

MO806/MC914
Tópicos em Sistemas Operacionais
2s2006

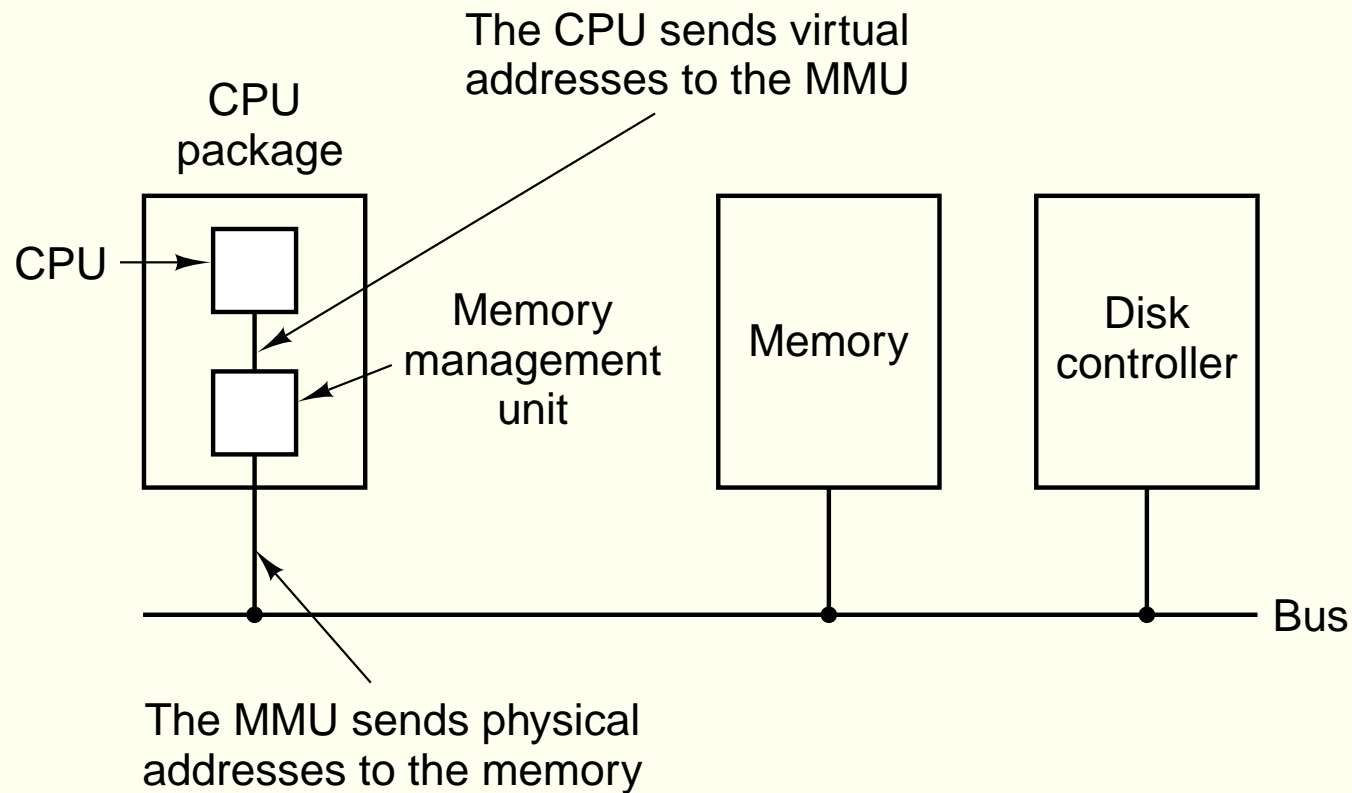
Gerenciamento de Memória - 2

Memória Virtual

Permite a execução de

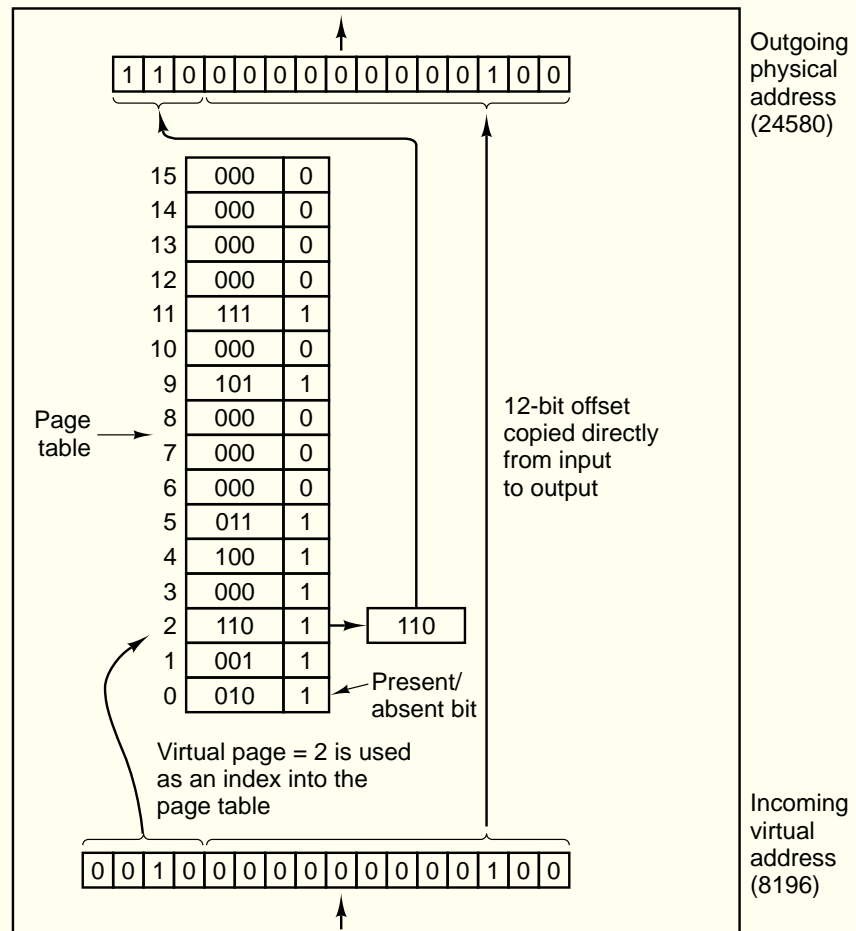
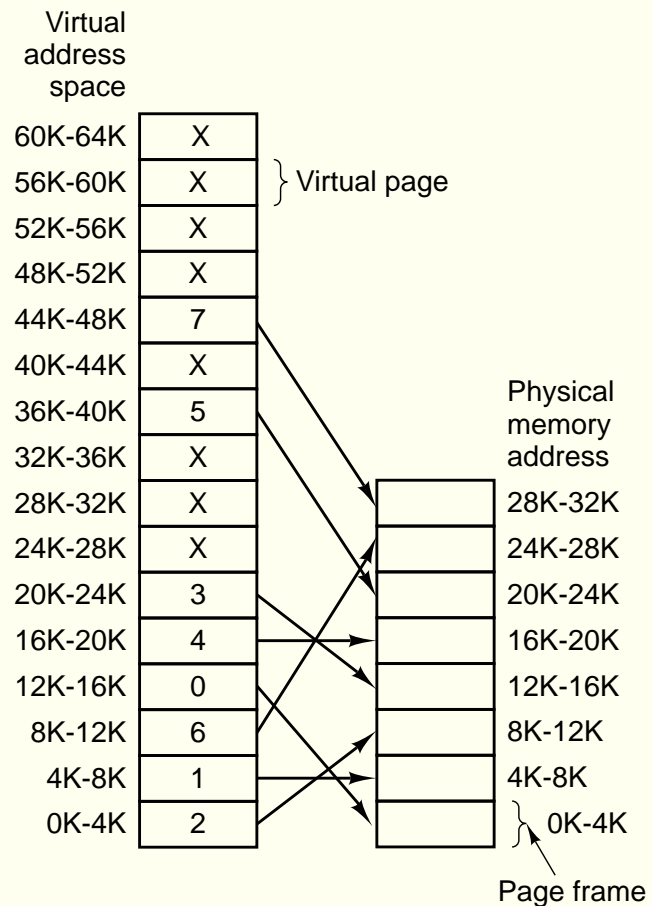
- programas maiores do que a memória disponível
- um número maior de programas do que poderia residir na memória em um dado instante

Memória Virtual



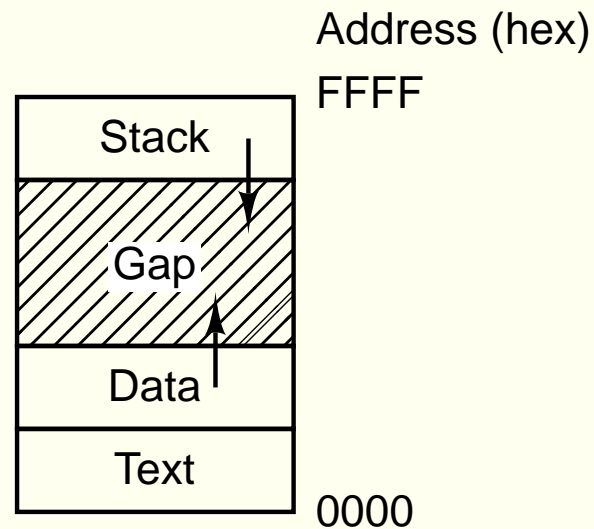
Memory Management Unit (MMU)

Paginação



Espaço de endereçamento

- Apenas as páginas ocupadas precisam ser mapeadas



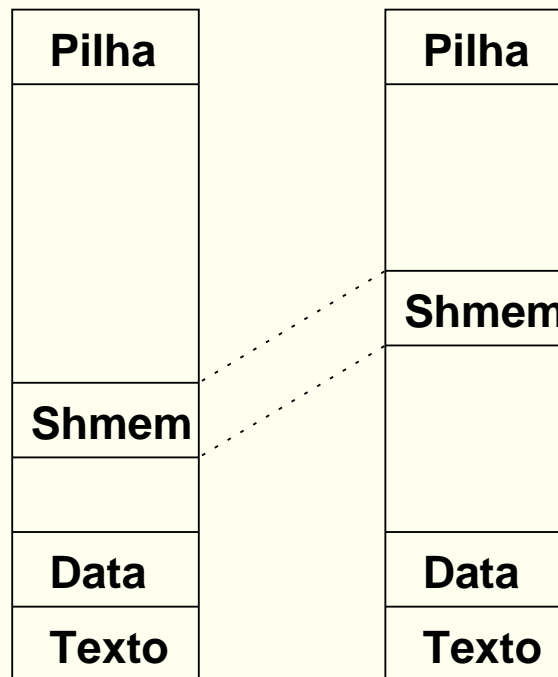
Paginação - Exemplo

- 64 bits de endereço
- páginas de 4k
- 12 últimos bits indicam o deslocamento dentro da página
- Veja o código `pagesize.c` e `brk.c`

Memória compartilhada

Processo A

Processo B

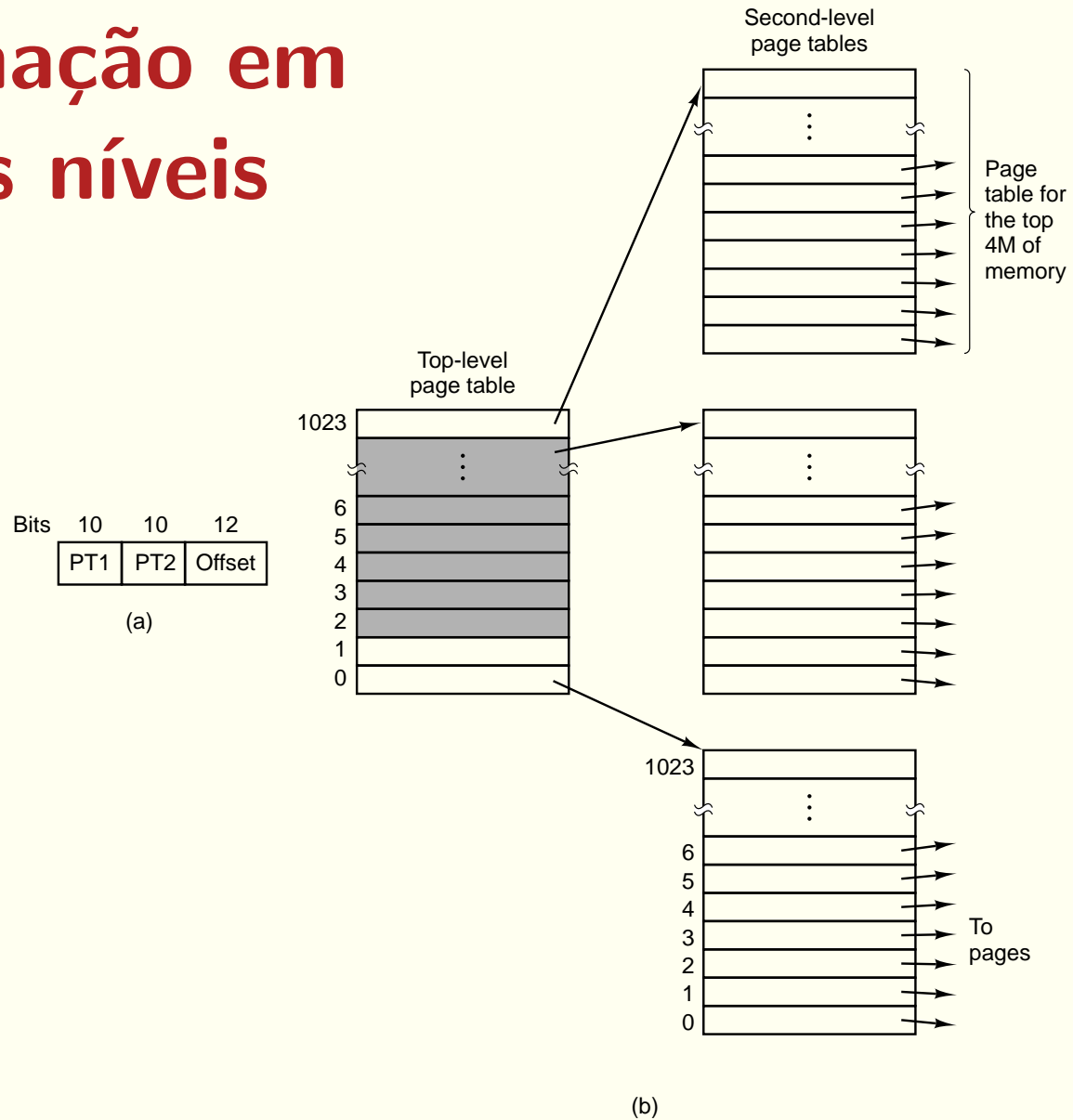


Memória compartilhada

```
int shmget(key_t key, size_t size, int shmflg);  
void *shmat(int shmid,  
            const void *shmaddr, int shmflg);
```

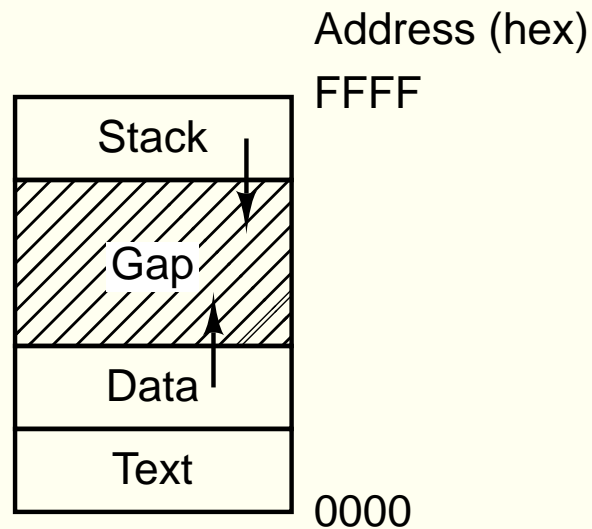
- Veja os exemplos: sh1.c sh2.c sh_fork.c

Paginação em vários níveis

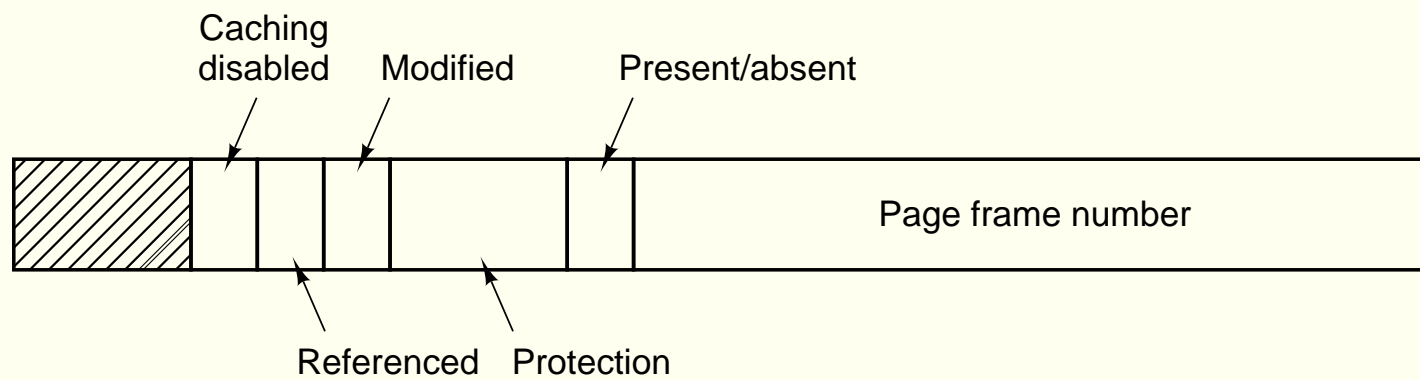


Espaço de endereçamento

- Apenas as páginas ocupadas precisam ser mapeadas



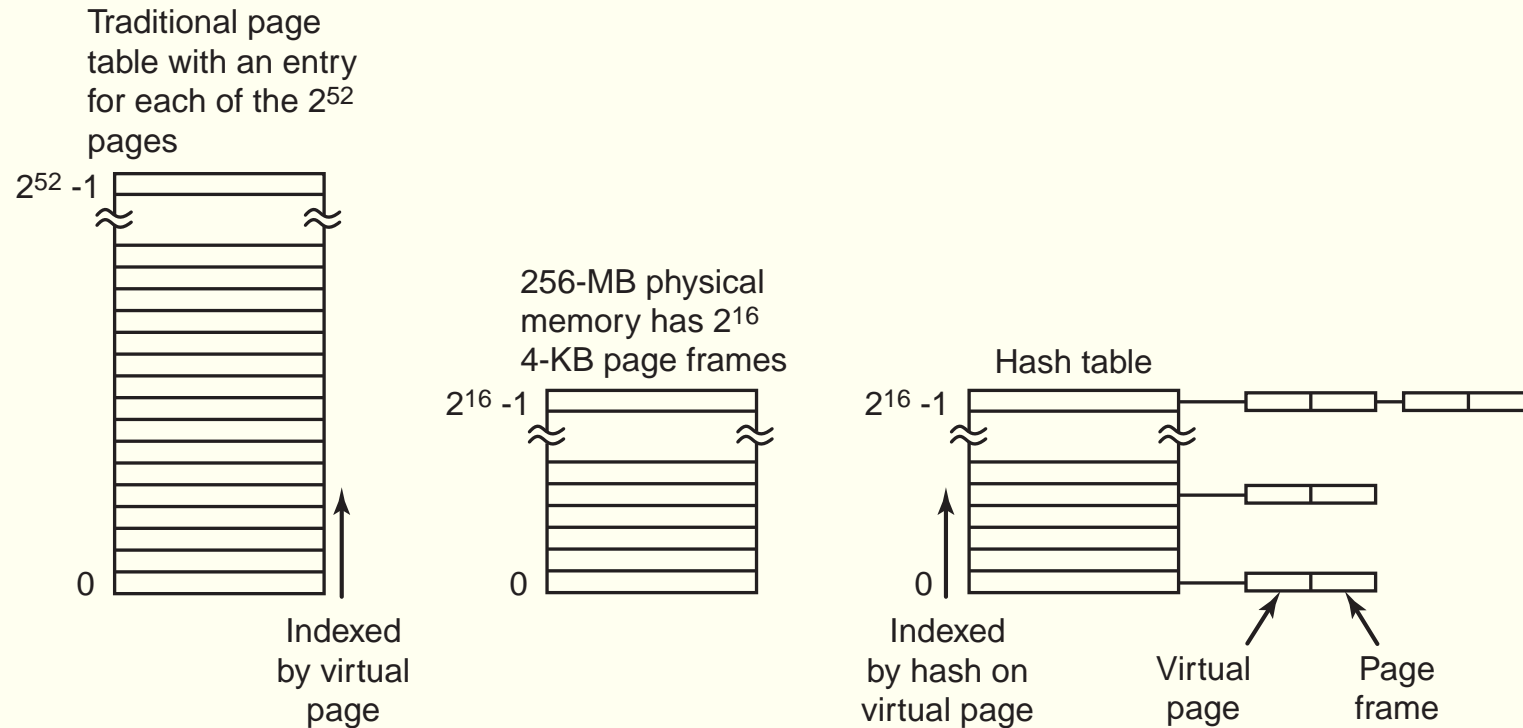
Entrada na tabela



Translation Look Aside Buffers (TLBs)

Valid	Virtual page	Modified	Protection	Page frame
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

Tabela de páginas invertida



- Uma entrada por página na memória física

Substituição de páginas

Algoritmo ótimo:

- Baseado no uso futuro de uma página
- Impossível de ser implementado
- Pode ser simulado (segunda execução do mesmo processo com a mesma entrada)
- Útil para medidas de desempenho

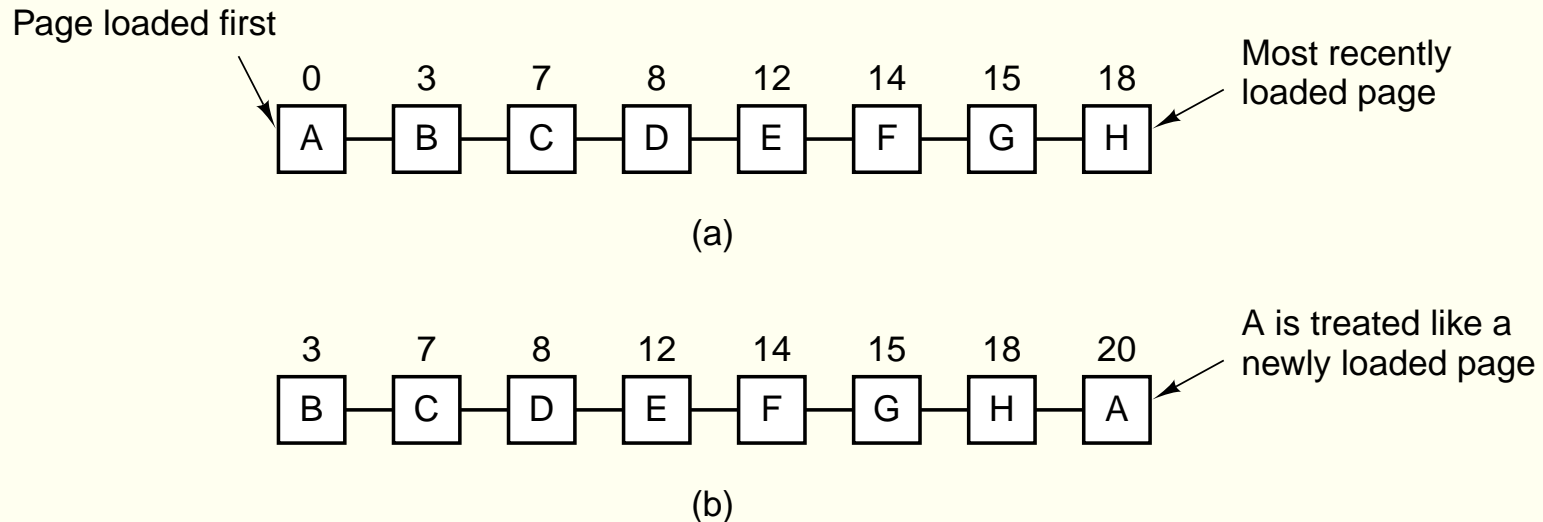
Não usada recentemente

- Classe 0: não referenciada, não modificada
- Classe 1: não referenciada, mas modificada
- Classe 2: referenciada, mas não modificada
- Classe 3: referenciada e modificada

First In, First Out

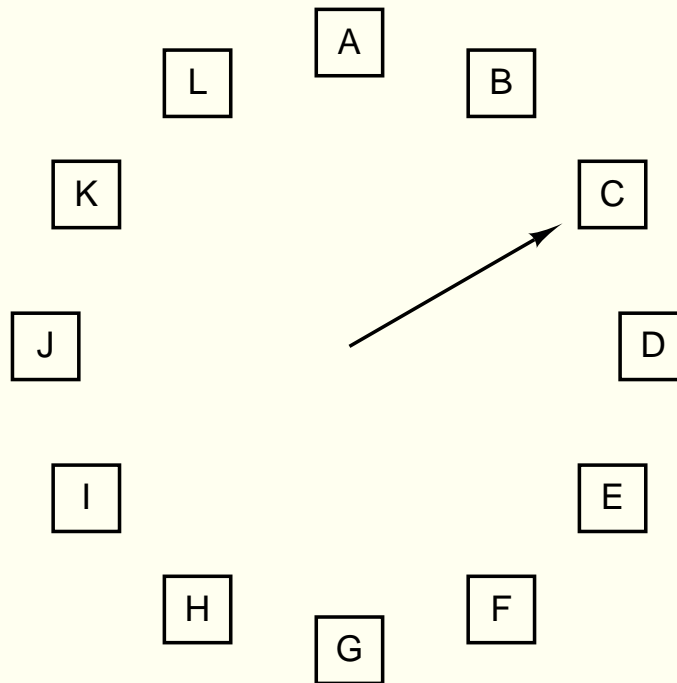
- Simplemente coloca as páginas em uma fila
- Pode remover páginas importantes

Segunda chance



- Se o bit $R == 0$, a página é substituída, senão
- bit R é limpo e a página é colocada no final da fila

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

- Implementação circular da segunda chance

Uso recente

- LRU (Least Recently Used)
- Implementação utilizando lista ligada
- Implementação em hardware com contador
 - incrementado a cada instrução
 - marca o *timestamp* do último acesso
- Implementação com matriz $n \times n$

LRU em hardware

	Page			
	0	1	2	3
0	0	1	1	1
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0

(a)

	Page			
	0	1	2	3
0	0	0	1	1
1	1	0	1	1
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0

(b)

	Page			
	0	1	2	3
0	0	0	0	1
1	1	0	0	1
2	1	1	0	1
3	0	0	0	0

(c)

	Page			
	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	1	1	1	0

(d)

	Page			
	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	1	1	0	1
3	1	1	0	0

(e)

0	0	0	0
1	0	1	1
1	0	0	1
1	0	0	0

(f)

0	1	1	1
0	0	1	1
0	0	0	1
0	0	0	0

(g)

0	1	1	0
0	0	1	0
0	0	0	0
1	1	1	0

(h)

0	1	0	0
0	0	0	0
1	1	0	1
1	1	0	0

(i)

0	1	0	0
0	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0

(j)

Acessos: 0 1 2 3 2 1 0 3 2 3

Simulando LRU em software

Página não usada frequentemente

- Contador de uso para cada página (soma o bit R a cada clock tick)
- Não esquece nada...
- Considere um compilador baseado em passos

Aging

- O contador é deslocado à direita
- Bit R é adicionado à esquerda

		1	0	1	0	1	1			1	0	1	1	0	1				
>>	1			1	0	1	0	1	>>	1			1	0	1	1	0		
+	1			1	1	0	1	0	1	+	0			0	1	0	1	1	0

Aging

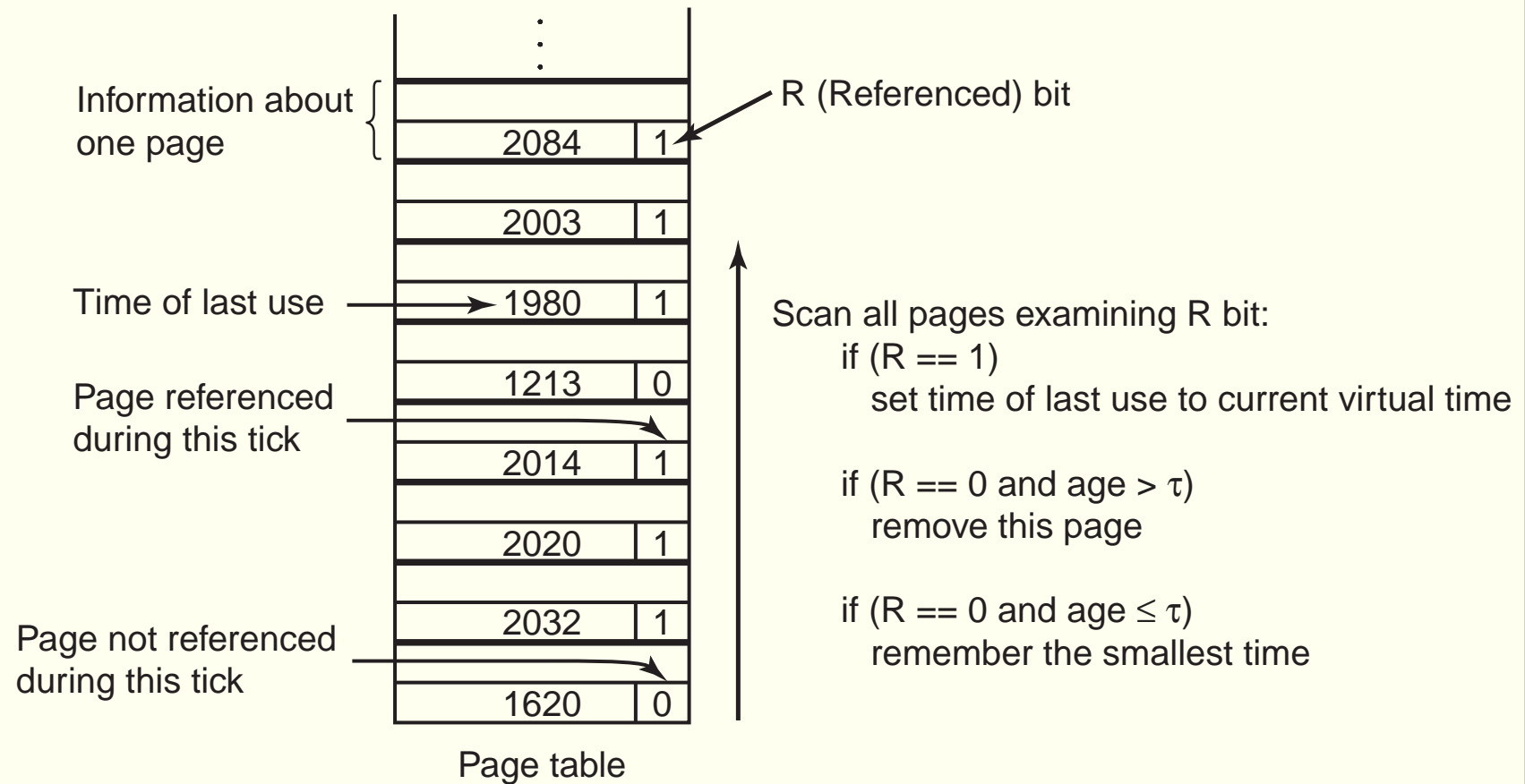
	R bits for pages 0-5, clock tick 0	R bits for pages 0-5, clock tick 1	R bits for pages 0-5, clock tick 2	R bits for pages 0-5, clock tick 3	R bits for pages 0-5, clock tick 4
	1 0 1 0 1 1	1 1 0 0 1 0	1 1 0 1 0 1	1 0 0 0 1 0	0 1 1 0 0 0
Page					
0	10000000	11000000	11100000	11110000	01111000
1	00000000	10000000	11000000	01100000	10110000
2	10000000	01000000	00100000	00100000	10001000
3	00000000	00000000	10000000	01000000	00100000
4	10000000	11000000	01100000	10110000	01011000
5	10000000	01000000	10100000	01010000	00101000
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)

Working Set $w(k, t)$

- Conjunto de páginas utilizadas nas últimas k referências em relação ao instante t .
- Paginação sob demanda
- Prepaging
- Implementação exata é muito cara

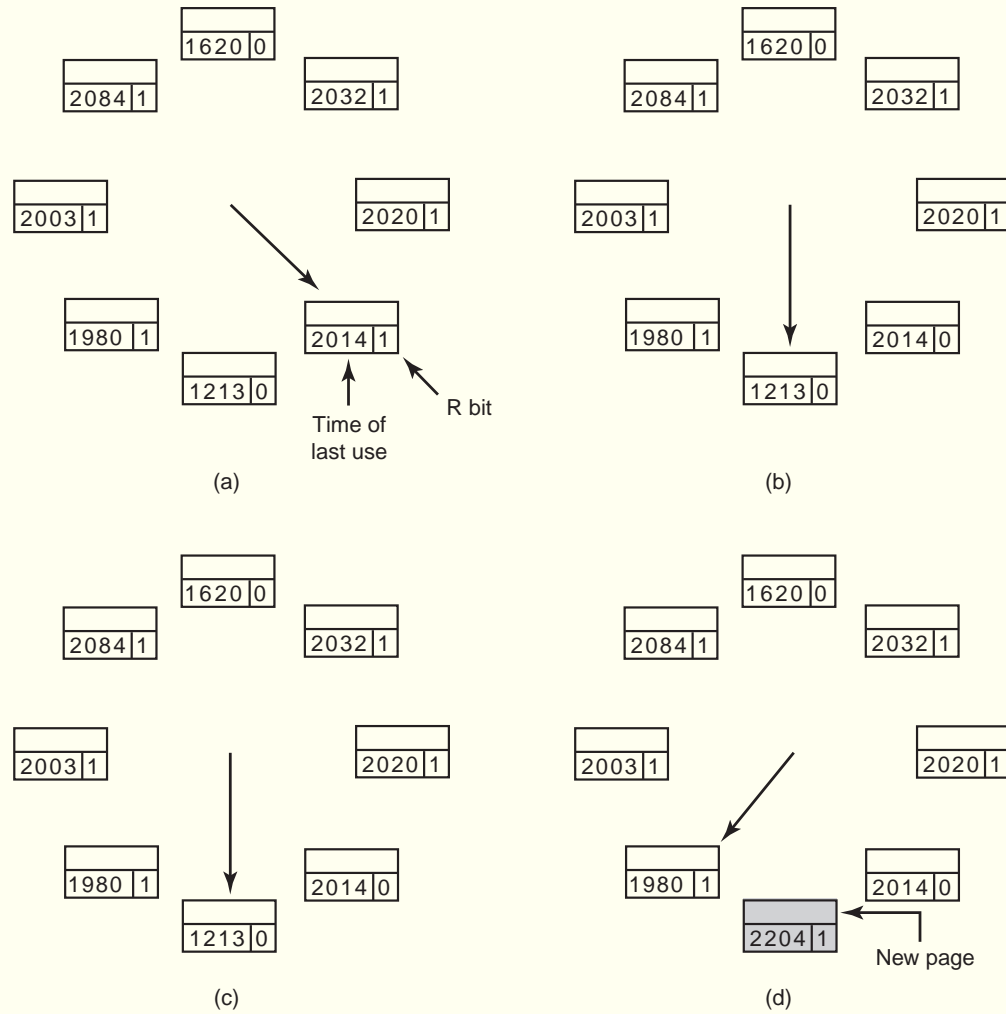
Working Set

2204 Current virtual time



WSClock

2204 Current virtual time



Resumo

Algorithm	Comment
Optimal	Not implementable, but useful as a benchmark
NRU (Not Recently Used)	Very crude
FIFO (First-In, First-Out)	Might throw out important pages
Second chance	Big improvement over FIFO
Clock	Realistic
LRU (Least Recently Used)	Excellent, but difficult to implement exactly
NFU (Not Frequently Used)	Fairly crude approximation to LRU
Aging	Efficient algorithm that approximates LRU well
Working set	Somewhat expensive to implement
WSClock	Good efficient algorithm

Anomalia de Belady

Algoritmo FIFO e número de page faults

All pages frames initially empty

		0	1	2	3	0	1	4	0	1	2	3	4
Youngest page		0	1	2	3	0	1	4	4	4	2	3	3
			0	1	2	3	0	1	1	1	4	2	2
Oldest page				0	1	2	3	0	0	0	1	4	4
		P	P	P	P	P	P				P	P	

9 Page faults

(a)

		0	1	2	3	0	1	4	0	1	2	3	4
Youngest page		0	1	2	3	3	3	4	0	1	2	3	4
			0	1	2	2	2	3	4	0	1	2	3
Oldest page				0	1	1	1	2	3	4	0	1	2
				0	0	0	0	1	2	3	4	0	1
		P	P	P	P			P	P	P	P	P	P

10 Page faults

(b)