

# Apuntes-Tema-7-Segundo-Parcial.pdf



Juandf03



Fundamentos de Electrónica



1º Grado en Ingeniería Informática



Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática  
Universidad de Málaga



MÁSTER EN

**Inteligencia Artificial  
& Data Management**

MADRID

Formamos  
**talento** para un futuro  
Sostenible

saber más



# ¿Listo para aprobar tus oposiciones?

Academia fernauro, formación a tu medida



¡Elije el curso que mejor se adapte a ti!

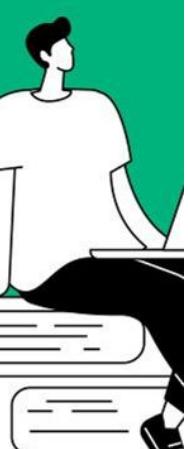
[Ver más](#)

Grupos  
reducidos

Presencial y  
Online

Cursos  
Intensivos

Preparación  
continua



## Tema 7 "Diseño secuencial"

### 1 Definiciones básicas

Circuito secuencial → el valor de la salida en un instante  $t$  depende del valor de las entradas y la historia previa

#### • Elementos de un c. secuencial :

- $n$  señales de entrada
- $p$  señales de salida
- $m$  variables internas
- circuito combinacional
- elementos de memoria

$2^n$  estados de entrada ( $E$ )

$2^p$  estados de salida ( $S$ )

$2^m$  estados internos ( $Q$ )

$y_m$  (estado铭mo)

$y_m$  (estado presente)

• C. secuencial asíncrono : el sistema evoluciona sin control externo, hasta que se llega a un estado interno estable.

• C. secuencial síncrono : el sistema es controlado mediante impulsos externos (reloj). El estado interno evoluciona cuando se aplica el impulso.

• Automata de Mealy (la salida depende del valor de la entrada y de las variables de estado)

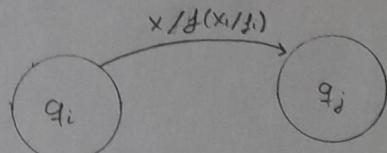
Alfabeto de entrada  $e$

Alfabeto de estados internos  $q$

Alfabeto de salida  $s$

Función de salida  $f: E \times Q \rightarrow S$

Función de transición  $\delta: E \times Q \rightarrow Q$



$$f(e_i, q_i) = s_i$$

WUOLAH

- Autómata de Moore (la salida sólo depende de los estados)

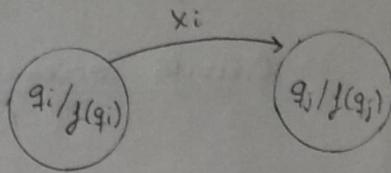
Alfabeto de entrada  $\Sigma$

Alfabeto de estados internos  $Q$

Alfabeto de salida  $S$

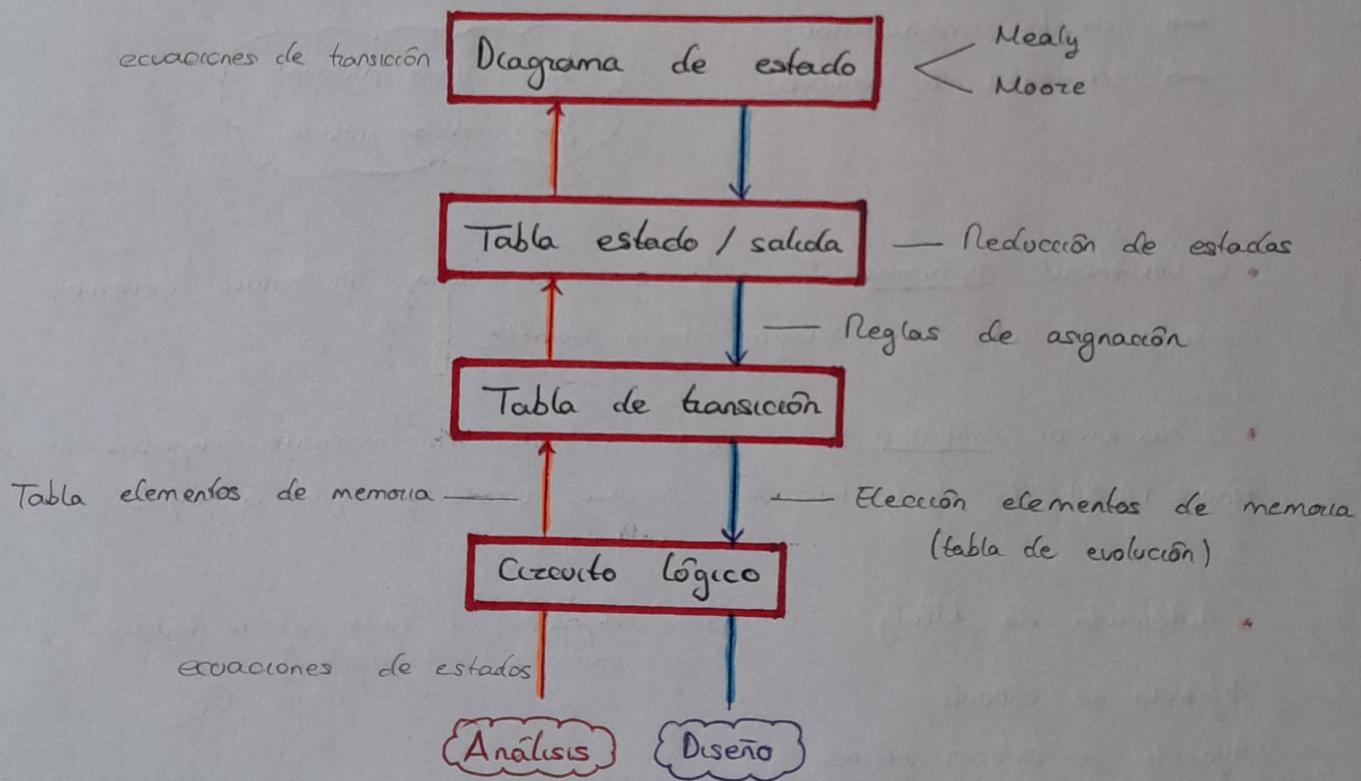
Función de salida  $f: Q \rightarrow S$

Función de transición  $t: E \times Q \rightarrow Q$



$$f(q_i) = s$$

## 2. Formas de descripción de un sistema secuencial.



# ① Uber One para Estudiantes



SOLO  
2.50€  
AL MES

## 50% Descuento en tu suscripción

Gastos de envío 0€ en tus pedidos  
Primer mes gratis

Suscríbete ahora



# Fundamentos de Electrónica



**Comparte estos flyers en tu clase y consigue más dinero y recompensas**



- 1** Imprime esta hoja
- 2** Recorta por la mitad
- 3** Coloca en un lugar visible para que tus compis puedan escanear y acceder a apuntes
- 4** Llévate dinero por cada descarga de los documentos descargados a través de tu QR



### • Diagrama de estado

→ Nodos o vértices (estados)

→ Arcos dirigidos (transiciones a los próximos estados, en función de la entrada y del estado presente)

### • Tabla de estado / salida

Representación de la función de estado (estado próximo) y de la función de salida (valor de la salida) en función del valor de las entradas y el estado presente

→ Columnas (entradas)

→ Filas (estados presentes)

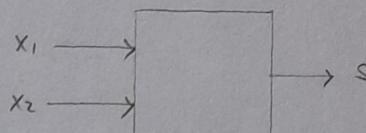
**Mealy**

	$X_0$
$q_0$	$t(x_0, q_0), f(x_0, q_0)$
$q_1$	$\downarrow$ estado próximo
...	$\downarrow$ salida

**Moore**

	$X_0$	$S$
$q_0$	$t(x_0, q_0)$	$f(q_0)$
$q_1$	$\downarrow$ estado próximo	$\downarrow$ salida
...		

**Ej!** Sumador de 1 bit que recuerda el acarreo de la última suma



$$\begin{array}{r}
 x_1 \quad 1 \quad 1 \\
 + x_2 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \\
 \hline
 s \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 0
 \end{array}
 \quad 
 \begin{aligned}
 & 1+1=0 \\
 & \text{acarreo } 1
 \end{aligned}$$

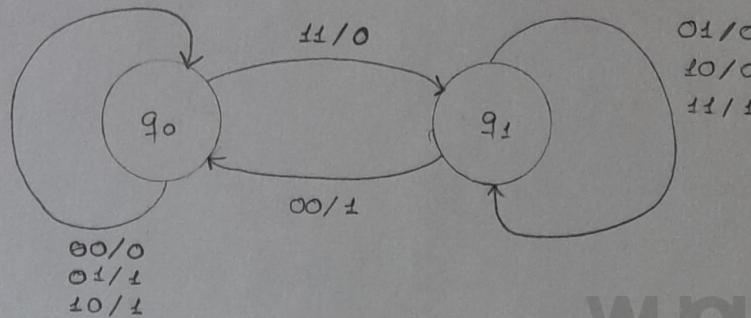
- Necesito tantos estados como situaciones distintas !!
- Flechas que salen de los estados  $\Rightarrow$  tantas como combinaciones de entrada

#### 1) Mealy

$q_0$  (no hay acarreo)

$q_1$  (si hay acarreo)

$$2^2 = 4 \text{ flechas}$$



# ① Uber One para Estudiantes

Suscripción para ahorrar en Uber y Uber Eats



50%  
Descuento  
en tu  
suscripción

Gastos  
de envío  
0€ en tus  
pedidos

Suscríbete ahora

	$x_1$	$x_2$	00	01	10	11
$q_0$			$q_{0,0}$	$q_{0,1}$	$q_{1,0}$	$q_{1,1}$
$q_1$			$q_{0,1}$	$q_{1,0}$	$q_{1,0}$	$q_{1,1}$

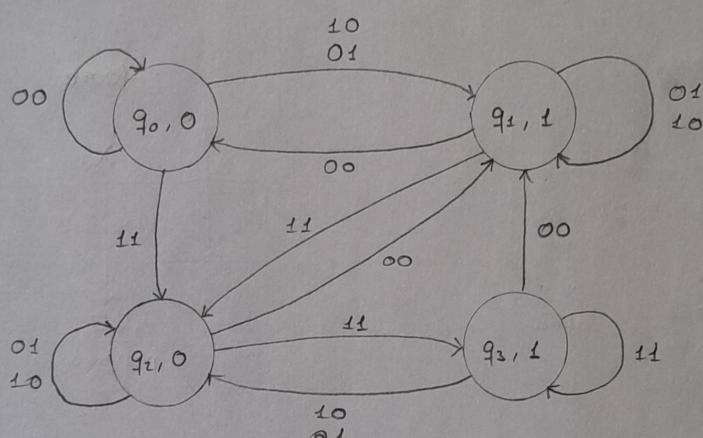
2) Moore

$q_0$  (acorreo 0, salida 0)

$q_1$  (acorreo 0, salida 1)

$q_2$  (acorreo 1, salida 0)

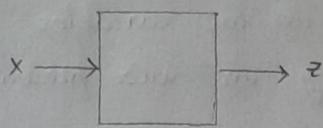
$q_3$  (acorreo 1, salida 1)



	$x_1$	$x_2$	00	01	10	11	S
$q_0$			$q_0$	$q_1$	$q_1$	$q_2$	0
$q_1$			$q_0$	$q_1$	$q_1$	$q_2$	1
$q_2$			$q_1$	$q_2$	$q_2$	$q_3$	0
$q_3$			$q_1$	$q_2$	$q_2$	$q_3$	1

WUOLAH

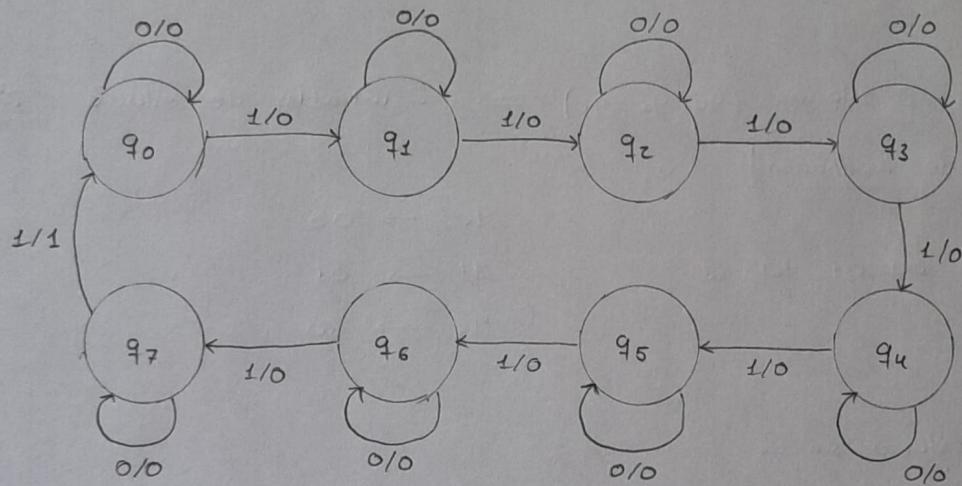
Ej! Contador de 1 módulo 8



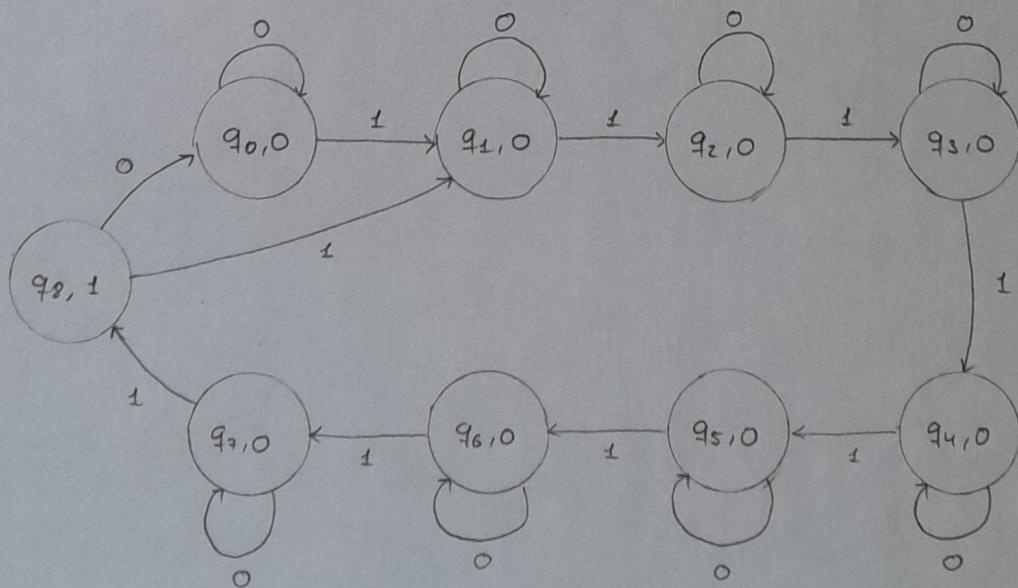
$X : 01110000 \text{ (1) } 001 \dots$   
 $Z : 000000001000 \dots$

1) Mealy

$q_0$  (no reabro ningún 1),  $q_1$  (reabro un 1),  $q_2$  (reabro dos 1),  
 $q_3$ ,  $q_4$ ,  $q_5$ ,  $q_6$ ,  $q_7$



2) Moore



## • Tabla de transición

Representación de los valores próximos de las variables de estado en función del valor de las entradas y del valor presente de las variables de estado.

→ Columnas (entradas)

→ Filas (valores presentes de las variables de estados)

$\Rightarrow$  variables de estados → estados

Ej!

• Tenemos 3 estados ( $q_0, q_1, q_2$ )  $\Rightarrow$  2 variables de estado  $2^2 = 4 \checkmark$

• Reglas de asignación

$$\boxed{y_1 \ y_2} \Rightarrow 00, 01, 10, 11$$

$$q_0 \rightarrow 00$$

$$q_1 \rightarrow 01$$

$$q_2 \rightarrow 10$$

1) Tabla estado / salida

$x_1$	$x_2$	00	01	10	11	S
$q_0$	q0	q2	q2	q1	q1	0
$q_1$	q1	q1	q0	q2	q2	1
$q_2$	q2	q2	q1	q0	q0	1

2) Tabla de transición

$y_1$	$x_1$	00	01	10	11	S
$y_2$	$x_2$	00	10	10	01	0
00	00	01	01	00	10	1
01	01	01	00	10	10	1
10	10	10	01	00	00	1

# ① Uber One para Estudiantes

Suscripción para ahorrar en Uber y Uber Eats



50% Descuento en tu suscripción

Gastos de envío 0€ en tus pedidos

Suscríbete ahora

## 3. Elementos de memoria

¡Aprendéselas!

→ Tabla del biestable (analizar un circuito)

→ Tabla de evolución del biestable (diseñar un circuito)

### • Biestable SR

Tabla del biestable

S R	Y
0 0	y
0 1	0
1 0	1
1 1	no

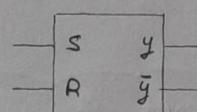


Tabla de evolución del biestable

$y \rightarrow Y$	S R
$0 \rightarrow 0$	0 -
$0 \rightarrow 1$	1 0
$1 \rightarrow 0$	0 1
$1 \rightarrow 1$	- 0

indeterminado

### • Biestable JK

Tabla del biestable

J K	Y
0 0	y
0 1	0
1 0	1
1 1	y-bar

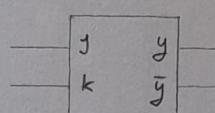


Tabla de evolución del biestable

$y \rightarrow Y$	J K
$0 \rightarrow 0$	0 -
$0 \rightarrow 1$	1 -
$1 \rightarrow 0$	- 1
$1 \rightarrow 1$	- 0

### • Biestable D

Tabla del biestable

D	Y
0	0
1	1

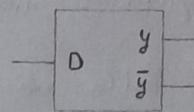


Tabla de evolución del biestable

$y \rightarrow Y$	D
$0 \rightarrow 0$	0
$0 \rightarrow 1$	1
$1 \rightarrow 0$	0
$1 \rightarrow 1$	1

WUOLAH

### • Biestable T

Tabla del biestable

T	Y
0	y
1	$\bar{y}$

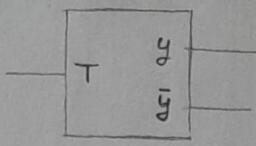


Tabla de evolución del biestable

$y \rightarrow y$	T
$0 \rightarrow 0$	0
$0 \rightarrow 1$	1
$1 \rightarrow 0$	1
$1 \rightarrow 1$	0

Se necesitan tantas entradas como variables de estado

### • Biestable T a partir del biestable Jk

Tabla del biestable Jk

jk	y
00	y
01	0
10	1
11	$\bar{y}$

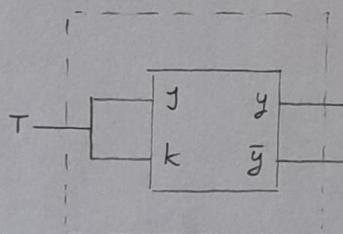


Tabla del biestable T

T	y
0	y
1	$\bar{y}$

$$T = 0 = J = k \Rightarrow \text{entrada } 00$$

$$T = 1 = J = k \Rightarrow \text{entrada } 11$$

## 4. Reducción de Tablas de Estado

- Obtención de pares compatibles mediante la carta de implicación  
→ Dos estados de una tabla de estados A, se dicen compatibles, si ambos estados pueden ser cubiertos por un único estado de una tabla de estados B.

→ Dos estados de una tabla de estados serán compatibles, si:

- \* Para cualquier entrada producen la misma salida.
- \* Los estados próximos de ambos, son los mismos ó son compatibles.

Encontrar pares de estados compatibles  $\Rightarrow$  Carta de implicación

Ej!

x. • Tabla de Estado / Salida

	$x_1$	00	01	10	11
1	1,1	⑥1	1,1	2,0	
2	3,1	2,0	2,1	2,0	
3	3,1	⑤1	3,1	2,0	
4	4,1	6,1	4,1	2,0	
5	1,1	5,1	4,1	5,0	
6	1,1	6,1	3,1	6,0	

Simplificamos la tabla.

↓  
estado  
máximo      ↓  
salida

• Carta de implicación

1		V					
X							
	2						
5-6		*					
✓		X					
	3						
		*	5-6				
✓		X		✓			
				4			
5-6 *		*	1-3 *	1-4 *			
1-4		*	3-4	5-6			
2-5 X		X	2-5 X	2-5 X			
5-6 *		*	1-3 *	1-4 *	3-4		
1-4		*	3-4	5-6	*		
2-5 X		X	2-5 X	2-5 X	X		
1-3 *		*	1-2 *	1-4 *	3-4		
2-6 X		X	5-6	3-4	3-4		
			2-6 X	2-6 X	X		
					✓		
						5	
							6

• 1<sup>a</sup> condición: ó misma salida

• 2<sup>a</sup> condición: ó estados máximos iguales

X  $\Rightarrow$  no compatible

✓  $\Rightarrow$  absolutamente compatible

$\rightarrow$  El 1 lo compramos con 2,3,4,5,6

$\rightarrow$  El 2 lo compramos con 3,4,5,6

...

(\*) vez los no compatibles,  
a ver si están en algún  
sitio

Pares de estados compatibles  $\Rightarrow \{ (1,3), (1,4), (3,4), (5,6) \}$

Si la tabla está llena de X  $\Rightarrow$  tabla irreducible

# ① Uber One para Estudiantes

Suscripción para ahorrar en Uber y Uber Eats



50% Descuento en tu suscripción

Gastos de envío 0€ en tus pedidos

Suscríbete ahora

- Obtención del conjunto compatible máximo
- MCS : conjunto de estados compatibles, que no es subconjunto de otro conjunto de estados compatibles.

① Iniciar el proceso  $\Rightarrow \begin{cases} C = n & (\text{nº de estados de la tabla}) \\ I = \emptyset & \text{cota de implicación !!!} \end{cases}$

② Desde la derecha hacia la izquierda,  $i$  (columna) :

③ Si estados cuyas entradas en dicha columna no tienen  $X$ .

④ Formar los siguientes conjuntos :

$$\begin{array}{|c|} \hline I = \{(S_i \cap C) \cup i\} \\ \hline C = \{C \cup I\} \\ \hline \end{array} \quad !!$$

⑤ Eliminar de  $C$  cualquier elemento duplicado o contenido en él.

⑥ El conjunto final  $C$  es el MCS

!E!

$i$	$S_i$	$I = \{(S_i \cap C) \cup i\}$	$C = \{C \cup I\}$
-	-	$\emptyset$	6
5	6	5, 6	5, 6
4	$\emptyset$	4	4, 5, 6
3	4	3, 4	3, 4, 5, 6
2	$\emptyset$	2	2, 3, 4, 5, 6
1	3, 4	1, 3, 4	1, 3, 4, 2, 5, 6

$$MCS = \{1, 3, 4, 2, 5, 6\}$$

• Nombrar los estados :

$$A = 1, 3, 4, 2, 5, 6, \dots$$

• Construir la nueva tabla :

	$x_1$	$x_2$	00	01	10	11
$A$	A, 1	B, 1	A, 1	C, 0		
$B$	A, 1	B, 1	A, 1	B, 0		
$C$	A, 1	C, 0	C, 1	C, 0		

WUOLAH

## 5. Reglas de asignación de variables de estado

Pasar de tabla de estado / salida → tabla de transición

- El asignamiento de variables de estado para 2 estados se dice adyacente, si dicho asignamiento, provoca que las variables de estado asignadas difieran solamente en una.
- Las reglas se deben aplicar en el orden jerárquico 1a, 1b, 1c, 2, 3

- Regla 1

- a) Estados con idénticos estados próximos en todas las entradas  $\Rightarrow$  deben tener asignamientos <sup>los mismos</sup> adyacentes.
- b) Estados con idénticos estados próximos en todas las entradas  $\Rightarrow$  deben tener asignamientos adyacentes, si dichos próximos estados pueden ser dados como asignamientos adyacentes.
- c) Estados con idénticos próximos estados para algunas entradas deben tener asignamientos adyacentes (estados con mas columnas idénticas tienen mayor profundidad)

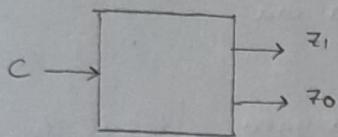
- Regla 2

Los estados próximos de un mismo estado, deberán tener asignamientos adyacentes.

- Regla 3

Los estados que tengan la misma salida para una cierta entrada deben tener asignamientos adyacentes.

!E! Construir un circuito secuencial que tenga una sola entrada  $C$  y dos salidas ( $Z_1, Z_0$ ), tal que si  $C=0$  se genera a la salida la secuencia de  $n$  binarios de 2 bits en código natural, y si  $C=1$  se genera a la salida la secuencia de  $n$  binarios de 2 bits en código Gray. Construir el circuito usando al menos un bistable JK y un bistable D.

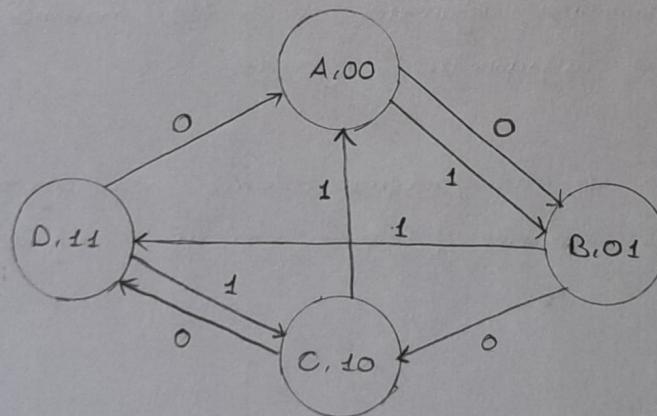


$C$	0	0	0	0	0	1	1	1	1
$Z_1$	00	01	10	11	00	01	11	10	
$Z_0$	01	11	10	00	01	11	10	11	

!Cuidado!

### 1) Diagrama de estado tipo Moore

- Tengo tantos estados como salidas  $\Rightarrow [4]$
- De cada estado salen tantas flechas como combinaciones tenga en la entrada  $\Rightarrow [2]$



### 2) Tabla de estado salida

$C$	0	1	S
A	B	C	00
B	C	D	01
C	D	A	10
D	A	C	11

$Z_1 \quad Z_0$

# ① Uber One para Estudiantes

Suscripción para ahorrar en Uber y Uber Eats



- Reducción de estados

A	B	C	D
X	X		
X	X	X	
X	X	X	X

La tabla de estado / salida es irreducible.  
Como las salidas son distintas, todos los estados son incompatibles.

- Asignación variables de estado

Con 4 estados necesitamos 2 variables de estado. Asignamos a las variables de estado los valores de las salidas.

$$A \rightarrow 00 \quad B \rightarrow 01 \quad C \rightarrow 10 \quad D \rightarrow 11$$

3) Tabla de transición

	C $y_2$	0 $y_1$	1 $y_1$	S
00	01	01	00	
01	10	11	01	
10	11	00	10	
11	00	10	11	

↓                          ↓  
valores presentes      valores máximos ( $y_2 y_1$ )

- Tabla auxiliar para el circuito lógico

Biestable  $3k \Rightarrow y_2$

Biestable D  $\Rightarrow y_1$

	0	1		0	1	
00	0X	0X		00	1	1
01	1X	1X		01	0	1
10	X0	X1		10	1	0
11	X1	X0		11	0	0

$j_{2k_2}$

↑  
comparar

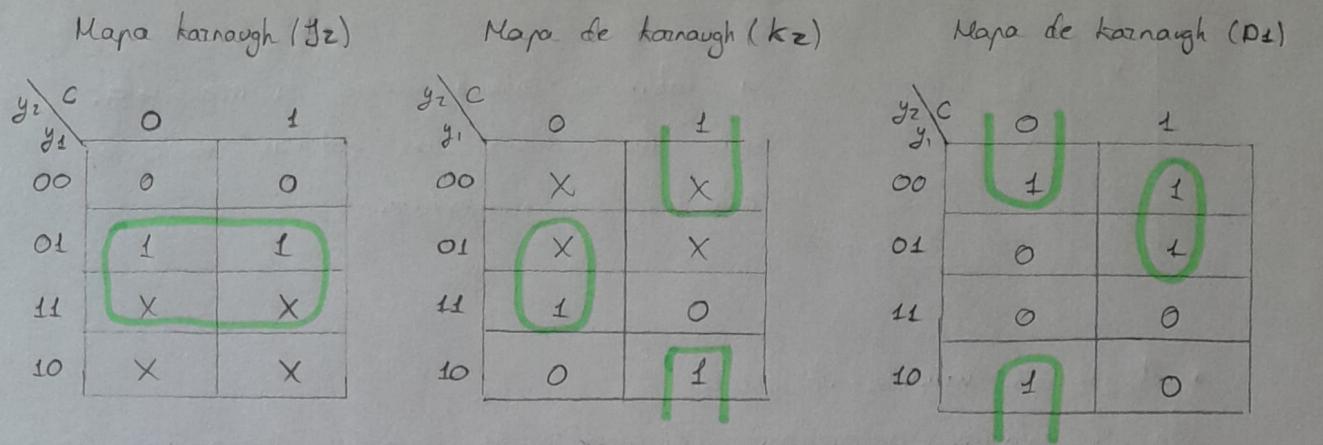
$D_1$

↓  
valores de salida

$y \rightarrow Y$	$3k$
$0 \rightarrow 0$	0X
$0 \rightarrow 1$	1X
$1 \rightarrow 0$	X1
$1 \rightarrow 1$	X0

$y \rightarrow Y$	0
$0 \rightarrow 0$	0
$0 \rightarrow 1$	1
$1 \rightarrow 0$	0
$1 \rightarrow 1$	1

WOOLAH

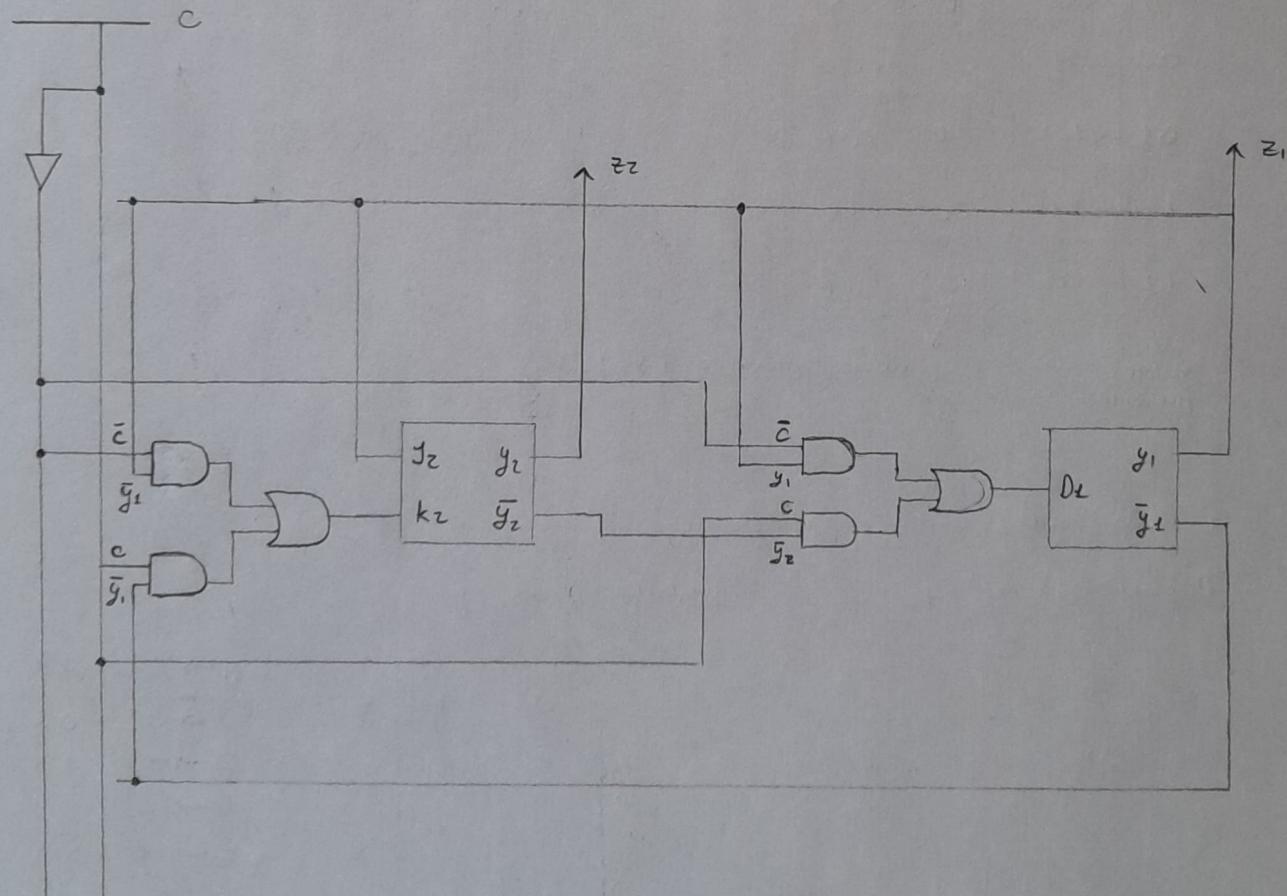


$$\bar{J}_2 = y_1$$

$$k_2 = \bar{C}y_1 + C\bar{y}_1$$

$$D_2 = \bar{C}\bar{y}_1 + C\bar{y}_1$$

4) Circuito lógico



# Importante ¡No olvides!

- Tabla reducida - aplica las reglas de asignación:  
de variable de estado

1a filas iguales, nos quedamos en el estado  $\Rightarrow$  adyacentes

1b filas iguales pero cambiado el orden  $\Rightarrow$  adyacentes

1c filas con un estado igual  $\Rightarrow$  adyacentes

2 filas sobran las 2 máximas estados  $\Rightarrow$  adyacentes

¿Adyacentes?  $\Rightarrow$  mapa de Karnaugh cerca uno del otro.

Tabla

- Después de tabla de transición  $\Rightarrow$  tabla auxiliar (utilizamos elms. memoria)  
 $\Rightarrow$  mapas de Karnaugh.  
 $\begin{array}{c} \text{Tipo} \\ \text{Mealy} \end{array}$   $\Rightarrow$  tabla salidas  
(mapa Karnaugh)

- Analizar un circuito?

① Sacamos las ecuaciones de los elementos de memoria y de la salida (si es que hay!).

$\rightarrow$  tiene que estar en función de los valores presentes y las entradas.

② Tipo de Autómata  $\rightarrow$  Mealy: aparecen las entradas en "z"  
 $\Rightarrow$  Moore: solo valores presentes en "z" o no hay entradas en el circuito.

③ Tabla auxiliar  $\Rightarrow$  ¡jojo! { Salidas van con la fórmula  
Utilizar las tablas de los elms de memoria

④ Ecuaciones de transición  $\Rightarrow$   $y_n = yx$

hacemos grupos en  $y_1, y_2$

valores = valores presentes + entradas máximas

# ① Uber One para Estudiantes



SOLO  
2.50€  
AL MES

## 50% Descuento en tu suscripción

Gastos de envío 0€ en tus pedidos  
Primer mes gratis

Suscríbete ahora

