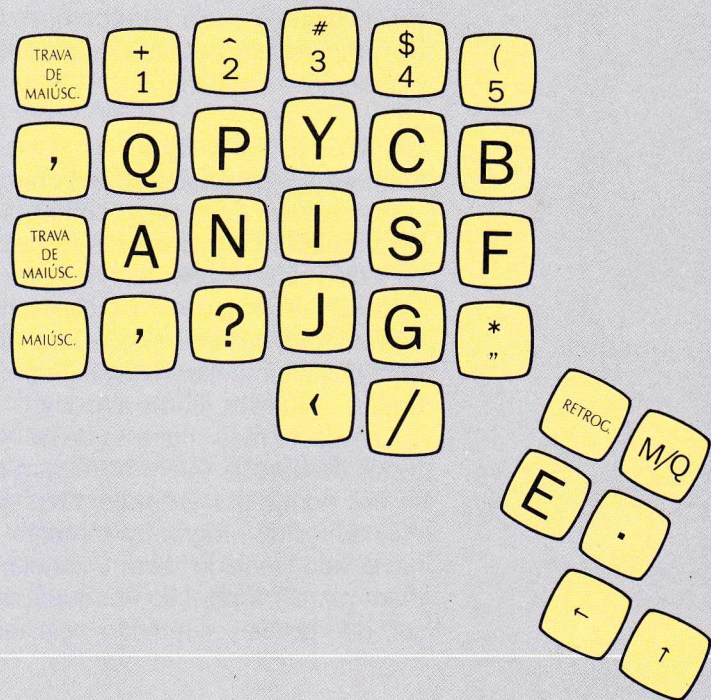
O conhecido teclado QWERTY (abaixo), assim chamado por causa da primeira linha de letras, foi realmente planejado para reduzir a velocidade dos datilógrafos. Seu inventor, Christopher Sholes, do século XIX, tinha originalmente disposto as teclas em ordem alfabética. Ele logo percebeu que as primitivas barras de tipos de madeira (à direita), que demoravam para voltar a suas posições,



começavam a encavalarem assim que os datilógrafos "catadores de milho" da época se tornavam mais eficientes. Assim, Sholes embaralhou o teclado, mudando as teclas usadas mais comumente para posições mais difíceis de se acessar com o dedo indicador. Adotado por gerações posteriores de datilógrafos, esse projeto permanece inalterado até hoje.



As letras mais freqüentemente tecladas — E, T, A, O, N e I — ficam espalhadas no teclado QWERTY.



Os teclados evoluíram dos arames e madeira originais para o plástico e o silício, mas seu arranjo de teclas QWERTY não mudou nestes cem anos. Antiquado e ineficiente e ainda assim querido por datilógrafos treinados em todo o mundo, o teclado QWERTY (*abaixo, à esquerda*) ainda é o padrão, embora alternativas mais rápidas já tenham aparecido há décadas.

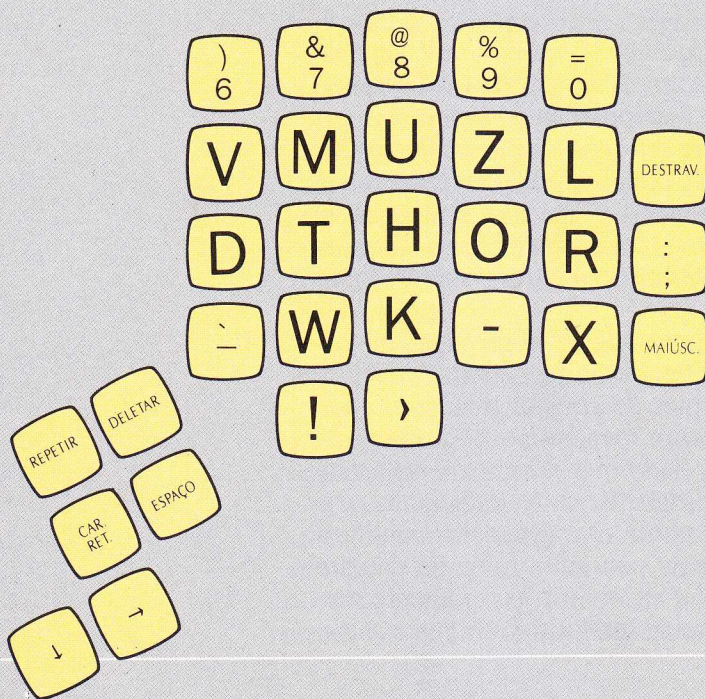
Uma dessas alternativas é o Teclado Simplificado Dvorak (*abaixo*), primeiramente demonstrado por seu inventor, August Dvorak, em 1932. Professor de estatística da Universidade de Washington, Dvorak colocou as letras mais freqüentes de língua inglesa na linha onde os dedos dos datilógrafos param para descansar. Usando-se apenas as letras dessa linha, pode-se produzir 3 000 palavras comuns em inglês; com a linha de descanso do teclado QWERTY, é possível produzir apenas cerca de cem palavras.

Uma ruptura ainda maior em relação à concepção QWERTY é representada pelo projeto PCD-Maltron (*embaixo*), um teclado eletrônico lançado no fim dos anos 70 pela equipe britânica de Lillian Malt e Stephen Hobday. Num teclado dividido, projetado para se adaptar a cada mão, as teclas têm alturas diferentes para compensar a disparidade natural dos tamanhos dos dedos.

Proponentes dos teclados Maltron e Dvorak oferecem como vantagem uma melhoria notável na eficiência da datilografia. Aumentos de velocidade da ordem de 50% sobre o teclado QWERTY são atribuídos ao Dvorak, enquanto datilógrafos profissionais que optaram pelo Maltron têm conseguido teclar até duzentas palavras por minuto, contra um índice típico de sessenta palavras por minuto no teclado QWERTY. Apesar de suas promessas de ganho em eficiência, nem o teclado Dvorak nem o Maltron conseguiram suplantar o teclado QWERTY.



O teclado Dvorak coloca as letras usadas com maior freqüência na linha de descanso.



No teclado dividido Maltron, as letras usadas com maior freqüência são colocadas sob os dedos mais fortes: a tecla de espaço sob o polegar direito, o E sob o polegar esquerdo. Um datilógrafo pode mudar para a disposição QWERTY simplesmente pressionando as teclas M/Q.

podia utilizar a caneta óptica para apagar caracteres e, numa versão posterior, mover palavras ou parágrafos completos pelo texto.

Alguns dos avanços do programa experimental Scope Writer de Gilmore foram incorporados num mecanismo de input para o TX-2. O novo aparelho, chamado Lincoln Writer, era um tipo de super Flexowriter, com um teclado expandido que incluía letras gregas, símbolos matemáticos e funções como índices e expoentes. Também tinha a capacidade de se comunicar instantaneamente com o computador e sua perfuradora de fitas.

Sem chegar a perceber o fato, Gilmore e seus colegas haviam criado a essência do processamento de textos em alta velocidade, que Stephen Piner levaria um passo adiante com seu programa Expensive Typewriter. Mas não era esse o seu objetivo. Os pesquisadores do MIT, como em quase todos os outros centros de computação, estavam envolvidos com o processamento de dados, que significava “mastigar” números. Sua motivação principal ao criar o Scope Writer e a Lincoln Writer não era a manipulação de textos em si, mas, como Gilmore escreveu em um bilhete de 1959, “melhorar a linguagem pela qual a informação transita entre o homem e a máquina”.

Nesse ponto, eles certamente foram bem-sucedidos. Enquanto os avanços em software continuavam, a aplicação prática da manipulação de textos teve um impulso vindo de uma inovação de hardware.

O novo avanço envolvia a conhecida combinação de tecnologia de computação e aquele velho suporte, a máquina de escrever. Mas desta vez o estímulo veio do mundo dos negócios, e não do acadêmico. A IBM, que havia se tornado uma grande força no processamento de dados por computador, entrara no mercado de máquinas de escrever elétricas anos antes, ao comprar uma pequena fábrica chamada Electromatic. Os engenheiros da IBM tinham até projetado um sistema de I/O com papel perfurado que, por outras mãos, gerou a Flexowriter.

O ADVENTO DO CARRO ESTACIONÁRIO

Em 1961, a IBM lançou a Selectric, um produto que não só mudou radicalmente a aparência das máquinas de escrever elétricas, como também quase se tornou um componente essencial de um novo sistema de manipulação de textos. A característica mais obviamente diferente na Selectric era seu mecanismo de impressão. Num único elemento de impressão com a forma de uma bola de golfe, ela combinava todos os símbolos e tipos que tradicionalmente eram gravados em peças separadas. Além disso, esse elemento esférico movia-se rapidamente pela página, enquanto todo o resto da máquina permanecia estacionário. Praticamente todas as máquinas anteriores tinham carro móvel.

A Selectric estabeleceu um novo padrão para máquinas de escritório e logo tornou-se também um versátil periférico para computadores. Como mecanismo de input, ela apresentava a vantagem da combinação simples de códigos pela qual cada tecla girava e inclinava a esfera de impressão. Como mecanismo de output, ela apresentava dois importantes recursos: uma velocidade máxima de impressão de quinze caracteres por segundo, 50% maior que a das máquinas tradicionais, e o carro estacionário, que facilitava a passagem do papel em formulário contínuo.

O output do teclado Selectric ia simultaneamente para uma folha de papel e para o aparelho de fita magnética. Quando cometia algum erro, o datilógrafo simplesmente voltava atrás e digitava a letra correta sobre a errada. Embora os caracte-

terés sobrepostos fossem visíveis no papel, somente o corrigido ficava gravado na fita, porque a ação de voltar apagava o erro eletronicamente.

A armazenagem magnética proporcionava, assim, uma economia de trabalho para os datilógrafos, que podiam digitar rapidamente sem se preocupar com erros, já que estes podiam agora ser facilmente corrigidos. O texto corrigido podia ser impresso na Selectric ou guardado em fita magnética. Mais tarde a IBM substituiu as fitas por cartões magnéticos. Os cartões eram mais simples de se manusear e arquivar e cada cartão podia conter 5 000 caracteres, um pouco mais que uma página completa com espaço simples.

A princípio a IBM referia-se ao trabalho em sua Selectric incrementada como *power-typing*. Mas, em 1965, Ulrich Steinhilpher, funcionário da IBM na Alemanha, cunhou um termo que descrevia melhor a manipulação eletrônica de palavras: *Textverabertung*. Isso foi traduzido para o inglês como *word processing*, e o nome pegou. (Em português a expressão mais usada é “processamento de texto”.)

A Selectric dominou o mercado para a IBM até o começo dos anos 70. Mas, nessa época, a computação avançava de maneira explosiva. À medida que o hardware tornava-se menor e mais barato — por causa da produção em massa dos pequenos circuitos integrados, que agora constituíam o cerne dos computadores —, começaram a aparecer, em rápida sucessão, vários sistemas de processamento de texto com muitos recursos. As companhias que os produziam, ao contrário da IBM, tendiam a ser pequenas em tamanho e novatas no mercado de equipamentos de escritório. Em 1971, a Lexitron Corporation lançou o primeiro sistema comercial de processamento de textos equipado com uma tela CRT (vídeo). Em 1972, a Vydec Corporation foi mais adiante, oferecendo o primeiro sistema completo, com tela CRT, impressoras eletrônicas e um mecanismo para gravação magnética de dados e programas em discos flexíveis. O disco de plástico com uma superfície especial, que na verdade tinha sido inventado pela IBM para servir aos grandes computadores da companhia, dispunha de maior capacidade e permitia acesso mais rápido que os cartões e fitas magnéticos.

ENFRENTANDO O GIGANTE

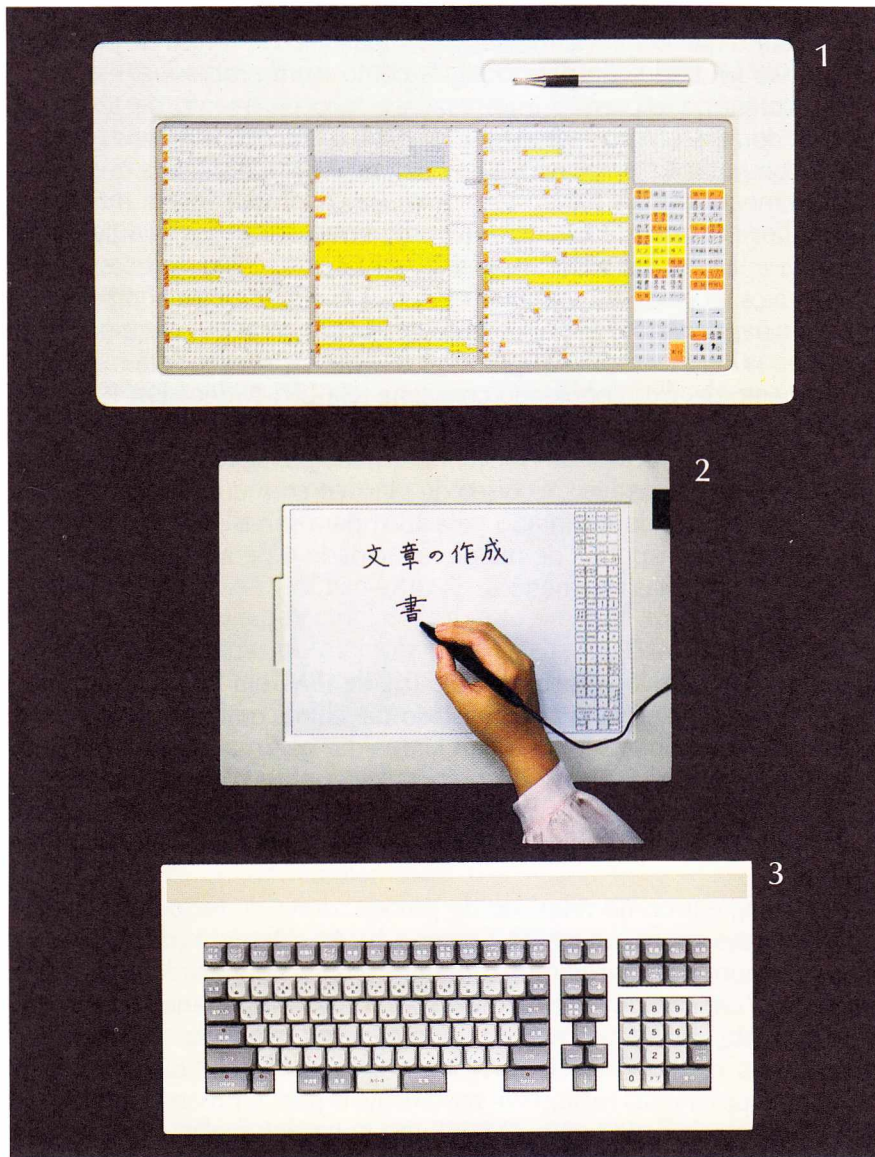
Mas o desafio mais efetivo ao sistema Selectric da IBM, em fase de obsolescência, foi lançado por An Wang, um físico nascido na China, que tinha ido ao Estados Unidos em 1945 para obter seu Ph.D. em Harvard e que mais tarde se naturalizou americano. Em 1951, Wang fundou sua própria companhia, Wang Laboratories, numa única sala em cima de uma loja de consertos elétricos em Boston. Ali, construía produtos eletrônicos sob encomenda, para atender a necessidades específicas de seus clientes.

Em 1972, Wang entrou no mercado de processadores de texto com um sistema que usava cassetes de fita magnética e uma IBM Selectric para input e output. “Houve um tempo em que éramos o maior comprador individual de máquinas de escrever IBM”, afirma um ex-empregado de Wang. “Nós arrancávamos as partes de maior desgaste, instalávamos novas e jogávamos as usadas no ferro-velho.”

Em cinco anos, o WANG WPS, ou Word Processing System, dispunha de múltiplos terminais e programas facilmente modificáveis para o processamento de texto em outras línguas, além do inglês. O WPS dispunha de uma tela CRT para se ler o texto e controles para evitar que se apagasse o trabalho acidentalmente; qualquer um que soubesse datilografia podia aprender a usar o sistema com um trei-

Um desafio em processamento de texto

文書の作成



文書の作成

A

文□の作成
文書の作成

B

文書の作 sei
星製政性成
文書の作成

C

成

O japonês escrito é uma assustadora mistura de três tipos de caracteres: ideogramas derivados do chinês, chamados *kanji*, dos quais mais de 3 000 estão em uso; dúzias de caracteres fonéticos, semelhantes aos da taquigrafia, chamados *kana*; e as 26 letras do alfabeto romano, conhecido como *romaji*. Pessoas treinadas para operar uma máquina de escrever japonesa são tão raras que até recentemente quase toda a correspondência no Japão era laboriosamente feita à mão. Agora, sistemas como os três mostrados à esquerda permitem que os caracteres sejam feitos por computador.

Um dos sistemas tem por base uma mesa sensível a toques (1) que exhibe 3 327 caracteres *kanji*, assim como os alfabetos *kana* e *romaji*; o uso de uma caneta para selecionar cada caractere é, portanto, um processo lento, a não ser que o teclado tenha sido memorizado. Um segundo sistema, dispondo de uma mesa digitalizadora (2), é mais rápido; ele capta a forma de um caractere desenhado à mão e o compara com caracteres armazenados na memória. Se o computador não puder reconhecer uma forma, ele deixa um retângulo piscando (B, linha de cima), substituindo-o pelo caractere correto depois que o usuário redesenhá-lo (segunda linha).

O método de conversão fonética (3) é o preferido pelos digitadores japoneses. Depois de introduzir as sílabas em *kana* ou *romaji* (C, linha de cima), o usuário pressiona uma tecla que faz o computador encontrar a transliteração correta numa tabela especial na memória. Frequentemente, como neste exemplo, uma sílaba *romaji* pode ser representada por muitos *kanji* homofônicos, que têm o mesmo som, mas diferentes significados. O computador apresenta as prováveis alternativas *kanji* (segunda linha) e o operador seleciona a mais apropriada. A sílaba *romaji* desaparece, sendo substituída pelo caractere *kanji* escolhido (terceira linha), para completar a frase mostrada acima: *bunsho no sakusei*, ou "escrevendo um documento".

namento mínimo. Em 1980, a companhia também tinha se tornado um gigante, controlando mais de um terço do mercado mundial de processamento de texto.

A introdução do microcomputador ampliou o universo do processamento de texto. O software, que proliferava com títulos como Electric Pencil, Screenwriter e o best-seller WordStar, tornou possível transformar até mesmo os mais baratos computadores domésticos em processadores de texto.

Escritores profissionais estavam entre os maiores entusiastas da nova maneira de escrever. Já em 1973, o romancista John Hersey experimentou escrever ficção num computador da Universidade de Yale e imediatamente tornou-se um adepto. Outros seguiram-no: embora alguns escritores importantes resistissem à idéia de criar sua arte numa máquina, a velocidade e a redução do tédio proporcionadas pelo computador acabaram por superar a obstinação da maioria deles. No começo dos anos 80, programas comuns não só processavam o texto dos escritores como também verificavam sua ortografia. Escritores que trabalhavam em casa, e não na editora, podiam até prescindir do correio para remeter seus textos: bastava conectar seus processadores de texto e aparelhos chamados modems e transmitir ao editor os seus escritos, codificados pelo computador em impulsos elétricos, por telefone.

Seja qual for a língua que o autor utilize ao escrever, suas palavras devem ser traduzidas, uma a uma, para a linguagem universal dos computadores, o código binário. Para o inglês, com apenas 26 letras em seu alfabeto, esse processo é relativamente simples. O American Standard Code for Information Interchange (Código Padronizado Americano para Intercâmbio de Informações), ou ASCII, desenvolvido em 1961, atribui a cada caractere sete dígitos binários. (Um oitavo dígito, colocado no início da seqüência, ou é ignorado ou é usado para verificar a correção da transmissão. Os oito dígitos, ou bits, totalizam um byte.) Matematicamente, há 128 maneiras diferentes de se combinar os sete bits, que contêm zeros e uns. Assim, o sistema ASCII permite 120 diferentes caracteres, mais do que o suficiente para codificar as letras maiúsculas e minúsculas do alfabeto romano, números decimais e vários outros símbolos usados em inglês e em quase todas as outras línguas ocidentais.

Por outro lado, línguas caligráficas, como o chinês e o japonês são extremamente difíceis de codificar. A representação de seus milhares de ideogramas requer o uso de complexas séries de códigos binários, nas quais dois ou mais bytes devem ser atribuídos a cada caractere. Uma consequência disso é o fato de o Japão estar muito atrasado no desenvolvimento de software processador de textos em sua própria língua, apesar de ser um líder na produção de computadores. Na verdade, alguns dos melhores processadores de texto para japonês foram criados nos Estados Unidos.

A ABUNDÂNCIA DE IMPRESSORAS

Nos anos que se seguiram ao aparecimento da Selectric, ocorreram diversas outras inovações. Uma ruptura importante foi o lançamento da impressora de margarida ("daisy-wheel"), em 1970, pela Diablo Systems. No mecanismo da margarida, caracteres gravados nas pontas de raios similares a pétalas, que se projetam de um disco plano rotatório, são atingidos por um martelo que os pressiona contra o papel através da fita de tinta. Mais de duas vezes mais rápida que a Selectric, a margarida logo substituiu o conhecido elemento de impressão esférico.

Ao mesmo tempo que a margarida florescia, uma impressora de mesa ainda mais

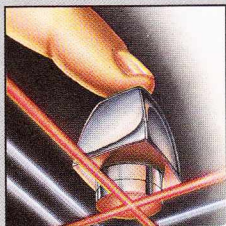
rápida foi lançada em 1971 por outra nova companhia, a Centronics. Esse aparato, conhecido como matriz de impacto de pontos, imprimia padrões de pontos que formavam caracteres alfabéticos ou numéricos. A IBM vinha trabalhando com o princípio de usar pontos para formar caracteres desde o começo dos anos 50. Contudo, o conceito só se tornou comercialmente viável com a invenção do microprocessador, o chamado computador em um chip. O microprocessador guarda a informação recebida do computador e coordena o disparo de uma série de minúsculas agulhas contidas na cabeça de impressão. Cada agulha projeta-se individualmente contra a fita de tinta, imprimindo um único ponto na folha de papel. As combinações de pontos formam os caracteres desejados, até mesmo em itálico ou negrito se a impressora tiver sido devidamente instruída. Ao contrário das máquinas com fontes sólidas em margarida, as máquinas de matriz de pontos podem também imprimir imagens gráficas complexas, como fotografias ou desenhos.

À medida que a produção em massa reduziu drasticamente os preços dos microprocessadores no fim dos anos 70, impressoras de matriz de pontos feitas no Japão vieram a dominar o mercado de microcomputadores. No meio da década de 80, aproximadamente 40% de todas as impressoras vendidas no Estados Unidos eram produzidas pela Epson Corporation, uma parte da Seiko-Epson, um enorme conglomerado com sede no Japão. A Epson conseguiu seu nome e sua posição no mercado de impressoras de computador por caminhos tortuosos. Em 1964, a Seiko decidiu projetar um novo mecanismo para cronometrar as Olimpíadas, que se realizariam no Japão naquele ano. O mecanismo criado, que foi a base do sucesso mundial do relógio de pulso a quartzo, imprimia os tempos dos atletas. A impressora, um grande sucesso durante os jogos, foi mais tarde adaptada para o uso em calculadoras e caixas registradoras. Foi comercializada com o nome EP-101 (EP era a sigla de *Electric Printer*, “impressora elétrica”). Dessas origens surgiu a companhia que agora produz quase 12 milhões de impressoras por ano. A Seiko batizou sua nova divisão de Epson porque seu produto, a impressora de matriz de pontos, era filho (*son*, em inglês) da EP-101.

A PRECISÃO DO RAIOS LASER

As máquinas convencionais de matriz de pontos podem atingir velocidades de até seiscentos caracteres por segundo, mas sacrificando a qualidade de impressão; os pontos que formam os caracteres são poucos quando comparados à impressão “cheia” de uma letra por uma máquina de escrever de boa qualidade. Mas essa limitação foi superada por um sistema de impressão por matriz de pontos mais novo e rápido: a impressora a laser. A IBM lançou sua primeira impressora a laser em 1975. Em vez de utilizar uma cabeça de impressão com sua série de agulhas, a impressora emprega um raio laser controlado por microprocessador e tecnologia emprestada do sistema de fotocópias simples para produzir até 215 páginas por minuto. O equipamento produz aproximadamente 8 milhões de pontos microscópicos numa única página, mais do que suficiente para garantir uma qualidade de impressão similar à de livros.

O operador e o sistema: um jogo de equipe

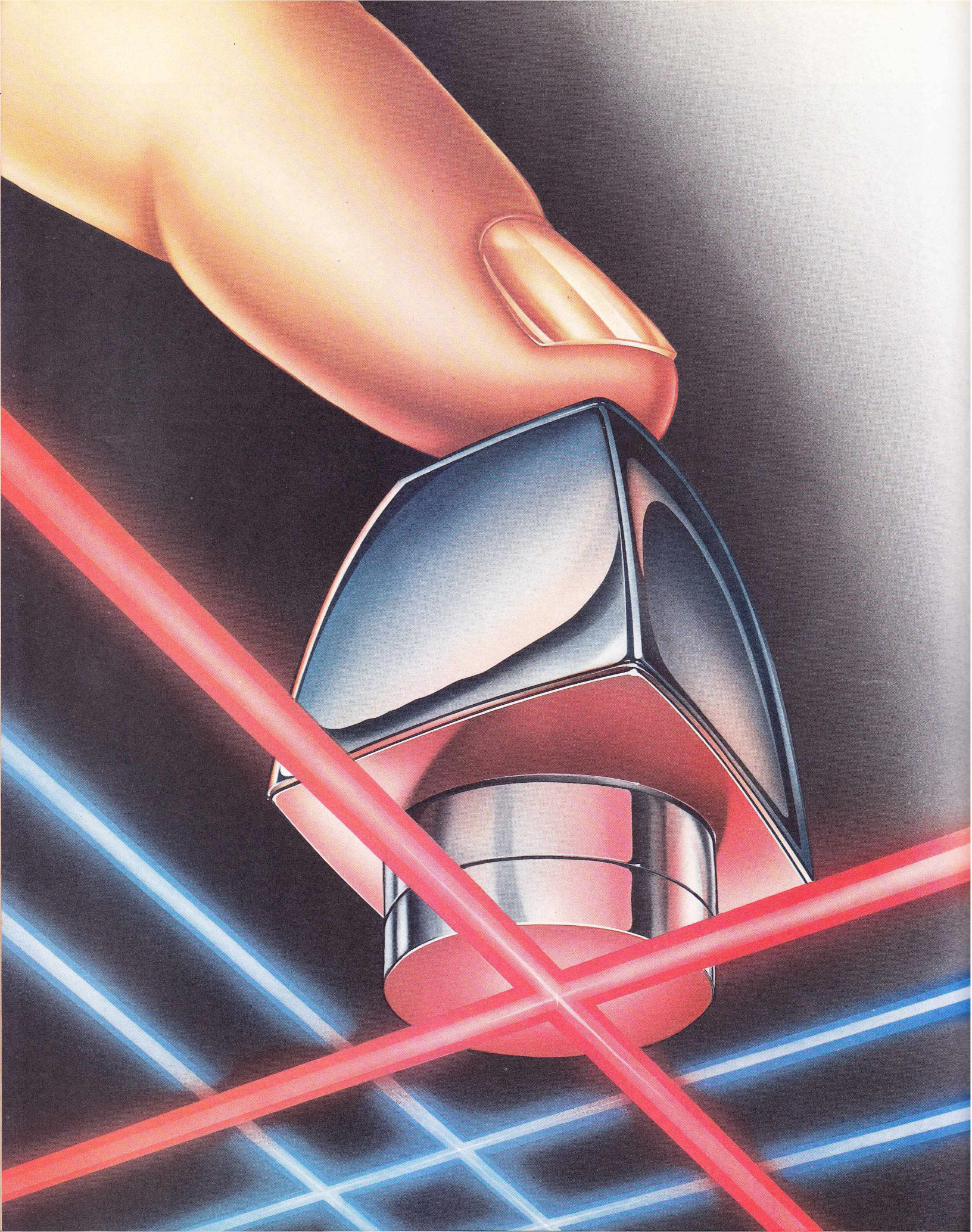


Talvez a característica mais marcante da computação moderna seja a interação praticamente instantânea entre o sistema e seu operador humano. Na maioria dos sistemas, a interação se dá através de um teclado e uma tela (conhecida como monitor), com resultados em sua forma permanente produzidos por uma impressora. Através dos anos, essa descendência de casamentos remotos, entre computadores e máquinas de escrever e entre computadores e televisões, tem passado por constantes aprimoramentos. Conforme ilustrado nas páginas seguintes, teclados, telas e impressoras tornaram-se instrumentos sofisticados para fornecer e obter informações de um computador digital.

Teclados e telas podem ser conectados ao computador como dispositivos de input e output individuais, ou podem estar ambos ligados formando um terminal, que por sua vez é ligado ao computador como um único dispositivo de I/O. (Terminais são comuns em sistemas multi-usuários, capazes de permitir que centenas de indivíduos compartilhem o mesmo computador central.) Em qualquer configuração, o teclado age como o painel de controle pelo qual o operador efetua a entrada de dados e comandos. O monitor exibe esse input e a resposta do computador.

Teclados de computador diferenciam-se das máquinas de escrever convencionais de várias maneiras. Um dos pontos é o fato de o teclado de computador possuir algumas teclas adicionais que têm funções especiais de comunicação. Além disso, os teclados são equipados com seus próprios microprocessadores, que coordenam os sinais digitais que entram ou chegam do computador.

Finalmente, os elementos de digitação e de impressão do computador são independentes entre si; numa máquina de escrever estão inseparavelmente ligados. Pressione uma tecla de computador e o resultado sairá na tela, não no papel da impressora (normalmente, é necessário um comando especial para iniciar a impressão). Essa independência é uma das fontes do poder e flexibilidade de um computador.

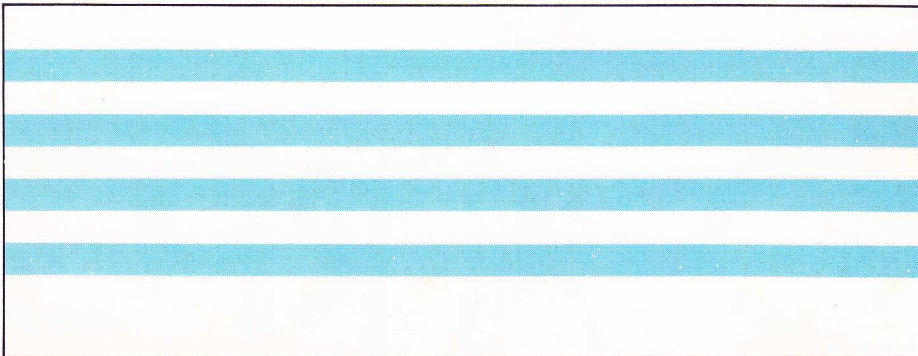


Segredos de um teclado de computador

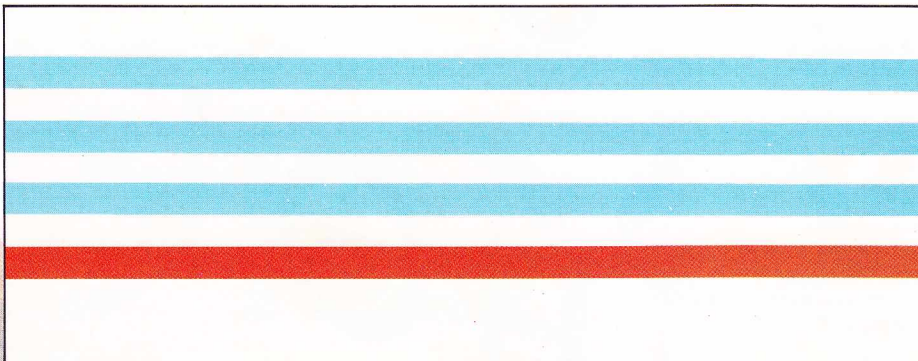
Um teclado de computador parece a metade da frente de uma máquina de escrever, com um painel de teclas com letras, números, comandos e outros símbolos. Mas termina aí a semelhança. Teclas de máquinas de escrever são simples gatilhos, que possibilitam a impressão de caracteres numa página. Teclas de computador têm um papel muito mais amplo: elas emitem sinais eletrônicos que registram a localização e a ordem dos teclados e o resultado imediato pode até ser invisível para o operador.

Embora teclados com teclas similares às de máquinas de escrever sejam os mais comuns, há muitos teclados equipados

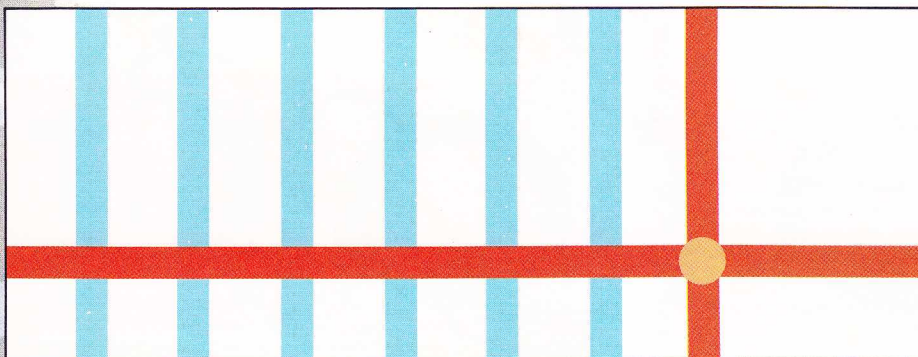
com painéis de teclas de membrana (chaves sensíveis ao toque, montadas sob uma superfície plástica). Painéis de teclas de membrana são freqüentemente usados para controlar computadores em aplicações onde há uma pequena variedade de inputs. Em fábricas ou restaurantes, por exemplo, as teclas podem estar rotuladas com comandos, tais como LIGA ou DESLIGA, ou com símbolos que representam itens à venda, como sorvete ou batatas fritas. Como os painéis de teclas de membrana são sensíveis demais para atender a uma digitação precisa, não são próprios para tarefas que requeiram a entrada de grandes massas de dados.



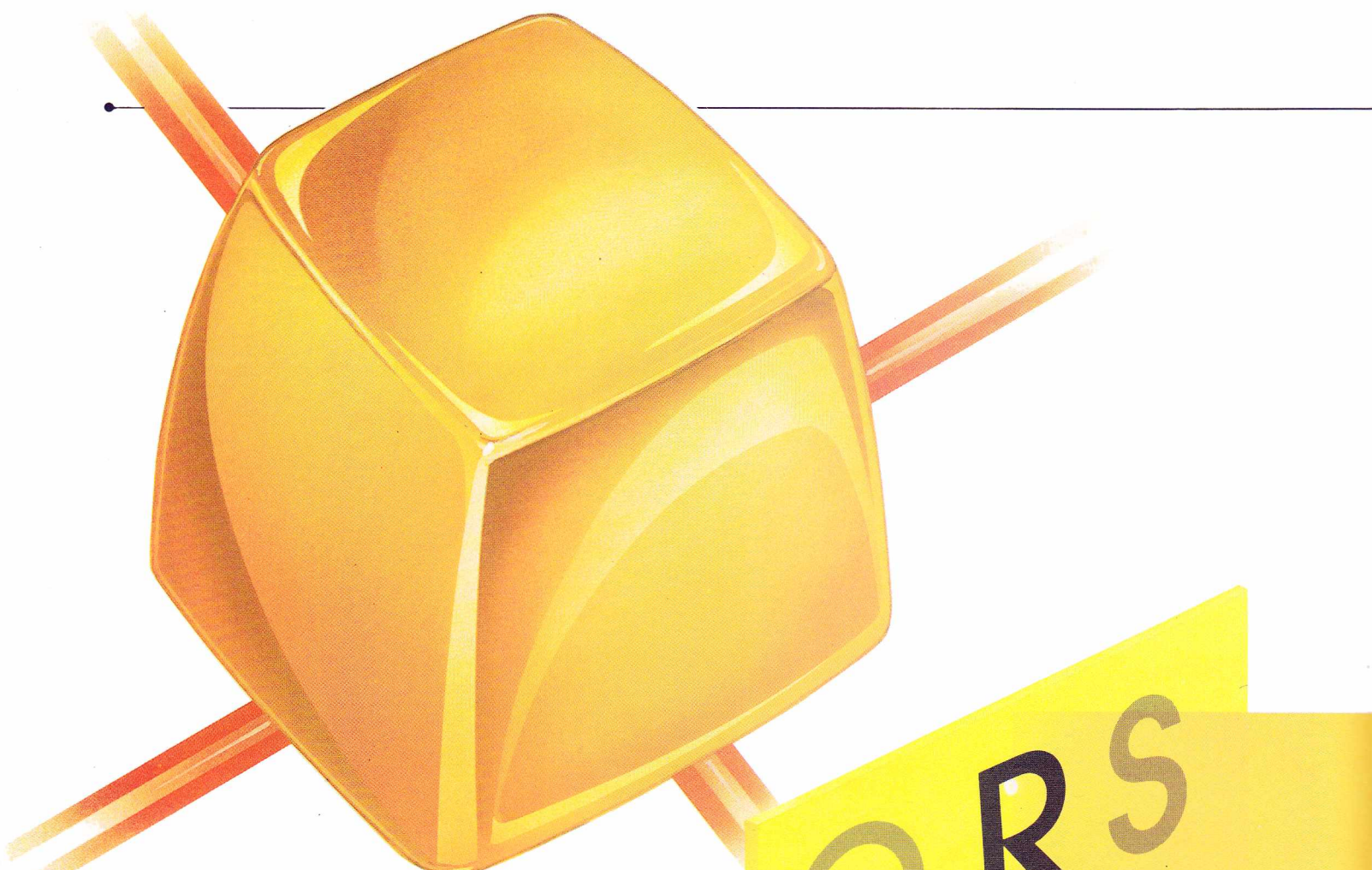
Sob o teclado de um computador há uma malha de cabos. Cada tecla fica localizada sobre a intersecção de dois cabos, prontos para fechar um contato elétrico quando a tecla for pressionada. Como qualquer tecla afetará tanto uma linha horizontal quanto uma coluna vertical da malha, o microprocessador do teclado só precisa monitorar as linhas, que são em menor número do que as colunas. O microprocessador executa essa verificação usando uma corrente elétrica para examinar todas as linhas seqüencialmente, milhares de vezes por segundo (à esquerda). Esse processo ocorre o tempo todo, esteja o teclado em uso ou não.



Depois de milhares ou milhões de possíveis resultados negativos de sua verificação de linhas, o microprocessador detecta uma linha que contém um circuito fechado. Para descobrir qual dentre a série de teclas pertencentes à linha está ativa, o microprocessador começa a verificar as colunas pela primeira vez, depois de registrar rapidamente que linha deu início ao processo de verificação de colunas.



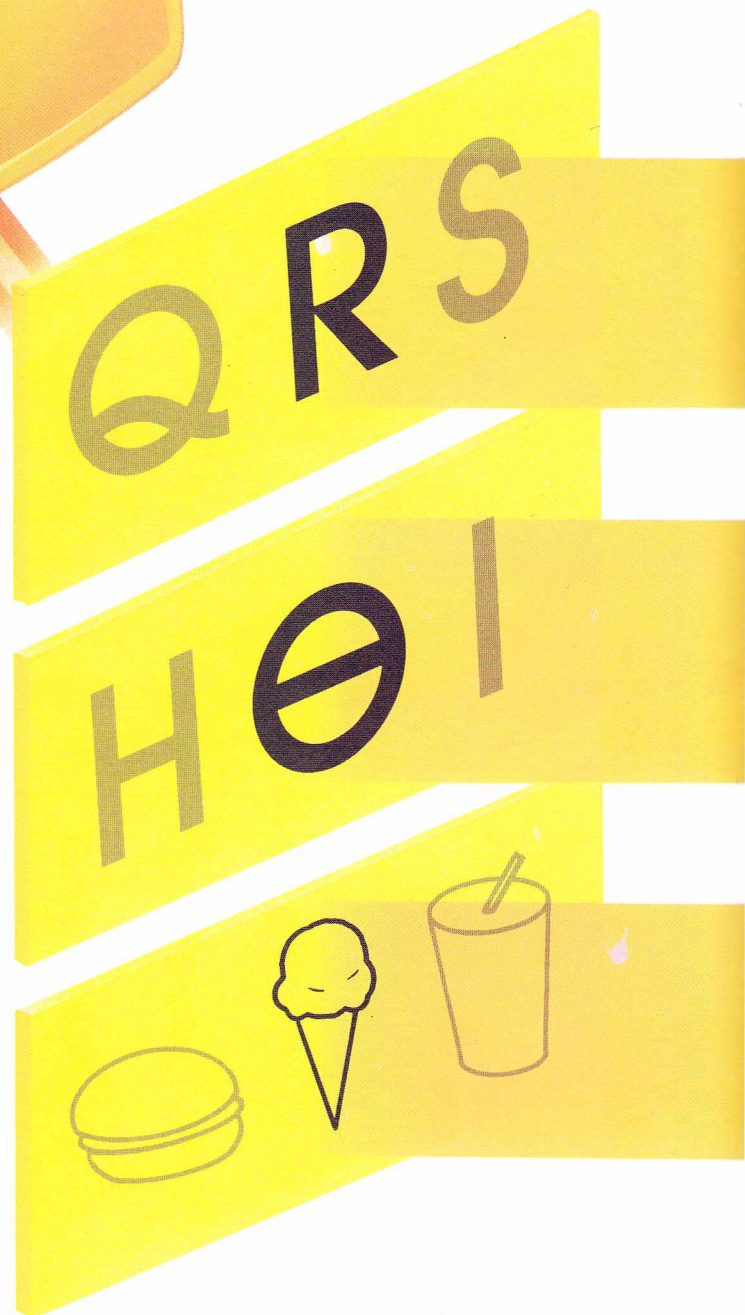
Como só existe uma única tecla capaz de ativar simultaneamente uma linha e uma coluna determinadas, a identidade da tecla pressionada revela-se logo que a verificação de colunas detecta uma coluna ativa. O microprocessador registra e transmite a identidade da tecla através de um "código de tecla". Ao efetuar a verificação de novas teclas, o microprocessador ignora a tecla já identificada, permitindo que novas teclas sejam reconhecidas, mesmo que a primeira ainda não tenha sido liberada.



Após receber o código de localização de uma tecla, o computador usa sua tabela primária de consultas para determinar o significado que deve atribuir à tecla. Neste caso, a tabela fornece o código ASCII de processamento para a letra R maiúscula: o número binário 01010010.

Para uma linguagem que não use caracteres romanos, o computador recorre a uma tabela de consultas diferente. Neste exemplo, a tabela tem os códigos de caracteres gregos; um *teta* maiúsculo é atribuído à sua representação binária 01001011.

O significado atribuído a uma tecla não tem necessariamente que ser um caractere. No exemplo à direita, uma tabela de consultas especializada da caixa registradora de um restaurante atribui o significado "sorvete" à tecla; com a representação binária de oito dígitos, o computador poderia processar até 256 itens diferentes.



Combinação de códigos e seus significados

O sinal gerado pelo microprocessador de um teclado não tem qualquer significado além de um código descrevendo o local da tecla que tenha sido pressionada. Antes que possa processar um sinal, o computador deve transformá-lo em informação significativa. Uma lista eletrônica, chamada tabela de consulta, correlaciona cada código de local de tecla com um número binário que é expressão de um símbolo significativo — uma letra ou um numeral, por exemplo. O computador emprega esse número binário durante o processamento.

Uma tabela de consulta pode estar localizada na memória permanente do computador ou em seu teclado; normalmente, ela define as teclas de acordo com as funções usuais da maioria dos computadores; a entrada de dados numéricos, por exemplo, ou o processamento de texto com um alfabeto específico.

Alguns programas podem requerer uma tabela de consultas especial que atribui novos significados às teclas para aplicações especializadas. Assim, um computador que normalmente processa as teclas como letras romanas e números pode interpretar essas teclas como itens à venda ou símbolos matemáticos.

Alguns computadores normalmente convertem os códigos das teclas em ASCII (Código Padrão Americano para Intercâmbio de Informações), um padrão que emprega 128 números binários para representar letras maiúsculas e minúsculas, numerais arábicos, símbolos tipográficos e uma variedade de códigos que fazem o computador realizar funções como voltar uma posição e soar sua campainha ou bip. Um conjunto de códigos padronizados para outros alfabetos foi estabelecido pela Organização Internacional de Padronização.

2

01010010

010001011

11010111

A lista eletrônica de pontos

Um computador exibe seu output por meio de formas — sejam letras, números ou figuras —, em uma tela ou impressora. De maneira geral, as formas são constituídas de pontos de luz ou tinta correspondentes a dígitos binários. Na maioria dos computadores, texto e gráfico são manipulados diferentemente.

O output de texto é geralmente mediado por um CI especial chamado gerador de caracteres. Esse CI recebe os códigos de caracteres para output e os traduz, um a um, em blocos de zeros e uns de tamanho uniforme (abaixo). Cada zero ou

	1 1 1 1 0 0	0 1 1 1 0 0	1 1 1 1 0 0	0 1 1 1 1 0	1 1 1 1 1 0	1 0 0 0 1 0
	1 0 0 0 1 0	1 0 0 0 1 0	1 0 0 0 1 0	1 0 0 0 1 0	0 0 1 0 0 0	1 0 0 0 1 0
	1 0 0 0 1 0	1 0 0 0 1 0	1 0 0 0 1 0	1 0 0 0 0 0	0 0 1 0 0 0	1 0 0 0 1 0
	1 1 1 1 0 0	1 0 0 0 1 0	1 1 1 1 0 0	1 1 1 1 0 0	0 0 1 0 0 0	1 0 0 0 1 0
	1 0 0 0 0 0	1 0 1 0 1 0	1 0 0 1 0 0	0 0 0 0 1 0	0 0 1 0 0 0	1 0 0 0 1 0
	1 0 0 0 0 0	1 0 0 1 0 0	1 0 0 0 1 0	1 0 0 0 1 0	0 0 1 0 0 0	1 0 0 0 1 0
	1 0 0 0 0 0	0 1 1 0 1 0	1 0 0 0 1 0	1 1 1 1 0 0	0 0 1 0 0 0	0 1 1 1 0 0
	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0		
	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0		
	0 1 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0		
	0 0 1 0 0 0	0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0	0 0		
	0 0 0 0 0 0	0 1 1 1 0 0	1 1 1 1 0 0	0 1		
	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 1 0	1 0 0 0 1 0	1 0		
	0 0 0 0 0 0	0 1 1 1 1 0	1 0 0 0 1 0	1 0		
	0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 1 0	1 0 0 0 1 0	1 0		
	0 0 0 0 0 0	0 1 1 1 1 0	1 1 1 1 0 0	0 1		
	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0		
	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0		
	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0	0 0		
	1 1 1 1 0 0	0 1 1 1 1 0	1 0 1 1 1 0	0 1		
	1 0 0 0 1 0	1 0 0 0 1 0	1 1 0 0 0 0	1 0		
	1 0 0 0 1 0	1 0 0 0 1 0	1 0 0 0 0 0	0 1		
	1 0 0 0 1 0	1 0 0 0 1 0	1 0 0 0 0 0	0 0		
	1 1 1 1 0 0	0 1 1 1 1 0	1 0 0 0 0 0	0 1		
	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 1 0	0 0 0 0 0 0	0 0		
	1 0 0 0 0 0	0 0 0 0 1 0	0 0 0 0 0 0	0 0		

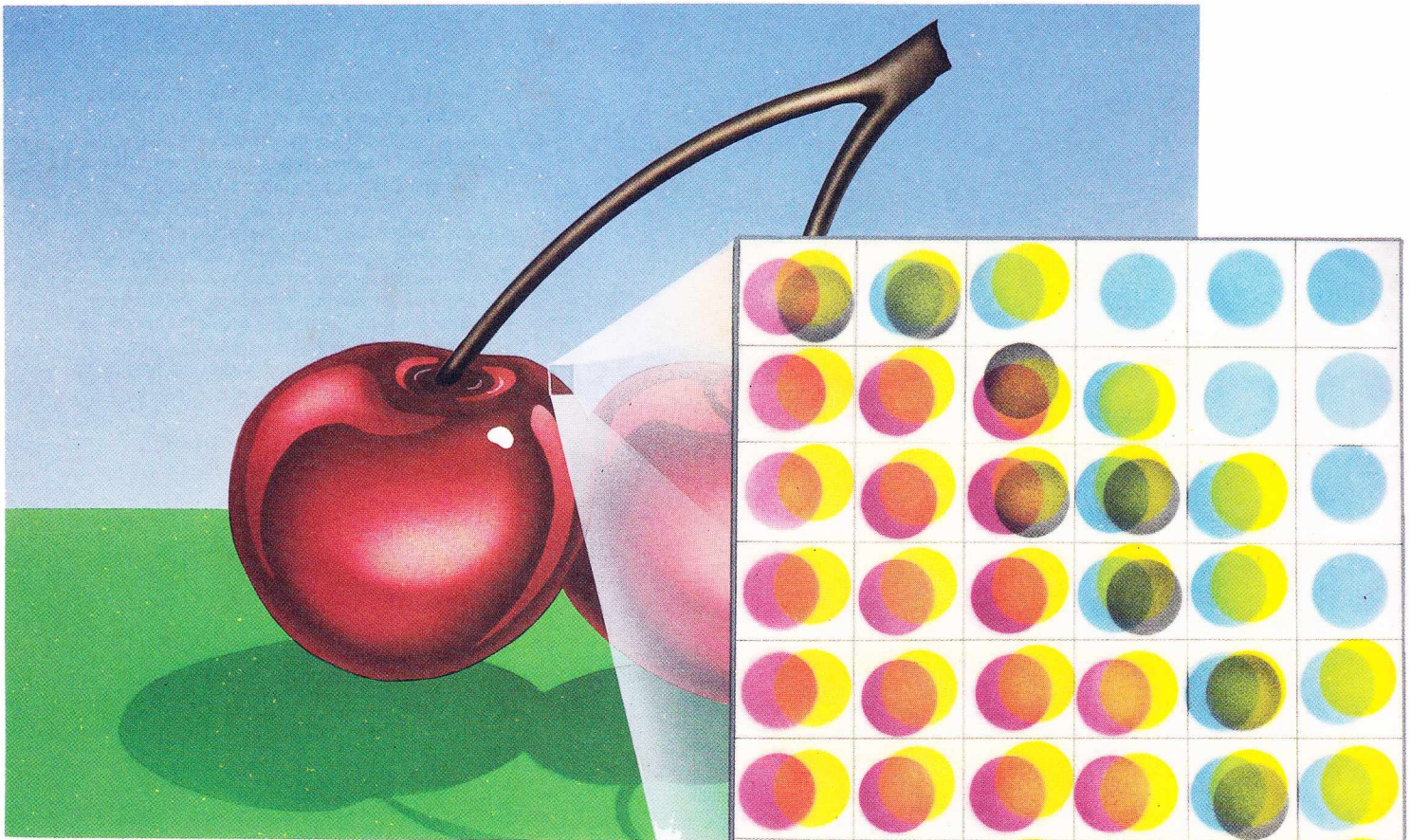
Neste exemplo, um gerador de caracteres produz um bloco de números binários, formando um gabarito de pontos para um R maiúsculo. O dígito binário 1 indica a presença de um ponto de luz ou tinta e o binário 0 a ausência. Blocos usados para formar as letras do alfabeto romano têm nove linhas horizontais de números e seis colunas verticais (a sexta coluna é deixada em branco para haver separação entre as letras). Blocos usados para formar caracteres caligráficos, como os do japonês ou do árabe, podem requerer malhas de até 24 por 24 pontos.

um controla um único ponto da imagem exposta (na tela, esses muitos milhares de pontos acesos individualmente são chamados pixels, ou elementos de figura). Juntos, os zeros e uns de um bloco formam um mapa de cada caractere, um mapa que já existe na memória do gerador de caracteres, o que reduz a demanda de tempo do processador central e de espaço da memória principal. Como a forma de cada caractere está codificada em 54 dígitos binários, o computador ganha muito em eficiência ao armazenar essas instruções de forma no gerador de caracteres para depois chamá-las com um código mais

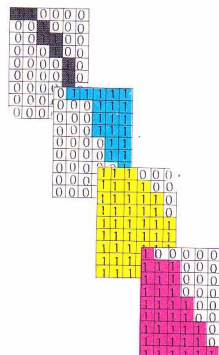
curto (tal como o código ASCII, de oito dígitos), quando necessário.

Blocos de gabaritos similares são usados às vezes para produzir formas gráficas relativamente pequenas (foguetes de um video game, por exemplo). Mas a maioria das imagens gráficas são tratadas como criações exclusivas: o computador não consulta um arquivo preexistente de dados digitais. O computador também trabalha com a imagem como um todo, em vez de pequenas porções, no processo ponto a ponto de composição.

2

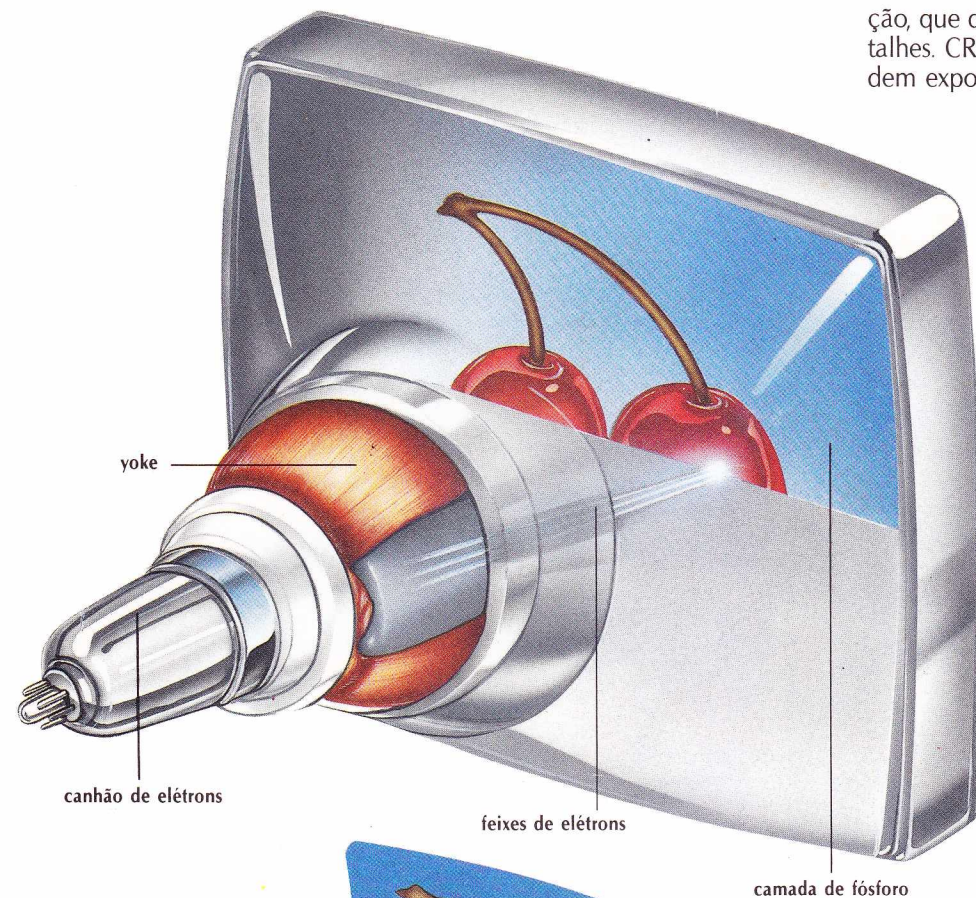


O output gráfico, como a figura das cerejas acima, também é formado por pequenos pontos. Neste exemplo, a figura foi criada pela superposição de quatro diferentes padrões de pontos (à direita), um para cada uma das cores — magenta, ciano, amarelo e preto —, usadas para compor uma imagem impressa. Numa imagem de vídeo, a intensidade de cada uma das cores da tela — vermelho, verde e azul — pode ser graduada para produzir uma variedade muito maior de tonalidades.

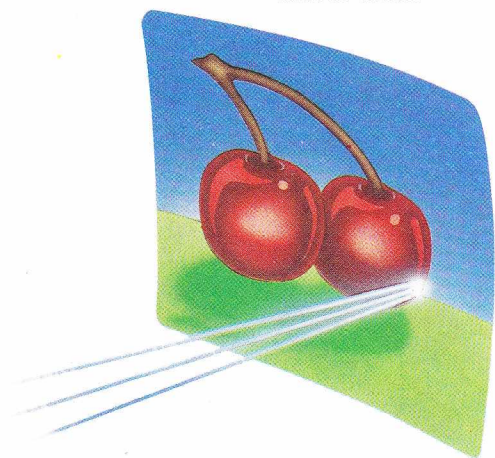


Criação de imagem na tela de vídeo

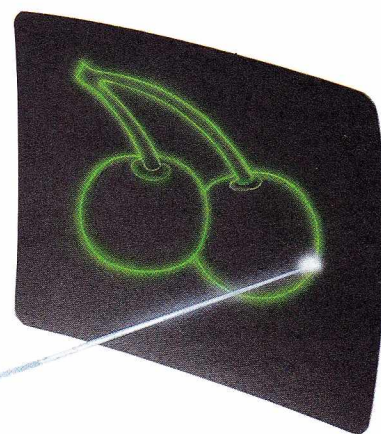
Na maioria dos computadores, a tela de display é um tubo de raios catódicos (CRT), um dispositivo baseado na mesma tecnologia que é usada nos aparelhos de televisão (*abaixo, à esquerda*). Telas CRT, comumente chamadas monitores, vêm evoluindo ao longo dos anos, aprimorando atributos como contraste e cor. Talvez os maiores avanços tenham sido na resolução, que dita a capacidade da tela de reproduzir pequenos detalhes. CRTs especializados usados na execução de filmes podem expor até 9 milhões de pixels por tela, em oposição aos



No tubo de raios catódicos (CRT), um canhão de elétrons na parte mais estreita do tubo projeta um feixe de elétrons em direção à ampla tela frontal, revestida internamente por uma camada de fósforo que brilha rapidamente quando atingida por elétrons. No trajeto até a tela, o feixe passa por uma coleira eletromagnética (yoke), sendo submetido a uma deflexão de acordo com variações dos campos magnéticos horizontal e vertical aplicados ao yoke. O computador controla essas variações e, por seu intermédio, as formas que os feixes projetam no fósforo. Em CRTs coloridos, três feixes separados são gerados, cada um produzindo uma cor diferente nos pixels.



Um CRT de deflexão eletromagnética forma as imagens lançando feixes de elétrons em padrões horizontais, movendo-se da esquerda para a direita e de cima para baixo. Num monitor monocromático, um único feixe de elétrons é rapidamente ligado e desligado, de maneira que só uma parte dos pixels da tela fica iluminada, enquanto outros permanecem escuros, formando as imagens através desse contraste. Num monitor colorido, os três feixes que ativam os fósforos vermelho, verde e azul dos pixels também podem ser ligados ou desligados e as várias intensidades das três cores básicas podem criar até 16 milhões de tonalidades.

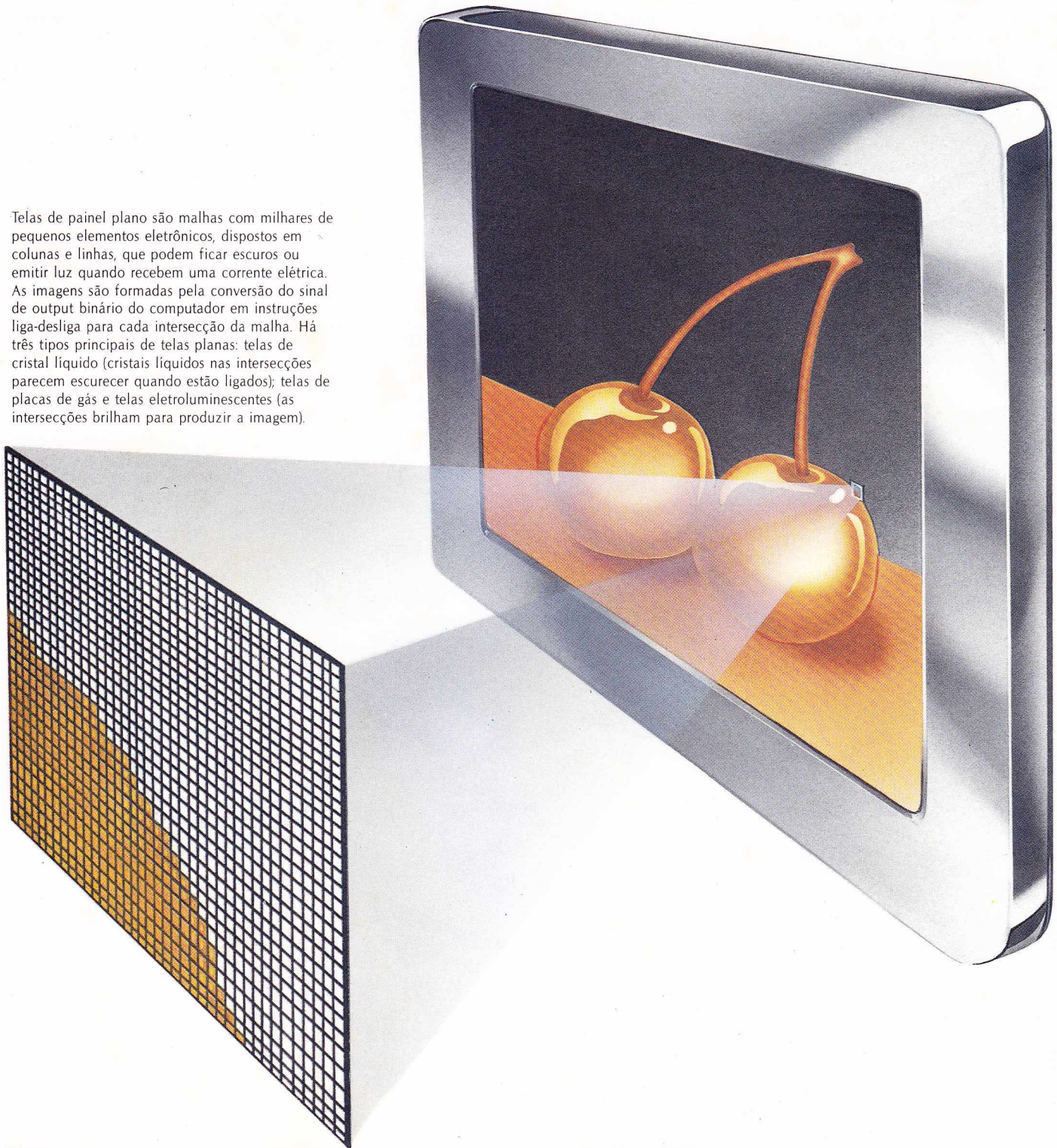


Um CRT de deflexão eletrostática desenha as imagens usando feixes contínuos, em vez dos pulsos ligados e desligados dos vídeos de deflexão eletromagnética. O feixe de elétrons de um CRT do tipo eletrostático é dirigido pelo yoke de um ponto para outro na imagem e pode se mover na diagonal, além de horizontal e verticalmente. A imagem resultante, muito nítida, adapta-se bem a certas aplicações, como as de engenharia. Contudo, o método é relativamente lento e não pode produzir imagens sólidas realistas.

64 000 de um monitor similar a uma televisão usado em computadores domésticos. O resultado é uma imagem tão nítida quanto uma fotografia de revista.

A demanda por computadores portáteis levou ao desenvolvimento de telas planas (*abaixo*). Menores e mais leves que os CRTs, essas telas também são menos frágeis, dependendo de um projeto sólido e compacto e não do cuidadoso alinhamento de componentes delicados dentro de um tubo de vácuo feito de vidro.

Telas de painel plano são malhas com milhares de pequenos elementos eletrônicos, dispostos em colunas e linhas, que podem ficar escuros ou emitir luz quando recebem uma corrente elétrica. As imagens são formadas pela conversão do sinal de output binário do computador em instruções liga-desliga para cada intersecção da malha. Há três tipos principais de telas planas: telas de cristal líquido (cristais líquidos nas intersecções parecem escurecer quando estão ligados); telas de placas de gás e telas eletroluminescentes (as intersecções brilham para produzir a imagem).



Impressoras de impacto

As impressoras dividem-se em duas categorias amplas: de impacto, que operam pela pressão de uma fita com tinta contra o papel, e sem impacto.

Impressoras de impacto podem produzir caracteres formados integralmente (*abaixo, à esquerda*) ou criá-los a partir de combinações de pontos (*abaixo, à direita*). O primeiro tipo geralmente oferece um resultado mais nítido. O segundo normalmente é mais econômico e pode ser programado para imprimir tipos variados ou imagens gráficas. Impressoras de caracteres inteiros variam em termos de velocidade, desde

as que produzem os caracteres um a um, numa velocidade de apenas dez caracteres por segundo, até as que imprimem toda uma linha de uma só vez, gerando milhares de linhas por minuto.

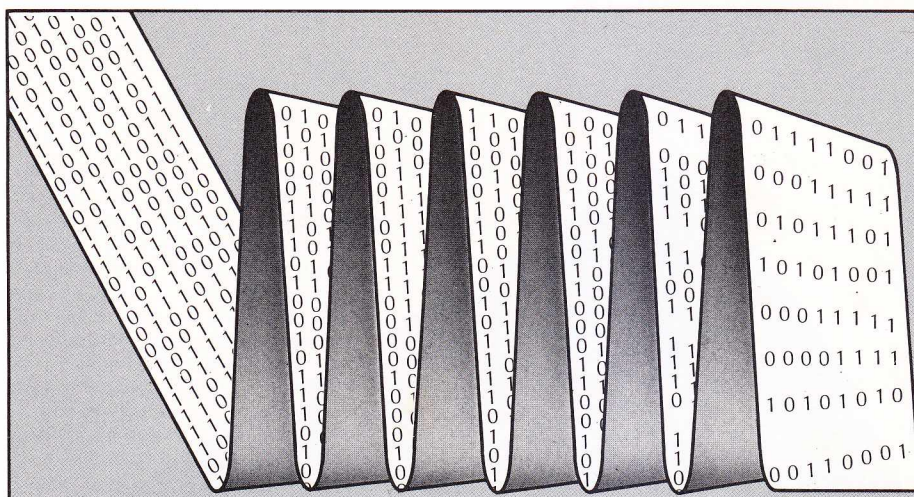
Algumas impressoras sem impacto (página 56) também empregam a técnica da matriz de pontos, enquanto outras usam tecnologia similar à das fotocopiadoras. Estas oferecem a flexibilidade das impressoras de matriz de pontos combinada com uma qualidade de impressão similar à das impressoras de impacto de caracteres inteiros.



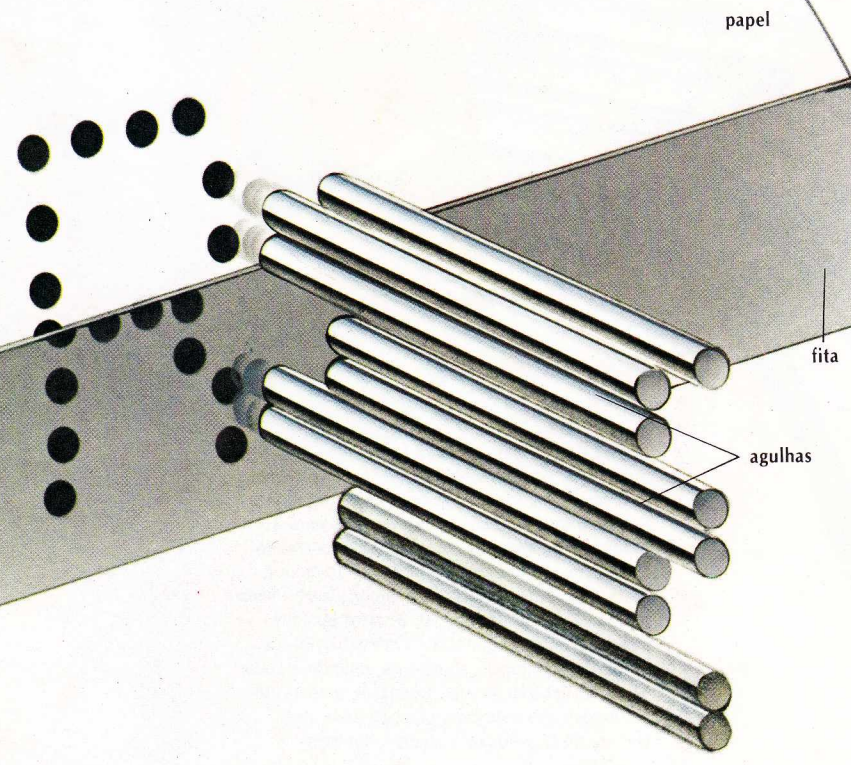
Os elementos básicos de uma impressora de impacto de caracteres são um martelo, um tipo de caractere, uma fita com tinta e o papel. Uma batida do martelo comprime esses elementos para imprimir o caractere no papel. Em modelos que imprimem um caractere de cada vez, os tipos normalmente estão dispostos no perímetro de um elemento circular chamado margarida; o martelo pressiona um tipo, que é colocado na posição por rotações em alta velocidade da margarida. Em algumas impressoras de linha, os tipos dos caracteres de uma linha são dispostos numa fita de metal flexível e o papel é então pressionado contra cada caractere.

Superando a diferença de velocidade

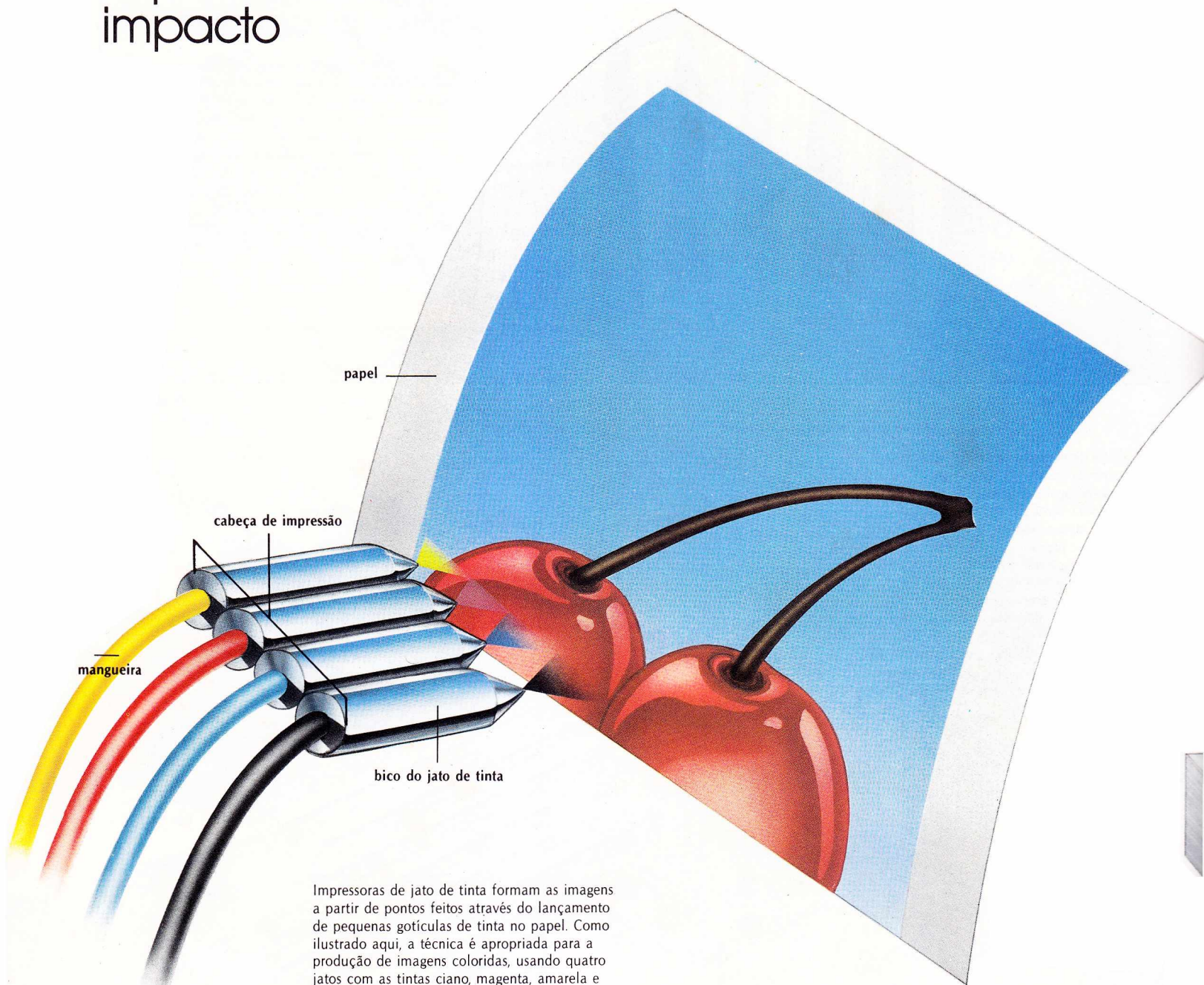
Um tipo de memória de computador chamado buffer compatibiliza a diferença de velocidade entre o computador e seus dispositivos de input e output. As impressoras são particularmente lentas devido a suas partes mecânicas e não podem atingir o ritmo eletrônico dos computadores. Um buffer de output recebe os dados na velocidade em que são produzidos, armazena-os e os transmite numa velocidade menor, conforme exigido pelo dispositivo de output. Isso permite que o computador opere na sua própria velocidade e evita a perda de dados excedentes.



A cabeça de impressão de uma impressora de matriz de pontos consiste de um conjunto de agulhas dispostas em uma ou mais colunas verticais. Cada agulha age como um martelo independente, marcando um ponto ao pressionar a fita contra o papel. À medida que a cabeça de impressão se move horizontalmente pelo papel, as agulhas são disparadas centenas de vezes em combinações diferentes para criar os padrões de pontos dos caracteres individuais. Neste exemplo, uma cabeça de impressão de nove agulhas acaba de completar as cinco colunas de pontos que formam um R maiúsculo.

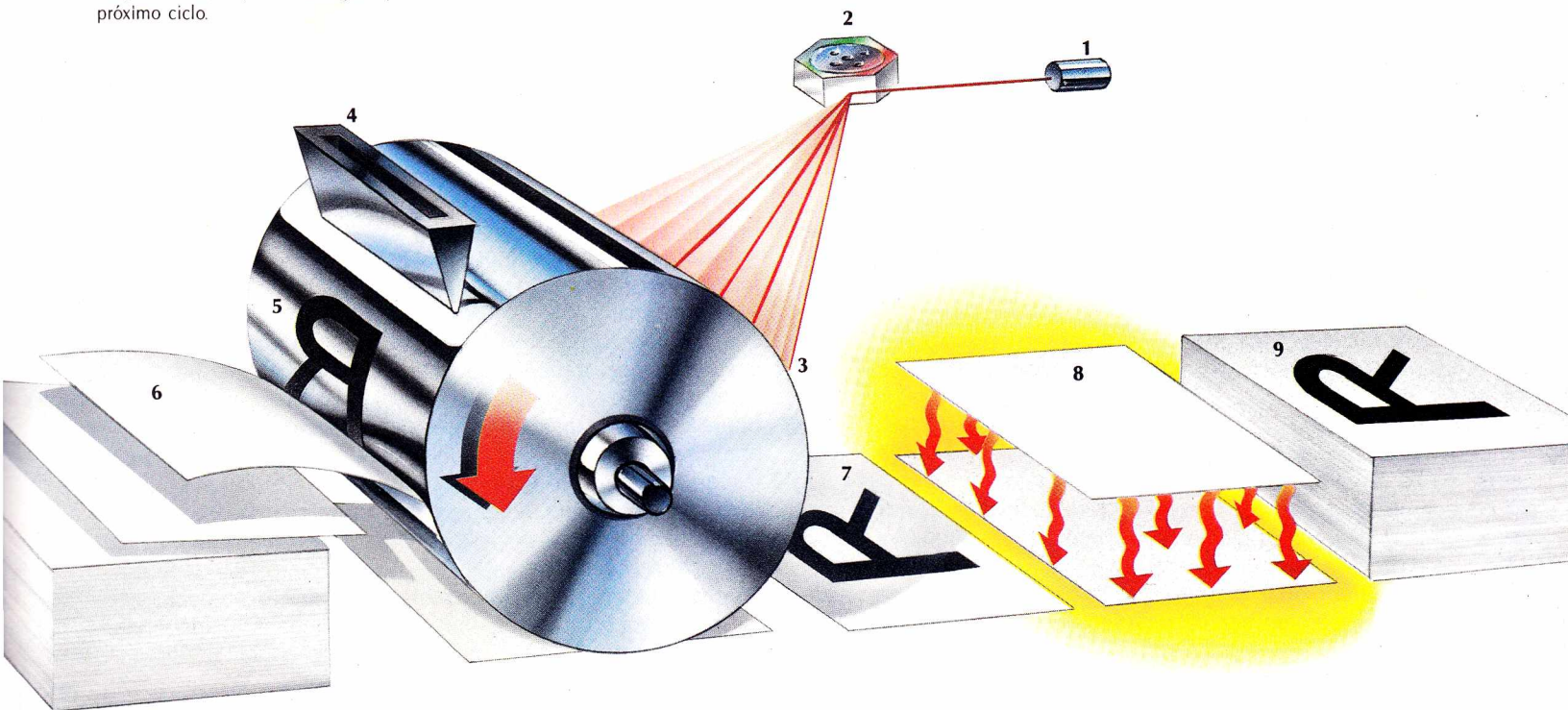


Impressoras sem impacto



Impressoras de jato de tinta formam as imagens a partir de pontos feitos através do lançamento de pequenas gotículas de tinta no papel. Como ilustrado aqui, a técnica é apropriada para a produção de imagens coloridas, usando quatro jatos com as tintas ciano, magenta, amarela e preta. Enquanto a cabeça de impressão se move horizontalmente pelo papel, os jatos lançam gotículas numa seqüência coordenada por um microprocessador da impressora, criando a cada vez uma linha de pontos. Capaz de marcar até trezentos pontos de tinta por polegada, essa técnica pode produzir imagens altamente detalhadas.

Impressoras a laser, ou eletrofotográficas, produzem uma página inteira por vez. Um pequeno laser (1), ligado e desligado milhões de vezes a cada segundo por um microprocessador, produz um raio de luz que se reflete num espelho hexagonal (2). A luz refletida neutraliza porções da superfície, de carga positiva, de um cilindro de impressão (3), criando o negativo de uma imagem latente. Espalha-se então sobre o cilindro um fino pó com carga positiva, ou *toner* (4), que adere somente às áreas neutras (5). Quando o papel (6) com carga negativa entra em contato com o cilindro, o *toner* é atraído por ele, formando a imagem desejada (7). A imagem é então fixada no papel por uma combinação de calor e pressão (8). Ao se produzir a página finalizada (9), o cilindro é liberado de sua carga elétrica, limpo e recarregado para o próximo ciclo.



Glossário

Amostragem Processo de tomar o valor de um sinal a intervalos regulares, bastante usado ao se converter sinais analógicos, como voltagem, em sinais digitais.

Analógico A representação de uma variável física em contínua mudança (o som, por exemplo) por outra variável física (tal como a corrente elétrica).

ASCII (Código Padrão Norte-americano para Intercâmbio de Informação) Sigla de *American Standard Code for Information Interchange*; convenção que atribui um código binário padrão para cada letra minúscula e maiúscula, numeral e símbolo tipográfico.

Binário Possuidor de dois componentes ou estados possíveis; normalmente representado por um código de zeros e uns.

Bit A menor unidade de informação de um computador binário, representado por um zero ou um. A palavra *bit* é a contração de *binary digit* ("dígito binário").

Buffer Memória temporária usada para manter os dados a serem transferidos posteriormente de um dispositivo para outro, como do computador para a impressora.

Byte Sequência de bits, normalmente oito, tratada como uma unidade para computação e armazenagem.

Caneta de luz *Light pen*, em inglês; um dispositivo de input fotossensível, em forma de caneta, usado para controlar o computador ou para desenhar imagens numa tela CRT.

Cartão perfurado Cartão retangular no qual os dados estão representados por perfurações.

C.I. Veja circuito integrado.

Circuito integrado Circuito eletrônico cujos componentes estão dispostos numa única peça de material semicondutor (uma substância, como o silício, cuja condutividade está entre a do metal e a de um isolador).

Código de barras Código legível por máquina, formado por linhas de tinta que representam informações como descrição e preço do produto.

Computador analógico Computador no qual variáveis físicas contínuas tais como os movimentos de engrenagens ou a magnitude da tensão representam dados.

Computador digital Máquina que opera com dados expressos de forma discreta, em vez da representação contínua usada num computador analógico.

Conversor analógico-digital Dispositivo que transforma um sinal analógico em informação digital.

CPU (Unidade Central de Processamento) A parte do computador que interpreta e executa instruções. É composta de uma unidade lógica aritmética, uma unidade de controle e uma pequena porção de memória.

Cursor Bloco de luz que se move pela tela indicando o ponto de ação ou de atenção do computador.

Digital Relativo à representação, manipulação ou transmissão de informação por sinais discretos, do tipo liga/desliga.

Digitalizar Converter informação analógica em sinais liga/desliga de código binário que podem representar a informação em computadores digitais.

Disco Dispositivo circular magnetizado, normalmente feito de plástico ou de metal, usado para armazenar dados.

DMA (acesso direto à memória) Mecanismo que transmite dados diretamente entre as portas de input e output de um computador e sua memória temporária.

Fita de papel Fita contínua de papel, de cerca de 1 polegada de largura, na qual os dados são gravados na forma de perfurações; usada tanto para input quanto para output.

Fita magnética Fita plástica recoberta por material magnético, no qual se armazena informação através de pontos magnetizados.

Gravar Processo pelo qual o computador registra dados na memória ou em dispositivos visuais ou de armazenagem externa.

Hacker Um apaixonado por computadores.

Ícone Símbolo que representa um comando ou um objeto na tela de um computador.

Impressora Dispositivo de output que imprime em papel os resultados das operações efetuadas pelo computador.

Impressora a laser Veja impressora eletrostática.

Impressora de impacto Impressora que trabalha pressionando caracteres em relevo ou agulhas contra o papel, através de uma fita com tinta.

Impressora de jato de tinta Impressora sem impacto que atua pelo lançamento de gotículas de tinta com carga elétrica contra o papel.

Impressora de margarida Impressora com um elemento de impressão circular formado por finos raios, com caracteres nas pontas, que se projetam de um disco central.

Impressora de matriz de pontos Impressora de impacto que usa um padrão de pontos dispostos em linhas e colunas para imprimir texto ou gráficos.

Impressora eletrostática Impressora sem impacto, na qual partículas de tinta seca aderem, na forma desejada, ao papel eletricamente carregado. Também chamada impressora a laser.

Input Informação fornecida ao computador.

Interrupção Pausa temporária na execução de um programa ou o sinal que ocasiona essa pausa.

Joystick Alavanca manual que pode ser inclinada em várias direções para controlar o movimento de um cursor na tela do computador.

LCD (tela de cristal líquido) Tela digital composta de segmentos, que formam os caracteres, feitos de cristal líquido e prensados entre duas placas de vidro polarizadas e refletoras.

Leitora de fita de papel Dispositivo usado para fazer a entrada de dados em fita de papel pela conversão dos padrões de perfurações em código binário.

Leitura Processo pelo qual a CPU do computador examina os dados da memória ou transfere para a memória dados vindos de um dispositivo de armazenagem, como um disco.

Mapa de bits Memória temporária para um padrão gráfico, no qual cada ponto, ou pixel, do desenho é representado por um ou mais bits.

Marcador Stylus, em inglês; dispositivo de input em forma de caneta, usado para desenhar ou escrever em mesas sensíveis à pressão.

Mesa digitalizadora Dispositivo que permite ao usuário introduzir desenhos no computador, na forma de uma seqüência de coordenadas, movendo um controle manual sobre uma superfície plana.

Microchip Veja circuito integrado.

Microprocessador Chip único que contém todos os elementos da unidade central de processamento de um computador.

Modem Dispositivo (modulador/demodulador) que possibilita a transmissão de dados entre computadores, normalmente feita através de linhas telefônicas, mas às vezes por meio de fibras ópticas ou de freqüências de rádio.

Monitor Dispositivo que exhibe os dados, semelhante a uma televisão.

Mouse Rato, em inglês; dispositivo manual de input que, ao se mover sobre uma superfície plana, faz com que o cursor se movimente de maneira correspondente na tela.

On-line Imediatamente acessível pela CPU de um computador. Refere-se à técnica de entrada de dados ou instruções diretamente no computador.

Osciloscópio Dispositivo de output que mostra um sinal em forma de onda numa tela CRT.

Output Dados fornecidos pelo computador diretamente para o usuário, para outro computador ou para armazenagem de algum tipo.

Padrões Definições técnicas aceitas pela ciência da computação para assegurar a uniformidade entre equipamentos e programas.

Paralela Referente à manipulação de dados ou instruções pelo computador em grupos de vários bits em vez de bits individuais.

Periférico Qualquer dispositivo usado nas funções de input e output em conjunto com um computador.

Pixel Elemento de figura; um dos milhares de pontos da tela de

um computador a partir dos quais as imagens são formadas.

Porta Conexão entre o computador e outros dispositivos através da qual os dados entram e saem.

Processamento de texto Uso de computadores para criação, visualização, edição, armazenagem e impressão de texto.

RAM (Memória para Leitura e Gravação) Sigla em inglês de *Random Access Memory*; memória temporária interna cujo conteúdo pode ser alterado pela CPU.

ROM (Memória Somente para Leitura) Memória interna permanente, contendo dados ou instruções que não podem ser alterados.

Sensor Dispositivo de tomada de informações que converte energia física, como temperatura ou luz, em sinais elétricos, que podem em seguida ser traduzidos para uso em computador.

Serial Relativo a dados que são processados em seqüência, um bit de cada vez, em vez de grupos de bits.

Sintetizador Aparelho eletrônico para produção e controle do som.

Software Instruções ou programas projetados para execução por computador.

Sondagem Processo de testar cada fonte de input seqüencialmente para ver se tem dados prontos e cada fonte de output, para ver se está pronta para transmitir.

Tabela de consultas Área da memória reservada para uma tabela de valores que o programa consulta sempre que necessário.

Teclado Um conjunto de teclas, como o de uma máquina de escrever, usado para se introduzir dados no computador.

Teletipo Aparelho similar a uma máquina de escrever, capaz de enviar e receber dados em sistemas de comunicação.

Tempo compartilhado *Time sharing*, em inglês; uso simultâneo de um computador por mais de uma pessoa.

Tempo real Processamento de computador rápido o bastante para resolver problemas e manipular eventos enquanto estão ocorrendo.

Terminal Periférico composto de teclado e tela ou impressora, ligados de modo a formar uma única unidade de input/output.

Traçador *Plotter*, em inglês; dispositivo de output que produz desenhos e gráficos por meio de linhas desenhadas sobre papel ou filme.

Transistor Semicondutor eletrônico usado como acionador ou amplificador.

Tubo de raios catódicos Dispositivo semelhante a uma televisão, com uma tela que ilumina os pontos atingidos internamente por um feixe de elétrons.

Via Condutor ou conjunto de condutores que transmitem informação entre as partes de um computador.

Índice

Os números em *itálico* indicam uma ilustração do assunto mencionado.

A

Aritmética binária 21
ASCII (Código Padrão Norte-americano para Intercâmbio de Informação) 43, 49
Atanasoff-Berry, computador 10

B

Babbage, Charles 7
Bell Laboratories 9
Bell, modelo I 9, 10
BINAC (Computador Automático Binário) 14
Buffer de output 55

C

Calculador de números complexos. *Veja* Bell Laboratories
Caneta óptica 13, 37
Cartões magnéticos 41
Cartões perfurados 6-7, 8, 9, 10, 16
Centronics 44
Colossus 9
Computador, partes básicas do 24-25
Controlador de I/O 24-27
Conversão analógico-digital 30
Conversores analógico-digitais 17, 18-21
CPU (Unidade Central de Processamento) 24-27, 28
CRT e processamento de texto 41
CRT (tubo de raios catódicos) 6, 10, 11, 16, 30, 52, 53

D

Diablo Systems 43
Digital Equipment Corporation 34
Disco magnético 16, 41
DMA (controlador de acesso direto à memória) 24, 25-26, 28-29
Dvorak, August 39
Dvorak, Teclado 39

E

Eckert, J. Presper 13-14
Editores de programas 36-37
EDSAC 11, 36
EDVAC 14-13
ENIAC 9, 11
Epson Corporation 44
ERMA (Método de Contabilidade por Registro Eletrônico) 12

F

Fita de papel 8-9, 11-13
Fita magnética 12, 14-16; máquina de escrever 41
Flexowriter 10, 11, 33
Forrester, Jay W. 10

G

Gerador de caracteres 50

Gilmore, Jack X 37
Glidden, Carlos 34-35
Gráficos, geração de 51
Grumman Aerospace Corporation. *Veja* X-29

H

Hersey, John 43
Hobday, Stephen 39
Hollerith, Herman 6-7

I

IBM 7, 15-16; IBM 701 12, 16; IBM Stretch (7030) 13; máquinas de escrever 40, 41
Impressoras 54-57; a laser 44, 57; buffer 55; de alta velocidade 15-16; de jato de tinta 56; de margarida 43-44, 54; de matriz de pontos 44, 54, 55-57; e máquinas de escrever 34, 40; mecanismos de esfera 13

J

Jacquard, Joseph Marie 7
Japoneses, caracteres 42-43

K

Kotok, Alan 34
Krum, Charles 7-8
Krum, Howard 7-8

L

Linguagens Assembly 36
Lovelace, Ada 7

M

Malt, Lillian 39
Manchester Mark I 12-13
Máquina analítica 7
Máquinas de escrever 34, 35-36, 40-41
Masterson, Earl 15
Mauchly, John W. 13-14
Memória, RAM e ROM 24-25
Mill, Henry 34
MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts) 10, 33-34, 36-37
Monitores 52-53. *Veja também* CRT

N

Northrop Aircraft Corporation 14

O

Olsen, Kenneth 34

P

PCD - Maltron, teclado 38-39
PDP-1 34
Piner, Stephen 34
Pixel 50
Portas paralelas e seriais 22-23, 25
Processamento de texto 33-34, 41, 43; com ideogramas 42-43. *Veja também* Editores de

programas; Impressoras; Máquinas
Programação manual 9, 11, 23

Q

Qwerty, teclado 38-39

R

Remington Rand 14-15, 34-35

S

SAGE (Ambiente Semi-Automático em Terra) 11
Sensores analógicos 18-19
Sholes, Christopher Latham 34-35, 38
Sincronizador de dados 16
Sondagem 26-27
SRI (Instituto de Pesquisas de Stanford) 12-13
Stibitz, George 8-9

T

Teclado Dvorak 39; T.PGD. - Maltron 38-39; T. QWERTY 38-39
Teclados 11, 14, 45; disposição dos 38-39; interpretação dos sinais 48-49; mecanismos dos 46-47
Tecnologia de I/O 5-6, 10-13, 17, 18-31
Telas planas 53
Teletipo. *Veja* Teclados
Tinta magnética 12
Traçador 30-31
Twain, Mark 35
TX-0 33, 36-37
TX-2 37

U

UNIPRINTER 15
UNISERVO 14
UNIVAC 12, 14-15, 35
Universidade da Pensilvânia 9
Universidade de Manchester 12

V

Vias 24-25
Vydec Corporation 41

W

Wang, An 41
Wang Laboratories 41
Watson Thomas J., Jr. 16
Whirlwind 10, 11, 36
Wilkes, Maurice 12, 36
Williams, F. C. 12

X

X-29 (Grumman: Aerospace Corporation) 5

Z

Zuse, Konrad 10

EDITOR
RICHARD CIVITA



NOVA CULTURAL

Presidente: Flávio Barros Pinto
Diretoria: Anselmo Pecci, Pierluigi Bracco,
Plácido Nicoletto, Walter Thomé

REDAÇÃO

Diretor: Carmo Chagas
Editora Executiva: Stefania Crema

COMERCIAL

Diretor: Plácido Nicoletto
Gerente Comercial: Joaquim Celestino da Silva
Gerente de Circulação: Denise Mozol
Gerente de Propaganda e Promoções: José Carlos Mádio
Gerente de Pesquisa e Análise de Mercado: Wagner M. P.
Nabuco de Araújo

PRODUÇÃO EDITORIAL

Pedro Paulo Poppovic Consultores Editoriais S/C Ltda.

Diretor: Pedro Paulo Poppovic
Editora-chefe: Elzira Arantes
Editora: Elisabeth Justino Carastan
Arte: Massumi Guibu (chefe), Sônia Regina Aversa (diagramadora)
Projeto gráfico (capa): OZ Desenho e Associados
Coordenação de produção: Sônia Maria Pimentel
Colaboradores: Mathias Mendes Wolff (consultoria), Derval
Junqueira de Aquino (tradução), Luis Reyes Gil (copy)

A Editora Nova Cultural Ltda. é uma empresa do
Grupo CLC — Comunicações, Lazer e Cultura.

Presidente: Richard Civita

Diretoria: Flávio Barros Pinto, João Gomez, Menahem
M. Politi, Renê C. X. Santos, Stélio Alves Campos

TIME-LIFE BOOKS INC.

DIRETOR DA SÉRIE: Roberta Conlan
Programador visual: Robert K. Herndon
Editores associados (ilustrações): Neil Kagan, Jeremy Ross
Coordenador da série: Rita Thievon Mullin
Pesquisadores: Esther Ferington, Elise Ritter Gibson, Sara Mark,
Fran Moshos, Philip K. Polishook, Nancy C. Scott
Editores de texto: Thomas H. Flaherty Jr., Peter Pocok
Assistente de programação visual: Antonio Alcalá
Coordenador de revisão: Anthony K. Pordes
Coordenador iconográfico: Renée DeSandies
Assistente editorial: Miriam Newton Morrison
Colaboradores especiais: Ronald H. Bailey,
Sarah Brash, Richard D. James, John I. Merritt,
Charles C. Smith, Robert S. Stokes (texto);
Susan S. Blair, Marlene Zimmerman (pesquisa)

CONSULTOR GERAL

ISABEL LIDA NIREMBERG trabalha no Computer Center da
Universidade Estadual de Nova York.

OUTROS CONSULTORES

GWEN BELL, presidente do Computer Museum em Boston,
Massachusetts.

CHRIS CHAFE, compositor e violoncelista, especializado
em música computadorizada.

ADELE GOLDBERG dirige o Systems Concepts Laboratory,
da Xerox Palo Alto Research Center, Califórnia.

J.A.N. LEE, professor de ciência da computação no
Virginia Polytechnic Institute.

JACKIE POTTS, presidente do Worldwide Interface
Designers e vice-presidente executiva do Office
Automation Society International.

Créditos das fotos

Os créditos das fotos e ilustrações estão separados da esquerda para a direita por ponto-e-vírgula, e de cima para baixo por travessão.
Capa, 4: ilustração de Matt McMullen. 8: ilustração de Walter Hilmers Jr., HJ Commercial Art. 10, 11: cortesia AT&T Bell Laboratories; cortesia The Computer
Museum, Boston; cortesia J. V. Atanasoff, revisado por Thomas E. Molesworth; cortesia The Computer Museum, Boston; MITRE Corporation(2); de
Automated Data Processing, publicado por Moore Business Forms Inc., Niagara Falls, Nova York, cortesia Library of Congress, exceto barra, ilustração
de Matt McMullen. 12, 13: cortesia The Computer Museum, Boston; Bank of America Archives(2) — cortesia The Computer Museum, Boston; Lou Good-
man(2); cortesia The Computer Museum, Boston, exceto barra, ilustração de Matt McMullen. 17-31: ilustração de Matt McMullen. 34: Smithsonian Institution
Photograph nº 30529. 38, 39: ilustração de Walter Hilmers Jr., HJ Commercial Art, Maltron Keyboard © P.C.D. - Maltron Ltd., East Molesey, Surrey,
Inglaterra. 42: fotografia Oki Electric Industry Company Ltd., Tóquio — Andreas Dannenberg, cortesia Shibaara Electric Company, Tóquio — Oki Electric
Industry Company Ltd., Tóquio. 45-57: ilustrações de Sean Daly.



EVENTS AND
CONFERENCES

FOR
TECHNICAL

MANAGEMENT

PROFESSIONALS

AND
BUSINESS

LEADERS

FOR
TECHNICAL

MANAGEMENT

PROFESSIONALS

AND
BUSINESS

LEADERS

FOR
TECHNICAL

MANAGEMENT