

2013

Corporación Universitaria Autónoma
del Cauca

Autor: Edwin Micolta
Estudiante de ingeniería Electrónica.
Revisado y corregido:
Ing. Francisco Franco

[CIRCUITOS DE DISPARO EN POTENCIA]

En este documento se explica los parámetros que se deben tener en cuenta para los diferentes cálculos de resistencias presentes en la etapa de potencia de los TRIAC y SCR

Tabla de contenido

LISTA DE FIGURAS	3
1. Parámetros para cálculos en la etapa de potencia de los tiristores.....	4
1.1 Cálculos etapa de potencia TRIAC.....	5
1.2 Cálculos etapa de potencia SCR.....	8
1.3 Cálculos etapa de potencia SCR activado por JFET.....	10

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Etapa de potencia tiristor.....	5
Figura 2 Etapa de potencia TRIAC.....	7
Figura 3 Voltaje de entrada.	8
Figura 4 Pulsos de activación microcontrolador.....	8
Figura 5 Rectificador de onda completa.....	8
Figura 6 Etapa de potencia SCR.....	9
Figura 7 Voltaje de entrada.	9
Figura 8 Pulsos de activación.....	9
Figura 9 Rectificador de media onda.....	9
Figura 10 Etapa de potencia SCR activado por JFET.....	10

1. Parámetros para cálculos en la etapa de potencia de los tiristores

Con el desarrollo de la tecnología de los semiconductores de potencia es de vital importancia el control de la potencia eléctrica o del acondicionamiento de la misma el conocer cuáles son los parámetros que se deben tener en cuenta para realizar los cálculos correspondientes en la etapa de potencia del tiristor, para ello es importante tener en cuenta las hojas de dato técnica de cada dispositivo el cual fueron necesarios para la construcción del modulo de tiristores el cual va a ser previamente analizado.

En la figura 1 se muestra la etapa de potencia del tiristor, como primero se debe calcular la resistencia de disparo (R_D) el cual es necesaria para el LED de disparo del optoacoplador, en ella aplicando la ley de voltaje de Kirchhoff al voltaje conformado entre V_{CC} el cual es el voltaje de entrada que en su defecto son 5V D.C, I_{FT} la corriente máxima del optoacoplador y R_D tenemos:

$$R_D = \frac{V_{CC}}{I_{FT}} \quad (1)$$

El cálculo de esta resistencia es aplicada a la etapa de potencia del SCR y del TRIAC.

La resistencia encargada de la protección generada por el pulso es generada a partir del voltaje del microcontrolador (V_{mc}) el cual es de 5V D.C para activarlo y 0V D.C para desactivarlo, la corriente de base (I_B) y el voltaje base emisor (V_{BE}) del transistor generando la siguiente ecuación:

$$R_B = \frac{V_{mc} - V_{BE}}{I_B} \quad (2)$$

Esta expresión es aplicable para el cálculo de esta resistencia en la etapa de potencia del SCR y del TRIAC.

Para el funcionamiento del circuito es necesario fijar la corriente que pasa por la resistencia de puerta (R_G), el cual tiene como función evitar que el triac se dispare cuando el optoacoplador no conduzca permitiendo así asegurar el voltaje en la puerta (V_G) cuando este activado. A continuación se describe la ecuación para esta resistencia que es la siguiente:

$$R_G = \frac{V_R - V_G}{I_G} \quad (3)$$

Donde V_R es el voltaje de conducción del optoacoplador, esta expresión se aplica para el cálculo de la resistencia de puerta que se calcula en la etapa de potencia del TRIAC, SCR y del SCR activado por JFET

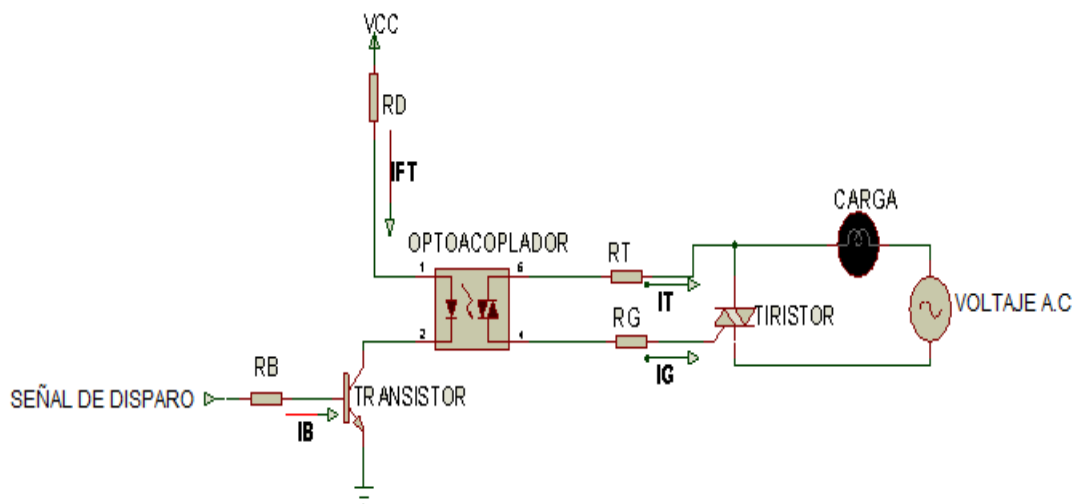
La resistencia R_T que tiene como función de ser la resistencia limitadora que es la que permite dar un valor apropiado de corriente de conducción (I_F) cuando conduce y se dispara el tiristor de lo anterior esta resistencia se calcula de la siguiente manera:

$$R_T = \frac{V_R}{I_F} \quad (4)$$

El cual de esta resistencia se realizan en la etapa del TRIAC, SCR y SCR activado por JFET. A continuación se darán ejemplos en cada una de las etapas de potencia entregando los cálculos.

Figura 0 etapa de potencia tiristor.

Figura 1 Etapa de potencia tiristor.



1.1 Cálculos etapa de potencia TRIAC.

Para el cálculo de las diversas resistencias R_D se debe tener en cuenta el optoacoplador para utilizar entre las referencias comerciales más utilizadas tenemos el MOC 3020, MOC 3021, MOC 3022, MOC 3023; la resistencia R_B se calcula de el tipo de transistor bipolar de uso general a utilizar los más comerciales son el 2N2222, 2N3904 y el TRIAC a utilizar entre ellos tenemos las siguientes referencias: BT136, TW6N600CZ, BTB06-600C, TIC226D, MAC3030-8 entre otros.

Realizaremos el cálculo de las diferentes resistencias tomando como referencia el MOC 3021, el transistor 2N3904 y el TRIAC TIC226D.

Para el cálculo de la resistencia R_D debemos tener en cuenta el datasheet del optoacoplador MOC 3021 el cual en la tabla 1 se dan a conocer sus principales características.

Tabla 1 características principales del MOC 3021

Símbolo	Significado	Rango	Unidad
VR	Voltaje de conducción	3	V
IF	Corriente de conducción	10	mA
IFT (Max)	Corriente máxima de conducción	15	mA

La corriente de conducción y el voltaje de conducción en los optoacopladores MOC 3020, MOC 3022, MOC 3023 son iguales solo varia la corriente máxima de conducción.

Entonces de la ecuación 1 se obtiene lo siguiente:

$$R_D = \frac{5V}{0.015A} = 333,3\Omega$$

El cual se puede llevar a un valor comercial de 390Ω.

Para el valor de la resistencia RB se tuvo en cuenta la hoja característica del transistor 2N3904 sus principales características necesarias se presentan en la tabla 2.

Tabla 2 Características principales del transistor 2N3904

Símbolo	Significado	Rango	Unidad
VBE	Voltaje Base-Emisor	0.7	V
IB	Corriente de Base	1	mA

De la anterior información se obtiene el siguiente resultado aplicando la ecuación 2:

$$R_B = \frac{5V - 0.7V}{0.001A} = 4.3K\Omega$$

El cual se acerca al valor comercial de 5 KΩ.

Para el cálculo de la resistencia de puerta (RG) se tiene el datasheet del TRIAC TIC226D el cual se muestra en la tabla 3.

Tabla 3 Características TRIAC TIC226D

Símbolo	Significado	Rango	unidad
IG	Corriente disparo de puerta	50	mA
VG	Voltaje disparo de puerta	2	V

El voltaje de conducción del optoacoplador (VR) fue expuesto en la tabla 1, de ahí tomando la ecuación tenemos:

$$R_G = \frac{3V - 2V}{0.05A} = 20\Omega$$

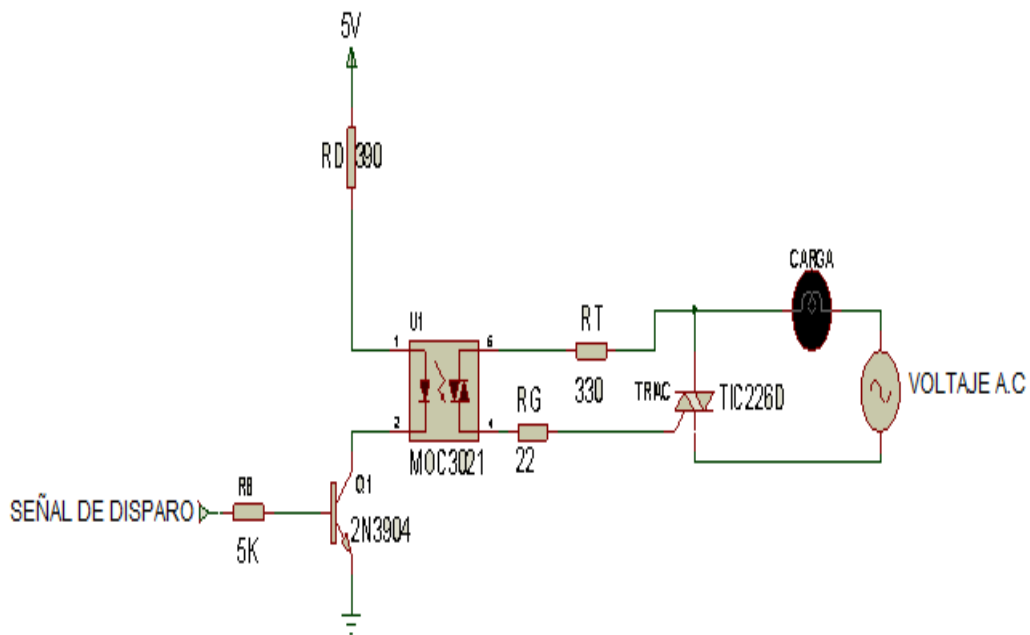
El cual se aproxima al valor comercial de 22Ω.

Para el cálculo de la resistencia RT se tiene en cuenta la información suministrada por la tabla 1, de la ecuación 4 entonces se obtiene el siguiente resultado:

$$R_T = \frac{3V}{0.01} = 300\Omega$$

Aproximándose al valor comercial de 330Ω. Del anterior cálculo se deriva el circuito de etapa de potencia del TRIAC representado en la figura 2.

Figura 2 Etapa de potencia TRIAC.



El siguiente circuito fue simulado en *isis proteus* el cual permitió observar las diferentes curvas obtenidas, en la figura 3 se observa el voltaje de entrada, en la figura 4 se muestra los pulsos generados desde el microcontrolador la cual es la señal de disparo para el optoacoplador y en la figura 4 la onda rectificada en el semiciclo positivo como en el negativo con una variación del ciclo de trabajo del 50%.

Figura 3 Voltaje de entrada.

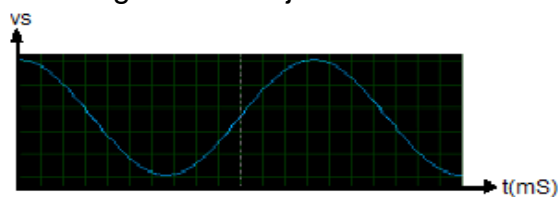


Figura 4 Pulsos de activación microcontrolador.

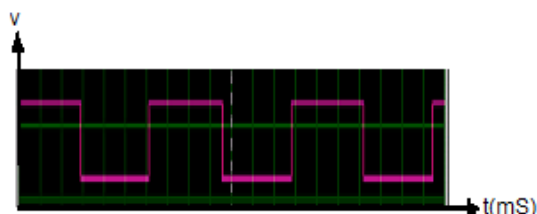
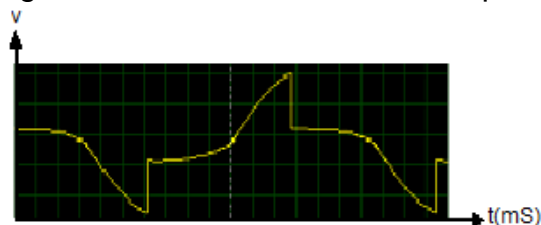


Figura 5 Rectificador de onda completa



1.2 Cálculos etapa de potencia SCR.

Para el cálculo de las resistencias R_D , R_T , R_B se tuvieron en cuenta las desarrolladas en la sección 1.1. Para el cálculo de la resistencia R_G se debe tener en cuenta los datasheet de los SCR más comerciales que existen entre ellos tenemos: C106D, 50RIA60, S8040R, 16RIA120 entre otros de ellos se toma la referencia 16RIA120 el cual en la tabla 4 detalla las principales características necesarias para el cálculo de la resistencia de puerta del SCR.

Tabla 4 Características SCR 16RIA120

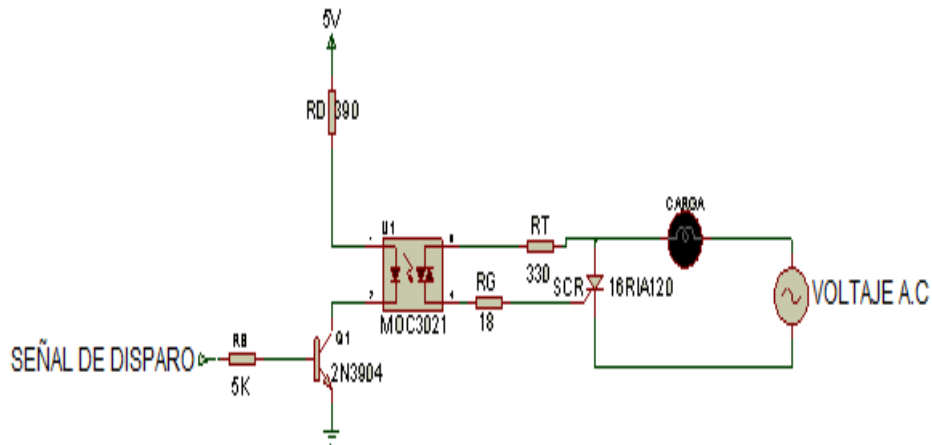
Símbolo	Significado	Rango	unidad
IG	Corriente disparo de puerta	60	mA
VG	Voltaje disparo de puerta	2	V

Para el cálculo de la resistencia teniendo en cuenta el voltaje de conducción del optoacoplador mostrado en la tabla 1 de la sección 1.1, aplicamos la ecuación 3 obteniendo el siguiente resultado:

$$R_G = \frac{3V - 2V}{0.06A} = 16.6\Omega$$

El cual es aproximado al valor comercial de $18\ \Omega$; en la figura 3 se muestra la etapa de potencia del SCR con sus cálculos.

Figura 6 Etapa de potencia SCR.



El simulador de *isis proteus* permite verificar el funcionamiento del circuito, en la figura 7 se muestra el voltaje de entrada A.C, en la figura 8 la señal de disparo generados por el microcontrolador y en la figura 8 la onda rectificada en el semiciclo positivo con una variación del ciclo de trabajo del 80%.

Figura 7 Voltaje de entrada.

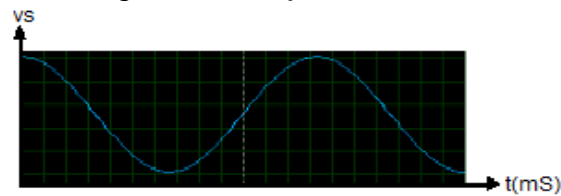


Figura 8 Pulsos de activación.

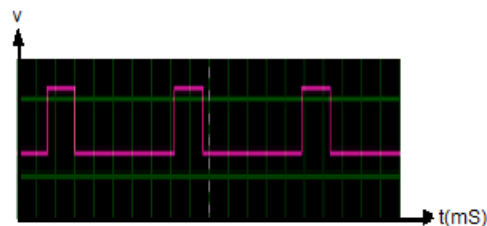
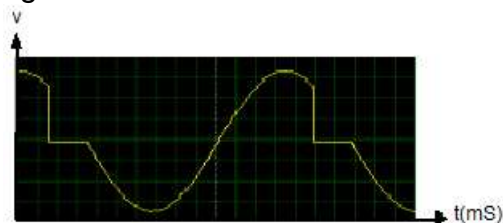


Figura 9 Rectificador de media onda.



1.3 Cálculos etapa de potencia SCR activado por JFET.

El cálculo de la resistencia R_G y R_T se tiene en cuenta la obtenida en la sección 1.2, en este caso se hallara la resistencia que se encarga de activar el transistor JFET (R_{JD}), teniendo diferentes referencias comerciales como K117, 2N5638, 2N3823, 2N41117 entre otros para el cálculo de esta resistencia se tendrá como referencia el transistor 2N5638 el cual en la tabla 5 se muestra sus principales características.

Tabla 5 Características JFET 2N5638

Símbolo	Significado	Rango	Unidad
V_{GDS}	voltaje de puerta drenador-surtidor	30	V
I_G	Corriente de puerta	50	mA

Del anterior se realiza el cálculo el cual viene expresado con la siguiente ecuación:

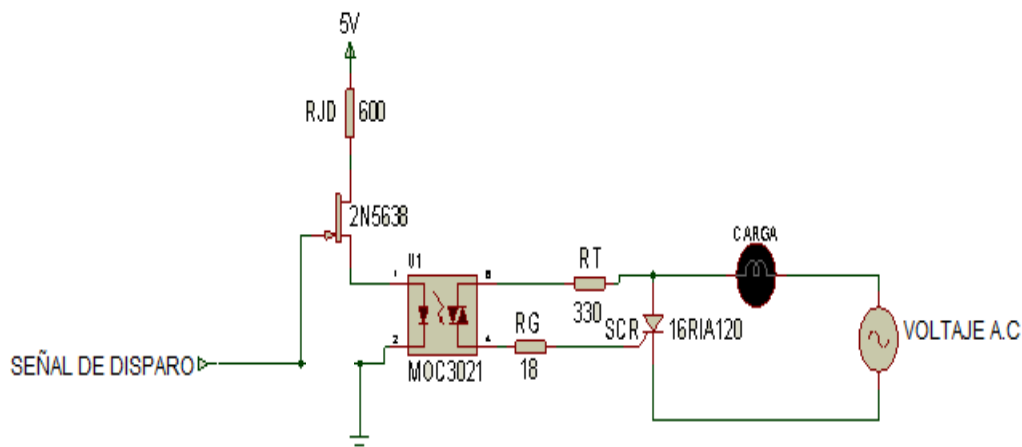
$$R_{JD} = \frac{V_{GDS}}{I_G} \quad (5)$$

Teniendo en cuenta la anterior ecuación el resultado obtenido es el siguiente:

$$R_{JD} = \frac{30V}{0.05A} = 600\Omega$$

De lo anterior se genera la etapa de potencia del SCR activado por JFET tal como se muestra en la figura 4.

Figura 10 Etapa de potencia SCR activado por JFET.



Las señales de respuestas son iguales a las obtenidas en la sección 1.2.