



Universidade Federal da Bahia



Sistemas Operacionais

MATA58

Prof. Maycon Leone M. Peixoto

mayconleone@dcc.ufba.br

Programa

- Introdução aos Sistemas Operacionais
- Processos
- **Gerência de Memória**
- Sistemas de Arquivos
- Entrada/saída
- Segurança
- Exemplos de Sistemas Operacionais

Gerenciamento de Memória

- Hierarquia de Memória
- Alocação particionada estática e dinâmica
- Gerenciamento dos espaços
- Swapping
- Memória virtual
 - Paginação e segmentação

Gerenciamento de Memória

O que fazer quando não existe espaço suficiente para todos os processos ativos?

▣ **Swapping**

- Chaveamento de processos inteiros entre a memória principal e o disco

▣ **Overlays → Memória Virtual**

- Programas são divididos em pedaços menores
- Pedaços são chaveados entre a memória principal e o disco

Gerenciamento de Memória

▣ **Swapping:**

- chaveamento de processos inteiros entre a memória principal e o disco;
- Transferência do processo da memória principal para a memória secundária (normalmente disco): *Swap-out*;
- Transferência do processo da memória secundária para a memória principal: *Swap-in*;
- Pode ser utilizado tanto com partições fixas quanto com partições variáveis;

Gerenciamento de Memória

Memória Virtual (MV)

- Programas maiores que a memória eram divididos em pedaços menores chamados *overlays* □ programador;
 - Desvantagem: custo muito alto;

- Memória Virtual:
 - Sistema operacional é responsável por dividir o programa em *overlays*;
 - Sistema operacional realiza o chaveamento desses pedaços entre a memória e o disco;

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;

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;

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;

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/reaís aceitos pela memória principal (RAM);

Gerenciamento de Memória

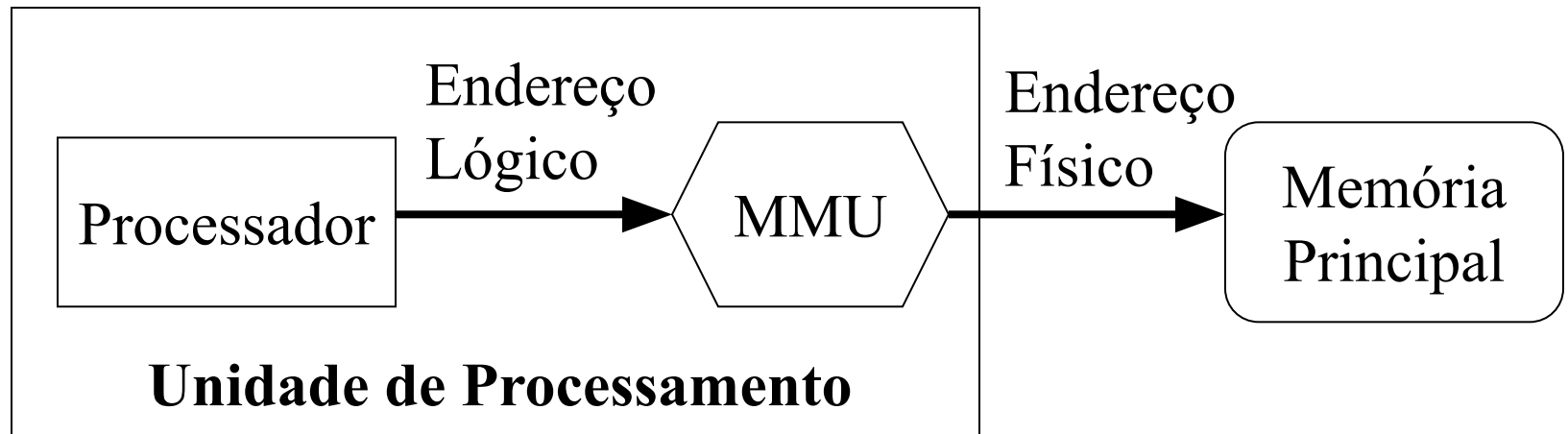
Memória Virtual

- Um processo em Memória Virtual faz referência a endereços virtuais e não a endereço 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;

Gerenciamento de Memória

Mapeamento MV

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



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**;

Gerenciamento de Memória

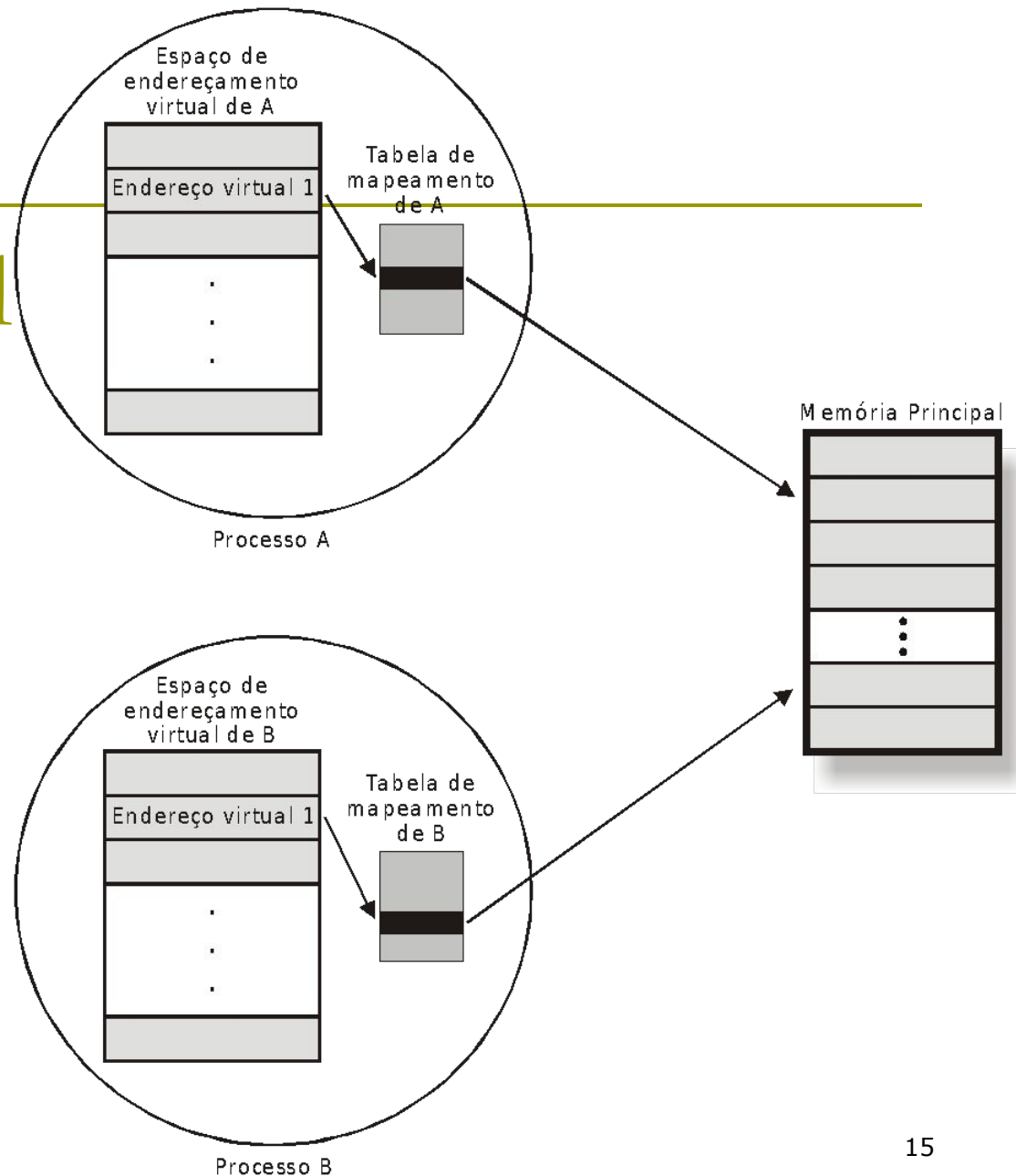
Memória Virtual - Paginação

- 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*);

Gerenciamento de Memória

Memória Virtual

Paginação



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;

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}

Gerenciamento de Memória

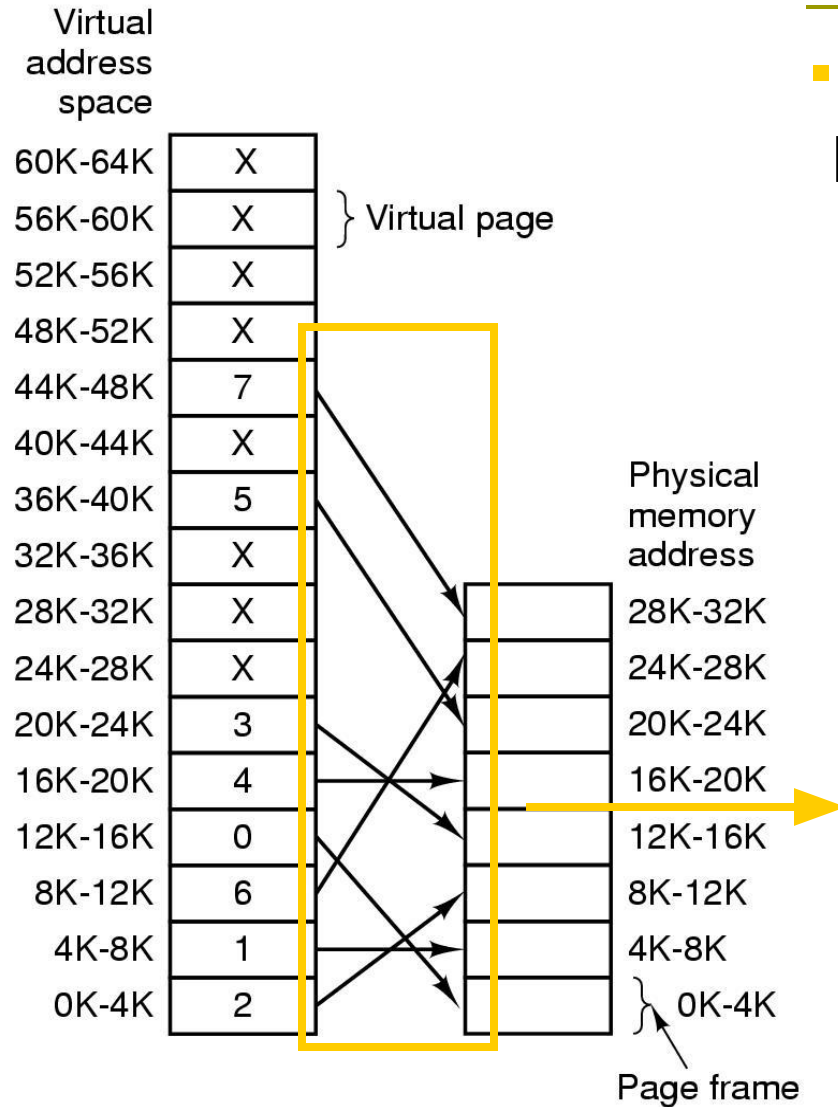
Memória Virtual - Paginação

❑ 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;

Gerenciamento de Memória

Endereço Virtual Endereço Real

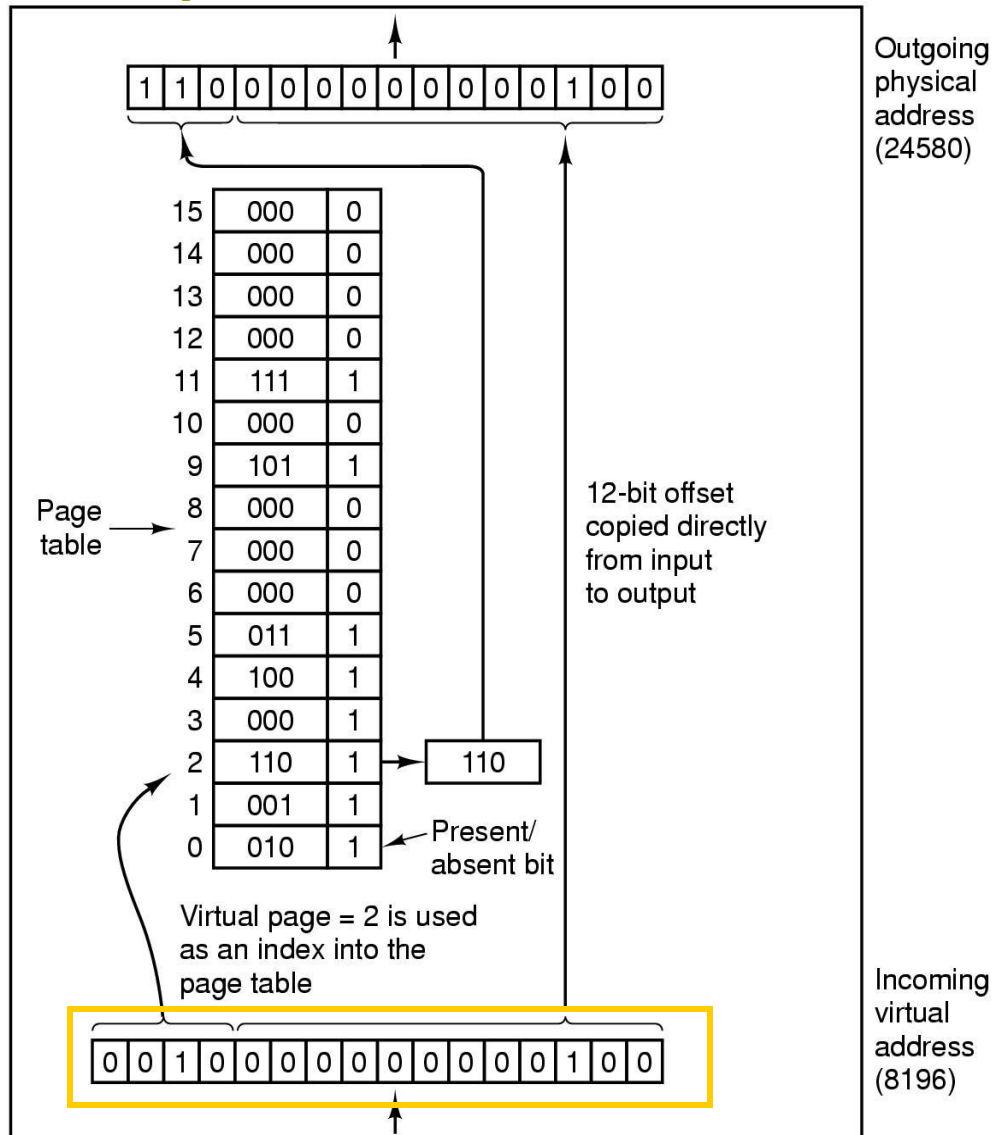


- Página virtual **mapeada** para página real;

■ MMU realiza o mapeamento

Gerenciamento de Memória

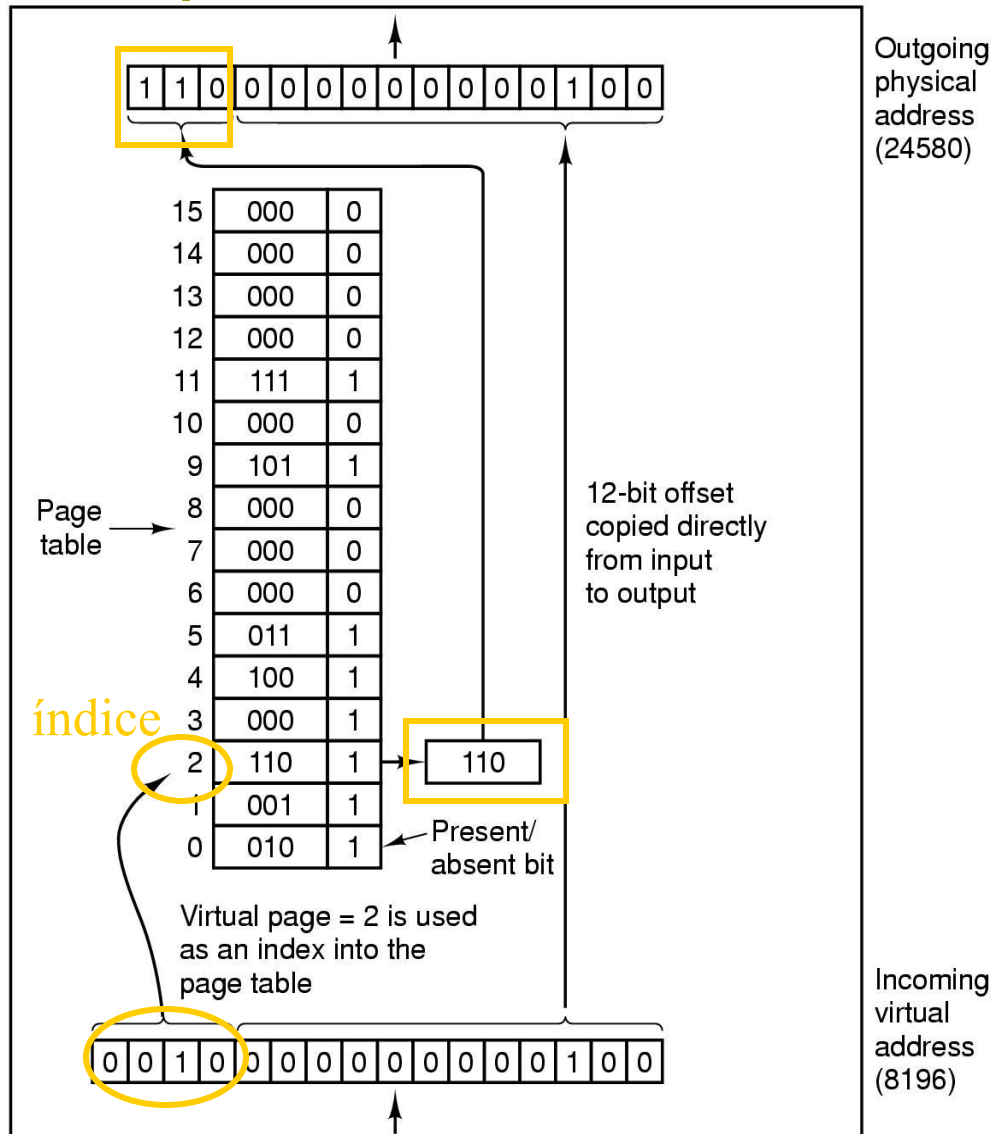
Mapeamento da MMU



- 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;

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;

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;

Gerenciamento de Memória

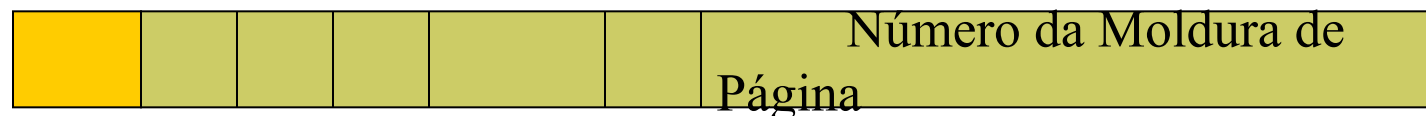
Memória Virtual - Paginação

- 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;

Gerenciamento de Memória

Memória Virtual - Paginação

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

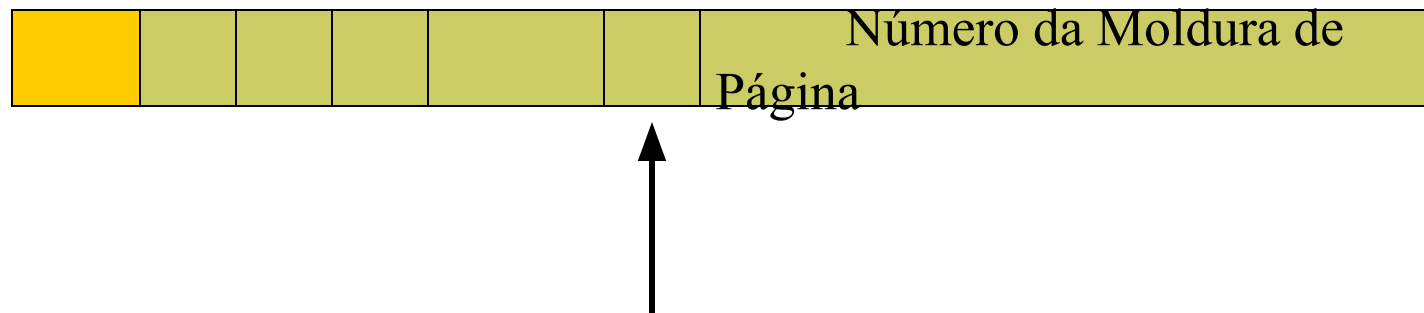


**Identifica a página real;
Campo mais importante;**

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;**

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

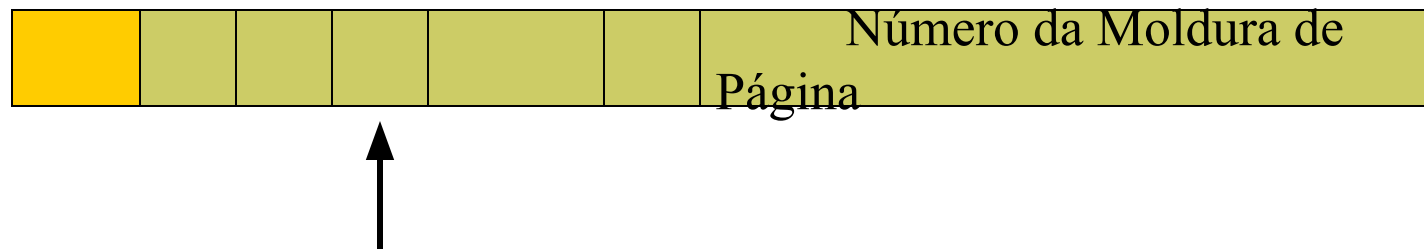
1 – Escrita

2 - Execução

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

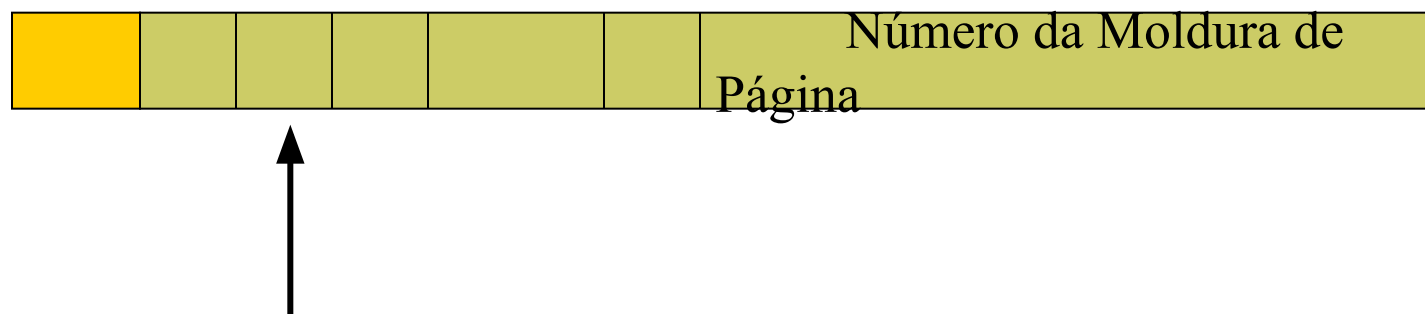
Se valor igual a 0, página não foi modificada;

página não é copiada para o disco;

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);

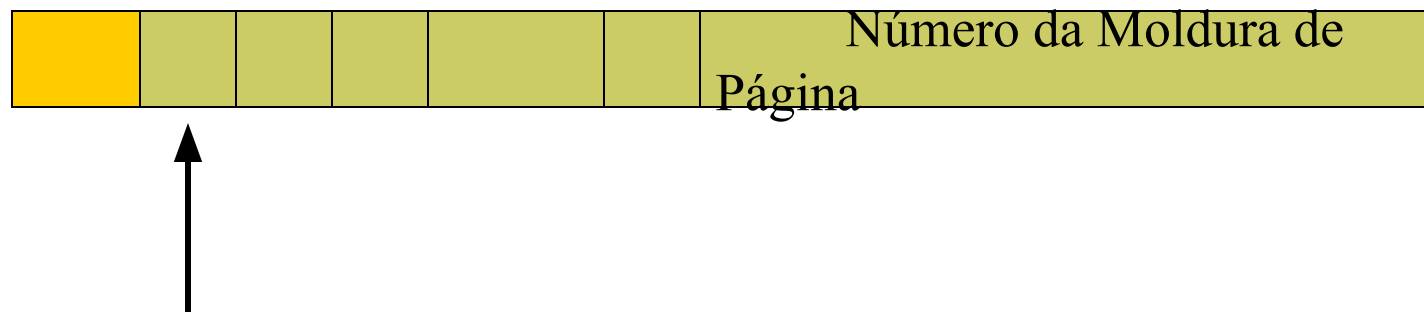
Se valor igual a 1, página foi referenciada (leitura/escrita);

Se valor igual a 0, página não referenciada;

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;

Gerenciamento de Memória

Memória Associativa (TLB)

<i>Bit R</i>	Página Virtual	<i>Bit M</i>	<i>Bits de Proteção</i>	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

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;

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;

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

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*);

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;

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;

Gerenciamento de Memória

Troca de Páginas

Memória Virtual

0	A
1	B
2	C
3	D
4	E
5	F
6	G
7	H

Tabela de Páginas Simplificada

0		i
1		i
2	10	v
3	3	v
4		i
5		i
6	4	v
7		i

Página Virtual



Página Real



Memória Principal

0	
1	
2	
3	D
4	G
5	
6	
7	
8	
9	
10	C
11	
12	
13	
14	
15	

Gerenciamento de Memória

Troca de Páginas

- Se todas as páginas estiverem ocupadas, uma página deve ser retirada: página vítima;
- Exemplo:
 - Dois processos P1 e P2, cada um com 4 páginas virtuais;
 - Memória principal com 6 páginas;

Gerenciamento de Memória

Troca de Páginas

Memória Virtual P1

0	A
1	B
2	C
3	D

**Tabela de Páginas P1
Simplificada**

0	1	v
1	5	v
2		i
3	0	v

Memória Principal

0	D
1	A
2	F
3	E
4	G
5	B

**3 páginas de
cada processo**

Memória Virtual P2

0	E
1	F
2	G
3	H

**Tabela de Páginas P2
Simplificada**

0	3	v
1	2	v
2	4	v
3		i

□ P2 tenta acessar página 3! Falta de Página!

Gerenciamento de Memória

Troca de Páginas

Memória Virtual P1

0	A
1	B
2	C
3	D

Tabela de Páginas P1

Simplificada

0	1	v
1	5	v
2		i
3	0	v

Memória Principal

0	D
1	A
2	F
3	E
4	H
5	B

**3 páginas de
cada processo**

Memória Virtual P2

0	E
1	F
2	G
3	H

Tabela de Páginas P2

Simplificada

0	3	v
1	2	v
2		i
3	4	v

□ **Página 2 (virtual) é escolhida como vítima!**

Gerenciamento de Memória

Troca de Páginas - Paginação

- Algoritmos:
 - Ótimo;
 - NRU;
 - FIFO;
 - Segunda Chance;
 - Relógio;
 - LRU;
 - *Working set*;
 - *WSClock*;

Gerenciamento de Memória

Troca de Páginas - Paginação

□ Algoritmo Ótimo:

- Retira da memória a página que tem menos chance de ser referenciada;
 - Praticamente impossível de se saber;
 - Impraticável;
 - Usado em simulações para comparação com outros algoritmos;

Gerenciamento de Memória

Troca de Páginas - Paginação

- Algoritmo *Not Recently Used Page Replacement* (NRU) ou *Não Usada Recentemente* (NUR)
 - Troca as páginas não utilizadas recentemente:
 - 02 bits associados a cada página □ R (referência) e M (modificação)
 - Classe 0 ($R = 0$ e $M = 0$) □ não referenciada, não modificada;
 - Classe 1 ($R = 0$ e $M = 1$) □ não referenciada, modificada;
 - Classe 2 ($R = 1$ e $M = 0$) □ referenciada, não modificada;
 - Classe 3 ($R = 1$ e $M = 1$) □ referenciada, modificada;
 - R e M são atualizados a cada referência à memória;

Gerenciamento de Memória

Troca de Páginas - Paginação

□ NRU:

- Periodicamente, o bit R é limpo para diferenciar as páginas que não foram referenciadas recentemente;
 - A cada *tick* do relógio ou interrupção de relógio;
 - Classe 3 □ Classe 1;
- Vantagens: fácil de entender, eficiente para implementar e fornece bom desempenho;

Gerenciamento de Memória Troca de Páginas - Paginação

□ Algoritmo *First-in First-out Page Replacement* (FIFO)

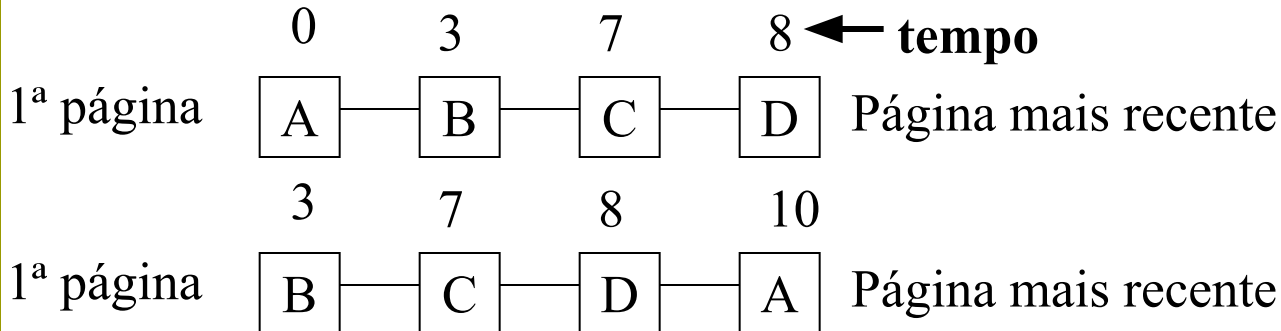
- SO mantém uma listas das páginas correntes na memória;
 - A página no início da lista é a mais antiga e a página no final da lista é a mais nova;
- Simples, mas pode ser ineficiente, pois uma página que está em uso constante pode ser retirada;
- Pouco utilizado;

Gerenciamento de Memória Troca de Páginas - Paginação

□ Algoritmo da Segunda Chance

- FIFO + *bit* R;
- Página mais velha é candidata em potencial;

Se o bit $R=0$, então página é retirada da memória, senão, $R=1$ e se dá uma nova chance à página colocando-a no final da lista;



Se página A com $R=1$; e falta de página em tempo 10; Então $R=0$ e página A vai para final da lista;

Gerenciamento de Memória Troca de Páginas - Paginação

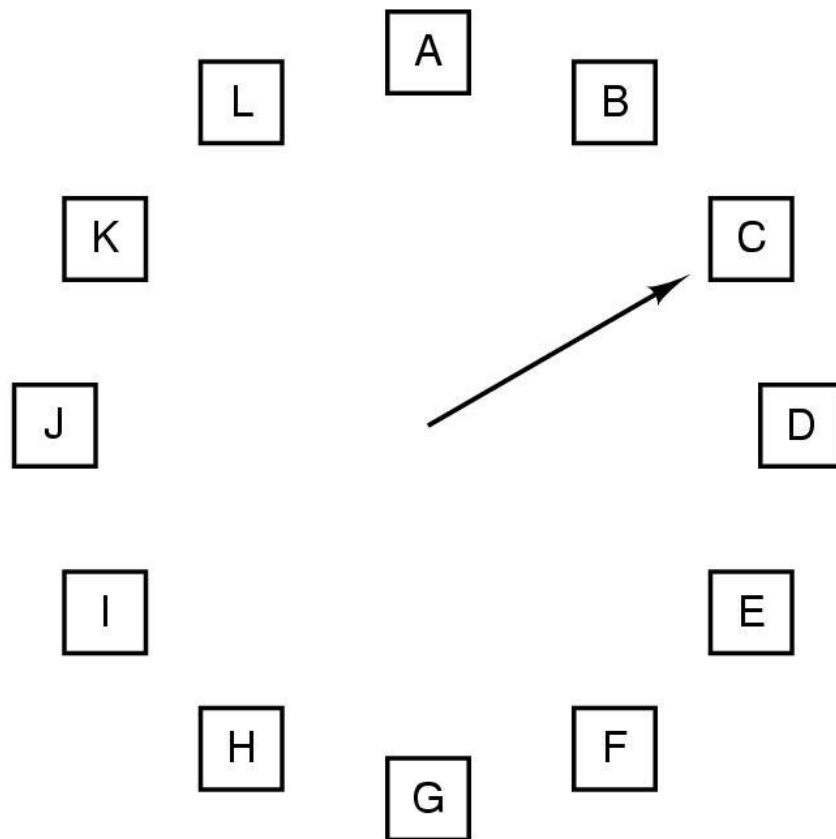
□ Algoritmo do Relógio

- Lista circular com ponteiro apontando para a página mais antiga
- Algoritmo se repete até encontrar $R=0$;

Se $R=0$ <ul style="list-style-type: none">- troca de página- desloca o ponteiro	Se $R=1$ <ul style="list-style-type: none">- $R = 0$- desloca o ponteiro- continua busca
---	---

Gerenciamento de Memória Troca de Páginas - Paginação

□ Algoritmo do Relógio



When a page fault occurs, the page the hand is pointing to is inspected. The action taken depends on the R bit:

R = 0: Evict the page

R = 1: Clear R and advance hand

Gerenciamento de Memória

Troca de Páginas - Paginação

□ Algoritmos vistos:

- Ótimo;
- NRU;
- FIFO;
- Segunda Chance;
- Relógio;

□ Próxima Aula:

- LRU;
- *Working set*;
- *WSClock*;