

# Concurrencia y Paralelismo

## Clase 4



Facultad de Informática  
UNLP



# Monitores

# Conceptos básicos

## Semáforos ⇒

- Variables compartidas globales a los procesos.
- Sentencias de control de acceso a la *sección crítica* dispersas en el código.
- Al agregar procesos, se debe verificar acceso correcto a las *variables compartidas*.
- Aunque *exclusión mutua* y *sincronización por condición* son conceptos distintos, se programan de forma similar.

**Monitores:** módulos de programa con más estructura, y que pueden ser implementados tan eficientemente como los semáforos.

### Mecanismo de abstracción de datos:

- Encapsulan las representaciones de recursos.
- Brindan un conjunto de operaciones que son los únicos medios para manipular esos recursos.

Contiene variables que almacenan el estado del recurso y procedimientos que implementan las operaciones sobre él.

# Conceptos básicos

**Exclusión Mutua**  $\Rightarrow$  implícita asegurando que los *procedures* en el mismo monitor no ejecutan concurrentemente.

**Sincronización por Condición**  $\Rightarrow$  explícita con variables condición.

**Programa Concurrente**  $\Rightarrow$  procesos activos y monitores pasivos. Dos procesos interactúan llamando a los *procedures* de un monitor.

- Un monitor agrupa la representación y la implementación de un recurso compartido. Tiene *interfaz* y *cuerpo*:
  - La *interfaz* especifica operaciones que brinda el recurso (nombres de los *procedures*).
  - El *cuerpo* tiene variables que representan el estado del recurso y la implementación de los *procedures* indicados en la *interfaz*.
- Los procesos sólo conocen los nombres de los *procedures* de los monitores. Sintácticamente, los llamados al monitor tienen la forma:

*NombreMonitor.procedure (parámetros)*

# Notación

```
monitor NombreMonitor {  
    declaraciones de variables permanentes;  
    código de inicialización  
  
    procedure  $op_1$  (par. formales1)  
        { cuerpo de  $op_1$   
        }  
    .....  
    procedure  $op_n$  (par. formalesn)  
        { cuerpo de  $op_n$   
        }  
}
```

# Ejemplo de uso de monitores

Un corralón de materiales posee un servidor que resuelve pedidos de presupuestos de N Personas, el servidor atiende los pedidos de a uno a la vez y sin respetar ningún orden.

```
process Persona[id: 0..N-1]
{ .....
  SERVIDOR.resolver (lista, resultado);
  .....
}
```

```
monitor SERVIDOR
{
  procedure resolver (L: texto; R: out texto)
  {   R = CalcularPresupuesto (L);
  }

}
```

# Ejemplo de uso de monitores

Tenemos 5 procesos empleados que continuamente hacen algún producto. Hay un proceso coordinador que cada cierto tiempo debe ver la cantidad total de productos hechos.

```
process empleado[id: 0..4] {  
  while (true)  
  { .....  
    TOTAL.incrementar();  
    .....  
  }  
}
```

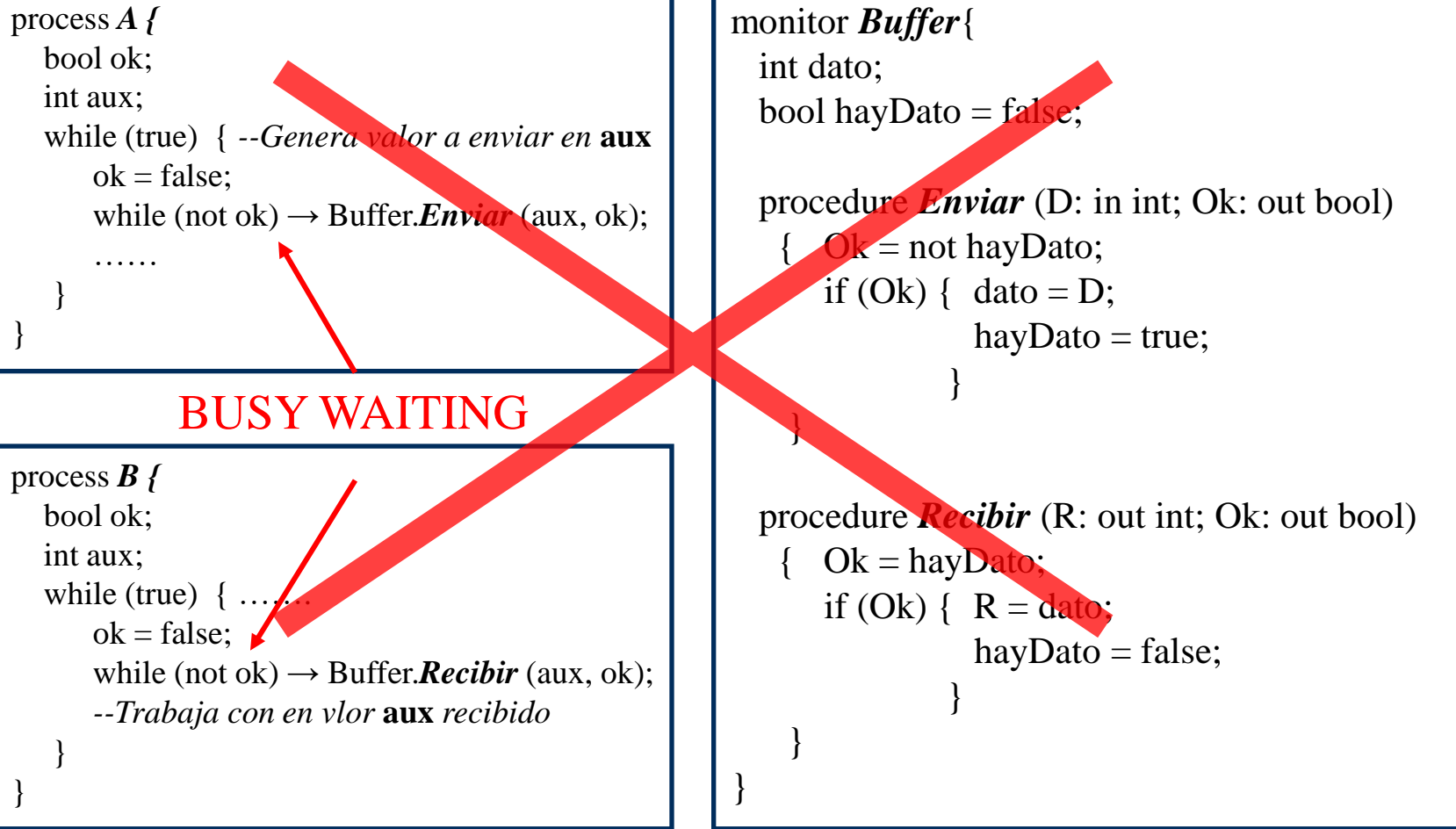
```
process coordinador{  
  int c;  
  while (true)  
  { .....  
    TOTAL.verificar(c);  
    .....  
  }  
}
```

```
monitor TOTAL {  
  int cant = 0;  
  
  procedure incrementar ()  
  {  cant = cant+1;  
  }  
  
  procedure verificar (R: out int)  
  {  R = cant;  
  }  
}
```

# Ejemplo de uso de monitores

Tenemos dos procesos A y B, donde A le debe comunicar un valor a B (múltiples veces).

```
process A {  
  bool ok;  
  int aux;  
  while (true) { --Genera valor a enviar en aux  
    ok = false;  
    while (not ok) → Buffer.Enviar (aux, ok);  
    .....  
  }  
}
```



**BUSY WAITING**

```
process B {  
  bool ok;  
  int aux;  
  while (true) { .....  
    ok = false;  
    while (not ok) → Buffer.Recibir (aux, ok);  
    --Trabaja con el valor aux recibido  
  }  
}
```

```
monitor Buffer {  
  int dato;  
  bool hayDato = false;  
  
  procedure Enviar (D: in int; Ok: out bool)  
  {  
    Ok = not hayDato;  
    if (Ok) { dato = D;  
              hayDato = true;  
            }  
  }  
  
  procedure Recibir (R: out int; Ok: out bool)  
  {  
    Ok = hayDato;  
    if (Ok) { R = dato;  
              hayDato = false;  
            }  
  }  
}
```



# Sincronización

La *sincronización por condición* es programada explícitamente con *variables condición* → cond cv;

El valor asociado a *cv* es una cola de procesos demorados, *no visible directamente* al programador. Operaciones sobre las *variables condición*:

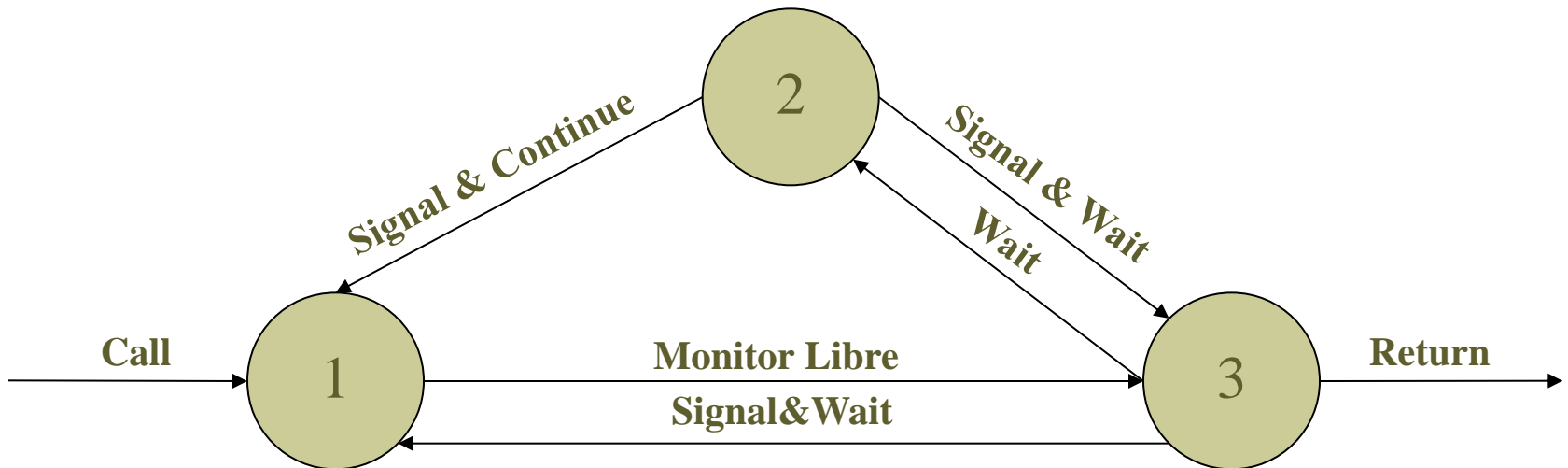
- **wait(cv)** → el proceso se demora al final de la cola de *cv* y deja el acceso exclusivo al monitor.
- **signal(cv)** → despierta al proceso que está al frente de la cola (si hay alguno) y lo saca de ella. *El proceso despertado recién podrá ejecutar cuando readquiera el acceso exclusivo al monitor.*
- **signal\_all(cv)** → despierta todos los procesos demorados en *cv*, quedando vacía la cola asociada a *cv*.

➤ Disciplinas de señalización:

- **Signal and continued** ⇒ *es el utilizado en la materia.*
- Signal and wait.

# Sincronización

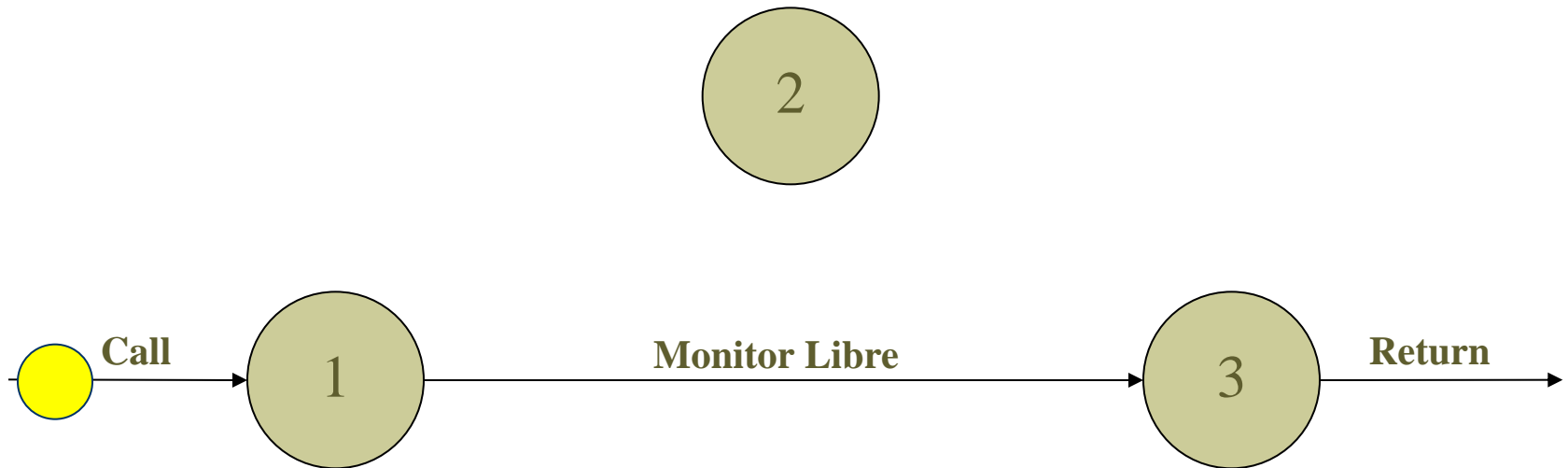
## *Signal and continue vs. Signal and Wait*



- 1- Espera acceso al monitor.
- 2- Cola por Variable Condición.
- 3- Ejecutando en el Monitor.

# Sincronización

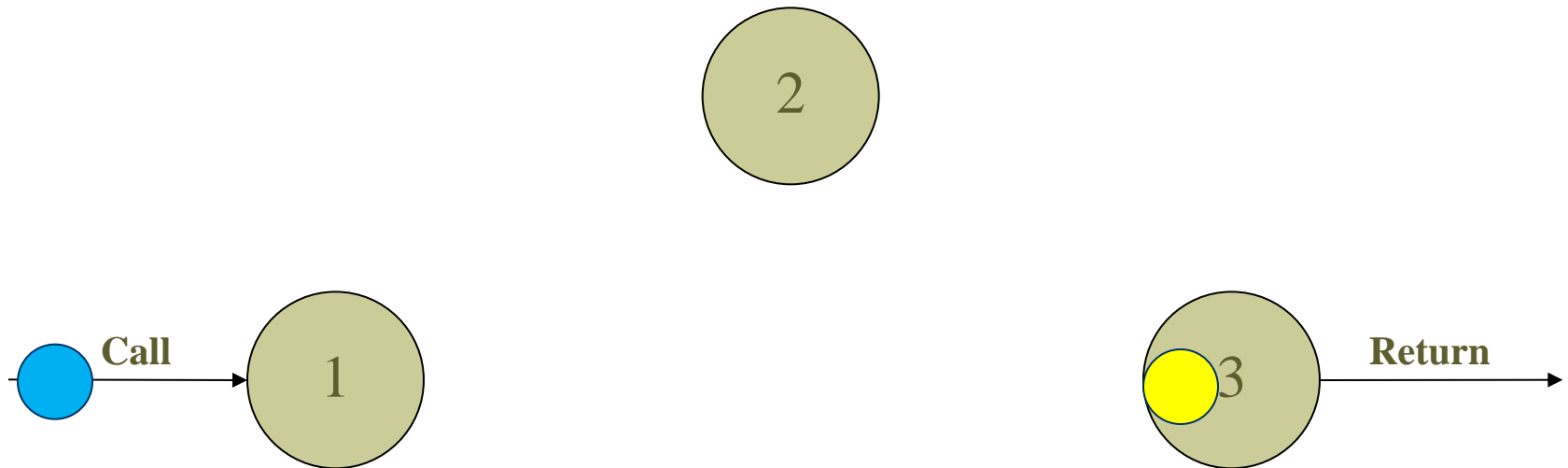
## *Llamado – Monitor Libre*



- 1- Espera acceso al monitor.
- 2- Cola por Variable Condición.
- 3- Ejecutando en el Monitor.

# Sincronización

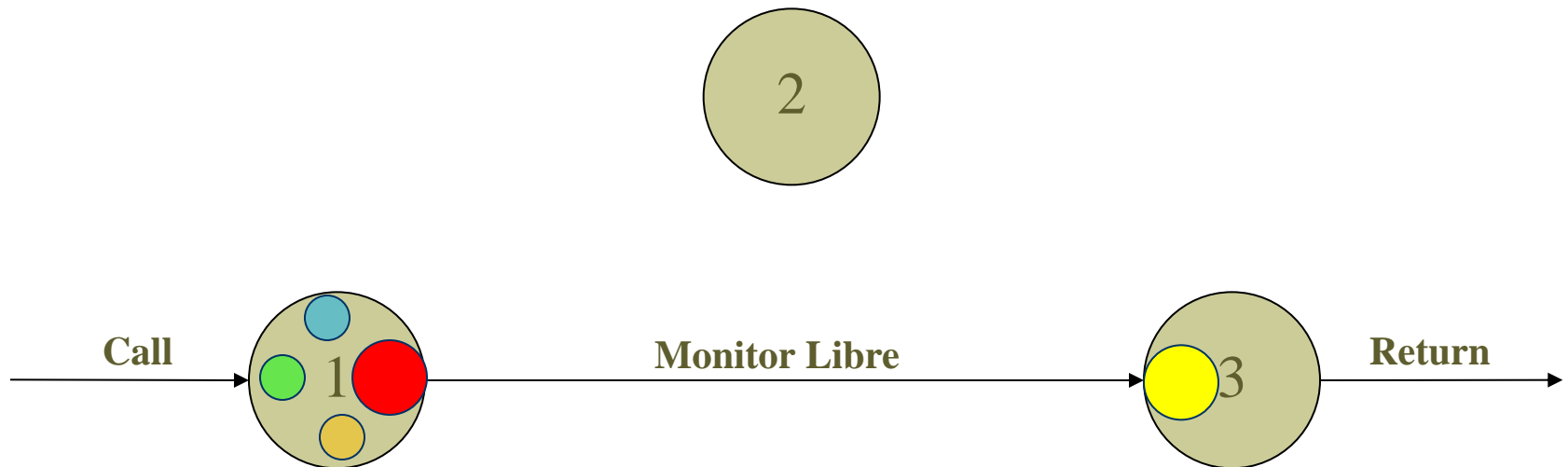
## *Llamado – Monitor Ocupado*



- 1- Espera acceso al monitor.
- 2- Cola por Variable Condición.
- 3- Ejecutando en el Monitor.

# Sincronización

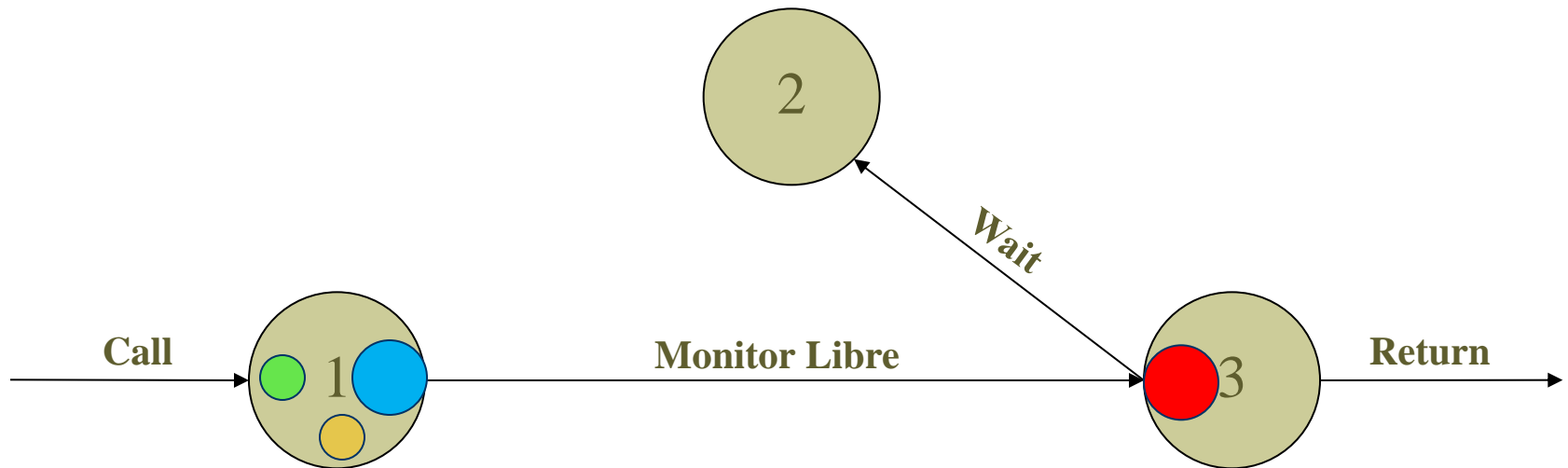
## *Liberación del Monitor*



- 1- Espera acceso al monitor.
- 2- Cola por Variable Condición.
- 3- Ejecutando en el Monitor.

# Sincronización

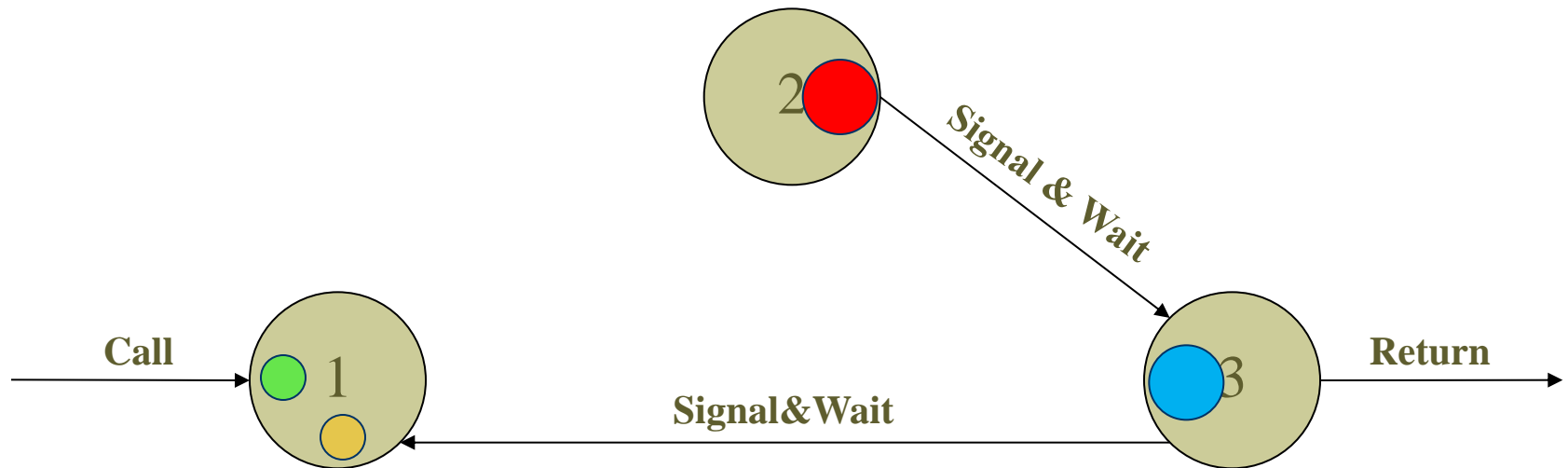
*Wait*



- 1- Espera acceso al monitor.
- 2- Cola por Variable Condición.
- 3- Ejecutando en el Monitor.

# Sincronización

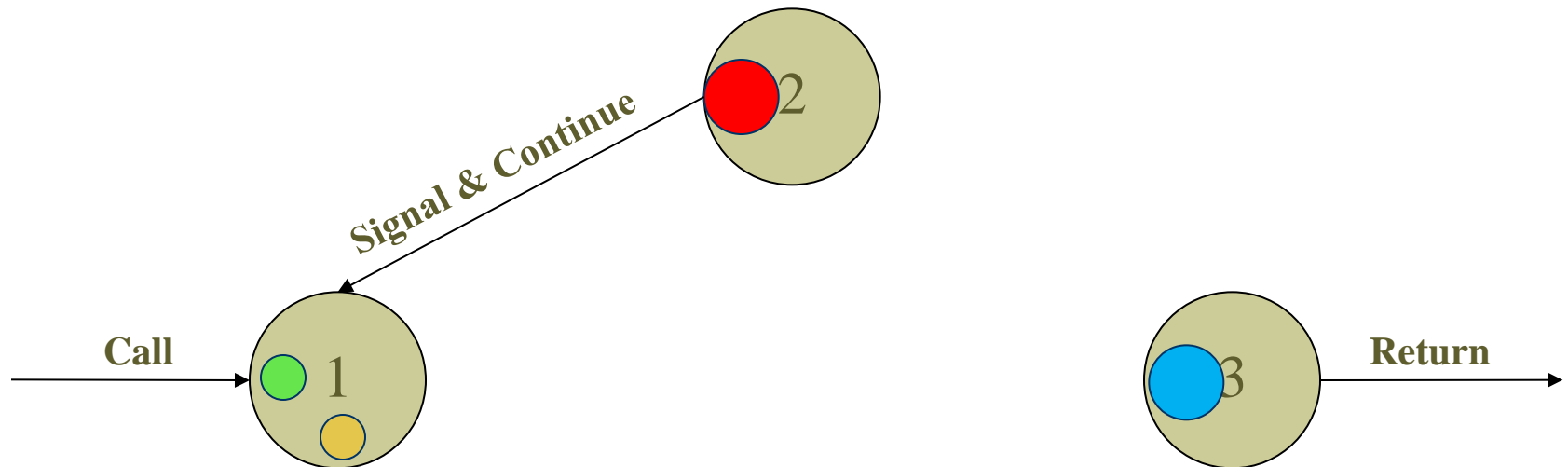
## *Signal - Disciplina Signal and Wait*



- 1- Espera acceso al monitor.
- 2- Cola por Variable Condición.
- 3- Ejecutando en el Monitor.

# Sincronización

## *Signal - Disciplina Signal and Continue*

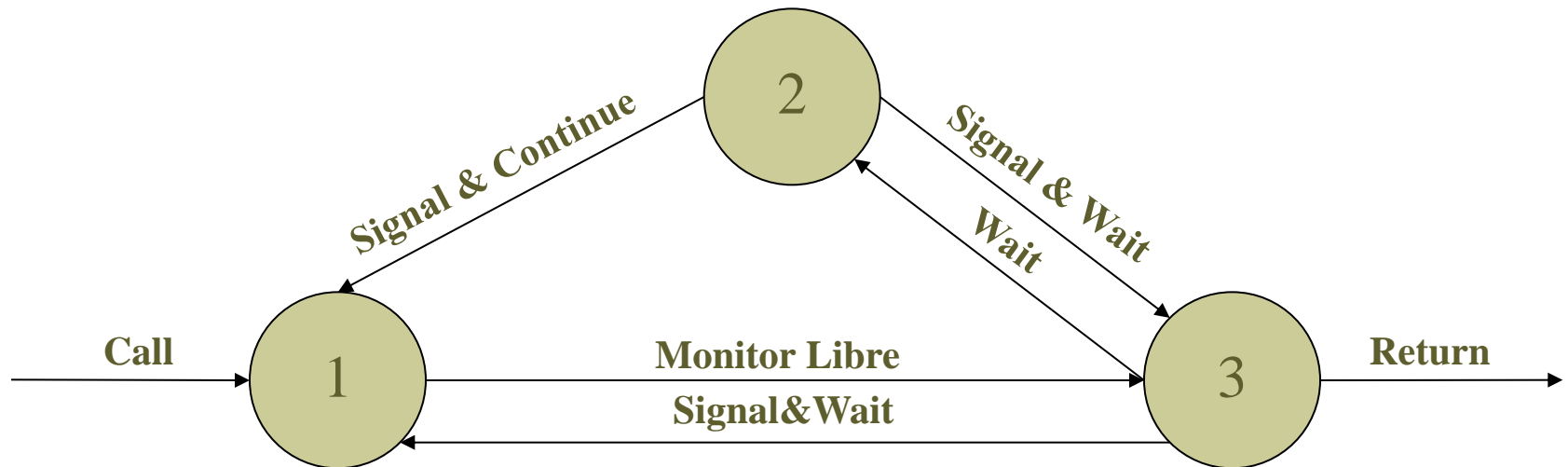


- 1- Espera acceso al monitor.
- 2- Cola por Variable Condición.
- 3- Ejecutando en el Monitor.



# Sincronización

## *Signal and continue vs. Signal and Wait*



- 1- Espera acceso al monitor.
- 2- Cola por Variable Condición.
- 3- Ejecutando en el Monitor.

# Sincronización

## Resumen: *diferencia entre las disciplinas de señalización*

- ***Signal and Continued:*** el proceso que hace el *signal* continúa usando el monitor, y el proceso despertado pasa a competir por acceder nuevamente al monitor para continuar con su ejecución (en la instrucción que lógicamente le sigue al *wait*).
- ***Signal and Wait:*** el proceso que hace el *signal* pasa a competir por acceder nuevamente al monitor, mientras que el proceso despertado pasa a ejecutar dentro del monitor a partir de instrucción que lógicamente le sigue al *wait*.

# Sincronización

Resumen: *diferencia entre wait/signal con P/V*

WAIT	P
El proceso siempre se duerme	El proceso sólo se duerme si el semáforo es 0.

SIGNAL	V
Si hay procesos dormidos despierta al primero de ellos. En caso contrario no tiene efecto posterior.	Incrementa el semáforo para que un proceso dormido o que hará un P continúe. No sigue ningún orden al despertarlos.

# Ejemplo de uso de monitores

Tenemos dos procesos A y B, donde A le debe comunicar un valor a B (múltiples veces).

```
process A {  
  int aux;  
  while (true)  
    { --Genera valor a enviar en aux  
      Buffer.Enviar (aux);  
      .....  
    }  
}
```

```
process B {  
  int aux;  
  while (true)  
    { .....  
      Buffer.Recibir (aux);  
      --Trabaja con el valor aux recibido  
    }  
}
```

```
monitor Buffer{  
  int dato;  
  bool hayDato = false;  
  cond P, C;  
  
  procedure Enviar (D: in int)  
  {  if (hayDato) → wait (P);  
      dato = D;  
      hayDato = true;  
      signal (C);  
  }  
  
  procedure Recibir (R: out int)  
  {  if (not hayDato) → wait (C);  
      R = dato;  
      hayDato = false;  
      signal (P);  
  }  
}
```

# Operaciones adicionales sobre las Variables Condición

Operaciones adicionales que NO SON USADAS EN LA PRÁCTICA sobre las *variables condición*:

- **empty(cv)** → retorna *true* si la cola controlada por *cv* está vacía.
- **wait(cv, rank)** → el proceso se demora en la cola de *cv* en orden ascendente de acuerdo al parámetro *rank* y deja el acceso exclusivo al monitor.
- **minrank(cv)** → función que retorna el mínimo ranking de demora.



---

# Ejemplos y técnicas

---

# Ejemplo

## Simulación de semáforos: *condición básica*

```
monitor Semaforo
{ int s = 1;  cond pos;

  procedure P ()
    { if (s == 0) wait(pos);
      s = s-1;
    };

  procedure V ()
    { s = s+1;
      signal(pos);
    };
};
```



Puede quedar el semáforo con un valor menor a 0 (no cumple las propiedades de los semáforos).



```
monitor Semaforo
{ int s = 1;  cond pos;

  procedure P ()
    { while (s == 0) wait(pos);
      s = s-1;
    };

  procedure V ()
    { s = s+1;
      signal(pos);
    };
};
```

¿Qué diferencia hay con los semáforos?

¿Que pasa si se quiere que los procesos pasen el P en el orden en que llegan?

# Técnicas de Sincronización

## Simulación de semáforos: *Passing the Conditions*

### Simulación de Semáforos

```
monitor Semaforo
{ int s = 1; cond pos;

  procedure P ()
    { if (s == 0) wait(pos)
      else s = s-1;
    };

  procedure V ()
    { if (empty(pos) ) s = s+1
      else signal(pos);
    };
};
```

➡ Como resolver este problema al no contar con la sentencia *empty*.

↓

```
monitor Semaforo
{ int s = 1, espera = 0; cond pos;

  procedure P ()
    { if (s == 0) { espera ++; wait(pos); }
      else s = s-1;
    };

  procedure V ()
    { if (espera == 0 ) s = s+1
      else { espera --; signal(pos); }
    };
};
```



# Técnicas de Sincronización

## Alocación SJN: *Wait con Prioridad*

### Alocación SJN

```
monitor Shortest_Job_Next
{ bool libre = true;
  cond turno;

  procedure request (int tiempo)
  { if (libre) libre = false;
    else wait (turno, tiempo);
  };

  procedure release ()
  { if (empty(turno)) libre = true
    else signal(turno);
  };
}
```

- Se usa ***wait*** con prioridad para ordenar los procesos demorados por la cantidad de tiempo que usarán el recurso.
- Se usa ***empty*** para determinar si hay procesos demorados.
- Cuando el recurso es liberado, si hay procesos demorados se despierta al que tiene mínimo ***rank***.
- ***Wait*** no se pone en un loop pues la decisión de cuándo puede continuar un proceso la hace el proceso que libera el recurso.

***¿Como resolverlo sin wait con prioridad?***

# Técnicas de Sincronización

## Alocación SJN: *Variables Condición Privadas*

- Se realiza Passing the Condition, manejando el orden explícitamente por medio de una cola ordenada y variables condición privadas.

```
monitor Shortest_Job_Next
{ bool libre = true;
  cond turno[N];
  cola espera;

  procedure request (int id, int tiempo)
  { if (libre) libre = false
    else { insertar_ordenado(espera, id, tiempo);
          wait (turno[id]);
        };
  };

  procedure release ()
  { if (empty(espera)) libre = true
    else { sacar(espera, id);
          signal(turno[id]);
        };
  };
}
```

# Técnicas de Sincronización

## Buffer Limitado: *Sincronización por Condición Básica*

### Buffer Limitado

```
monitor Buffer_Limitado
{ typeT buf[n];
  int ocupado = 0, libre = 0; cantidad = 0;
  cond not_lleno, not_vacio;

  procedure depositar(typeT datos)
  { while (cantidad == n) wait (not_lleno);
    buf[libre] = datos;
    libre = (libre+1) mod n;
    cantidad++;
    signal(not_vacio);
  }

  procedure retirar(typeT &resultado)
  { while (cantidad == 0) wait(not_vacio);
    resultado=buf[ocupado];
    ocupado=(ocupado+1) mod n;
    cantidad--;
    signal(not_lleno);
  }
}
```

# Técnicas de Sincronización

## Lectores y escritores: *Broadcast Signal*

### Lectores y escritores

```
monitor Controlador_RW
{
  int nr = 0, nw = 0;
  cond ok_leer, ok_escribir

  procedure pedido_leer( )
  {
    while (nw > 0) wait (ok_leer);
    nr = nr + 1;
  }

  procedure libera_leer( )
  {
    nr = nr - 1;
    if (nr == 0) signal (ok_escribir);
  }

  procedure pedido_escribir( )
  {
    while (nr > 0 OR nw > 0) wait (ok_escribir);
    nw = nw + 1;
  }

  procedure libera_escribir( )
  {
    nw = nw - 1;
    signal (ok_escribir);
    signal_all (ok_leer);
  }
}
```

- El monitor arbitra el *acceso a la BD*.
- Los procesos dicen cuándo quieren acceder y cuándo terminaron  $\Rightarrow$  requieren un monitor con 4 procedures:
  - pedido\_leer
  - libera\_leer
  - pedido\_escribir
  - libera\_escribir

# Técnicas de Sincronización

## Lectores y escritores: *Passing the Condition*

Otra solución al problema de lectores y escritores

### **monitor Controlador\_RW**

```
{ int nr = 0, nw = 0, dr = 0, dw = 0;  
  cond ok_leer, ok_escribir
```

#### ***procedure pedido\_leer( )***

```
{ if (nw > 0)  
    { dr = dr + 1;  
      wait (ok_leer);  
    }  
  else nr = nr + 1;  
}
```

#### ***procedure libera\_leer( )***

```
{ nr = nr - 1;  
  if (nr == 0 and dw > 0)  
    { dw = dw - 1;  
      signal (ok_escribir);  
      nw = nw + 1;  
    }  
}
```

#### ***procedure pedido\_escribir( )***

```
{ if (nr > 0 OR nw > 0)  
    { dw = dw + 1;  
      wait (ok_escribir);  
    }  
  else nw = nw + 1;  
}
```

#### ***procedure libera\_escribir( )***

```
{ if (dw > 0)  
    { dw = dw - 1;  
      signal (ok_escribir);  
    }  
  else { nw = nw - 1;  
        if (dr > 0)  
          { nr = dr;  
            dr = 0;  
            signal_all (ok_leer);  
          }  
        }  
}
```

```
} }
```

# Técnicas de Sincronización

## Diseño de un reloj lógico: *Covering conditions*

monitor Timer

```
{ int hora_actual = 0;  
  cond chequear;
```

```
  procedure demorar(int intervalo)
```

```
  { int hora_de_despertar;  
    hora_de_despertar=hora_actual+intervalo;  
    while (hora_de_despertar>hora_actual)  
      wait(chequear);  
  }
```

```
  procedure tick( )
```

```
  { hora_actual = hora_actual + 1;  
    signal_all(chequear);  
  }  
}
```

### Diseño de un reloj lógico

- **Timer** que permite a los procesos dormirse una cantidad de unidades de tiempo.
- Ejemplo de controlador de recurso (reloj lógico) con dos operaciones:
  - **demorar(intervalo):** demora al llamador durante intervalo ticks de reloj.
  - **tick:** incrementa el valor del reloj lógico. Es llamada por un proceso que es despertado periódicamente por un timer de hardware y tiene alta prioridad de ejecución.

**Ineficiente** → mejor usar *wait con prioridad* o *variables condition privadas*

# Técnicas de Sincronización

## Diseño de un reloj lógico: *Wait con prioridad*

El mismo ejemplo anterior del reloj lógico utilizando *wait con prioridad*:

```
monitor Timer
{
  int hora_actual = 0;
  cond espera;

  procedure demorar(int intervalo)
  {
    int hora_de_despertar;
    hora_de_despertar = hora_actual + intervalo;
    wait(espera, hora_a_despertar);
  }

  procedure tick( )
  {
    hora_actual = hora_actual + 1;
    while (minrank(espera) <= hora_actual)
      signal (espera);
  }
}
```

# Técnicas de Sincronización

## Diseño de un reloj lógico: *Variables conditions privadas*

El mismo ejemplo anterior del reloj lógico utilizando *variables conditions privadas*:

```
monitor Timer
{ int hora_actual = 0;
  cond espera[N];
  colaOrdenada dormidos;

  procedure demorar(int intervalo, int id)
  { int hora_de_despertar;
    hora_de_despertar = hora_actual + intervalo;
    Insertar(dormidos, id, hora_de_despertar);
    wait(espera[id]);
  }

  procedure tick( )
  { int aux, idAux;
    hora_actual = hora_actual + 1;
    aux = verPrimero (dormidos);
    while (aux <= hora_actual)
    { sacar (dormidos, idAux)
      signal (espera[idAux]);
      aux = verPrimero (dormidos);
    }
  }
}
```

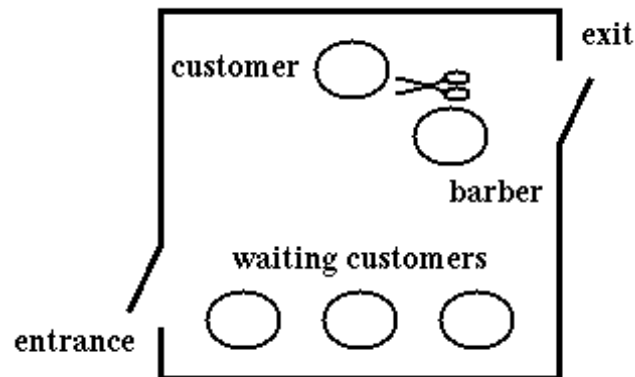


# Técnicas de Sincronización

## Peluquero dormilón: *Rendezvous*

### *Problema del peluquero dormilón (sleeping barber).*

Una ciudad tiene una peluquería con 2 puertas y unas pocas sillas. Los clientes entran por una puerta y salen por la otra. Como el negocio es chico, a lo sumo un cliente o el peluquero se pueden mover en él a la vez. El peluquero pasa su tiempo atendiendo clientes, uno por vez. Cuando no hay ninguno, el peluquero duerme en su silla. Cuando llega un cliente y encuentra que el peluquero está durmiendo, el cliente lo despierta, se sienta en la silla del peluquero, y duerme mientras el peluquero le corta el pelo. Si el peluquero está ocupado cuando llega un cliente, éste se va a dormir en una de las otras sillas. Después de un corte de pelo, el peluquero abre la puerta de salida para el cliente y la cierra cuando el cliente se va. Si hay clientes esperando, el peluquero despierta a uno y espera que se siente. Sino, se vuelve a dormir hasta que llegue un cliente.



# Técnicas de Sincronización

## Peluquero dormilón: *Rendezvous*

- **Procesos**  $\Rightarrow$  *clientes y peluquero*.
  - **Monitor**  $\Rightarrow$  *administrador de la peluquería*. Tres procedures:
    - **corte\_de\_pelo**: llamado por los clientes, que retornan luego de recibir un corte de pelo.
    - **proximo\_cliente**: llamado por el peluquero para esperar que un cliente se siente en su silla, y luego le corta el pelo.
    - **corte\_terminado**: llamado por el peluquero para que el cliente deje la peluquería.
  - El peluquero y un cliente necesitan una serie de etapas de sincronización (***rendezvous***):
    - El peluquero tiene que esperar que llegue un cliente, y este tiene que esperar que el peluquero esté disponible.
    - El cliente necesita esperar que el peluquero termine de cortarle el pelo, indicado cuando le abre la puerta de salida.
    - Antes de cerrar la puerta de salida, el peluquero necesita esperar hasta que el cliente haya dejado el negocio.
- el peluquero y el cliente atraviesan una serie de etapas de sincronización, comenzando con un ***rendezvous*** similar a una barrera entre dos procesos, pues ambas partes deben arribar antes de que cualquiera pueda seguir.

# Técnicas de Sincronización

## Peluquero dormilón: *Rendezvous*

```
monitor Peluqueria {
    int peluquero = 0, silla = 0, abierto = 0;
    cond peluquero_disponible, silla_ocupada, puerta_abierta, salio_cliente;

    procedure corte_de_pelo() {
        while (peluquero == 0) wait (peluquero_disponible);
        peluquero = peluquero + 1;
        signal (silla_ocupada);
        wait (puerta_abierta);
        signal (salio_cliente);
    }

    procedure proximo_cliente(){
        peluquero = peluquero + 1;
        signal(peluquero_disponible);
        wait(silla_ocupada);
    }

    procedure corte_terminado() {
        signal(puerta_abierta);
        wait(salio_cliente);
    }
}
```