

EQUIPOS MICROPROGRAMABLES

14. CIRCUITOS SECUENCIALES CON BIESTABLES

INTRODUCCIÓN

- En los circuitos secuenciales, el estado de la salida depende de alguna manera de la “historia” del circuito.
- En los biestables sucede lo mismo, comportándose como unidades elementales de memoria.
- Los biestables pueden usarse como elementos que recuerden la historia del circuito.
- El uso de los biestables está muy generalizado. Normalmente los circuitos secuenciales con biestables suelen dar menos problemas de retardos.

INTRODUCCIÓN

- El proceso que sigue tiene como finalidad incorporar los biestables en el circuito secuencial, allí donde sea necesaria una realimentación.
- En los circuitos donde la historia del circuito sea la propia salida, el biestable estará en la salida.
- En los circuitos donde existan variables internas, los biestables sustituirán a las variables internas.
- En ambos casos, lo que hay que determinar es qué biestables conviene usar y qué valores hay que darles a las entradas de los biestables.

CUADRO DE FUNCIONAMIENTO

- Partiendo del cuadro de funcionamiento del biestable vamos a construir otro en el que se determine qué valores hay que dar a las entradas para que la salida Q_t se convierta en Q_{t+1} .
- En cualquier caso, evitaremos las situaciones prohibidas.
- El cuadro que queda se puede llamar inverso, porque las entradas están en el lugar de las salidas.

R	S	Q_t	Q_{t+1}	$\overline{Q_{t+1}}$
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	0*	0*
1	1	1	0*	0*

Q_t	Q_{t+1}	R	S
0	0	X	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	X

CUADRO DE FUNCIONAMIENTO

- Para los otros tipos de biestables se puede hacer lo mismo.
- En general, cuando se trabaja con circuitos asíncronos usaremos los biestables R-S. Cuando trabajemos con circuitos secuenciales síncronos, usaremos los biestables J-K.

Q_t	Q_{t+1}	R	S
0	0	X	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	X

Q_t	Q_{t+1}	$\bar{R}$	$\bar{S}$
0	0	X	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	1	X

Q_t	Q_{t+1}	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

CIRCUITOS ASÍNCRONOS

- Los biestables R-S ocuparán el lugar de las variables internas.
- El proceso a seguir es el mismo que hemos conocido: Determinación de los estados, matriz primitiva, matriz reducida, ecuación de salida.
- La variación está en la determinación de la ecuación de las variables internas.

MP					
X		00	01	11	10
	0	①	④	⑤	2
	1	③	4	5	②

MP						
X		00	01	11	10	
	0	0	0	0	-	
	1	1	1 1 1			1

$Q = X$

VARIABLES INTERNAS

- Partiendo de la matriz reducida, hay que determinar las ecuaciones de las entradas R y S del biestable X.
- Hay que tener delante la matriz reducida y el cuadro inverso del biestable.
- Vamos a sustituir los estados de la matriz reducida por los valores R y S del cuadro.
- Donde estén los estados estables miramos lo que vale X y ponemos los valores de la tabla donde Q_t y Q_{t+1} no cambien de valor.

VARIABLES INTERNAS

- En los estados transitorios hay que ver el estado de la variable interna en el estado transitorio y el de la variable interna en el estable al que se dirige.
- Se mira en la tabla el valor del transitorio en Q_t y el valor del estable en Q_{t+1} . Los valores de la tabla de R y S se ponen en la casilla del estado transitorio.

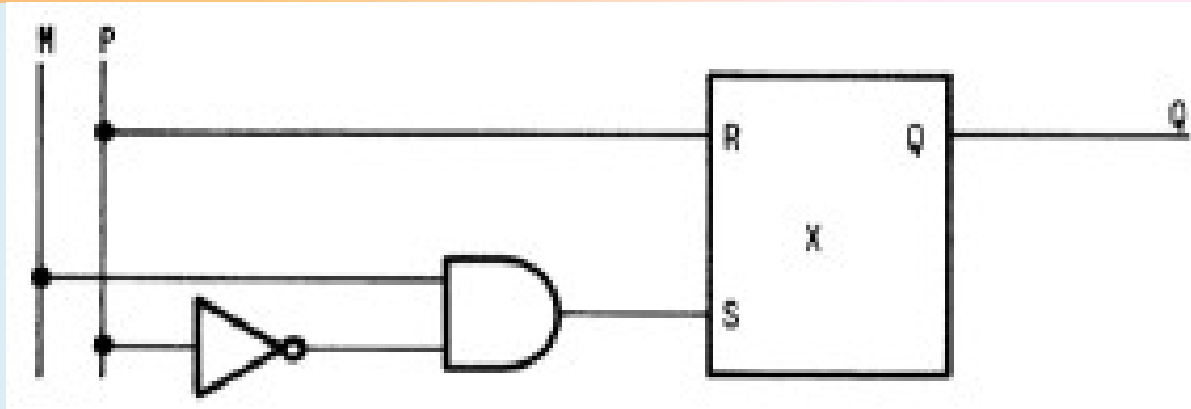
Q_t	Q_{t+1}	R	S
0	0	X	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	X

		MP			
		00	01	11	10
X	0	①	④	⑤	2
	1	③	4	5	②

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

$$\begin{aligned} R_x &= P \\ S_x &= M.P \end{aligned}$$

CIRCUITO



- Es típico de los circuitos secuenciales con biestables que desaparezcan las realimentaciones, las conexiones desde las salidas a las entradas.
- En realidad las realimentaciones existen, pero están en el interior de los biestables.
- Esto hace que los retardos influyan mucho menos en la respuesta del circuito.

DIVISOR DE FRECUENCIA POR DOS

XY \ A	A	
	0	1
00	①	2
01	3	②
11	③	4
10	1	④

XY \ A	Q	
	0	1
00	0	-
01	-	1
11	1	-
10	-	0

$$Q = Y$$

XY \ A	$R_x \ S_x$	
	0	1
00	X0	X0
01	01	X0
11	0X	0X
10	10	0X

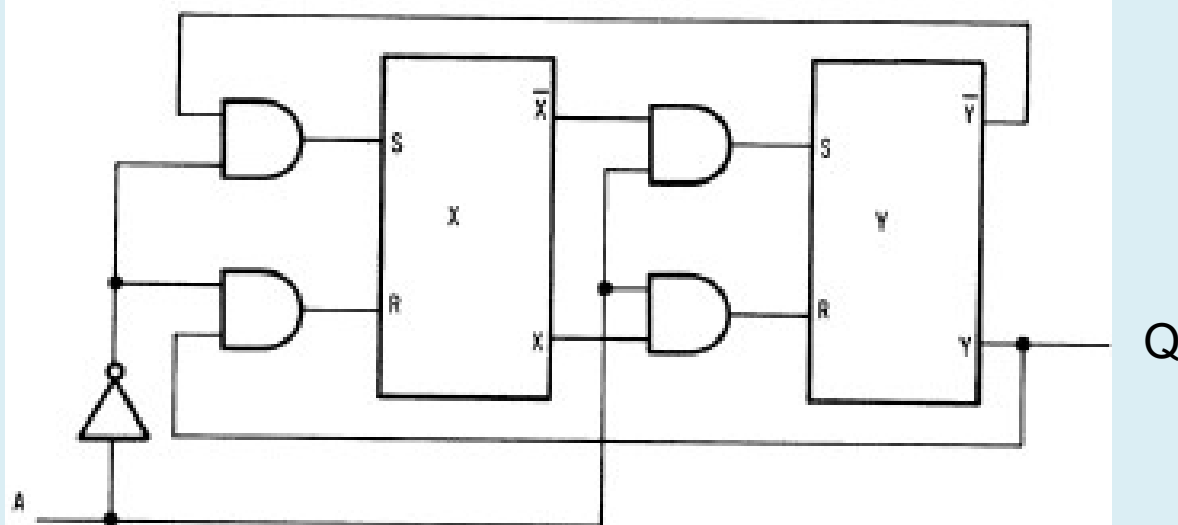
$$R_x = \bar{A} \cdot \bar{Y}$$

$$S_x = \bar{A} \cdot Y$$

XY \ A	$R_y \ S_y$	
	0	1
00	X0	01
01	0X	0X
11	0X	10
10	X0	X0

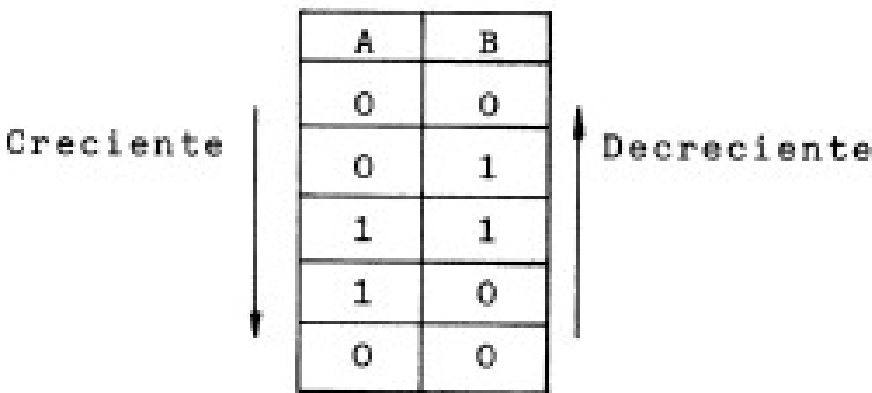
$$R_y = A \cdot X$$

$$S_y = A \cdot \bar{X}$$



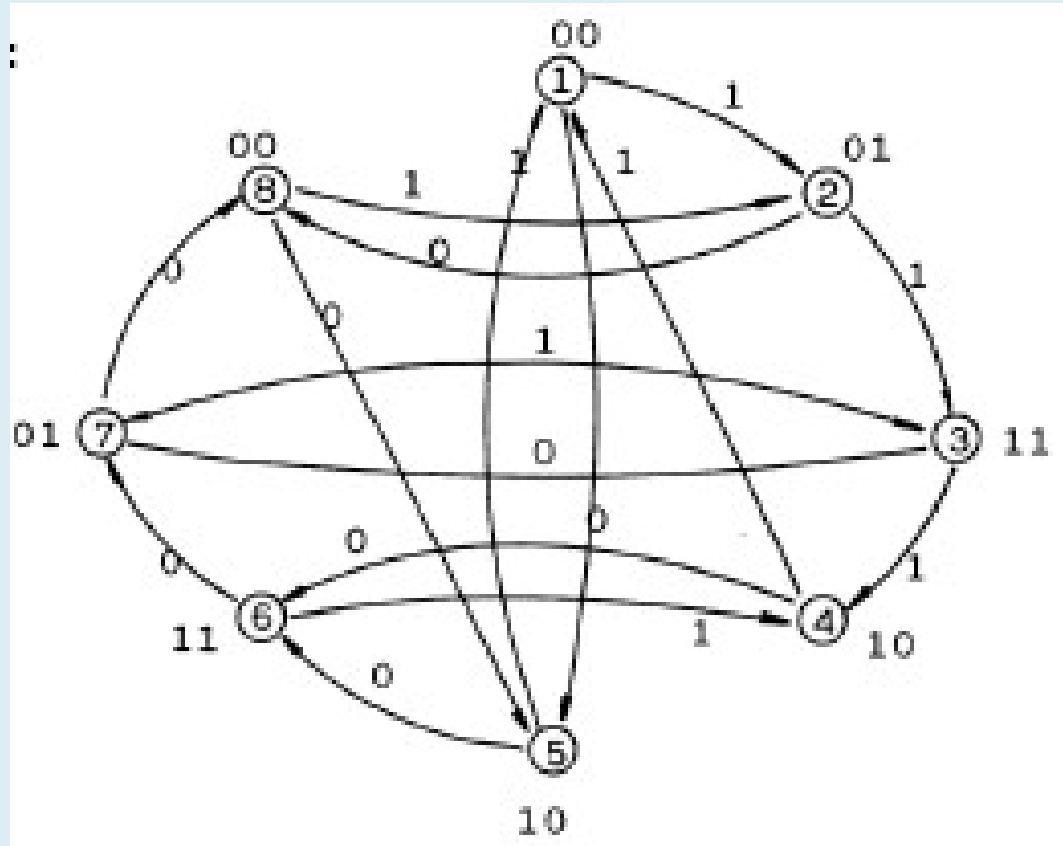
DETECTOR DE GIRO

- Vamos a diseñar un circuito que nos indique el sentido creciente o decreciente de un par de entradas en código Gray. Es lo mismo que el detector de giro.



Estado anterior	A	B	E. actual	Salida
	0	0	1	1
1	0	1	2	1 Crece
2	1	1	3	1 Crece
3	1	0	4	1 Crece
4	0	0	1	1 Crece
1	1	0	5	0 Decrece
5	1	1	6	0 Decrece
6	0	1	7	0 Decrece
7	0	0	8	0 Decrece

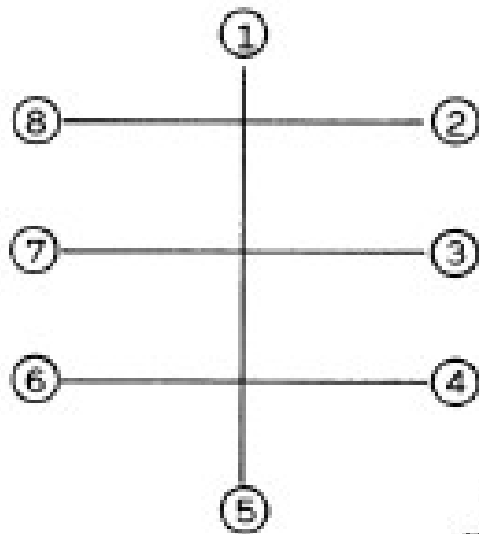
DETECTOR DE GIRO



AB

	00	01	11	10
00	①	2		5
01	8	②	3	
11		7	③	4
10	1		6	④
10	1		6	⑤
11		7	⑥	4
01	8	⑦	3	
00	⑧	2		5

DETECTOR DE GIRO



XY \ AB		AB			
		00	01	11	10
XY	00	①	2	6	⑤
	01	⑧	②	3	5
	11	8	⑦	③	4
	10	1	7	⑥	④

XY \ AB		AB			
		00	01	11	10
XY	00	1	-	-	0
	01	0	1	-	-
	11	-	0	1	-
	10	-	-	0	1

$$Q = (\bar{A} \cdot \bar{Y}) + (\bar{X} \cdot B) + (Y \cdot A) + (X \cdot \bar{B})$$

$$Q = (\bar{A} \oplus \bar{Y}) + (X \oplus B)$$

DETECTOR DE GIRO

		$R_x \ S_x$			
XY	AB	00	01	11	10
00		X0	X0	01	X0
01		X0	X0	01	X0
11		10	0X	0X	0X
10		10	0X	0X	0X

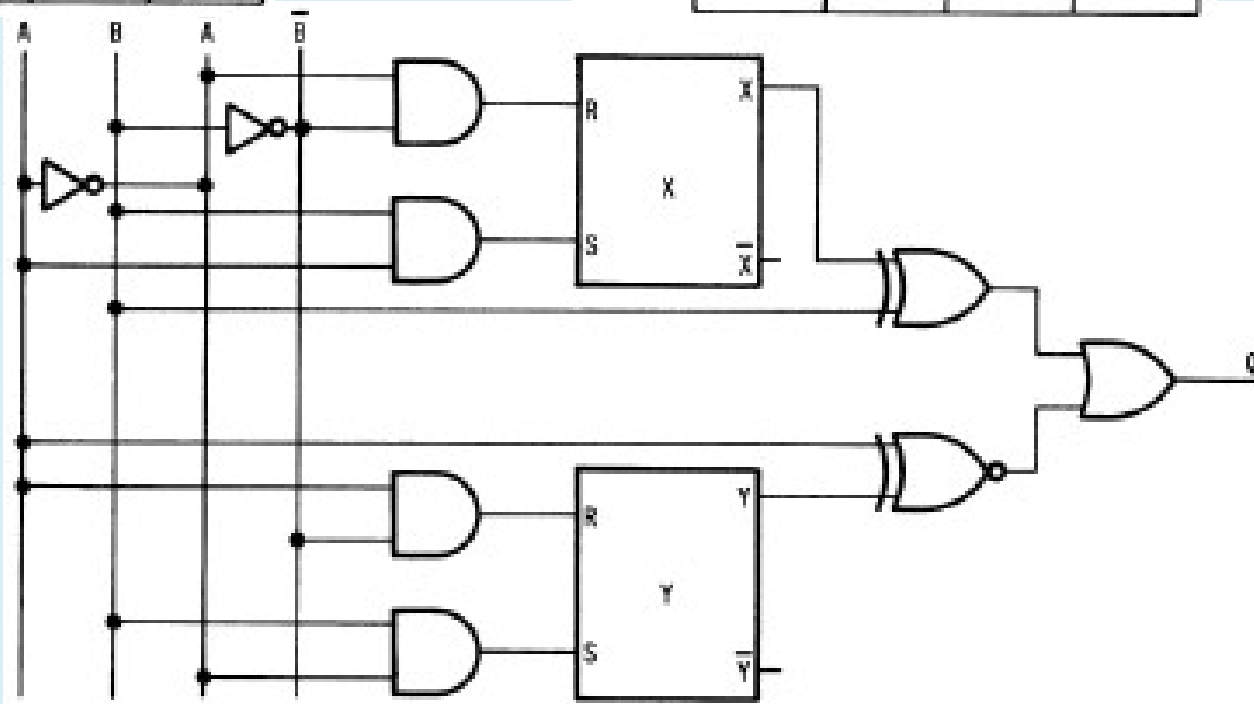
$$R_x = \bar{A} \cdot \bar{B}$$

$$S_x = A \cdot B$$

		$R_y \ S_y$			
XY	AB	00	01	11	10
00		X0	01	X0	X0
01		0X	0X	0X	10
11		0X	0X	0X	10
10		X0	01	X0	X0

$$R_y = A \cdot \bar{B}$$

$$S_y = \bar{A} \cdot B$$



SÍNCRONOS CON ENTRADAS

- Los circuitos secuenciales síncronos se subdividen en síncronos con entradas y síncronos sin entradas.
- Los circuitos secuenciales síncronos se diseñan con biestables J-K. Siempre se usan biestables.
- La idea de estado estable o transitorio, cambia.
- Un estado es estable cuando antes y después del reloj tiene el mismo valor.
- Un estado es inestable cuando cambia después del reloj.
- Los transitorios unen a los estables con los inestables.

SÍNCRONOS CON ENTRADAS

- El proceso para resolver un circuito es similar al conocido, pero ahora, entre dos pulsos de reloj puede haber dos o más cambios de variable.
- El diseño empieza con un diagrama de tiempos
- En el diagrama de tiempos se señalan los estados de la salida después de la actuación de reloj
- Los números serán distintos si las condiciones de entrada o salida son distintos.
- Luego se numeran los estados entre dos cambios de reloj.
- Los estados son estables cuando antes y después del reloj se tienen los mismos valores.
- La salida se hace coincidir con la salida de un biestable

SÍNCRONOS CON ENTRADAS

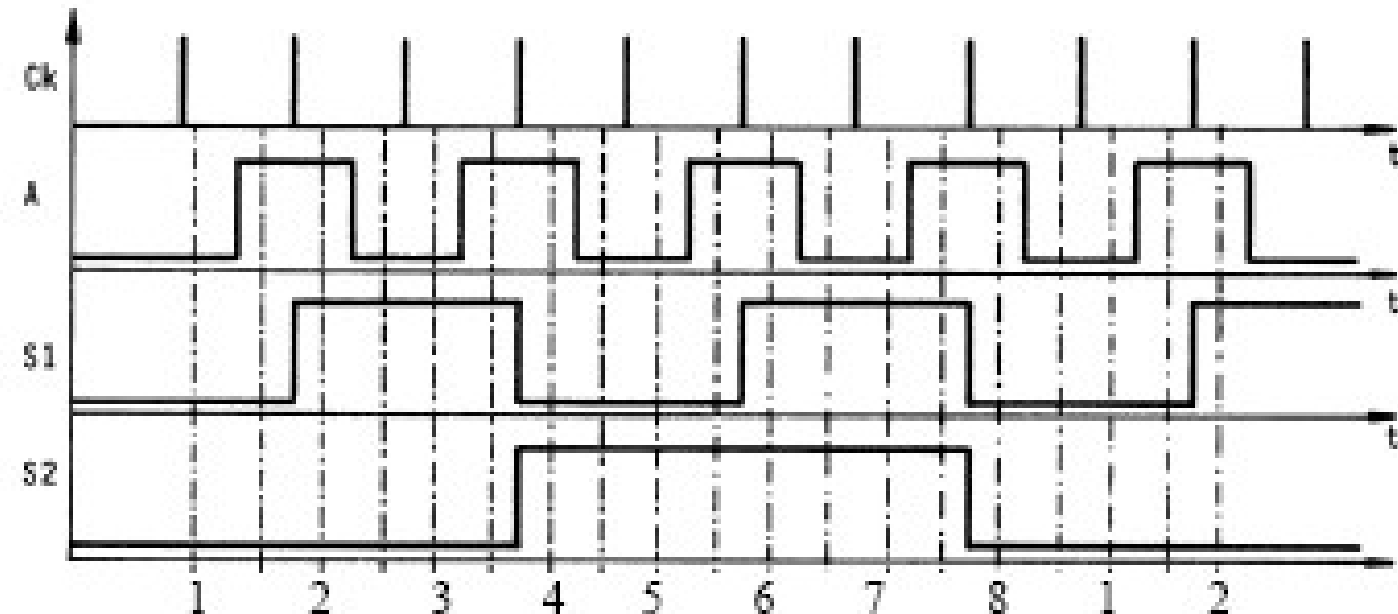
El proceso a seguir será:

- Diagrama de tiempos.
- Determinación de los estados.
- Definición de los estados estables e inestables
- Diagrama de flujo.
- Matriz primitiva.
- Matriz reducida, que se puede completar con transitorios.
- Obtención de las ecuaciones de J y K de las variables internas.
- Obtención de las ecuaciones de la salida.

Diagrama de tiempos

- Realizar un contador hasta cuatro con entrada de permiso. La salida debe reflejar los números 0 al 3. Cuando se desactiva el permiso la cuenta se detiene.

Diagrama de tiempos:

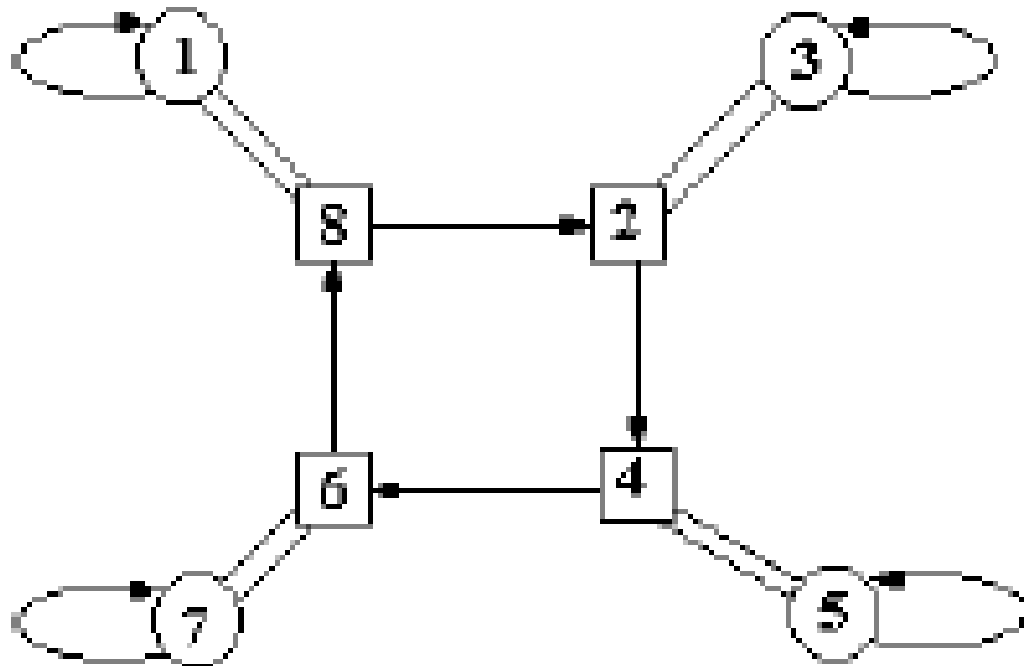


Estados y diagrama de flujo

Definición de los estados:

Estado	A	S1	S2
1	0	0	0
2	1	1	0
3	0	1	0
4	1	0	1
5	0	0	1
6	1	1	1
7	0	1	1
8	1	0	0

Diagrama de flujo:



Matriz primitiva

- La matriz primitiva se construye únicamente con los estados estables e inestables.
- El paso siguiente será ver las posibles superposiciones, parece que hay muchas posibilidades, pero sólo se deben superponer filas que den el mismo valor de salida.

A		
	0	1
①		
		2
③		
		4
⑤		
		6
⑦		
		8

Matriz reducida

- Quedan cuatro filas, por tanto dos variables internas. Como el número de combinaciones de salida también es cuatro, habrá dos salidas.
- Se deben hacer coincidir el valor de la salida con el de las variables internas.
- Hay que colocar cada fila donde coincida el valor de la salida con el de las variables internas.

$s_1 s_2 \backslash A$		A	
		0	1
00	①	8	
01	⑤	4	
11	⑦	6	
10	③	2	

Ecuaciones

- La ecuación de salida es innecesaria, porque serán las mismas variables internas.
- Para las variables internas se parte de la tabla del biestable J-K. A los estados estables le damos los valores que no hacen cambiar la variable interna. Para los inestables hay que ver el valor de la variable interna del estado del que sale y del estado al que llega. A veces cambia de valor 0 a 1 ó 1 a 0 y en otras no cambian de valor.

Ecuaciones

$S_1 S_2$ \ A		0	1
00	00	①	8
01	01	⑤	4
11	11	⑦	6
10	10	③	2

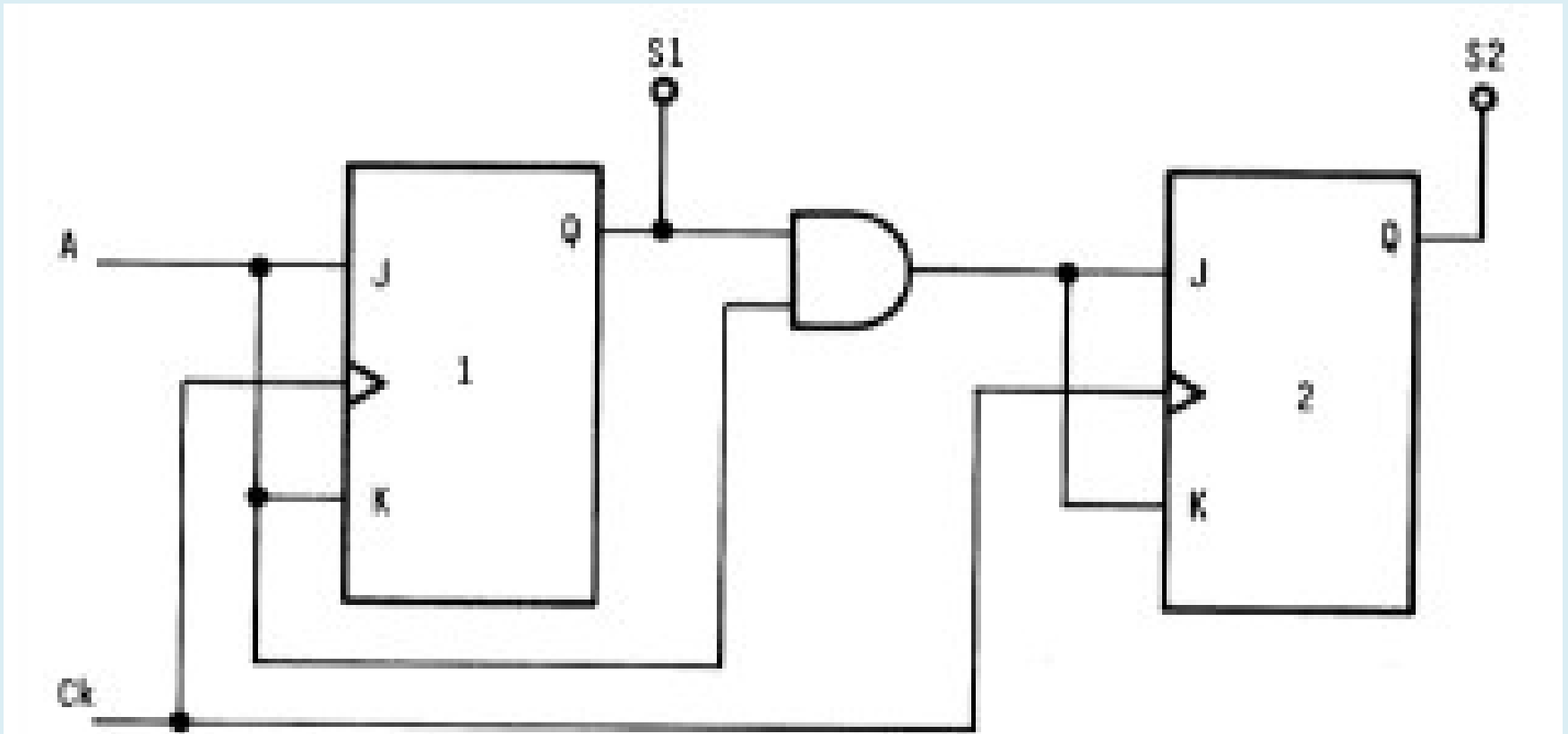
$S_1 S_2$ \ A		$J_1 \ K_1$	
		0	1
00	00	0X	1X
01	01	0X	1X
11	11	X0	X1
10	10	X0	X1

$$J_1 = K_1 = A$$

$S_1 S_2$ \ A		$J_2 \ K_2$	
		0	1
00	00	0X	0X
01	01	X0	X0
11	11	X0	X1
10	10	0X	1X

$$J_2 = K_2 = A \cdot S_1$$

Circuito



- Que el reloj actúe por flanco de subida o flanco de bajada no es determinante en el problema.

SÍNCRONOS SIN ENTRADAS

- No hay estados estables. A cada pulso de reloj hay algo que cambia de valor.
- No son necesarios los estados transitorios.

Ejemplo: Contador de 0 a 4

C	BA			
	00	01	11	10
0	0	1	3	2
1	4	-	-	-

Estado N° de cuenta	Q _C	Q _B	Q _A
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0

ECUACIONES

Se hace un cuadro por cada salida. Lo que se trata es de determinar los valores que deben aplicarse a las entradas J y K para que al siguiente pulso de reloj se produzca el cambio de estado correspondiente.

C \ BA					
		00	01	11	10
0	0	1	3	2	
1	4	-	-	-	-

C \ BA		$J_A \quad K_A$			
		00	01	11	10
0	1X	X1	X1	1X	
1	0X	--	--	--	--

$$J_A = \bar{C}$$

$$K_A = 1$$

C \ BA		$J_B \quad K_B$			
		00	01	11	10
0	0X	1X	X1	X0	
1	0X	--	--	--	--

$$J_B = A$$

$$K_B = A$$

C \ BA		$J_C \quad K_C$			
		00	01	11	10
0	0X	0X	1X	0X	
1	X1	--	--	--	--

$$J_C = B \cdot A$$

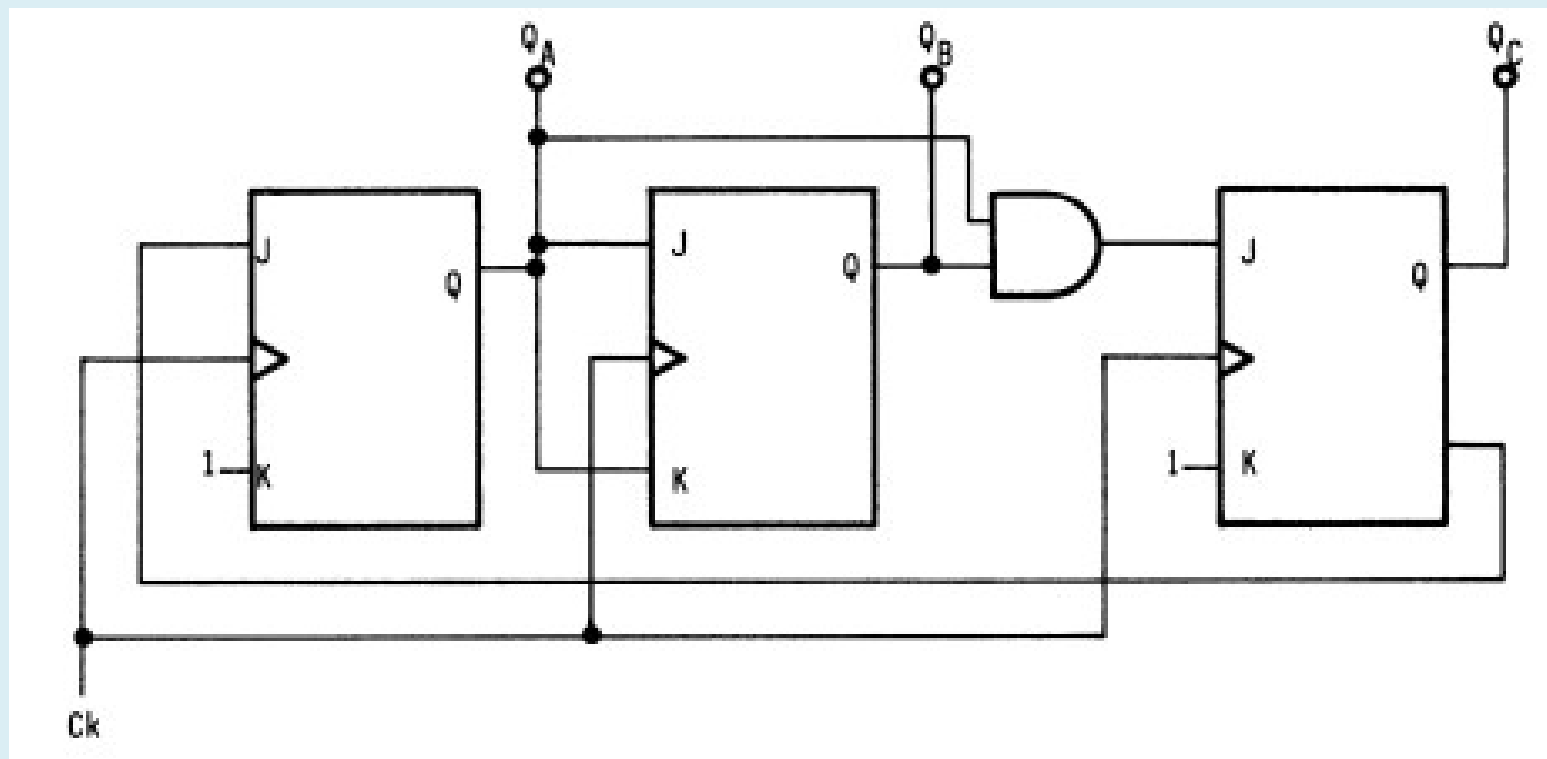
$$K_C = 1$$

CIRCUITO

$$J_A = \overline{C}$$
$$K_A = 1$$

$$J_B = A$$
$$K_B = A$$

$$J_C = B \cdot A$$
$$K_C = 1$$



CONTADOR BCD JHONSON

Estado N° de cuenta	E	D	C	B	A
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1
2	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	1
4	0	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	0
7	1	1	1	0	0
8	1	1	0	0	0
9	1	0	0	0	0

MATRIZ REDUCIDA

CBA		000	001	011	010	110	111	101	100
ED									
	00	0	1	2	-	-	3	-	-
	01	-	-	-	-	-	4	-	-
	11	8	-	-	-	6	5	-	7
	10	9	-	-	-	-	-	-	-

	CBA	000	001	011	010	110	111	101	100	J_A	K_A
ED	00	1X	X0	X0	--	--	X0	--	--	$J_A = \bar{E}$	$K_A = E$
	01	--	--	--	--	--	X0	--	--		
	11	0X	--	--	--	0X	X1	--	0X		
	10	0X	--	--	--	--	--	--	--		

Diagram illustrating the Karnaugh map for the output J_A and K_A of a 3-bit counter. The map shows the values of J_A and K_A for each combination of inputs C, B, and A (000 to 100). The output J_A is $\bar{E}$ and K_A is E .

ECUACIONES

	CBA	000	001	011	010	110	111	101	100
ED									
00		0X	1X	X0	--	--	X0	--	--
01		--	--	--	--	--	X0	--	--
11		0X	--	--	--	X1	X0	--	0X
10		0X	--	--	--	--	--	--	--

$$J_B K_B$$

$$J_B = A$$

$$K_B = \overline{A}$$

	CBA	000	001	011	010	110	111	101	100
ED									
00		0X	0X	1X	--	--	X0	--	--
01		--	--	--	--	--	X0	--	--
11		0X	--	--	--	X0	X0	--	X1
10		0X	--	--	--	--	--	--	--

$$J_C K_C$$

$$J_C = B$$

$$K_C = \overline{B}$$

CIRCUITO

$$J_A = \overline{E}$$

$$K_A = E$$

$$J_B = A$$

$$K_B = \overline{A}$$

$$J_C = B$$

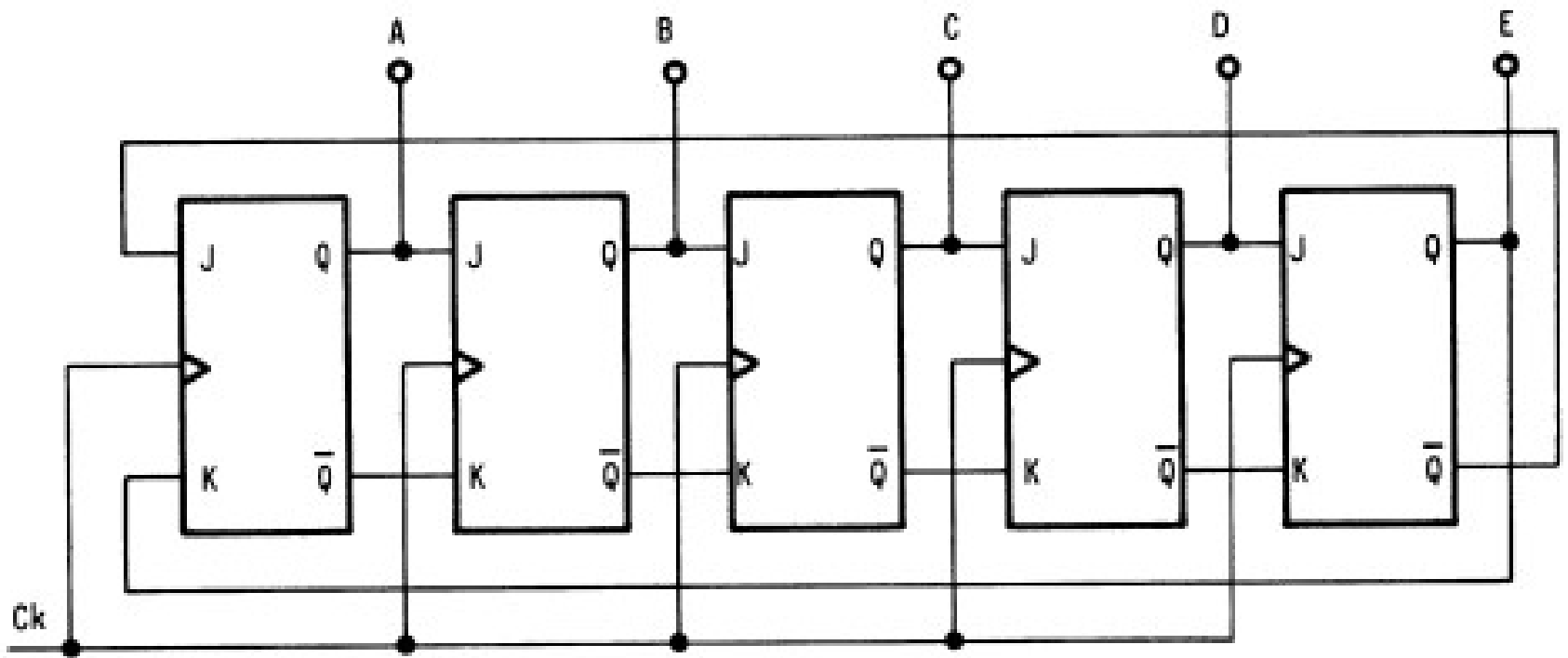
$$K_C = \overline{B}$$

$$J_D = C$$

$$K_D = \overline{C}$$

$$J_E = D$$

$$K_E = \overline{D}$$



Generadores de secuencia

- Como los síncronos sin entradas.
- Partiendo de contadores.