SO: Escalonamento

Sistemas Operacionais
2017-1
Flavio Figueiredo (http://flaviovdf.github.io)

Aonde Estamos

- Processos
  - Chapt 3
- Threads
  - Chapt 4
- Vamos pular o Chapt 5 brevemente
  - Sincronização e comunicação entre Processos
  - Será visto com o Chapt 7 (Deadlocks)
- [Agora] Escalonamento

Tipos de escalonadores

- Escalonadores de longo prazo
  - Balancear a carga
  - Aumentar a utilização
  - Custo de operação maior

Tipos de escalonadores

- Escalonadores de longo prazo
  - Balancear a carga
  - Aumentar a utilização
  - Selecionar quais processos vão executar
    - e.g., A fila de um cluster
  - Pouco utilizado em SOs do dia-a-dia

- Escalonadores de médio prazo
  - Escolhe quais processos vão da memória para o disco
  - Processos com muita memória

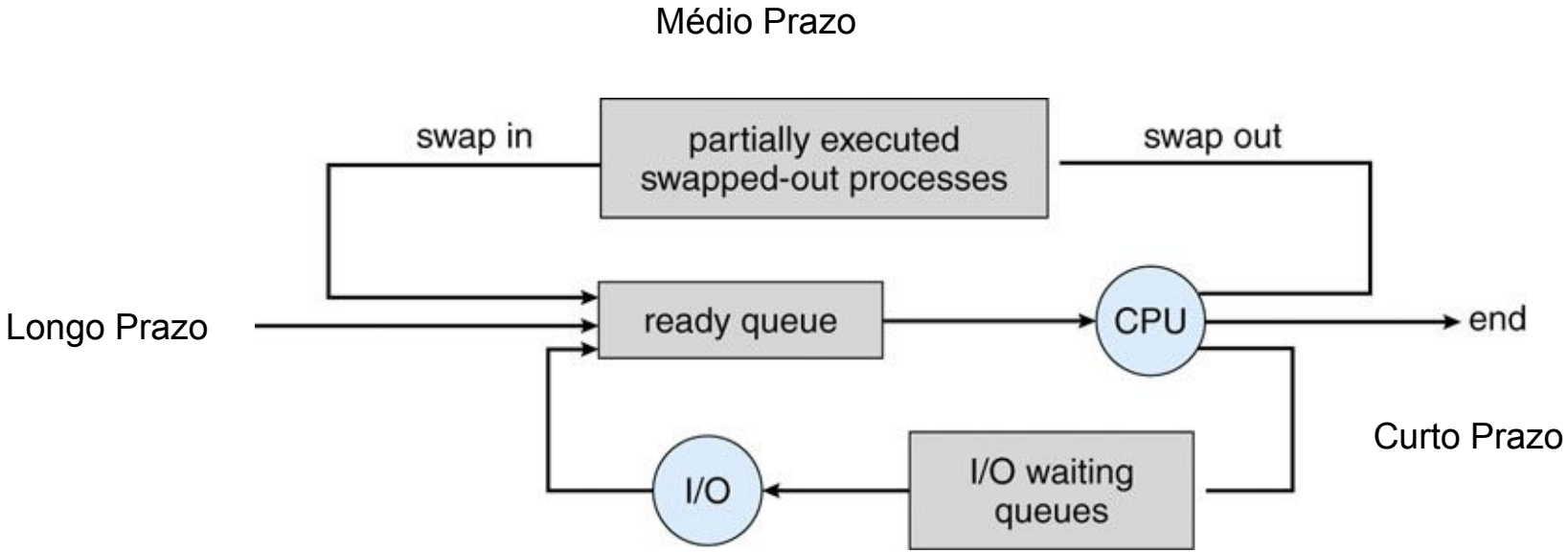
Tipos de escalonadores

- Escalonadores de longo prazo
  - Balancear a carga
  - Aumentar a utilização
  - Selecionar quais processos vão executar
    - e.g., A fila de um cluster
  - Pouco utilizado em SOs do dia-a-dia

- Escalonadores de médio prazo
  - Escolhe quais processos vão da memória para o disco
  - Processos com muita memória

- Escalonadores de curto prazo
  - Como dividir o tempo entre os processos atuais
  - Nosso maior foco

Tipos de escalonadores



Como escolher qual processo executar?

- SE:
    - O SO deve terminar o maior números de tarefas possível
        - Maximizar o throughput (e.g., número de tarefas por minuto ou hora ou dia)

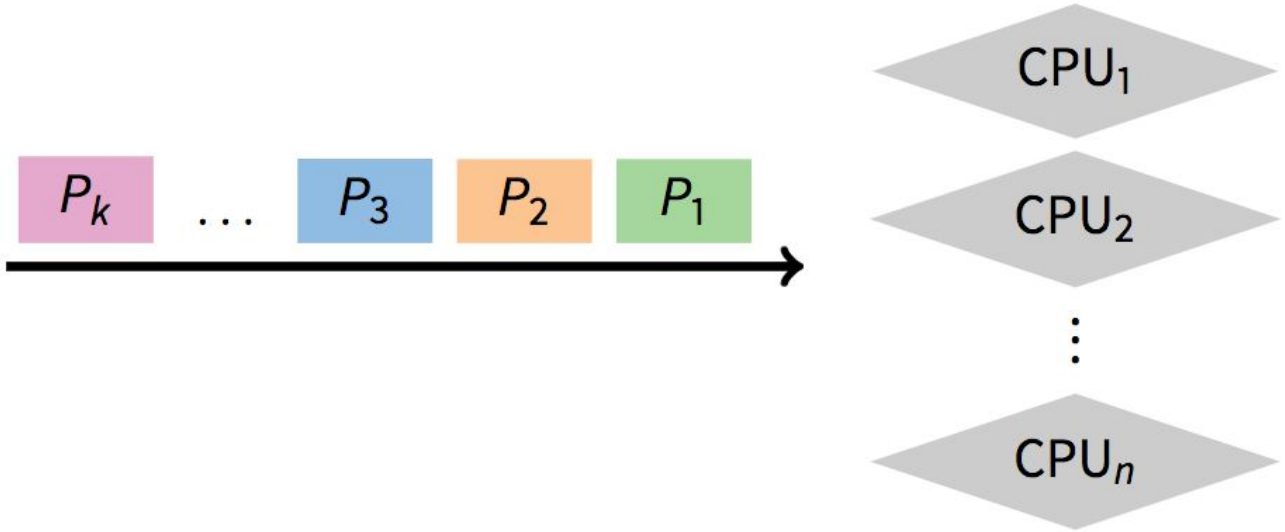
Como escolher qual processo executar?

- SE:
    - O SO deve terminar o maior números de tarefas possível
        - Maximizar o throughput (e.g., número de tarefas por minuto ou hora ou dia)
    - O SO deve garantir que cada tarefa tenha algum tempo de CPU
        - Sem starvation (passar fome)

Como escolher qual processo executar?

- SE:
  - O SO deve terminar o maior números de tarefas possível
    - Maximizar o throughput (e.g., número de tarefas por minuto ou hora ou dia)
  - O SO deve garantir que cada tarefa tenha algum tempo de CPU
    - Sem starvation (passar fome)
  - O SO deve garantir prazos
    - [Exemplo Antigo] Processar a folha de pagamento até o dia 15

O Problema de Escalonamento



- k tarefas devem executar
  - [Dinâmico] Cresce ou decresce ao longo do tempo
- n >= 1 processadores
  - Não vamos nos preocupar com a diferença entre core e hyperthread

Como o sistema operacional pode contar o tempo?

Hardware Timer Interrupt

- [Lembre-se]: Sistemas operacionai são movidos a interrupções

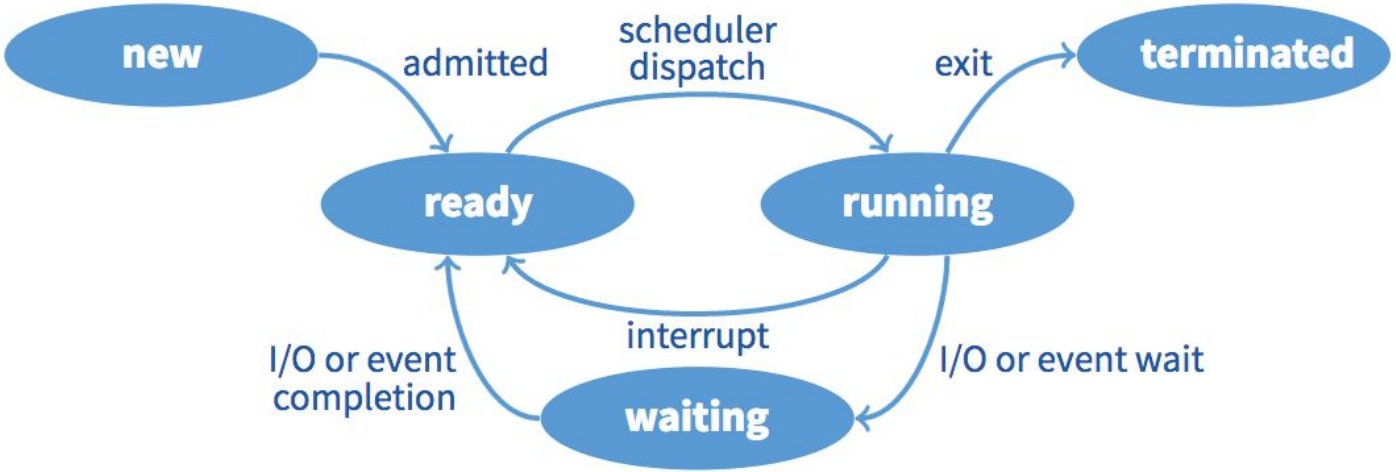
- Hardware Timer Interrupt
  - Contar tempo

- Útil no escalonamento
  - Tal processo já executou por X interrupts

  - Cada interrupt vem em um tempo fixo
    - Cada n-ciclos da cpu

Escalonamento com e sem preempção

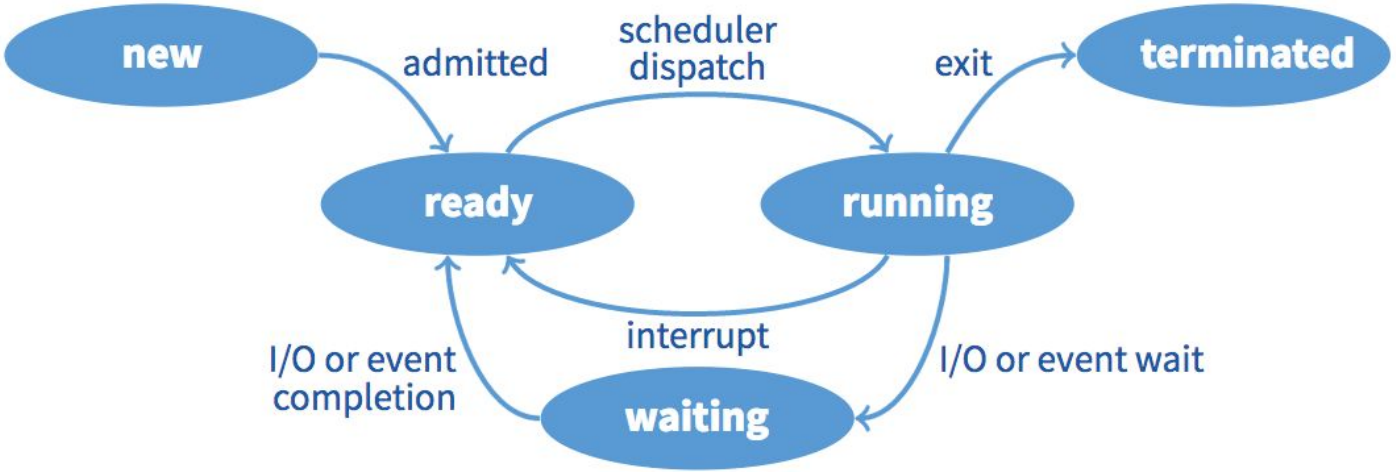
- O escalonador roda quando:
  a. Um processo faz uma requisição de E/S (sys-call)
  b. Quando um processo passa para o estado de espera
  c. Quando um processo passa para o estado pronto (fim de E/S)
  d. Um processo terminou



Escalonamento com e sem preempção

- O escalonador roda quando:
  a. **Um processo faz uma requisição de E/S (sys-call)**
  b. Quando um processo passa para o estado de espera
  c. Quando um processo passa para o estado pronto (fim de E/S)
  d. **Um processo terminou**

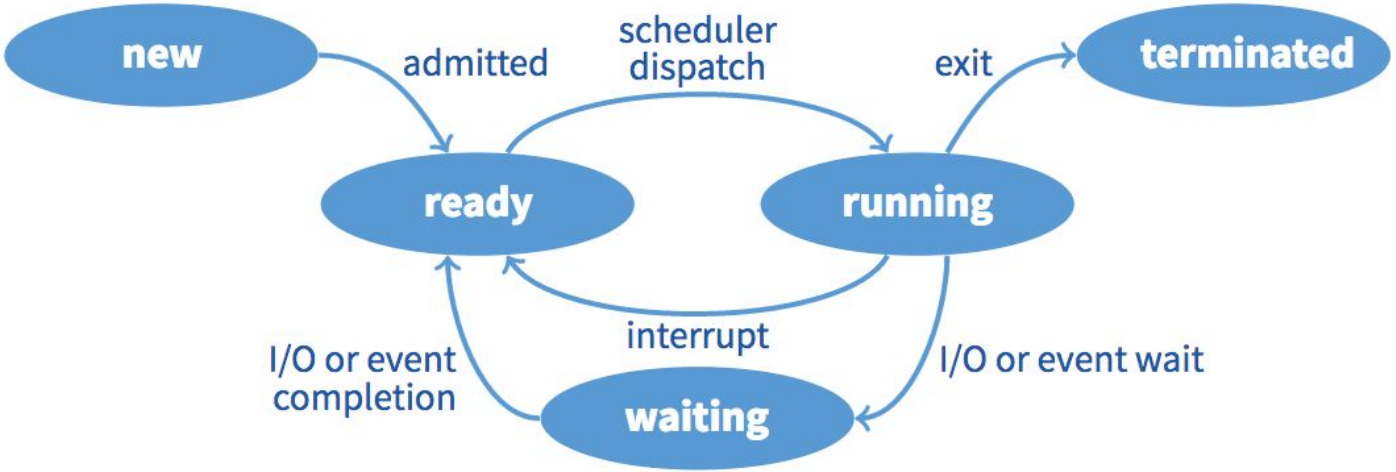
Sem Preempção
Só (a) e (d)
Qual o motivo?



Escalonamento com e sem preempção

- O escalonador roda quando:
  a. Um processo faz uma requisição de E/S (sys-call)
  b. Quando um processo passa para o estado de espera
  c. Quando um processo passa para o estado pronto (fim de E/S)
  d. Um processo terminou

Com preempção



Quais a vantagens e desvantagens do escalonador preemptivo e não preemptivo?

Quais são os objetivos do escalonador?

Várias formas de avaliar escalonadores

- *Throughput (vazão)*
  - Número de processos por intervalo de tempo
  - Maior é melhor
- *Turnaround Time (TT)*
  - Tempo de término de processos (médio)
  - Menor é melhor
- *Tempo de resposta*
  - Tempo entre nascer e começar a rodar
  - Menor é menor
- Outras métricas correlatas
  - CPU Time: Tempo que a CPU fica trabalhando
  - Tempo de espera: Tempo que cada processo espera em fila

Existe um escalonamento ótimo em relação às métricas anteriores?

Considerando algumas delas ou sub-conjuntos.

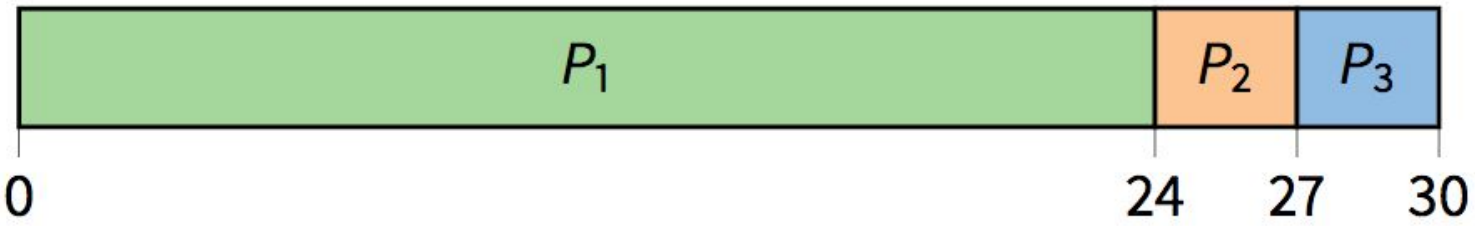
First Come First Served

- Executar tarefas em ordem de chegada
  - FIFO
- Simples de implementar
  - 1 única lista simplesmente encadeada

Processo	Tempo Exec.	Chegada
P1	24s	0s
P2	3s	5s
P3	3s	7s

- Throughput (número de processos por segundo)?

- Turnaround Time ou TT (tempo até cada processo finalizar)?

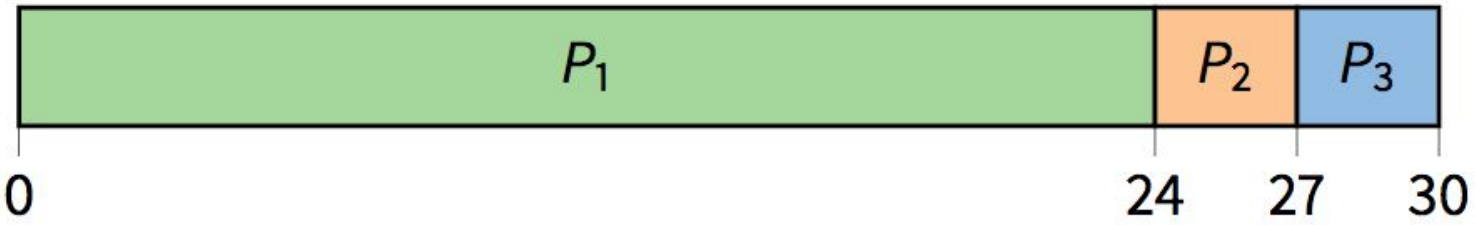


First Come First Served

- Executar tarefas em ordem de chegada
  - FIFO
- Simples de implementar
  - 1 única lista simplesmente encadeada

Processo	Tempo Exec.	Chegada
P1	24s	0s
P2	3s	5s
P3	3s	7s

- Throughput (número de processos por segundo):
  - **3 processos / 30 segundos = 0.1**
- Turnaround Time ou TT (tempo até cada processo finalizar)?
  - **(24 + 27 + 30) / 3 = 27**



Mudando a ordem de chegada

- Throughput?
- TT?

Processo	Tempo Exec.	Chegada
P1	24s	2s
P2	3s	0s
P3	3s	1s

Mudando a ordem de chegada

- Throughput:
  - **3 processos / 30 segundos = 0.1**
- TT
  - **(30 + 3 + 6) / 3 = 13s**
  - Ganhos em TT

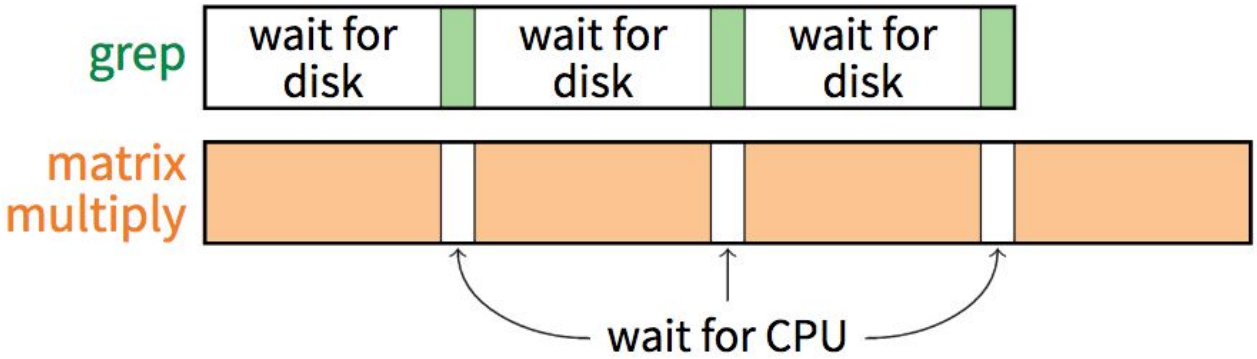
Processo	Tempo Exec.	Chegada
P1	24s	2s
P2	3s	0s
P3	3s	1s

- [Lição 1] Escalonamento pode melhorar TT
- [Dúvida] Podemos melhorar o throughput?

O Efeito da E/S

- Vazão pode ser melhorada por causa da E/S

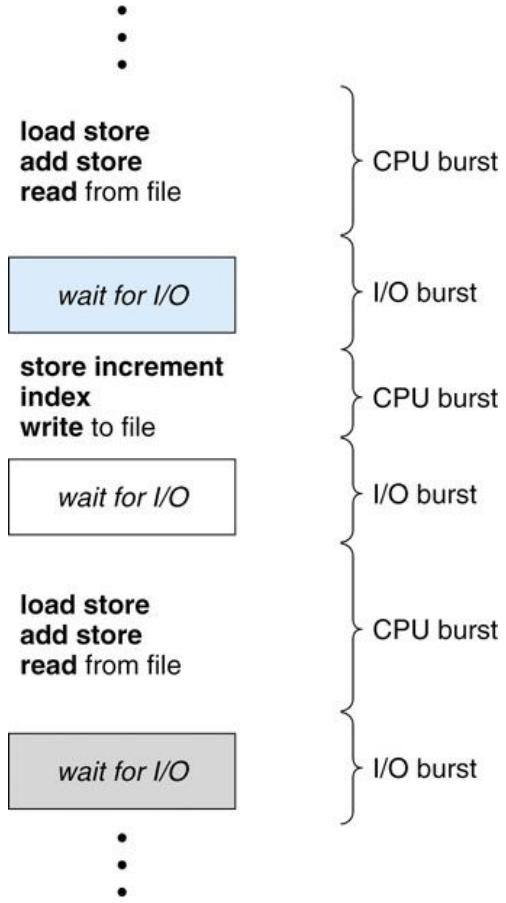
- Se conseguirmos sincronizar todo E/S com o processamento de outro
  - Vazão ótima
  - Situação improvável - apenas de exemplo



Picos de CPU e picos de E/S

- Tempo do processo dividido entre
  - Picos de CPU
  - Picos de E/S

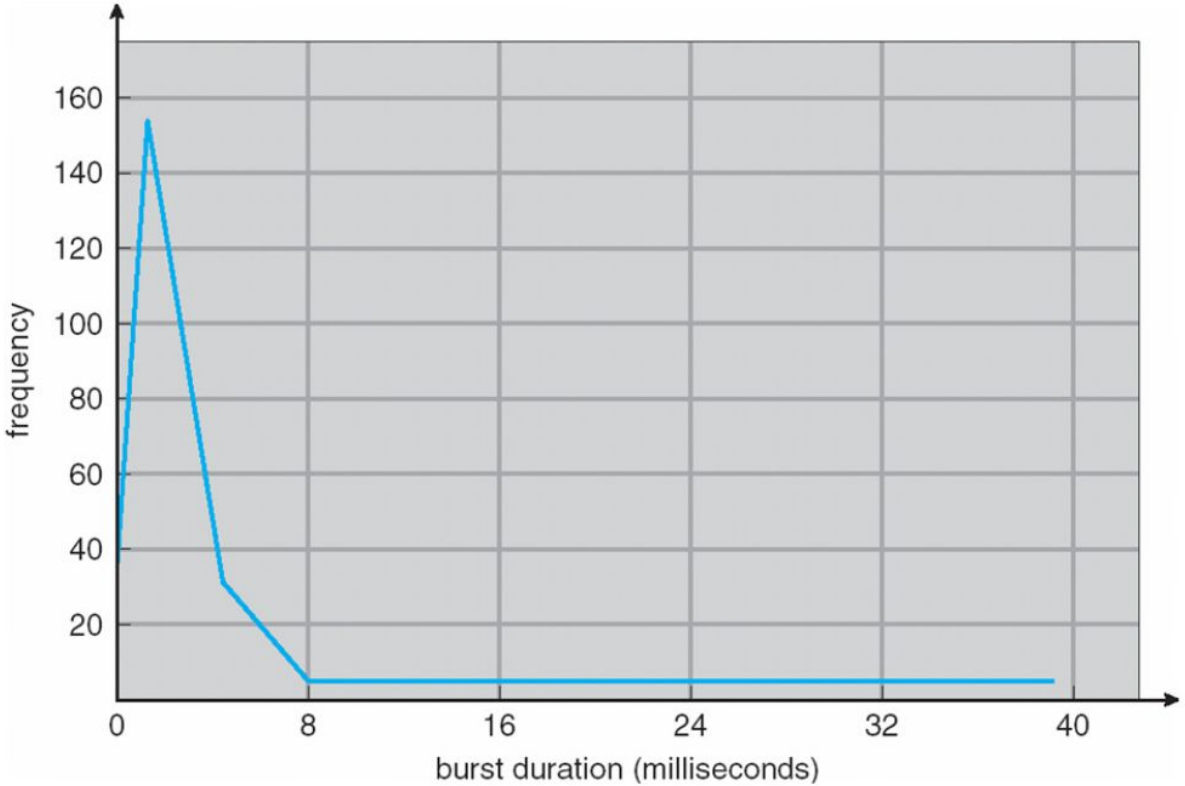
- Se ignorarmos o*verhead* de gerenciar os dispositivos
  - Maior throughput quando maximizamos o uso concorrente de
    - CPU
    - E/S



Melhorando FCFS um pouco

- Manter a lista FIFO
- Mudar de processos nas requisições de E/S
- Quais são os problemas aqui?

Picos de CPU: Problemas para FCFS



Existem situações onde o FCFS é útil?

Shortest-job-first

- Escalone o processo com o menor pico de CPU
  - [Dúvida] Como saber o pico de CPU?
- Vamos assumir um oráculo nos primeiros slides
  - SO sabe o tempo dos processos
  - [Irreal] na maioria dos casos
  - Seria possível em um sistema onde sabemos exatamente quais tarefas serão executadas.
- Qual o objetivo do SJF?

Shortest-job-first

- Escalone o processo com o menor pico de CPU
  - [Dúvida] Como saber o pico de CPU?
- Vamos assumir um oráculo nos primeiros slides
  - SO sabe o tempo dos processos
  - [Irreal] na maioria dos casos
  - Seria possível em um sistema onde sabemos exatamente quais tarefas serão executadas.
- Qual o objetivo do SJF?
  - Minimiza o tempo de espera

SJF: Preemptivo ou Não Preemptivo

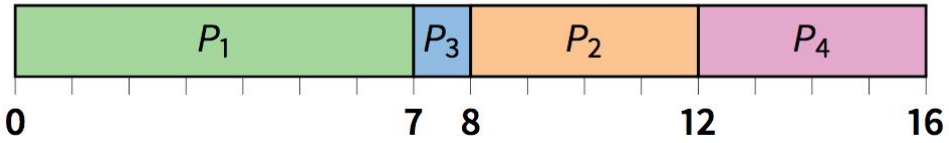
- Não preemptivo
  - A CPU é do processo até acabar

- Preemptivo
  - Caso chegue um processo de menor tempo vamos colocar o mesmo em execução

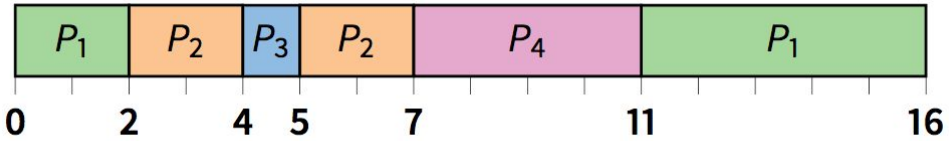
Shortest-job-first

Process	Arrival Time	Burst Time
P_1	0	7
P_2	2	4
P_3	4	1
P_4	5	4

- Non-preemptive



- Preemptive



- Drawbacks?

Quais são as vantagens e desvantagens do SJF?

SJF - Propriedades

- Minimiza o tempo de espera médio
  - Os processos sempre executa o mais cedo possível
  - Todos os anteriores tem tempo menor

- É ótimo quando:
  - Não temos preempção
  - Não temos E/S
    - Menor Throughput, Turnaround Time, Tempo de espera
    - Maior uso de CPU
  - SOs modernos e de uso geral não têm tais características

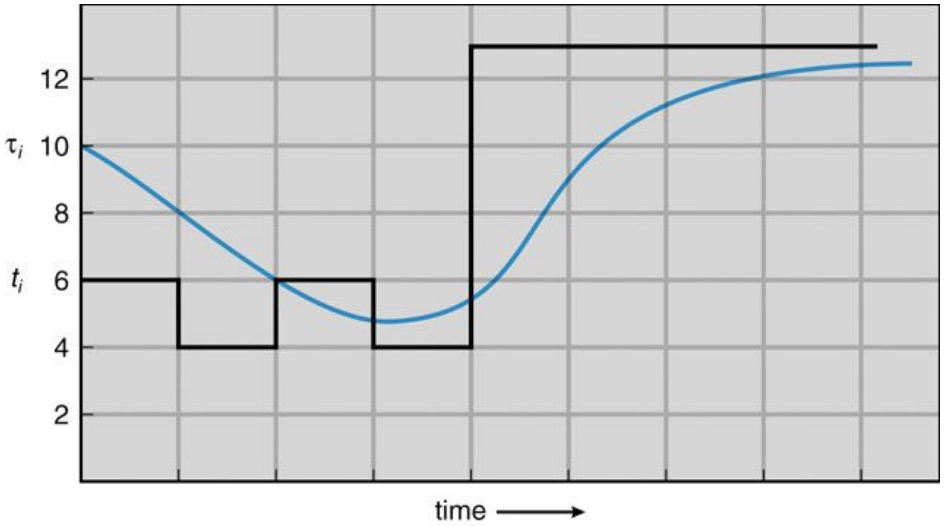
- Precisa estimar o tempo de pico de CPU

Estimando tempo de pico

- Smoothing exponencial

$$\begin{aligned}\tau_{n+1} &= \alpha\, t_n + (1-\alpha)\tau_n \\ &= \alpha\, t_n + (1-\alpha)(\alpha\, t_{n-1} + (1-\alpha)\tau_{n-1}) \\ &= \alpha\, t_n + (1-\alpha)(\alpha\, t_{n-2} + (1-\alpha)(\alpha\, t_{n-2} + (1-\alpha)\tau_{n-2}))\end{aligned}$$

- Estimar tempo de processos ainda é uma área ativa de pesquisa
  - Sistemas distribuídos
  - Sistema em nível
  - Uso de aprendizado de máquina
  - Ver conferências como USENIX
- Pouco utilizado em SOs do dia-a-dia



CPU burst (t_i)	6	4	6	4	13	13	13	...
"guess" (τ_i)	10	8	6	6	5	9	11	12	...

Round-Robin

- Solução para SOs de uso geral

- Tenta minimizar:
  - Starvation (Fome)
    - Todos tem acesso a CPU

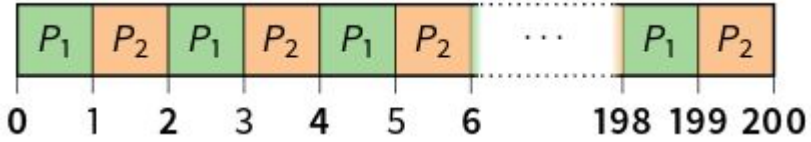
- Tenta maximizar:
  - Fairness (Igualdade)
    - Todos tem, em média, o mesmo tempo de CPU

- Não é ótimo nas métricas anterior
  - Funciona bem para nosso dia-a-dia

Round-Robin

- Cada processo executa por um tempo fixo
  - 1 Quantum
- Funciona bem com processos de tamanhos diferentes
- Abaixo
  - P1 é mais longo
  - P2: 2 quantums
  - P3: 1 quantum

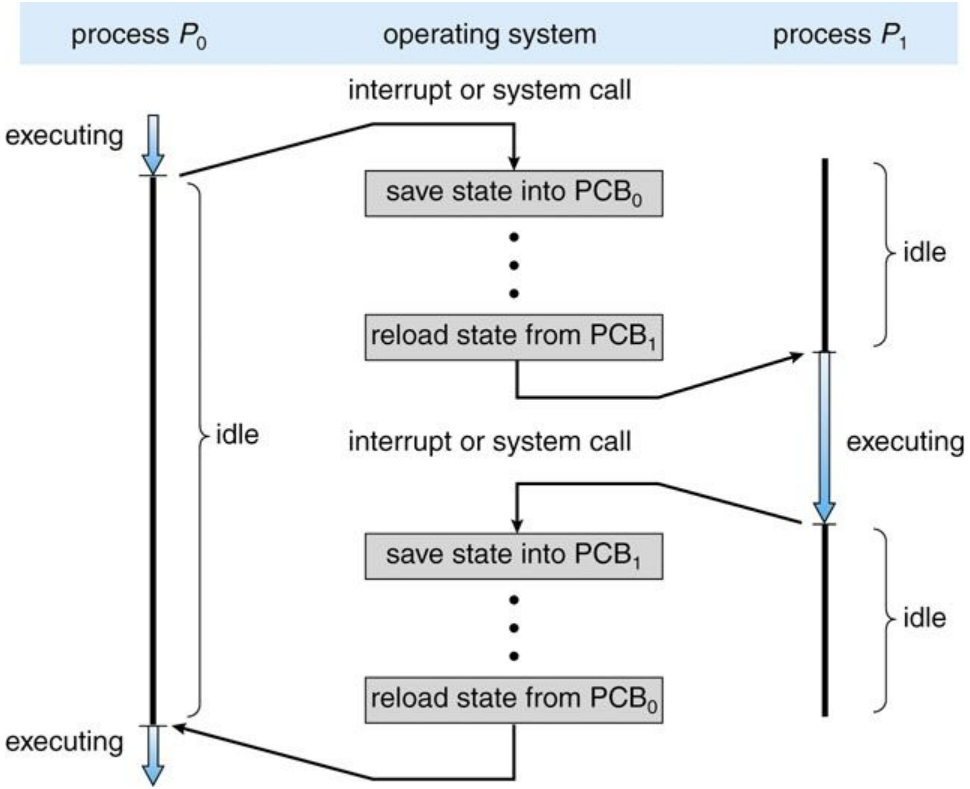
Problemas de Round-Robin



- Vamos assumir:
  - 2 Processos de 100 slots de tempo
  - 1 Quantum é 1 slot de tempo
  - Troca de contexto com pouco impacto
- Qual eficiente é o round-robin?
  - Turnaround Time
  - Throughput
  - CPU usage
- Como se compara com o FCFS?

Quais informações temos que chavear na troca de contexto?

Troca de contexto



Process Control Block

Qual o custo de troca de contexto?

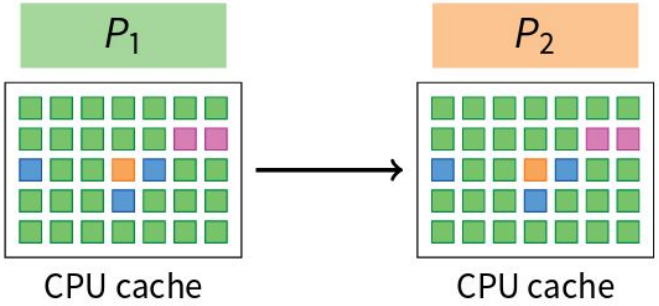
Trocas de Contexto

- Razoavelmente barata (pouco tempo) quando pensamos em registradores
  - Trocar espaço de endereçamento
    - Alguns registradores
  - Trocar program counter, state etc
    - Alguns registradores

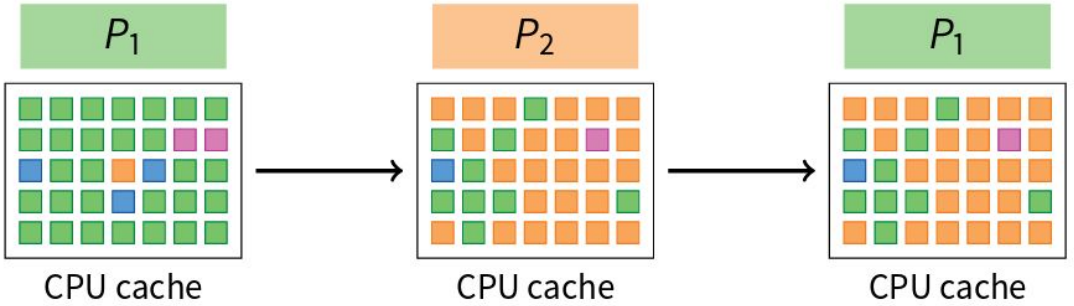
- Ver XV6
  - https://github.com/mit-pdos/xv6-public/blob/master/swtch.S
  - https://github.com/mit-pdos/xv6-public/blob/master/proc.h
  - https://github.com/mit-pdos/xv6-public/blob/master/proc.c
    - void scheduler(void): RUNNABLE == WAITING

Custo de Cache

- Primeira Troca

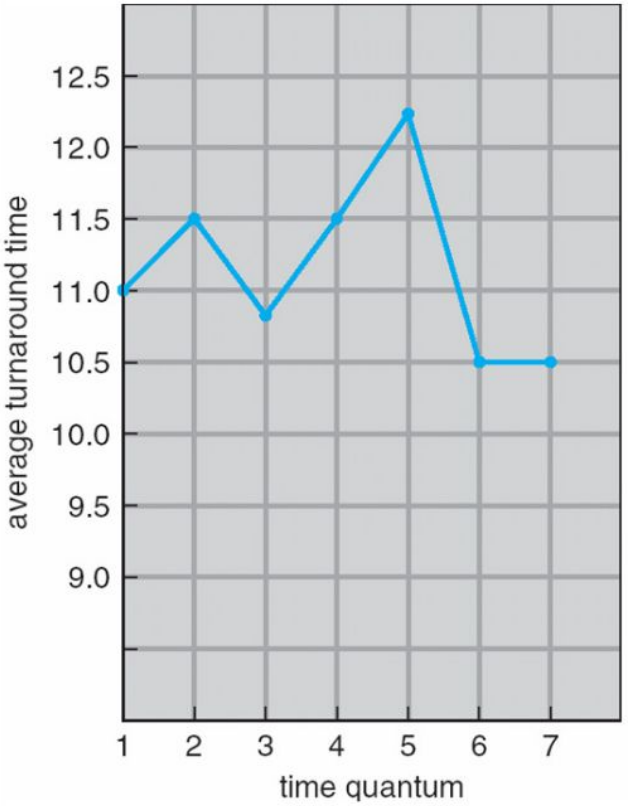


- Segunda Troca



Escolhendo o Quantum

- Muito Pequeno
  - Trocas de contexto podem degradar o sistema
- Muito grande
  - Starvation
  - Infinito = FIFO
- Geralmente:
  - 1-100 ms



process	time
P_1	6
P_2	3
P_3	1
P_4	7

Médio Prazo

- Partição SWAP
- Memória Virtual no Windows
- Alto custo de troca de contexto
  - Disco é bem mais lento do que memória
- Quantums maiores
- Foco em alguns processos
  - Dependendo do tamanho
  - Se memória estiver OK, podemos não precisar

Para onde vamos...

- [Mais detalhes] Escalonamento com Prioridade
  - Já passamos rapidamente
- [Mais detalhes] Escalonamento de Threads
  - Já passamos rapidamente
- Escalonamento em CPUs multicore
- Escalonador O(1) do Linux

- No livro:
  - Silbershchatz: Chapt 6
  - XV6 Book: Chapt 1
  - Tanenbaum: Chapt 2.4