SISTEMAS OPERATIVOS: COMUNICACIÓN Y SINCRONIZACIÓN ENTRE PROCESOS

Procesos concurrentes y sincronización

A recordar…

Alejandro Calderón Mateos

Antes de clase | Clase | Después de clase

Preparar los pre-requisitos.

Estudiar el material asociado a la **bibliografía**:
las transparencias solo no son suficiente.
Preguntar dudas (especialmente tras estudio).

Ejercitar las competencias:

- Realizar todos los **ejercicios**.
- Realizar los **cuadernos de prácticas** y las **prácticas** de forma progresiva.

Lecturas recomendadas

Alejandro Calderón Mateos

Base

1. Carretero 2020:
   1. Cap. 6
2. Carretero 2007:
   1. Cap. 6.1 y 6.2

Recomendada

1. Tanenbaum 2006:
   1. (es) Cap. 5
   2. (en) Cap. 5
2. Stallings 2005:
   1. 5.1, 5.2 y 5.3
3. Silberschatz 2006:
   1. 6.1, 6.2, 6.5 y 6.6

Contenidos

Alejandro Calderón Mateos

- Introducción (definiciones):
  - Procesos concurrentes.
  - Concurrencia, comunicación y sincronización
  - Sección crítica y condiciones de carrera
  - Exclusión mutua y sección crítica.
- Mecanismos de sincronización (I):
  - Primitivas básicas iniciales
  - Semáforos.
- Problemas clásicos de concurrencia (I):
  - Productor-consumidor
  - Lectores-escritores
- Mecanismos de sincronización de *threads* (II)
  - Semáforos
    - Llamadas al sistema para semáforos.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
  - Mutex y variables condición
    - Llamadas al sistema para mutex.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
- Caso estudio: desarrollo de servidores concurrentes

Contenidos

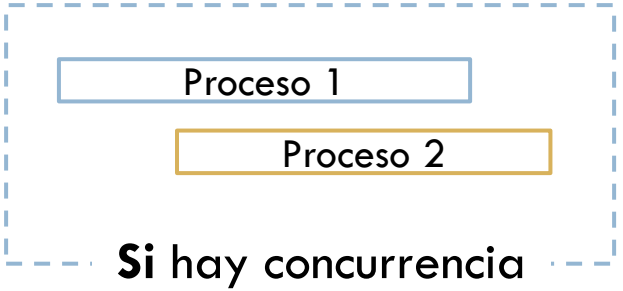
Alejandro Calderón Mateos

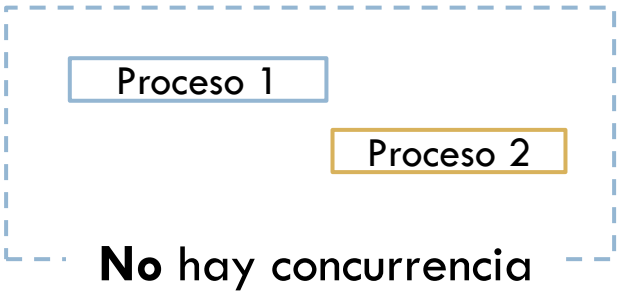
- Introducción (definiciones):
  - **Procesos concurrentes.**
  - **Concurrencia, comunicación y sincronización**
  - Sección crítica y condiciones de carrera
  - Exclusión mutua y sección crítica.
- Mecanismos de sincronización (I):
  - Primitivas básicas iniciales
  - Semáforos.
- Problemas clásicos de concurrencia (I):
  - Productor-consumidor
  - Lectores-escritores
- Mecanismos de sincronización de *threads* (II)
  - Semáforos
    - Llamadas al sistema para semáforos.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
  - Mutex y variables condición
    - Llamadas al sistema para mutex.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
- Caso estudio: desarrollo de servidores concurrentes

Proceso concurrente

Alejandro Calderón Mateos

- Dos procesos son concurrentes cuando se ejecutan de manera que sus intervalos de ejecución se solapan.
- Por defecto se espera el mismo resultado en ambos casos.

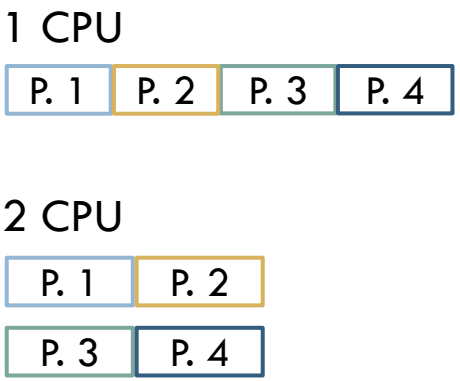




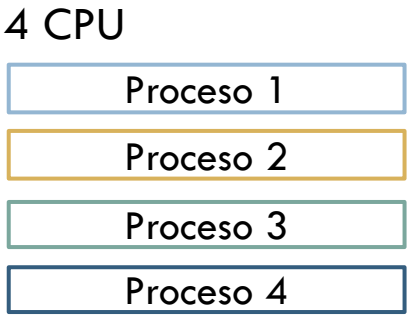
Cómo conseguir concurrencia

Tipos de concurrencia

- Concurrencia aparente:
  Hay más procesos que procesadores.
  - Los procesos se multiplexan en el tiempo.
  - Pseudoparalelismo.



- Concurrencia real:
  Cada proceso se ejecuta en un procesador.
  - Los procesos se simultanean en el tiempo.
  - Se produce una ejecución en paralelo.
  - Paralelismo real.

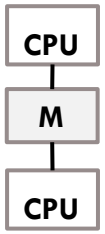


Cómo conseguir concurrencia

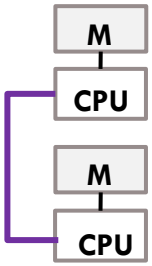
Modelos de programación concurrente

Alejandro Calderón Mateos

- Multiprogramación con un único procesador
  - El sistema operativo se encarga de repartir el tiempo entre los procesos
    - planificación expulsiva/no expulsiva.



- Multiprocesador
  - Se combinan paralelismo real y pseudoparalelismo.
    - Normalmente más procesos que procesadores (CPU).



- Sistema distribuido
  - Varios computadores conectados por red.

Ventajas de la ejecución concurrente

- Facilita la programación.
  - Diversas tareas se pueden estructurar en procesos separados.
  - Ejemplo: servidor Web donde cada proceso atiende a cada petición.
- Acelera la ejecución de cálculos.
  - División de cálculos en procesos ejecutados en paralelo.
  - Ejemplos: simulaciones, Mercado eléctrico, Evaluación de carteras financieras.
- Mejora el aprovechamiento de la CPU.
  - Se aprovechan las fases de E/S de una aplicación para procesamiento de otras.
- Mejora la interactividad de las aplicaciones.
  - Se pueden separar las tareas de procesamiento de las tareas de atención de usuarios.
  - Ejemplo: impresión y edición.

Desventajas de la ejecución concurrente

Alejandro Calderón Mateos

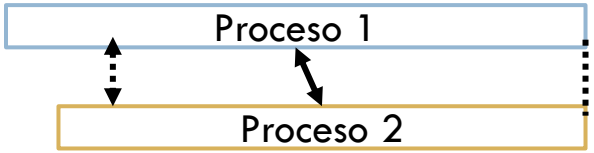
- Compartición de recursos.
  - La compartición de recursos precisa de sincronización.
  - Ejemplo: variable compartida con actualizaciones/lecturas (w-w, w-r).
- Dificultad para depurar y localizar errores.
  - Las ejecuciones no son siempre deterministas ni reproducibles.
  - Ejemplos: entrelazados de ejecución particulares con problemas.
- Dificultades del S.O. para gestión óptima de recursos.
  - Dificultades del sistema operativos para la gestión de recursos de forma óptima.

Interacciones entre procesos

Tipos de servicios de interacción

Alejandro Calderón Mateos

- Comunicación:
  - Permiten la transferencia de información entre procesos.
  - Ejemplo: un proceso envía datos medidos para su procesamiento.
  - Mecanismos: archivos, tuberías, memoria compartida, paso de mensajes.
- Sincronización:
  - Permiten la espera hasta que ocurra un evento en otro proceso (deteniendo su ejecución hasta que ocurra)
  - Ejemplo: un proceso de presentación debe esperar a que todos los procesos de cálculo terminen.
  - Mecanismos: señales, pipes, semáforos, mutex, conditions, paso de mens.



Interacciones entre procesos

Tipos de procesos concurrentes

https://www.unf.edu/public/cop4610/ree/Notes/PPT/PPT8E/CH%2005%20-OS8e.pdf
Alejandro Calderón Mateos

Relación	Influencia de un proceso en otro	Problemas potenciales

Independientes	• **No** comunicación
	  • Resultado de un proceso no afecta a otros
	• **No** sincronización
	  • Temporización no puede afectar	

Compiten	• **No** comunicación • **Si** posible sincronización	• Excl. Mutua • Interbloqueo • Inanición

Cooperan	• **Si** comunicación
	  • Por compartición, con recurso renovable (conocidos indirectamente)
	  • Por comunicación, con recurso consumible (conocidos directamente)
	• **Si** posible sincronización
		• Interbloqueo
		• Inanición
		
		Compartición añade:
		• Excl. Mutua
		• Coherencia datos

Contenidos

Alejandro Calderón Mateos

- Introducción (definiciones):
  - Procesos concurrentes.
  - Concurrencia, comunicación y sincronización
  - **Sección crítica y condiciones de carrera**
  - Exclusión mutua y sección crítica.
- Mecanismos de sincronización (I):
  - Primitivas básicas iniciales
  - Semáforos.
- Problemas clásicos de concurrencia (I):
  - Productor-consumidor
  - Lectores-escritores
- Mecanismos de sincronización de *threads* (II)
  - Semáforos
    - Llamadas al sistema para semáforos.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
  - Mutex y variables condición
    - Llamadas al sistema para mutex.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
- Caso estudio: desarrollo de servidores concurrentes

Interacciones entre procesos

Tipos de procesos concurrentes

Relación	Influencia de un proceso en otro	Problemas potenciales

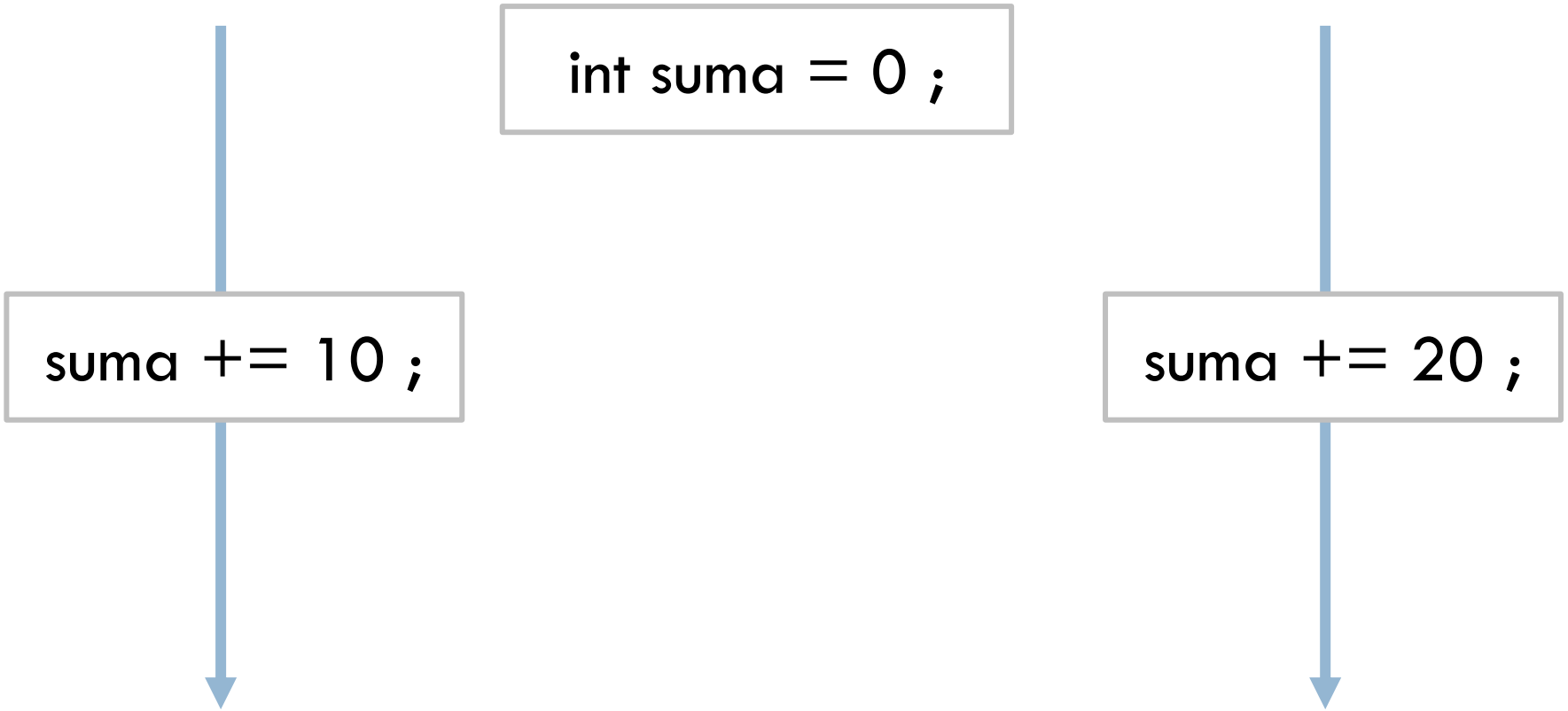
Independientes	• **No** comunicación
	  • Resultado de un proceso no afecta a otros
	• **No** sincronización
	  • Temporización no puede afectar	

Compiten	• **No** comunicación • **Si** posible sincronización	• Excl. Mutua • Interbloqueo • Inanición

Cooperan	• **Si** comunicación
	  • Por compartición, con recurso renovable (conocidos indirectamente)
	  • Por comunicación, con recurso consumible (conocidos directamente)
	• **Si** posible sincronización
		• Interbloqueo
		• Inanición
		
		Compartición añade:
		• Excl. Mutua
		• Coherencia datos

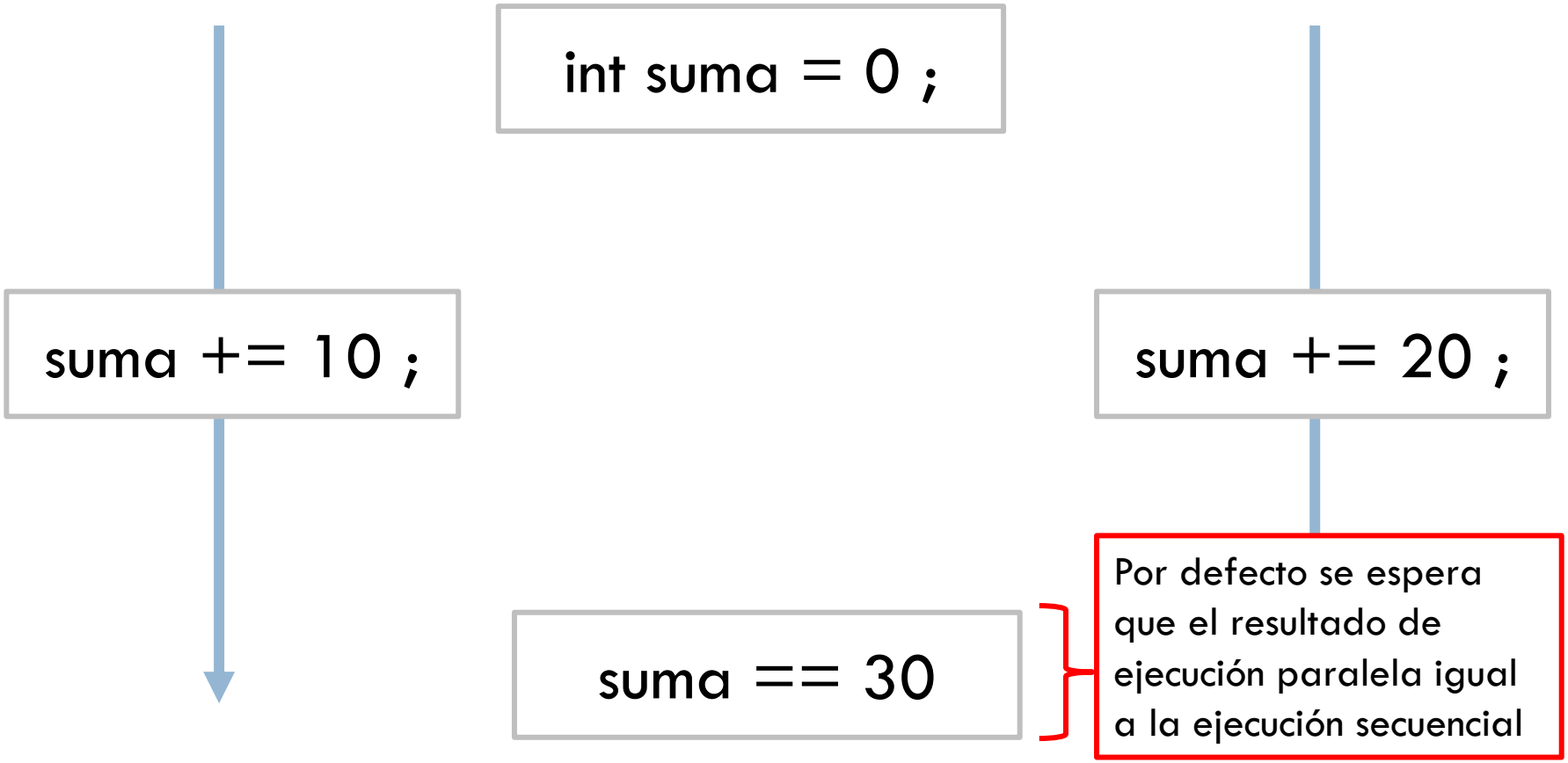
Dos procesos con recurso compartido
escenario base

Alejandro Calderón Mateos



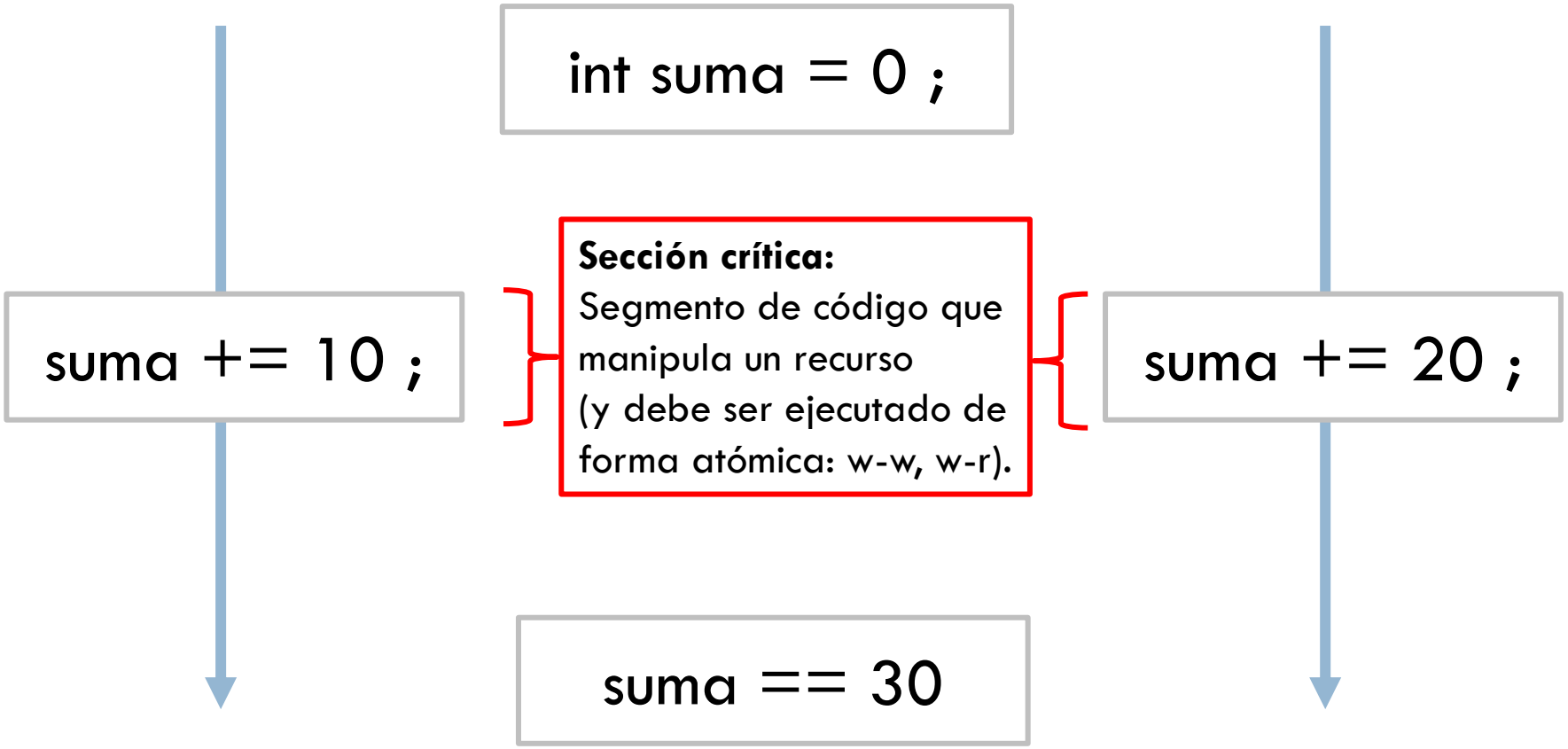
Dos procesos con recurso compartido
escenario base

Alejandro Calderón Mateos



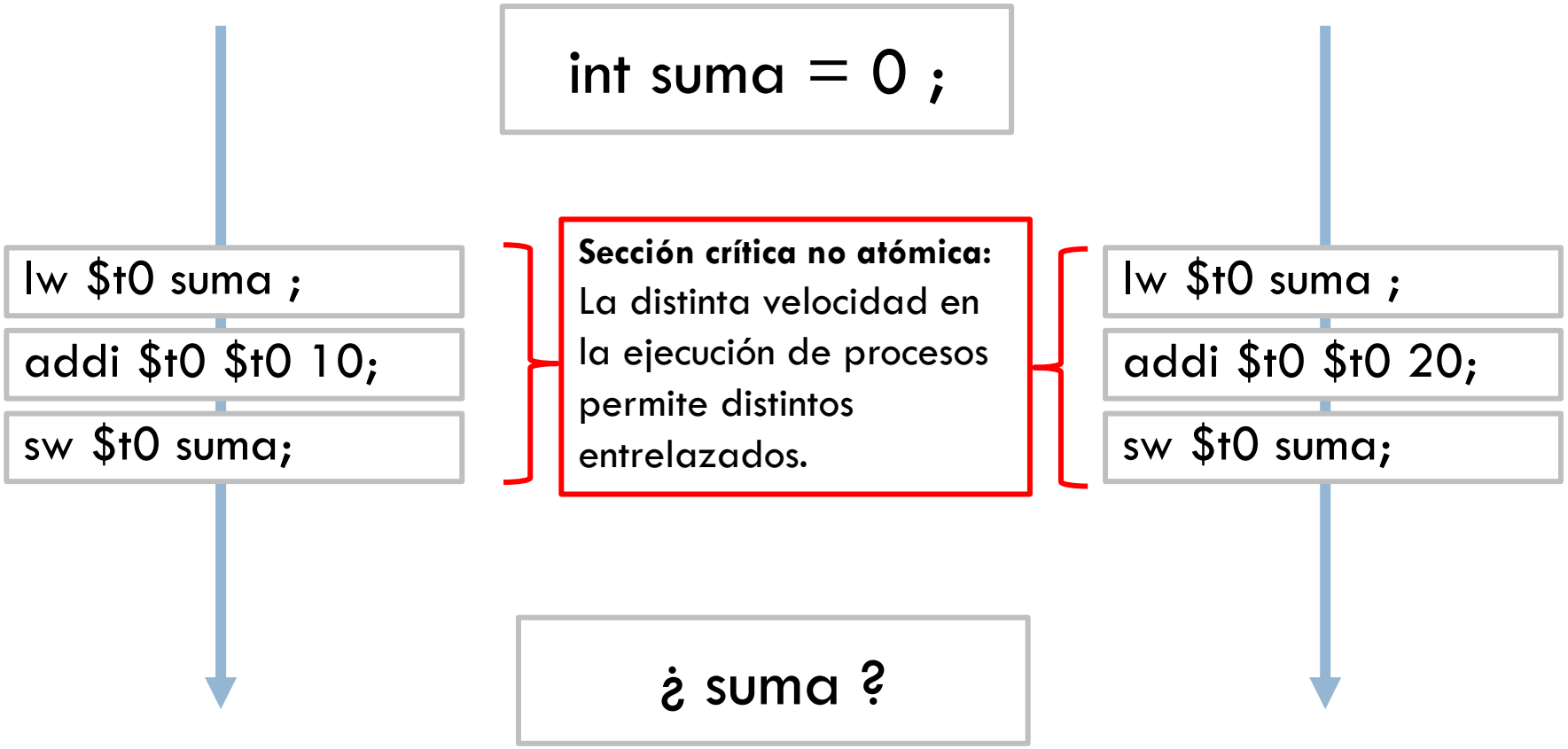
Dos procesos con recurso compartido
sección crítica

Alejandro Calderón Mateos



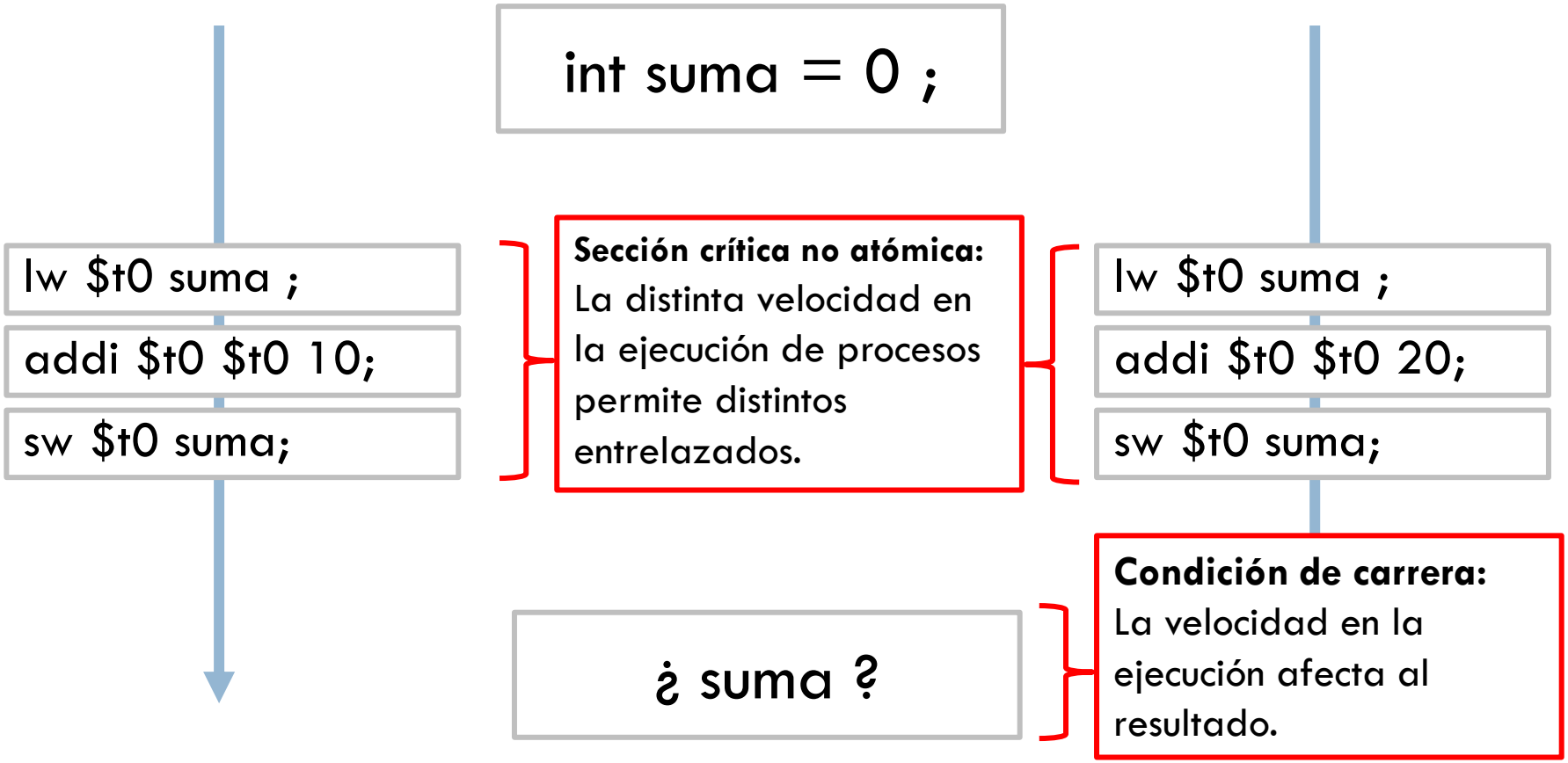
Dos procesos con recurso compartido
escenario base

Alejandro Calderón Mateos



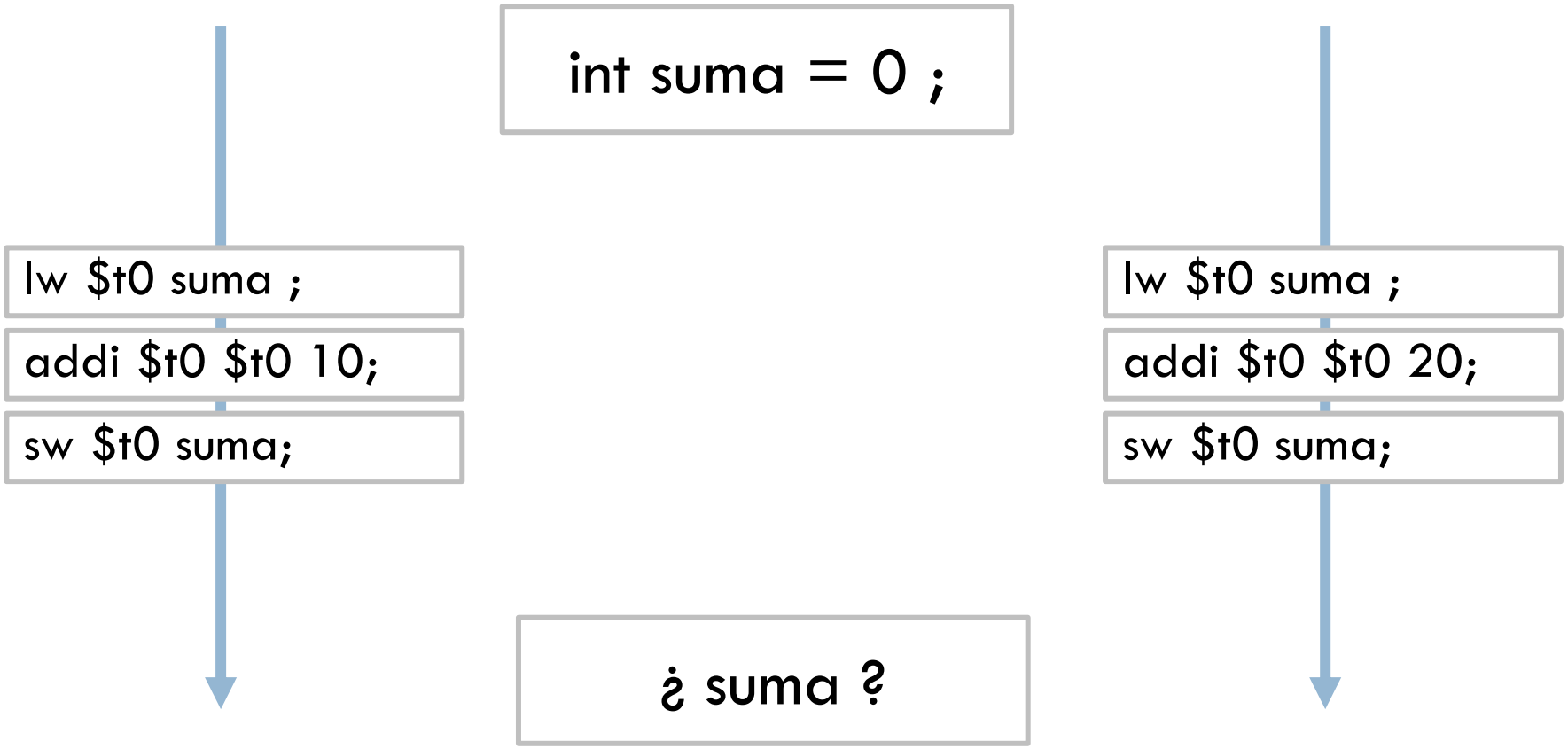
Dos procesos con recurso compartido
condiciones de carrera

Alejandro Calderón Mateos



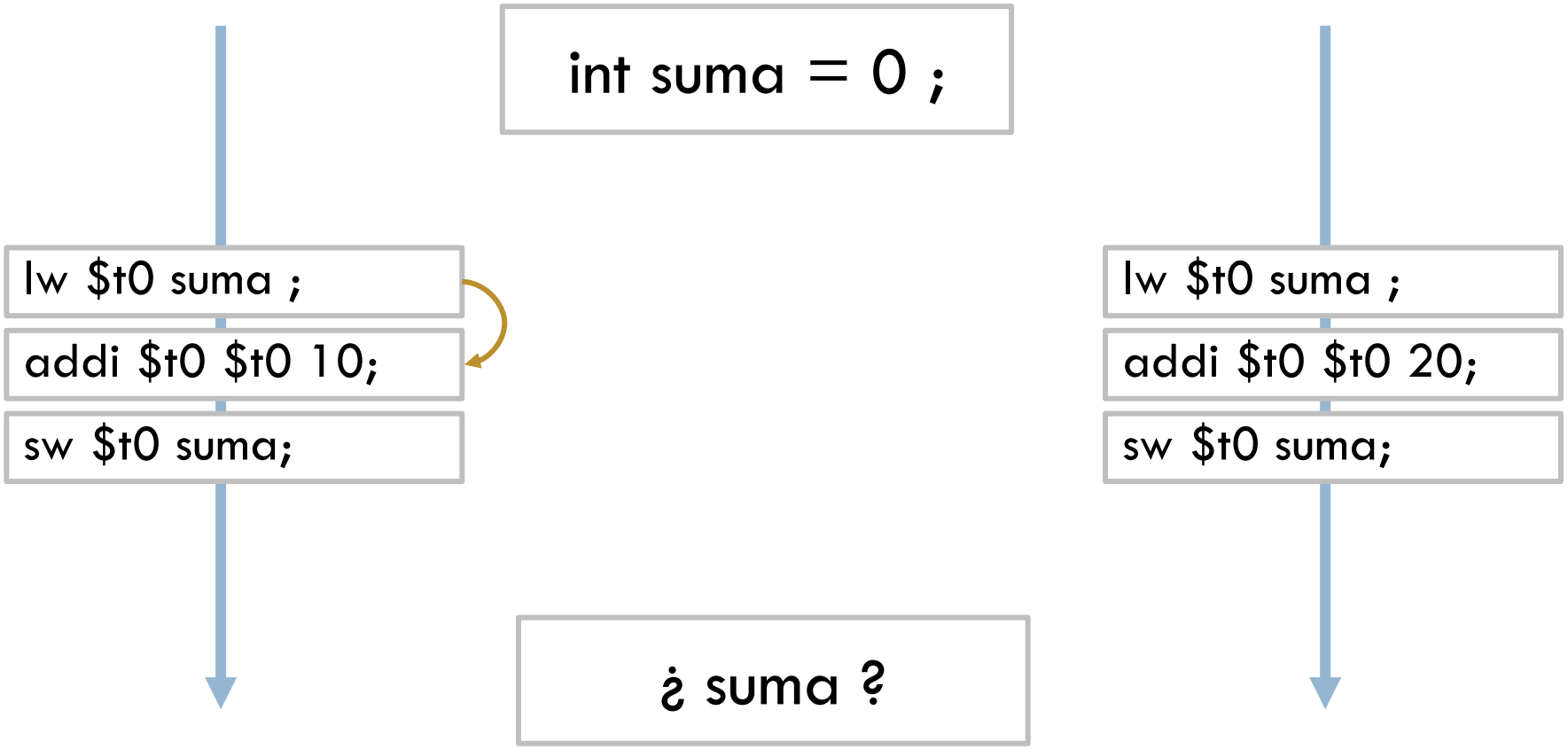
Dos procesos con recurso compartido
condiciones de carrera

Alejandro Calderón Mateos



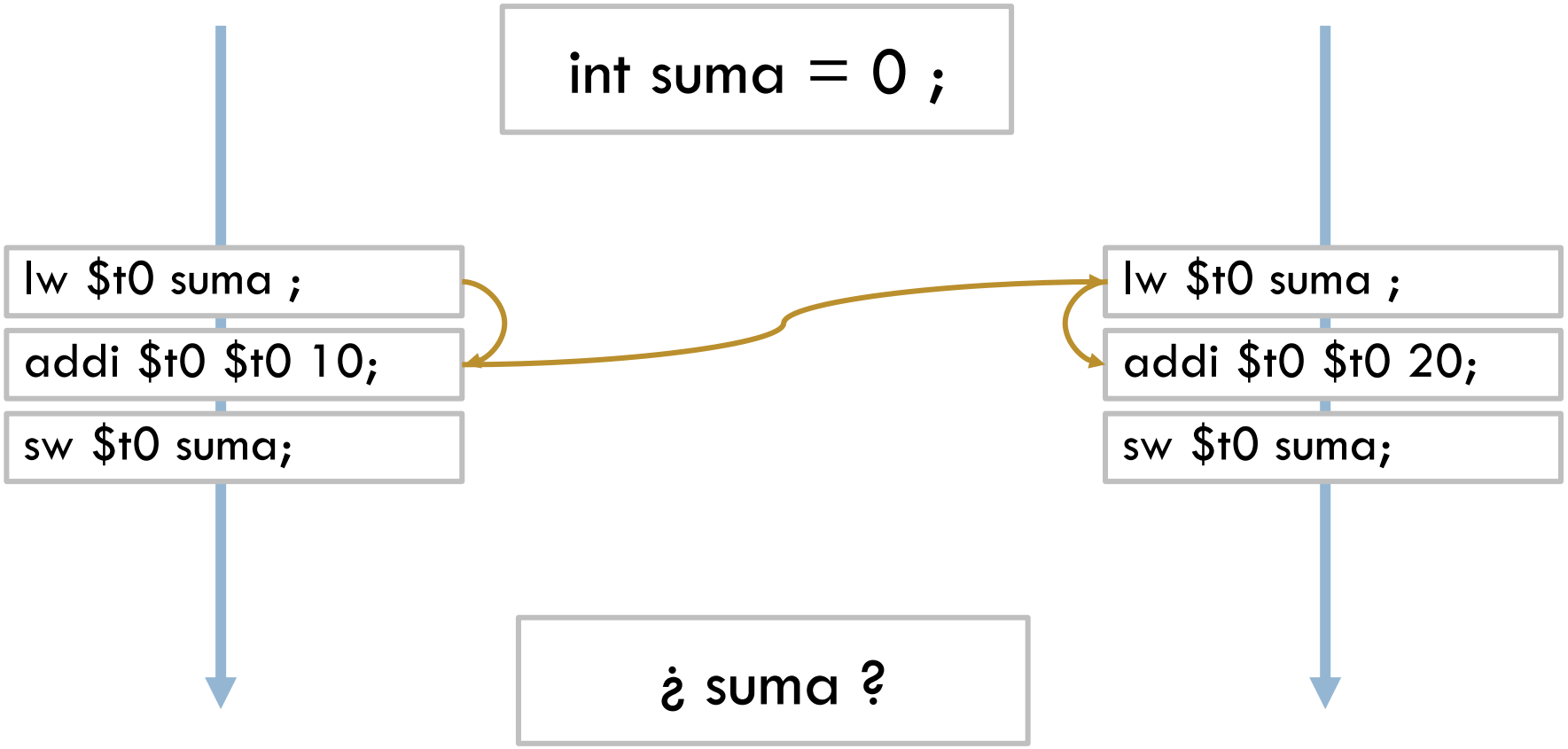
Dos procesos con recurso compartido
condiciones de carrera

Alejandro Calderón Mateos



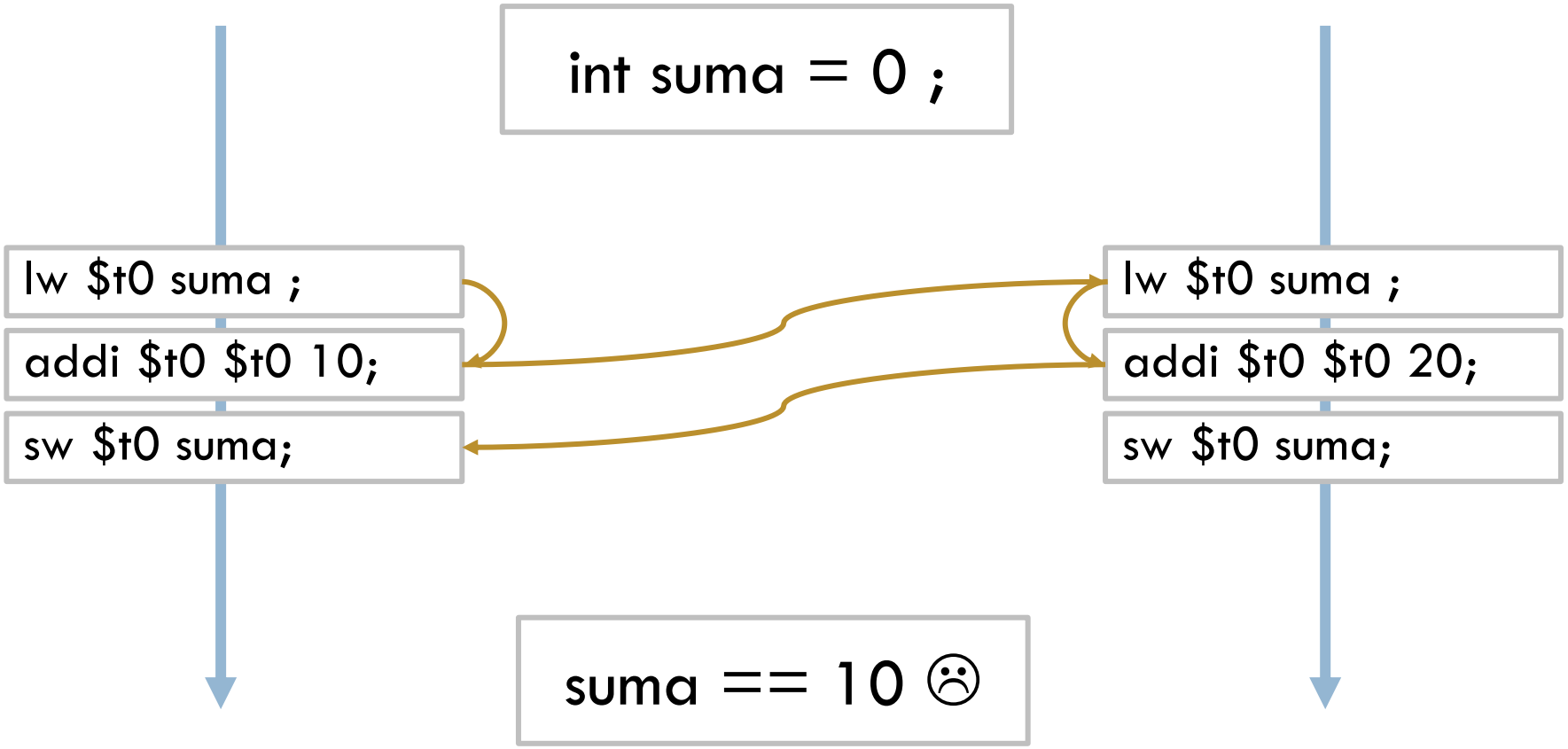
Dos procesos con recurso compartido
condiciones de carrera

Alejandro Calderón Mateos



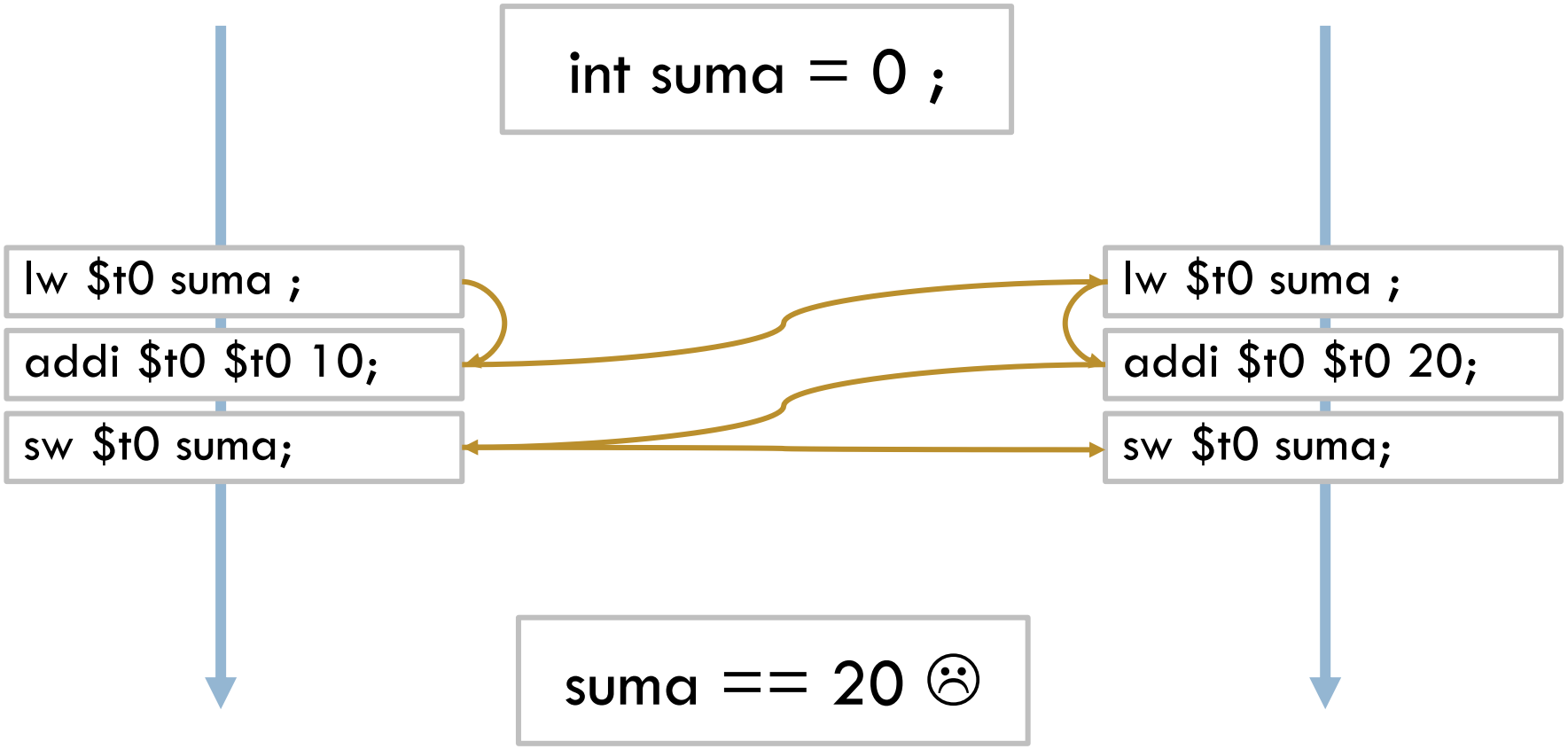
Dos procesos con recurso compartido
condiciones de carrera

Alejandro Calderón Mateos



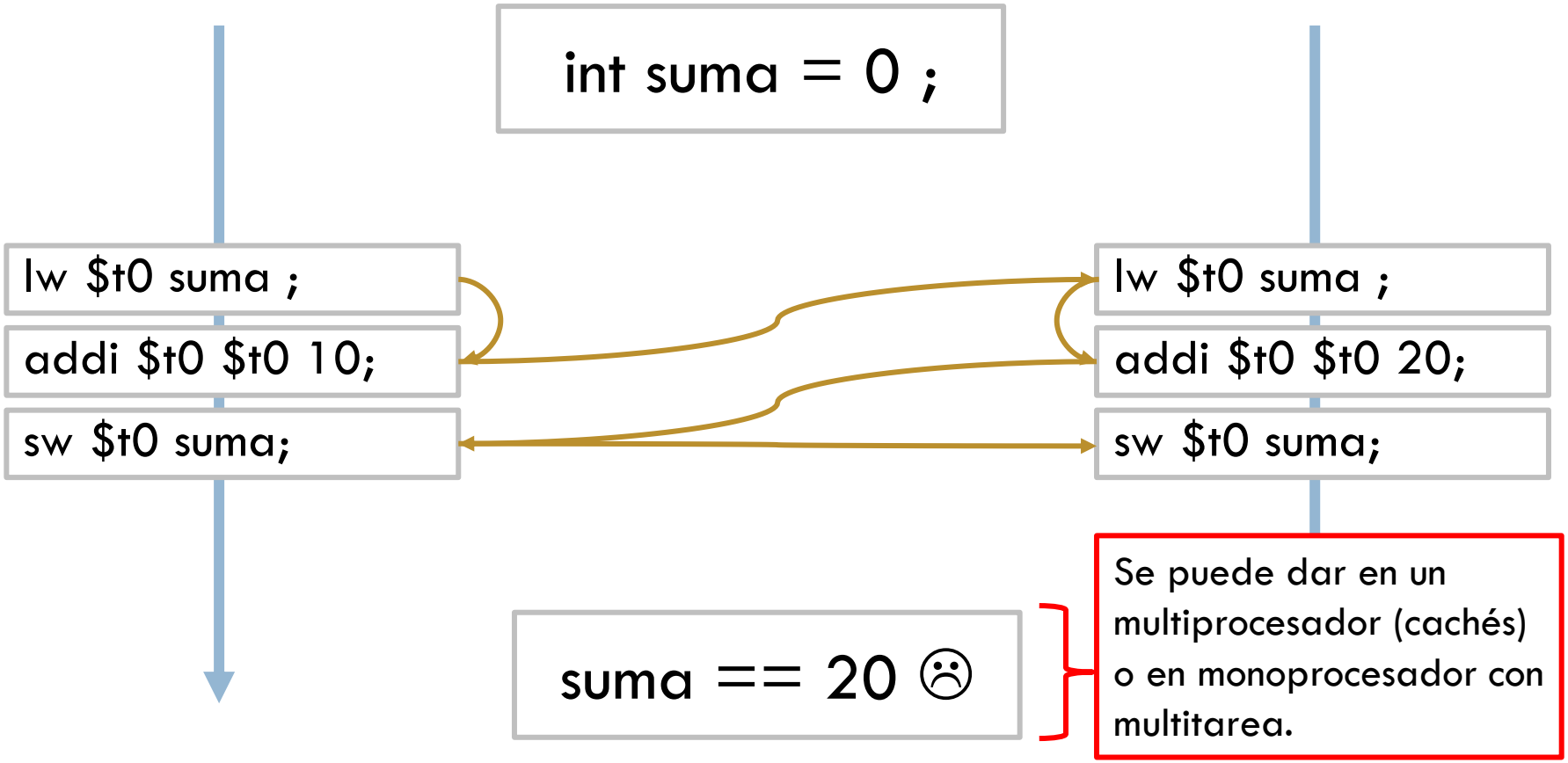
Dos procesos con recurso compartido
condiciones de carrera

Alejandro Calderón Mateos



Dos procesos con recurso compartido
condiciones de carrera

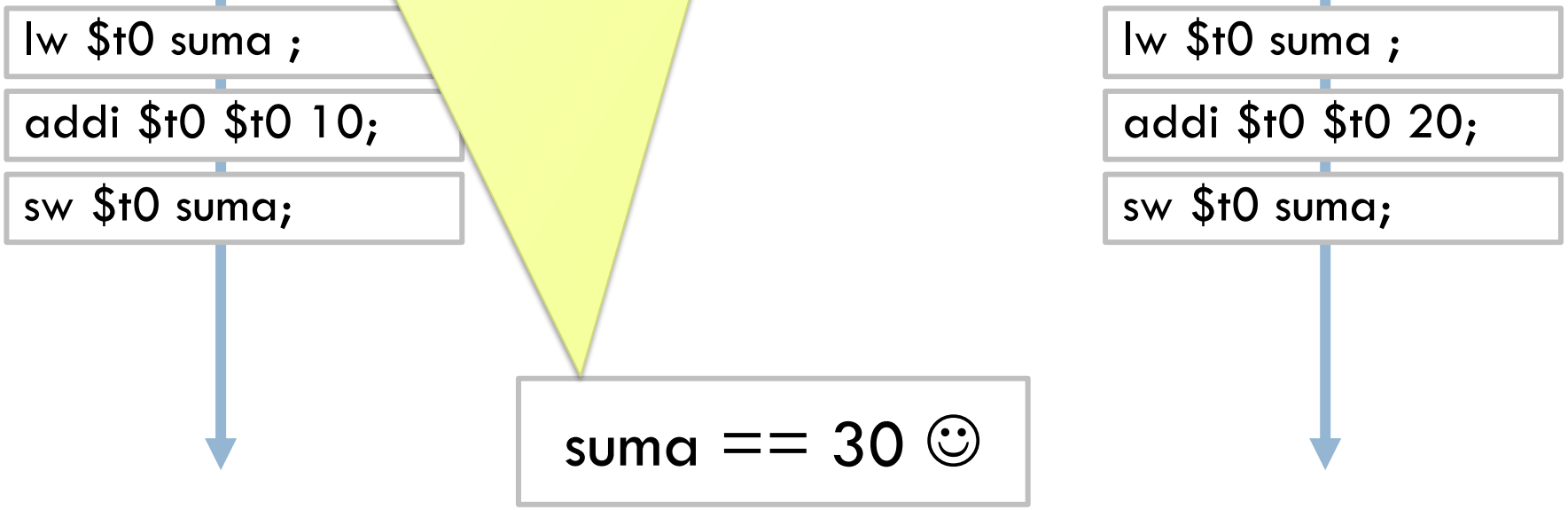
Alejandro Calderón Mateos



Dos procesos con recurso compartido
condiciones de carrera

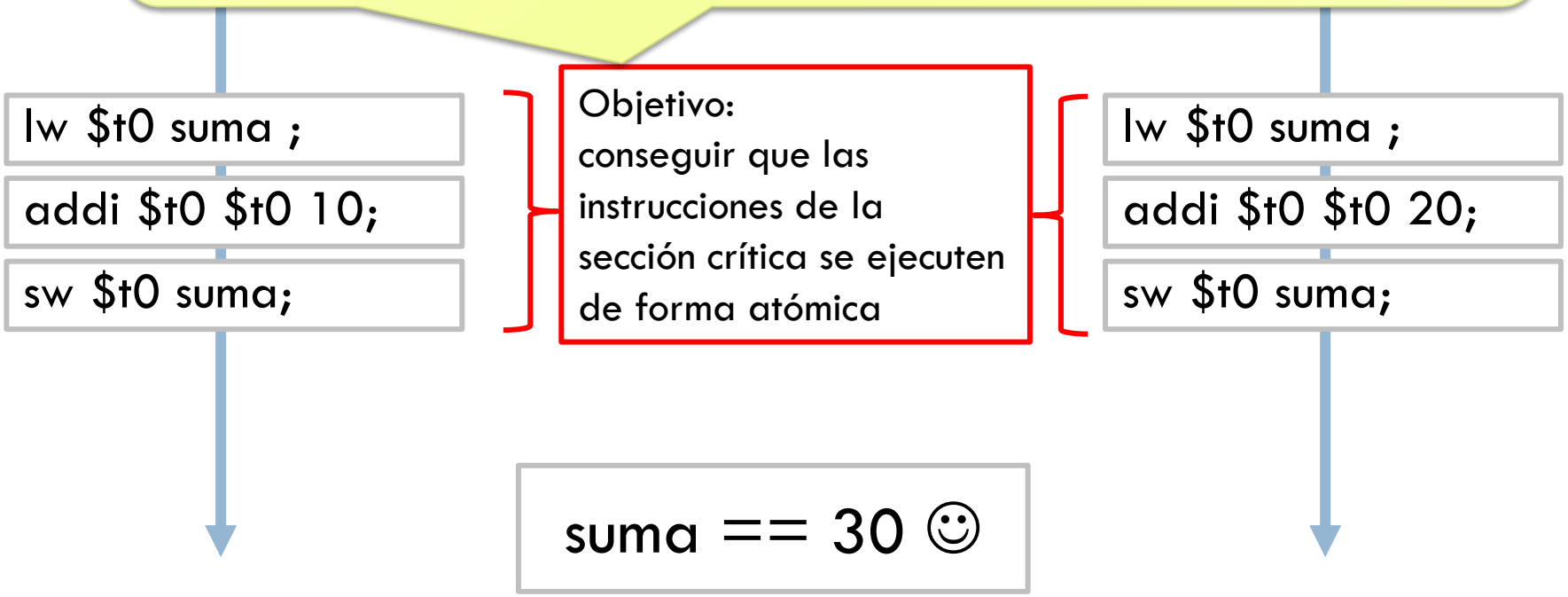
Alejandro Calderón Mateos

- Es necesario garantizar que el orden de ejecución no afecte al resultado.
  - El funcionamiento de un proceso y su resultado debe ser independiente de su velocidad relativa de ejecución con respecto a otros procesos.



Dos procesos con recurso compartido **condiciones de carrera**

- Las instrucciones dentro de la sección crítica (acceden a variable) se han de ejecutar **de forma atómica**:
  - **La sección crítica de un proceso** se ejecuta **en exclusión mutua con respecto a** las secciones críticas de **otros procesos**.



Contenidos

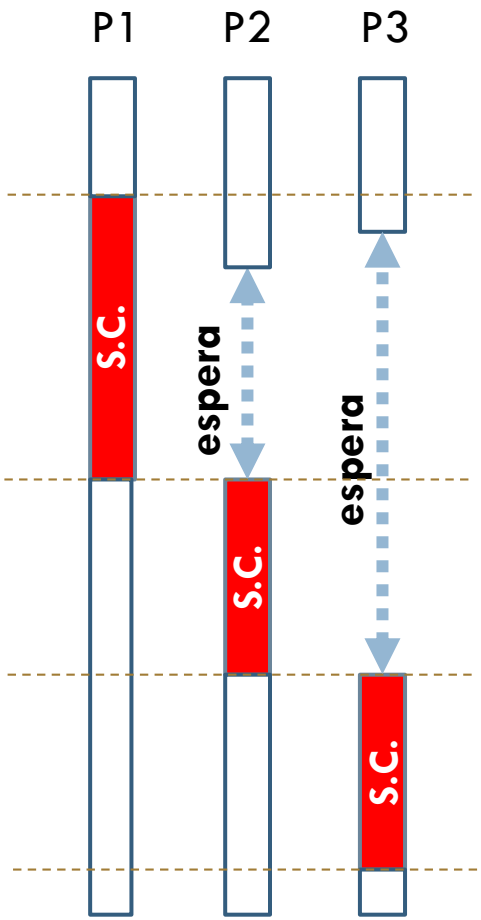
Alejandro Calderón Mateos

- Introducción (definiciones):
  - Procesos concurrentes.
  - Concurrencia, comunicación y sincronización
  - Sección crítica y condiciones de carrera
  - **Exclusión mutua y sección crítica.**
- Mecanismos de sincronización (I):
  - Primitivas básicas iniciales
  - Semáforos.
- Problemas clásicos de concurrencia (I):
  - Productor-consumidor
  - Lectores-escritores
- Mecanismos de sincronización de *threads* (II)
  - Semáforos
    - Llamadas al sistema para semáforos.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
  - Mutex y variables condición
    - Llamadas al sistema para mutex.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
- Caso estudio: desarrollo de servidores concurrentes

Exclusión mutua (objetivo)

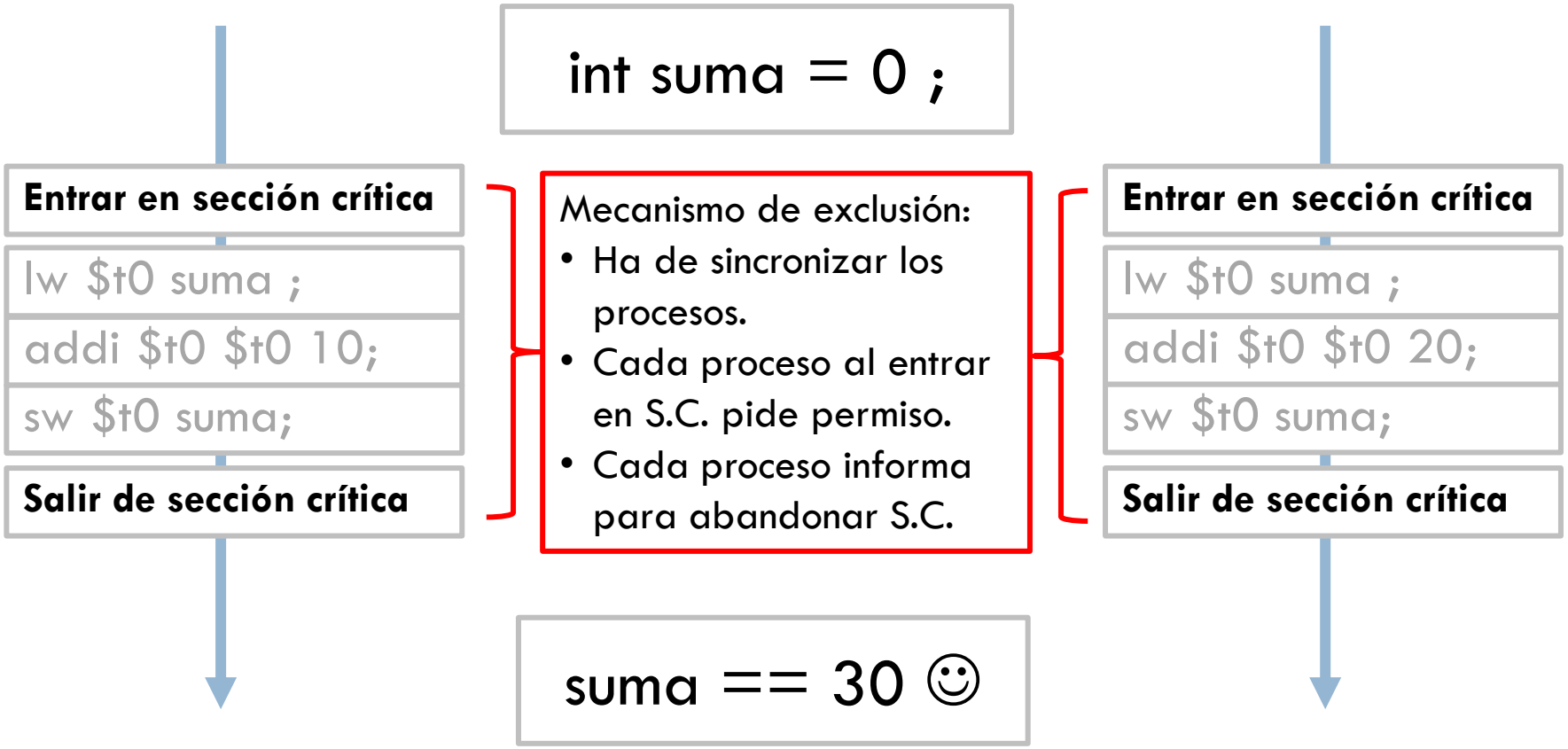
Alejandro Calderón Mateos

- **Exclusión mutua**: solamente un proceso puede estar a la vez en la sección crítica de un recurso.
  - **Sección crítica**: segmento de código que manipula (w-w, w-r) un recurso y debe ser ejecutado de forma atómica.
  - **Mecanismo de exclusión**: mecanismo asociado a un recurso para la gestión de su exclusión mutua.



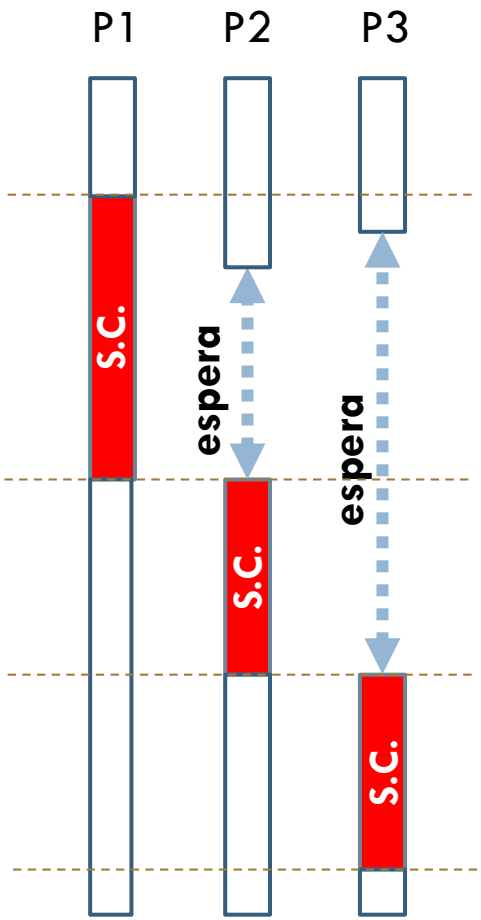
Mecanismo de exclusión mutua

Alejandro Calderón Mateos



Mecanismo de exclusión mutua
condiciones que ha de cumplir

1. **Exclusión mutua**
   Se obliga a que solo un proceso puede estar simultáneamente en la sección crítica de un recurso.
2. **Progreso (no interbloqueo/*deadlock*)**
   Cuando ningún proceso este en una sección crítica, cualquier proceso que solicite su entrada lo hará sin demora.
3. **Espera acotada (no inanición/*starvation*)**
   Debe existir una cota superior en el número de veces otros procesos entran en la s.c. después de que un proceso pida entrar y antes de que se otorga.
   - Un proceso permanece en su sección crítica durante un tiempo finito.
   - No se puede hacer suposiciones sobre la velocidad de los procesos ni el número de procesadores.
   - Un proceso que termina en su sección no crítica no debe interferir en otros procesos.

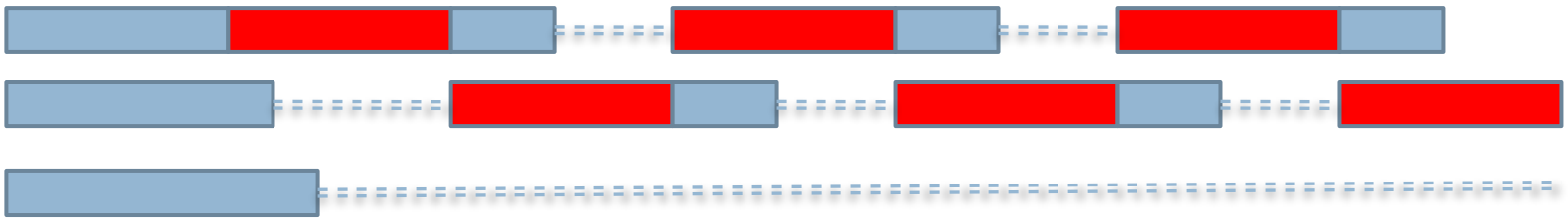


Problemas en secciones críticas
Inanición

- Un proceso queda indefinidamente bloqueado en espera de entrar en una sección crítica.
  - El proceso P1 entra en la sección crítica del recurso A.
  - El proceso P2 solicita entrar en la sección crítica del recurso A.
  - El proceso P3 solicita entrar en la sección crítica del recurso A.
  - El proceso P1 abandona la sección crítica del recurso A.
  - El proceso P2 entra en la sección crítica del recurso A.
  - El proceso P1 solicita entrar en la sección crítica del recurso A.
  - El proceso P2 abandona la sección crítica del recurso A.
  - El proceso P1 entra en la sección crítica del recurso A.
  - …

El proceso P3 nunca consigue entrar en la sección crítica del recurso A

Problemas en secciones críticas
Inanición

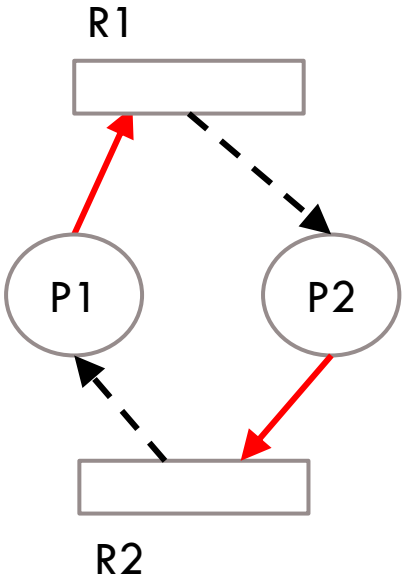


El proceso P3 nunca llega a conseguir entrar en la sección crítica

Problemas en secciones críticas
Interbloqueos

Alejandro Calderón Mateos

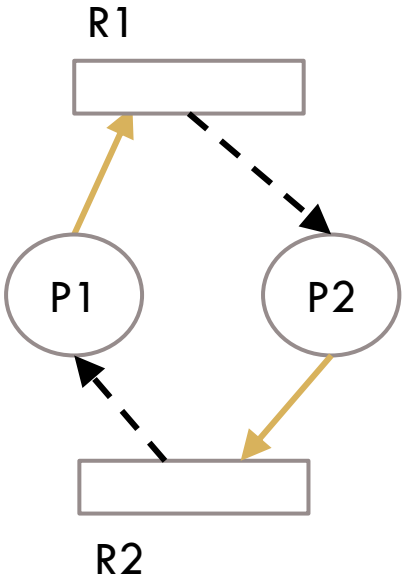
- Se produce con exclusión mutua para más de un recurso, condiciones necesarias son:
  1. **Exclusión mutua**: solo un proceso puede usar un recurso cada vez. Si otro proceso solicita ese recurso debe esperar a que esté libre.



Problemas en secciones críticas
Interbloqueos

Alejandro Calderón Mateos

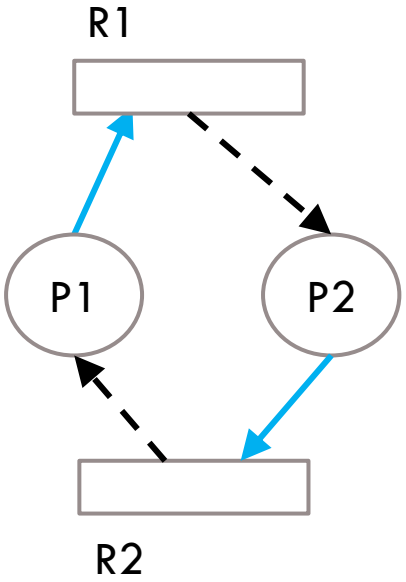
- Se produce con exclusión mutua para más de un recurso, condiciones necesarias son:
  1. **Exclusión mutua**: solo un proceso puede usar un recurso cada vez. Si otro proceso solicita ese recurso debe esperar a que esté libre.
  2. **Retención y espera**: un proceso retiene unos recursos mientras espera que se le asignen otros.



Problemas en secciones críticas
Interbloqueos

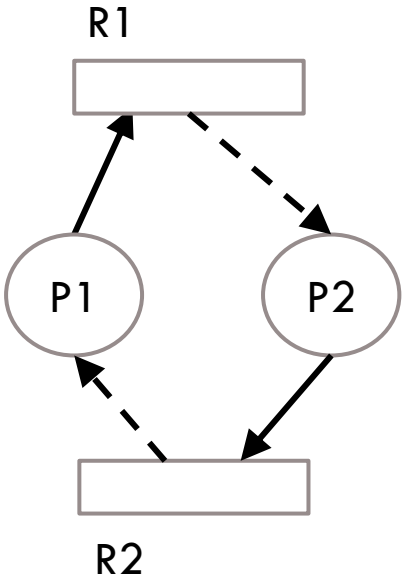
Alejandro Calderón Mateos

- Se produce con exclusión mutua para más de un recurso, condiciones necesarias son:
  1. **Exclusión mutua**: solo un proceso puede usar un recurso cada vez. Si otro proceso solicita ese recurso debe esperar a que esté libre.
  2. **Retención y espera**: un proceso retiene unos recursos mientras espera que se le asignen otros.
  3. **No expropiación**: un proceso no puede ser forzado a abandonar un recurso que retiene.



Problemas en secciones críticas
Interbloqueos

- Se produce con exclusión mutua para más de un recurso, condiciones necesarias son:
  1. **Exclusión mutua**: solo un proceso puede usar un recurso cada vez. Si otro proceso solicita ese recurso debe esperar a que esté libre.
  2. **Retención y espera**: un proceso retiene unos recursos mientras espera que se le asignen otros.
  3. **No expropiación**: un proceso no puede ser forzado a abandonar un recurso que retiene.
  4. **Espera circular**: existe una cadena cerrada de procesos $\{P_0, \ldots, P_n\}$ en la que cada proceso tiene un recurso y espera un recurso del siguiente proceso en la cadena.



Ninguno puede avanzar

Contenidos

Alejandro Calderón Mateos

- Introducción (definiciones):
  - Procesos concurrentes.
  - Concurrencia, comunicación y sincronización
  - Sección crítica y condiciones de carrera
  - Exclusión mutua y sección crítica.
- **Mecanismos de sincronización (I):**
  - Primitivas básicas iniciales
  - Semáforos.
- Problemas clásicos de concurrencia (I):
  - Productor-consumidor
  - Lectores-escritores
- Mecanismos de sincronización de *threads* (II)
  - Semáforos
    - Llamadas al sistema para semáforos.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
  - Mutex y variables condición
    - Llamadas al sistema para mutex.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
- Caso estudio: desarrollo de servidores concurrentes

Alternativas de implementación

Alejandro Calderón Mateos

- Aproximación software:
  - **Dekker** (Dijkstra, con 4 intentos)
  - **Peterson**
  - …
- Aproximación por hardware:
  - **Desactivar interrupciones**.
    - Solamente válido en sistemas monoprocesador (y proceso no interrumpible).
  - **Instrucciones máquina especiales:** test_and_set o swap.
    - Implica espera activa (son posibles inanición e interbloqueo mal usadas).
- Soporte del S.O. (y lenguaje de programación):
  - **Semáforos**
  - **Monitores**
  - **Paso de mensaje**
  - …

(1) Conocer mecanismos y cómo usarlos para exclusión mutua.
(2) Conocer cómo implementar unos mecanismos en función de otros.

Tipo aprox.	Mecanismo	semáforos	cerrojos	condiciones	…
software	**Dekker**	…	…	…	…
	Petterson	…	…	…	…
	…	…	…	…	…
hardware	**Desactivar interrupts.**	…	…	…	…
	test_and_set	…	…	…	…
	swap	…	…	…	…
	…	…	…	…	…
S.O. + lenguaje	**semáforos**	…	…	…	…
	cerrojos	…	…	…	…
	condiciones	…	…	…	…
	monitores	…	…	…	…
	paso de mensajes	…	…	…	…
	…	…	…	…	…

Contenidos

Alejandro Calderón Mateos

- Introducción (definiciones):
  - Procesos concurrentes.
  - Concurrencia, comunicación y sincronización
  - Sección crítica y condiciones de carrera
  - Exclusión mutua y sección crítica.
- **Mecanismos de sincronización (I):**
  - **Primitivas básicas iniciales**
  - Semáforos.
- Problemas clásicos de concurrencia (I):
  - Productor-consumidor
  - Lectores-escritores
- Mecanismos de sincronización de *threads* (II)
  - Semáforos
    - Llamadas al sistema para semáforos.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
  - Mutex y variables condición
    - Llamadas al sistema para mutex.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
- Caso estudio: desarrollo de servidores concurrentes

Test-and-set

Alejandro Calderón Mateos

- Instrucción test-and-set
  - Espera activa
  - No caché en 'lock'

```
volatile int lock = 0 ;

while (test_and_set(&lock) == 1) ;

critical section

lock = 0;

remainder section
```


```
while (test_and_set(&lock) == 1) ;

critical section

lock = 0;

remainder section
```

Solución de Peterson

- Limitaciones:
  - SOLO para 2 procesos.
  - Asume que instrucciones LOAD y STORE son atómicas, no interrumpibles.
- Los 2 procesos comparten 2 variables:
  - **int turno;**
    - indica quien entrará en la sección crítica.
    - turno = 1 implica que P_1 entrará.
  - **bool flag[2];**
    - indica si un proceso tiene intención en entrar en la sección crítica.
    - flag[i] = true implica que Pi está listo para entrar.

Peterson: algoritmo para proceso P_i

Alejandro Calderón Mateos

2 procesos: P_i y P_j (con j=1- i)

- i=0 => j=1 (1- i)
- i=1 => j=0 (1- i)

```
do
{
  flag[j] = TRUE;
  turn = i;
  while (flag[i] &&
         turn == i);

  critical section

  flag[j] = FALSE;
  remainder section
} while (TRUE);
```

```
do
{
  flag[i] = TRUE;
  turn = j;
  while (flag[j] && turn == j);

  critical section

  flag[i] = FALSE;
  remainder section
} while (TRUE);
```

Contenidos

Alejandro Calderón Mateos

- Introducción (definiciones):
  - Procesos concurrentes.
  - Concurrencia, comunicación y sincronización
  - Sección crítica y condiciones de carrera
  - Exclusión mutua y sección crítica.
- **Mecanismos de sincronización (I):**
  - Primitivas básicas iniciales
  - **Semáforos.**
- Problemas clásicos de concurrencia (I):
  - Productor-consumidor
  - Lectores-escritores
- Mecanismos de sincronización de *threads* (II)
  - Semáforos
    - Llamadas al sistema para semáforos.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
  - Mutex y variables condición
    - Llamadas al sistema para mutex.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
- Caso estudio: desarrollo de servidores concurrentes

Semáforos (Dijkstra)

- Se puede ver un semáforo como una variable entera con tres operaciones atómicas asociadas.
- Operaciones atómicas asociadas:
  - **Iniciación** a un valor no negativo.
  - **semWait:**
    - Decrementa el contador del semáforo y si (s<0) ➔ El proceso llamante se bloquea.
  - **semSignal:**
    - Incrementa el valor del semáforo y si (s<=0) ➔ Desbloquea un proceso.

Secciones críticas y semáforos

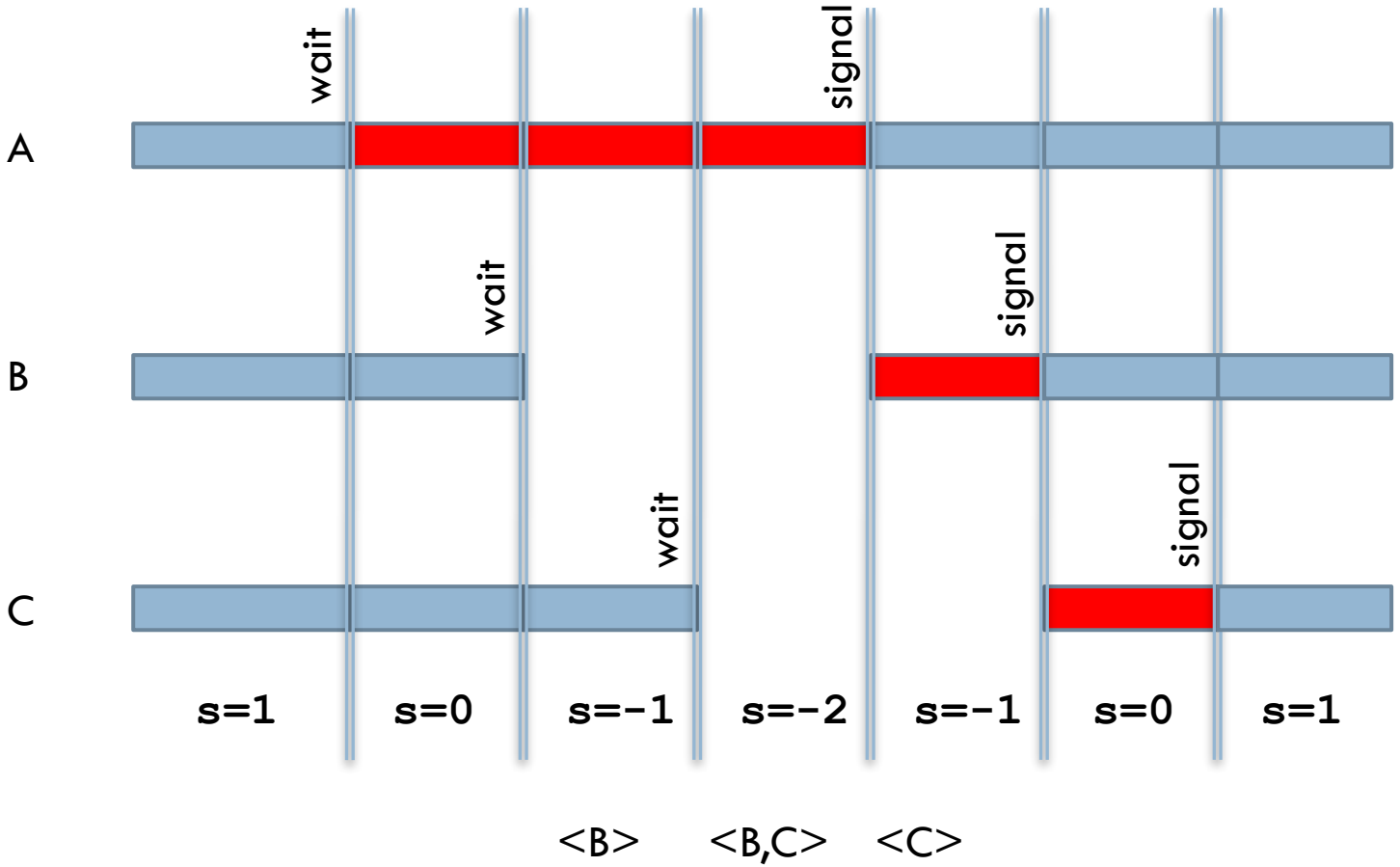
Alejandro Calderón Mateos

- A la sección crítica de un recurso se le asocia un semáforo:
  - Semáforo **iniciado a 1**.
- **semWait**: entrada en la sección crítica.
- **semSignal**: salida de la sección crítica.

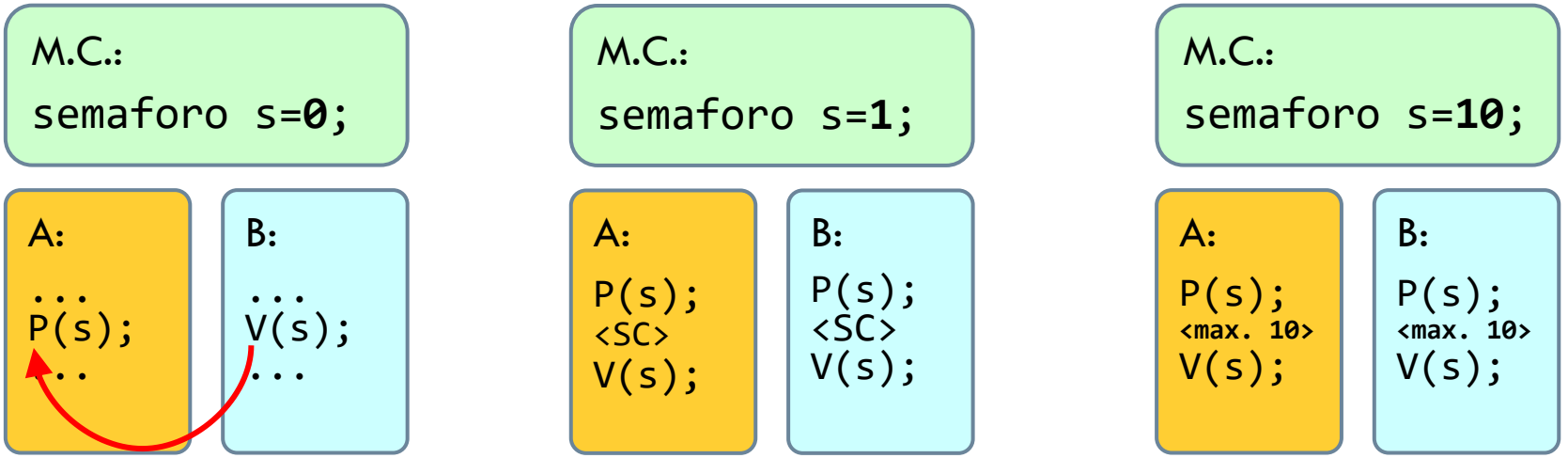
```
s = 1 ;


// sección no crítica
…
semWait(s);
// sección crítica
semSignal(s);
…
// sección no crítica
```

Secciones críticas y semáforos



Ejemplos de uso de semáforos



"La señal" "El mutex" "El equipo"

Contenidos

Alejandro Calderón Mateos

- Introducción (definiciones):
  - Procesos concurrentes.
  - Concurrencia, comunicación y sincronización
  - Sección crítica y condiciones de carrera
  - Exclusión mutua y sección crítica.
- Mecanismos de sincronización (I):
  - Primitivas básicas iniciales
  - Semáforos.
- **Problemas clásicos de concurrencia (I):**
  - Productor-consumidor
  - Lectores-escritores
- Mecanismos de sincronización de *threads* (II)
  - Semáforos
    - Llamadas al sistema para semáforos.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
  - Mutex y variables condición
    - Llamadas al sistema para mutex.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
- Caso estudio: desarrollo de servidores concurrentes

Problemas clásicos de concurrencia

Alejandro Calderón Mateos

Tipo aprox.	Mecanismo	P-C	LL-EE	…
software	**Dekker**	P-C con Dekker	…	…
	Petterson	P-C con Petterson	<no aplica +2>	…
	…	…	…	…
hardware	**Desactivar interrupts.**	…	…	…
	test_and_set	…	…	…
	swap	…	…	…
	…	…	…	…
S.O. + lenguaje	**semáforos**	**P-C con sem.**	**LL-EE con sem.**	…
	cerrojos	…	…	…
	condiciones	…	…	…
	monitores	…	…	…
	paso de mensajes	…	…	…
	…	…	…	…

Problemas clásicos de concurrencia

Alejandro Calderón Mateos

Tipo aprox.	Mecanismo	P-C	LL-EE	…
		P-C con Dekker	…	…
		P-C con Petterson	<no aplica +2>	…
		…	…	…
	…pts.	…	…	…
		…	…	…
		…	…	…
		…	…	…
	semáforos	**P-C con sem.**	**LL-EE con sem.**	…
	…rreos	…	…	…
		…	…	…
		…	…	…
	…s	…	…	…
		…	…	…

(1) Conocer los problemas clásicos de concurrencia para detectar cuándo aparecen [*].

- P-C: productor-consumidor
- LL-EE: lectores y escritores
- …

[*] Pueden aparecer 1 o combinación de varios.

(2) Conocer la solución a los problemas clásicos de concurrencia para usarse como plantillas cuando aparecen

Contenidos

Alejandro Calderón Mateos

- Introducción (definiciones):
  - Procesos concurrentes.
  - Concurrencia, comunicación y sincronización
  - Sección crítica y condiciones de carrera
  - Exclusión mutua y sección crítica.
- Mecanismos de sincronización (I):
  - Primitivas básicas iniciales
  - Semáforos.
- **Problemas clásicos de concurrencia (I):**
  - **Productor-consumidor**
  - Lectores-escritores
- Mecanismos de sincronización de *threads* (II)
  - Semáforos
    - Llamadas al sistema para semáforos.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
  - Mutex y variables condición
    - Llamadas al sistema para mutex.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
- Caso estudio: desarrollo de servidores concurrentes

El problema del productor-consumidor

Alejandro Calderón Mateos

- Un proceso produce elementos de información.
- Un proceso consume elementos de información.
- Se tiene un espacio de almacenamiento intermedio.
  - Infinito
  - Acotado (finito de tamaño N)

Búfer infinito

MEMORIA COMPARTIDA:

```
int inicio, fin;
char v[N];
```

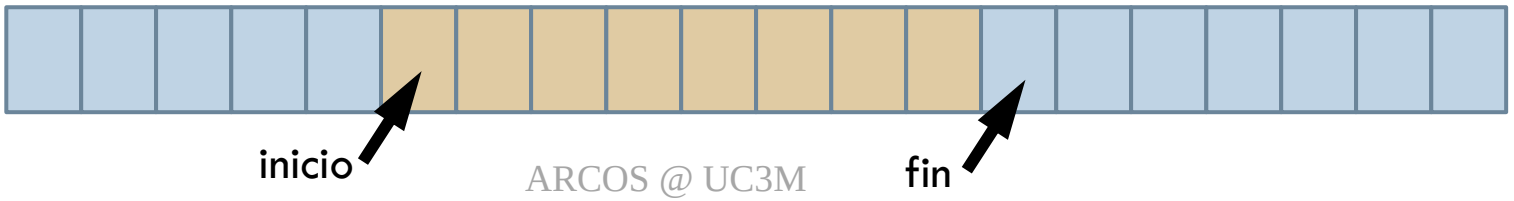
PRODUCER:

```
for (;;) {
  x= producir();
  v[fin] = x;
  fin++;
}
```

CONSUMIDOR:

```
for (;;) {
  while (inicio==fin) {}
  y=v[inicio];
  inicio++;
  procesar(y);
}
```

Espera activa



Búfer infinito

MEMORIA COMPARTIDA:

```
int inicio, fin;
char v[N];
```

+∃ Variable compartida …
+Usada en 2+ hilos …
+Usada r-w, w-r o w-w …
+Operación r/w no atómica

Hay que introducir sincronización

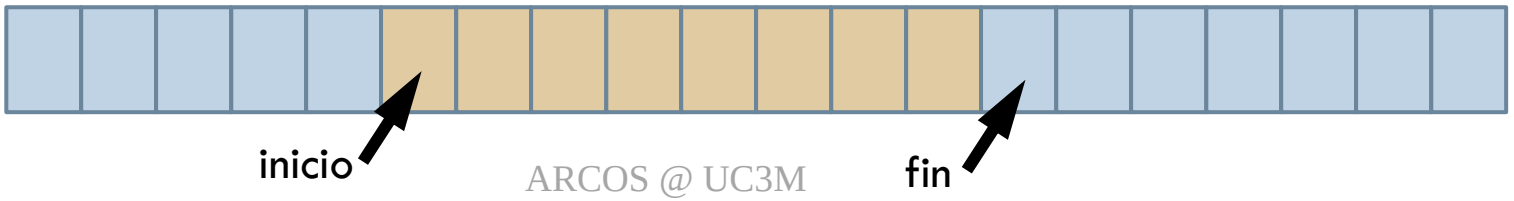
PRODUCER:

```
for (;;) {
  x= producir();
  v[fin] = x;
  fin++;
}
```

CONSUMIDOR:

```
for (;;) {
  while (inicio==fin) {}
  y=v[inicio];
  inicio++;
  procesar(y);
}
```

Espera activa



Búfer infinito

MEMORIA COMPARTIDA:

```
int inicio, fin;
char v[N];
semaforo s=1;
```

PRODUCER:

```
for (;;) {
  x= producir();
  semWait(s);
  v[fin] = x;
  fin++;
  semSignal(s);
}
```

CONSUMIDOR:

```
for (;;) {
  while (inicio==fin) {}
  semWait(s);
  y=v[inicio];
  inicio++;
  semSignal(s);
  procesar(y);
}
```

Espera activa

Búfer infinito

MEMORIA COMPARTIDA:

```
int inicio, fin;
char v[N];
semaforo s=1; semaforo n=0;
```

PRODUCER:

```
for (;;) {
   x= producir();
   semWait(s);
   v[fin] = x;
   fin++;
   semSignal(s);
   semSignal(n);
}
```

CONSUMIDOR:

```
for (;;) {
   semWait(n);
   semWait(s);
   y=v[inicio];
   inicio++;
   semSignal(s);
   procesar(y);
}
```

Contenidos

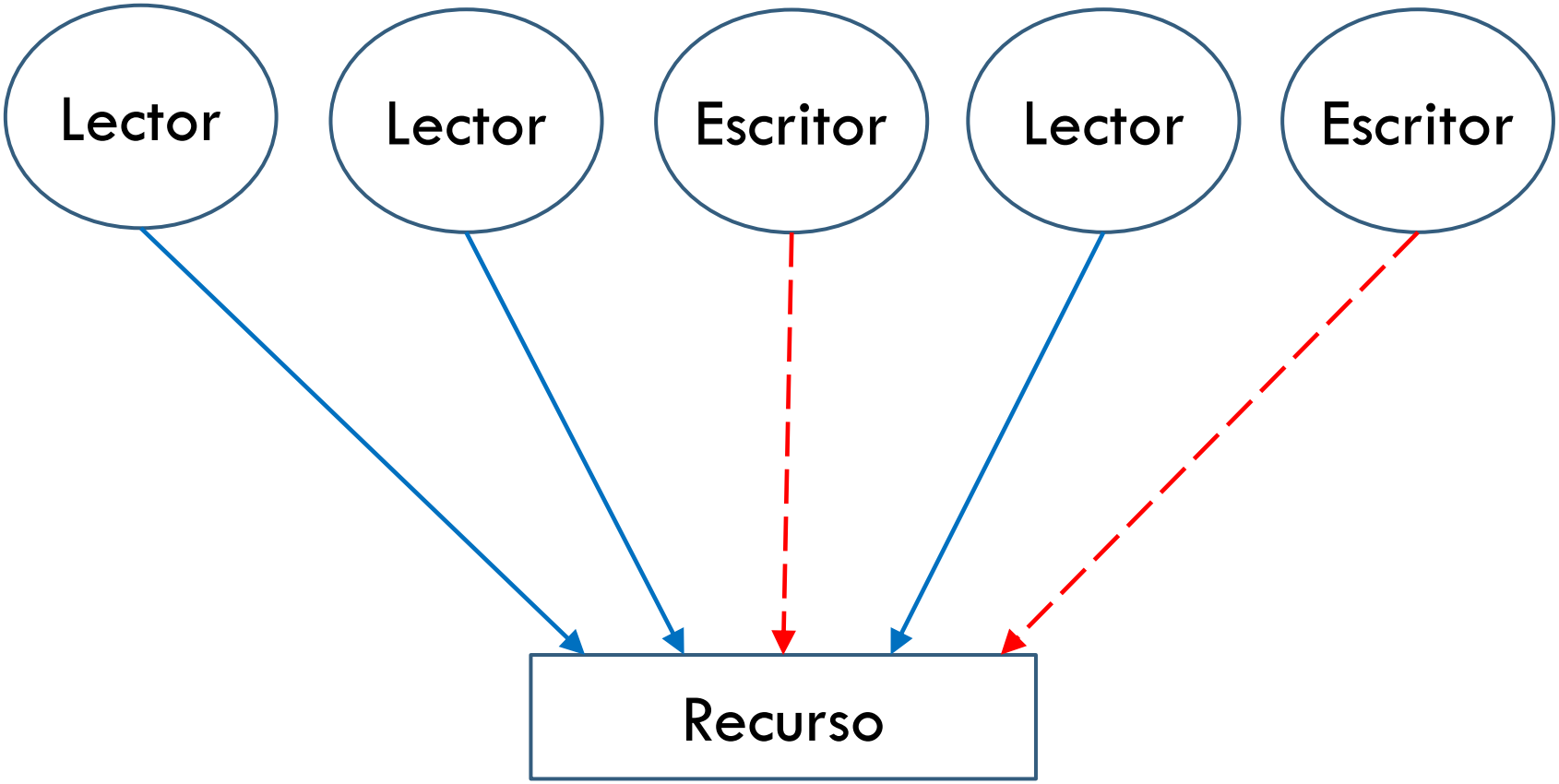
Alejandro Calderón Mateos

- Introducción (definiciones):
  - Procesos concurrentes.
  - Concurrencia, comunicación y sincronización
  - Sección crítica y condiciones de carrera
  - Exclusión mutua y sección crítica.
- Mecanismos de sincronización (I):
  - Primitivas básicas iniciales
  - Semáforos.
- **Problemas clásicos de concurrencia (I):**
  - Productor-consumidor
  - **Lectores-escritores**
- Mecanismos de sincronización de *threads* (II)
  - Semáforos
    - Llamadas al sistema para semáforos.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
  - Mutex y variables condición
    - Llamadas al sistema para mutex.
    - Problemas clásicos de concurrencia.
- Caso estudio: desarrollo de servidores concurrentes

Problema de los lectores-escritores

- Problema que se plantea cuando se tiene:
  - Un área de almacenamiento compartida.
  - Múltiples procesos leen información.
  - Múltiples procesos escriben información.
- Condiciones:
  - Cualquier número de lectores pueden leer de la zona de datos concurrentemente: posible varios lectores a la vez.
  - Solamente un escritor puede modificar la información a la vez.
  - Durante una escritura ningún lector puede leer.

Problema de los lectores-escritores



Diferencias con otros problemas

- Exclusión mutua:
  - En el caso de la exclusión mutua solamente se permitiría a un proceso acceder a la información.
  - No se permitiría concurrencia entre lectores.
- Productor consumidor:
  - En el productor/consumidor dos lectores no precisan exclusión mutua en la sección crítica.
  - Objetivo: proporcionar una solución más eficiente.

Alternativas de gestión

A. Los lectores tienen prioridad.
   - Si hay algún lector en la sección crítica entonces otros lectores pueden entrar.
   - Un escritor solamente puede entrar en la sección crítica si no hay ningún proceso.
   - **Problema**: inanición para escritores.

B. Los escritores tienen prioridad.
   - Cuando un escritor desea acceder a la sección crítica no se admite la entrada de nuevos lectores.

Los lectores tienen prioridad (1/4)
interacción de escritores (sección crítica)

MEMORIA COMPARTIDA:

```
int nlect; semaforo lec=1; semaforo escr=1;
```

ESCRITOR:

```
for(;;) {
  semWait(escr);
  realizar_escr();
  semSignal(escr);
}
```

Los lectores tienen prioridad (2/4)
interacción de lectores entre sí

MEMORIA COMPARTIDA:

```
int nlect; semaforo lec=1; semaforo escr=1;
```

LECTOR:

```
for(;;) {
  semWait(lec);
  nlect++;
  if (nlect==1)
     semWait(escr);
  semSignal(lec);

  realizar_lect();

  semWait(lec);
  nlect--;
  if (nlect==0)
     semSignal(escr);
  semSignal(lec);
}
```

ESCRITOR:

```
for(;;) {
  semWait(escr);
  realizar_escr();
  semSignal(escr);
}
```

Los lectores tienen prioridad (3/4)
varios lectores con un escritor

MEMORIA COMPARTIDA:

```
int nlect; semaforo lec=1; semaforo escr=1;
```

LECTOR:

```
for(;;) {
  semWait(lec);
  nlect++;
  if (nlect==1)
      semWait(escr);
  semSignal(lec);

  realizar_lect();

  semWait(lec);
  nlect--;
  if (nlect==0)
      semSignal(escr);
  semSignal(lec);
}
```

ESCRITOR:

```
for(;;) {
  semWait(escr);
  realizar_escr();
  semSignal(escr);
}
```

NOTA: nlect se incrementa y consulta de forma NO atómica entre lectores…

Los lectores tienen prioridad (4/4)
varios lectores con un escritor

MEMORIA COMPARTIDA:

```
int nlect; semaforo lec=1; semaforo escr=1;
```

LECTOR:

```
for(;;) {
  semWait(lec);
  nlect++;
  if (nlect==1)
      semWait(escr);
  semSignal(lec);

  realizar_lect();

  semWait(lec);
  nlect--;
  if (nlect==0)
      semSignal(escr);
  semSignal(lec);
}
```

ESCRITOR:

```
for(;;) {
  semWait(escr);
  realizar_escr();
  semSignal(escr);
}
```

Los lectores tienen prioridad

MEMORIA COMPARTIDA:

```
int nlect; semaforo lec=1; semaforo escr=1;
```

LECTOR:

```
for(;;) {
   semWait(lec);
   nlect++;
   if (nlect==1)
       semWait(escr);
   semSignal(lec);

   realizar_lect();

   semWait(lec);
   nlect--;
   if (nlect==0)
       semSignal(escr);
   semSignal(lec);
}
```

ESCRITOR:

```
for(;;) {
   semWait(escr);
   realizar_escr();
   semSignal(escr);
}
```

Tarea: Diseñar una solución para escritores con prioridad

Los escritores tienen prioridad

MEMORIA COMPARTIDA:

```
int nlect, nescr = 0;  semaphore lect, escr = 1;
semaphore x, y, z = 1;
```

LECTOR:

```
for(;;) {
    semWait(z);
    semWait(lect);
    semWait(x);
      nlect++;
      if (nlect==1)
          semWait(escr);
    semSignal(x);
    semSignal(lect);
    semSignal(z);
      // doReading();
    semWait(x);
      nlect--;
      if (nlect==0)
          semSignal(escr);
    semSignal(x);
}
```

ESCRITOR:

```
for(;;) {
    semWait(y);
      nescr++;
      if (nescr==1)
          semWait(lect);
    semSignal(y);
    semWait(escr);
      // doWriting();
    semSignal(escr);
    semWait(y);
      nescr--;
      if (nescr==0)
          semSignal(lect);
    semSignal(y);
}
```

SISTEMAS OPERATIVOS: COMUNICACIÓN Y SINCRONIZACIÓN ENTRE PROCESOS

Procesos concurrentes y sincronización