

# Memória virtual

Pedro Cruz

EEL770 – Sistemas Operacionais

- Quase um mês para a 1ª apresentação do trabalho
  - Dia 16/05/2018
  - O que fizeram até agora?
    - Análises
    - Estratégias
    - Problemas
    - Soluções
- Dias 7 e 9 de maio não haverá aula

- Quase um mês para a prova
  - 14/05/2018
    - Processos
      - Definição
      - *Threads*
      - Exclusão mútua
      - Comunicação entre processos
      - Impasses
      - Escalonamento
    - Gerenciamento de memória
      - Espaços de endereçamento
      - Memória virtual e paginação
      - Segmentação de memória

- É necessário gerenciar vários programas em memória
- Programas são escritos para endereço de memória 0
  - Realocação estática
  - Realocação dinâmica
- Espaços de endereçamento
- Diversos programas não cabem na memória
  - Troca de processos (*swapping*)
- É necessário gerenciar a memória livre
  - Mapas de bits
  - Listas encadeadas

- Programas nem sempre cabem na memória
  - Processo único
    - Dificuldade/impossibilidade de execução
  - Diversos processos
    - Problemas com o pseudoparalelismo
- Referências à memória não correspondem a endereços reais
  - Realocação
    - Dinâmica
    - Estática
  - Memória virtual

- Utilizar a memória secundária
  - Sobreposições
  - Paginação
  - Segmentação
  - Segmentação + paginação

# Memória virtual



- Endereços utilizados pelos programas são diferentes dos endereços reais
  - Endereço físico
  - Endereço virtual
- Memória secundária é endereçável
  - *Mais ou menos verdade*

- Conjunto residente
  - Porção de um processo que está na memória principal
- Conjunto de trabalho
  - Porção de memória utilizada por um processo em um instante de tempo
    - Da memória do processo



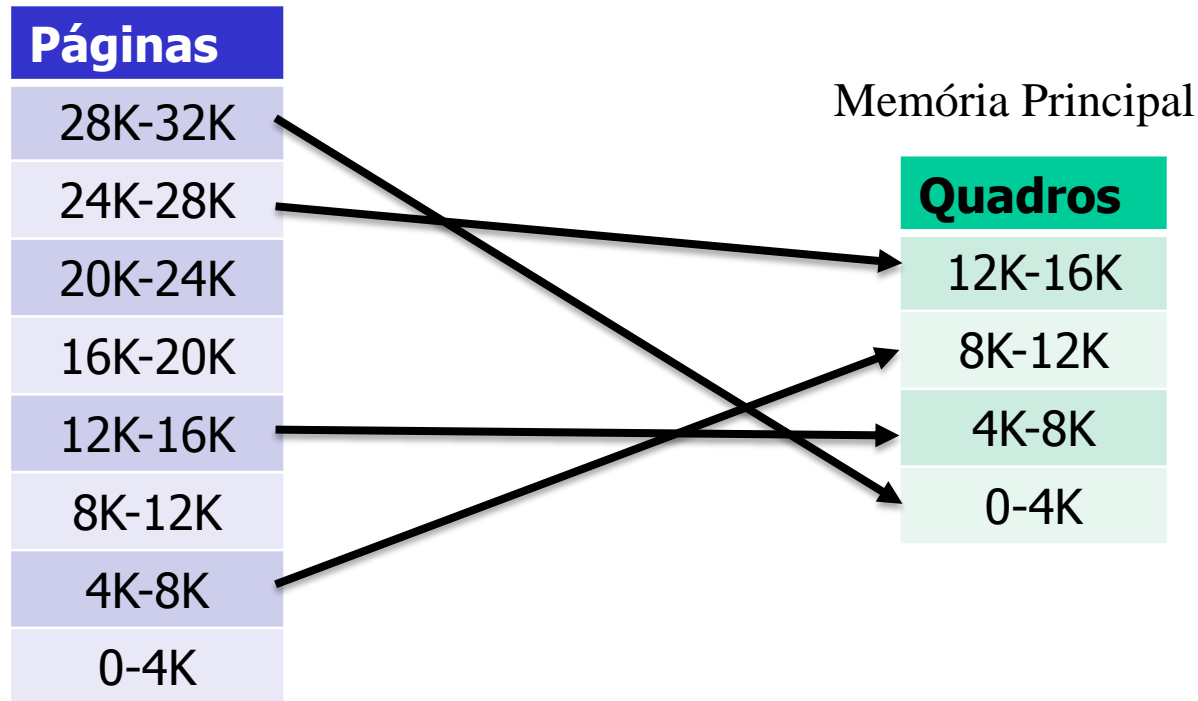
- Porções de dados e código que podem ser executadas de forma independente
- Programador divide o programa em sobreposições
- Operacional chama as sobreposições sequencialmente
  - Se há espaço na memória, encadeia as sobreposições
  - Se não há espaço, sobrescreve sobreposições antigas

Solução velha!

- Memória do processo dividida em pedaços de endereçamento
  - Páginas
    - *Pages*
- Memória real dividida em pedaços de endereçamento
  - Quadros de página
    - *Frames*

# Páginas e quadros

Endereçamento virtual



# Mapeamento de páginas e quadros de páginas



- Relacionar páginas de processos com quadros
- Manter o estado de armazenamento de cada página
  - Na memória primária
  - Na memória secundária

# Tabela de páginas



- Relaciona um identificador de página a um quadro de página pertencente a um processo
  - O que é um identificador de página??
- Mantém o controle de quais páginas estão na memória principal ou secundária
  - Uma por processo

Identificador	Quadro de página	Presente (1)
0	1	0
1	3	1
2	7	1
3	2	0
4	4	1

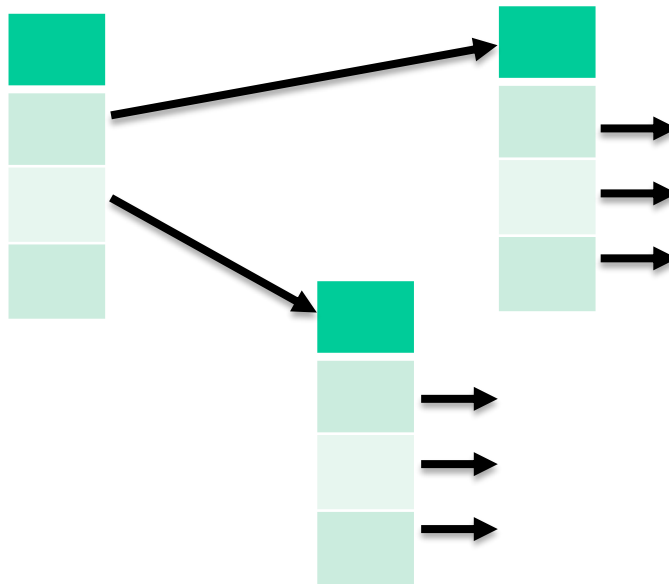
# Tabela de páginas – implementação



- Características
  - CPU com 16 bits de endereçamento
  - Páginas de 4KB
- Opção
  - 4 bits superiores servem para identificar uma página
  - 12 bits restantes identificam a posição dentro da página

# Tabelas multinível

- Tabelas podem ser muito grandes
  - E são mantidas em memória e submetidas à paginação
- Endereço é dividido em mais de dois pedaços
  - Bits menos significativos mostram o deslocamento
    - Bits mais significativos apontam para diferentes tabelas



# Tabelas de páginas invertidas



- Tabela única para todos os processos
  - Cada entrada representa uma página de memória real
  - Acesso do processo  $p$  à página virtual  $n$  deve ser mapeado
    - Operacional procura sequencialmente na tabela a entrada  $(p, n)$
- Vantagens?
- Desvantagens?
- Soluções?



# Unidade de gerenciamento de memória



- Unidade de gerenciamento de memória
  - *Memory Management Unit* – MMU
    - Mapeia os endereços virtuais em endereços físicos
      - Páginas
      - Quadros de página
- Implementação em *hardware* para resolver problema de mapeamento
- Pode suportar diferentes tamanhos de páginas
  - Arquitetura x86-64 suporta diferentes tamanhos
    - 4 KB
    - 2 MB
    - 1 GB

# Tradução simples de página em quadro de página



- Endereçamento é dividido em página e deslocamento
  - 4 bits superiores identificam a página
  - 12 bits restantes identificam a posição dentro da página
- Endereços virtuais são enviados à MMU
  - MMU traduz o endereço faz o acesso ao barramento
    - Endereço físico correto

- Operacional não mantém todos os quadros de páginas na memória primária
  - Alguns quadros ficam em memória secundária
    - Aumenta a memória disponível
    - Reduz a velocidade do acesso à memória
- Processo tenta acessar página mapeada em quadro na memória secundária
  - O que acontece?

# Falta de página – *page fault*



- Processo referencia página fora da memória primária
  - MMU gera interrupção de *page fault*
    - Execução desviada para operacional
  - Operacional
    - Bloqueia o processo
    - Carrega página faltante em quadro na memória principal
      - Qual quadro usar?
      - O que fazer com a página que estava no quadro?

- Falta de página
  - Página A sai da memória principal para página B entrar
    - Página A precisa ser copiada para o disco?

# Tabela de páginas – entrada típica



- Número de quadro
- Presente/ausente
- Permissões
  - Leitura/escrita
  - Leitura/escrita/execução
- Modificada
  - Bit sujo
- Referenciada
- Cache habilitado
  - Mapeamento de E/S em memória

# Melhorias na paginação



- Mapeamento entre endereço físico e virtual tem que ser rápido
  - Instruções vêm da memória
  - Instruções referenciam dados na memória
- Páginas pequenas geram muitas páginas
  - Páginas de 4kB
    - Endereçamento de 32 bits
      - 1 milhão de páginas virtuais
      - 1 milhão de entradas na tabela de páginas
    - Endereçamento de 64 bits
      - $2^{52}$  páginas virtuais
      - $2^{52}$  entradas na tabela de páginas

# Memória associativa – Translation Lookaside Buffers



- Acessos à memória são custosos
  - Se cada acesso à memória tiver que ser mapeado, são dois acessos à memória
- Acessos à memória costumam ser muitos, a poucas páginas
- Memória associativa
  - Dentro da MMU
  - Poucas entradas
  - Comparação em hardware
  - Ausência é resolvida por hardware

**Página  
virtual**

**Modificada**

**Proteção**

**Quadro de  
página**



# Gerenciamento de TLB por software



- Se página não está na TLB
  - MMU lança interrupção para operacional
  - Operacional realiza a carga
- Desvantagem?
- Vantagem?
- Ausência leve (*soft miss*)
- Ausência completa (*hard miss*)

# Tamanho de página



- Fragmentação interna
  - Fragmentação externa?
- Entradas nas tabelas de páginas
- Falta de página

# Memória virtual

Pedro Cruz

EEL770 – Sistemas Operacionais