Lección 5: Sincronización de procesos mediante semáforos

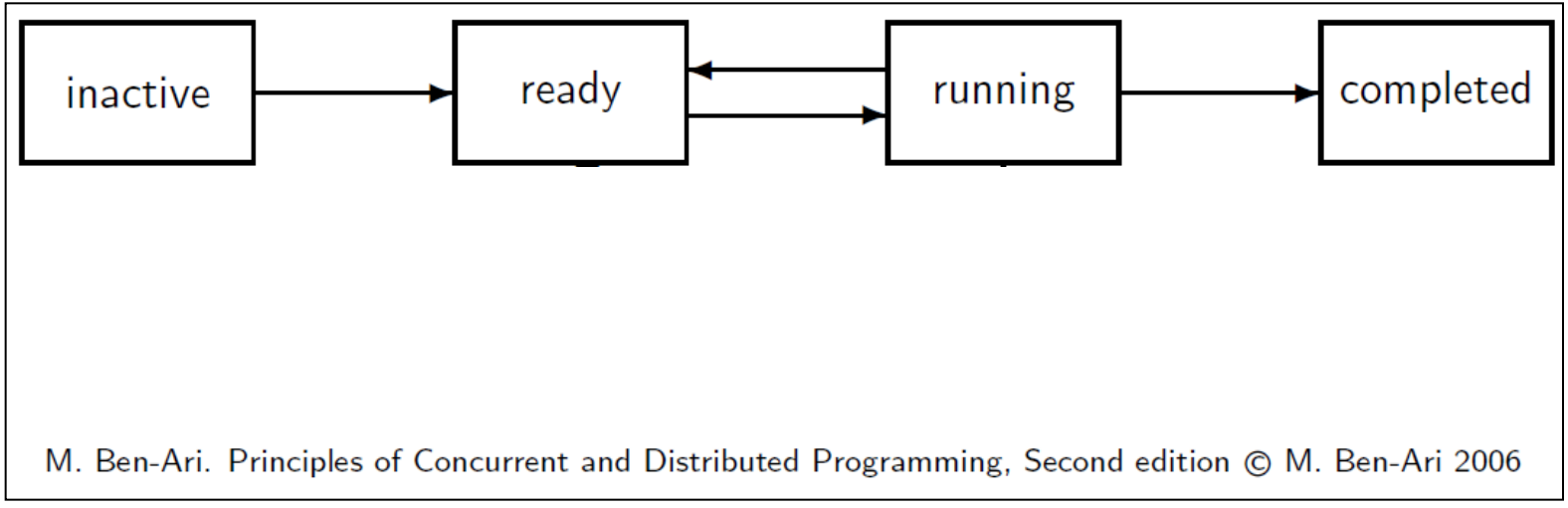
- Introducción
- Estados de un proceso
- Semáforos: sintaxis y semántica
- Técnicas de programación con semáforos:
  - el problema de la sección crítica
  - el problema de la barrera
  - el caso de productores/consumidores
- Algunos ejercicios sencillos

Introducción

- La sincronización por espera activa tiene inconvenientes:
  - los algoritmos son difíciles de diseñar y verificar
  - se mezclan variables del problema a resolver y del método de resolución
  - en los casos de multi-programación, se ocupa innecesariamente el procesador "haciendo nada"
- Los semáforos son una de las primeras soluciones
  - son una solución conceptual, que puede implementarse de diferentes formas
  - propuestos por Dijkstra en 1968

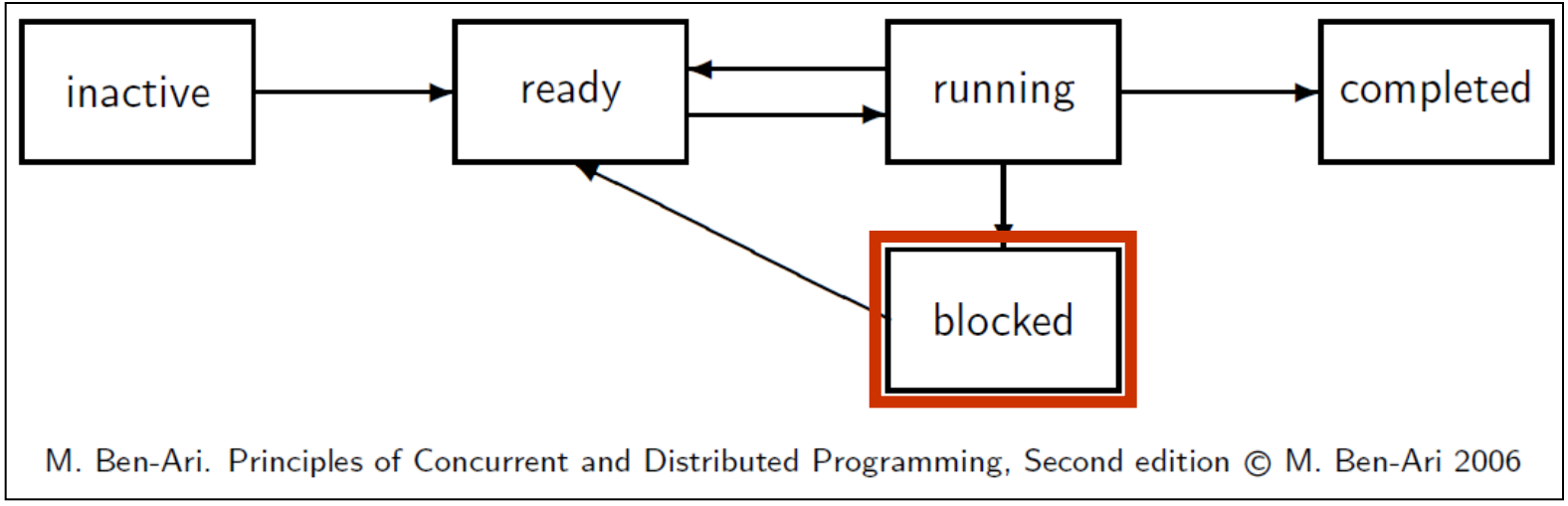
Estados de un proceso

- Para multitarea, y un proceso P, **`P.state`** es su estado



Estados de un proceso

- Para multitarea, y un proceso P, **`P.state`** es su estado



Semáforos: sintaxis y semántica

- **Semáforo**: instancia de un tipo abstracto de dato
  - **`S=(k,L)`**
- tal que ...
  - k es un natural
  - L es un conjunto de procesos
- con dos instrucciones atómicas...
  - **`wait`**
  - **`signal`**

Semáforos: sintaxis y semántica

- Declaración `semaphore S := (S0,{})`

- Semántica de las operaciones (atómicas) cuando la invoca P:

```
wait(S)
if S.V > 0
   S.V := S.V - 1
else
   S.L := S.L + {P}
   P.state := blocked
```

Semáforos: sintaxis y semántica

- Semántica de las operaciones (atómicas) cuando la invoca P:

signal(S)

```
if S.L = {}
   S.V := S.V + 1
else
   S.L := S.L - {Q}
   Q.state := ready
```

- Propiedad: un semáforo S cumple el siguiente invariante

$$S.V = S_0 + \#signal(S) - \#wait(S)$$

El problema de la sección crítica

- Ejemplo: la sección crítica

	semaphore mutex := (1,{})		
	Process P	*Process Q*	
	loop forever	loop forever	
	SNC	SNC	
p1	wait(mutex)	wait(mutex)	q1
	SC	SC	
p2	signal(mutex)	signal(mutex)	q2

Semáforos: sintaxis y semántica

- Semántica alternativa para semáforos: versión "***busy-wait***"

```
semaphore S := (S0,{})
```

wait(S)

```
await S.V > 0
   S.V := S.V - 1
```

signal(S)

```
S.V := S.V + 1
```

Semáforos: sintaxis y semántica

- En realidad, S.L no hace falta, y podemos identificar S con S.V

```
semaphore S := S0
```

wait(S)

```
await S > 0
   S := S - 1
```

signal(S)

```
S := S + 1
```

Semáforos: sintaxis y semántica

- ¿Cuál es el matiz entre ambas versiones?

signal(S)

```
if S.L = {}
   S.V := S.V + 1
else
   S.L := S.L - {Q}
   Q.state := ready
```

signal(S)

```
S := S + 1
```

Semáforos: sintaxis y semántica

- Existe un caso especial: los semáforos binarios

- Declaración

```
binary semaphore S := S0
```

  - con `S0: 0..1`

- Semántica de las operaciones (atómicas) cuando la invoca P:

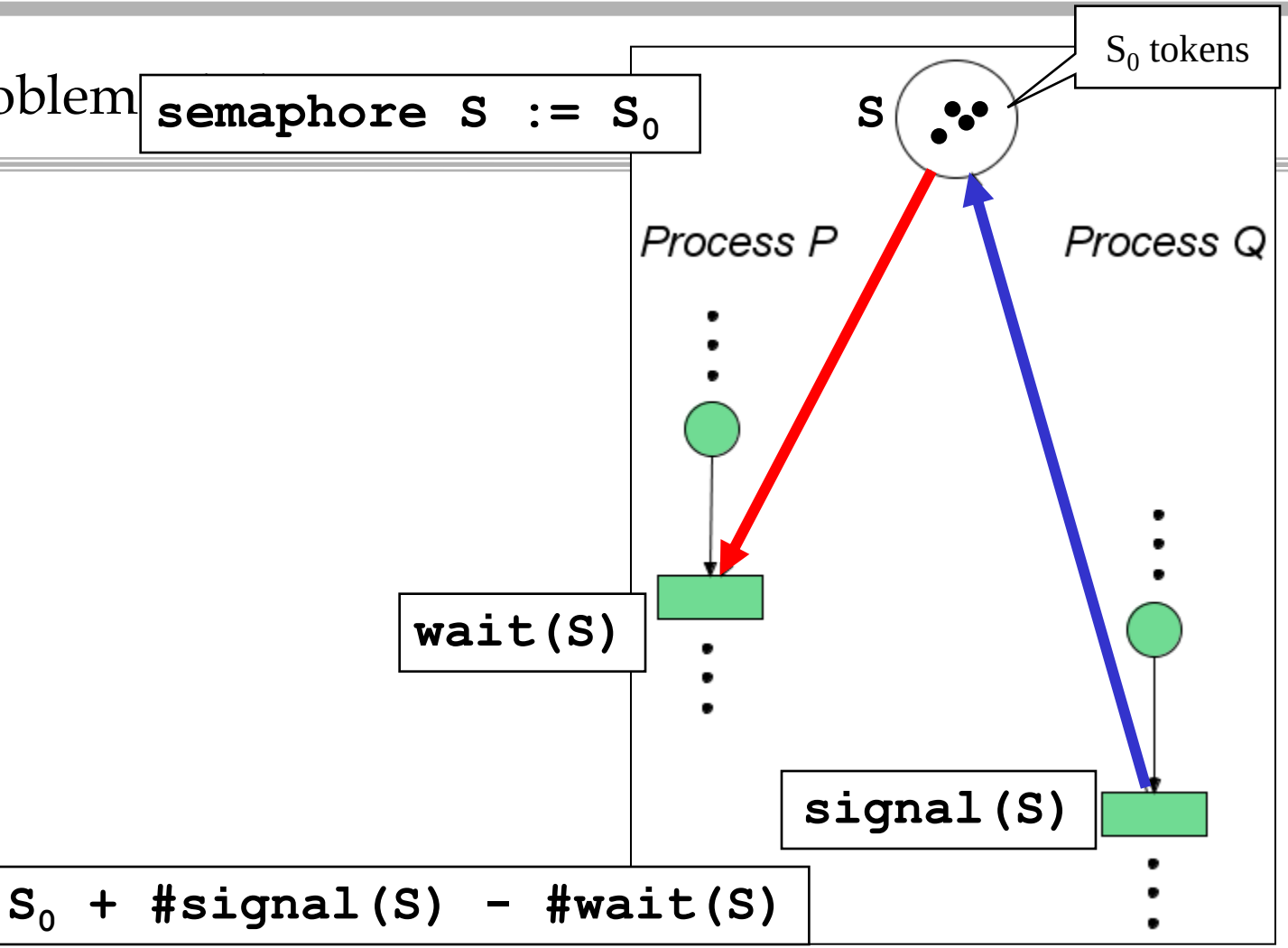
wait(S)

```
await S = 1
   S := 0
```

signal(S)

```
await S = 0
   S := 1
```

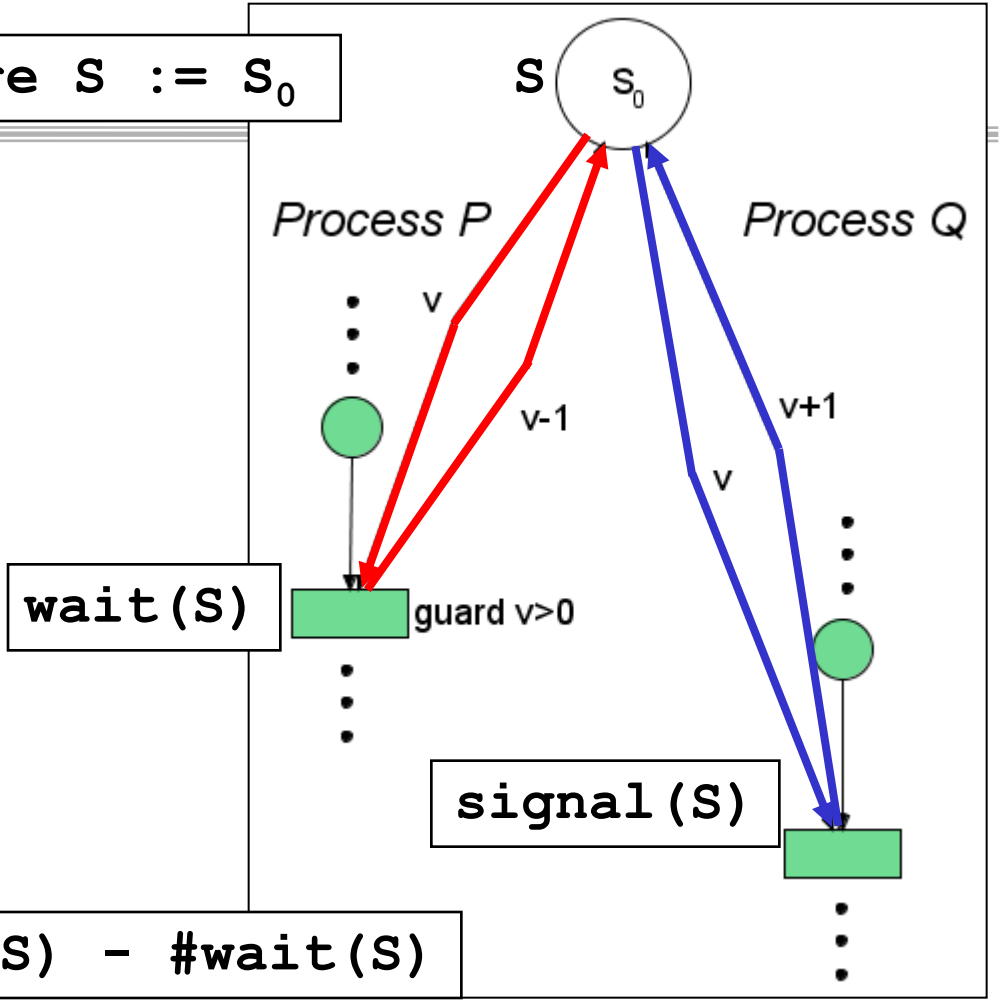
El problem



$M(S) = S_0 + \#signal(S) - \#wait(S)$

El problem

semaphore S := S_0

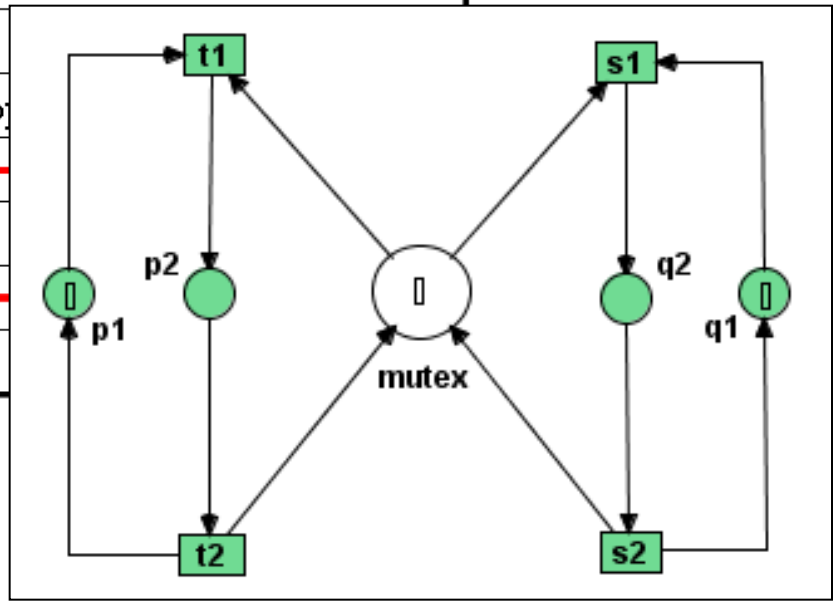


M(S) = S_0 + #signal(S) - #wait(S)

El problema de la sección crítica

- Ejemplo: la sección crítica para dos procesos

	semaphore mutex := 1	
	Process P	*Process Q*
	loop forever	loo
	~~SNC~~	
p1	wait(mutex)	
	~~SC~~	
p2	send(mutex)	



- ¿Y para n procesos?

El problema de la barrera

- **Ejemplo**: algoritmo para dos procesos iterativos que **sincronizan** cada iteración mediante una **barrera**

????	
Process P	***Process Q***
loop forever	**loop forever**
cálculos locales	**cálculos locales**
espera a Q	**espera a P**

Productores/consumidores

- **Ejemplo:**
  - tenemos un sistema con un proceso productor y un consumidor
  - y un buffer intermedio de **capacidad infinita**

queue el_tipo buffer . . .	
Process productor	***Process consumidor***
el_tipo d	el_tipo d
loop forever	loop forever
produce(d)	consume(d,buffer)
append(d,buffer)	usa(d)

Productores/consumidores

- **Ejercicio 1:** mismo enunciado, pero con un buffer de capacidad 1
- **Ejercicio 2:** mismo enunciado, pero con un buffer de capacidad N
- **Ejercicio 3**: dar un esquema de solución al problema de la barrera para n procesos

Algunos ejercicios sencillos

- **Ejercicio 4**: completar los procesos siguientes de manera que "d" no se puede ejecutar hasta que "a" haya acabado
- **Ejercicio 5**: completar los procesos siguientes de manera que P2 puede ejecutar "d" si se ha ejecutado "e" ó "a"

Process P1	*Process* P2
a	c
b	d

Process P1	*Process* P2	*Process* P3
loop forever	loop forever	loop forever
a	c	e
b	d	f

Considérese el siguiente programa concurrente:

```
                semaphore r1 := 1,r2 := 1

    process UNO::                          process DOS::
       loop forever                           loop forever
p0:       wait(r1)                               wait(r2)        :q0
p1:       wait(r2)                               wait(r1)        :q1
p2:       signal(r1)                             signal(r2)      :q2
p3:       signal(r2)                             signal(r1)      :q3
       end loop                               end loop
    end process                            end process
```

El ejercicio pide:

1. Dar un modelo red de Petri correspondiente al programa
2. A partir del modelo anterior, construir su espacio de estados

Considérese el siguiente programa concurrente:

```
-------------------------------------------------------
              semaphore r1 := 1,r2 := 1

    process UNO::                    process DOS::
       loop forever                     loop forever
p0:       wait(r1)                         wait(r2)        :q0
p1:       wait(r2)                         wait(r1)        :q1
p2:       signal(r1)                       signal(r2)      :q2
p3:       signal(r2)                       signal(r1)      :q3
       end loop                         end loop
    end process                      end process
-------------------------------------------------------
```

a) ¿Puede el programa llegar a bloquearse? En caso afirmativo, decir cuántas historias acaban en bloqueo, y dar una de ellas.

b) ¿Existe alguna historia no equitativa (entendiendo que es una historia infinita en que a partir de un momento determinado algún proceso no interviene)?