

História da evolução do computador: do ábaco ao Colossus, ENIAC, ..., Frontier

MAC0344 - Arquitetura de Computadores
Prof. Siang Wun Song

Slides usados: <https://www.ime.usp.br/~song/mac344/slides02-evolution.pdf>

- Tecnologia expressa em gerações
 - Primeira geração: válvulas
 - Segunda geração: transistores
 - Terceira geração: circuito integrado VLSI
 - Novas gerações
- Evolução caracterizada por:
 - Aumento da velocidade do processador
 - Diminuição do tamanho dos componentes
 - Aumento da capacidade de I/O e velocidade

História da Computação - Ábacos antigos

- Ábaco da Mesopotâmia (2700 - 2300 A.C.)
- Ábaco romano (1.o século D.C.)

Source: Museo Nazionale Romano



Ábaco chinês

- Ábaco chinês
- Invento de Li Shou, oficial historiógrafo do imperador Huang-ti (2696 - 2598 a.C.).



Fonte: S. W. Song

- Acima temos a representação do número **2009**.
- O logotipo do [Instituto de Computação da Unicamp](#) é um ábaco indicando o ano de início do Bacharelado em Ciência da Computação da Unicamp.
- Procure esse logotipo e responda: **em que ano foi mesmo?**

Ábaco chinês

加法口诀 Taboada para somar

加数	不进位加		进位加	
	直加	满五加	进十加	破五十加
一	一上一一下五去四	一去九进一		
二	二上二二下五去三	二去八进一		
三	三上三三下五去二	三去七进一		
四	四上四四下五去一	四去六进一		
五	五上五	五去五进一		
六	六上六	六去四进一六上一去五进一		
七	七上七	七去三进一七上二去五进一		
八	八上八	八去二进一八上三去五进一		
九	九上九	九去一进一九上四去五进一		

Source: Wikipedia

- Competição Feynman (caneta e papel) vs. Japonês (ábaco) (do livro de Richard Feynman - *Surely, You're joking, Mr. Feynman!*)

Richard Feynman (Prêmio Nobel em Física), pesquisador visitante do CBPF, Rio de Janeiro.

- Adição: ábaco ganhou fácil
- Multiplicação: ábaco ganhou
- Divisão: Feynman ganhou
- Raiz cúbica de 1729,03: Feynman escreveu imediatamente 12 no papel e calculou mais 3 decimais (12,002) quando o japonês gritou “12!”. Ganhou por sorte, pois esse número dado é quase um cubo perfeito.

Ábaco chinês

Ábaco chinês aparece numa pintura.

Along the River during the Qingming Festival (Século 12)



Fonte: Wikipedia

A pintura, de mais de 5 metros de comprimento, descreve as atividades diárias de uma cidade.

[Clicar aqui para ver os detalhes da pintura em alta resolução.
\(E vê se você acha o tal ábaco :-\)](#)

Ábaco chinês

Ábaco chinês aparece na mesa de um boticário na pintura
Along the River during the Qingming Festival (Século 12)



Fonte: Wikipedia

Ábaco chinês

Ábaco chinês aparece na mesa de um boticário na pintura
Along the River during the Qingming Festival (Século 12)



Fonte: Wikipedia

Bagua e o sistema binário

- Durante a dinastia Zhou (ano 1.046 a.C. - 256 a.C.), o texto clássico *I Ching* (Livro das Mutações) tem como base o *Bagua* (oito trigramas), 八卦 baseado na numeração binária.
- O *Bagua* e os oito trigramas (3 bits):



坤 Kūn (Earth)	艮 Gēn (Mountain)	坎 Kǎn (Water)	巽 Xùn (Wind)
震 Zhen (Thunder)	離 Li (Fire)	兌 Dui (Lake)	乾 Qián (Heaven)

Fonte:

Wikipedia

Sessenta e quatro hexagramas (do livro I Ching)

Sessenta e quatro hexagramas (6 bits):

六十四卦構成表

坤(地)	艮(山)	坎(水)	巽(风)	震(雷)	离(火)	兑(泽)	乾(天)	↔ 上卦 ↓ 下卦

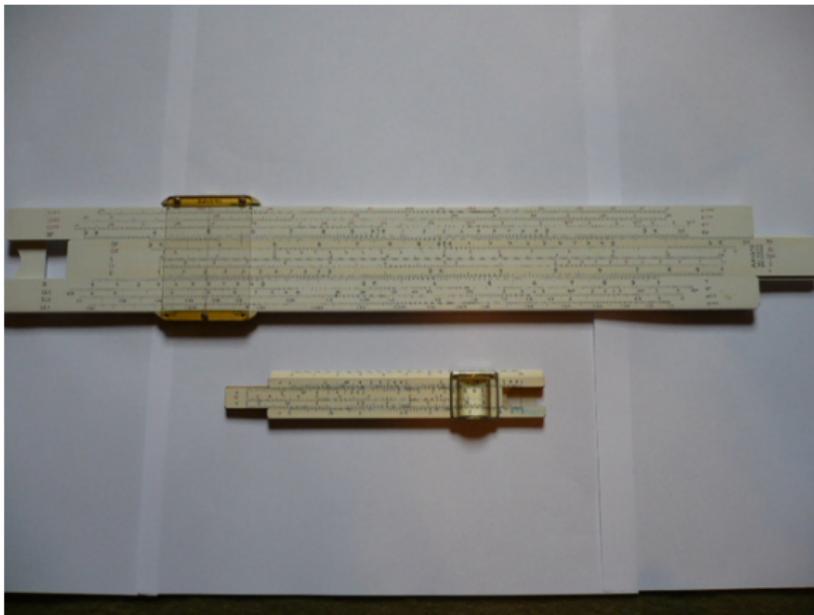
Fonte: Wikipedia

- I Ching era conhecido tanto como um oráculo como um livro da sabedoria.
- Baseado em I Ching, Leibniz (1703) desenvolveu a aritmética binária.

Régua de cálculo

- Régua de cálculo (Século 17) (baseado no logaritmo)

Source: S. W. Song



Geração 0 - “Computadores” mecânicos 1642 - 1945

- Wilhelm Schickard - 1623

Source: Universität Tübingen



- B. Pascal - 1645

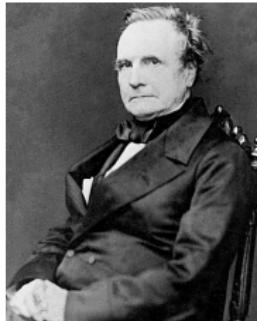
Source: Univ. of Vienna



Charles Babbage e Ada Lovelace



Source: IEEE



Wikipedia



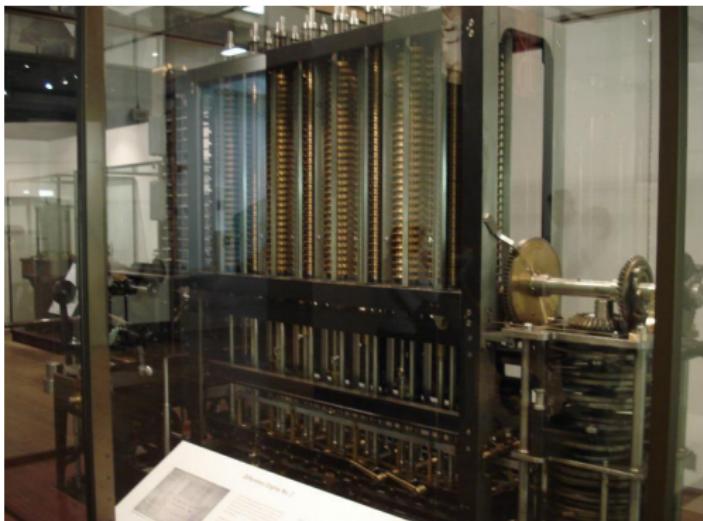
- Charles Babbage (1792-1871)
“Pai do computador”
Charles Babbage Award: estabelecido em 1989.
- Ada Lovelace (1815-1852)
“Primeira programadora”

Geração 0 Computadores mecânicos - Babbage

- Charles Babbage (1792-1871)

Difference Engine: executaria apenas um algoritmo (cálculo de tabela para navegação marítima)

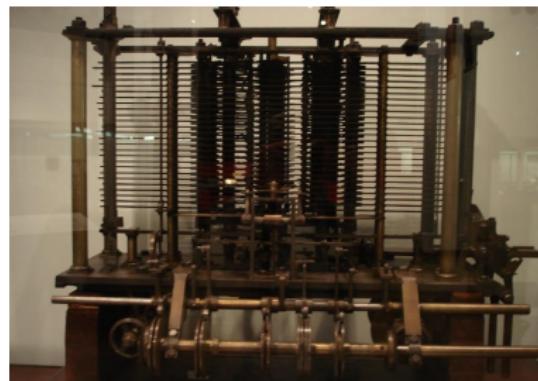
Source: London Science Museum



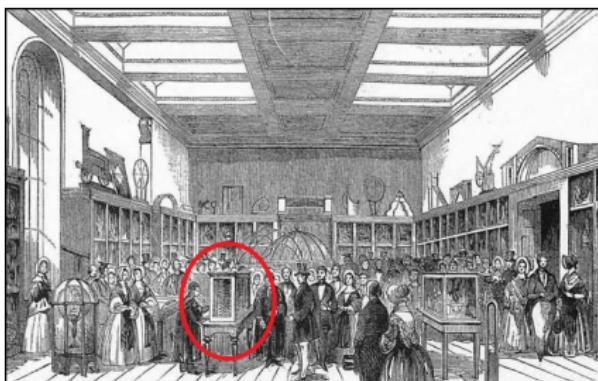
Geração 0 Computadores mecânicos - Babbage

- *Analytical Engine*: Máquina de uso geral, mas não ficou operacional. Tem 4 partes: armazenamento, computação, entrada, saída
Primeira programadora: Ada Lovelace.

Source: London Science Museum



Parte da máquina em exibição - Source: Wikipedia



Geração 0 Computadores mecânicos - MARK I (1944)

- H. Aiken: MARK I (1944)

Usava relés mecânicos - Ciclo de relógio de 0,3 segundos

Source: www.ibm.com



Invenção da válvula



Source: history-computer.com

- Sir John Ambrose Fleming (1849-1945)
- Inglês, engenheiro eletricista, físico
- Inventor da primeira válvula (*vacuum tube*) em 1904.

Fonte: <https://history-computer.com/ModernComputer/Basis/diode.html>

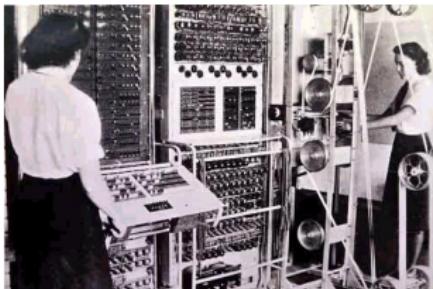
Geração 1 - Válvulas 1945 - 1955

Source: S. W. Song



Geração 1 Válvulas - Colossus (1943)

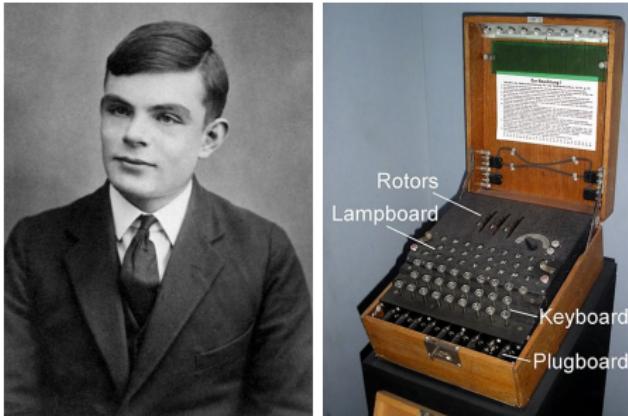
Source: Wikipedia



- Colossus (1943) foi o primeiro computador eletrônico.
- Desenvolvido por Thomas Flowers assistido por Sidney Broadhurst e William Chandler.
- Construído pelo governo britânico, com contribuição de Alan Turing, para decifrar mensagens codificadas por ENIGMA.
- Entrada por fita de papel. Programado por chaves e plugs.
- A existência do Colossus ficou em segredo até os anos 1970.

Geração 1 Válvulas - Colossus (1943)

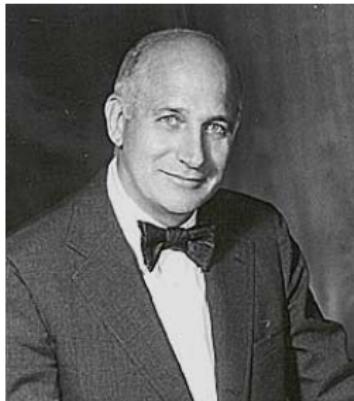
Source: Wikipedia



- Colossus foi usado pela equipe de decodificadores de Bletchley Park liderada por Alan Turing.
- ENIGMA usava 3 rotores de 5 (dando 10^{19} configurações). Nova versão usava 4 rotores de 8 (10^{22} configurações).
- Tendo um *crib* (trecho do código decifrado), *bombe*s eram usados para descobrir a configuração inicial, antes de Colossus.

Geração 1 Válvulas - ENIAC (1946)

Source: history.computer.com



- Projetado por John Mauchly e John Presper Eckert - da Univ. de Pennsylvania
- Fundaram depois a UNIVAC.
- Até o conhecimento do Colossus nos anos 1970, ENIAC foi considerado como o primeiro computador eletrônico.

Geração 1 Válvulas - ENIAC (1946)

Source: British Broadcasting Corporation - BBC



- 18.000 válvulas - Programada por 6.000 chaves
- 30 toneladas - ciclo relógio 200 micro-segundos (5 KHz)

Geração 1 Válvulas - EDVAC (1949)

Source: Wikipedia



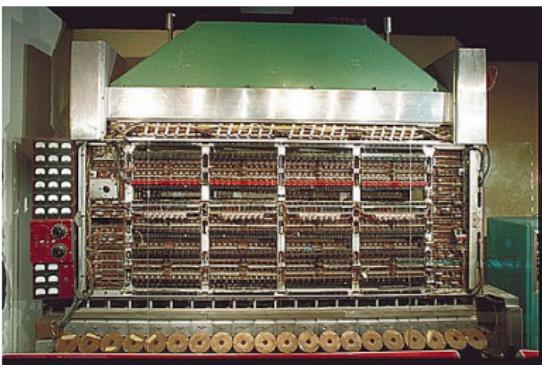
- Primeiro computador que adotou a **arquitetura de von Neumann** (programa armazenado).
- Construção do EDVAC foi proposto por John Mauchly e John Eckert (que construíram ENIAC) e finalizada em 1949
- Computador binário com memória de 1000 palavras de 34 bits.
- Adição leva 864 micro-segundos e multiplicação 2900 micro-segundos.

Geração 1 Válvulas - IAS (1952)

Source: Wikipedia



Source: Wikipedia



- Desenvolvido em 1952 por John von Neumann em Princeton.
- Computador binário com uma memória de 1024 palavras de 40 bits.
- Cada palavra armazena duas instruções de 20 bits.
- Peso de 450 kg.

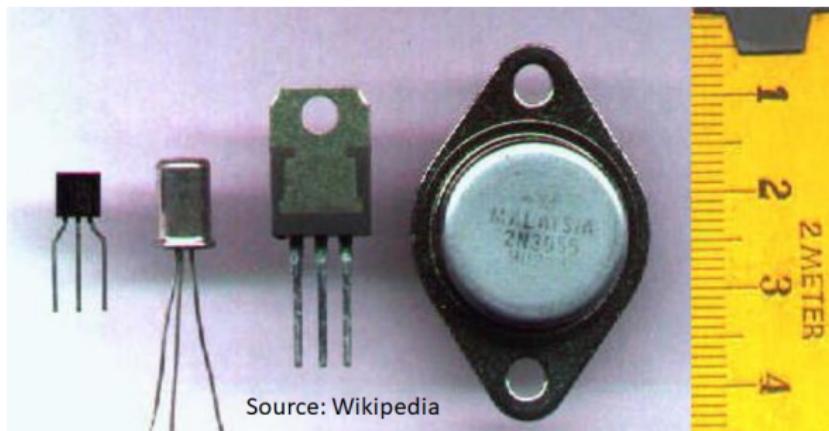
Invenção do transistor

Source: Wikipedia



- A invenção do transistor foi atribuída a três membros da Bell Labs, em 1947.
- Foto, da esquerda para a direira: John Bardeen, William Shockley e Walter Brattain.

Geração 2 - Transistores 1955 - 1964



Na década dos anos 60 algumas universidades começaram a receber os primeiros computadores (exceto um, todos da Geração do Transistor).

- Burroughs B-205 em 1960 na PUC-Rio (1.600 válvulas)
- **IBM 1620 em 1962 na USP** (transistorizado)
- IBM 1130 em 1965 na PUC-Rio
- IBM 1130 em 1967 na UFRGS
- IBM 1130 em 1968 na Unicamp
- IBM 1130 em 1968 na UFCG

Geração 2 - Transistores 1955 - 1964

- IBM 1620 - primeiro computador da USP (1962)
- Memória de ferrite de 20.000 dígitos decimais (cada dígito decimal codificado com 6 bits).
- Entrada e saída por cartão perfurado.

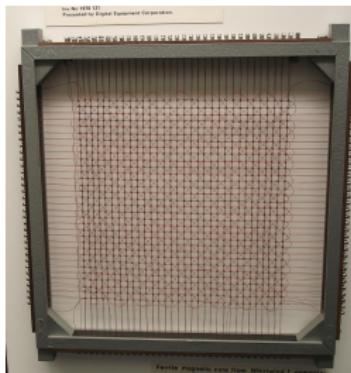
Source: IBM



Geração 2 - Transistores 1955 - 1964

- IBM 1620 - primeiro computador da USP (1962)
- Memória de ferrite de 100.000 bits (12,5 Kbytes)

Source: Science Museum - London



Vídeo no Youtube:

Vídeo: IBM 1620 USP - [clicar aqui](#)

Nesse vídeo aparecem os Profs. Imre Simon (*In Memoriam*), Tomasz Kowaltowski e Cláudio Lucchesi.

Primeiros cursos de Computação

Os primeiros cursos de Bacharelado em Ciência da Computação:

- UNICAMP/IMECC (**1969**) formou a primeira turma em 1972



- USP/IME (**1971**) formou a primeira turma em 1974



Em **1969** a Universidade Federal da Bahia criou o curso de bacharelado de processamento de dados.

Fonte: UFBA - Computação - linha do tempo - primórdios.



Pergunta

Esses primeiros cursos de Computação produziram os primeiros formados em Computação,

a pergunta é *de onde vieram os professores desses primeiros cursos?*

Problema do ovo ou galinha



IBM-1620 na USP e a criação do CCN

No caso do Estado de São Paulo, a resposta à pergunta anterior gira em torno do **IBM-1620** e a criação do **CCN - Centro de Cálculo Numérico**. Muitas informações sobre CCN estão no texto:

[História do Centro de Cálculo Numérico \(CCN\) e suas Contribuições \(Clicar aqui para o texto - versão estendida com 28 páginas\).](#)

História do Centro de Cálculo Numérico (CCN) e suas Contribuições*

Isu Fang, Paulo Feofiloff, Tomasz Kowaltowski, Cláudio Leonardo Lucchesi,
Valdemar Waingort Setzer, Siang Wun Song, Routh Terada

*In Memoriam
Imre Simon
José Dion de Melo Teles
Paulo de Souza Moraes
Ronaldo Zwicker
e os que nos deixaram ...*

Ver também slides de uma palestra:

[Computação em SP e no Brasil - desde o início - "causos" e história](#)

IBM-1620 na USP e a criação do CCN

- IBM 1620 - primeiro computador da USP (1962)
- Adquirido por iniciativa dos Professores da USP (com recursos orçamentários das três unidades abaixo):
 - J. O. Monteiro (Escola Politécnica)
 - Oscar Sala (Fac. de Filosofia, Ciências e Letras)
 - Flávio Fausto Manzoli (Faculdade de Economia e Administração)
- Para acomodar o IBM-1620 foi criado o **Centro de Cálculo Numérico (CCN)**, que mais tarde transformou-se no CCE (Centro de Computação Eletrônica).
- A Escola Politécnica forneceu o local para o CCN - no prédio do Biênio.



Source: IBM

IBM-1620 na USP e a criação do CCN

O CCN (mais tarde CCE) foi uma incubadora de futuros talentos, com inquestionável contribuição:

- na formação dos **primeiros docentes** dos cursos de BCC da UNICAMP e da USP, em particular e,
- na ciência e tecnologia do País, em geral.

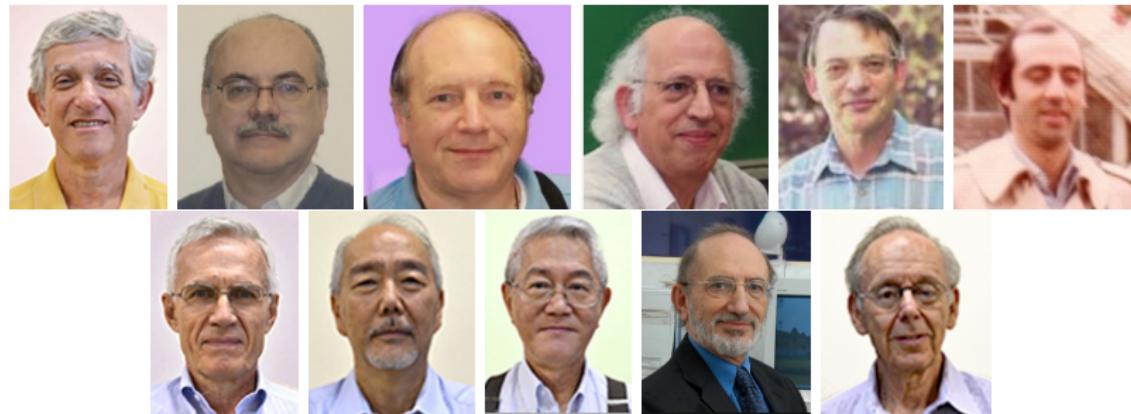
Dirigentes/estagiários do CCN e início do CCE tiveram depois importantes cargos e honrarias, como:



Presidente do CNPq e do Serpro, Presidente da Prodam e Elebra, Ordem Nacional do Mérito Científico (um Grã-Cruz e 3 Comendadores), Academia Brasileira de Ciências (um), Prêmio Mérito Científico da SBC (3), dois Diretores do IC/Unicamp, um Diretor do IME/USP, dois Professores Eméritos, Diretor-Presidente do NIC.br, 13 Professores do BCC do IME/USP, 5 Professores do BCC do IC/Unicamp e 4 Professores de Computação da FEA/USP..

Professores do BCC do IME/USP oriundos do CCN/CCE

- Professores do BCC do IME/USP: Arnaldo Mandel, Ernesto de Vita Júnior, Geraldo Lino de Campos, Jorge Stolfi, Imre Simon, István Simon, Paulo de Souza Moraes, Paulo Feofiloff, Routh Terada, Siang Wun Song, Silvio Ursic, Tomasz Kowaltowski, Valdemar Setzer



Professores do IC/Unicamp e FEA/USP oriundos do CCN/CCE

- Professores do BCC da Unicamp: Cláudio Leonardo Lucchesi, István Simon, János Simon, Jorge Stolfi, Tomasz Kowaltowski



- Professores de Computação na FEA/USP: Isu Fang, Nicolau Reinhard, Ronaldo Zwicker, Tomasz Kowaltowski



Entrada por cartão

Source: S. W. Song



Source: Univ. Stuttgart

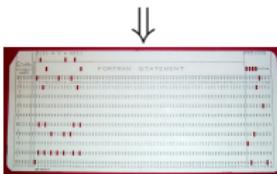


Procedimento complicado para rodar um programa

1. Início: Folha de codificação



2. Cartão perfurado



3. Processamento em lote

```
1      K=1
2      6      IF (K.EQ.11) GO TO 8
3      READ,I,J
4      IF (J.GT.I) GO TO 65
5      GO TO 66
6      65      WRITE(6,6002)I,J
7      6002    FORMAT(' ',I3,' IS GREATER THAN ',I3)
8      K=K+1
9      GO TO 6
10     66      WRITE(6,6003)I,J
11     6003    FORMAT(' ',I3,' IS GREATER THAN ',I3)
12     K=K+1
13     GO TO 6
14     8      CALL EXIT
15     END
```

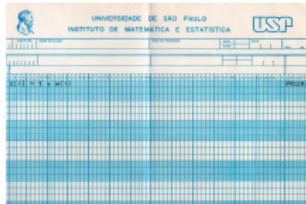
4. Pegar resultado. Errou? Goto 1.

(Você ainda tem $n := n - 1$
créditos para este EP :-)

Como Vocês são sortudos e
não sabiam :-)

Procedimento complicado para rodar um programa

1. Início: Folha de codificação



2. Cartão perfurado



3. Processamento em lote

```
1      K=1
2      6      IF (K,EQ,11) GO TO 8
3      READ,I,J
4      IF (J,GT,I) GO TO 65
5      GO TO 66
6      65      WRITE(6,6002)I,J
7      6002    FORMAT(' ',13,' IS GREATER THAN ',I3)
8      K=K+1
9      GO TO 6
10     66      WRITE(6,6003)I,J
11     6003    FORMAT(' ',13,' IS GREATER THAN ',I3)
12     K=K+1
13     GO TO 6
14     8      CALL EXIT
15     END
```

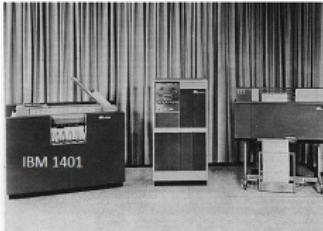
4. Pegar resultado. Errou? Goto 1.

(Você ainda tem $n := n - 1$
créditos para este EP :-)

Como Vocês são sortudos e
não sabiam :-)

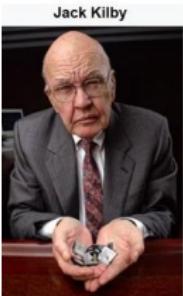
Geração 2 - Transistores 1955 - 1964

Fonte: Wikipedia



- DEC PDP-1 (1960) - Primeiro mini-computador com 50 vendidos
- IBM-1401 (1961) - Pequeno computador comercial com enorme sucesso
- IBM-7094 (1962)- Computador para aplicações científicas
- Burroughs B-5000 (1963) - Projetada para linguagem de alto nível: Algol 60
- Control Data CDC-6600 (1964) - Uso de múltiplas unidades funcionais

Invenção do circuito integrado



Discurso Prêmio Nobel 2000

Source: Wikipedia

- Jack Kilby, um engenheiro da Texas Instruments, produziu o primeiro circuito integrado em 1958.
- Recebeu o Prêmio Nobel de Física em 2000. O seu [discurso no recebimento do Prêmio Nobel](#) teve como título *“Turning Potential into Reality: The Invention of the Integrated Circuit”*.

- Em 1958 Jack Kilby (da Texas Instruments) produziu o primeiro circuito integrado reunindo transistores, resistores e capacitores em uma pastilha de semicondutor.
- Jack Kilby recebeu o Prêmio Nobel em Física (2000).
- IBM-360 (1964)
Máquina microprograma
Primeira de uma família
- Digital PDP-8 (1965)
Primeiro mini-computador com grande venda (50.000 vendidos)
- Digital PDP-11 (1970)
Mini-computador de grande sucesso dos anos 70

Geração 4 - VLSI 1980 - hoje

Source: Wikipedia



- VLSI = *Very Large Scale of Integration*: componentes eletrônicos minúsculos são implementados em silício.
- Essa tecnologia é responsável pelos avanços fantásticos que temos hoje.
- Suriram os primeiros computadores pessoais (final dos anos 70) com duas grandes famílias de processadores: Intel e Motorola.
- Processador numa só pastilha contendo milhões de transistores (Pentium 4 com 42 milhões de transistores).
- Em 2019: AWS Gaviton2 64-core ARM-based (7 nm technology) chip com 30 bilhões de transistores

[Wikipedia: transistor count](#)

Primeiro micro do IME-USP

- Prológica S700 (1982-1983)
Processador Z-80 (8 bits)
Emprestado por um ano ao IME - cortesia de um dos sócios da Prológica.



- Scopus Nexus 1600 (1984): Processador Intel 8088 (16 bits), 8 MHz, 704 Kbytes RAM, 2 drives diskettes 5 1/4"
Comprado com verba FAPESP - mais de US\$ 10.000,00.

Source: Scopus



Meios de armazenamento

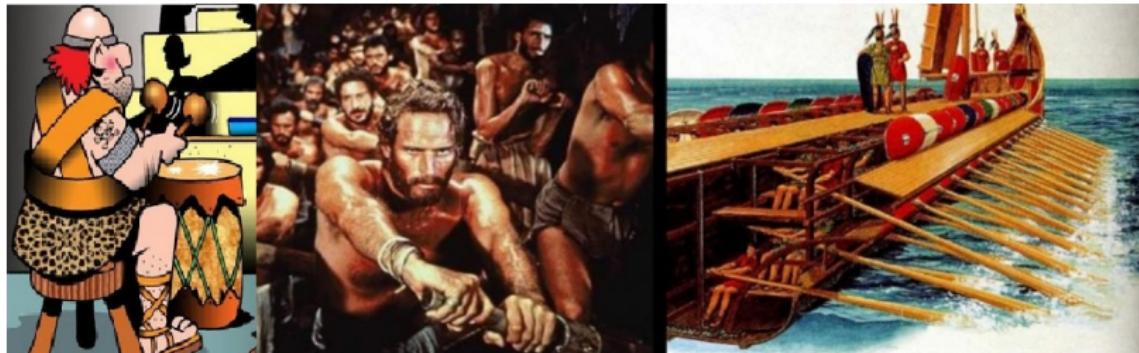
- Diskette flexível de 8" (175K) e diskette de $5\frac{1}{4}$ " (360K).
- Source: S. W. Song
- Diskette de $3\frac{1}{2}$ " (1,44M) e disco CD/DVD.



Evolução da Computação

- O Mark I tinha ciclo de 0,3 segundos; o ENIAC 200 micro-segundos
- Processador hoje: vários GHz - menos de um nanosegundo de ciclo
- Processador de hoje milhões de vezes mais rápido que o ENIAC
- Computação paralela aumenta mais ainda o poder computacional.
- Lista TOP500 apresenta os 500 computadores mais velozes do mundo, com base no benchmark Linpack (sistema linear). Mais sobre TOP500 na próxima aula.
- Medida de desempenho em FLOPS (*Floating Point Operations per Second*): MFLOPS, GFLOPS, TFLOPS ...

Relógio: ciclo de relógio e frequência



- Como coordenar atividades síncronas?
- Remar de forma síncrona numa galera romana: tambor

Relógio: ciclo de relógio e frequência



- Como coordenar atividades síncronas?
- Desfile de Escola de Samba: bateria

Relógio: ciclo de relógio e frequência

Ciclo do relógio



Exemplo: ciclo = 1 ns
Frequência = 1 GHz



Frequência = número de ciclos em 1 segundo

- Como coordenar atividades síncronas?
- Atividades num computador: relógio
- Cada operação leva um certo número de ciclos. Por exemplo: ler a memória cache leva 10 ciclos
- Maior a frequência (ou menor o ciclo) mais veloz o computador
- Mas uma maior frequência produz mais calor.

Supercomputador Sunway da lista TOP500

De 06/2017 a 11/2018, o Top 1 da lista TOP500 era o Sunway.

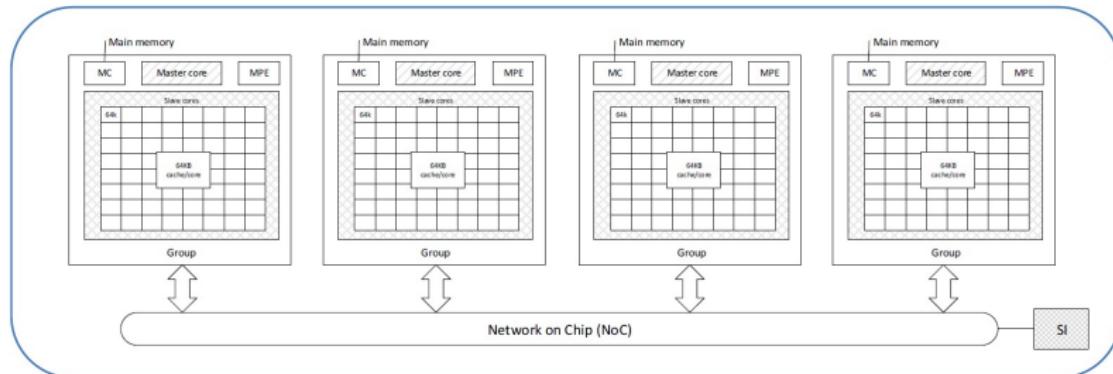
Veremos como é organizado este supercomputador.



Source: Jack Dongarra, Report on the Sunway TaihuLight System, June 2016

- Sunway TaihuLight (China)
- 40.960 nós SW26010 1,45 GHz cada um com 260 cores
- Total de 10.649.600 cores
- 1,31 PB (Peta bytes) de memória
- LINPACK 93,01 PFLOPS
- Velocidade de pico 125,43 PFLOPS

Sunway - Arquitetura de um nó SW26010



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- Um nó é composto por 4 grupos cada um com 8×8 cores mais um master core.
- Um nó tem um total de 260 cores, com velocidade de pico de 3 TFLOPS.

Sunway - Um nó SW26010



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- Um nó com 260 cores.
- Ao contrário do sistema TianHe que utilizou processadores da Intel, o processador SW26010 foi projetado pela Shanghai High Performance IC Design Center.

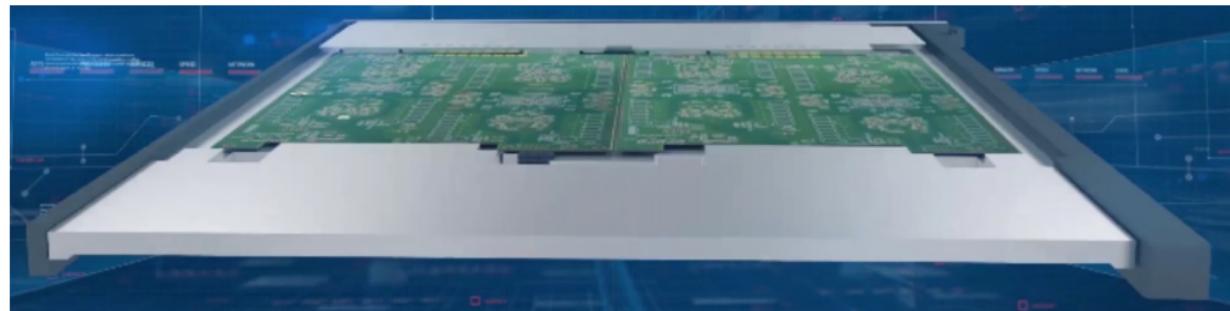
Sunway - Um cartão com 2 nós



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- Um cartão com 2 nós.
- $2 \times 260 = 520$ cores.

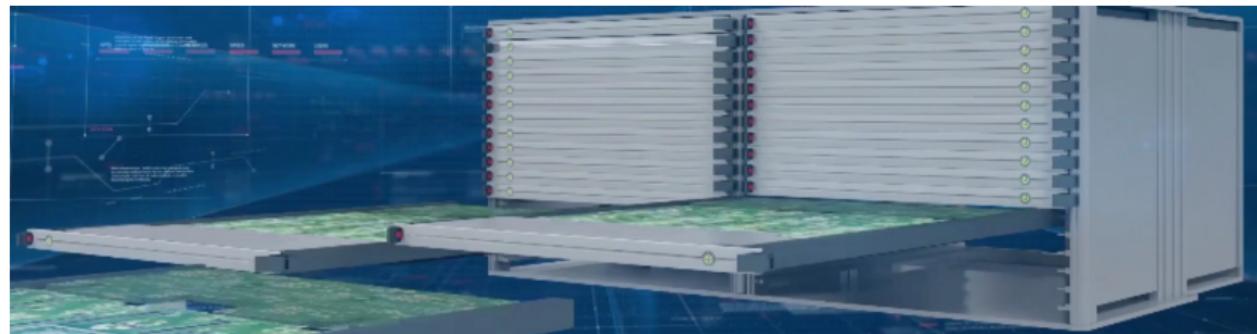
Sunway - Uma placa com 4 cartões



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- Uma placa com 4 cartões, 2 em cima e 2 em baixo.
- $4 \times 520 = 2.080$ cores.

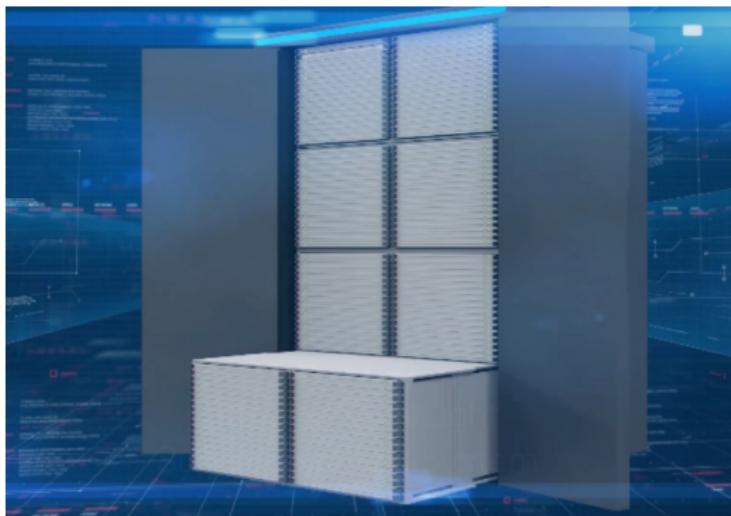
Sunway - Um supernó com 32 placas



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- Um supernó com 32 placas.
- $32 \times 2.080 = 66.560$ cores.

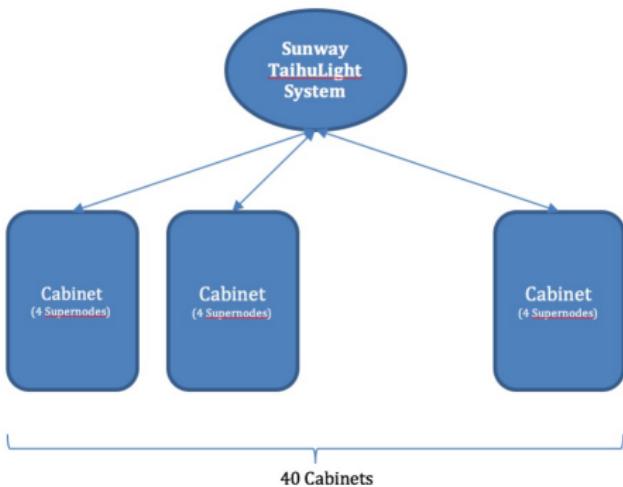
Sunway - Um gabinete com 4 supernós



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- Um gabinete com 4 supernós.
- $4 \times 66.560 = 266.240$ cores.

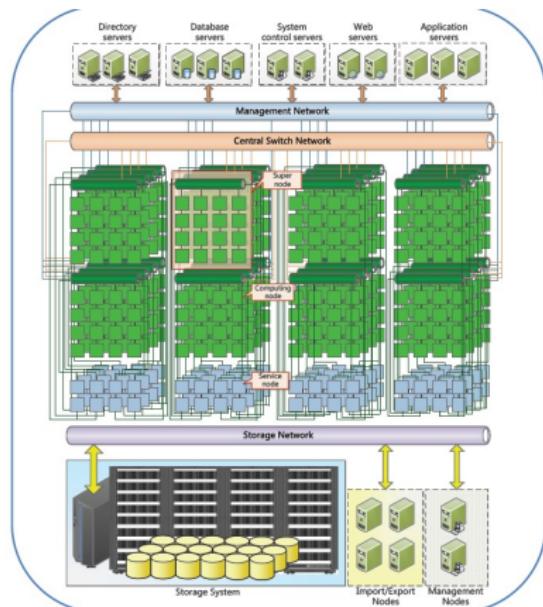
Sunway - Sistema completo com 40 gabinetes



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- O Sunway sistema com 40 gabinetes.
- $40 \times 266.240 = 10.649.600$ cores.

Sunway - Arquitetura



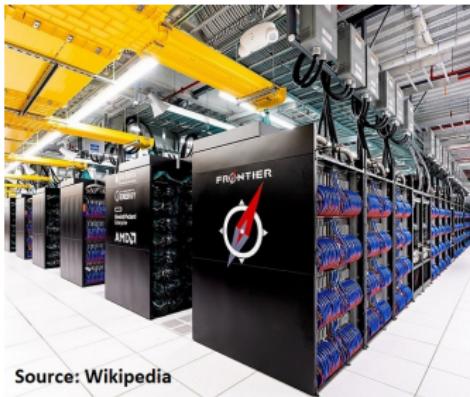
Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- A arquitetura do Sunway.

Sistema Sunway



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016



Primeiro computador a chegar a alcançar ExaFLOPS.

- Frontier - Oak Ridge National Lab (E.U.A.)
- Total de 8.730.112 cores ou núcleos
- Processadores AMD EPYC 64C 2GHz
- LINPACK 1.102 PetaFLOPS ou 1,102 ExaFLOPS
- Velocidade de pico 1,686 ExaFLOPS

O que vem depois ?

- Depois de ExaFLOPS vem ZettaFLOPS.
- Em que ano chegaremos à era *Zetta Computing*?
- E depois da computação VLSI com Silício, que novas tecnologias virão?

*Computers are incredibly fast, accurate, and stupid;
humans are incredibly slow, inaccurate and brilliant;
together they are powerful beyond imagination.*

- *Albert Einstein*

Como foi o meu aprendizado?

- Seja curioso: não se esqueça de ver qual será o computador mais veloz do mundo.
- Anúncio de uma nova lista top500 em novembro deste ano.
- Que processadores são usados no novo Top 1?
- Quantos processadores (ou *cores*) no novo Top 1?
- Alguns computadores brasileiros no novo Top500?

Próximo assunto: Supercomputadores da lista TOP500



- Próximo assunto: Supercomputadores da lista TOP500.
- Estado-de-Arte da supercomputação de alto desempenho. Qual o seu desempenho? Quem compra? Quem fabrica? Para que servem? Que sistema operacional usa? etc.
- Não percam!