

GUIA 17: DISEÑO DE CONTADORES

En las guías anteriores estudiamos el comportamiento de contadores. El análisis de este tipo de circuitos secuenciales consiste básicamente en determinar la forma de contar, lo cual se obtiene por medio de un diagrama de tiempo.

En forma de circuito integrado existen muchos tipos de contadores que en general siguen una secuencia binaria normal. Ejemplo de este tipo de circuitos integrados se estudiará en la practica 5.

Muchas veces se desea tener contadores que sigan secuencias de conteo que no sea la binaria, en ese caso ya no se dispondrá de circuitos integrados que contengan el contador, sino que debemos diseñarlo. Al ser el contador un circuito secuencial para diseñarlo se utilizarán las técnicas de diseño de circuitos secuenciales. No es objeto de este curso un análisis profundo de los procedimientos de síntesis de circuitos secuenciales en general. Solo se analizará el procedimiento para el caso de los contadores, lo que implica una gran simplificación del procedimiento.

Antes de proceder al método de síntesis para el diseño de contadores se darán algunas definiciones.

En las guías anteriores sobre circuitos secuenciales y contadores hemos visto un modelo general de circuito secuencial.

En este modelo el efecto en las salidas de todas las entradas previas se representa por el estado del circuito. Esto también determina el próximo estado del circuito. La relación existente entre entradas, salidas, estados presentes y estados futuros puede especificarse por medio de tablas de estado y diagramas de estado.

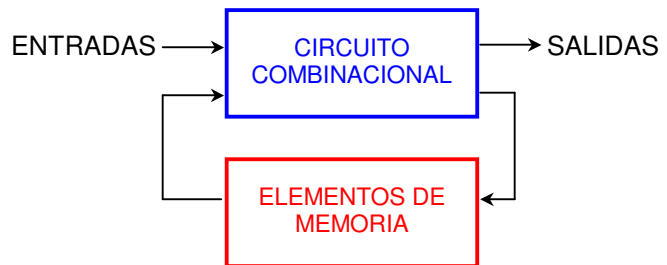


DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN CIRCUITO SECUENCIAL

Diagrama de estados

Describe gráficamente el circuito secuencial, el contador en este caso, indicando cual es el estado siguiente en función del estado actual y de las entradas, que para el caso de contadores no existen.

En este diagrama, un estado se representa por un círculo, y la transición se indica con líneas o arcos que conectan los círculos. Dentro de cada círculo se escribe un número binario que representa el estado.

La figura muestra el diagrama de estados de un contador de 3 bits.

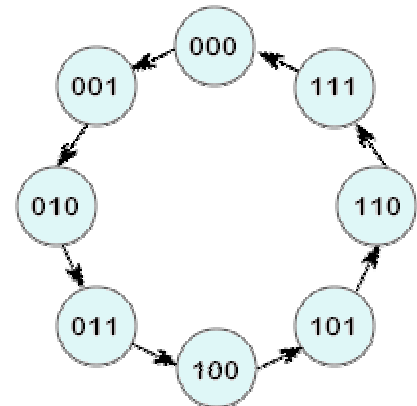


Tabla de Transiciones

La tabla de estados consiste de tres columnas denominadas estado presente, estado futuro y entradas de los flip flops.

- El estado presente denota el estado de los flip flops antes de la ocurrencia de un pulso de reloj.
- El estado futuro muestra el estado de los flip flops después del pulso de reloj.
- Las entradas de los flip flops muestran que valores deben recibir las entradas de los flip flops para pasar del estado presente al estado futuro después del pulso de reloj.

Es importante recordar las tablas de excitación de los flip flop ya que la función de entrada se obtiene a partir de estas. De hecho el procedimiento consiste en determinar que entrada necesitan los flip flops para pasar del estado presente al estado futuro. Como se mencionó en el resumen de flip flops, las tablas de excitación son las siguientes.

Flip Flop tipo J K	Flip Flop tipo T	Flip Flop tipo D																																																		
<table><tr><th>Q_n</th><th>Q_{n+1}</th><th>J</th><th>K</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>X</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>X</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>X</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>X</td><td>0</td></tr></table>	Q_n	Q_{n+1}	J	K	0	0	0	X	0	1	1	X	1	0	X	1	1	1	X	0	<table><tr><th>Q_n</th><th>Q_{n+1}</th><th>T</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	Q_n	Q_{n+1}	T	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	<table><tr><th>Q_n</th><th>Q_{n+1}</th><th>D</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	Q_n	Q_{n+1}	D	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1
Q_n	Q_{n+1}	J	K																																																	
0	0	0	X																																																	
0	1	1	X																																																	
1	0	X	1																																																	
1	1	X	0																																																	
Q_n	Q_{n+1}	T																																																		
0	0	0																																																		
0	1	1																																																		
1	0	1																																																		
1	1	0																																																		
Q_n	Q_{n+1}	D																																																		
0	0	0																																																		
0	1	1																																																		
1	0	0																																																		
1	1	1																																																		

Procedimiento de Diseño.

1. Realizar el diagrama de estado. Del numero de estados diferentes se obtiene el numero de flip flops.
2. Realizar la tabla de transiciones. De la tabla se obtienen las funciones de entradas de los flip flops. Se selecciona el tipo de flip flop para el diseño (JK, T, D)
3. Minimización de las funciones de entradas utilizando mapas de Karnaugh.
4. Dibujar el diagrama circuital

Ejemplo de diseño: contador binario ascendente de 3 bits.

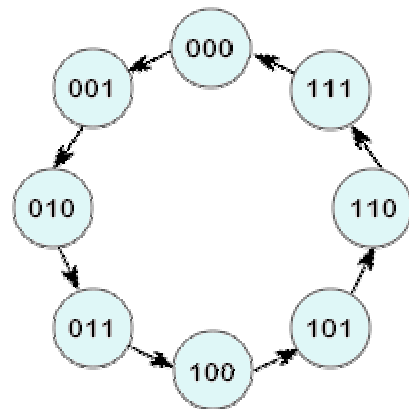
Para entender el procedimiento de diseño, sigamos los pasos para diseñar un contador síncrono binario ascendente de 3 bits . La cuenta será 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111.. y así de nuevo. (En decimal corresponde a la cuenta 0,1,2,3,4,5,6,7 y de nuevo a 0)

Paso 1: Diagrama de estado

Describimos el contador mediante un diagrama de estado, que nos muestra la manera como avanza la secuencia cada vez que se aplica un pulso de reloj.

El numero de estados por lo que pasa el contador es de 7 por lo que se necesitarán 3 FF para diseñarlo.

En el diseño de circuitos secuenciales en general, el diagrama de estado es el primer paso hacia la obtención del circuito. Para el caso de contadores por ser una secuencia directa no es necesario el diagrama de estado ya que en la especificación de diseño está suficientemente clara la secuencia de conteo, y de esta se puede obtener directamente el numero de flip flops necesarios y la tabla de transiciones.



Para ver la animación haga click AQUÍ.



Paso 2: Tabla de Transiciones

El próximo paso es el de desarrollar la tabla de transiciones a partir del diagrama de estado. En ella listaremos para cada uno de los estados presentes de la secuencia , cual debe ser el valor de entrada de los flip flops para que al aplicarse un pulso de reloj se pase al siguiente estado de la secuencia (estado futuro).

Para ello nos ayudamos con la tabla de excitación de los flip flop. Podemos diseñar el contador utilizando FF tipo JK, T o D. En este ejemplo utilizaremos FF JK.

TRANSICIONES DE ESTADO						ENTRADAS DE LOS FLIP FLOPS					
Estado Presente			Estado Presente			FF ₂		FF ₁		FF ₀	
Q ₂	Q ₁	Q ₀	Q ₂	Q ₁	Q ₀	J ₂	K ₂	J ₁	K ₁	J ₀	K ₀
0	0	0	0	0	1	0	X	0	X	1	X
0	0	1	0	1	0	0	X	1	X	X	1
0	1	0	0	1	1	0	X	X	0	1	X
0	1	1	1	0	0	1	X	X	1	X	1
1	0	0	1	0	1	X	0	0	X	1	X

Si notan la primera fila estamos en el estado 000 y el próximo estado de la cuenta debe ser el 001. En las entradas de los flip flops deberemos poner los valores necesarios para pasar del estado presente al estado futuro cuando baje el pulso de reloj.

Así, para el FF2 que genera Q_2 , el estado presente es 0 y el estado futuro es 0. Esto sucede cuando $J_2=K_2=0$ o cuando $J_2 = 0$ y $K_2 = 1$. De este modo, J_2 tiene que ser cero, y K_2 puede tener cualquier valor que indicaremos en la columna correspondiente a J_2 con un 0 y en la correspondiente a K_2 con una X indicando la condición de "no importa". Así vamos obteniendo las entradas para todos los FF y para todas las transiciones de estado.

Si notan con atención, esta representación es una tabla de verdad de las entradas de los flip flop en función del estado presente, por lo que podemos obtener las funciones mínimas de estas entradas utilizando Mapas de Karnaugh.

Paso 3: Minimización de funciones de entrada de los flip flops

De la tabla de transiciones para cada una de las entradas de los FF obtenemos los Mapas de Karnaugh en función del estado presente, y simplificando obtenemos las funciones de las entradas de cada flip flop. Note que se colocó en cada casilla el valor decimal. Este corresponde al valor decimal de la cuenta del estado presente

<p>$J_2 = Q_1 \cdot Q_0$</p>	<p>$J_1 = Q_0$</p>	<p>$J_0 = 1$</p>
<p>$K_2 = Q_1 \cdot Q_0$</p>	<p>$K_1 = Q_0$</p>	<p>$K_0 = 1$</p>

Paso 4: Diagrama circuital

El paso final es obtener el diagrama circuital. Para ello utilizamos las funciones de entrada de los flip flops para dibujar la lógica combinacional correspondiente a las entradas de cada flip flop y formar así el contador.

Las funciones de entrada obtenidas de los Mapas de Karnaugh son:

$$J_2 = K_2 = Q_1 \cdot Q_0$$

$$J_1 = K_1 = Q_0$$

$$J_0 = K_0 = 1$$

Note que el circuito obtenido corresponde al del contador de 3 bits analizado en la guía de contadores síncronos.

