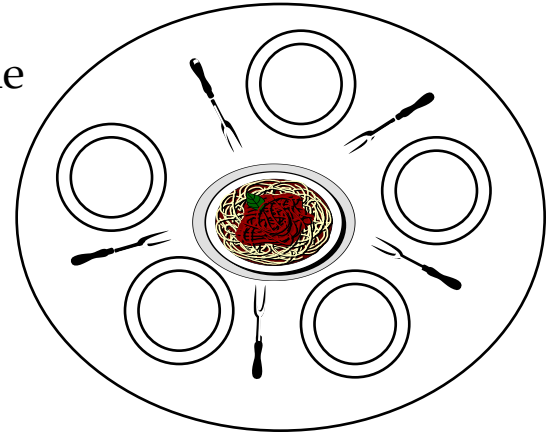
Lección 6: Ejemplos de programación con semáforos

- El problema de la cena de los filósofos
- El problema de los lectores y escritores
- Ejercicios
- Gestión de concurrencia mediante paso de testigo (implementación con semáforos)

El problema de la cena de los filósofos

- El problema:
  - cada filósofo, alternativamente, piensa y come
  - se necesitan dos tenedores para comer
    - el de la izquierda y el de la derecha
  - la cantidad de espaguetis ¡es infinita!
  - hay que evitar que se mueran de hambre
    - por la cabezonería de los filósofos
- Salta a la vista que:
  - dos filósofos vecinos no pueden comer a la vez
  - no más de dos filósofos pueden comer a la vez
- Objetivo: desarrollar un programa concurrente que simule el sistema



***Process Filósofo**::*
loop forever
  piensa
  coge tenedores
  come
  deja tenedores

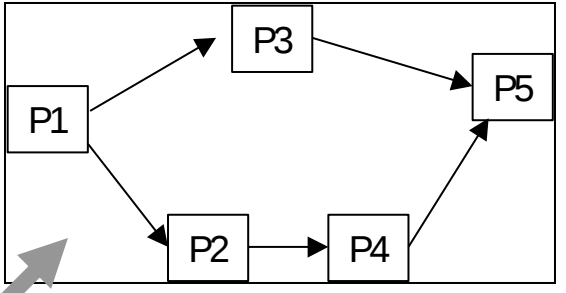
El problema de la cena de los filósofos

- La solución "natural" se bloquea
- Causas de bloqueo en sistemas que comparten recursos
  - un (unidad de) recurso sólo lo puede usar un proceso a la vez
  - el sistema es "no preemptive"
  - los estados de los procesos son del tipo "hold-and-wait"
  - aparece una espera circular
- ¿Cómo se puede corregir el sistema para que no haya bloqueo?

Ejercicios

- **Ejercicio 1:** Un grafo de precedencias de tareas es un grafo dirigido acíclico que establece un orden de ejecución de tareas de un programa concurrente, de manera que una tarea no puede empezar a ejecutarse hasta que las que sean anteriores en el grafo hayan terminado. Por ejemplo, si consideramos el grafo de la figura 1, la tarea P4 no puede empezar a ejecutarse hasta que P2 y P1 terminen, mientras que P5 no puede empezar hasta que P1, P2, P3 y P4 hayan terminado. Asumamos que cada tarea ejecuta el siguiente código:

```
espera a que las tareas anteriores terminen
ejecuta el cuerpo de la tarea
avisa de su terminación a quien corresponda
```



1) Usando semáforos, escribir el programa concurrente correspondiente al diagrama de la figura

2) Esquematizar un método general de sincronización para un grafo de precedencias general. Calcular el número de semáforos que el método utilizaría. Este número se puede poner, por ejemplo, como función del número de tareas, de arcos, etc.

Ejercicios

- **Ejercicio 2**: Considerar el siguiente programa concurrente. Calcular para él el conjunto de los posibles valores finales para la variable x

integer x := 0		
semaphore s1 := 1		
sempahore s2 := 0		
Process P1	*Process* P2	*Process* P3
wait(s2)	wait(s1)	wait(s1)
wait(s1)	x := x*x	x := x+3
x := 2*x	signal(s1)	signal(s2)
signal(s1)		signal(s1)

El paso del testigo

- Veamos una forma (eficiente) de implementar exclusiones mutuas y sincronización por condición con semáforos binarios
- Necesitamos:

E_1: <S_i> E_2:<await B_j S_j>

- Un semáforo binario para asegurar la ejecución en exclusión mutua: ***mutex*** (valor inicial 1)
- Para cada j, un semáforo binario b_j y un contador d_j, a cero

El paso del testigo

- Cambiar

```
E1: wait(mutex)
    Si
    AVISAR
```

```
E2: wait(mutex)
    if no Bj
      dj:=dj+1
      signal(mutex)
      wait(bj)
    Sj
    AVISAR
```

- donde

```
AVISAR:
--mutex.V=0
  switch
    B1 y d1>0: d1:=d1-1;signal(b1)
    ....
    Bn y dn>0: dn:=dn-1;signal(bn)
    otherwise: signal(mutex)
```

Ejercicios

- **Ejercicio 3:** Implementar un semáforo general en base a uno (o varios) semáforo binarios

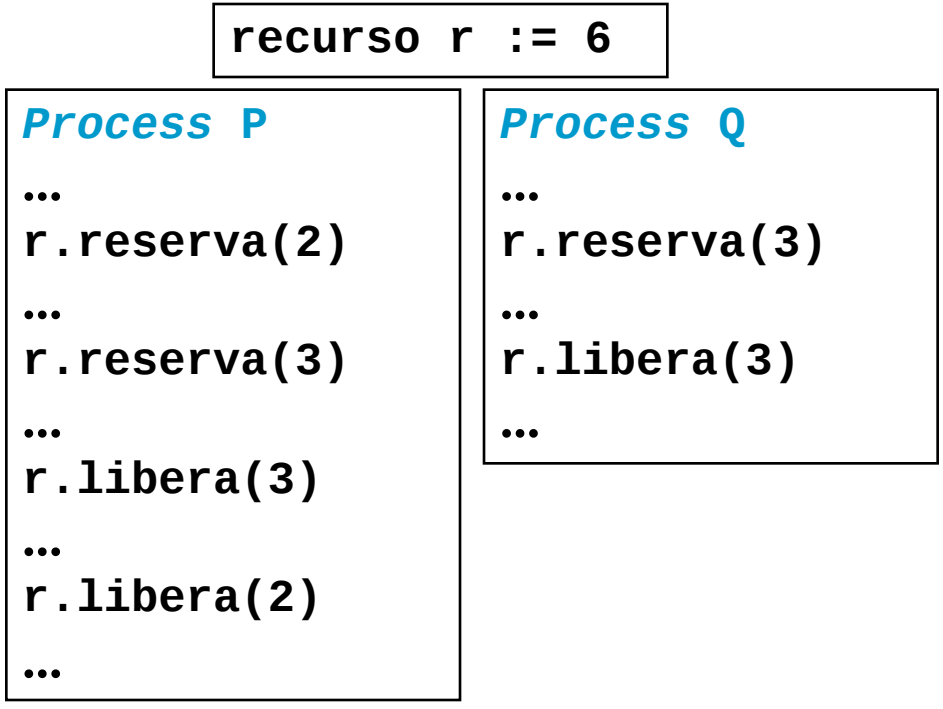
- **Ejercicio 4 (para después)**: Problema de uso de recursos: **n** procesos compiten por el uso de un recurso, del que se disponen de **k** unidades. Las peticiones de uso del recurso son del tipo:

  reserva(r): --necesito se me concedan, "de golpe", r unidades del recurso

  libera(l): --libero, "de golpe", l unidades del recurso, que previamente se me habían concedido

El paso del testigo

- Aplicarlo al siguiente ejemplo



Ejercicios

- **Ejercicio 5**: Considerar el siguiente programa, que presenta un problema: nada impide que se use una variable en una expresión con un valor todavía indefinido.
- Se pide lo siguiente. Utilizando semáforos, completar el código de dicho programa de manera que nunca una variable sea usada en una expresión antes de que se le haya asignado un valor, ya sea mediante una instrucción `leer` o una asignación.
- Explicar cómo se generalizaría dicha solución para cualquier programa. ¿Podría un programa escrito de acuerdo a la propuesta anterior llegar a bloquearse? Si es así, escribir un ejemplo sencillo de bloqueo. Si no es posible, justificar "de manera convincente" por qué es así.

```
integer a,b,c,d
Process P1::
   leer(a);
   c := a+b
   b := 2*d

Process P2::
   leer(c)
   leer(d)
   b := a+d+c

Process P3::
   d := 2*a+c
```

El problema de los lectores/escritores

- **Problema**:
  - dos tipos de procesos para acceder a una base de datos:
    - lectores: consultan la BBDD
    - escritores: consultan y modifican la BBDD
  - cualquier transacción aislada mantiene la consistencia de la BBDD
  - cuando un escritor accede a la BBDD, es el único proceso que la puede usar
  - varios lectores pueden acceder simultáneamente

El problema de los lectores/escritores

```
semaphore permiso := 1
```

```
Process lector(i:1..n)::

loop forever
    --protocolo entrada
    read a data
    --protocolo salida
```

```
Process escritor(i:1..m)::

loop forever
    produce a data
    --protocolo entrada
    write the data
    --protocolo salida
```

El problema de los lectores/escritores

```
semaphore permiso := 1
```

```
Process lector(i:1..n)::

loop forever
    wait(permiso)
    read a data
    signal(permiso)
```

```
Process escritor(i:1..m)::

loop forever
    produce a data
    wait(permiso)
    write the data
    signal(permiso)
```

El problema de los lectores/escritores. Prioridad

```
Process Lector(i:1..n)::
loop
   ....
   if escritor escribiendo OR
                       esperando
      esperarParaLeer
   end if
   avisar "sig." lector espera
   leeBaseDatos
   if último AND escritor
                   esperando
      avisarle
   end if
   ....
end loop
```

```
Process Escritor(i:1..m)::
loop
   ....
   if escritor escribiendo OR
         leyendo
      esperarParaEsc
   end if
   escribeBaseDatos
   if escritor esperando
      avisarle
   else if lector esperando
            avisarle
        end if
   end if
   ....
end loop
```

El prol

```
integer numLec:=0, numLE:=0, numEE:=0
boolean escribiendo := false
semaphore puedesLeer:=0, puedesEscribir:=0
```

```
Process Lector(i:1..n);
loop
  ....
  if escritor escribiendo OR
                    esperando
     esperarParaLeer
  end if
  avisar "sig." lector espera
  leeBaseDatos
  if último AND escritor
                esperando
     avisarle
  end if
  ....
end loop
```

```
Process Escritor(i:1..m);
loop
  ....
  if escritor escribiendo OR
       leyendo
     esperarParaEsc
  end if
  escribeBaseDatos
  if escritor esperando
     avisarle
  else if lector esperando
          avisarle
       end if
  end if
  ....
end loop
```

El prol

```
integer numLec:=0, numLE:=0, numEE:=0
boolean escribiendo := false
semaphore puedesLeer:=0, puedesEscribir:=0
semaphore mutex:=1
```

```
Process L
loop
   ....
   if escritor escribiendo OR
                       esperando
      esperarParaLeer
   end if
   avisar "sig." lector espera
   leeBaseDatos
   if último AND escritor
                   esperando
      avisarle
   end if
   ....
end loop
```

```
loop
   ....
   if escritor escribiendo OR
         leyendo
      esperarParaEsc
   end if
   escribeBaseDatos
   if escritor esperando
      avisarle
   else if lector esperando
            avisarle
      end if
   end if
   ....
end loop
```

```
integer numLec:=0, numLE:=0, numEE:=0
boolean escribiendo := false
semaphore mutex:=1, puedesLeer:=0, puedesEscribir:=0

Process Lector(i:1..m)::
loop
  ....
  wait(mutex)
  if escribiendo OR numEE>0
    numLE := numLE+1
    signal(mutex)
    wait(puedesLeer)
    numLE := numLE-1
  end if
  numLec := numLec+1
  if numLE>0
     signal(puedesLeer)
  else
     signal(mutex)
  end if
end loop
```

Prioridad a escritores

```
....
  leeBaseDeDatos
  wait(mutex)
  numLec := numLec-1
  if numLec=0 AND numEE>0
     signal(puedesEscribir)
  else
     signal(mutex)
  end if
....
```

escritores

Prioridad a escritores

```
...
Process Escritor(i:1..n)::
loop
  ....
  wait(mutex)
  if numLec>0 OR escribiendo
    numEE := numEE+1
    signal(mutex)
    wait(puedesEscribir)
    numEE := numEE-1
  end if
  escribiendo := TRUE
  signal(mutex)
  escribirBBDD

end loop
```

```
....
  wait(mutex)
  if numEE>0
    signal(puedesEscribir)
  else  escribiendo := FALSE
        if numLE>0
           signal(puedesLeer)
        else
           signal(mutex)
        FSi
  end if
```

```
integer numLec:=0, numLE:=0, numEE:=0
boolean escribiendo := false
semaphore mutex:=1, puedesLeer:=0, puedesEscribir:=0

Process Lector(i:1..m)::
loop
  ....
  wait(mutex)
  if escribiendo OR numEE>0
    numLE := numLE+1
    signal(mutex)
    wait(puedesLeer)
    numLE := numLE-1
  end if
  numLec := numLec+1
  AVISAR()
end loop
```

Prioridad a escritores

```
....
  leeBaseDeDatos
  wait(mutex)
  numLec := numLec-1
  AVISAR()
....
```

escritores

Prioridad a escritores

```
...
Process Escritor(i:1..n)::
loop
  ....
  wait(mutex)
  if numLec>0 OR escribiendo
    numEE := numEE+1
    signal(mutex)
    wait(puedesEscribir)
    numEE := numEE-1
  end if
  escribiendo := TRUE
  signal(mutex)
  escribirBBDD

end loop
```

```
....
  wait(mutex)
  if numEE>0
    signal(puedesEscribir)
  else  escribiendo := FALSE
        if numLE>0
           signal(puedesLeer)
        else
           signal(mutex)
        FSi
  end if
```

Ejercicios

- **Ejercicio 6:** Plantéese una solución al problema de los filósofos de manera que cada filósofo toma los dos tenedores simultáneamente, y también los deja simultáneamente

  - Nótese que de esta manera se evitan los estados de «hold-and-wait» y, por tanto, no puede haber estados de bloqueo

Ejer

Ejercicio 2 (2.0 ptos.)

El listado que aparece a continuación corresponde a un programa concurrente en el que nP procesos permutan valores de un vector de enteros. Se pide completar el código, utilizando semáforos, de manera que no haya interferencias entre los procesos en el acceso a las componentes del vector. No es aceptable una secuencialización total del programa.

```
-----------------------------------------------------------
        constant integer n := ... --n>0
                          nP := ... --nP>0
        integer array[1..n] datos := ... --lo que sea

process P(i: 1..nP)::
   integer i1,i2,temp

   loop forever
       get(i1,i2) --1<=i1<=n AND 1<=i2<=n
       temp := datos[i1]
       datos[i1] := datos[i2]
       datos[i2] := temp
   end loop
end process
-----------------------------------------------------------
```