

EEL7030 - Microprocessadores

Professor: Raimes Moraes (raimes@eel.ufsc.br)

EMENTA:

- ☐ **Arquiteturas de microcontroladores;**

- ☐ **Programação de microcontroladores: linguagem Assembly; modos de endereçamento; subrotinas; pilha; portas de entrada/saída; periféricos; interrupções; linguagem C.**

- ☐ **Ferramentas para desenvolvimento e depuração;**

EEL7030 - Microprocessadores

OBJETIVOS:

- **Parte teórica:**
 - **explorar a arquitetura e a programação de microcontroladores com ênfase em conceitos;**
- **Parte prática:**
 - **realizar atividades de laboratório voltadas à utilização e fixação dos conhecimentos teóricos; emprego de ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) para programação de microcontroladores e depuração de código.**

EEL7030 - Microprocessadores

Programa:

Noções gerais sobre Microcontroladores

1ª Parte – Microcontrolador 8051

**2ª Parte – Microcontroladores 8051 e ARM
Cortex M4**

EEL7030 - Microprocessadores

Avaliação:

2 Provas teóricas => $MT = (T1 + T2) / 2$

T1 (1ª Parte) – Eletrônica: 16/04 - Elétrica: 17/04

T2 (2ª Parte) – Eletrônica: 18/06 - Elétrica: 19/06

2 Provas de Laboratório => $ML = (L1 + L2) / 2$

L1 – (1ª Parte)

L2 – (2ª Parte)

A nota final (NF) é: $NF = (MT + ML) / 2$

EEL7030 - Microprocessadores

Referências Básicas:

Atmel (2004), “Atmel 8051 Microcontrollers Hardware Manual”.

Moraes R (2014), “Introdução aos Microcontroladores: 8051”, apostila.

Zelenovsky R, Mendonça A (2005), "Microcontroladores: Programação e Projeto com a Família 8051". MZ Editora, Rio de Janeiro-RJ.

Keil (2011), “Cx51 User’s Guide” (<http://www.keil.com/support/man/docs/c51/>)

STM32F429xx datasheet e RM0090 Reference Manual

(<http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/DM00071990.pdf>)

The Insider's Guide To The STM32 ARM Based Microcontrollers

(<http://www2.hitex.com/download-isg>)

Material das aulas: Moodle

EEL7030 - Microprocessadores



LCS

Laboratório de
Comunicações
e Sistemas
Embarcados

Prof. Raimes Moraes
EEL - UFSC

**William Stallings
Computer Organization
and Architecture
10th Edition (2015)**

Chapter 2

Computer Evolution and Performance

Funções de computadores

- **Processamento de dados:**
 - Parâmetros de diagnóstico médico (sinais – ECG - e imagens – Tomografia), reconhecimento biométrico (voz, digitais, face) e outros
- **Armazenamento de dados:**
 - Registros médicos, impressões digitais e outros
- **Manipulação de dados:**
 - *Input-output* (I/O) – entre dispositivos conectados (visualização de fotos)
 - Comunicação de dados – entre dispositivos remotos (Internet)
- **Controle:**
 - Atuação sobre dispositivos para execução de tarefas (impressora 3D).

Quatro principais estruturas de computadores

- ★ **UCP** - Unidade central de processamento: Controla o computador e executa as funções de processamento
- ★ **Memória:** Armazenamento de programas e dados
- ★ **I/O:** Transferência de dados entre computador e ambiente externo
- ★ **Barramentos:** estabelece comunicação entre UCP, memória e I/O

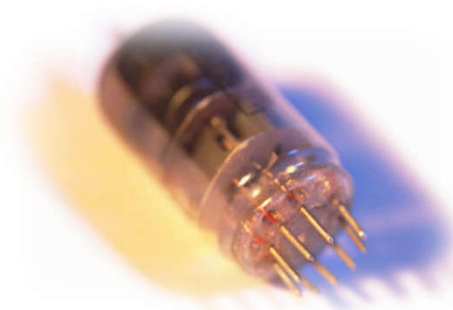
ENIAC – Primeiro computador de propósito geral

- **E**lectronic **N**umerical **I**ntegrator **A**nd **C**omputer
- Eckert e Mauchly – Universidade de Pensilvânia
- Desenvolvido entre 1943 e 1946; Utilizado até 1955
- Objetivo inicial: calcular trajetória de projéteis para armas recém desenvolvidas

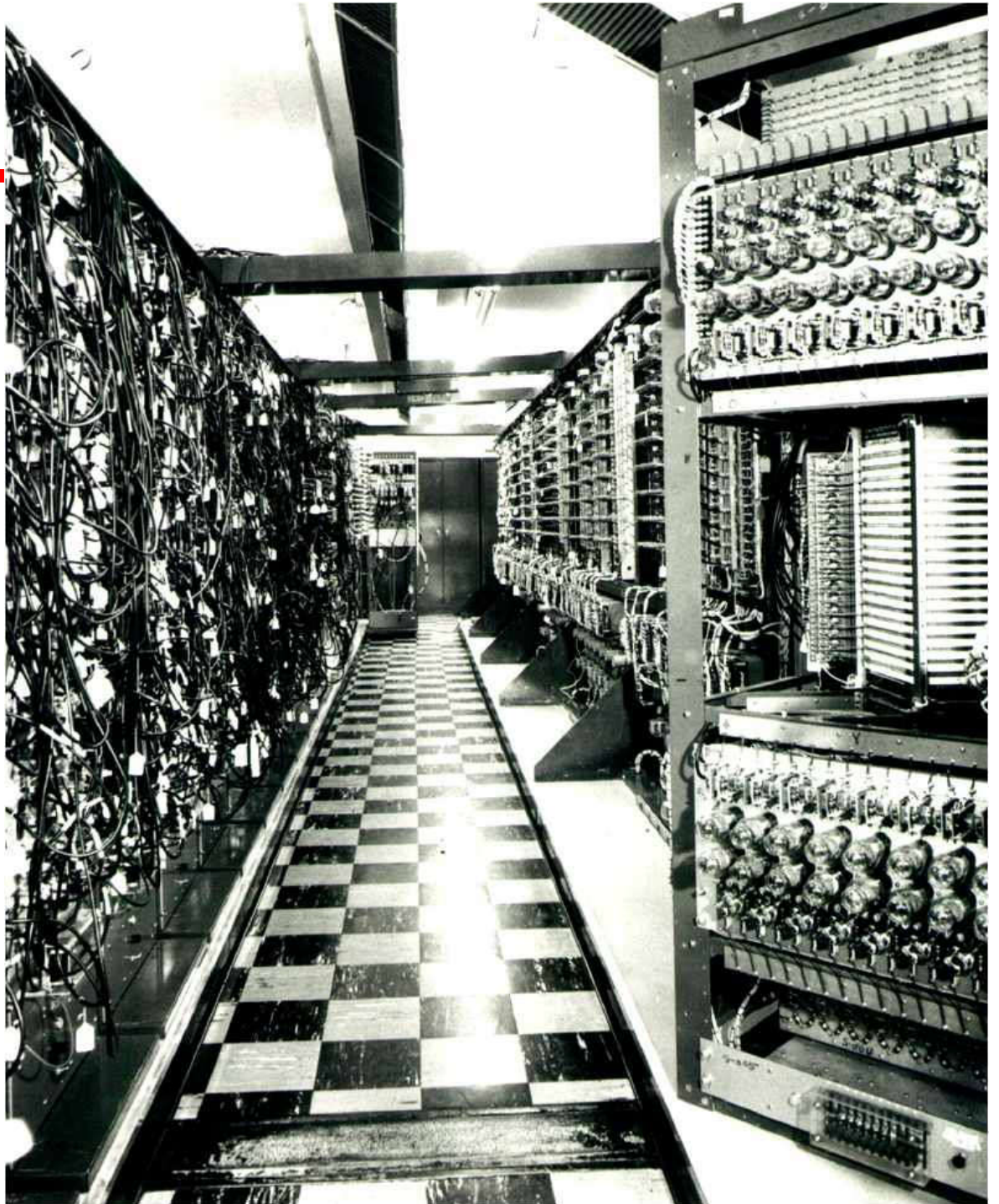


ENIAC - Características

- 18000 válvulas, 70000 resistores, 10000 capacitores, 6000 chaves e 1500 relés; 30 toneladas; 140 m²
- Consumo: 140 kW
- 5.000 adições por segundo
- Decimal (não binário)
- 20 acumuladores de 10 dígitos
- Programado manualmente por chaves e conexão de cabos



**Foi utilizado em cálculos
para avaliar a viabilidade
da bomba de hidrogênio.**



von Neumann/Turing

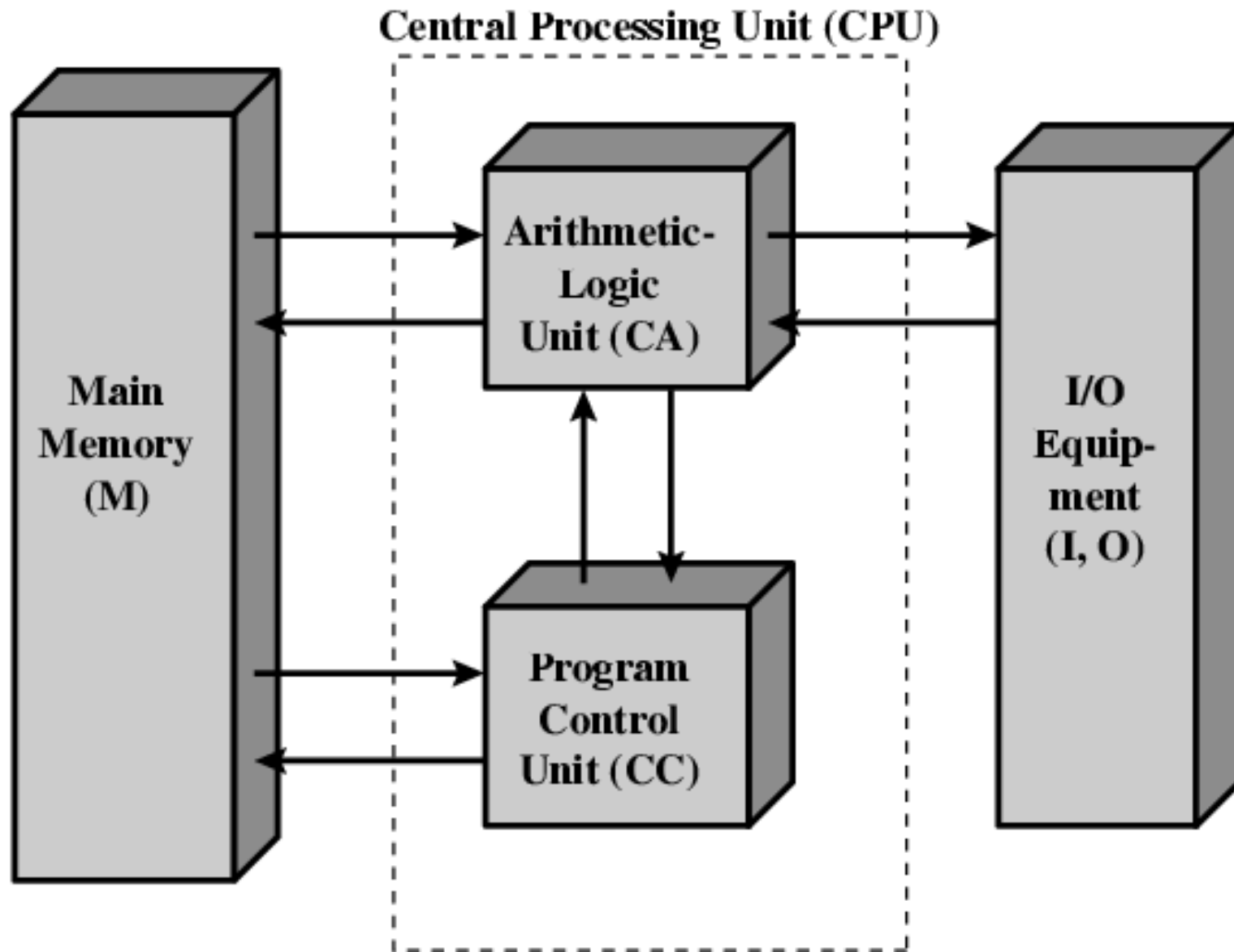
- Computador com armazenamento do programa e dados em memória:

Princeton Institute for Advanced Studies – IAS

- Desenvolvido entre 1946 e 1952 sob supervisão de von Neumann.
- UCP:
 - Unidade de controle (UC):
 - interpreta e executa instruções (21 no total);
 - opera equipamentos de entrada e saída (I/O)
 - Unidade Lógica e Aritmética (ULA) processa dados em formato binário.

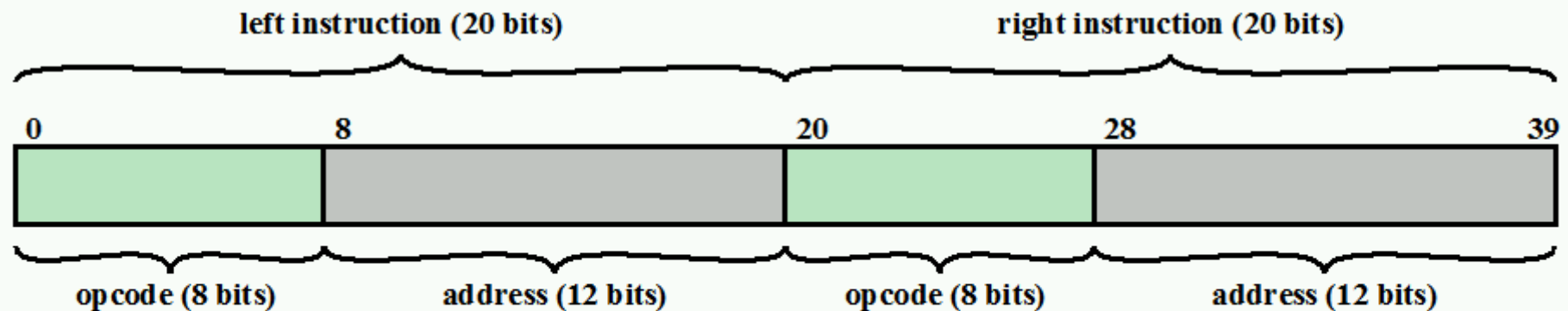
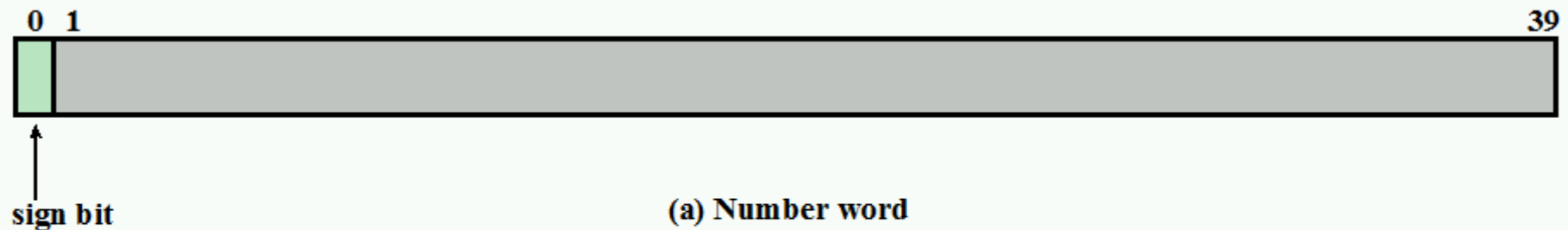


Estrutura da máquina de von Neumann - 1945



IAS - Características

- Memória - 1000 palavras de 40 bits contendo:
 - Dados: Valores binários com sinal (bit mais significativo)
 - Instruções: 2 x 20 bits



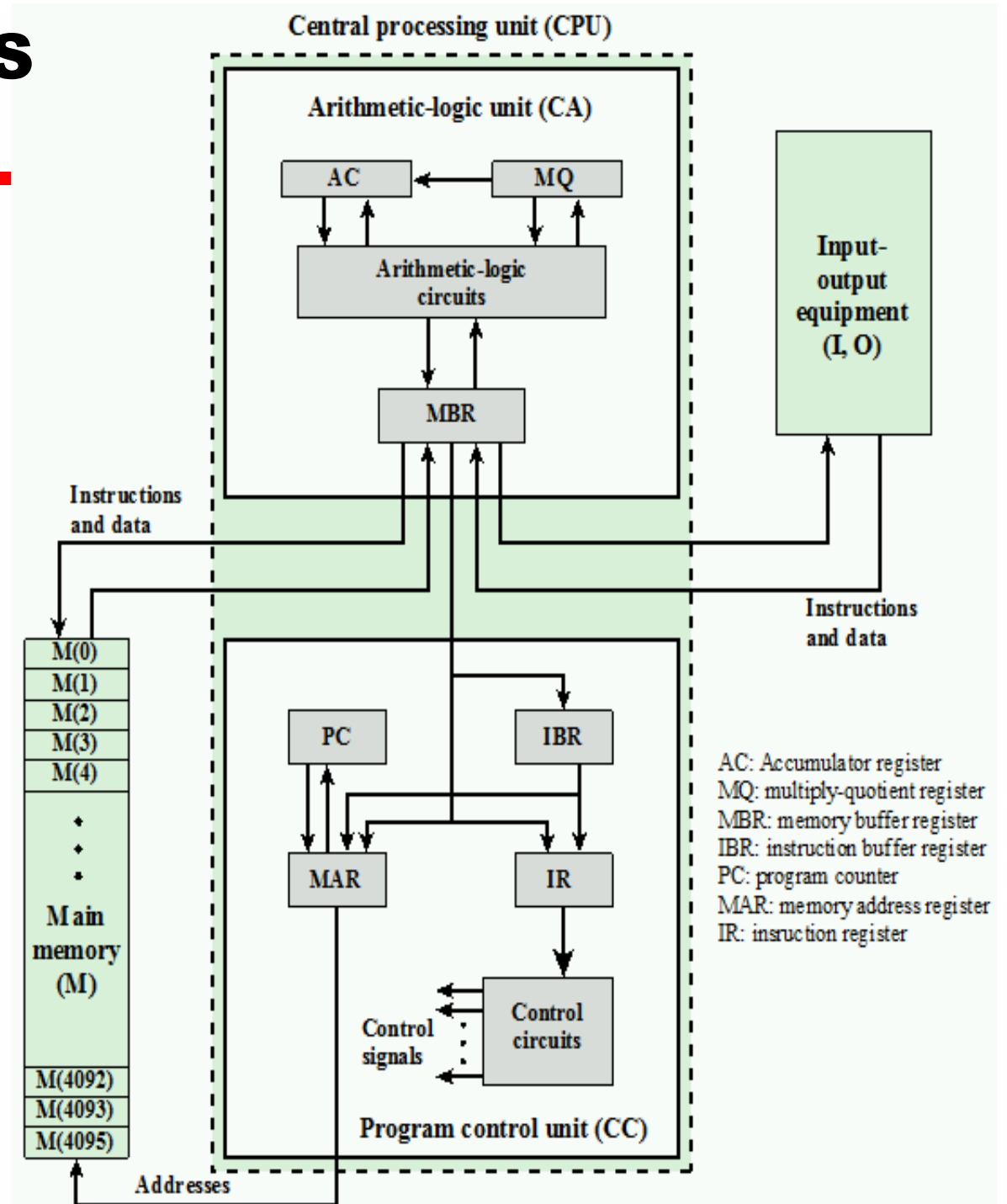
(b) Instruction word

IAS - Características

- Registradores da UC e ULA:
 - *Memory Buffer Register (MBR)*
 - *Memory Address Register (MAR)*
 - *Instruction Register (IR)*
 - *Instruction Buffer Register (IBR)*
 - *Program Counter (PC)*
 - *Accumulator (AC)*
 - *Multiplier Quotient (MQ)*

Estrutura do IAS

Características



Computadores comerciais

- 1947 – Fundação da Eckert-Mauchly Computer Corporation para produção de computadores comerciais
- Foi adquirida pela Sperry-Rand Corporation (Unisys)
 - UNIVAC I (*Universal Automatic Computer*)
 - Desenvolvido para o censo de 1950 (EUA)
- No final da década de 1950 - UNIVAC II
 - Mais rápido
 - Mais memória

IBM - *International Business Machines*

- Iniciou atividades produzindo equipamento para perfuração de cartões (usado até início da década de 1980)

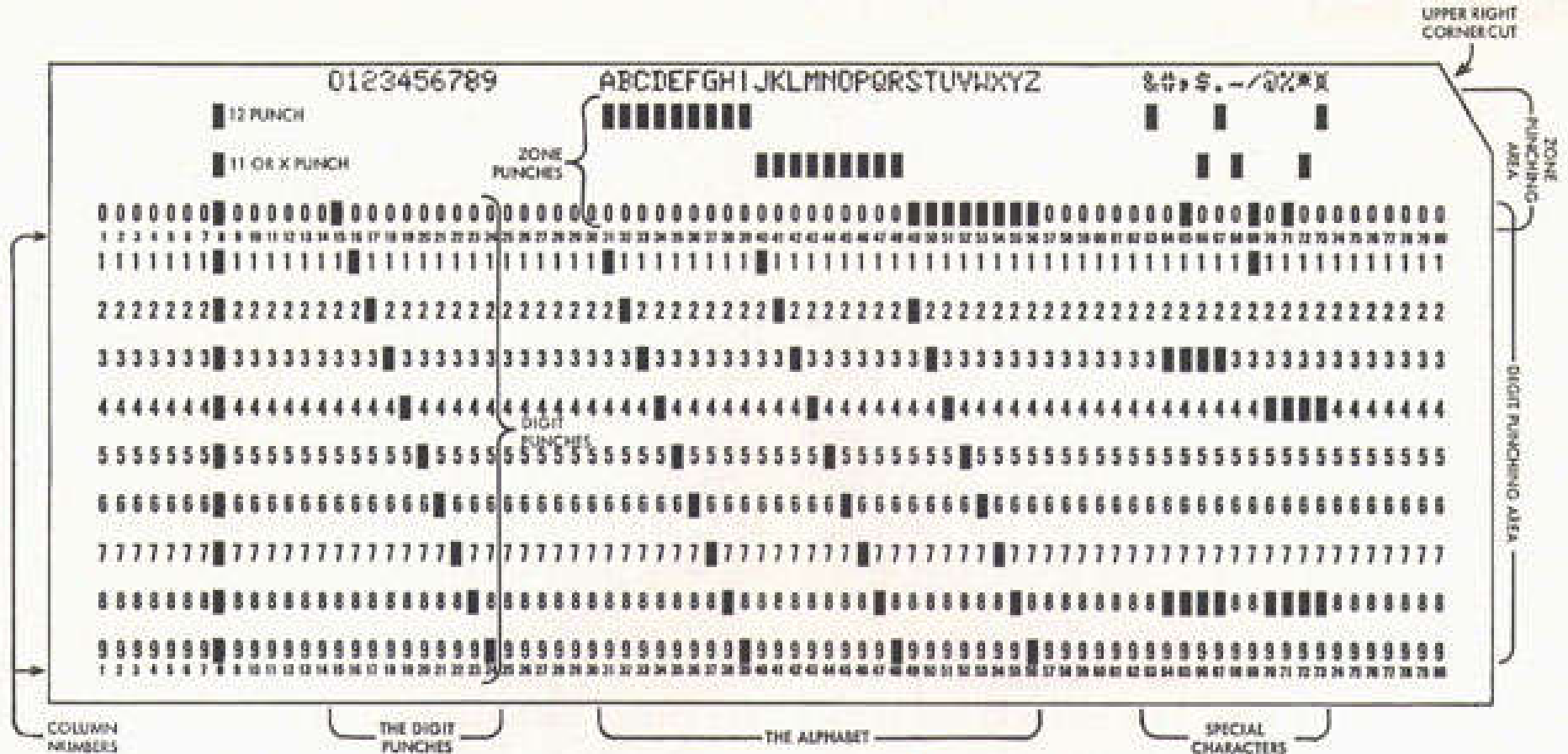
IBM 26



By Ben Franske
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4459136>

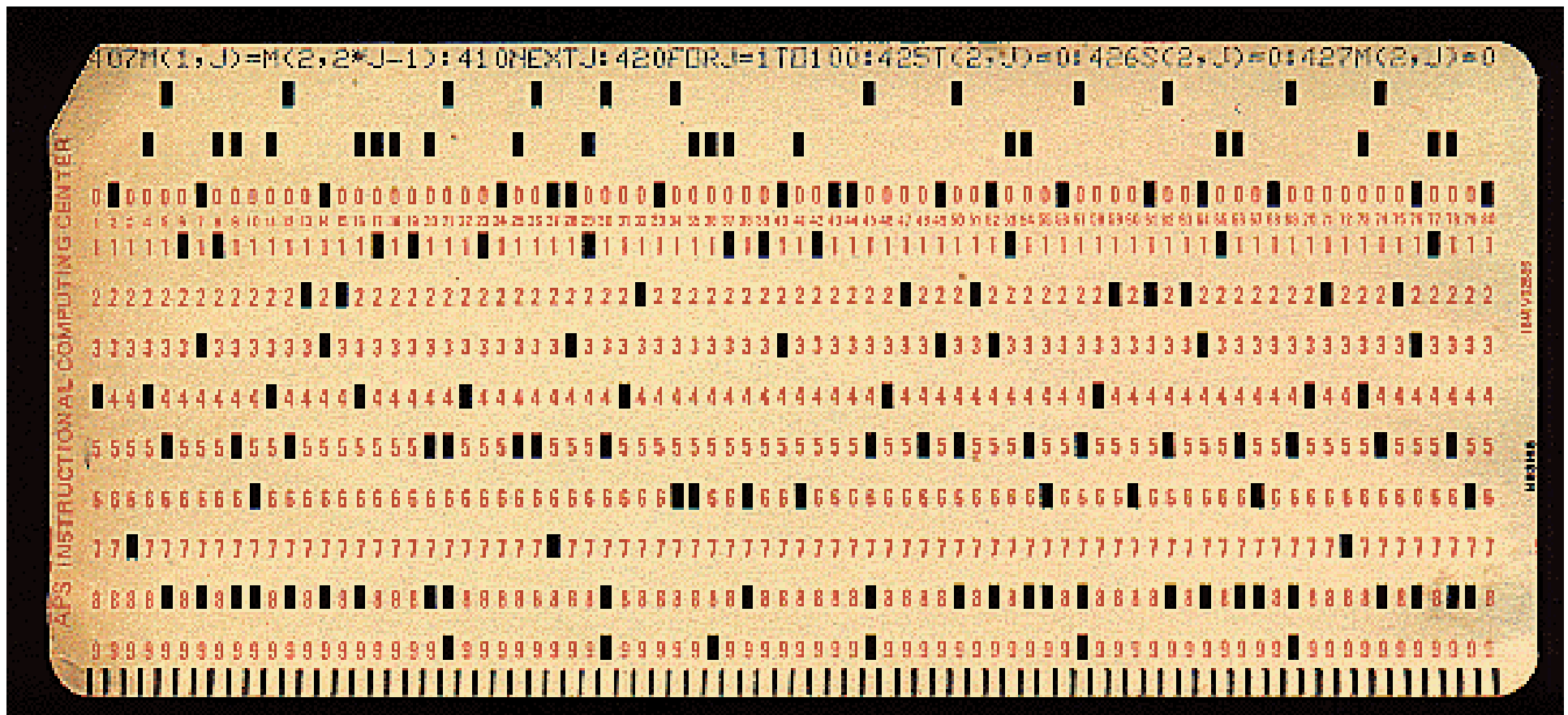
IBM

- Iniciou atividades produzindo equipamento para perfuração de cartões (usado até início da década de 1980)



IBM

- Cartão perfurado com linha de programa em Fortran



IBM

- Lança em 1953 – o IBM 701
 - Aplicações Científicas
- Em 1955 – o IBM 702
 - Aplicações Comerciais
- Origem às séries 700 / 7000(transistorizado)
 - Transistor (1947); em computadores, final dos anos 50
- Em 1964: série 360 (família planejada) => 70% do mercado

IBM (Séries 700/7000)

Table 2.3 Example members of the IBM 700/7000 Series

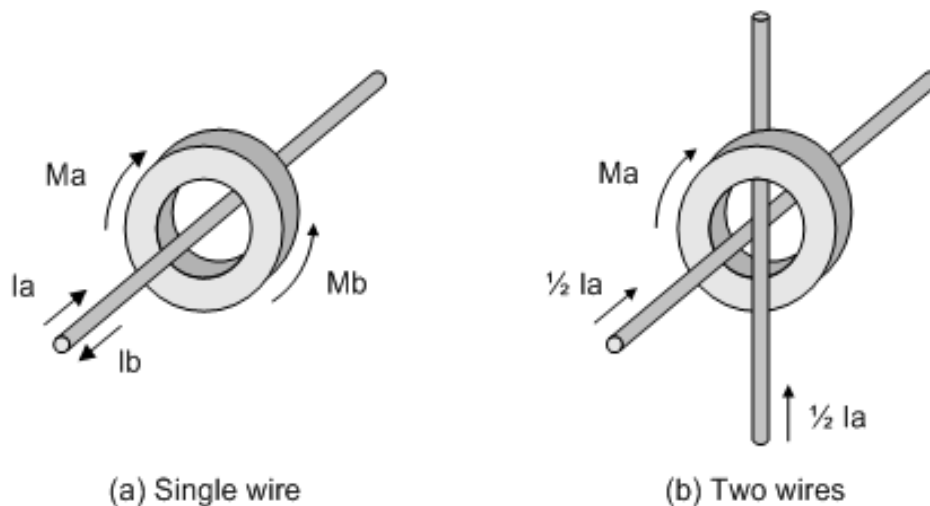
Model Number	First Delivery	CPU Tech-nology	Memory Tech-nology	Cycle Time (μs)	Memory Size (K)	Number of Opcodes
701	1952	Vacuum tubes	Electrostatic tubes	30	2–4	24
704	1955	Vacuum tubes	Core	12	4–32	80
709	1958	Vacuum tubes	Core	12	32	140
7090	1960	Transistor	Core	2.18	32	169
7094 I	1962	Transistor	Core	2	32	185
7094 II	1964	Transistor	Core	1.4	32	185

IBM (Série 360)

Table 2.4 Key Characteristics of the System/360 Family

Characteristic	Model 30	Model 40	Model 50	Model 65	Model 75
Maximum memory size (bytes)	64K	256K	256K	512K	512K
Data rate from memory (Mbytes/sec)	0.5	0.8	2.0	8.0	16.0
Processor cycle time μ s)	1.0	0.625	0.5	0.25	0.2
Relative speed	1	3.5	10	21	50
Maximum number of data channels	3	3	4	6	6
Maximum data rate on one channel (Kbytes/s)	250	400	800	1250	1250



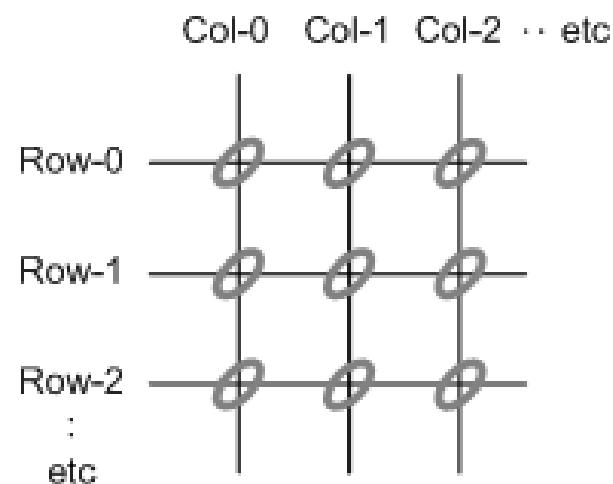


(a) Single wire

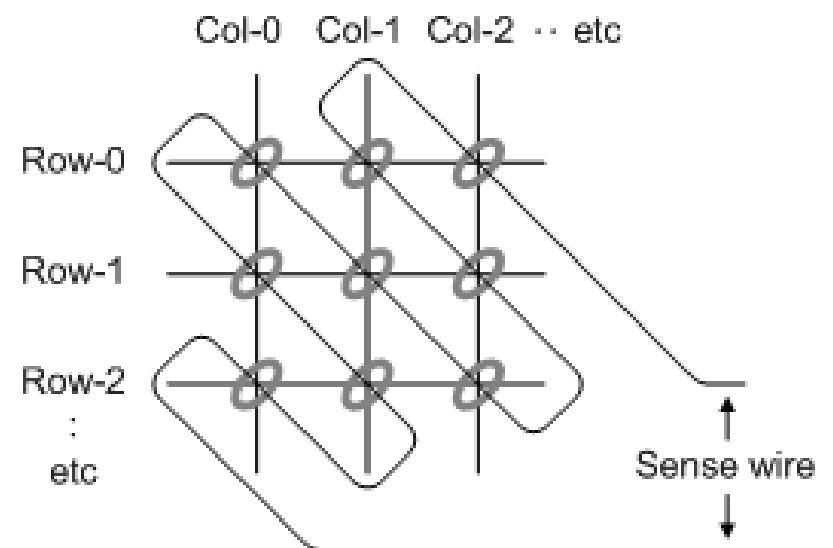
(b) Two wires

Magnetic core store is formed from ferromagnetic beads

Memória ferromagnética (1950 – 1970)



(c) Array



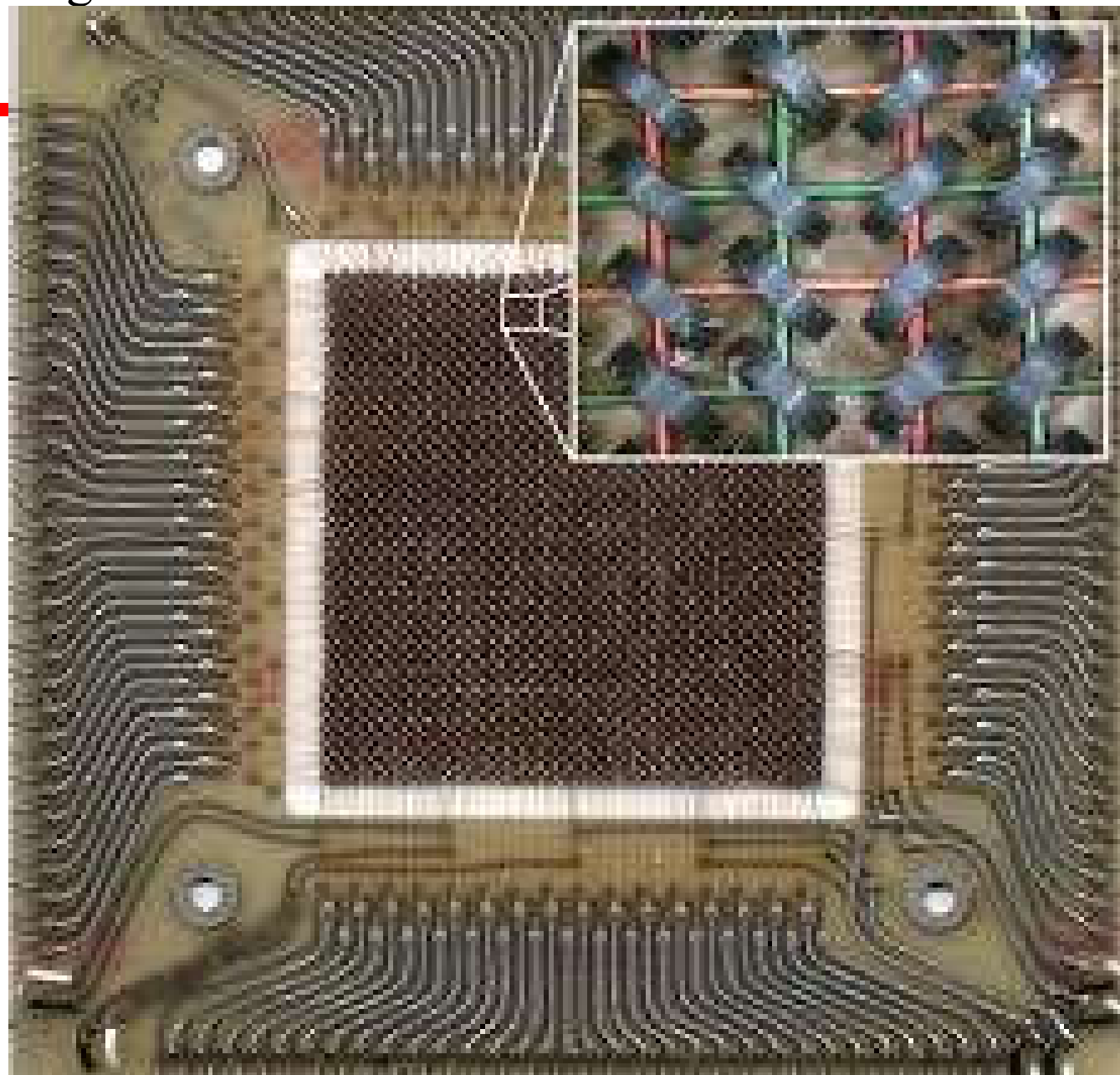
(d) Array with sense wire

Ferromagnetic beads organized as an array

Memória ferromagnética (1950 – 1970)

10,8×10,8 cm

Usado no
computador
CDC 6600
(lançado em 1964)



https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic-core_memory

Transistor **Segunda geração de computadores**

- Inventado em 1947, substituiu as válvulas.
- Menor em tamanho, custo e geração de calor.
- Maior durabilidade.
- As empresas NCR e RCA foram as primeiras a lançar computadores transistorizados no final da década de 50.

Circuitos integrados ➡ Terceira geração de computadores

1958

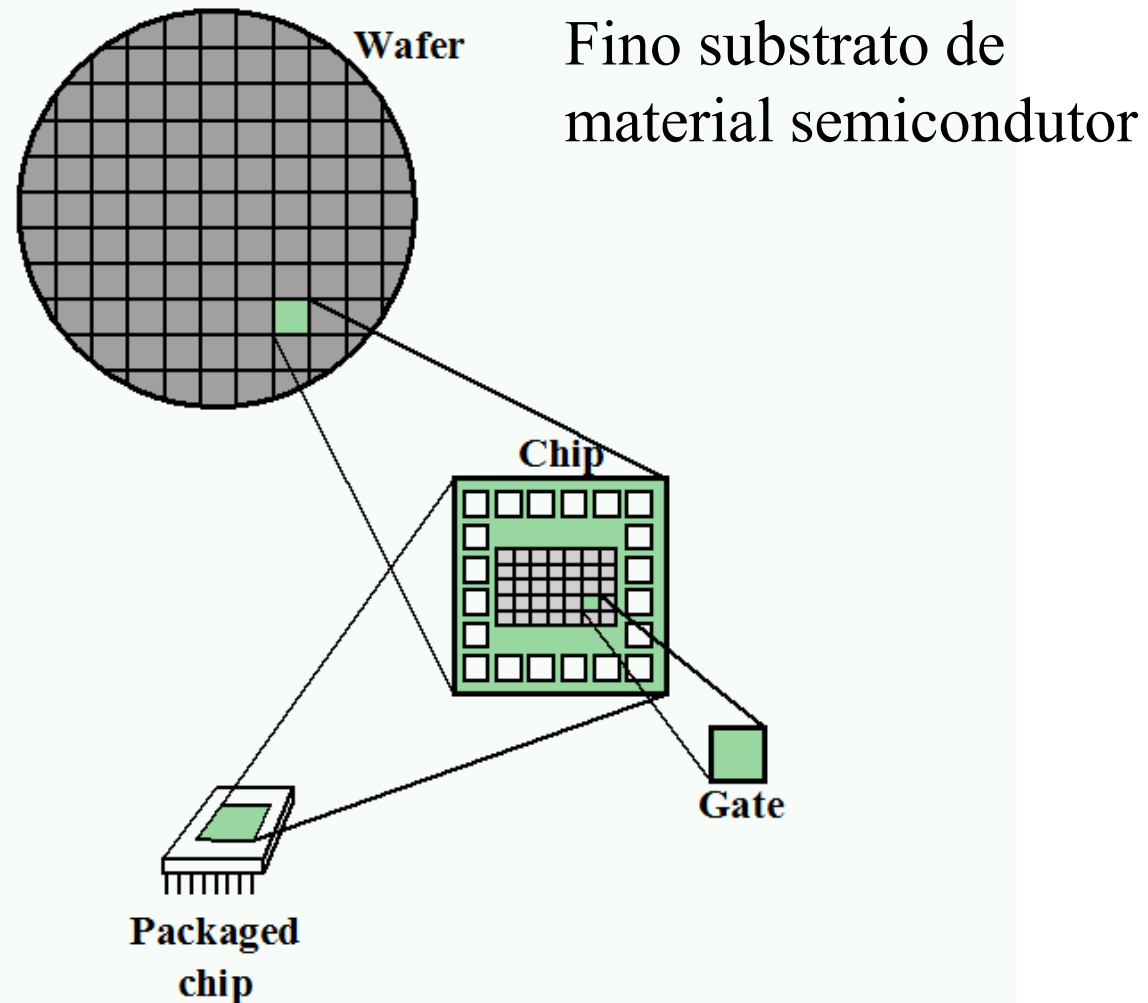


Figure 1.11 Relationship Among Wafer, Chip, and Gate

Lei de Moore (Gordon Moore/Co-fundador da Intel)

- **Nro de transistores em uma mesma área de circuito integrado (CI) dobrará a cada ano (1965)**
- **Após 1970's: Nro. de transistores dobra a cada 18 meses**
- **Preço do CI quase não se altera.**
- ***Higher density* => conexões mais curtas => maior velocidade**
- **Menor nro. de conexões => maior confiabilidade**
- **Computadores menores; consumo e aquecimento menores.**

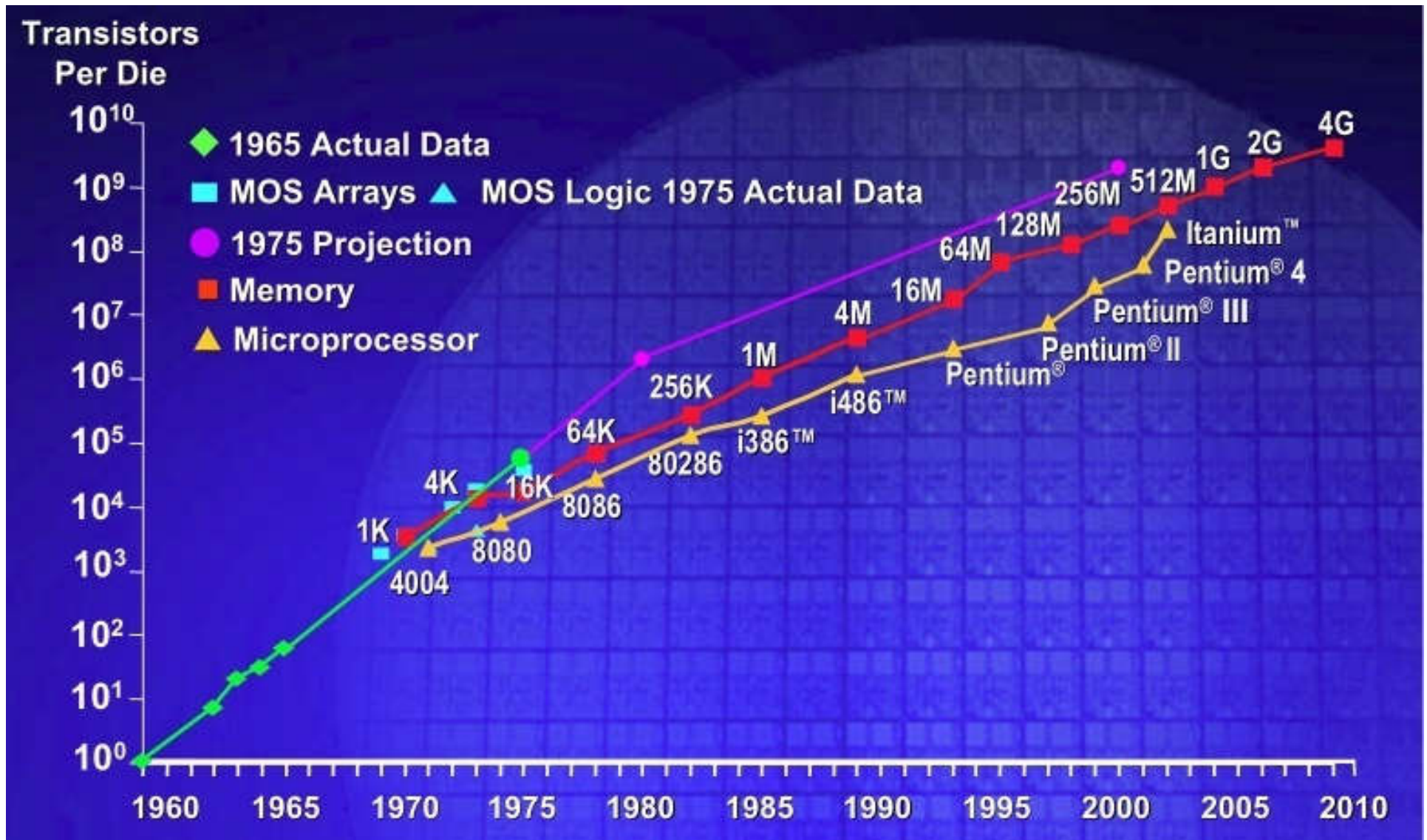
Memória semicondutora (1970)

- Fairchild;
- 256 bits; tamanho de um núcleo de ferrite
- Leitura não destrutiva de dados
- Acesso muito mais rápido a dado do que em núcleo de ferrite
- Custo caiu abaixo do *core* em 1974
- Desde 1970, 13 gerações de memória (cd. Geração => 4x capacidade; menor tempo de acesso)

Gerações de computadores

G	Data	Tecnologia	Escala de Integração
1	1946 - 1957	Válvula	
2	1957 - 1964	Transistor	
3	1965 - 1971	SSI e MSI	Até 3k Transistores
4	1972 - 1977	LSI	3k a 100k Transistores
5	1978 - 1991	VLSI	100k a 100M
6	1991...	ULSI	Acima 100M

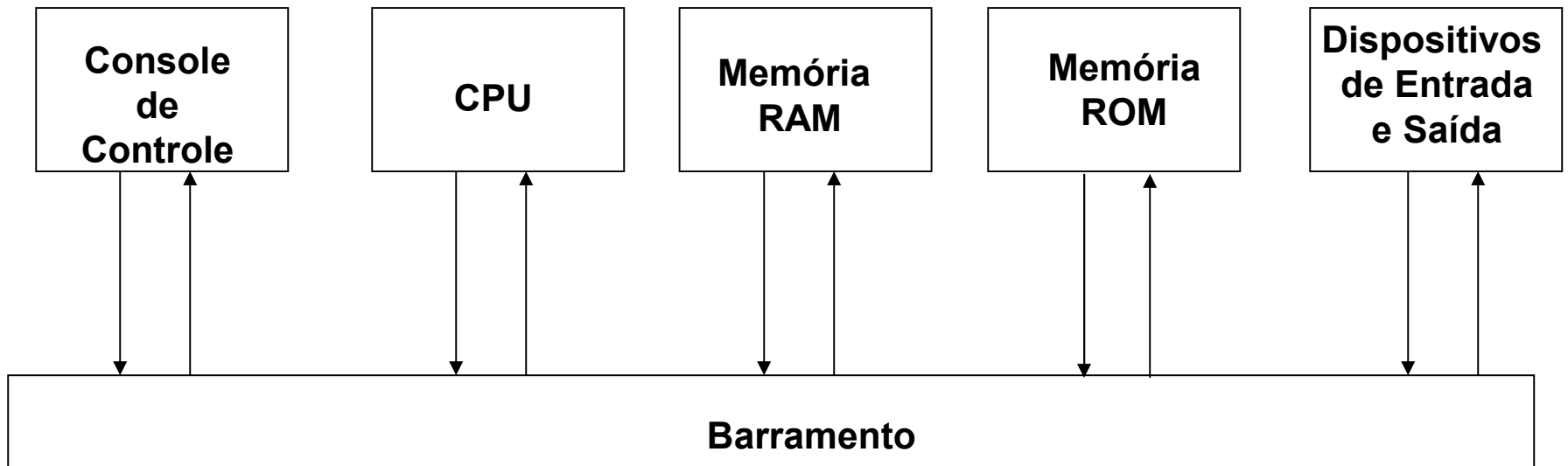
Crescimento do nro. de transistores nas CPUs



- Moore (1975) revisou previsão; a cada dois anos, 2 x nro de transistores

Primeiro microcomputador

- DEC (*Digital Equipment Corporation*) PDP-8
- 1965-1975
- U\$16.000,00
- Cerca de 50.000 máquinas vendidas em 12 anos



Intel

- 1971 - **4004**
 - Primeiro microprocessador
 - Todos os componentes da UCP em um único CI
 - 4 bits; projetado para aplicação específica
- 1972 - **8008**
 - 8 bits
 - Projetado para aplicação específica
- 1974 – **8080 (2 MHz)**
 - Primeiro microprocessador de propósito geral

Evolução dos processadores x86

CISC (*Complex Instruction Set Computers*)

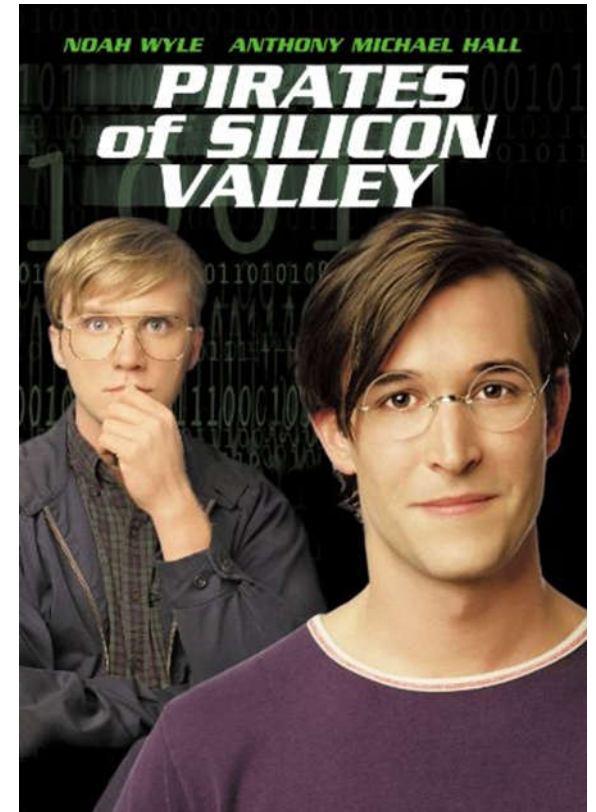
- 8080 (1974)
 - primeiro microprocessador de propósito geral
 - barramento de 8 bits
 - utilizado no primeiro computador pessoal – Altair



Evolução dos processadores x86

CISC (Complex Instruction Set Computers)

- **8086 (1978) (10 MHz)**
 - 16 bits
 - versão (8088 – barramento externo de 8 bits) usada no primeiro IBM PC
 - endereça 1 MBytes
- **80286 (1982) (12,5 MHz)**
 - endereça até 16 Mbytes de memória



Evolução dos Microprocessadores Intel



	4004	8008	8080	8086	8088
Introduced	1971	1972	1974	1978	1979
Clock speeds	108 kHz	108 kHz	2 MHz	5 MHz, 8 MHz, 10 MHz	5 MHz, 8 MHz
Bus width	4 bits	8 bits	8 bits	16 bits	8 bits
Number of transistors	2,300	3,500	6,000	29,000	29,000
Feature size (µm)	10	8	6	3	6
Addressable memory	640 Bytes	16 KB	64 KB	1 MB	1 MB

a. 1970s

Evolução dos Microprocessadores Intel



	80286	386TM DX	386TM SX	486TM DX CPU
Introduced	1982	1985	1988	1989
Clock speeds	6 MHz - 12.5 MHz	16 MHz - 33 MHz	16 MHz - 33 MHz	25 MHz - 50 MHz
Bus width	16 bits	32 bits	16 bits	32 bits
Number of transistors	134,000	275,000	275,000	1.2 million
Feature size (µm)	1.5	1	1	0.8 - 1
Addressable memory	16 MB	4 GB	16 MB	4 GB
Virtual memory	1 GB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	—	—	—	8 kB

b. 1980s

Evolução dos Microprocessadores Intel



	486TM SX	Pentium	Pentium Pro	Pentium II
Introduced	1991	1993	1995	1997
Clock speeds	16 MHz - 33 MHz	60 MHz - 166 MHz,	150 MHz - 200 MHz	200 MHz - 300 MHz
Bus width	32 bits	32 bits	64 bits	64 bits
Number of transistors	1.185 million	3.1 million	5.5 million	7.5 million
Feature size (μm)	1	0.8	0.6	0.35
Addressable memory	4 GB	4 GB	64 GB	64 GB
Virtual memory	64 TB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	8 kB	8 kB	512 kB L1 and 1 MB L2	512 kB L2

c. 1990s

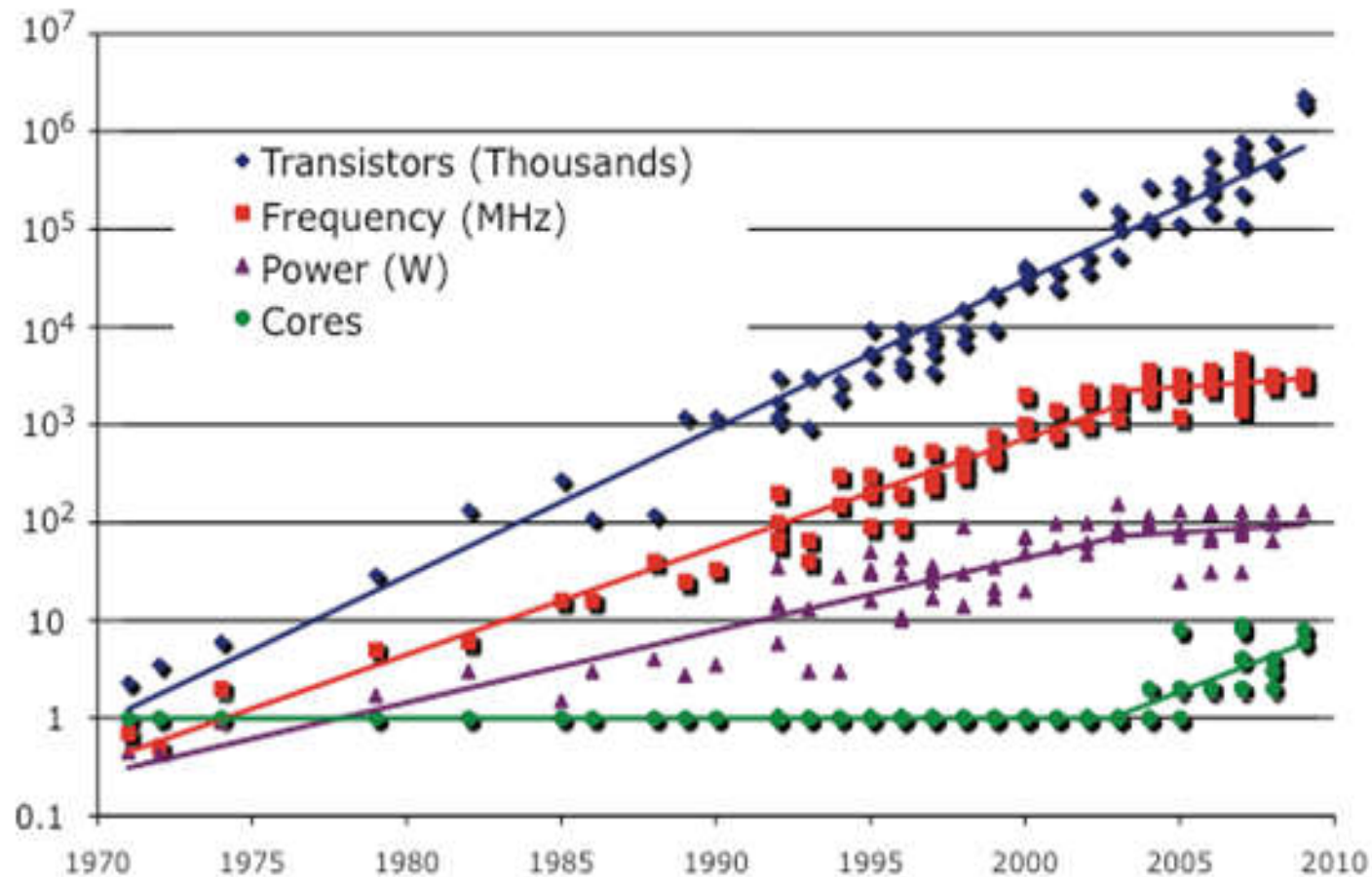
Evolução dos Microprocessadores Intel



	Pentium III	Pentium 4	Core 2 Duo	Core i7 EE 4960X
Introduced	1999	2000	2006	2013
Clock speeds	450 - 660 MHz	1.3 - 1.8 GHz	1.06 - 1.2 GHz	4 GHz
Bus width	64 bits	64 bits	64 bits	64 bits
Number of transistors	9.5 million	42 million	167 million	1.86 billion
Feature size (nm)	250	180	65	22
Addressable memory	64 GB	64 GB	64 GB	64 GB
Virtual memory	64 TB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	512 kB L2	256 kB L2	2 MB L2	1.5 MB L2/15 MB L3
Number of cores	1	1	2	6

d. Recentes

Estratégias para a evolução de microprocessadores



> Clock ➡ > dissipação de potência ➡ atingindo limites físicos

Arquiteturas de CPUs: CISC x RISC

- **Complex instruction set computing (CISC):**
Instrução pode executar diversas tarefas: ler da memória, executar operação aritmética e armazenar resultado na memória.
- **Reduced instruction set computing (RISC):**
Possui conjunto restrito de instruções que executam tarefas simples com formato fixo e alto desempenho (execução em um ciclo de clock)

Exemplo



Seja instrução declarada em linguagem de alto nível:

$A = B + C$ /* variáveis alocadas na memória*/

CISC gera uma simples instrução:

add mem(B), mem(C), mem (A)

RISC gera várias instruções:

load R1, mem (C);

load R2, mem (B);

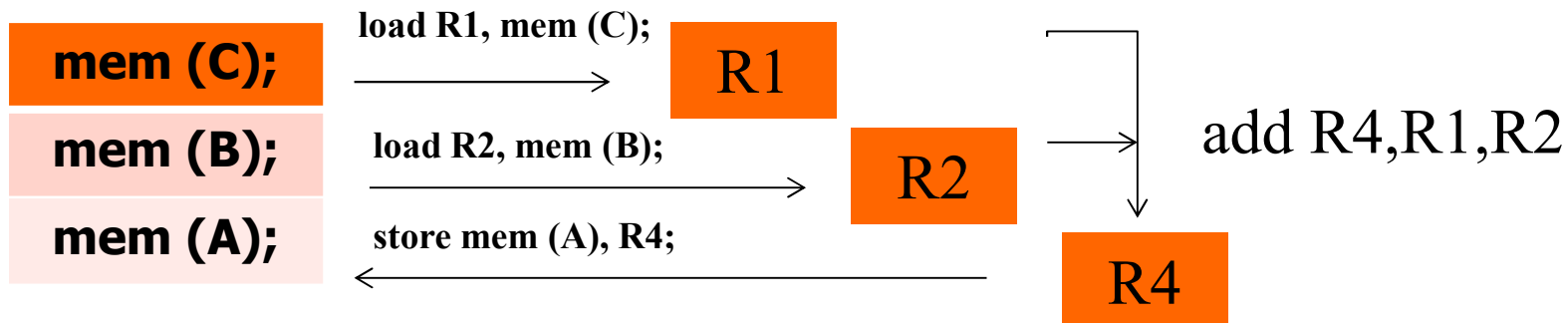
add R4,R1,R2;

store mem (A), R4;

Exemplo

RISC gera várias instruções:

```
load R1, mem (C);  
load R2, mem (B);  
add R4,R1,R2;  
store mem (A), R4;
```



Processadores de 16 e 32 bits -
*Computer Organization and Design –
Patterson.*

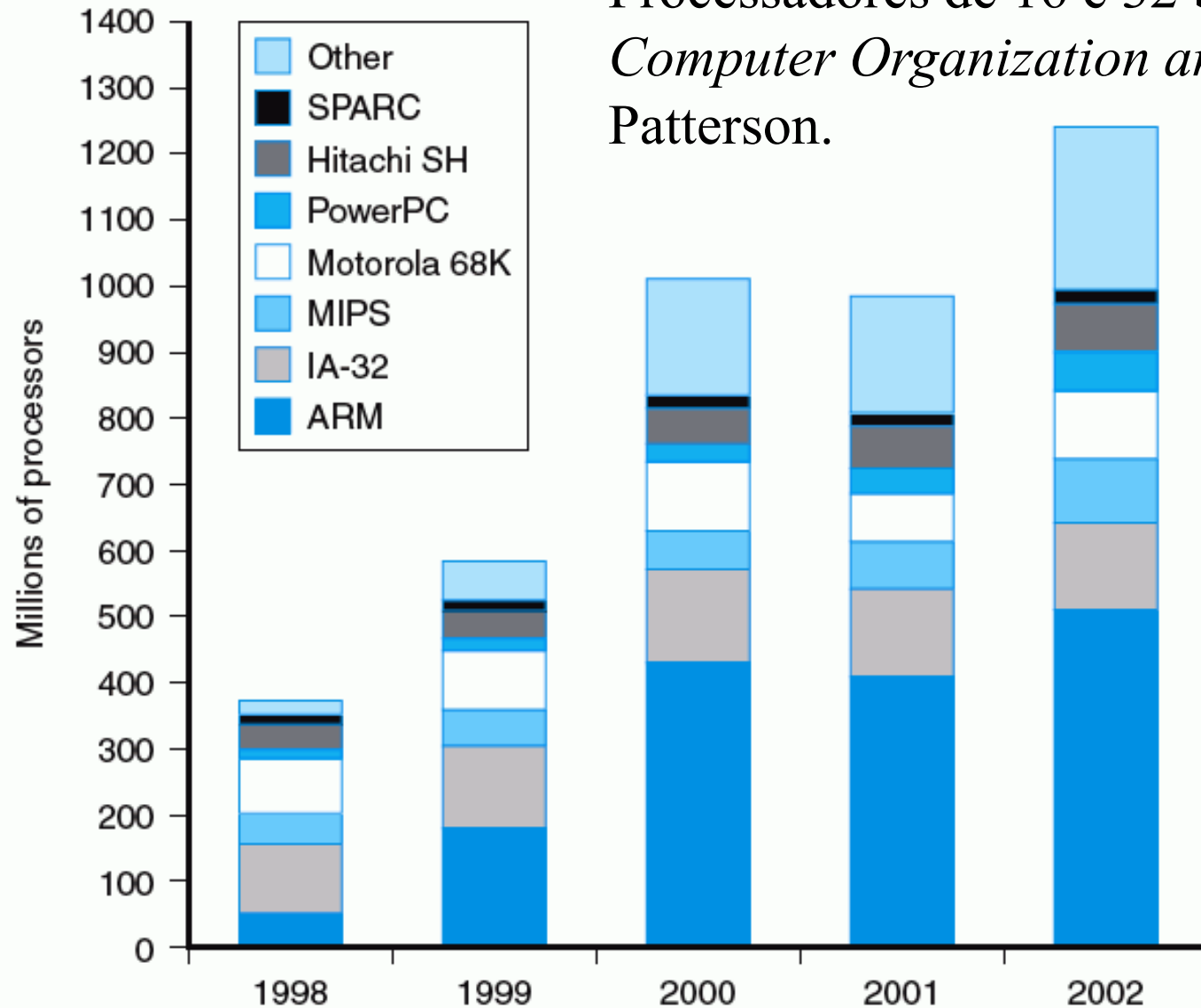


FIGURE 1.2 Sales of microprocessors between 1998 and 2002 by instruction set architecture combining all uses. The “other” category refers to processors that are either application-specific or customized architectures. In the case of ARM, roughly 80% of the sales are for cell phones, where an ARM core is used in conjunction with application-specific logic on a chip.

Vendas de Equipamentos de Comunicação

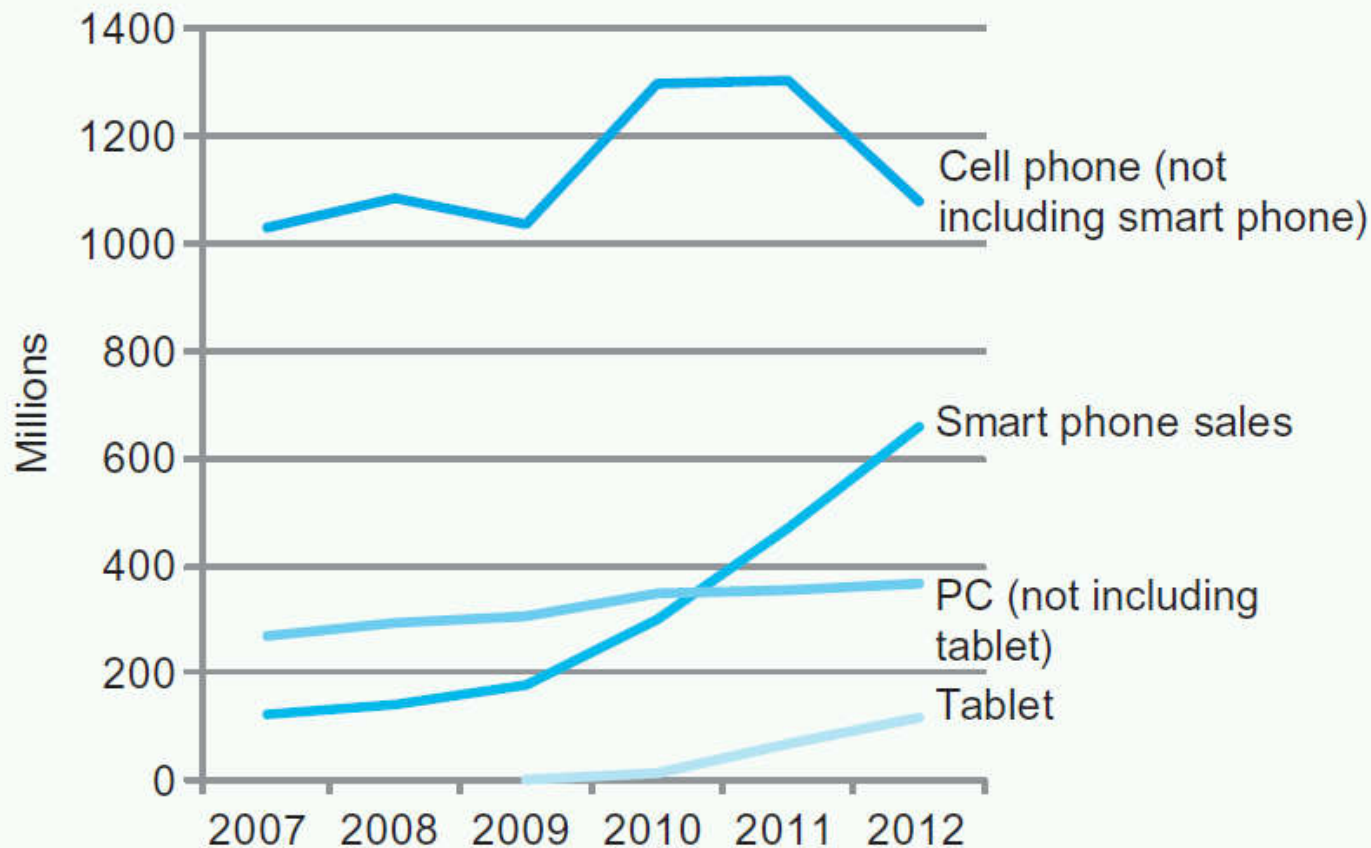


FIGURE 1.2 The number manufactured per year of tablets and smart phones, which reflect the PostPC era, versus personal computers and traditional cell phones. Smart phones represent the recent growth in the cell phone industry, and they passed PCs in 2011. Tablets are the fastest growing category, nearly doubling between 2011 and 2012. Recent PCs and traditional cell phone categories are relatively flat or declining.

