

**Sistema de corte automático de suministro de energía
por sobreelevación de temperatura
en equipos criogénicos**

Ing. Gustavo N. Pello

1990

ENERGIA POR SOBREELEVACION DE TEMPERATURA.

INTRODUCCION:

Este equipo es accesorio al proyecto de receptores enfriados a temperaturas criogénicas, para el cual se utiliza un sistema CTI-CRYOGENICS

Este último consta de una unidad impresora que tiene como función llevar Helio al cabezal enfriador para su funcionamiento. Esto permite alcanzar temperaturas tan bajas como 77°K y 20°K en dos etapas incluidas dentro de Dewar de enfriado.

Dichas temperaturas son medidas con el termómetro digital desarrollado en el proyecto de la Cátedra Proyecto Orientación Electrónica (Informe Técnico N° 63).

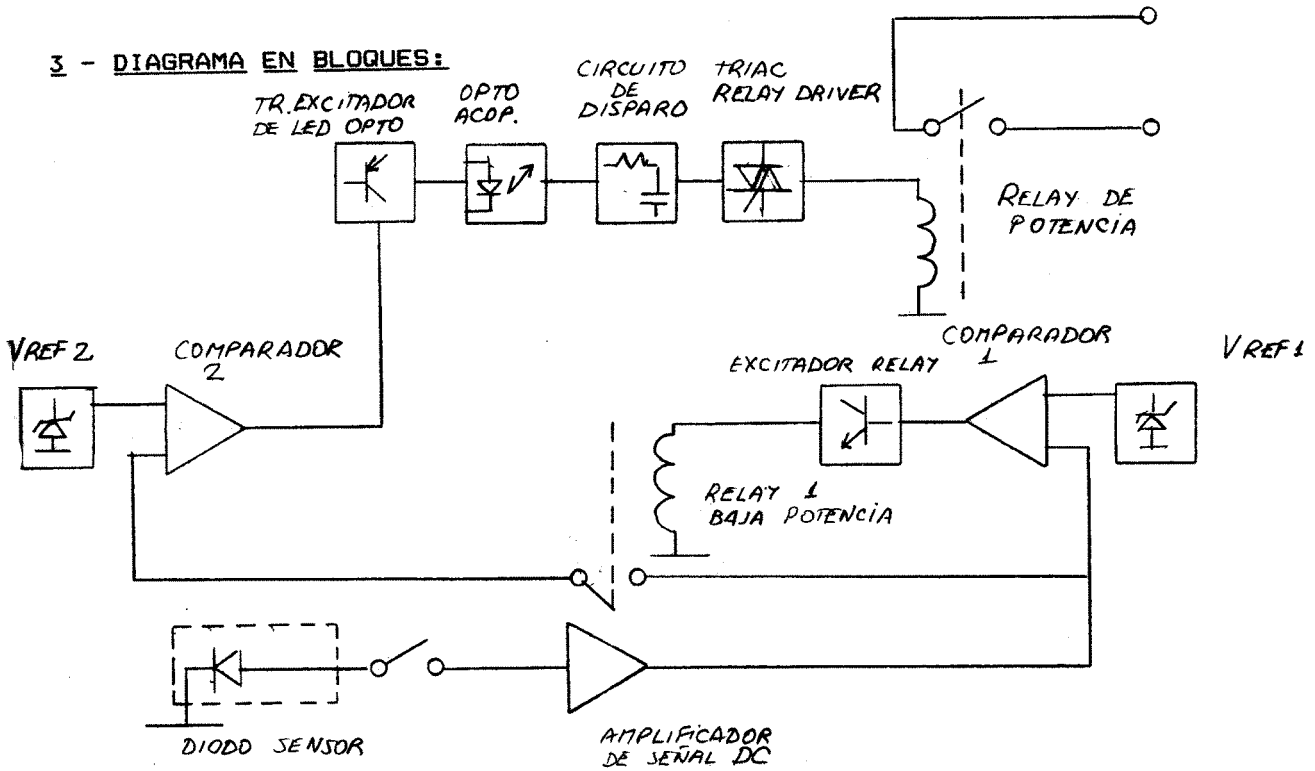
El sensado utilizado por este termómetro es también utilizado para el proyecto.

OBJETIVO:

Este sistema permite controlar el funcionamiento del conjunto impresor-cabeza enfriadora produciendo el apagado del mismo por sobre-elevación de temperatura por encima de un nivel prefijado al que le corresponde un valor de temperatura de continua obtenido a la salida de un amplificador de instrumentación.

Este acciona un protector térmico que posee en su interior el impresor CTI-CRYOGENICS al alcanzar un nivel de T antedicho, en el caso de producirse algún desperfecto como fugas de vacío o corte de energía eléctrica, permitiendo que en condiciones normales de enfriamiento, el cabezal enfriador trabaje libremente descendiendo la T hasta niveles adecuados para el funcionamiento de los amplificadores criogénicos.

3 - DIAGRAMA EN BLOQUES:

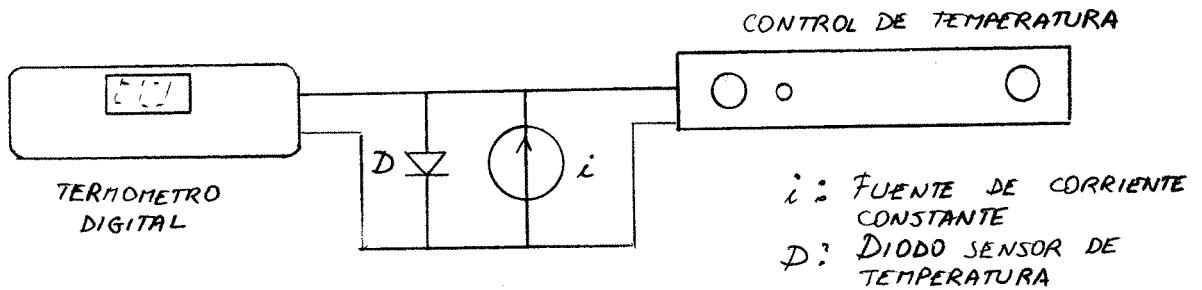


4 - SENSOR:

El diodo utilizado es un diodo rectificador 1N4002, cuyas características son las siguientes:

- Tensión pico repetitiva : 100 Volts.
- Tensión pico inversa no repetitiva: 120 Volts.
- Corriente promedio directa : 1 A.
- Corriente pico no repetitiva : 30 A.

La forma de conectar el sensor al control de temperatura criogénica es:



En este caso el cableado desde el sensor hasta el control se ha hecho lo mas corto posible con cable coaxil y conectado en los bornes de entrada del termómetro donde llega la señal de aquel, quedando las dos entradas, tanto las del termómetro como las del control de T en paralelo, aprovechando las características de los amplificadores de poseer una muy alta impedancia de entrada, y no afectando asi practicamente la polarización del sensor.

5 - ETAPA DE AMPLIFICACION E INVERSION DE LA SENAL DE CONTROL:

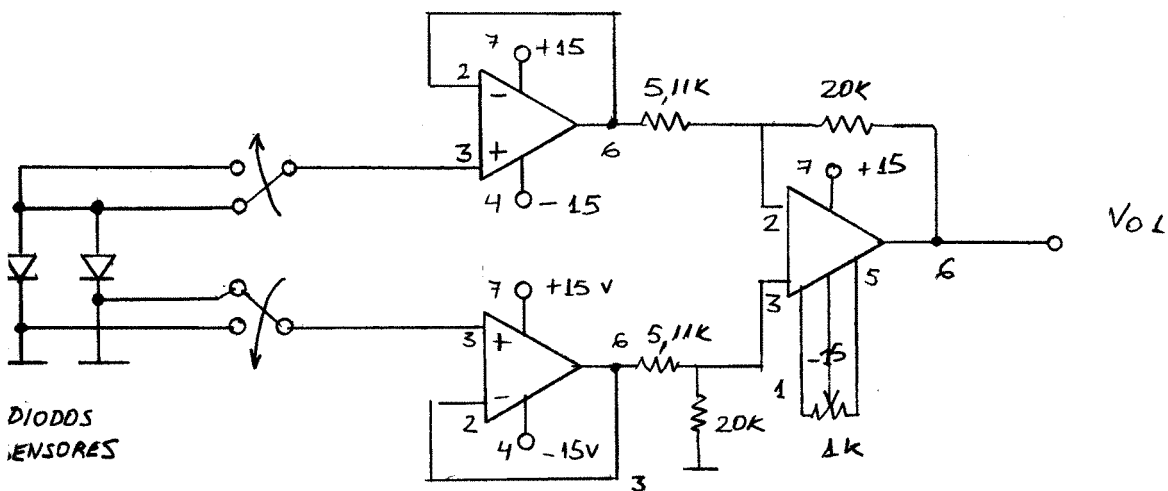
El amplificador posee las siguientes características:

- Alta impedancia de entrada.
- Baja tensión de offset.
- Baja corriente de offset.
- Bajo corrimiento de la I de offset con la temperatura.

Se utilizó el amplificador operacional CA3140, cuyas características son:

- Zi (impedancia de entrada): 1,5 tera-ohms.
- Voff entrada : 5 mV.
- Ioff entrada : 0,5 pA.
- Deriva de Voff con la T : 8 uV por grado centigrado.
- Ientrada : 10 pA.

Circuito:



Determinación de la ganancia:

La configuración seguidor de emisor de A1 y A2, tiene una ganancia de tensión de 1, además de tratarse de amplificadores operacionales, la impedancia de entrada de estos es muy elevada, a partir de lo cual analizo la ganancia del conjunto del amplificador como sigue:

Las tensiones en las entradas del amplificador A3 son:

$$V_A = \frac{V_2}{R_1 + R_2} R_2 \quad (1)$$

por otra parte lo circula por R_1 y R_2 , de manera que:

$$\frac{V_B - V_1}{R_1} = \frac{V_S - V_B}{R_2}$$

Y debido a la muy elevada Z_i del amplificador A3 ; $V_A = V_B$; reemplazando en (

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

Llamo R_t a $R_1 + R_2$; por lo tanto:

$$V_S = V_2 \frac{R_2^2}{R_1 R_t} - V_1 \frac{R_2}{R_1} + \frac{V_2 R_2}{R_t}$$

Y sacando factor comun $R_1 \cdot R_t$:

$$V_S = V_2 \frac{R_2^2 + R_1 R_2}{R_1 R_t} - V_1 \frac{R_1 R_2 + R_2^2}{R_1 R_t}$$

De aquí que :

$$V_{01} = V_2 - V_1 \left(\frac{R_2^2 + R_1 R_2}{R_1 R_t} \right) \quad \text{por lo tanto:}$$

1 t

La ganancia de la etapa es:

$$G = \frac{V_{01}}{V_2 - V_1}$$

Y concluyendo:

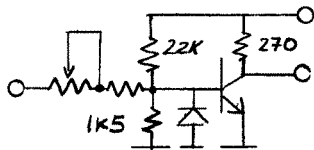
$$G = \frac{R_2}{R_1}$$

6) Etapa inversora-amplificadora de la señal de continua de control:

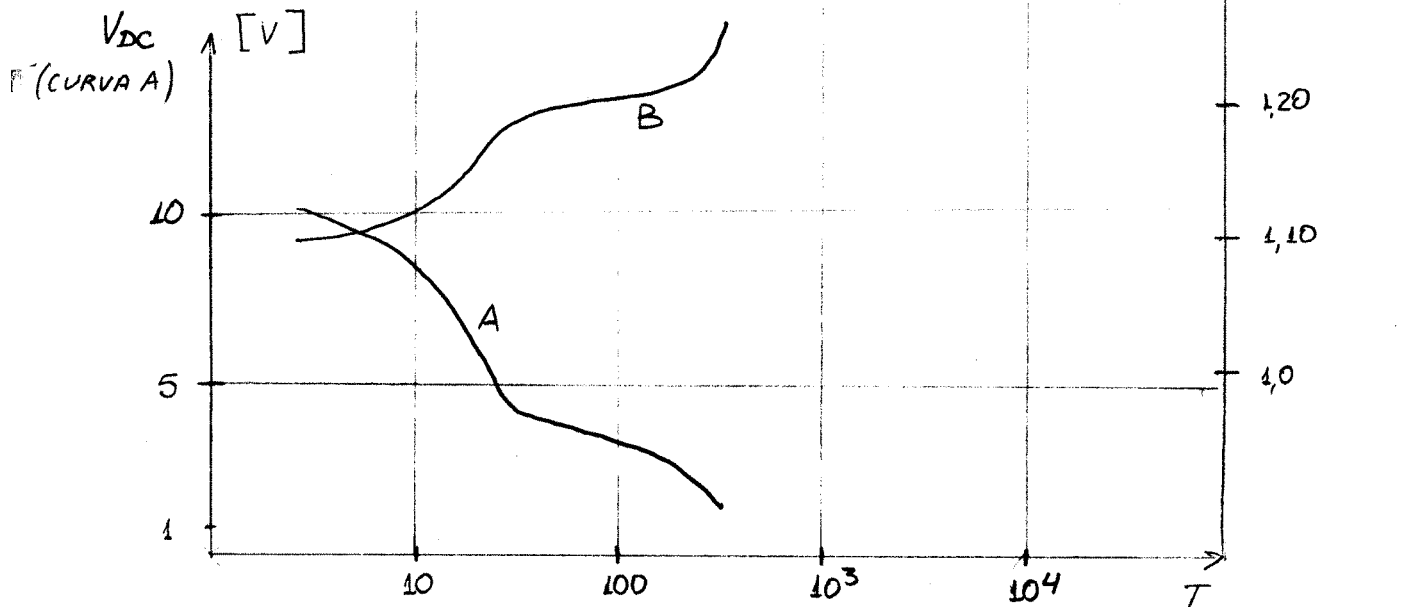
La función de esta etapa es la de amplificar la señal de c.c e invertir su polaridad, ya que del amplificador operacional de señal diferencial obtengo una señal DC que disminuye cuando aumenta la T y lo que se requiere en este bloque es que el nivel DC de control sea proporcional a la temperatura de manera que obtendría una curva como la (B).

La polarización de base es tal que para la tensión de alimentación de 12 volts, tengo una V_b de 0.65 volts.

La ganancia en continua es ajustada a los valores de c.c adecuados para accionar los comparadores en el rango de funcionamiento y de acuerdo a las tensiones V_{ref1} y V_{ref2} .



CIRCUITO DE LA ETAPA INVERSORA DE TENSION



5

A: TENSION DE CONTINUA A LA SALIDA DEL AMPLIFICADOR DE SEÑAL DE CONTROL

B: TENSION DE CONTROL A LA SALIDA DEL INVERSOR

ETAPA DE ACCIONAMIENTO DEL SWITCH TERMICO DEL COMPRESOR-GENERALIDADES

Esta etapa del control de corte de funcionamiento del sistema criogénico por sobreelevación de temperatura , se basa en utilizar un switch protector por sobrecalentamiento que posee la unidad compresora CTI CRYOGENICS , utilizándolo para que accione también por problemas de fugas y consecuente sobreelevación de temperatura dentro del Dewar de vacío , lo que se logra cortocircuitando dos bornes que a tal efecto se hallan en la parte posterior del gabinete de control de temperatura.

Ese cortocircuirto es realizado por un relay accionado por triac , comandado a su vez por un optoacoplador y relay driver.

Los límites de temperatura para accionar este sistema , se establecen a priori para el funcionamiento adecuado de dos comparadores cuya función es reconocer el descenso de temperatura y la posterior elevación de esta en caso de producirse algún defecto en el sistema enfriador y actuar el relay que cortocircuita al térmico , accionando uno de ellos , para esto , un relay de baja potencia que reconoce el descenso de temperatura durante el proceso de enfriado , a determinado nivel preestablecido , y conecta la señal de control al otro comparador , dejándolo en condiciones de accionar al optoacoplador , si la temperatura , y por ende la tensión de C.C de control , sube por encima de determinado valor.

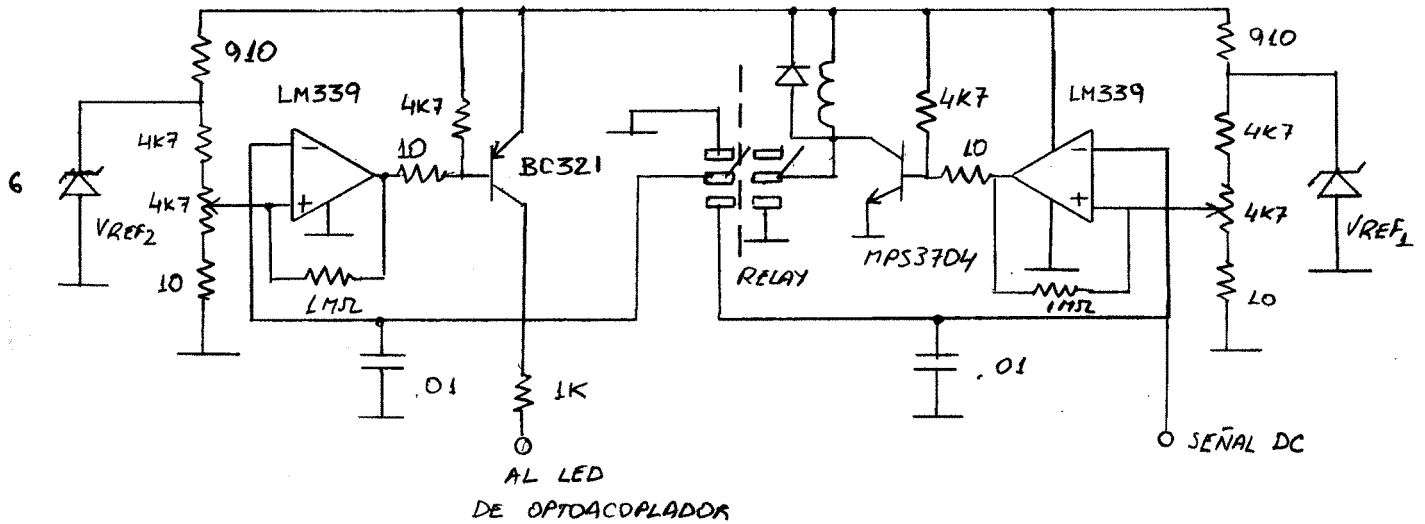
COMPARADORES: Se utilizaron 2 de los 4 comparadores encapsulados en un chip LM339 QUAD COMPARATOR , cuyas características son:

- Muy bajo drenaje de corriente de alimentación = 0.8 mA
- Baja corriente de polarización de entrada= 25 nA
- Bajas Voff e Ioff de entrada= -+ 5 nA , -+ 3 mV
- Baja tensión de saturación de salida = 250 mV a 4 mA
- Tensión de salida compatible con TTL , DTL , ECL , MOS , Y CMOS .

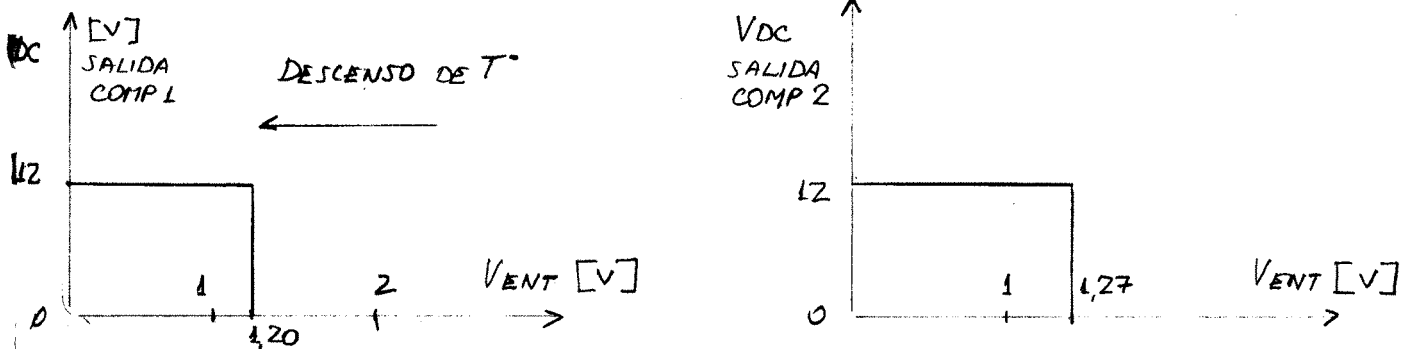
las salidas de estos comparadores accionan : Uno de ellos un relay HASCO HAS112S saturando un transistor npn 2N2925 , conectando la señal de control a la entrada correspondiente al otro comparador , este último satura a un transistor pnp BC321 , alimentando al circuito de disparo de un

optoacoplador que desempeña la función de triac driver

Las referencias de comparación son divisores potenciométricos cuya tensión es regulada por sendos diodos Zener . El circuito correspondiente es:



El comportamiento de los comparadores , graficando niveles de C.C y temperatura es :



Estos comparadores tienen dos niveles posibles de salida : Un estado de baja tensión o saturación (250 mV a 4 mA) , y un estado de corte en el que la salida toma el valor de la tensión continua de la fuente de alimentación (12 volts en este caso).

La transición de un estado al otro se produce de manera de que si V_{in} es

mayor que V_{ref} , luego la tensión de salida va a su estado de saturación o baja tensión.

La velocidad de conmutación , tanto de los comparadores , como de los transistores , relays y triacs , no es de capital importancia en este diseño pues no se manejan tiempos críticos de accionamiento del sistema.

Se incluyen en las salidas de los comparadores , resistores de muy bajo valor (10 ohms) como limitadores de corriente de base , junto con los resistores de 4K7 ohms , que llevan la V_b de los transistores a un valor adecuado y que no exceda los valores de V_{be} especificados por manual.

En este caso se midió V_{be} del 2N2925 y es de 0.71 volts.

Entre las salidas de estos y las entradas de referencia , van conectados resistores de 1Mohm , segun información del manual Linear de National , a los efectos de suprimir el efecto de histéresis de que adolecen los comparadores.

OPTOACOPLADOR Y TRIAC-DRIVER: El dispositivo en cuestión es un optoacoplador excitador de triac TLP3041 , que consiste en un diodo emisor de luz (LED) , optoacoplado al disparo de un triac de baja potencia , de manera tal que este último conduce en ambos sentidos disparado por el LED. El encapsulado es en un chip plástico de 6 patas , de las cuales 2 no tienen conexión .

Las características de este son:

Tension de estado OFF pico: 400 V min.

Corriente de disparo del led: 15 ma max.

Corriente de estado ON: 100 ma max.

Tension de aislación: 5 kV rms min.

Para actuar el LED , se estimó R_d (directa)= 100 ohms , de manera que la corriente de disparo del LED es:

$$I_{disp} = \frac{V_{CC} - V_{ce}}{R_{disp} + R_d} < 15 \text{ mA} ; \text{ adopto } R_{disp} = 1 \text{ Kohm}$$

por lo tanto:

$$I_{disp} = \frac{12 \text{ V} - V_{ce \text{ sat}}}{(1 \text{ Kohm} + 100 \text{ ohm})} \approx 10 \text{ mA}$$

En estado OFF , el triac soporta una tensión pico de 400 V min ,que es mayor que la tensión pico de línea ,en este caso.Este dispositivo va a accionar el circuito de disparo de un triac TIC263 , cuyo requerimiento de corriente de disparo es de:

PARAMETRO	CONDICIONES TEST	SERIE TIC263	UNIDAD
IGTM CORRIENTE DE DISPARO DE GATE	VCC = -12V RL = 10Ω * tp ≥ 20μS	50	mA

* Valor referido al terminal principal 1

De manera que a los efectos de accionar el TIC263 , el optoacoplador excitador de triac TLP3041 , es apropiado como dispositivo disparador.

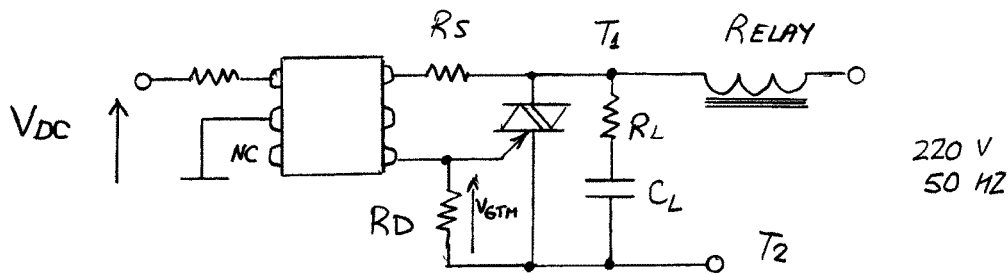
TRIAC Y RELAY DRIVER: Se utilizó un TIC263 , cuyas características mas importantes son:

DESCRIPCION: Este dispositivo es un tiristor bidireccional (TRIAC) , el cual puede ser disparado (de bloqueo a conducción) por señal positiva o negativa indistintamente , con el terminal principal 2 polarizado de la misma forma.

Características eléctricas a 25 C de temperatura ambiente

PARAMETRO	CONDICIONES DE TEST	SERIE TIC263	UNIDAD
IDRM	IG = 0 TC = 85°C	± 2	mA
IGTM	VCC = -12V RL = 10Ω tp > 20μS	50	mA
VGTM	" " "	4,2	V
IH	VCC = -12V IG = 0 ITM = -100mA	-50	mA

CIRCUITO:



RED R1 , C1 : En la mayoría de los casos de la bibliografía consultada respecto de triacs como control de tensión de línea , los autores utilizan un par de valores $R1= 100 \text{ ohms}$ y $C1= .1 \text{ uF}$.Se ensayó esta red serie y el triac se disparaba produciendo tableteo en el relay , por lo que se consideró $T= R C = .1 \text{ uF } 100 \text{ ohm}$, y adoptando un valor arbitrario de R ,en este caso de $3K$, hallo el valor de C1 que cumple con esa constante de tiempo.

$$0.1 \text{ uF} \cdot 100 \Omega = 3K \cdot C_L \rightarrow C_L = 3,3 \text{ nF}$$

$$C_L = 3 \text{ nF}$$

RESISTENCIA DE CIRCUITO DE DISPARO RD: Tomando como referencia un valor de 1 Kohm hallado en la bibliografía consultada , se ensayó a partir de ese valor verificando que VGTM no supere el valor del manual y adoptamos 470 ohms , que produce un disparo satisfactorio del triac , sin excederlo de régimen .

RESISTENCIA LIMITADORA DE CORRIENTE DEL TRIAC DRIVER:El análisis lo inicio a partir del instante en que el optoacoplador dispara su triac interno , en ese instante se admite que entre los terminales del TIC263 (T1 y T2), no caigan mas de 10 volts de la tensión de línea , el valor medido en la práctica es de 3 volts .

El valor de RS no es crítico , se adoptó un valor de $3K6 \text{ ohms}$, despues de comprobar que la corriente que conduce el triac driver está muy por debajo de los 100 mA MAX especificados.

ESQUEMA CIRCUITAL COMPLETO:

