

Organização de Computadores

Professores:

Lúcia Maria de A. Drummond

Simone de Lima Martins

Organização de Computadores

Livro Texto:

"Introdução à Organização de Computadores"

Mário A. Monteiro

LTC editora

Organização de Computadores

Objetivo:

Proporcionar ao aluno o conhecimento funcional dos diversos blocos e partes que compõem a arquitetura de um computador.

Ementa:

- Organização lógica e funcional do Modelo de Von-Neumann: conceito, arquitetura lógica e funcional
- Unidades Funcionais: UCP, memória, cache, dispositivos de E/S e barramentos
- Hierarquia de memória
- Arquiteturas micro e nanoprogramadas
- Mecanismos de interrupção e de exceção
- Arquiteturas avançadas: pipeline, múltiplas unidades funcionais e máquinas paralelas
- Processadores RISC e CISC

Aula 1

Professores:

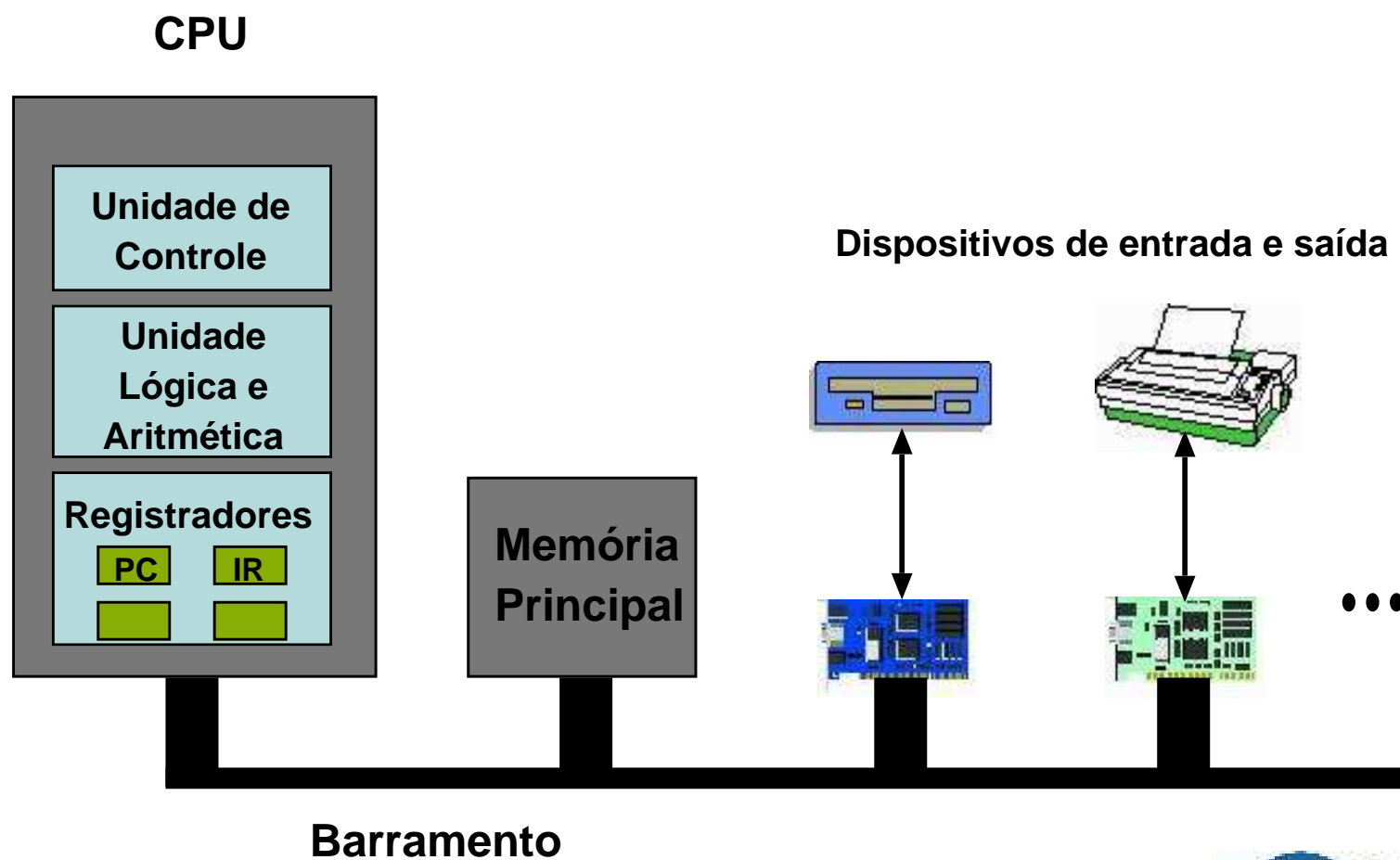
Lúcia M. A. Drummond
Simone de Lima Martins

Conteúdo:

Subsistemas de memória

- Introdução
- Hierarquia de Memória
- Memória Principal
- Erros

Organização de um Computador



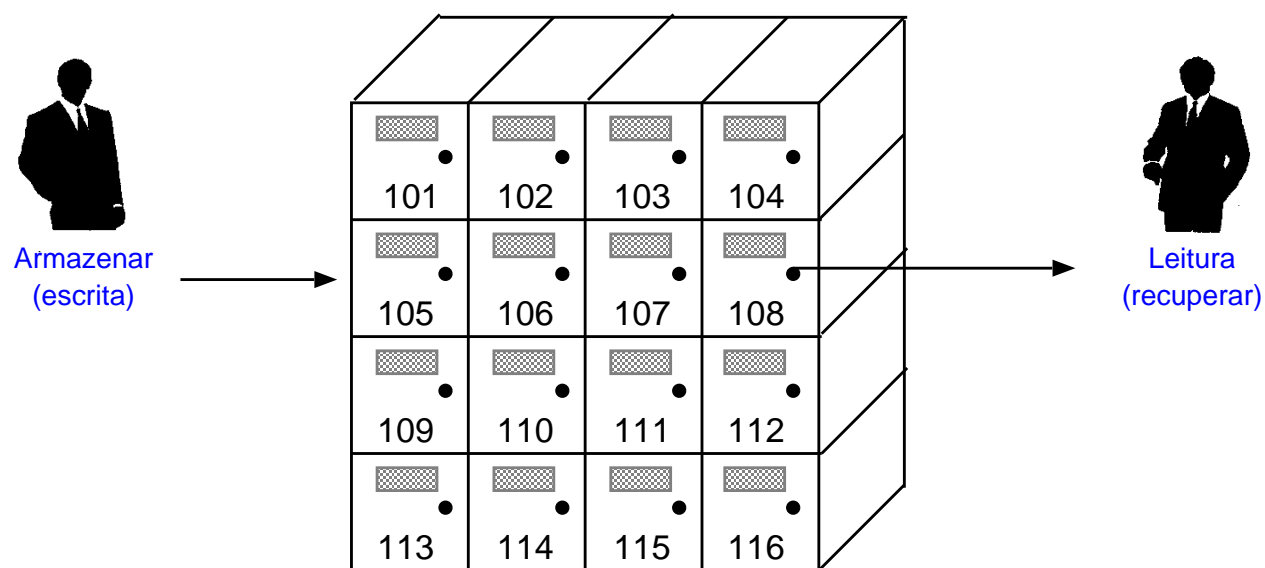
Introdução

Memória

"Componente de um sistema de computação cuja função é armazenar as informações que são (ou serão) manipuladas por esse sistema, para que elas (as informações) possam ser prontamente recuperadas, quando necessário."

Introdução

Memória: Depósito



(Fig. 5.1 do livro texto)

Ações:

1. Armazenamento - Escrita ou gravação (*write*);
2. Recuperação - Leitura (*read*)

Introdução

Exemplo de Depósito: Biblioteca

1. Elemento: livro
2. Identificação: nome do livro
3. Código de localização: número da estante, da prateleira, etc...

Armazenamento: guardar o livro em uma estante previamente identificada

Recuperação: através do conhecimento da localização do livro, emprestá-lo

Introdução

Representação da Informação na Memória

Bit: Elemento básico de armazenamento físico, pode indicar dois valores distintos - 0 ou 1

Para representar:

- 26 letras maiúsculas
- 26 letras minúsculas
- 4 símbolos matemáticos
- 8 sinais de pontuação

64 tipos de representação - 6 bits

Introdução

Representação da Informação na Memória

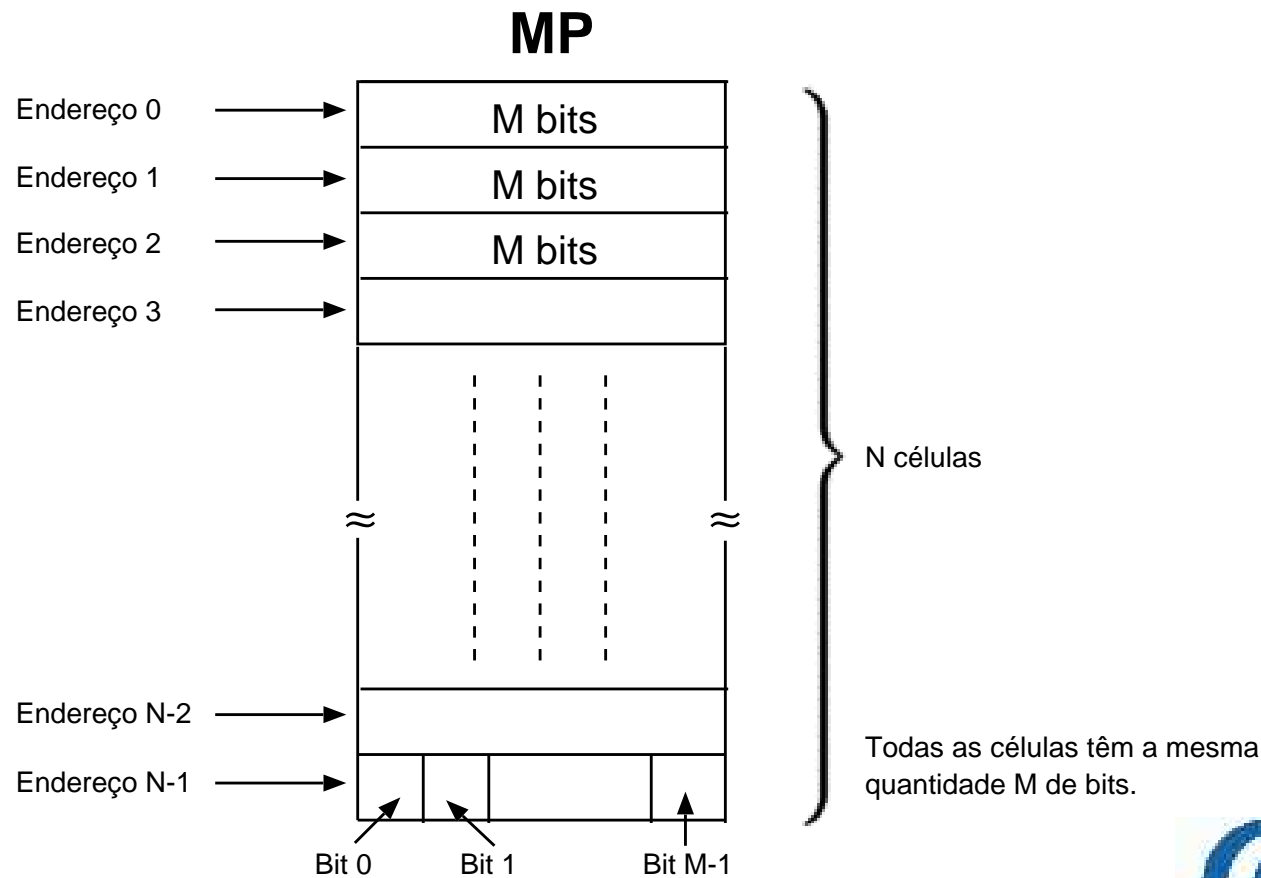
Célula: grupo de bits tratado em conjunto pelo sistema.

A célula é tratada como uma unidade para efeito de armazenamento e transferência.

Introdução

Localização da Informação na Memória

Cada célula é identificada por um número denominado endereço.

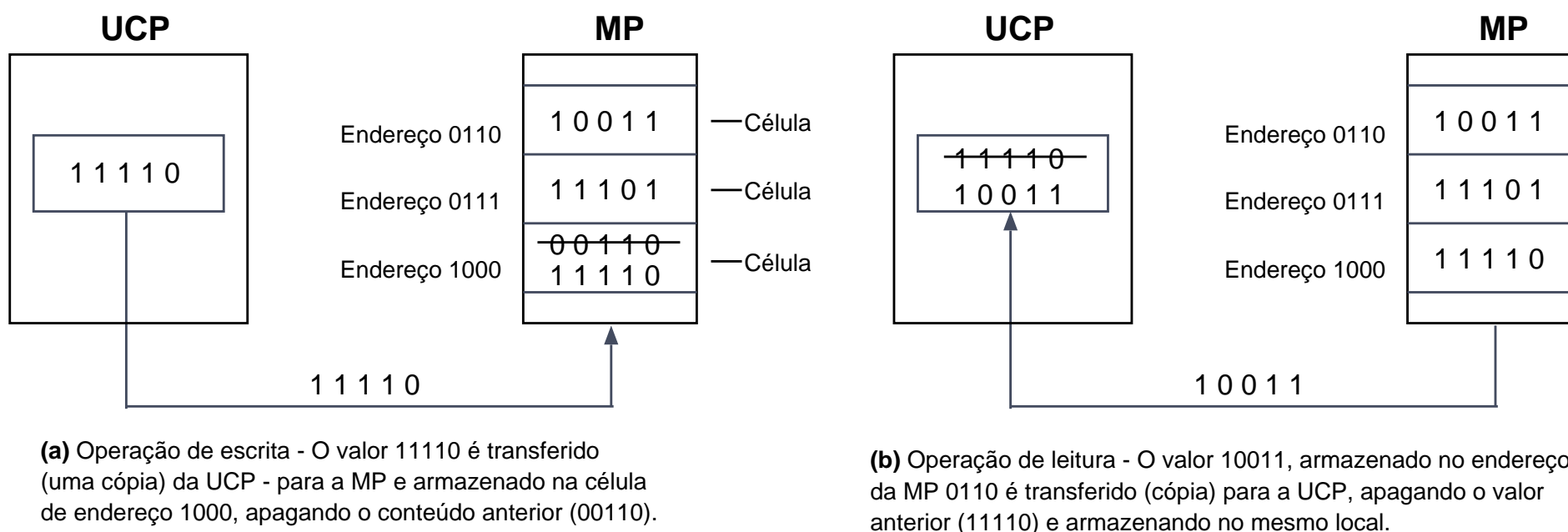


(Fig. 5.8 do livro texto)

Introdução

Operações realizadas em uma memória

Escrita e Leitura:

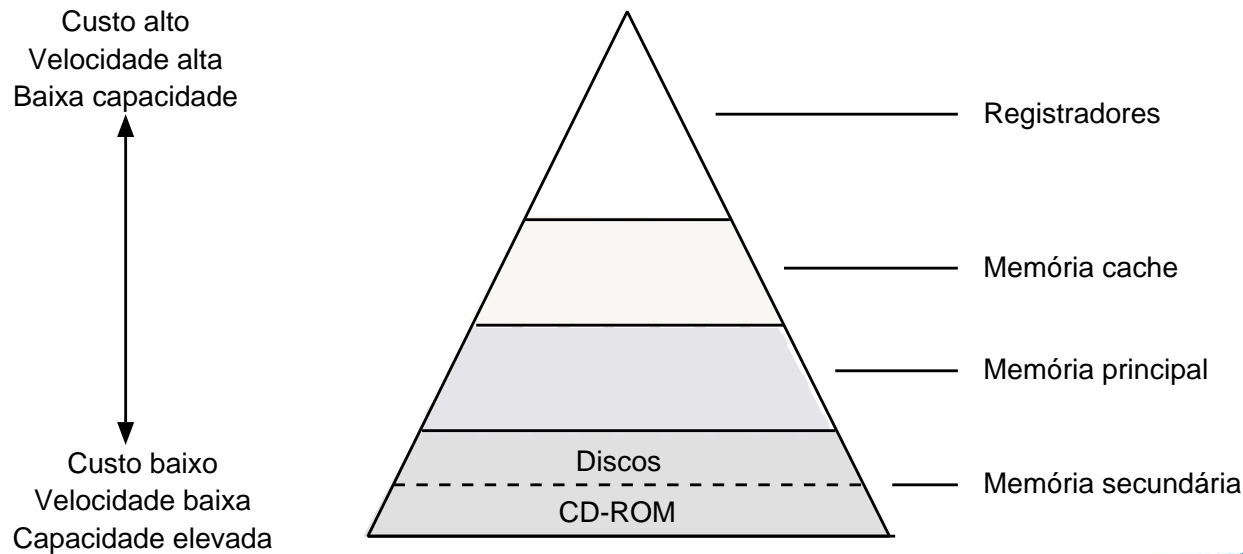


(Fig. 5.3 do livro texto)

Hierarquia de Memória

Há muitas memórias no computador:

- interligadas de forma bem estruturada
- organizadas hierarquicamente
- constituem o subsistema de memória



(Fig. 5.4 do livro texto)

Hierarquia de Memória

Parâmetros para análise de cada tipo de memória:

- *Tempo de acesso*: tempo de leitura, ou seja, transferência da memória para a Unidade Central de Processamento (UCP)
- *Capacidade*: quantidade de informação que pode ser armazenada em uma memória

(continua...)

Hierarquia de Memória

(...cont) Parâmetros para análise de cada tipo de memória:

- *Tecnologias de fabricação:*
 1. Memórias de semicondutores : fabricadas com circuitos eletrônicos, rápidas e caras. Ex: registradores, memória principal (MP) e cache.
 2. Memórias de meio magnético : armazenam as informações sob a forma de campos magnéticos, baratas e de grandes capacidades. Ex: disquetes e discos rígidos.
 3. Memórias de meio ótico : utilizam um feixe de luz para marcar o valor 0 ou 1 de cada dado. Ex: CD-ROM e CD-RW.

Hierarquia de Memória

(...cont) Parâmetros para análise de cada tipo de memória:

- *Temporalidade*: tempo de permanência da informação na memória. Ex: programas e dados em um disco - memória permanente, programas e dados em memória principal - memória transitória
- *Custo*: varia em função da tecnologia de fabricação. Unidade de medida de custo - preço por byte armazenado, ao invés de custo total da memória, já que há variações nas capacidades.

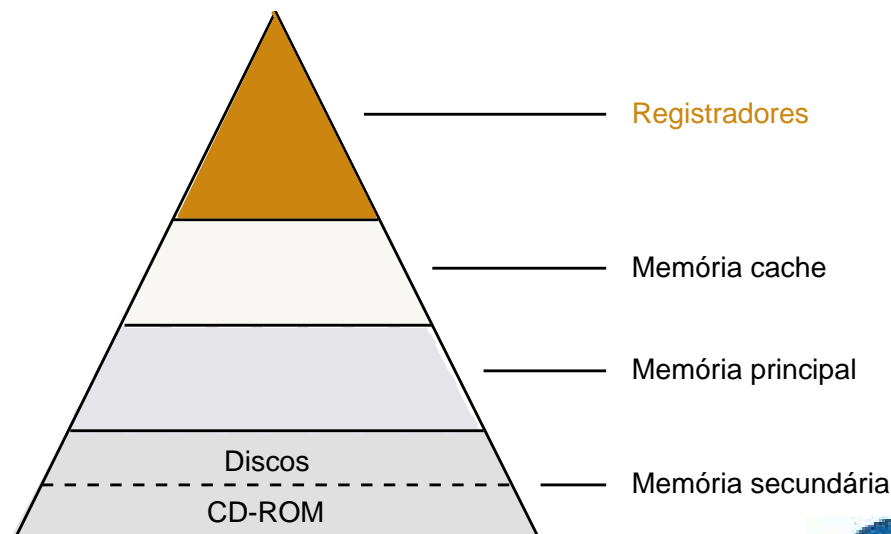
Hierarquia de Memória

Registradores

- Pequenas unidades de memória que armazenam dados na UCP.
- Topo da pirâmide: maior velocidade de transferência, menor capacidade de armazenamento e maior custo.

Custo alto
Velocidade alta
Baixa capacidade

↑
↓
Custo baixo
Velocidade baixa
Capacidade elevada



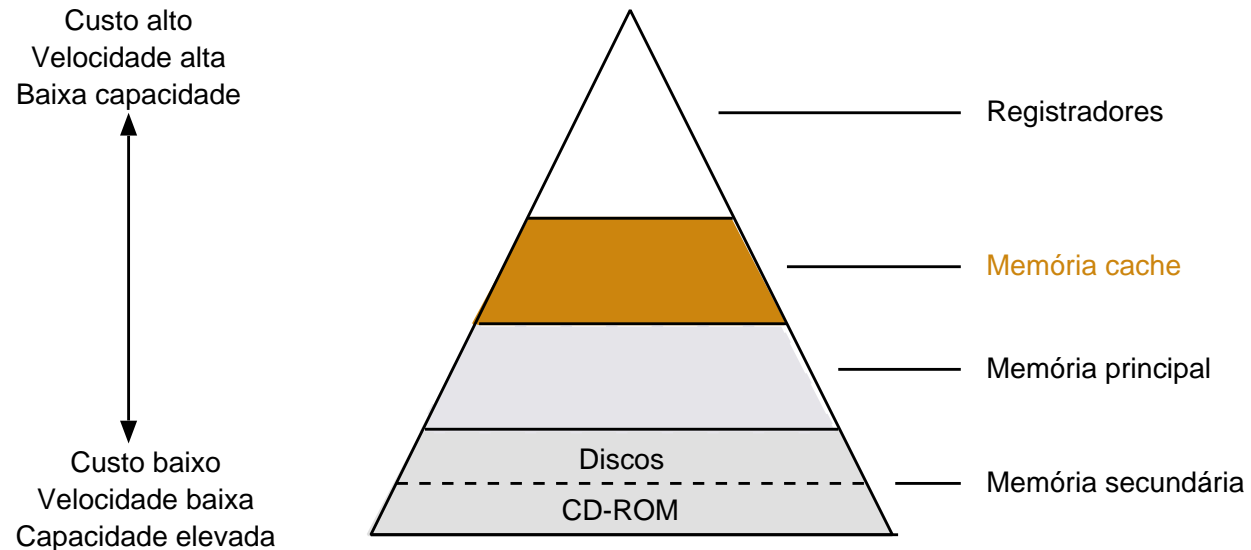
Hierarquia de Memória

Registradores - Parâmetros:

- *Tempo de acesso:* 1 ciclo de memória
- *Capacidade:* poucos bits, suficientes para armazenar um dado, uma instrução ou um endereço
- *Volatilidade:* memórias voláteis, precisam de energia elétrica
- *Tecnologia:* memórias de semicondutores (mesma tecnologia dos demais circuitos da UCP)
- *Temporalidade:* armazenam informação por muito pouco tempo
- *Custo:* dispositivo de maior custo entre os diversos tipos de memória

Hierarquia de Memória

Memória Cache



- Memória entre a UCP e a Memória Principal
- Função: acelerar a velocidade de transferência das informações entre UCP e MP e, com isso, aumentar o desempenho do sistema.
- A UCP procura informações primeiro na Cache. Caso não as encontre, as mesmas são transferidas da MP para a Cache.
- Podem ser inseridas em dois níveis:
 - Nível 1 - interna ao processador, encapsulada na mesma pastilha
 - Nível 2 - cache externa, pastilha (chip) separada

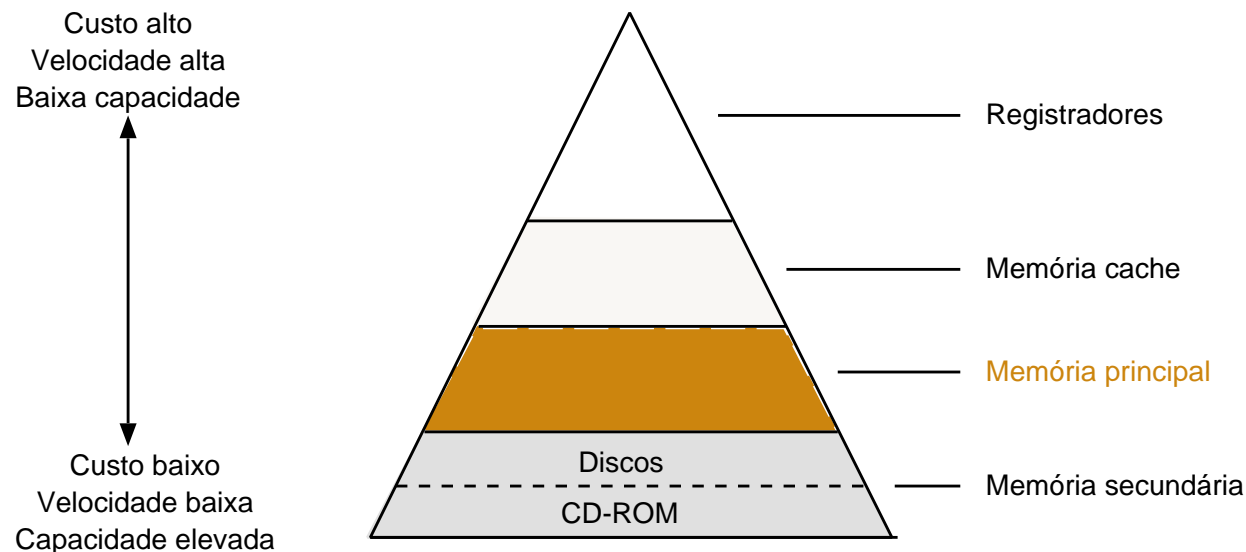
Hierarquia de Memória

Memória Cache - Parâmetros:

- *Tempo de acesso:* menores do que os da memória principal
- *Capacidade:* adequada para armazenar uma apreciável quantidade de informações
- *Volatilidade:* dispositivos voláteis, como registradores
- *Tecnologia:* circuitos eletrônicos de alta velocidade, são memórias estáticas denominadas SRAM
- *Temporariedade:* tempo de permanência do dado ou instrução é menor do que o tempo de duração do programa a que pertence
- *Custo:* custo alto, entre o custo de registradores e MP

Hierarquia de Memória

Memória Principal:



- Memória básica de um sistema de computação.
- Dispositivo onde o programa (e seus dados) que vai ser executado é armazenado para que a UCP busque instrução por instrução para executá-las.

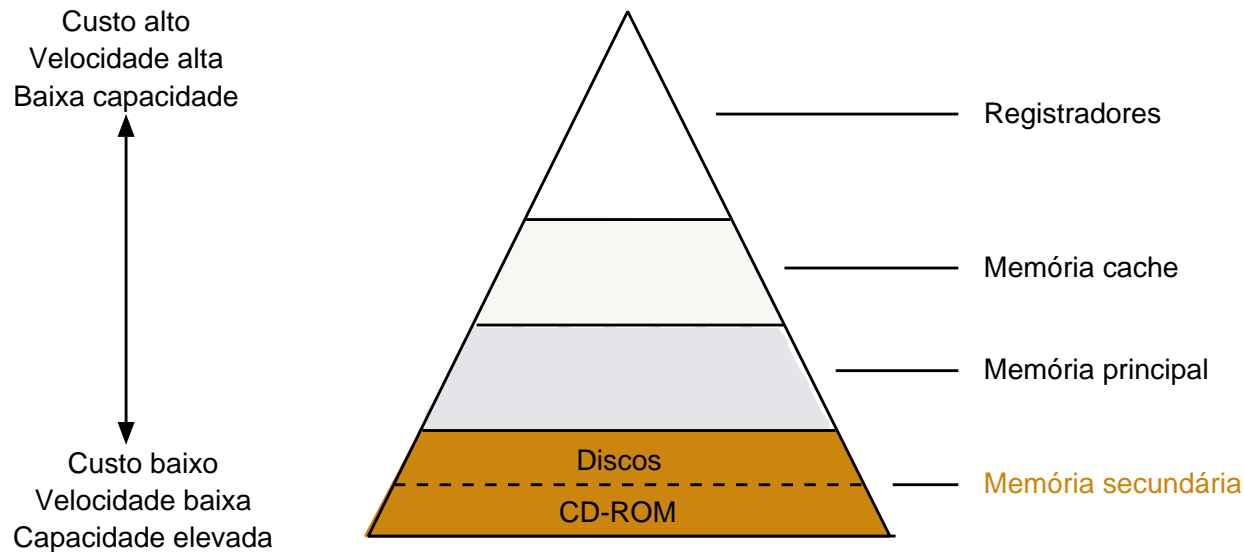
Hierarquia de Memória

Memória Principal - Parâmetros:

- *Tempo de acesso:* mais lentas que a memória Cache e mais rápidas do que as memórias secundárias
- *Capacidade:* bem maior do que a da memória Cache
- *Volatilidade:* volátil como a Cache e os registradores
- *Tecnologia:* semicondutores, memória com elementos dinâmicos DRAM
- *Temporariedade:* dados ou instruções permanecem na MP enquanto durar a execução do programa (ou até menos)
- *Custo:* mais baixo que a Cache

Hierarquia de Memória

Memória Secundária:



- Memória auxiliar ou memória de massa
- Garantia de armazenamento mais permanente aos dados e programas do usuário
- Alguns diretamente ligados: discos rígidos
- Alguns conectados quando necessário: disquetes, fitas de armazenamento, CD-ROM

Hierarquia de Memória

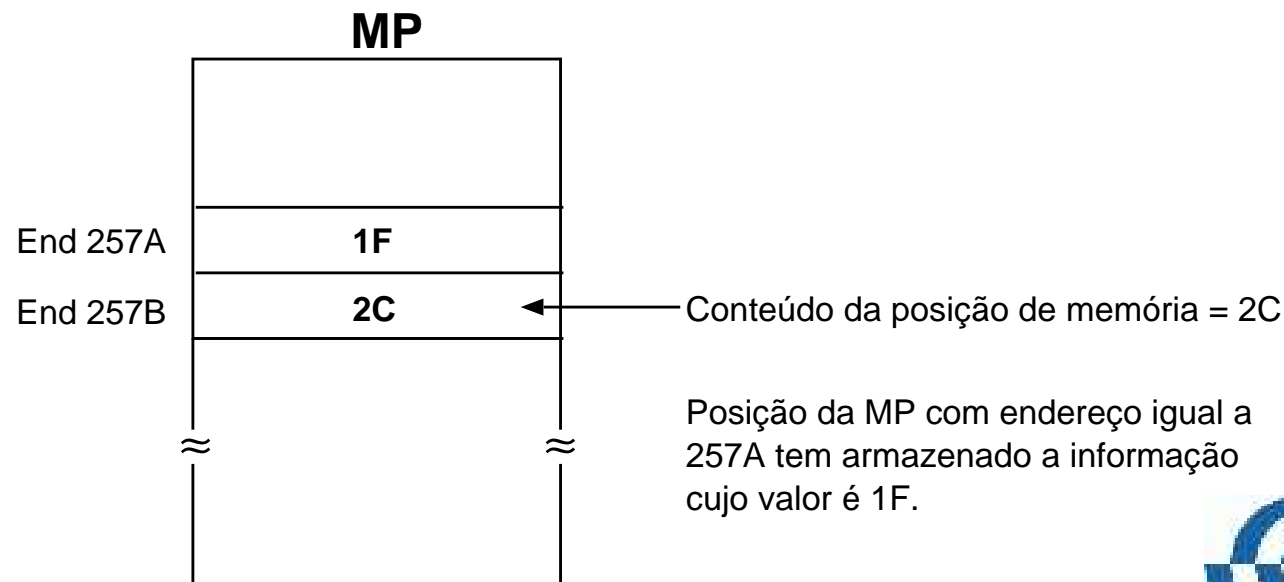
Memória Secundária:

- *Tempo de acesso:* são geralmente dispositivos eletromecânicos e portanto mais lentos do que os puramente eletrônicos.
- *Capacidade:* bem maior do que as demais memórias.
- *Volatilidade:* como armazenam informação de forma magnética ou ótica, não se perdem quando não há alimentação de energia elétrica.
- *Tecnologia:* varia bastante, diferentes tecnologias
- *Temporalidade:* caráter permanente

Memória Principal

Organização da Memória Principal (MP)

- *Instruções e dados são armazenados na MP e a UCP vai buscando-os um a um durante a execução*
- *Os comandos dos programas são descritos seqüencialmente*
- *Palavra é a unidade de informação do sistema UCP/MP que deve representar o valor de um número ou uma instrução de máquina.*
- *Endereço e conteúdo de memória:*



(Fig. 5.7 do livro texto)

Memória Principal

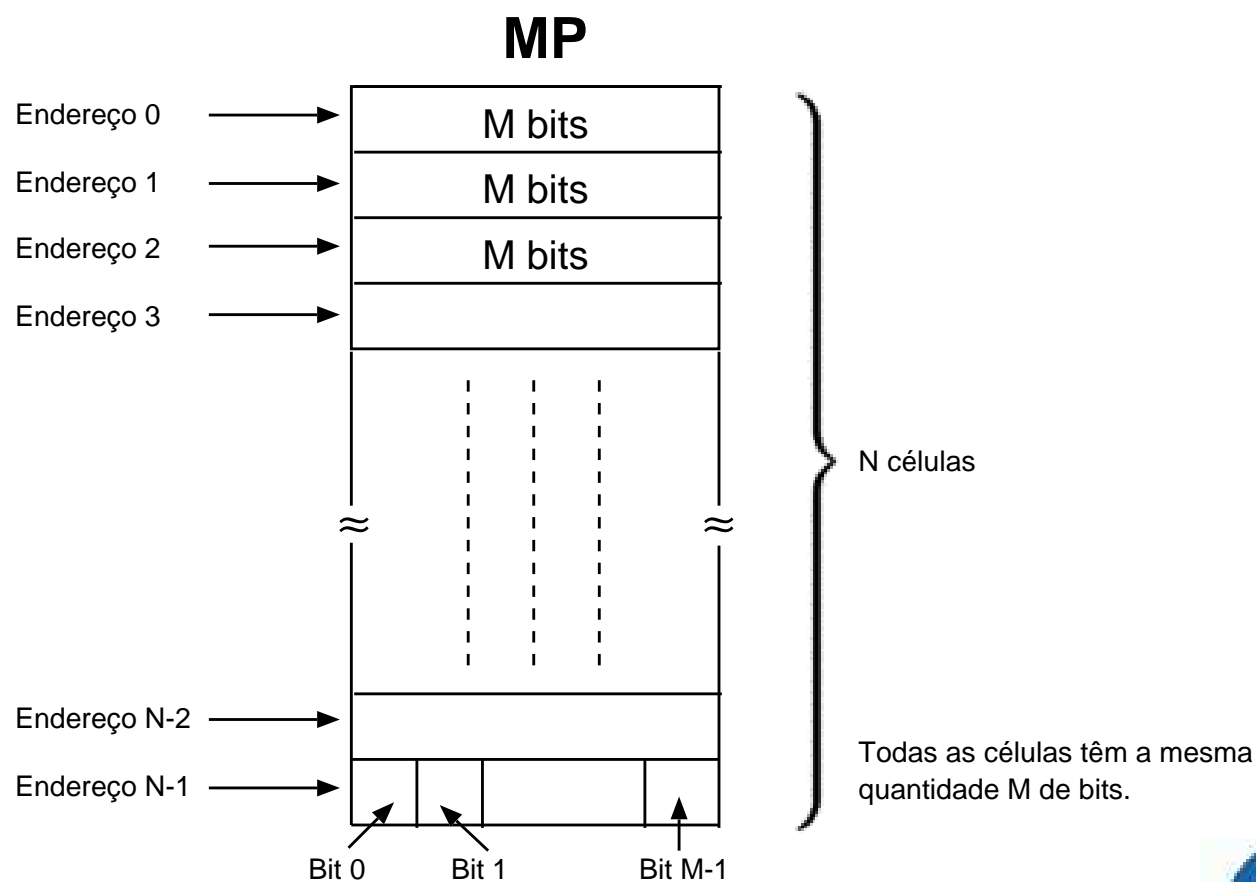
Organização da Memória Principal (MP):

- *Unidade de armazenamento: célula*
Palavra x célula

Células de 1 byte - 8 bits
Palavras de 16, 32 e até 64 bits
- *Unidade de transferência: quantidade de bits que é transferida da/para memória em uma operação de leitura/escrita*

Memória Principal

Organização da Memória Principal (MP):



(Fig. 5.8 do livro texto)

Memória Principal

Organização da Memória Principal (MP)

Características das Memórias de Semicondutores Atuais:

- Memórias de acesso aleatório (RAM- Random Access Memory)
- Ocupam relativamente pouco espaço, muitos bits em uma pastilha (chip)
- Possuem tempo de acesso pequeno

Memória Principal

Organização da Memória Principal (MP)

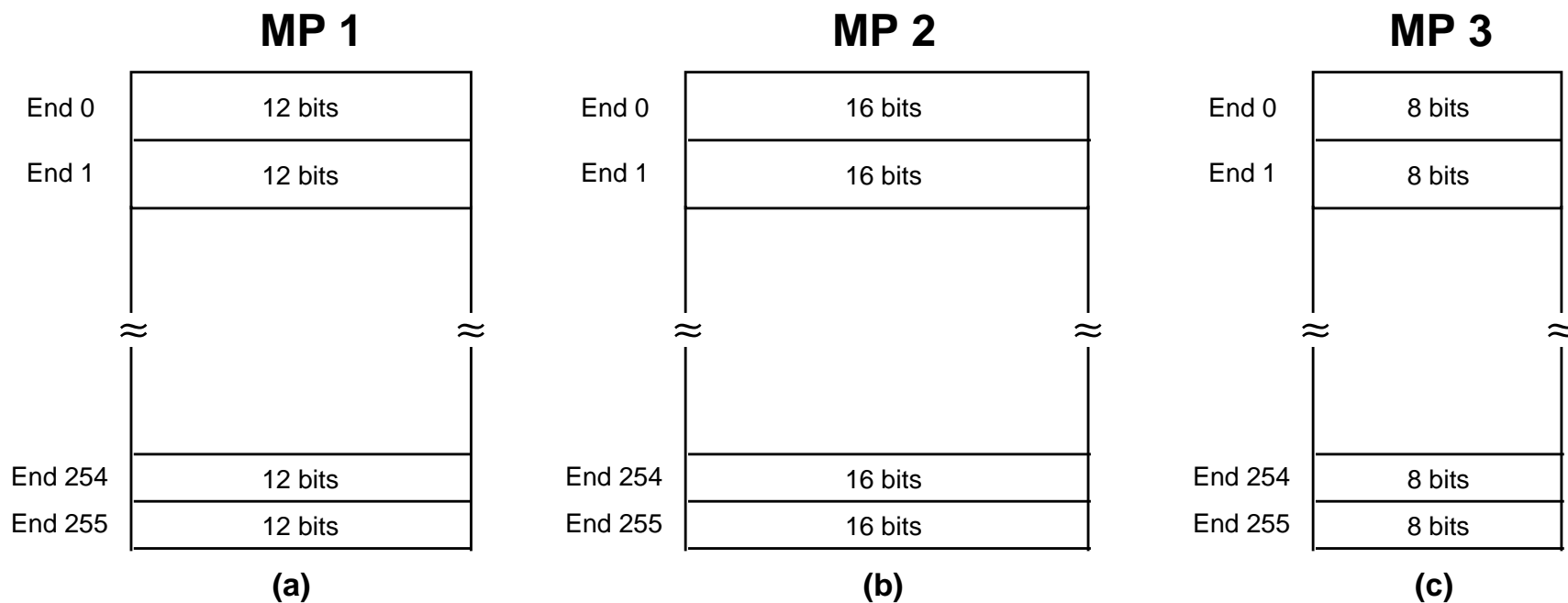
Memórias Somente de Leitura (ROM):

- Tipo de RAM que permite apenas leitura por parte da UCP ou de outros programas
- Gravação deve ser realizada eventualmente e não através de processos comuns
- Mantém permanentemente grupo de instruções que são executadas ao ligarmos o computador com o objetivo de iniciar o sistema

Memória Principal

Considerações sobre a Organização da MP

- *Quantidade de bits de uma célula:* requisito definido pelo fabricante. Usualmente 8 bits.
- *Relação endereço x conteúdo de uma célula:*



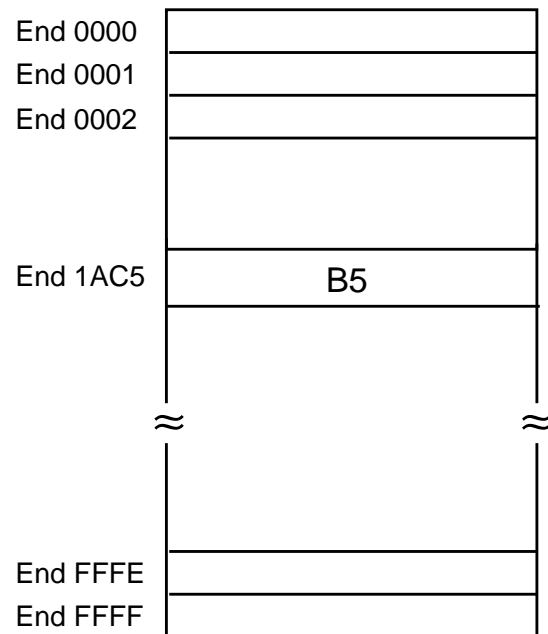
(Fig. 5.9 do livro texto)

Memória Principal

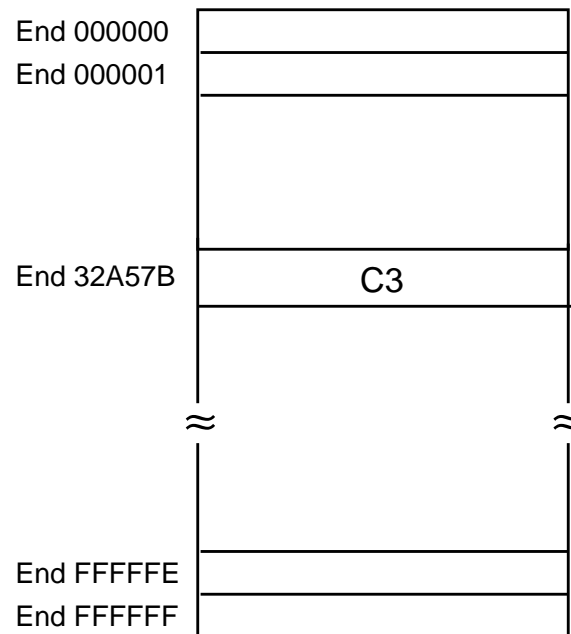
Considerações sobre a Organização da MP

- Quantidade de bits do número que representa um endereço define a quantidade máxima de endereços que uma memória pode ter.

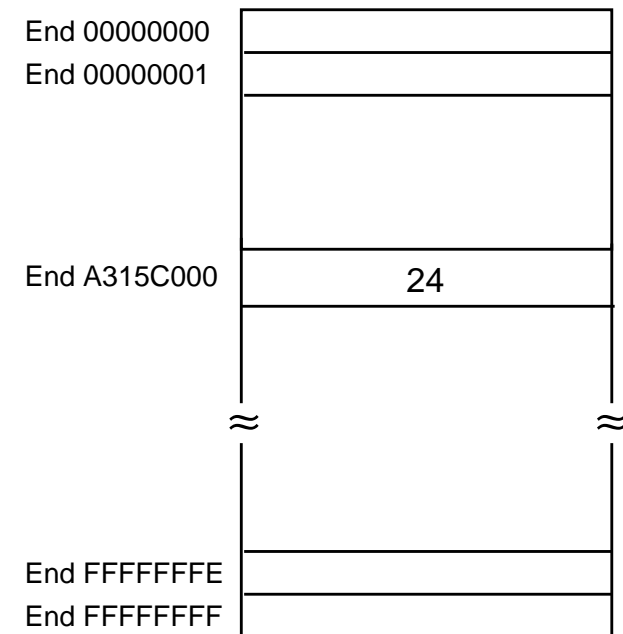
MP 1



MP 2



MP 3

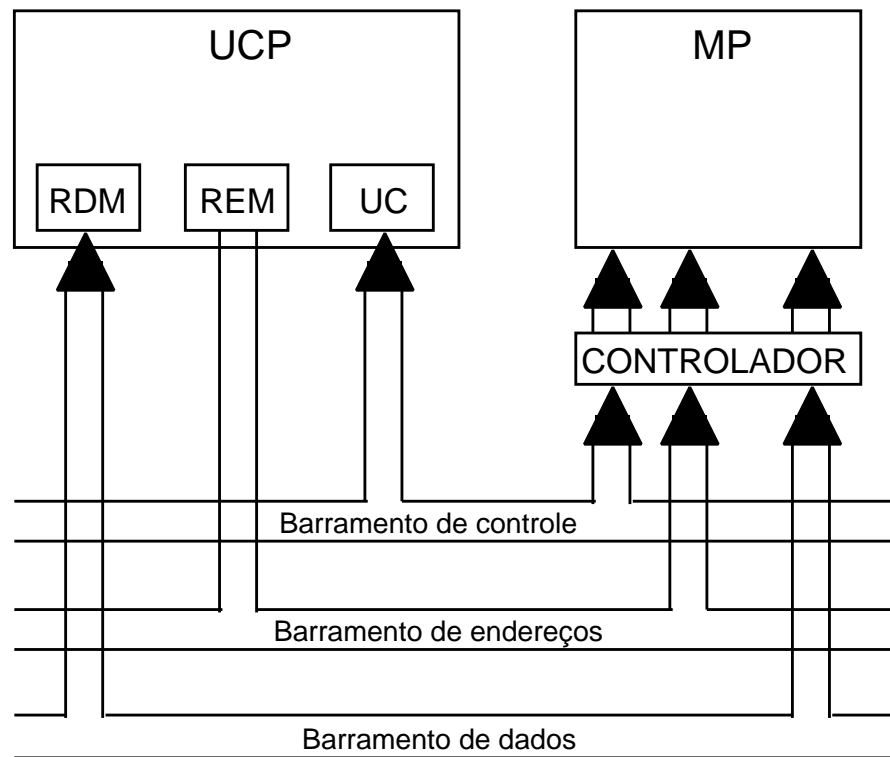


(Fig. 5.10 do livro texto)

Memória Principal

Operações com a MP

- *Escrita* - armazena informação na memória
- *Leitura* - recupera uma informação na memória



(Fig. 5.11 do livro texto)

Memória Principal

Operações com a MP

- *Registrador de Dados de Memória (RDM)*: armazena a informação que está sendo transferida da/para memória para/da UCP (leitura/escrita)
- *Barramento de Dados*: interliga o RDM à MP para transferência de informações (dados ou instruções)
- *Registrador de Endereços de Memória (REM)*: armazena um endereço de memória
- *Barramento de Endereços*: interliga o REM à MP para transferência de endereço (unidirecional)
- *Barramento de Controle*: sinais de controle (leitura, escrita, wait)
- *Controlador*: decodifica o endereço colocado no barramento para localizar a célula desejada. Controla processos de leitura/escrita

Memória Principal

Operações com a MP

Linguagem de Transferência entre Registradores (LTR):

$(REM) \leftarrow (CI)$ // Conteúdo de CI é copiado para REM

$(RDM) \leftarrow (MP(REM))$ // Conteúdo da célula da MP cujo endereço está em REM copiado para RDM

Memória Principal

Operações com a MP - leitura:

1) $(REM) \leftarrow (\text{outro registrador da UCP})$

1ª) O endereço é colocado no barramento de endereços

2) Sinal de leitura é colocado no barramento de controle

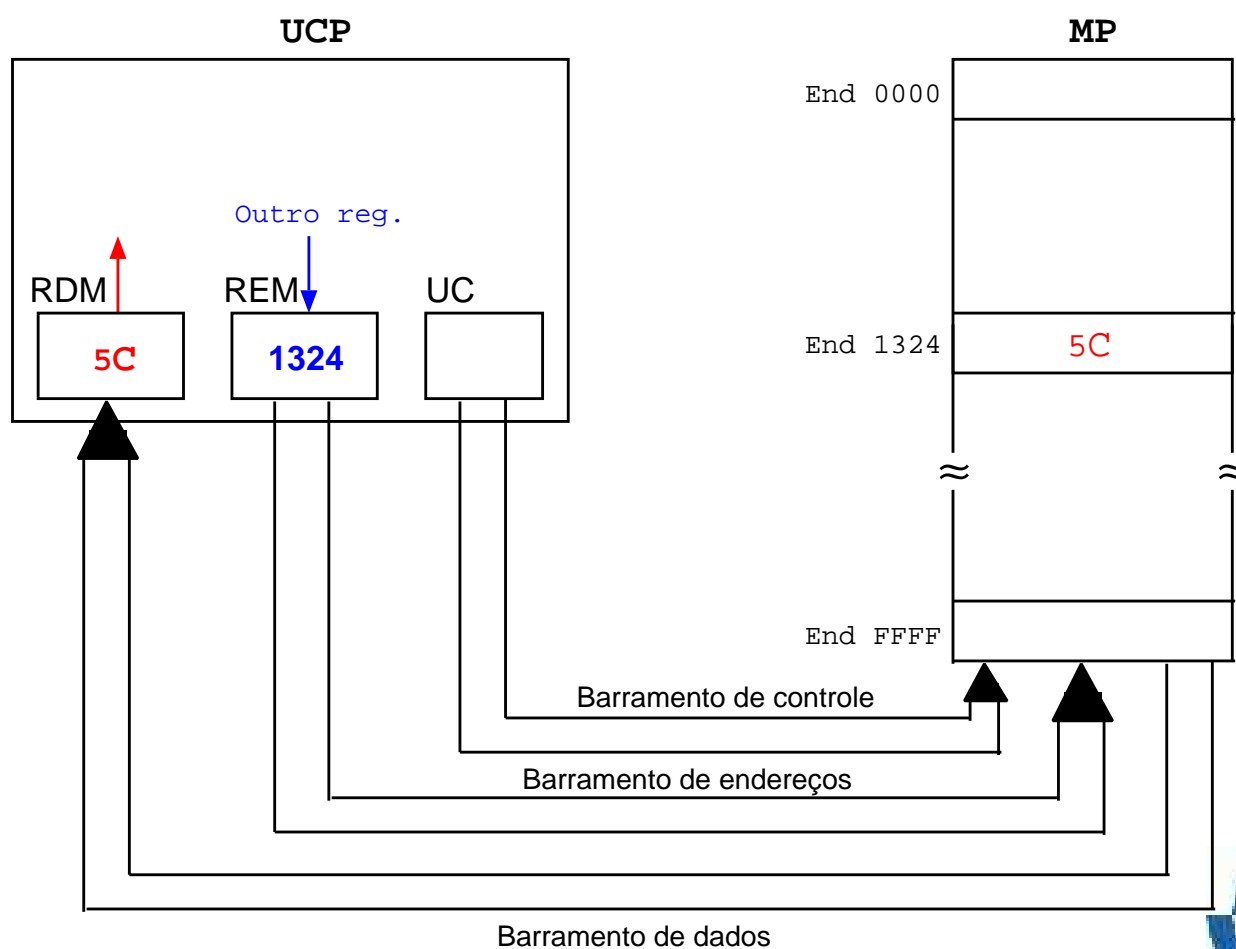
2ª) Decodificação do endereço e localização da célula

3) $(RDM) \leftarrow (MP(REM))$ pelo barramento de dados

4) $(\text{outro registrador da UCP}) \leftarrow (RDM)$

Memória Principal

Operações com a MP - leitura:

[Exemplo](#)[Voltar](#)

(Fig. 5.12 do livro texto)

Memória Principal

Operações com a MP - escrita:

1) $(REM) \leftarrow (\text{outro registrador})$

1ª) *O endereço é colocado no barramento de endereços*

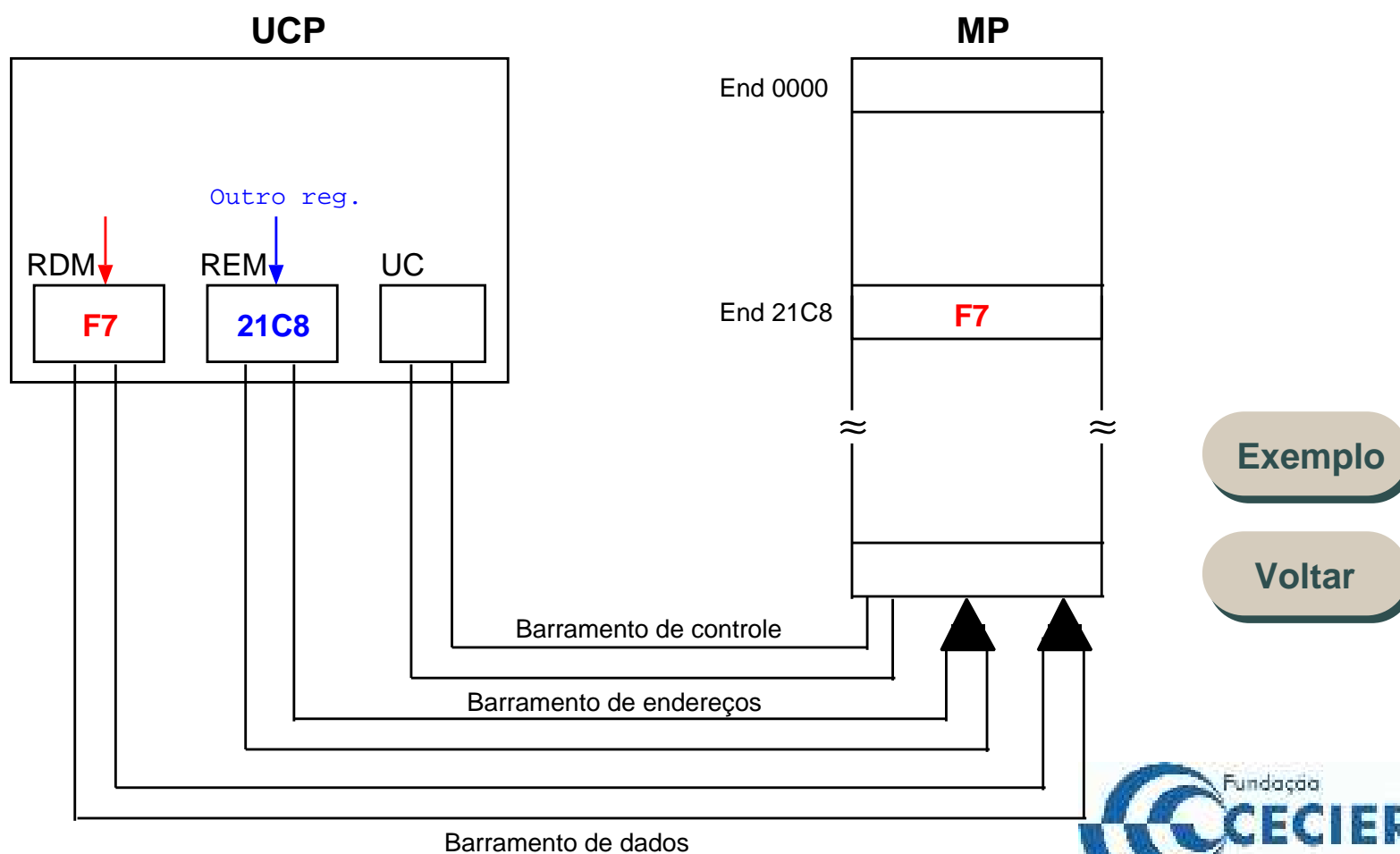
2) $(RDM) \leftarrow (\text{outro registrador})$

3) *Sinal de escrita é colocado no barramento de controle*

4) $(MP(REM)) \leftarrow (RDM)$

Memória Principal

Operações com a MP - escrita:



(Fig. 5.13 do livro texto)

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:

*Quantidade de informações que podem ser armazenadas.
Usualmente, mede-se em função da quantidade de bytes:*

- 1 Kbyte = 2^{10} bytes (Kilo)
- 1 Mbyte = 2^{20} bytes (Mega)
- 1 Gbyte = 2^{30} bytes (Giga)
- 1 Tbyte = 2^{40} bytes (Tera)
- 1 Pbyte = 2^{50} bytes (Peta)

Memória Principal

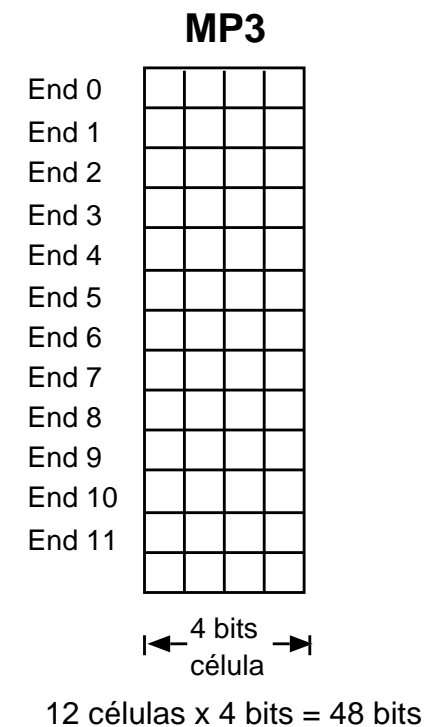
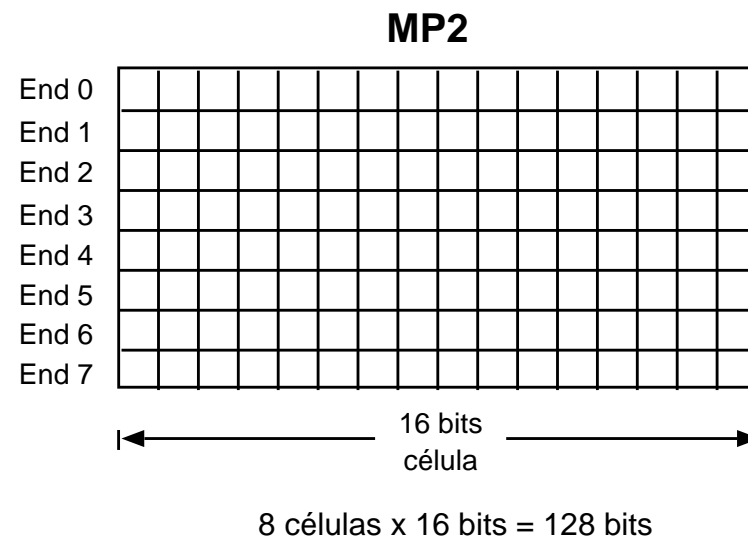
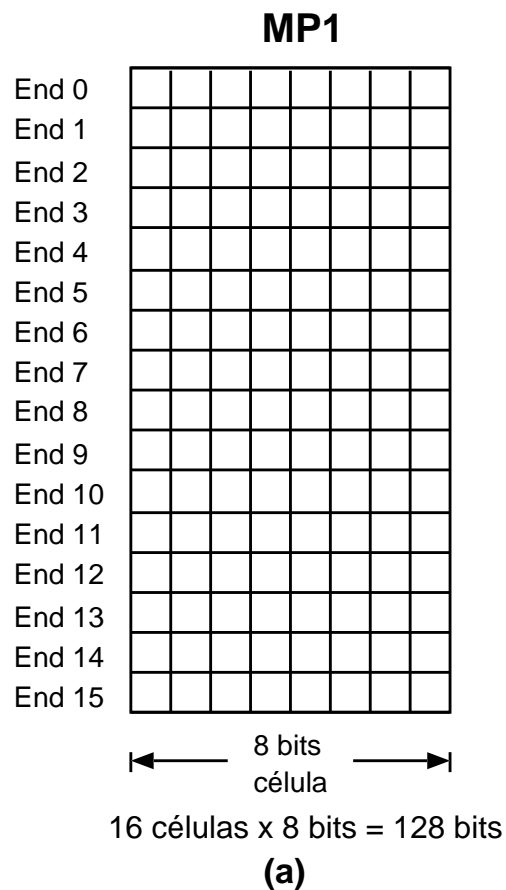
Capacidade de MP - cálculos:

Considere uma memória com N células, cada uma com M bits:

- *Pode-se armazenar em cada célula valores de 0 até $2^M - 1$*
- *Sendo E o número de bits de um endereço, $N = 2^E$*
- *O total de bits $T = N \times M$*

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:



(Fig. 5.14 do livro texto)

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:

Exemplo 1:

Uma memória RAM tem um espaço máximo de endereçamento de 2K. Cada célula pode armazenar 16 bits. Qual o valor total de bits que pode ser armazenado na memória e qual o tamanho de cada endereço?

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:

Solução:

- Espaço de endereçamento $N = 2K = 2 \times 2^{10} = 2^{11}$
- Para endereçar N células são necessários E bits, onde $N = 2^E$.
- Portanto, o tamanho de cada endereço é 11 bits.
- A memória tem $2K$ endereços e cada um corresponde a uma célula de 16 bits.
- Portanto, o total T de bits que a memória pode armazenar é :
 $2K \times 16 = 32 \text{ K bits}$

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:

Exemplo 2:

Uma memória RAM é fabricada com a possibilidade de armazenar um máximo de 256 K bits. Cada célula pode armazenar 8 bits. Qual é o tamanho de cada endereço e qual é o total de células que podem ser utilizadas naquela RAM?

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:

Solução:

- *Total de bits = $T = 256 K = 2^8 \times 2^{10} = 2^{18}$*
- *1 célula = 8 bits. $M = 8 = 2^3$*
- *Sendo $T = N \times M$, então $N = T/M = 256K/8 = 32 K = 2^{15}$*
- *$N = 2^E = 2^{15}$. $E = 15$*
- *Portanto, o tamanho de cada endereço é 15 bits e o total de células é 32 K*

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:

Exemplo 3:

Um computador, cuja memória RAM tem uma capacidade máxima de armazenamento de 2K palavras de 16 bits cada, possui um REM e um RDM. Qual o tamanho destes registradores? Qual o valor do maior endereço dessa MP e qual a quantidade de bits que nela pode ser armazenada?

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:

Solução:

- *Total de endereços = $N = 2K = 2^{11} = 2^E$. Logo $E = 11$ bits*
- *REM deve ter um tamanho de 11 bits, pois guarda endereços*
- *Se a palavra (M) tem 16 bits, RDM deve ter o mesmo tamanho, pois guarda dados*
- *Total de bits = $T = N \times M = 2K \times 16 = 32K$ bits*
- *Como o total de endereços é $2K$, o maior endereço é $2K - 1 = 2047$*

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:

Exemplo 4:

Um processador possui um RDM com capacidade de armazenar 32 bits e um REM com capacidade de armazenar 24 bits. Sabendo-se que em cada acesso são lidas 2 células da memória RAM e que o barramento de dados tem tamanho igual ao da palavra, pergunta-se: a) Qual é a capacidade máxima de endereçamento do microcomputador em questão? b) Qual é o tamanho total de bits que podem ser armazenados na memória RAM? c) Qual é o tamanho da palavra e de cada célula?

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:

a) Qual é a capacidade máxima de endereçamento do microcomputador em questão?

Solução:

- *Se REM=24 bits, que armazena o endereço, a capacidade de endereçamento é 2^{24}*
- *$2^{24} = 16 \text{ M}$ endereços ou células*

Memória Principal

Capacidade de MP- cálculos:

b) Qual é o total máximo de bits que podem ser armazenados na memória RAM?

Solução:

- *Total de bits = $T = N \times M$, onde $M = 1$ célula e $N = \text{Total de células} = 16 \text{ M} = 2^{24}$*
- *Como o RDM = 32 bits guarda 2 células*
- *1 célula = 16 bits*
- *$T = 16 \times 16 \text{ M} = 256 \text{ M bits}$*

Memória Principal

Capacidade de MP- cálculos:

c) Qual é o tamanho da palavra e de cada célula da máquina?

Solução:

- *Tamanho da palavra é igual ao $BD = RDM = 32$ bits*
- *O tamanho de cada célula é 16 bits (em cada acesso são lidas 2 células)*

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:

Exemplo 5:

Um processador possui um BE com capacidade de permitir a transferência de 33 bits de cada vez. Sabe-se que o BD permite a transferência de 4 palavras em cada acesso e que cada célula da memória RAM armazena um oitavo de cada palavra. Considerando que a memória pode armazenar um máximo de 64 Gbits, pergunta-se:

a) Qual é a quantidade máxima de células que podem ser armazenadas na memória? b) Qual é o tamanho do REM e BD existentes neste processador? c) Qual é o tamanho de cada célula e da palavra desta máquina?

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:

a) Qual é a quantidade máxima de células que podem ser armazenadas na memória RAM?

Solução:

- *Se REM=33 bits, que armazena o endereço, a capacidade de endereçamento é 2^{33}*
- *$2^{33} = 8 \text{ G}$ endereços ou células*

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:

b) Qual é o tamanho do REM e BD existentes neste processador?

Solução:

- Como Total de bits = $T = N \times M$, onde $M = 1$ célula, então $M = T/N$ ou $M = 64\text{ G} / 8\text{ G} = 8\text{ bits}$
- Como palavra = 8 células, palavra = 64 bits
- Como BD transfere 4 palavras, BD = 256 bits
- REM = BE = 33 bits

Memória Principal

Capacidade de MP - cálculos:

c) Qual é o tamanho de cada célula e palavra desta máquina?

Solução:

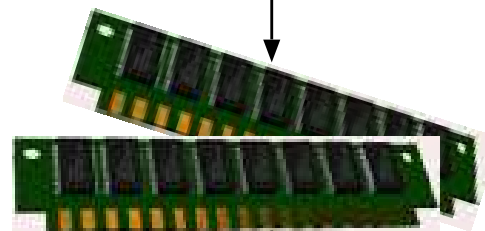
- *Como Total de bits = $T = N \times M$, onde $M = 1$ célula, então $M = T/N$ ou $M = 64\text{ G} / 8\text{ G} = 8\text{ bits}$*
- *Como palavra = 8 células, palavra = 64 bits*

Memória Principal

Tipos e Nomenclatura de MP



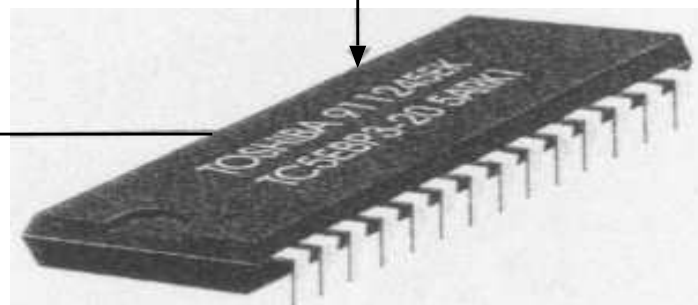
Disco rígido (HD)



Memória principal (RAM)



Processador (UCP) registradores



Memória cache

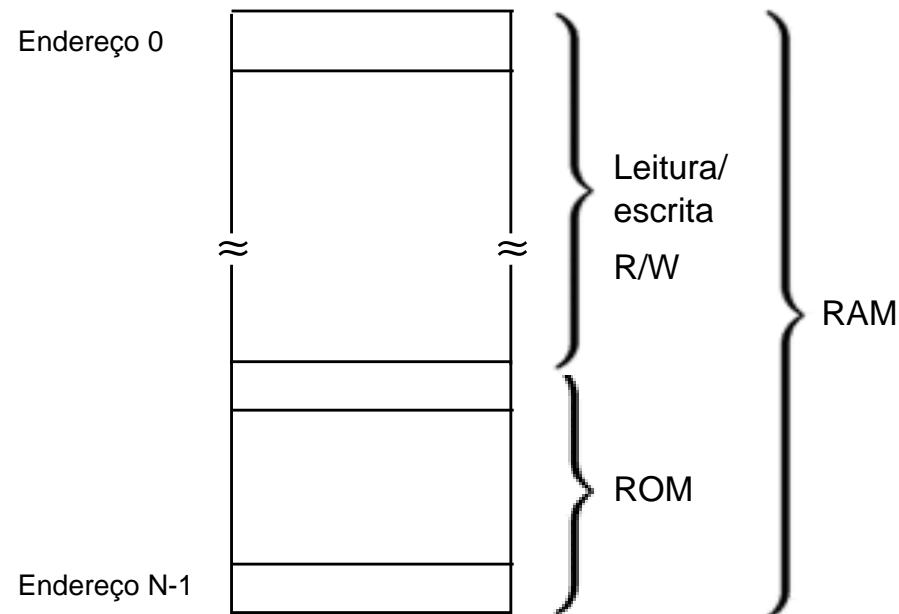
Memória Principal

Tipos e Nomenclatura de MP

- *MP é popularmente denominada Memória RAM (random access memory)*
- *Variações:*
 - *SRAM - Static RAM - mais cara, mais rápida, usada na fabricação de cache*
 - *DRAM - Dynamic RAM - usado na fabricação de MP tradicional, diversos fabricantes com muitas nuances*
 - *ROM - Read only memory - não volátil - programa de bootstrap, boot ou IPL - Initial Program Load*

Memória Principal

Tipos e Nomenclatura de MP



(Fig. 5.16(a) do livro texto)

Memória Principal

Memória do Tipo ROM

Objetivos:

- *Ter desempenho semelhante ao das memórias R/W de semicondutores*
- *Não ser volátil*
- *Ter segurança, permitir apenas leitura de seu conteúdo por determinados programas. Há determinados programas críticos que não gostaríamos de ver infectados por vírus.*

Memória Principal

Memória do Tipo ROM

Aplicações:

- *Guardar conjunto de rotinas básicas do Sistema Operacional.
Por exemplo: em microcomputadores, sistema básico de entrada e saída- BIOS*
- *Sistemas de controle de processos, como forno de microondas, videogames, sistemas de injeção eletrônica*

Erros

- *A memória principal (MP) utiliza um meio de transmissão (barramento de dados) para trânsito da informação entre MP e a UCP*
- *Esse trânsito sofre interferências que podem alterar o valor de 1 ou mais bits (de 0 para 1 ou de 1 para 0)*

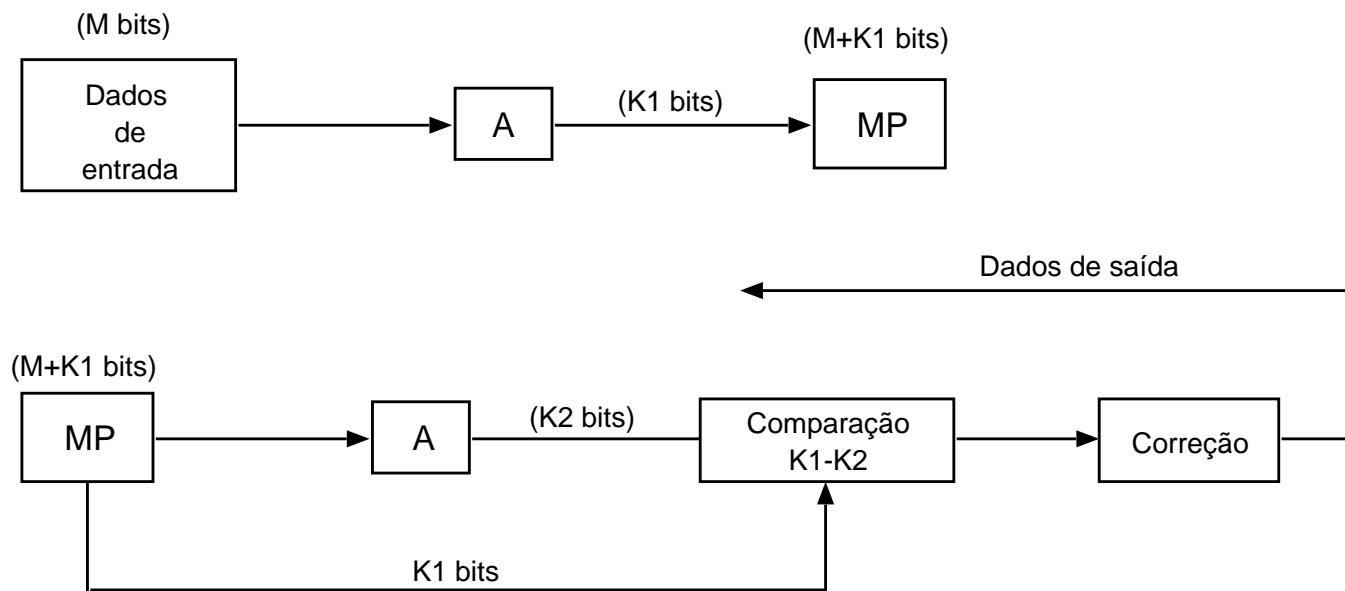
Erros

Processo básico de detecção e correção de erros:

- *Grupos de M bits a serem gravados nas células da MP sofrem um processamento, segundo um algoritmo A e produz como resultado $K + M$ bits*
- *Serão gravados em células com capacidade para armazenar $M+K$ bits*
- *Ao ser recuperada uma determinada célula, o sistema de detecção é acionado, o mesmo algoritmo A é executado sobre os M bits obtendo-se um novo conjunto K_2*
- *Conjuntos têm o mesmo valor - ausência de erros*
- *Conjuntos com valores diferentes - existência de erros*

Erros

Código de Correção de Erros:



(Fig. 5.19 do livro texto)