

LA LÓGICA DIGITAL EN EL DISEÑO DE CIRCUITOS PARA CONTROLAR CARGAS ELÉCTRICAS

CIRCUITO PARA CONTROLAR EL PARO Y ARRANQUE DE DOS MOTORES ELÉCTRICOS (EJERCICIO 2)

2da entrega

José Alfredo Colín Ávila

Este segundo ejercicio pone de manifiesto de nueva cuenta cómo se pueden diseñar circuitos que controlan cargas eléctricas, que consideran diversos estados en su operación; estos controlan la operación de dos motores eléctricos. Cuando se pulsa el botón «F» el motor arranca **M1**, cuando se pulsa «R» arranca el motor **M2**. Sólo puede estar en operación uno de los motores: si opera **M1**, **M2** no puede operar y viceversa; necesariamente se debe pulsar el botón «P» para detener al motor que esté en operación y sólo entonces puede ponerse en operación el otro motor.

Este problema se tratará como un circuito en modalidad de pulso, y para ello se consideran tres estados: el primero cuando los dos motores están detenidos, a este estado se le asigna la variable Q_0 ; el segundo cuando sólo está en operación **M1**, y se le asigna la variable Q_1 ; y el tercer estado cuando sólo está en operación **M2**, al que se le asigna la variable Q_2 , ver **FIGURA 1**. Siempre que se tiene la señal «P» el circuito va al estado Q_0 no importa en qué estado esté. Cuando aparece la señal «F» y el circuito está en el estado Q_0 , el circuito pasa al estado Q_1 . Cuando aparece la señal «R» y el circuito está en el estado Q_0 , el circuito pasa al estado Q_2 . Cuando el circuito está en el estado Q_1 ó Q_2 y llega la señal «F» o «R» el circuito permanece en cualquiera de los dos estados que esté.

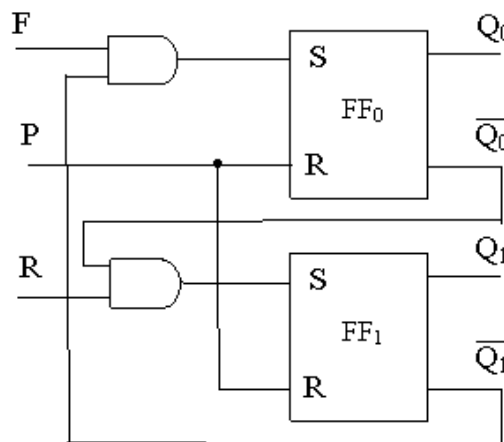


Figura 1 Diagrama de estado para el Ejercicio 2.

Las salidas serán definidas por Z_1 y Z_2 y para el estado Q_0 se asocian los valores **0** y **0** para ambas salidas; para el estado Q_1 se asocian los valores **0** y **1** respectivamente para Z_1 y Z_2 ; para el estado Q_2 se asocian los valores **1** y **0** respectivamente para Z_1 y Z_2 . La forma de representar estas situaciones en los estados es Q_i/Z_i , tal y como se muestra en el diagrama de estados de la **FIGURA 1**.

La tabla de estado que se deriva del diagrama de estado se muestra en la **FIGURA 2**. En dicha tabla q^v es el estado presente, q^{v+1} es el estado siguiente y Z^v es la salida asociada al estado presente.

q^v	q^v	q^{v+1}			Z^v
		F	R	P	
Q_0	00	01	10	00	00
Q_1	01	01	01	00	01
Q_2	10	10	10	00	10
Q_3	11	XX	XX	XX	XX

Cuadro 1 Tabla de estado del Ejercicio 2.

Recordando que el desarrollo de este tipo de circuitos está basado en los Flip Flops R-S, la cantidad de número de estados está asociada a 2^n , donde n indica el número de Flip Flops requeridos; así, para contener los tres estados de este ejercicio se requiere de dos Flip Flops.

Para continuar con el desarrollo de este ejercicio se procede a llenar una tabla de transición para estados presente y estados siguientes, **FIGURA 4**. Para ello se considera la tabla de excitación de los Flip Flops R-S, **FIGURA 3**, la que nos permitirá asignar el valor de las entradas del circuito, **P**, **F**, y **R** que se requieren para que éste transite entre los estados definidos por el diagrama de estado.

Q	Q^t	S	R
0	0	0	X
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	X	0

Cuadro 2 Tabla de excitación para un Flip Flop R-S.

Para el llenado de la tabla de transición de la **FIGURA 4** se hace de la siguiente manera:

Se inicia considerando columnas de las señales **F**, **R** y **P** para cada entrada de cada Flip Flop, ver tabla de transición de la **FIGURA 4**. En estas columnas se anotan los valores que se deben tener en las entradas **S** y **R** de cada Flip Flop, para que logre transitar de un estado presente al estado siguiente.

Para el primer estado de q^v cuyo valor es **00**, al recibir la señal **F**, ver tabla de estado de la **FIGURA 2**, debe transitar el circuito al estado **01**. Para el FF_0 el estado presente es **0** y el estado siguiente es **1**; esta situación corresponde al segundo renglón de la tabla de excitación del Flip Flop R-S, **FIGURA 3**, por lo que se debe escribir **1** y **0** en el lugar que corresponde al cruce del renglón de $q_1q_0 = 00$ y las columnas que corresponden a **F** en S_0 y R_0 . Esto se interpreta así: para que el Flip Flop subíndice 0 que está en el estado presente **0** pase al estado siguiente que es **1**, debe escribirse un **1** en la entrada **S** y un **0** en la entrada **R**, en el lugar correspondiente de la columna de la variable **F**, ver tabla de transición de la **FIGURA 4**. Continuando para el FF_1 , el estado presente es **0** y el estado siguiente es **0**; esta situación corresponde al primer renglón de la tabla de excitación del Flip Flop R-S, **FIGURA 3**, por lo que se debe escribir **0** y **X** en el lugar que corresponde al cruce del renglón de $q_1q_0 = 00$ y las columnas que corresponden a **F** en S_1 y R_1 . Esto se interpreta así: para que el Flip Flop subíndice 1 que está en el estado presente **0** pase al estado siguiente que es **0**, debe escribirse un **0** en la entrada **S** y una **X** en la entrada **R**, en el lugar correspondiente de la columna de la variable **F**. Ver tabla de transición **FIGURA 4**.

Para el segundo estado de q^v cuyo valor es **01**, al recibir la señal **F**, ver tabla de estado de la **FIGURA 2**, debe transitar el circuito al estado **01**. Para que esto suceda debe suceder lo siguiente: para el FF_0 el estado presente es **1** y el estado siguiente es **1**; esta situación corresponde al cuarto renglón de la tabla de excitación del Flip Flop R-S, **FIGURA 3**, por lo que se debe escribir **X** y **0** en el lugar que corresponde al cruce del renglón de $q_1q_0 = 01$ y las columnas que corresponden a **F** en S_0 y R_0 . Esto se interpreta así: para que el Flip Flop subíndice 0 que está en el estado presente **1** pase al estado siguiente que es **1**, debe escribirse una **X** en la entrada **S** y un **0** en la entrada **R**, en el lugar correspondiente a la variable **F**, ver tabla de transición, **FIGURA 4**. Continuando para el FF_1 , el estado presente es **0** y el estado siguiente es **0**; esta situación corresponde al primer renglón de la tabla de excitación del Flip Flop R-S, por lo que se debe escribir **0** y **X**

en el lugar que corresponde al cruce del renglón de $q_1q_0 = 01$ y las columnas que corresponden a **F** en S_1 y R_1 . Esto se interpreta así: para que el Flip Flop subíndice 1 que está en el estado presente **0** pase al estado siguiente que es **0**, debe escribirse un **0** en la entrada **S** y una **X** en la entrada **R**, en el lugar correspondiente a la variable **F**. Ver tabla de transición **FIGURA 4**.

q_1q_0	FF₁						FF₀					
	S_1			R_1			S_0			R_0		
	F	R	P	F	R	P	F	R	P	F	R	P
00	0	1	0	X	0	X	1	0	0	0	X	X
01	0	0	0	X	X	X	X	X	0	0	0	1
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	0	0	0	1	0	0	0	X	X	X

Cuadro 3 Tabla de transición para el Ejercicio 2.

Al proseguir de esta forma se llena por completo la tabla de transición. Cuando se ha concluido esta etapa se procede a obtener las expresiones booleanas; aquí se puede usar los principios de operación de los mapas de Karnaugh. Las variables de salida son S_0 , R_0 , S_1 y R_1 ; las variables de entrada son **F**, **R**, **P**, q_1 y q_0 ; estas últimas son las salidas de los Flip Flops **R--S**. En el término resultante estas últimas variables estarán asociadas por la operación lógica AND y probablemente OR.

Para obtener la expresión para la entrada S_0 del Flip Flop subíndice 0, se revisan las columnas correspondientes a **F**, **R**, **P**, q_1 y q_0 , donde se aprecia que en la columna de la variable **R** se tienen dos estados de no importa que por conveniencia se pueden considerar como «0», entonces en toda la columna de la variable **R** tiene el valor **0**, por lo que se debe eliminar y no estará presente en el término resultante. Esto mismo se puede hacer en la columna de la variable **P** para que toda su columna contenga «0», por lo que también esta variable se elimina. Para la variable **F** debe considerarse «1» en el primer estado de no importa; así se tendrá que la variable **F** forma parte del término resultante, y se combina con los valores de q_1q_0 : 00 y 01; que al considerar como se hace en los mapas de Karnaugh, se elimina la variable q_0 , quedando como expresión de S_0 :

$$S_0 = F \cdot \bar{q}_1$$

Para la entrada R_0 del Flip Flop subíndice 0, los estados de no importa de las variables **F** y **R** deben considerarse como «0» para eliminarlas, y para los estados de no importa de la variable **P** es conveniente considerarlos como «1»; de esta manera, al hacer uso de las propiedades de los mapas de Karnaugh, para las variables **P**, q_1 y q_0 , estas dos últimas se eliminan y la expresión resultante es:

$$R_0 = P$$

Para obtener la expresión para la entrada S_1 del Flip Flop subíndice 1, se revisan las columnas correspondientes a **F**, **R**, **P**, q_1 y q_0 , donde se aprecia que si se consideran en los estados de no importa de las variables **F** y **P** como «0», estas se eliminan. En el caso del último estado de no importa de la variable **R** debe considerarse como «1» y se combina con los valores de q_1q_0 : 00 y 10; que al considerar como se hace en los mapas de Karnaugh, se elimina la variable q_1 , quedando como expresión de S_1 :

$$S_1 = R \cdot \bar{q}_0$$

Para la entrada R_1 del Flip Flop subíndice 1, los estados de no importa de las variables **F** y **R** deben considerarse como «0» para eliminarlas, y para los estados de no importa de la variable **P** es conveniente considerarlos como «1»; de esta manera, al hacer uso de las propiedades de los mapas de Karnaugh, para las variables **P**, q_1 y q_0 , estas dos últimas se eliminan y la expresión resultante es:

$$R_1 = P$$

El diagrama lógico del circuito final del diseño se muestra en la **FIGURA 5**.

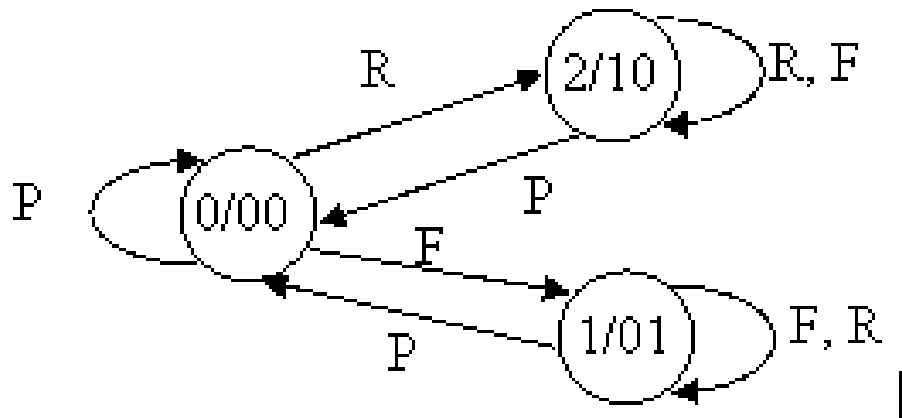


Figura 2 Diagrama lógico del Ejercicio 2.

Referencias

- [1] Hill, F. J. y Peterson, G. R. *Teoría de Conmutación y Diseño Lógico*. Ed. Limusa, 1979.