



Problemas Hoja 6:

Implementación de sistemas secuenciales síncronos

Fernando Castro Rodríguez

*Dpto. Arquitectura de Computadores y Automática
Universidad Complutense de Madrid*





Ejercicio 1 Se desea diseñar un circuito secuencial con una entrada x y una salida z, ambas de 1 bit, que convierta una secuencia binaria en una secuencia equivalente en formato NRZI:

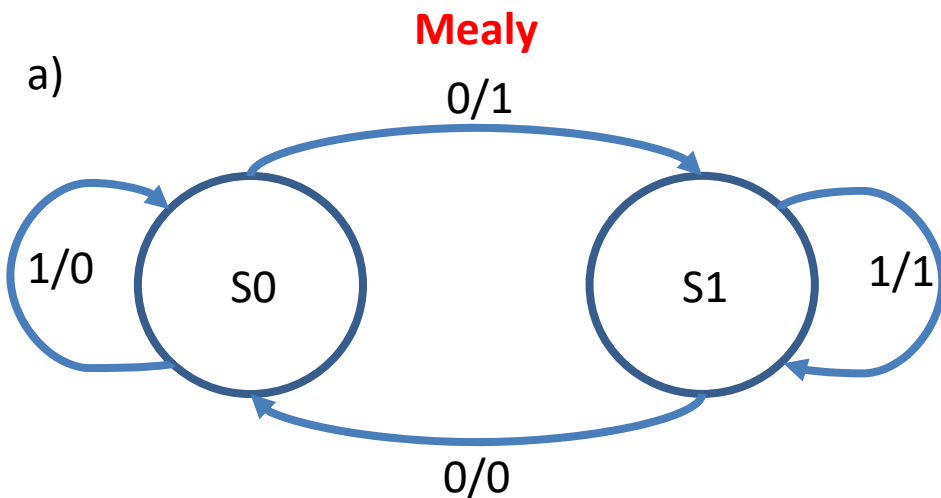
- Si $x=1$, entonces la salida conservará su valor anterior
- Si $x=0$, entonces la salida cambiará de polaridad, es decir, si valía 1 pasará a 0 y si valía 0 pasará a 1

Por ejemplo, asumiendo que el valor inicial de la salida es 1, la secuencia de entrada 10001110011010 deberá transformarse en la secuencia 10100001000110

- Especificar el sistema como máquina de Mealy
- Implementar el conversor usando biestables D y puerta lógicas
- Encontrar una implementación equivalente como máquina de Moore

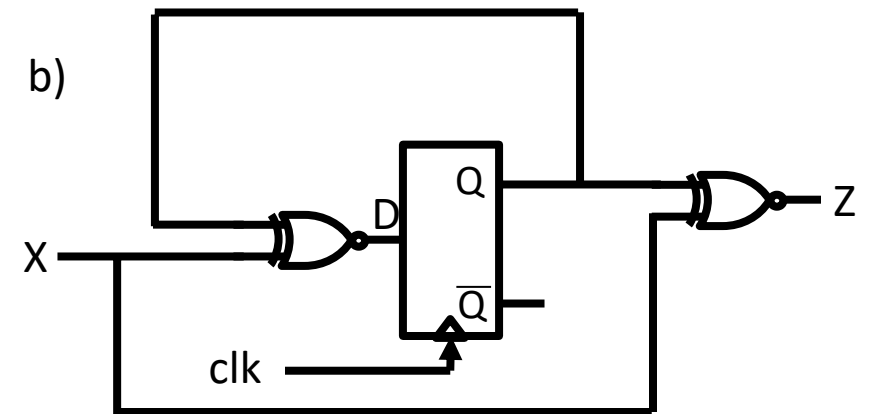
$S_0 \rightarrow$ el último valor de salida fue 0

$S_1 \rightarrow$ el último valor de salida fue 1



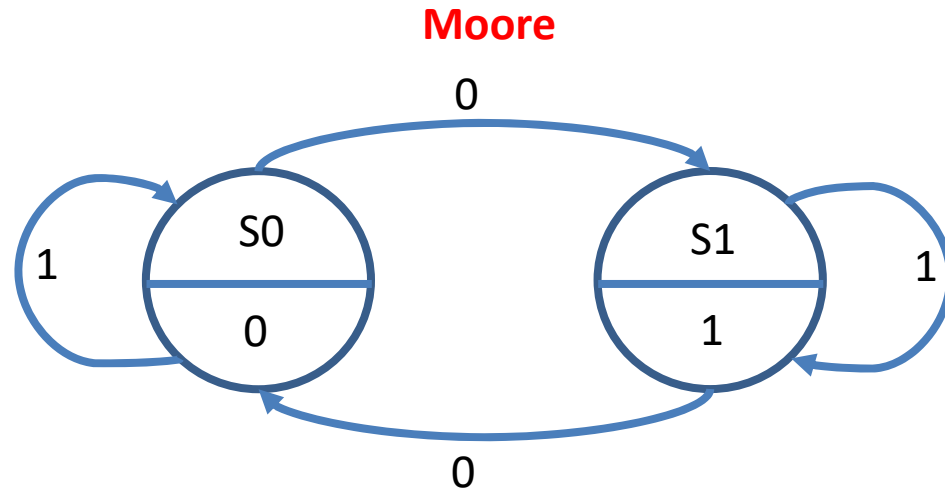
S	X	S'	Z
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	1	1

$$S' = Z = \overline{S \oplus X}$$





- c) S0 → el último valor de salida fue 0
S1 → el último valor de salida fue 1

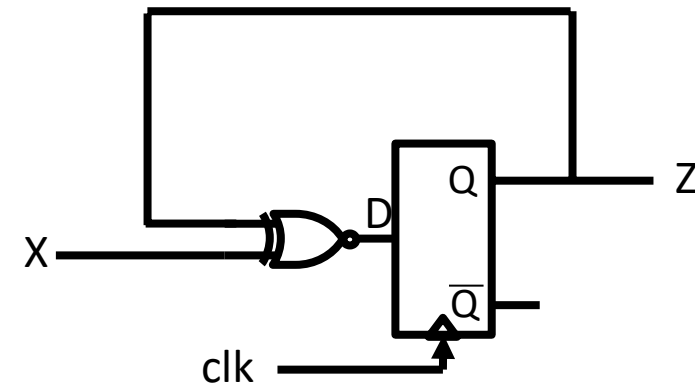


S	X	S'
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

S	Z
0	0
1	1

$$Z = S$$

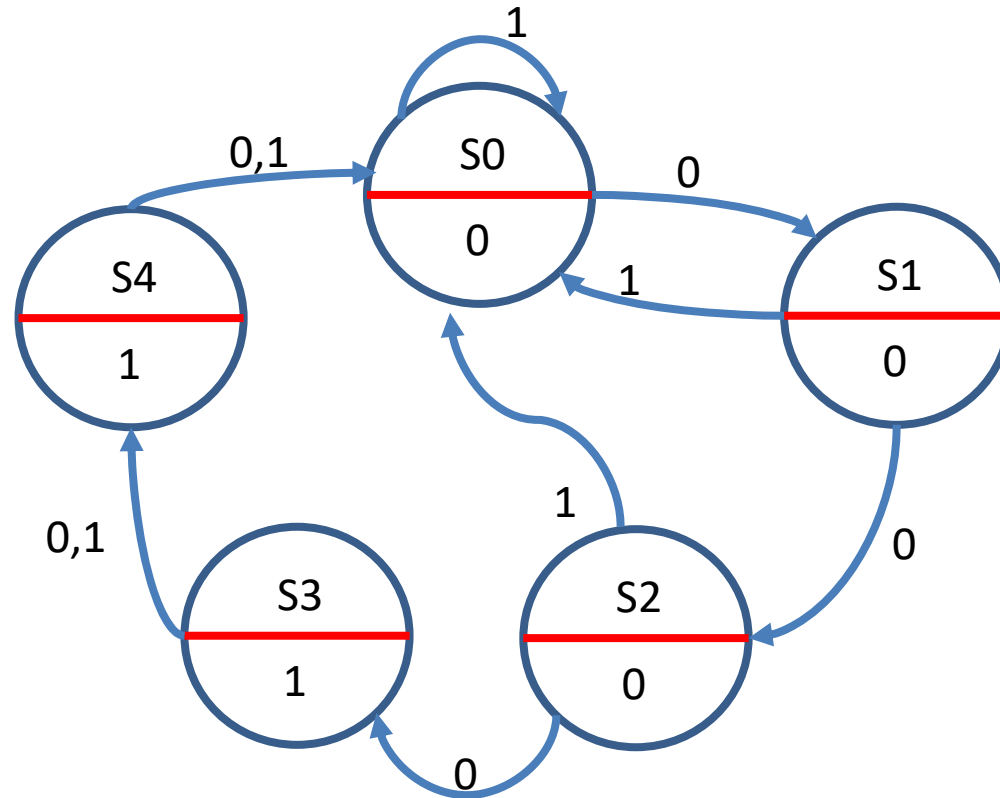
$$S' = \overline{S \oplus X}$$





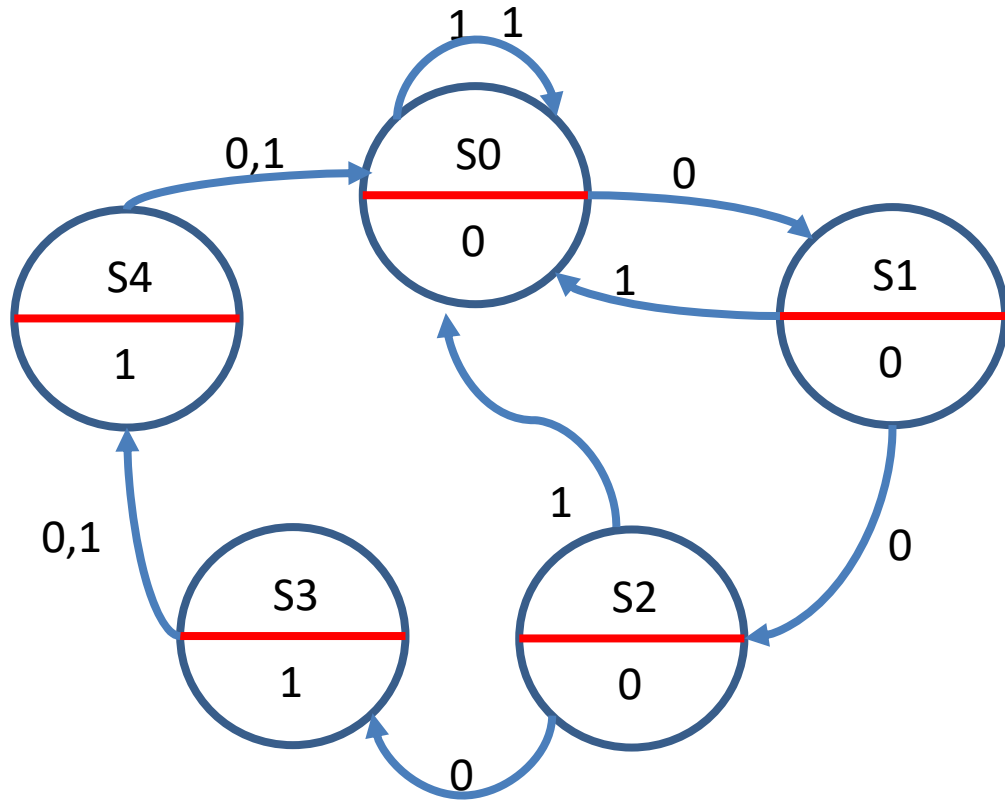
Ejercicio 2 Un sistema secuencial síncrono tiene una entrada, x , y una salida, z , ambas de un bit. Inicialmente la salida vale '0' y no pasa a valer '1' hasta que no recibe tres '0' consecutivos. Desde ese momento, la salida vale 1 durante dos ciclos de reloj con independencia del valor que tome la entrada. Después vuelve al estado inicial. Implemente el sistema como máquina de Moore usando el menor número de puertas y biestables D. Calcule el coste y la frecuencia de reloj máxima a la que podría funcionar el circuito utilizando los datos de la biblioteca de celdas presentada en teoría.

- S0 → ningún elemento del patrón
- S1 → subpatrón 0
- S2 → subpatrón 00
- S3 → subpatrón 000
- S4 → ha llegado el 1er número después del subpatrón 000



Codificación estados

	E2	E1	E0
S0	0	0	0
S1	0	0	1
S2	0	1	0
S3	0	1	1
S4	1	0	0



Función transición estados

E2	E1	E0	X	E2'	E1'	E0'
0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	0	0	1	1
0	1	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0
0	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	-	-	-
1	0	1	1	-	-	-
1	1	0	0	-	-	-
1	1	0	1	-	-	-
1	1	1	0	-	-	-
1	1	1	1	-	-	-

Función de salida

E2	E1	E0	Z
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	-
1	1	0	-
1	1	1	-





E2'

E0 x E2 E1	00	01	11	10
00				
01			X	X
11	--	--	--	--
10			--	--

$$E2' = E1E0$$

E1'

E0 x E2 E1	00	01	11	10
00				X
01	X			
11	--	--	--	--
10			--	--

$$E1' = E1\bar{E}0\bar{X} + \bar{E}1E0\bar{X} = \bar{X}(E1 \oplus E0)$$

E0'

E0 x E2 E1	00	01	11	10
00	X			
01	X			
11	--	--	--	--
10			--	--

$$E0' = \bar{E}2\bar{E}0\bar{X}$$

Z

E1E0 E2	00	01	11	10
0			X	
1	X	--	--	--

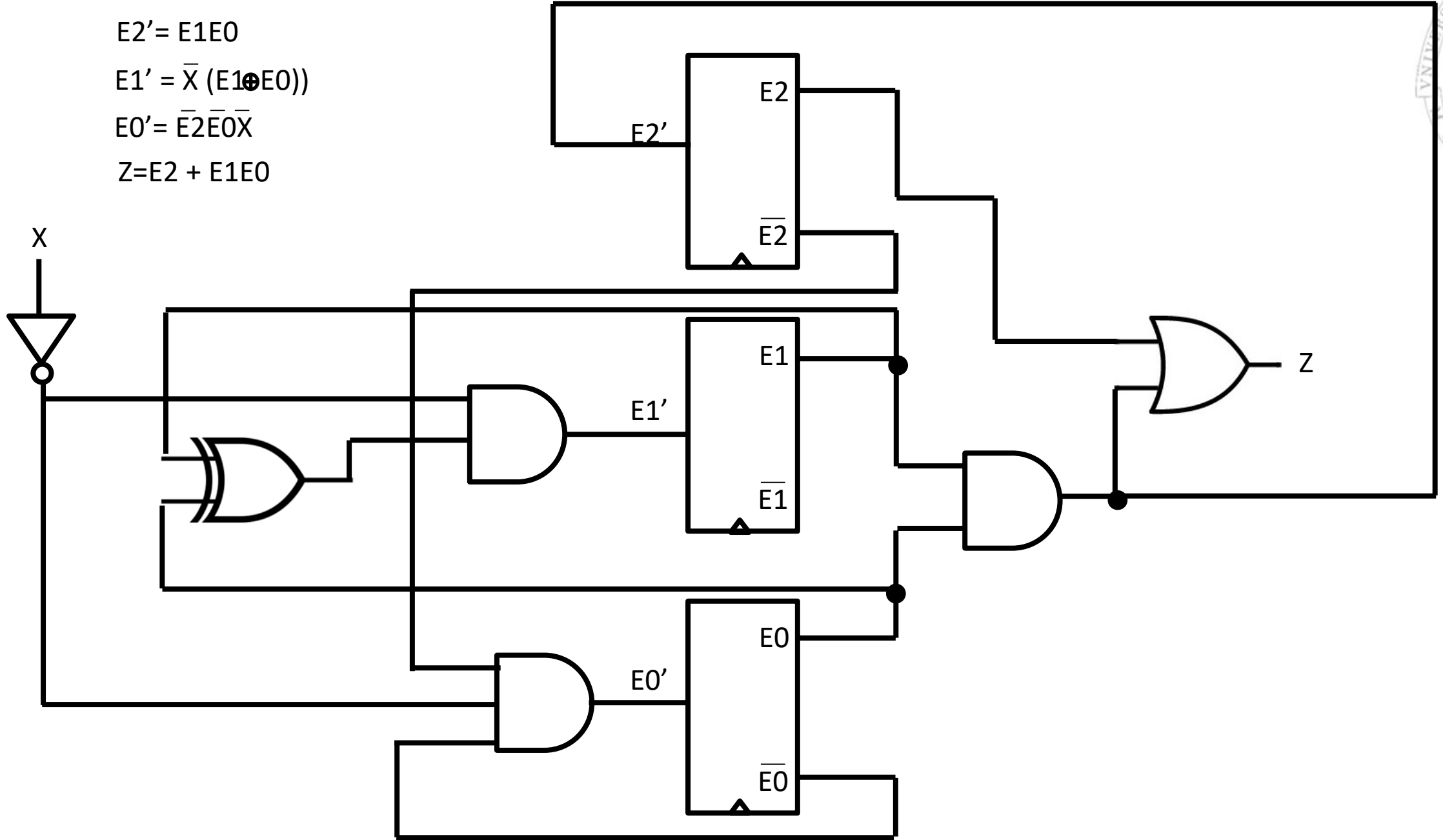
$$Z = E2 + E1E0$$

$$E2' = E1E0$$

$$E1' = \bar{X} (E1 \oplus E0)$$

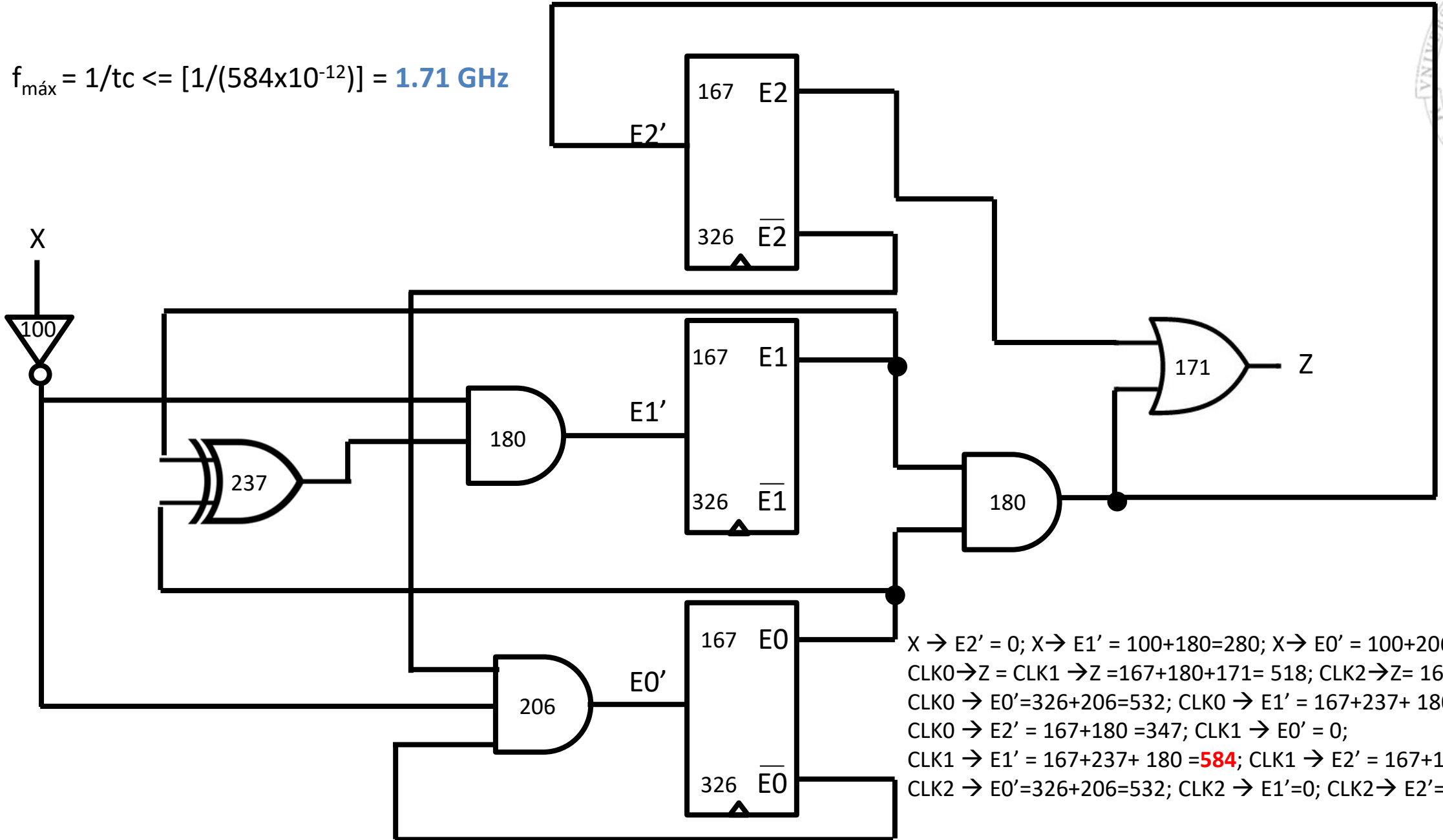
$$E0' = \bar{E2} \bar{E0} \bar{X}$$

$$Z = E2 + E1E0$$





$$f_{\text{máx}} = 1/t_c \leq [1/(584 \times 10^{-12})] = 1.71 \text{ GHz}$$



$X \rightarrow E2' = 0$; $X \rightarrow E1' = 100 + 180 = 280$; $X \rightarrow E0' = 100 + 206 = 306$;
 $CLK0 \rightarrow Z = CLK1 \rightarrow Z = 167 + 180 + 171 = 518$; $CLK2 \rightarrow Z = 167 + 171 = 338$;
 $CLK0 \rightarrow E0' = 326 + 206 = 532$; $CLK0 \rightarrow E1' = 167 + 237 + 180 = 584$;
 $CLK0 \rightarrow E2' = 167 + 180 = 347$; $CLK1 \rightarrow E0' = 0$;
 $CLK1 \rightarrow E1' = 167 + 237 + 180 = 584$; $CLK1 \rightarrow E2' = 167 + 180 = 347$;
 $CLK2 \rightarrow E0' = 326 + 206 = 532$; $CLK2 \rightarrow E1' = 0$; $CLK2 \rightarrow E2' = 0$;



Ejercicio 3 Implemente un sistema secuencial que realice el complemento a 2 de números de longitud variable recibidos en serie y en orden creciente de pesos (primero el LSB). El sistema tiene una entrada de datos, x , una salida de datos, z , y una entrada de control, *inicio*, que se pone a 1 para indicar el comienzo y el final del n° a complementar. El comportamiento esperado es el siguiente:

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inicio	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
$x(t)$	-	-	0	0	1	0	1	-	0	1	1	1	-
$z(t)$	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0

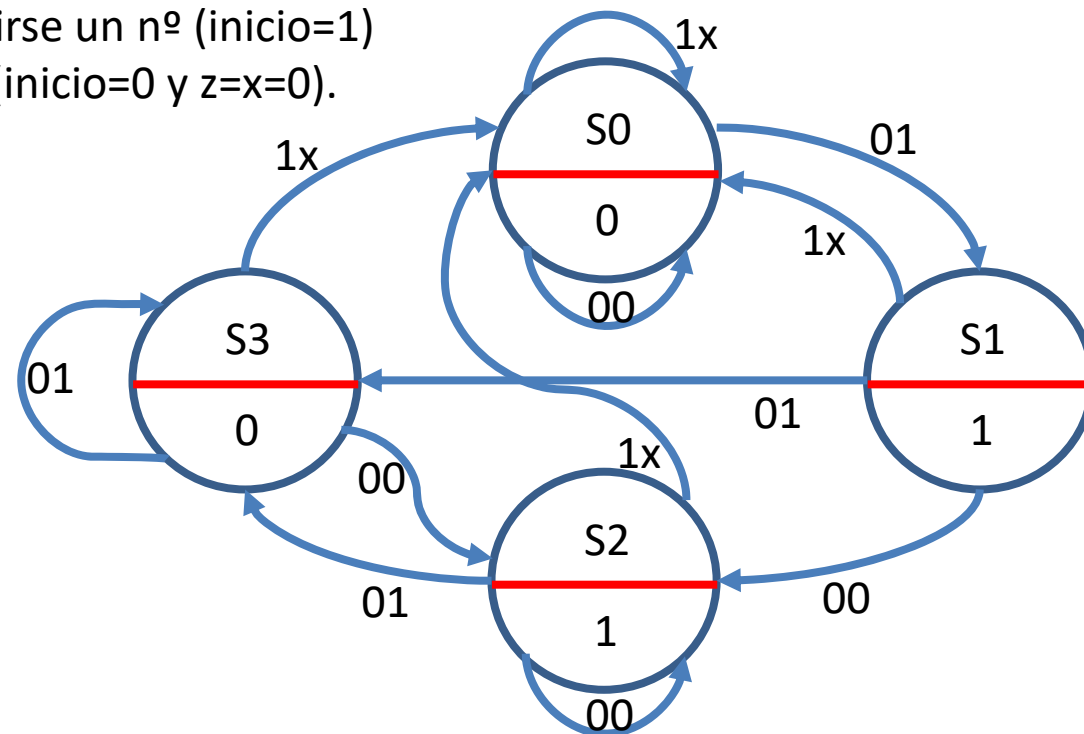
$S_0 \rightarrow$ No ha entrado nada ($inicio=1$), ya ha acabado de introducirse un n° ($inicio=1$) o se están introduciendo datos pero aún no ha llegado el 1er 1 ($inicio=0$ y $z=x=0$).

En todos los casos la salida $z=0$

$S_1 \rightarrow$ ha llegado el primer 1 ($z=1$)

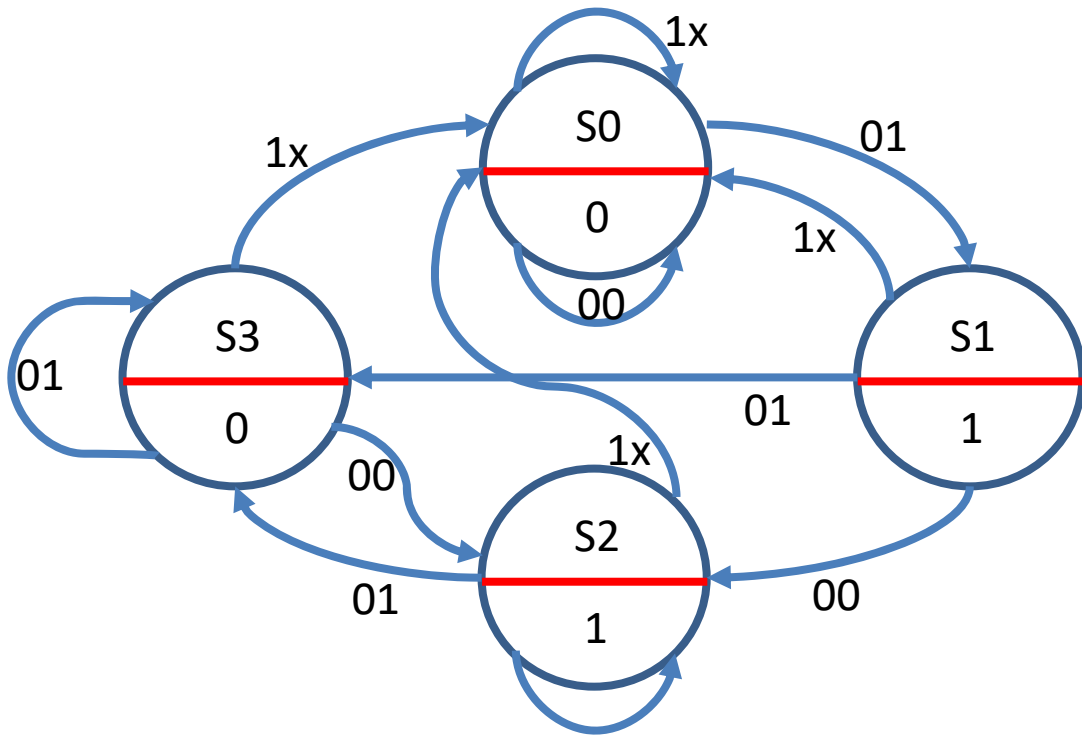
$S_2 \rightarrow$ Después de haber llegado el primer 1, llegan ceros ($z=1$)

$S_3 \rightarrow$ Después de haber llegado el primer 1, llegan unos ($z=0$)



OJO: 3 diapositivas más adelante se muestra una versión mejorada de la solución, en la que el diagrama de estados consta únicamente de 3 estados

Representaremos las entradas del sistema (I, x) en ese orden el diagrama de estados



S1'

S0'

$S_1 \backslash S_0$	$I \ X$	00	01	11	10
00					
01		X	X		
11		X	X		
10		X	X		

$S_1 \backslash S_0$	$I \ X$	00	01	11	10
00			X		
01			X		
11			X		
10			X		

$$S1' = S0\bar{I} + S1\bar{I} = \bar{I}(S0 + S1)$$

$$S0' = \bar{I}X$$

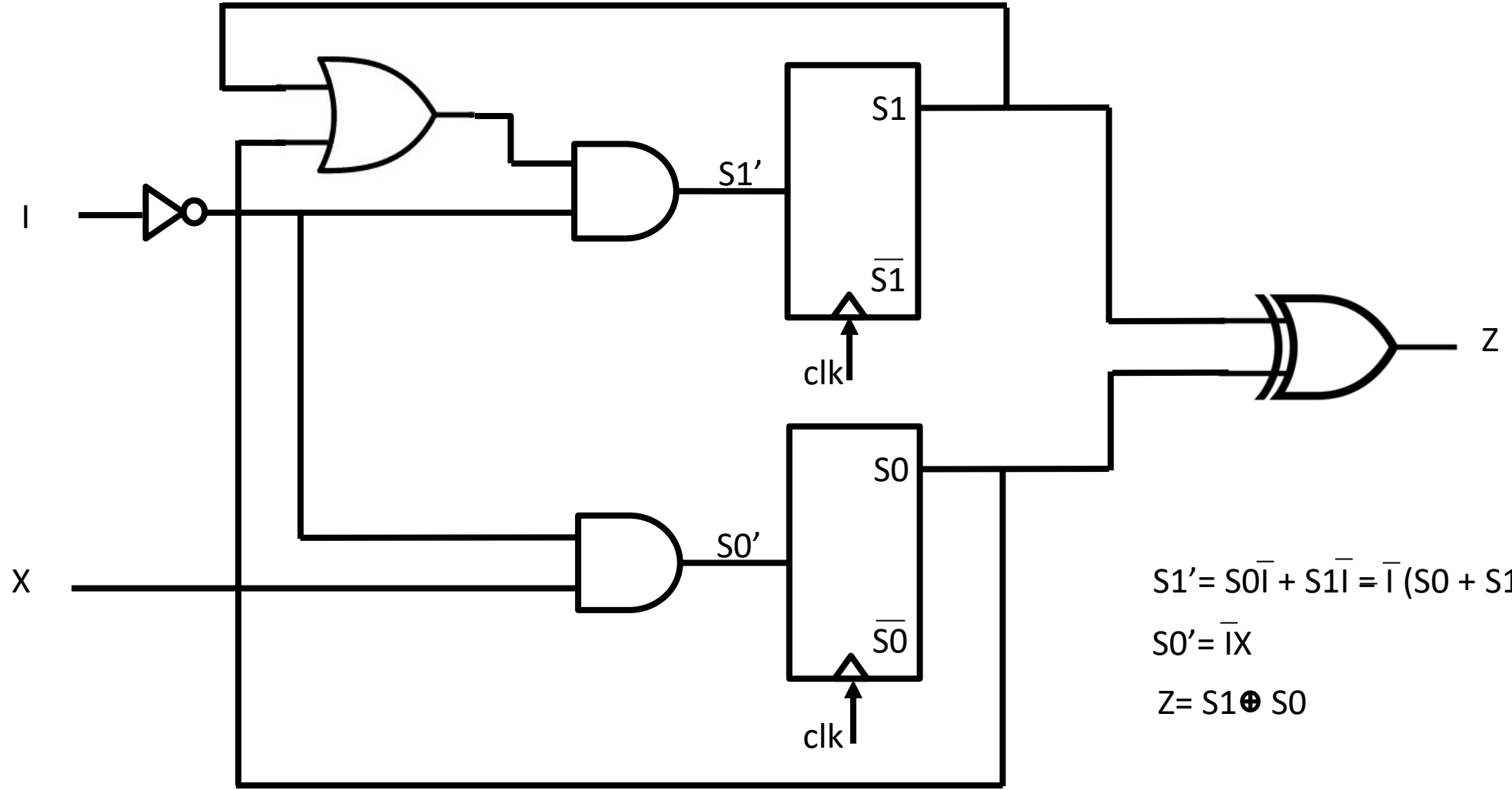
Función transición estados

S1	S0	I	X	S1'	S0'
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0

Función de salida

S1	S0	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$Z = S1 \oplus S0$$



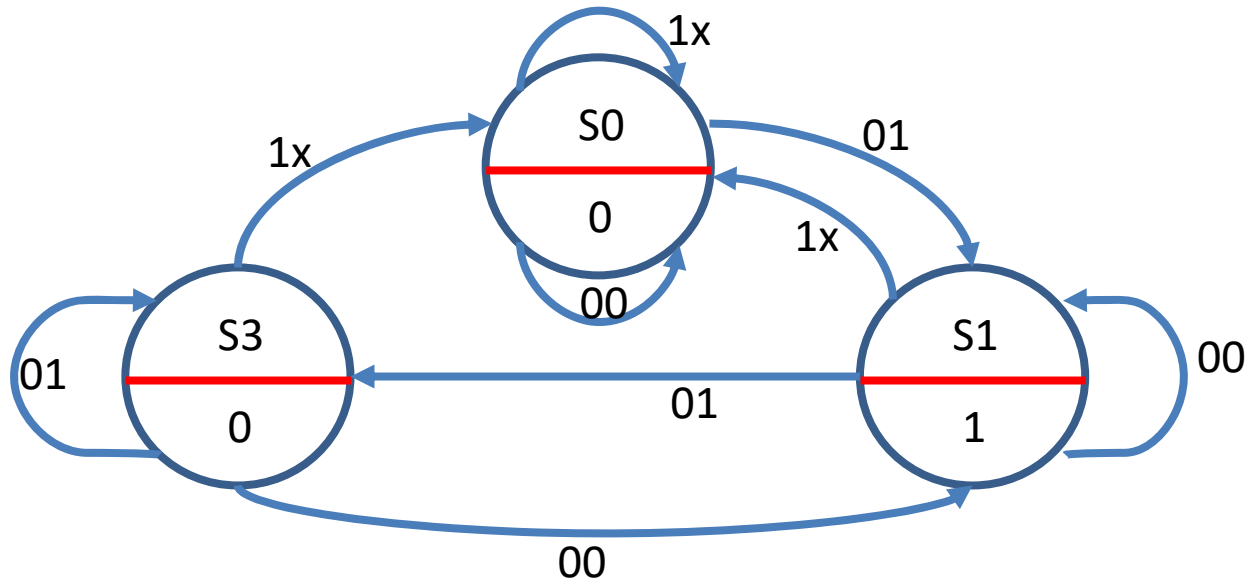
$$S1' = S0\bar{I} + S1\bar{I} = \bar{I}(S0 + S1)$$

$$S0' = \bar{I}X$$

$$Z = S1 \oplus S0$$



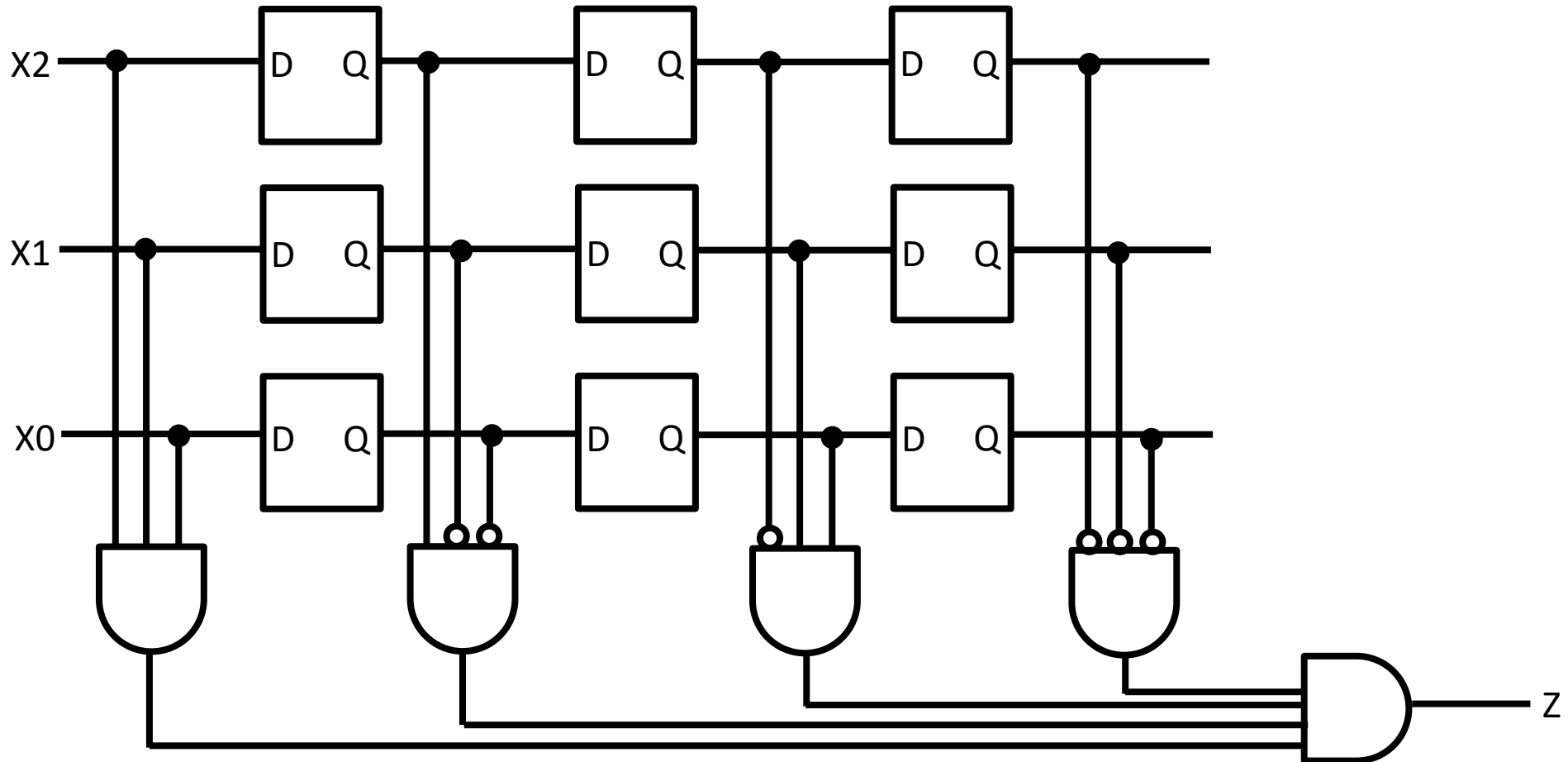
Versión mejorada (utilizando sólo 3 estados)





Hoja 6, ejercicio 4 Usando el menor número de puerta lógicas y series de biestables D encadenados, diseñe como máquina de Mealy un reconocedor de secuencias que responda a las siguientes especificaciones:

- Tiene una entrada x de 3 bits, por la que en cada ciclo de reloj llega un dígito del conjunto $\{0,1,2,\dots,7\}$ codificado en binario
- La salida binaria z , de 1 bit, toma el valor "1" si y sólo si los últimos 4 dígitos recibidos forman la secuencia (0,3,4,7)





Acerca de *Creative Commons*

- Licencia CC ([Creative Commons](#))



- Ofrece algunos derechos a terceras personas bajo ciertas condiciones. Este documento tiene establecidas las siguientes:



Reconocimiento (*Attribution*):

En cualquier explotación de la obra autorizada por la licencia hará falta reconocer la autoría.



No comercial (*Non commercial*):

La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.



Compartir igual (*Share alike*):

La explotación autorizada incluye la creación de obras derivadas siempre que mantengan la misma licencia al ser divulgadas.

Más información: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>