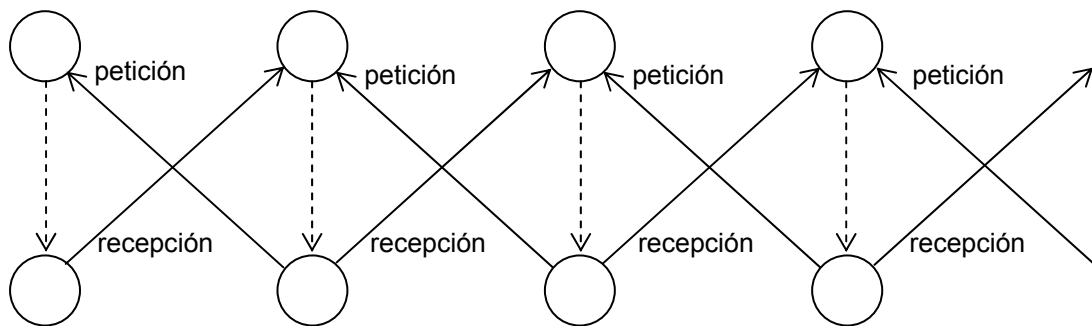


# MODELADO DE SISTEMAS DE EVENTOS DISCRETOS



**Fernando Morilla García**

**Natividad Duro Carralero**

**Departamento de Informática y Automática**

**E.T.S. de Ingeniería Informática, UNED**

**Mayo, 2005**



**Tema 1 : Introducción al modelado de sistemas discretos**

1.1 Sistemas y experimentos ..... 1

1.2 Modelado y simulación .....2

    1.2.1 Modelos matemáticos..... 4

1.3 Modelado de sistemas de eventos discretos..... 6

    1.3.1 Componentes del modelo.....7

    1.3.2 Naturaleza del modelo..... 11

    1.3.3 Paradigmas de modelado..... 12

1.4 Metodología de modelado.....13

    1.4.1 Formulación del modelo ..... 13

    1.4.2 Lenguajes de modelado y simulación..... 14

    1.4.3 Verificación y validación.....15

1.5 Ejemplos de sistemas de eventos discretos ..... 17

    1.5.1 “Taquilla de un cine”..... 17

    1.5.2 “Sistema simple de producción” ..... 19

    1.5.3 “Semáforo de peatones” ..... 20

    1.5.4 “Carro que va y viene”..... 21

1.6 Técnicas de descripción funcional..... 22

    1.6.1 Diagramas de flujo u organigrama ..... 23

    1.6.2 Autómata finito..... 25

    1.6.3 Grafo reducido..... 28

        1.6.3.1 “Carros que van y vienen por raíles diferentes, sincronizados en los extremos”..... 30

        1.6.3.2 Crítica al grafo reducido..... 33

1.7 Ejercicios resueltos .....35

**Tema 2 : Redes de Petri**

2.1 Definición formal de las Redes de Petri ..... 49

2.2 Reglas del comportamiento dinámico de una Red de Petri..... 51

    2.2.1 Marcado de una Red de Petri ..... 51

    2.2.2 Propiedades básicas de las transiciones de una Red de Petri ..... 52

    2.2.3 Evolución y análisis de una Red de Petri ..... 54

2.3 Configuraciones y propiedades básicas de las Redes de Petri..... 57

    2.3.1 Posibles configuraciones elementales de las Redes de Petri ..... 57

    2.3.2 Propiedades básicas de las Redes de Petri..... 59

2.4	Concurrencia y sincronización.....	64
2.5	Extensiones de las Redes de Petri.....	65
2.5.1	Redes de Petri Interpretadas.....	65
2.5.2	Redes de Petri Coloreadas.....	66
2.5.3	Consideraciones del modelado con RdP.....	68
2.6	Ejercicios resueltos .....	70

### **Tema 3 : Diseño e implementación de automatismos**

3.1	Diseño de automatismos con GRAFCET.....	97
3.1.1	Conceptos básicos del GRAFCET.....	99
3.1.1.1	Concepto de etapa.....	100
3.1.1.2	Concepto de transición.....	101
3.1.1.3	Concepto de unión orientada.....	102
3.1.1.4	Concepto de macroetapa.....	102
3.1.2	Reglas de evolución del GRAFCET.....	103
3.1.3	Estructuras en el GRAFCET.....	105
3.1.3.1	Secuenciamiento lineal y paralelo.....	105
3.1.3.2	Convergencia en <<O>>.....	106
3.1.3.3	Divergencia en <<O>>.....	107
3.1.3.4	Convergencia en <<Y>>.....	108
3.1.3.5	Divergencia en <<Y>>.....	108
3.1.3.6	Salto de etapas y bucles de repetición de una misma etapa.....	108
3.1.4	Ejemplos.....	109
3.2	Implementación de automatismos con GRAFCET.....	112
3.2.1	Obtención de funciones lógicas a partir del diagrama GRAFCET.....	113
3.2.2	Funciones lógicas de las estructuras lógicas.....	114
3.2.3	Ejemplos.....	116
3.3	Diseño estructurado.....	118
3.3.1	Necesidad de estructuración.....	118
3.3.2	Modos de marcha.....	119
3.3.2.1	Funcionamiento semiautomático.....	120
3.3.2.2	Funcionamiento automático.....	122
3.3.3	Seguridad.....	123
3.3.4	Diseño estructurado.....	125
3.3.4.1	Tipos de órdenes de forzado.....	125
3.3.4.2	Reglas de evolución del forzado.....	126
3.3.4.3	Características del forzado.....	126
3.3.4.4	Implementación del forzado.....	127
3.4	Ejercicios resueltos .....	129

**Tema 4 : Formalismo DEVS (*Discrete EVents dynamic Systems*)**

4.1 Modelos atómicos..... 143

4.2 Ejemplos de modelos atómicos..... 147

    4.2.1 Generador de eventos..... 147

    4.2.2 Transmisor o procesador..... 151

    4.2.3 Bloques de almacenamiento..... 155

    4.2.4 Bloques repartidores..... 165

4.3 Modelos acoplados..... 167

4.4 Modelos en Paralelo..... 169

4.5 Ejercicios resueltos ..... 171

**Anexo : Ejercicios para programar en ARENA**

A.1 Modelos de autómatas de estado..... 191

    A.1.1 Ejercicio 1: “Autómata cíclico con dos estados”..... 191

    A.1.2 Variantes del ejercicio1..... 193

    A.1.3 Ejercicio 2: “Autómata con estados de espera y ocupado”..... 198

    A.1.4 Variantes del ejercicio2..... 200

A.2 Modelos con estructura de red de Petri..... 204

    A.2.1 Ejercicio 3: Encendido y apagado de una lámpara..... 204

    A.2.2 Ejercicio 4: Carro que va y viene de derecha a izquierda..... 207

    A.2.3 Ejercicio 5: Semáforo de peatones..... 209

    A.2.4 Ejercicio 6: Carro que va y viene, con botón de parada..... 211

    A.2.5 Ejercicio 7: Montacargas..... 214

    A.2.6 Ejercicio 8: Carros que van y vienen..... 217

    A.2.7 Ejercicio 9: Sistema de producción con dos robots, dos máquinas y dos  
almacenes..... 221

A.3 Modelos sobre automatismos..... 225

    A.3.1 Ejercicio 10: Automatismo para encendido y apagado de una  
lámpara..... 225

    A.3.2 Ejercicio 11: Automatismo para control del carro que va y viene ..... 227

    A.3.3 Ejercicio 12: Automatismo para control de los dos carros que van y  
vienen, sincronizados en el extremo izquierdo..... 232

    A.3.4 Ejercicio 13: Automatismo para el control de tráfico en un cruce con dos  
semáforos..... 235

    A.3.5 Ejercicio 14: Automatismo para el control de un semáforo de  
peatones..... 237

**Bibliografía ..... 243**

