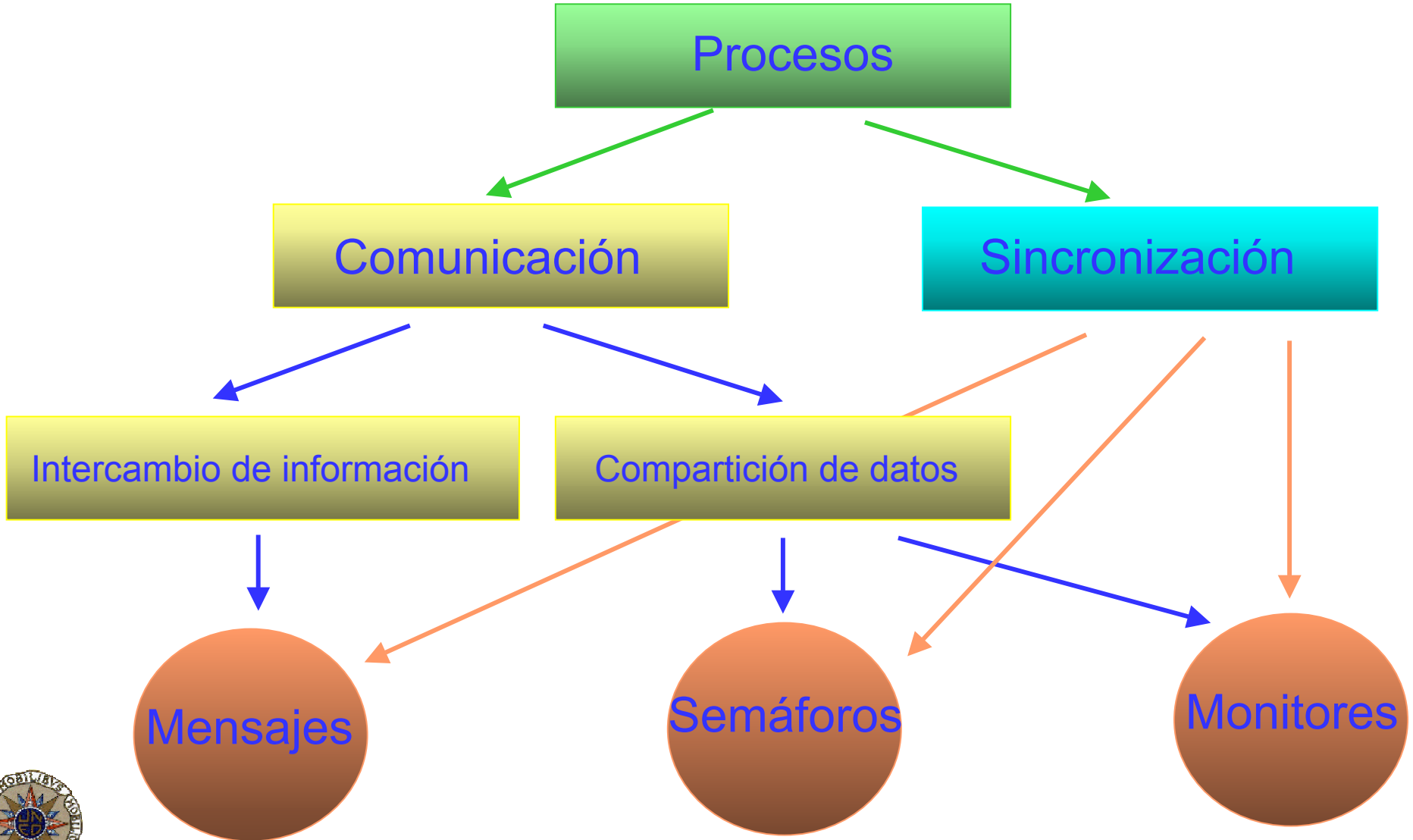
Sincronización y Comunicación

Dra. Carolina Mañoso
Dpto. Informática y Automática.UNED

Índice: Sincronización y comunicación

- Introducción
- Exclusión mutua
  - Bloqueo utilizando variables compartidas
  - Algoritmo de Peterson
  - Algoritmo de Dekker
- Semáforos
- Monitores
- Mensajes
- Interbloqueo

Introducción



Exclusión mutua: región crítica (1/5)

Ejemplo variable x compartida entre los procesos A y B

- **Problema de los Jardines**:

  Se quiere tener constancia del número de visitantes que hay en un Jardín. Hay dos puertas y asociado a cada puerta un proceso.
  - Cuando entra una persona el proceso P1 incrementa x: x:=x+1.
  - Cuando sale una persona el proceso P2 decrementa x: x:=x-1

- Instrucciones para la actualización de la variable:
  - Copiar el valor de x en un registro del procesador
  - Incrementar el valor del registro
  - Almacenar el resultado en la dirección donde se guarda x

Exclusión mutua: región crítica (2/5)

- En esta situación se puede producir una mala actualización de la variable x: El planificador de procesos puede permitir el entrelazado de las operaciones elementales anteriores de cada uno de los procesos:
  - P1 carga el valor de x en un registro de su procesador
  - P2 carga el valor de x en un registro de su procesador
  - P1 incrementa el valor de su registro
  - P2 decrementa el valor de su registro
  - P1 almacena el valor de su registro en la dirección de memoria de x
  - P2 almacena el valor de su registro

Exclusión mutua: región crítica (3/5)

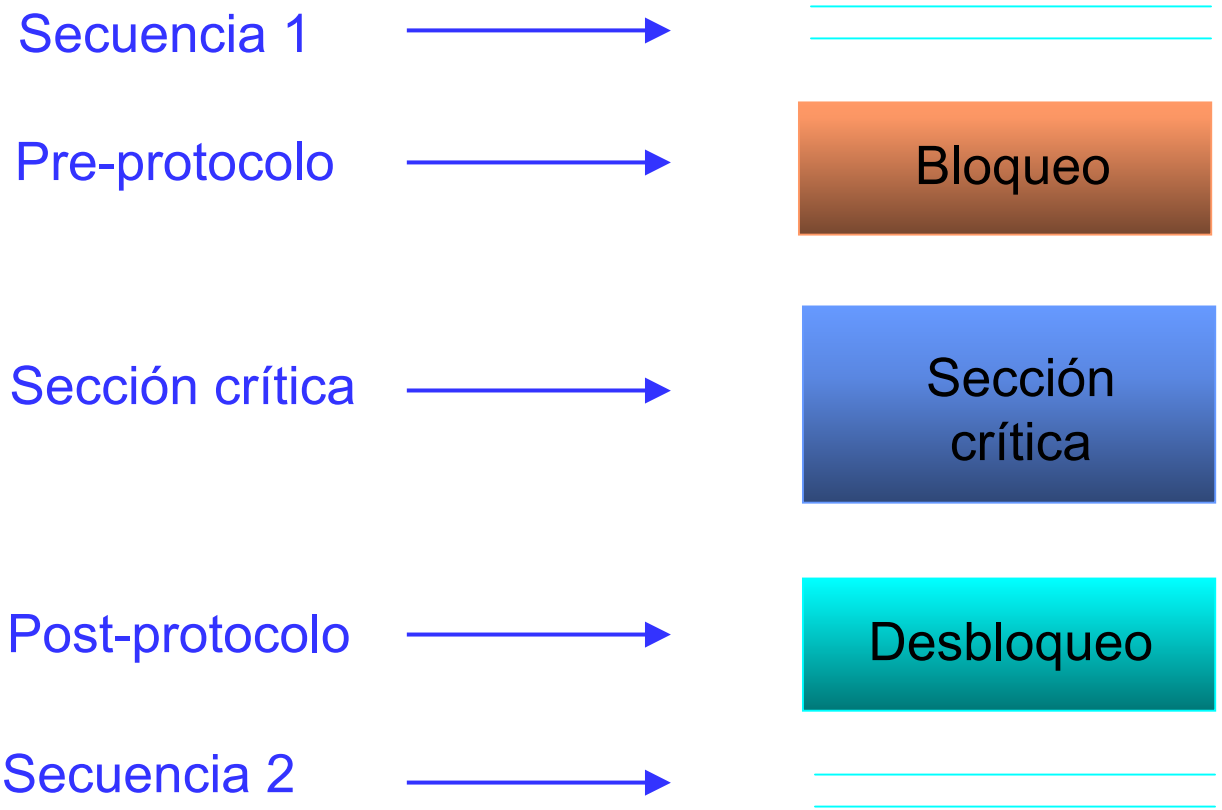
- Se denomina **Sección crítica** a aquellas partes de los procesos concurrentes que no pueden ejecutarse de forma concurrente o, también, que desde otro proceso se ven como si fueran una única instrucción

- Si un proceso entra a ejecutar una sección crítica en la que se accede a unas variables compartidas, entonces otro proceso no puede entrar a ejecutar una sección crítica en la que se modifique las variables compartidas con el anterior

- Las secciones críticas se agrupan **mutuamente exclusivas** las regiones críticas de cada clase

Exclusión mutua: región crítica (4/5)

- La exclusión se consigue con protocolos que **bloqueen** el acceso a la sección crítica mientras se utiliza por un proceso



Exclusión mutua: región crítica (5/5)

- Se realiza el bloqueo de una sección crítica mediante el uso de una variable compartida de tipo booleano que se denomina indicador (flag)

- La acción del bloqueo se realiza con la activación del indicador y la del desbloqueo con su desactivación

Este método no resuelve el problema de la exclusión mutua, ya que la comprobación y la puesta del indicador son operaciones separadas y en ese caso se puede entrelazar el uso del recurso por ambos procesos

Bloqueo utilizando variables compartidas (1/4)

```
module ExclusionMutua1
var flag:boolean;
process P1
begin
  loop
     while flag=true do
     (*Espera a que quede libre el
    dispositivo*)
     end;
     flag:=true;
     (*uso del recurso. Sección crítica*)
     flag:=false;
     (* resto del proceso*)
 end
end P1;
```

```
process P2
begin
 loop
     while flag=true do
     (*Espera a que quede libre el
    dispositivo*)
     end;
     flag:=true;
     (*uso del recurso. Sección crítica*)
     flag:=false;
     (* resto del proceso*)
 end
end P2;
```

```
begin
   flag:=false
   cobegin
      P1;
      P2;
   coend
end
```

Bloqueo

Sección crítica

Desbloqueo

Bloqueo utilizando variables compartidas (2/4)

- Se realiza el bloqueo de una sección crítica mediante el uso de dos indicadores

- Se asocia un indicador a cada uno de los procesos. Antes de acceder al recurso un proceso debe activar su indicador y comprobar que el otro no tiene su indicador activado

• Espera activa

• **INTERBLOQUEO**: Los dos procesos llaman al "bloqueo" simultáneamente. Los dos indicadores quedan activados y los dos procesos a la espera de que se libere el recurso. Pero esto no se puede dar ya que ninguno entra en la sección crítica.

Bloqueo utilizando variables compartidas (3/4)

```
module ExclusionMutua2
var flag1,flag2:boolean;

procedure bloqueo(var mi_flag,su_flag:boolean);
begin
   mi_flag:=true; (*intención de usar el recurso*)
   while su_flag do; end (*espera liberar recurso*)
end bloqueo;

procedure desbloqueo(var mi_flag:boolean);
begin
   mi_flag:=  false;
end desbloqueo;
```

```
process P1
begin
   loop
      bloqueo(flag1,flag2);
      (*uso del recurso. Sección crítica*)
      desbloqueo(flag1);
      (* resto del proceso*)
 end
end P1;

process P2
begin
   loop
      bloqueo(flag2,flag1);
      (*uso del recurso. Sección crítica*)
      desbloqueo(flag2);
      (* resto del proceso*)
 end
end P2;
```

```
begin
   flag1:=false
   flag2:=false
   cobegin
      P1;
      P2;
   coend
end
```

Bloqueo utilizando variables compartidas (4/4)

- Una solución al interbloqueo

```
procedure bloqueo(var mi_flag,su_flag:boolean);
begin
   mi_flag:=true;
   while su_flag:=false;
      mi_flag:=false;
      mi_flag:=true;
   end
end bloqueo
```

Puede que un proceso deje su sección crítica y vuelva a entrar mientras que el otro proceso desactiva su indicador en la sección de bloqueo. El que un proceso no pueda progresar porque se lo impida otro se denomina **CIERRE** (lockout)

Algoritmo de PETERSON (1/2)

- Estrategia presentada por Peterson, 1981
- Se introduce una variable adicional denominada *turno* que solamente resulta útil cuando se produce una petición simultanea de acceso a la región crítica
- Si ambos intentan entrar en la sección crítica, el valor de turno se pondrá a 1 y 2 pero sólo un valor de ellos permanecerá al escribirse sobre el otro, permitiendo el acceso de un proceso a su sección crítica

Algoritmo de PETERSON (2/2)

```
module ExclusionMutua_Peterson
var flag1,flag2:boolean;
      turno:integer;

procedure bloqueo(var
      mi_flag,su_flag:boolean,su_turno:integer);
begin
   mi_flag:=true;
   turno:=su_turno;
   while su_flag and (turno=su_turno) do; end
end bloqueo;

procedure desbloqueo(var mi_flag:boolean);
begin
   mi_flag:=  false;
end desbloqueo;
```

```
process P1
begin
   loop
      bloqueo(flag1,flag2,2);
      (*uso del recurso. Sección crítica*)
      desbloqueo(flag1);
      (* resto del proceso*)
 end
end P1;

process P2
begin
 loop
      bloqueo(flag2,flag1,1);
      (*uso del recurso. Sección crítica*)
      desbloqueo(flag2);
      (* resto del proceso*)
 end
end P2;
```

```
begin
   flag1:=false;
   flag2:=false;
   cobegin
      P1;
      P2;
   coend
end
```

Algoritmo de DEKKER (1/2)

- Estrategia atribuida por Dekker y presentada por Dijkstra en 1968
- Se introduce una variable adicional denominada *turno* que sirve para establecer la prioridad relativa de los dos procesos y su actualización se realiza en la sección crítica, lo que evita que pueda haber interferencias entre los procesos
- Da prioridad al proceso P1, al iniciar el valor de *turno* a 1

Algoritmo de DEKKER (2/2)

```
module ExclusionMutua_Dekker
var flag1,flag2:boolean;
      turno:integer;
procedure bloqueo(var
      mi_flag,su_flag:boolean,su_turno:integer);
begin
   mi_flag:=true;
   while su_flag do (*otro proceso en la sec. cr.*)
     if turno=su_turno then mi_flag:=false;
      while turno=su_turno do
         (*espera a que el otro termine*)  end
      mi_flag:=true;
     end
   end
end bloqueo;

procedure desbloqueo(var
      mi_flag:boolean;su_turno:integer);
begin
   turno:=su_turno;
   mi_flag:=  false;
end desbloqueo;
```

```
process P1
begin
   loop
      bloqueo(flag1,flag2,2);
      (*uso del recurso. Sección crítica*)
      desbloqueo(flag1);
         (* resto del proceso*)
 end
end P1;

process P2
begin
 loop
      bloqueo(flag2,flag1,1);
      (*uso del recurso. Sección crítica*)
      desbloqueo(flag2);
         (* resto del proceso*)
 end
end P2;
```

```
begin
   flag1:=false;
   flag2:=false;
   turno:=1;
   cobegin
        P1;
        P2;
   coend
end
```

Peterson-Dekker

- No es fácil extender estos algoritmos al caso en que haya *n* procesos ejecutándose de manera concurrente

- La espera de acceso a un recurso siempre se realiza de forma “ocupada”, el proceso siempre se queda comprobando una variable, lo que supone un derroche de los recursos del sistema

SEMÁFOROS

- Los semáforos binarios fueron introducidos por Dijkstra en 1968
- Un semáforo binario es un indicador (S) de condición que registra si un recurso está disponible o no
- El semáforo binario toma dos valores:
  - S = 0 ⇒ El recurso no está disponible
  - S = 1 ⇒ El recurso está disponible
- Los semáforos se implementan con una cola a la cual se añaden los procesos que están en espera del recurso

Operaciones sobre semáforos

Operación de inicializar

inicializa (S: SemaforoBinario; v: integer);

Pone el valor del semáforo al valor de v (0 o 1)

Operación de espera

```
espera (S)
    if S=1 then
       S:=0
    else
       suspender la tarea que
       hace la llamada y ponerla en
       la cola de tareas
```

Operación de señal

```
señal (S)
    if la cola de tarea está vacía then
       S:=1
    else
        reanudar la primera tarea de la
       cola de tareas
```

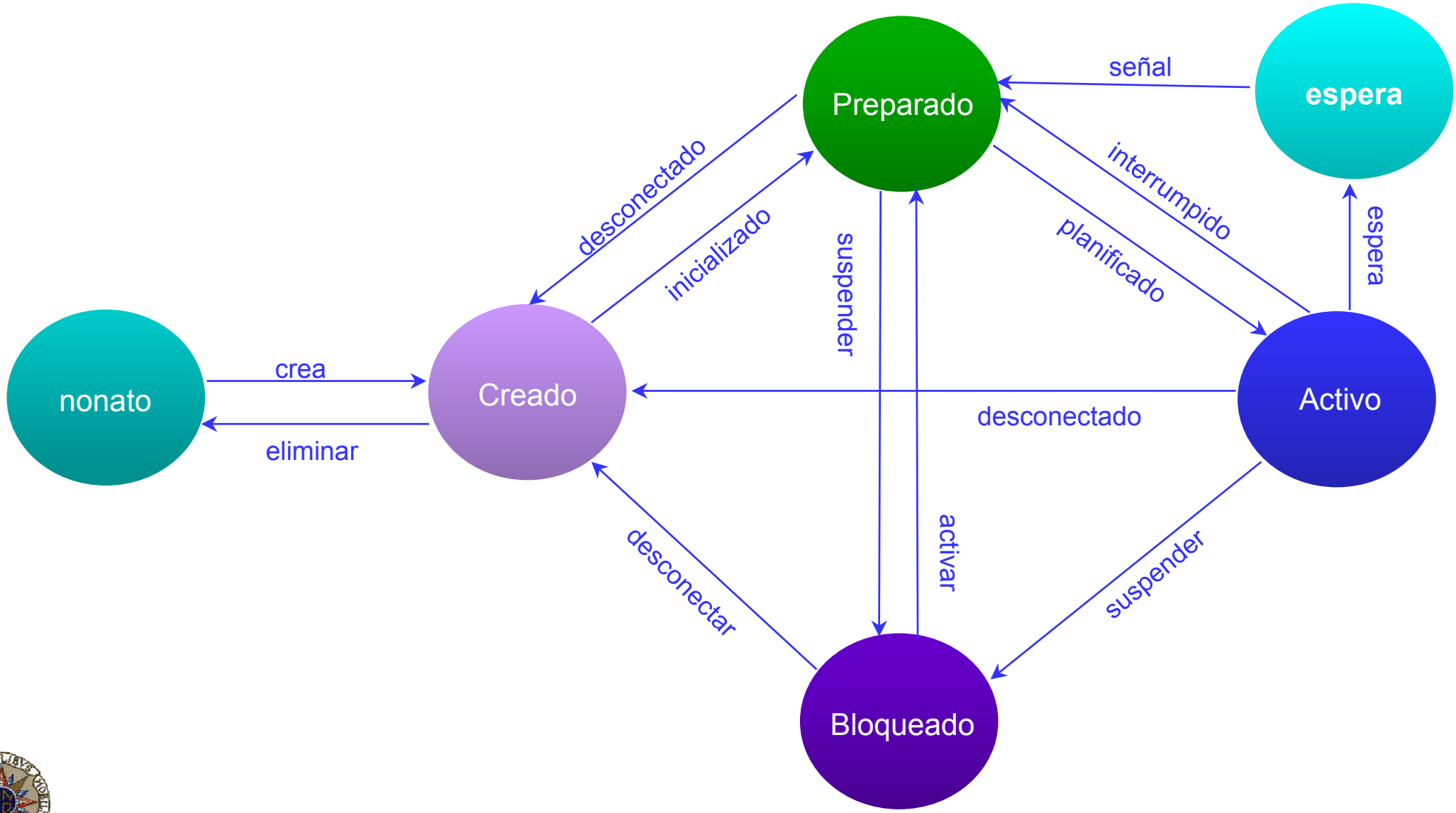
SEMÁFOROS: implementación

- Estas operaciones son procedimientos que se implementan como acciones indivisibles y por ello el cambio de valor del indicador se efectúa de manera real como una sola operación

- Para ello, en sistemas monoprocesador basta con inhibir las interrupciones durante la ejecución de estas operaciones

- En sistemas multiprocesador, es necesario utilizar instrucciones especiales hardware, o introducir soluciones software como las vistas anteriormente

Un estado más: el estado espera



Exclusión mutua con semáforos

- Se usa “espera” como procedimiento de bloqueo antes de la sección crítica
- Se usa “señal” como procedimiento de desbloqueo

```
process P1
begin
      loop
            espera(S);
            Sección Crítica
            señal(S);
            (*resto del proceso*)
      end
end P1
```

  - Se emplearán tantos semáforos como clases de secciones críticas se establezcan

SINCRONIZACIÓN con semáforos (1/2)

- El uso de semáforos permite la sincronización entre tareas
- Las operaciones de “espera” y “señal” no se utilizan dentro de un mismo proceso sino que se ejecutan en dos procesos separados
- El que ejecuta “espera” queda bloqueado hasta que el otro ejecuta la operación de “señal”

SINCRONIZACIÓN con semáforos (2/2)

```
module Sincronización;
var sincro:semaforo;

process P1 (*proceso que espera*)
begin
    …
    espera(sincro);
    …
end P1;

process P2 (*proceso que señala*)
begin
    …
    señal(sincro);
    …
end P2;
```

```
begin (*sincronización*)
    inicializa(sincro,0);
    cobegin
        P1;
        P2;
    coend
end Sincronización
```

Problema del productor-consumidor (1/3)

```
module Productor_consumidor;
var BufferComun:buffer;

process Productor;
    var x:dato;
    begin
        loop
            produce(x);
            while Lleno do
              (*espera*)
            end;
            Poner(x);
        end
    end Productor;

process Consumidor;
    var x:dato;
    begin
        loop
            while Vacio do
              (*espera*)
            end;
            Tomar(x);
            Consume(x);
        end
    end Consumidor;

begin
    cobegin
        Productor;
        Consumidor;
    coend
end Productor_consumidor;
```

Problema del productor-consumidor (2/3)

- Esta solución no es satisfactoria:
  - Las funciones Poner(x) y Tomar(x) utilizan el mismo buffer lo que plantea el problema de la exclusión mutua
  - Ambos procesos utilizan una espera ocupada cuando no pueden acceder al buffer

- Soluciones a los dos problemas:
  - Utilización de un semáforo para proteger el acceso al buffer
  - Utilización de un semáforo para sincronizar la actividad de los dos procesos

Problema del productor-consumidor (3/3)

```
module Productor_consumidor;
var BufferComun:buffer;
AccesoBuffer, Nolleno,
Novacio:semaforo;

begin
    inicializa(AccesoBuffer,1);
    inicializa(Nolleno,1);
    inicializa(Novacio,0);
    cobegin
        Productor;
        Consumidor;
    coend
end Productor_consumidor;
```

```
process Productor;
    var x:dato;
    begin
        loop
            produce(x);
            espera(AccesoBuffer);
            if Lleno then
                señal(AccesoBuffer);
                espera(Nolleno);
            espera(AccesoBuffer);
            end;
            Poner(x);
            señal(AccesoBuffer);
            señal(Novacio);
        end
    end Productor;
```

```
process Consumidor;
var x:dato;
begin
    loop
        espera(AccesoBuffer);
        if Vacio then
            señal(AccesoBuffer);
            espera(Novacio);
        espera(AccesoBuffer);
        end Tomar(x);
        señal(AccesoBuffer);
        señal(Nolleno);
        Consume(x);
    end
end Consumidor;
```

Versión general de semáforos

- Sirve para proteger un conjunto de recursos similares
- Se inicializa con el número total de recursos disponibles, N
- “espera” y “señal” se diseñan para impedir el acceso al recurso cuando el semáforo es menor o igual a cero
- Cuando se solicita y obtiene un recurso el semáforo se decrementa
- Cuando se libera un recurso se incrementa
- La ejecución de las operaciones son indivisibles

Operaciones sobre semáforos generales

Operación de inicializar

inicializa (S: SemaforoBinario; v: integer);

Pone el valor del semáforo S al valor de v (n)
n_suspendidos :=0

Operación de espera

espera (S)

```
if S>0 then S:=S-1
else
   n_suspendidos:= n_suspendidos+1;
   suspender la tarea que hace la
   llamada y ponerla en la cola de
   tareas
```

Operación de señal

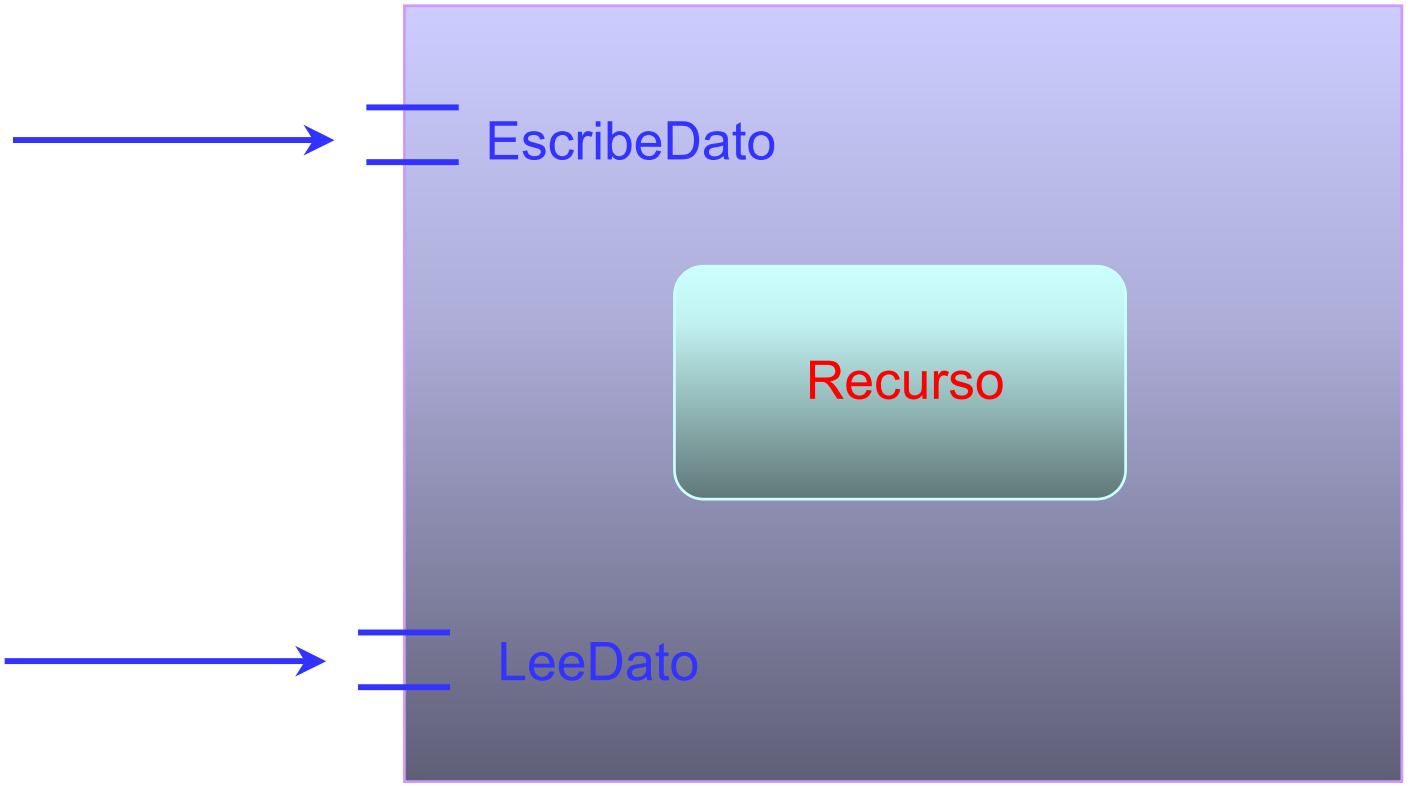
señal (S)

```
if n_suspendidos > 0 then
   n_suspendidos:= n_suspendidos -1;
   pasar al estado preparado un
    proceso suspendido
else
   S:=S+1
```

MONITORES (1/4)

- Un monitor es un conjunto de procedimientos que proporcionan el acceso con exclusión mutua a un recurso o conjunto de recursos compartidos por un grupo de procesos
- Los procedimientos van encapsulados dentro de un módulo que tiene la propiedad especial de que sólo un proceso puede estar activo cada vez para ejecutar un procedimiento del monitor
- El monitor se puede ver como una valla alrededor del recurso (o recursos), de modo que los procesos que quieran utilizarlo deben de entrar dentro de ella, pero en la forma que impone el monitor

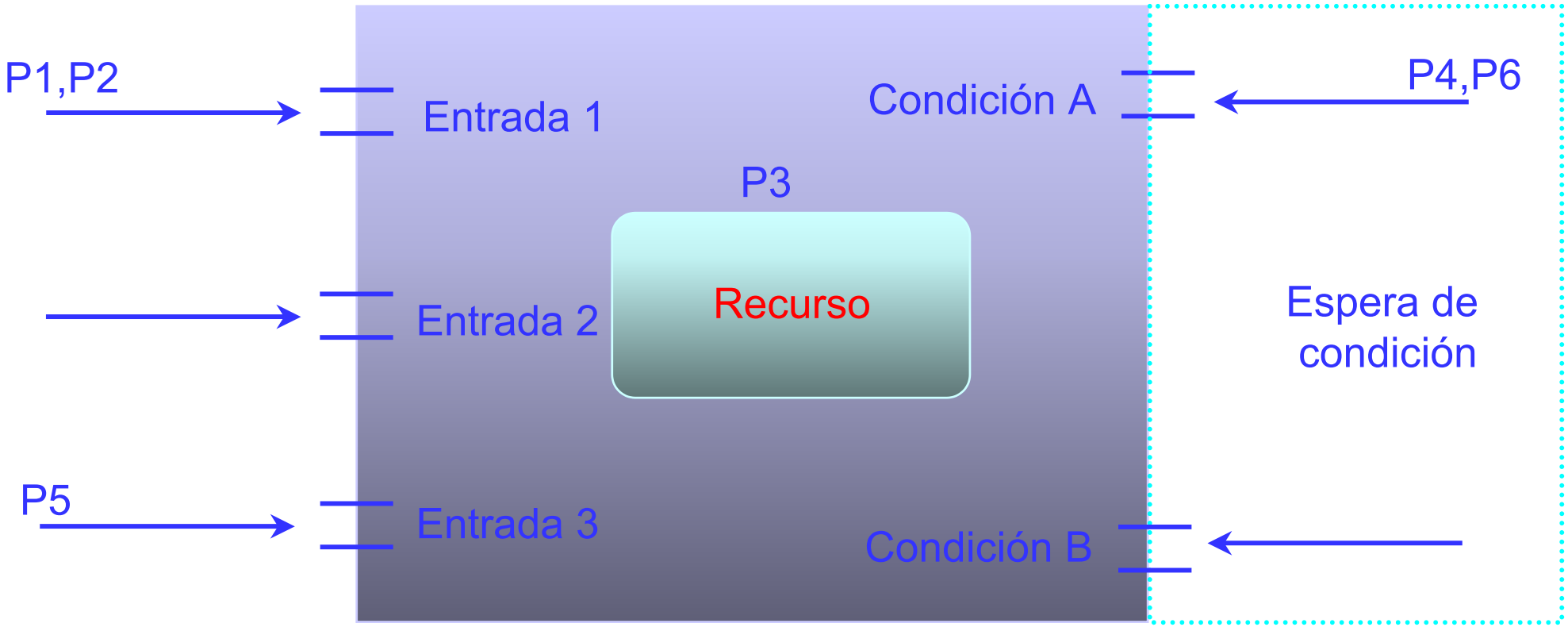
MONITORES (2/4)



MONITORES (3/4)

- La espera de los procesos no se hace en colas separadas para cada procedimiento, sino que se utiliza una única cola, ya que sólo un procedimiento puede ejecutarse cada vez
- La ventaja para la exclusión mutua que presenta un monitor frente a los semáforos es que está implícita
- Los monitores no proporcionan por si mismos un mecanismo para la sincronización de tareas, es necesario añadir variables llamadas de condición
  - A cada causa por la que un proceso deba esperar se asocia una variable de condición
  - Sobre ellas sólo pueden actuar dos procedimientos: espera (siempre suspende al proceso que la emite) y señal

MONITORES (4/4)



Sintaxis del monitor

```
monitor  nombre_monitor;
    declaración de los tipos y procedimientos que se importan y exportan /*export*/
    declaración de las variables locales del monitor
    declaración de las variables de condición /*condición*/

    procedure Prc1 (...);
            begin ... end;
    ...
    procedure Prc2 (...);
            begin ... end;
    ...
    procedure Prcm (...);
            begin ... end;
    begin
            inicialización del monitor
    end
```

Monitor: implementación de un semáforo

```
monitor:semaforo;

from condiciones import condicion, espera
export
    sespera, sseñal;
var
    ocupado: boolean;
        :condicion


procudere sseñal(var libre:condicion);
    begin
        ocupado:=false;
        señal(libre);
    end sseñal;
```

```
procedure sespera(var libre condicion);
begin
    if ocupado then
        espera(libre);
        ocupado:=true;
    end
end sepsera


begin
    ocupado:=false;
end
```

Monitor: problema del productor-consumidor

```
monitor: productor-consumidor;

from condiciones import
     condicion,espera,señal;
export poner,tomar;
const tamaño=32;
var
   buff:array[0..tamaño-1] of dato;
   cima,base:0..tamaño-1;
   espacio,itemdisponible:condicion
   numeroenbuffer:integer;

   begin (*inicialización*)
      numeroenbuffer:=0;
      cima:=0;
      base:==0;
end
```

```
procedure poner(item:dato);
   begin
      if numeroenbuffer=tamaño then
         espera(espacio)
      end;
      buff[cima]:=item;
      numeroenbuffer:=
               numeroenbuffer+1;
      cima:=(cima+1) mod tamaño;
      señal(itemdisponible);
   end poner;
```

```
procedure tomar(var item:dato);
   begin
      if numeroenbuffer=0 then
         espera(itemdisponible);
      end;
      item:=buff[base];
      numeroenbuffer:=
               numeroenbuffer-1;
      base:=(base+1) mod tamaño;
      señal(espacio);
   end tomar;
```

MENSAJES

- Permiten sincronización y comunicación entre procesos
- La comunicación entre mensajes necesita de un proceso emisor y de uno receptor y la información que debe intercambiarse
- Las operaciones básicas son:
  - **enviar**(mensaje)
  - **recibir**(mensaje)
- La comunicación por mensajes requiere que se establezca un enlace entre el receptor y el emisor

Modos de nombrar los mensajes

- Comunicación directa: nombran de forma explícita al proceso con el que se comunican
  - enviar(Q, mensaje) ⇒ Envía un mensaje al proceso Q
  - recibir(P, mensaje) ⇒ Recibe un mensaje del proceso P

- Comunicación indirecta los mensajes se envían y reciben a través de un **buzón o puerto**:
  - enviar(buzónA, mensaje) ⇒ Envía un mensaje al buzón A
  - recibir(buzónA, mensaje) ⇒ Recibe un mensaje del buzón A

Modelos de sincronización (1/2)

- Síncrona: El proceso que envía sólo prosigue su ejecución cuando el mensaje ha sido recibido
- Asíncrona: El proceso que envía 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 del receptor

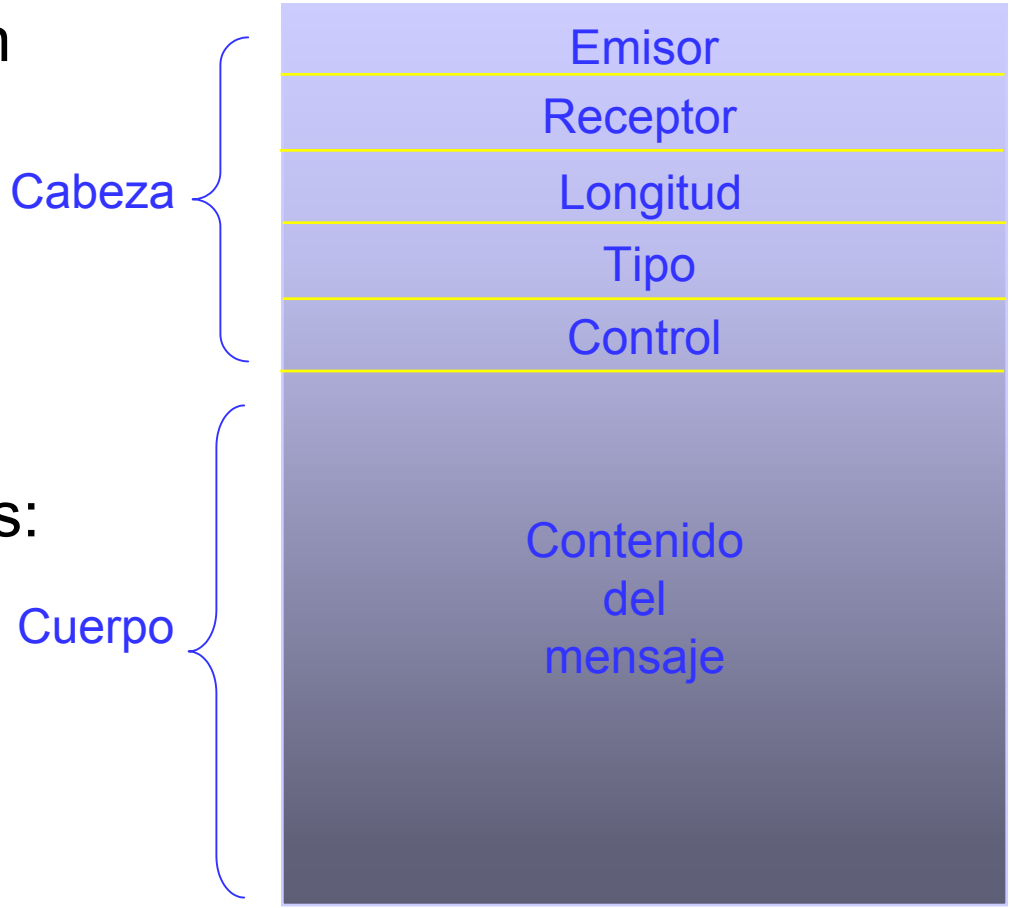
Modelos de sincronización (2/2)

- En la operación de recibir si el mensaje no está presente
  - El proceso se suspende (bloqueo) o
  - El proceso devuelve un mensaje de error (sin bloqueo): Aceptar
  - Se especifica un tiempo máximo de espera, pasado ese tiempo el s.o. desbloquea al proceso suspendido y envía un mensaje de error

Estructura de los mensajes

- El intercambio de información puede ser:
  - Por valor
  - Por referencia

- La estructura de los mensajes:
  - Longitud fija
  - Longitud variable
  - De tipo definido



Mensaje: implementación de un semáforo

```
module semaforo;

type mensaje=…; (tipo del mensaje*)
const nulo=…; (*mensaje vacío*)

procedure espera(var S:semaforo);
  var temp:mensaje;
  begin
    recibir(Sbuzon,temp);
    S:=0;
  end espera;

procedure señal (var S:integer);
  begin
    enviar(Sbuzon,nulo);
  end señal;
```

```
procedure inicializa (varS:integer; valor:boolean);
  begin
    if valor=1 then
      enviar(Sbuzon,nulo);
    end
    S:=valor;
  end inicializa;

begin
  crear_buzon(Sbuzon);
end {semaforo}
```

Mensajes: problema del productor-consumidor

```
module: productor-consumidor;

type  mensaje=…; (tipo del mensaje*)
const  nulo=…; (*mensaje vacío*)
      tamañoQ=...;(*tamaño de la cola
      de los buzones*)
var n: integer;
      begin (*inicialización*)
        crear_buzon(buzonP);
        crear_buzon(buzonC);
        for n:=1 to tamañoQ do
            enviar(buzonP, nulo)
        end
        cobegin
           Productor1;
           Consumidor1;
           ...
        coend
      end
```

```
process Productor1;
  var x: mensaje;
  begin
    loop
      recibir(buzonP,x);
      produce_datos_y_mensaje;
      enviar (buzonC,x);
      resto de operacionesP;
    end
  end Productor1;
```

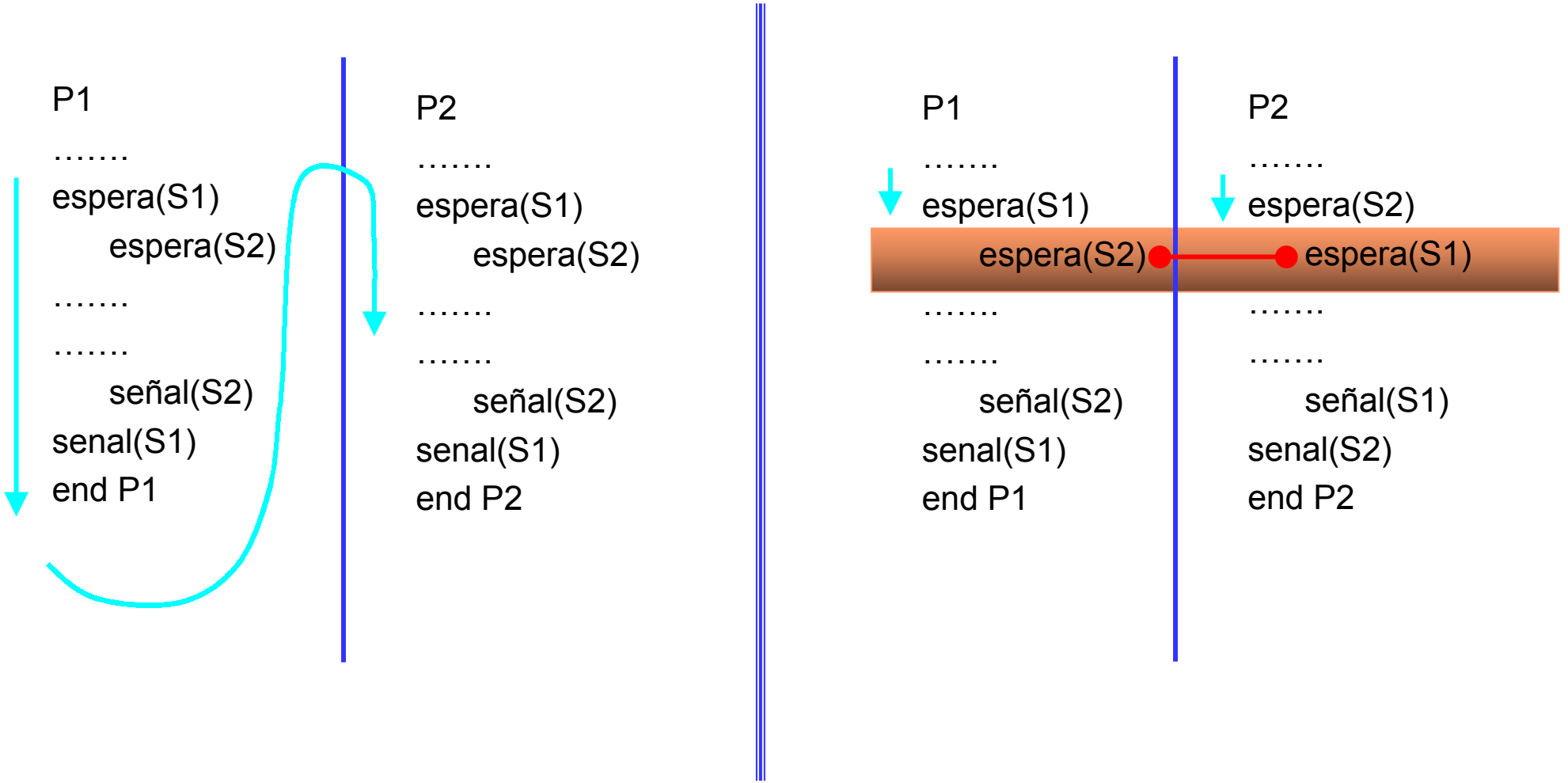
```
process Consumidor1;
  var y: mensaje;
  begin
    loop
      recibir(buzonC,y);
      consume_datos_y_mensaje;
      enviar (buzonP,y);
      resto de operacionesC;
    end
  end Consumidor1;
```

Interbloqueo (1/2)

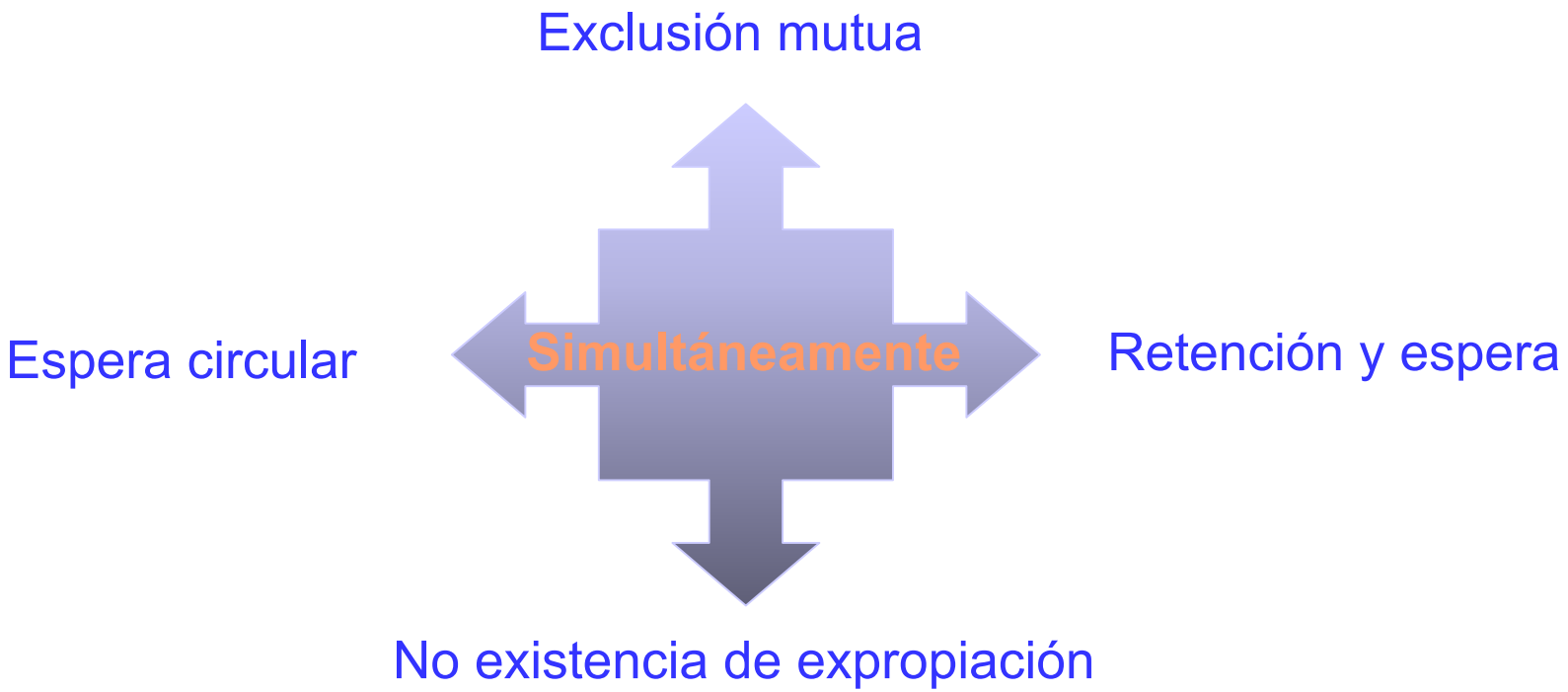
- Consiste en que dos o más procesos entran en un estado que imposibilita a cualquiera de ellos salir del estado en que se encuentra

- A dicha situación se llega porque cada proceso adquiere algún recurso necesario para su operación a la vez que espera a que se liberen otros recursos que retienen otros procesos, llegándose a una situación que hace imposible que ninguno de ellos pueda continuar

Interbloqueo (2/2)



Caracterización del interbloqueo



- Métodos para evitar interbloqueo
  - Prevención de interbloqueos
  - Evitación de interbloqueos

Prevención/evitación de interbloqueos

- Evitar alguna condición que llevan al interbloqueo
  - Retención y espera: todos los recursos o ninguno
  - No existencia de expropiación: Que sí se permita expropiación
  - Espera circular: Se ordenan los recursos y se impone que los recursos se pidan en orden ascendente

- Cada vez que se va a asignar un recurso se considera el caso de que se produzca un bloqueo. Si se prevé esta posibilidad no se concede
  - Técnica: Algoritmo del banquero (Dijkstra)

Algoritmo del banquero (1/4)

Proceso	Usados	Posibles Necesarios	Máximos Necesarios
P1	5	0	5
P2	6	0	6
P3	4	0	4

Total disponibles 10

Algoritmo del banquero (2/4)

Proceso	Usados	Posibles Necesarios	Máximos Necesarios
P1	2	3	5
P2	1	5	6
P3	3	1	4

Total disponibles 4 **Estado seguro**

Algoritmo del banquero (3/4)

Proceso	Usados	Posibles Necesarios	Máximos Necesarios
P1	3	2	5
P2	4	2	6
P3	2	2	4

Total disponibles 1 **Estado no seguro**

Algoritmo del banquero (4/4)

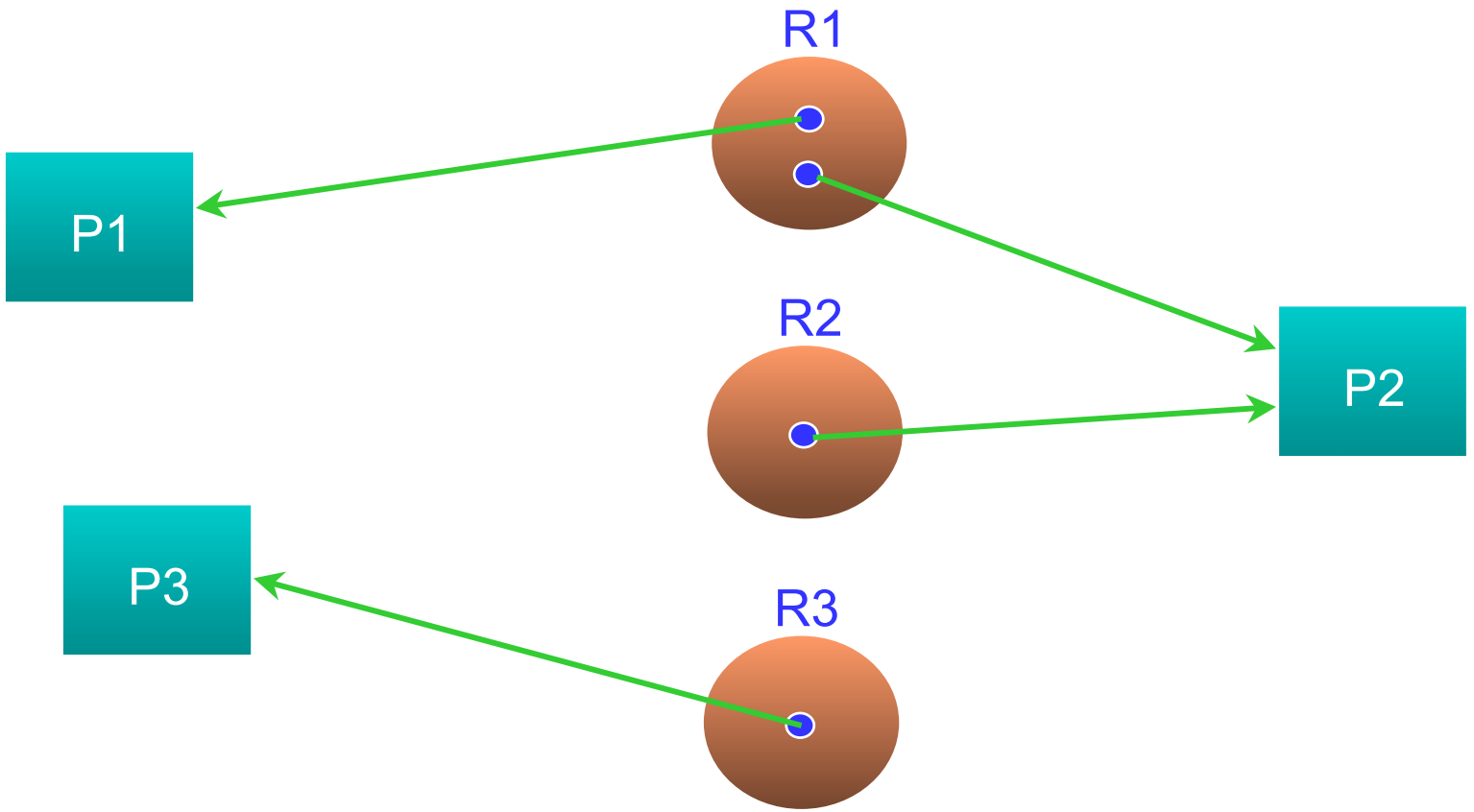
- Se permiten las condiciones de exclusión mutua, retención y espera, y de no existencia de expropiación
- Los procesos solicitan el uso exclusivo de los recursos que necesitan; mientras esperan a alguno se les permite mantener los recursos de que disponen sin que se les pueda expropiar
- Los procesos piden los recursos al sistema operativo de uno en uno
- El sistema puede conceder o rechazar cada petición
- Una petición que no conduce a un estado seguro se rechaza y cada petición que conduce a un estado seguro se concede

Detección de los interbloqueos

- Se utiliza en los sistemas en los que se permite que se produzca el interbloqueo o que no se comprueba las condiciones del mismo
- Es necesario conservar la información sobre peticiones y asignaciones de los recursos a los procesos
- Se utilizan algoritmos de detección y recuperación

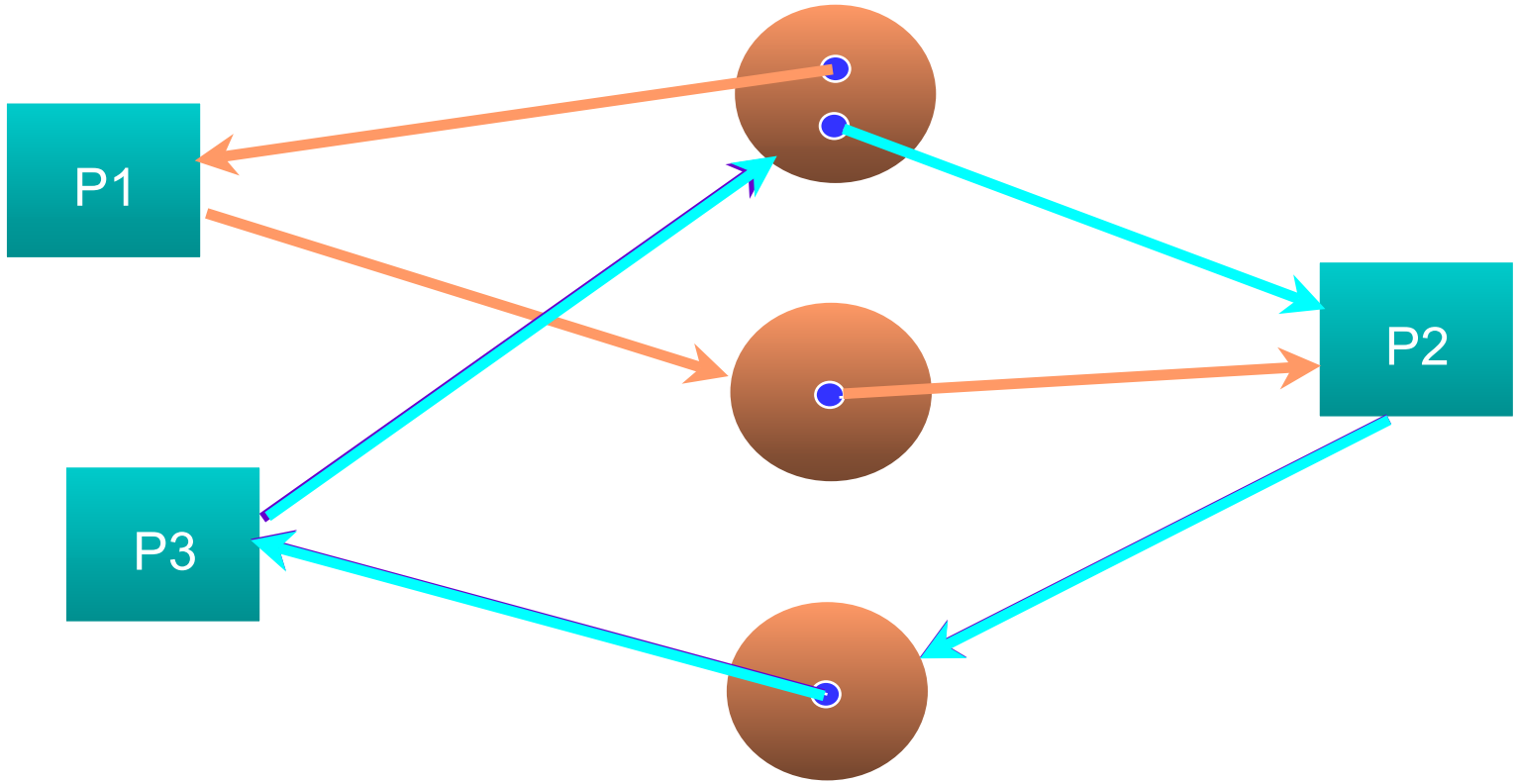
Grafos de asignación de recursos (1/2)

- Grafo dirigido



Grafos de asignación de recursos (2/2)

Interbloqueo: la existencia de un ciclo en el que no hay ningún camino que salga de alguno de los nodos que lo forman que a su vez no sea ciclo



Dos ciclos: (R1,P1,R2,P2,R3,P3,R1) y (R1,P2,R3,P3,R1)

Recuperación de interbloqueos

- Se suelen tomar dos opciones:
  - Reiniciar uno o mas de los procesos bloqueados
  - Expropiar los recursos de algunos de los procesos bloqueados hasta que se consiga salir del interbloqueo

- Para reiniciar hay que tener en cuenta:
  - La prioridad del proceso
  - El tiempo de procesamiento utilizado y el que resta
  - El tipo y número de recursos que dispone
  - El número de recursos que necesita para finalizar
  - El número de otros procesos que se verían involucrados con su reiniciación