

## Memória Principal

Profa. Débora Christina Muchaluat Saade  
debora@midia.com.uff.br

<http://www.ic.uff.br/~debora/fac>

1

## Memória Principal

- ✓ Capítulo 4 – Livro do Mário Monteiro
- ✓ Introdução
- ✓ Hierarquia de memória
- ✓ Memória Principal
  - *Organização*
  - *Operações de leitura e escrita*
  - *Capacidade*

2

## Memória

- ✓ Componente de um sistema de computação cuja função é armazenar informações que são manipuladas pelo sistema para que possam ser recuperadas quando necessário
- ✓ Na prática, a memória não é um único componente, mas um subsistema constituído de vários componentes de diferentes tipos e interligados
  - *Hierarquia de memória*
- ✓ Razões para existência de diferentes tipos de memória
  - *Tempo de acesso*
  - *Capacidade de armazenamento*
  - *Armazenamento permanente do dados, mesmo na falta de energia*

3

## Subsistema de Memória

- ✓ Memória principal
  - *RAM – Random Access Memory*
- ✓ Memória cache
- ✓ Registradores – dispositivos de armazenamento no interior dos processadores
- ✓ Memória secundária
  - *Hard disks, CDs, DVDs, etc. (dispositivos de armazenamento)*

4

## Memória

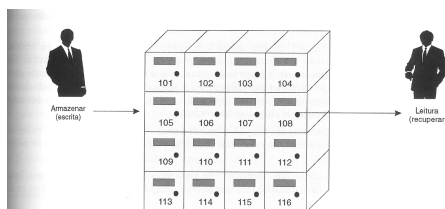


Figura 4.1 Exemplo de um típico depósito que funciona de modo semelhante a uma memória.

5

## Memória

- ✓ 2 únicas operações possíveis
  - *Armazenar*
    - Operação de escrita ou gravação (*write*)
  - *Recuperar*
    - Operação de leitura (*read*)
- ✓ Acesso a memória é feito através do endereço de cada informação (a ser) armazenada

6

## Memória

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ **Representação da informação**
  - *seqüência de bits*
- ✓ **Cada unidade de armazenamento**
  - *Grupo de bits tratado em conjunto pelo sistema*
    - Memória principal
      - *Célula (1 byte)*
    - Dispositivos de armazenamento
      - *Bloco, setor, cluster, etc.*

7

## Memória

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

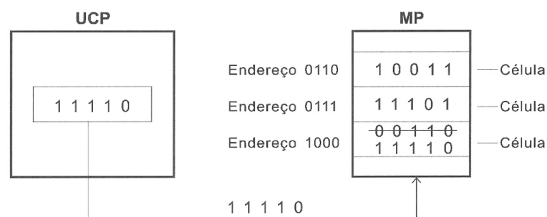
- ✓ Cada célula é identificada por um endereço
- ✓ Memória é organizada sequencialmente a partir do endereço (0) até o endereço (N-1)
- ✓ Os endereços não são fisicamente gravados na memória, somente as informações armazenadas em cada célula
  - *Os endereços são enviados pelo processador a memória pelo BE – barramento de endereços*
- ✓ Processadores com palavra de 32 bits (ex. Pentium) possuem endereços de 32 bits podendo endereçar até 4G células (de um byte cada)
  - $2^{32} = 4GB$

8

## Operações de Leitura e Escrita

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ **Operação de escrita é naturalmente destrutiva**
  - *Armazena o novo conteúdo sobre o conteúdo anterior*

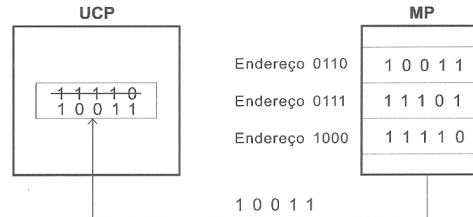


(a) Operação de escrita — O valor 11110 é transferido (uma cópia) da UCP—para a MP e armazenado na célula de endereço 1000, apagando o conteúdo anterior (00110).

## Operações de Leitura e Escrita

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ **Operação de leitura não é destrutiva**
  - *Copia o valor do local de origem, sem modificá-lo*



(b) Operação de leitura — O valor 10011, armazenado no endereço da MP 0110, é transferido (cópia) para a UCP, apagando o valor anterior (11110) e armazenando no mesmo local.

## Hierarquia de Memória

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ **Um subsistema de memória é organizado hierarquicamente e composto de vários tipos de componentes de memória, cada um com suas características próprias (tempo de acesso, capacidade, aplicabilidade, etc.)**
  - *Registadores*
  - *Memória cache*
  - *Memória principal*
  - *Memória secundária*
    - discos rígidos (HDs), CD, DVDs, etc.

11

## Hierarquia de Memória

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

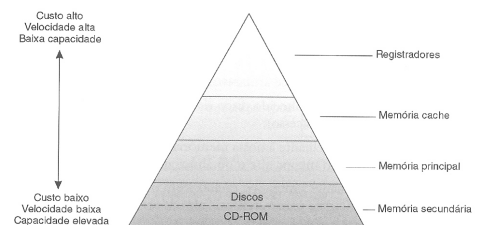


Figura 4.4 Hierarquia de memória.

12

## Características dos Componentes de Memória

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ Tempo de acesso
- ✓ Capacidade
- ✓ Volatilidade
- ✓ Tecnologia de fabricação
- ✓ Custo

13

## Características

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ Tempo de acesso
  - *Indica o tempo que leva para a memória colocar a informação no barramento de dados depois da posição ter sido endereçada*
    - Tempo de acesso para leitura
  - *Aumenta em direção à base da hierarquia*
  - *Depende da tecnologia de fabricação*
    - Poucos nanossegundos para memória tipo RAM (dispositivos eletrônicos)
      - *Tempo independe da distância física entre locais de acesso consecutivos*
    - Dezenas de milissegundos para memória secundária (dispositivos eletromecânicos)
      - *Tempo depende da distância física entre locais de acesso consecutivos*

14

## Características

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ Tempo de acesso
  - *Em algumas memórias eletrônicas, consideramos ainda o tempo decorrido entre duas operações consecutivas a memória*
    - Ciclo de memória = tempo de acesso + tempo para atividades internas do sistema
  - *Algumas memórias não requerem tempo adicional entre acessos*
    - Ciclo de memória = tempo de acesso

15

## Características

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ Capacidade
  - *Quantidade de informação que pode ser armazenada em memória*
    - medida em bytes
    - Quantidade de células capaz de armazenar
  - *Aumenta em direção à base da hierarquia de memória*

16

## Características

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ Volatilidade
  - *Capacidade de reter ou não a informação quando a energia elétrica é desligada*
    - Memória volátil – não retém a informação
      - *Registradores, memórias cache e principal (RAM)*
    - Memória não-volátil – retém a informação
      - *Memória ROM (read only memory) e memória secundária*

17

## Características

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ Tecnologia de fabricação
  - *Memórias de semicondutores (memórias eletrônicas)*
    - Registradores, memórias cache e principal, ROM
    - Mais caras
  - *Memórias de meio magnético*
    - Usadas em discos rígidos (*hard disks* – HDs)
    - Não-volátil e mais baratas
  - *Memória de meio ótico*
    - CDs, DVDs
    - Usa-se um feixe de luz para marcar o valor de cada bit

## Características

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ **Custo**
  - **Preço por byte armazenado**
  - **Memória secundária é bem mais barata que memória principal, por isso sua capacidade de armazenamento é bem maior**
    - HD interno 1TB – R\$ 300,00
      - *Custo de 1 byte –  $300 / 2^{40}$*
    - 2GB RAM – R\$ 103,00
      - *Custo de 1 byte –  $103 / 2^{31}$*

19

## Registradores

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ **São internos ao processador**
  - **Guardam instruções (registrador de instrução) e dados que estão sendo manipulados em cada operação executada pelo processador**
- ✓ **Construídos com a mesma tecnologia do processador**
  - **Tempo de acesso – um ciclo de memória (1 a 2 ns)**
  - **Capacidade – poucos bits em cada um**
    - Ex.: Pentium – registrador de dados (inteiros) e endereços de 32 bits, registradores para armazenar números em ponto flutuante (64 bits)
  - **Voláteis**
  - **Memória de semicondutores**

20

## Memória Cache

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ **Podem ser internas ou externas ao processador**
  - **cache L1 (level 1 ou nível 1) ou L2 interna**
    - Encapsulada no mesmo chip
  - **cache L2 externa**
    - Chip separado instalado na placa-mãe
- ✓ **características**
  - **Tempo de acesso – um ciclo de memória (5 a 20 ns)**
  - **Capacidade**
    - Ex.: cache L1 (4 a 256KB) e cache L2 (4MB)
  - **Voláteis**
  - **Memória de semicondutores, chamadas estáticas (SRAM)**
  - **Custo alto**

21

## Memória Principal

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ **Características**
  - **Tempo de acesso – um ciclo de memória (50 a 80 ns)**
  - **Capacidade superior à memória cache, porém limitada pela**
    - arquitetura do processador e pelo dispositivo de controle da memória (chipset da placa-mãe)
    - endereços de 32 bits permitem até 4GB de RAM
  - **Voláteis**
    - Parte não-volátil (ROM) – instruções que são executadas quando computador é ligado
  - **Memória de semicondutores, chamadas dinâmicas (DRAM)**
  - **Custo mais baixo que o da memória cache**

22

## Memória Secundária

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ **Características**
  - **Tempo de acesso**
    - HDs – 8 a 30 ms
    - CDs – 120 a 300 ms
  - **Alta capacidade**
    - Até TB
  - **Não-voláteis**
  - **Memória de meio magnético ou óptico**
  - **Custo bem mais baixo que o da memória principal**

23

## Memória Principal (MP)

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ **Programas são armazenados sequencialmente em memória e processador busca instruções na memória principal**

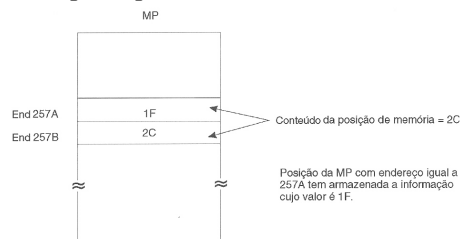
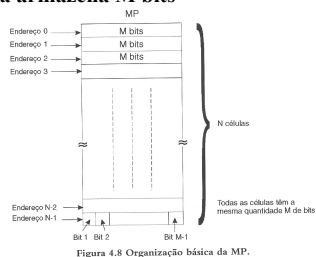


Figura 4.7 Significado dos valores de endereço e conteúdo na MP.

## Organização da Memória Principal

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

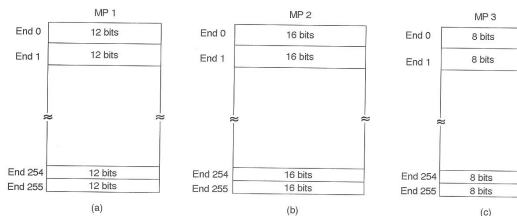
- ✓ Organizada como conjunto de N células sequencialmente dispostas
- ✓ Cada célula armazena M bits



## Organização da Memória Principal

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ Relação endereço x conteúdo de um célula
- ✓ Ex.:MPs com mesma quantidade de células (256), porém de larguras diferentes

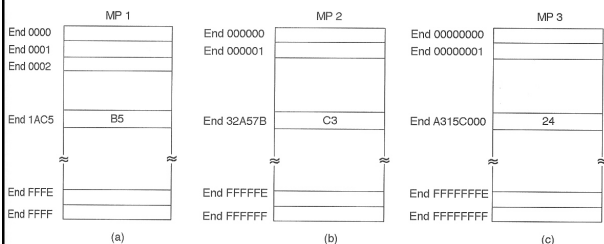


26

## Organização da Memória Principal

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ Relação endereço x conteúdo de um célula
- ✓ Ex.: MPs com diferentes quantidades de células de mesma largura (1 byte)



## Operações do Processador com a MP

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ Operações de leitura (*read*) e escrita (*write*)
- ✓ Elementos que são utilizados nas operações do processador com a MP
  - **Barramento do sistema (barramentos de dados, de endereços, de controle - BD, BE, BC)**
  - **Registradores de dados e endereços de memória**
    - RDM – registrador de dados de memória (MBR – *memory buffer register*)
    - REM – registrador de endereços da memória (MAR – *memory address register*)
  - **Controlador da memória**

28

## Operações do Processador com a MP

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

100 / Memória Principal

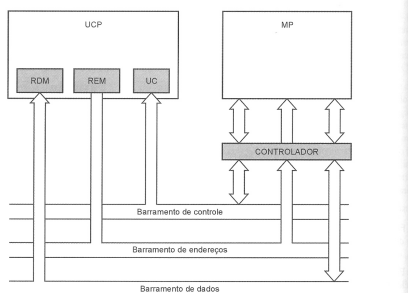


Figura 4.11 Estrutura UCP/MP e a utilização de barramento para comunicação entre eles.

## Operações do Processador com a MP

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

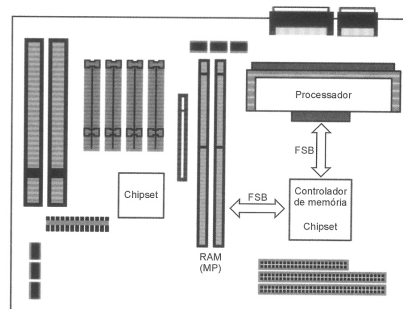


Figura 4.12 Exemplo de placa-mãe com componentes do sistema de memória.

## Operações do Processador com a MP

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

### ✓ Convenções da Register Transfer Language (Linguagem de Transferência entre Registradores - LTR)

#### • Seta indica transferência de conteúdo entre registradores e MP

- (REM) ← (CI): conteúdo do registrador CI é copiado para registrador REM
- (RDM) ← (MP(REM)): conteúdo da célula da MP cujo endereço está em REM é copiado para RDM

31

## Operação de Leitura

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

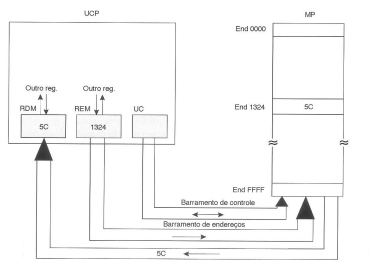
### ✓ Passos Simplificados:

- **REM ← outro registrador do processador (CI contador de instruções)**
  - Endereço é colocado no BE
- **Sinal de leitura no BC**
  - Controlador de memória decodifica endereço e localização da célula
- **RDM ← MP(REM) através do BD**
- **Outro registrador do processador ← RDM**

32

## Operação de Leitura

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores



- 1 - (REM) ← (outro reg.)
- 1a - O endereço é colocado no barramento de endereços
- 2 - Sinal de leitura no barramento de controle (decodificação)
- 3 - (RDM) ← (MP(REM))
- 4 - (outro reg.) ← (RDM)

Figura 4.13 Exemplo de operação de leitura.

## Operação de Escrita

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

### ✓ Passos Simplificados:

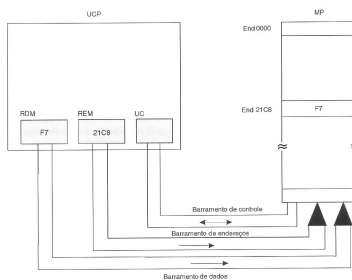
- **REM ← outro registrador do processador (CI contador de instruções)**
  - Endereço é colocado no BE
- **RDM ← outro registrador do processador**
  - Dado é colocado no BD
- **Sinal de escrita no BC**
  - Controlador de memória decodifica endereço e localização da célula
- **MP(REM) ← RDM através do BD**

34

## Operação de Escrita

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

104 / Memória Principal



O valor F7 é escrito no endereço 2108 (valor antigo = 3A)

Figura 4.14 Exemplo de operação de escrita.

## Capacidade da MP

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ MP é um conjunto de N células, onde cada uma armazena M bits
- ✓ MP tem N endereços =  $2^E$
- ✓ total de bits
  - $T = N \times M = 2^E \times M$
- ✓ Exemplo: MP tem espaço de endereçamento de 2K e cada célula armazena 16 bits. Qual a capacidade da MP e o tamanho de cada endereço?
  - $2K = 2^{11} \rightarrow$  endereços de 11 bits
  - $2^{11} \times 16 = 2^{11} \times 2^4 = 2^{15} =$  capacidade de 32K bits

36

## Exemplo

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- Um processador possui um BE com capacidade de transferir 33 bits de cada vez. Sabe-se que o BD permite a transferência de 4 palavras em cada acesso e que cada célula da MP armazena 1/8 de cada palavra. Considerando que a MP pode armazenar no máximo 64G bits, responda:

- Qual a quantidade de células da MP?
- Qual o tamanho do REM e do BD?
- Qual o tamanho de cada célula e cada palavra?

37

## Exemplo

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- BE = 33 bits; BD = 4 palavras; célula – 1/8 palavra; T = 64G bits
- $N = 2^{33} = 8G$
- $T = N \times M$ ;  $M = 64G / 8G = 8$  bits (célula)
- Palavra = 64 bits
- BD = 256 bits
- Qual a quantidade de células da MP?
  - 8G células
- Qual o tamanho do REM e do BD?
  - REM = 33 bits; BD = 256 bits
- Qual o tamanho de cada célula e cada palavra?
  - Célula de 8 bits e palavra de 64 bits

38

## Tipos e Nomenclatura da MP

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- Fluxo de bits para processamento a partir do armazenamento permanente

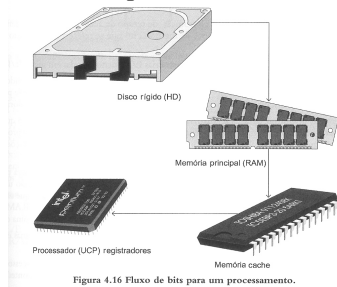


Figura 4.16 Fluxo de bits para um processamento.

## Tipos e Nomenclatura da MP

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

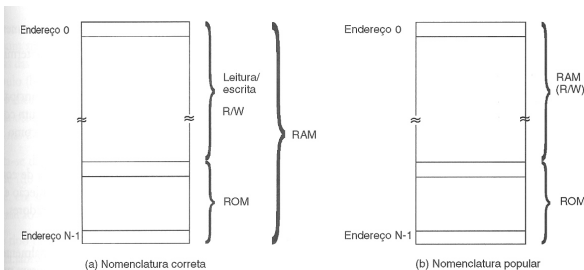
- Tipo de RAM (*Random Access Memory*)
  - SRAM (*Static RAM*)
    - Mais rápido e de custo mais elevado
    - Usado na construção de memória cache
  - DRAM (*Dynamic RAM*)
    - Usado na construção da MP
- RAM
  - Memória para ler e escrever (*R/W memory*)
    - Memória volátil
  - Memória de leitura somente (*ROM - Read Only Memory*)
    - Memória não-volátil usada para armazenar operações para inicialização do sistema (*boot*)

40

## Tipos e Nomenclatura da MP

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- Memória principal de um microcomputador PC



41

## Tipos e Nomenclatura da MP

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- RAM – Random Access Memory
- ROM – Read Only Memory
  - EPRM- Erasable Programmable ROM

