



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**" DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN RELEVADOR  
ESTATICO DIFERENCIAL CON EQUILIBRIO  
DE PORCENTAJE "**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A N**

**María Dolores Bravo Montalbán  
Alejandro Castro Simón  
Juan Jorge Juárez Avila**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

# INDICE

---

---

	PAG.
Introducción .....	1
Capítulo 1.- "Principio de funcionamiento de los relevadores"	
Definición de Relevador .....	3
Función de la protección por relevadores ..	4
Calidades esenciales de la protección por relevadores .....	5
Clasificación de los relevadores .....	8
Principios de funcionamiento .....	10
Relevador Diferencial .....	16
Capítulo 2.- "Características de los componentes usados en este relevador estático"	
Amplificador Operacional .....	19

Parámetros del Amplificador Operacional ...	21
Circuitos básicos con el amp-op .....	23
Amplificador Operacional Inversor .....	24
Amplificador Operacional No Inversor .....	26
Amplificador Operacional Diferencial .....	28
Circuito acoplador de impedancias .....	31
Circuito comparador de malla abierta .....	31
Rectificador de Presición .....	33
Detector de nivel de voltaje .....	34
Tyristores .....	35
SCR .....	36
TRIAC .....	43
DIAC .....	45
UJT .....	46
PUT .....	49

**Capítulo 3.- "Diseño del relevador estático diferencial  
con equilibrio de porcentaje"**

Diseño del circuito de control .....	54
Diseño del circuito de la etapa de potencia.	69
Diseño del circuito restablecedor y fuentes- de alimentación .....	83

Capítulo 4.- "Construcción del relevador estático diferencial con equilibrio de porcentaje"

Construcción de los circuitos impresos ....	102
Dimensiones del chasis .....	110
Integración del costo total del relevador ..	111

Capítulo 5.- "Manual de operación y datos de placa"

Instrucciones de manejo .....	113
Datos de placa .....	114

Apéndice .....	115
----------------	-----

Conclusiones .....	144
--------------------	-----

# INTRODUCCION

En décadas anteriores, los relevadores electromecánicos de media y baja potencia eran los de mayor auge en el mercado, pero como los avances tecnológicos de la electrónica en algunos países han ido a pasos agigantados, se ha iniciado el desarrollo de los relevadores estáticos en base al Semiconductor de Silicio Controlado, el cual ha marcado la pauta en la electrónica de potencia.

Dado que el control por computadoras de cualquier sistema, se está volviendo algo muy común, el relevador estático podrá alcanzar gran demanda, ya que se puede interfasar de una manera más sencilla que un relevador electromecánico.

Ante la necesidad de iniciar el desarrollo de la electrónica de potencia en nuestro País, nos pareció conveniente realizar el diseño y la construcción de un relevador estático, en el cual se pueden aplicar parte de los conoci-

mientos adquiridos en la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, siendo ésto base para que futuras generaciones prosigan con tal desarrollo para el bien de la electrónica en México.

El presente trabajo consta de dos partes: La primera de ellas, en la cual se hace un estudio teórico, está formada por los capítulos 1 y 2. En el primero se expone el funcionamiento y las características de un relevador electromecánico con el fin de obtener las bases necesarias para el diseño del relevador estático. En el segundo capítulo se hace el análisis de funcionamiento de los componentes que se usarán para la realización de este relevador.

La segunda parte del trabajo, está formada por los capítulos 3, 4 y 5, en los cuales se expone el trabajo práctico como: el diseño, la construcción y un manual de operación del relevador.

# CAPITULO 1

## "PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS RELEVADORES"

### DEFINICION DE RELEVADOR.

Una parte fundamental en un sistema de potencia, - en donde todas las cargas tienen un suministro continuo de energía, es el elemento de protección. Dicho elemento, está- constituido por interruptores que son accionados a través de un relevador.

En seguida se dará una definición sencilla de lo - que es un relevador:

- Dispositivo diseñado para detectar condiciones a normales tales como fallas en los circuitos y/o cortos circuitos en el sistema, el cual al operar, causa un cambio abrupto en uno o más circuitos eléctricos de control cuando la cantidad-

o cantidades medidas a las cuales responde cambian de una manera predeterminada, y trabajando en forma conjunta y automática con interruptores, éstos funcionan para aislar con mayor rapidez el elemento defectuoso de un sistema.

La función de los relevadores acoplados con los interruptores consiste pues, en prevenir las consecuencias de las fallas, es por tanto que se entiende que un relevador no puede prevenir las fallas, sólo puede actuar después de que éstas se presentan.

#### FUNCION DE LA PROTECCION POR RELEVADORES.

La función de la protección por relevadores es originar el retiro rápido del servicio de cualquier elemento del sistema de potencia cuando éste sufre un corto circuito o cuando empieza a funcionar en cualquier forma anormal que pueda originar daño o interferencia.

El equipo de protección está ayudado en esta tarea por interruptores que son capaces de desconectar el elemento defectuoso cuando el equipo de protección se los manda, para

esto se encuentran localizados de tal manera que puedan desconectar: generadores, transformadores, barras colectoras, - líneas de transmisión, etc., del resto del sistema.

La protección por relevadores es una de las diversas características del diseño de un sistema relacionado con la disminución del daño al equipo y con las interrupciones - al servicio cuando ocurren las fallas eléctricas.

Aunque la función principal de la protección por - relevadores es reducir el efecto de los cortos-circuitos, - surgen otras condiciones anormales de funcionamiento que también necesitan esta protección.

Una función secundaria de la protección por relevadores es indicar el sitio y el tipo de falla, además de proporcionar medios para el análisis de la eficacia de la prevención de la falla.

#### CUALIDADES ESCENCIALES DE LA PROTECCION POR RELEVADORES.

Todo sistema de protección que aisle un elemento - en condiciones de falla debe llenar cuatro requisitos básicos.

- a) Confiabilidad
- b) Selectividad
- c) Rapidez
- d) Discriminación

a) Confiabilidad. Es esencial que el equipo sea de hecho confiable y que su aplicación, instalación y mantenimiento aseguren que se aprovecharán al máximo.

En contraste con la mayoría de los otros elementos de un sistema eléctrico de potencia, la protección por relevadores se mantiene inactiva la mayor parte del tiempo. Algunos tipos de equipos de protección pueden tener que funcionar solo una vez en varios años. Esta falta de uso frecuente de los relevadores y su equipo asociado debe compensarse en otras formas para estar seguro de que el equipo de protección trabajará cuando venga su turno.

b) Selectividad. Esta es la propiedad por medio de la cual solo se aísla el elemento del sistema que se encuentra en condición de falla, quedando intactas las restantes secciones en buen estado.

La selectividad es absoluta si la protección res--

ponde sólo a las fallas que ocurren dentro de su propia zona y relativa si se obtiene graduando los ajustes de la protección de las diversas zonas que puedan responder a una falla dada.

Los sistemas de protección que en principio son absolutamente selectivos, se conocen como sistemas unitarios. Los sistemas en que la selectividad es relativa son los sistemas unitarios.

c) Rapidez de Operación. Se requiere que los relevadores de protección sean de acción rápida, por las siguientes razones:

- 1.- No debe rebasarse el tiempo crítico de eliminación.
- 2.- Los aparatos eléctricos pueden dañarse si se les hace soportar corrientes de falla durante tiempo prolongado.
- 3.- Una falla persistente hace bajar el voltaje y ocasiona el arrastre o lento avance y la consiguiente sobrecarga en las transmisiones industriales.

Los relevadores dependiendo de la rapidez de operación pueden ser de alta o de baja velocidad. En los releva-

dores de baja velocidad su tiempo de operación usualmente -  
excede a  $1/20$  de segundo. Se consideran de alta velocidad, -  
cuando su tiempo de operación no excede de  $1/20$  de segundo -  
(3 ciclos en 60 Hz).

d) Discriminación. La protección debe ser lo bas  
tante sensitiva como para operar confiablemente en condicio-  
nes mínimas de falla, si ésta ocurre dentro de su propia zo-  
na y debe permanecer estable bajo carga máxima o persisten-  
tes condiciones de falla. Un relevador debe poder diferen-  
ciar una falla de una sobrecarga. En el caso de los transfor-  
madores, la llegada violenta de corriente magnetizante puede  
ser comparable a la corriente de falla. Esta discriminación-  
entre las fallas y las sobrecorrientes puede ser una caracte-  
rística inherente del relevador.

#### CLASIFICACION DE LOS RELEVADORES.

Son varios los tipos de relevadores que se emplean  
en los sistemas de potencia. Normalmente, la cantidad que -  
entra en acción es una señal eléctrica, aunque a veces se uti-  
liza la presión o la temperatura. Los relevadores de protec-  
ción del tipo eléctrico pueden clasificarse de diversas mane-  
ras:

a) Atendiendo a la función que desempeñan en el esquema de protección, los relevadores pueden dividirse en principales, auxiliares y de señal.

- Los relevadores principales son los elementos protectores que responden a cualquier cambio en la cantidad actuante, ya sea la corriente, el voltaje, la potencia, etc.

- Los relevadores auxiliares son aquellos que están controlados por otros relevadores para ejecutar alguna función auxiliar.

- Los relevadores de señal tienen por función registrar la operación de algún relevador mediante un indicador luminoso y, simultáneamente pueden accionar el circuito de alguna alarma audible.

b) Atendiendo a la naturaleza de la cantidad actuante a la cual responde el relevador (corriente, voltaje, potencia, reactancia, impedancia, frecuencia) y a la dirección del cambio al que responde. Tales relevadores se diferencian como sobre y sub-relevadores. Los relevadores que responden a la cantidad actual cuando ésta rebasa un valor predeterminado son los sobre-relevadores, y si operan cuando el valor de la cantidad actuante desciende de un valor predeterminado se conoce como sub-relevador.

c) Atendiendo la conexión del elemento sensor, - los relevadores primarios son aquellos cuyos elementos sensores están conectados directamente en el circuito o elemento al que protegen, y los relevadores secundarios son aquellos cuyos elementos sensores están conectados a través de un -- transformador de corriente o de voltaje.

d) Atendiendo al método por medio del cual los relevadores actúan sobre el disyuntor se dividen en relevadores de acción directa, que son aquellos cuyo elemento de control actúa mecánicamente para operar un disyuntor, y en relevadores de acción indirecta, que son aquellos cuyo elemento de control hace la interrupción en la fuente auxiliar de energía, que opera el disyuntor.

En términos generales, los relevadores para protección eléctrica pueden clasificarse en dos categorías:

- a) Relevadores Electromagnéticos
- b) Relevadores Estáticos

#### PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.

En realidad sólo hay dos principios de funciona---

miento fundamentales diferentes:

- a) Atracción Electromagnética
- b) Inducción Electromagnética

a) Atracción Electromagnética: Funcionan en virtud de un émbolo que es atraído dentro de un solenoide o bien, una armadura que es atraída por los polos de un electroimán.

Del tipo de una sola magnitud.- Se consideran dentro de este tipo los de solenoide y de armadura atraída de c.a. o de c.d. que están accionados por una sola fuente de corriente o de tensión.

La fuerza electromagnética ejercida en el elemento móvil es proporcional al cuadrado del flujo en el entrehierro. Si se desprecia el efecto de la saturación, la fuerza actuante total puede expresarse:

$$F = K_1 I^2 - K_2$$

donde:

F = Fuerza Neta

$K_1$  = Constante de Conversión de la fuerza

I = Magnitud eficaz de la corriente en la bobina actuante

$K_2$  = Fuerza de retención (Incluye Fricción)

Una característica que afecta la aplicación de algunos de estos relevadores es la diferencia relativamente -- grande entre sus valores de puesta en trabajo y de reposi--- ción. A medida que se pone en trabajo un relevador semejante éste acorta su entrehierro, lo que permite mantenerlo puesto en trabajo a una magnitud menor de la corriente de la bobina que la requerida para ponerla en trabajo. Para aplicaciones de sobrecorriente donde se utilizan dichos relevadores con - frecuencia, el relevador dispara un interruptor que reduce - la corriente a cero y por esto el valor de reposición no es de consecuencia.

Este tipo de relevador por ser inherentemente rápido se utiliza en donde no se requiere acción retardada.

Del tipo Direccional .- En la figura 1.1 se mues- tra en esquema el principio de funcionamiento de este tipo - de relevador el cual está accionado por magnitudes de C.D. o por las de C.A. rectificadas. El uso más común de dicho re- levador es para la protección de circuitos de C.D. donde la magnitud de influencia se obtiene de una resistencia en derivación o directamente del circuito.

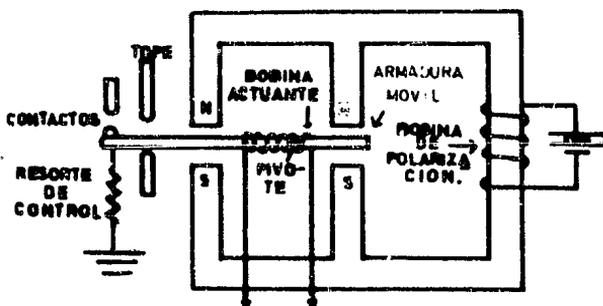


Figura 1.1

Se ve una armadura móvil magnetizada por la corriente que fluye en la bobina actuante que rodea la armadura y con tal polaridad como para cerrar los contactos. Una inversión de la polaridad de la magnitud de la influencia invertiría las polaridades magnéticas de los extremos de la armadura y ocasionaría que los contactos permanezcan abiertos. Este tipo de relevador es mucho más eficiente que los relevadores de armadura o solenoide, desde el punto de vista de la energía requerida del circuito de la bobina actuante.

A veces un relevador semejante puede ser accionado por una magnitud de C.A. por medio de un rectificador de onda completa, cuando se requiere un relevador de C.A. de baja energía.

Los relevadores de este tipo son instantáneos en funcionamiento, aunque puede colocarse un slug alrededor de la armadura para dar un retardo corto.

b) Inducción Electromagnética: Utilizan el principio del motor de inducción por medio del cual el par se desarrolla por inducción en un rotor; este principio de funcionamiento se aplica solo a relevadores accionados por corriente alterna.

Del tipo de una sola magnitud: Este tipo de relevador está accionado por una sola fuente de corriente o tensión. Por lo tanto su par puede expresarse como:

$$T = K_1 V^2 - K_2$$

donde:

V = Magnitud eficaz de la tensión aplicada al relevador.

En la medida que es posible, un relevador se diseña para tener la puesta en trabajo más baja a su frecuencia nominal. El efecto de ligeros cambios en la frecuencia, encontrados por lo general en el funcionamiento de sistemas de

potencia, puede despreciarse. Sin embargo una forma distorsionada de la onda puede producir cambios significativos a las características de puesta en trabajo y tiempo.

Del tipo Direccional: Los relevadores direccionales están accionados por dos fuentes diferentes independientes.

Los de C.A. se utilizan muy extensamente para reconocer la diferencia entre la corriente que es proporcionada en una dirección o la otra en un circuito de C.A. y el término direccional se deriva de este uso. Básicamente un relevador direccional de C.A. puede reconocer ciertas diferencias en ángulo de fase entre dos magnitudes, como un relevador de C.D. reconoce las diferencias de polaridad.

La magnitud que produce uno de los flujos es conocida como la magnitud polarizante. Esta es la referencia contra la que se compara el ángulo de fase de la otra magnitud. En consecuencia, el ángulo de fase de la magnitud polarizante debe permanecer mas o menos fijo cuando la otra magnitud sufre amplios cambios en el ángulo de fase.

## RELEVADOR DIFERENCIAL.-

La definición de un relevador diferencial es:  
"aquel que funciona cuando el vector diferencia de dos o mas magnitudes eléctricas similares excede una cantidad predeter<sub>minada</sub>".

La mayoría de las aplicaciones del relevador diferencial son del tipo diferencial de corriente. El ejemplo más simple de un arreglo de este tipo se muestra en la figura 1.2. La parte punteada del circuito, representa el elemento protegido por el relevador diferencial. Este elemento de sistema puede ser una longitud del circuito, un arrollamiento de un generador, una parte de las barras colectoras, etc. En cada conexión al elemento de sistema se muestra un transformador de corriente (TC). Los secundarios de éstos se interconectan, y se conecta la bobina de un relevador de sobrecorriente a través del circuito secundario de los TC.

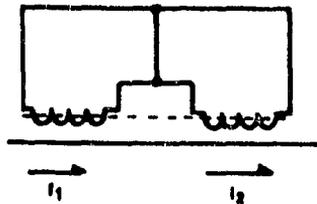


Figura 1.2

La corriente del relevador diferencial será proporcional al vector diferencia entre las corrientes que entran y salen del circuito protegido; y, si la corriente diferencial excede el valor de puesta en trabajo del relevador, éste funcionará.

Una forma más extensamente utilizada del relevador diferencial es el tipo diferencial de tanto por ciento. (Figura 1.3).

La corriente diferencial requerida para funcionar este relevador es una magnitud variable, debido al efecto de la bobina de retención.

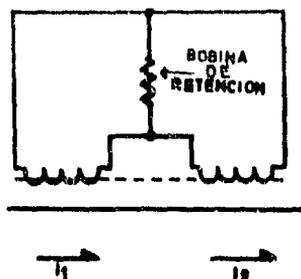


Figura 1.3

La relación de la corriente de régimen diferencial a la corriente promedio de retención es un porcentaje fijo,

lo que explica el nombre de este relevador.

Los relevadores diferenciales de tanto por ciento-  
son en general instantáneos o de alta velocidad.

## CAPITULO 2

---

---

### "CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES USADOS EN ESTE RELEVADOR ESTATICO"

#### AMPLIFICADOR OPERACIONAL.

El amplificador operacional (Amp-Op) es un amplificador de acoplamiento directo y con una ganancia muy alta, - su construcción interna es a base de transistores conectados en cascada como amplificadores. La salida del Amp-Op es controlada por dos entradas, una a la cual se le conoce como entrada inversora y la otra como entrada no inversora y se - representan con los signos negativo (-) y positivo (+) respectivamente.

La simbología utilizada para representar al Amp-Op

es un triángulo que en su base lleva dos entradas y en su punta se encuentra la salida (Figura 2.1)

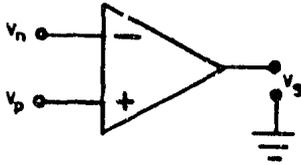


Figura 2.1

donde:

- $V_n$  = Voltaje de la entrada inversora
- $V_p$  = Voltaje de la entrada no inversora
- $V_s$  = Voltaje de salida

La ecuación de funcionamiento del amp-op es la siguiente:

$$V_s = A_{id} V_{id} \quad \dots \quad (2.1)$$

donde:

- $V_{id} = V_p - V_n$
- y  $A_{id} = \text{Ganancia de voltaje diferencial}$

PARAMETROS DEL AMP-OP IDEAL.

a) Ganancia de voltaje a modo común  $\rightarrow 0$

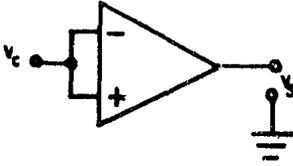


Figura 2.2

b) Ganancia de Voltaje diferencial infinita

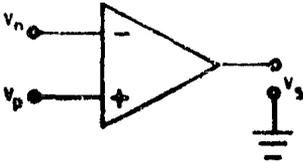


Figura 2.3

$$A_{vd} = \frac{V_s}{V_p - V_n} = \frac{V_s}{V_{id}} \rightarrow \infty$$

c) Impedancia de entrada infinita ( $R_{in} = \infty$  )

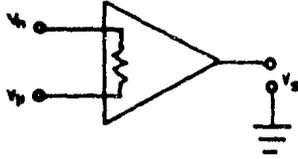


Figura 2.4

d) Impedancia de salida = cero ( $R_0 = 0$  )

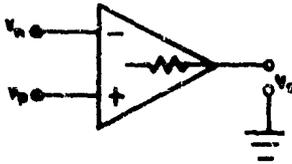


Figura 2.5

e) Cuando el voltaje de entrada diferencial es cero  
 $V_{id} = 0$ , el voltaje de salida  $V_s = 0$

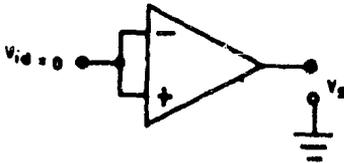
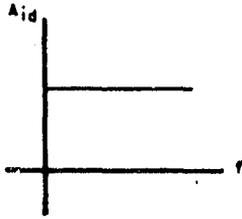


Figura 2.6

f) Ancho de Banda infinito.



Gráfica 2.1

#### CIRCUITOS BASICOS CON EL AMP-OP.

El amp-op es conectado en dos circuitos de amplificación: INVERSOR y NO INVERSOR. Todos los demás circuitos con Amp-op están basados de alguna manera en estos dos circuitos.

Existen tres reglas básicas que se aplican a los amp-op con realimentación:

- 1.- Si la ganancia de voltaje es infinita, el voltaje diferencial de entrada es cero.
- 2.- Si la resistencia de realimentación es infinita, entonces: No hay flujo de corriente a través de las terminales.

les de entrada.

3.- Con la malla cerrada, la entrada (-) será manejada al mismo potencial de la entrada (+) o entrada de referencia.

La realimentación se utiliza para estabilizar el funcionamiento del amp-op.

#### AMPLIFICADOR OPERACIONAL INVERSOR.

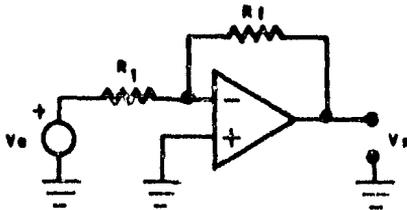


Figura 2.7

En este circuito, el voltaje de entrada se aplica a la entrada (-) a través de  $R_1$  y se realimenta por  $R_f$  como se muestra en la figura 2.7. La entrada (+) va conectada directamente a tierra.

Analizando el circuito de la figura 2.7, se obtienen las siguientes ecuaciones de malla:

$$V_e = I_1 R_1 + V_{id}$$

$$V_s = V_{id} - R_f I_f$$

Tomando en cuenta los parámetros del amp-op ideal-  
se tiene que:

$$V_e = I_1 R_1 \quad \dots\dots (2.2)$$

$$V_s = -R_f I_f \quad \dots\dots (2.3)$$

Como la resistencia de entrada es infinita:

$$I_{id} = 0$$

y por lo tanto:

$$I_f = I_1 \quad \dots\dots (2.4)$$

Despejando las corrientes de las ecuaciones (2.2)-  
y (2.3) y sustituyendolas en (2.4) se obtiene la ecuación -  
(2.5):

$$I_1 = \frac{V_e}{R_1}$$

$$I_f = - \frac{V_s}{R_f}$$

$$\frac{V_e}{R_1} = - \frac{V_s}{R_f} \quad \dots\dots (2.5)$$

Reacomodando los términos de la ecuación (2.5) se  
obtiene la ganancia de voltaje ( $A_v$ ):

$$A_v = \frac{V_s}{V_e} = - \frac{R_f}{R_1} \quad \dots\dots (2.6)$$

Características del circuito amp-op inversor:

- La ganancia puede ajustarse variando los valores de  $R_f$  o  $R_1$ .
- La ganancia es directamente proporcional a  $R_f$ .
- La entrada del amp-op, o punto de unión entre la señal de entrada y la señal realimentada es un nodo de voltaje cero no obstante la magnitud de  $I_1$ . Este punto de unión es una tierra virtual que siempre estará al mismo potencial de entrada (+). Por tanto con la malla cerrada, la entrada (-) será manejada al mismo potencial de la entrada (+) o entrada de referencia. Este potencial puede ser cero, - (tierra como se muestra en la figura 2.7) o algún potencial deseado.

AMPLIFICADOR NO INVERSOR.

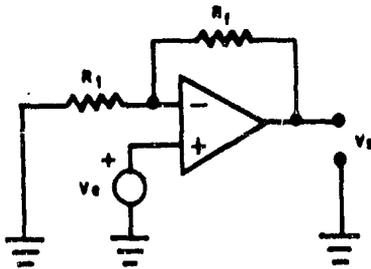


Figura 2.8

El voltaje  $V_e$  es aplicado a la entrada (+) y una fracción de la señal de salida es aplicada a la entrada (-) por el divisor de voltaje formado por la resistencia  $R_f$  y  $R_1$ .

Analizando el circuito amplificador no inversor de la figura 2.8, se obtienen las siguientes ecuaciones de malla:

$$- V_e = V_{id} + I_1 R_1 \quad \dots \quad (2.7)$$

$$0 = R_1 I_1 + R_f I_f + V_s \quad \dots \quad (2.8)$$

Como:

$A_{id}$  tiende a infinito

Esto implica que:

$$- V_e = R_1 I_1 \quad \dots \quad (2.9)$$

Pero como  $R_{in}$  tiende a infinito se tiene que:

$$I_1 = I_f \quad \dots \quad (2.10)$$

Característica de Ganancia de Malla Cerrada del amp-op no inversor:

$$V_e = \frac{R_1 + R_f}{R_1} \quad \dots \quad (2.11)$$

donde:

$R_f$  - Puede usarse como control de Ganancia Lineal.

AMPLIFICADOR OPERACIONAL DIFERENCIAL.

A pesar de que este circuito está basado en una combinación del circuito inversor y del no inversor, tiene su característica propia:

- A este circuito se le aplican señales a ambas entradas y usa la amplificación diferencial propia del amp-op.

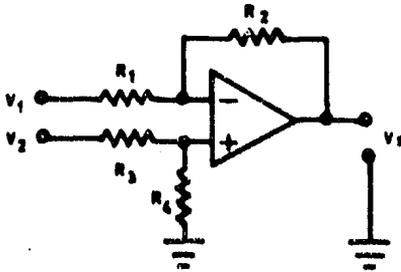


Figura 2.9

Analizando el circuito se tienen las siguientes  $\epsilon$

cuaciones:

$$V_2 = I_2(R_3 + R_4) \quad \dots \quad (2.12)$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_3 + R_4} \quad \dots \quad (2.13)$$

$$V_p = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_2 \quad \dots \quad (2.14)$$

$$V_1 = R_1 I_1 + V_p \quad \dots \quad (2.15)$$

$$V_1 = (R_1 + R_2) I_1 + V_s \quad \dots \quad (2.16)$$

Despejando  $I_1$  de la ecuación (2.15):

$$I_1 = \frac{V_1 - V_P}{R_1} \quad \dots \quad (2.17)$$

Sustituyendo la ecuación (2.17) en la (2.16):

$$V_1 = (R_1 + R_2) \left( \frac{V_1 - V_P}{R_1} \right) + V_S \quad \dots \quad (2.18)$$

Sustituyendo la ecuación (2.14) en la (2.18):

$$-V_S = V_1 \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - 1 - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left( -\frac{R_2 + R_1}{R_1} \right) V_2$$

$$V_S = \frac{R_4}{R_1} \left( \frac{R_2 + R_1}{R_3 + R_4} \right) V_2 - \left( \frac{R_2}{R_1} \right) V_1$$

= Voltaje de salida para voltajes de entrada -  
diferentes.

Voltaje de salida para voltajes de entrada iguales o comu---  
nes:

$$V_S = \frac{R_4}{R_1} \left( \frac{R_2 + R_1}{R_3 + R_4} \right) V_C - \frac{R_2}{R_1} V_C$$

$$A_C = \frac{V_S}{V_C} = \frac{R_4}{R_1} \left( \frac{R_2 + R_1}{R_3 + R_4} \right) - \frac{R_2}{R_1} \quad \dots \quad (2.19)$$

Relación de rechazo a modo común (Common modo rejection ra-  
tío) CMRR:

Relaciona  $A_d$  y  $A_c$  :

$$CMRR = \frac{A_d}{A_c} \quad \circ \quad \frac{V_S/V_d}{V_S/V_C} = \frac{V_C}{V_d} \quad \dots \quad (2.20)$$

$$CMRR (db) = 20 \log A_d/A_c$$

Idealmente el CMRR debe tender a infinito, porque si para un amplificador diferencial ideal  $V_c = 0$

$$CMRR = \frac{A_d}{A_c} = \frac{A_d}{0} = \infty$$

Para que el circuito que está analizandose sea un amplificador diferencial ideal:

$$R_4 = R_2 \quad Y \quad R_3 = R_1$$

Ad:

$$V_s = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1)$$

$$A_d = \frac{V_s}{V_2 - V_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

Ganancia a modo común:

$$A_c = \frac{V_s}{V_c} = 0$$

$$CMRR = \frac{A_d}{A_c} = \infty$$

#### Características del amplificador diferencial ideal:

- Diferencia de voltajes con ganancia controlada
- CMRR infinita
- Impedancia de entrada por  $V_1 = R_1$
- Impedancia de entrada por  $V_2$  es igual al paralelo de  $R_1$  y  $R_2$ .
- Impedancia de salida igual a cero.

### CIRCUITO ACOPLADOR DE IMPEDANCIAS.

Este circuito es una derivación del circuito amplificador no inversor mostrado en la figura 2.8. Se tiene que si  $R_f = 0$  y  $R_1 = \infty$  el circuito queda de la siguiente manera:

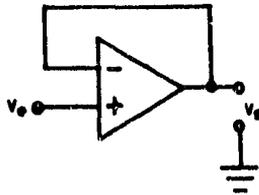


Figura 2.10

El cual nos sirve para acoplar impedancias ya que tiene a la salida una impedancia igual a cero ohms, y a la entrada una impedancia que tiende a infinito, con lo que no hay pérdidas de voltaje, y esto sirve para el acoplamiento de las impedancias de dos circuitos de cualquier tipo.

### CIRCUITO COMPARADOR DE MALLA ABIERTA.

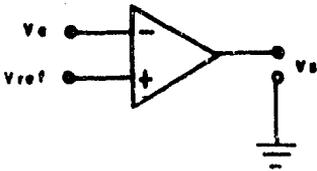
Este circuito se basa en la ecuación de funcionamiento del amp-op:

$$V_s = (V_p - V_n) A_{id} \quad \dots \quad (2.1)$$

y su funcionamiento es el siguiente:

Al tener un voltaje fijo en una de las entradas - del amp-op y un voltaje  $V_e$  en otra de las entradas, el amp-op compara estas dos señales y el voltaje de salida será aproximadamente uno de los voltajes de alimentación como se verá después.

Basicamente se tiene el comparador inversor (figura 2.11) y el comparador no inversor (figura 2.12).



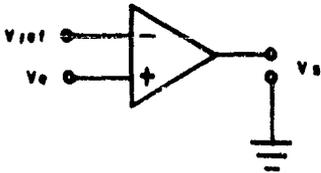
$$V_s = (V_{ref} - V_e) A_{id}$$

donde si:

$$V_e > V_{ref} ; V_s = V^-$$

$$V_e < V_{ref} ; V_s = V^+$$

Figura 2.11



$$V_s = (V_e - V_{ref}) A_{id}$$

donde si:

$$V_e > V_{ref} ; V_s = V^+$$

$$V_e < V_{ref} ; V_s = V^-$$

Figura 2.12

Cuando  $V_{ref} = 0$  en el comparador inversor, se le conoce como "Comparador o detector de cruce por cero".

#### RECTIFICADOR DE PRECISION.

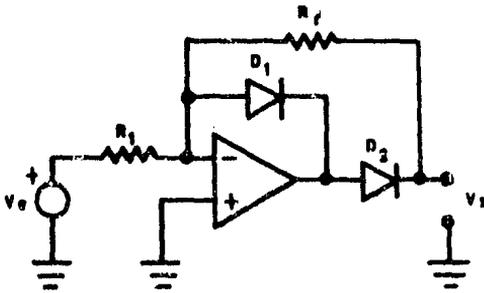


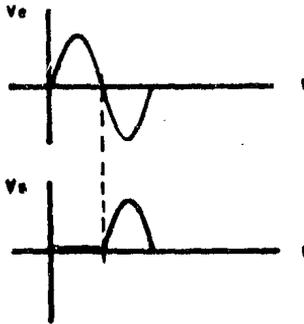
Figura 2.13

En el circuito rectificador de precisión se aprovechan las características del amp-op y del diodo para obtener un rectificador de media onda que se aproxima al diodo ideal, el cual rectifica voltajes desde cero volts lo cual es imposible con un diodo real ya que éste empieza a conducir a partir de 0.2 y 0.7 volts, dependiendo si el diodo es de silicio o de germanio.

En este circuito (figura 2.13), cuando la señal es positiva, la corriente  $I_f$ , fluye a través de  $D_1$  y el voltaje a la salida es cero volts; Cuando el voltaje de entrada se -

hace negativo, la corriente de realimentación fluye a través de  $R_f$  y  $D_2$  produciendo una caída de voltaje en  $R_f$ , la cual será el voltaje de salida. Como se muestra en la gráfica --

2.2.



Gráfica 2.2

DETECTOR DE NIVEL DE VOLTAJE.

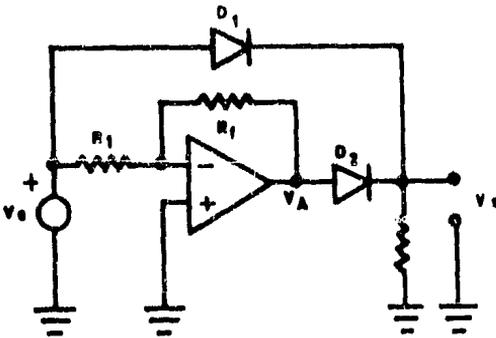


Figura 2.14

Este circuito está basado en el amplificador inversor y su funcionamiento se analiza de la siguiente manera:

Cuando se tiene que la señal  $V_e$  es positiva, el voltaje en el punto  $V_A$  es negativo, por lo tanto quiere decir que sólo conduce el diodo  $D_1$  y la salida  $V_s$  es un voltaje positivo. Cuando se tiene en  $V_e$  el lóbulo negativo, se tiene que en el punto  $V_A$  el voltaje es positivo, como se puede observar, sólo conduce el diodo  $D_2$  y en este caso también la salida en  $V_s$  es un voltaje positivo. Para cuando la señal en  $V_e = 0$  no hay alimentación para el circuito, por lo tanto no conducen los diodos  $D_1$  y  $D_2$ , en este caso la salida en  $V_s$  es igual a cero volts.

## TYRISTORES.

El término "Tyrístores" designa a toda una gran familia de elementos semiconductores cuyas características son similares. Dentro de esta gran familia cabe distinguir los siguientes:

- a) SCR
- b) TRIAC
- c) DIAC

a) S C R .

El SCR es un semiconductor sólido de silicio formado por cuatro capas, P y N alternativamente, dispuestas como se ve en la figura 2.15 donde también se representa su símbolo.

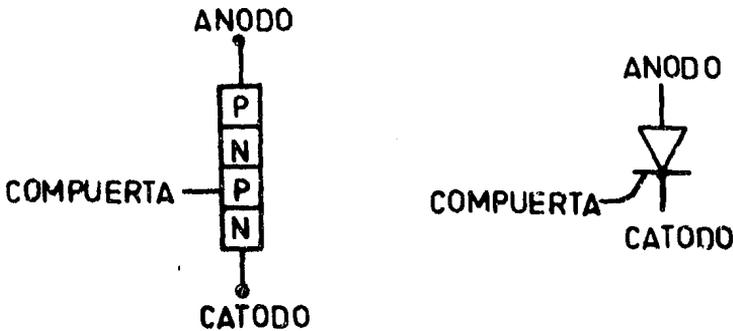


Figura 2.15

Las dos terminales principales son: el ánodo y el cátodo y la circulación entre ellos de corriente directa está controlada por un electrodo de mando llamado: compuerta.

El SCR es un elemento unidireccional; una vez aplicada la señal de mando a la compuerta, el dispositivo deja pasar una corriente que sólo puede tener un único sentido

Por ello se designa al SCR, por lo que constituye-

de hecho su definición, Rectificador Controlado de Silicio, - traducción del inglés: Silicon Controlled Rectifier" de ahí las siglas SCR.

En la figura 2.16 se ha dibujado la curva característica de un SCR, representándose la corriente  $I_T$  en función de la diferencia de tensión ánodo-cátodo.

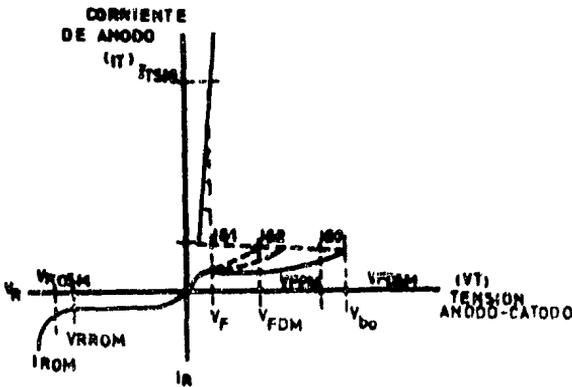


Figura 2.16

Existen dos tipos de encendido del SCR:

- 1.- Cuando no existe señal de compuerta ( $I_G = 0$ ), la tensión  $V$  y la corriente  $I_T$  son nulas. Al crecer la tensión  $V$  en sentido directo se le designará como  $V_f$  y alcanza un valor mínimo ( $V_{bo}$ ) que provoca el arranque, el SCR entonces se hace conductor y cae la tensión ánodo-cátodo.

do-cátodo mientras aumenta la corriente  $I_T$ .

Si se polariza inversamente el SCR aplicándole una tensión  $V_R$  (Donde R es la inicial de "Reverse" en inglés) se observa la existencia de una débil corriente inversa de Fuga ( $I_{ROM}$ ) hasta que alcanza un punto de tensión inversa máxima que provoca la destrucción del elemento.

El SCR es pues, solo conductor en el primer cuadrante. El disparo ha sido provocado en este caso por aumento de la tensión directa.

- 2.- Cuando existe señal de compuerta ( $I_G \neq 0$ ) el SCR no arranca hasta que se alcanza la tensión de arranque  $V_{b0}$  del SCR. En el límite, el SCR se comporta como un diodo, esto es, para una corriente de compuerta suficientemente elevada, la menor tensión de ánodo provoca la conducción del SCR. Teniendo en cuenta que una vez accionado éste, la corriente que circula por el SCR es independiente de la corriente de la compuerta, esto quiere decir que aunque aumente o disminuya la corriente de compuerta la corriente que circula de ánodo a cátodo no variará.

Las principales características de funcionamiento-

de un SCR con los cuales intenta el fabricante proporcionar información para obtener mejores resultados en su aplicación son los que se enlistan a continuación. (Teniendo en cuenta que para C.A. se manejan los parámetros repetitivos y para C.D. se manejan los parámetros no repetitivos):

TIEMPO DE APAGADO: Es el tiempo que tarda el SCR, de su estado de conducción al estado de no conducción, es decir, de su máxima corriente a cero.

VOLTAJE INVERSO DE PICO NO REPETITIVO ( $V_{RSOM}$ ):

Es el voltaje negativo máximo instantáneo que puede ser aplicado a las terminales principales del SCR (ánodo-cátodo), cuando no se aplica señal de disparo.

VOLTAJE INVERSO DE PICO REPETITIVO ( $V_{RROM}$ ):

Es el máximo voltaje negativo que se aplica a las terminales del SCR, incluyendo todos los transitorios negativos respectivos, en condiciones de no señal de disparo en la compuerta

VOLTAJE DE BLOQUEO PICO DIRECTO NO REPETITIVO ( $V_{DSOM}$ ):

( ESTADO DE NO CONDUCCION )

Es el máximo voltaje positivo instantáneo que puede ser aplicado a las terminales del SCR, sin que éste conduzca, bajo -

condiciones de no señal de disparo en la compuerta.

VOLTAJE DE BLOQUEO PICO DIRECTO REPETITIVO ( $V_{PROM}$ ):

(ESTADO DE NO CONDUCCION)

Es el máximo voltaje positivo incluyendo transitorios repetitivos que soporta el SCR, sin que conduzca, cuando se aplica señal de disparo en la compuerta.

CORRIENTE DIRECTA DE CONDUCCION ( $I_T$ ):

Esta corriente se puede dar de tres maneras  $I_T$  (eficaz),  $I_T$  (promedio) e  $I_T$  (pico). Se define como la máxima corriente que circula de ánodo a cátodo, limitada por la potencia disipada durante el estado de conducción y resulte una resistencia térmica (juntura-encapsulado) y no produzca una temperatura de juntura en exceso a la temperatura máxima de juntura

CORRIENTE DE PICO NO REPETITIVA ( $I_{TSM}$ ):

(ESTADO DE CONDUCCION)

Es la máxima corriente que se puede aplicar en el SCR en un ciclo completo de conducción sin que se dañe el dispositivo.

CORRIENTE DE PICO REPETITIVA ( $I_{TRM}$ ):

Es la máxima corriente que se aplica al SCR durante un corto circuito, aplicando pulsos repetitivos, éstos son de mínima-

duración, y definidos por la velocidad crítica de crecimiento de corriente en estado de conducción  $di/dt$ .

VOLTAJE DE ARRANQUE DIRECTO INSTANTANEO ( $V_{B0}$ ):

Es el máximo voltaje que se aplica entre ánodo y cátodo del-SCR para que conduzca, si la temperatura de juntura es máxima y sin señal de disparo en la compuerta.

CORRIENTE DE PICO DIRECTA ( $I_{DROM}$ ):

(ESTADO DE NO CONDUCCION)

Es la máxima corriente permitida que puede circular por el -SCR cuando se aplica el voltaje  $V_{DROM}$ .

CORRIENTE DE PICO INVERSA ( $I_{RROM}$ ):

Es la máxima corriente negativa que soporta el SCR cuando se aplica el voltaje  $V_{RROM}$ .

CORRIENTE DE DISPARO EN LA COMPUERTA ( $I_{GT}$ ) EN C.D.:

Es la corriente máxima necesaria para el arranque del SCR, se dan corrientes directas.

VOLTAJES DE DISPARO EN LA COMPUERTA ( $V_{GT}$ ) EN C.D.:

Es el voltaje máximo necesario para arrancar el SCR.

VOLTAJE DE ENCENDIDO INSTANTANEO EN LA COMPUERTA ( $V_T$ ):

Es el máximo voltaje instantáneo en que el SCR empieza a conducir.

CORRIENTE DE MANTENIMIENTO ( $I_H$ ).

Es la corriente mínima entre ánodo y cátodo para que el SCR se mantenga en estado de conducción.

VELOCIDAD CRITICA DE CRECIMIENTO PARA QUE PERMANEZCA EN ESTADO DE NO CONDUCCION ( $dv/dt$ ):

Es el máximo voltaje que puede soportar el SCR en un intervalo de tiempo y permanezca en estado de no conducción. El voltaje crece en forma exponencial.

VELOCIDAD CRITICA DE CRECIMIENTO DE CORRIENTE EN ESTADO DE CONDUCCION ( $di/dt$ ):

Es la máxima corriente que puede manejar el dispositivo durante un microsegundo después del disparo.

MAXIMA DISIPACION DE POTENCIA EN LA COMPUERTA ( $P_{GM}$ ):

La máxima disipación de potencia  $P_{OM}$  incluye la disipación de potencia pico directa ( $P_{GDM}$ ), la potencia pico inversa ( $P_{GAM}$ ) y la potencia promedio de compuerta ( $P_G$ ). Se define como máxima potencia que puede soportar la compuerta, la disipación de potencia en la compuerta, está en función del tiempo y ancho del pulso de disparo, se debe considerar para determinar el voltaje y corriente de compuerta.

#### POTENCIA PROMEDIO EN LA COMPUERTA ( $P_G$ ):

Es el producto de corriente y voltaje de disparo máximo permisible en la compuerta.

#### TIEMPO DE ENCENDIDO ( $T_{GT}$ ):

Es el tiempo transcurrido entre la iniciación de la señal de compuerta y el instante en que la corriente a través del dispositivo alcanza el 90% de su valor nominal.

#### b) TRIAC .

El TRIAC es un elemento semiconductor de tres electrodos, uno de los cuales es el de mando (compuerta) y los

otros dos son los principales de conducción  $D_1$  y  $D_2$  (figura 2.17). El elemento puede pasar de un estado de bloqueo a un régimen conductor, en los dos sentidos de polarización y volver al estado de bloqueo por inversión de la tensión o por disminución de la corriente por debajo del valor de mantenimiento.

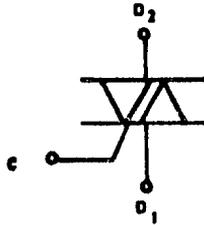


Figura 2.17

El TRIAC es pues, la versión bidireccional del SCK en su representación eléctrica se le puede comparar a la asociación antiparalelo de dos SCR's (Figura 2.18). Presentando no obstante dos ventajas fundamentales sobre este montaje en el que solo se podría gobernar las compuertas mediante un transformador de impulsos:

- 1.- El circuito de mando resulta más sencillo al no existir más que un electrodo de disparo.
- 2.- El dispositivo puede pasar al estado conductor, independientemente de la polaridad de la compuerta o del ánodo.

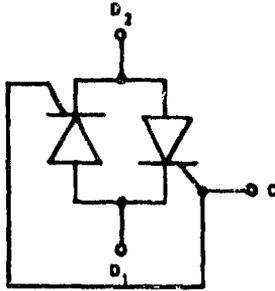


Figura 2.18

c) D I A C .

El DIAC es un elemento simétrico que no posee por tanto polaridad. Su nombre proviene de la contracción de: "Diode Alternative Current".

La tensión de disparo se suele escoger cercana de los 20 a 30 volts. Es difícil obtener tensiones sensiblemente más bajas con una resistencia negativa suficiente mientras que el empleo de valores más elevados reducirá las posibilidades de control.

La figura 2.19 muestra la curva característica de un DIAC. Y la figura 2.20, su representación eléctrica mas usual.

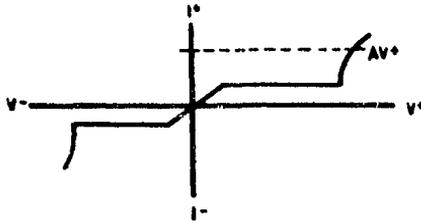


Figura 2.19



Figura 2.20

## TRANSISTORES DE UNIJUNTURA.

### a) U J T .

El transistor de unijuntura o UJT (Figura 2.21) - es un elemento compuesto por un emisor (E) y dos bases ( $B_1$  y  $B_2$ ), entre las cuales va situada una resistencia de silicio, esta resistencia se denomina interbase ( $R_{BB}$ ); a  $25^\circ\text{C}$  su valor está comprendido entre 4.7 y 9.1 Kohms, en un punto determinado de esta resistencia, va colocado un diodo PN cuyo-

ánodo hace de emisor como se muestra en la figura 2.22.

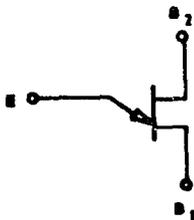


Figura 2.21

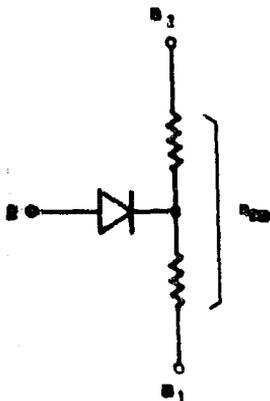


Figura 2.22

El UJT se polariza normalmente como indica la figura 2.23. La Base  $B_2$  se lleva a una tensión positiva ( $V_{BB} = 5$  a 30 Volts).

Por la resistencia  $R_{B1 B2}$ , circula entonces una corriente  $I_{B2} = \frac{V_{BB}}{R_{BB}}$ . El cátodo del diodo emisor se encuentra a una tensión:

$$V_c = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{BB} = \eta V_{BB}$$

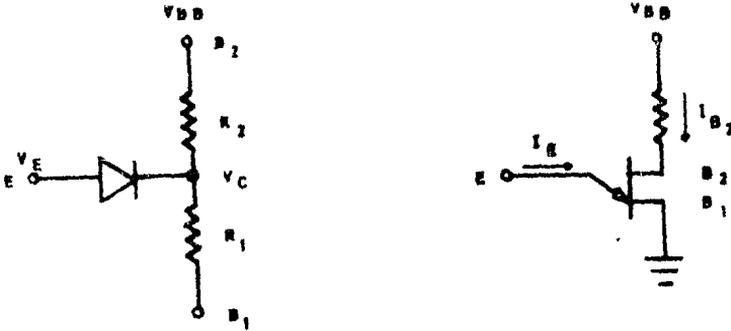


Figura 2.23

Cuando la tensión en el emisor ( $V_E$ ) es inferior a  $V_C$ , el diodo tiene polarización inversa, por lo que no conduce, cuando  $V_E$  supera a  $V_C$  el diodo se polariza en directa y circula corriente  $I_E$  por la resistencia  $R_1$ . Esta queda entonces modulada y disminuye su valor; la tensión  $V_C$  disminuye también por consiguiente si  $V_E$  es constante,  $I_E$  aumenta lo que contribuye a disminuir aún más a  $R_1$ .

La tensión  $V_E$  de disparo viene dada por la relación:

$$V_E = \eta V_{BB} + V_D$$

donde:

$\eta$  es la relación intrínseca, su valor varía dependiendo de los tipos de UJT, entre 0.45 y 0.82.

b) P U T .

La figura 2.24 muestra la representación electrónica del PUT (Transistor de Unijuntura Programable).

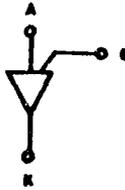


Figura 2.24

La figura 2.25, nos sirve para explicar más fácilmente el funcionamiento de éste:

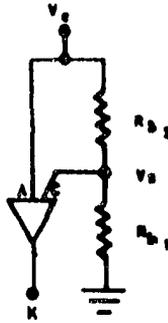


Figura 2.25

Cuando la tensión de ánodo  $V_e$  es inferior a  $V_s$ , el diodo ánodo-cátodo no conduce. Cuando la tensión de ánodo  $V_e$

supera a  $V_s$ , circula una corriente entre ánodo y cátodo que sirve para el disparo del SCR.

Se dice que es programable, ya que los valores de  $\alpha_2$  y  $R_1$  varían de acuerdo a las necesidades de funcionamiento y por ende la relación intrínseca ( $\eta$ ).

Los circuitos básicos del UJT (figura 2.26) y del PUT (figura 2.27) que se utilizan para disparar un SCR, son los mostrados a continuación:

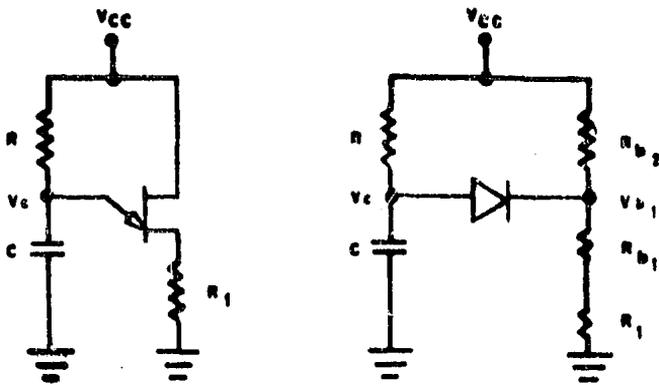


Figura 2.26

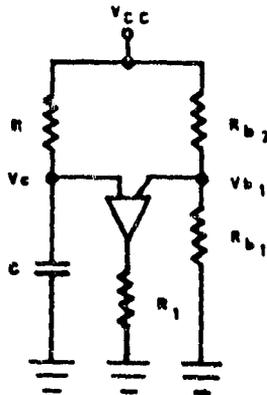


Figura 2.27

Se tiene que:

$$V_{b1} = \frac{R_1 + R_{b1}}{R_1 + R_{b1} + R_{b2}} V_{cc} \dots (2.18)$$

Donde:

$R_{b1}$  y  $R_{b2}$  : En el UJT son internas y  
En el PUT son externas.

La eficiencia  $\eta = \frac{R_{b1}}{R_{b1} + R_{b2}} = \frac{R_{b1}}{R_{bb}}$

Por lo tanto:

$$V_{b1} = \frac{R_1 + \eta R_{bb}}{R_1 + R_{bb}} V_{cc}$$

Para que el circuito oscile, el diodo emisor-base 1 debe polarizarse, por tanto, se tiene que el voltaje en la base 1 es igual al voltaje en el capacitor, que a su vez es el voltaje en el emisor.

Por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 v_{b1} &= v_c = \frac{R_1 + \eta R_{bb}}{R_1 + R_{bb}} V_{cc} \\
 V_{cc} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) &= \frac{R_1 + \eta R_{bb}}{R_1 + R_{bb}} V_{cc} \\
 e^{-\frac{t}{RC}} &= 1 - \frac{R_1 + \eta R_{bb}}{R_1 + R_{bb}} \\
 &= \frac{R_1 + R_{bb} - R_1 - \eta R_{bb}}{R_1 + R_{bb}} \\
 &= \frac{R_{bb} (1 - \eta)}{R_1 + R_{bb}}
 \end{aligned}$$

Aplicando logaritmo natural en ambos lados:

$$\ln \frac{1}{e^{-\frac{t}{RC}}} = \ln \frac{1}{\frac{R_{bb} (1 - \eta)}{R_1 + R_{bb}}}$$

Por lo tanto:

$$\frac{t}{RC} = \ln \frac{R_1 + R_{bb}}{R_{bb} (1 - \eta)}$$

Despejando t:

$$t = RC \ln \frac{R_1 + R_{bb}}{R_{bb} (1 - \eta)}$$

Con esta ecuación se puede determinar el valor del capacitor, una vez que se ha supuesto un valor para R y sabiendo el tiempo (t) de oscilación del circuito.

# CAPITULO 3

---

---

## "DISEÑO DEL RELEVADOR ESTÁTICO DIFERENCIAL CON EQUILIBRIO DE PORCENTAJE"

Para la realización de este relevador, se tomó como base el funcionamiento descrito en el Capítulo 1, de un relevador diferencial electromecánico, teniendo la diferencia que este relevador maneja voltajes. La figura 3.1 muestra el esquema a bloques del relevador estático diferencial con equilibrio de porcentaje.

El funcionamiento del circuito se describe de la siguiente manera:

El circuito de Control compara los voltajes de las señales  $E_1$  y  $E_2$  de entrada, si no existe diferencia, éste manda una señal de no accionar al interruptor electrónico y

y así el suministro de energía al Elemento Protegido continúa constante. Cuando existe alguna diferencia entre  $E_1$  y  $E_2$ , el Circuito de Control emite la señal de accionado al interruptor electrónico, el cual al recibirla saca del sistema al elemento que se está protegiendo.

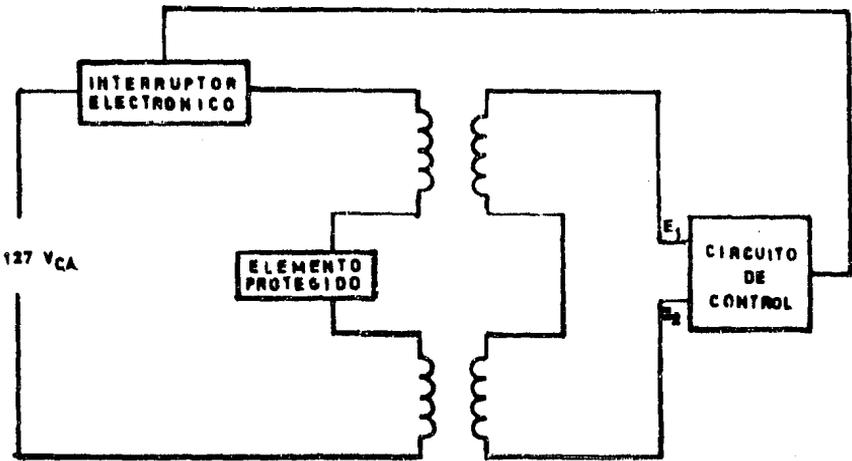


Figura 3.1

#### DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL.

Como se expuso anteriormente, cuando existe diferencia (desbalanceo) de voltajes entre  $E_1$  y  $E_2$ , este circuito emite la señal de accionado (ACC), la cual de aquí en adelante

lante se le denominará "1" Lógico y "0" Lógico para cuando es no accionado (NO ACC), utilizando para esto Lógica positiva.

Para mayor facilidad se dividirá al circuito de Control en dos bloques como se muestra en la figura 3.2:

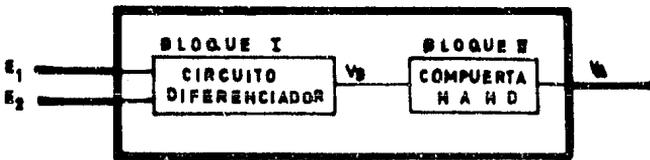


Figura 3.2

**BLOQUE I.-**

La función primordial de este bloque, es la diferenciar dos voltajes, esto se puede hacer con un amplificador diferencial.

La figura 3.3 muestra el desglose del Bloque I.

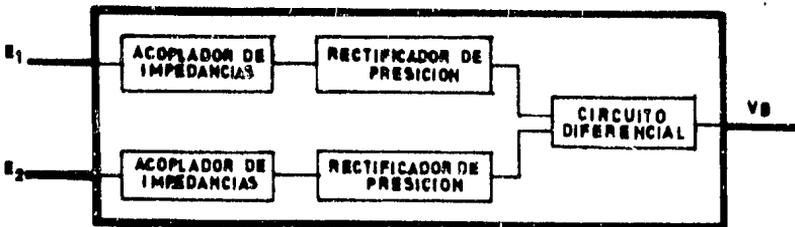


Figura 3.3

Las señales que se manejan son de corriente alterna, por lo tanto se utilizaron rectificadores de precisión a los cuales se les añadió un filtro a cada uno para poder obtener así señales continuas.

Cada uno de los circuitos requeridos fué tratado teóricamente en el capítulo anterior, por lo que sólo se expondrá el cálculo de los componentes de cada circuito para efecto del diseño.

Como se mostró en la figura 3.3 se necesitan dos circuitos Acopladores de Impedancias y dos circuitos Rectificadores de Precisión; éstos deben tener las mismas características, por lo tanto en el diseño se mostrará el cálculo sólo para uno de ellos, teniendo en cuenta que son los mismos valores para su análogo.

#### CIRCUITO ACOPLADOR DE IMPEDANCIAS.

Este circuito fué diseñado porque la impedancia del circuito de control y la de los transformadores son diferentes.

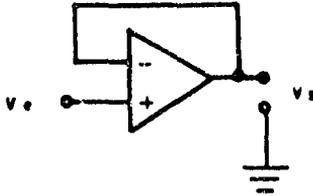


Figura 3.4

Amplificador Operacional: LM 747 (Ver Apéndice A-0)

CIRCUITO RECTIFICADOR DE PRECISION.

Cálculo de las resistencias (R1 , R2 , R3 , R4) :

Como el único fin de este circuito es rectificar, se tiene que la ganancia es unitaria, esto es:

$$A_v = \frac{R_3}{R_1} = 1$$

esto implica que:

$$R_3 = R_1$$

Con esto se logra que la magnitud de voltaje pico-permanezca constante. Para este caso se tiene que:

$$R_3 = R_1 = 12 \text{ K}\Omega$$

y por lo tanto:

$$R_2 = R_4 = 12 \text{ K}\Omega$$

Cálculo de los Diodos ( $D_1$  ,  $D_2$  ,  $D_3$  ,  $D_4$ ):

Como se maneja una frecuencia constante de 60 Hz, se pueden utilizar aquellos que trabajen bien a esta frecuencia como son: el 1N4002 al 4007 o bien, el BY127. ( Ver apéndice A-1 ).

Cálculo del Capacitor ( $C_1$  o  $C_2$ ):

Este se utiliza con el fin de filtrar la señal para obtener así, corriente directa continua.

Se tiene que:

$$V_c = V_e \frac{1}{e^{-\frac{1}{R_5 C_1} t}}$$

Despejando  $C_1$ :

$$\ln \frac{V_c}{V_e} = \ln \frac{1}{e^{-\frac{1}{R_5 C_1} t}}$$

$$\ln \frac{V_c}{V_e} = - \frac{1}{R_5 C_1} t$$

$$R_5 C_1 = - \frac{t}{\ln \frac{V_c}{V_e}}$$

donde:

$$t = 1/f$$

por lo tanto:

$$C_1 = \frac{1}{R_5 f \ln \frac{V_c}{V_e}}$$

Se tiene que:

$$V_e = V_p = 10 \text{ Volts}$$

Y

$$V_c = 90\% V_e$$

por lo tanto:

$$V_c = 9.0 \text{ Volts}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (3.1):

$$C_1 = - \frac{1}{(12K\Omega)(60 \text{ Hz}) \ln \frac{9 \text{ V}}{10 \text{ V}}}$$

$$C_1 = 13.2 \times 10^{-6} \text{ F}$$

Valor Comercial:

$$C_1 = C_2 = 10 \mu\text{F}$$

#### CIRCUITO DIFERENCIAL.

Este circuito diferencia las señales que vienen del circuito Rectificador de Precisión, si son iguales, se tiene a la salida 0 Volts, pero si existiera una diferencia a la salida se obtendrían +10 o -10 Volts, dependiendo de por cual de las entradas del Amplificador Diferencial llega la señal de desbalanceo.

Cálculo de las Resistencias ( $R_5$ ,  $R_6$ ,  $R_7$ ,  $R_8$ ):

Como el circuito no requiere de Ganancia, se tiene que:

$$R_5 = R_6 = 12 \text{ K}\Omega$$

$$R_7 = R_8 = 12 \text{ K}\Omega$$

Por lo tanto:

$$R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = 12 \text{ K}\Omega$$

#### BLOQUE II.-

El circuito principal de este bloque es una compuerta NAND, la cual al ejecutar su función lógica, mandará la señal de "1" o de "0", al interruptor electrónico. (La figura 3.5 muestra el desglose del Bloque II).

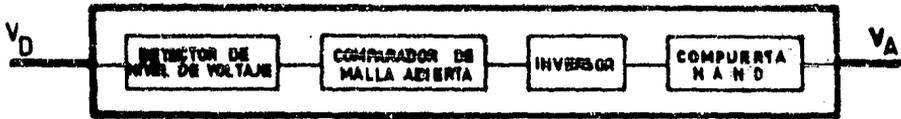


Figura 3.5

De los cuatro estados que pueden existir en una compuerta NAND de dos entradas, sólo serán de interés dos de ellos.

La tabla 3.1, muestra la tabla de verdad de una compuerta NAND, así como los estados de interés para este diseño.

A	B	F	
0	0	1	
0	1	1	◀-----
1	0	1	Estados de interés
1	1	0	◀-----

Tabla 3.1

Donde A es la entrada que se toma de la línea y B es la señal que se obtiene del Circuito Diferencial (Bloque-I). La lógica que se utiliza en esta compuerta es positiva, teniendo en cuenta que "1" lógico = 10 Volts mientras que "0" lógico = 0 Volts.

La figura 3.6 muestra la compuerta NAND utilizada.

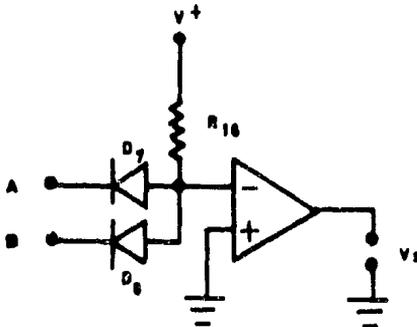


Figura 3.6

### Cálculo de la Resistencia ( $R_{16}$ ):

Para seleccionar el valor de  $R_{16}$  se tiene que: la corriente máxima que soporta el Amp-op (LM 747) en corto circuito es de 40 mA y la mínima es de 10 mA, por seguridad se tomó una corriente intermedia de 20 mA.

Cuando está en conducción uno de los diodos, ya sea D7 o D8, se tiene el siguiente circuito (figura 3.7):

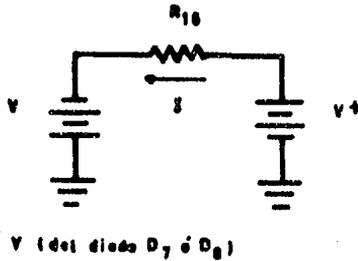


Figura 3.7

Por lo tanto:

$$V_1 + V^+ = I R_{16}$$

Despejando  $R_{16}$ :

$$R_{16} = \frac{V_1 + V^+}{I}$$

donde:

$$I = 20 \text{ mA}$$

Sustituyendo valores:

$$R_{16} = \frac{10V + 10V}{20 \text{ mA}}$$

$$\therefore R_{16} = 1 \text{ K}\Omega$$

Cálculo de los Diodos ( $D_7$  y  $D_8$ ):

Los diodos son del tipo 1N4002 al 4007 o el BY127 debido a que estos no tienen ningún problema al funcionar con los voltajes requeridos (10 Volts). (Ver Apéndice A-1).

Ahora bien, como la salida del circuito diferencial puede ser +10V, 0V o -10V, se requieren de circuitos capaces de convertir los +10V y los -10V en +10V y los 0V en -10 Volts para que la compuerta NAND trabaje en forma adecuada. Para ésto se utilizaron los siguientes tres circuitos:

- Detector de Nivel de voltaje
- Comparador de Malla Abierta
- Circuito Inversor

**DETECTOR DE NIVEL DE VOLTAJE.**

El circuito Detector de Nivel de Voltaje convierte la señal que sale del circuito diferencial:

De 0V a 0V y la de -10V o +10V a +10V

Cálculo de las Resistencias ( $R_9$  y  $R_{10}$ ):

Como en este circuito no se requiere de ganancia - se tiene que:

$$R_9 = R_{10} = 12 \text{ K}\Omega$$

Cálculo de los Diodos ( $D_5$  y  $D_6$ ):

Para las características de voltaje y de frecuencia de este circuito, los diodos más adecuados son: 1N4002 al 4007 o el By127. (Ver Apéndice A-1).

COMPARADOR DE MALLA ABIERTA.

Este circuito recibirá por medio de su entrada inversora la salida del circuito Detector de Nivel de Voltaje, esto es: 0V o 10V. Los cuales a su vez serán convertidos en el circuito comparador de Malla Abierta de:

$$0\text{V a } 10\text{V} \quad \text{y} \quad 10\text{V a } -10\text{V}$$

Cálculo de las Resistencias ( $R_{12}$  y  $R_{13}$ ):

Basándose en lo mencionado en el Capítulo 2, para

Comparador de Malla Abierta inversor, se requerirá de un voltaje de referencia  $V_r$ , el cual se obtendrá por medio de un divisor de tensión; en este caso se eligió  $V_r = 0.5$  Volts.

$$V^+ = I(R_{12} + R_{13})$$

$$I = \frac{V^+}{R_{12} + R_{13}}$$

Como:

$$I = \frac{V_r}{R_{13}}$$

Se tiene que:

$$V_r = \frac{R_{13}}{R_{12} + R_{13}} V^+$$

$$\frac{V_r}{V^+} = \frac{R_{13}}{R_{12} + R_{13}} \dots\dots (3.2)$$

Donde:

$$V_r = 0.5 \text{ Volts}$$

$$V^+ = 10.0 \text{ Volts}$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación (3.2):

$$\frac{0.5}{10} = \frac{R_{13}}{R_{12} + R_{13}}$$

$$0.05 = \frac{R_{13}}{R_{12} + R_{13}}$$

$$R_{12} \cdot 0.05 = R_{13} - 0.05 R_{13}$$

Despejando  $R_{13}$  :

$$R_{13} = \frac{0.05 R_{12}}{0.95}$$

Si se supone:

$$R_{12} = 12 \text{ K} \Omega$$

Se tiene que:

$$R_{13} = 631 \Omega$$

Ajustando éstos a valores Comerciales:

$$R_{12} = 12 \text{ K} \Omega$$

$$R_{13} = 560 \Omega$$

#### INVERSOR.

Retomando lo mencionado sobre la tabla de verdad de la compuerta NAND, y los estados de interés que se muestran en la Tabla 3.1, se tiene que:

Si se comparan las condiciones en "B" y las obtenidas en el circuito Comparador de Malla Abierta, se puede observar que las condiciones están invertidas.

Las condiciones correctas para la entrada "B" son las siguientes:

-10 Volts (0 lóg) indica equilibrio en  $E_1$  y  $E_2$

+10 Volts (1 lóg) indica desequilibrio en las señas.

Mientras que en el comparador de Malla abierta, - cuando hay equilibrio se tienen +10 Volts y cuando existe un desequilibrio se tienen -10 Volts.

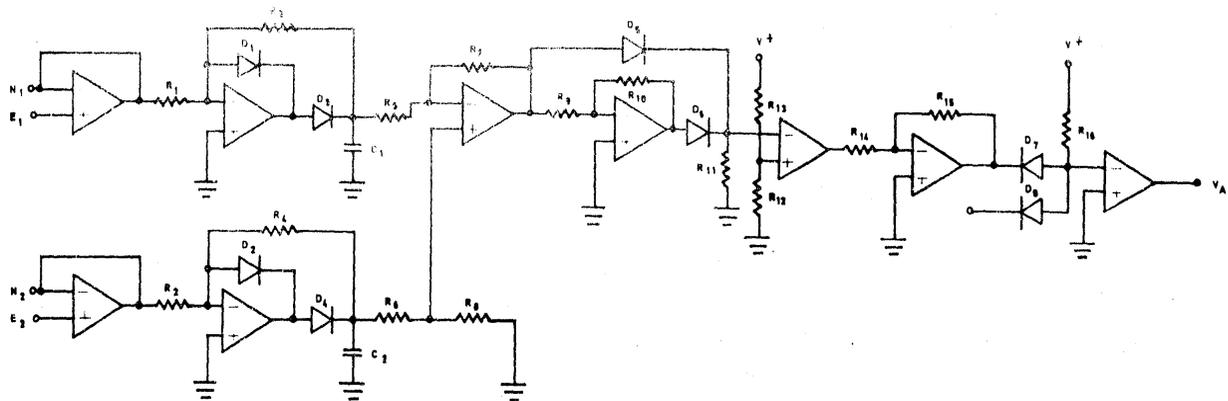
Por lo tanto se necesita un inversor con ganancia-unitaria para corregir esta anomalía y así utilizar en forma adecuada la compuerta NAND.

Cálculo de las Resistencias ( $R_{14}$  ,  $R_{15}$ ):

Como no se requiere de ganancia se tiene que:

$$R_{14} = R_{15} = 12 \text{ K} \Omega$$

Con esto queda concluido el diseño del Circuito - de Control. A continuación se muestra su diagrama completo (Figura 3.8).



## DISEÑO DEL INTERRUPTOR ELECTRONICO.

Al igual que el circuito de control para mayor facilidad se dividirá el Interruptor Electrónico en dos bloques como se muestra en la figura 3.9.

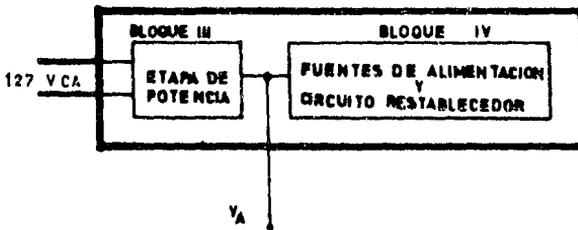


Figura 3.9

### BLOQUE III.

El circuito de la Etapa de Potencia es el que se muestra en la figura 3.10, y su funcionamiento es el siguiente:

Tomando en cuenta que en la base de  $T_1$  estará una señal ya sea "1" o "0" que proviene del Circuito de Control, se analizará el circuito para cada caso:

- 1.- Cuando en la base de  $T_1$  hay "1" se tiene que el circuito de disparo del SCR estará oscilando y por lo tanto el SCR, estará activado, cuando llegue el lóbu-

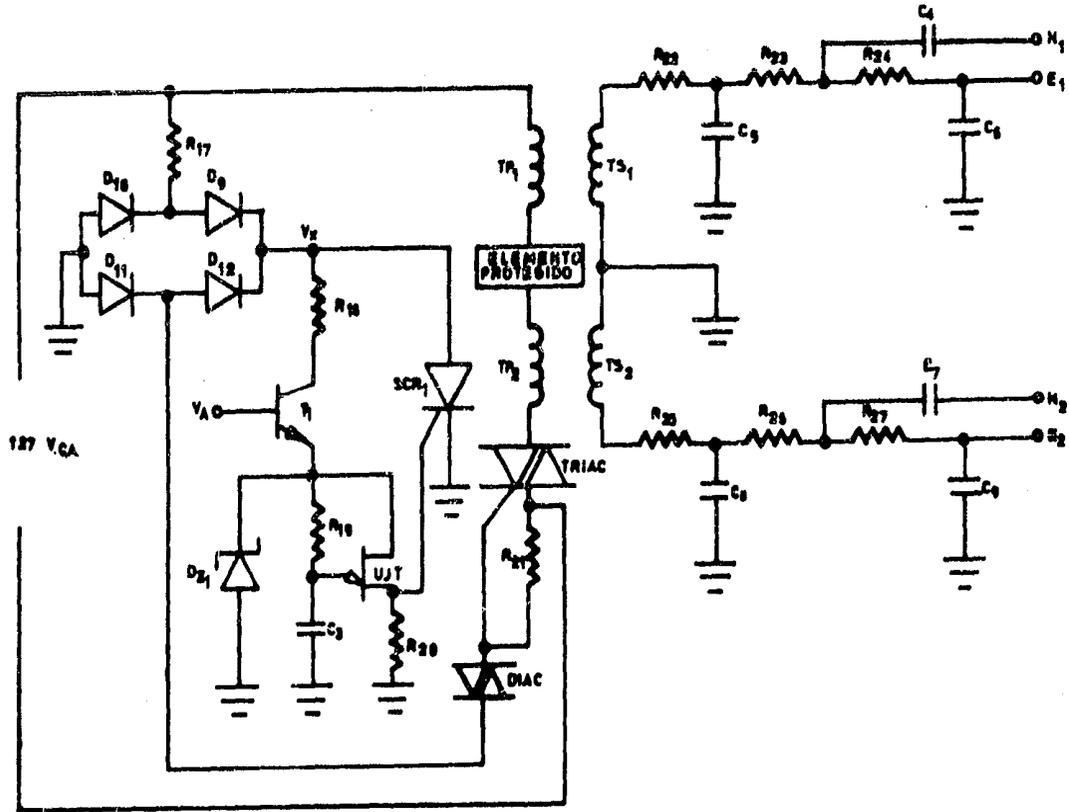


Figura 3.10

lo (+) de corriente alterna; Conduce el diodo  $D_9$ , el  $SCR_1$ , el Diodo  $D_{11}$ , el DIAC y se cerrará el circuito a través de la compuerta del TRIAC y por lo tanto éste se disparará.

Cuando aparece el lóbulo (-) conduce el DIAC, el diodo  $D_{12}$ , el  $SCR_1$  y se cierra el circuito por medio del Diodo  $D_{10}$ .

Con todo esto se logra el suministro de energía al Elemento protegido el cual continúa su funcionamiento normalmente.

Lo anterior se muestra graficamente en la figura - 3.11.

2.- Cuando en la base de  $T_1$  se tiene un "0" como respuesta del circuito de control, no puede oscilar el UJT, por lo tanto, el  $SCR_1$  no se puede disparar, con lo cual existe un bloqueo de la señal de alimentación y con ésto se saca del sistema al Elemento Protegido.

Ahora bien, la función del filtro conectado en el se-

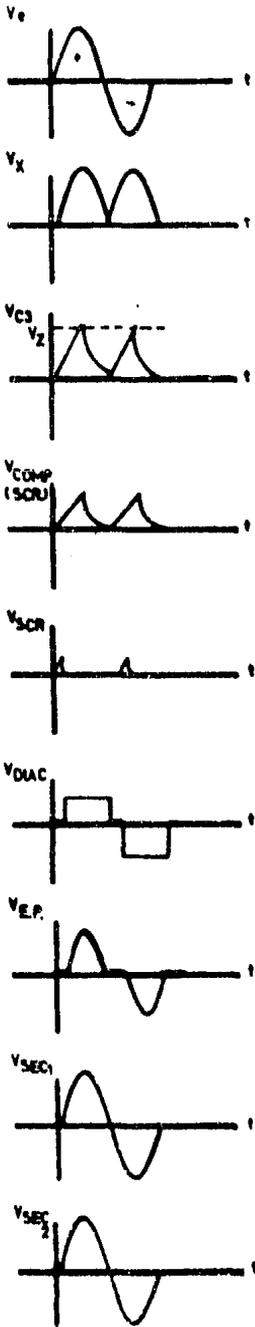


Figura 3.11

cundario de los transformadores es la de eliminar interfe--  
rencias, altas frecuencias y/o ruidos ocasionados por el ele  
mento protegido que pudieran perturbar el funcionamiento del  
circuito de control.

### Cálculo de la Resistencia (R<sub>17</sub>):

La única función de esta resistencia es limitar-  
la corriente del DIAC. Por lo tanto se toman los siguientes-  
valores:

$$\begin{aligned}V_{DIAC} &= 32 \text{ Volts} \\I_{DIAC} &= 10 \text{ mA}\end{aligned} \quad (\text{Ver apéndice A-5})$$

Para el lóbulo (+):

$$V_e = R_{17} + V_{D9} + V_{SCR} + V_{D11} + V_{DIAC}$$

Para el lóbulo (-):

$$V_e = R_{17} + V_{D10} + V_{SCR} + V_{D12} + V_{DIAC}$$

Como:

$$V_{D9} = V_{D10} = V_{D11} = V_{D12} = V_D$$

Por tanto:

$$V_e = R_{17}I + 2V_D + V_{DIAC} + V_{SCR1}$$

Despejando R<sub>17</sub>:

$$R_{17} = \frac{V_e - 2V_D - V_{diac} - V_{scr1}}{I} \dots (3.3)$$

Donde:

$$V_e = 127 \text{ Volts c.a.}$$

$$V_D = 0.7 \text{ Volts}$$

$$V_{DIAC} = 32 \text{ Volts}$$

$$V_{SCR1} = 0.7 \text{ Volts}$$

$$I = 10 \text{ mA (Corriente del DIAC)}$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación (3.3)

$$R_{17} = \frac{127V - 1.4V - 32V - 0.7V}{10 \times 10^{-3} \text{ A}}$$

$$R_{17} = 9.29 \text{ K}\Omega$$

Cálculo de la Potencia de  $R_{17}$ :

$$\begin{aligned} P_{R17} &= (R_{17}) I^2 \\ &= (9.29 \text{ K}\Omega)(10 \text{ mA})^2 \\ &= 0.929 \text{ W} \end{aligned}$$

Ajustando éstos a valores comerciales:

$$R_{17} = 10 \text{ K}\Omega / 1\text{Watt}$$

Cálculo de los Diodos ( $D_9$ ,  $D_{10}$ ,  $D_{11}$ ,  $D_{12}$ ):

Se pueden utilizar los BY127 o los 1N4002 al 4007 ya que se maneja la misma frecuencia de 60 Hz y una corriente de 10 mA. (Ver Apéndice A-1).

#### Cálculo de la Resistencia (R<sub>19</sub>):

Como se vió en el Capítulo 2, el valor de ésta puede suponerse. Por lo tanto:

$$R_{19} = 47 \Omega$$

#### Cálculo de la Resistencia (R<sub>20</sub>):

Esta resistencia es sólo para proteger la compuerta del SCR<sub>1</sub>, ya que existen corrientes de escape que producen incrementos de temperatura con lo cual se dañaría el SCR

Esta resistencia se coloca entre la compuerta y el cátodo, la cual se calcula para una corriente de escape máxima.

$$R_{20} = \frac{P_{R20}}{I_G^2}$$

Donde P<sub>R21</sub> es la potencia promedio en la compuerta que es de 2 W e I<sub>G</sub> es la corriente máxima cuyo valor es de 200 mA.

(Ver Apéndice A-4).

$$R_{20} = \frac{2 \text{ W}}{(0.2 \text{ A})^2}$$

Valor Comercial:

$$R_{20} = 47 \Omega$$

Cálculo del Capacitor (C<sub>3</sub>):

El cálculo matemático de este capacitor es el siguiente:

$$C_3 = \frac{t}{R_{19} \ln \left( \frac{R_{20} + R_{bb}}{R_{bb} (1 - \eta)} \right)} \quad \dots (3.4)$$

Donde:

$$t = \frac{1}{2f} = \frac{1}{120 \text{ Hz}}$$

$$R_{19} = 47 \Omega$$

$$R_{20} = 47 \Omega$$

$$R_{bb} = 5 \text{ K} \Omega$$

Datos del apéndice A-2

$$\eta = 0.8$$

Sustituyendo los valores en (3.4):

$$C_3 = \frac{\frac{1}{120 \text{ Hz}}}{(47 \Omega) \ln \left( \frac{47 \Omega + 5000}{5000 (1 - 0.8)} \right)}$$

$$C_3 = 10 \mu F \quad (\text{Valor Comercial})$$

Cálculo del UJT:

Según los requerimientos es posible utilizar el -  
2N 4891 o el 2A 4891 (Ver Apéndice A-2)

Cálculo de la Resistencia ( $R_{18}$ ):

Para encontrar el valor de esta resistencia se toma el siguiente circuito: (figura 3.12)

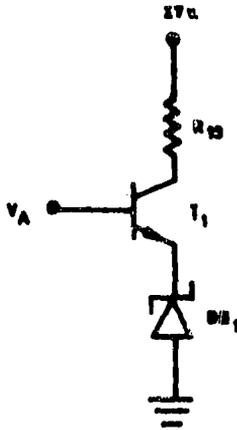


Figura 3.12

Cuando  $V_A = 10$  Volts,  $T_1$  se satura:

$$27V = I R_{18} + V_{Z1} \quad \dots (3.5)$$

Donde:

$I = 20 \text{ mA}$  que es la corriente que circula por un Diodo Zener.

$V_{Z1} = 9.1 \text{ V}$  (El Diodo Zener 1 sirve para regular el voltaje en el UJT)

Despejando  $R_{18}$  de la ecuación (3.5):

$$R_{18} = \frac{27V - 9.1V}{20 \text{ mA}}$$

$$R_{18} = 0.895 \text{ K} \Omega$$

Valor Comercial:

$$R_{18} = 1 \text{ K} \Omega$$

#### Cálculo del Transistor ( $T_1$ ):

Para encontrar el transistor adecuado se tomó un coeficiente de seguridad que soportara tres veces más la corriente  $I_c$  que es de 10 mA, por lo tanto se eligió un TIP 31 (Ver Apéndice A-3).

#### Cálculo del SCR<sub>1</sub>:

Se utilizó un TIC 106 A ya que este puede funcio--

nar con 10 mA, que es la corriente que se tiene (Ver Apéndice A-4).

#### Cálculo del DIAC:

Cómo este únicamente se usó como elemento de disparo del TRIAC, se usó un TI 43 (Ver Apéndice A-5).

#### Cálculo de la Resistencia ( $R_{21}$ ):

Esta resistencia es sólo para proteger la compuerta del TRIAC, ya que existen corrientes de escape que producen incrementos en temperatura, con lo cual se dañaría el TRIAC.

Esta resistencia se coloca entre la compuerta y el cátodo, la cual se calcula para una corriente de escape máxima.

$$R_{21} = \frac{P_{R21}}{I_G^2}$$

Donde  $P_{R21}$  es la potencia promedio en la compuerta y es de 2W,  $I_G$  es la corriente máxima cuyo valor es de 200

mA (Ver Apéndice A-6).

$$R_{21} = \frac{2W}{(0.2 A)^2}$$

$$R_{21} = 50 \Omega$$

Valor Comercial:

$$R_{21} = 47 \Omega$$

#### Cálculo de los transformadores:

Son del tipo elevador, ya que en el primario se tienen 2V/1A y en el secundario se tienen 30 Volts.

Se diseñaron así para que la caída de potencial de éstos en el primario fuera mínima y así no afectar la alimentación del Elemento que se protege ; el secundario tiene esas características ya que el voltaje es el adecuado para la alimentación de los amplificadores operacionales con una corriente baja.

#### Cálculo del TRIAC:

Este depende del voltaje de alimentación del cir--

cuito y de la corriente que circula por el elemento protegido con un factor de seguridad del doble para el voltaje y la corriente.

Pero depende básicamente de la corriente pico transitoria directa que se calcula cuando existe el corto circuito, tomando en cuenta la impedancia del circuito.

Se sabe que la impedancia de cada transformador es de  $2\Omega$ , por lo tanto la corriente que circula por el TRIAC es:

$$I = \frac{V}{Z_T} = \frac{127 \text{ V}}{4\Omega}$$

$$I = 31.75 \text{ A}$$

Por lo tanto se utilizo:

TIC 236 B

(Ver apéndice A-5)

#### Diseño del Filtro:

Se utilizó un filtro Butterworth, basándose en que se requiere de una frecuencia de corte de 60 Hz a -3dB y una frecuencia de atenuación ( $F_A$ ) de 100 Hz a -20 dB, ya que -

frecuencias mayores que ésta son indeseables.

$$\begin{aligned}\text{Factor de inclinación} &= \frac{f_A}{f_c} \\ &= \frac{100}{60} \\ &= 1.6\end{aligned}$$

De la tabla 1 (ver apéndice A-7) se determina que el filtro es de 3er orden ( $n=3$ ) con lo cual se pasa a la tabla 2 (ver apéndice A-8) de donde se obtienen los siguientes valores:

$$\begin{aligned}C_4 &= 3.546 \\ C_5 &= 1.392 \\ C_6 &= 0.2024\end{aligned}$$

Normalizando el filtro se tiene que:

$$FSF = 2\pi f = 2\pi(60) = 377$$

donde:

$$FSF = \text{Factor de Frecuencia de Escala}$$

$$C' = \frac{C_x}{FSF(Z)} \quad \dots \quad (3.6)$$

donde:

$$Z = \text{Factor de Impedancia de Escala}$$

Sustituyendo en la ecuación (3.6):

$$\text{Para } C_4 = \frac{3.546}{377 (12K\Omega)} = 783 \mu F$$

$$\text{Valor Comercial} = 1000 \mu F = C_7$$

$$\text{Para } C_5 = \frac{1.392}{377 (12K\Omega)} = 307 \mu F$$

$$\text{Valor Comercial} = 330 \mu F = C_8$$

$$\text{Para } C_6 = \frac{0.2024}{377 (12K\Omega)} = 44 \mu F$$

$$\text{Valor Comercial} = 47 \mu F = C_9$$

#### BLOQUE IV.-

La última parte del diseño está formada por las fuentes de alimentación de los amplificadores operacionales ( $V^+$  y  $V^-$ ), y el circuito restablecedor del relevador.

Se hará un paréntesis para mostrar un método sencillo para determinar los componentes de un rectificador monofásico de media onda con capacitor.

Metodo:

Para la aplicación de este método es necesario conocer los siguientes parámetros:

$V_s$  = Voltaje de Salida

$I_s$  = Corriente de Salida

$\%R_{izo}$  = Porcentaje del voltaje de rizo

$\%R_e/R_s$  = Porcentaje de la relación de la resistencia de entrada con respecto a la resistencia de salida.

Pasos a seguir:

- 1.- Del  $\%R_e/R_s$  determinar el valor del capacitor con la ayuda de la Grafica del Apéndice A-8, donde:

$W R_s C$  = Valor que se obtiene del Apéndice A-9

$$W = 2 \pi f$$

$$R_s = V_s / I_s$$

- 2.- Determinar el voltaje pico ( $E_T \text{ MAX}$ ) de la gráfica del apéndice A-10 =  $V_s / E_T \text{ MAX}$ .

- 3.- Determinar la corriente media del Diodo

$$I_s = I_D$$

4.- Determinar la corriente eficaz del rectificador -  
de la gráfica del apéndice A-11 =  $I_{rms}/I_D$ .

5.- Determinar la corriente pico repetitiva del recti-  
ficador =  $I_{pk} / I_D$ . (Gráfica del apéndice A-12)

6.- Determinar el voltaje pico real.

$$V_p = E_{T \text{ MAX}} + V_D$$

7.- Determinar el  $V_{rms}$  del Transformador

$$V_{rms} = \frac{V_p}{2}$$

8.- Determinar la corriente máxima que circula por el  
diodo al encendido:

$$I_D = V_p / R_e$$

donde:

$$R_e = 2 R_s$$

Utilizando el método descrito anteriormente se tie  
ne que:

$$V_s = 12 \text{ Volts}$$

$$I_s = 150 \text{ mA}$$

Se tomó el valor de  $I_s$  de 150 mA ya que cada circuito integrado LM 747 consume 6.5 mA y el SCR 106 A, al momento del corto consume 50 mA.

Pasos a seguir:

1.- De la gráfica del apéndice A-8 se tiene que:

$$W R_s C = 15$$

donde:

$$W = 2 \pi f$$

$$R_s = \frac{V_s}{I_s}$$

$$= 12V/150mA$$

$$R_s = 30 \Omega$$

Por lo tanto:

$$C = \frac{15}{2 \pi (60Hz) (30 \Omega)}$$

$$C = 497 \times 10^{-6} F$$

2.- De la gráfica del apéndice A-10 se tiene que:

$$\frac{V_s}{E_{Tmax}} = 0.63$$

Por lo tanto:

$$E_{T MAX} = \frac{12V}{0.63} = 19.04 \text{ Volts}$$

3.-  $I_s = I_D = 150 \text{ mA}$

4.- De la gráfica del apéndice A-11:

$$\frac{I_{\text{rms}}}{I_D} = 2.2$$

Por lo tanto:

$$I_{\text{rms}} = 150\text{mA} (2.2) = 0.33\text{A}$$

5.- De la gráfica del apéndice A-12:

$$\frac{I_{\text{pk}}}{I_D} = 5.3$$

$$I_{\text{pk}} = 5.3 (150 \text{ mA}) = 0.79 \text{ A}$$

6.- Voltaje pico real:

$$V_p = 19.04\text{V} + 0.7\text{V} = 19.74 \text{ Volts}$$

7.-  $V_{\text{rms}} = \frac{19.74 \text{ V}}{\sqrt{2}}$   
 $= 13.95 \text{ Volts}$

8.-  $I_o = \frac{19.74 \text{ V}}{8}$   
 $= 2.46 \text{ A}$

En base a estos resultados, se dan las características de cada uno de los componentes requeridos:

TRANSFORMADOR:

127 V/ 12V ; 250 mA

DIODOS ( $D_{13}$  y  $D_{14}$ ):

$$I_D = 150 \text{ mA}$$

$$I_{pk} = 0.7 \text{ A}$$

$$I_o = 2.46 \text{ A}$$

Por lo tanto pueden ser o un BY 127 o un 1N 4002 - al 4007 (Ver Apéndice A-1)

CAPACITORES ( $C_{10}$  y  $C_{11}$ ):

$$C_{10} = 470 \mu\text{F} \text{ @ } 25 \text{ Volts}$$

Adicionalmente se le colocaron transistores ( $T_2$  y  $T_3$ ) a cada fuente con el fin de tener una corriente adecuada que requiere el circuito de control tomando un factor de

seguridad de tres veces la corriente de alimentación del -  
circuito de control.

$T_2 = \text{TIP 31 (NPN)}$  (Ver apéndice A-3)

$T_3 = \text{TIP 32 (PNP)}$  (Ver apéndice A-3)

En la figura 3.12 se muestra el circuito de las fuentes de -  
alimentación.

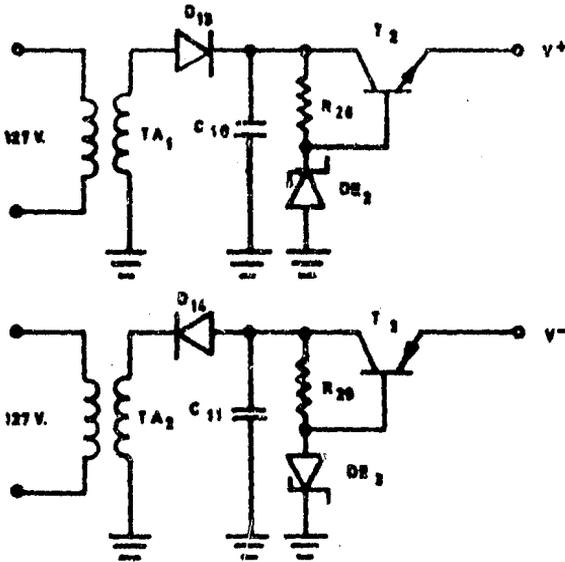


Figura 3.12

Debe mencionarse que el cálculo de la resistencia-

( $R_{28}$  o  $R_{29}$ ) y del diodo zener ( $D_{22}$  o  $D_{23}$ ), se mostrará más adelante, así también que la resistencia ( $R_{28}$ ), el Diodo Zener ( $D_{22}$ ) y el transistor ( $T_2$ ), forman parte del circuito restablecedor del relevador.

Por último se tiene el Circuito restablecedor (figura 3.13):

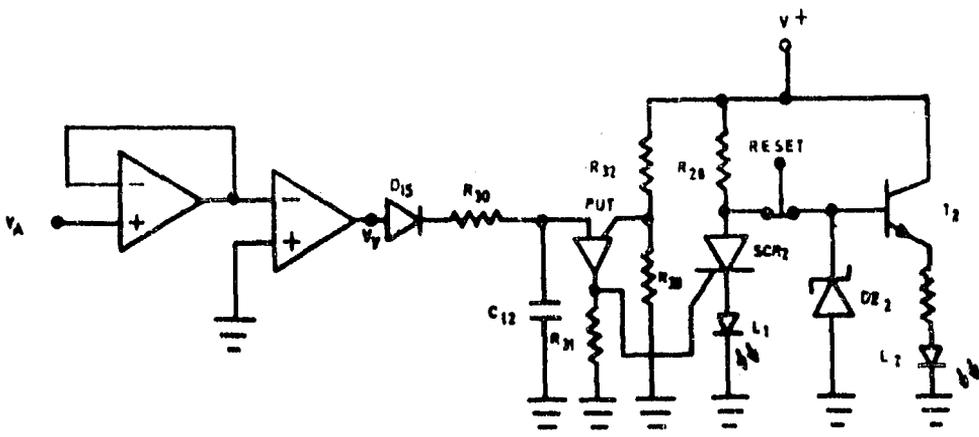


Figura 3.13

Funcionamiento del circuito:

Cuando  $V_A$  es +10 volts, que es la señal de la compuerta NAND (Circuito de Control), la señal que aparece en el punto  $V_y$  es de -10V con lo cual no conduce  $D_{15}$  y por lo

tanto el circuito de disparo no se acciona, teniendo como consecuencia que el SCR<sub>2</sub> no funcione. Esto hace que toda la corriente circula por la base de T<sub>2</sub> por lo que éste se satura y hace que se siga alimentando el circuito de control y también funcione el Diodo Emisor de Luz (L<sub>2</sub>) indicando que hay un funcionamiento correcto en todo el circuito.

Ahora bien, cuando V<sub>A</sub> es - 10Volts, la señal que aparece en V<sub>y</sub> es de +10 Volts, por lo que D<sub>15</sub> conduce y se logra tener el voltaje suficiente para que el PUT oscile y así trabaje el SCR<sub>2</sub>; Al encenderse este último, la corriente fluye por él, ocasionando que el diodo emisor de luz (L<sub>1</sub>) se encienda indicando que existe un corto circuito en el Elemento Protegido y que T<sub>2</sub> se corte trayendo como consecuencia que se deje de alimentar el circuito de control para evitar posibles calentamientos.

Una vez reparado el corto circuito se oprime el botón de restablecimiento que es del tipo normalmente cerrado, con lo cual el circuito se normaliza ya que apaga el SCR y así se satura el transistor T<sub>2</sub>.

Cálculo de los Componentes de Circuito Restablecedor:

### Cálculo del Diodo (D<sub>15</sub>):

Se utiliza un BY 127 o un 1N 4002 al 4007 ya que cumplen los requisitos de la fuente de alimentación. (Ver apéndice A-1)

### Cálculo de la Resistencia (R<sub>30</sub>):

Basado en lo visto en el capítulo 2, acerca del PUT, se puede suponer ésta de 330  $\Omega$  .

### Cálculo del Capacitor (C<sub>12</sub>):

Este elemento es el que se encarga de dar la velocidad al relevador, ya que dependiendo de su tiempo de carga y descarga, será el tiempo de operación del relevador. Teniendo como parámetro el tiempo de respuesta de un relevador electromagnético (3 ciclos de la señal de línea = 0.05 seg), éste se supuso 100 veces más rápido, por lo que:

$$t_{\text{Cap } 12} = \frac{0.05 \text{ seg}}{100}$$

$$t_{\text{Cap } 12} = 0.0005 \text{ seg}$$

por lo tanto:

$$C_{12} = \frac{t}{R_{30} \ln \left( \frac{R_{31} + R_{bb}}{R_{bb} (1 - \eta)} \right)}$$

donde:

$$= \frac{R_{32}}{R_{32} + R_{33}} = 0.5$$

Se tiene que:

$$C_{12} = \frac{0.0005 \text{ seg}}{330 \Omega \ln \left( \frac{47 \Omega + 11200 \Omega}{11200 \Omega (1 - 0.5)} \right)}$$

$$C_{12} = 2.172 \times 10^{-6} \text{ F}$$

Valor Comercial:

$$C_{12} = 2 \mu\text{F}$$

Cálculo de las Resistencias ( $R_{32}$  y  $R_{33}$ ):

Con la finalidad de que el voltaje  $V_y$ , cuando  $V_A$  sea 10 Volts, sea menor que el voltaje en  $V_T$  y el PUT oscile los valores de éstas serán:

$$R_{32} = R_{33} = 5.6 \text{ K} \underline{\Omega}$$

Cálculo de la Resistencia (R<sub>31</sub>):

Esta resistencia es unicamente para proteger la -  
compuerta del SCR, ya que existen corrientes de escape que -  
producen incrementos de temperatura con lo cual se dañaría -  
el SCR<sub>2</sub>.

Esta resistencia se coloca entre la compuerta y el  
cátodo, la cual se calcula para una corriente de escape máxi  
ma.

$$R_{31} = \frac{P_{R21}}{I_G^2}$$

Donde P<sub>R31</sub> es la potencia promedio en la compuerta  
que es de 2W e I<sub>G</sub> es la corriente máxima cuyo valor es de -  
200 mA (Ver Apéndice A-4):

$$R_{21} = \frac{2W}{(0.2 A)^2}$$

$$R_{21} = 50 \Omega$$

Valor Comercial:

$$R_{21} = 47 \Omega$$

Cálculo de la Resistencia (R<sub>28</sub>):

Esta resistencia también es componente de la fuente de alimentación positiva y negativa. Para determinar su valor se tiene el siguiente circuito (figura 3.14):

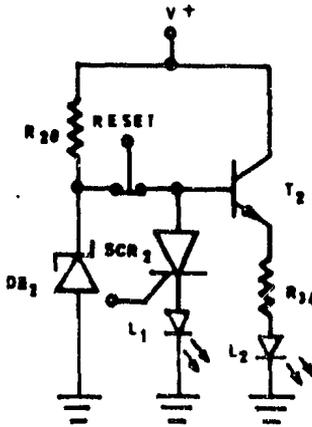


Figura 3.14

Como la corriente que pasa por el Diodo Zener es de 20 mA (Ver apéndice A-13) se tiene que:

$$V = I R_{28} + V_{DZ2}$$

$$R_{28} = \frac{V - V_{DZ2}}{I}$$

$$R_{28} = \frac{(12 - 9.1)\text{Volts}}{20 \text{ mA}}$$

$$R_{28} = 145 \Omega$$

Valor Comercial:

$$R_{28} = 150 \Omega$$

Cálculo del Diodo Zener ( $D_{22}$ ):

Ver apéndice A-13.- El diodo zener 2 es de 9.1 V

Cálculo del PUT:

Como se vió en el capítulo 2, el PUT al igual que el UJT son únicamente elementos de disparo que funcionan correctamente para accionar un SCR es por lo que se tomó el 2A 6027 (Ver Apéndice A-14).

Cálculo de la Resistencia ( $R_{34}$ ):

Para determinar su valor, se toma una corriente de 10 mA que es la que soporta el LED (L2), por tanto se tiene:

$$V_{D22} = V_{BE} + I_{R34} + V_{L2}$$

Donde:

$$V_{BE} = 0.7 \text{ Volts}$$

$$V_{L2} = 1.7 \text{ Volts}$$

Por lo tanto:

$$R_{34} = \frac{V_{DZ2} - V_{BE} - V_{L2}}{I}$$

$$R_{34} = \frac{9.1V - 0.7V - 1.7V}{10 \text{ mA}}$$

$$R_{34} = 670 \Omega$$

Valor Comercial:

$$R_{34} = 680 \Omega$$

#### Cálculo del SCR<sub>2</sub>:

Se eligió un TIC 106 A ya que la corriente que circula por él es de 20 mA y con lo cual se tiene un funcionamiento adecuado de éste (Ver Apéndice A-4).

En la figura 3.15 se muestra el circuito completo del Relevador Estático Diferencial con Equilibrio de Porcentaje.

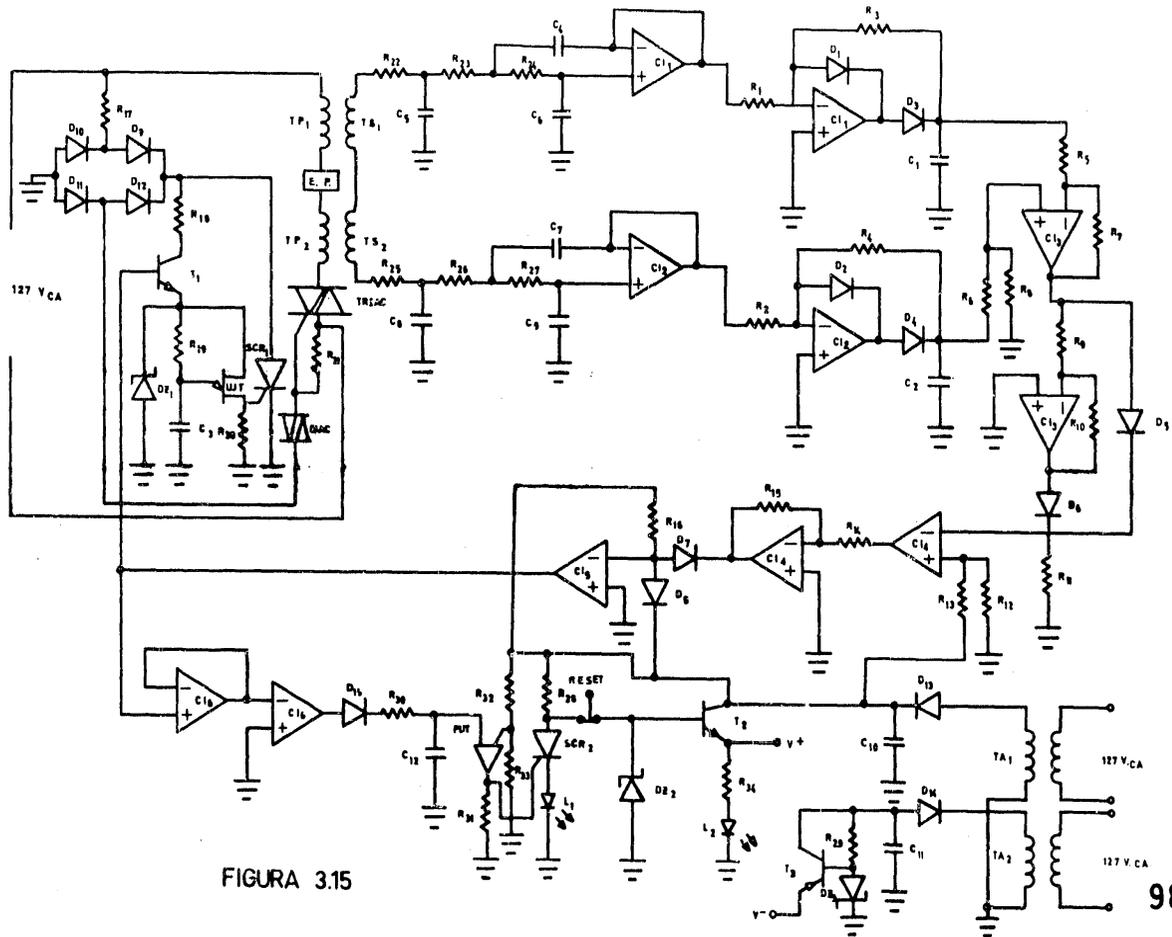


FIGURA 3.15

Lista de valores de los elementos que forman el -  
circuito de la figura 3.15:

$R_1$	=	12 K $\Omega$	$R_{22}$	=	12 K $\Omega$
$R_2$	=	12 K $\Omega$	$R_{23}$	=	12 K $\Omega$
$R_3$	=	12 K $\Omega$	$R_{24}$	=	12 K $\Omega$
$R_4$	=	12 K $\Omega$	$R_{25}$	=	12 K $\Omega$
$R_5$	=	12 K $\Omega$	$R_{26}$	=	12 K $\Omega$
$R_6$	=	12 K $\Omega$	$R_{27}$	=	12 K $\Omega$
$R_7$	=	12 K $\Omega$	$R_{28}$	=	150 $\Omega$
$R_8$	=	12 K $\Omega$	$R_{29}$	=	150 $\Omega$
$R_9$	=	12 K $\Omega$	$R_{30}$	=	330 $\Omega$
$R_{10}$	=	12 K $\Omega$	$R_{31}$	=	47 $\Omega$
$R_{11}$	=	560 $\Omega$	$R_{32}$	=	5.6 K $\Omega$
$R_{12}$	=	12 K $\Omega$	$R_{33}$	=	5.6 K $\Omega$
$R_{13}$	=	560 $\Omega$	$R_{34}$	=	680 $\Omega$
$R_{14}$	=	12 K $\Omega$	$D_1$	=	BY 127
$R_{15}$	=	12 K $\Omega$	$D_2$	=	"
$R_{16}$	=	1 K $\Omega$	$D_3$	=	"
$R_{17}$	=	10 K $\Omega$	.		
$R_{18}$	=	1 K $\Omega$	.		
$R_{19}$	=	47 $\Omega$	.		
$R_{20}$	=	47 $\Omega$	.		
$R_{21}$	=	47 $\Omega$	$D_{14}$	=	BY 127

D <sub>Z1</sub>	=	9.1 V	CI <sub>1</sub>	=	LM 747
D <sub>Z2</sub>	=	9.1 V	.		
D <sub>Z3</sub>	=	9.1 V	.		
T <sub>1</sub>	=	TIP 31	.		
T <sub>2</sub>	=	TIP 31	CI <sub>6</sub>	=	LM 747
T <sub>3</sub>	=	TIP 32	UJT	=	2A 4891
C <sub>1</sub>	=	10 $\mu$ F	PUT	=	2A 6027
C <sub>2</sub>	=	10 $\mu$ F	DIAC	=	TI 43
C <sub>3</sub>	=	10 $\mu$ F	SCR <sub>1</sub>	=	TIC 106 A
C <sub>4</sub>	=	1000 $\mu$ F	SCR <sub>2</sub>	=	TIC 106 A
C <sub>5</sub>	=	330 $\mu$ F	TRIAC	=	TIC 236 B
C <sub>6</sub>	=	47 $\mu$ F	L <sub>1</sub>	=	TIL 212
C <sub>7</sub>	=	1000 $\mu$ F	L <sub>2</sub>	=	TIL 212
C <sub>8</sub>	=	330 $\mu$ F	T <sub>A1</sub>	=	127V/12V:250 mA
C <sub>9</sub>	=	47 $\mu$ F	T <sub>A2</sub>	=	127V/12V:250 mA
C <sub>10</sub>	=	470 $\mu$ F	T <sub>P1</sub>	=	2V/30V : 1 A
C <sub>11</sub>	=	470 $\mu$ F	T <sub>P2</sub>	=	2V/30V : 1 A
C <sub>12</sub>	=	2 $\mu$ F	RESET	=	Botón p/restablecer

tiene el circuito de la etapa de potencia; y la tercera, es formada por el circuito restablecedor del relevador y las fuentes de alimentación del circuito de Control.

A continuación se dá el método que se siguió para obtener los circuitos impresos de las tarjetas:

- 1.- Se realiza la serigrafía de cada circuito; esto es dibujar en papel la disposición que tendrán los elementos de cada una de las tarjetas.
- 2.- Una vez hecha la serigrafía, se interconectan los elementos correctamente para obtener así un circuito el cual se le llamará positivo.
- 3.- Como este circuito es la vista superior de la tarjeta en la cual no puede haber conexión (pistas) - de los elementos, será necesario obtener un negativo.  
El método usado para obtener el negativo del cir--cuito antes mencionado fué el fotográfico.  
Este método consiste en que una vez que se ha obtenido el positivo, éste se monta sobre una película fotográfica a la cual se le expone por unos instan

tes a la luz de un foco, para en seguida bañarla, por 60 segundos aproximadamente, en una sustancia llamada "Revelador". Después de este tiempo, la película se cambia a una nueva sustancia denominada "Retenedor" por espacio de 20 segundos, inmediatamente se impregna la película de una sustancia llamada "Fijador" por 30 segundos. Una vez concluidos los pasos mencionados, la película es bañada en agua corriente para eliminar residuos de las sustancias antes mencionadas.

4.- Una vez obtenido el negativo, se coloca éste sobre una tarjeta de cobre, en este caso de fibra de vidrio de una cara, previamente preparada, es decir, limpia e impregnada con una sustancia llamada "Fotoresist".

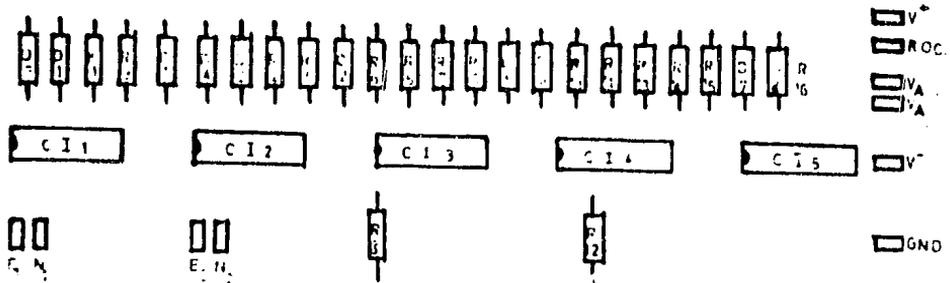
A continuación la tarjeta se expone junto con el negativo, sujetos en una prensa constituida por dos vidrios transparentes, a la luz ultravioleta por espacio de 30 minutos. (La exposición de la tarjeta a esta luz, debe hacerse en un cajón herméticamente cerrado para evitar los problemas que ocasiona la luz ultravioleta).

5.- Al concluir la exposición de la tarjeta a la luz se tienen las pistas de cada uno de los elementos plasmadas en ella. En seguida la tarjeta se introduce en Cloruro Férrico diluido en agua con el fin de eliminar el cobre no deseado y con esto obtener las pistas de conexión del circuito para que puedan ser montados los elementos.

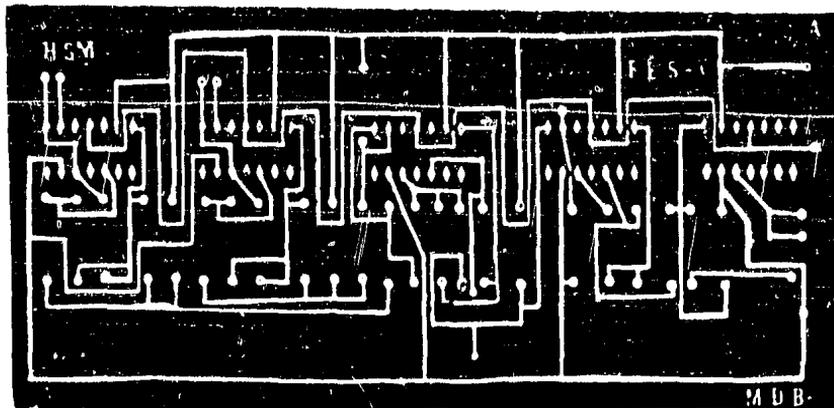
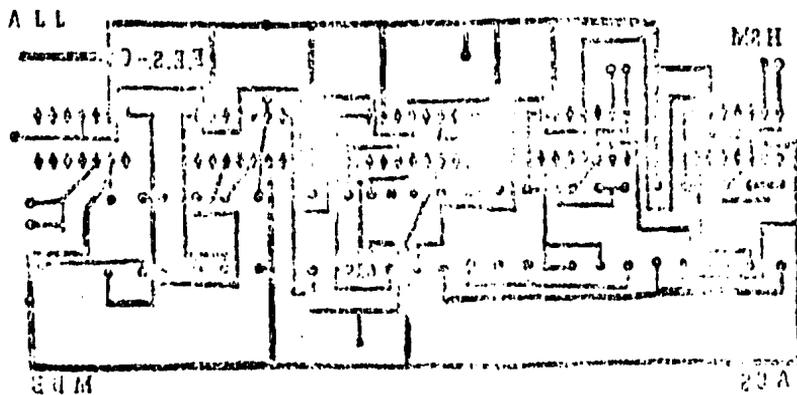
A continuación se ilustra la serigrafía, el circuito positivo y el circuito negativo de cada una de las tarjetas:

TARJETA No. 1 (Circuito de Control):

S E R I G R A F I A

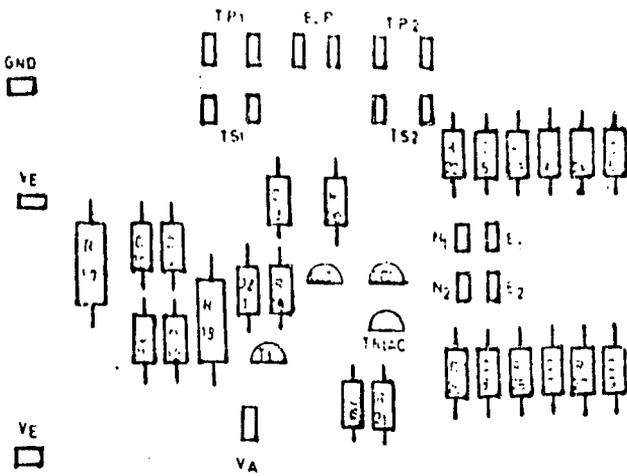


CIRCUITO POSITIVO

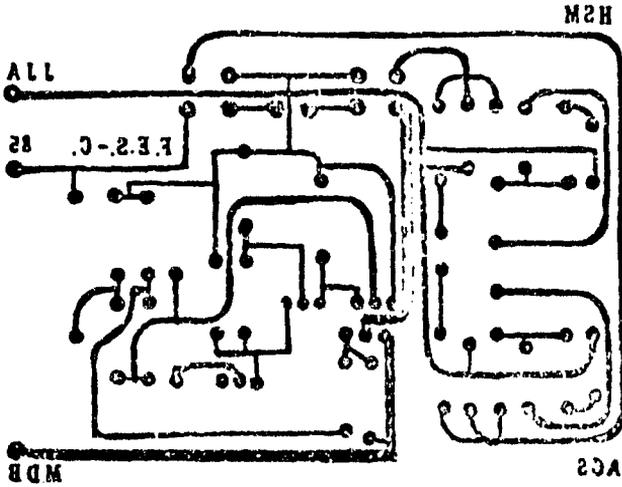


TARJETA NO. 2 (Circuito de la Etapa de Potencia):

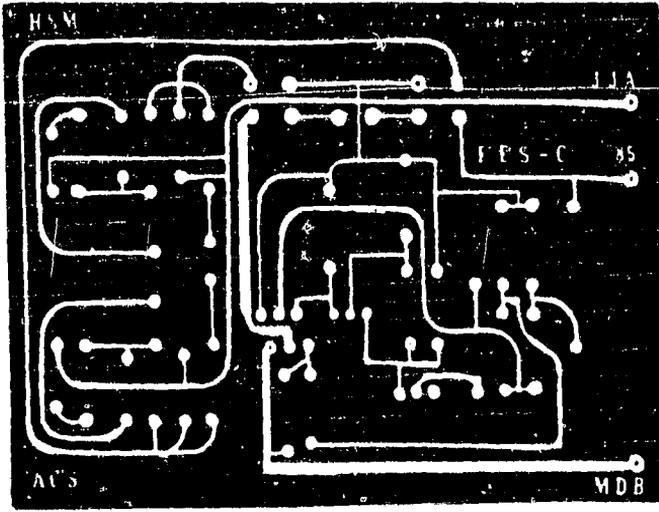
SERIGRAFIA



CIRCUITO POSITIVO

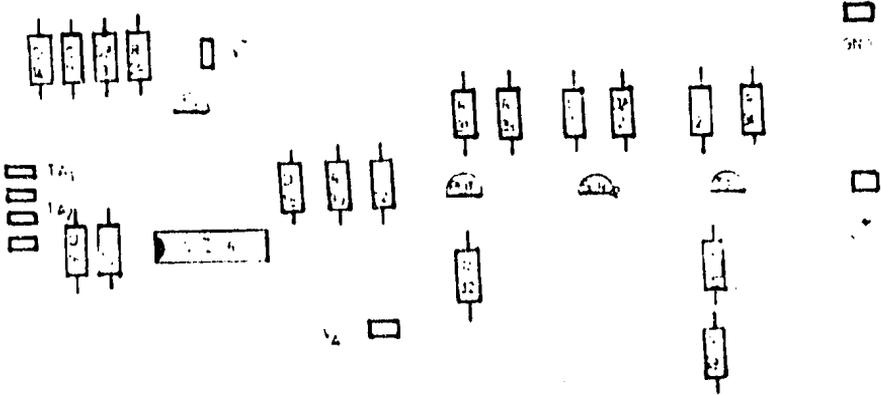


CIRCUITO NEGATIVO

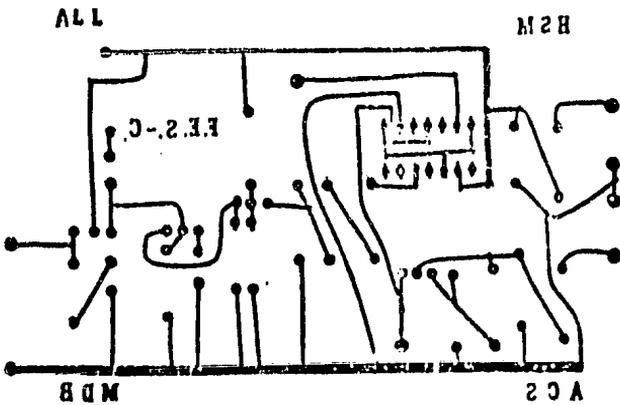


TARJETA No. 3 (Circuito Restablecedor y Fuentes de Alimentación):

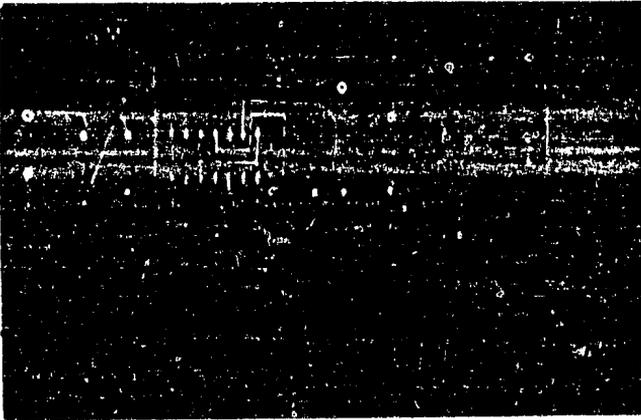
SERIGRAFIA



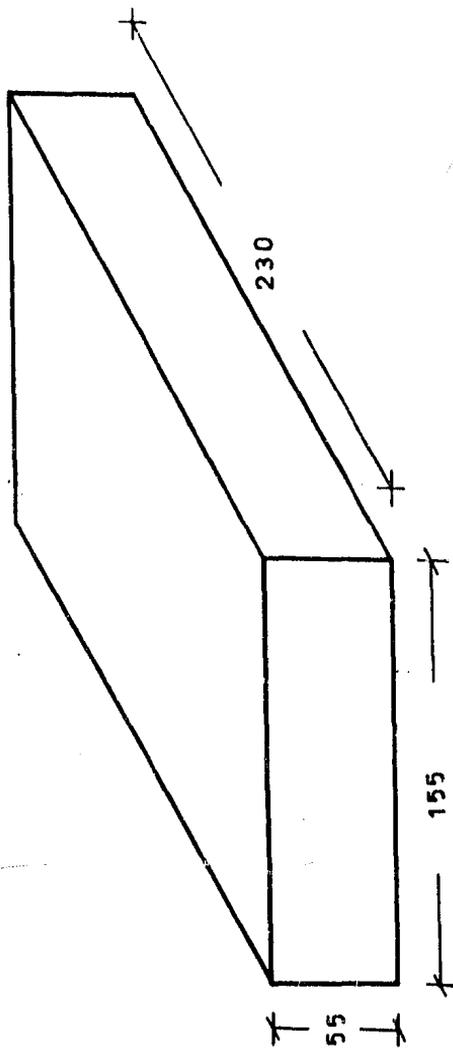
CIRCUITO POSITIVO



## CIRCUITO NEGATIVO



La figura 4.1 muestra las dimensiones del chasis - en donde fueron montados los circuitos y elementos constitutivos del relevador.



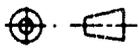
Escala: 1:0.5

F.E.S.-C.

UNAM.

SEP 05

ISOM.



CHASIS

ACT: mm.

FIG 4.1

## INTEGRACION DEL COSTO TOTAL .

Los materiales utilizados en la construcción del relevador -  
estático diferencial con equilibrio de porcentaje son:

Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Importe
33	Resistencias a 1/2W	\$ 7.00	\$ 231.00
1	Resistencia a 1W	16.00	16.00
15	Diodos	30.00	450.00
3	Diodos Zener	30.00	90.00
2	Diodos Emisores de Luz	40.00	80.00
3	Capacitores de 10 F	21.00	63.00
2	Capacitores de 47 F	22.00	44.00
2	Capacitores de 330 F	38.00	76.00
2	Capacitores de 470 F	60.00	120.00
2	Capacitores de 1000 F	50.00	100.00
6	Circuitos Integrados LM747	400.00	2400.00
2	SCR's	500.00	1000.00
1	TRIAC	800.00	800.00
1	DIAC	255.00	255.00
1	UJT	300.00	300.00
1	PUT	300.00	300.00
2	Transistores TIP 31	138.00	276.00

Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Importe
1	Transistor TIP 32	\$ 138.00	\$ 138.00
2	Transformadores 127/12 V	550.00	1100.00
2	Transformadores 2V/30V	600.00	1200.00
3	Tarjetas de Cobre	500.00	1500.00
1	Chasis	3000.00	3000.00
	<u>COSTO TOTAL</u>		<u>\$ 12239.00</u>

Esta Integración del Costo Total , hecha para no viembre de 1985, se dá como información adicional al lector.

# CAPITULO 5

---

---

## "MANUAL DE OPERACION Y DATOS DE PLACA"

### INSTRUCCIONES DE MANEJO:

Como este relevador sirve para proteger cargas ya sea del tipo resistivo o inductivo, la terminal de cualquiera de estas cargas se conecta en la entrada EP, la toma de la alimentación AL, se conecta a la línea, en este momento se enciende el Diodo emisor de luz  $L_2$  (verde) y por lo tanto el elemento protegido queda alimentado. En caso de que se encienda el diodo emisor de luz  $L_1$  (rojo), indica que el elemento protegido no está alimentado, por lo tanto es necesario presionar el botón de restablecimiento (RESET) para alimentarlo.

Cuando el elemento protegido está trabajando nor--

malmente, permanece encendido el diodo emisor de luz  $L_2$  (verde); Anora bien, en el momento de un corto circuito y mientras éste permanezca, estará encendido el diodo emisor de Luz  $L_1$  (rojo), el cual no se apagará hasta que el corto circuito no haya sido reparado.

Una vez que se ha reparado el corto circuito se tiene que presionar el botón de restablecimiento (RESET) hasta que el indicador de luz  $L_2$  (verde) esté nuevamente encendido.

#### CARACTERISTICAS DEL RELEVADOR ESTATICO DIFERENCIAL CON EQUILIBRIO DE PORCENTAJE.

##### DATOS DE PLACA:

Voltaje de Alimentación .....127 V c.a.  
Corriente Nominal ..... 1 A  
Corriente de Corto-Circuito .. 50 A  
Frecuencia .....50-60 Hz

# ***APENDICE***

---

---

# μA747

## DUAL FREQUENCY-COMPENSATED OPERATIONAL AMPLIFIER FAIRCHILD LINEAR INTEGRATED CIRCUITS

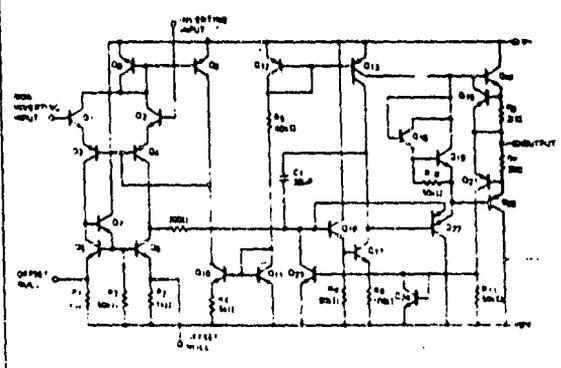
**GENERAL DESCRIPTION** - The μA747 is a pair of high performance monolithic Operational Amplifiers constructed using the Fairchild Planar<sup>®</sup> process. They are intended for a wide range of analog applications where board space or weight are important. High common mode voltage range and absence of latch-up make the μA747 ideal for use as a voltage follower. The high gain and wide range of operating voltage provides superior performance in integrator, summing amplifier, and general feedback applications. The μA747 is short circuit protected and requires no external components for frequency compensation. The internal 6 dB/octave roll-off ensures stability in closed loop applications. For single amplifier performance, see μA741 data sheet.

- NO FREQUENCY COMPENSATION REQUIRED
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OFFSET VOLTAGE NULL CAPABILITY
- LARGE COMMON MODE AND DIFFERENTIAL VOLTAGE RANGES
- LOW POWER CONSUMPTION
- NO LATCH-UP

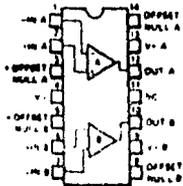
### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage	
Military (μA747A, μA747, μA747E)	±12 V
Commercial (μA747C)	±18 V
Internal Power Dissipation (Note 1)	
Metal Can	500 mW
DIP	675 mW
Differential Input Voltage	±30 V
Input Voltage (Note 2)	±18 V
Voltage between Offset Null and V-	±0.5 V
Storage Temperature Range	-65°C to +125°C
Operating Temperature Range	
Military (μA747A, μA747)	-55°C to +125°C
Commercial (μA747E, μA747C)	0°C to 70°C
Pin Temperature (Soldering 80 s)	300°C
Output Short-Circuit Duration (Note 3)	Indefinite

### EQUIVALENT CIRCUIT (1/2 μA747)

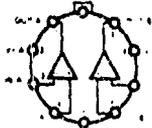


### CONNECTION DIAGRAMS 14-PIN DIP (TOP VIEW) PACKAGE OUTLINE 7A SA PACKAGE CODE D P



<b>ORDER INFORMATION</b>	
TYPE	PART NO
μA747A	μA747ADM
μA747	μA747DM
μA747E	μA747EDC
μA747C	μA747DC
μA747C	μA747DC
μA747-I	μA747-IDM
μA747-IC	μA747-IDC

### 16-PIN METAL CAN (TOP VIEW) PACKAGE OUTLINE 8N PACKAGE CODE H



<b>ORDER INFORMATION</b>	
TYPE	PART NO
μA747A	μA747AHM
μA747	μA747HM
μA747E	μA747EMC
μA747C	μA747CM
μA747-I	μA747-IHM
μA747-IC	μA747-IMC

**NOTE**  
V+ is internally connected to V-B for μA747A, μA747, μA747E, and μA747C. These are not internally connected for μA747-I and μA747-IC.

μA741C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS: Each Amplifier ( $V_{CC} = \pm 15\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified)

CHARACTERISTICS (see definitions)	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Offset Voltage	$R_f < 10\text{ k}\Omega$		1.0	5.0	mV
Input Offset Current			20	200	nA
Input Bias Current			80	500	nA
Input Resistance		0.3	2.0		M $\Omega$
Input Capacitance			1.4		pF
Output Voltage Adjustment Range			$\pm 15$		mV
Large Signal Voltage Gain	$R_L > 2\text{ k}\Omega$ , $V_{OUT} = \pm 10\text{ V}$	25,000	200,000		V/V
Output Resistance			75		$\Omega$
Output Short Circuit Current			25		mA
Supply Current			1.7	2.8	mA
Power Consumption			50	55	mW
Transient Response (Unity Gain)	Rise time	$V_{IN} = 25\text{ mV}$ , $R_L = 2\text{ k}\Omega$ , $C_L < 100\text{ pF}$	0.3		$\mu\text{s}$
	Overshoot		0.0		%
Slew Rate	$R_L > 2\text{ k}\Omega$		0.5		V/ $\mu\text{s}$
Channel Separation			120		dB

The following specifications apply for  $0^\circ\text{C} < T_A < +75^\circ\text{C}$ .

Input Offset Voltage	$R_f < 10\text{ k}\Omega$		1.0	7.5	mV
Input Offset Current			7.0	200	nA
Input Bias Current			0.03	0.9	$\mu\text{A}$
Input Voltage Range		$\pm 12$	$\pm 13$		V
Common Mode Rejection Ratio	$R_f < 10\text{ k}\Omega$	70	90		dB
Susceptibility Voltage Rejection Ratio	$R_f < 10\text{ k}\Omega$		30	150	$\mu\text{V/V}$
Large Signal Voltage Gain	$R_L > 2\text{ k}\Omega$ , $V_{OUT} = \pm 10\text{ V}$	15,000			V/V
	$R_L > 10\text{ k}\Omega$	$\pm 12$	$\pm 14$		V
Output Voltage Swing	$R_L > 2\text{ k}\Omega$	$\pm 10$	$\pm 13$		V
			2.0	3.3	mA
Supply Current			1.0	1.0	mA
Power Consumption			50	100	mW

## DIODOS RECTIFICADORES DE SILICIO

1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

Los diodos 1N4001 a 1N4007 constituyen un rango de rectificadores de silicio fabricados mediante difusión y encapsulados en plástico, están diseñados para aplicaciones de tipo general.

RESUMEN DE ESPECIFICACIONES							
	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007
$V_R$ máx.	50	100	200	400	600	800	1000 V
$V_{RRM}$ máx.	50	100	200	400	600	800	1000 V
Corriente directa, media	(También 65 a 75°C)			$I_F$ (AV) máx.		1	A
Temperatura de unión						$T_j$ máx.	175
							°C

$V_R$  = Tensión inversa continua

$V_{RRM}$  = Tensión inversa pico repetitiva

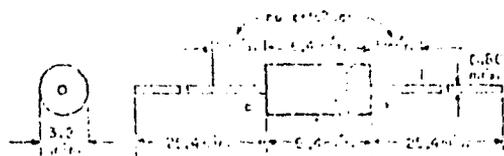
A menos que otra cosa se especifique los datos mostrados son aplicables a todos los tipos de la serie.

### ESPECIFICACIONES MECANICAS

Dimensiones en mm.

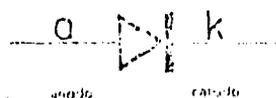
#### CAPCULA IP-15 (SOD 40)

La clave va impreso en el diodo



La banda de color indica el cátodo

símbolo



El símbolo en la capculla indica la topografía para la prueba de calor húmedo acelerado de la relación G82-1967 (prueba de severidad 1, 7 ciclos)

VALORES NOMINALES: los acuerdos con el Sistema de Valores Absolutos, IEC 134)

Tensiones	BY126M	BY127M
Tensión máxima pico a pico repentina	V <sub>RRM</sub> máx. 650	1250 V
Tensión máxima pico a pico efectiva	V <sub>RRM</sub> máx. 650	1250 V
Tensión máxima pico a pico de trabajo	V <sub>PRM</sub> máx. 450	800 V

**Corrientes**

Corriente directa máxima para circuitos R y L (pulsos = media en un período de 20 ms; ver gráfico 2 de trabajo)	I <sub>F</sub> (AV) máx.	1	A
Corriente directa pico repentina	I <sub>FRM</sub> máx.	10	A
Corriente directa pico efectiva (t = 10 ms, media en un periodo)	I <sub>F(S)</sub> máx.	40	A

**Temperaturas**

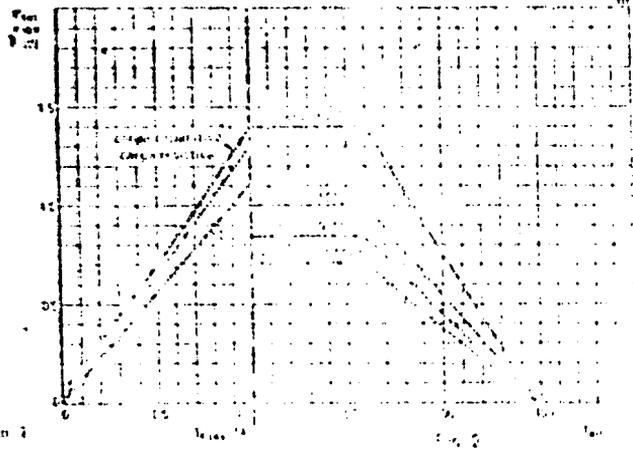
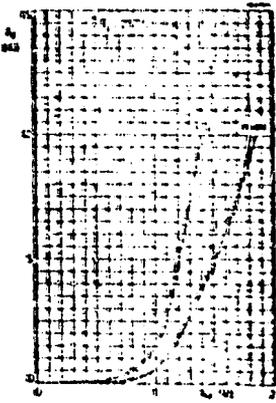
Temperatura de almacenamiento	T <sub>stg</sub>	-65 a +150	°C
Temperatura de la unión	T <sub>j</sub>	150	°C

**RESISTENCIA TÉRMICA**

Ver página 4

**CARACTERÍSTICAS (T<sub>j</sub> = 25°C)**

Tensión directa I <sub>F</sub> = 1 A	V <sub>F</sub>	<	1.1	V
I <sub>F</sub> = 5 A	V <sub>F</sub>	<	1.5	V <sup>(1)</sup>
Corriente inversa V <sub>R</sub> = V <sub>RRM</sub> máx.	I <sub>R</sub>	<	10	μA



<sup>(1)</sup> Medida en condiciones de pulsos con ciclo de trabajo de 10%.

## DIODOS RECTIFICADORES DE SILICIO

BY126M BY127M

Diodos rectificadores de silicio de doble difusión encapsulados en plástico diseñados para emplearse en fuentes de poder de aparatos domésticos y equipos industriales.

### RESUMEN DE ESPECIFICACIONES

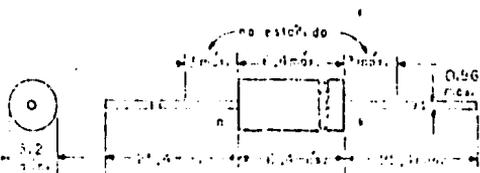
	BY126M	BY127M
Tensión inversa pico repetitiva	$V_{RRM}$ máx. 650	1250 V
Corriente directa media	$I_F(AV)$ máx. 1	1 A
Corriente directa pico no repetitiva	$I_{FSM}$ máx. 30	3 A
Temperatura de la unión	$T_j$ máx. 150	90

### ESPECIFICACIONES MECANICAS

Dimensiones en mm

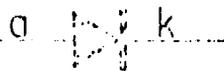
(CAPSULA DO 15 (50D 40))

La clave va impresa en el diodo



Ver los detalles en el extremo del dibujo

SIMBOLO



El sellado de la cubierta plástica soporta la prueba de valor huecado acelerado de la unión (norma 68 2 de la IEC (prueba D, reverencia IV, C ciclos).

A-1

VALORES LÍMITES (de acuerdo con el Sistema de Valores Máximos Absolutos II C134)

Tensiones	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007
$V_R$ máx.	50	100	200	400	500	800	1000 V
$V_{RRM}$ máx.	50	100	200	400	500	800	1000 V

Corrientes

Corriente directa media rectificada de media onda

	$T_{amb} < 75^{\circ}C$	$T_{amb} < 100^{\circ}C$	$I_F(AV)$ máx.	1	A
Corriente directa de C.C.			$I_F$	máx. 0.75	A
Corriente directa pico repetitiva			$I_{FRM}$	máx. 10	A
Corriente directa pico no repetitiva (semiciclo transitorio, 60 Hz)			$I_{FSM}$	máx. 30	A

Temperaturas

Temperatura de almacenamiento	$T_{slg}$	65 a 175	$^{\circ}C$
Temperatura de la unión	$T_j$	máx. 175	$^{\circ}C$

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (Tamb = 75°C a menos que se indique lo contrario)

Caída de tensión directa

$I_F = 1 A$ de C.C.	$V_F$	máx.	1.1	V
---------------------	-------	------	-----	---

Ciclo completo de la caída de tensión directa promedio

$I_{F(AV)} = 1 A$	$V_{F(AV)}$	máx.	0.8	V
-------------------	-------------	------	-----	---

Corriente inversa

$V_R = \text{máx.}, T_{amb} = 25^{\circ}C$	$I_R$	máx.	10	$\mu A$
$T_{amb} = 100^{\circ}C$	$I_R$	máx.	50	$\mu A$

Ciclo completo de la corriente inversa promedio

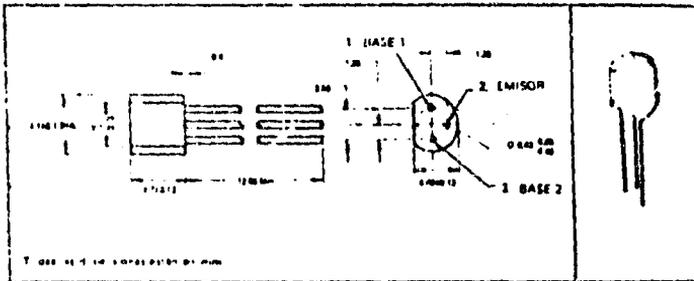
$V_{RRM} = \text{máx.}, T_{amb} = 75^{\circ}C$	$I_{R(AV)}$	máx.	30	$\mu A$
--	-------------	------	----	---------

TRANSISTORES MONOCAPITULARES PLANARES DE SILICIO

- 2A4891 PARA USOS GENERALES
  - 2A4892 PARA CIRCUITOS OSCILADORES DE ALTA FRECUENCIA
  - 2A4893 PARA CIRCUITOS DE DISPARO DE TIRISTORES
  - 2A4894 PARA LARGOS RETARDOS DE TIEMPO
- EL PRECIO PLANAR LES OTORGA BAJAS PERDIDAS, BUEN COMPORTAMIENTO A BAJAS CORRIENTES DE EXCITACION Y UNA ALTA CONFIABILIDAD

INFORMACION MECANICA

Estos transistores estan encapsulados en un compuesto plastico especificamente formulado para tal fin, utilizando un proceso altamente mecanizado desarrollado por Texas Instruments. La capsula soporta temperaturas de almacenamiento y funcionamiento. Estos dispositivos presentan características establecidas bajo condiciones de alta humedad y se suministran a la luz.



VALORES MAXIMOS ABSOLUTOS A 25°C DE TEMPERATURA AMBIENTE (SALVO INDICACION CONTRARIA)

Tensión máxima Emisor .....	-30V
Tensión máxima Base .....	Ver nota 1
Corriente continua de emisor .....	50mA
Corriente continua de emisor (Ver nota 2) .....	1A
Corriente continua del dispositivo a lo delatado 25°C de temperatura ambiente (Ver nota 3) .....	360mW
Rango de temperatura de almacenamiento .....	-65°C a 150°C
Temperatura en terminales a 1.6 mm de la capsula durante 10 seg. ....	260°C

- NOTAS: 1. La tensión en la Base está limitada únicamente por la disipación de potencia  $V_{BE} I_B = \sqrt{100 \cdot P_T}$
2. Este valor se aplica para el descarga de un capacitor a través del diodo emisor-base. El corriente debe ser a 0.37 A dentro de 1 ms y la repetición de puros debe ser menor que 10 pps.
3. El coeficiente de temperatura hasta 150°C de temperatura ambiente es un promedio de 2.88 mW/°C.

TRANSISTORES MONOHIBRIDOS Y ANÁLOGOS DE SILICIO

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS A 25°C DE TEMPERATURA AMBIENTE (SALVO INDICACION CONTRARIA)

PARÁMETRO	CONDICIONES DE PRUEBA	1N4881		1N4882		1N4883		1N4884		UNIDAD		
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX			
$I_{CO}$	Resistencia emisor-base	$V_{BE} = -1V, I_B = 0$		4	51	4	51	4	12	4	12	$\mu A$
$\beta_{DC}$	Criterio de temperatura de la resistencia emisor-base	$V_{BE} = -1V, I_B = 0$		0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	%/°C
$V_{CE(sat)}$	Región lineal	$V_{BE} = 0.7V, I_B = I_{CO}$		0.5	0.6	0.55	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	V
$I_{C(sat)}$	Criterio de temperatura	$V_{BE} = 0.7V, I_B = I_{CO}$		12	10	12	10	12	10	12	10	$\mu A$
$V_{CE(sat)}$	Criterio de temperatura	$V_{BE} = 0.7V, I_B = I_{CO}$		0.5	0.6	0.55	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	V
$V_{CE(sat)}$	Criterio de temperatura	$V_{BE} = 0.7V, I_B = I_{CO}$		0.5	0.6	0.55	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	V
$V_{CE(sat)}$	Criterio de temperatura	$V_{BE} = 0.7V, I_B = I_{CO}$		0.5	0.6	0.55	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	V
$V_{CE(sat)}$	Criterio de temperatura	$V_{BE} = 0.7V, I_B = I_{CO}$		0.5	0.6	0.55	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	V
$V_{CE(sat)}$	Criterio de temperatura	$V_{BE} = 0.7V, I_B = I_{CO}$		0.5	0.6	0.55	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	V
$V_{CE(sat)}$	Criterio de temperatura	$V_{BE} = 0.7V, I_B = I_{CO}$		0.5	0.6	0.55	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	V

- NOTAS: a. El coeficiente de temperatura  $\beta_{DC}$  será determinado por la siguiente fórmula:  $\beta_{DC} = \left[ \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta_{DC}(25^\circ C)}} \right] \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta_{DC}(T)}} \cdot 100$
- b. Para obtener  $\beta_{DC}$  para una temperatura dada  $T_A(^\circ C)$  usar la siguiente fórmula:  $\beta_{DC} = \beta_{DC}(25^\circ C) \cdot \left[ \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta_{DC}(25^\circ C)}} \right] \cdot \left[ \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta_{DC}(T)}} \right]$
- c. En los parámetros están medidos usando técnica de pulso  $I_B = 200 \mu A$ , ciclo  $\leq 2^\circ$

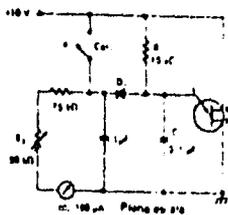


FIGURA 1. CIRCUITO DE PRUEBA PARA LA RELACION INTRINSECA

$\eta = \text{Relación intrínseca} = \text{Este parámetro se define en función de la tensión del punto base, } V_B \text{ por medio de la relación } I_C = \eta V_{BE} + V_p \text{ donde } V_p \text{ es aproximadamente 0.66 volts a } 25^\circ C \text{ y disminuye con la temperatura alrededor de } 2 \text{ mV/}^\circ C$

La figura muestra el circuito usado para medir  $\eta$ . En este circuito,  $R_1, C_1$  y el transistor  $1N4881$  forman un oscilador de astable y el resto del circuito sirve como detector de tensión de co con el diodo  $D_1$  suministrando automáticamente la tensión  $V_B$ . Para usar el circuito se elimina el diodo "cal" y  $R_2$  se ajusta para hacer que el microamperímetro  $M_1$  sea a plena escala. Entonces se aplica el hazón "cal" y el valor de  $\eta$  en  $\mu A$  es directamente en el amperímetro, con  $\eta = 1$  correspondiendo a plena deflexión de 100  $\mu A$ .

$D_1: 1N487$ , o equivalente, con las características siguientes:

$V_f = 0.660 \text{ V a } I_f = 50 \mu A$

$I_A \leq 3 \mu A$  o  $V_B = 20 \text{ V}$

1.1 CARACTERÍSTICAS Y PRUEBAS PLANARIAS DE SILICIO

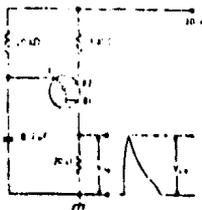


FIGURA 2 - VOB1 CIRCUITO DE PRUEBA

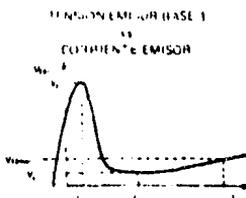


FIG. 3 - CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DEL EMISOR

RESISTENCIA ESTÁTICA ENTRE BASES

VS TEMPERATURA AMBIENTE

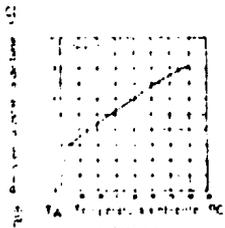


FIGURA 4

CORRIENTE NÓMICA DE EMISOR

VS TEMPERATURA AMBIENTE

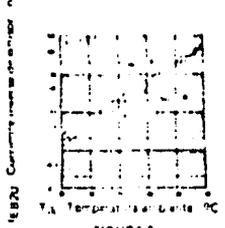


FIGURA 5

TENSION EMISOR BASE

VS TEMPERATURA AMBIENTE

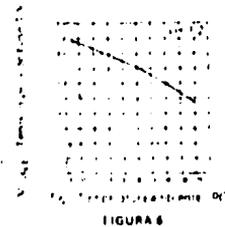


FIGURA 6

CORRIENTE MEDIANA ENTRE BASES

VS TENSION ENTRE BASES

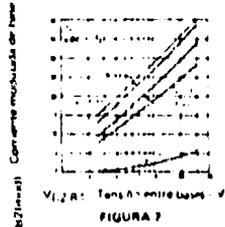


FIGURA 7

Fig. 5. I\_{BE} = 300 mA en todas las temperaturas de prueba. I\_{C} = 300 mA, estado de trabajo C-27°C



REVISADO POR: DR. FRANCISCO J. GARCÍA  
 ELABORADO POR: DR. FRANCISCO J. GARCÍA

SECCION DE PRODUCCION DE SIEMPRE DE SIMPLY DESIGN

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS A 25°C DE TEMPERATURA DE LA CAPSULA

PARAMETRO	CONDICIONES DE PRUEBA		TOLERANCIA		DIFERENCIAL		TOLERANCIA		UNIDAD
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
Tensión de trabajo	$V_{in} = 100V$	$I_{in} = 0$	$\pm 0.5\%$		$\pm 0.1$		$\pm 100V$		V
Corriente de trabajo	$V_{in} = 100V$	$I_{in} = 0$	$\pm 0.1$		$\pm 0.3$				mA
	$V_{in} = 100V$	$I_{in} = 0$					$\pm 0.1$	$\pm 0.3$	
Consumo de potencia	$V_{in} = 100V$	$V_{out} = 0$	$\pm 0.2$						mA
	$V_{in} = 100V$	$V_{out} = 0$			$\pm 0.2$				
	$V_{in} = 100V$	$V_{out} = 0$					$\pm 0.2$		
	$V_{in} = 100V$	$V_{out} = 0$						$\pm 0.2$	
Tensión de salida	$V_{in} = 100V$	$I_{in} = 0$	$\pm 1$		$\pm 1$		$\pm 1$		mV
Corriente de salida	$V_{in} = 100V$	$I_{in} = 0$	25	25	25	25			
	$V_{in} = 100V$	$I_{in} = 0$	10	10	10	10	10	10	
Tensión de regulación	$V_{in} = 100V$	$I_{in} = 0$	$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		mV
Tensión de regulación	$V_{in} = 100V$	$I_{in} = 0$	$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		mV
Tensión de regulación	$V_{in} = 100V$	$I_{in} = 0$	$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		mV
Tensión de regulación	$V_{in} = 100V$	$I_{in} = 0$	$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		mV
Tensión de regulación	$V_{in} = 100V$	$I_{in} = 0$	$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		mV
Tensión de regulación	$V_{in} = 100V$	$I_{in} = 0$	$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		mV
Tensión de regulación	$V_{in} = 100V$	$I_{in} = 0$	$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		$\pm 0.5$		mV

1. El presente documento describe las características eléctricas de la capsula de la familia 7800, en condiciones de prueba de laboratorio a 25°C de temperatura ambiente.  
 2. Las tolerancias de los componentes de la capsula de la familia 7800, en condiciones de prueba de laboratorio a 25°C de temperatura ambiente, son las siguientes:  
 a. Resistencias:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100Ω y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10Ω y 100Ω,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1Ω y 10Ω.  
 b. Capacitores:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100pF y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10pF y 100pF,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1pF y 10pF.  
 c. Transistores:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100mA y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10mA y 100mA,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1mA y 10mA.  
 d. Diodos:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100mA y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10mA y 100mA,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1mA y 10mA.  
 e. Resistencias de contacto:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100Ω y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10Ω y 100Ω,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1Ω y 10Ω.  
 f. Capacitores de contacto:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100pF y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10pF y 100pF,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1pF y 10pF.  
 g. Transistores de contacto:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100mA y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10mA y 100mA,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1mA y 10mA.  
 h. Diodos de contacto:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100mA y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10mA y 100mA,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1mA y 10mA.

TERMINALES TÉRMICAS

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Temperatura ambiente	25	°C
Temperatura de la capsula	25	°C

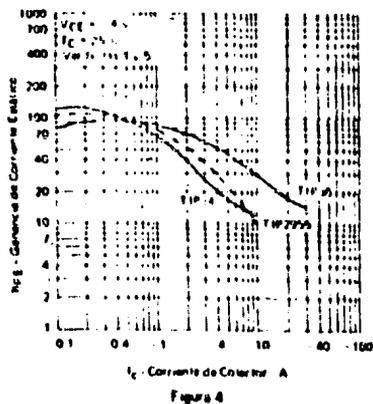
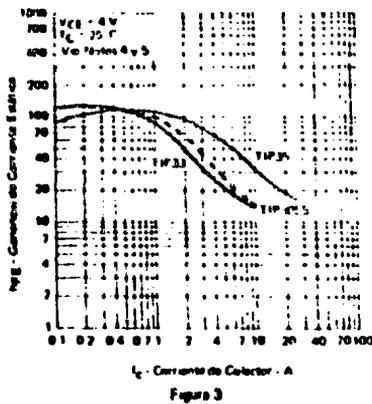
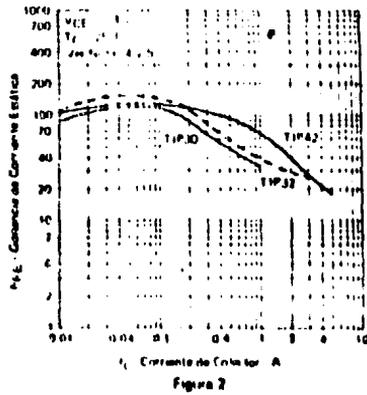
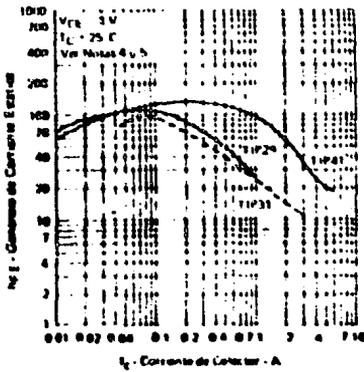
TERMINALES DE CONMUTACION A 25°C DE TEMPERATURA DE LA CAPSULA

PARAMETRO	CONDICIONES DE PRUEBA		TOLERANCIA		DIFERENCIAL		TOLERANCIA		UNIDAD
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
Tensión de trabajo	100V	100V	100V	100V	100V	100V	100V	100V	V
Corriente de trabajo	100mA	100mA	100mA	100mA	100mA	100mA	100mA	100mA	mA

1. El presente documento describe las características eléctricas de la capsula de la familia 7800, en condiciones de prueba de laboratorio a 25°C de temperatura ambiente.  
 2. Las tolerancias de los componentes de la capsula de la familia 7800, en condiciones de prueba de laboratorio a 25°C de temperatura ambiente, son las siguientes:  
 a. Resistencias:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100Ω y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10Ω y 100Ω,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1Ω y 10Ω.  
 b. Capacitores:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100pF y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10pF y 100pF,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1pF y 10pF.  
 c. Transistores:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100mA y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10mA y 100mA,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1mA y 10mA.  
 d. Diodos:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100mA y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10mA y 100mA,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1mA y 10mA.  
 e. Resistencias de contacto:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100Ω y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10Ω y 100Ω,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1Ω y 10Ω.  
 f. Capacitores de contacto:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100pF y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10pF y 100pF,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1pF y 10pF.  
 g. Transistores de contacto:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100mA y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10mA y 100mA,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1mA y 10mA.  
 h. Diodos de contacto:  $\pm 1\%$  para valores nominales de 100mA y superiores,  $\pm 2\%$  para valores nominales de 10mA y 100mA,  $\pm 5\%$  para valores nominales de 1mA y 10mA.

TIPOS TIP20, TIP21, TIP22, TIP23, TIP24, TIP25, TIP26, TIP27  
 TIPOS TIP30, TIP32, TIP33, TIP34, TIP35, TIP36 - PNP  
 TRANSISTORES DE POTENCIA DE UNIÓN DE SIMPLE UNIÓN

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

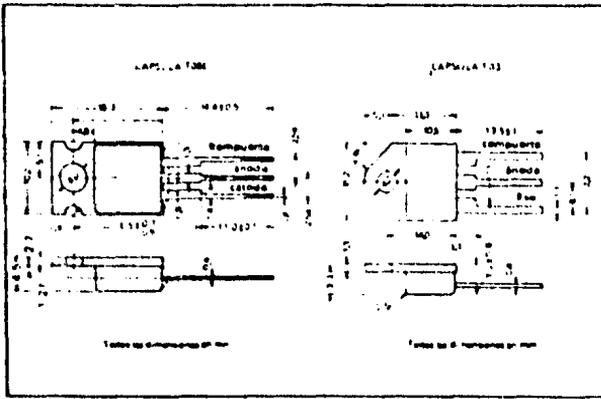


- NOTAS: 1. Estos parámetros deben ser verificados utilizando idénticos métodos de prueba,  $I_C \leq 300$  mA,  $V_{CE} \leq 3$  V.  
 El ancho del pulso debe ser tal que distribuya o reduzca a la mitad no más el cambio mayor que la precisión requerida en la medición.  
 2. Estos parámetros se miden con los conductores en el punto de conexión independiente para evitar el error introducido por la caída en los conductores que suministran corriente al transistor.

TIPOS TIC106, TIC116, TIC126

TRISTORES UNIDIRECCIONALES DE SILICIO PNP

SINTESIS DE CARACTERISTICAS



TIPO	Ic (I) A	VDRM (VI) (2)								I pico tr. de anodo (3)	IGT max. µA	CAPSUL
		30	50	100	200	300	400	500	600			
TIC106	5	Y	F	A	B	C	D			30 A	200	T066
TIC116	8		F	A	B	C	D	E	M	80 A	20 (10)	T066
TIC126	12		F	A	B	C	D	E	M	100 A	20 (10)	T066

- NOTAS
- 1 Estos valores están dados para corriente continua con carga resistiva.
  - 2 Estos valores están dados para una resistencia de estado constante  $R_{\theta j-c} = 1 \text{ K}^\circ\text{C/W}$ .
  - 3 Estos valores se aplican para medio ciclo de onda de 50 Hz. Cuando el dispositivo está operando a la mitad de los valores máx. especificados en términos de corriente máxima y corriente directa de anodo. El transistor puede repetirse después que el dispositivo haya retornado a su equilibrio térmico original.

TRANSISTORES UNIDIFUNCIONALES DE SILICIO PNP

VALORES MAXIMOS ABSOLUTOS VALIDOS EN EL RANGO DE TEMPERATURA DE OPERACION

PARAMETROS	TIC10BY	TIC10BF	TIC10CA	TIC10CB	TIC10CC	TIC10CD	UNIDADES
V <sub>BR</sub> Tensión p-p en repetitiva de bloqueo de (nota 1)	30	50	100	200	300	400	V
V <sub>BR</sub> Tensión p-p en repet	30	50	100	200	300	400	V
Corriente continua de I <sub>B</sub> (o de fuga) de 80°C de temp. en la cápsula	5						A
Corriente directa media (avg. de cond. 180°C) a (o de fuga) de 80°C de temp. de cápsula	32						A
Corriente trans. directa (nota 2)	30						A
Corriente p-p. pos. de completa liberación del pulso (300 μs)	0.2						A
Disipación de pot. p-p. de emp. en (I <sub>B</sub> = pulso < 500 μs)	13						W
Disipación de potencia media en la cáps. (nota 3)	0.1						W
Rango de temperatura ambiente de operación	50 a 110						°C
Rango de temperatura de almacenamiento	-55 a 125						°C
Temp. máxima en la T <sub>C</sub> (max. de cap. en 10 seg)	75						°C

CARACTERISTICAS ELECTRICAS A 25°C DE TEMP. AMBIENTE (VALORES DE OPERACION EN CI RC)

PARAMETROS	CONDICIONES DE PRUEBA	MIN.	TYP.	MAX.	UNID.
I <sub>CEO</sub> Cor. p-p. repetitiva de fuga	V <sub>CB</sub> = V <sub>CE</sub> ind. R <sub>L</sub> = 1 KΩ; T <sub>C</sub> = 25°C			400	μA
I <sub>CEM</sub> Cor. p-p. en repetitiva	V <sub>CB</sub> = V <sub>CE</sub> ind. I <sub>B</sub> = 0; T <sub>C</sub> = 85°C			1	mA
I <sub>CS</sub> Corriente de disp. de comp.	V <sub>AA</sub> = 6V R <sub>L</sub> = 10KΩ; t <sub>CS</sub> > 20 μs		0.1	200	μA
V <sub>CS</sub> Tensión de disparo de comp.	V <sub>AA</sub> = 6V R <sub>L</sub> = 10KΩ; R <sub>CS</sub> = 1 KΩ; t <sub>CS</sub> = 20 μs; T <sub>C</sub> = -40°C			12	V
	V <sub>AA</sub> = 6V R <sub>L</sub> = 10KΩ; R <sub>CS</sub> = 1 KΩ; t <sub>CS</sub> = 20 μs; T <sub>C</sub> = 25°C	0.4	0.6	1	V
	V <sub>AA</sub> = 6V R <sub>L</sub> = 10KΩ; R <sub>CS</sub> = 1 KΩ; t <sub>CS</sub> = 20 μs; T <sub>C</sub> = 85°C	0.2			V
	V <sub>AA</sub> = 6V R <sub>L</sub> = 10KΩ; R <sub>CS</sub> = 1 KΩ; t <sub>CS</sub> = 20 μs; T <sub>C</sub> = -40°C				V
I <sub>C</sub> Corriente de mantenimiento	V <sub>AA</sub> = 6V R <sub>L</sub> = 1 KΩ; T <sub>C</sub> = -40°C; I <sub>base</sub> = 10 mA			0	mA
	V <sub>AA</sub> = 6V R <sub>L</sub> = 1 KΩ; I <sub>base</sub> = 10 mA			5	mA
V <sub>CEM</sub> Tensión p-p en directa	I <sub>CS</sub> = 5A (tr. 10 μs)			1.7	V
V <sub>CE</sub> Var. crit. de la tens. de fuga	V <sub>CB</sub> = V <sub>CE</sub> ind. R <sub>L</sub> = 1 KΩ; T <sub>C</sub> = 25°C		10		V

CARACTERISTICAS DE CONMUTACION A 25°C DE TEMP. AMBIENTE

PARAMETROS	COND. DE PRUEBA	MIN.	TYP.	MAX.
t <sub>q</sub> Tiempo de ascenso cont. de comp.	V <sub>BB</sub> = 3V; R <sub>1</sub> = 10Ω; I <sub>B</sub> = 5 mA; V <sub>CE</sub> = 50V	1.75		
t <sub>q</sub> Tiempo de caída del colector del circ.	V <sub>BB</sub> = 3V; R <sub>1</sub> = 10Ω; I <sub>B</sub> = 3A	7.7		

CARACTERISTICAS TERMICAS

PARAMETROS	MIN.	TYP.
High level therm. dissipation	35	100
High level therm. dissipation	12.5	15

**DIODOS DE SILICIO TIPO TI 43Y DE AVALANCHA CONTROLADA**



**USADO PARA DISPARO DE SCR'S Y TRIACS**

Rangos máximos absolutos a 100°C ambiente

Disipación de potencia promedio

100 mW

Corriente pico

15 Amp. 10 - 50µs de duración

Características eléctricas a 25°C ambiente

$BI_F$  y  $BI_R$  corriente directa e inversa

100 mA

$BV_F$  y  $BV_R$  Voltaje directo e inverso

32.4 V

Voltaje de ruptura a 25°C ambiente

$\Delta V_F = BV_F$  Voltaje mínimo directo a  $I_F$

10 mA 5 V

$\Delta V_R = BV_R$  Voltaje mínimo inverso a  $I_R$

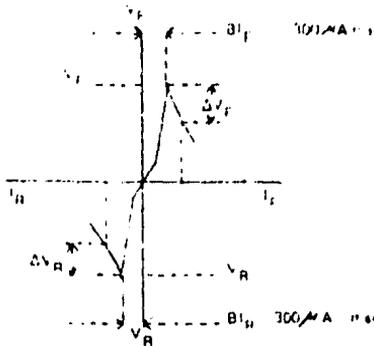
10 mA 5 V

$BV_F = BV_R \pm 3\%$

Característica de temperatura de 25°C a 100°C

TC conforme de temperatura vs voltaje de puentes

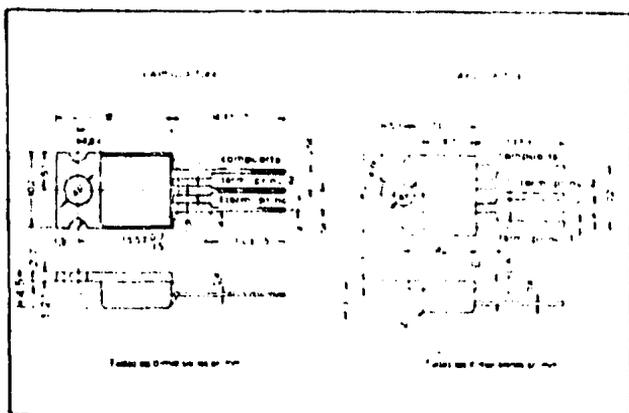
ITIP1 0.02 %/°C



A-5

TIPOS TIC206, TIC216, TIC226, TIC236, TIC246  
 TIRISTORES BIDIRECCIONALES TRIACOS DE SILICIO

SINTESES DE CARACTERISTICAS



DESCRIPCION

Este dispositivo es un tiristor bidireccional en el cual puede ser disparado (de bloqueo a conducción) por una de las compuertas positiva o negativa independientemente. Si el terminal principal polarizado también positiva o negativamente.

TIPO	TIC206			TIC216			TIC226		TIC236		TIC246		Unidades
	A	B	D	A	B	D	B	D	B	D	B	D	
Tensión pico de bloqueo en la comp. variable	100	200	400	100	200	400	200	400	200	400	200	400	V
Corriente promedio en la comp. variable	3			6			8		12		16		A
Capacitancia	T066			T066			T066		T066		T066		

TIPOS TIC236, TIC248

TIRISTORES BIDIRECCIONALES (TRIACS) DE SILICIO

VALORES MAXIMOS ABSOLUTOS EN EL RANGO DE TEMPERATURA DE OPERACION  
(SALVO INDICACION CONTRARIA)<sup>1</sup>

PARAMETROS		TIC 236	TIC 248	UNIDAD		
		S D P I D				
V <sub>ORM</sub>	Tension pico repetitiva de bloqueo. Nota 1	200	430	700	400	V
I <sub>TRM</sub>	Corriente directa efectiva de onda completa a no deberai de 700°C de temperatura capsula. Nota 2					
I <sub>TRM</sub>	Pico de corriente transitoria directa. Onda senoidal completa. Nota 2	12	16			A
I <sub>RM</sub>	Corriente pico de corriente	± 1	± 1			A
	Rango de temperatura ambiente de operacion	- 40 a +110				°C
	Rango de temperatura de almacenamiento	- 40 a +125				°C
	Temperatura de los terminales a 10 mm de la capsula durante 10 segundos	230				°C

<sup>1</sup> Todos los valores de tension estan referidos al nivel de aislacion.

NOTAS:

1. Estos valores se aplican a tiristores bidireccionales de onda completa de onda senoidal de 50/60 Hz con un factor de potencia de 0,75 (COS φ = 0,75).
2. Estos valores se aplican para un ciclo de trabajo de onda senoidal de 50/60 Hz con una potencia efectiva de 1200 W distribuida linealmente en la onda senoidal de onda completa que entra en la capsula. En el caso de onda senoidal de onda completa de 50/60 Hz para el TIC 236 y 400 mA para el TIC 248.
3. El nivel de aislamiento para el nivel de temperatura de almacenamiento de los dispositivos es de 1000 V en el rango de temperatura de operacion y de 1250 V en el rango de temperatura de almacenamiento. El nivel de aislamiento de los dispositivos de onda completa es de 1000 V en el rango de temperatura de operacion y de 1250 V en el rango de temperatura de almacenamiento.

CARACTERISTICAS TERMICAS

PARAMETRO	SERIES TIC236	SERIES TIC248	UNID
	MAX	MAX	
R <sub>thJC</sub>	1	1,9	°C/W
R <sub>thJA</sub>	67,5	62,5	°C/W

## TIRISTORES BIDIRECCIONALES (TRIACS) DE SILICIO

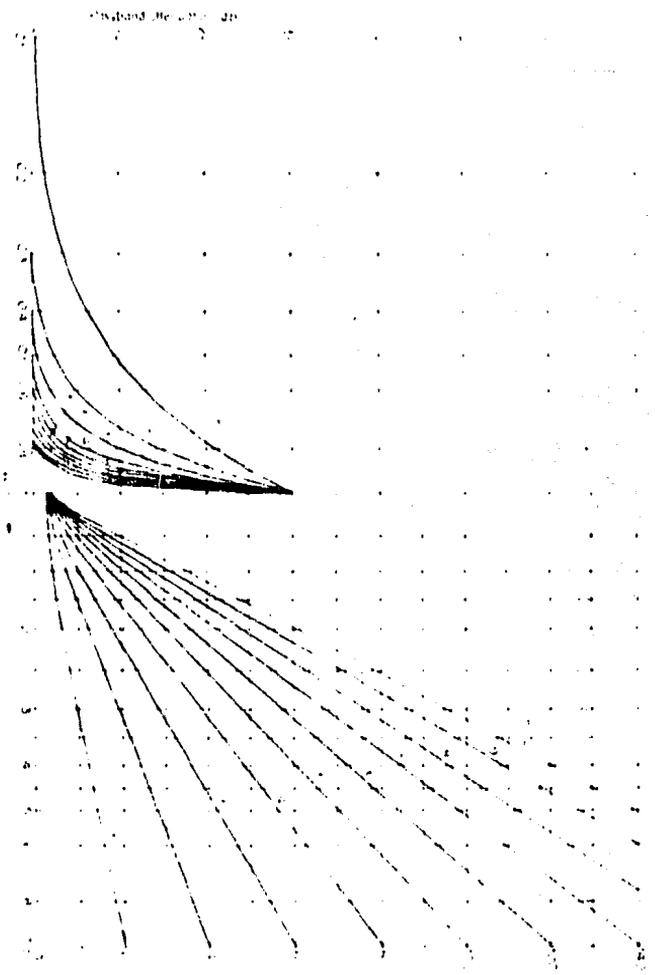
CARACTERISTICAS ELECTRICAS A 25°C DE TEMPERATURA AMBIENTE  
(SALVO INDICACION CONTRARIA)\*

PARAMETRO	CONDICIONES DE PRUEBA	SERIES	SERIES	Unid.
		TIC236 T.P. MAX.	TIC248 T.P. MAX.	
$I_{ORM}$ Corri. pico repet. bloqueo	$V_{ORM} = V_{CRM} = 100V$ , $f = 50$ , $T_c = 110°C$	±2	±2	mA
$I_{STM}$ Corri. de disparo de comp.	$V_{CC} = +12V$ , $P = 100$ , $t_{(off)} \geq 20\mu s$	15	50	mA
	$V_{CC} = +12V$ , $P = 100$ , $t_{(off)} \geq 20\mu s$	25	50	
	$V_{CC} = +12V$ , $P = 100$ , $t_{(off)} \geq 20\mu s$	30	50	
	$V_{CC} = +12V$ , $P = 100$ , $t_{(off)} \geq 20\mu s$	75	75	
$V_{OTM}$ Tensión pico de disparo comp.	$V_{CC} = +12V$ , $P = 100$ , $t_{(off)} \geq 20\mu s$	12	2.5	V
	$V_{CC} = +12V$ , $P = 100$ , $t_{(off)} \geq 20\mu s$	12	2.5	
	$V_{CC} = +12V$ , $P = 100$ , $t_{(off)} \geq 20\mu s$	12	2.5	
	$V_{CC} = +12V$ , $P = 100$ , $t_{(off)} \geq 20\mu s$	12	1.2	
	$I_{TM} = +17A$ , $t_{(off)} = 10\mu s$ , Nota 4		±2.3	
$V_{TM}$ Tensión pico dir.	$I_{TM} = +22.5A$ , $t_{(off)} = 10\mu s$ , Nota 4			V
	$V_{CC} = +12V$ , $P = 100$ , $t_{(off)} = 150\mu s$	50	50	
$I_M$ Corriente mantenimiento	$V_{CC} = +12V$ , $P = 100$ , $t_{(off)} = 150\mu s$	50	-50	mA
	$V_{CC} = +12V$ , $P = 100$ , $t_{(off)} = 150\mu s$	50	-50	
$I_C$ Corriente encia	$V_{CC} = +12V$ , Nota 5	20	20	mA
	$V_{CC} = +12V$ , Nota 5	20	20	

## NOTAS

- \* Estos parámetros deben medirse en condiciones de prueba de laboratorio. Se admiten variaciones de los valores de los parámetros de sensibilidad de disparo de comp. en el rango de temperatura de funcionamiento de 25°C a 110°C.
- \* El tiempo de almacenamiento debe ser menor de 1000 horas.
- \* El tiempo de almacenamiento debe ser menor de 1000 horas.
- \* Nota 4:  $t_{(off)}$  = tiempo de almacenamiento de la corriente de disparo.
- \* Nota 5: El tiempo de almacenamiento debe ser menor de 1000 horas.

**TABLA 1**



**A-7**

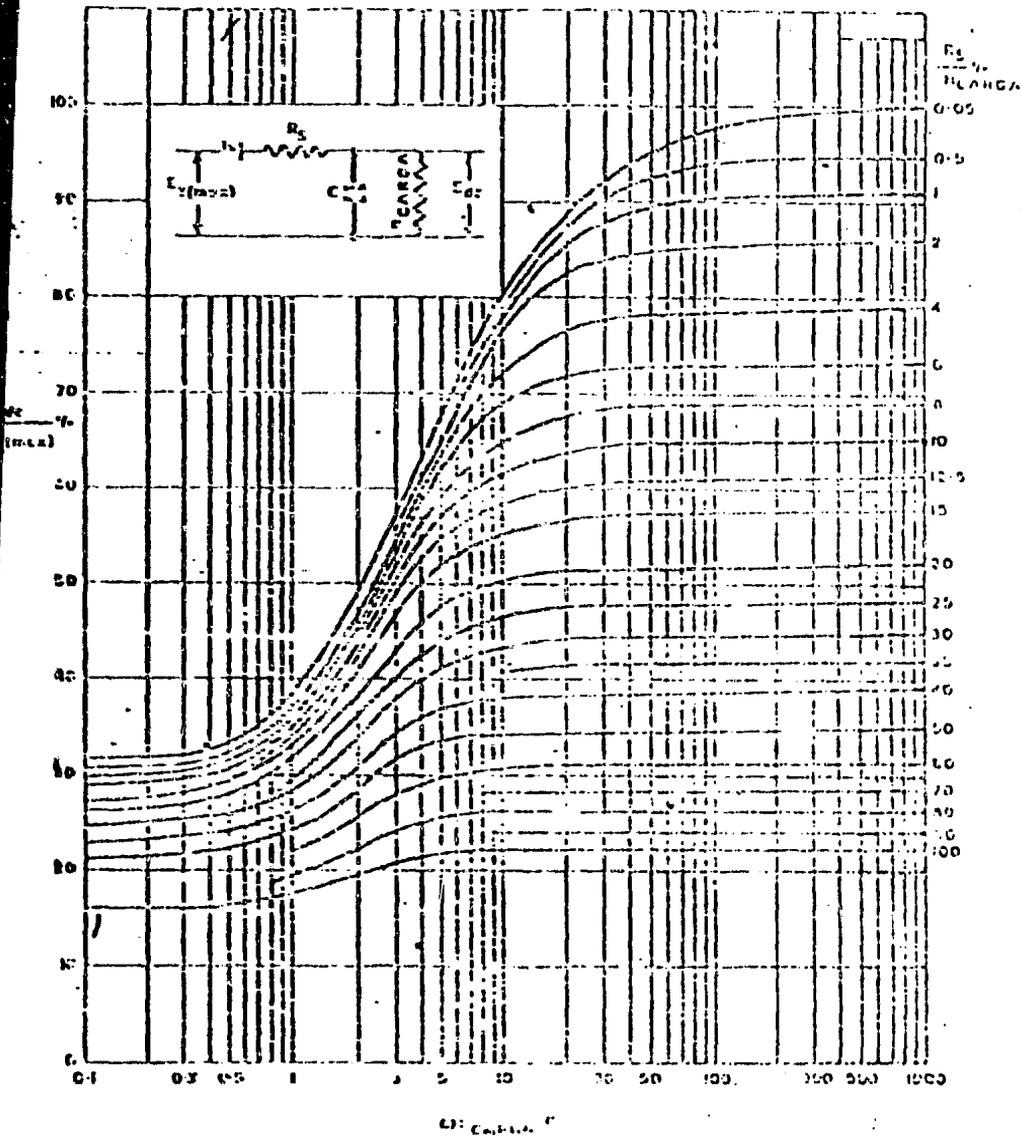
**TABLA 2**

**TABLE 12-21 Butterworth Active Low-Pass Values\***

Order <i>n</i>	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$\epsilon_3$
2	1.414	0.7071	
3	3.546	1.392	0.2024
4	1.082	0.9241	
	2.613	0.3827	
5	1.755	1.351	0.4214
	3.235	0.3090	
6	1.055	0.9666	
	1.414	0.7071	
	3.863	0.2588	
7	1.531	1.336	0.4885
	1.604	0.6235	
	4.493	0.2225	
8	1.020	0.9809	
	1.202	0.8313	
	1.860	0.3557	
	5.125	0.1950	
9	1.455	1.327	0.5170
	1.505	0.7061	
	2.080	0.5000	
	5.758	0.1736	
10	1.012	0.9874	
	1.122	0.8998	
	1.414	0.7071	
	2.202	0.4510	
	6.390	0.1563	

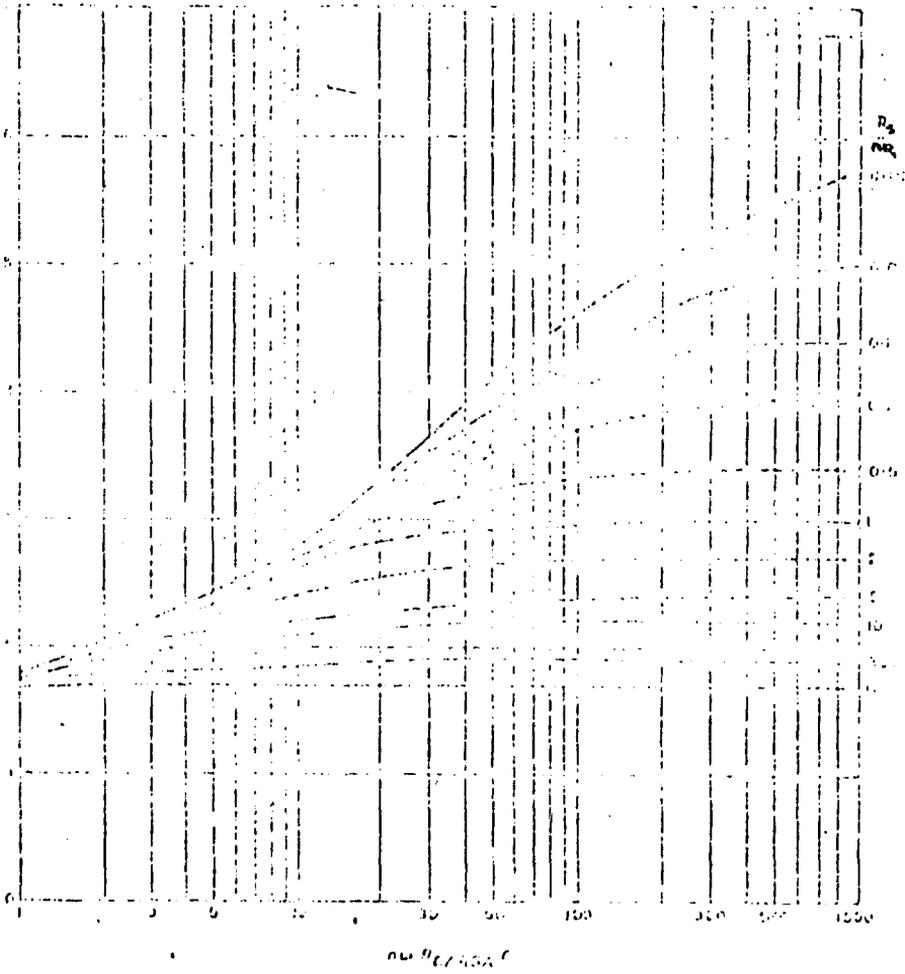
A-8



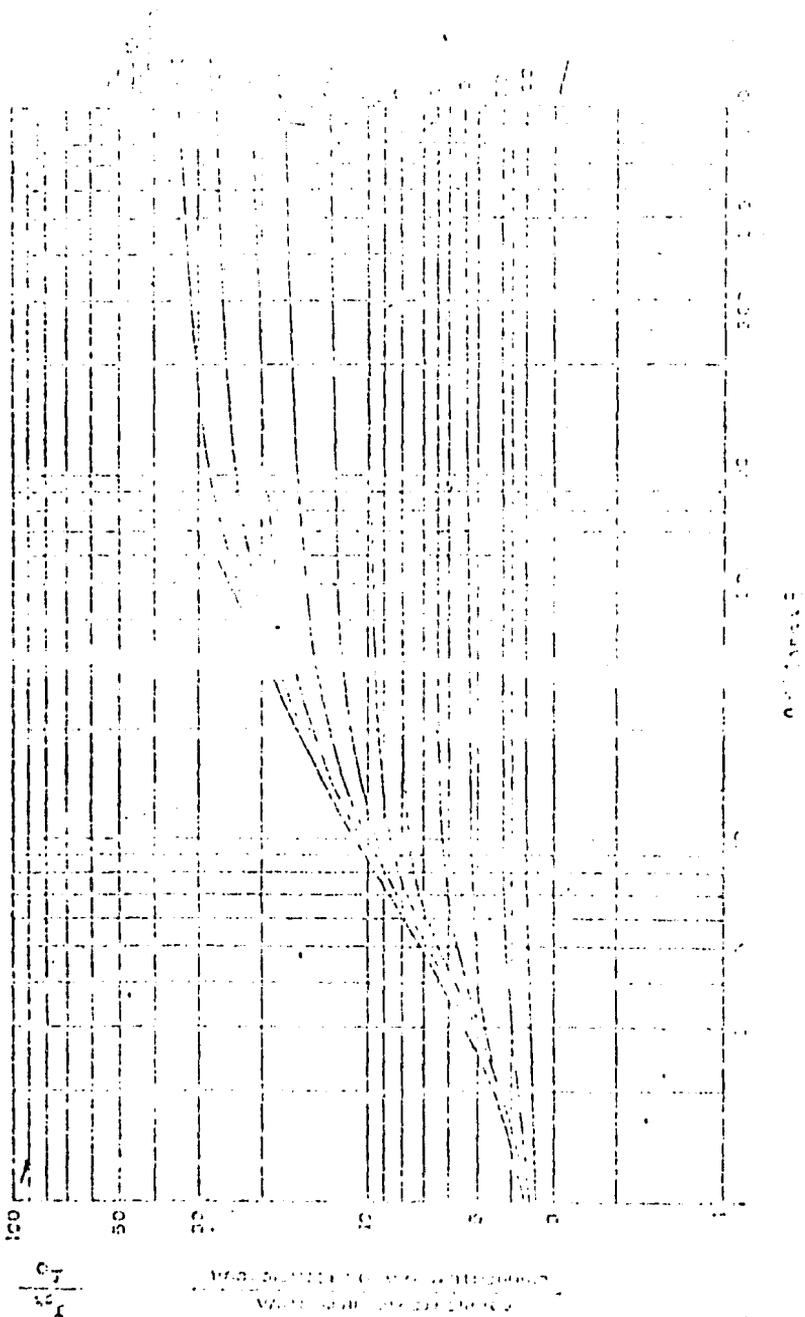


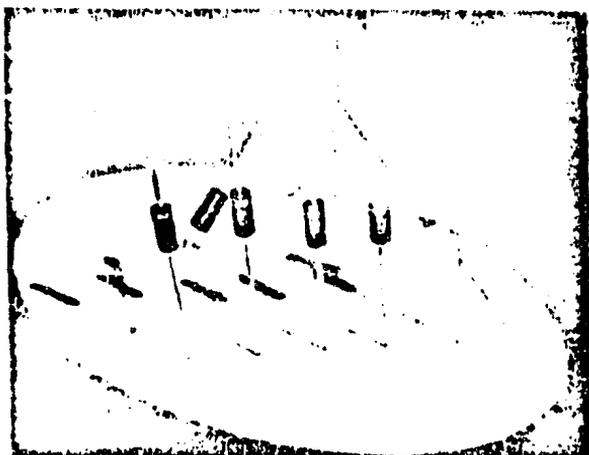
A-10

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.



A-11





# DIODOS REGULADORES DE TENSION CON $\pm 3\%$ DE TOLERANCIA (DIODOS ZENER)

Diodes de silicio encapsulados en plástico, diseñados para aplicaciones de tipo general como reguladores de tensión de potencia media.

## RESUMEN DE ESPECIFICACIONES

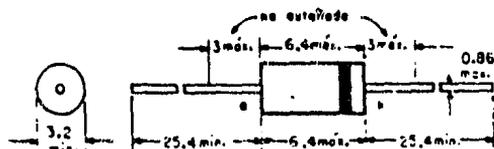
|   |      |      |           |                    |
|---|------|------|-----------|--------------------|
| Rango de tensión de trabajo                                     | Vz   | nom. | 7.5 a 200 | V                  |
| Tolerancia en la tensión de trabajo                             |      |      | $\pm 5$   | %                  |
| Disipación total de potencia ( $T_{amb} < 25^{\circ}\text{C}$ ) | Ptot | máx. | 1.3       | W                  |
| Disipación de potencia inversa pico repetitiva                  | PZRM | máx. | 8         | W                  |
| Temperatura de la unión   | Tj   | máx. | 175       | $^{\circ}\text{C}$ |

## ESPECIFICACIONES MECANICAS

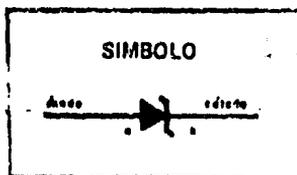
CAPSULA DO-15 (SOD-40)

Dimensiones en mm

La clave va impresa en el diodo



La banda indica el extremo del cátodo



Para operación como diodo zener, la tensión positiva se aplica a la terminal adyacente a la banda.

El sellado de la capsula plastica soporta la prueba de calor húmedo acelerado de la recomendación GB-2 de la IEC (prueba D, severidad IV, 6 ciclos).

**VALORES LIMITES** (de acuerdo con el Sistema de Valores Maximos Absolutos, IEC 134)

**Corrientes**

|                                   |           |       |   |   |
|-----------------------------------|-----------|-------|---|---|
| Corriente pico de trabajo         | $I_{ZM}$  | max. | 3 | A |
| Corriente directa pico repetitiva | $I_{FRM}$ | max  | 1 | A |

**Disipaci3n de potencia**

|  |           |       |     |   |
|--|-----------|-------|-----|---|
| Disipaci3n total de potencia ( $T_{amb} < 25^{\circ}C$ ) | $P_{tot}$ | max. | 1.3 | W |
|--|-----------|-------|-----|---|

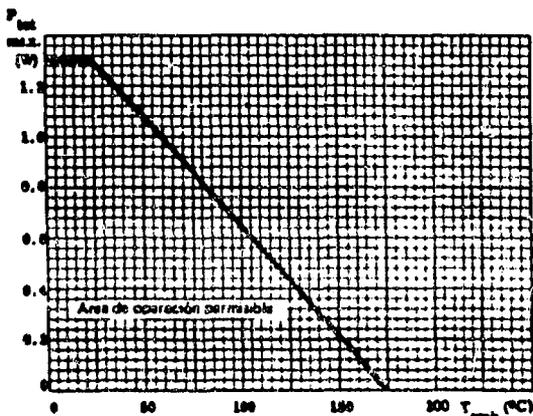


Fig. 1

|  |           |       |     |   |
|--|-----------|-------|-----|---|
| Disipaci3n de potencia inversa pico repetitiva   | $P_{ZRM}$ | max. | 6   | W |
| Disipaci3n de potencia inversa pico no repetitiva<br>$t = 100 \mu s, T_{amb} = -55 \text{ a } +25^{\circ}C$ , ver<br>también gráfica 10 pág. 7 | $P_{ZSM}$ | max. | 300 | W |

**Temperaturas**

|                               |           |       |         |             |
|-------------------------------|-----------|-------|---------|-------------|
| Temperatura de almacenamiento | $T_{stg}$ | $-65$ | a + 175 | $^{\circ}C$ |
| Temperatura de la uni3n       | $T_j$     | max  | 175     | $^{\circ}C$ |

**CARACTERISTICAS TERMICAS**

Ver gráficas 8 y 9 pág. 7

**CARACTERISTICAS ELECTRICAS  $T_j = 25^{\circ}C$**

**Tensi3n directa**

|   |       |       |     |   |
|---|-------|-------|-----|---|
| $I_F = 100 \text{ mA}, T_j = 25^{\circ}C$ | $V_F$ | max. | 1.1 | V |
|---|-------|-------|-----|---|

Ver tabla en la pág siguiente, donde  $I_Z$  es la corriente de prueba a la que est especificada la tensi3n de trabajo.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS (continuación T) = 25°C)

| BZX61--                  | Tensión de trabajo<br>V <sub>Z</sub> (V) |      |      | Resistencia<br>diferencial<br>r <sub>Z</sub> (Ω)<br>máx. | Coeficiente<br>de temperatura<br>S <sub>Z</sub> (%/°C)<br>típ. | I <sub>Z</sub> máx. = 5μA<br>para<br>V <sub>Z</sub> (V) |
|--------------------------|--|------|------|--|--|---|
|                          | mín.                                     | nom. | máx. |  |  |   |
| * I <sub>Z</sub> = 20 mA |  |      |      |  |  |   |
| C7V5                     | 7  | 7.5  | 7.9  | 5  | + 0.04   | 3   |
| C8V2                     | 7.7                                      | 8.2  | 8.7  | 7.5  | + 0.04   | 3   |
| C9V1                     | 8.6                                      | 9.1  | 9.6  | 8  | + 0.06   | 5   |
| C10                      | 9.4                                      | 10   | 10.8 | 8.5  | + 0.05   | 7   |
| C11                      | 10.4                                     | 11   | 11.6 | 9  | + 0.05   | 7   |
| C12                      | 11.4                                     | 12   | 12.7 | 9  | + 0.05   | 8   |
| C13                      | 12.4                                     | 13   | 14.1 | 10   | + 0.05   | 9   |
| C15                      | 13.8                                     | 15   | 15.8 | 14   | + 0.08   | 10  |
| * I <sub>Z</sub> = 10 mA |  |      |      |  |  |   |
| C16                      | 15.3                                     | 16   | 17.1 | 16   | + 0.08   | 11  |
| C18                      | 16.8                                     | 18   | 19.1 | 20   | + 0.08   | 13  |
| C20                      | 18.8                                     | 20   | 21.2 | 22   | + 0.08   | 14  |
| C22                      | 20.8                                     | 22   | 23.3 | 23   | + 0.06   | 15  |
| C24                      | 22.7                                     | 24   | 25.9 | 25   | + 0.08   | 17  |
| C27                      | 25.1                                     | 27   | 28.9 | 35   | + 0.08   | 19  |
| C30                      | 28                                       | 30   | 32   | 40   | + 0.07   | 21  |
| C33                      | 31                                       | 33   | 35   | 45   | + 0.07   | 23  |
| C36                      | 34                                       | 36   | 38   | 50   | + 0.07   | 26  |
| * I <sub>Z</sub> = 5 mA  |  |      |      |  |  |   |
| C39                      | 37                                       | 39   | 41   | 60   | + 0.07   | 27  |
| C43                      | 40                                       | 43   | 46   | 70   | + 0.07   | 30  |
| C47                      | 44                                       | 47   | 50   | 80   | + 0.08   | 33  |
| C51                      | 48                                       | 51   | 54   | 95   | + 0.08   | 36  |
| C56                      | 52                                       | 56   | 60   | 105  | + 0.08   | 39  |
| C62                      | 58                                       | 62   | 68   | 110  | + 0.08   | 43  |
| C68                      | 64                                       | 68   | 72   | 120  | + 0.08   | 48  |
| C75                      | 70                                       | 75   | 79   | 145  | + 0.08   | 52  |
| C82                      | 77                                       | 82   | 87   | 175  | + 0.09   | 55  |
| C81                      | 85                                       | 91   | 96   | 200  | + 0.09   | 60  |
| C100                     | 94                                       | 100  | 106  | 220  | + 0.09   | 66  |
| C110                     | 104                                      | 110  | 116  | 250  | + 0.09   | 70  |
| C120                     | 114                                      | 120  | 127  | 270  | + 0.10   | 80  |
| C130                     | 124                                      | 130  | 141  | 300  | + 0.10   | 90  |
| * I <sub>Z</sub> = 2 mA  |  |      |      |  |  |   |
| C150                     | 138                                      | 150  | 156  | 950  | + 0.11   | 100   |
| C160                     | 153                                      | 160  | 171  | 1000   | + 0.11   | 110   |
| C180                     | 168                                      | 180  | 191  | 1100   | + 0.11   | 120   |
| C200                     | 188                                      | 200  | 212  | 1250   | + 0.11   | 140   |

I<sub>Z</sub> = corriente de prueba. Corriente a la que está especificada la tensión nominal de trabajo.



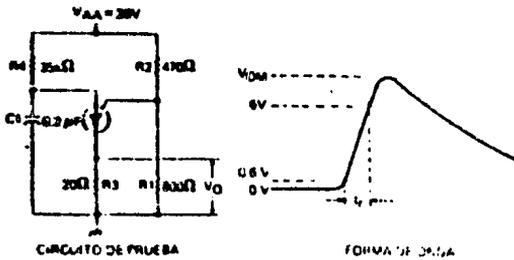
TRANSISTOR MONOJUNTA PROGRAMABLE DE SEÑALO PACTO

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS A 25°C DE TEMPERATURA AMBIENTE

| PARÁMETRO         |  | CONDICIONES DE PRUEBA  | 2A8077 |      |     | 2A8078 |      |            | UNIDAD        |
|-------------------|--|--|--------|------|-----|--------|------|------------|---------------|
|                   |  |  | MIN    | TIP  | MAX | MIN    | TIP  | MAX        |               |
| $t_p$             | Cambio de polar                              | $V_b = 10\text{ V}$ $R_G = 1\text{ M}\Omega$                       |        |      | 2   |        |      | $\beta$ 15 | $\mu\text{A}$ |
|                   |  | $V_b = 10\text{ V}$ $R_G = 10\text{ k}\Omega$                      |        |      | 5   |        |      | 1.0        | $\mu\text{A}$ |
| $V_{ce} - V_{ce}$ | Tensión de dirección<br>(Ver especificación) | $V_b = 40\text{ V}$ $R_G = 1\text{ M}\Omega$                       |        | 0.25 |     |        | 0.25 |            | V             |
|                   |  | $V_b = 10\text{ V}$ $R_G = 10\text{ k}\Omega$                      |        | 0.33 |     |        | 0.33 |            | V             |
| $t_f$             | Cambio de señal                              | $V_b = 10\text{ V}$ $R_G = 1\text{ M}\Omega$                       |        | 15   |     |        | 15   |            | $\mu\text{A}$ |
|                   |  | $V_b = 10\text{ V}$ $R_G = 10\text{ k}\Omega$                      |        | 200  |     |        | 200  |            | $\mu\text{A}$ |
| $I_{BQ}$          | Corriente de base<br>Señal constante         | $V_b = 40\text{ V}$ $T = 25^\circ\text{C}$                         |        |      | 1   |        |      | 10         | $\mu\text{A}$ |
| $I_{CQ}$          | Corriente de carga<br>Ciclo de conmutación   | $V_{CE} = 40\text{ V}$ $V_{AK} = 0$                                |        |      | 100 |        |      | 100        | $\mu\text{A}$ |
| $I_{cp}$          | Tensión directa                              | $I_f = 50\text{ mA}$ $V_b = 10\text{ V}$ $R_G = 10\text{ k}\Omega$ |        |      | 1.5 |        |      | 1.5        | V             |

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO A 25°C DE TEMPERATURA AMBIENTE

| PARÁMETRO |  | CONDICIONES DE PRUEBA                                 | A6437 |     |      | 2A3208 |     |      | UNIDAD |
|-----------|--|---|-------|-----|------|--------|-----|------|--------|
|           |  |   | MIN   | TIP | MAX  | MIN    | TIP | MAX  |        |
| $V_{DQ}$  | Tensión directa<br>de onda             | $V_{AA} = 20\text{ V}$ $C_1 = 0.2\text{ }\mu\text{F}$ |       |     | 6.0  |        |     | 6.0  | V      |
| $t_f$     | Funcionamiento<br>del pulso de tensión | (Ver Figura 4)  |       |     | 65.0 |        |     | 65.0 | ns     |



# **CONCLUSIONES**

---

---

El objetivo primordial de la realización de esta tesis, siguiendo las formalidades del caso, fué obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista, eslabón necesario en nuestras metas propuestas que configuran nuestra realización personal.

Como muestra de agradecimiento a nuestra Universidad, quisimos proporcionar un instrumento útil que sirva para la preparación académica de los alumnos de la Facultad de Estudios Superiores - Cuautitlán encaminados al area de -- electrónica de potencia, tomando como base que la existencia actual de este tipo de equipos para fines didácticos es escaso, restringiendo en cierta manera la visualización práctica de lo que se analiza teóricamente.

Algunas de las ventajas que se pudieron comprobar tanto en las pruebas como en la realización de este releva--

dor, en comparación con uno electromecánico son:

- Mayor rapidez de operación: Este relevador es 100 veces más rápido.
- Bajo costo de construcción: Como indicó la integración del costo total, el precio unitario por relevador es bajo.
- Bajo costo de mantenimiento: Esto se debe a la facilidad de desmontarlo y probarlo por partes, y en caso de falla cambiar algún elemento dañado.
- Mayor vida útil: Debido a la naturaleza de los elementos constitutivos de este relevador ya que como se mencionó con anterioridad son del tipo estático, no requieren para su funcionamiento de algún desplazamiento físico, evitando con esto fricción, rozamiento o tensión entre otros, acarreando con esto mayor desgaste físico a los componentes.
- Mayor versatilidad para distintas cargas: Con la variación de algunos elementos que constituyen el relevador, es posible adaptarlo para que proteja equipos de mayor o menor potencia.

Debido a que día a día la electrónica mejora, sabemos que este relevador puede llegar a ser obsoleto. Por tanto, creemos que este diseño se puede tomar como una base para el futuro perfeccionamiento de éste.

# BIBLIOGRAFIA

---

---

- ARTHUR B. WILLIAMS  
"Electronic Filter Design"  
Ed. Mc. Graw Hill
  
- BOYD LARSON  
"Power Control Electronics"  
Ed. Prentice Hall
  
- C. RUSSELL MASON  
"El arte y la ciencia de la protección por relevadores"  
Ed. LIMUSA
  
- GENERAL ELECTRICA ESPAÑOLA  
"Relés Diferenciales"  
Manual.
  
- MANDADO, ENRIQUE  
"Sistemas electrónicos digitales"  
Ed. Marcombo

- RAVINDRANATH, CHANDER  
"Protección de sistemas de potencia  
e Interruptores"  
Ed. LIMUSA
  
- SIEMENS  
"Aparatos de Protección de baja potencia"  
Manual.
  
- SQUARE D  
"Catálogo de Sistemas de protección"
  
- S.R. DEWAN  
D. SHANGHEN  
"Power Semiconductor Circuits"  
Ed. John Wiley
  
- TEXAS INSTRUMENTS  
"Manual de Semiconductores de Silicio"
  
- WESTINHOUSE  
"Power Semiconductor Data Book"