

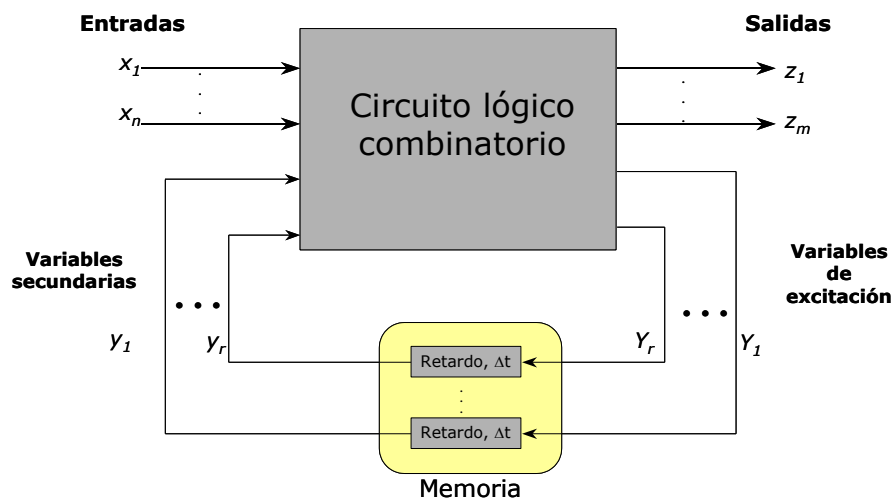
## Tema 8. Sistemas secuenciales asincronos

### 1. Generalidades

Los circuitos secuenciales asíncronos son circuitos secuenciales que no están sincronizados por ninguna señal de reloj. Por ello, responden de inmediato a cualquier cambio de entrada. Un ejemplo de circuito secuencial asíncrono son los latch-es estudiados en el capítulo sexto.

En general puede decirse que los sistemas asíncronos, requieren menor circuitería por lo que son más baratos y son más rápidos en su respuesta. Sin embargo, esta última característica también hace de ellos que sean menos seguros.

En este tema se estudiarán los circuitos secuenciales asíncronos de modo fundamental o de nivel. Su esquema general es un circuito lógico combinacional con realimentación. En cada línea de realimentación se representa una “concentración” de los retardos distribuidos en los elementos lógicos combinacionales, mediante un bloque denominado “Retardo” y se utiliza un bloque por cada variable de realimentación tal y como se ha representado en la Figura 205.



**Figura 205**

Se puede considerar que estos elementos de retardo proporcionan memoria a corto plazo, ya que, cuando cambia la entrada, el retardo le permite al circuito “recordar” los valores actuales de las variables  $y_1, y_2, \dots, y_r$  un tiempo lo suficientemente largo para desarrollar nuevos valores de  $Y_1, Y_2, \dots, Y_r$ , que, a su vez, se convierten en los valores del siguiente estado de  $y$  y después de un retardo. Así pues, el valor de las variables  $y_i$  y las

variables  $Y_i$  es el mismo mientras el circuito esté en estado estable, pero durante una transición serán distintas. Las variables  $y_i$  se denominan Variables Secundarias y las variables  $Y_i$  variables de excitación. Estas conforman las variables de estado del circuito. Un cambio en las entradas del circuito puede provocar un cambio en las variables de estado, por ello, en este tipo de circuitos no se permite un nuevo cambio en la entrada hasta que se haya estabilizado el sistema (pasado  $\Delta t$ ) y además sólo se permite que cambie una variable en cada momento. Así, un circuito secuencial asíncrono queda descrito por el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$z^t = g(x^t, y^t)$$

$$y^t = h(x^t, y^t)$$

$$y^{t+\Delta t} = Y^t$$

Donde,

$$x = (x_1, \dots, x_n) = \text{estado de entrada}$$

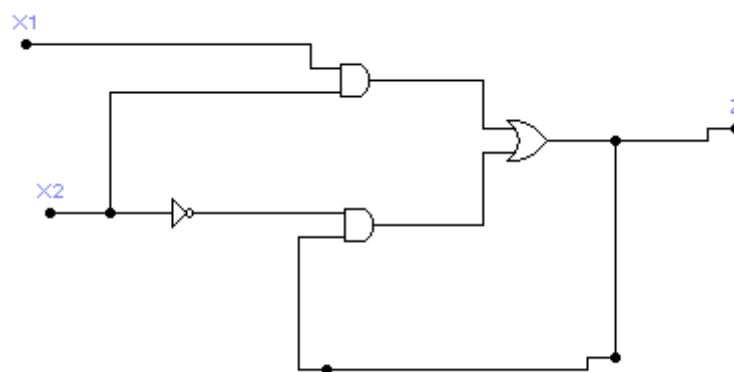
$$y = (y_1, \dots, y_r) = \text{estado secundario}$$

$$Y = (Y_1, \dots, Y_r) = \text{estado de excitación}$$

$$z = (z_1, \dots, z_m) = \text{estado de salida}$$

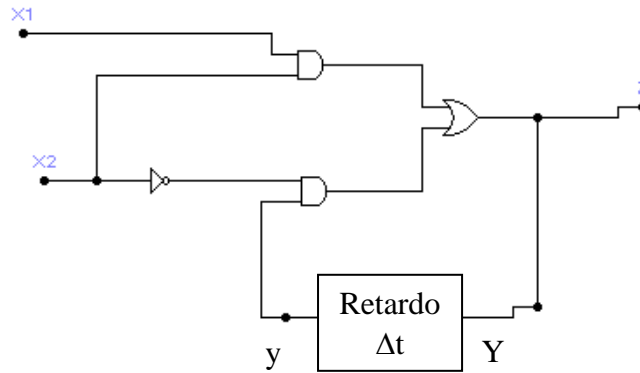
$$(x, y) = \text{estado total del sistema}$$

Para entender el significado de esas expresiones, supongamos el circuito asíncrono representado en la Figura 206. Sabemos que se trata de un circuito asíncrono porque presenta una realimentación.



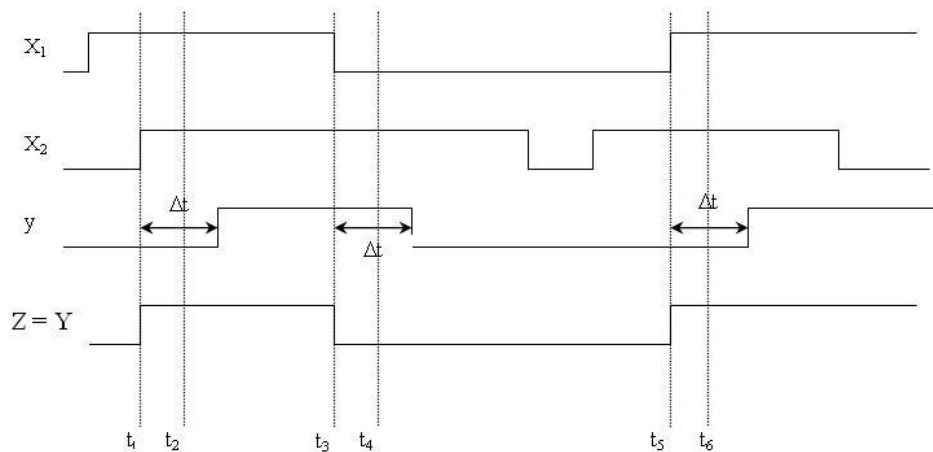
**Figura 206**

Así pues, para la identificación de las variables de estado el primer paso será representarlo adaptándolo al esquema de la Figura 205 para obtener así el de la Figura 207.



**Figura 207**

Si se aplica al circuito anterior cierta secuencia de entrada y se realiza el diagrama de tiempos correspondiente a esa secuencia de entrada se obtiene la representación de la Figura 208. En el instante denominado  $t_0$ , se observa que  $Y$  cambia de 0 a 1 en respuesta al cambio de 0 a 1 en  $x_2$ . Este cambio se ve reflejado en  $y$  pasado el instante  $\Delta t$ . Este retardo en la respuesta de  $y$  se debe al elemento de retardo incluido en la realimentación.



**Figura 208**

Se dice que existe un estado inestable en el estado  $t_0$  cuando  $y \neq Y$ . Entonces tenemos estados inestable en los estados correspondientes a los instantes de tiempo denominados  $t_2$ ,  $t_4$  y  $t_6$ . Cuando  $y = Y$ , el estado es estable. Los estados inestables existen durante un tiempo  $\Delta t$  por lo que tiene naturaleza transitoria.

El funcionamiento de los circuitos asíncronos puede representarse mediante tablas de excitación o tablas de flujo.

La *tabla de excitación* representa el estado de excitación ( $Y$ ) y el de la salida ( $Z$ ) en función del estado total ( $x, y$ ) y puede construirse mediante una combinación adecuada de los mapas de Karnaugh para  $Y$  y  $z$ . Así, los mapa de Karnaugh para el circuito bajo

estudio son se han confeccionado en la Tabla 47 y a partir de ellos se ha compeltado la tabla de excitación en la Tabla 48, donde se han localizado y encerrado en un circulo todos los estados estables. Se observa que cada columna está asociada a un único estado de entrada y cada fila a un único estado secundario. Por tanto, cada celda representa un estado total único  $(x_1, x_2, y)$  del circuito.

		$x_1x_2$			
		00	01	11	10
y	0	0	0	1	0
	1	1	0	1	1

**Z**

		$x_1x_2$			
		00	01	11	10
y	0	0	0	1	0
	1	1	0	1	1

**Y**

**Tabla 47**

		$x_1x_2$			
		00	01	11	10
y	0	0/0	0/0	1/1	0/0
	1	1/1	0/0	1/1	1/1

**Y/z**

**Tabla 48**

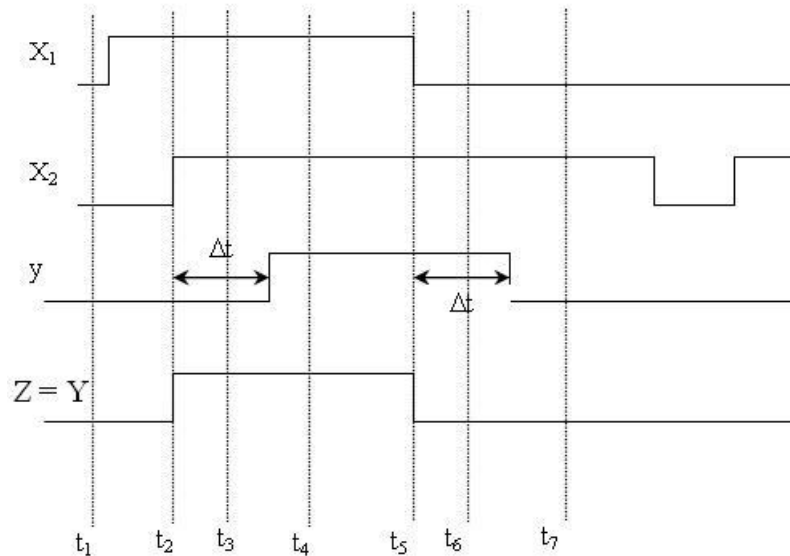
A partir de la tabla de excitación se obtiene la *tabla de flujo*. Par aello, basta con representar con un símbolo no binario los estados de excitación y los estados secundarios. Ese procedimiento se ha utilizado para lograr la Tabla 49 a partir de la Tabla 48.

		$x_1x_2$			
		00	01	11	10
y	a	a/0	a/0	b/1	a/0
	b	b/1	a/0	b/1	b/1

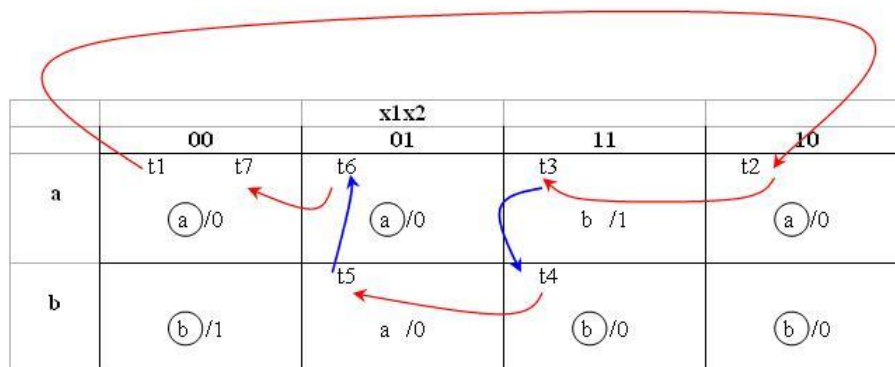
**Y / z**

**Tabla 49**

Ese tipo de tabla (Tabla 49) determina el comportamiento del circuito pero no la realización del mismo. Por lo tanto, se pueden utilizar ambas tablas (tabla de flujo o tabla de excitación) para definir la respuesta de salida de un circuito ante una secuencia de entrada dada. Sin embargo, la tabla de excitación, a diferencia de la tabla de flujo, proporciona el comportamiento del estado secundario y de la excitación. En la tabla de flujo de la Figura 210 se ilustra cómo evoluciona el comportamiento del circuito ante la secuencia de entrada de la Figura 209 entre los instantes  $t_1$  y  $t_7$ .



**Figura 209**



**Figura 210**

Se puede concluir que, por un lado, un cambio en las variables de entrada provoca un movimiento horizontal en la tabla de flujo. Por otro lado, los cambios verticales se producen por cambios en los estados secundarios pasando de un estado inestable a uno estable.