

---

# Introdução à Ciência da Computação

## Organização de Computadores: Memórias e Unidade Central de Processamento

---

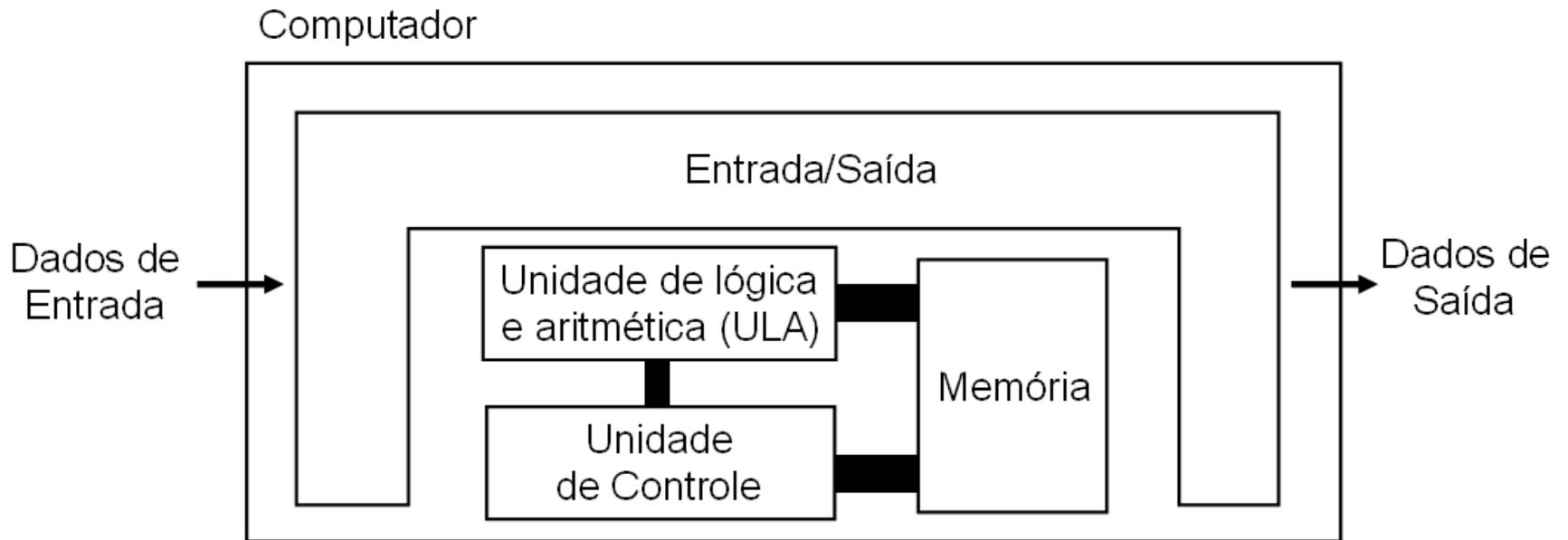
Prof. Danilo Medeiros Eler  
danilo.eler@unesp.br

---

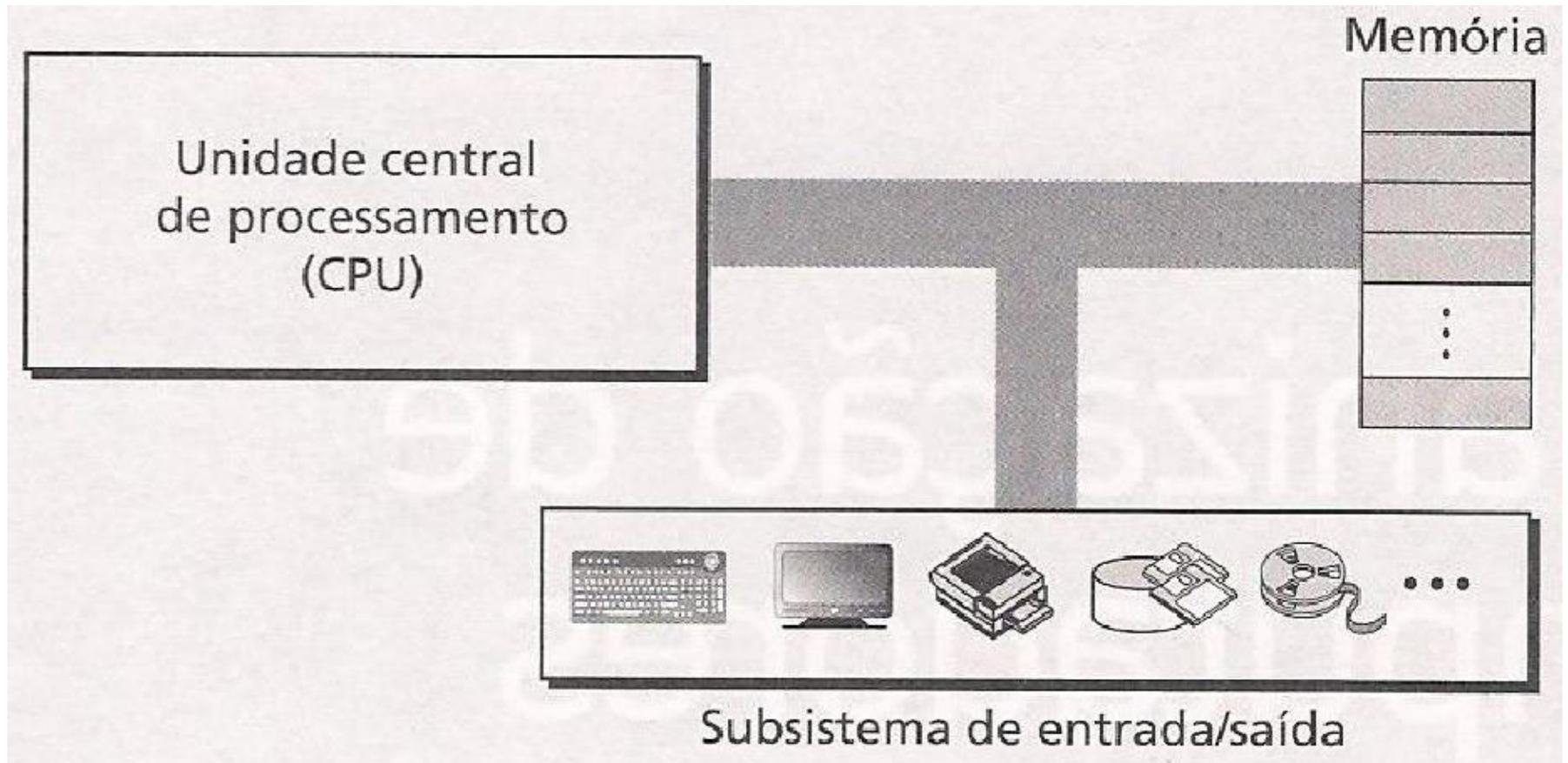
# Conteúdo

- Organização de Computadores
  - Memórias
  - Unidade Central de Processamento (UCP)
  - Subsistema de Entrada e Saída
  - Conexão entre Subsistemas

# Modelo de Von Neumann



# Organização de Computadores



Behrouz Forouzan e Firouz Mosharraf. Fundamentos da Ciência da Computação. Cengage Learning, 2011

---

# Memórias

# Memória Principal

- Consiste em um conjunto de localizações de armazenamento
  - Cada um com um identificador único chamado de **endereço**
- Os dados são lidos e escritos na memória
- O programa também está armazenado na memória

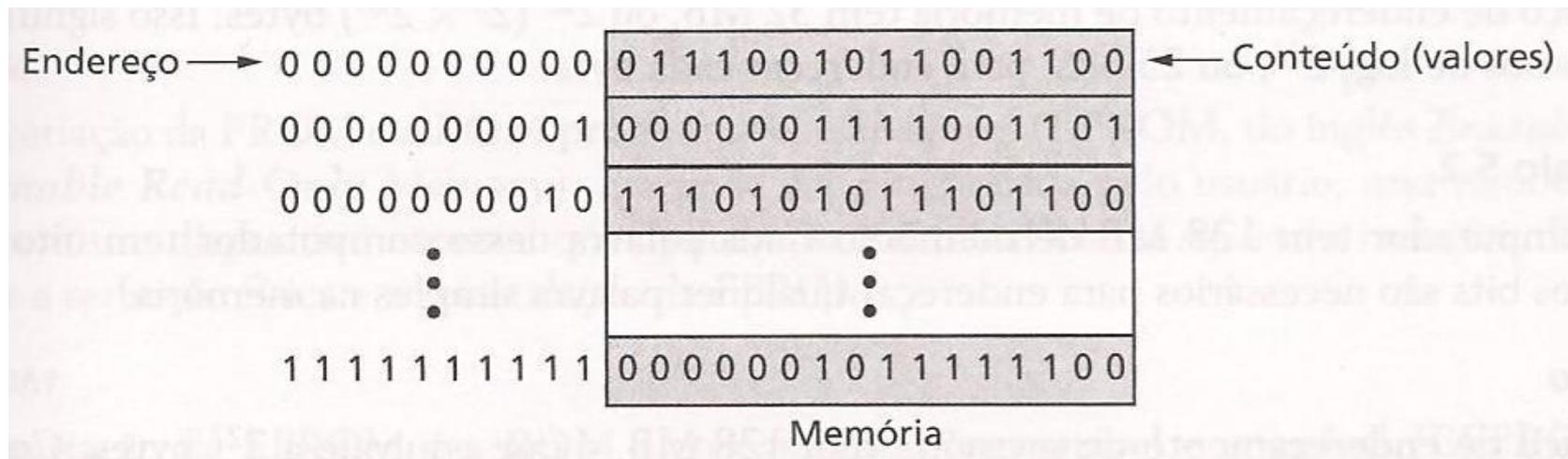
# Memória Principal

- Programa e Dados estão armazenados na memória principal

0	Instrução
1	Instrução
2	Instrução
...	...
1024	Dados
1025	Dados
1026	Dados
...	...

# Memória Principal

- O grupo de bits de dados é chamado de **palavra**



Behrouz Forouzan e Firouz Mosharraf. Fundamentos da Ciência da Computação. Cengage Learning, 2011

# Memória Principal

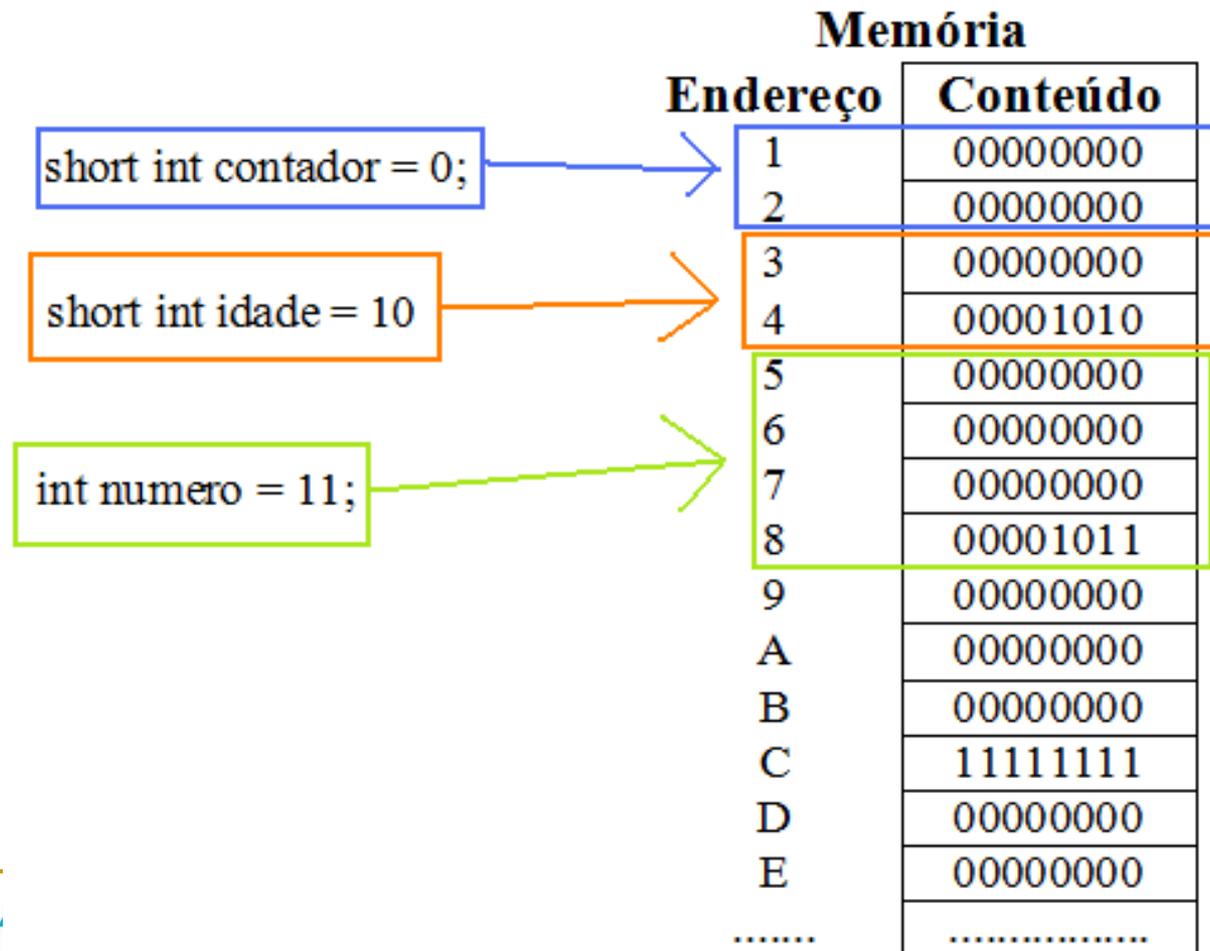
- Uma palavra pode ser um grupo de 8, 16, 32 ou 64 bits (e crescendo)
- Se a palavra tiver
  - 8 bits é chamada de byte
  - 16 bits é chamada de 2 bytes
  - 32 bits é chamada de 4 bytes

# Memória Principal

- Acessar uma palavra na memória exige um identificador
- Os programadores utilizam variáveis para acessar as palavras da memória
  - Ex.: `int numero = 11;`
- No nível do hardware, cada palavra é identificada por um endereço

# Memória Principal

- Palavra de 1 Byte e comparação de alocações de variáveis de 2 e 4 bytes



# Memória Principal

- O número total de endereços únicos na memória é chamado de **espaço de endereçamento**
- Em geral, se um computador tem  $N$  palavras de memória, precisamos de um inteiro sem sinal com tamanho de  $\log_2 N$  bits para referenciar cada localização de memória

# Espaço de endereçamento

- Qual é o espaço de endereçamento de uma memória de 64KB e palavra igual a 1 byte?

# Espaço de endereçamento

- Qual é o espaço de endereçamento de uma memória de 64KB e palavra igual a 1 byte?
  - $64\text{KB} (2^{16}) = \log_2 2^{16} = 16$  bits para endereçar
  - Endereços variam de 0 a 65535

# Espaço de endereçamento

- Qual é o espaço de endereçamento de uma memória de 64KB e palavra igual a 1 byte?
  - $64\text{KB} (2^{16}) = \log_2 2^{16} = 16$  bits para endereçar
  - Endereços variam de 0 a 65535
  - Armazenados como um **inteiro sem sinal**
    - O endereço zero é o padrão 0000000000000000
    - O endereço 65535 é o padrão 1111111111111111

# Espaço de endereçamento

- Qual é o espaço de endereçamento de uma memória com 32MB de memória com palavra 1 byte?
  - $32\text{MB} (2^{25}) = \log_2 2^{25} = 25$  bits para endereçar
  - Endereços variam de 0 a 33554431
  - Armazenados como um **inteiro sem sinal**
    - O endereço zero é o padrão  
00000000000000000000000000000000
    - O endereço 33554431 é o padrão  
11111111111111111111111111111111

# Espaço de Endereçamento

- Qual é o número máximo de endereços que um sistema com padrões binários de 32 bits poderia endereçar?

# Espaço de Endereçamento

- Qual é o número máximo de endereços que um sistema com padrões binários de 32 bits poderia endereçar?
  - $2^{32} = 4294967296$

# Espaço de Endereçamento

- Qual é o número máximo de endereços que um sistema com padrões binários de 32 bits poderia endereçar?
  - $2^{32} = 4294967296$
  - $4294967296/1024 = 4194304$  KB

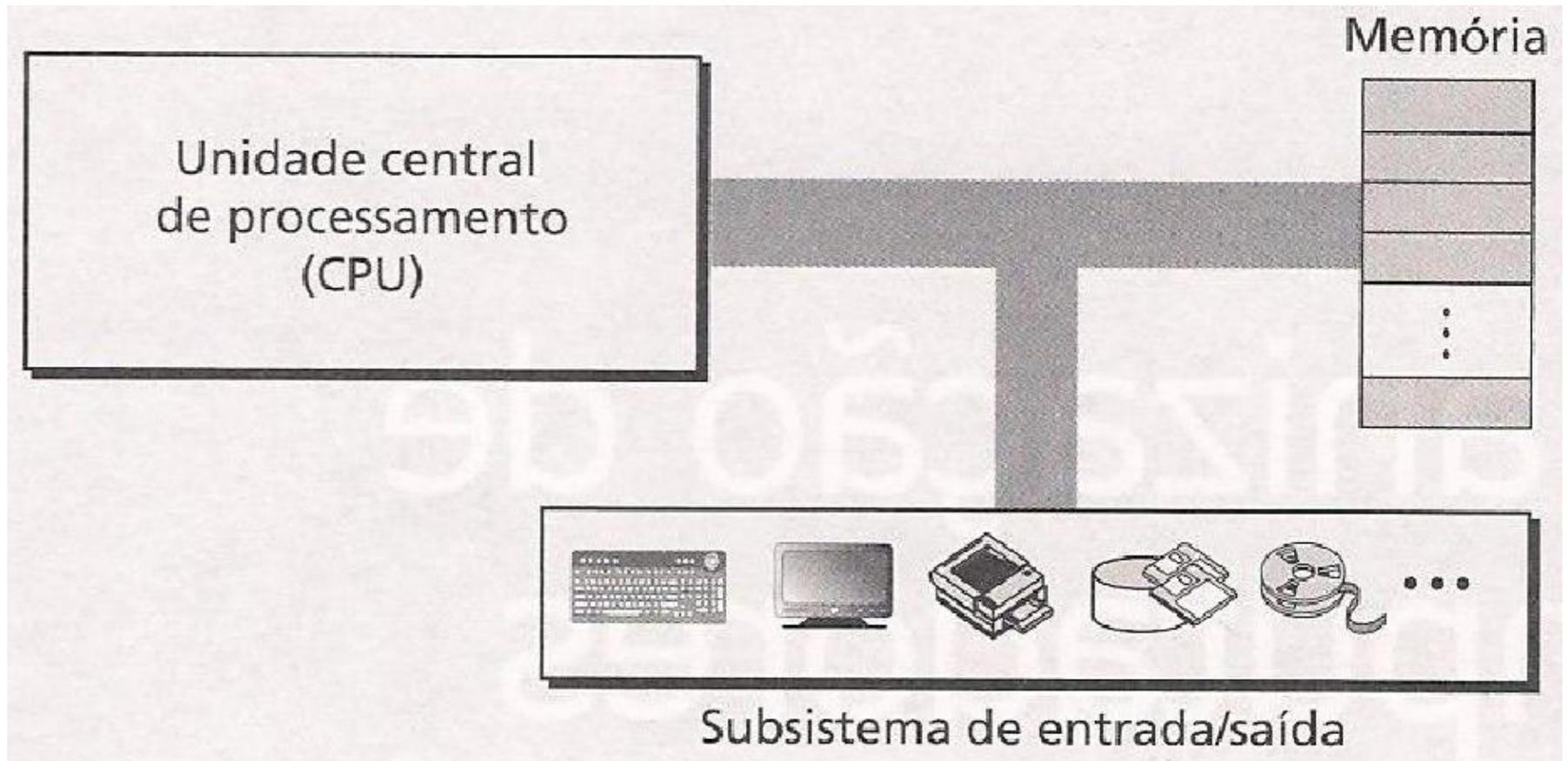
# Espaço de Endereçamento

- Qual é o número máximo de endereços que um sistema com padrões binários de 32 bits poderia endereçar?
  - $2^{32} = 4294967296$
  - $4294967296/1024 = 4194304\text{KB}$
  - $4194304/1024 = 4096\text{MB}$
  - $4096/1024 = 4\text{GB}$
- Considerando que cada endereço contenha palavras de um byte, teríamos 4GB de armazenamento máximo

# Hierarquia de Memórias

- Memória é um equipamento fundamental que todo usuário precisa
  - Principalmente memória rápida e de baixo custo
- Com relação ao sistema de computação podemos classifica-las como
  - Interna
    - registradores do processador, cache e memória principal
  - Externa
    - discos ópticos, discos magnéticos, fitas, outros meios de armazenamento

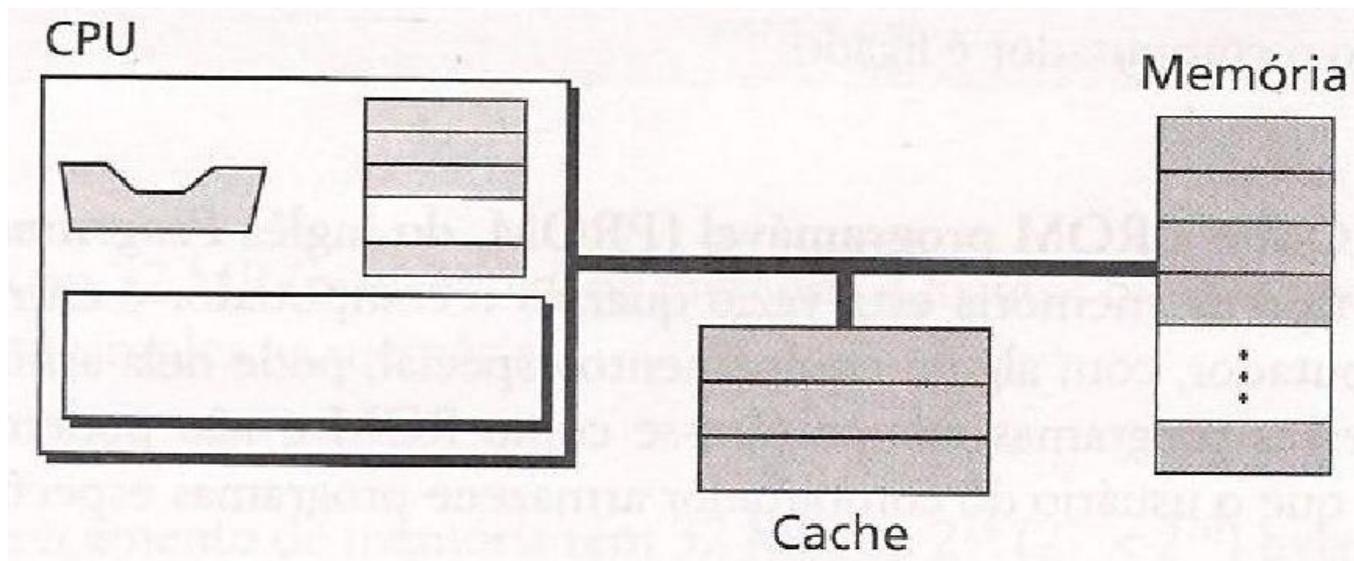
# Organização de Computadores



Behrouz Forouzan e Firouz Mosharraf. Fundamentos da Ciência da Computação. Cengage Learning, 2011

# Memória Cache

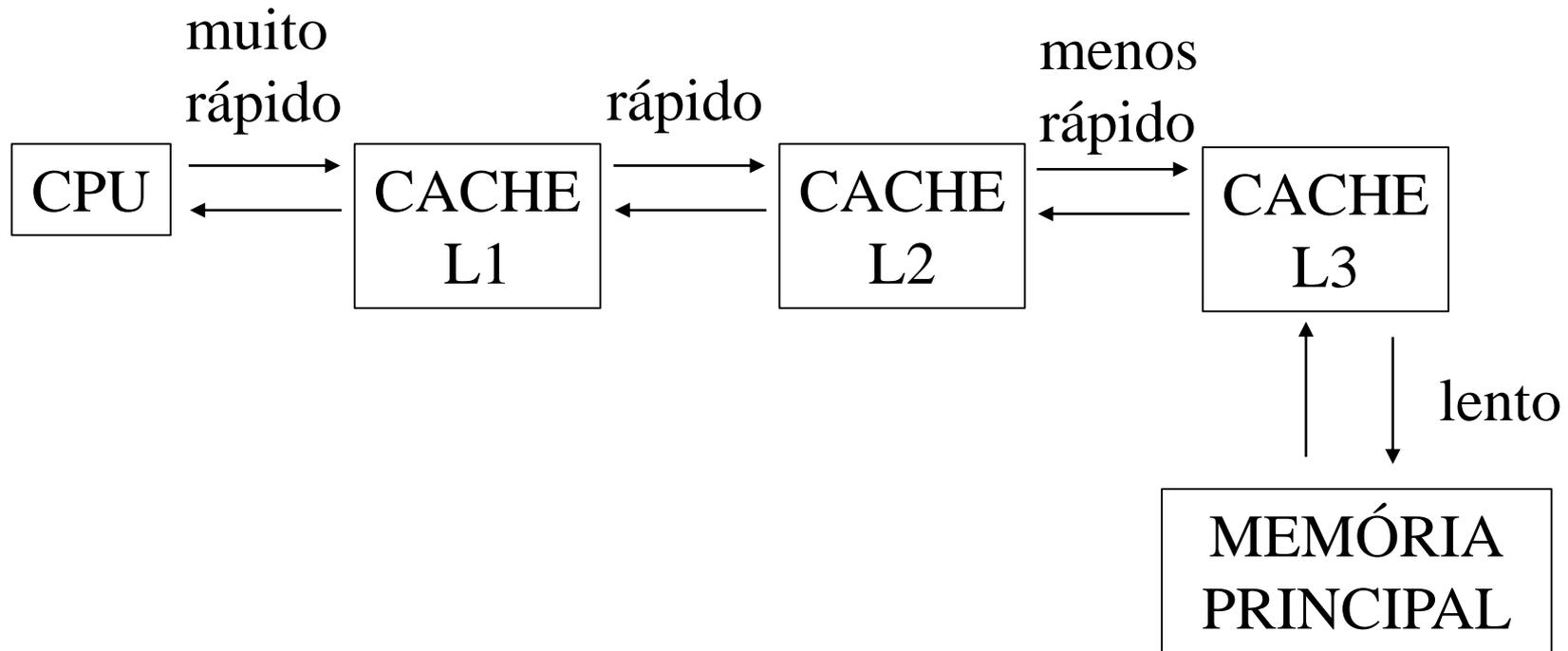
- Memória Cache é mais rápida que a principal
  - Está entre a CPU e a memória principal
- Contém possíveis dados que a CPU necessitará em breve



Behrouz Forouzan e Firouz Mosharrarf. Fundamentos da Ciência da Computação. Cengage Learning, 2011

# Hierarquia de Memórias

- A capacidade de armazenamento aumenta e a taxa de transferência de dados diminui



# Hierarquia de Memórias

- No nível mais alto (mais perto do processador) estão os registradores do processador
- Em seguida, as memórias cache
  - Que podem estar em diferentes níveis
    - L1, L2, L3
- Por fim, a memória principal

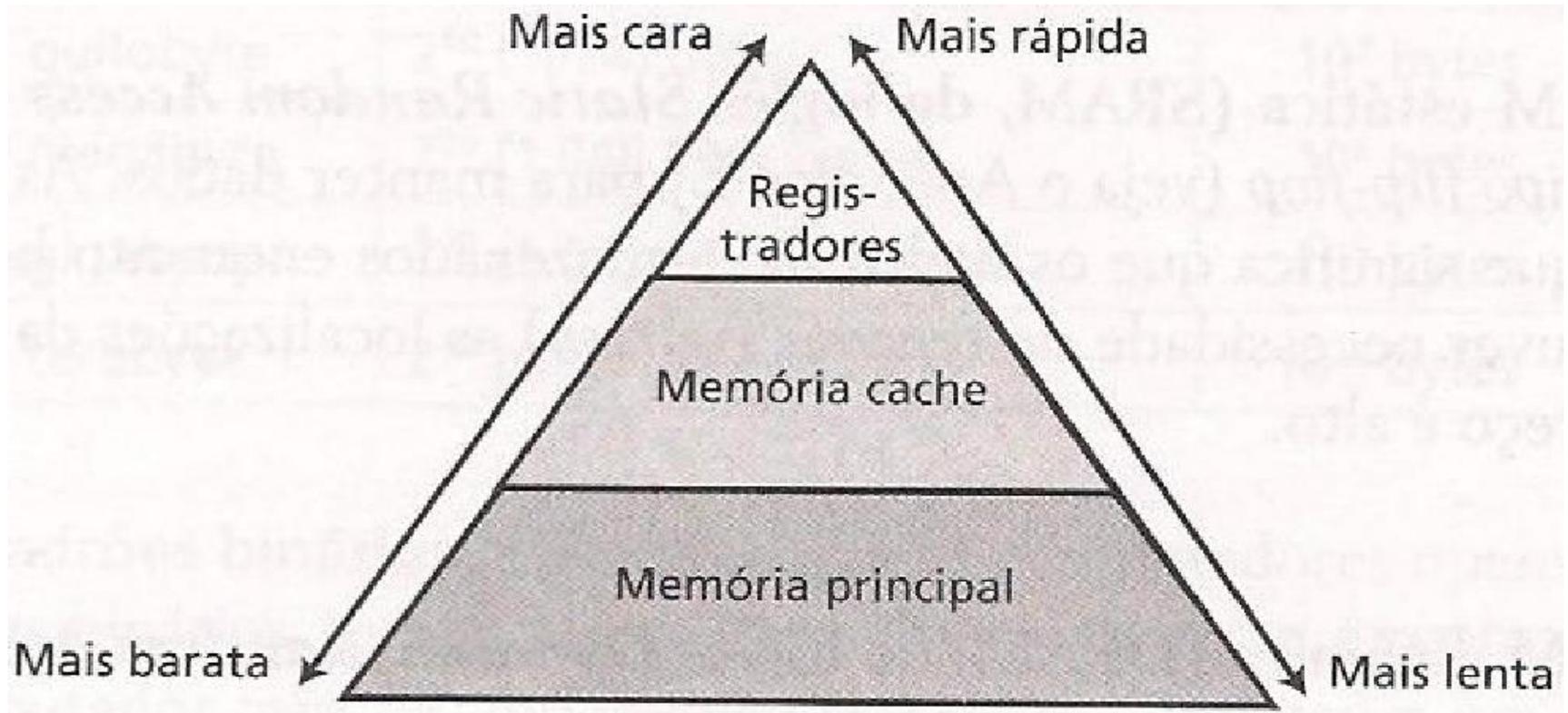
# Memória Cache

- Geralmente, o processador acessará novas instruções que estão na memória principal e que já foram previamente acessadas
- Por isso, a cache armazena uma cópia de algumas palavras usadas recentemente pelo processador

# Memória Cache

- Quando a CPU precisa acessar uma palavra na memória principal, segue este procedimento:
  - Verifica na memória cache
  - Se estiver lá, ela copia; caso contrário, ela acessa a memória principal e copia o bloco, que substitui o conteúdo anterior da memória cache
  - A CPU acessa a cache e copia a palavra
- Segue a ideia de que os programas são executados sequencialmente
  - Portanto, precisarão de uma instrução ou dado do endereço subsequente

# Hierarquia de Memória



Behrouz Forouzan e Firouz Mosharraf. Fundamentos da Ciência da Computação. Cengage Learning, 2011

---

# Tipos de Memória

# Tipos de Memória

- Existem dois principais tipos de memória
  - RAM: memória de acesso aleatório
    - Do inglês, *Random Access Memory*
    - Pode ser dividida em duas categorias: DRAM e SRAM
  - ROM: memória somente de leitura
    - Do inglês, *Read-Only Memory*
    - Possui algumas variações: PROM, EPROM, EEPROM

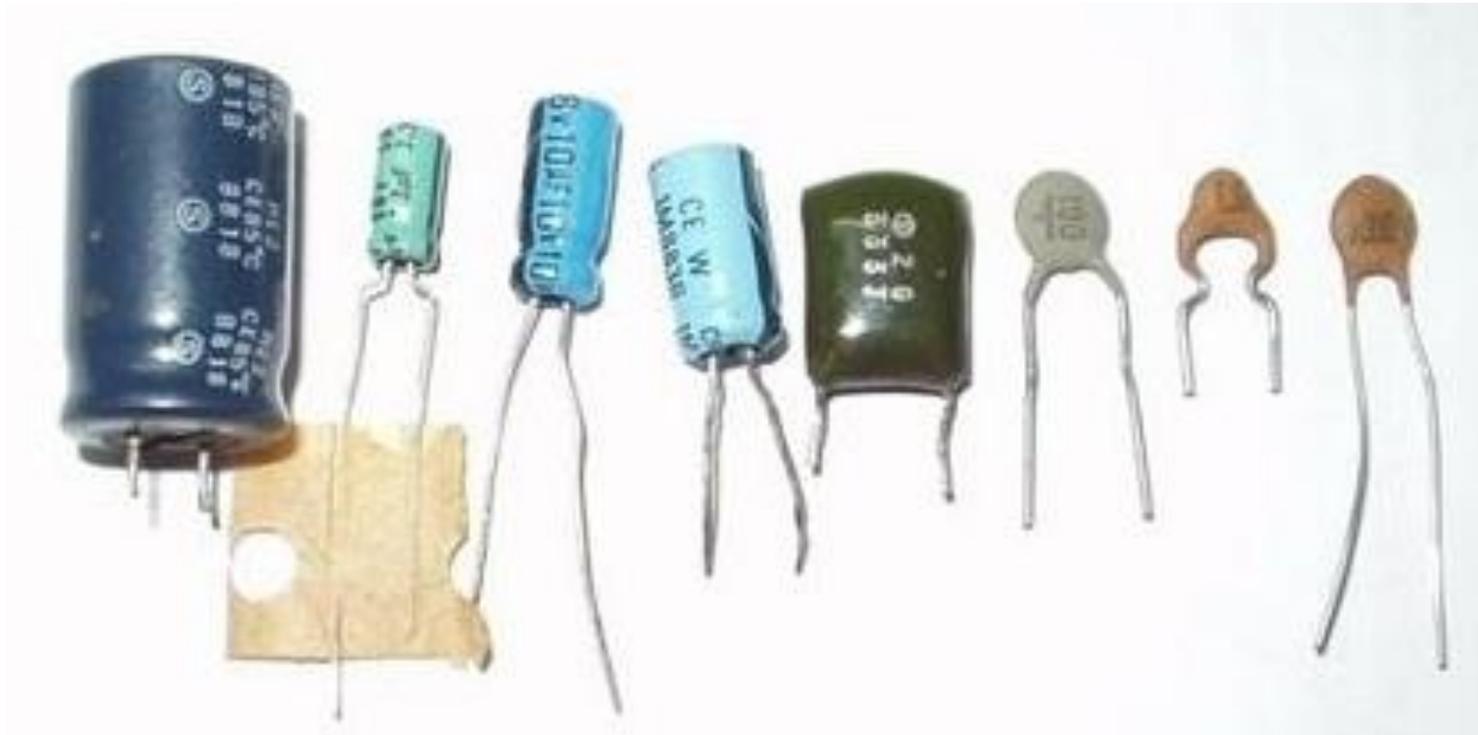
# RAM

- Compõe a maior parte da memória principal de um computador
- O nome acesso aleatório vem da capacidade de acessar qualquer item de dados
  - Utilizando o endereço da localização na memória
- A RAM pode ser lida e escrita, o que a distingue da ROM
  - A leitura e escrita é realizada pela CPU
- É uma **memória volátil**: as informações são perdidas se o computador for desligado

# DRAM

- RAM dinâmica (DRAM – *Dynamic Random Acces Memory*)
  - Utiliza capacitores para armazenar os dados
    - Estado 1 o capacitor está carregado; do contrário, armazena o estado 0
  - O capacitor perde a carga no decorrer do tempo
  - Portanto, as células de memória precisam ser renovadas periodicamente (*refresh*)
  - São mais lentas, mas o preço é baixo

# Capacitores



# SRAM

- RAM estática (SRAM – *Static Random Access Memory*)
  - Utiliza porta lógica do tipo *flip-flop* para manter os dados
    - Isso permite que os dados (0 ou 1) sejam armazenados enquanto houver fornecimento de energia
  - Não há necessidade de renovar as localização (*refresh*)
  - São memórias mais rápidas, mas o preço é alto
  - Geralmente usada para memórias cache

# ROM

- É uma memória somente de leitura
  - A CPU pode ler esse conteúdo, mas não pode gravar na memória
- A vantagem é que seu conteúdo **não é volátil**
  - Não perde o conteúdo se o computador for desligado

# ROM

- Geralmente, é utilizada para programas ou dados que não devem ser apagados ou modificados
- Dados são gravados fisicamente no processo de fabricação
- Exemplo: o programa de inicialização (boot) do computador, que é executado sempre que o computador é ligado

# PROM

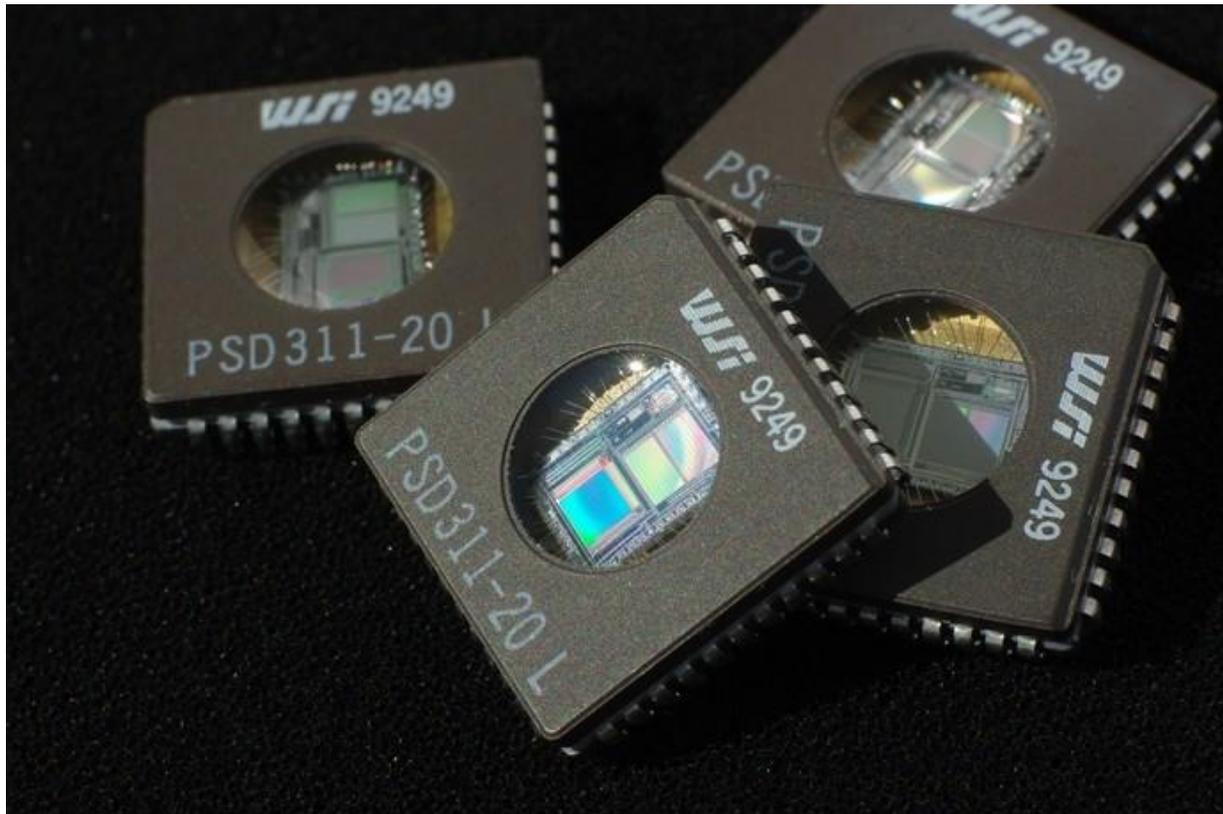


- Uma variação da ROM é a ROM programável (PROM – *Programmable Read-Only Memory*)
- Esse tipo de memória está vazia quando é entregue pela fábrica
- Pode-se armazenar programas com algum equipamento especial
- Ao armazená-los, a memória comporta-se como ROM

# EPR0M

- Uma outra variação é a ROM programável e apagável (EPR0M – *Erasable Programmable Read-Only Memory*)
- Pode ser programada e não tem seu conteúdo alterado
- Apagar a memória EPR0M requer remoção física e reinstalação
  - O processo é realizado por meio da aplicação de luz ultravioleta

# EPROM



<http://s2.glbimg.com/jCyfCcmJYsc0lu5Mk3fLYeM-Jrc=/695x0/s.glbimg.com/po/tt2/f/original/2015/10/15/2eprom-possui-janela-translucida-que-permite-apagar-e-reescrever-dados.jpg>

# EEPROM

- Uma outra variação é a ROM eletricamente programável e apagável (EEPROM – *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*)
- Pode ser programada e apagada utilizando impulsos elétricos
  - Não precisa ser removida do computador



<http://raulsuport.blogspot.com.br/2011/07/diferenca-em-memoria-rom-e-ram-e.html>

# Memória Flash

- É um dispositivo de armazenamento não volátil que pode ser eletricamente apagado e reprogramado
- Foi desenvolvido baseado na EEPROM
- Ela é muito utilizada em computadores, MP3 players, celulares, câmeras digitais, vídeo games, pen drive e outros
- Tecnologia usada nos SSDs



[https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSqHic9QioFq5fU\\_JmCK-ixeF6LCBEju6CbK237cs\\_Hdi6AOz65&s](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSqHic9QioFq5fU_JmCK-ixeF6LCBEju6CbK237cs_Hdi6AOz65&s)

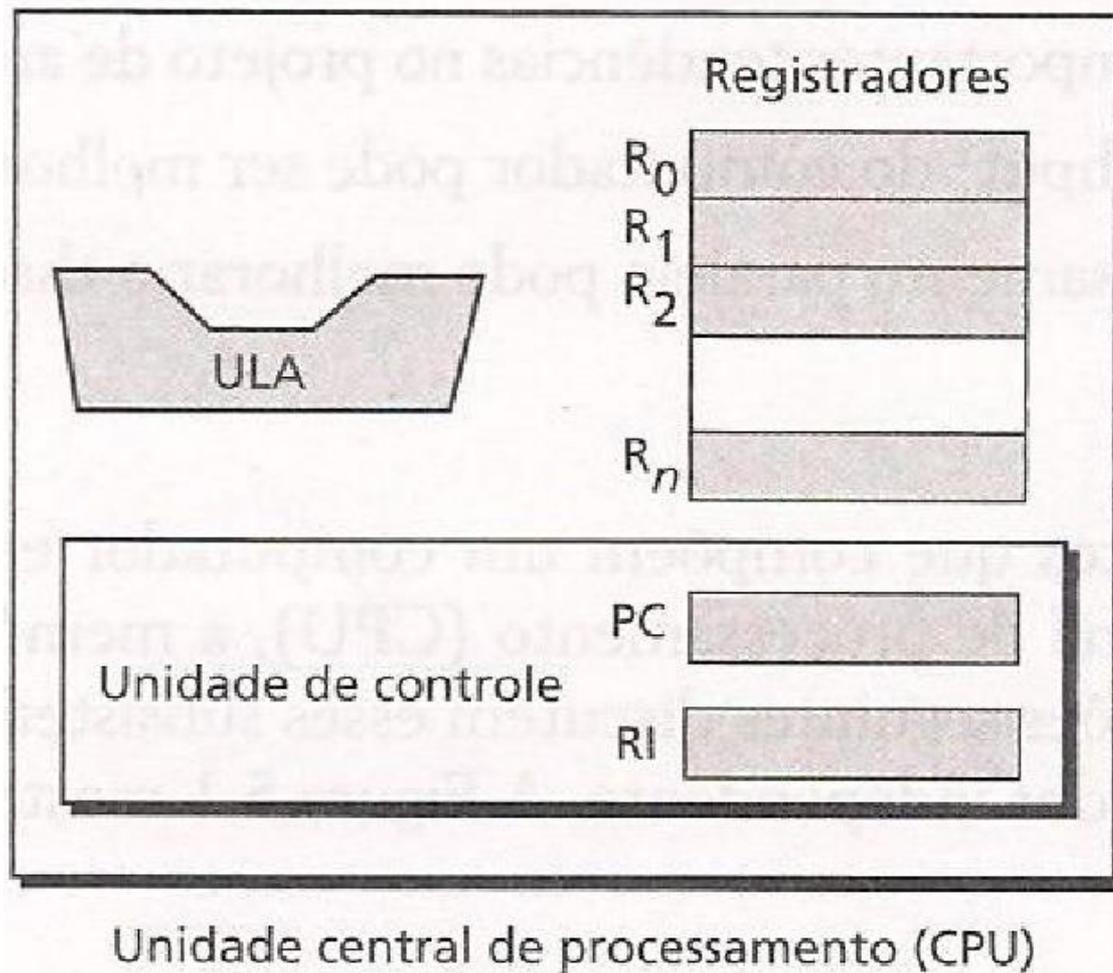
---

# Unidade Central de Processamento

# Unidade Central de Processamento

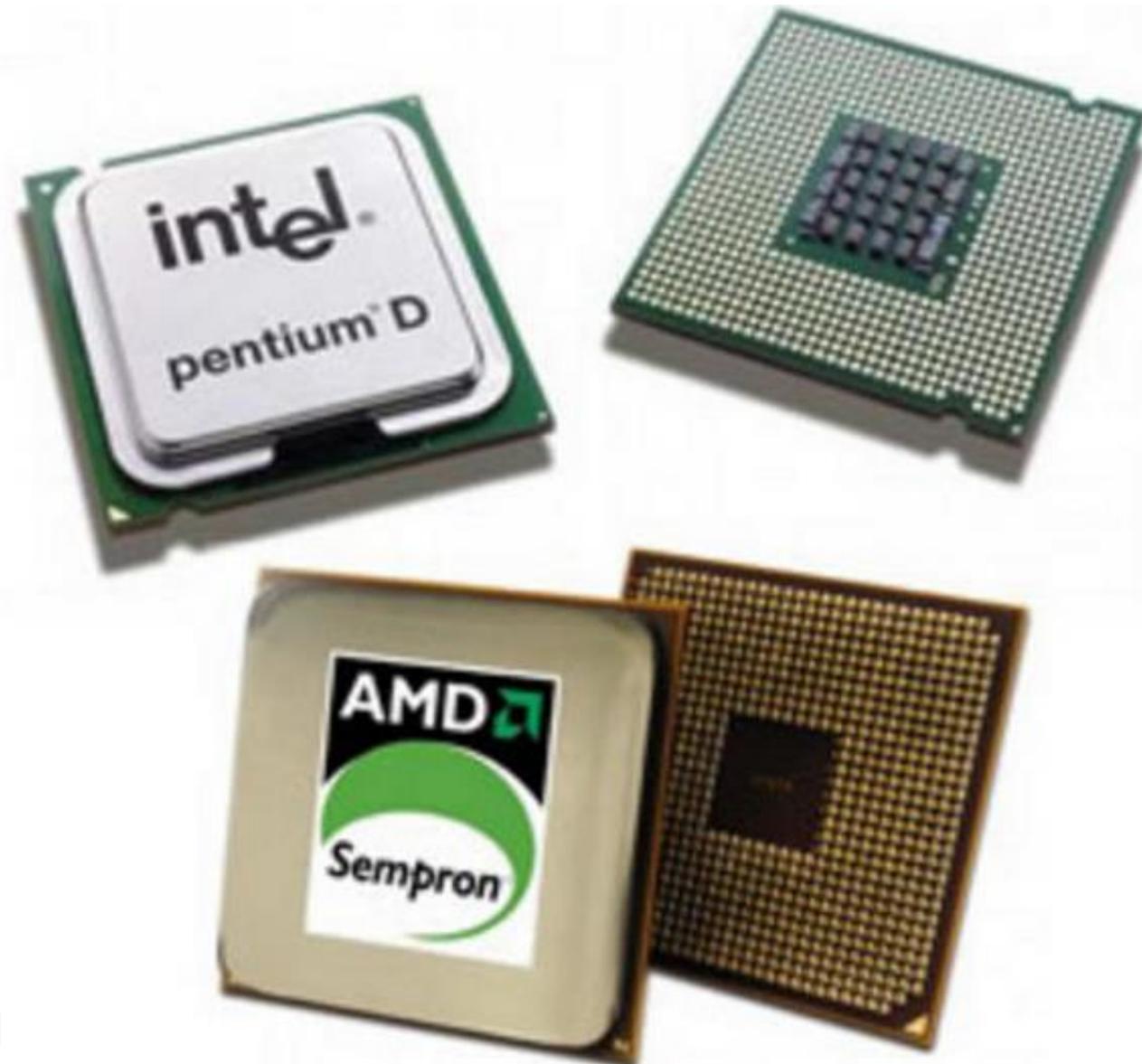
- A **unidade central de processamento (UCP)** realiza operações sobre os dados
  - Do inglês: *Central Processing Unit* (CPU)
- De um modo geral, ela pode ser dividida em três partes principais
  - Unidade lógica e aritmética (ULA)
  - Unidade de controle
  - Conjunto de registradores

# Unidade Central de Processamento



Behrouz Forouzan e Firouz Mosharraf. Fundamentos da Ciência da Computação. Cengage Learning, 2011

# Unidade Central de Processamento



# Unidade Lógica e Aritmética (ULA)

- Operações lógicas
  - Not, And, Or, Xor
- Operações de deslocamento
  - Deslocamento dos bits dos dados
  - Principal propósito é dividir ou multiplicar números inteiros por dois
- Operações aritméticas
  - Operações com números inteiros e reais

# Registradores

- São localizações de armazenamento rápido
  - Facilitam a operação da CPU
- Registradores de Dados
  - Identificados de  $R_0$  a  $R_n$
  - Dados de entrada e de resultados de operações
- Registradores de Instrução
  - Armazena instruções do programa
- Registradores do Programa
  - **Contador do programa:** armazena o endereço da instrução que está sendo executada
  - Incrementado para apontar o endereço da próxima instrução

# Unidade de Controle

- Controla o funcionamento de cada subsistema
- O controle é realizado por meio de sinais enviados da unidade de controle para os outros subsistemas

# Velocidade do clock

- As operações realizadas pelo processador podem compreender
  - busca e decodificação de uma instrução
  - operações aritméticas
  - operações lógicas
  - entre outras
- A execução de cada operação é controlada por um clock do sistema
  - sinais gerados por um cristal de quartzo

# Velocidade do clock

- As operações realizadas pelo processador podem compreender
  - busca e decodificação de uma instrução
  - operações aritméticas
  - operações lógicas
  - entre outras



# Velocidade do clock

- A taxa de pulsos é conhecida como taxa de clock, ou velocidade de clock
- Um incremento (ou pulso) do clock é conhecido como um ciclo de clock, ou um clock tick
- O tempo entre os pulsos é o tempo de ciclo



# Velocidade do clock

- A quantidade de pulsos de clock que um processador recebe em um segundo indica a sua velocidade de clock
  - Um processador de 1GHz recebe 1 bilhão de pulsos por segundo
  - Assim, poderá executar 1 bilhão de operações por segundo



# Instruções x Operações

- Uma instrução pode envolver diferentes operações que devem ser realizados pelo processador
- Por exemplo:
  - buscar a instrução
  - decodificar a instrução
  - armazenar dados
  - realizar operações aritméticas e lógica

---

# Pipeline

- Sem Pipeline  
OP1

# Pipeline

- Sem Pipeline  
OP1 -> OP2

# Pipeline

- Sem Pipeline

OP1 -> OP2 -> OP3

# Pipeline

- Sem Pipeline

OP1 -> OP2 -> OP3

OP4

# Pipeline

- Sem Pipeline

OP1 -> OP2 -> OP3

OP4 -> OP5

# Pipeline

- Sem Pipeline

OP1 -> OP2 -> OP3

OP4 -> OP5 -> OP6

# Pipeline

- Sem Pipeline

OP1 -> OP2 -> OP3

OP4 -> OP5 -> OP6

- Com Pipeline

OP1

# Pipeline

- Sem Pipeline

OP1 -> OP2 -> OP3

OP4 -> OP5 -> OP6

- Com Pipeline

OP1 -> OP2

OP4

# Pipeline

- Sem Pipeline

OP1 -> OP2 -> OP3

OP4 -> OP5 -> OP6

- Com Pipeline

OP1 -> OP2 -> OP3

OP4 -> OP5

# Pipeline

- Sem Pipeline

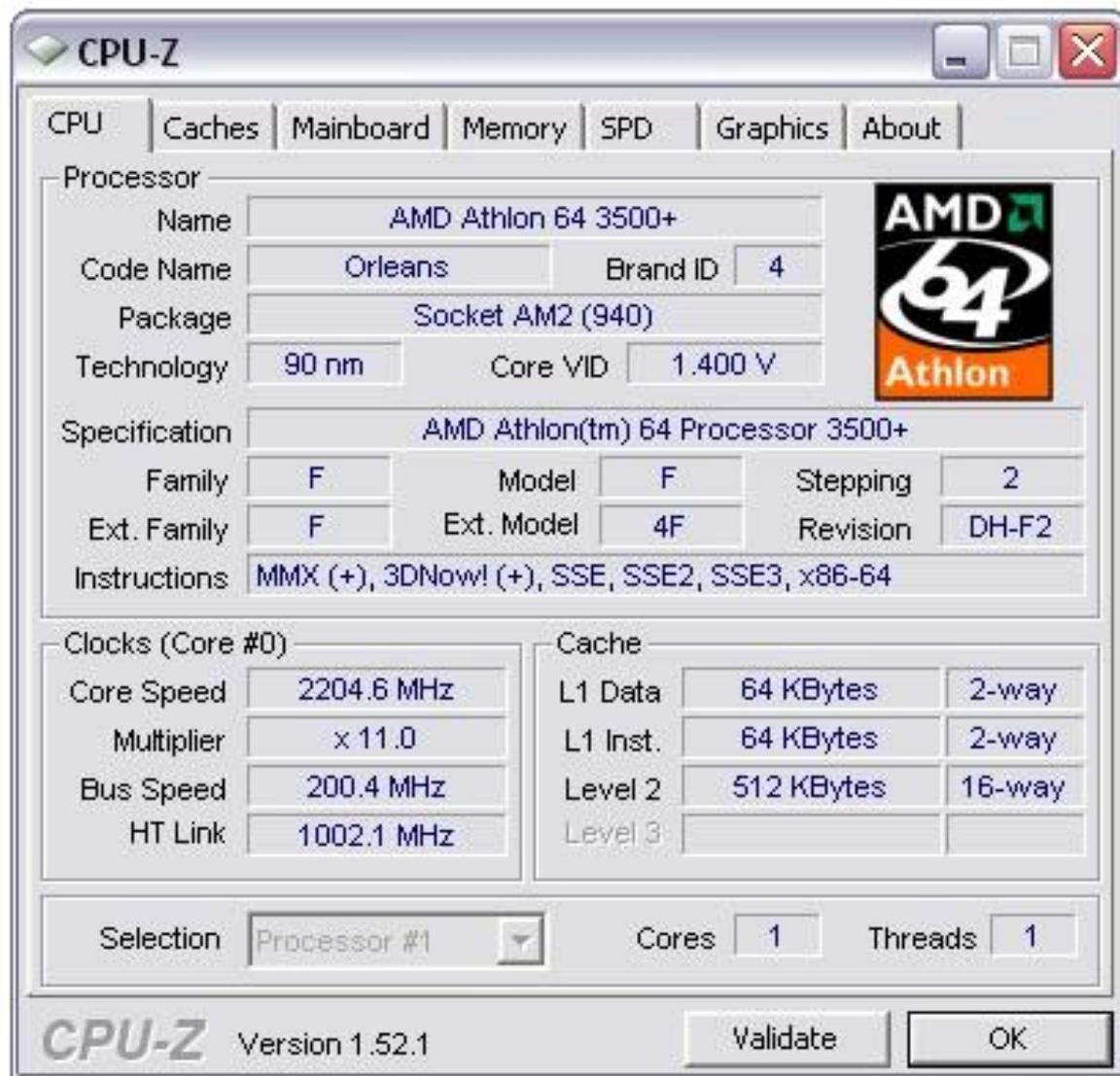
OP1 -> OP2 -> OP3

OP4 -> OP5 -> OP6

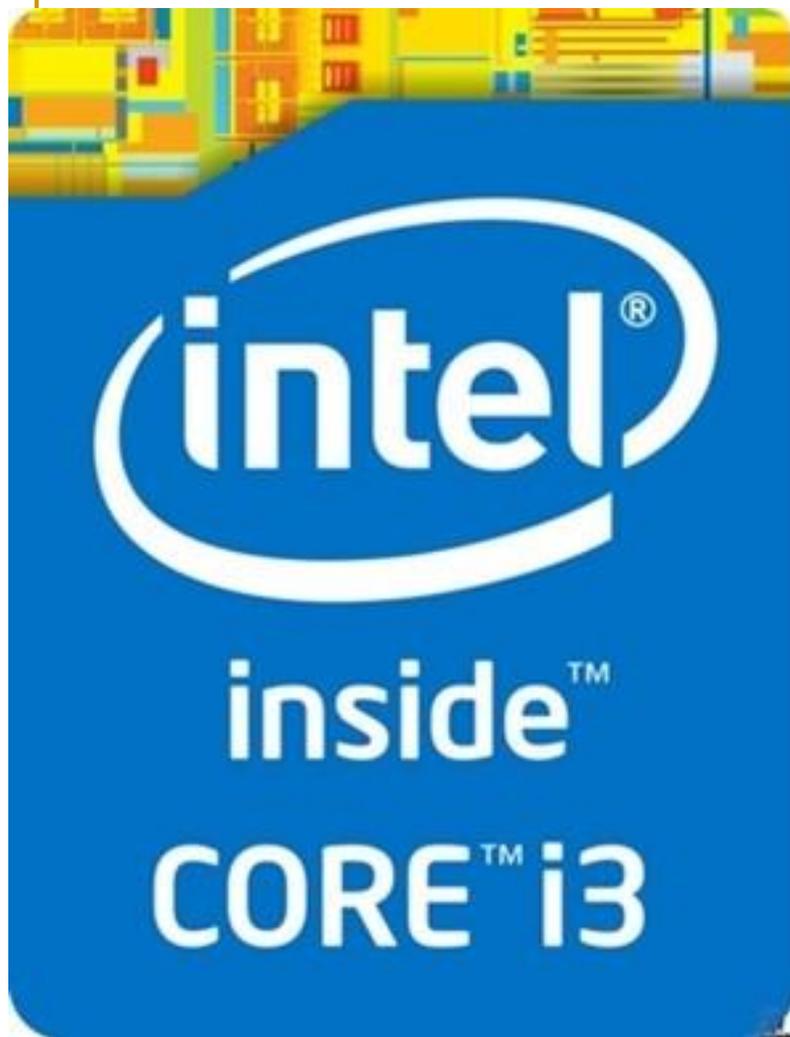
- Com Pipeline

OP1 -> OP2 -> OP3

OP4 -> OP5 -> OP6



[https://lh3.googleusercontent.com/proxy/rYe5Z0I9Iy0vI3FtiMNxfoj-ts6Es3\\_cnSeDiQemnBsJM8ABR-QFWEBBMADOLO5AcFwbGJSDiITvhoIamzTMTeWCa1aCNx0UpqXANVWfa5yku5EnkFFtMWM3hIu](https://lh3.googleusercontent.com/proxy/rYe5Z0I9Iy0vI3FtiMNxfoj-ts6Es3_cnSeDiQemnBsJM8ABR-QFWEBBMADOLO5AcFwbGJSDiITvhoIamzTMTeWCa1aCNx0UpqXANVWfa5yku5EnkFFtMWM3hIu)

The image shows the CPU-Z software interface. The window title is "CPU-Z". The "CPU" tab is selected, showing the following details:

Processor					
Name	Intel Core i3 4130				
Code Name	Haswell	Max TDP	54 W		
Package	Socket 1150 LGA				
Technology	22 nm	Core Voltage	1.139 V		
Specification: Intel(R) Core(TM) i3-4130 CPU @ 3.40GHz					
Family	6	Model	C	Stepping	3
Ext. Family	6	Ext. Model	3C	Revision	C0
Instructions	MMX, SSE, SSE2, SSE3, SSSE3, SSE4.1, SSE4.2, EM64T, VT-x, AES, AVX, AVX2, FMA3				

Clocks (Core #0)			Cache		
Core Speed	3400.00 MHz		L1 Data	2 x 32 KBytes	8-way
Multiplier	x 34.0 ( 8 - 34 )		L1 Inst.	2 x 32 KBytes	8-way
Bus Speed	100.00 MHz		Level 2	2 x 256 KBytes	8-way
Rated FSB			Level 3	3 MBytes	12-way

Selection	Processor #1	Cores	2	Threads	4
-----------	--------------	-------	---	---------	---

Ver. 1.66.1.x64

<https://s2.glbing.com/KI3-R7IjFEjxL7I6Km05LstXU-c=/695x0/s.glbing.com/po/tt2/f/original/2014/02/07/core-i3-dual-core.jpg>

# Bibliografia

- William Stallings. Arquitetura e organização de computadores. 8a edição. São Paulo: Pearson Pratices Hall, 2010
- Behrouz Forouzan e Firouz Mosharraf. Fundamentos da Ciência da Computação. Cengage Learning, 2011

## **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

1. BROOKSHEAR, J. G. **Ciência da computação**: uma visão abrangente. 5ª ed., Bookman Editora, 2000. 499p.
2. CORMEN, T.H., Leiserson, C.E., Rivest R.L., Stein, C. **Algoritmos**: teoria e Prática. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2002. 916p.
3. PLAUGER, P. L. **A Biblioteca Standard C**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994. 614p.
4. PRATA, S. **C primer plus**, 4ª ed. SAMS Publishing, 2002. 931p.