



PUENTE RECTIFICADOR MONOFÁSICO SEMICONTROLADO

LUIS LEONARDO RIVERA ABAÚNZA
SEBASTIÁN CASTELLÁNOS

RESÚMEN

Los Rectificadores Semicontrolados son un tipo de convertidor de un sólo cuadrante y tiene una misma polaridad de voltaje y de corriente de salida. Emplean en sus configuraciones ramas rectificadoras con, cada una de ellas, un diodo y un tiristor.

Estos convertidores no necesitarán, por lo tanto, de doble encendido en los tiristores, como ocurre en los rectificadores controlados, dando una característica de salida con más ondulación que sus equivalentes montajes a tiristores.

ABSTRACT

The Semicontrolled Rectifiers are a type of converter of only quadrant and have a same polarity of voltage and exhaust current. They use in their configurations rectifying branches with, each one of them, a diode and a thyristor.

These converters will not need, therefore, of double ignition on the thyristors, as it happens in the controlled rectifiers, giving a characteristic of output with more ripple than their equivalent assemblies to thyristors.

Keywords: SCR, tiristor, puente semicontrolado.

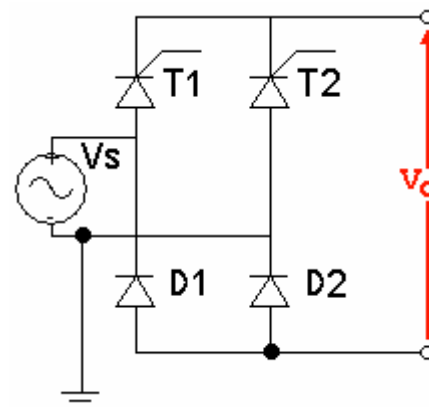


FIGURA 1. Semiconvertidor en puente monofásico.

PUENTE RECTIFICADOR SEMICONTROLADO MONOFÁSICO

El circuito rectificador monofásico semicontrolado que se muestra en la figura 1, permite variar la componente de la tensión de salida en función del troceado producido por una pareja de tiristores de acuerdo con el ángulo de fase de disparo de los mismos.

En nuestra práctica implementamos el sistema de gobierno de los tiristores necesario que incluyó la sincronización (detección de cruce por cero), generación de rampa, comparación y driver de disparo. Realizamos la prueba de cada uno de las etapas del control así como del circuito de potencia.

Uno de los objetivos de la práctica era verificar de manera experimental la operación del rectificador monofásico semicontrolado e identificar la forma de tensión y de corriente sobre cada uno de los elementos.

Para esto se necesitó diseñar e implementar el sistema de gobierno de los tiristores adecuado para realizar control manual.

A la salida de nuestro circuito se diseñó un filtro pasivo LC para extraer la componente directa del rectificador semicontrolado.

En cada una de las etapas se realizaron pruebas de funcionamiento y se observó la forma de la señal a la salida, obteniendo las mediciones de tensiones y corrientes.

Al inicio de la práctica se pusieron las siguientes condiciones de funcionamiento:

- El circuito debía operar teniendo como carga dos bombillos de 110Vrms/100W en paralelo.
- El control de fase de disparo de los tiristores debía hacerse usando toda la excursión del potenciómetro.
- El circuito debía generar su propia fuente de alimentación para la lógica de control.

MATERIALES

Para llevar a cabo la práctica se utilizaron los siguientes materiales:

- Resistencias de diferentes valores.
- Capacitores de diferentes valores.
- LM324
- LM317
- Transistores 2N2222
- Potenciómetros
- Transformador reductor
- Diodos
- TYN612
- Toroide
- Bombillos
- Aislador de tierra
- Cable
- Alambre
- Osciloscopio
- Puntas

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Lo primero en el diseño de nuestro circuito fue el transformador reductor para adecuarlo a un voltaje útil para la alimentación de las siguientes etapas como Vcc, además de generar nuestras señales de control y de comparación.

Utilizamos un transformador reductor de 120V/9V, que nos generaban un Vcc de 12,72V y también unos niveles Va y Vb de 6,5V, para la generación de nuestras señales de control, en esta etapa usamos diodos rectificadores normales y en los divisores de voltaje para Va y Vb resistencias del mismo valor para obtener la media de tensión y en valores de Kóhmios para el control de la corriente.

$$V_{cc} = 12,72V$$

$$V = 0,5V(\text{comparación})$$

$$V = \frac{V_{cc} * R1}{R1 + R2}$$

$$R1 = 3,3K\Omega$$

$$0,5 = \frac{12,72 * 3,3K}{3,3K + R2}$$

$$R2 = 95,7K\Omega$$

Para el primer generador mediante un divisor de voltaje obteníamos 0.5V y calculamos los demás.

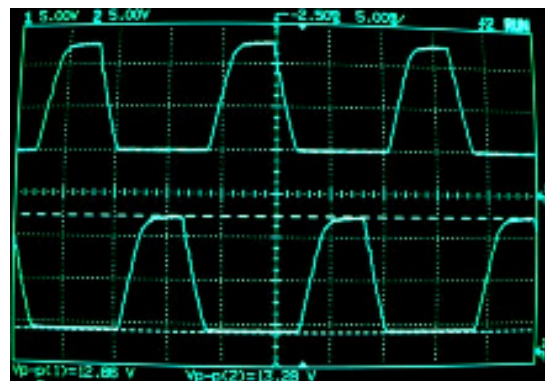


FIGURA 2. Salidas Va y Vb.

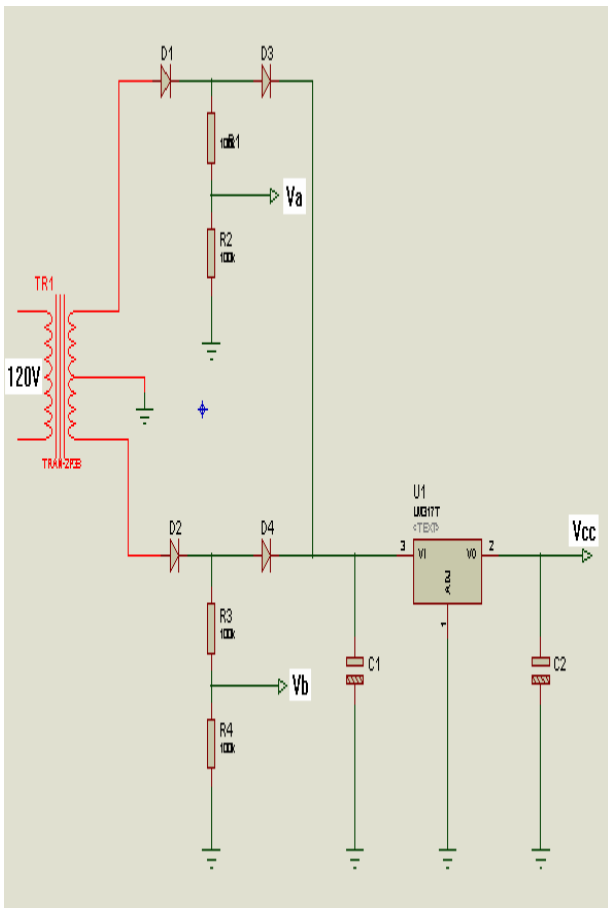


FIGURA 3. Primera etapa. Generación de Vcc y Va, Vb

Los valores de Va , Vb, 0,5 y del Vcc se usaron en la siguiente etapa (comparador) para su funcionamiento. Va y Vb manejan cada uno un ciclo lo que es fundamental para el desarrollo final de la práctica. En la siguiente figura podemos ver el comparador utilizado y su salida.

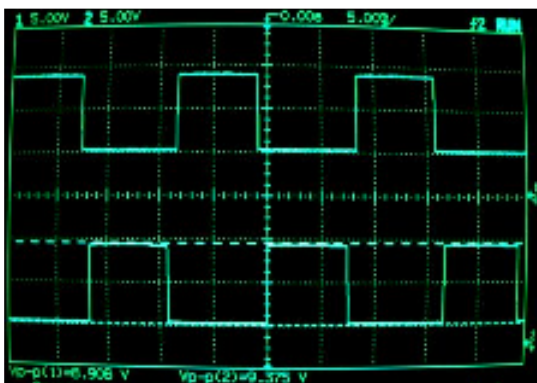


FIGURA 4. Salida del comparador.

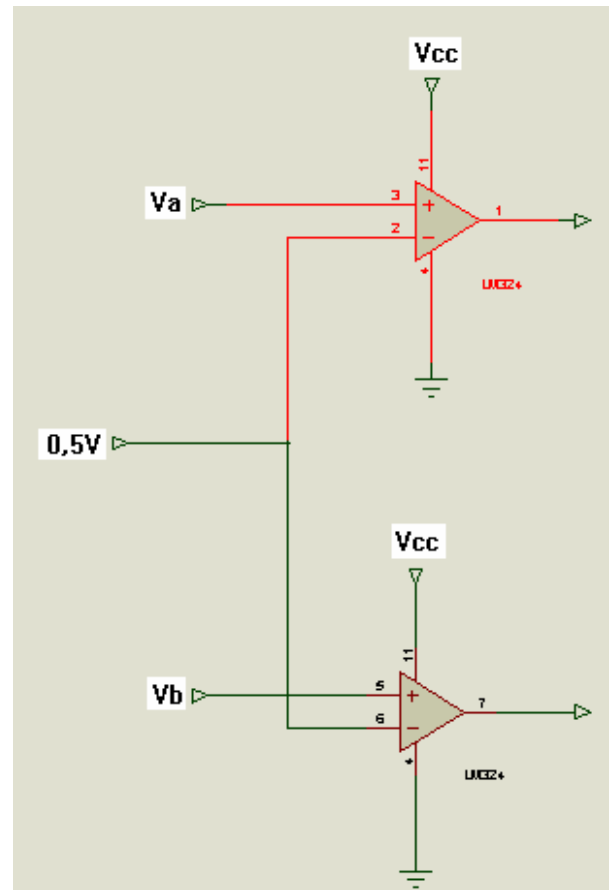


FIGURA 5. Comparador.

Podemos ver a la salida de esta etapa la forma de los pulsos y que cada comparador maneja un ciclo de la señal.

Para la siguiente etapa usamos una configuración con transistor como integrador, que nos genera una señal de rampa y es la que nos detecta el cruce por cero. De nuevo ocurre para los dos ciclos.

Para este diseño nos basamos teniendo en cuenta como criterio diez veces la corriente de colector con respecto a la de base y fijando una resistencia de base fija para los dos ciclos de 1 Kóhmio.

Para el cálculo de C y de la RC1, elegimos primero los capacitores que tuvieran exactamente las mismas características y luego mediante una malla y criterios de diseño encontramos las resistencias. Estos datos nos dieron unos valores de:

$$C = 0.1\mu F$$

$$R = 2K\Omega$$

Como la señal de rampa de salida no presentó la linealidad en la pendiente que esperábamos entonces variamos el valor de la resistencia hasta un valor que nos proporcionó esta linealidad que necesitábamos.

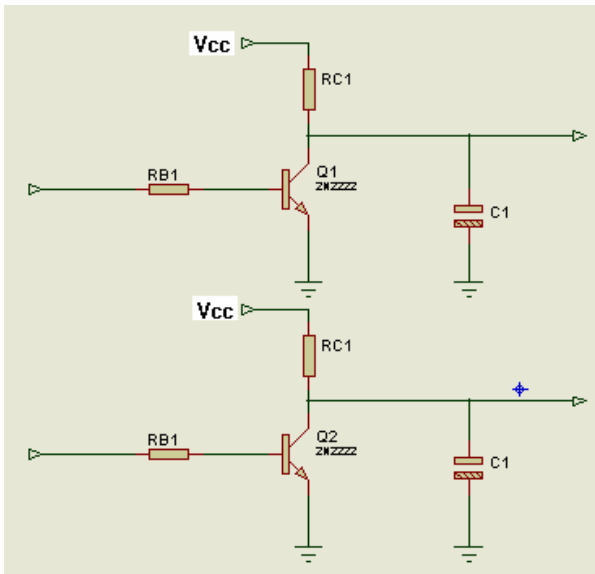


FIGURA 6. Generador de rampa.

Esto debido a que la pendiente está dada por RC y entre mayor sea el valor de esta relación mayor será la pendiente por lo que su región lineal será mayor facilitándonos obtener lo que deseamos.

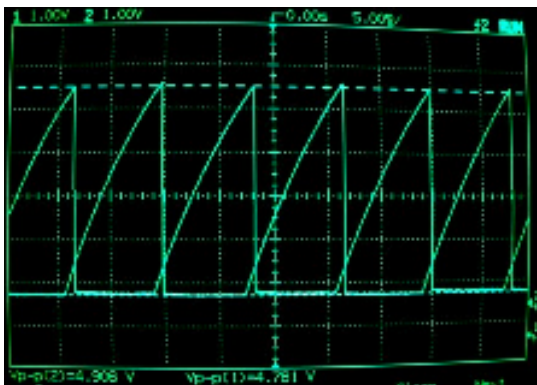


FIGURA 7. Señal en el osciloscopio con los dos ciclos superpuestos.

Los criterios de diseño tenidos en cuenta en esta etapa fueron los siguientes:

$$T = 16.666ms$$

$$T/2 = 8.333ms$$

$$T/2 = \frac{RC}{5}$$

$$R = \frac{8.333ms * 5}{C}$$

Además el transistor se usó en modo de conmutación para esta aplicación.

Conociendo el capacitor hallamos R e hicimos los arreglos mencionados anteriormente.

Para nuestra siguiente etapa, que era otro comparador, que nos permitía generar pulsos de ancho variable y que daba la señal de disparo que luego va al driver (mediante la comparación entre la rampa y la señal de control), utilizamos un divisor de voltaje con un potenciómetro que nos permitiera variar el nivel de comparación, aproximadamente desde 5,2V. en esta etapa utilizamos otro LM324 puesto que observamos que al utilizar los 4 operacionales de un encapsulado se presentaban problemas al momento de obtener la señal de salida.

También usamos un potenciómetro de alto valor para poder utilizar toda su excursión y lograr así observar cambios graduales en los niveles de tensión que provocaban un efecto de DIMMER en la carga.

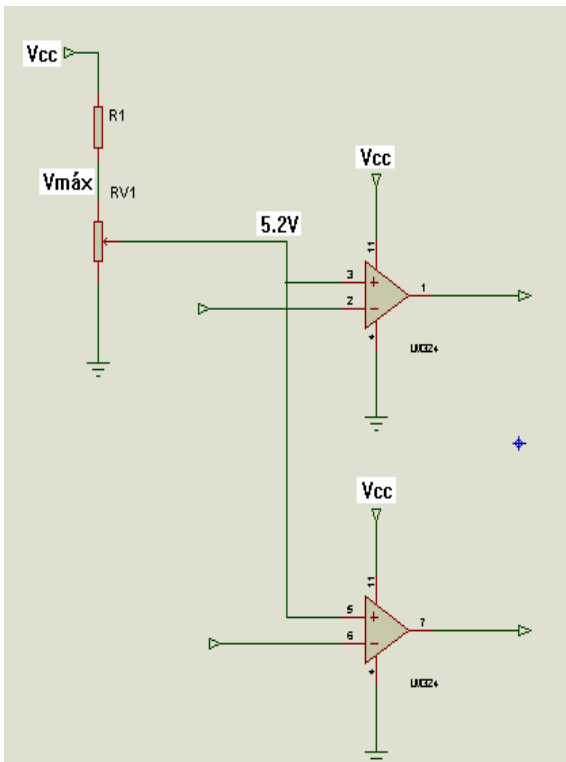


FIGURA 8. Comparador que genera pulsos de ancho variable.

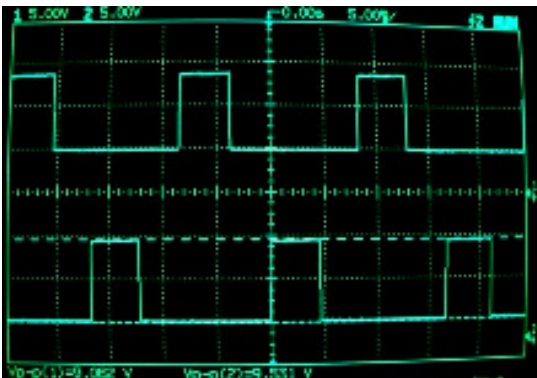


FIGURA 9. Salida del comparador en el osciloscopio.

En la etapa del driver tuvimos en cuenta los siguientes criterios:

$$\frac{V_{cc}}{4} = V_{ce}$$

$$r_{iz} = \frac{V_g}{0.1 * I_g}$$

$$10 * I_e = I_g$$

$$I_g(10\%) = I_e$$

Al observar el dataste del SCR, observamos los siguientes valores que nos permitieron realizar el diseño de esta etapa:

TYN612

$$I_g = 0.2 - 15mA$$

$$V_g = 0.8V(máx)$$

Con estos datos tomamos un valor medio de voltaje y de corriente y encontramos la impedancia del SCR para llevar a cabo el diseño de la salida del driver.

$$I_g = 7mA$$

$$V_g = 0.65V$$

$$Z_g = \frac{V_g}{I_g} = \frac{0.65}{7mA}$$

$$Z_g = 92.85\Omega$$

$$r = 0.05$$

$$R_{B2} = 1K\Omega$$

$$R_{C2} = 22K\Omega$$

$$R_{E2} = 2.2K\Omega$$

Como en etapas anteriores nos vimos obligados a hacer unos arreglos de resistencias para obtener el valor exacto de voltaje y de corriente necesarios para el disparo del SCR.

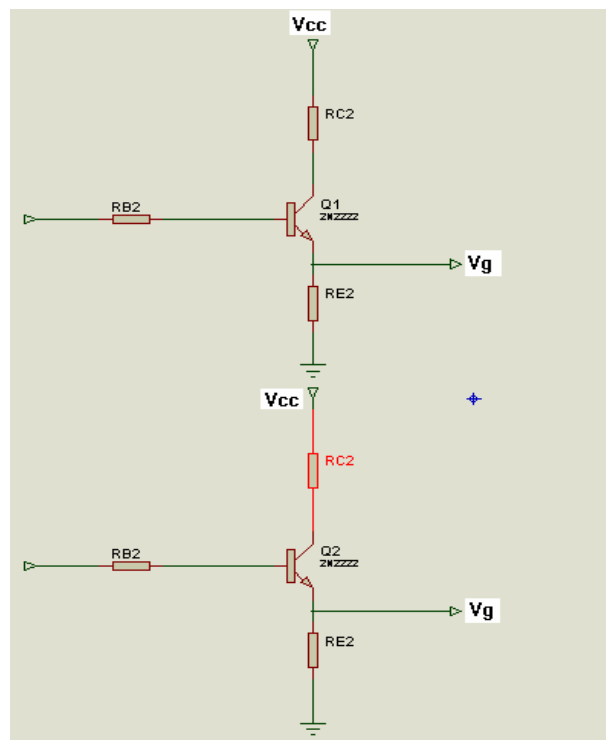
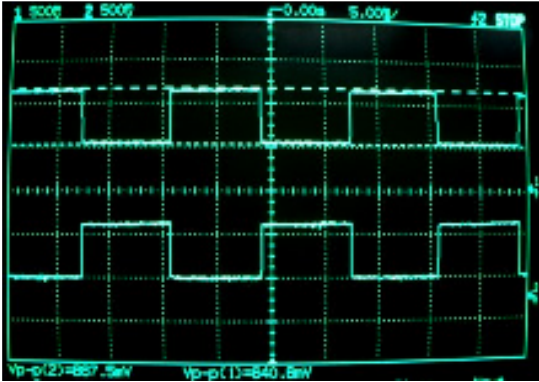
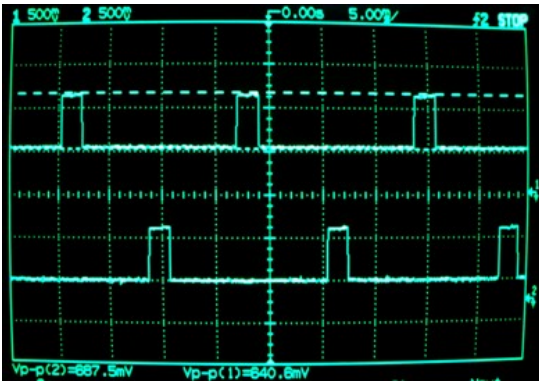


FIGURA 10. Circuito del driver.



FIGURAS 11-12. Salida del driver con diferentes anchos de pulso.

A continuación de este driver se encuentra el circuito de potencia que vamos a controlar, el cual además cuenta con un filtro pasivo a su salida para el rizado, y es el siguiente

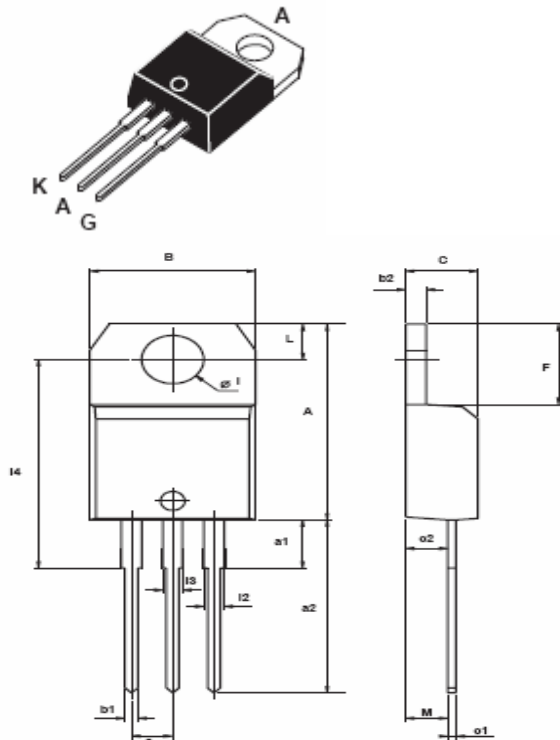


FIGURA 13. SCR usado en la práctica.

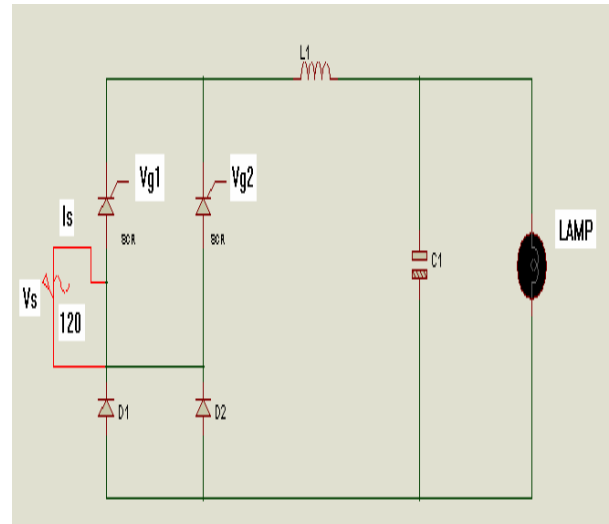


FIGURA 13. Circuito de potencia y filtro pasivo.

Para el filtro contábamos con un toroide con una inductancia de 40mH y un capacitor de 3300uF de potencia.

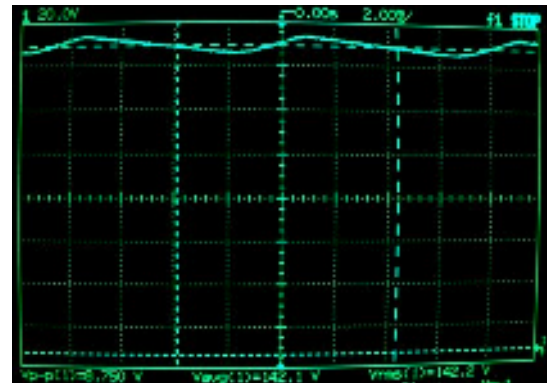


FIGURA 14. Señal de rizado de salida.

A la salida de nuestro circuito completo pudimos obtener las siguientes mediciones:

$$V_{rms} = 142.2V$$

$$V_{av} = 142.1V$$

$$V_{riz} = 6.750V$$

Vemos así que nuestro porcentaje de rizado se cumple casi en un ciento por ciento, aunque es casi imposible conseguir esto último por los elementos reales involucrados en los dispositivos usados tales como las resistencias en serie de las bobinas, el ESR del capacitor y demás variables que se escapan al manejo nuestro.

CONCLUSIONES

- Pudimos observar que es crítico en el diseño de estos circuitos tener en cuenta el valor exacto de todos sus componentes pues una mínima variación puede tener un grande efecto en el valor y la forma de la salida.
- Algunos de los elementos utilizados no nos dieron la respuesta esperada debido a que no tuvimos en cuenta las curvas características y las especificaciones propias de cada dispositivo por lo que se cuadraron estos valores algunas veces al tacto. En esta aplicación que era para laboratorio y no era de importancia crítica en el funcionamiento de alguna máquina o equipo se pudo realizar de esta manera pero en aplicaciones de la vida real todos los cálculos y mediciones deben ser exactos.
- Previsiblemente observamos que la teoría debe ir anexa a la práctica pues algunos de los conceptos requeridos por el laboratorio se hacían claros al ver la sustentación teórica así ya se hubiera realizado el diseño, con ayuda del docente claro está, y este funcionara de manera adecuada.



**LUIS LEONARDO RIVERA
ABAÚNZA.** Universidad de Ibagué.
Programa de Ingeniería Electrónica. Semestre VIII.

SEBASTIÁN CASTELLANOS.
Universidad de Ibagué. Programa de
ingeniería electrónica. Semestre VIII.

