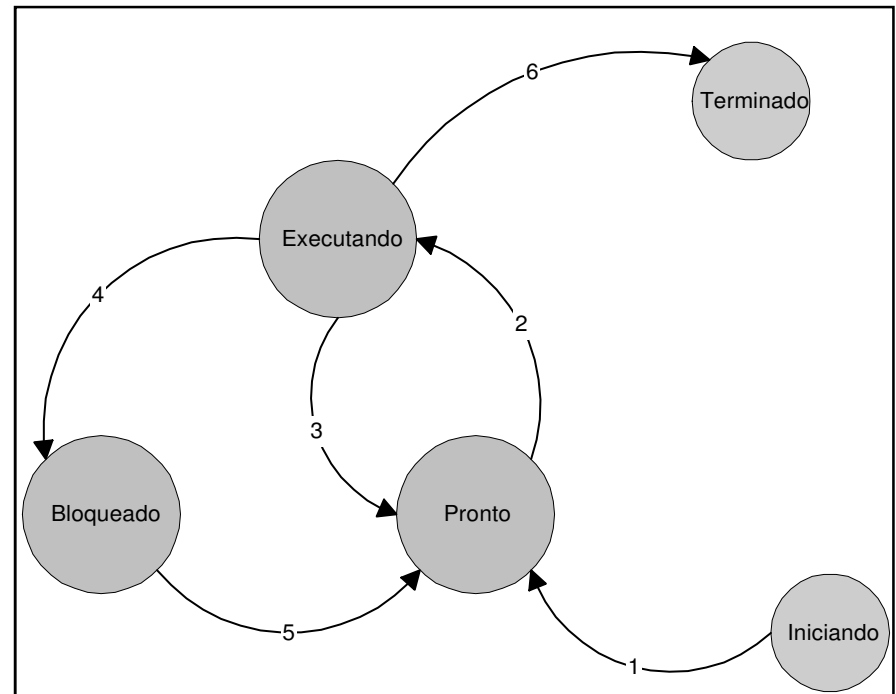


Definição

- ▶ **Algoritmo de Escalonamento de CPU**
 - ▶ Algoritmo do S.O. que determina qual o próximo processo a ocupar a CPU
 - ▶ Executado quando ocorre estouro de Quantum ou interrupção do processo (I/O, Evento, Sinal, etc.) ou o processo acaba
 - ▶ Transições 3, 4 e 6



Escalonador de Processos

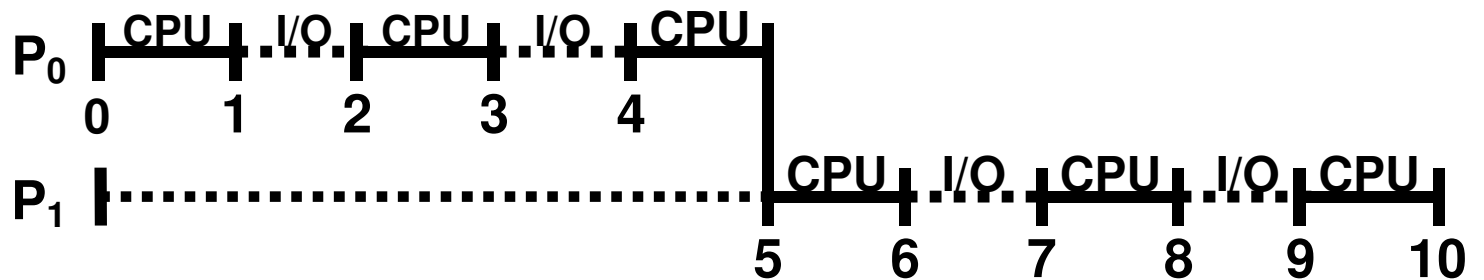
- ▶ **Sistema Multiprogramado ou Multiprocessado**
 - ▶ Processos no estado de Pronto concorrem pela CPU
 - ▶ SO necessita de critério de escolha dos processos para execução
 - Política de Escalonamento
- ▶ **Critérios mudam com características dos Processos**
 - ▶ Batch, CPU Bound, I/O Bound, Interativos



Escalonador de Processos

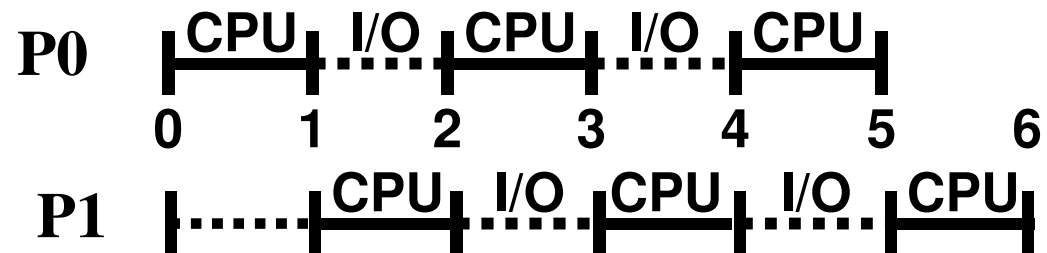
▶ Sem multiprogramação

- ▶ Tempo Total de Execução = 10 unidades de tempo (ut)
- ▶ **Throughput** = 0,2 p/ut (No. Processos Executados por ut)
- ▶ **Utilização da CPU** = 60 % (Desprezando-se tempo de Kernel)
 - ▶ 40% de I/O



Escalonador de Processos

- ▶ **Com multiprogramação**
 - ▶ Tempo Total de Execução = 6 ut
 - ▶ **Tempo médio de execução** = 5,5 ut
 - ▶ **Utilização da CPU** = 100 %
 - ▶ Desprezando-se tempo de Kernel



Metas do Escalonamento

- ▶ **Eficiência**

- ▶ Manter a CPU ocupada 100% do tempo

- ▶ **Throughput**

- ▶ Maximizar o número de processos (tarefas, jobs) executados em um dado intervalo de tempo

- ▶ **Turnaround**

- ▶ Minimizar o tempo de um processo no sistema, desde seu início até o término
 - ▶ Tempo médio de execução
 - ▶ Fundamental a processos Batch



Metas do Escalonamento

- ▶ **Igualdade**

- ▶ Todo Processo tem direito de ocupar a CPU

- ▶ **Tempo de resposta**

- ▶ Minimizar o tempo decorrido entre a submissão de um pedido e a resposta produzida num processo interativo



Tipos de Escalonamento

- ▶ **Dois tipos:**
 - ▶ Escalonamento não-preemptivo;
 - ▶ Escalonamento preemptivo.



Escalonamento

- ▶ **Conceitos Básicos**
 - ▶ Multiprogramação visa maximizar a utilização da CPU
 - ▶ Processos têm surtos de CPU e I/O



Escalonamento

- ▶ Escalonador de CPU ou de Curto Prazo
 - ▶ Escalonamento Não-Preemptivo
 - ▶ Escalonamento Cooperativo
 - ▶ Processo mantém a CPU até terminar, executar um I/O ou ocorrer uma interrupção no sistema
 - ▶ Não requer recursos especiais de hardware
 - ▶ Usado até o Windows 95
 - ▶ Não existe Quantum
 - Devolução voluntária do controle ao S.O.



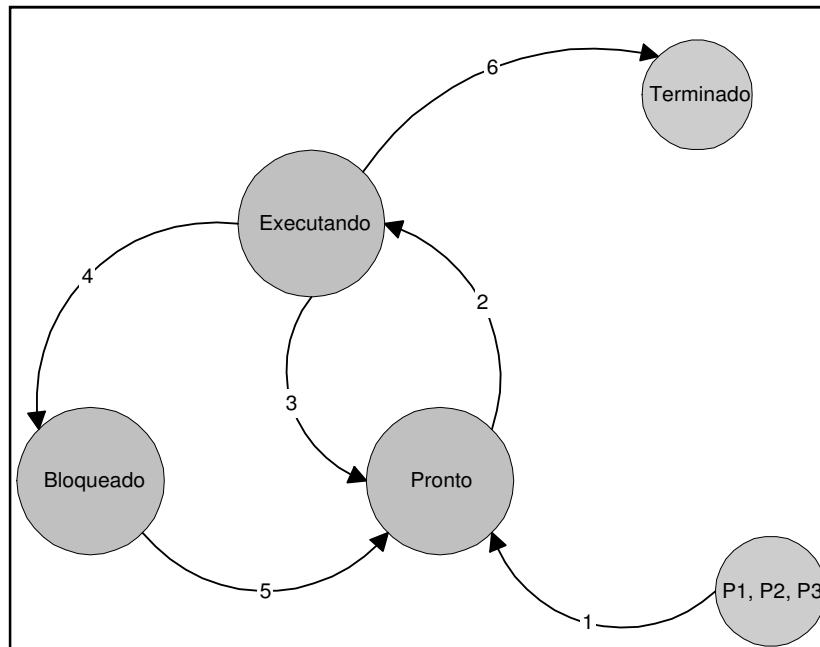
Escalonamento

- ▶ Escalonador de CPU ou de Curto Prazo
 - ▶ Escalonamento Preemptivo
 - ▶ Requer temporizador na CPU
 - Fatia de Quantum
 - Uso do Clock
 - ▶ Requer suporte do SO para coordenar acesso a dados compartilhados de forma consistente
 - Proteção



Escalonamento FIFO

- ▶ First Come First Served (FCFS, FIFO, PEPS)
 - ▶ Não preemptivo

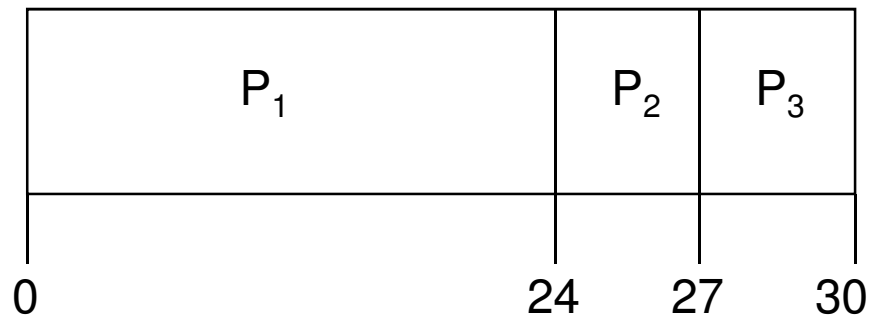


Processo	Início	Duração (ut)
P ₁	0	24
P ₂	0	3
P ₃	0	3



Escalonamento FIFO

- ◆ **Ordem de chegada dos processos:**
 P_1, P_2, P_3



Escalonamento FIFO

- ▶ Tempos de espera

$$P_1 = 0$$

$$P_2 = 24$$

$$P_3 = 27$$

Dica: Tempo de Espera é o tempo que o processo passa no estado de Pronto.

- ▶ Tempo médio de espera

$$(0 + 24 + 27) / 3 = 17$$

$$\text{Throughput} = 0,1 \text{ (3/30)}$$



Escalonamento FIFO

- ▶ Tempos de saída

$$P_1 = 24$$

$$P_2 = 27$$

$$P_3 = 30$$

- ▶ Tempo médio de saída

$$(24 + 27 + 30) / 3 = 27$$

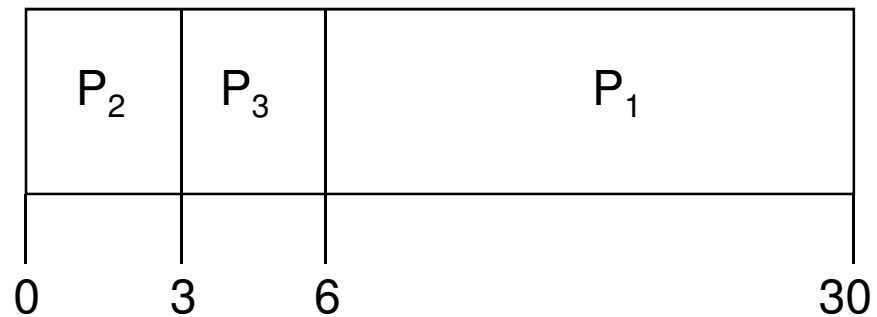
$$\text{Throughput} = 0,1 (3/30)$$



Escalonamento FIFO

- ▶ Outra ordem de chegada

P_2, P_3, P_1



Escalonamento SJF

▶ Shortest-Job-First (Menor Job Primeiro)

Usado para Processos Batch.

Sua execução diária permite determinar seu tempo total.

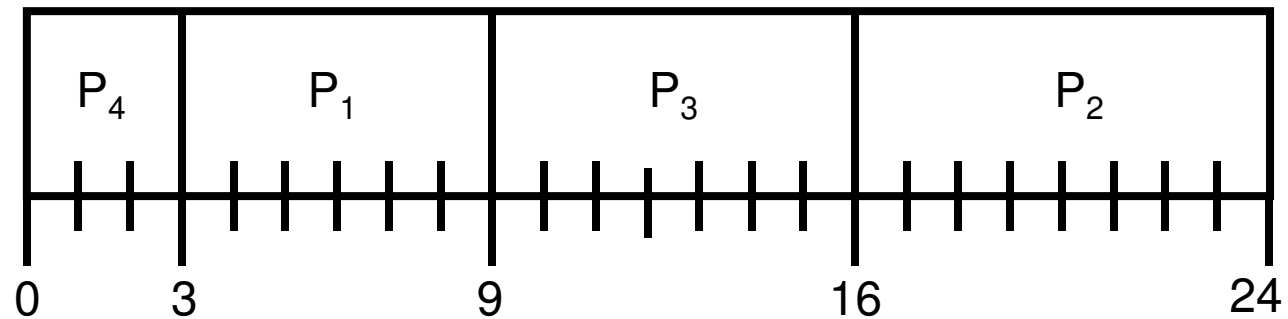
PID	Início	Duração de surto
P ₁	0	6
P ₂	0	8
P ₃	0	7
P ₄	0	3



Escalonamento SJF

◆ Tempos de espera

$$P_1 = 3; \quad P_2 = 16; \quad P_3 = 9; \quad P_4 = 0$$



Escalonamento SJF

- ◆ **Tempo médio de espera melhora**

$$(3 + 16 + 9 + 0) / 4 = 7$$

Para FIFO, nesta situação, seria $10,25 = (0 + 6 + 14 + 21) / 4$

- ◆ **Tempo médio de espera é mínimo**

- Algoritmo considerado *ótimo*



Escalonamento SJF

- ▶ Problema: determinação da duração do próximo surto de CPU é impossível



Preempção em SJF

- ▶ **Não preemptivo**

- ▶ Processo usa CPU até completar surto

- ▶ **Preemptivo**

- ▶ Novo processo pronto com surto previsto (T_A)
- ▶ Tempo restante previsto para o processo em execução (T_B)
- ▶ Se $T_A < T_B \Rightarrow$ preempção por prioridade
- ▶ Shortest-Remaining-Time-First (SRTF)



Escalonamento Round Robin

- ▶ Round-Robin (revezamento circular)
 - ▶ Sistema Preemptivo
 - ▶ Interrupção do Clock (existe Quantum)
 - ▶ Tempo de espera médio é longo
 - ▶ Tempo de saída maior que SJF
 - ▶ Tempo de resposta melhor que SJF



Escalonamento Round Robin

- ▶ **Preemptivo**

- ▶ Quantum de tempo (10 ~ 100 ms)
 - ▶ Necessita temporizador
- ▶ Fila circular de processos prontos
- ▶ Com quantum q e $n+1$ processos prontos:
 - ▶ Tempo máximo de espera: $n*q$



Escalonamento Round Robin

- ▶ Com quantum q e $n+1$ processos prontos:
 - ▶ Tempo máximo de espera: $n*q$
- ▶ Suponha uma fila de pronto com 101 processos, Quantum de 100 ms
- ▶ Um processo interativo executa, faz uma requisição, vai para bloqueado e de lá para o fim da fila
 - ▶ Quando a resposta será entregue ao usuário do processo interativo?



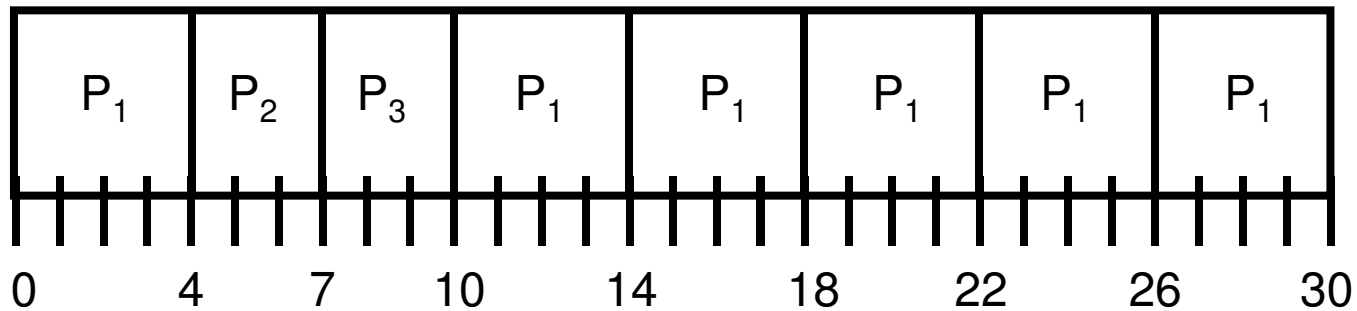
Escalonamento Round Robin

Processo	Início	Duração de surto
P ₁	0	24
P ₂	0	3
P ₃	0	3

Exemplo com quantum de 4 ms

TEP1 = 6 TEP2 = 4 TEP3 = 7

Tempo médio de espera: $17 / 3 = 5,66$ ms



Escalonamento por Prioridade

- ▶ Cada processo tem uma prioridade
 - ▶ Número inteiro dentro de limites
 - ▶ Faixas 0 a 7 ou 0 a 4095
 - ▶ Menor (ou maior) número \Rightarrow maior prioridade
 - ▶ Empate \Rightarrow FCFS
 - ▶ SJF é um caso especial de prioridade



Escalonamento por Prioridade

- ▶ Prioridade definida interna ou externamente
- ▶ Preemptivo ou não preemptivo
- ▶ Starvation – Estagnação
 - ▶ Bloqueio por tempo indefinido
 - ▶ Solução: aging (envelhecimento)

