

# Sistemas Operativos

## Planificación

---

Curso 2025

Facultad de Ingeniería, UDELAR

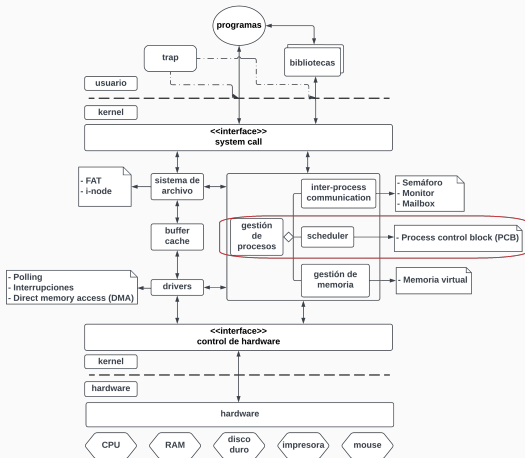
# Agenda

1. Introducción
2. Despachador
3. Clases de procesos
4. Esquemas de planificación
5. Criterios de planificación
6. Algoritmos de planificación
7. Sistemas multiprocesadores

# Introducción

---

# Componentes de un sistema



# Introducción

- La planificación (**scheduling**) es la base para lograr la multiprogramación.
- Un sistema multiprogramado tendrá varios procesos que requerirán el recurso procesador a la vez.
- Esto sucede cuando los procesos están en estado **ready** (pronto).
- Si existe un procesador disponible y existen procesos en estado ready, se debe elegir el que será asignado al recurso para ejecutar.
- El componente del sistema operativo que realiza la elección del proceso es llamada planificador (**scheduler**).

# Tipos de planificador

- **Largo plazo**
  - Determina qué programas son admitidos al sistema para ejecución
  - Controla el grado de multiprogramación
  - Mientras más procesos son admitidos, cada uno tendrá un porcentaje menor de uso del procesador
- **Mediano plazo**
  - Determina si agregar más programas a los que ya están parcialmente o totalmente en memoria principal
- **Corto plazo**
  - Determina qué proceso es ejecutado en el procesador
  - Se ejecuta frecuentemente y debe ser eficiente
  - Evento típicos que desencadena al despachador: interrupciones del reloj (quantum), interrupciones de I/O, llamados al sistemas, señales, etc.

# Despachador

---

# Despachador

- Es el módulo del SO que da el control de la CPU al proceso seleccionado por el planificador de corto plazo
- Esto implica:
  - Cambio de contexto: Salvar registros del procesador en PCB del proceso saliente. Cargar los registros con los datos del PCB del proceso entrante.
  - Cambiar el bit de modo a usuario.
  - Saltar a la instrucción adecuada que había quedado el proceso que se asignó a la CPU (registro program counter).
- La latencia del despachador debe ser la menor posible
- El planificador es el responsable de seleccionar el próximo proceso a ejecutarse.



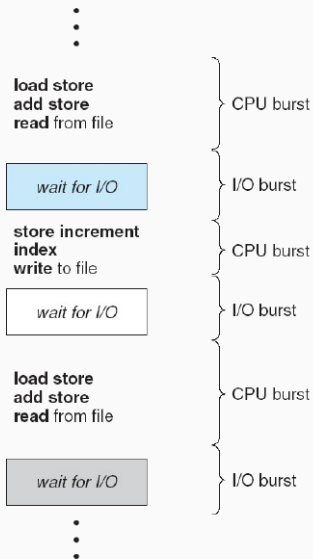
# Clases de procesos

---

## Clases de procesos

- Existen distintas políticas de planificación que serán exitosas según la clase de procesos que ejecuten.
- En general, los procesos tienden a ser o más intensivos en el uso de procesador, o más intensos en el uso de operaciones de E/S.
- Los procesos tienen ciclos de ráfagas de ejecución (**CPU-burst**) y ciclos de ráfagas de espera de operaciones de E/S (**I/O burst**)
  - **Procesos CPU-bound**: Los procesos que contienen un alto uso de procesador son llamados CPU-bound o compute-bound.
  - **Procesos I/O-bound**: Los procesos que realizan muchos accesos a operaciones de E/S son llamados I/O-bound.
- La prioridad que tenga un proceso frente a los demás para acceder al recurso será inversamente proporcional al uso que haga del recurso.

# Clases de procesos



# Esquemas de planificación

---

## Esquemas de planificación

- Los momentos en que el planificador es invocado son:
  1. Cuando un proceso se bloquea: por ejemplo cuando inicia una operación de E/S o espera a que termine un hijo, etc.
  2. Cuando un proceso cambia del estado ejecutando al estado pronto. Por ejemplo al ocurrir una interrupción.
  3. Cuando ocurre una interrupción de E/S y un proceso pasa del estado bloqueado a pronto.
  4. Cuando se crea un proceso
  5. Cuando un proceso finaliza su ejecución (o libera voluntariamente la CPU).
- Cuando ocurre 1 o 5, el planificador es invocado debido a que el proceso en ejecución libera el procesador.
- Si el planificador es invocado cuando ocurre 2, 3 o 4, se dice que este es **expropiativo** (preemptive), ya que puede quitar el procesador al proceso que estaba en ejecución.

## Esquemas de planificación

- Sistemas operativos con planificadores **no expropiativos** (non-preemptive) son los que asignan el recurso procesador a un proceso y hasta que este no lo libere, ya sea porque finaliza su ejecución o se bloquea, no se vuelve a ejecutar el planificador.
  - Los procesos cpu-bound deben liberar la CPU voluntariamente para que funcione bien
- Sistemas operativos con planificadores **expropiativos** (preemptive) son los que pueden expropiar el recurso procesador a un proceso cuando otro proceso entra en estado pronto (ya sea porque es nuevo o porque se desbloqueó) o porque se le impone un límite de tiempo para ejecutar.

# Esquemas de planificación

- Los esquemas de planificación son útiles según el ambiente donde sean aplicados:
  - **Sistemas por lotes:** Como no existe interacción con usuarios, los planificadores no expropiativos son ideales.
  - **Sistemas interactivos:** Debido a que existen procesos de usuarios ejecutando a la vez, los planificadores expropiativos son ideales para mantener un buen tiempo de respuesta para los usuarios.
  - **Sistemas de tiempo real:** No es necesario un planificador expropiativo ya que los procesos pueden que no ejecuten por un buen tiempo, pero cuando lo hacen es por un período muy corto.

# **Criterios de planificación**

---



# Criterios de planificación

- Los algoritmos de planificación tendrán distintas propiedades y favorecerán cierta clase de procesos.
- Es necesario definir criterios para poder evaluar los algoritmos de planificación:
  - **Utilización de CPU** (CPU utilization): Es el porcentaje de uso (en cuanto a ejecución de tareas de usuario o del sistema que son consideradas útiles) que tiene un procesador.
  - **Rendimiento** (Throughput): Es el número de procesos que ejecutaron completamente por unidad de tiempo (una hora p.ej.).
  - **Tiempo de retorno** (Turnaround time): Es el intervalo de tiempo desde que un proceso es cargado hasta que este finaliza su ejecución.

# Criterios de planificación

- **Tiempo de espera** (Waiting time): Es la suma de los intervalos de tiempo que un proceso estuvo en la cola de procesos listos (ready queue).
- **Tiempo de respuesta** (Response time): Es el intervalo de tiempo desde que un proceso es cargado hasta que brinda su primer respuesta. Es útil en sistemas interactivos.

# Algoritmos de planificación

---

## First Come First Served (FCFS)

- Los procesos son ejecutados en el orden que llegan a la cola de procesos listos.
- La implementación es fácil a través de una cola FIFO.
- Es adecuado para sistemas por lotes (batch).
- Es un algoritmo no expropiativo: una vez que el procesador le es asignado a un proceso este lo mantiene hasta que termina o se bloquea (por ejemplo al generar un pedido de E/S).
- El tiempo de espera promedio por lo general es alto.

# First Come First Served (FCFS)

Proceso	Burst time
P1	24
P2	3
P3	3



- Tiempo de espera:  $P1 = 0$ ;  $P2 = 24$ ;  $P3 = 27$
- Tiempo de espera promedio:  $(0 + 24 + 27)/3 = 17$

## Shortest Job First (SJF)

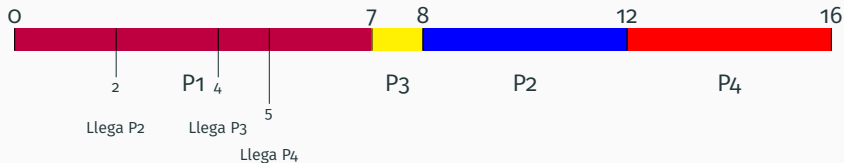
- El algoritmo asocia a los procesos el largo de su próximo CPU-burst.
- Cuando el procesador queda disponible se le asigna al proceso que tenga el menor CPU-burst.
- Si dos procesos tiene el mismo CPU-burst se desempata de alguna forma.
- Su funcionamiento depende de conocer los tiempos de ejecución lo cual en la mayoría de los casos no sucede.
- Es adecuado para sistemas por lotes (batch).

## Shortest Job First (SJF)

- Dos esquemas:
  - **No expropiativo**: una vez que se le asigna el procesador a un proceso no se le podrá quitar.
  - **Expropiativo**: Si un nuevo proceso aparece en la lista de procesos listos con menor CPU-burst, se le quita la CPU para asignarla al nuevo proceso.
- Este algoritmo es óptimo para el tiempo de espera, pero requiere que todos los procesos participantes estén al comienzo (si no es expropiativo) y además hay que saber el tiempo del próximo CPU-burst.
- Es usado para planificación de largo plazo más que para planificación de corto plazo.

# SJF no expropiativo

Proceso	Tiempo de arribo	Burst time
P1	0	7
P2	2	4
P3	4	1
P4	5	4



- Tiempo de espera promedio:  $(0 + 6 + 3 + 7)/4 = 4$



## SJF expropiativo

Proceso	Tiempo de arribo	Burst time
P1	0	7
P2	2	4
P3	4	1
P4	5	4



- Tiempo de espera promedio:  $(9 + 1 + 0 + 2)/4 = 3$

## Basados en Prioridad

- A cada proceso se le asigna un número entero que representa su prioridad.
- El planificador asigna el procesador al proceso con la más alta prioridad.
- Se utiliza en general un esquema expropiativo ya que si un proceso con mayor prioridad que el que está ejecutando arriba de la lista de procesos listos (ready queue), será asignado al procesador.
- SJF se puede ver como un algoritmo de prioridad donde la prioridad está dada por el próximo CPU-burst.
- Es adecuado para sistemas interactivos.

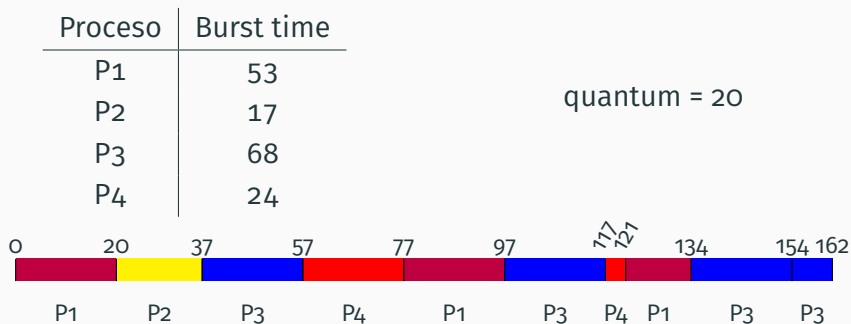
## Basados en Prioridad

- Sufre de posposición indefinida (o inanición) ya que un proceso de baja prioridad quizás no pueda ejecutar nunca.
- La solución es utilizar prioridades dinámicas de envejecimiento: incrementar la prioridad según pasa el tiempo sin ejecutar.
- La prioridad de un proceso para el uso del recurso procesador deberá ser inversamente proporcional al uso que el proceso haga del mismo.
- Por lo tanto un proceso tipo I/O-bound deberá tener, en general, mayor prioridad que uno tipo CPU-bound.
- Se pueden usar también prioridades dinámicas para garantizar eso

## Round Robin (RR)

- A cada proceso se le brinda un intervalo de tiempo para el uso del procesador (**time quantum**).
- Al finalizar el tiempo, el procesador le es expropiado y vuelve al estado pronto (ready) al final de la cola.
- Es fácil de implementar ya que solamente es necesario una cola de procesos listos. Cuando un proceso consume su quantum es puesto al final de la cola.
- El quantum debe ser bastante mayor a lo que lleva realizar un cambio de contexto, sino se tendrá mucho overhead. A su vez, el tiempo de quantum incide en los tiempos de retorno.
- Es ideal para sistemas de tiempo compartido.
- No hay posposición indefinida

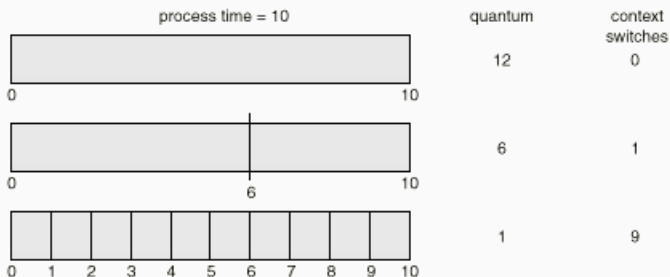
## Round Robin (RR)



- Por lo general, tiene un mayor tiempo de retorno que el SJF, pero mejora el tiempo de respuesta.

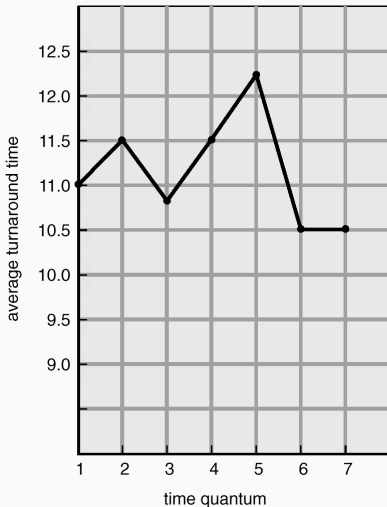
## Round Robin (RR)

- Es necesario asignar un tiempo de quantum ajustado:
  - Si es muy chico generará muchos cambios de contexto.
  - Si es muy grande, el sistema tenderá a un FCFS.



# Round Robin (RR)

- El promedio del tiempo de retorno medio varía según el quantum.



process	time
$P_1$	6
$P_2$	3
$P_3$	1
$P_4$	7

## Round Robin (RR)

- Comparación con FCFS:
  - 10 procesos que necesitan 100 unidades de tiempo son ejecutados a la vez
  - Se muestra el tiempo en que termina cada uno (despreciando el tiempo perdido en cambios de proceso)
  - El quantum es de 1 unidad de tiempo

Proceso	FCFS	RR
1	100	991
2	200	992
...	...	...
9	900	999
10	1000	1000

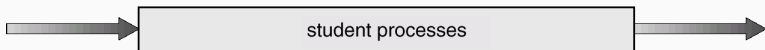
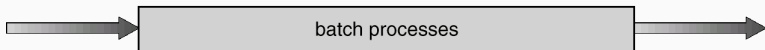
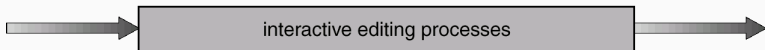
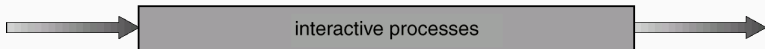


## Multilevel Queue

- Si los procesos se pueden clasificar según sus cualidades, es posible dividir la lista de procesos listos (ready queue) en varias colas (una para cada clasificación).
- Los procesos son asignados permanentemente a una de las colas.
- Cada cola tendrá su propio algoritmo de planificación propio.
- Además, se debe tener una estrategia de planificación entre las diferentes colas. Por ejemplo, una cola tendrá prioridad sobre otra.

# Multilevel Queue

highest priority



lowest priority

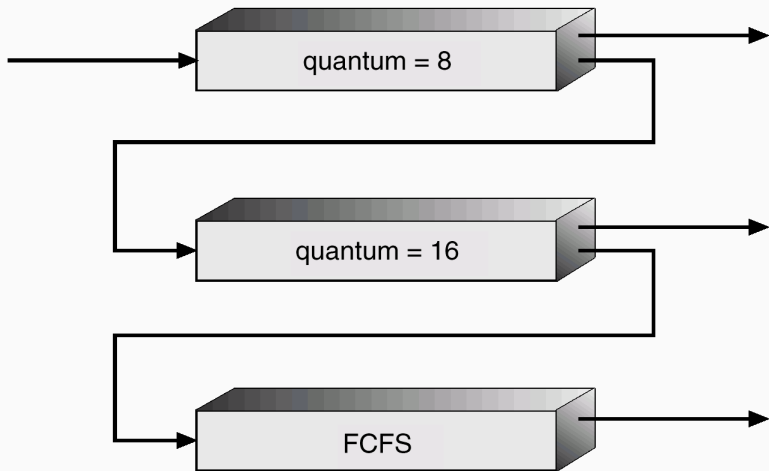
## Multilevel Feedback Queue

- Un Planificador Multilevel Feedback Queue es un algoritmo de planificación que organiza los procesos en múltiples colas, cada una con diferentes niveles de prioridad y algoritmos de planificación específicos.
- Se diferencia con el anterior en que procesos pueden cambiar de cola (nivel).
- Se basa en categorizar los procesos según el uso de CPU (**CPU-burst**) que tengan.
- La cola de mayor prioridad será la de los procesos I/O-bound y la de menor la de procesos con alto CPU-bound.
- De esta forma, se garantiza que los procesos con poco uso de procesador tengan mayor prioridad, y los que consumen mucho procesador tendrán baja prioridad.

## Multilevel Feedback Queue

- Los procesos, según el consumo de CPU que hagan, serán promovidos a una cola de mayor prioridad o rebajados a una de menor prioridad.
- Un planificador **Multilevel Feedback Queue** es definido por:
  - El número de colas.
  - El algoritmo de planificación para cada cola.
  - El método utilizado para promover a un proceso a una cola de mayor prioridad.
  - El método utilizado para bajar a un proceso a una cola de menor prioridad.
  - El método utilizado para determinar a que cola será asignado un proceso cuando esté pronto.

# Multilevel Feedback Queue



# **Sistemas multiprocesadores**

---

- En un sistema simétrico cualquier procesador podrá ejecutar procesos de usuario.
- Una posibilidad es tener una sola lista global de procesos listos
- Otra es asignar una cola de procesos listos para cada procesador y de esa forma mantener los procesos asignados a un procesador (**afinidad de procesador**).

## Afinidad de procesador

- Es conveniente para aprovechar los datos que están frescos en la memoria cache del procesador, ya que al ejecutar un proceso en un procesador se nutre su cache con datos del proceso.
- De esta forma, se logra mantener un mayor índice de cache hit y, por lo tanto, un mayor rendimiento en el sistema.
- Un problema que puede surgir es un desbalance en la cantidad de trabajo por procesador. En estos casos se migrarán procesos de cola para lograr balancear nuevamente la carga.