



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

Facultad de Ciencias

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO TEMAS SELECTOS DE ELECTRÓNICA

Asignatura: Temas Selectos de Electrónica

Área: Básica – Nanotecnología y Energías Renovables

Modalidad: Presencial

Autores:

Dr. Gerardo Vázquez Guzmán

Dr. Eleazar Samuel Kolosovas Machuca

Dra. Ma. del Carmen Rodríguez Aranda

Dr. Erick Osvaldo Martínez Ruiz

Semestre: Cuarto semestre

Año: 2026

Índice general

1. Prefacio	4
2. Estructura del manual	5
2.1. Prácticas del curso	5
3. Objetivos de la guía de prácticas	6
3.1. Objetivo general	6
3.2. Objetivos específicos	6
3.3. Competencias que se desarrollan	6
4. Pertinencia general del manual	8
5. Normas de seguridad, conducta y operación en el laboratorio	9
5.1. Disposiciones generales	9
5.2. Normas de conducta	9
5.3. Responsabilidades del estudiante	10
5.4. Higiene y orden	10
5.5. Protocolos de emergencia	10
5.6. Sanciones	11
6. Criterios de evaluación sugeridos	12
6.1. Preparación previa de la práctica (20 %)	12
6.2. Desarrollo experimental (25 %)	12
6.3. Registro y análisis de resultados (25 %)	12
6.4. Reporte de la práctica (30 %)	13
7. Estructura sugerida del reporte de practica de laboratorio	14
7.1. Portada	14
7.2. Introducción	14
7.3. Objetivo	15
7.4. Desarrollo	15
7.5. Resultados	15
7.6. Hojas de datos	15
7.7. Conclusiones	15
7.8. Bibliografía	16
7.9. Consideraciones	16



8. Descripción de las prácticas de laboratorio	17
Práctica 1: Caracterización experimental de componentes y señales mediante instrumentos de medición	18
Práctica 2: Implementación y validación de circuitos en corriente directa	24
Práctica 3: Validación experimental de las leyes de Kirchhoff	29
Práctica 4: Respuesta transitoria del circuito RC	35
Práctica 5: Implementación y análisis de circuitos lógicos combinacionales	41
Práctica 6: Implementación y validación experimental de un circuito básico usando diodos rectificadores (Parte 1)	46
Práctica 7: Implementación y validación experimental de un circuito básico usando diodos rectificadores (Parte 2)	50
Práctica 8: Conmutación de un dispositivo semiconductor controlado (Parte 1)	54
Práctica 9: Conmutación de un dispositivo semiconductor controlado (Parte 2)	59
Práctica 10: Modulador senoidal PWM	64



Índice de figuras

1.1. Instrumentos de medición (a) Multímetro digital y (b) Generador de funciones analógicas	20
1.2. Instrumentos de medición (a) Medidor de inductancia-capacitancia y resistencia LCR y (b) Osciloscopio digital	21
2.1. Configuraciones de resistencias	27
3.1. Circuitos para validación experimental de las leyes de Kirchhoff. (a) Ley de Corrientes de Kirchhoff y (b) Ley de Voltajes de Kirchhoff.	32
4.1. Circuito RC en serie	39
5.1. Circuito lógico correspondiente a la función $F = (A \cdot B) + \overline{C}$	44
6.1. Circuito rectificador monofásico de onda completa con carga resistiva	49
7.1. Rectificador de onda completa con filtro.	53
8.1. Fuente de alimentación aislada para driver	58
8.2. Circuito de accionamiento del opto-driver HCPL-3120	58
9.1. Circuito simplificado para el accionamiento de un MOSFET	62
10.1. Circuito modulador senoidal PWM	67



1. Prefacio

El presente manual de prácticas ha sido elaborado con el propósito de apoyar el proceso de formación de los estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería en Nanotecnología y Energías Renovables de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, en el marco de la asignatura Temas Selectos de Electrónica. Este documento integra una serie de actividades experimentales diseñadas para fortalecer la comprensión de los principios fundamentales de la electrónica, así como su aplicación en el análisis y desarrollo de circuitos utilizados en distintos contextos científicos y tecnológicos. A través de la implementación, simulación y evaluación de circuitos electrónicos, se busca que el estudiante establezca una relación directa entre los conceptos teóricos revisados en clase y su aplicación práctica en el laboratorio. Las prácticas propuestas se encuentran alineadas con el plan de estudios vigente del programa educativo, el cual promueve el desarrollo de competencias profesionales orientadas a la comprensión, análisis y aplicación de conocimientos científicos básicos, así como al uso de herramientas experimentales para la resolución de problemas. Asimismo, este manual fomenta el uso del método científico mediante la observación, experimentación, análisis de datos y formulación de conclusiones. Contribuye al desarrollo de competencias experimentales, pensamiento crítico y habilidades de análisis, fundamentales para la formación de ingenieros capaces de enfrentar problemas reales en el ámbito científico y tecnológico.



2. Estructura del manual

2.1. Prácticas del curso

Las prácticas incluidas en esta guía son las siguientes:

- **Práctica 1. Caracterización experimental de componentes y señales mediante instrumentos de medición:** Uso de multímetro, medidor LCR, generador de funciones y osciloscopio para la caracterización de componentes pasivos y análisis de señales eléctricas.
- **Práctica 2. Implementación y validación de circuitos en corriente directa:** Diseño, simulación e implementación experimental de circuitos eléctricos en serie y paralelo utilizando resistencias y fuentes de alimentación de corriente directa.
- **Práctica 3. Validación experimental de las leyes de Kirchhoff:** Verificación experimental de las leyes de corrientes y voltajes mediante medición en circuitos resistivos.
- **Práctica 4. Respuesta transitoria del circuito RC:** Diseño, simulación e implementación de un circuito RC para analizar su comportamiento temporal.
- **Práctica 5. Implementación y análisis de circuitos lógicos combinacionales:** Diseño e implementación de circuitos digitales a partir de funciones booleanas.
- **Práctica 6. Implementación y validación experimental de un circuito básico usando diodos rectificadores (Parte 1):** Diseño e implementación de un rectificador de onda completa con carga resistiva.
- **Práctica 7. Implementación y validación experimental de un circuito básico usando diodos rectificadores (Parte 2):** Análisis experimental del rectificador mediante mediciones de laboratorio.
- **Práctica 8. Conmutación de un dispositivo semiconductor controlado (Parte 1):** Implementación del accionamiento de un dispositivo tipo IGBT.
- **Práctica 9. Conmutación de un dispositivo semiconductor controlado (Parte 2):** Integración y análisis del sistema de accionamiento de potencia.
- **Práctica 10. Modulador senoidal PWM:** Análisis e implementación de un modulador de ancho de pulso senoidal.



3. Objetivos de la guía de prácticas

3.1. Objetivo general

Introducir al estudiante en el estudio y aplicación de los principios fundamentales de la electrónica mediante actividades experimentales orientadas al análisis, diseño e implementación de circuitos electrónicos.

3.2. Objetivos específicos

- Fortalecer la comprensión de fenómenos eléctricos y electrónicos mediante experimentación y simulación.
- Relacionar la teoría con la práctica en laboratorio.
- Analizar el funcionamiento de circuitos electrónicos en distintas aplicaciones.
- Fomentar el uso del método científico.
- Desarrollar habilidades en el uso de instrumentos de medición.

3.3. Competencias que se desarrollan

Durante el desarrollo de las prácticas, el estudiante fortalecerá las siguientes competencias:

- **Observación:** Identificación y análisis de fenómenos eléctricos y electrónicos mediante el uso de instrumentos de laboratorio.
- **Clasificación:** Organización y análisis sistemático de la información obtenida durante las prácticas.
- **Comunicación:** Presentación clara y estructurada de resultados experimentales y su interpretación.
- **Medición:** Uso adecuado de instrumentos de medición y herramientas de simulación para determinar variables eléctricas relevantes.
- **Uso de símbolos y modelos:** Representación de fenómenos físicos mediante variables, ecuaciones y diagramas eléctricos.



- **Control de variables:** Identificación de los factores que influyen en el comportamiento de los circuitos electrónicos durante la simulación y experimentación.
- **Diseño experimental:** Planeación y ejecución de procedimientos experimentales para analizar sistemas o validar hipótesis.
- **Formulación de modelos:** Construcción de representaciones que permitan describir el comportamiento de los sistemas electrónicos estudiados.
- **Interpretación de datos:** Análisis de resultados experimentales y su relación con los fundamentos teóricos.
- **Pensamiento crítico:** Planteamiento de preguntas y análisis de posibles explicaciones a partir de la evidencia experimental.

Las prácticas se encuentran organizadas en diferentes secciones. Cada una incluye un objetivo específico, una descripción general de la actividad y el procedimiento experimental que el estudiante deberá seguir. En algunos casos se plantea también el desarrollo de un problema o proyecto integrador, con el propósito de aplicar los conocimientos adquiridos durante el curso.



4. Pertinencia general del manual

El presente manual de prácticas es pertinente para la formación del estudiante de Ingeniería en Nanotecnología y Energías Renovables porque articula fundamentos teóricos de la electrónica con actividades de análisis, simulación, implementación experimental y validación de resultados, lo que fortalece competencias científicas básicas, uso de instrumentación y resolución de problemas técnicos en laboratorio. Su estructura responde al propósito del curso de introducir al estudiante en el análisis, diseño e implementación de circuitos electrónicos, promoviendo además observación, medición, interpretación de datos, control de variables y pensamiento crítico. En términos del perfil de egreso, este manual contribuye directamente a que el alumno comprenda y aplique conocimientos científicos fundamentales, desarrolle capacidades para evaluar sistemas vinculados con la conversión y control de energía, y adquiera bases técnicas que posteriormente puede transferir al análisis de dispositivos, sistemas electrónicos y tecnologías asociadas con energías renovables y nanotecnología.



5. Normas de seguridad, conducta y operación en el laboratorio

El trabajo experimental en laboratorios de electrónica implica el uso de equipos eléctricos, instrumentos de medición y dispositivos electrónicos que requieren ser manipulados de manera responsable, segura y bajo normas establecidas. El cumplimiento de las siguientes disposiciones tiene como finalidad prevenir accidentes, proteger a los estudiantes y garantizar el correcto funcionamiento de los equipos.

5.1. Disposiciones generales

Antes de iniciar cualquier actividad experimental, el estudiante deberá:

- Familiarizarse con el funcionamiento de los equipos e instrumentos a utilizar.
- Conocer el procedimiento experimental correspondiente.
- Identificar los riesgos asociados a la práctica.

Durante el desarrollo de las prácticas, el estudiante deberá:

- Verificar cuidadosamente todas las conexiones antes de energizar el circuito.
- No manipular circuitos energizados.
- No exceder los límites de operación de los dispositivos.
- Desconectar la fuente de alimentación antes de realizar modificaciones.
- Utilizar correctamente los instrumentos de medición.
- Mantener el área de trabajo ordenada.
- No consumir alimentos o bebidas.
- Reportar cualquier anomalía al profesor.

5.2. Normas de conducta

- Seguir en todo momento las indicaciones del profesor o responsable del laboratorio.
- No realizar prácticas no autorizadas.



- Evitar conductas que pongan en riesgo la seguridad propia o de terceros.
- Respetar el uso compartido del equipo e instalaciones.

5.3. Responsabilidades del estudiante

- Utilizar adecuadamente el equipo asignado.
- Cuidar los instrumentos y materiales del laboratorio.
- Registrar correctamente los datos experimentales.
- Reportar daños o fallas en los equipos.
- Cumplir con los protocolos de seguridad establecidos.
- No incurrir en actos de indisciplina tales como interrumpir constantemente la sesión experimental, distraer a los compañeros de clase, no obedecer a los responsables del laboratorio, no respetar el manual de procedimientos, etc.

5.4. Higiene y orden

- Mantener limpia el área de trabajo antes, durante y después de la práctica.
- Evitar el uso de accesorios que puedan interferir con el trabajo.
- Mantener los cables organizados para prevenir accidentes.
- Depositar los residuos en los espacios designados.

5.5. Protocolos de emergencia

En caso de presentarse una situación de riesgo:

- **Corte eléctrico:** Desconectar inmediatamente la fuente de alimentación principal.
- **Falla de equipo:** Suspender la práctica y notificar al responsable.
- **Descarga eléctrica:** No tocar directamente a la persona afectada; cortar la energía y solicitar apoyo inmediato.
- **Incendio:** Utilizar el extintor correspondiente y evacuar si es necesario.
- **Evacuación:** Seguir las rutas de evacuación establecidas y dirigirse al punto de reunión.

Es obligatorio que los estudiantes identifiquen previamente:



- Rutas de evacuación.
- Ubicación de extintores.
- Interruptores de emergencia.

5.6. Sanciones

El incumplimiento de las normas anteriores podrá derivar en:

- Amonestación verbal.
- Primera amonestación escrita y suspensión del servicio de forma temporal. El periodo podrá ir de un día, una semana, un mes o hasta por un semestre.
- Segunda amonestación escrita y suspensión del servicio de forma indefinida.
- Cumplimiento de alguna actividad de apoyo al laboratorio.
- Cualquier otra que dictamine el director de la Facultad según los lineamientos establecidos por el Estatuto Orgánico.

En casos graves, se aplicarán las disposiciones institucionales vigentes.



6. Criterios de evaluación sugeridos

El desempeño del estudiante durante las prácticas de laboratorio será evaluado considerando tanto el trabajo realizado durante la sesión experimental como la calidad del reporte entregado posteriormente. La evaluación tiene como objetivo valorar la comprensión de los conceptos teóricos, la correcta implementación de los circuitos, el manejo adecuado del equipo de laboratorio y la capacidad de análisis de los resultados obtenidos.

La calificación de cada práctica se asignará con base en los siguientes criterios:

6.1. Preparación previa de la práctica (20 %)

Se evaluará que el estudiante llegue al laboratorio con los conocimientos necesarios para desarrollar la práctica. Esto incluye:

- Revisión del fundamento teórico correspondiente.
- Realización de los cálculos teóricos previos.
- Comprensión del procedimiento experimental.

6.2. Desarrollo experimental (25 %)

Se evaluará el desempeño del estudiante durante la realización de la práctica, considerando:

- Correcta implementación de los circuitos.
- Uso adecuado de los instrumentos de medición.
- Orden y organización en el área de trabajo.
- Cumplimiento de las normas de seguridad del laboratorio.

6.3. Registro y análisis de resultados (25 %)

Se evaluará la calidad de los datos obtenidos durante la práctica y su análisis, considerando:

- Registro claro y ordenado de mediciones.
- Comparación entre resultados teóricos, simulados y experimentales.



- Interpretación correcta de los resultados obtenidos.

6.4. Reporte de la práctica (30 %)

El reporte deberá presentarse de manera clara, ordenada y bien estructurada. Se evaluarán los siguientes aspectos:

- Claridad en la redacción y organización del documento.
- Presentación adecuada de tablas, gráficas y figuras.
- Análisis crítico de los resultados experimentales.
- Calidad de las conclusiones.
- Uso correcto de referencias bibliográficas.

Consideraciones adicionales:

- Los reportes deberán entregarse en la fecha indicada por el profesor.
- Los reportes que presenten información incompleta o copiada de otros trabajos podrán ser anulados.
- La participación activa y el trabajo colaborativo durante la sesión de laboratorio también podrán ser considerados dentro de la evaluación.



7. Estructura sugerida del reporte de practica de laboratorio

El reporte de laboratorio constituye un documento técnico en el que el estudiante presenta de manera organizada el procedimiento experimental realizado, los resultados obtenidos y el análisis correspondiente. Su elaboración permite desarrollar habilidades de comunicación científica, así como la capacidad de interpretar y discutir resultados experimentales. Cada reporte deberá elaborarse de manera clara, ordenada y siguiendo la estructura que se describe a continuación.

7.1. Portada

La portada deberá incluir la siguiente información:

- Nombre de la institución.
- Facultad o programa académico.
- Nombre de la asignatura.
- Título de la práctica.
- Nombre del estudiante o integrantes del equipo.
- Nombre del profesor.
- Fecha de realización de la práctica.
- Fecha de entrega del reporte.

7.2. Introducción

En esta sección se debe presentar brevemente el contexto teórico de la práctica, describiendo los conceptos principales que justifican el experimento realizado. La introducción debe permitir comprender la importancia del fenómeno estudiado y su aplicación en sistemas electrónicos.



7.3. Objetivo

Se debe indicar de manera clara y concisa el propósito de la práctica, especificando qué fenómeno o principio se busca analizar o verificar experimentalmente.

7.4. Desarrollo

En esta sección se describe el procedimiento seguido durante la práctica, incluyendo:

- Análisis teórico del circuito.
- Procedimiento de simulación.
- Procedimiento experimental.
- Diagramas o esquemas de los circuitos implementados.

Los circuitos deberán presentarse mediante diagramas elaborados en software especializado.

7.5. Resultados

En esta sección se deben presentar los datos obtenidos durante la simulación y la experimentación. Los resultados deberán organizarse mediante tablas, gráficas o capturas de las señales observadas en los instrumentos de medición. Incluir las respuestas a las preguntas de análisis.

7.6. Hojas de datos

Se deberán anexar las hojas de datos de los dispositivos electrónicos utilizados en la práctica, tales como diodos, transistores, opto-drivers u otros componentes relevantes.

7.7. Conclusiones

En esta sección el estudiante deberá discutir los resultados obtenidos, indicando:

- Si los resultados experimentales concuerdan con el análisis teórico.
- las posibles fuentes de error experimental.
- la importancia del experimento realizado para el análisis de circuitos electrónicos.



7.8. Bibliografía

Se deberán incluir las referencias bibliográficas utilizadas para el desarrollo del reporte, utilizando un formato de citación adecuado (por ejemplo, APA, 7ª edición).

7.9. Consideraciones

- El reporte debe redactarse utilizando lenguaje técnico claro y preciso.
- Todas las figuras deben contar con numeración y pie de figura.
- Las tablas y gráficas deben estar correctamente identificadas.
- Las unidades de medida deben expresarse utilizando el Sistema Internacional (SI).



8. Descripción de las prácticas de laboratorio



Práctica 1: Caracterización experimental de componentes y señales mediante instrumentos de medición

Lugar de realización: Laboratorio de energías renovables, Facultad de Ciencias, UASLP

Fecha de realización: _____

Fecha de entrega: _____

Nombre del estudiante(s): _____

- **Unidad del programa:** Instrumentos de medición
- **Tema:** Manejo y aplicación de instrumentos de medición para el análisis de componentes y señales eléctricas
- **Competencia asociada:** Utilizar instrumentos de medición y diagnóstico en electrónica para identificar, medir y analizar parámetros críticos en circuitos y sistemas electrónicos
- **Tiempo estimado:** 1-2 horas
- **Modalidad:** Individual y/o grupal

Introducción

El manejo adecuado de instrumentos de medición constituye una competencia fundamental en la formación del ingeniero, ya que permite obtener información confiable sobre el comportamiento de componentes y circuitos electrónicos. En esta práctica se trabajará con instrumentos básicos de laboratorio, tales como el multímetro digital, el medidor LCR, el generador de funciones y el osciloscopio, con el propósito de identificar parámetros eléctricos de resistencias, capacitores e inductores, así como analizar señales eléctricas en el dominio del tiempo. A través de la comparación entre valores nominales, medidos y observados experimentalmente, el estudiante fortalecerá sus habilidades de diagnóstico, interpretación de resultados y uso correcto del equipo de medición.

Objetivo

Aplicar instrumentos de medición electrónica para caracterizar componentes pasivos y analizar señales eléctricas, comparando resultados nominales, teóricos y experimentales obtenidos mediante el multímetro, el medidor LCR, el generador de funciones y el osciloscopio.



Objetivos didácticos

Al finalizar la práctica, el estudiante será capaz de:

- Utilizar correctamente el multímetro para medir resistencia, voltaje y corriente.
- Utilizar el medidor LCR para determinar capacitancia e inductancia de componentes pasivos.
- Configurar un generador de funciones para producir señales senoidales, cuadradas y triangulares.
- Utilizar el osciloscopio para medir amplitud, periodo y frecuencia de señales eléctricas.
- Comparar valores nominales y experimentales de componentes y señales.
- Interpretar discrepancias entre resultados esperados y observados.

Pertinencia de la práctica

Esta práctica es pertinente porque responde de manera directa a la necesidad de que el estudiante adquiera habilidades prácticas en el manejo de instrumentos de medición y diagnóstico en electrónica. Desde el punto de vista académico, fortalece la comprensión de parámetros eléctricos fundamentales y la relación entre teoría, medición e interpretación experimental. Desde el punto de vista profesional, resulta indispensable para el diagnóstico de circuitos, validación de prototipos, caracterización de dispositivos y análisis de sistemas electrónicos empleados en aplicaciones de ingeniería, nanotecnología y energías renovables.

Fundamento teórico

Los instrumentos de medición permiten cuantificar variables eléctricas y caracterizar componentes y señales en circuitos electrónicos.

El multímetro digital puede operar como voltímetro, amperímetro y óhmetro, permitiendo medir variables eléctricas básicas. Para una resistencia individual, la relación entre voltaje, corriente y resistencia está dada por la Ley de Ohm (0.1):

$$V = IR \quad (0.1)$$

El medidor LCR permite determinar parámetros de componentes pasivos, tales como resistencia R , inductancia L y capacitancia C , mediante técnicas internas de excitación y medición.

El generador de funciones permite producir señales periódicas de distintas formas de onda, entre ellas senoidal, cuadrada y triangular. Una señal senoidal puede describirse como (0.2):

$$v(t) = V_p \sin(2\pi ft) \quad (0.2)$$

donde V_p es la amplitud pico y f la frecuencia.



El osciloscopio permite visualizar señales eléctricas en función del tiempo y medir parámetros como amplitud, periodo y frecuencia. La frecuencia se relaciona con el periodo mediante (0.3):

$$f = \frac{1}{T} \quad (0.3)$$

En esta práctica se utilizarán estos instrumentos para caracterizar componentes pasivos y analizar señales eléctricas generadas experimentalmente.

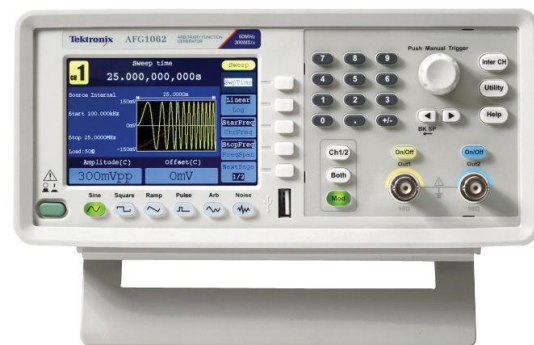
Materiales y equipo

Cantidad	Descripción
1	Protoboard
1	Multímetro digital
1	Medidor LCR
1	Generador de funciones
1	Osciloscopio digital
1	Resistencia de $1\text{ k}\Omega$
1	Resistencia de $4,7\text{ k}\Omega$
1	Capacitor entre 100 nF y $1\text{ }\mu\text{F}$
1	Inductor entre 1 mH y 10 mH
1	Fuente de alimentación DC (opcional)
—	Cables de conexión y puntas de prueba

Los instrumentos a utilizar son como los que se muestran en las Figuras 1.1 y 1.2 (estos pueden variar dependiendo del laboratorio en el que se desarrolle la practica).



(a)



(b)

Figura 1.1: Instrumentos de medición (a) Multímetro digital y (b) Generador de funciones análogicas



(a)



(b)

Figura 1.2: Instrumentos de medición (a) Medidor de inductancia-capacitancia y resistencia LCR y (b) Osciloscopio digital

Procedimiento

- Identifique los valores nominales de la resistencia, capacitor e inductor a utilizar en la práctica.
- Mida experimentalmente las resistencias con el multímetro en modo óhmetro y registre los valores.
- Mida la capacitancia y la inductancia con el medidor LCR y registre los valores obtenidos (leer previamente el manual de usuario del instrumento).
- Compare los valores medidos con los valores nominales de cada componente.
- Configure el generador de funciones para producir una señal senoidal de 1 kHz y amplitud de 2 V_{pp} (leer previamente el manual de usuario del instrumento).
- Conecte la salida del generador al osciloscopio y observe la señal en pantalla.
- Mida con el osciloscopio el voltaje pico a pico, el periodo y la frecuencia de la señal senoidal (leer previamente el manual de usuario del instrumento).
- Repita el procedimiento para una señal cuadrada y una señal triangular, manteniendo la misma frecuencia nominal.
- Registre para cada señal la amplitud, el periodo y la frecuencia observada.
- Conecte una resistencia conocida a la salida del generador y verifique con el multímetro el voltaje RMS de la señal, si el instrumento lo permite.
- Compare los valores configurados en el generador con los valores observados en el osciloscopio y medidos experimentalmente.
- Analice posibles discrepancias debidas a tolerancia de componentes, precisión de los instrumentos, calibración o configuración incorrecta.

Registro de resultados y análisis



El estudiante deberá:

- Presentar tablas comparativas entre valores nominales y experimentales de los componentes.
- Registrar parámetros medidos de las señales generadas.
- Comparar valores configurados y observados en el osciloscopio.
- Identificar posibles fuentes de error experimental.
- Interpretar el comportamiento de los instrumentos utilizados.



Resultados

Complete las siguientes tablas con los valores obtenidos.

Valores de componentes pasivos

Componente	Valor nominal	Instrumento	Valor medido
Resistencia 1		Multímetro	
Resistencia 2		Multímetro	
Capacitor		Medidor LCR	
Inductor		Medidor LCR	

Parámetros de señales generadas

Tipo de señal	Frecuencia configurada	Frecuencia medida	V_{pp} configurado	V_{pp} medido
Senoidal				
Cuadrada				
Triangular				

Parámetros temporales observados en osciloscopio

Tipo de señal	Periodo medido	Frecuencia calculada a partir de T	Observaciones
Senoidal			
Cuadrada			
Triangular			

Preguntas de análisis

Responda de manera clara y fundamentada las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Qué diferencias observa entre los valores nominales y los valores medidos de los componentes pasivos?
- 2.- ¿Qué ventajas ofrece el medidor LCR respecto al multímetro en la caracterización de componentes?
- 3.- ¿Coinciden los valores de frecuencia y amplitud configurados en el generador con los medidos en el osciloscopio?
- 4.- ¿Qué factores pueden explicar discrepancias entre la señal configurada y la señal observada experimentalmente?
- 5.- ¿Por qué es importante seleccionar adecuadamente la escala y la configuración de cada instrumento antes de realizar una medición?



Conclusiones

Redacte una conclusión breve en la que se discuta:

- La utilidad del multímetro, medidor LCR, generador de funciones y osciloscopio en el análisis de circuitos.
- La relación entre valores nominales, configurados y medidos experimentalmente
- Las principales fuentes de error experimental.
- La importancia del manejo correcto de instrumentos de medición en la formación del ingeniero.

Bibliografía básica

Pallás Areny, R. (2007). *Instrumentos electrónicos básicos*. Alfaomega Marcombo.

Doebelin, E. O. (2005). *Sistemas de medición e instrumentación: Diseño y aplicación* (5.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Bibliografía complementaria

Pérez García, M. A., Álvarez Antón, J. C., Campo Rodríguez, J. C., Ferrero Martín, F. J., & Grillo Ortega, G. J. (2004). *Instrumentación electrónica*. Thomson.

Helfrick, A. D., & Cooper, W. D. (1991). *Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición*. Prentice Hall.



Práctica 2: Implementación y validación de circuitos en corriente directa

Lugar de realización: Laboratorio de energías renovables, Facultad de Ciencias, UASLP

Fecha de realización: _____

Fecha de entrega: _____

Nombre del estudiante(s): _____

- **Unidad del programa:** Fundamentos de circuitos eléctricos
- **Tema:** Análisis de circuitos en serie y paralelo en corriente directa
- **Competencia asociada:** Analizar circuitos eléctricos utilizando leyes fundamentales
- **Tiempo estimado:** 1–2 horas
- **Modalidad:** Individual y/o grupal

Introducción

Los circuitos eléctricos en corriente directa constituyen la base del análisis de sistemas electrónicos. En esta práctica se estudia el comportamiento de arreglos resistivos en configuraciones serie y paralelo, los cuales permiten comprender la distribución de voltaje, corriente y potencia en un circuito. A través del análisis teórico, la simulación y la implementación experimental, se busca validar la Ley de Ohm y establecer la relación entre los modelos matemáticos y las mediciones reales.

Objetivo

Diseñar, simular e implementar circuitos resistivos en serie y paralelo con el fin de verificar experimentalmente las relaciones entre corriente, voltaje y potencia en circuitos de corriente directa.

Objetivos didácticos

Al finalizar la práctica, el estudiante será capaz de:

- Interpretar el comportamiento de circuitos resistivos en configuraciones serie y paralelo.
- Relacionar la Ley de Ohm con mediciones experimentales.
- Utilizar el multímetro para medición de voltaje, corriente y resistencia.



- Evaluar discrepancias entre resultados teóricos, simulados y experimentales.

Pertinencia de la práctica

Esta práctica es pertinente porque proporciona la base conceptual y experimental para el análisis de circuitos eléctricos en corriente directa, indispensable en la formación académica del estudiante y en su desempeño posterior en sistemas electrónicos más complejos. El trabajo con arreglos resistivos en serie y paralelo, junto con la validación de la Ley de Ohm y el uso del multímetro, permite desarrollar criterios de medición, interpretación y comparación entre resultados teóricos, simulados y experimentales. Profesionalmente, esta competencia resulta necesaria para diagnosticar, montar y verificar circuitos elementales presentes en fuentes, sensores, etapas de acondicionamiento y sistemas electrónicos de apoyo usados en aplicaciones energéticas y tecnológicas.

Fundamento teórico

Los circuitos eléctricos de corriente directa pueden analizarse mediante la Ley de Ohm (0.4) y las relaciones de asociación de resistencias en serie y paralelo.

Para una resistencia individual se cumple:

$$V = IR \quad (0.4)$$

donde V es el voltaje, I la corriente y R la resistencia.

En un arreglo en serie, la resistencia equivalente se calcula como:

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (0.5)$$

En un arreglo en paralelo, la resistencia equivalente se calcula como:

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (0.6)$$

En esta práctica se verificarán estas relaciones mediante cálculos teóricos, simulaciones y mediciones experimentales.

Materiales y equipo

Cantidad	Descripción
1	Protoboard
4	Resistencias entre 1 kΩ y 100 kΩ
1	Fuente de alimentación DC (5–20 V)
1	Multímetro digital



—	Cables de conexión
---	--------------------

Procedimiento

- Calcule teóricamente las corrientes, voltajes y potencias de los circuitos mostrados en las Figuras 2.1(a) y 2.1(b).
- Simule los circuitos utilizando PSIM o un software equivalente.
- Mida experimentalmente el valor de las resistencias utilizando el multímetro.
- Implemente los circuitos en la protoboard.
- Conecte la fuente de alimentación y mida el voltaje en cada resistencia.
- Mida la corriente eléctrica que circula en cada elemento del circuito (conecte correctamente el amperímetro).
- Calcule la potencia disipada en cada resistencia utilizando los valores medidos.
- Compare los resultados teóricos, simulados y experimentales.

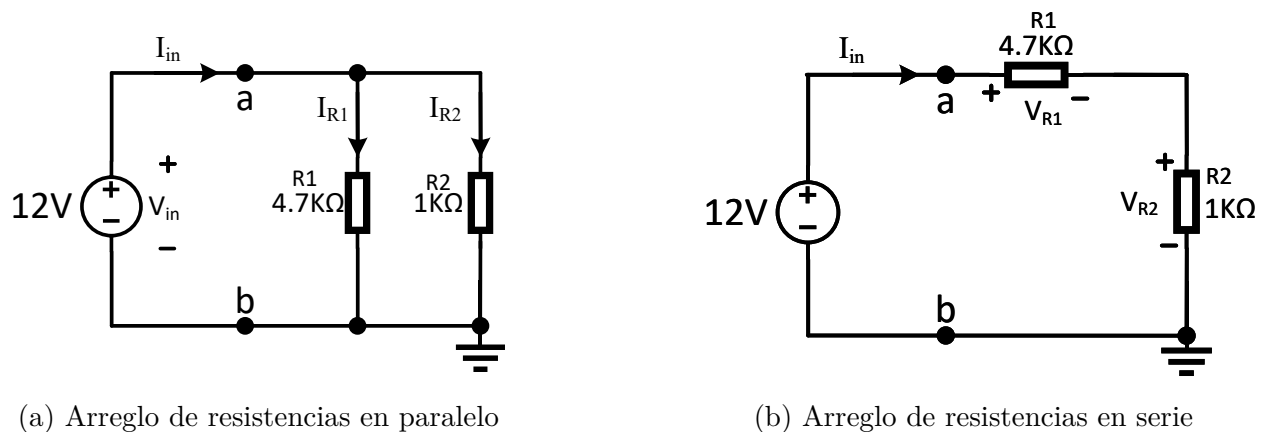


Figura 2.1: Configuraciones de resistencias

Registro de resultados y análisis

El estudiante deberá:

- Presentar tablas comparativas de valores teóricos, simulados y experimentales.
- Verificar el cumplimiento de la Ley de Ohm.
- Analizar el efecto de la tolerancia de resistencias.
- Discutir fuentes de error (contacto, instrumento, conexiones).



Resultados

Complete las siguientes tablas con los valores obtenidos.

Valores de resistencias

Resistencia	Valor nominal	Valor medido
R1		
R2		
R3		
R4		

Resultados del circuito en serie

Variable	Teórico	Simulación	Experimental
Corriente total			
Voltaje R1			
Voltaje R2			
Voltaje R3			

Resultados del circuito en paralelo

Variable	Teórico	Simulación	Experimental
Corriente total			
Corriente R1			
Corriente R2			
Corriente R3			

Preguntas de análisis

Responda de manera clara y fundamentada las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Se cumple la Ley de Ohm con los valores medidos experimentalmente?
- 2.- Compare los resultados teóricos, simulados y experimentales obtenidos en la práctica.
- 3.- ¿Qué factores pueden explicar las diferencias entre los valores teóricos y los resultados experimentales?
- 4.- ¿Cómo influye la tolerancia de las resistencias en los resultados obtenidos?

Conclusiones

Redacte una conclusión breve en la que se discuta:

- Si las relaciones teóricas analizadas se verifican experimentalmente.
- Las principales fuentes de error experimental.



- La importancia del análisis experimental de circuitos eléctricos para la validación de los modelos teóricos.

Bibliografía básica

Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2017). *Fundamentos de circuitos eléctricos* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2018). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos* (11.^a ed.). Pearson.

González Bernaldo de Quirós, J. (2014). *Ingeniería electrónica* (7.^a ed.). Bellisco Ediciones Técnicas y Científicas.

Bibliografía complementaria

Nilsson, J. W., & Riedel, S. A. (2020). *Electric circuits* (11th ed.). Pearson.

Horowitz, P., & Hill, W. (2015). *The art of electronics* (3rd ed.). Cambridge University Press.



Práctica 3: Validación experimental de las leyes de Kirchhoff

Lugar de realización: Laboratorio de energías renovables, Facultad de Ciencias, UASLP

Fecha de realización: _____

Fecha de entrega: _____

Nombre del estudiante(s): _____

- **Unidad 2 del programa:** Fundamentos de circuitos eléctricos
- **Tema:** Análisis de circuitos en serie y paralelo en corriente directa
- **Competencia asociada:** Analizar circuitos eléctricos utilizando leyes fundamentales
- **Tiempo estimado:** 1–2 horas
- **Modalidad:** Individual y/o grupal

Introducción

Las leyes de Kirchhoff son fundamentales para el análisis de circuitos eléctricos complejos, ya que permiten describir la conservación de la carga y la energía en sistemas eléctricos. En esta práctica se analiza el comportamiento de corrientes y voltajes en nodos y mallas, mediante la comparación entre resultados teóricos, simulados y experimentales. Esto permite evaluar la validez de los modelos eléctricos y comprender las limitaciones que surgen en sistemas reales.

Objetivo

Verificar experimentalmente las leyes de corrientes y voltajes de Kirchhoff mediante el análisis, simulación e implementación de circuitos resistivos en corriente directa.

Objetivos didácticos

Al finalizar la práctica, el estudiante será capaz de:

- Comprender la conservación de carga y energía en circuitos eléctricos.
- Aplicar las leyes de Kirchhoff en circuitos reales.
- Medir corrientes y voltajes en nodos y mallas.
- Evaluar la validez experimental de modelos teóricos.



Pertinencia de la práctica

La pertinencia de esta práctica radica en que fortalece uno de los pilares del análisis de circuitos eléctricos: la conservación de carga y energía en nodos y mallas. Académicamente, permite que el estudiante comprenda que los modelos eléctricos no son solo formulaciones abstractas, sino herramientas verificables experimentalmente. Profesionalmente, esta práctica es fundamental para el análisis, diseño y diagnóstico de circuitos presentes en equipos de medición, acondicionamiento de señal, fuentes de alimentación y sistemas de conversión de energía, ya que el dominio de las leyes de Kirchhoff es imprescindible para identificar fallas, estimar variables eléctricas y justificar decisiones técnicas en sistemas reales.

Fundamento teórico

Las leyes de Kirchhoff constituyen una de las herramientas fundamentales para el análisis de circuitos eléctricos. Estas leyes se basan en los principios de conservación de carga y conservación de energía.

Ley de Corrientes de Kirchhoff (LCK)

La Ley de Corrientes de Kirchhoff establece que la suma algebraica de las corrientes que entran y salen de un nodo es igual a cero. Esta ley se deriva del principio de conservación de la carga eléctrica y permite analizar la distribución de corrientes en circuitos con múltiples ramas.

Ley de Voltajes de Kirchhoff (LVK)

La Ley de Voltajes de Kirchhoff establece que la suma algebraica de las diferencias de potencial alrededor de cualquier malla cerrada es igual a cero. Esta ley se basa en el principio de conservación de la energía y permite analizar las caídas de voltaje en los distintos elementos de un circuito.

En esta práctica se comprobará experimentalmente el cumplimiento de ambas leyes mediante cálculos teóricos, simulaciones y mediciones experimentales.

Materiales y equipo

Cantidad	Descripción
1	Protoboard
3	Resistencias de 1 k Ω
1	Resistencia de 4.7 k Ω
1	Resistencia de 330 Ω
1	Resistencia de 470 Ω
1	Fuente de alimentación DC (12 V)
1	Multímetro digital
—	Cables de conexión



Procedimiento

- Realice el análisis teórico de los circuitos mostrados en las Figuras 3.1(a) y 3.1(b) utilizando las leyes de Kirchhoff.
- Determine las corrientes, voltajes y potencias en cada elemento del circuito.
- Simule los circuitos utilizando PSIM o un software equivalente empleando los valores de resistencias indicados.
- Mida experimentalmente el valor real de todas las resistencias utilizando el multímetro y registre los valores en una tabla comparativa.
- Implemente el circuito mostrado en la Figura 3.1(a) en la protoboard.
- Conecte la fuente de alimentación y mida la corriente total suministrada por la fuente y las corrientes que circulan por cada rama del circuito.
- Verifique experimentalmente que se cumple la Ley de Corrientes de Kirchhoff (LCK) en el nodo correspondiente.
- Implemente el circuito mostrado en la Figura 3.1(b).
- Conecte la fuente de alimentación y mida las diferencias de potencial eléctrico en cada resistencia.
- Verifique experimentalmente que se cumple la Ley de Voltajes de Kirchhoff (LVK).
- Registre todos los valores experimentales y compárelos con los resultados obtenidos mediante simulación y cálculo teórico.

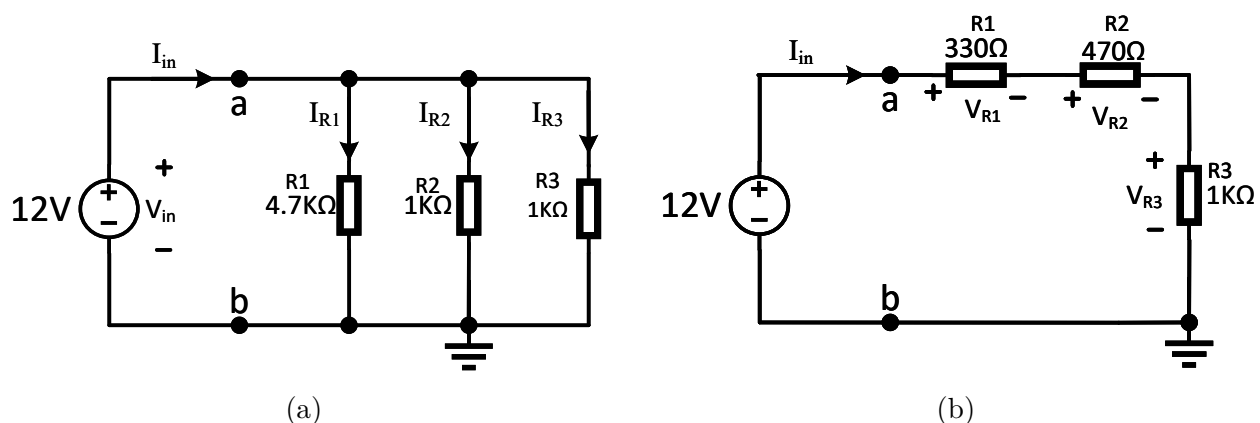


Figura 3.1: Circuitos para validación experimental de las leyes de Kirchhoff. (a) Ley de Corrientes de Kirchhoff y (b) Ley de Voltajes de Kirchhoff.

Registro de resultados y análisis



El estudiante deberá:

- Comparar corrientes en nodos (LCK) y voltajes en mallas (LVK).
- Verificar balances eléctricos.
- Analizar errores de medición y perturbación del circuito.
- Justificar desviaciones experimentales.



Resultados

Complete las siguientes tablas con los valores obtenidos.

Valores de resistencias

Resistencia	Valor nominal	Valor medido
R1		
R2		
R3		
R4		
R5		

Verificación de la Ley de Corrientes de Kirchhoff

Variable	Teórico	Simulación	Experimental
Corriente total			
Corriente R1			
Corriente R2			
Corriente R3			

Verificación de la Ley de Voltajes de Kirchhoff

Variable	Teórico	Simulación	Experimental
Voltaje fuente			
Voltaje R1			
Voltaje R2			
Voltaje R3			

Preguntas de análisis

Responda de manera clara y fundamentada las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Se cumple experimentalmente la Ley de Corrientes de Kirchhoff en el circuito analizado?
- 2.- ¿Se cumple experimentalmente la Ley de Voltajes de Kirchhoff en la malla estudiada?
- 3.- Compare los resultados teóricos, simulados y experimentales obtenidos.
- 4.- ¿Qué factores pueden explicar las diferencias observadas entre los resultados?

Conclusiones

Redacte una conclusión breve en la que se discuta:

- Si las leyes de Kirchhoff se verifican experimentalmente.
- Las principales fuentes de error experimental.



- La importancia del uso de estas leyes para el análisis de circuitos eléctricos.

Bibliografía básica

Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2017). *Fundamentos de circuitos eléctricos* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2018). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos* (11.^a ed.). Pearson.

González Bernaldo de Quirós, J. (2014). *Ingeniería electrónica* (7.^a ed.). Bellisco Ediciones Técnicas y Científicas.

Bibliografía complementaria

Nilsson, J. W., & Riedel, S. A. (2020). *Electric circuits* (11th ed.). Pearson.

Horowitz, P., & Hill, W. (2015). *The art of electronics* (3rd ed.). Cambridge University Press.

Rashid, M. H. (2015). *Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones* (4.^a ed.). Pearson.



Práctica 4: Respuesta transitoria del circuito RC

Lugar de realización: Laboratorio de energías renovables, Facultad de Ciencias, UASLP

Fecha de realización: _____

Fecha de entrega: _____

Nombre del estudiante(s): _____

- **Unidad 2 del programa:** Fundamentos de circuitos eléctricos
- **Tema:** Respuesta transitoria de circuitos RC en corriente directa
- **Competencia asociada:** Analizar la respuesta temporal de circuitos eléctricos de primer orden
- **Tiempo estimado:** 1–2 horas
- **Modalidad:** Individual y/o grupal

Introducción

Los circuitos RC de primer orden permiten describir fenómenos transitorios asociados al almacenamiento y liberación de energía en elementos capacitivos. En particular, el proceso de carga y descarga de un capacitor en un circuito RC constituye una aplicación directa de ecuaciones diferenciales en el análisis de circuitos eléctricos. En esta práctica se estudia experimentalmente la evolución temporal del voltaje en el capacitor y se compara con el comportamiento esperado a partir del modelo teórico y de la simulación, con el fin de validar la ecuación diferencial que describe el sistema.

Objetivo

Diseñar, simular e implementar un circuito RC para validar la ecuación diferencial que describe su comportamiento transitorio.

Objetivos didácticos

Al finalizar la práctica, el estudiante será capaz de:

- Analizar la respuesta transitoria de un circuito RC en serie.
- Relacionar la solución de una ecuación diferencial con el comportamiento físico del



circuito.

- Medir experimentalmente el voltaje en el capacitor en función del tiempo.
- Comparar resultados teóricos, simulados y experimentales.

Pertinencia de la práctica

Esta práctica es pertinente porque vincula la teoría de circuitos de primer orden con la observación experimental de fenómenos transitorios, particularmente el proceso de carga de un capacitor. Desde el punto de vista académico, permite al estudiante relacionar ecuaciones diferenciales, constante de tiempo y comportamiento físico del sistema, fortaleciendo su comprensión del análisis temporal de circuitos. En el ámbito profesional, esta competencia tiene aplicación en el diseño y evaluación de filtros, temporizadores, etapas de acondicionamiento, sensores y sistemas de control, todos ellos relevantes en instrumentación, electrónica aplicada y tecnologías energéticas donde la respuesta dinámica del sistema es un parámetro crítico de desempeño.

Fundamento teórico

Un circuito RC en serie formado por una resistencia y un capacitor presenta una respuesta transitoria cuando se conecta a una fuente de voltaje de corriente directa. Durante el proceso de carga, el voltaje en el capacitor aumenta progresivamente hasta aproximarse al valor de la fuente.

Aplicando la Ley de Voltajes de Kirchhoff al circuito se obtiene:

$$V - V_R - V_C = 0 \quad (0.7)$$

donde $V_R = iR$ y $i = C \frac{dV_C}{dt}$. Sustituyendo estas relaciones, se obtiene la ecuación diferencial que describe el comportamiento transitorio del capacitor:

$$V = RC \frac{dV_C}{dt} + V_C \quad (0.8)$$

La solución para el proceso de carga del capacitor está dada por:

$$V_C(t) = V \left(1 - e^{-t/(RC)}\right) \quad (0.9)$$

donde R es la resistencia, C la capacitancia y $\tau = RC$ es la constante de tiempo del circuito.

En esta práctica se verificará experimentalmente esta relación mediante análisis teórico, simulación y mediciones directas del voltaje en el capacitor.



Materiales y equipo

Cantidad	Descripción
1	Protoboard
1	Capacitor entre 10 y 100 μF (voltaje mínimo de 25 V)
1	Resistencia de 150 $\text{k}\Omega$ o mayor
1	Fuente de alimentación DC de 20 V
1	Multímetro digital
—	Cables de conexión



Procedimiento

- Determine mediante análisis la ecuación que describe el comportamiento transitorio del circuito utilizando los valores de resistencia y capacitor asignados para la práctica.
- Simule el circuito mostrado en la Figura 4.1 utilizando PSIM o un software equivalente, empleando los valores de resistencia y capacitor definidos en el paso anterior.
- Obtenga en la simulación la diferencia de potencial en el capacitor y observe la forma de onda correspondiente al proceso de carga.
- Implemente experimentalmente el circuito de la Figura 4.1 en la protoboard.
- Mida experimentalmente la diferencia de potencial en el capacitor con ayuda del multímetro.
- Registre en una tabla los valores de voltaje mostrados en el multímetro conforme transcurre el tiempo, hasta que el capacitor se cargue completamente.
- Repita la medición en tres ocasiones, asegurándose de descargar completamente el capacitor antes de cada prueba.
- Elabore una gráfica de voltaje contra tiempo a partir de los datos experimentales obtenidos.
- Compare la tendencia experimental con la obtenida mediante simulación y con la predicción teórica.
- Anote las observaciones más relevantes del experimento realizado.

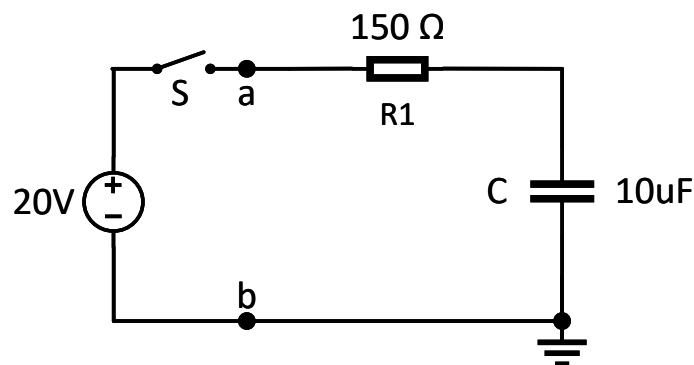


Figura 4.1: Circuito RC en serie

Registro de resultados y análisis

El estudiante deberá:

- Registrar valores de voltaje en el capacitor en función del tiempo.
- Comparar la respuesta teórica, simulada y experimental del circuito.



- Identificar la constante de tiempo del sistema a partir de los datos obtenidos.
- Analizar posibles fuentes de error experimental y su efecto sobre la curva de carga.

Resultados

Complete las siguientes tablas con los valores obtenidos.

Valores nominales de los componentes

Componente	Valor nominal	Valor medido
Resistencia R		
Capacitor C		

Datos experimentales de carga del capacitor

Tiempo (s)	Prueba 1 V_C	Prueba 2 V_C	Prueba 3 V_C

Comparación de resultados

Variable	Teórico	Simulación	Experimental
Voltaje final del capacitor			
Constante de tiempo τ			
Tiempo de carga aproximado			

Preguntas de análisis

Responda de manera clara y fundamentada las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Qué forma tiene la curva de carga del capacitor y cómo se relaciona con la ecuación teórica del circuito RC?
- 2.- Compare los resultados teóricos, simulados y experimentales obtenidos durante la práctica.
- 3.- ¿Qué representa físicamente la constante de tiempo $\tau = RC$ en este circuito?



4.- ¿Qué factores pueden explicar las diferencias observadas entre la respuesta teórica y la experimental?

Conclusiones

Redacte una conclusión breve en la que se discuta:

- Si el comportamiento transitorio del circuito RC se valida experimentalmente.
- La concordancia entre teoría, simulación y experimento.
- Las principales fuentes de error experimental.
- La importancia del análisis temporal en circuitos eléctricos de primer orden.

Bibliografía básica

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (Vol. 2). Brooks/Cole.

Halliday, D., Resnick, R., & Krane, K. S. (1999). *Física* (Vol. 2). Compañía Editorial Continental.

Tippens, P. E. (2011). *Física: conceptos y aplicaciones*. McGraw-Hill.

Bibliografía complementaria

Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2017). *Fundamentos de circuitos eléctricos* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Nilsson, J. W., & Riedel, S. A. (2020). *Electric circuits* (11th ed.). Pearson.

Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2018). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos* (11.^a ed.). Pearson.



Práctica 5: Implementación y análisis de circuitos lógicos combinacionales

Lugar de realización: Laboratorio de energías renovables, Facultad de Ciencias, UASLP

Fecha de realización: _____

Fecha de entrega: _____

Nombre del estudiante(s): _____

- **Unidad del programa:** Sistemas digitales
- **Tema:** Álgebra booleana y circuitos lógicos combinacionales
- **Competencia asociada:** Analizar y diseñar circuitos digitales básicos mediante el uso de lógica booleana
- **Tiempo estimado:** 1–2 horas
- **Modalidad:** Individual y/o grupal

Introducción

Los sistemas digitales constituyen la base del procesamiento de información en dispositivos electrónicos modernos. A diferencia de los sistemas analógicos, operan con niveles discretos de voltaje que representan valores lógicos binarios (0 y 1). En esta práctica se analizará el comportamiento de compuertas lógicas básicas y su implementación en circuitos combinacionales. Se establecerá la relación entre expresiones booleanas, tablas de verdad y su representación física mediante circuitos, permitiendo validar experimentalmente los modelos teóricos del álgebra booleana.

Objetivo

Diseñar, simular e implementar circuitos lógicos combinacionales utilizando compuertas básicas, con el fin de analizar su comportamiento mediante tablas de verdad y validar expresiones booleanas.

Objetivos didácticos

Al finalizar la práctica, el estudiante será capaz de:

- Interpretar el comportamiento de compuertas lógicas básicas (AND, OR, NOT, NAND, NOR).



- Construir tablas de verdad a partir de un circuito lógico.
- Relacionar expresiones booleanas con su implementación física.
- Verificar experimentalmente el funcionamiento de circuitos digitales.
- Analizar discrepancias entre comportamiento ideal y real.

Pertinencia de la práctica

La pertinencia de esta práctica se justifica porque introduce al estudiante en el análisis y diseño de sistemas digitales, base del procesamiento de información en dispositivos electrónicos modernos. Académicamente, permite relacionar expresiones booleanas, tablas de verdad y su implementación física mediante compuertas lógicas, lo que fortalece el razonamiento abstracto y la traducción de modelos teóricos a circuitos reales. Profesionalmente, esta formación es relevante para el desarrollo y comprensión de sistemas de control, automatización, interfaces digitales, adquisición de datos y electrónica programable, todos ellos de gran utilidad en aplicaciones de monitoreo, control y gestión de procesos dentro del campo de las energías renovables y la ingeniería aplicada.

Fundamento teórico

El álgebra booleana permite describir el comportamiento de sistemas digitales mediante variables binarias. Las operaciones básicas son:

- **AND** ($\cdot$): la salida es 1 solo si todas las entradas son 1
- **OR** ($+$): la salida es 1 si al menos una entrada es 1
- **NOT** ($\bar{}$): invierte el valor lógico

En esta práctica se analizará la función lógica (0.10):

$$F = (A \cdot B) + \bar{C} \quad (0.10)$$

El circuito lógico que implementa esta función se muestra en la Figura 5.1. En este circuito, las variables A y B se combinan mediante una compuerta AND, mientras que la variable C se invierte mediante una compuerta NOT. Finalmente, ambos resultados se combinan mediante una compuerta OR para obtener la salida F .



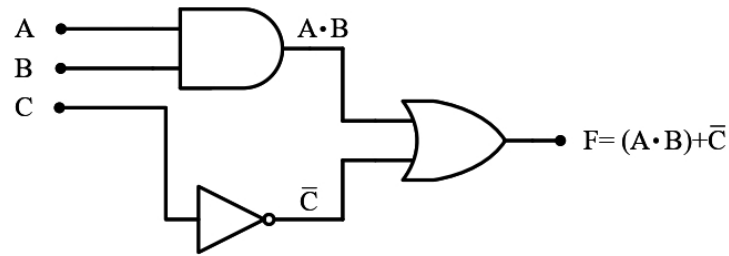


Figura 5.1: Circuito lógico correspondiente a la función $F = (A \cdot B) + \overline{C}$

Materiales y equipo

Cantidad	Descripción
1	Protoboard
1	Fuente de alimentación DC de 5 V
1	Multímetro digital
2-3	Circuitos integrados lógicos (74LS08, 74LS32, 74LS04)
2-3	LEDs
2-3	Resistencias de 220 Ω a 1 k Ω
—	Cables de conexión

Procedimiento

- Consulte las hojas de datos de los circuitos integrados a utilizar.
- Identifique la configuración de pines (V_{CC} , GND, entradas y salidas).
- Diseñe el circuito lógico correspondiente a la función:

$$F = (A \cdot B) + \overline{C}$$

- Construya la tabla de verdad teórica.
- Simule el circuito en Proteus o software equivalente.
- Implemente el circuito en la protoboard.
- Alimente el circuito con 5 V.
- Pruebe todas las combinaciones de entrada (A, B, C).
- Registre la salida mediante LED o medición de voltaje.
- Compare resultados teóricos, simulados y experimentales.

Registro de resultados y análisis



El estudiante deberá:

- Construir la tabla de verdad completa.
- Comparar resultados teóricos, simulados y experimentales.
- Identificar errores de conexión o medición.
- Analizar el comportamiento de niveles lógicos reales.

Resultados

Complete la siguiente tabla:

A	B	C	F teórico	F simulación	F experimental
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
0	1	1			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

Preguntas de análisis

Responda de manera clara y fundamentada:

- 1.- ¿Se cumple la tabla de verdad experimentalmente?
- 2.- Compare resultados teóricos, simulados y experimentales.
- 3.- ¿Cómo afectan los niveles de voltaje reales al comportamiento lógico?
- 4.- ¿Qué ventajas tienen las compuertas NAND y NOR?
- 5.- ¿Cómo simplificaría la función usando mapas de Karnaugh?

Conclusiones

Redacte una conclusión donde se discuta:

- La validez del modelo lógico.
- Fuentes de error.
- Importancia de los sistemas digitales.

Bibliografía básica

Tocci, R. J., Widmer, N. S., & Moss, G. L. (2017). *Sistemas digitales: Principios y aplicaciones* (12.^a ed.). Pearson.



Floyd, T. L. (2015). *Fundamentos de sistemas digitales* (11.^a ed.). Pearson.

Bibliografía complementaria

Mano, M. M., & Ciletti, M. D. (2017). *Digital design* (6th ed.). Pearson.

Brown, S., & Vranesic, Z. (2014). *Fundamentals of digital logic with Verilog design* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Wakerly, J. F. (2005). *Digital design: Principles and practices* (4th ed.). Pearson.



Práctica 6: Implementación y validación experimental de un circuito básico usando diodos rectificadores (Parte 1)

Lugar de realización: Laboratorio de energías renovables, Facultad de Ciencias, UASLP

Fecha de realización: _____

Fecha de entrega: _____

Nombre del estudiante(s): _____

- **Unidad 4 del programa:** Conversión A/D, D/A y electrónica de potencia
- **Tema:** Rectificación de señales mediante diodos
- **Competencia asociada:** Analizar el funcionamiento de dispositivos semiconductores en conversión de energía
- **Tiempo estimado:** 1–2 horas
- **Modalidad:** Individual y/o grupal

Introducción

La rectificación es un proceso fundamental en electrónica de potencia que permite convertir señales de corriente alterna en corriente directa. En esta práctica se estudia el funcionamiento de diodos rectificadores en un circuito de onda completa, analizando la transformación de la señal de entrada y las características de la señal de salida. Se busca comprender el papel de los dispositivos semiconductores en la conversión de energía eléctrica y su comportamiento bajo condiciones reales de operación.

Objetivo

Diseñar, simular e implementar un circuito rectificador de onda completa utilizando diodos rectificadores y una carga resistiva, con el fin de analizar experimentalmente el proceso de rectificación de una señal de corriente alterna.

Objetivos didácticos

Al finalizar la práctica, el estudiante será capaz de:

- Comprender el principio de rectificación con diodos.



- Interpretar formas de onda en sistemas AC–DC.
- Utilizar el osciloscopio para análisis temporal.
- Relacionar comportamiento teórico con señales reales.

Pertinencia de la práctica

Esta práctica es pertinente porque introduce al estudiante en el principio de rectificación, proceso esencial para la conversión de corriente alterna a corriente directa. En términos académicos, permite comprender el comportamiento de los diodos rectificadores, interpretar formas de onda y analizar la diferencia entre el comportamiento ideal y el real de un circuito AC-DC. Profesionalmente, esta práctica tiene una aplicación directa en el estudio de fuentes de alimentación y etapas de conversión energética, ampliamente utilizadas en equipos electrónicos, sistemas de potencia y dispositivos asociados con infraestructura energética. Por ello, constituye una base necesaria para comprender procesos más complejos de electrónica de potencia.

Fundamento teórico

Los diodos rectificadores permiten el flujo de corriente en una sola dirección, lo que los hace ideales para procesos de rectificación. En un rectificador de onda completa, ambos semiciclos de la señal alterna se utilizan para generar una señal de salida de polaridad única, aumentando la eficiencia respecto a un rectificador de media onda.

Cuando se incorpora un capacitor en paralelo con la carga, se reduce el rizado de la señal, obteniéndose un voltaje más cercano a una señal continua.

Materiales y equipo

Cantidad	Descripción
1	Protoboard
1	Resistencia de 10 k Ω
1	Transformador monofásico (127 V AC / 12 V AC)
1	Capacitor electrolítico de 100 μ F / 50 V
1	Multímetro digital
1	Osciloscopio
—	Cables de conexión

Procedimiento

- Verifique los parámetros del transformador mediante mediciones eléctricas.
- Consulte la hoja de datos del diodo rectificador y analice sus parámetros principales.
- Simule el circuito mostrado en la Figura 6.1.



- Verifique que los parámetros eléctricos estén dentro de los límites de operación.
- Implemente el circuito en la protoboard.
- Mida las formas de onda de entrada y salida con el osciloscopio.
- Compare resultados experimentales y de simulación.

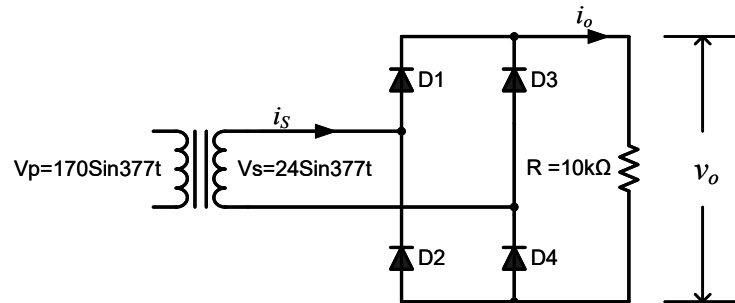


Figura 6.1: Circuito rectificador monofásico de onda completa con carga resistiva

Registro de resultados y análisis

El estudiante deberá:

- Comparar formas de onda de entrada y salida.
- Analizar caída de voltaje en los diodos.
- Evaluar diferencias entre simulación y medición.
- Interpretar la señal rectificada.

Resultados

Parámetro	Teórico	Simulación	Experimental
Voltaje de entrada			
Voltaje de salida			
Corriente en la carga			

Preguntas de análisis

Responda de manera clara y fundamentada:

- 1.- Explique el funcionamiento del rectificador de onda completa.
- 2.- Describa el papel de los diodos en cada semiciclo.
- 3.- Compare formas de onda de entrada y salida.
- 4.- Explique diferencias entre resultados teóricos y experimentales.

Conclusiones



- Funcionamiento del rectificador.
- Diferencias entre simulación y experimento.
- Importancia de los diodos en conversión de energía.

Bibliografía básica

Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2018). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos* (11.^a ed.). Pearson.

González Bernaldo de Quirós, J. (2014). *Ingeniería electrónica* (7.^a ed.). Bellisco.

Irwin, J. D. (2001). *Análisis básico de circuitos en ingeniería* (5.^a ed.). Prentice Hall.

Bibliografía complementaria

Rashid, M. H. (2015). *Electrónica de potencia* (4.^a ed.). Pearson.



Práctica 7: Implementación y validación experimental de un circuito básico usando diodos rectificadores (Parte 2)

Lugar de realización: Laboratorio de energías renovables, Facultad de Ciencias, UASLP

Fecha de realización: _____

Fecha de entrega: _____

Nombre del estudiante(s): _____

- **Unidad 4 del programa:** Conversión A/D, D/A y electrónica de potencia
- **Tema:** Filtrado capacitivo en rectificadores
- **Competencia asociada:** Evaluar el comportamiento de circuitos de conversión AC-DC
- **Tiempo estimado:** 1–2 horas
- **Modalidad:** Individual y/o grupal

Introducción

En sistemas electrónicos, la conversión de corriente alterna a corriente directa requiere no solo rectificación, sino también el acondicionamiento de la señal para reducir su variación temporal. En esta práctica se analiza el efecto del filtrado capacitivo en circuitos rectificadores, evaluando la reducción del rizado y la mejora en la calidad de la señal de salida. Se estudia la relación entre los parámetros del circuito y el comportamiento dinámico del voltaje generado.

Objetivo

Diseñar, simular e implementar un circuito rectificador de onda completa con filtrado capacitivo, con el fin de analizar experimentalmente la forma de onda del voltaje de salida y evaluar los parámetros eléctricos característicos del circuito.

Objetivos didácticos

Al finalizar la práctica, el estudiante será capaz de:

- Analizar el efecto del capacitor en el filtrado.



- Comprender el concepto de rizado (ripple).
- Medir señales DC y AC con el osciloscopio.
- Evaluar la calidad de señal en sistemas rectificadores.

Pertinencia de la práctica

La pertinencia de esta práctica reside en que amplía el estudio de la rectificación al incorporar el filtrado capacitivo, permitiendo al estudiante analizar cómo se mejora la calidad de una señal de salida al reducir el rizado. Académicamente, esta práctica fortalece la comprensión de la diferencia entre obtener una señal rectificada y una señal adecuadamente acondicionada para su uso en sistemas electrónicos. Profesionalmente, este aprendizaje es relevante para el diseño y evaluación de fuentes de alimentación, convertidores AC-DC y sistemas electrónicos que requieren tensión continua más estable, condición indispensable en múltiples aplicaciones de instrumentación, control y conversión energética en el área de INER.

Fundamento teórico

Los circuitos rectificadores convierten una señal de corriente alterna (AC) en una señal de corriente directa (DC). En los rectificadores de onda completa se aprovechan ambos semiciclos de la señal para generar una salida de polaridad única.

Cuando se conecta un capacitor en paralelo con la carga, este se carga durante los picos de la señal rectificada y se descarga lentamente a través de la resistencia. Este proceso reduce el rizado del voltaje de salida, produciendo una señal más estable.

Los parámetros relevantes del circuito incluyen:

- Voltaje promedio (DC)
- Voltaje RMS
- Voltaje de rizado

Materiales y equipo

Cantidad	Descripción
1	Protoboard
1	Resistencia de 10 k Ω
1	Transformador monofásico (127 V AC / 12 V AC)
1	Capacitor electrolítico de 100 μ F / 50 V
1	Multímetro digital
1	Osciloscopio
—	Cables de conexión

Procedimiento



- Verifique los parámetros del transformador mediante mediciones eléctricas.
- Consulte la hoja de datos del diodo rectificador.
- Simule el circuito mostrado en la Figura 7.1.
- Verifique que los parámetros eléctricos estén dentro de los límites de operación.
- Implemente el circuito en la protoboard.
- Mida el voltaje de salida con el osciloscopio.
- Registre el valor promedio (DC) y RMS del voltaje.
- Mida el voltaje ánodo-cátodo del diodo.
- Analice las formas de onda obtenidas.
- Mida la corriente de entrada y justifique el resultado.

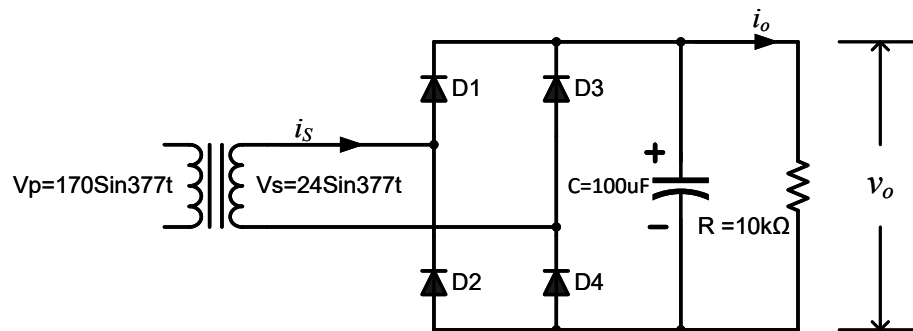


Figura 7.1: Rectificador de onda completa con filtro.

Registro de resultados y análisis

El estudiante deberá:

- Comparar señal con y sin filtro.
- Calcular y analizar el rizado.
- Evaluar la influencia del capacitor y la carga.
- Justificar diferencias entre teoría y experimento.

Resultados

Parámetro	Teórico	Simulación	Experimental
Voltaje de entrada			
Voltaje promedio de salida			



Voltaje RMS de salida			
Corriente de entrada			

Observación de formas de onda

Señal medida	Observaciones
Voltaje de entrada	
Voltaje de salida rectificada	
Voltaje ánodo-cátodo del diodo	

Preguntas de análisis

Responda de manera clara y fundamentada:

- 1.- Explique el efecto del capacitor en el rectificador.
- 2.- ¿Cómo cambia la forma de onda respecto a un rectificador sin filtro?
- 3.- Compare valores DC y RMS obtenidos.
- 4.- Analice la conducción del diodo.
- 5.- ¿Qué factores afectan el rizado?

Conclusiones

- Efecto del capacitor en la señal de salida.
- Diferencias entre simulación y experimento.
- Importancia de los rectificadores en conversión de energía.

Bibliografía básica

Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2018). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos* (11.^a ed.). Pearson.

González Bernaldo de Quirós, J. (2014). *Ingeniería electrónica* (7.^a ed.). Bellisco.

Irwin, J. D. (2001). *Análisis básico de circuitos en ingeniería* (5.^a ed.). Prentice Hall.

Bibliografía complementaria

Rashid, M. H. (2015). *Electrónica de potencia* (4.^a ed.). Pearson.



Práctica 8: Conmutación de un dispositivo semiconductor controlado (Parte 1)

Lugar de realización: Laboratorio de energías renovables, Facultad de Ciencias, UASLP

Fecha de realización: _____

Fecha de entrega: _____

Nombre del estudiante(s): _____

- **Unidad 4 del programa:** Conversión A/D, D/A y electrónica de potencia
- **Tema:** Circuitos de disparo y control de dispositivos de potencia
- **Competencia asociada:** Implementar circuitos de control para dispositivos semiconductores
- **Tiempo estimado:** 1–2 horas
- **Modalidad:** Individual y/o grupal

Introducción

Los dispositivos semiconductores de potencia requieren circuitos de control específicos para operar de manera segura y eficiente. En esta práctica se estudia el funcionamiento de sistemas de accionamiento de compuerta (drivers) y fuentes de alimentación aisladas, elementos clave en el control de dispositivos como IGBT y MOSFET. Se analiza la importancia del aislamiento eléctrico y de la correcta adaptación de señales en aplicaciones de electrónica de potencia.

Objetivo

Implementar y validar experimentalmente el accionamiento de un dispositivo semiconductor tipo IGBT, utilizado comúnmente en inversores fotovoltaicos y otros sistemas de electrónica de potencia.

Objetivos didácticos

Al finalizar la práctica, el estudiante será capaz de:

- Comprender el funcionamiento de drivers de compuerta.



- Analizar la función del aislamiento en electrónica de potencia.
- Identificar parámetros clave en hojas de datos técnicas.
- Evaluar el comportamiento de sistemas de accionamiento.

Pertinencia de la práctica

Esta práctica es pertinente porque introduce al estudiante en el accionamiento de dispositivos semiconductores de potencia mediante drivers de compuerta y fuentes aisladas, elementos esenciales en electrónica de potencia. Desde la perspectiva académica, fortalece la comprensión del aislamiento eléctrico, la adaptación de señales y la lectura de hojas de datos técnicas. Desde la perspectiva profesional, resulta especialmente relevante para INER porque el propio manual vincula esta práctica con el uso de IGBT en inversores fotovoltaicos y otros sistemas de conversión de energía. Por tanto, aporta una competencia directamente asociada con la operación y comprensión de tecnologías empleadas en sistemas renovables reales.

Fundamento teórico

Los dispositivos semiconductores de potencia, como los IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*), se utilizan ampliamente en sistemas de conversión de energía eléctrica, tales como inversores fotovoltaicos, convertidores de potencia y variadores de velocidad.

Para operar correctamente estos dispositivos es necesario utilizar circuitos de accionamiento o drivers de compuerta, los cuales cumplen funciones fundamentales como:

- Proporcionar la señal adecuada para activar o desactivar el dispositivo.
- Aislar eléctricamente el circuito de control del circuito de potencia.
- Proteger los circuitos de control frente a transitorios eléctricos.

En muchos sistemas de electrónica de potencia se emplean opto-drivers, que incorporan aislamiento óptico entre la señal de control y el dispositivo de potencia. Un ejemplo de este tipo de dispositivos es el HCPL-3120, utilizado para accionar compuertas de IGBT o MOSFET. Además, estos circuitos suelen emplear fuentes de alimentación aisladas, que permiten alimentar el driver sin crear trayectorias de corriente no deseadas entre el circuito de control y el circuito de potencia.

En esta práctica se analizará el funcionamiento de:

- Una fuente de alimentación aislada.
- Un opto-driver para dispositivos de potencia.



Componentes a analizar

Componente	Modelo
Opto-driver	HCPL-3120-000E (también puede utilizarse HCPL-3130)
Fuente de alimentación aislada y regulada	MGJ2D051505SC

Materiales y equipo

Cantidad	Descripción
1	Multímetro digital
1	Fuente de alimentación DC de 5 V
1	Opto-driver HCPL-3120-000E (proporcionado en el laboratorio)
1	Fuente de alimentación aislada MGJ2D051505SC (proporcionada en el laboratorio)
1	Cargador de teléfono celular para pruebas de alimentación
—	Cables de conexión

Procedimiento

- Consulte y analice las hojas de datos de los dispositivos a estudiar: el opto-driver HCPL-3120 y la fuente de alimentación aislada MGJ2D051505SC.
- Identifique los parámetros eléctricos más importantes de ambos dispositivos, tales como voltaje de alimentación, corriente de operación, aislamiento eléctrico y capacidad de manejo de corriente en la compuerta.
- Conecte y verifique el funcionamiento de la fuente de alimentación aislada, siguiendo las indicaciones del profesor y la información proporcionada en la hoja de datos (Figura 8.1).
- Una vez validado el funcionamiento de la fuente aislada, implemente el circuito de entrada del opto-driver de acuerdo con el diagrama mostrado en la Figura 8.2.
- Conecte ambos circuitos y verifique su funcionamiento.
- Desactive la señal de entrada del opto-driver y observe con el multímetro el comportamiento de la salida del circuito.
- Registre los resultados obtenidos y analice el comportamiento del circuito de accionamiento.



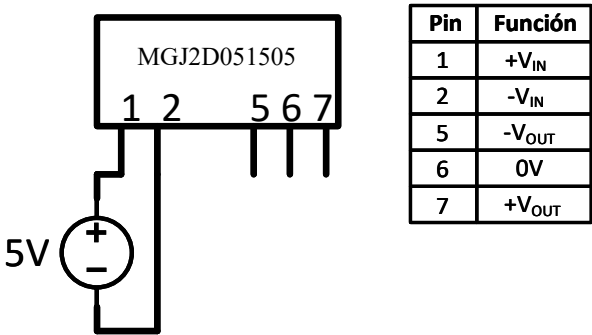


Figura 8.1: Fuente de alimentación aislada para driver

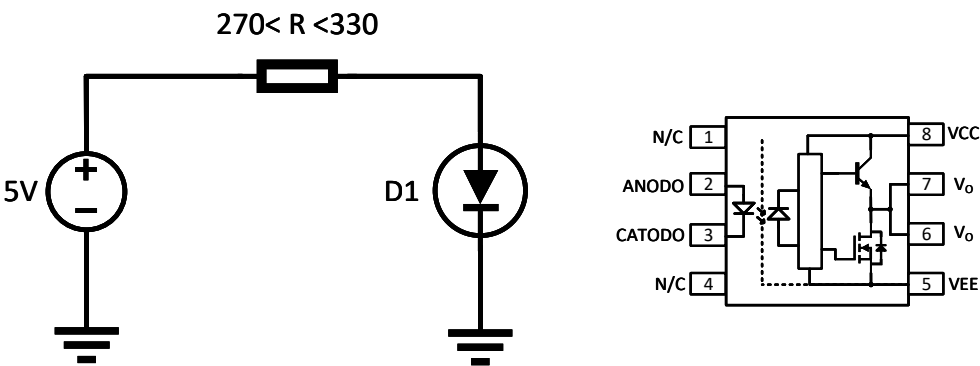


Figura 8.2: Circuito de accionamiento del opto-driver HCPL-3120

Registro de resultados y análisis

El estudiante deberá:

- Analizar voltajes de entrada y salida del driver.
- Verificar el funcionamiento del aislamiento.
- Comparar los resultados con las especificaciones del datasheet.
- Identificar limitaciones del sistema real.

Resultados

Registre las observaciones y mediciones obtenidas durante el desarrollo de la práctica.

Parámetros medidos

Parámetro	Valor
Voltaje de entrada	
Voltaje de salida de la fuente aislada	
Voltaje de entrada del opto-driver	



Voltaje de salida del opto-driver	
-----------------------------------	--

Preguntas de análisis

Responda de manera clara y fundamentada las siguientes preguntas:

- 1.- Explique el funcionamiento del opto-driver utilizado en la práctica.
- 2.- ¿Por qué es necesario utilizar aislamiento eléctrico entre el circuito de control y el circuito de potencia?
- 3.- Analice el comportamiento de la fuente de alimentación aislada utilizada en el circuito. ¿Qué función cumple dentro del sistema de accionamiento?
- 4.- Compare los voltajes medidos en la entrada y salida del opto-driver. ¿Cómo se relacionan estos valores con el funcionamiento del dispositivo de conmutación?
- 5.- Explique la importancia de los circuitos driver en aplicaciones de electrónica de potencia, como inversores fotovoltaicos o convertidores de energía.

Conclusiones

Redacte una conclusión breve en la que se discuta:

- El funcionamiento del circuito de accionamiento.
- La importancia del aislamiento en sistemas de electrónica de potencia.
- La aplicación de estos circuitos en inversores fotovoltaicos.

Bibliografía básica

Rashid, M. H. (2015). *Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones* (4.^a ed.). Pearson.

Bibliografía complementaria

Carta González, J. A., Calero Pérez, R., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. A. (2012). *Centrales de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables*. Pearson.

Erickson, R. W., & Maksimović, D. (2001). *Fundamentals of power electronics* (2nd ed.). Springer.

Teodorescu, R., Liserre, M., & Rodriguez, P. (2011). *Grid converters for photovoltaic and wind power systems*. Wiley.



Práctica 9: Conmutación de un dispositivo semiconductor controlado (Parte 2)

Lugar de realización: Laboratorio de energías renovables, Facultad de Ciencias, UASLP

Fecha de realización: _____

Fecha de entrega: _____

Nombre del estudiante(s): _____

- **Unidad 4 del programa:** Conversión A/D, D/A y electrónica de potencia
- **Tema:** Operación de MOSFET en conmutación
- **Competencia asociada:** Analizar sistemas de conmutación en electrónica de potencia
- **Tiempo estimado:** 1–2 horas
- **Modalidad:** Individual y/o grupal

Introducción

Los transistores MOSFET son ampliamente utilizados como interruptores electrónicos en sistemas de conversión de energía. En esta práctica se analiza su comportamiento durante procesos de conmutación, considerando señales de control, tiempos de respuesta y efectos no ideales. A través de la integración de un driver y un circuito de potencia, se estudia el funcionamiento básico de sistemas como los convertidores DC–DC.

Objetivo

Implementar y validar experimentalmente el accionamiento de un dispositivo semiconductor de potencia mediante la utilización de un circuito driver aislado y un transistor MOSFET, con el fin de analizar el principio básico de operación de un convertidor reductor (*buck*).

Objetivos didácticos

Al finalizar la práctica, el estudiante será capaz de:

- Analizar el MOSFET como interruptor electrónico.
- Interpretar señales de compuerta y de carga.



- Comprender la dinámica de conmutación.
- Evaluar el comportamiento del sistema en aplicaciones de potencia.

Pertinencia de la práctica

La pertinencia de esta práctica consiste en que lleva al estudiante de la comprensión aislada del driver a la integración funcional de un sistema de conmutación con MOSFET, permitiéndole analizar el principio básico de operación de un convertidor reductor tipo buck. Académicamente, favorece la interpretación de señales de compuerta, la dinámica de conmutación y la relación entre el comportamiento del semiconductor y la carga. Profesionalmente, esta práctica es altamente relevante para INER, ya que los convertidores DC-DC forman parte de sistemas fotovoltaicos, almacenamiento, control de potencia y acondicionamiento energético. En consecuencia, esta práctica no solo refuerza fundamentos, sino que aproxima al estudiante a arquitecturas típicas de conversión de energía usadas en aplicaciones reales.

Fundamento teórico

Los transistores MOSFET de potencia son dispositivos ampliamente utilizados en convertidores electrónicos debido a su capacidad de operar como interruptores de alta velocidad. Estos dispositivos se emplean en aplicaciones como convertidores DC-DC, inversores fotovoltaicos y sistemas de control de potencia.

Para operar correctamente, los MOSFET requieren un circuito de accionamiento o driver de compuerta, el cual permite aplicar el voltaje adecuado entre la compuerta y la fuente del dispositivo. En muchos sistemas de electrónica de potencia se utilizan drivers ópticamente aislados, como el HCPL-3120, que proporcionan aislamiento eléctrico entre el circuito de control y el circuito de potencia. Este aislamiento mejora la seguridad del sistema y protege los circuitos de control frente a transitorios eléctricos.

En esta práctica se integrarán los circuitos estudiados en la práctica anterior, incorporando un transistor MOSFET de potencia y una carga resistiva, con el fin de analizar el comportamiento del sistema de conmutación.

Componentes a analizar

Componente	Modelo
Opto-driver	HCPL-3120-000E (también puede utilizarse HCPL-3130)
Fuente de alimentación aislada	MGJ2D051505SC
Transistor MOSFET	IRFP460A
Resistencia de compuerta	25 Ω (250 mW)



Materiales y equipo

Cantidad	Descripción
1	Multímetro digital
1	Fuente de alimentación DC de 5 V
1	Opto-driver HCPL-3120-000E (proporcionado en el laboratorio)
1	Fuente de alimentación aislada MGJ2D051505SC (proporcionada en el laboratorio)
1	Resistencia de carga de $50\ \Omega$ / 100 W
1	Cargador de teléfono celular para pruebas de alimentación
1	Osciloscopio
—	Cables de conexión

Procedimiento

- Consulte y analice la hoja de datos del transistor MOSFET IRFP460A, identificando sus principales parámetros eléctricos, tales como voltaje máximo drenador-fuente, corriente máxima, resistencia de conducción y voltaje de compuerta.
- Implemente el circuito mostrado en la Figura 9.1.
- Conecte la salida V_o del driver implementado en la práctica anterior al punto correspondiente del circuito.
- Aplique la señal de control proporcionada por el profesor a la entrada del driver.
- Verifique el funcionamiento del circuito utilizando el multímetro para mediciones de voltaje y corriente, y el osciloscopio para observar las formas de onda del voltaje en la compuerta y en la carga.
- Capture las formas de onda observadas y analice el comportamiento del transistor MOSFET durante el proceso de conmutación.

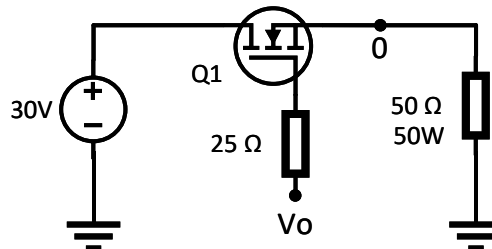


Figura 9.1: Circuito simplificado para el accionamiento de un MOSFET



Registro de resultados y análisis

El estudiante deberá:

- Analizar formas de onda de conmutación.
- Comparar tiempos de respuesta.
- Evaluar pérdidas y comportamiento no ideal.
- Justificar diferencias con respecto a la teoría.

Resultados

Registre los valores obtenidos durante la experimentación.

Parámetros medidos

Parámetro	Valor
Voltaje de alimentación	
Voltaje de compuerta	
Voltaje en la carga	
Corriente en la carga	

Observación de formas de onda

Señal medida	Observaciones
Voltaje en la compuerta del MOSFET	
Voltaje en la carga	
Señal de control del driver	

Preguntas de análisis

Responda de manera clara y fundamentada las siguientes preguntas:

- 1.- Explique el principio de funcionamiento del transistor MOSFET cuando opera como interruptor electrónico.
- 2.- ¿Qué ocurre cuando el voltaje de compuerta es mayor que el voltaje umbral?
- 3.- Analice la forma de onda del voltaje en la compuerta y en la carga del MOSFET observada en el osciloscopio. ¿Cómo se relacionan estas señales con el proceso de conmutación?
- 4.- Compare los resultados experimentales obtenidos con los valores esperados teóricamente. ¿Qué factores pueden provocar diferencias entre ambos?
- 5.- Explique la importancia del uso de drivers de compuerta en el control de dispositivos MOSFET e IGBT en sistemas de electrónica de potencia.

Conclusiones



Redacte una conclusión breve en la que se discuta:

- El comportamiento del transistor MOSFET durante el proceso de conmutación.
- El funcionamiento del circuito driver aislado.
- La relación entre este circuito y su aplicación en convertidores electrónicos.

Bibliografía básica

Rashid, M. H. (2015). *Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones* (4.^a ed.). Pearson.

Bibliografía complementaria

Carta González, J. A., Calero Pérez, R., Colmenar Santos, A., & Castro Gil, M. A. (2012). *Centrales de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables*. Pearson.

Erickson, R. W., & Maksimović, D. (2001). *Fundamentals of power electronics* (2nd ed.). Springer.

Teodorescu, R., Liserre, M., & Rodriguez, P. (2011). *Grid converters for photovoltaic and wind power systems*. Wiley.



Práctica 10: Modulador senoidal PWM

Lugar de realización: Laboratorio de energías renovables, Facultad de Ciencias, UASLP

Fecha de realización: _____

Fecha de entrega: _____

Nombre del estudiante(s): _____

- **Unidad 4 del programa:** Conversión A/D, D/A y electrónica de potencia
- **Tema:** Modulación por ancho de pulso (PWM)
- **Competencia asociada:** Comprender técnicas de modulación en sistemas electrónicos
- **Tiempo estimado:** 1–2 horas
- **Modalidad:** Individual y/o grupal

Introducción

La modulación por ancho de pulso (PWM) es una técnica fundamental en electrónica de potencia para el control de energía y la generación de señales equivalentes a formas de onda analógicas. En esta práctica se analiza la generación de una señal PWM senoidal mediante la comparación de señales, así como su comportamiento en el dominio del tiempo y la frecuencia. Se busca comprender su aplicación en sistemas como inversores y controladores electrónicos.

Objetivo

Analizar el funcionamiento y las características de un modulador senoidal por ancho de pulso (SPWM) mediante la comparación de una señal senoidal con una señal triangular, y evaluar experimentalmente la forma de onda obtenida y su contenido espectral.

Objetivos didácticos

Al finalizar la práctica, el estudiante será capaz de:

- Comprender la modulación PWM y SPWM.
- Analizar la relación entre la señal portadora y la señal moduladora.
- Interpretar señales en el dominio del tiempo y la frecuencia.
- Evaluar aplicaciones de la modulación en electrónica de potencia.

Pertinencia de la práctica



Esta práctica es pertinente porque aborda la modulación por ancho de pulso, una técnica central en el control moderno de convertidores e inversores. Académicamente, permite al estudiante comprender cómo la comparación entre señales genera una forma PWM con comportamiento analizable en el dominio del tiempo y de la frecuencia, fortaleciendo la relación entre teoría de señales y electrónica de potencia. Profesionalmente, su aplicación es directa en sistemas como inversores, controladores electrónicos y convertidores utilizados en energías renovables, donde la modulación PWM es indispensable para regular potencia, sintetizar señales y controlar actuadores o etapas de conversión. Por ello, esta práctica tiene una de las conexiones más claras con el perfil de egreso orientado a procesos energéticos y tecnológicos.

Fundamento teórico

La modulación por ancho de pulso (PWM) es una técnica ampliamente utilizada en electrónica de potencia para controlar la potencia entregada a una carga. En aplicaciones como inversores fotovoltaicos, variadores de velocidad y convertidores DC-AC, se utiliza la modulación senoidal PWM (SPWM), en la cual una señal senoidal de referencia se compara con una señal triangular de alta frecuencia.

Cuando la señal senoidal es mayor que la señal triangular, la salida del comparador toma un valor alto; en caso contrario, toma un valor bajo. El resultado es una señal cuadrada cuyo ancho de pulso varía de acuerdo con la amplitud instantánea de la señal senoidal, lo que permite sintetizar formas de onda senoidales mediante filtrado.

En esta práctica se implementará un circuito modulador SPWM utilizando amplificadores operacionales y un comparador, y se analizarán las características de la señal generada tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia.

Componentes y fuentes de alimentación

Cantidad	Descripción
2	Amplificadores operacionales (disponibles en el laboratorio)
1	Comparador analógico (disponible en el laboratorio)
1	Resistencia de 10 k Ω
4	Capacitores cerámicos de 100 nF
1	Fuente de alimentación simétrica ± 12 V
1	Fuente de alimentación de 5 V
1	Generador de funciones
1	Osciloscopio



Procedimiento

- Simule el circuito mostrado en la Figura 10.1 utilizando pSpice o software equivalente.
- Verifique que la señal de salida corresponda a una onda cuadrada modulada por ancho de pulso.
- Analice en la simulación la relación entre la señal triangular y la señal senoidal, verificando cómo la comparación entre ambas produce la variación del ancho de pulso en la señal de salida.
- Una vez validado el funcionamiento mediante simulación, implemente el circuito en el laboratorio utilizando el generador de funciones para producir una señal triangular (portadora) y una señal senoidal (referencia).
- Observe la señal de salida del comparador utilizando el osciloscopio y verifique que la señal generada corresponde a una señal PWM modulada senoidalmente.
- Utilizando las herramientas de medición del osciloscopio, determine el voltaje promedio y el valor RMS de la señal de salida.
- Obtenga el espectro en frecuencia de la señal PWM generada y analice las principales componentes armónicas presentes.

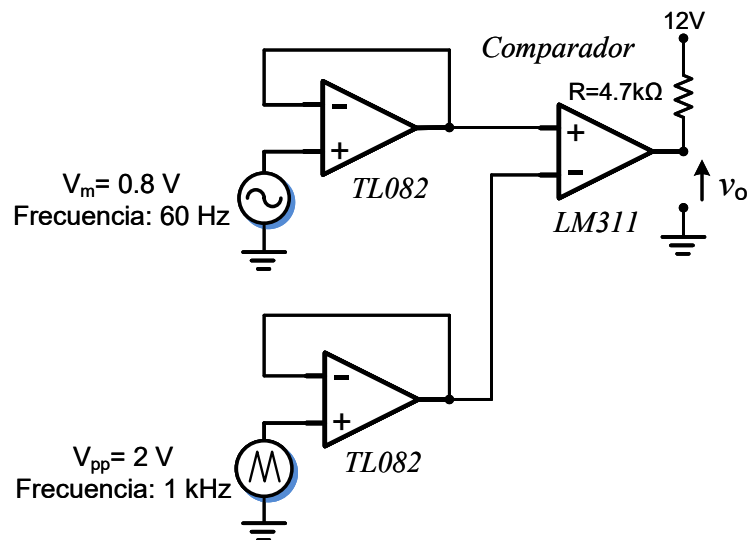


Figura 10.1: Circuito modulador senoidal PWM

Registro de resultados y análisis

El estudiante deberá:

- Comparar las señales senoidal, triangular y PWM.
- Analizar el contenido armónico de la señal generada.



- Evaluar la relación entre la frecuencia portadora y la frecuencia moduladora.
- Interpretar el comportamiento del sistema en el dominio del tiempo y la frecuencia.

Resultados

Registre las observaciones y mediciones obtenidas durante la práctica.

Mediciones realizadas

Parámetro	Valor
Frecuencia de la señal triangular	
Frecuencia de la señal senoidal	
Voltaje promedio de salida	
Voltaje RMS de salida	

Observación de señales

Señal	Observaciones
Señal triangular	
Señal senoidal	
Señal PWM de salida	

Preguntas de análisis

Responda de manera clara y fundamentada las siguientes preguntas:

- 1.- Explique el principio de funcionamiento de la modulación por ancho de pulso senoidal (SPWM).
- 2.- ¿Cómo se genera la señal PWM a partir de la comparación entre una señal senoidal y una señal triangular?
- 3.- Analice la relación entre la frecuencia de la señal triangular y la frecuencia de la señal senoidal de referencia. ¿Cómo influye esta relación en la forma de la señal PWM generada?
- 4.- Compare las señales observadas en el osciloscopio (señal triangular, señal senoidal y señal PWM). ¿Cómo se relaciona la variación del ancho de pulso con la amplitud de la señal senoidal?
- 5.- Explique la importancia de la modulación PWM en aplicaciones de electrónica de potencia, como inversores, convertidores DC-DC y control de motores.

Conclusiones

Redacte una conclusión breve en la que se discuta:

- El principio de funcionamiento de la modulación PWM.
- La relación entre la señal senoidal de referencia y la señal PWM generada.



- La importancia de la técnica SPWM en sistemas de electrónica de potencia.

Bibliografía básica

Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. (2009). *Electrónica de potencia: Convertidores, aplicaciones y diseño* (3.^a ed.). McGraw-Hill.

Rashid, M. H. (2015). *Electrónica de potencia: Circuitos, dispositivos y aplicaciones* (4.^a ed.). Pearson.

Bibliografía complementaria

Hart, D. W. (2005). *Electrónica de potencia*. Pearson Education.

Erickson, R. W., & Maksimović, D. (2001). *Fundamentals of power electronics* (2nd ed.). Springer.

