

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



TRABAJO DE DIPLOMA

**Propuesta de actualización de las herramientas de
simulación para la enseñanza y aprendizaje de la
Electrónica Analógica**

Autor: Julio Antonio Pérez González

Tutor: Dr. Carlos Roche Beltrán

Santa Clara

2016

"Año 58 de la Revolución"

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica



TRABAJO DE DIPLOMA

Propuesta de actualización de las herramientas de simulación para la enseñanza y aprendizaje de la Electrónica Analógica

Autor: Julio Antonio Pérez González

julioantoniop@uclv.cu

Tutor: Dr. Carlos Roche Beltrán

croche@uclv.edu.cu

Santa Clara

2016

"Año 58 de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Tutor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

Nunca consideres al estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.

Albert Einstein

DEDICATORIA

A mis padres Marlén y Antonio por ser fuente de inspiración, sacrificio y ejemplo de superación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Marlén y Antonio por apoyarme en todo lo que necesité para poder llegar a ser un profesional

A mi hermana Suanly, a mi abuela Zoila, a mi tía Yipsy, a mi tío Jorge y a mis primos Dayron y Jorgito por su apoyo incondicional

A mi tutor Roche por toda su atención y su sabiduría

A todos mis amigos que de una forma u otra estuvieron presente a mi lado para compartir momentos buenos y malos

A mis compañeros de aula con los que compartí a lo largo de la carrera

A todos mis profesores que contribuyeron a mi formación profesional

TAREA TÉCNICA

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron diferentes métodos y técnicas que en unidad y diferencias particulares permitieron el abordaje del problema. Estos métodos y técnicas favorecieron el cumplimiento de las siguientes tareas:

- Búsqueda de toda la información posible para conformar la investigación, profundizando en las tendencias más actuales sobre la utilización de las herramientas de simulación en las universidades a nivel mundial.
- Selección de las herramientas de simulación de acuerdo a las condiciones de la FIE y a las capacidades tecnológicas que presentan los estudiantes.
- La evaluación de las potencialidades de la(s) herramienta(s) seleccionada(s) a partir de ejemplos ilustrativos de su utilización en los laboratorios correspondientes a la Electrónica Analógica.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

Debido a la enmarcación de la Electrónica Analógica en el terreno de las tecnologías complejas y el alto nivel de dificultad, con que la cursan los estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, en correspondencia con la posibilidad de encontrarse hoy en día en la sociedad mayor cantidad de dispositivos electrónicos como laptops, tabletas y móviles; tiene su origen este trabajo como una alternativa que incluye los beneficios de las herramientas de simulación. En su realización se identifica las tendencias actuales relacionadas con las herramientas de simulación en algunas universidades del mundo, se lleva a cabo un diagnóstico de la situación actual de la Facultad de Ingeniería Eléctrica (FIE) y se exponen las características de varias de las herramientas que se utilizan hoy en día. Se selecciona el simulador electrónico Multisim para los laboratorios, lo cual facilita el acercamiento del estudiante al entorno del laboratorio real, EveryCircuit para los dispositivos móviles y para los proyectos de curso se escoge Multisim y Simulink por sus amplias bibliotecas y recursos, así como que se expone las potencialidades de estas herramientas con ejemplos ilustrativos de la Electrónica Analógica.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. Herramientas de simulación en la Electrónica Aplicada	5
1.1 La Electrónica Aplicada	5
1.2 Herramientas de simulación	8
1.2.1 Matlab-Simulink	8
1.2.1.1 Características de Simulink	9
1.2.2 OrCAD	10
1.2.2.1 Características de OrCAD	11
1.2.3 Multisim	11
1.2.3.1 Características del Multisim	12
1.2.3.2 Multisim para dispositivos móviles	12
1.2.4 EveryCircuit	13
1.2.5 DroidTesla	13
1.2.6 ElectroDroid	14
1.3 Aplicaciones de las herramientas de simulación	15
CAPÍTULO 2. Selección de las herramientas de simulación adecuadas según las condiciones de la FIE y las tendencias actuales	23

2.1	Diagnóstico de las condiciones tecnológicas de la FIE y los estudiantes para el uso de las herramientas de simulación en la actualidad.	23
2.1.1	Situación tecnológica en la FIE en el laboratorio destinado a los estudiantes de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica.....	23
2.1.2	Diagnóstico de los recursos tecnológicos que poseen los estudiantes y sus posibilidades para el uso de las herramientas de simulación.	24
2.2	Selección de las herramientas	25
2.2.1	Herramientas para el uso en los laboratorios	25
2.2.2	Herramientas para el uso de dispositivos móviles	30
2.2.3	Herramientas para el uso en los proyectos de cursos, desarrollo de investigaciones, etc.	33
CAPÍTULO 3.	Ejemplos de aplicación de las herramientas de simulación.....	37
3.1	Comparación de las herramientas de simulación OrCAD y Multisim.....	37
3.2	Comparación de las herramientas EveryCircuit y DroidTesla.....	42
3.3	Propuestas de proyectos de desarrollo e investigación que utilizan el Simulink y Multisim.....	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	54
Conclusiones	.....	54
Recomendaciones	.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	56
ANEXOS	.....	58
Anexo I	Encuesta realizada a los estudiantes de 5to año del curso 2015-2016 de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica.	58
Anexo II	Características técnicas de algunos diodos LED C-2730 a C-2785	59

INTRODUCCIÓN

El desarrollo constante de la tecnología, así como las potencialidades y utilidades de las herramientas de software han permitido la evolución de los métodos de enseñanza hacia la utilización de las mismas en el estudio de diferentes materias. En la actualidad, gracias al desarrollo de las TIC, 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, para dar solución a problemas comunes en la enseñanza como la falta de material bibliográfico. Un ejemplo de ello es la Electrónica, materia donde son usados simuladores, multimedias, plataformas interactivas y herramientas virtuales para optimizar la adquisición del conocimiento.

En la Facultad de Ingeniería Eléctrica (FIE) de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV) de Cuba, la Electrónica es una de las disciplinas complejas de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, en la que los estudiantes presentan mayor dificultad a la hora del aprendizaje. Debido a las carencias económicas del país, los implementos tecnológicos necesarios para llevar a cabo la plena consolidación de los conocimientos, en la práctica, son escasos y es por eso que la experimentación en el laboratorio constituye una práctica esencial para la formación de los futuros ingenieros, permitiendo el contacto y la confrontación de saberes con el mundo real mediante la prueba, manipulación, calibración y utilización de diversos instrumentos.

La simulación es un recurso tecnológico-informático que crea un espacio de mediación entre la realidad y el desarrollo de modelos o teorías en distintas ramas del conocimiento científico para asegurar el resultado requerido. La interpretación y manipulación de estos modelos facilita la adquisición de conocimientos, tanto conceptuales como procedimentales. La posibilidad de realizar un circuito virtual en un ordenador y analizar su comportamiento tiene

ventajas importantes para su posterior aplicación. En la industria, la simulación colabora en analizar y diseñar circuitos, ayudando a observar el comportamiento, que posteriormente serán implementados en un laboratorio. Por tanto, es favorable también, introducir este método en el campo docente de la Ingeniería Electrónica.

La difusión de la tecnología hace posible encontrar, con más frecuencia en la sociedad, dispositivos móviles (laptops, teléfonos inteligentes, tabletas), que pueden ayudar al proceso de aprendizaje de los estudiantes. Hoy en día esta posibilidad constituye una alternativa para complementar la limitada infraestructura de los laboratorios de computación existente en dicha institución y a su vez demanda nuevas herramientas para dar cobertura a todos los dispositivos tecnológicos que se presentan.

En la Facultad de Ingeniería Eléctrica (FIE) de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV) de Cuba se han hecho trabajos relacionados con las herramientas de simulación, tal es el caso de la tesis presentada en opción al título académico de Máster en Electrónica de la profesora Ileana Moreno Campdesuñer. Dicha tesis realiza un análisis de los Planes de estudio de las diferentes carreras que se cursan en la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la UCLV y de los diferentes softwares de simulación electrónica existentes, con el fin de establecer una estrategia pedagógica que permita emplear la simulación de circuitos eléctricos y electrónicos, en la formación, y como herramienta de trabajo, de los futuros ingenieros electricistas.[1]

A partir de los aspectos abordados anteriormente se define como problema de investigación el siguiente:

- ¿Cómo determinar las herramientas de simulación más adecuadas para la docencia de la Electrónica Analógica según las condiciones de la FIE y en correspondencia con los medios computacionales de los estudiantes y tendencias actuales?

Para dar solución a dicho problema se plantea como objetivo fundamental:

- Determinar la(s) herramienta(s) de simulación más adecuada(s) para emplearla(s) en la docencia de la Electrónica Analógica en las condiciones de la FIE y en correspondencia con los medios computacionales de los estudiantes y tendencias actuales.

De este objetivo general se derivan los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las tendencias actuales relacionadas con las herramientas de simulación para los distintos dispositivos electrónicos: laptops, PCs, móviles y tabletas.
- Diagnosticar la situación actual de la FIE.
- Seleccionar las herramientas de simulación que se adecuen a la situación de la FIE y que concuerden con las tendencias actuales.
- Evaluar las potencialidades de las herramientas seleccionadas a partir de ejemplos ilustrativos de su utilización en los laboratorios correspondientes a la materia Electrónica Analógica.

Del problema planteado anteriormente surgieron las siguientes preguntas científicas:

- ¿Cuáles son las herramientas de simulación que se utilizan hoy en día en las universidades a nivel mundial para desarrollar la docencia de la Electrónica Analógica?
- ¿Cuál es la situación actual en la FIE de acuerdo a las capacidades tecnológicas de la institución y a las que presentan los estudiantes?

Se pretende brindar una propuesta en cuanto a las herramientas de simulación a utilizar para minimizar las consecuencias de la limitada infraestructura en los laboratorios de computación de la FIE y aprovechar las posibilidades tecnológicas de los estudiantes para un mejor aprendizaje de la Electrónica Analógica.

El informe de la investigación se estructura en introducción, capitulario, conclusiones, referencias bibliográficas, bibliografía y anexos. En la introducción se deja definida la importancia, actualidad y necesidad del tema que se aborda y se dejan explícitos los elementos del diseño teórico.

En el capítulo 1 se identifica en internet cuáles son las herramientas de simulación que se utilizan actualmente en las diferentes universidades del mundo para los diferentes dispositivos electrónicos existentes: laptops, móviles y tabletas y dar a conocer algunos ejemplos concretos.

Luego en el capítulo 2 se realiza un diagnóstico de la situación actual de la FIE, así como de las potencialidades tecnológicas que reúnen los estudiantes para seleccionar las herramientas de simulación más factibles para ejercer la docencia de la Electrónica Analógica.

Posteriormente en el capítulo 3 se describen las potencialidades de las herramientas de simulación seleccionadas a partir del desarrollo de ejercicios de Electrónica Analógica en los laboratorios.

CAPÍTULO 1. Herramientas de simulación en la Electrónica Aplicada

La Electrónica Aplicada se ha convertido, debido al progreso de la Microelectrónica, en una tecnología en la que existen múltiples conceptos interrelacionados. Esto hace que su aprendizaje resulte cada vez más difícil, y que exija el desarrollo de nuevos métodos educativos que utilicen las tecnologías basadas en la utilización del computador, entre las que se encuentran los programas de simulación.

En este capítulo se analiza la electrónica como ciencia así como las principales características de algunos de los simuladores comerciales que se utilizan hoy en día y se expone su uso en algunas de las universidades del mundo tomadas como referencia.

1.1 La Electrónica Aplicada

La electrónica es la ciencia que estudia y diseña dispositivos relacionados con el comportamiento de los electrones en la materia, se encarga del control de flujo de la corriente eléctrica bajo las siguientes condiciones:

- Trabaja con corriente continua.
- Las tensiones de trabajo son bajas. Existe una clara diferencia entre electricidad y electrónica. Mientras que en la primera son frecuentes tensiones de 220 V (electricidad doméstica) o 380 V (electricidad industrial), y en pocos casos inferiores a los 12 V, así como intensidades del orden o superiores al amperio, en la electrónica se habla de tensiones máximas precisamente de 12 voltios, e intensidades típicas del orden de los miliamperios (mA).
- Combina componentes muy variados, es especial, aquellos construidos con materiales semiconductores.
- Su tecnología es previa a la de los sistemas informáticos.[2]

La electrónica se encuentra en la vida diaria en forma de teléfonos, receptores de radio, televisores, equipo de audio, aparatos domésticos, computadoras y equipo para control y automatización industrial. La electrónica se ha convertido tanto en un estímulo como en una parte integral del crecimiento y desarrollo tecnológico actual. El campo de la electrónica está relacionado con el diseño y las aplicaciones de los dispositivos electrónicos.

A continuación se muestra un mapa conceptual que representa qué es la electrónica y en qué ramas se divide la misma como objeto de estudio.

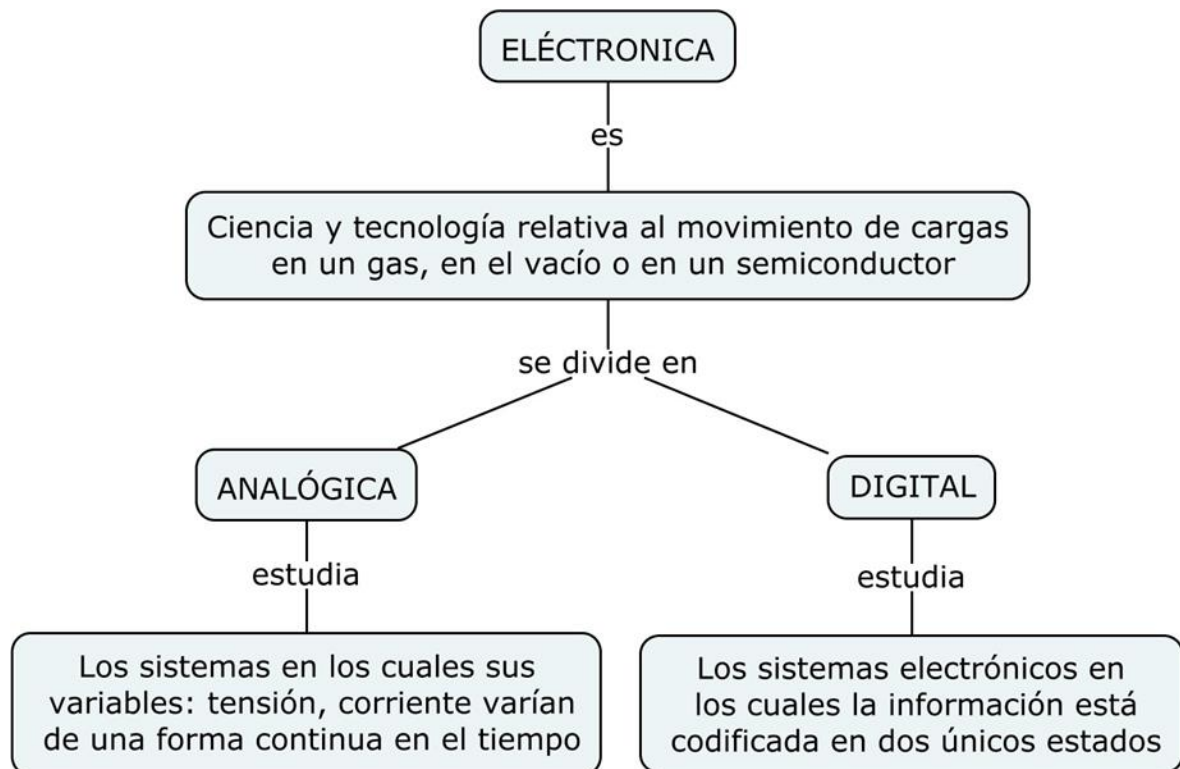


Figura 1. Mapa conceptual sobre la Electrónica.[3]

El mejor argumento a favor de la mayor flexibilidad de los sistemas digitales se encuentra en los actuales ordenadores o computadoras digitales, basados íntegramente en diseños y circuitos digitales. Las principales ventajas de los sistemas digitales respecto a los analógicos son:

- Mayor facilidad de diseño, pues las técnicas están bien establecidas.

- El ruido (fluctuaciones de tensión no deseadas) afecta menos a los datos digitales que a los analógicos), ya que en sistemas digitales sólo hay que distinguir entre valor alto y valor bajo.
- Las operaciones digitales son mucho más precisas y la transmisión de señales es más fiable porque utilizan un conjunto discreto de valores, fáciles de diferenciar entre sí, lo que reduce la probabilidad de cometer errores de interpretación.
- Almacenamiento de la información menos costoso.

Estas ventajas describen porque hoy en día se está sometido en una era digital. El diseño digital actual se desarrolla en forma «micro»: la microelectrónica digital alude a la configuración del circuito electrónico completo, resultante de un diseño específico, en el interior de un solo integrado. Lo cual supone pasar de la interconexión de circuitos integrados estándar a la construcción de un circuito integrado específico. Sin embargo la electrónica analógica no ha desaparecido debido a que sus conceptos ayudan a conocer por qué está conformado cualquier circuito integrado y a su vez comprender su funcionalidad. La electrónica representa una visión de los bloques funcionales por lo que está compuesto un circuito integrado.[2]

Para el aprendizaje de la electrónica es necesario que el objeto de estudio se base en tres vertientes distintas:

- Analítico (referente a todos los conocimientos teóricos que permiten comprender los procesos y sucesos por los que transcurren los dispositivos electrónicos así como sus características).
- Simulado (permite valorar las potencialidades y deficiencias de los circuitos diseñados para su posterior construcción).
- Real (es la comprobación del buen funcionamiento de los circuitos diseñados puestos en práctica).

Las herramientas de simulación ocupan un lugar de importancia en el estudio de la Electrónica Analógica al convertirse la simulación de circuitos en un paso obligado en cualquier metodología de diseño en la actualidad, debido a las innumerables ventajas que reporta su utilización y por el enorme ahorro de componentes y recursos que implica. Uno de los libros más sobresalientes en el ámbito de representar las simulaciones para evaluar los

resultados es Circuitos Microelectrónicos análisis y diseño de Muhammad H. Rashid. Muchos de los ejemplos de diseño utilizan PSPICE para verificar los requerimientos de diseño, mientras que la gran cantidad de ejemplos de diseño asistido por computadora ilustran la utilidad de las PC como herramientas de diseño, en particular en casos en los que las variables de diseño están sujetas a tolerancias y desviaciones en los componentes.[4]

1.2 Herramientas de simulación

Los simuladores han evolucionado muy rápidamente, junto a los modelos de componentes de todo tipo, lo que, unido a la evolución de los ordenadores sobre los que se ejecutan, han hecho de la simulación una herramienta ampliamente utilizada para el diseño de circuitos y sistemas digitales. Entre los simuladores comerciales que más se destacan hoy en día para el ámbito docente para computadoras personales se destacan: Matlab-Simulink, OrCAD PSPICE, Proteus, Multisim, Cascop, entre otras, utilizadas en muchas universidades del mundo.

Debido al avance de la tecnología ya existen herramientas de simulación para dispositivos móviles y tabletas de las cuales los estudiantes disponen y pueden ser utilizadas para hacer sus propios experimentos, la mayoría de estas son para dispositivos con sistema operativo android debido a que es un modelo de desarrollo de código abierto que ha logrado gran difusión entre los usuarios a nivel global, algunas de esas herramientas son: ElectroDroid, DroidTesla, EveryCircuit, otras.

1.2.1 Matlab-Simulink

Matlab es un lenguaje de programación técnico de alto nivel y un entorno interactivo para el desarrollo de algoritmos, visualización y análisis de datos, y cálculo numérico. Con Matlab se pueden resolver problemas de cálculo más rápido que otros lenguajes de programación tradicionales, tales como C, C++ o Fortran.[5]

Se puede utilizar Matlab para diferentes tipos de aplicaciones que incluyen procesamiento de señales e imágenes, comunicaciones, diseño de sistemas de control, sistemas de pruebas y medición, modelado y análisis financiero, y biología computacional. Los conjuntos de herramientas complementarios (colecciones de funciones de Matlab para propósitos

especiales) amplían el entorno de Matlab permitiendo resolver problemas especiales en estas áreas de aplicación.[5]

Una de las herramientas incluidas en Matlab es Simulink. Simulink es un entorno para la simulación y diseño de dominios, basado en un modelo para los sistemas dinámicos. Proporciona un entorno gráfico interactivo y un conjunto personalizable de bibliotecas de bloque que permiten diseñar, simular, implementar y probar una variedad de sistemas incluyendo las comunicaciones, controles y procesamiento de señales, imágenes y videos.[5]

1.2.1.1 Características de Simulink

La herramienta Simulink muestra una enorme biblioteca de bloques predefinidos, posee un entorno gráfico interactivo para ensamblar y administrar los bloques de una forma intuitiva. Asimismo, tiene la capacidad de administrar diseños complejos al segmentar modelos en jerarquías y presenta un explorador de modelos para crear, configurar y buscar en todas las señales, parámetros, propiedades y el código generado por estos modelos. También se caracteriza por programar aplicaciones que permitan conectarse con otros simuladores, contiene diferentes modos de simulación (Normal, Acelerador y Acelerador rápido), tiene un depurador gráfico y un generador de perfiles para examinar los resultados de la simulación y diagnosticar, a continuación, el rendimiento o un posible comportamiento inesperado en el diseño. Esta herramienta permite acceso completo a Matlab para analizar y visualizar los resultados, obtener una personalización del entorno del modelado, la definición de la señal, parámetros y datos de prueba. Además exhibe un modelo de análisis y herramientas de diagnóstico para garantizar la coherencia del modelo e identificar errores de modelado.[5]

Se puede crear, modelar y mantener un diagrama de bloques detallado de su sistema utilizando un conjunto integral de bloques predefinidos. Simulink proporciona herramientas para el modelado jerárquico, administración de datos y personalización de subsistemas, lo que facilita la creación de representaciones concisas y precisas, independientemente de la complejidad del sistema.

Simulink incluye una extensa biblioteca de funciones utilizadas en un sistema de modelado. Estos incluyen:

- Bloques de tiempo continuo y discreto, tales como los de integración y unidad de retraso.
- Bloques algorítmicos, tales como los de suma, productos y tabla de búsqueda.
- Bloques estructurales, tales como multiplexores, switches y bus selector, entre otros.[5]

Se pueden personalizar estos bloques incorporados o crear nuevos directamente en Simulink y colocarlos en sus propias bibliotecas. Existen bibliotecas adicionales con funcionalidad específica para la industria aeroespacial, comunicaciones, radiofrecuencias, procesamiento de señales de video y procesamiento de imágenes y otras aplicaciones.

Para modelar sistemas físicos en Simulink, pueden utilizarse las bibliotecas Simscape, SimDriveline, SimHydraulics, SimMechanics y SimPowerSystems, las cuales proporcionan capacidades para el modelado de sistemas físicos, tales como las que tienen componentes mecánicos, hidráulicos y eléctricos. La biblioteca SimPowerSystems es una biblioteca que utiliza elementos de circuito, con conexiones en lugar de entradas y salidas predefinidas. Incluye componentes característicos de electrónica de potencia, como son dispositivos semiconductores, bobinas, condensadores, instrumentación de medida, etc.[5]

1.2.2 OrCAD

OrCAD es una herramienta de software propietaria que se usa primordialmente para la automatización de diseño electrónico. El software es usado principalmente por ingenieros, diseñadores y técnicos electrónicos para crear esquemas e impresiones electrónicas para confeccionar placas de circuito impreso.

Su nombre proviene del lugar de procedencia donde se creó, el cual fue Oregón (Or) y la otra parte es por la forma que desarrolla su software, o sea, basado en el diseño asistido por computadora (CAD).[5]

1.2.2.1 Características de OrCAD

OrCAD te provee una producción probada, dimensionable y robusta de la placa de circuito impreso y permite ayudarte en tu meta de creación del producto. Entre sus principales rasgos están:

- Las soluciones del diseño de la placa de circuito impreso proveen una colección completa de herramientas para ayudarte a lograr los resultados que necesitas.
- Sus herramientas tienen una plataforma de arquitectura completamente abierta. Esto quiere decir que puedes continuar diciendo que la funcionalidad única es integrada en el programa en forma de aplicaciones.
- Las ofertas del entorno de sus herramientas permiten realizar diferentes tipos de análisis para evaluar la integridad de la señal, ya sea señal analógica y mixta como análisis EMI, transitorio, barrido DC y otros más. Todas estas herramientas son como una sola pieza integrada así es que no hay errores de traducción.
- Cuenta con soluciones efectivas y enriquecedoras del diseño de la placa de circuito impreso. El set de diseño de la placa del circuito impreso pueden ser expandido y mejorado como la placa de circuito impreso desafía y el nivel de sofisticación del diseño crece.[5]

1.2.3 Multisim

Multisim es uno de los mejores entornos de simulación SPICE avanzado y estándar en la industria, usado por educadores, investigadores e ingenieros en todo el mundo.

Con potentes características de aprendizaje e integración de hardware de laboratorio, Multisim enseña a los estudiantes conceptos básicos de electrónica analógica, digital y de potencia a lo largo del plan de estudios de ingeniería y ciencias.

El software de simulación y diseño de circuitos de Multisim brinda a los ingenieros habilidades avanzadas de análisis y diseño para optimizar el rendimiento, reducir los errores de diseño y acortar el tiempo para generar prototipos. Las herramientas intuitivas reducen iteraciones de tarjeta de circuito impreso (PCB) y producen significativos ahorros en costo.

1.2.3.1 Características del Multisim

Algunos de los rasgos más sobresalientes del Multisim se muestran a continuación:

- Simulación interactiva y análisis de circuitos

Los modos de simulación AC, DC y transitorio son combinados con LEDs interactivos, interruptores, focos, potenciómetros y puntas de prueba para visualizar el rendimiento del circuito al igual que en el laboratorio.

- Resultados precisos y de alta fidelidad en análisis SPICE

La simulación SPICE estándar en la industria está disponible para simular dispositivos electrónicos de diversa complejidad.

- Entorno de diseño intuitivo

Un entorno completamente nuevo que ofrece una interfaz sencilla para que los usuarios diseñen circuitos y visualicen el comportamiento.

- Exporta diseños fácilmente por Dropbox o correo electrónico

Los circuitos pueden ser compartidos con otros usuarios de Multisim Touch o Multisim de escritorio a través de Dropbox o correo electrónico, permitiendo que sea posible la colaboración o el análisis avanzado de circuitos.[6]

1.2.3.2 Multisim para dispositivos móviles

Con Multisim Touch, estudiantes, profesores e ingenieros pueden diseñar y simular electrónicos en sus Apple iPads en cualquier lado y a cualquier hora (u-learning). Finalmente, se puede tener acceso a los resultados de una simulación precisa e interactiva en dispositivos móviles con esta nueva herramienta, que es parte de una solución completa de Multisim. Un entorno fácil de usar y optimizado al tacto es combinado con un motor de simulación SPICE estándar en la industria para obtener resultados de simulación de alta fidelidad. Los usuarios pueden experimentar rápidamente con topologías en el iPad y después exportar a la PC para análisis posteriores, verificando y diseñando tarjetas de circuitos.[6]

1.2.4 EveryCircuit

EveryCircuit es una herramienta para el diseño de circuitos que posee un simulador interactivo que te permite visualizar cómo se comportan los componentes cuando están conectados entre sí. Entre los componentes que se pueden agregar se encuentran resistencias, condensadores, transistores, transformadores, interruptores, lámparas, entre otros.

Cuando la aplicación se inicia se observa un área de trabajo de color negro; en la parte superior se encuentran los diferentes componentes que se pueden agregar al circuito; y en la parte de abajo una barra con ajustes del objeto seleccionado.

EveryCircuit está disponible para dispositivos iOS y android de manera completamente gratuita. Además EveryCircuit permite sincronizar tus diseños en todos tus dispositivos para editarlos desde cualquier lugar.[7]

Ayuda y soporte

Además cuenta con una Comunidad de ayuda en donde puedes resolver tus dudas o publicar tus diseños. Por otro lado, posee un buscador que te permite encontrar proyectos específicos para ayudarte a construir los propios.[7]

1.2.5 DroidTesla

DroidTesla es una herramienta simple y potente de SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis). SPICE estaba inspirado por la necesidad de modelar exactamente dispositivos usados en diseño del circuito integrado.

El simulador DroidTesla soluciona circuitos resistentes básicos usando la Ley de Kirchoff de Corriente (LKC), como mismo los estudiantes en clases lo hacen, el simulador sistemáticamente forma una matriz en concordancia con la LKC y entonces procede a solucionar usando técnicas algebraicas diversas como la eliminación Gaussiana y otras técnicas de matrices.[8]

Para los componentes no lineales como el diodo y el transistor BJT, DroidTesla está equipado con una máquina en busca de la solución aproximada haciendo una suposición inicial en una respuesta y entonces, mejorando la solución con cálculos sucesivos construidos sobre esta suposición. Esto se llama proceso iterativo. DroidTesla usa el algoritmo iterativo de Newton-Raphson para solucionar circuitos con la relación no lineal I/V .

Para elementos reactivos (los condensadores y los inductores), DroidTesla usa métodos numéricos de integración para aproximar al estado de los elementos reactivos como una función de tiempo. DroidTesla ofrece los métodos trapezoidales de integración para aproximar al estado de los elementos reactivos ya que son más rápidos y más precisos.[8]

Utilidad

DroidTesla es simple, fácil para usar, aplicación de android con muchos ejemplos y opciones. Es una herramienta muy útil para los estudiantes, las personas que practican la electrónica, y los ingenieros.

Interfaz amigable

Los usuarios en DroidTesla pueden fácilmente conectar dos elementos con un par de clics en el final de un elemento y en el principio de otro.

Ventajas

DroidTesla es muy preciso y usa el método numérico trapezoidal de integración para aproximar al estado de los elementos reactivos como una función de tiempo. Su avanzada simulación de SPICE puede maniobrar ambos circuitos analógicos y digitales.

Actualizaciones

DroidTesla está constantemente actualizado y mejorado. Cada actualización trae un nuevo componente y una nueva característica, y los fallos o problemas que han sido reportados se solucionan.[8]

1.2.6 ElectroDroid

ElectroDroid es una aplicación de android que tiene una enorme colección de herramientas electrónicas y energéticas. La aplicación de ElectroDroid está disponible para dispositivos android y teléfonos windows en versión gratis y versión pagada.

Son varias las herramientas que posee esta aplicación, entre ellas están:

- Decodificador de colores de resistores e inductores.
- Calculadora de la ley de Ohm.
- Divisor de voltaje.
- Calculadora de la carga del capacitor.

- Amplificador operacional.
- Calculadora de resistencia de LED.
- Calculadora de la vida de una batería.
- Calculadora del voltaje ajustable del regulador LM317.
- Disipador de calor.
- Herramienta de diseño de inductores.
- Calculadora de filtros simples.
- Convertidor de frecuencia, de decibels y de analógico-digital.

Posee además una infinidad de puertos tales como USB, Serial, Paralelo, Ethernet, RJ, HDMI, S-Video, VGA, Display Port, FireWire, Jack, RCA, XLR/DMX, ATX Power, PC Molex, EIDE, SATA, PS/2-AT, MIDI/Game port, Apple 30-pin, PDMI, OBD-II, cable de fibra óptica, SDcard, LCD y otros más.[9]

1.3 Aplicaciones de las herramientas de simulación.

En estos tiempos las tendencias de cómo se utilizan estas herramientas varían de acuerdo al propósito para que las van a emplear. Los softwares Matlab-Simulink y Multisim así como OrCAD son muy empleados en proyectos de investigación y en la docencia ya que son herramientas muy potentes que ofrecen muchas ventajas a la hora de realizar cálculos muy precisos y representaciones gráficas certeras.

OrCADTM
CADENCE PCB SOLUTIONS



Figura 2. Herramientas de simulación: OrCAD y Multisim.[10]

Un ejemplo de esto yace en la Universidad de Jaén donde estas herramientas son utilizadas en la docencia en la asignatura de Electrónica de Potencia, la cual es una materia troncal y cuatrimestral en la titulación de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad Electrónica Industrial y en Cuba en la Maestría de Electrónica de la CUJAE se imparte dicha asignatura. Durante estos últimos 20 años de docencia de esta materia, se ha podido constatar que es una materia árida y difícil para los alumnos, con un alto índice de alumnos no presentados. Necesita laboratorios específicos de costosa dotación y mantenimiento, siendo habitual en estos últimos años, la realización de prácticas de circuitos de carácter básico, con un apoyo muy fuerte de software de simulación para la parte de convertidores estáticos. Esta disciplina se imparte en las diferentes universidades españolas en las titulaciones de la rama de Ingeniería Industrial (como troncal) y en la de Ingeniería en Telecomunicación en la especialidad de sistemas electrónicos (como obligatoria u optativa). Además algunas universidades ofrecen asignaturas relacionadas e incluso dividen la materia en diferentes asignaturas (componentes, convertidores, laboratorio, aplicaciones, etc.). En la Universidad del País Vasco también se emplean estas herramientas en la asignatura de Teoría de Circuitos como se muestra en las figuras 3 y 4, en circuitos de segundo orden alimentados por una fuente de tensión continua, en los cuales en función de los valores que tomen los parámetros R , L y C se distinguen cuatro casos: sistemas infra-amortiguados, sistemas con amortiguamiento crítico, sistemas sobre-amortiguados y sistemas no amortiguados. Esto hace que los programas de simulación de circuitos sean de gran trascendencia, pues de lo contrario el alumno perdería la posibilidad de analizarlos. En concreto, la simulación de circuitos resulta de gran interés, antes de comprobar en el laboratorio si los cálculos realizados son válidos.[10]

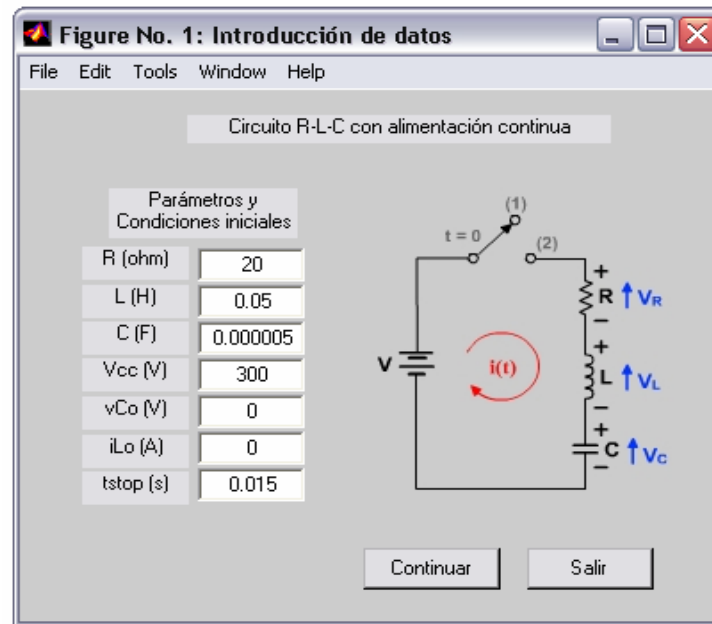


Figura 3. Circuito RLC simulado en Simulink.[10]

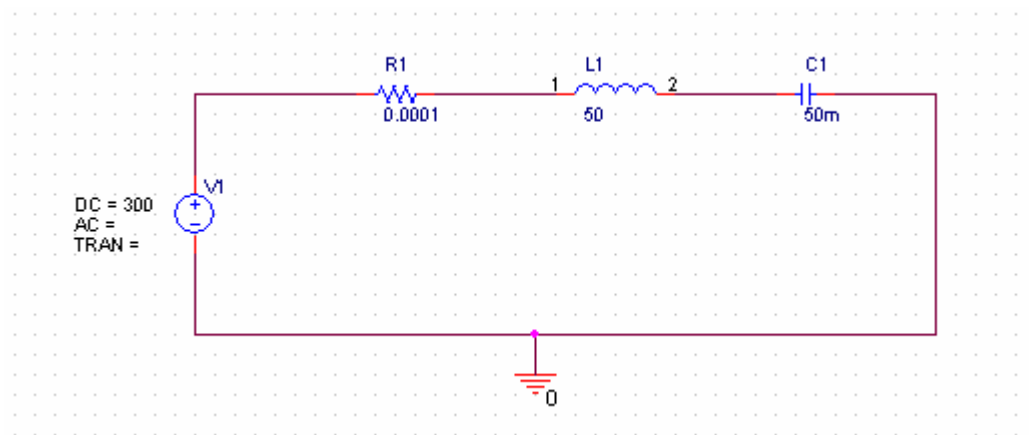


Figura 4. Circuito RLC simulado en OrCAD.[10]

Otro escenario que evidencia la utilidad de estas herramientas es en la Universidad Tecnológica de Chalmers, la cual es una universidad privada sueca ubicada en Gotemburgo. Se centra principalmente en la investigación y educación en tecnología, ciencias naturales y arquitectura. Debido a la alta demanda de la eficiencia de combustible, los vehículos eléctricos híbridos parecen ser una alternativa a dicha demanda y la parte importante de ello es el almacenamiento de la energía. Para proveer este almacenamiento, el supercapacitor es

un componente interesante ya que su densidad de alta potencia es comparada con la de las baterías. El creciente uso de este componente hace que en esta universidad se realicen investigaciones de acuerdo a la creación y verificación del modelado de los supercapacitores mediante las herramientas antes mencionadas y otras más como se muestran en las siguientes figuras.[11]

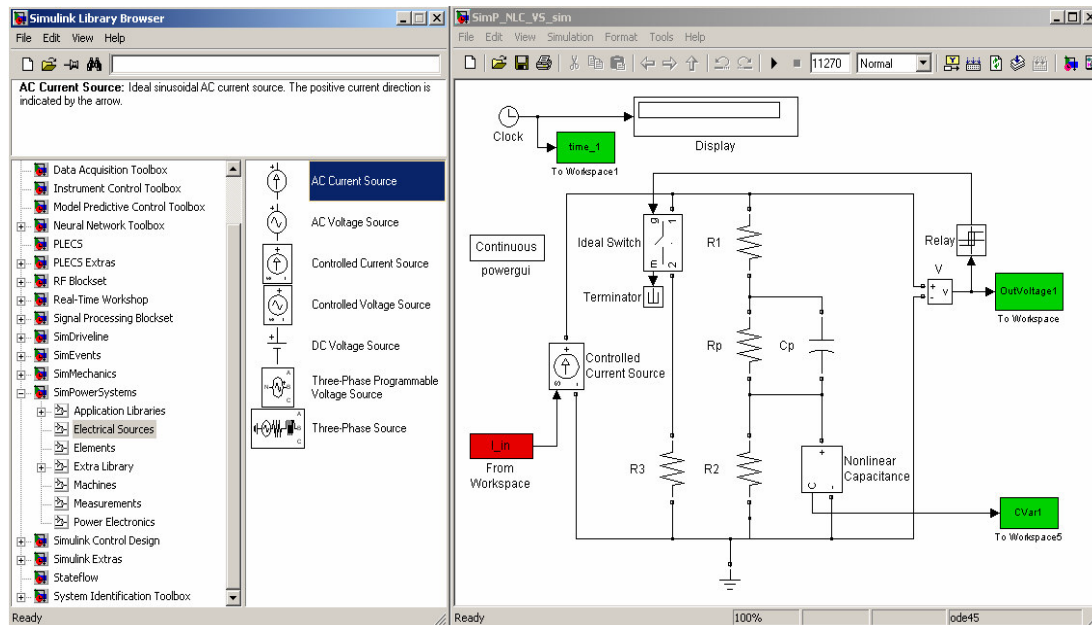


Figura 5. Modelado de un supercapacitor en Simulink.[11]

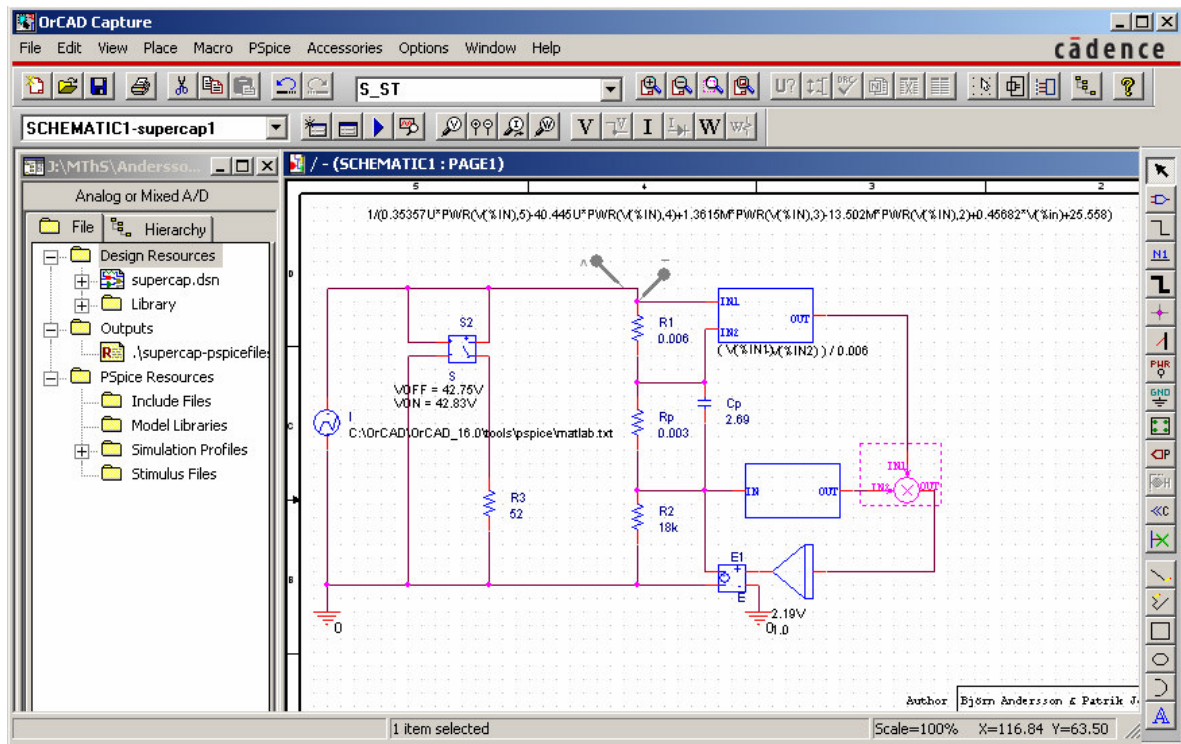


Figura 6. Modelado de un supercapacitor en OrCAD.[11]

En la Universidad de Emiratos Árabes Unidos, el departamento de Ingeniería Eléctrica incorpora numerosas herramientas de software en los cursos impartidos al nivel no graduado y al postgrado. Los más comunes en su uso son Matlab, Simulink y LabVIEW, en adición a los softwares electrónicos, de circuitos eléctricos y sistemas de potencia como son OrCAD, Multisim y PSCAD. Los instructores también hacen uso de applets de Java disponibles online para aplicarlas en cursos avanzados específicos como señales y sistemas electromagnéticos, ingeniería de antenas y otros. Debido a que los estudiantes tienen que aprender a usar cada herramienta en los diferentes cursos se sugiere el empleo de Matlab como plataforma común en todos los cursos, por su vasta librería y utilidades disponibles. Para el aprendizaje de los circuitos básicos de los amplificadores operacionales utilizan la guía de interfaz de usuario de Matlab que es una herramienta interactiva y los estudiantes pueden comprobar con OrCAD los resultados. Con estas herramientas, los estudiantes de ingeniería eléctrica logran una mejor comprensión de conceptos básicos y los principios de fundamentos semiconductores y otros temas eléctricos.[12]

Otra tendencia que se viene utilizando desde hace poco son los llamados laboratorios virtuales. En la Universidad de Murcia utilizan el Easy Java Simulation (Ejs) y el servidor

Java Internet Matlab (Jim), para construir laboratorios virtuales agregando interactividad a modelos Simulink remotos. Ejs es un paquete de software gratuito diseñado para crear simulaciones interactivas en Java, mientras que Jim es una extensión de Ejs diseñada para soportar el enlace entre Ejs y un modelo Simulink remoto. Ejs ya proporciona la conexión para utilizar modelos Simulink de forma local, la principal ventaja de esta combinación, es la reutilización de modelos Simulink y el aprovechamiento de las capacidades gráficas de Ejs para aumentar la interactividad de estos. La extensión desarrollada permite con muy pequeños cambios en las simulaciones anteriores, la utilización de modelos Simulink en un servidor remoto. Con ello es posible ejecutar un laboratorio virtual, desarrollado con Ejs, desde un computador que no posea Matlab. La interactividad es un aspecto fundamental cuando se diseñan laboratorios virtuales para ser usados con propósitos pedagógicos en el campo de la Ingeniería de Control. Es la interactividad y la calidad de respuesta del sistema, las que permiten al estudiante explorar diferentes configuraciones cuando se intenta adquirir no sólo la teoría, sino además los aspectos estratégicos e intuitivos de los modelos analizados.[13]

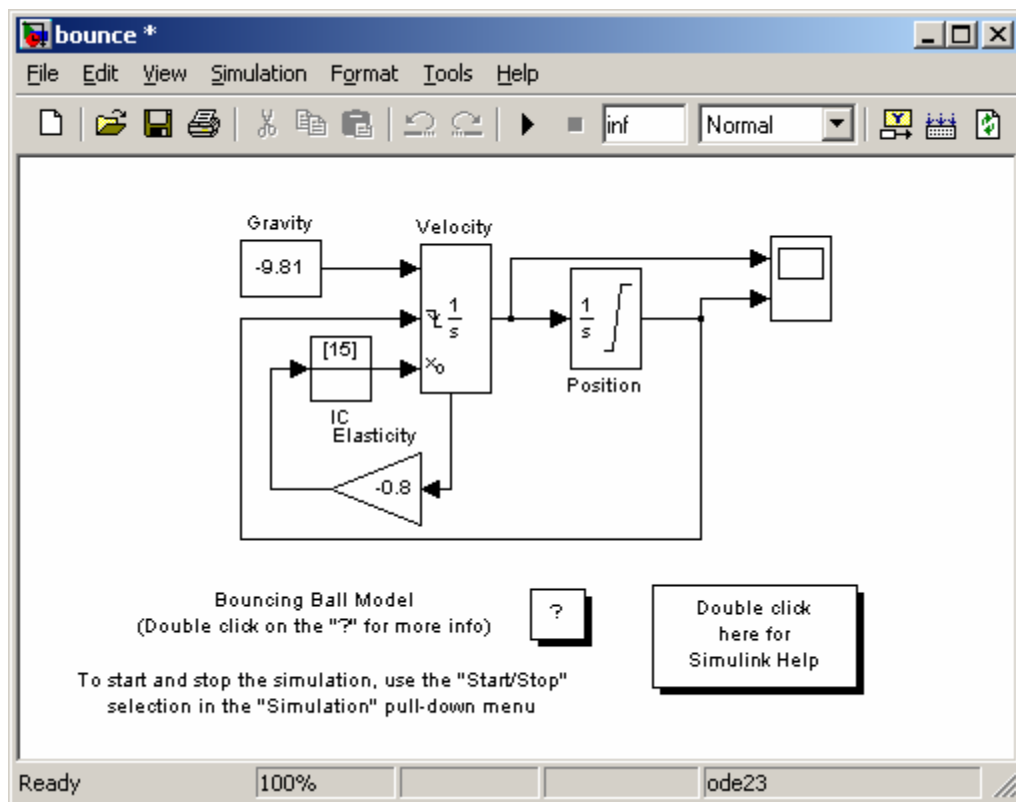


Figura 7. Uno de los modelos Simulink remotos.[13]

Además, como otro ejemplo, en la Universidad Politécnica de Cataluña se emplea la simulación de un sistema fotovoltaico, basado en el entorno abierto de programación Matlab-Simulink, utilizado en la asignatura Sistemas Fotovoltaicos, dictado en un programa de Magíster de la Universidad Politécnica de Cataluña, España. Para su aplicación se han desarrollado modelos de todos los componentes de un sistema fotovoltaico. El método permite un rápido y fácil acceso a la evolución de las corrientes y tensiones del sistema. Este ejemplo de simulación permite a los estudiantes, un acceso cómodo y rápido al análisis y dimensionado de un sistema fotovoltaico, lo que facilita una visión global clara del comportamiento del sistema en distintos entornos de funcionamiento así como la posibilidad de una gran potencia de cálculo en distintas condiciones de trabajo, lo que repercute en una visión global clara del sistema completo y de su comportamiento.[14]

En una colaboración de universidades: la Universidad de EAFIT (antes Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico) la cual es una universidad privada de Colombia y la Universidad Politécnica de Valencia, ante la ausencia de una plataforma de simulación específica para sistemas con muestreo no convencional, los autores desarrollaron durante varios años una aplicación validada en forma de una caja de herramientas en el entorno Simulink de Matlab – el “Multirate Control Toolbox”. La herramienta permite el modelado, simulación y control multifrecuencia en tiempo real. Se presenta una aplicación de la herramienta en un entorno físico real y se muestra la potencialidad de un método de control multifrecuencia en el cual la selección de un esquema de muestreo permite la consecución de unos resultados inalcanzables en un ámbito convencional. Un sistema de control multifrecuencia es un sistema digital en el cual dos o más variables son actualizadas a frecuencias distintas. Las variables pueden pertenecer a un mismo lazo de control o a diferentes lazos, como en el caso de sistemas multivariables. Para el modelado y simulación de sistemas multifrecuencia se desarrolló el Multirate Control Toolbox (MCT). El MCT es una herramienta CACSD (“Computer Aided Control Systems Design”) para Matlab-Simulink que simplifica y clarifica el modelado, simulación, diseño e implementación en tiempo real de los sistemas de control multifrecuencia. La simulación es sencilla y los diagramas se construyen de acuerdo a las reglas para sistemas monofrecuencia (control convencional).[15]

El Multisim es la herramienta que se utiliza en la Universidad de Texas A&M. En el curso 2009 se introdujo por primera vez Multisim y Ultiboard en el curso de Análisis de Circuitos II durante el segundo año, en el cual fue usado para cerrar el abismo entre la teoría en el salón y la práctica en el laboratorio. Este acercamiento incrementa significativamente la comprensión del estudiante en los conceptos de circuitos electrónicos y hace más eficiente el tiempo utilizado en el laboratorio. Estas herramientas se añadieron después en los cursos más avanzados tales como electromagnética aplicada y electrónica analógica.[16]

Dentro de la carrera de Ingeniería Eléctrica impartida en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Adolfo López Mateos se cuentan con simuladores que ayudan a los estudiantes a realizar experimentos en diferentes áreas de la Ingeniería Eléctrica. Uno de los simuladores más usados en la carrera de Ingeniería Eléctrica en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional “Adolfo López Mateos” (ESIMEZ) es: “Multisim” que se utiliza en la materia de Análisis de Circuitos Eléctricos I.[17]

CAPÍTULO 2. Selección de las herramientas de simulación adecuadas según las condiciones de la FIE y las tendencias actuales

En este capítulo se lleva a cabo la selección de las herramientas de acuerdo a varios criterios y a su vez teniendo en cuenta las condiciones en la que se encuentra la FIE, cuando se refiere a dichas condiciones no es más que el equipamiento tecnológico que presenta tanto el centro en cuestión, como los estudiantes.

2.1 Diagnóstico de las condiciones tecnológicas de la FIE y los estudiantes para el uso de las herramientas de simulación en la actualidad.

En este epígrafe se expone la situación tecnológica que presenta el laboratorio donde los estudiantes de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica reciben sus clases relacionadas con el laboratorio virtual así como que se muestran los resultados de una encuesta que se realizó a los estudiantes que cursan el 5to año de esa misma carrera con el objetivo de conocer los dispositivos electrónicos que presentan.

2.1.1 Situación tecnológica en la FIE en el laboratorio destinado a los estudiantes de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica.

El uso de la simulación tiene un doble objetivo, primeramente el alumno se acostumbra a utilizar una herramienta que le será de ayuda en su futura vida profesional y por otro lado, le permite elevar su nivel de aprendizaje durante el estudio de la asignatura cuando la usa como herramienta de apoyo al diseño. También conlleva a que el mismo realice con anterioridad el análisis de circuitos antes de acudir al laboratorio real, disminuyendo en gran medida la posibilidad de cometer algún error, como por ejemplo; destruir algún componente. Se

complementan así los análisis teóricos explicados en clase y se le da al alumno la oportunidad de comprobar la influencia que tiene la variación de los componentes sobre el comportamiento del circuito.

Los estudiantes de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica son los más implicados en el ámbito de la simulación de la Electrónica Analógica ya que se les imparte esta materia en los años segundo y tercero, en los cuales se hace énfasis a lo largo de este trabajo. Para llevar a cabo los laboratorios virtuales, los colegiales poseen un laboratorio equipado con 17 computadoras disponibles, de las cuales 5 de ellas tienen un procesador Core i3 de cuarta generación, una frecuencia de reloj de 3.10 GHz y cuentan con 4 GB de RAM, 2 tienen un procesador Core i5 de cuarta generación con semejantes características y las 10 restantes cuentan con un procesador Intel Celeron de cuarta generación con idénticas propiedades también. Estos recursos son los únicos existentes para desarrollar los laboratorios virtuales. Debido a la ausencia de otras computadoras como respaldo ante las averías que las antes mencionadas pudiesen sufrir por determinados factores, ya sean por falta de mantenimiento, por subidas y bajadas del voltaje, entre otras; incluyendo la masividad de los estudiantes, pudiese presentarse como una limitante a la hora de desarrollar los laboratorios porque en una computadora pudiese ser compartida por varios de ellos y el desenvolvimiento de cada uno, a la hora de interactuar con las tareas virtuales, quede afectado y no le permita afianzar los conocimientos teóricos en cuanto a la temática que se le imparte.

Aquí es donde entra las posibilidades tecnológicas que cada estudiante pueda presentar y hacer, con ello, una solución de dicho problema con la utilización de herramientas auxiliares, que aunque sean diferentes, sí permitirían complementar tanto la formación del alumno en el laboratorio como en el estudio independiente.

2.1.2 Diagnóstico de los recursos tecnológicos que poseen los estudiantes y sus posibilidades para el uso de las herramientas de simulación.

Para dicho diagnóstico se realizó una encuesta a los estudiantes de 5to año del curso 2015-2016 de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica para conocer de cuántas laptops, celulares inteligentes, tabletas y otros dispositivos electrónicos poseen y a partir de

aquí tener una idea tangible para la posterior selección de las herramientas. Dicha encuesta se presenta en el anexo 1.

Los resultados de esta encuesta revelaron que en dicho grupo de 64 integrantes, 38 de ellos poseen laptops, 46 de ellos poseen móviles inteligentes con sistema operativo android, 7 tienen iphone, 9 de ellos poseen tabletas con sistema operativo android y solo 2 con celulares inteligentes con sistema operativo de windows. Según estos resultados se evidencia que la mayoría posee dispositivos electrónicos android, debido a su amplia comercialización a nivel mundial, por lo que este es un elemento a considerar para la posterior selección de las herramientas.

2.2 Selección de las herramientas

Para la selección de estas herramientas se va a dividir en tres escenarios y a partir de los cuales se realiza la elección mediante criterios definidos para cada uno de ellos:

- Para laboratorios de simulación.
 - 1) Facilidad de uso y correspondencia con el laboratorio real.
 - 2) Compatibilidad con otros programas.
 - 3) Tipos de análisis.
 - 4) Suficiente documentación.
- Para el empleo de dispositivos móviles.
 - 1) Facilidad de uso
 - 2) Ayuda y soporte
 - 3) Disponibilidad
 - 4) Costo
- Para el desarrollo de investigaciones, proyectos de curso, etc.
 - 1) Ampla biblioteca
 - 2) Compatibilidad con otros programas.
 - 3) Capacidad de administración de diseños complejos.

2.2.1 Herramientas para el uso en los laboratorios

OrCAD

OrCAD es la herramienta de simulación que desde varios cursos se utiliza para la enseñanza de la Electrónica Analógica en la carrera antes citada. Tiene implícito las funciones necesarias para el aprendizaje de los alumnos. Los propios componentes del OrCAD lo hacen un software potente en el análisis de circuitos electrónicos que les permite tanto a estudiantes como profesionales la realización de los más disímiles proyectos.

Esta conocida herramienta de simulación brinda numerosas facilidades, las cuales se mencionan a continuación:

- Enriquece la motivación del alumno, pues este participa activamente.
- Posibilita alterar parámetros en los circuitos y así observar los efectos provocados.
- Posibilita manipular a voluntad el transcurso del tiempo y con ello observar fenómenos transitorios que no tienen una repetición frecuente en la realidad.
- Es un medio económico y libre de riesgos porque se opera no sobre el objeto en sí, sino sobre un modelo representativo de este.
- Entrena al estudiante en el uso de una herramienta de trabajo normal en cualquier profesión.
- Con un diseño adecuado de sesiones experimentales de simulación puede lograrse más aprendizaje por unidad de tiempo, que mediante la lectura de un libro de texto descriptivo del objeto de estudio.
- Captura gráfica de esquemas: Es de gran utilidad ya que permite ingresar el esquema de forma gráfica.
- Modelado gráfico de componentes (PARTS): Permite introducir las características de los componentes activos de forma textual y gráfica.
- Componentes permitidos: Permite el montaje de circuitos con componentes activos, pasivos, digitales, generadores de frecuencia variable, generadores de varios tipos de forma de onda.
- Diseño de circuitos impresos: Permite el diseño de circuitos impresos.
- Ayuda: Posee una ayuda online que facilita al estudiante consultar cualquier información sobre las componentes, tipos de análisis, etc.[18]

PSPICE incluye un conjunto de programas que cubren las diferentes fases del diseño electrónico, desde la concepción de un circuito hasta su implementación. No solo es un simulador de circuitos analógicos y digitales sino que además contiene:

- Un programa de edición gráfica de circuitos.
- Un editor de estímulos.
- Una aplicación específica para optimizar el comportamiento del circuito.
- Un conjunto de utilidades que le permiten editar y caracterizar componentes, definir subcircuitos.

La versión de estudiante que es la más ampliamente usada por ser de libre difusión, tiene ciertas limitaciones en sus funcionalidades y en las librerías que es capaz de gestionar. En concreto las limitaciones más importantes son:

- Referentes al editor gráfico de esquemas:
 - ✓ El espacio está limitado a una única hoja de tamaño DIN A4.
- Referente al simulador:
 - ✓ Está limitado a 64 nodos.
 - ✓ 10 transistores.
 - ✓ 65 dispositivos digitales.
- Referente a las librerías:
 - ✓ Incluyen un total de 39 componentes analógicos y 134 digitales.
 - ✓ No permite guardar librerías con más de 15 componentes.
- Otras limitaciones:
 - ✓ La caracterización de dispositivos está limitada al diodo.
 - ✓ El generador de estímulos está limitado a ondas sinusoidales y relojes digitales.
 - ✓ La optimización del circuito está limitado a un objetivo, un parámetro y una condición.[18]

Pese a estas limitaciones, la versión de estudiante es lo suficientemente potente para aprender con ella sobre simuladores y ser una gran ayuda para comprender mejor el funcionamiento de los circuitos y facilitar su proceso de aprendizaje.

Multisim:

Multisim es una de las herramientas más populares a nivel mundial para el diseño y simulación de circuitos electrónicos. Este software de simulación proporciona avanzadas características que permiten ir desde la fase de diseño a la de producción utilizando una misma herramienta.

Esta herramienta tiene como principal característica una excepcional combinación de facilidad de uso, flexibilidad y potencia. Instituciones de todo nivel, desde centros de formación con programas básicos hasta instituciones tan prestigiosas como el Massachusetts Institute of Technology (MIT) utilizan con éxito Multisim. Su completa GUI personalizable permite que los instructores puedan diseñar sus propias interfaces de usuario y configurarlas para que puedan ser utilizadas en el proceso de enseñanza y evaluación.[18]

Es un software que integra una potente simulación SPICE y entrada de esquemáticos integrándolo en un laboratorio de electrónica sumamente intuitivo sobre una computadora personal. Basado en herramientas de diseño PCB profesionales, Multisim fue diseñado pensando en las necesidades de los educadores y con el objetivo de ayudar al estudiante en su entendimiento y acercamiento a los laboratorios reales.

Este es el único software que proporciona un conjunto completo de instrumentos virtuales que pueden ser cableados como se conectaría un instrumento en el mundo real. Permite introducir a los estudiantes en el mundo de la instrumentación electrónica con 20 instrumentos indestructibles que operan de manera semejante a los equipos reales como son:

- ✓ Analizador lógico de 16 canales.
- ✓ Amperímetro.
- ✓ Diagrama de Bode.
- ✓ Analizador de distorsión.
- ✓ Puntas de prueba dinámicas.
- ✓ Contador de frecuencia.
- ✓ Generador de funciones.
- ✓ Multímetro.
- ✓ Analizador de redes.
- ✓ Osciloscopio (2 y 4 canales).

- ✓ Analizador de espectros.
- ✓ Voltímetro.
- ✓ Vatímetro.
- ✓ Generador de palabras.
- ✓ Generador de onda.[18]

Los instrumentos virtuales son completamente interactivos, se puede realizar cambios durante la ejecución y ver los resultados en tiempo real, incluso algunos de ellos tiene exactamente la misma apariencia que su contrapartida de instrumento real, como por ejemplo el osciloscopio.

Para la selección de la herramienta en este escenario se ha basado en los siguientes criterios de selección:

- ✓ Facilidad de uso y correspondencia con el laboratorio real.

En la herramienta de simulación de Multisim, su interfaz gráfica, facilita al alumno un entorno de trabajo (instrumento) “similar” al que se encuentra en el laboratorio real, permitiendo al estudiante interactuar con el equipo y ajustar sus parámetros a conveniencia obteniendo resultados en tiempo real y posibilitando al alumno obtener una panorámica de cómo desarrollarse en el laboratorio real, así el mismo obtiene una idea de cómo utilizar los equipos electrónicos sin tener que dañarlos.

- ✓ Los ficheros son intercambiables con otros programas

También Multisim permite integrarse con otras herramientas como LabVIEW para visualizar fácilmente la correlación de los resultados reales y simulados y el rendimiento de la evaluación.

- ✓ Tipos de análisis que permite efectuar así como ficheros de simulación y modelos que se pueden obtener de la propia Red Internet o de los diferentes fabricantes de componentes.

Además Multisim para visualizar el rendimiento, usa 20 tipos de análisis SPICE en la industria (como AC, Fourier y ruido) y 20 instrumentos de medida intuitivos. Incluso visualiza los diseños específicos con una creciente biblioteca de análisis personalizados de simulación desarrollados en el software NI LabVIEW. El software NI Multisim está

equipado con una base de datos de cerca de 22,000 componentes de los fabricantes líderes en semiconductores como Analog Devices, National Semiconductor, NXP, ON Semiconductor y Texas Instruments.[6]

- ✓ Suficiente documentación en cuanto a su uso

Cuenta con una amplia disponibilidad de recursos educativos (cursos on-line, videos, tutoriales, textos) para apoyar el trabajo docente accesibles en la página de la empresa que lo desarrolla.

Por lo tanto se considera a la herramienta Multisim como adecuada para el desarrollo de los laboratorios debido a las razones expuestas.

2.2.2 Herramientas para el uso de dispositivos móviles

Para el empleo de dispositivos móviles en el capítulo 1 se hizo referencia a 4 aplicaciones: Multisim Touch, EveryCircuit, DroidTesla y ElectroDroid.

Multisim Touch:

Es una aplicación muy útil ya que incorpora muchas de las herramientas y facilidades de la ya mencionada Multisim. Algunas de las características de dicho producto son:

- Simulación interactiva y análisis de circuitos para iPad

Los modos de simulación AC, DC y transitorio son combinados con LEDs interactivos, interruptores, focos, potenciómetros y puntas de prueba para visualizar el rendimiento del circuito al igual que en el laboratorio.

- Resultados precisos y de alta fidelidad en análisis SPICE

La simulación SPICE estándar en la industria ha sido transferida al iPad para simular dispositivos electrónicos con la misma tecnología y resultados que con simuladores de circuitos de escritorio.

- Entorno de diseño intuitivo y táctil

Un entorno completamente nuevo desarrollado específicamente para el iPad que ofrece una interfaz sencilla y optimizada al tacto, para que los usuarios diseñen circuitos y visualicen el comportamiento.

- Exporta diseños fácilmente por Dropbox o correo electrónico

Los circuitos pueden ser compartidos con otros usuarios de Multisim Touch o Multisim de escritorio a través de Dropbox o correo electrónico, permitiendo que sea posible la colaboración o el análisis avanzado de circuitos.[19]

Multisim Touch es una aplicación completamente original para el iPad, lo cual implica simulaciones precisas más rápidas sin requerir de una conexión inalámbrica para obtener resultados de su análisis de circuitos. Las limitaciones que acompañan a esta aplicación son algunas, por ejemplo, está disponible en una versión de pago, la podemos encontrar en Apple App Store a un precio de \$2.99 [20] y son muy pocos los estudiantes de este centro poseen iPad aunque se puede usar en los iPhone pero aun así son muy pocos los estudiantes que pudiesen utilizar dicha herramienta.

ElectroDroid:

Es una colección simple y poderosa de herramientas electrónicas y documentación técnica. Entre las características sobresalientes se encuentran, como se presencié en el capítulo 1, la diversidad de cálculos clásicos y típicos para las configuraciones más usuales de transistores, amplificadores operacionales, resistencias, capacitores y algunos circuitos integrados básicos como pueden ser el LM317 o el NE555. Te ayuda a calcular y diseñar inductores, filtros de audio y brinda además una lista muy extensa de los conectores más usuales en electrónica, con la identificación de cada pin y sus correspondientes conexiones. Una de sus limitaciones es que no posee un simulador PSPICE para simular y poder diseñar circuitos pero si pudiese ser una herramienta complementaria para este propósito.

DroidTesla:

Es un potente simulador SPICE el cual es un estándar en la simulación de circuitos y desde luego es muy potente. DroidTesla permite trabajar tanto con elementos lineales como no lineales (transistores y amplificadores).

También dispone de circuitos digitales, pudiendo simular las puertas lógicas básicas pero también el circuito de temporización 555. Desde luego es una herramienta de simulación potente de gran utilidad, tanto digital como analógica, en el móvil.

DroidTesla cuenta con una versión gratuita, que dispone de menos opciones. Esta versión no tiene, por ejemplo, transistores ni circuitos digitales, por lo que está bastante limitada. Sin embargo la versión de pago cuesta 9.60 dólares [21], lo que es bastante para una aplicación móvil.

EveryCircuit:

Proporciona también simulación SPICE en el móvil. Es muy parecida a DroidTesla, ya que permite diseñar y simular circuitos analógicos (lineales y no lineales) y digitales de una forma rápida y sencilla.

La ventaja de esta aplicación frente a DroidTesla es que tiene un grado mayor sencillez a la hora de utilizarla y que proporciona animaciones de los voltajes y las corrientes directamente sobre el circuito, lo cual visualmente ayuda al estudiante al entendimiento del circuito. La aplicación también cuenta con una versión gratuita, ya sea para android [22] o para iOS [23]. La versión gratuita permite también más opciones que la de DroidTesla. Además que la aplicación EveryCircuit está disponible para dispositivos iOS y android facilitando su uso debido a la diversidad de dispositivos móviles que existen entre los estudiantes de este centro, e incluso, se puede probar en Windows, Linux y Mac desde la app para Chrome, que no necesariamente tienes que instalarla o ejecutarla. En adición, cuenta con una Comunidad de ayuda en donde puedes resolver tus dudas o publicar tus diseños y posee un buscador que te permite encontrar proyectos específicos para ayudarte a construir los propios.

Para efectuar el proceso de selección de la herramienta para dicho escenario se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de selección:

- Facilidad de uso

Por las diversas razones planteadas anteriormente es justificable el uso de EveryCircuit para facilitar y apoyar el aprendizaje de la Electrónica Analógica en los laboratorios virtuales y estudios independientes de los estudiantes sobresaliendo las simulaciones interactivas de circuitos animados que presenta esta aplicación y el fácil manejo de sus elementos para los estudiantes.

- Ayuda y soporte de la herramienta

Como se mencionó anteriormente, EveryCircuit cuenta con una Comunidad de ayuda en donde puedes resolver tus dudas o publicar tus diseños. Además posee un buscador que te permite encontrar proyectos específicos para ayudarte a construir los propios. Cada uno de los diseños, que se crean, tiene un link permanente, lo que hace posible enviarlos por correo electrónico o compartirlos de forma más fácil.

- Disponibilidad de la herramienta

Cuando se dice disponibilidad de la herramienta, se refiere a los dispositivos en los cuales son compatibles, en este caso EveryCircuit se lleva la ventaja ya que está disponible para dispositivos iOS y android, además debido al diagnóstico hecho en el centro, los alumnos en su mayoría poseen dispositivos android por lo que la herramienta seleccionada de por sí debería ser compatible con este sistema operativo. Además de ser gratuita para ambos sistemas.

2.2.3 Herramientas para el uso en los proyectos de cursos, desarrollo de investigaciones, etc.

Las herramientas de simulación que se utilizan en el desarrollo de investigaciones, proyectos de cursos son herramientas que posean una variedad de utilidades ya que muchas veces, la envergadura de los proyectos e investigaciones abarcan varias materias de temáticas diferentes, es decir, que son herramientas que no se limitan solamente a una rama de la tecnología. De las herramientas aquí presentadas, hay dos que cumplen dichos requisitos: Multisim y Matlab-Simulink.

Matlab-Simulink:

- Presenta una enorme biblioteca de bloques predefinidos. Estos incluyen:
 - Bloques de tiempo continuo y discreto, tales como los de integración y unidad de retraso.
 - Bloques algorítmicos, tales como lo de la suma, productos y tabla de búsqueda.
 - Bloques estructurales, tales como multiplexores, switches y bus selector, entre otros.

- Proporciona un entorno gráfico interactivo y un conjunto personalizable de bibliotecas de bloque que permiten diseñar, simular, implementar y probar una variedad de sistemas incluyendo las comunicaciones, controles y procesamiento de señales, imágenes y videos.
- Tiene capacidad de administrar diseños complejos al segmentar modelos en jerarquías.
- Posee un explorador de modelos para crear, configurar y buscar en todas las señales, parámetros, propiedades y el código generado por estos modelos.
- Se puede programar aplicaciones que permitan conectarse con otros simuladores.
- Tiene un depurador gráfico y un generador de perfiles para examinar los resultados de la simulación y diagnosticar, a continuación, el rendimiento o un posible comportamiento inesperado en el diseño.
- Presenta acceso completo a Matlab para analizar y visualizar los resultados, obtener una personalización del entorno del modelado, la definición de la señal, parámetros y datos de prueba.
- Presenta un modelo de análisis y herramientas de diagnóstico para garantizar la coherencia del modelo e identificar errores de modelado.[5]

Multisim:

- Análisis y circuitos analógicos

Multisim incluye una biblioteca de resistores, capacitores, inductores, fuentes de alimentación, conmutadores, transistores de unión bipolar y transistores de efecto de campo, mientras que el entorno incluye instrumentos de osciloscopio, puntas de prueba y análisis SPICE para forjar experiencia en electrónica analógica. Multisim ofrece una perfecta transición a la experimentación práctica con la integración con hardware de NI.

- Circuitos lógicos digitales, microcontroladores y tarjetas FPGA

Multisim incluye compuertas lógicas digitales, contadores y microcontroladores para complementar el enfoque de enseñanza de temas introductorios de electrónica digital como álgebra Booleana. El entorno esquemático especializado de dispositivos lógicos programables brinda a los estudiantes la habilidad de traducir circuitos de compuerta lógica

digital en VHDL, así los estudiantes pueden desplegar el hardware para aprender fundamentos digitales sin la necesidad de aprender la sintaxis compleja.

- Electrónica de potencia y sistemas

La energía y potencia es un área crítica de nuevos cursos e investigación en instituciones educativas en todo el mundo. El entorno Multisim incluye una biblioteca de componentes y análisis especializados para estudiantes para explorar conceptos incluyendo conversión AC a DC, fuentes de alimentación en modo de conmutación de DC a DC, DC a AC para drives de motor, energía renovable, rectificadores, inversores y otros.

- Proyectos de investigación y diseño de estudiantes

Con el mismo entorno Multisim, los estudiantes pueden usar el entorno complementario de diseño y enrutado de NI Ultiboard para generar prototipos de diseños de tarjetas de circuito impreso (PCB). Los proyectos de investigación y diseño de estudiantes pueden ser PCBs autónomos o estar integrados como una parte de un sistema usando NI myDAQ o NI myRIO.

- Integra prototipos con LabVIEW

Se puede integrar medidas de Multisim en plataformas de pruebas de NI usando LabVIEW para visualizar fácilmente la correlación de los resultados reales y simulados y el rendimiento de la evaluación.[6]

Entonces estos softwares en cuanto a:

- Amplia biblioteca

Simulink presenta una enorme biblioteca de bloques predefinidos. Se pueden personalizar estos bloques incorporados o crear nuevos directamente en Simulink y colocarlos en sus propias bibliotecas. Existen bibliotecas adicionales con funcionalidad específica para la industria aeroespacial, comunicaciones, radiofrecuencias, procesamiento de señales de video y procesamiento de imágenes y otras aplicaciones. El software NI Multisim está equipado con una base de datos de cerca de 22,000 componentes de los fabricantes líderes en semiconductores como Analog Devices, National Semiconductor, NXP, ON Semiconductor y Texas Instruments.

- Compatibilidad con otros programas.

Se puede integrar medidas de Multisim en plataformas de pruebas de NI usando LabVIEW para visualizar fácilmente la correlación de los resultados reales y simulados y el rendimiento de la evaluación. Simulink permite programar aplicaciones que permitan conectarse con otros programas como Java para simulaciones interactivas.

- Capacidad de administración de diseños complejos.

Simulink puede administrar diseños complejos al segmentar modelos en jerarquías ya que proporciona herramientas para el modelado jerárquico, administración de datos y personalización de subsistemas, lo que facilita la creación de representaciones concisas y precisas, independientemente de la complejidad del sistema.

Se recomienda utilizar Simulink para cuando necesite crear, modelar y/o mantener un diagrama de bloques detallado de su sistema utilizando un conjunto integral de bloques predefinidos mientras que Multisim se recomienda su uso cuando se realizan proyectos con componentes comerciales debido a que la enorme biblioteca de componentes proviene de los principales fabricantes en semiconductores como Analog Devices, National Semiconductor, NXP, ON Semiconductor y Texas Instruments.

CAPÍTULO 3. Ejemplos de aplicación de las herramientas de simulación.

En este capítulo se ilustran varios ejercicios de diferentes temáticas de la Electrónica Analógica con el fin de evidenciar las posibilidades y ventajas que ofrecen las herramientas seleccionadas, para su elección se emplean criterios en los diferentes escenarios que se plasmaron en el capítulo anterior.

3.1 Comparación de las herramientas de simulación OrCAD y Multisim

Para realizar la simulación se utilizaron las versiones 16.5 correspondiente a OrCAD y la 13 para el Multisim y se apoyó en un ejercicio típico de diseño de amplificadores operacionales, en este caso un amplificador operacional no inversor cuyo enunciado se encuentra a continuación:

Diseñar el circuito amplificador no inversor de la figura 8 de forma que presente una ganancia en tensión (A_v) igual a 2.

- 1) Considerar en primer lugar $R_2=0$ y $R_+=\infty$. Realizar la simulación del circuito y verificar su comportamiento experimentalmente.
- 2) Añadir los valores de R_1 y R_f que se considere oportunos y explicar su influencia en el comportamiento del amplificador. Realizar la simulación del circuito y verificar su comportamiento experimentalmente.

NOTA: En todos los montajes alimentar el amplificador operacional con $V_{CC}=+15V$ y $V_{EE}=-15V$. La frecuencia de las señales de entrada será de 1 kHz.

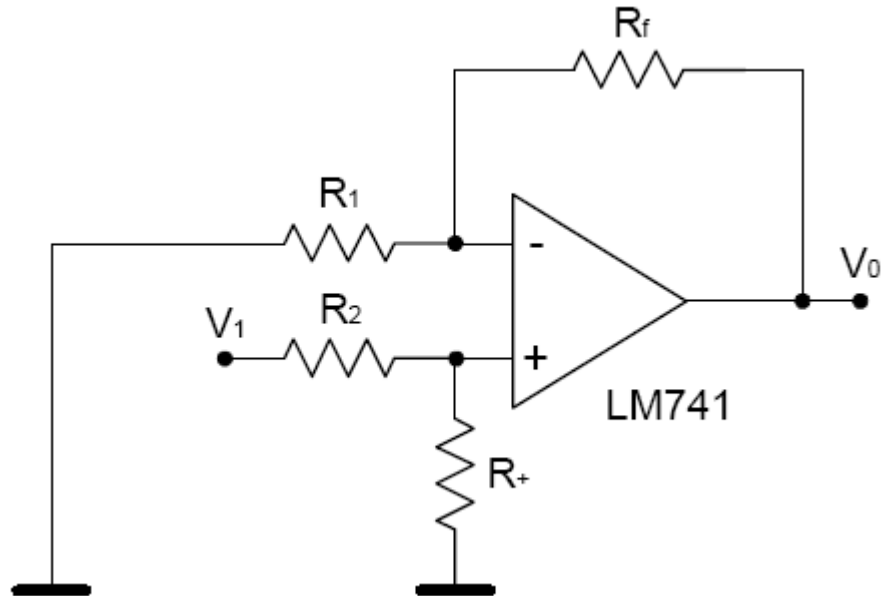


Figura 8. Amplificador no inversor.

Criterios de diseño para el amplificador no inversor:

- $A_v = R_f/R_1 + 1$
- Los valores típicos de $R_f + R_1$ quedan entre $50\text{ K}\Omega$ y $1\text{ M}\Omega$. [18]

Se comienza con la simulación de dicho circuito en Multisim, para su realización se tomaron los valores de R_1 y R_f de $100\text{ K}\Omega$ y la fuente sinusoidal de 1 V . En la figura 9 se muestra el circuito a simular en el Multisim, en el cual se coloca un osciloscopio (representado con XSC1) con el objetivo de verificar la señal de salida y comprobar que el diseño del circuito se corresponda con los requisitos propuestos ya que se puede apreciar que está conectado a la salida del circuito y a su vez a la entrada de la fuente sinusoidal.

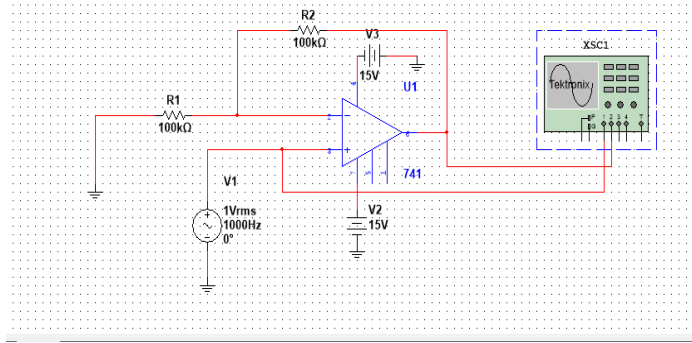


Figura 9. Circuito a diseñar simulado en Multisim.

Una vez que ya el circuito está montado, se procede a la simulación. En las figuras 10 y 11 se muestran los resultados de la simulación en el osciloscopio, como se puede apreciar en la figura 10 están las dos señales separadas y se ve claramente que una es el doble de la otra en cuanto al nivel de voltaje, por lo que el circuito en cuestión tiene una ganancia de voltaje de dos como se pedía en el diseño.



Figura 10. Resultados de la simulación en el osciloscopio donde las dos señales están separadas.



Figura 11. Resultados de la simulación en el osciloscopio donde las señales se superponen.

La primera ventaja del uso del simulador, por parte del alumno, en cuanto a su aprendizaje autónomo es la posibilidad de comprobar por sí mismo, si su diseño es correcto en cuanto a funcionalidad. Del mismo modo, el simulador incluye diversas herramientas para verificar errores de diversa índole, tales como: la corrección del conexionado o el valor de las diferentes magnitudes en los diversos nodos del circuito (tensión, corriente, etc.), de manera que se puedan detectar y subsanar errores de forma autónoma. Esto implica un vínculo directo entre las clases de teoría y las de aplicación, puesto que el simulador es una herramienta que, gracias a un entorno gráfico e intuitivo, permite acabar de fijar conceptos y/o resultados, previamente expuestos en clase.

Además de la funcionalidad básica como herramienta de cálculo, el simulador permite establecer un vínculo directo con las clases del laboratorio real. En efecto, la interfaz gráfica de salida emula al detalle el instrumental físico disponible en las realizaciones prácticas. La Figuras 10 y 11 mostraron los resultados de la simulación obtenidos mediante un osciloscopio virtual. El simulador incluye varios instrumentos virtuales que emulan al detalle la instrumentación comercial disponible en el laboratorio. Por lo tanto los alumnos, al margen del resultado obtenido, pueden manipular los instrumentos al igual que lo harían físicamente, incluyendo las opciones de medida, ajuste de escala, formato de adquisición, etc. Ello permite que los estudiantes, de forma autónoma, adquieran experiencia en el manejo del instrumental del laboratorio, hecho que les permite desenvolverse con mayor soltura en el mismo.

En la figura 12 se muestra el circuito en cuestión en el OrCAD, este software no posee dispositivos electrónicos virtuales como el osciloscopio, siendo esto una desventaja con respecto al Multisim. En el OrCAD se utiliza marcadores para representar los puntos que se quieren analizar, en este caso se utilizó marcadores de voltaje como se muestra en la figura para comprobar la ganancia. Posteriormente en la figura 13 se muestra las características de la simulación luego de crear un perfil donde se manifiesta el tiempo de simulación y otras características.

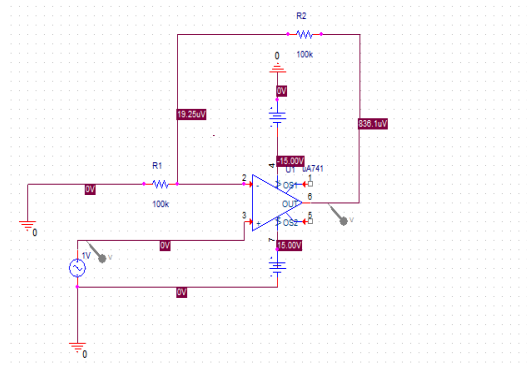


Figura 12. Amplificador no inversor simulado en OrCAD.

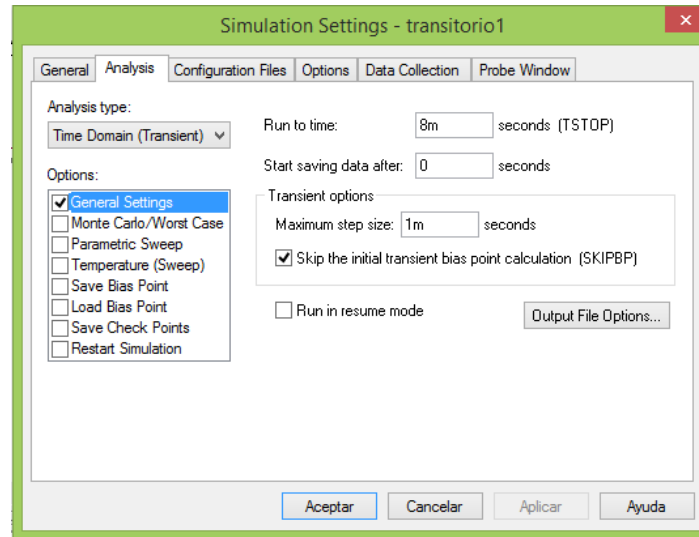


Figura 13. Configuración de las características de simulación en OrCAD

A continuación se muestra en la figura 14 los resultados de la simulación donde la señal de color verde pertenece a la señal de entrada y la azul a la señal de salida y se puede comprobar que la de salida es el doble de la entrada debido a que el amplificador no inversor tiene una ganancia de voltaje de 2.

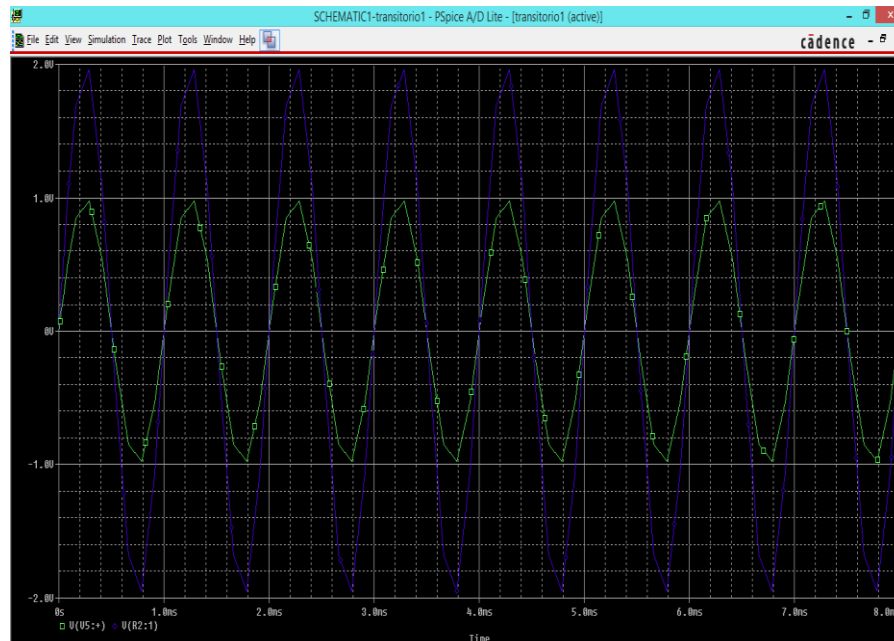


Figura 14. Resultados de la simulación en OrCAD.

Se pudo comprobar las ventajas que tiene el empleo del software Multisim sobre OrCAD sobresaliendo la interfaz interactiva y fácil de manejar que presenta, así como la posibilidad de emplear dispositivos electrónicos virtuales como el osciloscopio, multímetro, analizador de espectro y otros; los cuales le proporcionan al alumno una idea clara de cómo utilizar estos instrumentos una vez que se enfrenten a la práctica.

3.2 Comparación de las herramientas EveryCircuit y DroidTesla

Para la comparación de estas herramientas se efectuaron ejercicios sencillos ya que no son herramientas tan potentes como Multisim, OrCAD o Simulink y como desventaja solamente permiten efectuar el tipo de análisis transitorio, pero sí tienen características que permiten incluirlas en la docencia de la Electrónica Analógica y pueden contribuir a un mejor aprendizaje del estudiante.

Primeramente se simula un circuito simple que se muestra a continuación en la figura 15, en la herramienta EveryCircuit, el cual se compone de una fuente DC, una resistencia, un LED y un voltímetro para comprobar la caída de voltaje. EveryCircuit permite variar las características de sus componentes y para este caso en relación con la práctica, se tomó de referencia el diodo C-2752 el cual es un LED verde cuyas aplicaciones son en juguetes, en

conmutadores de alumbrado, en indicadores de panel frontal, entre otras. Posee una I_f que varía entre 20 y 40 mA y una tensión directa típica de 2.1 voltios como se muestra en el fragmento del datasheet descrito en el anexo II.

En estos diodos, la diferencia de potencial varía de acuerdo a las especificaciones relacionadas con el color y la potencia soportada aunque generalmente comienza a lucir con una tensión de unos 2 Voltios. La corriente común es de 10 miliamperios para LEDs de baja luminosidad y 20 mA para los de alta luminosidad; un valor superior puede inutilizar dicho diodo o reducir de manera considerable su tiempo de vida.[24]

Otros LEDs de una mayor capacidad de corriente, conocidos como LEDs de potencia (1 W, 3 W, 5 W, etc.), pueden ser usados a 150 mA, 350 mA, 750 mA o incluso a 3000 mA dependiendo de las características optoelectricas dadas por el fabricante.[24]

En la figura 16 se muestra el mismo circuito simulado en el cual se comprueba que el LED está en buen funcionamiento debido a que enciende, además el simulador muestra en el circuito la corriente que pasa por cada rama del circuito así como la caída de voltaje en el multímetro facilitándole el trabajo al estudiante de calcular dichos parámetros.

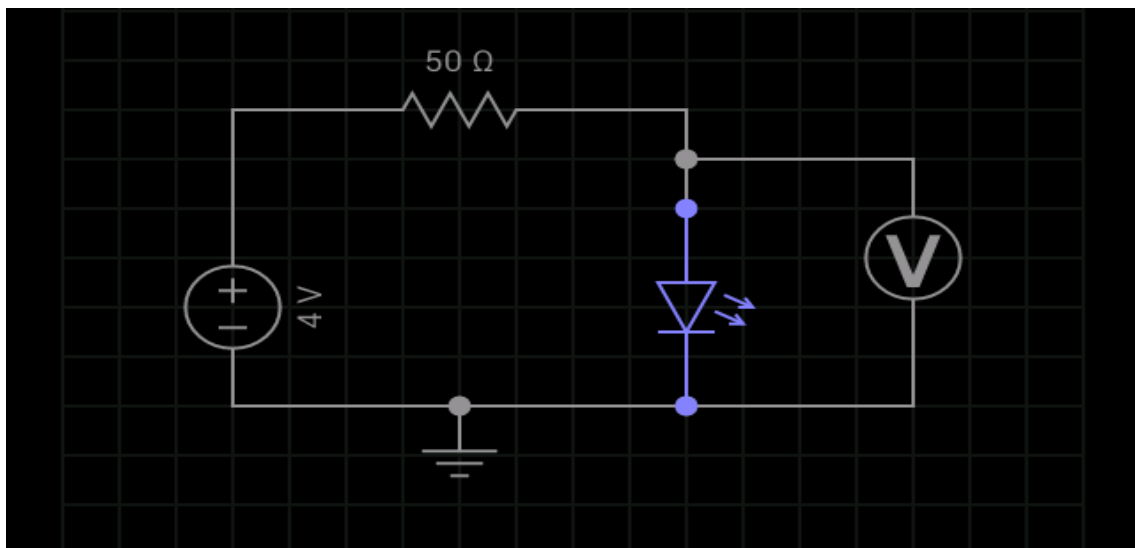


Figura 15. Circuito montado en el workspace de EveryCircuit.

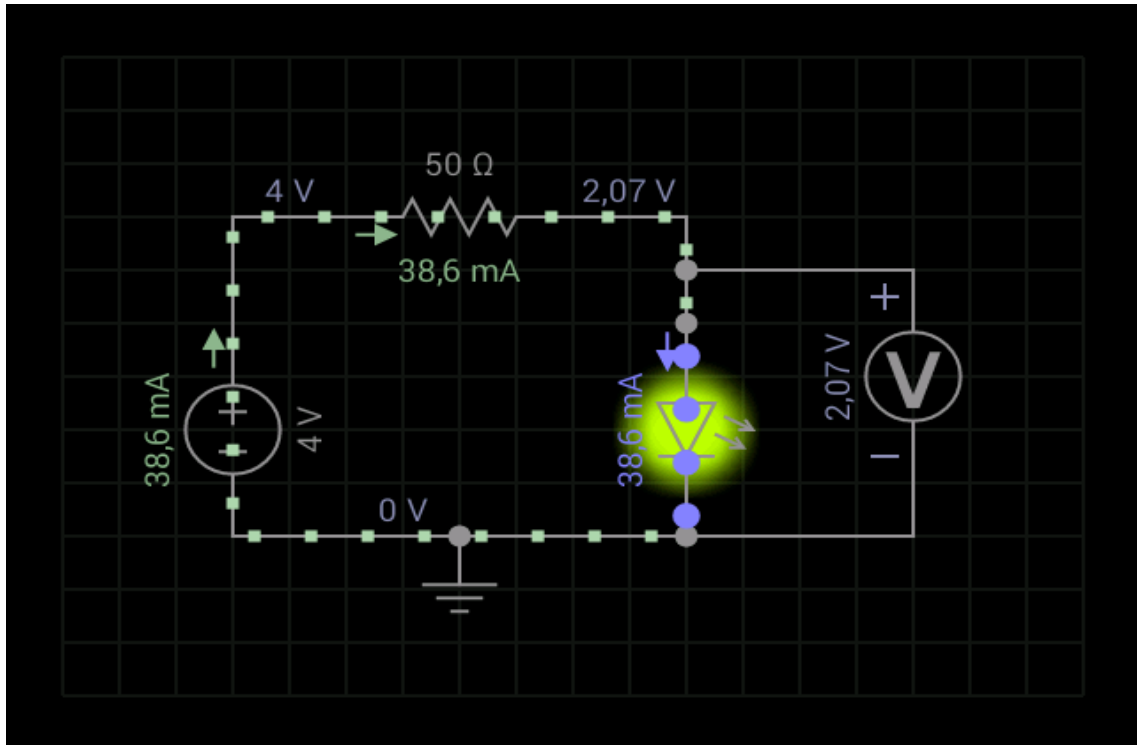


Figura 16. Circuito simulado en el EveryCircuit con el LED operando correctamente.

Una de las facilidades que brinda esta aplicación es que indica cuando un dispositivo se encuentra fuera de su rango de operación. Ahora para comprobar hasta donde puede llegar a operar dicho LED, se aumenta el valor de la fuente de voltaje de manera que la corriente aumenta por encima de los 40 mA que permite dicho diodo. La figura 17 da a conocer cómo se manifiesta el diodo una vez que es inoperable, dando una idea del rango de operación del mismo y cuando un dispositivo electrónico pudiese quedar inoperable por el mal diseño del circuito.

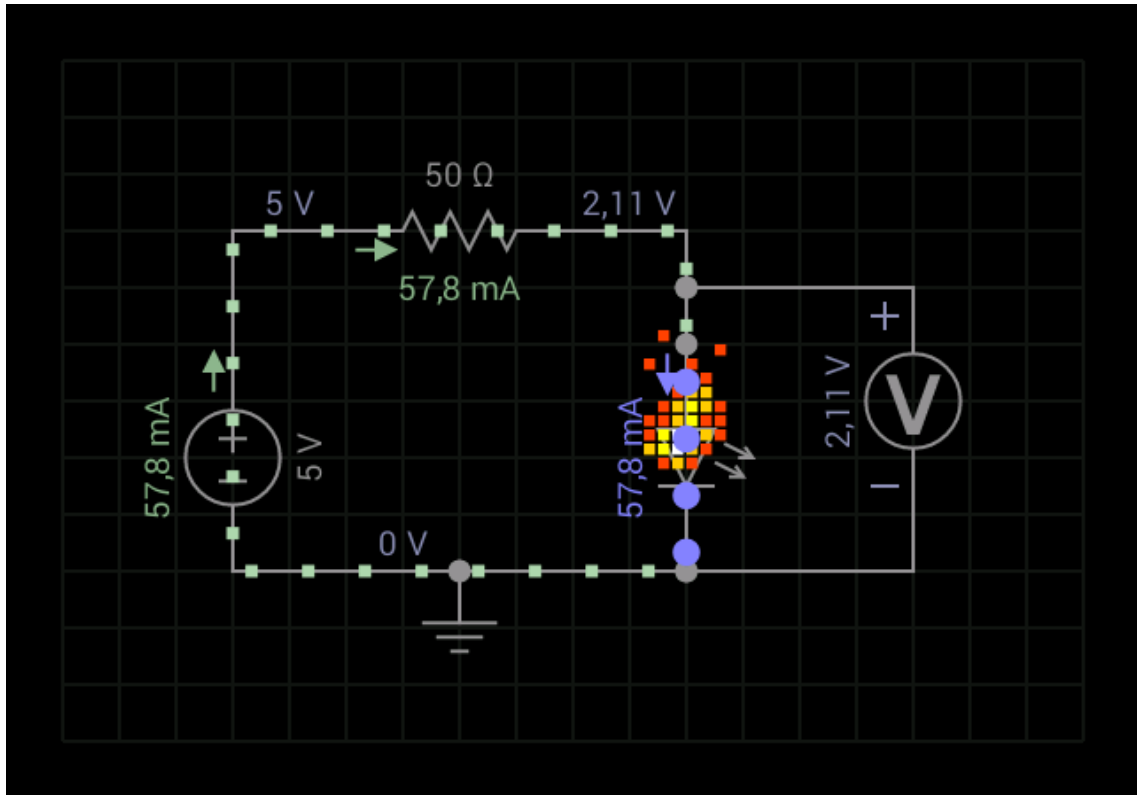


Figura 17. Circuito simulado en EveryCircuit donde queda inoperable el LED.

Otro ejemplo en el que se muestra que estas aplicaciones pueden simular ejercicios con un mayor grado de complejidad es el mismo ejercicio que se realizó en el epígrafe anterior, el diseño de un amplificador no inversor, el cual se muestra en la figura 18, ya simulado y donde se puede comprobar la ganancia mediante la colocación de un voltímetro en la salida que mide 2 volts mientras que la fuente es de 1 volt por lo que dicha ganancia de voltaje es de 2. Además muestra las corrientes y las caída de voltaje en cada rama del circuito así como una representación gráfica de la señal de salida.

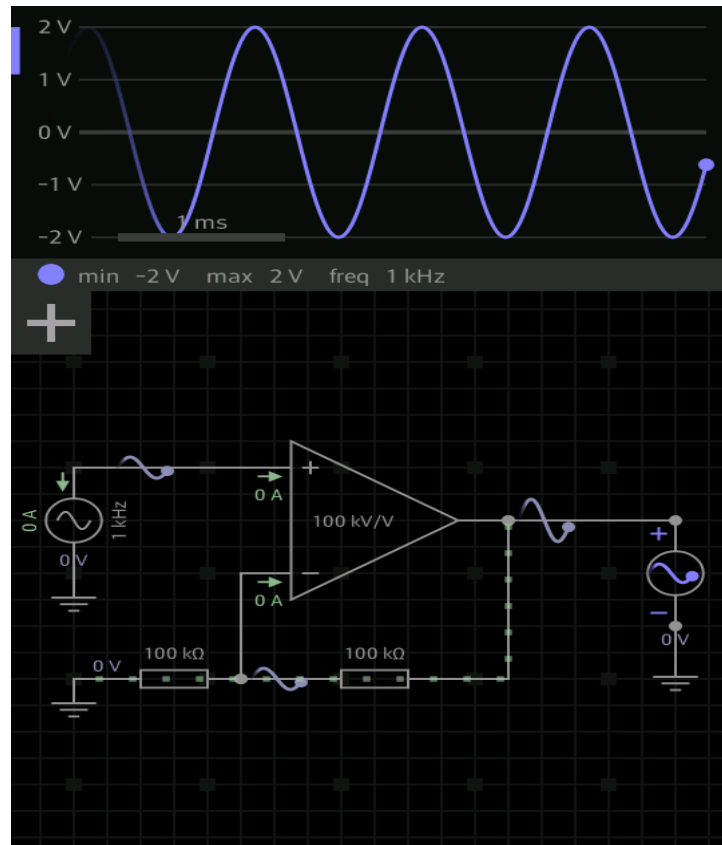


Figura 18. Amplificador operacional no inversor simulado en EveryCircuit.

A diferencia de EveryCircuit, DroidTesla permite colocar instrumentos de medición como el osciloscopio, la cual se muestra en la figura 19. La forma de la onda representada por dicho instrumento carece de detalles como se muestra en la figura 20 por lo que EveryCircuit presenta una mayor ilustración en la representación de las señales en cuanto al detalle debido a que muestra los valores mínimos y máximos además de la frecuencia, como se pudo apreciar en la figura 18. Otra diferencia entre las herramientas mencionadas es que EveryCircuit indica los valores de corriente y voltaje que existe en cada rama del circuito ofreciéndole al estudiante una visión clara de su funcionamiento.

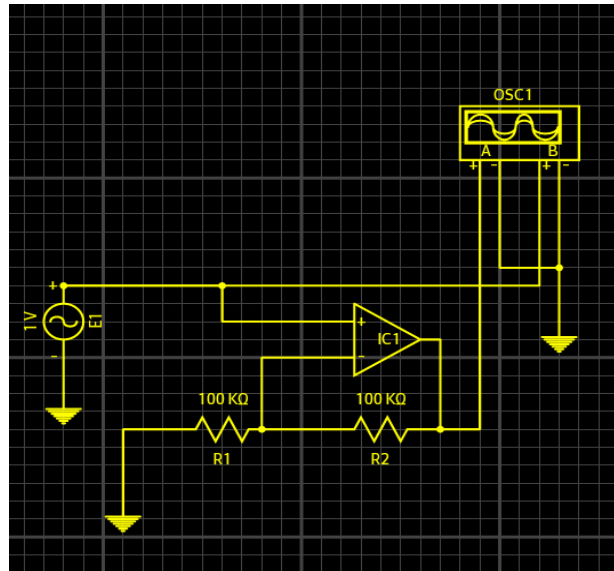


Figura 19. Amplificador operacional no inversor representado en DroidTesla.

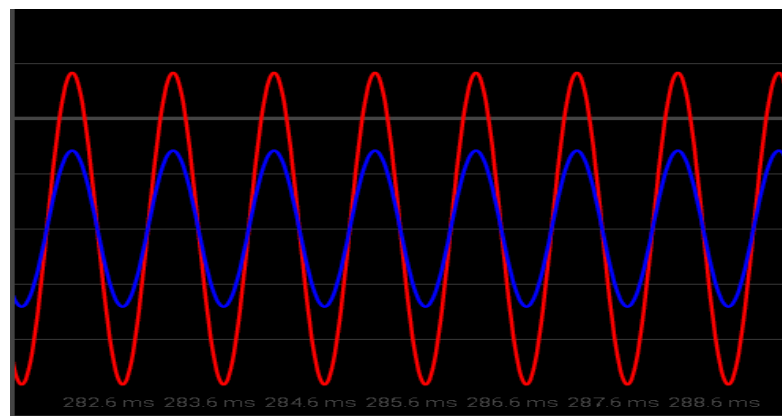


Figura 20. Simulación del amplificador operacional no inversor visto desde el osciloscopio.

Posteriormente en la figura 21 y 22 se representa el circuito simple con un LED en DroidTesla, pero como desventaja que presenta esta herramienta con respecto a EveryCircuit es que no diferencia cuando un componente está fuera del rango de operación, en este caso se evidencia en la figura 22 como el diodo continua en funcionamiento a pesar del cambio de voltaje en la fuente que aumentó la corriente alrededor de los 58 mA, la cual pondría al LED fuera de operación.

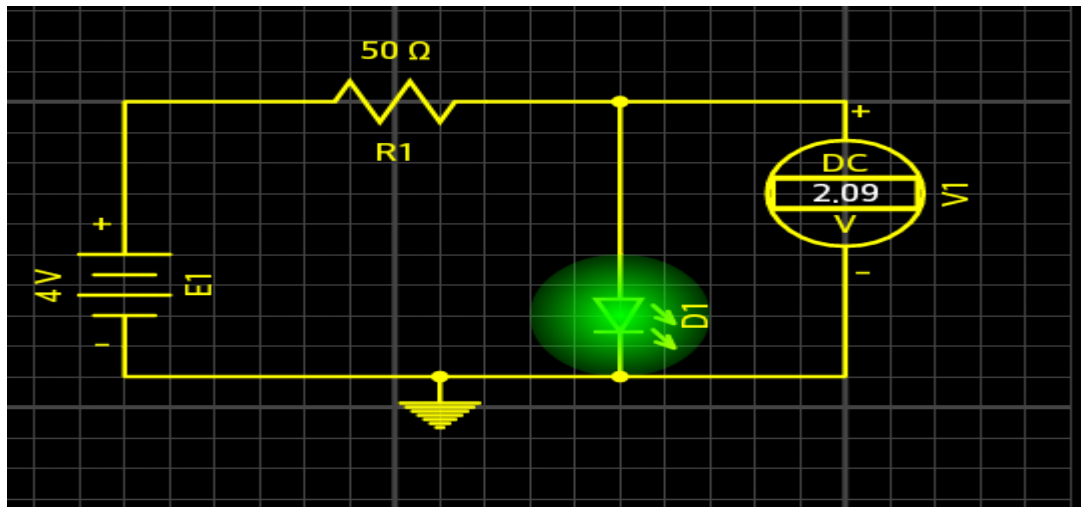


Figura 21. Circuito simulado en DroidTesla con el diodo en el rango de operación.

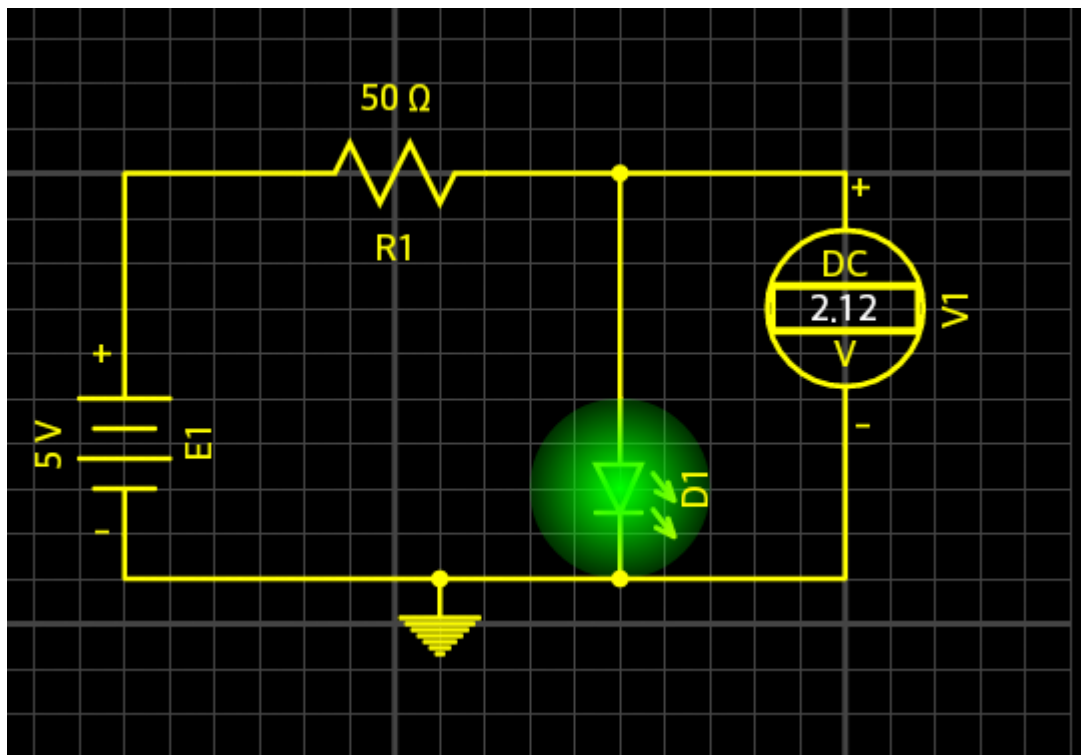


Figura 22. Circuito simulado en DroidTesla con el diodo fuera del rango de operación.

3.3 Propuestas de proyectos de desarrollo e investigación que utilizan el Simulink y Multisim.

Simulink es una herramienta para el modelaje, análisis y simulación de una amplia variedad de sistemas físicos y matemáticos. Un ejemplo que evidencia lo previamente mencionado es

el proyecto que se titula: “Modelo del control de nivel y caudal de líquido en un depósito cilíndrico usando la herramienta Simulink de Matlab”, el cual contiene detalladamente los pasos a seguir para la consecución del modelado del control de nivel de un líquido en un depósito de forma cilíndrica, se parte desde la obtención de las ecuaciones diferenciales que representa el comportamiento dinámico de cada una de las variables del sistema, posteriormente se aplica la transformada de Laplace suponiendo condiciones iniciales iguales a cero, se representa las ecuaciones en forma de sistemas lineales mediante el uso de diagramas de bloques funcionales y usando el álgebra de bloques se determina la función de transferencia del sistema, se procede entonces a simular el modelo usando la herramienta Simulink de Matlab como se muestra en la figura 23, sometiendo el modelo a cambios en sus variables de entrada, para determinar su incidencia en el comportamiento de las variables de salida y los valores límites de la respuesta del sistema en cuanto a caudal y nivel se refiere.[25]

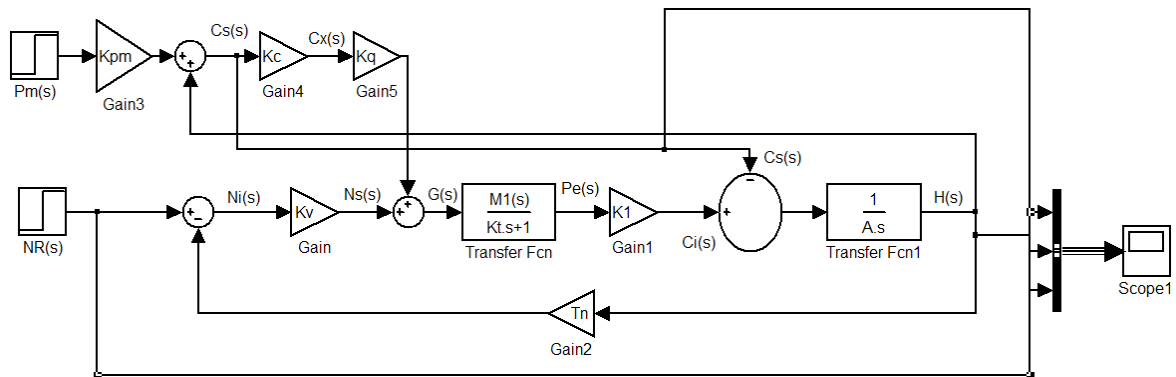


Figura 23. Modelo integrado con todos los bloques funcionales en Simulink.[25]

El proyecto de desarrollo que se titula: “Uso de Matlab y simulink para el control de robots y la observación de sensores de luz y ultrasonido”, consiste en el diseño y construcción de un Brazo Robótico con Banda Transportadora, este proyecto está basado en el principio de una envasadora de bebidas. El brazo tiene dos etapas de secuencia, una para detectar que los recipientes que van a circular por la banda están con el nivel correcto y la segunda cuando tiene un nivel incorrecto. El sensor de luz cumple la función de detectar la presencia del recipiente; y el sensor de tacto se usa para detener la secuencia del brazo robótico. En la programación de Matlab se crea un algoritmo para obtener la adquisición de datos del sensor ultrasónico en tiempo real. Se utiliza un servo y un PIC para el control del brazo. Además se

utiliza dos sensores infrarrojos como entradas en el PIC, con la función de hacer dos pausas al servo, la primera para que el sensor ultrasónico lea el nivel del recipiente y la segunda para que el brazo agarre el recipiente y cumpla con la secuencia.[26]

También el Multisim es utilizado en diversos proyectos, uno de estos ejemplos tiene como título “Diseño de un amplificador operacional CMOS de amplio ancho de banda y alta ganancia para aplicaciones de alta velocidad”, cuyo objetivo es diseñar un amplificador operacional de topología estándar CMOS con proceso tecnológico de 0,12 μm , de gran ancho de banda (97 MHz) y alta ganancia (136 dB), para ser utilizados en la elaboración de filtros activos integrados. Para tal fin se realiza inicialmente un estudio teórico de los diferentes conceptos relacionados con el funcionamiento de los amplificadores operacionales, según se presenta en la literatura para la tecnología CMOS. Posteriormente se establecen las especificaciones de un amplificador para una aplicación en filtros activos y se diseña aquel. Luego se muestra el correcto funcionamiento del circuito diseñado a través de simulaciones en el software de aplicación Multisim® de NI, y se verifica si se cumplen las especificaciones evaluadas de ancho de banda y ganancia. Por último, se presenta un cuadro comparativo que permite contrastar los resultados obtenidos en este trabajo con los exhibidos por un diseño académico y un amplificador operacional comercial. En la figura 24 se muestra el amplificador operacional en lazo abierto y a continuación en la figura 25 se representa la respuesta de frecuencia calculada, tanto en magnitud como en fase de dicho amplificador.[27]

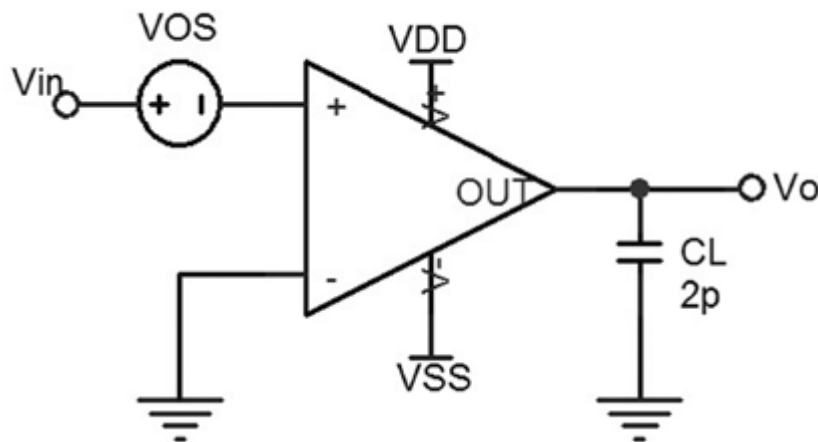


Figura 24. Amplificador operacional CMOS en lazo abierto.[27]

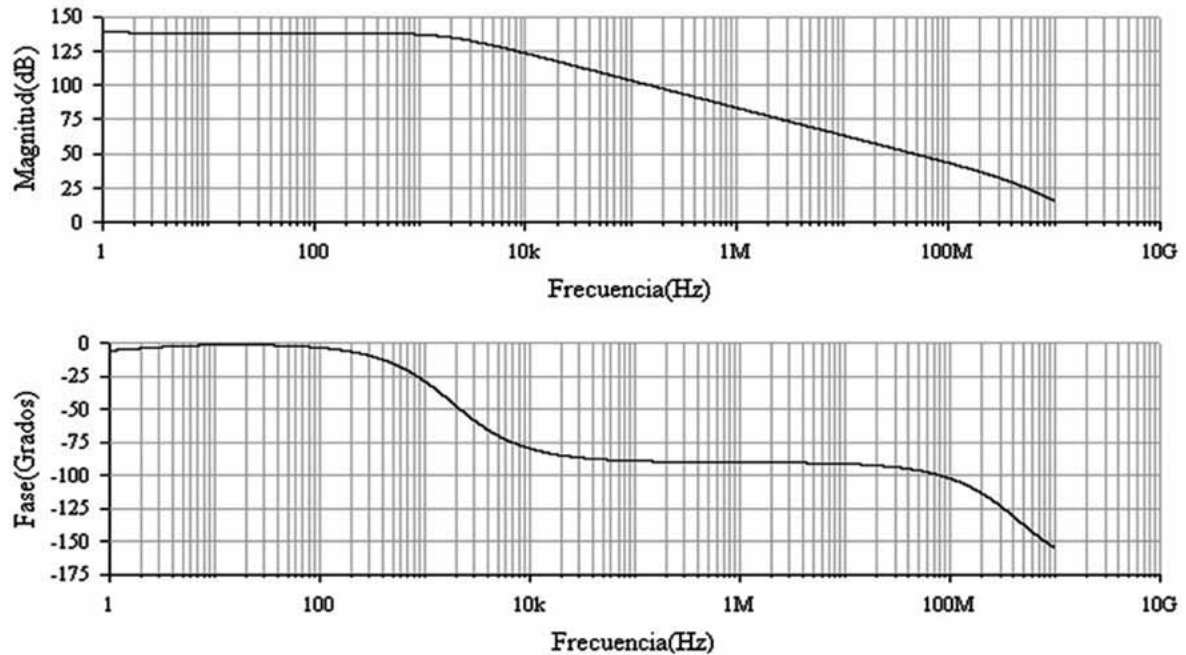


Figura 25. Respuesta de frecuencia del amplificador CMOS en lazo abierto.[27]

Otro caso que utiliza al Multisim como herramienta de simulación se titula: “Diseño e implementación de un amplificador clase D con interfaz para visualización de señales en cada etapa” cuyo objetivo es construir un amplificador con una potencia y eficiencia que corrobore y exponga las características particulares de los amplificadores clase D. El desarrollo del trabajo implica la aplicación de una señal al amplificador, la cual sea capaz de ser analizada en la etapa de entrada para observar el ruido provocado por los acoples de señal, en la modulación por ancho de pulso (PWM) realizada con una señal de referencia de 250 KHz, en la amplificación por medio de la saturación de transistores tipo FET y finalmente en su recuperación por medio de un filtro Butterworth de segundo orden diseñado para una frecuencia de corte de 20 KHz. La figura 26 muestra la fuente flyback diseñada en el Multisim para alimentar dicho amplificador.[28]

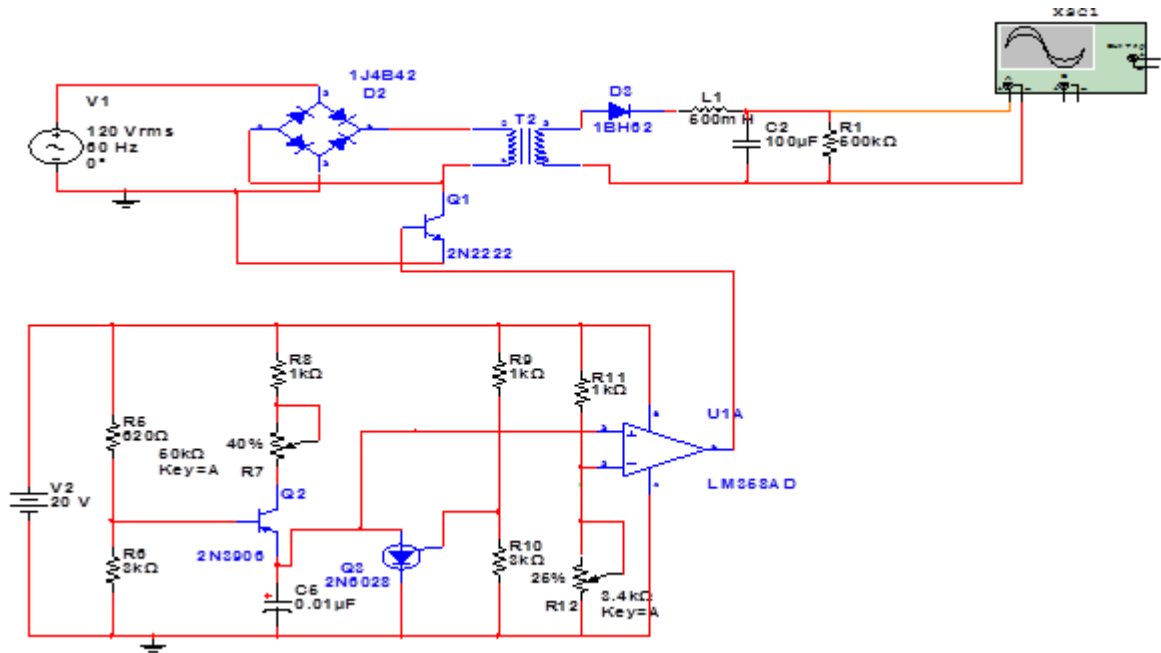


Figura 26. Representación de la fuente flyback diseñada en Multisim.[28]

El siguiente trabajo a enunciar se nombra: “Diseño y construcción de una protección electrónica contra sobrecorriente y cortocircuito para la fuente 0-220Vac del Módulo de control de Motores”. El análisis se desarrolló en base a la carga, que son las máquinas rotatorias (Motores), la simulación del circuito se llevó a cabo mediante el programa Multisim, el circuito fue montado en una primera instancia en una protoboard para realizar las primeras pruebas y el diseño de la tarjeta se diseñó en el programa PCB Wizard para su impresión. La tarjeta terminada se instaló en el módulo de control de motores, presentando resultados satisfactorios, con un rango de protección aceptable, dentro de la corriente nominal que manejan los motores en el laboratorio. En la figura 27 se representa el circuito electrónico de control de la protección.[29]

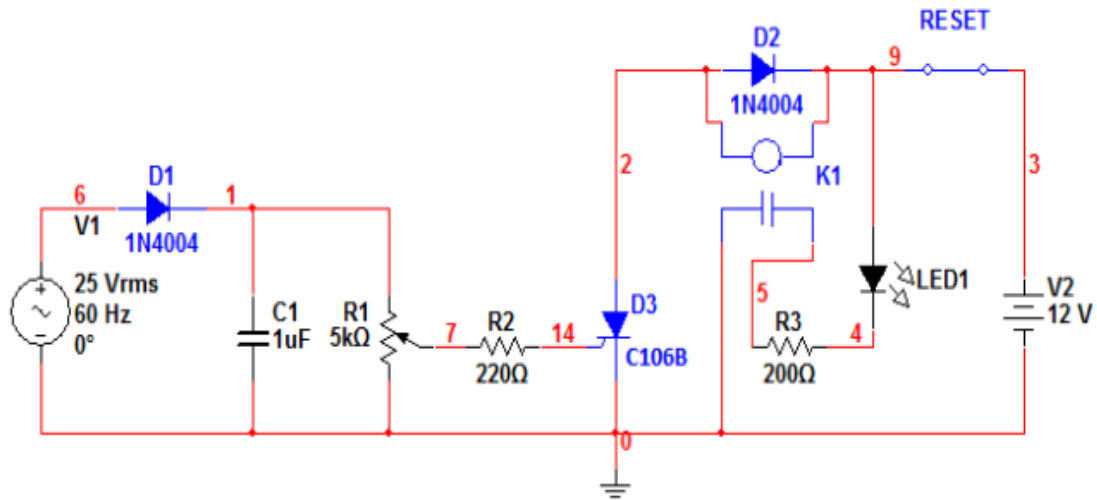


Figura 27. Circuito de protección electrónico simulado en Multisim.[29]

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Con la realización de este trabajo se obtuvieron los siguientes resultados:

- 1 Se realizó una búsqueda de información lo cual permitió elaborar el marco teórico de la investigación, haciendo énfasis en las tendencias que se presentan en la enseñanza de la Electrónica Aplicada en otras universidades como la de Jaén, la del País Vasco, la de Chalmers, la de Emiratos Árabes Unidos y otras.
- 2 Luego de la realización del diagnóstico se evidenció que los laboratorios están aptos tecnológicamente para el uso de las herramientas y que la mayoría de los estudiantes presentan dispositivos móviles con sistema operativo android.
- 3 Se seleccionaron las herramientas de simulación de acuerdo al diagnóstico realizado y de acuerdo a sus posibilidades para emplearlas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para la realización de laboratorios virtuales se seleccionó Multisim, para dispositivos móviles se escogió EveryCircuit y por último, para los proyectos de cursos y desarrollo de investigaciones se seleccionaron Multisim y Simulink.
- 4 Se evidenciaron las facilidades que brinda las herramientas de simulación Multisim y EveryCircuit con respecto a OrCAD y DroidTesla en el análisis de circuitos relacionados con la Electrónica Analógica y se desarrollaron ejemplos de simulación utilizando dichas herramientas.

Recomendaciones

Se recomiendan los siguientes aspectos:

- 1 Tomando como referencia los ejemplos simulados para el desarrollo de este trabajo, se debe confeccionar un manual básico dirigido a los estudiantes sobre las herramientas seleccionadas.
- 2 Utilizar las herramientas de simulación para dispositivos móviles como apoyo o complemento a los análisis teóricos.
- 3 Confeccionar para cada una de las prácticas simuladas, ejercicios opcionales que utilicen EveryCircuit como otra forma de evaluación del estudiante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. Moreno, “Estrategia para emplear la simulación de circuitos eléctricos y electrónicos, en la formación y como herramienta de trabajo, de los Ingenieros Electricistas”, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, 1997.
- [2] G. A. Ruiz, “Electrónica Básica para Ingenieros”, jun-2001.
- [3] O. Páez, “Elaboración de una Guía Orientadora para la Electrónica Analógica I”, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, 2015.
- [4] M. H. Rashid, “Circuitos Microelectrónicos análisis y diseño”, Universidad de Florida, Editorial International Thomson, 2000.
- [5] R. Sáez, “Comparativa de simuladores eléctricos aplicados a circuitos de electrónica de potencia”, 2010.
- [6] "NI Multisim: Potente Software de Diseño de Circuitos y de Enseñanza - National Instruments". [En línea]. Disponible en: <http://www.ni.com/multisim>. [Accedido: 04-may-2016].
- [7] "EveryCircuit - Aplicaciones Android en Google Play". [En línea]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/>. [Accedido: 04-may-2016].
- [8] "Droid Tesla - Interactive Android Application For Students, Developers and Electric Engineers." [En línea]. Disponible en: <http://www.droidtesla.com/>. [Accedido: 04-may-2016].
- [9] "ElectroDroid Pro - Android Apps on Google Play". [En línea]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/>. [Accedido: 04-may-2016].
- [10] I. Martín, V. Aperribay, I. Oleagordia, y P. Carballo, “Análisis comparativo de las herramientas de ingeniería aplicadas al desarrollo de proyectos eléctricos”.
- [11] P. Johansson y A. Andersson, “Comparison of Simulation Programs for Supercapacitor Modelling Model Creation and Verification”, 2008.
- [12] A. H. Assi, M. H. Al Shamisi, y H. A. Hejase, “MATLAB GUI Application for Teaching Electronics”.
- [13] G. Farias, F. Esquembre, J. Sanchez, S. Dormido, H. Vargas, S. Dormido-Canto, R. Dormido, N. Duro, y M. Canto, “Desarrollo de laboratorios virtuales, interactivos y remotos utilizando Easy Java Simulations y modelos Simulink”, pp. 336–341, 2006.

-
- [14] S. Silvestre, L. Castañer, y D. Guasch, “Herramientas de Simulación para Sistemas Fotovoltaicos en ingeniería”, *Form. Univ.*, vol. 1, n.º 1, pp. 13–18, 2008.
- [15] C. M. Vélez y J. Salt, “Control multifrecuencia en tiempo real utilizando herramientas CACSD”, *Rev. Iberoam. Automática e Informática Industrial*, vol. 1, n.º 3, pp. 43–52, 2004.
- [16] "Usando NI Multisim y NI Ultiboard en Texas A&M para Desarrollo de Producto Educativo - Solutions - National Instruments". [En línea]. Disponible en: <http://sine.ni.com/cs/app/>. [Accedido: 10-may-2016].
- [17] M. Orduna y M. Helena, “Propuesta de desarrollo de cursos en línea para la carrera de I. E. de la ESIME Zacatenco, utilizando objetos de contenido intercambiable”, 2012.
- [18] I. M. Cruz, “Materiales de orientación y autoevaluación para la Electrónica Analógica II.”, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, 2010.
- [19] "Multisim para Dispositivos Móviles - National Instruments". [En línea]. Disponible en: <http://www.ni.com/multisim/mobile>. [Accedido: 04-may-2016].
- [20] "Multisim Touch on the App Store". [En línea]. Disponible en: <https://itunes.apple.com/us/app/multisim-touch/>. [Accedido: 04-may-2016].
- [21] "Droid Tesla Pro - Android Apps on Google Play". [En línea]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/>. [Accedido: 10-may-2016].
- [22] "EveryCircuit - Android Apps on Google Play". [En línea]. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/>. [Accedido: 10-may-2016].
- [23] "EveryCircuit on the App Store". [En línea]. Disponible en: <https://itunes.apple.com/us/app/everycircuit/>. [Accedido: 04-may-2016].
- [24] A. H. Donate, “Principios de Electricidad y Electrónica III”, 2da Edición, vol. 3. Marcombo, 2010.
- [25] L. A. Umaña, “Modelo del control de nivel y caudal de líquido en un depósito cilíndrico usando la herramienta Simulink de Matlab”, *Cap&Cua*, vol. 9, n.º 1, pp. 2-7, 2013.
- [26] M. Malave, M. Nevarez, y P. Vallejo, “Uso de matlab y simulink para el control de robots y la observación de sensores de luz y ultrasonido”, dic. 2010.
- [27] J. Simancas García, “Diseño de un amplificador operacional cmos de amplio ancho de banda y alta ganancia para aplicaciones de alta velocidad”, *Inge. Cuc.*, vol 9, n.º 1, pp 163-182, jun. 2013.
- [28] J. O. Pineda Paredes y L. K. López Pinzón, “Diseño e implementación de un amplificador clase D con interfaz para visualización de señales en cada etapa”, 2015.
- [29] E. G. Estrada y F. I. Moreno, “Diseño y construcción de una protección electrónica contra sobrecorriente y cortocircuito para la fuente 0-220Vac del Módulo de control de Motores.”, *Jóvenes en Ciencia*, vol. 1, n.º 2, pp. 1558-1562, dic. 2015.

ANEXOS

Anexo I Encuesta realizada a los estudiantes de 5to año del curso 2015-2016 de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica.

Estimado estudiante: esta encuesta forma parte de una tesis de grado, es anónima, por lo que se les pide que la completen con la mayor sinceridad posible puesto que de la veracidad de sus respuestas, dependen los resultados de la misma y la mejora de la asignatura Electrónica.

Gracias por su colaboración.

Marque con una X

1. ¿Dispone usted de uno o varios de los siguientes dispositivos?

- Laptop
- Tablet
- Smartphone (especifique si es android, iOS o windows el sistema operativo)

Anexo II Características técnicas de algunos diodos LED C-2730 a C-2785



MASTER - LEDS Ø 5 mm

C-2730 a 2785

FADISEL S.L.

©Los nombres registrados y marcas que se citan son propiedad de sus respectivos titulares.

La más moderna tecnología en la fabricación de chips para leds y los nuevos substratos de mayor transparencia, son la clave de estos auténticos Master-Leds.

Todos los colores de luz: roja, amarilla, verde, azul y blanca con brillos increíbles. Diámetro de todas las cápsulas, 5 mm. El modelo C-2730 es difuso, los demás tienen la cápsula y la lente incolora transparente.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (A 25°C).

Modelo	Color de la luz	Tecnología	Long. de onda λ_p (nm)	Intensidad luminosa I_v (mcd)	Angulo de visión $2\theta_{1/2}$ (°)	Tensión directa V_f (V) típica	Corriente I_f (mA)	Tensión Inversa V_r (V) máxima	Pulso corriente I_{pf} (mA) máximo
C-2730	Rojo	GaAlAs	660	200/300	60	1.8/2.0 (@20mA)	20 / 25	5.0	160 (1/10ciclo, 1kHz)
C-2731	Rojo	GaAlAs	660	250/500	19	1.8 (@20mA)	20 / 25	5.0	100 (1/10ciclo, 10kHz)
C-2732	Rojo	GaAlAs/GaAs	660	500/1000	20	1.8 (@20mA)	15 / 25	5.0	100 (1/10ciclo, 10kHz)
C-2733	Rojo	AlGaInP	623	2000	20	2.1 (@20mA)	20 / 25	5.0	80 (1/10ciclo, 1kHz)
C-2734	Rojo	GaAlAs	660	4500	10	2.1 (@20mA)	20 / 25	5.0	150 (1/10ciclo, 10kHz)
C-2735	Rojo	AlInGaP	626	3600/13800	6	1.90/2.4 (@20mA)	20 / 30	5.0	70 (1/10ciclo, 10kHz)
C-2742	Amarillo	InGaAlP ON GaAs	593	735/1233	26	2.1/2.4 (@20mA)	20 / 30	4.0	100 (1/10ciclo, 10kHz)
C-2744	Amarillo	AlInGaP	590	1650/6300	6	2.02/2.4 (@20mA)	20 / 30	5.0	70 (1/10ciclo, 10kHz)
C-2751	Verde	GaP	567	300/500	15	2.1/3.0 (@20mA)	20 / 30	5.0	100 (1/10ciclo, 10kHz)
C-2752	Verde	GaP	570	800/1000	15	2.1/2.8 (@20mA)	20 / 40	5.0	120 (1/10ciclo, 1kHz)
C-2761	Azul	G-SiC	430	250/700	12/15	4.9/5.5 (@20mA)	20 / 30	5.0	120 (1/10ciclo, 1kHz)
C-2762	Azul	G-SiC	470	1500/1800	8/12	4.9/5.5 (@20mA)	20 / 30	5.0	120 (1/10ciclo, 1kHz)
C-2763	Azul	InGaN	468	3000	15	3.5 (@20mA)	20 / 25	5.0	150 (1/10ciclo, 10kHz)
C-2785	Blanco			8000/10000	15	3.7 (@20mA) (*)	20 / 20	5.0	100 (1/10ciclo, 10kHz)

Notas: **Soldadura:** 260°C (máximo 3 segundos), soldador de 30W, distancia mínima a la cápsula = 2mm.

Montaje: No doblar los terminales a ras de la cápsula. Para doblarlos, sujetarlos con una alicata por el lado de la cápsula para evitar roturas o fisuras. No cortar los terminales a menos de 3mm de la cápsula.

Corriente I_f (mA): En primer lugar se indica la corriente recomendada y en segundo lugar la máxima admisible.

Brillo: La intensidad luminosa disminuye con la temperatura. Se recomienda no sobrepasar los 50°C, si ello fuera necesario hay que disminuir la corriente (temperatura max.=85°C)

Para obtener un brillo uniforme en un conjunto de Leds, es necesario conectarlos todos a la misma corriente (todos en serie).

Para un funcionamiento estable del Led colocar siempre una resistencia protectora en serie ($R = \frac{V_b - V_f}{I_f}$).

(*) **Led de Luz blanca:** tensión mínima: 2.8V; típica: 3.7V; máxima: 4.2V

PRECAUCIÓN.



No mire nunca directamente, a corta distancia, los leds cuando estén iluminados.
Pueden provocar graves daños a los ojos.