

# 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>

# Evolução do computador e do seu desempenho

- 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	破五进十加
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 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 quotidianas 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

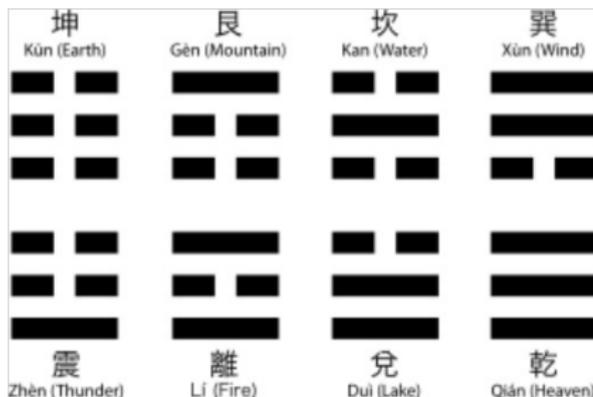
Ábaco chinês aparece na mesa de um boticário na pintura *Along the River during the Qingming Festival* (Século 12)



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):



Fonte:

Wikipedia

# Sessenta e quatro hexagramas (do livro I Ching)

## Sessenta e quatro hexagramas (6 bits):

六十四卦構成表

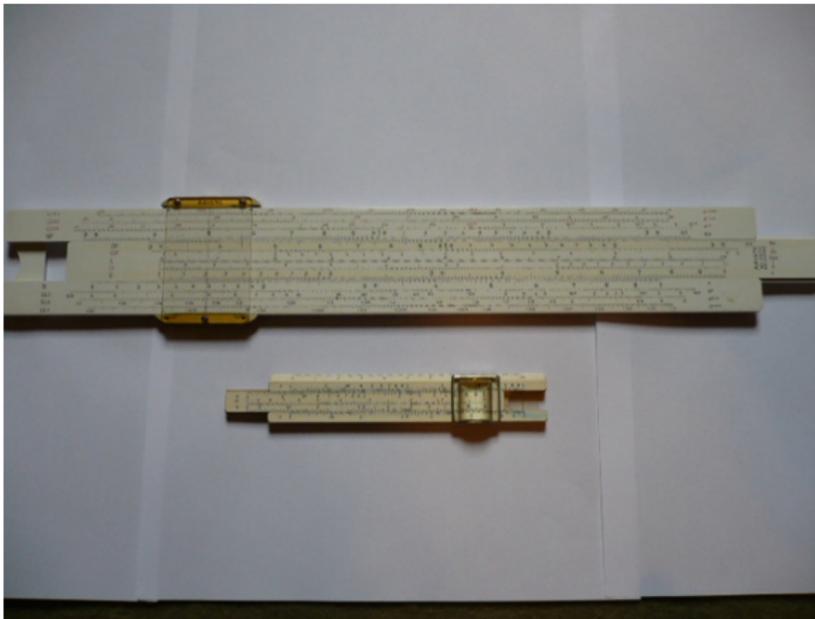
		☰ 上卦 ☷ 下卦							
☷ 坤 (地)	☶ 艮 (山)	☵ 坎 (水)	☴ 巽 (風)	☱ 兌 (澤)	☲ 離 (火)	☱ 兌 (澤)	☰ 乾 (天)		
11. 地天泰	28. 山天大畜	5. 水天需	9. 風天小畜	34. 雷天大壯	14. 火天大有	43. 澤天夬	1. 乾為天	☰	☰ (天)
19. 地澤臨	41. 山澤損	00. 水澤節	61. 風澤中孚	54. 雷澤無妄	38. 火澤睽	38. 兌為澤	10. 天澤履	☱	☱ (澤)
36. 地火明夷	22. 山火賁	63. 水火既濟	37. 風火家人	65. 雷火丰	30. 離為火	49. 澤火革	13. 天火同人	☲	☲ (火)
24. 地雷復	27. 山雷頤	3. 水雷屯	42. 風雷益	51. 震為雷	21. 火雷噬嗑	17. 澤雷隨	28. 天雷无妄	☳	☳ (雷)
66. 地風升	18. 山風蠱	48. 水風井	57. 巽為風	32. 雷風恆	50. 火風鼎	23. 澤風大過	44. 天風姤	☴	☴ (風)
7. 地水師	4. 山水蒙	29. 坎為水	59. 風水渙	40. 雷水漸	64. 火水未濟	47. 澤水困	6. 天水訟	☵	☵ (水)
15. 地山謙	52. 艮為山	39. 水山蹇	53. 風山巽	62. 雷山小過	58. 火山旅	31. 澤山咸	33. 天山遯	☶	☶ (山)
2. 坤為地	23. 山地剝	8. 水地比	20. 風地觀	16. 雷地豫	35. 火地革	45. 澤地萃	12. 天地否	☷	☷ (地)

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 (Século 17) (baseado no logaritmo)

Source: S. W. Song



# Geração 0 - “Computadores” mecânicos 1642 - 1945

- Wilhelm Schickard - 1623

Source: Universität Tübingen



- B. Pascal - 1645

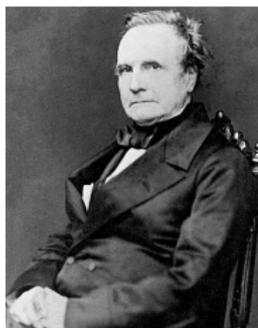
Source: Univ. of Vienna



# Charles Babbage e Ada Lovelace



Source: IEEE



Wikipedia



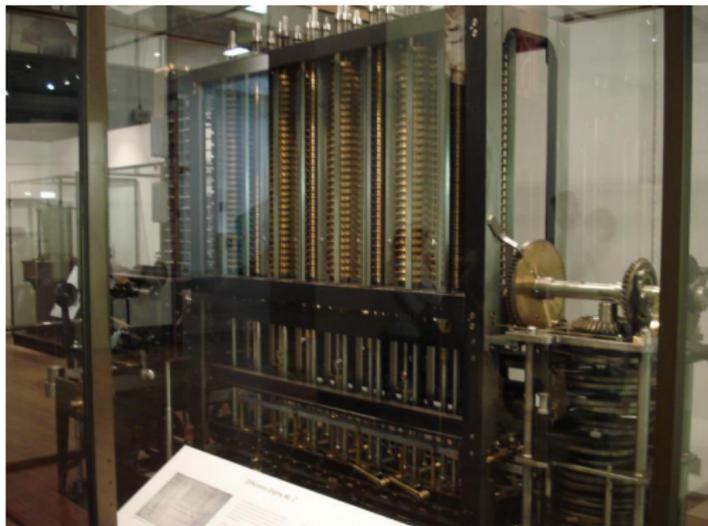
- Charles Babbage (1792-1871)  
“Pai do computador”  
Charles Babbage Award: estabelecido em 1989.
- Ada Lovelace (1815-1852)  
“Primeira programadora”

# 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

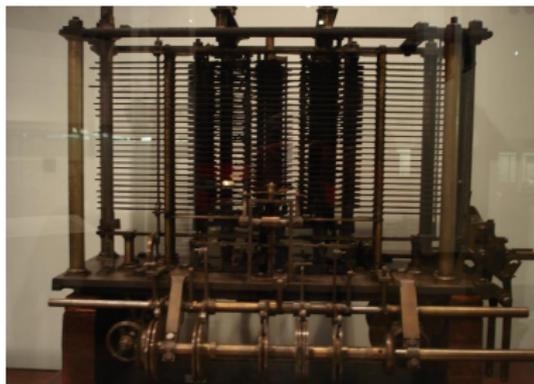


# Geração 0 Computadores mecânicos - Babbage

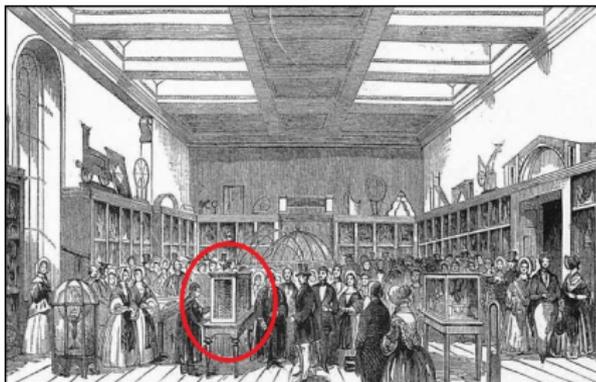
- *Analytical Engine*: Máquina de uso geral, mas não ficou operacional. Tem 4 partes: armazenamento, computação, entrada, saída

Primeira programadora: Ada Lovelace.

Source: London Science Museum



Parte da máquina em exibição - Source: Wikipedia



- H. Aiken: MARK I (1944)  
Usava relés mecânicos - Ciclo de relógio de 0,3 segundos

Source: [www.ibm.com](http://www.ibm.com)



# Invenção da válvula



Source: history-computer.com

- Sir John Ambrose Fleming (1849-1945)
- Inglês, engenheiro eletricitista, 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



# Decifragem de mensagens codificadas



Source: Wikipedia

- Durante a Segunda Guerra Mundial, surgiu a necessidade de equipamentos de computação de grande velocidade.
- A finalidade é para ajudar na decifragem de mensagens codificadas.
- ENIGMA: codificava mensagens utilizadas para comunicação entre o comando naval e os *U-boats* (submarinos alemães).
- LORENZ: codificava mensagens utilizadas para comunicação entre o alto comando alemão.

# ENIGMA e as *bombes* de Turing

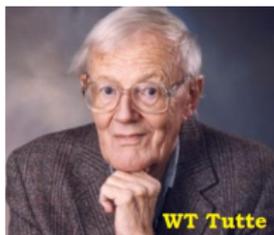
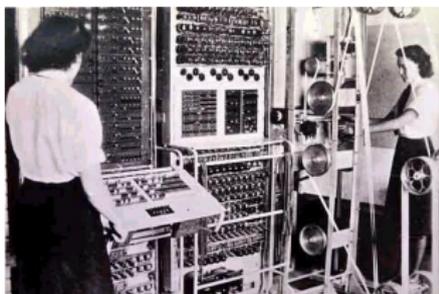
Source: Wikipedia



- Para decifrar mensagens codificadas, uma equipe em 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), Turing construiu *bombes* para descobrir a configuração inicial.

# Geração 1 Válvulas - Colossus (1943)

Source: Wikipedia



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

# Geração 1 Válvulas - Colossus (1943)

LETTERS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	CARRIAGE RETURN	LINE FEED	LETTERS	FIGURES	SPACE	STOP
FIGURES	-	?	:	!	3	%	@	£	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5						
CODE ELEMENTS	1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

**The International Telegraph Alphabet**      **Baudot Code**      ● INDICATES A MARK ELEMENT (A HOLE PUNCHED IN THE TAPE)  
Source: Wikipedia      ○ INDICATES POSITION OF A SPROCKET HOLE IN THE TAPE



- LORENZ tem como entrada uma mensagem onde cada caráter usa a codificação de 5 bits chamada Baudot Code.
- A codificação básica de LORENZ usa cinco rodas cada uma com um número de pinos. Os números de pinos das cinco rodas são números co-primos: 41, 31, 29, 26, 23.
- Cada pino pode ser ou 0 ou 1. Assim numa determinada configuração, os 5 pinos das 5 rodas representam um número binário de 5 bits.
- Uma letra de entrada de 5 bits entra na máquina LORENZ e sofre uma operação de ou-exclusivo com o número binário de 5 bits das cinco rodas. Como isso gera-se a saída da letra codificada. Em seguida todas as rodas avançam de uma posição para codificar o próximo caráter.

# Geração 1 Válvulas - Colossus (1943)

LETTERS FIGURES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	CARRIAGE RETURN	LINE FEED	LETTERS FIGURES	SPACE	USE FOR MULTI-TAP
1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

**Baudot Code**      ● INDICATES A MARK ELEMENT (A HOLE PUNCHED IN THE TAPE)  
**The International Telegraph Alphabet**      ○ INDICATES POSITION OF A SPROCKET HOLE IN THE TAPE  
Source: Wikipedia



- Por exemplo: Seja a entrada letra A: 11000.  
Sejam os 5 bits das cinco rodas 10101.  
Então a saída será o número  $11000 \oplus 10101 = 01101$   
codificando a letra P. Esse número é transmitido.
- No lado que recebe, esse número 01101 entra na máquina LORENZ usando-se a mesma configuração das rodas que contém o número 10101.
- Então a saída gerada, depois de ou-exclusivo, é  $01101 \oplus 10101 = 11000$ , a letra A original.
- Para mais detalhes, ver: [The Lorenz Cipher by Tony Sale](#)

# Geração 1 Válvulas - ENIAC (1946)

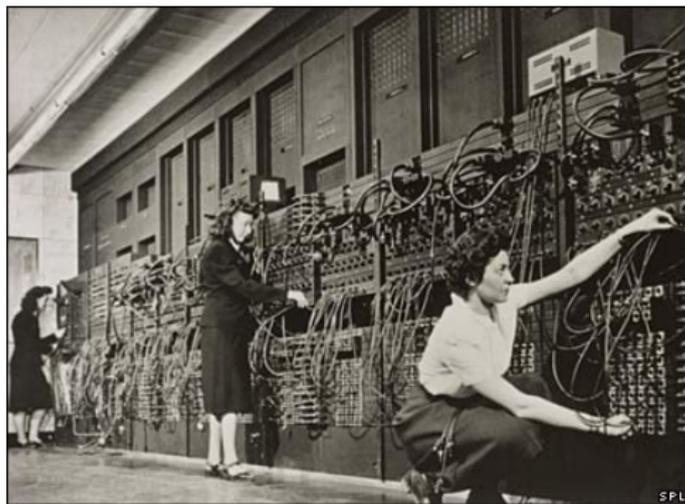
Source: history.computer.com



- 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)

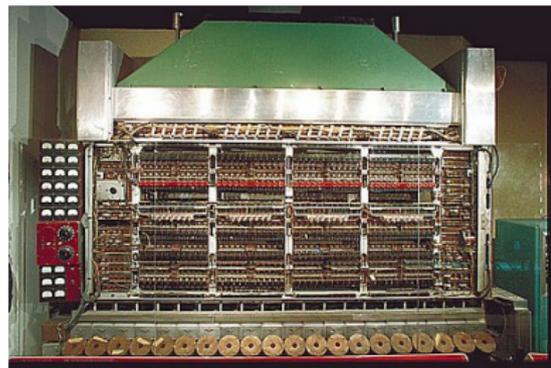
Source: Wikipedia



- 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



- 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.

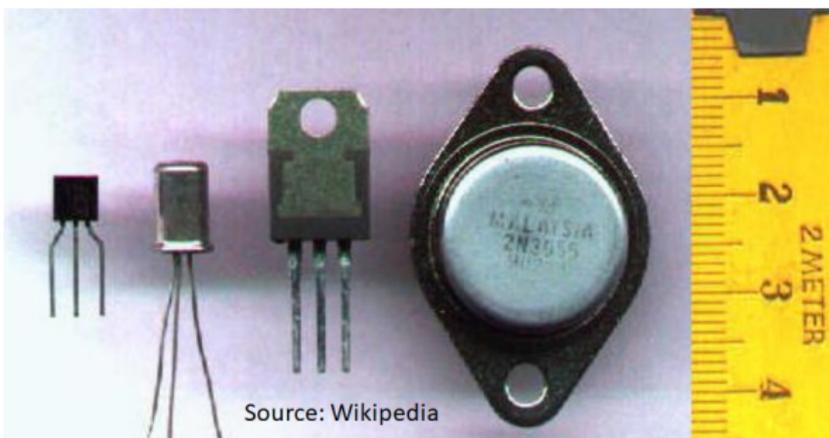
# Invenção do transistor

Source: Wikipedia



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

# Geração 2 - Transistores 1955 - 1964



Source: Wikipedia



Source: S. W. Song

# Primeiros computadores nas universidades do Brasil

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.

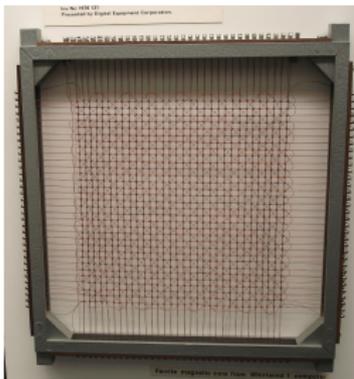
Source: IBM



# 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.

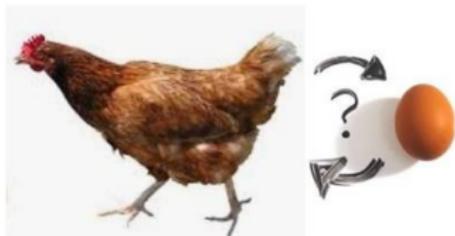


# Pergunta

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, Routo 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, Routo 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

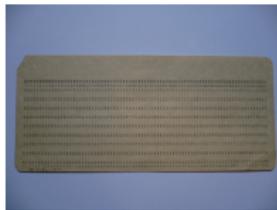


- Professores de Computação na FEA/USP: Isu Fang, Nicolau Reinhard, Ronaldo Zwicker, Tomasz Kowaltowski



# Entrada por cartão

Source: S. W. Song



Source: Univ. Stuttgart

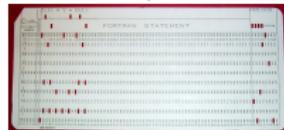


# Procedimento complicado para rodar um programa

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)J,I
7      6002 FORMAT(' ',13,' IS GREATER THAN ',13)
8      K=K+1
9      GO TO 6
10     66 WRITE(6,6001)I,J
11     6001 FORMAT(' ',13,' IS GREATER THAN ',13)
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)J,I
7      6002 FORMAT(' ',13,' IS GREATER THAN ',13)
8      K=K+1
9      GO TO 6
10     66  WRITE(6,6001)I,J
11     6001 FORMAT(' ',13,' IS GREATER THAN ',13)
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.



# Segundo micro do IME-USP

- 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.

# O número 1 da lista TOP500 - em junho 2023



## Primeiro computador a chegar a alcançar ExaFLOPS.

- Frontier - Oak Ridge National Lab (E.U.A.)
- Total de 8.699.904 *cores* ou núcleos
- Processadores AMD EPYC 64C 2GHz
- LINPACK 1.194 PetaFLOPS ou 1,194 ExaFLOPS
- Velocidade de pico 1,680 ExaFLOPS

# 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!