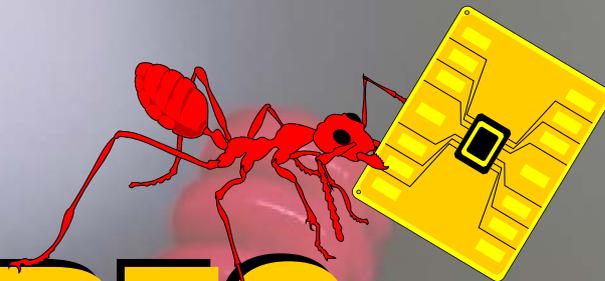


A evolução dos

COMPUTADORES



Hoje em dia, quando ouvimos falar em processadores de 2 ou 3 GHz, dá até sono, de tão comuns que eles já se tornaram. Pouca gente já ouviu falar no 8088, que foi o processador usado no PC XT, em 1981 e muito menos no Intel 4004, o primeiro microprocessador, lançado em 71.

Nas próximas páginas falarei sobre os processadores e computadores que fizeram parte da história, começando não a partir da década de 70 ou 80, mas no século XIX. Sim, na época dos nossos bisavós os computadores já existiam, apesar de extremamente rudimentares. Eram os computadores mecânicos, que realizavam cálculos através de um sistema de engrenagens, acionado por uma manivela ou outro sistema mecânico qualquer. Este tipo de sistema, comum na forma de caixas registradoras predominou até o início da década de 70, quando as calculadoras portáteis se popularizaram.

No final do século XIX surgiu o relê, um dispositivo eletromecânico, formado por um magneto móvel, que se deslocava unindo dois contatos metálicos. O relê foi muito usado no sistema telefônico, no tempo das centrais analógicas. Nas localidades mais remotas, algumas continuam em atividade até os dias de hoje.

Os relês podem ser considerados uma espécie de antepassados dos transístores. Suas limitações eram o fato de serem relativamente caros, grandes demais e ao mesmo tempo muito lentos: um relê demora mais de um milésimo de segundo para fechar um circuito.

Também no final do século XIX, surgiram as primeiras válvulas. As válvulas foram usa-

das para criar os primeiros computadores eletrônicos, na década de 40.

As válvulas tem seu funcionamento baseado no fluxo de elétrons no vácuo. Tudo começou numa certa tarde quando Thomas Edison, inventor da lâmpada elétrica estava brincando com a sua invenção. Ele percebeu que ao ligar a lâmpada ao polo positivo de uma bateria e uma placa metálica ao polo negativo, era possível medir uma certa corrente fluindo do filamento da lâmpada até chapa metálica, mesmo que não existisse contato entre eles. Havia sido descoberto o efeito termoiônico, o princípio de funcionamento das válvulas.

As válvulas já eram bem mais rápidas que os relês, atingiam frequências de alguns megahertz, o problema é que esquentavam demais, consumiam muita eletricidade e se queimavam com facilidade. Era fácil usar válvulas em rádios, que usavam poucas, mas construir um computador, que usava milhares delas era extremamente complicado, e caro.

Apesar de tudo isso, os primeiros computadores come-

çaram a surgir durante a década de 40, naturalmente com propósitos militares. Os principais usos eram a codificação e decodificação de mensagens e cálculos de artilharia.

Sem dúvida, o computador mais famoso daquela época foi o ENIAC (Electronic Numerical Integrator Analyzer and Computer), construído em 1945. O ENIAC era composto por nada menos do que 17.468 válvulas, além de 1.500 relês e um grande número de capacitores, resistores e outros componentes.

No total, ele pesava 30 toneladas e era tão volumoso que ocupava um grande galpão. Outro grave problema era o consumo elétrico: um PC típico atual, com um monitor LCD, consome cerca de 100 watts de energia, enquanto o ENIAC consumia incríveis 200 kilowatts.

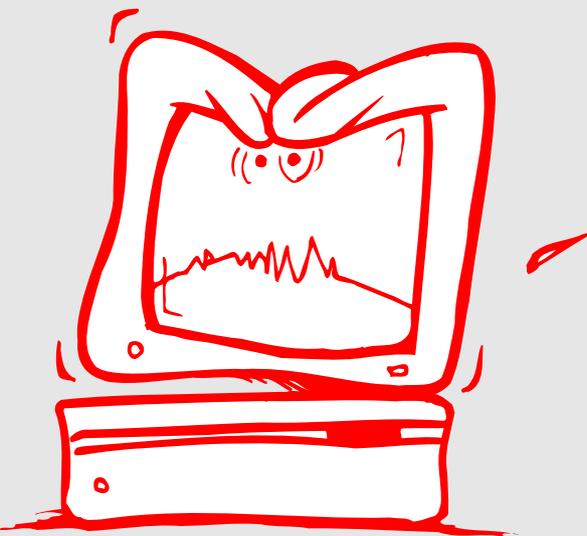
Construir este monstro, custou ao exército Americano 468.000 dólares da época, que correspondem a pouco mais de US\$ 10 milhões em valores corrigidos.

Porém, apesar do tamanho, o poder de processamento do ENIAC é ridículo para os padrões atuais, suficiente para processar apenas 5.000 adições, 357 multiplicações ou 38 divisões por segundo. O volume de processamento do ENIAC foi superado pelas calculadoras portáteis ainda na década de 70 e, hoje em dia, mesmo as calculadoras de bolso, das mais baratas, são bem mais poderosas do que ele.

A idéia era construir um computador para quebrar códigos de comunicação e realizar vários tipos de cálculos de artilharia para ajudar as tropas aliadas durante a segunda Guerra mundial. Porém, o ENIAC acabou sendo terminado exatos 3 meses depois do final da Guerra e acabou sendo usado durante a guerra fria, contribuindo por exemplo no projeto da bomba de hidrogênio.



Relê



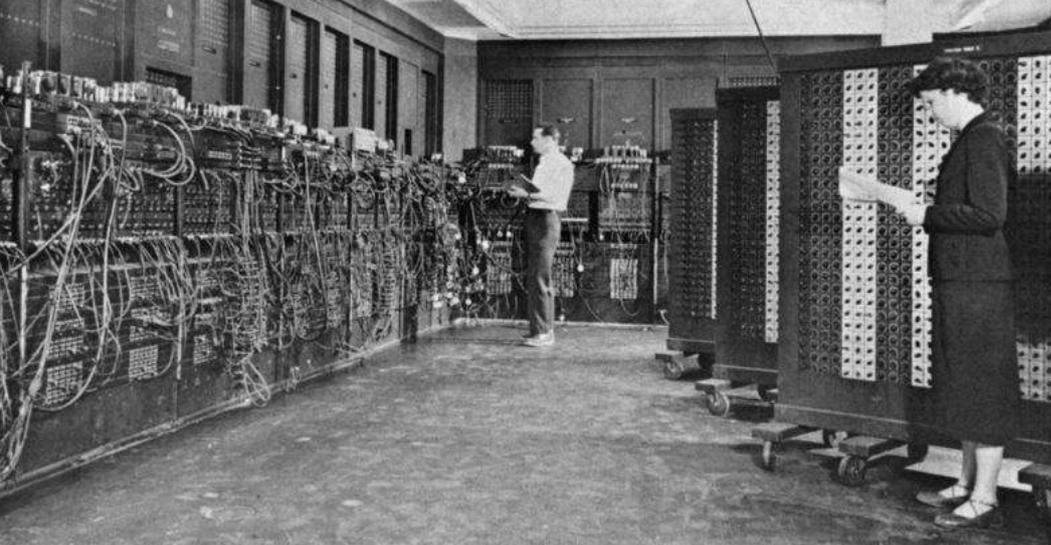


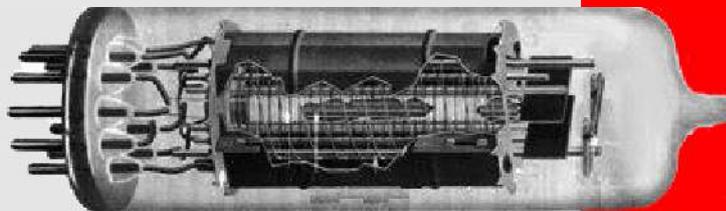
Foto do acervo do Exército dos EUA

Se você acha que programar em C ou em Assembly é complicado, imagine como era a vida dos programadores daquela época. A programação do ENIAC era feita através de 6.000 chaves manuais e, ao invés de teclas, toda a entrada de dados era feita através de cartões de cartolina perfurados, que armazenavam algumas poucas operações cada um.

Uma equipe preparava os cartões, incluindo as operações a serem realizadas, formando uma pilha, outra ia trocando os cartões no leitor do ENIAC e uma terceira "traduzia" os resultados, também impressos em cartões, para o padrão decimal.

O ENIAC também possuía sérios problemas de manutenção. Em média, a cada 5 minutos alguma das válvulas se queimava, tornando necessárias manutenções frequentes.

Abaixo está a foto de uma válvula muito usada na década de 40:



Vendo essa foto é fácil imaginar por que as válvulas eram tão problemáticas e caras: elas eram simplesmente complexas demais.

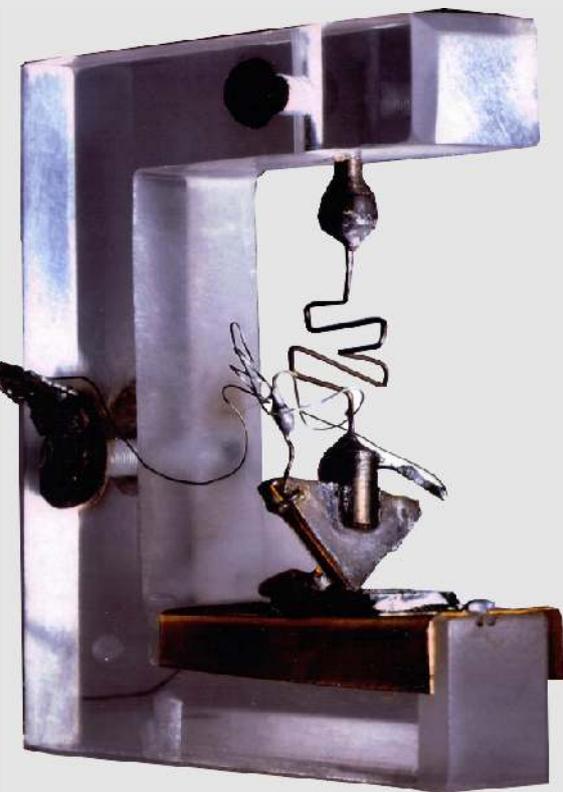
Mesmo assim, na época, as válvulas eram o que existia de mais avançado, permitindo que computadores como o ENIAC executassem em poucos segundos cálculos que um matemático equipado com uma calculadora mecânica demorava horas para executar.

Durante a década de 1940 e início da de 1950, a maior parte da indústria continuou trabalhando no aperfeiçoamento das válvulas, obtendo modelos menores e mais confiáveis. Porém, vários pesquisadores, começaram a procurar alternativas menos problemáticas.

Várias destas pesquisas tinham como objetivo a pesquisa de novos materiais, tanto condutores, quanto isolantes. Os pesquisadores começaram então a descobrir que alguns materiais não se enquadravam nem em um grupo nem no outro, pois de acordo com a circunstância, podiam atuar tanto quando isolantes quanto como condutores, formando uma espécie de grupo intermediário que foi logo apelidado de grupo dos semicondutores.

Haviam encontrado a chave para desenvolver o transistor. O primeiro protótipo surgiu em 16 de dezembro de 47 (veja a foto abaixo), onde era usado um pequeno bloco de germânio (que na época era junto com

o silício o semicondutor mais pesquisado) e três filamentos de ouro. Um filamento era o polo positivo, o outro o polo negativo, enquanto o terceiro tinha a função de controle. Tendo apenas uma carga elétrica no polo positivo, nada acontecia, o germânio atuava como um isolante, bloqueando a corrente. Porém, quando uma certa tensão elétrica era aplicada usando o filamento de controle, um fenômeno acontecia e a carga elétrica passava a fluir para o polo negativo. Haviam criado um dispositivo que substituíam a válvula, que não possuía partes móveis, gastava uma fração da eletricidade gasta por uma e, ao mesmo tempo, era muito mais rápido.



Este primeiro transistor era muito grande, mas não demorou muito para que este modelo inicial fosse aperfeiçoado. Durante a década de 50, o transistor foi aperfeiçoado e passou a gradualmente dominar a indústria, substituindo rapidamente as problemáticas válvulas. Os modelos foram diminuindo de tamanho, caindo de preço e tornando-se mais rápidos. Alguns transistores da época podiam operar a até 100 MHz. Claro que esta era a frequência

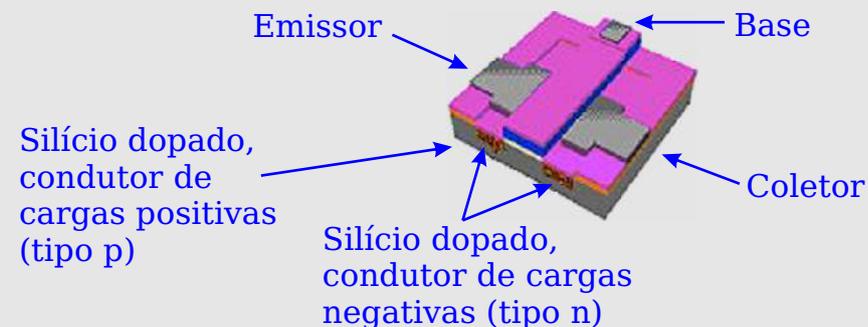
que podia ser alcançada por um transistor sozinho, nos computadores da época, a frequência de operação era muito menor, já que em cada ciclo de processamento o sinal precisa passar por vários transistores.

Mas, o grande salto foi a substituição do germânio pelo silício. Isto permitiu miniaturizar ainda mais os transistores e baixar seu custo de produção. Os primeiros transistores de junção comercial (já similares aos atuais) foram produzidos partir de 1960 pela Crystalonics, decretando o final da era das válvulas.

A idéia do uso do silício para construir transistores é que adicionando certas substâncias em pequenas quantidades é possível alterar as propriedades elétricas do silício. As primeiras experiências usavam fósforo e boro, que transformavam o silício em condutor por cargas negativas ou condutor por cargas positivas, dependendo de qual dos dois materiais fosse usado. Estas substâncias adicionadas ao silício são chamadas de impurezas, e o silício “contaminado” por elas é chamado de silício dopado.

O funcionamento de um transistor é bastante simples, quase elementar. É como naquele velho ditado “as melhores invenções são as mais simples”. As válvulas eram muito mais complexas que os transistores e mesmo assim foram rapidamente substituídas por eles.

Um transistor é composto basicamente de três filamentos, chamados de base, emissor e coletor. O emissor é o polo positivo, o coletor o polo negativo, enquanto a base é quem controla o estado do transistor, que como vimos, pode estar ligado ou desligado. Veja como estes três componentes são agrupados num transistor moderno:



Quando o transistor está desligado, não existe carga elétrica na base, por isso, não existe corrente elétrica entre o emissor e o coletor. Quando é aplicada uma certa tensão na base, o circuito é fechado e é estabelecida a corrente entre o emissor e o receptor.

Cada transistor funciona como uma espécie de interruptor, que pode estar ligado ou desligado, como uma torneira que pode estar aberta ou fechada, ou mesmo como uma válvula. A diferença é que o transistor não tem partes móveis como uma torneira e é muito menor, mais barato, mais durável e muito mais rápido que uma válvula.

A mudança de estado de um transistor é feito através de uma corrente elétrica. Esta mudança de estado por sua vez pode comandar a mudança de estado de vários outros transistores

ligados ao primeiro, permitindo ao processador dados. Num transístor esta mudança de estado pode ser feita bilhões de vezes por segundo, porém, a cada mudança de estado é consumida uma certa quantidade de eletricidade, que é transformada em calor. É por isso que quanto mais rápidos tornam-se os processadores, mais eles se aquecem e mais energia consomem.

Um 386, por exemplo, consumia pouco mais de 1 watt de energia e podia funcionar sem nenhum tipo de resfriamento. Um 486DX-4 100 consumia cerca de 5 Watts e precisava de um cooler simples, enquanto Athlon 64 chega a consumir 80 Watts de energia e precisa de no mínimo um bom cooler para funcionar bem. Em compensação, a versão mais rápida do 386 operava a apenas 40 MHz,

enquanto os processadores atuais já superaram a barreira dos 3.0 GHz.

O grande salto veio quando descobriu-se que era possível construir vários transístores sobre o mesmo wafer de silício. Isso permitiu diminuir de forma gritante o custo e tamanho dos computadores. Entramos então na era do microchip.

O primeiro microchip comercial foi lançado pela Intel em 1971 e chamava-se 4004. Como o nome sugere, ele era um processador que manipulava palavras de apenas 4 bits (embora já trabalhasse com instruções de 8 bits). Ele era composto por pouco mais de 2000 transístores e operava a apenas 740 kHz. Embora fosse muito limitado, ele foi muito usado em calculadoras, área em que representou uma pequena revolução. Mais do que isso, o sucesso do 4004 mostrou a outras empresas que os microchips eram viáveis, criando uma verdadeira corrida evolucionária, em busca de processadores mais rápidos e avançados.

Em 1972 surgiu o Intel 8008, o primeiro processador de 8 bits e, em 1974, foi lançado o Intel 8080, antecessor do 8088, que foi o processador usado nos primeiros PCs. Em 1977 a AMD passou a vender um clone do 8080, inaugurando a disputa Intel x AMD, que continua até os dias de hoje.



8080, da AMD

Como são fabricados os processadores

O componente básico para qualquer chip é o wafer de silício que é obtido através da fusão do silício junto com os materiais que permitirão sua dopagem posteriormente. Inicialmente são produzidos cilindros, com de 20 a 30 centímetros de diâmetro, que posteriormente são cortados em fatias bastante finas:



Intel 4004

Estas “fatias” por sua vez são polidas e tratadas, obtendo os wafers de silício. A qualidade do wafer determinará o tipo de chip que poderá ser construído com base nele.

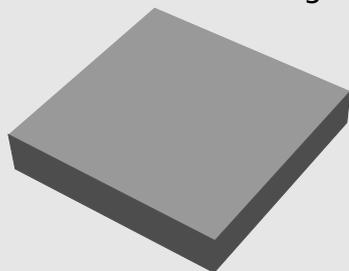
Wafers de baixa qualidade, usados para construir circuitos rudimentares, com poucos milhares de transistores podem ser comprados a preços bastante baixos, a partir de milhares de fornecedores diferentes. Entretanto, para produzir um processador moderno, é preciso utilizar wafers de altíssima qualidade, que são extremamente caros.

Embora o silício seja um material extremamente barato e abundante, toda a tecnologia necessária para produzir os wafers faz com que eles estejam entre os produtos mais caros produzidos pelo homem. Cada wafer de 30 centímetros custa de mais de 20 mil dólares para um fabricante como a Intel, mesmo quando comprados em grande quantidade.

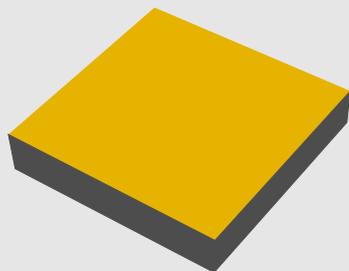
Cada wafer é usado para produzir vários processadores, que no final da produção são separados e encapsulados individualmente. Não seria possível mostrar todos os

processos usados na fabricação de um processador, mas para lhe dar uma boa idéia de como eles são produzidos, vou mostrar passo a passo a construção de um único transistor. Imagine que um Core 2 Duo possui 291 milhões de transistores e cada wafer permite produzir algumas centenas de processadores.

Tudo começa com o wafer de silício em seu estado original:

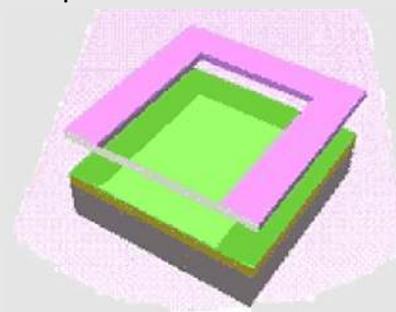


A primeira etapa do processo é oxidar a parte superior do wafer, transformando-a em dióxido de silício. Isto é obtido expondo o wafer a gases corrosivos e altas temperaturas. A fina camada de dióxido de silício que se forma é que será usada como base para a construção do transistor.



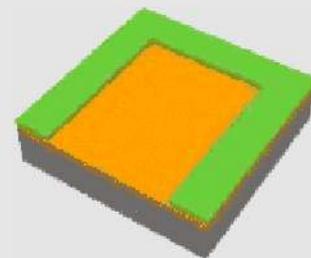
Em seguida é aplicada uma camada bastante fina de um material fotosensível sobre a camada de dióxido de silício.

Usando uma máscara especial, é jogada luz ultravioleta apenas em algumas áreas da superfície. Esta máscara tem um padrão diferente para cada área do processador, de acordo com o desenho que se pretende obter. A técnica usada aqui é chamada de litografia óptica. Existem várias variações da tecnologia, como a EUVL (Extreme Ultra Violet Lithography), usada nos processadores atuais. Quanto mais avançada a técnica usada, menores são os transistores, permitindo o desenvolvimento de processadores mais complexos e rápidos.

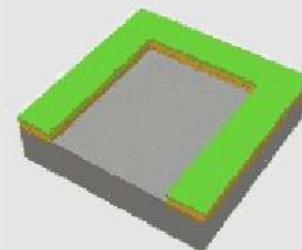


A camada fotosensível é originalmente sólida, mas ao ser atingida pela luz ultravioleta transforma-se numa substância gelatinosa, que pode ser facilmente removida.

Depois de remover as partes moles da camada fotosensível, temos algumas áreas do dióxido de silício expostas, e outras que continuam cobertas pelo que restou da camada:



O wafer é banhado com um produto especial que remove as partes do dióxido de silício que não estão protegidas pela camada fotosensível. O restante continua intacto.

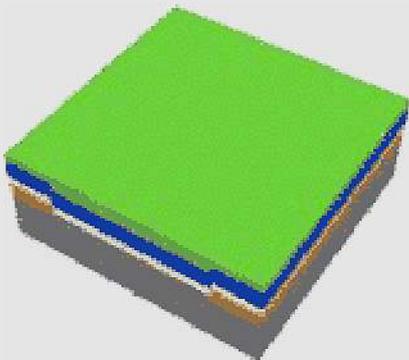
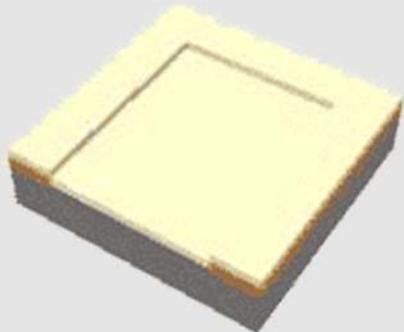
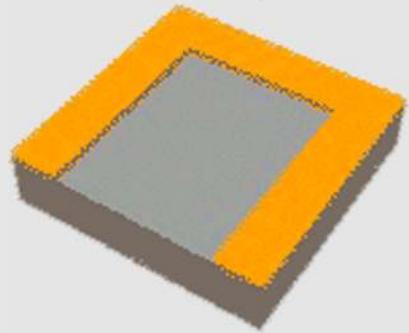


Finalmente, é removida a parte que restou da camada fotosensível. Note que como temos substâncias diferentes é possível remover uma camada de cada vez, ora o dióxido de silício, ora a própria camada fotosensível. Com isto é possível “desenhar” as estruturas necessárias para formar os transístores. Temos aqui pronta a primeira camada. Cada transístor é formado para várias camadas, dependendo do

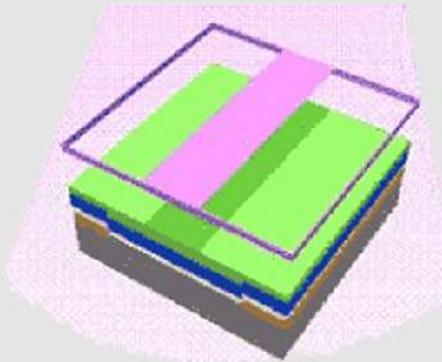
projeto do processador. Neste exemplo, temos um transístor simples, de apenas quatro camadas, mas os processadores atuais utilizam um número muito maior de camadas, mais de vinte em alguns casos, dependendo da densidade que o fabricante pretende alcançar.

Começa então a construção da segunda camada do transístor. Inicialmente o wafer passa novamente pelo processo de oxidação inicial, sendo coberto por uma nova camada (desta vez bem mais fina) de dióxido de silício. Note que apesar da nova camada de dióxido, o desenho conseguido anteriormente é mantido.

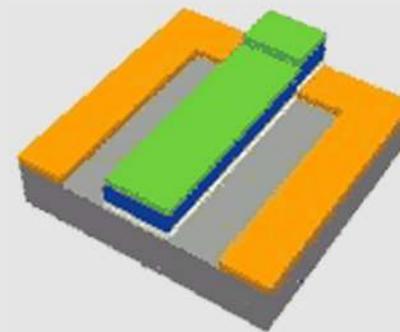
Em seguida é aplicada sobre a estrutura uma camada de cristal de silício. Sobre esta é aplicada uma nova camada de material fotosensível.



Novamente, o wafer passa pelo processo de litografia, desta vez utilizando uma máscara diferente.

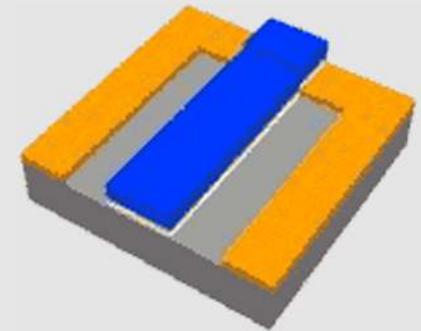


Novamente, a parte da camada fotosensível que foi exposta à luz é removida, deixando expostas partes das camadas de cristal de silício e dióxido de silício, que são removidas em seguida.

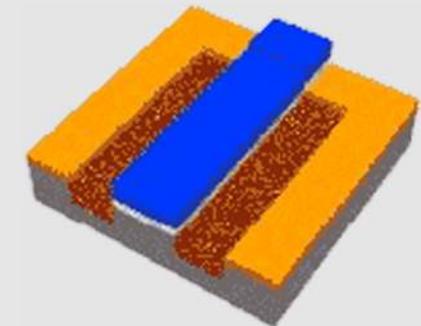


Como na etapa anterior, o que restou da camada fotosensível é removida. Terminamos a

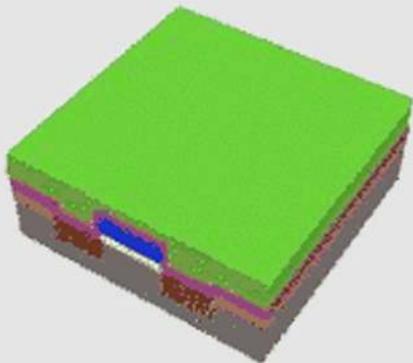
construção da segunda camada do transístor.



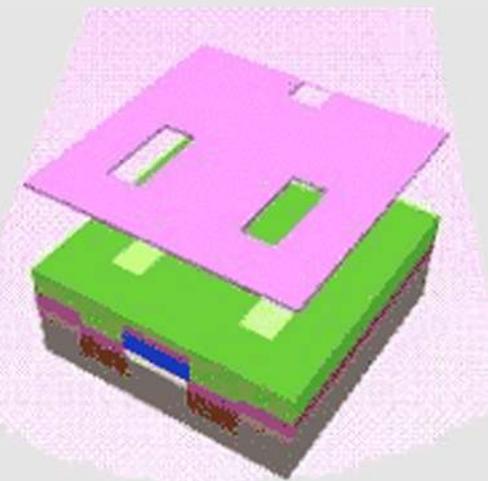
Chegamos a uma das principais etapas do processo de fabricação, que é a aplicação das impurezas, que transformarão partes do wafer de silício num material condutor. Estas impurezas também são chamadas de íons. Note que os íons aderem apenas à camada de silício que foi exposta no processo anterior e não nas camadas de dióxido de silício ou na camada de cristal de silício.



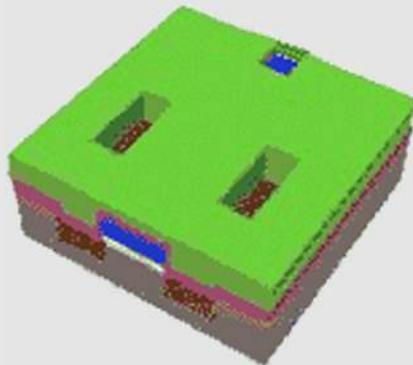
É adicionada então uma terceira camada, composta de um tipo diferente de cristal de silício e novamente é aplicada a camada fotosensível sobre tudo.



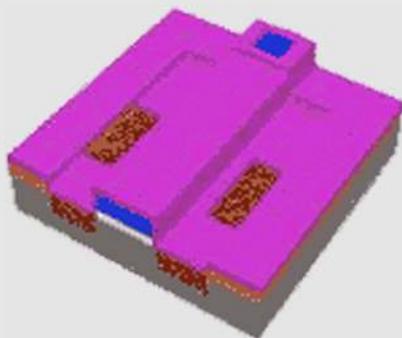
O wafer passa novamente pelo processo de litografia, usando mais uma vez uma máscara diferente.



As partes do material fotosensível expostas à luz são removidas, expondo partes das camadas inferiores, que são removidas em seguida.

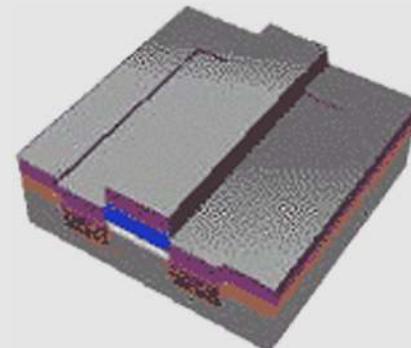


Temos agora pronta a terceira camada do transístor. Veja que a estrutura do transístor já está quase pronta, faltando apenas os três filamentos condutores.

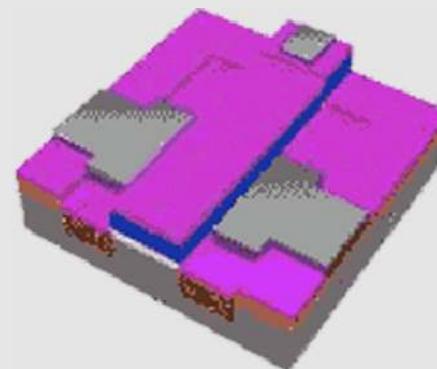


Uma finíssima camada de metal é aplicada sobre a estrutura anterior. Nos processadores atuais, que são produ-

zidos através de uma técnica de produção de 0.065 microns, esta camada metálica tem o equivalente a apenas 3 átomos de espessura.



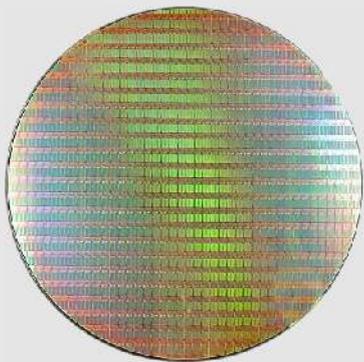
O processo de aplicação da camada fotosensível, de litografia e de remoção das camadas é aplicado mais uma vez, com o objetivo de remover as partes indesejadas da camada de metal. Finalmente temos o transístor pronto.



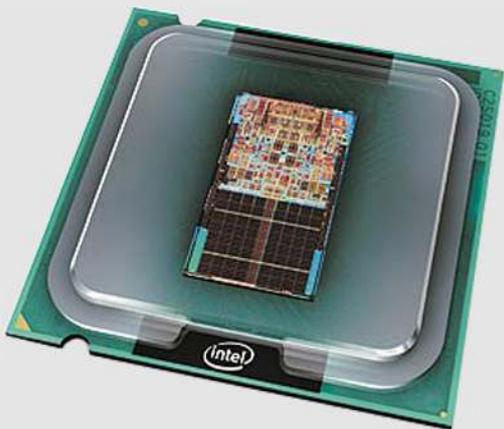
Cada processador é constituído por vários milhões de transístores, divididos em diversos grupos de componentes, entre eles as unidades de execução (onde as instruções são realmente processadas) e os caches. Como todo processador atual processa várias instruções por ciclo, são incluídos diversos circuitos adicionais, que organizam e ordenam as instruções, de forma a aproveitar da melhor maneira possível os recursos disponíveis.

No final do processo, toda a área do wafer é coberta por processadores. Destes, muitos acabam sendo descartados, pois qualquer imperfeição na superfície do wafer, partícula de poeira, ou anomalia durante o processo de litografia acaba resultando numa área defeituosa. Temos também os

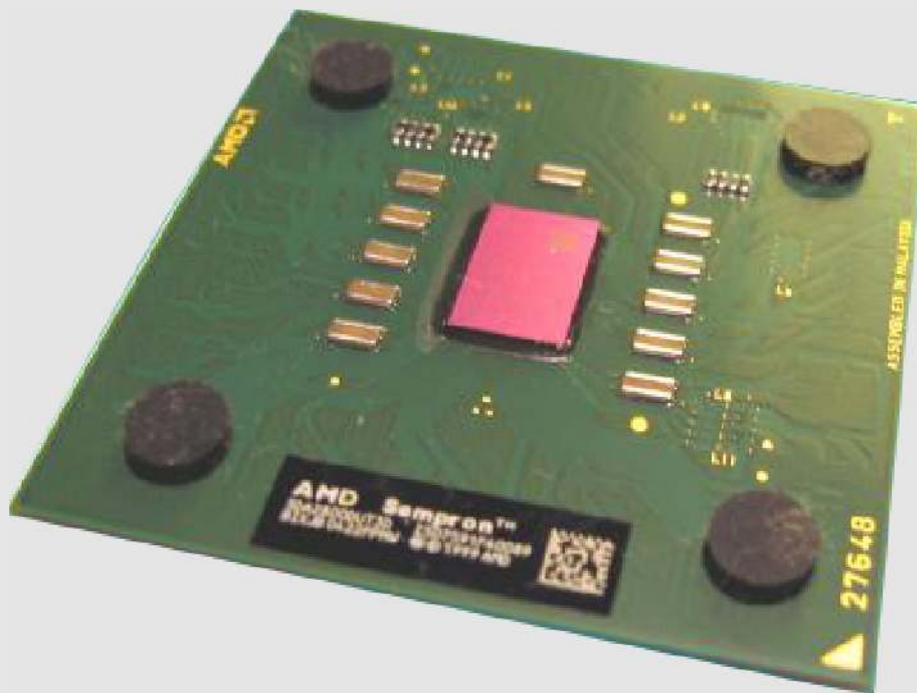
processadores "incompletos", que ocupam as bordas do wafer; que também são descartados:



Cada processador é testado individualmente, através de um processo automático. O wafer é finalmente cortado e os processadores "bons" são finalmente encapsulados, ou seja, instalados dentro da estrutura que os protege e facilita o manuseio e instalação:



O formato do encapsulamento varia de processador para processador. Geralmente temos um spreader, ou seja, uma proteção de metal sobre o die do processador, que fica entre ele e o cooler. Entretanto em muitos processadores, como os Athlons, Durons e Semprons antigos, é usado um encapsulamento mais simples, onde a parte central é a própria parte inferior do wafer de silício, exposta para melhorar a dissipação de calor. Nestes casos, é preciso redobrar os cuidados na hora de instalar e remover o cooler, pois qualquer dano ao núcleo será suficiente para inutilizar o processador:



Só a título de curiosidade, o Intel 4004 era produzido numa técnica de 10 micra, onde cada transistor mede o equivalente a 1/100 de milímetro. Parece pouco, mas estes transistores parecem pirâmides se comparados aos atuais.

O 486 já foi produzido numa técnica de 1 micron, onde cada transistor ocupa uma área 100 vezes menor. Enquanto o 4004 tinha apenas 2.000 transistores, o 486 tinha um milhão deles.

Como a velocidade de operação do transistor está diretamente relacionada a seu tamanho, o 486 é também brutalmente mais rápido. Enquanto o 4004 opera a 740 kHz, o 486 atingiu 100 MHz (nas versões fabricados pela Intel).

Mas, isso não é nada se comparado com os processadores atuais. Um Core 2 Duo X6800 é fabricado numa técnica de 0.065 micron (237 vezes menores que os do 486!), possui 291 milhões de transistores e opera a 2.93 GHz.

Estão previstos processadores fabricados numa técnica de 0.045 micron em 2008 e 0.032 micron em 2010. Depois disso não se sabe até onde a tecnologia poderá evoluir, pois os fabricantes estão se aproximando dos limites da matéria. A 0.032 micron já temos transistores ocupando uma área equivalente a poucas centenas de átomos de silício.

Os supercomputadores

Nas décadas de 1940 e 1950, todos os computadores do mundo eram gigantescos e caros, agregando tudo o que havia mais avançado em termos de conhecimento humano. Pois bem, vindo de hoje, pode parecer ridículo que qualquer calculadora de mão de 3 reais possa ter um poder de processamento muito superior ao de um ENIAC, que só de manutenção consumia o equivalente a quase 200.000 dólares por dia (em valores corrigidos). Mas, os supercomputadores continuam existindo, tão grandes e caros quanto um ENIAC, porém incomparavelmente mais rápidos do que os micros de mesa, como o que você está usando neste exato momento.

Estes mastodontes que estão por trás de muitos dos avanços da humanidade, que apesar de estarem escondidos em grandes salas refrigeradas são alvo de grande curiosidade.

Enquanto escrevo, o supercomputador mais rápido do planeta (segundo o <http://www.top500.org/>) é o IBM Blue Gene/L, desenvolvido pela IBM. Ele é composto por nada menos do que 131.072 processadores PowerPC e possui 32 terabytes de memória RAM.

Para chegar a estes números, a IBM desenvolveu módulos relativamente simples, cada um contendo 2 processadores, 512 MB de RAM e uma interface de rede gigabit Ethernet, similares a um PC doméstico. Estes módulos foram agrupados em racks (chamados de nós), cada um com 128 deles. No final, chegaram a 512 racks, interligados por uma complexa malha de cabos de rede, rodando um software próprio de gerenciamento. Esta gigantesca estrutura funciona como um cluster, onde o processamento é dividido em pequenos pedaços e dividido entre os módulos.

Veja uma foto mostrando parte das instalações, publicada com autorização da IBM:



Os primeiros supercomputadores começaram a surgir na década de 60, alias uma década de muitos avanços, já que no final da década de 50 foi feita a transição das válvulas para os transístores. Cada transístor era centenas de vezes menor que uma válvula, era muito mais durável e tinha a vantagem de gerar pouco calor.

Todos os computadores da década de 60 já utilizavam transístores, o que permitiu o

desenvolvimento dos primeiros minicomputadores. Naquela época, minicomputador era qualquer coisa do tamanho de um armário, com uma capacidade de processamento inferior ao de uma agenda eletrônica atual, das mais baratas.

Os computadores de grande porte, porém, continuaram a ser desenvolvidos, passando a ser chamados de supercomputadores. O primeiro supercomputador para fins comer-

ciais foi o CDC 6600, que foi seguido pelos IBM 360/95 e 370/195.

Na década de 70 surgiu uma nova revolução: o microchip. Um microchip sozinho oferecia uma capacidade de processamento equivalente à de um minicomputador, mas em compensação era escandalosamente menor e mais barato. Surgiram então os primeiros microcomputadores.

Os supercomputadores da década de 70 já eram centenas de vezes mais poderosos do que os produzidos uma década antes. Os principais modelos foram o CDC 7600, o BSP, produzido pela Burroughs e o ASC da Texas Instruments.

Estes sistemas atingiram a marca de 100 megaflops, ou seja, 100 milhões de cálculos de ponto flutuante por segundo. Esta é a mesma capacidade de processamento de um Pentium 60, porém atingida 20 anos antes :).

No final da década de 70 surgiram os supercomputadores Cray, produzidos pela Seymour. O primeiro da linha, chamado de Cray 1, também processava 100 megaflops, porém o Cray-XMP atingiu a

incrível marca de 1 gigaflop, ainda no início da década de 80. Esta é uma capacidade de processamento próxima à de um Pentium II 350.

Só para efeito de comparação, o Blue Gene/L, que citei a pouco, possui 360 teraflops de poder de processamento, ou seja, é 360 mil vezes mais rápido.

Apesar de mesmo um "PC de baixo custo" atualmente possuir um poder de processamento superior ao de um supercomputador que a 15 anos atrás custava 5 milhões de dólares, a demanda por sistemas cada vez mais rápidos continua.

As aplicações são várias, englobando principalmente pesquisas científicas, aplicações militares diversas e vários tipos de aplicativos financeiros e relacionados à Internet, aplicativos que envolvem uma quantidade absurda de processamento, e claro, envolvem instituições que podem pagar muito mais do que 5 ou 10 mil dólares por um computador o mais rápido possível. Existindo demanda... aparecem os fornecedores.

Atualmente, todos os supercomputadores são construídos com base em praticamente os mesmos componentes que temos em micros de mesa, memória, HDs, e processadores, Intel, IBM ou AMD.

Ao invés de usar apenas um disco rígido IDE, como num micro de mesa, um supercomputador utiliza um array de centenas de HDs, sistemas semelhantes ao RAID, mas numa escala maior, que permitem gravar dados de forma fragmentada em vários discos e ler os pedaços simultaneamente a partir de vários HDs, obtendo taxas de transferência muito altas.

Processadores e memória RAM geralmente são agrupados em nós, cada nó engloba de um a quatro processadores e uma certa quantidade de memória RAM e cache. Isso garante que os processadores tenham um acesso à memória tão rápido quanto um PC de mesa. Os nós por sua vez são interligados através de interfaces de rede, o que os torna partes do mesmo sistema de processamento. Como

neurônios interligados para formar um cérebro. Um nó sozinho não tem uma capacidade de processamento tão surpreendente assim, mas ao interligar algumas centenas, ou milhares de nós a coisa muda de figura.

Uma opção mais barata para instituições que precisam de um supercomputador, mas não possuem muito dinheiro disponível, é usar um sistema de processamento distribuído, ou cluster. Um cluster formado por vários PCs comuns ligados em rede.

O exemplo mais famoso de processamento distribuído foi o projeto Seti@Home, onde cada voluntário instalava um pequeno programa que utilizava os ciclos de processamento ociosos da máquina



para processar as informações relacionadas ao projeto. Os pacotes de dados de 300 KB cada chegavam pela Internet e demoravam várias horas para serem processados. Isso permitiu que mais de 2 milhões de pessoas, muitas com cone-xão via modem participassem do projeto. O sistema montado pela Seti@Home foi considerado por muitos o supercomputador mais poderoso do mundo, na época.

Este tipo de sistema pode ser construído usando por exemplo a rede interna de uma empresa. Rodando o software adequado, todos os micros podem fazer parte do sistema, alcançando juntos um poder de processamento equivalente ao de um supercomputador. O mais interessante é que estes PCs poderiam ser usados normalmente pelos funcionários, já que o programa rodaria utilizando apenas os ciclos ociosos do processador.

A tecnologia de cluster mais usada atualmente são clusters Beowulf, formados por vários computadores interligados em rede. Não é necessário nenhum hardware muito sofisticado: um grupo de PCs parrudos, ligados através de uma rede gigabit já é o suficiente para montar um cluster Beowulf capaz de rivalizar com muitos supercomputadores em poder de processamento. A idéia é criar um sistema de baixo custo, que possa ser utilizado por universidades e pesquisadores com poucos recursos.

O primeiro cluster Beowulf foi criado em 1994 na CESDIS, uma subsidiária da NASA e era formado por 16 PCs 486 DX-100 ligados em rede. Para manter a independência do sistema e baixar os custos, os desenvolvedores optaram por utilizar o Linux.

Estes clusters não servem para processar dados em tempo real (um game qualquer por exemplo), mas apenas para processar grandes quantidades de dados, que podem ser quebrados em pequenas partes e divididos entre os vários computadores. Uma área onde são populares é na aplicação de efeitos especiais e renderização de imagens para filmes de cinema. Há inclusive casos de filmes como Shrek e Final

Fantasy que foram feitos inteiramente em clusters Beowulf.

A evolução dos computadores pessoais

Até aqui, falei sobre os supercomputadores e sobre a evolução dos processadores, que evoluíram das válvulas para o transistor e depois para o circuito integrado. Vou agora falar um pouco sobre os primeiros computadores pessoais, que começaram a fazer sua história a partir da década de 70. Tempos difíceis aqueles :).

Como disse a pouco, o primeiro microchip, o 4004, foi lançado pela Intel em 71. Era um projeto bastante primitivo, que processava instruções de 8 bits, através de um barramento rudimentar, que permitia transferir apenas 4 bits por

ciclo, e operava a meros 740 kHz. Na verdade, o 4004 era tão lento que demorava 10 ciclos para processar cada instrução, ou seja, ele processava apenas 74 mil instruções por segundo (cerca de 15 vezes mais rápido que o ENIAC). Hoje em dia esses números parecem piada, mas na época era a última palavra em

tecnologia. O 4004 permitiu o desenvolvimento das primeiras calculadoras eletrônicas portáteis.

Pouco tempo depois, a Intel lançou um novo processador, que fez sucesso durante muitos anos, o 8080.

Este já era um processador de 8 bits e operava a incríveis 2 MHz: "Ele é capaz de endereçar até 64 KB de memória e é rápido, muito rápido!" como dito num anúncio publicitário do Altair 8800 que, lançado em 1974, é



considerado por muitos o primeiro computador pessoal da história.

O Altair era baseado no 8080 da Intel e vinha com apenas 256 bytes de memória, realmente bem pouco, mesmo para os padrões da época. Estava disponível também uma placa de expansão para 4 KB. Em teoria, seria possível instalar até 64 KB, mas o custo tornava o upgrade inviável.

No modelo básico, o Altair custava apenas 439 dólares, na forma de kit (onde você precisava soldar manualmente todos os componentes). Em valores corrigidos, isso equivale a quase 4.000 dólares, mas na época esse valor foi considerado uma pechincha, tanto que foram vendidas 4.000 unidades em 3 meses, depois de uma matéria da revista Popular Eletronics.

Esse “modelo básico” consistia nas placas, luzes, chips, gabinete, chaves e a fonte de alimentação, junto claro com um manual que ensinava como montar o aparelho. Existia a opção de comprá-lo já montado, mas custava 182 dólares (da época) a mais.

Em sua versão básica, o Altair não tinha muita utilidade prática, a não ser a de servir como fonte de aprendizado de eletrônica e programação. Entretanto, pouco tempo depois, começaram a surgir vários acessórios para o Altair: um teclado que substituíam o conjunto de chaves que serviam para programar o aparelho, um terminal de vídeo (bem melhor que ver os resultados na forma de luzes :), um drive de disquetes (naquela época ainda se usavam disquetes de 8 polegadas), placas de expansão de memória e até um modelo de impressora. Até mesmo Bill Gates (antes mesmo da fundação da Microsoft) participou, desenvolvendo uma versão do Basic para o Altair.

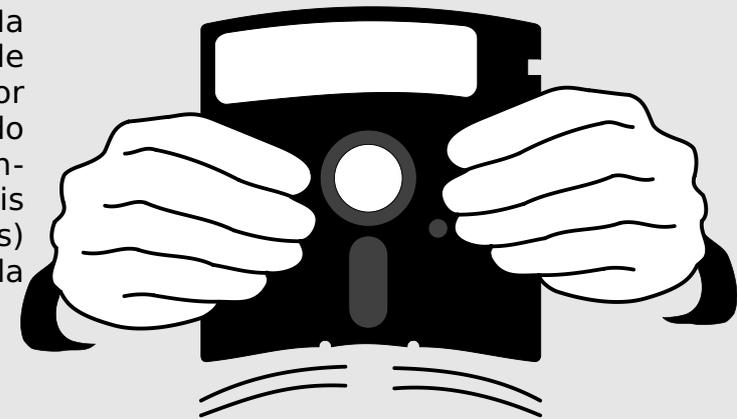
Se você tivesse muito dinheiro, era possível chegar a algo que se parecia com um computador moderno, capaz de editar textos e criar planilhas rudimentares. Algumas empresas perceberam o nicho e passaram a vender versões "completas" do Altair, destinadas ao uso em empresas, como neste anúncio, publicado na revista Popular Eletronics, onde temos

um Altair "turbinado", com o terminal de vídeo, impressora, dois drives de disquete e 4 KB de memória:



O Altair serviu para demonstrar a grande paixão que a informática podia exercer e que, ao contrário do que diziam muitos analistas da época, existia sim um grande mercado para computadores pessoais.

Pouco depois, em 1976, foi fundada a Apple, tendo como sócios Steve Jobs (que continua ativo até os dias de hoje) e Steve Wozniak. Na verdade, a Apple só foi fundada por que o projeto do Apple I (desenvolvido pelos dois nas horas vagas) foi recusado pela



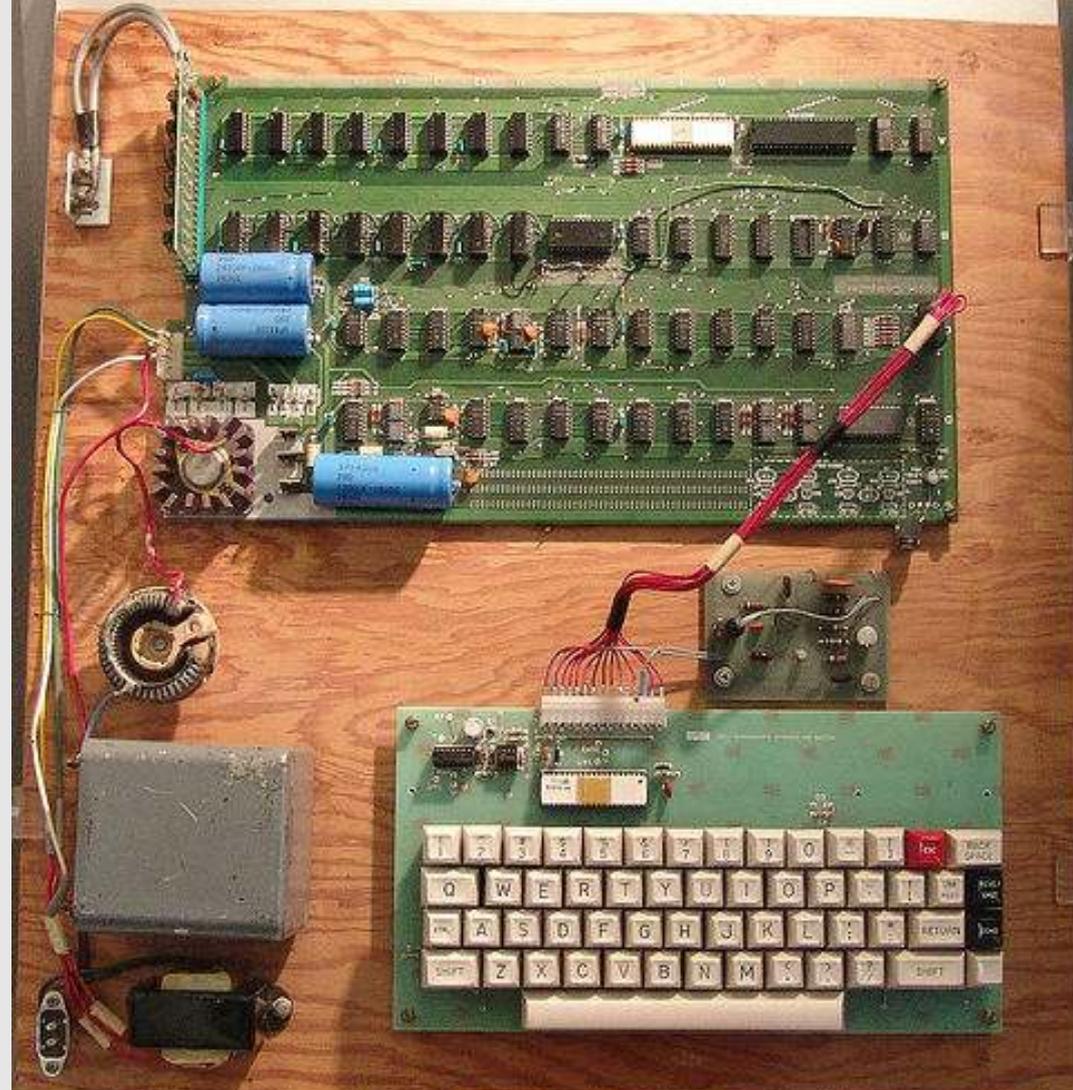
Atari e pela HP. Uma frase de Steve Jobs descreve bem a história: “Então fomos à Atari e dissemos “Ei, nós desenvolvemos essa coisa incrível, pode ser construído com alguns dos seus componentes, o que acham de nos financiar?” Podemos até mesmo dar a vocês, nós só queremos ter a oportunidade de desenvolvê-lo, paguemos um salário e podemos trabalhar para vocês. Eles disseram não, fomos então à Hewlett-Packard e eles disseram “Nós não precisamos de vocês, vocês ainda nem terminaram a faculdade ainda”.

O Apple I não foi lá um grande sucesso de vendas, vendeu pouco mais de 200 unidades a 666 dólares (pouco mais de US\$ 5000 em valores corrigidos) cada uma. Mesmo assim, os lucros sustentaram a Apple durante o primeiro ano, abrindo caminho para o lançamento de versões mais poderosas. Quem comprou um, acabou fazendo um bom negócio, pois hoje em dia um Apple I em bom estado chega a valer US\$ 50.000.

Diferente do Altair, o Apple I era vendido já montado. A placa era vendida "pelada" dentro de uma caixa de papelão, sem nenhum tipo de gabinete, por isso era comum que os Apple I fossem instalados dentro de caixas de madeira.

O Apple I era baseado no processador 6502, um clone do Motorola 6800, fabricado pela MOS Technology. Ele era um processador de 8 bits, que operava a apenas 1 MHz. Em termos de poder de processamento, o 6502 perdia para o 8080, mas isso era compensado pelos "espaçosos" 8 KB de memória, que eram suficientes para carregar o interpretador BASIC (que ocupava 4 KB), deixando os outros 4 KB livres para escrever e rodar programas.

Uma das vantagens é que o Apple I podia ser ligado diretamente à uma TV, dispensando a compra de um terminal de vídeo. Ele possuía também um conector unidade de fita (o controlador era vendido separadamente por 75 dólares) e um conector proprietário reservado para expansões futuras:



Naquela época, as fitas K7 eram o meio mais usado para guardar dados e programas. Os disquetes já existiam, mas eram muito caros.

Os grandes problemas das fitas K7 eram a lentidão e a

baixa confiabilidade. No Apple I, os programas eram lidos a meros 1500 bits por segundo e em outros computadores o acesso era ainda mais lento, com de 250 a 300 bits. Era preciso ajustar cuidadosamente o volume no aparelho

de som antes de carregar a fita e, conforme a fita se desgastava, era preciso tentar cada vez mais vezes antes de conseguir uma leitura sem erros.

Na época, existiam até programas de rádio que transmitiam softwares como parte da programação. O locutor avisava e em seguida "tocava" a fita com o programa. Os interessados precisavam ficar com o aparelho de som à mão para gravar a cópia. Estes programas de rádio foram a primeira rede de pirataria de softwares de que se tem notícia, décadas antes da popularização da internet ;).



O Apple I foi logo aperfeiçoado, surgindo então o Apple II, lançado em 1977. Este sim fez sucesso, apesar do preço salgado para a época: US\$

1298, que equivalem a quase 10.000 dólares em valores corrigidos.

O Apple II vinha com apenas com 4 KB de memória, mas incluía mais 12 KB de memória ROM, que armazenava um interpretador BASIC e o software de bootstrap, lido no início do boot. Isso foi uma grande evolução, pois você ligava e já podia começar a programar ou carregar programas. No Apple I, era preciso primeiro carregar a fita com o BASIC, para depois começar a fazer qualquer coisa.

O BASIC era a linguagem mais popular na época (e serviu como base para diversas linguagens modernas), pois tem uma sintaxe simples se comparado com o C ou Assembly, utilizando comandos derivados de palavras do Inglês.

Este é um exemplo de programa em BASIC simples, que pede dois números e escreve o produto da multiplicação dos dois:

```
10 PRINT "MULTIPLICANDO"  
20 PRINT "DIGITE O PRIMEIRO NUMERO:"  
30 INPUT A  
40 PRINT "DIGITE O SEGUNDO NUMERO:"  
50 INPUT B  
60 LETC=A*B  
70 PRINT "RESPOSTA:", C
```

Este pequeno programa precisaria de 121 bytes de memória para rodar (os espaços depois dos comandos são ignorados, por isso não contam). Ao desenvolver programas mais complexos você esbarrava rapidamente na barreira da memória disponível (principalmente se usasse um ZX80, que tinha apenas 1 KB ;), o que obrigava os programadores a otimizarem o código ao máximo. Aplicativos comerciais (e o próprio interpretador BASIC) eram escritos diretamente em linguagem de máquina, utilizando diretamente as instruções do processador e endereços de memória, de forma a extraírem o máximo do equipamento.

Voltando ao Apple II, a memória RAM podia ser expandida até 52 KB, pois o processador Motorola 6502 era capaz de

endereçar apenas 64 KB de memória, e 12 KB já correspondiam à ROM embutida. Um dos "macetes" naquela época era uma placa de expansão, fabricada pela recém formada Microsoft, que permitia desabilitar a ROM e usar 64 KB completos de memória.

Além dos jogos, um dos programas mais populares para o Apple II foi o Visual Calc, ancestral dos programas de planilha atuais:



O Apple II já era bem mais parecido com um computador atual. Vinha num gabinete plástico e tinha um teclado incorporado. A versão mais básica era ligada na TV e usava o famigerado controlador de fita K7, ligado um aparelho de som para carregar programas. Gastando um pouco mais era

possível adquirir separadamente uma unidade de disquetes.



A linha Apple II se tornou tão popular que sobreviveu até o início dos anos 90, quase uma década depois do lançamento do Macintosh. O último lançamento foi o Apple IIc Plus, que utilizava um processador de 4 MHz (ainda de 8 bits) e vinha com um drive de disquetes de 3.5", já similar aos drives atuais.

Outra inovação do Apple I e Apple II em relação ao Altair e outros computadores anteriores é o tipo de memória usada. O Apple I foi o primeiro a utilizar memórias DRAM, que é essencialmente a mesma tecnologia utilizada até hoje em pentes de memória.

Ao longo das primeiras décadas, a memória RAM passou por duas grandes evoluções. No ENIAC, não existia uma unidade de memória dedicada. Parte das válvulas eram reservadas para armazenar as informações que estavam sendo processadas. Não existia unidade de armazenamento, além

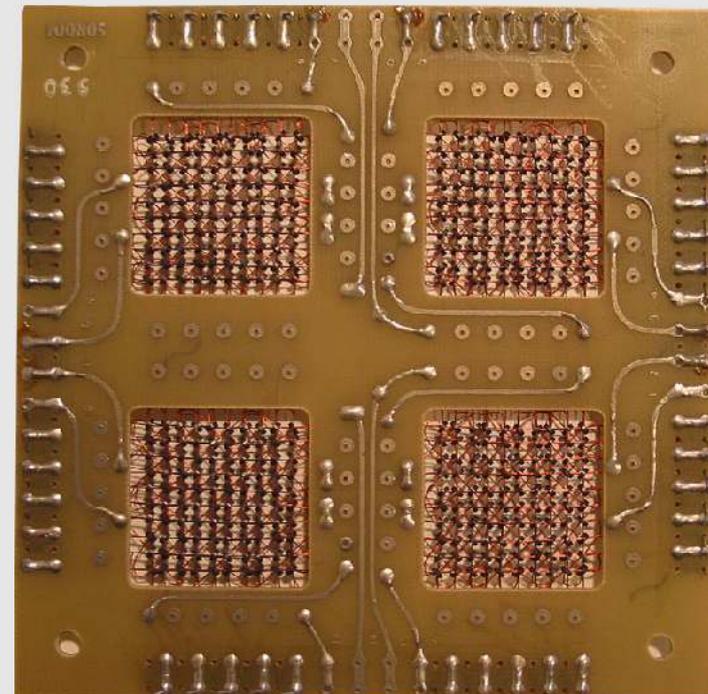
dos cartões perfurados e as anotações feitas manualmente pelos operadores.

Na década de 50 surgiram as memórias core, um tipo antiquado de memória onde são usados anéis de ferrite, um material que pode ter seu campo magnético alterado através de impulsos elétricos, armazenando o equivalente a um bit 1 ou 0). Estes anéis de ferrite eram carinhosamente chamados de "donuts" (rosquinhas) e eram montados dentro de uma complexa rede de fios, que transportavam os

impulsos elétricos usados para ler e escrever dados.

Cada anel armazenava apenas um bit, de forma que você precisava de 8.192 deles para cada KB de memória. Inicialmente a malha de fios era "tecida" manualmente, mas logo começaram a ser usadas máquinas, que permitiram miniaturizar bastante as estruturas.

Este é um exemplo de placa de memória core. Ela mede 11 x 11 cm (um pouco menor que um CD), mas armazena apenas 50 bytes.



Estas placas eram ligadas entre si, formando "pilhas" organizadas dentro de estruturas maiores. Imagine que, para atingir 1 MB de memória no início da década de 1960, você precisaria de quase 21 mil destas plaquinhas.

Este é um exemplo de unidade de memória, construída usando placas de memória core, que está em exposição no museu no MIT. Apesar do tamanho, ela possui apenas 64 KB:



Por serem muito caras e precisares de um grande número de circuitos de apoio, as memórias core ficaram restritas aos computadores de grande porte. O Altair já utilizava memórias "modernas" na forma de chips, para ser exato, dois chips de 1024 bits (ou 128 bytes) cada um.

O Altair utilizava chips de memória SRAM (static RAM), que eram rápidos e confiáveis, porém muito caros. Na memória SRAM, são usados de 4 a 6 transístores para cada bit de dados (as do Altair usavam 4 transistores), o que multiplica o custo dos chips. Atualmente, as memórias SRAM são usadas nos caches L1 e L2 dos processadores, o tipo mais rápido e caro de memória que existe.

O Apple I inovou utilizando um "novo" tipo de memória, as DRAM (dynamic RAM), onde é usado um único transistor para cada bit de dados. Embora à primeira vista pareçam mais simples, os chips de memória DRAM são muito mais complicados de se trabalhar (principalmente se considerarmos as limitações da época), pois eles são capazes de armazenar os dados por

apenas uma pequena fração de segundo. Para conservar os dados, eles precisam de um circuito de refresh, que lê e regrava os dados a cada 64 miléssegundos (ou menos, de acordo com o projeto).

Apesar de todas as dificuldades, foi o uso de memórias DRAM no Apple I que permitiu que ele viesse com 8 KB de memória, custando pouco mais que um Altair, que vinha com meros 256 bytes. A partir daí, as memórias DRAM se tornaram norma, o que continua até os dias de hoje.

Voltando à história, em 1979 surgiu um outro modelo interessante, desta vez da Sinclair, o ZX-80. Ele não era tão poderoso quanto o Apple II, mas tinha a vantagem de custar apenas 99 dólares (pouco mais de 400 em valores corrigidos) Foi o computador mais popular até então, com 100.000 unidades vendidas (entre 1979 e 1981), sem contar uma grande quantidade de clones, produzidos em diversos países ao longo da década de 80.

O ZX-80 era baseado no NEC-780C, um clone do Z80, que operava a 3.25 MHz. Ele era relativamente poderoso para

os padrões da época, mas aquecia bastante. Segundo as más línguas, ele foi o primeiro processador overclockado da história ;).

Para cortar custos ele vinha de fábrica com apenas 1 KB de memória RAM, combinados com 4 KB de memória ROM que armazenavam o interpretador BASIC, usado pelo aparelho. Como em qualquer sistema popular da época, os programas eram armazenados em fitas K7 e ele era ligado diretamente na TV:



Considerando preço, o Z80 foi uma máquina surpreendente, mas claro, tinha pesadas limitações, mesmo se comparado com outras máquinas da época. Apesar dele já vir com uma saída de vídeo, a resolução gráfica era de apenas 64x48, mesmo em modo monocromático, já que o adaptador de

vídeo tinha apenas 386 bytes de memória. Existia também uma opção de modo texto (usada para programas em BASIC, por exemplo), com 32x24 caracteres.

O processador Z80 se tornou incrivelmente popular, superando de longe as vendas de qualquer outro processador da história. Versões modernizadas do Z80 (que conservam o mesmo projeto básico, mas são produzidos com técnicas modernas de fabricação e trabalham a frequências mais altas) fazem sucesso até hoje, sendo utilizados em todo tipo de eletrônicos, incluindo impressoras, aparelhos de fax, controladores diversos, robôs de uso industrial, brinquedos, diversos tipos de calculadoras, video-games (incluindo o Game Boy e Game Boy color), diversos modelos populares de MP3Players, entre inúmeros outros exemplos. Apesar de não ser nenhum campeão de velocidade, o Z80 é um chip extremamente barato e fácil de programar, já que todos os seus truques são bem conhecidos e documentados.

Aqui no Brasil tivemos os TK80 e TK82 da Microdigital e o NE-

Z80 da Prológica, produzidos na época da reserva de mercado. Eles concorriam com os computadores compatíveis com os Apple, como o AP II, Exato, Craft II e Magnex M10. A linha CP (200, 300, 400 e 500) da Prológica era baseada em chips Z80 e tínhamos também clones da linha MSX, como os Expert 1.0 e Expert Plus.

A reserva de mercado estagnou o desenvolvimento tecnológico do país, de forma que clones de computadores de 8 bits, lançados a uma década atrás era tudo que nossa indústria conseguia produzir. Isso perdurou até 1992, quando a reserva de mercado foi abolida, permitindo a entrada de computadores importados. Em pouco tempo, todos estes computadores de 8 bits foram substituídos por PCs 386 e 486.

Concluindo nosso passeio pela década de 70, outro que não poderia deixar de ser citado é o Atari 800. Sim, apesar de ser mais vendido como um video-game, o Atari 800 também podia ser usado com um computador relativamente poderoso, chegando a ser adotado nos laboratórios de

informática de algumas universidades. Ele foi o antecessor do Atari 2600, o video-game conhecido por aqui.

Ele vinha de fábrica com 16 KB de memória RAM, que podiam ser expandidos para até 48 KB, com mais 10 KB de memória ROM. O sistema operacional era o Atari-OS, uma versão do BASIC.



Originalmente, o sistema vinha apenas com a entrada para os cartuchos, com o sistema operacional ou jogos, mas era possível adquirir separadamente uma unidade de disquetes e um teclado, que o transformavam num computador completo. Não existiram muitos programas para o Atari, já que o foco foram sempre os jogos. O principal uso do Atari como computador era desenvolver programas em BASIC, por isso seu uso em escolas.

A década de 80

Como profetizado por Gordon Moore, os processadores vem, em média dobrando de desempenho a cada 18 meses desde o início da década de 70. Uma década é uma verdadeira

eternidade dentro do mercado de informática, o suficiente para revoluções acontecerem e serem esquecidas.

Depois dos dinossauros da primeira metade da década de 70, os computadores pessoais finalmente começaram a atingir um nível de desenvolvimento suficiente para permitir o uso de aplicativos sérios. Surgiram então os primeiros aplicativos de

processamento de texto, planilhas, e até mesmo programas de editoração e desenho.

Depois dos Apple I e Apple II, ZX80, Ataris e outros computadores de 8 bits, chegamos finalmente à era PC.

A IBM de 1980 era uma gigantesca empresa, especializada em mainframes e terminais burros para eles. Entretanto, percebendo a crescente demanda por computadores pessoais, decidiram criar um pequeno grupo (que originalmente possuía apenas 12 desenvolvedores) para desenvolver um computador pessoal de baixo custo.

Este era considerado um projeto menor dentro da IBM, apenas uma experiência para testar a demanda do mercado. O projeto chegou a ser marginalizado dentro da empresa, pois muitos executivos acreditavam que o IBM PC poderia concorrer com outros produtos do portfólio da IBM.

Depois de quase um ano de desenvolvimento, o primeiro PC foi lançado em 12 de agosto de 1981.



Para cortar custos e acelerar o desenvolvimento, a equipe decidiu que usaria apenas componentes padrão, que pudessem ser encontrados facilmente no mercado. O processador escolhido foi o Intel 8088, uma versão econômica do processador 8086, que havia sido lançado pela Intel em 78. Quando a IBM estava desenvolvendo seu computador pessoal, chegou a ser cogitado o uso do

competir na mesma faixa de preço dos computadores de 8 bits mais populares e, ao mesmo tempo, possuir um desempenho bem superior devido ao seu processador de 16 bits. O 8088 é capaz de acessar até 1 MB de memória RAM (embora o PC original suportasse apenas 64 KB, devido a limitações da placa mãe) e funciona a 4.77 MHz, recursos incríveis para a época, já que estamos falando de um processador lançado no final de 1979.

Lembre-se de que o principal concorrente do IBM PC era o Apple II que, embora fosse mais barato e contasse mais softwares disponíveis, usava um processador de 8 bits, de apenas 1 MHz e meros 4 KB de memória RAM.

8086, mas acabou sendo escolhido o 8088 devido ao seu baixo custo.

Tanto o 8086 quanto o 8088 são processadores de 16 bits e eram considerados bastante avançados para a época. Um processador de 16 bits é capaz de endereçar mais memória (até 64 KB de memória de cada vez) e processar instruções muito mais complexas que os processadores de 8 bits usados até então.

A grande diferença entre os dois é que o 8086 é um processador de 16 bits "puro", enquanto o 8088 se comunica com os demais periféricos usando um barramento de 8 bits. Isso naturalmente prejudicava o desempenho, mas trouxe uma vantagem importante: a possibilidade de usar os componentes de 8 bits usados em outros computadores da época, que eram muito mais populares e baratos.

Esta arquitetura permitiu ao primeiro PC

Entretanto, o aspecto técnico não foi o determinante para o sucesso do PC. Ele era um bom computador para a época, mas era caro e não tinha nada que os concorrentes não pudessem usar em seus produtos. Ele tinha tudo para ser apenas mais um no mercado, se não fosse um diferencial importante: a arquitetura aberta.

Diferente dos Apples e outros computadores da época, qualquer fabricante podia desenvolver e vender acessórios para o PC, sem pagar royalties ou fazer acordos de licenciamento. Como todos os componentes eram abertos, era possível também desenvolver clones, computadores compatíveis com o PC, fabricados por outras empresas. Isso lentamente fez com que toda a indústria passasse a orbitar em torno do PC, fazendo com que a plataforma crescesse assustadoramente.

Voltando ao tema original, o PC original tinha, em sua versão mais simples, apenas 16 KB de memória RAM, com direito apenas ao gabinete e teclado. A partir daí, tudo era opcional, incluindo o monitor (você



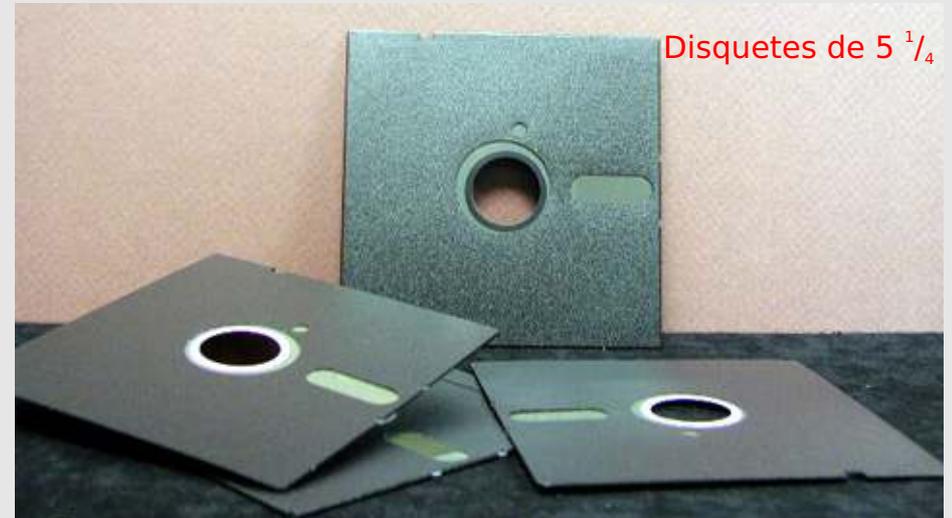
podia usar uma TV, embora a qualidade da imagem ficasse ruim), os drives de disquete e o HD.

Na configuração básica, o PC custava "apenas" 1564 dólares da época, mas incluindo mais 48 KB de memória, dois drives de disquete e um monitor mono de 12", o preço chegava facilmente a 2500 dólares, que equivalem a mais de 7000 dólares em valores atuais.

Na época, os HDs ainda eram um componente caro e

exótico. Em 1981, um Seagate ST-506 (o modelo mais popular até então) custava mais de 1000 dólares (da época) e tinha apenas 5 MB de capacidade. Este da foto é um ST-225 (também da Seagate), um modelo de 20 MB, lançado em 1984, que foi muito usado nos micros 286. Estes primeiros modelos ainda utilizavam motores de passo para mover as cabeças de leitura (como nos drives de disquete), por isso os problemas eram comuns.

Ao usar um PC sem HD, o sistema operacional e todos os programas era carregados a partir de disquetes de 5¼. Inicialmente eram usados disquetes de 180 KB, mas eles foram logo substituídos por disquetes de 360 KB (onde eram usadas as duas faces do disco) e, alguns anos mais tarde, por disquetes "alta densidade", com 1.2 MB. Os disquetes de 3.5", com 1.44 MB que usamos hoje em dia passaram a ser usados nos PCs apenas em 1987, com o lançamento do IBM PS/2. Existiu ainda um padrão de disquetes de 2.8 MB, lançado nos anos 90, que acabou não pegando.



O PC era monotarefa, de forma que para carregar outro programa, você precisava primeiro encerrar o primeiro e trocar o disquete dentro do drive. O segundo drive de disquetes era um item extremamente popular (e necessário), pois os disquetes de 5¼ eram extremamente frágeis e a mídia se degradava com o tempo, de forma que você precisava copiar os discos freqüentemente.

Conforme foram sendo lançados PCs com mais memória RAM, surgiu o "macete" de criar um ramdisk (um pedaço da memória RAM usado como se fosse um HD) e usá-lo para

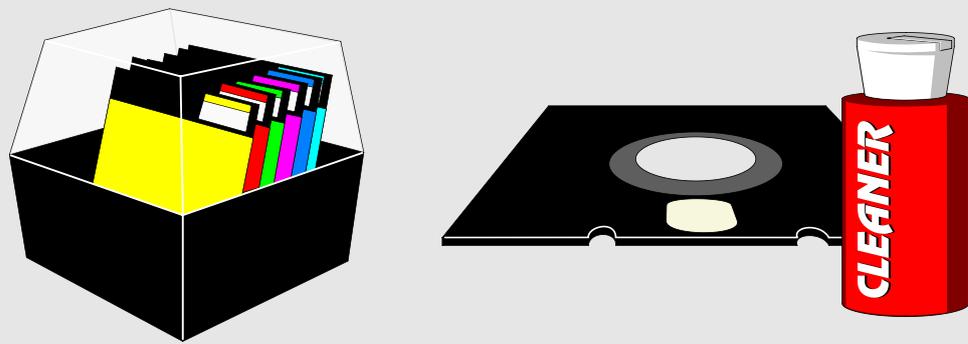
copiar disquetes sem precisar de um segundo drive :). Também era comum aparecerem versões "capadas" dos principais programas, com componentes e bibliotecas desativados ou removidos, de forma a rodar nos PCs com menos memória RAM. Naquela época, ainda não existia memória swap, de forma que se você não tivesse memória suficiente, os programas simplesmente não rodavam.

O sistema operacional usado no PC original era o MS-DOS 1.0 (na época ainda chamado de PC-DOS), que foi desenvolvido às pressas pela Microsoft com base num sistema operacional mais simples, chamado QDOS, comprado da Seattle Computers, uma pequena empresa desenvolvedora de sistemas. Na verdade, a Microsoft foi a segunda opção da IBM, depois de ter sua proposta de licença recusada pela Digital Research, que na época desenvolvia versões do seu CP/M para várias arquiteturas diferentes.

Na época, a IBM acreditava que ganharia dinheiro vendendo as máquinas e não vendendo sistemas operacionais e softwares, o que era considerado um negócio menor, dado de bandeja para a Microsoft.

Com o passar do tempo, os executivos da IBM se arrependeram amargamente da decisão, pois a concorrência entre os diversos fabricantes derrubou os preços e as margens de lucro dos PCs, enquanto a Microsoft conseguiu atingir um quase monopólio do sistema operacional para eles e, sem concorrentes de peso, passou a trabalhar com margens de lucro cada vez maiores.

Um fabricante de memórias, como a Micron, trabalha normalmente com margens de lucro abaixo de 1%.



Conseguem ganhar dinheiro apenas por venderem quantidades muito grandes. Um integrador como a Dell trabalha com margens de 3 a 5% (e leva prejuízo às vezes, nas unidades que ficam muito tempo em estoque ou não vendem), enquanto a Microsoft (mesmo com toda a pirataria)

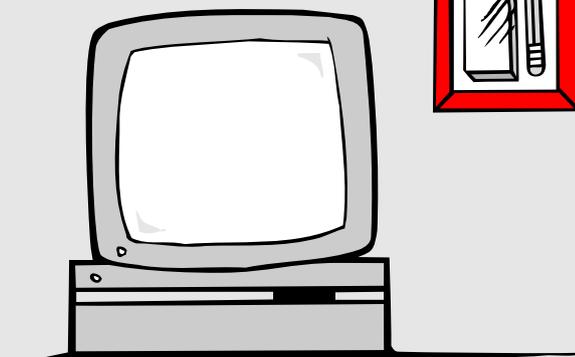
trabalha com margens superiores a 80% vendendo o Windows e Office; um negócio da China :).

Hoje em dia, a IBM sequer fabrica PCs. Mesmo os famosos notebooks IBM Thinkpad são agora fabricados e vendidos pela Lenovo, uma empresa chinesa que comprou os direitos sobre a marca em 2000.

Voltando à história, dois anos depois foi lançado o PC XT, que apesar de continuar usando o 8088 de 4.77 MHz, vinha bem mais incrementado, com 256 KB de RAM, disco rígido de 10 MB, monitor CGA e o MS-DOS 2.0. O XT se tornou um computador bastante popular e chegou a ser fabricado no Brasil, durante a reserva de mercado. Enquanto os americanos já usavam muitos 386, os clones tupiniquins do XT eram a última palavra em tecnologia aqui no Brasil...

Depois do XT, o próximo passo foi o PC AT (lançado em 1984), já baseado no Intel 286. Na verdade, o processador 286 foi lançado em Fevereiro de 1982, apenas 6 meses após a IBM ter lançado o seu primeiro PC, porém, demorou até que a IBM conseguisse desenvolver um computador baseado nele, pois foi preciso desenvolver toda uma nova arquitetura. Da placa de vídeo ao gabinete, praticamente tudo foi mudado, o que

Em caso de emergência,
quebre o vidro



somado à burocracia e a longos períodos de testes antes do lançamento, levou mais de 2 anos.

Atualmente, o período de desenvolvimentos dos periféricos é muito mais curto. Quase sempre quando um novo processador é lançado, já temos placas mãe para ele disponíveis quase que imediatamente, pois o desenvolvimento é feito de forma simultânea.



O PC AT vinha com um processador 286 de 6 MHz (depois surgiram versões mais rápidas, de 8, 12 e até 16 MHz),

HD de 10 MB, monitor EGA (640x350, com 64 cores) e já usava disquetes de 5¼ de 1.2 MB. Como a memória RAM ainda era um item muito caro, existiam versões com de 256 a 2 MB de RAM. Embora fosse extremamente raro usar mais de 2 MB, existia a possibilidade de instalar até 16 MB.

O processador 286 trouxe vários avanços sobre o 8088. Ele utilizava palavras binárias de 16 bits tanto interna quanto externamente, o que permitia o uso de periféricos de 16 bits, muito mais avançados do que os usados no PC original e no XT. O custo dos periféricos desta vez não chegou a ser um grande obstáculo, pois enquanto o PC AT estava sendo desenvolvido, eles já podiam ser encontrados com preços mais acessíveis.

Para manter compatibilidade com os periféricos de 8 bits usados no PC original e no XT, a IBM desenvolveu os slots ISA de 16 bits, que permitem usar tanto placas de 8 bits, quanto de 16 bits. As placas de 8 bits são menores, e usam apenas a primeira série de pinos do slot, enquanto as placas de 16 bits

usam o slot completo. Devido à sua popularidade, o barramento ISA continuou sendo usado por muito tempo. Em 2004 (10 anos depois do lançamento do PC AT) ainda era possível encontrar placas mãe novas com slots ISA, embora atualmente eles estejam extintos.



Slots ISA

O principal avanço trazido pelo 286 são seus dois modos de operação, batizados de “Modo Real” e “Modo Protegido”. No modo real, o 286 se comporta exatamente como um 8086 (apesar de mais rápido), oferecendo total compatibilidade com os programas já existentes. Já no modo protegido, ele manifesta todo o seu potencial, incorporando funções mais avançadas, como a capacidade de acessar até 16 MB de memória RAM (apesar de ser um processador de 16 bits, o 286 usa um sistema de endereçamento de memória de 24 bits), multitarefa, memória virtual em disco e proteção de memória.

Assim que ligado, o processador opera em modo real, e com uma instrução especial, passa para o modo protegido. O problema é que trabalhando em modo protegido, o 286 deixava de ser compatível com os programas escritos para o modo real, inclusive com o próprio MS-DOS. Para piorar, o 286 não possuía nenhuma instrução que fizesse o processador voltar ao modo real, o que era possível apenas resetando o micro. Isso significa que um programa escrito para rodar em modo protegido, não poderia usar nenhuma das rotinas de acesso a dispositivos do MS-DOS, tornando inacessíveis o disco rígido, placa

de vídeo, drive de disquetes memória, etc., a menos que fossem desenvolvidas e incorporadas ao programa todas as rotinas de acesso a dispositivos necessárias.

Isso era completamente inviável para os desenvolvedores, pois para projetar um simples jogo, seria praticamente preciso desenvolver todo um novo sistema operacional. Além disso, o programa desenvolvido rodaria apenas em micros equipados com processadores 286, que ainda eram minoria na época, tendo um público alvo muito menor. De fato, apenas algumas versões do UNIX e uma versão do OS/2 foram desenvolvidas para utilizar o modo protegido do 286.

Basicamente, os micros baseados no 286 eram usados para rodar aplicativos de modo real, que também podiam ser executados em um XT, aproveitando apenas a maior velocidade do 286.

Devido às várias mudanças na arquitetura, destacando o acesso mais rápido à memória e alterações no conjunto de instruções do processador, que permitiam realizar muitas operações de maneira mais rápida e eficiente, um 286 consegue ser quase 4 vezes mais rápido que um 8088 do mesmo clock.

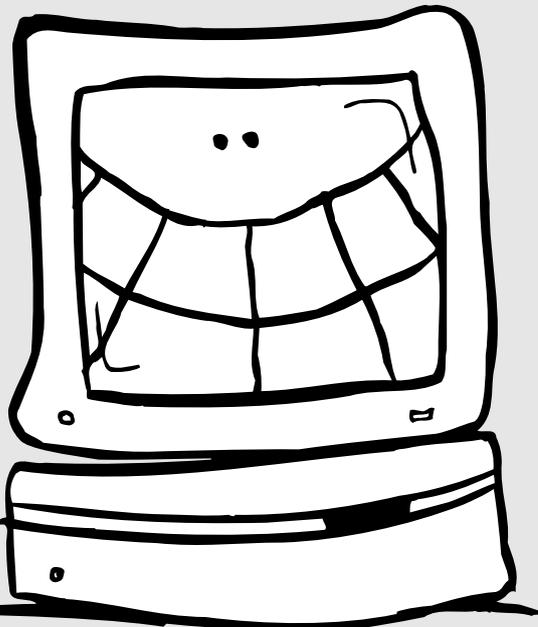
Em outubro de 1985 a Intel lançou o 386, que marcou o início dos tempos modernos. Ele trouxe vários recursos novos. Para começar, o 386 trabalha tanto interna quanto externamente com palavras de 32 bits e é capaz de acessar a memória usando um barramento de 32 bits, permitindo uma transferência de dados duas vezes maior. Como o 386 pode trabalhar com palavras binárias de 32 bits, é possível acessar até 4 GB de memória (2 elevado à 32ª potência), mesmo sem usar a segmentação de endereços, como no 8088.

Assim como o 286, o 386 continua possuindo os dois modos de operação. A diferença é que no 386 já é possível alternar entre o modo real e o modo protegido livremente. Os programas que rodavam sobre DOS, podiam chavear o

processador para o modo protegido, para beneficiar-se de suas vantagens e voltar ao modo real sempre que precisavam usar alguma sub-rotina do DOS, de maneira transparente ao usuário. Neste caso, era usado um programa de DPML ("DOS Protected Mode Interface", ou "interface DOS de modo protegido") para fazer o chaveamento entre os dois modos.

Toda vez que o programa precisava usar alguma sub-rotina do DOS, ele passava o comando ao chaveador e ficava esperando. O chaveador por sua vez, colocava o processador em modo real, executa o comando, chaveava o processador para o modo protegido e entregava o resultado ao aplicativo, que continuava trabalhando como se nada tivesse acontecido. Um bom exemplo de programa de DPML é o DOS4GW, que é usado por muitos jogos antigos que rodam sobre o MS-DOS, como o DOOM, Sim City 2000 e vários emuladores de video-games.

O esquema de chaveamento também era utilizado pelo Windows 3.x, que incluía todas



as rotinas necessárias, dispensando qualquer programa de DPMI. O Windows 95/98 também pode chavear para o modo real caso precise carregar algum driver de dispositivo de modo real. No Windows XP os programas DOS passaram a ser executados dentro de um emulador (ao invés de nativamente), o que reduziu a compatibilidade do sistema.

Ter um processador 386 é o requisito mínimo para rodar qualquer sistema operacional moderno. Com um 386, memória RAM e espaço em disco suficiente, você pode rodar o Windows 95 e aplicativos, embora bem lentamente devido à pouca potência do processador. Você pode também instalar distribuições Linux antigas e (usando algum truque para burlar a detecção da configuração mínima para rodar o sistema), até mesmo instalar o Windows 98.

Com um simples 286, no máximo você poderia rodar o DOS e aplicativos mais simples, que trabalhem somente com o modo real. Também era possível rodar o Windows 3.0, porém em modo "Standard", onde é

possível acessar todos os 16 MB de memória permitidos pelo 286, mas sem memória virtual nem multitarefa.

Apenas o Athlon 64 e os processadores Intel com o EM64 (o conjunto de instruções compatíveis com os processadores de 64 bits da AMD), vieram a quebrar esta compatibilidade histórica. Os processadores de 64 bits atuais são perfeitamente compatíveis com os aplicativos de 32 bits, mas programas otimizados para eles não rodam mais nas máquinas antigas. Embora mais suave e gradual, estamos assistindo a uma migração similar à que ocorreu na transição do 286 para o 386.

Voltando ao lançamento do 386, embora o processador tenha sido lançado em 1985, a IBM só foi capaz de lançar um PC baseado nele em 1987, dando tempo para a Compaq sair na frente. Este foi um verdadeiro marco pois, de repente, as companhias perceberam que não eram mais obrigadas a seguir a IBM. Qualquer um que tivesse tecnologia suficiente poderia sair na frente, como fez a Compaq. A partir daí, a

IBM começou a gradualmente perder a liderança do mercado, tornando-se apenas mais um entre inúmeros fabricantes de PCs.

Naturalmente, a Apple não ficou sentada durante este tempo todo. Além de continuar aperfeiçoando a linha Apple II, a empresa começou a investir pesadamente no desenvolvimento de computadores com interface gráfica e mouse. A "inspiração" surgiu numa visita de Steve Jobs ao laboratório da Xerox, onde computadores com interface gráfica eram desenvolvidos desde a década de 70 (embora sem sucesso comercial, devido ao custo proibitivo).

Em 1983, eles apareceram com uma grande novidade, o Lisa. Em sua configuração original, o Lisa vinha equipado com um processador Motorola 68000 de 5 MHz, 1 MB de memória RAM, dois drives de disquete de 5¼ de alta densidade (eram usados discos de 871 KB), HD de 5 MB e um monitor de 12 polegadas, com resolução de 720 x 360. Era uma configuração muito melhor do que os PCs da época, sem falar que o Lisa já usava uma interface gráfica bastante elaborada e contava com uma suíte de aplicativos de escritório à lá Office. O problema era o preço: 10.000 dólares da época (suficiente para comprar 5 Pcs).



Embora não houvesse nada melhor no mercado, o Lisa acabou não atingindo o sucesso esperado. No total, foram produzidas cerca de 100.000 unidades em dois anos, porém a maior parte delas vendidas com grandes descontos, muitas vezes abaixo do preço de custo (como um lote de 5.000 unidades vendido para a Sun em 1987, depois que o Lisa já havia sido descontinuado). Como a Apple investiu aproximadamente US\$ 150 milhões no desenvolvimento do Lisa, a conta acabou ficando no vermelho.

Apesar disso, o desenvolvimento do Lisa serviu de base para o Macintosh, um computador mais simples, lançado em 1984. Este sim fez um

grande sucesso, chegando a ameaçar o império dos PCs. A configuração era similar à dos PCs da época, com um processador de 8 MHz, 128 KB de memória e um monitor de 9 polegadas. A grande arma do Macintosh era o MacOS 1.0 (derivado do sistema operacional do Lisa, porém otimizado para consumir muito menos memória), um sistema inovador de vários pontos de vista.

Ao contrário do MS-DOS ele era inteiramente baseado no uso da interface gráfica e mouse, o que o tornava muito mais fácil de ser operado. O MacOS continuou evoluindo e incorporando novos recursos, mas sempre mantendo a mesma ideia de interface amigável

Depois do Mac original, chamado apenas de "Macintosh", a Apple lançou um modelo atualizado, com 512 KB de memória RAM. Para diferenciá-lo do primeiro, a Apple passou a chamá-lo de Macintosh 512k. O modelo antigo continuou sendo vendido até outubro de 1985 como uma opção de baixo custo, passando a ser chamado de Macintosh 128k.

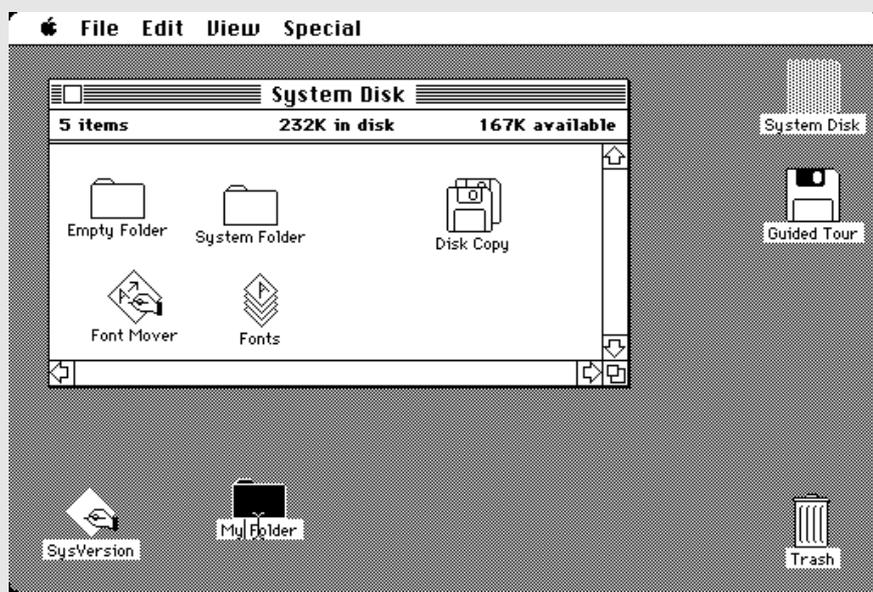
Pouco tempo depois foi lançado o Mac Rescue, uma placa de expansão que ampliava os 128 ou 512k de memória para 4 MB (algo assustador para a época) e dava "de brinde" um ramdisk de 2 MB para armazenamento de arquivos e programas (as primeiras versões do Mac não possuíam HD). O Mac já utilizava um recurso de hibernação, de forma que muita gente nunca desligava o aparelho, apenas o colocava pra dormir, preservando os dados do ramdisk. Embora fosse um upgrade muito bem vindo, o Mac Rescue não foi muito popular, pois era caro demais.

Neste meio tempo, a Microsoft teve tempo de desenvolver a primeira versão do Windows, anunciada em novembro de 1983. Ao contrário do MacOS, o Windows 1.0 era uma interface bastante primitiva, que fez pouco sucesso.

Ele rodava sobre o MS-DOS e podia executar tanto aplicativos for Windows quanto os programas para MS-DOS. O problema era a memória.

Os PCs da época vinham com quantidades muito pequenas de memória RAM e na época ainda não existia a possibilidade de usar memória virtual (que viria a ser suportada apenas a partir do 386). Para rodar o Windows, era preciso primeiro carregar o MS-DOS. Os dois juntos já consumiam praticamente toda a memória de um PC básico da época. Mesmo nos PCs mais parrudos não era possível rodar muitos aplicativos ao mesmo tempo, novamente por falta de memória.

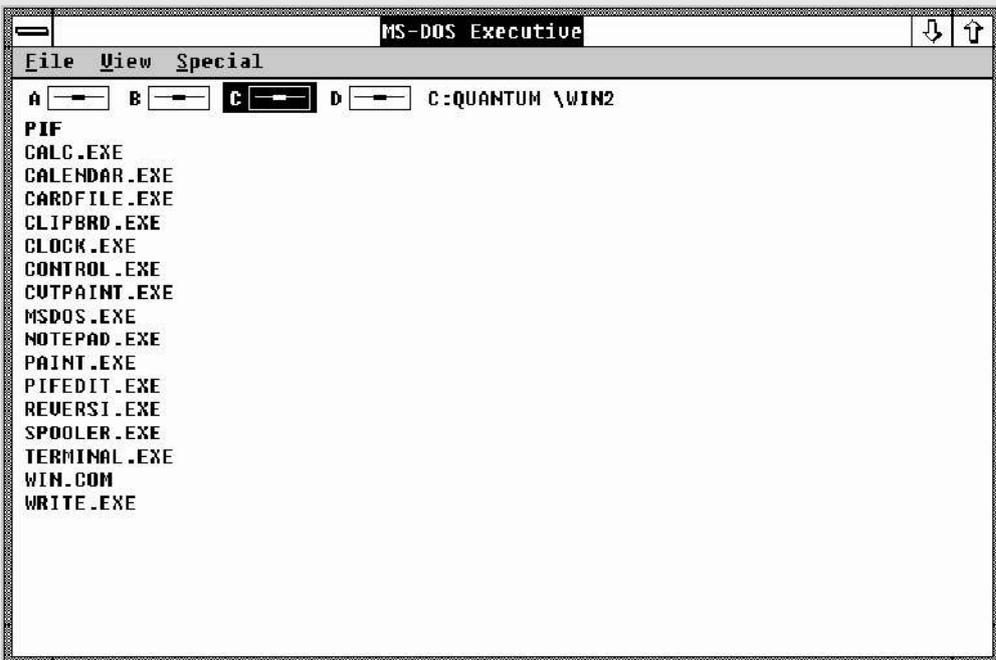
Como os aplicativos for Windows eram muito raros na época, poucos usuários viram necessidade de utilizar o Windows para rodar os mesmos aplicativos que rodavam (com muito



MacOS 1.0

mais memória disponível...) no MS-DOS. Sem contar que a versão inicial do Windows era bastante lenta e tinha vários bugs.

O Windows começou a fazer algum sucesso na versão 2.1, quando os micros 286 com 1 MB ou mais de memória já eram comuns. Com uma configuração mais poderosa, mais memória RAM e mais aplicativos, finalmente começava a fazer sentido rodar o Windows. O sistema ainda tinha vários bugs e travava com frequência, mas alguns usuários começaram a migrar para ele.



Windows 2.0

O Windows emplacou mesmo a partir da versão 3.11. Ele era relativamente leve, mesmo para os PCs da época e já suportava o uso de memória virtual, que permitia abrir vários programas, mesmo que a memória RAM se esgotasse. Já existiam também

vários aplicativos for Windows e os usuários tinham a opção de voltar para o MS-DOS quando desejassem.

Foi nesta época que os PCs começaram a recuperar o terreno perdido para os Macintoshs da Apple. Convenhamos, o Windows 3.11 travava com muita frequência, mas tinha muitos aplicativos e os PCs eram mais baratos que os Macs.

Na época começaram a surgir os primeiros concorrentes para o Windows, como o OS/2 da IBM.

Desde o início da era PC, a Microsoft e a IBM vinham trabalhando juntas no desenvolvimento do MS-DOS e outros programas para a plataforma PC. Mas, em 1990 a IBM e a Microsoft se desentenderam e cada uma ficou com uma parte do trabalho feito, com o qual tentaram tomar a liderança do mercado de sistemas operacionais.

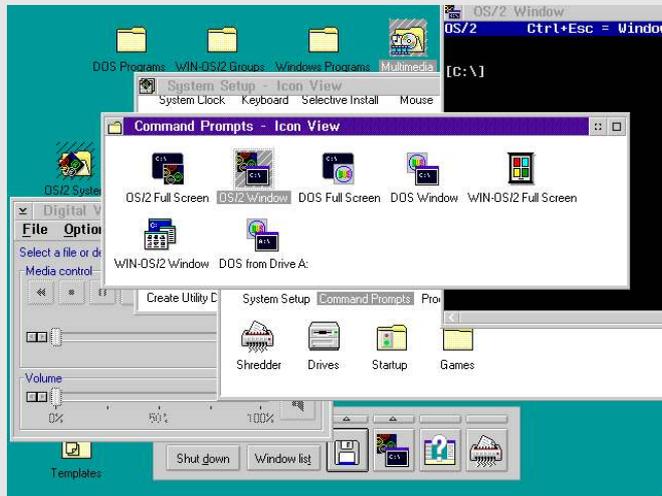
Alguns brincam que a IBM ficou com a parte que funciona e a Microsoft com o resto, mas a verdade é que apesar do OS/2 da IBM ser tecnicamente superior ao Windows 95, foi o

sistema das janelas quem levou a melhor, pois era mais fácil de usar e contava com a familiaridade dos usuários com o Windows 3.1, enquanto a IBM derrapava numa combinação de falta de investimento, falta de marketing e falta de apoio aos desenvolvedores.

Inicialmente, o OS/2 era incompatível com os softwares desenvolvidos para o Windows, o que era um grande empecilho, já que o Windows era muito mais popular entre os desenvolvedores. Depois de muita negociação, a IBM conseguiu um acordo com a Microsoft, que permitia que o OS/2 executasse o Windows 3.11 dentro de uma máquina virtual, oferecendo compatibilidade com seus programas. Entretanto, o tiro acabou saindo pela culatra, pois desestimulou ainda mais o desenvolvimento de aplicativos nativos para o OS/2, fazendo com que ele acabasse concorrendo (em desvantagem) com o Windows em seu próprio território. Rodar programas windows dentro do OS/2 era muito mais problemático e o desempenho era inferior,

fazendo com que mais e mais usuários preferissem usar o Windows diretamente.

Embora esteja oficialmente morto, o OS/2 ainda é utilizado por algumas empresas e alguns grupos de entusiastas. Em 2005 a Serenity comprou os direitos sobre o sistema, dando origem ao eComStation, um sistema comercial disponível no <http://www.ecomstation.com/>.



OS/2 Warp 3

Um sistema muito mais bem sucedido, que começou a ser desenvolvido no início da década de 90 é o Linux, que todos já conhecemos. O Linux tem a vantagem de ser um sistema aberto, que atualmente conta com a colaboração de milhares de desenvolvedores voluntários espalhados pelo globo, além do apoio de empresas de peso, como a IBM. Mas, no começo o sistema era muito mais complicado que as distribuições atuais e não contava com as interfaces gráficas exuberantes que temos hoje em dia. Embora o Linux seja forte em servidores desde o final da década de 1990, usar Linux em desktops é algo relativamente recente.

Voltando ao lado negro da força, a Microsoft continuou melhorando seu sistema ao longo da década de 1990. Foram

lançados o Windows 95, depois o 98 e finalmente ME, com todos os problemas que conhecemos mas com a boa e velha interface fácil de usar e uma grande safra de aplicativos que garantiram a manutenção e crescimento da popularidade do sistema.

Paralelamente, a Microsoft desenvolvia uma família de sistemas Windows destinadas a servidores, o Windows NT, que chegou até a versão 4, antes de ser transformado no Windows 2000.

Em seguida, as duas famílias Windows fundiram-se no Windows XP, um sistema destinado tanto ao uso doméstico quanto em estações de trabalho e servidores, que é bem mais estável que o 98 e ME, por ser baseado no NT. O XP foi aperfeiçoado ao longo dos anos seguintes, dando origem ao Vista.

A Apple por sua vez, passou por duas grandes revoluções. A primeira foi a migração do MacOS antigo para o OS X, que por baixo da interface polida, é um sistema Unix, derivado do BSD. A segunda aconteceu em 2005, quando a Apple anunciou a migração de toda a sua

linha de desktops e notebooks para processadores Intel.



Mac OS X

Do ponto de vista do hardware, os Macs atuais não são muito diferentes dos PCs, você pode inclusive rodar Windows e Linux através do boot camp. Entretanto, só os Macs são capazes de rodar o Mac OS X, devido ao uso do EFI, um firmware especial, que substitui o BIOS da placa mãe.

Esta combinação permitiu que a Apple se beneficiasse da redução de custo nos processadores e outros componentes para micros PCs, mas ao mesmo tempo conservasse seu principal diferencial, que é o software.

E a história continua... ;)