



8 Concurrencia de Procesos.

Introducción a los Sistemas Operativos, 2023-2024

Pablo González Nalda

Depto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos
EU de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz,
UPV/EHU

8 de abril de 2024





Contenidos de la presentación

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

1 Concurrencia de Procesos

2 Sincronización

3 Sección Crítica

4 Espera por Ocupado

5 Espera por Bloqueado

6 Paso de mensajes



CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

1 Concurrencia de Procesos

2 Sincronización

3 Sección Crítica

4 Espera por Ocupado

5 Espera por Bloqueado

6 Paso de mensajes



Objetivos de aprendizaje

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

- Conceptos de concurrencia, recurso compartido, condición de carrera y acceso exclusivo. Secciones críticas de código.
- Mecanismos básicos de acceso exclusivo a secciones críticas. Comunicación con paso de mensajes mediante buzones.
- Llamadas al sistema relacionadas con la comunicación entre procesos. Modelo de gestión de recursos basado en el esquema cliente-servidor. Ejemplos de gestores de recursos (*drivers*). Tiempo Real.



CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

1 Concurrencia de Procesos

2 Sincronización

3 Sección Crítica

4 Espera por Ocupado

5 Espera por Bloqueado

6 Paso de mensajes



Necesidad de la Sincronización

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Los procesos compiten por los recursos y pueden cooperar para realizar mejor una tarea

Herramientas necesarias para:

- la gestión de recursos de número limitado
- el acceso exclusivo a un recurso, a una zona de memoria o a la ejecución de un trozo de código
- la creación de mecanismos de comunicación para estructuras productor-consumidor y cliente-servidor.



CONTENIDOS

Concurrencia de
Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por
Ocupado

Espera por
Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

1 Concurrencia de Procesos

2 Sincronización

3 Sección Crítica

4 Espera por Ocupado

5 Espera por Bloqueado

6 Paso de mensajes



Sección Crítica

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Una Sección Crítica (SC) es un trozo de código que sólo puede ser ejecutado por un flujo de ejecución simultáneamente.

El error, la falta de coherencia en los datos que se produce si el código de la SC se ejecuta de forma no exclusiva se denomina *Condición de Carrera (Race Condition)*.

Si no hay coordinación entre sucursales bancarias pueden perderse actualizaciones del saldo de una cuenta.

```
i, tabla[] datos compartidos
En este ejemplo, la posición 5 no recibe dato.
Hilo A           i           Hilo B

while (i<N) {           while (i<N) {
                        4           a=reg_datos(DISPl);
                        4           tabla[i]=a;
    a=reg_datos(DISPl);           4
    tabla[i]=a;                 4
    i++;                         5
                                6           i++;
                                }
                                }
}
```



Condiciones para el acceso exclusivo a la SC

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Condiciones para el acceso exclusivo a la Sección Crítica:

- Exclusión mutua. No puede haber más de un proceso simultáneamente en la SC.
- No interbloqueo. Ningún proceso detenido fuera de la SC puede impedir que otro entre a la SC.
- No inanición. Un proceso no puede esperar por tiempo indefinido para entrar a la SC.
- Independencia del hardware. No se pueden hacer suposiciones acerca del número de procesadores o de la velocidad relativa de los procesos.

Suposición inicial adicional: las instrucciones del Lenguaje Máquina son atómicas y se ejecutan secuencialmente.



Plazo de la Sección Crítica

CONTENIDOS

Concurrencia de
Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por
Ocupado

Espera por
Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Comportamiento según el plazo de la SC:

- Corto plazo:
 - Espera por Ocupado (o bucle de espera activa)
- Largo plazo:
 - Espera por Bloqueado
- Paso de mensajes (IPC, Inter Process Communication)



CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Cerreo hardware
Test_and_Set

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

1 Concurrencia de Procesos

2 Sincronización

3 Sección Crítica

4 Espera por Ocupado

5 Espera por Bloqueado

6 Paso de mensajes



Espera por Ocupado

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Cerrojo hardware
Test_and_Set

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Método para el control de la sincronización a través de la espera por ocupado: *Cerrojos de espera activa*

- exclusión mutua a corto plazo
- el proceso se mantiene en estado *Ejecutándose*
- variable que se consulta en un bucle hasta que sea 0 (falso, *libre*), entonces se pone a 1 (*ocupado*) y se entra en la SC. Al salir se vuelve a poner a 0.
- el propio acceso a esa variable es una SC
- se soluciona con Hw o Sw
 - Sw: Algoritmos de Lamport y Decker
 - Hw: instrucción de Lenguaje Máquina

Ejemplo: estrechamiento de la carretera.



Cerrojo hardware Test_and_Set

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Cerrojo hardware Test_and_Set

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Cerrojo hardware: Instrucción de Lenguaje Máquina Test_and_Set

```
1 void lock (tipo_cerrojo cerrojo) {  
    while (test_and_set (cerrojo))  
        NOP;  
4 }  
void unlock (tipo_cerrojo cerrojo) {  
    cerrojo= 0;  
7 }
```

Una sección crítica se protege de la siguiente forma:

```
2 lock (cerrojo);  
/* SC */  
unlock (cerrojo);
```



CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Semáforos

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

1 Concurrencia de Procesos

2 Sincronización

3 Sección Crítica

4 Espera por Ocupado

5 Espera por Bloqueado

6 Paso de mensajes



Espera por Bloqueado

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Semáforos

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Espera por bloqueado

- para la exclusión mutua a largo plazo
- paso a bloqueado en espera de evento
- cada *semáforo* es una variable entera y una cola, con la capacidad de bloquear al proceso y de pasarlo a preparado, y controla una SC
- Los procesos que ejecutan *bajar(semáforo)* pasan a estado bloqueado si la SC está ocupada, y son colocados al final de la cola del semáforo.
- Cuando otro proceso o el propio sistema operativo ejecuta *subir(semáforo)* sobre ese *semáforo* se desbloquea el primer proceso de la cola de ese semáforo, que pasa a *Preparado* y al interior de la SC.



Semáforos

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Semáforos

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

El semáforo se construye con una cola y una variable entera y la capacidad de bloquear al proceso y de pasarlo a preparado.

El semáforo se inicializa a un valor. Los procesos que bajan el semáforo pueden acceder al recurso, pero cuando la variable llega a cero los procesos se bloquean porque ese recurso no está disponible.

Cuando un proceso libera un recurso, sube el semáforo y se desbloquea el primer elemento de la cola del semáforo si no había recursos libres.

Permite la gestión de recursos.

Ejemplo: El *Gorila* de la puerta de la disco (control de aforo).



Semáforos

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Semáforos

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Un semáforo es una variable más una cola: reservar otro elemento más es bajar la variable contadora de recursos libres.

bajar(s) $p(s)$, $down(s)$, $wait(s) \dots$

subir(s) $v(s)$, $up(s)$, $signal(s) \dots$

```
ini_semaforo(s, valor);  
bajar(s);  
3 /* SC */  
subir(s);
```

Si el valor inicial del semáforo es 1, es un semáforo *mútex* (se usa para controlar la exclusión mutua en una SC). Es decir, el recurso tiene una cantidad de 1 y el mútex indica si está libre o usado.



CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

1 Concurrencia de Procesos

2 Sincronización

3 Sección Crítica

4 Espera por Ocupado

5 Espera por Bloqueado

6 Paso de mensajes



Paso de mensajes

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Paso de mensajes:

- Cuando no tenemos variables compartidas.
- Objetos compartidos en el exterior de los procesos.
- Se llaman buzones (*mailboxes*, *mbx*).
- `enviar(puerto, mensaje)`
- `recibir(puerto, mensaje)`
`mensaje = recibir(puerto)`
- El buzón puede tener diferentes capacidades:
 - ilimitada (ideal, no se llena nunca)
 - limitada (cola FIFO con una capacidad máxima)
 - nula. Implica sincronización de los procesos (cita o rendezvous)
- Ejemplo: cinta de la caja del súper.



Situaciones de bloqueo

CONTENIDOS

Concurrencia de
Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por
Ocupado

Espera por
Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Situaciones de bloqueo:

- Leer de/recibir de un buzón vacío
- Escribir en/enviar a un buzón lleno

Si no se pasa información hay un cambio de significado:

- Esperar evento / señalar evento
- cola de procesos bloqueados
- cola de eventos ocurridos



CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

1 Concurrencia de Procesos

2 Sincronización

3 Sección Crítica

4 Espera por Ocupado

5 Espera por Bloqueado

6 Paso de mensajes



Interbloqueo (*deadlock*)

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?





Interbloqueo (*deadlock*)

CONTENIDOS

Concurrencia de
Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por
Ocupado

Espera por
Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Interbloqueo: varios procesos tienen acceso exclusivo a ciertos recursos y necesitan acceder a otros ya bloqueados.

Situación de inanición (starvation): los sistemas que evitan las condiciones de carrera provocan que cierto proceso no llegue a usar un determinado recurso.

Interbloqueo (*deadlock*)

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

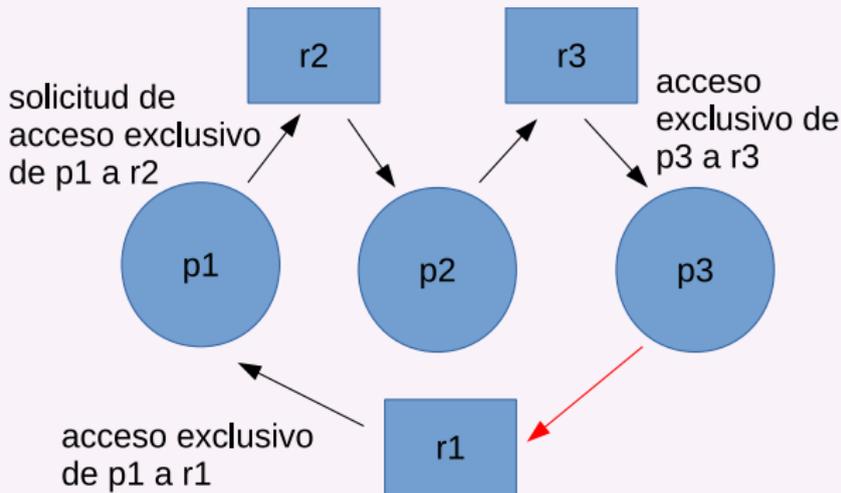
Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Ejemplo: Ambos necesitamos dos libros para hacer un trabajo, y cada uno ha sacado uno de los libros de la biblioteca.

En general, en este gráfico si el proceso p3 solicita el recurso r1:





Condiciones necesarias para el interbloqueo

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Condiciones necesarias para el interbloqueo:

Exclusión mutua: un recurso o está asignado a un proceso, o está libre.

Retención y espera: Un proceso puede solicitar un recurso B antes de liberar A.

No expulsión: no se puede liberar de forma forzada un recurso.

Espera circular: como el ejemplo anterior.



Soluciones al interbloqueo

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Soluciones al interbloqueo:

1. Algoritmo del avestruz

DRAE: táctica del avestruz. f. Actitud de quien trata de ignorar peligros o problemas.

¿Por qué ignorar el interbloqueo?

- Poco frecuente en comparación con otros problemas, como un cuelgue Hw
- Las consecuencias no serían graves
- El coste de las tareas para evitar el interbloqueo es alto (eficiencia...)
- Las soluciones no las aceptarían los usuarios (coste del desarrollo de la solución...)



Soluciones al interbloqueo

CONTENIDOS

Concurrencia de Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por Ocupado

Espera por Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

Soluciones al interbloqueo:

2. *Detección*: mediante búsqueda de ciclos en el grafo de recursos o comprobando el tiempo de espera a los recursos

Solución: eliminar alguna de las condiciones necesarias

- Introducir gestores
- única sección crítica para todos los recursos o liberar antes de reservar
- almacenar el estado intermedio del recurso y expulsar
- imponer restricciones para evitar ciclos

3. *Predicción* de los interbloqueos

Algoritmos que calculan la probabilidad de acabar en un interbloqueo.



CONTENIDOS

Concurrencia de
Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por
Ocupado

Espera por
Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

En Java, existen hilos y se sincronizan de una forma similar a los procesos en un SO.

<https://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/concurrency/index.html>

En la Actividad 7 se trabaja con hilos en C, usando semáforos.



CONTENIDOS

Concurrencia de
Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por
Ocupado

Espera por
Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

1 Concurrencia de Procesos

2 Sincronización

3 Sección Crítica

4 Espera por Ocupado

5 Espera por Bloqueado

6 Paso de mensajes



¿Más preguntas?

CONTENIDOS

Concurrencia de
Procesos

Sincronización

Sección Crítica

Espera por
Ocupado

Espera por
Bloqueado

Paso de mensajes

Interbloqueo

¿Más preguntas?

¿Más preguntas?



8 Concurrencia de Procesos.

Introducción a los Sistemas Operativos, 2023-2024

Pablo González Nalda

Depto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos
EU de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz,
UPV/EHU

8 de abril de 2024

