

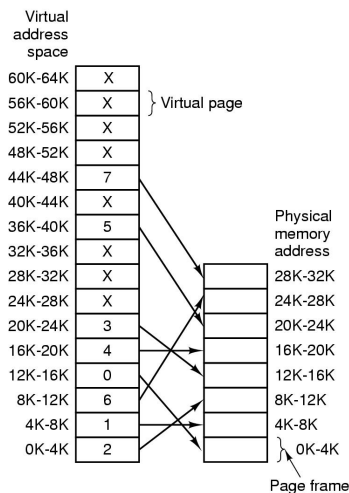
# Sistemas Operacionais

## Quinta Lista de Exercícios

Norton Trevisan Roman  
Clodoaldo Aparecido de Moraes Lima

9 de novembro de 2022

1. Para cada um dos seguintes endereços virtuais, calcule o número da página virtual e o deslocamento, para uma página de 4 KB e para uma página de 8 KB: 20000, 32768, 60000.
2. Usando a tabela de páginas abaixo:



dê o endereço físico correspondente para cada um dos seguintes endereços virtuais:

- (a) 20
- (b) 4100
- (c) 8300

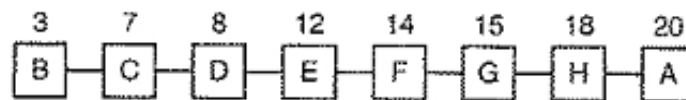
3. Uma máquina tem um endereçamento virtual de 48 bits e um endereçamento físico de 32 bits. As páginas são de 8 KB. Quantas entradas são necessárias para a tabela de páginas?
4. Considere o programa em C:

```
int x[N];  
int passo = M;  
  
for (int i=0; i<N; i+=passo) x[i] = x[i] + 1;
```

- (a) Se esse programa for executado em uma máquina com um tamanho de página de 4 KB e uma TLB de 64 entradas, que valores de M e N causarão uma ausência de página na TLB para cada execução do laço?
- (b) Sua resposta seria diferente se o laço fosse repetido muitas vezes?

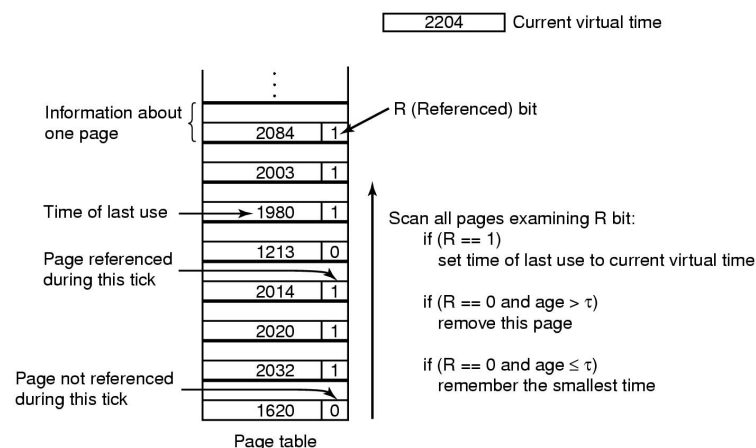
5. A quantidade de espaço em disco que precisa estar disponível para armazenamento de página é relacionada com o número máximo de processos ( $n$ ), o número de bytes no espaço do endereço virtual ( $v$ ) e o número de bytes de RAM ( $r$ ). Elabore uma expressão matemática para os requisitos de espaço de disco, considerando a pior das hipóteses. Até que ponto essa quantidade é realista?
6. Se uma instrução leva 10 ns e uma falta de página leva mais  $n$  ns adicionais, escreva uma fórmula para o tempo efetivo de instrução, supondo que as faltas de página ocorrem a cada  $k$  instruções.
7. Uma máquina tem um espaço de endereçamento de 32 bits e uma página de 8 KB. A tabela de páginas está totalmente em hardware, com uma palavra de 32 bits para cada entrada. Quando um processo tem início, a tabela de páginas é copiada para o hardware a partir da memória, no ritmo de uma palavra a cada 100 ns. Se cada processo executa durante 100 ms (incluindo o tempo para carregar a tabela de páginas), qual a fração do tempo de CPU que é dedicada ao carregamento das tabelas de páginas?
8. Suponha que uma máquina tenha endereços virtuais de 48 bits e endereços físicos de 32 bits
  - (a) Se as páginas são de 4 KB, quantas entradas estão na tabela de páginas se ela tiver apenas um único nível?
  - (b) Suponha que esse mesmo sistema tenha uma TLB com 32 entradas. Além disso, suponha que um programa contenha instruções que se encaixem em uma página e leiam sequencialmente elementos de números inteiros longos de um arranjo de milhares de páginas. O quanto a TLB será eficiente para esse caso?
9. Um computador cujos processos têm 1024 páginas em seus espaços de endereço mantém suas tabelas na memória. A sobrecarga necessária para a leitura de uma palavra da tabela de páginas é de 5 ns. Para reduzir esse custo, o computador tem uma TLB, a qual contém 32 pares (página virtual, moldura de página) e assim pode fazer uma varredura nas entradas em 1 ns. Qual a taxa de acerto necessária para reduzir a sobrecarga média para 2 ns?
10. Suponha que uma máquina tenha endereços virtuais de 38 bits e endereços físicos de 32 bits.
  - (a) Qual é a principal vantagem de uma tabela de páginas em múltiplos níveis em relação a uma de nível único?
  - (b) Com uma tabela de páginas de dois níveis, páginas de 16 KB e entradas de 4 B, quantos bits deveriam ser alocados para o campo da tabela de nível 1 e quantos para o campo da tabela de páginas do próximo nível?
11. Considere um sistema com 1Gbytes de memória física e 4G bytes de memória virtual, implementada através de paginação. O tamanho de página adotado é 16Kbytes. Responda, mostrando todos os cálculos e dando as explicações necessárias:
  - (a) Qual o número de páginas e de frames?
  - (b) Qual o número de entradas na tabela de páginas (de nível único)?
  - (c) Quantos bits são necessários para endereçar todos os endereços virtuais e reais?
  - (d) Qual o tamanho da tabela de página em memória física, considere que somente o endereço do frame, bit R e M sejam armazenados na tabela?
  - (e) Supondo uma tabela de páginas de 2 níveis, os endereços são quebrados em um campo de  $x$  bits para a tabela de páginas de nível 1, um campo de 8 bits para a tabela de página de nível 2. Considerando um processo de 8Mbytes, quantas tabelas, no mínimo, deverão estar em memória física.
12. Um computador com um endereçamento de 32 bits usa uma tabela de páginas de dois níveis. Os endereços são quebrados em um campo de 9 bits para a tabela de páginas de nível 1, um campo de 11 bits para a tabela de páginas de nível 2 e um deslocamento. Qual o tamanho das páginas e quantas existem no espaço de endereçamento citado?

13. Suponha que um endereço virtual de 32 bits seja quebrado em 4 campos: a, b, c, e d. Os 3 primeiros são usados para um sistema de tabela de páginas de 3 níveis. O quarto campo, d, é o deslocamento. O número de páginas depende dos tamanhos de todos os 4 campos (ou seja, alterar o valor desses 4 campos mudaria o número de páginas)? Se não, quais campos influenciam nessa questão e quais são?
14. Um determinado computador tem endereços virtuais de 32 bits e páginas de 4 KB. O programa e os dados, juntos, cabem na página de mais baixa ordem (0-4095). A pilha cabe na página de mais alta ordem. Quantas entradas são necessárias na tabela de páginas se a paginação tradicional (de um nível) é usada? E quantas entradas na tabela de páginas são necessárias para uma paginação de dois níveis, com 10 bits para cada parte?
15. Um computador com uma página de 8 KB, uma memória de 256 MB e um espaço de endereçamento de 64 GB usa uma tabela de páginas invertidas para implementar sua memória virtual. Qual tamanho deve ter a tabela de espalhamento para garantir um tamanho médio da cadeia de espalhamento menor que 1? Presuma que o tamanho da tabela de espalhamento é uma potência de 2.
16. Se o algoritmo de substituição FIFO é usado por quatro molduras de página e oito páginas virtuais, quantas faltas de página ocorrerão com a cadeia de referências 0172327103 se os quatro quadros estão inicialmente vazios? Agora repita este problema para LRU.
17. Observe a sequência de páginas abaixo:

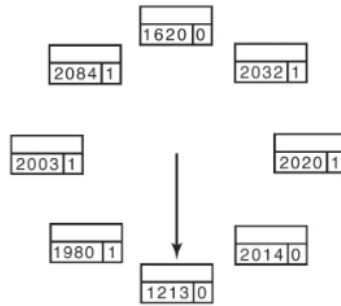


Suponha que os bits R, para as páginas de B a A, sejam 11011011, respectivamente. Qual página será removida pelo algoritmo segunda chance, em caso de page fault?

18. Um computador pequeno tem quatro molduras de página. No primeiro tique de relógio, os bits R são 0111. Nos tiques subsequentes os valores são 1011, 1010, 1101, 0010, 1010, 1100, 0001. Se o algoritmo do envelhecimento (aging) é usado com um contador de 8 bits, quais os valores dos quatro contadores após o último tique?
19. Suponha que o intervalo de tempo do conjunto de trabalho (working set) é  $\tau = 400$  na figura abaixo. Qual página será removida?



20. No algoritmo WSClock da figura abaixo:



o ponteiro do relógio aponta para a página com  $R=0$ . Se  $\tau = 400$  (working set), essa página será removida? O que acontecerá se  $\tau = 1000$ ? Suponha que o horário atual é 2204.

21. Um computador tem quatro molduras de página. O tempo de carregamento de página na memória, o instante do último acesso e os bits  $R$  e  $M$  para cada página são mostrados a seguir (os tempos estão em tiques de relógio):

Página	Carregado	Última referência	$R$	$M$
0	126	280	1	0
1	230	265	0	1
2	140	270	0	0
3	110	285	1	1

- Qual página será trocada pelo NRU?
- Qual página será trocada pelo FIFO?
- Qual página será trocada pelo LRU?
- Qual página será trocada pelo segunda chance?

22. Considere a seguinte matriz:

```
int x[64][64];
```

Suponha que um sistema tenha 4 molduras de página e que cada moldura seja de 128 palavras (um inteiro ocupa uma palavra). Os programas que manipulam o arranjo  $x$  se ajustam exatamente a uma página e sempre ocupam a página 0. Os dados sofrem swap nas outras 3 molduras. O arranjo  $x$  é armazenado segundo a ordem da fila maior (isto é,  $x[0][1]$  segue  $x[0][0]$  na memória, com as linhas concatenadas). Qual dos dois fragmentos de código a seguir gerará o menor número de faltas de página? Explique e calcule o número total de faltas de página.

*Fragmento A*

```
for (int j=0; j<64; j++)
    for (int i=0; i<64; i++) x[i][j] = 0;
```

*Fragmento B*

```
for (int i=0; i<64; i++)
    for (int j=0; j<64; j++) x[i][j] = 0;
```

23. Um computador provê, a cada processo, 65536 bytes de espaço de endereço dividido em páginas de 4096 bytes. Um determinado programa tem um segmento de texto de 32768 bytes, um segmento de dados de 16386 bytes e um segmento de pilha de 15870 bytes. Esse programa se encaixa no referido espaço de endereçamento? Se o tamanho da página fosse de 512 bytes ele se encaixaria? (Lembre-se de que uma página não pode conter partes de dois segmentos diferentes)
24. Uma página pode estar em dois conjuntos de trabalho ao mesmo tempo? Explique.
25. Tem-se observado que o número de instruções executadas entre faltas de página é diretamente proporcional ao número de molduras de página alocada para um programa. Se a memória disponível for duplicada, o intervalo médio entre faltas de página também será duplicado. Suponha que uma instrução normal leve um microssegundo, mas, se uma falta de página ocorrer, ela levará 2001 microssegundos (isto é, 2 ms para tratar a falta). Se um programa leva 60 s para executar – período em que ele terá 15 mil faltas de página -, quanto tempo ele levaria para executar se existisse duas vezes mais memória disponível?
26. Uma instrução em linguagem de máquina para carregar uma palavra de 32 bits para dentro de um registrador contém o endereço de 32 bits da própria palavra a ser carregada. Qual o número máximo de faltas de página que essa instrução pode causar?
27. Consideremos um programa que tenha os dois segmentos mostrados a seguir, consistindo de instruções no segmento 0 e de dados de leitura/escrita no segmento 1. O segmento 0 tem permissão leitura/execução e o segmento 1 tem permissão leitura/escrita. O sistema de memória é um sistema de memória virtual paginado por demanda, com endereços virtuais que têm um número de página de 4 bits e um deslocamento de 10 bits. As tabelas de páginas e permissões são as seguintes:

Segmento 0		Segmento 1	
Leitura/Execução		Leitura/Escrita	
Página Virtual	Moldura	Página Virtual	Moldura
0	2	0	Em disco
1	Em disco	1	14
2	11	2	9
3	5	3	6
4	Em disco	4	Em disco
5	Em disco	5	13
6	4	6	8
7	3	7	12

Para cada um dos seguintes casos, dê o endereço de memória real (efetiva) que resulta da tradução de endereço dinâmico ou identifique o tipo de erro que ocorre (seja erro de página ou de proteção)

- (a) Busca do segmento 1, página 1, deslocamento 3
- (b) Armazenamento no segmento 0, página 0, deslocamento 16
- (c) Busca do segmento 1, página 4, deslocamento 28
- (d) Salto para localização no segmento 1, página 3, deslocamento 32