Módulo 4: Processos

- Conceito de Processo
- Escalonamento de processos
- Operações sobre processos
- Processos cooperantes
- Comunicação entre processos

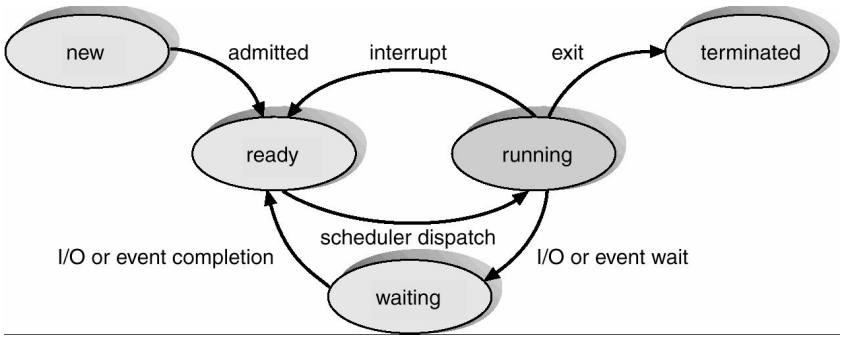
Conceito de Processo

- Um Sistema Operacional executa uma variedade de programas:
  - Sistemas de processamento em lotes (batch) − processa jobs
  - Sistemas de tempo partilhado (time−shared) − roda processos de usuários ou tarefas (tasks)
- O livro texto usa os termos “job” e processo quase como sinônimos
- Processo: é um programa em execução
- Um processo inclui:
  - Contador de programa (PC)
  - Pilha
  - Segmento (área) de dados

Estados de Processos

- Ao executar, processo muda de “estados”
  - New: processo está sendo criado
  - Running: instruções do processo estão executando
  - Waiting: processo está esperando ocorrência de algum evento
  - Terminated: processo terminou a execução

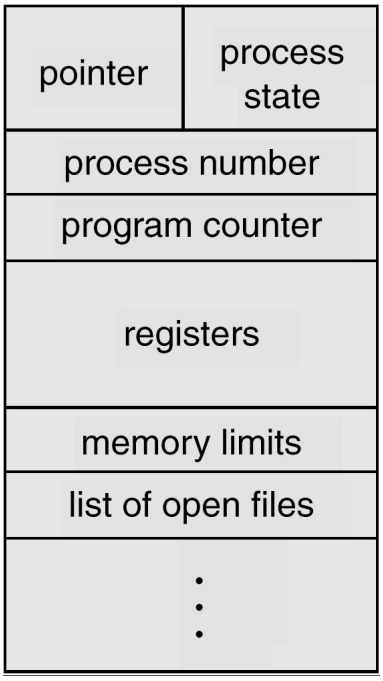
Diagrama de Estados de Processos



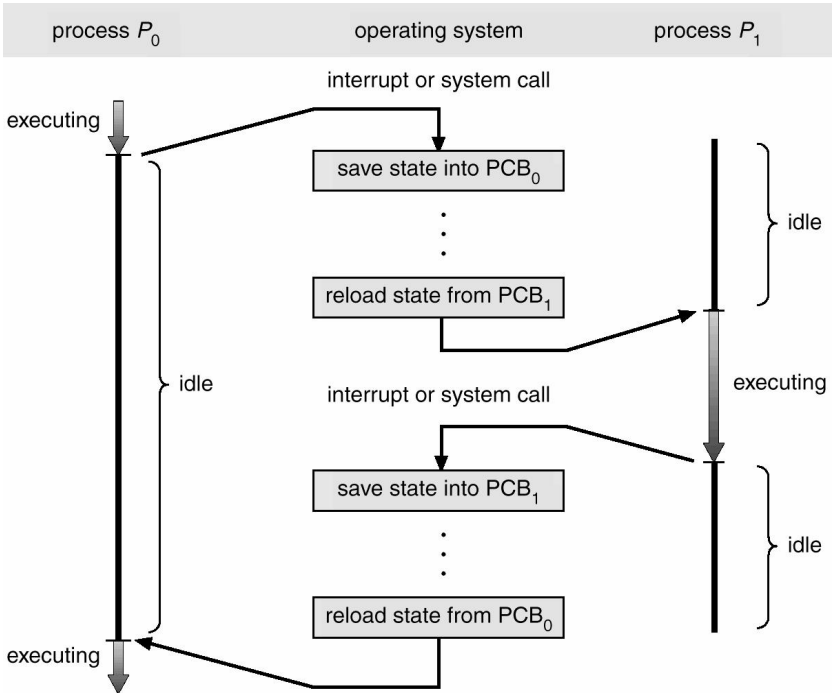
Process Control Block (PCB)

- PCB contém informações associadas a cada processo:
  - Estado do processo
  - Valor do PC (apontador de instruções)
  - Área para guardar valor dos registradores
  - Infos. para escalonamento de CPU (escalonamento processos)
  - Infos. Para gerenciamento de memória
  - Infos. De contabilidade dos processos
  - Status das operações de I/O (ex.: Infos. sobre arquivos usados)

Process Control Block (PCB)



Troca de processos (ou context switch)

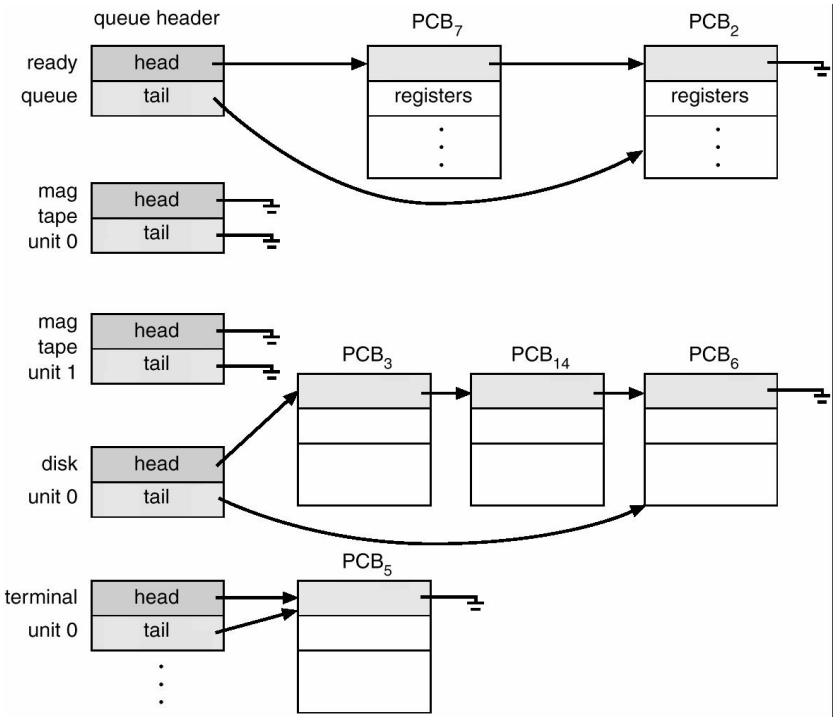


Filas para escalonamento de processos

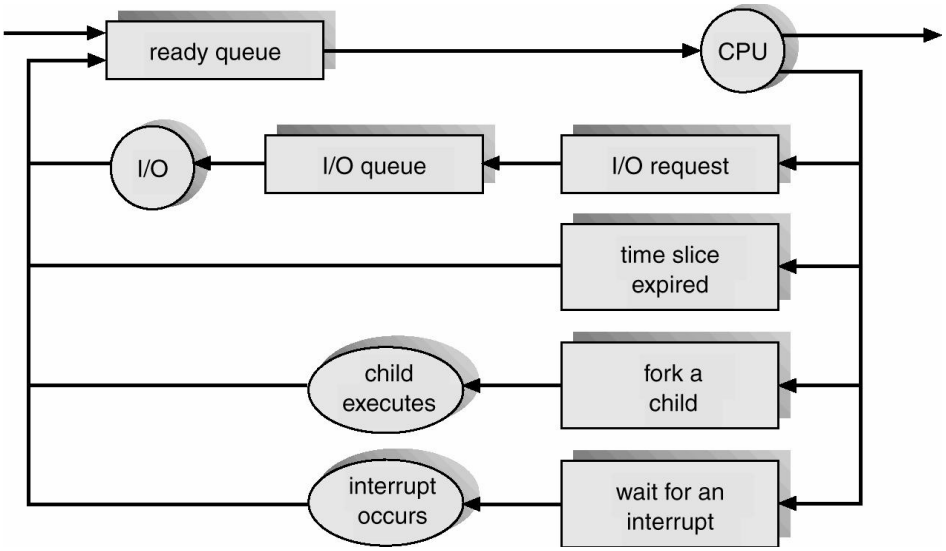
- Fila de “jobs”: conjunto de todos os processos no sistema
- Fila de prontos (ready queue): conjunto de todos os processos que residem na memória principal, prontos para executar mas não estão em execução
- Filas de dispositivos: conjunto de processos esperando por um dispositivo de I/O

“Os processos migram entre as diversas filas do sistema”

Fila de prontos e as diversas filas de dispositivos de I/O



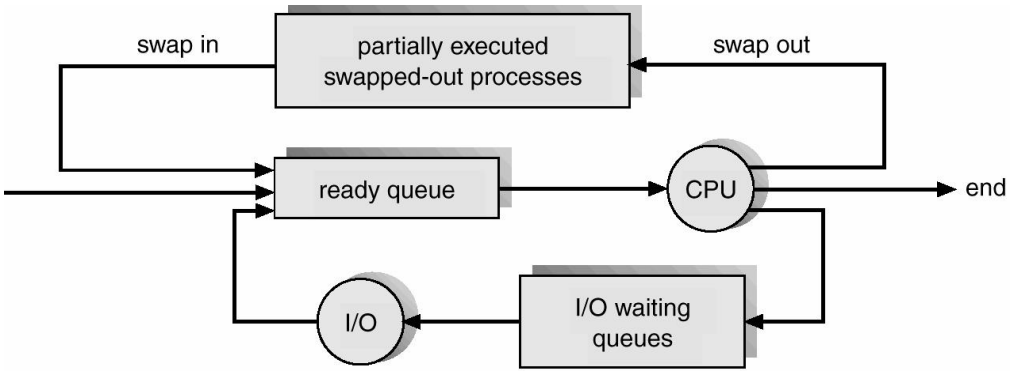
Representação do escalonamento de processos



Escalonadores

- Escalonador de longo prazo (Long−term scheduler) − seleciona qual processo deve ser colocado (buscado) para a fila de prontos
  - por exemplo:
    - de uma fila de jobs batch
- Escalonador de curto prazo (short−term scheduler, CPU scheduler) − seleciona, da fila de prontos, que processo deve ser executado a seguir (i.e. alocado à CPU).

Adição de um escalonador de médio prazo



Escalonadores (Cont.)

- Escalonador de curto prazo é invocado muito frequentemente (milisegundos) ⇒ (deve ser rápido)
- Escalonador de longo prazo é invocado infrequentemente (segundos, minutos) ⇒ (pode ser lento)
- Escalonador de longo prazo controla o *grau de multiprogramação* do sistema
- Processos podem ser classificados em:
  - *I/O−bound processes* − delimitados pelo tempo de I/O, gasta mais tempo fazendo I/O do que computações, muitas pequenas rajadas (bursts) de CPU
  - CPU−*bound processes* − *d*elimitados pelo tempo de CPU, gastam a maior parte do tempo fazendo computações; Poucas RAJADAS LONGAS de CPU

Trocas (chaveamentos) de Contexto

- Quando CPU troca processo em execução por outro, SO deve salvar o estado (contexto de execução) do processo anterior e carregar nos regs. da máquina o estado (guardado) do próximo processo
- Tempo de troca de contexto é “overhead”; a traca é útil mas não é o objetivo do sistema, objetivo é processar / computar jobs
- Tempo de troca de contexto é dependente do suporte de hardware

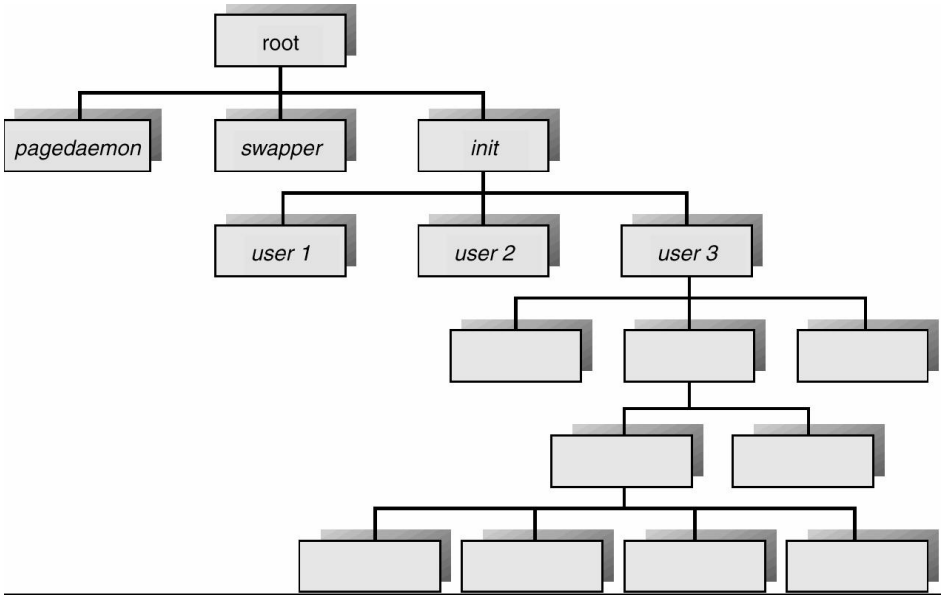
Criação de processos

- Processo pai cria “filhos” (ou clones), que por sua vez criam outros formando uma árvore de processos
- Compartilhamento de recursos possíveis:
  - Pai e filhos compartilham todos os recursos
  - Filhos compartilham subconjunto de recursos do pai
  - Pai e filhos não compartilham recursos
- Execuções possíveis:
  - Pai e filhos executam concorrentemente
  - Pai espera até filhos terminarem

Criação de Processos (Cont.)

- Possibilidades para o espaço de endereçamento
  - Filho é duplicata do pai (espaço separado)
  - Filho tem programa carregado no espaço do pai (substituição)
- Exemplos do UNIX
  - Chamada a **fork** cria novo processo
  - Chamada **execve** usada **depois do fork** (no código do clone) para substituir programa no espaço do “clone”
  -

Uma árvore de processos em um sistema UNIX típico



Término de Processos

- Processo executa chamada exit pedindo ao SO que termine o processo
  - Dado passado de filho para pai (via **wait**)
  - Recursos do processo são de−alocados pelo SO
- Pai pode terminar a execução de processos filhos (**abort**) devido:
  - Filho excedeu uso de recursos alocados
  - Tarefa atribuída ao filho não é mais necessária
  - Pai vai terminar... possibilidades são:
    - SO termina filho também
    - “Cascateamento” de términos
  -

Processos Cooperantes

- Processos *Independentes* não podem afetar ou serem afetados pela execução de outros processos
- Processos *Cooperantes* podem afetar a execução de outros processos cooperantes (ou ter execução afetada)
- Vantagens da cooperação entre processos:
  - Compartilhamento de informações
  - Aumento da velocidade de computação (speed−up)
  - Modularidade
  - Conveniência

Problema Produtor−Consumidor

- Paradigma (padrão de comportamento) para certos processos cooperantes
  - Processo produtor produz informação que é “consumida” por outro processo (consumidor)
- Comunicação entre os processos cooperantes utiliza um “buffer”:
  - *Bounded−buffer:* tem tamanho fixo
  - *Unbounded−buffer: assume−se* que o buffer não tem limite de tamanho.

Solução para probl. Bounded−Buffer com memória compartilhada

- Shared data

```
var n;
type item = … ;
var buffer. array [0..n–1] of item;
    in, out: 0..n–1;
```

- Producer process

```
repeat
    …
    produce an item in nextp
    …
    while in+1 mod n = out do no−op;
    buffer [in] :=nextp;
    in :=in+1 mod n;
until false;
```


Bounded−Buffer (Cont.)

- Consumer process

```
repeat
    while in = out do no−op;
    nextc := buffer [out];
    out := out+1 mod n;
    …
    consume the item in nextc
    …
    until false;
```

- Solution is correct, but can only fill up n–1 buffer.

Threads

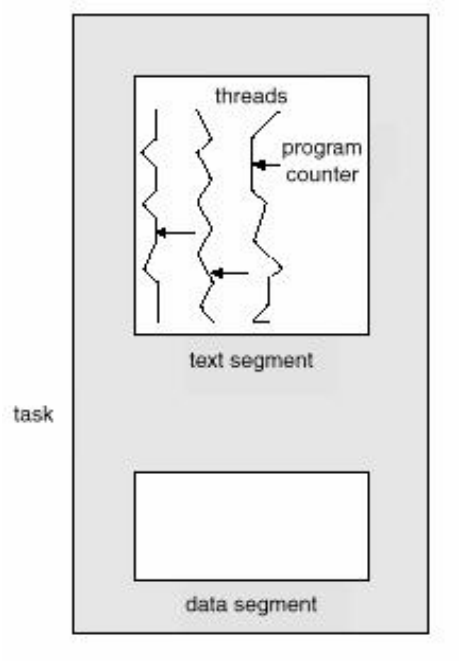
- Uma *thread* (ou *lightweight process*) é uma unidade básica de utilização de CPU
- Uma thread consiste de:
  - Apontador de instruções (PC)
  - Conjunto de registradores
  - Espaço de pilha
- Thread = processo de peso leve ou, também, linha de execução de um processo
- Uma thread compartilha com outras threads pares (peers):
  - A seção de código
  - A seção de dados
  - Os recursos do SO

  coletivamente tudo isso é conhecido como tarefa (task)
- Um processo tradicional (ou *heavyweight* process) é igual a uma tarefa com uma thread
- OBS: para executar com threads é necessário uma pilha por thread (uma só nao é suficiente), ao contrario das áreas de código, vars. e heap que podem ser compartilhadas peals threads pares.

Threads (Cont.)

- Em uma tarefa com múltiplas threads, enquanto uma thread está bloqueada e esperando, uma segunda thread na mesma tarefa pode executar
  - Cooperação de múltiplas threads no mesmo job confere maior vazão (throughput) e melhoria de desempenho
  - Aplicações que requerem compartilhamento de dados se beneficiam ao utilizar threads (ex. buffer comum em padrão produtor−consumidor)
- Threads provêm um mecanismo que possibilita a um processo sequencial fazer uma chamada bloqueante ao SO e ao memo tempo obter paralelismo no processo
- Threads podem ser suportadas pelo núcleo do SO (ex. Mach, OS/2, Linux).
- Threads podem ser suportadas em espaço de endereços de usuário (User−level threads);
  - Como uma biblioteca que roda em espaço de usuário (exs. Projeto Andrew da CMU, C−Threads)
  - Suportado pela linguagem e respectivo compilador (ex. Modula, Java)
- Abordagem híbrida implementa ambos os métodos (ex. user−level e kernel−level threads em Solaris 2).

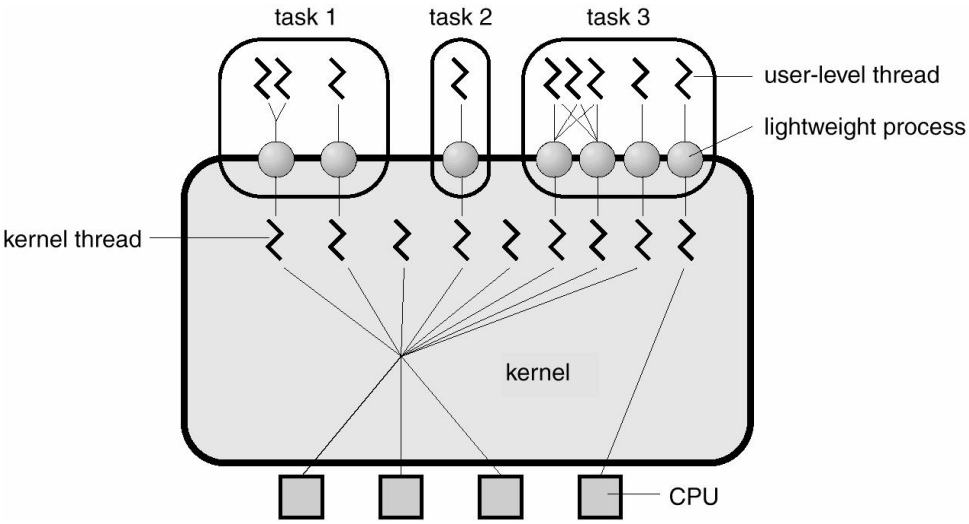
Múltiplas Threads dentro de uma tarefa



Suporte a Threads em Solaris 2

- Solaris 2 é uma versão do UNIX com suporte para threads pelo kernel ou em nível de usuário, multiprocessamento simétrico (SMP) e escalonamento de tempo real
- LWP (lightweight process) – intermediário entre user−level threads e kernel−level threads
- Utilização de recursos por tipo de thread:
  - Kernel thread: uma pequena estrutura de dados e uma pilha; troca de contexto entre threads pares não requer troca de infos. de acesso à memória (segmentos compartilhados) – relativamente rápido
  - LWP: PCB com valores de regs, infos. de contabilidade e memória; troca entre LWPs é relativamente lenta
  - User−level thread: precisa apenas uma pilha e uma apontador de instruções (PC) por thread. Chaveamento rápido entre threads pares (kernel vê somente os LWPs, estes é que suportam as threads user−level)

Solaris 2 Threads



Comunicação entre Processos (IPC)

- São necessários mecanismos comunicação entre processos e sincronização de suas ações
- Sistema de mensagens: processos comunicam uns com os outros sem uso de variáveis compartilhadas
- Mecanismo de IPC por troca de mensagens provê duas operações:
  - **send**(*message*) – mensagens de tamanho fixo ou variável
  - **receive**(*message*)
- Se *P* e *Q* querem comunicar, eles precisam:
  - Estabelecer um “canal” de comunicação entre si
  - Trocar mensagens via send/receive
- Implementação de um link de comunicação:
  - Físico (e.g., memória compartilhada, barramento de hardware)
  - lógico (e.g., propriedades lógicas)

Questões de Implementação

- Como os links são estabelecidos ?
- Um link pode ser associado a mais de dois processos ?
- Quantos links podem existir entre cada par de processos comunicantes ?
- Qual é a capacidade de um link ?
- O tamanho da mensagem é fixo ou variável ?
- O link é unidirecional ou bidirecional?