
Introdução à Ciência da Computação

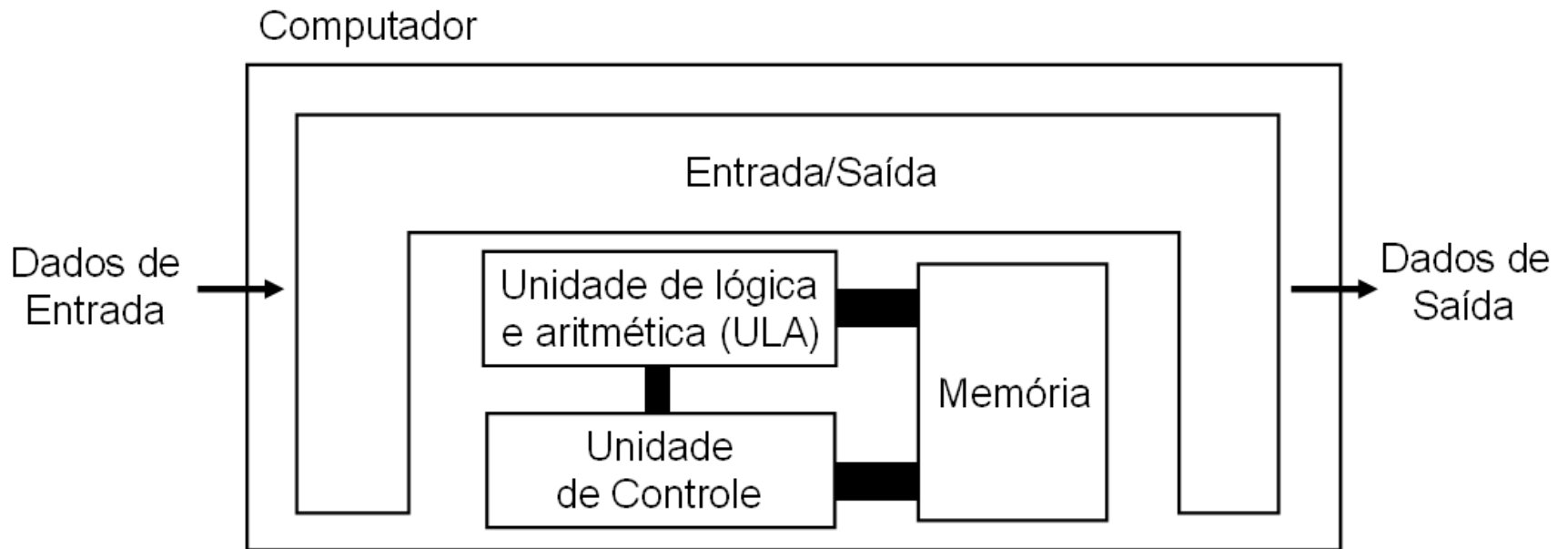
Organização de Computadores: Memórias e Unidade Central de Processamento

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

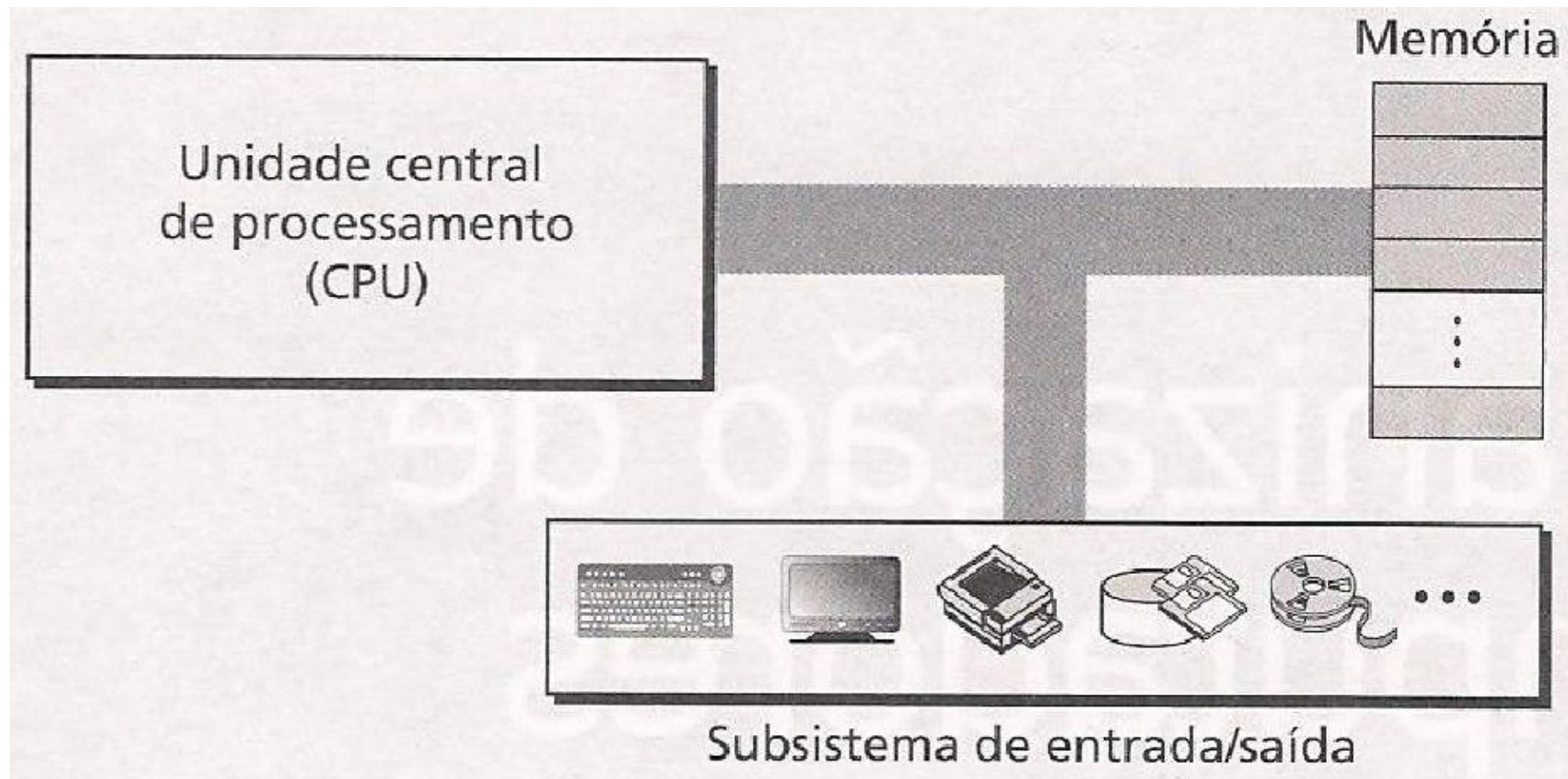
Conteúdo

- 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

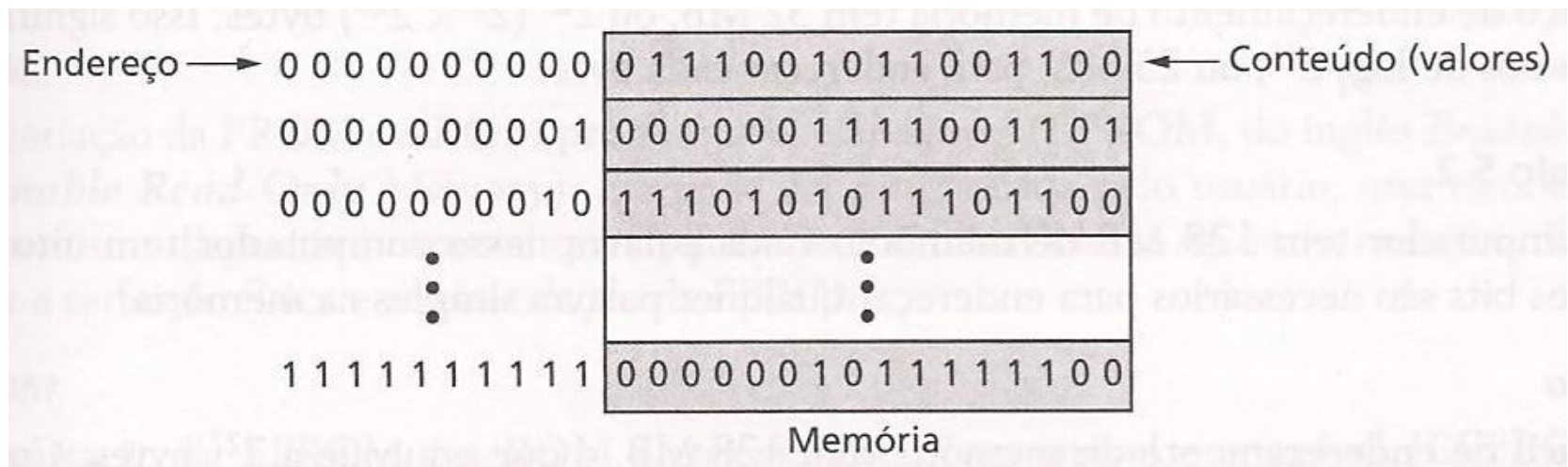
Memória Principal

- 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

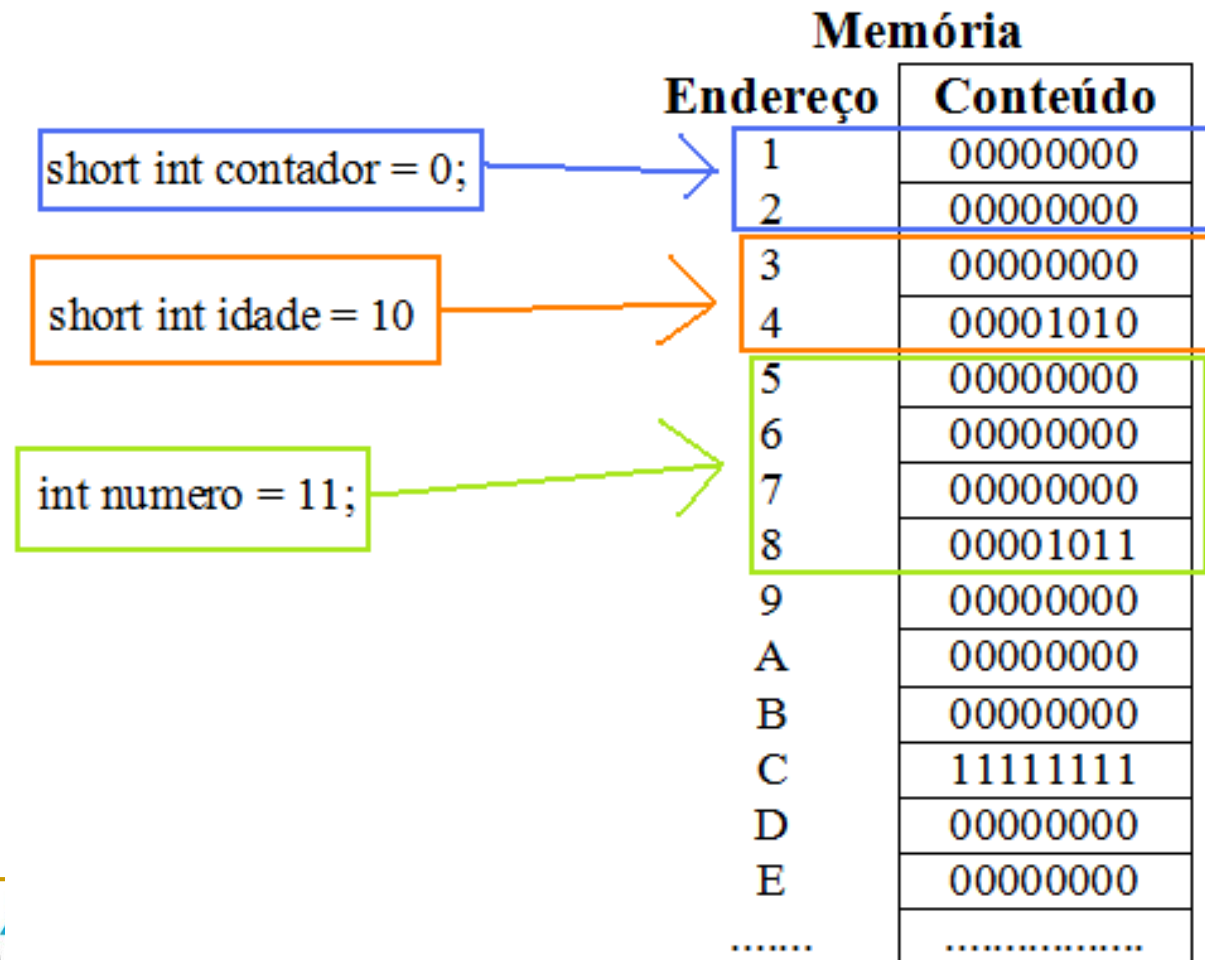
- Uma palavra pode ser um grupo de 8, 16, 32 ou 64 bits (e crescendo)
- Se a palavra tiver
 - 8 bits é chamada de byte
 - 16 bits é chamada de 2 bytes
 - 32 bits é chamada de 4 bytes

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

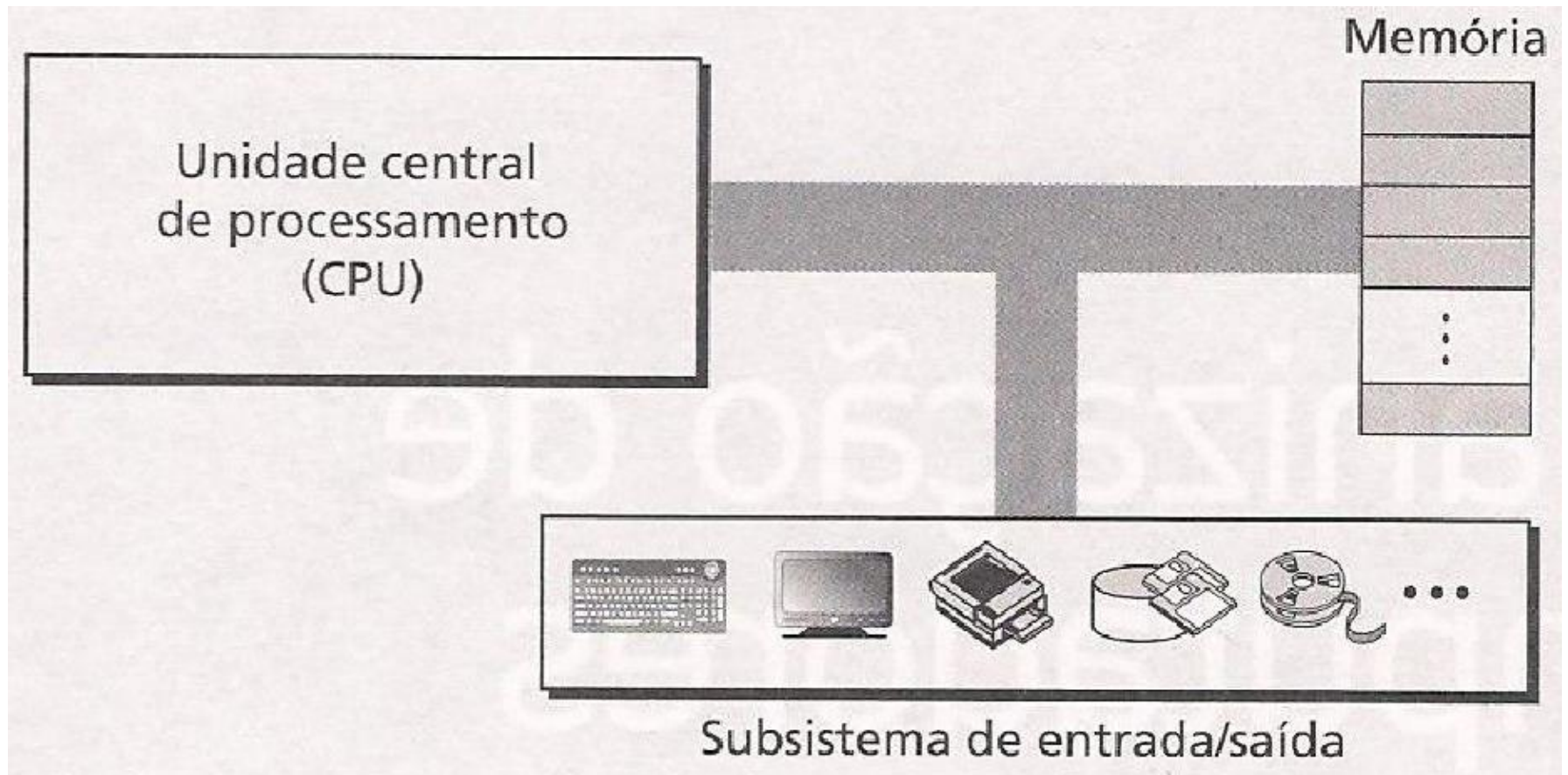
Espaço de Endereçamento

- 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

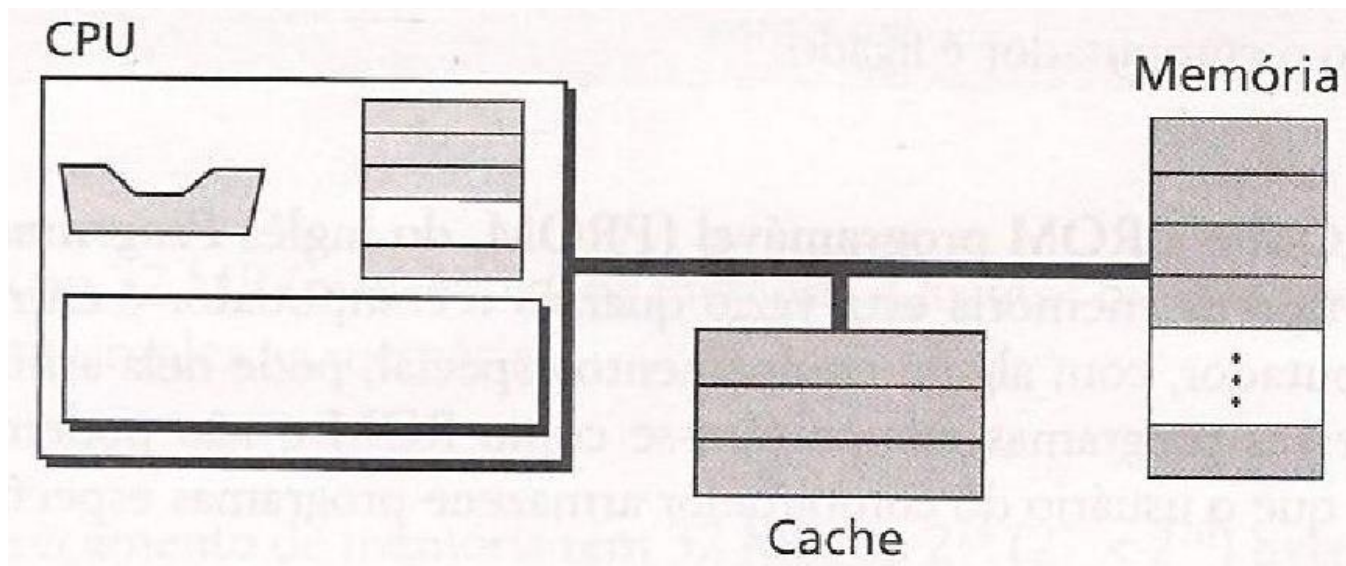
Organização de Computadores



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

Memória Cache

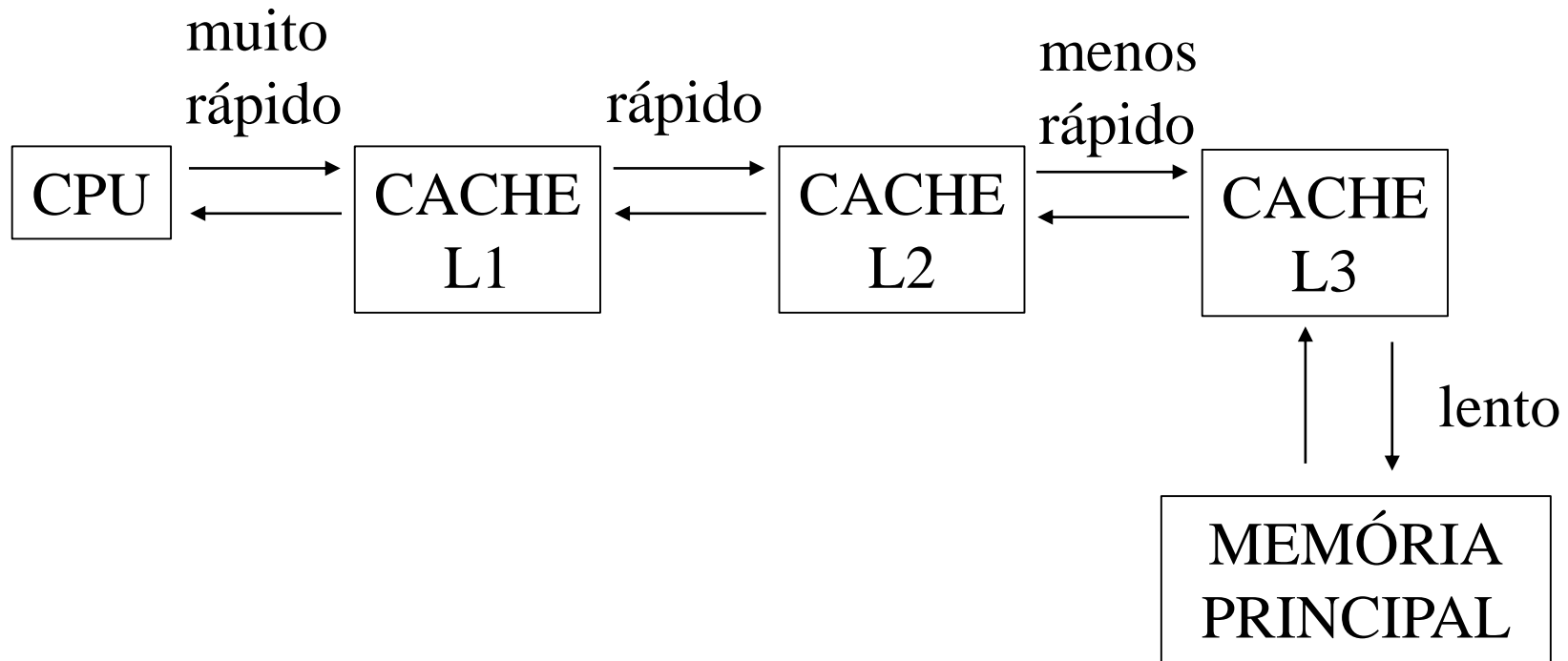
- Memória Cache é mais rápida que a principal
 - Está entre a CPU e a memória principal
- Contém possíveis dados que a CPU necessitará em breve



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

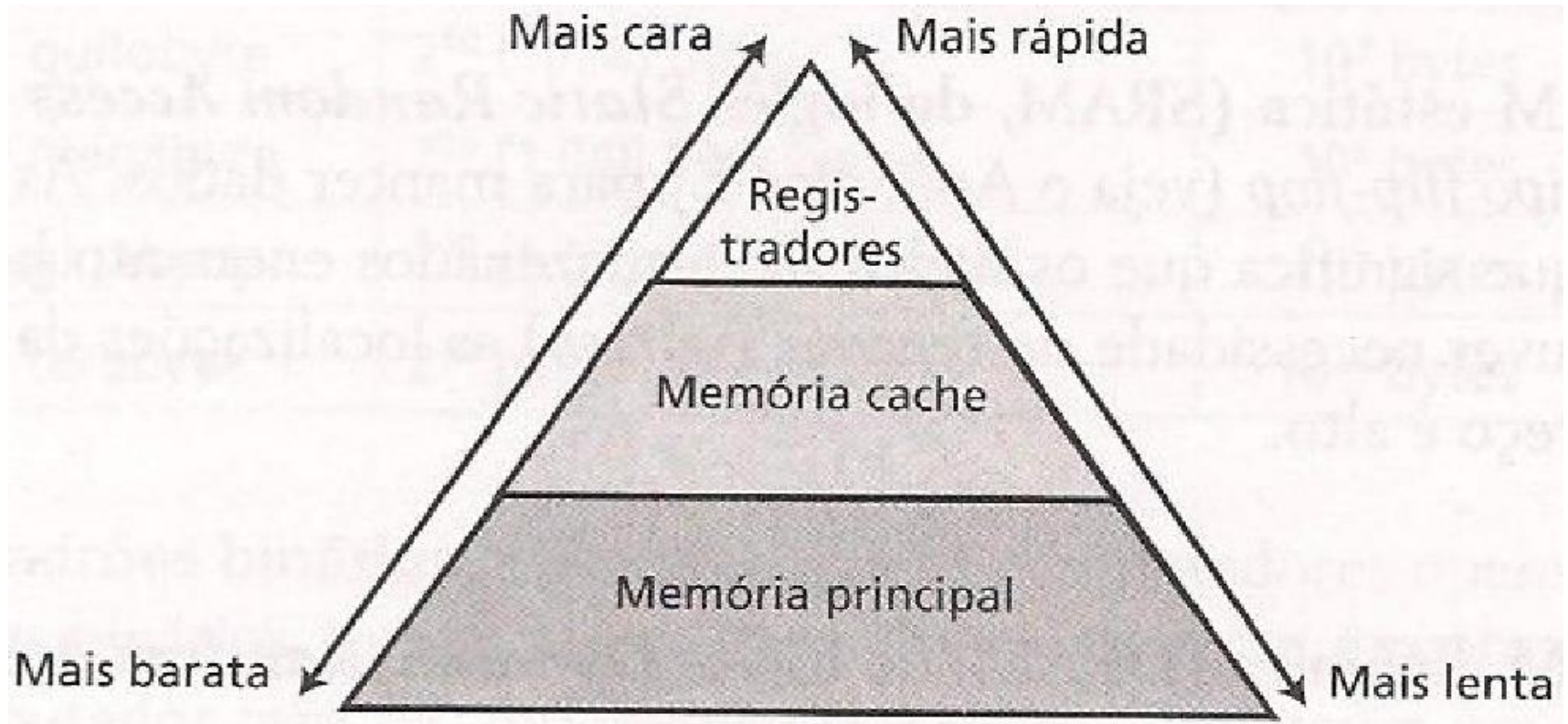
Memória Cache

- 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

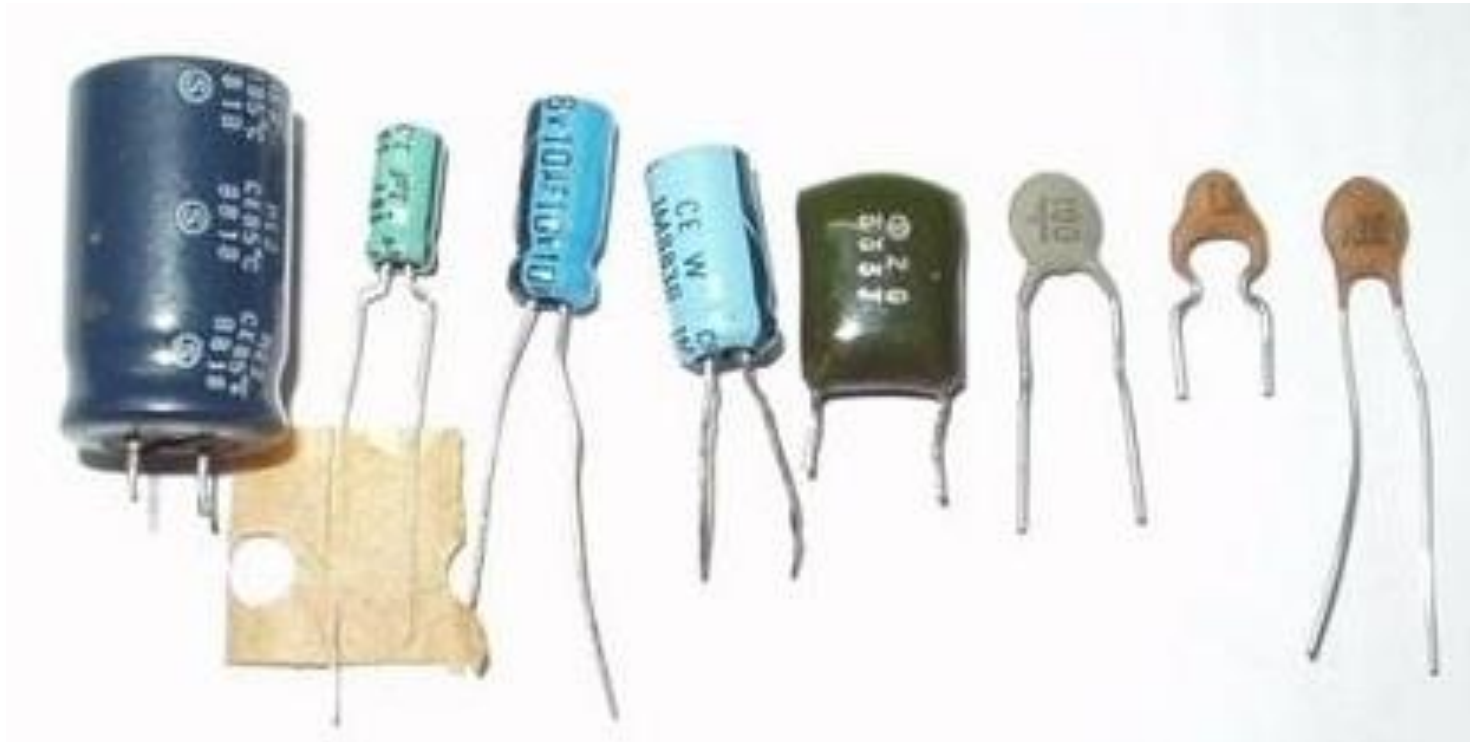
RAM

- 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

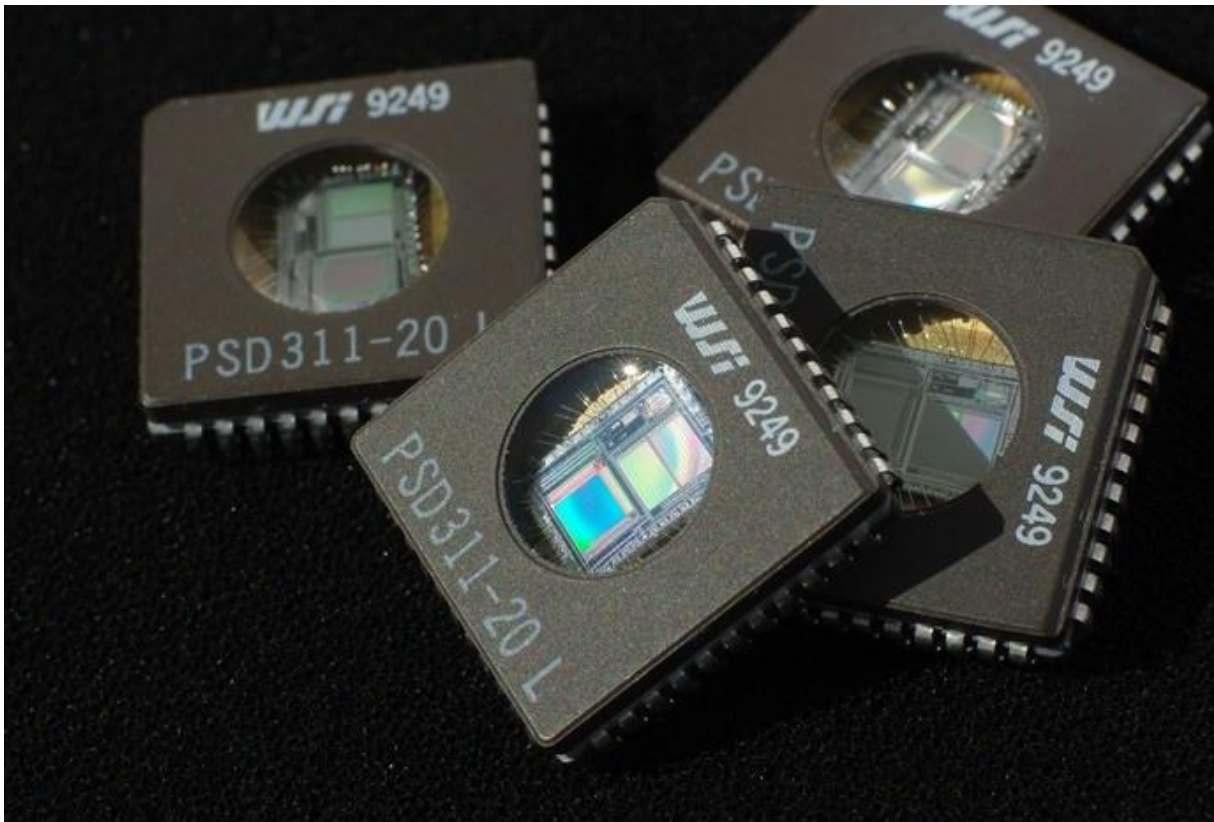


- Uma variação da ROM é a ROM programável (PROM – *Programmable Read-Only Memory*)
- Esse tipo de memória está vazia quando é entregue pela fábrica
- Pode-se armazenar programas com algum equipamento especial
- Ao armazená-los, a memória comporta-se como ROM

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



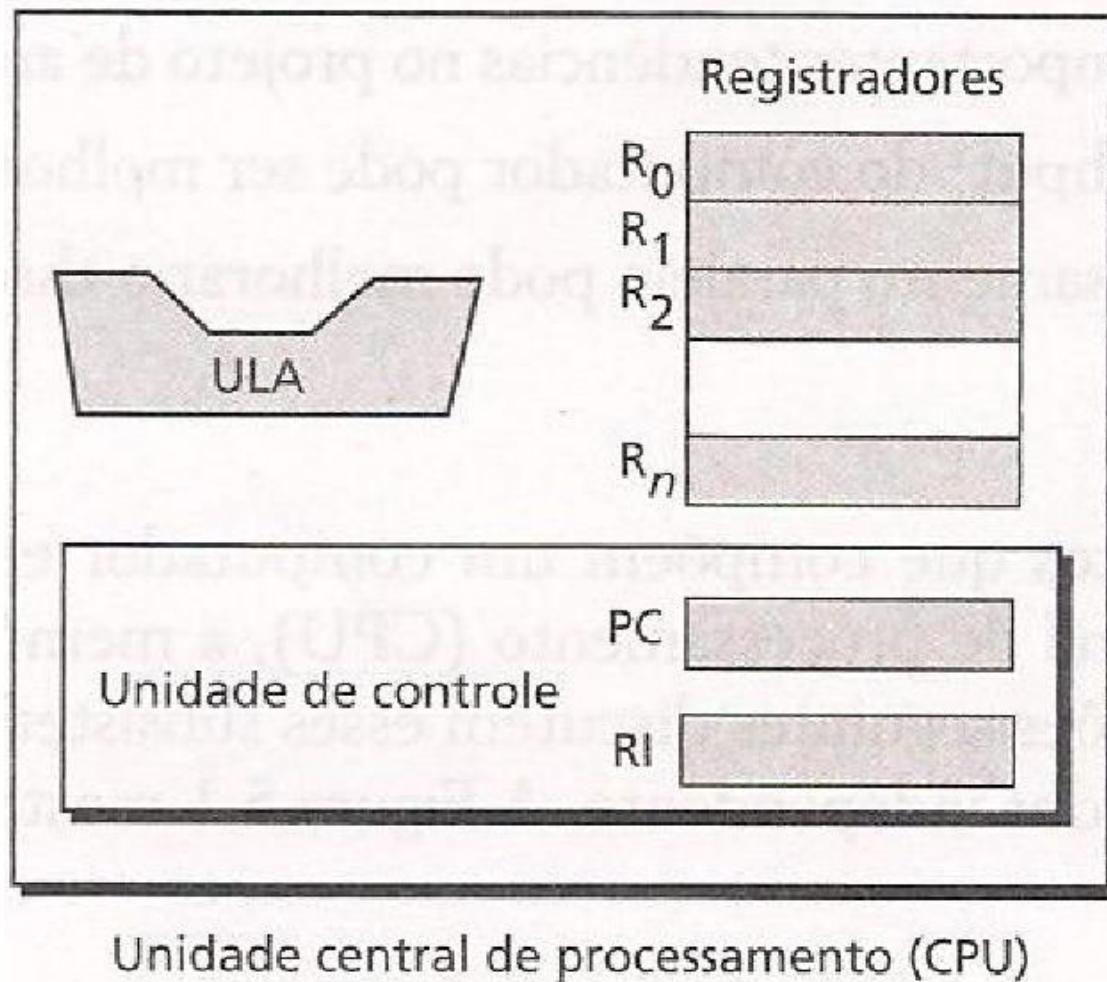
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSqHic9QioFq5fU_JmCK-ixeF6LCBEju6CbK237cs_Hdi6AOz65&s

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

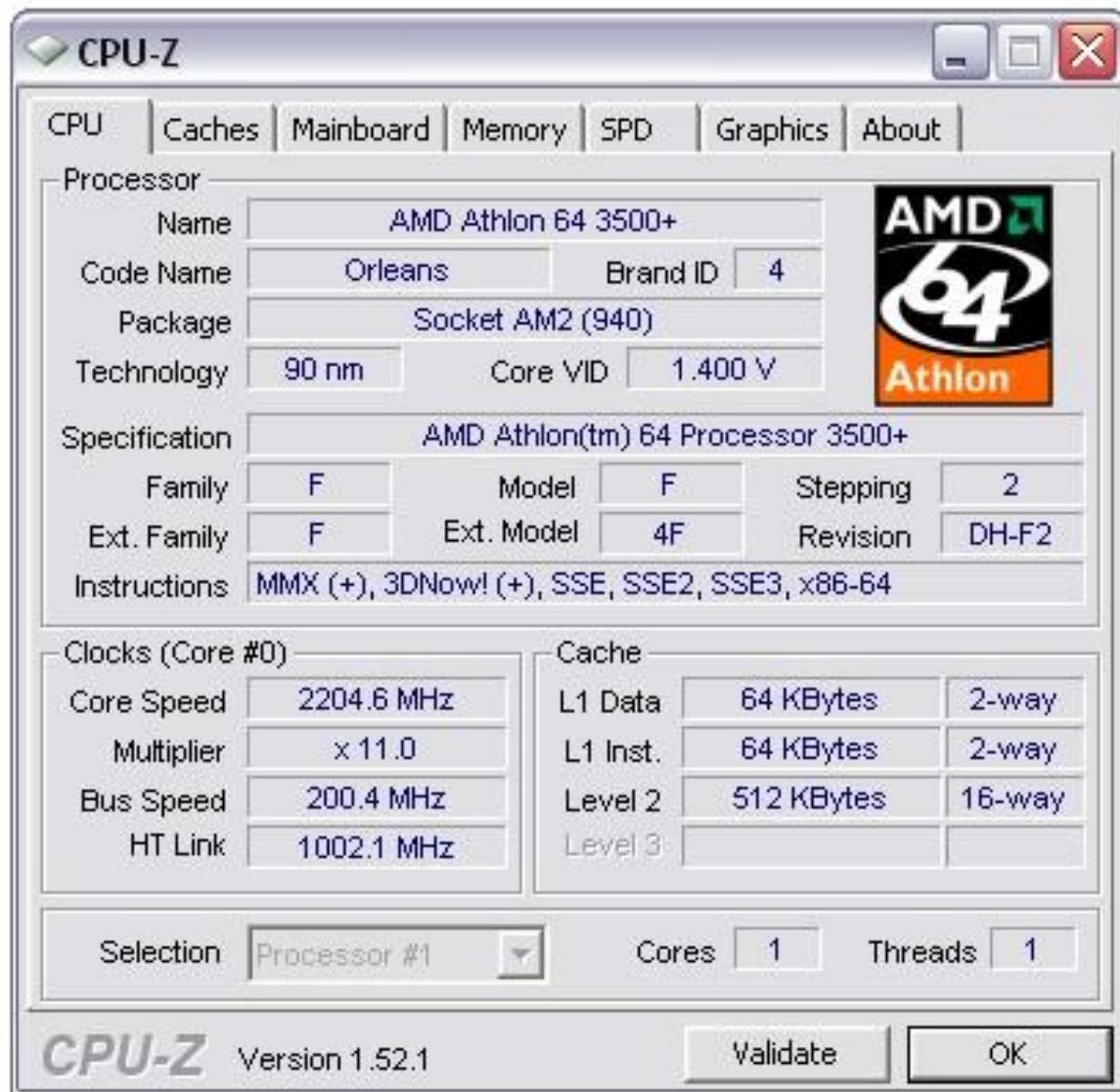
OP1 -> OP2 -> OP3

OP4 -> OP5 -> OP6

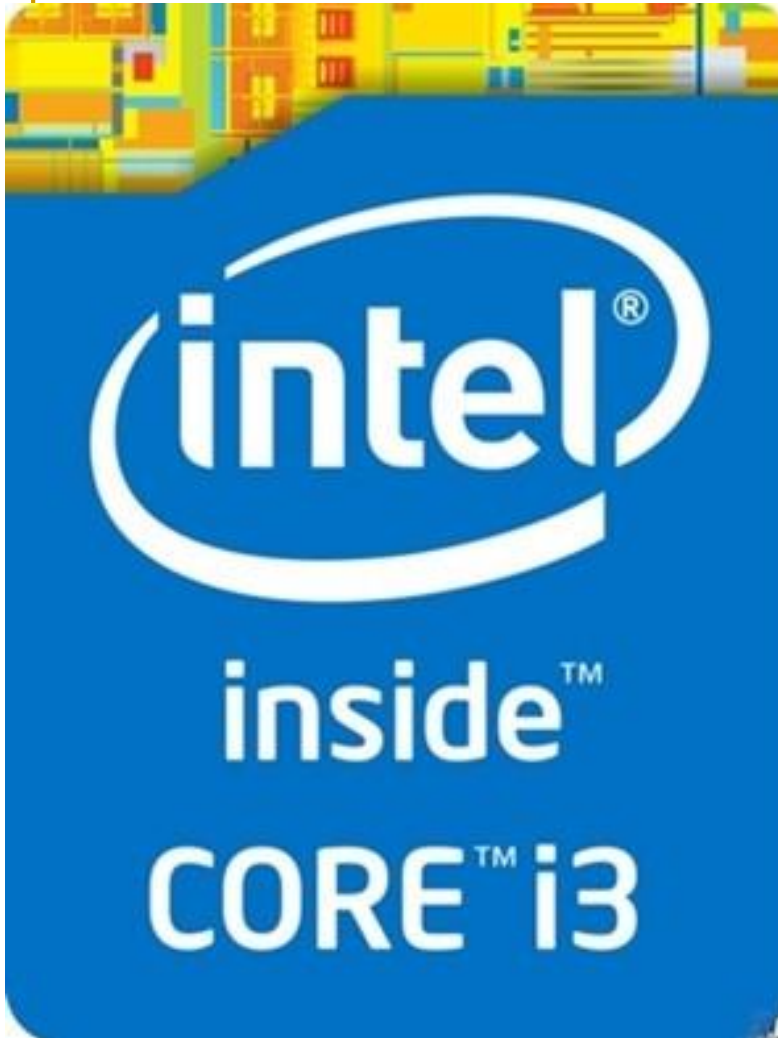
- Com Pipeline

OP1 -> OP2 -> OP3

OP4 -> OP5 -> OP6



https://lh3.googleusercontent.com/proxy/rYe5Z0I9Iy0vI3FtiMNxfoj-ts6Es3_cnSeDiQemnBsJM8ABR-QFWEBBMADOLO5AcFwbGJSDiITvhoIamzTMTeWCa1aCNx0UpqXANVWfa5yku5EnkFFmWMe3hIu



CPU-Z

CPU | Caches | Mainboard | Memory | SPD | Graphics | About

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)

Core Speed	3400.00 MHz
Multiplier	x 34.0 (8 - 34)
Bus Speed	100.00 MHz
Rated FSB	

Cache

L1 Data	2 x 32 KBytes	8-way
L1 Inst.	2 x 32 KBytes	8-way
Level 2	2 x 256 KBytes	8-way
Level 3	3 MBytes	12-way

Selection: Processor #1 | Cores: 2 | Threads: 4

CPU-Z Ver. 1.66.1.x64 | Tools | OK

<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.