

## ACCIONAMIENTO Y CONTROL DE CARGAS ELÉCTRICAS MEDIANTE EL USO DE ELEMENTOS ESTÁTICOS (LÓGICA DIGITAL Y DISPOSITIVOS DE ESTADO SÓLIDO)

Cristofer Mateo Rodríguez López  
cristofer\_mateo\_rodriguez94@outlook.com  
Ramón Silva Ortigoza<sup>1</sup>  
Hind Taud<sup>1</sup>  
Alfredo Roldan Caballero<sup>1</sup>  
Salvador Tavera Mosqueda<sup>1</sup>  
José Rafael García Sánchez<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional  
CIDETEC Área de Mecatrónica  
Unidad Profesional Adolfo López Mateos  
<sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Lerma  
Departamento de Procesos Productivos

### Resumen

La correcta operación de cargas eléctricas tales como máquinas rotatorias se requiere en gran cantidad de aplicaciones, comúnmente estas tareas se realizan mediante elementos electromagnéticos, sin embargo, la misma tarea se puede lograr con la aplicación de lógica digital y elementos de estado sólido. Adicionalmente se puede partir desde circuitos lógicos combinacionales y migrar hacia el uso de dispositivos de lógica programable a fin de hacer más pequeño y eficiente el sistema procurando la funcionalidad y seguridad del mismo y del personal de operación.

### I. Introducción

Existen diversas tareas industriales en donde se requiere que un motor sea capaz de arrancar, parar e invertir su sentido de giro, para lograr dicha tarea se requiere la implementación de dos circuitos (fuerza y control), usualmente la manera típica de realizarlo es mediante el uso de contactores, control que a menudo dependiendo del modelo, se requieren contactos de control extra, de manera que aquí se presenta una alternativa a dicha tarea utilizando tecnología TTL para la parte de control y para la parte de fuerza elementos de estado sólido.

El implementar esta alternativa implica ventajas tales como: reducción de espacios, mayor velocidad de operación, no se presenta el desgaste mecánico en los componentes ni el ruido derivado de la conmutación, en caso de falla, los elementos son fáciles de reemplazar.

Como objetivo se persigue demostrar cómo es que este tipo de circuitos de control se pueden reducir y hacer más sencillos, primeramente se mostrará el control realizado mediante la aplicación de compuertas lógicas explicando su funcionamiento, posteriormente dicho circuito se programará en un dispositivo GAL22V10D en lenguaje ABEL que resulta de gran ayuda para conocer las bases de las FPGA las cuales son capaces de resolver tareas de mayor complejidad, obteniendo con ello una visión más amplia sobre las ventajas de trabajar con tecnologías modernas. En lo referente al circuito de fuerza se mostrará un diseño capaz de responder a las señales provenientes del control y operar con cargas que demanden potencia, lo anterior utilizando TRIAC's que soporten la corriente demandada por la carga, así mismo un optoacoplador para proveer aislamiento entre el circuito de fuerza y control.

### 2. CIRCUITO DE CONTROL

Para diseñar un circuito de control eficiente se deben tener en cuenta aspectos relevantes de seguridad; el primero y más importante es considerar al botón de paro como primer elemento, ya que además de usarse como parte del proceso, este debe ser capaz de detener el sistema en caso de emergencia, así

mismo se debe tomar en cuenta un relevador de sobrecarga el cual contiene un contacto normalmente cerrado de nomenclatura 95-96 que en caso de existir sobrecarga se abrirá deteniendo el proceso inmediatamente. Debe existir un bloqueo que no permita accionar un sentido de giro mientras está operando el otro, en el ejemplo a mostrar se accionará un motor trifásico de inducción, para cambiar el sentido de giro de estos, se deben invertir dos de las tres fases es aquí donde se observa la importancia de dicho elemento ya que de no existir, al accionar ambos botones de arranque, se ocasionaría un corto circuito entre fases.

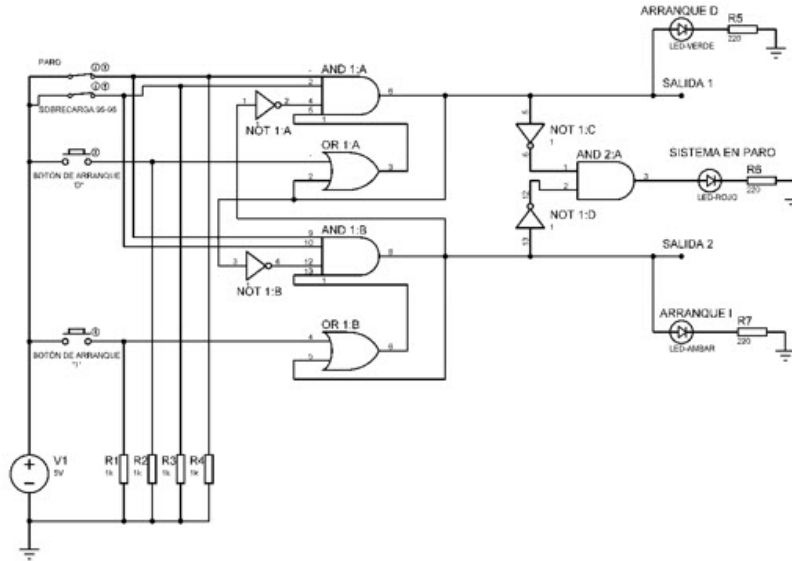


Figura 1: Circuito de control: Arranque, paro e inversión de giro motor trifásico

En la figura 1 se observa la conexión de las compuertas con los botones de arranque, paro y el contacto 95-96, el botón de paro es de tipo botón pulsador normalmente cerrado (NC), al no contar con este tipo de elemento en el software proteus se representa como un interruptor de igual manera que el 95-96. El funcionamiento de este consiste en lo siguiente: en condiciones iniciales a la entrada de la compuerta AND 1:A se tiene (1,1,1,0), por lo cual tiene un 0 a su salida, al presionar el botón de arranque, se genera un 1 en una entrada de la compuerta OR 1:A, lo que provocará que a su salida se tenga un 1, causando que en la compuerta AND 1:A se tenga (1,1,1,1) y con ello 1 a la salida, nótese que a la salida de la compuerta AND 1:A se conecta la otra entrada de la compuerta OR 1:A, esto hace que al momento de soltar el botón pulsador ya exista un 1 permanente en la compuerta OR 1:A, logrando con ello el enclave para que la compuerta AND 1:A mantenga el 1 a la salida, como se mencionó con anterioridad, tanto el botón de paro como el contacto de sobrecarga son primordiales, nótese que en caso de activarse cualquiera de los dos, se mandará un 0 a la AND 1:A o AND 1:B dependiendo el sentido de giro, logrando con eso que a la salida se tenga un 0 y se detenga el proceso totalmente. Lo mismo sucede para las compuertas de arranque de inversión de giro (AND 1:B y OR 1:B). Las salidas de las compuertas NOT 1:A y NOT 1:B conectadas a una entrada de la compuerta AND 1:B y AND 1:A respectivamente fungen la acción de bloqueo para evitar un corto circuito, como se puede observar, las entradas de estas se alimentan de la salida de las compuertas AND 1:A y AND 1:B, por lo que al momento de en alguna tener un 1 a la salida, la compuerta NOT 1:A o NOT 1:B según sea el caso enviará un 0 a la entrada de la compuerta AND contraria y de ese modo aunque se presione el botón de arranque, este no se podrá realizar. Se utilizan leds como indicadores de estado, es decir, en reposo se activa el led rojo, debido a que ambas salidas de las compuertas AND 1:A y AND 1:B se encuentran en 0, para ello se utilizan las compuertas NOT 1:C, NOT 2:C y la AND 2:A, así mismo este se apagará cuando se realice algún arranque, el led verde indica giro en sentido horario y el ámbar anti horario.

## 2.1 MIGRACIÓN A GAL22VD10.

Para implementar el circuito de la figura 1, mediante circuitos TTL, es necesario utilizar 4 circuitos integrados, realizarlo de esta forma, es una práctica poco eficiente debido a la complejidad para realizar las conexiones. Una propuesta más eficiente y confiable es utilizar una GAL.

```

MODULE CONTROL;
TITLE 'CONTROL';

*ENTRADAS
BP, SC, BD, BI pin 2,3,4,5;

*SALIDAS
AD, AI, LED pin 14,15,16 istype 'con';

*NODOS INTERNOS
BL1, BL2, S01, S02 node istype 'con';

EQUATIONS
BL1=AI;
BL2=AD;
S01=BD#AD;
S02=BI#AI;
AD=BP&SC&BL1&S01;
AI=BP&SC&BL2&S02;
LED=AD&AI;

END
    
```

Figura 2: Código del circuito de control en lenguaje ABEL.

La figura 2 muestra el código realizado que describe el comportamiento del circuito de control, en el cual se especifican las entradas, salidas, nodos internos y las ecuaciones utilizando las instrucciones lógicas para obtener el funcionamiento requerido.

### 3. CIRCUITO DE FUERZA

Como se mencionó en la introducción, el circuito de fuerza (Figura 3) utiliza MOC3021 cuya función es recibir la señal proveniente de control y mandar la señal de disparo a los TRIAC que funcionan como interruptores, al activarse se cierra el circuito entre la carga y la fuente de alimentación trifásica, como se observa en el diagrama, se está cumpliendo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-001), que en el artículo 430 especifica que deben usarse interruptores de protección así como relevadores de sobrecarga. El bloque superior recibe la señal 1 y arranca el motor en sentido horario, el bloque de abajo invierte la fase 2 y 3, lo que logra el arranque en sentido opuesto, se debe considerar que el TRIAC elegido pueda soportar la corriente demandada por el motor, así como la elección de un disipador de calor adecuado, esto con la finalidad de lograr un funcionamiento óptimo.

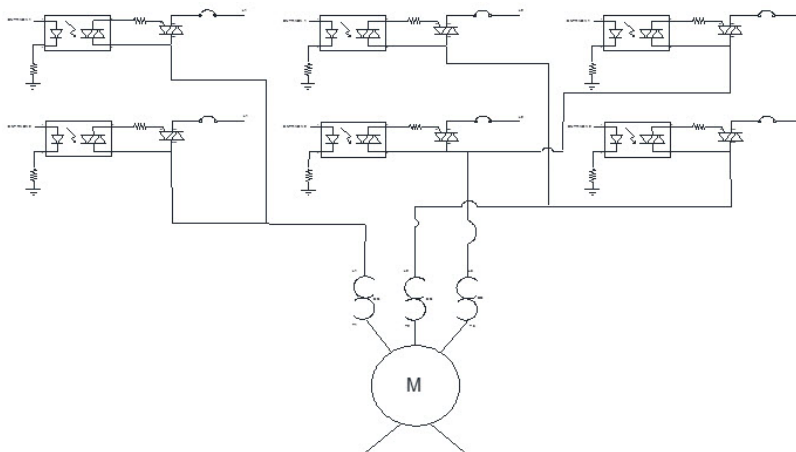


Figura 3: Circuito de fuerza: Arranque, paro e inversión de giro motor trifásico

### 4. SIMULACIONES

Para demostrar la funcionalidad del sistema se utiliza el simulador proteus ya que con la GAL22VD10 cargando el programa realizado, además, la ejecución es interactiva, la manera que se utiliza para mostrar el accionamiento del motor es colocar lámparas simulando las bobinas de este.

### 5. CONCLUSIONES

Tras observar los resultados obtenidos, se observa la gran ventaja de utilizar elementos de estado sólido para el accionamiento de cargas eléctricas, lo cual requiere de plantear una solución con lógica

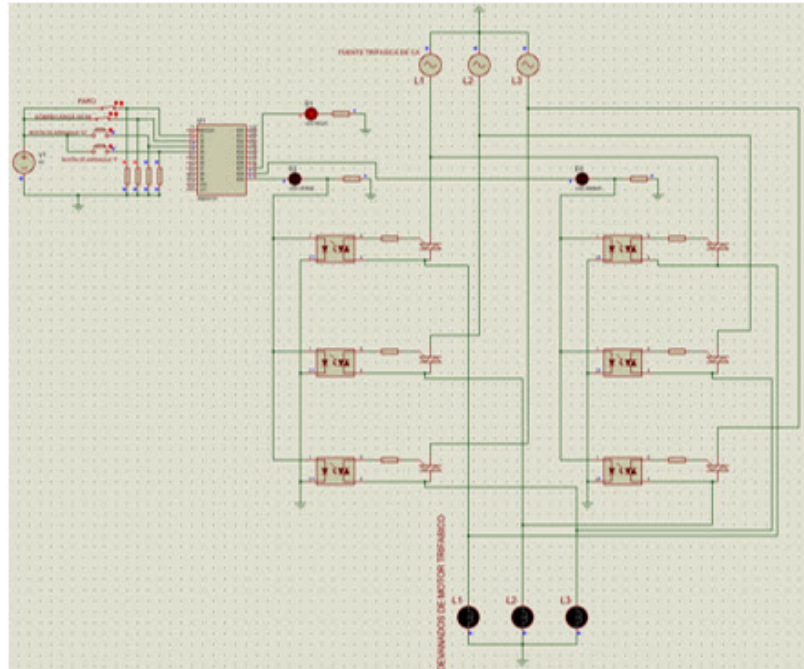


Figura 4: Simulación del sistema en condiciones iniciales.

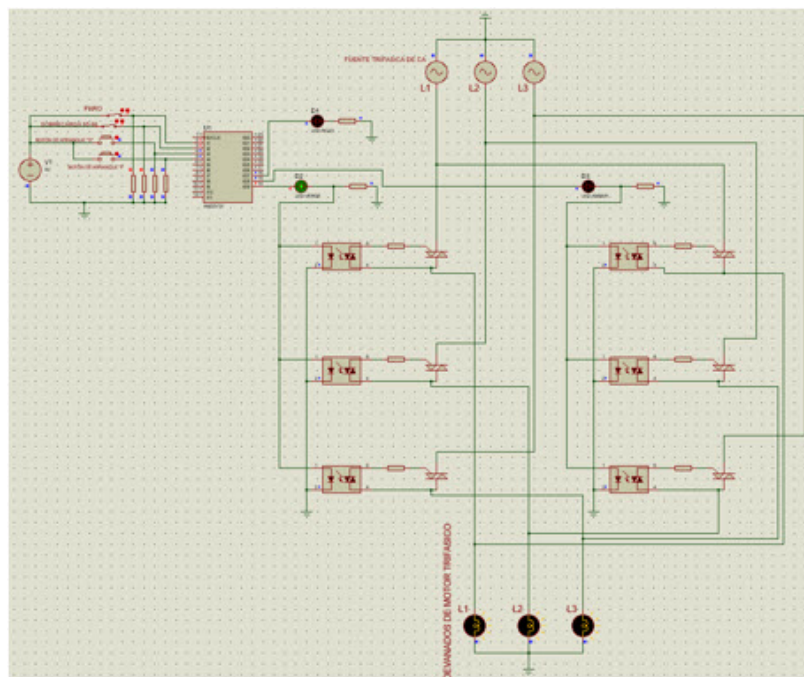


Figura 5: Simulación del sistema al oprimir botón de arranque sentido horario.

digital para la parte de control, cuya implementación ya representa una mejora en comparación del uso de elementos electromecánicos, sin embargo, al implementar un dispositivo de lógica programable se logra mayor eficiencia en el sistema. Evidentemente resulta más sencillo crear un programa que realice las tareas requeridas que armar un circuito que demande demasiadas conexiones y espacio.

Adicionalmente realizar esto muestra sólo las bases de lo que se puede lograr, es decir, se pueden diseñar códigos que permitan la operación de sistemas que requieran temporizadores, de

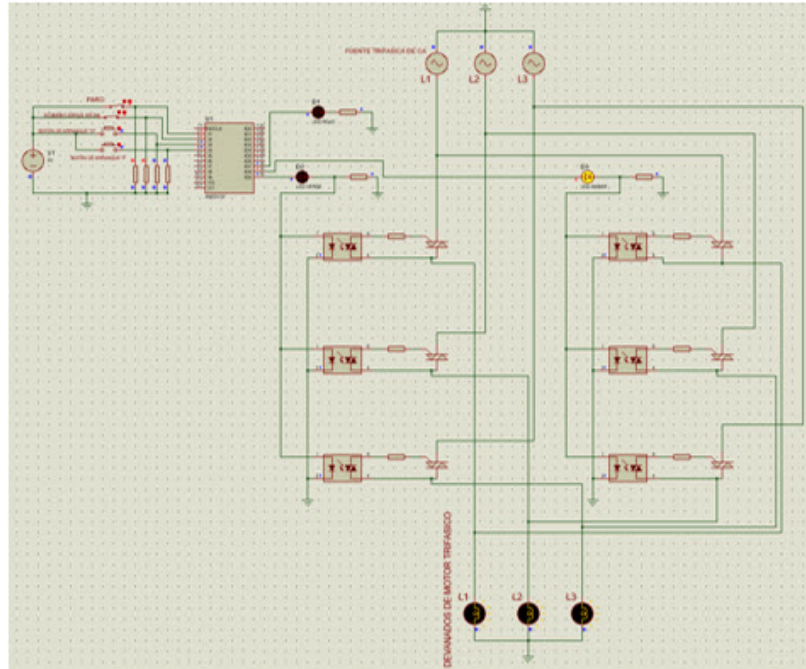


Figura 6: Simulación del sistema al oprimir botón de arranque sentido anti horario.

una o más cargas, cambios de sentido de giro en distintos valores de tiempo, etc. incluso la operación de máquinas de diversos tipos, todo con un menor esfuerzo del que demandan los sistemas clásicos.

#### REFERENCIAS.

[1] Ronald J. Tocci, Neal S. Widmer, Gregory L. Moss (2007) *Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones (Décima Edición)*. México: Pearsón Educación.

[2] Thomas L. Floyd (2008) *Dispositivos Electrónicos (Octava edición)*. México: Pearson Educación.

[3] Thomas L. Floyd (2006) *Fundamentos de sistemas digitales (Novena edición)*. Madrid: Pearson Educación.

[4] Universidad de Zaragoza (2011), *Lenguaje ABEL*. Recuperado el 1 de marzo de 2018, de <http://jagarza.fime.uanl.mx/Enero/Ene2011/Manuales/ABEL-UniversidadZaragoza.pdf>

[5] Universidad técnica Federico Santa Marina (2002), *Tutorial introductorio al lenguaje ABEL*. Recuperado el 28 de febrero de 2018, de <http://jagarza.fime.uanl.mx/Enero/Ene2011/Manuales/ABEL-UniversidadZaragoza.pdf>

Autor (año) Título del artículo/libro/revista/web texto restante