



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS
INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD Y CONTROL INDUSTRIAL

PROYECTO:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
TABLERO PARA CONTROL DE MOTORES
MEDIANTE MICROCONTROLADOR”**

AUTOR:

PABLO ANTONIO GONZAGA GUAYANAY

DIRECTOR:

ING. JORGE ENRIQUE CARRIÓN GONZÁLEZ, MG. SC.

Loja - Ecuador

2014

CERTIFICACIÓN

Ing. Jorge Enrique Carrión González, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS Y DOCENTE DE LA CARRERA INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CERTIFICA:

Que el presente proyecto titulado, "**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO PARA CONTROL DE MOTORES MEDIANTE MICROCONTROLADOR**", realizado por el egresado PABLO ANTONIO GOÑZAGA GUAYANAY, previo a la obtención del Título de TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD Y CONTROL INDUSTRIAL, ha sido dirigido en su desarrollo teórico y práctico, una vez finalizado se autoriza su presentación para la calificación correspondiente.

Loja, mayo del 2014


.....
Ing. Jorge Enrique Carrión González, Mg. Sc.

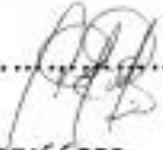
DIRECTOR

AUTORÍA

Yo, **PABLO ANTONIO GONZAGA GUAYANAY** declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual

Autor: Pablo Antonio Gonzaga Guayanay

Firma:..........

Cédula: 1105166332

Fecha: 19 de Junio de 2014

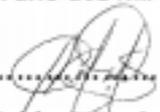
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA CONSULTA, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **PABLO ANTONIO GONZAGA GUAYANAY**, declaro ser autor de la tesis titulada: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO PARA CONTROL DE MOTORES MEDIANTE MICROCONTROLADOR”**, como requisito para optar al grado de Tecnólogo en Electricidad y Control Industrial; autorizo al sistema bibliotecario de Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y el exterior, con los cuales tenga convenio la universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 19 días del mes de junio del año dos mil catorce firma el autor.

Firma: 

Autor: Pablo Antonio Gonzaga Guayanay

Cédula: 1105166332

Dirección: Vilcabamba-Loja

Correo Electrónico: pablog-93@hotmail.es

Teléfono:

Celular: 0993698328

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Jorge Enrique Carrión González, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Ramiro Marcelo Borrero Espinosa

Ing. Julio César Cuenca Tinitana, Mg. Sc.

Ing. Edwin Bladimir Paccha Herreara, Mg. Sc.

DEDICATORIA

La presente proyecto está dedicada a Dios creador de todas las cosas; a mis padres y a mi hermano por el esfuerzo de toda una vida, por sus sacrificios, su lucha constante y su amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento sincero a mis padres Mercedes y José, a mi hermano Milton por su esfuerzo y su apoyo incondicional en toda mi carrera universitaria.

Mi gratitud especial para las personas que de una u otra manera me brindaron sus conocimientos, para el desarrollo de este proyecto.

RESUMEN

Se ha diseñado y construido un tablero para el Taller Eléctrico, con la finalidad de incorporar un nuevo equipo al Laboratorio, útil para realizar circuitos de control a base de dispositivos electrónicos como es el microcontrolador. El tablero permite realizar circuitos de control para controlar motores de tableros existentes en el Taller, aportando con un medio para el desarrollo de prácticas de control de motores por micro controlador.

El tablero permite realizar circuitos de control para prácticas como inversión de giro, arranque por pulso inicial, arranque estrella - triangulo, paro automático, entre otras.

El tablero en su mayoría está formado por dispositivos electrónicos tales como: microcontrolador, resistores, transistores, quemador de PICs, entre otros, la mayoría muy conocidos lo que facilitara el uso del tablero.

En la sección de anexos del presente texto se encuentran 10 guías de práctica, las cuales cuentan con diagramas de los respectivos circuitos de control y de fuerza, así como también la programación necesaria para grabar el microcontrolador; con este respaldo resultara sencillo realizar prácticas.

ABSTRACT

It is designed and built a board for the Electric Workshop, in order to incorporate a new device to the laboratory, useful for control circuits based electronic devices such as the microcontroller. The circuit board allows for controlling motors existing boards in the workshop, providing a means for the development of practical motor control microcontroller

The board allows control circuits for practices such as reverse rotation, initial pulse-start, start-star - triangle, automatic stop, among others.

The board is formed mostly by electronic devices such as microcontroller, resistors, transistors, PICs burner, among others, the most widely known to facilitate the use of the board.

In the Appendix section of this text there are 10 practice guidelines, which include diagrams of the respective control circuits and power, as well as the programming required to burn the microcontroller; this support internships simple result.

ÍNDICE

a. TEMA	4
b. INTRODUCCIÓN	5
c. OBJETIVOS	6
c.1 Específicos	6
c.2 Generales	6
d. DESCRIPCIÓN TÉCNICA	7
e. MATERIALES	9
f. METODOLOGÍA	10
g. MARCO TEÓRICO	12
G.1 CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
g.1.1 El contactor	12
g.1.2 Relés	12
g.1.2.1 Principio de funcionamiento	12
g.1.3 Transistores	13
g.1.3.1 Tipos de transistores	14
g.1.3.2 Transistor bipolar PNP y NPN	17
g.1.3.3 El transistor como interruptor	19
g.1.4 El microcontrolador	19
g.1.4.1 Microcontroladores PIC	20
g.1.5 Lenguaje para microcontroladores PIC	25
g.1.5.1 Lenguaje BASIC	25
g.1.5.2 Lenguaje C	26
g.1.5.3 Lenguaje Ensamblador	27
g.1.6 El motor eléctrico	27
g.1.6.1 Clasificación de los motores eléctricos	28
g.1.6.1.1 Motor de Corriente Continua (CC)	28
g.1.6.1.2 Motor de Corriente Alterna (CA)	28
g.1.6.1.3 Motores asíncronos y síncronos	28

g.1.6.2	Motor trifásico	29
g.1.6.2.1	Principio de funcionamiento	29
g.1.6.2.2	Partes de un motor trifásico	30
g.1.7	Control de motores de corriente alterna	30
g.1.7.1	Tipos de arranque de un motor	31
g.1.7.2	Características de arranque	32
g.1.7.3	Composición de un circuito de fuerza	33
g.1.7.4	Composición de un circuito de control	34
g.2	CAPÍTULO II: ELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES	35
g.2.1	Elección y dimensionamiento de los elementos del sistema de control	35
g.2.1.1	Microcontrolador	36
g.2.1.2	Oscilador	39
g.2.1.3	El RESET	41
g.2.1.4	Pulsadores – Señales de entrada del Micro controlador	43
g.2.1.5	Las salidas del micro controlador	45
g.2.1.6	Amplificación de la señal	45
g.2.1.7	Relé – Relay	47
g.2.1.8	Luces piloto	48
g.2.1.9	Diseño de la fuente DC	48
g.2.2	Software necesario para la programación del microcontrolador	51
g.2.3	Software necesario para la simulación de circuitos y diseño de circuitos impresos	53
g.3	CAPÍTULO III: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUETA	56
g.3.1	Diseño en AutoCAD en 2D	56
g.3.2	Diseño en AutoCAD en 3D	57
g.3.3	Diseño de circuitos y circuitos impresos	58
g.3.4	Proceso de construcción del tablero	63
g.3.5	Prácticas propuestas para realizar en el tablero	76
h.	CONCLUSIONES	77
i.	RECOMENDACIONES	78

j. BIBLIOGRAFÍA	79
k. ANEXOS	82
k.1 Anexo 1	83
k.2 Anexo 2	84
k.3 Anexo 3	93
k.4 Anexo 4	102

a. TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO PARA CONTROL DE MOTORES MEDIANTE
MICROCONTROLADOR”

b. INTRODUCCIÓN

La electrónica en la actualidad se encuentra bien desarrollada, y ya está ocupando espacio en automatización y control industrial, por ello se ha considerado oportuno construir un tablero que permita realizar prácticas de control de motores con dispositivos electrónicos, específicamente el microcontrolador.

Este proyecto consiste en construir un pequeño tablero que se pueda acoplar con otros tableros existentes en el taller eléctrico; es decir que solo aportara con los sistemas de mando para controlar los motores de otros tableros existentes en el taller eléctrico.

El tablero se encuentra constituido en su mayoría por dispositivos electrónicos, siendo el más importante el microcontrolador considerado como el cerebro de los sistemas de control electrónicos.

Este tablero permitirá realizar diversas prácticas de arranque, inversión de giro, entre otras de motores trifásicos, muchas de estas prácticas se realizan en otros tableros utilizando Mini PLCs y dispositivos electromecánicos como contactores, temporizadores, etc.

El principal cometido de este trabajo práctico es aportar con los medios suficientes para realizar programación y circuitos de mando para el control de algún aparato eléctrico, como un motor por ejemplo. Y de esta forma los estudiantes de carreras técnicas y tecnológicas cuenten con una opción más para realizar automatización y control. Además se desarrollara un respaldo de 10 prácticas, posibles de realizar con el tablero.

c. OBJETIVOS

c.1 General:

- Diseñar y Construir un tablero para control de motores mediante microcontrolador

c.2 Específicos:

- Desarrollar la revisión bibliográfica
- Seleccionar y dimensionar los componentes del tablero
- Diseñar la maqueta y construir la maqueta
- Desarrollar las guías de práctica de la maqueta

d. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

La función del tablero será aportar con una alternativa para control o como complemento para otros tableros, por lo tanto será didáctico, fácil de manipular y liviano de tal forma que sea fácil de utilizarlo; ya que se lo tendrá que desplazar por varios tableros del taller eléctrico.

El tablero a construir tendrá las siguientes características físicas, forma rectangular y sus medidas serán 40 cm x 50 cm x 30 cm, su estructura será de madera MDF.

Los elementos que conformaran el tablero son los siguientes:

Tabla 1.- Elementos principales del tablero

CANTIDAD	ELEMENTO
6	Relés
6	Transistores
13	Resistores
7	Pulsadores
1	Micro-controlador
1	Fuente de tensión DC.
1	Cristal
2	Capacitores

Fuente: Autor

Una de las características principales del tablero es que solo aportará con el sistema de mando. Por lo tanto las corrientes que circulen por los circuitos de control serán pequeñas y más aun tratándose de dispositivos electrónicos que tienen la característica de disipar bajas corrientes.

Los dispositivos electrónicos, el microcontrolador en especial trabajan a tensiones bajas y en corriente continua (c.c.), será necesario contar con dos niveles de tensión en corriente directa +5 y +12 voltios, los cinco voltios serán utilizados para alimentar el microcontrolador y los 12 voltios para alimentar las bobinas de los relés. Para ello se necesitara una fuente de tensión que cuente con las siguientes etapas; transformación, rectificación, filtrado y estabilización de tensión en dos niveles de tensión +5 y +12 voltios.

Para el caso de las bobinas de los contactores estas se alimentarán a 220 voltios en corriente alterna.

Es posible programar un microcontrolador con tres lenguajes de programación que son: el ASSEMBLER, BASIC y LENGUAJE C. Las programaciones para las prácticas se realizarán en 'LENGUAJE BASIC', para ello es necesario contar con el software de programación, en este caso se utilizará el programa 'MicroCode Studio' versión 2.0.0.0; también es necesario un 'compilador' que cumple la función de traducir el lenguaje de programación (en este caso la programación creada en 'MicroCode Studio') en otro lenguaje de programación y finalmente para grabar la programación en el PIC (quemar el PIC), es necesario un software y una tarjeta electrónica (quemador de PICs) el software que se utilizara será el 'PICkit 2' versión 2.61

Una de las formas de verificar si la programación funciona es simulando el circuito a través de un software, en este caso se utilizara el programa 'Proteus 7 Professional' que permite realizar circuitos especialmente electrónicos y simularlos; para el caso de los microcontroladores es posible importar el archivo en formato 'hex' generado por el compilador, permitiendo comprobar si una programación cumple con las expectativas del programador.

e. MATERIALES

El tablero se compone de dispositivos eléctricos, electrónicos, electromecánicos, y de otros ajenos a la electricidad como programas.

Los elementos que intervienen o hacen parte del sistema de control de las prácticas, y por lo tanto realizan la función principal son los siguientes:

- Microcontrolador
- Resistores
- Capacitores
- Cristal oscilador
- Transistores
- Pulsadores
- Relés
- Luces piloto

Los elementos que realizan una función secundaria pero importante como es proporcionar tensión y corriente, grabar PICs, etc., son los siguientes.

- Quemador de PICs
- Fuente de tensión DC
- Conductores para conexión
- Conductor de alimentación
- Protección (fusible)
- Conectores
- Placa para circuitos impresos
- MicroCode Studio
- PICKit 2
- Etc.

f. METODOLOGÍA.

Se diseñó y construyó un tablero, para ello se siguió el siguiente orden: en primer lugar se realizó la Revisión Bibliográfica (CAPÍTULO I), esto ayudo a conocer los varios dispositivos que se utilizarían más adelante; a continuación se seleccionó y dimensionó los elementos a utilizar en el tablero (CAPÍTULO II), para esto se tomó en cuenta las practicas propuestas, de tal manera que no exista problema en el desarrollo de las mismas; luego se diseñó la maqueta y se la construyó (CAPÍTULO III), una vez terminado el tablero se realizó las respectivas pruebas, y se realizaron las guías de práctica.

Para realizar el presente proyecto se utilizó varias técnicas y métodos de investigación y trabajo, que se describen a continuación:

f.1 Tipo de investigación

El presente proyecto se enmarca dentro de los siguientes tipos de investigación: De Campo y Bibliográfica.

f.1.1 De campo

El proyecto se desarrolló en los talleres, eléctrico y de electrónica del A.E.I.R.N.N.R., manteniendo una relación directa con las fuentes de información y apoyo tanto a nivel general como individual.

f.1.2 Bibliográfica

Se sustentó la base teórica del proyecto, mediante consultas a: fuentes bibliográficas, textos, revistas, apuntes, documentos varios, así como también fuentes informáticas e Internet.

f.2 Métodos

f.2.1 Método deductivo - inductivo

Partimos de lo general a lo particular, es decir, mediante la aplicación de la teoría general aprendida durante tres años se pretende aplicarla en el desarrollo del proyecto.

f.3 Instrumentos.

De acuerdo al tipo de proyecto, se seleccionó y utilizó instrumentos adecuados para el desarrollo del proyecto.

Los instrumentos o herramientas empleados:

- Multímetro.
- Computadora.
- Software; para programación de microcontroladores, simulación de circuitos, diseño de circuitos impresos, etc.
- Grabador de PICs
- Cautín
- Alicates, etc.

g. MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I

g.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

g.1.1 El Contactor

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). Este dispositivo tiene la posibilidad de ser accionado a distancia, tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada".¹

g.1.2 Relés

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.²

g.1.2.1 Principio de funcionamiento

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán.

Un electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre (Figura 1). Al pasar una corriente eléctrica por la bobina (Figura 2), el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán.

¹Wikipedia. (s.f.). *El contactor*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Contactor>

²Wikipedia. (s.f.). *El relé*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

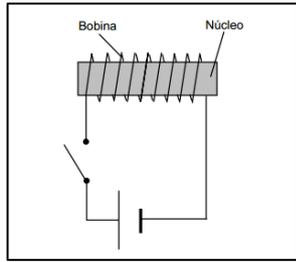


Figura 1.- Electroimán energizado

Fuente:<http://dircasa-calora.blogspot.com/2013/09/principios-basicos-de-un-rele-relay.html#.U3oGdfI5MSY>

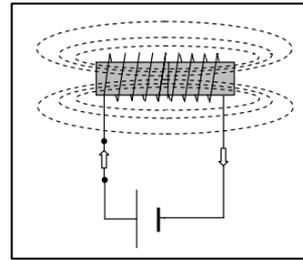


Figura 2.- Electroimán

Fuente:<http://dircasa-calora.blogspot.com/2013/09/principios-basicos-de-un-rele-relay.html#.U3oGdfI5MSY>

El relé más sencillo está formado por un electroimán como el descrito anteriormente y un interruptor de contactos (Figura 3). Al pasar una pequeña corriente por la bobina, el núcleo se imanta y atrae al inducido por uno de sus extremos, empujando por el otro a uno de los contactos hasta que se juntan, permitiendo el paso de la corriente a través de ellos. Esta corriente es, normalmente, mucho mayor que la que pasa por la bobina.³

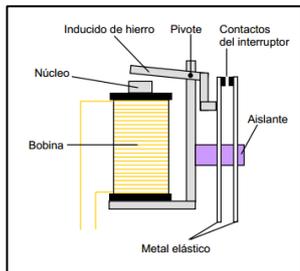


Figura 3.- Electroimán energizado

Fuente:<http://dircasa-calora.blogspot.com/2013/09/principios-basicos-de-un-rele-relay.html#.U3oGdfI5MSY>

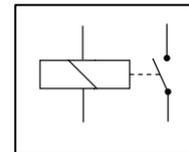


Figura 4.- Electroimán

Fuente:<http://dircasa-calora.blogspot.com/2013/09/principios-basicos-de-un-rele-relay.html#.U3oGdfI5MSY>

g.1.3 Transistores

El transistor es un dispositivo semiconductor de tres capas que consiste de dos capas de material tipo n y una capa tipo p, o bien, de dos capas de material tipo p y

³Dircasa-calora. (s.f.). *El relé*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://dircasa-calora.blogspot.com/2013/09/principios-basicos-de-un-rele-relay.html#.U3oGdfI5MSY>

una tipo n, al primero se le llama transistor NPN, en tanto que al segundo transistor PNP.

- **EMISOR**, que emite los portadores de corriente,(huecos o electrones). Su labor es la equivalente al CATODO en los tubos de vacío o "lámparas" electrónicas.
- **BASE**, que controla el flujo de los portadores de corriente. Su labor es la equivalente a la REJILLA cátodo en los tubos de vacío o "lámparas" electrónicas.
- **COLECTOR**, que capta los portadores de corriente emitidos por el emisor. Su labor es la equivalente a la PLACA en los tubos de vacío o "lámparas" electrónicas.⁴

g.1.3.1 Tipos de transistores

➤ **Fototransistor:**

Se llama fototransistor a un transistor sensible a la luz, normalmente a los infrarrojos. La luz incide sobre la región de base, generando portadores en ella. Esta carga de base lleva el transistor al estado de conducción. El fototransistor es más sensible que el fotodiodo por el efecto de ganancia propio del transistor. Un fototransistor es igual a un transistor común, con la diferencia que el primero puede trabajar de 2 formas:

Como transistor normal con la corriente de base I_b (modo común).

Como fototransistor, cuando la luz que incide en este elemento hace las veces de corriente de base. I_p (modo de iluminación).

Puede utilizarse de las dos en formas simultáneamente, aunque el fototransistor se utiliza principalmente con el pin de la base sin conectar.⁵

⁴Wikipedia. (s.f.). *El Transistor*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor>

⁵Hyperphysics. (s.f.). *Fototransistor*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html>



Figura 5.- Fototransistores
Fototransistores

Fuente:http://static1.tme.eu/katalog_pics/9/c/8 **Fuente:**
<http://hyperphysics.phy->
[/9c86c318bec6d3950555caadf0b4e4bb/vtt1115h.jpg](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html)

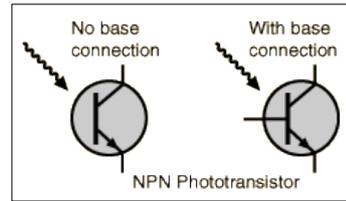


Figura 6.- Símbolo-

[astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html)

➤ **Transistor uni-uni3n (UJT):**

El transistor uni-uni3n es un tipo de tiristor que contiene dos zonas semiconductoras.

Tiene tres terminales denominados emisor (E), base uno (B1) y base dos (B2). Est3 formado por una barra semiconductor tipo N, entre los terminales B1-B2, en la que se difunde una regi3n tipo P+, el emisor, en alg3n punto a lo largo de la barra, lo que determina el valor del par3metro η , standoff ratio, conocido como raz3n de resistencias o factor intr3nseco (Figura 8).⁶



Figura 7.- Transistor UJT
UJT

Fuente:http://rsk.imageg.net/graphics/product_

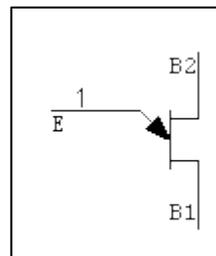


Figura 8.-S3mbolo del transistor

Fuente:[http://upload.wikimedia.o](http://upload.wikimedia.org/)
rg/

[images/pRS1-12383834w345.jpg](http://upload.wikimedia.org/images/pRS1-12383834w345.jpg)
[wikipedia/commons/f/f0/Jfet-n-chaube050413.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/Jfet-n-chaube050413.png)

➤ **Transistor IGBT:**

⁶ Hyperphysics. (s.f.). *Transistor Uniunion*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html>

El transistor bipolar de puerta aislada es un dispositivo semiconductor que generalmente se aplica como interruptor controlado en circuitos de electrónica de potencia.

Este dispositivo posee la características de las señales de puerta de los transistores efecto campo con la capacidad de alta corriente y voltaje de baja saturación del transistor bipolar, combinando una puerta aislada FET para la entrada de control y un transistor bipolar como interruptor en un solo dispositivo. El circuito de excitación del IGBT es como el del MOSFET, mientras que las características de conducción son como las del BJT.

Los transistores IGBT han permitido desarrollos que no habían sido viables hasta entonces, en particular en los Variadores de frecuencia así como en las aplicaciones en máquinas eléctricas y convertidores de potencia.⁷

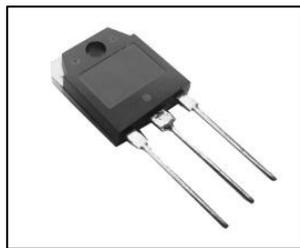


Figura 9.- Transistor IGBT
transistor IGBT

Fuente:http://www.edisani.com/img/pdidactic.com/_/57-110-large.jpg
[media/detail_service_e_he_020_280.jpg](http://www.edisani.com/media/detail_service_e_he_020_280.jpg)

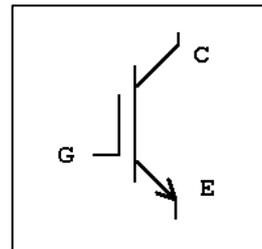


Figura 10.-Símbolo del

Fuente:<http://www.festo->

➤ **Transistores de Efecto de Campo:**

JFET: También llamado transistor unipolar, fue el primer transistor de efecto de campo en la práctica. Lo forma una barra de material semiconductor de silicio de tipo N o P. En los terminales de la barra se establece un contacto óhmico, tenemos así un transistor de efecto de campo tipo N de la forma más básica.

MOSFET: Transistores de efecto de campo de metal-óxido semiconductor. En estos componentes, cada transistor es formado por dos islas de silicio, una dopada para

⁷ Hyperphysics. (s.f.). *Transistor IGBT*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html>

ser positiva, y la otra para ser negativa, y en el medio, actuando como una puerta, un electrodo de metal⁸

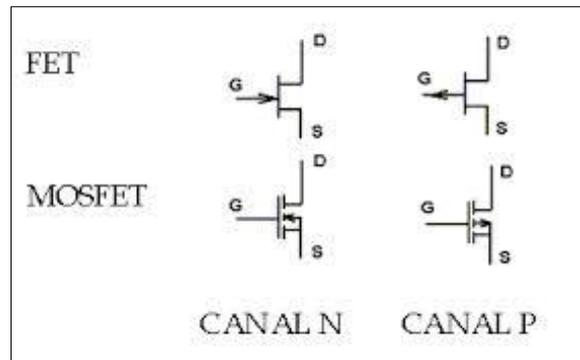


Figura 11.- Transistores de efecto de campo

Fuente:http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001771/html/ca_p04/04_05_01.html

g.1.3.2 Transistor bipolar PNP y NPN

Un transistor de unión bipolar consiste en tres regiones de semiconductores dopados. Se puede utilizar una pequeña corriente en la región central o base, para controlar una corriente mayor que fluye entre las regiones extremas (emisor y colector). El dispositivo puede ser caracterizado como un amplificador de corriente, el cual tiene muchas aplicaciones en la amplificación y la conmutación.



Figura 12.- Transistor bipolar bipolar

Fuente: Página web 6

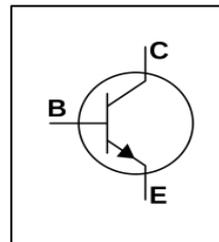


Figura 13.- Símbolo del transistor

Fuente: Página web 6

Existen 2 tipos de transistores bipolares, los denominados NPN y PNP:

El emisor en un transistor NPN es la zona semiconductor más fuertemente dopada con donadores de electrones, siendo su ancho intermedio entre el de la base y el colector. Su función es la de emitir electrones a la base. La base es la zona más estrecha y se encuentra débilmente dopada con aceptores de electrones. El

⁸Ecured. (s.f.). *Transistor de efecto de campo*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de http://www.ecured.cu/index.php/Transistor_de_efecto_campo

colector es la zona más ancha, y se encuentra dopado con donadores de electrones en cantidad intermedia entre el emisor y la base.⁹

Condiciones de funcionamiento: Las condiciones normales de funcionamiento de un transistor NPN se dan cuando el diodo B-E (Figura 14) se encuentra polarizado en directa y el diodo B-C (Figura 14) se encuentra polarizado en inversa. En esta situación gran parte de los electrones que fluyen del emisor a la base consiguen atravesar ésta, debido a su poco grosor y débil dopado, y llegar al colector.¹⁰

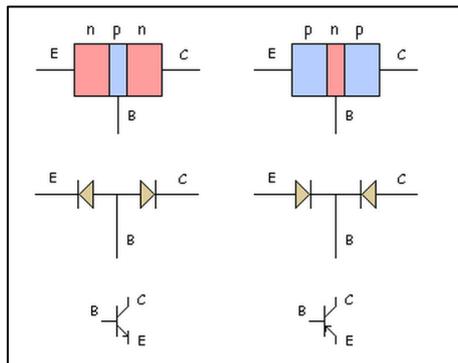


Figura 14.- Condiciones de funcionamiento del transistor NPN y PNP

Fuente:<http://juliodelgado.galeon.com/#saturacion>

El transistor bipolar posee tres zonas de funcionamiento:

Zona de saturación: El diodo colector está polarizado directamente y el transistor se comporta como una pequeña resistencia. En esta zona un aumento adicional de la corriente de base no provoca un aumento de la corriente de colector, ésta depende exclusivamente de la tensión entre emisor y colector. El transistor se asemeja en su circuito emisor-colector a un interruptor cerrado.

Zona activa: En este intervalo el transistor se comporta como una fuente de corriente, determinada por la corriente de base. A pequeños aumentos de la corriente de base corresponden grandes aumentos de la corriente de colector, de forma casi independiente de la tensión entre emisor y colector. Para trabajar en esta

⁹Hyperphysics. (s.f.). *Fototransistor*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html>

¹⁰Galeon hispavista.com. (s.f.). *Transistor Bipolar, teoría y práctica*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://juliodelgado.galeon.com/#saturacion>

zona el diodo B-E (Figura 14) ha de estar polarizado en directa, mientras que el diodo B-C (Figura 14), ha de estar polarizado en inversa.

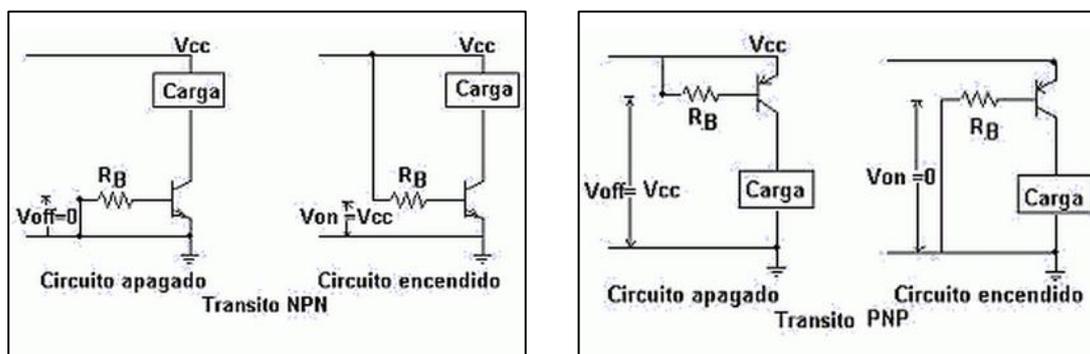
Zona de corte: El hecho de hacer nula la corriente de base, es equivalente a mantener el circuito base emisor abierto, en estas circunstancias la corriente de colector es prácticamente nula y por ello se puede considerar el transistor en su circuito C-E (Figura 14) como un interruptor abierto.

Los transistores se usan en su zona activa cuando se emplean como amplificadores de señales. Las zonas de corte y saturación son útiles para realizar conmutación.¹¹

g.1.3.3 El transistor como interruptor.

El transistor se puede utilizar como si fuera un relé, con la ventaja de que conmuta más rápido y tiene una vida mucho más larga que un mecanismo electromecánico.

Cuando el transistor está en corte se puede comparar con un interruptor abierto y cuando está en saturación es equivalente a un interruptor cerrado. Como las condiciones de corte y saturación normalmente las determina el circuito asociado a la base se puede establecer la siguiente relación entre un transistor y un interruptor. Un circuito trabajando en conmutación se puede emplear para conectar y desconectar la tensión a una carga o para dar una salida que sirva como entrada a otro circuito.¹²



¹¹ Galeon hispavista.com. (s.f.). *Transistor Bipolar, teoría y práctica*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://juliodelgado.galeon.com/#saturacion>

¹² Galeon hispavista.com. (s.f.). *Transistor Bipolar, teoría y práctica*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena4/4q2_contenidos_5b.htm

Figura 15.- Interruptor con transistor NPN

Fuente:<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/>

Fuente:http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001771/html/cap04/04_05_01.html

Figura 16.- Interruptor

g.1.4 El Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado, en cuyo interior posee toda la arquitectura de un computador, esto es CPU, memorias RAM, EEPROM, y circuitos de entrada y salida.(Martínez, 2008)

Un microcontrolador de fábrica, no realiza tarea alguna, este debe ser programado para que realice desde un simple parpadeo de un led hasta un sofisticado control de un robot. Un microcontrolador es capaz de realizar la tarea de muchos circuitos lógicos como compuertas AND, OR, NOT, NAND, conversores analógico-digital (A/D), digital-analógico (D/A), temporizadores, decodificadores, etc., simplificando todo el diseño a una placa de reducido tamaño y pocos elementos.¹³

g.1.4.1 Microcontroladores PIC

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por **Microchip Technology Inc.** y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de **General Instrument**.¹⁴

En los últimos años han tenido un gran auge los microcontroladores PIC fabricados por **Microchip Technology Inc.** Los PIC (Peripheral Interface Controller) son una familia de microcontroladores que ha tenido gran aceptación y desarrollo en los últimos años gracias a que sus buenas características, bajo precio, reducido consumo, pequeño tamaño, gran calidad, fiabilidad y abundancia de información, lo convierten en muy fácil, cómodo y rápido de utilizar. (López, 2004)

¹³ TORRES TORRITI,M. (s.f.). *Tutorial microcontroladores PIC*. Recuperado el 20 de 11 de 2013, de http://web.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial_pic.pdf

¹⁴Wikipedia. (s.f.). *El Transistor*. Recuperado el 20 de 11 de 2013, de http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador_PIC

Los microcontroladores son computadores digitales integrados en un chip que cuentan con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa, una memoria para almacenar datos y puertos de entrada y salida. A diferencia de los microprocesadores de propósito general, como los que se usan en los computadores PC, los microcontroladores son unidades autosuficientes y más económicas.

El funcionamiento de los microcontroladores está determinado por el programa almacenado en su memoria. Este puede escribirse en distintos lenguajes de programación. Además, la mayoría de los microcontroladores actuales pueden reprogramarse repetidas veces.

Por las características mencionadas y su alta flexibilidad, los microcontroladores son ampliamente utilizados como el cerebro de una gran variedad de sistemas embebidos que controlan máquinas, componentes de sistemas complejos, como aplicaciones industriales de automatización y robótica, domótica, equipos médicos, sistemas aeroespaciales, e incluso dispositivos de la vida diaria como automóviles, hornos de microondas, teléfonos y televisores. (Martínez, 2008)

Frecuentemente se emplea la notación μC o las siglas MCU para referirse a los microcontroladores. (Martínez, 2008)

Características relevantes de los PIC

- La arquitectura del procesador sigue el modelo Harvard.
- Se aplica la técnica de segmentación ("pipe-line") en la ejecución de las instrucciones.
- El formato de todas las instrucciones tiene la misma longitud.
- Procesador RISC (Computador de Juego de Instrucciones Reducido).
- Todas las instrucciones son ortogonales.
- Arquitectura basada en un banco de registros.
- Prácticamente todos los PIC se caracterizan por poseer unos mismos recursos mínimos.
- Modelos de arquitectura cerrada y de arquitectura abierta.

- Diversidad de modelos de microcontroladores.
- Amplio margen de alimentación y corrientes de salida elevadas¹⁵

- **La arquitectura del procesador sigue el modelo Harvard:** La repercusión más importante del empleo de la arquitectura Harvard en los microcontroladores PIC se manifiesta en la organización de la memoria del sistema. La memoria de programa o instrucciones es independiente de la de los datos, teniendo tamaños y longitudes de palabra diferentes.

La arquitectura Harvard permite a la CPU acceder simultáneamente a las dos memorias. Además, propicia numerosas ventajas al funcionamiento del sistema.

En los PIC, el formato de las instrucciones es de 12 bits, 14 bits o 16 bits según el modelo y, en consecuencia, la longitud de las palabras de la memoria de instrucciones o programa corresponde con esa longitud. Este tamaño permite codificar en una palabra el código de operación de la instrucción junto al operando o su dirección.

Para adaptarse a las necesidades de las aplicaciones del usuario hay modelos con 512 posiciones para la memoria de instrucciones y otros que tienen 1 k, 2 k, y hasta 64 k posiciones de memoria.

- **Se aplica la técnica de segmentación ("pipe-line") en la ejecución de las instrucciones:** La segmentación permite al procesador realizar al mismo tiempo la ejecución de una instrucción y la búsqueda del código de la siguiente. De esta forma se puede ejecutar cada instrucción en un ciclo (en los PIC cada ciclo de instrucción son cuatro ciclos de reloj).

Durante la fase de búsqueda, la dirección de la instrucción la proporciona el PC, el cual normalmente se autoincrementa en la mayoría de las instrucciones, excepto en las de salto.

¹⁵Dispositivos lógicos microprogramables. (s.f.). Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic.htm>

- **El formato de todas las instrucciones tiene la misma longitud:** Las instrucciones de los microcontroladores más sencillos tienen una longitud de palabra de 12 bits. Los medianos tienen 14 bits y los de mayor complejidad tienen más longitud. Esta característica es muy ventajosa en la optimización de la memoria de instrucciones y facilita enormemente la construcción de ensambladores y compiladores.¹⁶

- **Procesador RISC (Computador de Juego de Instrucciones Reducido):** Las CPU's atendiendo al tipo de instrucciones que utilizan pueden clasificarse en 3 CISC, RISC y SISC:

RISC: (Reduced Instruction Set Computer) Computadores de juego de instrucciones reducido, en los que el repertorio de instrucciones es muy reducido, las instrucciones son muy simples y suelen ejecutarse en un ciclo máquina. Además los RISC deben tener una estructura 'pipeline' y ejecutar todas las instrucciones a la misma velocidad. El número de instrucciones de los PIC más simples es 33, llegando a 60 en los más complejos.

- **Todas las instrucciones son ortogonales:** Cualquier instrucción puede manejar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o como destino.

En los PIC el manejo del banco de registros, que participan activamente en la ejecución de las instrucciones, es muy interesante al ser ortogonales.

- **Arquitectura basada en un banco de registros:** La arquitectura basada en banco de registros implica que todos los elementos del sistema, es decir, temporizadores, puertos de entrada/salida, posiciones de memoria, etc, están implementados físicamente como registros.¹⁷

- **Prácticamente todos los PIC se caracterizan por poseer unos mismos recursos mínimos:**

- **Sistema POR (POWER ON RESET).**

¹⁶Dispositivos lógicos microprogramables. (s.f.). Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic.htm>

¹⁷Dispositivos lógicos microprogramables. (s.f.). Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic.htm>

Todos los PIC tienen la facultad de generar una auto-reinicialización o auto-reset al conectarles la alimentación.

- **Perro guardián, (Watchdog)**

Existe un temporizador que produce un reset automáticamente si no es recargado antes de que pase un tiempo prefijado. Así se evita que el sistema se quede "colgado" puesto que dada esa situación el programa no recargaría dicho temporizador y se generaría un reset.

- **Código de protección.**

Cuando se procede a realizar la grabación del programa, puede protegerse para evitar su lectura. También disponen de posiciones reservadas para registrar números de serie, códigos de identificación, prueba, etc.

- **Modo de reposo (bajo consumo o SLEEP).**

Ejecutando una instrucción (SLEEP), el CPU y el oscilador principal se detienen y se reduce notablemente el consumo.

- **Modelos de arquitectura cerrada y de arquitectura abierta:** Entre los fabricantes de microcontroladores hay dos tendencias para resolver las demandas de los usuarios:

- **Microcontroladores de arquitectura cerrada.**

Cada modelo se construye con una determinada CPU, cierta capacidad de memoria de datos, cierto tipo y capacidad de memoria de instrucciones, un número de E/S y un conjunto de recursos auxiliares muy concreto. El modelo no admite variaciones ni ampliaciones.

La aplicación a la que se destina debe encontrar en su estructura todo lo que precisa y, en caso contrario, hay que desecharlo.

- **Microcontroladores de arquitectura abierta.**

Estos microcontroladores se caracterizan porque, además de disponer de una estructura interna determinada, pueden emplear sus líneas de E/S para sacar al exterior los buses de datos, direcciones y control, con lo que se posibilita la ampliación de la memoria y las E/S con circuitos integrados externos.

Los verdaderos microcontroladores responden a la arquitectura cerrada y permiten resolver una aplicación con un solo circuito integrado y a precio muy reducido.

- **Diversidad de modelos de microcontroladores:** La gran variedad de modelos de microcontroladores PIC permite que el usuario pueda seleccionar el más conveniente para su proyecto:

El número de patillas de E/S varía de 4 a 70, según el modelo.

Casi todos disponen de una memoria EEPROM de 16 a 1024 bytes para almacenar datos y recuperarlos después de haber eliminado la alimentación.

Las frecuencias más habituales de funcionamiento máximas, según el modelo, son 4 MHz y 10 MHz, llegando algunos a los 48 MHz.

Además de las entradas/salidas digitales y temporizadores y contadores, según el modelo, podemos disponer de entradas/salidas analógicas (convertidores A/D, D/A), comparadores analógicos, amplificadores operacionales, puerto serie, I2C, USB.

Según la versión de PIC, la Pila o "Stack" dispone de un cierto número de niveles lo que supone poder encadenar más o menos subrutinas. Los microcontroladores PIC más sencillos no admiten interrupciones, pero el resto sí.

- **Amplio margen de alimentación y corrientes de salida elevadas:** La tensión típica de los PIC es de 5 V, pero también hay modelos que se pueden alimentar con tensiones de 2 a 6,25 voltios, lo cual posibilita el funcionamiento mediante pilas corrientes teniendo en cuenta su bajo consumo (menos de 2 mA a 5 V y 4 MHz).

Las líneas de E/S de los PIC pueden proporcionar o absorber una corriente de salida comprendida entre 20 y 25 mA, capaz de excitar directamente ciertos periféricos.¹⁸

g.1.5 Lenguaje para microcontroladores PIC

Dentro de los lenguajes en los que programamos rutinas para PIC existen tres posibilidades:¹⁹

- Lenguaje BASIC
- Lenguaje C
- Lenguaje Ensamblador (assembler)

g.1.5.1 El lenguaje BASIC:

Ventajas:

- Es un lenguaje muy simple y con instrucciones fácilmente legibles, incluso por no expertos.

Desventajas:

- Nunca se va a tener el control del programa en cuantos tiempos de ejecución y control de registros bit a bit.
- Es muy complicado el manejo de interrupciones simultáneas en este lenguaje.
- Tiene limitaciones cuando genera el archivo .hex, es decir no optimiza el tamaño de memoria de programa del PIC.
- La mayoría de compiladores para este lenguaje pueden utilizarse únicamente bajo ambiente Windows

g.1.5.2 Lenguaje C:

Ventajas:

¹⁸Dispositivos lógicos microprogramables. (s.f.). Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic.htm>

¹⁹Electronica Desarrollo. (s.f.). *Lenguajes de programacion para PICs*. Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic.htm>

- Es un lenguaje de alto nivel más cercano a la máquina.
- Puedes construir rutinas matemáticas fácilmente.
- Puede ser de ayuda al combinarlo con Ensamblador sobre todo en la gama alta.
- Se pueden crear macros con este lenguaje, para después simplificar el código en diferentes desarrollos.
- Es aceptado por la empresa fabricante Microchip, incluso ellos tienen algunos compiladores C.

Desventajas:

- Los programas al compilarlos pueden resultar un poco extensos y pesados por ello debe tenerse en cuenta la capacidad de memoria de programa del PIC a utilizar.
- Con este lenguaje tampoco se puede controlar del todo los tiempos y los registros bit a bit.²⁰

g.1.5.3 Lenguaje Ensamblador:

Ventajas:

- Es el lenguaje de bajo nivel natural de la línea PIC tanto para gama baja, media o alta.
- Con él se tiene un aprovechamiento eficiente de los recursos del PIC.
- Se pueden crear macros con este lenguaje, para después simplificar el código en diferentes desarrollos.
- Con él se pueden controlar los tiempos y los registros bit a bit.
- Excelente para manejar interrupciones simultáneas.
- Cuando se genera el archivo .hex éste es completamente optimizado.

Desventajas:

²⁰Electronica Desarrollo. (s.f.). *Lenguajes de programacion para PICs*. Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic.htm>

- Exige conocimiento y experiencia en comparación con los otros lenguajes.²¹

g.1.6 El motor eléctrico

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica mediante interacciones electromagnéticas. Algunos motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en eléctrica funcionando como generadores. (Enríquez, 1985)

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético. El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo así propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica.²²

g.1.6.1 Clasificación de los motores eléctricos:

g.1.6.1.1 Motor de Corriente Continua (CC).

Se utiliza en casos en los que es importante el poder regular continuamente la velocidad del motor. Este tipo de motor debe de tener en el rotor y el estator el mismo número de polos y el mismo número de carbones.

g.1.6.1.2 Motor de Corriente Alterna (CA).

²¹Electronica Desarrollo. (s.f.). *Lenguajes de programación para PICs*. Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic.htm>

²²Ingeniatic. (s.f.). *Motor eléctrico*. Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/527-motor-el%C3%A9ctrico>

Son aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

g.1.6.1.3 Motores *asíncronos* y *síncronos*.

Los motores asíncronos (motores de inducción), basan su funcionamiento en el efecto que produce un campo magnético alterno aplicado a un inductor o estator sobre un rotor con una serie de espiras sin ninguna conexión externa sobre el que se inducen unas corrientes por el mismo efecto de un transformador.

Por lo tanto, en este sistema solo se necesita una conexión a la alimentación, que corresponde al estator, eliminándose, por lo tanto, el sistema de escobillas que se precisa en otros tipos de motores.²³

Los motores síncronos están constituidos por un inducido que suele ser fijo, formando por lo tanto el estator sobre el que se aplica una corriente alterna y por un inductor o rotor formado por un imán o electroimán que contiene un cierto número de pares de polos magnéticos. El campo variable del estator hace girar al rotor a una velocidad fija y constante de sincronismo que depende de la frecuencia alterna aplicada. De ello deriva su denominación de síncronos.

g.1.6.2 Motor trifásico

Es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica. La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator (o parte fija del motor).

g.1.6.2.1 Principio de funcionamiento.

Cuando la corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases del motor, en el estator se origina un campo magnético que induce corriente en las barras del rotor.

²³Monografias.com. (s.f.).*Motor eléctrico trifásico*. Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

Dicha corriente da origen a un flujo que al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator, originará un par motor que pondrá en movimiento al rotor. Dicho movimiento es continuo, debido a las variaciones también continuas, de la corriente alterna trifásica.

Solo debe hacerse notar que el rotor no puede ir a la misma velocidad que la del campo magnético giratorio. Esto se debe a que a cada momento recibe impulsos del campo, pero al cesar el empuje, el rotor se retrasa. A este fenómeno se le llama deslizamiento.

Después de ese momento vendrá un nuevo empuje y un nuevo deslizamiento, y así sucesivamente. De esta manera se comprende que el rotor nunca logre alcanzar la misma velocidad del campo magnético giratorio.²⁴

Es por lo cual recibe el nombre de asíncrono o asincrónico. El deslizamiento puede ser mayor conforme aumenta la carga del motor y lógicamente, la velocidad se reduce en una proporción mayor.

g.1.6.2.2 Partes del motor eléctrico trifásico.

Independientemente del tipo de motor trifásico del que se trate, todos los motores trifásicos convierten la energía eléctrica en energía mecánica.

El estator: Está constituido por un enchapado de hierro al silicio, introducido generalmente a presión, entre una carcasa de hierro colado. El enchapado es ranurado, lo cual sirve para insertar allí las bobinas, que a su vez se construyen con alambre de cobre, de diferentes diámetros.

El rotor: Es la parte móvil del motor. Está formado por el eje, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos con tornillos. A este tipo de rotor se le llama de jaula de ardilla o en cortocircuito porque el anillo y las barras que son de aluminio, forman en realidad una jaula.

²⁴Monografias.com. (s.f.).*Motor eléctrico trifásico*. Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

Los escudos: Están hechos con hierro colado (la mayoría de veces). En el centro tienen cavidades donde se incrustan cojinetes de bolas sobre los cuales descansa el eje del rotor. Los escudos deben estar siempre bien ajustados con respecto al estator, porque de ello depende que el rotor gire libremente, o que tenga "arrastres" o "fricciones".²⁵

g.1.7 Control De Motores De Corriente Alterna

Algunos de los factores a considerarse:

El arranque del motor: El motor eléctrico se puede arrancar conectándolo directamente a la línea pero es muy peligroso, para hacerlo de forma segura existen medios de control como el dispositivo de arranque (un botón pulsador) y el dispositivo de paro (un botón pulsador de emergencia), también se utiliza una bobina de un contactor o un arrancador magnético.²⁶

En el arranque los motores eléctricos según la aplicación, su arranque debe ser lento y gradualmente hasta alcanzar su velocidad normal, pero en otros casos no solamente su encendido normal es por eso que depende de la aplicación que se le dé. (Enríquez, 1985)

Por ejemplo.- Un arranque gradual de velocidad puede ser en una turbina de aire o (soplador industrial), para lograr esto en la actualidad se utilizan dispositivos electrónicos de arranque gradual y paro gradual del motor eléctrico, estos dispositivos eliminan esfuerzos repentinos por lo que aumentan la vida del motor, estos dispositivos son controladores por SCR o controlador rectificador de silicio.

La parada del motor: Los controladores permiten la detención o paro de los motores eléctricos en forma normal por la inercia o por la acción de un freno magnético, la acción rápida del controlador es vital para casos de emergencia (paro de emergencia).(Enríquez, 1985)

²⁵Monografias.com. (s.f.).*Motor eléctrico trifásico*. Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

²⁶Aplicacioneselectricas. (s.f.).*Control de motores de corriente alterna*. Recuperado el 27 de 02 de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

g.1.7.1 Tipos de arranque de un motor

Arranque directo: El arranque de los motores de baja potencia se hace directamente conectando el motor a la red por medio de un contactor o un arrancador magnético. (Enríquez, 1985)

Arranque estrella triángulo: Consiste en arrancar el motor en estrella que es cuando consume menos corriente y luego pasarlo a conexión triángulo cuando la velocidad sea la nominal. Se realiza en dos tiempos.(Enríquez, 1985)

Arranque por resistencias: En el momento del arranque se insertan resistencias en serie en cada fase del estator. Luego se ponen en corto circuito tan pronto como la velocidad sea normal.(Enríquez, 1985)

Arranque por autotransformador: El autotransformador comprende varias tomas intermedias y el arranque se realiza en tres (3) tiempos.

1. Conexión del autotransformador en estrella al motor. Se arranca a tensión reducida.
2. Se abre el punto común del bobinado del autotransformador.
3. Se desconecta el autotransformador y el motor trabaja a plena tensión²⁷

g.1.7.2 Características de arranque

Las siguientes son las características según el tipo de arranque del motor:

Corriente de arranque:

Directo:	4 a 8 veces la corriente nominal (I_n).
Estrella - triángulo:	1,3 a 2,6 veces I_n .
Resistencia:	4,5 veces la I_n .
Autotransformador:	1,7 a 4 veces I_n .

Par de arranque:

Directo:	0,6 a 1,5 veces del nominal.
Estrella - triángulo:	0,2 a 0,5 veces.

²⁷Aplicacioneselectricas. (s.f.).*Control de motores de corriente alterna*. Recuperado el 27 de 02 de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

Resistencia: 0,6 a 0,85 veces.

Autotransformador: 0,4 a 0,85 veces.

Duración del arranque:

Directo: 2 a 3 segundos.

Estrella - triángulo: 7 a 12 segundos

Autotransformador: 7 a 12 segundos.

Ventajas:

Directo: Arranque simple y poco costoso.

Estrella - triángulo: Arrancador relativamente económico.

Resistencia: Posibilidad de arreglar los valores en el arranque.

Autotransformador: Buena relación par- corriente de arranque.

Inconvenientes:

Directo: Corriente de arranque elevada.

Estrella- triángulo: Par de arranque débil y corte de la alimentación en el paso $Y \rightarrow \Delta$

Resistencia: Para un mismo par de arranque, la corriente de arranque por este método es mayor.

Autotransformador: Es el más costoso de los métodos de arranque.

Aplicaciones:

Directo: Pequeñas máquinas de igual arranque a plena carga.

Estrella - triángulo: Máquinas de arranque en vacío, ventiladores, bombas centrífugas de poca potencia.

Resistencia: Máquinas de fuerte potencia o fuerte inercia donde la reducción de la corriente de arranque es un criterio importante.²⁸

g.1.7.3 Composición de un circuito de fuerza

Un circuito de fuerza elemental en un sistema trifásico consta de 3 fusibles o de un interruptor termo-magnético tripolar, del arrancador magnético o contactor, dependiendo de la cantidad de motores y la protección térmica para cada motor, y finalmente el motor

La función del circuito de fuerza es suministrar la energía directamente al motor.²⁹

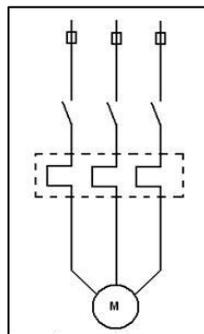


Figura 17.- Circuito de fuerza elemental

Fuente:http://www.ecured.cu/index.php/Circuitos_de_fuerza_y_de_mando_de_un_motor_trif%C3%A1sico

g.1.7.4 Composición de un circuito de control

Son muchas las alternativas al momento de diseñar un sistema de control, pero todo sistema gira alrededor de energizar o des-energizar la o las bobinas del arrancador magnético o interruptor magnético y de ofrecer las suficientes opciones de parada de emergencia.

Un circuito de mando elemental se compone de un cuadro botones: arranque, parada, inversión, paro de emergencia, etc., la bobina del interruptor magnético

²⁸ Polanía Puentes, J. (s.f.) *Control de motores eléctricos*. Recuperado el 27 de 02 de 2014, de <http://www.ceduvirt.com/resources/Control%20de%20Motores%20con%20Matlab.pdf>

²⁹ Ecured. (s.f.) *Circuito de fuerza y de mando de un motor trifásico*. Recuperado el 27 de 02 de 2014, de http://www.ecured.cu/index.php/Circuitos_de_fuerza_y_de_mando_de_un_motor_trif%C3%A1sico

(contactor), los contactos auxiliares (del contactor) y los contactos auxiliares de la protección térmica, lámpara de señalización, etc.

El circuito de mando sirve para gobernar el arrancador o contactor propiamente dicho.³⁰

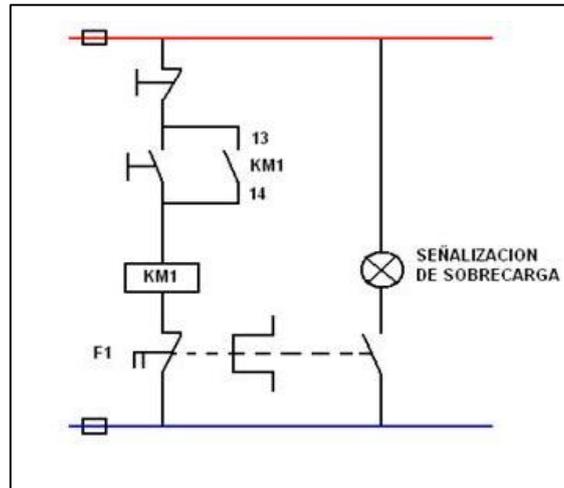


Figura 18.- Circuito de control elemental

Fuente: http://www.ecured.cu/index.php/Circuitos_de_fuerza_y_de_mando_de_un_motor_trif%C3%A1sico

CAPÍTULO II

g.2 ELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES

g.2.1 Elección y dimensionamiento de los elementos del sistema de control

Los elementos necesarios para realizar un sistema de control de motores, tomando como elemento principal al microcontrolador, se considera los siguientes:

- 1 microcontrolador

³⁰Ecured. (s.f.). *Circuito de fuerza y de mando de un motor trifásico*. Recuperado el 27 de 02 de 2014, de http://www.ecured.cu/index.php/Circuitos_de_fuerza_y_de_mando_de_un_motor_trif%C3%A1sico

- 1 cristal
- Capacitores
- Resistores
- Pulsadores NA
- Transistores
- Relés
- Fuente DC +5V
- Fuente DC +12V

En la siguiente imagen se evidencia a los elementos citados anteriormente y su respectiva conexión.

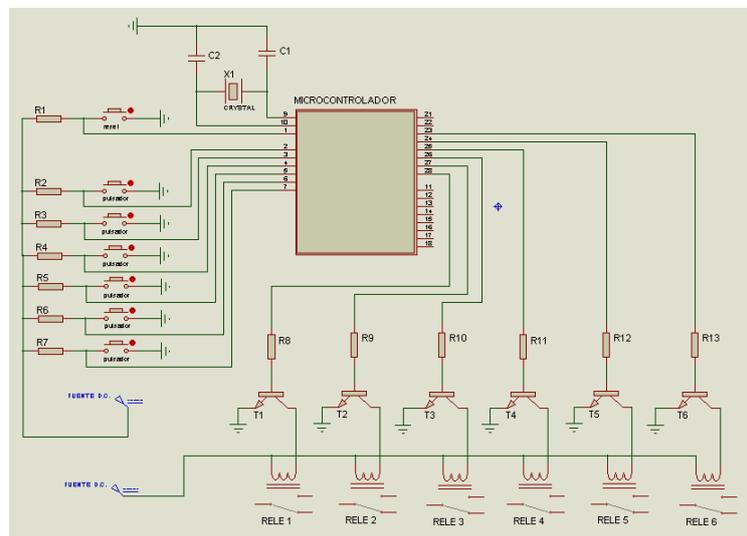


Figura 19.- Circuito de control elemental
Fuente: Autor

Las características de cada elemento aún no se muestran, ya que es necesario realizar cálculos y analizar las características que debe tener cada uno, para seleccionar el adecuado de entre la gran variedad existente.

g.2.1.1 Microcontrolador

De acuerdo a las prácticas propuestas es necesario en el sistema de control un dispositivo con memoria, razón principal por la que se ha elegido al microcontrolador.

El micro-controlador apropiado para trabajar con las prácticas propuestas es el PIC16F886 por dos razones; cuenta con la memoria suficiente para almacenar la programación correspondiente y tiene 28 pines de igual manera son suficientes.

Características del Microcontrolador PIC16F886

Tabla 2.- Características del PIC16F886

Nombre del parámetro	Valor
Tipo de memoria de programa	Flash
Memoria de programa (KB)	14
CPU Speed (MIPS)	5
RAM Bytes	368
EEPROM de datos (bytes)	256
Digital Periféricos de Comunicación	1-UART, 1-A/E/USART, 1-SPI, 1-I ² C-1-MSSP (SPI/I ² C)
Periféricos Captura / Comparación / PWM	1 CCP, 1 PECC
Timers	2 x 8 bits, 1 x 16 bits
ADC	11 ch, 10 bits
Comparadores	2
Rango de Voltaje de funcionamiento (V)	2V -5,5V
Número de pines	28
Canales Cap Touch	11

Fuente:<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?product=PIC16F>

886

Características especiales:

- La precisión del oscilador interno:
 - Calibrado en fábrica a $\pm 1\%$
 - Software seleccionable rango de frecuencia de 8 MHz a 32 kHz
 - Sintonizable Software
 - El modo de puesta en marcha de dos velocidades
 - A prueba de fallos de supervisión de reloj para aplicaciones críticas

- El cambio de modo de reloj durante el funcionamiento para la operación de baja potencia
- El modo de suspensión de ahorro de energía
- Restablecer encendido (POR)
- Seleccionable Brown Salida Reset (BOR) Tensión
- Watchdog Timer extendido (WDT) con su propio oscilador RC on-chip para un funcionamiento fiable
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) a través de dos pines
- En circuito de depuración (ICD) a través de dos pines
- De alta resistencia celular Flash / EEPROM:
 - Memoria mejorada programa flash ciclo 100000 borrado / escritura, típico
 - Ciclo de 1.000.000 de borrado / escritura de memoria EEPROM de datos, típica
 - Retención EEPROM de datos > 40 años
- Auto-reprogramable bajo control de software
- Protección de código programable
- Características periféricos. Características del dispositivo:
 - 25 pines de E / S
 - Alta fuente / disipador de corriente 25 mA
 - Interrupción de opción cambio de pin
- Timers:
 - TMR0: 8-bit del temporizador / contador con 8 bits prescaler
 - TMR1 mejorada: 16-bit del temporizador / contador con prescaler, el modo de entrada de puerta externa y dedicado de bajo consumo de 32 kHz del oscilador
 - TMR2: 8-bit del temporizador / contador con 8 bits periodo de registro, prescaler y postscaler
- Captura / Comparación / PWM módulo (CCP)
- Captura Mejorado / Compare / PWM módulo (PECC) con auto-cierre y PWM de dirección
- Modo Master Synchronous Serial Port (MSSP) Módulo SPI™, el modo I2C™ con capacidad de máscara de dirección

- Enhanced universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (EUSART)

Módulo:

- Soporta RS-485, RS-232 y la compatibilidad LIN
- Auto-Detección de baudios
- Auto-despertador en Inicio bits
- Ultra Low-Power despertar (ULPWU)³¹

Analógico Características:

- 10-bit 11 canales analógico a digital (A / D) convertidor
- 2 módulos con comparador analógicos:
 - Programable (CVREF) módulo (% de VDD) en el chip de voltaje de referencia
 - Fija 0,6 Vref
 - Entradas y salidas del comparador de acceso externo.³²

Diagrama de pines del PIC16F886

³¹Microchip. (2012). *Hoja de Datos PIC16F882/883/884/886/887*. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?product=PIC16F886>

³²Electronica embajadores. (s. f.). *Características PIC16F886*. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de <http://www.electronicaembajadores.com/Productos/Detalle/-1/SMCIPIC16F886/microcontrolador-pic16f886-i-sp>

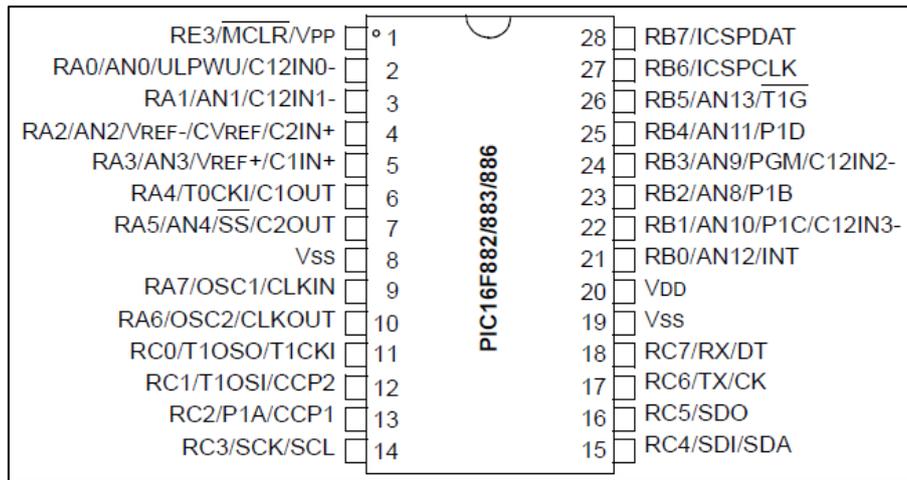


Figura 20.- Diagrama de pines del PIC16F886

Fuente:http://www.wvshare.com/img/pinout/PIC16F886_1.jpg

g.2.1.2 Oscilador

Todo microcontrolador requiere de un circuito que le indique a qué velocidad debe trabajar. Este circuito es conocido como un oscilador de frecuencia, se compone de un cristal, capacitores y resistencias.

Este oscilador es como el motor del microcontrolador por lo tanto, este pequeño circuito no debe faltar. Aunque algunos microcontroladores ya cuentan con un oscilador interno, se puede incorporar un oscilador externo para garantizar una mayor precisión.

En el caso del microcontrolador PIC16F886 puede trabajar con un rango de frecuencia de 8 MHz a 32 kHz, éste cuenta con oscilador interno, pero se pueden acoplar varios tipos de osciladores externos:

- Oscilador LP: Oscilador de bajo consumo (Low Power).
- Oscilador XT: Cristal / Resonador.
- Oscilador HS: Oscilador de alta velocidad (High Speed).
- Oscilador RC: Resistencia / Condensador³³

En los modos de oscilador LP, XT y HS se componen de un cristal y dos capacitores cerámicos por lo tanto la conexión es similar, la diferencia entre uno y otro es el

³³Ero-Pic. (s. f.). *Microcontroladores PIC*. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pic02.html

valor de los capacitores y del cristal, y en consecuencia la velocidad de frecuencia que ofrecen. (López, 2004)

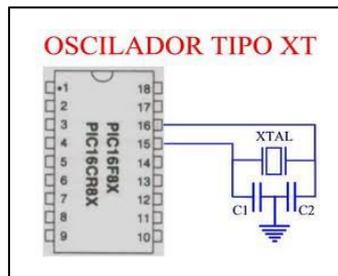


Figura 21.- Oscilador XT

Fuente: <http://www.unrobotica.com/manuales/basic.pdf>

Los valores de los condensadores cerámicos y cristal correspondientes a cada tipo de oscilador vienen dados según la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 3.- Tipos y características de Osciladores

Modo	Frecuencia	Osc1/CLKin	Osc2/CLKout
LP	32 kHz	68 - 100 pF	68 - 100 pF
	200 kHz	15 - 33 pF	15 - 33 pF
XT	2 MHz	15 - 33 pF	15 - 33 pF
	4 MHz	15 - 33 pF	15 - 33 pF
HS	4 MHz	15 - 33 pF	15 - 33 pF
	10 MHz	15 - 33 pF	15 - 33 pF

Fuente: <http://www.unrobotica.com/manuales/basic.pdf>

El oscilador externo en modo RC resulta ser el más sencillo de todos y por ende el más económico. Su configuración lo hace menos preciso debido a que existe una tolerancia de error en sus componentes.³⁴

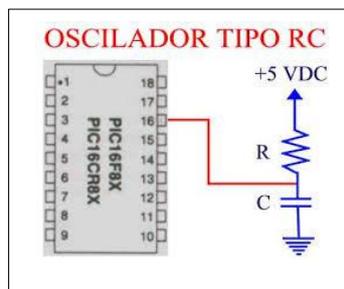


Figura 22.- Oscilador RC

Fuente: <http://www.unrobotica.com/manuales/basic.pdf>

El circuito oscilador a utilizar será de tipo XT para trabajar con una frecuencia de 4 MHz, garantizando precisión en la ejecución de cualquier programación y un buen

³⁴Bodington, E. (s. f.). *Basic Para Microcontroladores PIC*. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de <http://www.unrobotica.com/manuales/basic.pdf>

arranque del microcontrolador. Internamente esta frecuencia es dividida por cuatro, lo que hace que la frecuencia efectiva de trabajo sea de 1 MHz, por lo que cada instrucción se ejecutara en un microsegundo. El cristal de 4MHz ira acompañado de dos condensadores cerámicos de 22pF (picofaradios) y el modo de conexión es el siguiente:

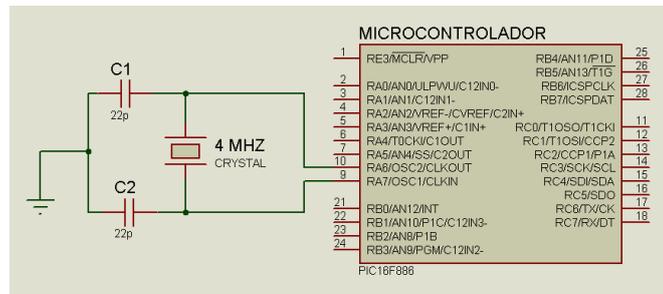


Figura 23.- Circuito Oscilador
Fuente: Autor

g.2.1.3 EL RESET

En los microcontroladores se requiere un pin de reset para reiniciar el funcionamiento del sistema cuando sea necesario, ya sea por una falla que se presente, por una emergencia o porque así se haya diseñado el sistema. El pin de reset en los PIC es llamado MCLR (master clear).

El reset por MCLR se consigue llevando momentáneamente este pin a un estado lógico bajo (o V). Cuando se quiere tener control sobre el reset del sistema se puede conectar un botón como se muestra en la Figura 24.³⁵

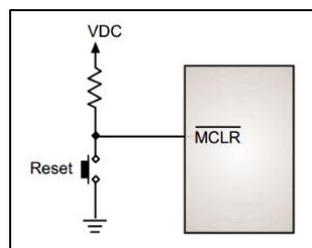


Figura 24.- Circuito RESET a MCLR
Fuente: <http://www.unrobotica.com/manuales/basic.pdf>

³⁵Bodington, E. (s. f.). *Basic Para Microcontroladores PIC*. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de <http://www.unrobotica.com/manuales/basic.pdf>

De acuerdo a las especificaciones eléctricas proporcionadas por la hoja de datos correspondiente al PIC16F886, la Tensión en MCLR con respecto a Vss (tierra) debe estar en el rango de - 0,3V a 13,5V.

Un microcontrolador generalmente se alimenta a una tensión de 5V, este es un voltaje fácil de obtener con un regulador de tensión, por ello se trabajara con cinco voltios (5V). Esta misma tensión será utilizada en el circuito del RESET y pulsadores.

Para controlar la corriente que circulara por este circuito es necesario una resistencia, tomando en cuenta que la corriente máxima de entrada por un pin del microcontrolador es de 25 miliamperios (25 mA), por ello la más adecuada es una de 4.7 kilo-ohmios (4.7 kΩ) con una potencia no mayor a ¼ de Vatio.

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

Donde:

I = Intensidad (Amperios)

R = Resistencia (Ohmios)

V = Tensión (Voltios)

V = 5V

R = 4700 Ω

$$I = \frac{5V}{4700\Omega} = 1.06mA$$

La conexión es la siguiente:

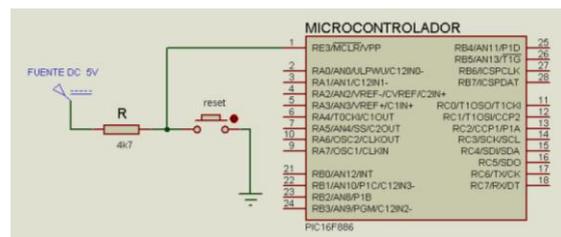


Figura 25.- Circuito RESET
Fuente: Autor

g.2.1.4 Pulsadores – Señales de entrada del Microcontrolador

El microcontrolador también nos permite capturar datos o señales externas para luego ser procesadas y convertidas en respuestas que pueden definir una acción específica en un circuito. Un ejemplo común podría ser el uso de un pulsador para hacer destellar un led cada vez que éste sea presionado.

En este caso los pulsadores serán el medio mediante el cual se dará una señal al microcontrolador para que realice una acción, dicha acción puede ser encender, apagar, invertir el giro, etc. de uno o más motores, según la práctica que se realice.

Lectura de un estado lógico en un pin I/O: Si deseamos introducir un nivel lógico bajo (0V), o alto (5V), a una de las entradas del microcontrolador a través de un pulsador, podríamos considerar los circuitos de la Figura 26 y 27 los cuales nos proporcionan las dos formas de hacerlo:³⁶

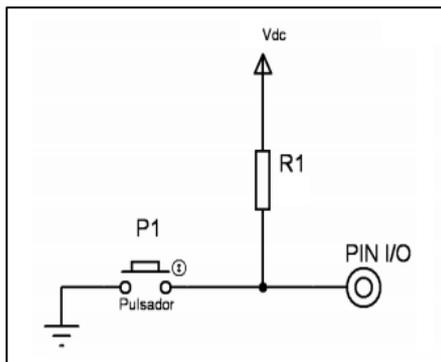


Figura 26.- Pulsador nivel lógico alto (1) lógico bajo (0)

Fuente: <http://www.unrobotica.com/manuales/Fuente:>
<http://www.unrobotica.com/manuales/basic.pdf>

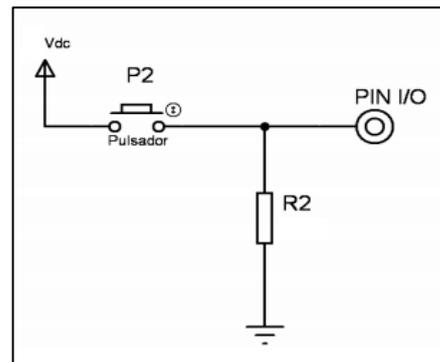


Figura 27.- Pulsador nivel lógico alto (1) lógico bajo (0)

El circuito de la Figura 26 mantiene un nivel lógico alto (5V) mientras el pulsador permanece abierto. Al presionar el pulsador, el nivel lógico en el pin I/O del puerto pasa a ser bajo (0V).

³⁶Ero-Pic. (s. f.). *Microcontroladores PIC*. Recuperado el 26 de 03 de 2014, de http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pic02.html

El circuito de la Figura 27 mantiene un nivel lógico bajo (0V) mientras el pulsador permanece abierto. Al presionar el pulsador, el nivel lógico en el pin I/O del puerto pasa a ser alto (5V).

De acuerdo a las especificaciones eléctricas proporcionadas por la hoja de datos correspondiente al PIC16F886, la tensión en todos los pines de entrada/salida (E/S) con respecto a VSS debe estar en el rango de -0,3 V a (VDD + 0,3 V). (Reyes – 2008)

Cálculo del resistor para el pulsador

Independientemente del nivel lógico (bajo o alto) con el que se trabaje en los pulsadores el valor de la resistencia debe ser la misma.

$$VDD = 5V$$

$$I = \text{No mayor a } 25 \text{ mA}$$

Se busca una resistencia que limite la corriente alrededor de 1 mA (miliamperio), ya que es suficiente para dar una señal al Microcontrolador.

$$R = \frac{V}{I} \quad (2)$$

Donde:

R = Resistencia (Ohmios)

V = Tensión (Voltios)

I = Intensidad (Amperios)

$$V = 5V$$

$$I = 0,001A$$

$$R = \frac{5 V}{0,001 A} = 5000 \Omega$$

Entonces, el valor más aproximado a 5000 Ω es 4700 Ω .

Utilizando la ecuación 1:

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{5 V}{4700 \Omega} = 1.06 mA$$

Se utilizará una resistencia de 4700 Ω de una potencia no mayor a un cuarto ($\frac{1}{4}$) de Vatio.

g.2.1.5 Las salidas del microcontrolador

La mayoría de los pines del PIC16F886 pueden ser utilizados como entradas y salidas, la señal o corriente que el microcontrolador ofrece en un momento determinado no puede ser mayor a 25 mA, por ello es necesario controlar la corriente mediante un resistor.

Hay que tomar en cuenta que la corriente máxima por un puerto no puede ser mayor a 80 mA, y la corriente máxima en los pines de alimentación es de 95 mA. Por ello es vital tener en cuenta el número de pines de salida que trabajaran al mismo tiempo.

Cálculo del resistor:

El número de salidas del micro controlador que se utilizaran son seis, quizás todas no trabajen al mismo tiempo, pero se limitara la corriente de tal forma que por cada pin no circule más de 10 mA y de esta forma evitar que el microcontrolador trabaje al límite o sobre el límite de corriente.

$$V = 5 V$$

$$I = 10 mA$$

Utilizando la fórmula 2: $R = \frac{V}{I}$

$$R = \frac{5 V}{0,01 A} = 500 \Omega$$

El resistor con el valor más aproximado a 500 Ω es de 470 Ω , de una potencia no mayor a $\frac{1}{4}$ de Vatio

g.2.1.6 Amplificación de la señal

Debido a que la señal de salida del microcontrolador es muy pequeña es necesario amplificarla o utilizarla para controlar otro dispositivo con un nivel mayor de potencia. Esto se puede hacer mediante un transistor tipo npn.

El transistor trabaja en conmutación cuando puede pasar de corte a saturación según la cantidad de corriente que reciba por su base.

El funcionamiento del transistor depende de la cantidad de corriente que pase por su base. Cuando no pasa corriente por la base, no puede pasar tampoco por sus otros terminales (colector – emisor); se dice entonces que el transistor está en corte, es como si se tratara de un interruptor abierto.

El transistor está en saturación cuando la corriente en la base es muy alta; en ese caso se permite la circulación de corriente entre el colector y el emisor y el transistor se comporta como si fuera un interruptor cerrado.

Luego de un análisis de varios transistores comúnmente usados para conmutación, tomando en cuenta que la corriente que se puede aplicar a la base del transistor es de 10 mA y la corriente que se desea que circule a través de colector – emisor está alrededor de 50 mA. Se considera que el más apropiado es el transistor 2N3904.

Características consultadas de la hoja de datos del 2N3904

Tabla 4.- Características eléctricas del 2N3904

Características eléctricas <small>TA = 25°C si no hay contraindicación</small>					
Símbolo	Parámetro	Condiciones de prueba	Mín.	Máx.	Unidades
CARACTERÍSTICAS DE DESCONEXIÓN					
$V_{(BR)CEO}$	Tensión de ruptura colector-emisor	$I_C = 1,0 \text{ mA}, I_B = 0$	40		V
$V_{(BR)CBO}$	Tensión de ruptura colector-base	$I_C = 10 \mu\text{A}, I_E = 0$	60		V
$V_{(BR)EBO}$	Tensión de ruptura emisor-base	$I_E = 10 \mu\text{A}, I_C = 0$	6,0		V
I_{BL}	Corriente de corte de la base	$V_{CE} = 30 \text{ V}, V_{EB} = 0$		50	nA
I_{CEX}	Corriente de corte del colector	$V_{CE} = 30 \text{ V}, V_{EB} = 0$		50	nA
CARACTERÍSTICAS DE CONEXIÓN*					
h_{FE}	Ganancia de corriente continua	$I_C = 0,1 \text{ mA}, V_{CE} = 1,0 \text{ V}$ $I_C = 1,0 \text{ mA}, V_{CE} = 1,0 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 1,0 \text{ V}$ $I_C = 50 \text{ mA}, V_{CE} = 1,0 \text{ V}$ $I_C = 100 \text{ mA}, V_{CE} = 1,0 \text{ V}$	40 70 100 60 30	300	
$V_{CE(sat)}$	Tensión de saturación colector-emisor	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1,0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5,0 \text{ mA}$		0.2 0.3	V V
$V_{BE(sat)}$	Tensión de saturación base-emisor	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1,0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5,0 \text{ mA}$	0,65	0,85 0,95	V V

Fuente: <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?product=PIC16F886>

g.2.1.7 Relé – Relay

Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. También cumple la función de aislante eléctrico entre dos circuitos.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico.

La bobina de este elemento se energiza o des-energiza por medio del transistor, y por otra parte los contactos abrirán o cerrarán un circuito encargado de energizar la bobina de un contactor y una luz piloto (de las prácticas).

Las principales características que debe ofrecer el relé a utilizar en el presente proyecto son: alimentación de la bobina a una tensión pequeña en DC y contactos principales con capacidad de corriente no menor a 2A y 220V, en AC.

Luego de un análisis de los relés más comunes se ha seleccionado uno con las siguientes características.

- 10 A - 250 V-AC (contactos principales)
- 15 A - 120 V-AC (contactos principales)
- 12 V-DC (bobina)
- Que cuente con dos contactos de conmutación (Figura 28).

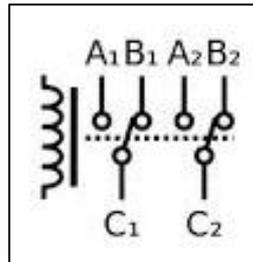


Figura 28.- Diagrama de contactos de un relé doble
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

En paralelo a la bobina se conectará un DIODO de forma inversa (respecto al sentido de la corriente de alimentación de la bobina), con el fin de eliminar la corriente de autoinducción que se presenta en los embobinados del relé. Este diodo puede ser un 1N4001 o inclusive un 1N4004 (incluidos los intermedios).

g.2.1.8 Luces piloto

La finalidad de estas es brindar señalización para el operario.

Se utilizará para señalar dos estados del motor, cuando este en estado de reposo y cuando se encuentre trabajando. De color rojo y verde respectivamente.

Se energizarán o des-energizarán mediante los contactos del relé, al igual que la bobina del contactor, la tensión a la que se someten estas luces piloto es 220 Voltios

Se utilizará 6 luces de color rojo y 6 de color verde.

g.2.1.9 Diseño de la fuente DC

La fuente se diseñará en base a lo siguiente:

- Tensión de salida a +5Voltios y corriente 0.5Amperios
- Tensión de salida a +12Voltios y corriente 0.5Amperios

➤ **Elección del transformador:**

La tensión en el primario será 110-120V (de acuerdo a la red de alimentación)

La tensión en el secundario depende de la tensión de salida de la fuente, en este caso la mayor (+12V en DC).

La tensión en el secundario (V_{max}) debe ser superior a dicha tensión en DC en un 20% para compensar caídas de tensión en la etapa de rectificación.

$$12V \times 1.2 = 14.4V$$

También se debe tomar en cuenta que existen variaciones de tensión en la red, por ello se incrementara un 10% en la tensión del secundario.

$$14.4V \times 1.1 = 15.84V_{max}. \text{ (Secundario)}$$

$$15.84V / \sqrt{2} = 11.23 V_{rms}(\text{Secundario})\dots\dots \text{el valor más común es } 12V$$

La corriente que suministrara la fuente es 1Amperioaproximadamente de forma continua, pero con el transformador no sucede lo mismo, este debe conducir picos de corriente en periodos cortos de tiempo (carga de los capacitores). Por lo tanto el valor de corriente se incrementara en un 20%

$$1 \times 1.2 = 1.2 \text{ Amperios}$$

La potencia aparente del transformador:

$$S = I \times V \quad (3)$$

Donde:

S = Potencia aparente (Voltamperios)

I = Intensidad (Amperios)

V = Tensión (Voltios)

$$I = 1.2A$$

$$V = 12V$$

$$S = 1.2A \times 12V$$

$$S = 14.4 VA$$

Características definidas (del transformador):

- Tensión: 120/12 Voltios
- Potencia: 15 V

➤ Etapa de rectificación

El tipo de rectificación será de doble onda, para ello se utilizara un puente de diodos de las siguientes características:

- Corriente 2 Amperios
- Tensión 25 Voltios

➤ Etapa de filtrado:

Se realizara mediante condensadores electrolíticos

Calculo del condensador:

$$C = \frac{I}{2.f.Vr} \quad (4)$$

$$Vr = 20\% \times Vsf \quad (5)$$

Donde:

C = Capacidad del condensador (Faradios)

I = Intensidad máxima en la carga (Amperios)

f = frecuencia de la red (Hertz)

Vr = Tensión de rizo (tiene un valor del 20% de la tensión de salida de la fuente)

Vsf: tensión de salida de la fuente

Reemplazando valores en la formula (5):

$$V_r = 2.4 \text{ V}$$

$$V_{sf}: 12\text{V}$$

$$V_r = 20\% \times V_{sf}$$

$$V_r = 0.2 \times 12\text{V}$$

$$V_r = 2.4\text{V}$$

Reemplazando valores en la formula (4):

$$I = 1.2 \text{ A}$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

$$V_r = 2.4\text{V}$$

$$C = \frac{I}{2 \cdot f \cdot V_r}$$

$$C = \frac{1.2}{2 \times 60 \times 2.4}$$

$$C = 0.00416 \text{ F} = 4160\mu\text{F}$$

Para obtener un valor cercano a 0.00416 Faradios se utilizara 2 capacitores de 2200 μ F (microfaradios), para una tensión no menor a 25V

➤ **Etapas de regulación:**

Para conseguir una tensión estable se utilizara reguladores de tensión, se utilizara uno para +5Voltios y uno para +12Voltios, con capacidad de 1 Amperio de corriente.

Los reguladores a utilizar son 7805 (para 5 voltios) y 7812 (para 12 voltios)

En paralelo a los reguladores se conecta un diodo rectificador(1N4007) entre la salida y la entrada, para conducir alguna contracorriente que pueda venir de la salida del regulador por tensiones inversas, bobinas, picos, etc...

➤ **Alimentación desde la red**

El nivel de tensión a la que se alimentara la fuente es 120 Voltios, se alimentara mediante un conductor multifilar de 3 hilos # 16 AWG de una extensión de 5 metros,

además se colocara un fusible (en serie con el primario del transformador), de 0.5 Amperios, 250 Voltios con la finalidad de proteger la fuente de tensión.

El tablero también contara con alimentación a 220 Voltios, esta alimentación se realizara mediante conductor flexible (tipo gemelo) # 14 AWG TW.

g.2.2 Software necesario para la programación del microcontrolador

❖ MicroCode Studio

MicroCode Studio es una interface utilizada para la programación de microcontroladores utilizando el lenguaje Basic. Cuenta con un entorno de gran alcance visual de desarrollo integrado (IDE) logrando contener un circuito de depuración (ICD), capacidad diseñada específicamente para **Micro Engineering Labs PICBASIC y PICBASIC PRO** compilador. En este programa se puede escribir el código del programa, cuenta con corrección de errores de sintaxis, otro de los beneficios es que ordena las subrutinas. En el MicroCode al finalizar el programa, se compila y se va tener generado el archivo .Hex, los programas deben ser guardados en formato Picbasis .Bas

MicroCode Studio incluye **EasyHID Wizard**, una herramienta de generación de código libre que permite a los usuarios implementar rápidamente una comunicación bidireccional entre un PIC integrado un microcontrolador y un PC.

Los errores de compilación y el ensamblador pueden ser fácilmente identificados y corregidos mediante la ventana de error de los resultados. Simplemente haciendo clic en un error de compilación y MicroCode Studio automáticamente le llevará a la línea de error. MicroCode Studio incluso viene con una serie de ventana de comunicaciones, lo que le permite ver la salida de depuración y de serie de su microcontrolador.

❖ Compilador pbp

El Compilador PicBasicPro o PBP, de **Micro Engineering Labs Inc.** es uno de los más conocidos. Este poderoso compilador pone al alcance del usuario potentes

instrucciones para comunicación serie, matemática de 16 bits, mediciones de sensores analógicos, PWM, sonido, etc.

Además de general los files “hex” y también es capaz de generar los files “asm”. De tal manera que sí se pueden hacer modificaciones de bajo nivel.

Hay algunos microcontroladores PIC que no trabajaran con el PBP, por ejemplo las series PIC 16C5X incluyendo el PIC 16C54 Y PIC 15C58. Estos microcontroladores PIC están basados en el viejo núcleo de 12 bit en lugar del núcleo más corriente de 14 bit. El PBP necesita alguna de las opciones que solamente están disponibles con el núcleo de 14 bit como el stack (pila) de 8 niveles.

Hay muchos microcontroladores PIC, algunos compatibles pin a pin con la serie 5 X, que pueden ser usados con el PBP. La lista incluye PIC16C554, 556, 558, 61, 62(A), 620, 621, 622, 63, 64(A), 65(A), 71, 710, 711, 715, 72, 73(A), 74(A), 84, 923, 924, el PIC16F83 y 84, el PIC12C671 y 672 y el PIC14C000.

❖ **PICkit**

El programador PicKit, es una herramienta de programación para desarrollo de bajo costo. Es capaz de programar la mayoría de los microcontroladores y memorias seriales EEPROM de Microchip.

g.2.3 Software necesario para la simulación de circuitos y diseño de circuitos impresos (PCB)

❖ **Proteus**

Proteus es una compilación de programas de diseño y simulación electrónica, desarrollado por **Labcenter Electronics** que consta de los dos programas principales: Ares e Isis, y los módulos VSM y Electra.

➤ **ISIS**

El Programa ISIS, Intelligent Schematic Input System (Sistema de Enrutado de Esquemas Inteligente) permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea

realizar con componentes muy variados, desde simples resistencias, hasta alguno que otro microprocesador o microcontrolador, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchos otros componentes con prestaciones diferentes. Los diseños realizados en Isis pueden ser simulados en tiempo real, mediante el módulo VSM, asociado directamente con ISIS.

➤ **El módulo VSM**

Una de las prestaciones de Proteus, integrada con ISIS, es VSM, el Virtual System Modeling (Sistema Virtual de Modelado), una extensión integrada con ISIS, con la cual se puede simular, en tiempo real, con posibilidad de más rapidez; todas las características de varias familias de microcontroladores, introduciendo nosotros mismos el programa que controlará el microcontrolador y cada una de sus salidas, y a la vez, simulando las tareas que queramos que lleve a cabo con el programa. Se pueden simular circuitos con microcontroladores conectados a distintos dispositivos, como motores, lcd's, teclados en matriz, etc. Incluye, entre otras, las familias de PIC's PIC10, PIC12, PIC16, PIC18, PIC24 y dsPIC33. ISIS es el corazón del entorno integrado PROTEUS. Combina un entorno de diseño de una potencia excepcional con una enorme capacidad de controlar la apariencia final de los dibujos.

➤ **ARES**

ARES, o Advanced Routing and Editing Software (Software de Edición y Ruteo Avanzado); es la herramienta de enrutado, ubicación y edición de componentes, se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, permitiendo editar generalmente, las capas superficial (Top Copper), y de soldadura (Bottom Copper).

Forma Manual.- Ejecutando ARES directamente, y ubicando cada componente en el circuito. Se debe tener cuidado con el DRC, Design Rules Checker (Verificador de Reglas de DISEÑO)

Forma Automática.- El propio programa puede trazar las pistas, si se guarda previamente el circuito en ISIS, y haciendo clic en el ícono de ARES, en el programa, el programa compone la Netlist.

Método 1 (Autorouter)

- Poner SOLO los componentes en la board
- Especificar el área de la placa (con un rectángulo, tipo "Board Edge")
- Hacer clic en "Autorouter", en la barra de botones superior
- Editar la estrategia de ruteo en "Edit Strategies"
- Hacer clic en "OK"

Método 2 (Electra Auto Router)

Utilizando el módulo Electra (Electra Auto Router), el cual, una vez colocados los componentes trazará automáticamente las pistas realizando varias pasadas para optimizar el resultado.

Con Ares además se puede tener una visualización en 3D del PCB que se ha diseñado, al haber terminado de realizar la ubicación de piezas, capas y ruteo, con la herramienta "3D Visualization", en el menú output, la cual se puede demorar, solo haciendo los trazos un periodo de tiempo un poco más largo que el de los componentes, los cuales salen al empezar la visualización en 3D.

CAPÍTULO III

g.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUETA

g.3.1 Diseño en AutoCADen 2D

Para albergar los elementos y componentes como los mencionados en la Tabla 1, es necesario emplear una caja o tablero. La forma de la caja se ha diseñado tomando en cuenta que sea fácil de manipular y todas las maniobras de accionamiento y conexión (ejecución de las prácticas) se realizara en la parte frontal.

El diseño de la caja se realizó en el software AutoCAD, en dos dimensiones, las medidas de la se aprecian en la Figura 29, en la misma imagen se también se aprecia la vista lateral y vista trasera de la caja en 2 dimensiones. Las medidas de las cotas se encuentran en centímetros

La caja se construirá de madera prefabricada de un tipo conocida como ‘tableros MDF’ de un espesor de 9 mm.

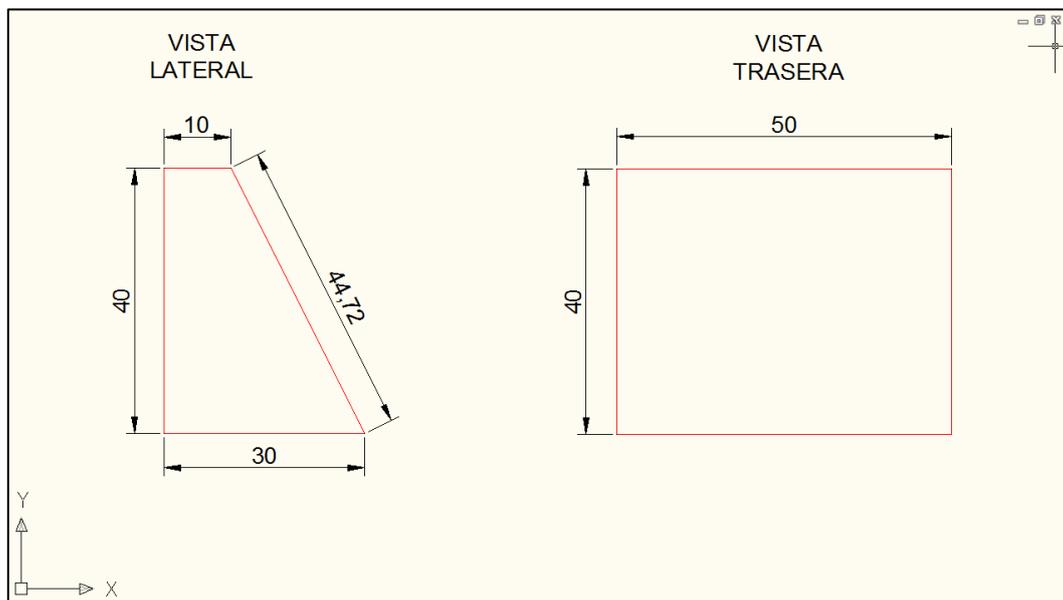


Figura 29.- Diseño de la caja en 2 dimensiones
Fuente: Autor

g.3.2 Diseño en AutoCAD en 3D

Para una mejor pre-visualización de la caja se realizó el diseño en tres dimensiones a partir del diseño realizado en 2 dimensiones (Figura 29). A continuación se aprecian imágenes en las que se aprecia vistas de diferentes ángulos.

❖ Vista desde otros ángulos

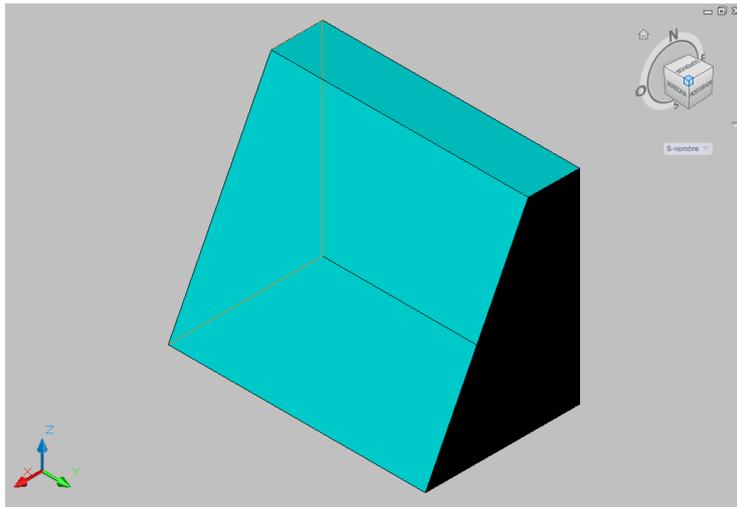


Figura 30.- Caja – Vista de un ángulo al azar
Fuente: Autor

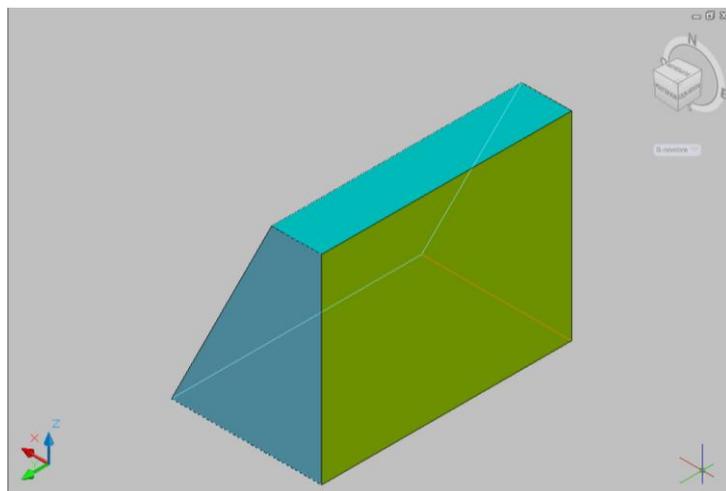


Figura 31.- Caja – Vista de un ángulo al azar
Fuente: Autor

g.3.3 Diseño de circuitos y circuitos impresos

Para esta tarea es necesario un Software llamado Proteus, el cual se compone de 2 dos programas ARES e ISIS.

ISIS para el caso de diseño y simulación de circuitos eléctricos y electrónicos.

ARES para el caso de diseño de circuitos impresos.

Diseño del circuito de la fuente en Software ISIS

Mediante este software se realizó el diseño de conexión de los elementos ya seleccionados y dimensionados en el capítulo anterior, luego la simulación del circuito en esta caso la fuente de tensión DC.

Luego de constatar de forma abstracta el funcionamiento de la fuente de tensión mediante la simulación del circuito se procede al siguiente paso, al diseño del circuito impreso.

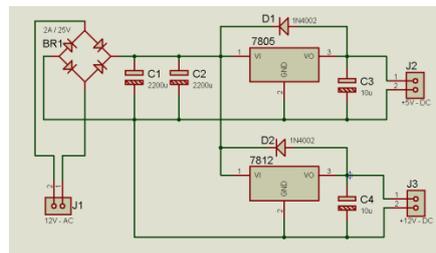


Figura 32.- Circuito eléctrico de la fuente DC
Fuente: Autor

Diseño del circuito impreso

Este diseño se realizó una vez se obtuvo el diseño del circuito en ISIS.

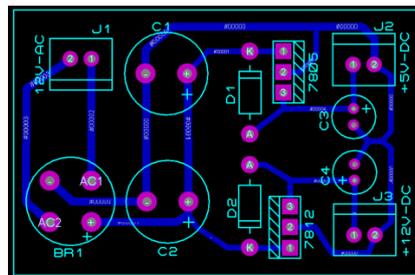


Figura 33.- Diseño del circuito impreso de la fuente DC
Fuente: Autor

Diseño del circuito de los elementos en Software ISIS

Varios de los elementos seleccionados y dimensionados en el Capítulo 4 se ubicaran en dos placas para circuitos impresos, los circuitos realizados en ISIS se muestran en la Figura 34 y Figura 35 en los que se aprecia la conexión de los diferentes elementos.

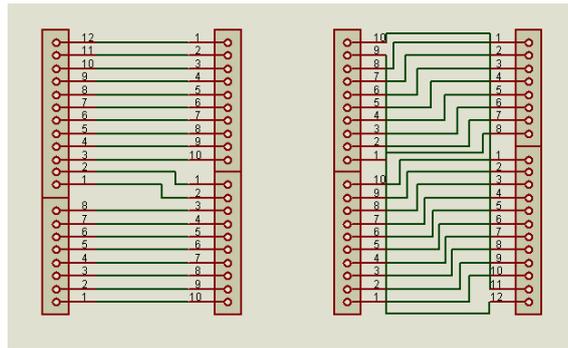


Figura 34.- Circuito eléctrico del 'Módulo Microcontrolador'
Fuente: Autor

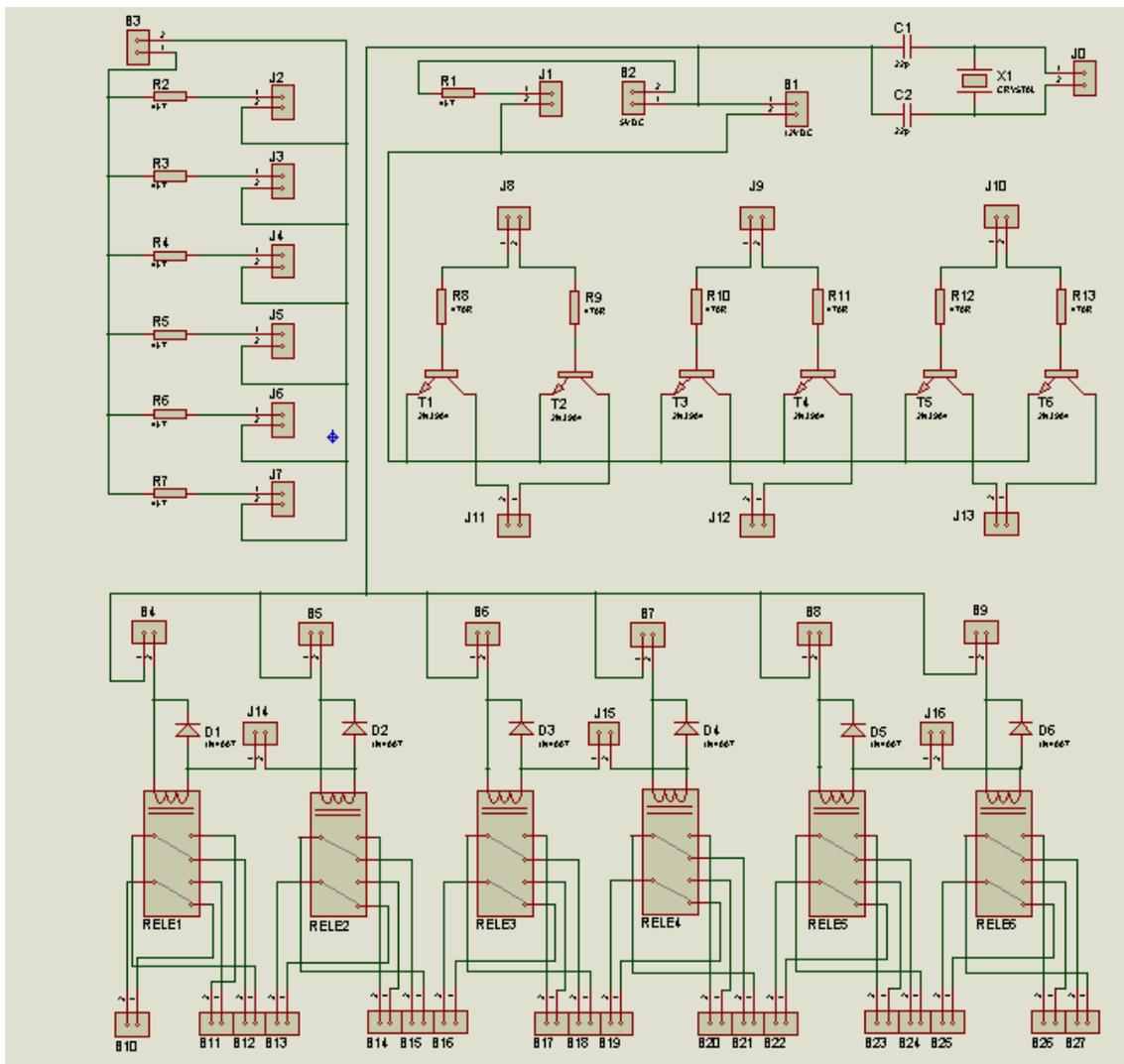


Figura 35.- Circuito eléctrico de los módulos: RESET, oscilador, pulsadores, conmutadores, relés y alimentación.
Fuente: Autor

Diseño del circuito impreso

Con los circuitos diseñados en ISIS se realizó el diseño de los circuitos impresos correspondientes, en los que se aprecia de mejor manera cada uno de los elementos ya que se encuentra agrupados en módulos, tales como: módulo microcontrolador, módulo pulsadores, módulo relés, etc.

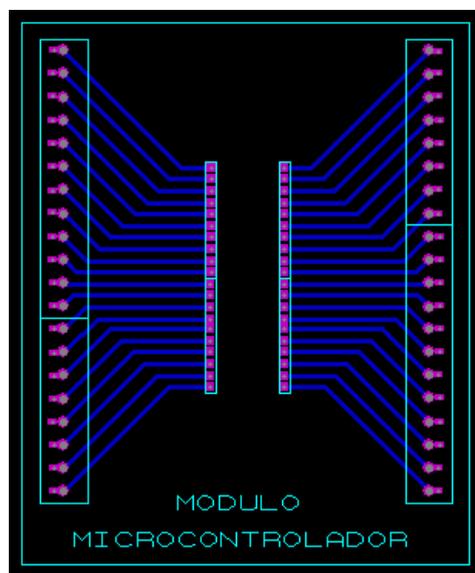


Figura 36.- *Diseño del circuito impreso del 'Módulo Microcontrolador'*

Fuente: Autor

g.3.4 Proceso de construcción del tablero

Preparación de las placas (fibra de vidrio)

Primero debemos contar con las tres placas para circuitos, de fibra de vidrio; de las siguientes dimensiones: placa 1(10 cm x 15 cm), placa 2 (5 cm x 8 cm), y placa 3 (21 cm x 29 cm, A4 tamaño comercial). Para obtener las placas de 10 cm x 15 cm y 5 cm x 8 cm. Se corto desde una placa mas grande, con una sierra para metal.

Una vez cortadas las placas, se limpió las limallas de cobre que quedan en los filos de la placa, con una lija fina. Luego de esto se limpio el lado del cobre donde se debe transferir las pistas con una esponja de acero.

La lámina de cobre cambia de color, esto porque se está limpiando el óxido creado en la superficie y los rayones que pudiera tener.(Reyes – 2008)



Figura 38.- Limpieza de las placas
Fuente: Autor

Transferencia térmica del papel hacia la lámina de cobre.

Ahora realizamos la transferencia propiamente dicha de las pistas sobre el lado de la lámina de cobre, esta debe estar completamente limpia y no debe ser tocada con los dedos, para manipularlo se debe sujetar por los bordes.(Reyes – 2008)

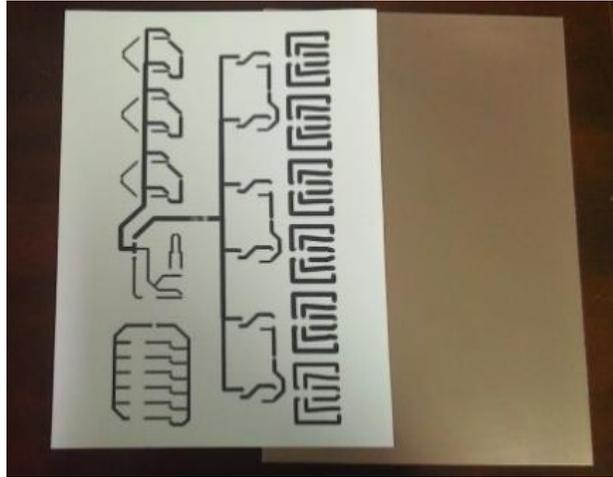


Figura 39.- Preparación para la transferencia térmica
Fuente: Autor

Primero se debe colocar el papel fotográfico con el lado de la tinta sobre el lado del cobre, sin moverlo mucho se introduce debajo de la tela, todo esto sobre una mesa rígida y luego se pasa la plancha que debe estar al máximo de la temperatura, aplicando presión con todo el peso del cuerpo por alrededor de 30 a 60 segundos, luego de esto se retira e inmediatamente se coloca la placa en otra parte de la mesa que se encuentre fría, con otro trapo se aplica presión uniforme frotándolo de un lado a otro hasta que este se enfríe, con la finalidad de que toda la tinta (tónor + barniz) se pegue a la lámina de cobre y así poder retirar el papel sin que se presente partes cortadas o faltantes, si permanecen residuos de papel se debe remojar y sacarlo con la yema de los dedos. (Reyes – 2008)

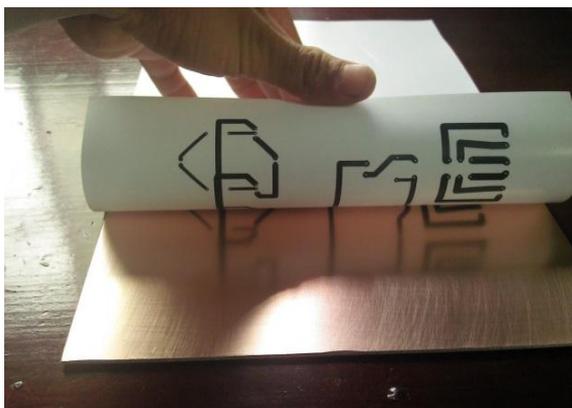


Figura 40.- Transferencia térmica
Transferencia térmica
Fuente: Autor



Figura 41.-
Fuente: Autor

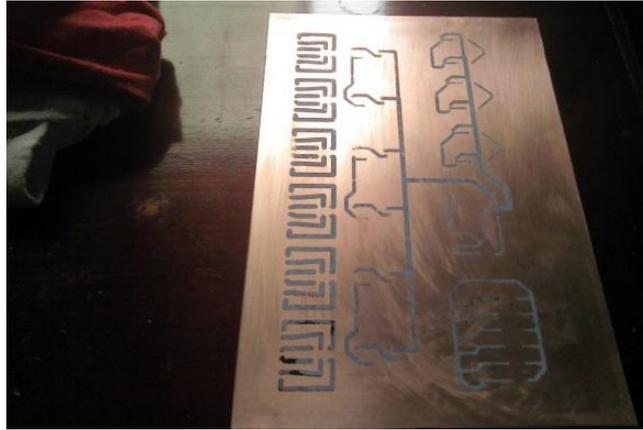


Figura 42.- Transferencia térmica
Fuente: Autor

Atacado (reducción) del cobre.

Para reducir el cobre sobrante, es decir el que no está protegido por la tinta y el barniz, es necesario un atacador, existen 2 tipos de atacadores: los rápidos y los lentos, los rápidos como por ejemplo la combinación de 50 ml de ácido clorhídrico y 50 ml de agua oxigenada, pueden reducir el cobre no protegido al cabo de unos pocos segundos, pero tiene la desventaja de ser difíciles de conseguir en el mercado, los lentos en cambio como el Cloruro férrico se lo encuentra en cualquier tienda electrónica pero el proceso de atacado podría tomar hasta 1 hora. Sin embargo por ser menos agresivo y porque no emana muchos gases tóxicos, se ha utilizado el cloruro férrico.

Para su preparación es recomendable un lugar con buena ventilación, no utilizar reloj con pulseras de metal, pues el cloruro férrico ataca a los metales, también se tomar en cuenta que al contacto con la ropa o la piel, produce una mancha amarillenta. (Reyes – 2008)

La preparación de la solución ácida se realizó de la siguiente manera, primero se colocó 3 vasos de agua en un recipiente de plástico, luego se puso poco a poco con una cuchara de plástico el cloruro férrico de 5 bolsas.

Es normal que el agua se empiece a calentar (debido a la reacción química), para revolver el líquido utilizaremos una paleta y así ayudar a disolver el cloruro férrico.

Una vez listo el atacador se introduce la placa en la solución ya preparada, el tiempo de corrosión por ser la primera vez, puede variar entre 15 y 30 minutos, por lo que debe revisar de vez en cuando si el cobre no protegido ha sido eliminado utilizando la paleta. También podemos ayudar a que el proceso sea más rápido, moviendo el agua de un lado a otro, esto permite que el cobre disuelto, por efecto de la corriente generada por el movimiento, se deposite en el fondo del envase, así permitimos que la lámina tenga contacto directo con el ácido.(Reyes – 2008)

La reducción del cobre se realizó placa por placa utilizando el mismo ácido.

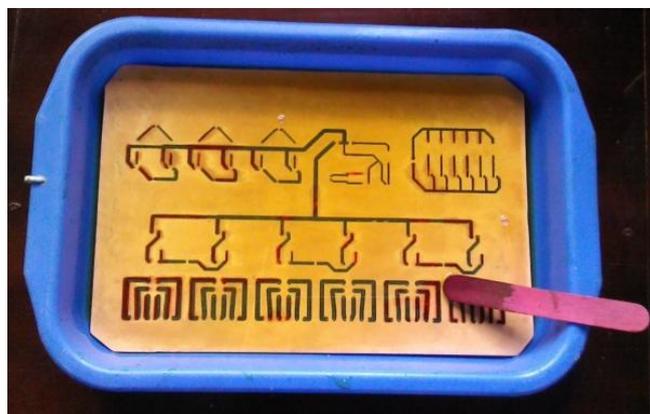


Figura 43.- Reducción del cobre
Fuente: Autor

Proceso de limpieza de la placa ya atacada con ácido.

Una vez que el ácido terminó de eliminar el cobre expuesto, se retira la placa del ácido y se lava con abundante agua del grifo, las pistas, pads, etc., en esta fase se ven de color negro, esto se debe a que el papel se encuentra remojado, pero cuando se seca vuelve a ser de color blanco, luego se debe limpiar todo el residuo de papel y tinta, hay dos maneras posibles, la primera es utilizando thinner, acetona, o cualquier disolvente, pero esto tiene un efecto secundario si bien limpia las pistas, un poco de tinta negra se impregna en algunas partes de la placa, dando la apariencia de sucia; la segunda es limpiar con la misma esponja de acero que se utilizó antes y un poco de agua, el resultado de la limpieza no deja rastro de tinta y se ve muy nítido; en este caso se ha utilizado la segunda opción. (Reyes – 2008)

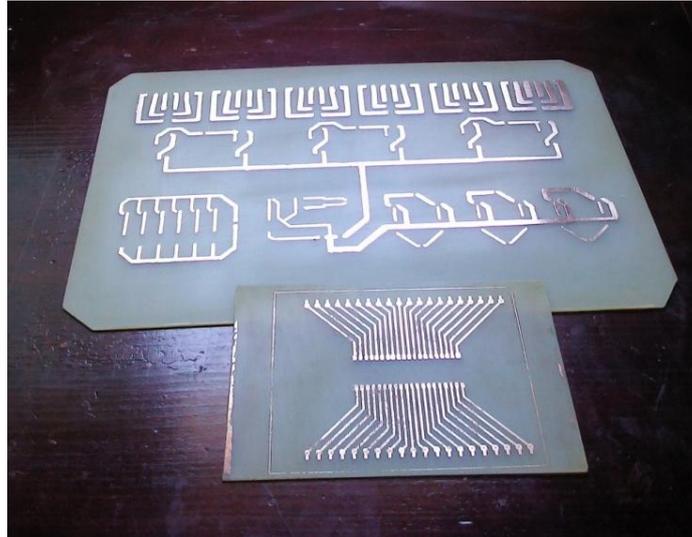


Figura 44.- Placas – cobre reducido
Fuente: Autor

Transferencia térmica del screen de los elementos.

El screen de elementos, no es nada más que textos, información, datos y figuras que indican el lugar donde se debe insertar los elementos electrónicos, son muy útiles ya que evitan equivocaciones. Se debe lijar bien el lado donde se va a colocar el screen para que se adhiera bien. (Se debe tomar en cuenta que la impresión del screen es espejeado). El proceso de transferencia térmica es similar a la transferencia de las pistas. (Reyes – 2008)

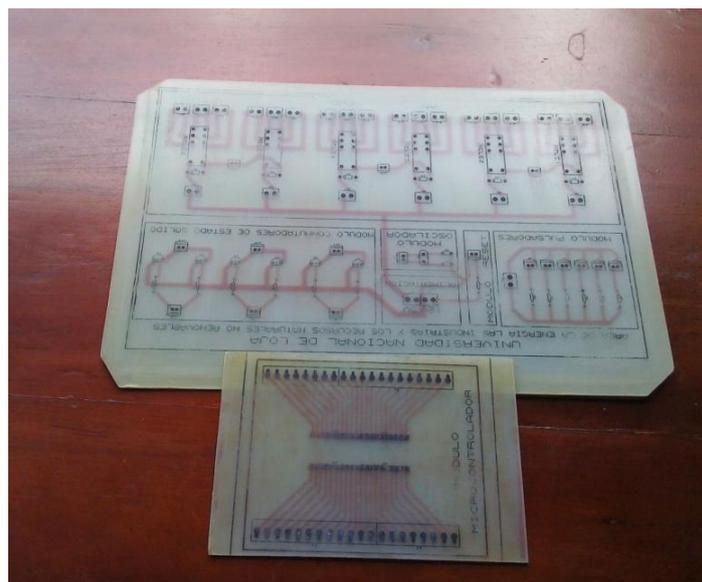


Figura 45.- Transferencia térmica del Screen de los elementos
Fuente: Autor

Perforación de las placas.

Para realizar los agujeros lo ideal es disponer de un moto-tool o taladro miniatura, ya que estos son de fácil manipulación, además pueden soportar brocas de 0,3 mm en adelante. Otra opción es utilizar un taladro pedestal cuyo mandril pueda soportar brocas desde 0,5 mm hasta 10 mm.(Reyes – 2008)

Los agujeros se realizaron con una broca de 1 mm de diámetro y un taladro de batería que soporta brocas desde 0,5 mm hasta 10 mm de diámetro, antes de perforar se debió hacer una hendidura con un punzón y un martillo en cada lugar donde va un agujero, con la finalidad de que sirvan de guía para la broca.



Figura 46.- Perforación de las placas perforadas

Fuente: Autor

Figura 47.- Placas

Fuente: Autor

Soldadura de elementos.

Una vez listos los materiales y herramientas, se empezó preparando algunos elementos como las resistencias y diodos, se debe doblarlos a la medida necesaria con la ayuda de la pinza.

Al momento de soldar los componentes se debe seguir una secuencia, primero los elementos más bajos y luego los más altos.(Reyes – 2008)

Los elementos que pertenecen a cada placa son los siguientes:

Placa 1, Módulo microcontrolador.

- 1 Zócalo ZIF 40 pines
- 2 Cables multifilar de 20 hilos de 30 cm

Placa 2, Fuente de tensión.

- 1 Puente de diodos 2 Amperios
- 2 Capacitores electrolíticos 2200 uF
- 2 Capacitores electrolíticos 10 uF
- 1 Regulador de tensión 7805 1 Amperio
- 1 Regulador de tensión 7812 1 Amperio
- 3 borneras 2 pines
- 2 diodos rectificadores 1N4007

Placa 3, Diferentes módulos de trabajo.

Alimentación

- 2 Borneras 2 pines

Módulo oscilador

- 2 Capacitores cerámicos 22 pF
- 1 Cristal oscilador 4 MHz
- 1 Conector molex 2 pines

Módulo reset

- 1 Resistencia 4.7 K Ω
- 1 Conector molex 2 pines

Módulo pulsadores

- 6 Resistencias 4.7 K Ω
- 6 Conectores molex 2 pines
- 1 Bornera 2 pines

Módulo conmutadores de estado solido

- 6 Resistencias 470 Ω
- 6 Conectores molex 2 pines
- 6 Transistores 2N3904

Módulo relés

- 6 Relés dobles 12VDC, 120/220V
- 6 Diodos rectificadores 1N4007
- 24 Borneras 2 pines
- 3 Conectores molex 2 pines

El mejor método de suelda, es calentar un poco el elemento a soldar y luego poner el estaño, mover la punta del cautín de arriba abajo, tocando el alambre de suelda y el elemento, esto permite una rápida adherencia y una buena soldadura.(Reyes – 2008)



Figura 48.- Soldado de los elementos
Fuente: Autor

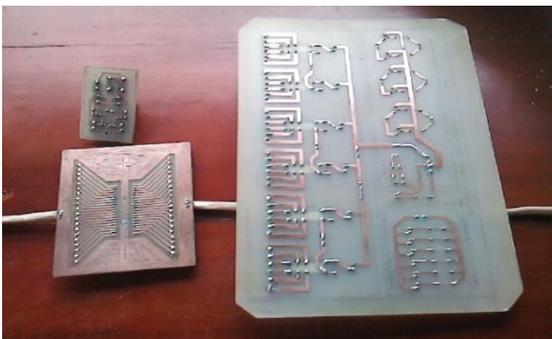


Figura 49.- Elementos soldados



Figura 50.- Placa 1 – Fuente DC

Fuente: Autor

Fuente: Autor

Luego con la pinza de corte, hay que cortar todos los alambres que sobresalen de la parte posterior.

Para limpiar los residuos de suelda (pasta) que se encuentran en las pistas de la placa, se utilizó una esponja remojada con un poco de thinner, teniendo cuidado de que el thinner no se derrame por el lado posterior de la placa, es decir el screen ya que podría borrarlo.(Reyes – 2008)

Para evitar que las pistas de cobre se oxiden, se dio una capa de barniz en spray para circuito impreso.



Figura 51.- Lacado de las placas
Fuente: Autor

Adecuación del tablero

Todos los elementos, como son: placas de circuitos impresos, fuente de tensión, quemador de PICs, etc.; se albergarán en una caja de madera construida con planchas MDF de 9 mm de espesor.

Para colocar los conectores de alimentación, entrada y salida que están ligados a los diferentes elementos, fue necesario realizar perforaciones en la parte frontal y en un costado de la caja, utilizando brocas de diferentes tipos y diámetros.

Con la finalidad que el tablero sea sumamente didáctico para aquellos que lo utilicen, se dibujó en la tapa algunos símbolos de elementos tales como resistencias, transistores, relés, etc. con un marcador indeleble. Luego se aplicó una capa de barniz transparente para proteger los símbolos, letras, números, líneas, etc. dibujados.



Figura 52.- Preparación del tablero
Fuente: Autor

Colocación de los diferentes elementos en el tablero

Una vez lista la caja, se realizó el ensamblado de las diferentes partes y componentes que conforman el tablero. Empezando por la tapa, la cual en su mayoría consta de conectores; 62 conectores tipo banana hembra, 85 conectores tipo regleta maquinada hembra, 7 switches de palanca (2 polos 1 tiro 2 posiciones), 7 pulsadores NA 22mm (4 rojos, 3 verdes), 6 luces piloto color rojo 110-220V, 6 luces piloto color verde 110-220V, un zócalo de 40 pines (este zócalo pertenece al módulo microcontrolador) y un quemador de pines (del cual solamente se muestra al exterior el zócalo ZIF de 40 pines, un diodo led y el conector USB B hembra).

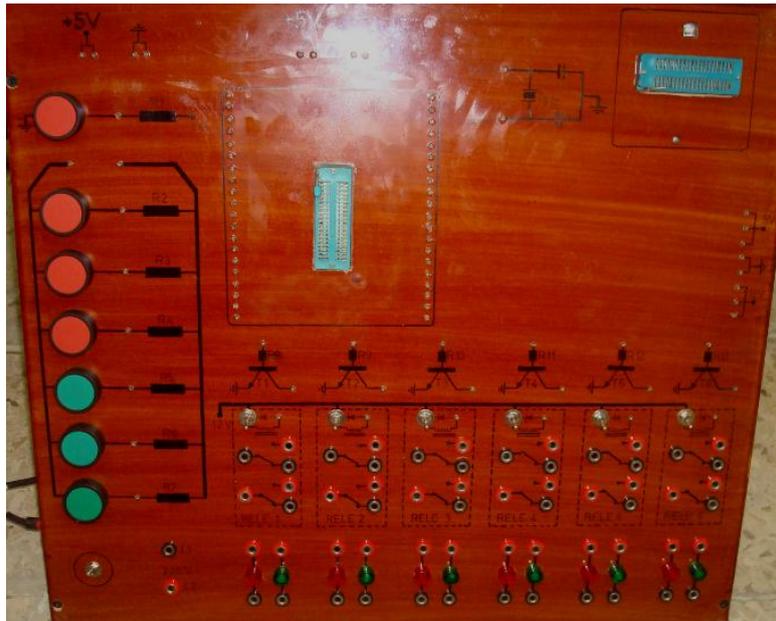


Figura 53. Colocación de elementos en la tapa
Fuente: Autor

En el costado derecho de la caja se ubican los siguientes elementos; 2 conectores tipo banana hembra, un porta-fusibles pequeño y el cable de alimentación de 3 hilos multifilar # 16 AWG.

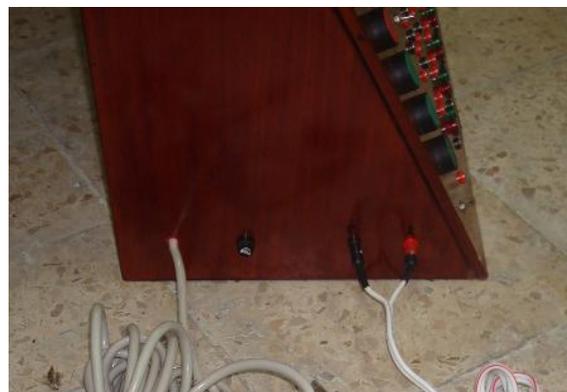


Figura 54.- Colocación de elementos en el costado del
 tablero
Fuente: Autor

Una vez finalizado la ubicación de los elementos en las paredes de la caja, se colocó la fuente de tensión (con tornillos), la cual consta de un transformador y una placa, luego se realizó la conexión correspondiente.



Figura 55.- Ubicación de componentes
Fuente: Autor

Seguidamente se colocó la tercera placa, de igual manera esta placa esta sujeta por tornillos. Una vez segura esta placa se realizó la conexión de conectores que se encuentran en la tapa, con los conectores y borneras correspondientes de la tercera placa. En el caso de los conectores ubicados en la tapa, los cables se debieron soldar, mientras que en la placa la conexión es diferente ya que existen borneras (en las que el cable se sujeta al apretar un tornillo) y conectores MOLEX.

Todo el cableado interno se realizó con cable flexible # 18 AWG.

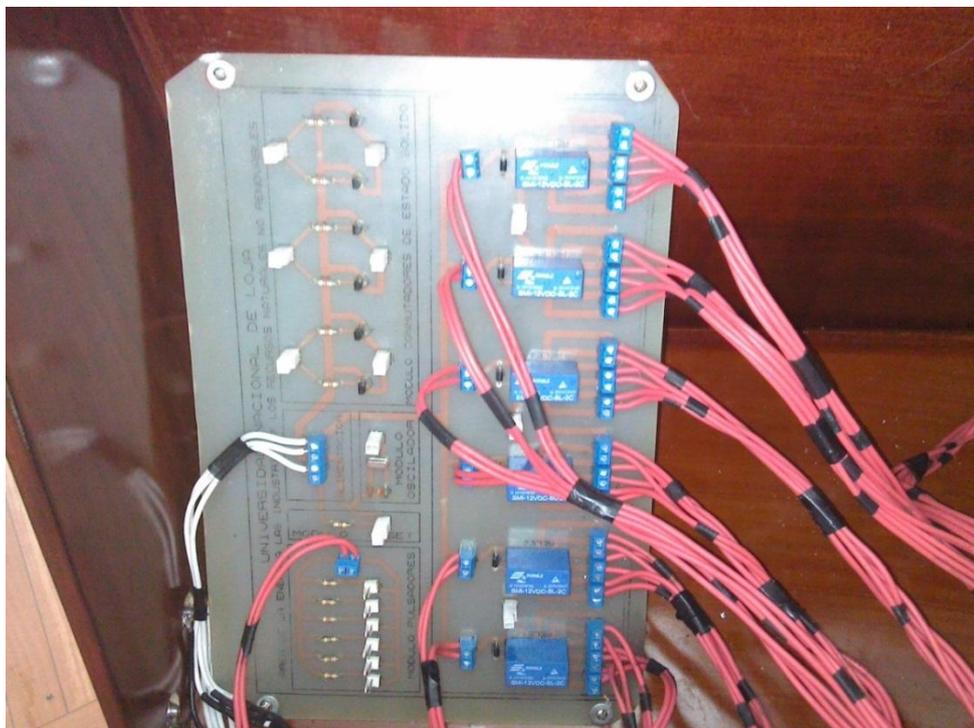


Figura 56.- Ubicación de componentes
Fuente: Autor

Finalizado el montaje de todos los elementos se realizó un chequeo con la finalidad de corregir algún defecto (como un cable mal soldado) antes de colocar la tapa, finalmente la tapa se sujetó con varios tornillos.



Figura 57.- Finalización del tablero
Fuente: Autor



Figura 58.- Finalización del tablero
Fuente: Autor

g.3.5 Prácticas propuestas para realizar en el tablero

El diseño del tablero y elección de sus componentes se realizó en base a las 10 prácticas propuestas. Es decir que el tablero permite realizar los sistemas de control para las prácticas enumeradas a continuación.

Para un correcto desarrollo de las prácticas se ha realizado las correspondientes guías de práctica, cada guía contiene el diagrama de los circuitos de mando y de fuerza; el diagrama correspondiente al circuito de control se realizó en el software ISIS – Proteus, por lo tanto si se desea simular se puede realizar el circuito en ISIS fijándose en el diagrama.

Las guías de práctica se encuentran en la sección de anexos. (Anexo 4).

Lista de prácticas:

1. Arranque múltiple de tres motores por pulso inicial y apagado múltiple.
2. Mando de tres motores, encendido múltiple por pulso inicial y apagado independiente.
3. Mando de tres motores, encendido múltiple por pulso inicial y apagado automático.
4. Arranque de tres motores de forma independiente por pulso inicial y apagado múltiple.
5. Inversión de giro manual de tres motores trifásicos.
6. Inversión de giro automático de tres motores trifásicos.
7. Arranque estrella - triangulo de un motor.
8. Arranque estrella triangulo con inversión de giro.
9. Encendido y apagado manual e independiente de tres motores trifásicos.
10. Encendido y apagado secuencial de tres motores, en proceso cíclico por tiempo indefinido.

h. CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un tablero que permite realizar circuitos de control para control de motores, para ello se seleccionó y dimensionó los elementos realizando cálculos y simulaciones.
- Se desarrolló guías de práctica para las prácticas propuestas, dichas guías cuentan con diagramas de los respectivos circuitos de control y de fuerza, así mismo la programación para el PIC en lenguaje BASIC.
- Una mala programación del PIC no permitirá ejecutar la acción que se espera.
- El tablero permite utilizar diferentes modelos de microcontroladores PIC (8, 14, 18, 28 y 40 pines).
- Una mala conexión podría dañar el PIC.
- El uso del tablero no se limita a las prácticas mencionadas en el presente documento, existe un sinnúmero de ejercicios que se pueden realizar en el tablero.

i. RECOMENDACIONES

- Antes de usar el tablero se debe realizar una limpieza con una brocha limpia, ya que los conectores puede acumularse polvo y evitar el paso de corriente.
- Antes de realizar la conexión real de las prácticas en el tablero es preferible simular previamente en el computador.
- Revisar y verificar que la conexión realizada se encuentra bien efectuada, con el fin de evitar cortocircuitos que puedan dañar uno de los módulos o un elemento.
- Realizar la conexión con el tablero des-energizado, alimentar una vez se haya verificado la conexión.
- Retirar lenta y suavemente uno por uno cada cable insertado en los conectores, esto evitara que se rompa y que el residuo del cable obstruya el conector.

j. BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS:

ANDINO R., C. Patricio “Investigación. Principios fundamentales”. Imprenta DESPERTAR Quito – Ecuador 1985. Segunda edición, 102 páginas.

ANGULO MATINEZ, Ignacio

ANGULO USATEGUI, José M. “Microcontroladores PIC. Diseño practico de aplicaciones”. PRIMERA PARTE, El PIC16F84, Lenguajes PBASIC y Ensamblador. Ed. Edigrafos, S.A. España 2003. Tercera edición, 355 páginas.

ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto “Manual de instalaciones eléctricas, residenciales e industriales”. Ed. LIMUSA Mexico 1985. Segunda preedición corregida y aumentada, 461 páginas.

JARÍN P., Pablo

“Guía practica para elaboración de Monografías”. Impreso en GRAFICAS ORTEGA Quito-Ecuador 1988. Quinta edición, 97 páginas.

LÓPEZ PÉREZ, Lucas J.

PALACIOS MUNICIO, Enrique

REMIRO DOMINGUEZ, Fernando “Micro controlador PIC16F84, Desarrollo de proyectos” Ed. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. Mexico, agosto 2004. Primera edición, 619 páginas.

REYES, Carlos A.

“Microcontroladores PIC. Programación en Basic”. Editorial RISPGRAF Ecuador 2008. Tercera edición 221 páginas.

PÁGINAS WEB:

- Wikipedia. (s.f.). *El contactor*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Contactor>
- Wikipedia. (s.f.). *El relé*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>
- Dicarsa-calora. (s.f.). *El relé*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://dircasa-calora.blogspot.com/2013/09/principios-basicos-de-un-rele-relay.html#.U3oGdf15MSY>
- Wikipedia. (s.f.). *El Transistor*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor>
- Hyperphysics. (s.f.). *Fototransistor*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html>
- Hyperphysics. (s.f.). *Transistor Uniunion*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html>
- Hyperphysics. (s.f.). *Transistor IGBT*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html>
- Ecured. (s.f.). *Transistor de efecto de campo*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de http://www.ecured.cu/index.php/Transistor_de_efecto_campo
- Hyperphysics. (s.f.). *Fototransistor*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/hframe.html>
- Galeon hispavista.com. (s.f.). *Transistor Bipolar, teoría y práctica*. Recuperado el 15 de 11 de 2013, de <http://juliodelgado.galeon.com/#saturacion>
- TORRES TORRITI, M. (s.f.). *Tutorial microcontroladores PIC*. Recuperado el 20 de 11 de 2013, de http://web.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial_pic.pdf
- Wikipedia. (s.f.). *El Transistor*. Recuperado el 20 de 11 de 2013, de http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador_PIC
- Dispositivos lógicos microprogramables. (s.f.). Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic.htm>
- Electronica Desarrollo. (s.f.). *Lenguajes de programacion para PICs*. Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic.htm>
- Ingeniatic. (s.f.). *Motor eléctrico*. Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/527-motor-el%C3%A9ctrico>

- Monografias.com. (s.f.). *Motor eléctrico trifásico*. Recuperado el 24 de 02 de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>
- Aplicacioneselectricas. (s.f.). *Control de motores de corriente alterna*. Recuperado el 27 de 02 de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>
- Polanía Puentes, J. (s.f.) *Control de motores eléctricos..* Recuperado el 27 de 02 de 2014, de <http://www.ceduvirt.com/resources/Control%20de%20Motores%20con%20Matlab.pdf>
- Ecured. (s.f.). *Circuito de fuerza y de mando de un motor trifásico*. Recuperado el 27 de 02 de 2014, de http://www.ecured.cu/index.php/Circuitos_de_fuerza_y_de_mando_de_un_motor_trif%C3%A1sico
- Microchip. (2012). *Hoja de Datos PIC16F882/883/884/886/887*. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?product=PIC16F886>
- Electronica embajadores. (s. f.). *Características PIC16F886*. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de <http://www.electronicaembajadores.com/Productos/Detalle/-1/SMCIPIC16F886/microcontrolador-pic16f886-i-sp>
- Ero-Pic. (s. f.). *Microcontroladores PIC*. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pico2.html
- Bodington, E. (s. f.). *Basic Para Microcontroladores PIC*. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de <http://www.unrobotica.com/manuales/basic.pdf>

k. ANEXOS.

k.1 Anexo 1

Adecuación de los cables para el conexionado externo.

- Para la confección del '**Cable conector 1**' se utilizó los siguientes materiales: Cable flexible # 18 AWG TW, espagueti térmico 3 mm de diámetro y conector regleta maquinada 40 pines macho

De este tipo de cables se confeccionaron en tres tamaños, 12, 22 y 39 cm

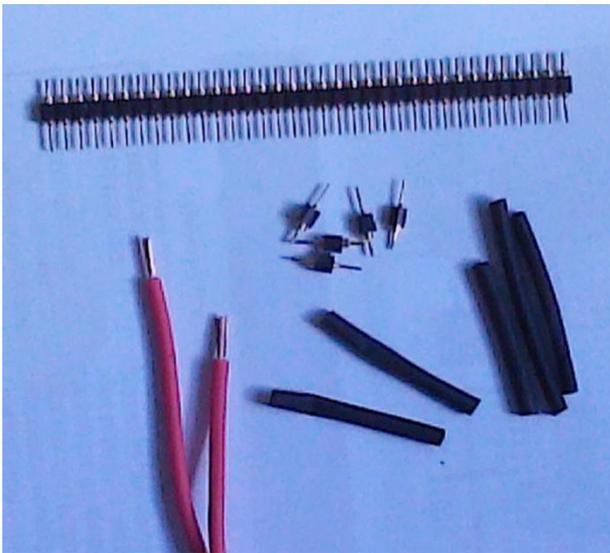


Figura 59.- Partes del 'Cable conector 1'

Fuente: Autor



Figura 60.- 'Cable conector 1'

Fuente: Autor

- Para la confección del '**Cable plug**' se utilizó los siguientes materiales: Cable flexible # 14 AWG TW y conectores tipo banana macho.

De este tipo de cables se confeccionaron en dos tamaños, 17 y 26 cm



Figura 61.- Partes del 'Cable plug'

Fuente: Autor

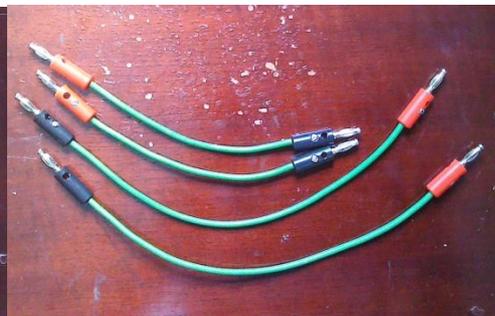


Figura 62.- 'Cable plug'

Fuente: Autor

- Para la adecuación del **'Cable alimentación 220V'** se utilizó los siguientes materiales: Cable gemelo # 14 AWG TW (5 metros), conectores tipo banana macho, espagueti térmico 8 mm de diámetro y una pata de enchufe



Figura 63.- 'Cable alimentación 220V'
Fuente: Autor

Manual de usuario del tablero.

Para un correcto uso del tablero se ha realizado el siguiente manual de usuario:

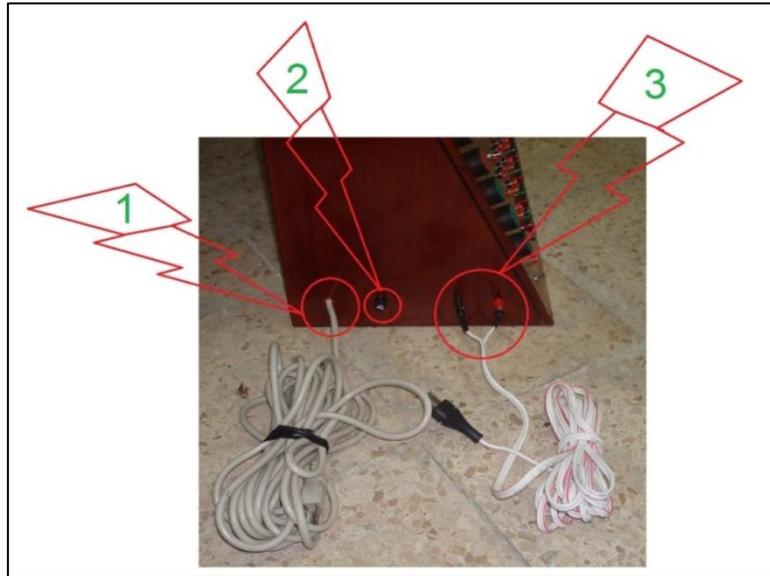


Figura 64.- Manual de usuario
Fuente: Autor

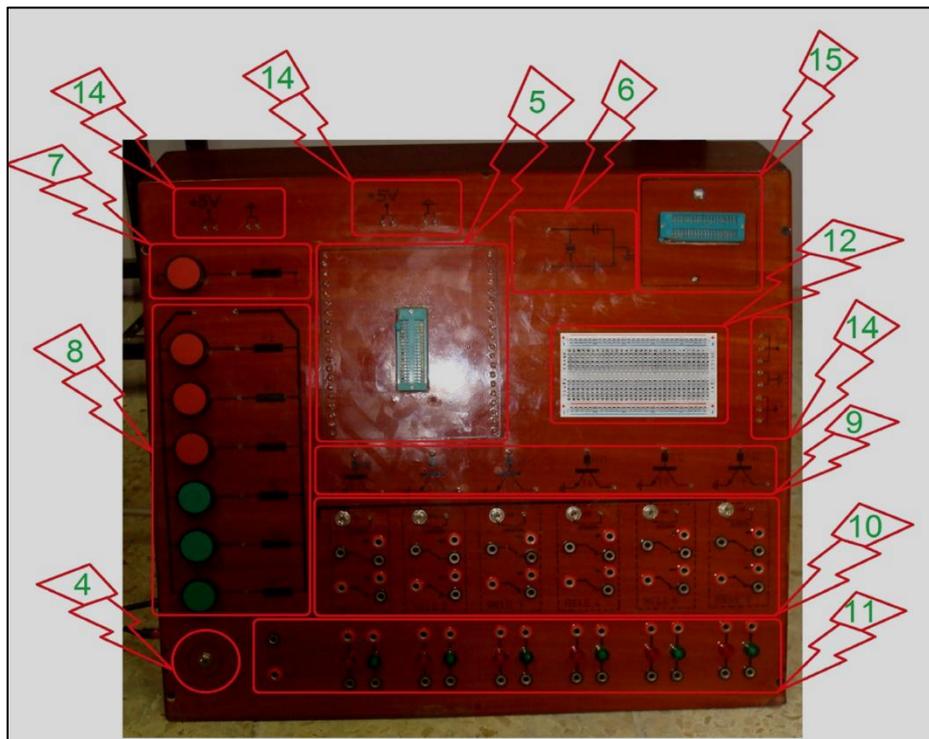


Figura 65.- Manual de usuario
Fuente: Autor

- 1.- Alimentación 110V
- 2.- Porta-fusibles

- 3.- Alimentación 220V
- 4.- Switch de la fuente de tensión
- 5.- Módulo microcontrolador
- 6.- Módulo oscilador
- 7.- Módulo RESET
- 8.- Módulo pulsadores
- 9.- Módulo transistores
- 10.- Módulo relés
- 11.- Módulo luces piloto
- 12.- Mini protoboard
- 13.- Salida de tensión +5 V, +12V
- 14.- Quemador de PICs

- **1.- Alimentación 110V**

El tablero se alimenta mediante un conductor multifilar de 3 hilos # 16 AWG de una extensión de 5 metros.



Figura 66.- Alimentación 110V
Fuente: Autor

- **2.- Porta-fusibles**

Su función es albergar un fusible, cuya función es proteger al tablero específicamente a la fuente de tensión DC, de una sobrecarga o un cortocircuito; las características del fusible son: 0.5 Amperios / 250V

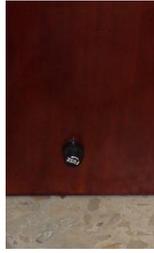


Figura 67.- Porta-fusibles
Fuente: Autor

- 3.- Alimentación 220V

Esta alimentación se realiza mediante un conductor gemelo # 14 AWG de una longitud de 5 metros (Fig. 63)



Figura 68.- Alimentación 220V
Fuente: Autor

- 4.- Switch de la fuente de tensión

Su objetivo es conectar o desconectar a la fuente de tensión DC de su alimentación, Mediante un switch de palanca de 2 polos, 1 tiro, 2 posiciones



Figura 69.- Switch de la fuente DC
Fuente: Autor

- **5.- Módulo microcontrolador**

Este módulo se compone de un Zócalo ZIF de 40 pines, de 40 conectores tipo regleta maquinada hembra, cada uno de los conectores se encuentran conectados con cada uno de los pines del zócalo ZIF. Este módulo permite conectar los diferentes pines del micro controlador con elementos tales como pulsadores, transistores, RESET, oscilador externo y la misma alimentación.



Figura 70.- Módulo microcontrolador
Fuente: Autor

- **6.- Módulo oscilador**

El circuito oscilador (capacitores y cristal) se encuentra en la placa 3; en la tapa del tablero se encuentran 2 conectores tipo regleta maquinada hembra, unidos eléctricamente con el circuito oscilador tal como se aprecia en el diagrama dibujado en la tapa correspondiente a este módulo (Fig. 71)

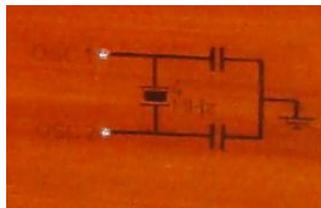


Figura 71.- Módulo oscilador
Fuente: Autor

- **7.- Módulo RESET**

Este módulo consta de 1 pulsador NA y 1 conector tipo regleta maquinada hembra. El circuito denominado RESET se encuentra energizado internamente, de tal manera

que el conector mencionado anteriormente corresponde al pin MCLR del microcontrolador.



Figura 72.- Módulo RESET
Fuente: Autor

- 8.- Módulo pulsadores

Como se aprecia en la (Fig. 73) este módulo consta de 6 pulsadores cada pulsador conectado en serie con una resistencia (ubicada en la placa 3) y en el punto común de estos se encuentra 1 conector tipo regleta maquinada hembra, mediante este conector se conectara cada pulsador con los pines del micro controlador. Todos los pulsadores con su respectiva resistencia se encuentran conectados en paralelo

En la parte superior de este módulo se encuentran 2 conectores tipo regleta maquinada hembra, su función es energizar a los pulsadores, el estado lógico con el trabajarán los pulsadores depende de la polaridad con la que se alimente estos conectores. En la Fig. 26 y Fig. 27 se muestra la forma de conexión de un pulsador y su estado lógico.

Los pulsadores permiten dar una señal de entrada al microcontrolador, señal que puede ser empleada para arrancar, parar, invertir el giro, etc. a un motor. Debido al tipo de conexión de los pulsadores todos trabajarán con el mismo estado lógico.



Figura 73.- Módulo pulsadores
Fuente: Autor

- **9.- Módulo transistores**

Módulo transistores o conmutadores de estado sólido, consta de 6 transistores, cada transistor tiene unida eléctricamente en su base una resistencia, en el extremo de cada resistencia se encuentra 1 conector tipo regleta maquinada hembra al igual forma un conector del mismo tipo en el colector de cada transistor; como se puede apreciar en el diagrama (Fig. 74) correspondiente a este módulo el emisor de los transistores ya se encuentra conectado internamente a V_{ss} (tierra).

Los conectores correspondientes a las resistencias serán utilizados para conectarse con los pines del microcontrolador designados como salidas

Los conectores correspondientes al colector de los transistores serán utilizados para conectarse con la bobina de los relés

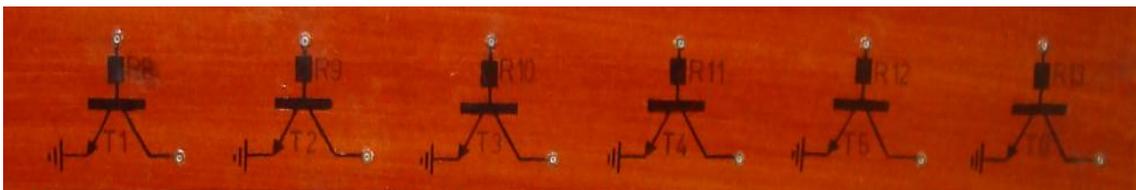


Figura 74.- Módulo transistores
Fuente: Autor

- 10.- Módulo relés

Costa de 6 relés, estos relés cuenta con 8 pines, de los cuales 6 corresponden a los contactos los que están conectados con conectores banana hembra como se pueden apreciar en el exterior. Dos pines designados para alimentar a la bobina del relé, uno de estos pines se ha extendido hacia el exterior mediante cable y 1 conector tipo regleta maquinada hembra, este conector permitirá conectar al relé con el transistor; el segundo pin de la bobina se encuentra una switch de palanca el que permite energizar o des-energizar la bobina de cada relé.



Figura 75.- Módulo relés

Fuente: Autor

- 11.- Módulo luces piloto

Este módulo cumple el rol de señalar las acciones ejecutadas en cada práctica, consta de 6 luces piloto de color rojo 110/220V, 6 luces piloto de color verde 110/220V, 6 luces piloto de color verde y 24 conectores tipo banana hembra. Cada piloto tiene asociado dos conectores para su respectiva alimentación.

También cuenta con 2 conectores tipo banana hembra, estos conectores servirán como fuente de tensión 220v para alimentar las luces piloto.



Figura 76.- Módulo luces piloto

Fuente: Autor

- **12.- Mini protoboard**

Este mini protoboard permitirá ubicar algún dispositivo que se desee agregar al sistema de control o utilizar otro elemento diferente a los del tablero.

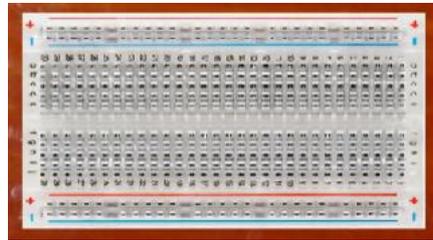


Figura 77.- Mini protoboard
Fuente: Autor

- **13.- Salida de tensión +5 V, +12V**

El tablero cuenta con tres grupos de conectores con tensión +5V y +12V en 3 lugares. Estos conectores son de tipo regleta maquinada hembra permitirán alimentar los pulsadores, el microcontrolador y el cualquier dispositivo que se coloque en el mini protoboard.



Figura 78.- Salida de tensión +5V
Fuente: Autor



Figura 79.- Salida de tensión +5V; +12V
Fuente: Autor

- 14.- Quemador de PICs

Este módulo contiene un quemador de PICs que soporta PICs hasta de 40 pines, al exterior solamente se muestra el Zócalo ZIF, un diodo led y un conector USB B hembra; el Zócalo es donde se ubicara el micro controlador a quemar, el led indica que el quemador está conectado a una PC y el conector permite conectar mediante un cable adecuado el quemador con la PC.



Figura 80.- Quemador de PICs
Fuente: Autor

k.3 Anexo 3

Descarga e instalación del Software necesario para la programación de microcontroladores.

- Ingresar al
link <http://www.mediafire.com/download/wdm135jjawm6e6i/SoftMicro.rar> para realizar la descarga

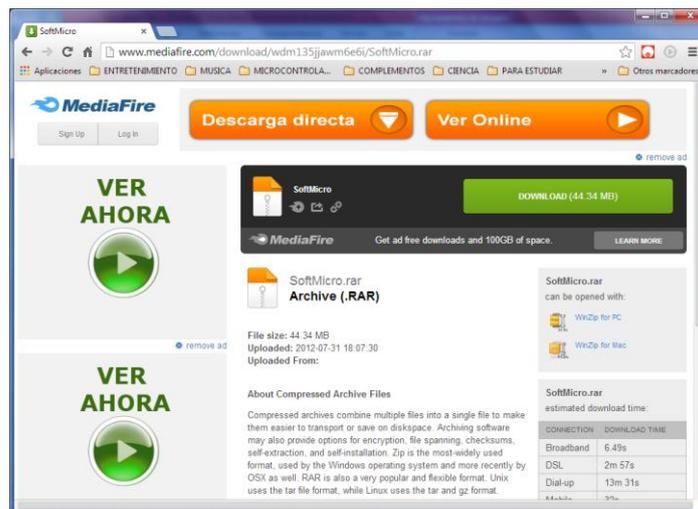


Figura 81.- Descarga el archivo llamado SoftMicro
Fuente: Autor

- Descargar el archivo llamado SoftMicro. Luego descomprima el archivo que se encuentra en formato .rar

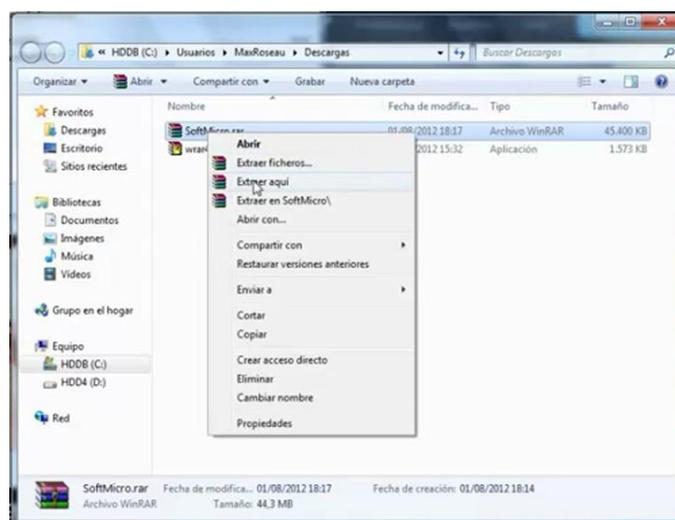


Figura 82.- Descomprimir el archivo llamado SoftMicro
Fuente: Autor

- Luego abra la carpeta llamada SoftMicro, la carteta **MPASM** se debe mover al Disco local (C:)

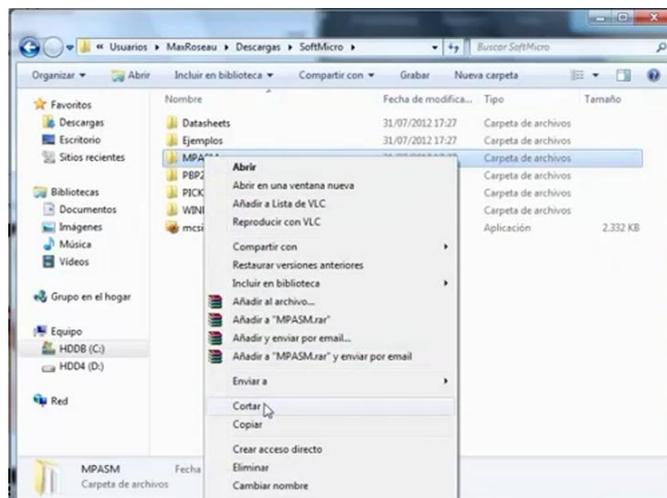


Figura 83.- Mover la carteta MPASM al Disco local (C:)
Fuente: Autor

- Ubicarse nuevamente en la carpeta SoftMicro y mover la carpeta **PBP247** dentro de la carpeta **MPASM** movida anteriormente al Disco local (C:)

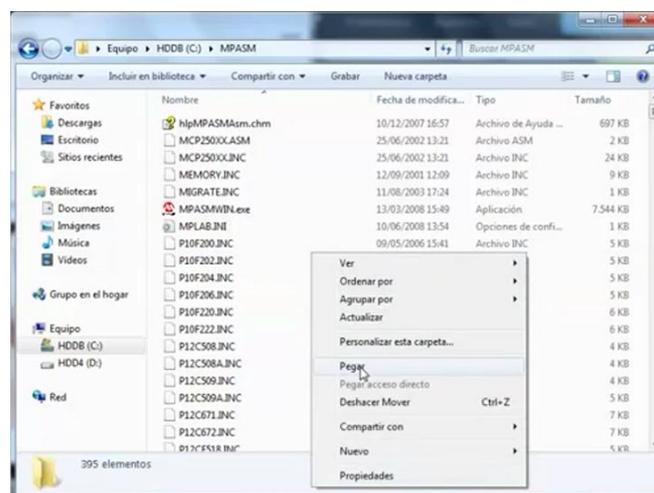


Figura 84.- Mover la carpeta PBP247 dentro de la carpeta MPASM
Fuente: Autor

- Crear una carpeta con el nombre **PIC** en Disco local C:\, mover la carpeta **Ejemplos** (ubicada en la carpeta SoftMicro) dentro de la carpeta **PIC**

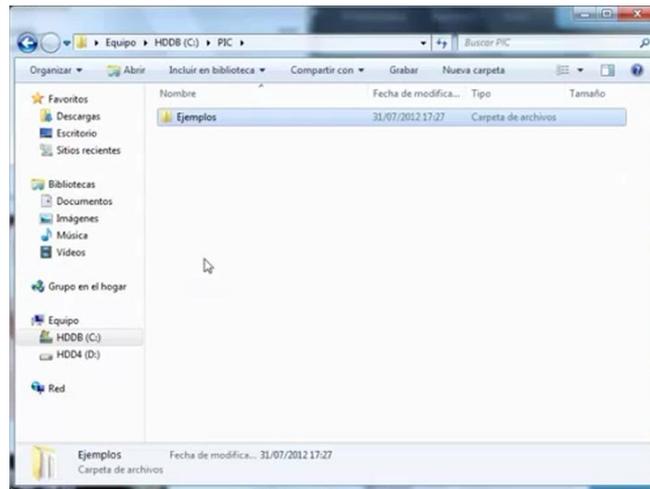


Figura 85.- Mover la carpeta 'Ejemplos' dentro de la carpeta PIC
Fuente: Autor

- Ahora ejecutar el archivo mcsinstall.exe ubicado dentro de la carpeta SoftMicro. Hacer clic en **Next**, seleccionar **I accept the agreement** y dar clic en **Next**, luego en **Finish**

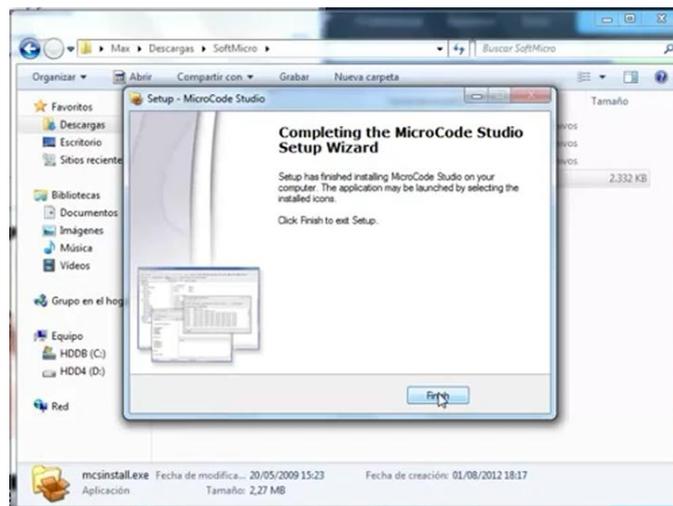


Figura 86.- Ejecutar el archivo mcsinstall.exe
Fuente: Autor

- A continuación mover la carpeta **WINPIC800 3.55ga** la siguiente dirección Disco local C:\Program Files (x86)\Mecanique

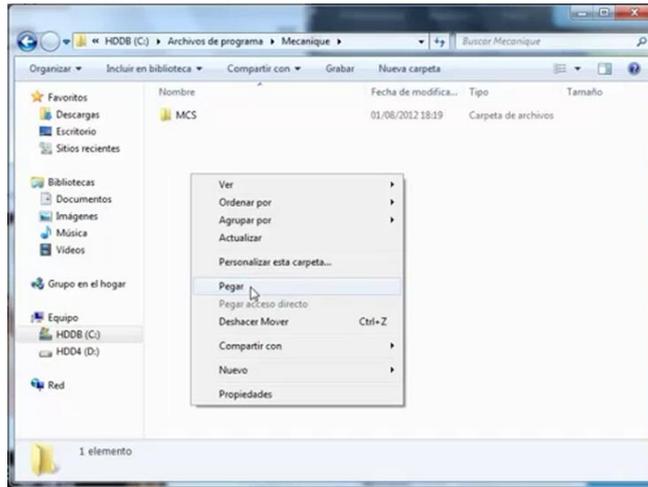


Figura 87.- Mover la carpeta WINPIC800 3.55g a Mecanique
Fuente: Autor

- Entrar en la carpeta movida anteriormente **WINPIC800 3.55g** y crear un acceso directo en el escritorio del archivo **WinPic800.exe**

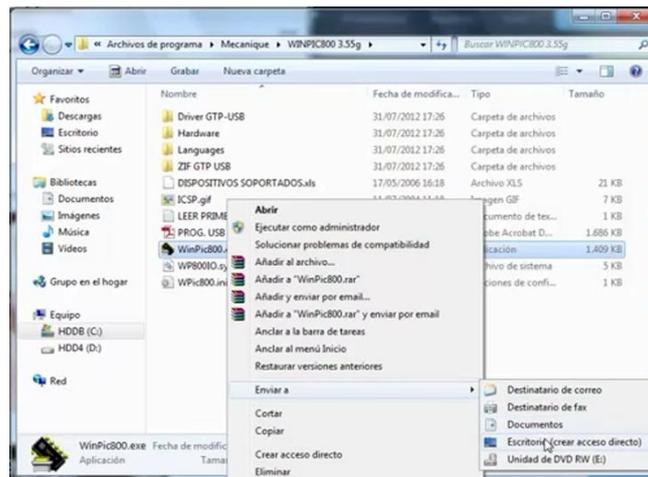


Figura 88.- Crear un acceso directo en el escritorio del archivo WinPic800.exe
Fuente: Autor

- Ubicarse nuevamente en la carpeta **SoftMicro**, abra la carpeta **PICKIT2_V2.61**, luego entrar en la carpeta **SETUP PICKIT2** y ejecutar el archivo **setup**, dar clic en **Next**, escoger la opción **everyone** y dar clic en **Next**, luego aceptar términos y condiciones y finalmente cierre la ventana dando clic en **Close**.

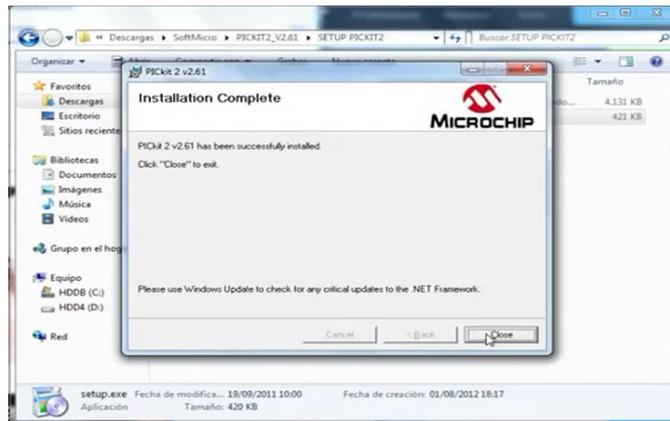


Figura 89.- Ejecutar el archivo setup
Fuente: Autor

- La instalación está completa, ahora se debe configurar el compilador de la siguiente manera. Abra el Programa **MicroCode Studio** desde el escritorio

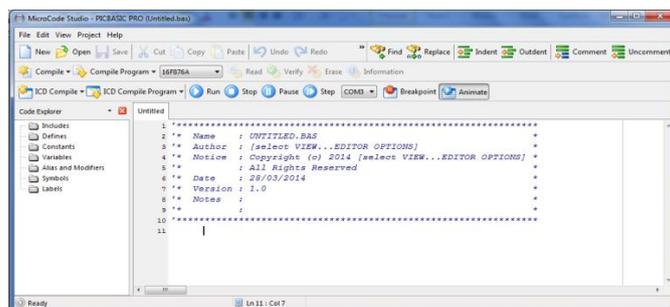


Figura 90.- Programa MicroCode Studio abierto
Fuente: Autor

- Ubicarse en la pestaña **View** y escoger la opción **Editor Options**

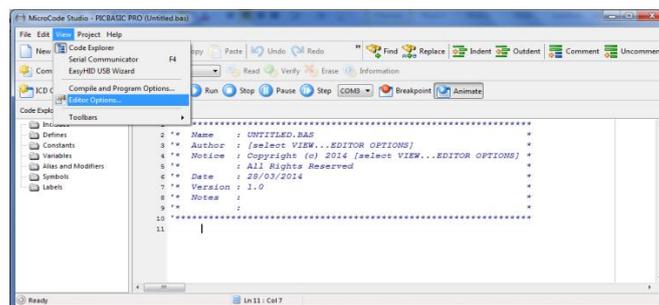


Figura 91.- Configuración del compilador
Fuente: Autor

- Se abrirá una ventana, aquí seleccione las opciones tal como se muestra en la siguiente imagen. Luego dar un clic en la pestaña **Change...** se abrirá otra ventana

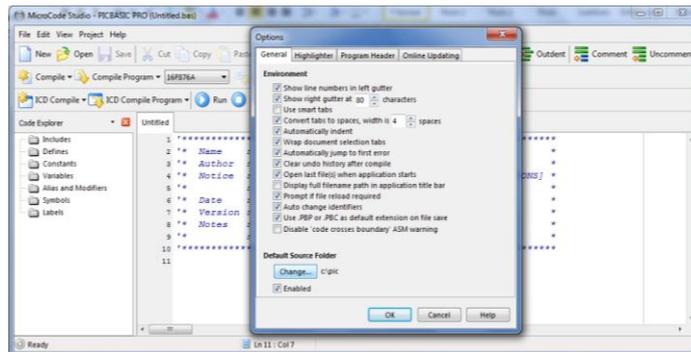


Figura 92.- Configuración del compilador
Fuente: Autor

- En esta nueva ventana buscamos la carpeta **PIC** creada durante la instalación del MicroCode Studio, seleccionarla dándole un clic y luego otro clic en **Aceptar**. Cerrar la ventana **Options** dando un clic en la pestaña **Ok**

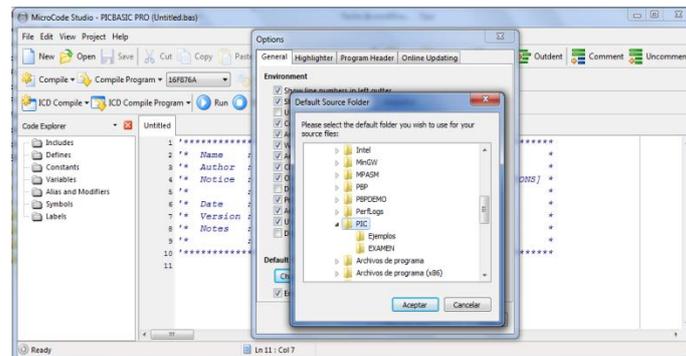


Figura 93.- Configuración del compilador
Fuente: Autor

- Ahora ubicarse en la pestaña **View** y escoger con un clic la opción **Compile and Program Options**, se abrirá una nueva ventana

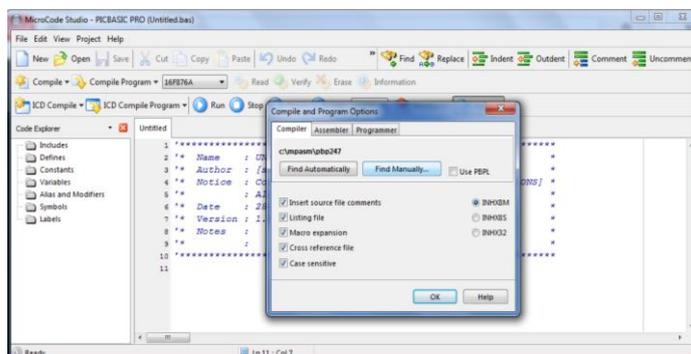


Figura 94.- Configuración del compilador
Fuente: Autor

- En esta ventana dar clic en la pestaña **Find Manually...**, se abrirá una nueva ventana llamada **Select Folder**. Ahora seleccionar con un clic la carpeta **PBP247** y cerrar la ventana dando clic en **Aceptar**.

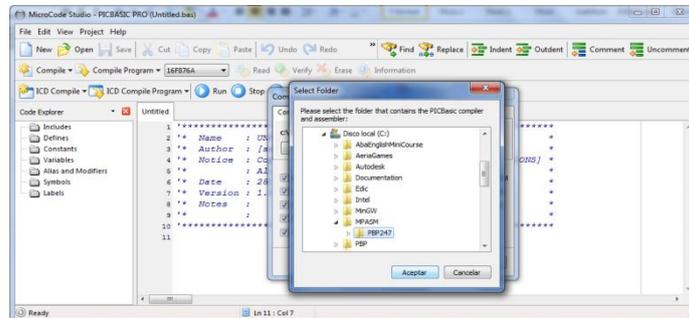


Figura 95.- Configuración del compilador
Fuente: Autor

- Dar un clic en la pestaña **Assembler** de la ventana **Compile and Program Options**, seleccionar la opción **Use MPSAM**. A continuación dar un clic en la pestaña **Find Manually...**, se abrirá una nueva pestaña

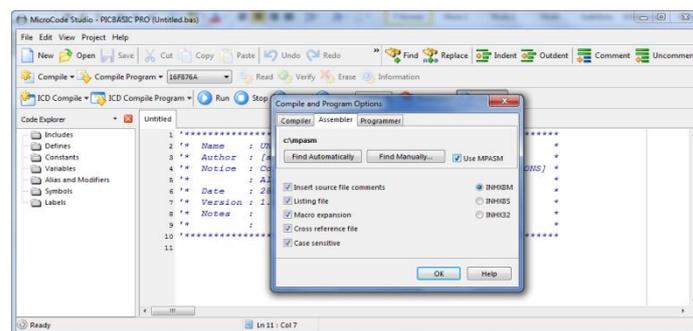


Figura 96.- Configuración del compilador
Fuente: Autor

- En esta ventana seleccionar con un clic la carpeta **MPSAM**, cerrar la venta haciendo clic en **Aceptar**

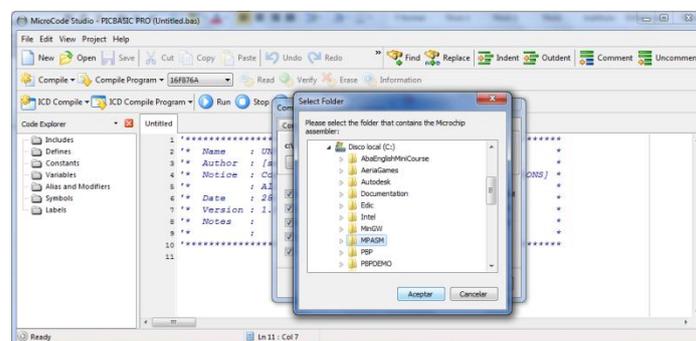


Figura 97.- Configuración del compilador
Fuente: Autor

- Dar un clic en la pestaña **Programmer** de la ventana **Compile and Program Options**, seleccionar con un clic la pestaña **Add New Programmer**

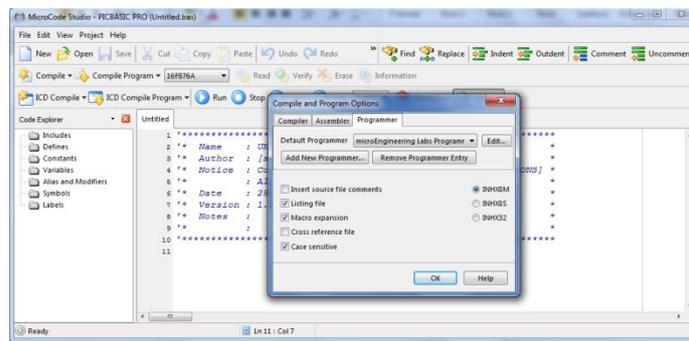


Figura 98.- Configuración del compilador
Fuente: Autor

- En esta nueva ventana, seleccionar con un clic la opción **Create a custom programmer entry**, dar clic en la pestaña **Next**

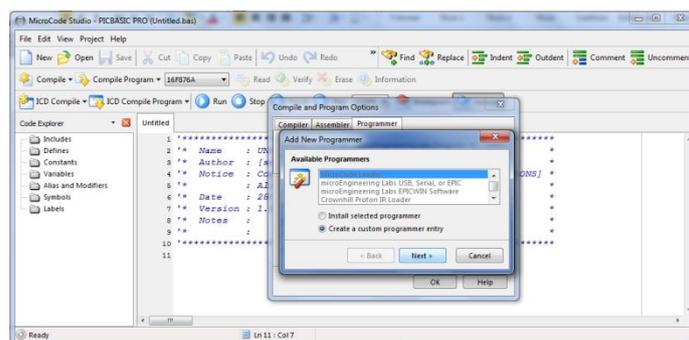


Figura 99.- Configuración del compilador
Fuente: Autor

- Escribir **PICKit 2** en el espacio en blanco, luego hacer clic sobre la pestaña **Next**

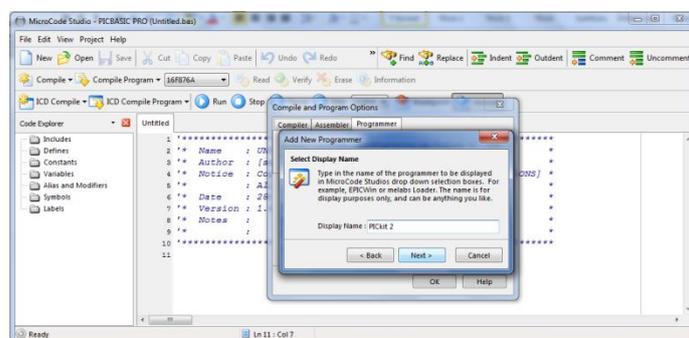


Figura 100.- Configuración del compilador
Fuente: Autor

- Escribir **PICKit2V2.exe** en el espacio en blanco, luego hacer clic sobre la pestaña **Next**

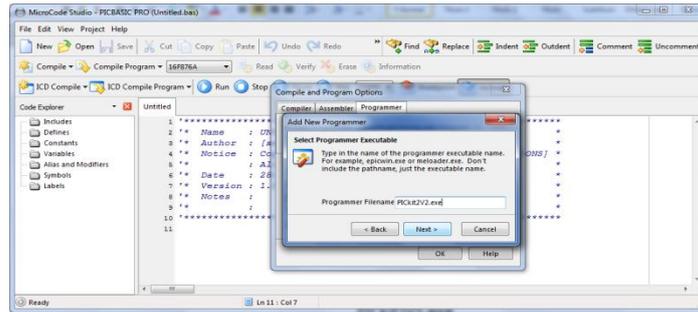


Figura 101.- Configuración del compilador
Fuente: Autor

- En la ventana **Add New Programmer**, hacer un clic sobre la pestaña **Find Manually...**. Ahora en la ventana **Select Folder** seleccionar la carpeta **PICKit2V2**, luego hacer clic en **Aceptar**

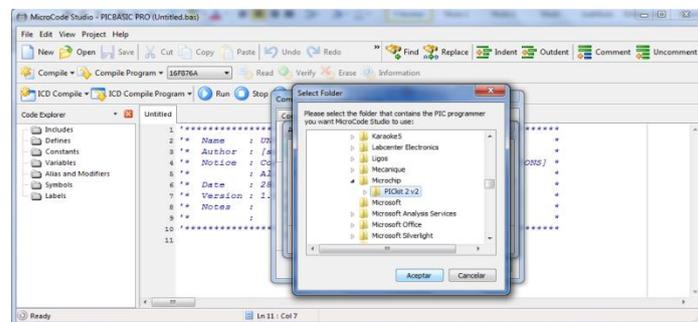


Figura 102.- Configuración del compilador
Fuente: Autor

- En la ventana **Add New Programmer**, hacer un clic sobre la pestaña **Next**, la ventana cambiara de apariencia, hacer clic sobre la pestaña **Finished**. En la ventana **Compile and Program Options** hacer clic en la pestaña **Ok**

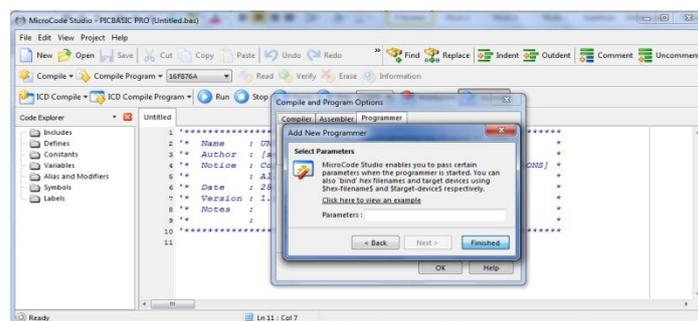


Figura 103.- Configuración del compilador
Fuente: Autor

k.4 Anexo 4

Desarrollo de las guías de práctica

- Práctica N° 1: Arranque múltiple de tres motores por pulso inicial y apagado múltiple.

PRÁCTICA 1

1. Nombre de la Práctica

Arranque múltiple de tres motores por pulso inicial y apagado múltiple.

2. Objetivos

General:

Desarrollar un arranque múltiple de tres motores por pulso inicial y apagado múltiple.

Específicos:

- Crear la programación en el software **MicroCode Studio**
- Realizar los esquemas de los circuitos de control y fuerza
- Simular el circuito correspondiente al sistema de control en el software **ISIS**

3. Esquema

Circuito de control en ISIS para simular

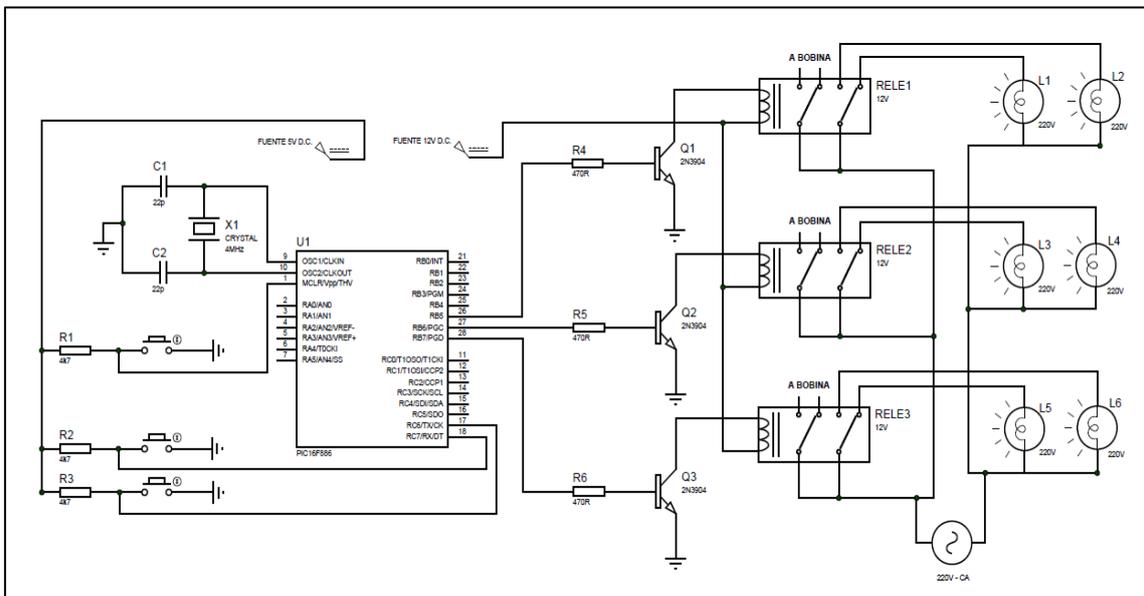


Figura 104.- Circuito de control - ISIS
Fuente: Autor

Circuito de fuerza

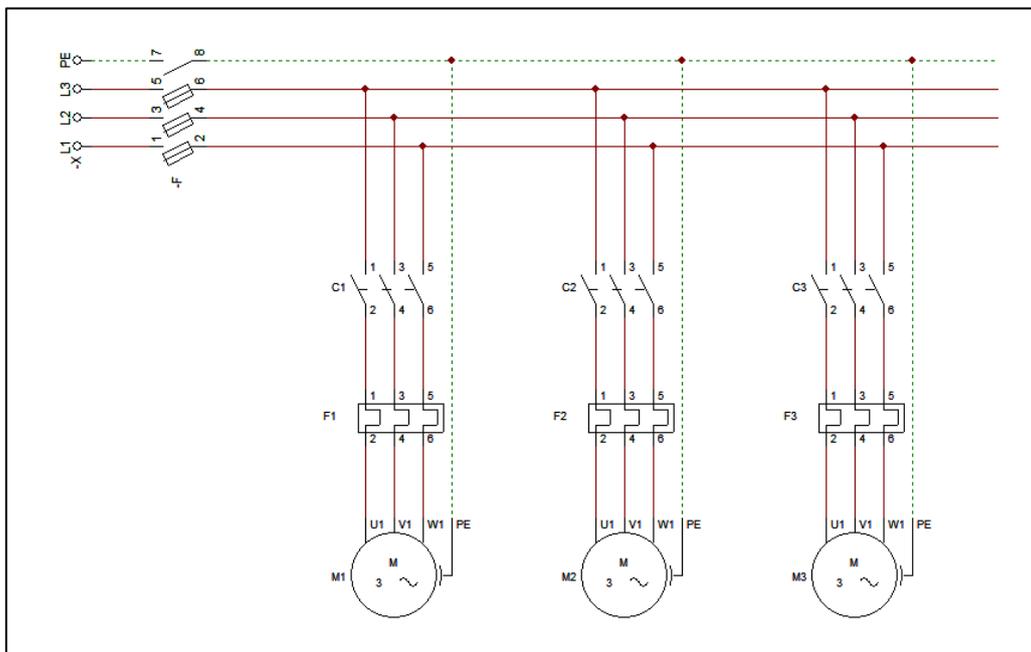


Figura 105.- Circuito de fuerza
Fuente: Autor

4. Procedimiento

Esta práctica consiste en encender tres motores a partir de un pulso inicial, es decir que los tres motores se encienden al mismo tiempo al presionar un pulsador, de igual manera se apagan al presionar otro pulsador. Adicionalmente existirá un tercer pulsador, denominado como 'reset' del microcontrolador, su función es hacer que el microcontrolador ejecute el programa desde el inicio (primera línea), independientemente de la línea de programa que se encuentre ejecutando. Se lo puede denominar como un paro de emergencia.

Lo primero es crear una programación en **MicroCode Studio**. Las líneas de programa son:

```
define OSC 4 ;define la frecuencia a trabajar (4MHz)
marcha var portc.6 ;asigna el nombre de 'marcha' al pin C.6
paro var portc.7 ;asigna el nombre de 'paro' al pin C.7
motor1 var portb.5 ;asigna el nombre de 'motor1' al pin B.5
motor2 var portb.6 ;asigna el nombre de 'motor2' al pin B.6
motor3 var portb.7 ;asigna el nombre de 'motor3' al pin B.7

inicio: ;nombre de la subrutina
low motor1 : low motor2 : low motor3 ;pone en estado lógico '0' a motor1, motor2 y
motor3
if marcha = 0 then trabajo ;realizar una lectura en 'marcha' y compara si
marcha=0
goto inicio ;ordena ir a la subrutina inicio

trabajo: ;nombre de la subrutina
high motor1 : high motor2 : high motor3 ;pone en estado lógico '1' a motor1, motor2 y
motor3
if paro = 0 then inicio ;realizar una lectura en 'paro' y compara si
paro=0
goto trabajo ;ir a subrutina 'trabajo'
end
```

Una vez creado el programa se procede a realizar la simulación del sistema de control en ISIS, con la finalidad de verificar si el programa creado funciona acorde con el tema de la práctica.

Lo siguiente es grabar el programa en el Microcontrolador mediante un quemador de PICs y un software correspondiente. A continuación se debe armar los circuitos, de control y de fuerza; tal como se muestra en los gráficos del esquema. Se debe tomar en cuenta que las bobinas de los contactores se controlan a través de los relés.

Una vez realizada una revisión de los circuitos se puede accionar los pulsadores y apreciar el funcionamiento.

5. Sistema categorial

Lenguajes de programación

Lenguaje BASIC

6. Preguntas de control

- ¿Cuáles son los estados lógicos con los que puede trabajar un pulsador?
- ¿Qué función que cumplen los resistores en el circuito de control de la presente practica?
- ¿Qué función cumplen las luces piloto?

7. Bibliografía

PÁGINAS WEB

http://www.todopic.com.ar/pbp_sp.html#ndp1

<http://perso.wanadoo.es/pictob/indicemicroprg.htm>

http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pico1.html

LIBROS

REYES, Carlos A. “Microcontroladores PIC Programación en Basic” Editorial RISPERSGRAF Ecuador 2008. Tercera edición, 221 págs.

Práctica N° 2: Mando de tres motores, encendido múltiple por pulso inicial y apagado independiente.

PRÁCTICA 2

1. Nombre de la Práctica

Mando de tres motores, encendido múltiple por pulso inicial y apagado independiente.

2. Objetivos

General:

Desarrollar un arranque múltiple de tres motores por pulso inicial y apagado independiente.

Específicos:

- Crear la programación en el software **MicroCode Studio**
- Realizar los esquemas de los circuitos de control y fuerza
- Simular el circuito correspondiente al sistema de control en el software **ISIS**

3. Esquema

Circuito de control en ISIS para simular

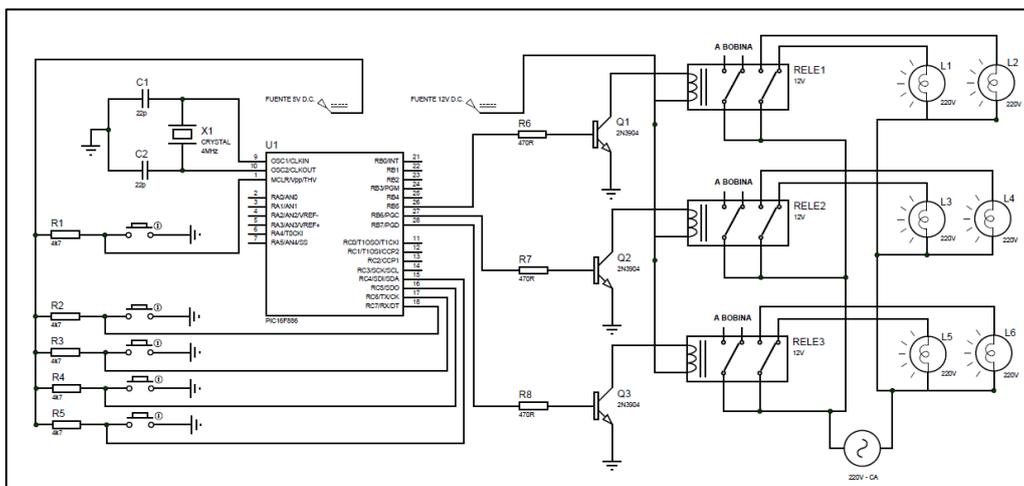


Figura 106.- Circuito de control - ISIS
Fuente: Autor

Circuito de fuerza

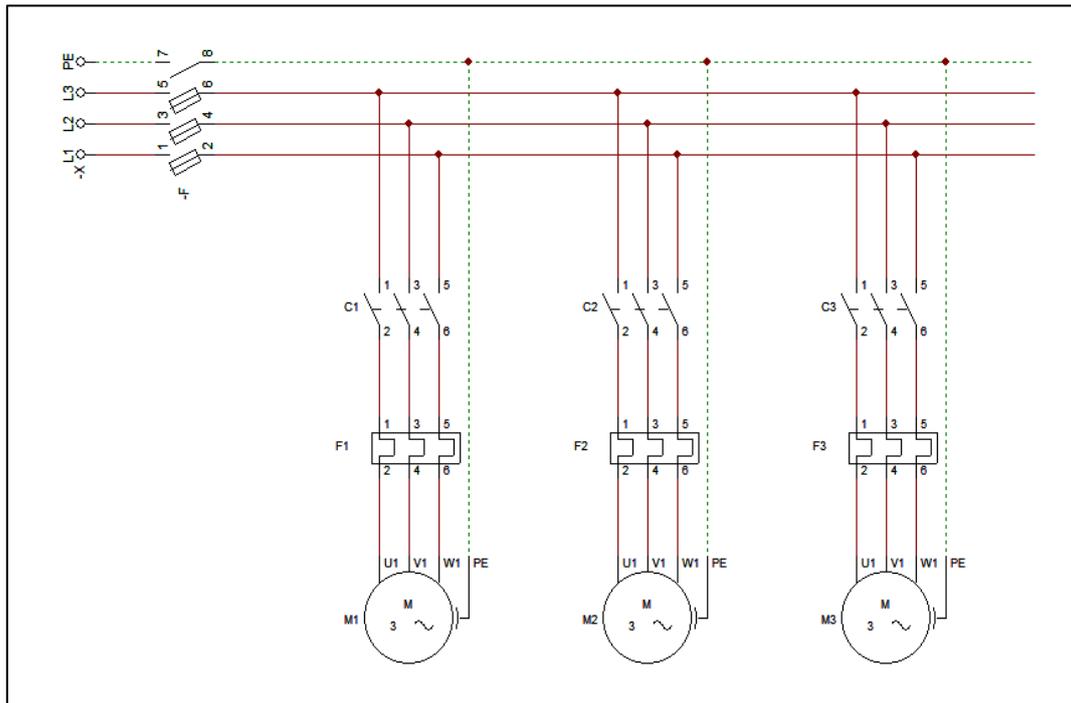


Figura 107.- Circuito de fuerza
Fuente: Autor

4. Procedimiento

Esta práctica consiste en encender tres motores a partir de un pulso inicial, es decir que los tres motores se encienden al mismo tiempo al presionar un pulsador. Y el apagado de los motores es independiente, es decir cada motor se desenergiza con un pulsador diferente. También existirá un tercer pulsador, denominado como 'reset' del micro controlador. Se lo puede denominar también como un paro de emergencia.

Lo primero es crear una programación en **MicroCode Studio**. Las líneas de programa son:

<code>DEFINE OSC 4</code>	<code>;define la frecuencia a trabajar (4MHz)</code>
<code>marcha var portc.7</code>	<code>;asigna el nombre de 'marcha' al pin C.7</code>
<code>param1 var portc.6</code>	<code>;asigna el nombre de 'param1' al pin C.6</code>
<code>param2 var portc.5</code>	<code>;asigna el nombre de 'param2' al pin C.5</code>
<code>param3 var portc.4</code>	<code>;asigna el nombre de 'param3' al pin C.4</code>
<code>motor1 var portb.7</code>	<code>;asigna el nombre de 'motor1' al pin B.7</code>

```

motor2 var portb.6           ;asigna el nombre de 'motor2' al pin B.6
motor3 var portb.5           ;asigna el nombre de 'motor3' al pin B.5

inicio:                       ;nombre de la subrutina
  low motor1 : low motor2 : low motor3   ;pone en estado logico '0' a motor1, motor2 y
                                          motor3
  if marcha = 0 then trabajo             ;realiza una lectura en 'marcha' y compara si
                                          marcha=0
  goto inicio                           ;ordena ir a la subrutina inicio

trabajo:                       ;nombre de la subrutina
  high motor1 : high motor2 : high motor3 ;pone en estado logico '1' a motor1, motor2 y
  motor3

botones:                       ;nombre de la subrutina
  if parom1 = 0 then gosub aaa           ;compara si parom1=0 si es verdadero ir a 'aaa'
                                          y regresar cuando encuentre 'RETURN'
  if parom2 = 0 then gosub bbb           ;compara si parom2=0 si es verdadero ir a 'bbb'
                                          y regresar cuando encuentre 'RETURN'
  if parom3 = 0 then gosub ccc           ;compara si parom3=0 si es verdadero ir a 'ccc'
                                          y regresar cuando encuentre 'RETURN'
  if motor1 = 0 and motor2 = 0 and motor3 = 0 then inicio ;compara si 'motor1', 'motor2'
                                          y'motor3' son igual a '0' si se cumple ir a 'inicio'
  goto pablo                            ;ordena ir a la subrutina pablo

aaa:                             ;nombre de la subrutina
  low motor1                         ;pone en estado logico '0' a motor1
  return                             ;volver al 'GOSUB' que le envio a esta subrutina

bbb:                             ;nombre de la subrutina
  low motor2                         ;pone en estado logico '0' a motor2
  return                             ;volver al 'GOSUB' que le envio a esta subrutina

ccc:                             ;nombre de la subrutina
  low motor3                         ;pone en estado logico '0' a motor3

```

```

return                ;volver al 'GOSUB' que le envio a esta subrutina

pablo:                ;nombre de la subrutina

if motor1 = 1 then    ;compara si 'motor1=1' si se cumple ejecutar siguiente linea, si
                    ;no ir a 'ELSE' (linea51)
high motor1          ;pone en estado logico '1' a motor1
else
endif

if motor2 = 1 then    ;compara si 'motor2=1' si se cumple ejecutar siguiente linea, si
                    ;no ir a 'ELSE' (linea56)
high motor2          ;pone en estado logico '1' a motor2
else
endif

if motor3 = 1 then    ;compara si 'motor3=1' si se cumple ejecutar siguiente linea, si
                    ;no ir a 'ELSE' (linea61)
high motor3          ;pone en estado logico '1' a motor3
else
endif
goto botones         ;ir a subrutina 'botones'

end

```

Una vez creado el programa se procede a realizar la simulación del sistema de control en ISIS, con la finalidad de verificar si el programa creado funciona acorde con el tema de la práctica.

Lo siguiente es grabar el programa en el Microcontrolador mediante un quemador de PICs y un software correspondiente.

A continuación se debe armar los circuitos, de control y de fuerza; tal como se muestra en los gráficos del esquema. Se debe tomar en cuenta que las bobinas de los contactores se controlan a través de los relés.

Una vez realizada una revisión de los circuitos se puede accionar los pulsadores y apreciar el funcionamiento.

5. Sistema categorial

El Microcontrolador PIC 16F886

Características del PIC 16F886

6. Preguntas de control

- Mencione las ventajas y desventajas del lenguaje BASIC
- Describa cada uno de los pines del PIC16F886
- ¿A qué tensión trabaja el PIC16F886?

7. Bibliografía

PÁGINAS WEB

http://www.todopic.com.ar/pbp_sp.html#ndp1

<http://perso.wanadoo.es/pictob/indicemicroprg.htm>

http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pico1.html

LIBROS

REYES, Carlos A. “Microcontroladores PIC Programación en Basic” Editorial RISPERSGRAF Ecuador 2008. Tercera edición, 221 págs.

Práctica N° 3: Mando de tres motores, encendido múltiple por pulso inicial y apagado automático.

PRÁCTICA 3

1. Nombre de la Práctica

Mando de tres motores, encendido múltiple por pulso inicial y apagado automático.

2. Objetivos

General:

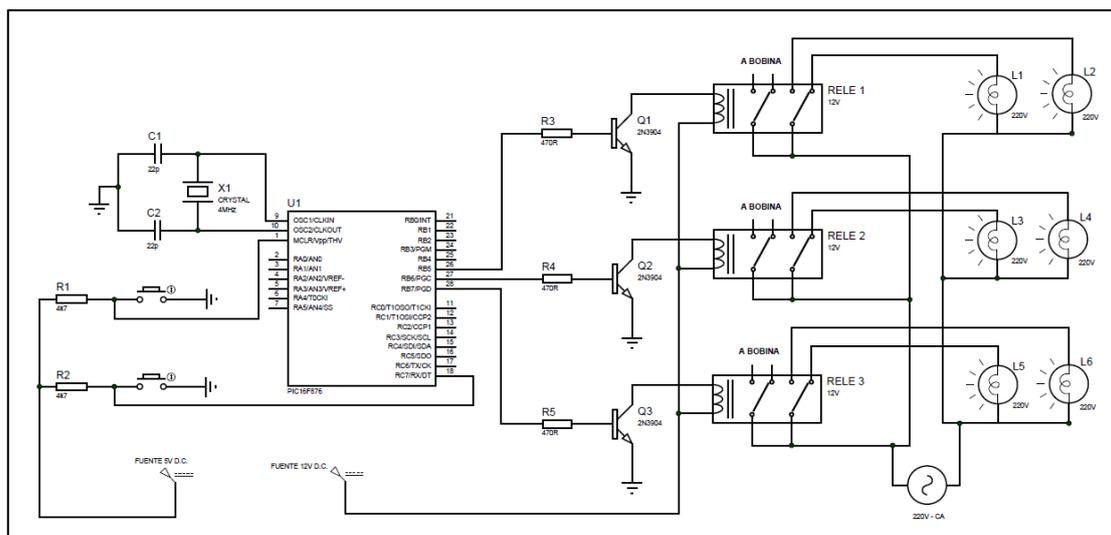
Desarrollar un arranque múltiple de tres motores por pulso inicial y apagado automático.

Específicos:

- Crear la programación en el software **MicroCode Studio**
- Realizar los esquemas de los circuitos de control y fuerza
- Simular el circuito correspondiente al sistema de control en el software **ISIS**

3. Esquema

Circuito de control en ISIS para simular



Circuito de fuerza

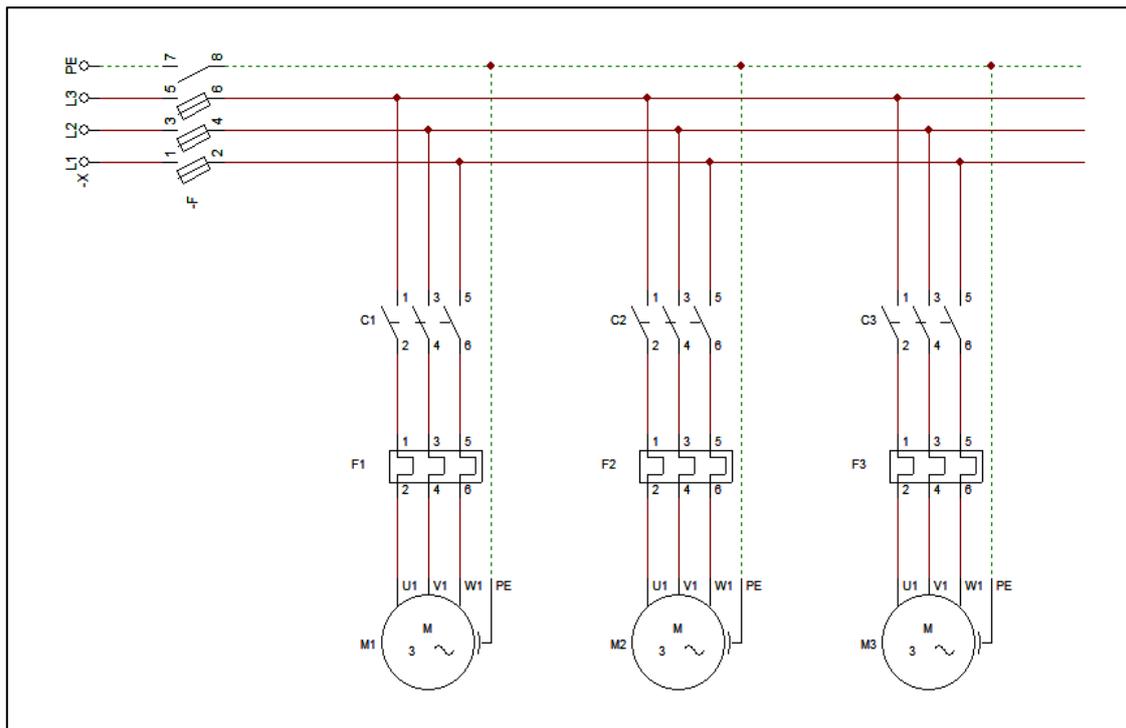


Figura 109.- Circuito de fuerza
Fuente: Autor

4. Procedimiento

Esta práctica consiste en encender tres motores a partir de un pulso inicial, es decir que los tres motores se encienden al mismo tiempo al presionar un pulsador. Y el apagado de los motores es automático, es decir los motores se apagan luego haber transcurrido un tiempo desde el encendido, este tiempo se especificara en la programación. Existirá un pulsador, denominado como 'reset' del microcontrolador, en esta práctica funcionara como un paro de emergencia.

Lo primero es crear una programación en **MicroCode Studio**. Las líneas de programa son:

```
Define OSC 4           ;define la frecuencia a trabajar (4MHz)
marcha var portc.7     ;asigna el nombre de 'marcha' al pin C.7
trisb = 0              ;declara a todos los pines del puerto B como salidas

inicio:                ;nombre de la subrutina
portb = %00000000     ;declara 'o' logico en cada pin del puerto B
```

```

if marcha = 0 then trabajo      ;compara si 'marcha=0' si se cumple ir a 'trabajo'
goto inicio                    ;ir a la subrutina 'inicio'
trabajo:                       ;nombre de la subrutina
portb = %11100000             ;declara '1' logico en los pines B6, B7 y B8
pause 10000                   ;espera 10 seg., tiempo que permanecerá encendido el motor
portb = %00000000             ;declara '0' logico en cada pin del puerto B
goto inicio                    ;ir a la subrutina 'inicio'
end

```

Se debe tomar en cuenta que se utiliza un oscilador de 4MHz y por lo tanto PAUSE1000 es igual a 1 segundo.

Una vez creado el programa se procede a realizar la simulación del sistema de control en ISIS, con la finalidad de verificar si el programa creado funciona acorde con el tema de la práctica.

Lo siguiente es grabar el programa en el Microcontrolador mediante un quemador de PICs y un software correspondiente.

A continuación se debe armar los circuitos, de control y de fuerza; tal como se muestra en los gráficos del esquema. Se debe tomar en cuenta que las bobinas de los contactores se controlan a través de los relés.

Una vez realizada una revisión de los circuitos se puede accionar los pulsadores y apreciar el funcionamiento.

5. Sistema categorial

Comandos Var. Tris.

Tipos de osciladores. Características de trabajo

6. Preguntas de control

- ¿Cuál es la corriente máxima de salida por cada pin, por puerto y total del PIC16F886?
- ¿Cuál es la corriente máxima de entrada por un pin del PIC16F886?
- ¿Con que tipo de arquitectura cuenta el PIC16F886?

7. Bibliografía

PÁGINAS WEB

http://www.todopic.com.ar/pbp_sp.html#ndp1

<http://perso.wanadoo.es/pictob/indicemicroprg.htm>

http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pico1.html

<http://electronicayrobotica.wordpress.com/2012/02/18/oscilador-por-hardware-para-pic/>

LIBROS

REYES, Carlos A. “Microcontroladores PIC Programación en Basic” Editorial RISPERSGRAF Ecuador 2008. Tercera edición, 221 págs.

Práctica N° 4: Arranque de tres motores de forma independiente por pulso inicial y apagado múltiple.

PRÁCTICA 4

1. Nombre de la Práctica

Arranque de tres motores de forma independiente por pulso inicial y apagado múltiple.

2. Objetivos

General:

Desarrollar un arranque independiente de tres motores por pulso inicial y apagado múltiple.

Específicos:

- Crear la programación en el software **MicroCode Studio**
- Realizar los esquemas de los circuitos de control y fuerza
- Simular el circuito correspondiente al sistema de control en el software **ISIS**

3. Esquema

Circuito de control en ISIS para simular

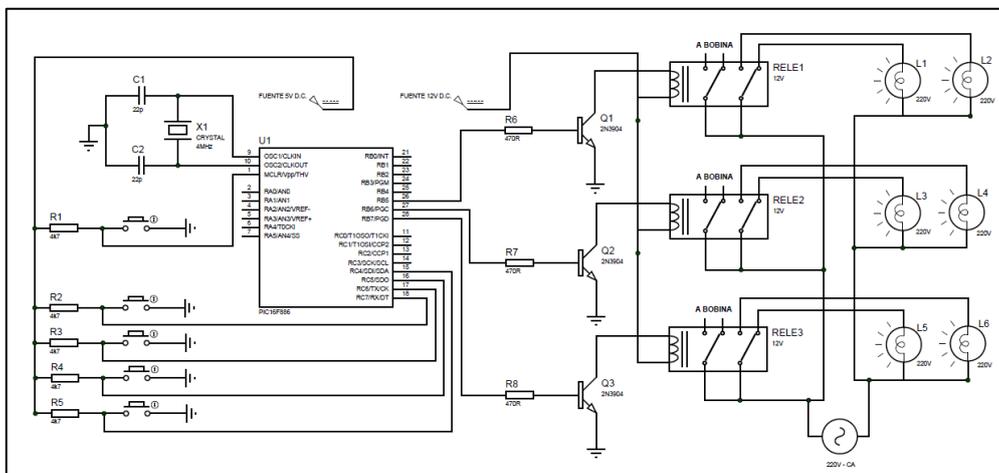


Figura 110.- Circuito de control - ISIS
Fuente: Autor

Circuito de fuerza

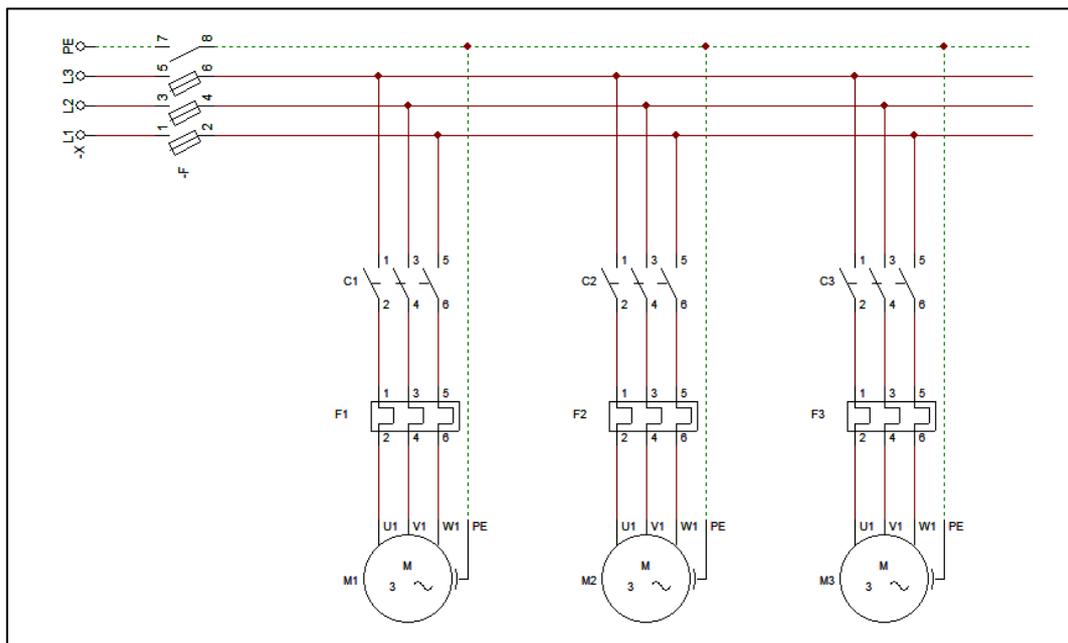


Figura 111.- Circuito de fuerza
Fuente: Autor

4. Procedimiento

Esta práctica consiste en encender tres motores de forma independiente, es decir cada motor se encenderá al presionar un respectivo pulsador. Y el apagado de los motores es múltiple, es decir los motores se apagan al mismo tiempo al presionar un solo pulsador. Existirá un pulsador, denominado como 'reset' del microcontrolador, funcionara como un paro de emergencia.

Lo primero es crear una programación en **MicroCode Studio**. Las líneas de programa son:

Define OSC 4	;define la frecuencia a trabajar (4MHz)
encenderm1 var portc.7	;asigna el nombre de 'encenderm1' al pin C.7
encenderm2 var portc.6	;asigna el nombre de 'encenderm2' al pin C.6
encenderm3 var portc.5	;asigna el nombre de 'encenderm3' al pin C.5
apagado var portc.4	;asigna el nombre de 'apagado' al pin C.4
motor1 var portb.7	;asigna el nombre de 'motor1' al pin B.7
motor2 var portb.6	;asigna el nombre de 'motor2' al pin B.6
motor3 var portb.5	;asigna el nombre de 'motor3' al pin B.5

```

inicio:                                ;nombre de la subrutina
    low motor1 : low motor2 : low motor3 ;pone en estado logico '0' a motor1, motor2 y
                                          motor3

botones:                                ;nombre de la subrutina
if encenderm1 = 0 then gosub aaa         ;si 'encenderm1=0' es verdadero ir a 'aaa' y
                                          regresar cuando encuentre 'RETURN'

    if encenderm2 = 0 then gosub bbb     ;si 'encenderm2=0' es verdadero ir a 'bbb' y
                                          regresar cuando encuentre 'RETURN'

    if encenderm3 = 0 then gosub ccc     ;si 'encenderm3=0' es verdadero ir a 'ccc' y
                                          regresar cuando encuentre 'RETURN'

if apagado = 0 then inicio               ;si 'apagado=0' es verdadero ir a 'inicio'
goto botones                             ;ir a subrutina botones

aaa:                                     ;nombre de la subrutina
high motor1                              ;pone en estado logico '1' a motor1
return                                    ;volver al 'GOSUB' que le envio a esta subrutina

bbb:                                     ;nombre de la subrutina
high motor2                              ;pone en estado logico '1' a motor2
return                                    ;volver al 'GOSUB' que le envio a esta subrutina

ccc:                                     ;nombre de la subrutina
high motor3                              ;pone en estado logico '1' a motor3
return                                    ;volver al 'GOSUB' que le envio a esta subrutina

end

```

Una vez creado el programa se procede a realizar la simulación del sistema de control en ISIS, con la finalidad de verificar si el programa creado funciona acorde con el tema de la práctica.

Lo siguiente es grabar el programa en el Microcontrolador mediante un quemador de PICs y un software correspondiente.

A continuación se debe armar los circuitos, de control y de fuerza; tal como se muestra en los gráficos del esquema. Se debe tomar en cuenta que las bobinas de los contactores se controlan a través de los relés.

Una vez realizada una revisión de los circuitos se puede accionar los pulsadores y apreciar el funcionamiento.

5. Sistema categorial

El RESET o MCLR del microcontrolador

El relé (relay)

6. Preguntas de control

- ¿Cuál es la función del oscilador externo?
- ¿Cuál es la diferencia entre Tris = y Tris = %?
- Defina los temporizadores o 'timers'

7. Bibliografía

PÁGINAS WEB

http://www.todopic.com.ar/pbp_sp.html#ndp1

<http://perso.wanadoo.es/pictob/indicemicroprg.htm>

http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pico1.html

<http://electronicayrobotica.wordpress.com/2012/02/18/oscilador-por-hardware-para-pic/>

LIBROS

REYES, Carlos A. "Microcontroladores PIC Programación en Basic" Editorial RISPGRRAF Ecuador 2008. Tercera edición, 221 págs.

Práctica N° 5: Inversión de giro manual de tres motores trifásicos.

PRÁCTICA 5

1. Nombre de la Práctica

Inversión de giro manual de tres motores trifásicos.

2. Objetivos

General:

Desarrollar una inversión de giro manual de tres motores trifásicos.

Específicos:

- Crear la programación en el software **MicroCode Studio**
- Realizar los esquemas de los circuitos de control y fuerza
- Simular el circuito correspondiente al sistema de control en el software **ISIS**

3. Esquema

Circuito de control en ISIS para simular

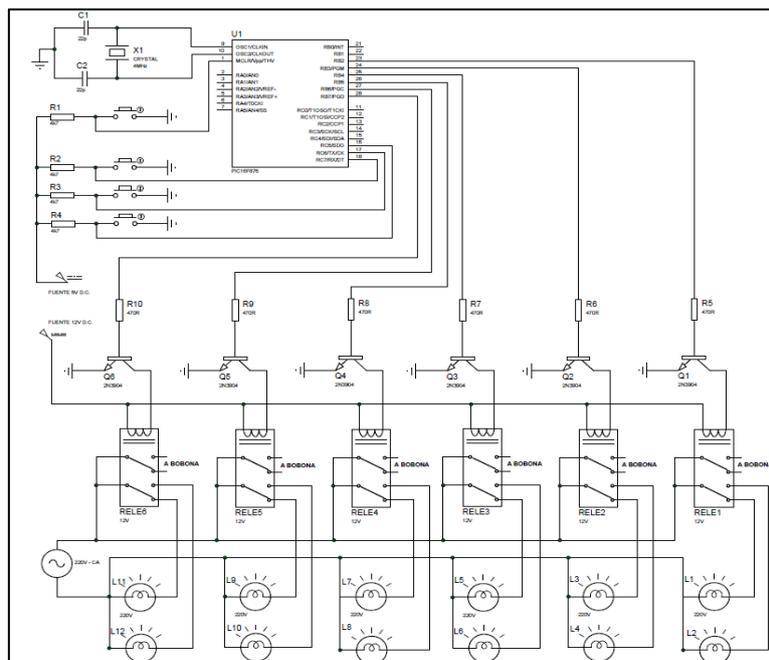


Figura 112.- Circuito de control - ISIS
Fuente: Autor

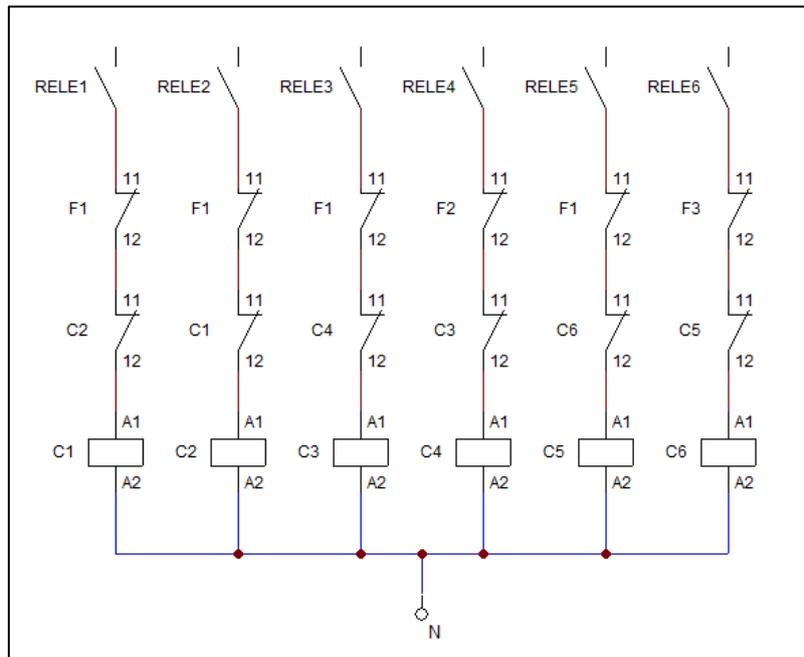


Figura 113.- Circuito de control
Fuente: Autor

Circuito de fuerza

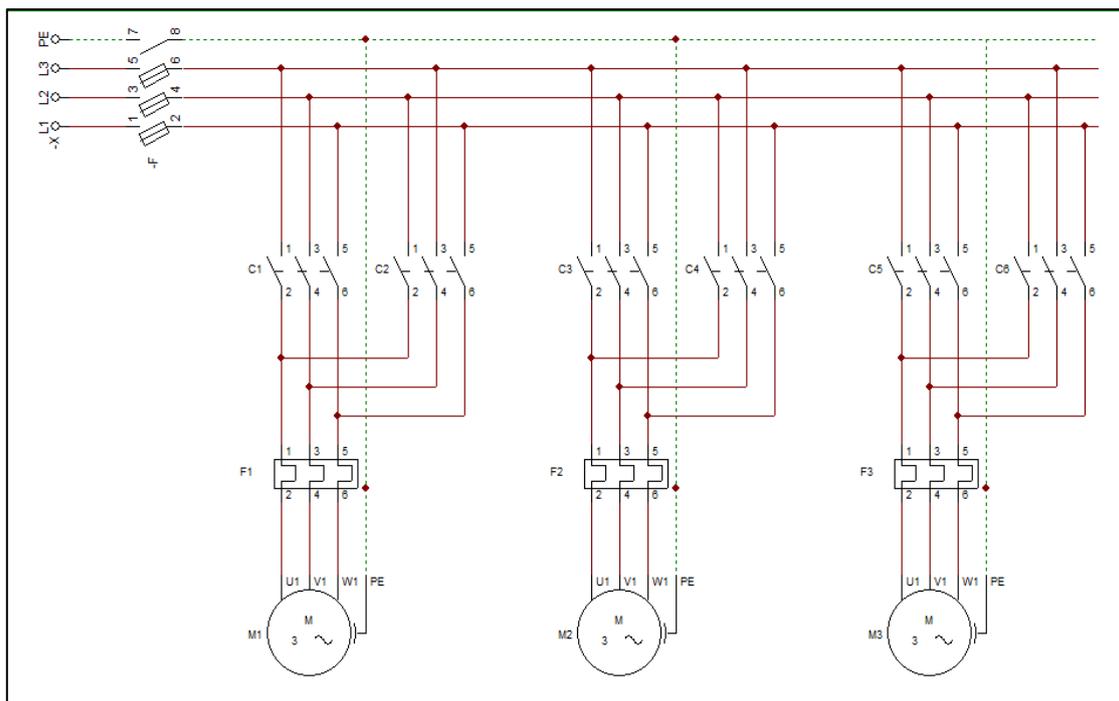


Figura 114.- Circuito de fuerza
Fuente: Autor

4. Procedimiento

Esta práctica consiste en invertir el giro de tres motores de forma manual.

Los motores se encenderán al mismo tiempo al presionar un botón, la inversión de giro será múltiple es decir al mismo tiempo y se dará cuando se presione un pulsador designado para ello, con el mismo pulsador se podrá invertir nuevamente el giro. El apagado de los motores es múltiple, es decir los motores se apagan al mismo tiempo al presionar un solo pulsador y se podrá realizar cuando los motores estén trabajando en cualquier sentido. Existirá un pulsador, denominado 'reset' del microcontrolador, funcionara como un paro de emergencia.

Lo primero es crear una programación en **MicroCode Studio**. Las líneas de programa son:

```
DEFINE OSC 4 ;define la frecuencia a trabajar (4MHz)
encender var portc.7 ;asigna el nombre 'encender' al pin C.7
girar var portc.6 ;asigna el nombre 'girar' al pin C.6
apagar var portc.5 ;asigna el nombre 'apagar' al pin C.5
trisb = 0 ;declara a todos los pines del 'puerto B' como salidas

inicio: ;nombre de la subrutina
portb = %00000000 ;declara en estado lógico '0' la todo el 'puerto B'
if encender = 0 then trabajo ;si 'encender=0' es verdadero ir a 'trabajo'
goto inicio ;ir a la subrutina inicio

inver: ;nombre de la subrutina
gosub pausa ;ir a subrutina 'pausa' y regresar cuando encuentre 'RETURN'

trabajo: ;nombre de la subrutina
portb = %10101000 ;declara '1' lógico en B7, B5 Y B3
if apagar = 0 then inicio;si 'apagar=0' es verdadero ir a 'inicio'
if girar = 0 then inversión ;si 'girar=0' es verdadero ir a 'inversión'
goto trabajo ;ir a la subrutina trabajo
```

```

inversión:                ;nombre de la subrutina
gosub pausa                ;ir a subrutina 'pausa' y regresar cuando encuentre 'RETURN'

marcha:                    ;nombre de la subrutina
portb = %01010100         ;declara '1' lógico en B6, B4 Y B2
if apagar = 0 then inicio ;si 'apagar=0' es verdadero ir a 'inicio'
if girar = 0 then inver   ;si 'girar=0' es verdadero ir a 'inver'
goto marcha                ;ir a la subrutina marcha

pausa:                      ;nombre de la subrutina
portb = %00000000         ;declara en estado lógico '0' la todo el 'puerto B'
pause 8000                 ;detiene la programación durante 8 segundos
RETURN                     ;volver al 'GOSUB' que le envió a esta subrutina
End

```

Se debe tomar en cuenta el tiempo que se detiene el programa con el comando PAUSE, este tiempo depende del tiempo que el motor demora en detenerse, como se utiliza un oscilador de 4MHz por lo tanto PAUSE 1000 es igual a 1 segundo.

Una vez creado el programa se procede a realizar la simulación del sistema de control en ISIS, con la finalidad de verificar si el programa creado funciona acorde con el tema de la práctica.

Lo siguiente es grabar el programa en el Microcontrolador mediante un quemador de PICs y un software correspondiente.

A continuación se debe armar los circuitos, de control y de fuerza; tal como se muestra en los gráficos del esquema. Se debe tomar en cuenta que las bobinas de los contactores se controlan a través de los relés.

Una vez realizada una revisión de los circuitos se puede accionar los pulsadores y apreciar el funcionamiento.

5. Sistema categorial

El transistor Bipolar. Tipos

El comando DEFINE

6. Preguntas de control

- Describa las características eléctricas del pin 'MCLR' del PIC16F886
- ¿Qué función cumple el relé en el sistema de control de la presente practica?
- Defina al perro guardián o 'watchdog'

7. Bibliografía

PÁGINAS WEB

http://www.todopic.com.ar/pbp_sp.html#ndp1

<http://perso.wanadoo.es/pictob/indicemicroprg.htm>

http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pico1.html

LIBROS

REYES, Carlos A. "Microcontroladores PIC Programación en Basic" Editorial RISPGRAF Ecuador 2008. Tercera edición, 221 págs.

Práctica N° 6: Inversión de giro automático de tres motores trifásicos.

PRÁCTICA 6

1. Nombre de la Práctica

Inversión de giro automático de tres motores trifásicos.

2. Objetivos

General:

Desarrollar una inversión de giro automático de tres motores trifásicos.

Específicos:

- Crear la programación en el software **MicroCode Studio**
- Realizar los esquemas de los circuitos de control y fuerza
- Simular el circuito correspondiente al sistema de control en el software **ISIS**

3. Esquema

Circuito de control en ISIS para simular

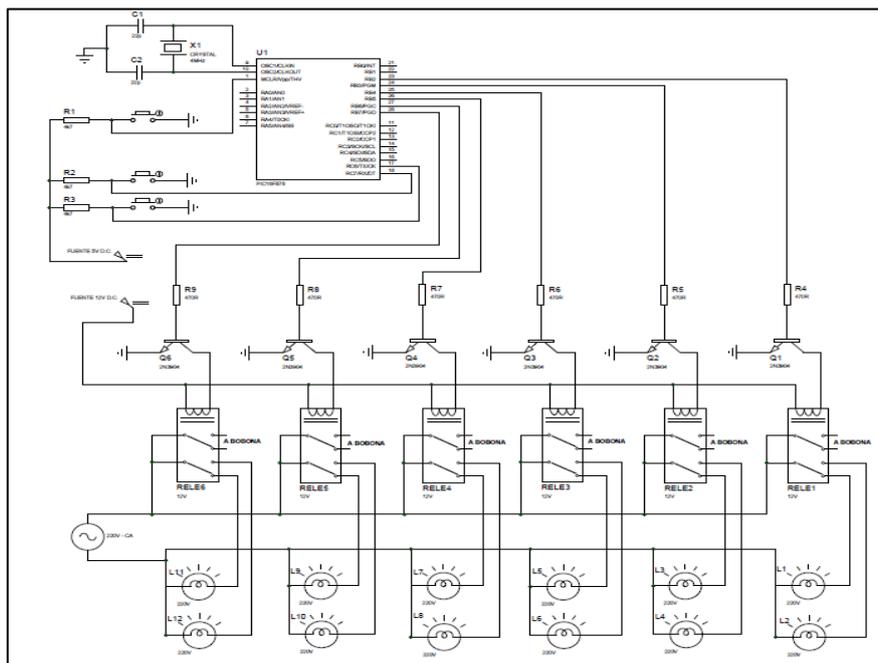


Figura 115.- Circuito de control - ISIS
Fuente: Autor

Circuito de fuerza

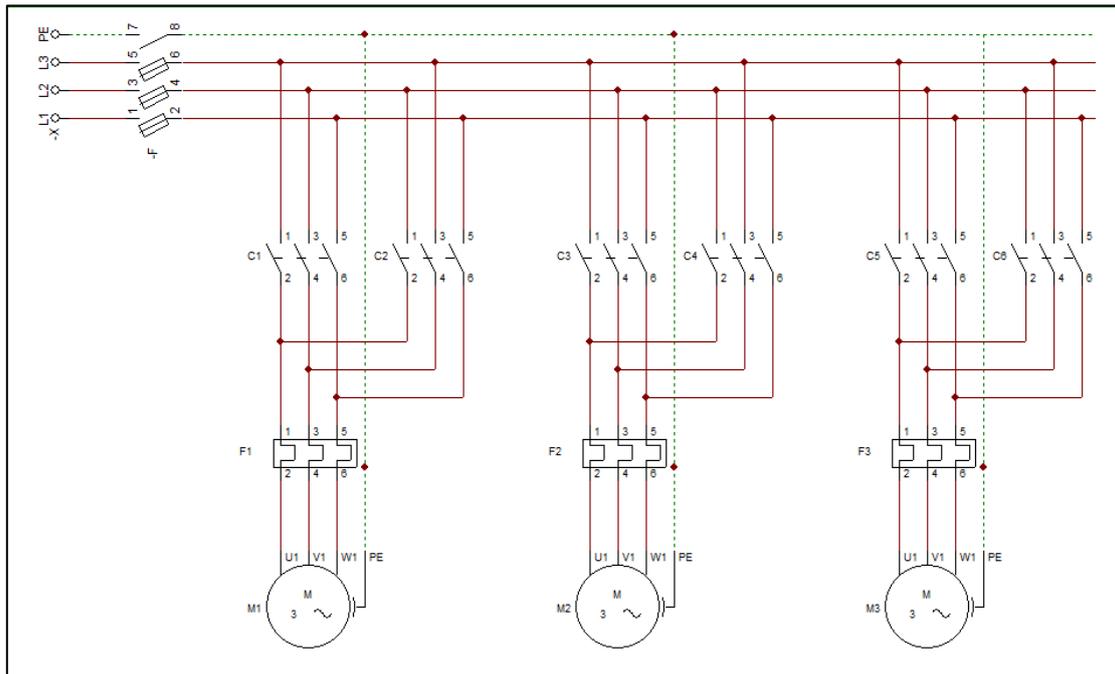


Figura 116.- Circuito de fuerza
Fuente: Autor

4. Procedimiento

Esta práctica consiste en invertir el giro de tres motores de forma automática.

Los motores se encenderán al mismo tiempo al presionar un botón, la inversión de giro será múltiple y se realizará una vez haya transcurrido un tiempo a partir del encendido del motor debidamente programado. El apagado de los motores es múltiple, es decir los motores se apagan al mismo tiempo al presionar un solo pulsador. Existirá un pulsador, denominado 'reset' del microcontrolador, funcionará como un paro de emergencia.

Lo primero es crear una programación en **MicroCode Studio**. Las líneas de programa son:

```
DEFINE OSC 4 ;define la frecuencia a trabajar (4MHz)
encender var portc.7 ;asigna el nombre 'encender' al pin C.7
apagar var portc.6 ;asigna el nombre 'apagar' al pin C.6
trisb = 0 ;declara a todos los pines del 'puerto B' como salidas
```

```

inicio:                               ;nombre de la subrutina
portb = %00000000                     ;declara en estado logico '0' la todo el 'puerto B'
if encender = 0 then trabajo           ;si 'encender=0' es verdadero ir a 'trabajo'
goto inicio                             ;ir a la subrutina inicio

trabajo:                               ;nombre de la subrutina
portb = %10101000                     ;declara '1' logico en B7, B5 Y B3
pause 20000                            ;detiene la programación durante 20 segundos
portb = %00000000                     ;declara en estado logico '0' la todo el 'puerto B'
pause 8000                              ;detiene la programación durante 8 segundos
marcha:                                ;nombre de la subrutina
portb = %01010100                     ;declara '1' logico en B6, B4 Y B2
if apagar = 0 then inicio              ;si 'apagar=0' es verdadero ir a 'inicio'
goto marcha                             ;ir a la subrutina inicio
end

```

Se debe tomar en cuenta el tiempo que se detiene el programa con el comando PAUSE, este tiempo depende del tiempo que el motor demora en detenerse, como se utiliza un oscilador de 4MHz por lo tanto PAUSE 1000 es igual a 1 segundo.

Una vez creado el programa se procede a realizar la simulación del sistema de control en ISIS, con la finalidad de verificar si el programa creado funciona acorde con el tema de la práctica.

Lo siguiente es grabar el programa en el Microcontrolador mediante un quemador de PICs y un software correspondiente.

A continuación se debe armar los circuitos, de control y de fuerza; tal como se muestra en los gráficos del esquema. Se debe tomar en cuenta que las bobinas de los contactores se controlan a través de los relés.

Una vez realizada una revisión de los circuitos se puede accionar los pulsadores y apreciar el funcionamiento.

5. Sistema categorial

El transistor como interruptor

El comando IF THEN

6. Preguntas de control

- ¿Cuál es la diferencia entre las tres zonas de trabajo del transistor corte, amplificación y saturación?
- ¿Para qué sirve el pin 'MCLR' de un micro controlador PIC y como se usa?
- ¿Cuál es el rango de frecuencia con la que puede trabajar el PIC16F886?

7. Bibliografía

PÁGINAS WEB

http://www.todopic.com.ar/pbp_sp.html#ndp1

<http://perso.wanadoo.es/pictob/indicemicroprg.htm>

http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pico1.html

LIBROS

REYES, Carlos A. "Microcontroladores PIC Programación en Basic" Editorial RISPGRAF Ecuador 2008. Tercera edición, 221 págs.

Práctica N° 7: Arranque estrella - triangulo de un motor.

PRÁCTICA 7

1. Nombre de la Práctica

Arranque estrella - triangulo de un motor.

2. Objetivos

General:

Desarrollar un arranque estrella - triangulo de un motor.

Específicos:

- Crear la programación en el software **MicroCode Studio**
- Realizar los esquemas de los circuitos de control y fuerza
- Simular el circuito correspondiente al sistema de control en el software **ISIS**

3. Esquema

Circuito de control en ISIS para simular

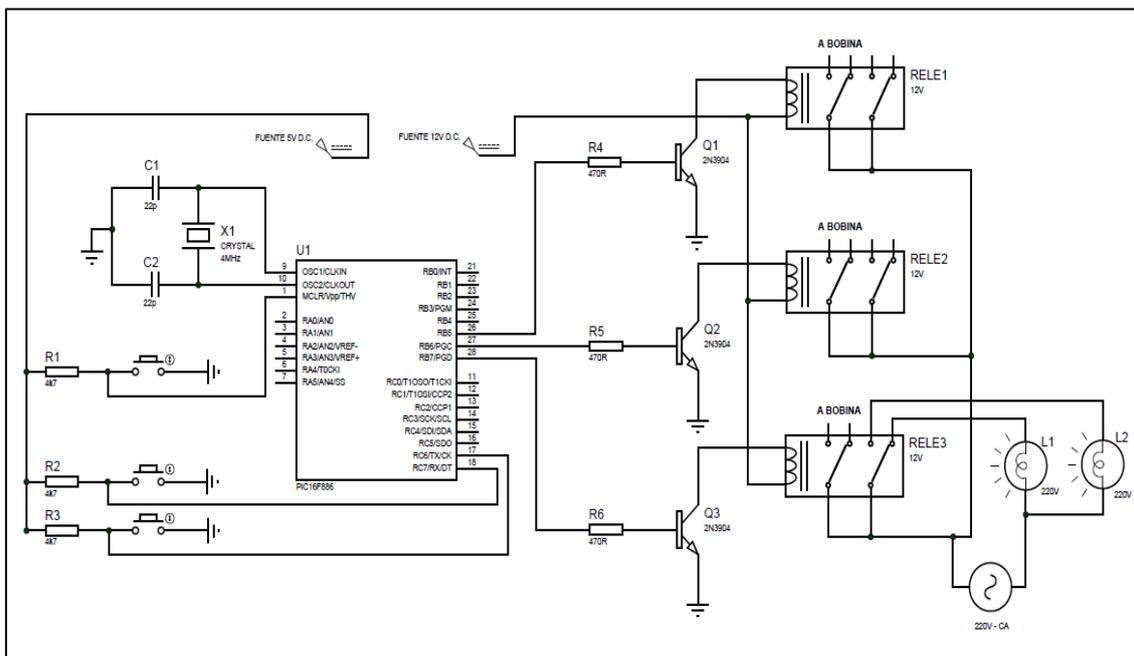


Figura 117.- Circuito de control - ISIS
Fuente: Autor

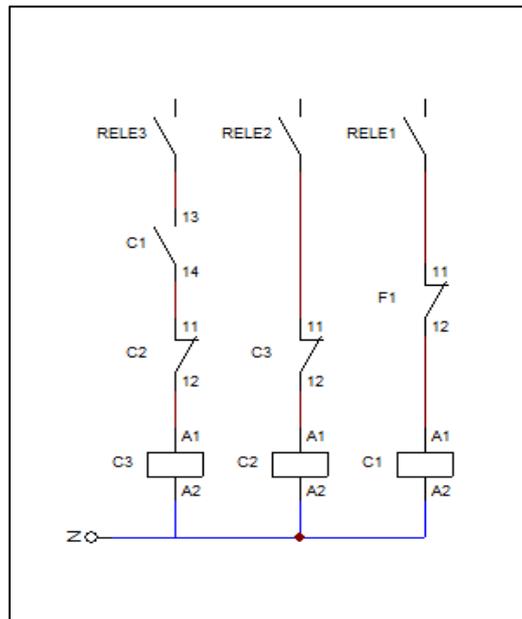


Figura 118.- Circuito de control
Fuente: Autor

Circuito de fuerza

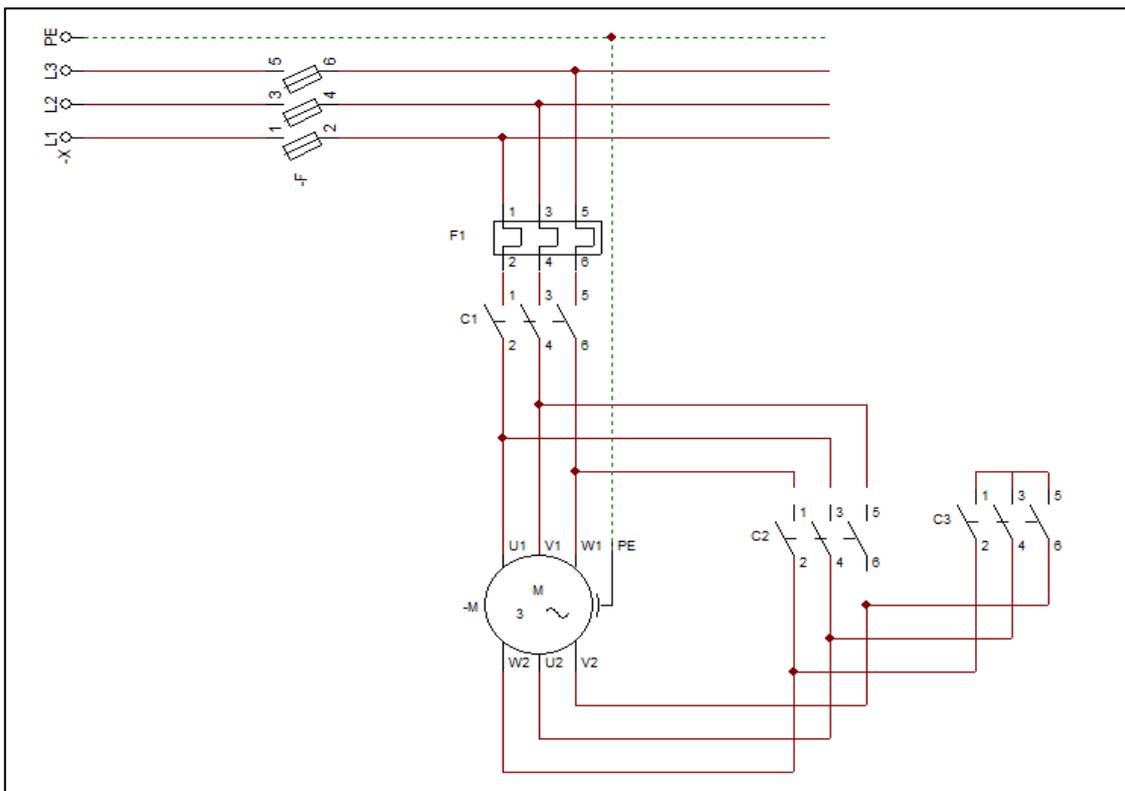


Figura 119.- Circuito de fuerza
Fuente: Autor

4. Procedimiento

Esta práctica consiste en arrancar un motor mediante la conexión estrella triángulo.

El motor se encenderá al presionar un botón, el cambio de conexión de estrella a triángulo se dará a los 4 segundos del encendido, este tiempo puede variar dependiendo del motor. El apagado del motor se dará al presionar un pulsador. Existirá un pulsador, denominado 'reset' del microcontrolador, funcionara como un paro de emergencia.

Lo primero es crear una programación en **MicroCode Studio**. Las líneas de programa son:

```
Define OSC 4 ;define la frecuencia a trabajar (4MHz)
arranque var portc.6 ;asigna el nombre 'arranque' al pin C.6
paro var portc.7 ;asigna el nombre 'paro' al pin C.7
trisb = 0 ;declara a todos los pines del 'puerto B' como salidas

inicio: ;nombre de la subrutina
portb = %00000000 ;declara en estado logico '0' la todo el 'puerto B'
if arranque = 0 then trabajo ;si 'arranque=0' es verdadero ir a 'trabajo'
goto inicio ;ir a la subrutina inicio
trabajo: ;nombre de la subrutina
portb = %10100000 ;declara '1' logico en B7 y B5
pause 9000 ;detiene la programación durante 9 segundos
portb = %00000000 ;declara en estado logico '0' la todo el 'puerto B'
pause 500 ;detiene la programación durante 0.5 segundos
aaa: ;nombre de la subrutina
portb = %11000000 ;declara '1' logico en B7 Y B6
if paro = 0 then inicio ;si 'paro=0' es verdadero ir a 'inicio'
goto aaa ;ir a subrutina 'aaa'

end
```

Se debe tomar en cuenta el tiempo que se detiene el programa con el comando PAUSE, este tiempo depende del motor, como se utiliza un oscilador de 4MHz por lo tanto PAUSE 1000 es igual a 1 segundo.

Una vez creado el programa se procede a realizar la simulación del sistema de control en ISIS, con la finalidad de verificar si el programa creado funciona acorde con el tema de la práctica.

Lo siguiente es grabar el programa en el Microcontrolador mediante un quemador de PICs y un software correspondiente.

A continuación se debe armar los circuitos, de control y de fuerza; tal como se muestra en los gráficos del esquema. Se debe tomar en cuenta que las bobinas de los contactores se controlan a través de los relés.

Una vez realizada una revisión de los circuitos se puede accionar los pulsadores y apreciar el funcionamiento.

5. Sistema categorial

Comandos GOSUB. RETURN

Memoria de un microcontrolador PIC

6. Preguntas de control

- ¿Cuál es la ventaja de utilizar interruptores de estado sólido como el transistor?
- ¿Cómo funciona internamente el RESET o 'MCLR' de un microcontrolador PIC?
- Describa a las instrucciones de un microcontrolador PIC

7. Bibliografía

PÁGINAS WEB

http://www.todopic.com.ar/pbp_sp.html#ndp1

<http://perso.wanadoo.es/pictob/indicemicroprg.htm>

http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pico1.html

LIBROS

REYES, Carlos A. “Microcontroladores PIC Programación en Basic” Editorial
RISPERGRAF Ecuador 2008. Tercera edición, 221 págs.

Práctica N° 8: Arranque estrella triángulo con inversión de giro.

PRÁCTICA 8

1. Nombre de la Práctica

Arranque estrella triángulo con inversión de giro.

2. Objetivos

General:

Desarrollar un arranque estrella - triángulo con inversión de giro de un motor.

Específicos:

- Crear la programación en el software **MicroCode Studio**
- Realizar los esquemas de los circuitos de control y fuerza
- Simular el circuito correspondiente al sistema de control en el software **ISIS**

3. Esquema

Circuito de control en ISIS para simular

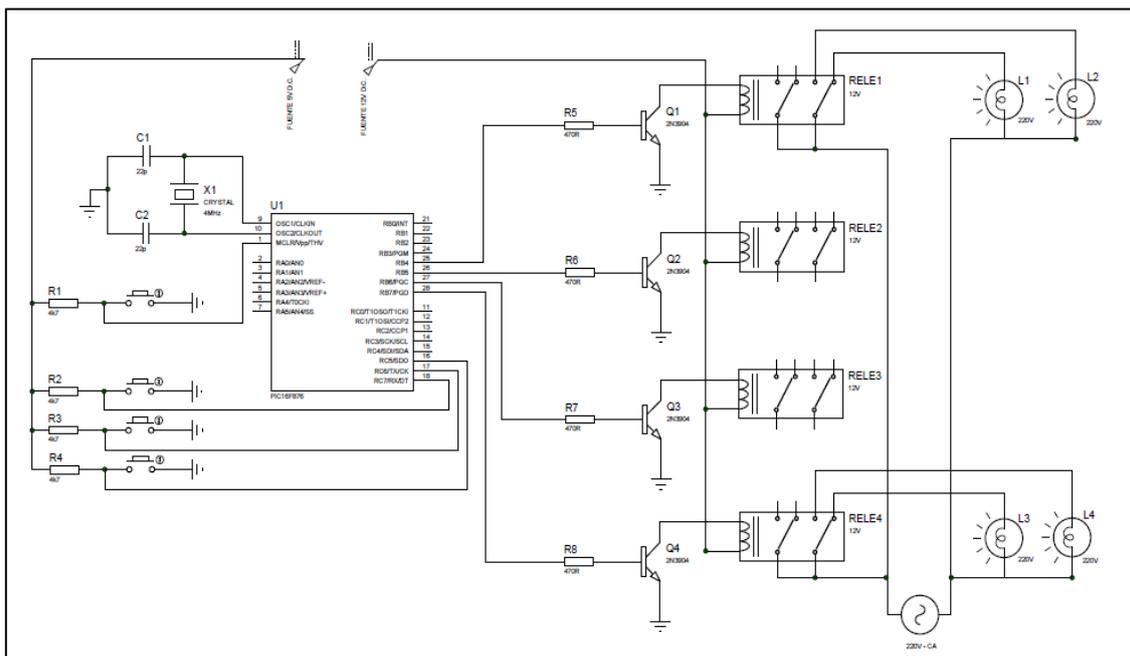


Figura 120.- Circuito de control - ISIS

Fuente: Autor

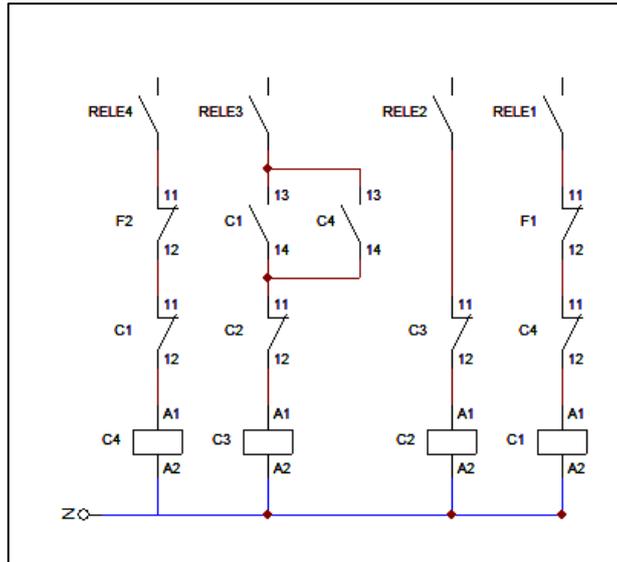


Figura 121.- Circuito de control - ISIS
Fuente: Autor

Circuito de fuerza

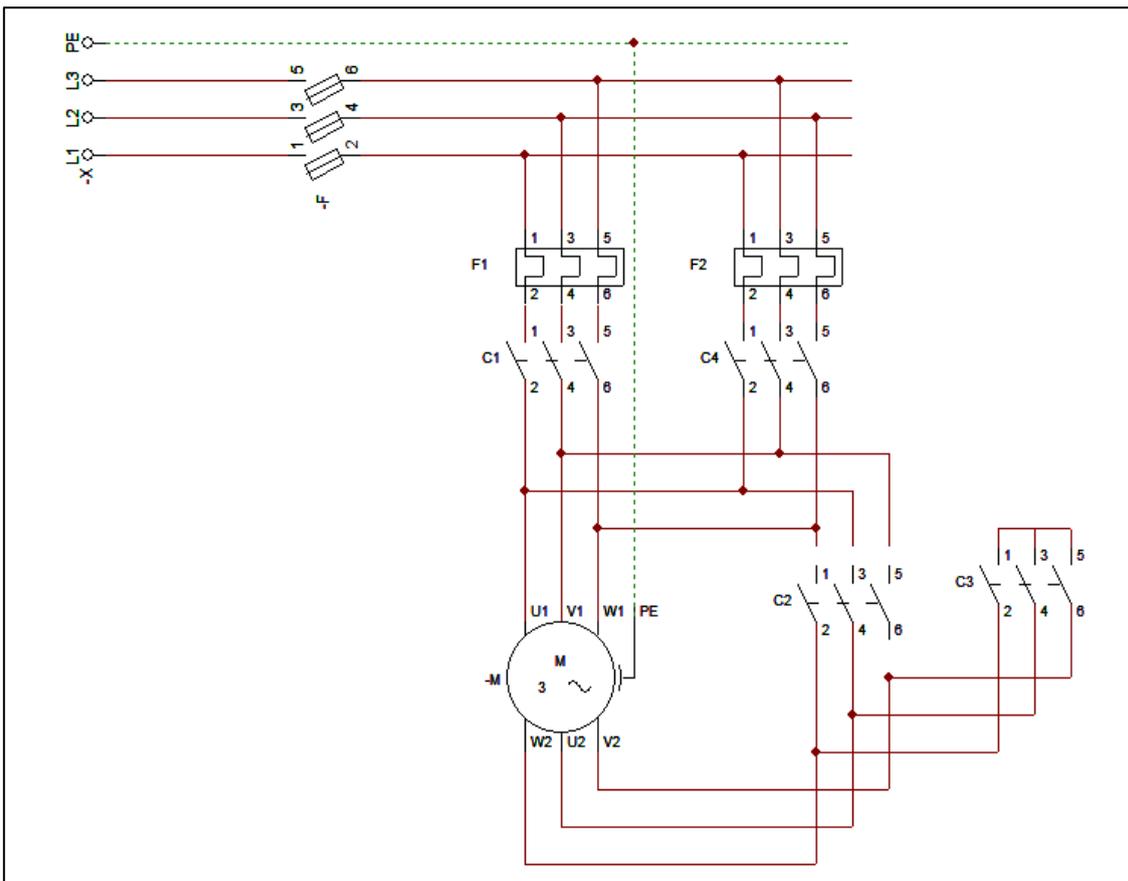


Figura 122.- Circuito de fuerza
Fuente: Autor

4. Procedimiento

Esta práctica consiste en arrancar un motor mediante la conexión estrella triángulo y luego invertir el giro del motor, arrancando nuevamente con la conexión estrella triángulo.

El motor se energizará al presionar un botón y arrancará mediante la conexión estrella triángulo; la inversión de giro se dará luego de presionar un pulsador designado para ello y de igual forma en este sentido el motor arrancará con la conexión estrella triángulo, una vez finalizado el arranque en este sentido es posible invertir nuevamente el giro del motor con el mismo pulsador. El apagado del motor se realizará al presionar un pulsador sin importar el sentido en el que se encuentre trabajando. Existirá un cuarto pulsador, denominado 'reset' del microcontrolador, funcionará como un paro de emergencia.

Lo primero es crear una programación en **MicroCode Studio**. Las líneas de programa son:

```
Define OSC 4 ;define la frecuencia a trabajar (4MHz)
arranque var portc.5 ;asigna el nombre 'arranque' al pin C.5
girar var portc.6 ;asigna el nombre 'girar' al pin C.6
paro var portc.7 ;asigna el nombre 'paro' al pin C.7
trisb = 0 ;declara a todos los pines del 'puerto B' como salidas

inicio: ;nombre de la subrutina
    portb = %00000000 ;declara en estado lógico '0' la todo el 'puerto B'
    if arranque = 0 then trabajo ;si 'arranque=0' es verdadero ir a 'trabajo'
    goto inicio ;ir a la subrutina inicio

trabajo: ;nombre de la subrutina
    portb = %11000000 ;declara '1' lógico en B7 Y B6
    pause 5000 ;detiene la programación durante 5 segundos
    portb = %00000000 ;declara en estado lógico '0' la todo el 'puerto B'
    pause 500 ;detiene la programación durante 0.5 segundos
aaa: ;nombre de la subrutina
```

```

portb = %10100000      ;declara '1' lógico en B7 y B5
if paro = 0 then inicio ;si 'paro=0' es verdadero ir a 'inicio'
if girar = 0 then bbb  ;si 'girar=0' es verdadero ir a 'bbb'
goto aaa               ;ir a la subrutina 'aaa'
bbb:                   ;nombre de la subrutina
portb = %00000000     ;declara en estado lógico '0' la todo el 'puerto B'
pause 10000           ;detiene la programación durante 10 segundos
portb = %01010000     ;declara '1' lógico en B6 Y B4
pause 5000            ;detiene la programación durante 0.5 segundos
portb = %00000000     ;declara en estado lógico '0' la todo el 'puerto B'
pause 500             ;detiene la programación durante 0.5 segundos
ccc:                   ;nombre de la subrutina
portb = %00110000     ;declara '1' lógico en B5 Y B4
if paro = 0 then inicio ;si 'paro=0' es verdadero ir a 'inicio'
if girar = 0 then ddd  ;si 'girar=0' es verdadero ir a 'ddd'
goto ccc               ;ir a la subrutina 'ccc'
ddd:                   ;nombre de la subrutina
portb = %00000000     ;declara en estado lógico '0' la todo el 'puerto B'
pause 10000           ;detiene la programación durante 10 segundos
goto trabajo          ;ir a la subrutina 'trabajo'

end

```

Se debe tomar en cuenta el tiempo que se detiene el programa con el comando PAUSE, este tiempo depende del motor, como se utiliza un oscilador de 4MHz por lo tanto PAUSE 1000 es igual a 1 segundo.

Una vez creado el programa se procede a realizar la simulación del sistema de control en ISIS, con la finalidad de verificar si el programa creado funciona acorde con el tema de la práctica.

Lo siguiente es grabar el programa en el Microcontrolador mediante un quemador de PICs y un software correspondiente.

A continuación se debe armar los circuitos, de control y de fuerza; tal como se muestra en los gráficos del esquema. Se debe tomar en cuenta que las bobinas de los contactores se controlan a través de los relés.

Una vez realizada una revisión de los circuitos se puede accionar los pulsadores y apreciar el funcionamiento.

5. Sistema categorial

Comandos PAUSE. GOTO

Memoria EPROM

6. Preguntas de control

- ¿Cómo trabaja un conversor analógico/digital y digital/analógico de un micro controlador?
- Describa a las interrupciones de un microcontrolador PIC
- ¿Cuál es el consumo de energía de un microcontrolador PIC?

7. Bibliografía

PÁGINAS WEB

<http://perso.wanadoo.es/pictob/indicemicroprg.htm>

http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pico1.html

http://www.todopic.com.ar/pbp_sp.html#ndp1

LIBROS

REYES, Carlos A. “Microcontroladores PIC Programación en Basic” Editorial RISPGRRAF Ecuador 2008. Tercera edición, 221 págs.

Práctica N° 9: Encendido y apagado manual e independiente de tres motores trifásicos.

PRÁCTICA 9

1. Nombre de la Práctica

Encendido y apagado manual e independiente de tres motores trifásicos.

2. Objetivos

General:

Desarrollar el encendido y apagado manual e independiente de tres motores trifásicos.

Específicos:

- Crear la programación en el software **MicroCode Studio**
- Realizar los esquemas de los circuitos de control y fuerza
- Simular el circuito correspondiente al sistema de control en el software **ISIS**

3. Esquema

Circuito de control en ISIS para simular

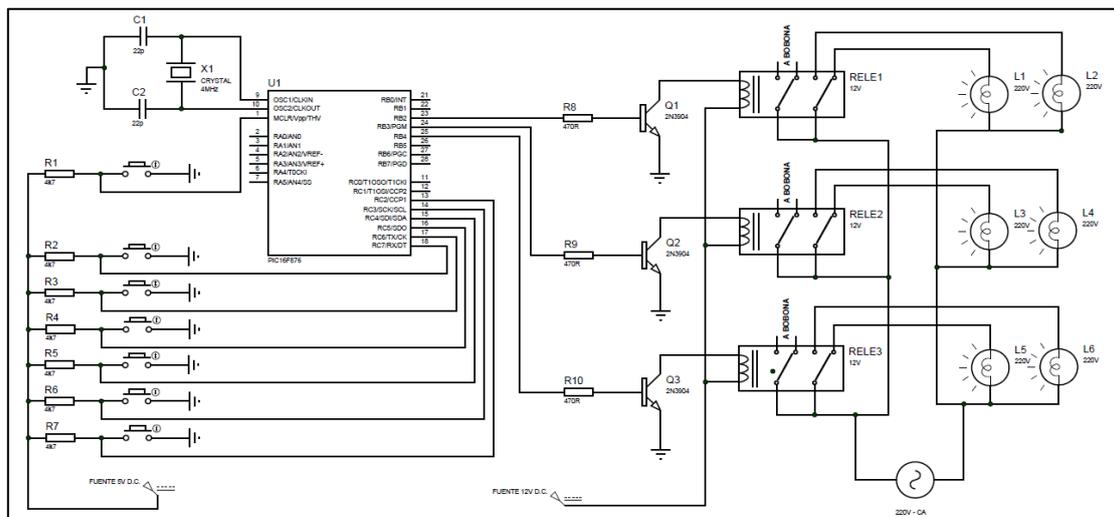


Figura 123.- Circuito de control - ISIS
Fuente: Autor

Circuito de fuerza

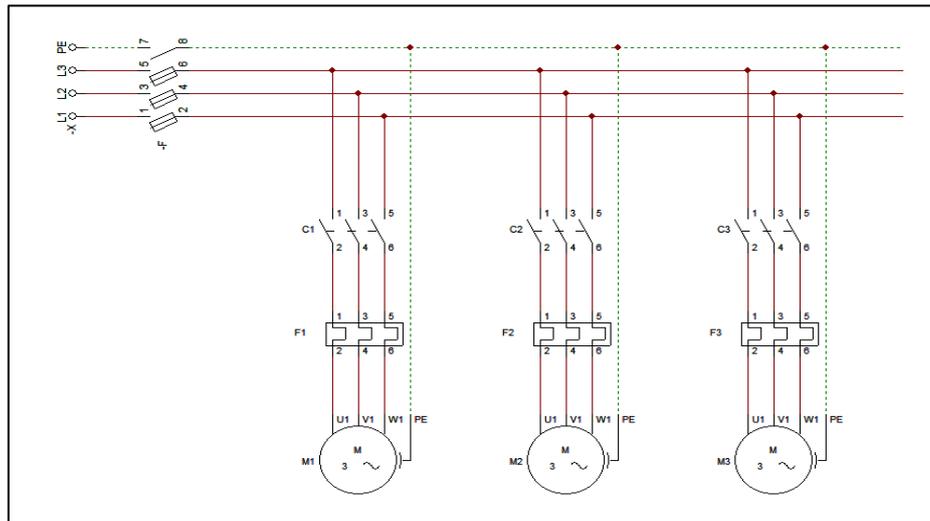


Figura 124.- Circuito de fuerza
Fuente: Autor

4. Procedimiento

Esta práctica consiste en encender y apagar tres motores de forma manual e independiente; es decir, a cada motor le corresponde dos pulsadores uno de encendido y otro para el apagado, son independientes en el sentido que no es necesario que todos estén encendidos para poder apagar uno de ellos y tampoco es necesario que todos estén apagados para poder encender uno.

Existirá un séptimo pulsador, denominado ‘reset’ del microcontrolador, funcionara como un paro de emergencia de todos los motores.

Lo primero es crear una programación en **MicroCode Studio**. Las líneas de programa son:

```
DEFINE OSC 4 ;define la frecuencia a trabajar (4MHz)
encendm1 var portc.2 ;asigna el nombre 'encendm1' al pin C.2
encendm2 var portc.3 ;asigna el nombre 'encendm1' al pin C.3
encendm3 var portc.4 ;asigna el nombre 'encendm1' al pin C.4
apagam1 var portc.5 ;asigna el nombre 'apagam1' al pin C.5
apagam2 var portc.6 ;asigna el nombre 'apagam2' al pin C.6
apagam3 var portc.7 ;asigna el nombre 'apagam3' al pin C.7
```

```

motor1 var portb.5           ;asigna el nombre 'motor1' al pin B.5
motor2 var portb.6           ;asigna el nombre 'motor2' al pin B.6
motor3 var portb.7           ;asigna el nombre 'motor3' al pin B.7
inicio:                       ;nombre de la subrutina
    low motor1 : low motor2 : low motor3 ;declara estado logico '0' en motor1, motor2 y
                                        motor3
botones:                       ;nombre de la subrutina
    if encendm1 = 0 then gosub trabajo1 ;si 'encendm1=0' es verdadero ejecutar 'GOSUB
                                        trabajo1'
    if encendm2 = 0 then gosub trabajo2 ;si 'encendm2=0' es verdadero ejecutar 'GOSUB
                                        trabajo3'
    if encendm3 = 0 then gosub trabajo3 ;si 'encendm3=0' es verdadero ejecutar 'GOSUB
                                        trabajo3'
    if motor1 = 1 or motor2 = 1 or motor3 = 1 then mando ;si se cumple una o todas las
                                        condiciones ir 'mando'
    goto inicio                ;ir a la subrutina 'inicio'
trabajo1:                      ;nombre de la subrutina
    high motor1                ;declara estado logico '1' en motor1
    return                     ;volver al 'GOSUB' que le envio a esta subrutina
trabajo2:                      ;nombre de la subrutina
    high motor2                ;declara estado logico '1' en motor2
    return                     ;volver al 'GOSUB' que le envio a esta subrutina
trabajo3:                      ;nombre de la subrutina
    high motor3                ;declara estado logico '1' en motor3
    return                     ;volver al 'GOSUB' que le envio a esta subrutina
mando:                          ;nombre de la subrutina
    if motor1 = 1 then          ;si la condicion es verdadera ejecuta el contenido entre THEN y
                                ELSE y si es falsa ejecuta el contenido entre ELSE y ENDIF
    gosub trabajo1             ;ir a subrutina 'trabajo1' y regresar cuando encuentre 'RETURN'
    else
    low motor1                 ;declara estado logico '0' en motor1
    endif
    if apagam1 = 0 then        ;si la condición es verdadera ejecuta el contenido entre THEN y
                                ELSE y si es falsa ejecuta el contenido entre ELSE y ENDIF
    low motor1                 ;declara estado lógico '0' en motor1

```

```

else
endif
if motor2 = 1 then           ;si la condición es verdadera ejecuta el contenido entre THEN y
                             ELSE y si es falsa ejecuta el contenido entre ELSE y ENDIF
gosub trabajo2              ;ir a subrutina 'trabajo2' y regresar cuando encuentre 'RETURN'
else
low motor2                  ;declara estado lógico '0' en motor2
endif
if apagam2 = 0 then         ;si la condición es verdadera ejecuta el contenido entre THEN y
                             ELSE y si es falsa ejecuta el contenido entre ELSE y ENDIF
low motor2                  ;declara estado lógico '0' en motor2
else
endif
if motor3 = 1 then          ;si la condición es verdadera ejecuta el contenido entre THEN y
                             ELSE y si es falsa ejecuta el contenido entre ELSE y ENDIF
gosub trabajo3              ;ir a subrutina 'trabajo3' y regresar cuando encuentre 'RETURN'
else
low motor3                  ;declara estado lógico '0' en motor3
endif
if apagam3 = 0 then         ;si la condición es verdadera ejecuta el contenido entre THEN y
                             ELSE y si es falsa ejecuta el contenido entre ELSE y ENDIF
low motor3                  ;declara estado lógico '0' en motor3
else
endif
if motor1 = 0 or motor2 = 0 or motor3 = 0 then botones           ;si se cumple una o todas las
                                                                     condiciones ir 'botones'
if motor1 = 0 and motor2 = 0 and motor3 = 0 then inicio           ;solo si se cumplen todas las
                                                                     condiciones ir 'inicio'
goto mando                  ;ir a la subrutina 'mando'
end

```

Una vez creado el programa se procede a realizar la simulación del sistema de control en ISIS, con la finalidad de verificar si el programa creado funciona acorde con el tema de la práctica.

Lo siguiente es grabar el programa en el Microcontrolador mediante un quemador de PICs y un software correspondiente.

A continuación se debe armar los circuitos, de control y de fuerza; tal como se muestra en los gráficos del esquema. Se debe tomar en cuenta que las bobinas de los contactores se controlan a través de los relés.

Una vez realizada una revisión de los circuitos se puede accionar los pulsadores y apreciar el funcionamiento.

5. Sistema categorial

Memoria EEPROM

El procesador o CPU

6. Preguntas de control

- Diferencia entre GOTO y GOSUB
- ¿Qué función cumple el compilador PBP?
- Describa el ancho de palabra de un micro controlador PIC

7. Bibliografía

PÁGINAS WEB

http://www.todopic.com.ar/pbp_sp.html#ndp1

<http://perso.wanadoo.es/pictob/indicemicroprg.htm>

http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pico1.html

LIBROS

REYES, Carlos A. “Microcontroladores PIC Programación en Basic” Editorial RISPGRAF Ecuador 2008. Tercera edición, 221 págs.

Práctica N° 10: Encendido y apagado secuencial de tres motores, en proceso cíclico por tiempo indefinido

PRÁCTICA 10

1. Nombre de la Práctica

Encendido y apagado secuencial de tres motores, en proceso cíclico por tiempo indefinido.

2. Objetivos

General:

Desarrollar un encendido y apagado secuencial de tres motores, en proceso cíclico por tiempo indefinido.

Específicos:

- Crear la programación en el software **MicroCode Studio**
- Realizar los esquemas de los circuitos de control y fuerza
- Simular el circuito correspondiente al sistema de control en el software **ISIS**

3. Esquema

Circuito de control en ISIS para simular

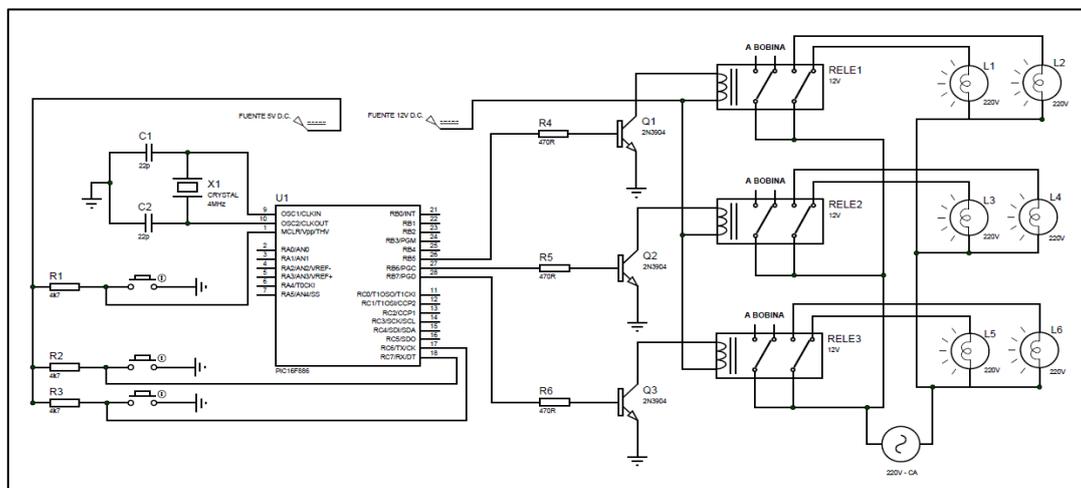


Figura 125.- Circuito de control - ISIS
Fuente: Autor

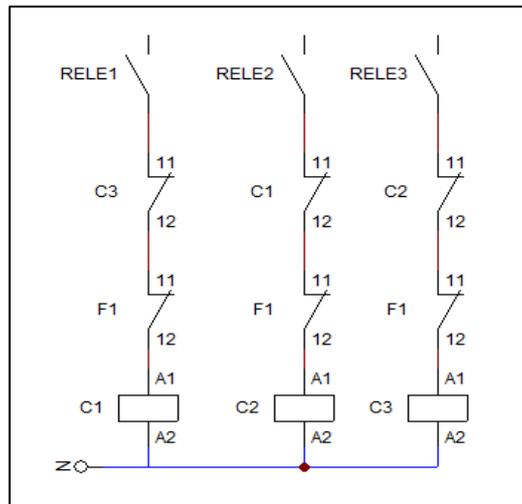


Figura 126.- Circuito de control
Fuente: Autor

Circuito de fuerza

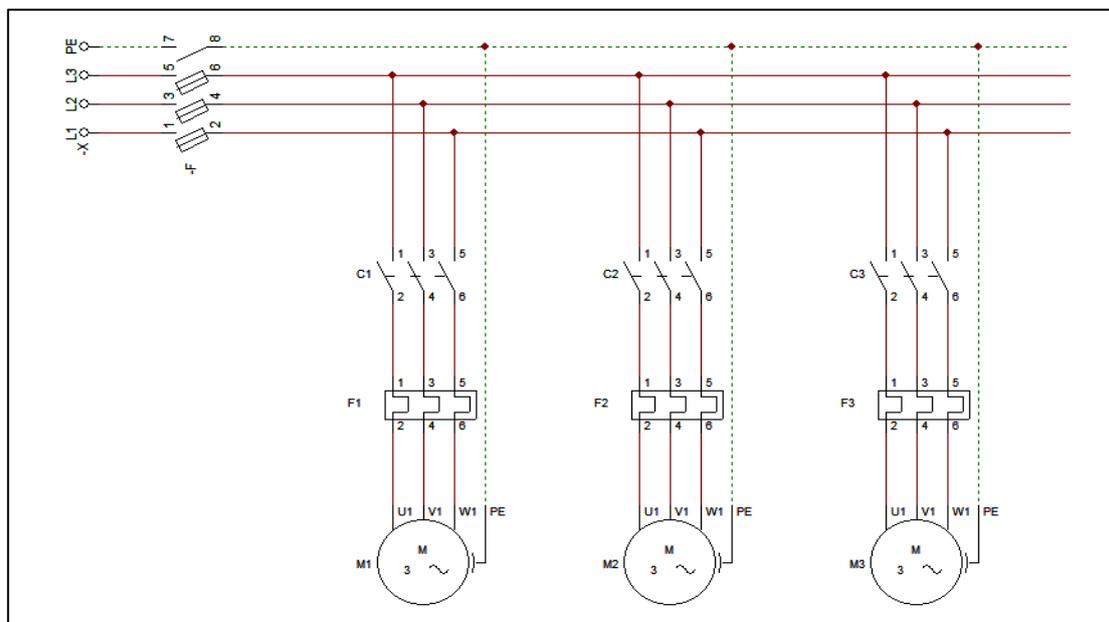


Figura 127.- Circuito de fuerza
Fuente: Autor

4. Procedimiento

Esta práctica consiste en encender y apagar tres motores en forma cíclica, uno a continuación de otro; es decir, encender un motor luego de un tiempo apagarlo, inmediatamente encender un segundo motor y luego de un tiempo apagarlo y de igual manera con el tercer motor, una vez apagado el tercer motor se repite el proceso encendiendo el primer motor y así sucesivamente por tiempo indefinido.

El proceso se inicia al presionar un pulsador y finaliza al presionar otro pulsador, el proceso puede detenerse cuando esté funcionando cualquier motor.

Existirá un tercer pulsador, denominado 'reset' del microcontrolador, funcionara como un paro de emergencia.

Lo primero es crear una programación en **MicroCode Studio**. Las líneas de programa son:

```
DEFINE OSC 4 ;define la frecuencia a trabajar (4MHz)
arranque var portc.7 ;asigna el nombre 'arranque' al pin C.7
paro var portc.6 ;asigna el nombre 'paro' al pin C.6
trisb = 0 ;declara a todos los pines del 'puerto B' como salidas

inicio: ;nombre de la subrutina
    portb = %00000000 ;declara en estado logico '0' la todo el 'puerto B'
    if arranque = 0 then trabajo ;si 'arranque=0' es verdadero ir a 'trabajo'
    goto inicio ;ir a la subrutina 'inicio'
trabajo: ;nombre de la subrutina
    portb = %10000000 ;declara '1' logico en B7
    if paro = 0 then inicio ;si 'paro=0' es verdadero ir a 'inicio'
    gosub tiempo ;ir a subrutina 'tiempo' y regresar cuando encuentre 'RETURN'
    portb = %01000000 ;declara '1' logico en B6
    if paro = 0 then inicio ;si 'paro=0' es verdadero ir a 'inicio'
    gosub tiempo ;ir a subrutina 'tiempo' y regresar cuando encuentre 'RETURN'
    portb = %00100000 ;declara '1' logico en B5
    if paro = 0 then inicio ;si 'paro=0' es verdadero ir a 'inicio'
    gosub tiempo ;ir a subrutina 'tiempo' y regresar cuando encuentre 'RETURN'
    goto trabajo ;ir a la subrutina 'trabajo'
tiempo: ;nombre de la subrutina
    pause 2000 ;detiene la programación durante 2 segundos
    return ;volver al 'GOSUB' que le envio a esta subrutina
end
```

A la hora de designar en el programa el tiempo que trabajaran los motores se debe tomar en cuenta que se trabaja con un oscilador de 4MHz por lo tanto PAUSE 1000 es igual a 1 segundo.

Una vez creado el programa se procede a realizar la simulación del sistema de control en ISIS, con la finalidad de verificar si el programa creado funciona acorde con el tema de la práctica.

Lo siguiente es grabar el programa en el Microcontrolador mediante un quemador de PICs y un software correspondiente.

A continuación se debe armar los circuitos, de control y de fuerza; tal como se muestra en los gráficos del esquema. Se debe tomar en cuenta que las bobinas de los contactores se controlan a través de los relés.

Una vez realizada una revisión de los circuitos se puede accionar los pulsadores y apreciar el funcionamiento.

5. Sistema categorial

Memoria RAM

Memoria FLASH

6. Preguntas de control

- ¿Qué tipo de memoria posee el PIC16F886?
- Describa la pila de los microcontroladores PIC y ¿cómo funciona?
- ¿Cuál es la diferencia entre el transistor NPN y PNP?

7. Bibliografía

PÁGINAS WEB

http://www.todopic.com.ar/pbp_sp.html#ndp1

<http://perso.wanadoo.es/pictob/indicemicroprg.htm>

http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pico1.html

LIBROS

REYES, Carlos A. “Microcontroladores PIC Programación en Basic” Editorial
RISPERGRAF Ecuador 2008. Tercera edición, 221 págs.