COMUNICACIÓN Y SINCRONIZACIÓN ENTRE PROCESOS. INTERBLOQUEOS

Capítulo 4

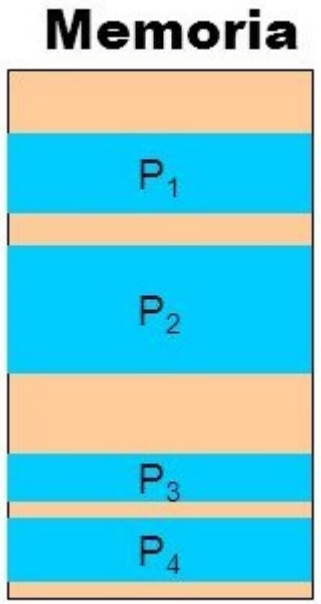
Índice

Introducción: Sistemas Operativos multiprogramados

- Ventajas
  - Compartir recursos del sistema para mejorar productividad
  - Agilizar la ejecución de programas mediante la descomposición de tareas en sub-tareas (multiprocesador)
  - Mayor modularidad, mayor estructuración de las aplicaciones (posibilidad de hilos)
  - Mayor comodidad para los usuarios (ejecución de aplicaciones de distinta velocidad)
  - Resolución de problemas de problemas concurrentes (aplicaciones con múltiples procesos concurrentes cooperantes)

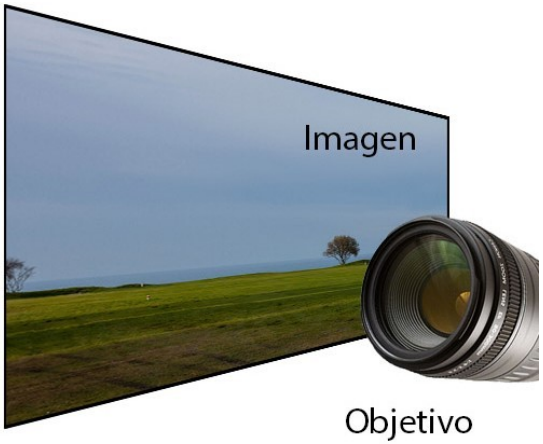
Introducción: Escenario concurrente no cooperante

- Ejecución de procesos independientes (P1 - Editor de texto, P2 - Browser, P3 - reproductor mp3, P4 - juego)



Introducción: Escenario concurrente cooperante

- Ejecución de procesos interdependientes (primer proceso captura imágenes con una cámara y las guarda en una memoria (buffer), el segundo proceso procesa las imágenes de dicho buffer
- P1 P2



Concurrencia

- Escenario concurrente cooperante: las aplicaciones que consisten en un conjunto de procesos, cooperan entre sí para llevar a cabo un objetivo común
- Necesidad de herramientas de comunicación y sincronización para la cooperación
- Diferentes métodos englobados en dos grandes grupos
  - Compartición de datos (se precisa controlar el acceso concurrente a las variables compartidas)
  - Intercambio de información (paso de mensajes; propio de sistemas distribuidos)

Problema productor - consumidor

- Cámara – buffer- procesador es un ejemplo de problema de concurrencia conocido como problema del productor consumidor (buffer finito)

```
//variables globales
const int TAM_BUFF=...
// el que sea

TipoElem
    buffer[TAM_BUFF];

int ent=0, sal=0, cont=0;
```

```
//Código productores
TipoElem elem
while (true) {
  ...
  Producir_nuevo();
  ...
  while (cont==TAM_BUFF)
    // espera, no caben
  buffer[ent]=elem;
  ent=(ent+1)%TAM_BUFF;
  cont++;
}
```

```
//Código consumidores
TipoElem elem
while (true) {
  ...
  while (cont==0) NULL;
    // espera, no hay
  elem=buffer[sal];
  sal=(sal+1)%TAM_BUFF;
  cont--;
  ...
  Procesar elmento();
}
```

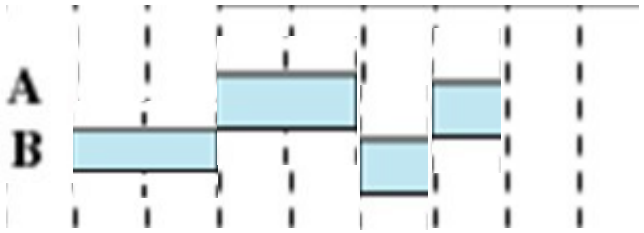
Problema productor - consumidor

- En el código del productor aparece cont++; en el del consumidor aparece cont-- (ejemplo: cont=2)

A	B
Reg_1=cont;	Reg_2=cont;
Reg_1=Reg_1+1;	Reg_2=Reg_2-1;
Cont=Reg_1;	Cont=Reg_2;

Operaciones no atómicas (cambios de contexto durante las mismas)

Cambios de contexto en ejecución



T_0	B	Reg_2=cont;
T_1	B	Reg_2=Reg_2-1;
T_2	A	Reg_1=cont;
T_3	A	Reg_1=Reg_1+1;
T_4	B	cont=Reg_2;
T_5	A	cont=Reg_1;

valor de cont=3

Sección crítica

Definición:

- La **sección crítica** de un proceso es el conjunto de instrucciones que acceden a un dato/variable que es compartido por al menos otro proceso del sistema, de forma que al menos uno de ellos puede modificar dicho dato/variable

El problema de la sección crítica

Para que varios procesos que comparten variables ejecuten correctamente sus secciones críticas se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- **Condición de exclusión mutua:** si un proceso está ejecutando una sección crítica no se permite que otros procesos ejecuten sus secciones críticas
- **Condición de progreso:** si varios procesos quieren entrar en sus secciones críticas, sólo entrará uno, y en la decisión de cuál será, sólo intervendrán dichos procesos y la decisión se tomará en un tiempo finito
- **Condición de espera limitada:** todo proceso que tenga intención de entrar en su sección crítica, lo hará después de un número de intentos finito

El problema de la sección crítica

Toda solución al problema de la sección crítica consistirá en un protocolo mediante el cual:

- Los procesos que quieren entrar lo notificarán ejecutando un conjunto de sentencias que llamaremos **sección de entrada**

- Los procesos que salen de sus secciones críticas permiten que otros procesos puedan entrar en las suyas mediante la ejecución de un conjunto de sentencias que llamaremos **sección de salida**

Así pues una solución válida consistirá en una especificación de sentencias para la sección de entrada y para la sección de salida que cumplan las tres condiciones descritas anteriormente

Resolución Problema sección crítica (válida para dos procesos i,j)


```
//variables globales
bool indicador[2];
int turno;
// Código del proceso P_i {
…
Sección no crítica
…
// Sección de entrada
indicador[ i ]=true;
turno=j;
while (indicador[ j ]&&turno==j) NULL; // espera si no le toca
// Final sección de entrada
…
Sección crítica
…
// Sección de salida
Indicador[ i ]=j;
// Final de la sección de salida
…
Sección no crítica
…
}
```

Mecanismos básicos de sincronización (HW)

- Inhabilitación de interrupciones
- En ocasiones algunos procesadores proporcionan instrucciones atómicas, es decir, instrucciones que realizan una serie de acciones de forma indivisible
- Ejemplos:
  - Test_and_Set(&c): pone c a true y devuelve el antiguo valor de c
  - Swap(&a,&b): intercambia los valores de las variables a y b
  - Subc(&r,&m): decrementa m en 1 y copia el resultado en r
  - Inc(&r,&m): incrementa m en 1 y copia el resultado en r
- Se degrada la eficiencia del procesador

Mecanismos básicos de sincronización (SW)

- Propuesta de Dijkstra (1965): **Semáforos**
- **Definición:** Un semáforo S es una variable a la que sólo se puede acceder a través de dos operaciones atómicas P y V (down, up según literatura)

```
P(S): S:=S-1;
   while (S <0 ) Bloquear proceso

V(S): S:=S+1;
   if (S <=0 ) Desbloquear
    proceso
```

Semáforos

- Tipo Abstracto de Datos
- Datos:
  - Contador entero
  - Cola de procesos en espera
- Operaciones:
  - **Inicializar**: Inicia el contador a un valor no negativo
  - **P()**: Disminuye en una unidad el valor del contador. Si el contador se hace negativo, el proceso que ejecuta P se bloquea
  - **V():** Aumenta en una unidad el valor del contador. Si el valor del contador no es positivo, se desbloquea un proceso bloqueado por una operación P
- Las operaciones son atómicas a nivel hardware
- Se denomina **semáforo binario** aquel en el que el contador sólo toma valor 0 ó 1

Semáforo general: primitivas


```
struct TSemáforo
{
    int contador;
    TColaProcesos Cola;
}
void
    inicializar(TSemáf
    oro s, int n)
{
  s.contador=n;
}
```

```
void P(TSemáforo s)
{
  s.contador--;
  if (s.contador<0)
  {
    poner este proceso
   en s.cola;
    bloquear este
   proceso;
  }
}
```

```
void V(TSemáforo s)
{
  s.contador++;
  if (s.contador<=0)
  {
     quitar un proceso p
   de s.cola;
     poner el proceso p
   en la cola de listos;
  }
}
```

Semáforo binario: primitivas


```
struct TSemáforo_bin
{
    int contador;
    TColaProcesos cola;
}

Void inicializarB
    (TSemáforo_bin s, int
    n)
{
  s.contador=n;
}
```

```
void PB(TSemáforo_bin
s)
{
  if (s.contador == 1)
s.contador = 0;
  else
  {
     poner este proceso
en s.cola;
     bloquear este
proceso;
  }
}
```

```
void VB(TSemáforo_bin
s)
{
  if (s.cola.esvacia())
s.contador = 1;
  else
  {
     quitar un proceso p
de s.cola;
     poner el proceso p
en la cola de listos;
  }
}
```

Semáforos: exclusión mutua

- El valor asignado al contador indicará la cantidad de procesos que pueden ejecutar concurrentemente la sección crítica
- Los semáforos se deben inicializar antes de comenzar la ejecución concurrente de los procesos.

```
TSemáforo s;
void Pi();
{
   while (true)
   {
      . . .
      P(s);
       sección crítica;
      V(s)
      . . .
   }
}
```

```
void main
{
   inicializar(s, 1)
   cobegin
      P1(); P2(); … ; Pn();
   coend
}
```

Semáforos: sincronización procesos

- El uso de semáforos permite la sincronización entre procesos
- Problema del productor – consumidor
- Uno o más productores generan cierto tipo de datos y los sitúan en una zona de memoria o buffer. Un único consumidor saca elementos del buffer de uno en uno. El sistema debe impedir la superposición de operaciones sobre el buffer. **Solución: Tamaño de buffer ilimitado**

```
void main()
{
   inicializar(s, 1);
inicializar(n, 0);
   cobegin
      productor();
      consumidor();
   coend;
}
```

```
TSemáforo s,n;
void productor()
{
   while (true)
   {
      producir();
      P(s);
      añadir_buffer();
      V(s);
      V(n);
   }
}
```

```
Tvoid consumidor()
{
   while (true)
   {
      P(n);
      P(s);
      coger_ buffer();
      V(s);
      consumir();
   }
}
```

Semáforos: sincronización procesos

- El uso de semáforos permite la sincronización entre procesos
- Problema de
- Uno o más

2 Semáforos : s y n

s para garantizar el acceso a la sección crítica

n para gestión de P y C →

sincronización del consumidor

sobre el buffer. **Solución: Tamaño de buffer ilimitado**

generan cierto tipo de datos y los sitúan en una
saca elementos del buffer
posición de operaciones

```
void main()
{
  inicializar(s, 1);
inicializar(n, 0);
  cobegin
    productor();
    consumidor();
  coend;
}
```

```
TSemáforo s,n;
void productor()
{
  while (true)
  {
    producir();
    P(s);
    añadir_buffer();
    V(s);
    V(n);
  }
}
```

```
Tvoid consumidor()
{
  while (true)
  {
    P(n);
    P(s);
    coger_ buffer();
    V(s);
    consumir();
```

Al comienzo hay 0 elementos

s=1, sólo 1 proceso

Semáforos: sincronización procesos

Problema del productor – consumidor: **Tamaño de buffer limitado**

```
#define tamaño_buffer N
TSemáforo e, s, n;

void main()
{
   inicializar(s, 1);
   inicializar(n, 0);

inicializar(e,tamaño_buffer)
;
   cobegin
      productor();
      consumidor();
   coend;
}
```

```
void productor()
{
   while (true)
   {
      producir();
      P(e);
      P(s);
      añadir_buffer();
      V(s);
      V(n);
   }
}
```

```
void consumidor()
{
   while (true)
   {
      P(n);
      P(s);
      coger_ buffer();
      V(s);
      V(e);
      consumir();
   }
}
```

Semáforos: sincronización procesos

3 Semáforos : s, n y e para gestión de buffer

Problema del productor – consumidor: **Tamaño de buffer limitado**

```
#define tamaño_buffer N
TSemáforo e, s, n;

void main()
{
  inicializar(s, 1);
  inicializar(n, 0);

inicializar(e,tamaño_buffer)
;
  cobegin
    productor()
    consumido
  coend;
}
```

```
void productor()
{
  while (true)
  {
    producir();
    P(e);
    P(s);
    añadir_buffer();
    V(s);
    V(n);
  }
}
```

Al producir un elemento,

Se introduce al buffer = P

```
void consumidor()
{
  while (true)
  {
    P(n);
    P(s);
    coger_ buffer();
    V(s);
    V(e);
    consumir();
  }
}
```

Al consumir un elemento,

Se libera del buffer = P

Semáforos: sincronización procesos-lectores/escritores (prioridad lectores)

- Se dispone de una zona de memoria o fichero a la que acceden unos procesos (lectores) en modo lectura y otros procesos en modo escritura (escritores).
  - Los lectores pueden acceder al fichero de forma concurrente.
  - Los escritores deben acceder al fichero de manera exclusiva entre ellos y con los lectores.
- El sistema debe coordinar el acceso a la memoria o al fichero para que se cumplan las restricciones.

```
TSemáforo mutex, w;
int lectores;
void main()
{
   inicializar(mutex, 1);
   inicializar(w, 1);
   lectores=0;
   cobegin
      escritor1();…; escritorn();
      lector1(); … ; lectorm();
   coend;
}
```

```
void escritori()
{
   . . .
   P(w);
   escribir();
   V(w);
   . . .
}
```

```
void lectorj()
{
   . . .
   P(mutex);
   lectores++;
   if (lectores==1) P(w);
   V(mutex)
   leer();
   P(mutex);
   lectores--;
   if (lectores==0) V(w);
   V(mutex)
   . . .
}
```

Semáforos: sincronización s/escritores

¿Cómo se sabe cual es el último?

(prioridad lectores)

Añadiendo una variable →

Nuevo problema de SC (semáforo MUTEX)

a la que acceden unos procesos (lectores)
critura (escritores).

- Los lectores pueden acceder al fichero de
- Los escritores deben acceder al fichero
  lectores.

- El sistema debe coordinar el acceso a la memoria o al fichero para que se cumplan las restricciones.

Sólo realiza la V el último

```
TSemáforo mutex, w;
int lectores;
void main()
{
  inicializar(mutex, 1);
  inicializar(w, 1);
  lectores=0;
  cobegin
    escritor1(); ... escritorn();
    lector1(); ... lectorm();
  coend
}
```

```
void escritori()
{
   . . .
   P(w);
   escribir();
   V(w);
   . . .
}
```

```
void lectori()
{
   . . .
   P(mutex);
   lectores++;
   if (lectores==1) P(w);
   V(mutex);
   leer();
   P(mutex);
   lectores--;
   if (lectores==0) V(w);
   V(mutex)
   . . .
}
```

El primer lector realiza la P,

el resto NO, pueden leer a la vez

Semáforos: sincronización procesos-lectores/escritores (prioridad escritores)


```
TSemáforo mutex1, mutex2,
w, r;
int lectores, escritores;
void main()
{
   inicializar(mutex1, 1);
inicializar(mutex2, 1);
   inicializar(w, 1); inicializar(r,
1);
   lectores =0; escritores =0;
   cobegin
      escritor1();…; escritorn();
lector1(); … ; lectorm();
   coend;
}
```

```
void lectori()
{
   . . .
   P(r);
   P(mutex1);
   lectores++;
   if (lectores==1)
P(w);
   V(mutex1);
   V(r);
   leer();
   P(mutex1);
   lectores--;
   if (lectores==0)
V(w);
   V(mutex1);
   . . .
}
```

```
void escritorj()
{
   . . .
   P(mutex2);
   escritores++;
   if (escritores==1) P(r);
   V(mutex2);
   P(w);
   escribir();
   V(w);
   P(mutex2);
   escritores--;
   if (escritores==0) V(r);
   V(mutex2)
   . . .
}
```

Semáforos: sincronización procesos-escritores)

Supongamos que llegan por éste orden:

un lector, un escritor, lector, escritor

Sig. Lector para por el nuevo semáforo r

```
TSemáforo mutex1, mutex2,
w, r;
int lectores, escritores;
void main()
{
   inicializar(mutex1, 1);
inicializar(mutex2, 1);
   inicializar(w, 1); inicializar(r,
1);
   lectores =0; escritores =0;
   cobegin
      escritor1();…; escritorn();
lector1(); … ; lectorm();
   coend;
}
```

```
void lectori()
{
   . . .
   P(r);
   P(mutex1);
   lectores++;
   if (lectores==1)
P(w)
   V(mutex1);
   V(r);
   leer();
   P(mutex1);
   lectores--;
   if (lectores==0)
V(w)
   V(mutex1);
   . . .
}
```

```
void escritorj()
{
   . . .
   P(mutex2);
   escritores++;
   if (escritores==1) P(r);
   V(mutex2);
   P(w);
   escribir();
   V(w);
   P(mutex2);
   escritores--;
   if (escritores==0) V(r);
   V(mutex2)
   . . .
}
```

Adelanta el nuevo lector

Semáforos: sincronización procesos-lectores/escritores (acceso según llegada)


```
TSemáforo mutex, fifo,  w;
int lectores;
void main()
{
   inicializar(mutex, 1);
inicializar(fifo, 1); inicializar(w,
1);
   lectores =0;
   cobegin
      escritor1();…; escritorn();
lector1(); … ; lectorm();
   coend;
}
```

```
void lectori()
{
    . . .
    P(fifo);
    P(mutex);
    lectores++;
    if (lectores==1)
P(w);
    V(mutex);
    V(fifo);
    leer();
    P(mutex);
    lectores--;
    if (lectores==0)
V(w);
    V(mutex);
    . . .
}
```

```
void escritorj()
{
    . . .
    P(fifo);
    P(w);
    V(fifo);
    escribir();
    V(w);
     . . .
}
```

Semáforos: sincronización de procesos: problema barbería

Una barbería tiene una sala de espera con **n** sillas, y una habitación con un sillón donde se atiende a los clientes. Si no hay clientes el barbero se duerme. Si un cliente entra en la barbería y todas las sillas están ocupadas, entonces se va, sino, se sienta en una de las sillas disponibles .Si el barbero está dormido, el cliente lo despertará.

El sistema debe coordinar el barbero y los clientes

```
#define sillas n
TSemáforo mutex, clientes,
barbero;
int espera;
void main()
{ inicializar(mutex, 1);
inicializar(clientes, 0);
   inicializar(barbero, 0);
espera=0;
    cobegin
      barbero();
      cliente1(); cliente2(); …
clientem();
   coend;
```

```
void barbero()
{
   while (true)
   {
      P(clientes);
      P(mutex);
      espera=espera-
1;
      V(barbero);
      V(mutex);
      cortar_pelo();
   }
}
```

```
void clientei()
{
      P(mutex);
      if (espera<sillas)
      {
        espera=espera+1;
        V(clientes);
        V(mutex);
        P(barbero);
        se_corta_pelo();
      }
      else V(mutex);
}
```

Semáforos: sin… procesos: problem…

Clientes : sincroniza al barbero

barbero : clientes de uno en uno

Mutex: variable espera

Una barbería tiene una sala de espera con n sillas, y una habitación con un sillón donde se atiende a los clientes. Si no hay clientes el barbero se duerme. Si un cliente entra en la barbería y todas las sillas están ocu… en…

E…

Lo primero ejecuta P y bloquea excepto si han llegado antes clientes

y han ejecutado la operación V correspondiente.

```
#define sillas n
TSemáforo mutex, clientes,
barbero;
int espera;
void main()
{ inicializar(mutex, 1);
```

```
void barbero()
{
   while (true)
   {
     P(clientes);
     P(mutex);
     espera=espera-
     V(barbero);
     V(mutex);
     cortar_pelo();
```

```
void clientei()
{
     P(mutex);
     if (espera<sillas)
     {
       espera=espera+1;
       V(clientes);
       V(mutex);
       P(barbero);
       se_corta_pelo();
     }
     else V(mutex);
}
```

que el barbero vaya despertando uno a uno con V

En este semáforo se bloquean los clientes al ejecutar P esperando

coend;

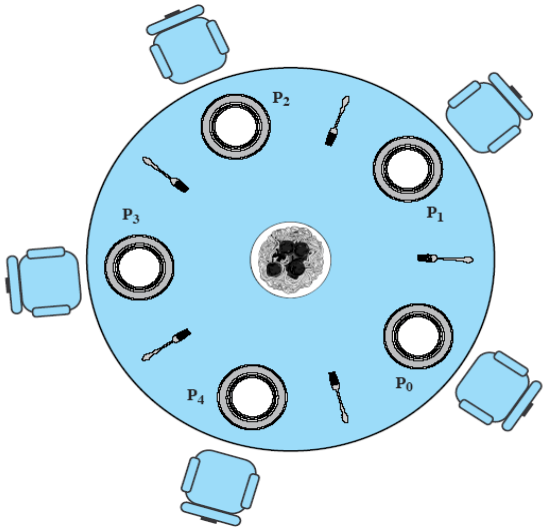
Semáforos: sincronización de procesos: problema filósofos

Cinco filósofos se dedican a pensar y a comer en una mesa circular. En el centro de la mesa hay un cuenco con arroz, y la mesa está puesta con cinco platos y cinco palillos, uno por cada filósofo. Cuando un filósofo tiene hambre se sienta en la mesa a comer en su sitio. El filósofo sólo puede coger un palillo cada vez y no le puede quitar un palillo a un compañero que lo tenga en la mano. Cuando un filósofo tiene los dos palillos come sin soltarlos hasta que termine y vuelve a pensar. El sistema debe coordinar los filósofos para evitar la espera indefinida y no se mueran de hambre.

```
TSemáforo palillo[5];
void main()
{ int i;
  for (i=0; i<5; i++)
inicializar(palillo[i], 1);
  cobegin
    filósofo(0); filósofo(1); …
filósofo(4);
  coend;
}
```

```
void filósofo(int i)
{
   while (true)
   {
      pensar();
      P(palillo[i]);
      P(palillo[(i+1)%5]);
      comer();
      V(palillo[i]);
      V(palillo[(i+1)%5]);
   }
}
```

Solución que mantiene exclusión mutua pero se produce interbloqueo cuando acuden a comer t



Semáforos: sincronización de procesos

Solución: Sólo se pueden sentar en la mesa 4 filósofos a la vez

Cinco filósofos se dedican a pensar y a comer en una mesa circular. En el centro de la mesa hay un cuenco con arroz, y la mesa está puesta con cinco platos y cinco palillos, uno por cada filósofo. Cuando un filósofo tiene hambre se sienta en la mesa a comer en su sitio. El filósofo sólo puede coger un palillo cada vez y no le puede quitar un palillo a un compañero que lo tenga en la mano. Cuando un filósofo tiene los dos palillos come sin soltarlos hasta que termine y vuelve a pensar.

```
TSemáforo palillo[5],silla;
void main()
{
   int i;
   for (i=0; i<5; i++)
inicializar(palillo[i], 1);
   inicializar(silla, 4);
   cobegin
      filósofo(0); filósofo(1); …
filósofo(4);
   coend;
}
```

```
void filósofo(int i)
{
   while (true)
   {
      pensar();
      P(silla);
      P(palillo[i]);
      P(palillo[(i+1)%5]);
      V(silla);
      comer();
      V(palillo[i]);
      V(palillo[(i+1)%5]);
   }
}
```

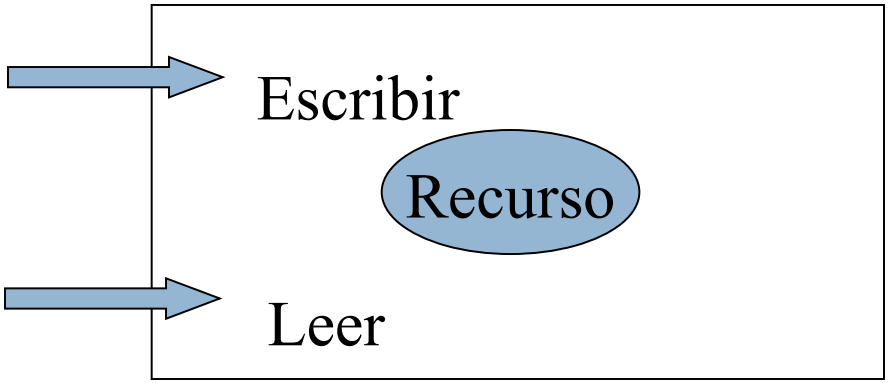
Solución que mantiene exclusión mutua y evita interbloqueos

Semáforos: limitaciones

- Resulta difícil construir un programa correcto mediante semáforos. No es sencillo recordar qué semáforo está asociado a cada recurso o variable.
- Las operaciones P y V se distribuyen por todo el programa y no es fácil advertir el efecto global que provocan.
- El usuario es responsable tanto de la gestión de la exclusión mutua como de la sincronización entre los procesos.
- Cuando se examina un recurso y este está ocupado el proceso siempre se bloquea.

Monitores

- Tipo Abstracto de Datos: Datos locales, procedimientos y una secuencia de inicio.
- Los datos locales sólo están accesibles desde los procedimientos del monitor.
- A un monitor sólo puede entrar un proceso en un instante dado, de modo que si un proceso quiere usar un monitor y existe otro proceso que ya lo está usando, entonces el proceso que quiere entrar se suspende hasta que salga el que está dentro.
- Si los datos del monitor representan a algún recurso, el monitor ofrecerá un servicio de exclusión mutua en el acceso a ese recurso.



Monitores: sincronización

- El monitor proporciona sincronización por medio de variables de condición.
- Procedimientos para operar con las variables de condición:
  - **Espera**(condición): Suspende la ejecución del proceso que llama bajo la condición. Se dispone de una cola de procesos a cada variable de condición.
  - **Señal**(condición): Reanuda la ejecución de algún proceso suspendido en el procedimiento anterior. Si no hay procesos suspendidos no hace nada.
- Cuando un proceso se bloquea en una cola de una variable condición, sale del monitor, permitiendo que otro proceso pueda entrar en él.
- La propia naturaleza del monitor garantiza la exclusión

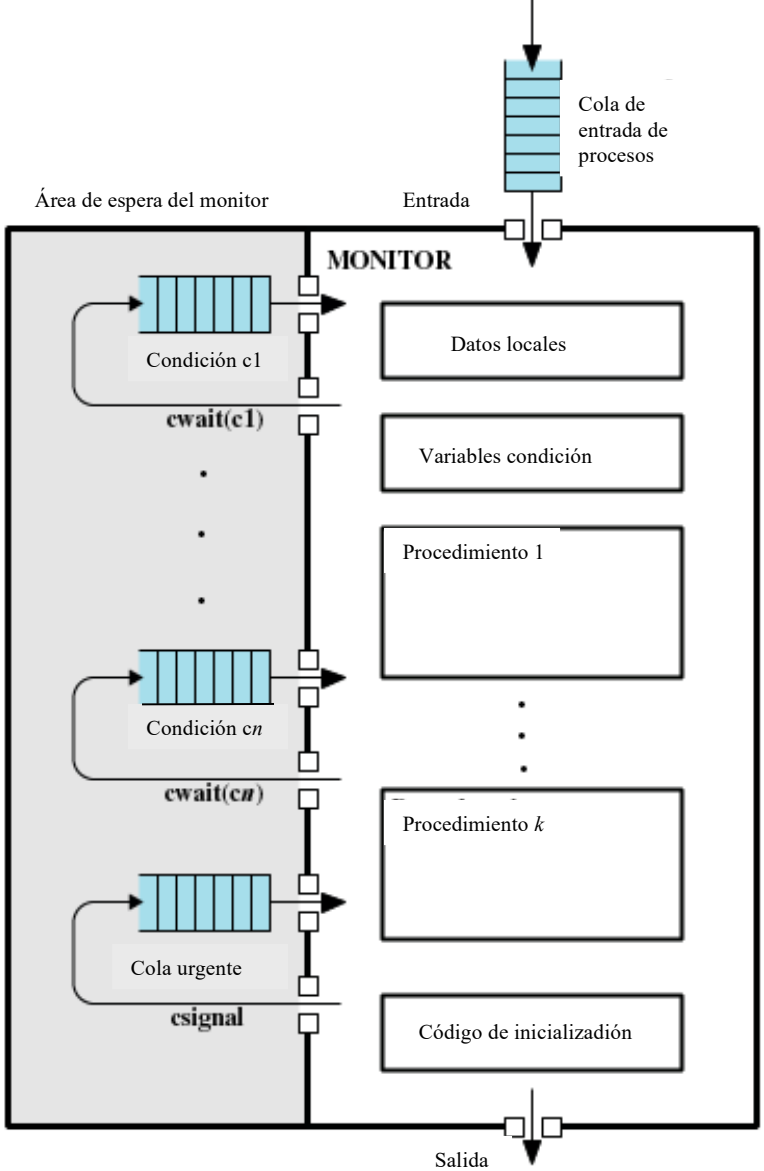


Figura 5.15. Estructura de un monitor

Mensajes

- El paso de mensajes resuelve la comunicación y la sincronización de procesos. Adecuado para sistemas centralizados y distribuidos.
- Primitivas:
  - Enviar(destino, mensaje)
  - Recibir(origen, mensaje)
- Las primitivas son atómicas a nivel hardware.

Mensajes

- Direccionamiento
  - **Directo**: Se nombra de forma explícita en la primitiva el proceso al que se refieren.

    Enviar (Procesoi, mensaje)
  - **Indirecto**: Los mensajes se envían y se reciben a través de una entidad intermedia llamada buzón.

    Enviar (buzón, mensaje)
    - Se desacopla el emisor y el receptor
    - Los conjuntos de emisores y receptores no tienen porqué tener la misma cardinalidad.
    - La asociación de procesos a buzones puede ser estática o dinámica.

Mensajes

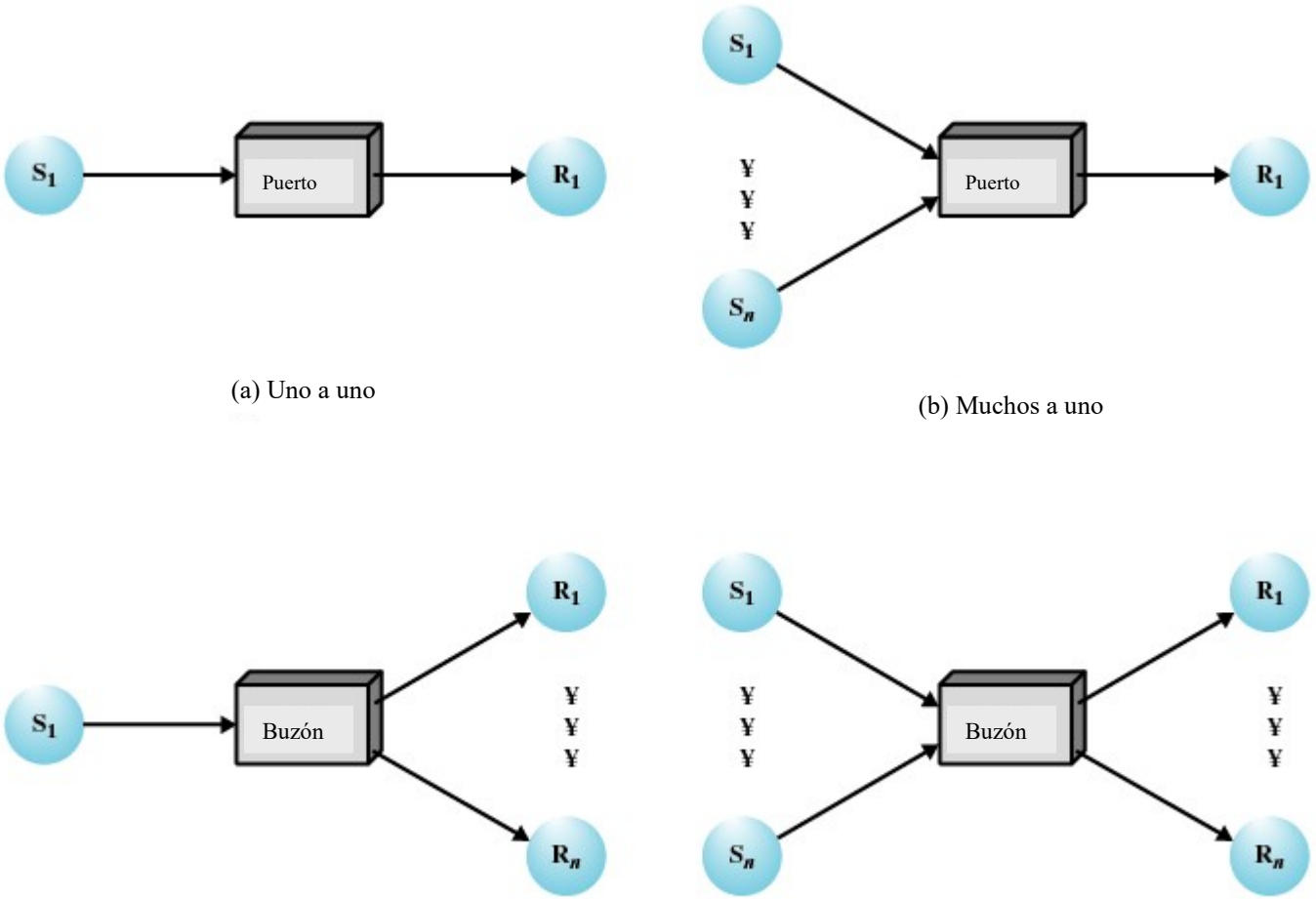


Figura 5.18. Comunicación indirecta de procesos

Mensajes: sincronización

- Modelos de sincronización: Enviar
  - **Bloqueante**: El proceso que envía sólo prosigue su tarea cuando el mensaje ha sido recibido
  - **No Bloqueante**: El proceso que envía un mensaje sigue su ejecución sin preocuparse de si el mensaje se recibe o no.
  - **Invocación remota**: El proceso que envía el mensaje sólo prosigue su ejecución cuando ha recibido una respuesta explícita del receptor.

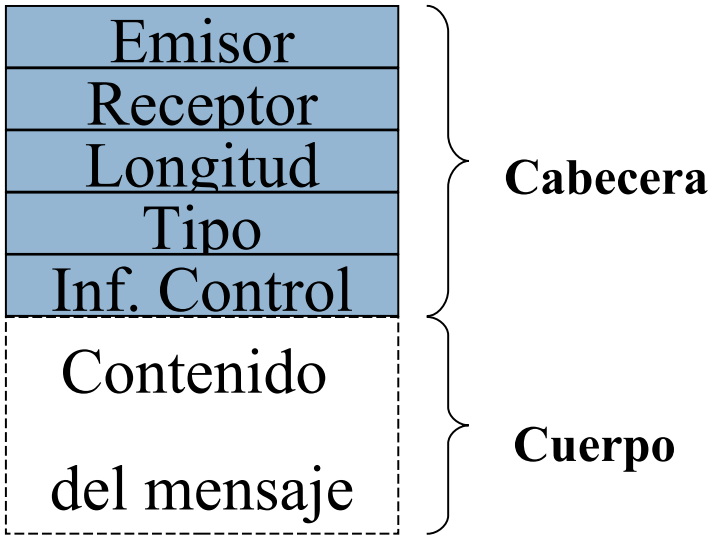
Mensajes: sincronización

- Modelos de sincronización: Recibir
  - **Bloqueante**: El proceso que realiza recibir un mensaje lo recoge si éste existe o bien se bloquea si el mensaje no está.
  - **No Bloqueante**: El proceso que realiza recibir un mensaje especifica un tiempo máximo de espera del mensaje.

    Recibir(buzón, mensaje, tiempo_espera)

Mensajes: estructura

- Intercambio de información:
  - Por valor: Se realiza una copia del mensaje desde el espacio de direcciones del receptor.
  - Por referencia: Se transmite sólo un puntero al mensaje.
- Clasificación
  - Longitud fija
  - Longitud variable
  - De tipo definido



Interbloqueos: Definición y caracterización

- **Definición 1**: Un conjunto de procesos está en un interbloqueo si cada proceso está esperando un recurso que sólo puede liberar otro proceso del conjunto.
  - Los procesos adquieren algún recurso y esperan a que otros recursos retenidos por otros procesos se liberen.

```
void Proceso1()
{
  . . .
  P(S1)
  P(S2)
  . . .
  V(S2)
  V(S1)
}
```

```
void Proceso2()
{
  . . .
  P(S2)
  P(S1)
  . . .
  V(S1)
  V(S2)
}
```

Interbloqueos: Definición y caracterización

- **Definición 2**: Se dice que el estado de un sistema se puede reducir por un proceso P si se pueden satisfacer las necesidades del proceso con los recursos disponibles.
- **Definición 3**: Se dice que un sistema está en un estado seguro si el sistema puede asignar todos los recursos que necesitan los procesos en algún orden.

Interbloqueos: Definición y caracterización

- **Caracterización del interbloqueo**: Condiciones necesarias para que se dé un interbloqueo:
  - Exclusión mutua
  - Retención y espera
  - No existencia de expropiación
  - Espera circular
- Un sistema está libre de interbloqueos si existe una secuencia de reducciones del estado actual del sistema que incluye a todos los procesos, o si se encuentra en un estado seguro.

Interbloqueos: Definición y caracterización

- Descripción del estado de un sistema:
  - Representación matricial
  - Representación gráfica
- Representación matricial: Para representar el estado del sistema se usan dos matrices y un vector: matriz de solicitud S, matriz de asignación A y vector E con la cantidad de elementos de cada tipo de recurso.

  A [i, j] ≡ Cantidad de elementos del recurso j que tiene asignado el proceso i

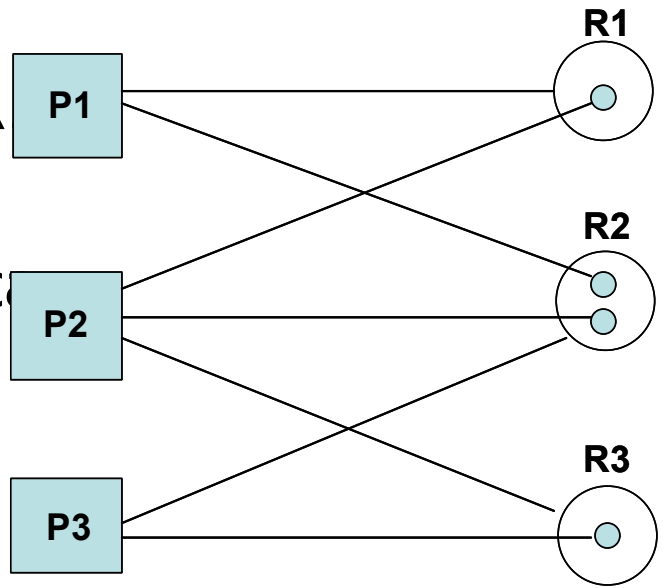
  S [i, j] ≡ Cantidad de elementos del recurso j que solicita el proceso i

  E[j] ≡ Cantidad de elementos del recurso j

Interbloqueos: Definición y caracterización: Ejemplo

- Sea un sistema formado por tres procesos: P1, P2 y P3; y los recursos siguientes: una impresora R1, dos unidades de disco R2 y una cinta R3.
- Dada la siguiente situación:
  - El proceso P1 posee uno de los recursos R2 y solicita R1
  - El proceso P2 posee uno de los recursos R2 y un recurso R1 y solicita el recurso R3.
  - El proceso P3 posee el recurso R
  - y solicita el recurso R2.
- Representaciones matricial y gráfic

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad S = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \qquad E = (1, 2, 1)$$



Interbloqueos: Estrategias de actuación

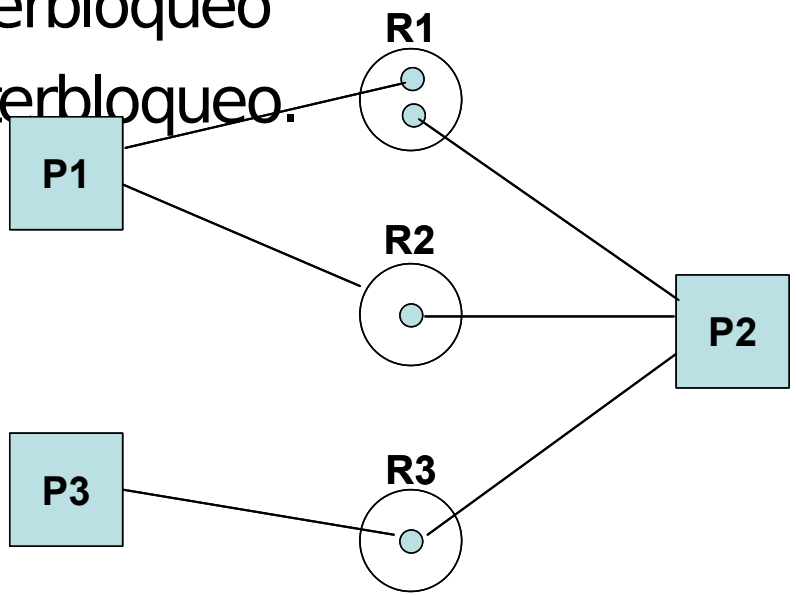
- **Prevención**: Evitar cualquier posibilidad que pueda llevar a una situación de interbloqueo fijando una serie de restricciones
- **Predicción**: Evitar el interbloqueo analizando la información disponible y los recursos que necesitará cada proceso
- **Detección**: No se establecen restricciones y el sistema se limita a detectar situaciones de interbloqueo
- **No actuación**: Se ignora la presencia de interbloqueos

Interbloqueos: Prevención

- Evitar una de las condiciones del interbloqueo
  - **Retención y espera**: Un proceso con un recurso no puede pedir otro.
  - **No existencia de expropiación**: Permitir la expropiación de recursos no utilizados.
  - **Espera circular**: Se solicitan los recursos según un cierto orden establecido.
- Afecta al rendimiento del sistema:
  - Puede provocar infrautilización de recursos
  - Puede provocar esperas muy dilatadas de los procesos

Interbloqueos: Detección

- Se comprueba si se ha producido un interbloqueo
  - Definir intervalos de activación del algoritmo de detección
  - Detectar los procesos a los que afecta el interbloqueo
- Definir estrategia de recuperación del sistema
- Si no existen ciclos: No hay interbloqueo
- Existen ciclos: Puede existir interbloqueo.
  - Si solo hay un elemento por cada tipo de recurso, la existencia de un ciclo es condición necesaria y suficiente para el interbloqueo.
  - Si hay algún camino que no sea ciclo, que sale de alguno de los nodos que forman el



Interbloqueos: Recuperación

- Romper el interbloqueo para que los procesos puedan finalizar su ejecución y liberar los recursos.
  - Reiniciar uno o más procesos bloqueados

  Considerar:
    - Prioridad del proceso
    - Tiempo de procesamiento utilizado y el que resta
    - Tipo y número de recursos que posee
    - Número de recursos que necesita para finalizar
    - Número de procesos involucrados en su reiniciación.
  - Expropiar los recursos de algunos de los procesos bloqueados

Interbloqueos: Soluciones combinadas

- Agrupar los recursos en clases disjuntas
- Se evita el interbloqueo entre las clases
- Usar en cada clase el método más apropiado para evitar o prevenir en ella el interbloqueo