

# Do Transistor ao Microprocessador

Ewaldo L. M. Mehl

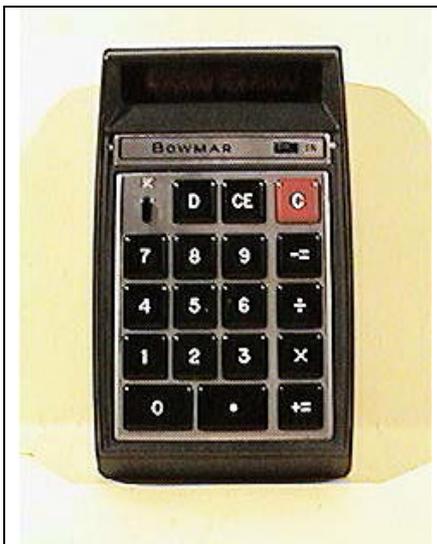
## 4ª Parte: Microprocessadores e Microcomputadores

Em 1968 Robert Noyce deixou a Fairchild para fundar sua própria empresa destinada a projetar circuitos integrados, em associação com um colega na Fairchild, Gordon Moore, batizando a sua pequena empresa de *Intel Corporation*. A Intel era inovativa no sentido de que não fabricava, no início, transistores ou circuitos integrados, mas simplesmente projetava-os para serem fabricados por outras empresas. Nesse sentido, foi a primeira *design house* de circuitos integrados. Paralelamente, em 1969 Frederico Faggin na Fairchild desenvolveu o transistor metal-óxido-semicondutor com terminal de *gate* isolado, chamado MOSFET. A Intel logo viu que o MOSFET facilitava o projeto de circuitos integrados e resolveu adotá-lo em seus projetos. Um dos primeiros trabalhos da Intel foi uma encomenda de um fabricante japonês de calculadoras eletromecânicas chamado ETI Busicom, que desejava fabricar uma calculadora eletrônica de mesa. Para isso, listou-se um conjunto de 12 circuitos integrados que teriam que ser projetados. No entanto um dos engenheiros de projetos da Intel, Marcian Edward ("Ted") Hoff propôs uma estratégia inteiramente diferente: Hoff argumentou que o custo de fabricação de 12 circuitos integrados diferentes seria muito elevado e tornaria inviável o preço final da calculadora Busicom. Em contrapartida, sugeriu que fossem projetados quatro circuitos integrados: um deles seria uma memória de acesso aleatório (RAM), outro uma memória de conteúdo fixo (ROM), o terceiro uma unidade de lógica e aritmética e o quarto um registrador de deslocamento (*shift register*) para atuar como interface de entrada e saída. O conjunto todo operaria de acordo com as instruções gravadas na ROM, podendo-se dessa forma executar instruções complexas dividindo-as em uma sequência de instruções mais simples. A idéia foi apresentada à ETI Busicom que aceitou que a Intel tocasse em frente o projeto, pelo que pagaria ao seu final a quantia de US\$ 60 mil. Noyce e Moore contrataram Faggin, que ainda trabalhava na Fairchild, para ajudar no projeto da Busicom e o projeto da Intel foi finalizado em cerca de um ano. Em 1971 começou a produção dos circuitos Intel 4001 (2k ROM), 4002 (320-bit RAM), 4003 (10-bit I/O *shift-register*) e 4004, uma unidade de processamento de 4 bits, para a Busicom. A calculadora era extremamente poderosa e versátil para a época e, apesar de cada unidade custar mais de US\$ 2 mil, vendeu cerca de 100 mil unidades, com grande sucesso comercial.



A calculadora Busicom de 1970, empregando o microprocessador Intel 4004.

A Intel soube perceber que o circuito 4004 era uma atraente novidade, pois era um circuito que podia ser usado em várias funções diferentes de acordo com as instruções que estivessem gravadas na ROM. Na verdade o 4004 era um autêntico computador, que tinha mais capacidade de cálculo que o famoso computador ENIAC de 1946, que ocupava um salão de enormes dimensões. Havia no entanto uma questão legal no aspecto que a Intel havia sido contratada pela Busicom e dessa forma o projeto do 4004 não lhe pertencia realmente. Examinando a documentação do contrato, verificou-se que existia uma brecha legal que permitiria a Intel vender circuitos 4004 para outras finalidades que não fossem calculadoras eletrônicas. Consultada sobre o assunto a Busicom concordou em devolver à Intel os direitos autorais sobre o 4004 sob a condição de receber os circuitos integrados por um custo reduzido e a garantia da Intel que o novo circuito integrado não seria usado para construir calculadoras. Dessa forma a empresa japonesa deixou escapar de suas mãos um produto revolucionário. A Intel cunhou então em 1970 o termo "microprocessador" para seu novo produto e começou a comercializar o 4004, que se tornou assim o carro-chefe de uma extraordinária linha de produtos, com enormes implicações econômicas e sociais.



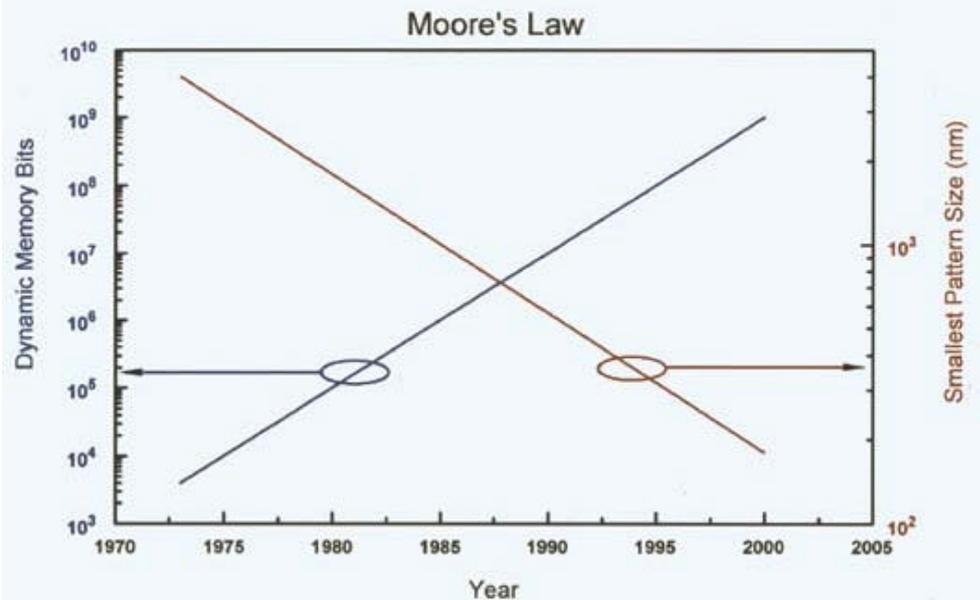
A primeira calculadora eletrônica portátil, a Bowmar 901B, de 1971.



A Datamath de 1971, a primeira calculadora eletrônica produzida pela Texas Instruments.



Em 1972 a Hewlett-Packard lançou a HP-35, a primeira calculadora eletrônica portátil a incorporar funções científicas.



Gordon Moore e o diagrama da "Lei de Moore", que mostra o aumento da capacidade das memórias dinâmicas e redução do tamanho dos dispositivos semicondutores.

Até a chegada em cena dos microprocessadores, os computadores eram máquinas destinadas primariamente para processamento de dados e cálculos científicos. Seu tamanho variava desde o equivalente a um refrigerador pequeno até *mainframes* que ocupavam uma sala de grandes dimensões. Os microprocessadores permitiram não só a redução do tamanho dos computadores mas também o emprego de computadores em outras atividades, tais como o controle de um torno mecânico ou o movimento de um robô industrial. Gordon Moore, que fundou a Intel junto com Robert Noyce, verificou que a complexidade dos circuitos integrados e a capacidade das memórias eletrônicas crescia a cada ano e elaborou uma "lei" que leva seu nome e permanece válida até hoje, publicada pela primeira vez num artigo que ele escreveu para revista *Electronics* de 19 de abril de 1965. Nessa época Moore ainda trabalhava na Fairchild e escreveu o artigo a convite da diretoria da revista, que comemorava na ocasião 35 anos. No artigo, Moore previu que quando a revista comemorasse seu 45º aniversário (ou seja, em 1975) seria possível colocar 65000 transistores em um único circuito integrado. De fato, em 1975 Moore, já como diretor da INTEL, compareceu ao *International Electron Devices Meeting* do IEEE e mostrou uma memória recém-lançada na

ocasião, com cerca de 64000 transistores. Suas previsões ficaram então conhecidas como *lei de Moore*, que estabelece que o número de componentes por circuito integrado dobra a cada dezoito meses, ou quadruplica a cada três anos. Em forma matemática tem-se:

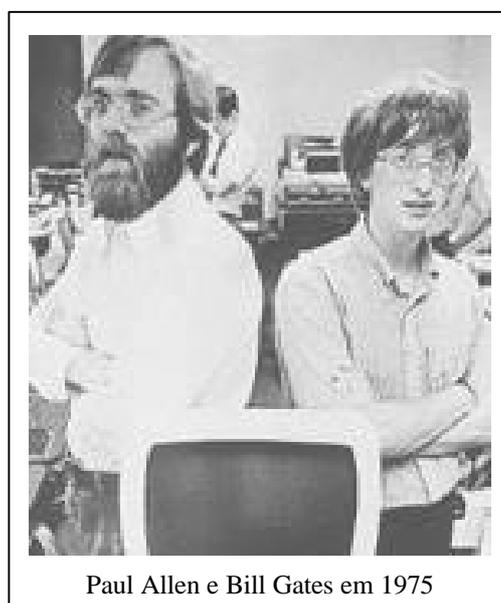
$$(\text{Componentes por } chip) = 2^{(\text{ano}-1975)/1,5}$$

O que torna o microprocessador interessante é justamente sua capacidade de ser programável. Por exemplo, o 4004 da Intel chamou a atenção dos cientistas da NASA, que o utilizaram na espaçonave Jupiter 10. A Intel, no entanto, viu que havia demanda por um microprocessador mais potente. Como resultado, em 1972 a Intel lançou seu novo microprocessador de 8 bits, projetado por Faggin, que para mostrar sua evolução em relação ao 4004 foi batizado de 8008. O 8008 tinha alguns problemas de interfaceamento com as memórias e em 1974 a Intel lançou o 8080, ligeiramente melhor que o 8008.

Les Solomon, editor da revista norte-americana *Popular Electronics*, considerou que havia suficiente interesse do público pelo 8080 para lançar alguns artigos descrevendo o produto. Salomon achou então que poderia colocar-se a frente de revistas concorrentes publicando a descrição de um *kit* de microcomputador que pudesse ser montado pelos seus leitores. Buscou o auxílio do seu amigo Edward (Ed) Roberts, que havia sido seu colega na Força Aérea e possuía uma empresa chamada MITS (Micro Instrumentation Telemetry Systems), que fabricava calculadoras eletrônicas. Os negócios da MITS estavam indo muito mal desde que a Texas Instruments apresentou sua linha de calculadoras em 1972, que eram muito mais poderosas que as da MITS e custavam metade do preço. Junto com Salomon, Roberts construiu então um microcomputador usando o microprocessador Intel 8080. A filha de Salomon, que era fã do seriado *Jornada nas Estrelas*, batizou o microcomputador de *Altair*, que era o nome de um dos planetas visitados pela espaçonave *Enterprise*.

A montagem do primeiro *Altair* foi terminada no final de 1974 e Roberts despachou o microcomputador para o escritório da Popular Electronics, para que Salomon escrevesse o artigo e fizesse as fotos para a revista. Misteriosamente o microcomputador extraviou-se e jamais chegou as mãos de Salomon, que estava planejando publicar o artigo no exemplar de Janeiro de 1975. Sem tempo hábil para montar um segundo protótipo, Roberts levou uma caixa vazia, somente com o painel do *Altair* instalado, para um fotógrafo e despachou as fotos para Salomon. Assim, o *Altair* que apareceu na capa da revista *Popular Electronics* de Janeiro de 1975 nada mais é que uma caixa vazia e Salomon teve que escrever o artigo baseando-se somente nas informações de Roberts.

Imediatamente após a publicação do artigo na *Popular Electronics* a MITS foi inundada com uma avalanche de pedidos. O *Altair* era vendido por US\$ 395, na forma de um *kit* semi-pronto, com a montagem final a cargo do comprador. Roberts havia pensado em vender no máximo 400 unidades do *Altair* e só no primeiro mês tinha em mãos mais de 800 encomendas; sua pequena empresa não estava preparada para tal demanda e os pedidos demoravam meses para serem atendidos. Havia também problemas de produção e era relativamente comum que o microcomputador simplesmente não funcionasse depois de montado. Felizmente o público que comprava os primeiros *kits* estava acostumado às montagens eletrônicas e logo surgiram outros artigos na *Popular Electronics*

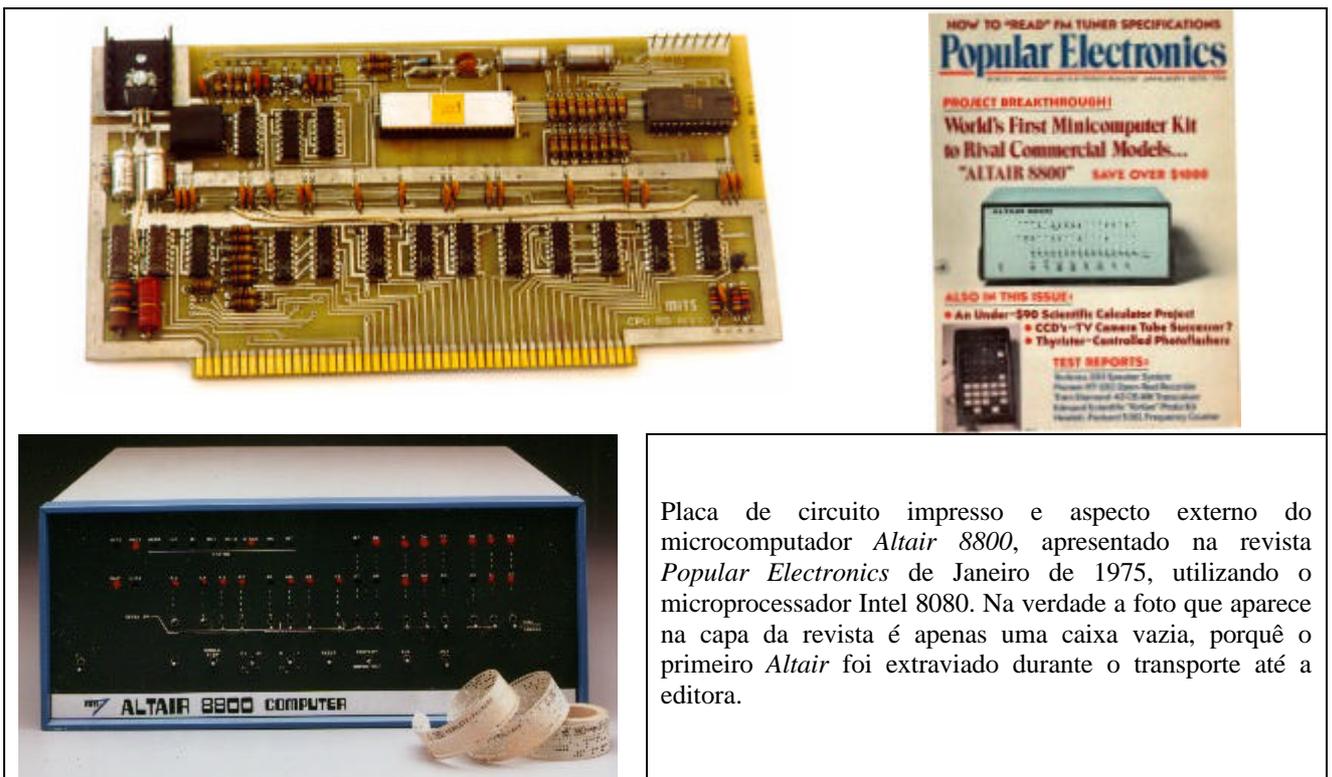


Paul Allen e Bill Gates em 1975

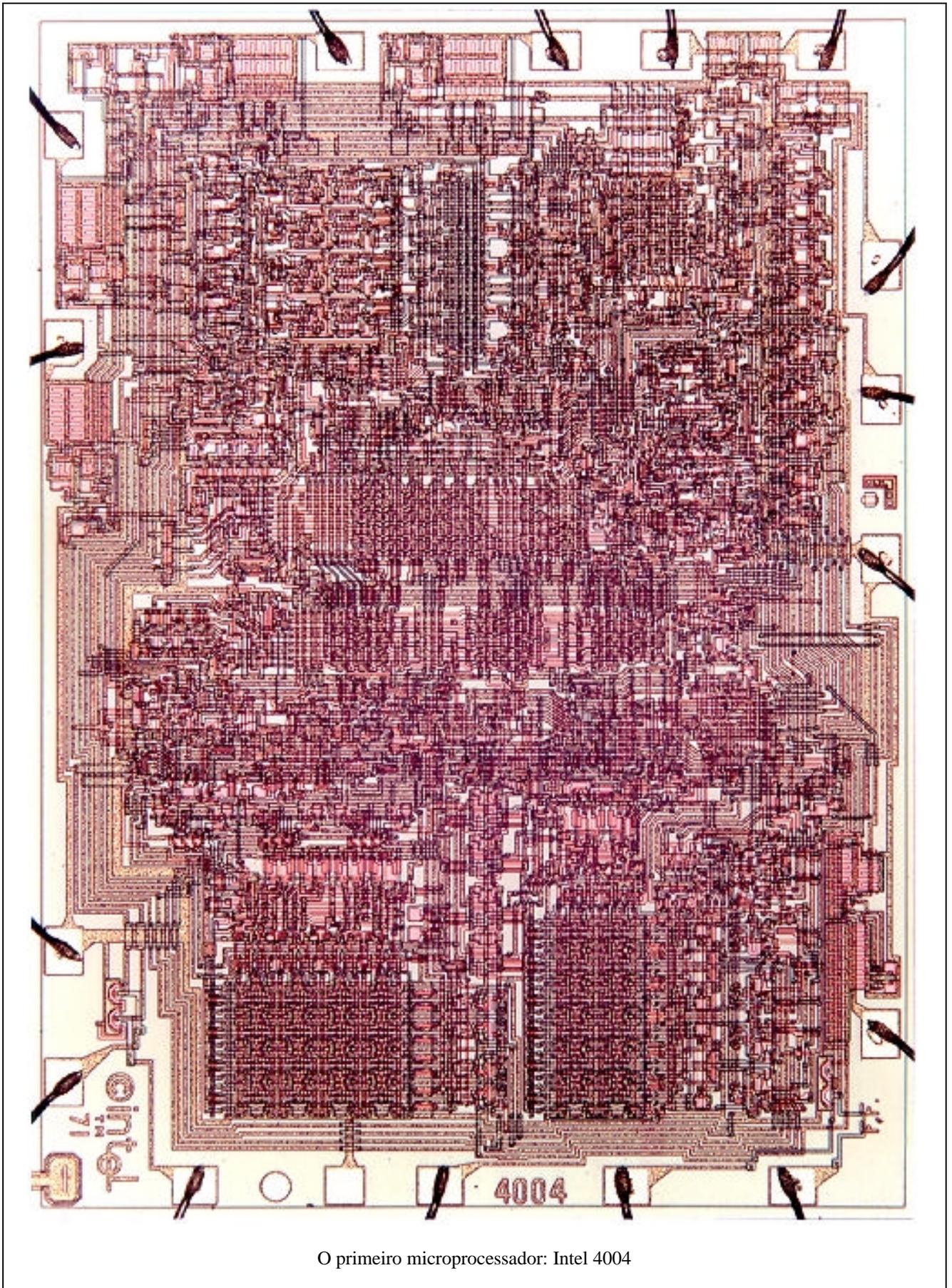
descrevendo extensivamente causas de defeitos mais comuns e suas soluções.

O *Altair* era um microcomputador bastante primitivo pelos padrões atuais. Não tinha monitor ou teclado e a programação era efetuada simplesmente ligando e desligando os interruptores do painel. Os resultados também eram mostrados somente com um conjunto de LEDs no painel. Diversos entusiastas fizeram adaptações de teclados e de leitoras de fitas de papel perfurado nos *Altair*, para facilitar sua programação. Entre eles, dois estudantes da Califórnia chamados Paul Allen e Bill Gates conseguiram adaptar a linguagem de programação BASIC para uso nos *Altair*. Roberts ficou bastante impressionado com o trabalho dos dois e contratou Paul Allen como Diretor de Software da pequena MITS em 1975. Mais tarde, no mesmo ano, Bill Gates, então com 19 anos, também foi contratado pela MITS como programador, em tempo parcial.

Ao final de 1976 a MITS estava em sérias dificuldades. Além dos pedidos dos *Altair* continuarem se acumulando, o microcomputador começava a ser procurado por um público que não estava acostumado a montagens eletrônicas. Assim, quando os *Altair* apresentavam seus problemas crônicos de funcionamento a MITS recebia milhares de reclamações. Allen e Gates acabaram saindo da MITS no final de 1976 para fundarem sua própria empresa, a Microsoft. Também outras empresas, tendo em vista o sucesso do *Altair*, lançaram microcomputadores mais "amigáveis", como os fabricados pela Commodore e Tandy. Apesar de serem mais caros que o *Altair*, esses microcomputadores vinham com teclado e dispositivos de memória, podendo ser conectados a um televisor doméstico para servir de monitor. Roberts acabou vendendo a MITS no final de 1977 e, decepcionado com a eletrônica, resolveu estudar medicina e tornou-se anos mais tarde um médico pediatra. Cerca de 50 mil *Altair* foram vendidos em pouco mais de 2 anos.



Placa de circuito impresso e aspecto externo do microcomputador *Altair 8800*, apresentado na revista *Popular Electronics* de Janeiro de 1975, utilizando o microprocessador Intel 8080. Na verdade a foto que aparece na capa da revista é apenas uma caixa vazia, porquê o primeiro *Altair* foi extraviado durante o transporte até a editora.

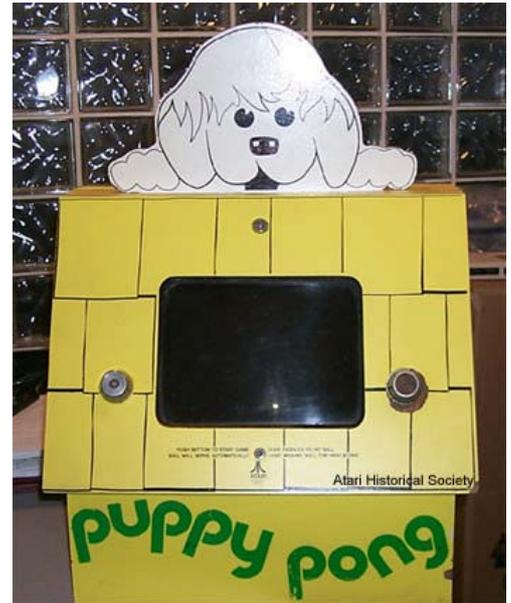


O primeiro microprocessador: Intel 4004



O primeiro jogo de "Pong" da Atari, construído em 1972 e instalado num bar em Sunnyvale, Califórnia. A vista traseira mostra que o "monitor" na verdade era um televisor preto-e-branco fabricado pela Hitachi.

Um outro produto que surgiu de forma curiosa com os microprocessadores foram os vídeo-jogos. Nolan Bushnell era um estudante universitário que decidiu adaptar um jogo que funcionava num grande computador IBM da Universidade da Califórnia para o microprocessador Intel 4004. Essa sua primeira tentativa, que ele batizou de *Computer Space*, justificou que após terminar seu curso ele fundasse uma pequena empresa a qual batizou com o estranho nome de Syzygy. Apesar de ter feito algum sucesso entre seus colegas, o jogo foi considerado muito complicado. Bushnell então aceitou a sugestão do seu amigo Al Alcorn de que um jogo eletrônico deveria ser simples o suficiente para ser operado por um bêbado. Em novembro de 1972 Bushnell e Alcorn conseguiram que o proprietário do bar Andy Capp's Tavern, na cidade de Sunnyvale na Califórnia deixassem eles instalarem no local um estranho caixote vermelho onde se destacava um monitor. Como os monitores de computador eram muito caros, na verdade o "monitor" tratava-se de um televisor preto-e-branco Hitachi. A máquina tinha uma caixa coletora de moedas, adaptada de uma máquina de lavar roupas automática e fora batizada de PONG. O jogo era extremamente simples, com botões que serviam para movimentar dois pequenos traços na tela, num jogo de ping-pong eletrônico. Para jogar era necessário inserir uma moeda de 25 centavos, que fazia a máquina funcionar por cerca de cinco minutos. Após dois dias o proprietário do bar telefonou para Alcorn avisando que a máquina não estava mais funcionando. Ao abrir a máquina, Alcorn descobriu que a caixa coletora estava abarrotada de moedas, razão pela qual a máquina havia deixado de funcionar. Viram então que tinham uma boa idéia nas mãos; o nome da empresa foi trocado para *Atari* e iniciou-se uma nova indústria eletrônica que por certo os pioneiros da eletrônica não tinham imaginado que pudesse um dia vir a existir. Além do PONG para bares, a Atari produzia inicialmente também versões infantis chamadas de *Snoopy Pong* e *Puppy Pong*, que destinavam-se a serem instaladas em salas de espera de pediatras, para entreter as crianças. Essa tentativa mostrou a Bushnell e Alcorn o potencial que existia nos vídeo-jogos para o público infantil e adolescente, que tornou-se então o principal alvo da empresa. A Atari é considerada a responsável pela entrada dos microcomputadores nos lares de todo o mundo, através de vídeo-jogos. Dessa forma, o microcomputador começou a ser visto pelos jovens como objetos divertidos e interessantes, revolucionando a computação eletrônica.



Video-jogos de PONG da Atari, produzidos para o público infantil.

### Conclusões

Esta é uma história que está sendo feita a cada dia. Além de ter se tornado a principal invenção do século XX, o transistor revolucionou a própria indústria eletrônica. Por exemplo, ao término da Segunda Guerra Mundial o campo da eletrônica era dominado por um conjunto de empresas norte americanas: General Electric, RCA, Raytheon, Sylvania, Philco-Ford e Westinghouse. Observa-se portanto que o transistor foi cruel com as empresas norte americanas, que aparentemente não souberam adaptar-se à nova tecnologia e deram lugar a empresas antes inexpressivas ou totalmente novas. Já na Europa, a holandesa Philips e a alemã Siemens souberam tomar partido da nova invenção e mantêm-se de forma ativa no mercado de semicondutores. Nos EUA, ao contrário, a Intel é um vívido exemplo de uma empresa relativamente nova, que cresceu junto com a tecnologia dos circuitos integrados e dos microcomputadores de forma fantástica, a partir de uma idéia revolucionária. Sobre o futuro, só se pode dizer que será mais fantástico do que possamos imaginar.

*Sobre o autor:*

Ewaldo Luiz de Mattos Mehl ([mehl@eletr.ufpr.br](mailto:mehl@eletr.ufpr.br)) é formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) em Curitiba. Possui cursos de Mestrado e Doutorado e desde 1982 é professor do Curso de Engenharia Elétrica na UFPR.