

TEMA 2

Síntesis de circuitos secuenciales síncronos

Introducción

Metodología (con un ejemplo)

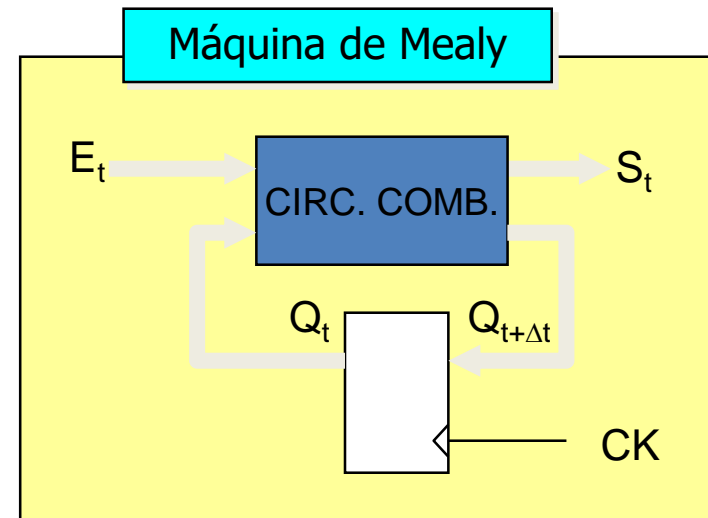
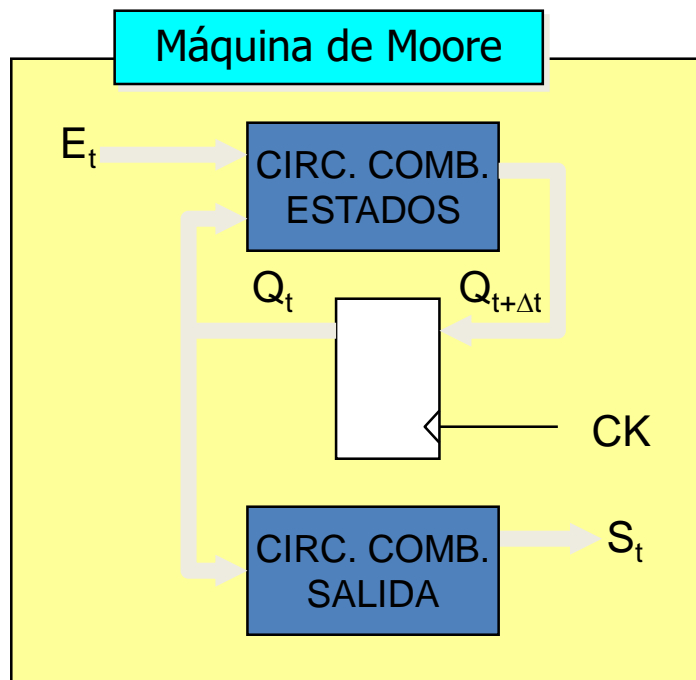
Otros ejemplos (sistemas físicos)

Introducción

OBJETIVOS:

- ✓ Plantear la funcionalidad de forma estructurada → Diagrama de estados
- ✓ Método para obtener ecuaciones de estado y salida → Construir circuito

SÍNTESIS: Diagrama de estados ⇒ Circuito



La máquina queda determinada por el/los circuito/s combinacional/es que contiene/n

Circuitos de tipo Mealy o Moore

MEALY

$$S_t = g(Q_t, E_t)$$

Las salidas dependen de los estados y de las entradas

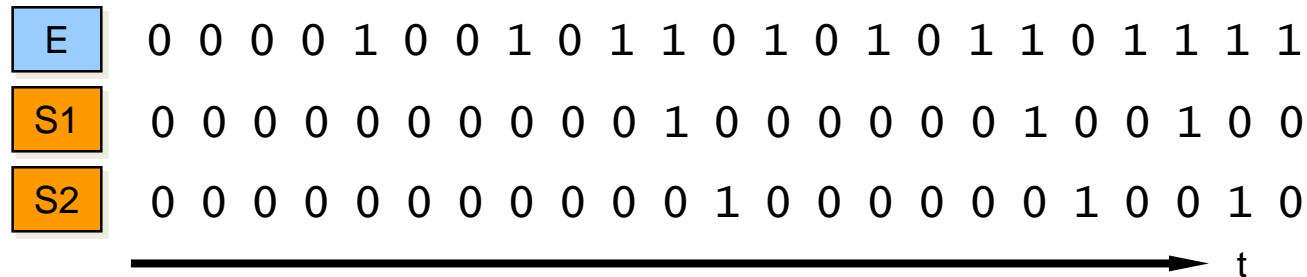
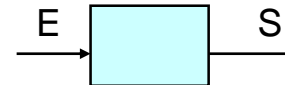
MOORE

$$S_t = g(Q_t)$$

Las salidas dependen sólo de los estados.
Si el circuito es síncrono, las salidas cambian con el reloj

Ejemplo: Detector de secuencias

Detectar la secuencia de valores 1011 síncrona con un reloj



¿Porqué es un circuito secuencial?

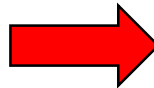
¿Cuál es de tipo Moore o de tipo Mealy?

Metodología de síntesis de sistemas síncronos

- A Identificación de entradas y salidas
- B Diagrama de estados
- C Comprobación y reducción del diagrama
- D Determinación del número de biestables
- E Asignación de estados
- F Tablas de verdad
- G Minimización de funciones lógicas
- H Diseño del circuito

Puede haber
variaciones
En función del tipo de
implementación

**En paralelo a la metodología,
se verá el siguiente ejemplo**

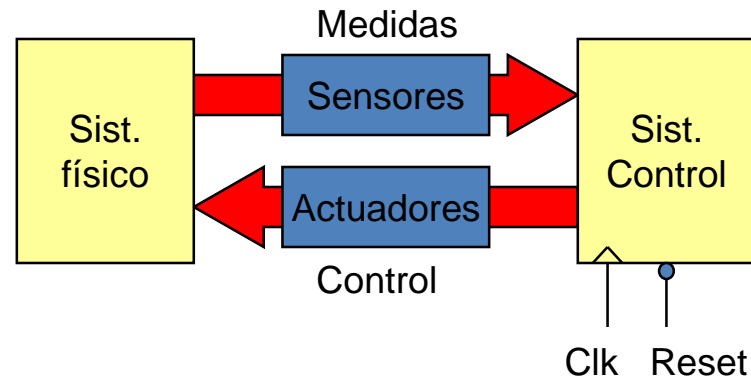


Diseñar un detector de secuencia 1011,
versión Mealy

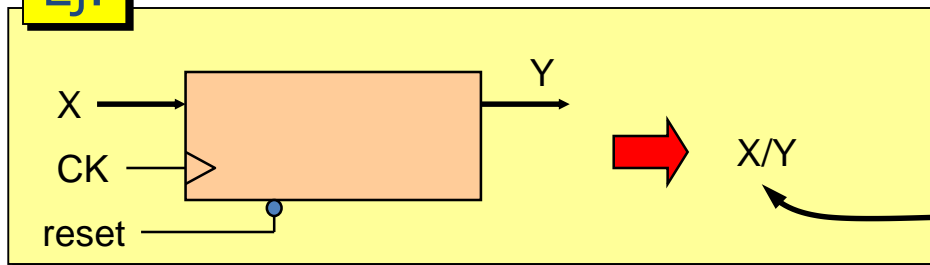
Ejemplo: Diseñar un detector de secuencia 1011

A Identificación de entradas y salidas

- Determinar las señales que entran o salen del circuito que se quiere diseñar
- El reloj y el reset deben ir siempre, y no se consideran
- En sistemas de control, los sensores son entradas del circuito, y los actuadores son salidas del circuito



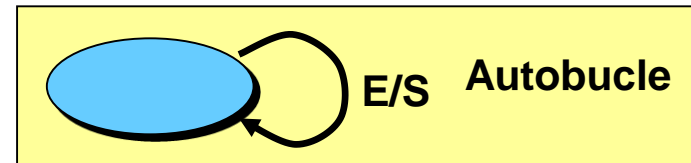
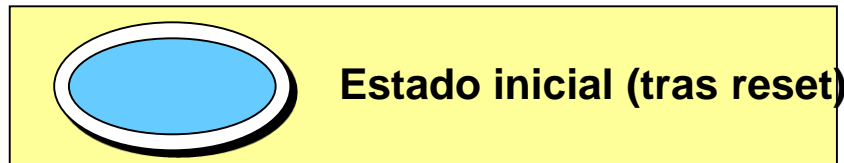
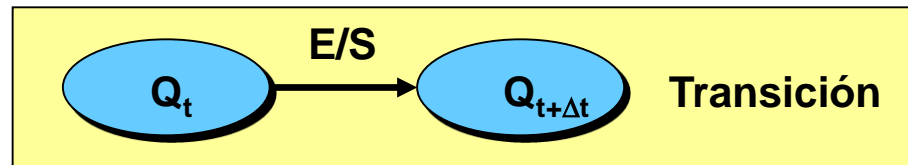
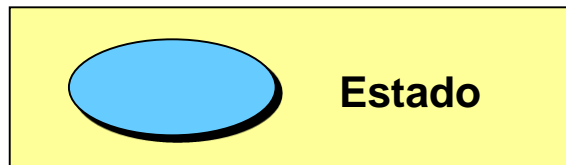
Ej:



Codificación que se da a las transiciones en el diagrama de estados

B Diagrama de estados

Definición: Representación gráfica y formal de la especificación



Máquina/diagrama de estados

Punto NO AUTOMATIZABLE (no hay método sistemático)

B Diagrama de estados

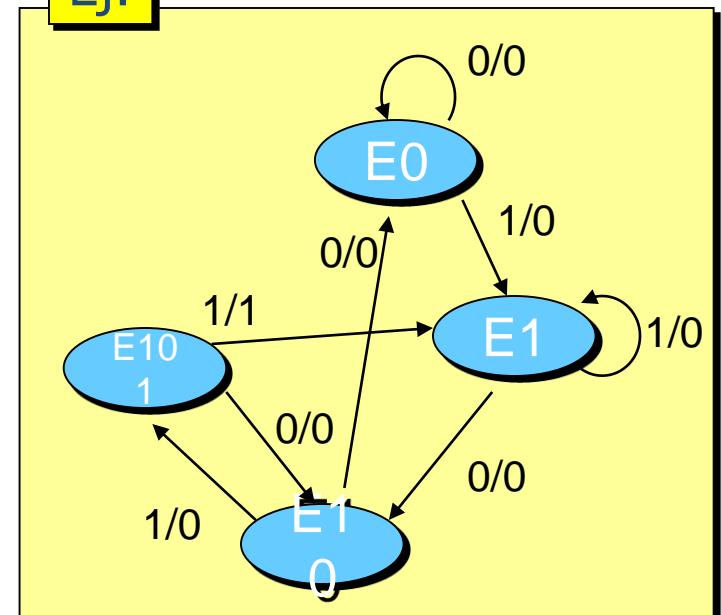
→ NO HAY MÉTODO EXHAUSTIVO o SISTEMÁTICO

- Comenzar por el estado de reposo (después de encender el sistema)
- Contemplar todas las formas en que puede evolucionar el sistema
- De cada estado deben salir 2^E transiciones, salvo aquellas que sean imposibles (E : núm. Entradas)
- Debería estar especificado todo, salvo las condiciones imposibles
- En control de sistemas físicos, se entiende que el reloj es una señal mucho más rápida que las demás

Sistemas “físicos”:
mecánicos,
químicos,
eléctricos,
etc... casi
todos menos
electrónicos

- Los eventos de entrada no duran sólo un ciclo
- El sistema físico no responde de forma instantánea
- Dos entradas no cambian de forma simultánea (o al menos no se puede depender de que así sea)

Ej:



C

Comprobación del diagrama

- No pueden surgir estados espontáneamente, salvo un estado de reset (no puede haber estados sin transiciones de entrada, salvo el estado inicial)
- Para cada estado, comprobar todas las condiciones de tránsito
 - > Deben salir 2^E transiciones, salvo aquellas que sean imposibles (combinaciones imposibles de entradas)
 - > Todas las transiciones deben tener valores de entrada distintos
- En control de sistemas físicos:
 - > Las transiciones que llegan a un estado deben tener un autobucle con el mismo valor de entrada (para que no se salgan del estado inmediatamente)
 - > No puede haber transiciones con condiciones de entrada no progresivas con los autobucles (no pueden cambiar dos entradas en el mismo ciclo de reloj)

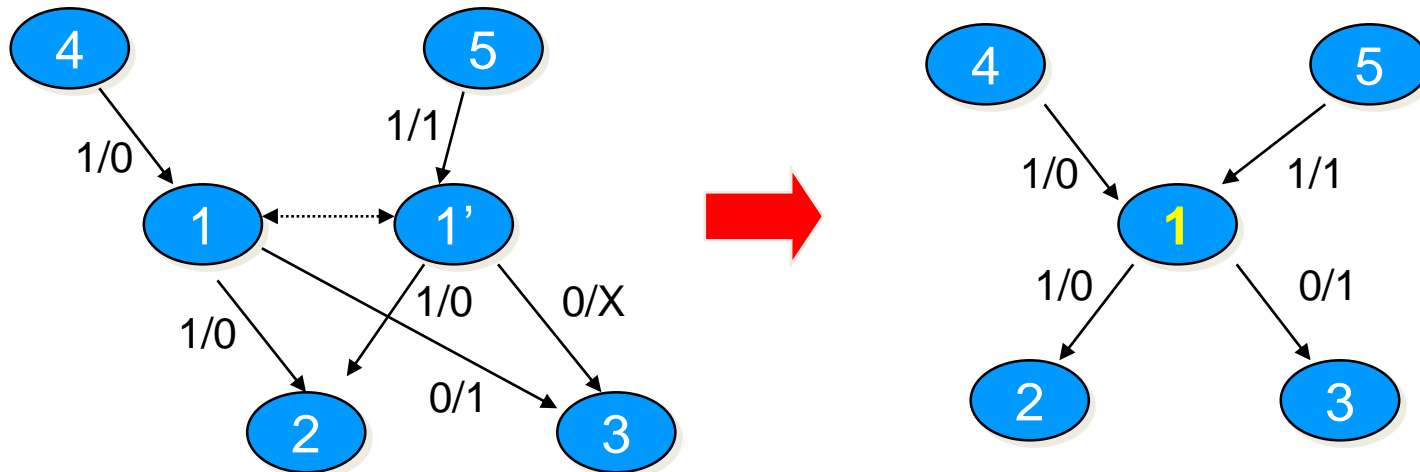
C

Reducción del diagrama

→ Dos estados son equivalentes si a partir de ellos la evolución es la misma:

- Cualquier transición que salga de ellos cumple que, para una misma entrada, se va al mismo estado y con las mismas salidas (las X en las salidas no son impedimento)
- Si una condición no está especificada, tampoco es un impedimento para unirlos

En ese caso, las transiciones de llegada se unen, y se escribe la unión de todas las transiciones de salida.



D Determinación del número de biestables

N estados \Rightarrow n biestables tal que $2^n \geq N$

Ej:

4 estados \rightarrow 2 biestables

E Asignación de estados

- \rightarrow A cada estado se le asigna una combinación de valores en los biestables.
- \rightarrow Para circuitos tipo Moore, intentar asignar los valores de las salidas del circuito a los valores de los biestables, con objeto de simplificar el circuito combinacional de salida (asignación “inteligente”).

Ej:

Estado	Q ₀	Q ₁
E0	0	0
E1	0	1
E10	1	0
E101	1	1

F

Tablas de verdad

Transición entre estados

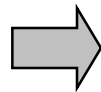
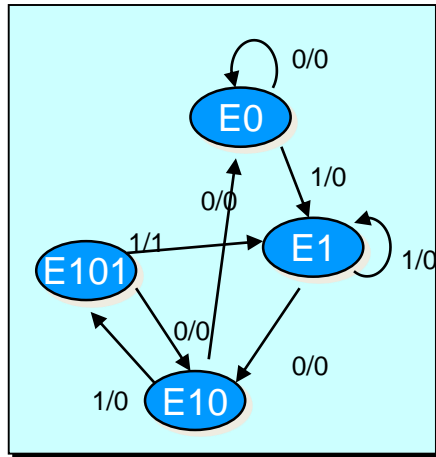
Coinciden usando biestables D $\left\{ \begin{array}{l} Q_{t+\Delta t} = f_1(Q_t, E_t) \Rightarrow \text{Ec. estado} \\ E_{\text{biest}} = f_2(Q_t, E_t) \Rightarrow \text{Ec. entrada} \end{array} \right.$

Salidas del circuito

$S_t = g_1(Q_t) \Rightarrow \text{Moore}$

$S_t = g_2(Q_t, E_t) \Rightarrow \text{Mealy}$

Ej



Entradas ecuación			Ecuaciones estado		Ecuaciones entrada		Ecuación salida
Q_0	Q_1	X	Q'_0	Q'_1	D_0	D_1	Y
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1	0
1	1	0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	0	1	1
Q_t E_t			$Q_{t+\Delta T}$		D		S_t

G

Minimización de funciones lógicas

Q'_0

Q_0Q_1 x	00	01	11	10
0		1	1	
1				1

$$Q'_0 = Q_1/x + Q_0/Q_1x$$

Q'_1

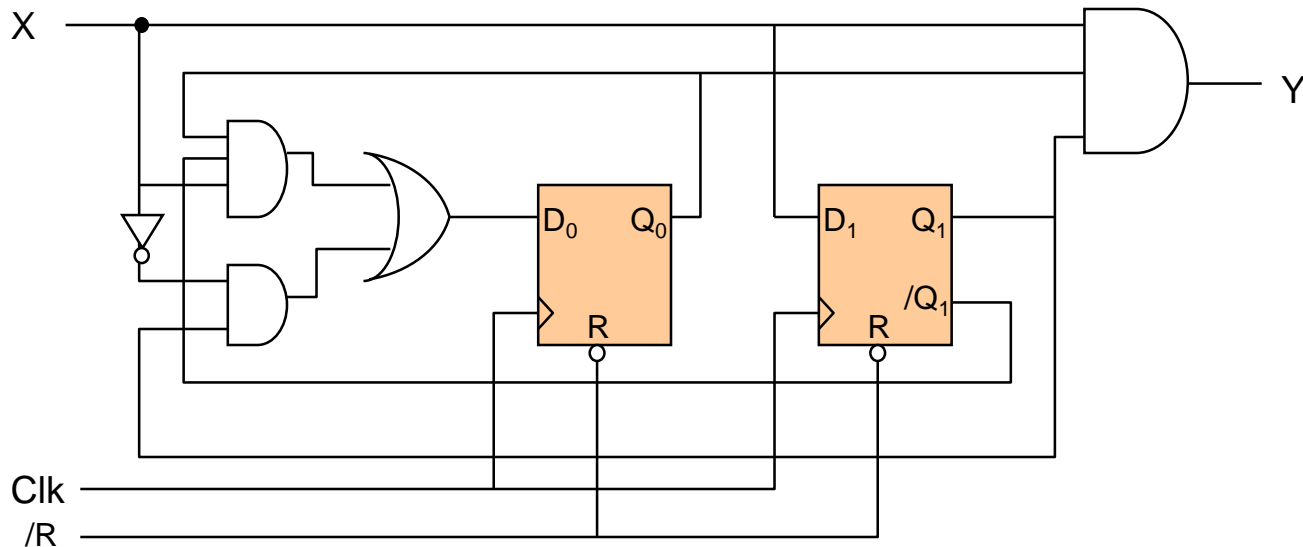
Q_0Q_1 x	00	01	11	10
0				
1	1	1	1	1

$$Q'_1 = x$$

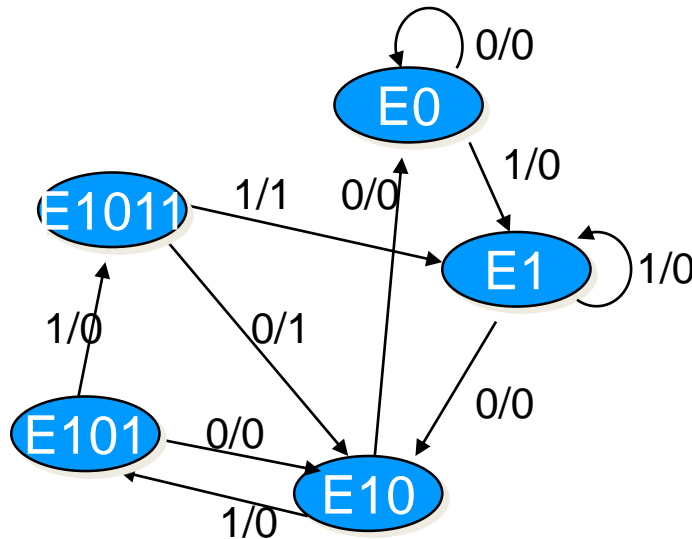
$$Y = Q_0Q_1X$$

H

Diseño del circuito



Ejemplo: Detector de secuencia 1011 con versión Moore utilizando biestables T y un decodificador



Estado	Q_2	Q_1	Q_0
E0	0	0	0
E1	0	0	1
E10	0	1	0
E101	0	1	1
E1011	1	0	0

$Y = Q_2$ (Moore)

Ecuaciones de estado:

Q_2	Q_1	Q_0	X	Q'_2	Q'_1	Q'_0	Y
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	0	1	1

Diseño con biestables T y decodificador

¿ Habría otra forma de hacer un detector de secuencia ?

Ejemplo

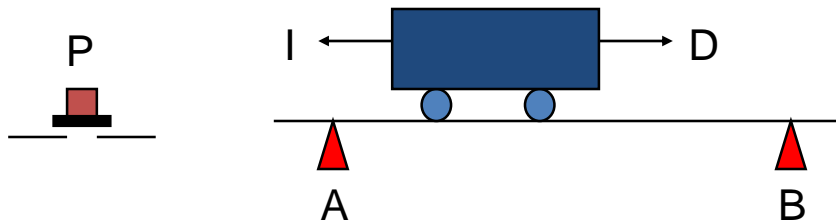
Para controlar el movimiento de un carro de transporte de material entre dos puntos A y B, se dispone de dos sensores de presencia en dichos puntos y de un pulsador P. El motor se controla mediante dos señales D e I para desplazarse a derecha e izquierda.

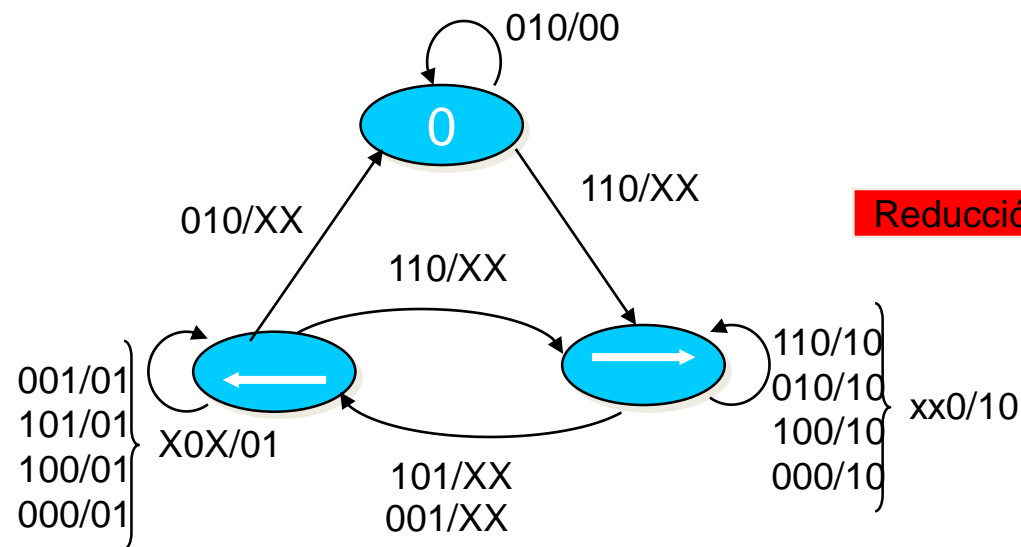
El funcionamiento del sistema ha de ser el siguiente:

- ☞ **Inicialmente, el carro está parado en la posición A.**
- ☞ **Al pulsar el botón P, el carro arrancará hacia la posición B sin detenerse. Una vez llegado a B, el carro se pondrá en marcha en dirección opuesta, sin detenerse, hasta llegar de nuevo al punto A. Durante los trayectos no se atenderá al valor de P.**
- ☞ **Si al llegar al punto A, el botón P no está pulsado, el carro se detendrá. Si al llegar a A, el botón P está pulsado, se iniciará un nuevo trayecto.**

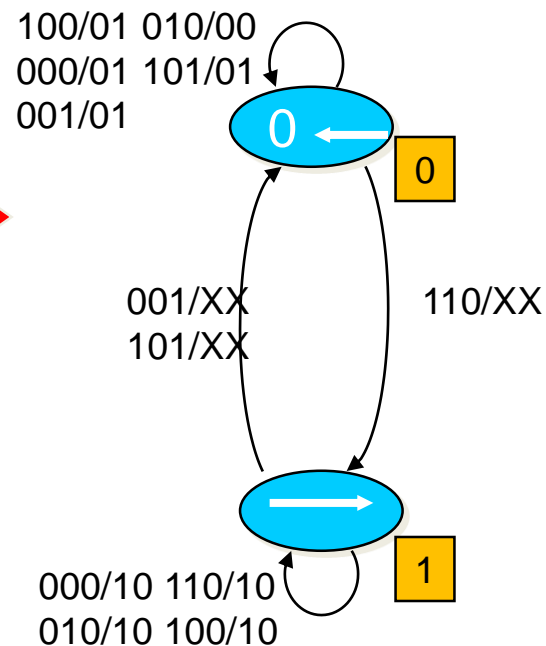
Determinar:

- Diagrama de estados reducido
- Tablas de verdad
- Ecuaciones de estado minimizadas





Reducción



Q	P	A	B	Q'	D	I
0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0	1
0	1	1	0	1	x	x
1	0	0	0	1	1	0
1	0	0	1	0	x	x
1	0	1	0	1	1	0
1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	1	0	x	x
1	1	1	0	1	1	0

Q'

QP		AB			
		00	01	11	10
00				1	1
01					
11	x	x	x	x	x
10			1	1	1

$$Q' = Q/B + PA$$

$$D = Q$$

$$I = /Q/A$$

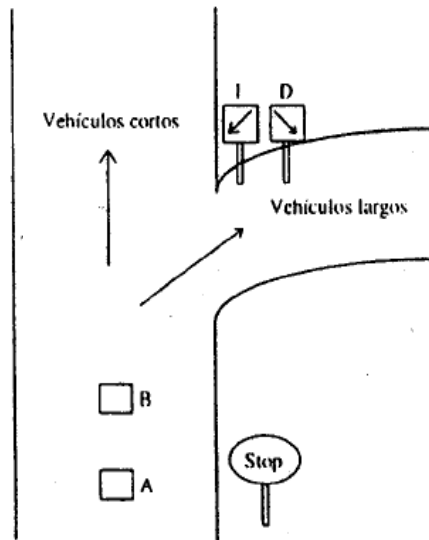
Se pretende desviar a los vehículos que excedan de un largo determinado por una carretera diferente que la de los vehículos de un largo normal. Para ello se colocan dos sensores *A* y *B* a una distancia igual al largo máximo autorizado, dos señales luminosas indicadoras de dirección (*I* y *D*) y una luz de stop (*S*). El funcionamiento ha de ser:

- En cuanto se sepa si un vehículo es largo o corto, activar el indicador de dirección adecuado y mantenerlo activo hasta que la última rueda del vehículo deje de pisar el sensor *B*.
- En cuanto un vehículo entre en la zona de sensores, activar la luz de stop hasta que el vehículo haya salido por el otro lado.

Se supone que los conductores obedecen la señal de stop y que nunca pisan los sensores dos coches distintos.

Se pide:

- a) Diagrama de estados del sistema de control
- b) Ecuaciones de estado y salida minimizadas



Nota: La señal de stop se ilumina para que, cuando llegue un vehículo a ese punto, se detenga si hay otro sobre los sensores *A* y *B*.