

# CIRCUITOS SECUENCIALES

## 1. Introducción a los autómatas finitos

Circuito secuencial = las salidas dependen del estado de las entradas en el instante  $t$  y del estado de las salidas en el instante  $t-1$

- Entidades de un circuito secuencial
- Espacio de entradas (  $X = x_1, x_2$  )
  - Espacio de estados (  $S = S_1, S_2$  )
  - Espacio de salidas (  $Y = y_1, y_2, y_3$  )
  - Ley de producción de nuevos estados a partir de las entradas y del estado anterior.
  - Ley de producción de salidas a partir de las entradas y del estado anterior.

### COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DE UN BOLÍGRAFO

$x_1 = 1 \Rightarrow$  pulsar bolígrafo

$x_2 = 0 \Rightarrow$  bolígrafo sin pulsar

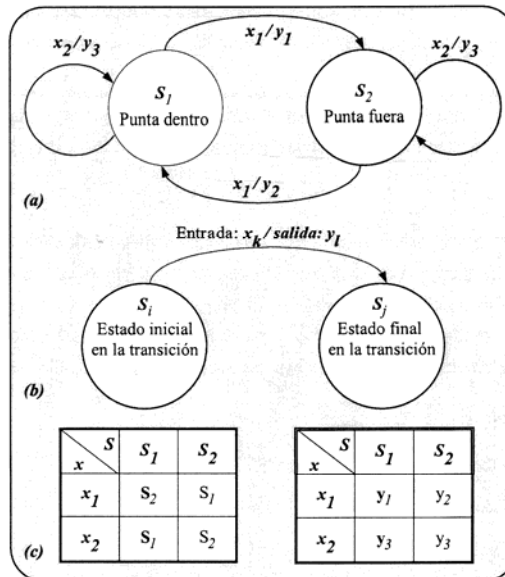
$S_1 =$  punta dentro

$S_2 =$  punta fuera

$y_1 =$  sale la punta

$y_2 =$  entra la punta

$y_3 =$  no se mueve

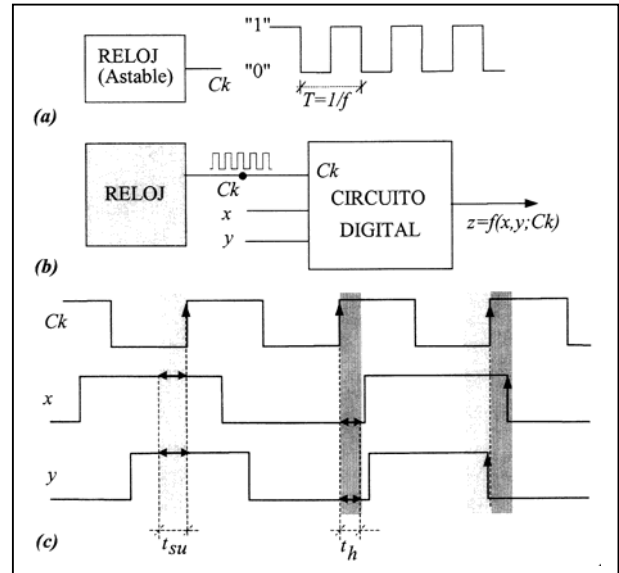


(a) Diagrama de transición de estados del sistema-bolígrafo. (b) Ley general de representación de las transiciones entre estados indicando en el arco que los une la entrada que provoca la transición y la salida que se produce como consecuencia de esa entrada y de esa transición. (c) Tablas de producción de salidas y nuevos estados.

## 2. Comportamiento síncrono asíncrono

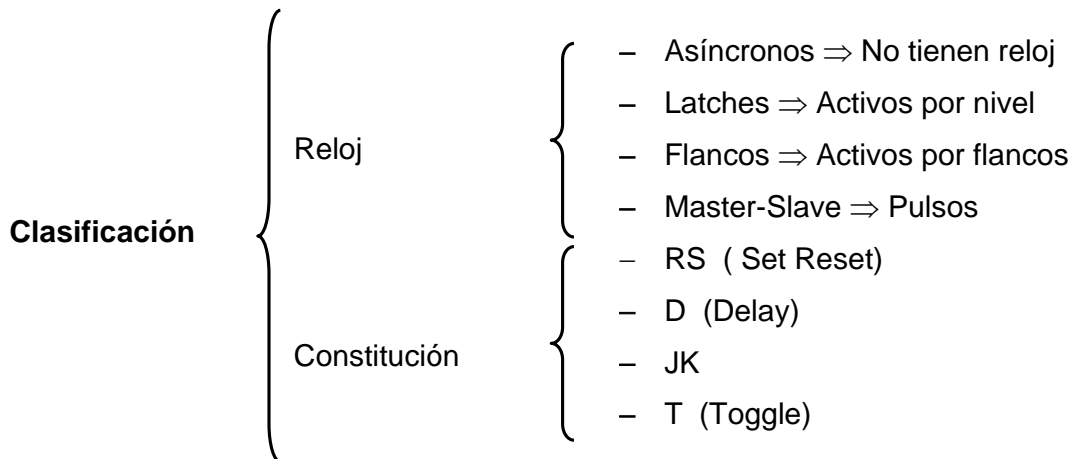
Asíncrono = cambia al cambiar las entradas.

Síncrono = cambia al cambiar las entradas y cumplir una condición de reloj (onda cuadrada).

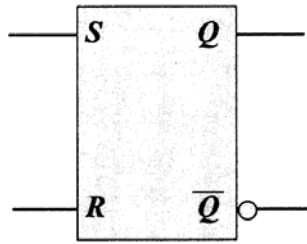


## 3. Biestables

Biestable = dos estados estables

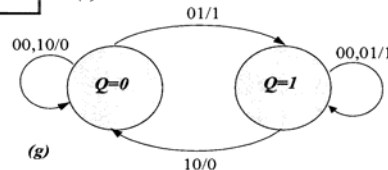


### RS (Reset-Set) asíncrono



R	S	Q <sub>n</sub>	Q <sub>n+1</sub>
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	?
1	1	1	?

R	S	Q <sub>n+1</sub>
0	0	Q <sub>n</sub>
0	1	1
1	0	0
1	1	?



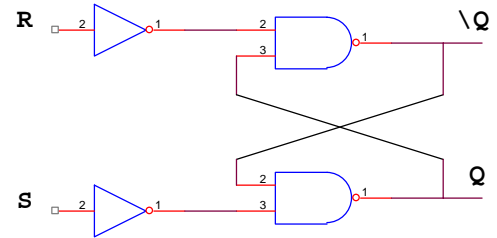
**Con puertas NAND**

	$\bar{S}$	S	S	$\bar{S}$
$\bar{Q}$	1	1	1	1
Q	1	1	1	1

$$Q = S + \overline{Q\bar{R}} = \bar{S} \cdot \overline{Q\bar{R}}$$

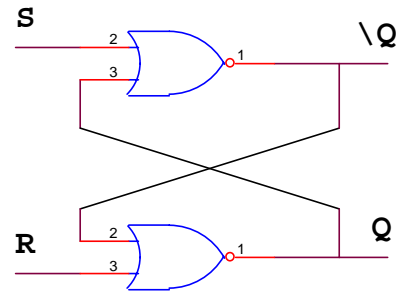
$\bar{R}$	0	1	1	1
Q	1	1	1	1
$\bar{Q}$	1	1	1	1

$$\bar{Q} = R + \overline{\bar{S} \cdot \bar{Q}} = \bar{R} \cdot \overline{\bar{S} \cdot \bar{Q}}$$

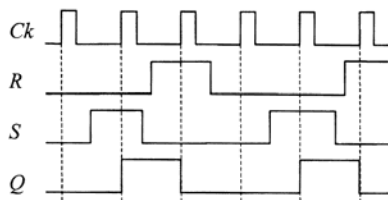
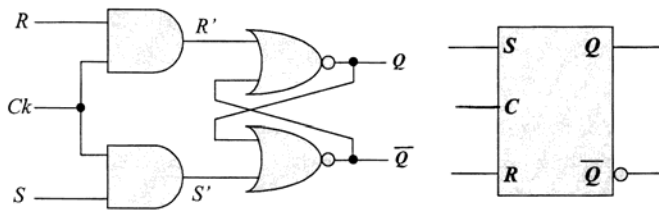


**Con puertas NOR**

$$Q = S + \overline{Q\bar{R}} = S + \bar{Q} + R \Rightarrow \bar{Q} = S + \bar{Q} + R$$

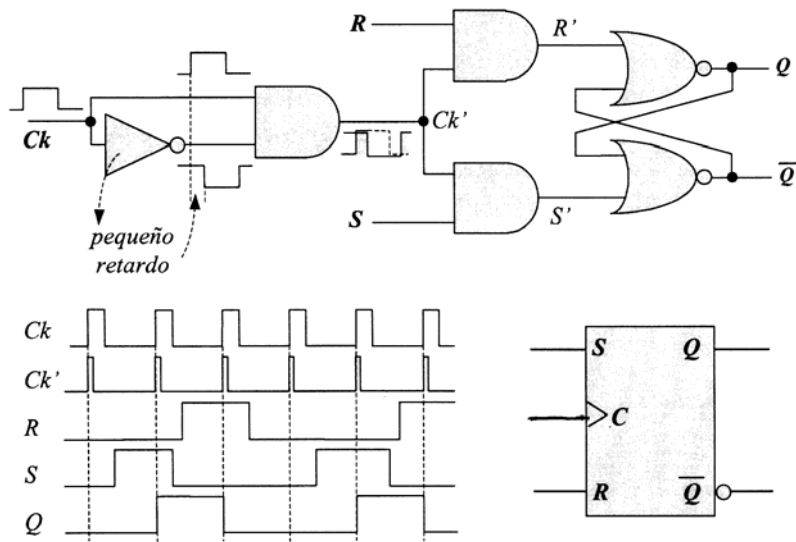
$$\bar{Q} = R + \overline{\bar{S} \cdot \bar{Q}} = R + \bar{S} + Q \Rightarrow Q = R + \bar{S} + Q$$


### RS sincronizada por nivel

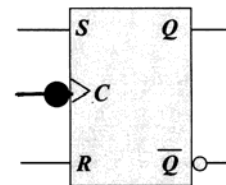
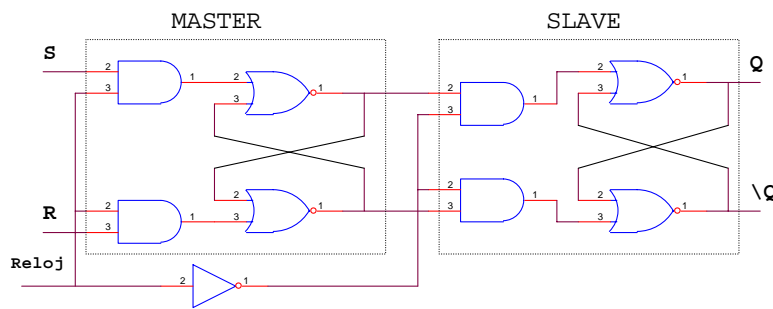


Ck	R	S	Q <sub>n+1</sub>
0	x	x	Q <sub>n</sub>
1	0	0	Q <sub>n</sub>
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	No permitido

### RS sincronizada por flanco



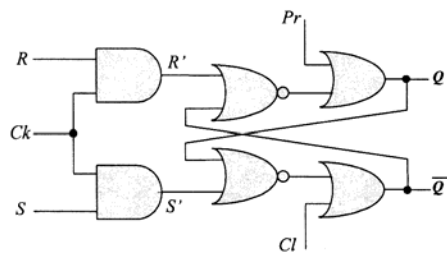
### RS Master-Slave



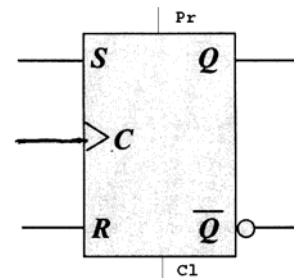
Reloj	S	R	Q
Nivel	x	x	$Q_{t-1}$
↓	1	0	1
↓	0	1	0
↓	0	0	$Q_{t-1}$
↓	1	1	Imposible

Con el nivel alto del reloj cambia la maestra y con el bajo la esclava.

### RS sincronizada con Preset y Clear



Pr	Cl	Ck	R	S	$Q_{n+1}$
0	1	x	x	x	0
1	0	x	x	x	1
1	1	x	x	x	No permitido
0	0	0	x	x	$Q_n$
0	0	1	0	0	$Q_n$
0	0	1	0	1	1
0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	1	No permitido



## D (Delay)

D  $\Rightarrow$  Delay = Retardo

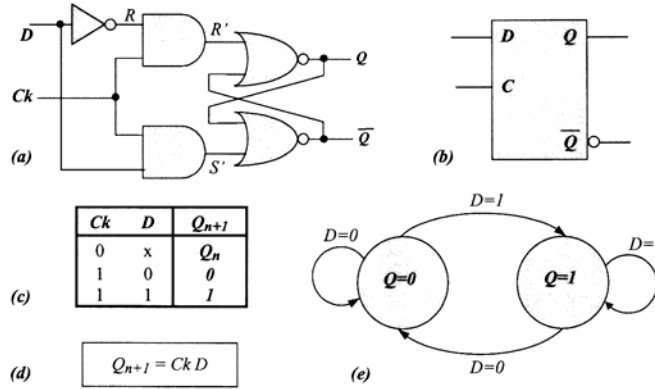
**D = báscula RS con las dos entradas R y S unidas mediante una inversión**

No existe la báscula D asíncrona.

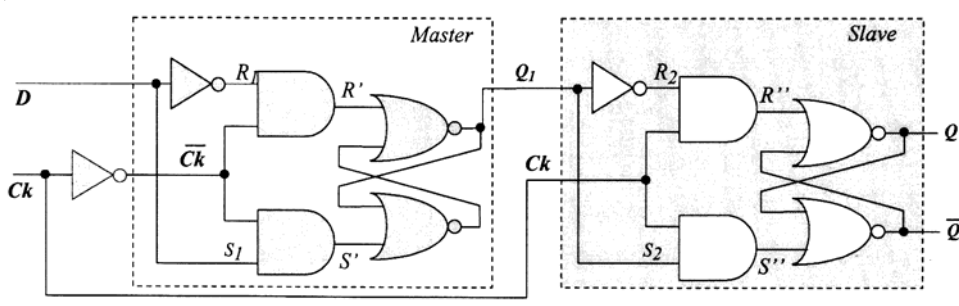
El valor de la entrada D se carga en la báscula cuando hay impulso de reloj.

Uso principal = elemento básico de memoria donde Clk= Write

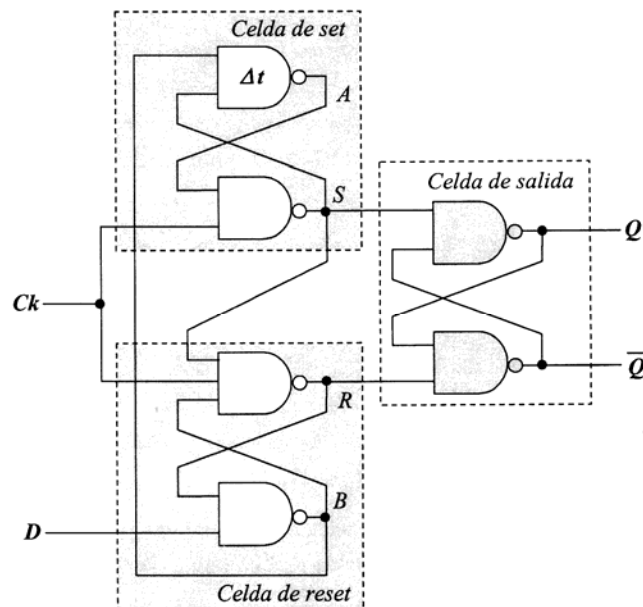
### D Síncrona por nivel



### D Master-Slave



### D por flancos



# Básculas JK

**JK = báscula RS pero cuando las dos entradas R y S tienen nivel lógico "1" la salida cambia de estado (bascula).**



No existe la báscula JK asíncrona.

### Biestable J-K sincronizado a niveles

(a)

(b)

Ck	J	K	Q <sub>n</sub>	Q <sub>n+1</sub>
0	x	x	x	Q <sub>n</sub>
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

Ck	J	K	Q <sub>n+1</sub>
0	x	x	Q <sub>n</sub>
1	0	0	Q <sub>n</sub>
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	Q <sub>n</sub>

J \ KQ <sub>n</sub>	00	01	11	10
0	0	1	0	0
1	1	1	0	1

(e)

(f)  $Q_{n+1} = J\bar{Q}_n + \bar{R}Q_n$

(g)

### J-K Master Slave con Preset y Clear

MASTER

SLAVE

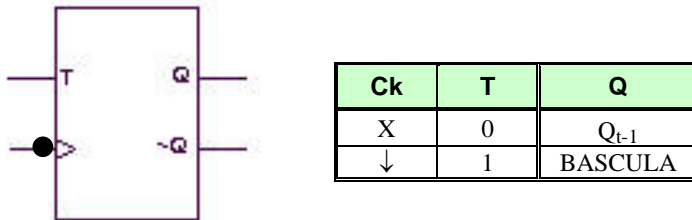
Pr	Cl	Ck	J	K	Q
1	0	X	X	X	1
0	1	X	X	X	0
1	1	X	X	X	IMPOSIBLE
0	0	↓	0	0	Q <sub>t-1</sub>
0	0	↓	1	0	1
0	0	↓	0	1	0
0	0	↓	1	1	BASCULA

## Básculas T (Toggle)

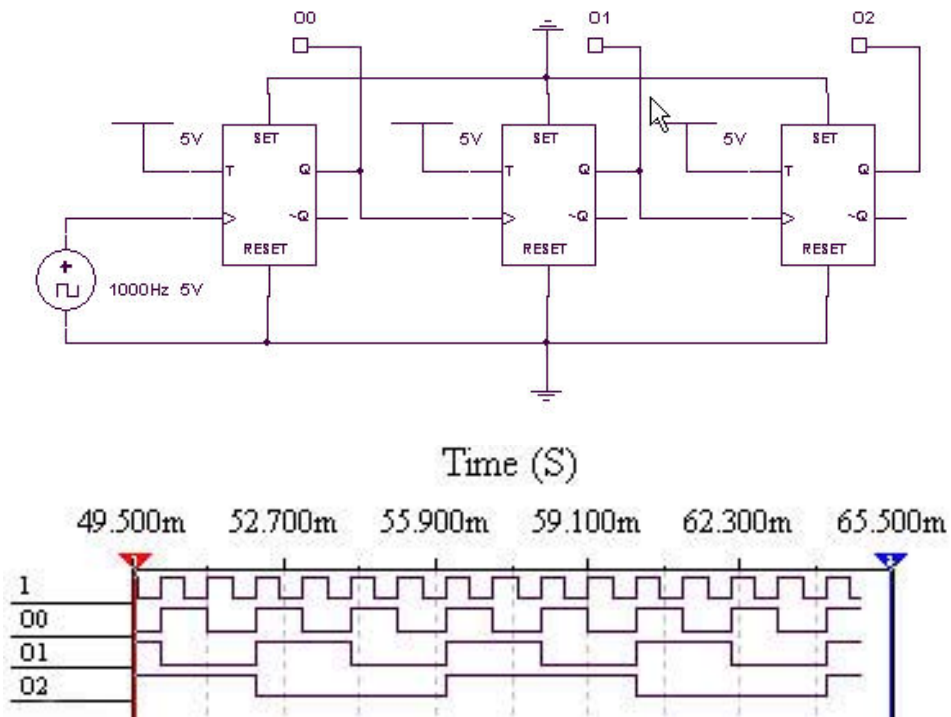
Igual que la JK pero siempre con la dos entradas (J y K) unidas formando la entrada T  $\Rightarrow$

- T=0 la báscula no cambia
- T=1 la báscula bascula continuamente.

Cuando la entrada T está a 1 se comporta como un divisor de la frecuencia de reloj entre 2.



Se utiliza para configurar contadores asíncronos

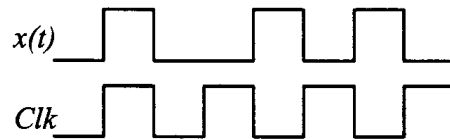
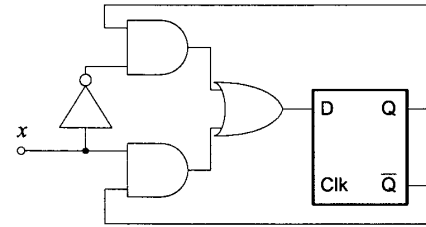


# Análisis y síntesis de circuitos secuenciales

## Ejercicios:

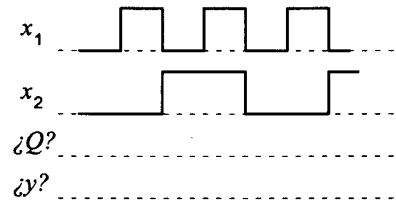
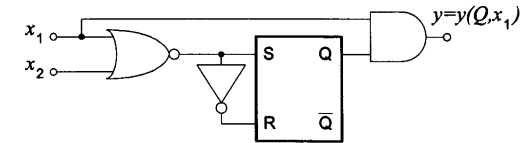
**E.8.2.** Dibujar el diagrama de transición de estados y producción de salidas, las tablas de transición y la expresión lógica de las funciones  $f$  y  $g$  para el circuito secuencial de la figura.

Obsérvese que ahora hay realimentación desde la salida y por consiguiente a la entrada se calculan funciones de  $x(t)$  y  $Q(t)$  pero  $Q(t)$  procede de los valores de  $D$  en  $(t-\Delta t)$ . Si el biestable  $D$  se dispara a subidas dibujar la evolución temporal de la señal en  $Q$  cuando en la entrada  $x(t)$  y en el reloj  $Clk$ , aparecen las siguientes señales:



**E.8.1.** Dibujar el diagrama de transición de estados, las tablas de transición y la expresión lógica de las funciones de producción de estados y de salidas ( $f$  y  $g$ ) para el circuito secuencial de la figura, suponiendo que el biestable está en baja.

¿Cuál sería la secuencia de salida en  $y=y(Q,x_1)$ , si a la entrada aparece la siguiente secuencia?



**E.8.4.** Sintetizar usando biestables  $D$  y las puertas lógicas necesarias los siguientes autómatas finitos de dos y cuatro estados

