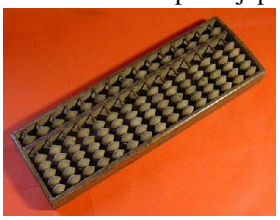
Introdução à Computação Digital

0. Visão Histórica

0.1 Instrumentos de cálculo

- **Ábacos**: datam de 3000 a.C. (Babilônia) e são capazes de resolver adições, subtrações, multiplicações e divisões com até 13 casas;
- **Soroban**: é o nome dado pelos japoneses ao ábaco de origem chinesa.



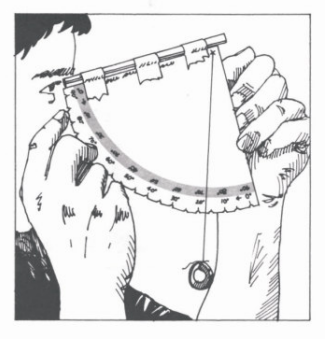
Outros instrumentos de cálculo

- Quadrante: instrumento para cálculo astronômico
- Mecanismo Antikythera: descoberto em 1901 em um velho barco grego na Ilha de Antikythera e constituído por engrenagens de metal e por ponteiros, já apontava para uma mecanização do cálculo de grandezas temporais
- Réguas de Cálculo: datam de 1630

Quadrante (medida de latitude)

- Quando se encontravam no hemisfério norte, desfrutando da visibilidade da Estrela Polar, os navegadores portugueses utilizavam o quadrante para calcular a latitude a partir desta estrela, uma vez que, em primeira aproximação, a sua altura é igual à latitude do lugar de observação. Para simular este processo, basta localizar a Estrela Polar e efetuar a medição da sua altura com o quadrante.

(http://astro.oal.ul.pt/oobservatorio/vol12/n1/pagina4.html)



Mecanismo Antikythera

- Confeccionado aproximadamente em 2 a.C., esse verdadeiro planetário de bolso está exposto no Museu de Arqueologia de Atenas.
- Funcionamento: de um lado está um eixo que, quando gira, põe em movimento os ponteiros de todas as escalas a velocidades diferentes. Os ponteiros estão protegidos por tampos móveis, de bronze, sobre os quais existem longas inscrições.
- O professor americano Solla Price interpretou o aparelho como uma espécie de 'computador', que poderia calcular os movimentos da Lua, do Sol e dos planetas.

Mecanismo Antikythera – cont.

- A Máquina de Antikythera não deixa dúvidas de que, durante a Antigüidade, trabalhavam mecânicos de precisão de primeira classe. Além disso, o mecanismo é tão complicado que, provavelmente, não era o primeiro modelo da espécie. Mas fica uma dúvida:...na época de Cristo ainda não existia a concepção de um céu com estrelas fixas, em movimento aparente, como conseqüência da rotação da Terra.

Fontes:

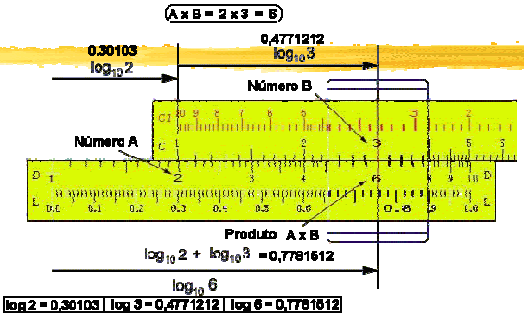
http://www.sobrenatural.org/Site/Arqueologia/Antikythera/Introducao.asp

http://www.imagick.org.br/pagmag/Mystery/myst08.html

http://www.world-mysteries.com/sar_4.htm

texto no TelEduc – Material de Apoio

Régua de Cálculo

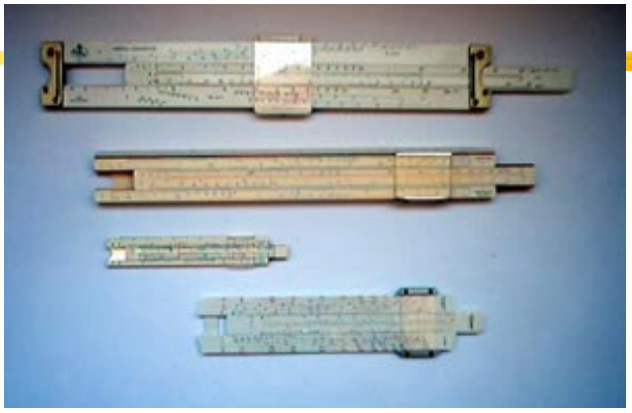


É o calculador analógico conhecido com maior longevidade.

Em 1614, John Napier descobriu os logaritmos que tornaram possível executar multiplicações e divisões através de adições e subtrações.

Por exemplo a*b = 10^(log(a)+log(b)) e a/b = 10^(log(a)-log(b))

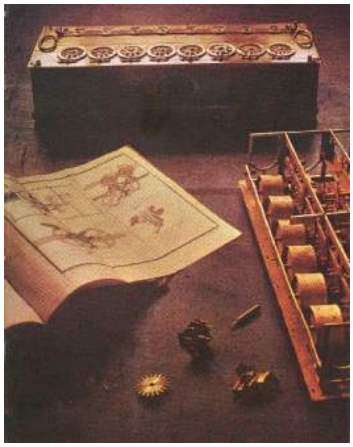
Régua de Cálculo – cont.



- http://www.giovannipastore.it/index_portugues.HTM
- http://members.tripod.com/caraipora/aplicac_logarit.htm
- http://piano.dsi.uminho.pt/museuv/1622a1818.html

0.2 Filósofos / Matemáticos que vislumbraram a automatização do processo de cálculo

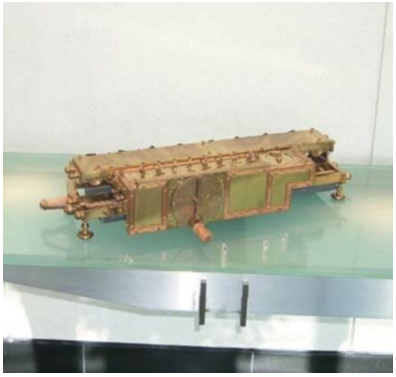
- **Pascal de Blaise**: 1623 – 1662
  A primeira máquina destinada a fazer contas que se tem notícia que foi comercializada foi uma somadora feita pelo francês Pascal de Blaise, em 1642. Na época ele tinha apenas 21 anos de idade e sua intenção era diminuir o trabalho de seu pai, coletor de impostos, que passava muitas horas fazendo contas dos tributos recolhidos. A máquina media aproximadamente 50 cm por 10 cm por 8 cm, era construída em metal, com 8 seletores movimentados por estilete.
  A máquina usava rodas dentadas (engrenagens) para realizar soma e subtração.



Gottfried Leibniz: 1646 - 1716

Baseado no princípio da máquina de Pascal, Leibniz fabricou em 1672 uma máquina de calcular capaz de fazer as quatro operações.

In 1671 Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) invented a calculating machine which was a major advance in mechanical calculating. The Leibniz calculator incorporated a new mechanical feature, the stepped drum — a cylinder bearing nine teeth of different lengths which increase in equal amounts around the drum. Although the Leibniz calculator was not developed for commercial production, the stepped drum principle survived for 300 years and was used in many later calculating systems.



Charles Babbage: 1792 – 1871

(http://www.sciencemuseum.org.uk/on-line/babbage/page3.asp)

- The Difference Engine was conceived in 1821 in an effort to mechanise the production of mathematical tables. Unlike the earlier calculators of Schickard, Pascal and Leibniz, the engine was not designed to perform basic arithmetic but to calculate a series of numerical values and automatically print the results. Difference engines were designed to calculate using the "method of finite differences", a well used principle of the time. The advantage of using the method of differences is that it eliminates the need for multiplication and division in the calculation of a particular class of mathematical functions called polynomials. The Difference Engine only used addition which is easier to mechanise than multiplication and division.
- Manufacturing parts for this engine stretched the standards of engineering practice of the time. The intricate shapes required special jigs and tools and the Engines' mechanisms demanded hundreds of near-identical precision parts. Babbage conceived his Engine designs at a time when production techniques were in transition between craft traditions and mass-production and there was not yet the means of producing repeated parts automatically.
- A máquina à diferenças, proposta por Babagge em 1823, nunca chegou a ser construída por inteiro. Baseava-se no método das diferenças conforme explicado a seguir.

- **Máquina a diferenças de Babbage (1820): o método das diferenças (cálculo de tabelas)**
  - $f(x)= 2x + 3$
    - a primeira diferença - diferença entre valores consecutivos de f(x) - é constante e igual a 2
    - assim qualquer valor da função f(x) pode ser obtido tomando-se o valor anterior e somando-se 2: f(7)=f(6) + 2
    - com isso eliminamos a multiplicação !
  - $g(x)= x^2 + 2x + 3$
    - a segunda diferença - diferença entre valores consecutivos da primeira diferença - é constante e igual a 2
    - assim qualquer valor da função g(x) pode ser obtido somando-se ao valor anterior da função os valores das 1. e 2. diferenças.

      Ou seja: g(7) = g(6) + (1. dif.) + (2. dif.)
    - Com isso eliminamos a multiplicação !

Primeira Diferença

f(x) = 2x + 3

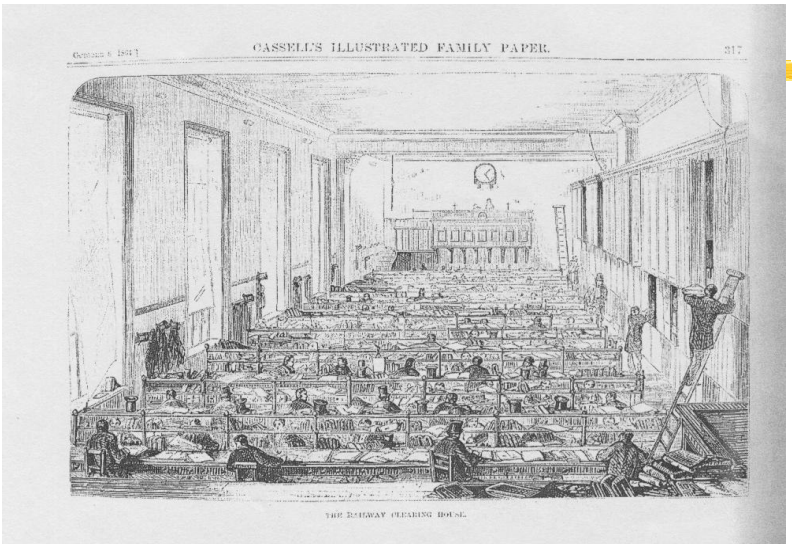
x	f(x)	1. dif.
0	3	
1	5	2
2	7	2
3	9	2

Segunda Diferença

$f(x) = x^2 + 2x + 3$

x	f(x)	1. dif.	2. dif.
0	3		
1	6	3	
2	11	5	2
3	18	7	2

Sala de realizar contas



Máquina de Babbage a diferenças

This portion of the engine (slide 15), assembled by Joseph Clement in 1832, is the first known automatic calculator. It represents about one seventh of the calculating mechanism of the full size engine which was not completed. The portion shown has nearly 2,000 individual parts, and is one of the finest examples of precision engineering of the time.

The design specification for the full size Difference Engine No. 1 required an estimated 25,000 parts which would have had a combined weight of some fifteen tonnes. The Engine, if completed would have stood 2,40 meters high, 2,10 meters long and one meter in depth. Babbage hired Joseph Clement, a skilled toolmaker and draughtsman, to build the Engine. This portion of the Difference Engine, 'the finished portion of the unfinished engine', was completed in 1832 and is among the most celebrated icons in the prehistory of computing. It is the oldest surviving automatic calculator and among the finest examples of precision engineering of the time.

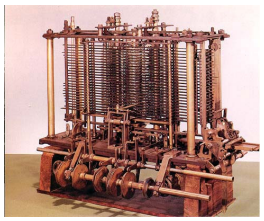
Babbage benefited from substantial government funding - £17,500. But work on the Engine was halted in 1833 when Clement downed tools following an unresolved dispute over compensation for moving his workshop four miles to new premises near Babbage' s house.

Analytical Machine de Babbage

- The Analytical Engine was conceived in 1834. It is one of the startling intellectual feats of the nineteenth century. The design of this machine possesses all the essential logical features of the modern general purpose computer. However, there is no direct line of descent from Babbage's work to the modern electronic computer invented by the pioneers of the electronic age in the late 1930s and early 1940s largely in ignorance of the detail of Babbage's work.

http://www.sciencemuseum.org.uk/on-line/babbage/page4.asp)

http://www.fourmilab.ch/babbage/contents.html



Máquina analítica de Babbage (1834)

- a máquina analítica em seu projeto
  - separa cálculo e armazenamento
  - realiza adição com antecipação de transporte
  - utiliza conceitos de programação (separa a organização da realização de cálculos)

Tear de Joseph-Mariae Jacquard (1752 - 1834)

- Em 1804, Joseph Marie Jacquard, mecânico de teares Lyon - França, inventou um sistema para comando automático das operações repetitivas e seqüenciais até então executadas manualmente pelos tecelões.

  O sistema era construído com um conjunto de cartões metálicos perfurados ligados uns aos outros por aros, também metálicos, constituindo uma "fita" continua (visível à esquerda no desenho) que avançava, cartão a cartão, sobre uma "estação de leitura".

Tear - continuação

Na "estação de leitura" um conjunto de agulhas metálicas caía sobre os cartões. A combinação de agulhas que passavam através de uma perfuração e as que eram impedidas de o fazer por não existir a perfuração correspondente constituia um código binário para execução de uma operação.

Obs.: em 1810 haviam cerca de 11000 teares de Jacquard na França.

http://piano.dsi.uminho.pt/museuv/1622tjacquard.html

http://en.wikipedia.org/wiki/Jacquard_loom

Tapeçaria (seda, ouro, prata – 4,76 x 6,94 m)
Museu de Belas Artes – Buenos Aires
(enlace Maria Teresa-Luis XIV / 1660)
autor: Talleres de Leyniers y Gérard - Bélgica

- **Eventos importantes:**
  - **Início da casa de compensação de cheques em Londres – 1830 (6 mi libras / dia)**
  - **Hermann Holerith (1890)** inicia o censo americano realizado mecanicamente (com cartões perfurados)
    - 1/6/1890 a 16/8/1890: ~62 mi habitantes, com custo total de US$ 11,5mi (2,5 anos para o processamento total)
    - constata-se pela primeira vez um ganho no uso de processos mecânicos para processamento de dados (lembrar inspiração inicial de Babbage)

0.3 Computação Analógica

(notar: o paralelo com eventos anteriormente apresentados)

- Conceito: ao invés de realizar operações, construir um modelo físico do sistema de interesse.
- Exemplos:
  - Orrey (~1850) : modelo de mesa do sistema planetário composto por esferas e engrenagens que se movimentavam de acordo com as leis do movimento celeste;
  - Preditor mecânico de marés (Lord Kelvin – 1878) : utilizava um sistema de engrenagens, alavancas e roldanas para modelar as forças gravitacionais que afetam a altura das ondas e as horas das marés;
  - Computadores analógicos : Vannevar Bush propôs em 1924 uma máquina mecânica para resolver equações diferenciais ordinárias (differential analyser), que foi construída entre 1922-1931 (obs.: a FEEC/UNICAMP possuiu nas décadas 70-80 um computador deste tipo da empresa EAI)

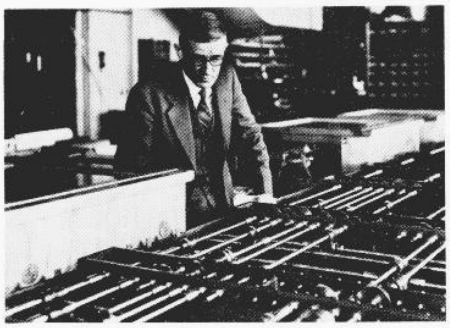
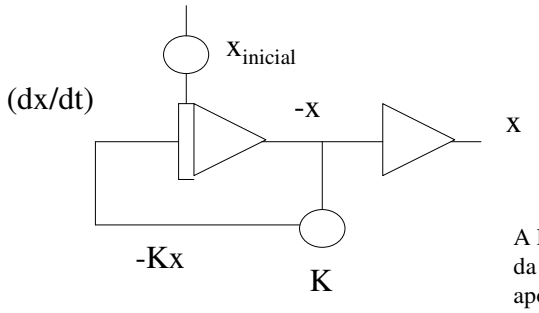


FIG. 1. Vannevar Bush shown with the M.I.T. differential analyzer.

ver: http://scoter2.union.edu/~hemmendd/Encyc/Articles/Difanal/difanal.html

$dx/dt = - K . x$ (solução depende de $x_{inicial}$)



A FEEC utilizou o MINIAC da EAI em EA617/EA722, após utilizou uma máquina de fabricação própria e hoje utiliza PCs nestes labs.

0.4 Era da Computação Digital

Cronologia e eventos

- 1815-1864: George Boole
  propõe uma álgebra (mais tarde denominada Álgebra de Boole) que define uma analogia entre símbolos algébricos e símbolos que representam formas lógicas;
- 1906: Lee de Forest inventa a válvula;
- 1912-1954: Alan Turing
  inúmeras contribuições para a Computação como, por exemplo, a formalização do conceito de algoritmo;
- **1940-1950: surgimento dos primeiros computadores digitais**
  - Harvard Mark I (implementou idéias de Babbage)
  - Z1-Z3 - Konrad Zuse (Alemanha)
  - ENIAC (1800 válvulas, armazena 20 decimais)
  - EDVAC (1945): conceito de programa armazenado (von Neumann). EDSAC, construído na Inglaterra, viabiliza esta idéia.

Harvard Mark I

• proposto pelo pesquisador de Harvard Howard Aiken em 1936;

•à época o computador analógico do MIT, proposto por Bush, tratava equações diferenciais ordinárias. O objetivo aqui era tratar eq. Diferenciais parciais (importantes no projeto da Bomba Atômica);

•utilizou idéias de Babbage;

•IBM construiu esta máquina eletromecânica que ficou operacional em 8/1944. Tinha baixa velocidade (3 adições/sub por segundo) e entrada de programa via fita de papel.

Z1(1931) a Z3 (1943)

• proposto pelo pesquisador alemão Konrad Zuse (1910-1995) também no contexto da guerra;

•similar ao Mark I;

•esforço foi absorvido pela Siemens através do Z4 (~1950)

(ver: http://irb.cs.tu-berlin.de/~zuse/Konrad_Zuse/de/).

Mark I

•O **MARK I** era um computador, totalmente electromecânico, construído em 1944 pelo professor *Howard Aiken* da *Universidade de Harvard em Cambridge U.S.A.*. Foi construído na sequência da celebração, em 1939, de um contrato entre a Marinha dos Estados Unidos da América (*US Navy*) e a Universidade de Harvard para construção de um calculador de tabelas para uso na navegação. A IBM financiava a construção do calculador em 2/3 e o restante era financiado pela Marinha dos Estados Unidos da América.
•O **MARK I** tinha cerca de 17 metros de comprimento por 2,5 metros de altura e uma massa de cerca de 5 toneladas. Quando em funcionamento, diz-se que reproduzia o ruído de uma grande sala cheia de velhinhas todas a tricotar ao mesmo tempo.

A memória e os totalizadores compreendiam 3.000 engrenagens com 10 "dentes", 1.400 comutadores rotativos e tudo era ligado por cerca de 800 Km de condutores eléctricos. O **MARK I** trabalhava números com 23 decimais e realizava as quatro operações aritméticas. Dispunha ainda de subrotinas integradas que calculavam funções logarítmicas e trigonométricas.

Era um calculador lento demorando de 3 a 5 segundos para efetuar uma multiplicação, mas era totalmente automático e podia realizar cálculos extensos sem intervenção humana.

Polêmica:

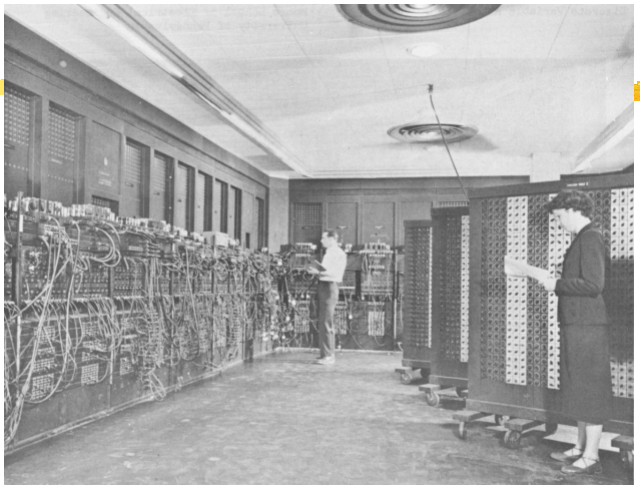
Após a construção do **Mark I**, Aiken considerou que o envolvimento da IBM tinha sido nulo o que deu origem a uma polêmica entre Aiken e a IBM. Quando em maio de 1944, o **MARK I** é inaugurado, a polêmica entre a *Universidade de Harvard*, em sintonia com Aiken, e a IBM era tal que *Thomas Watson* ("patrão" da IBM) não foi convidado para a cerimônia. Como resultado desta polêmica o computador teve dois nomes de batismo: **MARK I** e IBM *Automatic Sequence Controlled Calculator* (ASCC).

Ao MARK I seguiu-se uma versão totalmente eletrônica denominada **MARK II**, também construída pelo professor Aiken, que começou a funcionar em 1947.

ENIAC – Electronic Numerical Integrator and Computer (1800 válvulas, armazena 20 decimais)

- 18000 válvulas, 6000 switches, 1500 relês;
- 5000 operações ad e sub. / seg (333 mult/seg);
- Custo US$ 400,000 (1943);
- Término em 11/1945.

- Trabalho conjunto da More School of Electrical Eng – Philadelphia e da BRL – Balistic Research Lab): John W. Mauchly, Arthur W. Burks, Herman H. Goldstein;
- + idéias Atasanof + Berry da Iowa State University;
- programação muito laboriosa, armazena 20 números decimais, 10 flip-flops/dígito;
- desenvolvido dentro do esforço americano de guerra;
- (ver http://en.wikipedia.org/wiki/ENIAC e ttp://www.seas.upenn.edu/~museum/).



ver outras fotos: http://ftp.arl.army.mil/ftp/historic-computers/

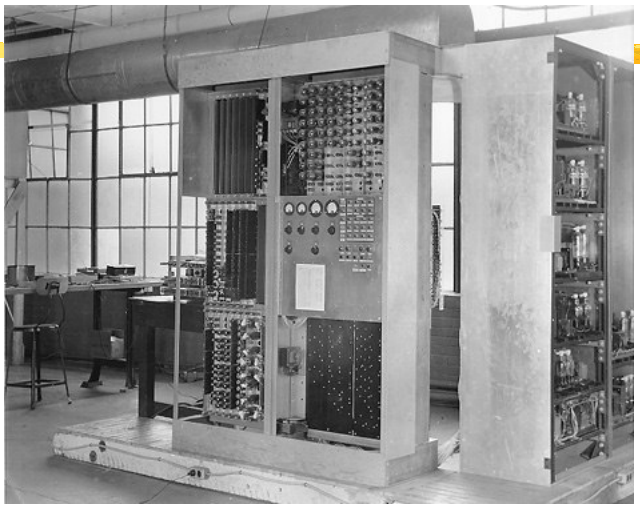
EDVAC
Electronic Discrete Variable Automatic Computer

- Durante a construção do ENIAC, Mauchly e Eckert iniciaram a construção de um outro computador eletrônico que armazenasse na memória qualquer programa e constituísse um "multipurpose computer" .
  Este computador foi denominado pela sigla EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) e a sua apresentação pública foi realizada em 1947.
- A memória do EDVAC era construída com lâmpadas de mercúrio (mercury delay lines). Excitando uma lâmpada de mercúrio com um impulso eléctrico este poderia ser enviado para a frente e para trás de modo a ser lido sob a forma de 0 ou 1.
- O EDVAC utilizava a notação binária pura o que simplificava a construção das ULA (Unidade Aritmética e Lógica).

EDVAC
Electronic Discrete Variable Automatic Computer

- Também participaram deste projeto Burks e Goldstein (também do Eniac) e também o matemático John von Neumann quem escreveu (6/1945) um relatório com a formalização do conceito de programa armazenado. Conceito importante para a nova era do computador que se iniciava.

- Após a construção do EDVAC, Eckert e Mauchly fundaram uma empresa denominada Eckert-Mauchly Computer Corporation que construiu um computador denominado BINAC (Binary Automatic Computer), terminado em 1949. No entanto, só em 1951 venderam o seu primeiro computador UNIVAC1 (Universal Automatic Computer) e o seu primeiro cliente foi o National Bureau of Standards que o utilizou para os cálculos do censo americano de 1950.



Photograph of EDVAC, ca. 1948.

EDSAC
Electronic Delay Storage Automatic Calculator

- Proposto e construído por Maurice Wilkes em Cambridge – Inglaterra
  - 32 "memory delay lines"
  - 3000 válvulas
  - 30 KW
  - Primeiro computador – 1949 – com programa armazenado (idéia proposta pelo EDVAC e conhecida como arquitetura de von Neumann ou Princeton)

Outros fatos Relevantes

- (1923) o inglês J. Biard inventa a TV;
- em 1945 o mesmo Vannevar Bush escreve o trabalho seminal sobre Hipertexto (introduzido na década de 90);
- (1948) J. Bardeen e H. Brattain descobrem o efeito do transistor;
- (1953) primeira transmissão (broadcast) de TV;
- final década de 50: computadores tornam-se comerciais e inicia-se o desenvolvimento de linguagens voltadas ao usuário.

0.5 Início da Fase Comercial 1948 - 1953

- **UNIVAC** – Universal Automatic Computer (baseado no EDVAC)
  - empresa fundada por Eckert e Mauchley
  - produziu em 1949 o BINAC - Binary Automatic Computer - que foi o 1. computador de programa armazenado dos USA
  - usado em 1951 pelo Bureau de Recenceamento americano
- **IBM** : CPC – Card Programmed Calculator (1948/1949) sem programa armazenado

  TPM – Tape Processing Machine (9/1953) com programa armazenado

- (1960) primeiro laser é produzido (T. Maiman)
- (1974) primeiro microprocessador - Intel 4004: 2300 transistores, 256 bytes de ROM, 32 bytes de RAM

Da década de 60 até hoje

2. Geração

- Com o surgimento do transistor as válvulas foram abandonadas acarretando
  - aumento da velocidade e confiabilidade
  - diminuição da potência elétrica necessária
- IBM domina durante a década de 60 e parte da década de 70 grande parte do mercado de computação, principalmente a parte comercial.
- E/S melhora
- Introdução do uso da linguagem assembly (final década 50)
- (1960) primeiro laser é produzido (T. Maiman)

Da década de 60 até hoje

3. Geração

- Sistema operacional tem um grande desenvolvimento
- Software de Sistema tem um grande desenvolvimento
- A máquina computador inicia o processo de tornar-se mais amigável no uso
- 1974: é produzido o primeiro microprocessador - Intel 4004 com 2300 transistores, 256 bytes de ROM, 32 bytes de RAM.

Década de 90 traz a computação em rede e a Internet

- final da década de 80 e início da década de 90
  - ARPAnet – USA
  - Tim Berners-Lee é o introdutor da World Wide Web

Computação Digital

Ábacos, Soroban ....

idéia de subrotinas boas idéias <-> tecnologia deficiente	1840	Máquina de Babbage
18.000 válvulas 5.000 operações / seg	1940	Processador a válvula – 1ª. geração
melhora da E / S linguagem Assembly	1958	Processador a transistor – 2ª. geração
sistema operacional	1964	Processador a C.I. – 3ª. geração
memória virtual	1970	Processador a C.I. (larga escala) – 3,5 ª. geração

até década 70:

- main-frame (científico e comercial)
- mini-computadores (IBM 1130, PDP-11)
- computação híbrida (EAI 680)

década de 80:

- main-frame (comercial)
- super-computadores (científicos)
- estações de trabalho (HP, Sun, Silicon Graphics)
- computadores pessoais (PC)

década de 90 e 00:

- main-frame (comercial)
- super-computadores com processamento paralelo (científicos)
- estações de trabalho (HP, Sun, Silicon Graphics)
- computadores pessoais (PC)
- video games
- rede para interligação (integração de voz, imagens e dados)

atualmente:

- main-frame (comercial)
- super-computadores com proc. paralelo (CPUs e GPUs) (científicos)
- computadores pessoais (PCs com multi-cores)
- video games
- PDAs (personal digital assistants)
- rede para interligação e computação na nuvem

HPC – High Performance Computing

- uso de computadores e clusters de computadores na resolução de problemas com alta demanda de cálculo
  - 1 megaflops: 10^6 operações de ponto flutuante por seg
  - 1 gigaflops: 10^9 operações de ponto flutuante por seg
  - 1 teraflops: 10^{12} operações de ponto flutuante por seg
  - 1 petaflops: 10^{15} operações de ponto flutuante por seg
  - 1 exaflops: 10^{18} operações de ponto flutuante por seg

Tianhe-1A : 2,5 petaflops (14.336 CPUs Xeon X5670 e 7.168 NVIDIA-TeslaTM M2050 GPU)

Rede

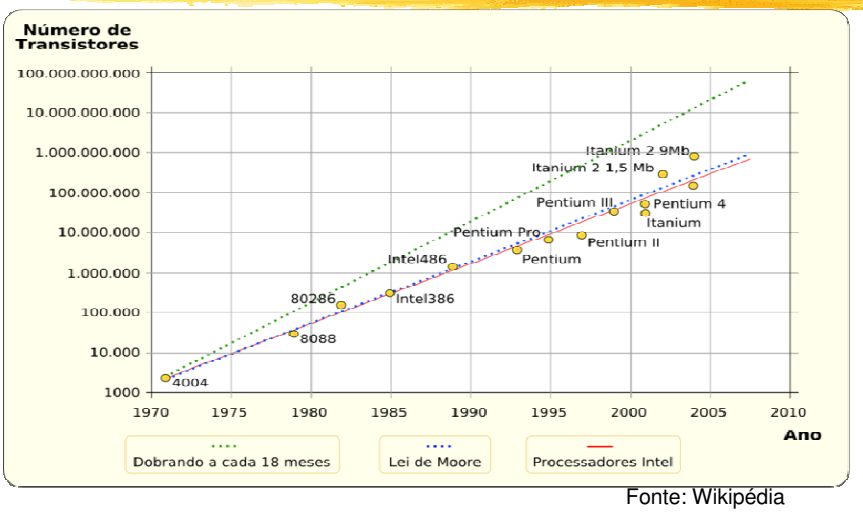
- Integração de Voz, Imagens e Dados;
  - A batalha da banda-larga: empresas de telecom x empresas de TV a cabo
- Novas tecnologias: redes ópticas, redes sem-fio; etc.
- Computador ⟷ Rede
  - Inteligência dentro da Rede X Inteligência na borda da rede (princípio utilizado no projeto da Internet). Entenda-se inteligência como capacidade de processamento.
- Novas aplicações
  - VoiP; GRID; Comércio eletrônico; Vídeo sob-demanda; etc.
  - Questões críticas
    - Segurança, mobilidade, suporte a novas aplicações.

0.6 Lei de Moore

- Gordon Moore (co-fundador da Intel), constatou em 1965 que a cada 12 meses a quantidade de componentes por chip crescia por um fator de 2, enquanto os custos permaneciam constantes.
  - Em 1975 Moore atualizou sua previsão para dobrar a cada 2 anos, previsão esta ajustada (por especialistas) para dobrar a cada 18 meses.
- A Lei de Moore "está em vigor" há mais de 40 anos e a maioria dos especialistas acredita que deve permanecer pelo menos por mais cinco gerações de processadores.
  - O princípio pode ser aplicado também a outros aspectos da tecnologia digital como chips de memória, discos rígidos e até a velocidade das conexões da Internet.

Fonte: Wikipédia

Lei de Moore – cont.



Fonte: Wikipédia

0.7 Computação uma tecnologia ubíqua (onipresente)

Utilização de computadores em todas as áreas do conhecimento

- Controladores programáveis
  - Controle de processos industriais
- Sistemas embutidos (embarcados)
  - Eletrodomésticos, automóveis, celulares, etc.

Outros sites para consultar

- **http://www.tcf.ua.edu/AZ/ ITHistoryOutline.htm**

0.8 Exercícios

1. Comente a importância do conceito proposto por von Neumann de "Programa Armazenado".
2. Faça uma pesquisa e comente a questão: computação analógica x computação digital.