

Gerenciamento de Memória

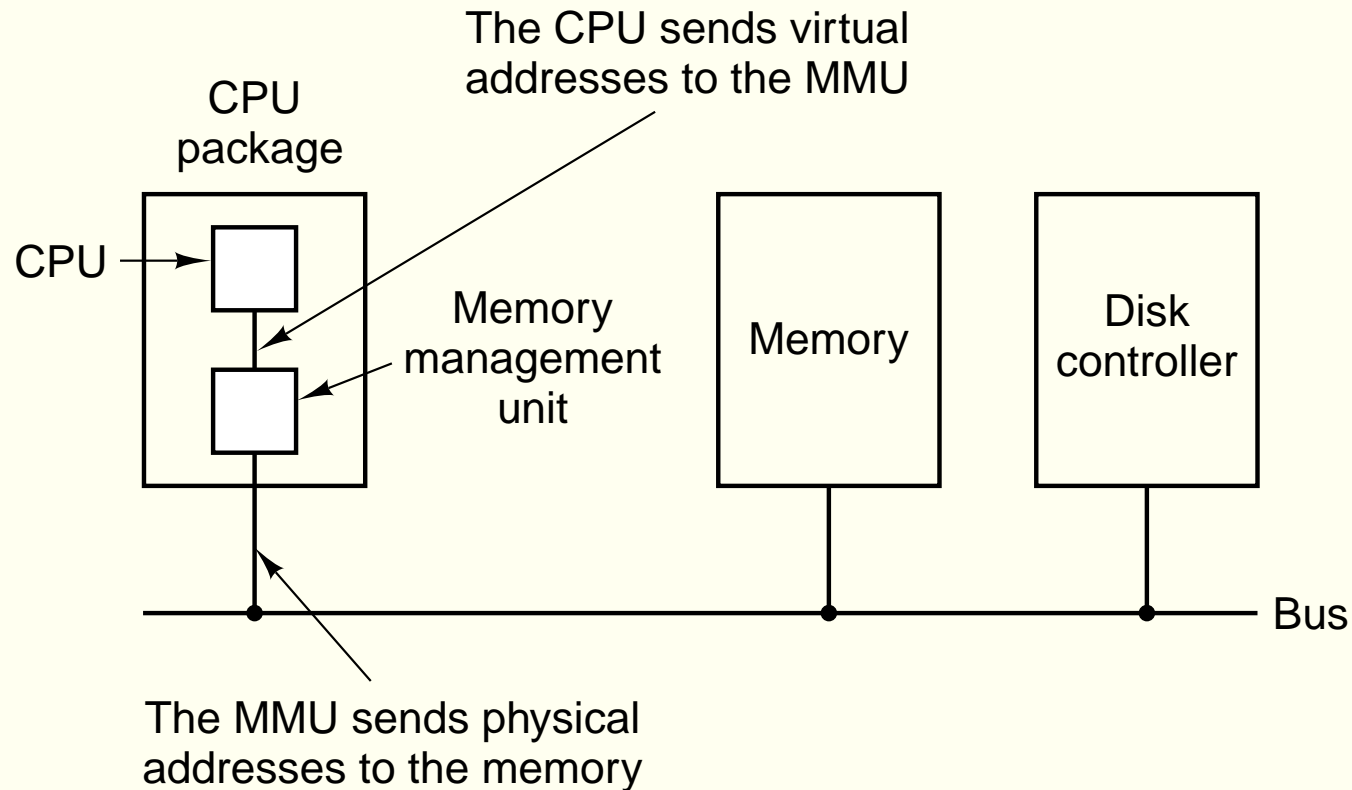
Memória virtual

Memória Virtual

Permite a execução de

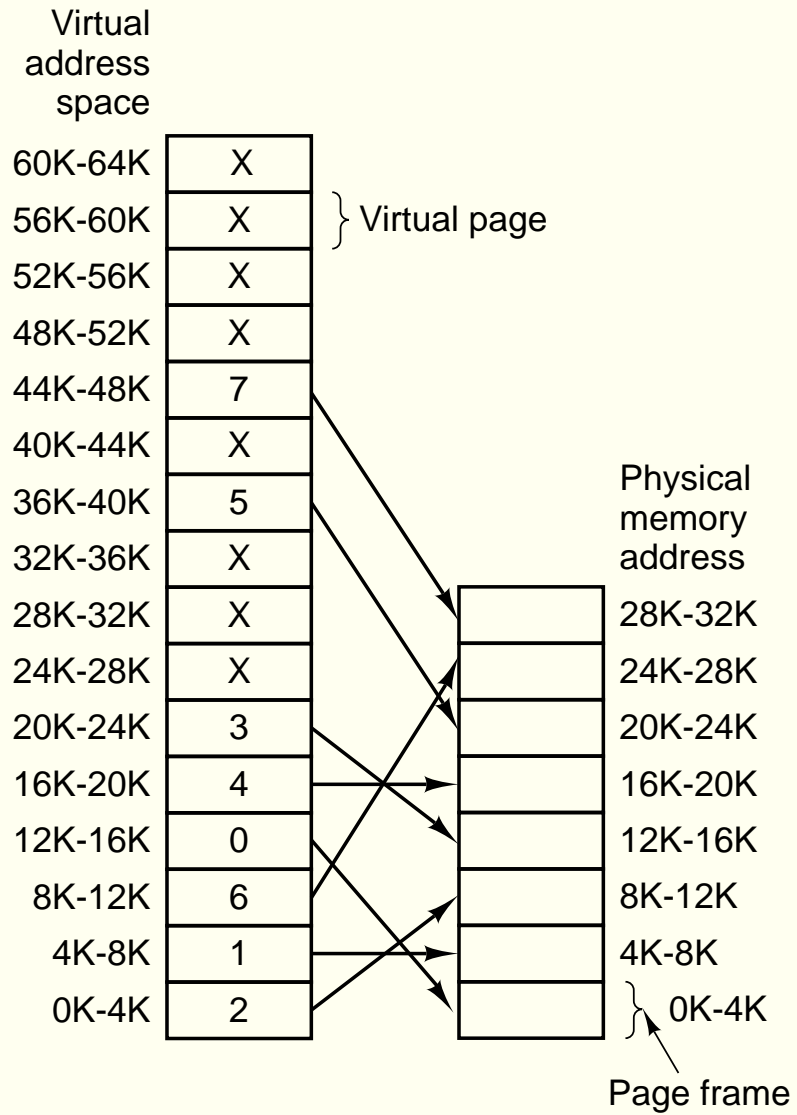
- programas maiores do que a memória disponível
- um número maior de programas do que poderia residir na memória em um dado instante

Endereçamento Virtual

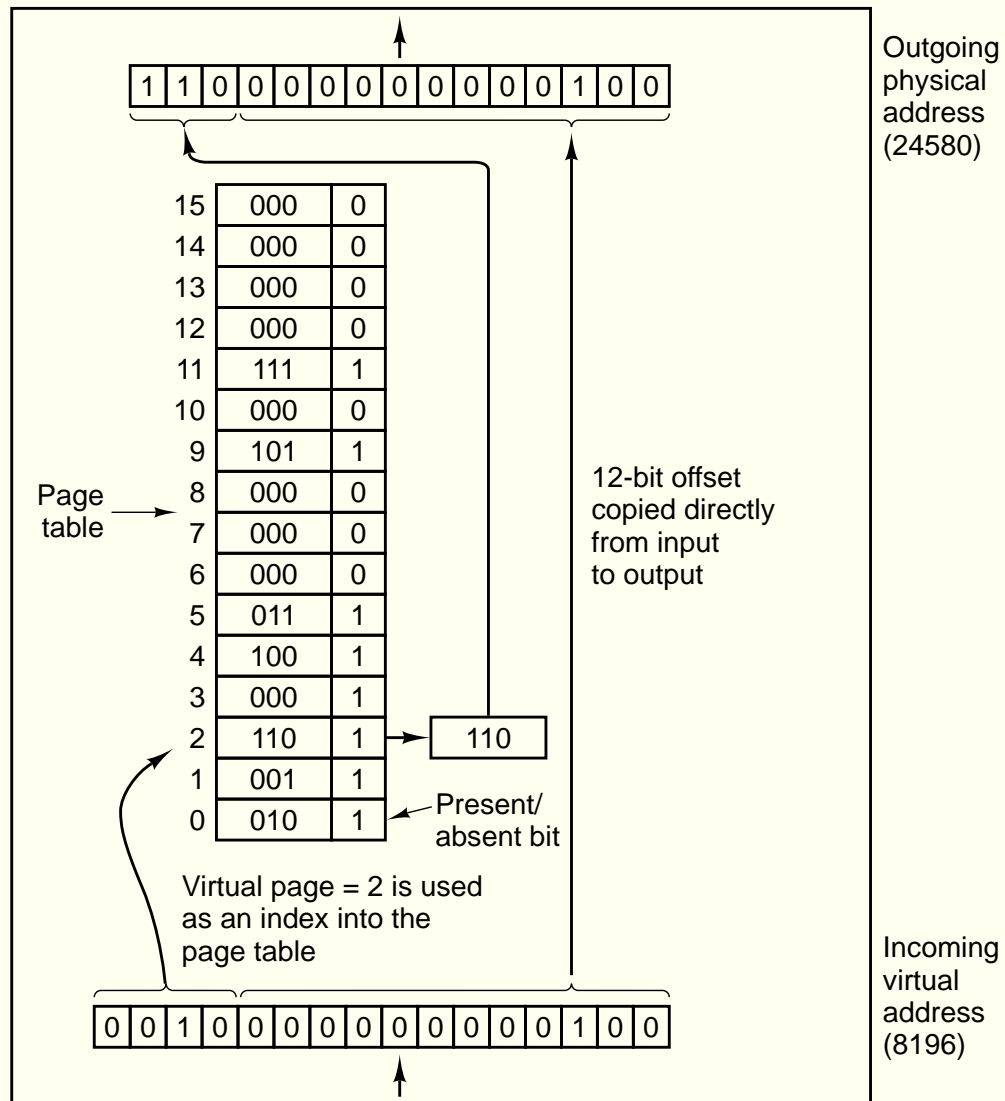


Memory Management Unit (MMU)

Paginação

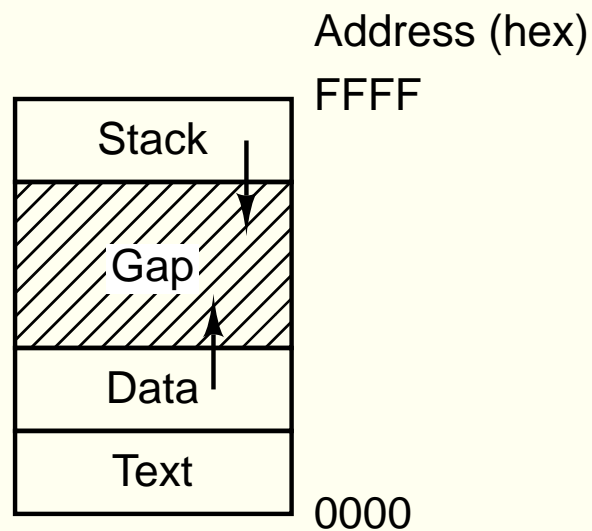


Mapeamento dos endereços

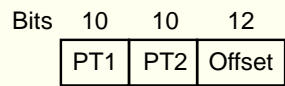


Espaço de endereçamento

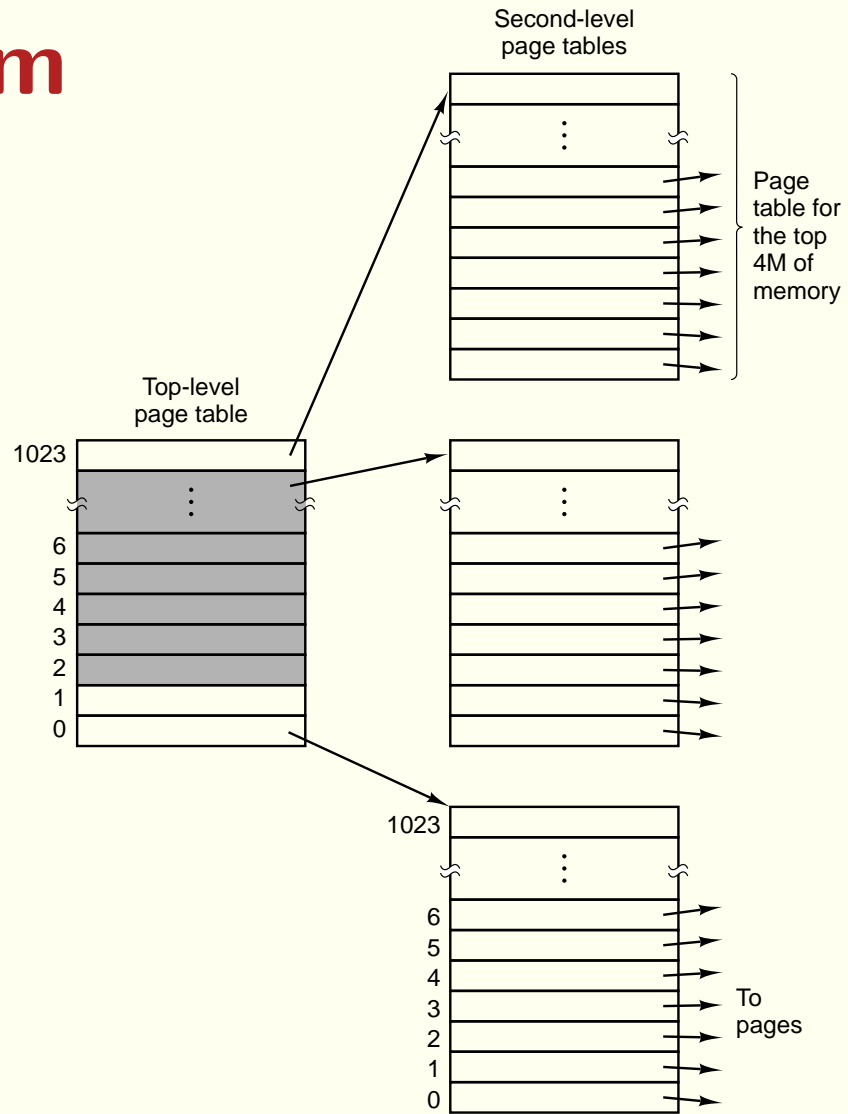
- Apenas as páginas ocupadas precisam ser mapeadas



Paginação em vários níveis

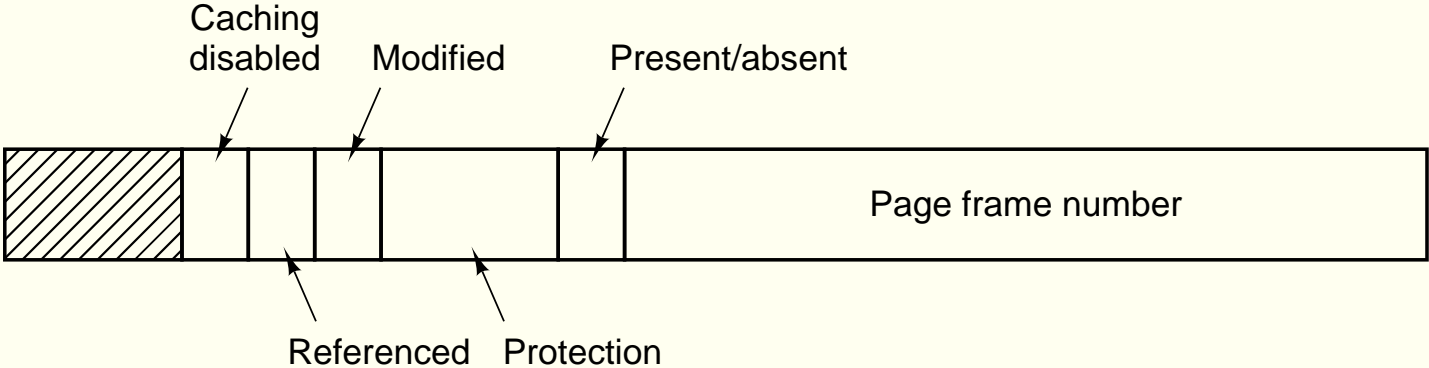


(a)



(b)

Entrada na tabela

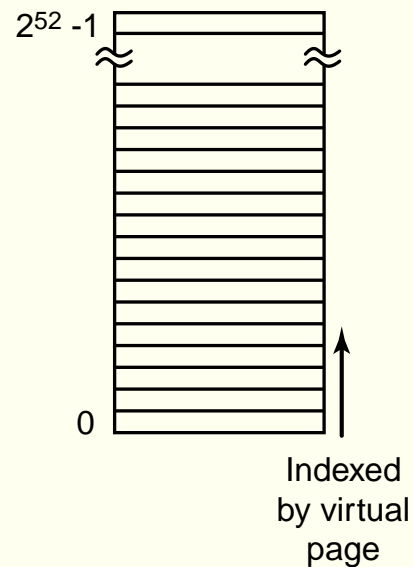


Translation Look Aside Buffers (TLBs)

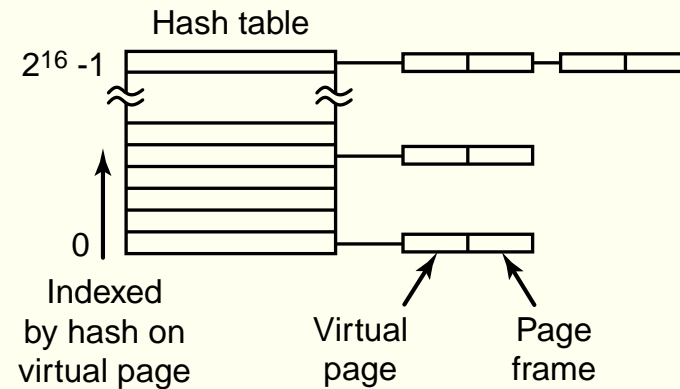
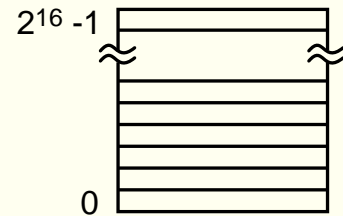
Valid	Virtual page	Modified	Protection	Page frame
1	140	1	RW	31
1	20	0	R X	38
1	130	1	RW	29
1	129	1	RW	62
1	19	0	R X	50
1	21	0	R X	45
1	860	1	RW	14
1	861	1	RW	75

Tabela de páginas invertida

Traditional page table with an entry for each of the 2^{52} pages



256-MB physical memory has 2^{16} 4-KB page frames



- Uma entrada por página na memória

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

Sem uso recente

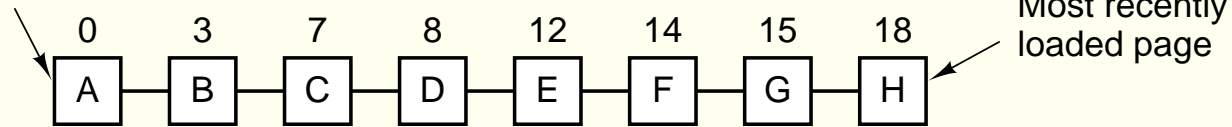
- Classe 0: não referenciada, não modificada
- Classe 1: não referenciada, mas modificada
- Classe 2: referenciada, mas não modificada
- Classe 3: referenciada e modificada

First In, First Out

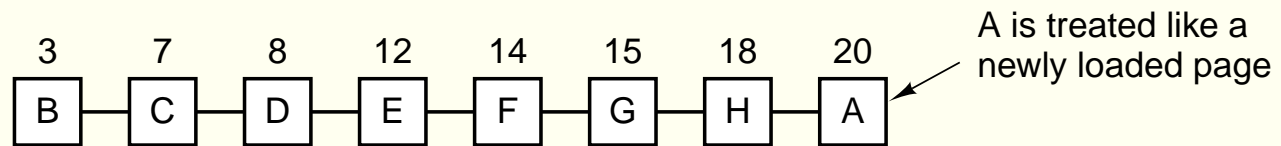
- Simplementes coloca as páginas em uma fila
- Pode remover páginas importantes

Segunda chance

Page loaded first



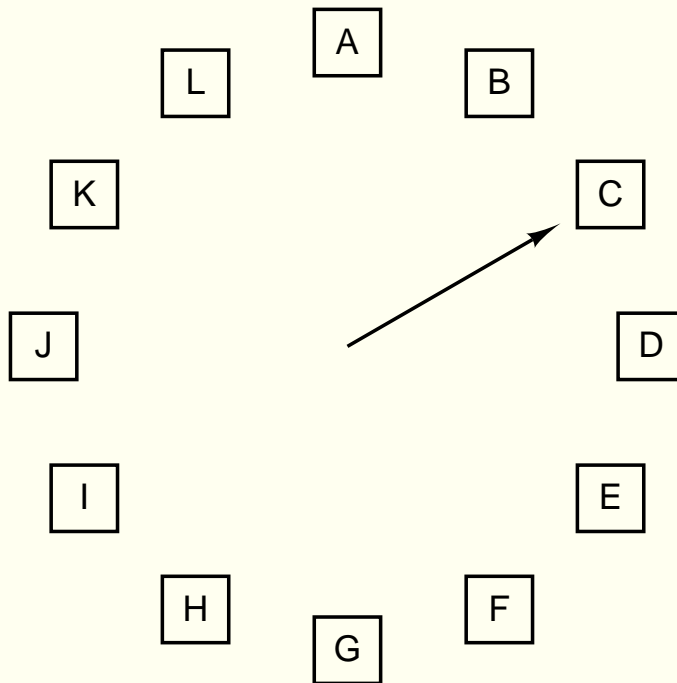
(a)



(b)

- 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
 - entrada na tabela deve armazenar o contador
- 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

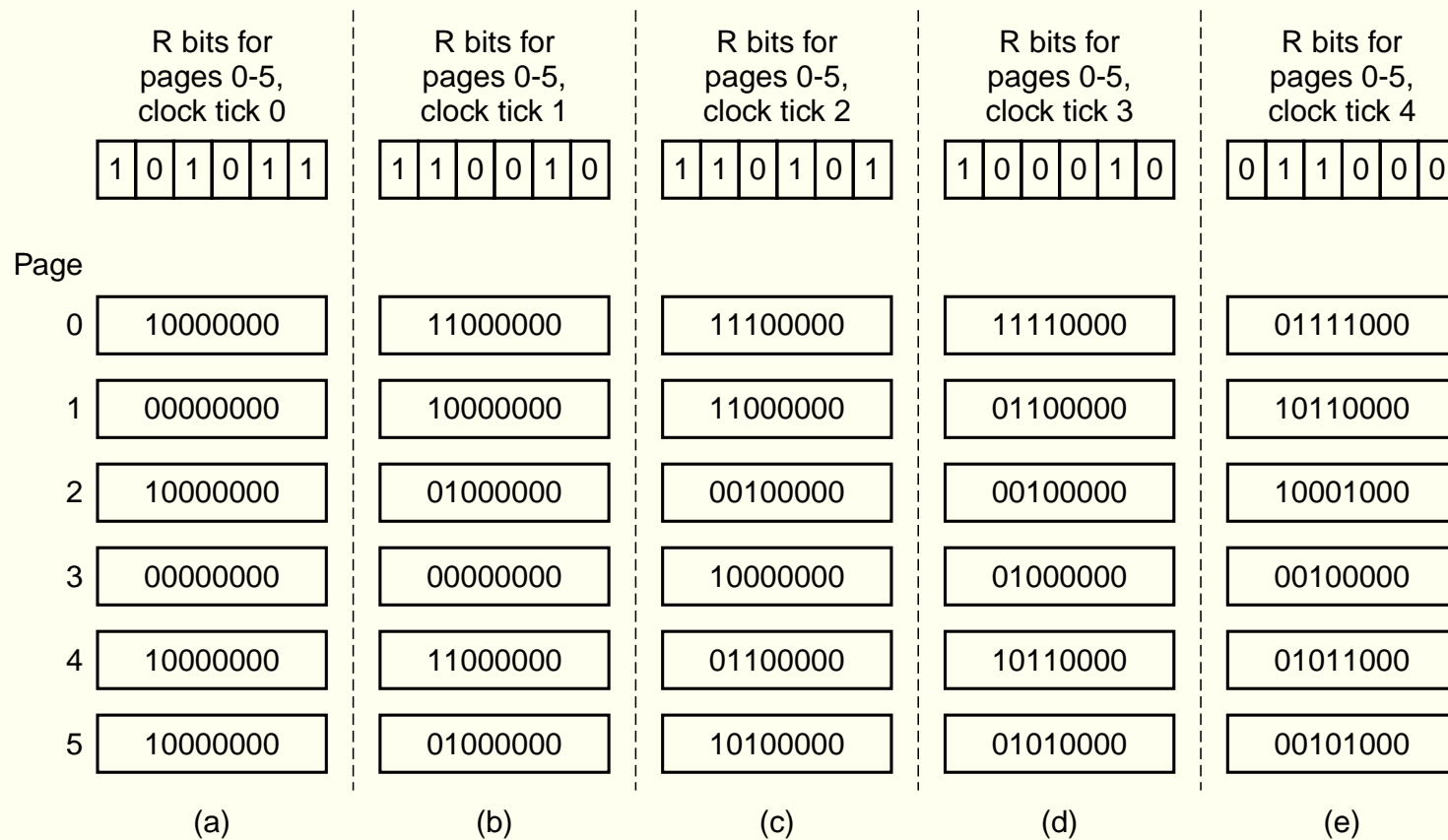
Não usada frequentemente

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

Não usada frequentemente

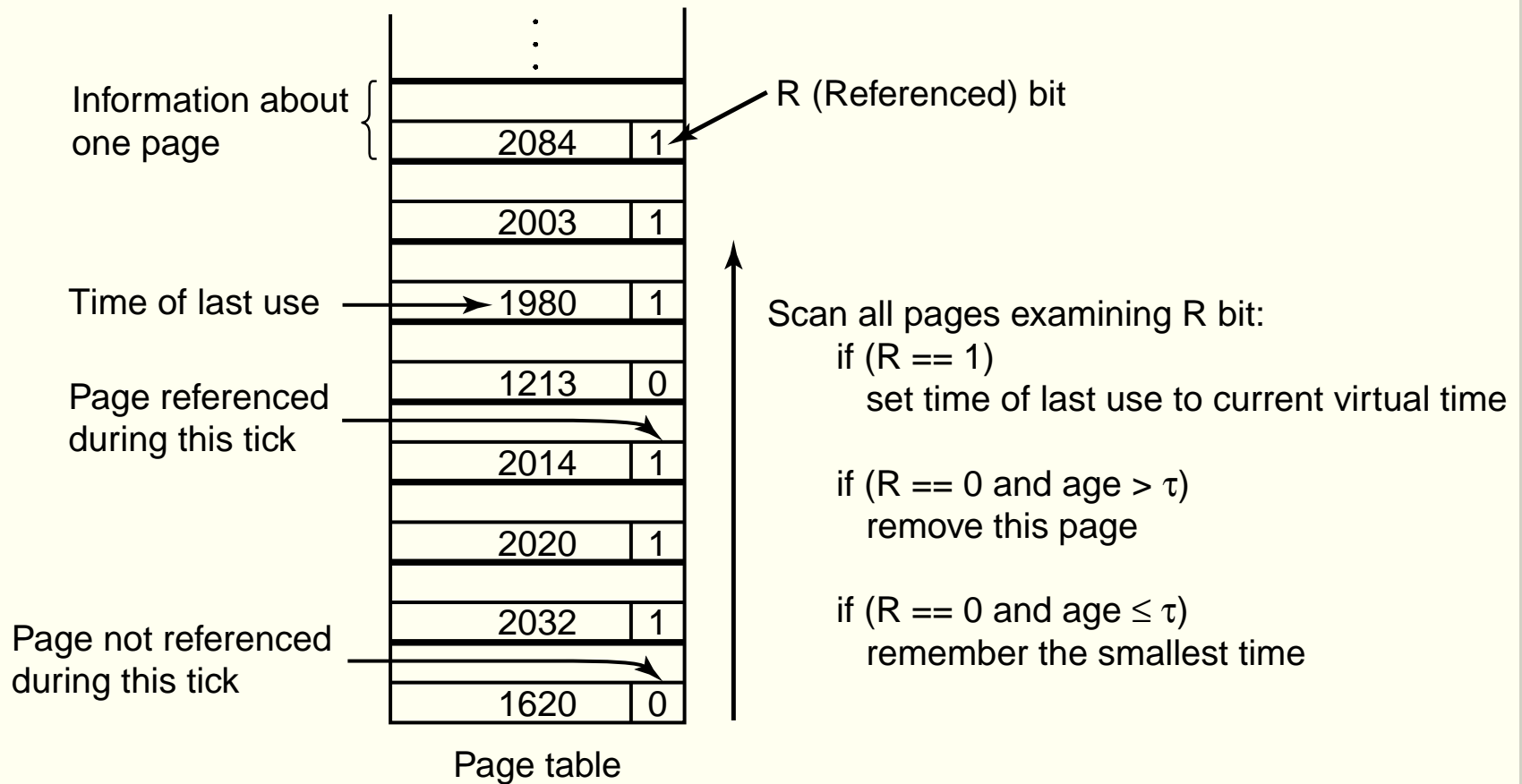


Working Set $w(k, t)$

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

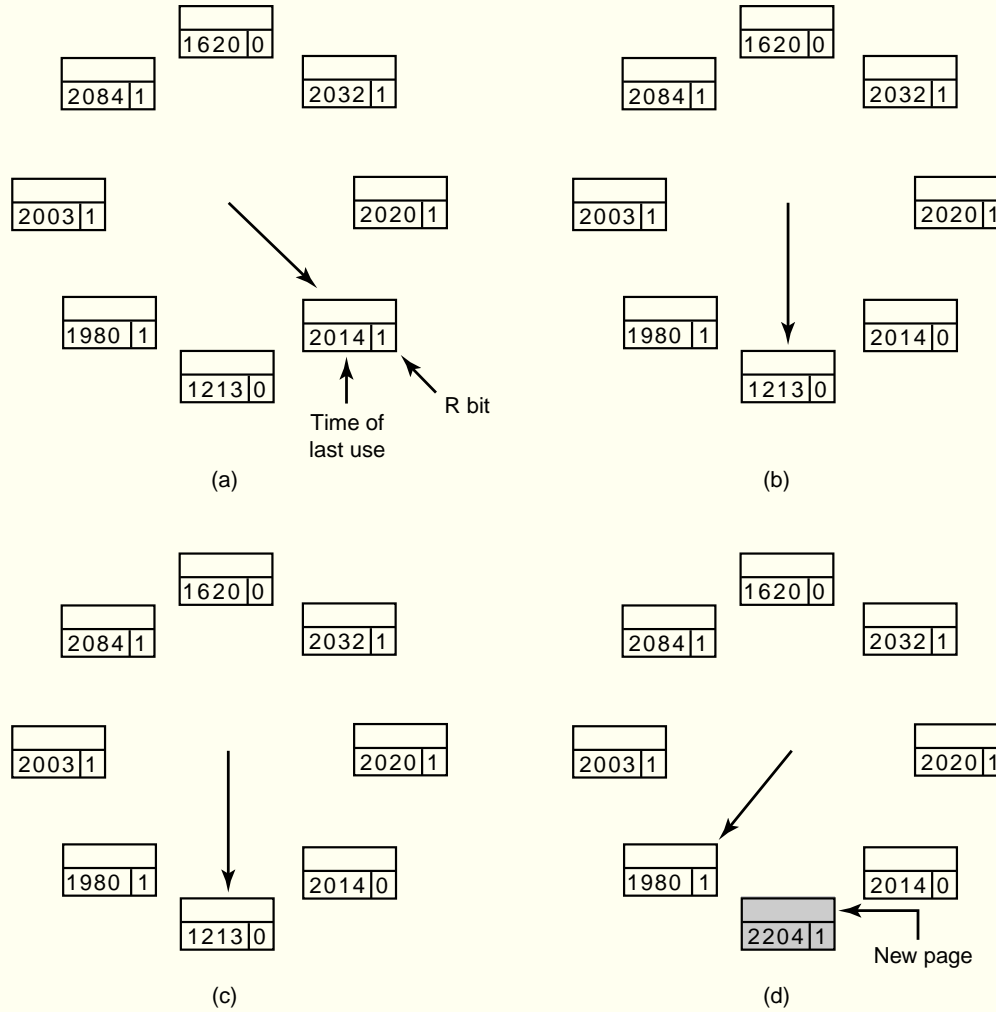
Working Set

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	1	2	3	4	0	1
		P	P	P	P			P	P	P	P	P	P

10 Page faults

(b)

Política Local ou Global

	Age
A0	10
A1	7
A2	5
A3	4
A4	6
A5	3
B0	9
B1	4
B2	6
B3	2
B4	5
B5	6
B6	12
C1	3
C2	5
C3	6

(a)

A0
A1
A2
A3
A4
A6
B0
B1
B2
B3
B4
B5
B6
C1
C2
C3

(b)

A0
A1
A2
A3
A4
A5
B0
B1
B2
A6
B4
B5
B6
C1
C2
C3

(c)