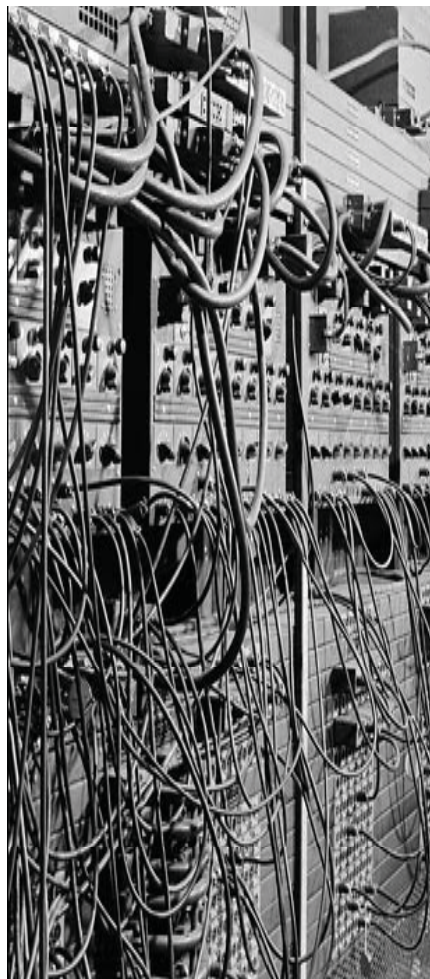


Arquitetura e Organização de Computadores



Fonte: <http://www.rdavid.com.br/eniac>

Histórico

Luciano de Oliveira Neris

luciano@dc.ufscar.br

Adaptado de slides do prof. Marcio Merino Fernandes

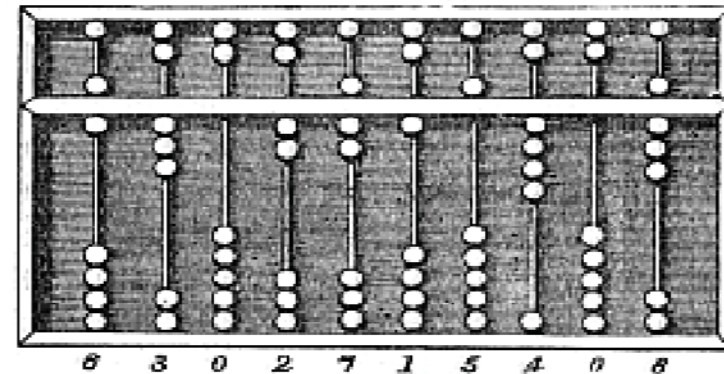
Departamento de Computação
Universidade Federal de São Carlos



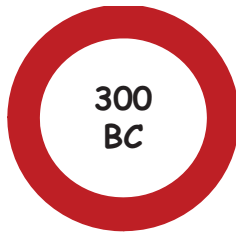
Histórico →

5500
BC

- A criação do **Ábaco**, a primeira calculadora conhecida
- Acreditava-se que havia sido inventado pelos **Babilônios** por volta de 2400 BC
- A história deste instrumento é mais antiga, datando seu primeiro uso na **China antiga**, por volta de 5500 BC
- Usado para **operações matemáticas sistematizadas**.



Histórico →



- A criação do primeiro **Sistema Binário** por **Pingala** (também chamado de Chandaḥśāstra) um estudioso e autor indiano, por volta do ano 300 BC
- Pingala desenvolveu este sistema com o objetivo de criar uma métrica para poesias



Histórico →

60
AD

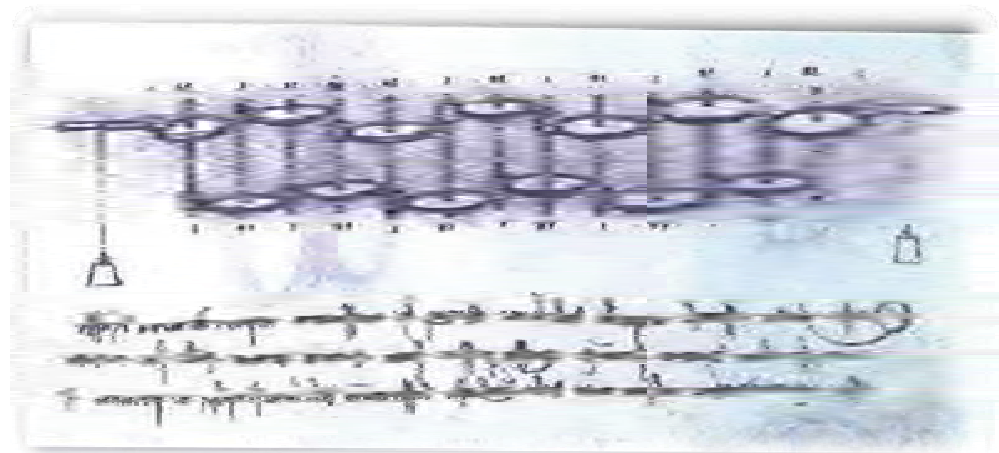
- Heron de Alexandria, inventor e matemático grego cria as primeiras máquinas que seguiam uma série de instruções (uma das primeiras máquinas de venda)
- Foi responsável também por um método iterativo para computar a raiz quadrada



Histórico →

1492

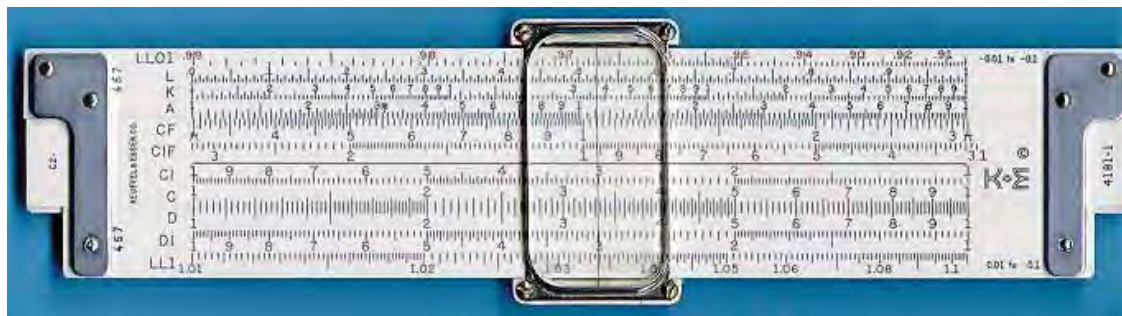
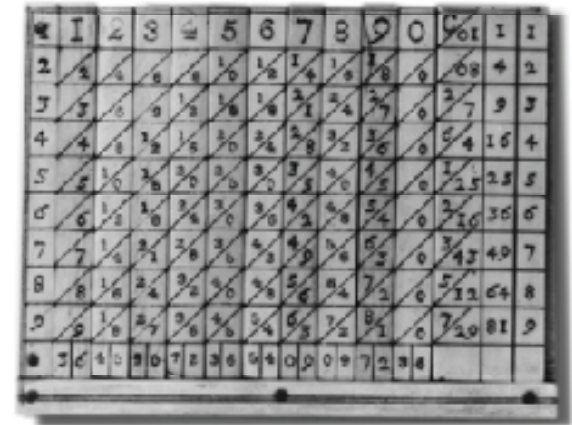
Leonardo da Vinci a primeira **calculadora mecânica** e um dos primeiros robôs programáveis (o robô Leão de Da Vinci).



Histórico →

1610

O escocês **John Napier**, inventor dos logaritmos, inventou a "**Tábua de Napier**", que era similar a uma tabela de multiplicações. A tábua reduzia multiplicações e divisões a adições e subtrações. Usando esse princípio, em 1620 foram criadas as réguas de cálculo, usadas até 1970, antes das calculadoras de bolso.



Histórico →

1642

Blaise Pascal, físico,
matemático, escritor e
inventor francês cria a
primeira **máquina de
adição mecânica**,
batizada como
"Pascaline"



Histórico →

1801

Na França, durante a Revolução Industrial, **Joseph Marie Jacquard**, mecânico francês, (1752-1834) inventou um **tear mecânico controlado por cartões perfurados**, capaz de produzir tecidos com desenhos bonitos e intrincados. Em sete anos, já havia 11 mil teares desse tipo operando na França.



Histórico →

1835

- **Charles Babbage**, matemático e engenheiro mecânico, considerado o "Pai da Computação", criou uma máquina muito complexa para o seu tempo, chamada **Motor Analítico**.
- O Motor Analítico marca a transição entre aritmética mecanizada e computação de propósito geral.
- O projeto, totalmente mecânico, era composto de uma memória, um processador central, engrenagens e alavancas usadas para a transferência de dados da memória para o processador central e dispositivos para entrada e saída de dados. O calculador utilizaria cartões perfurados e seria automático.



Histórico →

1835

Ada Lovelace, tornou-se a **primeira programadora**, escrevendo séries de instruções para o engenho analítico de Babbage.

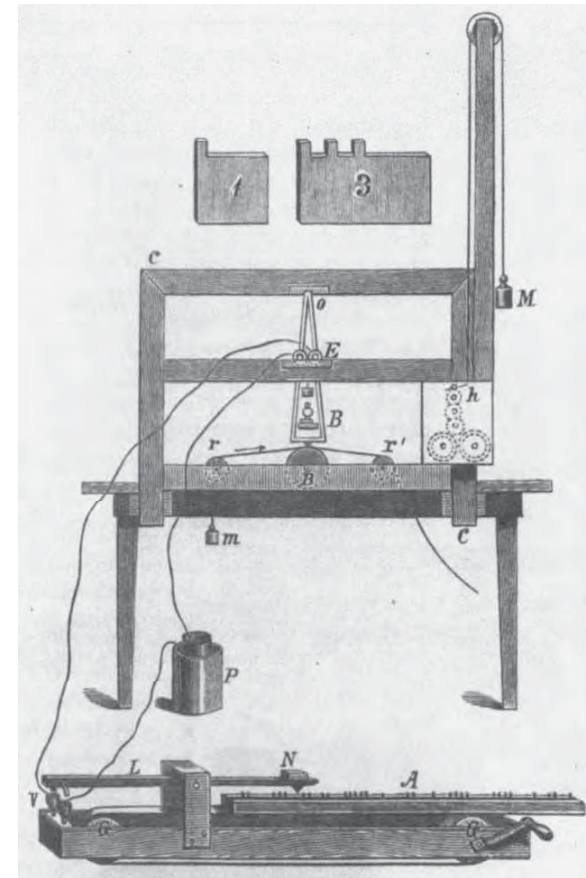
Ada inventou os conceitos de **subrotina**, **loops e desvio condicional**: a leitora de cartões desviaria para outro cartão "se" alguma condição fosse satisfeita.



Histórico →

1835

- **Samuel Morse**, inventor americano, contribuiu para a invenção de um sistema de **telégrafo** baseado no sistema Europeu já existente.
- Foi um dos desenvolvedores da codificação que posteriormente levou seu nome: O Código Morse



Histórico →

1854

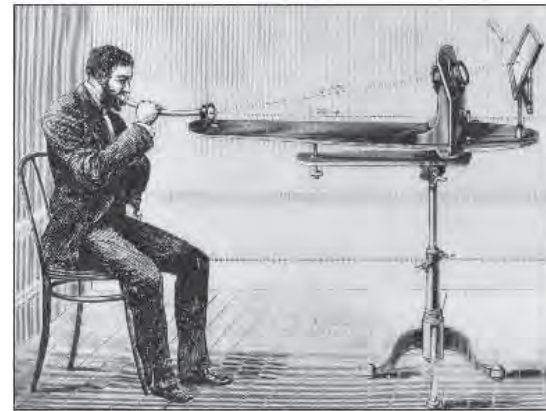
O matemático **inglês**
George Boole publicou em
1854 os princípios da
lógica booleana, onde as
variáveis assumem apenas
valores 0 e 1 (verdadeiro
e falso).



Histórico →

1880

Alexander Graham Bell,
cientista e inventor
escocês, inventa o
primeiro **telefone**,
batizado de Photophone,
a primeira patente
referente a um aparelho
de telefone.



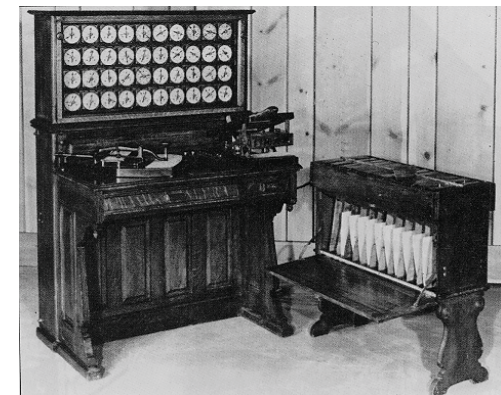
Histórico →

1890

Por volta de 1890, **Herman Hollerith** foi responsável por uma grande mudança na maneira de se processar os dados dos censos da época:

Os dados do censo de 1880, manualmente processados, levaram 7 anos e meio para serem compilados. Os do censo de 1890 foram processados em 2 anos e meio, com a ajuda de uma máquina de **perfurar cartões e máquinas de tabular e ordenar**, criadas por Hollerith e sua equipe.

Mais tarde, Hollerith fundou uma companhia para produzir máquinas de tabulação. Anos após, em 1924, essa companhia veio a se chamar IBM.



Histórico →

1895

Guglielmo Marconi

difunde as ondas de rádio e cria o primeiro aparelho patenteado para **comunicação via ondas de rádio**.

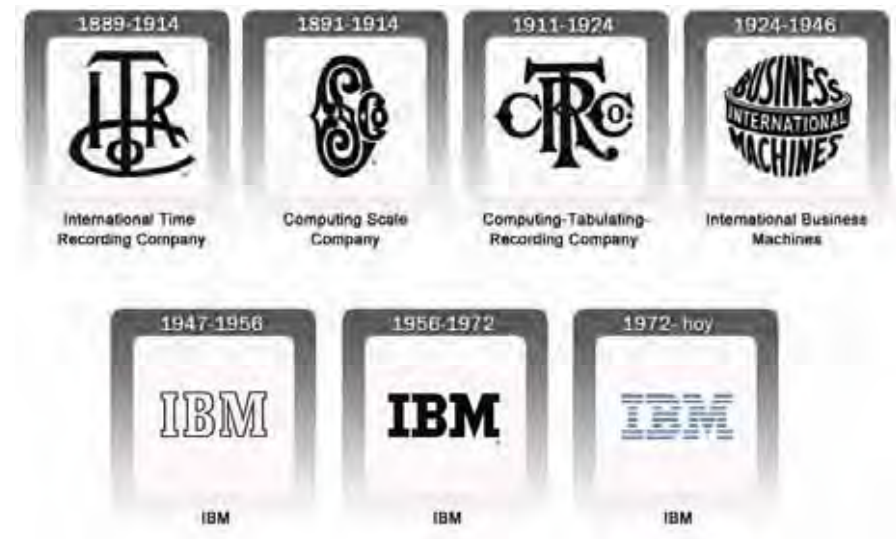
O padre Landell de Moura, brasileiro, foi o inventor do primeiro rádio, antes mesmo de Marconi.



Histórico →

1924

- A **empresa IBM** é fundada em 15 de junho de 1889 com outro nome: **International Time Recording Company**.
- Passando por **Computing Scale Company, Computing-Tabulating-Recording Company**, a partir de 1924 ela se tornaria o que conhecemos atualmente como **IBM (International Business Machines)**.



Histórico →

1924

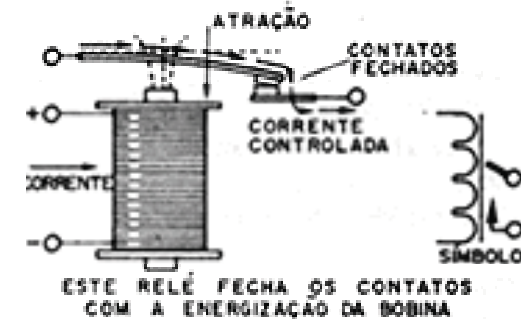
- **John Logie Baird**, engenheiro escocês, inventa o primeiro sistema de **televisão** eletromecânica.
- Foi responsável também pelo primeiro sistema de televisões de tubo a cores.



Histórico →

1936

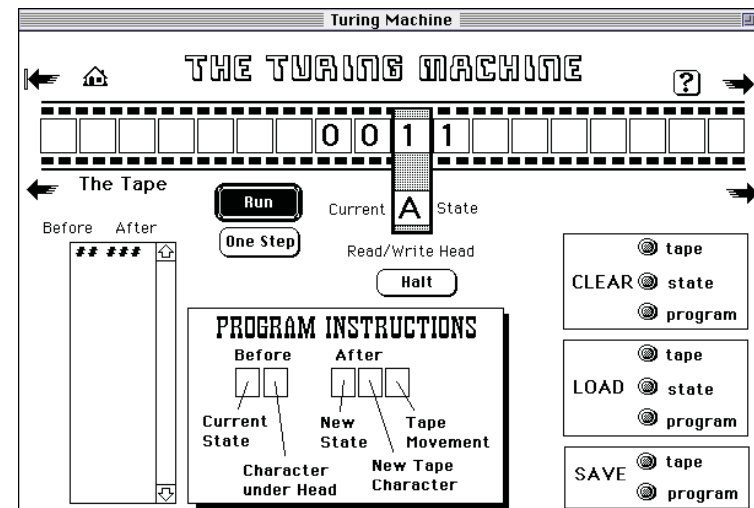
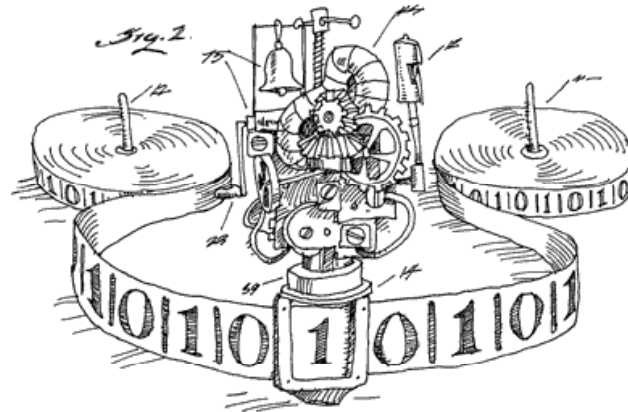
- O primeiro **computador eletromecânico**, o chamado Z-1, usava relês e foi construído pelo alemão **Konrad Zuse** em 1936.
- Zuse tentou vendê-lo ao governo para uso militar, mas foi subestimado pelos nazistas, que não se interessaram pela máquina.



Histórico →

1937

Alan Turing, aos 25 anos, desenvolve o conceito de uma **máquina computacional teórica**, que posteriormente seria batizada com seu nome, a Máquina de Turing.



Histórico →

1939

Willian Hewlett e David Packard fundam a HP (Hewlett-Packard!)

Posteriormente seria uma das maiores **empresas de computação** e instrumentação do mundo.

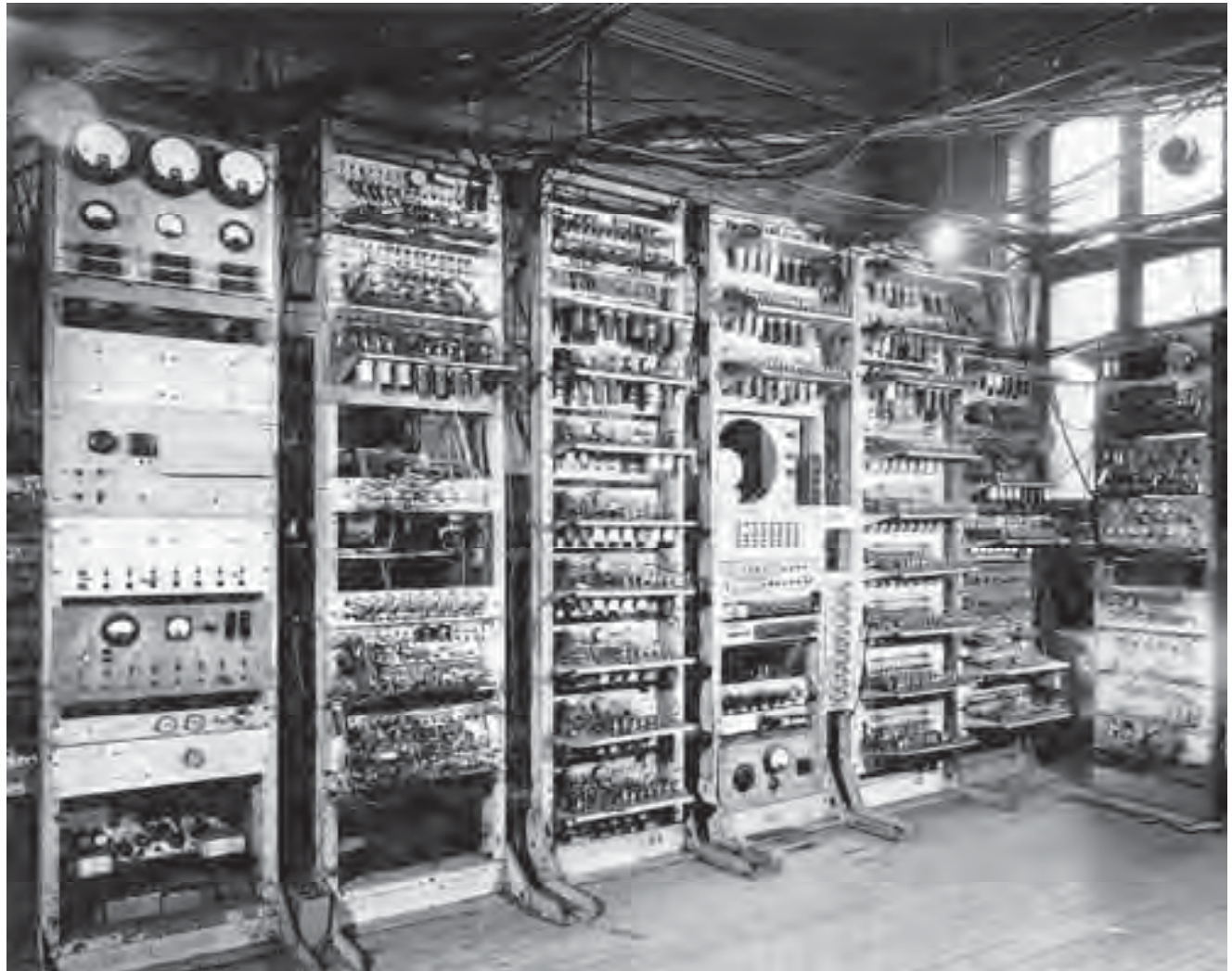


Histórico →

1944

Mark I ocupava 120 m³, tinha milhares de relês e fazia muito barulho.

Uma multiplicação de números de 10 dígitos levava 3 segundos para ser efetuada.

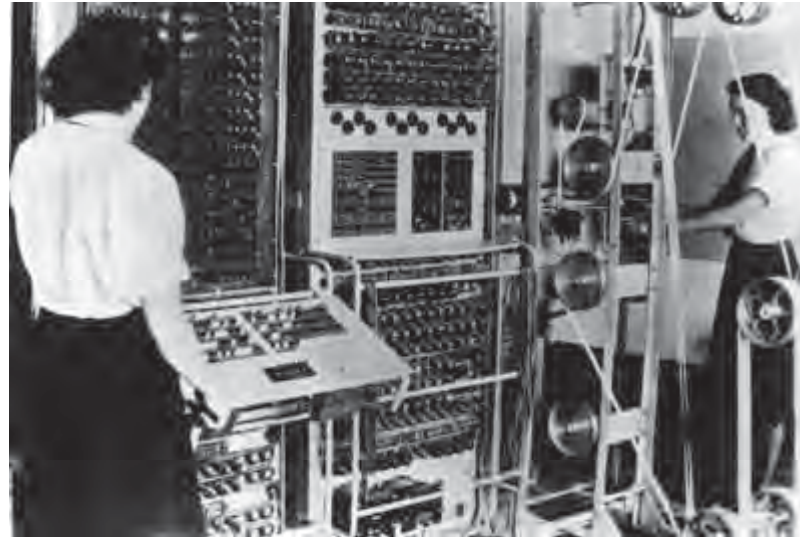


Histórico →

1943

Novamente **Alan Turing**, agora aos 31 anos, desenvolve a **máquina Colossus**, uma "quebradora-de-códigos". Ela foi responsável por quebrar códigos da máquina Enigma, usada pelos nazistas.

Lembrando que em 1943 se aproximava o fim da Segunda Guerra Mundial.



Histórico →

1945

- O matemático húngaro **John Von Neumann** formalizou o projeto lógico de um computador.
*Ligado ao projeto do ENIAC →.
- Von Neumann sugeriu que as instruções fossem armazenadas na memória do computador.
- Até então elas eram lidas de cartões perfurados e executadas, uma a uma.
- Armazená-las na memória, para então executá-las, tornaria o computador mais rápido, já que, no momento da execução, as instruções seriam obtidas com rapidez eletrônica.
- **A maioria dos computadores de hoje em dia segue ainda o modelo proposto por Von Neumann.**



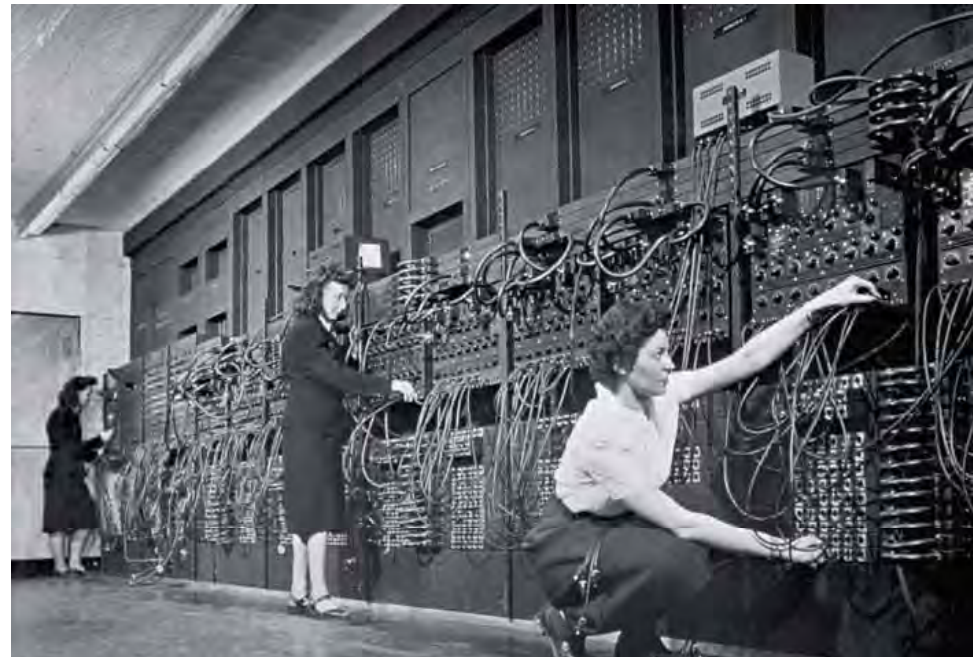
Histórico →

1946

- Os engenheiros **John Eckert e John Mauchly** projetaram o ENIAC: *Electronic Numeric Integrator And Calculator*, com 18.000 válvulas. →



- O ENIAC conseguia fazer 500 multiplicações por segundo.
- ENIAC é revelado na Universidade de Pennsylvania em 14 de fevereiro de 1946 e inicia-se **a era da computação moderna**.



Histórico →

1947

Em 23 de dezembro de 1947, na **Bell Labs**, **John Bardeen**, **Walter Brattain**, e **William Shockley**, desenvolveram o primeiro transistor.

Usando semicondutores, os transistores puderam substituir as válvulas, sendo menores, mais rápidos e mais duradouros, além de não esquentarem tanto nem consumirem tanta energia.



Histórico →

1950

O primeiro **computador eletrônico** foi criado por **Hideo Yamachito**, no Japão.

Esta máquina foi chamada "Máquina Estatística Tipo Yamashita", e em 1951, NEC e Fujitsu venderam modelos comerciais desta máquina para o Birô de Estatística, para o governo japonês e para o departamento estatístico do Governo Metropolitano de Toquio.



Histórico →

1953

O **IBM 701** é terminado e disponibilizado.

Um total de 19 unidades foram vendidas para a comunidade científica.

Aug. 30, 1960

F. C. WILLIAMS

2,951,176

APPARATUS FOR STORING TRAINS OF PULSES

Filed Dec. 10, 1947

3 Sheets-Sheet 1

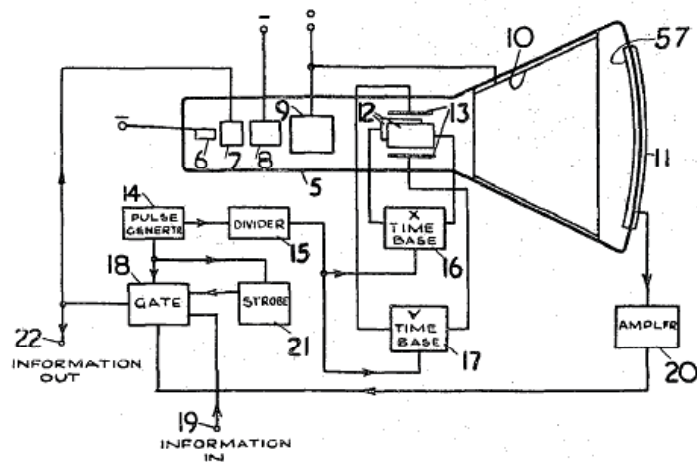


Fig. 1.

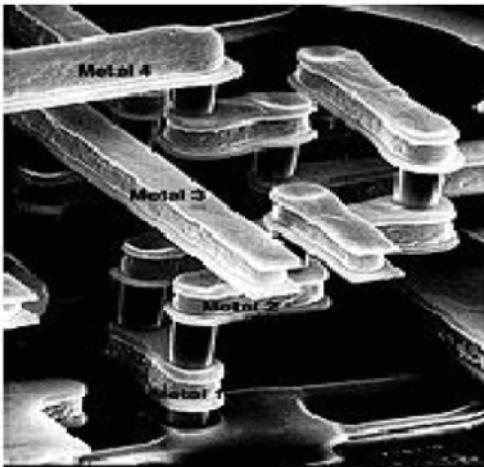


Histórico →

60s

Nos anos 60, sob a influência do programa espacial americano, o desenvolvimento da microeletrônica levou a construção de **circuitos transistorizados integrados** em uma única pastilha de silício (*chip*) de dimensões reduzidas.

Dezenas de milhares de transistores são integrados em um *chip* de alguns milímetros quadrados, dando origem aos circuitos integrados.



Histórico →

1964

- Em 1964 a **IBM** anunciou o **System / 360**, uma família de seis computadores mutuamente compatíveis e 40 periféricos que poderiam trabalhar juntos.
- O investimento inicial de U\$ 5 Bilhões foi rapidamente amortizado, com 1.000 pedidos por mês dentro de dois anos.
- Na época em que a IBM lançou o System / 360, a empresa estava fazendo uma transição de transistores discretos p/ circuitos integrados, e sua principal fonte de receita transferida de equipamento de cartões perfurados para sistemas de computadores eletrônicos.



Histórico →

1964

- O supercomputador **CDC's 6600**, projetado por **Seymour Cray** para a empresa **Control Data** realizava até 3 milhões de instruções por segundo - uma velocidade de processamento três vezes mais rápido do que seu concorrente mais próximo, a IBM Stretch
- O 6600 manteve a distinção de ser o computador mais rápido do mundo até superada por seu sucessor, o CDC 7600, em 1968.
- Parte da velocidade veio da arquitetura do sistema, que tinha 10 pequenos computadores, conhecidos como processadores periféricos, canalizando dados para uma grande unidade de processamento central.



Histórico →

1965

- **Digital Equipment Corp (DEC).** lançou o **PDP-8**, o primeiro minicomputador bem sucedido comercialmente.
- O PDP-8, vendido por US \$ 18.000, um quinto do preço de um pequeno mainframe IBM 360.
- A velocidade, tamanho pequeno, e custo razoável permitiu que o PDP-8 fosse usado em milhares de fábricas, pequenas empresas e laboratórios científicos.



Histórico →

1966

A **Hewlett-Packard** entrou no negócio de computador de uso geral com o seu **HP-2115**, oferecendo um poder computacional anteriormente encontrados apenas em computadores muito maiores.

O HP-2115 podia ser programado em várias linguagens de alto nível, como BASIC, ALGOL, e Fortran.



Histórico →

1968

Fundação da Intel - **Robert Norton Noyce** (inventor do circuito integrado), **Gordon Moore** (famoso pela lei de moore) fundaram a Intel para fabricar chips de memória



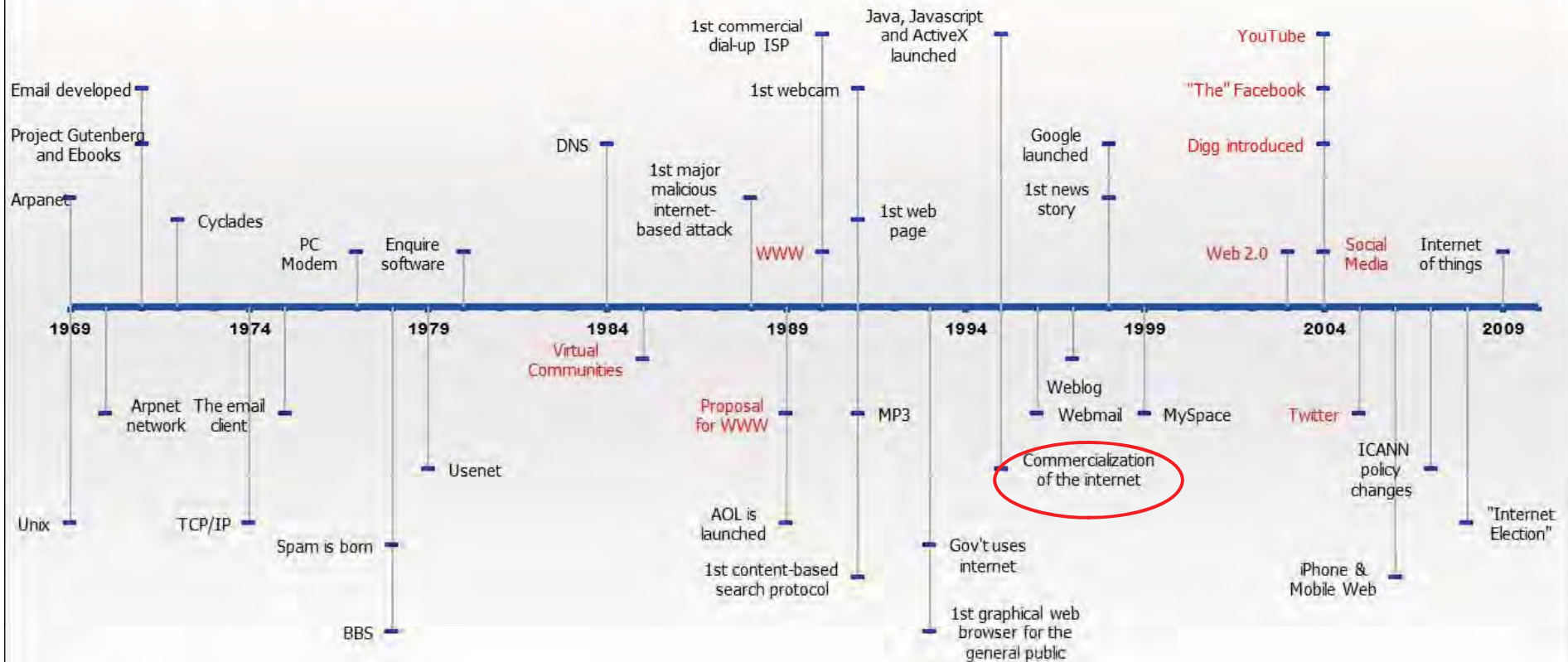
<https://en.wikipedia.org/wiki/Intel>

Histórico →

1969

Em 1969 surge a **Arpanet**, projeto do governo americano que iria evoluir p/ o que hoje conhecemos como **Internet**.

Timeline of the development of the Internet



Histórico →

1974

- Pesquisadores do Palo Alto Research Center da Xerox desenvolveram o Alto - a primeira estação de trabalho com um mouse embutido para entrada.
- O Alto armazenados tinha interface de janelas simultâneas, menus e ícones, e podia conectar-se a uma rede local.
- Embora Xerox nunca tenha comercializado o Alto, vários foram doados às universidades.
- Engenheiros mais tarde incorporada suas características em estações de trabalho e computadores pessoais.



Histórico →

1975

- A edição de janeiro da revista Popular Electronics apresentou o kit computador **Altair 8800**, com base no microprocessador 8080 da Intel.
- Poucas semanas os clientes inundaram a empresa fabricante, **MITS**, com pedidos.
- **Bill Gates e Paul Allen** licenciaram **BASIC** como linguagem de programação do Altair.
- Ed Roberts inventou a 8800 - que vendeu por US \$ 297, ou 395 dólares, e cunhou o termo "computador pessoal".
- A máquina veio com 256 bytes de memória (expansível até 64 K) e uma estrutura aberta de barramento de 100-linhas, que evoluiu para o padrão S-100.



Histórico →

1975

Bill Gates e Paul Allen fundam a
Microsoft.

Na época, Bill Gates tinha 17 anos e comandava uma pequena equipe de desenvolvimento de softwares.



MICRO
SOFT

Histórico →

1976

Steve Wozniak, um jovem americano especialista em eletrônica, projetou o **Apple-1**, um computador de placa única para entusiastas.

Com um pedido para montar 50 sistemas p/ uma loja de Mountain View, California, Wozniak e seu melhor amigo **Steve Jobs** começaram uma nova empresa, chamada **Apple Computer, Inc.**

Ao todo, cerca de 200 das placas foram vendidos antes da Apple anunciar o Apple II um ano depois, como um computador pronto p/ usar por consumidores. Milhões de Apple II foram vendidos.



Histórico →

1976

- **CRAY-1**: Primeiro **supercomputador** bem sucedido comercialmente. Baseado em processamento vetorial.



Histórico →

1978

- O **VAX 11/780** foi o primeiro **minicomputador** da família VAX, do fabricante DEC (Digital Equipment Corporation).
- O computador e seu sistema operacional (VMS) foram projetados a partir do zero.
- O resultado foi um sistema muito confiável, poderosa e "user-friendly". O nível de preços acessíveis permitiu que muitas instituições e universidades pudessem adquiri-lo.



Histórico →

1979

- **Atari** projetou dois **microcomputadores**, os modelo 400 e modelo 800. As duas máquinas foram construídas com a idéia de que o 400 serviria principalmente como um **console de jogos**, enquanto o 800 seria mais um **computador doméstico**.
- Ambos venderam bem, apesar de terem problemas técnicos e de marketing, e terem enfrentado forte concorrência dos computadores Apple II, Commodore PET, e TRS-80.



Histórico →

1981

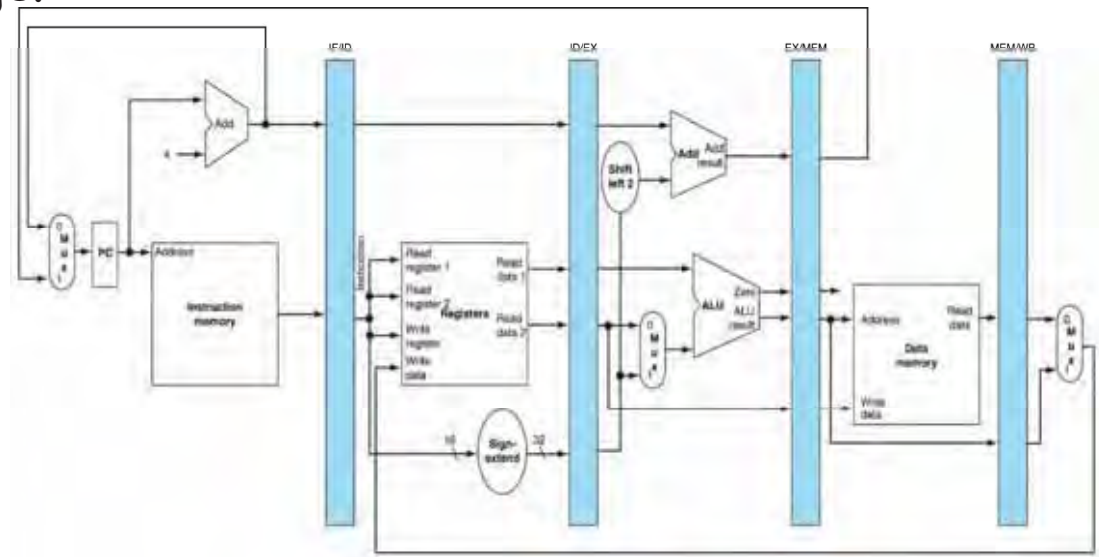
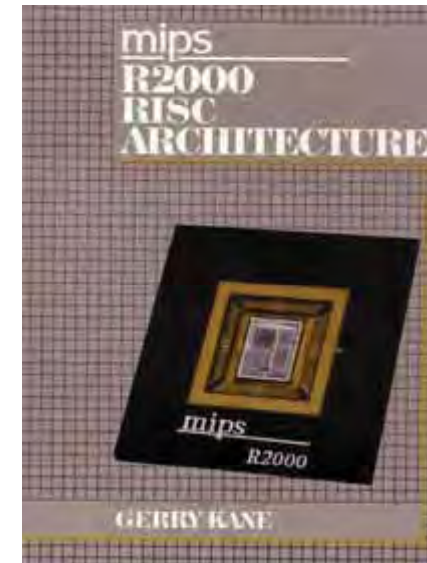
- Em 1981 a **IBM** lançou o seu **PC (Personal Computer)**, marcando o início de um rápido crescimento no mercado de computadores pessoais.
- O primeiro PC tinha um microprocessador Intel 8088 de 4.77 MHz, e usava o sistema operacional Microsoft MS-DOS.
- Esta arquitetura de computador pessoal é a **base dos PCs e Laptops** ainda em uso em 2015!



Histórico →

1986

- **IBM e MIPS** lançam as primeiras estações de trabalho baseados na **arquitetura em RISC**: O PC-RT e o sistema R2000.
- Os princípios de arquitetura conhecidos como RISC marcam uma nova era no projeto e desenvolvimento de microprocessadores, e são amplamente adotados até hoje.



Histórico →

1991

Tim Berners-Lee, cientista da computação do **CERN**, utilizando um computador da NEXT, segunda empresa de Steve Jobs, cria um sistema que posteriormente conheceríamos como a **WEB**, o que alguns anos mais tarde viria a possibilitar o **uso da Internet** em larga escala pelo público em geral.

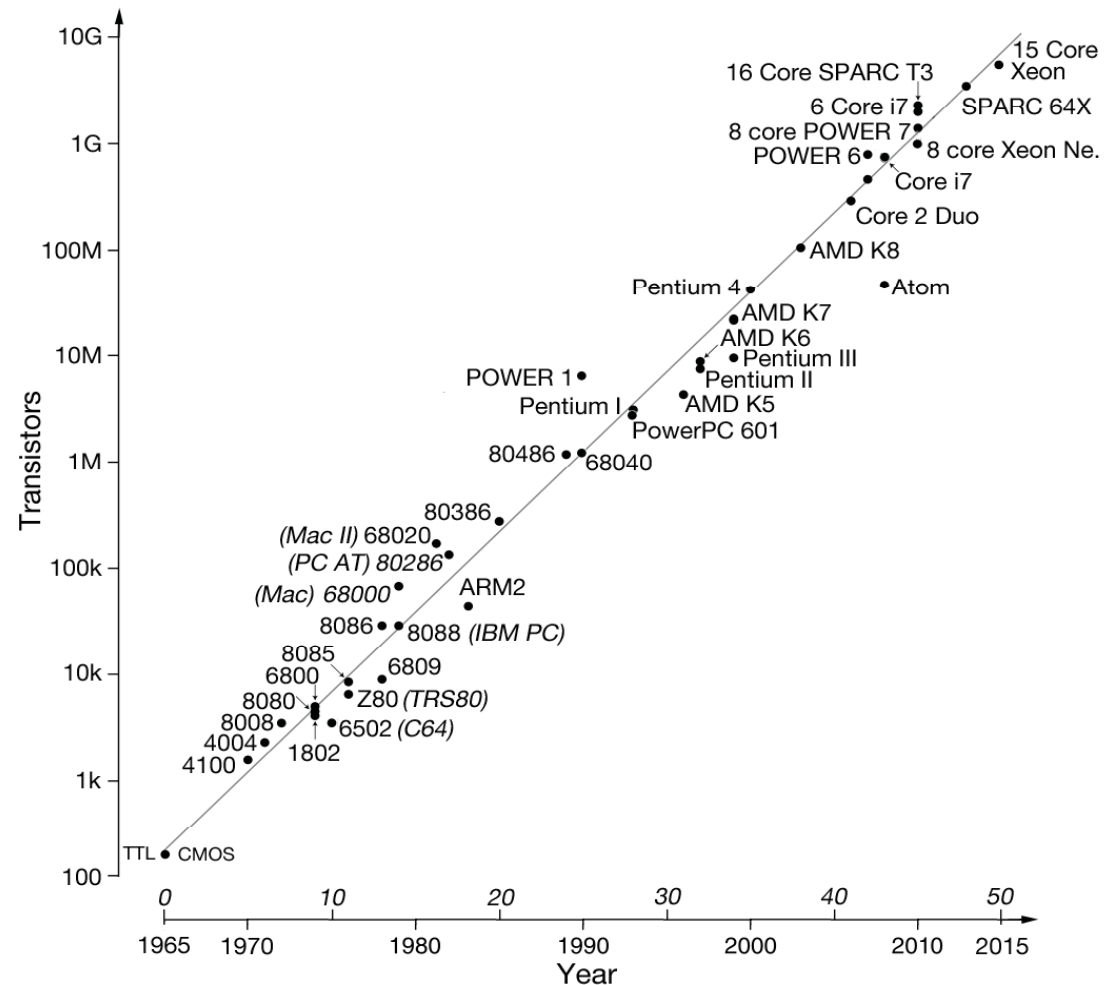


Histórico →

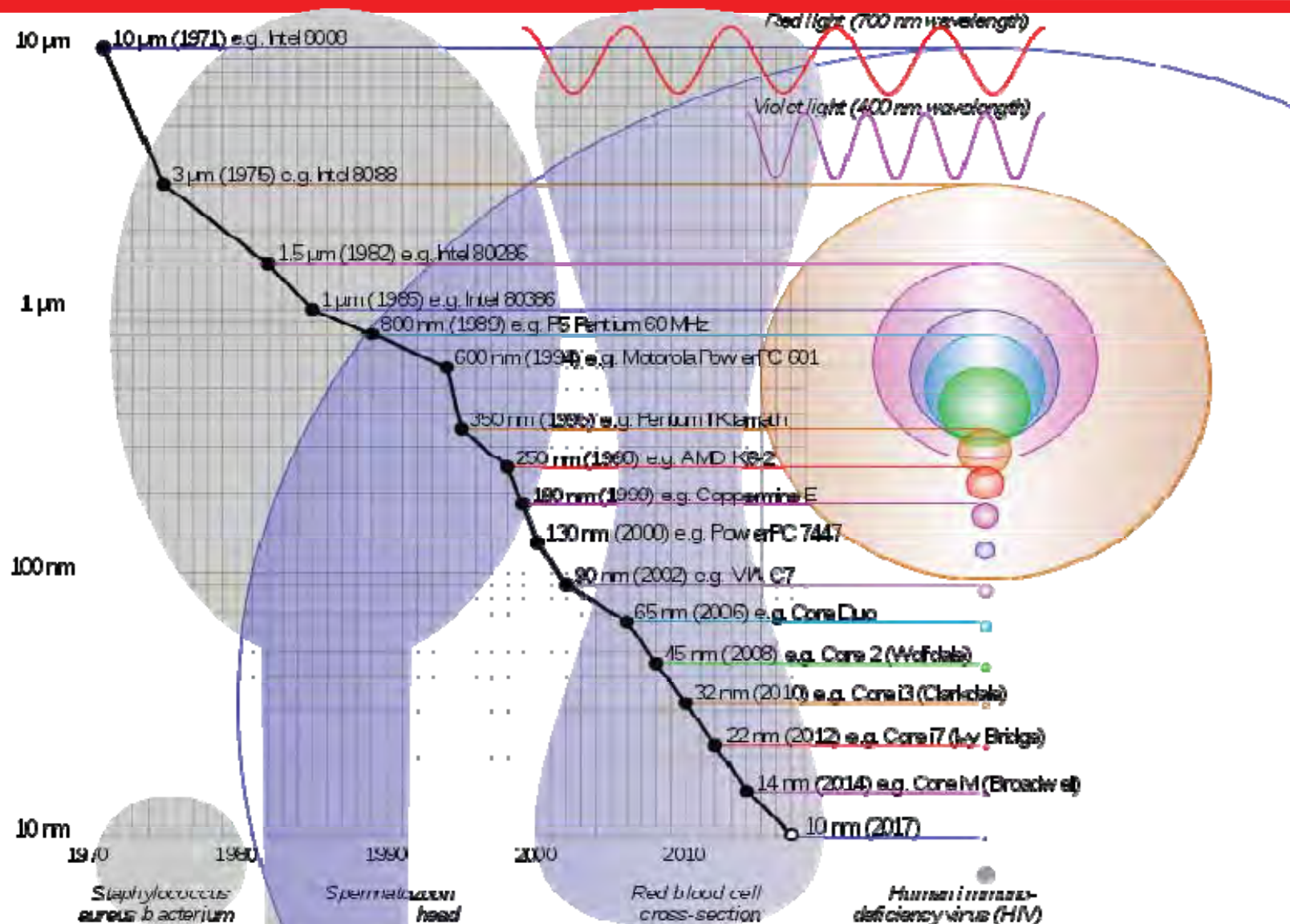
Anos
90



- **Lei de Moore (1965):**
Densidade de transistor em um chip irá dobrar a cada 2 anos !
- Continua valendo, e foi "revisada" de 2 anos p/ 18 meses.
- Impacto na produção de microprocessadores cada vez mais poderosos a partir dos anos 90.
- Indutor de muitos dos avanços tecnológicos verificados em computação e comunicações: PCs, Laptops, Smartphones, Software sofisticados e inteligentes, etc.



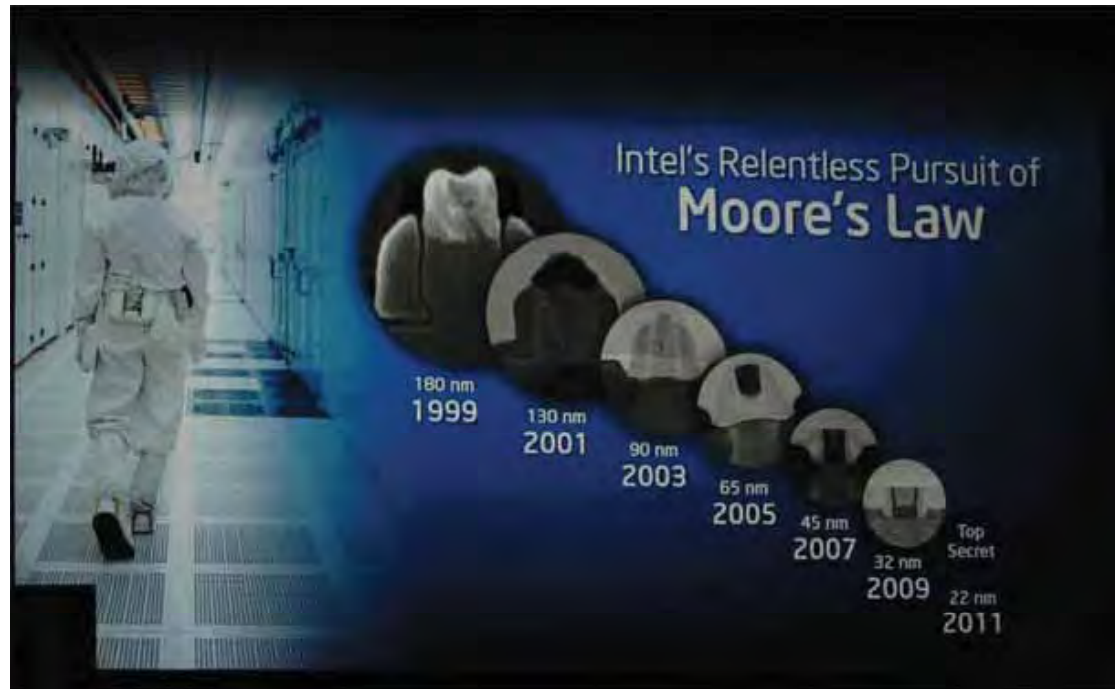
Histórico



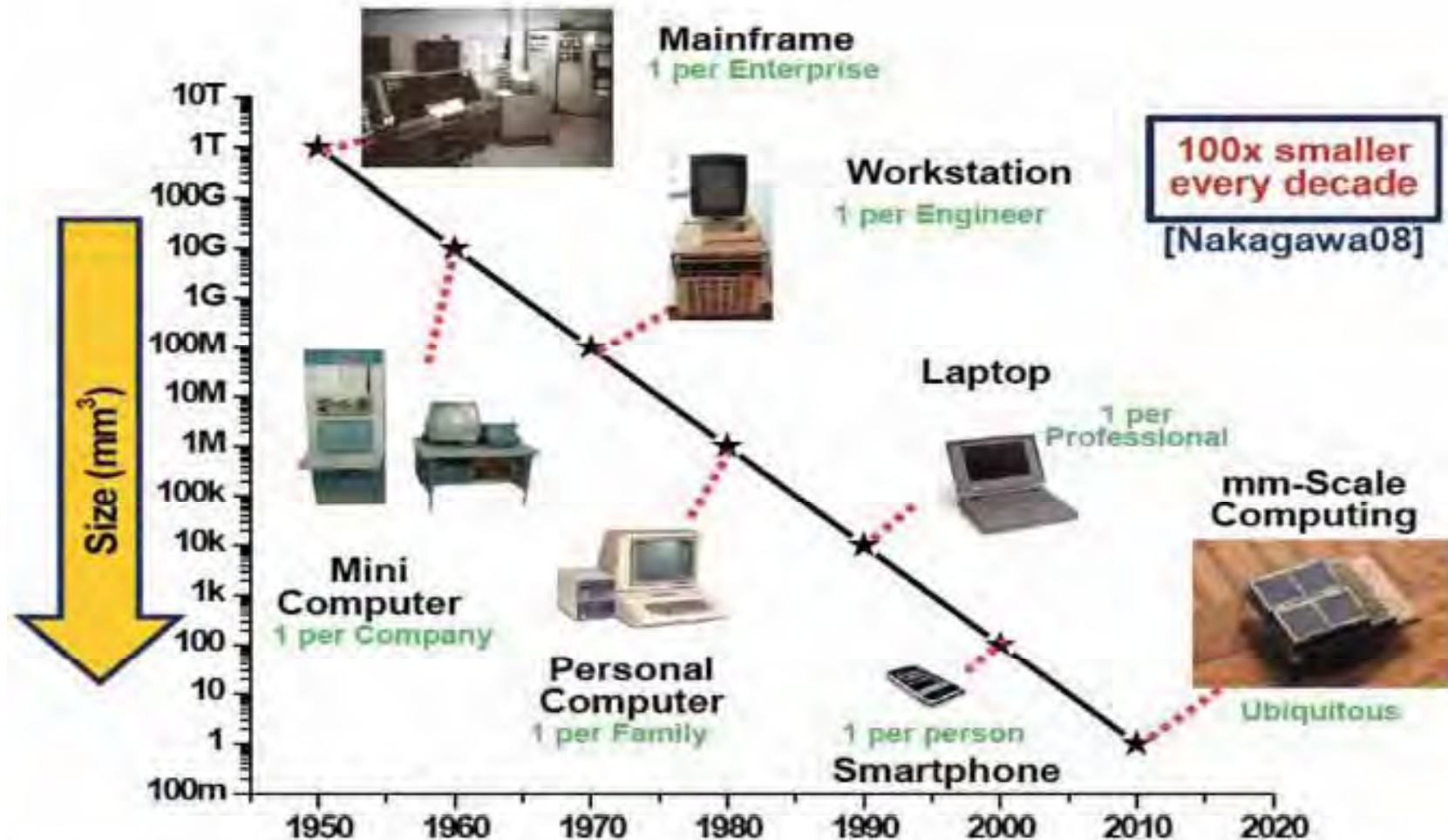
https://pt.wikipedia.org/wiki/Fabrica%C3%A7%C3%A3o_de_dispositivos_semicondutores#/media/File:Comparison_semiconductor_process_nodes.svg

Histórico →

Anos
90



Histórico



Source: B Bell, "Bell's Law for the Birth and Death of Computer Classes", Comms of ACM, 2008

Histórico

4-bit

8-bit

16-bit

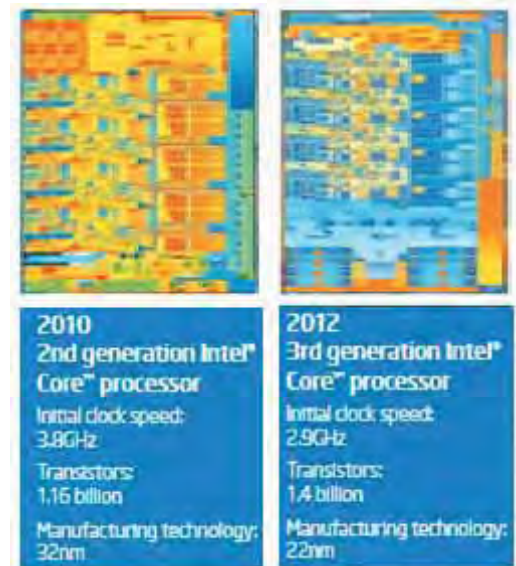
32-bit (i386)



32-bit (i586)

32-bit (i686)

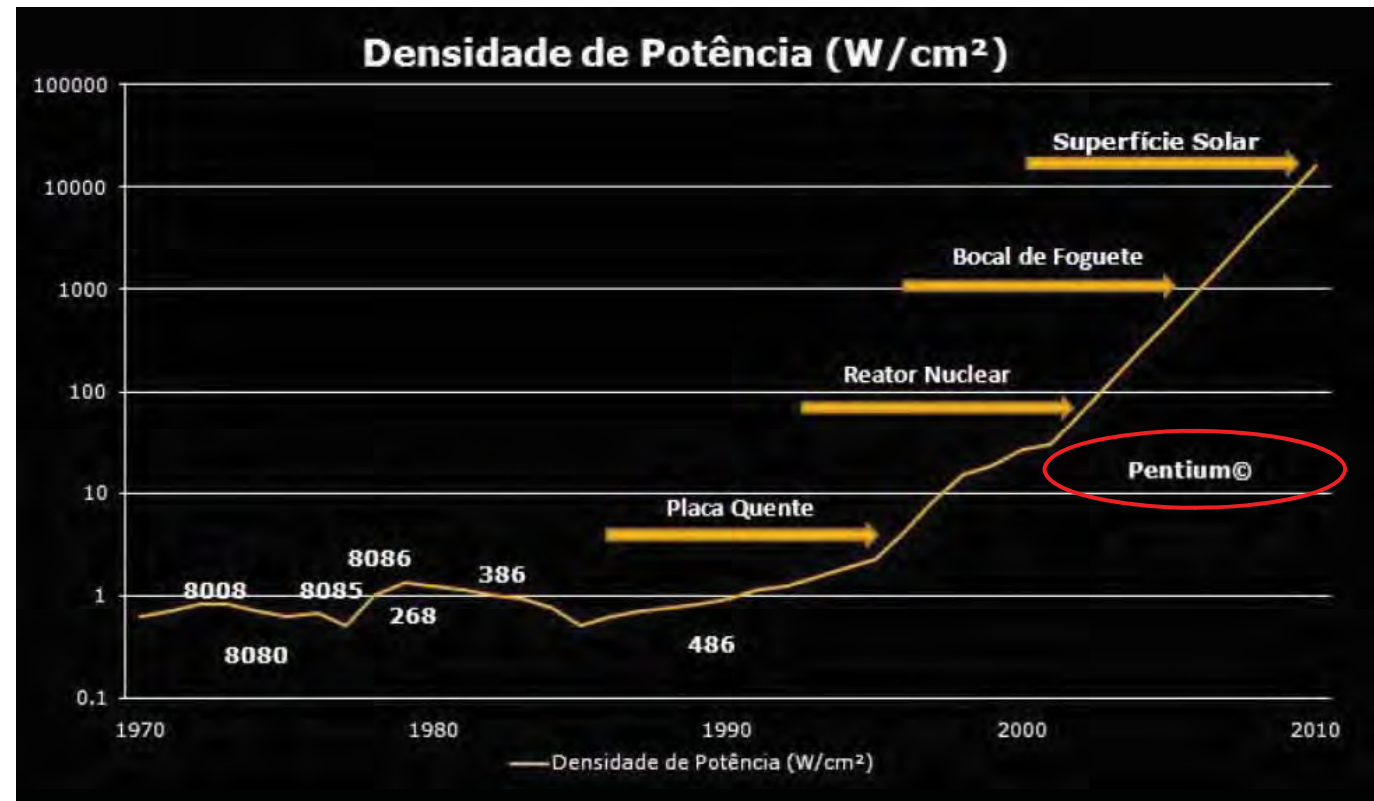
64-bit (x86_64)



...

Histórico

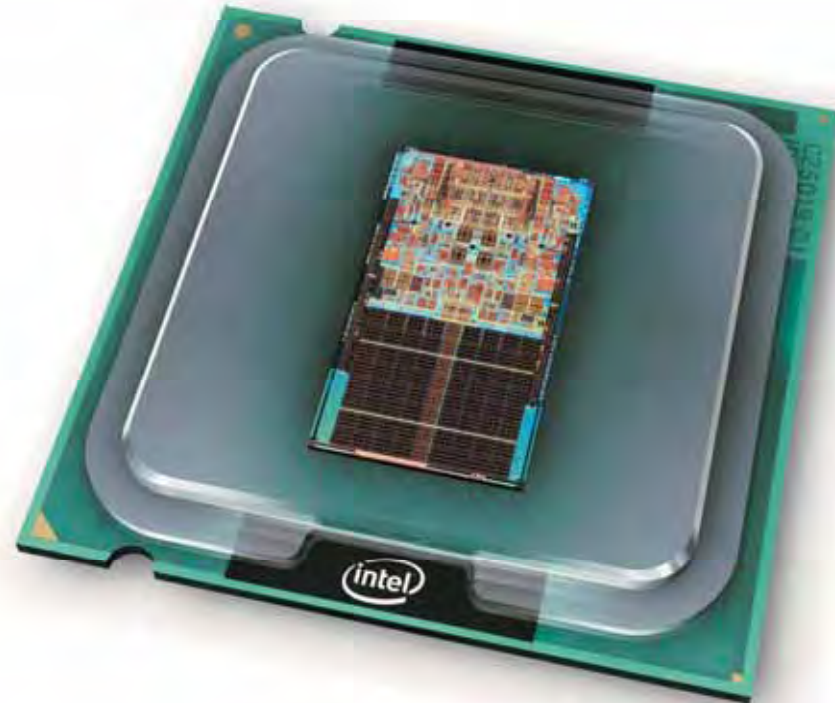
- Problema:
Dissipação de Calor



Histórico →

2006

- Intel Core 2 Duo - 2006
- 2 cores em um único chip
- Dois níveis de cache (L1, L2) em um único chip
- 291 milhões de transistors em 143 mm² , usando tecnologia de 65nm.

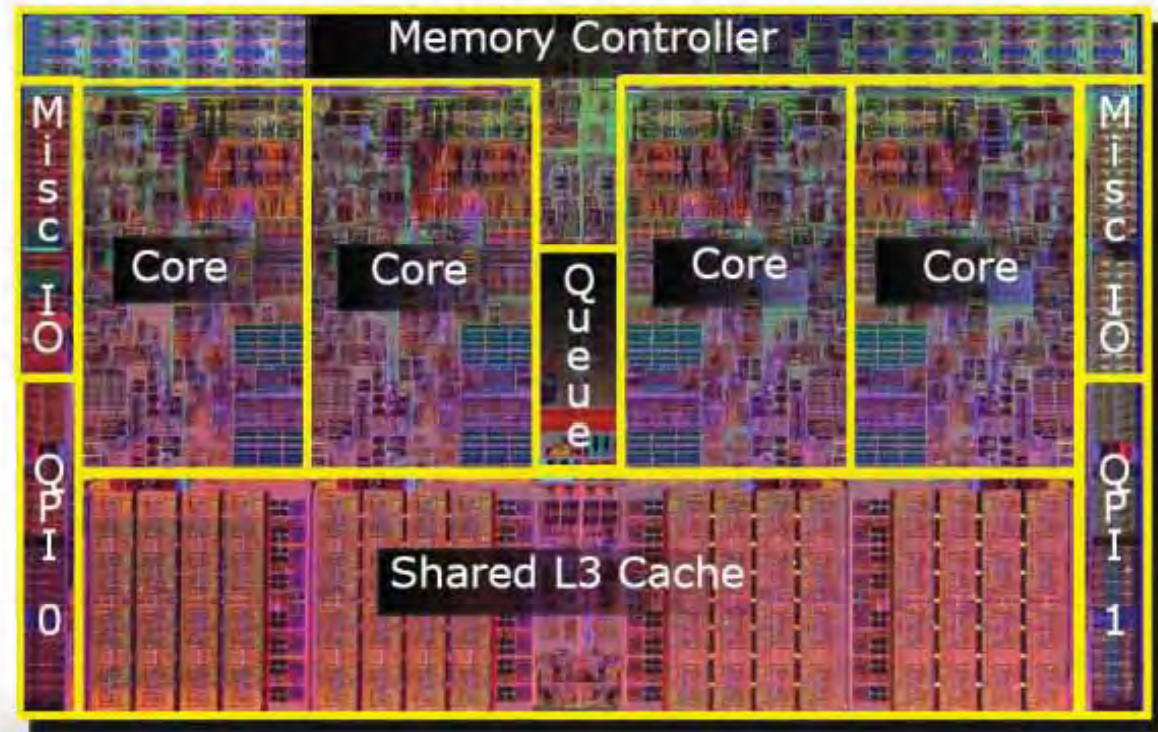


Histórico →

2008

- Intel Core i7 - Nehalem
- 4 cores em um único chip
- Três níveis de cache (L1, L2, L3) em um único chip
- 731 Milhões de transistors em 263 mm², usando tecnologia de 45nm.

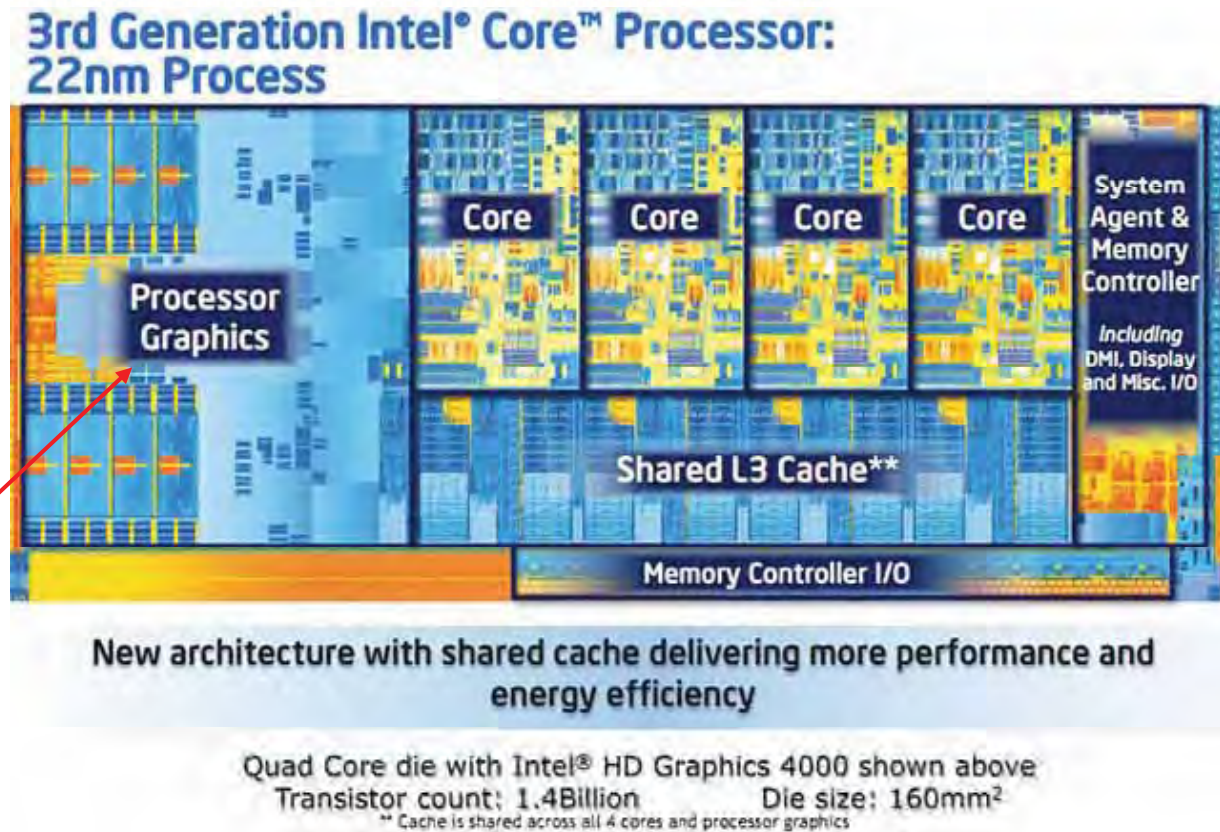
The First Nehalem Processor



Histórico →

2012

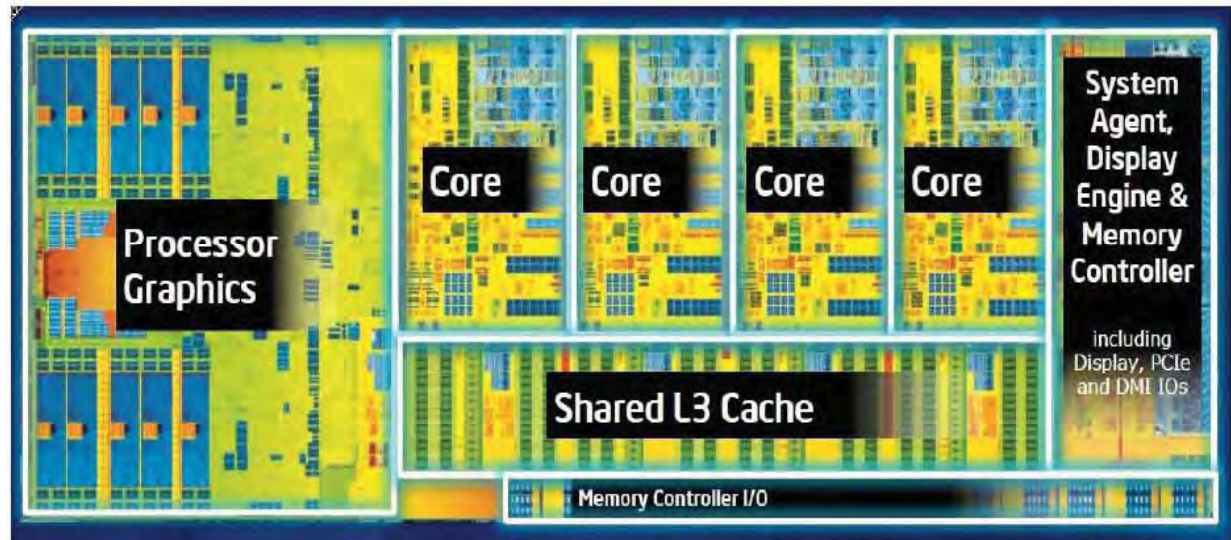
- Intel Core i7 - Ivy Bridge
- 4 cores em um único chip
- Três níveis de cache (L1, L2, L3) em um único chip
- 1.4 Bilhões de transistors em 160 mm², usando tecnologia de 22nm.



Histórico →

2013

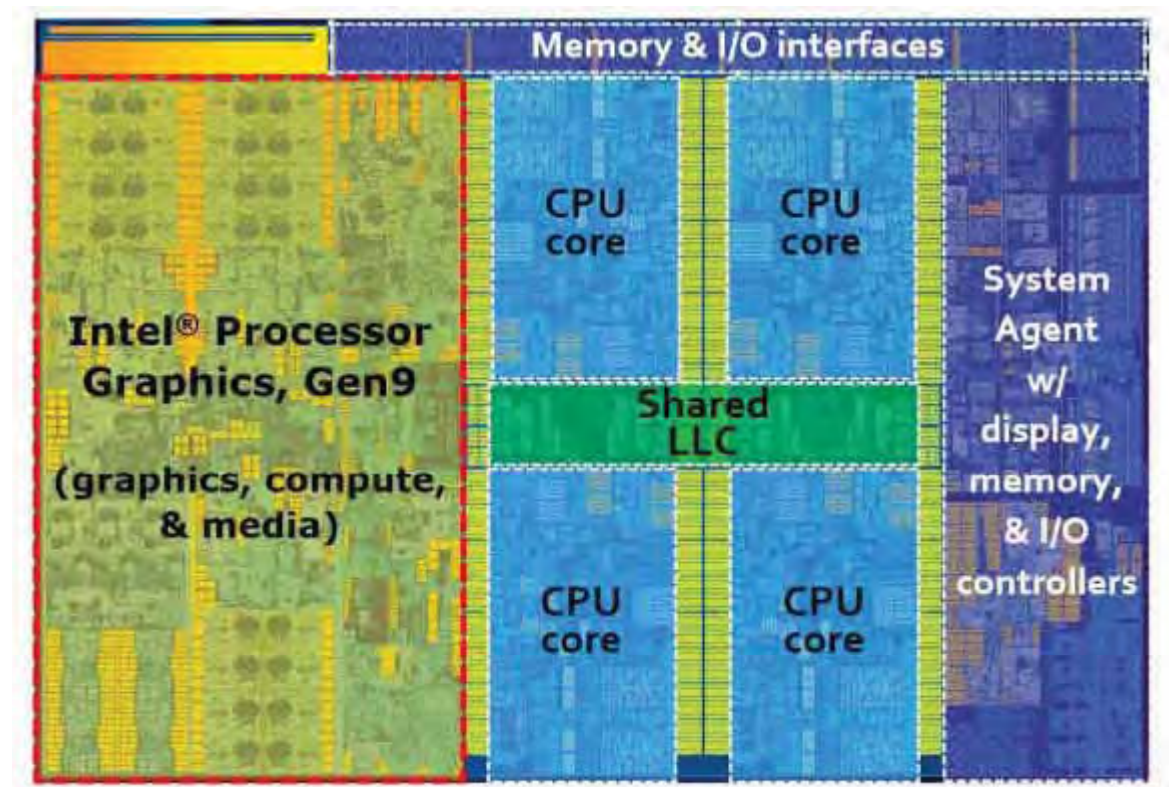
- Intel Core i7 - Haswell
- 4 cores em um único chip
- Três níveis de cache (L1, L2, L3) em um único chip
- 1.6 Bilhões de transistors em 177 mm², usando tecnologia de 22nm.



Histórico →

2016

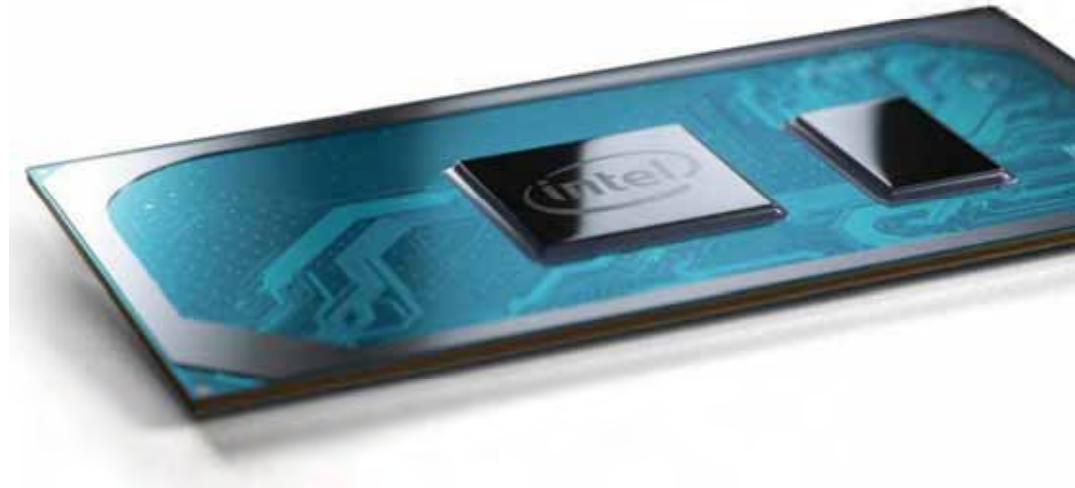
- **Intel Core i7 - Skylake**
- 4 cores em um único chip
- Três níveis de cache (L1, L2, L3) em um único chip
- 122.4 mm² , usando tecnologia de 14nm.



Histórico →

2019

- Intel 10th-gen Ice Lake
Tecnología de 10nm.



Histórico →

2016

- Supercomputadores:
China
www.top500.org



Sunway TaihuLight - Sunway

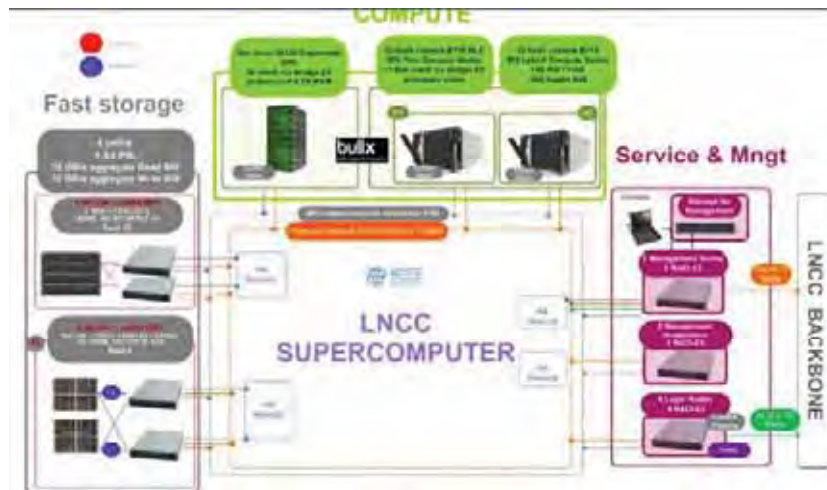


Processador: Sunway
Núcleos: 10.649.600
Consumo: 15.27MW
Operações: 93.014,6TFlop/s
Memória: 1.310.720 GB

Histórico →

2016

- **Supercomputadores:**
Brasil - LNCC Rio de Janeiro
www.top500.org



Santos Dumont



Processador: Intel Xeon
Núcleos: 18.144
Consumo: 1MW
Operações: 348.365 TFlop/s
Memória: 48,384 GB RAM

Histórico →

2019

- **Supercomputadores:**

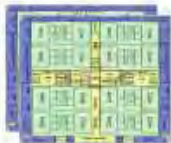
EUA - Laboratório Nacional de Oak Ridge (ORNL)

www.top500.org

Components

IBM POWER9

- 22 Cores
- 4 Threads/core
- NVLink



NVIDIA GV100

- 7 TF
- 16 GB @ 0.9 TB/s
- NVLink



Compute Node

2 x POWER9
6 x NVIDIA GV100
NVMe-compatible PCIe 1600 GB SSD



25 GB/s EDR IB- (2 ports)
512 GB DRAM- (DDR4)
96 GB HBM- (3D Stacked)
Coherent Shared Memory



Summit

Processador: BM POWER9 22C 3.07GHz

Núcleos: 2,414,592

Consumo: 10,096.00 kW

Operações: 200,795 TFlop/s

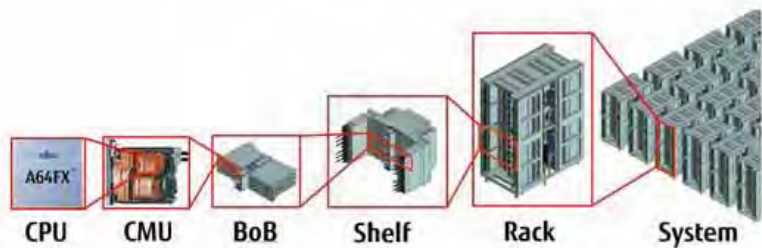
Memória: 2,801,664 GB

Histórico →

2020

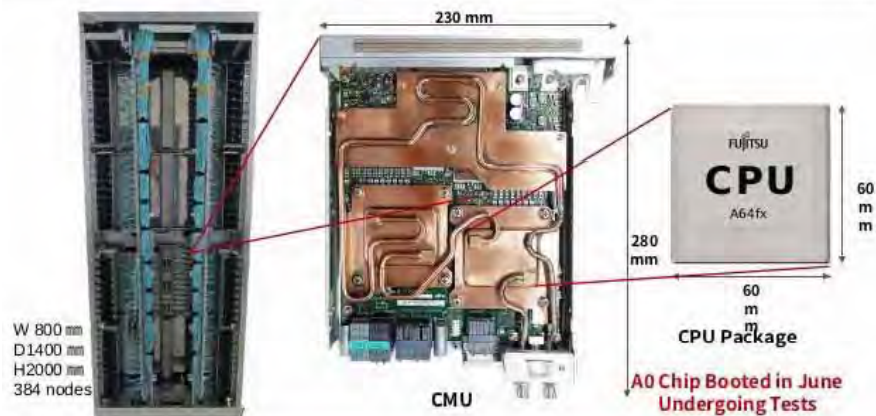
- **Supercomputador:**
Japão - RIKEN Center for Computational Science
www.top500.org

Fugaku



Fugaku Chassis, PCB (w/DLC), and CPU Package

FUJITSU



FUJITSU CONFIDENTIAL

Copyright © 2019 FUJITSU LIMITED



Processador: A64FX 48C 2.2GHz
Núcleos: 7,299,072
Consumo: 28,334.50 kW
Operações: 513,855 TFlop/s
Memória: 4,866,048 GB

<https://insidehpc.com/wp-content/uploads/2020/06/Fugaku-system-configuration.png>

<https://www.carelyst.com/good-news-for-future-macs-the-fastest-supercomputer-uses-arm-chips/>

Histórico →

2020

- **Supercomputadores:**
Brasil - Petrbras
www.top500.org



Processador: Intel Xeon Gold 5122
4C 3.6GHz
Núcleos: 60.480
Consumo: 389.76 kW
Operações: 5.371.78 TFlop/s
Memória: 69.120 GB RAM



Processador: Intel Xeon Gold
66240 18C 2.6GHz
Núcleos: 91.936
Consumo: 546.58 kW
Operações: 8,848.49 TFlop/s
Memória: 104,448 GB RAM

Histórico

- As três primeiras gerações de computadores refletiram principalmente a evolução dos componentes básicos do computador (*hardware*):
 - Na **primeira geração** (1945-1959) usavam-se válvulas eletrônicas, quilômetros de fios, eram lentos, enormes e esquentavam muito.
 - Na **segunda geração** (1959-1964) substituíram-se as válvulas eletrônicas por transistores e os fios de ligação por circuitos impressos. Isso tornou os computadores mais rápidos, menores e de custo mais baixo.
 - Na **terceira geração** de computadores (1964-1970) foram usados os circuitos integrados, proporcionando maior compactação, redução dos custos e velocidade de processamento. Tem início a utilização de avançados sistemas operacionais.
 - As **gerações posteriores**, de 1970 até hoje, caracterizam-se pelo aperfeiçoamento tecnológico, com maior grau de miniaturização, densidade de componentes, confiabilidade e velocidade maior.

Conclusão

Avanços tecnológicos alcançados até aqui:

- Hardware
 - Processos de Fabricação
 - **Arquitetura de Organização de Computadores**
- Software
 - Sistemas Operacionais
 - Compiladores
 - Linguagens de Programação
 - Algoritmos
 - Aplicações Inovadoras
- Comunicação
 - Transmissão de Dados
 - Redes (HW/SW)



Conclusão

Mais informações:

- <http://www.computerhistory.org/>
- <http://www.computerhistory.org/timeline/?category=cmptr>
- <http://www.sciencemuseum.org.uk/>