Tema 8. Ejercicio 1.

Implementar la parte combinacional con multiplexores.

Directamente a partir de las tablas de las funciones.

$K_1 = 0$ y $K_2 = 0$ por lo que no es necesario implementarlas.

Elegimos las entradas de selección para usar multiplexores simples.

q_1q_2 \ x	0	1
00	0	0
01	1	0
11	–	0
10	0	0

J_1

$r_0 = q_2$

$r_1 = 0$

q_1q_2 \ x	0	1
00	0	1
01	–	0
11	0	–
10	0	1

J_2

$r_0 = x$

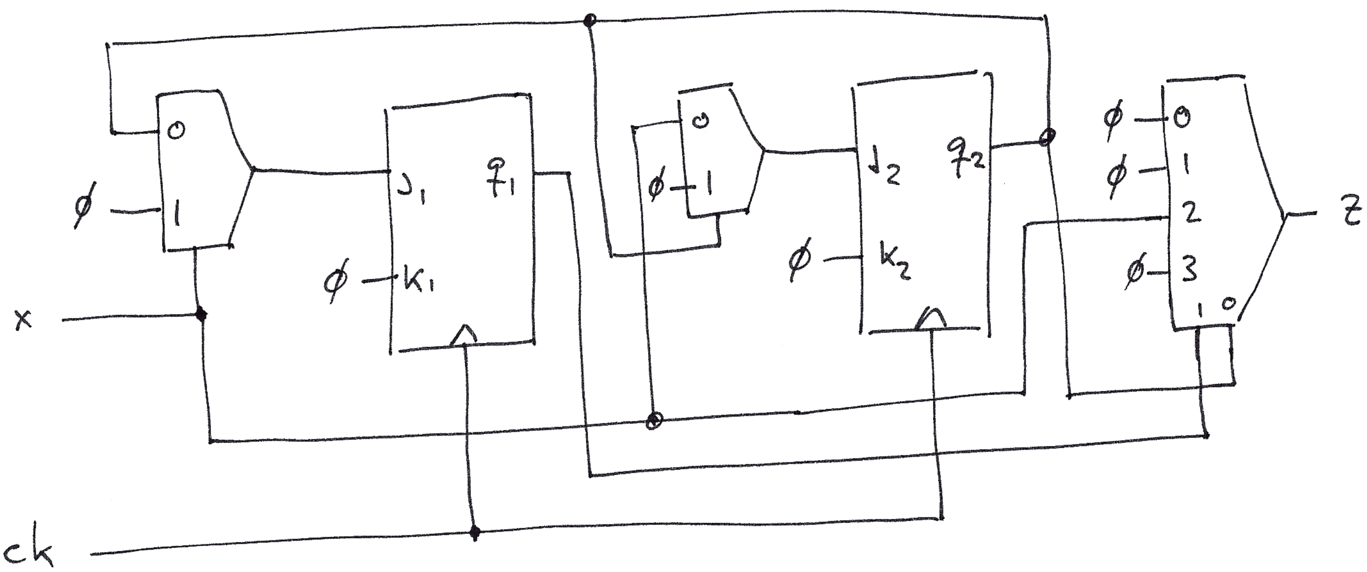
$r_1 = \phi$

q_1q_2 \ x	0	1
00	0	0
01	0	0
11	0	0
10	0	1

Z

$r_0 = r_1 = r_3 = \phi$

$r_2 = x$



Tema 8. Ejercicio 2

Implementación con biestables D y puertas

Partimos de la tabla de transición de estados/excitación

q_1q_2 \ x	0	1
00	00,0	01,0
01	11,0	00,0
11	10,0	01,0
10	00,0	01,1

D_1D_2, z

q_1q_2 \ x	0	1
00	0	0
01	1	0
11	1	0
10	0	0

D_1

q_1q_2 \ x	0	1
00	0	1
01	1	0
11	0	1
10	0	1

D_2

q_1q_2 \ x	0	1
00	0	0
01	0	0
11	0	0
10	0	1

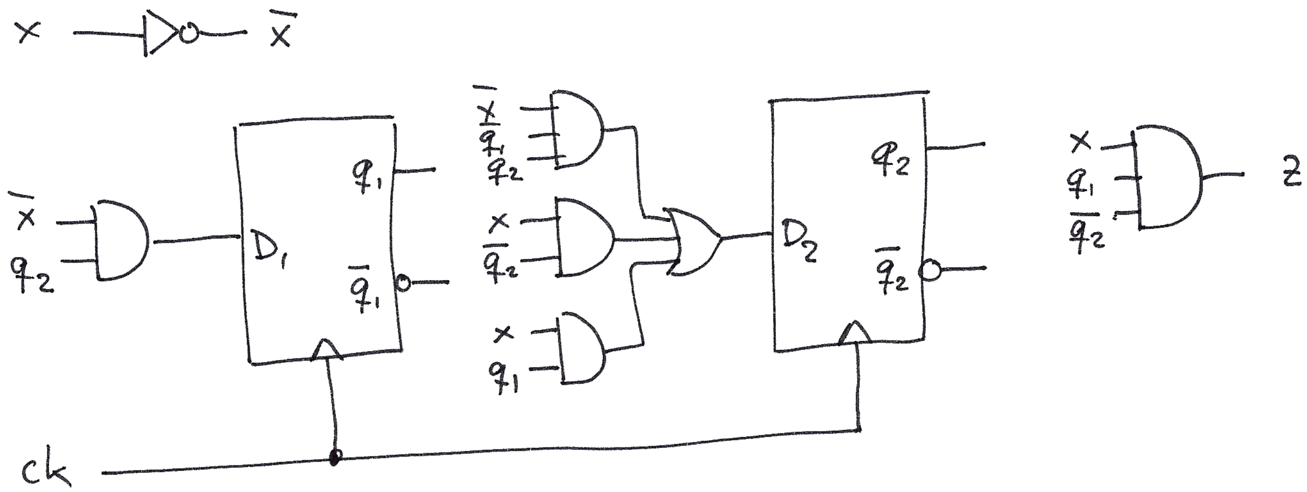
z

$$D_1 = \bar{x}\,q_2$$

$$D_2 = \bar{x}\,\bar{q}_1 q_2 + x\,\bar{q}_2 + x\,q_1$$

$$z = x\,q_1\bar{q}_2$$

Usamos "conexiones por nombre" para simplificar el dibujo.



Tema 8. Ejercicio 2

Implementación con biestables D y multiplexores

D_1

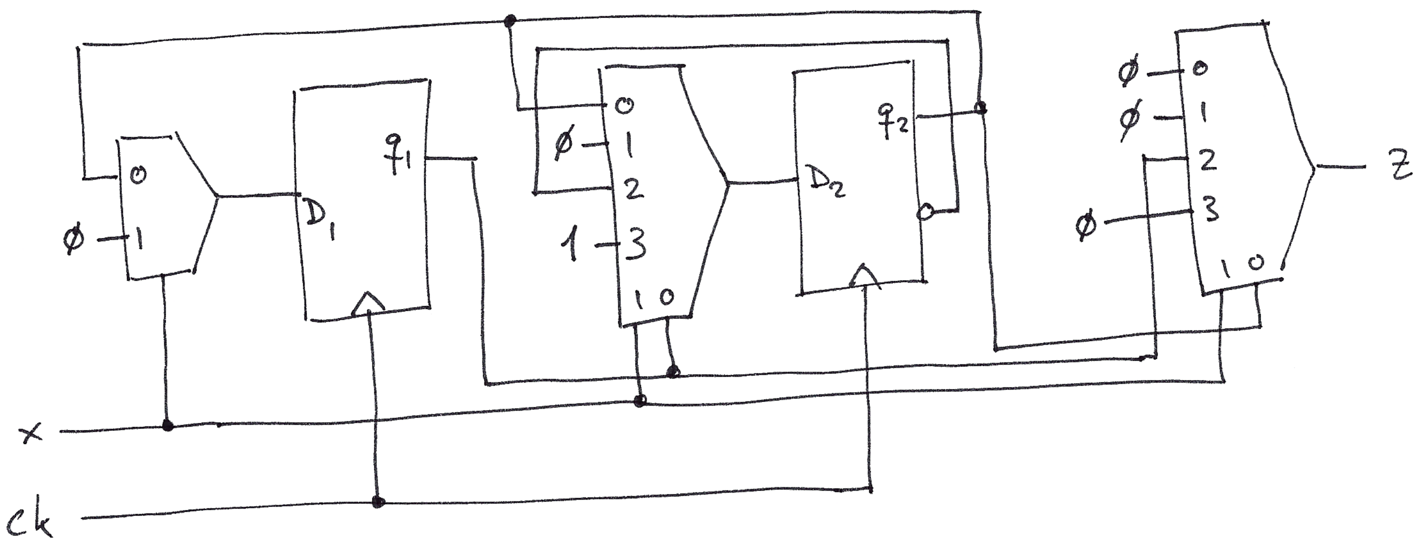
q_1q_2 \ x	0	1
00	0	0
01	1	0
11	1	0
10	0	0

D_2

q_1q_2 \ x	0	1
00	0	1
01	1	0
11	0	1
10	0	1

Z

q_1q_2 \ x	0	1
00	0	0
01	0	0
11	0	0
10	0	1



Tema 8. Ejercicio 3

Completar el diseño de la MEF con biestables JK y puertas lógicas.

Partimos de la tabla de estados/salida.

S \ x	0	1	z
A	A	B	0
B	C	B	0
C	D	B	0
D	A	E	0
E	C	B	1

NS

Asignación de estados

Elegimos codificación con códigos adyacentes para estados consecutivos.

S	$q_1 q_2 q_3$
A	0 0 0
B	0 0 1
C	0 1 1
D	0 1 0
E	1 1 0

Tabla de transición de estados/salida

A partir de la tabla de estados, sustituyendo los estados por sus códigos correspondientes

$q_1q_2q_3$ \ x	0	1	z
0 0 0	000	001	0
0 0 1	011	001	0
0 1 1	010	001	0
0 1 0	000	110	0
1 1 0	011	001	1

$q_1q_2q_3$

Elección de biestables y tabla de excitación/salida

Elegimos JK. Necesitamos la tabla de excitación del b. JK

$q \to Q$	JK
0 → 0	0 –
0 → 1	1 –
1 → 0	– 1
1 → 1	– 0

Sustituimos cada cambio de estado por la excitación (JK) correspondiente.

$q_1q_2q_3$ \ x	0	1	z
000	0–, 0–, 0–	0–, 0–, 1–	0
001	0–, 1–, –0	0–, 0–, –0	0
011	0–, –0, –1	0–, –1, –0	0
010	0–, –1, 0–	1–, –0, 0–	0
110	–1, –0, 1–	–1, –1, 1–	1

J_1K_1, J_2K_2, J_3K_3

Ecuaciones de excitación

Extraemos los K-mapa de cada función de la tabla de excitación/salida. Completamos los códigos que faltan con inespecificaciones, ya que son estados no usados por la MEF.

J_1

$q_2q_3 \backslash xq_1$	00	01	11	10
00	0	–	–	0
01	0	–	–	0
11	0	–	–	0
10	0	–	–	1

K_1

$q_2q_3 \backslash xq_1$	00	01	11	10
00	–	–	–	–
01	–	–	–	–
11	–	–	–	–
10	–	1	1	–

J_2

$q_2q_3 \backslash xq_1$	00	01	11	10
00	0	–	–	0
01	1	–	–	0
11	–	–	–	–
10	–	–	–	–

K_2

$q_2q_3 \backslash xq_1$	00	01	11	10
00	–	–	–	–
01	–	–	–	–
11	0	–	–	1
10	1	0	1	0

J_3

$q_2q_3 \backslash xq_1$	00	01	11	10
00	0	–	–	1
01	–	–	–	–
11	–	–	–	–
10	0	1	1	0

K_3

$q_2q_3 \backslash xq_1$	00	01	11	10
00	–	–	–	–
01	0	–	–	0
11	1	–	–	0
10	–	–	–	–

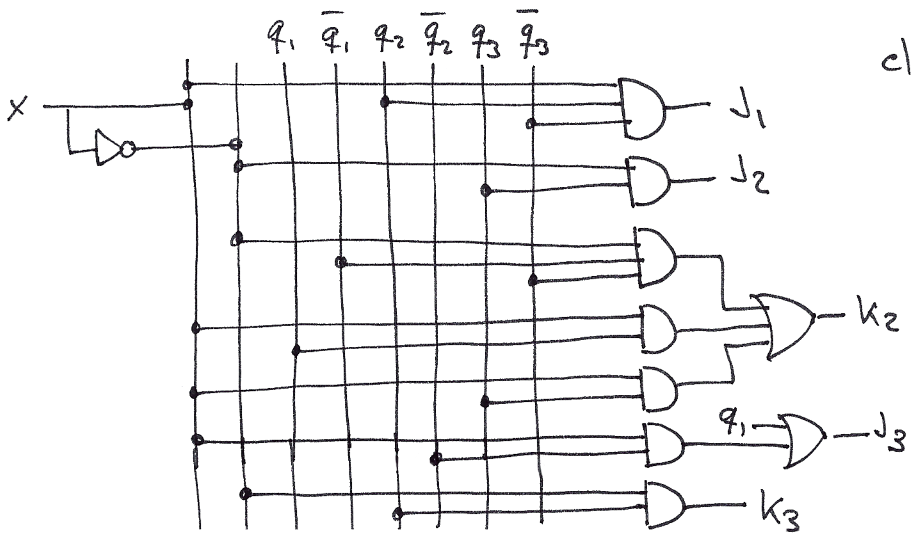
Z

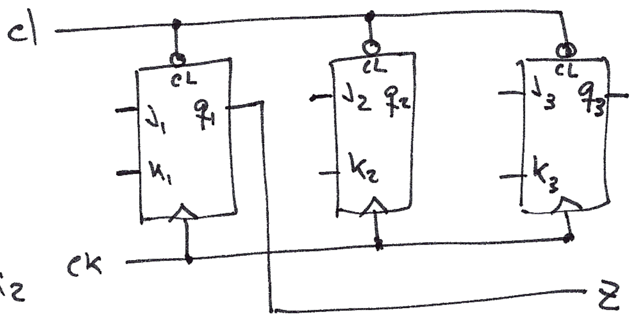
$q_3 \backslash q_1q_2$	00	01	11	10
0	0	0	1	–
1	0	0	–	–

Vamos a hacer el diseño sólo con puertas NAND, por tanto buscamos sumas de productos mínimos.

$J_1 = x q_2 \overline{q_3}$ | $J_2 = \overline{x} q_3$ | $J_3 = q_1 + x\overline{q_2}$ | $Z = q_1$

$K_1 = 1$ | $K_2 = \overline{x}\,\overline{q_1}\,\overline{q_3} + x q_1 + x q_3$ | $K_3 = \overline{x} q_2$





Posibles estados de bloqueo

La señal de 'clear' asíncrono (CL) permite iniciar el sistema desde el estado A (0,0,0). Esto resuelve el problema de que la MEF quede "atrapada" en posibles estados de bloqueo introducidos por las inespecificaciones. Para ver si esos estados existen necesitamos hacer el análisis de la MEF: obtener el diagrama de estados a partir de la implementación final.

Tabla de excitación (a partir de las ecuaciones)

$q_1q_2q_3$ \ x	0	1	z
000	01, 01, 00	01, 00, 10	0
001	01, 10, 00	01, 01, 10	0
011	01, 10, 01	01, 01, 00	0
010	01, 01, 01	11, 00, 00	0
110	01, 00, 11	11, 01, 10	1
111	01, 10, 11	01, 01, 10	1
101	01, 10, 10	01, 01, 10	1
100	01, 00, 10	01, 01, 10	1

J_1K_1, J_2K_2, J_3K_3

→

Tabla de trans. estados/sal.

$q_1q_2q_3$ \ x	0	1	z
000	000	001	0
001	011	001	0
011	010	001	0
010	000	110	0
110	011	001	1
111	010	001	1
101	011	001	1
100	001	001	1

$Q_1Q_2Q_3$

q \ JK	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	1	0	0	1

Q

Tabla de estados / salida

Asignamos los estados A a E igual que en la tabla original.

$q_1 q_2 q_3$	S
0 0 0	A
0 0 1	B
0 1 1	C
0 1 0	D
1 1 0	E
1 1 1	F
1 0 1	G
1 0 0	H

→

S \ x	0	1
A	A	B
B	C	B
C	D	B
D	A	E
E	C	B
F	D	B
G	C	B
H	B	B

NS

Estados originales (A–E)

Estados no asignados (F–H).

No hay estados de bloqueo: si la MEF cae por error en algún estado no asignado (F, G o H) pasará en el siguiente ciclo a un estado normal y continuará su operación normal.

Tema 8. Ejemplo 5. Análisis funcional MEF

Ecuaciones de excitación / salida

Consiste en analizar la parte combinacional del circuito.

$J_1 = \bar{x} q_2 \qquad J_2 = x \qquad z = x q_1$

$K_1 = 1 \qquad K_2 = q_1$

Tabla de excitación / salida

Directamente a partir de las ecuaciones de excitación, como cuando se pasa una expresión lógica a un k-mapa.

$q_1 q_2$ \ x	0	1
00	01, 00, 0	01, 10, 0
01	11, 00, 0	01, 10, 0
11	11, 01, 0	01, 11, 1
10	01, 01, 0	01, 11, 1

J_1K_1, J_2K_2, z

q \ JK	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	1	0	0	1

Q

Tabla de transición de estados/salida

$q_1 q_2$ \ x	0	1
00	00, 0	01, 0
01	11, 0	01, 0
11	00, 0	00, 1
10	00, 0	01, 1

$Q_1 Q_2, z$

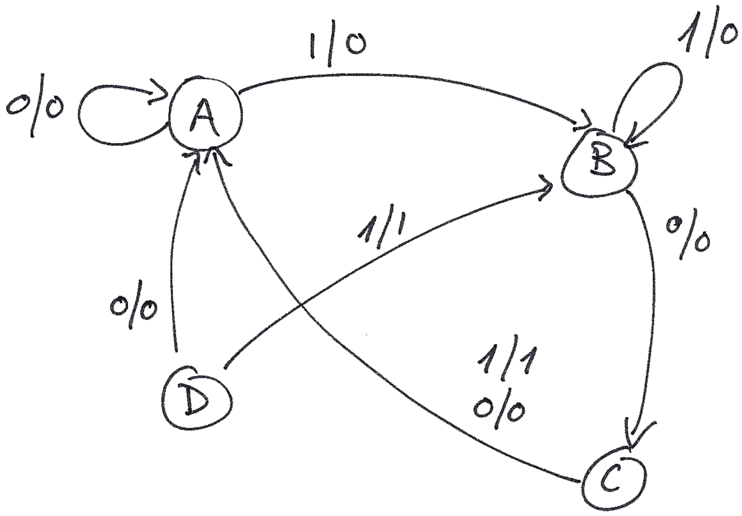
$q_1 q_2$	S
00	A
01	B
11	C
10	D

Tabla de estados / salida

S \ x	0	1
A	A, 0	B, 0
B	C, 0	B, 0
C	A, 0	A, 1
D	A, 0	B, 1

NS, z

Diagrama de estados



- D es un estado aislado: ningún estado lleva a D. D no es un estado de bloqueo.

- Si la entrada vale '0' todo el tiempo la máquina permanece en A con salida '0'.

- Para que la salida sea '1', partiendo de A, tiene que llegar la secuencia '1 0 1'. Es la secuencia de activ.

- El valor activo de la salida es '1'.

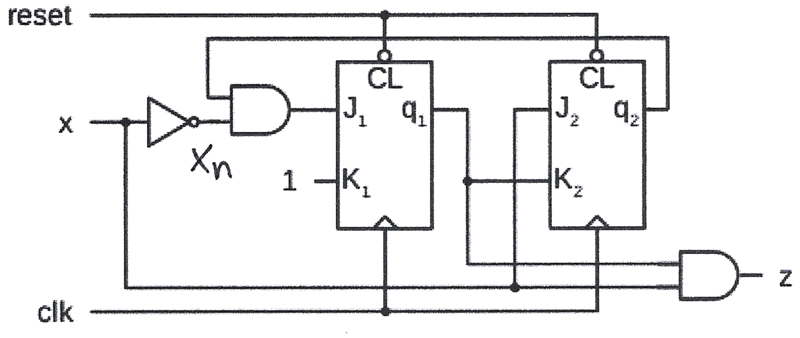
- Tras una secuencia '1 0 1' que activa la salida se necesita una nueva secuencia '1 0 1' para activarla: no hay solapamiento.

- x: 0 0 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0 0

  ~~S~~: A A A A B B C A B C A A B B B C A B C

  z: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Tema 8. Ejemplo 6. Análisis Temporal



$x_n = \overline{x}$

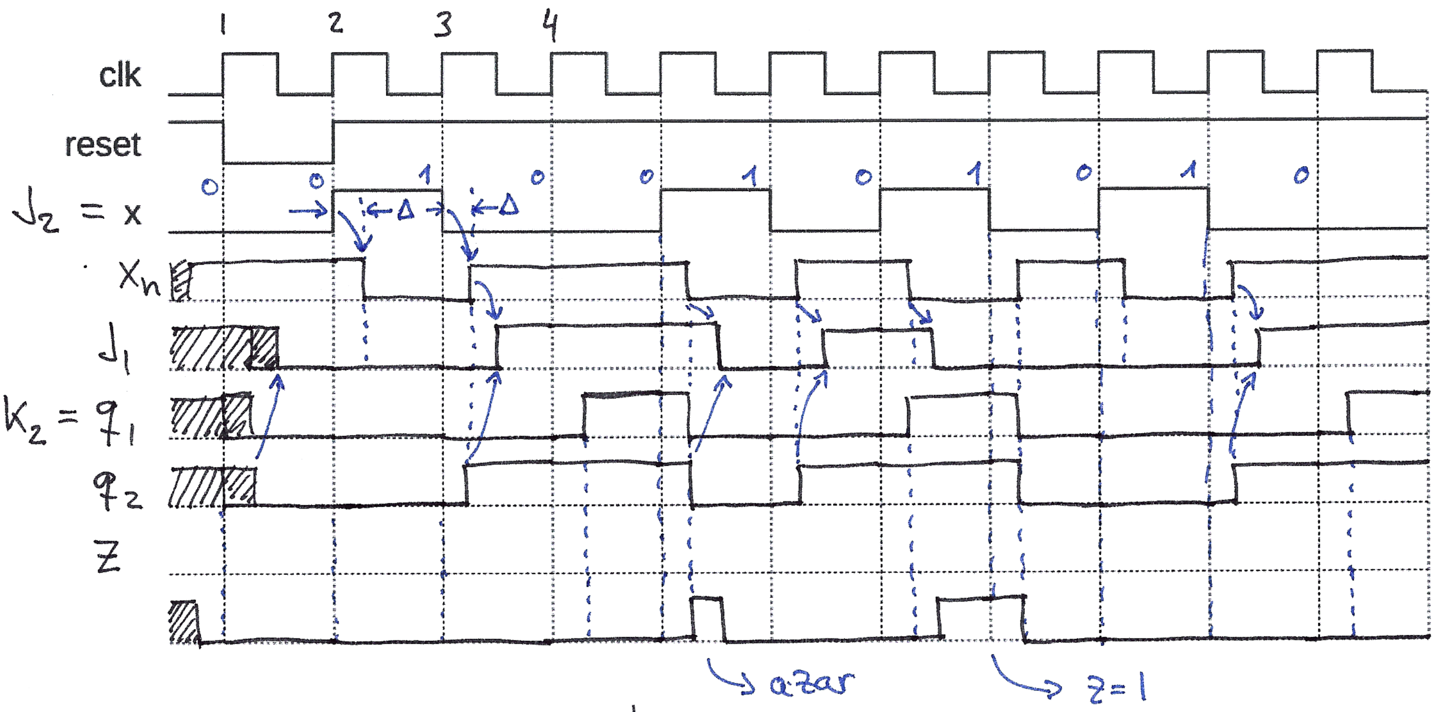
$J_1 = x_n\, q_2$

$K_1 = 1$

$J_2 = x$

$K_2 = q_1$

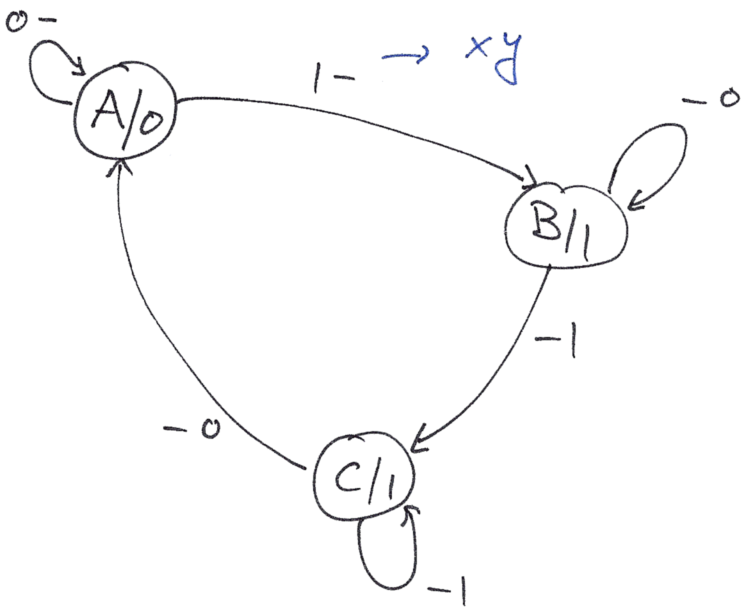
$z = x\, q_1$



1. Dibujamos X_n a partir de x.
2. Aplicamos 'reset' y dibujamos q_1 y q_2 hasta el 3er flanco activo.
3. Dibujamos J_1 hasta donde conocemos el valor de q_2
4. En el flanco activo 3 calculamos nuevos valores de q_1 y q_2 y los aplicamos con retraso Δ. Se mantendrán hasta el siguiente flanco activo del reloj. Repetimos 3 y 4 hasta completar el diagrama para J_1, q_1 y q_2.
5. Dibujamos z teniendo en cuenta los retrasos.

Tema 8. Ejercicio 5

Barrera con sensor de obstáculos.



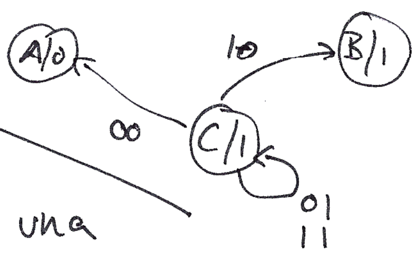
A: cerrado. Esperando a que se pulse el botón (x).

B: abierto. Esperando a que el vehículo llegue a la barrera ($y=1$)

C: abierto. Esperando a que el vehículo abandone la barrera.

Notas:

- "0-" significa "00" ó "01", "-1" significa "01" ó "11", etc.
- El reloj del sistema es muy rápido para escala humana, lo que hace que algunas alternativas a la MEF sean imperceptibles. Por ejemplo:



- El estado inicial debe ser A: A debe codificarse de forma que una señal de "reset" asíncrona lleve al sistema al estado A.
- ¿Qué ocurriría si un nuevo vehículo pulsa el botón mientras otro vehículo está pasando bajo la barrera? ¿Permanecerá la barrera abierta hasta que pase el segundo vehículo? Modifica el diagrama si es necesario.

Secuencia de estados operación básica

x:	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
S:	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	A	A	A
z:	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0

abre la puerta

se pulsa el botón

llega a la barrera

se suelta el botón

cierra la puerta

abandona la barrera

Secuencia de estados. Dos coches

x:	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y:	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0
S:	A	A	A	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A
z:	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

↳ ¡crash!

abre la puerta

cierra la puerta (segundo coche no pasa)

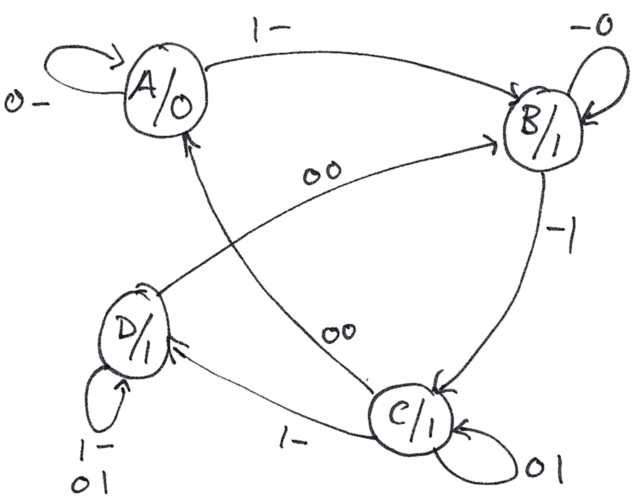
segundo coche pulsa el botón

primer coche pasa

primer coche pulsa botón

segundo coche suelta botón

Nueva versión: un coche pasando y otro en espera



A: cerrado. Esperando botón

B: abierto. Esperando llegada a barrera

C: abierto. Coche bajo barrera

D: abierto. Otro coche quiere pasar

Secuencia de estados nueva versión

x:	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
y:	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0
S:	A	A	A	B	B	B	B	B	C	C	C	D	D	D	D	B	B	B	C	C	A
z:	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

primer coche pulsa botón

primer coche comienza pasar

segundo coche pulsa botón

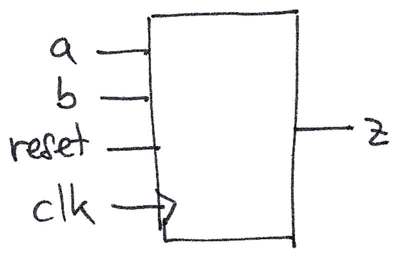
primer coche termina pasar

segundo coche comienza pasar

segundo coche termina pasar

cierra la puerta

Ejemplo 6. Sumador secuencial



Ejemplo :

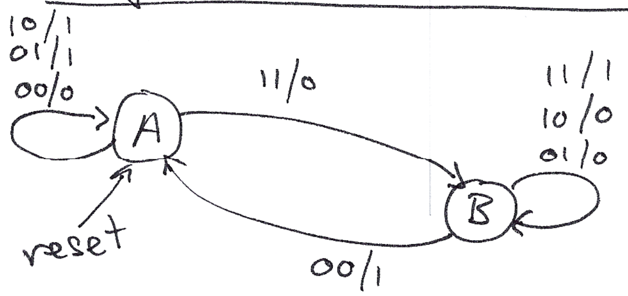
$$\begin{array}{rrrrrl} & 1 & 0 & 1 & 0 & A \\ & 0 & 1 & 1 & 1 & B\ + \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & \end{array}$$

Secuencia de ejemplo (Mealy)

reset :	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	...
a :	0	0	$\boxed{0}$	$\boxed{1}$	$\boxed{0}$	$\boxed{1}$	0	0	0	0	...
b :	0	0	$\boxed{1}$	$\boxed{1}$	$\boxed{1}$	$\boxed{0}$	0	0	0	0	...
z :	0	0	$\boxed{1}$	$\boxed{0}$	$\boxed{0}$	$\boxed{0}$	$\boxed{1}$	0	0	0	...

primera cifra
(menos significativa)

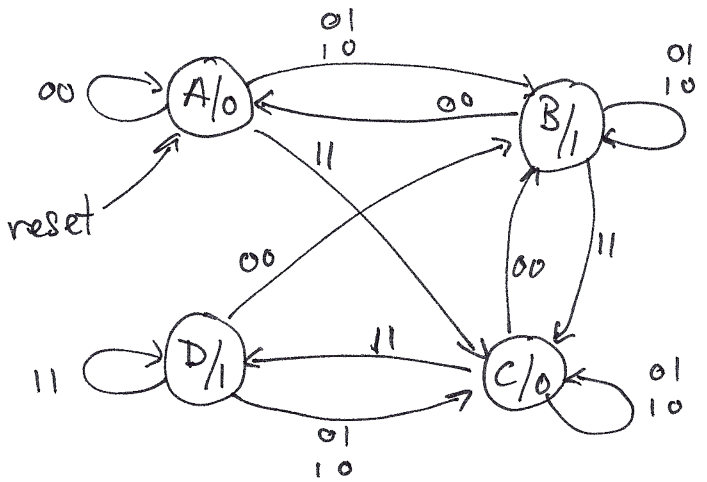
Diagrama de estados (Mealy)



A : acarreo anterior = ϕ

B : acarreo anterior = 1

Diagrama de estados (Moore)



A : suma = ϕ , acarreo = 1

B : suma = 1 , acarreo = ϕ

C : suma = ϕ , acarreo = 1

D : suma = 1 , acarreo = 1

Implementación biestables JK y puertas (Mealy)

Tabla de estados/salida

s \ ab	00	01	11	10
A	A,0	A,1	B,0	A,1
B	A,1	B,0	B,1	B,0

NS, z

Tabla de trans. estados/salida

q \ ab	00	01	11	10
0	0,0	0,1	1,0	0,1
1	0,1	1,0	1,1	1,0

Q, z

Tabla de excitación/salida

q \ ab	00	01	11	10
0	0–,0	0–,1	1–,0	0–,1
1	–1,1	–0,0	–0,1	–0,0

JK, z

$q \to Q$	JK
$0 \to 0$	0 –
$0 \to 1$	1 –
$1 \to 0$	– 1
$1 \to 1$	– 0

Ecuaciones de excitación/salida

q \ ab	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	–	–	–	–

J

q \ ab	00	01	11	10
0	–	–	–	–
1	1	0	0	0

K

q \ ab	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	1	0	1	0

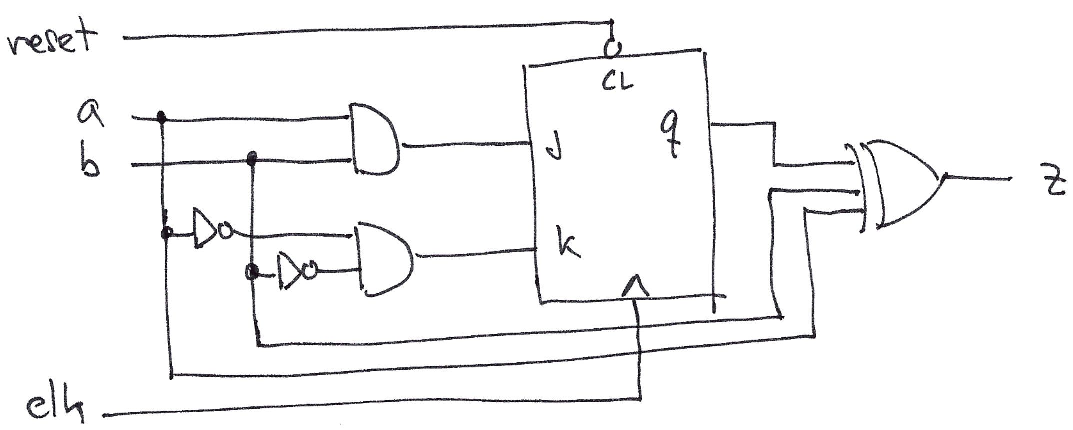
z

$J = ab$

$K = \bar{a}\,\bar{b}$

$z = a \oplus b \oplus q$

Circuito



Implementación biestables D y multiplexores (Moore)

Tabla de estados/salida

S \ ab	00	01	11	10	Z
A	A	B	C	B	0
B	A	B	C	B	1
C	B	C	D	C	0
D	B	C	D	C	1

NS

Tabla de trans. estados/salida

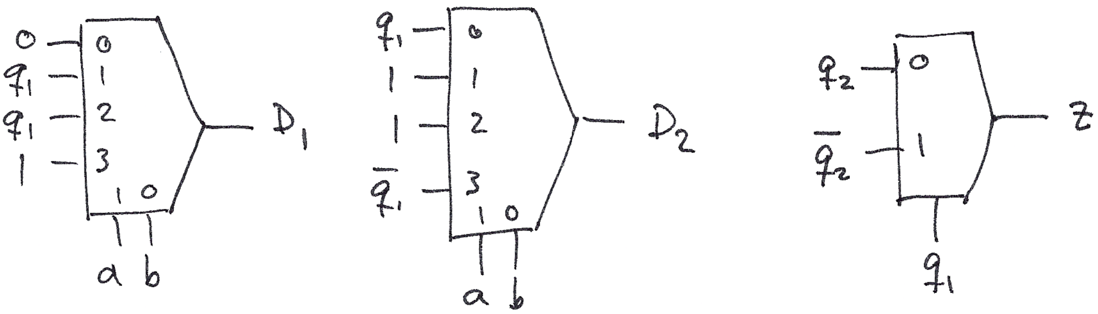
	q_1q_2 \ ab	00	01	11	10	Z
(A)	00	00	01	11	01	0
(B)	01	00	01	11	01	1
(C)	11	01	11	10	11	0
(D)	10	01	11	10	11	1

$Q_1 Q_2$

$D_1\ D_2$

Tabla de excitación/salida $\longrightarrow$ biestable D

- Se observa que D_1, D_2 no dependen de q_2 : $D_{1,2} = f(a, b, q_1)$



Circuito