

# UD 4. SISTEMAS SECUENCIALES

# 1.- Diferencias entre sistema combinacional y secuencial

Los sistemas combinacionales se caracterizan porque sus salidas solo dependen del valor que adquieran sus entradas, como por ejemplo, las puertas lógicas y los circuitos lógicos que hemos estudiado en anteriores unidades.

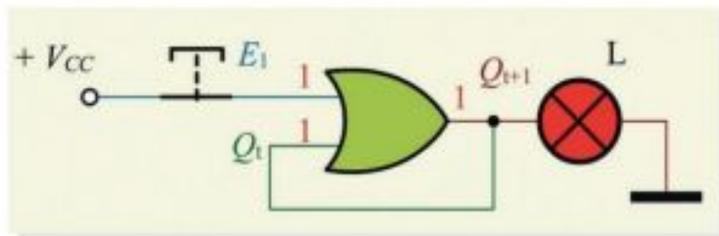
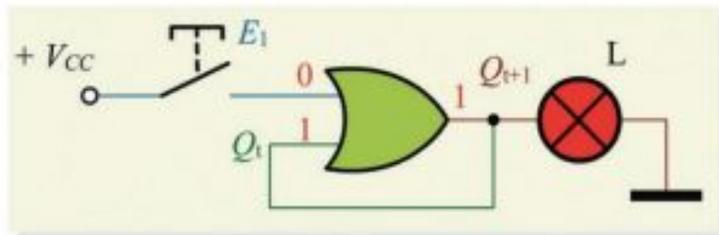
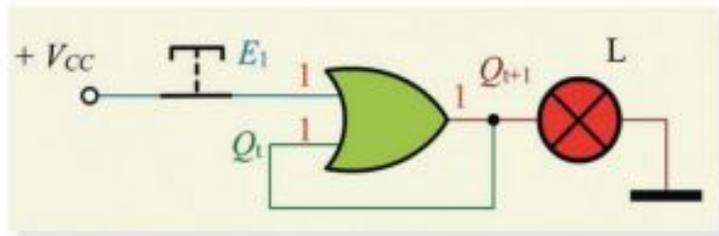
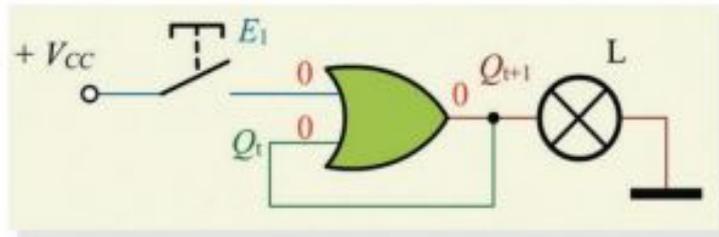
En los sistemas secuenciales, los valores de las salidas en un determinado momento dependen no solamente de las entradas en ese momento, sino del estado en que se encuentra el sistema.

Los circuitos secuenciales son capaces de «recordar» números que han recibido anteriormente.

## 2.- Realimentación de un circuito digital

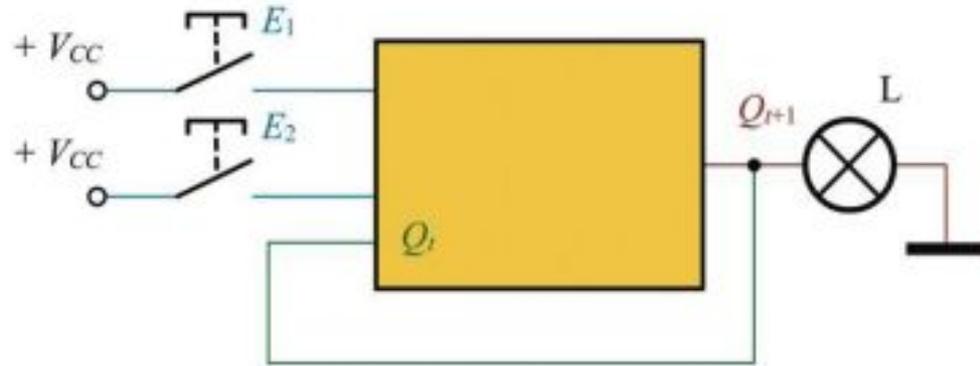
Consiste en tomar parte de la información de la señal presente en la salida ( $Q_t$ ) e introducirla en alguna de las entradas del circuito combinacional, de tal forma que la nueva salida ( $Q_{t+1}$ ) que se produzca dependerá del estado anterior de la salida ( $Q_t$ ).





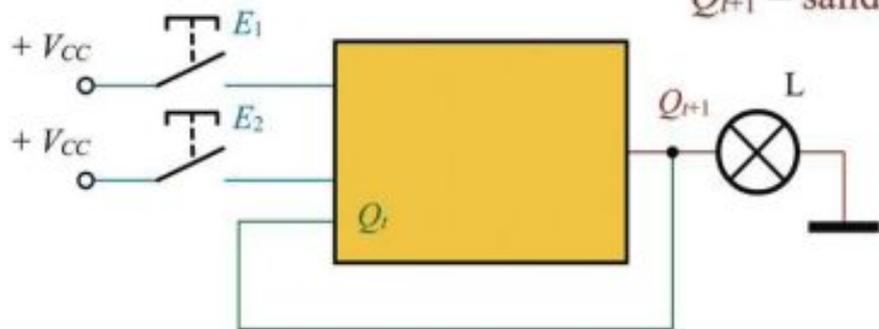
### 3.- Realimentación en un circuito biestable

Consiste en tomar parte de la información de la señal presente en la salida ( $Q_t$ ) e introducirla en alguna de las entradas del circuito combinacional, de tal forma que la nueva salida ( $Q_{t+1}$ ) que se produzca dependerá del estado anterior de la salida ( $Q$ ).



Entradas			Salida	Estado de la salida
$E_1$	$E_2$	$Q_t$	$Q_{t+1}$	
0	0	0	0	L apagada
1	0	0	1	Se pulsa $E_1$ y L se enciende
0	0	1	1	Aunque no se pulse $E_1$ , L sigue encendida
1	0	1	1	Si se vuelve a pulsar $E_1$ , L sigue encendida
0	1	1	0	Se pulsa $E_2$ y L se apaga
0	1	0	0	Si se vuelve a pulsar $E_2$ , L sigue apagada
1	1	0	X	Estado prohibido
1	1	1	X	Estado prohibido

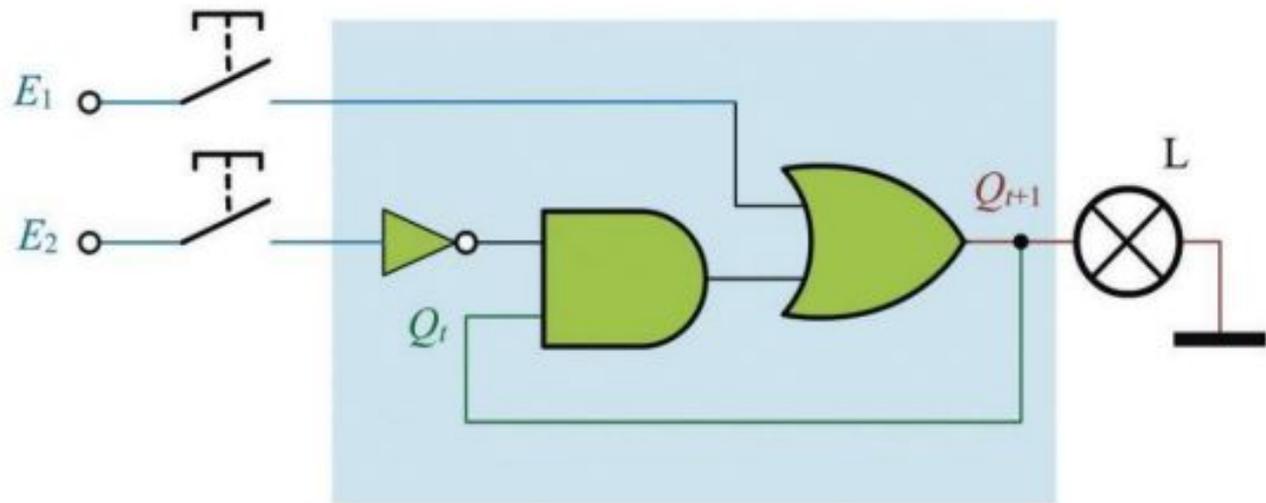
$Q_t$  = salida en el momento de accionar uno de los pulsadores  
 $Q_{t+1}$  = salida un tiempo después de accionar uno de los pulsadores



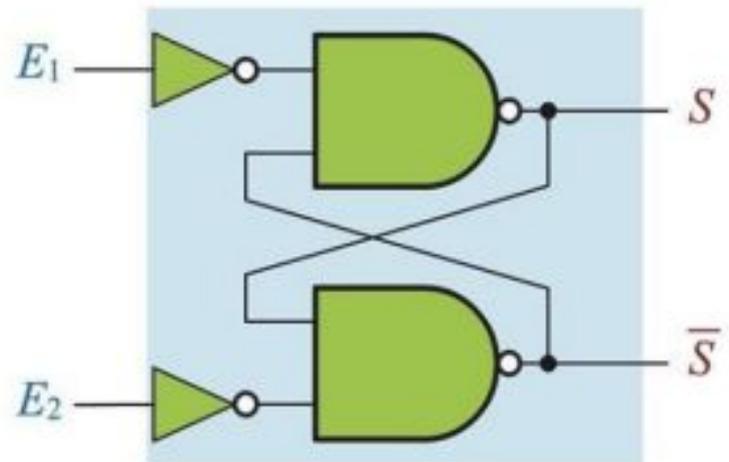
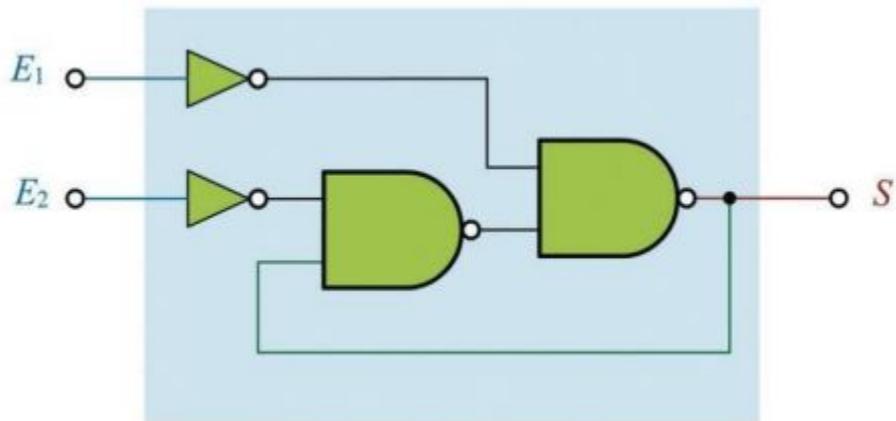
$$S = Q_{t+1} = E_1 + \bar{E}_2 \cdot Q_t$$

$E_1 E_2 \backslash Q_t$	0	1
00		1
01		
11	X	X
10	1	1

The table shows the truth table for the function  $S = Q_{t+1} = E_1 + \bar{E}_2 \cdot Q_t$ . The output is 1 for input combinations (00, 1) and (10, 0) and (10, 1). The output is X (undefined) for input combinations (11, 0) and (11, 1). The term  $\bar{E}_2 \cdot Q_t$  is highlighted in red, and the term  $E_1$  is highlighted in blue.



Circuito con puertas NAND.

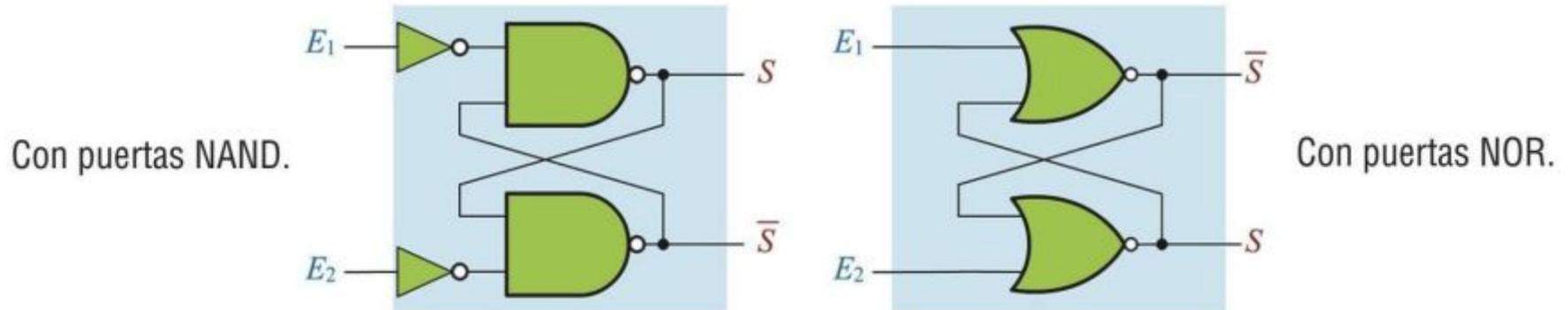


En la práctica resulta más habitual encontrarnos este tipo de circuito ordenado como en la Figura.

Aquí se han dispuesto dos posibilidades de salida, que toman valores opuestos.

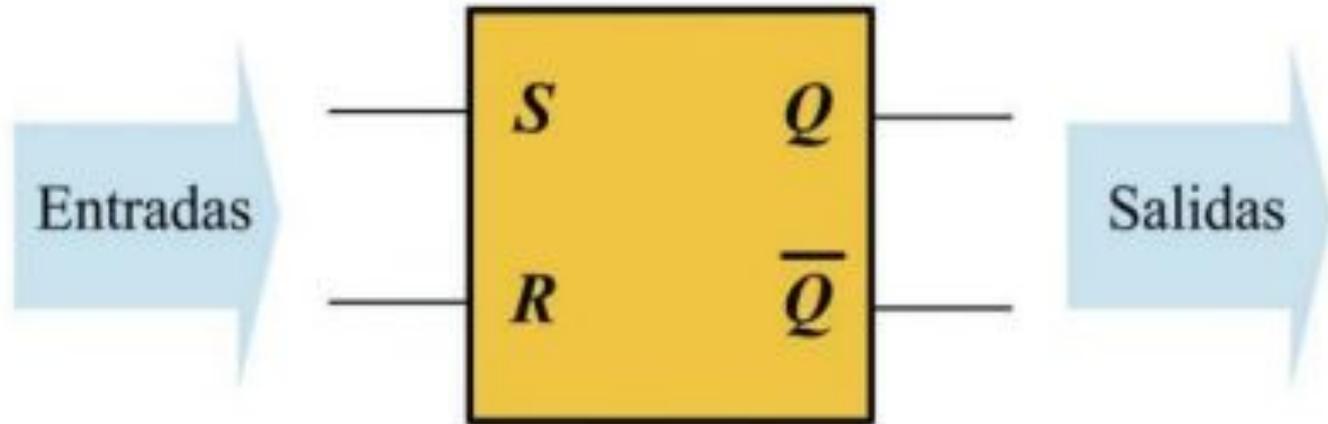
Se les conoce por el nombre de biestables o flip-flop.

El nombre se debe a que tienen la posibilidad de alcanzar dos estados estables.

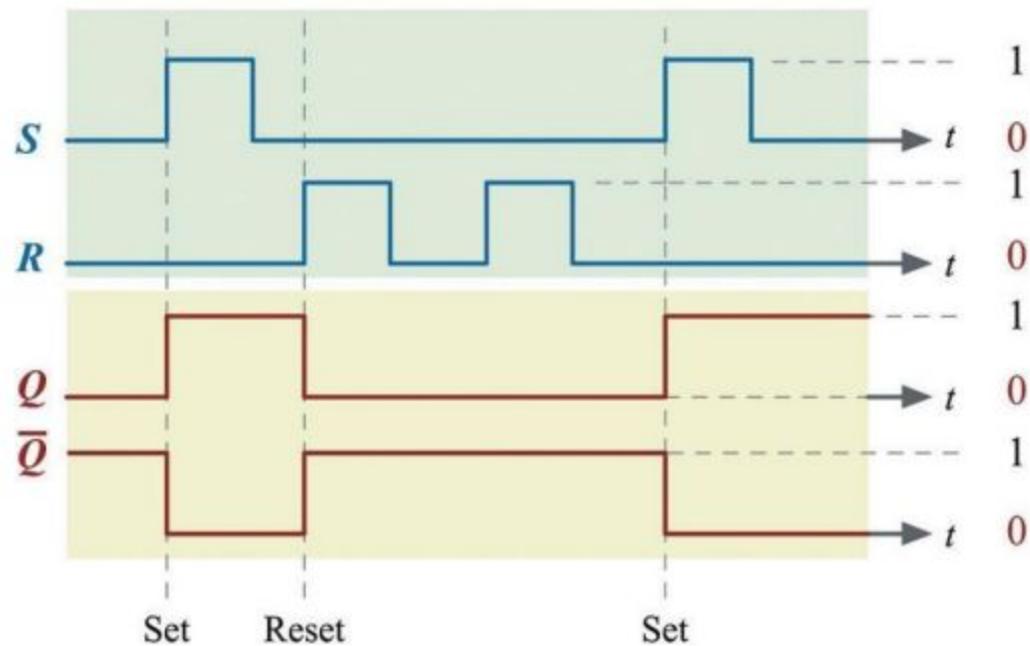


## 4.- Biestable R-S

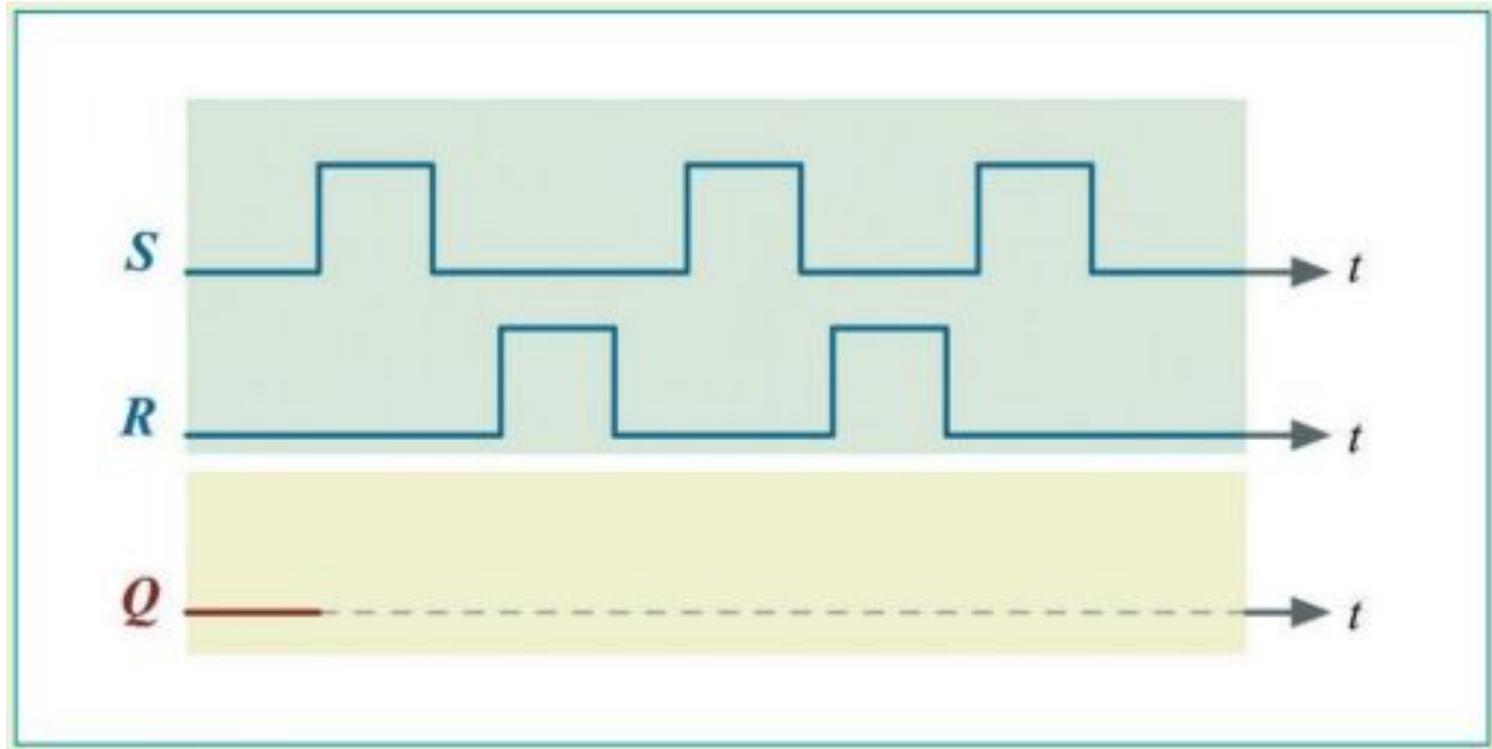
**Biestable R-S asíncrono**

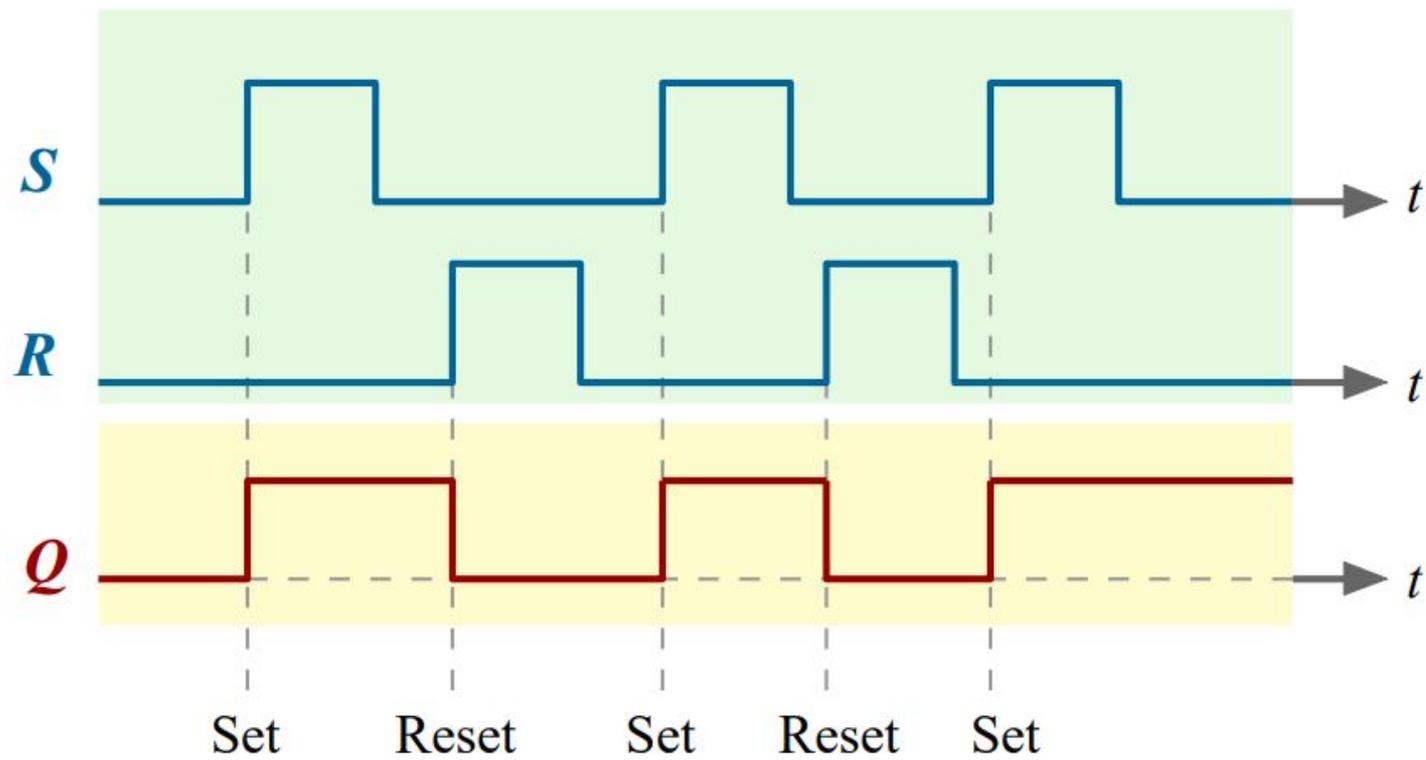


## Cronograma de señales de un biestable R-S.



Dibuja la señal de salida  $Q$  que le corresponde a un biestable R-S asíncrono según el cronograma siguiente

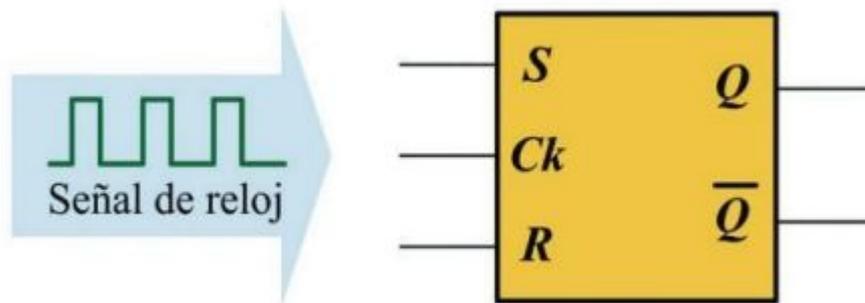




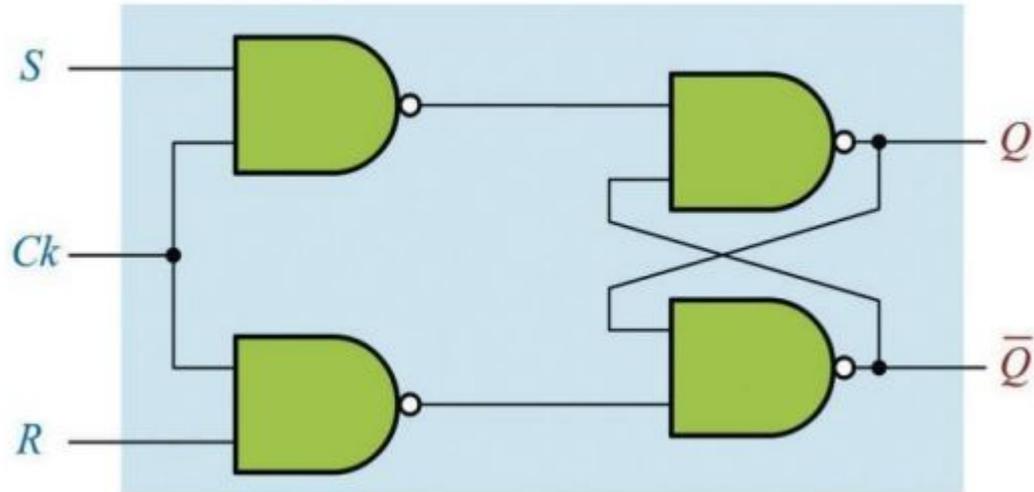
## Bi stable R-S síncrono activado por nivel

A los biestables síncronos se les añade una entrada más ( $Ck$ ), conocida por el nombre de sincronismo o reloj.

La señal de sincronismo consta de un tren de impulsos que fija la frecuencia de funcionamiento del biestable, de tal forma que las señales de entrada solo pueden provocar una variación en el estado de la salida si hay presente señal de sincronismo.



Estructura interna de un biestable R-S síncrono.



Cronograma de un biestable R-S síncrono.

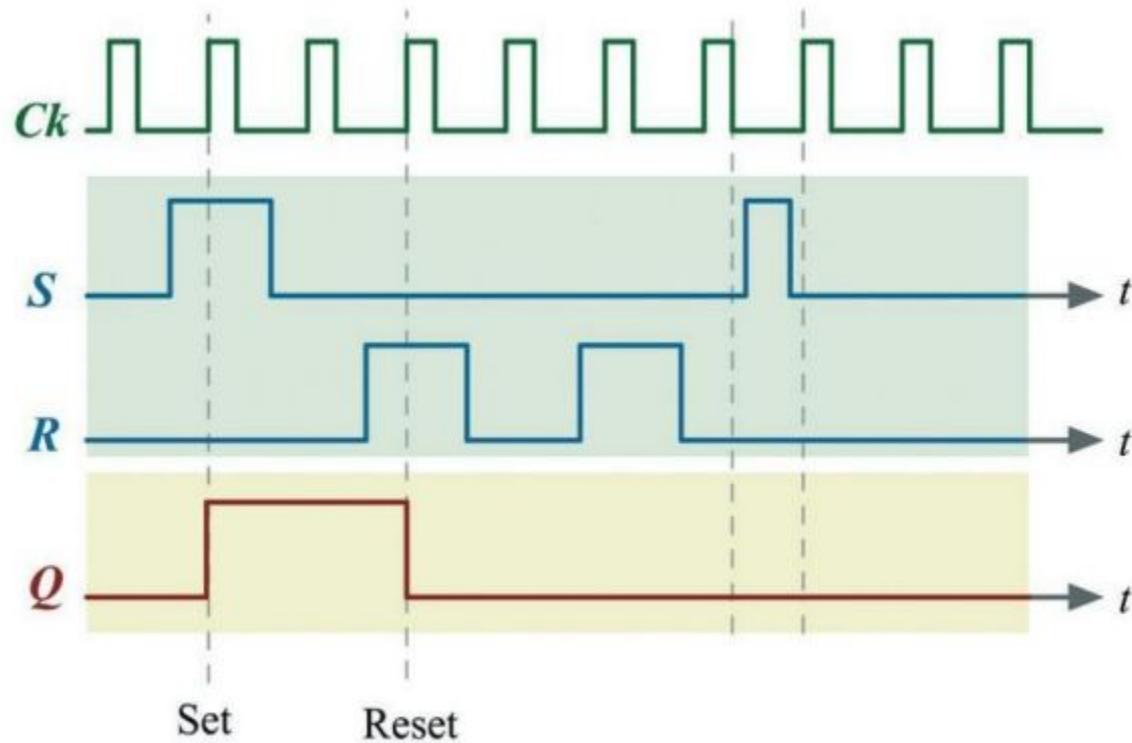


Tabla de la verdad de un biestable R-S síncrono.

Entradas			$Q_{t+1}$	
$Ck$	$R$	$S$	$Q$	
0	X	X	$Q_t$	→ No hay señal de sincronismo
1	0	0	$Q_t$	
1	0	1	1	→ Función Set - grabado
1	1	0	0	→ Función Reset - borrado
1	1	1	X	→ Estado indeterminado

$Q_t$  = nivel de salida anterior al pulso de reloj

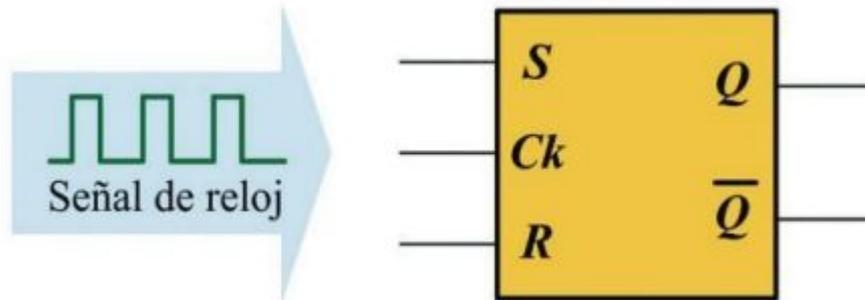
**Biestable síncrono:** las señales de entrada solo pueden provocar una variación en el estado de la salida si hay presente señal de sincronismo del reloj.

**Biestable asíncrono:** las señales de entrada pueden provocar una variación en el estado de la salida en todo instante.

## Biastable R-S síncrono activado por flancos de reloj

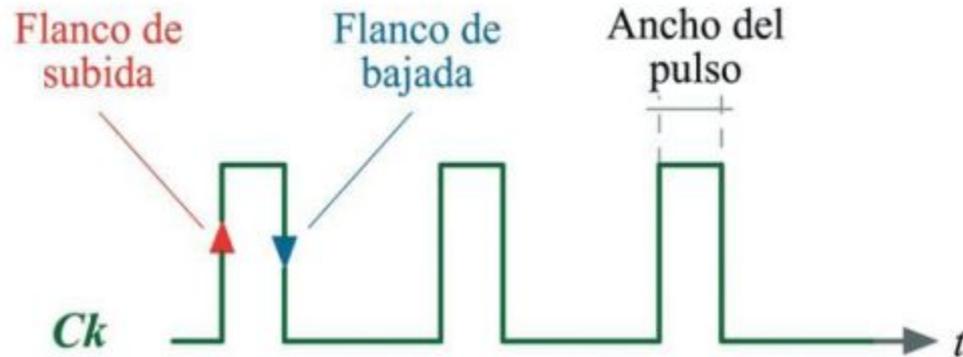
A los biestables síncronos se les añade una entrada más ( $Ck$ ), conocida por el nombre de sincronismo o reloj.

La señal de sincronismo consta de un tren de impulsos que fija la frecuencia de funcionamiento del biastable, de tal forma que las señales de entrada solo pueden provocar una variación en el estado de la salida si hay presente señal de sincronismo.

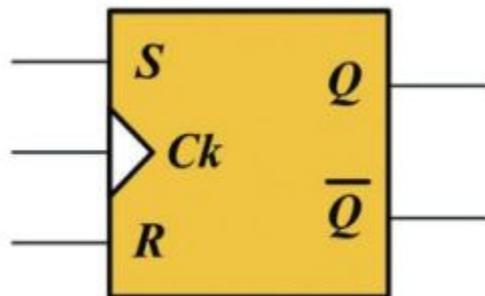


## Biestable R-S síncrono activado por flancos de reloj

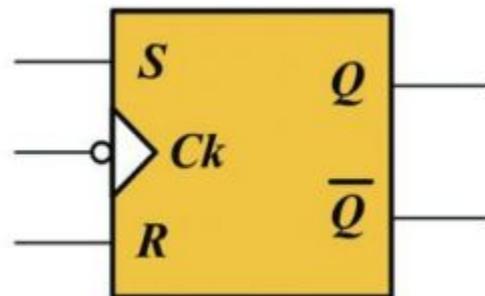
Estos biestables se construyen de tal forma que solo se activan cuando se da la transición de un flanco de subida o de uno de bajada.



Activado por flanco de subida



Activado por flanco de bajada



## 5.- Biestable J-K

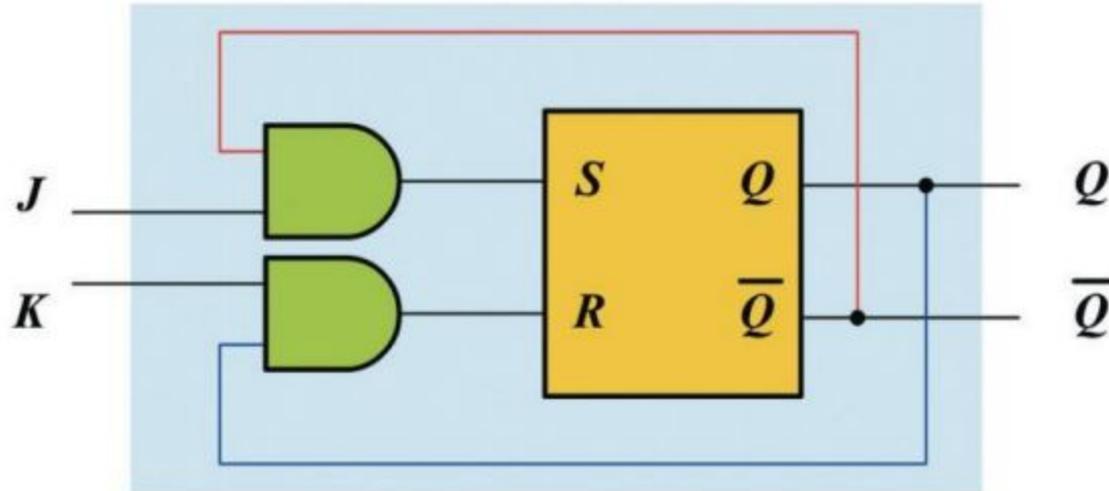
### **Biestable J-K asíncrono**

El biestable J-K es muy similar al R-S, con la importante modificación de eliminar la condición de salida no permitida que se da cuando ambas entradas se encuentran a nivel alto.

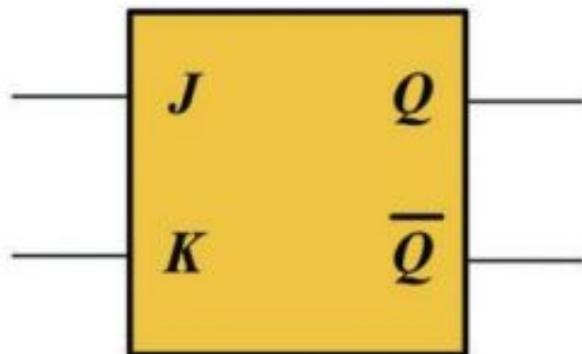
El biestable J-K se puede diseñar a partir de un biestable R-S. Para ello basta con conectar dos puertas AND a las entradas.

El biestable J-K se puede diseñar a partir de un biestable R-S. Para ello basta con conectar dos puertas AND a las entradas.

Será imposible que las dos salidas de estas puertas AND, que alimentan a las entradas S y R, se encuentren a nivel «1», ya que están conectadas a las salidas complementarias.



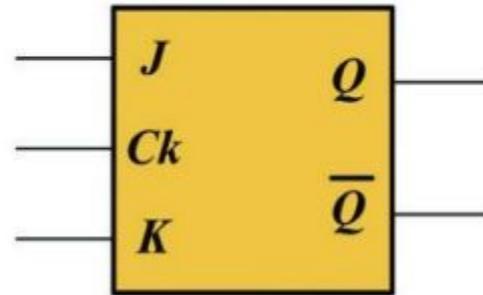
Símbolo del biestable asíncrono J-K.



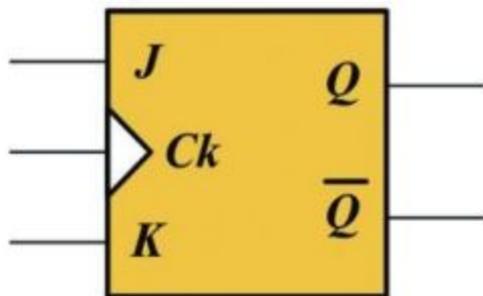
## Biastable J-K síncrono

Si añadimos una entrada de reloj a un biastable J-K este pasará a funcionar en modo síncrono. Su funcionamiento será el mismo que el biastable R-S síncrono, al que se le ha eliminado la condición de salida no permitida.

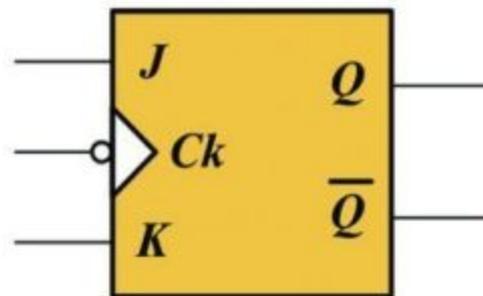
Entradas			$Q_{t+1}$
$Ck$	$J$	$K$	$Q$
0	X	X	$Q_t$
1	0	0	$Q_t$
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	$Q_t$



Activado por flanco  
de subida

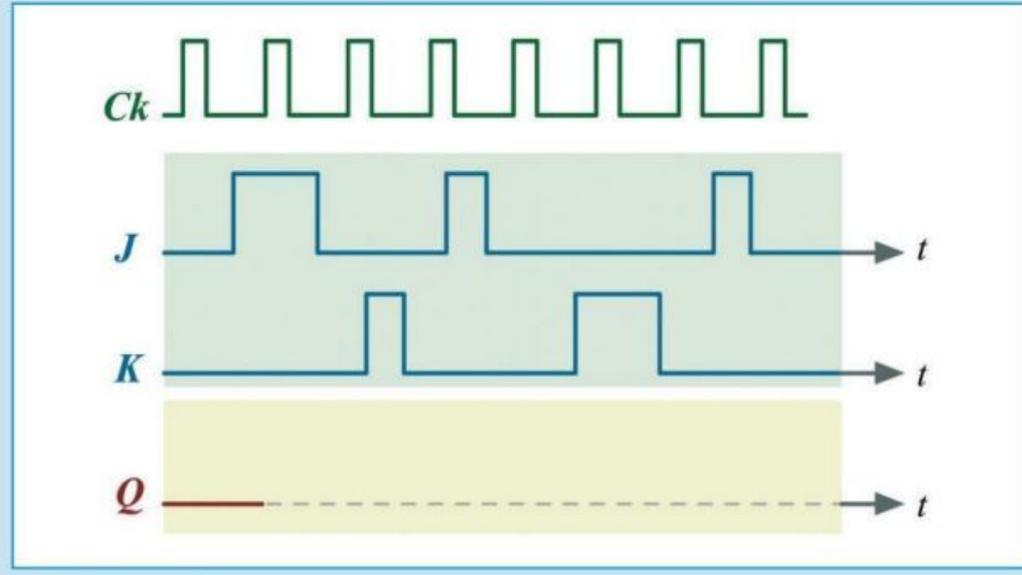


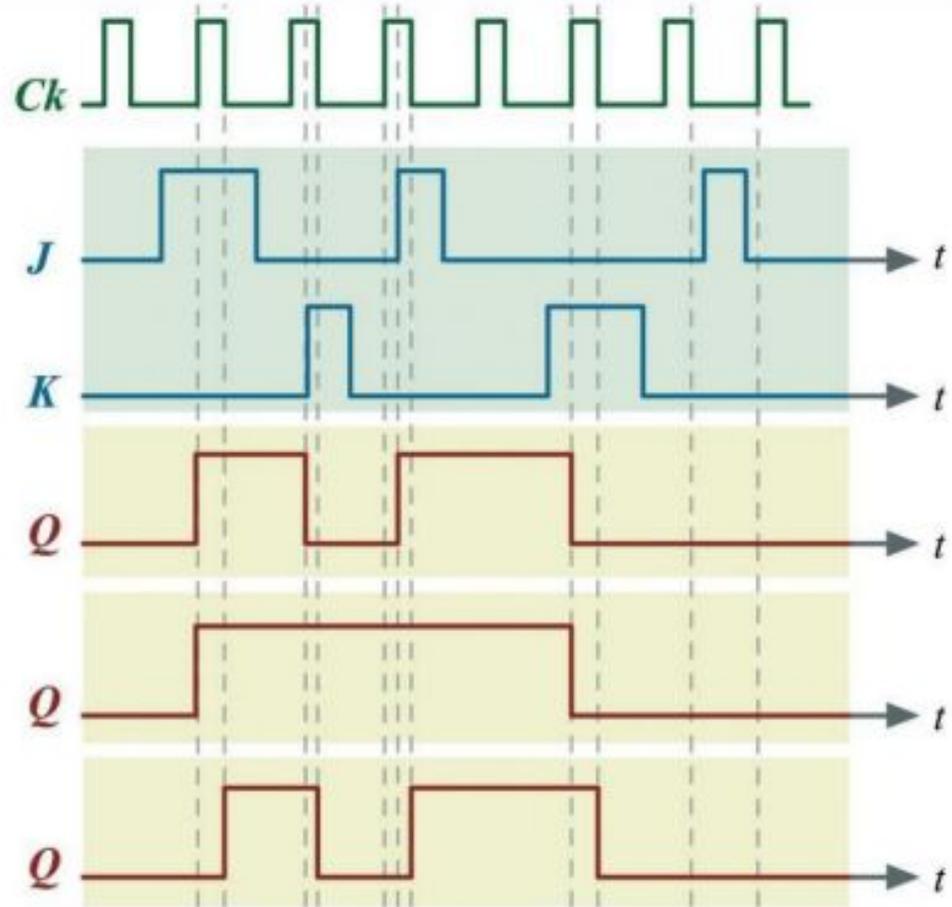
Activado por flanco  
de bajada



A un biestable J-K síncrono se le aplican las señales de entrada que se muestran en la Figura \_\_\_\_\_. Dibuja la señal de salida  $Q$  si el biestable se encuentra inicialmente en reset para los siguientes casos de activación:

- Por nivel.
- Por flanco de subida.
- Por flanco de bajada.



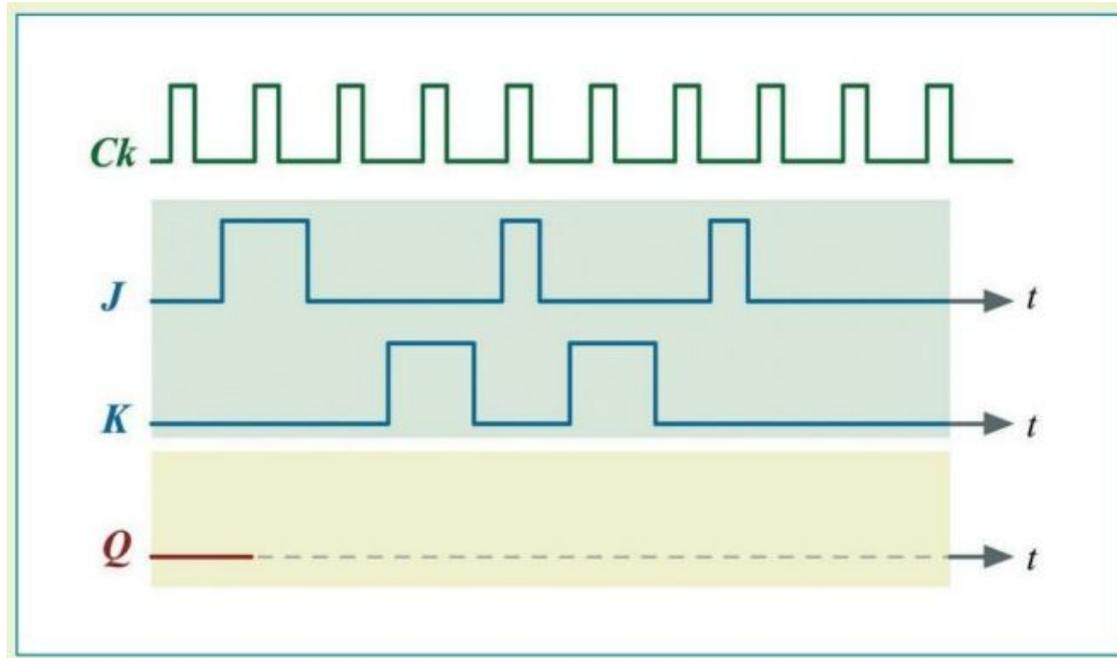


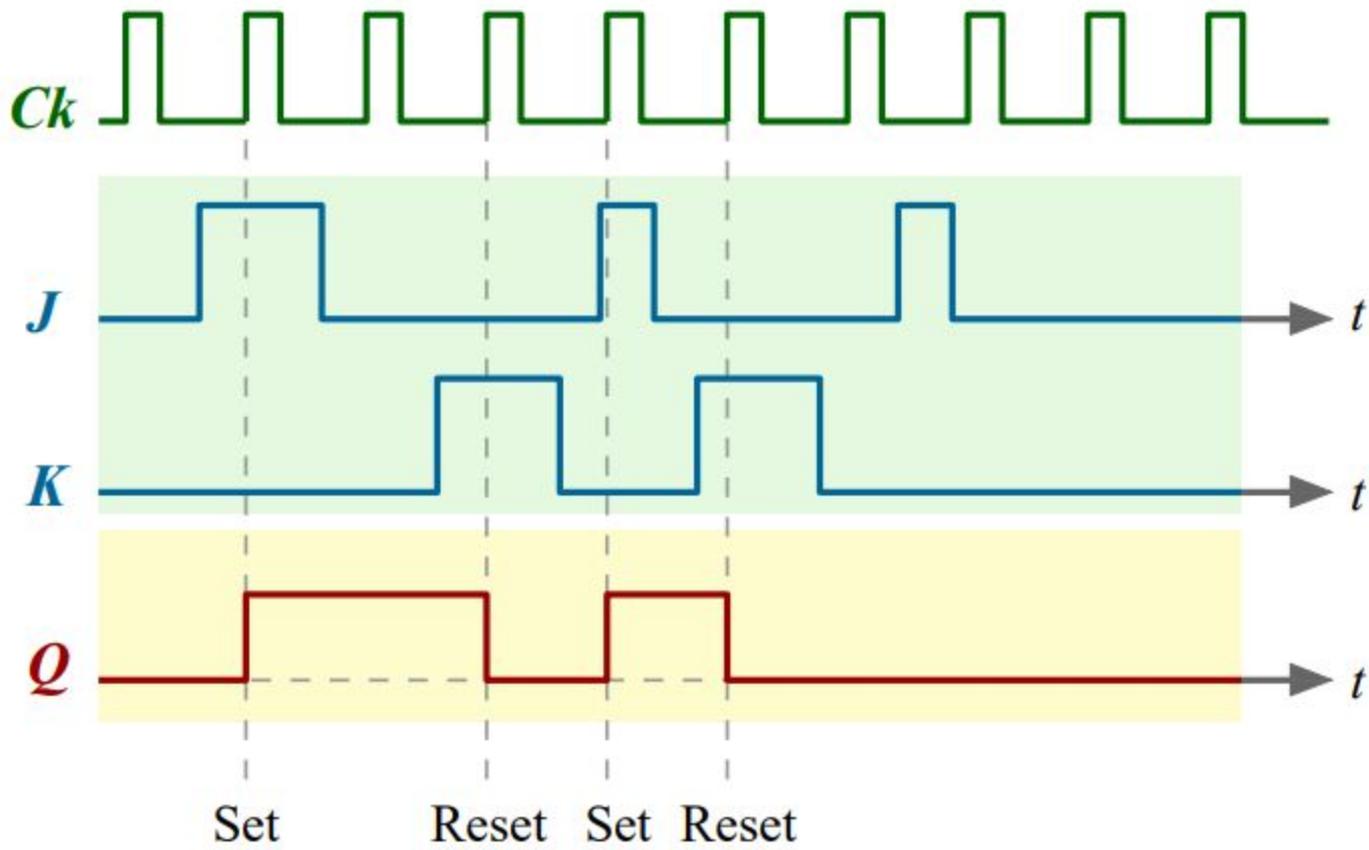
(a)

(b)

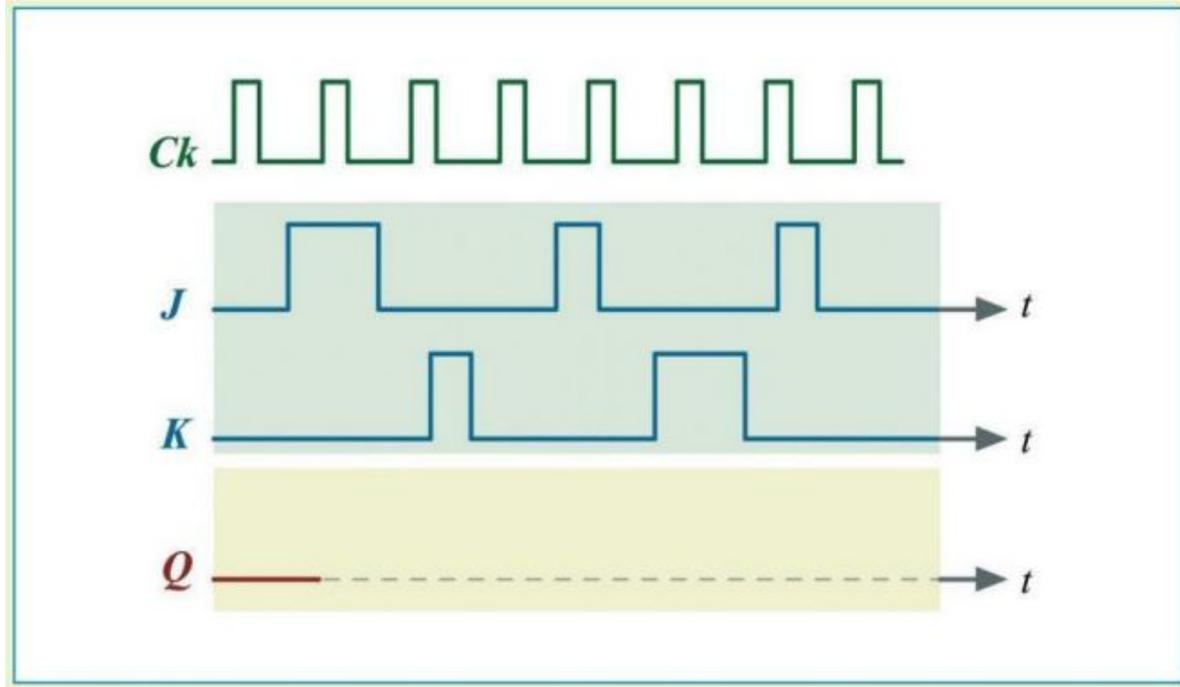
(c)

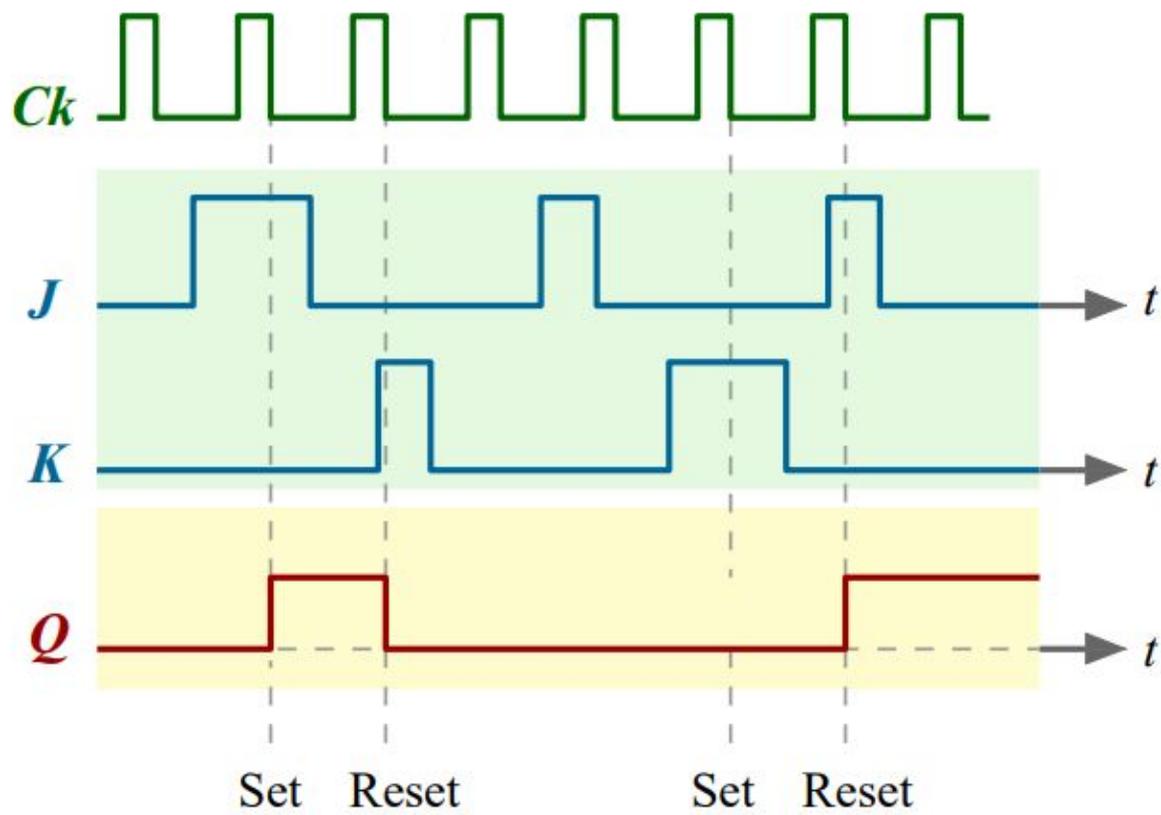
Dibuja la señal de salida  $Q$  que le corresponde a un biestable J-K síncrono activado por nivel según el cronograma de la Figura



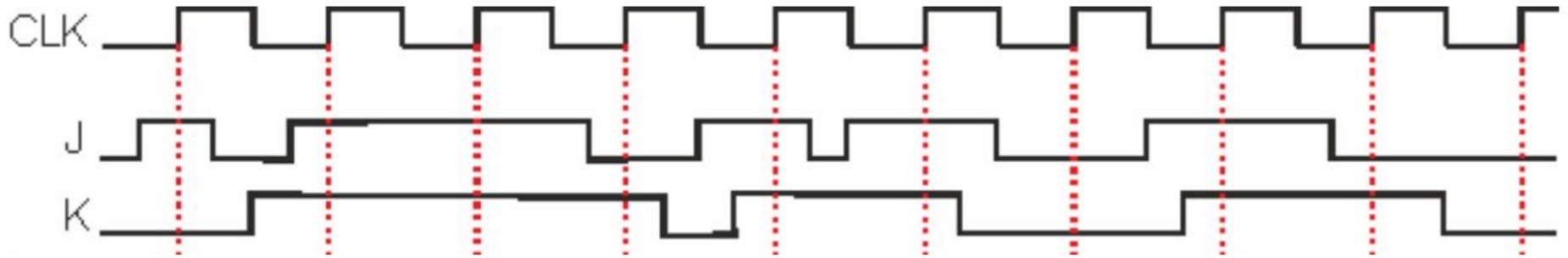


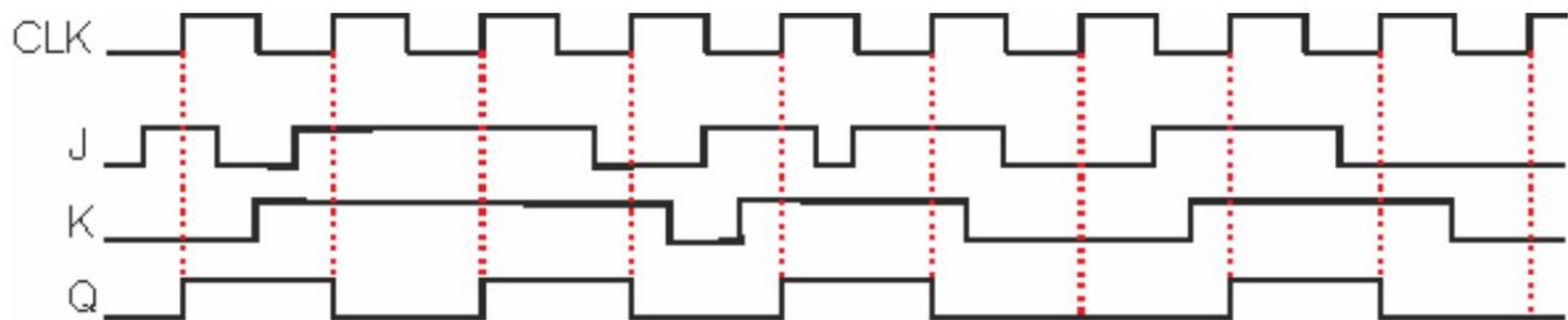
Dibuja la señal de salida  $Q$  que le corresponde a un biestable J-K síncrono activado por flanco descendente según el cronograma de la Figura



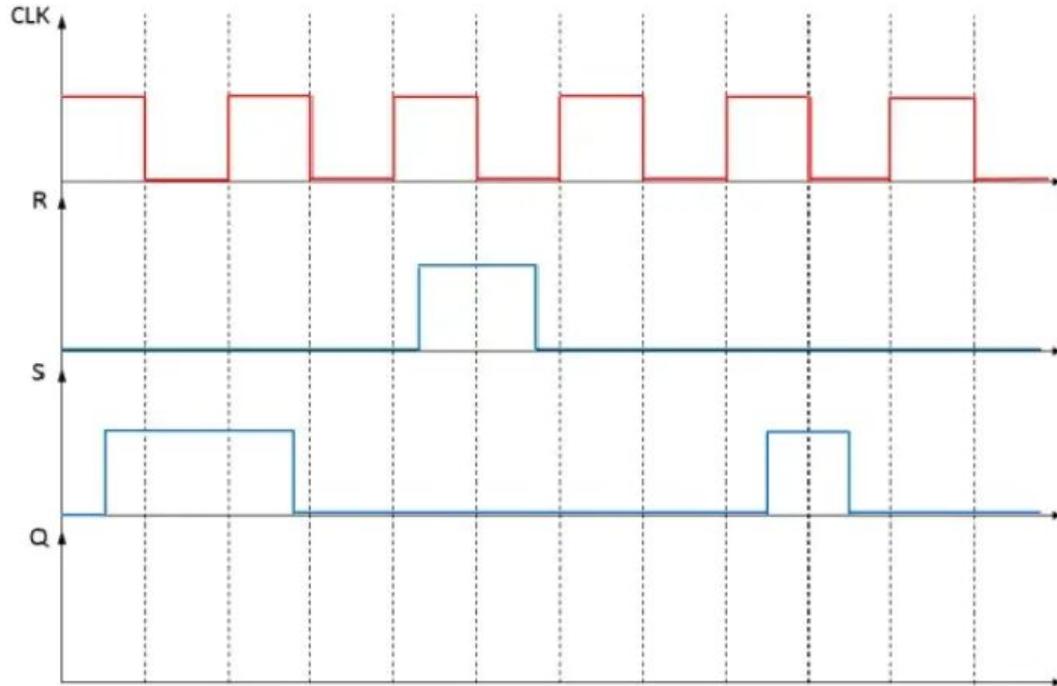


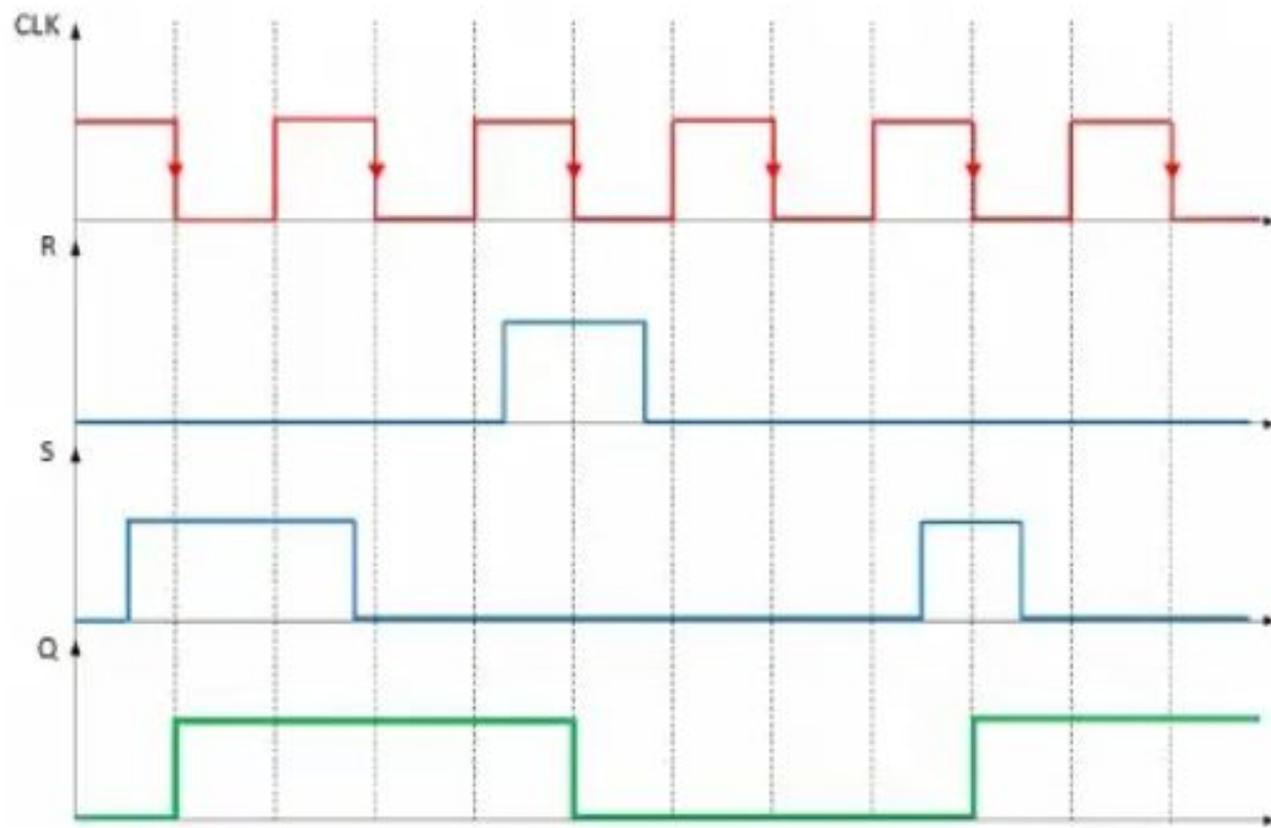
Dibuja la señal de salida Q que le corresponde a un biestable J-K síncrono activado por flanco ascendente según el cronograma de la Figura





Dibuja la señal de salida Q que le corresponde a un biestable J-K síncrono activado por flanco descendente según el cronograma de la Figura

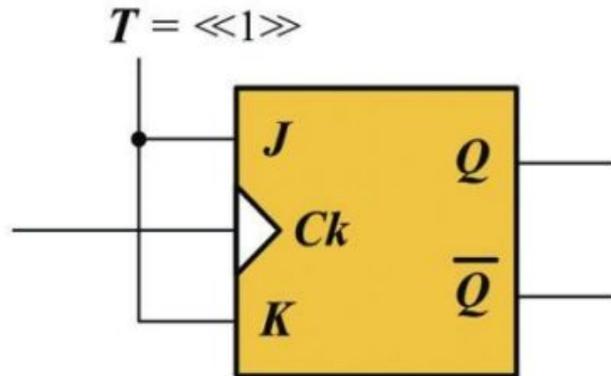


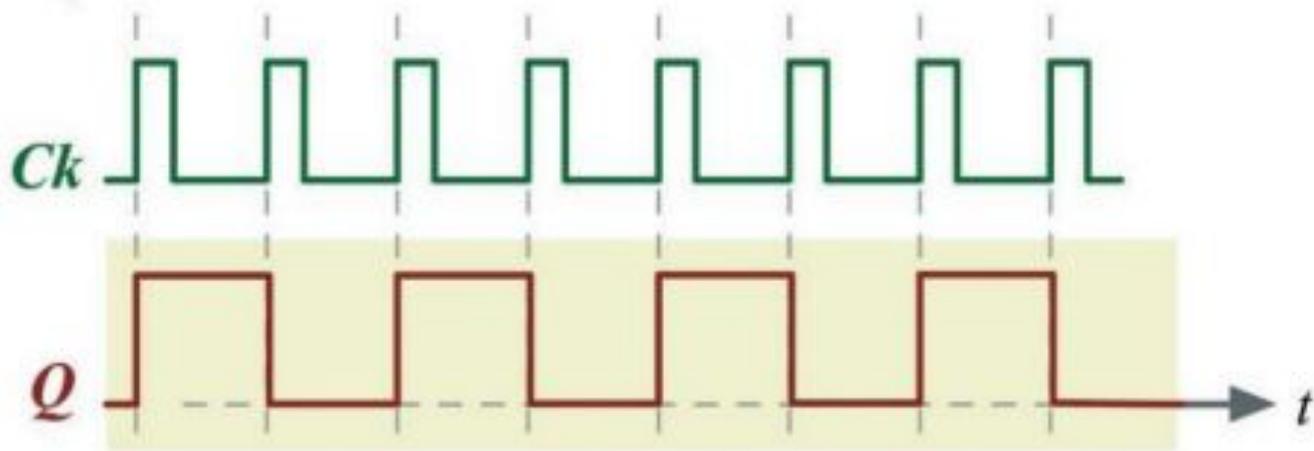
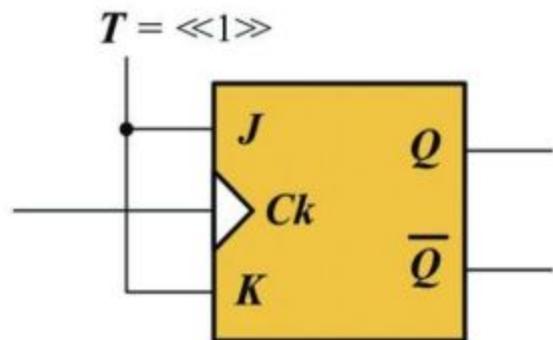


## 6.- Biestable T

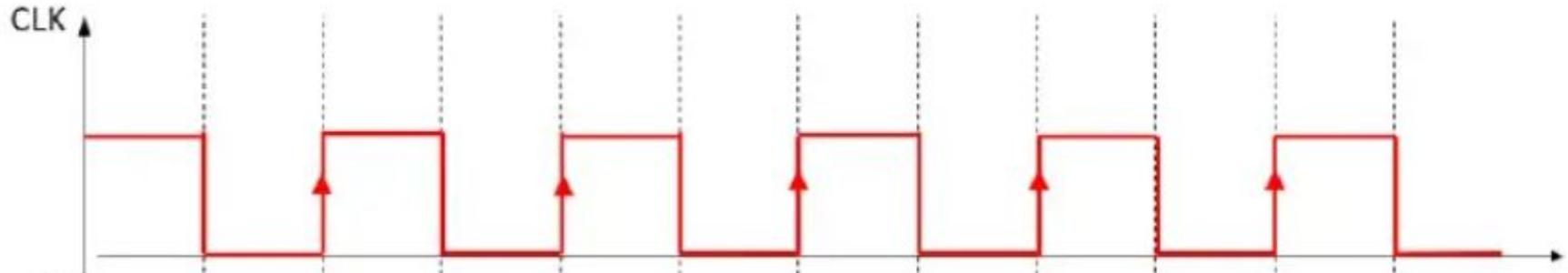
Si unimos las dos entradas de datos de un biestable síncrono J-K se forma un biestable tipo T.

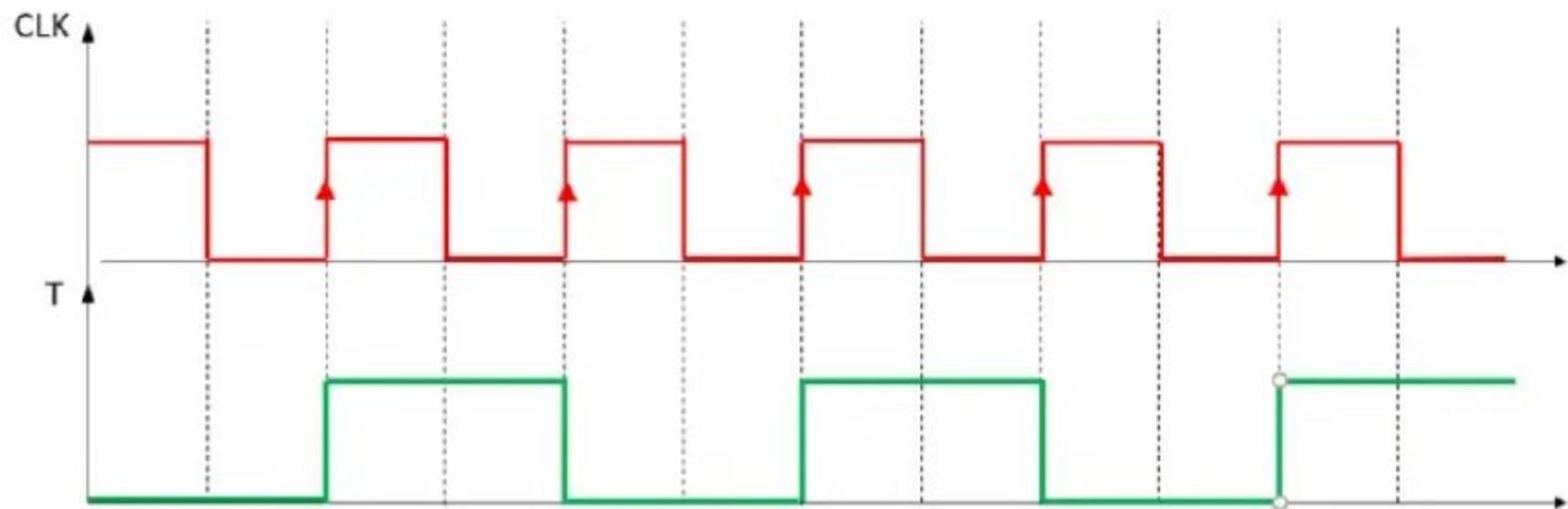
El nombre de T proviene del término en inglés Toggling que significa cambiar de estado o bascular. Una de las aplicaciones que tienen estos biestables es la construcción de contadores asíncronos.





Dibuja la señal de salida Q que le corresponde a un biestable T con la señal de reloj siguiente



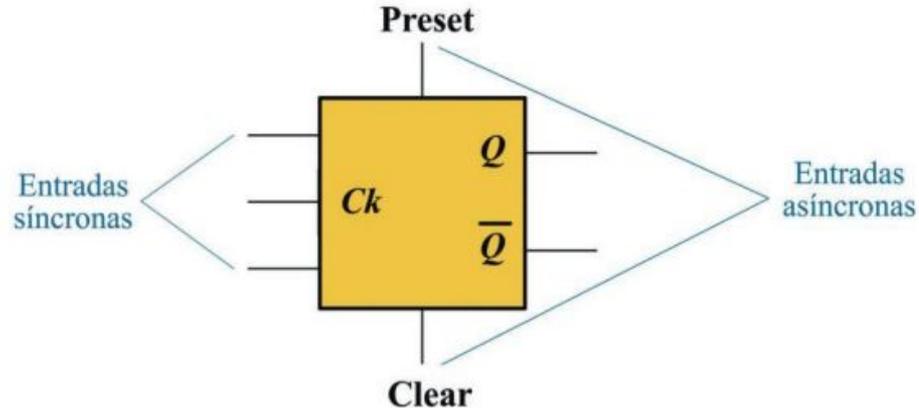


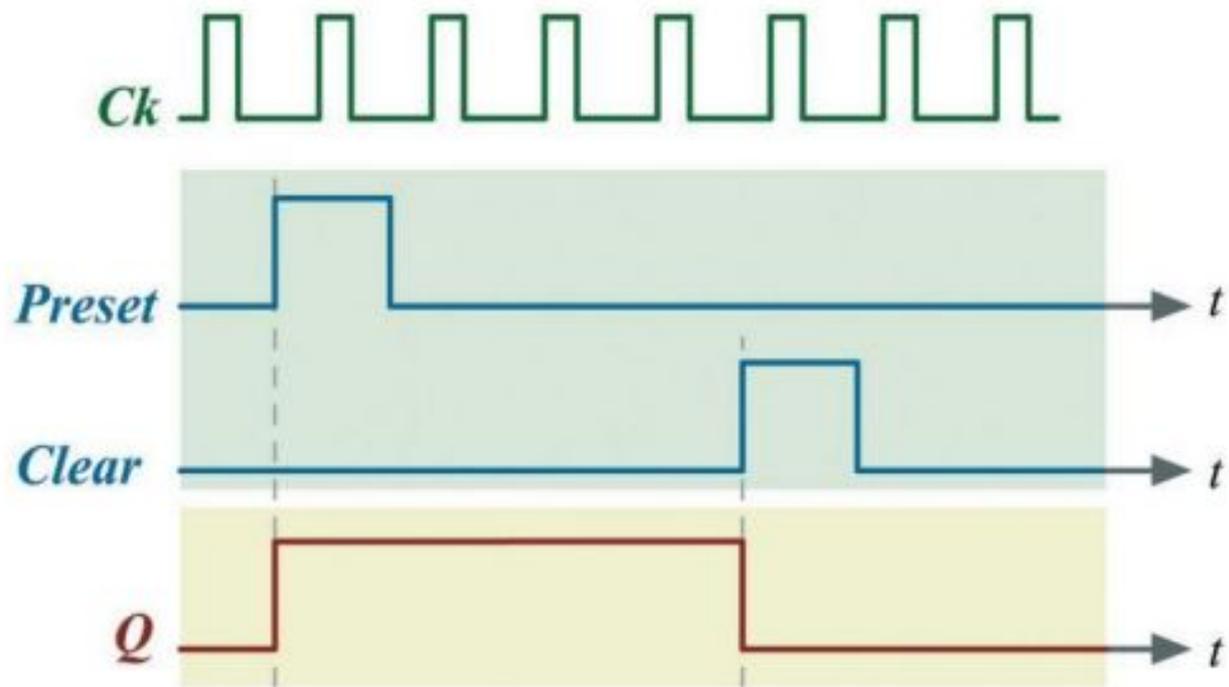
## 7.- Señales de Preset y Clear

Con el fin de tener más control sobre el biestable, estos circuitos suelen disponer de un par de entradas asíncronas (Preset y Clear) que tienen como fin poner al biestable en estado 1 o estado 0, independientemente de las señales del reloj.

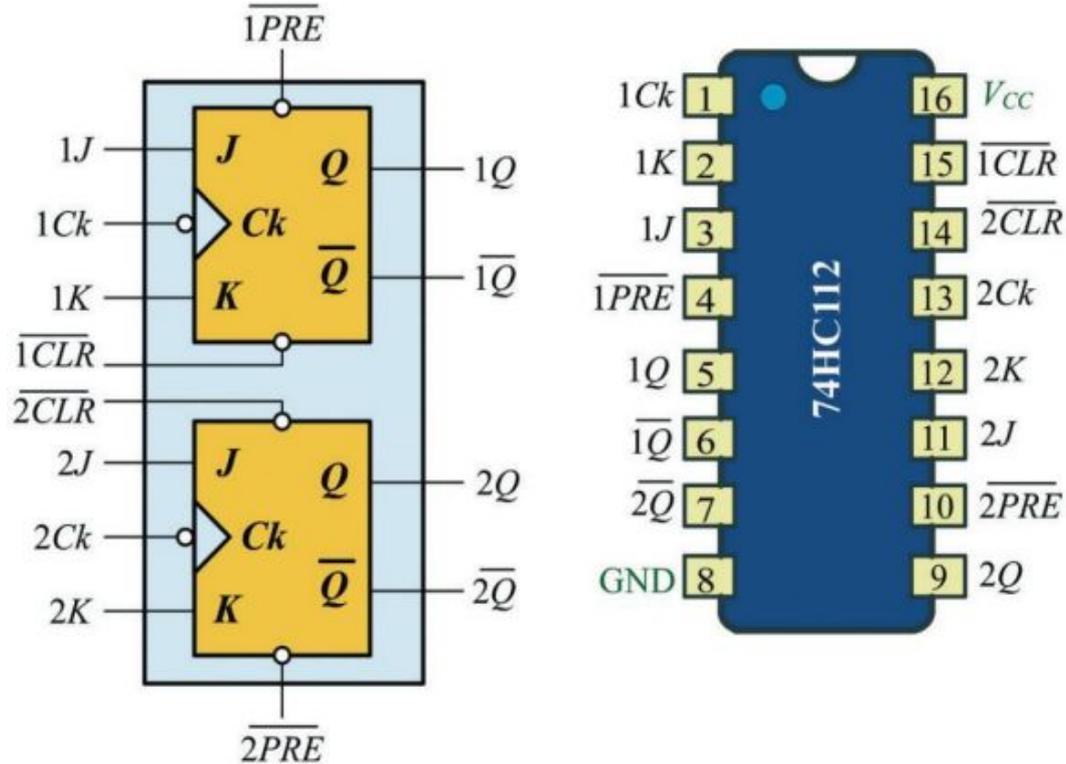
**Preset:** pone el biestable a «1».

**Clear:** pone el biestable a «0».





En la Figura se muestra la referencia 74HC112, un biestable J-K síncrono con entradas de Preset y Clear. Se activan a nivel bajo, por lo que para el funcionamiento del biestable deben mantenerse a nivel alto.

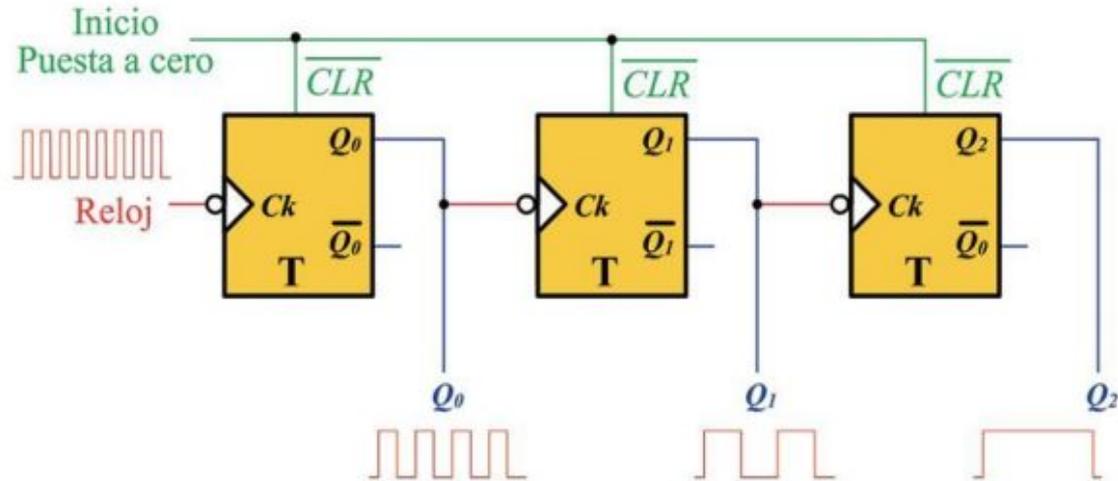


<b>Por sus entradas</b>	R-S	<b>Por su funcionamiento</b>	<b>Asíncronos:</b> las señales de entrada actúan en todo instante.	<b>Por su activación</b>	Niveles.
	J-K				<b>Síncronos:</b> las señales de entrada solo pueden provocar una variación en el estado de la salida si hay presente señal de sincronismo del reloj.
	J-K maestro-esclavo		Flanco de bajada.		
	D				
	T				

## 8.- Contadores

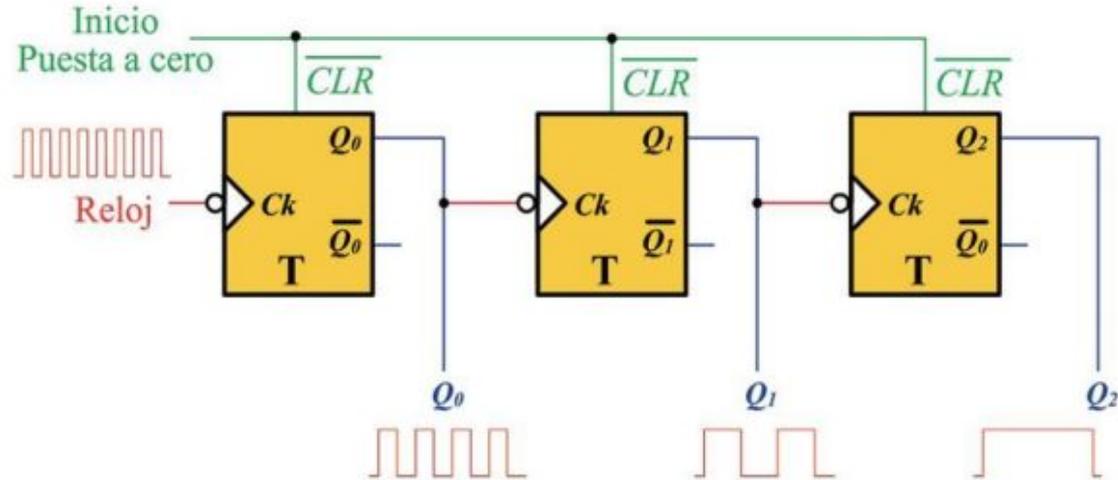
Una de las aplicaciones prácticas de los biestables es la construcción de contadores.

### Contador asíncrono

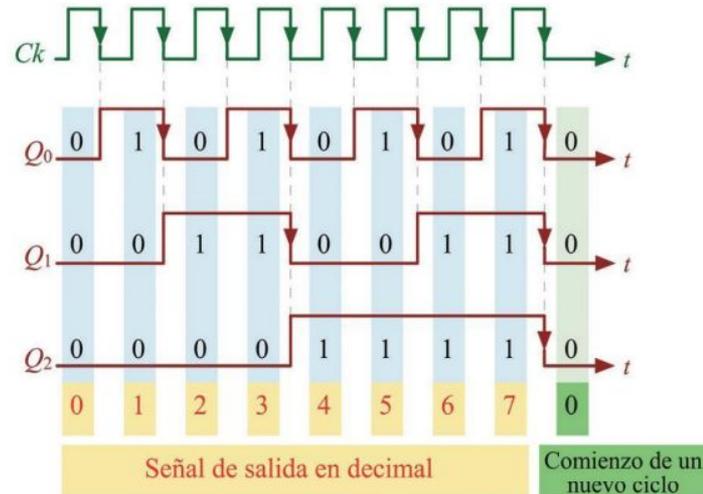
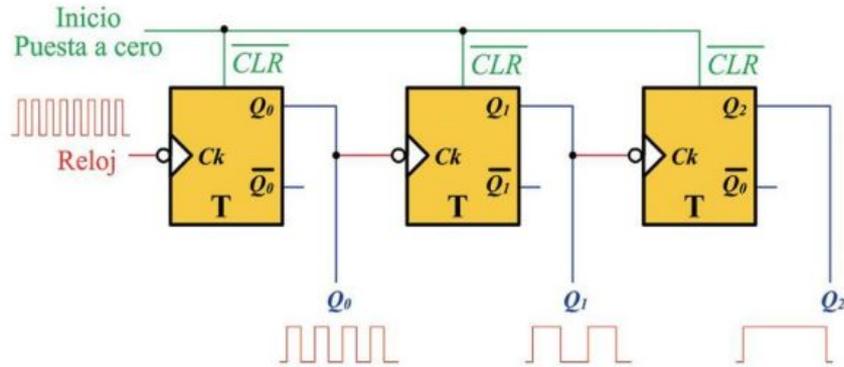


# Contador asíncrono

Se muestra un contador asíncrono ascendente compuesto de tres biestables tipo T, activados por flanco de bajada, con sus señales de reloj conectadas en cascada.



# Contador asíncrono



# Simulación de circuitos con Biestables JK

