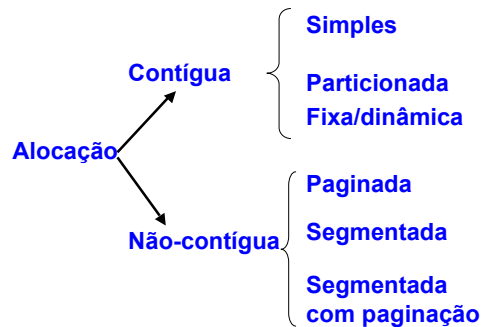


Gerência de Memória: Paginação

Marcelo Johann

Como alocar memória?



INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 2

Particionamento...

- Cada processo deve ter um espaço de endereçamento contíguo.
- O Sis. Op. aloca partições de tamanho fixo:
 - determinado uma vez por todas;
 - Adaptado ao tamanho do processo.
- Pode haver problemas de desperdício:
 - Fragmentação interna
 - Fragmentação externa
- Mecanismos de compactação existem
 - Algoritmo “buddy” do Linux.
- O swap de processos ajuda a recuperar memória.

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 3

Plano da aula

- Memória paginada
 - Página, quadro
- Tabela de páginas
 - Mapeamento
- Problemas e soluções com paginação.

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 4

Problemas com particionamento

- Os mecanismos de alocação por partição sofrem de fragmentação
 - Nem a compactação é suficiente.
- Na verdade, o espaço de endereçamento **lógico** deve ser contíguo. O espaço **físico** não precisa sê-lo.
 - A função de mapeamento deverá iludir o processo para lhe fornecer um espaço contíguo.
- Isso é feito através da noção de **página**
 - Segmentação também serve!

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 5

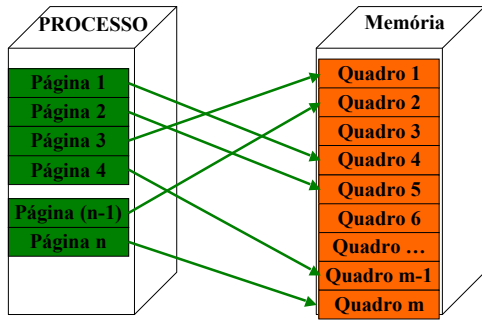
Página (*page*) & Quadro (*frame*)

- Define-se:
 - **Uma página:**
 - É uma partição da memória lógica, porém de tamanho menor do que necessário ao processo (e.g. 4 kB);
 - Mais de uma página serão alocadas a um processo para implementar seu espaço de endereçamento.
 - **Um quadro** ou moldura (*frame*):
 - É uma partição da memória física.
 - Em geral do mesmo tamanho da página.
- O Sis. Op. deve mapear as páginas para os quadros.
 - Uma página pode ser mapeada em qualquer quadro disponível.

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 6

Associação Páginas / Quadros

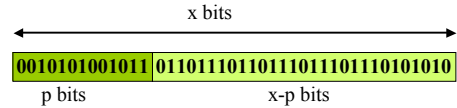


INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 7

Como fazer o mapeamento (1)?

- O mapeamento se faz através de um cálculo relativo ao endereço lógico acessado pelo processo.
- O endereço lógico, de x bits, é decomposto em
 - Um **número de página** (p bits)
 - Tem-se 2^p páginas
 - Um **deslocamento** ($x-p$ bits)
 - $x-p$ define o número de endereços possíveis na página!
 - Cada página tem um tamanho igual a 2^{x-p} endereços

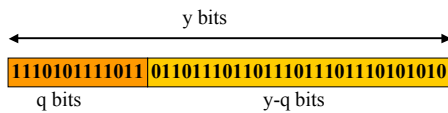


INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 8

Como fazer o mapeamento (2)?

- O endereço físico, de y bits, é decomposto em
 - Um **número de quadro** (q bits)
 - Tem-se 2^q quadros
 - Em geral $q < p$, mas $x-p = y-q$
 - Um **deslocamento** ($y-q$ bits)

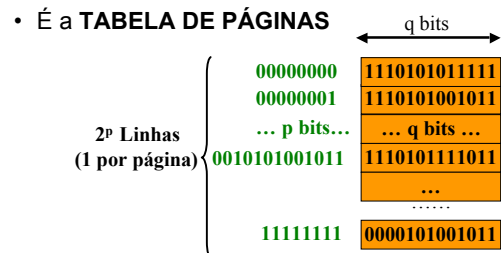


INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 9

Como fazer o mapeamento (3)?

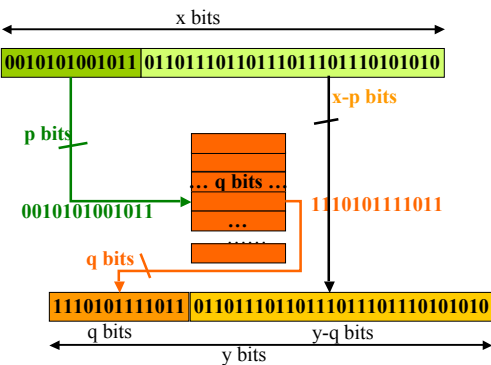
- O mapeamento se faz através do uso de uma tabela de associação “número da página” / “número do quadro”.



INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 10

Uso da tabela de páginas



INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 11

Alguns “cálculos”

- Desse mecanismo, deduz-se que
 - $x - p = y - q = \text{tamanho de uma página/quadro (em termos de comprimento)}$!
- y define o tamanho do endereço na memória (RAM) física
 - E.g. $y = 32$ (bits)
- x é escolhido pelo projeto de Sis. Op.
 - $2^x = \text{tamanho do espaço de endereçamento lógico}$!
- p e q condicionam o tamanho da tabela de páginas:
 - $2^p = \text{número de páginas} = \text{número de linhas (entradas) na tabela}$.
 - Cada linha ocupa q bits.
 - Tamanho total da tabela: $2^p \cdot q$ bits.

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 12

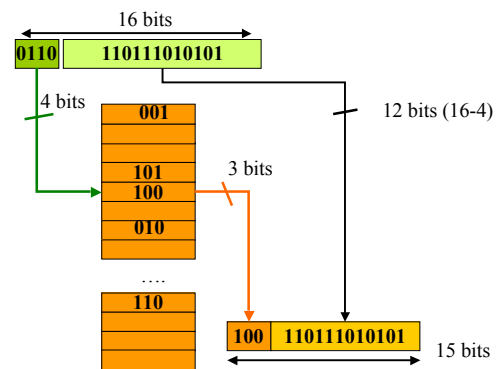
Alguns valores para fixar as idéias...

- Endereços lógicos de 16 bits ($x=16$)
 - endereços lógicos de 0 até $2^{16} = 64\text{ K}$
 - Palavra = 1 Byte \Rightarrow 64 KB de memória lógica.
- 32 KB de RAM física
 - $32\text{ KB} = 2^{15}$ Bytes. ($y = 15$).
- Páginas e quadros de 4 KB
 - Tem-se $64\text{ KB} / 4\text{ KB} = 16$ páginas.
 - Precisa-se de $p=4$ bits para endereçar as páginas.
 - Tem-se $32\text{ KB} / 4\text{ KB} = 8$ quadros.
 - Precisa-se de $q=3$ bits para endereçar os quadros.

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 13

Uso da tabela de páginas



INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 14

Falta de página

- Via de regra, não tem quadro associado a toda página!
 - Têm menos quadros do que páginas...
 - ... porque a memória física é menor do que a lógica!
 - Vide exemplo anterior.
- Algumas entradas na tabela de páginas não têm número de quadro associado
 - **Bit de validade**
- Quando uma página é requisitada que não tem quadro associado, há **falta de página** (*page fault*).

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 15

Proteção de acesso & Compartilhamento

- Um processo pode apenas acessar a memória endereçada por suas páginas!
 - Não pode mexer na memória de outros processos.
- Para otimizar o sistema, são usados bits de segurança na tabela:
 - Página em leitura, escrita ou para execução.
 - Bit de sujeira.
 - Bit de validade.
- A página facilita o compartilhamento de memória
 - Código executável, memória (cf. *threads*)

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 16

Problema com páginas (1)

- $2^{x-p} = 2^{y-q}$ = tamanho de uma página (em bits).
- Tamanho da tabela de páginas = 2^{pq} bits
- Quanto maior a página, menor q ; e menor q , menor o tamanho da tabela.
- Problema: não se quer páginas muito grandes para não voltar a ter um mecanismo de partições fixas!
- Por isso, se costuma usar páginas bem menores do que a RAM (cf. 4 Kbytes, 8 Kbytes)...
- Por isso, o número de páginas explode!

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 17

Problema com páginas (2)

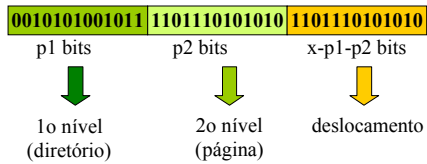
- Como decidir o tamanho da tabela?
 - Fixar um número máximo de páginas
 - Provoca fragmentação interna na tabela, pois nem toda ela será usada.
 - Limita o tamanho máximo de um processo.
 - Deixar a tabela evoluir dinamicamente
 - Ou com alocação contígua (e com fragmentação externa...)
 - Ou com paginação (da tabela de páginas!).

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 18

Soluções com páginas...

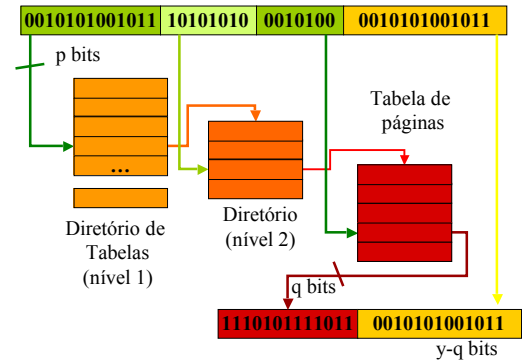
- Usa-se mecanismos de paginação **multi-níveis**.
 - O endereço lógico se decompõe em mais campos.
 - Cada entrada no diretório de tabelas de páginas é o endereço de uma tabela de página.
 - O nível seguinte possibilita achar a página na tabela apontada.



INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 19

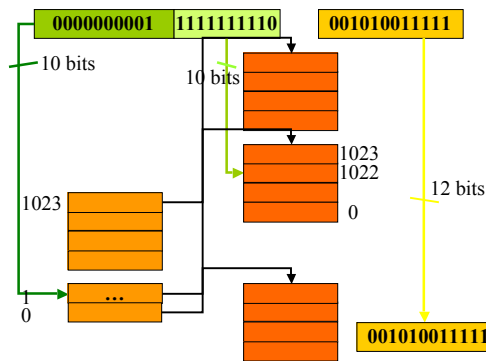
Paginação multi-nível



INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 20

Exemplo de uso com 2 níveis

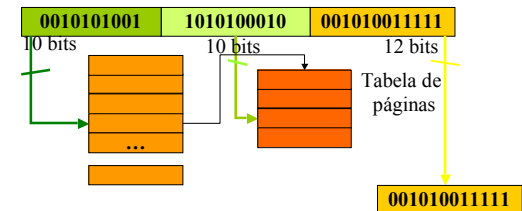


INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 21

Interação HW/SW e tabelas de páginas: o caso da INTEL 8086

- Mecanismo com dois níveis.
 - Endereço lógico: 4 GB (32 bits)
 - Páginas de 4 KB
 - Número total de 4 GB/4 KB = 1 Mega-páginas.
- Suporte em HW para:
 - 1 diretório de páginas (1K entradas de 4 Bytes)
 - 1 tabela de páginas (1K entradas de 4 Bytes)



INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 22

Exemplos de questões...

- No caso da INTEL 8086, qual será o tamanho (em Bytes) de uma tabela de páginas (2o nível)?
 - Calcular o número de entradas na tabela;
 - Calcular o número de bits necessários para obter o endereço físico (junto com o deslocamento de 12 bits);

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 23

Conclusão sobre a paginação

- É a solução, hoje, universalmente empregada em Sistemas Operacionais -
 - Linux, Windows, Unix, MacOS...
- O grande problema é definir o meio-termo entre tamanho da página/número de páginas a gerenciar.
 - A tabela de páginas deve ficar pequena.
- O *hardware* ajuda. A interação exata HW/Sist. Op. auxilia a otimização do desempenho...
 - Será o assunto da próxima aula!

INF01142 - Sistemas Operacionais I N - Marcelo Johann - 2010/2

Aula 14b : Slide 24