

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**VARIADOR DE VELOCIDAD DE UN MOTOR AC COLOCANDO VALORES
PREFIJADOS EN PORCENTAJES**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR :

CELSO YSIDRO GERÓNIMO HUAMÁN

**PROMOCIÓN
1988-II**

**LIMA - PERU
2006**

**VARIADOR DE VELOCIDAD DE UN MOTOR A.C.
COLOCANDO VALORES PREFIJADOS EN
PORCENTAJES**

**DEDICO ESTE TRABAJO A:
MI QUERIDA ESPOSA POR SU APOYO
Y COMPRESION,
A MI HIJO POR SU CARIÑO,
Y A MI MADRE POR SU EJEMPLO.**

SUMARIO

El presente trabajo es un aporte pequeño para el sector de interfaces, en el arranque de motores, para nuestro país, donde la gran mayoría se encuentra constituido por elementos de décadas pasadas y tecnologías que ya a pasado los límites de la disponibilidad. El trabajo consiste en aplicar la tecnología de los microcontroladores y dispositivos que ayudaran a brindar e incrementar tecnologías actuales, adjuntando a la vez una forma de controlar el disparo del TRIAC con circuitos discretos, los cuales crean un circuito de mayor tamaño y de mayor complejidad y para variar el ángulo de disparo se tiene que calibrar o variar el circuito, en cambio con el microcontrolador solo se tendrá que cambiar el programa, luego grabarlo y tendremos un nuevo comportamiento en el arranque del motor que queremos variar la velocidad.

INDICE

PROLOGO		1
CAPITULO I		
INTRODUCCIÓN		2
1.1	Introducción	2
1.2	Reseña histórica de la electrónica	2
1.2.1	Los Precusores de las imágenes en la electrónica	3
1.3	La corriente	4
1.3.1	Corriente continua	4
1.3.2	Corriente alterna	5
1.4	Algunas definiciones	6
1.4.1	Frecuencia	6
1.4.2	Periodo	6
1.4.3	Voltaje pico a pico	6
1.4.4	Voltaje RMS	7
1.5	Las fuentes de alimentación simples	7
1.5.1	El transformador de alimentación	8
1.5.2	Los diodos rectificadores	8
1.5.3	Los condensadores de filtrado	9
1.5.4	Fuentes con transformador de secundario dividido	9
1.5.5	Fuente simple con rectificador de ½ onda	11
CAPITULO II		
DISPOSITIVOS Y COMPONENTES PREVIOS		
2.1	Conociendo los componentes	17
2.1.1	Pistas conductoras	17

2.1.2	Resistencias	18
2.1.3	Potenciometro	18
2.1.4	Bobina	18
2.1.5	Fusible	18
2.1.6	Transformador	19
2.1.7	Capacitor	19
2.1.8	Capacitor electrolítico	19
2.1.9	El cristal	19
2.2	Los diodos	20
2.2.1	Estructura de un cristal	22
2.2.2	Tipos de diodos	23
2.2.2.1	Diodos Baritt	23
2.2.2.2	Diodo de Avalancha	23
2.2.2.3	Diodo Varicap	23
2.2.2.4	Diodo de Conmutación	24
2.2.2.5	Diodo Rectificador	24
2.2.2.6	Diodo Semiconductor	24
2.2.2.7	Diodo de Señal	24
2.2.2.8	Diodo de Unión	24
2.2.2.9	Diodo Esaki	24
2.2.2.10	Diodo gunn	24
2.2.2.11	Diodo Impatt	24
2.2.2.12	Diodo Laser	25
2.2.2.13	Diodo Pin	25
2.2.2.14	Diodo Schottky	25
2.2.2.15	Diodo Schokley	25
2.2.2.16	Diodo Trappat	25
2.2.2.17	Diodo Tunel	26
2.2.2.18	Diodo Unitunel	26
2.2.2.19	Diodo Zener	26
2.2.2.20	Diodo Led	26
2.3	Fuente con puente de diodos (puente de graetz)	27
2.4	Fuente de alimentación simple simétrica con puente	

	de diodos	28
2.5	Tecnología led/oled	29
2.6	Aplicaciones	31
2.7	Transistores	32
2.7.1	Tipo de transistores	33
2.7.1.1	Transistores bipolares	34
2.7.1.2	Transistor de efecto de campo (FET)	34
2.8	Electrónica de potencia	35
2.8.1	El Tiristor	35
2.8.2	El Triac	36
2.8.2.1	Descripción general	36
2.8.2.2	Construcción básica, símbolo, diagrama equivalente	37
2.8.2.3	Características tensión – corriente	38
2.8.2.4	Método de disparo	39
2.8.2.5	Forma de onda de los triac	41
2.8.2.6	Circuito practico de disparo	42
2.8.2.7	Circuito del gobierno de un motor con triac	44
2.8.2.8	Definiciones de los parámetros del triac	45
2.8.2.9	El triac y sus aplicaciones	46
2.8.2.10	Resumen	47
2.9	El timer	47
2.10	El contador binario	48
2.11	Convertidor BCD a siete segmentos	48
2.12	El display	48
2.13	El driver	48
2.14	El optoacoplador MOC 3041	49
2.15	El chip ICL 7107	49
2.16	El amplificador operacional	49
2.17	El regulador de voltaje	49
2.18	El motor monofásico	50
2.18.1	Fundamentos de operación de los motores eléctricos	50
2.18.2	Tipos y características	51

CAPITULO III**EL MICROCONTROLADOR**

3.1	El Microcontrolador	53
3.2	Diferencia de un microcontrolador	54
3.3	Recursos auxiliares	55
3.4	El procesador del microcontrolador	56
3.5	Memoria de programa	57
3.6	Memoria de datos	58
3.7	Línea de entrada / salida para los controles de periféricos	58
3.8	Programación de los microcontroladores	58
3.9	El interior del procesador	59
3.10	Circuito antirrobo	62
3.11	Entradas digitales optoacopladas	62

CAPITULO IV**ARRANQUE PREVIO DEL MOTOR**

4.1	Arranque de motor alcanzando su máxima velocidad en un minuto	64
4.2	Generador de sincronismo (funcionamiento)	64
4.3	Generador de tiempo de arranque	66
4.4	El comparador	67
4.5	Circuito de alimentación de puerta del triac	68

CAPITULO V**SENSOR DE TEMPERATURA**

5.1	Sensor de temperatura	70
-----	-----------------------	----

CAPITULO VI**VARIADOR DE VELOCIDAD**

6.1	Control de la velocidad de un motor por porcentajes	72
6.2	Colocación de los porcentajes	72
6.3	Excitación del triac para el arranque del motor	72

CONCLUSIONES	
ANEXO A	
BIBLIOGRAFIA	

	74
	75
	106

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1.1	Diagrama de una fuente	8
Figura 1.2	Fuente con transformador de secundario dividido	10
Figura 1.3	Muestra de las tensiones en la fuente	10
Figura 1.4	Fuente con rectificador de media onda	11
Figura 1.5	Muestra de las tensiones presentadas en la fuente	12
Figura 1.6	Muestra de las corrientes del circuito	13
Figura 1.7	Muestra la tensión de rizado	14
Figura 2.1	Curvas características de los diodos mas comunes	20
Figura 2.2	Muestra de una juntura de huecos y electrones	21
Figura 2.3	Fotografía de un cristal	23
Figura 2.4	Fuente con puente de diodos	27
Figura 2.5	Fuente simple simétrica con puente de diodos	28
Figura 2.6	Fuente con regulador de voltaje	28
Figura 2.7	Algunos colores de diodos led	29
Figura 2.8	Transistores de efecto de campo	34
Figura 2.9	Símbolo del triac	36
Figura 2.10	Diagrama equivalente del triac	37
Figura 2.11	Características tensión corriente en el triac	38
Figura 2.12	Diagrama de disparo del triac	41
Figura 2.13	Formas de onda en un triac	41
Figura 2.14	Circuito de disparo de un triac con UJT	42
Figura 2.15	Formas de onda en el disparo del triac	43
Figura 2.16	Gobierno de un motor con un triac	44
Figura 2.17	Característica general de un triac	46
Figura 2.18	Regulador de voltaje usando el 7805	50
Figura 2.19	Presentación de un motor eléctrico	50
Figura 3.1	El esquema muestra los diferentes elementos que Proporciona los operandos a la ALU	54

Figura 3.2	Esquema que resalta la actuación del divisor de Frecuencia	55
Figura 3.3	Esquema simplificado de la sección dedicada al Control	56
Figura 3.4	Circuito de conexionado de un PIC	59
Figura 3.5	Arquitectura interna del PIC	61
Figura 3.6	Gobierno del disparo de un TRIAC mediante el microcontrolador.	63
Figura 4.1	Generador de sincronismo	65
Figura 4.2	Generador de tiempo de arranque	66
Figura 4.3	El comparador	67
Figura 4.4	Circuito de activación del TRIAC y encendido del motor	68
Figura 4.5	Circuito completo del arranque	69
Figura 5.1	Circuito del sensor de temperatura	71
Figura 6.1	Circuito de variación de velocidad por porcentajes	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Compuestos usados en la construcción de diodos LED	30
------------------	---	-----------

PROLOGO

El propósito del presente informe de suficiencia es presentar un método práctico (basado en los microcontroladores) que permita implementar un moderno sistema de arranque de motores en nuestro gran mercado de productos de la rama blanca, que es donde mas se puede aplicar y donde es completamente aplicable.

Se demuestra que realizando una pequeña inversión las empresas del sector pueden realizar estos cambios en los equipos que llevan motores y así ser mas competitivos y de un producto netamente nacional, al menos en la implementación.

En la parte teórica, se utilizan los dispositivos de análisis necesarios para tener el fundamento de la implementación y la aplicación de los dispositivos.

En la práctica se implementa el circuito y se toman las medidas para comprobar el efecto del proceso del circuito concluido.

Los alcances del presente informe involucran a varias disciplinas de la ingeniería tales como: electrónica, usada para el tratamiento de la señal de control; La informática, utilizada para la programación del microcontrolador; la electricidad para la implementación del arranque del motor, y la mecánica para saber sobre el torque y la fuerza del motor; lo que se puede ver en términos generales la nueva carrera de ingeniería: la Ingeniería Mecatrónica.

Las limitaciones encontradas para efectuar el informe, han sido la exactitud de las características de los chips de ultima tecnología que no se encuentra toda la información o la información requerida para mayor conocimiento.

Especial agradecimiento a los colegas del SAE (Sistemas de Armas y Electrónica) y en especial a la Marina de Guerra del Perú.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1: INTRODUCCION:

La electrónica es una de las ciencias más aplicable en el mundo actual, la que hace del mundo, un mundo de mayores comodidades entre la gente, ya que a la vez, la electrónica es una de las áreas de la ciencia que más ha evolucionado en los últimos tiempos. La complejidad de algunos de sus componentes nos llevaría a dedicarle al tema más de un manual en forma exclusiva. Pero no es la intención de éste formar a expertos en electrónica, sino dotarlos de los conocimientos básicos y necesarios para solucionar los problemas más comunes que se pueden encontrar en nuestra realidad, en nuestra sociedad y en el país.

1.2: RESEÑA HISTORICA DE LA ELECTRONICA

Difícilmente se encontrará alguien más o menos conectado con la vida diaria que no haya oído mencionar la Electrónica, pero muy pocos saben en qué consiste. Explicar que "es la rama de la ingeniería que trata de los diferentes dispositivos o elementos que operan mediante el flujo de haces de electrones en el vacío o en un gas a baja presión" no aclara mucho la importancia extraordinaria de esta rama de la ciencia. Sin embargo, a cada instante se están palpando sus frutos. Los tubos de neón, las puertas que se abren "automáticamente", el telégrafo, el teletipo de las agencias periodísticas, las telefotos, la radio a transistores, el radar, la televisión, la telefonía celular, los celulares de videos y datos, los satélites artificiales, los controles electrónicos de los aviones de última tecnología y las computadoras personales de última generación, son algunos de los múltiples equipos o dispositivos que se deben a la electrónica. Su reinado comenzó a construirse con el descubrimiento del tubo de vacío por Thomas Alva Edison. La electrónica era el imperio del tubo.

El período de desarrollo va desde 1928 hasta la fecha, cuando continúan perfeccionándose diversos ingenios y prodigios, entre los cuales debe mencionarse la telecomunicaciones, que salvo muchos obstáculos iniciales, llegando a la transmisión total de audio video y datos.

Apenas inventado el telégrafo en el primer decenio del siglo XIX, se pensó en transmitir por alambres no solo sonidos, sino también imágenes. El propósito no era fácil de lograr. Una palabra se compone de sílabas y la sílaba de letras, de manera que la descomposición necesaria para transmitir una después de la otra las partes constitutivas de un mensaje oral no presenta dificultades. El cerebro "suma" los sonidos que recibe y obtiene el pensamiento completo. Parecía imposible hacer lo mismo para transmitir un mensaje visual. Los primeros investigadores pensaron, no obstante, que ello podía hacerse descomponiendo la imagen y enviándola por partes a un receptor, donde debía ser reconstruida para que el ojo humano la viera completa. Los fragmentos debían llegar a la pantalla receptora con suficiente rapidez para que el espectador tuviera la sensación de ver la imagen de una sola vez, debido a que en la retina la imagen no se borra inmediatamente después de captada, sino que permanece un breve lapso. Esta "permanencia retiniana", que en el fondo es un defecto en la visión humana, es la que ha hecho posible la televisión. Los mismos principios que trataron de aplicar los investigadores del siglo pasado son los que ahora se aplican, aunque muy perfeccionados y afinados. En el moderno receptor de TV nos parece ver la pantalla iluminada globalmente por la imagen, pero eso no ocurre en realidad. Nunca hay iluminación más de un punto, con un pequeñísimo fragmento de la imagen transmitida, y luego otro punto, y otro y otro y así sucesivamente, en una vertiginosa sucesión, dando al espectador la sensación de que está viendo imágenes completas.

1.2.1: LOS PRECURSORES DE LAS IMÁGENES EN LA ELECTRONICA

El primer aparato capaz de transmitir imágenes a una distancia apreciable fue ideado por el abate (eclesiástico de ordenes menores) Giovanni Caselli, de Siena, en 1855, lo denominó " pantelégrafo", y fue perfeccionado en Francia, estableciéndose diez años más tarde la línea París – Lyon.

El sistema era simple y muy ingenioso. Quien deseaba enviar un mensaje escribía con una pluma untada con tinta aislante, sobre una delgada lámina de metal; ésta era colocada en el aparato transmisor y "explorada" por una punta de platino que la recorría de arriba abajo y de derecha a izquierda. Cuando la punta tocaba con lo escrito, se interrumpía el contacto eléctrico entre la punta y la superficie metálica, debido a la condición aislante de la tinta. Por medio de un circuito eléctrico esta interrupción era transformada en una corriente eléctrica que se transmitía a lo largo de la línea hasta el aparato receptor, que estaba construido por una hoja impregnada de cianuro de potasio.

Sobre esta se desplazaba una punta de diamante con movimiento exactamente sincrónicos con aquellos de la punta exploradora del aparato transmisor. Una y otra se encontraban siempre en la misma posición respecto a la lámina metálica o a la hoja de papel, ambas de igual formato. Si una se movía en París la otra se movía exactamente igual en Lyon.

La corriente eléctrica opera una reacción química sobre el cianuro de potasio, que es incoloro, transformándolo en color azul. De esta manera, mientras la punta receptora recibía corriente eléctrica, tornaba azul la superficie del papel que estaba tocando; cuando la corriente eléctrica se interrumpía, la superficie del papel tocada por la punta, quedaba blanca. La escritura se reproducía en blanco mediante este procedimiento en la hoja receptora, cada vez que la punta de la oficina transmisora entraba en contacto con la tinta aislante en que estaba escrito el mensaje.

1.3: LA CORRIENTE

Para esto, empezaremos describiendo, que es la corriente eléctrica y los dos tipos que se utilizan, ya que para los circuitos electrónicos se utiliza corriente continua y para el circuito de potencia se utiliza la corriente alterna.

1.3.1: LA CORRIENTE CONTINUA (C.C.)

Es el resultado del flujo de electrones (carga negativa), por un conductor (alambre de cobre casi siempre), que va del terminal negativo al terminal positivo de la batería, pasando por una resistencia o una carga que puede ser un foco o una carga cualquiera.

No es equivocación, la corriente sale del terminal negativo y termina en el positivo. Lo que sucede es que es un flujo de electrones que tienen carga negativa.

La cantidad de carga de electrones es muy pequeña. Una unidad de carga muy utilizada es el Coulomb (mucho más grande que la carga de un electrón).

1 Coulomb = la carga de 6 280 000 000 000 000 000 electrones ó en notación científica: 6.28×10^{18} electrones

Para ser consecuentes con nuestro gráfico y con la convención existente, se toma a la corriente como positiva y ésta circula desde el terminal positivo al terminal negativo.

Lo que sucede es que un electrón al avanzar por el conductor va dejando un espacio (hueco) positivo que a su vez es ocupado por otro electrón que deja otro espacio (hueco) y así sucesivamente, generando una serie de huecos que viajan en sentido opuesto al viaje de los electrones y que se puede entender como el sentido de la corriente positiva que se conoce.

La corriente es la cantidad de carga que atraviesa la lámpara en un segundo, entonces

Corriente = Carga en coulombs / tiempo ó $I = Q / T$

Si la carga que pasa por la lámpara es de 1 coulomb en un segundo, la corriente es de 1 amperio

Nota: Coulomb también llamado Coulombio

1.3.2: LA CORRIENTE ALTERNA

La diferencia de la corriente alterna con la corriente continua, es que la corriente continua circula sólo en un sentido.

La corriente alterna (como su nombre lo indica) circula, durante un tiempo en un sentido y después, en sentido contrario, volviéndose a repetir el mismo proceso en forma constante.

Este tipo de corriente es la que llega a nuestros domicilios y la usamos para alimentar la TV, el equipo de sonido, la lavadora, la refrigeradora, los diferentes equipos eléctricos y electrónicos.

En este caso se puede analizar que el voltaje es alterno y tenemos que la magnitud del voltaje de una señal varía primero hacia arriba y luego hacia abajo (de la misma forma en que se comporta la corriente) y nos da una forma de onda llamada: onda senoidal.

El voltaje varía continuamente, y para saber que voltaje tenemos en un momento específico, utilizamos la fórmula; $V = V_p \times \text{Seno}(\Theta)$ donde $V_p = V$ (voltaje pico) es el valor máximo que obtiene la onda y Θ es una distancia angular y se mide en grados

Aclarando un poco esta última parte y analizando la forma de la señal, se ve que la onda senoidal es *periódica* (se repite la misma forma de onda continuamente)

Sí se toma un período de ésta (un ciclo completo), se dice que tiene una distancia angular de 360° .

Y con ayuda de la fórmula que ya dimos, e incluyendo Θ (distancia angular para la cual queremos saber el voltaje) obtenemos el voltaje instantáneo de nuestro interés.

Para cada distancia angular diferente el valor del voltaje es diferente, siendo en algunos casos positivo y en otros negativo (cuando se invierte su polaridad.)

1.4: ALGUNAS DEFINICIONES PREVIAS

1.4.1: FRECUENCIA

Si se pudiera contar cuantos ciclos de esta señal de voltaje suceden en un segundo tendríamos, la frecuencia de esta señal, con la unidad de ciclos / segundo, que es lo mismo que Hertz o Hertzios.

1.4.2: PERIODO

El tiempo necesario para que un ciclo de la señal anterior se produzca, se llama período (T) y tiene la fórmula: $T = 1 / f$, o sea el período (T) es la inversa de la frecuencia (f).

1.4.3: VOLTAJE PICO-PICO

Analizando el voltaje alterno se ve que hay un voltaje máximo y un voltaje mínimo. La

diferencia entre estos dos voltajes es el llamado voltaje pico-pico (V_{pp}) y es igual al doble del Voltaje Pico (V_p)

1.4.4: VOLTAJE RMS

Se puede obtener el voltaje equivalente en corriente continua (V_{rms}) de este voltaje alterno con ayuda de la fórmula $V_{rms} = 0.707 \times V_p$. Este valor de voltaje es el que obtenemos cuando utilizamos un voltímetro.

Si se prepara un voltímetro para que pueda medir voltajes en corriente alterna (a.c.) y medimos la salida en un tomacorriente de una casa, lo que vamos a obtener es: 110 Voltios o 220 Voltios aproximadamente, dependiendo del país donde se realiza la medición.

El voltaje que leemos en el voltímetro es un VOLTAJE RMS de 110 o 220 Voltios.

¿Cuál será el voltaje pico (V_p) de esta señal?

Revisando la fórmula del párrafo anterior despejamos V_p .

$$V_p = V_{rms} / 0.707$$

* Caso $V_{rms} = 110 \text{ V}$, $V_p = 110 / 0.707 = 155.6 \text{ Voltios}$.

* Caso $V_{rms} = 220 \text{ V}$, $V_p = 220 / 0.707 = 311.17 \text{ Voltios}$

1.5: LAS FUENTES DE ALIMENTACIÓN SIMPLES.

Se entiende por fuente de alimentación un sistema electrónico que suministra las tensiones y corrientes necesarias para el funcionamiento de los circuitos electrónicos. Por tanto, las fuentes de alimentación son sistemas suministradores de energía eléctrica.

Por fuente de alimentación simple (o primaria) se entiende aquella compuesta por, quizás, un bloque transformador, otro bloque rectificador y un último bloque de filtrado:



Figura 1.1 diagrama de una fuente

El bloque transformador, en caso de existir, estará formado por el componente de nombre análogo. El bloque rectificador está formado típicamente por diodos, y puede ser media onda o de doble onda. Por último, el bloque de filtrado lo constituye un condensador de gran capacidad o una asociación de condensadores y bobinas o resistencias.

1.5.1: EL TRANSFORMADOR DE ALIMENTACIÓN

Lo normal es que sean transformadores reductores, con un primario único y uno o varios secundarios. Las características más importantes de un transformador de alimentación son:

- Tensión del secundario o secundarios: viene expresada en tensión eficaz.
- Potencia máxima entregable por los secundarios: expresada en VA (voltamperios).
- Resistencia de primario y secundarios: expresada en ohmios, a la temperatura de 25°C.
- Perdidas en el núcleo y en los bobinados: expresada en W (vatios).
- Corriente consumida por el transformador sin carga conectada: expresada en mA (miliamperios).

Otros datos que suelen aparecer en las hojas de características de los transformadores son, por ejemplo, la eficiencia energética, la regulación de carga, etc., claro está, de las dimensiones físicas del mismo.

1.5.2: LOS DIODOS RECTIFICADORES

Deben ser diodos con unas características especiales. De hecho, existe un subgrupo de diodos llamados así, rectificadores. Los diodos rectificadores deben poder ser capaces de soportar de forma continua valores de corriente que, según qué aplicaciones, puede llegar a ser elevada o muy elevada. Además, deben aguantar picos de corriente varias veces mayores que su corriente nominal máxima de funcionamiento. En cuanto a las características de tensión, es normal que puedan trabajar con tensiones inversas de algunas centenas de voltios. Tomemos como ejemplo un diodo rectificador muy difundido, el

IN4007. Tiene aplicación en fuentes de alimentación de pequeña potencia de salida. Sus principales características son:

- Picos repetitivos de tensión inversa: 1000V máximo.
- Picos no repetitivos de tensión inversa: 1200V máximo.
- Tensión inversa máxima de forma continua: 700V.
- Corriente nominal directa máxima: 1A.
- Picos de corriente directa no repetitivos: 30A máximo.

1.5.3: LOS CONDENSADORES DE FILTRADO

Los condensadores que se usan son de tipo electrolítico, con un valor de capacidad que como mínimo suele ser de 1000 μ F. Deben poder soportar al menos una tensión doble de la tensión de pico que entregue el transformador. Así mismo, deben elegirse condensadores con poca corriente de fuga, ya que de lo contrario se tendría una disipación de potencia apreciable en dicho elemento, provocando que se calentase y, si alcanza temperaturas elevadas, llegado el caso estallase.

También es deseable (imprescindible si se trata de la fuente primaria de un sistema de alimentación conmutado) elegir condensadores con una resistencia serie equivalente (ESR) pequeña, ya que ello posibilitará que la fuente pueda entregar picos elevados de corriente ante demandas de la carga.

1.5.4: FUENTE CON TRANSFORMADOR DE SECUNDARIO DIVIDIDO

En esta fuente se usa un transformador con doble secundario o dividido. El secundario se comporta en este caso como un divisor de tensión inductivo, de tal forma que tomando el punto central como referencia de potenciales se tendrá en cada extremo ondas senoidales iguales pero desfasadas 180° una respecto a la otra. Este hecho se aprovecha para montar dos rectificadores de media onda, uno en cada extremo del secundario. la tensión rectificada de ambos rectificadores se suma sobre la carga, produciendo la rectificación de doble onda sobre ella.

Su esquema es el siguiente:

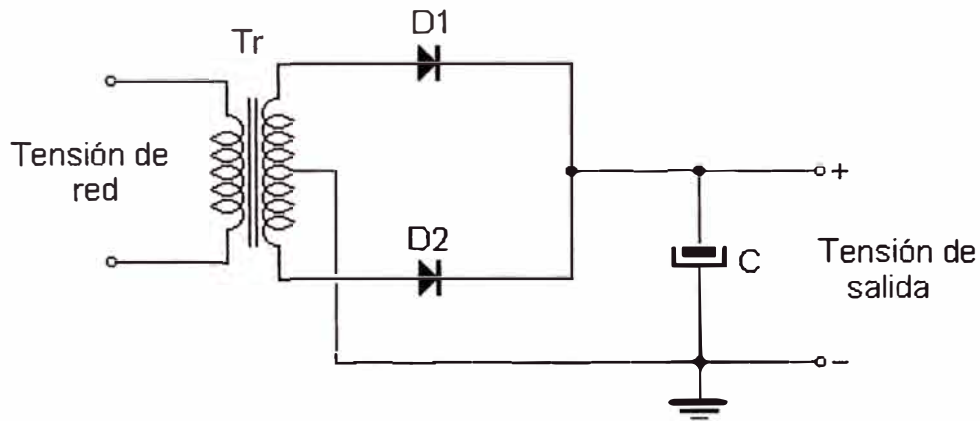


Figura 1.2 Fuente con transformador de secundario dividido.

La gráfica con sus tensiones en cada punto es la mostrada en la figura:

La onda *azul* es la correspondiente a la tensión de salida de la fuente. En este caso suponemos también conectada una resistencia de carga. Por otro lado, las ondas *roja* y *verde* corresponden a la tensión entregada por cada extremo del secundario del transformador. Se puede apreciar perfectamente el desfase de 180° al que hacíamos referencia antes.

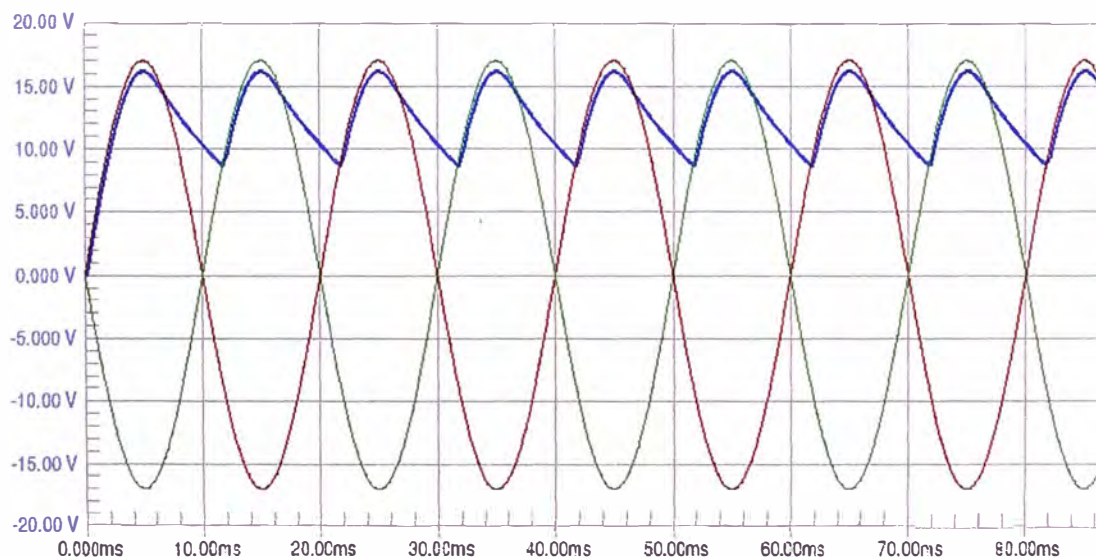


Figura 1.3 Muestra de las tensiones en la fuente

En esta fuente los diodos deben soportar una tensión inversa máxima de dos veces la tensión máxima de cada parte del transformador. Así, si el transformador es de 12+12V en

su secundario (esta es la forma de expresar el hecho de que el secundario está dividido, siendo en este caso cada parte del mismo de 12V eficaces) los diodos deberán aguantar una tensión inversa de unos 34V como mínimo.

En cuanto a la corriente máxima de pico que pueda tener que llegar a soportar uno de los diodos (recordemos, el primer pico de carga del condensador, que en este caso puede circular por un diodo o por el otro, y no hay forma de saber, a priori, por cuál) su cálculo es idéntico al caso del rectificador de media onda.

El condensador se calculará de la misma forma que en el rectificador de media onda, pero teniendo en cuenta que la frecuencia con la que éste se carga y descarga es doble que en dicho rectificador, o sea, tendremos que tomar una frecuencia de valor 100Hz. Por esto último, para conseguir tensiones de rizado similares al caso de media onda necesitaremos condensadores de la mitad de capacidad para el rectificador de doble onda.

1.5.5: FUENTE SIMPLE CON RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA

El esquema base que adoptaremos para el estudio de este tipo de fuentes es el siguiente:

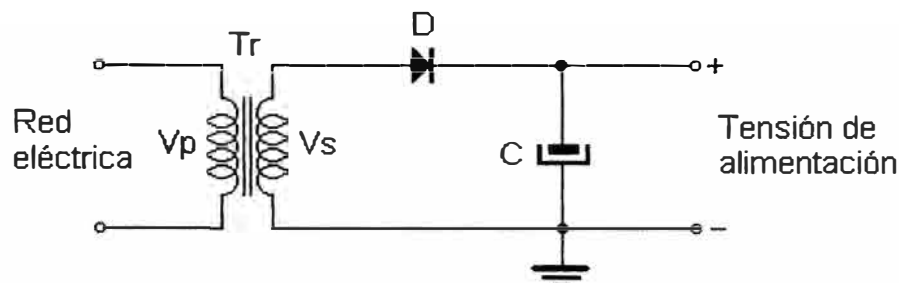


Figura 1.4 Fuente con rectificador de media onda.

pequeño en el secundario, V_s . Tanto en primario como en secundario la tensión será de tipo alterna senoidal. La tensión de pico o máxima presente en El transformador Tr reducirá la tensión del primario, V_p , a una de valor más el secundario, $V_{m\acute{a}x}$, será por tanto:

$$V_{m\acute{a}x} = V_s \times \sqrt{2}$$

La tensión máxima en extremos del condensador, $V_c \text{ máx}$, será igual a $V_{\text{máx}}$ menos $0.7V$, que es la tensión de conducción del diodo rectificador **D**. O sea,

$$V_c \text{ máx} = V_{\text{máx}} - 0.7V$$

Las formas de onda en el circuito, suponiendo un transformador con secundario de $12V$ y una carga conectada a la fuente, serán similares a las siguientes:

La onda **roja** sería la correspondiente a la tensión alterna senoidal que entrega el secundario del transformador. La señal **azul** es la presente en extremos del condensador de filtro. En ella se pueden apreciar perfectamente las cargas y descargas de este condensador (carga a través del diodo, descarga a través de la resistencia de carga conectada a la fuente). También se puede apreciar la diferencia de $0.7V$ existente entre los picos positivos de la tensión del secundario y la tensión máxima en extremos del condensador. La onda **verde** es la correspondiente a la tensión en extremos del diodo rectificador. Se puede apreciar que dicha tensión polariza al diodo en sentido inverso la mayoría del tiempo y que alcanza un valor de prácticamente el doble de $V_c \text{ máx}$. La polarización directa sólo se produce durante la carga del condensador.

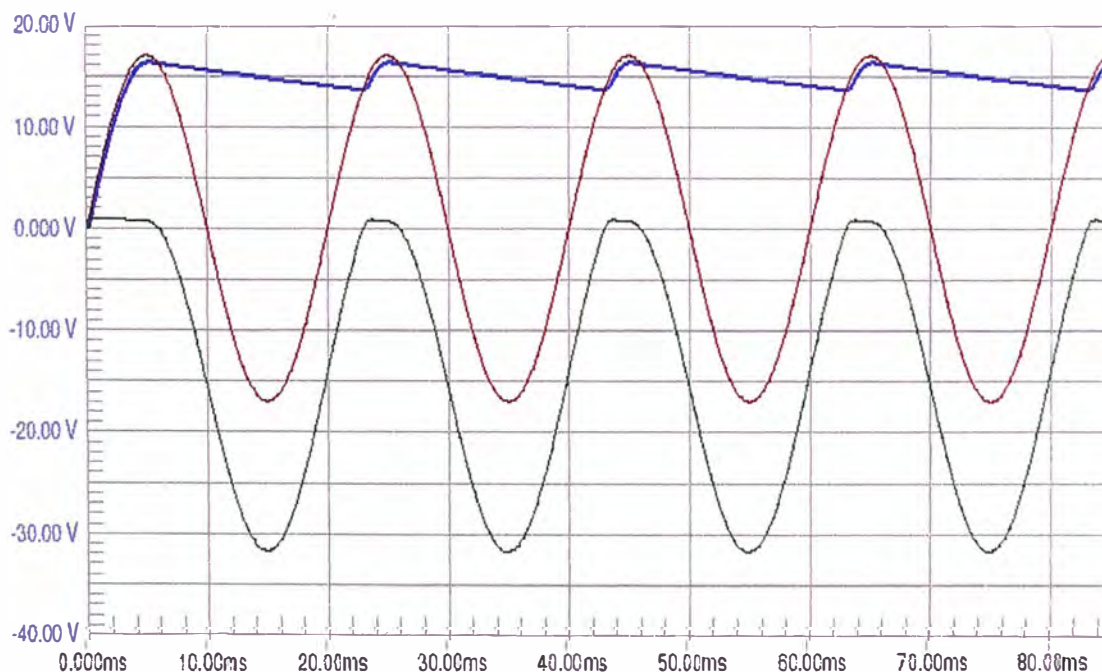


Figura 1.5 Muestra de las tensiones presentadas en la fuente.

Lo que aparece a continuación son las formas de las corrientes que circulan por el circuito (seguimos suponiendo una resistencia de carga conectada):

En esta ocasión la onda roja corresponde a la corriente instantánea que atraviesa al diodo rectificador. Sólo circula corriente por él prácticamente durante la carga del condensador. El diodo tendrá que ser capaz de soportar estos picos repetitivos de corriente, cuyo valor máximo dependerá de forma directa del valor de la capacidad del condensador y de forma inversa del valor óhmico de la resistencia de carga.

En esta ocasión la onda roja corresponde a la corriente instantánea que atraviesa al diodo rectificador. Sólo circula corriente por él prácticamente durante la carga del condensador. El diodo tendrá que ser capaz de soportar estos picos repetitivos de corriente, cuyo valor máximo dependerá de forma directa del valor de la capacidad del condensador y de forma inversa del valor óhmico de la resistencia de carga.

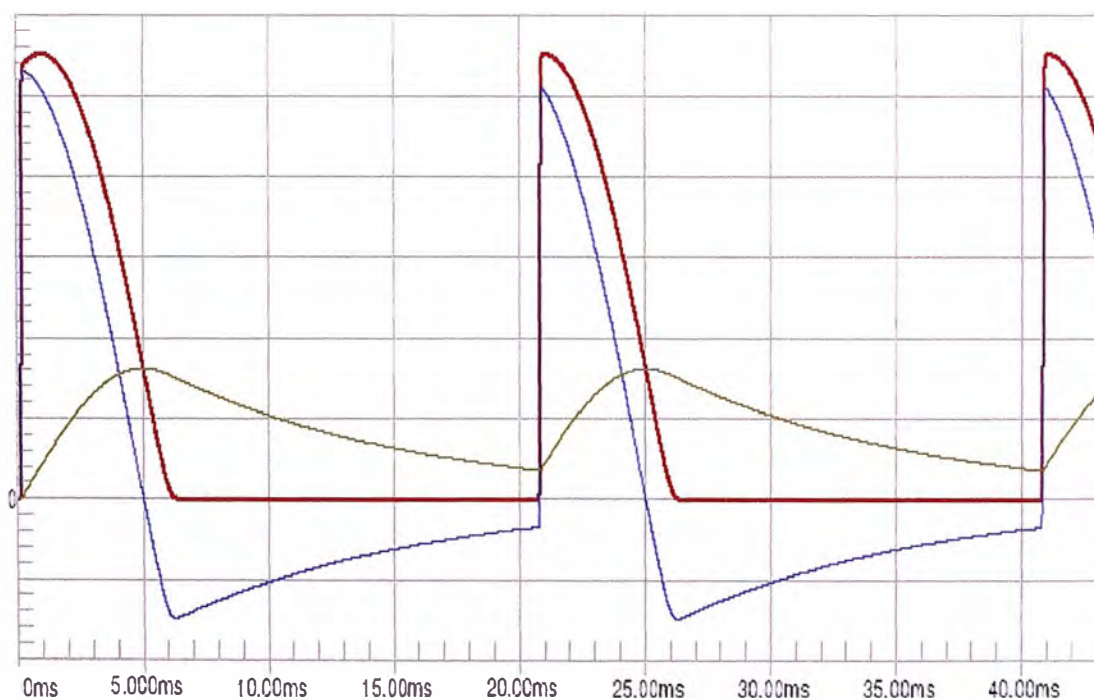


Figura 1.6 Muestra de las corrientes del circuito.

La onda verde es la correspondiente a la corriente que atraviesa a la resistencia de carga. Cuando es creciente la corriente la suministra el transformador a través del diodo. Cuando

la corriente por la carga decrece está siendo suministrada por el condensador, que se está descargando sobre ella.

La onda azul es la de la corriente absorbida (durante la carga) o entregada (durante la descarga) por el condensador de filtro, por eso tiene una parte positiva (carga) y otra negativa al circular la corriente en sentido contrario (descarga). La corriente media, o continua, que "circula" por el condensador es aproximadamente cero (el área bajo la parte positiva de la gráfica de corriente es prácticamente igual al área que encierra la parte negativa de la misma gráfica), no llegando a serlo completamente debido a la corriente de fuga del condensador. Tendremos entonces que la práctica totalidad de la corriente continua que atraviesa al diodo rectificador circulará por la carga. Por otro lado, la tensión continua en extremos de la carga, o sea, a la salida de la fuente de alimentación, viene dada por:

$$V_{dc} \approx V_c \text{ máx} - \frac{V_{riz}}{2}$$



Figura 1.7 Muestra la tensión de rizado.

siendo V_{riz} la llamada tensión de rizado (pico a pico). Esta tensión es una componente alterna residual que tiene una frecuencia igual a la de la tensión de red rectificadas (en España 50Hz para rectificación a media onda y 100Hz para rectificación a doble onda) que

queda superpuesta a la tensión continua de salida y que está provocada por las cargas y descargas del condensador de filtro:

El valor de la tensión de rizado depende de forma inversa de la capacidad del condensador de filtro, del valor óhmico de la resistencia de carga y del valor de la frecuencia de la tensión de red rectificada. Esto es así porque estos son los factores que influyen sobre la carga y descarga del condensador de filtro. En concreto, la expresión que liga estos parámetros es la siguiente:

$$V_{riz} = \frac{I_{dc}}{F \times C}$$

donde **V_{riz}** es la tensión de rizado pico a pico en extremos de la carga, **F** es la frecuencia de la tensión de red rectificada e **I_{dc}** es La corriente media o continua que consume la resistencia de carga,

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_{carga}}$$

Cuando se selecciona un diodo para montar este tipo de fuentes su corriente nominal directa máxima tendrá que ser mayor que **I_{dc}**.

Otro parámetro a tener en cuenta en la elección del diodo rectificador son los picos de corriente directa no repetitivos. Por el diodo circularán picos de corriente que serán repetitivos, pero hay, en condiciones normales, un pico de corriente que no se repite y además es el que mayor valor de corriente alcanza. Se trata del pico de corriente correspondiente a la primera carga del condensador de filtro. El valor de corriente que alcance este pico dependerá del momento de conexión a la red. Si la conexión se produce durante un paso por cero de la tensión de red dicho valor se puede calcular, de forma aproximada (siempre que la resistencia de carga no llegue a descargar al condensador excesivamente durante el período de bloqueo del diodo) mediante la expresión

$$I_{\text{primer pico de carga}} = \frac{V_{\text{máx}} - 1V}{\frac{1}{2 \times \pi \times F_{red} \times C} + R_{td}}$$

donde **Fred** es la frecuencia de la tensión de red y **Rtd** es la suma de la resistencia del secundario del transformador y la resistencia del diodo en conducción, aunque normalmente la resistencia del diodo se puede despreciar en esta suma.

En caso de que la conexión a red ocurra durante un máximo de dicha tensión se estará ante el peor caso posible, siendo el valor que toma el pico de corriente el máximo posible:

$$I_{\text{primer pico de carga}} = \frac{V_{\text{máx}} - 1V}{R_{td}}$$

Entonces, el valor del primer pico de corriente estará comprendido entre los dos valores anteriores.

Tras este primer pico de corriente se irán sucediendo otros muchos (o sea, de forma repetitiva) pero estos últimos no llegarán a alcanzar el valor de corriente del primero si se respeta lo indicado más arriba. De hecho, si se eligió correctamente el valor del condensador de filtro, serán de un valor mucho menor que el primero.

CAPITULO II

DISPOSITIVOS Y COMPONENTES PREVIOS

2.1: CONOCIENDO LOS COMPONENTES

Los componentes a los que dedicaremos nuestra atención serán principalmente aquellos relacionados con el manejo de la corriente, que generalmente son los que con mayor frecuencia se dañan a raíz de su actividad. En este rubro entran los transistores, capacitores, resistencias, diodos, fusibles, transformadores y algunos circuitos integrados. Por lo general, un ejemplo de la mayoría de los periféricos que rodean a la PC son controlados por un microchip propio, programado para tal propósito. Eso permitió el gran ahorro de espacio que significa comprimir millones de transistores en tan sólo un par de milímetros cuadrados. Pero su función suele ser tan específica que resulta casi imposible analizar su funcionamiento sin recurrir a un manual que nos informe del papel que cumple cada una de sus cientos de patas en algunos casos.

El problema surge en la obtención de dicho manual, ya que suele ser información que los fabricantes reservan sólo para los *service* autorizados, con el agregado de que muchas veces el reemplazo puede llegar a ser hasta más costoso que una unidad nueva completa. Así y todo, todavía se utilizan muchísimos componentes convencionales, más fáciles de analizar y reemplazar, y que suelen ser los responsables del ochenta por ciento de las averías típicas. A su vez, la verificación de éstos nos puede llevar por descarte a una mayor seguridad respecto del inminente reemplazo de un chip.

2.1.1: PISTAS CONDUCTORAS

Todas las partes de un circuito deben ser conectadas a fin de garantizar su correcto funcionamiento. Para esto son montadas sobre circuitos impresos que disponen de orificios destinados a ubicar las patas de cada uno de los componentes, en otros casos

tendremos las conexiones superficiales de otros componentes y las pistas de cobre conductoras que las conectan entre sí. Es bastante frecuente encontrar en cualquier dispositivo una o más placas con cientos de pistas de distintos tamaños y longitudes. Ellas son responsables de un gran porcentaje de las fallas típicas, dado a veces del grosor ínfimo que posee, son muy propensas a sufrir cortes derivados de pequeñas fisuras que puedan provocarse a partir de golpes o torceduras.

2.1.2: RESISTENCIA

Es uno de los componentes más simples en su estructura y su funcionamiento. La función que cumple en un circuito es el de limitar el paso de la corriente con distintos fines específicos. En varios casos se usa como protección antes supuestos golpes de tensión. Ante estas circunstancias, la resistencia se abre y corta el paso de la corriente antes de que llegue en exceso a la salida de algún circuito integrado importante.

2.1.3: EL POTENCIOMETRO

Los potenciómetros y los reóstatos se diferencian entre sí, entre otras cosas, por la forma en que se conectan. En el caso de los potenciómetros, estos se conectan en paralelo al circuito y se comporta como un divisor de tensión.

2.1.4: BOBINA

La bobina y el transformador son componentes muy simples en cuanto a su ensamblaje. Por lo general, constan de uno o varios núcleos envueltos por un alambre de cobre de cuya longitud y grosor dependerá su función específica. Los extremos de cada uno de los alambres serán los puntos de contacto utilizados para ser unidos a la plaqueta. El objetivo de esto es sacar provecho de los campos magnéticos que genera la corriente en su paso por las bobinas

2.1.5: FUSIBLE

Un fusible está conformado por un hilo conductor, diseñado en forma específica para dejar pasar determinada cantidad de corriente. Superando este volumen, este se corta

interrumpiendo dicho suministro. De esta manera se protege el resto de los componentes ante excesos inesperados.

2.1.6: TRANSFORMADOR

Esta compuesto por dos bobinados enfrentados uno denominado primario y otro secundario. El campo magnético que genera la corriente a su paso por el bobinado primario provoca un efecto inductivo sobre el secundario que emite un flujo de corriente de menor valor. Esto es muy utilizado en fuentes de alimentación, para convertir los 220 o 110v de la corriente de línea al valor que necesita el dispositivo para el cual fue diseñado. Hoy en día, la utilización de fuentes conmutadas, que utilizan componentes mucho mas precisos, seguros y livianos, hacen menos frecuente el uso de transformadores.

2.1.7: CAPACITOR

El capacitor es un dispositivo que consta básicamente de dos placas metálicas, separadas por un material aislante llamado dieléctrico, que pueden estar conformados de muchas maneras. Su función es cargarse de energía para luego liberarla en forma paulatina. Aquellos que utilizan electrolito como aislantes son llamados capacitores electrolíticos. Son muy usados en fuente de alimentación y manejo de corriente y , por lo general, causan mas de una falla característica.

2.1.8: CAPACITOR ELECTROLÍTICO

Recibe su nombre gracias al material que hace las veces de aislante, el cual es un ácido en estado liquido llamado electrolito.

2.1.9: EL CRISTAL

El cristal es un dispositivo que tiene como finalidad oscilar a determinadas frecuencias para las cuales fue diseñado, permitiéndonos por esa característica el uso continuo en

algunos circuitos donde se requiere una determinada frecuencia. Generalmente estos dispositivos son de cuarzo, por la mayor precisión que tienen.

2.2: DIODOS

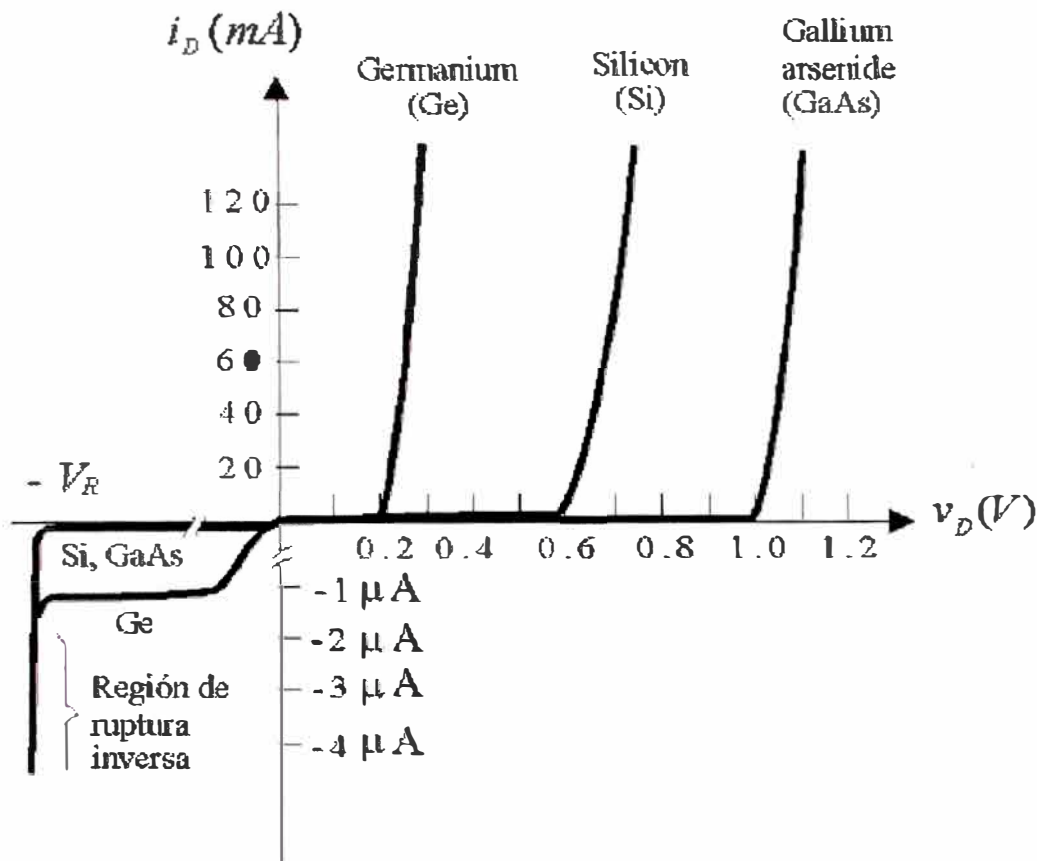


Figura 2.1 Curvas características de los diodos más comunes

Para resumir las características de un diodo, podemos decir que se trata de un componente que admite el paso de la corriente en sólo un sentido. Es por esto por lo que, al contrario de las resistencias, posee una polaridad que se debe respetar. Ésta se encuentra bien marcada en la cápsula del diodo, siendo el polo positivo el marcado con una línea o punto.

Un cristal pn. Dispositivo que conduce fácilmente cuando presenta polarización directa y muy poco cuando tiene polarización inversa.

Tomemos una juntura y apliquémosle una tensión como se indica en la figura:

Nótese que el polo positivo está conectado al material tipo 'n' y el polo negativo al material

tipo 'p'. Una vez realizada la conexión, la f.e.m. de la pila empuja a los electrones libres del silicio tipo 'n' hacia la juntura y hace lo propio con los huecos en el tipo 'p'.

Ahora bien, al existir una zona con cargas netas (juntura), habrá también un campo eléctrico. Este campo eléctrico ofrece una barrera de potencial que debe ser superada por cualquier portador que quiera atravesarla. Dicha barrera toma un valor de aproximadamente 0,7 Voltios para el Silicio y 0,3 para el Germanio

Esta barrera deberá ser superada por cualquier portador que trate de atravesarla, de esta forma, si la f.e.m. de la pila del dibujo es levemente superior a 0,7 Voltios (o 0,3 en su debido caso) los electrones y los huecos podrán atravesar la juntura y recombinarse, es decir, los electrones ocupan el lugar de los huecos. De esta forma se establece una corriente a través del diodo.

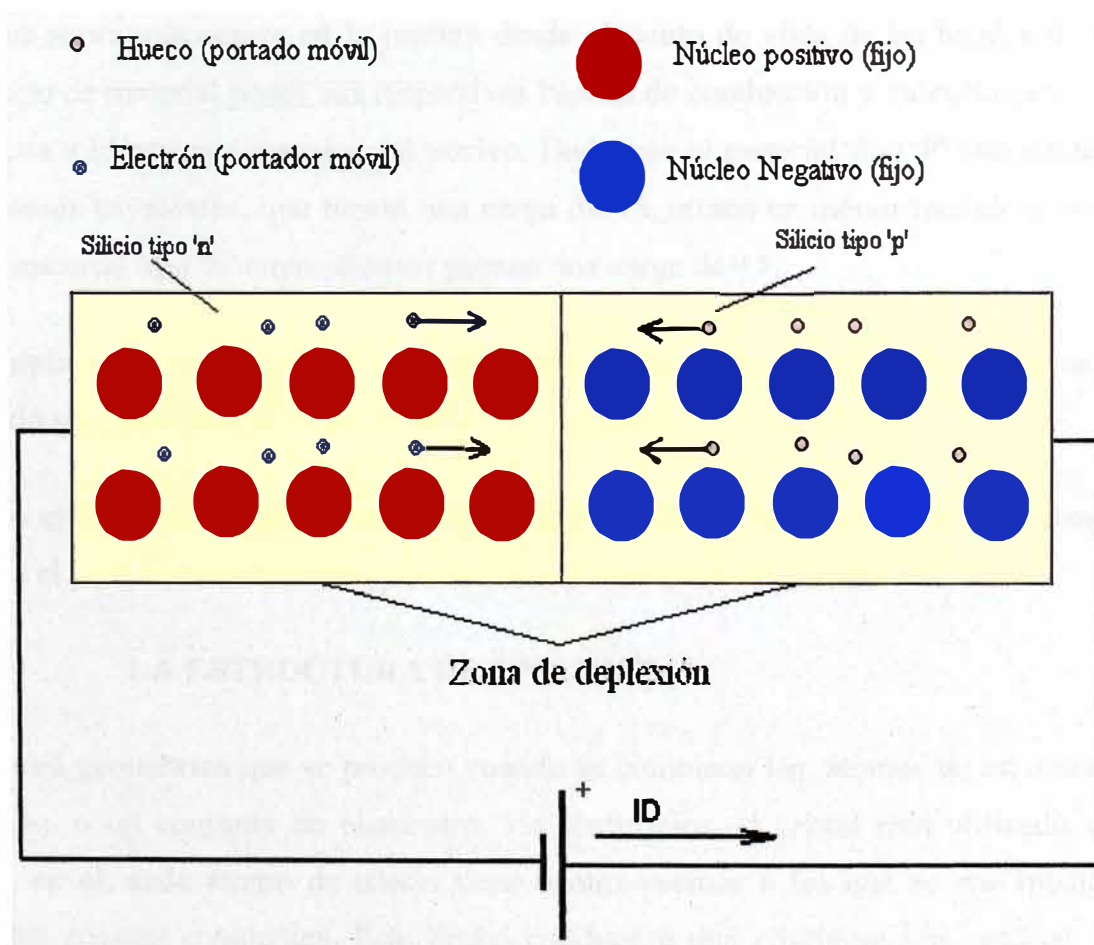


Figura 2.2 Muestra de una juntura de huecos y electrones.

El valor de la misma es considerablemente alto ya que sólo se opone a su paso la barrera de potencial antes descrita y una resistencia propia del silicio de unos pocos ohms.

Se dice entonces que el diodo está polarizado "en directa" y dado sus características de conductividad puede ser considerado como un conductor.

Ahora la pila se invierte con respecto a la posición anterior. Obsérvese lo que pasa los electrones del material tipo 'N' son atraídos por el polo positivo de la batería. Algo similar ocurre con los huecos del material tipo 'P' y el polo negativo de la misma. De esta forma dichos materiales quedan agotados rápidamente. Al no existir portadores libres, tampoco existe circulación de corriente. Se dice, en este caso, que el diodo está polarizado en inversa y puede ser considerado como un circuito abierto.

Veamos ahora que ocurre en la juntura desde el punto de vista de las bandas de energía. Cada tipo de material posee sus respectivas bandas de conducción y valencia pero, éstas no se ubican a idénticas distancias del núcleo. Dado que el material tipo 'P' está contaminado con átomos trivalentes, que tienen una carga de +3, atraen en menor medida a las bandas que el material tipo 'N' cuyos átomos poseen una carga de +5.

Esto implica que ambas bandas estarán a distintas distancia una de la otra en la juntura, en un diodo sin polarización como se indica en la figura:

Cuando el diodo es polarizado exteriormente se forma un "puente" entre estas bandas que permite el paso de los electrones y huecos por sus respectivas bandas.

2.2.1: LA ESTRUCTURA DE UN CRISTAL

Estructura geométrica que se produce cuando se combinan los átomos de un determinado elemento, o un conjunto de elementos. En electrónica, el cristal más utilizado es el de silicio, en él, cada átomo de silicio tiene cuatro vecinos a los que se une mediante los llamados enlaces covalentes. Este hecho conduce a una configuración especial llamada cristal.

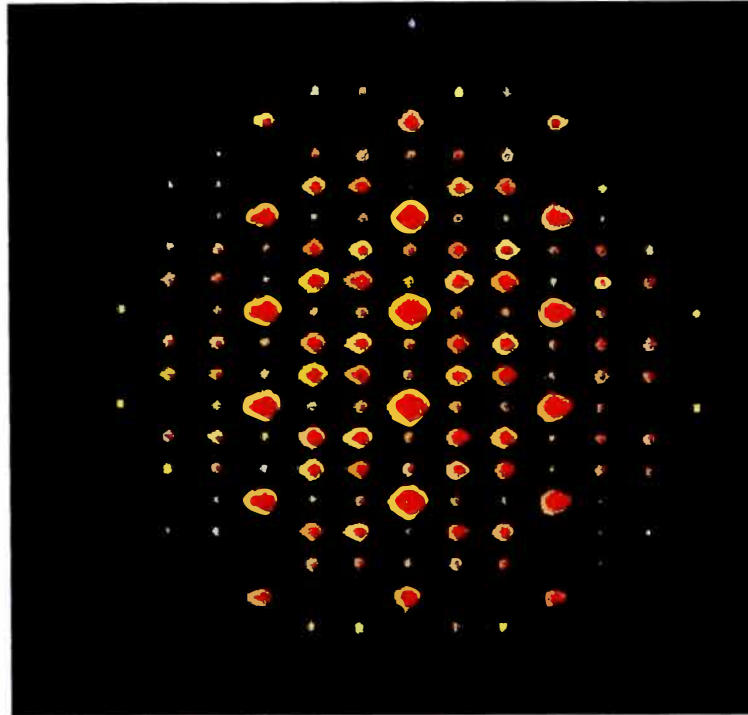


Figura 2.3 Fotografía de un cristal.

2.2.2: TIPOS DE DIODOS

2.2.2.1: DIODO BARITT

(Del inglés: BARrier Injected Transit Time). Diodo semejante al diodo IMPATT donde los portadores de carga llamados a atravesar la región de deplexión no provienen de una avalancha sino que son engendrados por inyección de portadores minoritarios en uniones polarizadas en el sentido de la conducción.

2.2.2.2: DIODO DE AVALANCHA

Diodo de rectificación en el que, mediante una técnica apropiada, se reparte la ruptura inversa, debida al fenómeno de avalancha, en todo el volumen de la unión. El diodo soporta, así, grandes corrientes en conducción inversa sin destruirse.

2.2.2.3: DIODO DE CAPACIDAD VARIABLE (VARACTOR O VARICAP)

Diodo semiconductor con polarización inversa cuya capacidad entre los terminales disminuye en función de la tensión inversa aplicada entre sus extremos.

2.2.2.4: DIODO DE CONMUTACIÓN

Diodo semiconductor diseñado para presentar una transición rápida entre el estado de conducción y el estado de bloqueo, y a la inversa.

2.2.2.5: DIODO RECTIFICADOR.

Diodo de potencia media o alta que se utiliza para rectificar las corrientes alternas.

2.2.2.6: DIODO SEMICONDUCTOR.

Diodo que permite el paso de la corriente de su zona p, rica en huecos, a su zona n, rica en electrones.

2.2.2.7: DIODO DE SEÑAL

Diodo semiconductor empleado para la detección o el tratamiento de una señal eléctrica de baja potencia.

2.2.2.8: DIODO DE UNIÓN

Diodo formado por la unión de un material semiconductor de tipo n y otro semiconductor de tipo p.

2.2.2.9: DIODO ESAKI

Ver diodo túnel

2.2.2.10: DIODO GUNN

Dispositivo semiconductor impropriamente calificado de diodo ya que no contiene una unión sino una sucesión de tres capas de tipo n más o menos dopadas. En presencia de campos eléctricos elevados, el diodo Gunn es escenario de oscilaciones a muy alta frecuencia.

2.2.2.11: DIODO IMPATT

(Del inglés: IMPAct Avalanche and Transit Time)

Diodo cuyo funcionamiento asocia la multiplicación por avalancha de los portadores de carga y su tiempo de propagación en la unión. Esto conduce, para ciertas frecuencias muy elevadas, a una resistencia negativa que permite utilizar el diodo en modo amplificador o en modo oscilador.

2.2.2.12: Diodo Láser

Diodo electroluminescente (LED) cuya estructura contiene una cavidad óptica y que está concebido de modo que permita la emisión estimulada, y por tanto la radiación de una onda luminosa quasi-monocromática y coherente (laser).

2.2.2.13: Diodo PIN

(Del inglés P region-Intrinsic region-N region). Unión pn semiconductor que posee dos regiones, una fuertemente dopada n, representada como n^{++} , y otra fuertemente dopada p, representada por p^{++} , y una zona intrínseca de dopado muy débil.

2.2.2.14: Diodo Schottky

Diodo formado por un contacto entre un semiconductor y un metal, lo que elimina el almacenamiento de carga y el tiempo de recuperación. Un diodo Schottky puede rectificar corrientes de frecuencia superior a 300 MHz.

2.2.2.15: Diodo Schokley

Diodo de cuatro capas p-n-p-n utilizado en los circuitos de conmutación rápida. Además, la tensión directa de este diodo es más baja que en la de un diodo semiconductor de dos regiones.

2.2.2.16: Diodo Trappat

(Del inglés, TRAPped Plasma Avalanche Transit time)

Diodo de hiperfrecuencia de semiconductores que, cuando su unión se polariza en avalancha, presenta una resistencia negativa a frecuencias inferiores al dominio de frecuencias correspondiente al tiempo de tránsito del diodo. Esta resistencia negativa se debe a la generación y desaparición de un plasma de electrones y huecos que resultan de la

íntima interacción entre el diodo y una cavidad de hiperfrecuencias de resonancias múltiples.

2.2.2.17: DIODO TÚNEL

Diodo semiconductor que tiene una unión, en la cual se produce el efecto túnel que da origen a una conductancia diferencial negativa en un cierto intervalo de la característica corriente-tensión.

La presencia del tramo de resistencia negativa permite su utilización como componente activo (amplificador/oscilador).

2.2.2.18: DIODO UNITÚNEL

Diodo túnel cuyas corrientes de pico y valle son aproximadamente iguales.

2.2.2.19: DIODO ZENER

Diodo optimizado, mediante la elección del índice de dopado, para su funcionamiento en una región de ruptura inversa, a una tensión ampliamente independiente de la intensidad. Los diodos Zener se utilizan en reguladores de tensión.

2.2.2.20: DIODO LED

Un **diodo LED**, acrónimo inglés de **Light Emitting Diode** (diodo emisor de luz) es un dispositivo semiconductor que emite luz monocromática cuando se polariza en directa y es atravesado por la corriente eléctrica. El color depende del material semiconductor empleado en la construcción del diodo, pudiendo variar desde el ultravioleta, pasando por el espectro de luz visible, hasta el infrarrojo, recibiendo éstos últimos la denominación de **diodos IRED (Infra-Red Emitting Diode)**.

El dispositivo semiconductor está comúnmente encapsulado en una cubierta de plástico de mayor resistencia que las de vidrio que usualmente se emplean en las lámparas incandescentes. Aunque el plástico puede estar coloreado, es sólo por razones estéticas, ya que ello no influye en el color de la luz emitida.

Para obtener una buena intensidad luminosa debe escogerse bien la corriente que atraviesa el LED; el voltaje de operación va desde 1,5 hasta 2,2 voltios aproximadamente, y la gama de intensidades que debe circular por él va desde 10 hasta 20 mA en los diodos de color rojo, y de 20 a 40 mA para los otros LEDs.

El primer diodo LED que emitía en el espectro visible fue desarrollado por el ingeniero de General Electric Nick Holonvak en 1962.

2.3: LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN CON PUENTE DE DIODOS (PUENTE DE GRAETZ)

Este rectificador de doble onda es muy usado ya que elimina la necesidad de tener que emplear transformadores con secundario dividido (más voluminosos y pesados). El esquema de una fuente de alimentación simple que use este tipo de rectificador es el siguiente:

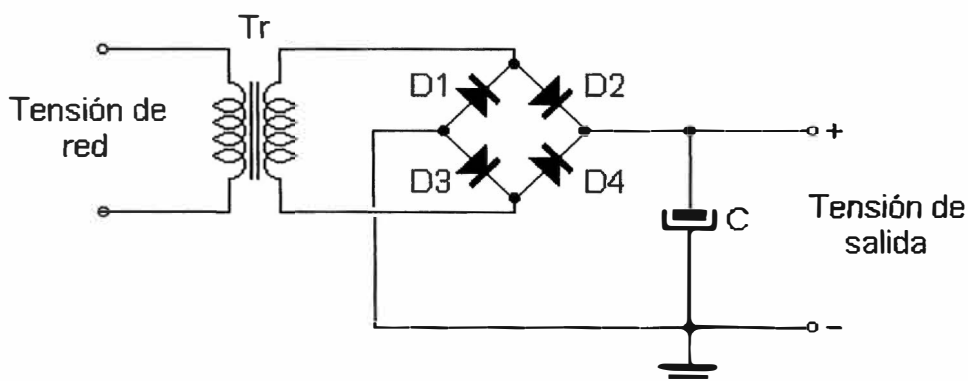


Figura 2.4 Fuente con puente de diodos.

El puente consigue reconducir el paso de la corriente eléctrica haciendo que en cada semiciclo de la tensión del secundario del transformador siempre circule por la carga en el mismo sentido (de eso trata la retificación).

La tensión inversa máxima que ha de soportar cada diodo del puente rectificador es tan sólo igual al valor de tensión máxima entregado por el secundario del transformador. En cuanto a la corriente de pico máxima por cada diodo decir que es aproximadamente la

misma que en el caso del rectificador de doble onda con transformador con secundario dividido.

2.4: LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN SIMPLE SIMÉTRICA CON PUENTE DE DIODOS

Es posible conseguir una fuente de alimentación simple de este tipo si se emplea un transformador con secundario dividido:

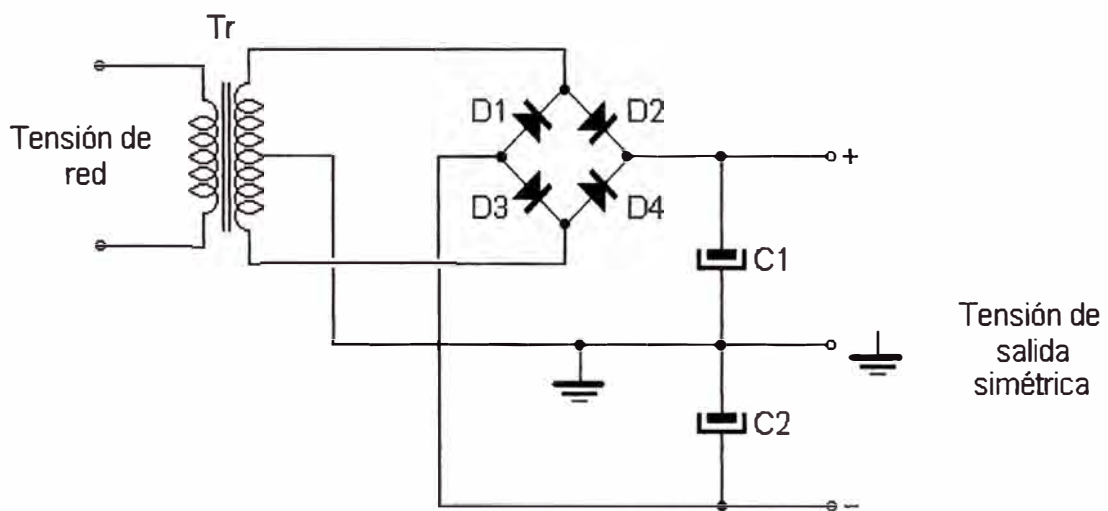


Figura 2.5 Fuente simple simétrica con puente de diodos.

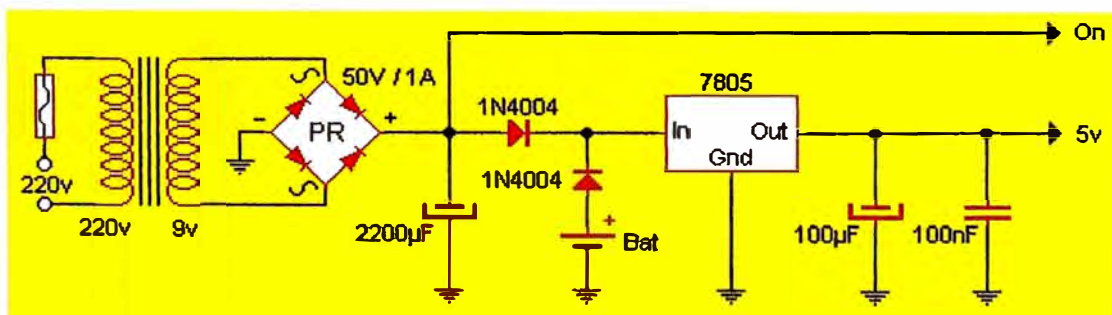


Figura 2.6 Fuente con regulador de voltaje.

Observando la fuente se comprenderá mejor el funcionamiento de este sistema. Por un lado la corriente alterna de 220v (o la que haya en su red domiciliaria) es aislada y reducida en tensión por el transformador, cuyo secundario es de 9V por 300mA. La alterna resultante es rectificadora por el puente de diodos y filtrada inicialmente por el capacitor de 2200 μ F. Entre sus bornes hay 12V aproximados de continua, los cuales se emplean para manejar la bobina del relé. Los dos diodos 1N4004 hacen que, por un lado, la batería no active el relé (evitando que los displays se iluminen sin tensión de red) y, por el otro lado, que la batería no se sobrecargue con la tensión proporcionada por la fuente.

2.5: TECNOLOGÍA LED/OLED

En directa, todos los diodos emiten una cierta cantidad de radiación cuando los pares electrón-hueco se recombinan, es decir, cuando los electrones caen desde la banda de conducción (de mayor energía) a la banda de valencia (de menor energía). Indudablemente, la frecuencia de la radiación emitida y, por ende, su color, dependerá de la altura de la banda prohibida (diferencias de energía entre las bandas de conducción y valencia), es decir, de los materiales empleados. Los diodos convencionales, de silicio o germanio, emiten radiación infrarroja muy alejada del espectro visible. Sin embargo, con materiales especiales pueden conseguirse longitudes de onda visibles.

Los diodos LED e IRED, además tienen geometrías especiales para evitar que la radiación emitida sea reabsorbida por el material circundante del propio diodo, lo que sucede en los convencionales.

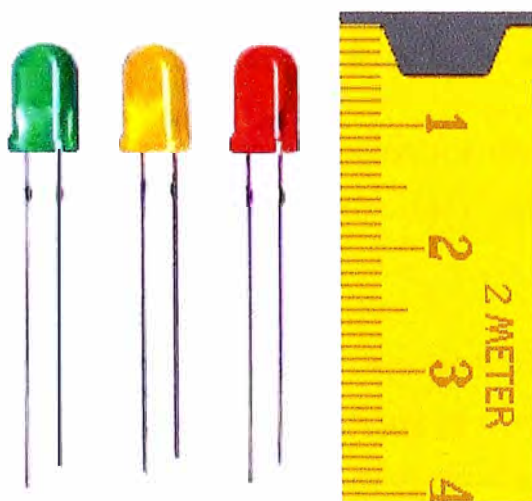


Figura 2.7 Algunos colores de diodos led (Foto original).

Compuestos empleados en la construcción de diodos LED.

Compuesto	Color	Frec.
Arseniuro de galio (GaAs)	Infrarrojo	940nm
Arseniuro de galio y aluminio (AlGaAs)	Rojo e infrarrojo	890nm
Arseniuro fosfuro de galio (GaAsP)	Rojo, naranja y amarillo	630nm
Fosfuro de galio (GaP)	Verde	555nm
Nitruro de galio (GaN)	Verde	525nm
Seleniuro de zinc (ZnSe)	Azul	
Nitruro de galio e indio (InGaN)	Azul	450nm
Carburo de Silicio (SiC)	Azul	480nm
Diamante (C)	Ultravioleta	
Silicio (Si)	En desarrollo	

Tabla 2.1 Compuestos usados en la construcción de diodos LED.

Los primeros diodos construidos fueron los diodos infrarrojos y de color rojo, permitiendo el desarrollo tecnológico posterior la construcción de diodos para longitudes de onda cada vez menores. En particular, los diodos azules fueron desarrollados a finales de los 90 por Shuji Nakamura, añadiéndose a los rojos y verdes desarrollados con anterioridad, lo que permitió, por combinación de los mismos, la obtención de luz blanca. El diodo de seleniuro de zinc puede emitir también luz blanca si se mezcla la luz azul que emite con la roja y verde creada por fotoluminiscencia. La más reciente innovación en el ámbito de la tecnología LED son los diodos ultravioletas, que se han empleado con éxito en la producción de luz blanca al emplearse para iluminar materiales fluorescentes.

Tanto los diodos azules como los ultravioletas son caros respecto de los más comunes (rojo, verde, amarillo e infrarrojo), siendo por ello menos empleados en las aplicaciones comerciales.

Los LED comerciales típicos están diseñados para potencias del orden de los 30 a 60 mW. En torno a 1999 se introdujeron en el mercado diodos capaces de trabajar con potencias de 1 W para uso continuo; estos diodos tienen matrices semiconductoras de dimensiones mucho mayores para poder soportar tales potencias e incorporan aletas metálicas para disipar el calor generado por efecto Joule. En 2002 se comercializaron diodos para

potencias de 5 W, con eficiencias en torno a 60 lm /W, es decir, el equivalente a una lámpara incandescente de 50 W. De continuar esta progresión, en el futuro será posible el empleo de diodos LED en la iluminación.

El comienzo del siglo XXI ha visto aparecer los diodos OLED (diodos LED orgánicos), fabricados con materiales polímeros orgánicos semiconductores. Aunque la eficiencia lograda con estos dispositivos está lejos de la de los diodos inorgánicos, su fabricación promete ser considerablemente más barata que la de aquellos, siendo además posible depositar gran cantidad de diodos sobre cualquier superficie empleando técnicas de pintado para crear pantallas a color.

2.6: APLICACIONES

Los diodos infrarrojos (IRED) se emplean desde mediados del siglo XX en mandos a distancia de televisores, habiéndose generalizado su uso en otros electrodomésticos como equipos de aire acondicionado, equipos de música, etc. y en general para aplicaciones de control remoto, así como en dispositivos detectores.

Los diodos LED se emplean con profusión en todo tipo de indicadores de estado (encendido/apagado) en dispositivos de señalización (de tráfico, de emergencia, etc.) y en paneles informativos (el mayor del mundo, del **NASDAQ**, tiene 36,6 metros de altura y está en **Times Square, Maniatan**). También se emplean en el alumbrado de pantallas de cristal líquido de teléfonos móviles, calculadoras, agendas electrónicas, etc., así como en bicicletas y usos similares. Existen además impresoras LED.

El uso de lámparas LED en el ámbito de la iluminación (incluyendo la señalización de tráfico) es previsible que se incremente en el futuro, ya que aunque sus prestaciones son intermedias entre la lámpara incandescente y la lámpara flúorescente, presenta indudables ventajas, particularmente su larga vida útil, su menor fragilidad y la menor disipación de energía, además de que, para el mismo rendimiento luminoso, producen la luz de color, mientras que los hasta ahora utilizados, tienen un filtro, lo que reduce notablemente su rendimiento.

2.7: TRANSISTORES

Se podría decir que son los “responsables” de la revolución electrónica actual. Es la base de toda la tecnología moderna, ya que permitió armar equipos con tamaños y consumos reducidos, cosa imposible de lograr en los antiguos aparatos valvulares. Cuando el transistor pudo comprimirse todavía más y encapsularse por cantidades en pequeñas pastillas, nació el microchip, y el resto es historia. Posee tres patas de contactos: base, emisor y colector. Su esencia radica en dos funciones principales: por un lado permite, de forma estática, habilitar o cortar el paso de la corriente entre emisor y colector, de acuerdo con lo que una señal de mando ordene a la base; por otra parte, es muy utilizado como amplificador de señales de cualquier tipo.

Su estructura se basa en tres cristales de silicio, que se polarizan según la forma en que se conecten las patas correspondientes a cada uno. A su vez, los transistores se catalogan en dos grupos principales: NPN y PNP. Para explicarlo de una manera sencilla, podemos decir que la nomenclatura de NPN o PNP se asigna al transistor dependiendo de la polaridad que éste brinda. Dicha polaridad está relacionada con el sentido en que la corriente circula entre las patas base y el emisor. En los transistores NPN la corriente está habilitada para circular entrando por la base y saliendo por el emisor, bloqueándose cuando intenta hacerlo a la inversa. Es lo contrario al caso de los transistores PNP, en donde circula sólo desde el emisor hasta la base.

El transistor es la contracción de **transfer resistor**, es decir, de resistencia de transferencia. Es un dispositivo electrónico semiconductor que se utiliza como amplificador o conmutador electrónico. Es un componente clave en toda la electrónica moderna, donde es ampliamente utilizado formando parte de conmutadores electrónicos, puertas lógicas, memorias de ordenadores y otros dispositivos. En el caso de circuitos analógicos los transistores son utilizados como amplificadores.

Se le considera el sustituto de la válvula termoiónica de tres electrodos o triódo, el transistor bipolar fue inventado en los Laboratorios **Bell** de USA en Diciembre de 1947 por **John Bardeen, Walter Houser Brattain, y William Bradford Shockley**, los cuales fueron galardonados con el Premio Nobel de Física en 1958.

Sus inventores, John Bardeen, William Bradford Shockley y Walter Brattain, lo llamaron así por la propiedad que tiene de cambiar la resistencia al paso de la corriente eléctrica entre el emisor y el colector.

El transistor bipolar tiene tres partes, como el triodo. Una que emite portadores (emisor), otra que los recibe o recolecta (colector) y la tercera, que esta intercalada entre las dos primeras, modula el paso de dichos portadores (base).

Su funcionamiento es análogo al del triodo, por lo que es aconsejable leer lo que se dice de las válvulas y el transistor.

En los transistores bipolares, una pequeña señal eléctrica aplicada entre la base y emisor modula la corriente que circula entre emisor y colector. La señal base-emisor puede ser muy pequeña en comparación con el emisor-colector. La corriente de emisor-colector es aproximadamente de la misma forma que la base-emisor pero amplificada en un factor de amplificación "Beta".

El transistor se utiliza, por tanto, como amplificador. Además, como todo amplificador puede oscilar, puede usarse como oscilador, también como rectificador y como conmutador on-off.

El transistor también funciona, por tanto, como un interruptor electrónico, siendo esta propiedad aplicada en la electrónica en el diseño de algunos tipos de memorias y de otros circuitos como controladores de motores de DC y de pasos.

2.7.1: TIPOS DE TRANSISTOR

Existen distintos tipos de transistores, de los cuales la clasificación más aceptada consiste en dividirlos en transistores bipolares o BJT (**bipolar junction transistor**) y transistores de efecto de campo o FET (**field effect transistor**). La familia de los transistores de efecto de campo es a su vez bastante amplia, englobando los JFET, MOSFET, MISFET, etc.

La diferencia básica entre ambos tipos de transistor radica en la forma en que se controla el flujo de corriente. En los transistores bipolares, que poseen una baja impedancia de entrada, el control se ejerce inyectando una baja corriente (corriente de base), mientras que

en el caso de los transistores de efecto de campo, que poseen una alta impedancia, es mediante voltaje (tensión de puerta).

2.7.1.1: TRANSISTORES BIPOLARES (BJT - BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR)

Los símbolos esquemáticos para los BJT de tipo PNP y NPN. B=Base, C=Collector y E=Emmitter, se muestran en las figuras.

Los transistores bipolares surgen de la unión de tres cristales de semiconductor con dopajes diferentes e intercambiados. Se puede tener por tanto transistores PNP o NPN. Tecnológicamente se desarrollaron antes que los de efecto de campo o FET.

Los transistores bipolares se usan generalmente en electrónica analógica. También en algunas aplicaciones de electrónica digital como la tecnología TTL o BICMOS.

Los MOSFET tienen en común con los FET su ausencia de cargas en las placas metálicas así como un solo flujo de campo. Suelen venir integrados en capas de arreglos con polivalencia de 3 a 4 capas. Trabajan, a menor rango que los BICMOS y los PIMOS.

2.7.1.2: TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO (FET - FIELD-EFFECT TRANSISTOR)

Los transistores de efecto de campo o FET; los más conocidos son los JFET (Junction Field Effect Transistor), MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor FET) y MISFET (Metal-Insulator-Semiconductor FET).

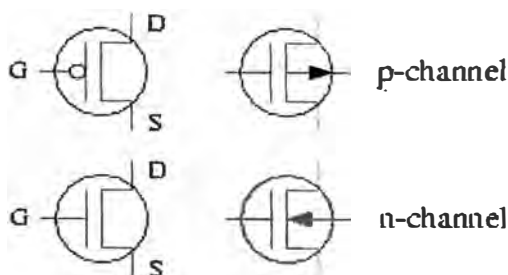


Figura 2.8: Transistores de efecto de campo.

Tienen tres terminales, denominadas puerta (**gate**), drenador (**drain**) y fuente (**source**). La puerta es el terminal equivalente a la base del BJT. El transistor de efecto campo se comporta como un interruptor controlado por tensión, donde el voltaje aplicado a la puerta permite hacer que fluya o no corriente entre drenador y fuente.

El funcionamiento del transistor de efecto de campo es distinto al del BJT. En los MOSFET, la puerta no absorbe corriente en absoluto, frente a los BJT, donde la corriente que atraviesa la base, pese a ser pequeña en comparación con la que circula por las otras terminales, no siempre puede ser despreciada. Los MOSFET, además, presentan un comportamiento capacitivo muy acusado que hay que tener en cuenta para el análisis y diseño de circuitos. Así como los transistores bipolares se dividen en NPN y PNP, los de efecto de campo o FET son también de dos tipos: canal n y canal p, dependiendo de si la aplicación de una tensión positiva en la puerta pone al transistor en estado de conducción o no conducción, respectivamente. Los transistores de efecto campo MOS son usados mayormente en electrónica digital, y son el componente fundamental de los circuitos integrados (o chips) digitales.

2.8: ELECTRÓNICA DE POTENCIA

Con el desarrollo tecnológico y evolución de la electrónica, la capacidad de los dispositivos semiconductores para soportar cada vez mayores niveles de tensión y corriente ha permitido su uso en aplicaciones de potencia. Es así como actualmente los transistores son empleados en convertidores estáticos de potencia, principalmente Inversores.

2.8.1: EL TIRISTOR

El **tiristor** es un dispositivo semiconductor formado por cuatro capas de material semiconductor con estructura PNPN o bien NPNP. Sus siglas en inglés son SCR (Silicon Controlled Rectifier). Un tiristor posee tres conexiones: ánodo, cátodo y puerta. La puerta es la encargada de controlar el paso de corriente entre el ánodo y el cátodo. Funciona básicamente como un diodo rectificador controlado, permitiendo circular la corriente en un solo sentido. Mientras no se aplique ninguna tensión en la puerta del tiristor no se inicia la conducción y en el instante en que se aplique dicha tensión, el tiristor comienza a conducir. Una vez arrancado, podemos anular la tensión de puerta y el tiristor continuará conduciendo hasta que la corriente de carga disminuya por debajo de la corriente de

mantenimiento. Trabajando en corriente alterna el tiristor se desexcita en cada alternancia o ciclo. Los tiristores se utilizan en aplicaciones de electrónica de potencia y de control. Podríamos decir que un tiristor funciona como un interruptor electrónico.

2.8.2: EL TRIAC

El triac es un dispositivo semiconductor de tres terminales que se usa para controlar el flujo de corriente promedio a una carga, con la particularidad de que conduce en ambos sentidos y puede ser bloqueado por INVERSIÓN de la tensión o al disminuir la corriente por debajo del VALOR de MANTENIMIENTO. El triac puede ser disparado independientemente de la polarización de puerta, es decir, mediante una corriente de puerta positiva o negativa.

2.8.2.1: DESCRIPCION GENERAL

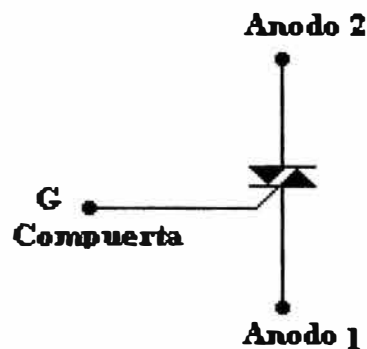


Figura 2.9: Símbolo del triac.

Cuando el triac conduce, hay una trayectoria de flujo de corriente de muy baja RESISTENCIA de una terminal a la otra, dependiendo la DIRECCION de flujo de la polaridad del voltaje externo aplicado.

Cuando el voltaje es mas positivo en uno de los lados del triac la corriente fluirá del lugar

mas positivo al lugar negativo y si cambia la polaridad conducirá en sentido contrario. En ambos casos el triac se comporta como un interruptor cerrado.

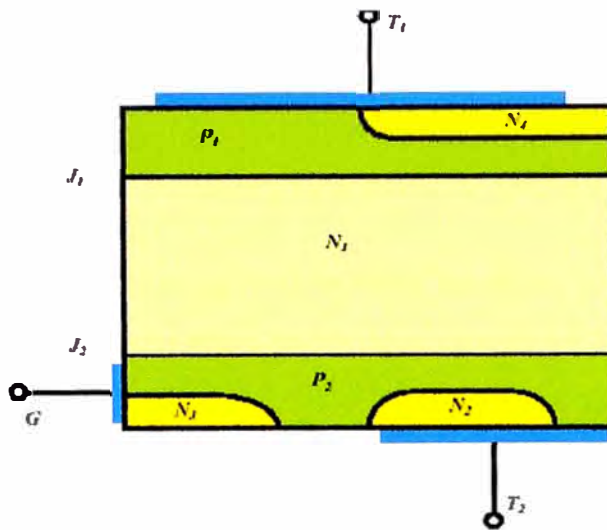


Figura 2.10: Diagrama equivalente del triac.

Cuando el triac deja de conducir no puede fluir corriente entre las terminales principales sin importar la polaridad del voltaje externo aplicado por tanto actúa como un interruptor abierto.

Debe tenerse en cuenta que si se aplica una variación de tensión importante al triac (dv/dt) aún sin conducción previa, el triac puede entrar en conducción directa.

2.8.2.2: CONSTRUCCION BASICA, SÍMBOLO, DIAGRAMA EQUIVALENTE

La estructura contiene seis capas, aunque funciona siempre como un tiristor de cuatro capas. En sentido MT2-MT1 conduce a través de P1N1P2N2 y en sentido MT1-MT2 a través de P2N1P1N4. La capa N3 facilita el disparo con intensidad de puerta negativa. La complicación de su estructura lo hace mas delicado que un tiristor en cuanto a di/dt y dv/dt y la capacidad para soportar sobre intensidades. Se fabrican para intensidades de algunos amperios hasta unos 200 A eficaces y desde 400 a 1000 V de tensión de pico repetitivo. Los triac son fabricados para funcionar a frecuencias bajas, los fabricados para trabajar a frecuencias medias son denominados *alternistores* también se muestra el símbolo esquemático e identificación de las terminales de un triac, la nomenclatura Anodo 2 (A2) y

Anodo 1 (A1) pueden ser reemplazados por Terminal Principal 2 (MT2) y Terminal Principal 1 (MT1) respectivamente.

El Triac actúa como dos rectificadores controlados de silicio (SCR) en paralelo, este dispositivo es equivalente a dos latches

2.8.2.3: CARACTERISTICA TENSION – CORRIENTE

En la figura se describe las características tensión – corriente del Triac. Muestra la corriente a través del Triac como una función de la tensión entre los ánodos MT₂ y MT₁.

El punto V_{BD} (tensión de ruptura) es el punto por el cual el dispositivo pasa de una resistencia alta a una resistencia baja y la corriente, a través del Triac, crece con un pequeño cambio en la tensión entre los ánodos.

El Triac permanece en estado ON hasta que la corriente disminuye por debajo de la corriente de mantenimiento I_H . Esto se realiza por medio de la disminución de la tensión de la fuente. Una vez que el Triac entra en conducción, la compuerta no controla mas la conducción, por esta razón se acostumbra dar un pulso de corriente corto y de esta manera se impide la disipación de energía sobrante en la compuerta.

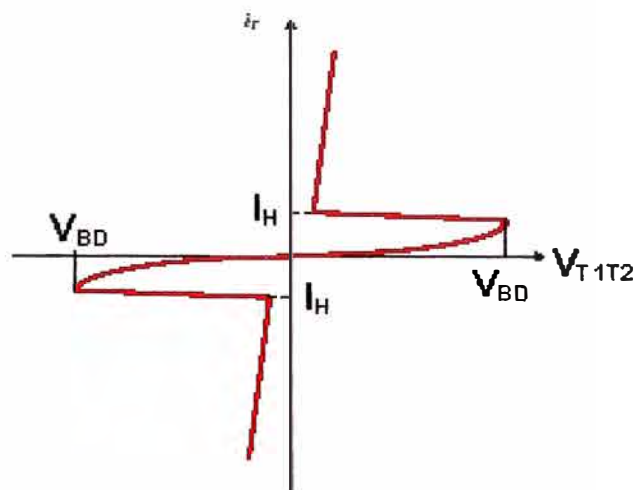


Figura 2.11: Características tensión corriente en el triac.

El mismo proceso ocurre con respecto al tercer cuadrante, cuando la tensión en el ánodo MT2 es negativa con respecto al ánodo MT1 y obtenemos la característica invertida. Por

esto es un componente simétrico en cuanto a conducción y estado de bloqueo se refiere, pues la característica en el cuadrante I de la curva es igual a la del III

2.8.2.4: METODOS DE DISPARO

Como hemos dicho, el Triac posee dos ánodos denominados (MT1 y MT2) y una compuerta G. La polaridad de la compuerta G y la polaridad del ánodo 2, se miden con respecto al ánodo 1.

El triac puede ser disparado en cualquiera de los dos cuadrantes I y III mediante la aplicación entre los terminales de compuerta G y MT1 de un impulso positivo o negativo. Esto le da una facilidad de empleo grande y simplifica mucho el circuito de disparo. Veamos cuáles son los fenómenos internos que tienen lugar en los cuatro modos posibles de disparo.

1 – El primer modo del primer cuadrante designado por **I (+)**, es aquel en que la tensión del ánodo MT2 y la tensión de la compuerta son positivas con respecto al ánodo MT1 y este es el modo mas común (Intensidad de compuerta entrante).

La corriente de compuerta circula internamente hasta MT1, en parte por la unión P2N2 y en parte a través de la zona P2. Se produce la natural inyección de electrones de N2 a P2, que es favorecida en el área próxima a la compuerta por la caída de tensión que produce en P2 la circulación lateral de corriente de compuerta. Esta caída de tensión se simboliza en la figura por signos + y - .

Parte de los electrones inyectados alcanzan por difusión la unión P2N1 que bloquea el potencial exterior y son acelerados por ella iniciándose la conducción.

2 – El Segundo modo, del tercer cuadrante, y designado por **III(-)** es aquel en que la tensión del ánodo MT2 y la tensión de la compuerta son negativos con respecto al ánodo MT1 (Intensidad de compuerta saliente).

Se dispara por el procedimiento de puerta remota, conduciendo las capas P2N1P1N4.

La capa N3 inyecta electrones en P2 que hacen más conductora la unión P2N1. La tensión positiva de T1 polariza el área próxima de la unión P2N1 más positivamente que la

próxima a la puerta. Esta polarización inyecta huecos de P2 a N1 que alcanzan en parte la unión N1P1 y la hacen pasar a conducción.

3 – El tercer modo del cuarto cuadrante, y designado por I(-) es aquel en que la tensión del ánodo MT2 es positiva con respecto al ánodo MT1 y la tensión de disparo de la compuerta es negativa con respecto al ánodo MT1(Intensidad de compuerta saliente).

El disparo es similar al de los tiristores de puerta de unión. Inicialmente conduce la estructura auxiliar P1N1P2N3 y luego la principal P1N1P2N2.

El disparo de la primera se produce como en un tiristor normal actuando T1 de puerta y P de cátodo. Toda la estructura auxiliar se pone a la tensión positiva de T2 y polariza fuertemente la unión P2N2 que inyecta electrones hacia el área de potencial positivo. La unión P2N1 de la estructura principal, que soporta la tensión exterior, es invadida por electrones en la vecindad de la estructura auxiliar, entrando en conducción.

4 – El cuarto modo del Segundo cuadrante y designado por III(+) es aquel en que la tensión del ánodo T2 es negativa con respecto al ánodo MT1, y la tensión de disparo de la compuerta es positiva con respecto al ánodo MT1(Intensidad de compuerta entrante).

El disparo tiene lugar por el procedimiento llamado de puerta remota. Entra en conducción la estructura P2N1P1N4.

La inyección de N2 a P2 es igual a la descrita en el modo I(+). Los que alcanzan por difusión la unión P2N1 son absorbidos por su potencial de unión, haciéndose más conductora. El potencial positivo de puerta polariza más positivamente el área de unión P2N1 próxima a ella que la próxima a T1, provocándose una inyección de huecos desde P2 a N1 que alcanza en parte la unión N1P1 encargada de bloquear la tensión exterior y se produce la entrada en conducción.

El estado I(+), seguido de III(-) es aquel en que la corriente de compuerta necesaria para el disparo es mínima. En el resto de los estados es necesaria una corriente de disparo mayor. El modo III(+) es el de disparo más difícil y debe evitarse su empleo en lo posible.

En general, la corriente de encendido de la compuerta, dada por el fabricante, asegura el disparo en todos los estados.

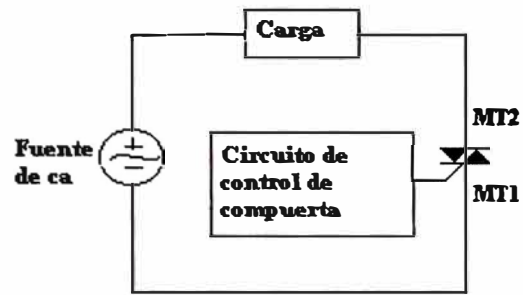


Figura 2.12: Diagrama de disparo del triac.

2.8.2.5: FORMAS DE ONDA DE LOS TRIACS

La relación en el circuito entre la fuente de voltaje, el triac y la carga se puede representar en una figura. La corriente promedio entregada a la carga puede variarse alterando la cantidad de tiempo por ciclo que el triac permanece en el estado encendido. Si permanece una parte pequeña del tiempo en el estado encendido, el flujo de corriente promedio a través de muchos ciclos será pequeño, en cambio si permanece durante una parte grande del ciclo de tiempo encendido, la corriente promedio será alta.

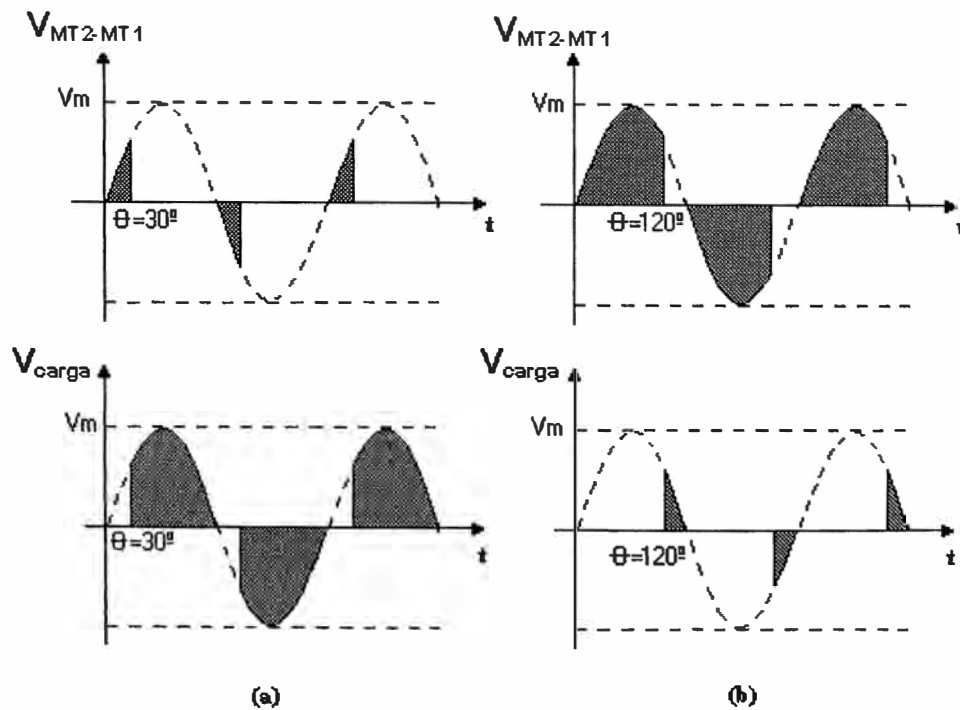


Figura 2.13: Formas de onda en un triac.

Un triac no está limitado a 180° de conducción por ciclo. Con un arreglo adecuado del disparador, puede conducir durante el total de los 360° del ciclo. Por tanto proporciona control de corriente de onda completa, en lugar del control de media onda que se logra con un SCR.

Las formas de onda de los triacs son muy parecidas a las formas de onda de los SCR, a excepción de que pueden dispararse durante el semiciclo negativo. En la figura se muestran las formas de onda tanto para el voltaje de carga como para el voltaje del triac (a través de los terminales principales) para dos condiciones diferentes.

En la figura anterior, las formas de onda muestran apagado el triac durante los primeros 30° de cada semiciclo, durante estos 30° el triac se comporta como un interruptor abierto, durante este tiempo el voltaje completo de línea se cae a través de las terminales principales del triac, sin aplicar ningún voltaje a la carga.

Por tanto no hay flujo de corriente a través del triac y la carga. La parte del semiciclo durante la cual existe esta situación se llama ángulo de retardo de disparo.

Después de transcurrido los 30°, el triac dispara y se vuelve como un interruptor cerrado y comienza a conducir corriente a la carga, esto lo realiza durante el resto del semiciclo. La parte del semiciclo durante la cual el triac está encendido se llama ángulo de conducción.

En la figura también se muestran las mismas formas de ondas pero con ángulo de retardo de disparo mayor.

2.8.2.6: CIRCUITO PRACTICO PARA DISPARO

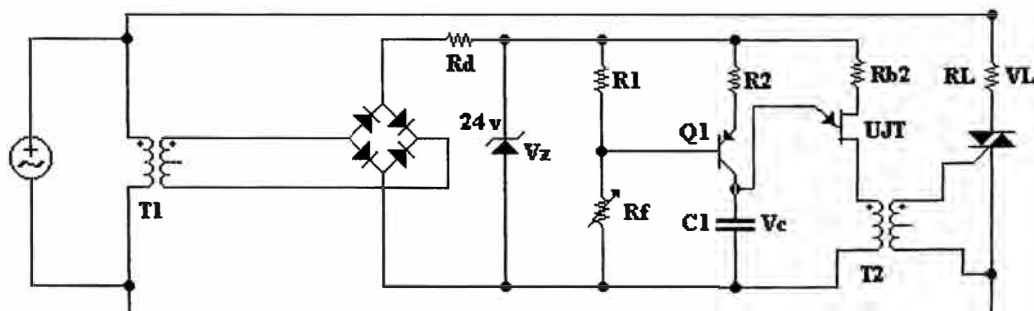


Figura 2.14: Circuito de disparo de un triac con UJT.

En la figura se muestra un circuito practico de disparo de un triac utilizando un UJT. El resistor R_F es un resistor variable que se modifica a medida que las condiciones de carga cambian. El transformador T1 es un transformador de aislamiento, y su propósito es aislar eléctricamente el circuito secundario y el primario, para este caso aísla el circuito de potencia de C.A. del circuito de disparo.

La onda senoidal de c.a. del secundario de T1 es aplicada a un rectificador en puente y la salida de este a una combinación de resistor y diodo zener que suministran una forma de onda de 24 v sincronizada con la línea de c.a. Esta forma de onda también es mostrada.

Cuando la alimentación de 24 v se establece, C1 comienza a cargarse hasta la tensión V_p del UJT, el cual se dispara y crea un pulso de corriente en el devanado primario del transformador T2. Este se acopla al devanado secundario, y el pulso del secundario es entregado a la compuerta del triac, encendiéndolo durante el resto del semiciclo. Las formas de onda del capacitor (V_{C1}), corriente del secundario de T2 (I_{sec}) y voltaje de carga (V_{LD}), se muestran en las figuras adicionales.

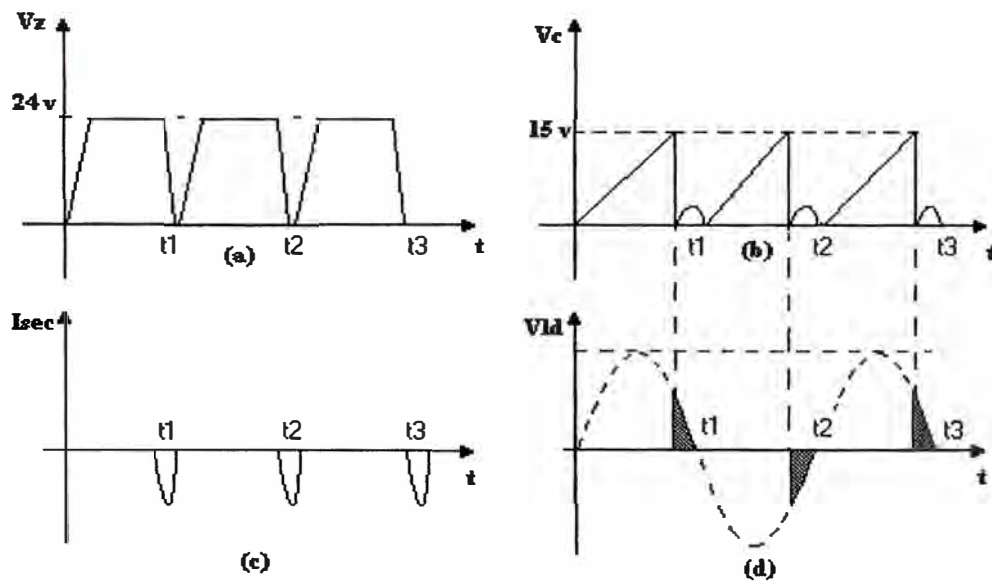


Figura 2.15: Formas de onda en el disparo del triac.

La razón de carga de C1 es determinada por la razón de R_F a R_1 , que forman un divisor de voltaje, entre ellos se dividen la fuente de c.d. de 24 v que alimenta al circuito de disparo. Si R_F es pequeño en relación a R_1 , entonces R_1 recibirá una gran parte de la fuente de 24 v, esto origina que el transistor pnp Q_1 conduzca, con una circulación grande de corriente por el colector pues el voltaje de R_1 es aplicado al circuito de base, por lo tanto C1 se carga con

rapidez. Bajo estas condiciones el UJT se dispara pronto y la corriente de carga promedio es alta.

Por otra parte si R_F es grande en relación a R_1 , entonces el voltaje a través de R_1 será menor que en el caso anterior, esto provoca la aparición de un voltaje menor a través del circuito base-emisor de Q_1 con la cual disminuye su corriente de colector y por consiguiente la razón de carga de C_1 se reduce, por lo que le lleva mayor tiempo acumular el V_p del UJT. Por lo tanto el UJT y el triac se disparan después en el semiciclo y la corriente de carga promedio es menor que antes.

2.8.2.7: CIRCUITO DEL GOBIERNO DE UN MOTOR CON UN TRIAC

En la figura puede verse una aplicación práctica de gobierno de un motor de c.a. mediante un triac (TXAL228). La señal de control (pulso positivo) llega desde un circuito de mando exterior a la puerta inversora de un ULN2803 que a su salida proporciona un 0 lógico por lo que circulará corriente a través del diodo emisor perteneciente al MOC3041 (opto acoplador). Dicho diodo emite un haz luminoso que hace conducir al fototriac a través de R_2 tomando la tensión del ánodo del triac de potencia. Este proceso produce una tensión de puerta suficiente para excitar al triac principal que pasa al estado de conducción provocando el arranque del motor.

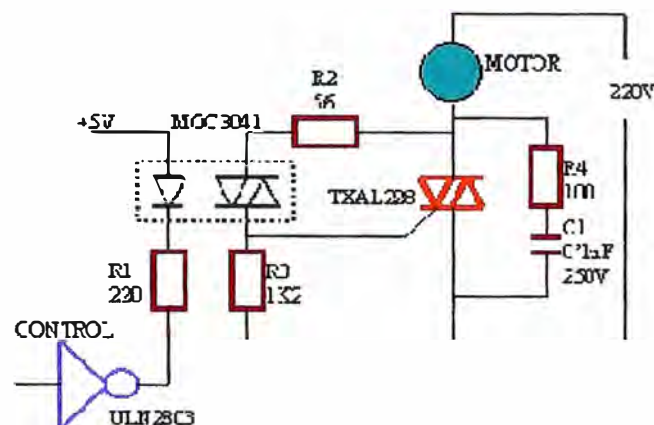


Figura 2.16: Gobierno de un motor con un triac.

Debemos recordar que el triac se desactiva automáticamente cada vez que la corriente pasa por cero, es decir, en cada semiciclo, por lo que es necesario redisparar el triac en cada

semionda o bien mantenerlo con la señal de control activada durante el tiempo que consideremos oportuno. Como podemos apreciar, entre los terminales de salida del triac se sitúa una red RC cuya misión es proteger al semiconductor de potencia, de las posibles sobrecargas que se puedan producir por las corrientes inductivas de la carga, evitando además cebados no deseados.

Es importante tener en cuenta que el triac debe ir montado sobre un disipador de calor constituido a base de aletas de aluminio de forma que el semiconductor se refrigerare adecuadamente.

2.8.2.8: DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL TRIAC

- **V_{DRM} (Tensión de pico repetitivo en estado de bloqueo)** = es el máximo valor de tensión admitido de tensión inversa, sin que el triac se dañe.
- **$I_{T(RMS)}$ (Corriente en estado de conducción)** = en general en el grafico se da la temperatura en función de la corriente.
- **I_{TSM} (Corriente pico de alterna en estado de conducción(ON))** = es la corriente pico máxima que puede pasar a través del triac, en estado de conducción. En general está dada a 50 o 60 Hz.
- **I_{2t} (Corriente de fusión)** = este parámetro da el valor relativo de la energía necesaria para la destrucción del componente.
- **P_{GM} (Potencia pico de disipación de compuerta)** = la disipación instantánea máxima permitida en la compuerta.
- **I_H (Corriente de mantenimiento)** = la corriente directa por debajo de la cual el triac volverá del estado de conducción al estado de bloqueo.
- **dV/dt (velocidad critica de crecimiento de tensión en el estado de bloqueo)** = designa el ritmo de crecimiento máximo permitido de la tensión en el ánodo antes de que el triac pase al estado de conducción. Se da a una temperatura de 100C y se mide en $V/\mu s$.
- **t_{ON} (tiempo de encendido)** = es el tiempo que comprende la permanencia y aumento de la corriente inicial de compuerta hasta que circule la corriente anódica nominal.

2.8.2.9: EL TRIAC Y SUS APLICACIONES

El Triac es un dispositivo semiconductor que pertenece a la familia de los dispositivos de control por tiristores. El triac es en esencia la conexión de dos tiristores en paralelo pero conectados en sentido opuesto y compartiendo la misma compuerta. (ver imagen).

El triac sólo se utiliza en corriente alterna y al igual que el tiristor, se dispara por la compuerta. Como el triac funciona en corriente alterna, habrá una parte de la onda que será positiva y otra negativa.

La parte positiva de la onda (semiciclo positivo) pasará por el triac siempre y cuando haya habido una señal de disparo en la compuerta, de esta manera la corriente circulará de arriba hacia abajo (pasará por el tiristor que apunta hacia abajo), de igual manera:

La parte negativa de la onda (semiciclo negativo) pasará por el triac siempre y cuando haya habido una señal de disparo en la compuerta, de esta manera la corriente circulará de abajo hacia arriba (pasará por el tiristor que apunta hacia arriba). Para ambos semiciclos la señal de disparo se obtiene de la misma patilla (la puerta o compuerta).

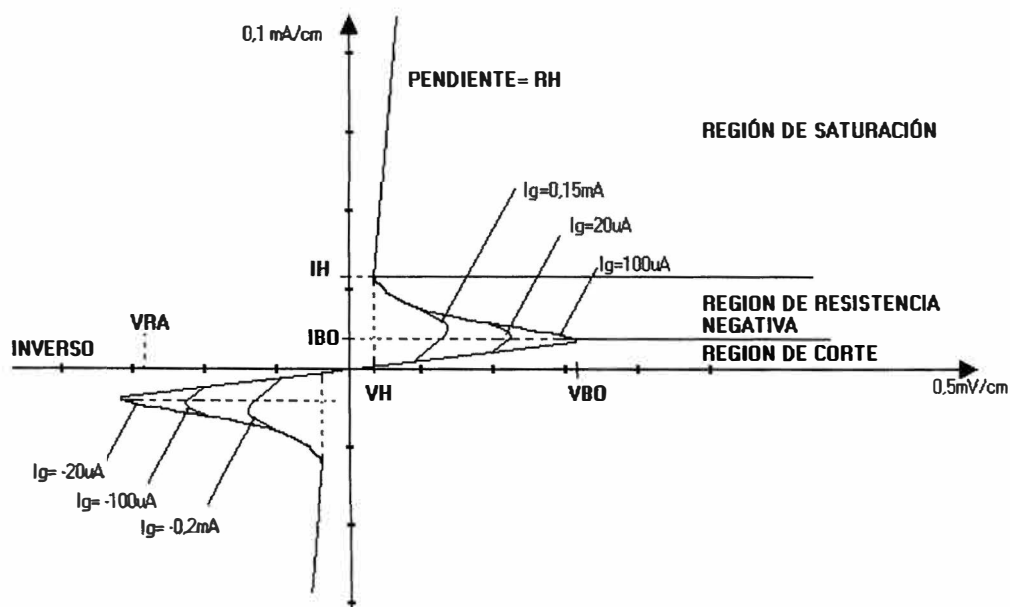


Figura 2.17: Característica general de un triac.

Lo interesante es, que se puede controlar el momento de disparo de esta patilla y así, controlar el tiempo que cada tiristor estará en conducción. (recordar que un tiristor solo conduce cuando ha sido disparada (activada) la compuerta y entre sus terminales hay un voltaje positivo de un valor mínimo para cada tiristor). Entonces, si se controla el tiempo que cada tiristor está en conducción, se puede controlar la corriente que se entrega a una carga y por consiguiente la potencia que consume.

El triac controla el paso de la corriente alterna a la lámpara (carga), pasando continuamente entre los estados de conducción (cuando la corriente circula por el triac) y el de corte (cuando la corriente no circula)

Si se varía el potenciómetro, se varía el tiempo de carga del condensador causando que se incremente o reduzca la diferencia de fase de la tensión de alimentación y la que se aplica a la compuerta

NOTA: la diferencia de fase o la fase entre dos señales u ondas se define como el ángulo (diferencia de tiempo) que existe entre los dos orígenes de las mismas.

2.8.2.10 RESUMEN

- Como se pudo notar el Triac es un SCR bidirreccional.
- La corriente y la tensión de encendido disminuyen con el aumento de temperatura y con el aumento de la tensión de bloqueo.
- Las corrientes de pérdida del Triac son pequeñas, del orden de $0,1 \mu A$ a la temperatura ambiente.
- El Triac conmuta del modo de corte al modo de conducción cuando se inyecta corriente a la compuerta. Después del disparo la compuerta no posee control sobre el estado del Triac. Para apagar el Triac la corriente anódica debe reducirse por debajo del valor de la corriente de retención I_H .

2.9: EL TIMER

Este circuito de reloj conocido, consiste en una mezcla de circuitos analógicos y digitales, este circuito contiene comparadores, amplificadores y un biestable, este chip que viene a ser el 555 se puede utilizar como generador de pulsos en modo astable, el cual genera

ciclos de reloj donde el duty cycle es de 50 %, para generar esta secuencia el condensador y las resistencias se colocan con los valores que me determinan una oscilación constante, este chip tiene 8 pines los cuales se encargaran de entregar el reloj requerido para el circuito deseado.

2.10: EL CONTADOR BINARIO

Este chip se encarga de contar cada pulso de reloj y nos entrega en la salida por los pines adecuados los valores pero en código BCD (código binario), este dispositivo tiene la particularidad de poder contar hacia arriba o hacia abajo, con previa configuración de uno de los pines que será el indicado para señalar si la cuenta deseada sea hacia arriba o hacia abajo.

2.11: CONVERTIDOR BCD A SIETE SEGMENTOS

Este chip se encarga de acoplar los datos del código BCD al display que justamente tiene las letras de : a,b,c,d,e,f,g, los cuales son los leds que encenderán un display formando ya sea números o algunas letras del abecedario castellano, con ello podrá mostrarse el numero para nuestro caso iluminado.

2.12: EL DISPLAY

Dispositivo, donde se muestra por intermedio de leds los números o letras, de acuerdo a lo que se desea mostrar, siendo iluminado todos los elementos que en realidad se quieren mostrar, hay de siete segmentos o también de cristal liquido y con diferentes tecnologías pudiendo ser unos de cátodo común o ánodo común, hay de colores diferentes, de acuerdo a los gustos del usuario.

2.13: EL DRIVER

Este dispositivo sirve para poder mantener un voltaje dado sin tener disminuciones de voltaje por la carga que se coloque , este elemento sirve para que pueda dar mas corriente o la necesaria para una carga especifica sin tener en cuenta que esta carga podrá consumir

mas corriente y el determinado dispositivo no le pueda brindar la corriente necesaria y esto pasa cuando dichos dispositivos no pueden entregar mas corriente que se necesita y es los driver los que me brindaran la corriente necesaria para seguir con los circuitos que se requieran y poder mantener los voltajes que se requieren.

2.14: EL OPTOACOPLADOR MOC 3041

Este dispositivo sirve generalmente para aislar una parte de un circuito con otro, generalmente la parte de potencia de la otra parte de control , esto se debe a que en los circuitos de potencia siempre es peligroso por tanto con este dispositivo se protege una parte del circuito de la parte de potencia, donde la corriente es mas grande y por tanto es peligrosa comparando con los otros circuitos de sistemas digitales o de control.

2.15: EL CHIP ICL7107

El circuito integrado 7107 realiza la función de conversor análogo digital, decodificador y manejador de los displays o indicadores de siete segmentos.

2.16: AMPLIFICADORES OPERACIONALES

Los amplificadores operacionales, u op-amp, es un amplificador diferencial de muy alta ganancia que posee alta impedancia de entrada y baja impedancia de salida. Por lo general, el amplificador operacional se utiliza para proporcionar cambios en la amplitud de voltaje (amplitud o polaridad), en osciladores, en circuitos de filtro y en muchos tipos de circuitos de instrumentación. Un op-amp contiene varias etapas de amplificador diferencial para obtener una ganancia de voltaje muy alta.

2.17: REGULADORES DE VOLTAJE

El 7805 es un regulador de tensión positivo que estabiliza la tensión en su salida a 5V y los capacitores eliminan el rizado posible.

A esta altura habrá notado que este circuito es muy fácil de modificar para colocarlo en los lugares deseados.

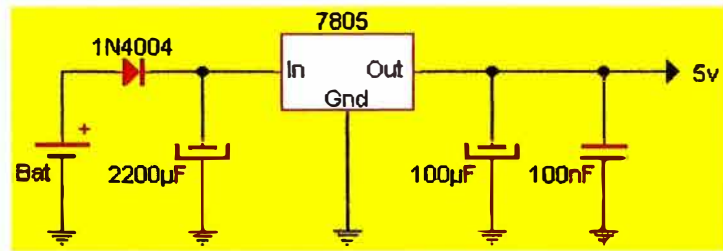


Figura 2.18: Regulador de voltaje usando el 7805.

2.18: EL MOTOR MONOFASICO A.C.

2.18.1: FUNDAMENTOS DE OPERACIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS

En magnetismo se conoce la existencia de dos polos: polo norte (N) y polo sur (S), que son las regiones donde se concentran las líneas de fuerza de un imán. En un motor para funcionar se vale de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre los polos.

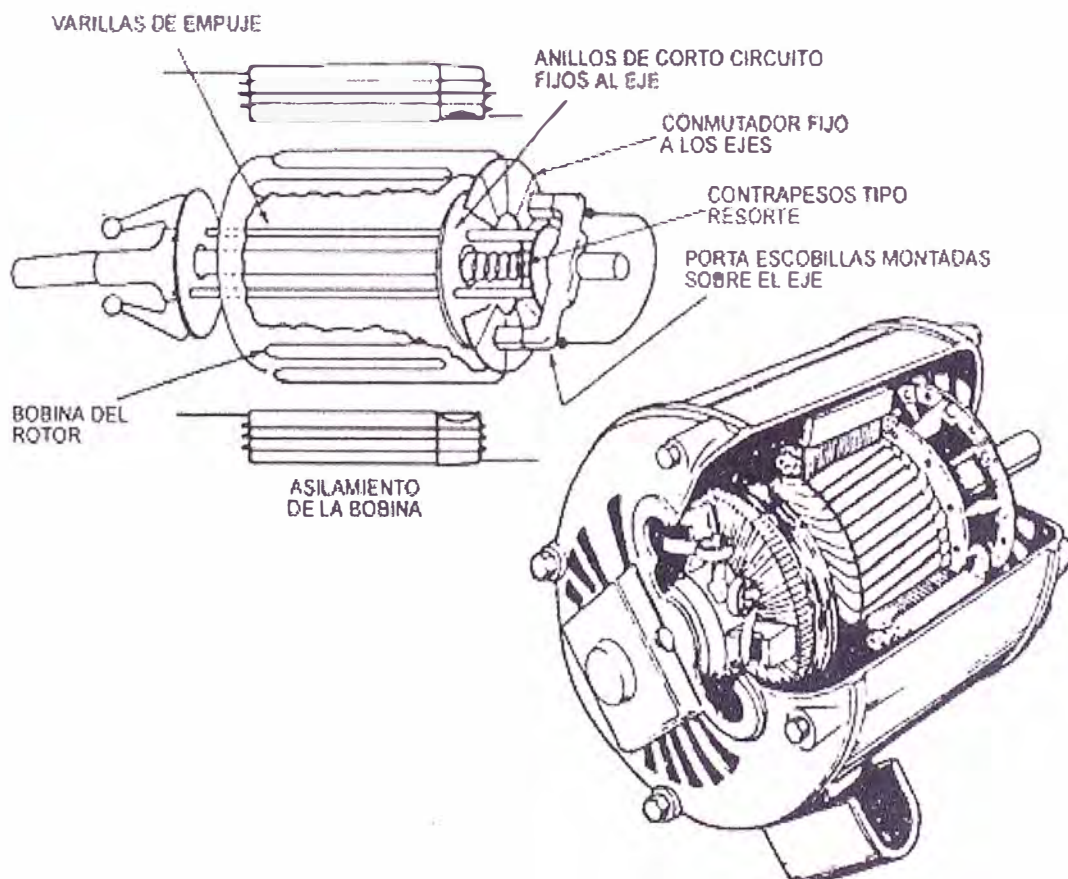


Figura 2.19: Representación de un motor eléctrico.

De acuerdo con esto, todo motor tiene que estar formado con polos alternados entre el estator y el rotor, ya que los polos magnéticos iguales se repelen, y polos magnéticos diferentes se atraen, produciendo así el movimiento de rotación. En la figura se muestra como se produce el movimiento de rotación en un motor eléctrico.

Un motor eléctrico opera primordialmente en base a dos principios: El de inducción, descubierto por Michael Faraday en 1831; que señala, que si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. Y el principio que André Ampère observó en 1820, en el que establece: que si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica o f.e.m. (fuerza electromotriz), sobre el conductor.

2.18.2: TIPOS Y CARACTERÍSTICAS

Existen básicamente tres tipos de motores eléctricos:

a) **Los Motores de Corriente Directa [C.D.] o Corriente Continua [C.C.].**

Se utilizan en casos en los que es importante el poder regular continuamente la velocidad del motor, además, se utilizan en aquellos casos en los que es imprescindible utilizar corriente directa, como es el caso de motores accionados por pilas o baterías. Este tipo de motores debe de tener en el rotor y el estator el mismo número de polos y el mismo número de carbones. Los motores de corriente directa pueden ser de tres tipos:

- Serie
- Paralelo
- Mixto

b) **Los Motores de Corriente Alterna [C.A.].** Son los tipos de motores más usados en la industria, ya que estos equipos se alimentan con los sistemas de distribución de energías “normales”. De acuerdo a su alimentación se dividen en tres tipos:

- Monofásicos (1 fase)

- Bifásicos (2 fases)
- Trifásicos (3 fases)

c) Los **Motores Universales**. Tienen la forma de un motor de corriente continua, la principal diferencia es que está diseñado para funcionar con corriente alterna. El inconveniente de este tipo de motores es su eficiencia, ya que es baja (del orden del 51%), pero como se utilizan en máquinas de pequeña potencia, ésta no se considera importante, además, su operación debe ser intermitente, de lo contrario, éste se quemaría. Estos motores son utilizados en taladros, aspiradoras, licuadoras, etc.

CAPITULO III

EL MICROCONTROLADOR

3.1: EL MICROCONTROLADOR

El microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador, se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su tamaño reducido, suele ser incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de “controlador incrustado” (embedded controller).

El microcontrolador es un computador DEDICADO. En su memoria solo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada y salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

Recordar siempre que el microcontrolador es un computador completo, aunque con limitados usos, que está contenido en el chip de un circuito integrado y se destina a gobernar la tarea asignada.

Los productos en la actualidad aumentan en forma exponencial con el uso del microcontrolador.

La instrumentación y la electromedicina son dos campos donde se implanta los circuitos en base a microcontroladores, también en los transportes móviles que aumenta el consumo de los microcontroladores.

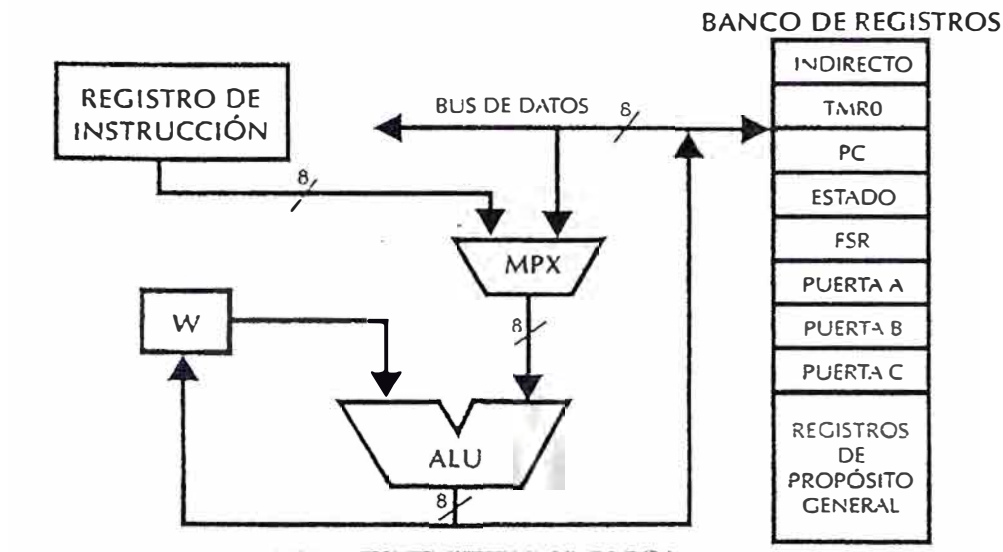


Figura 3.1: El esquema muestra los diferentes elementos que proporciona los operandos a la ALU.

3.2: DIFERENCIA DE UN MICROCONTROLADOR Y UN MICROPROCESADOR

El microprocesador es un circuito integrado que contiene la unidad central de proceso (CPU). También llamada procesador, de un computador. La UCP esta formada por la Unidad de control, que interpreta las instrucciones, y el camino de datos, que las ejecuta.

Las patitas del microprocesador sacan al exterior las líneas de sus buses de direcciones, datos y control, para permitir conectarle con la memoria y los módulos de E/S y configurar un computador implementado por varios circuitos integrados. Se dice que un microprocesador es un SISTEMA ABIERTO porque su configuración es variable de acuerdo con la aplicación a la que se destine.

Un microcontrolador es un sistema CERRADO que contiene un computador completo y de prestaciones limitadas que no se pueden modificar.

La arquitectura interna de un microcontrolador, posee todos los componentes de un computador, pero con unas características fijas que no pueden alterarse.

Las partes principales de un microcontrolador son:

- Procesador
- Memoria no volátil para contener el programa.
- Memoria de lectura y escritura para guardar los datos.
- Líneas de entrada y salida para los controladores de periféricos.
- Comunicación paralelo
- Comunicación serie
- Diversas puertas de comunicación

3.3: RECURSOS AUXILIARES:

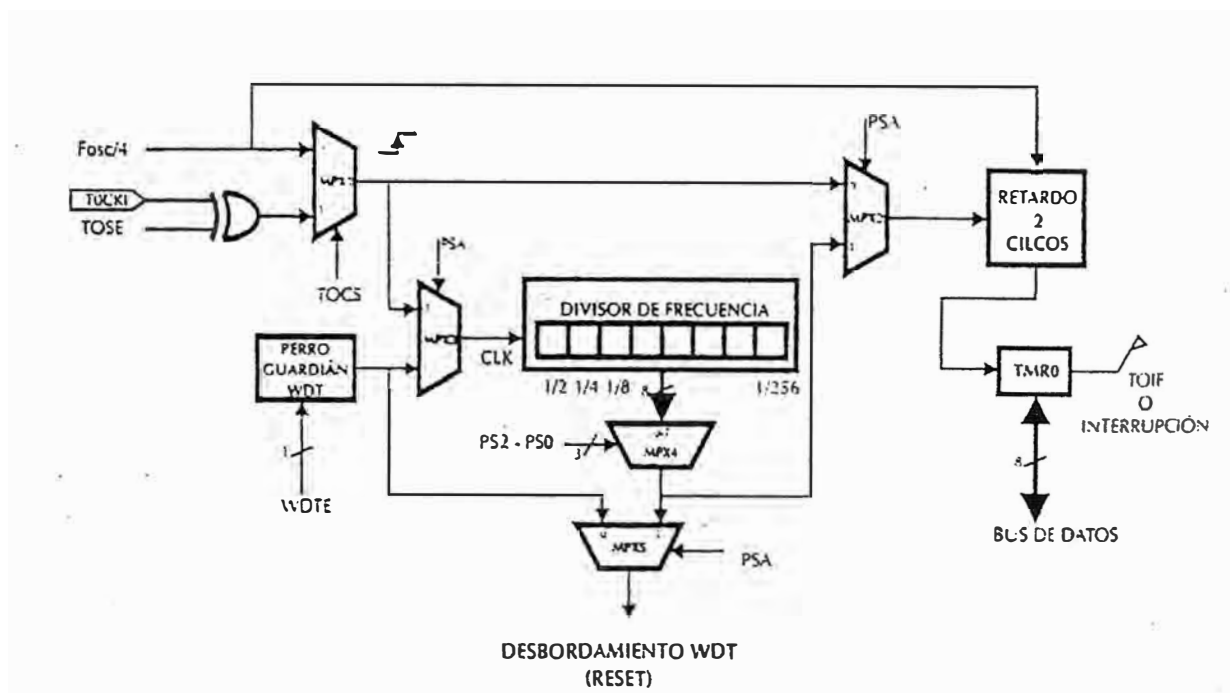


Figura 3.2: Esquema que resalta la actuación del divisor de frecuencia.

- Circuito de reloj
- Temporizadores
- Perro guardián (WATCHDOG)
- Conversores AD y DA
- Comparadores analógicos
- Protección ante fallos de la alimentación

- Estado de reposo o de bajo consumo.

3.4: EL PROCESADOR DEL MICROCONTROLADOR

El deseo de conseguir mayor velocidad, mejor rendimiento en el procesamiento de las instrucciones ha desembocado en el empleo generalizado de procesadores de arquitectura HARVARD frente a los tradicionales que seguían la arquitectura de VON NEUMANN. Esta última se caracterizaba porque la UPC se conectaba con una memoria única, donde coexistían datos e instrucciones, a través de un sistema de buses.

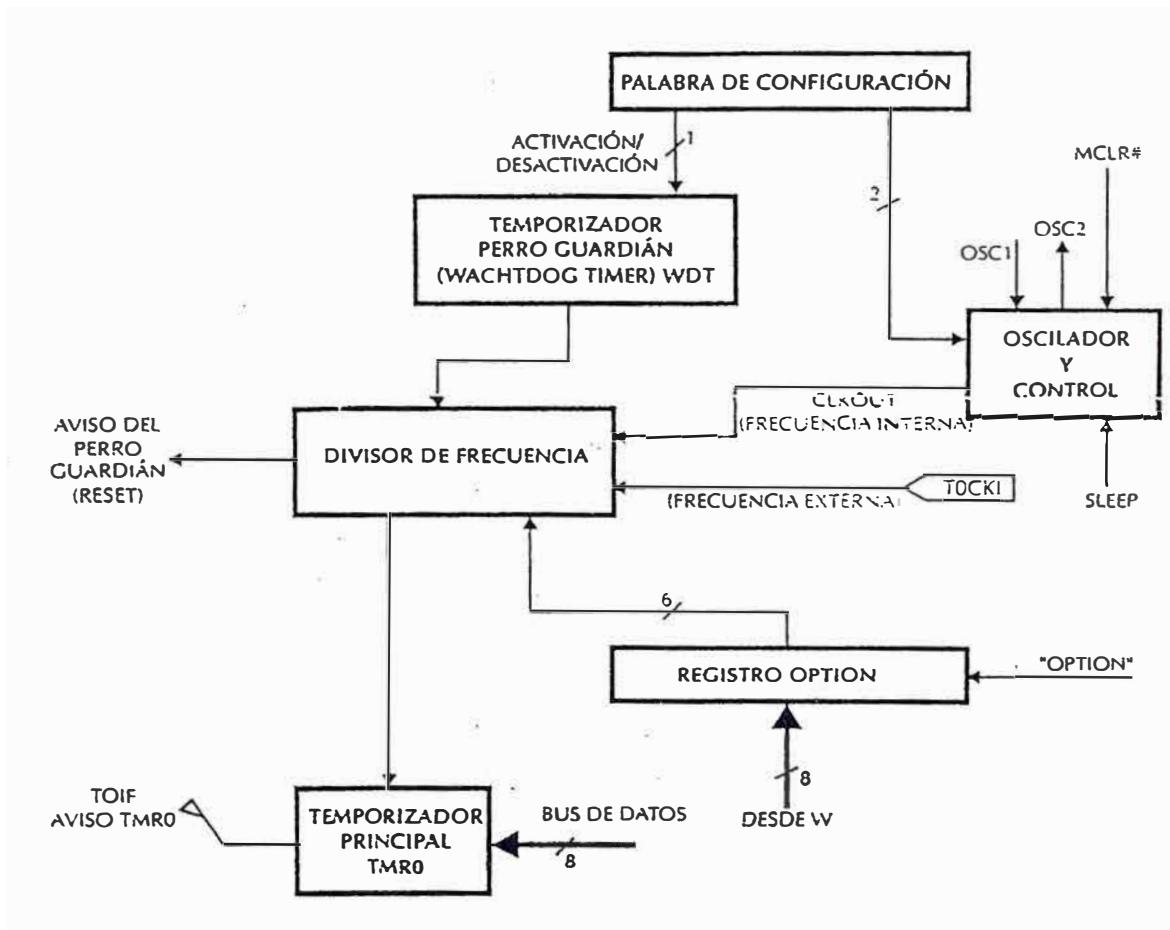


Figura 3.3 Esquema simplificado de la sección dedicada al control.

En la arquitectura HARVARD son independientes la memoria de instrucciones y la memoria de datos y cada una dispone de su propio sistema de buses para el acceso. Esta dualidad, además de propiciar el paralelismo, permite la adecuación del tamaño de las

palabras y los buses a los requerimientos específicos de las instrucciones y de los datos. También la capacidad de cada memoria es diferente.

El procesador de los modernos microcontroladores responde a la arquitectura RISC (COMPUTADORES DE JUEGO DE INSTRUCCIONES REDUCIDO) , que se identifica por poseer un repertorio de instrucciones de máquina pequeños y simple, de forma que la mayor parte de las instrucciones se ejecuta en un ciclo de instrucción.

Otra aportación frecuente que aumenta el rendimiento del computador es el momento del paralelismo implícito, que consiste en la segmentación del procesador (PIPE – LINE), descomponiéndolo en etapas para poder procesar una instrucción diferente en cada una de ellas y trabajar con varias a la vez.

Los nuevos microcontroladores que poseen alta velocidad y rendimiento alcanzan porque usan tres técnicas a la vez que son:

- Arquitectura HARVARD
- Arquitectura RISC
- Segmentación.

3.5: MEMORIA DE PROGRAMA

Los microcontroladores están diseñados para que en su memoria de programa se almacene todas las instrucciones del programa de control. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de ampliación.

El programa a ejecutar siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente. Los tipos de memoria adecuados para soportar esta función admiten cinco versiones diferentes:

- ROM con mascara
- EPROM
- OTP (Programable una vez)
- EEPROM
- FLASH

La arquitectura de los PIC de la gama media admite un mapa de memoria de programa capaz de contener 8.192 instrucciones de 14 bits cada una. Este mapa se divide en paginas de 2.048 posiciones. Para direccionar 8K posiciones se necesitan 13 bits, que es la longitud

que tiene el contador de programa. Sin embargo, el PIC16C84 solo tiene implementadas 1K posiciones, por lo que ignora los 3 bits de mas peso del PC.

En la gama media, la verdadera aportación del PIC16C84 es la utilización de una memoria de programa del tipo EEPROM, capaz de ser escrita y borrada eléctricamente. Lo mismo sucede con el PIC16F84, cuya memoria de instrucciones es de tipo Flash.

3.6: MEMORIA DE DATOS

Los datos que manejan los programas varían continuamente y esto exige que la memoria que les contiene debe ser de lectura y escritura, por lo que la memoria RAM estática (SRAM) es la mas adecuada, aunque sea volátil.

Hay microcontroladores que disponen como memoria de datos una de lectura y escritura no volátil, de tipo EEPROM. De esta forma, un corte en el suministro de la alimentación no ocasiona la perdida de la información, que esta disponible al reiniciarse el programa. El PIC 16C84, el PIC16F83 y el PIC16F84 disponen de 64 bytes de memoria EEPROM para contener datos.

3.7: LINEAS DE ENTRADA Y SALIDA PARA LOS CONTROLADORES DE PERIFÉRICOS

Además de los pines de la alimentación, usa dos pines para el cristal de cuarzo, que regula la frecuencia de trabajo, y una mas para provocar el reset, los restantes pines de un microcontrolador sirven para soportar la comunicación con los periféricos externos que controla.

3.8: PROGRAMACIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES

La utilización de los lenguajes mas cercanos a la máquina (de bajo nivel) representan un considerable ahorro de código en la confección de los programas, lo que es muy importante es la estricta limitación de la capacidad de la memoria de instrucciones. Los programas bien realizados en lenguaje ensamblador optimizan el tamaño de la memoria que ocupan y su ejecución es muy rápida.

El lenguaje que utilizan los profesionales para la programación de los microcontroladores es el lenguaje ensamblador, que es el más cercano al lenguaje de máquina. También son frecuentes los programas en lenguaje C y en el lenguaje BASIC.

Diseño de acople de teclado y display, es una de las aplicaciones más usuales que se emplean en los diferentes diseños basados en los microcontroladores.

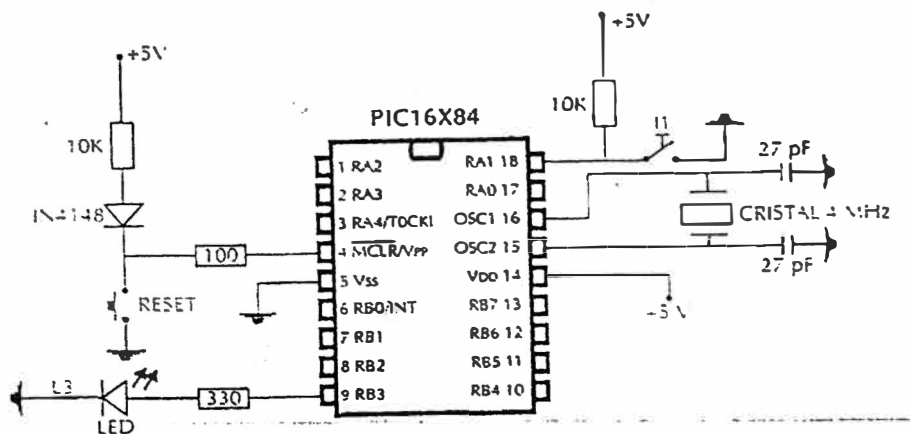


Figura 3.4: Circuito de conexionado de un PIC.

Debe ser el programa que gestiona las líneas de entrada y salida del microcontrolador el encargado de efectuar barridos periódicos en el teclado y en el display, así como reconfigurar las líneas de entrada salida del PIC.

3.9: EL INTERIOR DEL PROCESADOR

Una arquitectura moderna y revolucionaria que logra una compactación de código óptima y una velocidad superior a la de sus competidores los microcontroladores PIC incorporan en su procesador tres de las características más avanzadas en los grandes computadores:

- PROCESADOR RISC
- PROCESADOR SEGMENTADO
- ARQUITECTURA HARVARD

Con toda la incorporación de estos recursos los PIC son capaces de ejecutar en un ciclo de instrucción todas las instrucciones, excepto las de salto, que tardan el doble. Una condición imprescindible es la simetría y ortogonalidad en el formato de las instrucciones, que en el caso de los PIC de la gama media tienen una longitud de 14 bits. De esta forma se consigue una compactación en el código del programa para un PIC16X84 2.24 veces superior al de un 68hc05, funcionando a la misma frecuencia.

El juego de instrucciones se reduce a 35 y sus modos de direccionamiento se han simplificado al máximo.

Con la estructura segmentada se puede realizar simultáneamente las dos fases en que se descompone cada instrucción. Al mismo tiempo que se está desarrollando la fase de ejecución de una instrucción se realiza la fase de búsqueda de la siguiente.

La arquitectura HARVARD es uno de los pilares en los que se sustenta la organización de los PIC. Gracias a ella se puede acceder de forma simultánea e independiente a la memoria de datos y a la memoria de instrucciones.

El aislamiento y diferenciación de los dos tipos de memoria permite que cada uno tenga la longitud y el tamaño más adecuados. De esta forma en el PIC16C84 la longitud de los datos es de un byte, mientras que la de las instrucciones es de 14 bits.

Otra característica de los PIC es el manejo intensivo del banco de registros, los cuales participan de una manera muy activa en la ejecución de las instrucciones. Como se sabe la ALU efectúa sus operaciones lógico – aritméticas con dos operandos, uno que recibe desde el registro W (Work), que hace las veces de <<acumulador>> en los microprocesadores convencionales, y otro que puede provenir de cualquier registro o del propio código de la instrucción. El resultado de la operación puede almacenarse en cualquier registro o en W. Esta funcionalidad da un carácter completamente ortogonal a las instrucciones que pueden utilizar cualquier registro como operando fuente y destino. La memoria de datos RAM implementa en sus posiciones los registros específicos y los de propósito general.

La arquitectura interna del PIC16C84 consta de siete bloques fundamentales.

- Memoria de programa EEPROM de 1Kx14 bits.
- Memoria de datos formada por dos áreas. Una RAM donde se alojan 22 registros de propósito específico (SFR) y 36 de propósito general (GPR), y otra del tipo EEPROM de 64 bytes.

- Camino de datos con una ALU de 8 bits y un registro de trabajo W del que normalmente recibe un operando y envía el resultado. El otro operando puede provenir del bus de datos o del propio código de la instrucción (literal).
- Diversos recursos conectados al bus de datos, tales como Puertas de Entrada y salida (E/S), Temporizador TMRO. Etc.
- Base de tiempos y circuitos auxiliares.
- Direccionamiento de la memoria de programa en base al contador de programa ligado a una pila de 8 niveles de profundidad.
- Direccionado directo e indirecto de la memoria RAM.

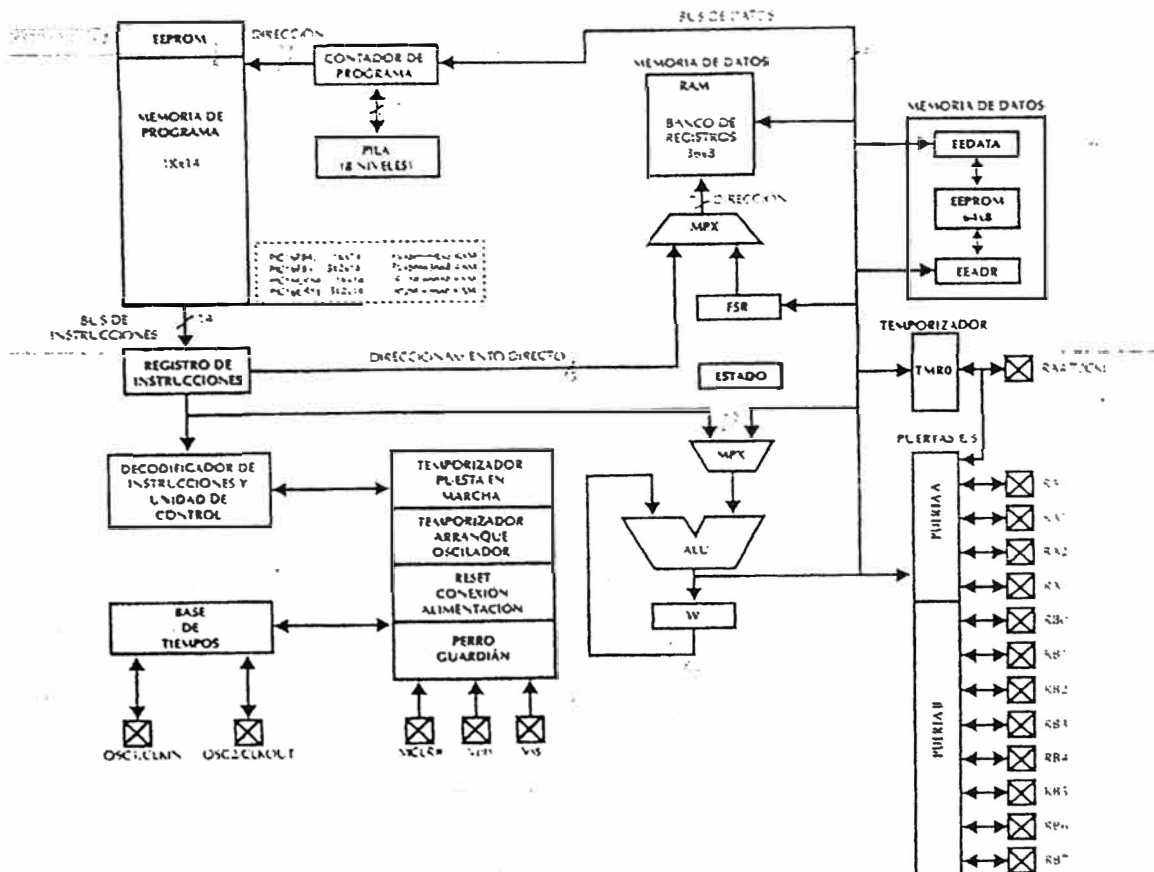


Figura 3.5: Arquitectura interna del PIC.

Para analizar de forma global el funcionamiento del procesador nos vamos a centrar en la ejecución de una instrucción. Todo comienza con la FASE DE BÚSQUEDA, que la inicia el contador de programa facilitando la dirección de la memoria de instrucciones donde se ubica. Su código binario de 14 bits se lee y se carga en el registro de instrucciones, desde

donde se transfiere al Decodificador y a la Unidad de control. A veces, dentro del código de la instrucción, existe el valor de un operando (literal) que se introduce como operando a la ALU, o bien una dirección de la memoria de datos donde reside otro operando.

La ALU es la encargada de realizar la operación lógico - aritmética que implica la instrucción decodificada. Uno de los operandos lo recibe desde el registro W y el otro desde un registro o de la propia instrucción.

Tanto el banco de registros específicos, en el que cada uno tiene una misión concreta, como el de registros de propósito general reside en la RAM. La EEPROM de datos puede contener datos que no se desee perder al quitar la alimentación, pero su acceso esta controlado con unos registros especiales.

3.10: CIRCUITO ANTIRREBOTES

En general todos los dispositivos electromecánicos originan fenómenos denominados REBOTES, y estos se producen en el instante en que se abren o se cierran las láminas metálicas del interruptor o pulsador. Hay un momento de inestabilidad en el que, aunque solo se haya accionado el dispositivo una vez, las laminas se abren y se cierran múltiples veces en el momento de la transición.

Los rebotes duran varios milisegundos y como el microcontrolador explora el estado de la línea de entrada cada pocos microsegundos, el efecto que producen es como si se hubiese abierto y cerrado el interruptor varias veces. Según la aplicación, las consecuencias de esta falsa interpretación pueden provocar resultados erróneos.

El como se resuelve este problema se puede hacer de dos maneras, una con el software, es decir con un programa que controla el sistema, y el otro es con hardware por medio de una circuitería externa.

3.11: ENTRADAS DIGITALES OPTOACOPLADAS

Hay muchas ocasiones en donde se debe aislar eléctricamente al periférico de las líneas de entrada del microcontrolador. Para este fin la señal se aplica a la línea de entrada mediante un rayo de luz. El periférico controla un emisor de luz y cuando se activa el primero, se genera un rayo luminoso. La línea de entrada IN recibe la señal de un receptor de luz, que

cuando recibe un haz luminoso conduce una corriente. No existe ninguna relación eléctrica entre el periférico y la línea de entrada, solo hay una transferencia luminosa.

En algunos dispositivos optoacopladores, tanto el emisor como el receptor están encapsulados conjunta y herméticamente en un chip, siendo accesibles sólo las patitas de entrada y salida. En otros casos el emisor y el receptor son independientes y pueden emplearse para detectar el paso de objetos a su través.

La elección de un PIC es por lo siguiente:

- Su costo es comparativamente inferior al de los competidores
- Poseen una elevada velocidad de funcionamiento
- Tienen un juego reducido de instrucciones; 35 en la gama media
- Los programas son compactos
- Bajo consumo unido a un amplio rango voltaje de alimentación
- Existe una gran variedad de herramientas hardware que permiten grabar, depurar, borrar y comprobar el comportamiento de los PIC.
- La gran variedad de modelos de PIC permite elegir el que mejor responde a los requerimientos de la aplicación.

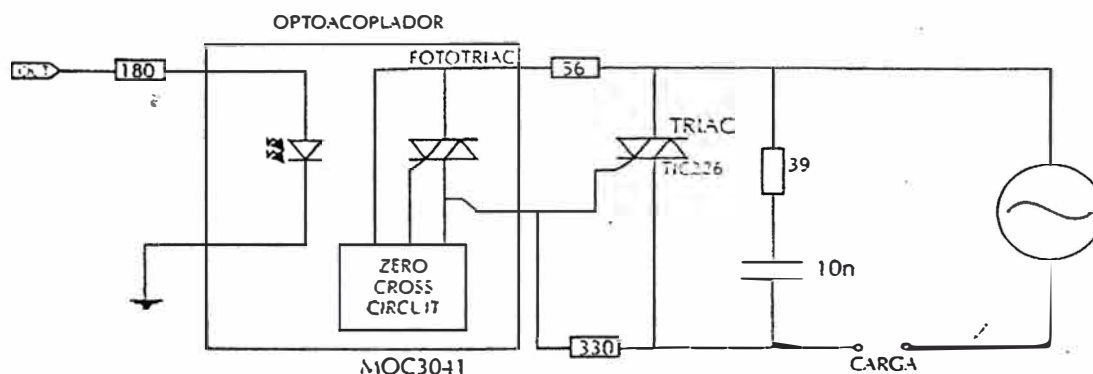


Figura: 3.6 Gobierno del disparo de un TRIAC mediante el microcontrolador.

CAPITULO IV

ARRANQUE PREVIO DEL MOTOR

4.1: ARRANQUE DE MOTOR ALCANZANDO SU MÁXIMA VELOCIDAD EN UN MINUTO.

Se a hecho este paso para poder encontrar una explicación mas clara sobre la forma de poder controlar el arranque del motor monofásico, con elementos discretos que nos permitirá cumplir el objetivo.

Para mayor explicación se podrá dividir este trabajo en partes para explicarlo mas detalladamente.

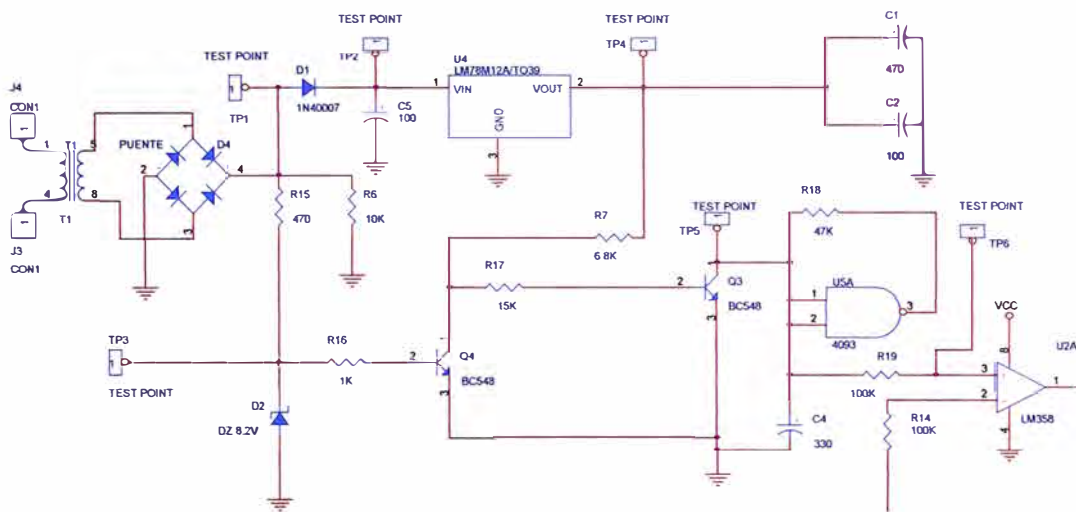
Se determino este circuito con la finalidad de poder comparar el arranque del motor con elementos discretos y posteriormente con el PIC.

4.2: GENERADOR DE SINCRONISMO (FUNCIONAMIENTO)

El circuito se alimenta a partir de una fuente de alimentación de corriente alterna que pasa por un transformador de 220 Vac a 15 Vac, Después se le acopla un regulador integrado del tipo 7812, con la finalidad de poder tener una fuente de energía de forma continua y sin variación, que nos facilitara el trabajo con los diferentes amplificadores en nuestros circuitos.

Una parte de la tensión rectificada, y aun no filtrada, se aplica a la base del transistor Q4 , por la resistencia de (470Ω) , un diodo zener y una resistencia de $(1K \Omega)$. Observe que esta tensión tiene el doble de frecuencia que de la red, por el efecto que produce el DIODO PUENTE. El diodo zener de 8.2 voltios evita a la base le lleguen voltajes elevados. La resistencia, conectada a +Vcc polariza al colector. Se produce un pulso en el colector del transistor Q4, cada vez que la tensión de la base cae por debajo de cierto nivel en este caso cuando el voltaje base – emisor sea menos o igual a 0.6 voltios. Cuando ocurre esto el transistor deja de conducir corriente entre colector – emisor y el voltaje positivo estará

presente en este terminal por R3. En este caso, el transistor Q4, dará un pulso cuando la onda alterna pase por su punto cero, lo que se llama cruce por cero y esto sucederá cada vez que la onda alterna sea menor a 0.6 voltios. El pulso proveniente del transistor Q4, que es necesario para descargar al condensador C7, se nota que el condensador se descarga cada vez que la señal alterna pase por cero. También en este caso no es necesario polarizar al transistor Q3, ya que impedirá el funcionamiento del amplificador operacional.



ARRANQUE DE MOTOR POR TIEMPO			
Título	GENERADOR DE SINCRONISMO		
Size	Document Number	Rev	
A	GERONIMO HUAMAN CELSO YSIDRO		
Date:	Thursday, March 02, 2006	Sheet	1 of 1

Figura: 4.1 Generador de Sincronismo

La compuerta lógica y del tipo SCHMITT TRIGGER, configurando como oscilador, se utiliza para generar una tensión en forma de diente de sierra..

Nótese que no se toma la salida como es costumbre, si no obtenemos la onda de la propia entrada de la compuerta. No piensen que hubo error en la elaboración del diagrama lo que pasa es que la unión de R8 y C7 se encuentran a una tensión que partiendo de cero voltios llega hasta aproximadamente a + Vcc. La forma de onda de diente de sierra es la que necesitamos para las etapas posteriores.

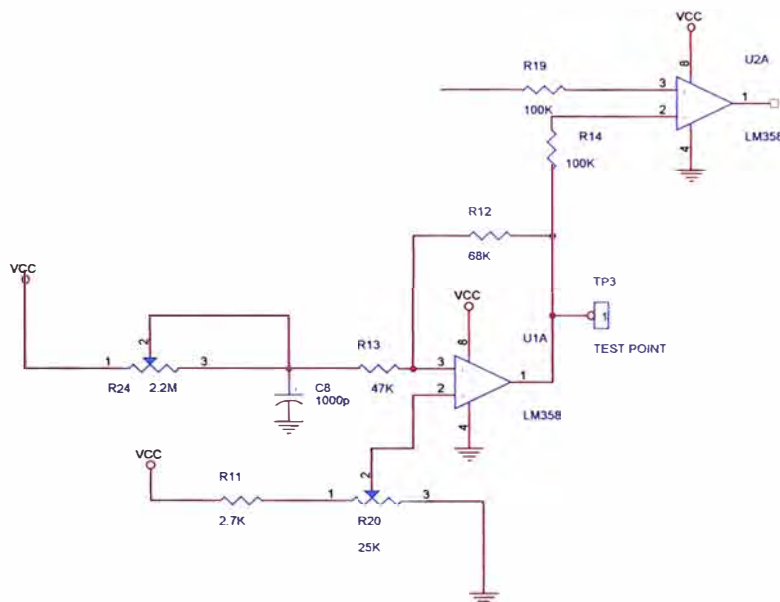
Nótese que el condensador es descargado instantáneamente por el transistor Q3, y vuelve a cargarse de cero voltios y así se repite indefinidamente. Así se genera una onda de forma “diente de sierra”. La onda diente de sierra tiene un periodo similar al tiempo que

transcurre entre dos cruces por cero de la onda sinusoidal el cual coincide con el semiperímetro de la señal alterna cuya frecuencia es de 60Hz.

Si por algún motivo hubiéramos elegido la señal de salida de la compuerta nos habríamos encontrado con niveles lógicos de “1” y “0”, formas que no necesitamos para el diseño del presente circuito.

Si ahora desconectamos el colector del transistor Q2, para que el condensador no se descargue, tendremos un circuito oscilador, cuya frecuencia se puede medir con cualquier frecuencímetro y se puede verificar.

4.3: EL GENERADOR DE TIEMPO DE ARRANQUE.



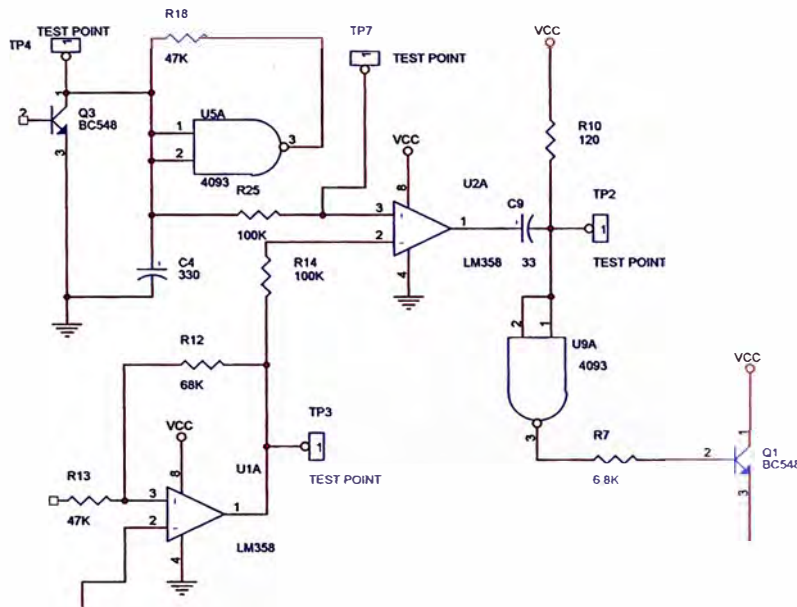
ARRANQUE DE MOTOR POR TIEMPO			
GENERADOR DE TIEMPO DE ARRANQUE			
Size A	Document Number GERONIMO HUAMAN CELSO YSIDRO	Rev	
Date: Thursday, March 02, 2006	Sheet	1	of 1

Figura: 4.2 Generador de tiempo de Arranque

El amplificador (4093) y sus componentes asociados genera una señal también diente de sierra de pulso único y sin descarga, es decir, que el condensador iniciando de cero voltios a + Vcc pero no se descarga nunca de lo contrario el motor se activaría y luego se apagaría y viceversa. En este caso, en quien fija el tiempo que demora el motor en pasar desde una mínima hasta una máxima velocidad. Este tiempo es fijado por el potenciómetro 2.2 MΩ al 50%, y el condensador de 1000μF. Esta tensión presente en el condensador es aplicado a la entrada inversora del amplificador operacional a través de la resistencia de 47KΩ, quien

junto a la resistencia de $68\text{ K}\Omega$ define la ganancia del amplificador operacional LM358 y además realiza una inversión al voltaje de entrada que se aplica al 4093.

4.4: EL COMPARADOR



ARRANQUE DE MOTOR POR TIEMPO		
Title	EL COMPARADOR	
Size A	Document Number	Rev
	GERONIMO HUAMAN CELSO YSIDRO	
Date:	Thursday, March 02, 2006	Sheet 1 of 1

Figura: 4.3 El Comparador

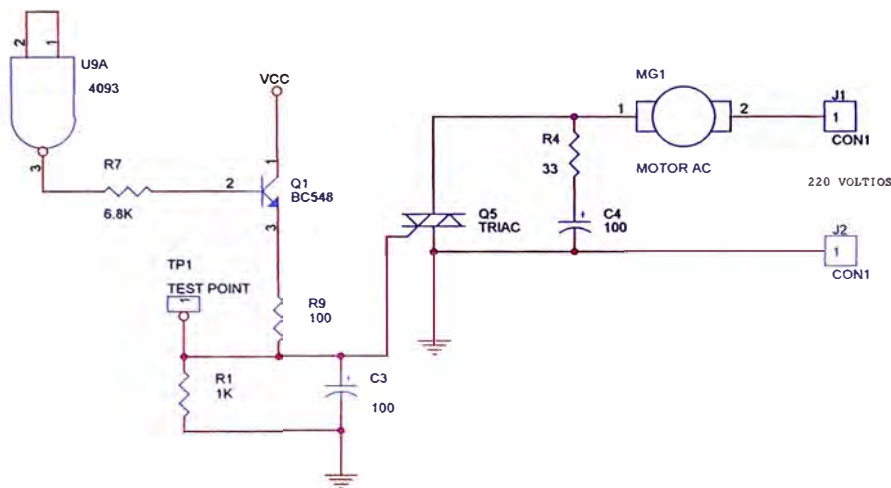
Las tensiones que provienen de la etapa generadora de sincronismo y del generador de tiempo de arranque se comparan por medio del amplificador operacional 4093.

La intersección de estas dos tensiones determina el pulso a la salida del comparador. Por tanto, la anchura variable de este pulso esta en conjunción con la forma de la señal de la tensión de entrada.

El pulso controlado obtenido a la salida del integrado 4093 se aplica a un monoestable del monoestable 4093, formado por un detector de flancos, que produce un pulso estrecho, de aproximadamente 2mseg. , En el circuito incluso bajando hasta los $500\ \mu\text{seg.}$, el circuito sigue excitando al triac, con cada flanco de bajada del pulso presente en la salida del comparador, la anchura del pulso viene determinado por la resistencia de $100\text{K}\Omega$ y el

condensador de $33\mu\text{F}$ y se mantiene lo suficientemente ancha para mantener la excitación de puerta.

4.5: CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE PUERTA DEL TRIAC.

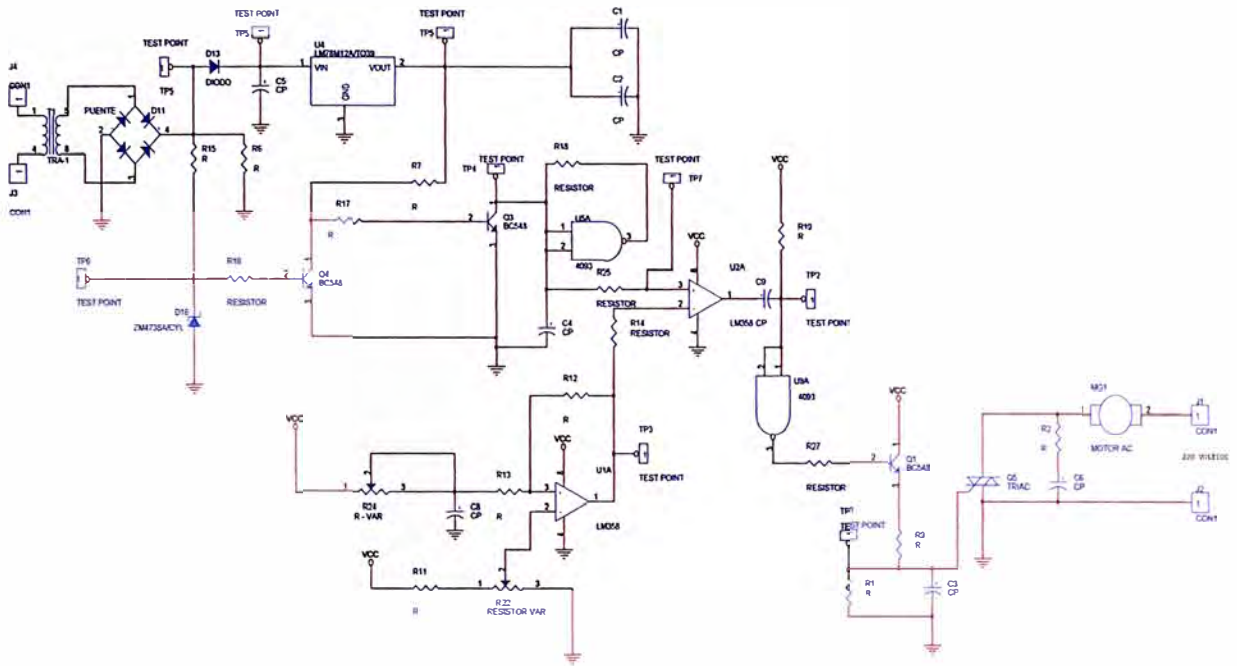


ARRANQUE DE MOTOR POR TIEMPO		
Title		
CIRCUITO DE ACTIVACION DEL TRIAC		
Size	Document Number	Rev
A	GERONIMO HUAMAN CELSO YSIDRO	
Date:	Thursday, March 02, 2006	Sheet 1 of 1

Figura: 4.4 Circuito de Activación del Triac y Encendido de Motor

La salida del monoestable, por medio de la resistencia de $6.8\text{ K}\Omega$, se aplica a la base del transistor BC548, configurando como seguidor de emisor quien adapta la salida del monoestable y la puerta del triac..

El pulso del pulso amplificado en corriente, se toma del emisor y pasa por la resistencia de $100\text{ K}\Omega$, y se aplica a la puerta de triac. Nótese que existe un condensador entre el Gate y Ground quienes nos proporcionan una protección contra sobrecorriente y alta dv/dt en la puerta del triac, con un osciloscopio se puede observar las señales provenientes del sincronismo con respecto a la red, finalmente se protege al triac conectando una red RC serie entre los extremos del dispositivo, por tanto se utiliza una resistencia de 33Ω de 5 W y un condensador de $100\mu\text{F}$ a 1000 V .



Tit	ARRANQUE DE MOTOR CON RETARDO		
Doc	Documento Number	02EN0800 HERRAMH CELSIO	Rev
Doc	Docu. No.	0208	1 of 1

Figura 4.5 : Circuito completo del arranque.

CAPITULO V

5.1: EL SENSOR DE TEMPERATURA

El medidor de temperatura funciona por la adquisición del dato ,tomado por un sensor tipo semiconductor, que convierte la cantidad de grados que percibe en su superficie, en un voltaje de tensión continua. Este voltaje es muy pequeño, por ello se amplifica y se lleva a un circuito que hace el papel de un voltímetro digital donde aparecerá el valor deseado en forma digital, indicando la temperatura correspondiente detectada por el sensor.

Este circuito tiene componentes análogos y digitales por ello se tiene que polarizar con dos tensiones una de 9 voltios y otra de 5 voltios uno será para la parte digital y la otra para la parte que necesita de una tensión mayor , que en este caso es de 9 voltios. La parte de detección de la temperatura es análoga y por intermedio del conversor análogo a digital, el 7107 quien convierte la señal en forma numérica digital.

En la primera parte de este medidor de temperatura es un circuito integrado diseñado especialmente para trabajar como sensor de temperatura. Este circuito es un integrado es el LM335 conteniendo en su interior transistores y resistencias y otros elementos integrados para este propósito.

Este dispositivo trabaja dando un voltaje de ruptura que es directamente proporcional a la temperatura que llega a su superficie, indicando que por cada grado de temperatura este dispositivo integrado LM335 hace variar su voltaje en 10mV, presentando teóricamente una lectura de 0V en temperatura absoluta 0°K, es decir $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero en la práctica este elemento trabaja en un rango de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El sensor se alimenta por medio de una resistencia y entrega un voltaje de salida a un amplificador operacional, que con los componentes asociados de resistencias aumenta el nivel de señal a un valor aceptable para la entrada del circuito con el integrado ICL7107.

La ganancia o amplificación de esta señal se controla con el potenciómetro estableciendo

la relación entre la temperatura y el voltaje, el ajuste de las señales adicionales es parte de la calibración final del medidor de temperatura. En uno de los pines del 7107 se conecta un circuito de referencia de voltaje formado por las resistencias y condensador y un potenciómetro y una resistencia en serie con dicho potenciómetro; la función de este circuito es establecer una base muy exacta para la medida de la temperatura, el principal elemento de este circuito es el LM336 que entrega en su salida un voltaje muy preciso de 2.5 voltios, este voltaje se ajusta por medio del potenciómetro quien fijara el voltaje adecuado.

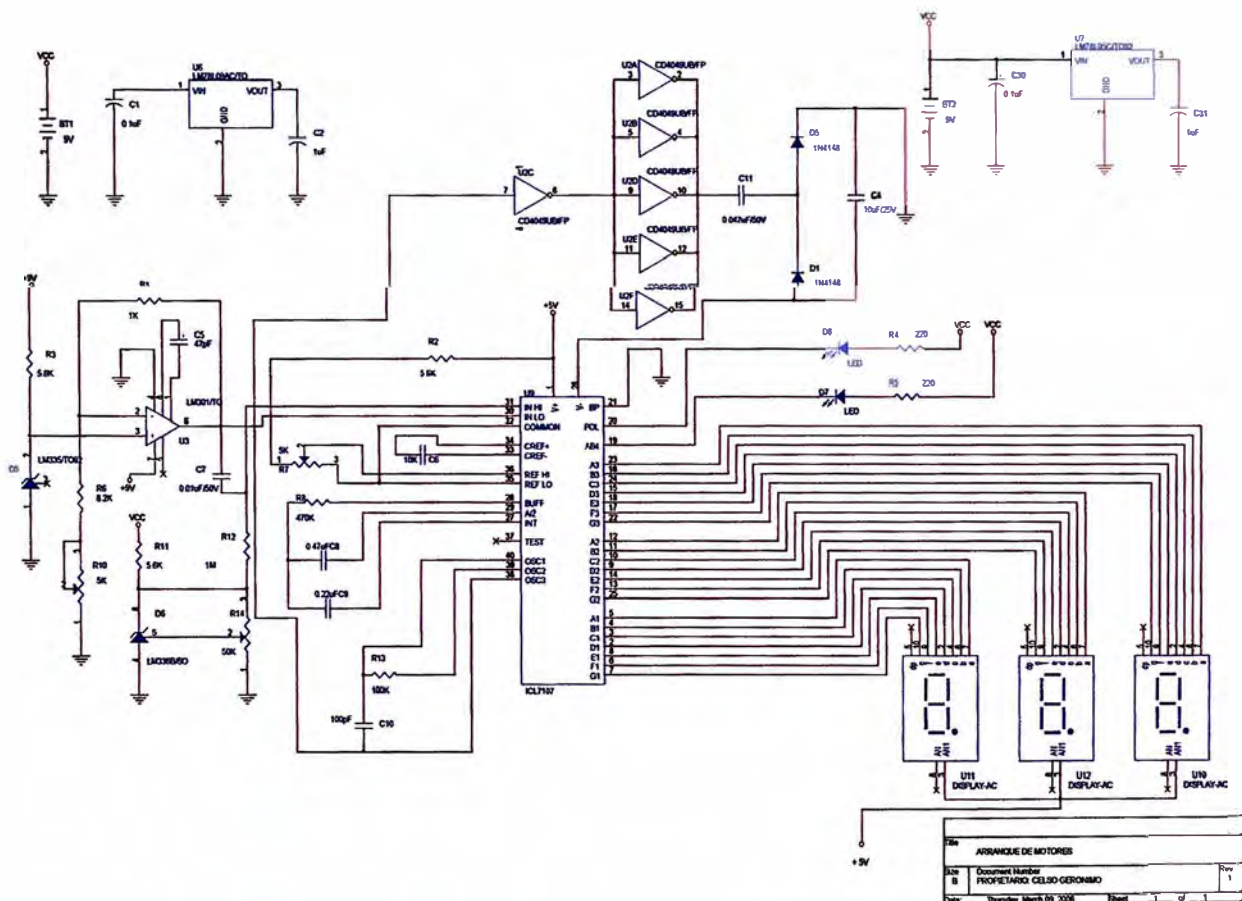


Figura: 5.1 Circuito del sensor de temperatura

En el circuito del integrado 7107 tiene en su entrada un modo diferencial entre los pines 30 y 31, este integrado realizará la función de conversor análogo digital, decodificador y también maneja los display de siete segmentos quienes nos mostrara la temperatura que se esta midiendo en forma constante.

CAPITULO VI

VARIADOR DE VELOCIDAD

6.1: CONTROL DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR POR PORCENTAJES

El funcionamiento de nuestro circuito consiste en el control de velocidad de un motor de alterna en porcentajes fijos los cuales son indicados por un seteador que se muestra en un par de displays, los cuales son previamente colocados con el valor de porcentaje deseado, teniendo adicionalmente un sensor de temperatura que me indicara la temperatura a la cual se encuentra el motor en el momento indicado.

Al setear el porcentaje, esto indicara que tanto del valor nominal de la velocidad sera colocado para que en esa proporción gire el motor, el cual estará controlado adicionalmente por un triac que lo disparara el pic por medio de un moc (optoacoplador), que será un aislador, donde el pic tendrá el programa que servirá para disparar el triac en el momento y tiempo adecuado con las características que el seteador le indique.

6.2: COLOCACIÓN DE LOS PORCENTAJES

El colocar el porcentaje proporcional de giro del valor nominal del motor se hará con un oscilador astable, creado por un timer 555 y un contador up/dow 74191, pudiendo hacerlo también con un 74192 ó un 74193 solamente se escogió por tratar de hacerlo mas versátil para contar hacia arriba o hacia abajo en código binario, después este valor estará conectado a un conversor de BCD a siete segmentos, los cuales conectados a los displays me indicara el porcentaje deseado para el funcionamiento del motor.

6.3: EXITACION DEL TRIAC PARA EL ARRANQUE DEL MOTOR

De la salida del contador binario up/dow se coge la señal por medio de un driver que me entregara las señales con la corriente necesaria para entregarle al PIC quien procesara la

información de acuerdo al programa establecido, y en la salida tendremos que al variar el valor en BCD también variara la salida porque ello indicara con que ángulo de disparo se activara al triac, que como se dijo, al salir del pic esta información pasara por el moc 3041 quien servirá como un aislante de la parte de potencia, luego la señal llegara a la puerta del triac que se disparara con el ángulo de disparo ya calculado por el pic.

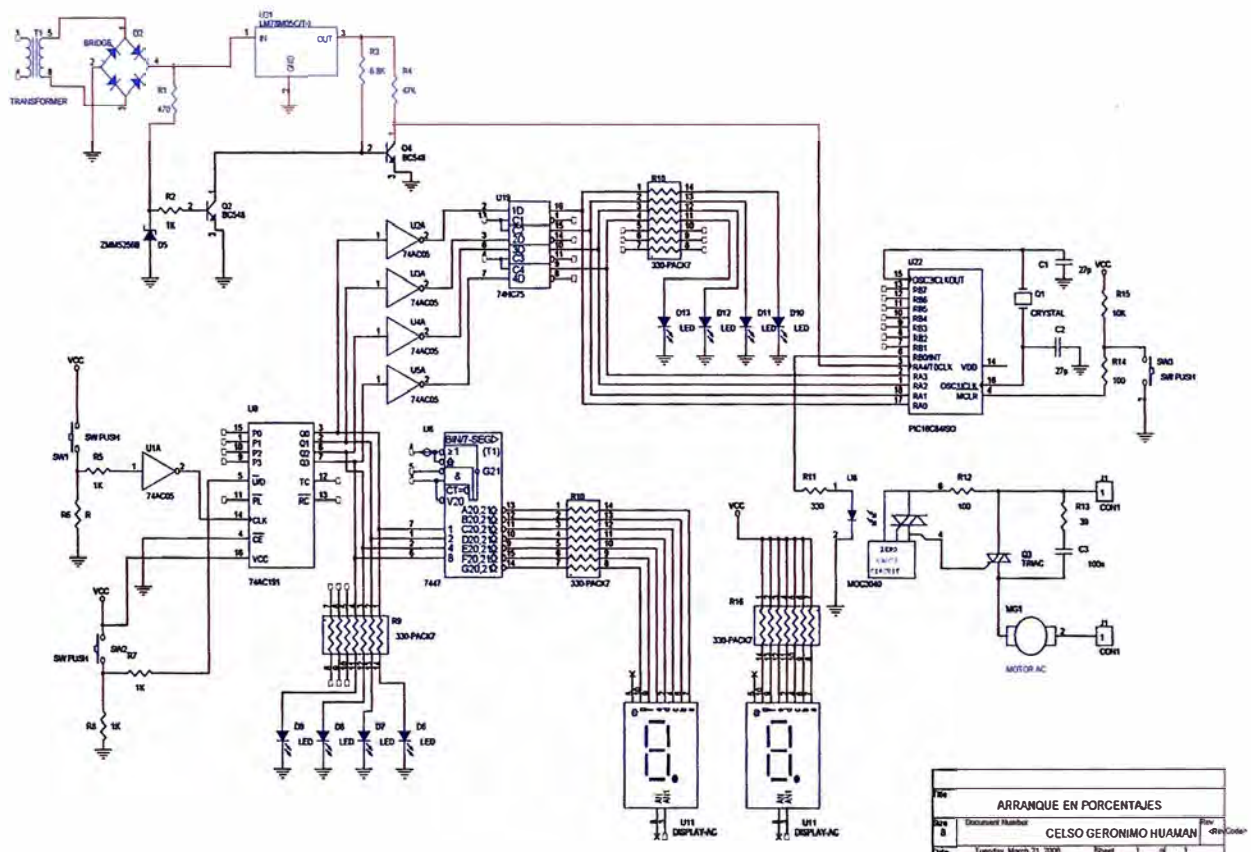


Figura 6.1 Circuito de la variación de velocidad por porcentajes.

Para que el ángulo de disparo del triac sea el adecuado se entrega un dato adicional al pic que es el cruce por cero, este dato se toma de la salida del diodo zener que en este caso esta en la salida del estabilizador, por medio de dos transistores quienes establecerán el momento que cruce por cero la señal alterna, con este dato y el dato binario, nos dará el tiempo de disparo del triac.

CONCLUSIONES

1.- Podemos manifestar que el circuito funciona y que ello indica que se puede controlar las velocidades al valor prefijado deseado, con lo cual se puede tener un criterio amplio, del manejo de las velocidades de un motor, como el que se esta tratando en el trabajo, luego también se puede agregar que el Microcontrolador es un elemento fundamental para el manejo de equipos electromecánicos, y en este caso es la pieza fundamental del variador de velocidad.

2.- Podemos agregar que los elementos mencionados para el circuito son dispositivos del mercado, donde se puede encontrar cualquiera de ellos y poder implementar dicho variador con las características que cada cual puede darle.

3.- El circuito impreso se puede hacer o mandar hacer con técnicos especialistas en tales trabajos y quedaría la tarjeta como un trabajo de primera calidad, teniendo en cuenta que esto nos permite realizar automatizaciones de equipos electromecánicos.

ANEXO A

DATA SHEET

For a complete data sheet, please also download:

- The IC04 LOCMOS HE4000B Logic Family Specifications HEF, HEC
- The IC04 LOCMOS HE4000B Logic Package Outlines/Information HEF, HEC

HEF4093B

gates

Quadruple 2-input NAND Schmitt trigger

Product specification
File under Integrated Circuits, IC04

January 1995

Quadruple 2-input NAND Schmitt trigger

HEF4093B gates

DESCRIPTION

The HEF4093B consists of four Schmitt-trigger circuits. Each circuit functions as a two-input NAND gate with Schmitt-trigger action on both inputs. The gate switches at different points for positive and negative-going signals. The difference between the positive voltage (V_P) and the negative voltage (V_N) is defined as hysteresis voltage (V_H).

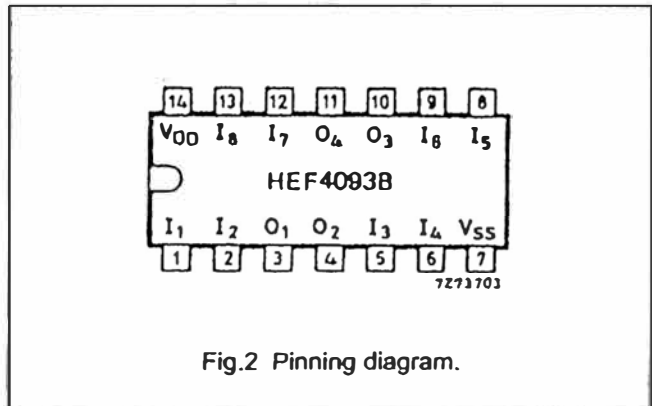


Fig.2 Pinning diagram.

- HEF4093BP(N): 14-lead DIL; plastic (SOT27-1)
- HEF4093BD(F): 14-lead DIL; ceramic (cerdip) (SOT73)
- HEF4093BT(D): 14-lead SO; plastic (SOT108-1)
- (): Package Designator North America

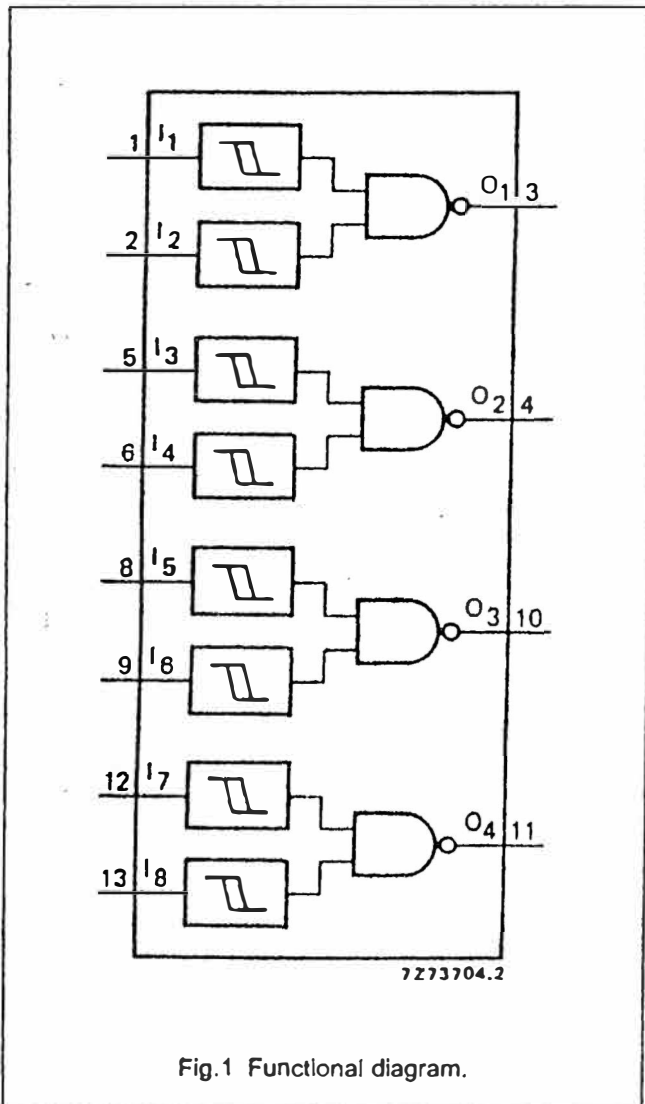


Fig.1 Functional diagram.

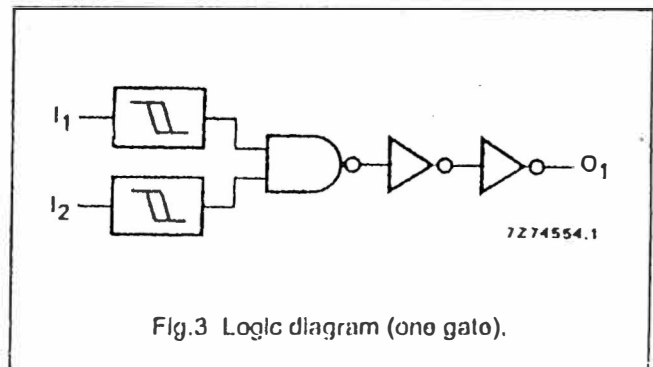


Fig.3 Logic diagram (one gate).

FAMILY DATA, I₀₀ LIMITS category GATES

See Family Specifications

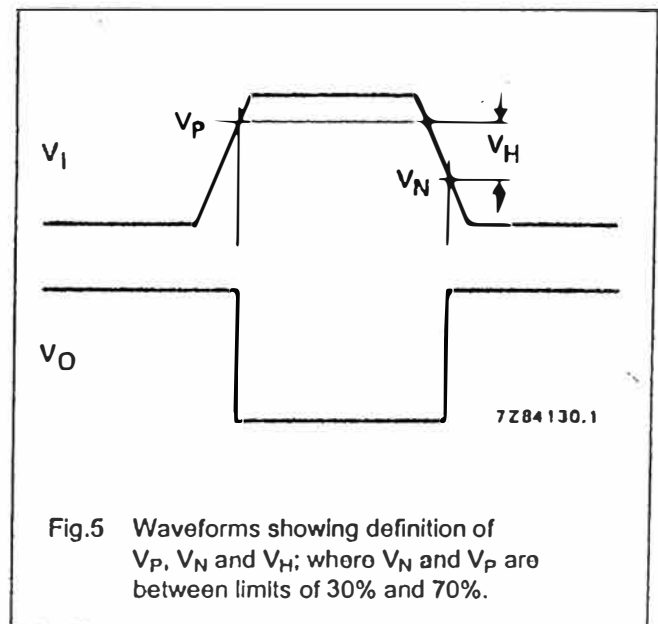
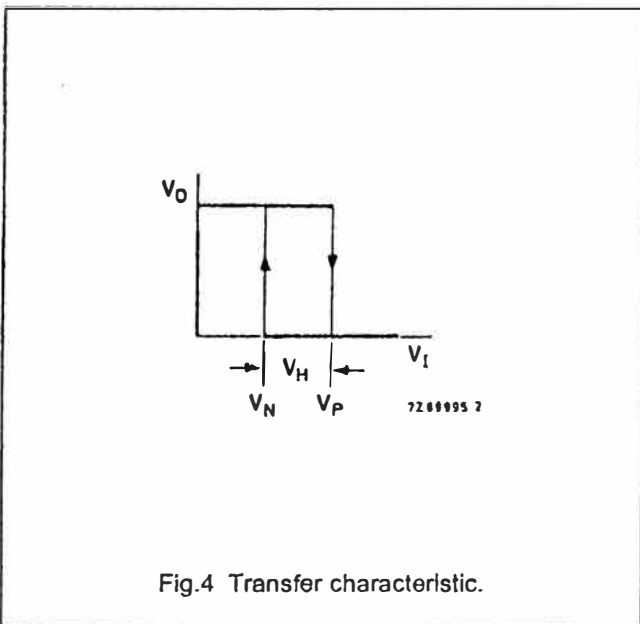
Quadruple 2-input NAND Schmitt trigger

HEF4093B
gates

DC CHARACTERISTICS

$V_{SS} = 0\text{ V}$; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$

	V_{DD} V	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	
Hysteresis voltage	5	V_H	0,4	0,7	-	V
	10		0,6	1,0	-	V
	15		0,7	1,3	-	V
Switching levels positive-going input voltage	5	V_P	1,9	2,9	3,5	V
	10		3,6	5,2	7	V
	15		4,7	7,3	11	V
Switching levels negative-going input voltage	5	V_N	1,5	2,2	3,1	V
	10		3	4,2	6,4	V
	15		4	6,0	10,3	V



Quadruple 2-input NAND Schmitt trigger

HEF4093B
gates

AC CHARACTERISTICS

V_{SS} = 0 V; T_{amb} = 25 °C; C_L = 50 pF; input transition times ≤ 20 ns

	V _{DD} V	SYMBOL	TYP.	MAX.	TYPICAL EXTRAPOLATION FORMULA	
Propagation delays I _n → O _n HIGH to LOW	5	t _{PHL}	90	185 ns	63 ns + (0,55 ns/pF) C _L	
	10		40	80 ns	29 ns + (0,23 ns/pF) C _L	
	15		30	60 ns	22 ns + (0,16 ns/pF) C _L	
	LOW to HIGH	5	t _{PLH}	85	170 ns	58 ns + (0,55 ns/pF) C _L
		10		40	80 ns	29 ns + (0,23 ns/pF) C _L
		15		30	60 ns	22 ns + (0,16 ns/pF) C _L
Output transition times HIGH to LOW	5	t _{THL}	60	120 ns	10 ns + (1,0 ns/pF) C _L	
	10		30	60 ns	9 ns + (0,42 ns/pF) C _L	
	15		20	40 ns	6 ns + (0,28 ns/pF) C _L	
	LOW to HIGH	5	t _{TLH}	60	120 ns	10 ns + (1,0 ns/pF) C _L
		10		30	60 ns	9 ns + (0,42 ns/pF) C _L
		15		20	40 ns	6 ns + (0,28 ns/pF) C _L

	V _{DD} V	TYPICAL FORMULA FOR P (μW)	
Dynamic power dissipation per package (P)	5	1300 f _i + Σ(f _o C _L) × V _{DD} ²	where f _i = input freq. (MHz) f _o = output freq. (MHz) C _L = load capacitance (pF) Σ (f _o C _L) = sum of outputs V _{DD} = supply voltage (V)
	10	6400 f _i + Σ(f _o C _L) × V _{DD} ²	
	15	18 700 f _i + Σ(f _o C _L) × V _{DD} ²	

Quadruple 2-input NAND Schmitt trigger

HEF4093B
gates

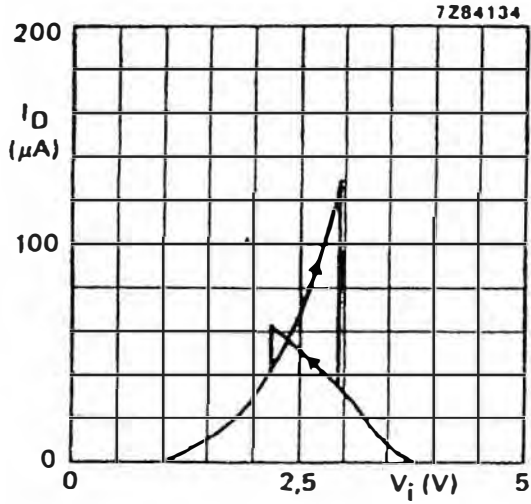


Fig.6 Typical drain current as a function of input voltage; $V_{DD} = 5\text{ V}$; $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

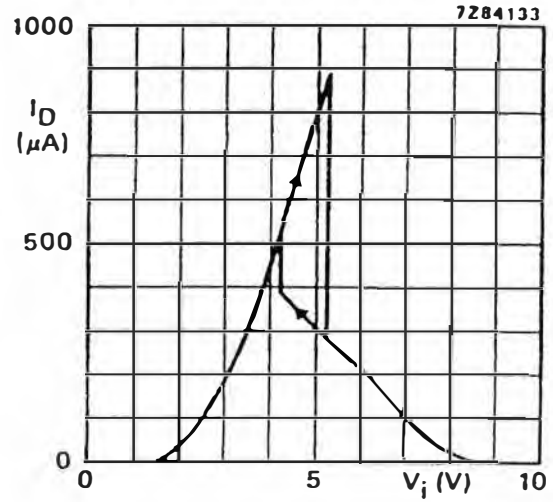


Fig.7 Typical drain current as a function of input voltage; $V_{DD} = 10\text{ V}$; $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

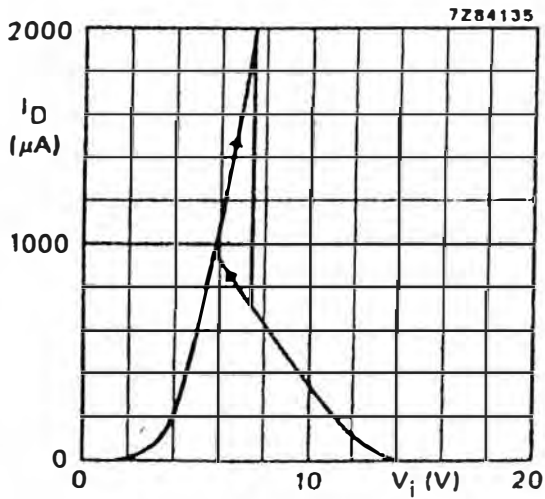
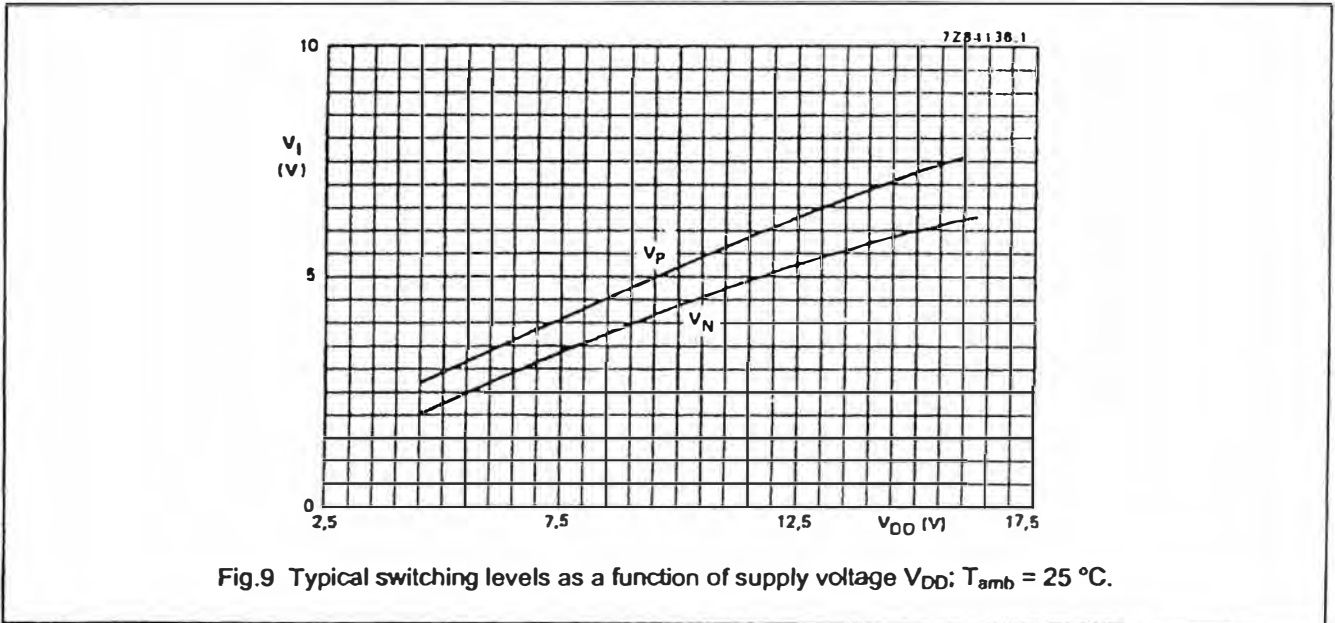


Fig.8 Typical drain current as a function of input voltage; $V_{DD} = 15\text{ V}$; $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Quadruple 2-input NAND Schmitt trigger

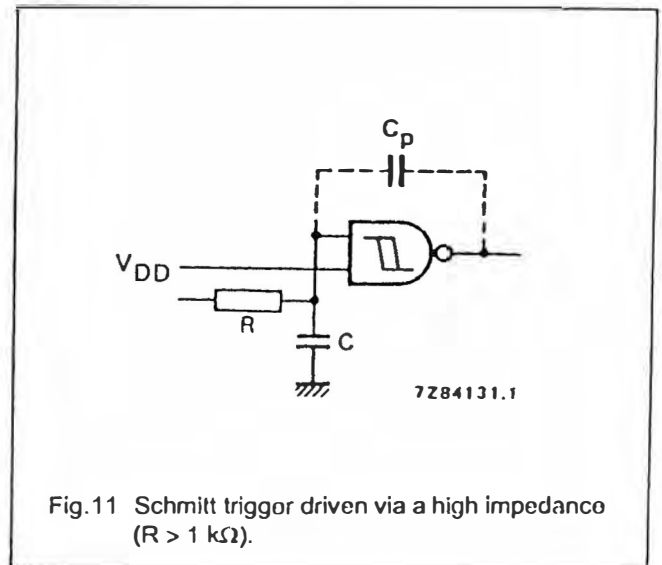
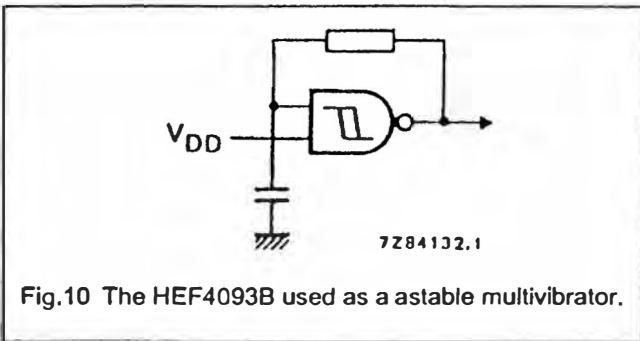
HEF4093B gates



APPLICATION INFORMATION

Some examples of applications for the HEF4093B are:

- Wave and pulse shapers
- Astable multivibrators
- Monostable multivibrators.



If a Schmitt trigger is driven via a high impedance ($R > 1\text{ k}\Omega$) then it is necessary to incorporate a capacitor C of such value that:

$$\frac{C}{C_p} > \frac{V_{DD} - V_{SS}}{V_H}$$

otherwise oscillation can occur on the edges of a pulse.

C_p is the external parasitic capacitance between inputs and output; the value depends on the circuit board layout.

Note

The two inputs may be connected together, but this will result in a larger through-current at the moment of switching.



General Purpose Plastic Rectifier

Major Ratings and Characteristics

$I_{F(AV)}$	1.0 A
V_{RRM}	50 V to 1000 V
I_{FSM}	30 A
V_F	1.1 V
I_R	5.0 μ A
T_J max.	150 °C



DO-204AL (DO-41)

Features

- Low forward voltage drop
- Low leakage current
- High forward surge capability

Typical Applications

For use in general purpose rectification of power supplies, inverters, converters and freewheeling diodes application.

(Note: These devices are not Q101 qualified. Therefore, the devices specified in this datasheet have not been designed for use in automotive or HI-Rel applications.)

Mechanical Data

Case: DO-204AL, molded plastic body.

Epoxy meets UL-94V-0 Flammability rating

Terminals: Matte tin plated (E3 Suffix) leads, solderable per J-STD-002B and MIL-STD-750, Method 2026

Polarity: Color band denotes cathode end

Maximum Ratings

($T_A = 25\text{ °C}$ unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	1N	1N	1N	1N	1N	1N	1N	Unit
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
Maximum repetitive peak reverse voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS voltage	V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC blocking voltage	V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum average forward rectified current 0.375" (9.5 mm) lead length at $T_A = 75\text{ °C}$	$I_{F(AV)}$	1.0							A
Peak forward surge current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load	I_{FSM}	30							A
Maximum full load reverse current, full cycle average 0.375" (9.5 mm) lead length $T_L = 75\text{ °C}$	$I_{R(AV)}$	30							μ A
Operating junction and storage temperature range	T_J, T_{STG}	- 55 to + 150							°C

Vishay Semiconductors

Electrical Characteristics

($T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Parameter	Test condition	Symbol	1N 4001	1N 4002	1N 4003	1N 4004	1N 4005	1N 4006	1N 4007	Unit
Maximum instantaneous forward voltage	at 1.0 A	V_F	1.1							V
Maximum DC reverse current at rated DC blocking voltage	$T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $T_A = 125\text{ }^\circ\text{C}$	I_R	5.0 50							μA
Typical junction capacitance	at 4.0 V, 1 MHz	C_J	15							pF

Thermal Characteristics

($T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	1N 4001	1N 4002	1N 4003	1N 4004	1N 4005	1N 4006	1N 4007	Unit
Typical thermal resistance(1)	$R_{\theta JA}$ $R_{\theta JL}$	50 25							$^\circ\text{C/W}$

Notes:

(1) Thermal resistance from junction to ambient at 0.375" (9.5 mm) lead length, P.C.B. mounted

Ratings and Characteristics Curves

($T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

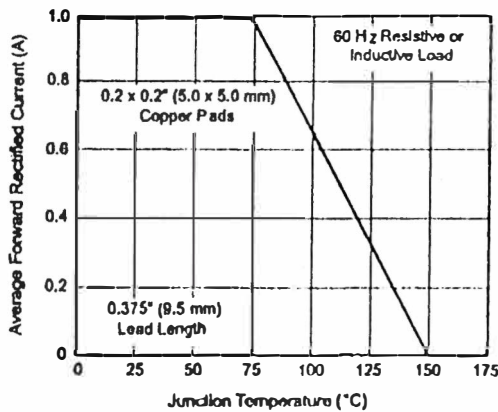


Figure 1. Forward Current Derating Curve

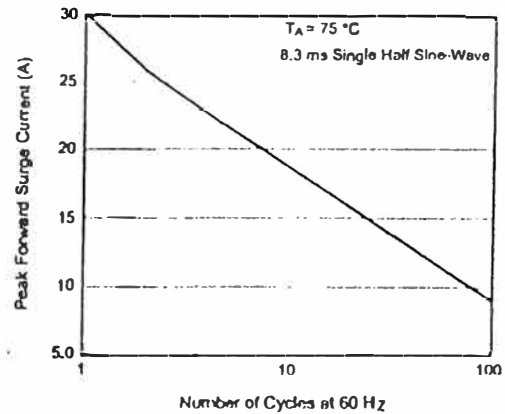


Figure 2. Maximum Non-repetitive Peak Forward Surge Current

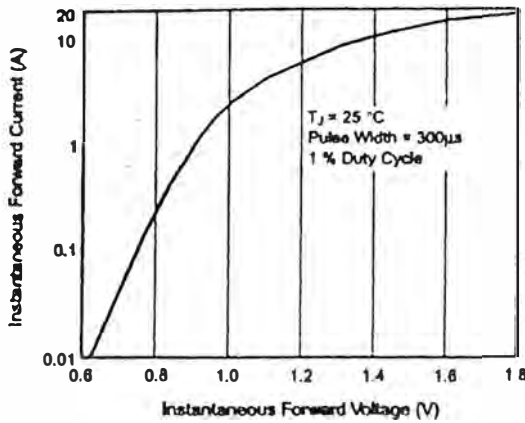


Figure 3. Typical Instantaneous Forward Characteristics

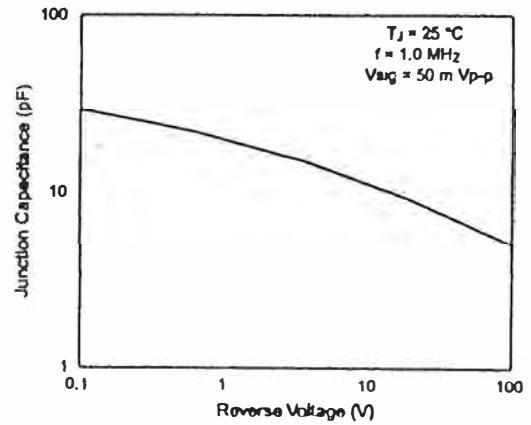


Figure 5. Typical Junction Capacitance

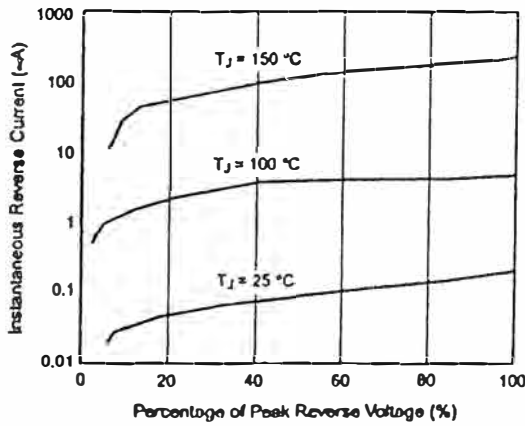


Figure 4. Typical Reverse Characteristics

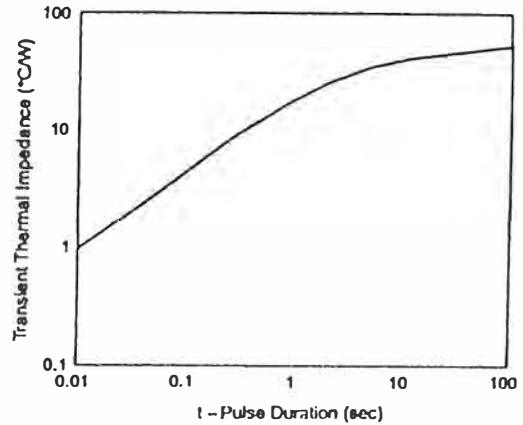
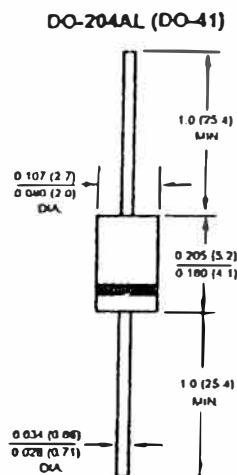


Figure 6. Typical Transient Thermal Impedance

Package outline dimensions in inches (millimeters)



CD4093BM/CD4093BC Quad 2-Input NAND Schmitt Trigger

General Description

The CD4093B consists of four Schmitt-trigger circuits. Each circuit functions as a 2-input NAND gate with Schmitt-trigger action on both inputs. The gate switches at different points for positive and negative-going signals. The difference between the positive (V_{T+}) and the negative voltage (V_{T-}) is defined as hysteresis voltage (V_H).

All outputs have equal source and sink currents and conform to standard B-series output drive (see Static Electrical Characteristics).

Features

- Wide supply voltage range 3.0V to 15V
- Schmitt-trigger on each input with no external components
- Noise immunity greater than 50%

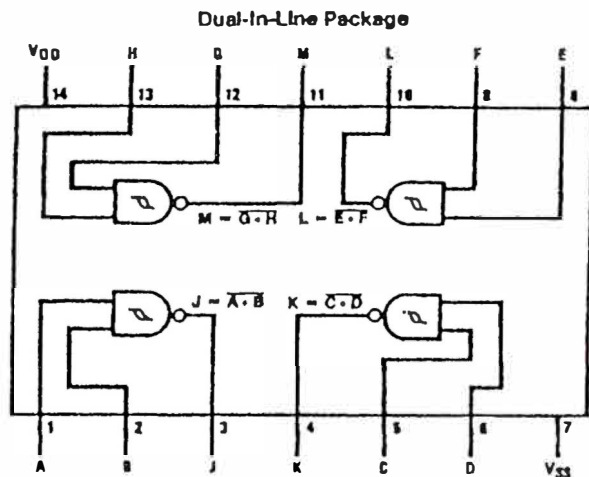
- Equal source and sink currents
- No limit on input rise and fall time
- Standard B-series output drive
- Hysteresis voltage (any input) $T_A = 25^\circ\text{C}$

Typical	$V_{DD} = 5.0\text{V}$	$V_H = 1.5\text{V}$
	$V_{DD} = 10\text{V}$	$V_H = 2.2\text{V}$
	$V_{DD} = 15\text{V}$	$V_H = 2.7\text{V}$
Guaranteed		$V_H = 0.1 V_{DD}$

Applications

- Wave and pulse shapers
- High-noise-environment systems
- Monostable multivibrators
- Astable multivibrators
- NAND logic

Connection Diagram



TL/F/59A2-1

Top View

Order Number CD4093B

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

DC Supply Voltage (V_{DD})	-0.5 to +18 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	-0.5 to V_{DD} + 0.5 V_{DC}
Storage Temperature Range (T_S)	-65°C to +150°C
Power Dissipation (P_D)	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Lead Temperature (T_L)	
(Soldering, 10 seconds)	260°C

Recommended Operating Conditions (Note 2)

DC Supply Voltage (V_{DD})	3 to 15 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	0 to V_{DD} V_{DC}
Operating Temperature Range (T_A)	
CD4093BM	-55°C to +125°C
CD4093BC	-40°C to +85°C

DC Electrical Characteristics CD4093BM (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-55°C		+25°C			+125°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$		0.25			0.25		7.5	μA
		$V_{DD} = 10V$		0.5			0.5		15.0	μA
		$V_{DD} = 15V$		1.0			1.0		30.0	μA
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{DD}, I_O < 1 \mu A$				0				V
		$V_{DD} = 5V$		0.05		0		0.05	0.05	V
		$V_{DD} = 10V$		0.05		0		0.05	0.05	V
V_{OH}	High Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{SS}, I_O < 1 \mu A$				0				V
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95	5		4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10		9.95		V
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage (Any Input)	$V_{DD} = 15V$	14.95		14.95	15		14.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10		9.95		V
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95	5		4.95		V
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage (Any Input)	$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	4.35	6.75	4.5	6.3	6.75	4.5	6.9	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9V$	2.85	4.5	3.0	4.1	4.5	3.0	4.65	V
		$V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V$	1.3	2.25	1.5	1.8	2.25	1.5	2.3	V
V_H	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$) (Any Input)	$V_{DD} = 15V$	1.5	6.30	1.5	2.7	6.0	1.20	6.0	V
		$V_{DD} = 10V$	1.0	4.30	1.0	2.2	4.0	0.70	4.0	V
		$V_{DD} = 5V$	0.5	2.35	0.5	1.5	2.0	0.35	2.0	V
I_{OL}	Low Level Output Current (Note 3)	$V_{IN} = V_{DD}$								$m A$
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.84		0.51	0.88		0.36		$m A$
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.6		1.3	2.25		0.9		$m A$
I_{OH}	High Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-4.2		-3.4	-8.8		-2.4		$m A$
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.6		-1.3	-2.25		-0.9		$m A$
		$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$	-0.64		0.51	-0.88		-0.36		$m A$
I_{IN}	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.1		-10^{-5}		-0.1		μA
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.1		10^{-5}		0.1		μA

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed; they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

Note 2: $V_{GG} = 0V$ unless otherwise specified.

Note 3: I_{OH} and I_{OL} are tested one output at a time.

DC Electrical Characteristics CD4093BC (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$		1.0			1.0		7.5	μA
		$V_{DD} = 10V$		2.0			2.0		15.0	μA
		$V_{DD} = 15V$		4.0			4.0		30.0	μA
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{DD}, I_O < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$		0.05		0	0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 10V$		0.05		0	0.05		0.05	V
V_{OH}	High Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{SS}, I_O < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95	5		4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10		9.95		V
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage (Any Input)	$ I_O < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V$	1.3	2.25	1.5	1.8	2.25	1.5	2.3	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9V$	2.85	4.5	3.0	4.1	4.5	3.0	4.65	V
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage (Any Input)	$ I_O < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$	2.75	3.6	2.75	3.3	3.5	2.65	3.5	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1V$	5.5	7.15	5.5	6.2	7.0	5.35	7.0	V
V_H	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$) (Any Input)	$V_{DD} = 5V$	0.5	2.35	0.5	1.5	2.0	0.35	2.0	V
		$V_{DD} = 10V$	1.0	4.3	1.0	2.2	4.0	0.70	4.0	V
		$V_{DD} = 15V$	1.5	6.3	1.5	2.7	8.0	1.20	6.0	V
I_{OL}	Low Level Output Current (Note 3)	$V_{IN} = V_{DD}$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
I_{OH}	High Level Output Current (Note 3)	$V_{IN} = V_{SS}$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 4.8V$	-0.52		0.44	-0.88		-0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.3		-1.1	-2.25		-0.9		mA
I_{IN}	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.3		-10^{-6}	-0.3		-1.0	μA
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.3		10^{-6}	0.3		1.0	μA

AC Electrical Characteristics*

$T_A = 25^\circ C, C_L = 50 \text{ pF}, R_L = 200k, \text{Input } t_r, t_f = 20 \text{ ns, unless otherwise specified}$

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{PHL}, t_{PLH}	Propagation Delay Time	$V_{DD} = 5V$		300	450	ns
		$V_{DD} = 10V$		120	210	ns
		$V_{DD} = 15V$		80	160	ns
t_{THL}, t_{TLH}	Transition Time	$V_{DD} = 5V$		90	145	ns
		$V_{DD} = 10V$		50	75	ns
		$V_{DD} = 15V$		40	60	ns
C_{IN}	Input Capacitance	(Any Input)		5.0	7.5	pF
C_{PD}	Power Dissipation Capacitance	(Per Gate)		24		pF

*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

Note 2: $V_{SS} = 0V$ unless otherwise specified.

Note 3: I_{OH} and I_{OL} are tested one output at a time.

DC Electrical Characteristics CD4093BC (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$		1.0			1.0		7.5	μA
		$V_{DD} = 10V$		2.0			2.0		15.0	μA
		$V_{DD} = 15V$		4.0			4.0		30.0	μA
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{DD}, I_O < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$		0.05		0	0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 10V$		0.05		0	0.05		0.05	V
V_{OH}	High Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{SS}, I_O < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95	5		4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10		9.95		V
V_{T^-}	Negative-Going Threshold Voltage (Any Input)	$ I_O < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V$	1.3	2.25	1.5	1.8	2.25	1.5	2.3	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9V$	2.85	4.5	3.0	4.1	4.5	3.0	4.65	V
V_{T^+}	Positive-Going Threshold Voltage (Any Input)	$ I_O < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$	2.75	3.6	2.75	3.3	3.5	2.65	3.5	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1V$	5.5	7.15	5.5	6.2	7.0	5.35	7.0	V
V_H	Hysteresis ($V_{T^+} - V_{T^-}$) (Any Input)	$V_{DD} = 5V$	0.5	2.35	0.5	1.5	2.0	0.35	2.0	V
		$V_{DD} = 10V$	1.0	4.3	1.0	2.2	4.0	0.70	4.0	V
		$V_{DD} = 15V$	1.5	6.3	1.5	2.7	8.0	1.20	6.0	V
I_{OL}	Low Level Output Current (Note 3)	$V_{IN} = V_{DD}$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
I_{OH}	High Level Output Current (Note 3)	$V_{IN} = V_{SS}$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 4.8V$	-0.52		0.44	-0.88		-0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.3		-1.1	-2.25		-0.9		mA
I_{IN}	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.3		-10^{-6}	-0.3		-1.0	μA
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.3		10^{-5}	0.3		1.0	μA

AC Electrical Characteristics*

$T_A = 25^\circ C, C_L = 50 \text{ pF}, R_L = 200k, \text{Input } t_r, t_f = 20 \text{ ns, unless otherwise specified}$

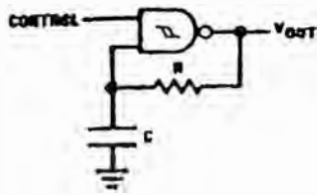
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{PHL}, t_{PLH}	Propagation Delay Time	$V_{DD} = 5V$		300	450	ns
		$V_{DD} = 10V$		120	210	ns
		$V_{DD} = 15V$		80	180	ns
t_{THL}, t_{TLH}	Transition Time	$V_{DD} = 5V$		90	145	ns
		$V_{DD} = 10V$		50	75	ns
		$V_{DD} = 15V$		40	60	ns
C_{IN}	Input Capacitance	(Any Input)		5.0	7.5	pF
C_{PD}	Power Dissipation Capacitance	(Per Gate)		24		pF

*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

Note 2: $V_{SS} = 0V$ unless otherwise specified.

Note 3: I_{OH} and I_{OL} are tested one output at a time.

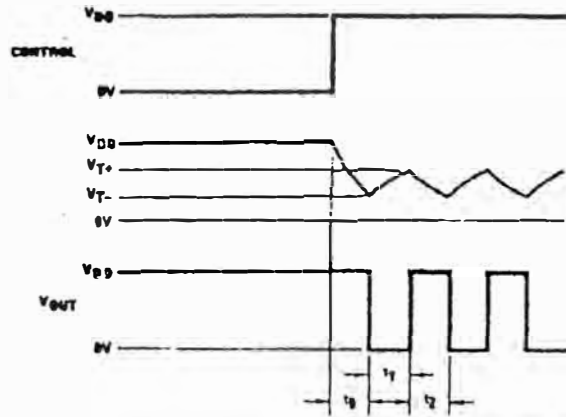
Typical Applications



Assume $t_1 + t_2 \gg t_{pHL} + t_{pLH}$ then:
 $t_1 = RC \ln(V_{DD}/V_T^-)$
 $t_2 = RC \ln[(V_{DD} - V_T^-)/(V_{DD} - V_T^+)]$
 $t_2 = RC \ln(V_T^+/V_T^-)$

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{RC \ln \frac{(V_T^+)(V_{DD} - V_T^-)}{(V_T^-)(V_{DD} - V_T^+)}}$$

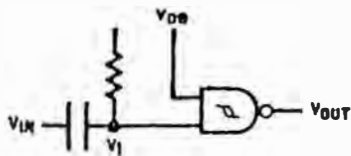
Gated Oscillator



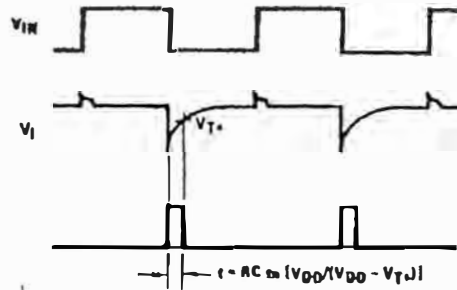
TL/F/5082-2

TL/F/5082-3

Gated One-Shot

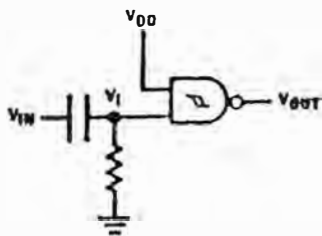


TL/F/5082-4

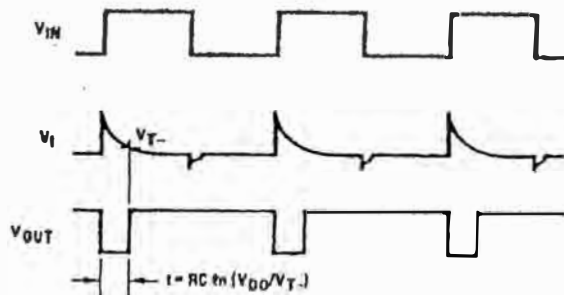


(a) Negative-Edge Triggered

TL/F/5082-5



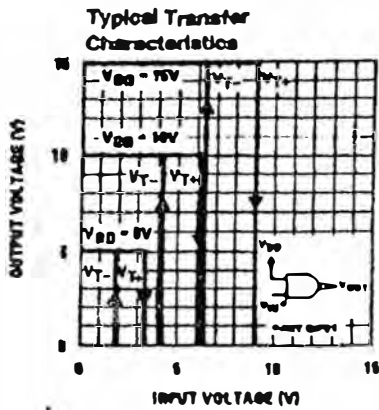
TL/F/5082-6



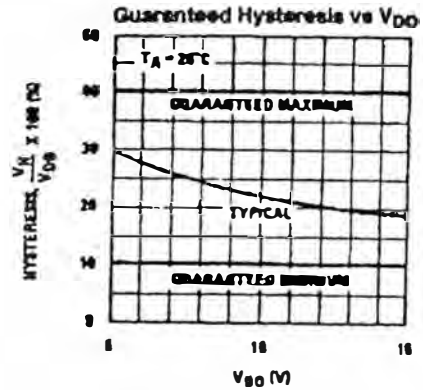
(b) Positive-Edge Triggered

TL/F/5082-7

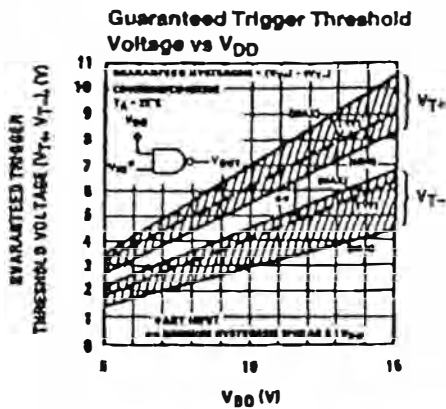
Typical Performance Characteristics



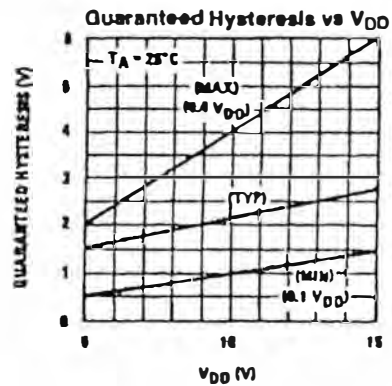
TL/F/5082-8



TL/F/5082-9

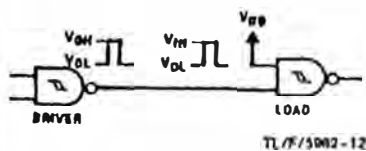


TL/F/5082-10

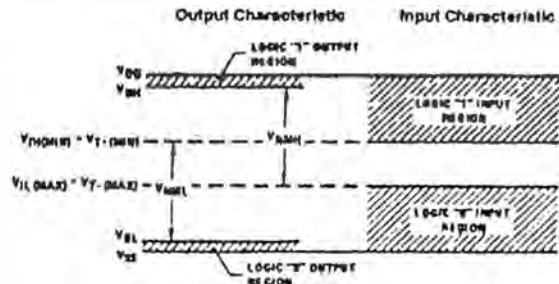


TL/F/5082-11

Input and Output Characteristics



TL/F/5082-12

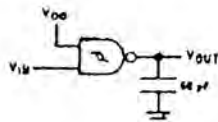


TL/F/5082-13

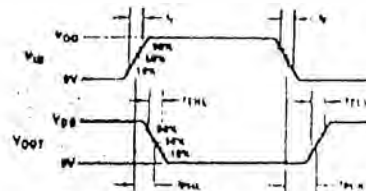
$$V_{NL} = V_{IH(MIN)} - V_{OL} = V_{IH(MIN)} - V_T^+ (NRP)$$

$$V_{MH} = V_{OH} - V_{IL(MAX)} = V_{OH} - V_{IL(MAX)} = V_{OH} - V_T^-(MAX)$$

AC Test Circuits and Switching Time Waveforms

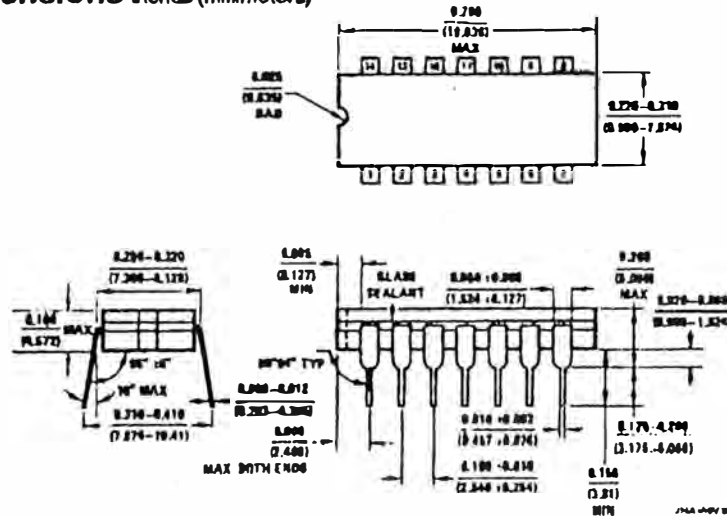


TL/F/5082-14

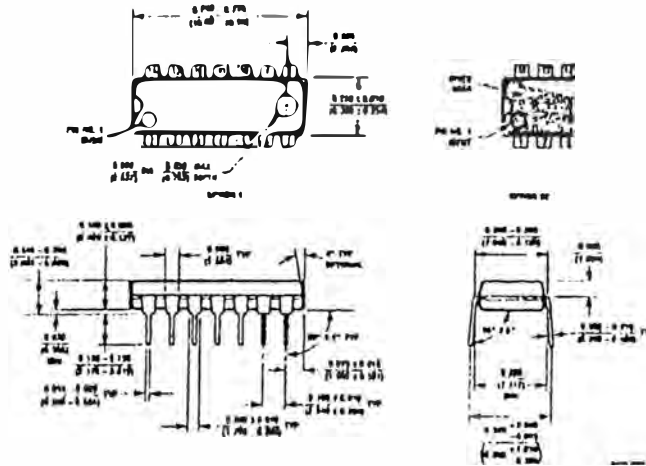


TL/F/5082-15

Physical Dimensions Inches (millimeters)



Ceramic Dual-In-Line Package (J)
 Order Number CD4093BMJ or CD4093BCJ
 NS Package Number J14A



Molded Dual-In-Line Package (N)
 Order Number CD4093BM or CD4093BCN
 NS Package Number N14A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor Corporation
 1111 West Bardin Road
 Arlington, TX 76017
 Tel: (800) 272-9954
 Fax: (800) 737-7018

National Semiconductor Europe
 Fax: (+40) 0-180-530 85 88
 Email: onyx@hvm2.nsc.com
 Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
 English Tel: (+40) 0-180-532 78 32
 Francais Tel: (+49) 0-180-532 80 58
 Italiano Tel: (+40) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
 10th Floor, Straits Block,
 Ocean Centre, 5 Canton Rd.
 Tsimshatsui, Kowloon
 Hong Kong
 Tel: (852) 2717-1800
 Fax: (852) 2735-9660

National Semiconductor Japan Ltd.
 Tel: 81-043-299-2308
 Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

LM2904, LM358/LM358A, LM258/ LM258A

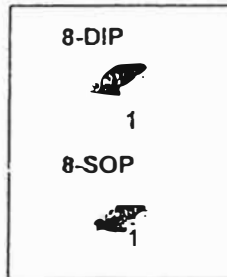
Dual Operational Amplifier

Features

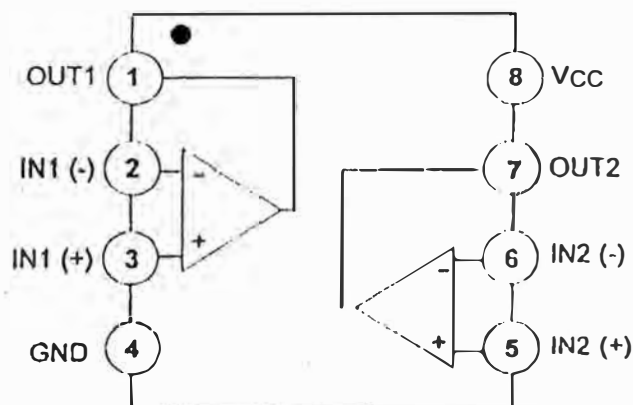
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100dB
- Wide Power Supply Range:
LM258/LM258A, LM358/LM358A: 3V~32V (or $\pm 1.5V \sim 16V$)
LM2904 : 3V~26V (or $\pm 1.5V \sim 13V$)
- Input Common Mode Voltage Range Includes Ground
- Large Output Voltage Swing: 0V DC to $V_{CC} - 1.5V$ DC
- Power Drain Suitable for Battery Operation.

Description

The LM2904, LM358/LM358A, LM258/LM258A consist of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltage. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks and all the conventional OP-AMP circuits which now can be easily implemented in single power supply systems.



Internal Block Diagram



LM2904, LM358/LM358A, LM258/ LM258A

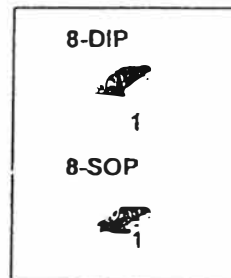
Dual Operational Amplifier

Features

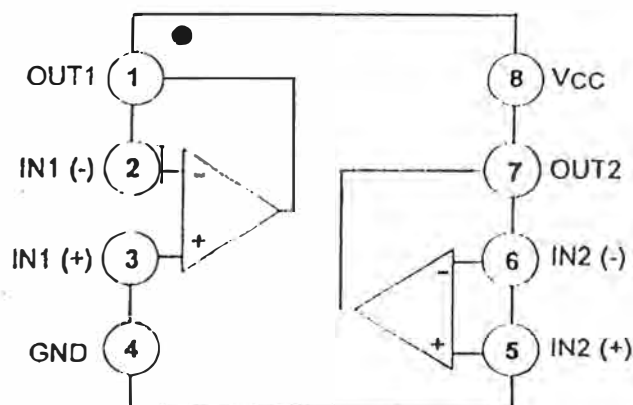
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100dB
- Wide Power Supply Range:
LM258/LM258A, LM358/LM358A: 3V~32V (or $\pm 1.5V \sim 16V$)
LM2904 : 3V~26V (or $\pm 1.5V \sim 13V$)
- Input Common Mode Voltage Range Includes Ground
- Large Output Voltage Swing: 0V DC to $V_{CC} - 1.5V$ DC
- Power Drain Suitable for Battery Operation.

Description

The LM2904, LM358/LM358A, LM258/LM258A consist of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltage. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks and all the conventional OP-AMP circuits which now can be easily implemented in single power supply systems.

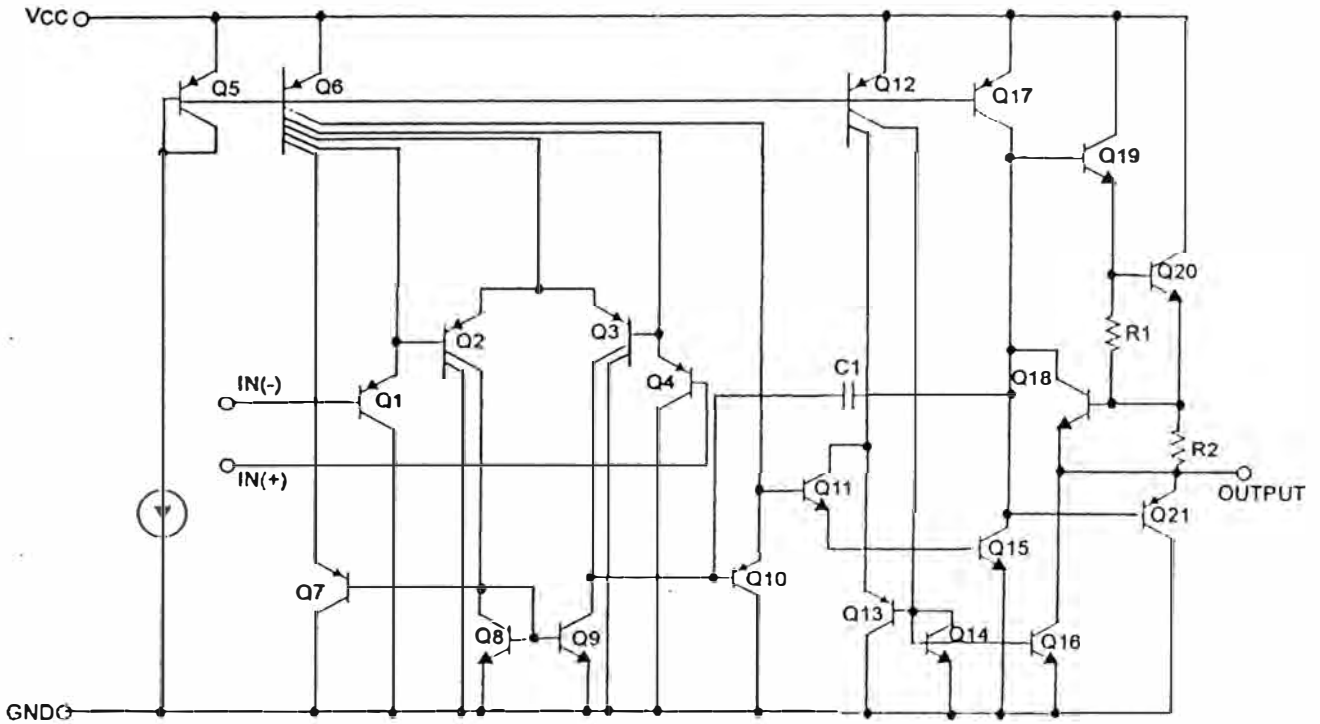


Internal Block Diagram



Schematic Diagram

(One section only)



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	LM258/LM258A	LM358/LM358A	LM2904	Unit
Supply Voltage	VCC	±16 or 32	±16 or 32	±13 or 26	V
Differential Input Voltage	VI(DIFF)	32	32	26	V
Input Voltage	VI	-0.3 to +32	-0.3 to +32	-0.3 to +26	V
Output Short Circuit to GND VCC ≤ 15V, TA = 25°C (One Amp)	-	Continuous	Continuous	Continuous	-
Operating Temperature Range	TOPR	-25 ~ +85	0 ~ +70	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	TSTG	-65 ~ +150	-65 ~ +150	-65 ~ +150	°C

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 0\text{V}$, $V_{EE} = \text{GND}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM258			LM358			LM2904			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V_{IO}	$V_{CM} = 0\text{V to } V_{CC}$ -1.5V $V_{O(P)} = 1.4\text{V}$, $R_S = 0\Omega$	-	2.9	5.0	-	2.9	7.0	-	2.9	7.0	mV
Input Offset Current	I_{IO}	-	-	3	30	-	5	50	-	5	50	nA
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	45	150	-	45	250	-	45	250	nA
Input Voltage Range	$V_{I(R)}$	$V_{CC} = 30\text{V}$ (LM2904, $V_{CC}=26\text{V}$)	0	-	V_{CC} -1.5	0	-	V_{CC} -1.5	0	-	V_{CC} -1.5	V
Supply Current	I_{CC}	$R_L = \infty$, $V_{CC} = 30\text{V}$ (LM2904, $V_{CC}=26\text{V}$)	-	0.8	2.0	-	0.8	2.0	-	0.8	2.0	mA
		$R_L = \infty$, $V_{CC} = 5\text{V}$	-	0.5	1.2	-	0.5	1.2	-	0.5	1.2	mA
Large Signal Voltage Gain	G_V	$V_{CC} = 15\text{V}$, $R_L = 2\text{k}\Omega$ $V_{O(P)} = 1\text{V to } 11\text{V}$	50	100	-	25	100	-	25	100	-	V/mV
Output Voltage Swing	$V_{O(H)}$	$V_{CC}=30\text{V}$, $R_L = 2\text{k}\Omega$	26	-	-	26	-	-	22	-	-	V
		$V_{CC} = 26\text{V}$ for LM2904) $R_L = 10\text{k}\Omega$	27	28	-	27	28	-	23	24	-	V
	$V_{O(L)}$	$V_{CC} = 5\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$	-	5	20	-	5	20	-	5	20	mV
Common Mode Rejection Ratio	CMRR	-	70	85	-	65	80	-	50	80	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	65	100	-	50	100	-	dB
Channel Separation	CS	$f = 1\text{kHz to } 20\text{kHz}$ (Note 1)	-	120	-	-	120	-	-	120	-	dB
Short Circuit to GND	I_{SC}	-	-	40	60	-	40	60	-	40	60	mA
Output Current	I_{SOURCE}	$V_{I(+)} = 1\text{V}$, $V_{I(-)} = 0\text{V}$ $V_{CC} = 15\text{V}$, $V_{O(P)} = 2\text{V}$	20	30	-	20	30	-	20	30	-	mA
		$V_{I(+)} = 0\text{V}$, $V_{I(-)} = 1\text{V}$, $V_{CC} = 15\text{V}$, $V_{O(P)} = 2\text{V}$	10	15	-	10	15	-	10	15	-	mA
	I_{SINK}	$V_{I(+)} = 0\text{V}$, $V_{I(-)} = 1\text{V}$, $V_{CC} = 15\text{V}$, $V_{O(P)} = 200\text{mV}$	12	100	-	12	100	-	-	-	-	μA
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	V

Note:

1. This parameter, although guaranteed, is not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (Continued)

($V_{CC} = 5.0V$, $V_{EE} = GND$, unless otherwise specified)

The following specifications apply over the range of $-25^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$ for the LM258; and the $0^{\circ}C \leq T_A \leq +70^{\circ}C$ for the LM358; and the $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$ for the LM2904

Parameter	Symbol	Conditions	LM258			LM358			LM2904			Unit	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V_{IO}	$V_{CM} = 0V$ to $V_{CC} - 1.5V$ $V_{O(P)} = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$	-	-	7.0	-	-	9.0	-	-	10.0	mV	
Input Offset Voltage Drift	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	$R_S = 0\Omega$	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	$\mu V/^{\circ}C$	
Input Offset Current	I_{IO}	-	-	-	100	-	-	150	-	45	200	nA	
Input Offset Current Drift	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	-	10	-	-	10	-	-	10	-	$pA/^{\circ}C$	
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	40	300	-	40	500	-	40	500	nA	
Input Voltage Range	$V_{I(R)}$	$V_{CC} = 30V$ (LM2904, $V_{CC} = 26V$)	0	-	$V_{CC} - 2.0$	0	-	$V_{CC} - 2.0$	0	-	$V_{CC} - 2.0$	V	
Large Signal Voltage Gain	G_V	$V_{CC} = 15V$, $R_L = 2.0k\Omega$ $V_{O(P)} = 1V$ to $11V$	25	-	-	15	-	-	15	-	-	V/mV	
Output Voltage Swing	$V_{O(H)}$	$V_{CC} = 30V$ ($V_{CC} = 26V$ for LM2904)	$R_L = 2k\Omega$	26	-	-	26	-	-	22	-	-	V
			$R_L = 10k\Omega$	27	28	-	27	28	-	23	24	-	V
	$V_{O(L)}$	$V_{CC} = 5V$, $R_L = 10k\Omega$	-	5	20	-	5	20	-	5	20	mV	
Output Current	I_{SOURCE}	$V_{I(+)} = 1V$, $V_{I(-)} = 0V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(P)} = 2V$	10	30	-	10	30	-	10	30	-	mA	
	I_{SINK}	$V_{I(+)} = 0V$, $V_{I(-)} = 1V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(P)} = 2V$	5	8	-	5	9	-	5	9	-	mA	
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V	

Electrical Characteristics (Continued)(V_{CC} = 5.0V, V_{EE} = GND, T_A = 25°C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM258A			LM358A			Unit	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V _{IO}	V _{CM} = 0V to V _{CC} - 1.5V V _{O(P)} = 1.4V, R _S = 0Ω	-	1.0	3.0	-	2.0	3.0	mV	
Input Offset Current	I _{IO}	-	-	2	15	-	5	30	nA	
Input Bias Current	I _{BIAS}	-	-	40	80	-	45	100	nA	
Input Voltage Range	V _{I(R)}	V _{CC} = 30V	0	-	V _{CC} - 1.5	0	-	V _{CC} - 1.5	V	
Supply Current	I _{CC}	R _L = ∞, V _{CC} = 30V	-	0.8	2.0	-	0.8	2.0	mA	
		R _L = ∞, V _{CC} = 5V	-	0.5	1.2	-	0.5	1.2	mA	
Large Signal Voltage Gain	G _V	V _{CC} = 15V, R _L = 2kΩ V _O = 1V to 11V	50	100	-	25	100	-	V/mV	
Output Voltage Swing	V _{OH}	V _{CC} = 30V	R _L = 2kΩ	26	-	-	26	-	-	V
			R _L = 10kΩ	27	28	-	27	28	-	V
	V _{OL}	V _{CC} = 5V, R _L = 10kΩ	-	5	20	-	5	20	mV	
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	70	85	-	65	85	-	dB	
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	65	100	-	dB	
Channel Separation	CS	f = 1kHz to 20kHz (Note1)	-	120	-	-	120	-	dB	
Short Circuit to GND	I _{SC}	-	-	40	60	-	40	60	mA	
Output Current	I _{SOURCE}	V _{I(+)} = 1V, V _{I(-)} = 0V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	20	30	-	20	30	-	mA	
	I _{SINK}	V _{I(+)} = 1V, V _{I(-)} = 0V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	10	15	-	10	15	-	mA	
		V _{in +} = 0V, V _{in (-)} = 1V V _{O(P)} = 200mV	12	100	-	12	100	-	μA	
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	-	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	V	

Note:

1. This parameter, although guaranteed, is not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (Continued)

(VCC = 5.0V, VEE = GND, unless otherwise specified)

The following specifications apply over the range of $-25^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for the LM258A; and the $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$ for the LM358A

Parameter	Symbol	Conditions	LM258A			LM358A			Unit	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V _{IO}	V _{CM} = 0V to V _{CC} - 1.5V V _{O(P)} = 1.4V, R _S = 0Ω	-	-	4.0	-	-	5.0	mV	
Input Offset Voltage Drift	ΔV _{IO} /ΔT	-	-	7.0	15	-	7.0	20	μV/°C	
Input Offset Current	I _{IO}	-	-	-	30	-	-	75	nA	
Input Offset Current Drift	ΔI _{IO} /ΔT	-	-	10	200	-	10	300	pA/°C	
Input Bias Current	I _{BIAS}	-	-	40	100	-	40	200	nA	
Input Common-Mode Voltage Range	V _{I(R)}	V _{CC} = 30V	0	-	V _{CC} -2.0	0	-	V _{CC} -2.0	V	
Output Voltage Swing	V _{O(H)}	V _{CC} = 30V	R _L = 2kΩ	26	-	-	26	-	-	V
			R _L = 10kΩ	27	28	-	27	28	-	V
	V _{O(L)}	V _{CC} = 5V, R _L = 10kΩ	-	5	20	-	5	20	mV	
Large Signal Voltage Gain	G _V	V _{CC} = 15V, R _L = 2.0kΩ V _{O(P)} = 1V to 11V	25	-	-	15	-	-	V/mV	
Output Current	I _{SOURCE}	V _{I(+)} = 1V, V _{I(-)} = 0V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	10	30	-	10	30	-	mA	
	I _{SINK}	V _{I(+)} = 1V, V _{I(-)} = 0V V _{CC} = 15V, V _{O(P)} = 2V	5	9	-	5	9	-	mA	
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	-	-	-	V _{CC}	-	-	V _{CC}	V	

Typical Performance Characteristics

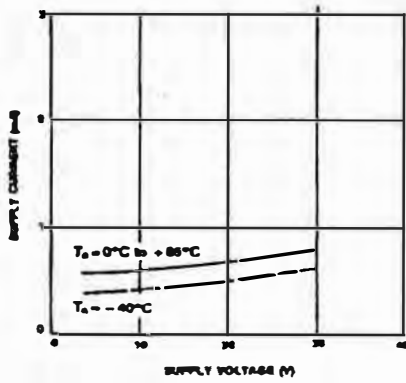


Figure 1. Supply Current vs Supply Voltage

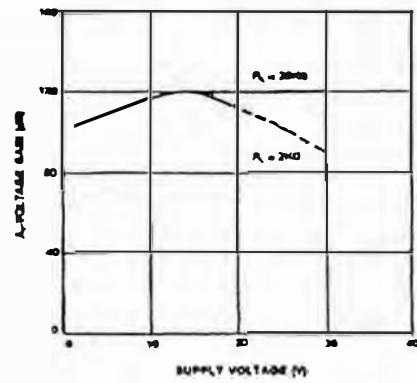


Figure 2. Voltage Gain vs Supply Voltage

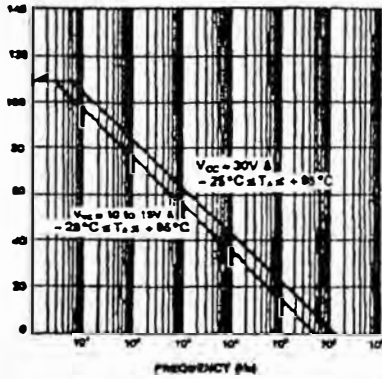


Figure 3. Open Loop Frequency Response

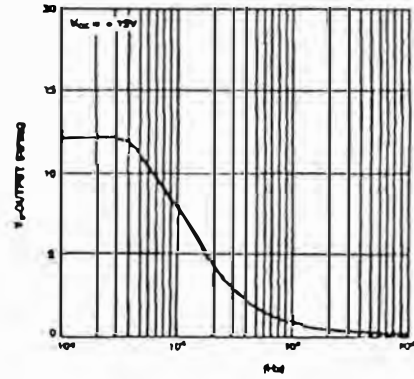


Figure 4. Large Signal Output Swing vs Frequency

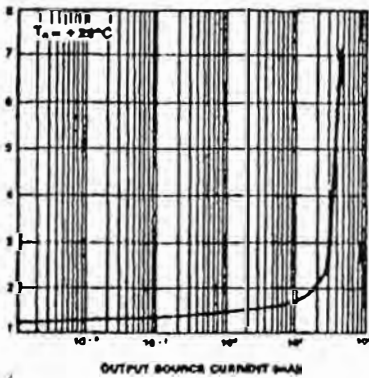


Figure 5. Output Characteristics vs Current Sourcing

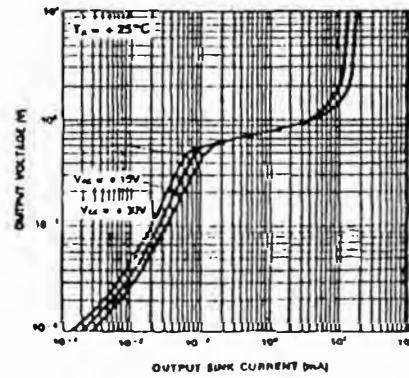


Figure 6. Output Characteristics vs Current Sinking

Typical Performance Characteristics (Continued)

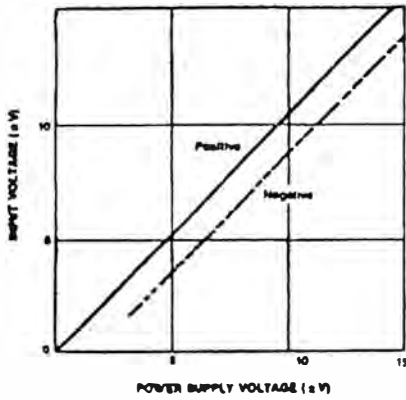


Figure 7. Input Voltage Range vs Supply Voltage

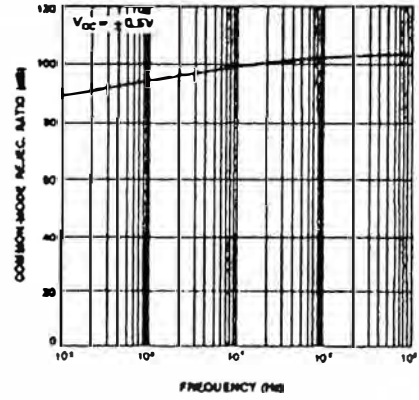


Figure 8. Common-Mode Rejection Ratio

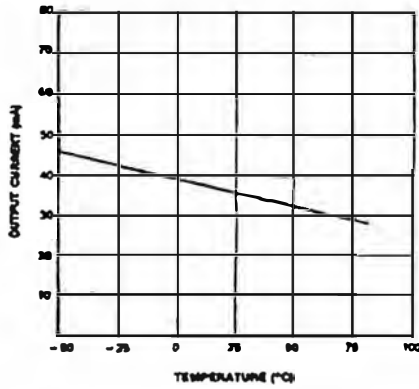


Figure 9. Output Current vs Temperature (Current Limiting)

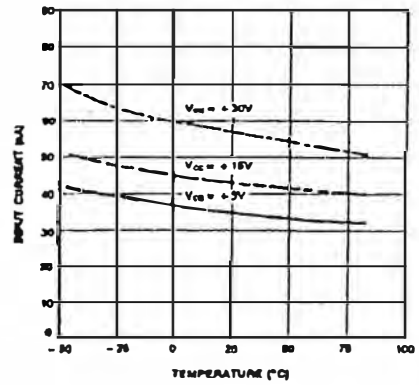


Figure 10. Input Current vs Temperature

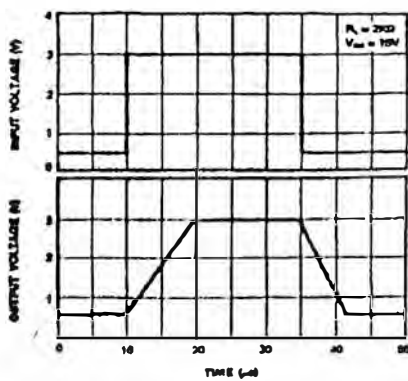


Figure 11. Voltage Follower Pulse Response

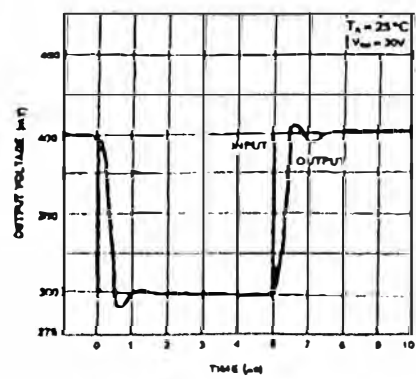


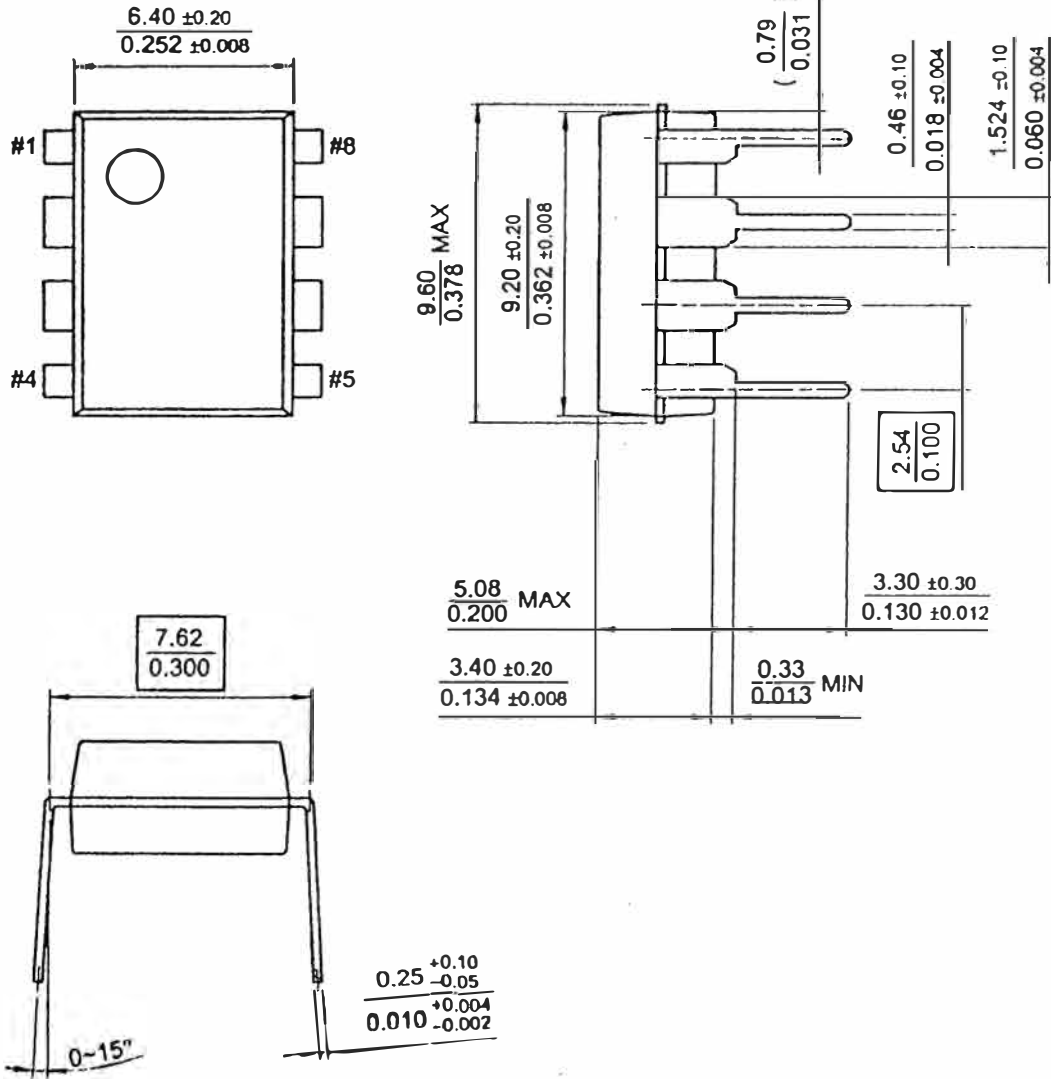
Figure 12. Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)

Mechanical Dimensions

Package

Dimensions in millimeters

8-DIP

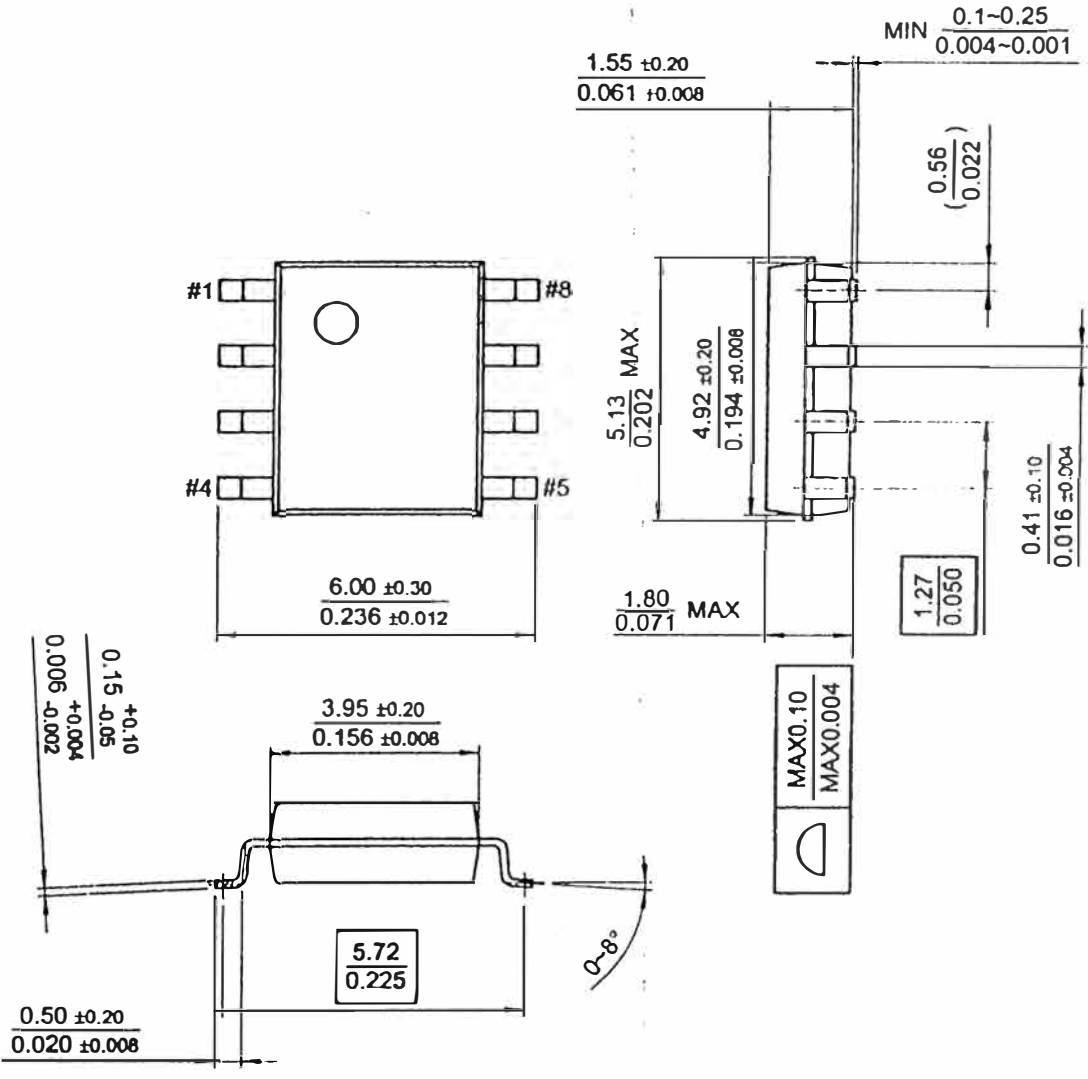


Mechanical Dimensions (Continued)

Package

Dimensions in millimeters

8-SOP



Ordering Information

Product Number	Package	Operating Temperature
LM358N	8-DIP	0 ~ +70°C
LM358AN		
LM358M	8-SOP	
LM358AM		
LM2904N	8-DIP	-40 ~ +85°C
LM2904M	8-SOP	
LM258N	8-DIP	-25 ~ +85°C
LM258AN		
LM258M	8-SOP	
LM258AM		

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

BC546/547/548/549/550

Switching and Applications

- High Voltage: BC546, $V_{CE0}=85V$
- Low Noise: BC549, BC550
- Complement to BC556 ... BC560



1 TO-92
1. Collector 2. Base 3. Emitter

NPN Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings $T_a=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CB0}	Collector-Base Voltage : BC546	80	V
	: BC547/550	50	V
	: BC548/549	30	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage : BC546	65	V
	: BC547/550	45	V
	: BC548/549	30	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage : BC546/547	6	V
	: BC548/549/550	5	V
I_C	Collector Current (DC)	100	mA
P_C	Collector Power Dissipation	500	mW
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ C$
T_{STG}	Storage Temperature	-65 ~ 150	$^\circ C$

Electrical Characteristics $T_a=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	$V_{CB}=30V, I_E=0$			15	nA
h_{FE}	DC Current Gain	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$	110		800	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_B=0.5mA$		90	250	mV
		$I_C=100mA, I_B=5mA$		200	600	mV
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_B=0.5mA$		700		mV
		$I_C=100mA, I_B=5mA$		900		mV
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$	580	680	700	mV
		$V_{CE}=5V, I_C=10mA$			720	mV
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE}=5V, I_C=10mA, f=100MHz$		300		MHz
C_{ob}	Output Capacitance	$V_{CB}=10V, I_E=0, f=1MHz$		3.5	6	pF
C_b	Input Capacitance	$V_{EB}=0.5V, I_C=0, f=1MHz$		9		pF
NF	Noise Figure : BC548/547/548 : BC549/550 : BC549 : BC550	$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$		2	10	dB
		$f=1KHz, R_G=2K\Omega$		1.2	4	dB
		$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$		1.4	4	dB
		$R_G=2K\Omega, f=30\sim 15000MHz$		1.4	3	dB

h_{FE} Classification

Classification	A	B	C
h_{FE}	110 ~ 220	200 ~ 450	420 ~ 800

Typical Characteristics

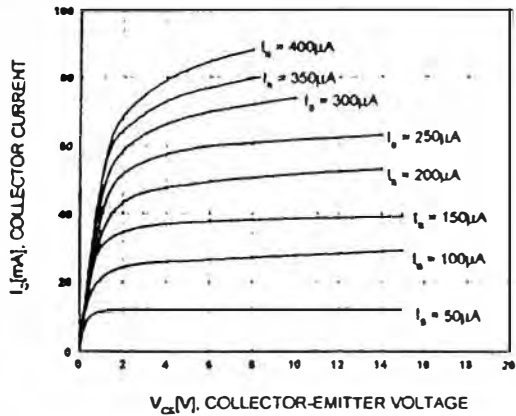


Figure 1. Static Characteristic

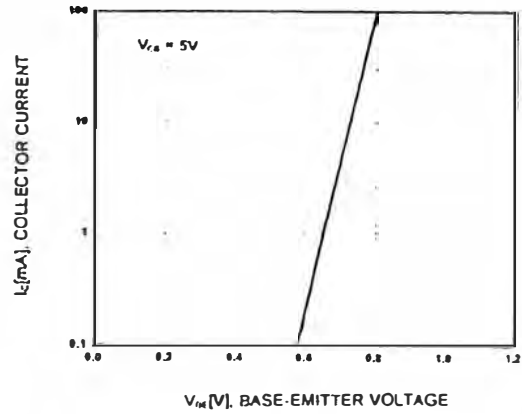


Figure 2. Transfer Characteristic

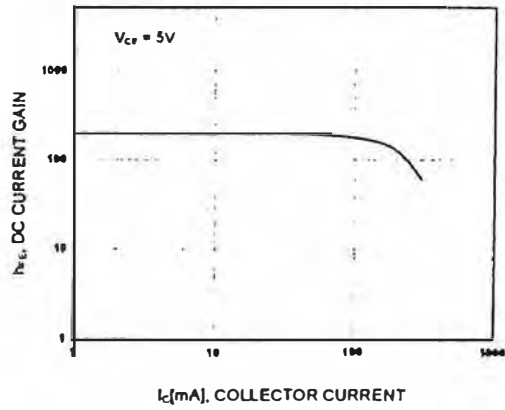


Figure 3. DC current Gain

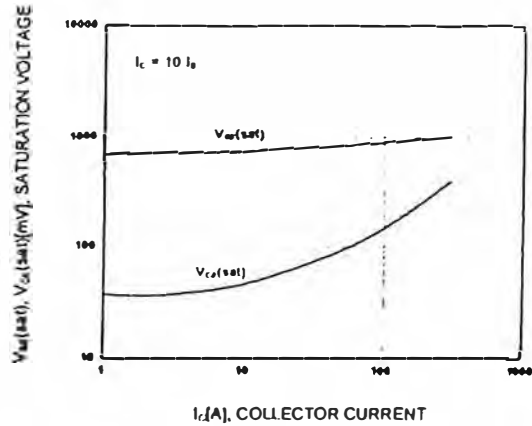


Figure 4. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

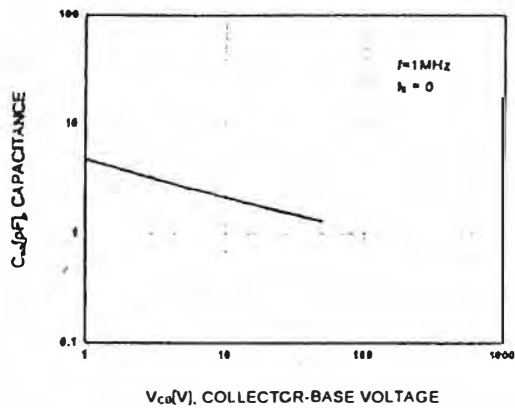


Figure 5. Output Capacitance

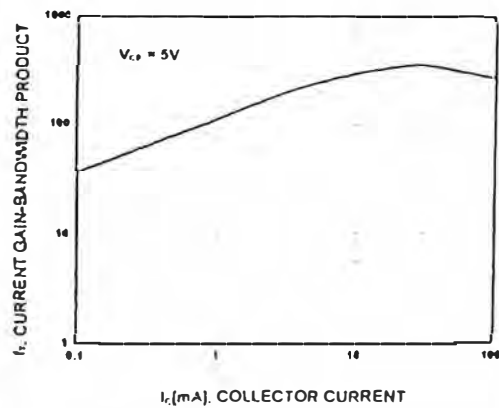
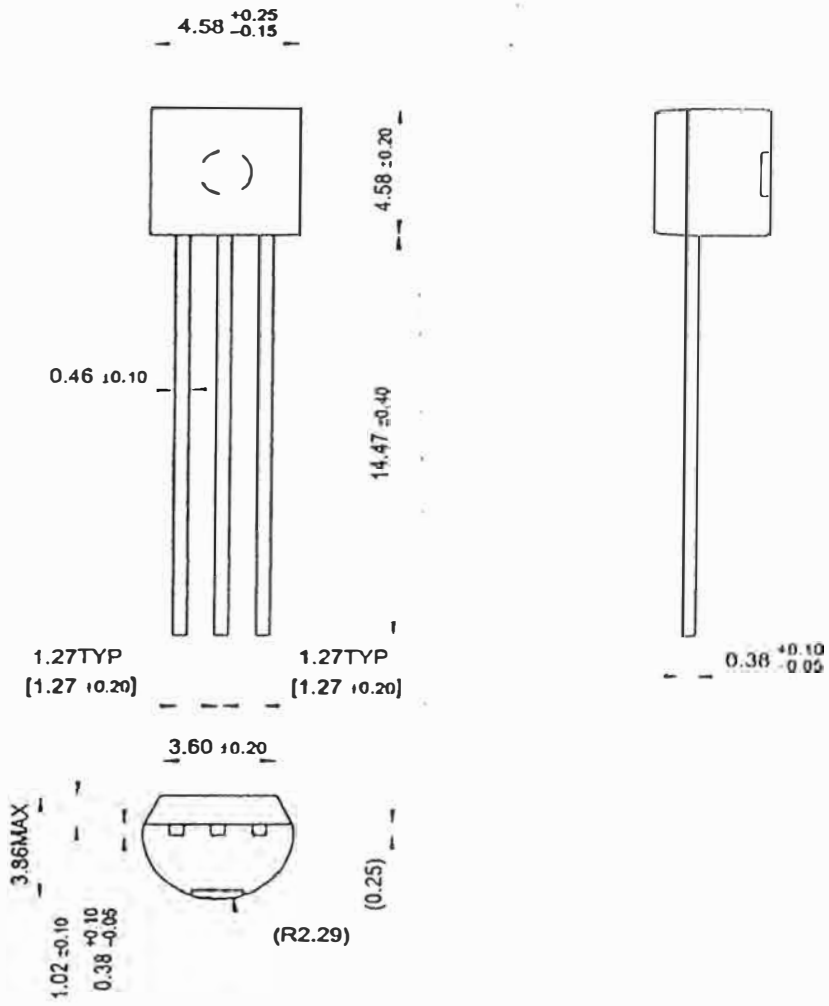


Figure 6. Current Gain Bandwidth Product

Package Dimensions

TO-92



Dimensions in Millimeters

BC546/547/548/549/550

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE _x ™	FACT™	ImpliedDisconnect™	PACMAN™	SPM™
ActiveArray™	FACT Quiet series™	ISOPLANAR™	POP™	Stealth™
Bottomless™	FAST®	LittleFET™	Power247™	SuperSOT™-3
CoolFET™	FAST _r ™	MicroFET™	PowerTrench®	SuperSOT™-6
CROSSVOLT™	FRFET™	MicroPak™	QFET™	SuperSOT™-8
DOME™	GlobalOptoisolator™	MICROWIRE™	QS™	SyncFET™
EcoSPARK™	GTO™	MSX™	QT Optoelectronics™	TinyLogic™
E ² CMOS™	HiSeC™	MSXPro™	Quiet Series™	TruTranslation™
EnSigna™	i ² C™	OCX™	RapidConfigure™	UHC™
Across the board. Around the world.™		OCXPro™	RapidConnect™	UltraFET®
The Power Franchise™		OPTOLOGIC®	SILENT SWITCHER®	VCX™
Programmable Active Droop™		OPTOPLANAR™	SMART START™	

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

BIBLIOGRAFIA

1. Principios de Electrónica. Malvino. Quinta Edición
2. Electrónica y Teoría de Circuitos. Boylestad- Nashelsky. Quinta Edición
3. Circuitos Electrónicos. Schilling-Belove. Segunda Edición
4. Microelectrónica. Jacob Millman. Cuarta Edición
5. Electrónica Integrada. Millman- Halkias. Novena Edición
6. Datos Técnicos Motorola.
7. Manual de Practicas Degem. Curso INTER-1 Dispositivos de estado sólido
8. Electrónica Moderna de Potencia. Timothy Maloney. Tercera Edición.
9. Electrónica Industrial Técnicas de Potencia. Gualda-Martínez. Segunda Edición.