Chapter 5: Escalonamento de CPU

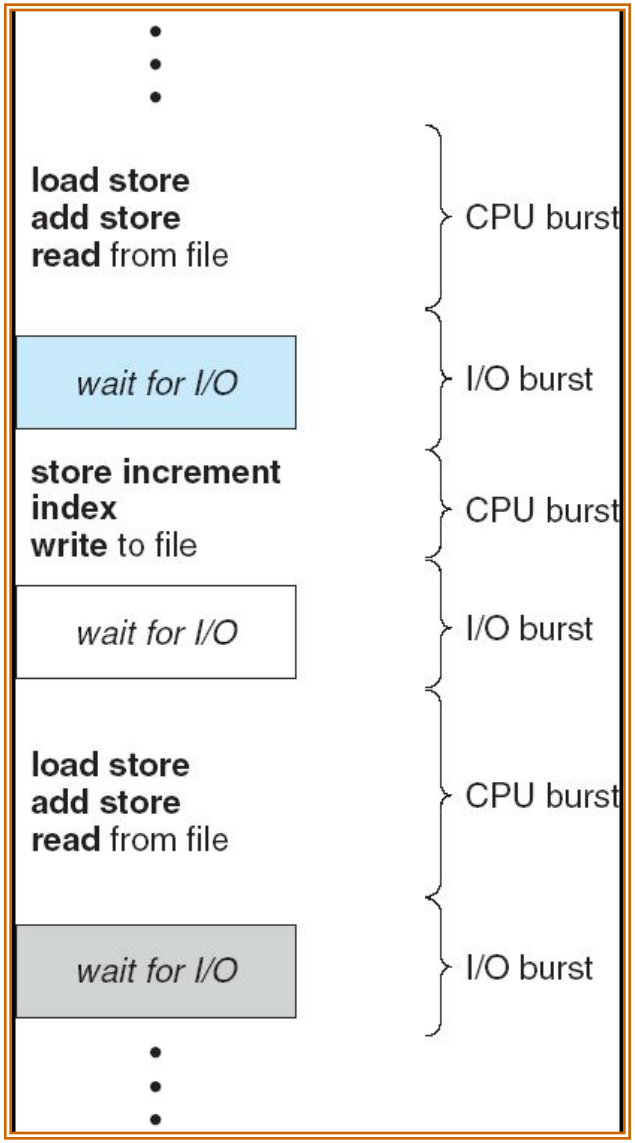
Chapter 5: CPU Scheduling

- Conceitos Basicos
- Criterios para Escalonamento
- Algoritmos de Escalonamento
- Escalonamento de multiplos-processadores
- Avaliacao de Algoritmo

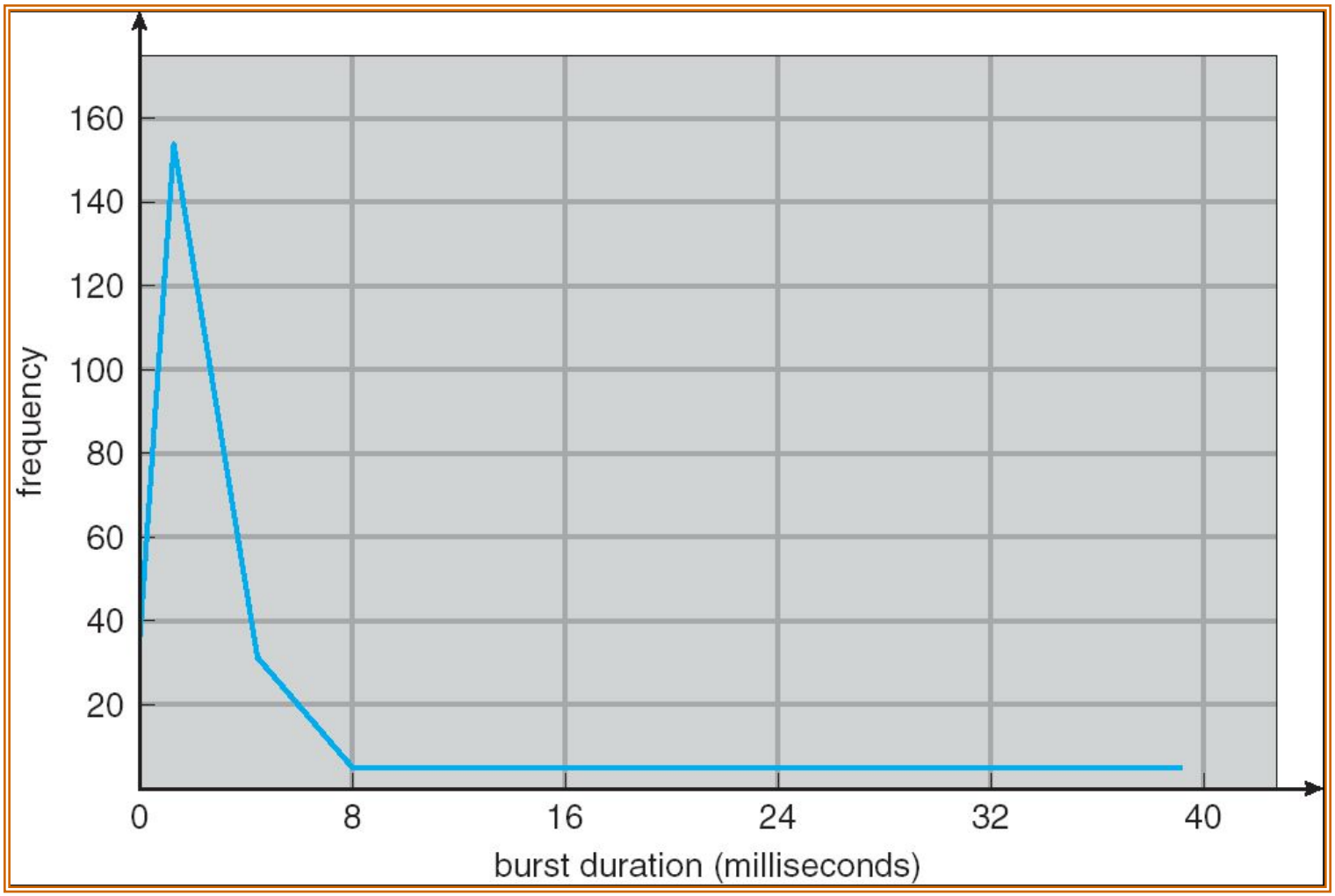
Conceitos Basicos

- Utilizacao maxima de CPU obtida com a multiprogramacao
- Ciclo de CPU–I/O Burst – Execução de processo consiste de um ciclo de execução de CPU e espera por E/S
- Distribuicao de CPU burst

Alternando sequencia de CPU e I/O Bursts



Histograma de tempos de CPU-burst



Escalonador de CPU

- Seleciona processos na memória que estão prontos para executar
- Escalonador é chamado quando:
  1. Muda de estado running para waiting
  2. Muda de estado running para ready
  3. Muda de waiting para ready
  4. Termina um processo
- Escalonadores nas condições 1 e 4 são não-preemptivos
- Condições 2 e 3 são preemptivas

Expedidor (Dispatcher)

- Este módulo fornece o controle da CPU para o processo selecionado (escalonador de curto-prazo), isto envolve:
  - Mudar de contexto;
  - Mudar para modo usuario;
  - Ir para localizacao (Program Counter) correta do programa do usuario para reiniciá-lo.
- *Latência do Expedidor* – tempo levado para o expedidor parar um processo e começar outro

Critério para Escalonamento

- Utilização de CPU – tempo de ocupação da CPU
- Throughput – numero de processos executado por unidade de tempo
- Tempo de Turnaround– quantidade de tempo para executar um processo particular
- Tempo de espera (Waiting time) – quantidade de tempo de espera de um processo na ready queue
- Tempo de Resposta (response time) – quantidade de tempo levada a partir da submissão da requisição até a primeira resposta produzida (para ambiente time-sharing)

Criterio de Otimizacao

- Máxima utilização da CPU
- Máximo throughput
- Mínimo tempo de turnaround
- Mínimo tempo de espera
- Mínimo tempo de resposta

First-Come, First-Served (FCFS) Scheduling

Processo	Burst Time
P_1	24
P_2	3
P_3	3

- Suponha que projetos cheguem na ordem: P_1 , P_2 , P_3
  O grafico de Gantt para o escalonamento é:

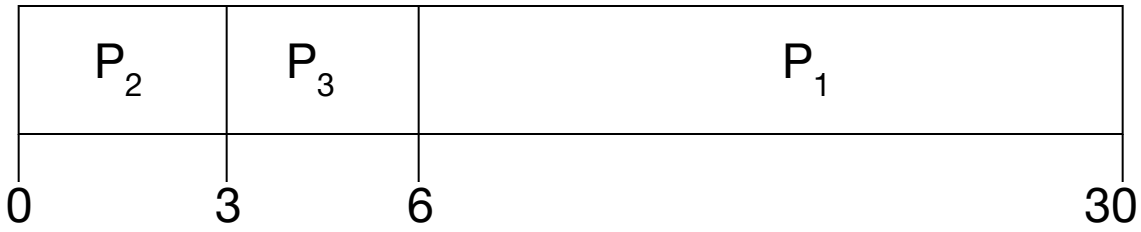
- Waiting time para P_1 = 0; P_2 = 24; P_3 = 27
- Média de waiting time: (0 + 24 + 27)/3 = 17

FCFS Scheduling (Cont.)

Suponha que processos cheguem nesta ordem

P_2 , P_3 , P_1

- O grafico de Gantt para o escalonamento é::



- Waiting time para P_1 = 6; P_2 = 0 ; P_3 = 3
- Média waiting time: (6 + 0 + 3)/3 = 3
- Melhor que o caso anterior
- *Efeito comboio: processos pequenos aguardam processos grandes*

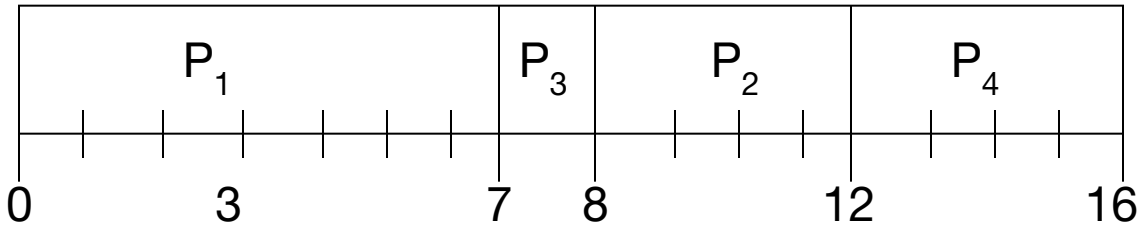
Shortest-Job-First (SJF) Scheduling

- Associa cada processo o tempo do CPU burst. Escolhe o processo com menor tempo
- Dois esquemas:
  - Não preemptivo – uma vez o processo na CPU nao pode substitui-lo enquanto nao completar seu CPU burst
  - Preemptivo – se um novo processo chega com CPU burst menor do que o processo em execucao, troca o processo. Este esquema é conhecido como Shortest-Remaining-Time-First (SRTF)
- SJF é otimo – resulta no media minima de um conjunto de processos

Exemplo de SJF não preemptivo

Process	Arrival Time	Burst Time
P_1	0.0	7
P_2	2.0	4
P_3	4.0	1
P_4	5.0	4

- SJF (non-preemptive)

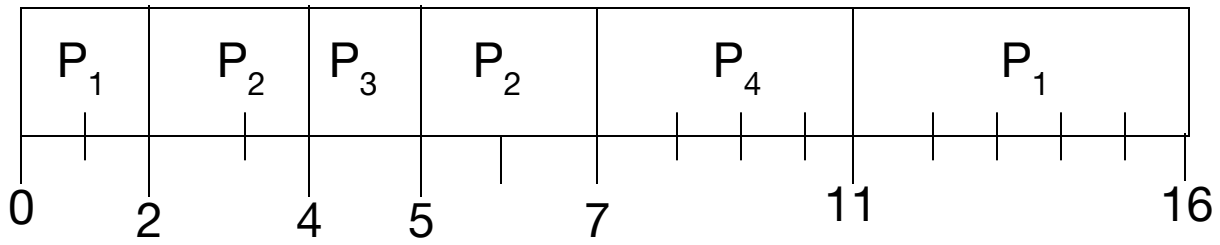


- Average waiting time = (0 + 6 + 3 + 7)/4 = 4

Example SJF Preemptivo (SRTF)

Process	Arrival Time	Burst Time
P_1	0.0	7
P_2	2.0	4
P_3	4.0	1
P_4	5.0	4

- SJF (preemptive)



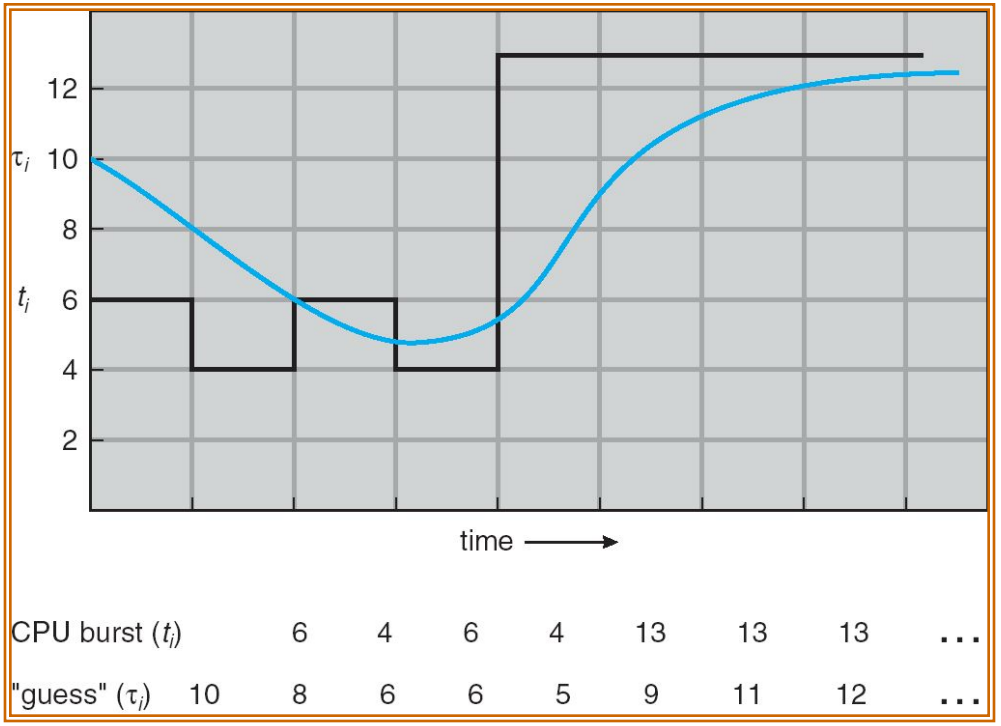
- Average waiting time = (9 + 1 + 0 +2)/4 = 3

Determinando o tamanho do próximo CPU Burst

- Apenas estimado
- Pode ser definido usando o tamanho dos CPU bursts anteriores

1. t_n = actual length of n^{th} CPU burst
2. τ_{n+1} = predicted value for the next CPU burst
3. $\alpha, 0 \leq \alpha \leq 1$
4. Define: $\tau_{n=1} = \alpha\, t_n + (1-\alpha)\tau_n$.

Predicao do tamanho do proximo CPU Burst



Exemplos de cálculo de media exponencial

- α =0
  - $\tau_{n+1} = \tau_n$
  - Historia recente nao conta
- α =1
  - $\tau_{n+1} = \alpha\, t_n$
  - Somente o ultimo CPU burst conta
- Se nós expandirmos a formula, nos temos:

$$\tau_{n+1} = \alpha\, t_n + (1 - \alpha)\alpha\, t_{n-1} + \ldots + (1 - \alpha)^j \alpha\, t_{n-j} + \ldots + (1 - \alpha)^{n+1} \tau_0$$

- Visto que ambos α e (1 - α) sao menores do que 1, cada termo sucessivo tem menos peso do seu predecessor

Priority Scheduling

- Um número de prioridade é associado a cada processo
- A CPU é alocada com o processo de mais alta prioridade (menor inteiro ≡ mais alta prioridade)
  - Preemptivo
  - Nao preemptivo
- SJF é um priority scheduling onde a prioridade é o próximo CPU burst previsto
- Problema ≡ Starvation – processos de baixa prioridade podem nunca executar
- Solução ≡ Aging – de acordo com o progresso do tempo incrementar a prioridade do processo

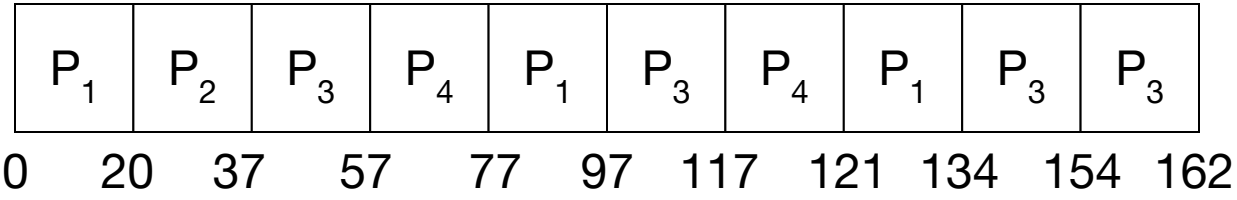
Round Robin (RR)

- Cada processo recebe uma fração de tempo da CPU (*time quantum*), usualmente de 10-100 milisegundos.
- Depois deste processo, o processo é retirado e colocado no final da ready queue.
- Cada processo recebe 1/n tempo da CPU (n processos) em pedacos de time quantum q
- Nenhum processo espera mais do (*n*-1)*q* unidades de tempo para executar
- Performance
  - *q* grande ⇒ FIFO
  - *q* pequeno ⇒ q deve ser maior do que o tempo de troca de contexto, caso contrário o overhead é muito grande

Exemplo de RR comTime Quantum = 20

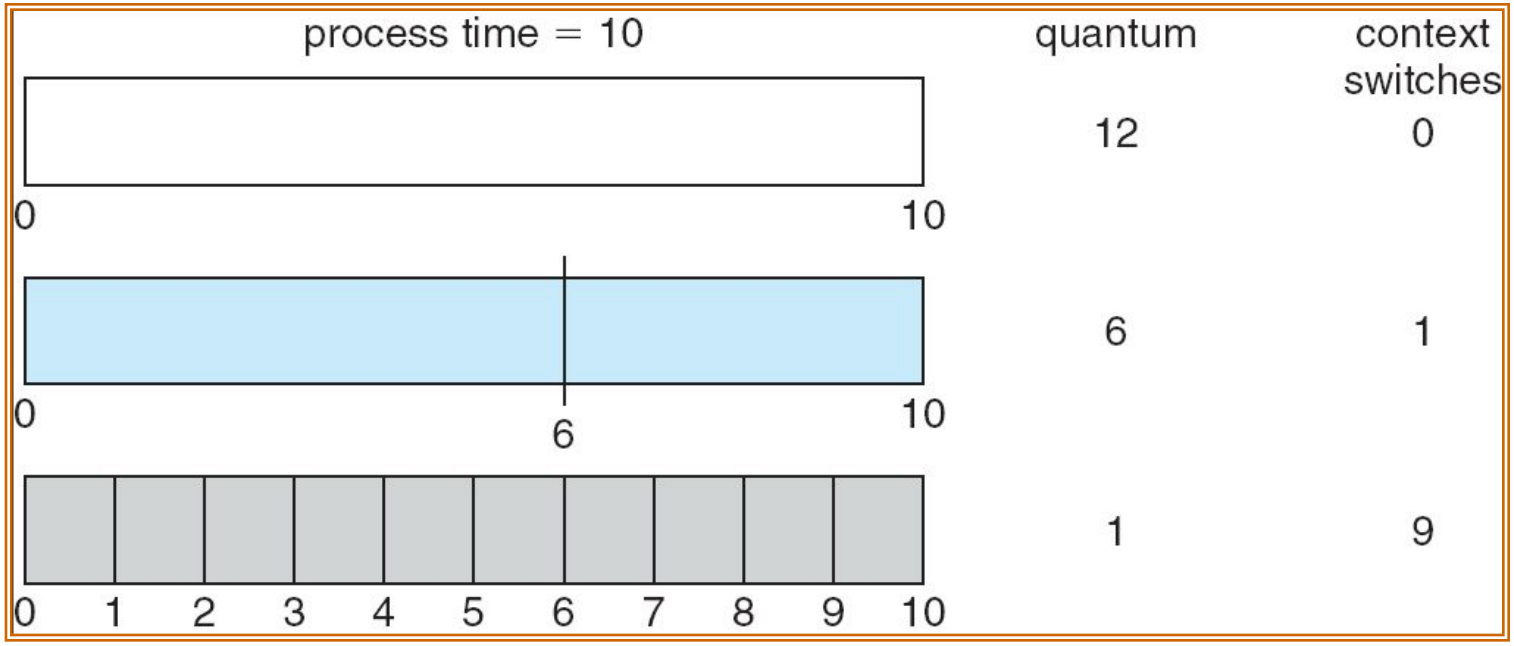
Process	Burst Time
P_1	53
P_2	17
P_3	68
P_4	24

- The Gantt chart is:



- Media mais alta de turnaround do que SJF, mas melhor tempo de resposta

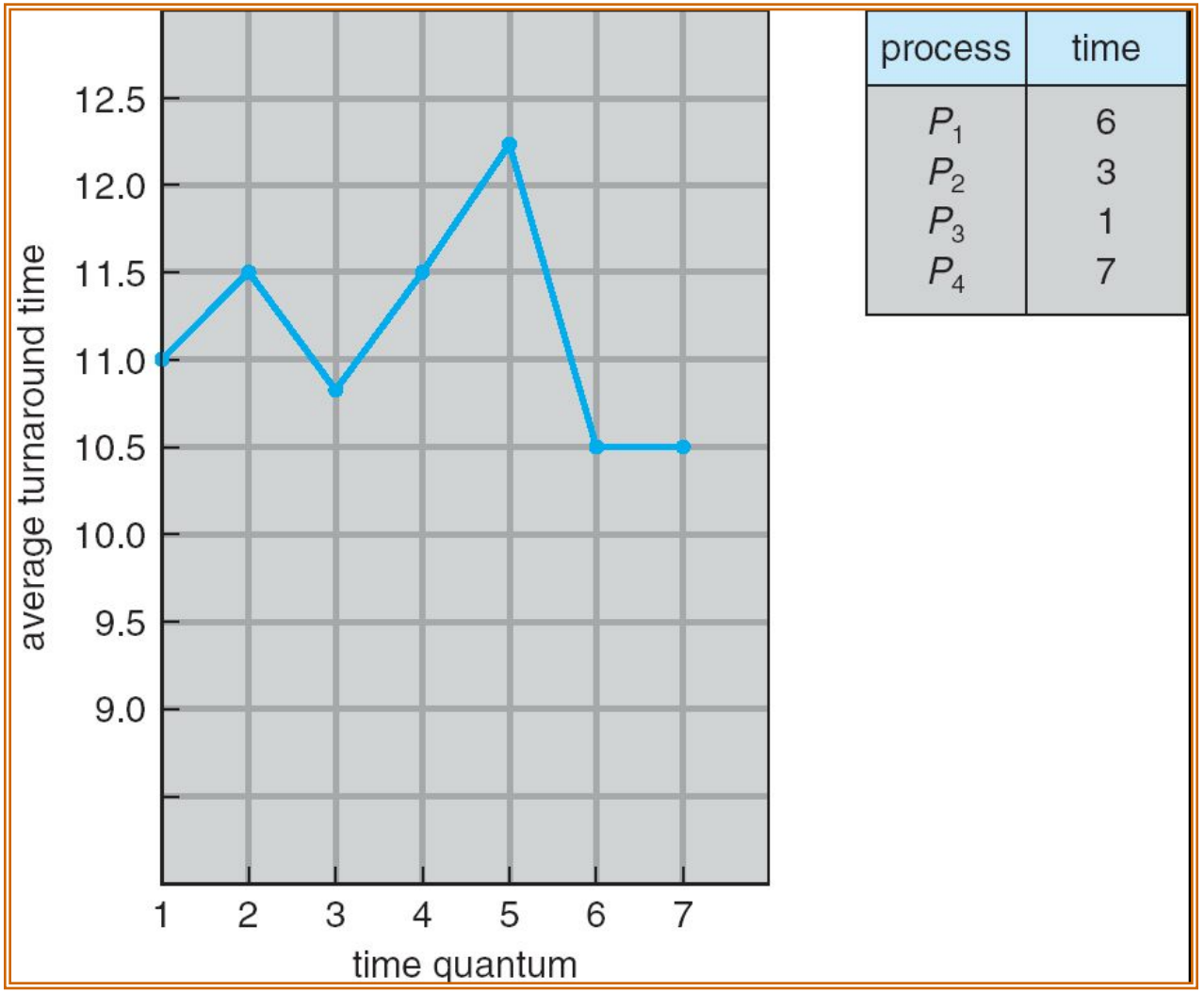
Time Quantum e tempo para troca de contexto



Exercicio

- Plotem um gráfico que mostre no eixo Y a média de turnaround (quantidade de tempo para executar um processo) e no eixo X o Time Quantum para os seguintes processos executando escalonamento RR:
  - P1 – 6
  - P2 – 3
  - P4 – 1
  - P5 – 7
- Varie os Time Quantum de 1 até 7

Tempo de Turnaround Time varia com oTime Quantum

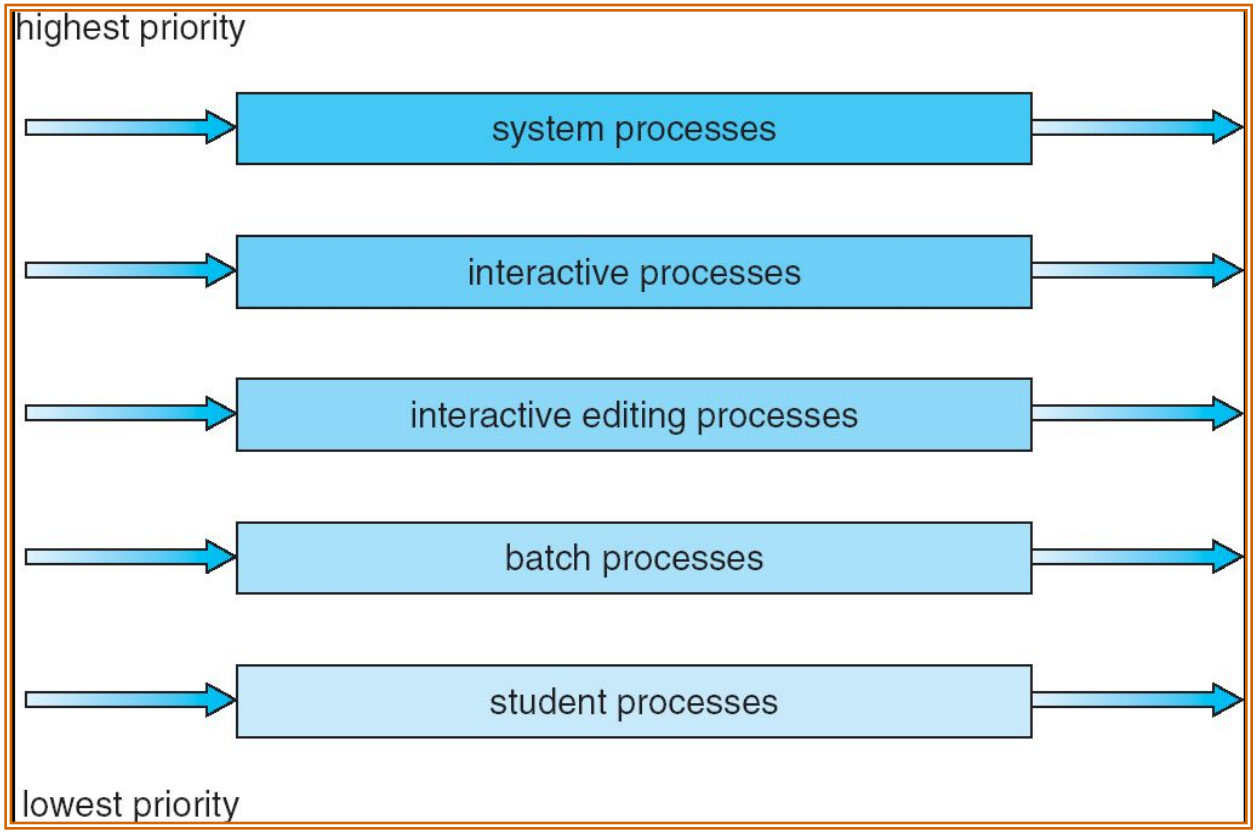


process	time
P_1	6
P_2	3
P_3	1
P_4	7

Diversos niveis de filas

- Ready queue é particionada em filas separadas:
  foreground (interativa)
  background (batch)
- Cada Fila em seu algoritmo de escalonamento
  - foreground – RR
  - background – FCFS
- Escalonamento pode ser feito entre filas
  - Escalonamento com prioridade fixa; (i.e., serve a todos do foreground e depois do background). Possibilidades de starvation.
  - Time slice – cada fila obtem um tempo de CPU; i.e., 80% para foreground em RR, 20% para background em FCFS

Multilevel Queue Scheduling



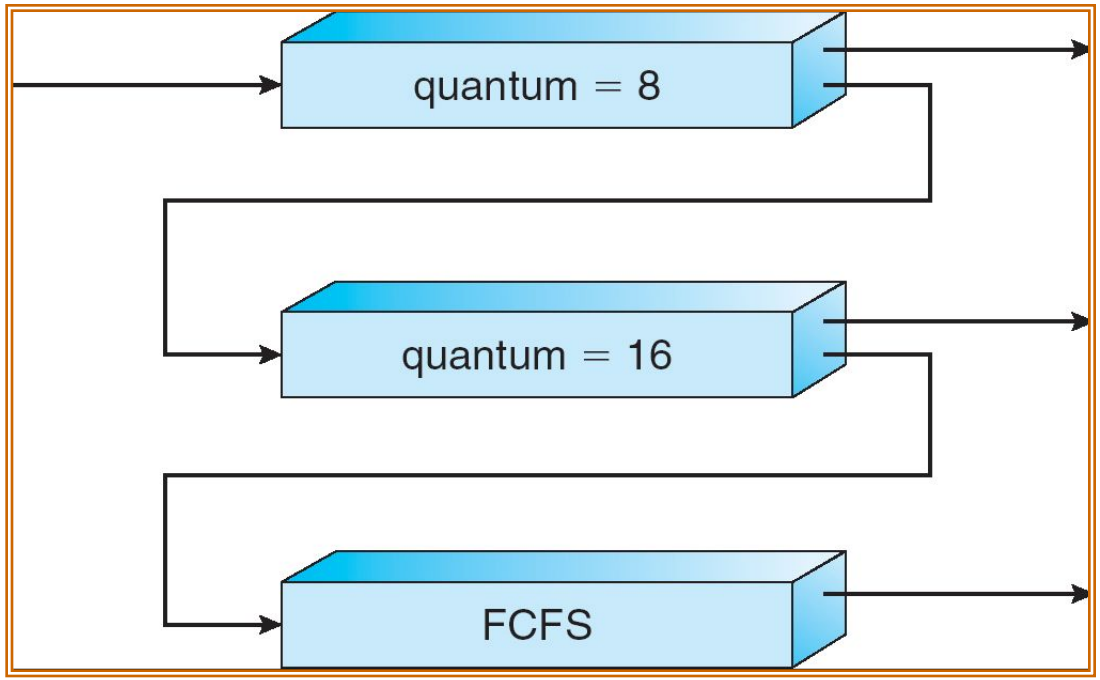
Multilevel Feedback Queue

- Um processo pode mover entre filas; mecanismo de aging pode ser implementado desta forma
- Separar processos de acordo com caracteristicas de CPU burst
- Escalonamento Multilevel-feedback-queue definido pelos seguintes parâmetros:
  - Numero de filas
  - Algoritmo de escalonamento para cada fila
  - Método usado para determinar quando fazer upgrade do processo
  - Método para definir quando rebaixar processo
  - Método para determinar em qual fila o processo entra quando processo iniciar

Exemplo de Multilevel Feedback Queue

- Three queues:
  - Q_0 – RR with time quantum 8 milliseconds
  - Q_1 – RR time quantum 16 milliseconds
  - Q_2 – FCFS
- Scheduling
  - A new job enters queue Q_0 which is served FCFS. When it gains CPU, job receives 8 milliseconds. If it does not finish in 8 milliseconds, job is moved to queue Q_1.
  - At Q_1 job is again served FCFS and receives 16 additional milliseconds. If it still does not complete, it is preempted and moved to queue Q_2.

Filas Multilevel Feedback



Escalonamento com varios processadores

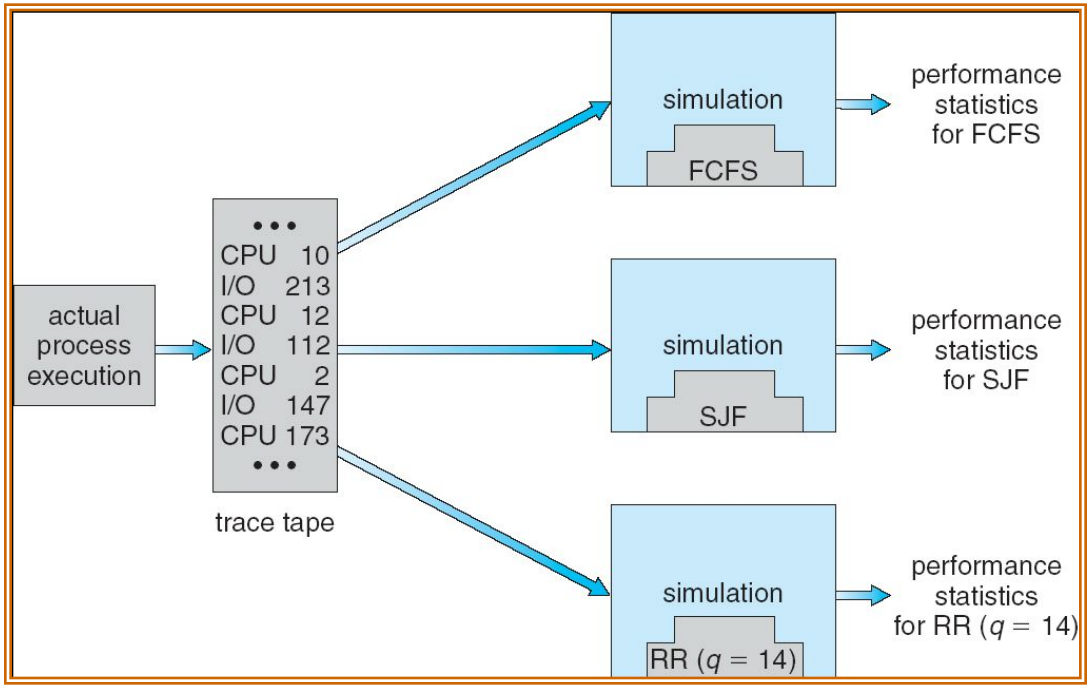
- *Compartilhamento de Carga* de Trabalho
- Escalonamento mais complexo
- *Processadores homogeneos*
- *Multiprocessamento Assimétrico – somente um processador acessa estrutura de dados do SO, evitando a necessidade de compartilhamento de dados*

Questoes relacionados com múltiplos processadores

- Afinidade com processador:
  - Afinidade flexível
    Afinidade rígida
- Balanceamento de Carga
  - Manter a carga de trabalho distribuída igualmente entre todos processadores de um sistema SMP
  - Somente necessária em ambientes onde cada processador tem sua própria fila de processos a executar
  - Duas abordagens:
    - Pushing Migration
    - Pull Migration

Algoritmo de Avaliação

Avaliação do escalonamento da CPU por simulação



Escalonamento de Thread

- Multithreading simetrico (SMT):
  - Criar multiplos processadores logicos no mesmo processador fisico
  - Provida pelo hardware e nao pelo software
  - SOs podem aproveitar tais vantagens caso tenham ciencia desta implementação
- Escalonamento Local (PCS:process-contention scope) – Como a biblioteca de thread decide qual thread colocar em qual LWP (lightweight process)
- Escalonamento Global (SCS: system-contention scope) – Como o kernel decide qual thread do kernel rodar em seguida

API de Escalonamento Pthread

```
int main(int argc, char *argv[])
{
   int i, scope;
   pthread_t tid[NUM_THREADS];
   pthread_attr_t attr;

   /* get the default attributes */
   pthread_attr_init(&attr);

   /* first inquire on the current scope */
   if (pthread_attr_getscope(&attr, &scope) != 0)
      fprintf(stderr, "Unable to get scheduling scope\n");
   else {
      if (scope == PTHREAD_SCOPE_PROCESS)
       printf("PTHREAD_SCOPE_PROCESS");
      else if (scope == PTHREAD_SCOPE_SYSTEM)
       printf("PTHREAD_SCOPE_SYSTEM");
      else
       fprintf(stderr, "Illegal scope value.\n");
    }

   /* set the scheduling algorithm to PCS or SCS */
   pthread_attr_setscope(&attr, PTHREAD_SCOPE_SYSTEM);

   /* create the threads */
   for (i = 0; i < NUM_THREADS; i++)
       pthread_create(&tid[i],&attr,runner,NULL);

   /* now join on each thread */
   for (i = 0; i < NUM_THREADS; i++)
       pthread_join(tid[i], NULL);
}

/* Each thread will begin control in this function */
void *runner(void *param)
{
   /* do some work ... */

   pthread_exit(0);
}
```

Exemplos de SO

- Escalonamento Solaris
- Escalonamento Windows XP
- Escalonamento Linux

Escalonamento Solaris

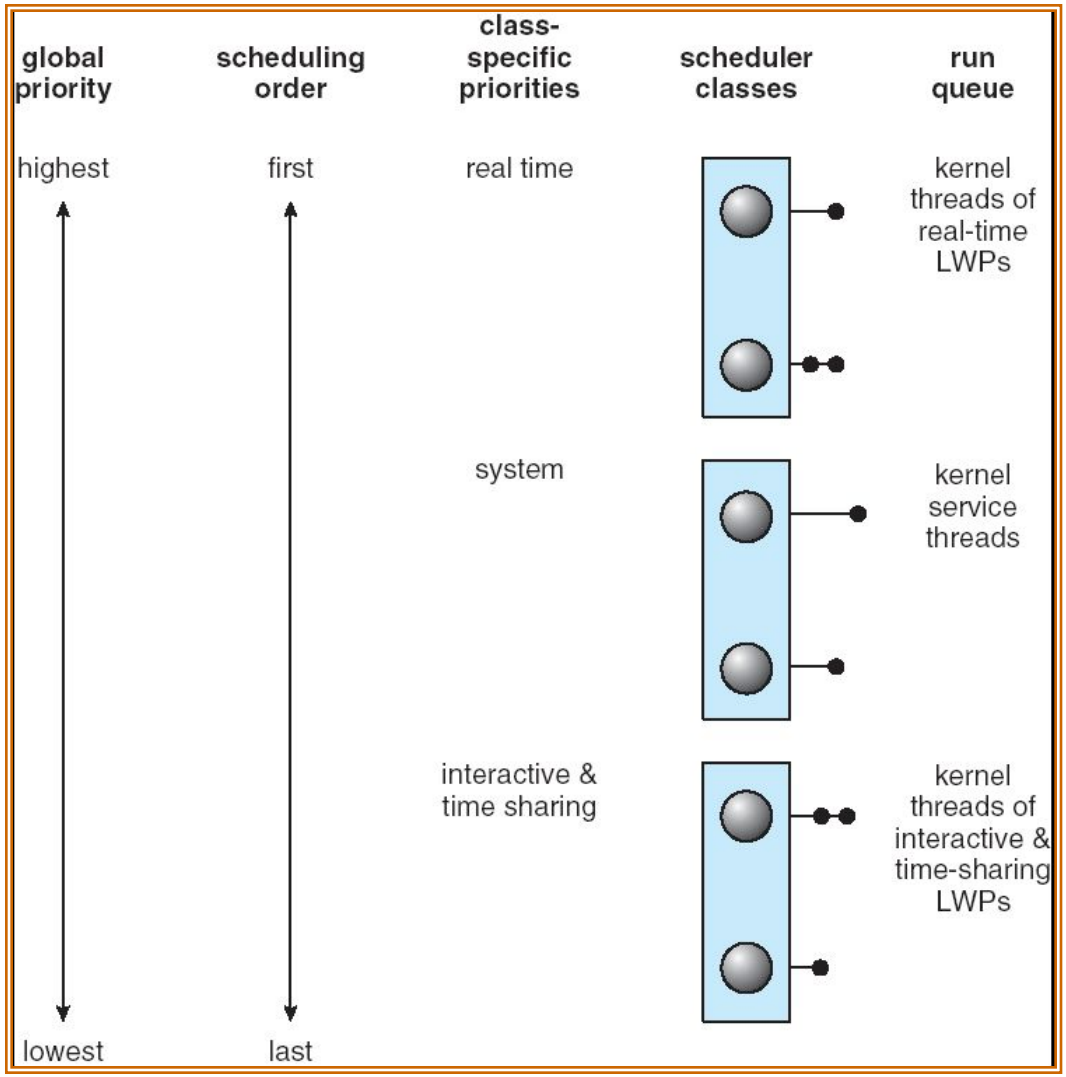


Tabela de Expedição

priority	time quantum	time quantum expired	return from sleep
0	200	0	50
5	200	0	50
10	160	0	51
15	160	5	51
20	120	10	52
25	120	15	52
30	80	20	53
35	80	25	54
40	40	30	55
45	40	35	56
50	40	40	58
55	40	45	58
59	20	49	59

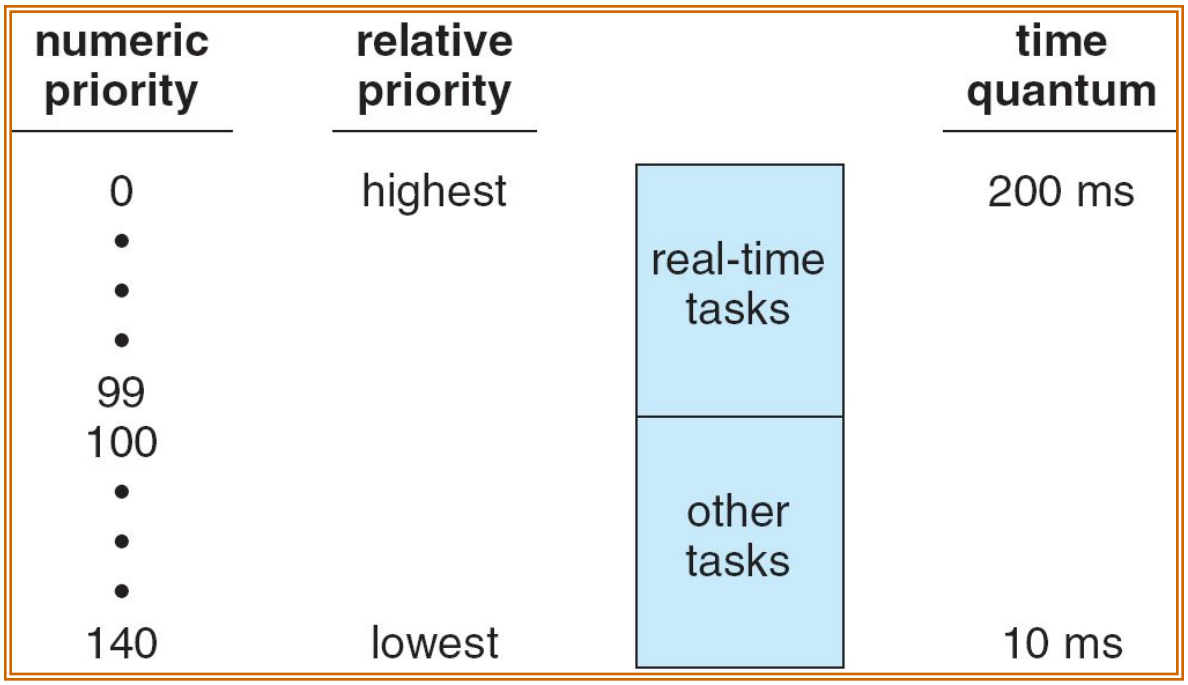
Prioridades Windows XP

	real-time	high	above normal	normal	below normal	idle priority
time-critical	31	15	15	15	15	15
highest	26	15	12	10	8	6
above normal	25	14	11	9	7	5
normal	24	13	10	8	6	4
below normal	23	12	9	7	5	3
lowest	22	11	8	6	4	2
idle	16	1	1	1	1	1

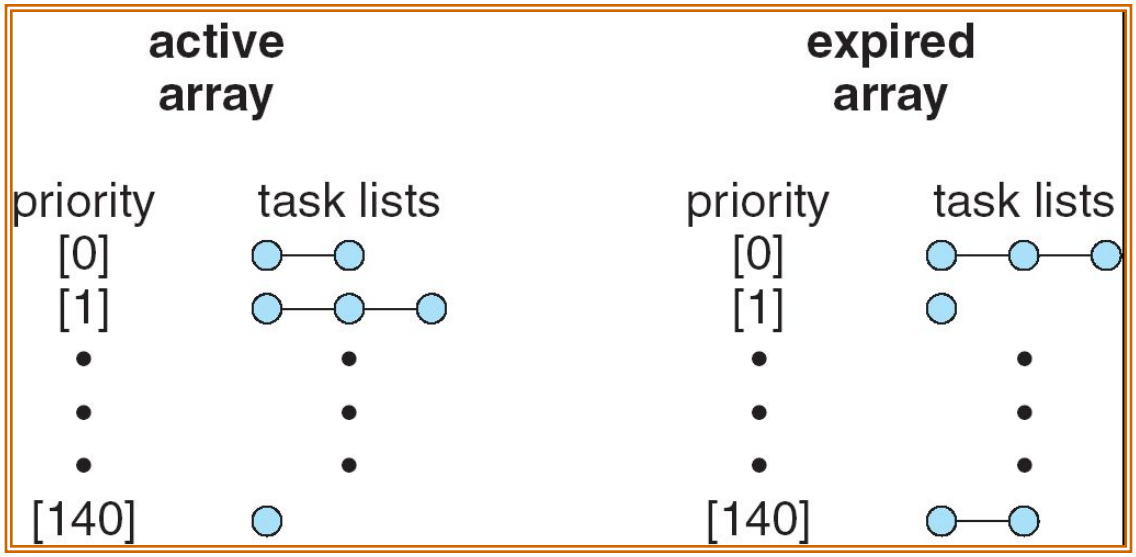
Escalonamento Linux

- Dois Algoritmos: tempo compartilhado e tempo real
- Tempo Compartilhado
  - Prioridade baseada em creditos
  - Credito subtraido quando uma interrupção ocorre
  - Quando credito = 0, outro processo é escolhido
  - Quando todos os processos tem credito = 0, novos creditos sao dados
    - Baseado em fatores que incluem prioridade e historico
- Tempo Real
  - Tempo real flexivel
  - Compativel com Posix.1b – duas classes
    - FCFS e RR
    - Processo de maior prioridade executa primeiro

Relacionamento entre Prioridades e tamanho de time quantum



Lista de tarefas indexadas de acordo com prioridades



Escalonamento Java

- Politica de escalonamento definida fracamente. A thread executa até:
  1. Seu time quantum expirar
  2. Ser bloqueado para E/S
  3. Terminar o metodo run()

Alguns sistemas podem suportar preempção

Escalonamento Java

- Prioridades – valores de 1-10

Priority	Comment
`Thread.MIN_PRIORITY`	The minimum thread priority
`Thread.MAX_PRIORITY`	The maximum thread priority
`Thread.NORM_PRIORITY`	The default thread priority

- MIN_PRIORITY é 1
- NORM_PRIORITY é 5
- MAX_PRIORITY é 10

Escalonamento Java

Alterando a prioridade usando setPriority()

```
public class HighThread implements Runnable
{
 public void run() {
  Thread.currentThread().setPriority(Thread.NORM_PRIORITY + 3);
  // remainder of run() method
    . . .
 }
}
```

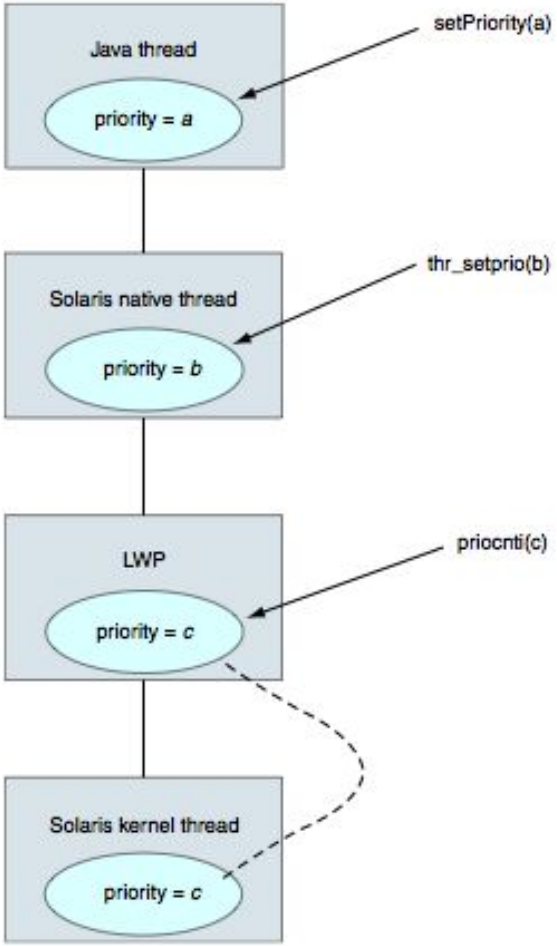
Escalonamento Java

Relacionamento entre prioridades de Java e Win32

Java priority	Win32 priority
1 (MIN_PRIORITY)	LOWEST
2	LOWEST
3	BELOW_NORMAL
4	BELOW_NORMAL
5 (NORM_PRIORITY)	NORMAL
6	ABOVE_NORMAL
7	ABOVE_NORMAL
8	HIGHEST
9	HIGHEST
10 (MAX_PRIORITY)	TIME_CRITICAL

Escalonamento Java

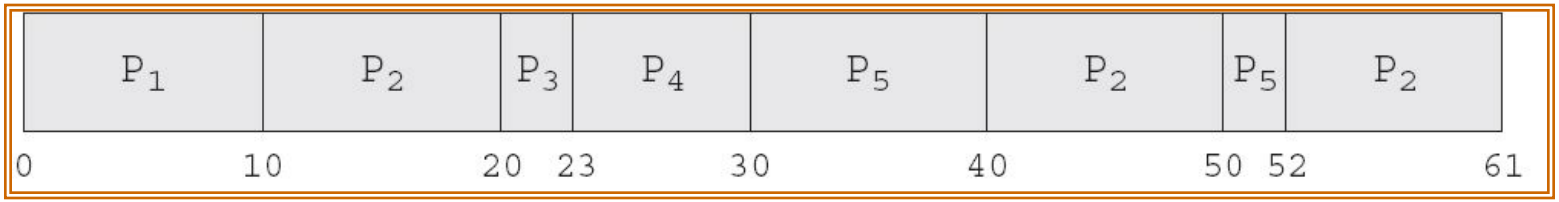
Escalonamento de Java thread scheduling no Solaris

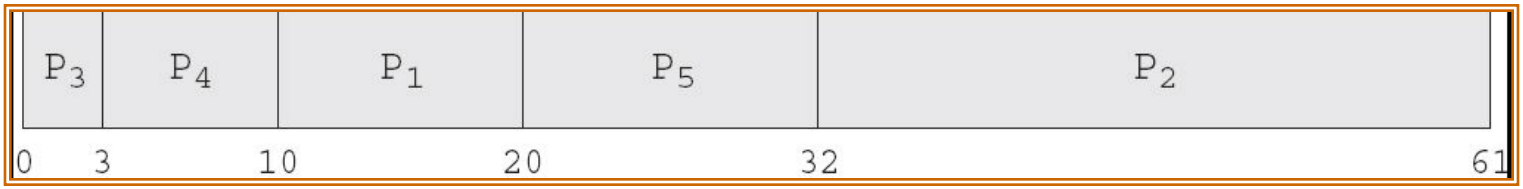


Algoritmo de Avaliação

- Modelagem Deterministica – assume uma carga de trabalho pre-determinada e define a performances de cada algoritmo para aquela carga de trabalho
- Modelos de Filas:
  - Little's Formula:
    - Tamfila = procChegam x TempoEspera
- Simulação:
  - Criar um modelo do sistema
  - Massa de teste
    - Monitorar o sistema real e gerar massa de teste
- Implementação
  - Avaliar o sistema real (condicoes reais)
  - Alto custo

Algoritmo de Avaliação





Fim do Capitulo 5