

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN TECNOLÓGICA

VARIADOR DE VELOCIDAD PARA MOTORES DE C.A

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
TECNOLOGO EN ELECTROMECHANICA**

**RUIZ MALDONADO CARLOS ALBERTO
CRIOLLO CORDOVA ARMANDO DANILO**

DIRECTOR : ING PABLO LOPEZ

Quito, Julio 2007

DECLARACIÓN

Nosotros, Carlos Ruiz y Danilo Criollo declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

.....
CARLOS RUIZ

.....
DANILO CRIOLLO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de tesis, ha sido desarrollado en su totalidad por el señor Carlos Ruiz y por el señor Danilo Criollo bajo mi dirección

.....

Ing. Pablo López

DIRECTOR DE PROYECTO

INDICE

CAPÍTULO 1

	Pág.
1 Marco teórico	1
1.1 Motores electricos.....	1
1.1.1 Motores monofasicos de corriente alterne.....	1
1.1.2 Motores de fase partida.....	1
1.1.3 Motores con capacitor de arranque.....	4
1.1.4 Motore de fase partida con capacitor permanente.....	5
1.1.5 Motores de polo sombreado.....	5
1.1.6 Motores Universales.....	6
1.2 Elementos fotoeléctricos.....	7
1.2.1 Opto acoplador	8
1.2.2 Tipos de optoacopladores.....	9
1.3 Fuente de alimentación.....	10
1.3.1 Transformador de entrada	11
1.3.2 Rectificador de puente completo.....	11
1.3.3 El filtro.....	14
1.3.4 El regulador.....	16
1.4 Tiristores	
1.4.1 Activación del tiristor.....	
1.4.2 El SCR.....	18
1.4.3 Tiristores de desactivación por compuerta (GTO).....	19
1.4.4 Tiristores de triodo bidireccional (TRIAC).....	20
1.4.5 Tiristores de conducción inversa (RTC)	21
1.4.6 Rectificadores controlados de silicio activados por luz (LASCR)	21
1.4.7 Tiristores controlados por FET (FET-CTH).	22

1.4.8	Tiristores controlados por MOS (MCT).	23
1.5	El inversor	25
1.5.1	Conceptos Básicos	26
1.5.2	Funcionamiento básico de un PWM	26
1.5.3	La sobremodulación	27
1.5.4	Inversor monofásico de medio puente	28
1.5.5	Inversor monofásico de puente completo	30
1.6	Los microcontroladores pic de micro chip	31
1.6.1	¿Que es un microcontrolador?	32
1.6.2	Arquitectura :.harvard.y.tradicional	32
1.6.3	La arquitectura Harvard y sus ventajas	33
1.6.4	Contador de Programa	34
1.6.5	Stack	34
1.6.6	Palabra de Estado del Procesador	35
1.6.7	Puertos de entrada / salida.	36
1.6.8	Temporizador/Contador (RTCC)	37
1.7	Diversidad de modelos de microprocesadores	38
1.7.1	La gama enana: PIC12C(F)XXX de 8 patitas.	38
1.7.2	Gama baja o básica: PIC16C5X con instrucciones de 12 bits	39
1.7.3	Gama media. PIC16CXXX con instrucciones de 14 bits	40
1.7.4	Gama alta: PIC17XXX con instrucciones de 16 bits.	40
1.8	Vareadores de velocidad que existen en la actualidad	40
1.8.1	Importancia de los variadores de velocidad en la industria	42
1.8.2	Variador de velocidad	42
1.9	El Micro Basic	42
1.10	El grabador	44
1.11	El simulador	44
1.12	Consideraciones basicas para el microcontrolador.	44
1.13	Lenguaje Basic	45
1.13.1	Antecedentes	45
1.13.2	Nacimiento y primeros años.	46

1.13.3	El Lenguaje	47
1.13.4	Procedimientos y Control de Flujo	48
1.13.5	Tipos de Datos	49
1.14	Los Armónicos	50
1.14.1	Origen de los armónicos	50
1.14.2	Principales perturbancias causadas por armónicos de corriente y voltaje.	53

CAPITULO 2

2	Descripción del variador de velocidad	55
2.1	El motor.....	56
2.2	El convertido de frecuencia	56
2.3	Principio de funcionamiento del variador	57
2.4	¿Porque utilizar un microcontrolador en este tipo de sistemas?	59
2.5	Materiales utilizados en la construcción del circuito	60
2.6	Circuitos	61
2.6.1	Breve descripción del diagrama circuital.....	62
2.7	Simulación en proteus	63
2.8	Construcción y ensamblaje	63
2.10	Recomendación para la instalación del circuito de control	66
2.11	Pruebas realizadas	66

CAPITULO 3

3.1	Conclusiones.....	71
3.2	Recomendaciones.....	72
	Bibliografía.....	73

AGRADECIMIENTO

Una vez realizado y culminado este trabajo agradezco de manera muy especial a mi hermano Marcelo por darme un apoyo incondicional en todo mi transcurso de estudio.

De igual manera agradezco a mi madre y demas hermanos que me dieron un apoyo en todo momento.

CARLOS

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico a toda mi familia en especial a mi madre y hermanos esperando que este triunfo que es de todos permita que sigamos adelante siendo cada vez mejores y sobresaliendo en todo momento.

CARLOS

AGRADECIMIENTO

Al culminar el presente trabajo quiero expresar mi agradecimiento sincero a mis padres por darme la vida y la posibilidad de adquirir una carrera, gracias por su abnegada labor.

Y otro agradecimiento a mis maestros que me impartieron sus conocimientos a lo largo de toda mi vida estudiantil y de manera especial al Ing. Pablo Lopez por sus sábios consejos para guiar el presente trabajo.

DANILO

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico con mucho cariño a mi familia y de manera muy especial a mis amados padres porque ustedes son las estrellas que guian mi camino.

Que dios les bendiga y los tenga muchos años a mi lado.

DANILO

PRESENTACIÓN

En la actualidad existen sistemas que permiten variar la velocidad de un motor de corriente alterna, estos sistemas que han sido implementados años atrás están conformados por dispositivos electromecánicos obsoletos ya para la época actual, estos sistemas no han permitido un buen desempeño de la maquina haciendo que costos tanto de mantenimiento, consumo y repararon sean excesivos.

Es así como se ha visto la necesidad de implementar un nuevo sistema que permitan variar la velocidad de un motor de corriente alterna con la aplicación de dispositivos mucho mas modernos que aseguren un mejor funcionamiento de la maquina y el control, utilizando un microcontrolador y elementos de estado sólido.

RESUMEN

El variador de velocidad para un motor de corriente alterna ha sido diseñado para aquellas empresas que requieren un exacto control de velocidad en sus procesos industriales, asegurándose al mismo tiempo que el costo y fiabilidad del sistema sea el adecuado.

Es por eso que nuestro variador de velocidad para un motor de corriente alterna consta con una amplia gama de velocidades lo que permite que su adaptación en el proceso de producción sea más conveniente.

El variador de velocidad esta comandado por un microcontrolador que es muy fácil de programarlo e incluso en el caso que se quemara puede ser sacado y remplazado sin mayor dificultad ya que ese es uno de los principales objetivos de este proyecto, los dispositivos electrónicos utilizado no tienen un costo alto en el mercado y se los puede conseguir en cualquier electrónica de igual forma el variador consta de cinco pulsadores que facilita su operación asiendo de esta manera que cualquier persona pueda manejarlo sin dificultad alguna.

Algo que resulta bastante importante de señalar es que el variador debe ser colocado en un lugar donde la vibración de maquinas no sea excesiva ya que puede producir un deterioro rápido del dispositivo.

Este variador de velocidad entre sus características fue diseñado para variar la velocidad de motores cuya potencia sea de $\frac{1}{2}$ HP y trabaje a un voltaje nominal de 110 V ya que este tipo de motores son muy utilizados en procesos industriales que requieren una exactitud bastante considerable.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 MOTORES ELECTRICOS.

Al cabo de muchos años a existido una variedad y cantidad de tipos de sistemas de motores construidos.

Como corresponde esto es parte de la evolución técnica y económica de los motores actuales.

Funcionan con un compromiso entre lo ideal, practico y económico.

1.1.1 MOTORES MONOFASICO DE CORRIENTE ALTERNA.

Estos pueden ser:

- 1 Motores de fase partida.
- 2 Motor de arranque por capacitor.
- 3 Motores de capacitor permanente.
- 4 Motores de polos sombreados.
- 5 Motores Universales.

1.1.2 MOTORES DE FASE PARTIDA.

Fueron estos los primeros motores monofásicos usados en la industria y aun perduran.

Se usan en maquinas, bombas, ventiladores, lavadoras y una gran cantidad de otras aplicaciones.

Se fabrican en potencias de 1/3 HP (25 W) a 1/2 HP (373W).

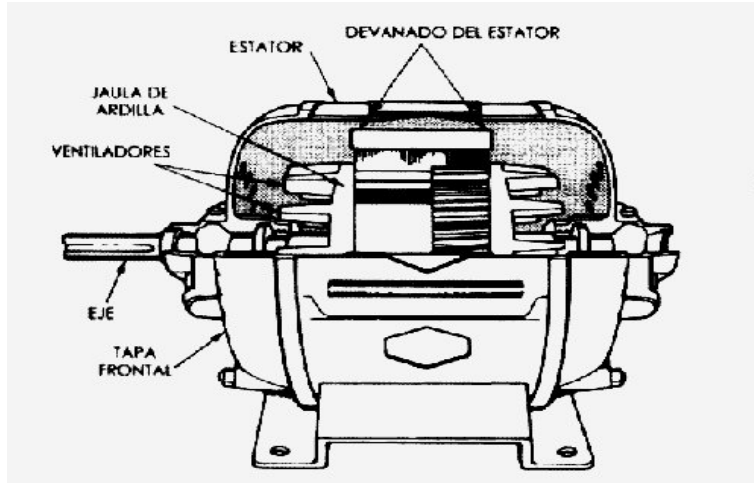


Figura 1.1 Corte de un motor de jaula de ardilla

El motor de fase partida tiene dos grupos de devanados, el de trabajo y el de arranque. Ambos devanados se conectan en paralelo y la tensión de la red se aplica a los devanados. El devanado de trabajo es de alambre mas grueso y de mas espiras y se aloja en la parte superior de las ranuras del estator y el devanado de arranque de menos vueltas y alambre mas fino se instala en la parte inferior o externa del estator.

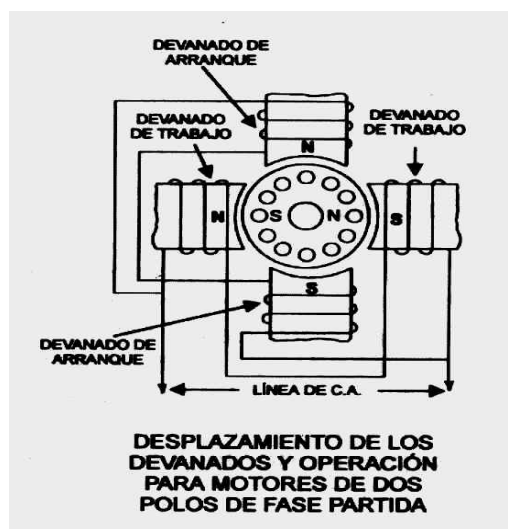


Figura 1.2 Desplazamiento de los devanados y operación para motores de dos

polos de fase partida.

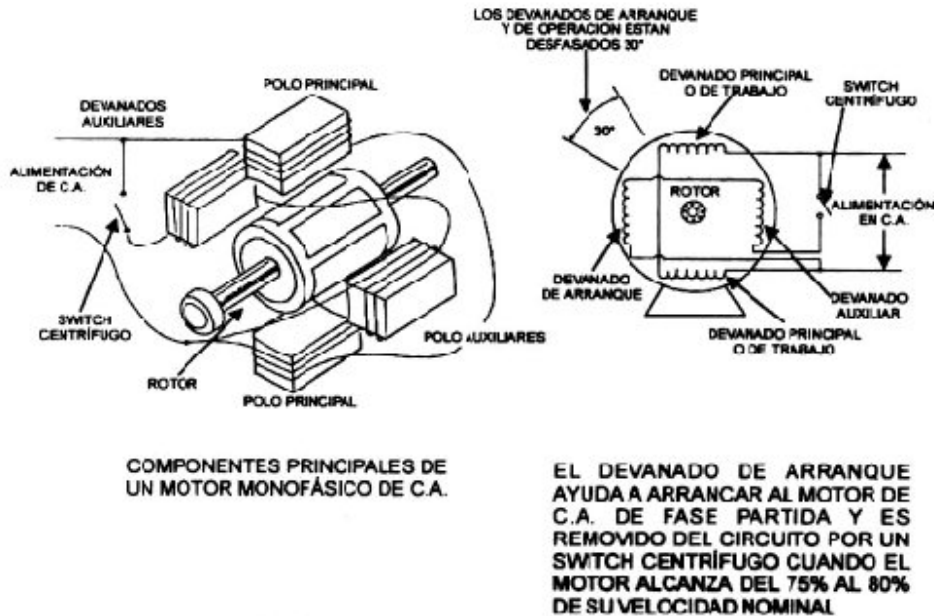


Figura 1.3 Componentes principales de un motor monofásico de C.A.

Una de las partes más importante de este tipo de motor es el mecanismo de arranque. En los monofásicos se utiliza uno especial a base de un interruptor centrífugo que desconecta el devanado de arranque de la red, cuando el motor alcanza el 75-80 % de su velocidad, quedando conectado solo el devanado de trabajo.

El interruptor esta conectado en serie con el devanado de arranque por lo que al abrirse lo desconecta.

Si el interruptor centrífugo se encuentra abierto en el momento del arranque la corriente del devanado de trabajo se eleva debido a la falta de giro del motor. Esto es comparable a un transformador al que le hemos hecho un cortocircuito en el devanado secundario

En este caso el secundario en el motor esta representado por el devanado del rotor que en este caso (jaula de ardilla) es prácticamente un cortocircuito.

1.1.3 MOTORES CON CAPACITOR DE ARRANQUE.

Este motor es similar al de fase partida es su construcción excepto en que se conecta un capacitor en serie con el devanado de arranque.

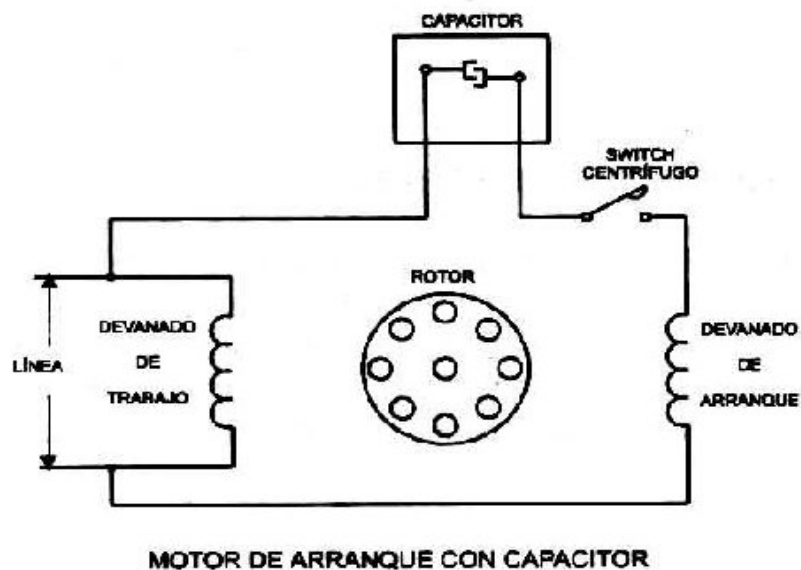


Figura 1.4 Motor de arranque con capacitor.

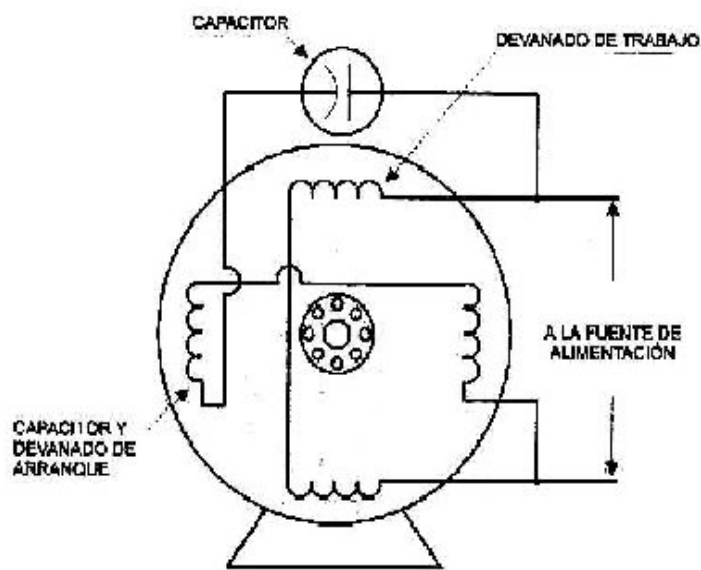
La corriente que es liberada por el capacitor durante el arranque hace que el par de arranque de estos motores sea dos veces mayor que uno de fase partida sin capacitor

El par de arranque de un motor de fase partida con capacitor es producido por un campo magnético giratorio dentro del motor. Este campo relocaliza el devanado de arranque 90 grados eléctricos desfasados con respecto al devanado de trabajo, lo que hace que la corriente en el devanado de arranque se adelante a la del devanado de trabajo.

Esta condición produce un campo magnético giratorio en el estator, el cual a su vez induce una corriente en el devanado del rotor efectuando la rotación.

1.1.4 MOTOR DE FASE PARTIDA CON CAPACITOR PERMANENTE.

En estos motores el devanado de trabajo y arranque tienen un capacitor en serie. Este método evita el uso de interruptor de arranque pero el par es menor en el devanado de arranque y de trabajo.



MOTOR DE C.A. MONOFÁSICO CON CAPACITOR PERMANENTE. NO REQUIERE DE SWITCH CENTRÍFUGO, YA QUE EL CAPACITOR NUNCA SE MUEVE DEL CIRCUITO

Figura 1.5 Motor de C.A. monofásico con capacitor permanente.

1.1.5 MOTORES DE POLOS SOMBREADOS.

Se utilizan en general en ventiladores y sopladores de baja potencia, la mayoría esta entre 0.01 y 0.05 de HP

La ventajas su simplicidad, robustez y bajo costo. Este motor no necesita partes auxiliares como capacitores, escobillas, centrífugos.

La desventajas, bajo par de arranque, eficiencia baja menor del 35 %, factor de potencia pobre

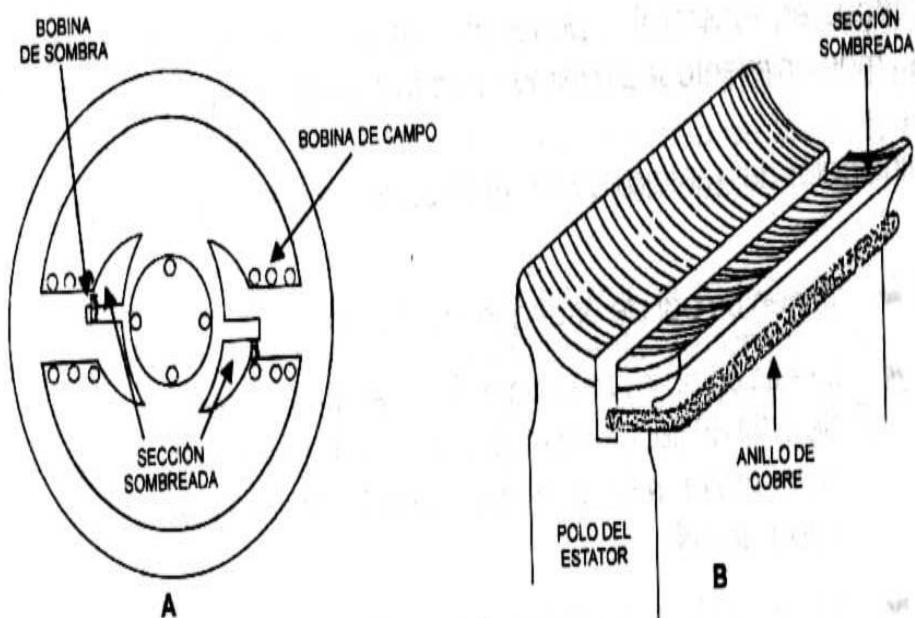


Figura 1.6 Motor de polos sombreados.

Una explicación simple de su funcionamiento es que al recibir el campo magnético del estator. Se genera una tensión en la espira en cortocircuito que reduce el campo en esa zona iniciando el giro. Lo real es mucho más complejo pero lo dicho es lo básico.

1.1.6 MOTORES UNIVERSALES.

Estos motores tienen devanado en el estator y el rotor, cuentan con colector y sus dos devanados que están en serie. Están contruidos en forma similar a uno de Corriente Continua .

El colector y las escobillas actúan como un conmutador y mantiene al rotor girando mediante la acción de invertir los polos del campo respecto al de la armadura.

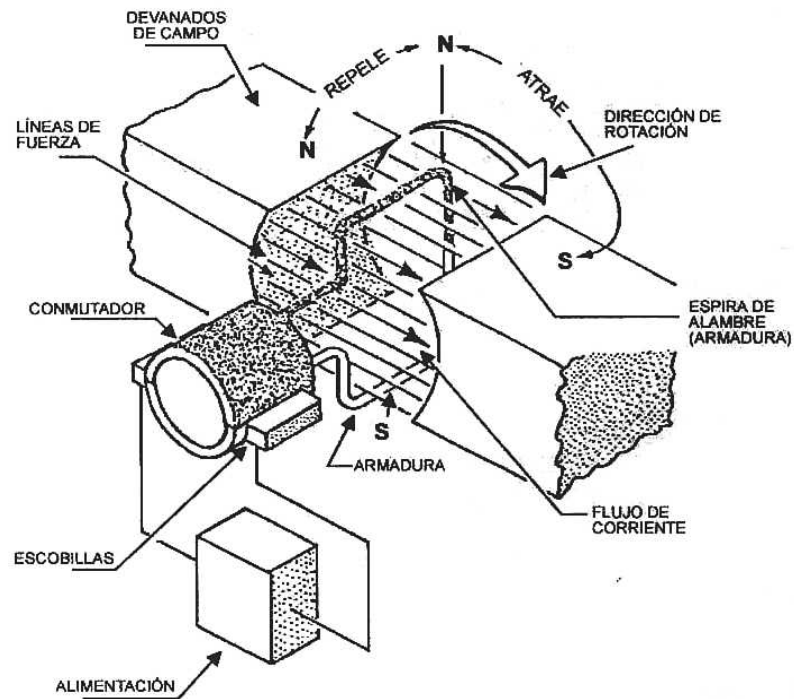


Figura 1.7 Motor universal.

En el gráfico se representa a la armadura como una sola espira que está dentro del campo magnético que forman los devanados del campo, el conmutador invierte el campo magnético que se opone es repelido por un campo y atraído por el otro, esta acción hace girar al rotor.

1.2 ELEMENTOS FOTOELECTRICOS

Son elementos eléctricos que transforman la energía eléctrica en energía luminosa o viceversa.

Existen básicamente dos tipos de elementos foto eléctricos: los elementos foto emisores y los elementos detectores; los elementos foto emisores reciben la energía eléctrica y entregan luz como el caso del diodo emisor de luz led, en cambio los foto detectores reciben energía luminosa y produce un cambio en una de las características eléctricas resistencia, corriente ó voltaje.

1.2.1 Opto acoplador

Con el paso de los años la tecnología de estado sólido en la opto electrónica ha avanzado considerablemente. Indagando en nuevos y mejorados materiales y técnicas de proceso que han permitido a los dispositivos tener mayor eficiencia, confiabilidad y disminuir su costo.

Un opto acoplador es un componente formado por la unión de al menos un emisor (diodo LED) y un foto detector (fototransistor u otro) acoplados a través de un medio conductor de luz.

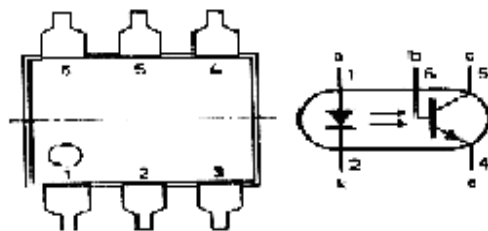


Figura 1.8 Esquema de un opto acoplador

Se trata de una manera de transmitir una señal de un circuito eléctrico a otro. Obsérvese que no existe comunicación eléctrica entre los dos circuitos, es decir existe un trasiego de información pero no existe una conexión eléctrica: la conexión es óptica.

Las implementaciones de un opto acoplador son variadas y dependen de la casa que los fabrique.

Una de las más populares se ve en la Figura 1.8 Se puede observar como el LED, en la parte superior, emite fotones que, tras atravesar el vidrio, inciden sobre el fototransistor

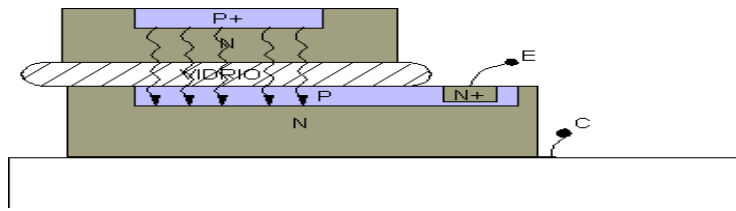


Figura 1.9 Esquema constructivo de un optoacoplador

Obsérvese también el aislamiento eléctrico entre fototransistor y LED ya mencionado.

En la figura 1.9 se muestra la perspectiva interna de un optoacoplador. Una resina aloja al elemento sensible a la luz que está rodeado por otra resina que permite la transmisión de la luz.

Una señal luminosa es transmitida por un diodo emisor de luz hacia el transistor foto sensible a través de la resina transmisora de luz interna.

1.2.2 Tipos de Optoacopladores.

1 **Fototransistor:** Se compone de un optoacoplador con una etapa de salida formada por un transistor bipolar de juntura (BJT), se trata de un transistor bipolar sensible a la luz.

La radiación luminosa se hace incidir sobre la unión colector base cuando éste opera en la región crítica normal (RAN). En esta unión se generan los pares electrón - hueco, que provocan la corriente eléctrica.

El funcionamiento de un fototransistor viene caracterizado por los siguientes puntos:

Un fototransistor opera, generalmente sin terminal de base ($I_b=0$) aunque en algunos casos hay fototransistores que tienen disponible un terminal de base para

trabajar como un transistor normal.

La sensibilidad de un fototransistor es superior a la de un fotodiodo, ya que la pequeña corriente foto generada es multiplicada por la ganancia del transistor.

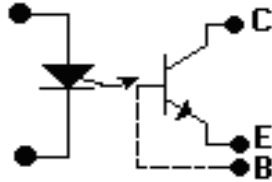


Figura 1.10 Fototransistor

- 1 **Fototriac:** Se compone de un optó acoplador con una etapa de salida formada por un triac

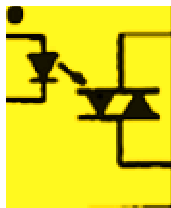


Figura 1.11 Fototriac

- 2 **Fototriac de paso por cero:** Optó acoplador en cuya etapa de salida se encuentra un triac de cruce por cero. El circuito interno de cruce por cero conmuta al triac sólo en los cruce por cero de la corriente alterna.

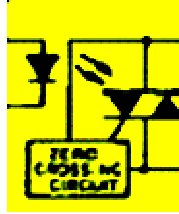


Figura 1.12 Fototriac paso por cero.

1.3 FUENTE DE ALIMENTACIÓN.

La función de una fuente de alimentación es convertir la tensión alterna en una tensión continua y lo mas estable posible, para ello se usan los siguientes componentes: 1.- Transformador de entrada; 2.- Rectificador; 3.- Filtro; 4.- Regulador (o estabilizador) lineal. este último no es imprescindible. En la Fig. 1.13 se puede apreciar un diagrama de bloque de dichos componentes.



Figura 1.13. Componentes de una fuente de alimentación.

1.3.1 Transformador de entrada:

El transformador de entrada reduce la tensión de red (generalmente 220 o 120 V) a otra tensión mas adecuada para ser tratada. Solo es capaz de trabajar con corrientes alternas. esto quiere decir que la tensión de entrada será alterna y la de salida también para nuestro caso no se requiere de un transformador ya que el voltaje entregado por la red es el adecuado para el trabajo. Consta de dos bobinas enrolladas sobre un mismo núcleo de hierro, ambos arroyamientos, primario y

secundario, son completamente independientes y la energía eléctrica se transmite del primario al secundario en forma de energía magnética a través del núcleo. el esquema de un transformador simplificado es el siguiente:

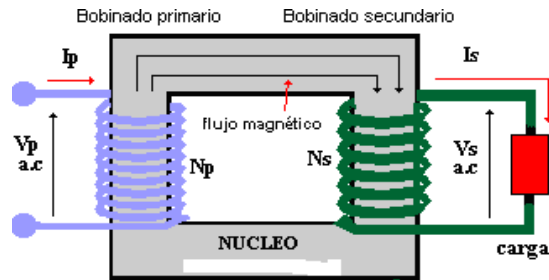


Figura 1.14 transformador

$$I_s = N_p \times I_p / N_s$$

La corriente que circula por el arrollamiento primario (el cual está conectado a la red) genera una circulación de corriente magnética por el núcleo del transformador. Esta corriente magnética será más fuerte cuantas más espiras (vueltas) tenga el arrollamiento primario. Si acercas un imán a un transformador en funcionamiento notarás que el imán vibra, esto es debido a que la corriente magnética del núcleo es alterna, igual que la corriente por los arrollamientos del transformador.

En el arrollamiento secundario ocurre el proceso inverso, la corriente magnética que circula por el núcleo genera una tensión que será tanto mayor cuanto mayor sea el número de espiras del secundario y cuanto mayor sea la corriente magnética que circula por el núcleo (la cual depende del número de espiras del primario).

Por lo tanto, la tensión de salida depende de la tensión de entrada y del número de espiras de primario y secundario. Como fórmula general se dice que:

$$V_1 = V_2 * (N_1/N_2)$$

Donde N1 y N2 son el número de espiras del primario y el del secundario respectivamente.

1.3.2 Rectificador en puente

El rectificador más usado es el llamado rectificador en puente, su esquema se puede apreciar en la Fig. 1.15.

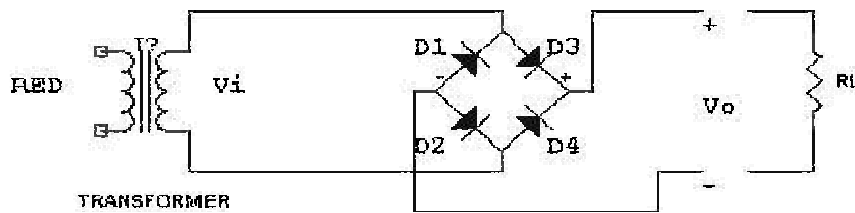


Figura 1.15 Esquema de un rectificador en puente

Cuando V_i es positiva los diodos D2 y D3 conducen, siendo la salida V_o igual que la entrada V_i

Cuando V_i es negativa los diodos D1 y D4 conducen, de tal forma que se invierte la tensión de entrada V_i haciendo que la salida vuelva a ser positiva.

El resultado es el que tenemos en la Fig. 1.16

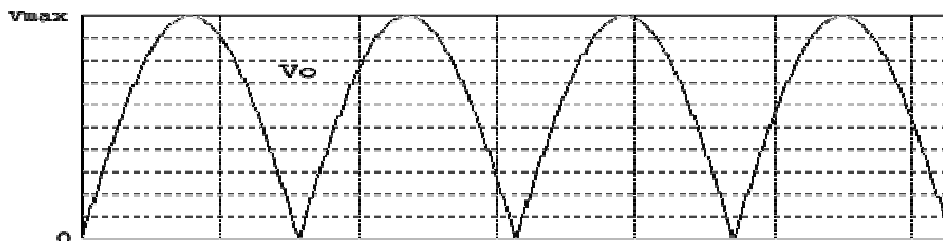


Figura 1.16 Grafico de la onda rectificada a la salida del circuito

Vemos en la figura 1.16 que todavía no hemos conseguido una tensión de salida continua, por ello, será necesario filtrarla después.

Es tan común usar este tipo de rectificadores que se venden ya preparados los cuatro diodos en un solo componente. Suele ser recomendable usar estos puentes rectificadores, ocupan menos que poner los cuatro diodos y para corrientes

grandes vienen ya preparados para ser montados en un radiador como se aprecia en la Fig.1.17 Este es el aspecto de la mayoría de ellos:

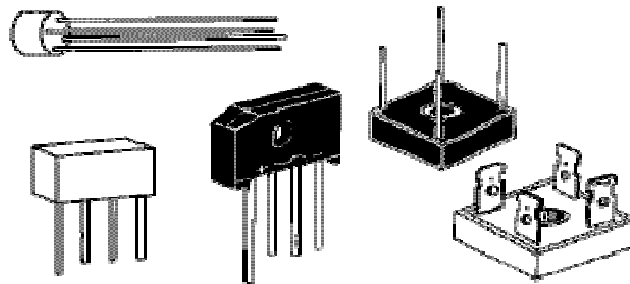


Figura 1.17 Gráfico de rectificadores que existen en el mercado

Tienen cuatro terminales, dos para la entrada en alterna del transformador, uno la salida positiva y otro la negativa o masa. Las marcas en el encapsulado suelen ser:

- ~ Para las entradas en alterna
- + Para la salida positiva
- Para la salida negativa o masa.

1.3.3 El filtro

Existen diferentes tipos de filtro que son utilizados en circuitos electrónicos, en nuestro caso se ha usado el filtro RC ya que es el mas simple económico y en la parte practica entrega una buena señal filtrada.

Un filtro paso alto RC es un circuito formado por una resistencia y un condensador conectados en serie de manera que este permite solamente el paso de frecuencias por debajo de una frecuencia en particular llamada frecuencia de corte (F_c) y elimina las frecuencias por encima de esta frecuencia.

Estos filtros RC no son perfectos por lo que se hace el análisis en el caso ideal y el caso real.

La unidad de frecuencia es el: Hertz, Hertzio, ciclo por segundo

Filtro Paso Bajo ideal

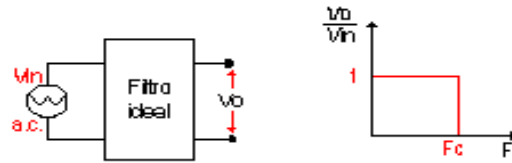


Figura 1.18 Filtro paso bajo ideal

El filtro paso bajo ideal es un circuito formado por una resistencia y un condensador, que permite el paso de las frecuencias por debajo de la frecuencia de corte (F_c) y elimina las que sean superiores a ésta. (ver figura 1.19).

1 Filtro paso bajo Real

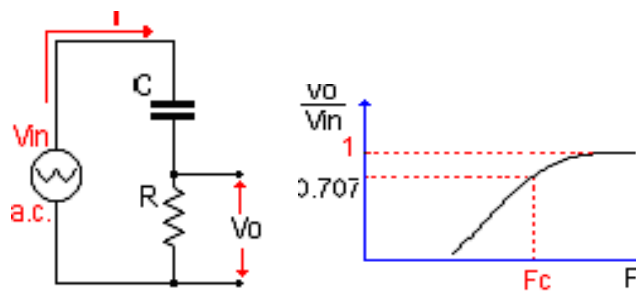


Figura 1.19 Filtro paso bajo Real

La reactancia capacitiva cambia con la frecuencia. Para altas frecuencias X_C es baja logrando con esto que las señales de estas frecuencias sean atenuadas.

En cambio a bajas frecuencias (por debajo de la frecuencia de corte) la reactancia

capacitiva es grande, lo que causa que estas frecuencias no se vean afectadas o son afectadas muy poco por el filtro.

Con la ley de Ohm:

$$- V_{in} = I \times Z = I \times (R^2 + X_C^2)^{1/2}$$

$$- V_o = I \times X_C$$

$$- V_o = V_{in} / (1 + (2 \times \pi \times RC)^2)^{1/2}$$

La frecuencia de corte es aquella donde la amplitud de la señal entrante cae hasta un 70.7 % de su valor máximo. Y esto ocurre cuando $X_C = R$. (reactancia capacitiva = resistencia)

Si $X_C = R$, la frecuencia de corte será

$$F_c = 1 / (2 \times \pi \times RC)$$

La banda de frecuencias por debajo de la frecuencia de corte se llama **Banda de paso**, y la banda de frecuencias por encima de F_c se llama **Banda de atenuación**

1.3.4.EL REGULADOR .

Un regulador o estabilizador es un circuito integrado que se encarga de reducir el factor de rizado y de proporcionar una tensión de salida exacta. En esta sección nos centraremos en los reguladores integrados de tres terminales que son los más sencillos y baratos que hay, en la mayoría de los casos son la mejor opción.

Este es el esquema de una fuente de alimentación regulada con uno de estos reguladores se la presenta en la figura 1.20

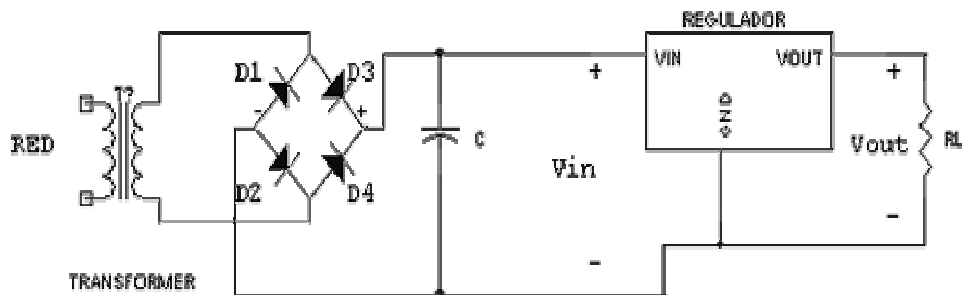
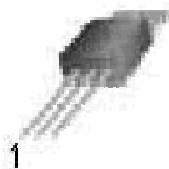


Figura 1.20 Diagrama de una fuente rectificadora utilizando el regulador de voltaje.

Es muy corriente encontrarse con reguladores que reducen el rizado en 10000 veces el rizado de salida será del 0.001%, es decir, inapreciable.

Las ideas básicas de funcionamiento de un regulador de este tipo son:

- 2 La tensión entre los terminales Vout y GND es de un valor fijo, no variable, que dependerá del modelo de regulador que se utilice.
- 3 La corriente que entra o sale por el terminal GND es prácticamente nula y no se tiene en cuenta para analizar el circuito de forma aproximada, funciona simplemente como referencia para el regulador.
- 4 La tensión de entrada Vin deberá ser siempre unos 2 o 3 V superior a la de Vout para asegurarnos el correcto funcionamiento.



1. Input 2. GND 3. Output

Figura 1.21 Regulador de la serie 78XX

En la figura 1.21. se puede ver el aspecto de un regulador de la serie 78XX. Su característica principal es que la tensión entre los terminales Vout y GND es de XX voltios y una corriente máxima de 1A. Por ejemplo: el 7805 es de 5V, el 7812 es de 12V... y todos con una corriente máxima de 1 Amperio. Se suelen usar como reguladores fijos.

Existen reguladores de esta serie para las siguientes tensiones: 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18 y 24 voltios. Se conecta y se obtiene Vout de XX Voltios sin rizado.

Es necesario montar el regulador sobre un radiador de color para que disipe bien el calor.

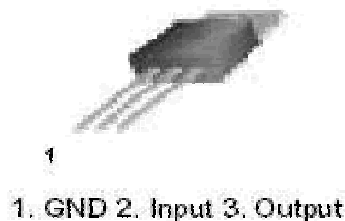


Figura 1.22 Reguladores de la serie 79XX:

En la Figura 1.22 se puede ver el regulador de la serie 79XX, sin embargo este se suele usar en combinación con el 78XX para suministrar tensiones simétricas. la tensión entre Vout y GND es de - XX voltios, por eso se dice que este es un regulador de tensión negativa. La forma de llamarlos es la misma: el 7905 es de 5V, el 7912 es de 12... pero para tensiones negativas.

Para nuestro caso no se utiliza este dispositivo ya que la corriente que se esta manejando es bastante alta y en el mercado no existe este dispositivo que pueda trabajar con esta corriente.

1.4 TIRISTORES

Los tiristores se fabrican casi exclusivamente por difusión. La corriente del ánodo

requiere de un tiempo finito para propagarse por toda el área de la unión, desde el punto cercano a la compuerta cuando inicia la señal de la compuerta para activar el tiristor. Para controlar el di/dt , el tiempo de activación y el tiempo de desactivación, los fabricantes utilizan varias estructuras de compuerta.

Dependiendo de la construcción física y del comportamiento de activación y desactivación, en general los tiristores pueden clasificarse en nueve categorías en nuestro caso utilizamos los controlados por MOS (MCT).

1. Tiristores de control de fase o de conmutación rápida (SCR).
2. Tiristores de desactivación por compuerta (GTO).
3. Tiristores de tríodo bidireccional (TRIAC).
4. Tiristores de conducción inversa (RTC).
5. Tiristores de inducción estática (SITH).
6. Rectificadores controlados por silicio activados por luz (LASCR).
7. Tiristores controlados por FET (FET-CTH).
8. Tiristores controlados por MOS (MCT).

1.4.1 ACTIVACION DEL TRIAC.

Un triac se activa incrementando la corriente del ánodo. Esto se puede llevar a cabo mediante una de las siguientes formas:

TERMICA. Si la temperatura de un triac es alta habrá un aumento en el número de pares electrón-hueco libres, lo que aumentará las corrientes de fuga. Este aumento en las corrientes hará que la ganancia de corriente aumente. Debido a la acción regenerativa la ganancia puede tender a la unidad y el triac pudiera activarse. Este tipo de activación puede causar una fuga térmica que por lo general se evita.

LUZ. Si se permite que la luz llegue a las uniones de un triac aumentarían los pares

electrón-hueco libre pudiéndose activar el triac. La activación de triac por luz se logra permitiendo que esta llegue a los discos de silicio.

ALTO VOLTAJE. Si el voltaje directo ánodo a cátodo es mayor que el voltaje de ruptura directo V_{BO} , fluirá una corriente de fuga suficiente para iniciar una activación regenerativa. Este tipo de activación puede resultar destructiva por lo que se debe evitar.

dv/dt. Si la velocidad de elevación del voltaje ánodo-cátodo es alta, la corriente de carga de las uniones capacitivas puede ser suficiente para activar el triac. Un valor alto de corriente de carga puede dañar el triac por lo que el dispositivo debe protegerse contra dv/dt alto. Los fabricantes especifican el dv/dt máximo permisible de los triac .

CORRIENTE DE COMPUERTA. Un triac está correctamente polarizado , la inyección de una corriente de compuerta al aplicar un voltaje positivo de compuerta activará al triac. Conforme aumenta la corriente de compuerta, se reduce el voltaje de bloqueo directo.

1.4.2 EL SCR

Un triac es uno de los tipos más importantes de los dispositivos semiconductores de potencia. Los triac se utilizan en forma extensa en los circuitos electrónicos de potencia. Se operan como conmutadores biestables, pasando de un estado no conductor a un estado conductor. Para muchas aplicaciones se puede suponer que los triac son interruptores o conmutadores ideales, aunque los triac prácticos exhiben ciertas características y limitaciones.

1 CARACTERISTICAS DE LOS SCR

Un SCR es un dispositivo semiconductor de cuatro capas de estructura PNP con tres uniones pn tiene tres terminales: ánodo cátodo y compuerta, es un elemento unidireccional y se fabrica por difusión ver en la figura 1.23.

Cuando el voltaje del ánodo se hace positivo con respecto al cátodo, las uniones J_1 y J_3 tienen polarización directa. La unión J_2 tiene polarización inversa, y solo fluirá una pequeña corriente de fuga del ánodo al cátodo. Se dice entonces que el SCR está en condición de bloqueo directo o en estado desactivado llamándose a la corriente fuga corriente de estado inactivo I_D .

Si el voltaje ánodo a cátodo V_{AK} se incrementa a un valor lo suficientemente grande la unión J_2 polarizada inversamente entrará en ruptura. Esto se conoce como ruptura por avalancha y el voltaje correspondiente se llama voltaje de ruptura directa V_{BO} . Dado que las uniones J_1 y J_3 ya tienen polarización directa, habrá un movimiento libre de portadores a través de las tres uniones que provocará una gran corriente directa del ánodo. Se dice entonces que el dispositivo está en estado de conducción o activado.



Figura 1.23 Símbolo del SCR y tres uniones pn.

Un SCR.

- 1.- Se activa cuando el voltaje V_D que lo alimenta excede V_{BO} .
- 2.- Tiene un voltaje de ruptura V_{BO} , cuyo nivel se controla por la cantidad de corriente i_G , presente en el SCR.
- 3.- Se desactiva cuando la corriente i_D que fluye por él cae por debajo de I_H .
- 4.- Detiene todo flujo de corriente en dirección inversa, hasta que se supere el voltaje máximo inverso.

1.4.3 Tiristores de desactivación por compuerta (GTO).

Entre las mejoras más recientes que se le han hecho al tiristor está el apagado por

compuerta (GTO). Un tiristor GTO es un SCR que puede apagarse por una pulsación suficientemente grande en su compuerta de entrada, aun si la corriente i_D excede I_H . Aunque los tiristores GTO se han venido usando desde 1960, solamente se volvieron prácticos para las aplicaciones de control de motores, al final de los años setenta.

Estos dispositivos se han vuelto más y más comunes en las unidades de control de motores, puesto que ellos eliminaron la necesidad de componentes externos para apagar los SCR en circuitos de CC.



Figura 1.24 GTO

La típica forma de onda de la corriente de compuerta de un tiristor GTO de alta potencia. Un tiristor GTO requiere una mayor corriente de compuerta para encendido que un SCR común. Para grandes aparatos de alta potencia se necesitan corrientes de compuerta del orden de 10 A o más. Para apagarlos se necesita una gran pulsación de corriente negativa de entre 20 y 30m s de duración. La magnitud de la pulsación de corriente negativa debe ser de un cuarto a un sexto de la corriente que pasa por el aparato.

1.4.4 Tiristores de triodo bidireccional (TRIAC).

Es un dispositivo que se comporta como dos SCR conectados en contraposición, con una compuerta de paso común; puede ir en cualquier dirección desde el momento en que el voltaje de ruptura se sobrepasa. El símbolo del TRIAC se ilustra en la figura 1.25 . El voltaje de ruptura en un TRIAC disminuye si se aumenta la corriente de compuerta, en la misma forma que lo hace en un SCR, con la diferencia que un TRIAC responde tanto a los impulsos positivos como a los negativos de su compuerta. Una vez encendido, un TRIAC permanece así hasta que su corriente cae por debajo de I_H .

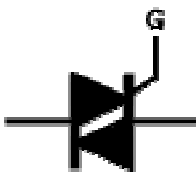


Figura 1.25 TRIAC

1.4.5 Tiristores de conducción inversa (RTC).

En muchos circuitos pulsadores e inversores, se conecta un diodo antiparalelo a través de un SCR, con la finalidad de permitir un flujo de corriente inversa debido a una carga inductiva, y para mejorar el requisito de desactivación de un circuito de conmutación. El diodo fija el voltaje de bloqueo inverso del SCR a 1 ó 2v por debajo de las condiciones de régimen permanente. Sin embargo, bajo condiciones transitorias, el voltaje inverso puede elevarse hasta 30v debido al voltaje inducido en la inductancia dispersa del circuito dentro del dispositivo.

Un RTC es un intercambio entre características del dispositivo y requisitos del circuito; puede considerarse como un tiristor con un diodo antiparalelo incorporado, tal y como se muestra en la figura 1.22 Un RTC se conoce también como tiristor asimétrico (ASCR). El voltaje de bloqueo directo varía de 400 a 2000v y la especificación de corriente llega hasta 500 A. El voltaje de bloqueo inverso es típicamente 30 a 40v. Dado que para un dispositivo determinado está preestablecida la relación entre la corriente directa a través de un tiristor y la corriente inversa del diodo, sus aplicaciones se limitarán a diseños de circuitos específicos.

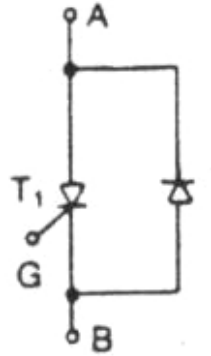


Figura 1.26 Tiristor de conducción inversa

1.4.6 Rectificadores controlados de silicio activados por luz (LASCR).

Este dispositivo se activa mediante radiación directa sobre el disco de silicio provocado con luz. Los pares electrón-hueco que se crean debido a la radiación producen la corriente de disparo bajo la influencia de un campo eléctrico. La estructura de compuerta se diseña a fin de proporcionar la suficiente sensibilidad para el disparo, a partir de fuentes luminosas prácticas (por ejemplo, LED y para cumplir con altas capacidades de di/dt y dv/dt).

Los LASCR se utilizan en aplicaciones de alto voltaje y corriente [por ejemplo, transmisión de CD de alto voltaje (HVDC) y compensación de potencia reactiva estática o de volt-amperes reactivos (VAR)]. Un LASCR ofrece total aislamiento eléctrico entre la fuente de disparo luminoso y el dispositivo de conmutación de un convertidor de potencia, que flota a un potencial tan alto como unos cuantos cientos de kilovoltios.

La especificación de voltaje de un LASCR puede llegar tan alto como 4 kv a 1500 A, con una potencia de disparo luminoso de menos de 100mw. El di/dt típico es 250 A/m s y el dv/dt puede ser tan alto como 2000v/m s.

1.4.7 Tiristores controlados por FET (FET-CTH).

Un dispositivo FET-CTH combina un MOSFET y un tiristor en paralelo, tal y como se muestra en la figura 1.27. Si a la compuerta del MOSFET se le aplica un voltaje

suficiente, típicamente 3v, se genera internamente una corriente de disparo para el tiristor. Tiene una alta velocidad de conmutación, un di/dt alto y un dv/dt alto.

Este dispositivo se puede activar como los tiristores convencionales, pero no se puede desactivar mediante control de compuerta

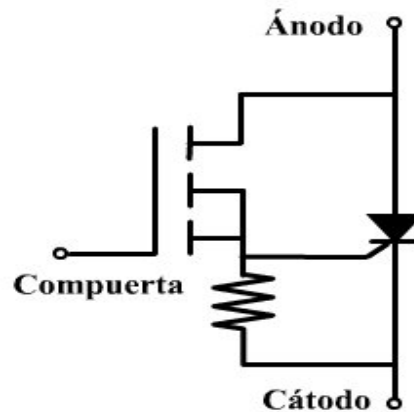


Figura 1.27 FET-CTH

1.4.8 Tiristores controlados por MOS (MCT).

Un tiristor controlado por MOS (MCT) combina las características de un tiristor regenerativo de cuatro capas y una estructura de compuerta MOS. El circuito equivalente se muestra en la figura siguiente (b) y el símbolo correspondiente en la (a). La estructura NPNP se puede representar por un transistor NPN Q_1 y con un transistor Q_2 . La estructura de compuerta MOS se puede representar por un MOSFET de canal p M_1 y un MOSFET de canal n M_2 .

Debido a que se trata de una estructura NPNP, en vez de la estructura PNP de un SCR normal, el ánodo sirve como la terminal de referencia con respecto a la cual se aplican todas las señales de compuerta. Supongamos que el MCT está en estado de bloqueo directo y se aplica un voltaje negativo V_{GA} . Un canal, p (o una capa de inversión) se forma en el material dopado n, haciendo que los huecos fluyan lateralmente del emisor p E_2 de Q_2 (fuente S_1 del MOSFET M_1 del canal p) a través del canal p hacia la base p B_1 de Q_1 (que es drenaje D_1 del MOSFET M_1 , del canal p). Este flujo de huecos forma la corriente de base correspondiente al

transistor npn Q_1 . A continuación el emisor n+ E_1 de Q_1 , inyecta electrones, que son recogidos en la base n B_2 (y en el colector n C_1) que hace que el emisor p E_2 inyecte huecos en la base n B_2 , de tal forma que se active el transistor PNP Q_2 y engancha al MCT. En breve, un V_{GA} de compuerta negativa activa al MOSFET M_1 canal p, proporcionando así la corriente de base del transistor Q_2 .

Supongamos que el MCT está en estado de conducción, y se aplica un voltaje positivo V_{GA} . Se forma entonces un canal n en el material contaminado p, haciendo que fluyan lateralmente electrones de la base n B_2 de Q_2 (fuente S_2 del MOSFET M_2 del canal n) a través del canal n del emisor n+ fuertemente contaminado de Q_1 (drenaje D_2 del MOSFET M_2 del canal n+). Este flujo de electrones desvía la corriente de base del transistor PNP Q_2 de tal forma que su unión base-emisor se desactiva, y ya no habrá huecos disponibles para recolección por la base p B_1 de Q_1 (y el colector p C_2 de Q_2). La eliminación de esta corriente de huecos en la base p B_1 , hace que se desactive el transistor NPN Q_1 , y el MCT regresa a su estado de bloqueo. En breve, un pulso positivo de compuerta V_{GA} , desvía la corriente que excita la base de Q_1 , desactivando por lo tanto el MCT.

El MCT se puede operar como dispositivo controlado por compuerta, si su corriente es menor que la corriente controlable pico. Intentar desactivar el MCT a corrientes mayores que su corriente controlable pico de especificación, puede provocar la destrucción del dispositivo. Para valores más altos de corriente, el MCT debe ser conmutado como un SCR estándar. Los anchos de pulso de la compuerta no son críticos para dispositivos de corrientes pequeñas. Para corrientes mayores, el ancho del pulso de desactivación debe ser mayor. Además, durante la desactivación, la compuerta utiliza una corriente pico. En muchas aplicaciones, incluyendo inversores y pulsadores, se requiere, de un pulso continuo de compuerta sobre la totalidad del período de encendido/apagado a fin de evitar ambigüedad en el estado.

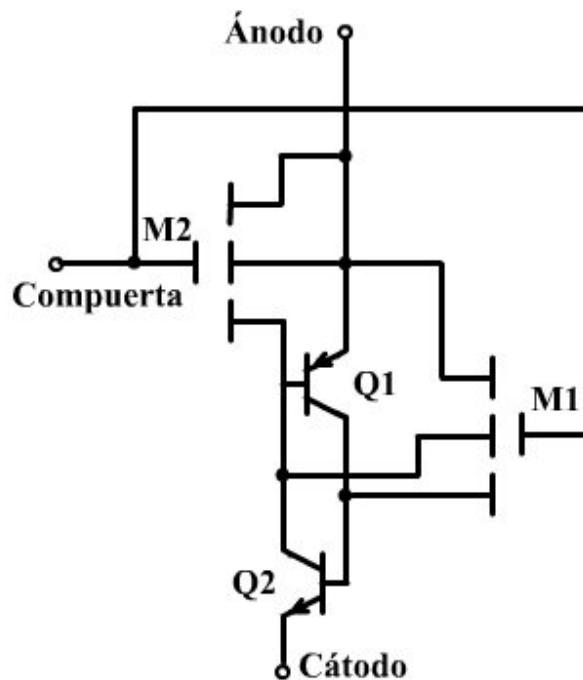


Figura 1.28 MCT

Un MCT tiene (1) una baja caída de voltaje directo durante la conducción: (2) un tiempo de activado rápido, típicamente 0.4m s, y un tiempo de desactivado rápido, típicamente 1.25m s, para un MCT de 300A, 500v; (3) bajas pérdidas de conmutación; (4) una baja capacidad de bloqueo voltaje inverso y (5) una alta impedancia de entrada de compuerta, lo que simplifica mucho los circuitos de excitación. Es posible ponerlo efectivamente en paralelo, para interrumpir corrientes altas, con sólo modestas reducciones en la especificación de corriente del dispositivo. No se puede excitar fácilmente a partir de un transformador de pulso, si se requiere de una polarización continua a fin de evitar ambigüedad de estado.

1.5 INVERSOR

Los inversores CD-ca se emplean en fuentes de energía ininterrumpida y controles de velocidad para motores de ca. Esto se aplica en el control de la magnitud y la frecuencia de la señal de salida. En la mayor parte del tiempo, el flujo de potencia se da desde el lado de CD hacia el lado de ca, requiriendo una operación en modo

inversor, lo cual más comúnmente es conocido como inversor controlado.

Los inversores controlados son de dos tipos: los VSI o inversores fuente de voltaje y los CSI o inversores fuente de corriente. En nuestro caso, el primer tipo será motivo de atención debido a su mayor aplicación dentro de la ingeniería industrial. Existen tres categorías en las que se dividen los VSI, ellas son:

a) Los inversores PWM o de ancho de pulso modulado. Este tipo es capaz de controlar la frecuencia de la señal de salida mediante la modulación del ancho del pulso de los interruptores del inversor.

b) Los inversores de onda cuadrada. Este tipo controla la frecuencia de la señal de salida y la magnitud de salida es controlada por otro dispositivo en la entrada CD del inversor. Sin embargo, la forma de onda lograda a través del mismo es una onda cuadrada.

c) Los inversores monofásicos con inversión de voltaje. Este tipo combina las características de las dos primeras agrupaciones de inversores mencionados y no es aplicable a dispositivos trifásicos

1.5.1 CONCEPTOS BASICOS

Los inversores controlados son en realidad convertidores de cuatro cuadrantes, es decir, el flujo de potencia instantánea ($P_o = V_o I_o$) durante dos intervalos no continuos de cuatro posibles viaja del lado de CD al lado de ca correspondiéndole un modo de operación de inversor. Sin embargo, durante los dos intervalos restantes no continuos, la potencia instantánea fluye del lado de ca al lado de CD, lo cual corresponde a un modo de operación de rectificador. Las variables empleadas para detectar dicho comportamiento son las correspondientes a la salida del inversor V_o e I_o , como se aprecia en la siguiente gráfica:

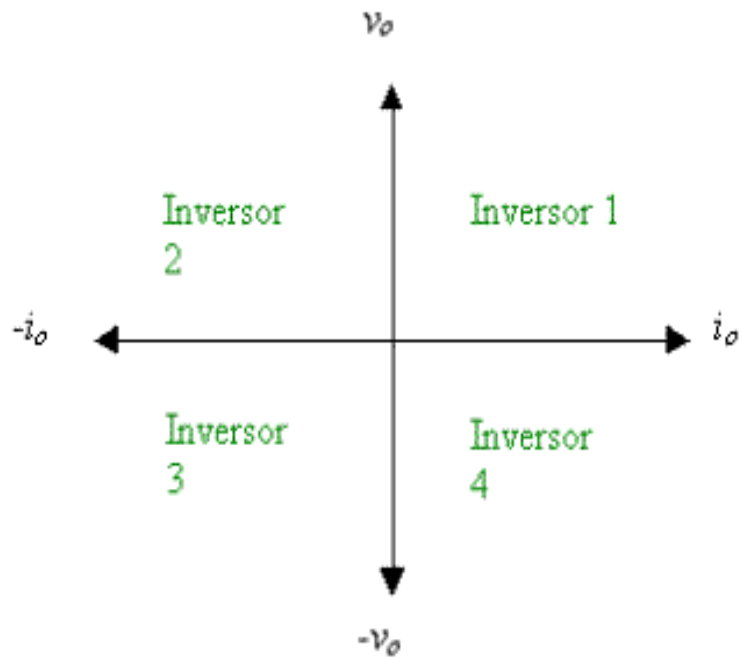


Figura 1.29 Cuadrantes del inversor.

1.5.2 FUNCIONAMIENTO BASICO DE UN PWM

Con el propósito de obtener una señal de voltaje a la salida del inversor con la frecuencia deseada, se compara una señal de control senoidal a la frecuencia deseada con una señal de onda triangular. La frecuencia de la onda triangular corresponde a la frecuencia de interrupción del inversor y por lo general se mantiene constante. La frecuencia de la señal de control es conocida como la frecuencia modulante, mientras que la frecuencia de interrupción es conocida como frecuencia de acarreo. La señal de control se utiliza para modular la razón de servicio del interruptor. De lo anterior, se desprende que en la señal de salida es inevitable la presencia de armónicos y por tanto existen ciertas desviaciones de la señal de onda seno según nuestro interés

Los voltajes de salida que se obtienen dependen de la comparación de las señales y de la condición de los interruptores.

Las frecuencias de interrupción no pueden ser tan altas porque tienen el inconveniente de incrementar proporcionalmente las pérdidas por interrupción dentro del inversor. Esto se evita seleccionando frecuencias de interrupción por debajo de 6kHz o por arriba de 20kHz al rango audible. En las aplicaciones de 50 o 60Hz, donde se requieren frecuencia de salida en el inversor de 200Hz, se seleccionan razones de modulación menores que 9 para frecuencias de interrupción menores de 2kHz, mientras que valores mayores de 100 son típicos a frecuencias de interrupción por arriba de 20kHz.

Las relaciones entre la señal triangular y la señal de control dependen del valor de modulación de la frecuencia (MF). Si dicho valor es muy pequeño ($MF < 21$), se requiere la sincronización de las señales adoptando un entero impar para MF y pendientes de polaridad opuesta al coincidir en el cruce por el cero para ambas señales. Por otro lado, si el valor es grande ($MF > 21$), entonces debemos evitar emplear PWM asíncronos porque los subarmónicos de secuencia cero provocan grandes corrientes, a pesar de que su magnitud es pequeña.

1.5.3 LA SOBREMÓDULACION

Para incrementar la amplitud máxima disponible a la componente de frecuencia fundamental en el voltaje de salida, la razón de modulación de la amplitud se lleva más allá de uno, a lo cual se le denomina sobre modulación. Esto causa un mayor contenido de armónicos en los anchos de bandas y no necesariamente son los armónicos dominantes en la condición de modulación normal. Además, las amplitudes de la componente de frecuencia fundamental no varían linealmente y la forma de onda para el voltaje a la salida del inversor degenera en una onda cuadrada.

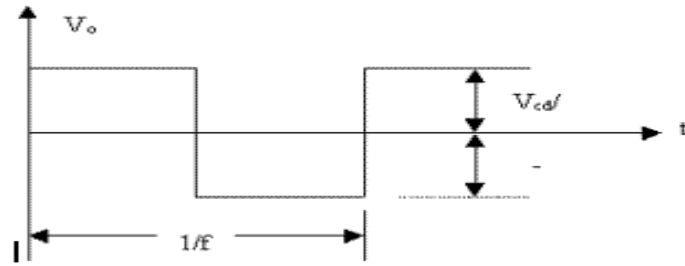


Figura 1.30 Esquema de interrupción de onda cuadrada

Cada interruptor del inversor se mantiene encendido medio ciclo de la frecuencia de salida deseada, lo cual produce una señal de onda cuadrada a la salida como se muestra en la figura 1.30

1.5.4 INVERSORES DE MEDIO PUENTE

El principal funcionamiento de un inversor es producir una señal senoidal alterna en la salida con magnitud y frecuencia que puede ser controladas .

En la figura 1.31 se muestra el circuito de un inversor de medio puente. Su estructura consta de dos capacitores de igual valor conectados en serie a través de la señal de entrada CD, de tal forma que, cada capacitor se carga a la mitad del voltaje de entrada, es decir $(V_S/2)$.

Es necesario tener valores altos de capacitores para poder asumir que el potencial en el punto 0 permanece esencialmente constante con respecto a la terminal N .Asimismo los transistores del inversor de medio puente tiene que soportar un voltaje de valor igual al voltaje de entrada y el valor máximo del voltaje de la onda cuadrada de salida es igual a la mitad del voltaje de entrada. Se tiene la desventaja que uno de sus transistores no está aterrizado. Su principio de operación es el siguiente:

Cuando solo el transistor Q1 esta activo durante el tiempo $T_0/2$,el voltaje instantaneo a traves de la carga V_o es $V_s/2$.Si solo el transistor Q2 esta activo durante un tiempo $T_0/2$, aparece el voltaje $-V_s/2$ a traves de la carga .

El circuito debe diseñarse de tal suerte que Q1 Y Q2 no estén activos simultáneamente en la figura 1.32 se muestra las formas de onda para los voltajes de salida y las corrientes de los transistores en el caso de una carga resistiva.

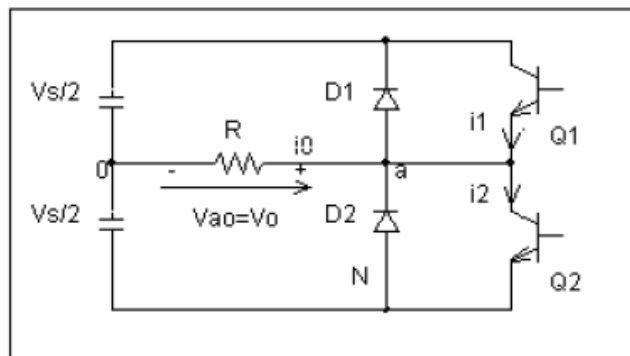


Figura 1.31 circuito inversor de medio puente

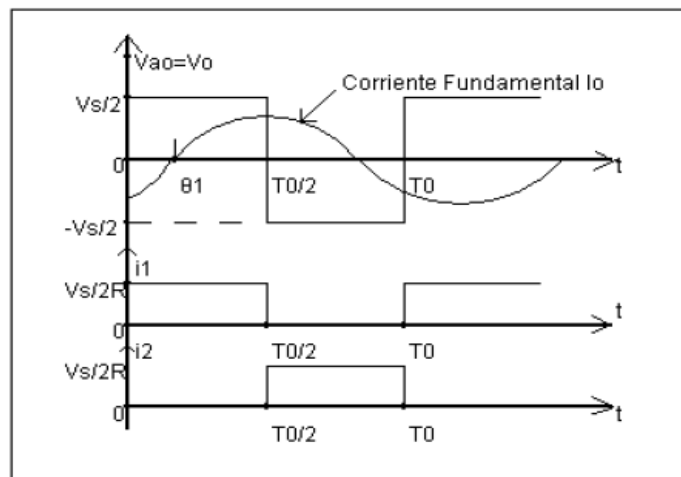


Figura 1.32 Formas de onda con carga.

1.5.5 INVERSORES DE PUENTE COMPLETO

El inversor de puente completo consiste en cuatro transistores .Cuando los transistores Q1 y Q2 se activan simultáneamente, el voltaje de entrada V_s aparece

a través de la carga. Si los transistores Q3 y Q4 se activan al mismo tiempo, el voltaje a través de la carga se invierte, y adquiere el valor $-V_s$. Con la misma entrada de voltaje CD, el máximo valor de voltaje a la salida del inversor de puente completo es el doble que el de medio puente. Esto implica que para la misma potencia, la corriente de salida y la corriente de conmutación son la mitad de aquellas para el inversor de medio puente.

Para altas potencias, esto es una clara ventaja. El inversor de puente completo es utilizado para arreglos que requieran grandes potencias, Su principal desventaja es que dos de sus transistores no se encuentran aterrizados. En la figura 1.33 se muestra el inversor de puente completo.

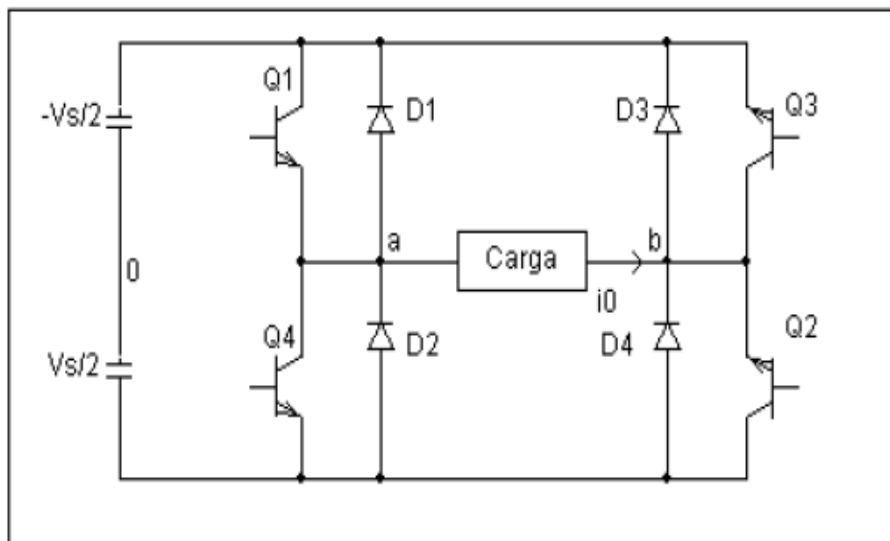


Figura 1.33 Circuito inversor de puente completo

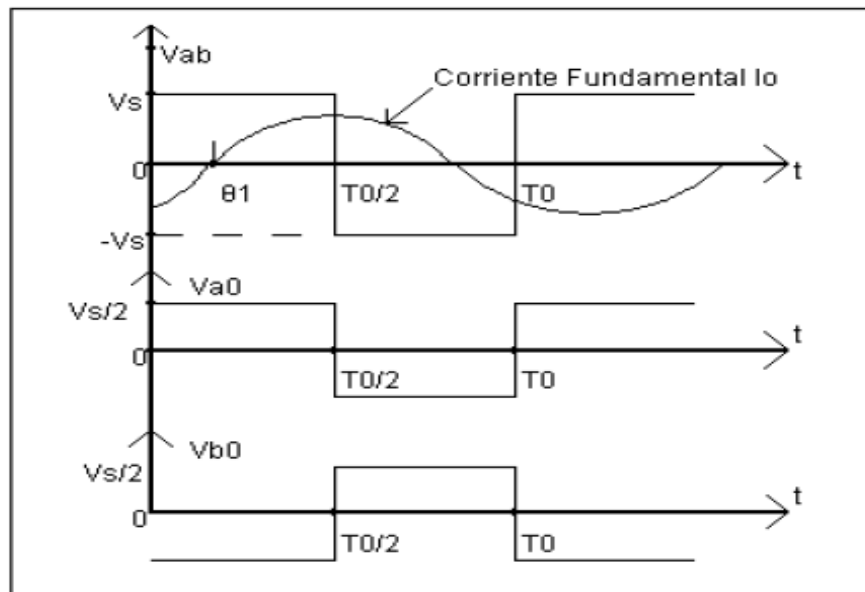


Figura 1.34 Formas de onda con carga.

1.6 LOS MICROCONTROLADORES PIC DE MICROCHIP.

En la actualidad los microcontroladores están conquistando el mundo de la industria debido a la amplia gama de aplicaciones que tiene. Están presentes en nuestra vida diaria, en nuestro trabajo, hasta en nuestro hogar.

Se pueden encontrar en el ratón y en el teclado de las computadoras, en los teléfonos, en los celulares, en los televisores de nuestro hogar. Pero estos pequeños dispositivos a penas comienzan a ser utilizados y el nacimiento del siglo XXI será testigo de la conquista masiva de estas diminutas computadoras, que controlarán la mayor parte de los aparatos eléctricos que fabricamos y usamos los humanos.

Las innumerables áreas de aplicación de estos microcontroladores exigirán un gigantesco trabajo de diseño y fabricación. Aprender a manejar y aplicar microcontroladores solo se consigue desarrollando prácticamente diseños reales.

El presente proyecto tiene como finalidad utilizar al máximo el PIC16F877, o a su vez cualquier otro PIC con las mismas características técnicas. El motivo primordial que nos ha impulsado a utilizar el PIC mencionados es por que presenta una gran

facilidad en su utilización tanto en la programación como en el acople con los demás dispositivos y además conocer un poco mas el funcionamiento de este PIC

1.6.1 ¿QUE ES UN MICROCONTROLADOR?

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

Un microcontrolador de fabrica no realiza tarea alguna, este debe ser programado para que realice desde un simple parpadeo de un leed hasta una sofisticada automatización de una fabrica.

1.6.2 Arquitectura : harvard y tradicional

La arquitectura tradicional de computadoras y microprocesadores se basa en el esquema propuesto por John Von Neumann, en el cual la unidad central de proceso, o CPU, esta conectada a una memoria única que contiene las instrucciones del programa y los datos (Figura 1. 31). El tamaño de la unidad de datos o instrucciones esta fijado por el ancho del bus de la memoria. Es decir que un microprocesador de 8 bits, que tiene además un bus de 8 bits que lo conecta con la memoria, deberá manejar datos e instrucciones de una o más unidades de 8 bits (1 byte) de longitud. Cuando deba acceder a una instrucción o dato de más de un byte de longitud, deberá realizar más de un acceso a la memoria.

Por otro lado este bus único limita la velocidad de operación del microprocesador, ya que no se puede buscar de memoria una nueva instrucción, antes de que finalicen las transferencias de datos que pudieran resultar de la instrucción anterior. Es decir que las dos principales limitaciones de esta arquitectura tradicional son:

La longitud de las instrucciones está limitada por la unidad de longitud de los datos, por lo tanto el microprocesador debe hacer varios accesos a memoria para buscar instrucciones complejas.

La velocidad de operación (o ancho de banda de operación) está limitada por el efecto de cuello de botella que significa un bus único para datos e instrucciones que impide superponer ambos tiempos de acceso.

La arquitectura Von Neumann permite el diseño de programas con código auto modificable, práctica bastante usada en las antiguas computadoras que solo tenían acumulador y pocos modos de direccionamiento, pero innecesarios, en las computadoras modernas.

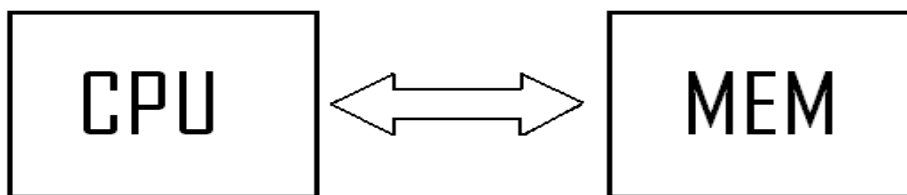


Figura 1.35. Arquitectura Von Neumann

1.6.3 La arquitectura Harvard y sus ventajas.

La arquitectura conocida como Harvard, consiste simplemente en un esquema en el cual el CPU está conectado a dos memorias por intermedio de dos buses separados. Una de las memorias contiene solamente las instrucciones del programa, y es llamada memoria de programa. La otra memoria solo almacena datos y es llamada memoria de datos. Ambos buses son totalmente independientes y pueden ser de distinto ancho. Se puede observar claramente que las principales ventajas de esta arquitectura son:

* El tamaño de las instrucciones no está relacionado con el de los datos, y por lo tanto puede ser optimizado para que cualquier instrucción ocupe una sola posición de memoria de programa, logrando así mayor velocidad y menor longitud de programa.

* El tiempo de acceso a las instrucciones puede superponerse con el de los datos, logrando una mayor velocidad de operación.

Una pequeña desventaja de los procesadores con arquitectura Harvard, es que deben poseer instrucciones especiales para acceder a tablas de valores constantes que pueda ser necesario incluir en los programas, ya que estas tablas se encontrarán físicamente en la memoria del programa (por ejemplo en la EPROM de un microprocesador).

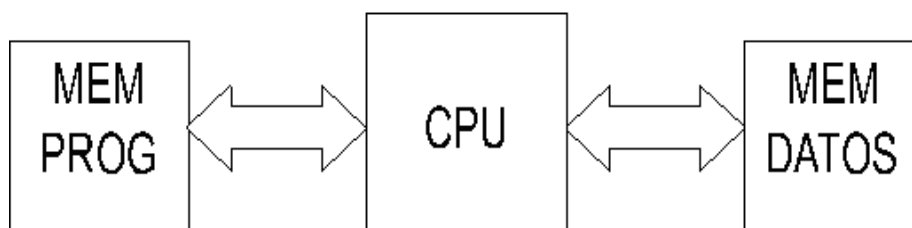


Figura 1.36 . Arquitectura Harvard.

1.6.4 Contador de Programa.

Este registro, normalmente denominado PC, es totalmente equivalente al de todos los microprocesadores y contiene la dirección de la próxima instrucción a ejecutar. Se incrementa automáticamente al ejecutar cada instrucción, de manera que la secuencia natural de ejecución del programa es lineal, una instrucción después de la otra. Algunas instrucciones que llamaremos de control, cambian el contenido del PC alterando la secuencia lineal de ejecución. Dentro de estas instrucciones se encuentran el GOTO y el CALL que permiten cargar en forma directa un valor constante en el PC haciendo que el programa salte a cualquier posición de la memoria. Otras instrucciones de control son los SKIP o “salteos” condicionales, que producen un incremento adicional del PC si se cumple una condición específica, haciendo que el programa salte, sin ejecutar, la instrucción siguiente.

1.6.5 Stack

En los microcontroladores PIC el stack es una memoria interna delicada, de

tamaño limitado, separada de las memorias de datos y de programa, inaccesible al programador, y organizada en forma de pila, que es utilizada solamente, y en forma automática, para guardar las direcciones de retorno de subrutinas e interrupciones. Cada posición es de 11 bits y permite guardar una copia completa del PC. Como en toda memoria tipo pila, los datos son accedidos de manera tal que el primero que entra es el último que sale.

1.6.6 Palabra de Estado del Procesador.

La palabra de estado del procesador contiene tres bits de estado de la ALU (C, DC y Z), y otros bits que por comodidad se incluyeron en este registro. El bit Z indica que el resultado de la última operación fue CERO. El bit C indica acarreo del bit más significativo (bit 7) del resultado de la última operación de suma. En el caso de la resta se comporta a la inversa, C resulta 1 si no hubo pedido de préstamo. El bit DC (digit carry) indica acarreo del cuarto bit (bit 3) del resultado de la última operación de suma o resta, con un comportamiento análogo al del bit C, y es útil para operar en BCD (para sumar o restar números en código BCD empaquetado). El bit C es usado además en las operaciones de rotación derecha o izquierda como un paso intermedio entre el bit 0 y el bit 7.

El bit PD (POWER DOWN) sirve para detectar si la alimentación fue apagada y encendida nuevamente, tiene que ver con la secuencia de inicialización, el watch dog timer y la instrucción sleep, y su uso se detallará en la sección referida al modo POWER DOWN. El bit TO (TIME-OUT) sirve para detectar si una condición de reset fue producida por el watch dog timer, está relacionado con los mismos elementos que el bit anterior y su uso se detallará en la sección referida al WATCH DOG TIMER. Los bits de selección de página PA0/PA1/PA2 se utilizan en las instrucciones de salto GOTO y CALL, y se explicaran con detalle en la sección referida a las instrucciones de control, y a la organización de la memoria de programa. En realidad en el 16C54 estos bits no se usan y sirven para propósitos generales.

En el 16C57 el PA0 si se usa pero los otros dos no. En el 16C55 se utilizan PA0 y PA1. PA2 esta reservado para uso futuro y en cualquiera de los PIC 16C5X sirve para propósitos generales.

1.6.7 Puertos de entrada / salida.

Los microprocesadores PIC16F877 tienen cinco puertos de entrada/salida paralelo de usos generales llamados Puerto A, Puerto B y Puerto C, Puerto D, Puerto E. A continuación se presenta la descripción de cada uno de los puertos ya mencionados.

Puerto A:

- 2 Puerto de e/s de 6 pines.
- 3 RA0 è RA0 y AN0.
- 4 RA1 è RA1 y AN1.
- 5 RA2 è RA2, AN2 y Vref-.
- 6 RA3 è RA3, AN3 y Vref+.
- 7 RA4 è RA4 (Salida en colector abierto) y T0CKI(Entrada de reloj del modulo Timer0).
- 8 RA5 è RA5, AN4 y SS (Selección esclavo para el puerto serie síncrono).

Puerto B:

- 1 Puerto e/s 8 pines.
- 2 Resistencias pull-up programables.
- 3 RB0 è Interrupción externa.
- 4 RB4-7 interrupción por cambio de flanco.
- 5 RB5-RB7 y RB3 è programación y debugger in circuito.

Puerto C:

- 1 Puerto e/s de 8 pines.
- 2 RC0 è RC0, T1OSO (Timer1 salida oscilador) y T1CKI (Entrada de reloj del

modulo.

Timer 1

- 1 RC1-RC2 è PWM/COMP/CAPT.
- 2 RC1 è T1OSI (entrada osc timer1).
- 3 RC3-4 è IIC.
- 4 RC3-5 è SPI.
- 5 RC6-7 è USART.

Puerto D:

- 1 Puerto e/s de 8 pines
- 2 Bus de datos en PPS (Puerto paralelo esclavo)
- 3 Puerto E:
- 4 Puerto de e/s de 3 pines
- 5 RE0 è RE0 y AN5 y Read de PPS
- 6 RE1 è RE1 y AN6 y Write de PPS
- 7 RE2 è RE2 y AN7 y CS de PPS

DISPOSITIVOS PERIFERICOS

- 1 Timer0: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler de 8 bits.
- 2 Timer1: Temporizador-contador de 16 bits con preescaler que puede.
- 3 Incrementarse en modo sleep de forma externa por un cristal/clock.
- 4 Timer2: Temporizador-contador de 8 bits con preescaler y postescaler.
- 5 Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (Modulación de Anchura de impulsos).
- 6 Conversor A/D de 10 bits.
- 7 Puerto Serie Síncrono Master (MSSP) con SPI e I²C (Master/Slave).
- 8 USART/SCI (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) con 9 bit.
- 9 Puerta Paralela Esclava (PSP) solo en encapsulados con 40 pines.

1.6.8 Temporizador/Contador (RTCC)

Este dispositivo, llamado Real Time Clock / Counter, es básicamente un contador de 8 bits, constituido por el registro operacional RTCC que se encuentra en la posición 01 de la memoria de datos. Este registro puede usarse para contar eventos externos por medio de un pin de entrada especial (modo contador) o para contar pulsos internos de reloj de frecuencia constante (modo timer). Además, en cualquiera de los dos modos, se puede insertar un prescaler, es decir un divisor de frecuencia programable que puede dividir por 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 o 256. Este divisor puede ser utilizado alternativamente como prescaler del RTCC o como postscaler del Watch Dog Timer, según se lo programe.

Para su programación se dispone de dos registros: el RTCC ya mencionado y el registro OPTION. Este último no es accesible como memoria de datos, no se lo puede leer de ninguna manera, y solo se lo puede escribir con la instrucción especial OPTION (familia PIC16C5X). Este registro contiene los bits necesarios para seleccionar modo contador o modo timer, flanco de conteo en modo contador, prescaler para RTCC o para WDT y constante de división del prescaler.

1.7 DIVERSIDAD DE MODELOS DE MICROPROCESADORES.

La gran variedad de modelos de microprocesadores PIC permite que el usuario pueda seleccionar el más conveniente para su proyecto.

Microchip dispone de cuatro familias de microcontroladores de 8 bits para adaptarse a las necesidades de la mayoría de clientes potenciales.

1.7.1 La gama enana: PIC12C(F)XXX de 8 patitas.

Se Trata de un grupo de PIC de reciente aparición que ha acaparado la atención del mercado. Su principal característica es su reducido tamaño, al disponer todos sus componentes de 8 patitas. Se alimentan con un voltaje de corriente continua comprendida entre 2,5V y 5,5V , y consumen menos de 2mA cuando trabajan a 5V y 4 MHz. El formato de sus instrucciones puede ser de 12 o 14 bits y su repertorio es de 33 o 35 instrucciones, respectivamente. En la figura 1.33 se muestra el

diagrama de conexionado de uno de estos PIC.

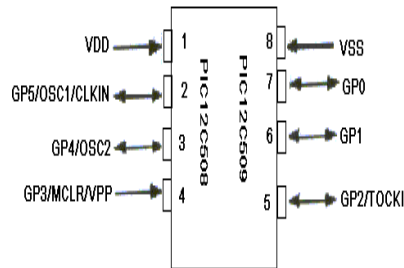


Figura 1.37 Diagrama de conexiones de los PIC12Cxx (gama enana)

Aunque los PIC enanos tienen 8 patitas, pueden destinar hasta 6 líneas de E/S para los periféricos porque disponen de un oscilador interno R-C.

1.7.2 Gama baja o básica: PIC16C5X con instrucciones de 12 bits

Se trata de una serie de PIC de recursos limitados, pero con una de las mejores relaciones costo/prestaciones. Sus versiones están encapsuladas con 18 y 28 patitas y pueden alimentarse a partir de una tensión de 2,5V, lo que les hace ideales en las aplicaciones que funcionan con pilas teniendo en cuenta su bajo consumo de energía (menos de 2mA a 5 V y 4MHz). Tienen un repertorio de 33 instrucciones cuyo formato consta de 12 bits. No admiten ningún tipo de interrupción y la pila sólo dispone de dos niveles.

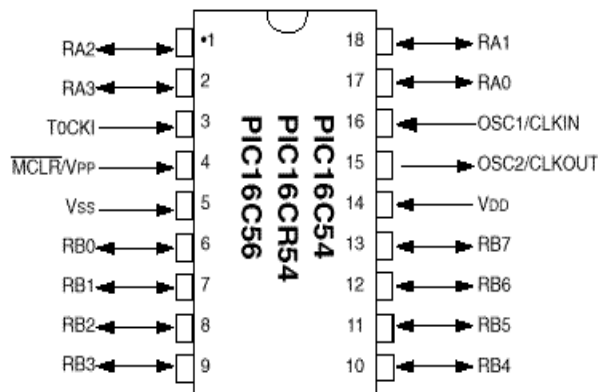


Figura 1.38 Diagrama de los PIC's PIC16C54, PIC16CR54, PIC16C56

1.7.3 Gama media. PIC16CXXX con instrucciones de 14 bits

Es la gama más variada y completa de los PIC. Abarca con encapsulado desde 18 patitas hasta 68, cubriendo varias opciones que integran abundantes periféricos.

Dentro de esta gama se halla el fabuloso PIC16CX84 y sus variantes.

En esta gama sus componentes añaden nuevas prestaciones a las que poseían los de la gama baja, haciéndoles más adecuados en las aplicaciones complejas. Admiten interrupciones, poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertos serie diversos temporizadores

1.7.4 Gama alta: PIC17XXX con instrucciones de 16 bits.

Se alcanzan las 58 instrucciones de 16 bits en el repertorio y sus modelos disponen de un sistema de gestión de interrupciones sectorizadas muy potentes. También incluyen variados controladores periféricos, puertas de comunicación serie y paralelo con elementos externos, un multiplicador hardware de gran velocidad y mayores capacidades de memoria, que alcanza los 8 K palabras en la memoria de instrucciones y 454 bytes en la memoria de datos.

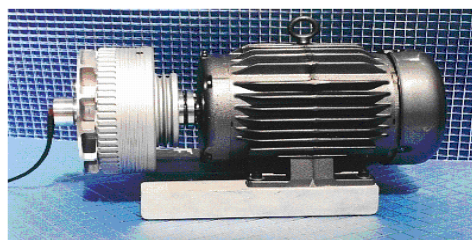
Quizás la característica más destacable de los componentes de esta gama es su arquitectura abierta, que consiste en la posibilidad de ampliación del micro con elementos externos. Para este fin, las patitas sacan al exterior las líneas de buses de datos, direcciones y control, a las que se conectan memorias o controladores de periféricos. Esta facultad obliga a estos componentes a tener un elevado número de patitas comprendido entre 40 y 44. Esta filosofía de construcción del sistema es la que se emplea en los microcontroladores y no suele ser una práctica habitual cuando se emplean microcontroladores.

1.8 VARIADORES DE VELOCIDAD QUE EXISTEN EN LA ACTUALIDAD

Hoy en día el avance de la tecnología en todos los ámbitos de la industria crece a pasos agigantados tal es el caso de los varedores de velocidad para motores de

A.C que son utilizados en las diversas areas de producción en las fabricas, pero muchas de las veces debido a su costo e incluso a la complejidad en el manejo se los debe obviar en los procesos de producción, en el mercado se puede encontrar una amplia gama de vareadores tal es el caso de vareadores electrónicos DANFOS como vareadores magnéticos PAYBACK o momo vareadores de velocidad mecánicos que vienen acoplados de por si a los motores, pero cada uno de ellos tienen sus limitaciones ya que las características del motor es uno de los aspectos fundamentales y se convierte en un limitante para la aplicación de vareadores ya mencionados.

El reto, entonces es encontrar ese mecanismo que garantice una relación costo / beneficio y que requiera la menor cantidad de esfuerzo en su implantación y uso es de allí que surge la idea de crear o implantar este vareador de velocidad para motores de A.C que sin ser costoso permite un desempeño del motor en forma adecuada asiendo que el trabajo a realizar sea el correcto.



PAYBACK: VAREADOR MAGNÉTICO DE VELOCIDAD

Figura 1.39. Tipos de vareadores existentes en el mercado.

1.8.1 IMPORTANCIA DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD EN LA INDUSTRIA.

El comando y protección electrónica de motores provee un desempeño mayor que las soluciones tradicionales electromecánicas. Cuando la necesidad sea arrancar un motor, la opción será elegir entre los métodos tradicionales electromecánicos de arranque (directo o a tensión reducida como estrella triángulo o auto transformador para motores jaula, o con resistencias rotóricas para motores de rotor bobinado, entre otros), y un arrancador electrónico progresivo. Si las necesidades de la aplicación son de variar velocidad y controlar el par, las opciones son utilizar alguna solución mecánica, un motor especial (de corriente continua, servo, etc.), ó un motor asincrónico jaula de ardilla con variador de frecuencia.

1.8.2 VARIADOR DE VELOCIDAD

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y el torque de los motores asincrónicos convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- 1 Dominio de torque y la velocidad
- 2 Regulación sin golpes mecánicos
- 3 Movimientos complejos
- 4 Mecánica delicada

1.9 El Micro Basic

Micro Basic es una excelente herramienta de programación que permite crear aplicaciones propias (programas) para Windows 95/98 o Windows NT. Con ella se puede crear desde una simple calculadora hasta una hoja de cálculo de la talla de

Excel , pasando por un procesador de textos o cualquier otra aplicación que se le ocurra al programador. Sus aplicaciones en Ingeniería son casi ilimitadas: representación de funciones matemáticas, gráficas termodinámicas, simulación de circuitos, control de sistemas , etc.

Este programa permite crear ventanas, botones, menús y cualquier otro elemento de Windows de una forma fácil e intuitiva sin limitación para ello, este programa es bastante similar al Visual Basic, cuando se arranca el programa se puede visualizar la pantalla de la Figura 1.40

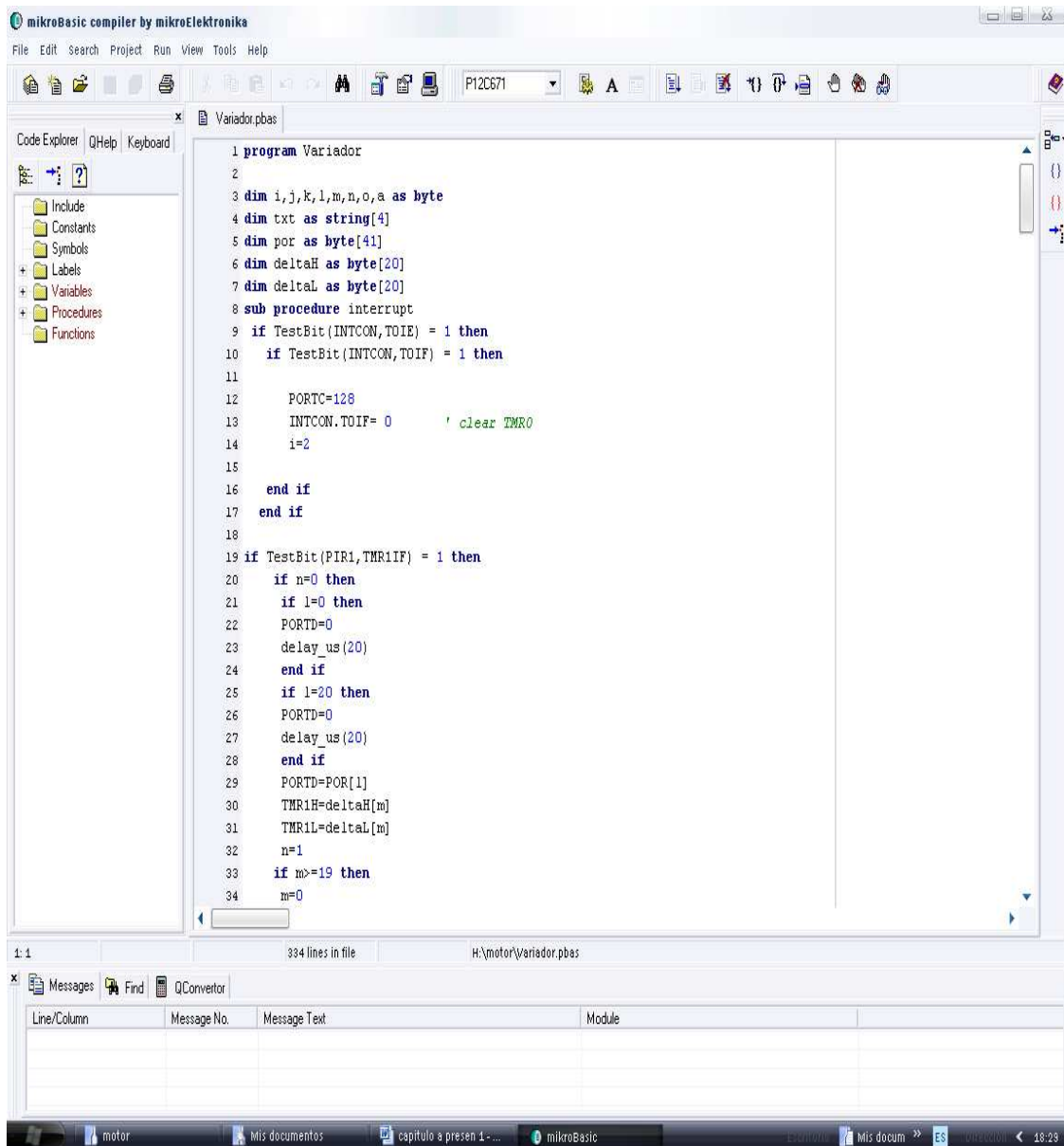


Figura 1.40 Entorno de programación del Micro Basic.

1.10 EL GRABADOR.

El grabador no es otra cosa que una tarjeta electrónica compuesta de varios zócalos con la finalidad de poder grabar diferentes tipos de microcontroladores por ejemplo de 8,18,28 y 40 pines incluso este tipo de sistemas pueden grabar memoria EEPROM.

La grabación de estos dispositivos se la realiza mediante un programa de

comunicación, las instrucciones llegan al microcontrolador a través de la conexión por el puerto serial del computador.

1.11 EL SIMULADOR.

Es un programa por medio del cual podemos controlar la función que desempeñara el microcontrolador en nuestro proyecto, estos simuladores no funcionan en tiempo real y no pueden adaptarse a periféricos externos.

Microchip posee varios tipos de simuladores y varias versiones de cada uno de ellos como por ejemplo MICROCODE, MPSIM, MICROSYSTEMS, MPLAB, este último posee un editor de texto, funciones para el manejo de proyectos, un simulador interno y una variedad de herramientas que nos ayudarán enormemente en la elaboración y ejecución de proyectos.

1.12 CONSIDERACIONES BASICAS PARA EL MICROCONTROLADOR.

1 Recuerde que el PIC tiene tecnología cmos, esto quiere decir que consume muy poca corriente pero que a la vez es susceptible de daños por estática, se recomienda utilizar pinzas para manipular y así poder transportar desde el grabador al protoboard o viceversa, o a su vez utilizar una manilla antiestática

2 No sobrepase los niveles de corriente, tanto de entrada como de salida, recuerde que el PIC puede entregar por cada uno de sus pines una corriente máxima de 25mA. Esto quiere decir que puede encender un leed con una resistencia de 330Ω .

3 En algunos casos es necesario conectar un capacitor de 0.1uF en paralelo al PIC, este evita mal funcionamiento que podría ocurrirle, en especial cuando utilizamos teclados matriciales y tenemos adicionalmente un buffer activo.

4 Cuando se necesita precisión en el trabajo del PIC se recomienda utilizar un cristal oscilador exterior de 4 MHZ en adelante ya que el oscilador interno RC que posee no tiene muy buena precisión. En un experimento realizado se conecto dos PIC idénticos con el mismo programa el cual consistía en hacer parpadear un leed con intervalos de 1 segundo, ambos PIC compartían la misma fuente ambos y al

momento de arrancar los dos parpadeos eran iguales, al transcurso de unos minutos los leed se habían desigualado esto demuestra que la calibración interna en los micros no es igual si se utiliza cristales externos los micros no se desigualan nunca debido a la precisión de frecuencia que entrega cada uno de ellos.

1.13 LENGUAJE BASIC

Es una familia de lenguajes de programación. Fue originalmente ideado como una herramienta de enseñanza, se diseminó entre los microcomputadores caseros en la década de 1980, y sigue siendo popular hoy en día en muchos dialectos bastante distintos del original.

BASIC es el acrónimo de **B**eginners **A**ll-purpose **S**ymbolic **I**nstruction **C**ode (en español 'código de instrucciones simbólicas de propósito general para principiantes') y está ligado al nombre de un trabajo sin publicar del co inventor del lenguaje, Thomas_Kurtz.

1.13.1 Antecedentes

Antes de mediados de la década de 1960, las computadoras eran herramientas sumamente caras que eran utilizadas únicamente para propósitos especiales, ejecutando una sola "tarea" a la vez. Sin embargo, durante esa década, los precios comenzaron a bajar al punto que incluso las pequeñas empresas podían costearlas. La velocidad de las máquinas se incrementó al punto que a menudo quedaban ociosas porque no había suficientes tareas para ellas. Los lenguajes de programación de aquellos tiempos estaban diseñados como las máquinas en las que corrían: para propósitos específicos como el procesamiento de fórmulas. Como las máquinas para una sola tarea eran caras, se consideraba que la velocidad de ejecución era la característica más importante de todas. En general, todas eran difíciles de utilizar, y aportaban poca estética.

Fue en aquellos tiempos que el concepto de sistema de Tiempo_compartido comenzó a popularizarse. En uno de estos sistemas, el tiempo de procesamiento de la computadora principal se dividía, y a cada usuario se le otorgaba una

pequeña porción en una secuencia. Las máquinas eran lo suficientemente rápidas como para engañar a la mayoría de usuarios, dándoles la ilusión de que disponían de una máquina entera solo para ellos. En teoría la distribución del tiempo entre los usuarios redujo considerablemente el costo de la computación, ya que una sola máquina podía ser compartida, al menos en teoría, entre cientos de usuarios.

1.13.2 Nacimiento y primeros años

El lenguaje BASIC original fue inventado en 1964 por John George_Kemeny (1926-1993) y Thomas_Eugene_Kurtz (1928) en el Dartmouth_College. En los años subsiguientes, mientras que otros dialectos de BASIC aparecían, el BASIC original de Kemeny y Kurtz era conocido como BASIC Dartmouth.

BASIC fue diseñado para permitir a los estudiantes escribir programas usando terminales del computador de tiempo compartido. BASIC estaba intencionado para facilitar los problemas de complejidad de los lenguajes anteriores, con un nuevo lenguaje diseñado específicamente para la clase de usuarios que los sistemas de tiempo compartido permitían: un usuario más sencillo, a quien no le interesaba tanto la velocidad, sino el hecho de ser capaz de usar la máquina. Los diseñadores del lenguaje también querían que permaneciera en el dominio público, lo que contribuyó a que se diseminara.

Los ocho principios de diseño de BASIC fueron:

1. Ser fácil de usar para los principiantes.
2. Ser un lenguaje de propósito general.
3. Permitir que los expertos añadieran características avanzadas, mientras que el lenguaje permanecía simple para los principiantes.
4. Ser interactivo.
5. Proveer mensajes de error claros y amigables.
6. Responder rápido a los programas pequeños.
7. No requerir un conocimiento del hardware de la computadora.
8. Proteger al usuario del sistema_operativo.

El lenguaje fue en parte basado en FORTRAN II y en parte en Algol_60, con adiciones para hacerlo apropiado para tiempo compartido y aritmética de matrices, BASIC fue implementado por primera vez en la mainframe GE_265 que soportaba múltiples terminales. Contrario a la creencia popular, era un lenguaje compilado al momento de su introducción. Casi inmediatamente después de su lanzamiento, los profesionales de computación comenzaron a alegar que BASIC era muy lento y simple. Tal argumento es un tema recurrente en la industria de los computadores. Aún así, BASIC se expandió hacia muchas máquinas, y se popularizó moderadamente en las mini_computadoras como la serie DEC_PDP y la Data General_Nova. En estos casos, el lenguaje era implementado como un intérprete, en vez de un compilador, o alternativamente, de ambas formas.

1.13.3 El Lenguaje.

Sintaxis.

Una sintaxis muy mínima de BASIC sólo necesita los comandos LET, PRINT, IF y GOTO. Un intérprete que ejecuta programas con esta sintaxis mínima no necesita una pila. Algunas de las primeras implementaciones eran así de simples. Si se le agrega una pila, se pueden agregar también ciclos FOR anidados y el comando GOSUB. Un intérprete de BASIC con estas características necesita que el código tenga números de línea.

Los dialectos modernos de BASIC MIUN han abandonado los números de línea, y la mayoría (o todos) han añadido control de flujo_estructurado y los constructores de declaración de datos como los de otros lenguajes como C y Pascal:

- do
- loop
- while
- until
- exit
- on ... goto
- gosub

- switch
- case

Variantes recientes como Visual Basic han introducido características orientadas a objetos, y hasta herencia en la última versión. La administración de memoria es más fácil que con muchos otros lenguajes de programación procedimentales debido al Recolector de basura (a costas de la velocidad de ejecución).

1.13.4 Procedimientos y Control de Flujo.

BASIC no tiene una biblioteca externa estándar como otros lenguajes como C. En cambio, el intérprete (o compilador) contiene una biblioteca incorporada de procedimientos intrínsecos. Estos procedimientos incluyen la mayoría de herramientas que un programador necesita para aprender a programar y escribir aplicaciones sencillas, así como funciones para realizar cálculos matemáticos, manejar cadenas, entrada de la consola, gráficos y manipulación de archivos.

Algunos dialectos de BASIC no permiten que los programadores escriban sus propios procedimientos. Los programadores en cambio deben escribir sus programas con un gran número de enunciados GOTO para hacer las ramificaciones del programa. Esto puede producir un código fuente muy confuso, comúnmente referido como Código espagueti. Los enunciados GOSUB ramifican el programa a una especie de subrutinas sin parámetros o variables locales. La mayoría de versiones de BASIC modernas, como Microsoft QuickBASIC han añadido soporte completo para subrutinas, funciones y programación estructurada. Este es otro área donde BASIC difiere de otros muchos lenguajes de programación. BASIC, como Pascal, hace una distinción entre un procedimiento que no devuelve un valor (llamado subrutina) y un procedimiento que lo hace (llamado función). Muchos otros lenguajes (como C) no hacen esa distinción y consideran todo como una función (algunas que devuelven un valor "void" [vacío]).

Mientras que las funciones que devuelven un valor son una adición relativamente

reciente a los dialectos de BASIC, muchos de los primeros sistemas soportaban la definición de funciones matemáticas en línea, con DEF FN ("DEFine FunctioN" [Definir Función]).

1.13.5 Tipos de Datos

BASIC es reconocido por tener muy buenas funciones para manipular cadenas. Los primeros dialectos ya tenían un juego de funciones fundamentales (LEFT\$, MID\$, RIGHT\$) para manipular cadenas fácilmente. Como las cadenas son utilizadas en aplicaciones diarias, esta era una ventaja considerable sobre otros lenguajes al momento de su introducción.

El Dartmouth BASIC original soportaba únicamente datos de tipo numérico y cadenas. No había un tipo entero. Todas las variables numéricas eran de punto flotante. Las cadenas eran de tamaño dinámico. Los arreglos de ambos, números y cadenas, eran soportados, así como matrices (arreglos de dos dimensiones).

Cada dialecto moderno de BASIC posee al menos los tipos de datos entero y cadena. Los tipos de datos son generalmente distinguidos por un posfijo, los identificadores de cadenas terminan con \$ (signo de dólar), mientras que los enteros no lo hacen. En algunos dialectos, las variables deben ser declaradas (con DIM) antes de usarse; otros dialectos no lo requieren, pero tienen la opción para hacerlo (típicamente usando una directiva como OPTION EXPLICIT).

Muchos dialectos también soportan tipos adicionales, como enteros de 16 y 32 bits y números de punto flotante. Adicionalmente algunos permiten la utilización de tipos definidos por el usuario, similar a los "records" de Pascal, o las "structs" de C. La mayoría de dialectos de BASIC además de los arreglos de tipos primitivos, también soportan arreglos de otros tipos. En algunos, los arreglos deben ser declarados antes de que puedan usarse (con el enunciado DIM). Es común también el soporte para arreglos de dos y más dimensiones.

1.14 LOS ARMONICOS

En un sistema de potencia eléctrica, los aparatos y equipos que se conectan a él, tanto por la propia empresa como por los clientes, están diseñados para operar a 60 ciclos, con una tensión y corriente sinusoidal. Por diferentes razones, se puede presentar un flujo eléctrico en frecuencias de 60 ciclos sobre algunas partes del sistema de potencia o dentro de la instalación de un usuario. La forma de onda existente esta compuesta por un número de ondas sinusoidales de diferentes frecuencias, incluyendo una referida a la frecuencia fundamental.

Los armónicos se definen habitualmente con los dos datos más importantes que les caracterizan, que son:

- 1 su amplitud: hace referencia al valor de la tensión o intensidad del armónico,
- 2 su orden: hace referencia al valor de su frecuencia referido a la fundamental (60 Hz). Así, un armónico de orden 3 tiene una frecuencia 3 veces superior a la fundamental, es decir $3 * 60 \text{ Hz} = 180 \text{ Hz}$.

El orden del armónico, también referido como el rango del armónico, es la razón entre la frecuencia de un armónico f_n y la frecuencia del fundamental (60 Hz) (Por principio, la fundamental f_1 tiene rango 1).

1.14.1 ORIGEN DE LOS ARMONICOS.

En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales, lo cual significa que su impedancia no es constante (está en función de la tensión). Estas cargas no lineales a pesar de ser alimentadas con una tensión sinusoidal adsorben una intensidad no sinusoidal, pudiendo estar la corriente desfasada un ángulo ϕ respecto a la tensión. Para simplificar se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red.

Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como: variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc. Otro tipo de cargas tales como: reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc., también

inyectan armónicos. El resto de las cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos inductancias, resistencias y condensadores.

Existen dos categorías generadoras de armónicos. La primera es simplemente las cargas no lineales en las que la corriente que fluye por ellas no es proporcional a la tensión. Como resultado de esto, cuando se aplica una onda sinusoidal de una sola frecuencia, la corriente resultante no es de una sola frecuencia. Transformadores, reguladores y otros equipos conectados al sistema pueden presentar un comportamiento de carga no lineal y ciertos tipos de bancos de transformadores multifase conectados en estrella-estrella con cargas desbalanceadas o con problemas en su puesta a tierra. Diodos, elementos semiconductores y transformadores que se saturan son ejemplos de equipos generadores de armónicos, estos elementos se encuentran en muchos aparatos eléctricos modernos.

Invariablemente esta categoría de elementos generadores de armónicos, lo harán siempre que estén energizados con una tensión alterna. Estas son las fuentes originales de armónicos que se generan sobre el sistema de potencia.

El segundo tipo de elementos que pueden generar armónicos son aquellos que tienen una impedancia dependiente de la frecuencia. Para entender esto más fácilmente mencionaremos algunos conceptos previos.

O sea, a una determinada frecuencia pueden tener una impedancia constante pero su impedancia varía en función de la frecuencia, ejemplo 3 W a 60 ciclos, 5 W a 120 ciclos, etc., Filtros eléctricos y electrónicos, servomecanismos de motores, variadores de velocidad de motores tienen estas características.

Estos tipos de elementos no generan armónicos si son energizados con una tensión de una sola frecuencia, sin embargo, se distorsiona la entrada, si existe más de una frecuencia y pueden alterar el contenido de armónicos. Estos elementos pueden mitigar o incrementar el problema del contenido de armónicos. Las dos categorías de equipos generadores de armónicos, pueden originar una interacción compleja en la cual la energía de los armónicos es transformada o multiplicada de una frecuencia a otra.

En la tabla se indican los elementos generadores de armónicos más comunes. En determinadas circunstancias la sobrecarga o daño de equipos pueden ser la causa de generación de armónicos. La gran cantidad de los armónicos en la mayoría de los sistemas de potencia son generados por los equipos de los usuarios.

Los usuarios residenciales, comerciales e industriales, tienen una gran cantidad de equipos como hornos de microondas, computadoras, sistemas con control robótica, televisión, VCR, estéreos y otros equipos. Todos estos equipos contribuyen con la generación de cantidades variables de armónicos. Aún ventiladores eléctricos y simples motores de inducción trabajando sobrecargados pueden contribuir a la creación de armónicos. Las salidas de armónicos de estos múltiples aparatos pueden sumarse y originar problemas en el sistema de potencia.

Fuentes de frecuencia armónicas

Convertidores de AC-DC	Elementos magnéticos saturables
Hornos de arco AC-DC	Capacitores en paralelo
Balastos de lámparas fluorescentes	Variadores de <u>velocidad</u> de motores
Motores de <u>inducción</u> sobrecargados	Oscilaciones de baja frecuencia
Convertidores multifase	Problemas de neutro
	Capacitores serie
	Corriente de Inrush
	Transformadores estrella-estrella

Cuadro 1.1 Fuentes de frecuencia armónicas.

Fuentes de frecuencia no armónicas.

Controladores de velocidad	Convertidores de frecuencia
----------------------------	-----------------------------

Motores de inducción de doble alimentación.	Motor generador mal puesto a tierra.
---	--------------------------------------

Cuadro 1.2 Fuentes de frecuencia no armónicas.

1.14.2 PRINCIPALES DISTURBANCIAS CAUSADAS POR ARMONICOS DE CORRIENTE Y VOLTAJE.

Los armónicos de corriente y voltajes sobrepuestos a la onda fundamental tienen efectos combinados sobre los equipos y dispositivos conectados a las redes de distribución.

Para detectar los posibles problemas de armónicos que pueden existir en las redes e instalaciones es necesario utilizar equipos de medida de verdadero valor eficaz, ya que los equipos de valor promedio sólo proporcionan medidas correctas en el caso de que las ondas sean perfectamente sinusoidales. En el caso en que la onda sea distorsionada, las medidas pueden estar hasta un 40 % por debajo del verdadero valor eficaz

El efecto principal causado por los armónicos consiste en la aparición de voltajes no sinusoidales en diferentes puntos del sistema. Ellos son producidos por la circulación de corrientes distorsionadas a través de las líneas. La circulación de estas corrientes provoca caídas de voltaje deformadas que hacen que a los nodos del sistema no lleguen voltajes puramente sinusoidales. Mientras mayores sean las corrientes armónicas circulantes a través de los alimentadores de un sistema eléctrico de potencia, más distorsionadas serán los voltajes en los nodos del circuito y más agudos los problemas que pueden presentarse por esta causa.

Los voltajes no sinusoidales son causantes de numerosos efectos que perjudican los equipos conectados al sistema. Entre estos efectos se pueden mencionar la reducción de la vida útil del equipamiento de potencia así como la degradación de su eficiencia y funcionamiento en general.

Los efectos perjudiciales de estos armónicos dependen del tipo de carga encontrada, e incluye:

- Efectos instantáneos.
- Efectos a largo plazo debido al calentamiento.

a) Efectos instantáneos: Armónicos de voltajes pueden distorsionar los controles usados en los sistemas electrónicos. Ellos pueden por ejemplo afectar las condiciones de conmutación de los tiristores por el desplazamiento del cruce por cero de la onda de voltaje.

b) Efectos a largo plazo: El principal efecto a largo plazo de los armónicos es el calentamiento a los diferentes dispositivos que conforman las maquinas como son condensadores, cables, etc.

CAPITULO 2

2. DESCRIPCION DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

El variador de velocidad consta de 8 velocidades las mismas que se van incrementando o decrementando cada cinco HZ dependiendo del requerimiento del operador hasta llegar a su frecuencia nominal que es de 60 HZ o hasta que la frecuencia llegue al valor mínimo que es de 0 HZ los cálculos aproximados del circuito en si permitieron obtener estas características, esto se lo puede apreciar en el funcionamiento en si del motor además se tiene como indicadores a cuatro led que de la misma forma aumentan o disminuyen su luminosidad dependiendo de la velocidad a la que este girando el rotor.

Nuestro circuito consta de cinco pulsadores como se muestra en la figura siguiente

- 1 **S1** es el primer pulsador tiene por objeto incrementar la velocidad del motor
- 2 **S2** el siguiente pulsador es utilizado para decrementar la velocidad del motor
- 3 **S3** el próximo pulsador permite que el circuito sea encendido (star)
- 4 **S4** el cuarto pulsador es el botón de apagado o (stop)
- 5 **S5** por ultimo el quinto pulsador es nuestro reset del circuito



Figura. 2.1 Placa del proyecto

2.1 EL MOTOR

Los variadores de velocidad están preparados para trabajar con cualquier tipo de motores asincrónicos de rotor jaula. La tensión de alimentación del motor no podrá ser mayor que la tensión de red para nuestro caso estamos utilizando un motor monofásico jaula de ardilla arranque por condensador en el (ANEXO 2) se puede ver la descripción técnica del motor utilizado.

2.2 EL CONVERTIDOR DE FRECUENCIA

Se denominan así a los variadores de velocidad que rectifican la tensión alterna de red (monofásica o trifásica), y por medio de transistores, tiristores, SCR, MOSFET, etc. trabajando en modulación de ancho de pulso generan una corriente de frecuencia y tensión variable.

El hecho de variar la velocidad de un motor A.C es con el objeto de que pueda ser implementado en aquellos procesos industriales donde la exactitud de la velocidad es fundamental tal es el caso de las bandas transportadoras a las

entradas de maquinas llenadoras de leche en polvo o también en el arranque de centrifugas para la deshidratación de lodos, centrifugas de azúcar, secadoras de hornos, etc.

Es de allí que se ha visto la necesidad de crear un circuito electrónico capaz de poder comandar a un motor de A.C variando su velocidad dependiendo del requerimiento del operario y para las diferentes funciones que en la industria lo requiere.

2.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL VARIADOR

Nuestro circuito fue diseñado para variar la frecuencia de entrada al motor, lo cual resulta bastante interesante ya que al tener una tensión fija en la red eléctrica que es entregada por la empresa eléctrica nuestro objetivo es transformar dicha tensión alterna en continua para luego volverla a corriente alterna.

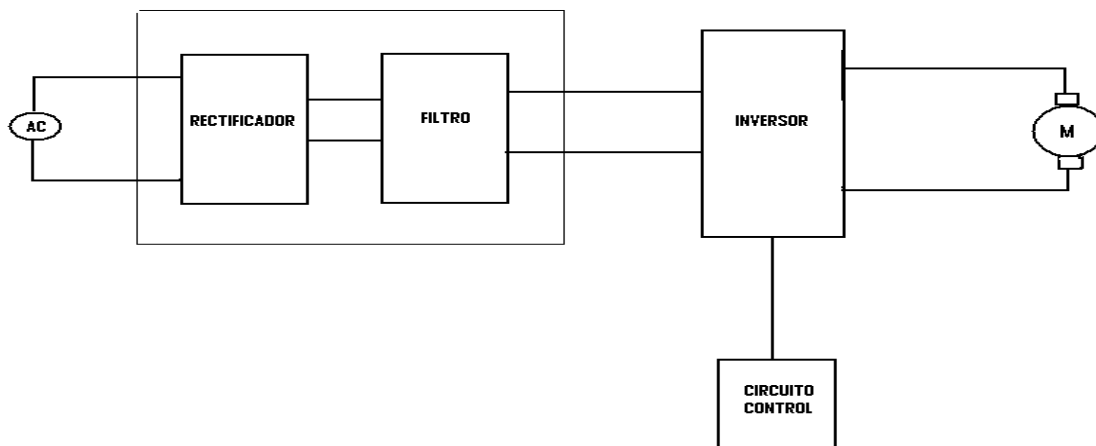


Figura. 2.2 DIAGRAMA BASICO DE FUNCIONAMIENTO

La figura 2.3 indica la señal alterna que es entregada por la empresa eléctrica y sobre la cual debemos trabajar, para que dicha señal sea transformada en una señal continua prácticamente pura.

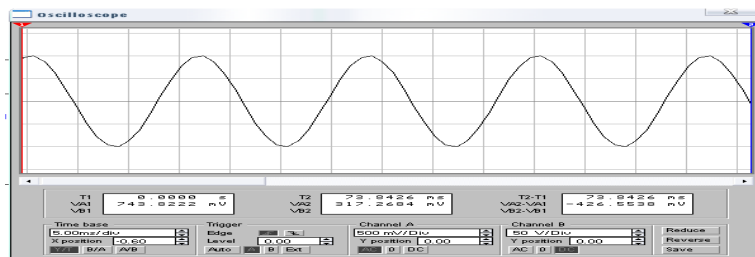


Figura. 2.3 SEÑAL DE ENTRADA

La figura 2.4 indica la forma de onda en condiciones ideales que se obtendrían al rectificarla y filtrarla para seguir con el objetivo que se busca .

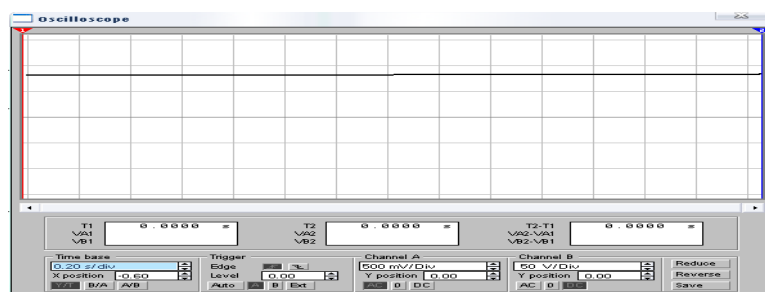


Figura. 2.4 SEÑAL RECTIFICADA

La figura 2.5 indica la señal que se obtendría al final de mi circuito electrónico y mediante el cual el motor de corriente alterna estaría listo para ser controlado continuación se describe brevemente la obtención de las graficas.

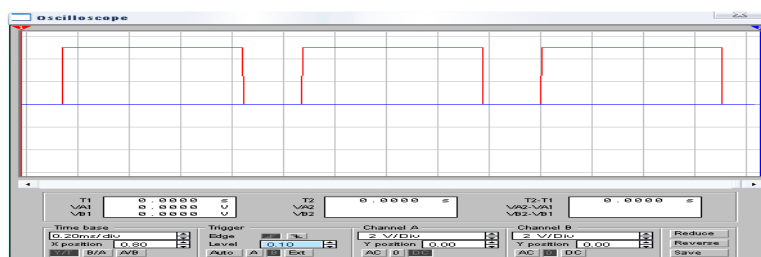


Figura. 2.5 SEÑAL CONTROLADA

Lo primero que debemos hacer es transformar esa tensión alterna de la red entregada por la empresa eléctrica en una tensión continua, mediante un circuito rectificador de onda completa y mediante un inversor volver a transformar dicha tensión en alterna aquello permitirá tener diferentes frecuencias de salida que pueden ser controladas dependiendo del

requerimiento del constructor en la figura 2.2 se representa el diagrama de bloques del circuito.

Como ya es conocido y para tener una idea mucho mas real de lo que se esta haciendo se presentan las graficas que se obtendrían en el proyecto.

2.4 ¿PORQUE UTILIZAR UN MICROCONTROLADOR EN ESTE TIPO DE SISTEMAS?

El increíble avance de la tecnología en todos los campos pero en especial en la electrónica, permite tener muchos beneficios, ya que en el mercado existe una amplia gama de dispositivos electrónicos diseñado cada uno para resolver un determinado problema en el aspecto de control electrónico.

Tal es el caso del microcontrolador PIC que es uno de los dispositivos electrónicos más completos y el que mayor desarrollo ha presentado en los últimos años.

En nuestro caso en particular podemos utilizar varios tipos de microcontroladores ya que el circuito de control esta diseñado para aquello para aquello el microcontrolador que se esta utilizando en nuestro caso es el 16F877.

El hecho de utilizar un microcontrolador en el circuito implica que cualquier cambio, mejora o avería es mucho mas fácil implementarlo o detectarlo sin necesidad de hacer grandes cambios en el circuito de control además la velocidad a la que trabajan los microcontroladores permite tener un tiempo de respuesta en la maniobra que se esta ejecutando mucho mas eficiente y seguro.

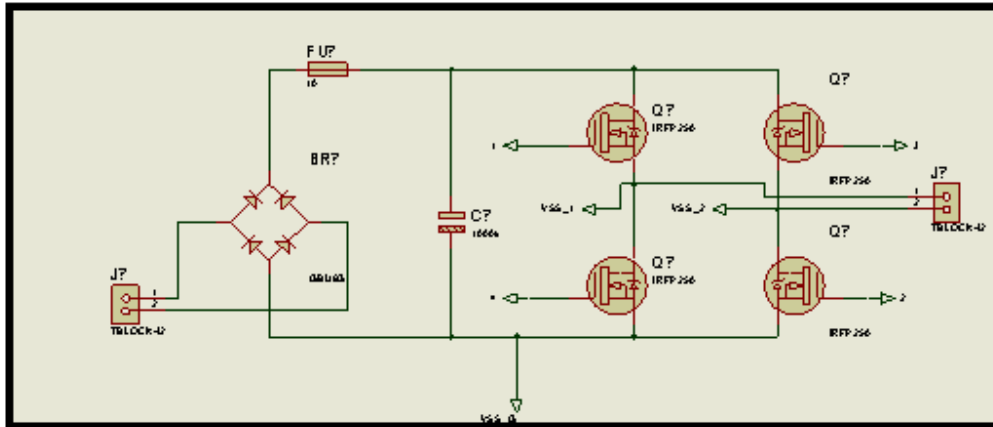
La velocidad con la que se requiere que trabajen o actúen los dispositivos electrónicos capaz de conocer completamente este circuito y al tiempos requeridos es el microcontrolador.

2.5 MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DEL CIRCUITO

- 1 1 Microcontrolador PIC 16F877
- 2 4 Opto acopladores PC817
- 3 1 Reloj 4MHz
- 4 Puente de diodos KBL10+AC
- 5 3 Condensadores de 100 μ F 35 V
- 6 1 Condensador 680 μ F 200W
- 7 4 Transistores IRF 250N
- 8 1 a.C. de resistencias
- 9 1 disipador
- 10 4 fuentes de 12V
- 11 5 Pulsadores
- 12 1 Fusible de 5A
- 13 4 lets
- 14 1 Baquelita de 4*5
- 15 1 Motor de $\frac{1}{2}$ HP Monofasico
- 16 Terminales para cable tipo orquilla
- 17 4 SCR 350w a 10A.
- 18 4 fuentes de 12 voltios DC
- 19 1 cortapicos.
- 20 1 Mesa de madera

2.6 CIRCUITOS

CIRCUITO DE POTENCIA



CIRCUITO DE CONTROL

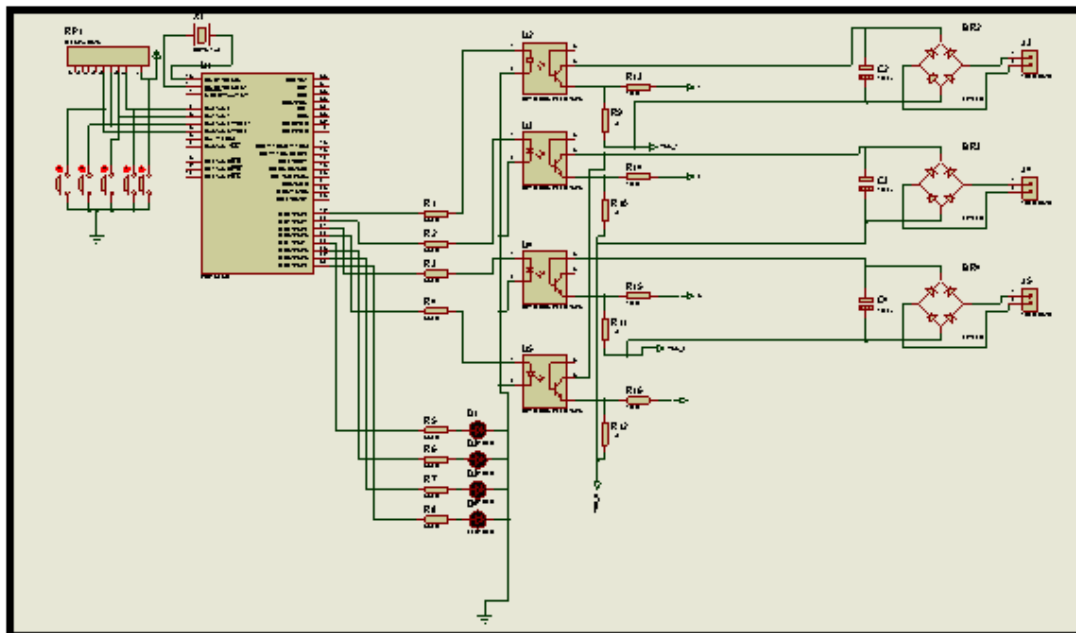


Figura 2.6 Diagramas del circuito

2.6.1 BREVE DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA CIRCUITAL.

Una vez que se encuentra correctamente energizado el circuito tanto de control como de potencia todos los dispositivos se encuentran prácticamente listos para trabajar, el microcontrolador que es el cerebro del circuito está debidamente programado y sus puertos tanto de entrada como de salida están correctamente identificados en el programa, (VER ANEXO 3), para que dependiendo de las señales de entradas ordenadas efectúe su función correspondiente.

Cuando pulsamos **S1** la señal llega al microcontrolador se ejecuta el programa en el microcontrolador y las señales de salida que entrega el microcontrolador llegan tanto a los led como a los opto acopladores ya que se encuentran conectados en paralelo, los opto acopladores tienen como función activar a los MOSFET en los intervalos de tiempo debidamente seleccionados por el microcontrolador ya que de no hacerlo se estaría produciendo un gran cortocircuito en el lado de potencia, se puede apreciar en el diagrama que el uso de los opto acopladores permiten tener tierras diferentes en el circuito de control.

El circuito de potencia como se puede apreciar se encuentra conectado directamente a la red y mediante un rectificado de onda completa y un filtro se obtiene tensión fija la misma que será la que llegue a los MOSFET y al motor.

Los MOSFET como ya se mencionó actuarán dependiendo del requerimiento de la velocidad, siempre actuando de dos en dos como se puede apreciar en la figura 2.7 , (Q1-Q2) y (Q3-Q4) en intervalos de tiempo señalados de esta manera se está alimentando al motor con una corriente alterna variable el cual era nuestro objetivo para poder controlar el motor a diferentes velocidades

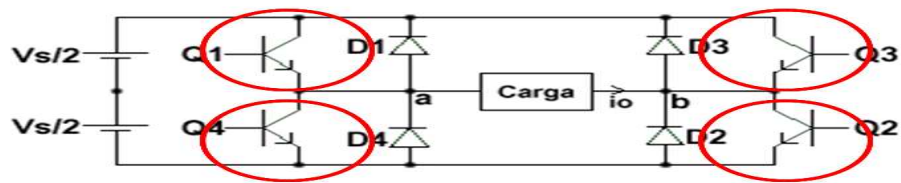


Figura 2.7 Circuito inversor

2.7 SIMULACION EN PROTEUS

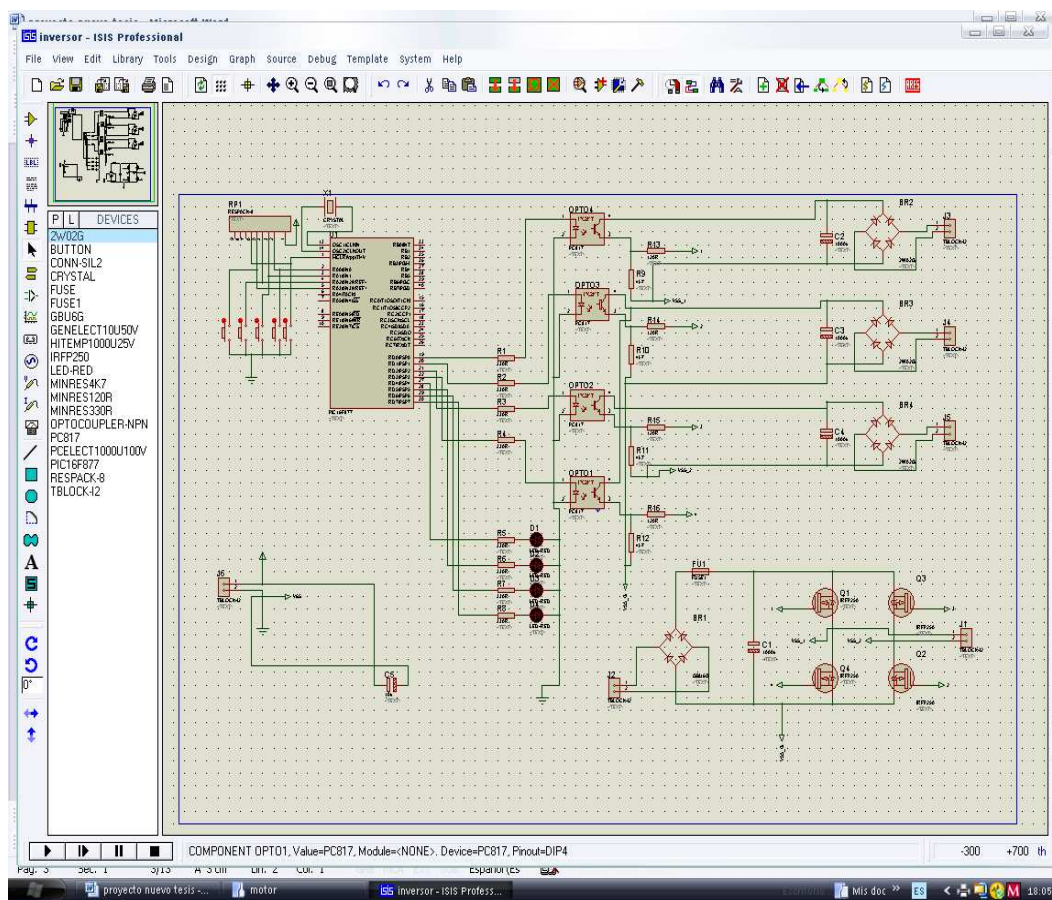


Figura 2.8 Pantalla del programa PROTEUS

2.8 CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE

Como primer paso se tiene el de armar el circuito designado en el proto-board para comprobar si existen errores y poder visualizar su desempeño, realizar las respectivas mediciones de voltajes, gracias a la facilidad con que podemos poner o quitar los elementos, pudiendo de esta manera corregirlos o cambiarlos ; Calibrar y realizar todos los ajustes necesarios en forma rápida, eficiente y sencilla .Todo este proceso se cumple ya que en el caso de armarlo en la placa y exista algún error, perderíamos dinero y sobre todo muchísimo tiempo para el caso del microcontrolador la programación debe ser revisada ya que este es el cerebro del circuito .

Una vez que se ha cumplido con lo antes mencionado se procede ha pasar ha la placa, como ya es conocido las placas de hoy en día están hechas de fibra de vidrio con una fina capa de cobre tal como muestra la figura 2.9, para nuestro caso la placa fue mandada ha ser, ya que se tenia completamente simulado y diseñado el circuito, como se puede apreciar en la figura siguiente las pistas están en su totalidad listas.

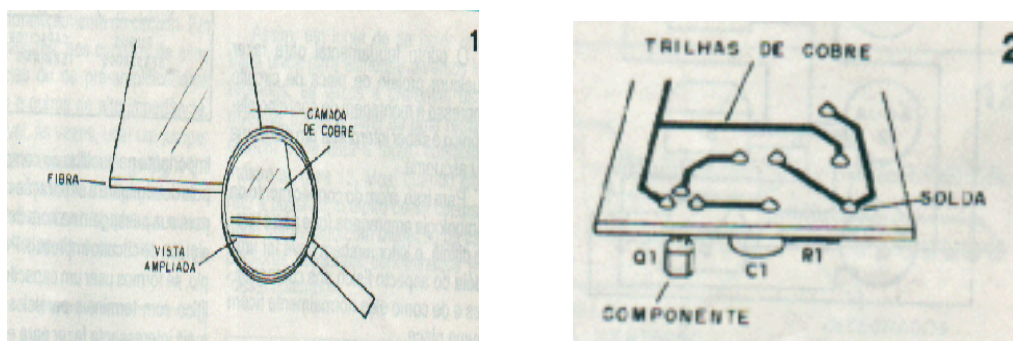


Figura 2.9 Circuito en vaquelita

Una vez que se nos fue entregada la placa procedimos a colocar los componentes electrónicos.

Los componentes se colocan en la parte contraria por donde se han realizado las pistas teniendo en cuenta que ninguno de estos canales deben cruzarse a no ser que aparezcan reflejados en el diagrama tales cruces.

Teniendo cuidado con lo antes mencionado se procede a colocar cada uno de los dispositivos electrónicos como resistencias, puente rectificador, condensadores, etc.

Una vez realizado el ensamblaje de todos los elementos en la placa se debe revisar que no existan corto circuitos que pueden ser creados por alguna impureza o incluso por residuos de pasta para soldar, así también debemos revisar de que no exista sueldas frías, además que los elementos estén bien ubicados en el sitio y con la polaridad correcta, en el caso de haber utilizado un reemplazo de algún elemento sus características deberán ser lo más cercanas posible al original para que no afecte en nada al circuito en si .La tarjeta completa puede ser ensamblada en una caja metálica tomando en cuenta que se deberá utilizar algún tipo de aislante para evitar cortocircuitos para nuestro caso sera colocada en una maqueta de madera que nos permitirá realizar una mejor explicación de su funcionamiento.

El ensamblaje finaliza con la conexión de los elementos en este caso el Motor de A.C

En el (Anexo 4) se puede apreciar donde van a ser situados cada uno de los elementos en el caso de las resistencias se encuentra especificado su valor en Ω , también podemos apreciar cuales son las entradas del circuito y cuales son sus salidas, apreciamos también donde se ubicarán los diferentes voltajes del circuito para su correcta polarización.

Como ultimo paso se tiene que probar el circuito prácticamente ensamblado.

2.10 RECOMENDACION PARA LA INSTALACION DEL CIRCUITO DE CONTROL

1 Al momento de acabar todos los huecos en la vaquelita, limpiar las rebabas de los taladros con la misma esponja, luego lavar y secar. Después proceder a proteger la superficie contra el oxido causado por los dedos o el medio ambiente, para esto tomar laca transparente en aerosol de buena calidad y rociar el lado del cobre, pero hacerlo de lejos con el fin de que la capa de laca sea muy delgada tan delgada como se pueda. Si no queda delgada podríamos tener problemas al soldar.

2 De la misma manera se recomienda que la longitud de los cables que van de la placa hacia el motor tengan una longitud adecuada y se encuentren correctamente señalados para que en el momento de la presentación no surja ningún tipo de inconveniente,

3 Comprobar de igual manera que todas las partes del circuito estén aisladas con respecto a la carcasa, debido a la alta corriente que se esta manejando

4 Se recomienda que el circuito tenga bastante ventilación para nuestro caso hemos agregado un ventilador extra en la parte posterior del disipador por cuestión de seguridad.

5 Los cables de las fuentes hacia el circuito de control se recomienda que se unan mediante borneras de tal forma no existirá riesgo de que algún cable se suelte o quede sin conectar.

6 El circuito del vareador debe quedar lo mas cerca del motor haciendo que perdidas por conducción en los cables no sean altas.

2.11 PRUEBAS REALIZADAS

Ya ensamblado completamente el circuito se procedió a probarlo de la siguiente manera:

-Observando el diagrama circuítal comprobamos que todas las conexiones de los componentes externos sean los correctos, sin conectar la alimentación.

-Verificamos con el multímetro si las fuentes están entregando el voltaje ideal, esta medición se la realiza con carga.

-Se debe verificar que los tiempos de conmutación de los MOSFET sean los correctos ya que de lo contrario se produciría un cortocircuito esto se puede apreciar en la figura 2.10

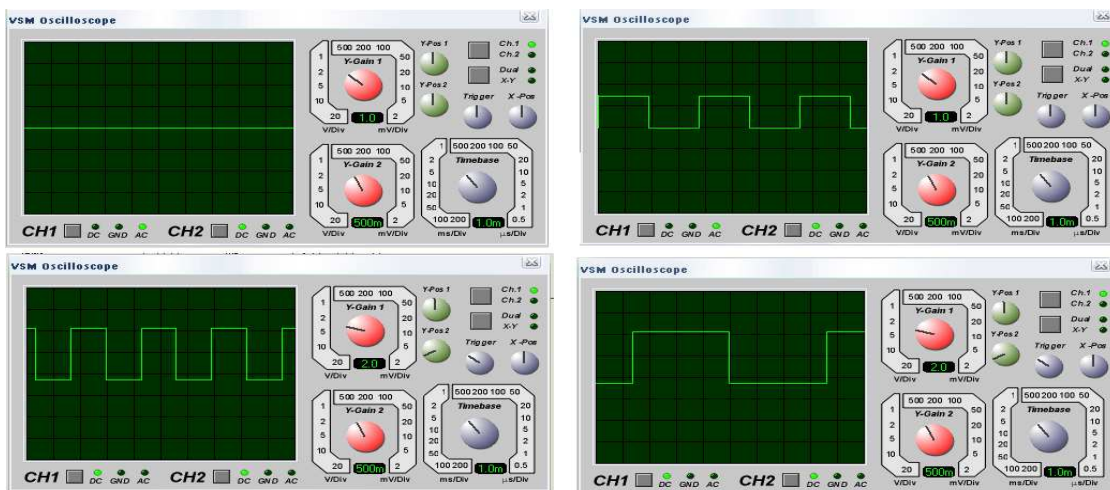


Figura 2.10 Graficas de la simulación

-Antes de soldar los elementos externos a la placa. Se procede a probarlos por separado para el caso de los, leed.

-Se debe realizar las pruebas de rigor con los microcontroladores ya que estos son bastante sensibles a las cargas electrostáticas y se queman con facilidad.

-Se comprueba el funcionamiento de todo el sistema para comprobar si el software y el hardware funcionan correctamente.

-Para la programación del microcontrolador precedemos a realizar un diagrama de flujo o flujo grama para de esta forma entender más claramente la lógica que debe cumplir el circuito

-En el arranque el motor siempre debe estar en su máxima velocidad para que la corriente de arranque no sea muy alta

-Con el multímetro verificar que la placa tanto de fuerza como de control no tenga contacto a tierra, debe estar correctamente aislado

-Medir la corriente que esta circulando por el motor ya que esta en condiciones normales no debe exceder los $\frac{2}{3}$ de la nominal cuando el motor esta trabajando a frecuencia nominal.

- Antes de conectar todos los dispositivos revisar que los MOSFET estén correctamente funcionando ya que de lo contrario se producirá un gran cortocircuito en la placa.

DIAGRAMA DE FLUJO

FLUJOGRAMA DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

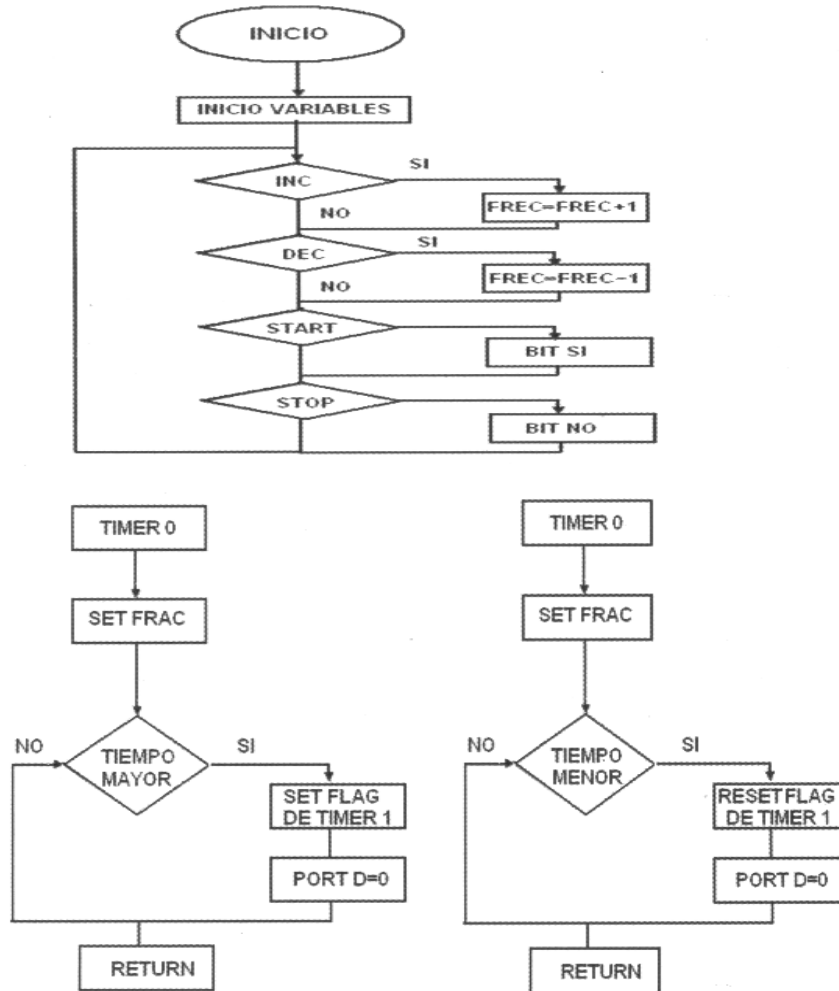


Figura 2.11 Diagrama de flujo utilizado en el programa.

EXPLICACION DEL DIAGRAMA DE FLUJO

Como ya es conocido empezamos declarando las variables que se están utilizando en el programa, se tiene cuatro condiciones en las dos primeras se puede apreciar que al tener la opción INC y cumplirse esta opción la frecuencia de salida ira aumentando.

En la siguiente opción que es el DEC si se cumple esta opción la frecuencia ira disminuyendo.

De igual forma existen otras dos condiciones que contienen el STAR y el STOP en el caso que se ejecute el STAR colocara todos los bits listos para comenzar, el STOP lo que tiene por objeto es colocar tolos los bits principales en cero haciendo que cualquier operación que se este ejecutando se suspenda.

Debido a que nuestro TMRO se encuentra habilitado y contando pasa a un condicional que me dice que si el tiempo del TMRO es mayor al establecido entonces se SETEA el flanco enviando este dato al PORD de no ser así simple y llanamente regresara a una opción señalada, la misma lógica se tiene en el diagrama de flujo contiguo. En el PORD se están ejecutando todas las operaciones.

CAPÍTULO 3

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Conclusiones:

- 1** Mediante la elaboración del proyecto se ha podido concluir que el lenguaje de programación BASIC cada vez es más común para la elaboración del proyecto debido a su fácil manejo y a su amplia gama de aplicación.
- 2** El programa en el que fue diseñado el circuito tanto de potencia como de control fue de gran ayuda ya que mediante la simulación en este programa nos pudimos dar cuenta los errores que se cometen en el ensamblaje.
- 3** Los microcontroladores a pesar de ser una materia que no se recibió en la carrera fue parte fundamental en la estructura del proyecto solamente aplicando conocimientos básicos de los mismos.
- 4** Los dispositivos electrónicos al ser no muy caros y bastante útiles fueron aplicados en el proyecto ya que en la elaboración del variador de velocidad se requería dispositivos cuyo funcionamiento sea bastante rápido.
- 5** Se puede concluir que no todos los motores de CA pueden ser variados su velocidad con sistemas electrónicos.
- 6** Al trabajar con corrientes altas los dispositivos electrónicos necesitan bastante ventilación para conservar sus características originales es por eso que se deben colocar disipadores de calor para que no se produzca ningún daño en el circuito

3.2 Recomendaciones:

- 1** Para poder tener una mejor noción de la velocidad a la que esta girando el motor se puede agregar un circuito en el cual se pueda visualizar en display la velocidad a la que esta girando el rotor.

- 2** La programación del microcontrolador permite tener una mayor gama de velocidades sin necesidad de alterar el circuito en si.

- 3** El variador de velocidad mediante una adaptación en el circuito de potencia esta en capacidad de comandar a dos motores de las mismas características pudiendo así optimizar y aprovechar el funcionamiento de la placa.

- 4** El circuito permite colocar un dispositivo electromecánico contra sobrecargas en el caso que las circunstancias lo requieran.

- 5** El circuito posee varias borneras tanto para la polarización de los diferentes elementos, como para las entradas y salidas del microcontrolador, se recomienda que cuando se desee desconectar los cables se lo haga con un destornillador de relojero, más no se jale el cable para no causar daños en las borneras y en la placa.

- 6** Si el sistema presentase algún problema en su funcionamiento por causas desconocidas se recomienda resetear el circuito de control por medio de jumper señalado en la bornera.

- 7** Se recomienda tener mucho cuidado el momento de abrir la caja donde se

tiene el circuito de control ya que el PIC es bastante sensible a cargas electrostáticas que pudiesen ser transmitidas con nuestra mano.

BIBLIOGRAFIA

Libros

- 1 Alvear,A “Sistemas de desarrollo para un microcontrolador Pic 2001 Ingeniería Eléctrica
- 2 Angulo, U “Microcontroladores Pic, 2da Edición, 2000.
- 3 Angulo, U “Microcontroladores Pic Diseño y aplicaciones 2da Edición 1999.
- 4 Irving L Kosow , “Maquinas electricas y transformadores 2da Edición.

Paginas de Internet :

1)

1 Microcontroladores pic de microchip

<http://usuarios.lycos.es/sfriswolker/pic/uno.htm>

2 Contador de Programa

Stack

Palabra de Estado del Procesador

Puertos de entrada / salida

Circuito equivalente

Circuito equivalente del puerto I/O

Diagrama lógico para los microcontroladores PIC16F62X Y
PIC16F84A

Temporizador/Contador (RTCC)

Diversidad de modelos de microprocesadores

La gama enana: PIC12C(F)XXX de 8 patitas

Gama baja o básica: PIC16C5X con instrucciones de 12 bits

Gama media. PIC16CXXX con instrucciones de 14 bits

Gama alta: PIC17XXX con instrucciones de 16 bits

<http://www.olimex.cl/tutorial1.pdf>

1 Principio de funcionamiento de los motores

<http://www.mailxmail.com/curso/vida/motoresdecombustion/capitulo1.htm>

2 Lenguaje de programación BASIC.

<http://www.monografias.com/ /lenguajes- programación.>

3 Rectificador de puente.

<http://www.electron.es.vg/>

4 Filtros.

<http://www.maloka.org/f2000/polarization/polarizationI.html>

5 Los Tiristores.

<http://www.electronica2000.com/temas/tiristor.htm>

6 Inversor PWM.

<http://www.redeweb.com/microbit/articulos>

1 Variadores de velocidad micro master.

http://www.siemens.com.ar/sie-pe/pe/variadores_veloci_micromaster

2 Circuitos electrónicos.

<http://www.electronicafacil.net/>

1 Los opto acopladores.

<http://www.electronicafacil.net/tutoriales/tutorial160.html>

<http://html.rincondelvago.com/optoacopladores.html>

<http://www.dyce.com.ar/Default.asp?nSeccion=7&id=60>

1 Los armónicos

<http://www.monografias.com/trabajos21/armonicos/armonicos.shtml>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Arm%C3%B3nico>.

ANEXOS

ANEXO 1

Campo magnético

Unidades:

Tesla = 10.000Gauss.

El **campo magnético** es una región del espacio en la que una carga eléctrica puntual que, desplazándose a una velocidad \vec{v} , sufre una fuerza perpendicular y proporcional a la velocidad y a una propiedad del campo, llamada inducción magnética, en ese punto:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

La existencia de un campo magnético se pone en evidencia por la propiedad localizada en el espacio de orientar un magnetómetro (laminilla de acero imantado que puede girar libremente). La aguja de una brújula, que pone en evidencia la existencia del campo magnético terrestre, puede ser considerada un magnetómetro.

Unidades:

Tesla = 10.000Gauss.

Fuente del campo

Un campo magnético tiene dos fuentes que lo originan. Una de ellas es una la corriente eléctrica de convección, que da lugar a un campo magnético estático. Por otro lado una corriente de desplazamiento origina un campo magnético variante en el tiempo, incluso aunque aquella sea estacionaria.

La relación entre el campo magnético y una corriente eléctrica está dada por la ley de Ampère. El caso más general, que incluye a la corriente de desplazamiento, lo da la ley de Ampère Maxwell.

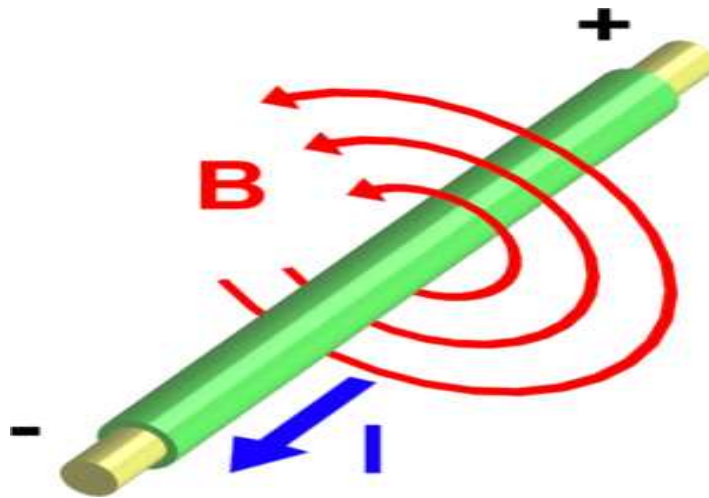


Figura 3. 41 Grafico explicativo de una fuente de campo

Cabe destacar que, a diferencia del [campo eléctrico](#), en el campo magnético no existen [monopolos magnéticos](#), sólo [dipolos magnéticos](#), lo que significa que las líneas de campo magnético son cerradas, esto es, el número neto de líneas de campo que entran en una superficie es igual al número de líneas de campo que salen de la misma superficie. Un claro ejemplo de esta propiedad viene representado por las líneas de campo de un [imán](#), donde se puede ver que el mismo número de líneas de campo que salen del polo norte vuelve a entrar por el polo sur, desde donde vuelven por el interior del imán hasta el norte.

Fuerza magnetomotriz (F).

Esta se puede expresar en forma abreviada como [f.m.m.](#) y representa en el Circuito Magnético la misma función que la [f.e.m.](#) en el Circuito Eléctrico.

Gracias a la [f.m.m.](#) se produce la corriente de flujo en el Circuito Magnético. La unidad de medida de la [f.m.m.](#) es el GILBERT.

En un solenoide o electroimán la [f.m.m.](#) se calcula por la siguiente formula:

$$F=1,25 * N * I$$

Siendo $N * I$ el numero de amper/vueltas.

Ley de Lenz,

Ley que permite predecir el sentido de la fuerza electromotriz inducida en un circuito eléctrico. Fue definida en 1834 por el físico alemán Heinrich Lenz.

El sentido de la corriente o de la fuerza electromotriz inducida es tal que sus efectos electromagnéticos se oponen a la variación del flujo del campo magnético que la produce.

Así, si el flujo del campo magnético a través de una espira aumenta, la corriente eléctrica que en ella se induce crea un campo magnético cuyo flujo a través de la espira es negativo, disminuyendo el aumento original del flujo.

Por ejemplo, si se aproxima el polo sur de un imán a una espira, ésta crea un fuerza electromotriz inducida que se opone a la causa que la produce, y la corriente circula por ella de manera que la espira se comporta como un polo sur frente al imán, al que trata de repeler.

En realidad, la ley de Lenz es otra forma de enunciar el principio de conservación de la energía. Si no fuera así, la cara de la espira enfrentada al polo sur del imán se comportaría como un polo norte, atrayendo al imán y realizando un trabajo sobre él, a la vez que se produce una corriente eléctrica que origina más trabajo. Esto sería creación de energía a partir de la nada. Sin embargo, para acercar el imán a la espira hay que realizar un trabajo que se convierte en energía eléctrica.

LEY de OHM

La corriente continua es un movimiento de electrones. Cuando los electrones circulan por un conductor, encuentran una cierta dificultad al moverse. A esta

"dificultad" la llamamos Resistencia eléctrica. La resistencia eléctrica de un conductor depende de tres factores que quedan recogidos en la ecuación que sigue:

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

ρ : resistividad
 ℓ : longitud
 S : superficie

La resistividad depende de las características del material del que está hecho el conductor.

La ley de Ohm relaciona el valor de la resistencia de un conductor con la intensidad de corriente que lo atraviesa y con la diferencia de potencial entre sus extremos. En la fig. 3.42 vemos un circuito con una resistencia y una pila. Observamos un amperímetro que nos medirá la intensidad de corriente, I. El voltaje que proporciona la pila V, expresado en voltios, esta intensidad de corriente, medido en amperios, y el valor de la resistencia en ohmios, se relacionan por la ley de Ohm, que aparece en el centro del circuito.

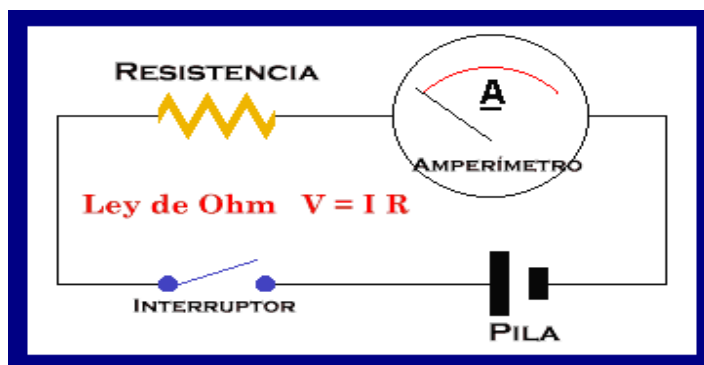


Figura 3. 42 Circuito eléctrico

Postulado general de la Ley de Ohm

El flujo de corriente en amper que circula por un circuito eléctrico cerrado, es directamente proporcional a la tensión o voltaje aplicado, e inversamente

proporcional a la resistencia en ohm de la carga que tiene conectada.

Desde el punto de vista matemático, este postulado se puede representar por medio de la siguiente fórmula:

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

No obstante, aquellas personas que estén menos relacionadas con el despeje de fórmulas matemáticas, pueden realizar los cálculos de tensión, corriente y resistencia de una forma más fácil utilizando el siguiente recurso práctico:

$$\frac{V}{A \times R}$$

Con esta representación de la Ley de Ohm, solamente tendremos que tapar con un dedo la letra que representa el valor de la incógnita que queremos hallar y de inmediato quedará indicada con las otras dos letras la operación matemática que será necesario realizar.

MOTORES POLIFASICOS DE INDUCCION

Principio del motor de inducción

Se puede ilustrar el principio de funcionamiento del motor con el aparato que se muestra en la figura. Se suspende un imán permanente de un hilo sobre una tornamesa de cobre o de aluminio que gira en un cojinete colocado en una placa fija de hierro. El pivote debería estar relativamente sin fricción y el imán permanente debe tener la suficiente densidad de flujo. Cuando gira el imán en el hilo se observa que el disco que esta debajo gira con el independientemente de la dirección de giro del imán.

El disco sigue el movimiento del imán como se puede apreciar en la figura. debido a las corrientes parásitas que se producen por el movimiento relativo de un conductor y el campo magnético. Por la ley de lenz la dirección del voltaje inducido y la de las corrientes parásitas consecuentes producen un campo magnético que tienden a oponerse a la fuerza o movimiento que produjo el voltaje inducido.

En efecto como se muestra en la figura las corrientes parásitas que se producen tienden a producir a su vez un polo S unitario en el disco en un punto bajo el polo N giratorio del imán y un polo N unitario en el disco bajo el polo S giratorio del imán.

Por lo tanto siempre que el imán continúe moviéndose, continuara produciendo corrientes parásitas y polos de signo contrario en el disco que esta abajo. El disco por lo tanto gira en la misma dirección que el imán pero debe girar a la velocidad menor que la del imán si el disco girara a la misma velocidad que la del imán no habría movimiento relativo entre el conductor y el campo magnético y no se producirían corrientes parásitas en el disco.

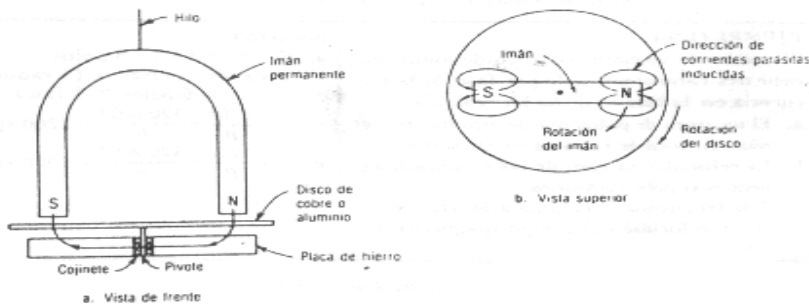


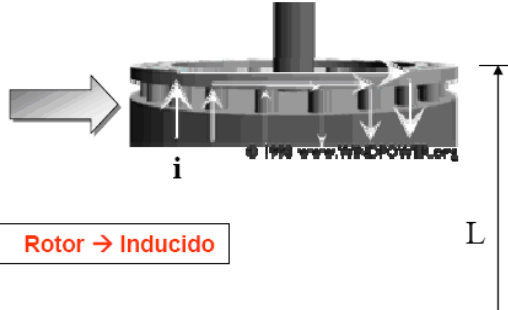
Figura 3. 43. Grafico explicativo del principio de funcionamiento del motor de inducción

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE INDUCCION

Principio de Funcionamiento. Fundamentos teóricos.

- El devanado rotorico está inmerso en un campo magnético giratorio.

- El campo magnético giratorio (B) induce fems en el devanado del rotor.
- Éstas a su vez provocan la circulación de corrientes (i) en el devanado del rotor.



Estator → Inductor Rotor → Inducido

- Aparece un par motor en el rotor.

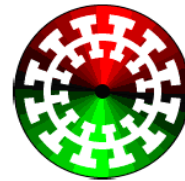
$$\vec{F} = i \cdot (\vec{L} \times \vec{B})$$

Magnitud dirección y sentido de la fuerza que se produce en los conductores del rotor.

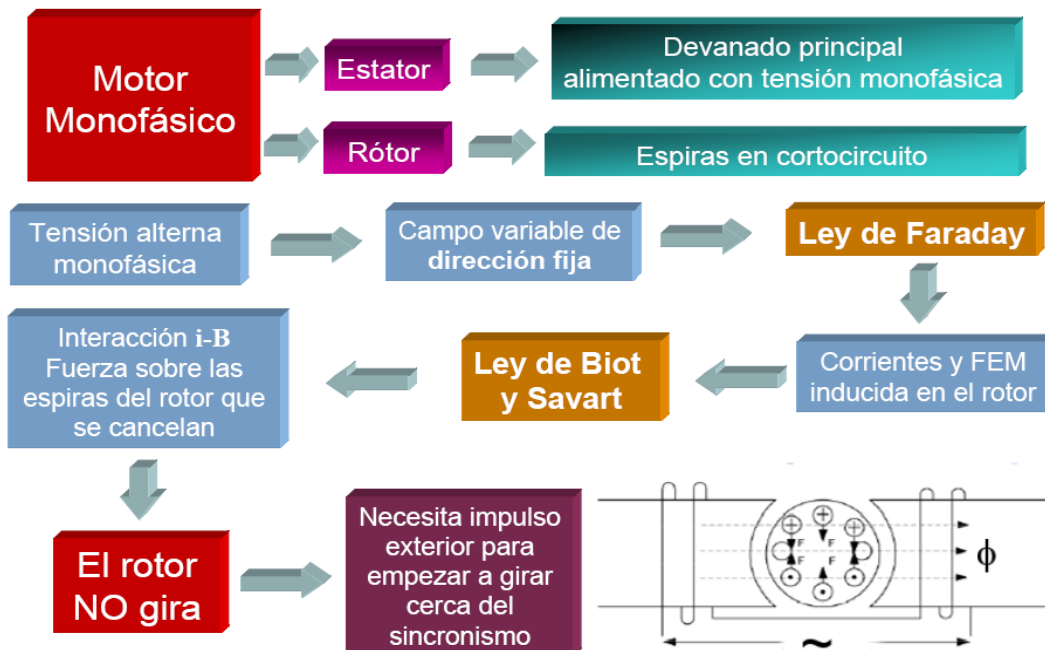
F = Fuerza que se produce en los conductores del rotor. Su sentido es el de seguir al campo magnético giratorio del estátor.

i = Corriente que circula por los conductores del rotor.

B = Campo magnético giratorio creado por las bobinas del estátor.



Principio de funcionamiento



ANEXO 2

DESCRIPCION DEL MOTOR EMPLEADO

A causa de las propiedades reversibles del motor de fase partida y arranque por capacitor se ha desarrollado un motor monofásico que tiene dos devanados permanentes que en general se arrollan con alambre del mismo diámetro y el mismo número de vueltas es decir los devanados son idénticos.

Ya que trabaja en forma continua como motor de fase partida con capacitor, no necesita interruptor centrifugo. Los motores de este tipo arrancan y trabajan en virtud de la descomposición de la fase de cuadratura que producen los dos devanados idénticos desplazados en tiempo y espacio. En consecuencia no tiene el alto par de marcha normal que produce los motores ya sea de arranque por capacitor o de arranque por resistencia. Ademase el capacitor que se usa en el motor de capacitor de un valor y fase partida permanente se diseña para servicio continuo y es del tipo de baño de aceite. El del capacitor se basa mas en su característica de marcha optima que en la de arranque. Al instante del arranque la corriente en la rama capacitiva es muy baja. El resultado es que estos motores a diferencia de los de arranque por capacitor tienen par de arranque muy deficiente de entre 50 a 100 por ciento del par nominal dependiendo de la resistencia del rotor.

Además de su ventaja como motor invertible el motor de capacitor de un valor y fase partida permanente se presta al control de velocidad por variación del voltaje de suministro. Dado que el par de cualquier motor de inducción varia de acuerdo con el cuadrado del voltaje aplicado a su estator la curva par deslizamiento a las tres cuartas partes del voltaje nominal es nueve dieciseisavos o aproximadamente la mitad de lo correspondiente a pleno voltaje como se ve en la fig 3. 44. Igualmente a la mitad del voltaje nominal el par es cercano a la cuarta parte del par nominal. Esto es cierto tanto al arranque como al funcionamiento

normal. Si se arranca al motor a su voltaje nominal y se trabaja a su carga nominal, una reducción del voltaje a las tres cuartas partes del nominal hace que la velocidad disminuya.

Una mayor reducción a la mitad del voltaje nominal hace que la velocidad disminuya. En general una carga pesada tiende a producir una mayor disminución de la velocidad con el cambio de voltaje que una carga ligera.

Se usan diversos métodos para ajustar el voltaje aplicado al estator y producir el control deseado de velocidad como transformadores con varias salidas, variacs, potenciómetros y resistencias o reactores con varias salidas estos métodos se limitan a velocidades por debajo de la asincrónica.

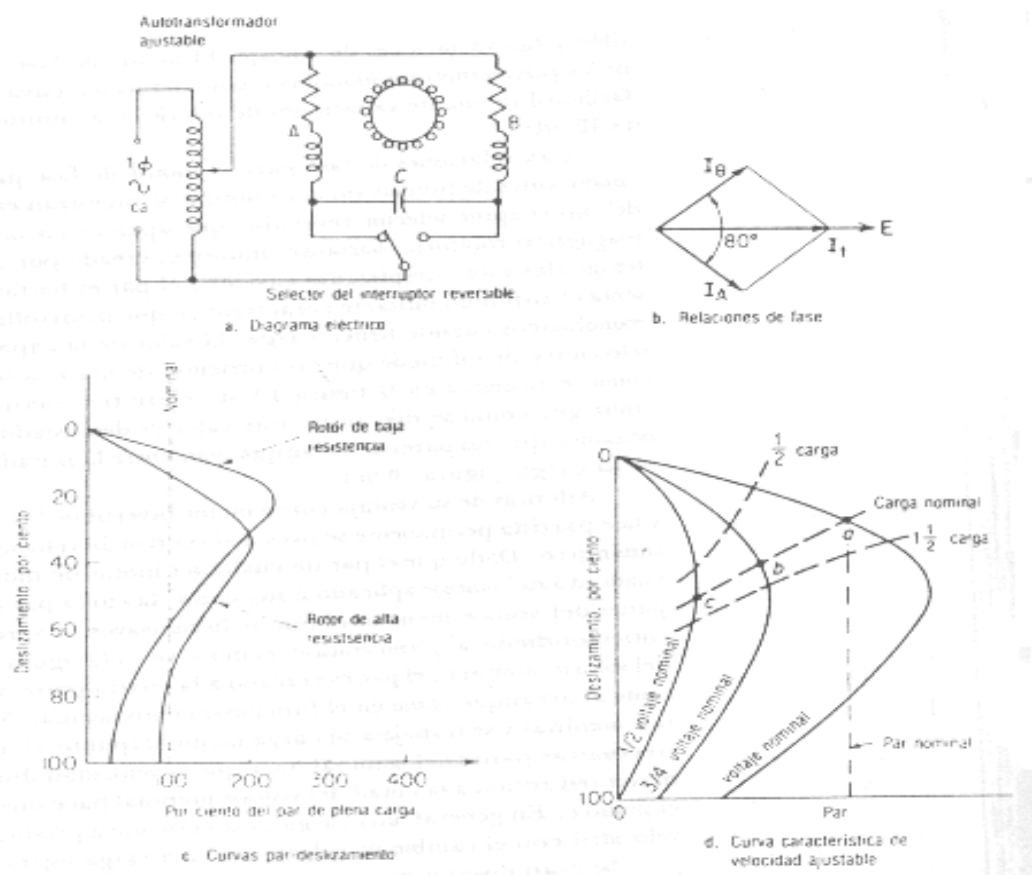
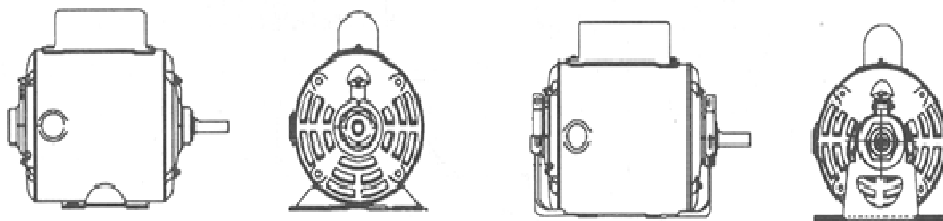
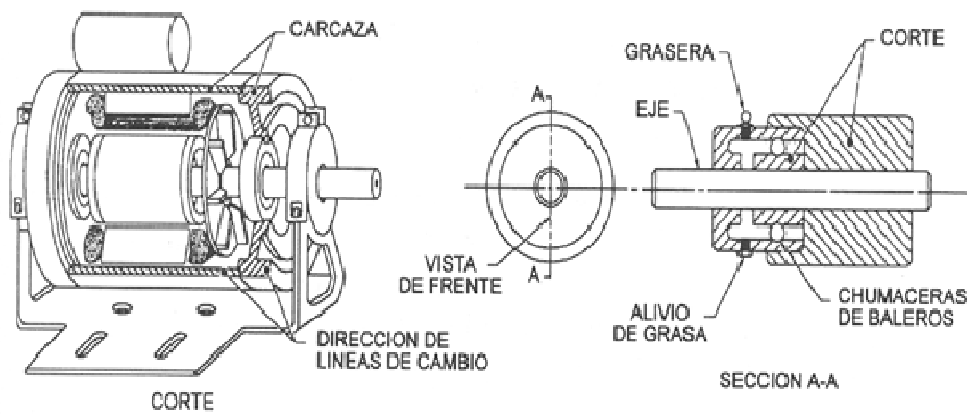


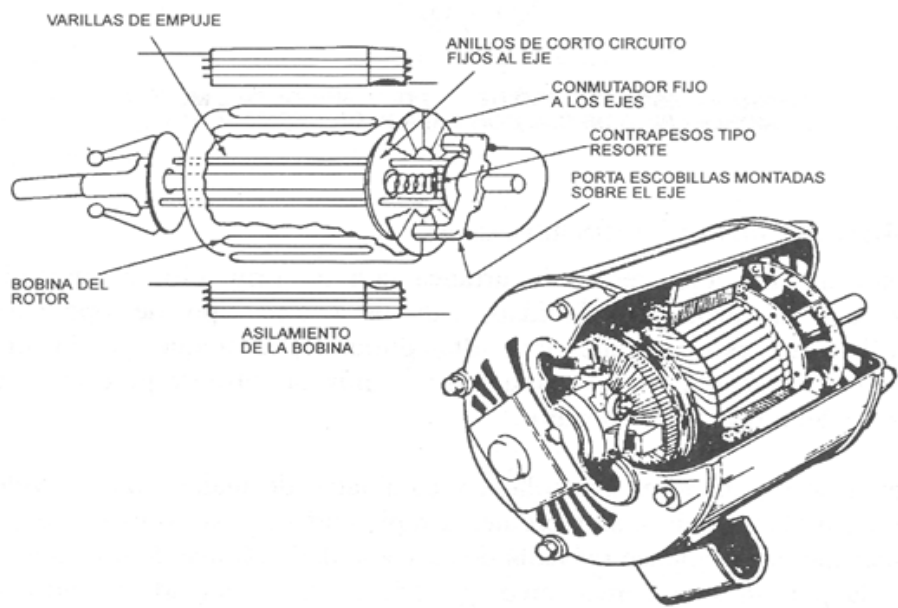
Figura 3. 44. Diagrama del motor monofasico y curvas característica

DESPIESE DE LAS PARTES CONSTITUTIVAS DEL MOTOR

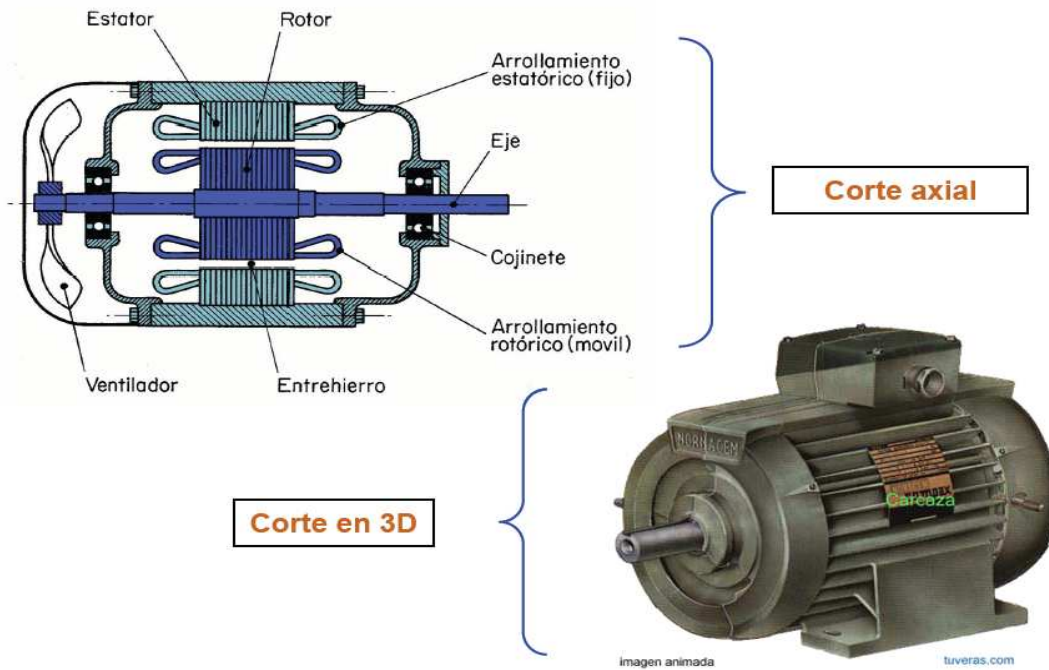


DE BASE RIGIDA

DE BASE FLEXIBLE

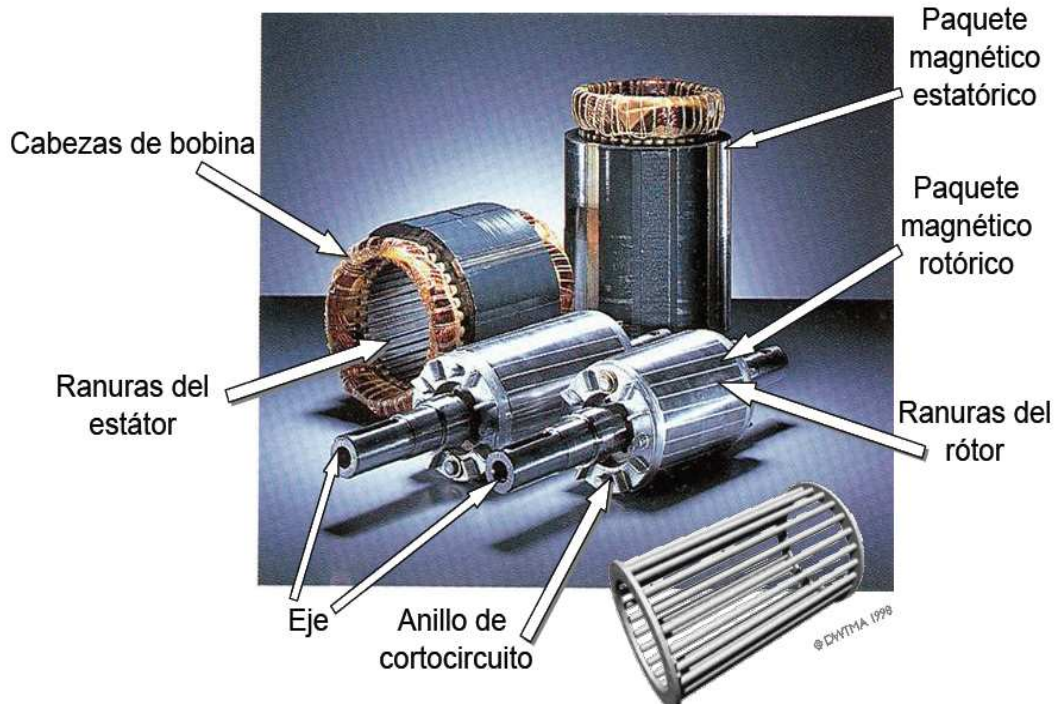


Aspectos constructivos. Sección.



Aspectos constructivos. Rotor de jaula.

- Su simplicidad y gran robustez son las ventajas más destacadas.



ANEXO 3

DISEÑO DEL SOFTWARE EMPLEADO

; Varedor de velocidad para un motor de A.C utilizando PIC 16F877

; Autores: Carlos Ruiz y Danilo Criollo

```
dim i,j,k,l,m,n,o,a as byte
```

```
dim txt as string[4]
```

```
dim por as byte[41]
```

```
dim deltaH as byte[20]
```

```
dim deltaL as byte[20]
```

```
sub procedure interrupt
```

```
if TestBit(INTCON,T0IE) = 1 then
```

```
if TestBit(INTCON,T0IF) = 1 then
```

```
PORTC=128
```

```
INTCON.T0IF= 0      ' clear TMR0
```

```
i=2
```

```
end if
```

```
end if
```

```
if TestBit(PIR1,TMR1IF) = 1 then
```

```
if n=0 then
```

```
if l=0 then
```

```
PORTD=0
```

```
delay_us(20)
```

```
end if
```



```
if l=20 then
PORTD=0
delay_us(20)
end if
PORTD=POR[l]
TMR1H=deltaH[m]
TMR1L=deltaL[m]
n=1
if m>=19 then
m=0
else
inc(m)
end if
else
if l=0 then
PORTD=0
delay_us(20)
end if
if l=20 then
PORTD=0
delay_us(20)
end if
PORTD=POR[l]
n=0
T1CON = %00000000
PIE1.TMR1IE = 0
PIR1.TMR1IF = 0    ' clear TMR2IF
end if
if l>=39 then
l=0
else
```

```
inc (l)
end if
PIR1.TMR1IF = 0    ' clear TMR2IF
end if
```

```
end sub
```

```
sub procedure teclado
if Button(PORTA, 0, 1, 0) then
PORTD=0
if j>=11 then
j=11
else
inc(j)
end if
a=j*5+5
ByteToStr(a, txt)
```

```
delay_ms(200)
PORTC=J+1
end if
if Button(PORTA, 1, 1, 0) then
PORTD=0
if j<=0 then
j=0
else
dec(j)
end if
a=j*5+5
```

ByteToStr(a, txt)

delay_ms(200)

PORTC=J+1

end if

if Button(PORTA, 2, 1, 0) then

if k=1 then

nop

else

i=2

end if

end if

if Button(PORTA, 3, 1, 0) then

k=0

l=0

n=0

i=0

o=0

INTCON=%11000000

T1CON =0

PIE1.TMR1IE = 0

PORTD=0

PORTC=J+1

end if

end sub

'-----

main:

TRISD=0

PORTD=0

TRISE=3

```
delay_ms(2000)
TRISA=255
ADCON1=6
OPTION_REG = %00000101 ' Pull up resistors
TRISC = 0 ' PORTA is output
' TRISB = 0 ' PORTB is input
PORTC = 0 ' Clear PORTA (make sure both displays are off)
'TMR0 = 1 ' Clear TMRO
INTCON = %11000000' Enable T0IE
'T2CON = $FF
'TMR2 = 0
'PIE1.TMR2IE = 0
'PIE1.TMR1IE = 1
```

```
a=j*5+5
ByteToStr(a, txt)
```

```
k=0
l=0
J=0
POR[0] = %00110011
POR[1] = %00100010
POR[2] = %00110011
POR[3] = %00100010
POR[4] = %00110011
POR[5] = %00100010
POR[6] = %00110011
POR[7] = %00100010
POR[8] = %00110011
```

POR[9] = %00100011
POR[10] = %00110011
POR[11] = %00100011
POR[12] = %00110011
POR[13] = %00100010
POR[14] = %00110011
POR[15] = %00100010
POR[16] = %00110011
POR[17] = %00100010
POR[18] = %00110011
POR[19] = %00100010

POR[20] = %11001100
POR[21] = %10001000
POR[22] = %11001100
POR[23] = %10001000
POR[24] = %11001100
POR[25] = %10001000
POR[26] = %11001100
POR[27] = %10001000
POR[28] = %11001100
POR[29] = %10001100
POR[30] = %11001100
POR[31] = %10001100
POR[32] = %11001100
POR[33] = %10001000
POR[34] = %11001100
POR[35] = %10001000
POR[36] = %11001100
POR[37] = %10001000
POR[38] = %11001100

POR[39] = %10001000

POR[40] = 0

deltaH[0] = \$ff

deltaH[1] = \$ff

deltaH[2] = \$fe

deltaH[3] = \$fe

deltaH[4] = \$fe

deltaH[5] = \$fe

deltaH[6] = \$fe

deltaH[7] = \$fe

deltaH[8] = \$ff

deltaH[9] = \$ff

deltaH[10] = \$ff

deltaH[11] = \$ff

deltaH[12] = \$fe

deltaH[13] = \$fe

deltaH[14] = \$fe

deltaH[15] = \$fe

deltaH[16] = \$fe

deltaH[17] = \$fe

deltaH[18] = \$ff

deltaH[19] = \$ff

deltaL[0] = \$a5

deltaL[1] = \$4c

deltaL[2] = \$f7

deltaL[3] = \$a9

deltaL[4] = \$64

```
deltaL[5] = $64
deltaL[6] = $a9
deltaL[7] = $f7
deltaL[8] = $4c
deltaL[9] = $a5
deltaL[10] = $a5
deltaL[11] = $4c
deltaL[12] = $f7
deltaL[13] = $a9
deltaL[14] = $64
deltaL[15] = $64
deltaL[16] = $a9
deltaL[17] = $f7
deltaL[18] = $4c
deltaL[19] = $a5
```

```
while true
while i<1
teclado
wend
select case j
case 0
TMR0 = 178
'PIE1.TMR2IE = 1
INTCON=%11100000
'T2CON = %10011111
T1CON = %00000001
PIE1.TMR1IE = 1
PIR1.TMR1IF = 1      ' clear TMR2IF
case 1
```

```
TMR0 = 217
' PIE1.TMR2IE = 1
' T2CON = %10011111
INTCON=%11100000
T1CON = %00000001
PIE1.TMR1IE = 1
PIR1.TMR1IF = 1 ' clear TMR2IF
case 2
TMR0 = 230
' PIE1.TMR2IE = 1
' T2CON = %10011111
INTCON=%11100000
T1CON = %00000001
PIE1.TMR1IE = 1
PIR1.TMR1IF = 1
case 3
TMR0 = 236
INTCON=%11100000
T1CON = %00000001
PIE1.TMR1IE = 1
PIR1.TMR1IF = 1
case 4
TMR0 = 240
' PIE1.TMR2IE = 1
' T2CON = %10011111
INTCON=%11100000
T1CON = %00000001
PIE1.TMR1IE = 1
PIR1.TMR1IF = 1
case 5
TMR0 = 243
```



```
' PIE1.TMR2IE = 1
' T2CON = %10011111
INTCON=%11100000
T1CON = %00000001
PIE1.TMR1IE = 1
PIR1.TMR1IF = 1
case 6
TMR0 = 245
INTCON=%11100000
T1CON = %00000001
PIE1.TMR1IE = 1
PIR1.TMR1IF = 1
case 7
TMR0 = 246

INTCON=%11100000
T1CON = %00000001
PIE1.TMR1IE = 1
PIR1.TMR1IF = 1 ' clear TMR2IF
case 8
TMR0 = 247
' PIE1.TMR2IE = 1
' T2CON = %10011111
INTCON=%11100000
T1CON = %00000001
PIE1.TMR1IE = 1
PIR1.TMR1IF = 1 ' clear TMR2IF
case 9
TMR0 = 248
' PIE1.TMR2IE = 1
' T2CON = %10011111
```

```
INTCON=%11100000
T1CON = %00000001
PIE1.TMR1IE = 1
PIR1.TMR1IF = 1    ' clear TMR2IF
case 10
TMR0 = 249
'   PIE1.TMR2IE = 1
'   T2CON = %10011111
INTCON=%11100000
T1CON = %00000001
PIE1.TMR1IE = 1
PIR1.TMR1IF = 1    ' clear TMR2IF
case 11
TMR0 = 250
'   PIE1.TMR2IE = 1
'   T2CON = %10011111
INTCON=%11100000
T1CON = %00000001
PIE1.TMR1IE = 1
PIR1.TMR1IF = 1    ' clear TMR2IF
end select
k=1
i=0
PORTC=J+1
wend
end.
```

ANEXO 4

FOTOS DEL CIRCUITO



FIGURA 3.45

