

**SSC 140 - SISTEMAS OPERACIONAIS I**  
Turmas A e B

**Aula 13 – Gerenciamento de Memória**

Profa. Sarita Mazzini Bruschi

Slides de autoria de  
Luciana A. F. Martimiano baseados no livro  
*Sistemas Operacionais Modernos* de A. Tanenbaum

## Gerenciamento de Memória

### Memória Virtual (MV)

- Programas maiores que a memória eram divididos em pedaços menores chamados *overlays*;
  - Programador define áreas de *overlay*;
  - Vantagem: expansão da memória principal;
  - Desvantagem: custo muito alto;

2

## Gerenciamento de Memória

### Memória Virtual (MV)

- Sistema operacional é responsável por dividir o programa em *overlays*;
- Sistema operacional realiza o chaveamento desses pedaços entre a memória principal e o disco;
- Década de 60: ATLAS → primeiro sistema com MV (Universidade Manchester - Reino Unido);
- 1972: sistema comercial: IBM System/370;

3

## Gerenciamento de Memória

### Memória Virtual (MV)

- Com MV existe a sensação de se ter mais memória principal do que realmente se tem;
- O hardware muitas vezes implementa funções da gerência de memória virtual:
  - SO deve considerar características da arquitetura;

4

## Gerenciamento de Memória

### Memória Virtual

- Espaço de Endereçamento Virtual de um processo é formado por todos os endereços virtuais que esse processo pode gerar;
- Espaço de Endereçamento Físico de um processo é formado por todos os endereços físicos/reais aceitos pela memória principal (RAM);

5

## Gerenciamento de Memória

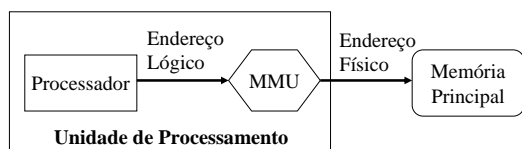
### Memória Virtual

- Um processo em Memória Virtual faz referência a endereços virtuais e não a endereços reais de memória RAM;
- No momento da execução de uma instrução, o endereço virtual é traduzido para um endereço real, pois a CPU manipula apenas endereços reais da memória RAM → MAPEAMENTO;

6

## Gerenciamento de Memória Mapeamento MV

- MMU: Realiza mapeamento dos endereços lógicos (usados pelos processos) para endereços físicos;



7

## Gerenciamento de Memória Memória Virtual

### Técnicas de MV:

- **Paginação:**
  - Blocos de tamanho fixo chamados de **páginas**;
  - SO mantém uma lista de todas as páginas;
  - Endereços Virtuais formam o espaço de endereçamento virtual;
  - O espaço de endereçamento virtual é dividido em páginas virtuais;
  - Mapeamento entre endereços reais e virtuais realizado pela MMU;
- **Segmentação:**
  - Blocos de tamanho arbitrário chamados **segmentos**;

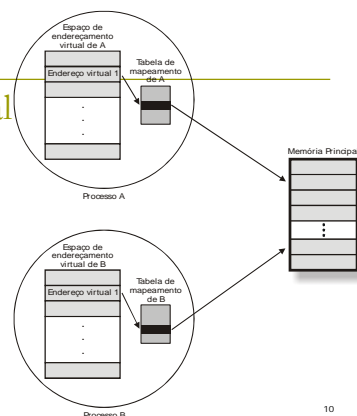
8

## Gerenciamento de Memória Memória Virtual - Paginação

- Memória Principal e Memória Secundária são organizadas em páginas de mesmo tamanho;
- Página é a unidade básica para transferência de informação;
- **Tabela de páginas:** responsável por armazenar informações sobre as páginas virtuais:
  - argumento de entrada → número da página virtual;
  - argumento de saída (resultado) → número da página real (ou moldura de página - *page frame*);

9

## Gerenciamento de Memória Memória Virtual Paginação



10

## Gerenciamento de Memória Memória Virtual

### Exemplo:

- Páginas de 4Kb
  - 4096 bytes/endereços (0-4095);
- 64Kb de espaço virtual;
- 32Kb de espaço real;
- Temos:
  - 16 páginas virtuais;
  - 8 páginas reais;

11

## Gerenciamento de Memória Memória Virtual

### Espaço Virtual X Tamanho da Página

Espaço de Endereçamento Virtual	Tamanho da página	Número de páginas	Número de entradas nas tabela de páginas
$2^{32}$ endereços	512 bytes	$2^{23}$	$2^{23}$
$2^{32}$ endereços	4 kbytes	$2^{20}$	$2^{20}$
$2^{64}$ endereços	4 kbytes	$2^{52}$	$2^{52}$
$2^{64}$ endereços	64 kbytes	$2^{48}$	$2^{48}$

12

## Gerenciamento de Memória

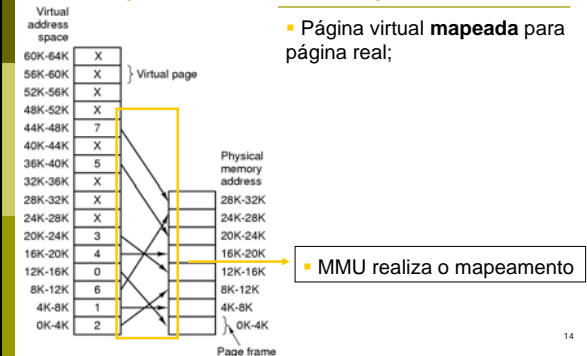
### Memória Virtual - Paginação

- Problemas:
  - Fragmentação interna;
  - Definição do tamanho das páginas;
    - Geralmente a MMU que define e não o SO;
    - Páginas maiores: leitura mais eficiente, tabela menor, mas maior fragmentação interna;
    - Páginas menores: leitura menos eficiente, tabela maior, mas menor fragmentação interna;
    - Tamanhos possíveis entre 512 bytes a 64 KB;
- Mapa de bits ou uma lista encadeada com as páginas livres;

13

## Gerenciamento de Memória

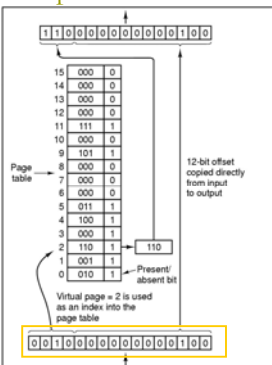
Endereço Virtual → Endereço Real



14

## Gerenciamento de Memória

### Mapeamento da MMU

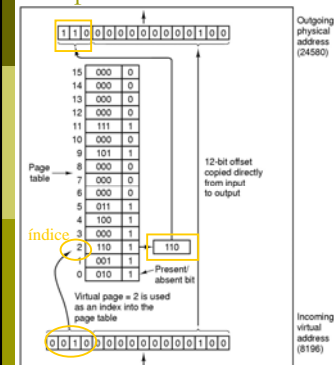


- Operação interna de uma MMU com 16 páginas de 4Kb;
- Endereço virtual de **16 bits**: 4 bits para nº de páginas e 12 para deslocamento;
- Com 4 bits é possível ter 16 páginas virtuais ( $2^4$ );
- 12 bits para deslocamento
- é possível endereçar os 4096 bytes;

15

## Gerenciamento de Memória

### Mapeamento da MMU



- Número da página virtual é usado como índice;
- Se página está na memória RAM, então o nº da página real (110) é copiado para os três bits mais significativos do endereço de saída (real), juntamente com o deslocamento sem alteração;
- Endereço real com 15 bits é enviado à memória;

16

## Gerenciamento de Memória

### Memória Virtual - Paginação

- ❑ A Tabela de páginas pode ser armazenada de três diferentes maneiras:
    - Em um conjunto de registradores, se a memória for pequena;
      - ❑ Vantagem: rápido
      - ❑ Desvantagem: precisa carregar toda a tabela nos registradores a cada chaveamento de contexto
    - Na própria memória RAM → MMU gerencia utilizando dois registradores:
      - ❑ Registrador Base da tabela de páginas (PTBR – *page table base register*): indica o endereço físico de memória onde a tabela está alocada;
      - ❑ Registrador Limite da tabela de páginas (PTLR – *page table limit register*): indica o número de entradas da tabela (número de páginas);
      - ❑ Dois acessos à memória;
- 17

47

## Gerenciamento de Memória

### Memória Virtual - Paginação

- Em uma memória *cache* na MMU chamada Memória Associativa:
  - Também conhecida como TLB (*Translation Lookaside Buffer* - *buffer* de tradução dinâmica);
  - Hardware especial para mapear endereços virtuais para endereços reais sem ter que passar pela tabela de páginas na memória principal;
  - Melhora o desempenho;

10

## Gerenciamento de Memória

### Memória Virtual - Paginação

- Estrutura de uma tabela de páginas (normalmente 32 bits)



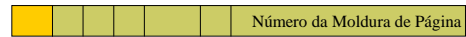
Identifica a página real;  
Campo mais importante;

19

## Gerenciamento de Memória

### Memória Virtual - Paginação

- Estrutura de uma tabela de páginas (normalmente 32 bits)



**Bit de Residência:**  
Se valor igual 1, então entrada válida para uso;  
Se valor igual 0, então entrada inválida, pois  
página virtual correspondente não está na memória;

20

## Gerenciamento de Memória

### Memória Virtual - Paginação

- Estrutura de uma tabela de páginas (normalmente 32 bits)



**Bits de Proteção:**  
Indicam tipos de acessos permitidos:  
1 bit → 0 – leitura/escrita  
          1 – leitura  
3 bits → 0 – Leitura  
          1 – Escrita  
          2 – Execução

21

## Gerenciamento de Memória

### Memória Virtual - Paginação

- Estrutura de uma tabela de páginas (normalmente 32 bits)



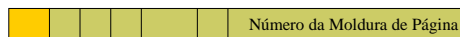
**Bit de Modificação (Bit M):**  
Controla o uso da página;  
Se valor igual a 1, página foi escrita;  
                                  página é copiada para o disco  
Se valor igual a 0, página não foi modificada;  
                                  página não é copiada para o disco;

22

## Gerenciamento de Memória

### Memória Virtual - Paginação

- Estrutura de uma tabela de páginas (normalmente 32 bits)



**Bit de Referência (Bit R):**  
Controla o uso da página;  
Auxilia o SO na escolha da página que deve deixar a MP (RAM);  
Se valor igual a 1, página foi referenciada (leitura/escrita);  
Se valor igual a 0, página não referenciada;

23

## Gerenciamento de Memória

### Memória Virtual - Paginação

- Estrutura de uma tabela de páginas (normalmente 32 bits)



**Bit de Cache:**  
Necessário quando os dispositivos de entrada/saída  
são mapeados na memória e não em um endereçamento  
específico de E/S;

24

## Gerenciamento de Memória

### Memória Associativa (TLB)

Bit R	Página Virtual	Bit M	Bits de Proteção	Página Física
1	140	1	RW	31
1	20	0	R X	38
1	130	1	RW	29
1	129	1	RW	62
1	19	0	R X	50
1	21	0	R X	45
1	860	1	RW	14
1	861	1	RW	75

Até 32/64 entradas

25

## Gerenciamento de Memória

### Alocação de Páginas

- ❑ Quantas páginas reais serão alocadas a um processo?
- ❑ Duas estratégias:
  - **Alocação fixa ou estática:** cada processo tem um número máximo de páginas reais, definido quando o processo é criado;
    - ❑ O limite pode ser igual para todos os processos;
    - ❑ **Vantagem:** simplicidade;
    - ❑ **Desvantagens:** (i) número muito pequeno de páginas reais pode causar muita paginação (troca de páginas da memória principal); (ii) número muito grande de páginas reais causa desperdício de memória principal;

26

## Gerenciamento de Memória

### Alocação de Páginas

- **Alocação variável ou dinâmica:** número máximo de páginas reais alocadas ao processo varia durante sua execução;
  - ❑ **Vantagem:** (i) processos com elevada taxa de paginação podem ter seu limite de páginas reais ampliado; (ii) processos com baixa taxa de paginação podem ter seu limite de páginas reais reduzido;
  - ❑ **Desvantagem:** monitoramento constante;

27

## Gerenciamento de Memória

### Busca de Página

- ❑ Política de busca de página: determina quando uma página deve ser carregada para a memória
- ❑ Três estratégias:
  - **Paginação simples:**
    - ❑ Todas as páginas virtuais do processo são carregadas para a memória principal;
    - ❑ Assim, sempre todas as páginas são válidas;
  - **Paginação por demanda (Demand Paging):**
    - ❑ Apenas as páginas referenciadas são carregadas na memória principal;
    - ❑ Quais páginas virtuais foram carregadas → Bit de controle (bit de residência);
    - ❑ Página inválida;
  - **Paginação antecipada (Anticipatory Paging)**
    - ❑ Carrega para a memória principal, além da página referenciada, outras páginas que podem ou não ser necessárias para o processo

28

## Gerenciamento de Memória

### Busca de Página

- ❑ **Página inválida:** MMU gera uma interrupção de proteção e aciona o sistema operacional;
  - Se a página está fora do espaço de endereçamento do processo, o processo é abortado;
  - Se a página ainda não foi carregada na memória principal, ocorre uma **falta de página** (*page fault*);

29

## Gerenciamento de Memória

### Busca de Página

- ❑ **Falta de Página:**
  - Processo é suspenso e seu descritor é inserido em uma **fila especial** – fila dos processos esperando uma página virtual;
  - Uma página real livre deve ser alocada;
  - A página virtual acessada deve ser localizada no disco;
  - Operação de leitura de disco, indicando o endereço da página virtual no disco e o endereço da página real alocada;

30

## Gerenciamento de Memória

### Busca de Página

---

- ▣ Após a leitura do disco:
  - Tabela de páginas do processo é corrigida para indicar que a página virtual agora está válida e está na página real alocada;
    - ▣ *Pager*: carrega páginas específicas de um processo do disco para a memória principal;
  - O descritor do processo é retirado da **fila especial** e colocado na fila do processador;

31