

# Arquitetura de Computadores

Prof. João Bosco Jr.

# Bibliografia

- Livro Texto (Tem na biblioteca)
  - Organização Estruturada De Computadores
  - Autor: Tanenbaum, Andrew S.
  - Editora: Prentice Hall Brasil
- Outros Livros
  - Arquitetura E Organização De Computadores
    - 8ª Edição
    - Stallings, William
  - Fundamentos de Arquitetura de Computadores
    - Weber, Raul Fernando
    - Sagra-Luzzato



# Objetivo da Disciplina

“Capacitar os alunos no entendimento do computador enquanto máquina programável, tornando-os capazes de compreender o **nível ISA** (nível do conjunto de instruções) de computadores modernos a partir dos conceitos apresentados em sala. Em especial, será aprofundado o conhecimento do aluno nas características que definem a arquitetura de uma máquina: **conjunto de instruções, formato das instruções, modelos de memória, endereçamento, registradores**, entre outros aspectos. Isto forma uma base de conhecimento para a compreensão e análise da arquitetura de uma máquina, capacitando-os a **programar esta máquina** de forma mais eficiente.”

Fonte: Plano de Ensino de Arquitetura - FSM

# O Problema

“Como já mencionamos, existe uma grande lacuna entre o que é conveniente para as pessoas e o que é conveniente para os computadores. As pessoas querem fazer X, mas os computadores só podem fazer Y. O que dá origem a um problema.”

Fonte: Organização Estruturada de Computadores  
Tanenbaum, A. S.  
Pg 1

# Programa da Disciplina

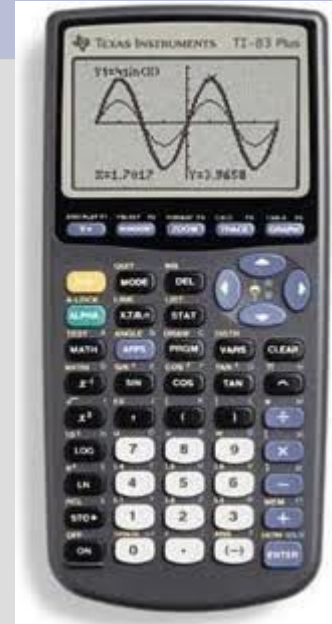
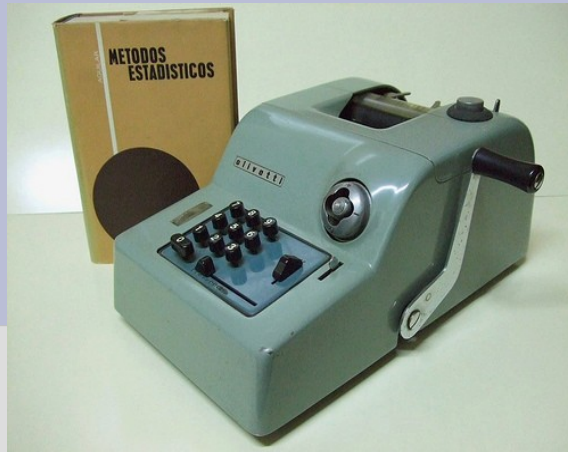
- Introdução (capítulo 1)
  - Arquitetura x organização
  - Maquinas Multiníveis
  - Gerações de Computadores
  - Integração de Circuitos e Lei de Moore
  - Tipos de Computadores
- Organização (capítulo 2)
  - CPU
  - Memória
- Nível da Lógica digital (capitulo 3)
- Conjunto de Instruções (capítulo 5)
- Representação Binária de Números (A1 e A2)
- Assembly (Apêndice A3)

# Instrumentos de Avaliação

- Prova Escrita
- Projetos
- Seminários
  - Assuntos não abordados na disciplina
- Lista de Exercícios

# Ao final desta aula você será capaz de responder as seguintes perguntas:

- O que é um computador?
- Como os computadores evoluíram até chegar ao patamar de hoje?
- Como os programas executam nos computadores?
- Qual a importância da tecnologia na construção de computadores?
- O que é integração?
- Onde os computadores estão sendo usados?
- Como usar os prefixos Kilo, Mega e Giga?



# Aula 1 (Introdução)

O que é um computador?

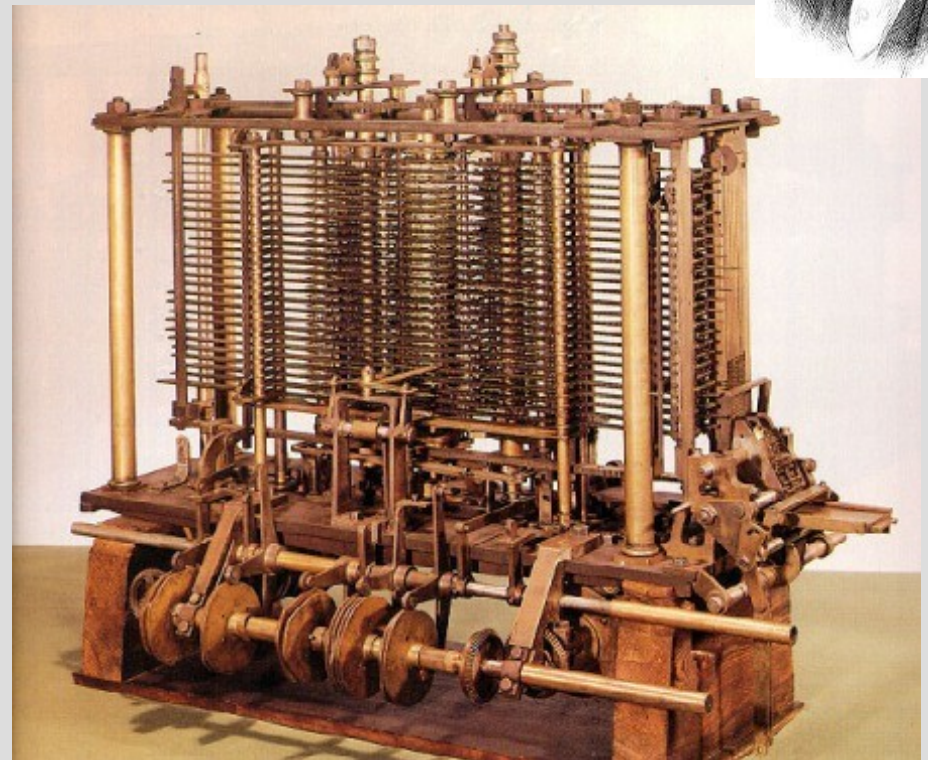
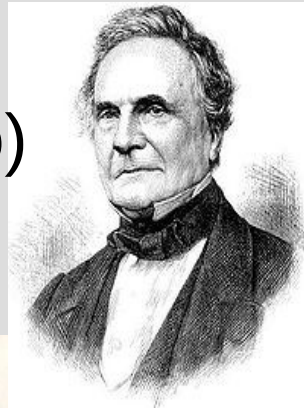




# Introdução

## História dos Computadores

- Computador Analítico
  - Mecânico (Tecnologia não permitiu a realização)
  - Memória, Circuitos lógicos, Armazenamento
- Projeto de
  - Chales Babbage
- Programável
  - Augusta Ada King
    - Condessa de Lovelace
- Construído em 1991
  - Em homenagem
- Cartões Perfurados



# Introdução

## Arquitetura X Organização

- Arquitetura de computador refere-se ao conjunto de atributos visíveis ao programador que tem impacto direto sobre a execução de um programa
- Organização de computador refere-se às unidades operacionais e suas interconexões que implementam as especificações de uma arquitetura

# Introdução

## Arquitetura X Organização

- **Arquitetura**
  - Conjunto de instruções
  - Registradores
  - Representação dos dados
  - Mecanismos de E/S
  - Endereçamento de memória
- **Organização**
  - Estrutura interna processador
  - Barramentos Internos
  - Tecnologias de memórias
  - Interface com o sistema de E/S

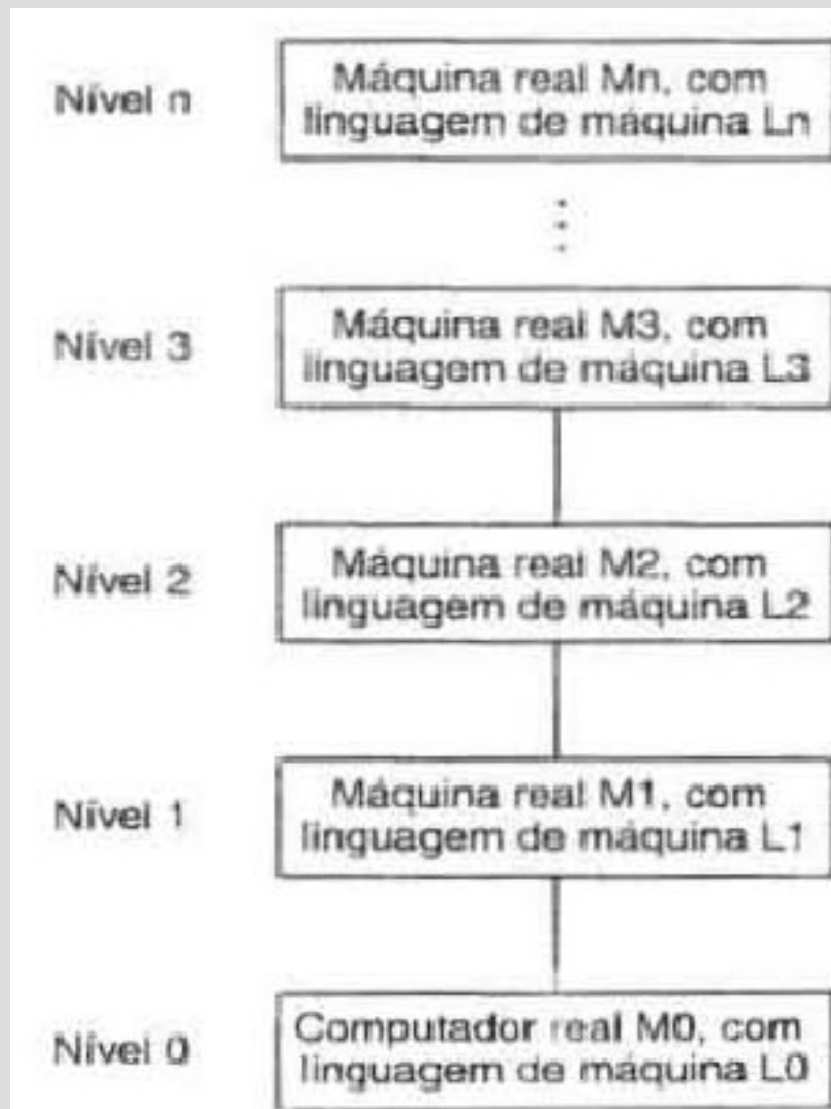
# Introdução

## Linguagem, Nível e Máquina Real

- Conveniência
  - Execução X Programação
    - Geralmente quanto melhor de programar mais difícil executar.
  - Solução: Níveis de Linguagem:
    - Alto Nível (L1) e Baixo Nível (L0)
    - Exemplo: C e Assembly
- Mecanismos de Tradução L1->L0
  - Compilação
  - Interpretação
- Fronteira entre o HW e SW
  - Tudo pode ser implementado em HW
    - E por que isso não é feito?

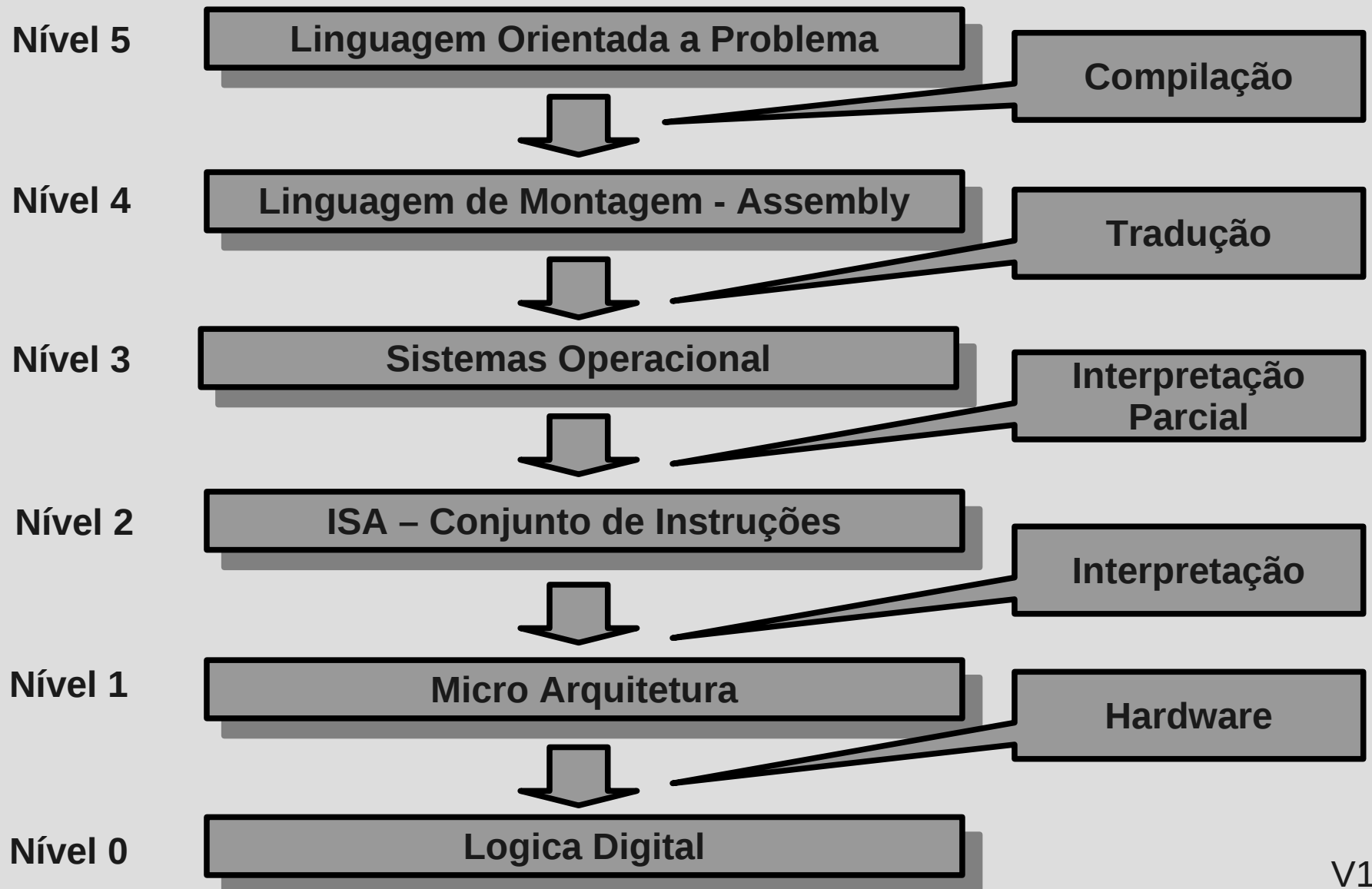
# Introdução

## Linguagem, Nível e Máquina Real



# Introdução

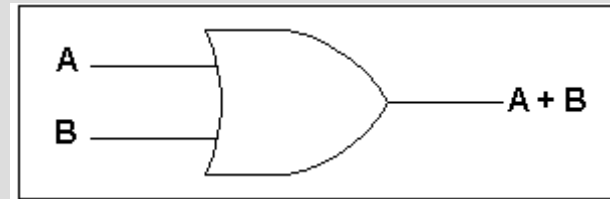
## Maquina Multinível Moderna



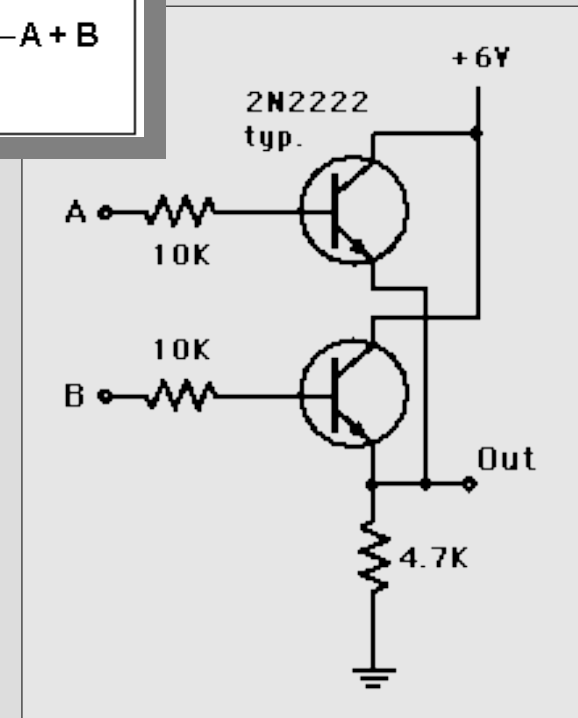
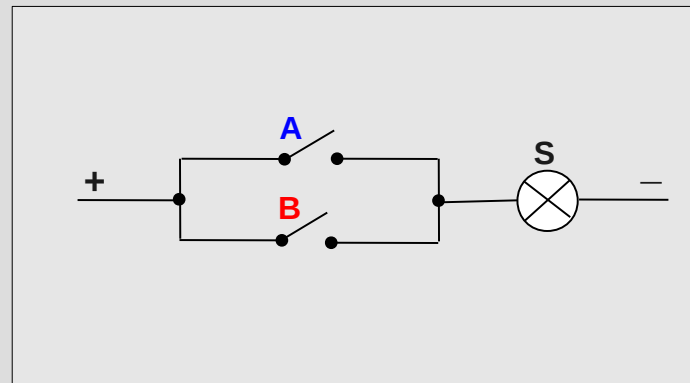
# Introdução

## Maquina Multinível – Nível -1

- Componentes Eletrônicos
  - Transistores, resistores, capacitores, etc
  - Usados para implementar portas lógicas
- Ex: Porta OU
- Tabela Verdade



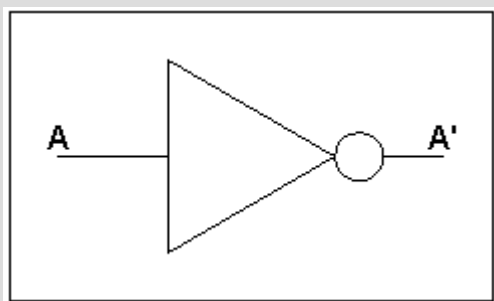
| A | B | S |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |



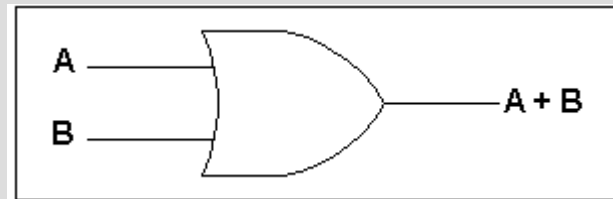
# Introdução

## Maquina Multinível – Nível 0

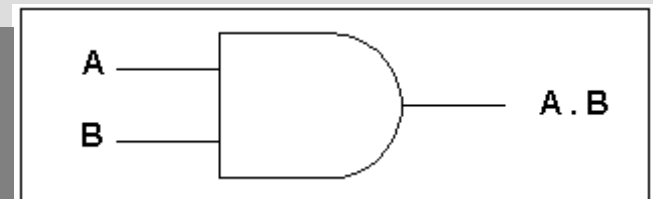
- Lógica Digital
  - Bit
  - Byte = 8 bits
  - Álgebra Booleana
  - Portas Lógicas “Básicas”



| <b>A</b> | <b>A'</b> |
|----------|-----------|
| 0        | 1         |
| 1        | 0         |



| <b>A</b> | <b>B</b> | <b>A+B</b> |
|----------|----------|------------|
| 0        | 0        | 0          |
| 0        | 1        | 1          |
| 1        | 0        | 1          |
| 1        | 1        | 1          |



| <b>A</b> | <b>B</b> | <b>A.B</b> |
|----------|----------|------------|
| 0        | 0        | 0          |
| 0        | 1        | 0          |
| 1        | 0        | 0          |
| 1        | 1        | 1          |

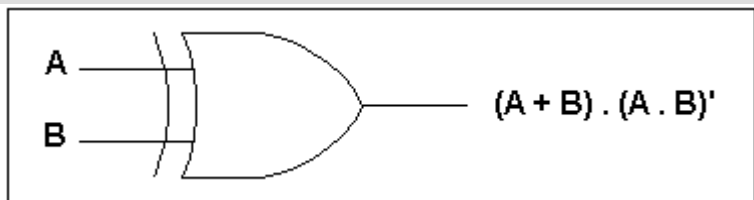


# Introdução

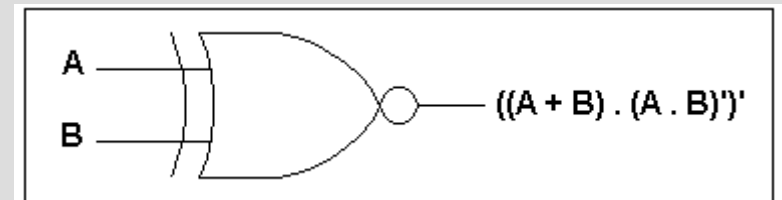
## Maquina Multinível – Nível 0

- Lógica Digital
  - Portas Lógicas “Derivadas”

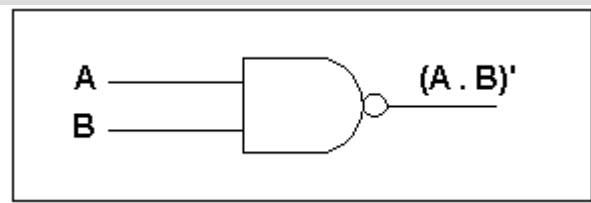
Porta XOR



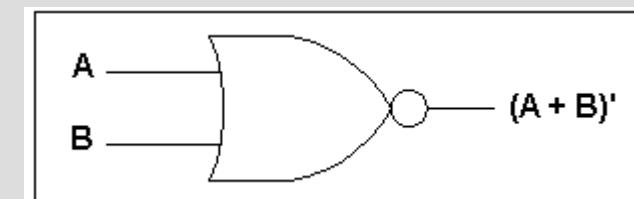
Porta XNOR



Porta NAND



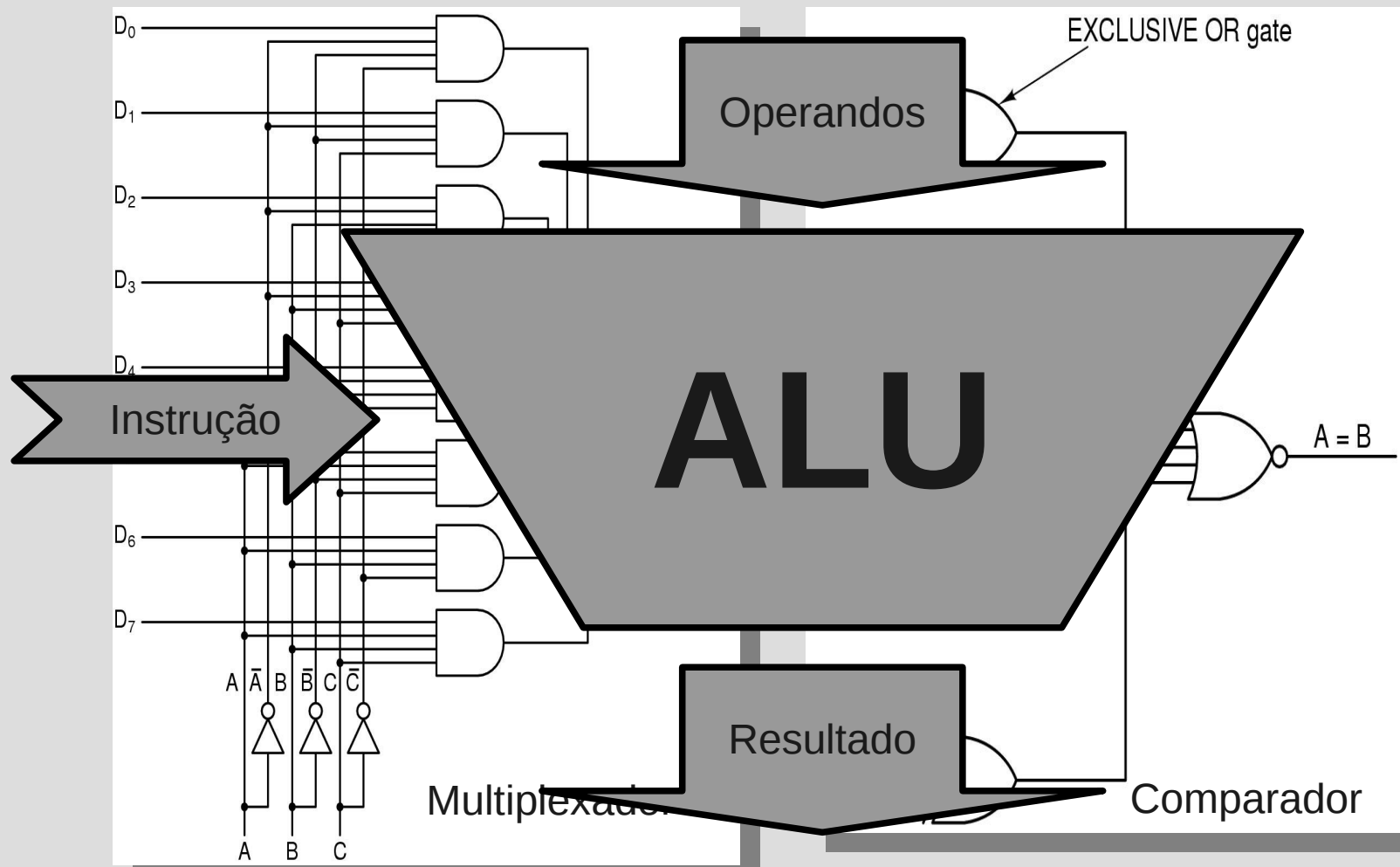
Porta NOR



# Introdução

## Maquina Multinível – Nível 0

- Lógica Digital - Circuitos digitais complexos



# Introdução

## Maquina Multinível – Nível 1

- Microarquitetura
  - Microcódigo
  - Possibilita um Conjunto de Instruções complexo
  - “Firmware” do processador
  - Casos
    - Bug de Divisão do 586
      - [http://en.wikipedia.org/wiki/Pentium\\_FDIV\\_bug](http://en.wikipedia.org/wiki/Pentium_FDIV_bug)
      - Prejuízo de \$ 450 Mi
    - Pentium F00F bug (Suspende as interrupções)
      - [http://en.wikipedia.org/wiki/Pentium\\_F00F\\_bug](http://en.wikipedia.org/wiki/Pentium_F00F_bug)

# Introdução

## Maquina Multinível – Nível 2

- Conjunto de Instruções
- ISA - Instruction Set Architecture
  - Representação de Instruções
    - Tamanho em bits
    - Quantidade de Operandos
  - Tipos
    - Processamento de Dados
    - Armazenamento de Dados (Memória)
    - Movimentação de Dados (I/O)
    - Controle (Teste e Desvio)
- Exemplos
  - I386 (Intel), Sparc (Sun), PA-RISC (HP), MIPS, PowerPC (IBM)

# Introdução

## Maquina Multinível – Nível 3

- Sistema Operacional
  - CPU em Modo Protegido
  - Interrupções do Sistema Operacional (Syscall)
  - Programa não executa instruções privilegiadas

- **EX.:**

```
section .data
    sys_open: equ 5 ; sys_open = 5
    f: db "file.txt",0 ; f = "file.txt"
    f_id: dd 0 ; f_id = 0
section .text
    global _start
_start:
    mov eax, sys_open ; move a chamada para o registrador eax
    mov ebx, f ; move o nome do arquivo para o registrador ebx
    mov ecx, o_rdonly ; move o modo de abertura para ecx
    int 80h ; chama o SO
    mov dword [f_id], eax ; O retorno armazenado em f_id
```

# Introdução

## Maquina Multinível – Nível 4

- Linguagem de montagem (assembly)
  - Notação legível para o código de máquina que uma arquitetura de computador específica usa.
  - A linguagem de máquina, que é um mero padrão de bits, torna-se legível pela substituição dos valores em bruto por símbolos chamados mnemônicos.
- Exemplo x86:

```
8048080: b8 05 00 00 00      mov     $0x5,%eax
8048085: bb d8 90 04 08      mov     $0x80490d8,%ebx
804808a: b9 00 00 00 00      mov     $0x0,%ecx
804808f: cd 80               int     $0x80
```

# Introdução

## Maquina Multinível – Nível 5

- Linguagem de Programação
  - Linguagens de alto nível
    - Próxima para usada por humanos
  - Linguagens intermediárias
  - Linguagens de baixo nível
    - Próxima da usada pela máquina

# Introdução

## Gerações de Computadores

- G0 (computadores mecânicos)
- G1 (Válvulas)
- G2 (Trasistores)
- G3 (Integração)
- G4 (Muita Integração - PC)
- G5 (Computadores Invisíveis: Coisas do Tanenbaum!)



# Introdução

## Gerações de Computadores

- G0 (Século 19 até 1940)
  - Tecnologia: Eletro Mecânicos
  - Máquinas mecânicas baseadas em engrenagens e relés
  - Só possuíam o Nível da Lógica digital
  - Pouca exatidão
  - Zuze Z1 (1931)
    - Primeira máquina calculadora com relés
  - Colossus (1943)
    - Primeiro Computador eletromecânico
    - Governo britânico

# Introdução

## Gerações de Computadores

- G1 (40's)
  - Tecnologia: Válvulas
  - Primeiros computadores digitais
  - Caros e indisponíveis (Queimavam muito!)
  - ENIAC (1946) : Primeiro computador
    - Electronic Numerical Integrator and Computer
    - 270m<sup>2</sup>, 30Ton, 5000op/s, 160kW, 18000 válvulas, **Decimal**
  - UNIVAC (1951): Primeiro computador comercial
    - UNIVersal Automatic Computer
    - 35m<sup>2</sup>, 13Ton, 1900op/s, 120kW, 5200 Válvulas
    - Vendidos umas 50 unidades. O IBGE comprou um em 61  
Pagou por volta de US\$ 2.500.000

Fontes:

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Univac>

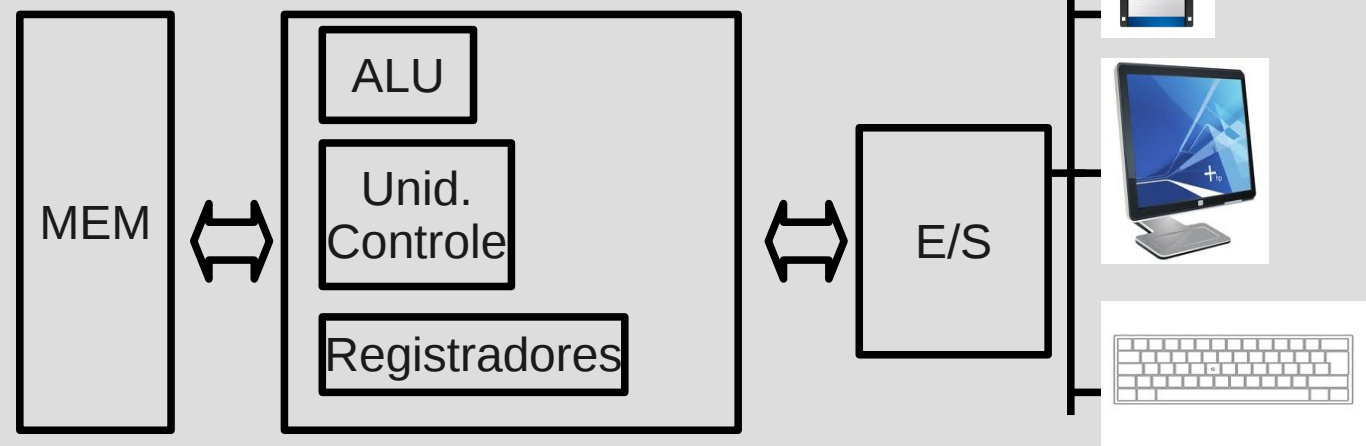
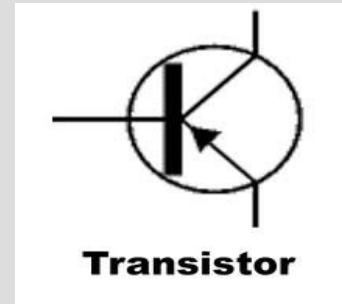
<http://pt.wikipedia.org/wiki/ENIAC>



# Introdução

## Gerações de Computadores

- G2 (50's)
  - Tecnologia: Transistores
  - Mais rápidos e disponíveis
  - EX: IAS MACHINE (1952)
  - Modelo de Von Neumann
    - Programa armazenado em memória eletrônica (RAM?)
    - É a base das máquinas atuais.



# Introdução

## Gerações de Computadores

- G3 (60's)
  - Tecnologia: Integração de Transistor
    - Surgimento do Circuito Integrado (CI)
  - Surgimento do Sistema Operacional
  - DEC-PDP 11 (1960)
    - Primeiro mini computador
  - IBM 360 (1964)
    - Primeira família de computadores
    - Separa Arquitetura e Organização (implementação)



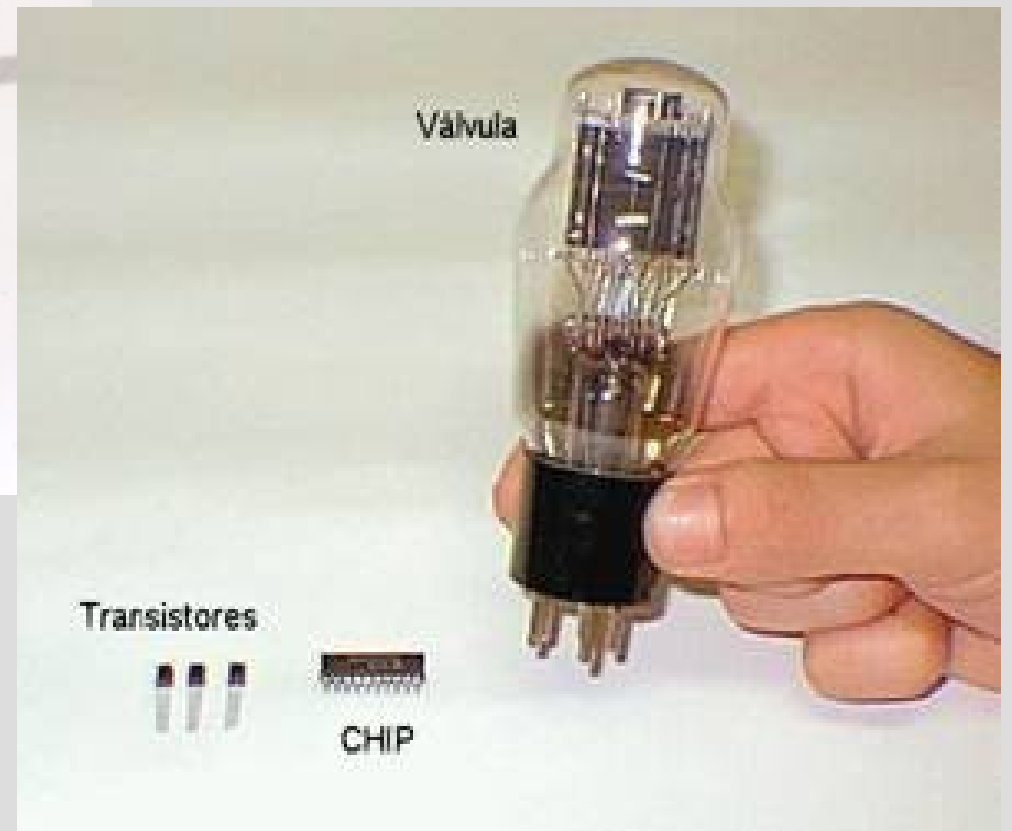
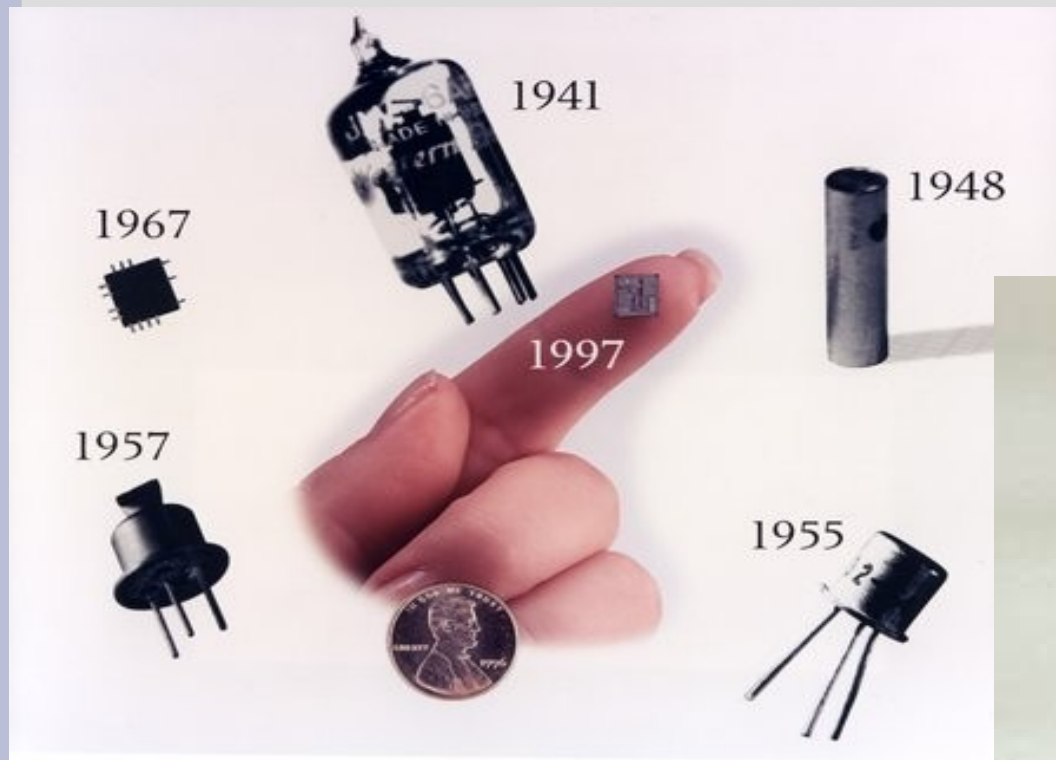
# Introdução

## Gerações de Computadores

- G4 (70's)
  - Tecnologia: Muita Integração (VLSI)
    - CHIP, Microprocessadores
  - 8080 (1974)
    - Primeira CPU de uso geral em um CHIP

# Introdução

## Gerações de Computadores



# Introdução

## Integração de Circuitos

- Vários componentes eletrônicos em uma pastilha de Silício
- 1.000.000 por mm<sup>2</sup>
- 32nm x 45nm
  - Processo para construção de processadores
  - A altura de uma célula de memória nesta tecnologia
  - 32nm: Core I3, I5 e I7
  - 45nm: Outros Processadores AMD e Intel

# Introdução

## Integração de Circuitos



### Essentials

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| Status                     | Launched      |
| Launch Date                | Q1'11         |
| Processor Number           | i5-2540M      |
| # of Cores                 | 2             |
| # of Threads               | 4             |
| Clock Speed                | 2.6 GHz       |
| Max Turbo Frequency        | 3.3 GHz       |
| Intel® Smart Cache         | 3 MB          |
| Bus/Core Ratio             | 26            |
| DMI                        | 5 GT/s        |
| Instruction Set            | 64-bit        |
| Instruction Set Extensions | AVX           |
| Embedded Options Available | No            |
| Lithography                | 32 nm         |
| Max TDP                    | 35 W          |
| Recommended Customer Price | \$266 - \$269 |



### Intel® Pentium® Processor E6300 (2M Cache, 2.80 GHz, 1066 MHz FSB)

### Essentials

|                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| Status                     | Launched        |
| Launch Date                | Q2'09           |
| Processor Number           | E6300           |
| # of Cores                 | 2               |
| # of Threads               | 2               |
| Clock Speed                | 2.8 GHz         |
| L2 Cache                   | 2 MB            |
| Bus/Core Ratio             | 10.5            |
| FSB Speed                  | 1066 MHz        |
| Instruction Set            | 64-bit          |
| Embedded Options Available | No              |
| Supplemental SKU           | No              |
| Lithography                | 45 nm           |
| Max TDP                    | 65 W            |
| VID Voltage Range          | 0.8500V-1.3625V |
| Recommended Customer Price | \$74 - \$209    |



# Introdução

## Integração de Circuitos

| Processor           | Transistor count | Date of Introduction | Manufacturer   | Process           | Area                |
|---------------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------|---------------------|
| Intel 4004          | 2,300            | 1971                 | Intel          | 10 $\mu\text{m}$  | 12 mm <sup>2</sup>  |
| Intel 8008          | 3,500            | 1972                 | Intel          | 10 $\mu\text{m}$  | 14 mm <sup>2</sup>  |
| Motorola 6800       | 4,100            | 1974                 | Motorola       |                   | 16 mm <sup>2</sup>  |
| Intel 8080          | 4,500            | 1974                 | Intel          | 6 $\mu\text{m}$   | 20 mm <sup>2</sup>  |
| RCA 1802            | 5,000            | 1974                 | RCA            | 5 $\mu\text{m}$   | 27 mm <sup>2</sup>  |
| MOS Technology 6502 | 3,510            | 1975                 | MOS Technology |                   | 21 mm <sup>2</sup>  |
| Intel 8085          | 6,500            | 1976                 | Intel          | 3 $\mu\text{m}$   | 20 mm <sup>2</sup>  |
| Zilog Z80           | 8,500            | 1976                 | Zilog          | 4 $\mu\text{m}$   | 18 mm <sup>2</sup>  |
| Motorola 6809       | 9,000            | 1978                 | Motorola       | 5 $\mu\text{m}$   | 21 mm <sup>2</sup>  |
| Intel 8086          | 29,000           | 1978                 | Intel          | 3 $\mu\text{m}$   | 33 mm <sup>2</sup>  |
| Intel 8088          | 29,000           | 1979                 | Intel          | 3 $\mu\text{m}$   | 33 mm <sup>2</sup>  |
| Motorola 68000      | 68,000           | 1979                 | Motorola       | 4 $\mu\text{m}$   | 44 mm <sup>2</sup>  |
| Intel 80186         | 55,000           | 1982                 | Intel          |                   |                     |
| Intel 80286         | 134,000          | 1982                 | Intel          | 1.5 $\mu\text{m}$ | 49 mm <sup>2</sup>  |
| Intel 80386         | 275,000          | 1985                 | Intel          | 1.5 $\mu\text{m}$ | 104 mm <sup>2</sup> |
| Intel 80486         | 1,180,000        | 1989                 | Intel          | 1 $\mu\text{m}$   | 160 mm <sup>2</sup> |
| Pentium             | 3,100,000        | 1993                 | Intel          | 0.8 $\mu\text{m}$ | 294 mm <sup>2</sup> |

|                             |                            |      |       |       |                     |
|-----------------------------|----------------------------|------|-------|-------|---------------------|
| AMD K10                     | 463,000,000 <sup>[1]</sup> | 2007 | AMD   | 65 nm |                     |
| POWER6                      | 789,000,000                | 2007 | IBM   | 65 nm | 341 mm <sup>2</sup> |
| Core i7 (Quad)              | 731,000,000                | 2008 | Intel | 45 nm | 263 mm <sup>2</sup> |
| AMD K10                     | 758,000,000 <sup>[1]</sup> | 2008 | AMD   | 45 nm |                     |
| Atom                        | 47,000,000                 | 2008 | Intel | 45 nm |                     |
| Six-Core Xeon 7400          | 1,900,000,000              | 2008 | Intel | 45 nm |                     |
| Six-Core Opteron 2400       | 904,000,000                | 2009 | AMD   | 45 nm | 346 mm <sup>2</sup> |
| Six-Core Core i7 (Gulftown) | 1,170,000,000              | 2010 | Intel | 32 nm | 240 mm <sup>2</sup> |

# Introdução

## Integração de Circuitos

**Escala de Integração de circuitos Integrados**

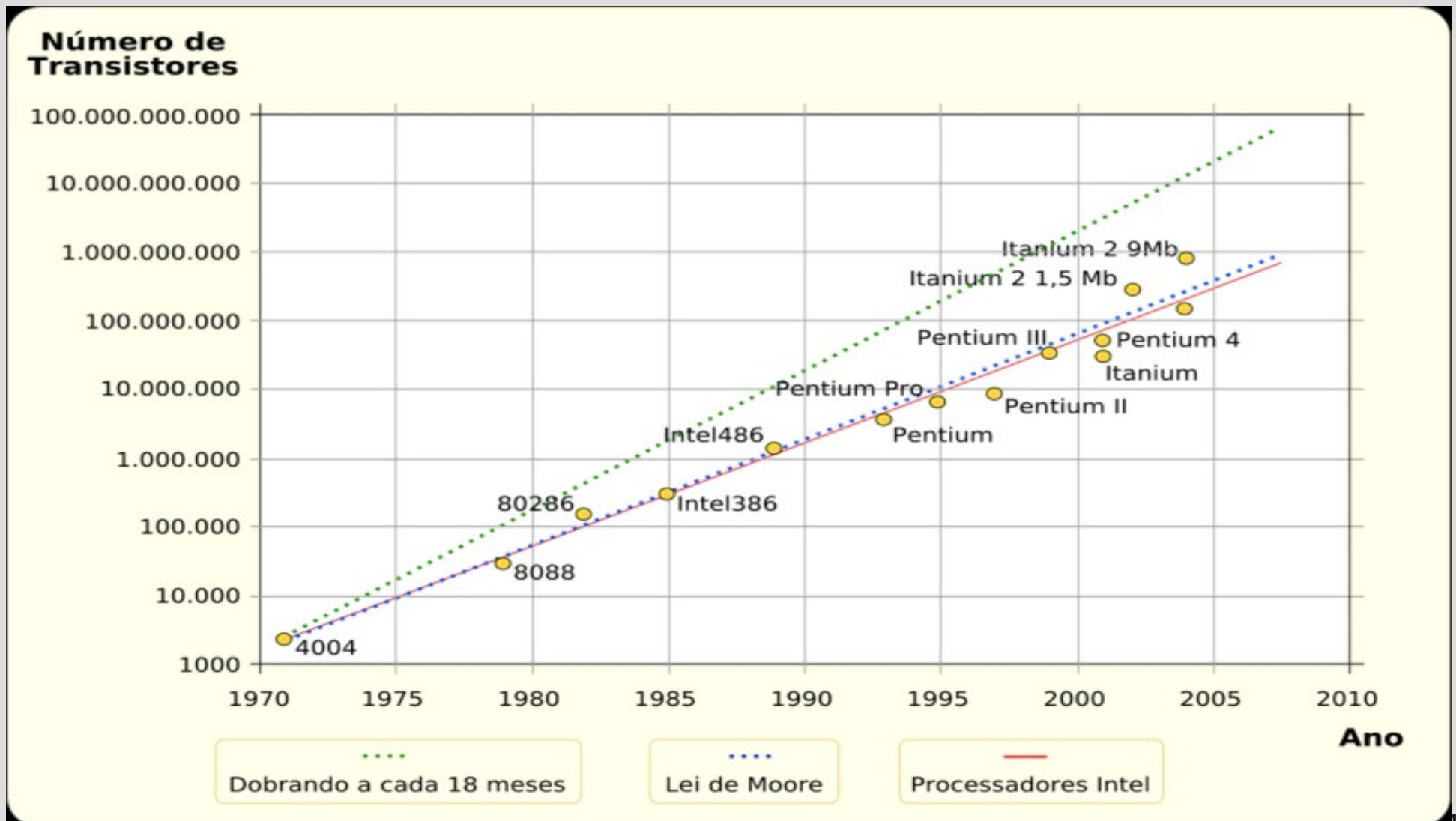
| Abrev. | Denominação                   | Complexidade (números de transístores) |                          |                                  |
|--------|-------------------------------|--|--------------------------|----------------------------------|
|        |                               | Interpretação comum                    | Tanenbaum <sup>[7]</sup> | Texas Instruments <sup>[8]</sup> |
| SSI    | Small Scale Integration       | 10                                     | 1-10                     | em baixo de 12                   |
| MSI    | Medium Scale Integration      | 100                                    | 10-100                   | 12-99                            |
| LSI    | Large Scale Integration       | 1.000                                  | 100-100.000              | 100-999                          |
| VLSI   | Very Large Scale Integration  | 10.000-100.000                         | a partir de 100.000      | ab 1.000                         |
| ULSI   | Ultra Large Scale Integration | 100.000-1.000.000                      | —                        | —                                |
| SLSI   | Super Large Scale Integration | 1.000.000-10.000.000                   | —                        | —                                |

# Introdução

## Lei de Moore

- Gordon E. Moore ( CIO Intel década de 60)
- “O número de transistores dos chips teria um aumento de 100%, pelo mesmo custo, a cada período de 18 meses”
- Consequencias:
  - O dobro da capacidade de processamento pelo mesmo custo.
  - O mesmo processamento por metade do custo.
- Isso tem limites?

# Introdução Lei de Moore



# Introdução

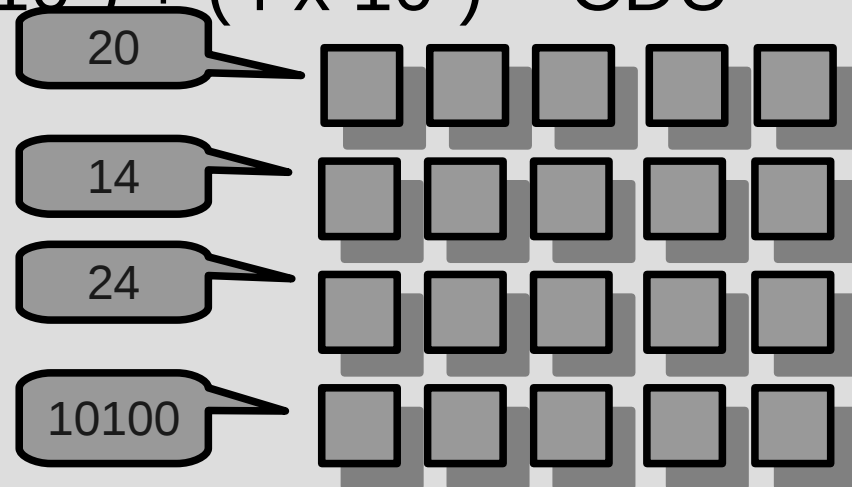
## Tipos de Computadores

- Descartáveis
- Microcontrolador (Vamos brincar com isso!)
- Computador de Jogos
- Computador Pessoal
- Servidor
- Conjunto de Estações de Trabalho
  - Minicomputador
- MainFrame

# Introdução

## Sistemas de Numeração Posicional

- Representar quantidades
  - Sistema de Numeração Romano (I,V,X,L,D,etc...)
  - Sistema de numeração Indu-Arábico (0,1,2,...,9)
- Representação posicional
  - $254_{10} = (2 \times 10^2) + (5 \times 10^1) + (4 \times 10^0) = \text{CDU}$
  - Base 10 (0,...,9)
  - Base 16 (0,...,F)
  - Base 8 (0,...,7)
  - Base 2 (0,1)
- Dígito x Bit



# Introdução

## Prefixo de Quantidades

- Kilo, Mega, Giga
- Base 10
  - $1K = 10^3 = 1000$
  - $1M = 1K \cdot 1K = 1000000$
  - $1G = 1K \cdot 1K \cdot 1K = 10^9$
- Kibi, Mebi, Gibi
- Base 2
  - $1Ki = 2^{10} = 1024$
  - $1Mi = 1Ki \cdot 1Ki = 1048576$
  - $1Gi = 1Ki \cdot 1Ki \cdot 1Ki = 2^{30}$