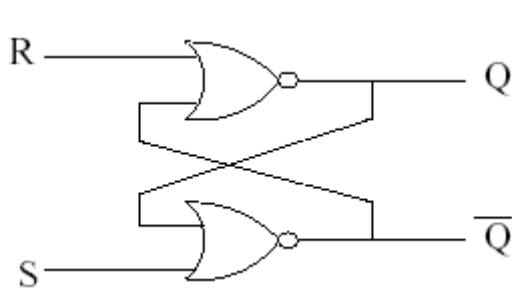




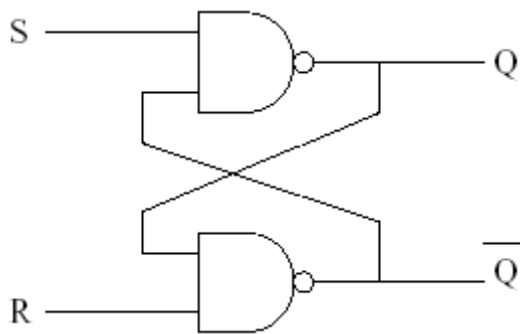
## BIESTABLES

### BÁSCULA R-S NOR



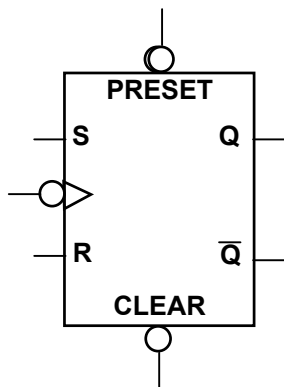
S	R	Q(t)	Q(t+1)	
0	0	0	0	No cambia
0	0	1	1	
0	1	0	0	Poner a cero
0	1	1	0	
1	0	0	1	Poner a uno
1	0	1	1	
1	1	0	Incomp	Incomp
1	1	1	Incomp	

### BÁSCULA R-S NAND



S	R	Q(t)	Q(t+1)	
0	0	0	Incomp	Incomp
0	0	1	Incomp	
0	1	0	1	Poner a uno
0	1	1	1	
1	0	0	0	Poner a cero
1	0	1	0	
1	1	0	0	No cambia
1	1	1	1	

### BIESTABLE R-S



PRESET	CLEAR	MODO
activado	desactivado	Puesta a uno
desactivado	activado	Puesta a cero
desactivado	desactivado	Modo Sincrono*
activado	desactivado	No Deseado

\* Funcionamiento equivalente a báscula R-S NOR.

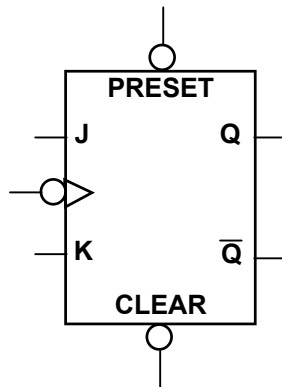
S	R	Q(t+1)
0	0	Q(t)
0	1	0
1	0	1
1	1	N.D.



## BIESTABLES

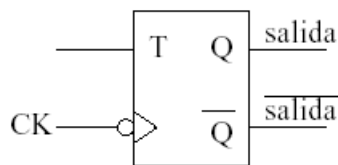
### BIESTABLE J-K

Funcionamiento en modo síncrono:



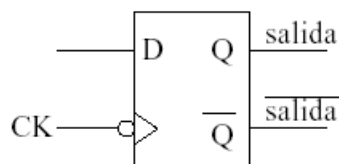
J	K	Q(t)	Q(t+1)	
0	0	0	0	No cambia
0	0	1	1	
0	1	0	0	Poner a cero
0	1	1	0	
1	0	0	1	Poner a uno
1	0	1	1	
1	1	0	1	Cambia a $\overline{Q(t)}$
1	1	1	0	

### BIESTABLE T



T	Q(t)	Q(t+1)	
0	0	0	no cambia
0	1	1	
1	0	1	cambia
1	1	0	

### BIESTABLE D



D	Q(t)	Q(t+1)
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

### TABLA DE EXCITACIONES DE LOS BIESTABLES R-S, J-K, T Y D

Q(t)	Q(t+1)	S	R	J	K	T	D
0	0	0	X	0	X	0	0
0	1	1	0	1	X	1	1
1	0	0	1	X	1	1	0
1	1	X	0	X	0	0	1



## REGISTROS

### ENTRADA PARALELO / SERIE – SALIDA SERIE / PARALELO\*

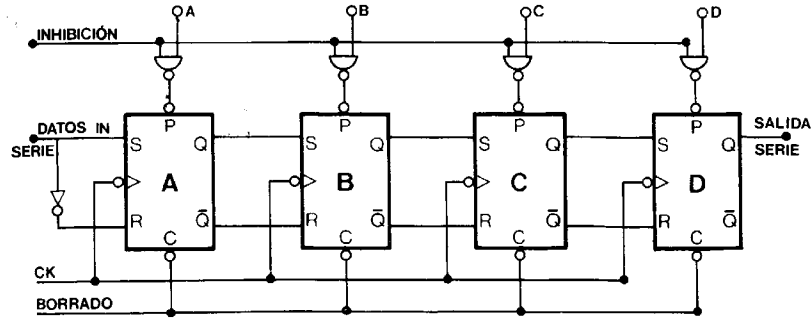


Fig.1.- Registro con entrada paralelo asíncrona y entrada serie síncrona.

\* Salida paralelo tomando las líneas  $Q_A$ ,  $Q_B$ ,  $Q_C$  y  $Q_D$

INHIBICIÓN = 0 => Entradas P desactivadas.

BORRADO = 1 => Entradas C desactivadas.

INHIBICIÓN=0 BORRADO=0	PUESTA A CERO DEL REGISTRO
INHIBICIÓN=1 BORRADO=1	CARGA EN PARALELO DE LOS 1'S DE LAS ENTRADAS ABCD
INHIBICIÓN=0 BORRADO=1	FUNCIONAMIENTO EN SERIE
INHIBICIÓN=1 BORRADO=0	ESTADO NO DESEADO

### REGISTRO UNIVERSAL

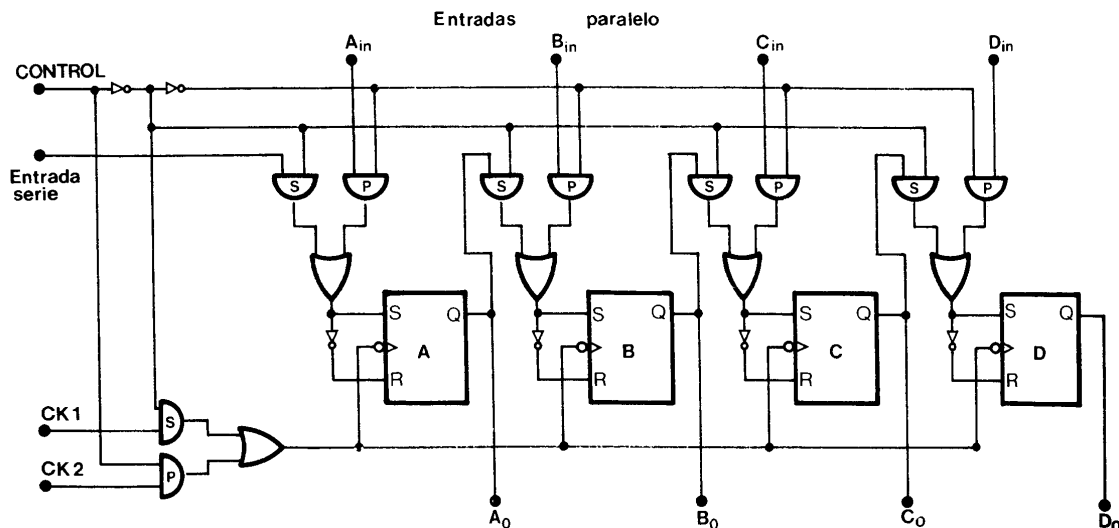


Fig.2.- Contador con entradas serie / paralelo síncronas y salidas serie ( $D_0$ ) o paralelo.

CONTROL=0 => Activa puertas S, funcionamiento **serie**.

CONTROL=1 => Activa puertas P, funcionamiento **paralelo**.



## CONTADORES ASÍNCRONOS

### CONTADOR ASÍNCRONO MÓDULO OCHO ASCENDENTE

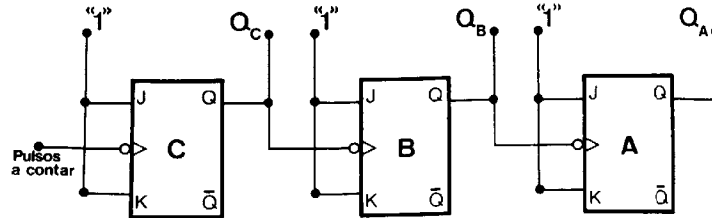


Fig.1.- Contador asíncrono módulo ocho ascendente.

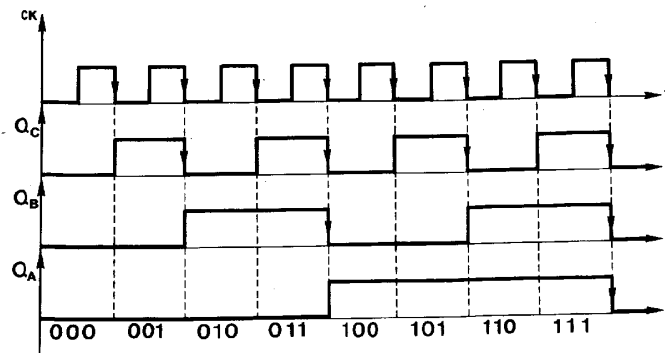


Fig.2.- Cronograma del contador asíncrono de módulo ocho.

### CONTADOR ASÍNCRONO MÓDULO OCHO ASCENDENTE-DESCENDENTE

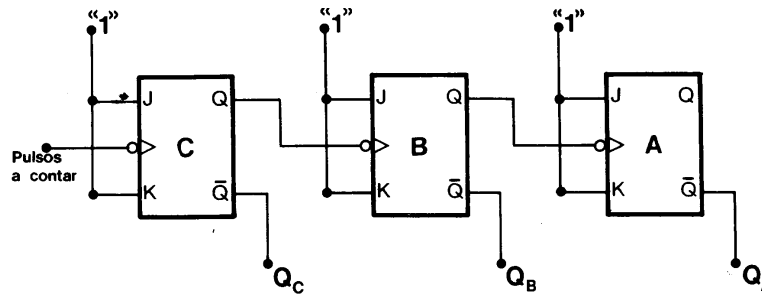


Fig.3.- Contador asíncrono módulo ocho descendente.

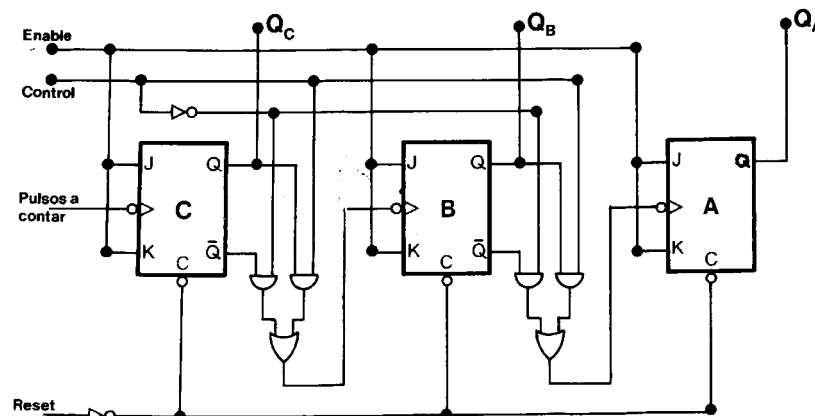


Fig.4.- Contador ascendente - descendente de módulo ocho.



RED DE PUESTA A CERO

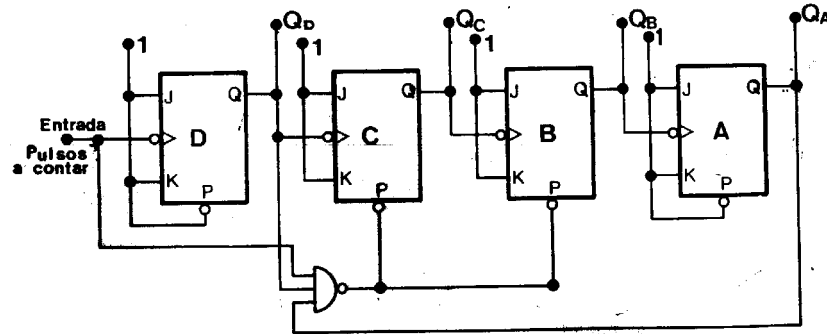


Fig.5.- Contador de décadas asíncrono con red de puesta a cero.

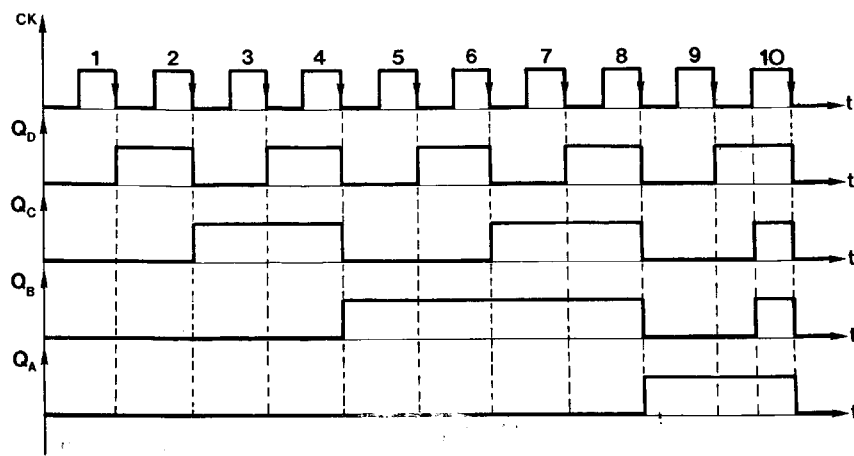


Fig.6.- Cronograma del contador de décadas asíncrono en exceso.



CONTADORES SÍNCRONOS BASADOS EN REGISTROS

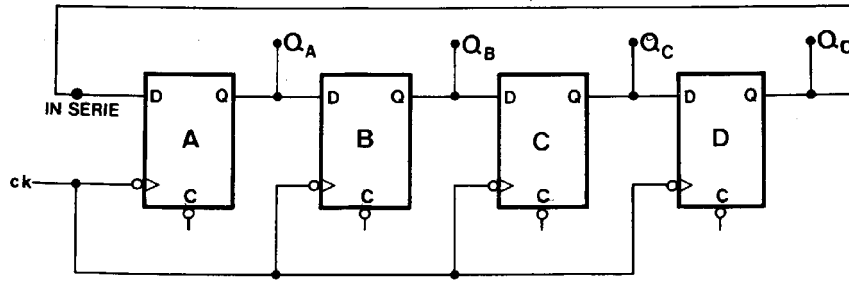


Fig.1.- Contador en *anillo* módulo cuatro.

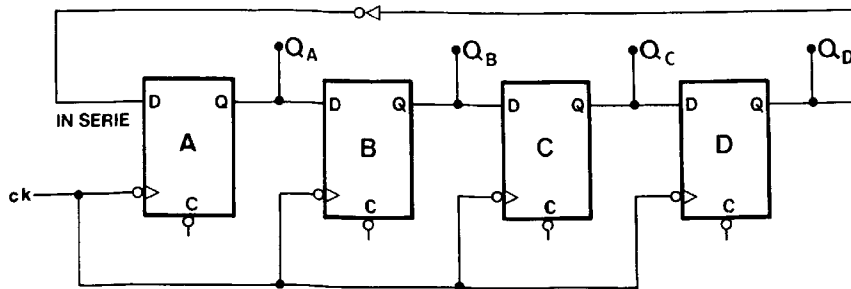


Fig.2.- Contador Johnson con inversor módulo ocho.

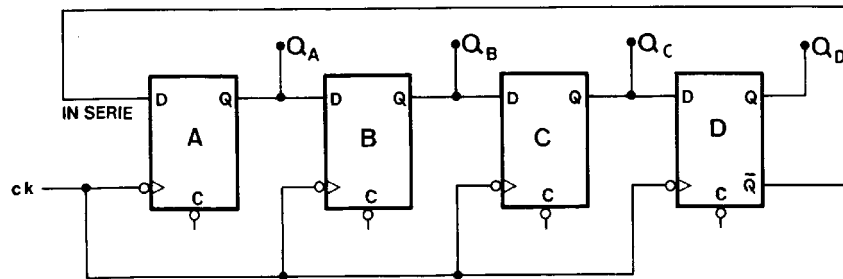


Fig.3.- Contador Johnson modulo ocho (sin inversor).



## CONTADORES SÍNCRONOS

### 1. DISEÑO DE CONTADORES SÍNCRONOS.

- CALCULAR NÚMERO DE BIESTABLES.
- ELEGIR TIPO (O TIPOS) DE BIESTABLE Y CONECTAR EL RELOJ AL CK DE TODOS ELLOS.
- TABLA DE EXCITACIÓN DEL CONTADOR
- OBTENCIÓN Y SIMPLIFICACIÓN DE LAS FUNCIONES DE ENTRADA DE LOS BIESTABLES, A PARTIR DE SUS SALIDAS.
- IMPLEMENTACIÓN DE LAS FUNCIONES ANTERIORES CON CIRCUITOS LÓGICOS.
- EN CASO NECESARIO, OBTENER E IMPLEMENTAR LAS SALIDAS BUSCADAS (TRANSCODIFICADOR).

### 2. CONTADOR SÍNCRONO MÓDULO OCHO.

Estado inicial Q(t)			Estado final Q(t+1)			Biestables JK						Biestables RS						Biestables D			Biestables T		
Q <sub>A</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>A</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>C</sub>	J <sub>A</sub>	K <sub>A</sub>	J <sub>B</sub>	K <sub>B</sub>	J <sub>C</sub>	K <sub>C</sub>	S <sub>A</sub>	R <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>	R <sub>B</sub>	S <sub>C</sub>	R <sub>C</sub>	D <sub>A</sub>	D <sub>B</sub>	D <sub>C</sub>	T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>
0	0	0	0	0	1	0	X	0	X	1	X	0	X	0	X	1	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	X	1	X	X	1	0	X	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	X	X	0	1	X	0	X	X	0	1	0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	X	X	1	X	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	X	0	0	X	1	X	X	0	0	X	1	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	X	0	1	X	X	1	X	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1	X	0	X	0	1	X	X	0	X	0	1	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	0	0	0	X	1	X	1	X	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1

Tabla de excitaciones para biestables J-K, R-S, D y T.

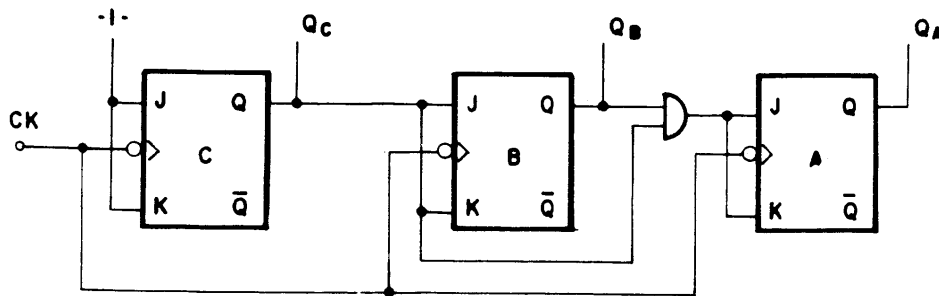


Fig.1.- Contador síncrono módulo ocho con biestables J-K.

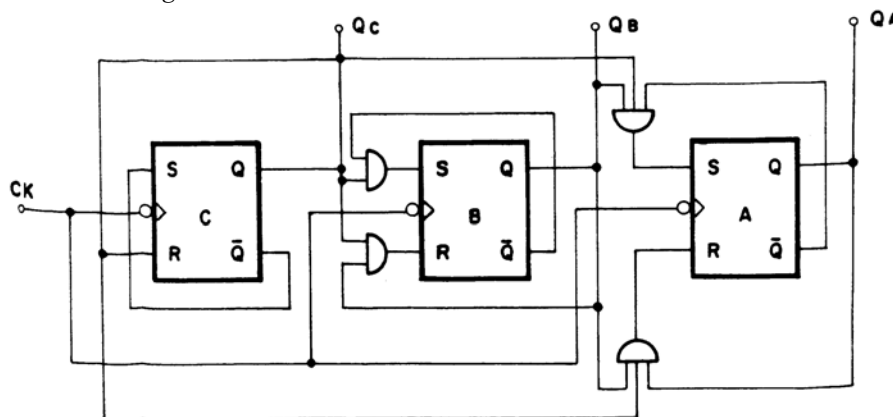


Fig.2.- Contador síncrono módulo ocho con biestables R-S.

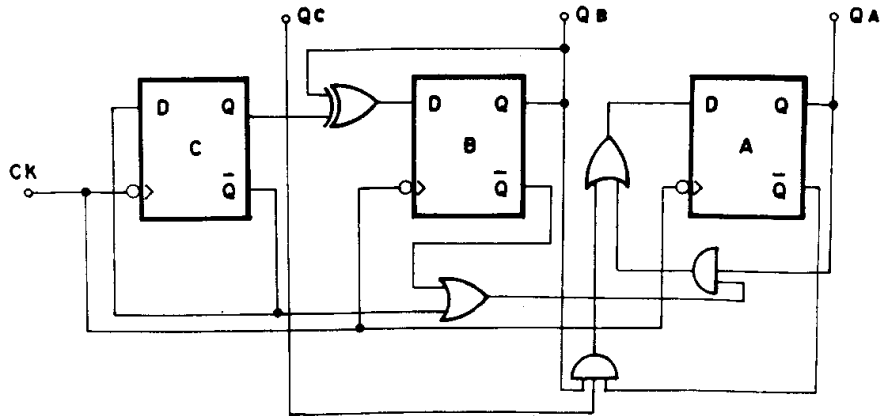


Fig.3.- Contador síncrono módulo ocho con biestables D.

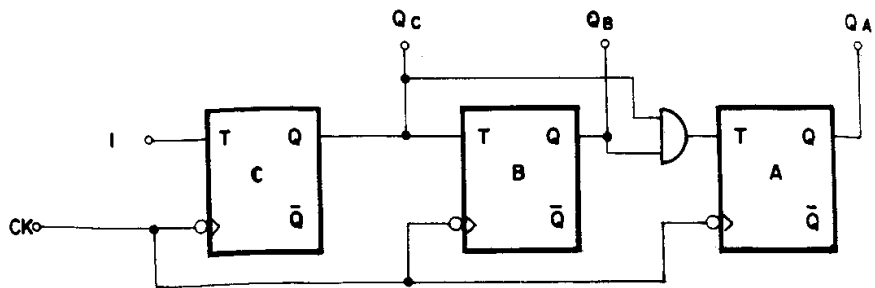


Fig.4.- Contador síncrono módulo ocho con biestables T.

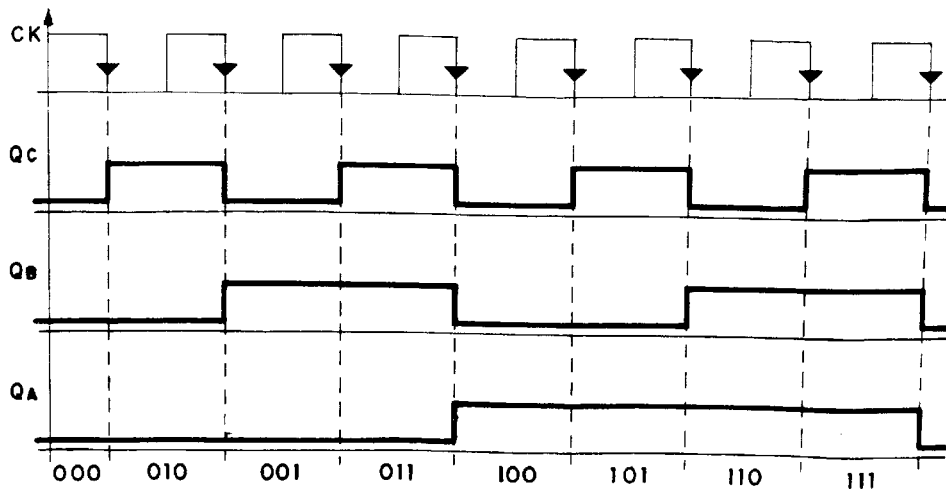


Fig.5.- Cronograma de contador síncrono módulo ocho.

### 3. CONTADOR DE DÉCADAS SÍNCRONO.

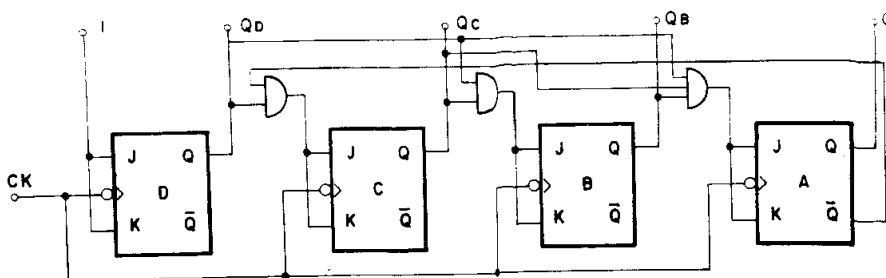


Fig.6.- Contador de décadas síncrono.

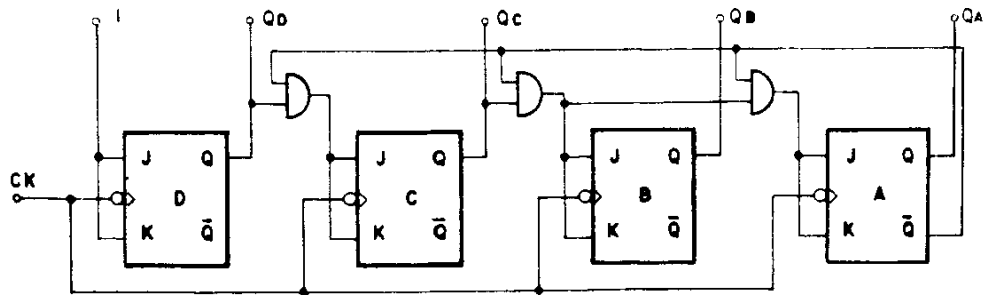


Fig.7.- Contador de décadas síncrono con acarreo serie.

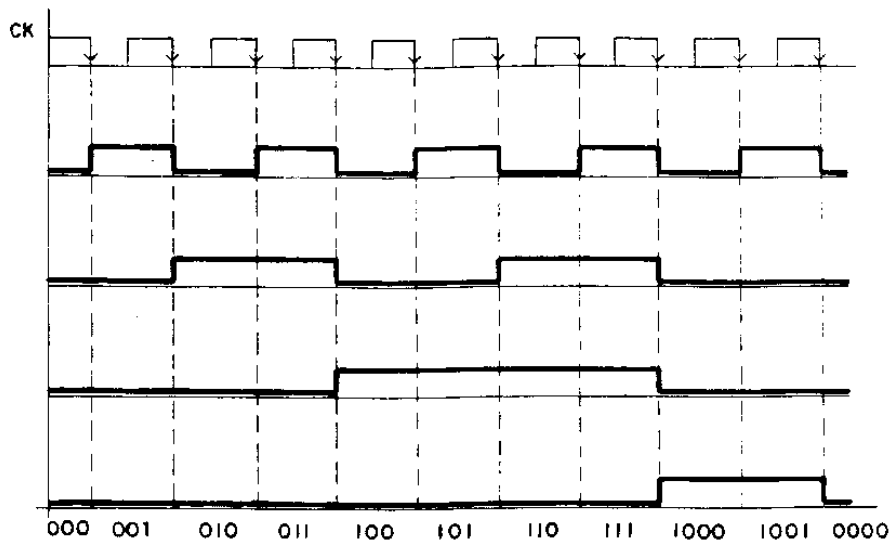


Fig.8.- Cronograma del contador de décadas síncrono.

#### 4. CONTADOR SÍNCRONO ASCENDENTE / DESCENDENTE.

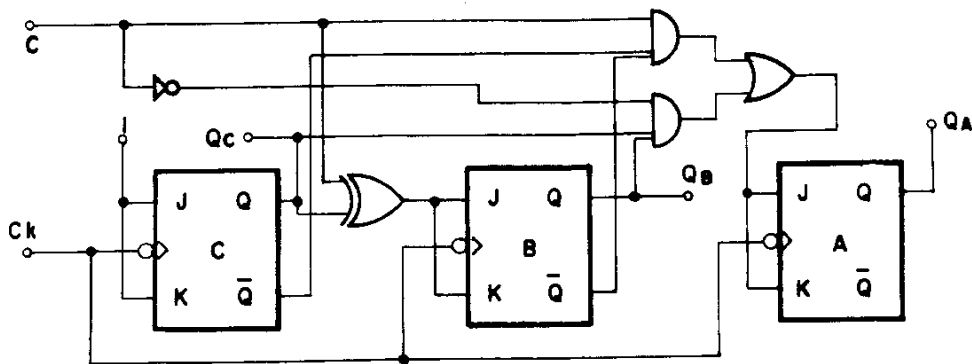


Fig.9.- Contador síncrono ascendente / descendente módulo ocho.



## AUTÓMATAS

Conocemos los *contadores síncronos*. Hemos visto [Fig. 1] que pueden dar salidas directas (si los valores de los estados a representar no se repiten y son inferiores a  $2^n$ ), o necesitar de un *transcodificador* que obtenga las salidas a partir de los valores de los *estados internos* [Fig. 2].

La diferencia entre un *contador síncrono* y un *autómata*, consiste en que los autómatas tienen entradas de datos. La activación o no en cada momento de estas entradas provocan que el funcionamiento interno de éste varíe. Así, el *diagrama de flujo* no es de camino único desde cada estado, como resulta en los contadores (recuérdese el *contador reversible*, que era realmente un autómata).

El esquema de un autómata es esencialmente el mismo que el de un contador, si le añadimos estas entradas de datos externas. Existen dos posibilidades:

*Autómata de Mealy*: En un mismo *estado interno* pueden darse diferentes *salidas*, dependiendo del valor de las *entradas de datos*.

La variación de *entradas* provoca un cambio instantáneo de sus *salidas*, sin esperar al cambio de *estado interno*. Así, las entradas de datos afectan a las salidas de forma instantánea (no síncrona), y además determinan el *estado* al que pasará a continuación (de forma síncrona con la entrada de reloj). [Fig.3]

*Autómata de Moore*: Cada *estado interno* posee un único *valor de salida asociado* a él, independientemente del valor de las *entradas de datos*.

Las entradas afectan sólo a la *transición* que se produzca, y sólo como consecuencia afectarán a las salidas, ya que al cambiar de estado puede haber un cambio en las salidas. Las entradas sólo afectan de forma *síncrona* (en instantes de activación del reloj). [Fig. 4]

A la hora de realizar cualquier circuito es posible sustituir un circuito combinacional por una memoria: las variables de entrada direccionan la posición de la memoria en la que se encuentran los resultados de las funciones. (ver Mealy [Fig. 5] y Moore [Fig. 8])

Si la lógica combinacional utilizada para excitar los biestables es una memoria, resultará sencillo utilizar biestables D en la secuencial, ya que en tal caso, las excitaciones a dejar grabadas en la memoria serán  $Q(t+1)$ . (ver Mealy [Fig. 6] y Moore [Fig. 9])

Pero además podemos grabar en cada posición de memoria no sólo la excitación necesaria para los biestables, sino también las salidas que se provocan.

- En un Autómata Mealy, guardaremos el "*estado siguiente obtenido como transición desde el estado actual con la entrada actual*" (excitación  $Q(t+1)$ ) junto con la "*salida actual correspondiente a la entrada actual en el estado actual*" ( $S[Q(t), K_i(t)]$ ) [Fig. 7]
- En un Autómata Moore, guardaremos el "*estado siguiente obtenido como transición desde el estado actual con la entrada actual*" (excitación  $Q(t+1)$ ) junto con la "*salida actual correspondiente al estado actual*" ( $S[Q(t)]$ ) [Fig. 10].

(la memoria es direccionada con "entrada-estado actuales", pero recordemos que en este autómata (Moore) las salidas no dependen de las entradas, sino sólo del estado actual, por lo que en la memoria estará guardado para un mismo valor de estado actual siempre los mismos bit de salida, independientemente de la combinación de valores de entrada. Así, los bit de funciones de salida guardados se repetirán en bloque tantas veces como posibles valores de entrada haya, y de forma ordenada)

*Nota:* La [Fig. 11] muestra una realización alternativa a la presentada en la [Fig. 10], que queda explicada en su propia página.

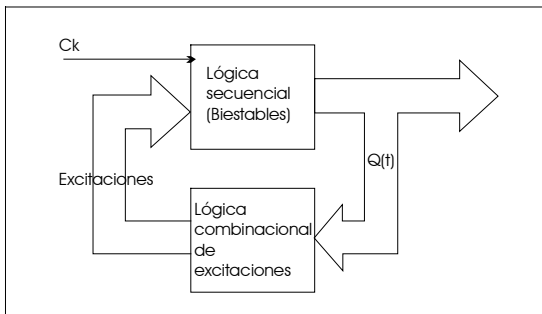


Fig. 1- Contador Síncrono

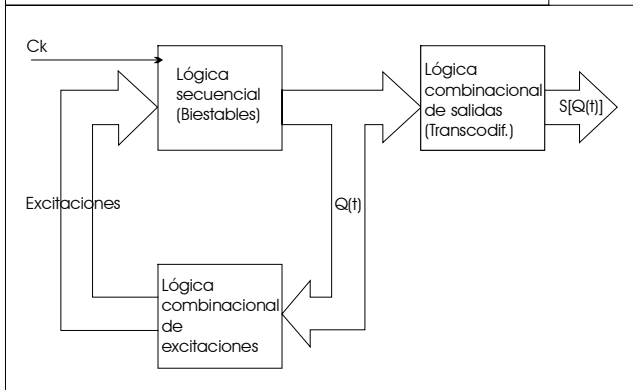


Fig. 2- Contador Síncrono con transcodificador

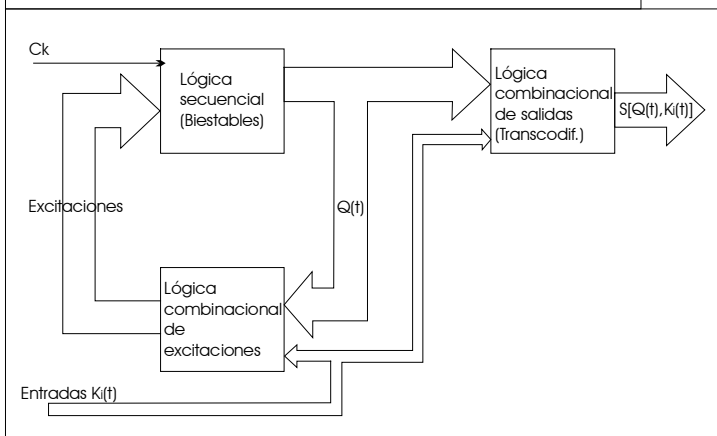


Fig. 3- Autómata Mealy

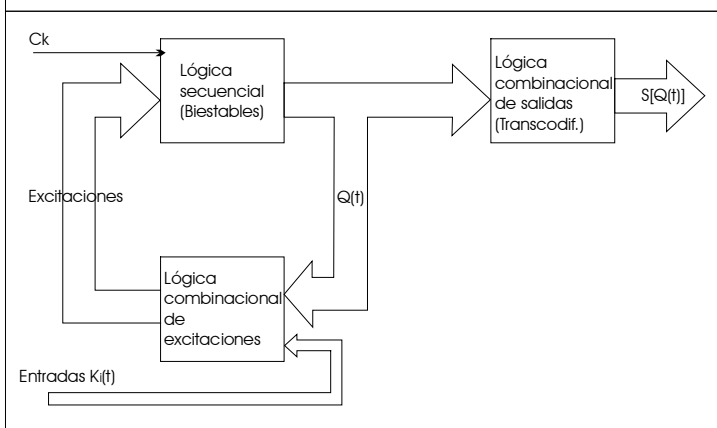


Fig. 4- Autómata Moore

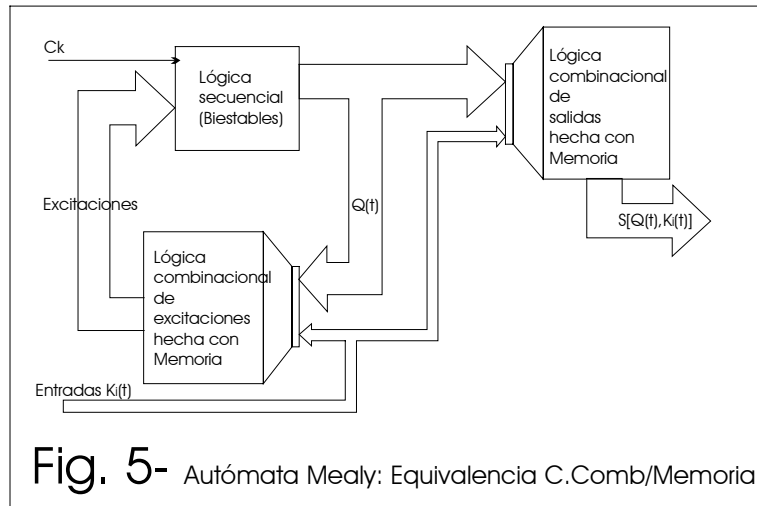


Fig. 5- Autómata Mealy: Equivalencia C.Comb/Memoria

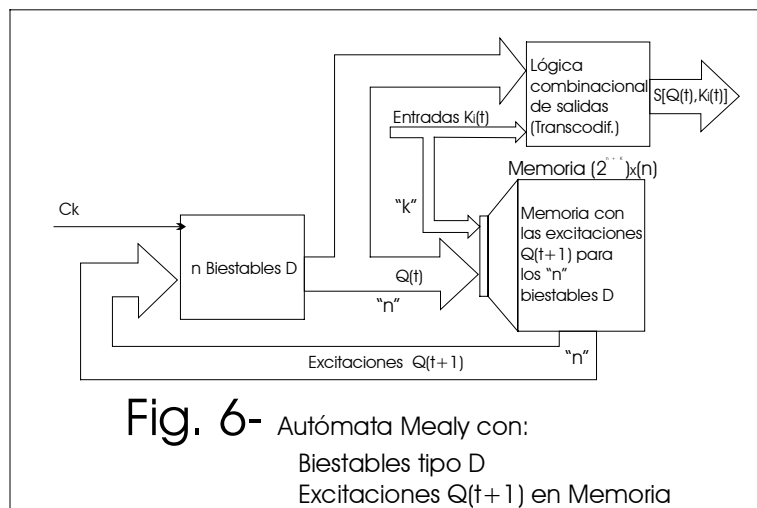


Fig. 6- Autómata Mealy con:  
Biestables tipo D  
Excitaciones  $Q(t+1)$  en Memoria

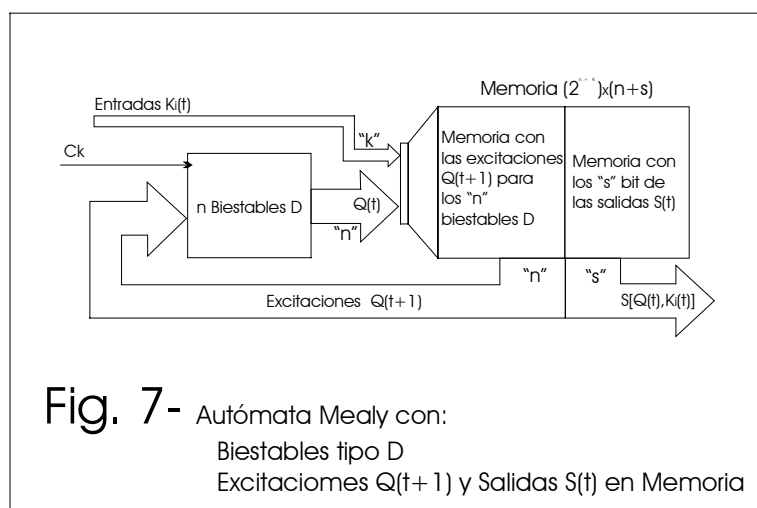
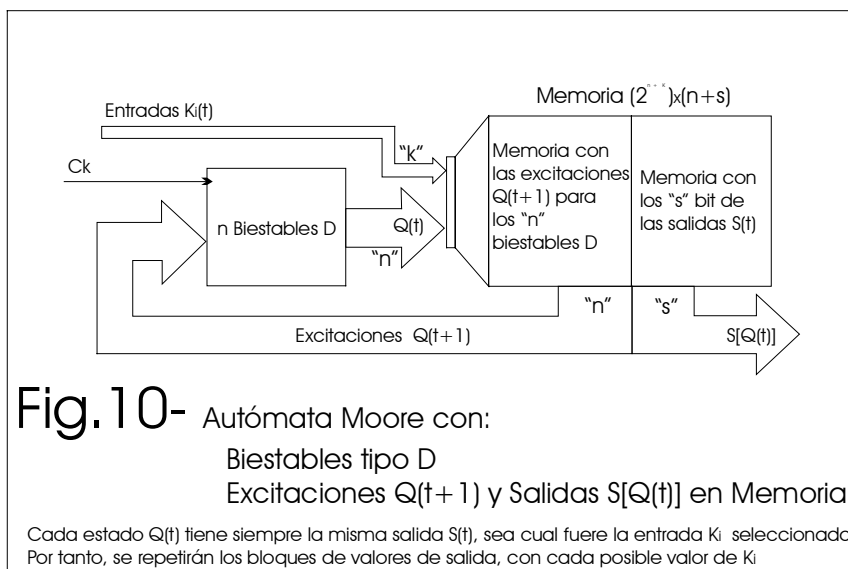
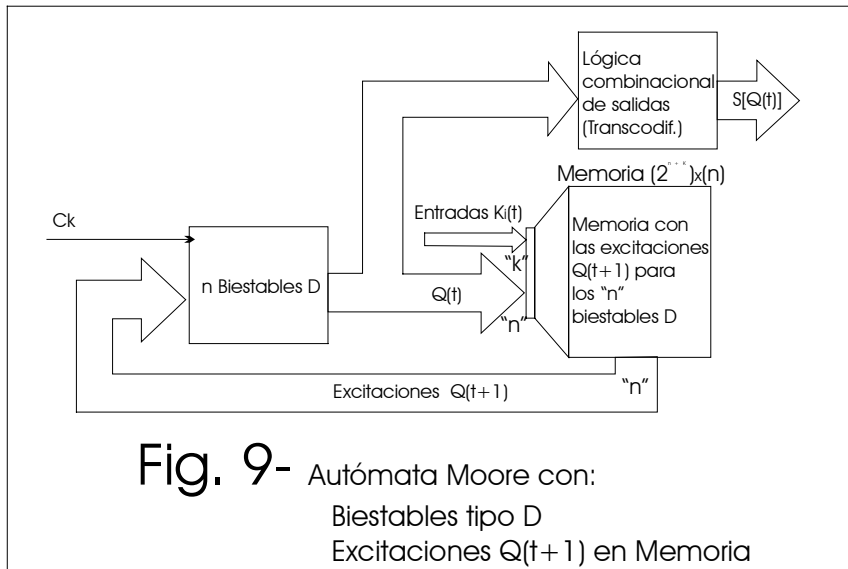
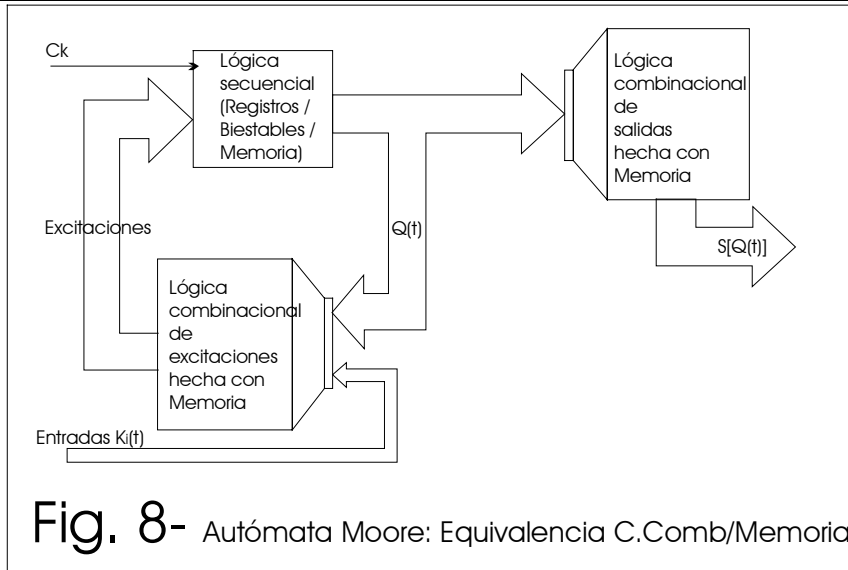


Fig. 7- Autómata Mealy con:  
Biestables tipo D  
Excitaciones  $Q(t+1)$  y Salidas  $S(t)$  en Memoria



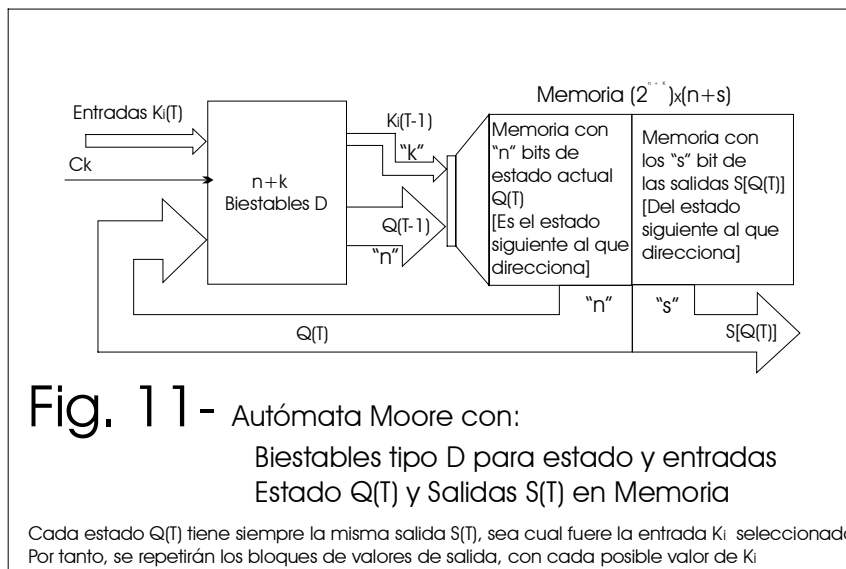


Puede realizarse otro diseño para un autómata de Moore. Se basa en renombrar los tiempos, decrementando en uno todos los que están en la Fig.10. Es decir, llamando  $(T-1)$  a  $(t)$  y  $(T)$  a  $(t+1)$ .

La salida de memoria dará el estado actual (el siguiente de  $(T-1)$ ) así como también las salidas actuales (no las del estado que direcciona  $Q(T-1)$ , sino las del estado actual  $Q(T)$ ).

Para ello, habrá que distinguir también entre las entradas actuales  $K_i(T)$  y las entradas que han seleccionado el estado actual  $K_i(T-1)$ . Démonos cuenta de que las antiguas  $K_i(t)$  son ahora  $K_i(T-1)$ .

Para poder obtener esta separación en las entradas introduciremos un biestable D en cada bit de la señal de entrada ("k" biestables D).



NOTA 1:

La tabla de transiciones del Autómata trabaja con instantes  $(t)$  y  $(t+1)$ , no con  $(T-1)$  y  $(T)$ .

La Memoria se direcciona con  $Q(T-1)$  y contiene  $Q(T)$  y  $S[Q(T)]$ , es decir, la Memoria se direcciona con  $Q(t)$  y contiene  $Q(t+1)$  y  $S[Q(t+1)]$ .

NOTA 2:

Este autómata Moore representado en la figura 11 utiliza más biestables que su homólogo de la figura 10, con un funcionamiento idéntico. Por ello se preferirá el de la figura 10.



## DISEÑO DE UN AUTÓMATA DE ESTADOS FINITOS.

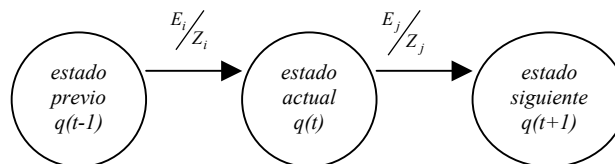
### 1) DEFINICIÓN Y CODIFICACIÓN DE ENTRADAS, SALIDAS Y ESTADOS.

- Definición de las variables  $E_i$  que permitan codificar todas las posibilidades de entrada asignando a cada una el código correspondiente.
- Definición de las funciones  $Z_i$  que permitan codificar todas las combinaciones de salida, asignando este código.
- Declaración y codificación del número de estados de la máquina, que definen el número de biestables necesarios para el diseño del circuito, mediante la relación:  
$$n^{\circ} \text{ estados} \leq 2^{n^{\circ} \text{ biestables}}$$

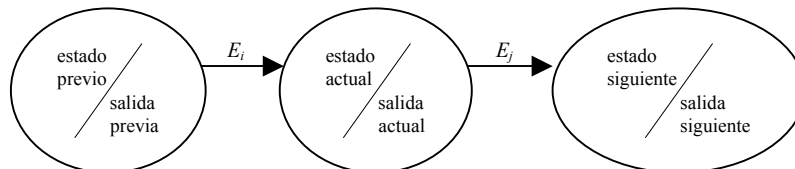
### 2) DIAGRAMA DE FLUJO.

Grafo que caracteriza el funcionamiento de un autómata, en el que aparecen representadas las transiciones entre estados y las salidas, en función de las entradas recibidas.

Existen dos formas distintas según se trate de Mealy o de Moore.



**Autómata de Mealy**



**Autómata de Moore**

### TABLA DE ESTADOS.

Representación mediante una tabla del diagrama de flujo. Toma dos formas distintas, según se trate de autómata Mealy o Moore.

	ENTRADAS $E_i$	
ESTADO ACTUAL $q(t)$	ESTADO SIGUIENTE $q(t+1)$	SALIDA ACTUAL $Z_i$

**Autómata de Mealy**



	ENTRADAS $E_i$	
ESTADO ACTUAL $q(t)$	<u>ESTADO</u> SIGUIENTE $q(t+1)$	SALIDA ACTUAL $Z_i$

**Autómata de Moore**

3) MINIMIZACIÓN DEL NÚMERO DE ESTADOS (SI ES NECESARIO).

Comprobar documentación correspondiente.

4) TABLA DE EXCITACIONES (EN FUNCIÓN DE LOS BIESTABLES).

Tabla similar a la de los biestables síncronos pero incluyendo la función de salida del circuito. Se debe elegir previamente el tipo de biestable a utilizar.

ENTRADAS DE DATOS $E_i$	ESTADO EN INSTANTE (t)	ESTADO EN INSTANTE (t+1)	ENTRADAS SÍNCRONAS DE BIESTABLES	FUNCIONES DE SALIDA $Z_i$

5) OBTENCIÓN Y SIMPLIFICACIÓN DE LAS FUNCIONES DE ENTRADA DE LOS BIESTABLES Y DE SALIDA DEL CIRCUITO.

6) IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO CON LA LÓGICA COMBINACIONAL PROPUESTA.