

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

Circuito para Controlar el Paro y Arranque de un Motor Eléctrico

José Alfredo Colón Ávila

Los circuitos de conmutación pueden ser clasificados de acuerdo al tipo de señales que reciben. De manera general la lógica digital se divide en dos grandes áreas de estudio: la lógica combinatoria, en la que no existe retroalimentación, y la lógica secuencial, que considera la retroalimentación de las señales de salida como señales de entrada. En esta última, los señores F. J. Hill y G. E. Peterson hacen una clasificación de este tipo de circuitos que llaman: circuitos en modalidad de reloj, circuitos en modalidad de pulso y circuitos en modalidad de nivel.

En la búsqueda de una metodología para diseñar y corroborar los desarrollos de lenguajes intuitivos como son los diagramas de escalera (lenguaje gráfico) y el de lista de instrucciones (lenguaje tipo texto) —usados ahora en Controladores Lógicos— es que se ha apoyado en las herramientas que proporciona el diseño lógico a través de los circuitos en modalidad de pulso.

Este documento es el primero de una serie de tres que, de manera simple, muestra cómo se usan estas herramientas para diseñar circuitos que controlan cargas eléctricas cuya operación es del tipo todo o nada.

Ejercicio 1

Se tienen dos botones de contacto momentáneo Normalmente Abiertos (NA), que se denominarán «A» y «P» respectivamente, quienes controlan la operación de un motor eléctrico, de forma que cuando se pulsa el botón «A» el motor arranca y se detiene cuando se pulsa el botón «P».

Cuando este problema se observa desde el punto de vista de la lógica digital, se aprecia que se puede ubicar en la modalidad de un circuito secuencial y, en particular, como un circuito que es posible analizar en la modalidad de pulso, pues las señales «P» y «A» tienen este comportamiento: envían pulsos.

Es evidente que este circuito contiene dos estados: el primero cuando el motor está detenido, al que se llamará q_0 , y el segundo cuando está en operación, al que se llamará q_1 . Siempre que se tiene la señal «P» el circuito va al estado q_0 (motor detenido), y siempre que se tiene la señal «A» el circuito pasa al estado q_1 (motor en funcionamiento). Para el estado q_0 se asocia la salida Z_0 , quien toma el valor de «0» (señal de salida para detener el motor), y para el estado q_1 se asocia la salida Z_1 , quien toma el valor de «1» (señal de salida para arrancar el motor). La forma de representar estas situaciones en los estados es q_i/Z_i .

Considerando lo expuesto en el párrafo anterior, el diagrama de estados es el que se muestra en la Figura 1:

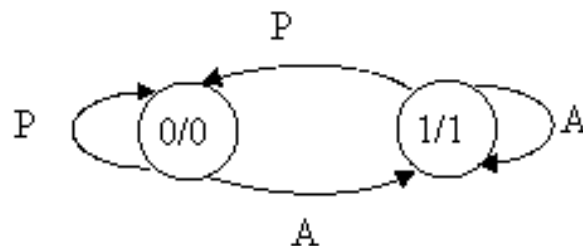


Figura 1 Diagrama de estados para controlar la operación de paro y arranque de un motor eléctrico.

Donde 0/0 es equivalente de escribir $q_0/Z = 0$, y 1/1 es equivalente a $q_1/Z = 1$.

La tabla de estados asociada al diagrama de la Figura 1 se construye como se muestra en la Figura 1.

Cuadro 1 Tabla de estados correspondiente al diagrama de la Figura 1.

q_v	A	P	Z_v
0	1	0	0
1	1	0	1
q_{v+1}			

En esta tabla q_v es el estado presente, q_{v+1} es el estado siguiente y Z_v es la salida asociada al estado presente.

El desarrollo de este tipo de modalidad de circuitos secuenciales está basado en los Flip-Flops R-S, de manera que la cantidad de estados siempre está asociado al número que proporciona 2^n , donde n indica el número de Flip-Flops requeridos; así, para dos estados se requiere un Flip-Flop, para cuatro estados se requieren 2 Flip-Flops y así sucesivamente.

En este caso se requiere de un solo Flip-Flop. Para continuar con el desarrollo debe apoyarse en una tabla denominada de **transición** (Figura 2), que considera los estados presente y siguiente de la evolución del circuito. Para llenarla se basa en la tabla de excitación del Flip-Flop tipo R-S (Figura 3), la cual permitirá asignar el valor que las entradas del circuito —que corresponderán a las variables de entrada A y P — requieren para que éste transite entre los estados definidos por el diagrama de estado.

Cuadro 2 Tabla de transición del circuito.

Q	S		R	
	A	P	A	P
0	1	0	0	X
1	X	0	0	1

Cuadro 3 Diagrama de excitación de un FF R-S.

Q	Q_t	S	R
0	0	0	X
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	X	0

Para el llenado de la tabla de transición se procede de la siguiente manera:

Se inicia considerando columnas para las señales A y P y para cada entrada del Flip-Flop (ver Figura 2). En estas columnas se anotan los valores que deben tener las entradas S y R del Flip-Flop para que logre transitar de un estado presente al estado siguiente que se pretende tenga el circuito. Así, para cuando el estado q_v tiene el valor de 0 y al recibir la señal A (ver tabla de estado, Figura 1), el circuito debe transitar al estado 1 — condición que se tiene en el segundo renglón de la tabla de excitación del Flip-Flop (Figura 3) — por lo que se debe escribir 1 y 0 en el renglón que corresponde a $Q = 0$ y que se cruza con las columnas correspondientes a A en cada una de las entradas S y R . Esto se interpreta así: para que el Flip-Flop que está en el estado presente 0 pase al estado siguiente 1, debe escribirse un 1 en la entrada S y un 0 en la entrada R , en el lugar correspondiente a la variable A (ver tabla de transición, Figura 2).

Cuando el circuito debe transitar del estado presente 0 al estado siguiente 0 (ver tabla de estado, Figura 1) — condición que corresponde a la presencia de señal de la variable P y que corresponde al primer renglón en la tabla de excitación del Flip-Flop — los valores que deben tener S y R son 0 y X respectivamente, valores que se anotan en las posiciones que corresponden al estado $Q = 0$ en la columna de la variable P .

Al proseguir de esta forma se llena por completo la tabla de transición. Una vez concluida esta etapa, se procede a obtener las expresiones booleanas; aquí se pueden usar los principios de operación de los mapas de Karnaugh. Las variables de salida son S y R ; las variables de entrada son A , P y Q , donde Q es la salida del Flip-Flop R-S. En el término resultante estas últimas variables estarán asociadas por la operación lógica AND, como minterminos.

Para obtener la expresión para la entrada S del Flip-Flop, se revisan las columnas correspondientes a Q , A y P : se aprecia que la variable P tiene en toda la columna el valor 0, por lo que se debe eliminar y no estará presente en el término resultante. Éste estará compuesto entonces por A y Q solamente. Para la variable A se aprecia que, si se considera el estado de no importa como 1, toda la columna tendrá el valor 1. Al considerar a la variable Q y usar el principio de reducción que se maneja en la técnica de los mapas de Karnaugh, Q se elimina. Por lo que la expresión booleana queda:

$$S = A$$

Si se hace el tratamiento similar para la entrada R del Flip-Flop, la expresión resultante es:

$$R = P$$

El diagrama lógico se presenta en la Figura 2.

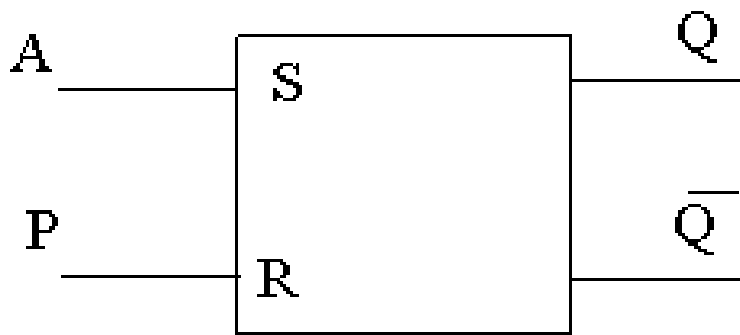


Figura 2 Diagrama lógico del circuito solución del problema planteado.

Esta es otra técnica para diseñar circuitos que pertenecen a la teoría de conmutación, como es el caso de los diagramas de escalera y lista de instrucciones.

Referencias

[1] Hill, F.J.; Peterson, G. E. *Teoría de Conmutación y Diseño Lógico*. Editorial Limusa.