

Memória Principal

Profa. Débora Christina Muchaluat Saade

debora@midiacom.uff.br

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

Memória Principal

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

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

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*

Subsistema de Memória

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ **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)*

Memória

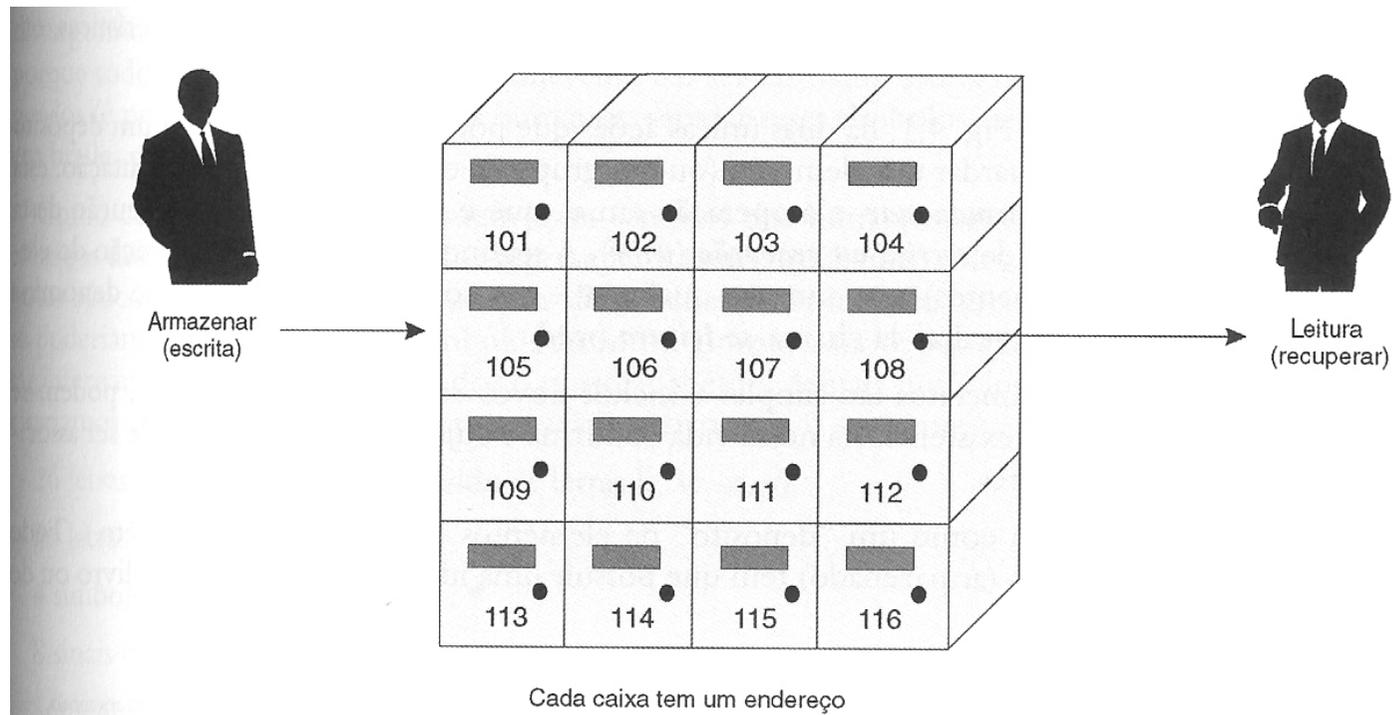


Figura 4.1 Exemplo de um típico depósito que funciona de modo semelhante a uma memória.

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**

Memória

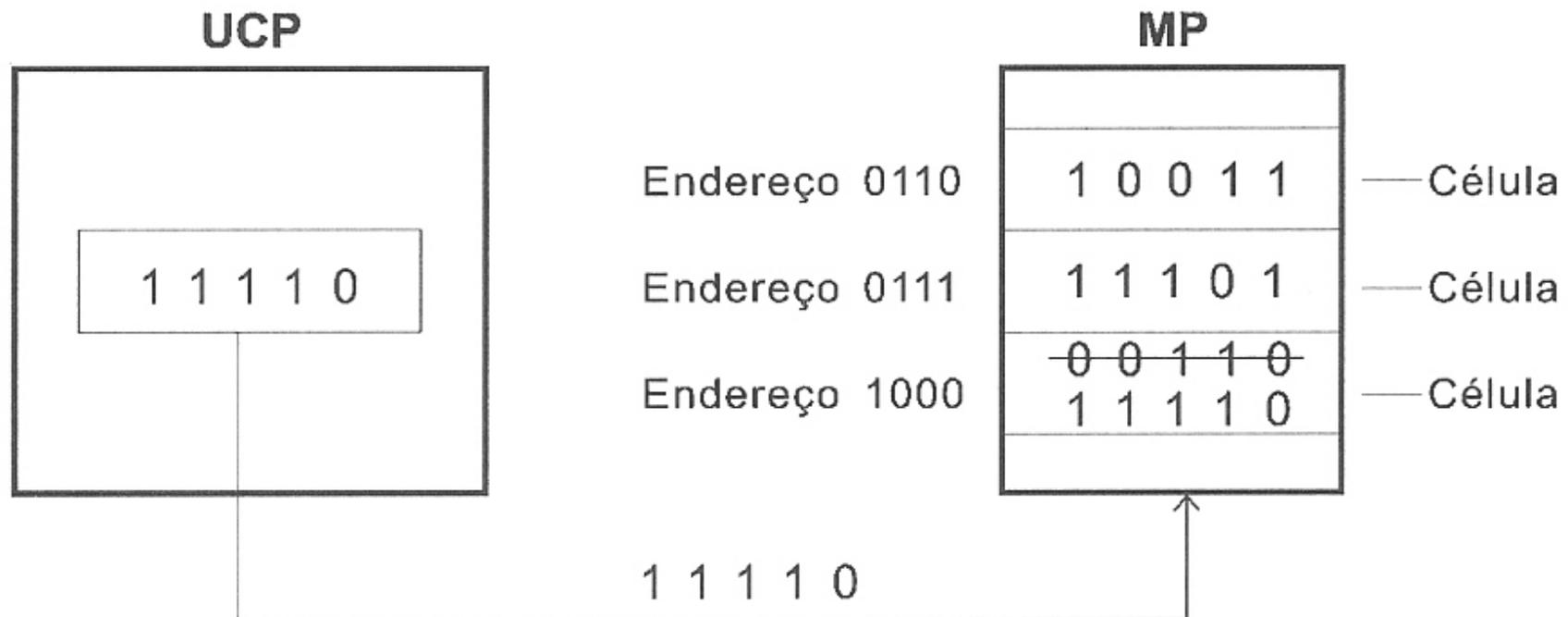
- ✓ **Representação da informação**
 - *seqüência de bits*
- ✓ **Cada unidade de armazenamento**
 - *Grupo de bits tratado em conjunto pelo sistema*
 - Memória principal
 - *Célula (1 byte)*
 - Dispositivos de armazenamento
 - *Bloco, setor, cluster, etc.*

Memória

- ✓ 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)
 - $2^{32} = 4GB$

Operações de Leitura e Escrita

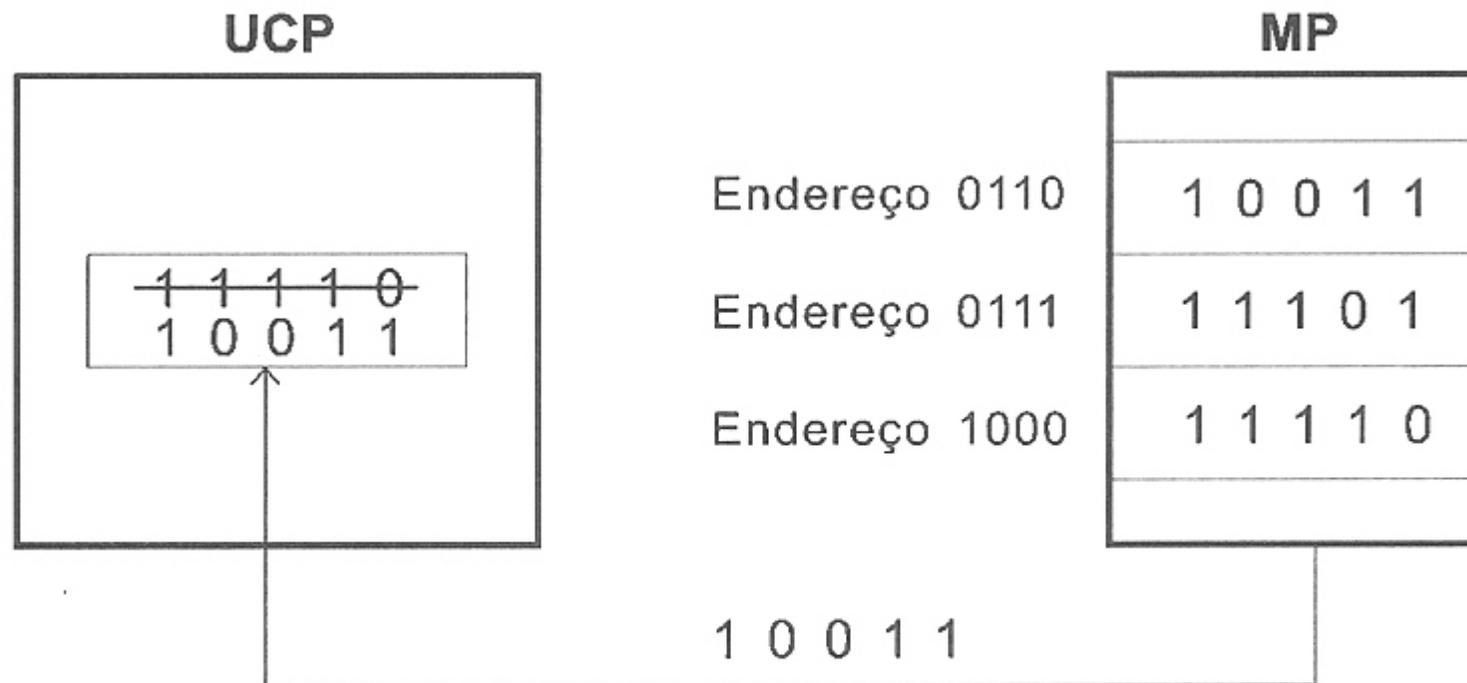
- ✓ Operação de escrita é naturalmente destrutiva
 - *Armazena o novo conteúdo sobre o conteúdo anterior*



(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

- ✓ 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

- ✓ 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.)
 - *Registradores*
 - *Memória cache*
 - *Memória principal*
 - *Memória secundária*
 - discos rígidos (HDs), CD, DVDs, etc.

Hierarquia de Memória

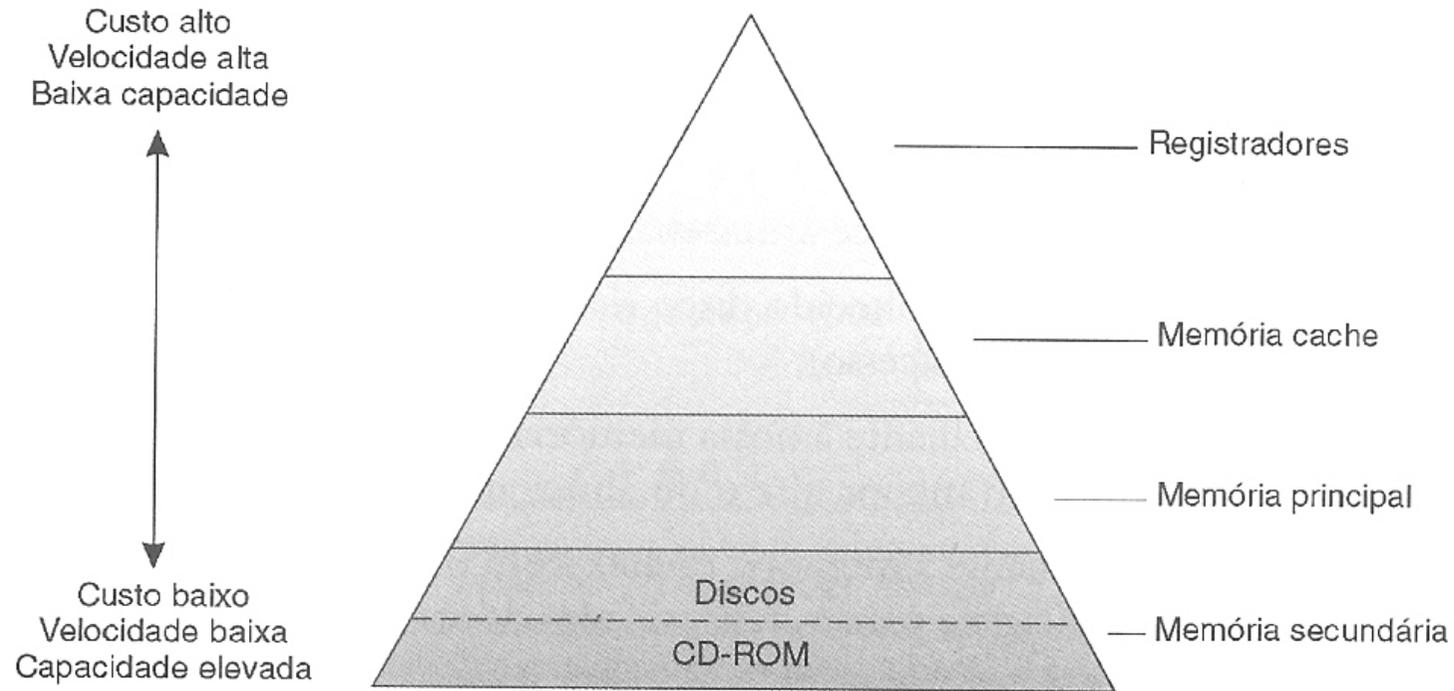


Figura 4.4 Hierarquia de memória.

Características dos Componentes de Memória

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

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

Características

✓ 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*

Características

✓ 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

Características

✓ 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*

Características

✓ 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*

Características

✓ 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

✓ 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 – $103 / 2^{31}$*

Registradores

- ✓ **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*

Memória Cache

- ✓ **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*

Memória Principal

✓ 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*

Memória Secundária

✓ 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 ótico*
- *Custo bem mais baixo que o da memória principal*

Memória Principal (MP)

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

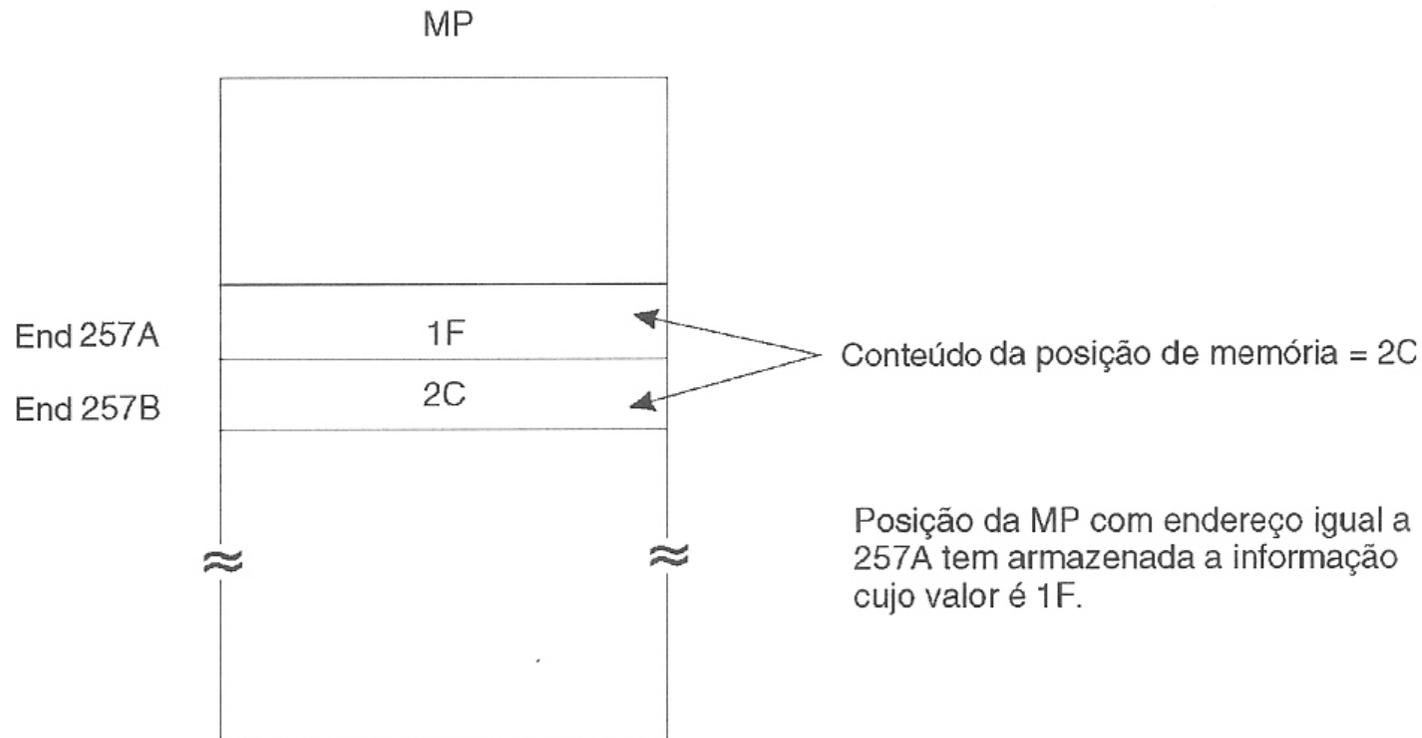


Figura 4.7 Significado dos valores de endereço e conteúdo na MP.

Organização da Memória Principal

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

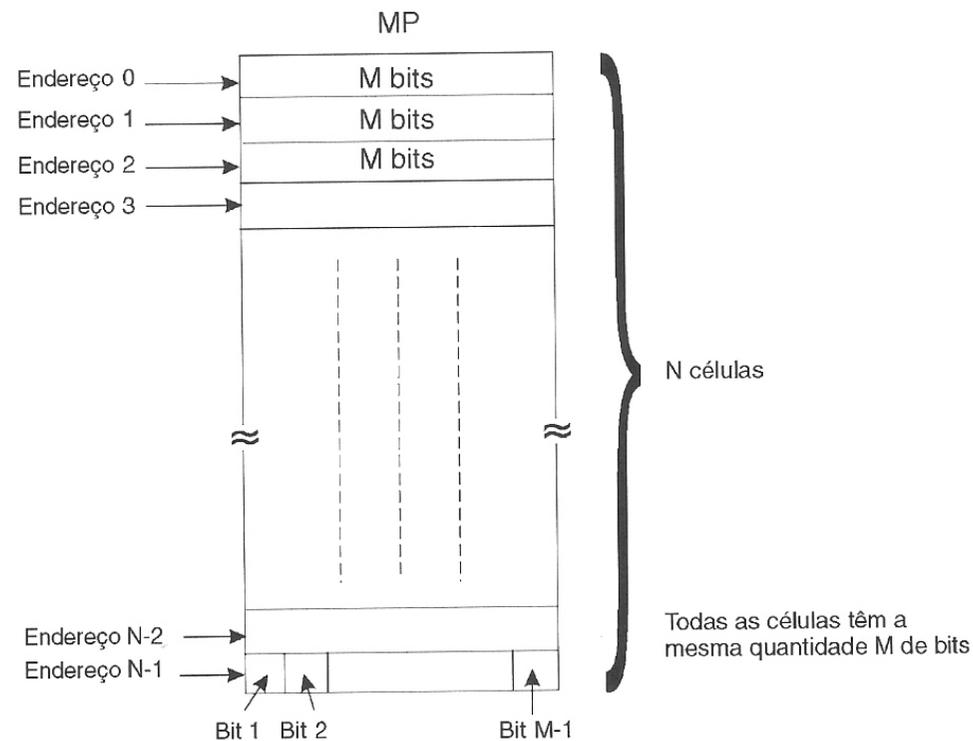
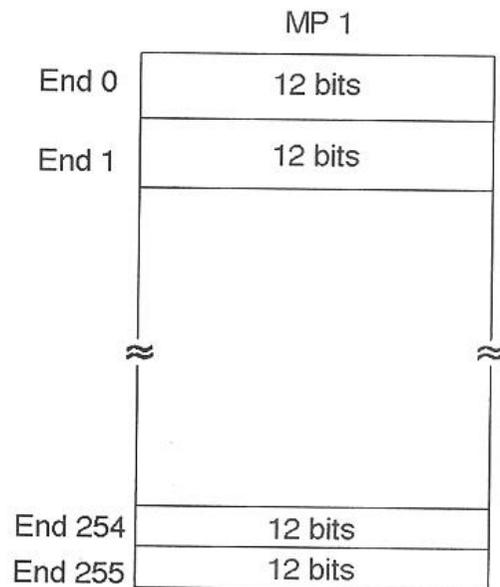


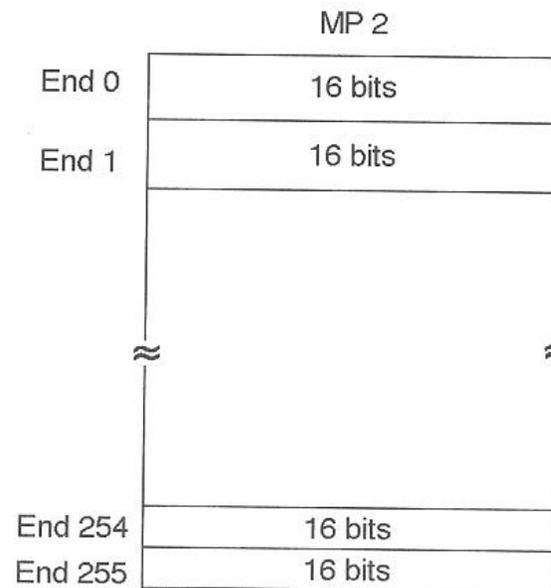
Figura 4.8 Organização básica da MP.

Organização da Memória Principal

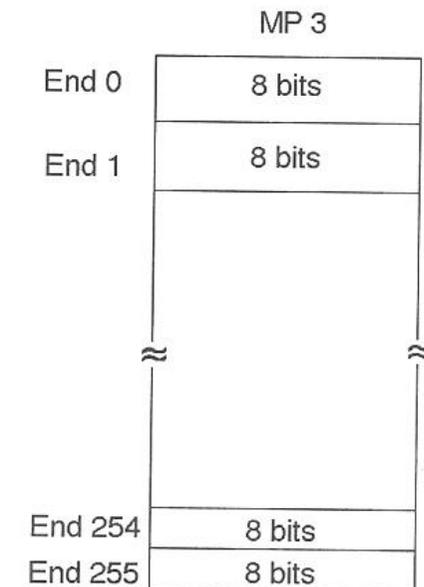
- ✓ **Relação endereço x conteúdo de um célula**
- ✓ **Ex.:MPs com mesma quantidade de células (256), porém de larguras diferentes**



(a)



(b)

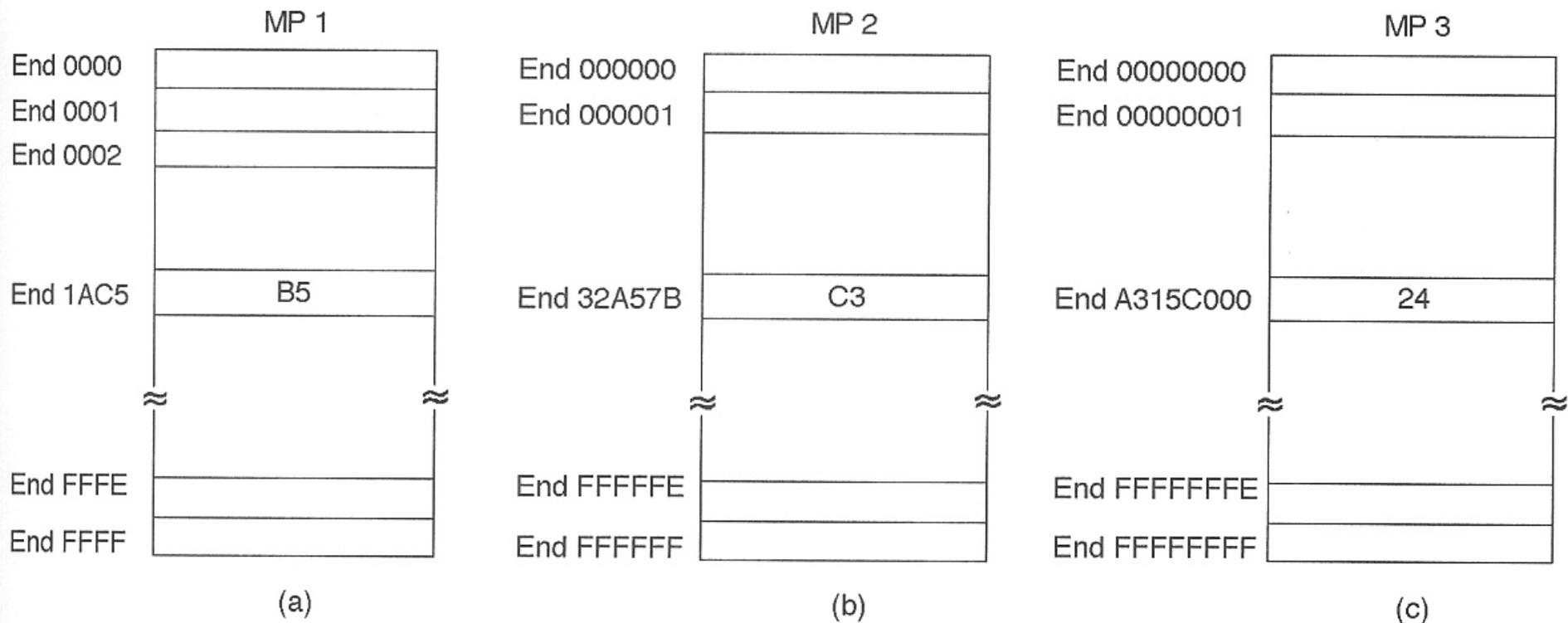


(c)

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

- ✓ 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*

Operações do Processador com a MP

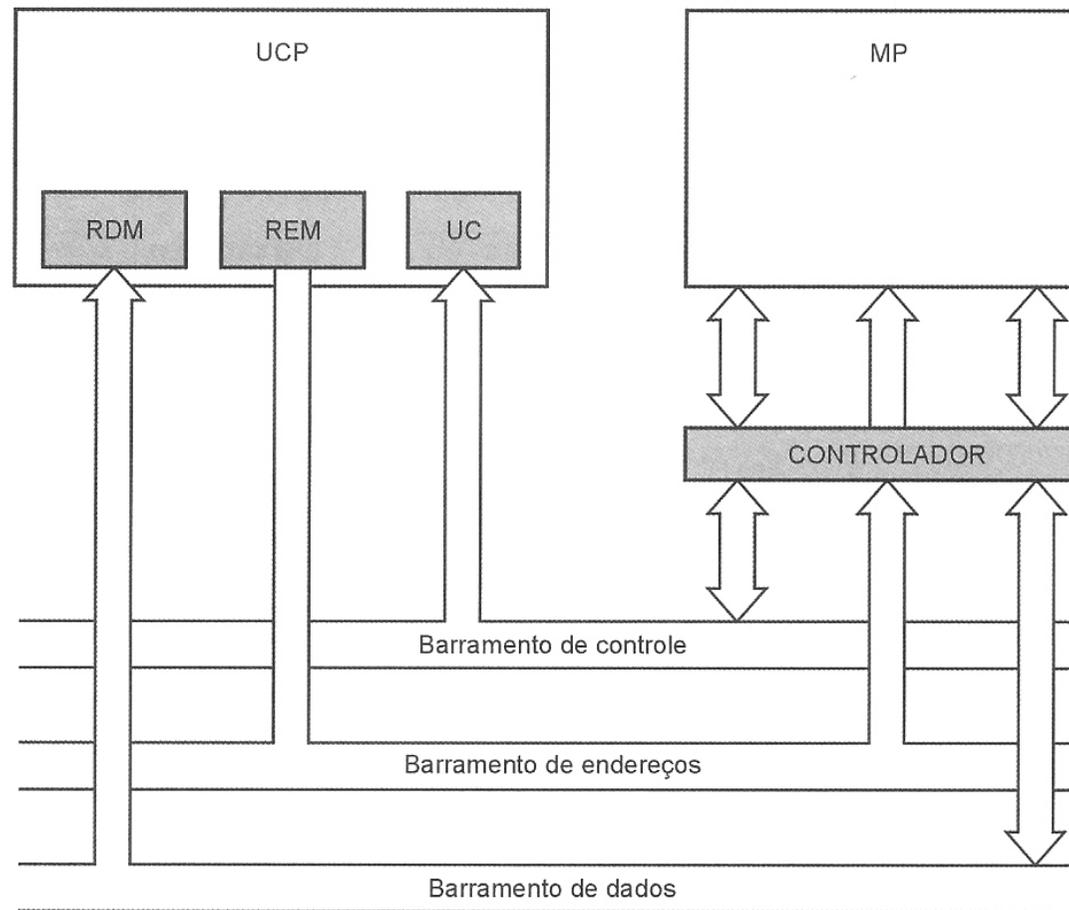


Figura 4.11 Estrutura UCP/MP e a utilização de barramento para comunicação entre eles.

Operações do Processador com a MP

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

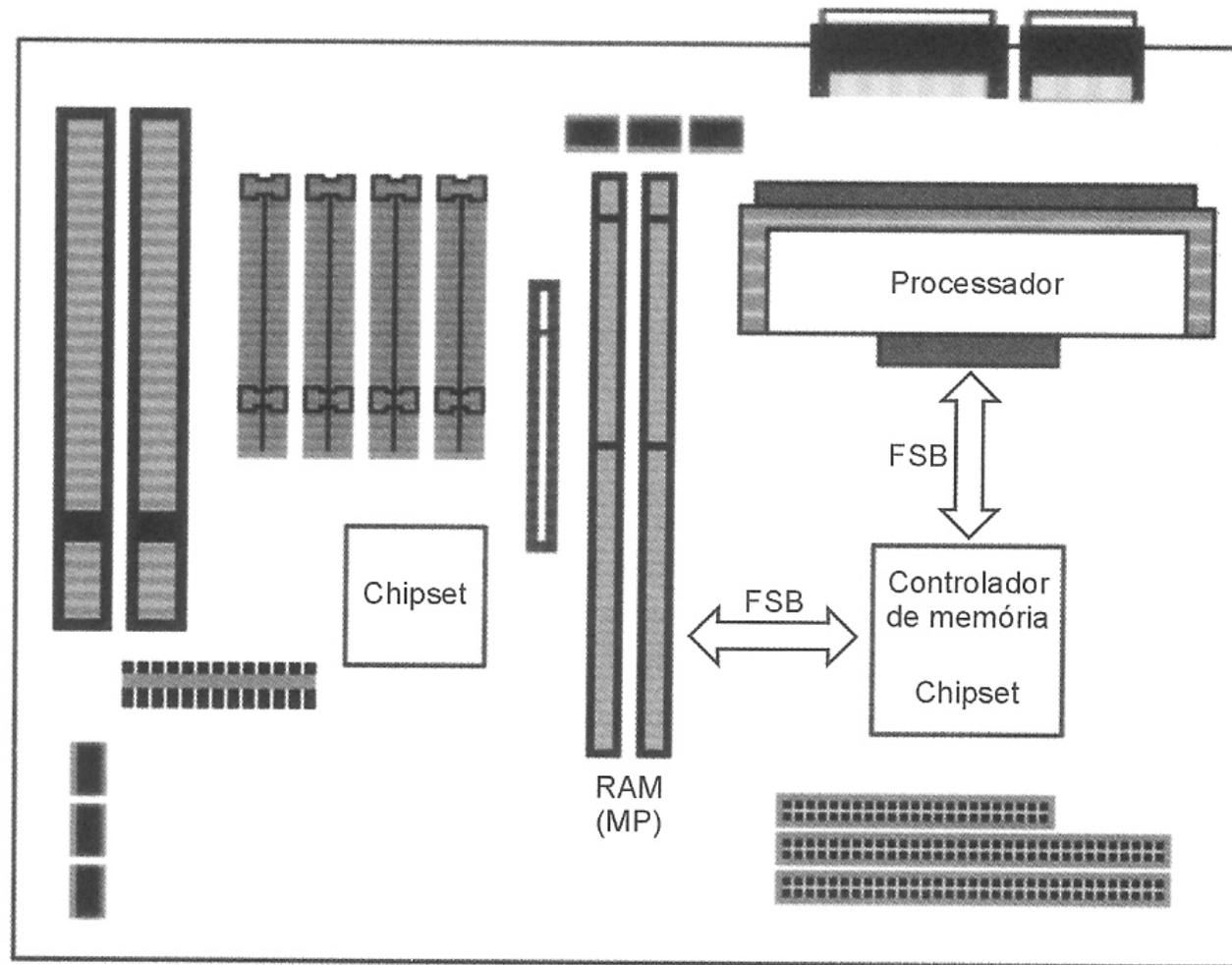


Figura 4.12 Exemplo de placa-mãe com componentes do sistema de memória.

Operações do Processador com a MP

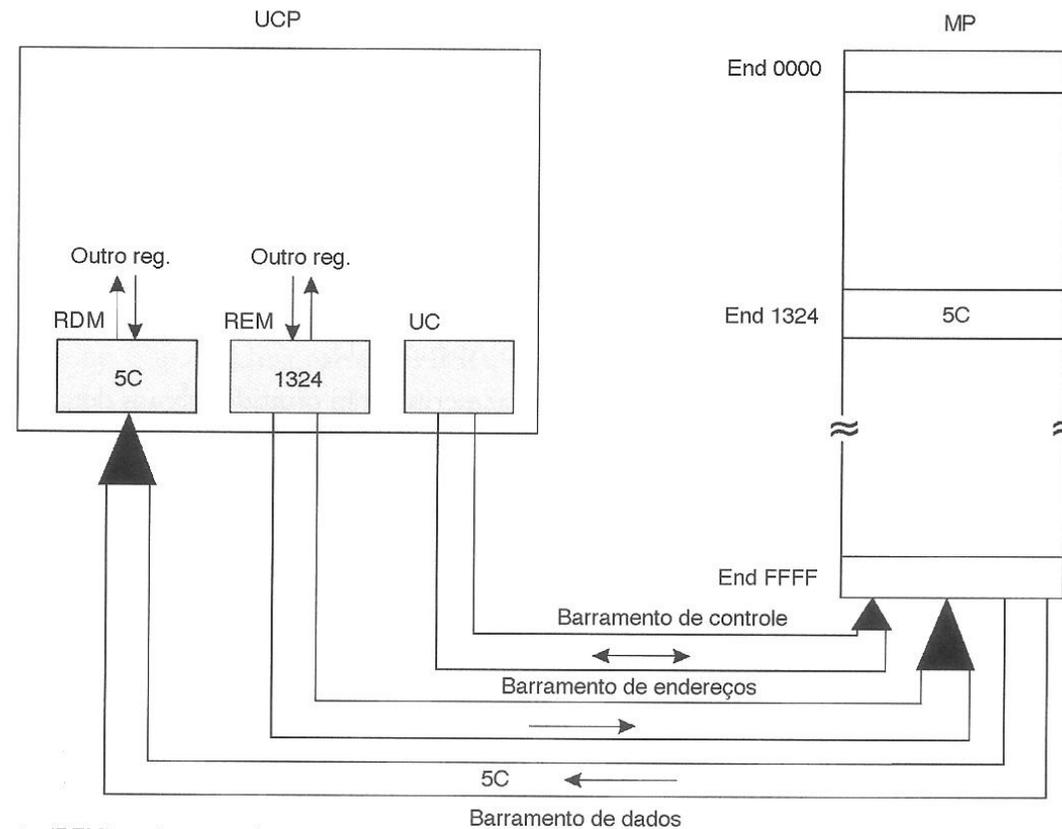
- ✓ **Convenções da *Register Transfer Language* (Linguagem de Transferência entre Registradores - LTR)**
 - ***Seta indica transferência de conteúdo entre registradores e MP***
 - (REM) \leftarrow (CI): conteúdo do registrador CI é copiado para registrador REM
 - (RDM) \leftarrow (MP(REM)): conteúdo da célula da MP cujo endereço está em REM é copiado para RDM

Operação de Leitura

✓ Passos Simplificados:

- *REM* \leftarrow 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* \leftarrow MP(*REM*) através do BD
- *Outro registrador do processador* \leftarrow RDM

Operação de Leitura



- 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)

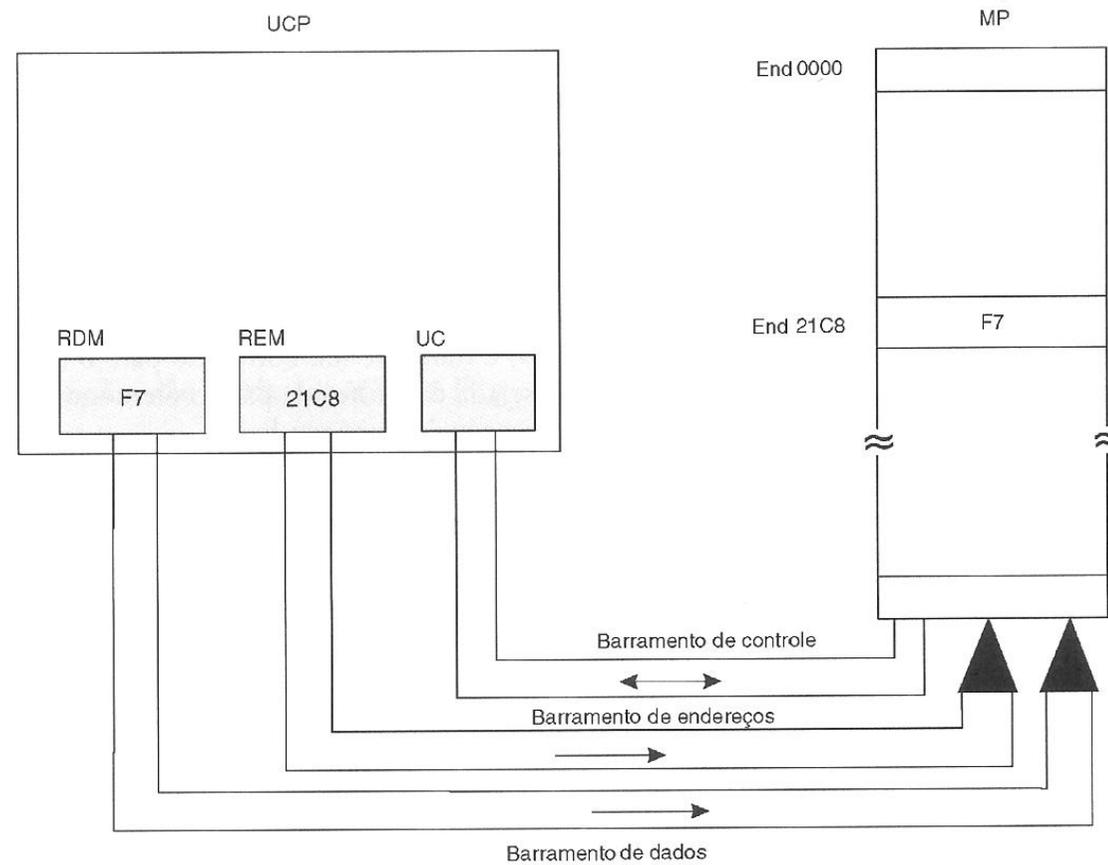
Figura 4.13 Exemplo de operação de leitura.

Operação de Escrita

✓ 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*

Operação de Escrita



O valor F7 é escrito no endereço 21C8 (valor antigo = 3A)

Figura 4.14 Exemplo de operação de escrita.

Capacidade da MP

- ✓ 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

Exemplo

- ✓ 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?*

Exemplo

- ✓ **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***

Tipos e Nomenclatura da MP

Fundamentos de Arquiteturas de Computadores

- ✓ Fluxo de bits para processamento a partir do armazenamento permanente

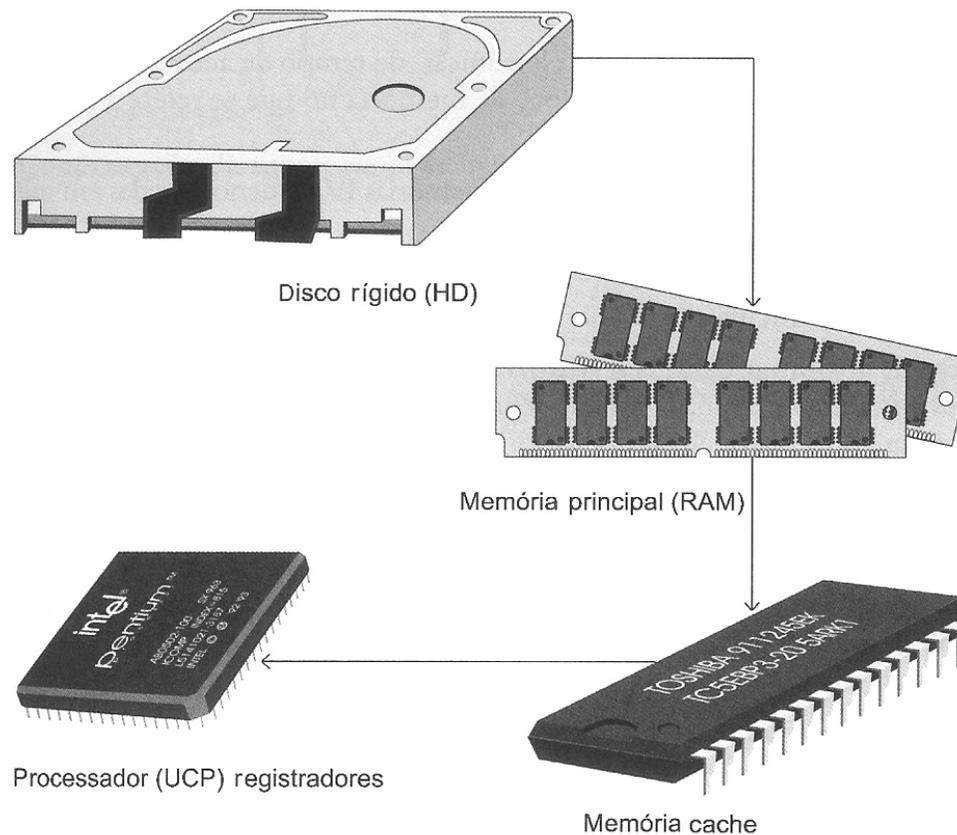


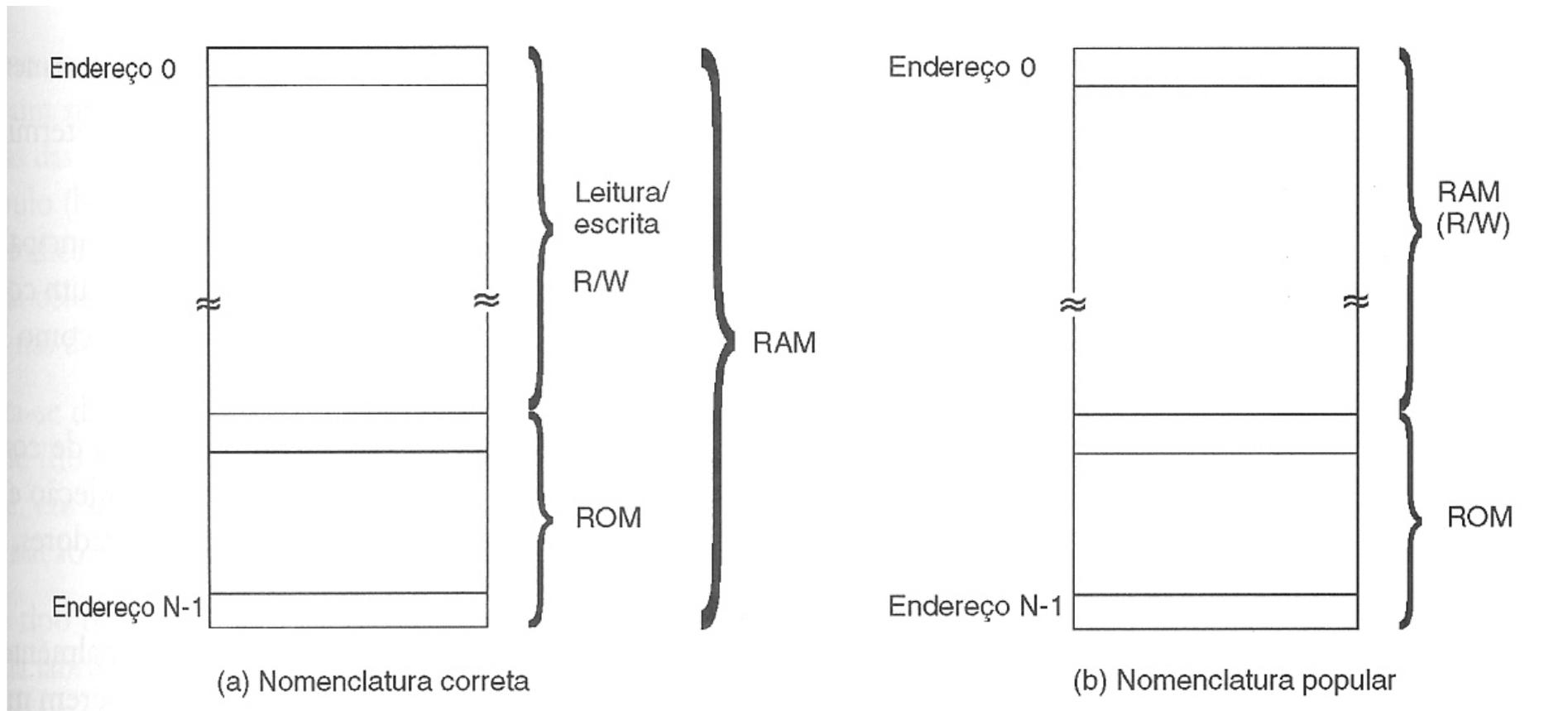
Figura 4.16 Fluxo de bits para um processamento.

Tipos e Nomenclatura da MP

- ✓ **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*)

Tipos e Nomenclatura da MP

✓ Memória principal de um microcomputador PC



Tipos e Nomenclatura da MP

- ✓ **RAM – Random Access Memory**
- ✓ **ROM – Read Only Memory**
 - ***EPR*OM- Erasable Programmable ROM**

