

**UCLV**  
Universidad Central  
"Marta Abreu" de Las Villas



**FIE**  
Facultad de  
Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica

## TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Elaboración de subcircuitos con Multisim para abordar aplicaciones de la Electrónica Analógica desde la perspectiva de bloques funcionales

Autor: Luis Manuel González González

Tutor: Dr. Carlos Roche Beltrán

Santa Clara  
Copyright©UCLV

**UCLV**  
Universidad Central  
"Marta Abreu" de Las Villas



**FIE**  
Facultad de  
Ingeniería Eléctrica

Department of Telecommunications and Electronics

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

Title: Development of subcircuits with Multisim to address applications of Analog Electronics from the perspective of functional blocks

Author: Luis Manuel González González

Thesis director: Dr. Carlos Roche Beltrán

Santa Clara  
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

**Atribución- No Comercial- Compartir Igual**



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

## **PENSAMIENTO**

*En toda discusión, no es una tesis la que se defiende sino a uno mismo.*

*Paul Valéry*

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de diploma va dedicado a una persona muy especial para mí que desgraciadamente ya no está presente, mi padre. Esto es para ti porque sé que verme graduado era de tus más grandes sueños, y ya está logrado. Por este motivo esta investigación va dedicada a ti: mi ejemplo y mi guía que, aunque no estés en físico, siempre estás ahí dándome fuerzas para seguir adelante.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi familia y todas las personas cercanas a mí que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos; compañía y ayuda de mi novia durante todos estos años. A mis padres por estar siempre a mi lado en todo momento y con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarla en los momentos difíciles.

Mi madre y mi abuela por siempre estar fuertes a mi lado y mi padre que, aunque no esté presente en vida, su ejemplo, sueños que compartíamos están presentes en mí y donde quiera que esté espero que vea como logro mis metas y de alguna forma se sienta orgulloso.

Le agradezco profundamente a mi tutor por su dedicación, que sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese llegado a tan anhelada instancia gracias a su guía y todos sus consejos.

Como dejar de agradecer a todos mis compañeros los cuales muchos de ellos se han convertido en mis amigos, cómplices y hermanos. En especial a mis compañeros de beca Jose, Andy, Julio, Dorian y Marco gracias por todos los momentos compartidos, buenos o malos. Simplemente inolvidables las cosas que hemos vivido en nuestra querida UCLV. Gracias por todo.

## TAREA TÉCNICA

Para la confección del presente trabajo y obtener los resultados esperados, se desarrollaron las siguientes tareas técnicas:

1. Realización de un estudio bibliográfico para conformar el marco teórico de la investigación, centrado en el análisis de las tendencias actuales vinculadas al desarrollo de los sistemas electrónicos, aplicaciones, bloques funcionales y el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la enseñanza de la Electrónica Analógica (EA).
2. Selección de la herramienta de simulación de acuerdo a las condiciones de la Facultad de Ingeniería Eléctrica (FIE) y a los recursos tecnológicos que presentan los estudiantes.
3. Elaboración de los bloques funcionales requeridos para facilitar la resolución de problemas que involucran variantes y aplicaciones de sistemas de alimentación Electrónico.
4. Elaboración del informe final del Trabajo de Diploma.

---

Firma del Autor

---

Firma del Tutor

## RESUMEN

La Electrónica es una tecnología compleja que ha evolucionado aceleradamente en las últimas décadas, presentando tendencias hacia la digitalización, integración y representación desde la perspectiva de los bloques funcionales. Esto último, combinado con la utilización adecuada de herramientas de simulación e instrumentos de laboratorio facilita los procesos de análisis y diseño de aplicaciones en el área de la Electrónica Analógica.

En el presente trabajo de diploma, inicialmente, se identifican las tendencias actuales de diseño electrónico desde la perspectiva de sistemas y bloques funcionales, posteriormente se realiza la selección del sistema a tratar, así como su aplicación y su representación a través del software de simulación Multisim, describiendo sus características generales y los diferentes procesos que se ejecutarán sobre el sistema escogido. Finalmente se presentan un conjunto de resultados y su discusión tomando como ejemplos ilustrativos algunas aplicaciones asociadas a fuentes lineales y conmutadas partiendo desde circuitos al nivel de la Electrónica Analógica 1 hasta presentar fuentes de alimentación más complejas.

Palabras clave: Electrónica, Diseño, Sistemas, Fuentes, Bloques Funcionales.

## **ABSTRACT**

Electronics is a complex technology that has evolved rapidly in recent decades, presenting trends towards digitization, integration and representation from the perspective of functional blocks. The latter, combined with the appropriate use of simulation tools and laboratory instruments, facilitates the analysis and design processes of applications in the area of Analog Electronics.

In the present diploma work, initially, the current trends in electronic design are identified from the perspective of systems and functional blocks, later the selection of the system to be treated is carried out, as well as its application and its representation through the Multisim simulation software, describing its general characteristics and the different processes that will be executed on the chosen system. Finally, a set of results and their discussion are presented, taking as illustrative examples some applications associated with linear and switched sources starting from circuits at the level of Analog Electronics 1 to presenting more complex power supplies.

**Keywords:** Electronics, Design, Systems, Sources, Functional Blocks.

## TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
TAREA TÉCNICA .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. Tendencias asociadas al desarrollo de los sistemas electrónicos y facilidades vinculadas al diseño de aplicaciones .....	5
1.1 Evolución de la Electrónica .....	5
1.2 Desarrollo de los sistemas electrónicos .....	7
1.2.1 Diseño de sistemas electrónicos .....	9
1.2.2 Partes o bloques funcionales .....	10
1.3 Tendencias actuales en el diseño de sistemas electrónicos.....	11
CAPÍTULO 2. Sistema de alimentación, aplicaciones y software para su representación en bloques funcionales.....	16
2.1 Selección de aplicaciones de interés y su representación en bloques funcionales .....	16
2.2 Sistemas de alimentación.....	17
2.2.1 Fuente lineal .....	18
2.2.2 Fuente de alimentación conmutada.....	19
2.3 Software de simulación más empleados en el aprendizaje de la Electrónica Analógica. Propuesta de selección. ....	21
2.4 Creación de los subcircuitos y bloques jerárquicos en Multisim.....	23

CAPÍTULO 3. Aplicaciones representadas mediante Bloques Funcionales y valoración de resultados	27
3.1 Propuesta de aplicación .....	27
3.1.1 Propuesta de fuente lineal .....	28
3.1.2 Propuesta de fuente conmutada .....	28
3.2 Biblioteca de Bloques de construcción .....	31
3.3 Elaboración de la aplicación con bloques funcionales .....	37
3.4 Montaje real de una fuente de alimentación simple .....	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	41
Conclusiones .....	41
Recomendaciones .....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
ANEXOS .....	46

## INTRODUCCIÓN

La Electrónica Analógica actual no es la misma que la de hace 80 años atrás, se ha desarrollado tanto, a un nivel de especialización y complejidad tal que es casi imposible analizar y diseñar circuitos de grandes aplicaciones debido al tamaño y complejidad que esto generaría, por eso se hace casi imprescindible la utilización de las bondades que ofrecen los equipos de cómputos actuales.

Mundialmente en las universidades es tendencia la organización del estudio mediante la separación del contenido por asignaturas, cada una de las cuales albergan los conocimientos afines de cada materia. Existen dos categorías fundamentales para agrupar dichas asignaturas: básicas, que preparan al estudiante en las ramas de la física y las matemáticas entre otras, y las afines que se centran en el saber específico de la profesión.

Gracias al desarrollo de las Tecnología de la Información y la Comunicación, se brinda la calidad requerida en el estudio mediante el uso eficiente de la información que provee las infraestructuras de redes de datos existentes, donde se destaca el uso de Internet y de las Intranet. Un ejemplo de ello son las asignaturas, donde utilizan simuladores, multimedia, plataformas interactivas y herramientas virtuales para optimizar la adquisición del conocimiento [1].

En la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV) se trabaja desde hace décadas en el aprovechamiento de las bondades que ofrecen las TIC para facilitar el aprendizaje de los estudiantes. En los últimos dos años la ejecución del proyecto sobre la introducción de nuevas metodologías en el aprendizaje de la ingeniería mediado por las TIC, ha sido ejemplo de ello, tratando aunar esfuerzos y compartir el aprendizaje de diferentes recursos por parte de los docentes y en la búsqueda de comprometer más al estudiante en la autogestión de su conocimiento.

Muchos de estos aprendizajes se han intentado aplicar en asignaturas de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica destacándose el caso de la Electrónica Analógica (EA). Evidentemente, para lograr el éxito de estas metodologías, donde se destaca el aula invertida y el aprendizaje basado en problema, hay que dotar a los estudiantes de los recursos y apoyos requeridos.

En las asignaturas de EA1 y EA2 para el correcto aprendizaje del estudiante, se debe desarrollar desde tres vertientes fundamentales. La primera es el aprendizaje teórico, donde dicho estudiante obtendrá los conocimientos mediante las diferentes fuentes de información. Hoy en día los videos de corta duración constituyen un recurso muy utilizado para estos fines.

La segunda es la simulación, etapa en la cual se comprobará el correcto funcionamiento del circuito objeto de estudio, antes de llegar a la tercera etapa, que es el montaje físico. Es necesario considerar que, en el contexto de la presente investigación, no siempre se dispone de todas las componentes y equipamiento electrónico necesario, por lo que la simulación electrónica cobra un interés particular. Además de ofrecer cierta garantía para la comprobación exitosa del funcionamiento real.

De ahí que en estas asignaturas se deben utilizar de manera sistémica las herramientas profesionales de simulación, como MULTISIM. Igualmente, con la ayuda de este simulador resulta engorroso para los estudiantes analizar circuitos complejos, por lo que resulta de gran importancia en la etapa de simulación estructurar los esquemas circuitales, analizándolos y empaquetarlos mediante bloques funcionales que facilitan el análisis y el diseño [2,3].

La necesidad de buscar nuevas alternativas y habilidades en cuanto al diseño viene dada al alto grado de complejidad que han alcanzado los sistemas electrónicos debido a su aplicación en todas las áreas. De ahí que los nuevos ingenieros sean capaces de enfrentar esta creciente demanda de manera eficaz y creativa, siendo necesaria la búsqueda de nuevos mecanismos que faciliten la selección como el diseño de la aplicación requerida.

Como se ha podido apreciar, los métodos y medios para el estudio y aprendizaje de la Electrónica son muy diversos; de igual forma la vía de resolución de problemas varía dependiendo de la fuente de donde proviene la información; así como la organización de los contenidos y la profundidad de los mismos. De ahí la necesidad de desarrollar los recursos necesarios para facilitar el aprendizaje de los estudiantes.

Por lo tanto, el **problema de investigación** se delimita mediante la siguiente interrogante:

¿Cómo contribuir a que los estudiantes que cursan la Electrónica Analógica tengan una aproximación a situaciones de aplicación real, establecidas en los sistemas electrónicos y su representación mediante bloques funcionales y circuitos electrónicos que lo conforman?

Para darle solución a dicho problema se plantea como **Objetivo General**:

Elaborar bloques funcionales para aplicaciones de la Electrónica Analógica, utilizando el software de simulación Multisim.

Del anterior objetivo general se derivan los **Objetivos Específicos** siguientes:

1. Identificar tendencias asociadas al desarrollo de los sistemas electrónicos y facilidades vinculadas al diseño de aplicaciones.
2. Elaborar bloques funcionales en Multisim que faciliten el análisis y diseño de fuentes de alimentación.
3. Analizar los resultados obtenidos a través de la simulación, tomando como referencia las aplicaciones seleccionadas y sus respectivos bloques funcionales.

Del planteamiento de dicho problema surgen las siguientes **interrogantes científicas** las cuales serán tratadas en el desarrollo de investigación:

1. ¿Cuál son las tendencias actuales relacionadas con la Electrónica Analógica que tributan a su representación desde la perspectiva de sistemas, aplicaciones y bloques funcionales?
2. ¿Cuáles aplicaciones realizadas bajo la perspectiva de bloques funcionales facilitan la representación y el diseño de circuitos complejos?
3. ¿Qué resultados debe generar la simulación de las aplicaciones seleccionadas?

Como resultado de la investigación se dispone de un conjunto de aplicaciones vinculadas a las fuentes de alimentación como: Una fuente regulable de 0 a  $\pm 12V$ , y una fuente conmutada de 3.3V.

El informe de la investigación se estructuró de la siguiente manera para cumplir con los objetivos establecidos: introducción, tres capítulos, conclusiones y recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

**El capítulo 1** dedicado a mostrar una pequeña reseña de la evolución de la Electrónica a lo que es actualmente, se realiza una descripción de los sistemas electrónicos en general mostrando los pasos para su diseño y una perspectiva de los mismos en bloques funcionales. Finalmente, se tratan las tendencias actuales en el diseño de los sistemas electrónicos.

**El Capítulo 2** referido a exponer cuales son las aplicaciones que van a ser tratadas en esta investigación. Se muestra además una caracterización de los sistemas de alimentación, escogido como tema de la investigación, se caracteriza el software de simulación Multisim y las facilidades que brinda para representar los sistemas en bloques funcionales, así como, el método para su realización de manera correcta.

**El Capítulo 3** destinado a expresar los resultados y simulaciones de esta investigación tanto desde el punto de vista de circuito como de bloques funcionales. Además, está encargado de mostrar la biblioteca de bloques funcionales creada; mostrando el bloque, su circuito asociado y su función.

## **CAPÍTULO 1. Tendencias asociadas al desarrollo de los sistemas electrónicos y facilidades vinculadas al diseño de aplicaciones**

En muchos artículos y ponencias se ha resaltado la importancia que ha adquirido la Electrónica en los últimos años, principalmente por la creciente influencia que ejerce sobre la economía y la industria, así como en la sociedad en general. La misma se encuentra en la vida diaria en forma de teléfonos, receptores de radio, televisores, equipo de audio, aparatos domésticos, computadoras y equipos para control y automatización industrial [5]. Su desarrollo es constante, de ahí la necesidad del conocimiento de su historia, evolución y tendencias actuales.

Este capítulo centra el análisis en realizar un resumen histórico referido a la evolución de la electrónica, se abordan los sistemas electrónicos, bloques funcionales y las tendencias actuales en el diseño de sistemas electrónicos.

### **1.1 Evolución de la Electrónica**

En el estudio de algunas materias suele ser interesante conocer la génesis de las mismas, proporcionando con ello un conocimiento más amplio y contextual de lo que se aprende. Para ello es importante exponer que la Electrónica tuvo sus inicios cuando John Ambrose Fleming en 1904 inventa el diodo basado en el tubo de vacío [4]. Luego tras un descubrimiento importante por Lee de Forest en 1906 dando paso al Trío de vacío; de ahí que el tríodo y válvula de tres electrodos, permitieron la amplificación de las señales eléctricas siendo el primer dispositivo amplificador marcando un hito fundamental en el desarrollo de la Electrónica [5].

Con el paso de los años el desarrollo de la Electrónica trajo un mejoramiento apareciendo consigo otros tipos de componentes, tales como los tetrodos que son las válvulas de cuatro electrodos, los pentodos cinco electrodos, entre otras válvulas para aplicaciones de alta potencia. Todo ello se dio paso a la introducción de la radiodifusión comercial, la televisión y el radar. La mejora continua del funcionamiento de las válvulas de vacío y su amplia difusión no estimulaba la búsqueda de nuevos dispositivos, pero con el tiempo se demostró que no eran los ideales, debido: a su gran tamaño, alto consumo de potencia lo que provocaba altas temperaturas y por tanto una corta vida útil.

Teniendo en cuenta estos factores fue que en 1948 J. Bardeen y W. Brattian anuncian el descubrimiento del amplificador de estado sólido o como comúnmente se conoce con transistor. Se debe señalar que en los años siguientes se produjeron continuas mejoras en los procesos de fabricación lo que permitió un mayor control de los parámetros de los transistores y a partir de estos avances se hizo realidad la fabricación de los transistores de efecto de campo cuyos principios estaban vigentes desde 1930 [6].

La aplicación de los semiconductores al control de potencia comienza a desarrollarse en la década de los 50 donde coincide el auge del Silicio en lugar del Germanio por lo que el posterior desarrollo de los transistores de potencia y tiristores añaden una nueva dimensión a la tecnología de control y conversión de la potencia eléctrica. Sin duda alguna los transistores constituyen uno de los mayores descubrimientos de esa época.

Pero los avances no se detuvieron ahí y fue entonces cuando surgen los dispositivos optoeléctricos que son aquellos que permiten la conversión de energía eléctrica en radiación óptica o viceversa. Lo cual posibilitó el surgimiento de los diodos emisores de luz (LEDS). La introducción del transistor en los circuitos eléctricos se realizaba como una mera sustitución de las válvulas de vacío por lo que los primeros circuitos son simples adaptaciones con ligeras modificaciones de los correspondientes a tubos de vacío [7]. El transistor trajo como ventajas que se pudo llevar a cabo el desarrollo de varias aplicaciones como: las comunicaciones, el control de máquinas y procesos industriales, así como para efectuar mediciones de diferentes magnitudes físicas y la conmutación de señales.

Luego del surgimiento de los circuitos impresos y las facilidades se potenció el desarrollo de la microelectrónica y fue en 1959 cuando J.Kilby trabajador de Texas Instruments crea el

primer circuito integrado. Más tarde el primer amplificador operacional (AO) monolítico construido como circuito integrado fue desarrollado en 1964 en la empresa Fairchild Semiconductor por el ingeniero electricista estadounidense Robert John Widlar basado en tecnología bipolar, el cual se convirtió en estándar de la industria electrónica y que es tomado de referencia en diferentes cursos de Electrónica Analógica en la actualidad [8].

Pero gracias al esfuerzo de los investigadores en lograr cada día circuitos más pequeños, eficaces y económicos fue posible un auge vertiginoso en el desarrollo a la electrónica actual ya sea con la evolución de la electrónica digital, el surgimiento del primer microprocesador creado por Intel y la gran escala de integración en los circuitos fueron el punto de partida para la electrónica que conocemos hoy.

## **1.2 Desarrollo de los sistemas electrónicos**

La Electrónica es el campo de la ingeniería y la de física aplicada que estudia el diseño de circuitos que permiten generar, modificar o tratar una señal eléctrica, normalmente circuitos de corriente continua. La electrónica estudia los circuitos y sistemas cuyos componentes están desarrollados y fabricados con materiales semiconductores tal como Germanio y Silicio. Estos materiales tienen un comportamiento intermedio entre los aislantes que son malos conductores de la electricidad y los conductores que conducen muy bien la corriente eléctrica [9].

Los sistemas electrónicos son conjuntos de circuitos que operan con señales eléctricas y las tratan para ejecutar una determinada función. Constan de una etapa de entrada, en la que se recogen datos del exterior (luz, humedad, movimiento, pulsación en un teclado y temperatura) y de una etapa de proceso o control, donde se interpretan, gestionan y elaboran los resultados que permiten o no activar los dispositivos de salida, que forman la última etapa [10].

Los sistemas electrónicos se ocupan de captar la información procedente del mundo exterior y convertirla en señales eléctricas, procesar estas señales y transformarlas en otra fuente de energía que produce un cierto efecto.

En general los sistemas electrónicos, constan de tres bloques funcionales claramente diferenciados:

1. Bloque de entrada, que sirve para introducir la orden o la señal.
2. Bloque de proceso, que se ocupa de transformar la señal de entrada en otra capaz de accionar el módulo de salida.
3. Bloque de salida, que se encarga de realizar la acción correspondiente.

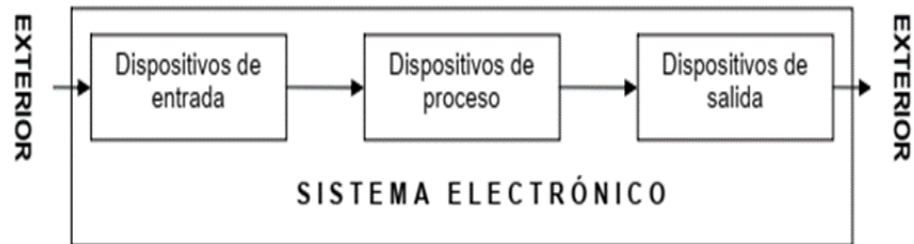


Figura 1.1. Diagrama en bloque de un sistema electrónico [11].

Cualquier dispositivo electrónico de control recibe información directamente de los elementos de entrada y de acuerdo con la información recibida actúa sobre los elementos de salida para activar los dispositivos para los cuales ha sido diseñado. Por lo que básicamente existen dos tipos de sistemas de control electrónicos, los de lazo abierto y los de lazo cerrado o realimentados.

Los sistemas de lazo abierto son aquellos en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control (es decir, que la señal de salida no tiene influencia en la señal de entrada). La variable que se quiere controlar puede variar considerablemente del valor deseado debido a la presencia de perturbaciones externas [11].

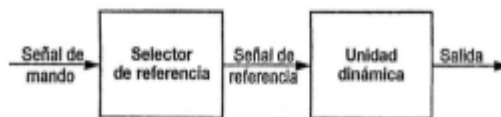


Figura 1.2. Sistema de control de lazo abierto [11].

Un ejemplo de sistema de lazo abierto es un lavarropas. No existe ningún elemento de control que nos garantice que la ropa va a salir limpia, por lo que la salida no tiene efecto sobre la entrada. Otros ejemplos son un grifo para llenar un lavatorio doméstico, un tostador de pan, un horno, un microondas y un semáforo.

Los sistemas de lazo cerrado son aquellos en los que hay realimentación. La señal de salida tiene efecto sobre la acción de control (es decir, que la señal de salida tiene influencia en la señal de entrada). Se corrigen los efectos provocados por las perturbaciones [10].



Figura 1.3. Sistema de control de lazo cerrado o realimentado [11].

Algunos ejemplos de estos sistemas: son una cámara de fotos con flash, una heladera, un aire acondicionado (donde la presencia de un termostato sirve para controlar la temperatura de los alimentos o de una habitación).

### 1.2.1 Diseño de sistemas electrónicos

Los sistemas de ingeniería en la actualidad han ido ganando complejidad por lo que se ha hecho necesario que los ingenieros tengan habilidades suficientes para analizar, sintetizar y diseñar sistemas cada día más complejos. Desde el punto de vista práctico se debe realizar el proceso de manera descendente es decir de una mayor a menor complejidad de forma tal que no se pierda tiempo y dinero en soluciones fáciles si aún lo se resuelven los mayores problemas.

De esta manera el proceso de diseño tiene que seguir cierta jerarquía en la que los sistemas son diseñados con la ayuda de diagramas funcionales de bloques, luego se prosigue con el diseño de los circuitos y los dispositivos donde los pasos a seguir son [12]:

1. Descripción general del producto
2. Definición de especificaciones y requerimientos
3. Diseño del sistema a través de bloques funcionales
4. Definición de las especificaciones de los bloques funcionales para la síntesis y planificación a nivel de circuito
5. Integración del sistema

6. Simulación o elaboración de modelos
7. Prueba y verificación

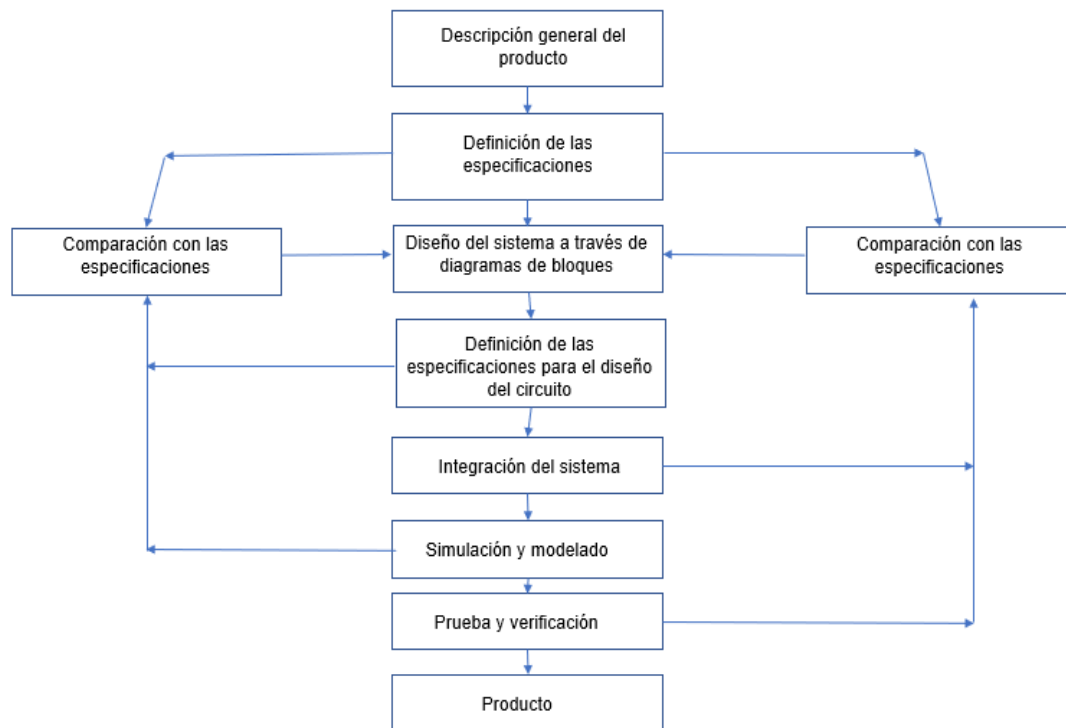


Figura 1.4. Proceso de diseño a nivel de sistema.

### 1.2.2 Partes o bloques funcionales

El gran desarrollo y complejidad que han alcanzado los sistemas electrónicos y la nueva tendencia a la integración, ha provocado la división de los mismos en bloques funcionales para un mejor análisis y comprensión de los mismos. De ahí que se hace necesario el análisis de los componentes y circuitos de manera independiente debido a su alta complejidad permitiendo de este modo una mejor comprensión del fin que se le va a dar a dicho sistema.

Los circuitos electrónicos se pueden representar mediante diagramas circuitales que mediante símbolos representan a los elementos electrónicos como transistores, bobinas y resistores y los unen con líneas que representan a los conductores.

Los bloques funcionales se representan como un símbolo cuadrado o rectangular donde se indica la función. Estos se unen con líneas de flujo que representan las relaciones en un

aparato de los bloques funcionales que los integran. Un Diagrama de Bloques Funcionales puede ayudar a crear relaciones entre una o más variables (tanto de entrada como de salida) para establecer nuestra comprensión de los procesos funcionales alineados en un sistema [13].

Las salidas y las entradas de los bloques aparecen ligadas entre sí a través de enlaces o líneas de conexión. Estas líneas de conexión establecen la relación entre los diversos puntos lógicos que forman parte del diagrama en cuestión, y las combinaciones pueden ser varias. Si se parte de la salida de un bloque, por ejemplo, entonces puede ser conectarla tanto con la entrada de otro bloque o con una variable de salida, mientras que, si el primero de los puntos lógicos es una variable de entrada, es posible ligarlo a una entrada [14].

Este tipo de diagrama de bloques presenta las relaciones que existen entre el flujo de señales y los procesos de una manera más precisa que a través de una representación matemática. De la misma forma, cuenta con los datos relacionados con el comportamiento dinámico, pero no con los que hacen a la construcción física del propio sistema.

Estos diagramas ayudan a entender las funciones y las relaciones entre dos o más variables ampliamente utilizadas en la ingeniería de software, la ingeniería de sistemas y el lenguaje de programación gráfica. Para los ingenieros, el bloque funcional es una herramienta esencial que les ayuda a entender y crear correlaciones entre dos o más variables conectados con una flecha de conexión. Así como de gran importancia para varios campos de la ciencia, aunque algunos de los comportamientos que permiten describir de los sistemas físicos o reales.

Dado que un diagrama de bloques funcionales es una herramienta muy poderosa que se utiliza ampliamente en varios campos del diseño de computadoras, ingeniería de sistemas y reingeniería de procesos de negocios, por lo tanto, la creación de un diagrama de bloques funcionales para simplificar los procesos y entender la relación entre dos o más de dos variables de entrada y salida podría ser un poco difícil.

### **1.3 Tendencias actuales en el diseño de sistemas electrónicos**

La Electrónica se encuentra presente en todos los dispositivos, mecanismos y sistemas que contribuyen en la búsqueda del mejoramiento del bienestar social, cultural y económico de la sociedad en general. Por ejemplo, en el caso de la salud, la electromedicina y la telemedicina, donde su estructura se fundamenta en la electrónica, han representado un gran

incremento en el mejoramiento de la calidad y cubrimiento de este servicio; los diversos instrumentos electrónicos que se emplean en la captación, medición, procesamiento, manejo, almacenamiento, análisis, reproducción y transmisión de la información.

Todo ello ha permitido los grandes avances que se han obtenido en la educación e investigación; la tranquilidad y protección del ser humano, se han visto incrementados a través de la aplicación de la domótica y de los sistemas y redes de seguridad existentes en todos los aspectos, apoyados más recientemente por los sistemas globales de posicionamiento, en cuya estructura de todos ellos se encuentra inherente la electrónica. Existen tendencias actuales en el desarrollo electrónico seguidos por:

- Uso de elementos electrónicos configurables
  - Técnicas avanzadas para el diseño digital: Dispositivos lógicos programables (SPLD), dispositivos lógicos programables complejos (CPLD).
  - Procesamiento digital de señales (DSP).
  - Instrumentación virtual.
- Implementación de metodologías de diseño que permitan eliminar el desfase existente entre tecnología y diseño.

El desarrollo tecnológico alcanzado por la mayoría de las empresas de fuentes de alimentación presenta una influencia marcada en la industria de Potencia en 2022. En su mayoría se rigen por cuatro tendencias fundamentales:

1. Reducción del consumo de energía; las fuentes de alimentación pasan a formar parte del ecosistema Machine-to-Machine.
  2. Mejora de las soluciones de almacenamiento de energía.
  3. Aceleración de las soluciones de captación de energía.
  4. La implantación de los semiconductores de banda ancha.
- Uso de los Kits de desarrollo, los cuales combinan elementos de hardware y software.

- Reducción del Time to Market (tiempo en convertir una idea en un producto comercial)  
Ejemplo: Programación de microcontroladores con lenguaje C y no con lenguaje ensamblador [16].

La Electrónica ha sido un factor determinante en el desarrollo de todas las actividades productivas de la comunidad mundial. Haciendo que estas se realicen de manera más eficiente, a través del fortalecimiento y optimización, en el control y automatización en todos los procesos de estas actividades; la globalización y la interactividad de la sociedad no han sido ajenas a la influencia de la electrónica, ya que esta ha contribuido en la universalidad de los sistemas de telecomunicaciones móviles, en el auge de las comunicaciones satelitales, en la implementación y funcionamiento de las constelaciones satelitales, en el vertiginoso adelanto de la informática y de los sistemas de información y telecomunicaciones, convirtiéndola en una sociedad de la información y del conocimiento. La electrónica ha sido y seguirá siendo un agente preponderante en casi todas las actividades, comportamiento y desarrollo de la sociedad.

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), considera que:

*“El desarrollo de la educación en Ingeniería Eléctrica y Electrónica no puede llevarse a cabo de forma independiente del desarrollo económico en los campos de la economía que le corresponden. Aunque la formación básica de un ingeniero sí es independiente del grado de desarrollo del país, cuando se trata de la formación profesional aplicada o específica es indispensable tener presente las tendencias y expectativas de desarrollo en el área y seguir de cerca el proceso de modernización y de inserción internacional del país”* [15].

Se considera oportuna la cita anterior puesto que la formación de todo profesional y en este caso de los ingenieros no debe actuar paralelamente al desarrollo de su nación sino no existiera progreso ni mejoramiento humano. Esto no supone aislarse al contexto de las problemáticas del país, sino que se deben imponer retos en la ciencia y la tecnología proyectándose a un mejor futuro en cuanto a la contribución de la solución de las necesidades del país.

Es el ingeniero quien integra tras una serie de conocimientos científicos, tecnológicos y técnicos para la solución de los problemas de la sociedad en su campo de acción. Debido a que la parte más importante de su formación es el desarrollo de la capacidad para crear,

manejar y aplicar modelos físico-matemáticos de la realidad. Siendo el ingeniero el puente entre las necesidades y las soluciones.

De acuerdo a la Conferencia: “Tendencias actuales en el diseño electrónico” del Politécnico Superior José Antonio Echeverría Facultad de Eléctrica, Centro de Investigaciones en Microelectrónica, La Habana, Cuba los retos para mantener el desarrollo de la Electrónica son:

- Dar respuesta a los problemas concretos de la realidad nacional.
- Concebir productos con un alto valor agregado, donde se combinen: el hardware, el software y un profundo know how en la esfera de aplicación del producto.
- Desarrollar la nanoelectrónica en el país.
- Formación de los recursos humanos (pregrado y postgrado). Acercar la formación a las formas actuales de desempeño actual de un Ingeniero electrónico [16].

En cuanto a la formación de recursos humanos en la Facultad de Ingeniería Eléctrica (FIE) de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV) de Cuba, el curso de pregrado en su transición al nuevo plan de estudio (Plan E) caracterizándose por la utilización generalizada de espacios educativos en plataformas virtuales, en este caso el Moodle. Se debe destacar la necesidad de un cambio de la enseñanza tradicional, fomentando las investigaciones asociadas a proyectos y la aplicación de otras metodologías como es el caso de aulas inteligentes, aula invertida, ABP, etc. Igualmente se requieren nuevos laboratorios y espacios para que profesores y estudiantes tengan contacto con otras universidades de diferentes países etc.

Paralelo a esto la FIE ha trabajado en el desarrollo de los laboratorios aportando nuevos materiales para el trabajo en los mismos, así como la incorporación de nuevos equipamientos todo con el fin de graduar a ingenieros capaces de enfrentar las problemáticas de la sociedad.

### **Conclusiones parciales**

Finalizado el capítulo, se arriban a las siguientes conclusiones:

- La Electrónica por si sola o desde el punto de vista de sistema ha experimentado una gran evolución con una tendencia a la integración y a la miniaturización.

- Las ventajas que ofrecen los bloques funcionales a los estudiantes son notables puesto que permite sintetizar circuitos complejos al separarlos por secciones, facilitando el análisis y comprensión de los mismos.
- Se esclarecieron las tendencias actuales en cuanto al diseño de sistemas electrónicos.

## **CAPÍTULO 2. Sistema de alimentación, aplicaciones y software para su representación en bloques funcionales**

En el presente capítulo se aborda un conjunto de aplicaciones asociadas a la Electrónica Analógica. Su selección se basa en escoger aquellas que de algún modo resultan indispensables en el mundo de la Electrónica y permiten vincular varios contenidos para las dos asignaturas que conforman la materia.

Además, se realiza una descripción de las aplicaciones escogidas, el software de simulación Multisim, así como de las bondades que ofrece en la creación de los bloques funcionales y en la simplificación de circuitos.

### **2.1 Selección de aplicaciones de interés y su representación en bloques funcionales**

Dentro de los sistemas electrónicos es muy común encontrar la presencia del subsistema de alimentación, necesario en todos los equipos electrónicos con más o menos complejidad. Por ejemplo, los más utilizados, como es el caso de las PC, TV, celulares y muchos equipos de la vida cotidiana. Además, desde el punto de vista académico es de gran ayuda una profundización en los reguladores tensión.

En el estudio de los contenidos de las asignaturas EA1 y EA2, existen puntos de contacto en cuanto a las temáticas abordadas, específicamente se destaca el caso de las aplicaciones de diodos en los circuitos rectificadores, filtros y el zener como estabilizador de tensión. Al nivel de la EA1 se llega hasta el diseño de una fuente de alimentación básica, la cual se puede denominar como su versión primitiva. Ya en la EA2 se abordan los reguladores lineales y conmutados como elementos discretos o integrados.

Esta temática, por la importancia que reviste es de gran interés y el caso específico del diseño demanda de un mayor esfuerzo por parte de los estudiantes para el logro de esta habilidad.

Disponer de los recursos necesarios que faciliten esta tarea se encuentra dentro de la finalidad de esta investigación.

De esta manera se pretende hacer una selección de fuentes de alimentación diseñadas previamente para así crear una biblioteca de bloques funcionales con las mismas. Se seleccionaron fuentes lineales reguladas y no reguladas, así como fuentes conmutadas.

Igualmente, se eligen otras aplicaciones vinculadas a los sistemas de alimentación partiendo desde los circuitos con diodos hasta llegar a formar bloques con reguladores de tensión y generadores de señales.

En EA2 es de especial interés el espacio dedicado al estudio de los Reguladores de Tensión, específicamente los reguladores lineales y conmutados, así como se abordan los Generadores de Señales (conformación de ondas cuadradas y triangulares), pues se incluyen contenidos necesarios para el análisis y diseño de este tipo de fuentes, pero son temas que se analizan por separado. No se analiza una fuente conmutada que englobe todos estos contenidos, ni el bloque funcional dedicado a la generación de la señal PWM (modulación por ancho de pulso) que se le entrega al elemento de conmutación.

Por ese motivo se seleccionaron los sistemas de alimentación y además debido a su importancia práctica en el mundo de la electrónica, así como el gran número de contenidos de la Electrónica Analógica que se pueden vincular a estos sistemas. Otro aspecto a considerar es que en el libro de texto básico de la asignatura “Circuitos Microelectrónicos. Análisis y diseño” de MUHAMMAD H. RASHID de la Universidad de La Florida no se incluyen los contenidos de fuentes de alimentación y se hace necesario el uso de hojas de datos de los dispositivos (Hoja de Datos).

## **2.2 Sistemas de alimentación**

Muchos dispositivos o equipos móviles de naturaleza eléctrica o electrónica como linternas y receptores de radio en la actualidad, son alimentados con generadores químicos de corriente continua ya sean desechables o recargables, pero este tipo de fuentes tiene como inconveniente el poco tiempo de vida útil que poseen.

Debido a esto siempre que sea posible la alimentación de aquellos dispositivos que requieran corriente continua se realiza con sistemas compuestos por elementos eléctricos y

electrónicos. Estos sistemas ya sean más o menos complejos se encuentran equipados dentro del propio dispositivo o de manera externa, pueden tener una aplicación específica o tener un carácter universal. Sin embargo, a todos ellos se le denomina fuentes o sistemas de alimentación [17].

Las fuentes o sistemas de alimentación pueden clasificarse como fuentes lineales o conmutadas. Siendo estas sus tipos fundamentales.

### 2.2.1 Fuente lineal

Las fuentes de alimentación lineales tienen un diseño relativamente simple que puede llegar a ser más complejo cuanto mayor sea la corriente que se desea suministrar. En su esquema básico cuentan con un transformador, rectificador, filtro, regulación y salida como muestra la figura 2.1[18].

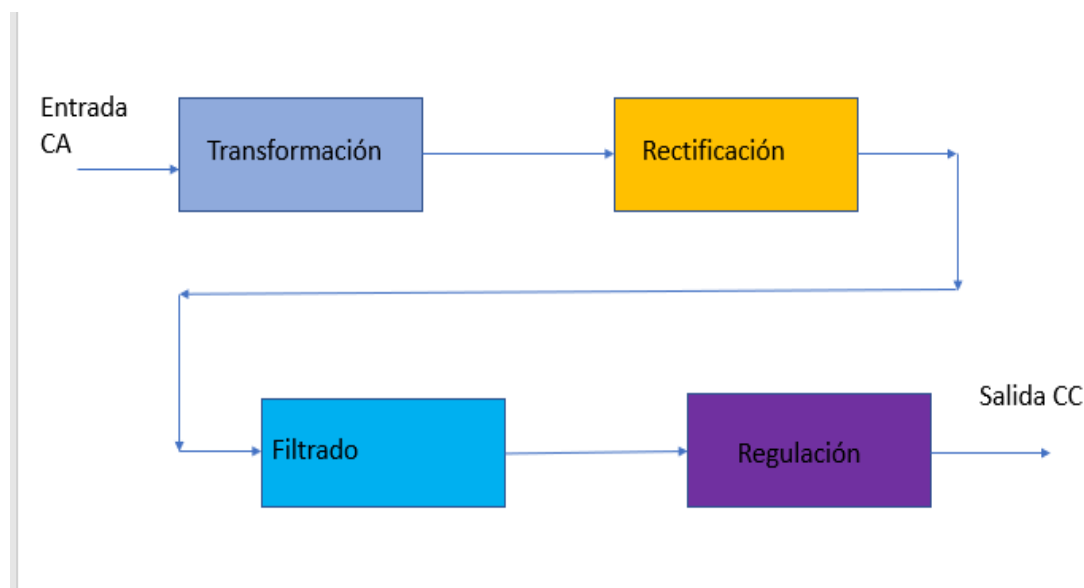


Figura 2.1. Diagrama de bloques de una fuente de alimentación lineal.

De este modo la etapa de transformación adapta el nivel de señal de red a la tensión necesaria para alimentar el circuito donde la entrada y la salida son tensiones alternas. En cuanto a la rectificación, se transforma la señal alterna del transformador en otra cuya corriente circula solamente en una dirección y la tensión de salida será continua, de tipo pulsatorio. El filtrado reduce las variaciones de la tensión de salida del rectificador de manera tal que la señal vaya adoptando un nivel más o menos estable, aunque existirá cierto rizado en la tensión de salida

del filtro. En cuanto a la etapa de estabilización o regulación es la encargada de la tensión mantenga en todo momento un valor exacto que se necesita para polarizar el circuito, de manera tal que neutralice las fluctuaciones de la tensión de entrada o variaciones en la carga. Su funcionamiento es lineal lo que da nombre a toda la estructura de alimentación [17].

### 2.2.2 Fuente de alimentación conmutada

Las fuentes de alimentación conmutadas, también conocidas como SMPS (switch mode power supply) son combinaciones de dispositivos electrónicos y componentes que producen energía eléctrica mediante elementos activos potentes en conmutación, los elementos conmutan la red de CA a altas frecuencias trabajando a ambos extremos de su curva característica de corte a saturación y viceversa. La onda de alta frecuencia aplicada al transformador de ferrita es de forma cuadrada logrando una o varias tensiones de CA que luego se transforman a corriente directa mediante un filtro y rectificación de salida, como se muestra en la figura 2.2[19].

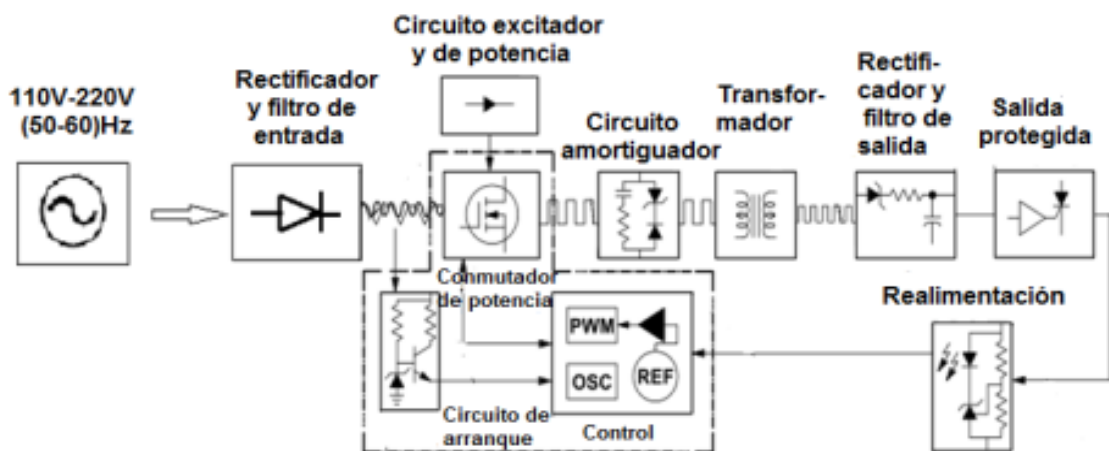


Figura 2.2. Diagrama de bloques de una fuente conmutada [19].

#### Bloque de Rectificación y filtrado

En la figura 2.2 se muestran varias etapas presentes en el funcionamiento de una fuente conmutada, las cuales constituyen sus bloques funcionales. Donde en el primer bloque se toma la alimentación de la red de corriente alterna (CA) la cual es convertida a directa mediante un rectificador y un filtro de entrada dando paso a una señal de corriente directa

como muestran las figuras 2.3 y 2.4 de rectificadores de media y onda completa respectivamente [20].

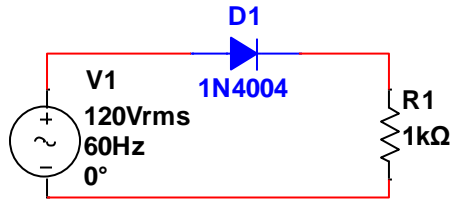


Figura 2.3 Rectificador de media onda

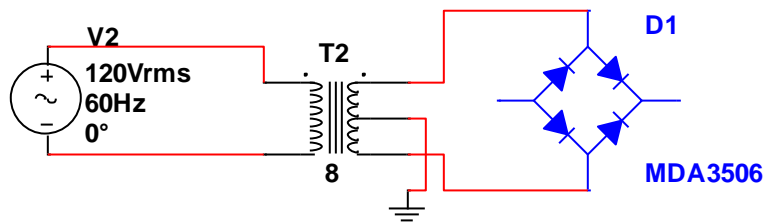


Figura 2.4 Rectificador onda completa

### Bloque de Conmutación

Una vez se tiene la señal filtrada, se necesita transformarla en corriente alterna para que funcione el transformador. Para esto, un transistor generará una serie de pulsos a muy alta frecuencia, controlando así la corriente y consiguiendo una tensión de salida muy estable generalmente esto es realizado por transistores NPN o en algunos casos se puede encontrar MOSFET o un tiristor [21].

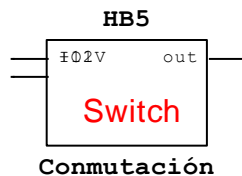


Figura 2.5. Diagrama del bloque de conmutación

### Bloque de Transformación

Mediante el elemento aislante que en este caso es el transformador se logra obtener una o varias tensiones a la salida a partir de la tensión de entrada dependiendo de las necesidades

del diseño y el núcleo tiene que ser capaz de trabajar a altas frecuencias por lo que se utilizan núcleos de ferrita [22].

### **Bloque de Malla LC**

La malla LC, consta de un capacitor y un inductor, que irán variando en configuración como en valor (capacitivo e inductivo) para conseguir valores continuos.

El principio de funcionamiento consta, en que la tensión ya reducida, pero pulsante, al atravesar este filtro, logra casi en su totalidad la continuidad, ya que al momento de que la tensión pulsante está en estado alto, la almacenará corriente en forma de campo magnético, así, cuando la tensión vaya a cero, se descargará en serie con un condensador, que a la velocidad con la que se carga y descarga, dará una señal continua y con poco porcentaje de rizado [23].

### **Bloque del Controlador**

El principio de operación consta en que se toma una muestra de tensión a la salida, que llega un comparador, que tendrá una señal de referencia, la diferencia entre ambos, se denominará señal de error. Por lo general, esta diferencia entre tensión irá a la entrada de otro amplificador operacional, que en su entrada no inversora, habrá una carga y descarga de un condensador, de esta manera, en la salida se obtiene un ciclo de trabajo acomodado para ofrecer una salida regulada del valor que se haya configurado, donde la red de realimentación supervisara la tensión de salida ante variaciones en la carga o la tensión de entrada, comparando la salida con la referencia y activando el control del interruptor(diseñado a PWM ) en caso de detectar alguna falla [24].

## **2.3 Software de simulación más empleados en el aprendizaje de la Electrónica Analógica. Propuesta de selección.**

En los últimos años ha ido tomando gran relevancia el concepto y aplicación del pensamiento computacional, ya que como parte de su metodología se encuentra la utilización de software de simulación como un medio de apoyo para el aprendizaje y solución de problemas, estos recursos permiten analizar, comprender, correlacionar y experimentar desde un entorno virtual soluciones que posteriormente pueden aplicarse para resolver un problema real. En caso de la electrónica en el diseño y programación de circuitos cuyos contenidos curriculares

pueden ser complejos y extensos debido a la gran cantidad de desarrollos e innovaciones que han surgido en la última década [25].

Dentro de los diferentes softwares de simulaciones existentes destacan por su precisión, el gran número de librerías y facilidad de manejo: *MatLab-Simulink*, *OrCAD*, *Multisim*, *LTSpice* y *Proteus*.

*MultiSim* es un entorno de simulación SPICE, estándar en la industria. Es una herramienta básica posible de utilizar en la enseñanza de circuitos para construir experiencia a través de la aplicación práctica del diseño, generación de prototipos y pruebas de circuitos eléctricos con gran precisión [26].

Presenta notables ventajas puesto que permite obtener resultados realistas sin requerir que los estudiantes realicen montajes físicos, presenta modos de simulación AC, DC y transitorios combinados con LEDs interactivos, interruptores, focos, potenciómetros y puntas de prueba para visualizar el rendimiento de los circuitos, un entorno de diseño interactivo ofreciendo una interfaz sencilla y fácil de utilizar y permite exportar diseños ya sea por Dropbox o por correo.

Todos estos simuladores profesionales son muy precisos y ofrecen un entorno realista de simulación, pero se escoge *Multisim* porque es el básico utilizado para la asignatura de Electrónica Analógica, lo que hace que los estudiantes estén más familiarizados con esta herramienta. Además, hay que destacar las facilidades que este brinda que hace que NI Multisim sea la herramienta idónea para representar las fuentes de alimentación y sus subcircuitos asociados en bloques funcionales.

En Multisim es posible organizar fácilmente un circuito al utilizar un acercamiento de diseño modular. Ambos casos, subcircuitos y bloques jerárquicos toman secciones de un circuito y las reemplazan su representación en el diseño con un bloque. Con esta “representación de bloques” usted puede organizar un diseño para que secciones particulares de un circuito (como un filtro o un amplificador) estén representadas por un bloque que contenga internamente el circuito. Cada bloque es tratado como un componente con pines de entrada y de salida. Si se da doble click sobre el bloque, se puede ver un esquema representando la circuitería interna [27].

Los bloques pueden contener cualquier circuito y el número de entradas y salidas es prácticamente ilimitado. Por lo tanto, un bloque muy complejo no ocupa espacio prácticamente en el área de trabajo del Multisim. Los subcircuitos son útiles para comprimir los circuitos existentes que pueden ser utilizados con mayor facilidad en cambio los bloques jerárquicos son adecuados para ser reutilizados en otros proyectos [28].

Tomando esto como referencia se puede decir que tanto los subcircuitos como los bloques jerárquicos que brinda Multisim son una potente herramienta que permite organizar el diseño de aplicaciones complejas. Lo anterior facilita su representación y contribuye al aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica debido a que aportan una vista superior del diseño y del mismo modo poder acceder a los circuitos internos que forman parte del sistema en general.

#### **2.4 Creación de los subcircuitos y bloques jerárquicos en Multisim**

Los subcircuitos son útiles para comprimir circuitos existentes para poderlos manejar con mayor facilidad. Los bloques jerárquicos en cambio permiten ser reutilizados una vez creados en el mismo proyecto o en otros.

Estos tipos de bloques son muy similares dentro del Multisim debido a que solo cambia la manera en que son almacenados sus contenidos en la memoria de la PC. Los subcircuitos organizan el circuito principal separándolo en fragmentos, pero siempre dentro de la misma hoja de trabajo por lo que su contenido es visible y guardado en el mismo archivo del proyecto. De diferente modo los bloques jerárquicos son guardados en otro subproyecto y su utilización en la página principal es de solamente en bloque no se puede apreciar su contenido solo los terminales de entrada y salida.

A continuación, se tomará la etapa de transformación y filtrado de una fuente de alimentación y su representación en bloque como un ejemplo ilustrativo para la creación de bloques jerárquicos ya que esta etapa será reutilizada en diseños posteriores.

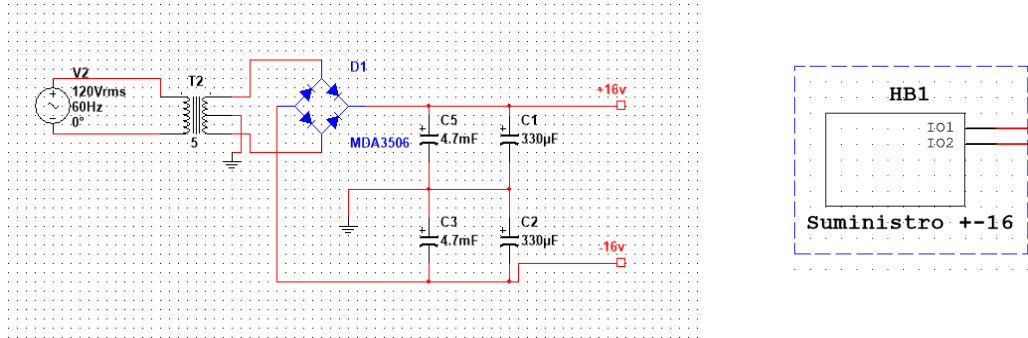


Figura 2.6. Captura de un bloque de transformación y filtrado y su representación en un bloque jerárquico.

En el área de trabajo del Multisim, en el menú “Colocar” y elegir la opción " nuevo bloque jerárquico " como se muestra en la Figura 2.4.

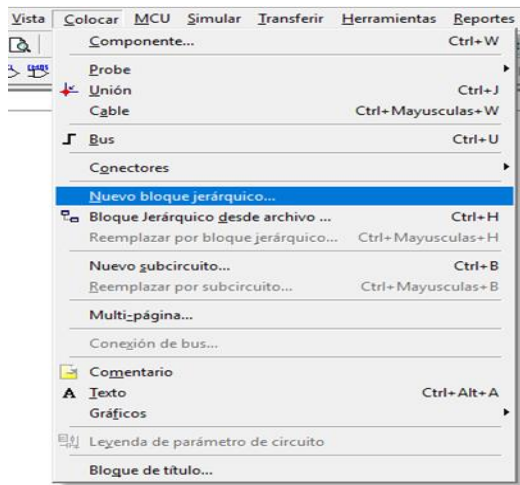


Figura 2.4. Captura de pantalla de la creación de un bloque jerárquico.

A continuación, se rellena con nombre que se dará al bloque (nombre de archivo del bloque jerárquico) y el número de entradas y el número de salidas que el bloque tendrá como se muestra en la figura 2.5.

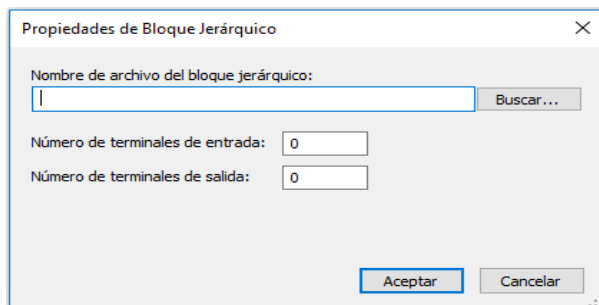


Figura 2.5. Captura de pantalla donde se establecen las propiedades del bloque jerárquico.

La opción (Buscar) permite encontrar un bloque que ha sido grabada previamente y está en el archivo.

Al seleccionar Aceptar el bloque con las características programadas se coloca entonces en la zona de trabajo.

A continuación, seleccione las propiedades "edit". Debe abrir la pantalla que se muestra en la Figura 2.6.

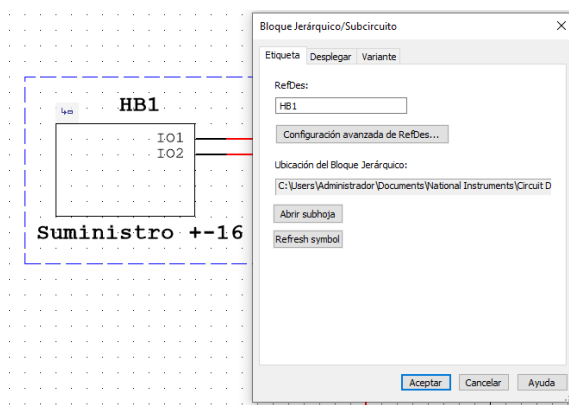


Figura 2.6. Captura de pantalla donde se edita el bloque.

En el panel de editar el bloque, se debe seleccionar “Abrir subhoja”, para que el bloque deseado pueda acceder a su esquema de diseño. Tiene terminales de entrada desde el lado superior izquierdo y los terminales de salida en la parte superior derecha.

Para mayor comodidad, puede arrastrar los terminales de salida para una posición más cómoda, y también es posible editar el bloque haciendo clic en él dos veces. Ya solo resta dibujar el circuito deseado.

Otra posibilidad es copiar un circuito existente a partir del archivo y trabajar en él, después unir los puntos deseados con los terminales de entrada y salida.

Cuando se necesita este circuito, es solo buscarlo y utilizarlo, y se observa como con la utilización del bloque se tiene más espacio disponible en el área de trabajo.

En el caso de los subcircuitos se procederá exactamente de la misma manera, pero en lugar de guardarlos como bloques, se guardará como un archivo separado y un circuito que se puede utilizar dándole un nombre.

Su uso será entonces copiándolo y colocándolo en el área de trabajo del circuito principal que se está desarrollando.

### **Conclusiones parciales**

Tras analizado el presente capítulo se puede concluir que:

- Abordar los sistemas de alimentación posibilita al estudiante integrar temas de estudio de la Electrónica Analógica de gran importancia en la vida práctica.
- Se esclarecen las características y funcionamiento de las fuentes lineales y conmutadas.
- Se demuestra como el Multisim es el software de simulación ideal para crear los bloques funcionales para la investigación.
- Se dan a conocer los pasos a seguir para crear los bloques jerárquicos y subcircuitos, así como su utilidad y beneficios.

## **CAPÍTULO 3. Aplicaciones representadas mediante Bloques Funcionales y valoración de resultados**

El presente capítulo comienza con la propuesta de aplicación y más adelante con la creación de una biblioteca con los bloques funcionales para la construcción de una fuente lineal de 0 a  $\pm 12$  V y una fuente conmutada de 3.3V. Para finalmente comprobar los resultados de la simulación en cuanto a estabilidad y correcto funcionamiento. Para el montaje de las aplicaciones que ilustran el funcionamiento de los sistemas de alimentación desde la perspectiva de bloques funcionales, se tomó de referencia el análisis de fuentes básicas al nivel de la EA1.

### **3.1 Propuesta de aplicación**

Primeramente, se partió del análisis y representación de fuentes básicas como es el caso de una fuente no regulada y otra regulada con diodo Zener y BJT, igualmente se trataron como bloques funcionales. Se representaron en bloques los circuitos de cada una de las etapas de las fuentes lineales y conmutadas, así como diferentes circuitos para regular la tensión de salida. Todos estos circuitos se ofrecen en la carpeta Simulación anexada a esta investigación. Para ilustrar se han seleccionado dos tipos de fuentes:

- Una fuente lineal regulable de 0 a  $\pm 12$ V que permite obtener en la salida esta tensión, tanto positiva como negativa. La misma ilustra en la figura 3.1.
- Una fuente conmutada de 3.3 V como se muestra en la figura 3.2.

### 3.1.1 Propuesta de fuente lineal

La fuente propuesta que se muestra en la figura 3.1 a partir de una alimentación de 120V a 60 Hz, presenta un primer bloque de transformación, rectificación y filtrado que dan paso a una salida de 16V DC positivo y negativo para dar alimentación a la etapa de regulación.

El funcionamiento de la etapa de regulación está dada a la utilización del regulador de tensión LM7805 que permite obtener en la salida 5V DC fijos. Además de utilizó para la parte de la regulación los reguladores de tensión LM317 y LM337 que a través de potenciómetro van a poder aportar la tensión de salida deseada.

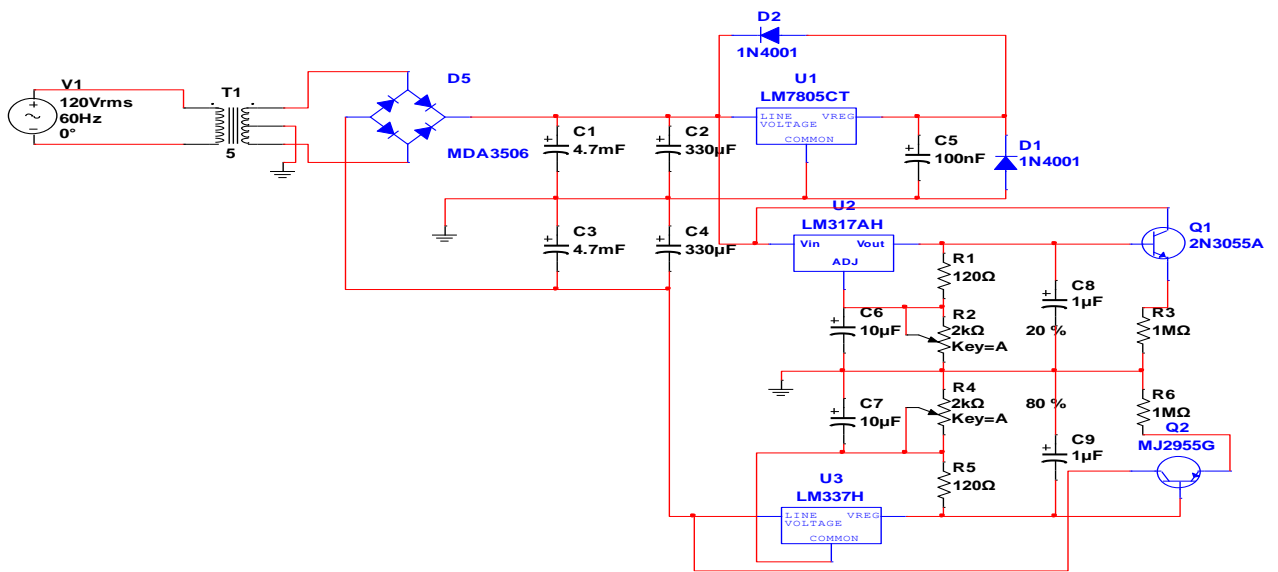


Figura 3.1. Captura de pantalla del esquema circuital de la fuente regulada.

### 3.1.2 Propuesta de fuente conmutada

La fuente propuesta que se muestra en la figura 3.2 trabaja a partir de una alimentación de 220 V a 60 Hz, donde en el primer bloque de transformación y rectificación permite obtener 12 V para alimentar el resto de los subcircuitos de la fuente como el temporizador 555 y los generadores de onda cuadrada y diente de sierra, así como el circuito reductor.



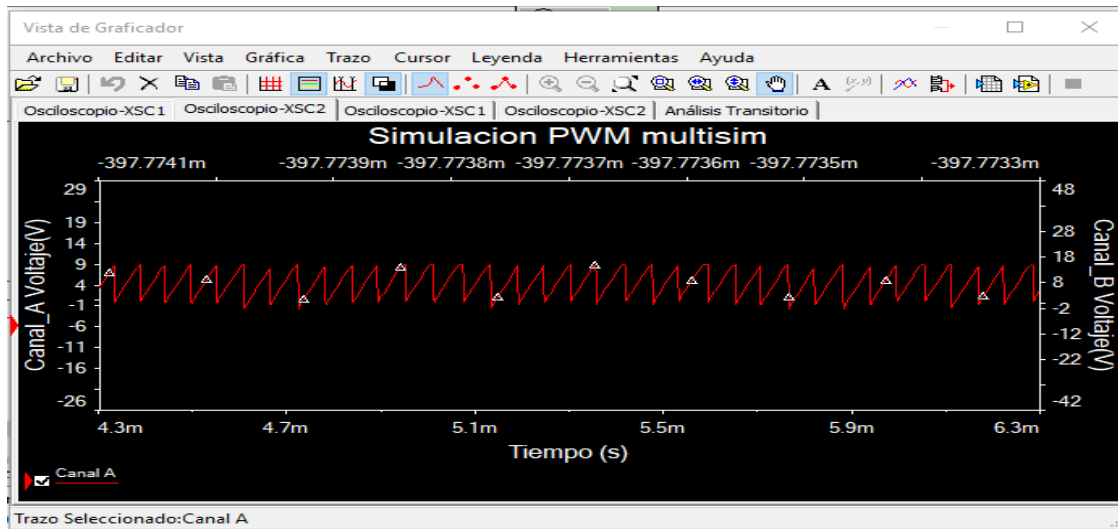


Figura 3.3. Análisis transitorio de la onda diente de sierra.

Para generar la señal PWM de forma analógica se compara la señal de diente de sierra con una tensión variable o de control. La señal se obtiene del amplificador TL082CP configurado como comparador, donde la entrada inversora se conecta a la onda diente de sierra y en la entrada no inversora se conectó el potenciómetro R4 realizando la función de divisor de tensión (tensión de control) para obtener la onda cuadrada como se muestra en la figura 3.4.

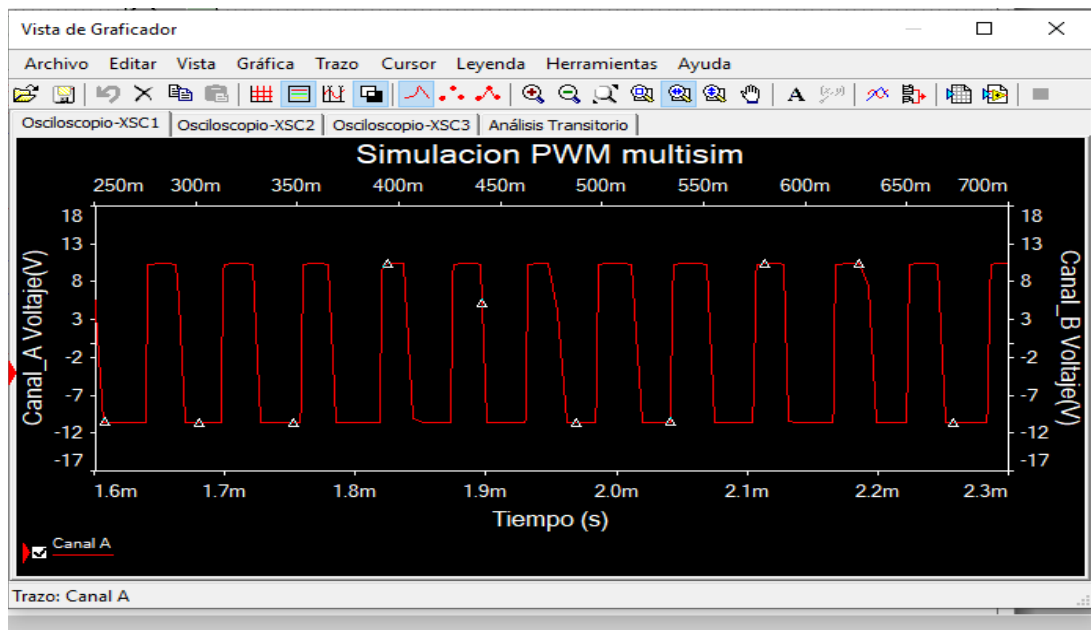
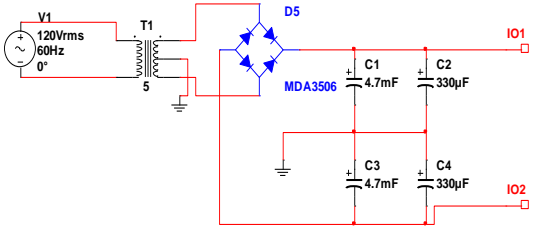
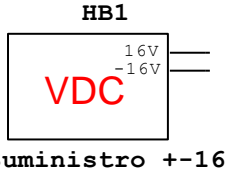
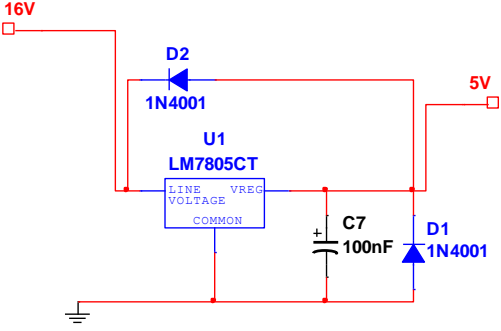
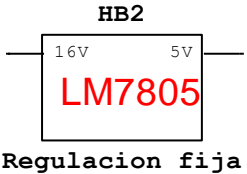
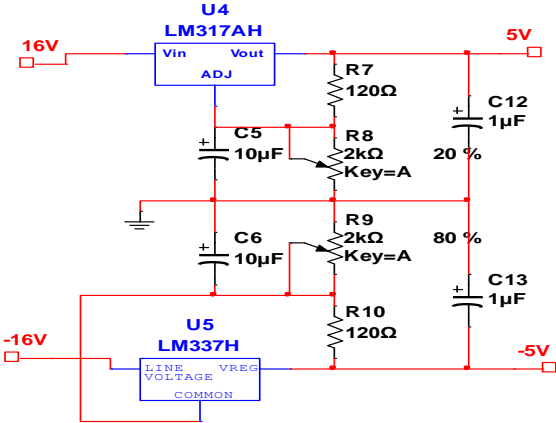
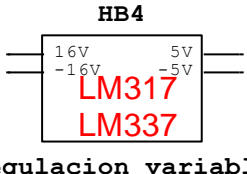


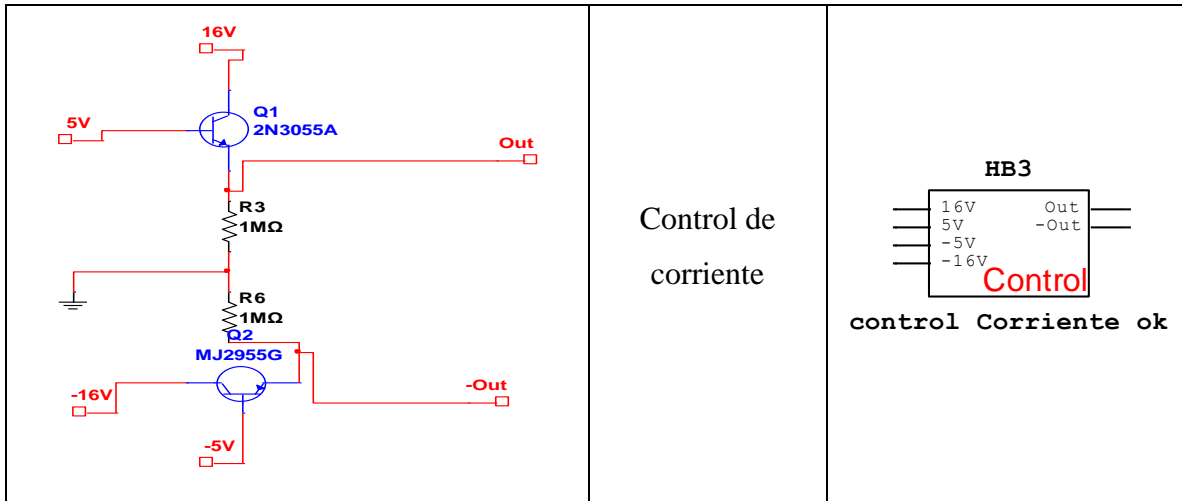
Figura 3.4. Análisis transitorio de la onda cuadrada.

### 3.2 Biblioteca de Bloques de construcción

En la tabla 3.1 se relacionan los bloques funcionales diseñados para la construcción de esta fuente, donde se define el circuito que contiene el bloque, la función del mismo y la representación mediante un símbolo.

Tabla 3.1 Biblioteca de conjunto de bloques de construcción para Fuentes Lineales, para cada bloque se presenta el rol identificado y el símbolo correspondiente

<p><b>Bloque Constructivo</b></p>	<p><b>Rol en la Aplicación</b></p>	<p><b>Símbolo Multisim</b></p>
	<p>Transformación, rectificación y filtrado.</p>	
	<p>Regulación con LM7805 fija a 5V.</p>	
	<p>Regulación con LM317 y LM337</p>	



A continuación, se describe la función de cada uno de los bloques para que la fuente pueda funcionar de manera correcta.

*Transformación, rectificación y filtrado:* A partir de la tensión de línea 120V mediante el transformador reductor T1 con razón entre primario y secundario (5:1) se cambia a otro nivel de señal de 13V alternos para que al ser rectificado con el rectificador de onda completa MDA3506 y filtrado con C1 y C2 y obtener 16V positivo y negativo de corriente directa, lista para ser entregada al bloque regulador.

*Regulación de tensión:* Esta etapa se subdivide en dos partes una que entrega 5V en la salida a partir de una LM7805. La segunda división la integran los reguladores LM317 y LM337 que permite regular la salida de 0 a  $\pm 12V$  esto se realiza por medio de los potenciómetros R2 y R4 que controlan la tensión de salida deseada.

*Control de corriente:* Esta etapa permite amplificar la corriente o expresado de otra manera se le agrega la funcionalidad al circuito de suministrar la corriente necesaria demandada por una carga, para ello se han seleccionado los transistores 2N3055 (PNP) y MJ2955 (NPN). Esto se logra conectando los colectores a las entradas de los reguladores, la base a la salida de estos y colocando los emisores a una carga grande para que la corriente que circule sea realmente pequeña y de esta manera permita al circuito soportar mayores niveles de corriente.

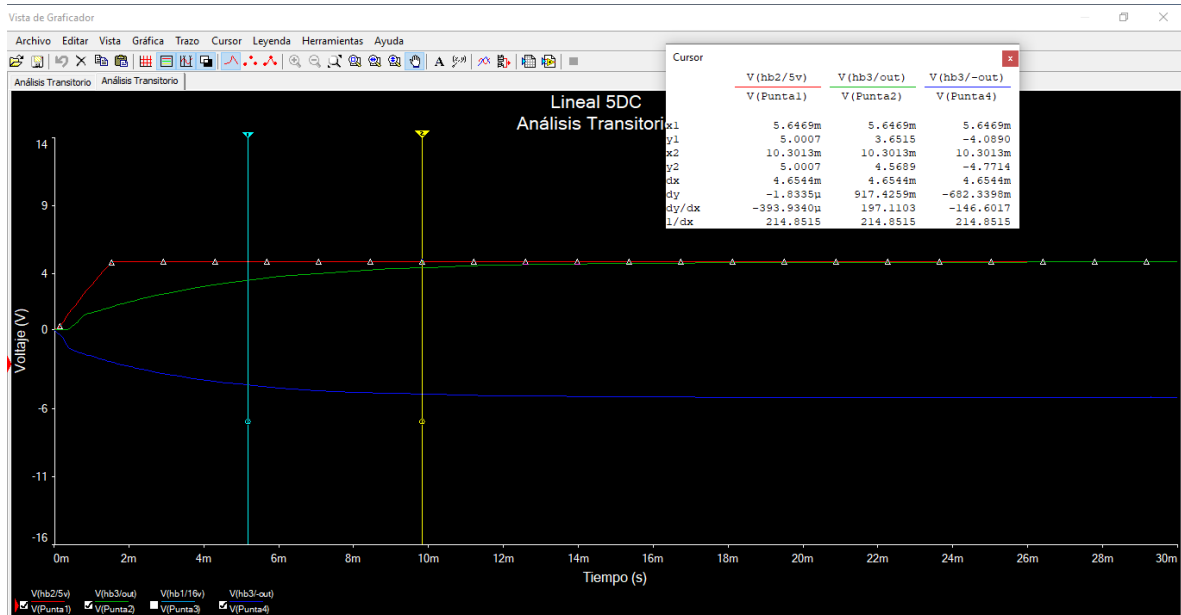
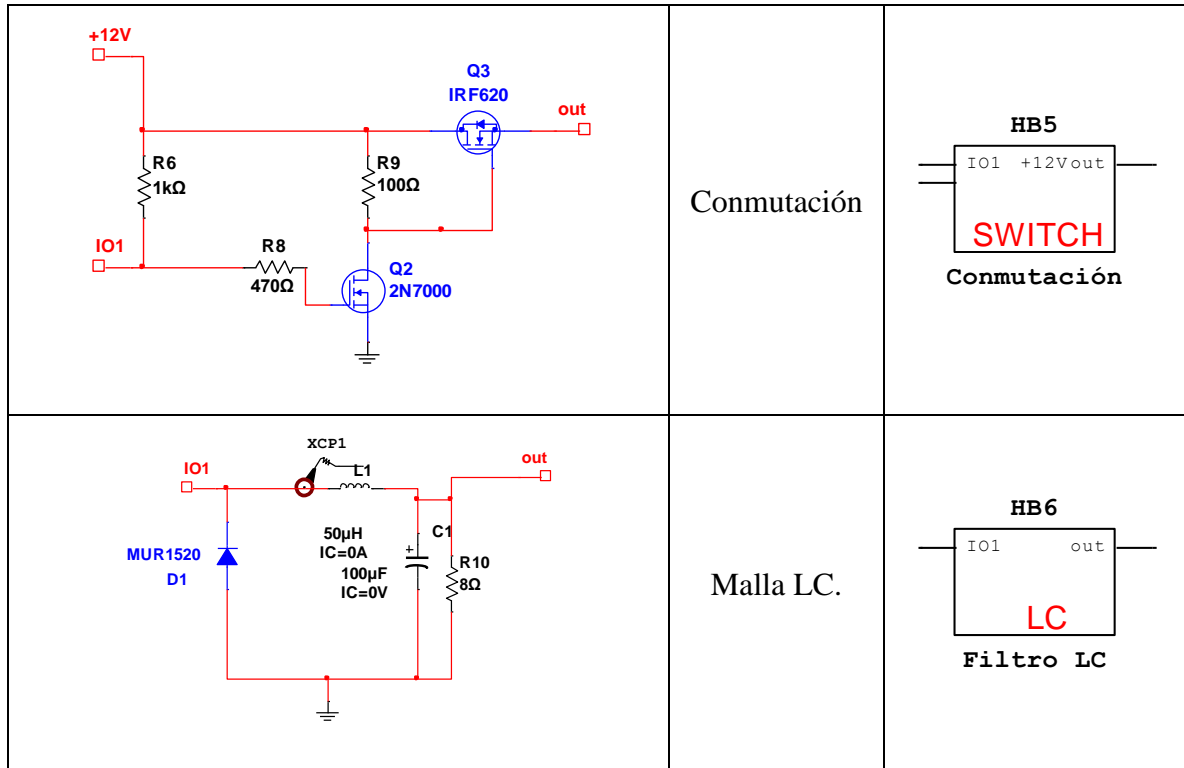


Figura 3.4. Tensión de salida de la fuente DC regulada a  $\pm 5$  V

Tabla 3.2 Biblioteca de conjunto de bloques de construcción para Fuentes Conmutadas, para cada bloque se presenta el rol identificado y el símbolo correspondiente.

Bloque Constructivo	Rol en la Aplicación	Símbolo Multisim
	Suministro de tensión simétrico 12V, -12V)	

	<p>Temporizador 555</p>	
	<p>Generación de la onda Diente de Sierra.</p>	
	<p>Conformación de la onda cuadrada a partir de la onda diente de sierra.</p>	



El primer bloque es un *suministro de tensión simétrico* (12v -12v) donde se toma una alimentación de 220V a 50 Hz y convertirlo en una tensión de 12 volt para alimentar el resto del circuito.

*Conmutación:* El MOSFET Q3(IRF620) es el elemento encargado de la conmutación a partir de una tensión previamente rectificado (12v), a partir del cual se obtendrá el nivel de tensión medio en dependencia del ciclo de trabajo que se le aplique.

*Malla LC*: El objetivo de este tipo de convertor es obtener el menor rizado posible por lo que se le agrega un filtro LC, que toma las fluctuaciones en tensión y las convierte en una tensión de rizado lo más plano posible, pues la principal característica de este tipo de fuente es la gran estabilidad y linealidad de la tensión de salida. Además, se coloca un diodo que proporciona un camino de corriente para proteger a Q3 cuando no conduce.

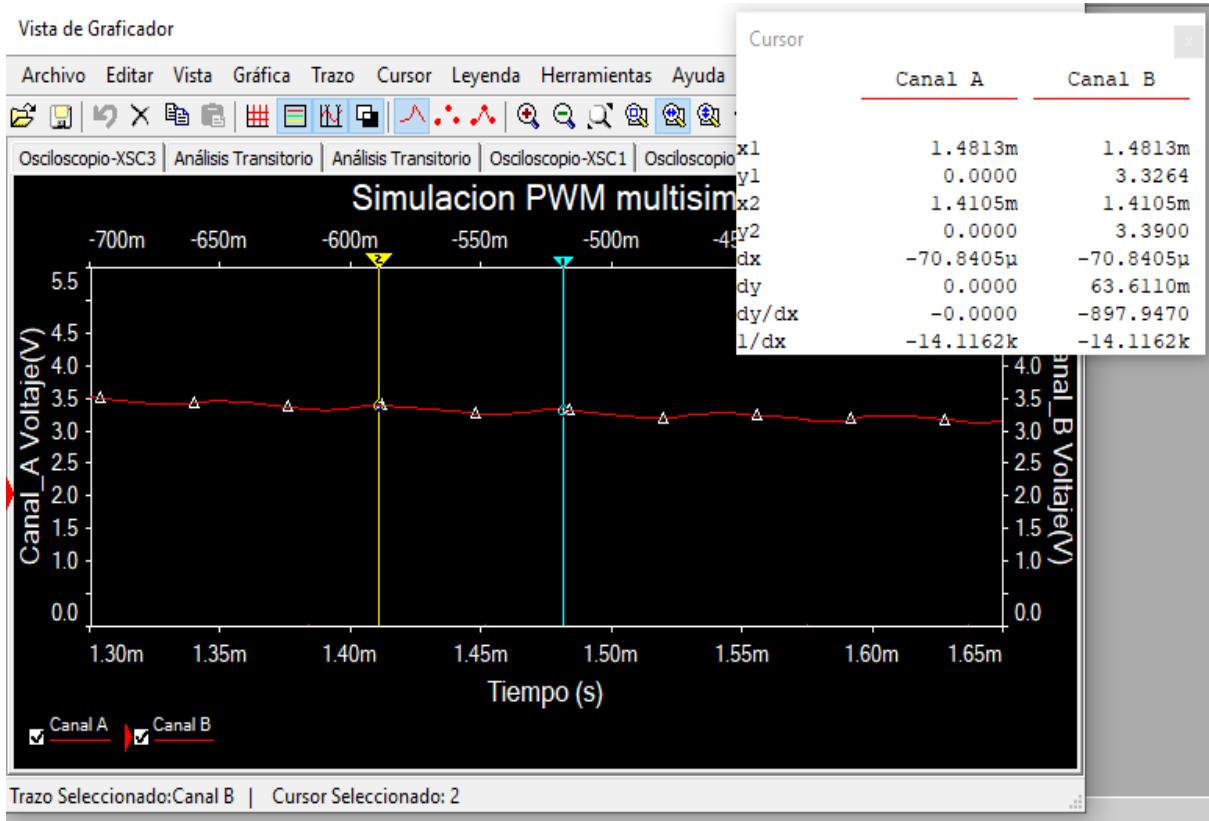


Figura 3.5. Nivel de tensión de la fuente conmutada de 3.3V

### 3.3 Elaboración de la aplicación con bloques funcionales

La biblioteca creada de bloques jerárquicos permite la construcción de fuentes de alimentación. Se ejemplifica a partir de un posible problema de diseño que consiste en la creación de una fuente regulada a  $\pm 5V$  y una conmutada de 3.3V, desde la perspectiva de bloques funcionales como muestra la figura 3.5.

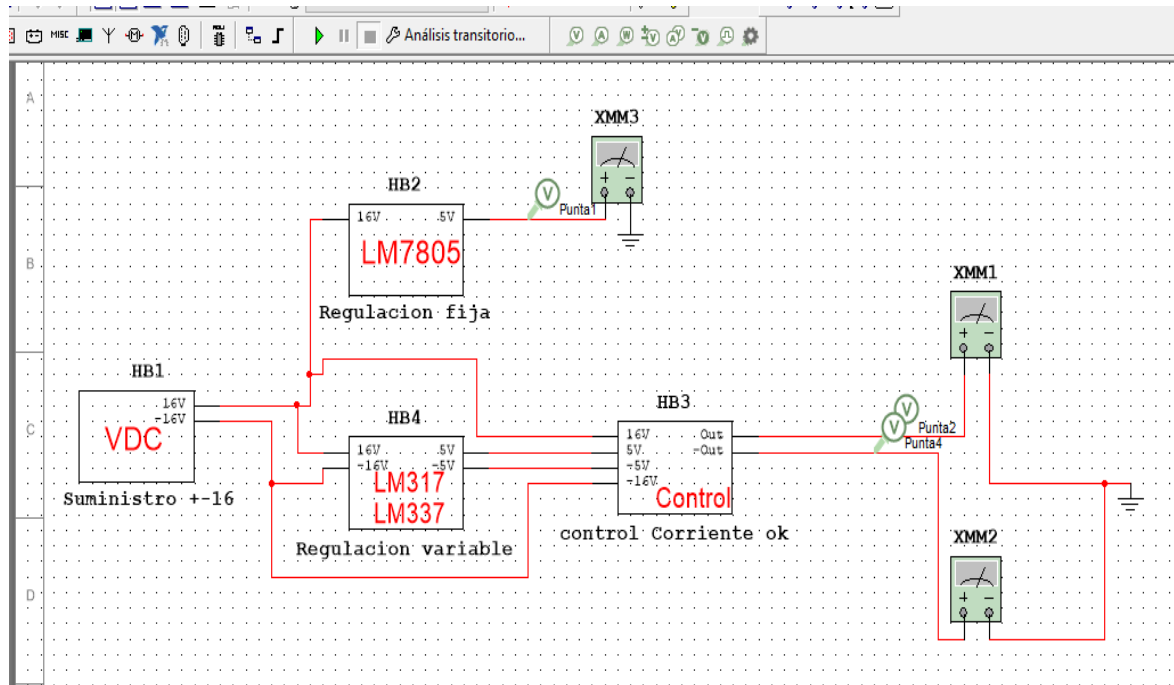


Figura 3.6. Fuente lineal  $\pm 5V$  desde el punto de vista de bloques funcionales.

La figura 3.7 muestra la gráfica de los valores de tensión en un análisis en el tiempo de la fuente lineal de luego de su construcción mediante bloques funcionales.

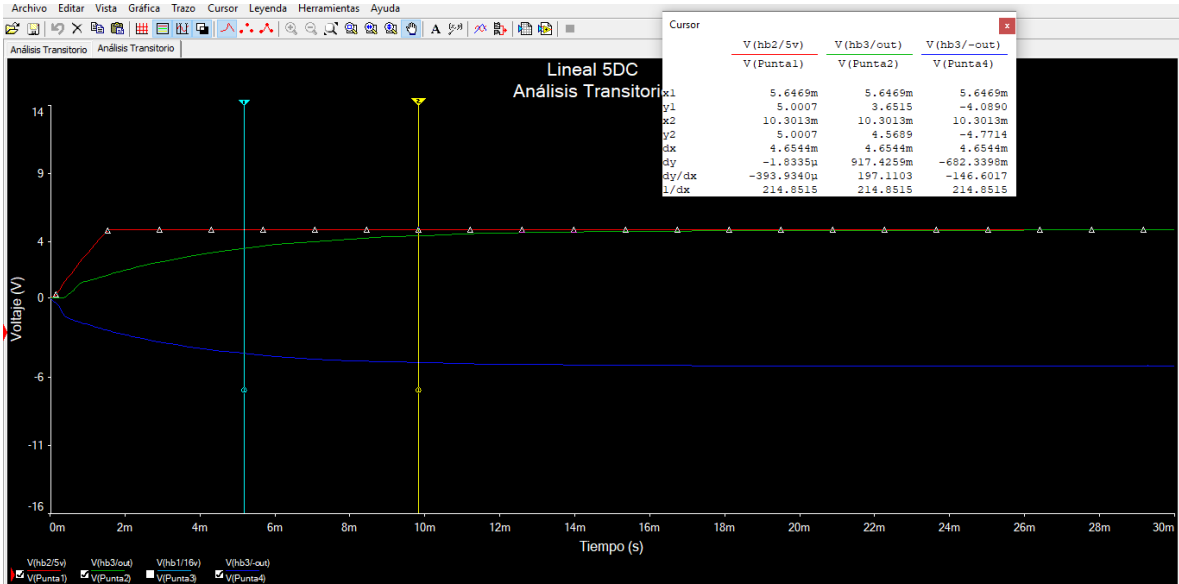


Figura 3.7. Nivel de tensión de la fuente de  $\pm 5V$

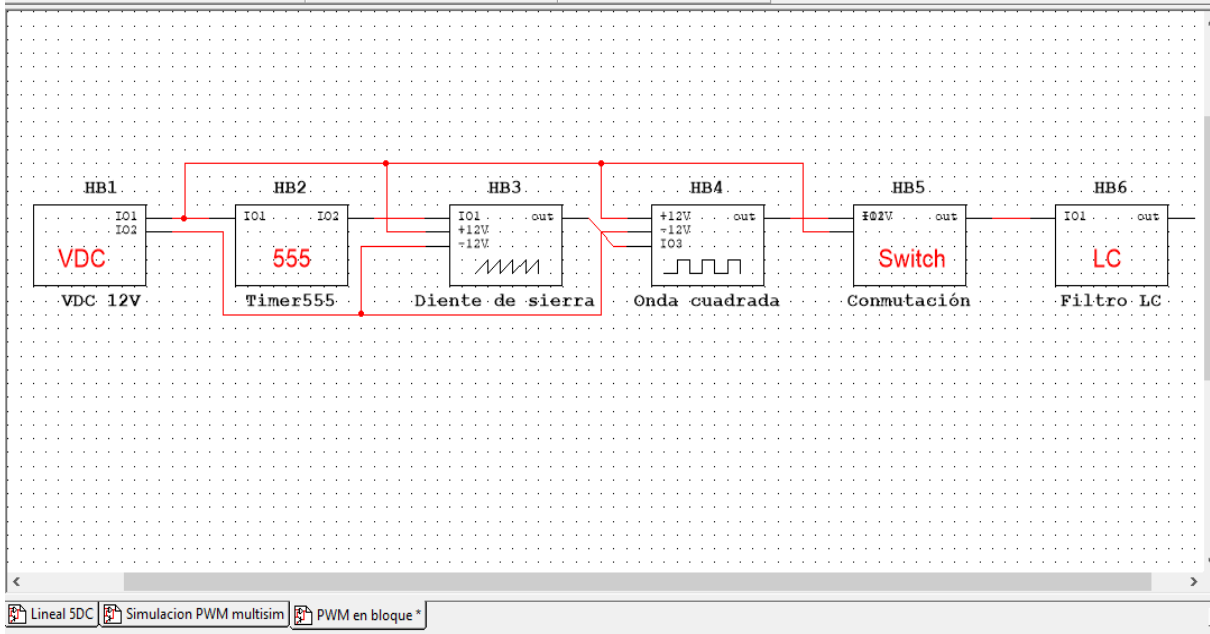


Figura 3.8. Fuente Conmutada de 3.3V en bloques funcionales en Multisim.

La figura 3.9 muestra la gráfica de los valores de tensión en un análisis en el tiempo de la fuente conmutada 3.3V luego de su construcción mediante bloques funcionales.

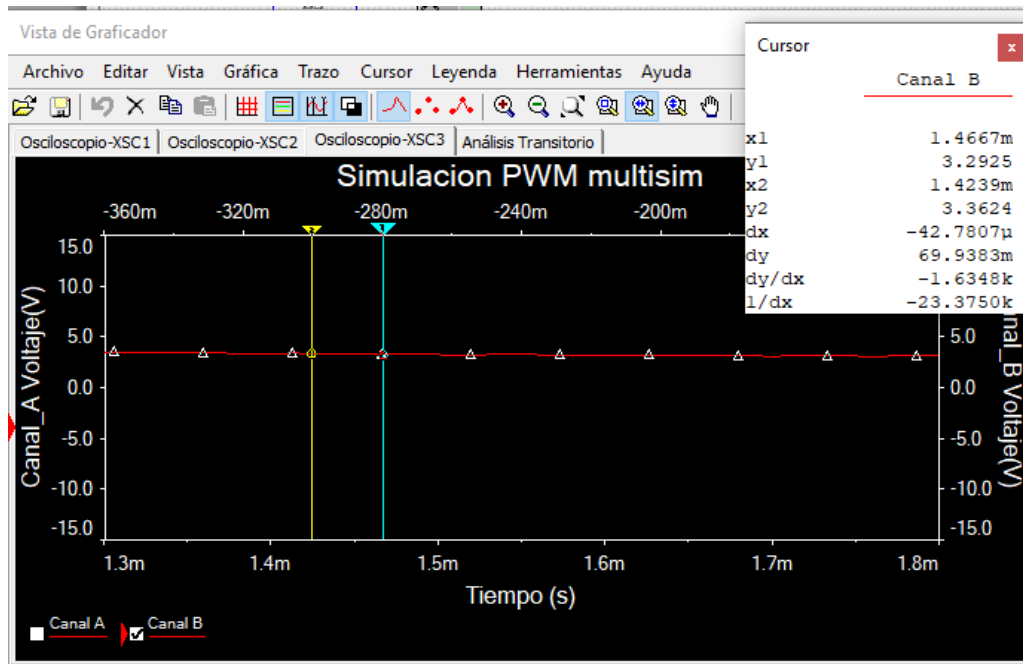


Figura 3.9. Nivel de tensión de la fuente conmutada de en bloques 3.3V.

### 3.4 Montaje real de una fuente de alimentación simple

Con lo aprendido durante esta investigación se hizo simple el diseño de una fuente de alimentación básica. Se trata de una fuente de alimentación lineal de 5V con unos indicadores leds que muestran su correcto funcionamiento como se muestra en la figura

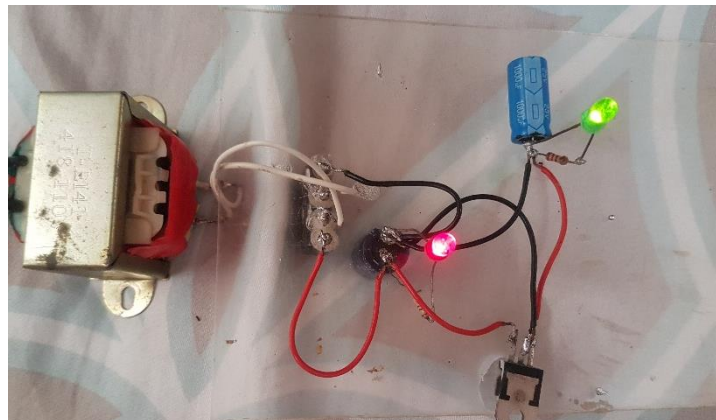


Figura 3.10. Fuente de Alimentación lineal de 5V.

Lista de componentes:

Transformador T-EI41

Puente rectificador LS30 KBU

Capacitor 2200  $\mu\text{F}$  a 16V

Regulador LM7805

Capacitor 1000  $\mu\text{F}$  a 25 V

Resistencias 115  $\Omega$  y 470 $\Omega$

Dos leds

En cuanto al funcionamiento del circuito el transformador utiliza una alimentación de 110V a 60 Hz mostrando en la salida 15V AC, tensión que alimenta el puente rectificador para convertir esa tensión a corriente directa, esta señal es filtrada por el capacitor de 2200  $\mu\text{F}$  para que el regulador LM7805 los convierta a una salida de 5V DC. Los leds van a cumplir la función de indicadores que muestran que el circuito está funcionando correctamente.

### **Conclusiones parciales**

Con la utilización del Multisim se pudo demostrar la funcionalidad de las fuentes propuestas mostrando señales satisfactorias, puesto que su finalidad es alimentar otras aplicaciones que requieren estabilidad en su suministro energético. Las simulaciones aportaron resultados positivos en todos los aspectos que sique el diseño de fuentes de alimentación.

Con la utilización de bloques funcionales se pudo concluir que existe una gran diferencia en cuanto complejidad, orden y área de trabajo ocupada mejorando notablemente estos aspectos. Además, los parámetros obtenidos en las simulaciones son exactamente los mismos que los del circuito original.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Con la realización de este trabajo de diploma se pudo arribar a las conclusiones siguientes las cuales muestran el cumplimiento de los objetivos propuestos y los resultados obtenidos:

1. Se identificaron, como tendencias principales de la Electrónica:
  - Desde el punto de vista de aplicación y sistema: la integración, miniaturización y la utilización de técnicas novedosas de diseño dominan la electrónica moderna.
  - Desde la perspectiva de bloques funcionales: las facilidades que brinda la representación de circuitos complejos en bloques jerárquicos, las bondades que ofrece la herramienta de simulación Multisim, que facilita y fomenta el diseño de nuevas aplicaciones pues los bloques pueden ser reutilizados en diferentes proyectos.
2. Con las aplicaciones desarrolladas mediante el empleo de bloques funcionales y la creación de la biblioteca de bloques, se facilita la comprensión del funcionamiento y montaje de fuentes de alimentación.
3. Posterior a la simulación de las fuentes se observa el rendimiento y la estabilidad en las señales de salida, así como los mínimos rizados.

### Recomendaciones

Con el objetivo de continuar el presente proyecto en futuras investigaciones, se relacionan las recomendaciones siguientes:

1. Generalizar la aplicación de esta experiencia en el aprendizaje del tema de los Reguladores de Tensión de la EA2 y la realización de proyectos de mediana envergadura.
2. Aplicar el enfoque de representar circuitos complejos en bloques funcionales, llevándolo a otros temas de la Electrónica Analógica.
3. Con vistas a futuros proyectos similares, encaminar la investigación a crear bibliotecas de bloques funcionales muchos más extensas y diversas. Permitiendo así que los estudiantes puedan diseñar fuentes complejas, seleccionando adecuadamente los bloques y los parámetros que deben cumplir para que puedan funcionar correctamente al conectarlos entre sí, claramente siguiendo los esquemas generales de las fuentes de alimentación. De este modo se fomenta la profundización en este tema.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

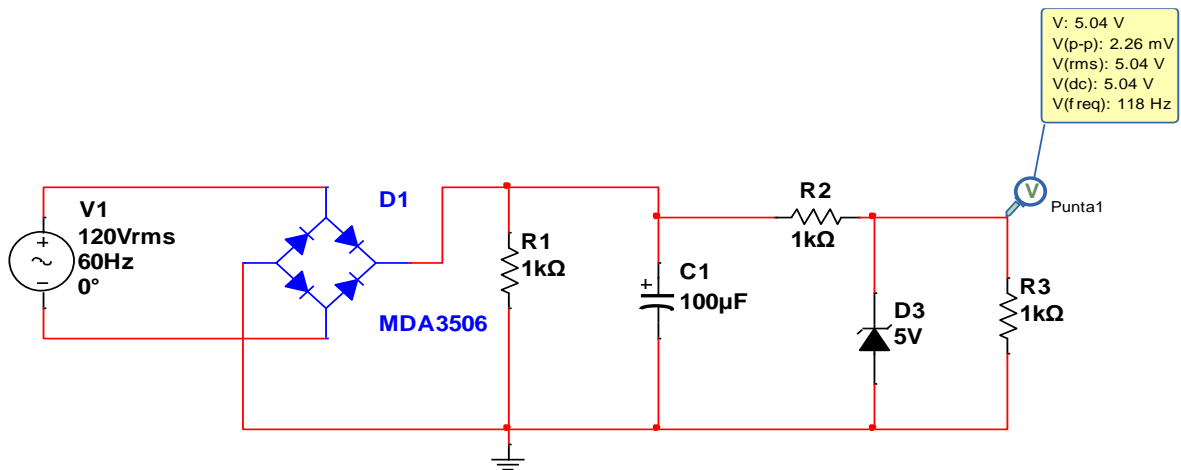
- [1] C. E. George Reyes and L. I. Salado Rodríguez, "Competencias investigativas con el uso de las TIC en estudiantes de doctorado," *Apertura* (Guadalajara, Jal.), vol. 11, no. 1, pp. 40-55, 2019.
- [2] C. Roche, "Programa Analítico de la asignatura Electrónica Analógica I" 2021.[Online]. Available: <https://moodle.uclv.edu/cu/enrol/index.php?id=544>.
- [3] C. Roche, "Programa Analítico de la asignatura Electrónica Analógica II" 2021. [Online]. Available: <https://moodle.uclv.edu/cu/course/view.php?id=547>.
- [4] I. W. Boyd, "Sir John Ambrose Fleming - His Involvement in the Development of Wireless," 2006.[Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/287793291\\_Sir\\_John\\_Ambrose\\_Fleming\\_His\\_Involvement\\_in\\_the\\_Development\\_of\\_Wireless](https://www.researchgate.net/publication/287793291_Sir_John_Ambrose_Fleming_His_Involvement_in_the_Development_of_Wireless).
- [5] S.C. Fanjul, "Electrónica: así fue la revolución silenciosa que ha cambiado el mundo," 2019. [Online]. Available: <https://lapantallaubicua.wordpress.com/2019/05/13/y-en-el-origen-la-valvula-de-vacio/>
- [6] J. Orton, "The history of semiconductors," *Oxford University Press*, 2005.
- [7] A. Lutenberg, "El progreso tecnológico, atado a la evolución de la electrónica ". En: *Encrucijadas*, no. 50. *Universidad de Buenos Aires*, 2010. [Online]. Available: <http://repositorioubas.sisbi.uba.ar>
- [8] E. V Bonet, "La revolución electrónica," Ed. *Universidad de Cantabria*, (Vol. 8), 2017.
- [9] A. P. Malvino and D. J. Bates, *Principios de electrónica*. McGraw-Hill, 1991.

- [10] J. Lienig, "Fundamentals of Electronic Systems Design", 2017. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/316657845\\_Fundamentals\\_of\\_Electronic\\_Systems\\_Design](https://www.researchgate.net/publication/316657845_Fundamentals_of_Electronic_Systems_Design)
- [11] S. M. Auwal, "A Comparative Study of Open-loop and Closed-loop Control, " *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*, vol.6, pp.75-86,2017
- [12] M. H. Rashid, " *Microelectronic circuits: analysis and design* ". Cengage learning, 2010.
- [13] [Online]. Available: <https://www.edrawsoft.com/article/what-is-functional-block-diagram.html>
- [14] J. Portos y A. Garley, "Definición de diagrama de bloques", 2021. [Online]. Available: (<https://definicion.de/diagrama-de-bloques/>)
- [15] Acofi-Icfes. "Actualización y Modernización Curricular en Ingeniería Eléctrica y Electrónica", 9 marzo de 1996.
- [16] E. E. Valdés Zaldivar Conferencia: "Tendencias actuales en el diseño electrónico,". Politécnico Superior José Antonio Echeverría Facultad de Eléctrica, Centro de Investigaciones en Microelectrónica, La Habana, Cuba 2018.
- [17] P. Kilian et al., "Principle guidelines for safe power supply systems development," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 107751-107766, 2021.
- [18] V. I. Lucas Parrales, "Implementación de fuentes de corriente continua para prácticas de circuitos electrónicos analógicos," Jipijapa. UNESUM, 2021.
- [19] A. Oliveri, G. Di Capua, K. Stoyka, M. Lodi, M. Storace, and N. Femia, "A power-loss dependent inductance model for ferrite-core power inductors in switch-mode power supplies," *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, vol. 66, no. 6, pp. 2394-2402, 2019.
- [20] J. J. Olmos Sanchis and A. Pinci Ferrer, "Diodo rectificador. Circuito rectificador de media onda y rectificador de onda completa," 2019.
- [21] Y. Yang, Y. Wen, and Y. Gao, "A novel active gate driver for improving switching performance of high-power SiC MOSFET modules," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 34, no. 8, pp. 7775-7787, 2018.
- [22] S. Musumeci, F. Stella, F. Mandrile, E. Armando, and A. Fratta, "Soft-Switching Full-Bridge Topology with AC Distribution Solution in Power Converters' Auxiliary Power Supplies," *Electronics*, vol. 11, no. 6, p. 884, 2022.
- [23] C. E. G. Almonacid, "Fuente de Alimentación lineal-conmutada," p. 25, 2021.

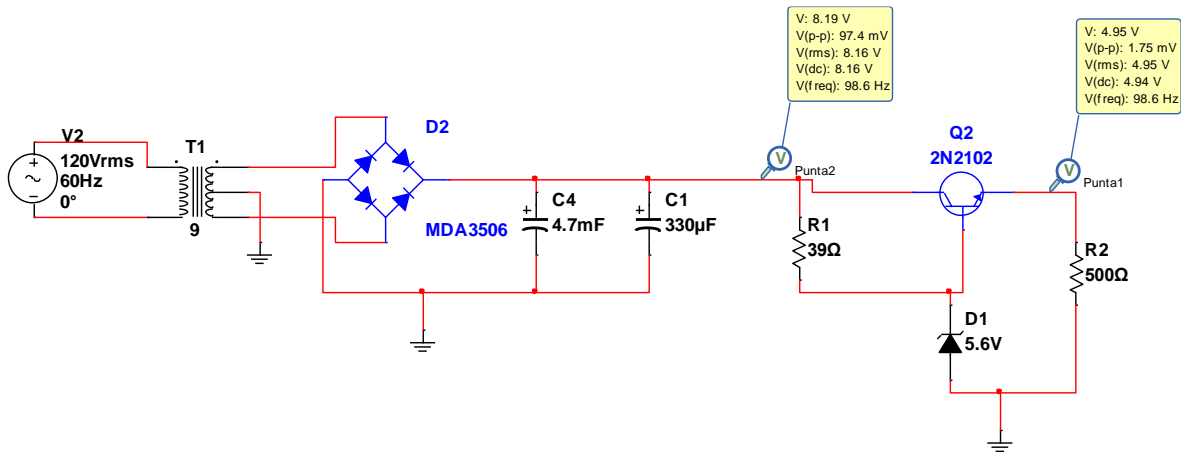
- 
- [24] L. A. F. Oropeza, A. R. Loera, and D. M. T. Cervantes, "FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONMUTADA CON ELEVADA RELACIÓN ENTRADA-SALIDA DE VOLTAJE (SWITCHED POWER SUPPLY WITH HIGH INPUT-OUTPUT VOLTAGE RATIO)," *Pistas Educativas*, vol. 43, no. 141, 2022.
- [25] J. A. Jaimes, R. V. M. Mendez, and E. J. D. Coronado, "El pensamiento computacional en la electrónica: la importancia del software de simulación en la comprensión del principio de funcionamiento de los componentes electrónicos," *3 c TIC: cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, vol. 8, no. 4, pp. 85-113, 2019.
- [26] D. Báez-López and F. E. Guerrero-Castro, "Circuit analysis with multisim," *Synthesis Lectures on Digital Circuits and Systems*, vol. 6, no. 3, pp. 1-198, 2011.
- [27] K. M. Noga and B. Palczynska, "The Simulation Laboratory Platform Based on Multisim for Electronic Engineering Education," in *2018 International Conference on Signals and Electronic Systems (ICSES)*, 2018: IEEE, pp. 269-274.
- [28] F. Asadi, "Simulation of Power Electronic Circuits with Multisim™," in *Essential Circuit Analysis using NI Multisim™ and MATLAB®*: Springer, 2022, pp. 663-743.

ANEXOS

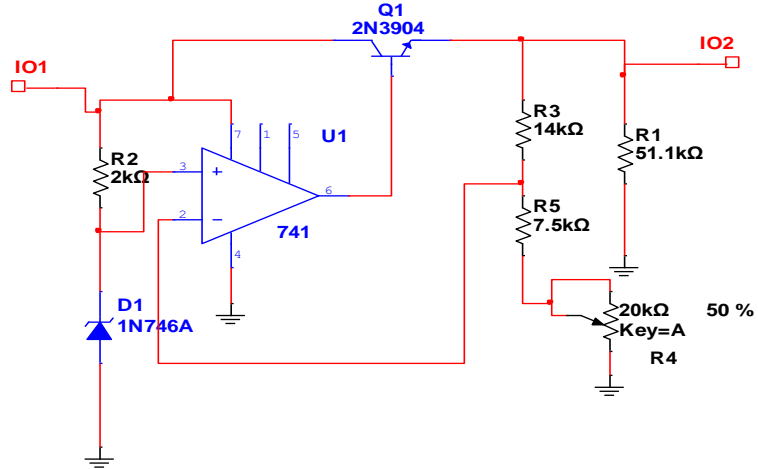
Anexos 1: Fuente básica con diodo Zener.



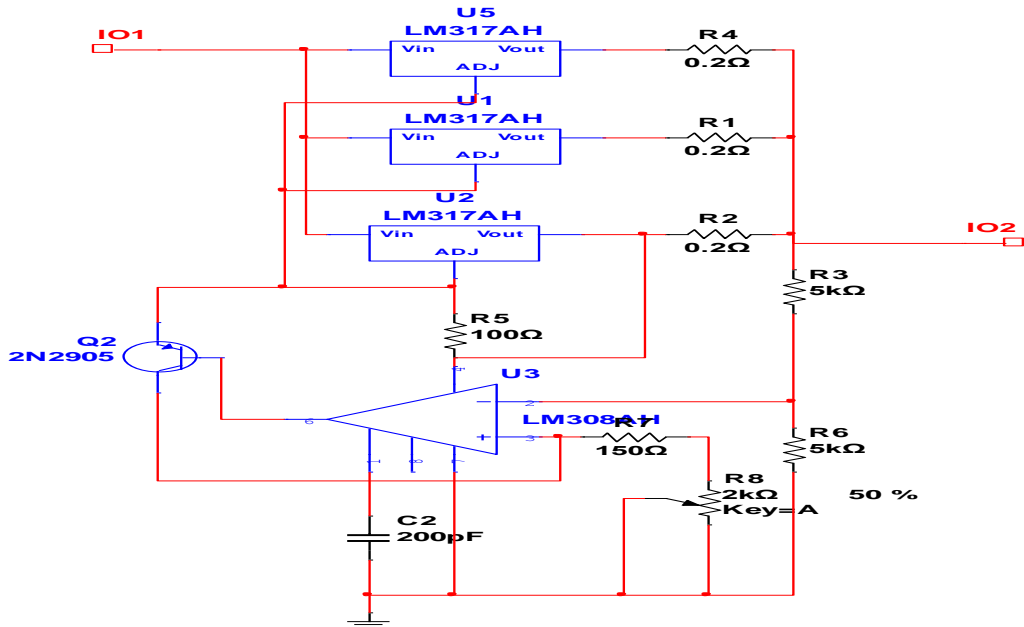
Anexo 2: Fuente regulada con Zener +BJT.



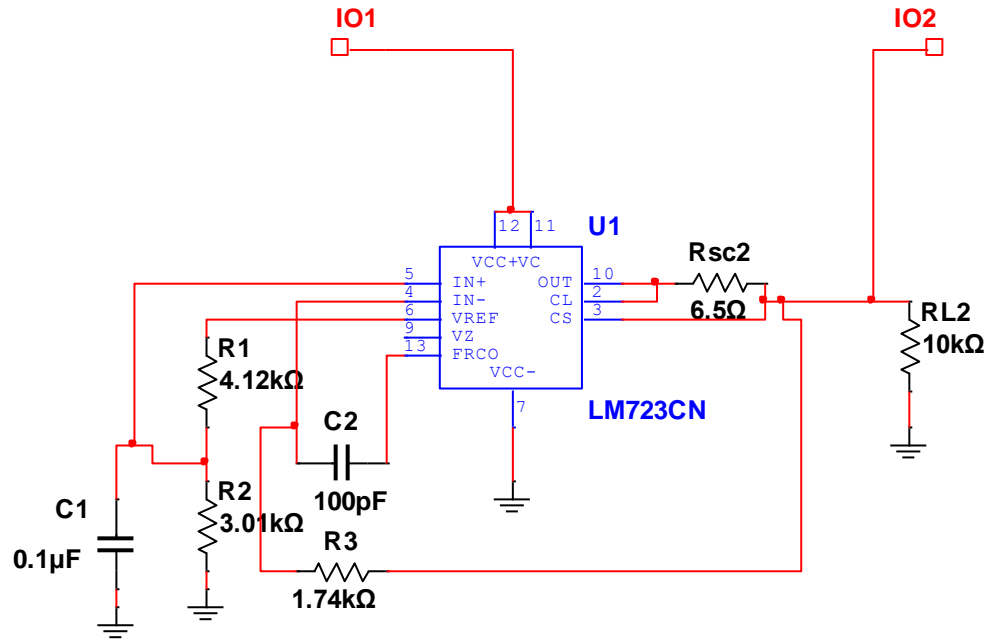
Anexo 3: Regulador de tensión serie.



Anexo 4: Regulador con LM317.



Anexo 5: Regulador LM723.



Anexo 6: Hoja de dato de LM317.

<b>Absolute Maximum Ratings</b> (Note 1)		<b>Operating Temperature Range</b>	
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.		LM117	$-55^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +150^{\circ}\text{C}$
Power Dissipation	Internally Limited	LM317A	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$
Input-Output Voltage Differential	+40V, -0.3V	LM317	$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature	$-65^{\circ}\text{C}$ to $+150^{\circ}\text{C}$	<b>Preconditioning</b>	
Lead Temperature		Thermal Limit Burn-In	All Devices 100%
Metal Package (Soldering, 10 seconds)	300°C		
Plastic Package (Soldering, 4 seconds)	260°C		
ESD Tolerance (Note 5)	3 kV		
<b>Electrical Characteristics</b> (Note 3)			
Specifications with standard type face are for $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ , and those with <b>boldface type</b> apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} - V_{OUT} = 5\text{V}$ , and $I_{OUT} = 10\text{mA}$ .			

Anexo 7: Hoja de dato de LM723.

<b>Absolute Maximum Ratings</b> (Note 1)			
<b>If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.</b>			
(Note 10)			
Pulse Voltage from V <sup>+</sup> to V <sup>-</sup> (50 ms)	50V	Cavity DIP (Note 2)	900 mW
Continuous Voltage from V <sup>+</sup> to V <sup>-</sup>	40V	Molded DIP (Note 2)	660 mW
Input-Output Voltage Differential	40V	Operating Temperature Range	
Maximum Amplifier Input Voltage (Either Input)	8.5V	LM723	-55°C to +150°C
Maximum Amplifier Input Voltage (Differential)	5V	LM723C	0°C to +70°C
Current from V <sub>Z</sub>	25 mA	Storage Temperature Range	
Current from V <sub>REF</sub>	15 mA	Metal Can	-65°C to +150°C
Internal Power Dissipation		Molded DIP	-55°C to +150°C
Metal Can (Note 2)	800 mW	Lead Temperature (Soldering, 4 sec. max.)	
		Hermetic Package	300°C
		Plastic Package	260°C
		ESD Tolerance	1200V
		(Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF)	
<b>Electrical Characteristics</b> (Note 3) (Note 10)			

## Anexo 8: Hoja de datos de LM7805.

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

DESCRIPTION	SYMBOL	VALUE	UNIT
Input Voltage	V <sub>IN</sub>	35	V
Continuous Total Dissipation at T <sub>a</sub> =25°C free air Temperature	P <sub>D</sub>	2.0	W
Continuous Total Dissipation at T <sub>c</sub> =25°C case Temperature	P <sub>D</sub>	15	W
Operating free-air, case, or Virtual Junction Temperature Range	T <sub>OPR</sub>	0 to 150	°C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	- 65 to +150	°C
Lead Temperature 1.6mm (1/16 inch) from Case for 10 seconds	T <sub>L</sub>	260	°C