DISEÑO SECUENCIAL: CONTADORES Y REGISTROS

1. Diseño secuencial con biestables D, T, y J-K

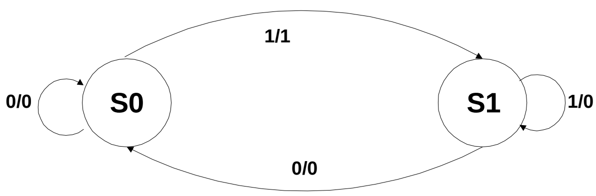
El procedimiento es el mismo para los tres casos:

1. Disponer del diagrama de transición de estados.
2. Obtener la tabla de la verdad de las transiciones compuesta por las variables de entrada (los valores de las básculas en el estado inicial), las variables de salida (los valores de las básculas en el estado final), los valores necesarios en las entradas de cada báscula para obtener el estado final y los valores de las variables de salida.
3. Obtener el circuito.

Diseño con básculas "D"

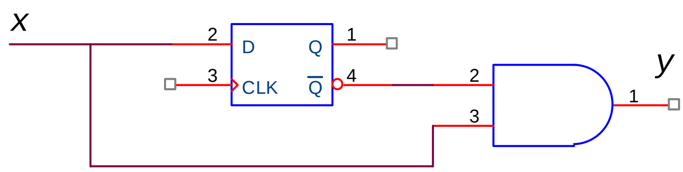
Hay que tener en cuenta que en una báscula D el valor de la salida Q sigue siempre al valor de la entrada D cuando entra el impulsos de reloj. Por lo tanto la entrada "D" será siempre igual al del valor de la Q final que se quiera obtener.

Ejemplo:



Variable entrada	Estado inicial	Estado final	Variable salida	Entrada a báscula
x	Q_n	Q_{n+1}	y	D
1	0	1	1	1
0	0	0	0	0
1	1	1	0	1
0	1	0	0	0

Tras simplificar: $D = x$ $y = x \bullet \overline{Q}$

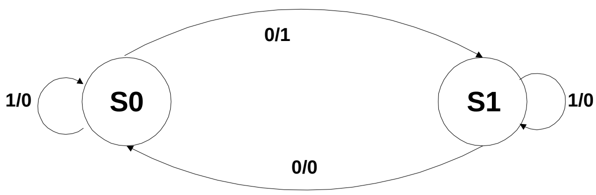


Diseño con básculas “T”

Hay que tener en cuenta que la respuesta de una báscula T es:

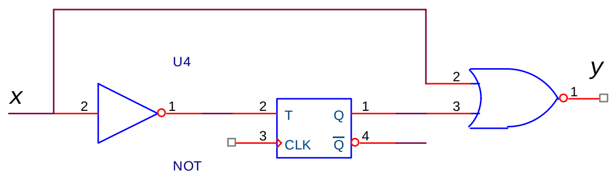
Entrada “T”	Salida
0	La salida no cambia
1	La salida bascula

Ejemplo:



Variable entrada	Estado inicial	Estado final	Variable salida	Entrada a báscula
x	Q_n	Q_{n+1}	y	T
0	0	1	1	1
1	0	0	0	0
1	1	1	0	0
0	1	0	0	1

Tras simplificar: $T = \overline{x}$ $\quad y = \overline{x} \bullet \overline{Q} = \overline{\overline{\overline{x} \bullet \overline{Q}}} = \overline{x + Q}$

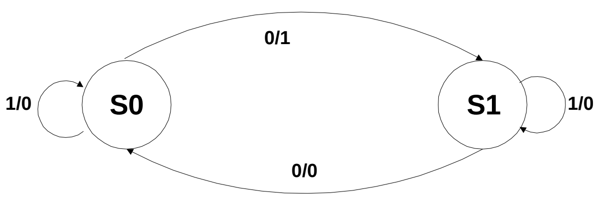


Diseño con básculas “J-K”

Hay que tener en cuenta que la respuesta de una báscula JK es:

Estado inicial	Estado final	Respuesta de la báscula	Entrada “J”		Entrada “K”	
0	0	No cambiar o Poner a 0	0 0	0	0 1	X
0	1	Cambiar o Poner a 1	1 1	1	1 0	X
1	0	Cambiar o Poner a 0	1 0	X	1 1	1
1	1	No cambiar o Poner a 1	0 1	X	0 0	0

Ejemplo:



Variable entrada	Estado inicial	Estado final	Variable salida	Entrada a báscula	
x	Q_n	Q_{n+1}	y	J	K
0	0	1	1	1	X
1	0	0	0	0	X
1	1	1	0	X	0
0	1	0	0	X	1

	$\overline{x}$	x
$\overline{Q}$	X	X
Q	1	0

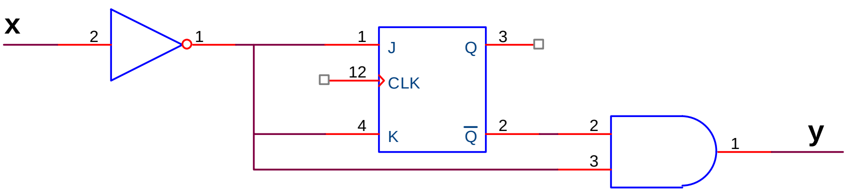
$$J = \overline{x}$$

	$\overline{x}$	x
$\overline{Q}$	1	0
Q	X	X

$$K = \overline{x}$$

	$\overline{x}$	x
$\overline{Q}$	1	0
Q	0	0

$$y = \overline{x} \bullet \overline{Q}$$



Representación, síntesis y análisis

Matriz funcional

Matriz que recoge los estados iniciales el la columna de la izquierda, los estados finales en la línea superior y en los cuadros de la matriz se representan los valores de las variables que provocan la transición entre los estados iniciales y los finales

$$
\begin{array}{cc}
 & \begin{array}{cc} \overline{Q_0} & Q_0 \end{array} \Leftarrow \text{Estado final} \\
M(x_0) \quad \begin{array}{c} \overline{Q_0} \\ Q_0 \end{array} & \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ x_0 & \overline{x_0} \end{pmatrix} \quad \begin{array}{c} 0+1=1 \\ x_0 + \overline{x_0} = 1 \end{array}
\end{array}
$$

La suma de todos los elementos de cada fila = 1

$\Uparrow$

Estado inicial

Para el caso de diseño con básculas D:

El valor de D se obtendrá tomando las celdas que provocan que Q se ponga a 1 y realizando la suma de los productos entre las básculas del estado inicial y el valor que se encuentre en las celdas citadas:

$$D = \overline{Q_0} \bullet 1 + Q_0 \bullet \overline{x} = \overline{Q_0} + Q_0 \bullet \overline{x} = (\overline{Q_0} + Q_0) \bullet (\overline{Q_0} + \overline{x}) = \overline{Q_0} + \overline{x}$$

Para el caso de diseño con básculas JK:

- El valor de J se obtendrá de tomar las celdas que provocan que Q pase de 0 a 1
- El valor de K se obtendrá de tomar las celdas que provocan que Q estando a 1 siga a 1 y posteriormente se ***invertirá*** dicho valor de K.

De esta manera (J=1 y K=0) se consigue que la báscula se ponga a 1 independientemente de si anteriormente era 0 ó 1.

$$J = \overline{Q_0} \bullet 1 = \overline{Q_0} \qquad \overline{K} = Q_0 \bullet \overline{x} \Rightarrow K = \overline{Q_0 \bullet \overline{x}} = x + \overline{Q_0}$$

Ejemplo con básculas JK:

Matriz funcional

Estado inicial **Estado final**

Columna	**0**	**1**	**2**	**3**	**Fila**
Q_1Q_0	**00**	**01**	**10**	**11**	$\Downarrow$
00	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**
01	$x_0x_1+\overline{x_0}\bullet\overline{x_1}$	**0**	**0**	$x_0\overline{x_1}+\overline{x_0}x_1$	**1**
10	$\overline{x_0}\bullet\overline{x_1}$	$\overline{x_0}x_1$	$x_0\overline{x_1}$	x_0x_1	**2**
11	x_0x_1	$x_0\overline{x_1}$	$\overline{x_0}x_1$	$\overline{x_0}\bullet\overline{x_1}$	**3**

m$_{ij}$ $\Rightarrow$ celda de fila i y columna j

Se puede apreciar que la matriz está bien ya que la suma de cada una de las líneas da como resultado “1”.

Obtención de J_0:

Se tomarán las celdas que provocan que Q_0 pase de 0 a 1. $\Rightarrow$ m01, m03, m21 y m23

$$J_0=\overline{Q_1}\bullet\overline{Q_0}(1+0)+Q_1\overline{Q_0}(\overline{x_0}x_1+x_0x_1)$$

Obtención de K_0:

Se tomarán las celdas que provocan que Q_0 siga a 1 del estado inicial al final y luego se invertirá el resultado obtenido. $\Rightarrow$ m11,m13,m31,m33

$$\overline{K_0}=\overline{Q_1}\bullet Q_0(0+x_0\overline{x_1}+\overline{x_0}x_1)+Q_1Q_0(x_0\overline{x_1}+\overline{x_0}\bullet\overline{x_1})\Rightarrow K_0=\overline{\overline{Q_1}\bullet Q_0(0+x_0\overline{x_1}+\overline{x_0}x_1)+Q_1Q_0(x_0\overline{x_1}+\overline{x_0}\bullet\overline{x_1})}$$

Obtención de J_1:

Se tomarán las celdas que provocan que Q_1 pase de 0 a 1. $\Rightarrow$ m02, m03, m12 y m13

$$J_1=\overline{Q_1}\overline{Q_0}(0+0)+\overline{Q_1}Q_0(0+x_0\overline{x_1}+\overline{x_0}x_1)$$

Obtención de K_1:

Se tomarán las celdas que provocan que Q_1 siga a 1 del estado inicial al final y luego se invertirá el resultado obtenido. $\Rightarrow$ m22,m23,m32,m33

$$\overline{K_1}=Q_1\overline{Q_0}(x_0\overline{x_1}+x_0x_1)+Q_1Q_0(\overline{x_0}x_1+\overline{x_0}\bullet\overline{x_1})\Rightarrow K_1=\overline{Q_1\overline{Q_0}(x_0\overline{x_1}+x_0x_1)+Q_1Q_0(\overline{x_0}x_1+\overline{x_0}\bullet\overline{x_1})}$$

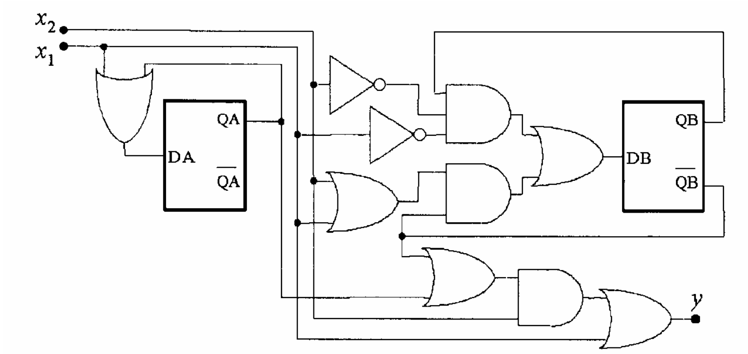
El siguiente paso consiste en simplificar cada una de las funciones e implementar el circuito.

Análisis:

El análisis consiste en obtener la matriz funcional y/o el diagrama de etapas a partir de un circuito determinado.

Para estudiar el procedimiento vamos a partir del ejemplo del problema correspondiente al examen de Junio del 2003.

2. Analice el **circuito secuencial** de la figura, presentando el resultado del análisis mediante las **expresiones lógicas** correspondientes, la **matriz funcional** y el **diagrama de transición de estados.**



En primer lugar obtendremos las funciones correspondientes a cada variable (Di e "y") a partir del esquema suministrado:

$$D_A = x_1 + Q_A \qquad D_B = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2} \bullet Q_B + (x_1 + x_2)\overline{Q_B} \qquad y = (Q_A + \overline{Q_B})x_2 + x_1$$

Matriz funcional

Estado inicial **Estado final**

$Q_B Q_A$	**00**	**01**	**10**	**11**
00	m_{00}	m_{01}	m_{02}	m_{03}
01	m_{10}	m_{11}	m_{12}	m_{13}
10	m_{20}	m_{21}	m_{22}	m_{23}
11	m_{30}	m_{31}	m_{32}	m_{33}

m_{ij} $\Rightarrow$ ***celda de fila i y columna j***

El cálculo de cada una de las celdas se efectuará:

1. La función de la fila de cada celda se obtendrá de sustituir las Q_m por su valor correspondiente a las variables del estado inicial.
2. La función de la columna de cada celda se obtendrá de sustituir las Q_m por su valor correspondiente a las variables del estado final.

$D_A = x_1 + Q_A$	$D_B = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2} \bullet Q_B + (x_1 + x_2)\overline{Q_B}$

Funciones de la fila 0 m_0	***Estados iniciales*** $\Rightarrow$	$Q_B Q_A = 00$ $\Downarrow$

$$D_A = x_1 + Q_A = x_1 + 0 = x_1$$

$$D_B = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2} \bullet Q_B + (x_1 + x_2)\overline{Q_B} = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2} \bullet 0 + (x_1 + x_2)1 = (x_1 + x_2)$$

Estados finales

$m_{00} = \overline{D_B} \bullet \overline{D_A}$	$m_{00} = \overline{D_B} \bullet \overline{D_A} = \overline{(x_1 + x_2)} \bullet \overline{x_1} = \overline{x_1} \bullet \overline{x_1} \bullet \overline{x_2} = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2}$
$m_{01} = \overline{D_B} \bullet D_A$	$m_{01} = \overline{D_B} \bullet D_A = \overline{(x_1 + x_2)} \bullet x_1 = x_1 \bullet \overline{x_1} \bullet \overline{x_2} = 0$
$m_{02} = D_B \bullet \overline{D_A}$	$m_{02} = D_B \bullet \overline{D_A} = (x_1 + x_2) \bullet \overline{x_1} = \overline{x_1} \bullet x_1 + \overline{x_1} \bullet x_2 = \overline{x_1} \bullet x_2$
$m_{03} = D_B \bullet D_A$	$m_{03} = D_B \bullet D_A = (x_1 + x_2) \bullet x_1 = x_1 \bullet x_1 + x_1 \bullet x_2 = x_1$

Funciones de la fila 1 m_1	***Estados iniciales*** $\Rightarrow$	$Q_B Q_A = 01$ $\Downarrow$

$$D_A = x_1 + Q_A = x_1 + 1 = 1$$

$$D_B = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2} \bullet Q_B + (x_1 + x_2)\overline{Q_B} = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2} \bullet 0 + (x_1 + x_2)1 = (x_1 + x_2)$$

Estados finales

$m_{10} = \overline{D_B} \bullet \overline{D_A}$	$m_{10} = \overline{D_B} \bullet \overline{D_A} = \overline{(x_1 + x_2)} \bullet \overline{1} = 0$
$m_{11} = \overline{D_B} \bullet D_A$	$m_{11} = \overline{D_B} \bullet D_A = \overline{(x_1 + x_2)} \bullet 1 = \overline{(x_1 + x_2)} = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2}$
$m_{12} = D_B \bullet \overline{D_A}$	$m_{12} = D_B \bullet \overline{D_A} = (x_1 + x_2) \bullet \overline{1} = 0$
$m_{13} = D_B \bullet D_A$	$m_{13} = D_B \bullet D_A = (x_1 + x_2) \bullet 1 = x_1 + x_2$

Funciones de la fila 2 m_2	***Estados iniciales*** $\Rightarrow$	$Q_B Q_A = 10$ $\Downarrow$

$$D_A = x_1 + Q_A = x_1 + 0 = x_1$$

$$D_B = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2} \bullet Q_B + (x_1 + x_2)\overline{Q_B} = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2} \bullet 1 + (x_1 + x_2)0 = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2}$$

Estados finales

$m_{20} = \overline{D_B} \bullet \overline{D_A}$	$m_{20} = \overline{D_B} \bullet \overline{D_A} = \overline{\overline{x_1} \bullet \overline{x_2}} \bullet \overline{x_1} = (x_1 + x_2)\overline{x_1} = \overline{x_1} x_2$
$m_{21} = \overline{D_B} \bullet D_A$	$m_{21} = \overline{D_B} \bullet D_A = \overline{\overline{x_1} \bullet \overline{x_2}} \bullet x_1 = (x_1 + x_2) x_1 = x_1$
$m_{22} = D_B \bullet \overline{D_A}$	$m_{22} = D_B \bullet \overline{D_A} = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2} \bullet \overline{x_1} = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2}$
$m_{23} = D_B \bullet D_A$	$m_{23} = D_B \bullet D_A = \overline{x_1} \bullet \overline{x_2} \bullet x_1 = 0$

Funciones de la fila 3 m_3	***Estados iniciales*** $\Rightarrow$	$Q_BQ_A=11$ $\Downarrow$
$D_A=x_1+Q_A=x_1+1=1$ $D_B=\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}\bullet Q_B+(x_1+x_2)\overline{Q_B}=\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}\bullet 1+(x_1+x_2)0=\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}$		
Estados finales		
$m_{30}=\overline{D_B}\bullet\overline{D_A}$	$m_{30}=\overline{D_B}\bullet\overline{D_A}=\overline{\overline{x_1}}\bullet\overline{\overline{x_2}}\bullet 0=0$	
$m_{31}=\overline{D_B}\bullet D_A$	$m_{31}=\overline{D_B}\bullet D_A=\overline{\overline{x_1}}\bullet\overline{\overline{x_2}}\bullet 1=x_1+x_2$	
$m_{32}=D_B\bullet\overline{D_A}$	$m_{32}=D_B\bullet\overline{D_A}=\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}\bullet 0=0$	
$m_{33}=D_B\bullet D_A$	$m_{33}=D_B\bullet D_A=\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}\bullet 1=\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}$	

Matriz funcional

Estado inicial **Estado final**

Q_BQ_A	**00**	**01**	**10**	**11**
00	$\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}$	0	$\overline{x_1}\bullet x_2$	x_1
01	0	$\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}$	0	x_1+x_2
10	$\overline{x_1}x_2$	x_1	$\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}$	0
11	0	x_1+x_2	0	$\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}$

Suma de fila 0:

$$\sum fila0=(\overline{x_1}\bullet\overline{x_2})+0+\overline{x_1}\bullet x_2+x_1=\overline{x_1}(\overline{x_2}+x_2)+x_1=\overline{x_1}+x_1=1$$

Suma de fila 1:

$$\sum fila1=0+\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}+0+x_1+x_2=(x_1+\overline{x_1})\bullet(x_1+\overline{x_2})+x_2=x_1+\overline{x_2}+x_2=1$$

Suma de fila 2:

$$\sum fila2=\overline{x_1}x_2+x_1+\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}+0=(x_1+\overline{x_1})\bullet(x_1+x_2)+\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}=x_1+x_2+\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}=(x_1+\overline{x_1})\bullet(x_1+\overline{x_2})+x_2=x_1+\overline{x_2}+x_2=1$$

Suma de fila 3:

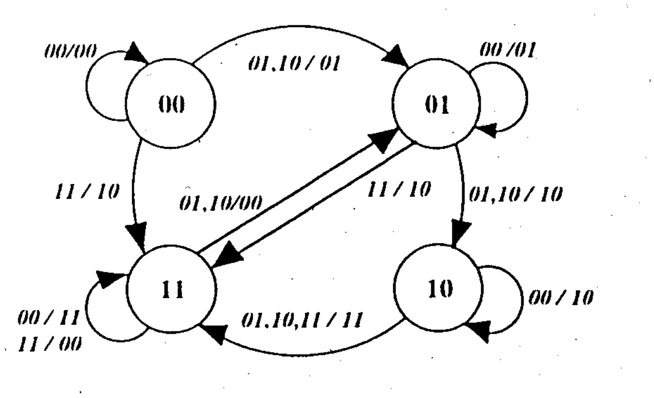
$$\sum fila3=0+(x_1+x_2)+0+\overline{x_1}\bullet\overline{x_2}=(x_1+\overline{x_1})\bullet(x_1+\overline{x_2})+x_2=x_1+\overline{x_2}+x_2=1$$

Se puede comprobar que la matriz es correcta ya que la suma de cada línea da como resultado el nivel “1”

EXAMENES

Junio del 2000

Usar el procedimiento general de autómatas finitos con PLD's y biestables D para diseñar un circuito que represente el siguiente diagrama de transiciones de estados:



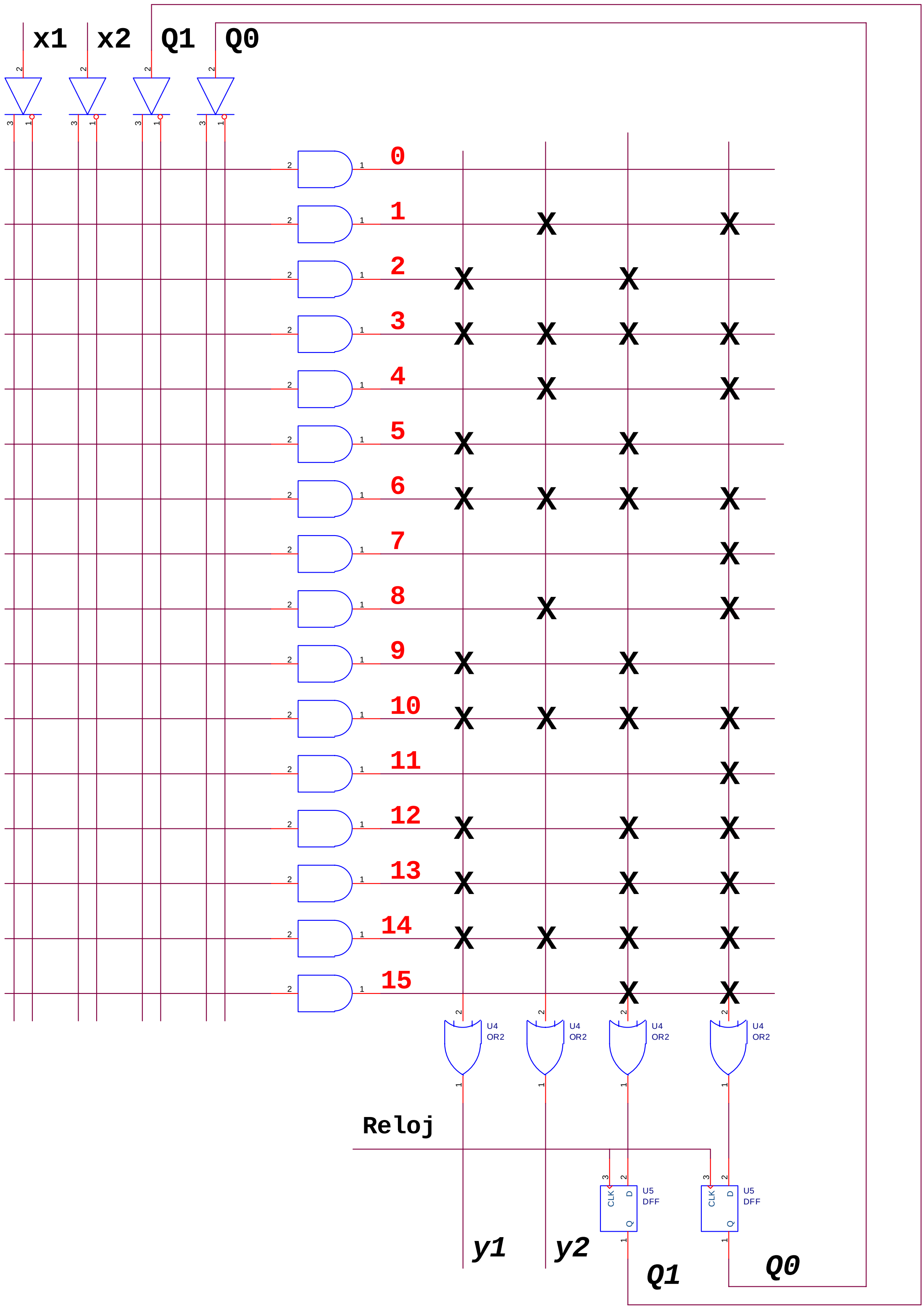
SOLUCIÓN:

Tabla de la verdad de las transiciones

Nº ORDEN	Variables entrada		Estado inicial		Estado final		Variable salida		Entrada a báscula	
	x_1	x_2	Q_1	Q_0	Q_1+1	Q_0+1	y_1	y_2	D_1	D_0
0	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	***0***	***0***
4	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	***0***	***1***
8	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	***0***	***1***
12	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**	***1***	***1***
1	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	***0***	***1***
5	**0**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	***1***	***0***
9	**1**	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	***1***	***0***
13	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	***1***	***1***
2	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	***1***	***0***
6	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	***1***	***1***
10	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	***1***	***1***
14	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	***1***	***1***
3	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	***1***	***1***
7	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	***0***	***1***
11	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	***0***	***1***
15	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**0**	***1***	***1***

Tener en cuenta que al ser báscula D, a la entrada D habrá que meter el mismo valor que el que se quiera obtener en "Q"

Logigrama:

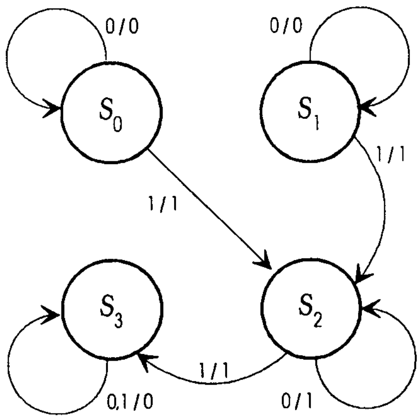

x1
x2
Q1
Q0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
U4
OR2
Reloj
U5
DFF
CLK
D
Q
y1
y2
Q1
Q0

Junio del 2002

3. Para la síntesis de circuitos secuenciales síncronos se puede hacer uso de cualquier tipo de biestable (D, T ó J-K). Supongamos que sólo disponemos de biestables J-K:

3.1. Cuáles deben ser los valores de J y K para que se produzcan cada una de las 4 transiciones posibles entre el estado actual (Q_n) y el nuevo estado (Q_{n+1}). Ilústrelo en forma de tabla y **justifique** cada una de las respuestas.

3.2. Sintetice utilizando biestables J-K el circuito secuencial cuyo diagrama de transición de estados es el de la *figura 2*.



SOLUCIÓN:

<u>**Tabla de la verdad de las transiciones**</u>

Nº orden	Variable entrada	Estado inicial		Estado final		Variable salida	Entradas a báscula			
	x_1	Q_1	Q_0	Q_1+1	Q_0+1	y_1	J_1	K_1	J_0	K_0
0	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**X**	**0**	**X**
4	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	**1**	**X**	**0**	**X**
1	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**0**	**X**	**X**	**0**
5	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**X**	**X**	**1**
2	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	**X**	**0**	**0**	**X**
6	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**X**	**0**	**1**	**X**
3	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**X**	**0**	**X**	**0**
7	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**X**	**0**	**X**	**0**

Hay que tener en cuenta que la respuesta de una báscula JK es:

Estado inicial	Estado final	Entrada "J"		Entrada "K"	
0	0	0 0	0	0 1	X
0	1	1 1	1	1 0	X
1	0	1 0	X	1 1	1
1	1	0 1	X	0 0	0

	$\overline{Q}_1$		Q_1	
	$\overline{Q}_0$	Q_0	Q_0	$\overline{Q}_0$
$\overline{x}$	**0**	**1**	**3**	**2**
x	**4**	**5**	**7**	**6**

	$\overline{Q}_1$		Q_1	
	$\overline{Q}_0$	Q_0	Q_0	$\overline{Q}_0$
$\overline{x}$	**0**	**0**	**X**	**X**
x	**1**	**1**	**X**	**X**

$$J_1 = x$$

	$\overline{Q}_1$		Q_1	
	$\overline{Q}_0$	Q_0	Q_0	$\overline{Q}_0$
$\overline{x}$	**X**	**X**	**0**	**0**
x	**X**	**X**	**0**	**0**

$$K_1 = 0$$

	$\overline{Q}_1$		Q_1	
	$\overline{Q}_0$	Q_0	Q_0	$\overline{Q}_0$
$\overline{x}$	**0**	**X**	**X**	**0**
x	**0**	**X**	**X**	**1**

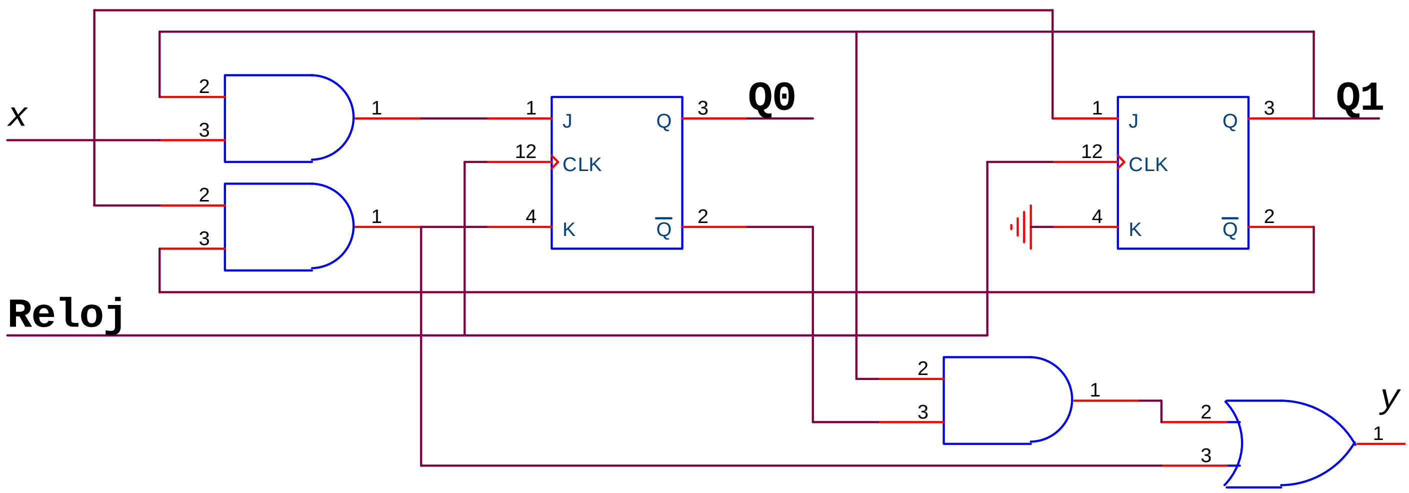
$$J_0 = xQ_1$$

	$\overline{Q}_1$		Q_1	
	$\overline{Q}_0$	Q_0	Q_0	$\overline{Q}_0$
$\overline{x}$	**X**	**0**	**0**	**X**
x	**X**	**1**	**0**	**X**

$$K_0 = x\overline{Q_1}$$

	$\overline{Q}_1$		Q_1	
	$\overline{Q}_0$	Q_0	Q_0	$\overline{Q}_0$
$\overline{x}$	**0**	**0**	**0**	**1**
x	**1**	**1**	**0**	**1**

$$y = Q_1\overline{Q_0} + x\overline{Q_1}$$



CONTADORES

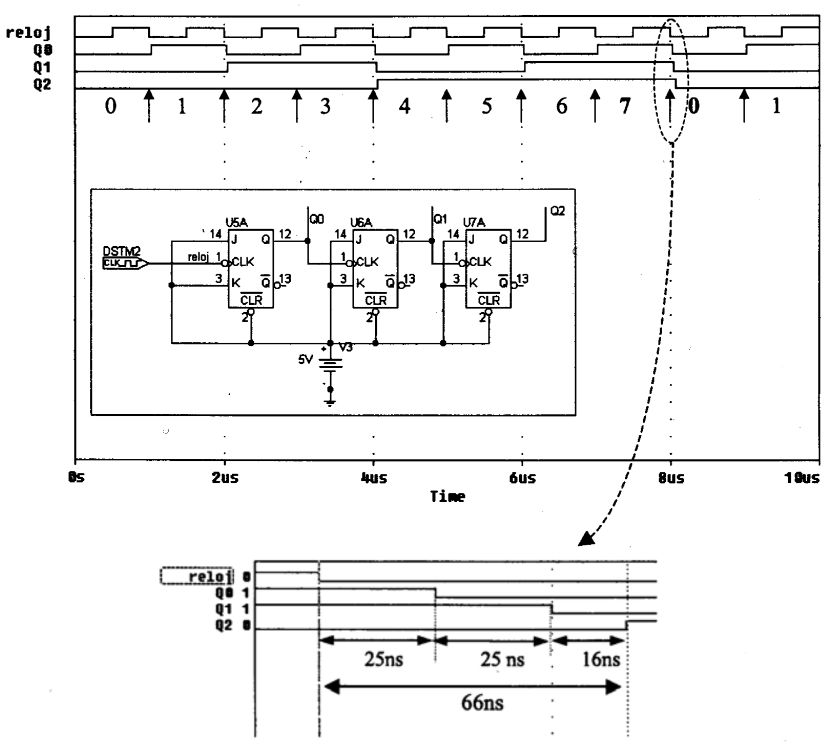
Los contadores son circuitos secuenciales capaces de recorrer una secuencia previamente especificada de estados. Reciben un tren de impulsos y responden con una sucesión de estados correspondientes a la representación en binario del número de impulsos recibidos desde que se inició el ciclo.

Tipos de contadores

- Asíncronos: Las báscula que componen el contador no cambian de estado exactamente al mismo tiempo, dado que no comparten el mismo impulso de reloj.
- Síncronos: Hay una relación temporal fija entre sí. Todas las básculas que componen el contador reciben en el mismo instante la señal de reloj y por lo tanto cambian (si han de cambiar) en el mismo instante.

Contadores asíncronos:

Compuestos por básculas JK con J=K=1 (básculas T) de forma que la ***entrada de relo***j entra ***en la primera báscula*** (bit de menor peso) y el ***reloj*** del ***resto de las básculas*** es la ***salida Q de la báscula anterior.***
Esto provoca el sentido asíncrono del contador, ya que cuando entra el impulso de reloj a la primera báscula esta empieza a bascular, pero la siguiente no basculará hasta que no lo haya hecho la anterior. Este efecto provoca una reacción que se va añadiendo de báscula a báscula y por lo tanto el tiempo de cambio de un estado al otro puede ser el resultado de acumular los tiempos de transición del número de básculas que intervienen en dicho cambio.



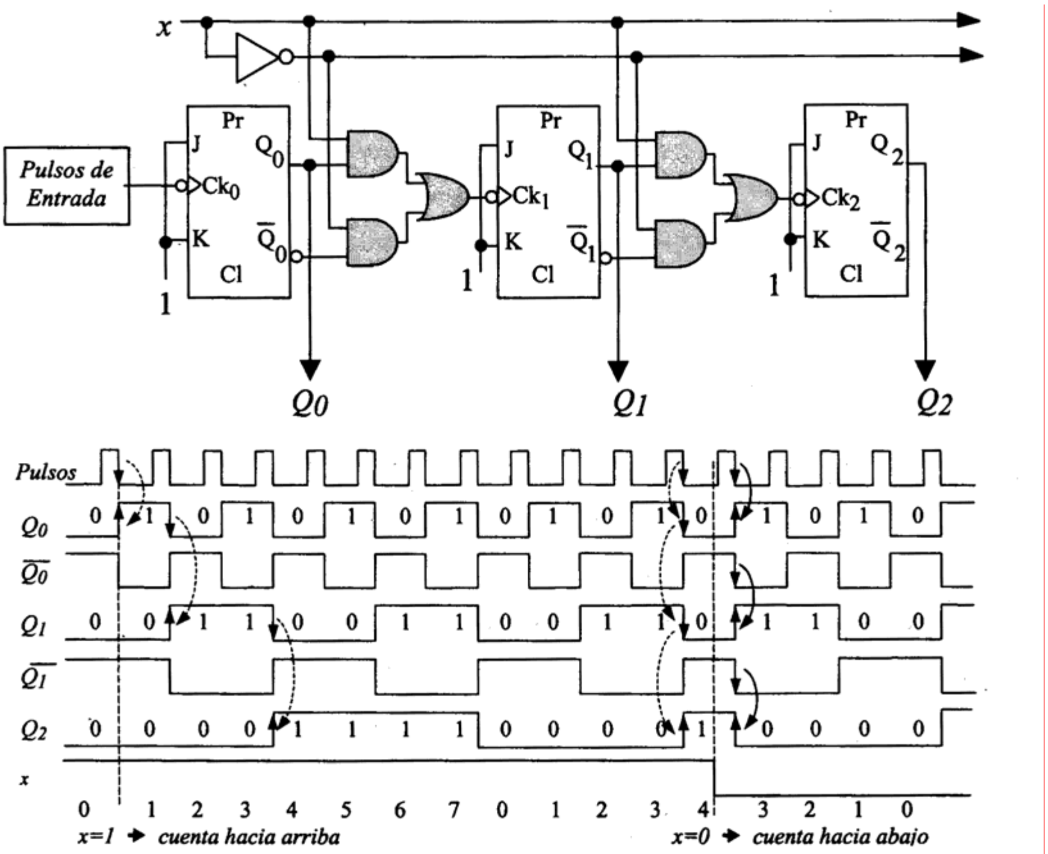
Contador asíncrono de 3 bits construido con J-K de disparo a bajadas.

Contadores descendentes:

Para configurar contadores con sentido descendente hay dos posibilidades:

1. Tomar un contador ascendente y tomar las salidas de la $\overline{Q}$.
2. Tomar la entrada de reloj de cada báscula de la salida $\overline{Q}$ de la báscula anterior.

Contador reversible



Contador asíncrono reversible de 4 bits.

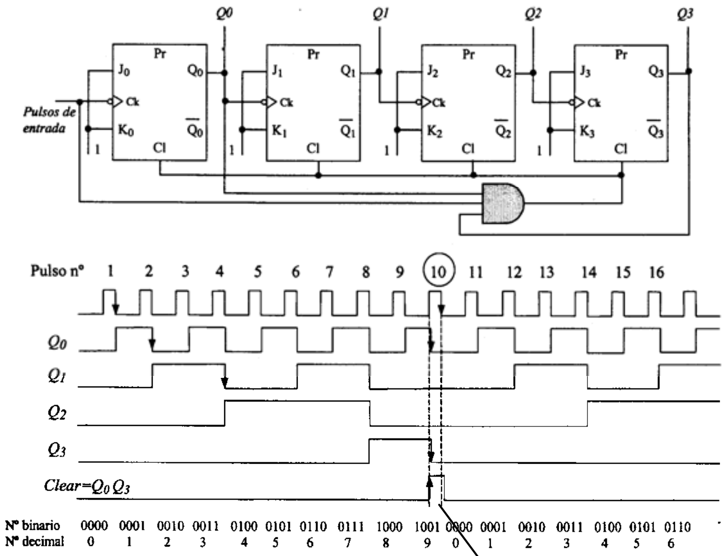
- Para x=1 seleccionamos la entrada de reloj de cada báscula de la salida Q de la báscula anterior, por lo tanto se comporta como un contador ascendente.
- Para x=0 seleccionamos la entrada de reloj de cada báscula de la salida $\overline{Q}$ de la báscula anterior, por lo tanto se comporta como un contador descendente.

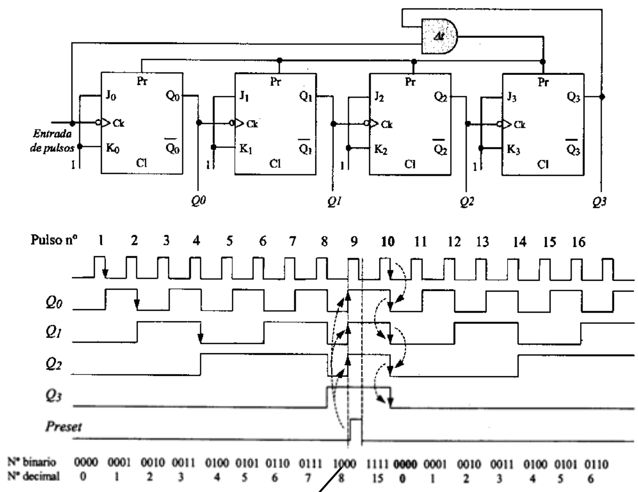
Contadores de diferentes bases y divisores de frecuencia:

Hay dos formas de implementar contadores binarios de diferentes bases:

1. Resetear todo el contador cuando el número binario al que llega contando es el de la base que se quiere conseguir. Ello provoca la puesta a cero del contador y el inicio de un nuevo ciclo.
2. Poner a "1" todas las básculas del contador mediante el "Preset" cuando se llega al número de la base al que se quiere llegar menos 1 (base-1). Ello provoca que el contador llega al máximo de su capacidad de cuenta y de esta manera con el siguiente impulso de reloj se provoca su puesta a "0" y consiguiente inicio de ciclo de cuenta.

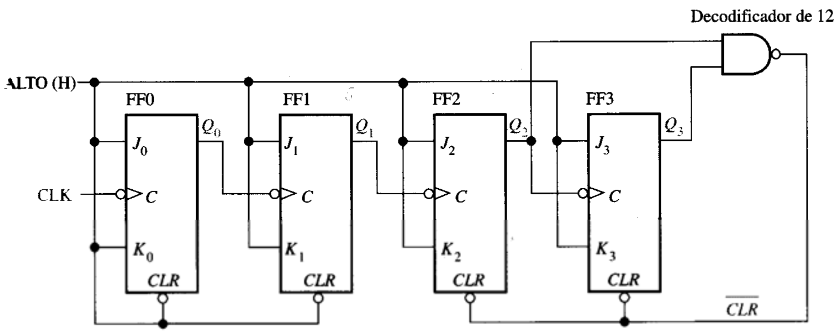
La implementación de divisores de frecuencia básicamente consiste en implementar contadores cuya base será el número por el que se quiere dividir la frecuencia.

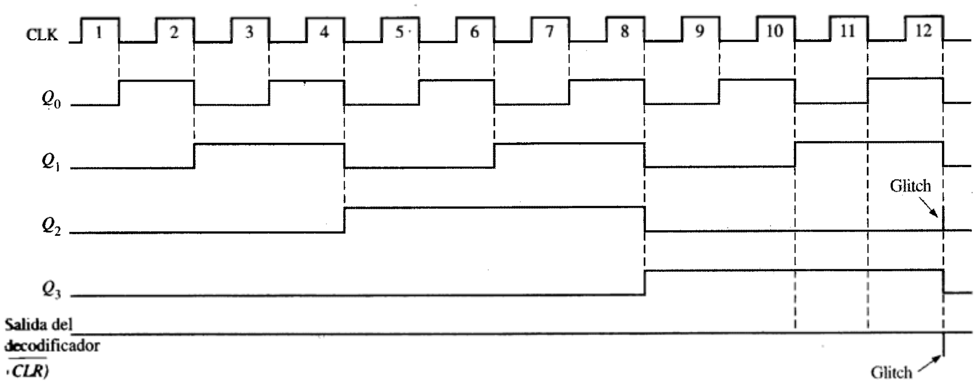




Circuito y cronograma de un divisor por 10 del número de pulsos de entrada, usando un contador asíncrono y controlando el final del ciclo a través del preset .

Estado inestable





Contador de módulo 12 con temporización y reinicialización asíncronas.

<u>Contadores síncronos:</u>

Inconvenientes de los contadores asíncronos

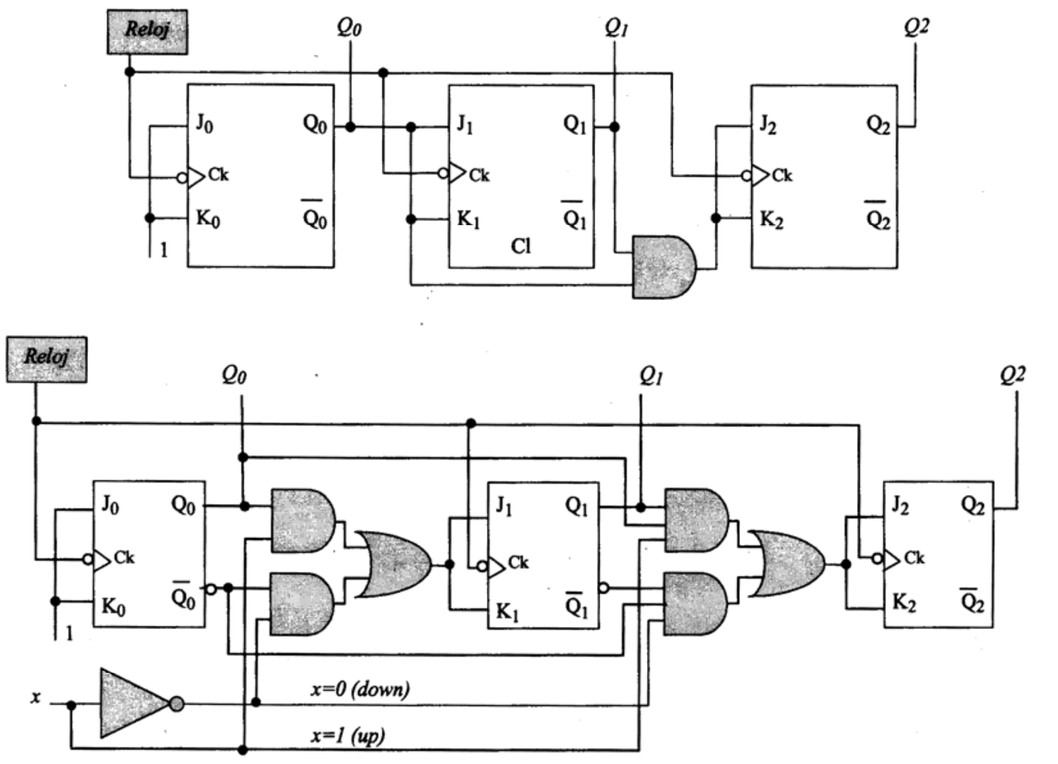
- La frecuencia máxima de trabajo depende de la suma de los retardos que introducen los biestables que lo componen.
- Los estados estables no se alcanzan siempre al mismo tiempo

Estos inconvenientes se solucionan utilizando ***contadores síncronos***, en los cuales el reloj de entrada se conecta a la entrada de reloj de todas las básculas, de forma que la transición de ellas se produce en función de los valores que se introduzcan en sus entradas de datos. De esta manera cuando el contador adquiere un estado (estable) posiciona las entradas de las básculas antes de que se produzca la entrada del siguiente ciclo de reloj. Cuando esta aparezca todas, las básculas comenzarán simultáneamente el proceso de cambio (si es que se ha de producir según los valores de sus entradas).

El proceso de diseño de los contadores síncronos no deja de ser un caso concreto del diseño de circuitos secuenciales con básculas estudiado anteriormente. Ya que partimos de un diagrama de estados en el que se representan los diferentes estados de cuenta del contador y debemos de seguir los pasos de diseño analizados en los apartados anteriores.

A pesar de lo indicado se puede configurar un contador binario natural síncrono de una manera un tanto estandar. Se pueden implementar con básculas JK con las dos entradas unidas a “1” (básculas T) de forma que los relojes de todas las básculas están unidos entre sí y a la señal del reloj de entrada.

- En el caso de un contador ascendente: cada una de las entradas JK de cada báscula a una puerta “AND” de todas las salidas Q de las básculas de pesos inferior.
- En el caso de un contador descendente: cada una de las entradas JK de cada báscula a una puerta “AND” de todas las salidas $\overline{Q}$ de las básculas de pesos inferior.



(a) Contador síncrono con acarreo paralelo. ***(b)*** Conversión en reversible usando un MUX 2 a 1 y ambas salidas $\left(Q \text{ y } \overline{Q}\right)$.

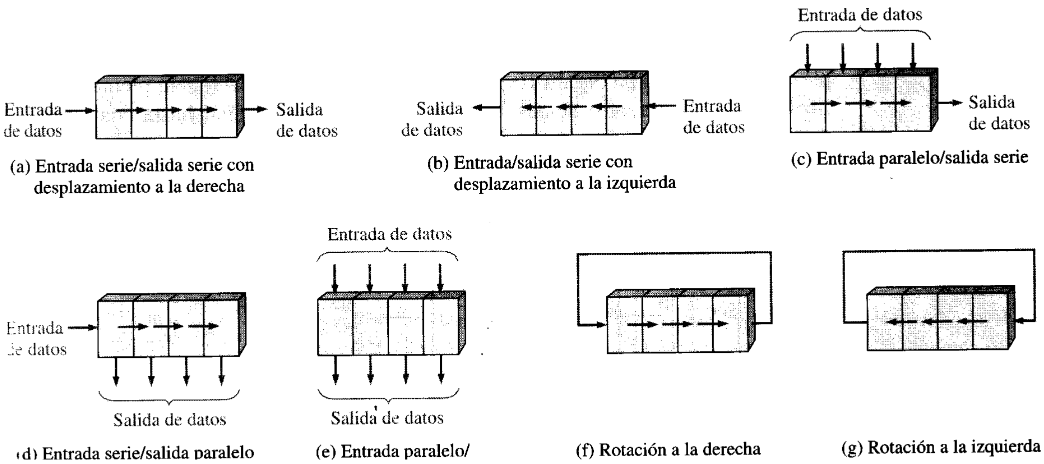
REGISTROS DE DESPLAZAMIENTO

Un registro es circuito digital con dos funciones básicas:

- Almacenamiento de datos.
- Movimiento de datos.

Con tales funciones una cuestión elemental es el modo de introducir y el modo de sacar dicha información. Teniendo en cuenta que hay dos maneras de manipular los datos: serie/paralelo; ello da lugar a tener diferentes configuraciones de registros en función de la entrada y la salida de dichos datos:

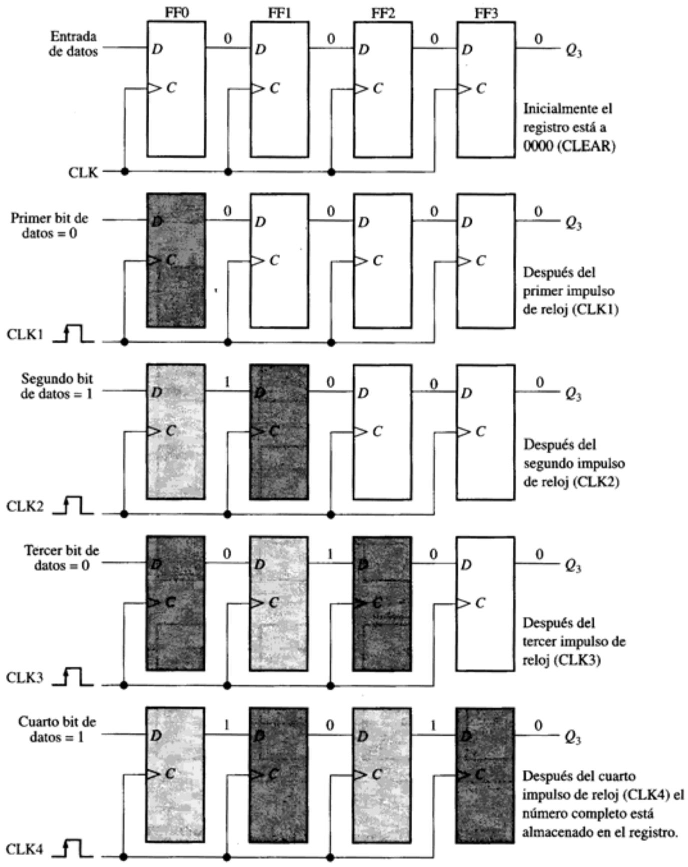
- Entrada serie / Salida serie.
- Entrada serie / Salida paralelo.
- Entrada paralelo / Salida serie.
- Entrada paralelo / Salida paralelo.

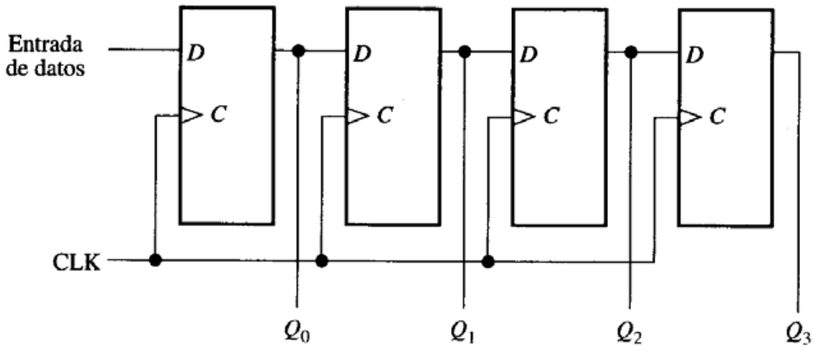


La implementación de los registros parte de dos premisas elementales:

1) Estarán compuestos por tantas básculas D como bits queramos almacenar o manipular.
2) Según el modo de carga o desplazamiento:
   a) En el caso de una entrada paralelo, cada bit de entrada que queramos introducir se deberá conectar a cada una de las entradas de cada báscula del registro.
   b) En el caso de una entrada serie o un desplazamiento, cada entrada de cada báscula deberá ir conectada a la salida de la báscula inmediatamente inferior y de la cual deberá recoger el bit que se quiere desplazar.

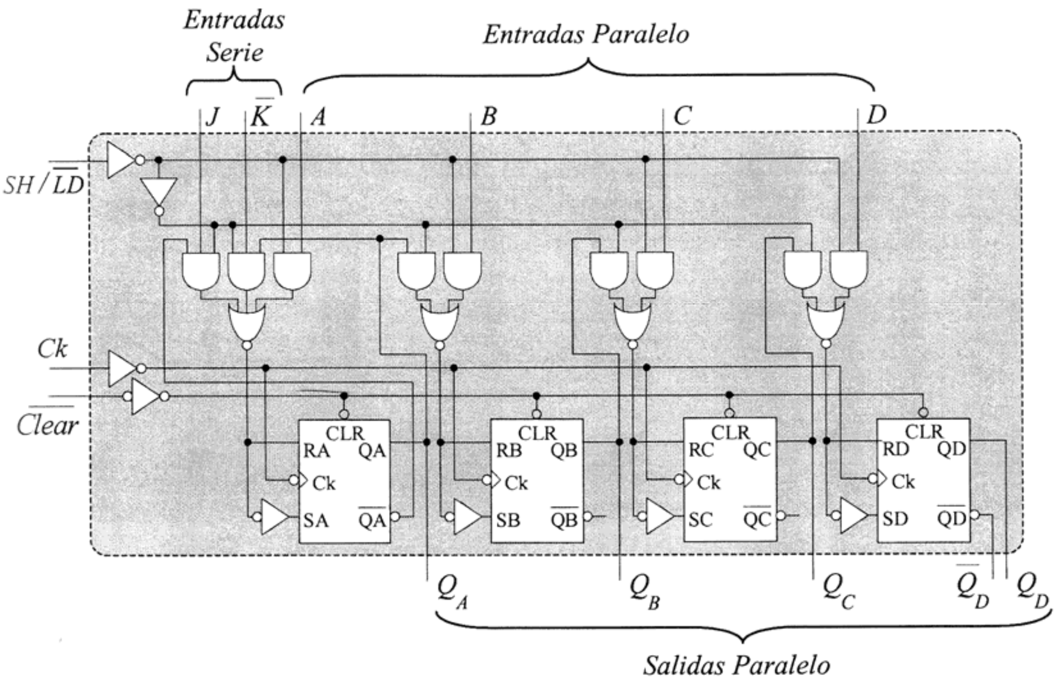
Funcionamiento de un registro de desplazamiento





Registro de desplazamiento con entrada serie/salida paralelo.

<u>Registro de desplazamiento SN74195 con posibilidad de entrada serie o paralelo y salida serie y paralelo.</u>



Entradas									Salidas				
			Serie		Paralelo								
$\overline{Clear}$	$SH/\overline{LD}$	Ck	J	$\overline{K}$	A	B	C	D	Q_A	Q_B	Q_C	Q_D	$\overline{Q}_D$
L	x	x	x	x	x	x	x	x	L	L	L	L	H
H	L	↑	x	x	a	b	c	d	*a*	*b*	*c*	*d*	*d*
H	H	L	x	x	x	x	x	x	Q_{A0}	Q_{B0}	Q_{C0}	Q_{D0}	$\overline{Q}_{D0}$
H	H	↑	L	H	x	x	x	x	Q_{A0}	Q_{A0}	Q_{Bn}	Q_{Cn}	$\overline{Q}_{Cn}$
H	H	↑	L	L	x	x	x	x	*L*	Q_{An}	Q_{Bn}	Q_{Cn}	$\overline{Q}_{Cn}$
H	H	↑	H	H	x	x	x	x	*H*	Q_{An}	Q_{Bn}	Q_{Cn}	$\overline{Q}_{Cn}$
H	H	↑	H	L	x	x	x	x	$\overline{Q}_{An}$	Q_{An}	Q_{Bn}	Q_{Cn}	$\overline{Q}_{Cn}$

Registro de desplazamiento 74195. ***(a)*** Circuito interno. ***(b)*** Tabla de control de función.

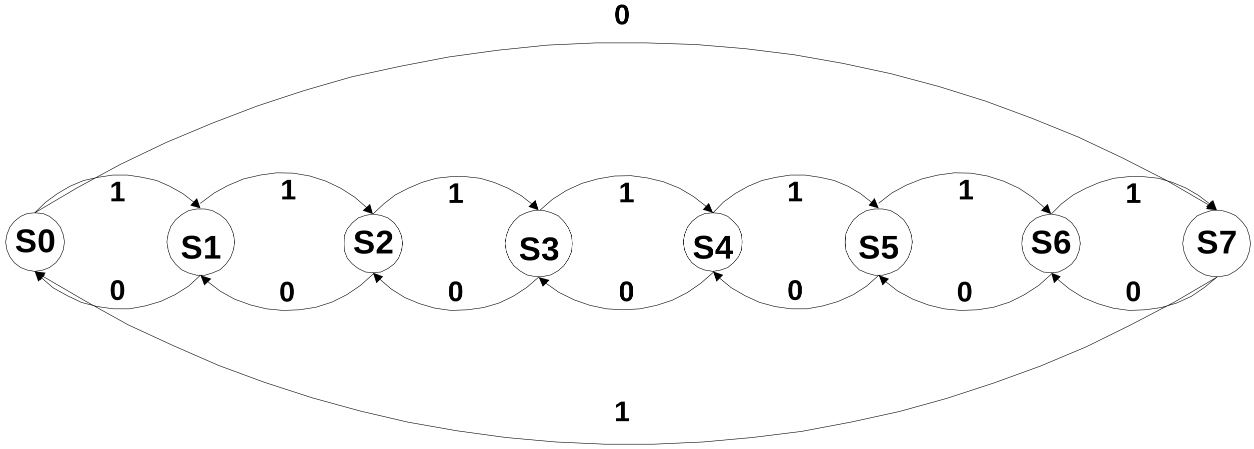
<u>**EXAMENES**</u>

Hay numerosas preguntas teóricas referentes a contadores asíncronos, síncronos y registros de desplazamiento

Junio del 2003 / Septiembre del 2001

1. Resumen de los problemas propios de los contadores asíncronos.
2. Explicar, para el caso de tres bits, cómo resuelve estos problemas un contador síncrono.
3. Síntesis con JK de un contador reversible de 3 bits.

<u>**Diagrama de estados**</u>



<u>**Tabla de la verdad de las transiciones**</u>

Nº orden	Variable entrada	Estado inicial			Estado final			Entradas a báscula					
	x_1	Q_2	Q_1	Q_0	Q_2+1	Q_1+1	Q_0+1	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	X	1	X	1	X
8	1	0	0	0	0	0	1	0	X	0	X	1	X
1	0	0	0	1	0	0	0	0	X	0	X	X	1
9	1	0	0	1	0	1	0	0	X	1	X	X	1
2	0	0	1	0	0	0	1	0	X	X	1	1	X
10	1	0	1	0	0	1	1	0	X	X	0	1	X
3	0	0	1	1	0	1	0	0	X	X	0	X	1
11	1	0	1	1	1	0	0	1	X	X	1	X	1
4	0	1	0	0	0	1	1	X	1	1	X	1	X
12	1	1	0	0	1	0	1	X	0	0	X	1	X
5	0	1	0	1	1	0	0	X	0	0	X	X	1
13	1	1	0	1	1	1	0	X	0	1	X	X	1
6	0	1	1	0	1	0	1	X	0	X	1	1	X
14	1	1	1	0	1	1	1	X	0	X	0	1	X
7	0	1	1	1	1	1	0	X	0	X	0	X	1
15	1	1	1	1	0	0	0	X	1	X	1	X	1

		$\overline{Q}_1$		Q_1	
		$\overline{Q}_0$	Q_0	Q_0	$\overline{Q}_0$
$\overline{x}$	$\overline{Q}_2$	0	1	3	2
	Q_2	4	5	7	6
x	Q_2	12	13	15	14
	$\overline{Q}_2$	8	9	11	10

		$\overline{Q}_1$		Q_1	
		$\overline{Q}_0$	Q_0	Q_0	$\overline{Q}_0$
$\overline{x}$	$\overline{Q}_2$	1	X	X	1
	Q_2	1	X	X	1
x	Q_2	1	X	X	1
	$\overline{Q}_2$	1	X	X	1

$$J_0 = 1$$

		$\overline{Q}_1$		Q_1	
		$\overline{Q}_0$	Q_0	Q_0	$\overline{Q}_0$
$\overline{x}$	$\overline{Q}_2$	X	1	X	1
	Q_2	X	1	X	1
x	Q_2	X	1	X	1
	$\overline{Q}_2$	X	1	X	1

$$K_0 = 1$$

		$\overline{Q}_1$		Q_1	
		$\overline{Q}_0$	Q_0	Q_0	$\overline{Q}_0$
$\overline{x}$	$\overline{Q}_2$	1	0	X	X
	Q_2	1	0	X	X
x	Q_2	0	1	X	X
	$\overline{Q}_2$	0	1	X	X

$$J_1 = xQ_0 + \overline{x}\overline{Q_0}$$

		$\overline{Q}_1$		Q_1	
		$\overline{Q}_0$	Q_0	Q_0	$\overline{Q}_0$
$\overline{x}$	$\overline{Q}_2$	X	X	0	1
	Q_2	X	X	0	1
x	Q_2	X	X	1	0
	$\overline{Q}_2$	X	X	1	0

$$K_1 = xQ_0 + \overline{x}\overline{Q_0}$$

		$\overline{Q}_1$		Q_1	
		$\overline{Q}_0$	Q_0	Q_0	$\overline{Q}_0$
$\overline{x}$	$\overline{Q}_2$	1	0	0	0
	Q_2	X	X	X	X
x	Q_2	X	X	X	X
	$\overline{Q}_2$	0	0	1	0

$$J_2 = x(Q_1Q_0) + \overline{x}(\overline{Q_1} \bullet \overline{Q_0})$$

		$\overline{Q}_1$		Q_1	
		$\overline{Q}_0$	Q_0	Q_0	$\overline{Q}_0$
$\overline{x}$	$\overline{Q}_2$	X	X	X	X
	Q_2	1	0	0	0
x	Q_2	0	0	1	0
	$\overline{Q}_2$	X	X	X	X

$$K_2 = x(Q_1Q_0) + \overline{x}(\overline{Q_1} \bullet \overline{Q_0})$$