O computador de Stibbitz, embora mais primitivo do que o de Atanasoff, funcionou de verdade. Stibbitz fez uma grande demonstração pública de sua máquina durante uma conferência no Dartmouth College em 1940. Uma dos presentes era John Mauchley, desconhecido professor de física da Universidade da Pensilvânia. Mais tarde, o mundo da computação ouviria mais a respeito do professor Mauchley.

Enquanto Zuse, Stibbitz e Atanasoff projetavam calculadoras automáticas, um jovem chamado Howard Aiken remoía tediosos cálculos numéricos à mão como parte de sua pesquisa de doutorado em Harvard. Depois de concluído o doutorado, Aiken reconheceu a importância de fazer cálculos à máquina. Foi à biblioteca, descobriu o trabalho de Babbage e decidiu construir com relés o computador de uso geral que ele não tinha conseguido construir com rodas dentadas.

A primeira máquina de Aiken, a Mark I, foi concluída em Harvard em 1944. Tinha 72 palavras de 23 algarismos decimais cada e um tempo de instrução de 6 s. A entrada e a saída usavam fita de papel perfurada. Quando Aiken concluiu o sucessor dessa máquina, a Mark II, os computadores de relés já eram obsoletos. A era eletrônica tinha começado.

1.2.2 A primeira geração – válvulas (1945–1955)

O estímulo para o computador eletrônico foi a Segunda Guerra Mundial. Durante a fase inicial do conflito, submarinos alemães causavam estragos em navios britânicos. As instruções de comando dos almirantes em Berlim eram enviadas aos submarinos por rádio, as quais os britânicos podiam interceptar – e interceptavam. O problema era que as mensagens eram codificadas usando um dispositivo denominado **ENIGMA**, cujo antecessor foi projetado pelo inventor amador e outrora presidente dos Estados Unidos, Thomas Jefferson.

Logo no início da guerra, a inteligência britânica conseguiu adquirir uma máquina ENIGMA da inteligência polonesa, que a tinha roubado dos alemães[2]. Contudo, para decifrar uma mensagem codificada era preciso uma quantidade enorme de cálculos e, para a mensagem ser de alguma utilidade, era necessário que esse cálculo fosse concluído logo depois de ela ter sido interceptada. Para decodificar essas mensagens, o governo britânico montou um laboratório ultrassecreto que construiu um computador eletrônico denominado COLOSSUS. O famoso matemático britânico Alan Turing ajudou a projetar essa máquina. Esse computador funcionava desde 1943, mas, uma vez que o governo britânico guardou praticamente todos os aspectos do projeto como segredo militar durante 30 anos, a linha COLOSSUS foi um beco sem saída. Só vale a pena citá-lo por ter sido o primeiro computador digital eletrônico do mundo.

Além de destruir as máquinas de Zuse e estimular a construção do COLOSSUS, a guerra também afetou a computação nos Estados Unidos. O exército precisava de tabelas de alcance visando sua artilharia pesada, e as produzia contratando centenas de mulheres para fazer os cálculos necessários com calculadoras de mão (as mulheres eram consideradas mais precisas que os homens). Ainda assim, o processo era demorado e surgiam erros com frequência.

John Mauchley, que conhecia o trabalho de Atanasoff, bem como o de Stibbitz, sabia que o exército estava interessado em calculadoras mecânicas. Como muitos cientistas da computação que vieram depois dele, Mauchley montou uma proposta solicitando ao exército financiamento para a construção de um computador eletrônico. A proposta foi aceita em 1943, e Mauchley e seu aluno de pós-graduação, J. Presper Eckert, passaram a construir um computador eletrônico, ao qual deram o nome de **ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer – integrador e computador numérico eletrônico)**. O ENIAC consistia em 18 mil válvulas e 1.500 relés, pesava 30 toneladas e consumia 140 kw de energia. Em termos de arquitetura, a máquina tinha 20 registradores, cada um com capacidade para conter um número decimal de 10 algarismos. (Um registrador decimal é uma memória muito pequena que pode conter desde um número até outro número máximo de casas decimais, mais ou menos como o odômetro, que registra quanto um carro rodou em seu tempo de vida útil.) O ENIAC era programado com o ajuste de até 6 mil interruptores multiposição e com a conexão de uma imensa quantidade de soquetes com uma verdadeira floresta de cabos de interligação.

2 N. do RT: Antes da guerra, os alemães vendiam uma versão comercial da ENIGMA com três engrenagens, modelo igual ao que os poloneses passaram aos ingleses. A versão militar possuía quatro engrenagens. Em: Stephen Budiansky. *Battle of Wits – The complete story of codebreaking in World War II*. Penguin Books Ltd.: Londres, 2000.

A construção da máquina só foi concluída em 1946, tarde demais para ser de alguma utilidade em relação a seu propósito original. Todavia, como a guerra tinha acabado, Mauchley e Eckert receberam permissão para organizar um curso de verão para descrever seu trabalho para seus colegas cientistas. Aquele curso de verão foi o início de uma explosão de interesse na construção de grandes computadores digitais.

Após aquele curso de verão histórico, outros pesquisadores se dispuseram a construir computadores eletrônicos. O primeiro a entrar em operação foi o EDSAC (1949), construído na Universidade de Cambridge por Maurice Wilkes. Entre outros, figuravam JOHNNIAC, da Rand Corporation; o ILLIAC, da Universidade de Illinois; o MANIAC, do Los Alamos Laboratory; e o WEIZAC, do Weizmann Institute em Israel.

Eckert e Mauchley logo começaram a trabalhar em um sucessor, o **EDVAC** (**Electronic Discrete Variable Automatic Computer**). Contudo, o projeto ficou fatalmente comprometido quando eles deixaram a Universidade da Pensilvânia para fundar uma empresa nova, a Eckert-Mauchley Computer Corporation, na Filadélfia. (O Vale do Silício ainda não tinha sido inventado.) Após uma série de fusões, a empresa se tornou a moderna Unisys Corporation.

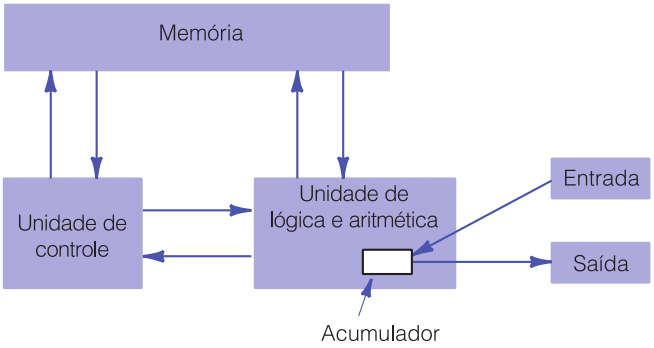
Como um aporte legal, Eckert e Mauchley solicitaram uma patente alegando que haviam inventado o computador digital. Em retrospecto, possuir essa patente não seria nada mau. Após anos de litígio, o tribunal decidiu que a patente de Eckert-Mauchley era inválida e que John Atanasoff tinha inventado o computador digital, embora nunca o tivesse patenteado, colocando efetivamente a invenção em domínio público.

Enquanto Eckert e Mauchley trabalhavam no EDVAC, uma das pessoas envolvidas no projeto ENIAC, John von Neumann, foi para o Institute of Advanced Studies de Princeton para construir sua própria versão do EDVAC, a **máquina IAS**. Von Neumann era um gênio, da mesma estirpe de Leonardo da Vinci. Falava muitos idiomas, era especialista em ciências físicas e matemática e guardava na memória tudo o que já tinha ouvido, visto ou lido. Conseguia citar sem consulta, palavra por palavra, o texto de livros que tinha lido anos antes. Na época em que se interessou por computadores, já era o mais eminente matemático do mundo.

Uma das coisas que logo ficou óbvia para ele foi que programar computadores com quantidades imensas de interruptores e cabos era uma tarefa lenta, tediosa e inflexível. Ele percebeu que o programa podia ser representado em forma digital na memória do computador, junto com os dados. Também viu que a desajeitada aritmética decimal serial usada pelo ENIAC, com cada dígito representado por 10 válvulas (1 acesa e 9 apagadas), podia ser substituída por aritmética binária paralela, algo que Atanasoff tinha percebido anos antes.

O projeto básico, o primeiro que ele descreveu, agora é conhecido como **máquina de von Neumann.** Ela foi usada no EDSAC, o primeiro computador de programa armazenado, e agora, mais de meio século depois, ainda é a base de quase todos os computadores digitais. Esse projeto – e a máquina IAS, construída em colaboração com Herman Goldstine – teve uma influência tão grande que vale a pena descrevê-lo rapidamente. Embora o nome de von Neumann esteja sempre ligado a esse projeto, Goldstine e outros também lhe deram grande contribuição. Um esboço da arquitetura é dado na Figura 1.5.

Figura 1.5 Máquina original de von Neumann.



A máquina de von Neumann tinha cinco partes básicas: a memória, a unidade de lógica e aritmética, a unidade de controle e o equipamento de entrada e saída. A memória consistia em 4.096 palavras, uma palavra contendo 40 bits, cada bit sendo 0 ou 1. Cada palavra continha ou duas instruções de 20 bits ou um inteiro de 40 bits com sinal. As instruções tinham 8 bits dedicados a identificar o tipo da instrução e 12 bits para especificar uma das 4.096 palavras de memória. Juntas, a unidade de lógica e aritmética e a unidade de controle formavam o "cérebro" do computador. Em computadores modernos, elas são combinadas em um único chip, denominado **CPU (Central Processing Unit – unidade central de processamento)**.

Dentro da unidade de lógica e aritmética havia um registrador interno especial de 40 bits, denominado **acumulador**. Uma instrução típica adicionava uma palavra de memória ao acumulador ou armazenava o conteúdo deste na memória. A máquina não tinha aritmética de ponto flutuante porque von Neumann achava que qualquer matemático competente conseguiria acompanhar o ponto decimal (na verdade, o ponto binário) de cabeça.

Mais ou menos ao mesmo tempo em que von Neumann construía sua máquina IAS, pesquisadores do MIT também estavam construindo um computador. Diferente do IAS, do ENIAC e de outras máquinas desse tipo, cujas palavras tinham longos comprimentos e eram destinadas a cálculos numéricos pesados, a máquina do MIT, a Whirlwind I, tinha uma palavra de 16 bits e era projetada para controle em tempo real. Esse projeto levou à invenção da memória de núcleo magnético por Jay Forrester e, depois, por fim, ao primeiro minicomputador comercial.

Enquanto tudo isso estava acontecendo, a IBM era uma pequena empresa dedicada ao negócio de produzir perfuradoras de cartões e máquinas mecânicas de classificação de cartões. Embora tenha contribuído para o financiamento de Aiken, a IBM não estava muito interessada em computadores até que produziu o 701 em 1953, muito tempo após a empresa de Eckert e Mauchley ter alcançado o posto de número um no mercado comercial, com seu computador UNIVAC. O 701 tinha 2.048 palavras de 36 bits, com duas instruções por palavra. Foi o primeiro de uma série de máquinas científicas que vieram a dominar o setor dentro de uma década. Três anos mais tarde, apareceu o 704 que, de início, tinha 4.096 palavras de memória de núcleos, instruções de 36 bits e uma inovação: hardware de ponto flutuante. Em 1958, a IBM começou a produzir sua última máquina de válvulas, a 709, que era basicamente um 704 incrementado.

1.2.3 A segunda geração – transistores (1955–1965)

O transistor foi inventado no Bell Labs em 1948 por John Bardeen, Walter Brattain e William Shockley, pelo qual receberam o Prêmio Nobel de física de 1956. Em dez anos, o transistor revolucionou os computadores e, ao final da década de 1950, os computadores de válvulas estavam obsoletos. O primeiro computador transistorizado foi construído no Lincoln Laboratory do MIT, uma máquina de 16 bits na mesma linha do Whirlwind I. Recebeu o nome de **TX-0** (**Transistorized eXperimental computer 0 – computador transistorizado experimental 0**), e a intenção era usá-la apenas como dispositivo para testar o muito mais elegante TX-2.

O TX-2 nunca foi um grande sucesso, mas um dos engenheiros que trabalhava no laboratório, Kenneth Olsen, fundou uma empresa, a Digital Equipment Corporation (DEC), em 1957, para fabricar uma máquina comercial muito parecida com o TX-0. Quatro anos se passaram antes que tal máquina, o PDP-1, aparecesse, principalmente porque os investidores de risco que fundaram a DEC estavam convictos de que não havia mercado para computadores. Afinal, T. J. Watson, antigo presidente da IBM, certa vez dissera que o mercado mundial de computadores correspondia a cerca de quatro ou cinco unidades. Em vez de computadores, a DEC vendia pequenas placas de circuitos.

Quando o PDP-1 finalmente apareceu em 1961, tinha 4.096 palavras de 18 bits e podia executar 200 mil instruções por segundo. Esse desempenho era a metade do desempenho do IBM 7090, o sucessor transistorizado do 709 e o computador mais rápido do mundo na época. O PDP-1 custava 120 mil dólares; o 7090 custava milhões. A DEC vendeu dezenas de PDP-1s, e nascia a indústria de minicomputadores.

Um dos primeiros PDP-1s foi dado ao MIT, onde logo atraiu a atenção de alguns novos gênios em aprimoramento tão comuns ali. Uma das muitas inovações do PDP-1 era um visor e a capacidade de plotar pontos em qualquer lugar de sua tela de 512 por 512. Em pouco tempo, os estudantes já tinham programado o PDP-1 para jogar Spacewar, e o mundo teria ganhado seu primeiro videogame.

Tanenbaum • Austin

Organização estruturada de computadores

6ª EDIÇÃO

ALWAYS LEARNING

PEARSON