

Trabajo Práctico N°2

Control del Ángulo de Conducción de un SCR.

Luczywo Alexis
Marchetti Fabre Martín
Martino Agustín
Sartori Paolo

7 de junio de 2013

Objetivo

Diseñar y construir un circuito para el control del ángulo de conducción de un SCR.

Diseño

Se utilizara el método de control de ángulo de conducción rampa-escalón. El circuito implementado es el siguiente:

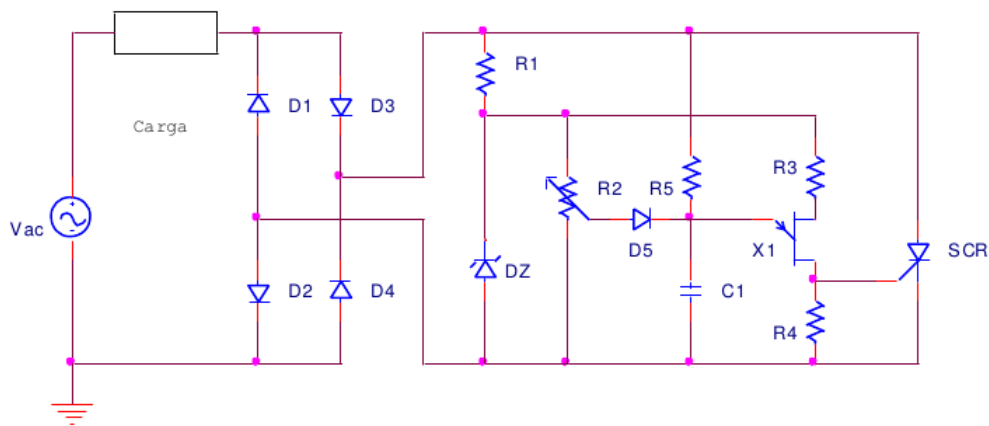


Figura 1: Circuito implementado

El SCR utilizado es el TIC106D y el transistor unijuntura empleado para dispararlo el 2N2646. Se requiere controlar el disparo con una tensión de entre 0 y 10V.

El diseño debe efectuarse para una carga resistiva de 220V y 1KW. Se comprueba que el TIC106 pueda funcionar en este régimen de carga:

$$I_L = \frac{P_L}{V_L} = \frac{1000W}{220V} = 4,54 \text{ A}_{(rms)}$$

De la hoja de datos del tiristor se obtiene:

$$V_{DRM} = 400V$$

$$I_{T(RMS)} = 5A$$

El dispositivo soporta una corriente continua de encendido de 5A siempre y cuando la temperatura de carcasa no supere los 80°C. Es decir que con la adecuada disipación el se puede utilizar para esta carga.

De la hoja de datos del SCR se obtienen el valor de tensión y corriente mínimas en la compuerta para garantizar el disparo.

$$I_{GT} = 200\mu A$$

$$V_{GT} = 1,2V$$

Para asegurar que el disparo se produzca siempre dentro de la zona de disparo seguro se elige una corriente de disparo $I_G = 5 I_{GT}$.

$$I_G = 1mA$$

De la hoja de datos del TUJ se obtienen los siguientes parámetros:

$$\eta = 0,75$$

$$R_{BB(off)} = 7k\Omega \quad R_{BB(on)} = 600\Omega$$

A partir del valor de η y de $R_{BB(off)}$ se obtiene el valor de las resistencias R_{BB1} y R_{BB2} .

$$R_{BB1} = 5250\Omega \quad R_{BB2} = 1750\Omega$$

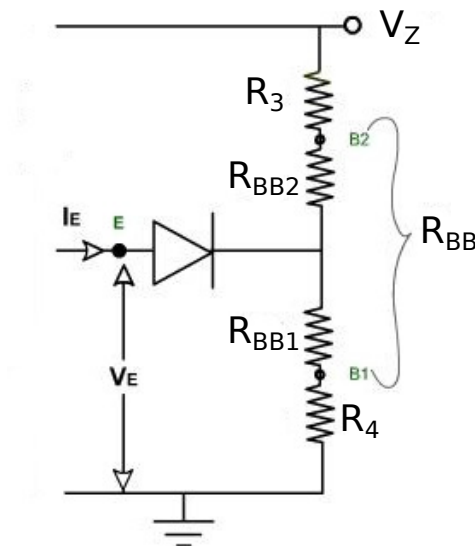


Figura 2: Modelo equivalente del TUJ

A continuación se deben calcular los valores de las resistencias R_3 y R_4 que acompañan al TUJ.

Es necesario que el transistor unijuntura se dispare cuando la tensión en el emisor del mismo sea de 10V, para eso:

$$V_{disparo} = V_d + \eta V_{BB} = 10V$$

Vemos que la tensión de disparo equivale a una caída de tensión V_d de aproximadamente 0.5V en el diodo de emisor mas η veces la tensión entre las bases del unijuntura. De lo anterior se despeja:

$$\eta V_{BB} = 9,5V$$

La corriente que debe circular por el unijuntura cuando este encendido debe permitir el disparo del SCR, por lo que se la hace mucho mayor a la corriente I_G necesaria (quince veces en este caso) .

$$I_e = 15 I_G$$

Entonces por la resistencia R_4 va a circular la diferencia entre las dos corrientes, y la caída de tensión debe ser igual a la tensión necesaria en la compuerta para el disparo, de aquí se despeja R_4 :

$$R_4 = \frac{V_G}{I_e - I_G} = \frac{1,2V}{15mA - 1mA} = 85,71\Omega \rightarrow 82\Omega$$

Cuando el unijuntura es disparado, la resistencia interbase cae a 600Ω y por el circula I_e , por lo tanto se tiene que:

$$V_Z = I_e(R_3 + 600\Omega + R_4) \quad (1)$$

Donde V_Z es la tensión del zener.

Mientras el TUJ se encuentre apagado, la corriente necesaria para que $\eta V_{BB} = 9,5V$ es:

$$I_a (R_4 + R_{BB1}) = 9,5V$$

$$I_a = 1,781mA$$

Entonces se tiene:

$$V_Z - I_a(R_{BB} + R_4) = I_a R_3 \quad (2)$$

A partir de (1) y (2) se despejan los valores de V_z y de R_3 :

$$V_Z = 12,93V \rightarrow 15V$$

$$R_3 = 180\Omega$$

La tensión que dispara al unijuntura es la tensión en el capacitor, el método rampa escalón consiste en cargar al capacitor con un escalón de tensión variable y luego con una rampa de pendiente fija. El escalón se hace variable de forma que se pueda variar el ángulo de conducción de forma lineal.

El capacitor se carga inicialmente a través de la resistencia del potenciómetro R_2 y del diodo. La constante de tiempo de este circuito $\tau_1 = R_2 C_1$ debe hacerse mucho mas pequeña que el semiperíodo de la tensión de línea de forma que constituya un escalón. Se considera que el capacitor se encuentra completamente cargado en su valor final luego de un tiempo igual a $5\tau_1$.

$$5\tau_1 \ll 10ms$$

$$5\tau_1 = \frac{10ms}{20} = 500\mu s$$

Si se elige $C_1 = 100nF$ entonces:

$$R_2 = \frac{100\mu s}{C_1} = 1k\Omega$$

Una vez cargado el capacitor con el escalón inicial, el diodo deja de conducir y el capacitor pasa a cargarse con la tensión rectificada de la línea. Ahora la constante de tiempo es $\tau_2 = R_5 C_1$ y el valor de la misma es mucho mayor que el de τ_1 de forma que la tensión en el capacitor forma una “rampa”.

Se debe elegir el valor de esta constante para que en un semiciclo de la tensión de entrada, la tensión en el capacitor llegue a la tensión de disparo (10V), siendo el escalón inicial nulo lo que equivale a decir que el potenciómetro está en su extremo inferior.

Suponiendo inicialmente que la tensión de entrada es un escalón se estima el valor que debe tener R_5 .

$$V_C = V_F - V_F e^{-\frac{t}{\tau_2}}$$

Sabiendo que $\tau_2 = R_5 C_1$ se despeja el valor de R_5 en función del valor inicial y final de la tensión en el capacitor.

$$R_5 = \frac{t}{C_1 \ln\left(\frac{V_F}{V_F - V_C}\right)}$$

Evaluyendo en $t = 10ms$; $V_F = 311V$ y $V_C = 10V$ se obtiene:

$$R_5 = 3M\Omega$$

Sin embargo la tensión que carga al capacitor no es un escalón sino una senoidal rectificada, simulando el circuito se estima el valor correcto para R_5 .

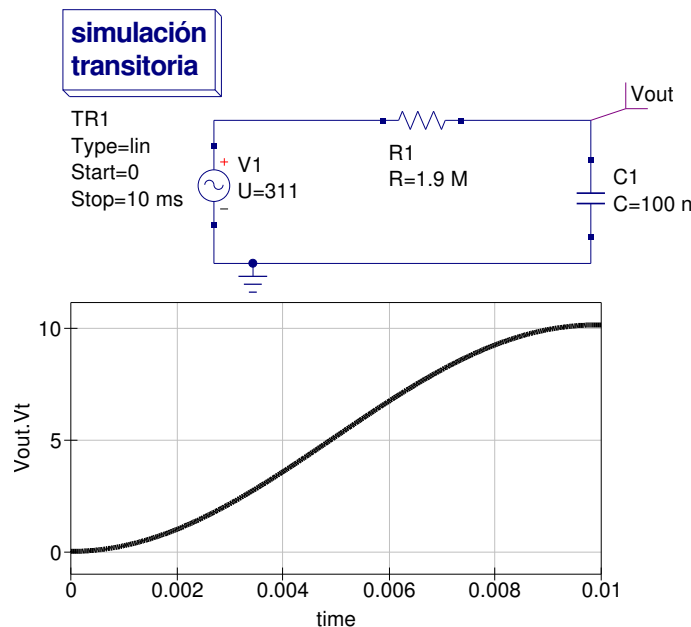


Figura 3: Simulación de la carga con una senoidal rectificada

El valor necesario para R_5 es de $1,9M\Omega$, por lo que se coloca una resistencia de $1,5M\Omega$ en serie con un trimpot de $500K\Omega$.

Implementación y Mediciones

Luego se implementa el circuito utilizando como carga una lámpara incandescente de 75W. Como la tensión de disparo es de 10V y la tensión a los bornes del potenciómetro principal (R_2) es de 15V, se coloca en serie con el mismo del lado superior un resistencia, de forma que la tensión en el punto medio del potenciómetro varíe entre 0 y 10V.

Luego se ajusto el trimpot de $500K\Omega$ para que la rampa llegue al valor máximo en el tiempo requerido y por último se realizaron las mediciones que se muestran en la siguiente tabla.

Variando el valor de la tensión de referencia se mide:

- El tiempo que le lleva a la tensión del capacitor llegar a los 10V.
- El tiempo que la tensión del capacitor se mantiene por encima de los 10V hasta el próximo ciclo.
- El tiempo en el cual circula corriente en la carga.
- La tensión eficaz en la carga.
- El ángulo en que se produce el disparo.

Se obtuvieron las siguientes capturas de pantalla, en todos los casos la imagen de la izquierda representa la tensión en el capacitor, y la de la derecha la tensión en la carga.

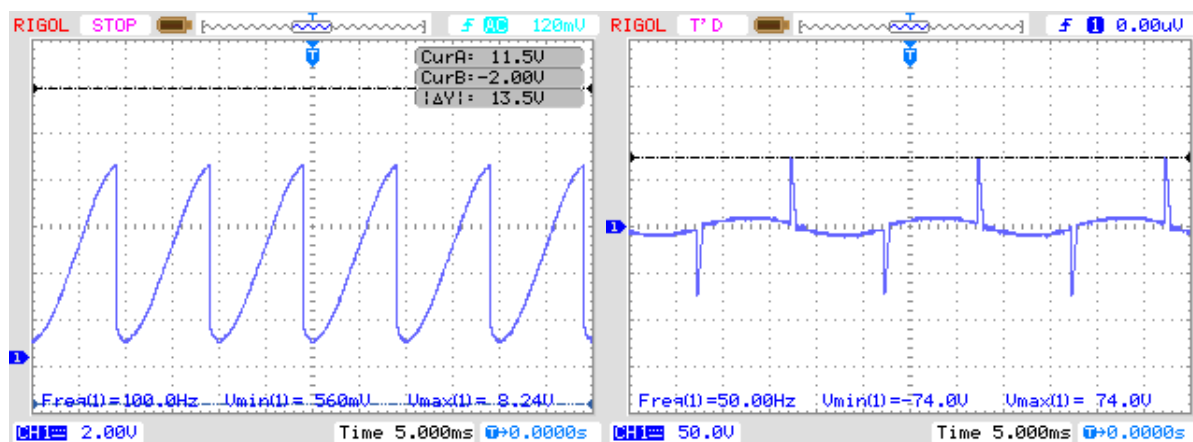


Figura 4: Con V_{ref} bajo

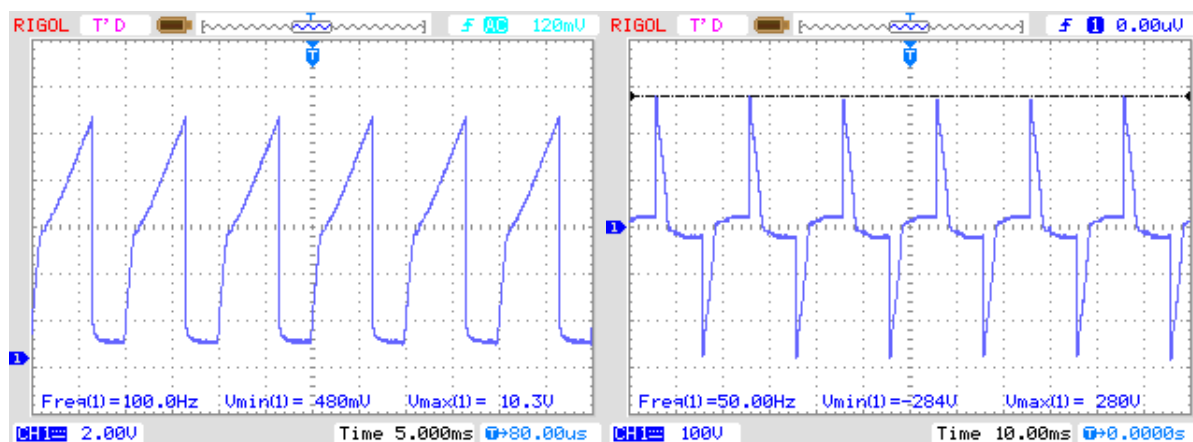


Figura 5: Con nivel de Vref intermedio

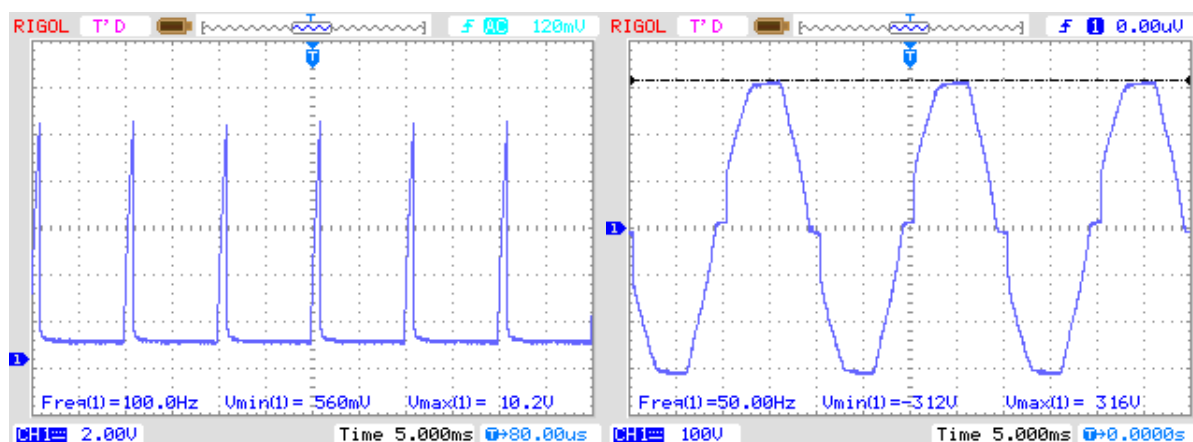
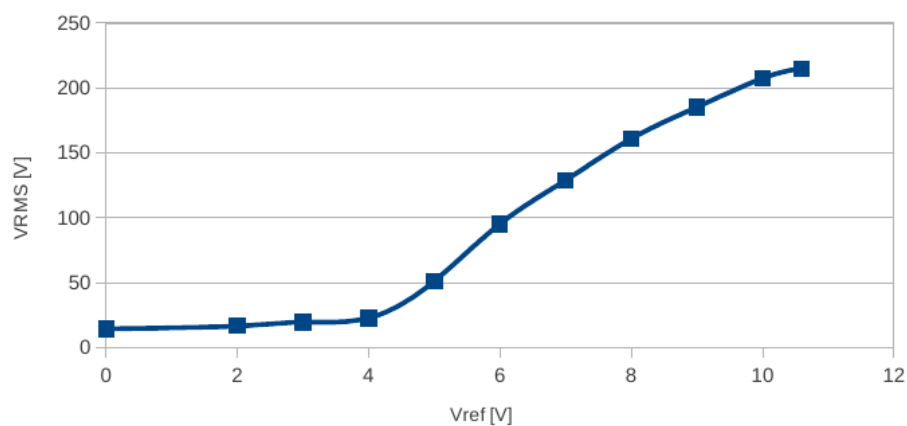
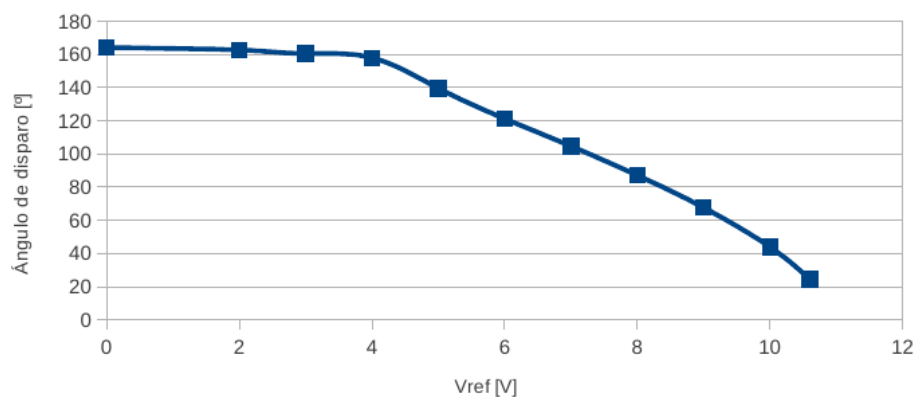


Figura 6: Con Vref bajo

V _{ref} [V]	Tiempo al Disparo Capacitor [us]	Tiempo Disparado Capacitor [us]	Tiempo Conducción en la Carga [us]	V _{RMS_Carga} [V]	Ángulo Disparo [°]
0	9040	960	880	14,5	164,16
2	8960	1040	960	16,7	162,72
3	8840	1160	1080	19,69	160,56
4	8720	1280	1220	22,9	158,04
5	7920	2080	2240	51,3	139,68
6	6800	3200	3260	95,3	121,32
7	5840	4160	4180	129	104,76
8	4800	5200	5160	161	87,12
9	3760	6240	6240	185,3	67,68
10	2480	7520	7560	207,5	43,92
10,6	1400	8600	8640	215,1	24,48

Cuadro 1: Mediciones realizadas

A partir de los valores de la tabla se realizan los siguientes gráficos

Tensión eficaz en la carga en función de V_{ref} Ángulo de disparo en función de V_{ref} 

Conclusiones

- Se observa que la característica de transferencia entre el ángulo de disparo y la tensión de referencia es lineal, sin embargo se obtuvo una pequeña “zona muerta” (de 0 a 4V) en la que variando la tensión de referencia no se observan cambios a la salida. Esto se puede corregir disminuyendo el tiempo de rampa, mediante la disminución de la resistencia R_5 o colocando una resistencia debajo del potenciómetro para que el escalón de tensión arranque siempre desde un valor mínimo.
- Existe un ángulo de disparo mínimo que se puede obtener, principalmente porque la tensión de línea rectificada es muy pequeña y no alcanza para que se produzca el disparo.