



# REDES DE PETRI: MODELADO DE SISTEMAS CONCURRENTES

PROGRAMACIÓN CONCURRENTES

MASTER EN COMPUTACIÓN

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTADORES

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
CURSO 2012/13

Programación Concurrentes:  
Redes de Petri

Mercedes Granda  
Departamento de Electrónica y Computadores

1



## MODELADO DE SISTEMAS UTILIZANDO REDES DE PETRI

- Una red de Petri representa un sistema cuando se asigna un significado o una interpretación a las plazas, transiciones y testigos.
- La descripción de un sistema mediante una red de Petri se basa en dos conceptos:
  - **Evento.**
  - **Condición.**

Programación Concurrentes:  
Redes de Petri

Mercedes Granda  
Departamento de Electrónica y Computadores

2

## REDES DE PETRI: EVENTOS Y CONDICIONES



- Un **evento** es una acción que ejecuta el sistema. Se modela mediante una transición.
- La realización de un evento depende del estado del sistema, que se describe mediante un conjunto de **condiciones**, que se modelan mediante las plazas.
- Los arcos que conectan las transiciones y las plazas representan la dependencia entre los eventos y las condiciones.
- La verificación de una condición se representa situando un testigo dentro de la plaza que lo modela.
- Una RdP marcada representa la coordinación entre eventos.

## EJEMPLO DE MODELADO CON REDES DE PETRI



### Máquina de venta

Esta máquina se encuentra inicialmente en espera.

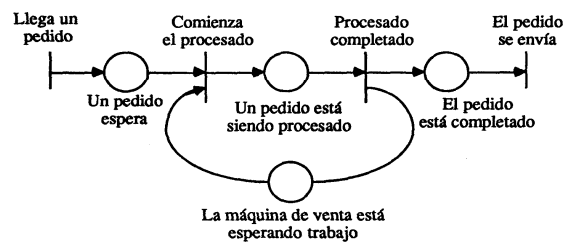
Cuando recibe un pedido, lo procesa y lo envía. Mientras está procesando el envío, no acepta ningún otro.

CONDICIONES	EVENTOS
a) La máquina se encuentra parada en espera.	1) Un pedido llega.
b) Un pedido ha llegado y está la espera de su proceso.	2) La máquina comienza a procesar un pedido.
c) La máquina está trabajando en un pedido.	3) La máquina finaliza un pedido.
d) El pedido está listo para su envío.	4) El pedido es enviado.

## EJEMPLO DE MODELADO CON REDES DE PETRI



CONDICIONES	EVENTOS	PRECONDICIÓN	POSTCONDICIÓN
a) La máquina se encuentra parada en espera.	1) Un pedido llega.	Ninguna	b
b) Un pedido ha llegado y está la espera de su proceso.	2) La máquina comienza a procesar un pedido.	a, b	c
c) La máquina está trabajando en un pedido.	3) La máquina finaliza un pedido.	c	d, a
d) El pedido está listo para su envío.	4) El pedido es enviado.	d	Ninguna

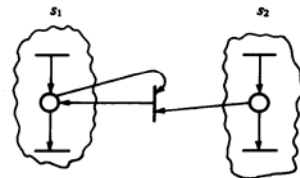


## MODELADO DE SISTEMAS UTILIZANDO REDES DE PETRI

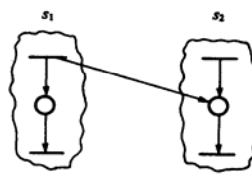


- La comprensión del funcionamiento de un sistema complejo es más fácil si su descripción se aborda de forma estructurada y modular.
- En gran número de aplicaciones complejas, los sistemas concurrentes se describen sincronizando las descripciones (realizadas independientemente) de diferentes subsistemas o módulos.
- A continuación, se muestran algunos esquemas de interconexión o sincronización entre subsistemas.

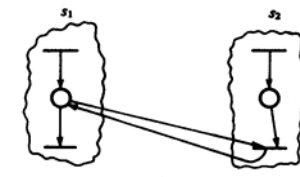
# ESQUEMAS DE SINCRONIZACIÓN ENTRE MÓDULOS



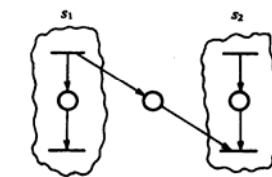
(a)  $S_1$  desactiva a  $S_2$



(b)  $S_1$  activa a  $S_2$



(c)  $S_1$  autoriza sin memorizar la evolución de  $S_2$



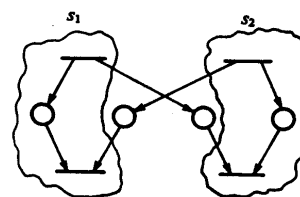
(d)  $S_1$  otorga a  $S_2$  una autorización memorizada de evolución (semáforo)

Programación Concurrente:  
Redes de Petri

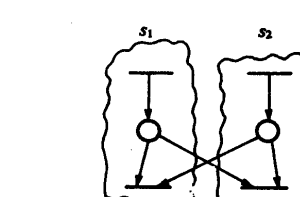
Mercedes Granda  
Departamento de Electrónica y Computadores

7

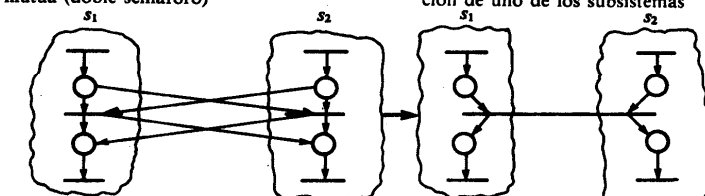
# ESQUEMAS DE SINCRONIZACIÓN ENTRE MÓDULOS



(e) Autorización memorizada de evolución mutua (doble semáforo)



(f) Sincronización mutua con desactivación de uno de los subsistemas



(g) Sincronización mutua con evolución simultánea

Programación Concurrente:  
Redes de Petri

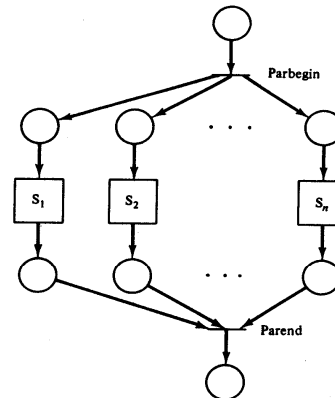
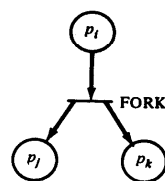
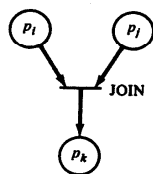
Mercedes Granda  
Departamento de Electrónica y Computadores

8

## CONCURRENCIA, CONFLICTOS Y SINCRONIZACIÓN



- Las redes de Petri pueden describir fácilmente sistemas en los que se producen relaciones de paralelismo, exclusión mutua y sincronización entre procesos que ocurren en ellos.



Programación Concurrente:  
Redes de Petri

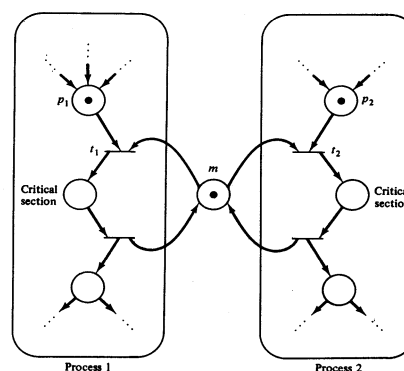
Mercedes Granda  
Departamento de Electrónica y Computadores

9

## EXCLUSIÓN MUTUA ENTRE SECCIONES CRÍTICAS



- Cuando varios procesos que se ejecutan en paralelo comparten información, es necesario garantizar que los accesos a la información común no se lleve a cabo simultáneamente para evitar problemas de interferencia que conduzcan a resultados erróneos.
- Una solución a este problema es hacer mutuamente excluyentes las secciones críticas de los diferentes procesos encargadas de acceder a la información. En la figura, se muestra una RdP que resuelve este problema.



Programación Concurrente:  
Redes de Petri

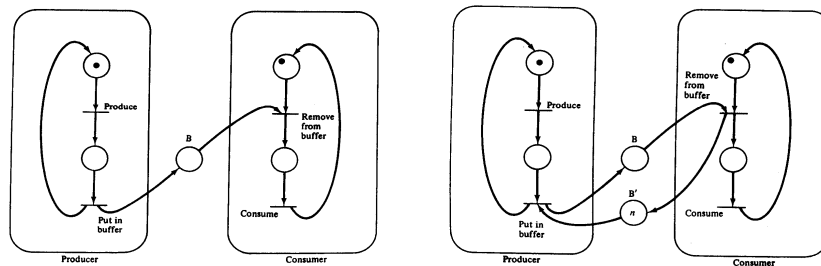
Mercedes Granda  
Departamento de Electrónica y Computadores

10

## SINCRONIZACIÓN DE TAREAS PRODUCTOR/CONSUMIDOR



- Los **procesos productor/consumidor** involucran elementos de datos compartidos por ambos procesos y, en consecuencia, es necesario plantear tareas de sincronización entre ambas.
- En las figuras, se muestran dos procesos de este tipo. El primero supone la existencia de un buffer infinito capaz de absorber la diferencia de velocidad entre el productor y el consumidor. El segundo limita la capacidad de este buffer a  $n$  unidades del producto.



Programación Concurrente:  
Redes de Petri

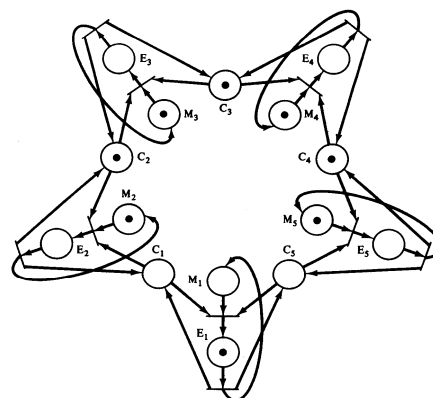
Mercedes Granda  
Departamento de Electrónica y Computadores

11

## PROBLEMA DE LA CENA DE LOS FILÓSOFOS



- Este es un problema de sincronización para la utilización compartida de recursos.
- Supónganse un conjunto de cinco filósofos que se reúnen para cenar y filosofar. La comida es china y se presenta la dificultad de que a cada comensal sólo le han colocado un palillo. Con el fin de cenar, llegan a la solución de que cada comensal puede utilizar el palillo del comensal que tiene a su izquierda, siempre que él tenga el suyo (no se lo haya cogido el de su izquierda) y el comensal de la derecha no esté comiendo.
- En la figura, se muestra una red de Petri que representa la dinámica que sigue esta comida.



Programación Concurrente:  
Redes de Petri

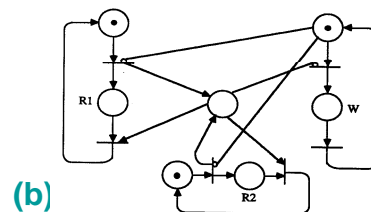
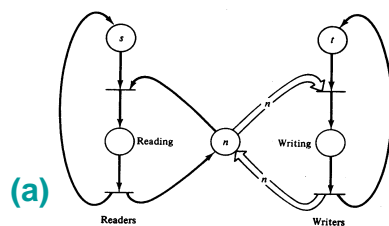
Mercedes Granda  
Departamento de Electrónica y Computadores

12

## PROCESOS DE LECTURA Y ESCRITURA SOBRE UN RECURSO COMÚN



- Se supone que existen procesos de dos tipos: procesos de lectura y de escritura. Todos los procesos comparten un recurso común sobre el que escriben y leen. Los procesos de lectura no modifican la información y, en consecuencia, todos ellos son compatibles entre sí. Por el contrario, el proceso de escritura modifica la información y, por tanto, es excluyente con cualquier otro proceso de lectura y de escritura. Se pretende establecer el proceso de control que permita el acceso a todos y que no conduzca al sistema a ningún bloqueo.
- En la **figura (a)**, se muestra una solución para el caso de que el número de lectores que simultáneamente pueden acceder al recurso sea finito e igual a  $n$ .
- En la **figura (b)**, se muestra una solución para el caso en que se considera que el número de lectores es indefinido y que todos ellos pueden acceder simultáneamente al recurso. En este caso, el problema de control no tienen solución desde las redes de Petri ordinarias y es necesario acudir a redes de Petri con arcos inhibidores.



Programación Concurrente:  
Redes de Petri

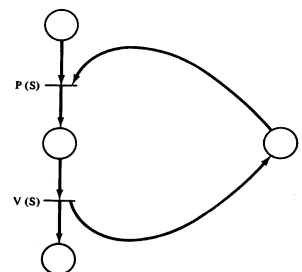
Mercedes Granda  
Departamento de Electrónica y Computadores

13

## SEMÁFOROS P,V



- Uno de los métodos de sincronización para el acceso a recursos compartidos más utilizado es el de los **semáforos**, basados en las operaciones  $P(S)$  y  $V(S)$ , siendo  $S$  el semáforo sobre el que actúa las operaciones.
- Un semáforo es una variable que sólo puede tomar valores enteros no negativos. La operación  $V(S)$  incrementa el valor de  $S$  en 1 y la operación  $P(S)$  decrementa  $S$  en 1. La operación  $P$  puede ocurrir sólo cuando  $S$  tenga un valor positivo. Si  $S$  tiene el valor 0, la operación  $P$  tiene que esperar hasta que algún otro proceso realice una operación  $V$  sobre el mismo semáforo.
- Estas operaciones pueden ser fácilmente modeladas mediante una red de Petri, como se muestra en la figura. Cada semáforo es modelado como una plaza; las operaciones  $P$  utilizan dicho lugar como entrada y las operaciones  $V$  lo utilizan como salida.



Programación Concurrente:  
Redes de Petri

Mercedes Granda  
Departamento de Electrónica y Computadores

14