

# Programación Concurrente

## Clase 4



Facultad de Informática  
UNLP

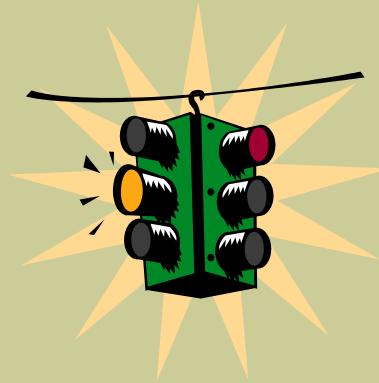
# Links a los archivos con audio (formato MP4)

El archivo con la clase con audio está en formato MP4. En el link de abajo está el video comprimido en archivo RAR.

- ◆ Semáforos

<https://drive.google.com/uc?id=1MjOhte-Wv6nQh0V42bwiEJ-HlO2m7rEJ&export=download>

# Semáforos



# Defectos de la sincronización por *Busy Waiting*

- **Protocolos “*busy-waiting*”:** complejos y sin clara separación entre variables de sincronización y las usadas para computar resultados.
- Es difícil diseñar para probar corrección. Incluso la verificación es compleja cuando se incrementa el número de procesos.
- Es una técnica ineficiente si se la utiliza en multiprogramación. Un procesador ejecutando un proceso *spinning* puede ser usado de manera más productiva por otro proceso.

⇒ ***Necesidad de herramientas para diseñar protocolos de sincronización.***

# Semáforos

Descriptos en 1968 por Dijkstra  
([www.cs.utexas.edu/users/EWD/welcome.html](http://www.cs.utexas.edu/users/EWD/welcome.html))

***Semáforo***  $\Rightarrow$  instancia de un tipo de datos abstracto (o un objeto) con sólo 2 operaciones (métodos) atómicas: ***P*** y ***V***.

Internamente el valor de un semáforo es un entero *no negativo*:

- ***V***  $\rightarrow$  Señala la **ocurrencia de un evento** (incrementa).
  - ***P***  $\rightarrow$  Se usa para **demorar** un proceso **hasta que ocurra un evento** (decrementa).
- Analogía con la sincronización del tránsito para evitar colisiones.
  - Permiten proteger *Secciones Críticas* y pueden usarse para implementar *Sincronización por Condición*.

# Operaciones Básicas

- **Declaraciones**

**sem s; → NO. Si o si se deben inicializar en la declaración**  
sem mutex = 1;  
sem fork[5] = ([5] 1);

- **Semáforo general (o *counting semaphore*)**

$P(s): \langle \text{await } (s > 0) \ s = s-1; \rangle$   
 $V(s): \langle s = s+1; \rangle$

- **Semáforo binario**

$P(b): \langle \text{await } (b > 0) \ b = b-1; \rangle$   
 $V(b): \langle \text{await } (b < 1) \ b = b+1; \rangle$

Si la implementación de la demora por operaciones  $P$  se produce sobre una *cola*, las operaciones son *fair*

**(EN LA MATERIA NO SE PUEDE SUPONER ESTE TIPO DE IMPLEMENTACIÓN)**

# Problemas básicos y técnicas

## Sección Crítica: *Exclusión Mutua*

```
bool lock=false;
```

```
process SC[i=1 to n]
{ while (true)
  { <await (not lock) lock = true;>
    sección crítica;
    lock = false;
    sección no crítica;
  }
}
```

Cambio de  
variable



```
bool free = true;
```

```
process SC[i=1 to n]
{ while (true)
  { <await (free) free = false;>
    sección crítica;
    free = true;
    sección no crítica;
  }
}
```

Podemos representar *free* con un entero, usar 1 para *true* y 0 para *false*  $\Rightarrow$  se puede asociar a las operaciones soportadas por los semáforos.

```
int free = 1;
```

```
process SC[i=1 to n]
{ while (true)
  { <await (free==1) free = 0;>
    sección crítica;
    free = 1;
    sección no crítica;
  }
}
```

# Problemas básicos y técnicas

## Sección Crítica: *Exclusión Mutua*

```
int free = 1;

process SC[i=1 to n]
{ while (true)
  { <await (free==1) free = 0;>
    sección crítica;
    free = 1;
    sección no crítica;
  }
}
```



```
int free = 1;

process SC[i=1 to n]
{ while (true)
  { <await (free > 0) free = free - 1;>
    sección crítica;
    <free = free + 1>;
    sección no crítica;
  }
}
```

```
sem free= 1;
process SC[i=1 to n]
{ while (true)
  { P(free);
    sección crítica;
    V(free);
    sección no crítica;
  }
}
```

Es más simple que las soluciones *busy waiting*.

**¿Y si inicializo free= 0?**



# Problemas básicos y técnicas

## Barreras: señalización de eventos

- **Idea:** un semáforo para cada *flag* de sincronización. Un proceso setea el *flag* ejecutando *V*, y espera a que un *flag* sea seteado y luego lo limpia ejecutando *P*.
- **Barrera para dos procesos:** necesitamos saber cada vez que un proceso llega o parte de la barrera  $\Rightarrow$  *relacionar los estados de los dos procesos*.

**Semáforo de señalización**  $\Rightarrow$  generalmente inicializado en 0. Un proceso señala el evento con *V(s)*; otros procesos esperan la ocurrencia del evento ejecutando *P(s)*.

```
sem llega1=0, llega2=0;
process Worker1
{ .....
  V(llega1); P(llega2);
  .....
}

process Worker2
{ .....
  V(llega2); P(llega1);
  .....
}
```

Puede usarse la barrera para dos procesos para implementar una **butterfly barrier** para *n*, o sincronización con un coordinador central.

**¿Qué sucede si los procesos primero hacen P y luego V?**

# Problemas básicos y técnicas

## Productores y Consumidores: *semáforos binarios divididos*

***Semáforo Binario Dividido (Split Binary Semaphore).*** Los semáforos binarios  $b_1, \dots, b_n$  forman un SBS en un programa si el siguiente es un invariante global:

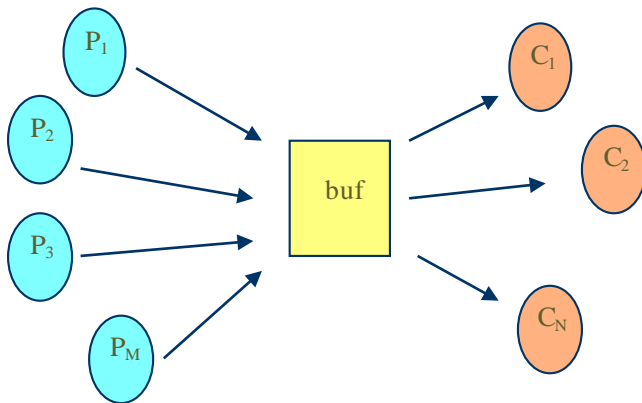
$$SPLIT: 0 \leq b_1 + \dots + b_n \leq 1$$

- Los  $b_i$  pueden verse como un único semáforo binario  $b$  que fue dividido en  $n$  semáforos binarios.
- Importantes por la forma en que pueden usarse para implementar EM (en general la ejecución de los procesos inicia con un  $P$  sobre un semáforo y termina con un  $V$  sobre otro de ellos).
- Las sentencias entre el  $P$  y el  $V$  ejecutan con exclusión mutua.

# Problemas básicos y técnicas

## Productores y Consumidores: *semáforos binarios divididos*

**Ejemplo:** buffer unitario compartido con múltiples productores y consumidores. Dos operaciones: *depositar* y *retirar* que deben alternarse.



```
typeT buf; sem vacio = 1, lleno = 0;
```

```
process Productor [i = 1 to M]
```

```
{ while(true)
```

```
{ ...
```

```
  producir mensaje datos
```

```
  P(vacio); buf = datos; V(lleno); #depositar
```

```
}
```

```
}
```

```
process Consumidor[j = 1 to N]
```

```
{ while(true)
```

```
{ P(lleno); resultado = buf; V(vacio); #retirar
```

```
  consumir mensaje resultado
```

```
  ...
```

```
}
```

```
}
```

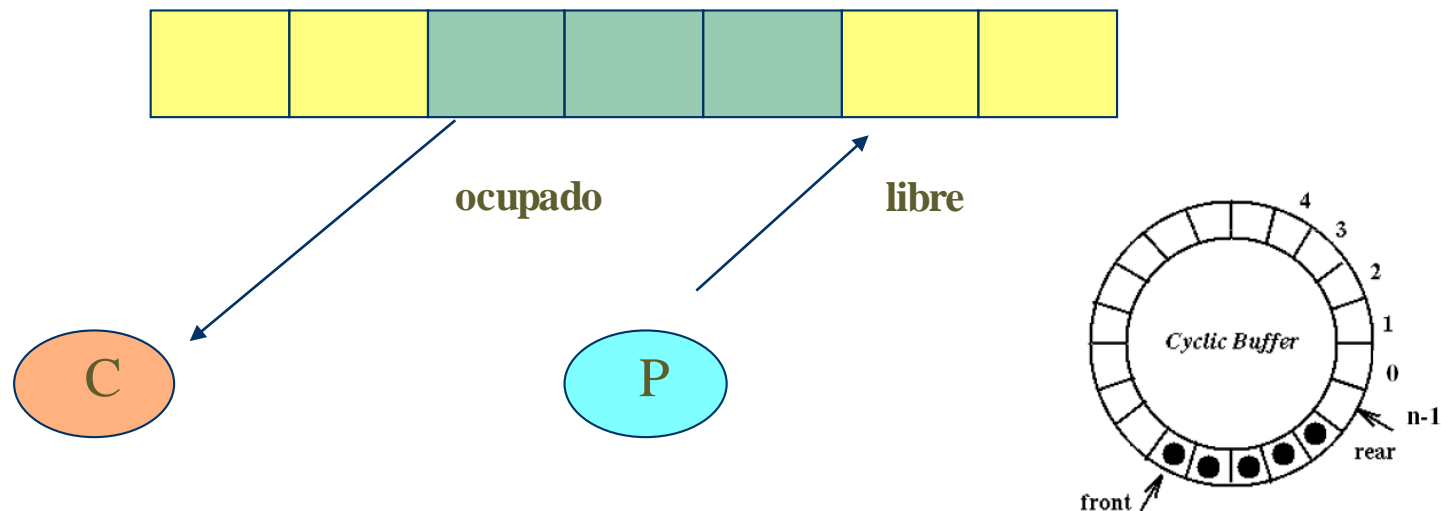
*vacio* y *lleno* (juntos) forman un “*semáforo binario dividido*”.

# Problemas básicos y técnicas

## Buffers Limitados: *Contadores de Recursos*

***Contadores de Recursos:*** cada semáforo cuenta el número de unidades libres de un recurso determinado. Esta forma de utilización es adecuada cuando los procesos compiten por recursos de ***múltiples unidades***.

**Ejemplo:** un buffer es una cola de mensajes depositados y aún no buscados. Existe UN productor y UN consumidor que ***depositan*** y ***retiran*** elementos del buffer.



# Problemas básicos y técnicas

## Buffers Limitados: *Contadores de Recursos*

```
typeT buf[n]; int ocupado = 0, libre = 0;
sem vacio = n, lleno = 0;

process Productor
{ while(true)
  { ...
    producir mensaje datos
    P(vacio); buf[libre] = datos; libre = (libre+1) mod n; V(lleno); #depositar
  }
}

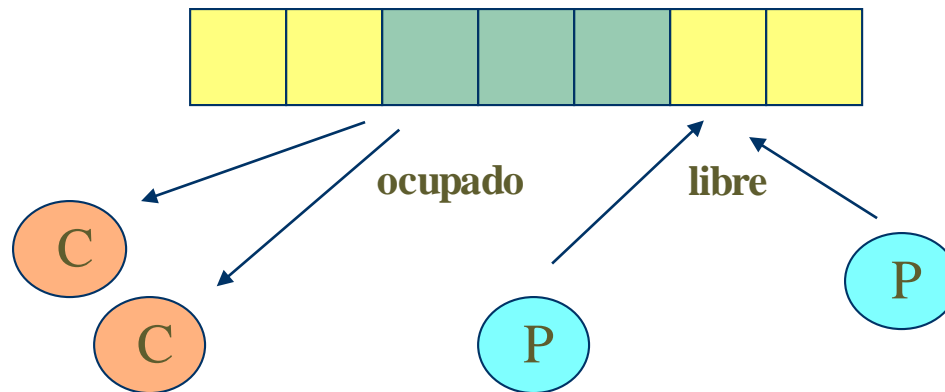
process Consumidor
{ while(true)
  { P(lleno); resultado = buf[ocupado]; ocupado = (ocupado+1) mod n; V(vacio); #retirar
    consumir mensaje resultado
    ...
  }
}
```

- *vacio* cuenta los lugares libres, y *lleno* los ocupados.
- *depositar* y *retirar* se pudieron asumir atómicas pues sólo hay un productor y un consumidor.
- ¿Qué ocurre si hay más de un productor y/o consumidor?

# Problemas básicos y técnicas

## Buffers Limitados: *Contadores de Recursos*

Si hay más de un productor y/o más de un consumidor, las operaciones de depositar y retirar en sí mismas son SC y deben ejecutar con Exclusión Mutua. ¿Cuáles serían las consecuencias de no protegerlas?



Si no se protege cada slot, podría retirarse dos veces el mismo dato o perderse datos al sobrescribirlo.

# Problemas básicos y técnicas

## Buffers Limitados: *Contadores de Recursos*

```
typeT buf[n]; int ocupado = 0, libre = 0;
```

```
sem vacio = n, lleno = 0;
```

```
sem mutexD = 1, mutexR = 1;
```

```
process Productor [i = 1..M]
```

```
{ while(true)
```

```
    { producir mensaje datos
```

```
      P(vacio);
```

```
      P(mutexD); buf[libre] = datos; libre = (libre+1) mod n; V(mutexD);
```

```
      V(lleno);
```

```
    }
```

```
}
```

```
process Consumidor [i = 1..N]
```

```
{ while(true)
```

```
    { P(lleno);
```

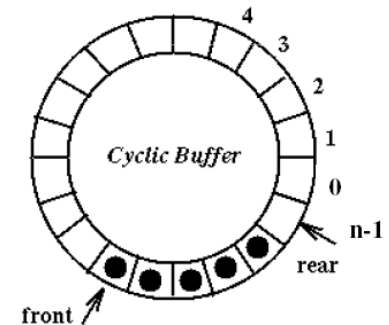
```
      P(mutexR); resultado = buf[ocupado]; ocupado = (ocupado+1) mod n; V(mutexR);
```

```
      V(vacio);
```

```
      consumir mensaje resultado
```

```
    }
```

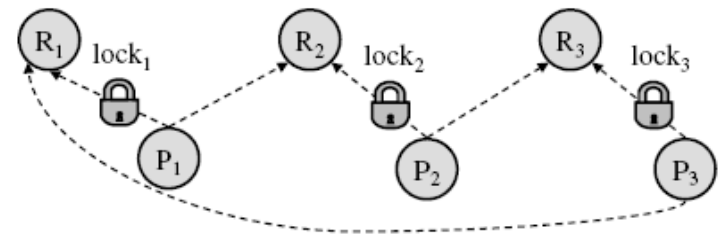
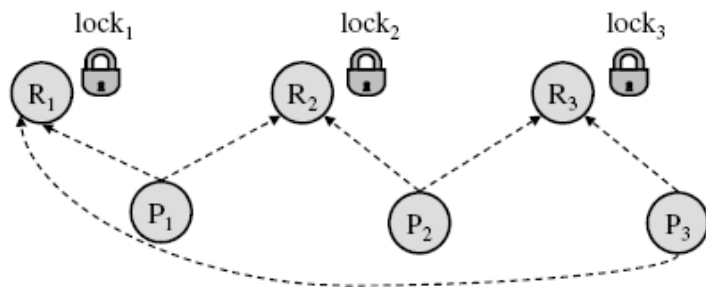
```
}
```



# Problemas básicos y técnicas

## Varios procesos compitiendo por varios recursos compartidos

- Problema de varios procesos ( $P$ ) y varios recursos ( $R$ ) cada uno protegido por un *lock*.
- Un proceso debe adquirir los *locks* de todos los recursos que necesita.
- Puede caerse en *deadlock* cuando varios procesos compiten por conjuntos superpuestos de recursos.
- Por ejemplo: cada  $P[i]$  necesita  $R[i]$  y  $R[(i+1) \bmod n] \Rightarrow$  ¿Cuándo se da el *Deadlock*?





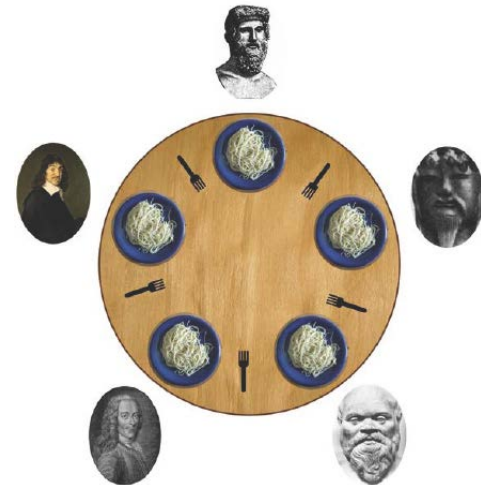
# Problemas básicos y técnicas

## Problema de los filósofos: *exclusión mutua selectiva*

- Problema de exclusión mutua entre procesos que compiten por el acceso a conjuntos superpuestos de variables compartidas.

- **Problema de los filósofos:**

```
process Filosofo [i = 0 to 4]
{ while (true)
  { adquiere tenedores;
    come;
    libera tenedores;
    piensa;
  }
}
```



- **Cada tenedor es una SC:** puede ser tomado por un único filósofo a la vez  $\Rightarrow$  pueden representarse los tenedores por un arreglo de semáforos.
- Levantar un tenedor  $\Rightarrow$  **P**                      Bajar un tenedor  $\Rightarrow$  **V**
- Cada filósofo necesita el tenedor izquierdo y el derecho.
- ¿Qué efecto puede darse si todos los filósofos hacen *exactamente* lo mismo?.

# Problemas básicos y técnicas

## Problema de los filósofos: *exclusión mutua selectiva*

```
sem tenedores [5] = { 1,1,1,1,1};

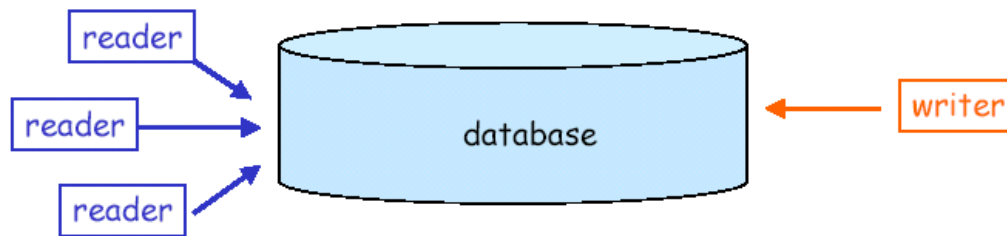
process Filososfos[i = 0..3]
{ while(true)
  { P(tenedor[i]); P(tenedor[i+1]);
    comer;
    V(tenedor[i]); V(tenedor[i+1]);
  }
}

process Filososfos[4]
{ while(true)
  { P(tenedor[0]); P(tenedor[4]);
    comer;
    V(tenedor[0]); V(tenedor[4]);
  }
}
```

# Problemas básicos y técnicas

## Lectores y escritores

- **Problema:** dos clases de procesos (*lectores* y *escritores*) comparten una Base de Datos. El acceso de los *escritores* debe ser exclusivo para evitar interferencia entre transacciones. Los *lectores* pueden ejecutar concurrentemente entre ellos si no hay escritores actualizando.



- Procesos asimétricos y, según el scheduler, con diferente prioridad.
- Es también un problema de ***exclusión mutua selectiva***: clases de procesos compiten por el acceso a la BD.
- Diferentes soluciones:
  - Como problema de exclusión mutua.
  - Como problema de sincronización por condición.

# Problemas básicos y técnicas

## Lectores y escritores: *como problema de exclusión mutua*

- Los escritores necesitan acceso mutuamente exclusivo.
- Los lectores (como grupo) necesitan acceso exclusivo con respecto a cualquier escritor.

```
sem rw = 1;
process Lector [i = 1 to M]
{ while(true)
  { ...
    P(rw);
    lee la BD;
    V(rw);
  }
}
process Escritor [j = 1 to N]
{ while(true)
  { ...
    P(rw);
    escribe la BD;
    V(rw);
  }
}
```

### *No hay concurrencia entre lectores*

- Los lectores (como grupo) necesitan bloquear a los escritores, pero sólo el primero necesita tomar el *lock* ejecutando  $P(rw)$ .
- Análogamente, sólo el último lector debe hacer  $V(rw)$ .

# Problemas básicos y técnicas

## Lectores y escritores: *como problema de exclusión mutua*

```
int nr = 0;           # número de lectores activos
sem rw = 1;           # bloquea el acceso a la BD
```

```
process Escritor [j = 1 to N]
{ while(true)
  { ...
    P(rw);
    escribe la BD;
    V(rw);
  }
}
```

```
process Lector [i = 1 to M]
{ while(true)
  { ...
    < nr = nr + 1; if (nr == 1) P(rw); >
    lee la BD;
    < nr = nr - 1; if (nr == 0) V(rw); >
  }
}
```

# Problemas básicos y técnicas

## Lectores y escritores: *como problema de exclusión mutua*

```
int nr = 0;           # número de lectores activos
sem rw = 1;           # bloquea el acceso a la BD
sem mutexR = 1;       # bloquea el acceso de los lectores a nr
```

```
process Escritor [j = 1 to N]
{ while(true)
  { ...
    P(rw);
    escribe la BD;
    V(rw);
  }
}
```

```
process Lector [i = 1 to M]
{ while(true)
  { ...
    P(mutexR);
    nr = nr + 1;
    if (nr == 1) P(rw);
    V(mutexR);
    lee la BD;
    P(mutexR);
    nr = nr - 1;
    if (nr == 0) V(rw);
    V(mutexR);
  }
}
```

# Problemas básicos y técnicas

## Lectores y escritores: *sincronización por condición*

- Solución anterior  $\Rightarrow$  preferencia a los lectores  $\Rightarrow$  no es *fair*.
- Otro enfoque  $\Rightarrow$  introduce la técnica *passing the baton*: emplea SBS para brindar exclusión y despertar procesos demorados.
- Puede usarse para implementar *await* arbitrarios, controlando de forma precisa el orden en que los procesos son despertados
- En este caso, pueden contarse (por medio de *nr* y *nw*) los procesos de cada clase intentando acceder a la BD, y luego restringir el valor de los contadores. ¿Cuáles son los estados buenos y malos de *nr* y *nw*?

```
int nr = 0, nw = 0;
```

```
process Lector [i = 1 to M]
```

```
{ while(true)
```

```
  { ...
```

```
    < await (nw == 0) nr = nr + 1; >
```

```
    lee la BD;
```

```
    < nr = nr - 1; >
```

```
  }
```

```
}
```

```
process Escritor [j = 1 to N]
```

```
{ while(true)
```

```
  { ...
```

```
    < await (nr==0 and nw==0) nw=nw+1; >
```

```
    escribe la BD;
```

```
    < nw = nw - 1; >
```

```
  }
```

```
}
```

# Problemas básicos y técnicas

## *Técnica Passing de Baton*

- En algunos casos, *await* puede ser implementada directamente usando semáforos u otras operaciones primitivas. *Pero no siempre...*
- En el caso de las guardas de los *await* en la solución anterior, se superponen en que el protocolo de entrada para escritores necesita que tanto **nw** como **nr** sean 0, mientras para lectores sólo que **nw** sea 0.
- Ningún semáforo podría discriminar entre estas condiciones → *Passing the baton.*

*Passing the baton*: técnica general para implementar sentencias *await*.

Cuando un proceso está dentro de una SC mantiene el *baton* (*testimonio*, *token*) que significa permiso para ejecutar.

Cuando el proceso llega a un **SIGNAL** (sale de la SC), pasa el *baton* (control) a otro proceso. Si ningún proceso está esperando por el *baton* (es decir esperando entrar a la SC) el *baton* se libera para que lo tome el próximo proceso que trata de entrar.



# Problemas básicos y técnicas

## *Técnica Passing de Baton*

La sincronización se expresa con sentencias atómicas de la forma:

$$F_1 : \langle S_i \rangle \quad \text{o} \quad F_2 : \langle \text{await } (B_j) S_j \rangle$$

Puede hacerse con semáforos binarios divididos (SBS).

$e$  semáforo binario inicialmente  $1$  (controla la entrada a sentencias atómicas).

Utilizamos un semáforo  $b_j$  y un contador  $d_j$  cada uno con guarda diferente  $B_j$ ; todos inicialmente  $0$ .

$b_j$  se usa para demorar procesos esperando que  $B_j$  sea *true*.

$d_j$  es un contador del número de procesos demorados sobre  $b_j$ .

$e$  y los  $b_j$  se usan para formar un SBS: a lo sumo uno a la vez es  $1$ , y cada camino de ejecución empieza con un  $P$  y termina con un único  $V$ .

# Problemas básicos y técnicas

## *Técnica Passing de Baton*

$F_1 :$  P(e);  
S<sub>i</sub>;  
SIGNAL;

⟨ S<sub>i</sub> ⟩

$F_2 :$  P(e);  
if (not B<sub>j</sub>) {d<sub>j</sub> = d<sub>j</sub> + 1; V(e); P(b<sub>j</sub>); }  
S<sub>j</sub>;  
SIGNAL

⟨ await (B<sub>j</sub>) S<sub>j</sub> ⟩

**SIGNAL:** if (B<sub>1</sub> and d<sub>1</sub> > 0) {d<sub>1</sub> = d<sub>1</sub> - 1; V(b<sub>1</sub>)}  
□ ...  
□ (B<sub>n</sub> and d<sub>n</sub> > 0) {d<sub>n</sub> = d<sub>n</sub> - 1; V(b<sub>n</sub>)}  
□ else V(e);  
fi

# Problemas básicos y técnicas

## Lectores y escritores: *Técnica Passing de Baton*

```
int nr = 0, nw = 0;

process Lector [i = 1 to M]
{ while(true)
  { ...
    < await (nw == 0) nr = nr + 1; >
    lee la BD;
    < nr = nr - 1; >
  }
}

process Escritor [j = 1 to N]
{ while(true)
  { ...
    < await (nr==0 and nw==0) nw=nw+1; >
    escribe la BD;
    < nw = nw - 1; >
  }
}
```

```
int nr = 0, nw = 0, dr = 0, dw = 0;
sem e = 1, r = 0, w = 0;

process Lector [i = 1 to M]
{ while(true) {
  P(e);
  if (nw > 0){ dr = dr+1; V(e); P(r); }
  nr = nr + 1;
  SIGNAL1 ;
  lee la BD;
  P(e); nr = nr - 1; SIGNAL2 ;
}
}

process Escritor [j = 1 to N]
{ while(true) {
  P(e);
  if (nr > 0 or nw > 0) { dw = dw+1; V(e); P(w); }
  nw = nw + 1;
  SIGNAL3 ;
  escribe la BD;
  P(e); nw = nw - 1; SIGNAL4 ;
}
}
```

# Problemas básicos y técnicas

## Lectores y escritores: *Técnica Passing de Baton*

```
int nr = 0, nw = 0, dr = 0, dw = 0;
sem e = 1, r = 0, w = 0;

process Lector [i = 1 to M]
{ while(true)
  { P(e);
    if (nw > 0){ dr = dr+1; V(e); P(r); }
    nr = nr + 1;
    SIGNAL1 ;
    lee la BD;
    P(e); nr = nr - 1; SIGNAL2 ;
  }
}

process Escritor [j = 1 to N]
{ while(true)
  { P(e);
    if (nr > 0 or nw > 0) { dw = dw+1; V(e); P(w); }
    nw = nw + 1;
    SIGNAL3 ;
    escribe la BD;
    P(e); nw = nw - 1; SIGNAL4 ;
  }
}
```

El rol de los **SIGNAL<sub>i</sub>** es el de señalar *exactamente* a uno de los semáforos  $\Rightarrow$  los procesos se van pasando el *baton*.

**SIGNAL<sub>i</sub>** es una abreviación de:

```
if (nw == 0 and dr > 0)
  { dr = dr - 1; V(r); }
elsif (nr == 0 and nw == 0 and dw > 0)
  { dw = dw - 1; V(w); }
else V(e);
```

Algunos de los SIGNAL se pueden simplificar.

# Problemas básicos y técnicas

## Lectores y escritores: *Técnica Passing de Baton*

```
int nr = 0, nw = 0, dr = 0, dw = 0;
```

```
sem e = 1, r = 0, w = 0;
```

```
process Lector [i = 1 to M]
{ while(true)
  { P(e);
    if (nw > 0) { dr = dr+1; V(e); P(r); }
    nr = nr + 1;
    if (dr > 0) { dr = dr - 1; V(r); }
    else V(e);
    lee la BD;
    P(e);
    nr = nr - 1;
    if (nr == 0 and dw > 0)
      { dw = dw - 1; V(w); }
    else V(e);
  }
}
```

```
process Escritor [j = 1 to N]
{ while(true)
  { P(e);
    if (nr > 0 or nw > 0)
      { dw=dw+1; V(e); P(w); }
    nw = nw + 1;
    V(e);
    escribe la BD;
    P(e);
    nw = nw - 1;
    if (dr > 0) { dr = dr - 1; V(r); }
    elseif (dw > 0) { dw = dw - 1; V(w); }
    else V(e);
  }
}
```

Da preferencia a los lectores  $\Rightarrow$  ¿Cómo puede modificarse?

# Alocación de Recursos y Scheduling

**Problema:** decidir cuándo se le puede dar a un proceso determinado acceso a un recurso.

**Recurso:** cualquier objeto, elemento, componente, dato, SC, por la que un proceso puede ser demorado esperando adquirirlo.

**Definición del problema:** procesos que compiten por el uso de unidades de un recurso compartido (cada unidad está *libre* o *en uso*).

*request (parámetros):*  $\langle \text{await (request puede ser satisfecho) tomar unidades;} \rangle$

*release (parámetros):*  $\langle \text{retornar unidades;} \rangle$

- Puede usarse Passing the Baton:

*request (parámetros):* P(e);  
if (request no puede ser satisfecho) DELAY;  
*tomar las unidades;*  
SIGNAL;

*release (parámetros):* P(e);  
*retornar unidades;*  
SIGNAL;

# Alocación de Recursos y Scheduling

## *Alocación Shortest-Job-Next (SJN)*

- Varios procesos que compiten por el uso de un recurso compartido *de una sola unidad*.
- **request** (tiempo,id). Si el recurso está libre, es alocado inmediatamente al proceso *id*; sino, el proceso *id* se demora.
- **release** ( ). Cuando el recurso es liberado, es alocado al proceso demorado (si lo hay) con el mínimo valor de *tiempo*. Si dos o más procesos tienen el mismo valor de *tiempo*, el recurso es alocado al que esperó más.
- SJN minimiza el tiempo promedio de ejecución, aunque *es unfair* (¿por qué?). Puede mejorarse con la técnica de *aging* (dando preferencia a un proceso que esperó mucho tiempo).
- Para el caso general de alocación de recursos (NO SJN):
  - bool libre = true;
  - request** (tiempo,id): ⟨await (libre) libre = false;⟩
  - release** (): ⟨libre = true;⟩

# Alocación de Recursos y Scheduling

## Alocación *Shortest-Job-Next* (SJN)

- En SJN, un proceso que invoca a *request* debe demorarse hasta que el recurso esté libre y su pedido sea el próximo en ser atendido de acuerdo a la política. El parámetro tiempo entra en juego sólo si un pedido debe ser demorado.

```
request (tiempo, id):  
    P(e);  
    if (not libre) DELAY;  
    libre = false;  
    SIGNAL;
```

```
release ():  
    P(e);  
    libre = true;  
    SIGNAL;
```

- En **DELAY** un proceso:
    - Inserta sus parámetros en un conjunto, cola o lista de espera (*pares*).
    - Libera la SC ejecutando V(e).
    - Se demora en un semáforo hasta que *request* puede ser satisfecho.
  - En **SIGNAL** un proceso:
    - Cuando el recurso es liberado, si *pares* no está vacío, el recurso es asignado a un proceso de acuerdo a SJN.
- Cada proceso tiene una condición de demora distinta, dependiendo de su posición en *pares*. El proceso *id* se demora sobre el semáforo *b[id]*.



# Alocación de Recursos y Scheduling

## *Alocación Shortest-Job-Next (SJN)*

```
bool libre = true; Pares = set of (int, int) =  $\emptyset$ ; sem e = 1, b[n] = ([n] 0);
```

```
request(tiempo,id):  P(e);  
                     if (! libre){ insertar (tiempo, id) en Pares; V(e); P(b[id]); }  
                     libre = false;  
                     V(e);
```

```
release( ):  P(e);  
             libre = true;  
             if (Pares  $\neq \emptyset$  ) { remover el primer par (tiempo,id) de Pares; V(b[id]); }  
             else V(e);
```

*s* es un **semáforo privado** si exactamente un proceso ejecuta operaciones **P** sobre *s*. Resultan útiles para señalar procesos individuales. Los semáforos *b[id]* son de este tipo.

# Alocación de Recursos y Scheduling

## *Alocación Shortest-Job-Next (SJN)*

```
bool libre = true; Pares = set of (int, int) =  $\emptyset$ ; sem e = 1, b[n] = ([n] 0);
```

***Process Cliente [id: 1..n]***

```
{ int sig;
```

```
  //Trabaja
```

```
  tiempo = //determina el tiempo de uso del recurso//
```

```
  P(e);
```

```
  if (! libre) { insertar (tiempo, id) en Pares;
```

```
                V(e);
```

```
                P(b[id]);
```

```
            }
```

```
  libre = false;
```

```
  V(e);
```

```
  //USA EL RECURSO
```

```
  P(e);
```

```
  libre = true;
```

```
  if (Pares  $\neq \emptyset$  ) { remover el primer par (tiempo, sig) de Pares;
```

```
                    V(b[sig]);
```

```
                }
```

```
  else V(e);
```

```
}
```

*¿Que modificaciones deberían realizarse para respetar el orden de llegada?*

*¿Que modificaciones deberían realizarse para generalizar la solución a recursos de múltiple unidad?*