

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

CONSTRUCCIÓN DE UN IDENTIFICADOR DE SECUENCIA DE FASES PARA UN SISTEMA TRIFÁSICO UTILIZANDO PIC16F870.

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTROMECAÁNICA**

MARCO ANTONIO MORALES VERA
marckantonio17@gmail.com

DIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA
carlos.romo@epn.edu.ec

QUITO, AGOSTO 2014

DECLARACIÓN

Yo, Marco Antonio Morales Vera, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y el cual no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

MARCO ANTONIO MORALES VERA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Marco Antonio Morales Vera, bajo mi supervisión.

ING. CARLOS ROMO
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios el cual es el creador de todo.

Quiero aducir mi más grande sentido agradecimiento para la ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL una de las más prestigiosas del ECUADOR, a la Escuela de Formación de Tecnólogos con todos sus Catedráticos los cuales han sabido inculcar en nuestras mentes, no solo ciencia sino también valores morales.

Además expresar mi gratitud al Director de mi Tesis el Ing. Carlos Romo, y también a los Ingenieros Carlos Pavón y Darwin Pazmiño, los cuales han contribuido con su intelecto para que esto sea posible.

Agradecer a mis Padres Marco Morales y Mercedes Vera los cuales han sido las personas que han auspiciado este proyecto.

DEDICATORIA

El presente trabajo realizado va dedicado con mucho cariño para las personas más importantes de mi vida; en especial a mi padre MARCO MORALES, que día a día me brinda un nuevo consejo para poder enfrentar los obstáculos de la vida, a mi madre MERCEDES VERA, la cual me brinda su amor y su apoyo para culminar esta etapa de mi vida y a mis hermanas JOSSELYN Y MICAELA, que me han brindado su apoyo cariño y amor para que esto sea posible.

CONTENIDO

RESUMEN	1
PRESENTACIÓN	2
CAPÍTULO 1	3
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	3
1.1. SISTEMA TRIFÁSICO (3Ø)	3
1.1.1. CONCEPTO :	3
1.1.2. CONEXIÓN ESTRELLA Y TRIÁNGULO :	4
1.1.2.1. Conexión Estrella:.....	5
1.1.2.2. Conexión Triángulo:.....	5
1.2. CARGAS EQUILIBRADAS :	6
1.3. CARGAS DESEQUILIBRADAS:.....	6
1.4. SECUENCIA DE FASES:	7
1.4.1. SECUENCIA POSITIVA:.....	7
1.4.2. SECUENCIA NEGATIVA:	8
1.5. SECUENCIÓMETRO :	8
1.6. IMPORTANCIA DE LA SECUENCIA DE FASES:	9
1.6.1. PARALELISMO DE GENERADORES :	9
1.6.1.1. Condiciones para la conexión en paralelo:.....	9
1.6.2. GIRO EN MOTORES 3Ø:	10
1.7. OTRAS FORMAS DE DETERMINAR LA SECUENCIA DE FASES:.....	10
1.7.1. MOTOR TRIFÁSICO:.....	10
1.7.2. MÉTODO DE LAS DOS LÁMPARAS (CON BOBINA) :	11
1.7.3. MÉTODO DE LAS DOS LÁMPARAS (CON CAPACITOR) :	12

1.7.4. DISCO DE FERRARIS :	12
1.8. DEFINICIONES FUNDAMENTALES:	13
1.8.1. LOS MICROCONTROLADORES:	13
1.8.1.1. Historia de los microcontroladores :	13
1.8.1.2. Concepto :	16
1.8.1.3. Características de los Pic's :	16
1.8.1.4. Gama de Pic's:	19
1.8.1.5. Memoria:	19
1.8.1.6. Puertos de entrada / salida:	20
1.8.1.7. Temporizadores y contadores :	21
1.8.1.8. Conversor analógico/digital:	21
1.8.1.9. Puerto serie:	21
1.8.1.10. Puerto serie sincrónico:	21
1.8.1.11. Otros puertos de comunicación:	22
1.8.1.12. Comparadores:	22
1.8.1.13. Módulos de ancho de pulsos:	22
1.8.2. LCD 16X2 (PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO) :	22
1.8.3. OSCILADOR DE CRISTAL :	23
1.8.4. ZUMBADOR :	24
1.8.5. DIODO :	24
1.8.5.1. Diodo led :	25
1.8.5.2. Diodo zener :	25
1.8.6. FLIP_FLOP :	25
1.8.7. TRANSISTOR :	26
1.8.8. REGULADOR DE TENSIÓN :	27
1.8.9. CAPACITORES :	28

1.8.9.1. Capacitores electrolíticos:.....	28
1.8.9.2. Capacitores cerámicos :	28
1.8.10. VARISTOR:.....	28
1.8.11. FUSIBLE :	29
1.8.12. POTENCIÓMETRO :	30
1.8.12.1. POTENCIÓMETRO MULTIVUELTA (TRIMMER):	30
CAPÍTULO 2.....	31
ELABORACIÓN DEL CIRCUITO	31
2.1. DIAGRAMA DE BLOQUES:.....	31
2.1. DIAGRAMA CIRCUITAL:.....	31
2.2. FUENTE TRIFÁSICA:.....	32
2.3. FUNTE DC:.....	32
2.4. CIRCUITO DE PROTECCIÓN:.....	32
2.5. CIRCUITO DE DETECCIÓN:.....	33
2.6. REGULADOR DE VOLTAJE:	36
2.7. MICROCONTROLADOR (PIC16F870):.....	37
2.7.1. CARACTERÍSTICAS DEL PIC 16F870 :	37
2.7.1.1. Vista general del dispositivo:	38
2.7.1.2. Descripción de los pines de salida del PIC 16F870 :	39
2.7.2. CONVERTIDOR ANÁLOGO – DIGITAL:	41
2.7.3. CIRCUITO OSCILADOR EXTERNO DE 20KHz (ALTA VELOCIDAD):.....	41
2.7.4. CONEXIÓN DE LOS PUERTOS ANALÓGICOS:.....	42

2.8. CIRCUITO DE INDICADORES EXTERNOS:	44
2.8.1. CONEXIÓN LED's Y BUZZER:.....	44
2.8.2. LCD 16X2:.....	45
2.9. LISTA DE MATERIALES UTILIZADOS:	46
2.10. EXPLICACIÓN PROGRAMACIÓN EN BASIC:	47
2.10.1. DIFERENCIA ENTRE EL LENGUAJE BASIC Y EL ENSAMBLADOR :.....	47
2.10.2. PUERTOS DE ENTRADA Y SALIDA :.....	48
2.10.2.1. Puerto porta y registro trisa:.....	49
2.10.2.2. Registro adcon1 (ADDRESS: 9Fh):.....	50
2.10.3. ELEMENTOS BÁSICOS DE LA PROGRAMACIÓN DE UN PIC EN C :.....	50
2.10.3.1. Instrucciones básicas de PIC en c:.....	51
2.11. EXPLICACIÓN DEL PROGRAMA:.....	55
2.11.1. ETIQUETA DEL PROGRAMA:.....	55
2.11.2. SELECCIÓN DEL OSCILADOR:.....	56
2.11.3. SELECCIÓN DE LOS PUERTOS PARA LA LCD:.....	56
2.11.4. SELECCIÓN DE LOS PUERTOS E/S Y A/D:.....	57
2.11.5. CONFIGURACIÓN DEL CONVERTOR ANÁLOGO/DIGITAL:	57
2.11.6. INICIO DEL INDICADOR AUDITIVO (BUZZER):.....	57
2.11.7. CREACIÓN DE LAS VARIABLES:.....	58
2.11.8. INICIO DE LA LCD:.....	58
2.11.9. RECEPCIÓN, PROCESO Y EMISIÓN DE DATOS:	59
CAPÍTULO 3	61
IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS	61

3.1. DISEÑO DE PISTAS EN SIMULADOR ARES (PROTEUS) :.....	61
3.2. EXPORTACIÓN E IMPRESIÓN DEL CIRCUITO :.....	65
3.3. ELABORACIÓN DE LA PLACA IMPRESA :.....	66
3.4. CONEXIÓN FINAL DEL CIRCUITO:	71
3.5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO:	73
CAPÍTULO 4.....	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
4.1. CONCLUSIONES:	75
4.2. RECOMENDACIONES:.....	76
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXO 1	85
DATASHEET PIC 16F870.....	85
Anexo 2	99
Programación Utilizada en el PIC.....	99
Anexo 3	101
Diagrama Circuital.....	101

RESUMEN

En la actualidad y desde muchos años atrás en la industria ecuatoriana se utiliza máquinas eléctricas de tipo trifásico, en el cual, el conocimiento de su secuencia de fase es indispensable para evitar el mal funcionamiento de las máquinas eléctricas. Por ejemplo en un motor trifásico es necesario conocer la secuencia de fases para determinar el sentido de giro del motor. Y en el caso que dos generadores vayan a trabajar en paralelo es muy importante conocer la secuencia de las fases para evitar fallos como la rotura del eje.

Por lo que se ha optado por la construcción de un prototipo de un identificador de fases, el cual funciona con el PIC 16F870, y además cuenta con los suficientes indicadores para la obtención de la secuencia de fase.

Además en el sector industrial es necesario conocer el funcionamiento de los microcontroladores para conseguir automatizaciones de máquinas que lo requieran

PRESENTACIÓN

En todo tipo de industria el conocimiento de la secuencia de las fases para la conexión de un motor trifásico, o para entrar en paralelo entre dos generadores es totalmente necesario, ya que en el caso de los generadores si no entra con la misma secuencia de fases puede ocasionar la ruptura del eje de la parte motriz del generador por lo que es de importancia tener el conocimiento de la secuencia de fases.

En el caso de motores de inducción trifásicos es también importante el conocimiento de la secuencia de fases ya que es la que determina el giro del motor. Es importante el uso de PIC's por parte de estudiantes electromecánicos en muchos sectores laborales con el fin de realizar proyectos de utilidad para la industria; en este proyecto se utilizará el PIC16F870 el cual ha sido seleccionado por sus características de funcionamiento, además el circuito cuenta con la debida protección eléctrica para evitar que un cortocircuito o una sobretensión dañe cualquier componente del equipo. El identificador de fase constará con indicadores de tipo visual como una pantalla LCD y diodos Led's, también de tipo auditivo como un buzzer. Para la alimentación del circuito se usará una batería de 9v con un regulador de voltaje para mantener un voltaje constante en la alimentación del PIC. Este equipo se utilizará en el laboratorio de Máquinas eléctricas.

CAPÍTULO 1.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. SISTEMA TRIFÁSICO (3Ø)

1.1.1. CONCEPTO ^[1]:

Es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud desfasadas entre sí 120° , y están dadas en un orden determinado (secuencia definida). Cada una de las corrientes monofásicas que forman el sistema se designa con el nombre de fase.

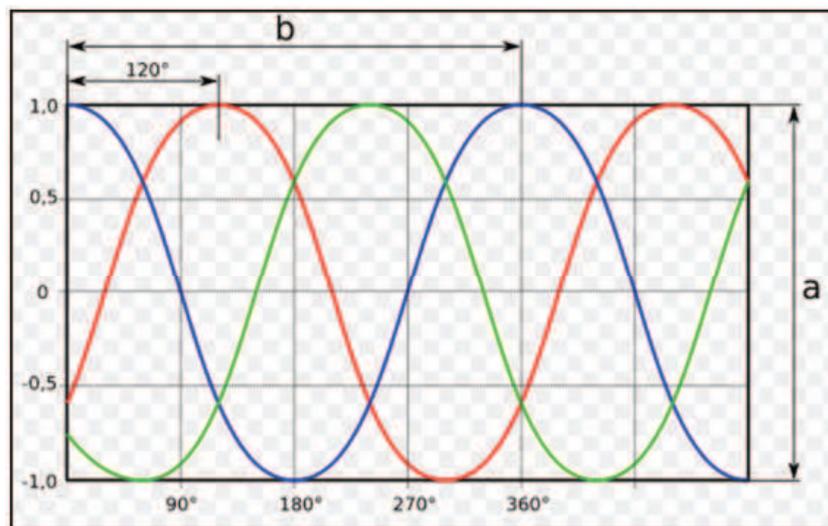


Fig. 1.1. Diagrama de las fases R, S y T. ^[1]

En la figura se observa las tres fases que se encuentran desfasadas 120 grados una de la otra respectivamente, las cuales se pueden distinguir muy fácilmente ya que cada una cuenta con un color diferente.

En un sistema trifásico en el que sus corrientes son iguales, podemos hablar de que sus cargas están balanceadas o equilibradas, caso contrario si sus corrientes son desiguales tenemos un sistema desbalanceado o desequilibrado.

^[1] Wikipedia (s.f.) Sistemas Trifásicos. [en línea] Disponible en:
http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_trif%C3%A1sico [Texto e Imagen]

En un sistema trifásico aparecen distintas corrientes y tensiones las cuales se va a definir a continuación:

- **Tensión de Línea:** Es la tensión medida entre las dos líneas de un sistema (E_{AB} , E_{BC} , E_{AC}).
- **Tensión de Fase:** Es la tensión medida en la impedancia de cada rama o también podemos decir que es la tensión de cada fuente del sistema (E_A , E_B , E_C).
- **Corriente de fase:** Es la corriente medida en la impedancia de cada rama.
- **Corriente de línea:** Es la corriente solicitada por la carga.

1.1.2. CONEXIÓN ESTRELLA Y TRIÁNGULO ^[2]:

Las bobinas de una máquina eléctrica se las representa de la forma en la que se muestra en la fig.1.2 a pesar de que podemos encontrar otros tipos de representaciones en este caso se utilizará de este modo.

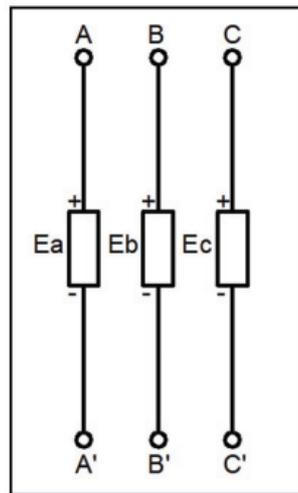


Fig.1.2. Representación de las bobinas. ^[3]

Se puede tener dos tipos de conexiones como: conexión en estrella o en triángulo según la necesidad, se utilizará la conexión adecuada, los dos tipos de conexiones serán descritos a continuación.

^[2] Riera, M., García, L., Circuitos Eléctricos Trifásicos [en línea] Disponible en: <http://ie.fing.edu.uy/ense/asign/electrotec/e1/CircuitosElectricosTRIFÁSICOS.pdf> [Pg. 2 y 3]

^[3] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].

1.1.2.1. Conexión Estrella:

Para la conexión en estrella se unen los lados de las bobinas en un punto en común. Como se indica en la fig.1.3:

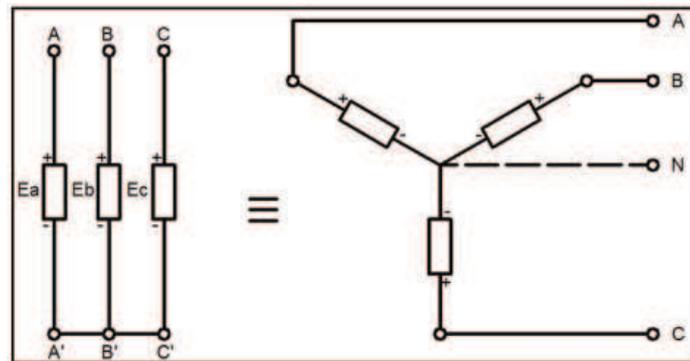


Fig.1.3. Conexión estrella de un sistema trifásico con cargas equilibradas. [4]

Para la conexión en estrella las corrientes de línea y de fase son iguales, en cambio las tensiones de línea (E_{AB} , E_{BC} , E_{CA}) y de fase (E_{AN} , E_{BN} , E_{CN}) son distintas.

NOTA: Las tres cargas del circuito en estrella se unen en un punto en común conocido como neutro (N), el cual es la referencia para la obtención de las tensiones de fase (E_{AN} , E_{BN} , E_{CN}).

1.1.2.2. Conexión Triángulo:

Se la realiza de la siguiente forma:

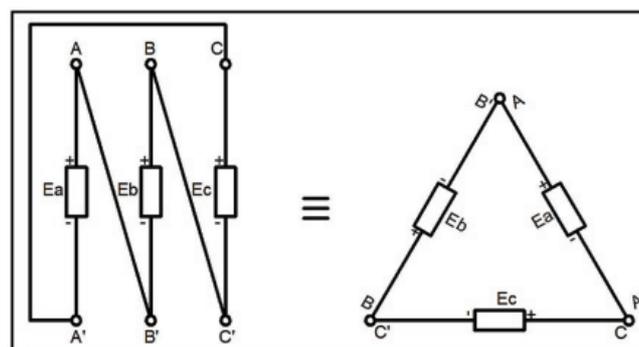


Fig.1.4. Conexión triángulo de un sistema trifásico con cargas equilibradas. [4]

La conexión en triángulo no es más que una conexión en serie, formando un circuito cerrado por lo que no existe un punto neutro.

[4] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].

Para la conexión en triángulo las tensiones de fase coinciden con las tensiones de línea. Las corrientes de fase (I_{AB} , I_{BC} , I_{CA}) son distintas de las corrientes de línea (I_A , I_B , I_C).

1.2. CARGAS EQUILIBRADAS ^[5]:

Una carga es equilibrada cuando las tres impedancias de las cargas son iguales. La conexión puede ser en triángulo o en estrella.

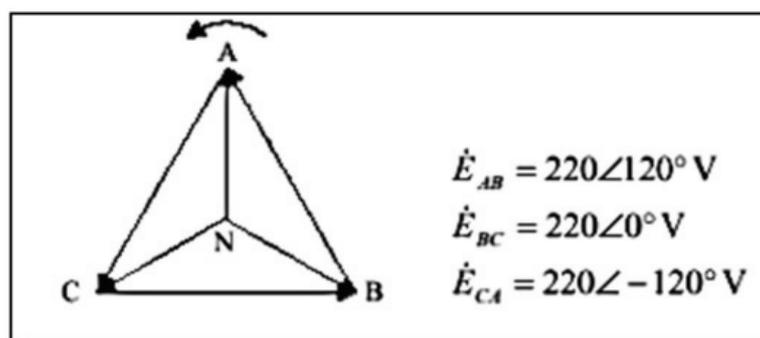


Fig.1.5. Carga conectada en triángulo alimentada por un sistema directo de tensión de valor eficaz 220v. ^[5]

Cuando las cargas son equilibradas en conexión estrella puede o no puede tener conexión a neutro.

1.3. CARGAS DESEQUILIBRADAS:

Una carga es desequilibrada cuando las tres impedancias de las cargas son desiguales. Si las cargas no son iguales, las intensidades de fase que circulan por ellas también serán distintas.

$$I_N = I_1 + I_2 + I_3 \neq 0$$

^[5] Riera, M., García, L. Circuitos Eléctricos Trifásicos. [En línea] Disponible en: <http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/electrotec/e1/CircuitosElectricosTRIFASICOS.pdf> [Texto e Imagen]

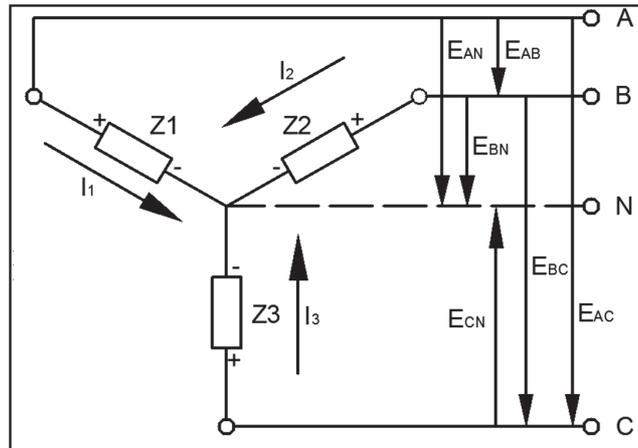


Fig.1.6. Cargas desequilibradas conexión estrella. [6]

1.4. SECUENCIA DE FASES [6]:

Es el orden en el que van a suceder las fases respecto a una referencia. Existen dos posibilidades de sucesión de las fases.

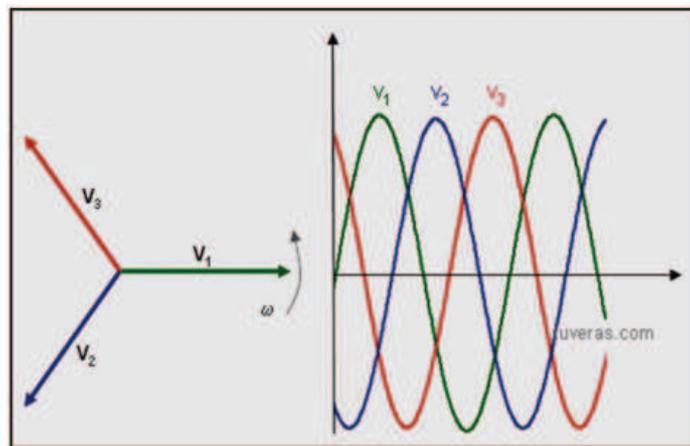


Fig.1.7. Secuencia de fases. [6]

1.4.1. SECUENCIA POSITIVA:

Tomando como referencia a un punto fijo los tres vectores de tensión girando en sentido anti horario pasan por el punto fijo en el siguiente orden: ABC o RST.

[6] C.A. Trifásica. [En línea] Disponible en:
http://www.tuveras.com/electrotecnia/trifasica/trifasica_inicio.htm [Texto e Imagen]

1.4.2. SECUENCIA NEGATIVA:

Tomando como referencia a un punto fijo los tres vectores de tensión girando en sentido anti horario pasan por el punto fijo en el siguiente orden: CBA o TSR.

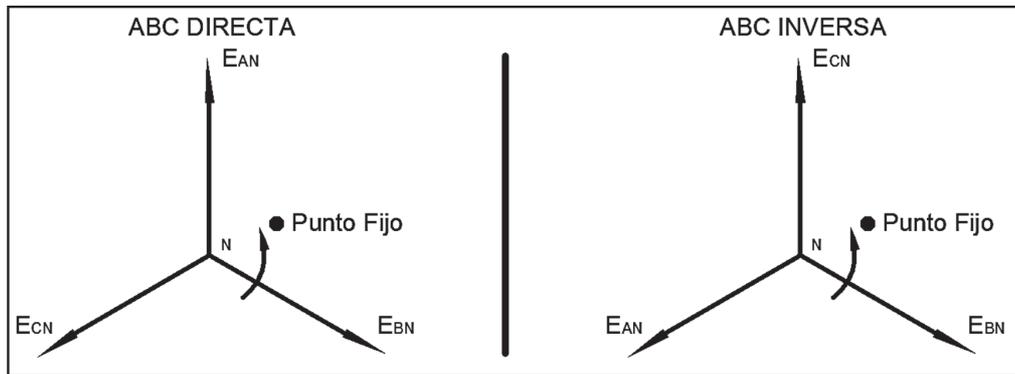


Fig.1.8. Secuencia positiva. [7]

Fig.1.9. Secuencia negativa. [7]

1.5. SECUENCÍMETRO [8]:

Es un instrumento diseñado para detectar la secuencia de las fases de un sistema trifásico. También se lo conoce como fasímetro.



Fig.1.10. Ejemplo de secuencímetro con bombillos. [9]

[7] Riera, M., García, L. Circuitos Eléctricos Trifásicos. [En línea] Disponible en: <http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/electrotec/e1/CircuitosElectricosTRIFÁSICOS.pdf> [Imagen]

[8] Universidad Nacional del Callao Facultad de Ingeniería Eléctrica Electrónica. (2010). Secuencímetro. [En línea] Disponible en:

https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDAQFjAB&url=http%3A%2F%2Fmedia.wix.com%2Fugd%2F5f4af8_96583a3d50e1eef763e4dc34c7e4133.docx%3Fdn%3Dtrabajo.docx&ei=8n5VU4CWClY_sQTG7YC4BA&usg=AFQjCNFv_HUoIId6IB59-w5mbSIJkvF5Q (Pag.7)

[9] Secuencímetro de bombillos. [Imagen] <http://www.siriorred.com/SECUENCÍMETROS/>

1.6. IMPORTANCIA DE LA SECUENCIA DE FASES:

1.6.1. PARALELISMO DE GENERADORES ^[10]:

En la generación de energía eléctrica el uso de generadores es la parte principal de todo el proceso, hasta cierto punto se podría decir que es el corazón del proceso de generación. Se conocen diferentes conexiones prácticas muy usadas en la actualidad pero la más confiable y recomendada es el paralelo de generadores para tener un control más preciso de la energía generada así mismo como para mejorar su confiabilidad en caso de falla.

1.6.1.1. Condiciones para la conexión en paralelo:

Si el interruptor se cierra de manera arbitraria en cualquier momento, es posible que los generadores se dañen severamente y que la carga pierda potencia. Por lo que debe cumplir las siguientes condiciones:

- Tienen que ser iguales los voltajes de línea RMS.
- Los dos generadores deben tener la misma secuencia de fase.
- La frecuencia de los dos generadores deben ser iguales.

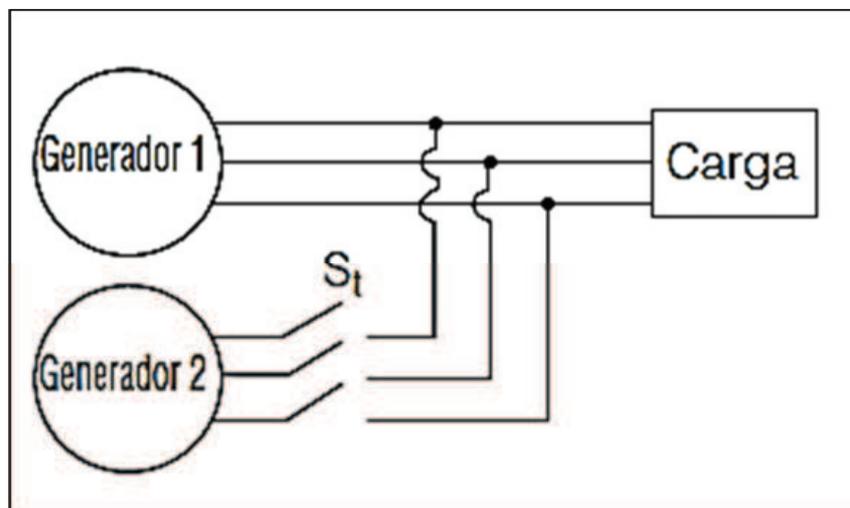


Fig.1.11. Conexión de dos generadores en paralelo. ^[10]

^[10] Arpi. P., (2011). Paralelo de Generadores. [En línea] Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos87/paralelo-generadores/paralelo-generadores.shtml>

NOTA: Las condiciones para la conexión en paralelo son las mismas en caso de conectar con una barra infinita.

1.6.2. GIRO EN MOTORES 3Ø:

El sentido de giro de un motor trifásico depende directamente de la secuencia de fases. Si se invierte dos de ellas, el campo magnético girará en sentido contrario.

“Teóricamente el rotor del motor asíncrono tiende siempre a girar en el mismo sentido que gira su campo magnético. El sentido de éste depende de la sucesión en que se hayan aplicado las fases de la línea de alimentación al devanado del estator. El giro del motor trifásico será posible invertirlo cambiando las conexiones de línea de dos terminales cualesquiera del estator, ya que simultáneamente se cambia el sentido de giro del campo magnético giratorio.” [11]

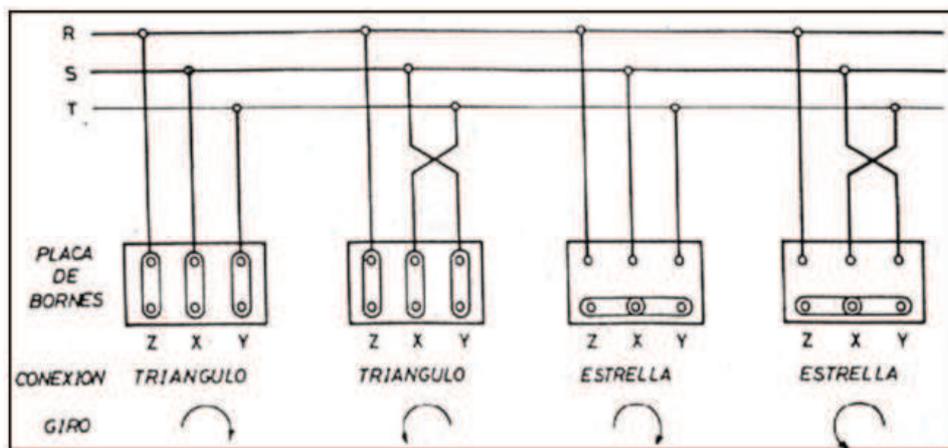


Fig.1.12. Sentido de giro de un motor trifásico en conexión estrella y triángulo. [11]

1.7. OTRAS FORMAS DE DETERMINAR LA SECUENCIA DE FASES:

1.7.1. MOTOR TRIFÁSICO:

La secuencia se puede determinar con un simple motor de inducción de baja potencia. Se necesita conectar el motor de inducción a la red eléctrica y se realiza

[11] Inversión de giro motores trifásicos. [En línea] Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/189573332/Inversion-de-Giro-Motores-TRIFÁSICOS> (Pág. 7)

un golpe de arranque (se prende y se apaga inmediatamente) para determinar el sentido de giro de motor.

Para la conexión en paralelo dos generadores realizamos lo siguiente:

- Se conecta el motor de inducción en los terminales del Generador 1 y se da un golpe de arranque y anotar la conexión y el sentido de giro.
- Se realiza el procedimiento anterior en el Generador 2 de igual forma anotar la conexión y el giro si gira al mismo lado que giro el generador 1 quiere decir que tienen la misma secuencia de fases y cumple esta condición para poder entrar en paralelo siempre y cuando cumpla con las demás condiciones.

1.7.2. MÉTODO DE LAS DOS LÁMPARAS (CON BOBINA)^[12]:

Se supone una fuente de secuencia desconocida. Se designa las fases con las letras A, B, y C.

Se conecta una fase cualquiera de ellas al terminal libre de la bobina, por ejemplo la A. Esa es la que se toma como origen de fases, es decir, esa fase será la R. Se conectará a continuación, las otras a los terminales libres de las dos lámparas. La fase conectada a la lámpara que alumbre menos es la que sigue a la fase A, es decir, será la S. La otra será T.

“La lámpara que se encienda siempre será la fase que se encuentre más retrasada (en este caso T).”



Fig.1.13. Circuito para detección de secuencia de fases método dos lámparas (con bobina).^[13]

^[12] García, M., Redondo, F. (1993) Prácticas de instalaciones eléctricas. (1ra edición). España: Universidad de Salamanca. (Pag.20)

^[13] Determinación de la secuencia de fase. [En línea] Disponible en: <http://electricidad.usal.es/Principal/Circuitos/Practicas/Practicas/Datos/> [Imagen]

1.7.3. MÉTODO DE LAS DOS LÁMPARAS (CON CAPACITOR) ^[14]:

Si en lugar de una bobina se utiliza un condensador procedemos de la misma forma: conectaremos una de las fases al terminal libre del condensador, que será la que tomaremos como origen, es decir, será la R. las otras dos a los terminales libres de las lámparas.

La fase conectada a la lámpara que alumbre más es la que sigue a la primera, es decir, será la S. La otra será la T.

“El terminal al que va conectado el capacitor será designado como R, la lámpara que tenga más luminosidad será la fase correspondiente a S (retrasado 120 grados) y la lámpara con menos luminosidad será la correspondiente a la fase T (retrasada 240 grados). La secuencia se toma en referencia al condensador”



Fig.1.14. Circuito para detección de secuencia de fases método dos lámparas (con condensador). ^[15]

1.7.4. DISCO DE FERRARIS ^[15]:

Existen en el mercado indicadores de secuencia de fases fabricados con tres bobinas, situadas, formadas entre ellas ángulos de 120 grados, con sus bornes accesibles para poder conectarlas en estrella o en triángulo, pudiéndose así ensayar fuentes trifásicas de dos tensiones consecutivas (220/380 V. por ejemplo). El campo giratorio calculado actúa sobre un pequeño disco que girará en el mismo sentido que él. A veces el fabricante indica en cada borne las fases con las letras RST, y una flecha de sentido de giro en el disco, significa que cuando se conectan

^[14] García, M., Redondo, F. (1993). Prácticas de instalaciones eléctricas. (1ra edición). España: Universidad de Salamanca. (Pág. 21)

^[15] Determinación de la secuencia de fase. [En línea] Disponible en: <http://electricidad.usal.es/Principal/Circuitos/Practicas/Practicas/Datos/> [Imagen]

los terminales trifásicos y el disco gira en el sentido de la flecha, la sucesión de fases de la fuente coinciden con la indicada. Si el disco gira en sentido contrario al de la flecha, la sucesión será inversa, bastara cambiar la conexión de dos fases cualesquiera. Este cambio producirá la secuencia correcta.



Fig.1.15. Secuencímetro de disco. [16]

1.8. DEFINICIONES FUNDAMENTALES:

1.8.1. LOS MICROCONTROLADORES:

1.8.1.1.Historia de los microcontroladores [17]:

Las circunstancias con las que nos encontramos hoy en el campo de los microcontroladores tienen sus raíces en el desarrollo de la tecnología de los circuitos integrados. Este desarrollo ha hecho posible contener cientos de miles de transistores en un solo chip. Ése era uno de los requisitos previos para la producción de los microprocesadores, y las primeras computadoras eran hechas agregando periféricos externos como la memoria, timers etc. Lo que aumentaba el volumen de los circuitos integrados. Estos circuitos integrados contenían procesador y periféricos. Así es cómo se desarrolló el primer chip que contenía una microcomputadora, o lo que después se llegaría a conocer como un micro controlador.

[16] Secuencímetro de disco. [En línea]. Disponible en:
<http://www.scheitler.com.ar/Productos/SECUENCÍMETROS/5710.aspx> [Imagen]

[17] Salitrero, E. [En línea] Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/50438226/Historia-De-Los-Microcontroladores>

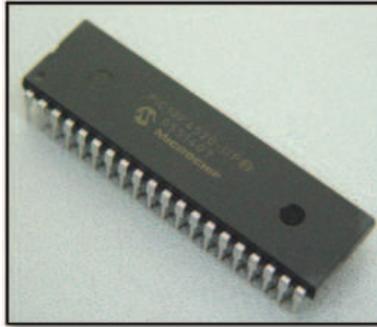


Fig.1.16. Microcontrolador. ^[18]

En el año 1969, un equipo de ingenieros japoneses de la compañía BUSICOM llegó a Estados Unidos con una idea, ellos deseaban usar para sus proyectos pocos circuitos integrados de los que se usaban en las calculadoras. La proposición se hizo a INTEL, y Marcian Hoff era el responsable del proyecto.

Ya que él era quien tenía experiencia trabajando con una computadora (PC) PDP8, se le ocurrió pensar en una organización diferente en lugar de la construcción sugerida. Esta solución presumía que la función del circuito integrado se determinaría por un programa almacenado en él. Eso significaba que la configuración sería más simple, pero que requeriría mucho más memoria de lo que requería el proyecto que propusieron los ingenieros japoneses. Después de un tiempo, aunque los ingenieros japoneses probaron soluciones más fáciles, la idea de Marcian ganó, y el primer microprocesador nació. Para transformar esta idea en un producto ya fabricado, Federico Faggin, se unió a INTEL, y en sólo 9 meses tuvo éxito. INTEL obtuvo los derechos para vender este "bloque integrado" en 1971. Primero, compraron la licencia de la compañía BUSICOM, que no tenía idea del tesoro que poseían.

Durante ese año, apareció en el mercado un microprocesador que se llamó 4004, este fue el primer microprocesador de 4 bits con velocidad de 6 000 operaciones

^[18] Microcontrolador. [En línea] Disponible en:
http://www.msebilbao.com/tienda/product_info.php?products_id=349 [Imagen]

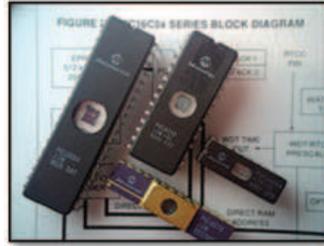


Fig.1.17. Microcontroladores antiguos. ^[19]

No mucho tiempo después de eso, la compañía americana CTC pidió a INTEL y Texas Instruments que hiciera un microprocesador de 8 bits. Aunque después a CTC no le interesó más la idea, Intel y Texas Instruments siguieron trabajando en el microprocesador y el primero de abril de 1972, el microprocesador de 8 bits aparece en el mercado con el nombre de 8008. Podía direccionar 16 Kb de memoria, con un set de 45 instrucciones y una velocidad de 300 000 operaciones por segundo. Este microprocesador es el predecesor de todos los microprocesadores de hoy. Intel mantuvo sus desarrollos y sacó al mercado el procesador de 8 bits bajo el nombre 8080, el cual podía direccionar 64Kb de memoria, con 75 instrucciones, a un precio de 360 dólares. En 1976, Intel propone una versión mejorada del microprocesador de 8 bits, al cual nombró 8085. Sin embargo, el Z80 era tan bueno que Intel perdió la batalla. Aunque más procesadores aparecían en el mercado (6809, 2650, SC/MP etc.), ya todo estaba decidido. Ya no había grandes mejoras de parte de los fabricantes para hacer algo nuevo, así que el 6502 y el Z80 junto con el 6800, permanecieron como los representantes principales de los microprocesadores de 8 bits de ese tiempo.

MICROCONTROLADORES CONTRA MICROPROCESADORES

Un microcontrolador difiere de un microprocesador de muchas maneras. Lo primero y lo más importante es su funcionalidad. Para que un microprocesador sea usado, otros componentes como la memoria e interfaces, deben agregarse para recibir y enviar datos. En resumen, el microprocesador es el corazón de una computadora. Por otro lado, el microcontrolador fue diseñado para ser todo eso en un solo chip. Ningún otro componente externo se necesita para su aplicación, porque todos los

^[19] Wikipedia. [En línea] disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador_PIC [Imagen]

periféricos necesarios ya se construyen en él. Así, nosotros ahorramos el tiempo y el espacio que se necesitan para construir los dispositivos.

1.8.1.2. Concepto ^[20]:

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador.

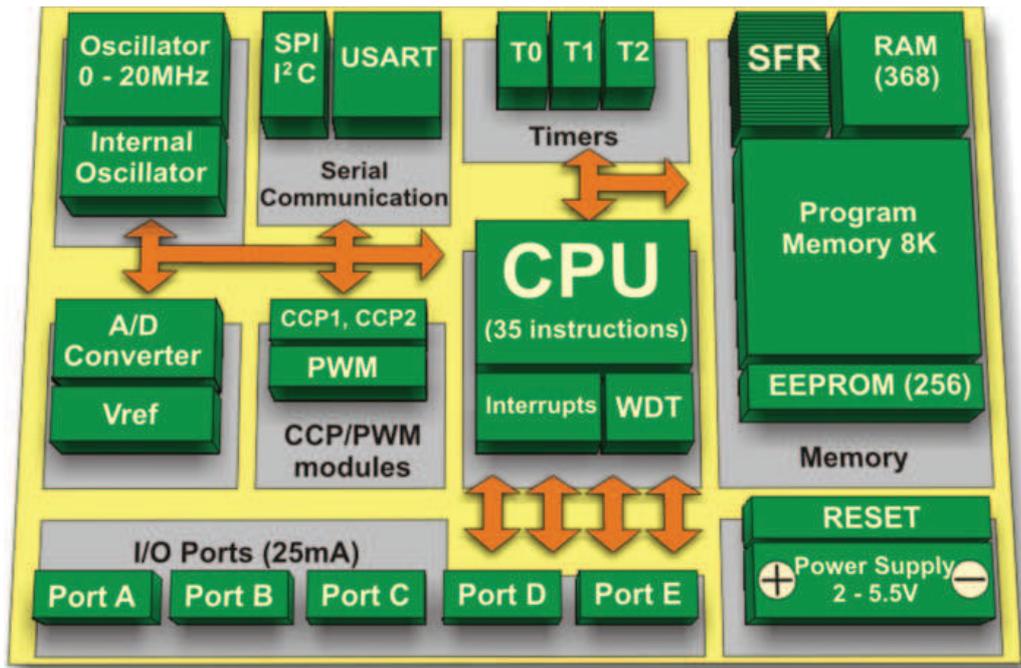


Fig.1.18. Estructura de un microcontrolador. ^[21]

1.8.1.3. Características de los Pic´s ^[22]:

Las características más destacadas de los PIC´s las enumeramos en los siguientes puntos:

- **La arquitectura del procesador sigue el modelo Harvard.** Tradicionalmente, las computadoras y microprocesadores siguen el modelo propuesto por John Von Neumann, en el cual la unidad central de proceso, o CPU, está conectada a una memoria única que contiene las instrucciones del programa y los datos.

^[20] Sánchez, L. (2005). Microcontroladores Genéricos. [En línea] Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos34/microcontroladores-genericos/microcontroladores-genericos.shtml>

^[21] MikroElektronika. Microcontroladores PIC [En línea] Disponible en: <http://www.mikroe.com/chapters/view/81/CAPÍTULO-3-microcontrolador-pic16f887/>

^[22] Galvéz, J. (2005). Control de un módulo bluetooth mediante microcontrolador [En línea] Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/95714975/Caracteristicas-de-Los-Pics> (Pág. 12-14)

El tamaño de la unidad de datos o instrucciones está fijado por el ancho del bus de la memoria. Esto limita la velocidad de operación del microprocesador, ya que no se puede buscar en la memoria una nueva instrucción, antes de que finalicen las transferencias de datos que pudieran resultar de la instrucción anterior. En los microprocesadores PIC se utiliza el modelo Harvard. Este tipo de arquitectura conecta de forma independiente y con dos buses distintos la memoria de instrucciones y la de datos:

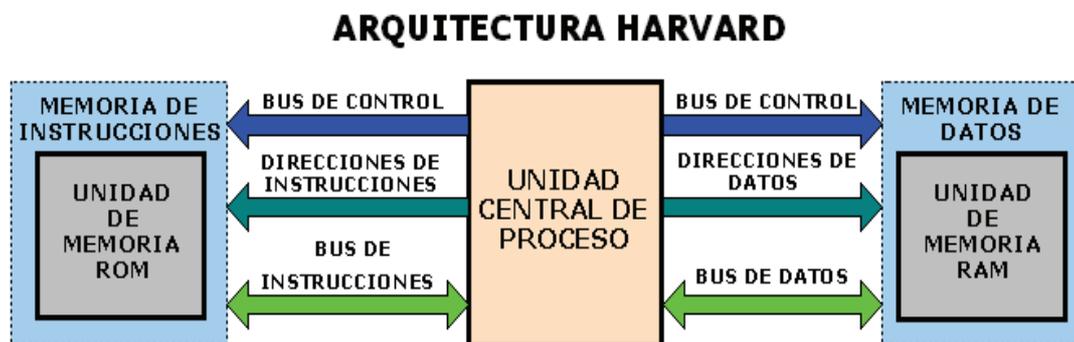


Fig.1.19. Arquitectura Harvard. ^[23]

La arquitectura Harvard permite al CPU acceder simultáneamente a las dos memorias. Esto proporciona mayor velocidad además de numerosas ventajas al funcionamiento del sistema.

- **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 (un ciclo de instrucción equivale a cuatro ciclos de reloj).

^[23] Costales, A. Presentación Power Point MI 16F870 [Imagen]. (Diapositiva 11).

- **Arquitectura basada en un banco de registros.-** Esto significa que todos los objetos del sistema (puertos de E/S, temporizadores, posiciones de memoria, etc.) están implementados físicamente como registros.

1.8.1.4.Gama de Pic's:

Existen tres tipos de gamas de microcontroladores Pic para atender todas las diversas aplicaciones que podrían presentarse, microcontroladores de gama baja, gama media y gama alta. Con las tres gamas de PIC se dispone de gran diversidad de modelos y encapsulados, pudiendo seleccionar el que mejor se acople a las necesidades de acuerdo con el tipo y capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S y las funciones auxiliares precisas. Sin embargo, todas las versiones están construidas alrededor de una arquitectura común, un repertorio mínimo de instrucciones y un conjunto de opciones muy apreciadas, como el bajo consumo y el amplio margen del voltaje de alimentación. Existen dos arquitecturas utilizadas en la fabricación de microcontroladores:

- **Microcontroladores de arquitectura cerrada.-** En este tipo de arquitectura el microcontrolador tiene unos recursos específicos los cuales no permiten ningún tipo de modificación, es decir, no admiten ningún tipo de variaciones ni de ampliaciones. La aplicación a la que se destina debe encontrar en su estructura todo lo que precisa, y en caso contrario, hay que desecharlo. Microchip ha elegido principalmente este modelo de arquitectura.
- **Microcontroladores de arquitectura abierta.-** Este tipo de microcontroladores aparte de tener una estructura interna determinada, permiten ampliación 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.

1.8.1.5.Memoria:

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos.

- **ROM.**- Es una memoria no volátil de sólo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip.
- **OTP.**- El microcontrolador contiene una memoria no volátil de sólo lectura "programable una sola vez" por el usuario. OTP (One Time Programmable). Es el usuario quien puede escribir el programa en el chip mediante un sencillo grabador controlado por un programa desde un PC. La versión OTP es recomendable cuando es muy corto el ciclo de diseño del producto, o bien, en la construcción de prototipos y series muy pequeñas.
- **EPROM:** (Erasable Programmable Read Only Memory) Los microcontroladores que disponen de memoria EPROM pueden borrarse y grabarse muchas veces.
- **EEPROM:** (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) Se trata de memorias de sólo lectura, programables y borrables eléctricamente EEPROM.
 - Los microcontroladores dotados de memoria EEPROM una vez instalados en el circuito, pueden grabarse y borrarse cuantas veces se quiera.
 - Este tipo de memoria es relativamente lenta.
- **FLASH.**- Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar.

1.8.1.6. Puertos de entrada / salida:

Un recurso imprescindible para los microcontroladores son los puertos de entradas y salidas con los cuales se comunica con los periféricos del mundo exterior. Dependiendo de la gama de PIC que estemos utilizando estos tendrán más o menos puertos de E/S y también dependiendo de la gama utilizada pueden ser digitales, analógicas, multiplexadas, etc. También algunos PIC's permiten utilizarlas como comparadores y conversores, pero esas características dependen de cada PIC en particular. Por lo que se debe escoger el PIC con las características justas que requiera el proyecto a realizarse. Los puertos de entrada y salida utilizan la denominación de Puerto A, Puerto B, Puerto C etc. dependiendo de la cantidad de puertos que tengan en su estructura física.

1.8.1.7. **Temporizadores y contadores** ^[25]:

Son circuitos para el conteo de los pulsos que llegan a su entrada de reloj, es el oscilador interno del microcontrolador es común que no tenga un pin asociado y en este caso trabajen como temporizadores, por otra parte cuando la fuente de conteo es externa entonces tienen asociado un pin configurado como entrada, este es el modo contador.

Los temporizadores son uno de los periféricos más habituales en los microcontroladores y se utilizan para muchas tareas como por ejemplo: la medición de frecuencia, implementación de relojes, para el trabajo de conjunto con otros periféricos que requieren una base estable de tiempo entre otras funcionalidades.

1.8.1.8. **Conversor analógico/digital:**

Como es muy frecuente el trabajo con señales analógicas éstas deben ser convertidas a digital y por ello muchos microcontroladores incorporan un conversor A/D el cual se utiliza para tomar datos de varias entradas diferentes que se seleccionan mediante un multiplexor.

1.8.1.9. **Puerto serie:**

Este periférico está en casi cualquier microcontrolador, normalmente en forma de UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) o USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) dependiendo de si permiten o no el modo sincrónico de comunicación.

El destino común de este periférico es la comunicación con otro microcontrolador o con una PC y en la mayoría de los casos hay que agregar circuitos externos para completar la interfaz de comunicación.

1.8.1.10. **Puerto serie sincrónico:**

Este tipo de periférico se utiliza para comunicar al microcontrolador con otros microcontroladores o con periféricos externos conectados a él mediante las interfaces SPI (Serial Peripheral Interface) o I2C (Inter-Integrated Circuit).

^[25] Costales, A. Presentación Power Point MI 16F870 [Imagen] (Diapositiva 16)

1.8.1.11. Otros puertos de comunicación:

En un mundo cada vez más orientado a la interconexión de dispositivos, han aparecido muchas interfaces de comunicación y los microcontroladores no se han quedado atrás para incorporarlas, es por ello que podemos encontrar algunos modelos con puertos USB (Universal Serial Bus), CAN (Controller Area Network), Ethernet, puerto paralelo entre otros.

1.8.1.12. Comparadores:

Son circuitos analógicos basados en amplificadores operacionales que tienen la característica de comparar dos señales analógicas y dar como salida los niveles lógicos "0" o "1" en dependencia del resultado de la comparación.

1.8.1.13. Módulos de ancho de pulsos:

Los PWM (Pulse Width Modulator) son periféricos muy útiles sobre todo para el control de motores, sin embargo hay un grupo de aplicaciones que pueden realizarse con este periférico dentro de las cuales podemos citar: la conversión digital analógica D/A, el control regulado de luz (dimming) entre otras.

1.8.2. LCD 16X2 (PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO) ^[26]:

La pantalla de cristal líquido o LCD (Liquid Crystal Display) es un dispositivo controlado de visualización gráfico para la presentación de caracteres, símbolos o incluso dibujos (en algunos modelos), en este caso dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5x7 puntos (píxeles), aunque los hay de otro número de filas y caracteres de acuerdo a la necesidad. Este dispositivo está gobernado internamente por un microcontrolador y regula todos los parámetros de presentación, este modelo es el más comúnmente usado. El LCD 16x2 tiene en total 16 pines

Funcionamiento:

Para comunicarse con la pantalla LCD podemos hacerlo por medio de sus pines de entrada de dos maneras posibles, con bus de 4 bits o con bus de 8 bits, para este caso usaremos una conexión de 4 bits.

^[26] uControl. (2010). Conexión de la LCD. [En línea] Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/44252680/LCD-16X2>



Fig.1.21. LCD 2x16. [27]

Características principales:

- Pantalla de caracteres ASCII, además de los caracteres Kanji y Griegos.
- Desplazamiento de los caracteres hacia la izquierda o la derecha.
- Proporciona la dirección de la posición absoluta o relativa del carácter.
- Memoria de 40 caracteres por línea de pantalla.
- Movimiento del cursor y cambio de su aspecto.
- Permite que el usuario pueda programar 8 caracteres.
- Conexión a un procesador usando un interfaz de 4 u 8 bits.

1.8.3. OSCILADOR DE CRISTAL [28]:

Un oscilador de cristal es aquel que incluye en su realimentación un resonador piezoeléctrico. El cristal de cuarzo es utilizado como componente de control de la frecuencia de circuitos osciladores convirtiendo las vibraciones mecánicas en voltajes eléctricos a una frecuencia específica.

Características:

- El oscilador de cristal se caracteriza por su estabilidad de frecuencia y pureza de fase, dada por el resonador.
- La frecuencia es estable frente a variaciones de la tensión de alimentación.
- La dependencia con la temperatura depende del resonador, pero un valor típico para cristales de cuarzo es de 0' 005% del valor a 25°C, en el margen de 0 a 70°C.

[27] SK Pang Electronics. LCD [En línea] Disponible en: http://skpang.co.uk/catalog/lcd-displays-16x2-lcd-33v-c-91_207.html [Imagen]

[28] Wikipedia. Oscilador de Cristal. [En línea] disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Oscilador_de_cristal



Fig.1.22. Osciladores de cristal. ^[29]

1.8.4. ZUMBADOR ^[30]:

Zumbador o buzzer, es un transductor electroacústico que produce un sonido o zumbido continuo o intermitente de un mismo tono. Sirve como mecanismo de señalización o aviso, y son utilizados en múltiples sistemas como en automóviles o en electrodomésticos, incluidos los despertadores. Transforma la energía eléctrica en energía acústica.



Fig.1.23. símbolo electrónico. ^[30]

1.8.5. DIODO ^[31]:

Un diodo es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido. Este término generalmente se usa para referirse al diodo semiconductor, el más común en la actualidad; consta de una pieza de cristal semiconductor conectada a dos terminales eléctricos. El diodo de vacío (que actualmente ya no se usa, excepto para tecnologías de alta potencia) es un tubo de vacío con dos electrodos: una lámina como ánodo, y un cátodo.



Fig.1.24. Símbolo electrónico.

^[29] Electrónicos CALDAS. Cristal de cuarzo. [En línea] Disponible en: <http://www.electronicoscaldas.com/cristales-de-cuarzo-y-resonadores-ceramicos/66-cristales-de-cuarzo.html> [Imagen]

^[30] Wikipedia. Zumbador. [En línea] disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Zumbador> [Texto e Imagen]

^[31] Wikipedia. Diodo. [En línea] Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Diodo>

1.8.5.1. Diodo led ^[32]:

Un led (del acrónimo inglés LED, light-emitting diode: 'diodo emisor de luz'; el plural aceptado por la RAE es ledes) es un componente opto electrónico pasivo y, más concretamente, un diodo que emite luz. Solo se encenderá cuando la corriente lo atraviese de ánodo a cátodo.

Tabla.1.1. Valores de voltaje directo para un Led.

Color	Tensión en directo
Infrarrojo	1,3 V
Rojo	1,7 V
Naranja	2,0 V
Amarillo	2,5 V
Verde	2,5 V
Azul	4,0 V

1.8.5.2. Diodo zener ^[33]:

Es un diodo de cromo que se ha construido para que funcione en las zonas de rupturas, recibe ese nombre por su inventor, el Dr. Clarence Melvin Zener. El diodo Zener es la parte esencial de los reguladores de tensión casi constantes con independencia de que se presenten grandes variaciones de la tensión de red, de la resistencia de carga y temperatura.

Además si el voltaje de la fuente es inferior a la del diodo éste no puede hacer su regulación característica.



Fig.1.25. Símbolo electrónico.

1.8.6. FLIP_FLOP ^[34]:

Es un multivibrador capaz de permanecer en uno de dos estados posibles durante un tiempo indefinido en ausencia de perturbaciones. Esta característica es

^[32] Wikipedia. Diodo Led. [En línea] Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Led>

^[33] Wikipedia. Diodo Zener. [En línea] Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Diodo_Zener

^[34] Wikipedia. Flip-Flop. [En línea] Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Biestable>

ampliamente utilizada en electrónica digital para memorizar información. El paso de un estado a otro se realiza variando sus entradas.

Dependiendo del tipo de dichas entradas los biestables se dividen en:

- **Asíncronos:** Sólo tienen entradas de control. El más empleado es el biestable RS.
- **Síncronos:** Además de las entradas de control posee una entrada de sincronismo o de reloj. Si las entradas de control dependen de la de sincronismo se denominan síncronas y en caso contrario asíncronas. Por lo general, las entradas de control asíncronas prevalecen sobre las síncronas.

La entrada de sincronismo puede ser activada por nivel (alto o bajo) o por flanco (de subida o de bajada). Dentro de los biestables síncronos activados por nivel están los tipos RS y D, y dentro de los activos por flancos los tipos J, K, T y D.

1.8.7. TRANSISTOR ^[35]:

Un transistor es un componente que tiene, básicamente, dos funciones:

- Deja pasar o corta señales eléctricas a partir de una PEQUEÑA señal de mando.
- Funciona como un elemento AMPLIFICADOR de señales.

Hay dos tipos básicos de transistor:

- Transistor bipolar o BJT (Bipolar Junction Transistor)
- Transistor de efecto de campo, FET (Field Effect Transistor) o unipolar
 - Transistor bipolar.- Consta de tres cristales semiconductores (usualmente de silicio) unidos entre sí. Según como se coloquen los cristales hay dos tipos básicos de transistores bipolares.
 - Transistor NPN: en este caso un cristal P está situado entre dos cristales N. Son los más comunes.
 - Transistor PNP: en este caso un cristal N está situado entre dos cristales P.

^[35] Transistores. [En línea] Disponible en:
<http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/transistores.pdf> (Pág. 1 y 2).

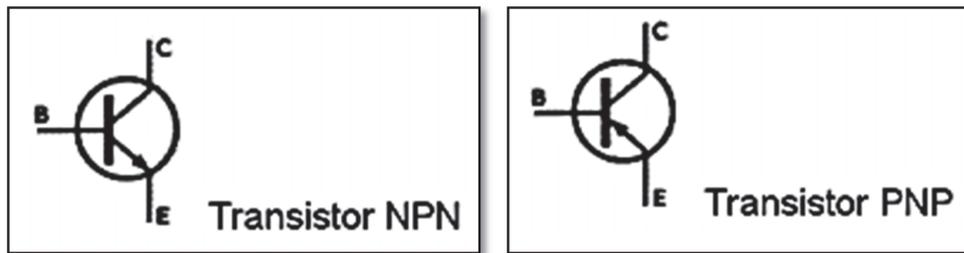


Fig.1.26. Tipo de transistores. [35]

La capa de en medio es mucho más estrecha que las otras dos. En cada uno de estos cristales se realiza un contacto metálico, lo que da origen a tres terminales:

- **Emisor (E):** Se encarga de proporcionar portadores de carga.
- **Colector (C):** Se encarga de recoger portadores de carga.
- **Base (B):** Controla el paso de corriente a través del transistor. Es el cristal de en medio.

1.8.8. REGULADOR DE TENSIÓN [36]:

Un regulador de tensión o regulador de voltaje es un dispositivo electrónico diseñado para mantener un nivel de voltaje constante.

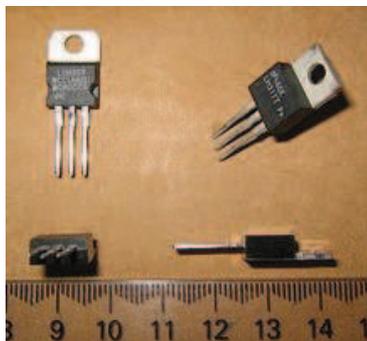


Fig.1.27. Reguladores de Voltaje. [36]

Los reguladores electrónicos de tensión se encuentran en dispositivos como las fuentes de alimentación de los computadores, donde estabilizan los voltajes DC usados por el procesador y otros elementos.

[36] Wikipedia. Regulador de Tensión. [En línea] Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Regulador_de_tensi%C3%B3n

1.8.9. CAPACITORES ^[37]:

Se llama capacitor a un dispositivo que almacena carga eléctrica. El capacitor está formado por dos conductores próximos uno a otro, separados por un aislante, de tal modo que puedan estar cargados con el mismo valor, pero con signos contrarios.

1.8.9.1. Capacitores electrolíticos:

En estos capacitores una de las armaduras es de metal mientras que la otra está constituida por un conductor iónico o electrolito. Presentan unos altos valores capacitivos en relación al tamaño y en la mayoría de los casos aparecen polarizados.

1.8.9.2. Capacitores cerámicos ^[38]:

El dieléctrico utilizado por estos capacitores es la cerámica, siendo el material más utilizado el dióxido de titanio. Este material confiere al condensador grandes inestabilidades por lo que en base al material se pueden diferenciar dos grupos:

Grupo I: Caracterizados por una alta estabilidad, con un coeficiente de temperatura bien definido y casi constante.

Grupo II: Su coeficiente de temperatura no está prácticamente definido y además de presentar características no lineales, su capacidad varía considerablemente con la temperatura, la tensión y el tiempo de funcionamiento. Se caracterizan por su elevada permitividad. Las altas constantes dieléctricas características de las cerámicas permiten amplias posibilidades de diseño mecánico y eléctrico.

1.8.10. VARISTOR ^[39]:

Un varistor es un componente electrónico con una curva característica similar a la del diodo. El término proviene de la contracción del inglés variable resistor. Los varistores suelen usarse para proteger circuitos contra variaciones de tensión al incorporarlos en el circuito de forma que cuando se active la corriente no pase por componentes sensibles. Un varistor también se conoce como Resistor Dependiente de Voltaje o VDR. La función del varistor es conducir una corriente significativa cuando el voltaje es excesivo.

^[37] Capacitores. [En línea] Disponible en: http://html.rincondelvago.com/capacitores_1.html

^[38] Plaza, A. Capacitores. [En línea] disponible en:

<http://www.inele.ufro.cl/bmonteci/semic/apuntes/capacitores/capacitores.htm>

^[39] Wikipedia. Varistor. [En línea] Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Varistor>

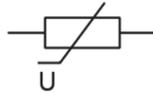


Fig.1.28. Símbolo electrónico. [39]

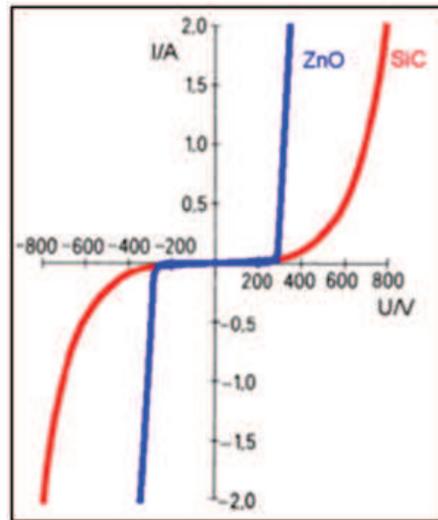


Fig.1.29. Curva característica de un varistor de óxido de zinc. [39]

1.8.11. FUSIBLE [40]:

Se denomina fusible a un dispositivo, constituido por un soporte adecuado, un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por Efecto Joule, cuando la intensidad de corriente supere, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos, por un cortocircuito o un exceso de carga.

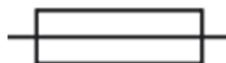


Fig.1.30. Símbolo electrónico. [40]

[40] Wikipedia. Fusible [En línea] Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fusible>

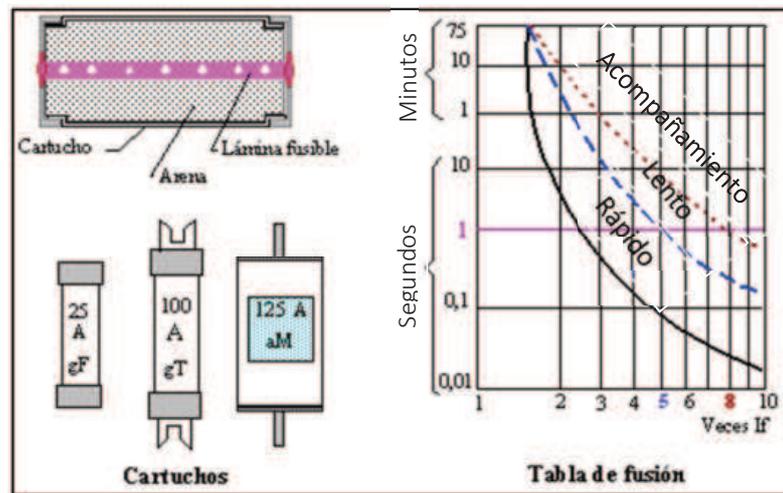


Fig.1.31. Características de los fusibles. [41]

1.8.12.POTENCIÓMETRO [42]:

Un potenciómetro es un resistor cuyo valor de resistencia es variable. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie.

1.8.12.1.POTENCIÓMETRO MULTIVUELTA (TRIMMER):

Para un ajuste fino de la resistencia existen potenciómetros multivuelta, en los que el cursor va unido a un tornillo desmultiplicador, de modo que para completar el recorrido necesita varias vueltas del órgano de mando.

[41] Fusibles. [En línea] Disponible en: http://html.rincondelvago.com/fusibles_2.html [Texto e Imágenes]

[42] Wikipedia. Potenciómetro. [En línea] Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Potenci%C3%B3metro>

CAPÍTULO 2. ELABORACIÓN DEL CIRCUITO

2.1. DIAGRAMA DE BLOQUES:

En el siguiente diagrama de bloques se presenta la estructura de funcionamiento del identificador de fase. Podemos observar en el diagrama que el circuito constará con algunas etapas las cuales serán descritas una por una más adelante.

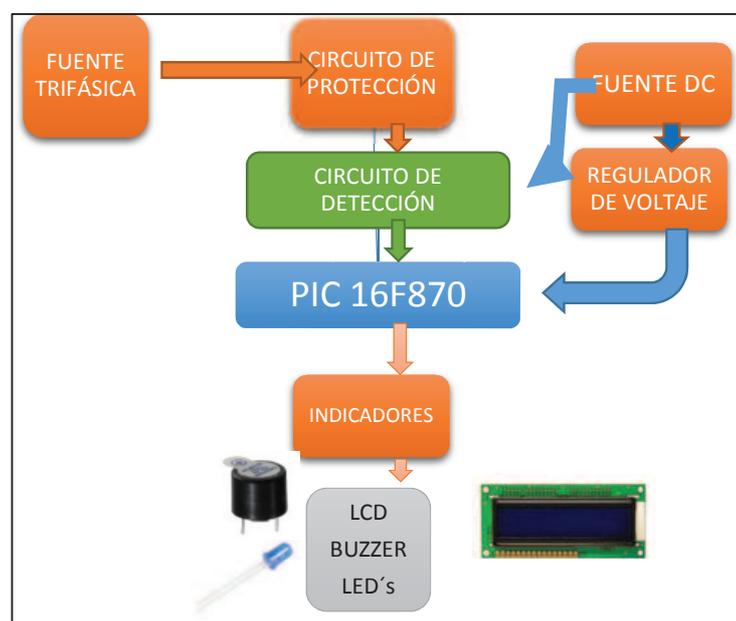


Fig.2.1. Diagrama de bloques del Identificador de Fases. ^[43]

2.1. DIAGRAMA CIRCUITAL:

El diagrama que se presentará en el Anexo 3 (Pág. 102) ha sido realizado en AutoCAD 2011 y simulado en el programa de electrónica Proteus 8 Profesional.

^[43] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].

2.2. FUENTE TRIFÁSICA:

La fuente con la que se cuenta por lo general en el sector industrial es una fuente trifásica de 220v con una frecuencia de 60Hz. Las líneas serán identificadas con RST o ABC.

2.3. FUNTE DC:

La fuente dc es la representación de la batería de 9v con la que se alimenta al circuito de detección directamente, y a través del circuito regulador de voltaje se alimenta al microcontrolador, y a los demás componentes electrónicos.

2.4. CIRCUITO DE PROTECCIÓN:

El circuito electrónico cuenta con una protección para cortocircuitos y sobretensiones. Se ha utilizado dos tipos de protecciones ya que los fusibles en caso de sobretensiones en un lapso muy corto de tiempo no reaccionarían debido a su curva característica, para lo cual utilizamos varistores de 250v los cuales reaccionan en un tiempo más corto que un fusible. En el caso de haber un sobre tensión no llegará al circuito y en el caso de ser un transitorio muy largo el fusible reaccionará inmediatamente. El fusible que se utiliza es de 0,5 Amperios el más bajo que se encuentra a la venta en el mercado.

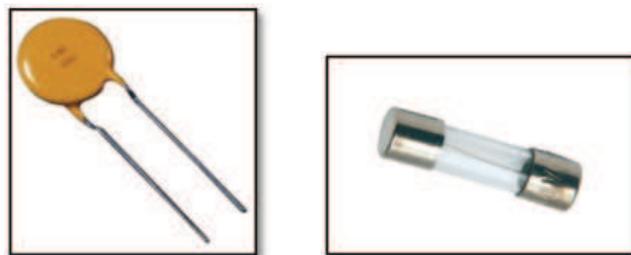


Fig.2.2. Varistor 250V Y Fusible 0,5Amp. ^[44]

^[44] Newark. Varistor. [En línea] Disponible en: <http://www.newark.com/te-connectivity-raychem/rov05h221k-s-2/varistor-140v-380v-800a-5mm-disc/dp/99H1322>
Stereon. Fusible. [En línea] Disponible en: <http://www.steren.com.mx/catalogo/prod.asp?p=1836>

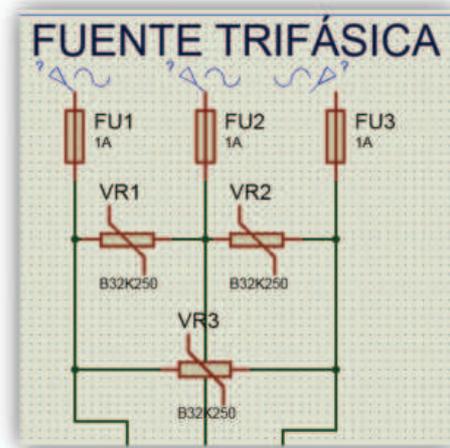


Fig.2.3. Circuito de protección. ^[45]
(Recorte Anexo 3: A0 – C1)

2.5. CIRCUITO DE DETECCIÓN:

En el circuito de la fig.2.7 podemos identificar la entrada de la fuente trifásica, poco después se forma un circuito en estrella con las resistencias (R1, R2, R3, R8, R9 y R10) de 5w para protección y balanceo de las fases. Las resistencias R4 y R5 son la protección para el diodo Zener 1 (D1) y las resistencias R6 y R7 son la protección para el diodo Zener 2 (D2).



Fig.2.4. Diodo Zener 4732 (4,7V) ^[46]

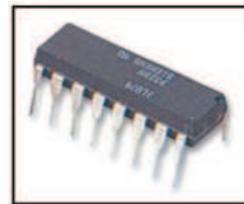


Fig.2.5. Flip-Flop 9649. ^[47]

Los diodos zener son utilizados para rectificar la señal y también para que sea regulada a 4,7v. Para la detección de la secuencia de las fases tomamos dos

^[45] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].

^[46] Digi-key. Diodo. [En línea] Disponible en: <http://www.digikey.com/product-detail/en/80SQ045NG/80SQ045NGOS-ND/1475457> [Imagen]

^[47] Cetronic. Flip-flop 9649. [En línea] Disponible en: <http://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=173086010&cPath=440> [Imagen]

muestras de la señal del cátodo de los diodos zener respectivamente para amplificarlos con los transistores Q1 y Q2.

Las resistencias R11 y R12 sirven para reducir la corriente que ingresará a la base del transistor.

Los transistor Q1 y Q2 tienen una polarización en emisor común en el colector de cada transistor lo que obtendremos será la señal de la base pero invertida y con la ganancia respectiva que nos brinde el transistor 3904.

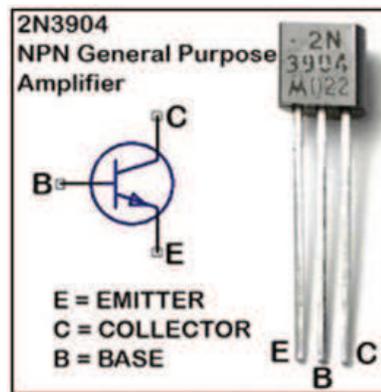


Fig.2.6. Transistor NPN 3904 [48]

Hay que tener en cuenta que las señales llegarán a distinto tiempo ya que tienen un desfase lo que hace que el flip-flop tipo D detecte una secuencia, el pin D tendrá una señal y con una transición de voltaje en CLK inmediatamente cambiará de estado la salida del flip-flop.

A la salida del flip-flop tenemos una salida Q y la otra es la señal invertida de Q. Estas señales de la salida del flip-flop serán llevadas a la base de los transistores Q3 y Q4, permitiendo que se muestren las primeras señales de detección de la secuencia con unos diodos Led.

- Cuando el Led-Azul se encienda tendremos una secuencia positiva.
- Cuando el Led-Rojo se encienda tendremos una secuencia negativa.
- Nunca se encenderán los dos diodos leds a la vez.

NOTA: La alimentación a los colectores de los transistores Q1 y Q2 vendrá directamente de la batería de 9v pasando por las resistencias R13 y R14 respectivamente. A continuación se presenta el circuito de detección en la fig.2.7.

[48] Electronic Circuits. Transistor [En línea] disponible en:
<http://www.electroniccircuits.com/electronic-circuits/colpitts-1-to-20-mhz-crystal-oscillator>

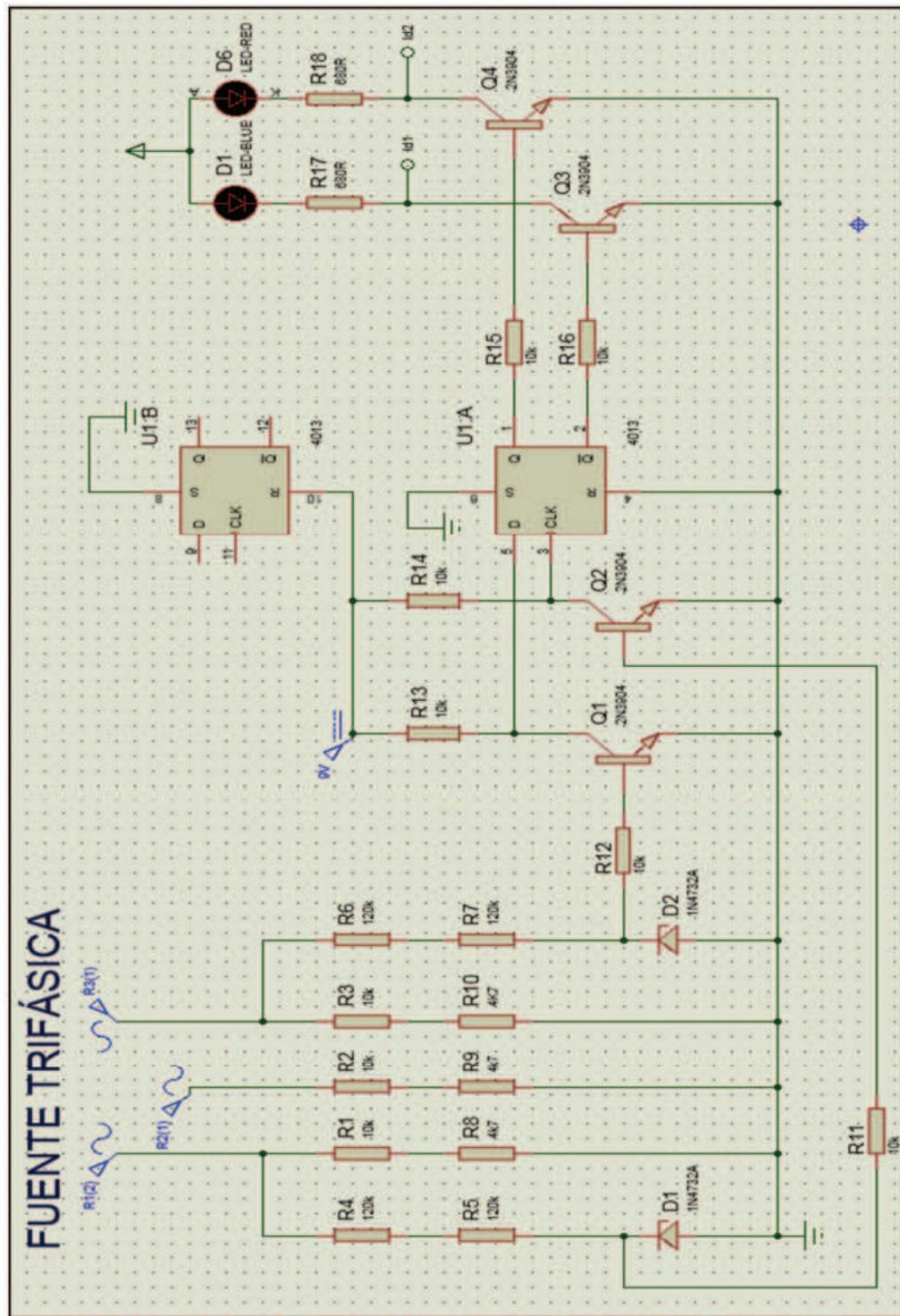


Fig.2.7. Circuito de detección de fase. ^[49]
(Recorte Anexo 3: A0 – I7)

^[49] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].

2.6. REGULADOR DE VOLTAJE:

El circuito esta alimentado con una batería de nueve voltios la cual se puede identificar en la figura 2.9. (En el circuito se encuentra etiquetado como FUENTE).

Se utiliza el 7805 como regulador de voltaje que recibe los 9v de la batería y entrega a su salida 5v constantes, justo el voltaje que necesita para la alimentación del PIC y también para encender los diodos led's a través de una resistencia. Es muy importante tener un voltaje constante para trabajar con el PIC para evitar errores inesperados que se puedan presentar.

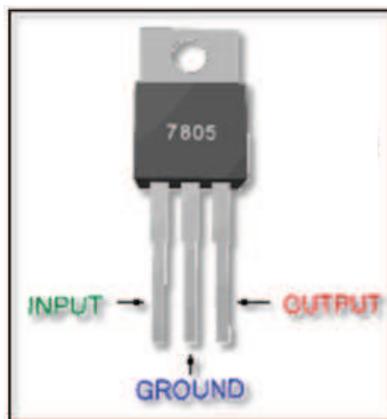


Fig.2.8. Regulador de tensión 7805. ^[50]

La conexión del regulador será la siguiente:

- Pin 1: VI (INPUT) es el pin de entrada al que ira la fuente, en este caso la batería de 9v.
- Pin 2: GND (GROUND) es la referencia o tierra donde habrá un potencial de 0v.
- Pin 3: VO (OUTPUT) es el pin de salida donde obtendremos los cinco voltios.

NOTA: Los capacitores de 10uf colocados en el circuito regulador de voltaje sirven para evitar el ruido eléctrico o las fluctuaciones que pueden ocurrir en el circuito.

A continuación en la fig.2.9 se puede visualizar el circuito regulador de voltaje:

^[50] Roboticapy. Regulador de voltaje. [En línea] Disponible en:
http://www.roboticapy.com/tienda/product_info.php?products_id=105&osCsid=9bim38ufucrdoeahpvng4st3 [Imagen]

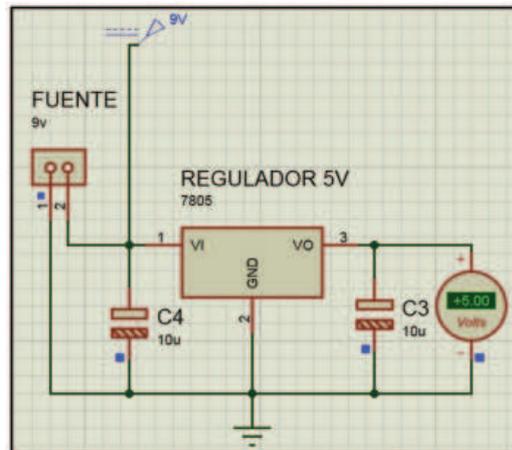


Fig.2.9. Circuito Regulador de Voltaje. ^[51]
(Recorte Anexo 3: J0 – L1)

2.7. MICROCONTROLADOR (PIC16F870):



Fig.2.10. Pic 16f870. ^[52]

Se ha utilizado el PIC 16F870 porque cuenta con los puertos analógicos necesarios también con el convertidor análogo-digital necesario para el procesamiento de los datos obtenidos por parte del circuito de detección, las características del PIC se presentan en la tabla.2.1, también se lo ha utilizado porque estamos familiarizados con este PIC por las prácticas realizadas en el transcurso de la carrera.

2.7.1. CARACTERÍSTICAS DEL PIC 16F870 ^[53]:

Tabla.2.1. Características del PIC16F870.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	PIC 16F870
Frecuencia de Operación	DC - 20 MHz
Resets (y Delays)	PORT, BOR (PWRT, OST)
Memoria de Programa FLASH (Palabras de 14 bits).	2K
Memoria de Datos (Bytes)	128

^[51] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].

^[52] Alibaba. Pic16f870. [En Línea] Disponible en: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/28-40-pin-8-bit-cmos-flash-microcontrollers-pic16f870-i-sp-478086322.html>

^[53] Microchip Technology Inc. (2003). DATA SHEET PIC 16F870 (Pág. 5)

2.7.1.2. Descripción de los pines de salida del PIC 16F870 ^[55]:

Tabla.2.2. Descripción de los pines de salida del PIC 16F870.

NOMBRE DEL PIN	DIP (Pin#)	SOIC (Pin#)	TIPO (E/S/F)	TIPO DE BUFFER	DESCRIPCION
OSC1/CLKI	9	9	E	ST/CMOS	Entrada del oscilador de cristal/Entrada de la fuente externa de reloj.
OSC2/CLKO	10	10	S		Salida del oscilador de cristal. Se conecta al cristal o resonador en modo oscilador de cristal. En el modo RC, el pin OSC2 emite CLKO, el cual tiene un cuarto de la frecuencia del OSC1, e indica la velocidad ciclo de instrucción.
MCLR/VPP/THV	1	1	E/F	ST	La entrada Master Clear (Reset) o Entrada de voltaje de programación (VPP) o Control del modo de prueba de alto voltaje. Este pin es activado en bajo (0v) Reset del PIC.
RA0/AN0	2	2	E/S	TTL	Puerto A es un puerto bidireccional. RA0 Puede ser también la entrada analógica 0
RA1/AN1	3	3	E/S	TTL	RA1 Puede ser también la entrada analógica 1
RA2/AN2/VREF-	4	4	E/S	TTL	RA2 Puede ser la entrada analógica 2 o el Voltaje Ref. análogo negativo

^[55] Microchip Technology Inc. (2003). DATA SHEET PIC 16F870 (Pág. 9)

RB5	26	26	E/S	TTL	<p>Puerto B es un puerto bidireccional de entrada o salida.</p> <p>Pin para cambiar ha encendido la interrupción.</p> <p>Pin para cambiar ha encendido la interrupción.</p> <p>Pin depurador In-Circuit.</p> <p>Reloj de programación serial.</p> <p>Pin para cambiar ha encendido la interrupción.</p> <p>Pin depurador In-Circuit.</p> <p>Datos de programación serial.</p>
RB6/PGC	27	27	E/S	TTL/ST	
RB7/PGD	28	28	E/S	TTL/ST	
RC0/T1OSO/T1CKI	11	11	E/S	ST	<p>Puerto C es un puerto bidireccional de entrada o salida.</p> <p>RC0 Puede también ser la salida del oscilador del Timer 1 (temporizador 1) o la entrada de reloj del Timer 1)</p> <p>RC1 Puede también ser la entrada del oscilador del Timer 1 (temporizador 1).</p> <p>RC6 Puede también ser emisor asincrónico del USART o puede funcionar como Reloj sincrónico.</p> <p>RC6 Puede también ser el receptor asincrónico del USART o datos sincronizados.</p>
RC1/T1OSI	12	12	E/S	ST	
RC4	15	15	E/S	ST	
RC5	16	16	E/S	ST	
RC6/TX/CK	17	17	E/S	ST	
RC7/RX/DT	18	18	E/S	ST	

VSS	8,19	8,19	P		Referencia a Tierra para los pines lógicos, entradas y salidas.
VDD	20	20	P		Voltaje o suministro eléctrico para los pines lógicos, entradas y salidas

Leyenda:

E = entrada **S** = salida **E/S** = Entrada/Salida **F** = Fuente
OD = Drenaje abierto --- = No usado **TTL** = Entrada TTL
ST = Entrada del disparador de Schmitt

2.7.2. CONVERTIDOR ANÁLOGO – DIGITAL:

- El módulo del convertidor análogo/digital tiene 5 entradas. La entrada analógica carga un condensador de muestreo y retención.
- La salida de la muestra y retención condensador es la entrada dentro del convertidor. El convertidor genera un resultado digital este nivel analógico a través de aproximaciones sucesivas.
- El resultado de la conversión A/D de la señal de entrada analógica es un número digital de 10 bits.
- El módulo A/D tiene entrada de alta y baja tensión de referencia que es seleccionable por software a alguna combinación de VDD, VSS, RA2, RA3.
- El convertidor A / D tiene una característica única de poder, funcionará mientras el dispositivo está en modo SLEEP. Para operar en SLEEP, el reloj del A/D debe ser derivado del Oscilador interno RC del A/D.

2.7.3. CIRCUITO OSCILADOR EXTERNO DE 20KHz (ALTA VELOCIDAD):

Al circuito se le puede incorporar un oscilador externo de 4, 10 o 20 KHz depende de la velocidad que se requiera para que el circuito funcione a la velocidad deseada. El circuito tiene un cristal de cuarzo de 20Khz para mejorar la velocidad de trabajo del circuito, el cristal va conectado en los pines 9 y 10 del PIC, el cual a su vez

tendrá una conexión con dos capacitores de 22pf (C1 y C2). En la programación del Pic se deberá especificar en oscilador HS (Alta velocidad).



Fig.2.12. Cristal 20KHz. [56]

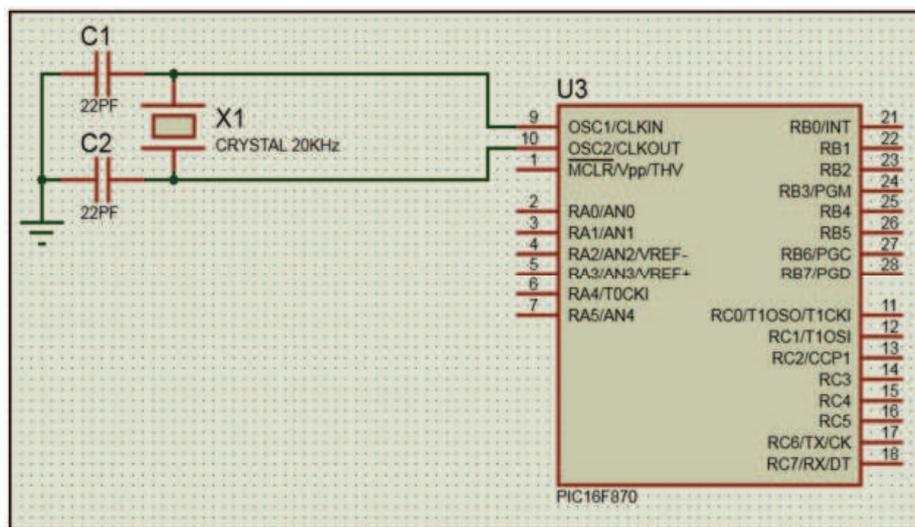


Fig.2.13. Circuito del oscilador externo. [57]
(Recorte Anexo 3: B6 – E9)

2.7.4. CONEXIÓN DE LOS PUERTOS ANALÓGICOS:

El PIC 16F870 cuenta con 5 entradas analógicas en esta ocasión solo se utilizará tres de ellas.

- En la entrada analógica AN0 irá conectada con el terminal Id0 el cual se puede observar que viene del colector del transistor Q3 en la fig.2.15.
- En la entrada analógica An1 irá conectada con el terminal Id1 el cual se puede observar que viene del colector del transistor Q4 en la fig.2.15.

Entre los terminales Id0 y Id1 se determina la secuencia de fase.

[56] Beagle Robotics. Cristal. [En línea] Disponible en:
<http://beaglerobotics.com/catalog.pl?catID=23>

[57] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].

- En la entrada analógica AN2 irá conectado con el terminal PUNTO A el cual podemos observar que viene del cátodo del diodo zener 1 de la fig.2.16. Pero esta señal pasa a través de un circuito de rectificación para obtener una señal más línea. Este puerto nos indicara cuando no se encuentren conectadas las fases.

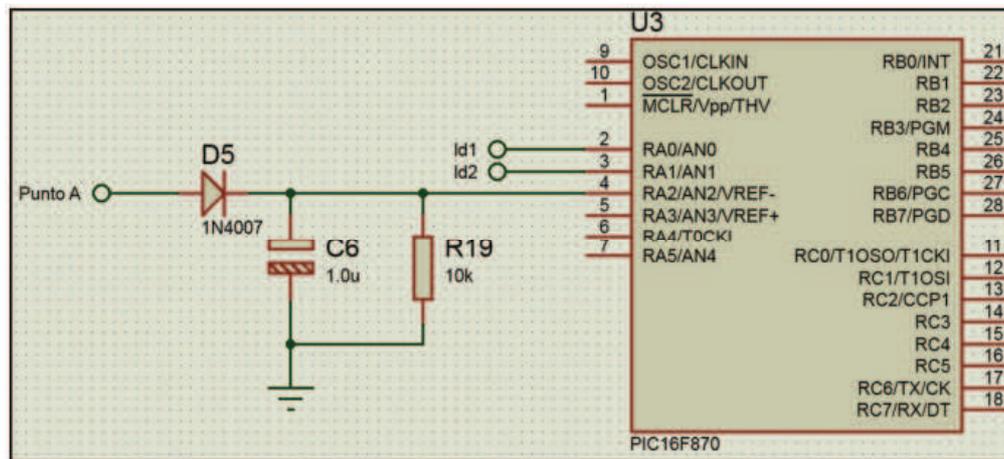


Fig.2.14. Conexión en los puertos analógicos. [58]
(Recorte Anexo 3: A7 – E9)

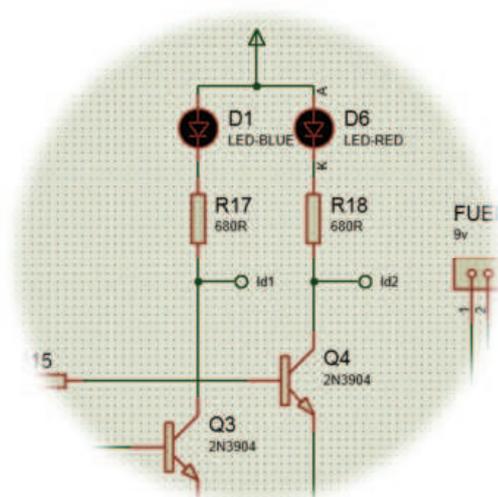


Fig.2.15. Puntos de conexión para entrada analógica. [58]
(Recorte Anexo 3: G1 – I5)

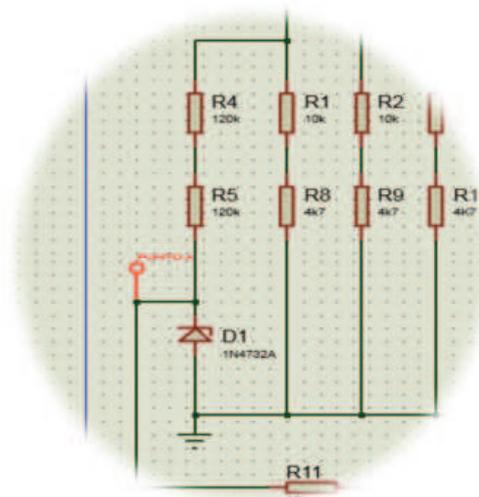


Fig.2.16. Punto A para la conexión con el puerto analógico. [58]
(Recorte Anexo 3: A2 – C5)

[58] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].

2.8. CIRCUITO DE INDICADORES EXTERNOS:

2.8.1. CONEXIÓN LED'S Y BUZZER:

Se ha utilizado buzzer para contar con una señal acústica y poder identificar cuando el circuito se encuentra en modalidad de encendido, y también nos indica cuando tenemos una secuencia positiva.



Fig.2.17. Buzzer y Diodos Led. [59]

El puerto B estará destinado para los indicadores. Se usará los pines 26, 27 y 28 (RB5, RB6 y RB7).

- En el encendido del identificador de fases iniciará un indicador acústico (Buzzer) el cual sonará por 10 veces seguidas según lo establecido en la programación del PIC.
- En el caso que el Pic detecte la secuencia positiva se encenderá el led azul.
- En el caso que el Pic detecte una secuencia negativa se encenderá el led rojo y emitirá un sonido el buzzer.

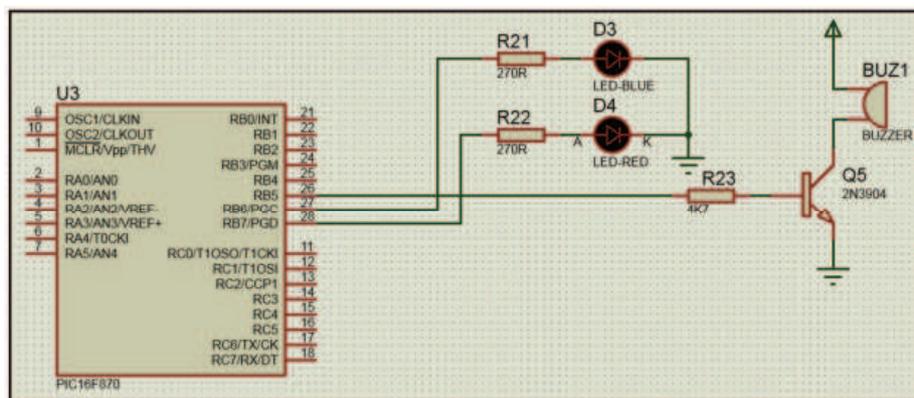


Fig.2.18. Conexión de los indicadores. [60]
(Recorte Anexo 3: D6 – G9)

[59] Abusemark. Buzzer. [En línea] Disponible en: http://abusemark.com/store/index.php?main_page=product_info&products_id=25
Electrónica Embajadores. Diodos Leds [En línea] Disponible en: <http://www.electronicaembajadores.com/Subfamilias/Productos/33/SMDL/diodos-y-displays- leds>

[60] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].

2.8.2. LCD 16X2:

Se ha utilizado una LCD 16X2 ya que los datos que se observarán en la pantalla no tienen ninguna complejidad, solo se observará caracteres, por lo que concluimos que es suficiente con esta LCD seleccionada.

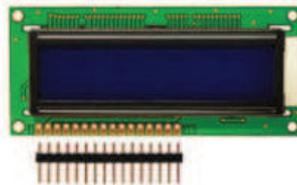


Fig.2.19. LCD 16x2. [61]

En el PIC el puerto C está destinado para la conexión de la LCD. Usaremos el RC0 Para el Enable (E) y el RC1 para el RS de la LCD. Los pines RC4, RC5, RC6 y RC7 se conectarán con D4, D5, D6, y D7 respectivamente.

- En la LCD el pin 1 (Vss) y el pin 5 (RW) serán conectados a tierra.
- El pin 2 (VDD) irá conectado al terminal variable de un trimmer.
- Los terminales fijos del trimmer irán conectados a 5v y a tierra respectivamente.
- VEE irá conectado a 5v.
- El pin 15 de la LCD irá conectado a 5v a través de una resistencia de 10 ohmios.
- El pin 16 de la LCD tendrá una conexión a tierra.
- El circuito ha sido representado con un terminal de 16x2 para representar los 16 pines de la LCD.

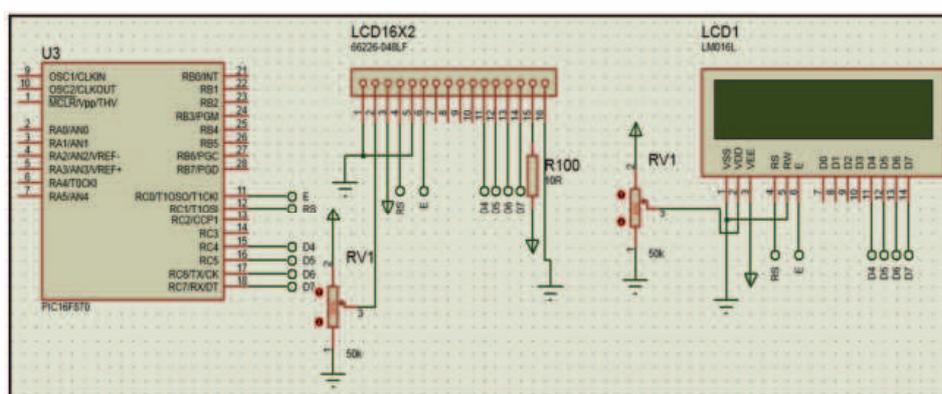


Fig.2.20. Conexión de la LCD. [62]
(Recorte Anexo 3: D6 – G9)

[61] Gravitech. LCD. [En línea] Disponible en: <http://www.gravitech.us/16chblldwib.html> [Imagen]

[62] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].

En el circuito de la LCD se ha colocado un Trimmer de 50K Ω en reemplazo de un potenciómetro normal con este logramos ahorrar espacio y además el trimmer tiene un ajuste más fino además le damos más estética a nuestro circuito.

Además la LCD se puede remover del circuito ya que ha sido instalada con un terminal para 16 pines. En el caso de fallo de la LCD puede ser reemplazada por una nueva sin ningún problema.



Fig.2.21. Trimmer 50K Ω . [63]

2.9. LISTA DE MATERIALES UTILIZADOS:

A continuación se presenta una tabla con todos los materiales utilizados para la construcción del identificador de fase:

Tabla.2.3. Materiales utilizados en el identificador de fase.

CANTIDAD	TIPO	CARACTERÍSTICAS
1	PIC16F870	16F870
1	FLIP-FLOP	4013
1	LCD	16X2
1	Buzzer	5v
2	Diodo led	Azul
2	Diodo led	Rojo
1	Cristal	20KHz
2	Capacitores	22pf
1	Regulador de voltaje	7805
1	Batería	9v
2	Capacitores	10uf
2	Diodo Zener	4732
3	Varistores	250v
3	Fusibles	0,5amp
1	Diodo	4007
5	Transistores	3904
3	Porta fusibles	Para fusible de 0.5Amp
3	Conductores flexibles	12AWG tres colores

[63] Jameco Electronics. Trimmer. [En línea] Disponible en: <http://www.jameco.com/1/1/1606-3296y-1-503-vp-potentiometer-50k-ohm-3296y-503-25-turn-5-watt.html>

1	Terminal Block	3 pines
1	Terminal Block	2 pines
1	Socket	14 pines
1	Socket	28 pines
16	Espadachines	Para LCD
1	Interruptor	Común (2 posiciones)
3	Lagartos	Medianos
3	Resistencia	10K Ω /5W
3	Resistencia	4,7K Ω /5W
4	Resistencia	120K Ω /3/4W
8	Resistencia	10K Ω /3/4W
2	Resistencia	680 Ω /3/4W
1	Resistencia	10 Ω /3/4W
1	Resistencia	4,7k Ω /3/4W
2	Resistencia	270 Ω /3/4W
1	Terminal Block	16 para LCD
1	Caja acrílico	161x137x45 mm (largo x ancho x altura).
1	Capacitores	1uf
1	Trimmer	50K
1	Placa de cobre	90x95mm

2.10. EXPLICACIÓN PROGRAMACIÓN EN BASIC:

2.10.1. DIFERENCIA ENTRE EL LENGUAJE BASIC Y EL ENSAMBLADOR ^[64]:

La diferencia entre los dos lenguajes de programación, es que el uno es de alto nivel y el otro es de un lenguaje de bajo nivel.

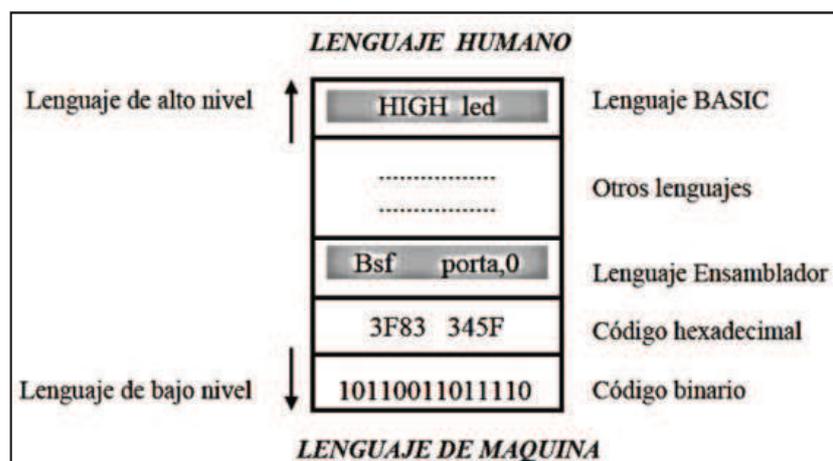


Fig.2.22. Cuadro de los niveles de programación. ^[64]

^[64] Reyes, C. (2008). Microcontroladores micropic basic. (3ra Edición). Quito-Ecuador. (Pág. 33)

2.10.2. PUERTOS DE ENTRADA Y SALIDA ^[65]:

Con el propósito de sincronizar el funcionamiento de los puertos de E/S con la organización interna del microcontrolador de 8 bits, ellos se agrupan, de manera similar a los registros, en tres puertos denotados con A, B, C. Todos ellos tienen las siguientes características en común:

- Muchos pines de E/S son multifuncionales. Si un pin realiza una de estas funciones, puede ser utilizado como pin de E/S de propósito general.
- Cada puerto tiene su propio registro de control de flujo, o sea el registro TRIS correspondiente: TRISA, TRISB, TRISC lo que determina el comportamiento de bits del puerto, pero no determina su contenido.
- Al poner a cero un bit del registro TRIS (pin=0), el pin correspondiente del puerto se configurará como una salida. De manera similar, al poner a uno un bit del registro TRIS (bit=1), el pin correspondiente del puerto se configurará como una entrada. Esta regla es fácil de recordar: 0 = Entrada; 1 = Salida.

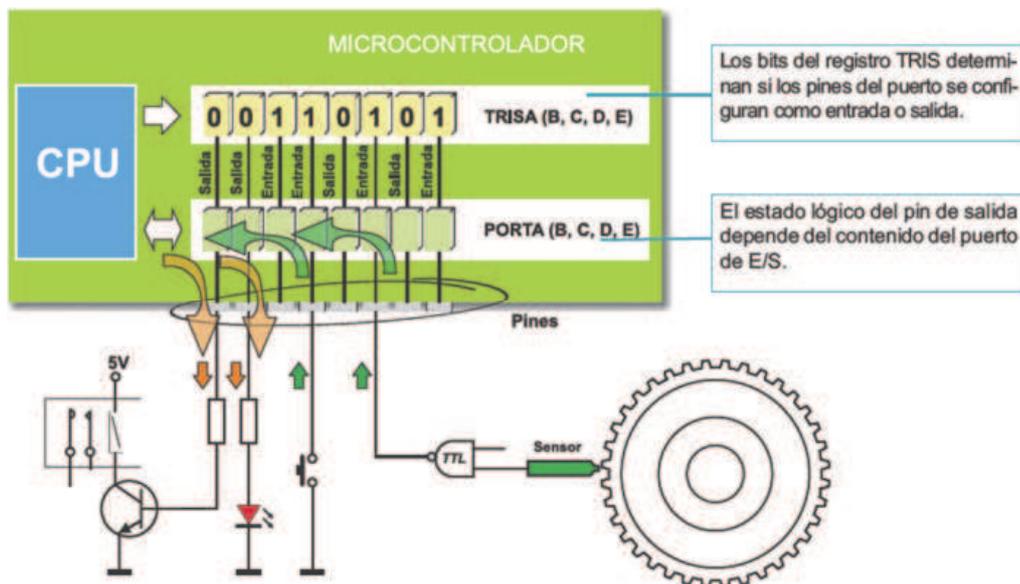


Fig.2.23. Representación de entradas y salidas de un puerto. ^[65]

En la fig.2.23. Se tiene dos entradas que son: el sensor y el pulsador, y dos salidas hacia un diodo y un transistor. Pero lo importante es fijarse en el microcontrolador que configura el registro TRIS según sea E/S con 0 o 1.

^[65] MikroElektronika. Microcontrolador PIC16F887 [En línea] Disponible en: <http://www.mikroe.com/chapters/view/81/CAPÍTULO-3-microcontrolador-pic16f887/#c3v2>

2.10.2.1. Puerto porta y registro trisa:

El puerto PORTA es un puerto bidireccional, de 8 bits de anchura. Los bits de los registros TRISA y ANSEL y ADCON1 según el PIC controlan los pines del PORTA. Todos los pines del PORTA se comportan como entradas/salidas digitales. Cinco de ellos pueden ser entradas analógicas (denotadas por AN):

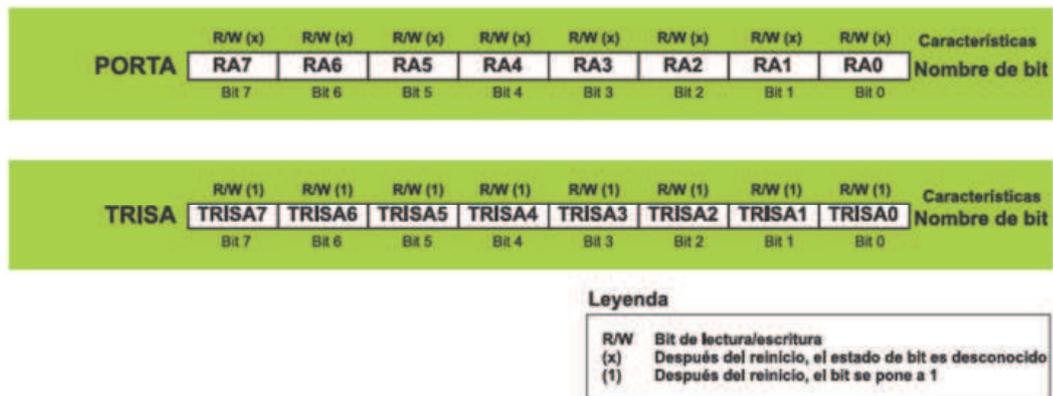


Fig.2.24. Puerta A y el registro TRIS A. [66]

- RA0 = AN0 (determinado por el bit ANS0 del registro ADCON1)
- RA1 = AN1 (determinado por el bit ANS1 del registro ADCON1)
- RA2 = AN2 (determinado por el bit ANS2 del registro ADCON1)
- RA3 = AN3 (determinado por el bit ANS3 del registro ADCON1)
- RA5 = AN4 (determinado por el bit ANS4 del registro ADCON1)

Similar a que los bits del registro TRISA determinan cuáles pines serán configurados como entradas y cuáles serán configurados como salidas, los bits apropiados del registro ADCON1 determinan si los pines serán configurados como entradas analógicas o entradas/salidas digitales.

Cada bit de este puerto tiene una función adicional relacionada a algunas unidades periféricas integradas, que vamos a describir en los siguientes capítulos. Este capítulo cubre sólo la función adicional del pin RA0, puesto que está relacionado el puerto PORTA y a la unidad ULPWU.

[66] MikroElektronika. Microcontroladores PIC. [En línea] Disponible en:
<http://www.mikroe.com/chapters/view/81/CAPÍTULO-3-microcontrolador-pic16f887/#c3v2>
 [Imagen]

2.10.2.2.Registro adcon1 (ADDRESS: 9Fh):

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

Fig.2.25. REGISTRO ADCON1. ⁶⁷

- bit 7 **ADFM:** A/D Result Format Select bit
1 = Right justified. 6 Most Significant bits of ADRESH are read as '0'.
0 = Left justified. 6 Least Significant bits of ADRESL are read as '0'.
- bit 6-4 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 3-0 **PCFG3:PCFG0:** A/D Port Configuration Control bits:

PCFG3: PCFG0	AN7 ⁽¹⁾ RE2	AN6 ⁽¹⁾ RE1	AN5 ⁽¹⁾ RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN/ Refs ⁽²⁾
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

A = Analog input D = Digital I/O

Tabla.2.4. Cuadro de los 3 últimos bits del registro ADCON1 selección de los puertos análogos y digitales. ^[67]

2.10.3. ELEMENTOS BÁSICOS DE LA PROGRAMACIÓN DE UN PIC EN C ^[68]:

La programación de PIC en C se puede comprender mejor si se estudian sus elementos básicos. El propósito de la mayoría de los programas es resolver un problema. Los programas resuelven los problemas por medio de la manipulación de información o datos. Normalmente los programas se caracterizan por permitir el ingreso de información, tener uno o varios lugares de almacenamiento de dicha

^[67] Microchip Technology Inc. (2003). DATA SHEET PIC 16F870

^[68] TecMikro. Programacion de PIC en C. [En línea] Disponible en:
<http://www.programarpicenc.com/libro/programacion-pic-en-c-mikroc-pro.html>

información, contar con las instrucciones para manipular estos datos y obtener algún resultado del programa que sea útil para el usuario. También, las instrucciones se pueden organizar de tal forma que algunas de ellas se ejecuten sólo cuando una condición específica (o conjunto de condiciones) sea verdadera, otras instrucciones se repitan un cierto número de veces y otras pueden ser agrupadas en bloques que se ejecutan en diferentes partes de un programa. Lo anterior constituye una breve descripción de los siete elementos básicos de la programación: entrada de datos, tipos de datos, operaciones, salida, ejecución condicional, lazos y funciones.

2.10.3.1. Instrucciones básicas de PIC en c:

- **Instrucción de asignación (=):**

Esta instrucción permite asignar a una variable un valor constante, el contenido de otra variable o el resultado de una expresión matemática. La asignación va de derecha a izquierda. Por ejemplo,

```
suma=0; //      El valor 0 se almacena en la variable suma.
x0=x1; //      El contenido de la variable x1 se almacena en la variable x0.
dx=(b-a)/n; // El resultado de la expresión matemática se almacena en la
                variable dx.
```

- **Etiqueta de los puertos (nombre VAR PORTx):**

Permite darle un nombre a cada puerto para recordar más fácil las variables del proyecto. Por ejemplo,

```
Led VAR PORTA.1 //Se asignó un nombre al puerto A1.
```

- **Instrucción de salida de datos (PORTx=dato):**

Permite el envío de datos, el contenido de una variable o el resultado de una expresión matemática hacia los pines de un puerto. Por ejemplo,

```
PORTA=0x00      //Todos los pines del puerto A se ponen en 0.
PORTB=variable   // Los bits de la variable son enviados hacia los pines del
```

```

// puerto B.
PORTB=PORTA+65 //El valor del puerto A más 65 se envía hacia el puerto B.
High portb.0 //El puerto B0 se pone en 1L (5v).
Low portb.0 //El puerto B0 se pone en 0L (0v).

```

- **Instrucción de decisión (IF...THEN):**

Esta sirve de condicionante, si es verdadera ejecuta la operación que sigue al THEN, y si es falsa salta a la siguiente línea después del THEN, existen varias formas de aplicación:

```

IF portb.0 = 0 THEN Pablo ; ir a Pablo si la entrada portb.0 es cero lógico
IF portb.6= 1 THEN juan ; ir a juan si la entrada portb.6 es 1 lógica
IF portb.0 =0 THEN ; si la comparación es verdadera ejecuta todo el
; contenido que se encuentra contenido entre el
HIGH porta.2 ; THEN y el ENDIF
PAUSE 1000
LOW porta.2
ENDIF

```

```

IF portb3 =0 THEN ; Si la comparación es verdadera ejecuta el
; contenido entre THEN y ELSE y si es falsa
; ejecuta el contenido entre ELSE
ELSE ; y ENDIF
.....
ENDIF

```

```

IF repe > 35 THEN iniciar ; Si la variable repe es mayor que 35 ejecuta
; iniciar, además se puede utilizar los demás
; operadores: =, != (NO ES IGUAL), <, >,
; <=, >=.

```

```

IF porta.1=0 AND porta.2=0 THEN prog ; Si porta.1 y porta.2 son igual a
; cero ejecuta prog.

```

Notas Importantes:

- Soporta los demás operadores como: OR, XOR, NOT AND, NOT OR, NOT XOR.
- Las condiciones se obtienen por medio de los operadores de relación y los operadores lógicos.
- Operadores de relación:
 - > Mayor que
 - >= Mayor o igual que
 - < Menor que
 - <= Menor o igual que
 - != No es igual a
 - = Igual a

- **Instrucción de ciclo controlado por una variable (FOR....NEXT):**

Esta declaración sirve para ejecutar un número n veces una línea de programa o grupo de líneas de programa, FOR NEXT se utiliza de la siguiente manera:

```
Peter VAR BYTE      ; primero se crea y asigna un tamaño para la variable
                    ; Peter
FOR peter = 1 TO 5  ; Ejecuta las siguientes instrucciones 5 veces hasta
                    ; donde dice NEXT.
                    ; Una vez concluido las repeticiones continúa con la
                    ; declaración que está después del NEXT, peter debe
                    ; ser creado como variable, es decir asignarle un
NEXT                ; espacio en la memoria en este caso para 5.
```

- **Las variables bit, byte y Word:**

Estas son creadas para guardar datos en la memoria RAM (Random Access Memory) o memoria de acceso casual, esta memoria trabaja únicamente mientras esté alimentado el PIC, una vez que el PIC es desconectado, los datos de la memoria RAM se borran.

Para crear una variable es muy similar a asignar un nombre de un pin, como peter VAR portb.3, la diferencia está en que en vez de poner el pin se pone el tamaño de la memoria a utilizar y estos son los siguientes:

Peter VAR BIT ; crea una variable y asigna un tamaño de un bit es decir 0 o 1

Peter VAR BYTE ; crea una variable y asigna un tamaño de 8 bits es decir de 0 ; a 255

Peter VAR WORD ; crea una variable y asigna un tamaño de 2 bytes es decir de ; 0 a 65535

- **Instrucción iterativa condicional (WHILE....WEND)**

Permite ejecutar un grupo de instrucciones de manera repetitiva, mientras una condición sea verdadera. Primero se revisa la condición para determinar su valor de verdad (verdadero o falso) y luego se ejecutan las instrucciones.

```
while (condición){
Instrucciones;
}
Wend
```

- **Detalles importantes del Programa MicroCode Studio para tener en cuenta:**

En la programación de PIC en C existen pequeños detalles que se deben tener muy en cuenta y que permitirán que los programas realizados cumplan las tareas para los cuales fueron diseñados. Con respecto a los comentarios, se puede decir que son importantes aunque no son necesarios. Su importancia radica en que ofrecen una mayor facilidad para entender el código y realizar su mantenimiento (esto es especialmente cierto cuando ha pasado el tiempo y necesitamos realizar alguna modificación).

- Los comentarios se inician con la doble barra diagonal //.
- Los signos de agrupación siempre deben estar en pareja, es decir si hay tres llaves de apertura {{{, deben haber tres llaves de cierre correspondientes}}}. Lo mismo con los paréntesis ().

- Los números hexadecimales se escriben comenzando siempre con 0x, por ejemplo 0x0A, 0x16, 0xFD, etc.
- Los números binarios se escriben comenzando siempre con 0b, por ejemplo 0b001110, 0b11101111, etc.
- Los números decimales se escriben de la forma común y corriente, por ejemplo 64, 126, 12.75, etc.

Tabla.2.5. Declaraciones para el programa MicroCode ^[69].

DECLARACIÓN	APLICACIÓN
@	Inserta una línea del código ensamblador
ADCIN	Lee el conversor analógico
FOR...NEXT	Ejecuta declaraciones en forma repetitiva
GOTO	Continúa la ejecución en la línea especificada.
HIGH	Saca un 1 lógico (5 V.) por un pin.
IF..THEN..ELSE..ENDIF	Ejecuta declaraciones en forma condicional
INPUT	Convierte un pin en entrada
LCDOUT	Muestra caracteres en un LCD
LOW	Hace 0 lógico (0 V.) un pin específico
OUTPUT	Convierte un pin en salida
PAUSE	Demora con resolución de 1 milisegundo
WHILE...WEND	Ejecuta declaraciones mientras la condición sea cierta

2.11. EXPLICACIÓN DEL PROGRAMA:

2.11.1. ETIQUETA DEL PROGRAMA:

La etiqueta del programa es lo que se encuentra al inicio del documento en el cual es importante especificar el nombre del proyecto, el nombre del autor del proyecto para conservar los derechos de autor, el programa automáticamente coloca la fecha en la que el documento fue creado, también aparecen datos como la versión del programa y además se puede colocar notas de importancia como el PIC que será utilizado etc.

^[69] Reyes, C. (2008). Microcontroladores micropic basic. (3ra Edición). Quito-Ecuador. (Pág. 41 y 42)

```

*****
!* Name      : IDENTIFICADOR DE FASE.BAS      *
!* Author    : MORALES VERA MARCO ANTONIO    *
!* Notice    : Copyright (c) 2013 [select VIEW...EDITOR OPTIONS] *
!*           : All Rights Reserved           *
!* Date      : 28/11/2013                    *
!* Versión   : 1.0                          *
!* Notes     : UTILIZACION DEL PIC 16F870 CON UN OSCILADOR EXTERNO *
!*           : DE 20KHz                      *
*****

```

2.11.2. SELECCIÓN DEL OSCILADOR:

Para mayor facilidad se puede agregar una línea de código ensamblador que se encargará de cambiarnos el oscilador predefinido a HS, para ello debe escribir al principio del programa lo siguiente:

```

@ Device HS_OSC ; cambia automáticamente a oscilador de alta velocidad HS
DEFINE OSC 20 ; define oscilador externo de 20 MHZ.

```

Para comprobarlo una vez compilado abra el archivo en el programa IC-prog y observará que el oscilador ha cambiado a HS sin que usted haga nada. En la siguiente línea del ensamblador se utiliza el código Define con la cual definimos cual es la capacidad del oscilador externo.

2.11.3. SELECCIÓN DE LOS PUERTOS PARA LA LCD:

Utilizando el siguiente código lo que se logra es definir un puerto específico para cada pin de la LCD, en este caso ya no se utiliza los pines que vienen por defecto. Con esto se puede colocar la LCD en el puerto que más convenga.

```

DEFINE LCD_DREG PORTC ; Define los pines del LCD En el puerto C.
DEFINE LCD_DBIT 4 ; Empieza desde el puerto C4 hasta el C7.
DEFINE LCD_RSREG PORTC ; Define el puerto C para conectar el bit RS.
DEFINE LCD_RSBIT 1 ; El Bit RS está en el puerto C1.
DEFINE LCD_EREG PORTC ; Define el puerto C para conectar el bit Enable.
DEFINE LCD_EBIT 0 ; El bit Enable es en el puerto C0.

```

2.11.4. SELECCIÓN DE LOS PUERTOS E/S Y A/D:

De la tabla.2.4 se puede observar la equivalencia del número binario 0010 en el registro `adecon1` el cual es el siguiente:

Tabla.2.6. Recorte de la tabla 2.4.

PCFG3: PCFG0	AN7 ⁽¹⁾ RE2	AN6 ⁽¹⁾ RE1	AN5 ⁽¹⁾ RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN/ Refs ⁽²⁾
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0

Los puertos AN0, AN1, AN2, AN3 y AN4 serán configurados como analógicos los demás seguirán trabajando como puertos digitales.

<code>ADCON1=2</code>	; El Puerto A, 0, 1, 2, 3, 4 son configurados como analógicos.
<code>TRISA=255</code>	; El Puerto A se configuran como entradas.

2.11.5. CONFIGURACIÓN DEL CONVERTOR ANÁLOGO/DIGITAL:

Con la siguiente sentencia se puede configurar el número de bits para el resultado que obtendremos de la conversión análoga/digital. En este caso comparamos los 5 voltios con 255 bits.

<code>DEFINE ADC_BITS 8</code>	; Fija el número de bits del resultado (2, 5, 10).
<code>DEFINE ADC_CLOCK 3</code>	; Fija el clock (<code>rc=3</code>)
<code>DEFINE ADC_SAMPLEUS 50</code>	; Fija el tiempo de muestreo en uS.
	; ADC_SAMPLEUS es el número de
	; microsegundos que el
	; que el programa entre fijar el canal y comenzar
	; la conversión análoga/digital.

2.11.6. INICIO DEL INDICADOR AUDITIVO (BUZZER):

Mediante la utilización de la sentencia de repetición `FOR...NEXT` se puede hacer que el buzzer emita un sonido repetitivo durante 10 ocasiones solo sucederá en el inicio.

X VAR BYTE	; crear variable datos para guardar el resultado.
FOR X= 1 TO 10	; repetir 10 veces.
HIGH PORTB.5	; activa el Puerto B.5 donde se encuentra el Buzzer.
PAUSE 100	; espera 100 milisegundos.
LOW PORTB.5	; desactiva el Puerto B.5 donde se encuentra el Buzzer.
PAUSE 70	; espera 70 milisegundos.
NEXT X	; siguiente repetición de la variable X

2.11.7. CREACIÓN DE LAS VARIABLES:

Se necesita tres variables las cuales almacenarán la lectura del convertidor análogo/digital, para que posteriormente sean comparadas entre si y poder mostrar un resultado en la LCD. Las etiquetas utilizadas son: DATO, POS y NEG.

DATO VAR BYTE	; Crear variable DATO para guardar resultados.
POS VAR BYTE	; Crear variable POS para guardar resultados.
NEG VAR BYTE	; Crear variable NEG para guardar resultados.

2.11.8. INICIO DE LA LCD:

La LCD inicia con un texto que diga "ESC. POLITECNICA NACIONAL" y unos segundos después aparecerá el texto "****INICIANDO****" para que la persona que se encuentra tomando las señales pueda darse cuenta que el dispositivo está en funcionamiento.

lcdout \$fe,1"ESC. POLITECNICA"	;Limpia la pantalla y saca el texto.
lcdout \$fe,\$C0, " NACIONAL "	;Coloca el texto en la 2da línea.
lcdout \$fe,1,"****INICIANDO****"	; Limpia la pantalla y saca el texto.
PAUSE 2000	; Espera 2 segundos.



Fig.2.26 Primer Texto de inicio. [70]



Fig.2.27. Segundo texto. [70]

2.11.9. RECEPCIÓN, PROCESO Y EMISIÓN DE DATOS:

Lo que sigue es la recepción de los datos analógicos para que sean convertidos en digitales utilizamos la sentencia ADCIN, la cual leerá cada canal y los resultados los guardara en las variables que fueron creadas.

- Las señales son procesadas comparadas entre si DATO tiene una señal baja entonces esto quiere decir que no tenemos fases.
- Si la señal analógica de POS es una señal alta y NEG baja se tendrá que hay una secuencia positiva.
- Si la señal analógica de NEG es una señal alta y POS baja se tendrá que hay una secuencia positiva.
- Tomar en cuenta que se ha creado una subrutina llamada "INICIO" la cual hará que estas comparaciones se repitan una y otra vez detectando la señal a cada momento.

INICIO:	; Subrutina.
ADCIN 2,DATO	; Lee el canal 2 y guarda los resultados en DATO.
ADCIN 0,POS	; Lee el canal 0 y guarda los resultados en POS.
ADCIN 1,NEG	; Lee el canal 1 y guarda los resultados en NEG.
IF DATO<=20 THEN	; Si la condición es verdadera hacer lo siguiente.
lcdout \$fe,1,"* NO HAY FASES *";	Limpia la pantalla y saca el texto.
LOW PORTB.6: LOW PORTB.7	; Desactiva el PuertoB.6 y B,7 (Leds de aviso).
PAUSE 1000	; Espera 1 segundo.
GOTO INICIO	; Ir a la subrutina.
ENDIF	; Fin del condicional IF...THEN.

[70] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].

Detección de la secuencia positiva:

IF POS<=10 AND NEG>=127 THEN	; Si la condición es verdadera hacer lo siguiente.
lcdout \$fe,1,"** SECUENCIA **"	; Limpia la pantalla y saca el texto.
lcdout \$fe,\$C0,"** POSITIVA **"	; Pasa al comienzo de la segunda línea.
HIGH PORTB.6:LOW PORTB.7	; Activa el PuertoB.6 (LED AZUL)
	; Desactiva el puertoB.7 (LED ROJO).
PAUSE 1000	; Espera 1 segundo.
ENDIF	; Fin del condicional IF...THEN.

Detección en caso de una secuencia negativa:

IF NEG<=10 AND POS>=127 THEN	; Si la condición es verdadera hacer lo siguiente.
lcdout \$fe,1,"** SECUENCIA **"	; Limpia la pantalla y saca el texto.
lcdout \$fe,\$C0,"** NEGATIVA **"	; Pasa al comienzo de la segunda línea.
HIGH PORTB.7:LOW PORTB.6	; Activa el PuertoB.7 (LED ROJO)
Desactiva el	
	; PuertoB.6 (LED AZUL).
HIGH PORTB.5	; Activa el PuertoB.5 (Buzzer).
PAUSE 100	; Espera 100 milisegundos.
LOW PORTB.5	; Desactiva el PuertoB.5 (Buzzer).
PAUSE 1000	; Espera 1 segundo.
ENDIF	; Fin del condicional IF...THEN.GOTO INICIO
	; Ir a la subrutina.

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

3.1. DISEÑO DE PISTAS EN SIMULADOR ARES (PROTEUS) ^[71]:

- Una vez que esté listo el circuito definitivo como se muestra en el Anexo 3 (Pág. 102), procedemos con lo siguiente:
- Damos un clic en el botón ARES:  del programa Proteus 8 Professional.
- Todos los elementos utilizados se transmitirán al nuevo documento PCB layout donde los se los acomodarán a criterio propio de la forma en la que se crea que es más conveniente como se muestra en la fig.3.1.

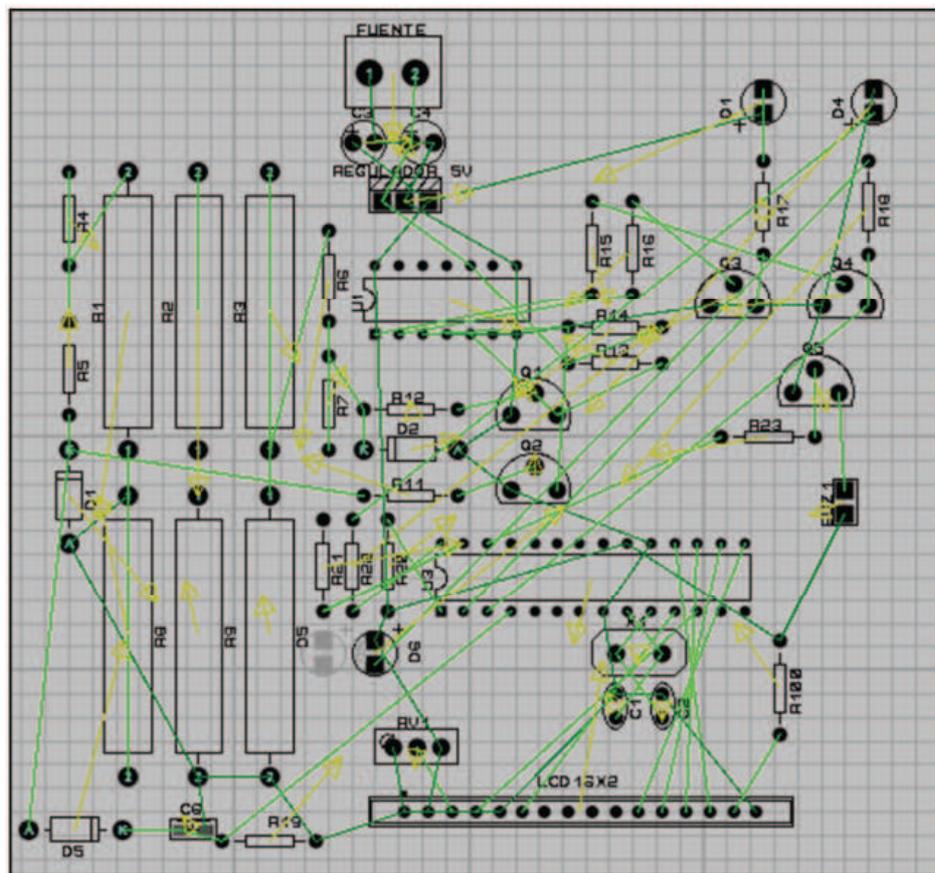


Fig.3.1. Colocación de los elementos para el diseño de la placa. ^[72]

^[71] Terrazas, Ariel. (2009) Placas Impresas. [En línea] Disponible en: <http://www.taringa.net/comunidades/librostutoriales/5215061/Tutorial-Como-hacer-placas-impresas-usando-Proteus.html>

^[72] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].

- Una vez acomodados todos los elementos del diseño, hacer clic en el icono  y modificar las opciones como se muestra a continuación.

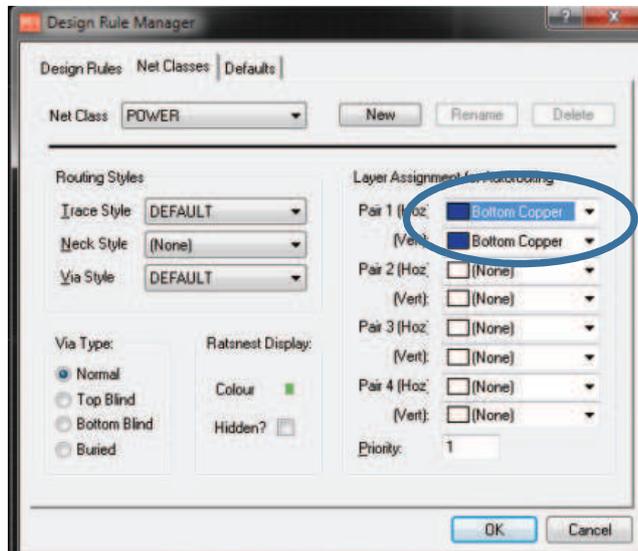


Fig.3.2. Configuración del color de capa de las pistas. [73]

- Seleccionamos el grosor de la pista que está recomendado entre 25 y 40.

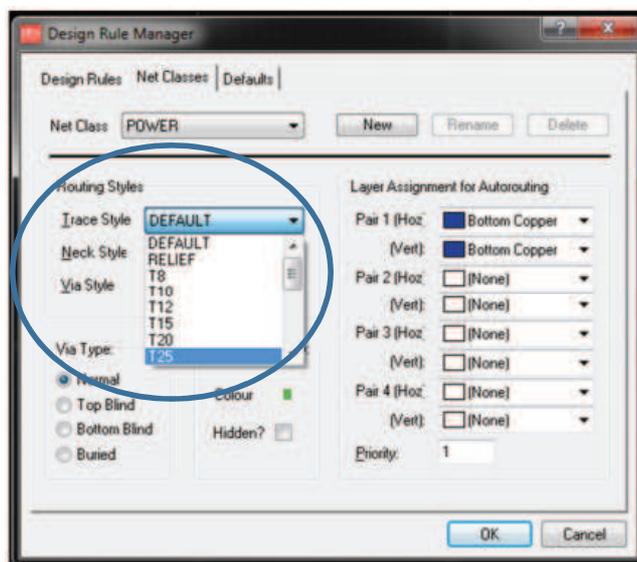


Fig.3.3. Grosor de la pista. [73]

[73] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].

- Realizada la personalización de las pistas dar clic en  y se selecciona s en Begin Routing, para la creación automática de las pistas.
- Se puede agregar detalles como la perforación para pernos de sujeción del circuito etc.

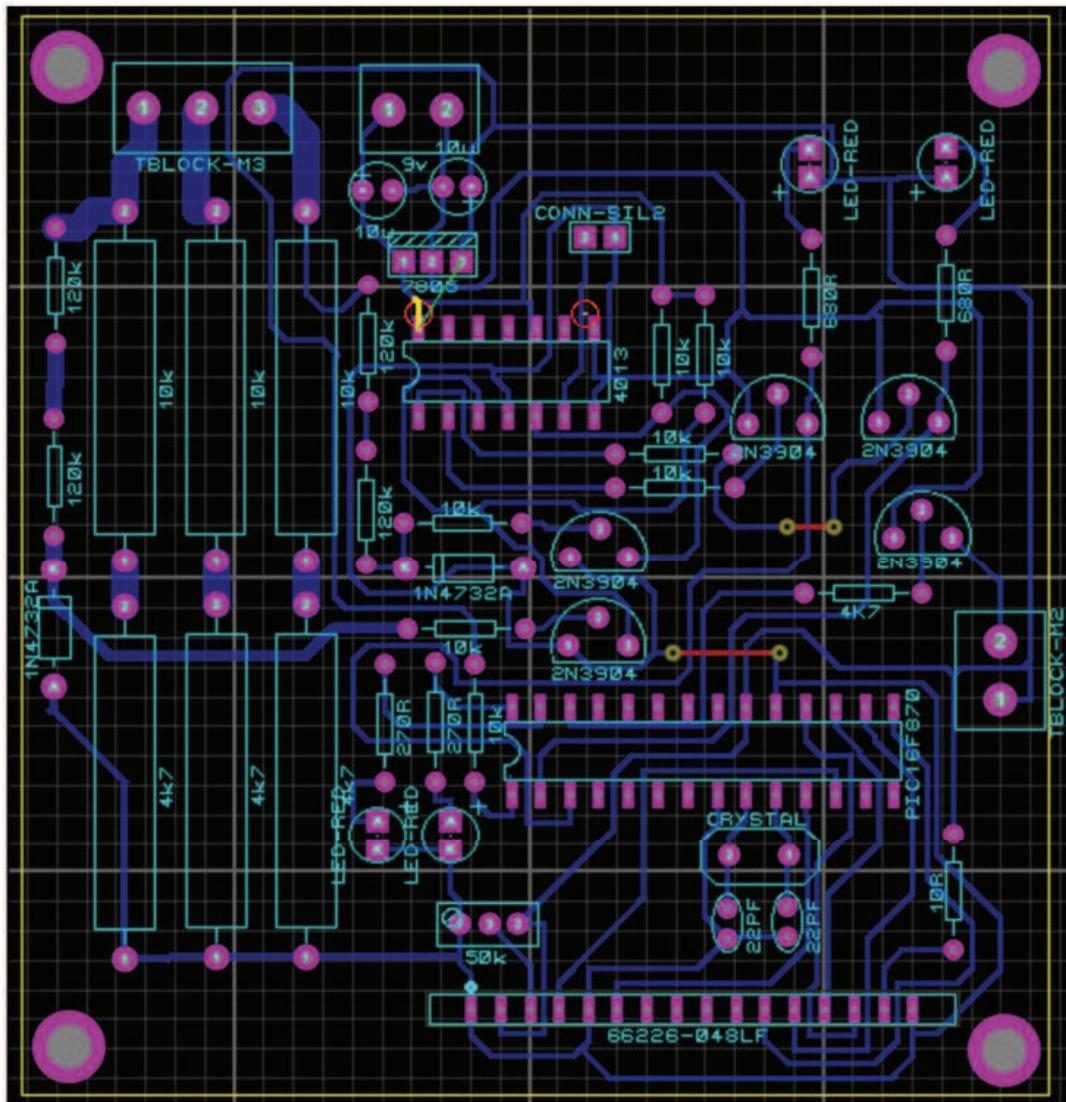


Fig.3.4. Vista en 2D del circuito final. [74]

[74] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].

- Gracias al programa se puede obtener una vista más personalizada en 3D dando clic en: 

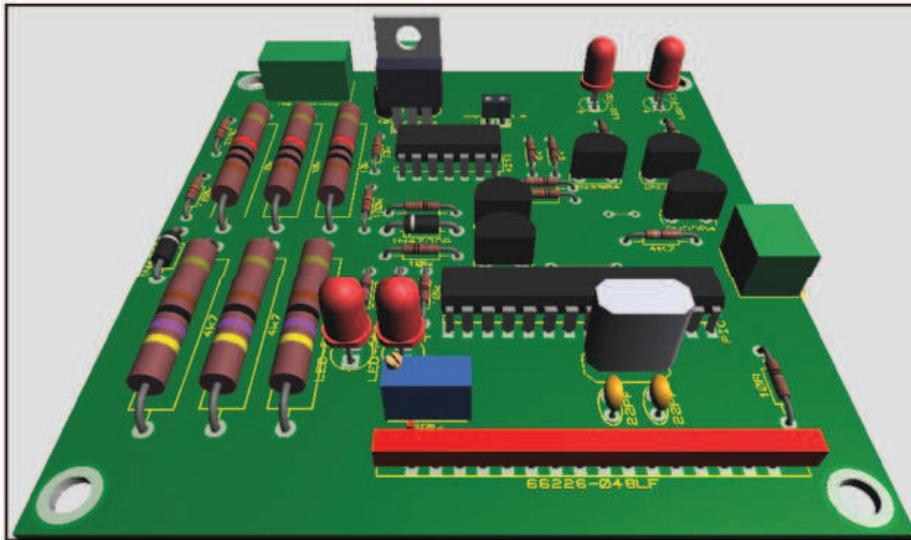


Fig.3.5. Vista superior en 3D del circuito. [75]

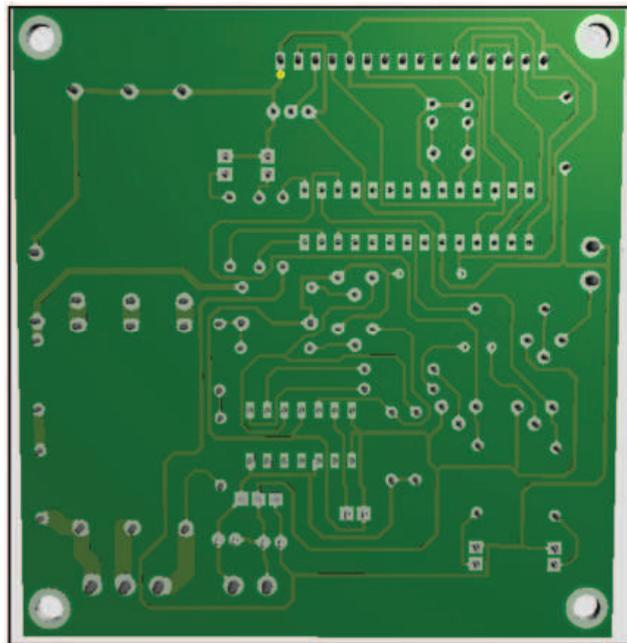


Fig.3.6. Vista inferior en 3D del circuito. [75]

[75] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].

3.2. EXPORTACIÓN E IMPRESIÓN DEL CIRCUITO [76]:

- Para exportar la imagen del circuito se necesita realizar lo siguiente:

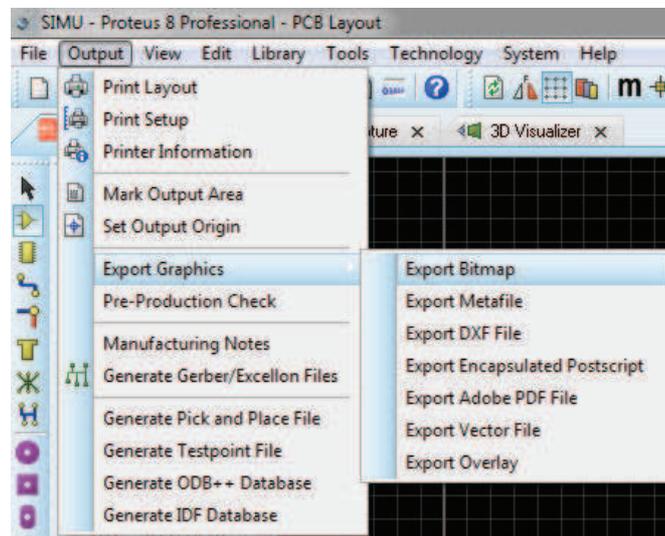


Fig.3.7. Exportación de la imagen. [77]

- Se deben seleccionar solo Bottom Copper ya que es la capa que contiene a las pistas, la resolución primero de 100DPI para tener el tamaño original de placa.

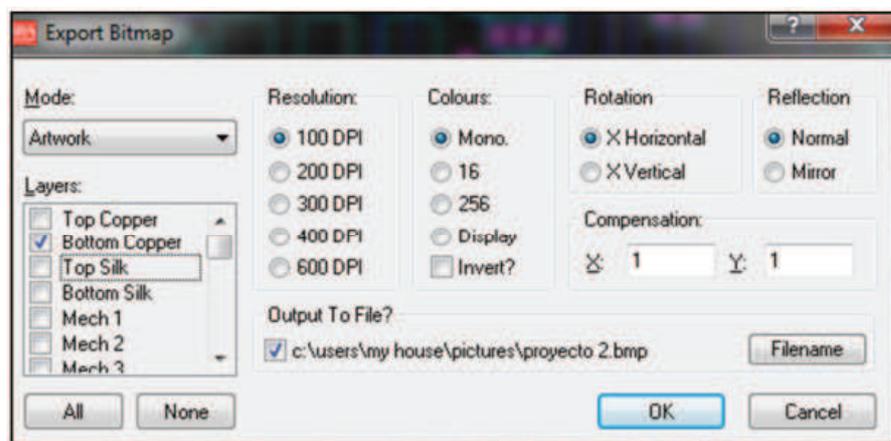


Fig.3.8. Configuración de la exportación de la imagen. [77]

[76] Terrazas, Ariel. (2009) Placas Impresas. [En línea] Disponible en: <http://www.taringa.net/comunidades/librostutoriales/5215061/Tutorial-Como-hacer-placas-impresas-usando-Proteus.html>

[77] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].

- Se obtendrá una imagen como la siguiente:

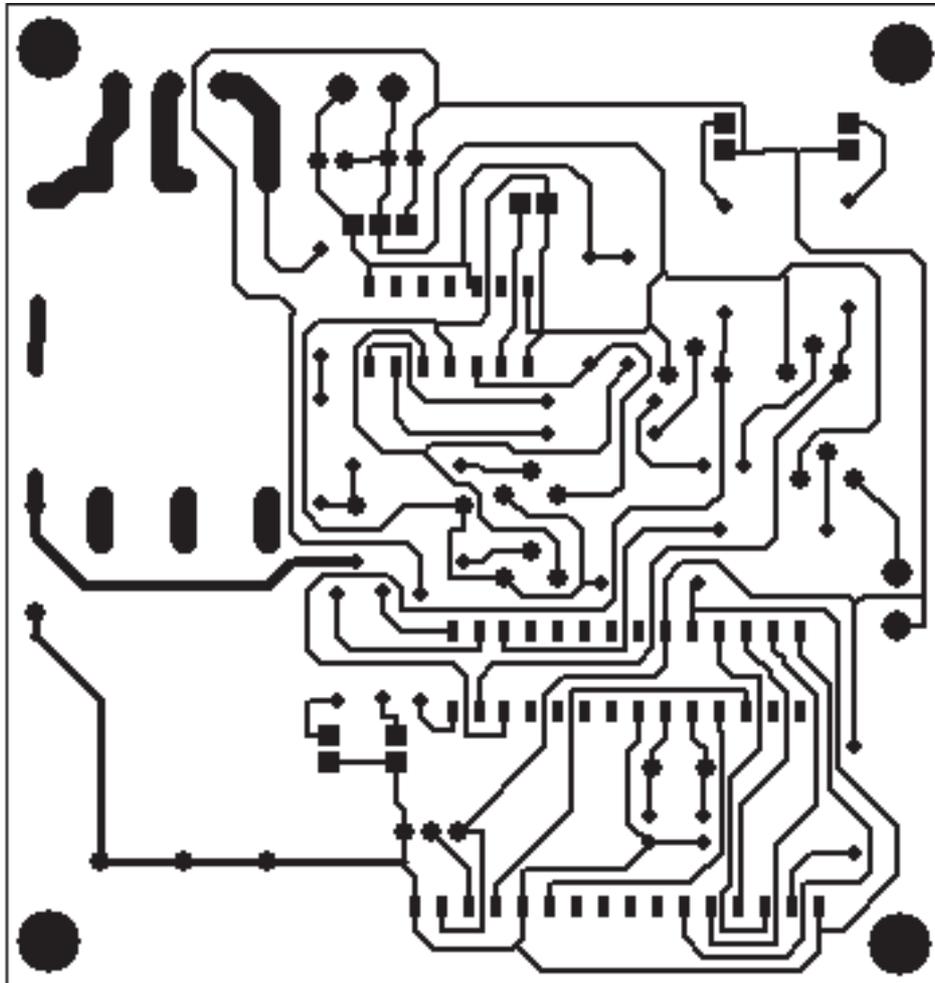


Fig.3.9. Imagen exportada del circuito. [78]

3.3. ELABORACIÓN DE LA PLACA IMPRESA [79]:

Se realiza los siguientes pasos luego de tener el diseño completo:

- Impresión del circuito en papel fotográfico, la impresión se debe realizar en el lado brillante.
- Cortar la placa de 90x95 mm, usando un lápiz o un rayador para cerámica

[78] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].

[79] Terrazas, Ariel. (2009) Placas Impresas. [En línea] Disponible en: <http://www.taringa.net/comunidades/librostutoriales/5215061/Tutorial-Como-hacer-placas-impresas-usando-Proteus.html>

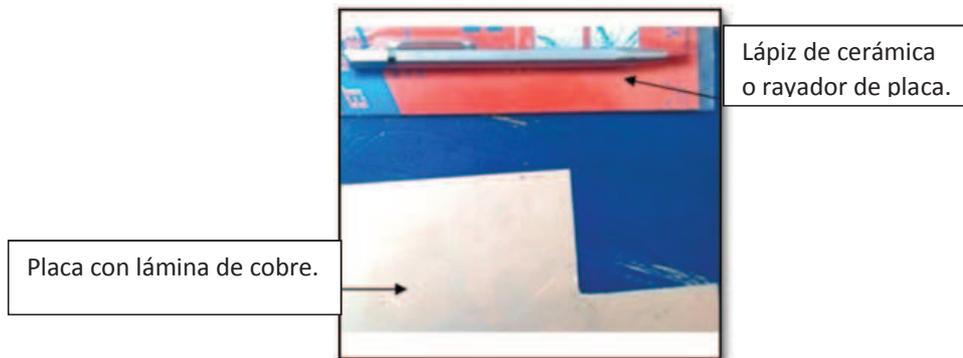


Fig.3.10. Placa preparada para cortar. [80]

- Lijar la parte cortada con lija para agua, dejar la superficie bien limpia y no tocar con los dedos. Luego hacer coincidir el diseño impreso con el tamaño de la placa, dejando papel a los lados para poder sujetarlos luego.

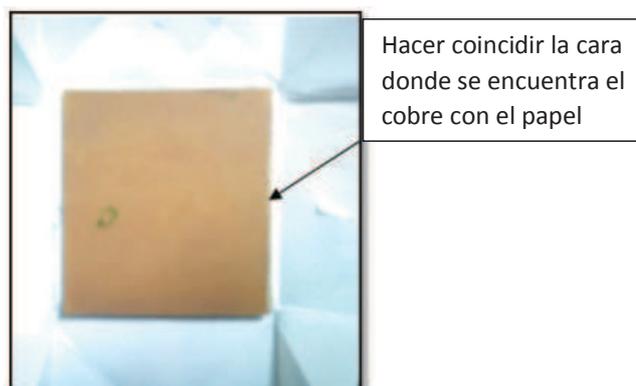


Fig.3.11. Placa de cobre de la medida necesaria. [80]

- Se plancha la superficie, durante unos 10min repasar todos los espacios de la placa. (El planchado debe ser en la cara donde coinciden el cobre y el diseño en papel). Después de un tiempo de planchado el papel se tornará de color marrón o amarillo, esto es normal debido al calor de la plancha. El resultado obtenido es:

[80] Terrazas, Ariel. (2009) Placas Impresas. [En línea] Disponible en: <http://www.taringa.net/comunidades/librostutoriales/5215061/Tutorial-Como-hacer-placas-impresas-usando-Proteus.html>



Fig.3.12. Placa planchada. [81]

- Si por algún motivo nos hace falta una línea podemos utilizar un marcador de tinta permanente para corregirlo.
- Se introduce la placa al Perclorato de hierro para corroer las partes que no están cubiertas por el polvo de la impresión láser. El tiempo promedio para tener lista la placa es de 20 a 30min.

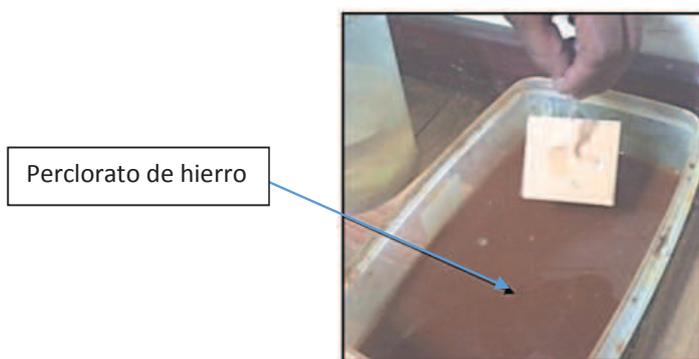


Fig.3.13. Introducimos la placa en perclorato de hierro. [81]

- Cuando se observe que todas las partes no cubiertas han sido corroídas lavar la placa con abundante agua.
- Se limpia las partes cubiertas por la impresión láser, para esto se pueden usar varios métodos como: Alcohol, thinner, gasolina o lijarlo suavemente.
- Una vez que esté lista la placa, se perfora los pines de conexión usando un Mini drill (taladrillo), el tamaño promedio de los pines de conexión de cada elemento requiere una broca de 1mm.

[81] Terrazas, Ariel. (2009) Placas Impresas. [En línea] Disponible en:
<http://www.taringa.net/comunidades/librostutoriales/5215061/Tutorial-Como-hacer-placas-impresas-usando-Proteus.html>



Fig.3.14. Mini drill con broca de 1mm. [82]

- Con nuestra guía del circuito a la mano, se sueldan los elementos correspondientes, teniendo cuidado con: calentar excesivamente la pistola, calentar excesivamente la pista, usar siempre crema para soldar, y hacer buenos contactos al soldar.
- Lo más importante en el proceso de soldadura, es utilizar la pomada para soldar, ya que este nos permite hacer un mejor contacto entre el pin del elemento a soldar y el estaño.
- A continuación se puede ver una imagen del proyecto con todos los elementos incorporados y en su primera prueba.



Fig.3.15. Secuencia Negativa [83]

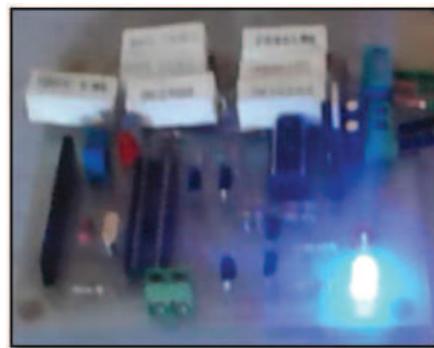


Fig.3.16. Secuencia Positiva [83]

[82] Terrazas, Ariel. (2009) Placas Impresas. [En línea] Disponible en: <http://www.taringa.net/comunidades/librostutoriales/5215061/Tutorial-Como-hacer-placas-impresas-usando-Proteus.html>

[83] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Fotografías].

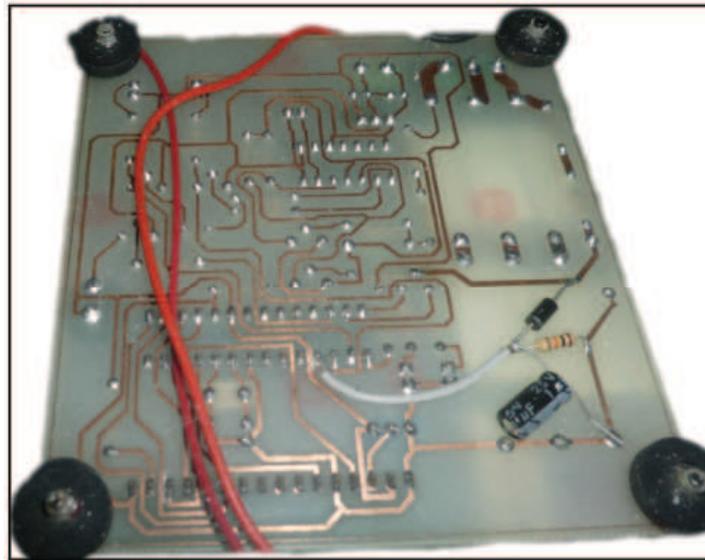


Fig.3.17. Vista inferior de la placa. [84]

NOTA: Como se puede observar en la fig.3.17. Se observa que ha sido soldados un capacitor (1uF), una resistencia (10K), y un diodo (4007), por la parte inferior de la placa correspondiente a la siguiente parte del diagrama (Circulo celeste). Esto se lo ha hecho para evitar complicaciones con las pistas y para que la señal obtenida por el PIC sea lo más constante posible.

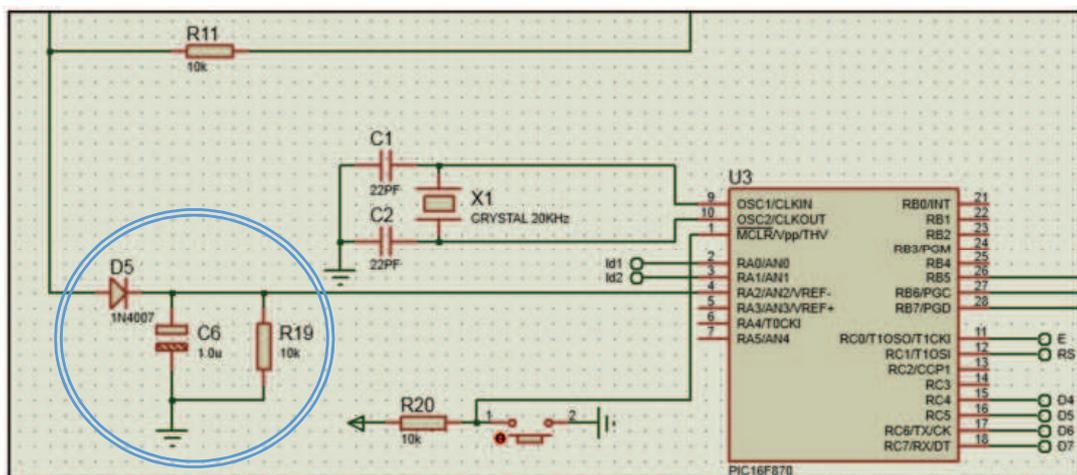


Fig.3.18. Circuito rectificador (Enmarcado en el círculo celeste). [84]
(Recorte Anexo 3: A6 – E9)

[84] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Fotografía e Imagen].

3.4. CONEXIÓN FINAL DEL CIRCUITO:

- El circuito ha sido ubicado en un caja de láminas de acrílico transparente de 161x137x45 mm (LargoxAnchoxAltura).

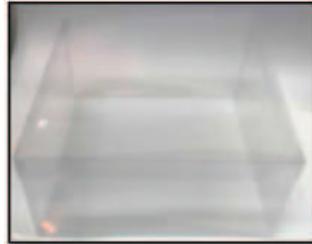


Fig.3.19. Caja de acrílico. [85]

- El circuito es alimentado por una batería de 9v.



Fig.3.20. Alimentación de una batería de 9v. [86]

- Se ha colocado un interruptor de encendido y apagado.



Fig.3.21. Interruptor de encendido y apagado. [86]

[85] Cajas de Acetato, o transparente. [En línea] Disponible en:
<http://cajasdeacetatom.blogspot.com/2010/05/diferencia-entre-cajas-de-acetato-pvc-y.html>

[86] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Fotografías].

- Los portafusibles se han colocado en la parte superior de la caja.



Fig.3.22. Portafusibles sobre la cubierta superior. [87]

- Los varistores se han colocado en los pines de los portafusibles según la conexión mostrada anteriormente.

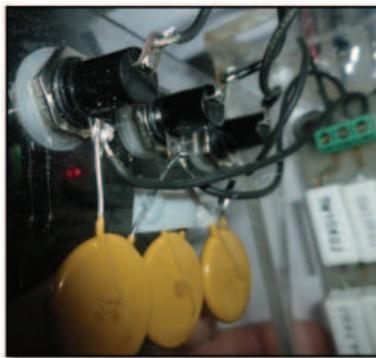


Fig.3.23. Varistores 250v en los pines de los portafusibles. [87]

- Vista final del proyecto.



Fig.3.24. Vista superior [87]

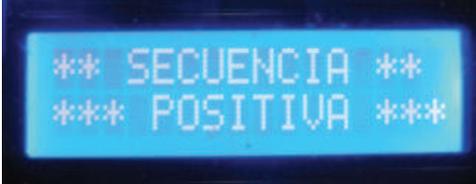
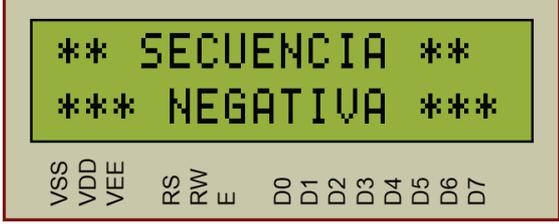
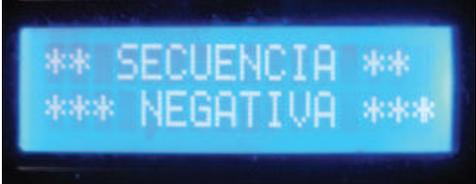


Fig.3.25. Vista Inferior [87]

[87] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].

3.5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO:

TABLA.3.1. Comparación del funcionamiento simulado con el real. ^[88]

SIMULACION	FUNCIONAMIENTO REAL
	
	
	
	
	

^[88] Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen y Fotografía].

CAPÍTULO 4.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES:

- La construcción de un identificador de fases nace por una preocupación intelectual en base a la utilización de PIC's y también en la programación en Lenguaje C. también porque es indispensable para máquinas eléctricas como para determinar el giro de motores trifásicos o también para entrar en paralelo dos generadores trifásicos.
- Este dispositivo ha sido construido de la manera más sencilla para que cualquier persona lo pueda utilizar y pueda identificar la secuencia de un sistema trifásico sin ningún tipo de dificultad.
- El identificador de fases ha sido construido con la debida protección eléctrica para evitar sobrecargas y cortocircuitos.
- Con la ayuda de este dispositivo se tiene la certeza y seguridad de poder conectar equipos trifásicos con la secuencia que sea pertinente en cada caso.
- El identificador cuenta con tres tipos de indicadores como Buzzer, Diodos Leds y una pantalla LCD. Los cuales nos informan de la secuencia del sistema trifásico.
- Las señales que recibe el PIC han sido rectificadas en lo más posible para obtener una buena respuesta por parte de los puertos analógicos del PIC.
- La programación en lenguaje C se lo ha realizado en el programa MICROCODE y hemos obtenido buenos resultados. En el programa a pesar de que la programación es en lenguaje C se lo encuentra más fácil que otros programas que realizan lo mismo.

4.2. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda desconectar el sistema trifásico antes de conectar los terminales del dispositivo para evitar cualquier tipo de peligro, de igual manera en el caso en intercambiar los terminales, y en el caso de que no haya otra alternativa hacerlo con las líneas energizadas con la protección adecuada y con todo el cuidado posible.
- Siempre que el identificador de secuencia de fases vaya a ser conectado en un sistema trifásico hay que verificar que las tres líneas estén energizadas ya que el dispositivo puede verificar si hay fases solo en el terminal denotado como R con S y T no determinara si hay fases.
- Conectar los terminales del identificador lo más separado uno del otro ya que pueden hacer contacto provocando un cortocircuito.
- No remover ningún de los elementos que no son fijos de la placa como la LCD, el Pic o el Flip-Flop no manipular con las manos ya que son muy sensibles, el PIC tiene tecnología CMOS a pesar que consume muy poca corriente es muy susceptible a daños por estática por lo que se recomienda manipularlos con pinzas.
- En caso de alguna falla eléctrica el fusible reaccionará inmediatamente antes de reemplazar el fusible (0,5Amp) identificar la falla para que no se repita.

BIBLIOGRAFÍA

# CITA	TEMA
[1]	Wikipedia (s.f.) Sistemas trifásicos [En línea] Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_trif%C3%A1sico [Texto e Imagen]
[2]	Riera, M., García, L. Circuitos Eléctricos Trifásicos. [En línea] Disponible en: http://ie.fing.edu.uy/ense/asign/electrotec/e1/CircuitosElectricosTRIFÁSICOS.pdf [Pg. 2 y 3]
[3]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].
[4]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].
[5]	Riera, M., García, L. Circuitos Eléctricos Trifásicos. [En línea] Disponible en: http://ie.fing.edu.uy/ense/asign/electrotec/e1/CircuitosElectricosTRIFÁSICOS.pdf [Texto e Imagen]
[6]	C.A. Trifásica. [En línea] Disponible en: http://www.tuveras.com/electrotecnia/trifasica/trifasica_inicio.htm [Texto e Imagen]
[7]	Riera, M., García, L. Circuitos Eléctricos Trifásicos. [En línea] Disponible en: http://ie.fing.edu.uy/ense/asign/electrotec/e1/CircuitosElectricosTRIFÁSICOS.pdf [Imagen]
[8]	Universidad Nacional del Callao Facultad de Ingeniería Eléctrica Electrónica. (2010) Secuencímetro. [En línea] Disponible en: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDAQFjAB&url=http%3A%2F%2Fmedia.wix.com%2Fugd%2F5f4af8_96583a3d50e1eeff763e4dc34c7e4133.docx%3Fdn%3Dtrabajo.docx&ei=8n5VU4CWCly_sQTG7YC4BA&usg=AFQjCNFv_HUoIIDe6IB59-w5mbSIJkvF5Q (Pag.7)

[9]	Secuencímetro de bombillos. [Imagen] http://www.sirioed.com/SECUENCÍMETROS/
[10]	Arpi. P., (2011). Paralelo de Generadores. [En línea] Disponible en: http://www.monografias.com/trabajos87/paralelo-generadores/paralelo-generadores.shtml
[11]	Inversión de giro motores trifásicos. [En línea]. Disponible en: http://es.scribd.com/doc/189573332/Inversion-de-Giro-Motores-TRIFÁSICOS (Pág. 7)
[12]	García, M., Redondo, F. (1993). Prácticas de instalaciones eléctricas. (1ra edición). España: Universidad de Salamanca. (Pag.20)
[13]	Determinación de la secuencia de fase. [En línea] Disponible en: http://electricidad.usal.es/Principal/Circuitos/Practicas/Practicas/Datos/ [Imagen]
[14]	García, M., Redondo, F. (1993). Prácticas de instalaciones eléctricas. (1ra edición). España: Universidad de Salamanca. (Pág. 21)
[15]	Determinación de la secuencia de fase. [En línea] Disponible en: http://electricidad.usal.es/Principal/Circuitos/Practicas/Practicas/Datos/ [Imagen]
[16]	Secuencímetro de disco. [En línea]. Disponible en: http://www.scheitler.com.ar/Productos/SECUENCÍMETROS/5710.aspx [Imagen]
[17]	Salitrero, E.[En línea] Disponible en: http://es.scribd.com/doc/50438226/Historia-De-Los-Microcontroladores
[18]	Microcontrolador. [En línea] Disponible en: http://www.msebilbao.com/tienda/product_info.php?products_id=349 [Imagen]
[19]	Wikipedia. [En línea] disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador_PIC [Imagen]

[20]	Sánchez, L. (2005). Microcontroladores Genéricos. [En línea] Disponible en: http://www.monografias.com/trabajos34/microcontroladores-genericos/microcontroladores-genericos.shtml
[21]	MikroElektronika. Microcontroladores PIC [En línea] Disponible en: http://www.mikroe.com/chapters/view/81/CAPÍTULO-3-microcontrolador-pic16f887/
[22]	Gálvez, J. (2005). Control de un módulo bluetooth mediante microcontrolador [En línea] Disponible en: http://es.scribd.com/doc/95714975/Caracteristicas-de-Los-Pics (Pág. 12-14)
[23]	Costales, A. Presentación Power Point MI 16F870 [Imagen] (Diapositiva 11)
[24]	Universidad de Castilla la Mancha. Microcontroladores PIC. [En línea] Disponible en: http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/Microcontroladores/Caracteristicas_Relevantes.htm
[25]	Costales, A. Presentación Power Point MI 16F870 [Imagen] (Diapositiva 16)
[26]	uControl. (2010). Conexión de la LCD. [En línea] Disponible en: http://es.scribd.com/doc/44252680/LCD-16X2
[27]	SK Pang Electronics. LCD [En línea] Disponible en: http://skpang.co.uk/catalog/lcd-displays-16x2-lcd-33v-c-91_207.html [Imagen]
[28]	Wikipedia. Oscilador de Cristal. [En línea] disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Oscilador_de_cristal
[29]	Electrónicos CALDAS. Cristal de cuarzo. [En línea] Disponible en: http://www.electronicoscaldas.com/cristales-de-cuarzo-y-resonadores-ceramicos/66-cristales-de-cuarzo.html [Imagen]
[30]	Wikipedia. Zumbador. [En línea] disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Zumbador [Texto e Imagen]
[31]	Wikipedia. Diodo. [En línea] Disponible en :

	http://es.wikipedia.org/wiki/Diodo
[32]	Wikipedia. Diodo Led. [En línea] Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Led
[33]	Wikipedia. Diodo Zener. [En línea] Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Diodo_Zener
[34]	Wikipedia. Flip-Flop. [En línea] Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Biestable
[35]	Transistores. [En línea] Disponible en: http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/transistores.pdf (Pág. 1 y 2).
[36]	Wikipedia. Regulador de Tensión. [En línea] Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Regulador_de_tensi%C3%B3n
[37]	Capacitores. [En línea] Disponible en: http://html.rincondelvago.com/capacitores_1.html
[38]	Plaza, A. Capacitores. [En línea] disponible en: http://www.inele.ufro.cl/bmonteci/semic/apuntes/capacitores/capacitores.htm
[39]	Wikipedia. Varistor. [En línea] Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Varistor
[40]	Wikipedia. Fusible [En línea] Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Fusible
[41]	Fusibles. [En línea] Disponible en: http://html.rincondelvago.com/fusibles_2.html [Texto e Imágenes]
[42]	Wikipedia. Potenciómetro. [En línea] Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Potenci%C3%B3metro
[43]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].
[44]	Newark. Varistor. [En línea] Disponible en: http://www.newark.com/te-connectivity-raychem/rov05h221k-s-2/varistor-140v-380v-800a-5mm-disc/dp/99H1322 Stereon. Fusible. [En línea] Disponible en: http://www.stereon.com.mx/catalogo/prod.asp?p=1836

[45]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].
[46]	Digi-key. Diodo. [En línea] Disponible en: http://www.digikey.com/product-detail/en/80SQ045NG/80SQ045NGOS-ND/1475457 [Imagen]
[47]	Cetronic. Flip-flop 9649. [En línea] Disponible en: http://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=173086010&cPath=440 [Imagen]
[48]	Electronic Circuits. Transistor [En línea] Disponible en: http://www.electroniccircuits.com/electronic-circuits/colpitts-1-to-20-mhz-crystal-oscillator
[49]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].
[50]	Roboticy. Regulador de voltaje. [En línea] Disponible en: http://www.roboticy.com/tienda/product_info.php?products_id=105&osCsid=9bim38ufucrdoeahpvng4st3 [Imagen]
[51]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].
[52]	Alibaba. Pic16f870. [En Línea] Disponible en: http://spanish.alibaba.com/product-gs/28-40-pin-8-bit-cmos-flash-microcontrollers-pic16f870-i-sp-478086322.html
[53]	Microchip Technology Inc. (2003). DATA SHEET PIC 16F870 (Pág. 5)
[54]	Microchip Technology Inc. (2003). DATA SHEET PIC 16F870 (Pág. 7)
[55]	Microchip Technology Inc. (2003). DATA SHEET PIC 16F870 (Pág. 9)
[56]	Beagle Robotics. Cristal. [En línea] Disponible en: http://beaglerobotics.com/catalog.pl?catID=23
[57]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].

[58]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].
[59]	Abusemark. Buzzer. [En línea] Disponible en: http://abusemark.com/store/index.php?main_page=product_info&products_id=25 Electrónica Embajadores. Diodos Leds [En línea] Disponible en: http://www.electronicaembajadores.com/Subfamilias/Productos/33/SMDL/diodos-y-displays-leds
[60]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].
[61]	Gravitech. LCD. [En línea] Disponible en: http://www.gravitech.us/16chblldwib.html [Imagen]
[62]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].
[63]	Jameco Electronics. Trimmer. [En línea] Disponible en: http://www.jameco.com/1/1/1606-3296y-1-503-vp-potentiometer-50k-ohm-3296y-503-25-turn-5-watt.html
[64]	Reyes, C. (2008). Microcontroladores micropic basic. (3ra Edición). Quito-Ecuador. (Pág. 33)
[65]	MikroElektronika. Microcontrolador PIC16F887 [En línea] Disponible en: http://www.mikroe.com/chapters/view/81/CAPÍTULO-3-microcontrolador-pic16f887/#c3v2
[66]	MikroElektronika. Microcontroladores PIC. [En línea] Disponible en: http://www.mikroe.com/chapters/view/81/CAPÍTULO-3-microcontrolador-pic16f887/#c3v2 [Imagen]
[67]	Microchip Technology Inc. (2003). DATA SHEET PIC 16F870
[68]	TecMikro. Programacion de PIC en C. [En línea] Disponible en: http://www.programarpicenc.com/libro/programacion-pic-en-c-mikroc-pro.html

[69]	Reyes, C. (2008). Microcontroladores micropic basic. (3ra Edición). Quito-Ecuador. (Pág. 41 y 42)
[70]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870 [Imagen].
[71]	Terrazas, Ariel. (2009) Placas Impresas. [En línea] Disponible en: http://www.taringa.net/comunidades/librostutoriales/5215061/Tutorial-Como-hacer-placas-impresas-usando-Proteus.html
[72]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].
[73]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].
[74]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].
[75]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].
[76]	Terrazas, Ariel. (2009) Placas Impresas. [En línea] Disponible en: http://www.taringa.net/comunidades/librostutoriales/5215061/Tutorial-Como-hacer-placas-impresas-usando-Proteus.html
[77]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].
[78]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].
[79]	Terrazas, Ariel. (2009) Placas Impresas. [En línea] Disponible en: http://www.taringa.net/comunidades/librostutoriales/5215061/Tutorial-Como-hacer-placas-impresas-usando-Proteus.html
[80]	Terrazas, Ariel. (2009) Placas Impresas. [En línea] Disponible en: http://www.taringa.net/comunidades/librostutoriales/5215061/Tutorial-Como-hacer-placas-impresas-usando-Proteus.html
[81]	Terrazas, Ariel. (2009) Placas Impresas. [En línea] Disponible en: http://www.taringa.net/comunidades/librostutoriales/5215061/Tutorial-Como-hacer-placas-impresas-usando-Proteus.html

[82]	Terrazas, Ariel. (2009) Placas Impresas. [En línea] Disponible en: http://www.taringa.net/comunidades/librostutoriales/5215061/Tutorial-Como-hacer-placas-impresas-usando-Proteus.html
[83]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Fotografías].
[84]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Fotografía e Imagen].
[85]	Cajas de Acetato, o transparente. [En línea] Disponible en: http://cajasdeacetatom.blogspot.com/2010/05/diferencia-entre-cajas-de-acetato-pvc-y.html
[86]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Fotografías].
[87]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen].
[88]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Imagen y Fotografía].
[89]	Morales, M. (2014). Construcción de un identificador de secuencia de fases para un sistema trifásico utilizando PIC16F870. [Fotografía].
[90]	Asociación de Psicólogos Americanos. Referencias Bibliográficas APA. [En línea] Disponible en: http://es.slideshare.net/anafenech/modelo-apa-bibliografia
[91]	Asociación de Psicólogos Americanos. Referencias Bibliográficas para imágenes APA. [En línea] Disponible en: http://biblioinstruccion.blogspot.com/2010/12/como-citar-imagenes-segun-el-estilo-apa.html

ANEXO 1

DATASHEET PIC 16F870



PIC16F870/871

Data Sheet

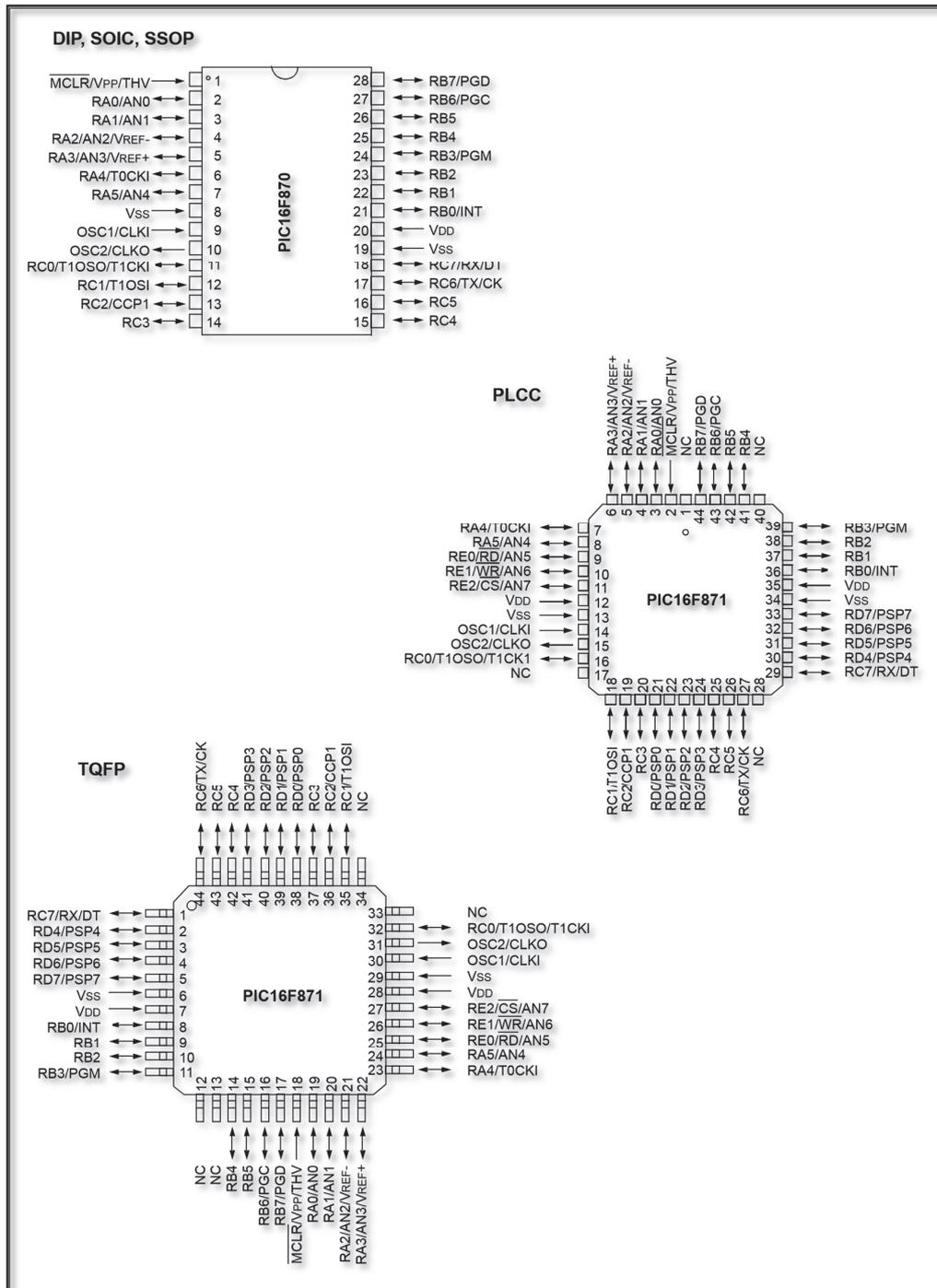
28/40-Pin, 8-Bit

CMOS

FLASH

Microcontrollers

Diagramas de Pines:



Características del PIC 16F870

Key Features PICmicro™ Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023)	PIC16F870	PIC16F871
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	2K	2K
Data Memory (bytes)	128	128
EEPROM Data Memory	64	64
Interrupts	10	11
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3
Capture/Compare/PWM modules	1	1
Serial Communications	USART	USART
Parallel Communications	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions

PIC16F870 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	SOIC Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI	9	9	I	ST/CM OS ⁽³⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKO	10	10	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, the OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP/THV	1	1	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input or High Voltage Test mode control. This pin is an active low RESET to the device.
RA0/AN0	2	2	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. RA0 can also be analog input 0.
RA1/AN1	3	3	I/O	TTL	RA1 can also be analog input 1.
RA2/AN2/VREF-	4	4	I/O	TTL	RA2 can also be analog input 2 or negative analog reference voltage.

RA3/AN3/VREF+	5	5	I/O	TTL	RA3 can also be analog input 3 or positive analog reference voltage.
RA4/T0CKI	6	6	I/O	ST/OD	RA4 can also be the clock input to the Timer0 module. Output is open drain type.
RA5/AN4	7	7	I/O	TTL	RA5 can also be analog input 4.
RB0/INT	21	21	I/O	TTL/ST ¹⁾	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0 can also be the external interrupt pin.
RB1	22	22	I/O	TTL	
RB2	23	23	I/O	TTL	
RB3/PGM	24	24	I/O	TTL/ST ¹⁾	RB3 can also be the low voltage programming input.
RB4	25	25	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB5	26	26	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB6/PGC	27	27	I/O	TTL/ST ²⁾	Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.
RB7/PGD	28	28	I/O	TTL/ST ²⁾	Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
RC0/T1OSO/T1CKI	11	11	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or Timer1 clock input.

RC1/T1OSI	12	12	I/O	ST	RC1 can also be the Timer1 oscillator input.
RC2/CCP1	13	13	I/O	ST	RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/ PWM1 output.
RC3	14	14	I/O	ST	
RC4	15	15	I/O	ST	
RC5	16	16	I/O	ST	
RC6/TX/CK	17	17	I/O	ST	RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.
RC7/RX/DT	18	18	I/O	ST	RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
VSS	8, 19	8, 19	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	20	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
OD = Open Drain — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt or LVP mode.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

ANALOG-TO-DIGITAL (A/D) CONVERTER MODULE

The Analog-to-Digital (A/D) Converter module has five inputs for the 28-pin devices and eight for the other devices.

The analog input charges a sample and hold capacitor. The output of the sample and hold capacitor is the input into the converter. The converter then generates a digital result of this analog level via successive approximation. The A/D conversion of the analog input signal results in a corresponding 10-bit digital number. The A/D module has high and low voltage reference input that is software selectable to some combination of V_{DD} , V_{SS} , RA2, or RA3.

The A/D module has four registers. These registers are:

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register0 (ADCON0)
- A/D Control Register1 (ADCON1)

The ADCON0 register, shown in Register 10-1, controls the operation of the A/D module. The ADCON1 register, shown in Register 10-2, configures the functions of the port pins. The port pins can be configured as analog inputs (RA3 can also be the voltage reference), or as digital I/O.

REGISTER 10-1: ADCON0 REGISTER (ADDRESS: 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

bit 7-6 **ADCS1:ADCS0**: A/D Conversion Clock Select bits

00 = $F_{osc}/2$

01 = $F_{osc}/8$

10 = $F_{osc}/32$

11 = F_{RC} (clock derived from the internal A/D module RC oscillator)

bit 5-3 **CHS2:CHS0**: Analog Channel Select bits

000 = Channel 0, (RA0/AN0)

010 = Channel 2, (RA2/AN2)

011 = Channel 3, (RA3/AN3)

100 = Channel 4, (RA5/AN4)

101 = Channel 5, (RE0/AN5)⁽¹⁾

110 = Channel 6, (RE1/AN6)⁽¹⁾

111 = Channel 7, (RE2/AN7)⁽¹⁾

bit 2 **GO/DONE**: A/D Conversion Status bit

If ADON = 1:

1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion)

0 = A/D conversion not in progress (this bit is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)

bit 1 **Unimplemented**:

Read as '0' bit 0 **ADON**:

A/D On bit

1 = A/D converter module is operating

0 = A/D converter module is shut-off and consumes no operating current **Note 1**:

These channels are not available on the PIC16F870 device.

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared
		x = Bit is unknown

REGISTER **ADCON1 REGISTER (ADDRESS: 9Fh)**

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

bit 7 **ADFM:** A/D Result Format Select bit

0 = Right justified. 6 Most Significant bits of ADRESH
are read as '0'. 0 = Left justified. 6 Least Significant
bits of ADRESL are read as '0'.

bit 6-4 **Unimplemented:** Read as '0' bit 3-0

PCFG3:PCFG0: A/D Port Configuration Control bits:

PCFG3: PCFG0	AN7(1) RE2	AN6(1) RE1	AN5(1) RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN/ Refs ⁽²⁾
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

A = Analog input D = Digital I/O

Note 1: These channels are not available on the PIC16F870 device.

2: This column indicates the number of analog channels available as A/D inputs and the number of analog channels used as voltage reference inputs.

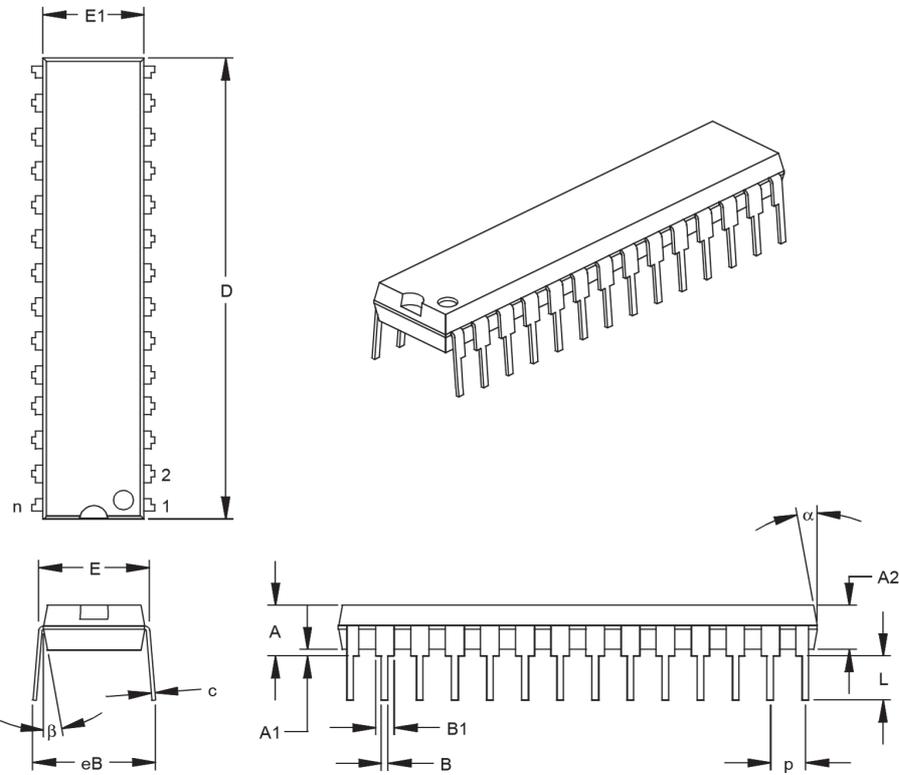
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings †

Ambient temperature under bias.....	-55 to +125°C
Storage temperature	-65°C to +150°C
Voltage on any pin with respect to VSS (except VDD, MCLR, and RA4).....	-0.3V to (VDD + 0.3V)
Voltage on VDD with respect to VSS.....	-0.3 to +7.5V
Voltage on MCLR with respect to VSS (Note 2).....	0 to +13.25V
Voltage on RA4 with respect to Vss.....	0 to +8.5V
Total power dissipation (Note 1)	1.0W
Maximum current out of VSS pin	300 mA
Maximum current into VDD pin.....	250 mA
Input clamp current, I_{IK} ($V_I < 0$ or $V_I > V_{DD}$).....	± 20 mA
Output clamp current, I_{OK} ($V_O < 0$ or $V_O > V_{DD}$).....	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin.....	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin	25 mA
Maximum current sunk by PORTA, PORTB, and PORTE (combined) (Note 3).....	200 mA
Maximum current sourced by PORTA, PORTB, and PORTE (combined) (Note 3)..	200 mA
Maximum current sunk by PORTC and PORTD (combined) (Note 3).....	200 mA
Maximum current sourced by PORTC and PORTD (combined) (Note 3)	200 mA



Lead Skinny Plastic Dual In-line (SP) – 300 mil (PDIP)



Units		INCHES*			MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		28			28	
Pitch	p		.100			2.54	
Top to Seating Plane	A	.140	.150	.160	3.56	3.81	4.06
Molded Package Thickness	A2	.125	.130	.135	3.18	3.30	3.43
Base to Seating Plane	A1	.015			0.38		

Shoulder to Shoulder Width	E	.300	.310	.325	7.62	7.87	8.26
Molded Package Width	E1	.275	.285	.295	6.99	7.24	7.49
Overall Length	D	1.345	1.365	1.385	34.16	34.67	35.18
Tip to Seating Plane	L	.125	.130	.135	3.18	3.30	3.43
Lead Thickness	c	.008	.012	.015	0.20	0.29	0.38
Upper Lead Width	B1	.040	.053	.065	1.02	1.33	1.65
Lower Lead Width	B	.016	.019	.022	0.41	0.48	0.56
Overall Row Spacing §	eB	.320	.350	.430	8.13	8.89	10.92
Mold Draft Angle Top	α	5	10	15	5	10	15
Mold Draft Angle Bottom	β	5	10	15	5	10	15

* Controlling Parameter § Significant

Characteristic Notes:

Dimension D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.

JEDEC Equivalent: MO-095

Drawing No. C04-070



WORLDWIDE SALES AND SERVICE

AMERICAS

Corporate Office

2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277
Technical Support: 480-792-7627
Web Address: <http://www.microchip.com>

Atlanta

3780 Mansell Road, Suite 130
Alpharetta, GA 30022
Tel: 770-640-0034 Fax: 770-640-0307

Boston

2 Lan Drive, Suite 120
Westford, MA 01886
Tel: 978-692-3848 Fax: 978-692-3821

Chicago

333 Pierce Road, Suite 180
Itasca, IL 60143
Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075

Dallas

4570 Westgrove Drive, Suite 160
Addison, TX 75001
Tel: 972-818-7423 Fax: 972-818-2924

Detroit

Tri-Atria Office Building
32255 Northwestern Highway, Suite 190
Farmington Hills, MI 48334
Tel: 248-538-2250 Fax: 248-538-2260

Kokomo

2767 S. Albright Road
Kokomo, IN 46902
Tel: 765-864-8360 Fax: 765-864-8387

Los Angeles

18201 Von Karman, Suite 1090
Irvine, CA 92612
Tel: 949-263-1888 Fax: 949-263-1338

Phoenix

2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 480-792-7966 Fax: 480-792-4338

San Jose

Microchip Technology Inc.
2107 North First Street, Suite 590 San Jose,
CA 95131
Tel: 408-436-7950 Fax: 408-436-7955

Toronto

6285 Northam Drive, Suite 108

Mississauga, Ontario L4V 1X5, Canada
Tel: 905-673-0699 Fax: 905-673-6509

ASIA/PACIFIC

Australia

Microchip Technology Australia Pty Ltd
Marketing Support Division
Suite 22, 41 Rawson Street
Epping 2121, NSW
Australia
Tel: 61-2-9868-6733 Fax: 61-2-9868-6755

China - Beijing

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd., Beijing Liaison Office
Unit 915 Bei Hai Wan Tai Bldg.
No. 6 Chaoyangmen Beidajie
Beijing, 100027, No. China
Tel: 86-10-85282100 Fax: 86-10-85282104

China - Chengdu

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd., Chengdu Liaison Office
Rm. 2401-2402, 24th Floor,
Ming Xing Financial Tower
No. 88 TIDU Street
Chengdu 610016, China
Tel: 86-28-86766200 Fax: 86-28-86766599

China - Fuzhou

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd., Fuzhou Liaison Office
Unit 28F, World Trade Plaza
No. 71 Wusi Road
Fuzhou 350001, China
Tel: 86-591-7503506 Fax: 86-591-7503521

China - Hong Kong SAR

Microchip Technology Hongkong Ltd.
Unit 901-6, Tower 2, Metroplaza
223 Hing Fong Road
Kwai Fong, N.T., Hong Kong
Tel: 852-2401-1200 Fax: 852-2401-3431

China - Shanghai

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd.
Room 701, Bldg. B
Far East International Plaza
No. 317 Xian Xia Road
Shanghai, 200051
Tel: 86-21-6275-5700 Fax: 86-21-6275-5060

China - Shenzhen

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd., Shenzhen Liaison Office
Rm. 1812, 18/F, Building A, United Plaza
No. 5022 Binhe Road, Futian District
Shenzhen 518033, China
Tel: 86-755-82901380 Fax: 86-755-
82966626 **China - Qingdao**
Rm. B505A, Fullhope Plaza, No. 12 Hong
Kong Central Rd
Qingdao 266071, China
Tel: 86-532-5027355 Fax: 86-532-5027205

India

Microchip Technology Inc.
India Liaison Office
Marketing Support Division
Divyasree Chambers
1 Floor, Wing A (A3/A4)
No. 11, O'Shaughnessey Road Bangalore, 560
025, India
Tel: 91-80-2290061 Fax: 91-80-2290062

Japan

Microchip Technology Japan K.K.
Benex S-1 6F
3-18-20, Shinyokohama
Kohoku-Ku, Yokohama-shi
Kanagawa, 222-0033, Japan
Tel: 81-45-471- 6166 Fax: 81-45-471-6122

Korea

Microchip Technology Korea
168-1, Youngbo Bldg. 3 Floor
Samsung-Dong, Kangnam-Ku
Seoul, Korea 135-882
Tel: 82-2-554-7200 Fax: 82-2-558-5934

Singapore

Microchip Technology Singapore Pte Ltd.
200 Middle Road
#07-02 Prime Centre
Singapore, 188980
Tel: 65-6334-8870 Fax: 65-6334-8850

Taiwan

Microchip Technology (Barbados) Inc.,
Taiwan Branch
11F-3, No. 207
Tung Hua North Road
Taipei, 105, Taiwan
Tel: 886-2-2717-7175 Fax: 886-2-2545-0139

Anexo 2

Programación Utilizada en el PIC

```

*****
!* Name      : IDENTIFICADOR DE FASE.BAS                      *
!* Author    : MORALES VERA MARCO ANTONIO                    *
!* Notice    : Copyright (c) 2013 [select VIEW...EDITOR OPTIONS] *
!*           : All Rights Reserved                            *
!* Date      : 28/11/2013                                     *
!* Versión   : 1.0                                           *
!* .Notes    : UTILIZACION DEL PIC 16F870 CON UN OSCILADOR EXTERNO *
!*           : DE 20KHz                                       *
*****

```

```

@ DEVICEHS_OSC
DEFINE OSC 20
DEFINE LCD_DREG PORTC
DEFINE LCD_DBIT 4
DEFINE LCD_RSREG PORTC
DEFINE LCD_RSBIT 1
DEFINE LCD_EREG PORTC
DEFINE LCD_EBIT 0
ADCON1=2
TRISA=255
DEFINE ADC_BITS 8
DEFINE ADC_CLOCK 3
DEFINE ADC_SAMPLEUS 50
X VAR BYTE
FOR X= 1 TO 10
HIGH PORTB.5
PAUSE 100
LOW PORTB.5

```

```
PAUSE 70
NEXT X
DATO VAR BYTE
POS VAR BYTE
NEG VAR BYTE
lcdout $fe,1,"ESC. POLITECNICA"
lcdout $fe,$C0," NACIONAL "
PAUSE 2000
lcdout $fe,1,"***INICIANDO***"
PAUSE 2000
INICIO:
ADCIN 2,DATO
ADCIN 0,POS
ADCIN 1,NEG
IF DATO<=20 THEN
lcdout $fe,1,"* NO HAY FASES *"
LOW PORTB.6:LOW PORTB.7
PAUSE 1000
GOTO INICIO
ENDIF

IF POS<=10 AND NEG>=127 THEN
lcdout $fe,1,"** SECUENCIA **"
lcdout $fe,$C0,"*** POSITIVA ***"
HIGH PORTB.6:LOW PORTB.7
PAUSE 1000
ENDIF

IF NEG<=10 AND POS>=127 THEN
lcdout $fe,1,"** SECUENCIA **"
lcdout $fe,$C0,"*** NEGATIVA ***"
HIGH PORTB.7:LOW PORTB.6
HIGH PORTB.5
```

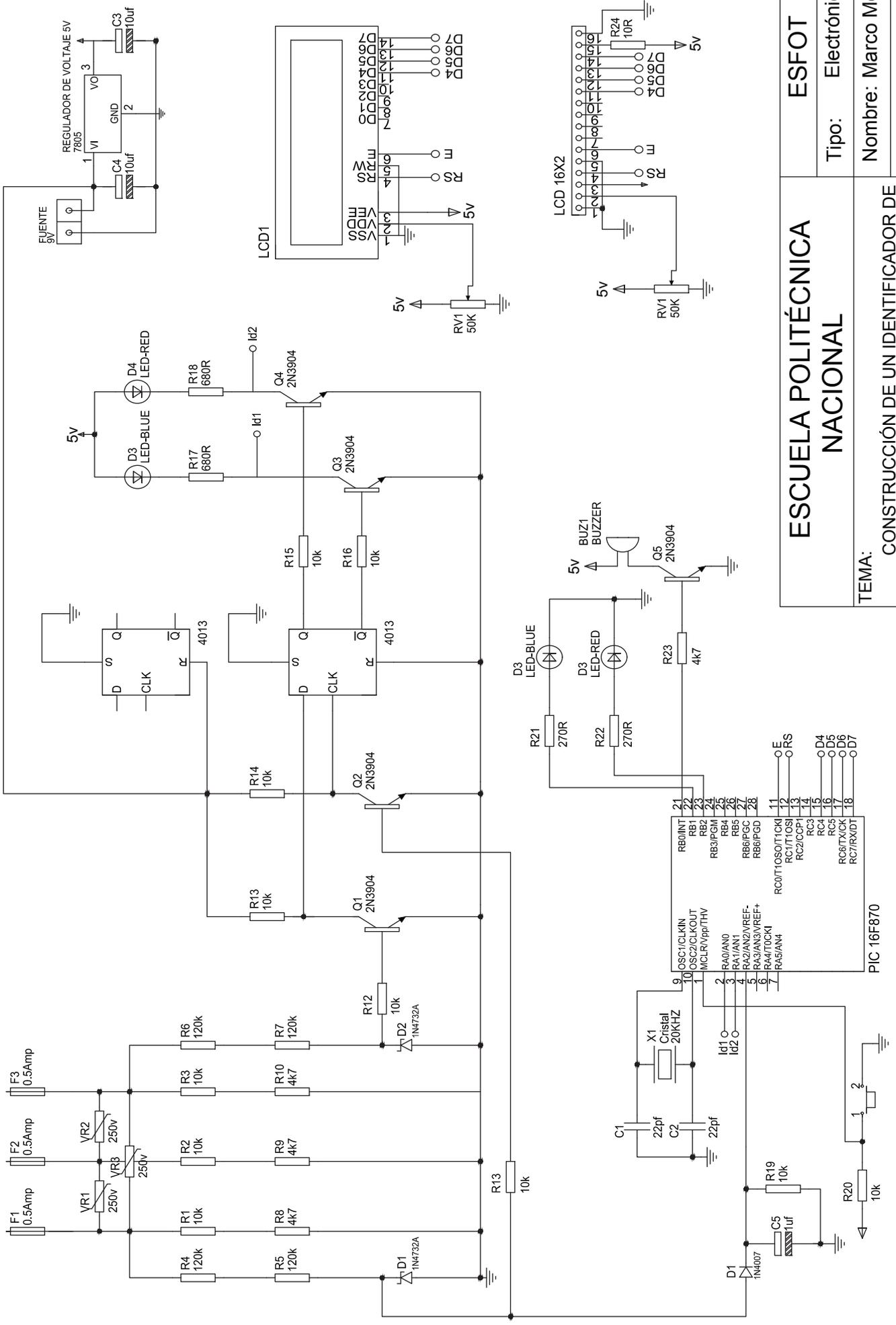
```
PAUSE 100  
LOW PORTB.5  
PAUSE 1000  
ENDIF
```

```
GOTO INICIO
```

Anexo 3

Diagrama Circuital.

FUENTE TRIFÁSICA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESFOT
 Tipo: Electrónico
 Nombre: Marco Morales
 Fecha: 10/07/2014
 Escala: 1:1

TEMA:
 CONSTRUCCIÓN DE UN IDENTIFICADOR DE SECUENCIA DE FASES PARA UN SISTEMA TRIFÁSICO UTILIZANDO PIC16F870

PIC 16F870

- 21 RB0/INT
- 22 RB1
- 23 RB2
- 24 RB3/PC0
- 25 RB4
- 26 RB5
- 27 RB6/PC2
- 28 RB7/PGD
- 11 RC0/TT/OS0/TT/CLK1
- 12 RC1/TT/OS1
- 13 RC2/CCP1
- 14 RC3
- 15 RC4
- 16 RC5
- 17 RC6/TX/CK
- 18 RC7/RX/DT

- 9 OSC1/CLKIN
- 10 OSC2/CLKOUT
- 1 MCLR/Vpp/RTN
- 2 RA0/AN0
- 3 RA1/AN1/VREF-
- 4 RA2/AN2/VREF+
- 5 RA3/AN3/VREF+
- 6 RA4/IOCK1
- 7 RA5/AN4

- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31