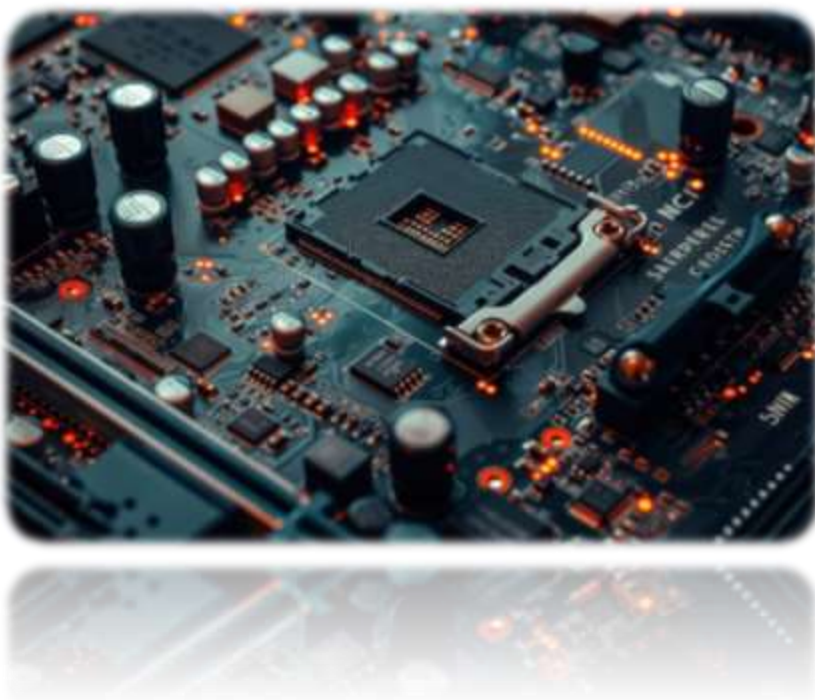


ELECTRÓNICA DE POTENCIA



GUÍA PRÁCTICA

REALIZADO POR:

Ing. Carlos Urgiles Guerrero M.Sc.

Docente

© 2024, Instituto Superior

Tecnológico del Austro

Carrera:

Electricidad

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. CASO PRÁCTICO 1
3. CASO PRÁCTICO 2
4. CASO PRÁCTICO 3
5. CASO PRÁCTICO 4
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INTRODUCCIÓN

La asignatura Electrónica de Potencia tiene como finalidad el estudio y aplicación de dispositivos y circuitos electrónicos que permiten el control eficiente de la energía eléctrica en diversos sistemas. Los estudiantes aprenderán a utilizar semiconductores de potencia, diseñar y analizar rectificadores, reguladores, amplificadores operacionales y convertidores estáticos. El curso combina teoría con prácticas orientadas al diseño y desarrollo de sistemas de electrónica de potencia en aplicaciones industriales.

CASO PRÁCTICO 01:

CARACTERIZACIÓN DE INTERRUPTORES ELECTRÓNICOS (DIODO, TRANSISTOR, TIRISTOR)

Tiempo de duración:

2 Horas

1. Objetivos

Montar y caracterizar circuitos que utilizan diodos, transistores bipolares (BJT) y tiristores (SCR).

Medir las curvas características corriente-tensión (I-V) de cada interruptor.

Analizar el comportamiento de cada dispositivo en diferentes condiciones de polarización.

2. Aspecto teórico

Los interruptores electrónicos son elementos clave en la electrónica de potencia, ya que permiten la conmutación rápida de cargas y la regulación de energía. Los diodos, transistores BJT, y tiristores SCR son los dispositivos fundamentales que permiten implementar control en circuitos de potencia.

- Diodo: Es un dispositivo unidireccional que permite el paso de la corriente en una sola dirección.
- Transistor BJT: Es un dispositivo de control de corriente. El flujo de corriente entre el colector y el emisor está controlado por la corriente de base.
- Tiristor (SCR): Un dispositivo de cuatro capas que permanece en el estado de conducción una vez activado, hasta que la corriente cae por debajo de un valor de mantenimiento.

3. Listado de recursos

- Diodos Rectificadores (ej.: 1N4007).
- Transistor Bipolar de Unión (BJT) (ej.: TIP31).
- Tiristor (SCR) (ej.: TIC106).
- Protoboard y Cables de Conexión para montar los circuitos.

- Resistencias de polarización de diferentes valores (220 Ω , 470 Ω , 1 k Ω).
- Resistencias de carga (4.7 k Ω).
- Fuente de Alimentación DC (0-24 V, 0-5 A), se puede usar un regulador LM317.
- Multímetros Digitales para medir la corriente y la tensión.
- Pulsadores para protoboard para activar la compuerta del tiristor.
- Osciloscopio para observar la conmutación en tiempo real.

4. Normas de seguridad

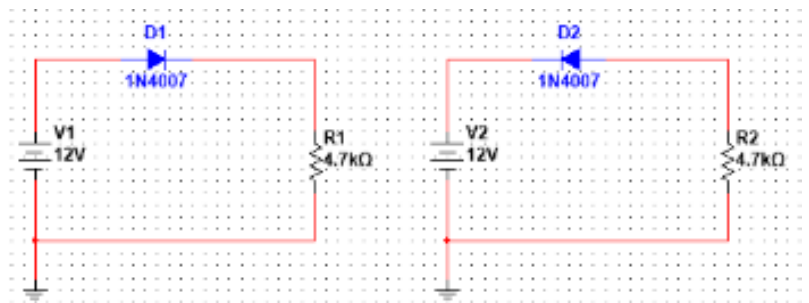
- Utilizar guantes dieléctricos y gafas de protección para evitar cualquier riesgo.
- Comprobar todas las conexiones antes de energizar el circuito.
- Desconectar la fuente de alimentación antes de realizar cambios en el circuito.
- Trabajar bajo la supervisión del instructor para garantizar la seguridad.

5. Procedimiento

1. Montaje del Circuito para el Diodo

- *Montar el circuito del diodo en el protoboard, acorde al esquema adjunto. Conectar la fuente de alimentación (0-24 V DC) al diodo en serie con una resistencia limitadora de corriente.*
- *Conectar un multímetro en serie con el diodo para medir la corriente (I) que pasa a través del diodo.*
- *Conectar otro multímetro en paralelo con el diodo para medir la tensión (V) en sus terminales.*

- Aumentar la tensión de la fuente de alimentación gradualmente desde 0 V hasta un máximo de 24 V.
- Registrar los valores de:
 - o Tensión en el diodo (V_d): Medir la caída de tensión en el diodo para cada valor aplicado desde la fuente.
 - o Corriente a través del diodo (I_d): Medir la corriente que circula por el diodo.
- Realizar el proceso para polarización directa e inversa

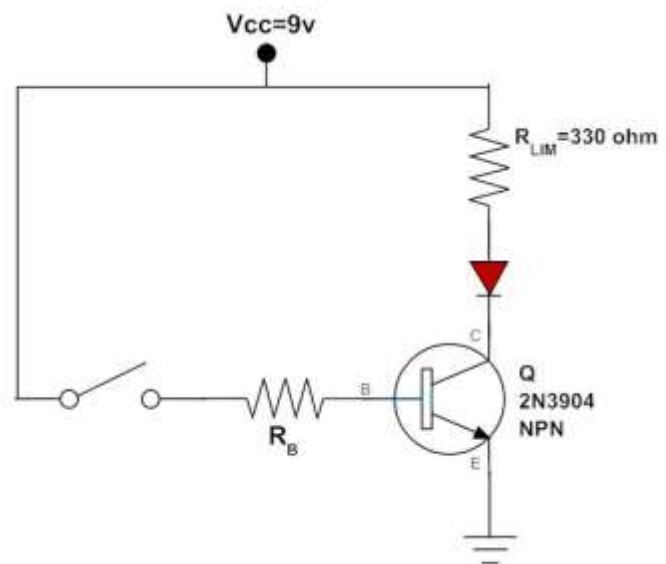


Polarización directa / Polarización inversa

2. Montaje del Circuito para el Transistor BJT

- Montar el circuito del transistor BJT en el protoboard, conectando la fuente de alimentación.
- Colocar resistencias para polarizar la base (R_b) y el colector (R_c) del transistor.
- Conectar un multímetro en serie con el colector para medir la corriente de colector (I_c).
- Conectar otro multímetro entre la base y el emisor para medir la corriente de base (I_b).
- Aumentar gradualmente la tensión de la fuente para incrementar la corriente de base (I_B) y observar el efecto sobre la corriente de colector (I_c)
- Registrar los valores de:

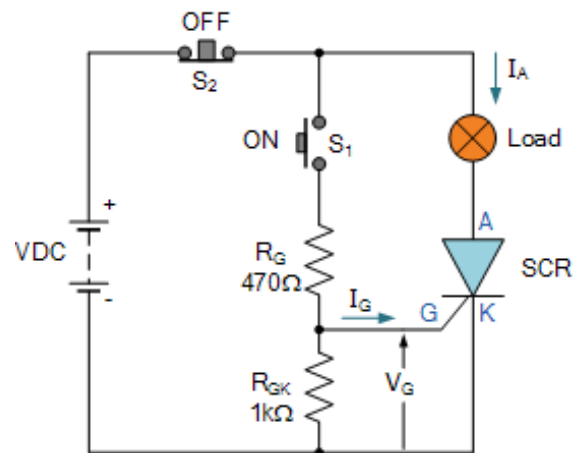
- Corriente de base (I_b): Medir la corriente que se aplica a la base para diferentes valores de tensión de entrada.
- Corriente de colector (I_c): Medir la corriente que pasa del colector al emisor.
- Tensión de colector-emisor (V_{ce}): Utilizar un multímetro para medir la caída de tensión entre el colector y el emisor del transistor.



3. Montaje del Circuito para el Tiristor (SCR)

- Montar el circuito del tiristor (SCR) en el protoboard.
- Conectar la fuente de alimentación al circuito y conectar una resistencia limitadora al gate del tiristor.
- Colocar un multímetro en serie con el ánodo para medir la corriente de ánodo (I_a).
- Utilizar un pulsador conectado al gate del tiristor para aplicarle una señal de activación.
- Aumentar la tensión de alimentación gradualmente y presionar el pulsador para activar el tiristor.
- Registrar los valores de:

- Corriente de ánodo (I_A): Medir la corriente cuando el tiristor está activado.
- Tensión entre ánodo y cátodo (V_{AK}): Medir la tensión entre el ánodo y el cátodo antes y después de activar el gate.
- Corriente de gate (I_G): Medir la corriente que pasa por el gate durante el momento de activación.



4. Análisis del Comportamiento de Cada Interruptor

- Evaluar la curva I-V de cada dispositivo a partir de los datos medidos y graficar las curvas características.
- Diodo: Analizar la tensión umbral y cómo la corriente aumenta exponencialmente después de este punto.
- Transistor BJT: Analizar la relación entre la corriente de base (I_B) y la corriente de colector (I_C)
- Tiristor (SCR): Observar el comportamiento del dispositivo antes y después de ser activado, analizando cómo se mantiene en conducción hasta que la corriente cae por debajo del valor de mantenimiento.

6. Resultados

Pautas para el análisis:

Graficar las curvas I-V de cada dispositivo.

Comparar las características y observar las diferencias en el comportamiento de los elementos.

Reflexionar sobre cómo cada dispositivo se comporta bajo diferentes niveles de polarización.

Registrar los valores de tensión, corriente, potencia, y eficiencia en una tabla para cada componente y generar gráficos de las curvas I-V.

7. Conclusiones

Pautas para desarrollar conclusiones:

Explicar las diferencias en las características I-V de cada tipo de interruptor.

Reflexionar sobre las aplicaciones industriales de cada dispositivo y cuándo es más conveniente utilizar uno sobre otro.

Describir el comportamiento del tiristor en términos de activación y desactivación, y su importancia en aplicaciones de control de potencia.

8. Evaluación de conocimientos (RÚBRICA)

Criterio de Evaluación	Descripción	Puntos Máximos	Puntos Obtenidos
Montaje Correcto del Circuito	Conectar correctamente todos los elementos del circuito para el diodo, transistor, y tiristor.	5	
Medición y Registro de Parámetros	Realización correcta de las mediciones de tensión y corriente para cada interruptor.	3	
Análisis de Resultados	Elaboración correcta de las curvas I-V para cada dispositivo y comparación de comportamientos.	3	
Análisis de Conclusiones	Explicación coherente sobre las características de cada interruptor y su posible uso.	3	
Cumplimiento de Normas de Seguridad	Cumplimiento riguroso de las normas de seguridad durante la práctica.	1	

Nota: Si el experimento práctico no funciona o no se obtienen resultados por errores de montaje, el estudiante obtendrá 0 puntos.

CASO PRÁCTICO 02:

RECTIFICADOR NO
CONTROLADO CON
FILTRO CAPACITIVO

Tiempo de duración:
2 Horas

1. Objetivos

Aplicar los conocimientos referentes a la rectificación no controlada en aplicaciones prácticas para reconocer las características de las diferentes configuraciones de circuitos rectificadores.

2. Aspecto teórico

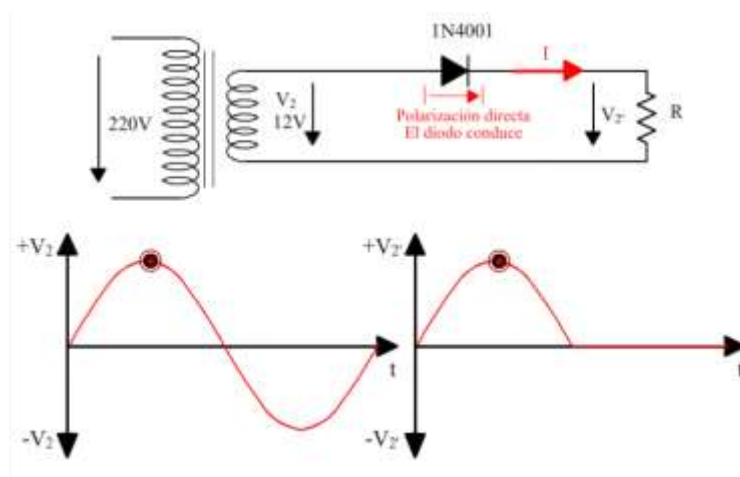
Un rectificador convierte corriente alterna en corriente continua.

La finalidad de un rectificador puede ser generar una salida continua pura o proporcionar una onda de tensión o corriente que tenga una determinada componente continua.

La rectificación puede hacerse con dos métodos que se describen a continuación:

Rectificador media onda:

El rectificador de media onda se utiliza principalmente en aplicaciones de baja potencia, ya que la corriente media de la red de suministro no será cero y una corriente media distinta de cero puede causar problemas en el funcionamiento de los transformadores.



Rectificador onda completa:

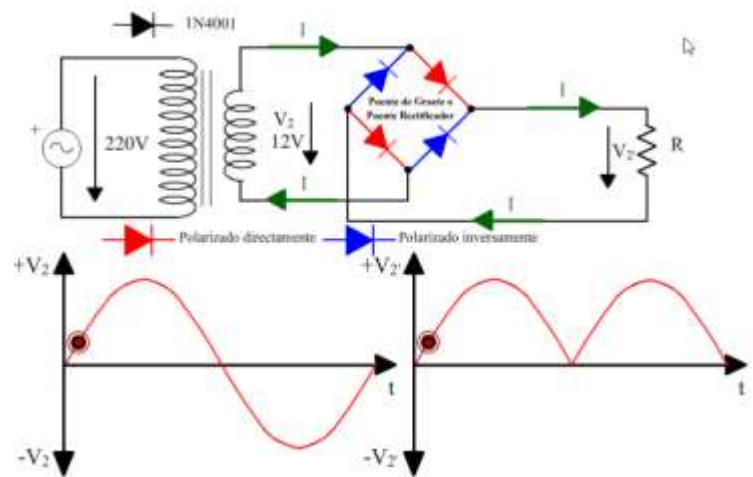
El propósito de un rectificador de onda completa es generar una tensión o una corriente continua o

que contenga una componente continua específica.

Aunque el propósito del rectificador de onda completa es básicamente el mismo que el del rectificador de media onda, los rectificadores de onda completa presentan varias ventajas fundamentales.

La corriente media del generador de alterna es nula en el rectificador de onda completa, por lo que se evitan los problemas asociados a las corrientes medias de generador distintas de cero, especialmente para los transformadores.

La salida del rectificador de onda completa presenta menos rizado que el rectificador de media onda.



3. Listado de recursos

- Transformador 127 – 12 V
- 4 Diodos 1n4007
- 4 Resistencias 1k Ω
- 2 Puentes rectificadores (Graetz)
- 2 Capacitores 22 μ F
- Osciloscopio
- Multímetro
- Cables de conexión
- Simulador PROTEUS o MULTISIM

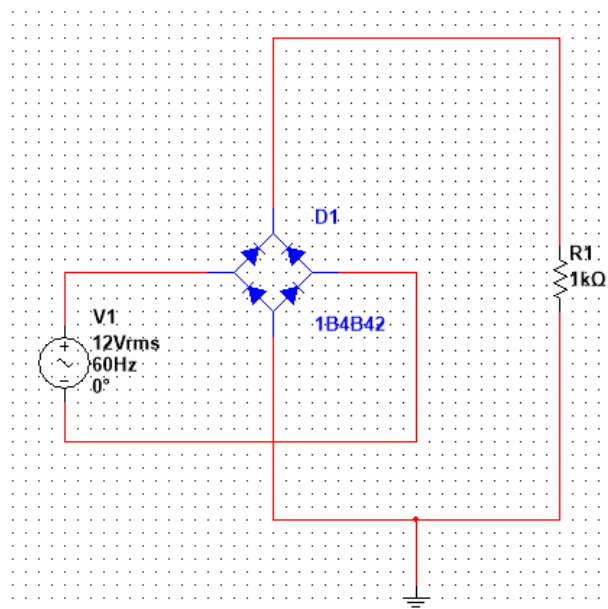
4. Normas de seguridad

- Apagar la fuente de alimentación antes de hacer cualquier conexión en el circuito.
- Verificar las conexiones antes de alimentar el circuito para evitar cortocircuitos.
- Usar resistencias adecuadas.
- Asegurarse de que todos los componentes estén correctamente conectados según el diagrama de circuito.

5. Procedimiento

1. Rectificador de onda completa

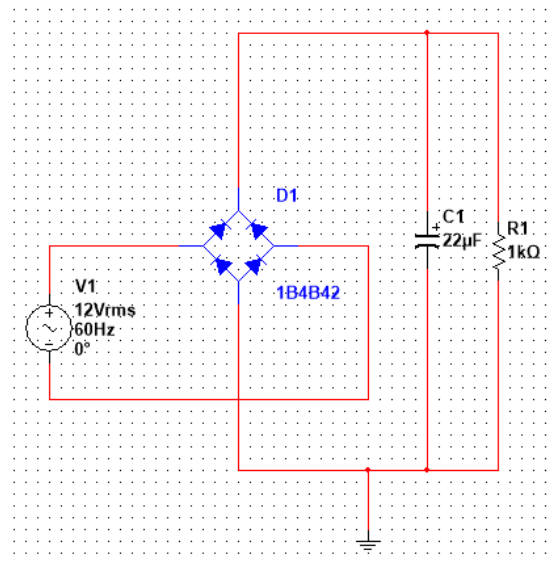
- *Replique el siguiente circuito en el simulador y su protoboard:*



- *Simule el circuito y mediante el uso de un osciloscopio virtual observe la forma de onda del voltaje en la fuente y en la carga, además mida los valores de voltaje y corriente media sobre la carga, adjunte una captura de pantalla del resultado:*
- *Realice los cálculos de los valores de voltaje y corriente medios y eficaces sobre la carga y verifique mediante el uso de sus instrumentos de medición, observe la forma de onda de salida*

mediante el osciloscopio, adjunte una fotografía de los resultados:

- *Simule el circuito nuevamente y utilice un vatímetro para obtener los valores de potencia y factor de potencia, adjunte una captura de su simulación y compárelos con los valores del punto anterior.*
- *Coloque el filtro capacitivo según se indica en el siguiente circuito, mediante el osciloscopio observe la forma de onda y mida el voltaje de rizo, verifique su respuesta mediante el uso del simulador.*



6. Resultados

Pautas para Redactar los Resultados

Simulación y Montaje del Circuito: Describir cómo se replicó el circuito del rectificador de onda completa en el simulador y en el protoboard. Incluir capturas de pantalla del simulador y fotografías del montaje físico. Comparar el circuito real con el simulado, destacando las coincidencias y diferencias.

Observación de la Forma de Onda: Adjuntar las formas de onda del voltaje en la fuente y en la carga obtenidas mediante el osciloscopio virtual. Describir las características de estas formas de onda,

señalando cualquier distorsión o diferencias respecto a lo esperado.

Medición de Voltaje y Corriente: Registrar los valores medidos de tensión y corriente media sobre la carga utilizando tanto el simulador como los multímetros reales. Comparar estos valores y documentar cualquier diferencia entre la simulación y el montaje práctico, incluyendo explicaciones de posibles causas.

Filtro Capacitivo y Voltaje de Rizo: Presentar las formas de onda con el filtro capacitivo añadido al circuito, tanto en la simulación como en el montaje real. Medir y registrar el voltaje de rizo. Comparar las formas de onda con y sin el filtro para destacar el efecto del filtrado sobre la calidad de la señal de salida.

7. Conclusiones

Pautas para Desarrollar las Conclusiones

Evaluación de las Formas de Onda: Reflexionar sobre las diferencias observadas entre las formas de onda obtenidas en la simulación y en el circuito físico. Explicar cómo estas diferencias podrían ser consecuencia de las características no ideales de los componentes reales.

Comparación de Voltaje y Corriente: Explicar las posibles razones de discrepancias entre los valores simulados y medidos de tensión y corriente en la carga. Considerar factores como la resistencia interna del transformador, las caídas de tensión en los diodos y las variaciones en los componentes.

Impacto del Filtro Capacitivo: Describir el efecto del filtro capacitivo sobre la señal de salida del rectificador. Reflexionar sobre cómo el filtrado reduce el rizo y mejora la calidad de la señal DC. Comparar

el comportamiento del circuito con y sin el filtro capacitivo.

Eficiencia del Sistema: Analizar cómo la potencia de entrada y de salida, así como el factor de potencia, se vieron afectados por las pérdidas en los componentes del circuito. Reflexionar sobre la eficiencia del rectificador y cómo las caídas de tensión en los diodos afectan el rendimiento del sistema.

Conclusión General: Determinar qué tan cerca estuvieron los valores experimentales de los valores teóricos esperados, y cómo la combinación de simulación y montaje práctico ayudó a comprender mejor los conceptos de rectificación y filtrado.

8. Evaluación de conocimientos (RÚBRICA)

Criterio de Evaluación	Descripción	Puntos Máximos	Puntos Obtenidos
Montaje del Circuito (Simulación y Protoboard)	Montar correctamente el circuito en el simulador y en el protoboard, siguiendo las especificaciones dadas. Incluir evidencia (capturas de pantalla y fotografías).	4	
Medición de Parámetros en el Circuito	Realización correcta de las mediciones de voltaje y corriente media sobre la carga en el simulador y con los instrumentos de laboratorio. Presentar los datos de manera clara y precisa.	3	
Observación y Análisis de la Forma de Onda	Observar y registrar la forma de onda del voltaje en la fuente y en la carga utilizando el osciloscopio virtual. Comparar con el comportamiento teórico. Incluir capturas de pantalla o fotografías.	2	
Medición de Potencia y Factor de Potencia	Utilización del vatímetro en el simulador para medir la potencia y el factor de potencia. Comparar los valores medidos en la simulación y en el circuito práctico. Incluir evidencia visual y análisis de las diferencias.	2	
Filtro Capacitivo y Análisis del Rizo	Agregar el filtro capacitivo al circuito y medir el voltaje de rizo. Comparar la forma de onda filtrada con la señal sin filtrar. Incluir gráficos y análisis de cómo el filtrado afecta la calidad de la señal.	2	

Documentación de Resultados y Conclusiones	Documentar correctamente los resultados obtenidos y redactar conclusiones claras que reflejen el análisis de las mediciones y comparaciones realizadas.	2	
---	---	---	--

Nota: Si el experimento práctico no funciona o no se obtienen resultados por errores de montaje, el estudiante obtendrá 0 puntos.

CASO PRÁCTICO 03:

REGULACIÓN DE
VOLTAJE CON DIODO
ZENER Y
ENCAPSULADOS
7805/7905

Tiempo de duración:
3 Horas

1. Objetivos

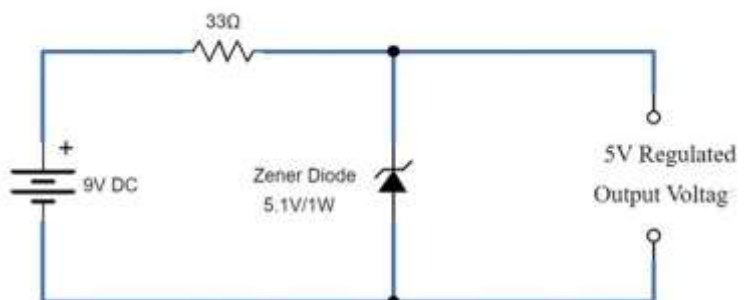
Implementar un circuito regulador de voltaje utilizando un diodo Zener para estabilizar una tensión de referencia.

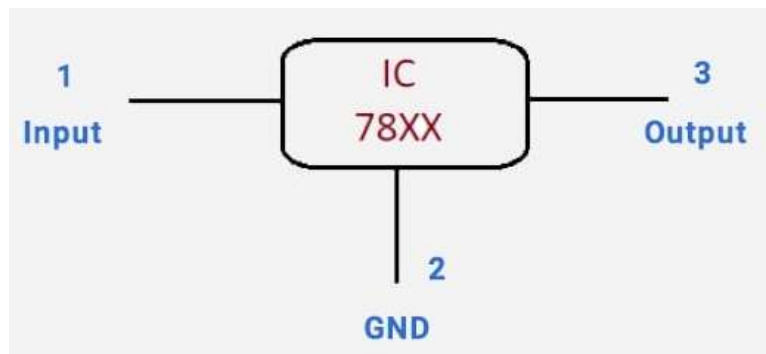
Implementar un regulador de voltaje fijo utilizando los encapsulados 7805 (regulación positiva) y 7905 (regulación negativa).

Comparar el comportamiento de ambos métodos de regulación en términos de estabilidad de voltaje y respuesta ante variaciones en la carga.

2. Aspecto teórico

Los diodos Zener permiten la estabilización de voltajes en circuitos electrónicos debido a su capacidad de mantener una tensión constante cuando están polarizados en inverso. Se utilizan comúnmente en reguladores de bajo consumo para mantener un voltaje fijo en el rango especificado. Por otro lado, los encapsulados 7805 y 7905 son reguladores de voltaje de uso común que proporcionan 5V positivos y negativos, respectivamente. Estos reguladores son ideales para estabilizar tensiones en circuitos de mayor potencia y están diseñados para mantener el voltaje de salida constante independientemente de las fluctuaciones en la corriente de carga o la tensión de entrada.





3. Listado de recursos

- Diodo Zener 5.1V
- Reguladores encapsulados 7805 y 7905.
- Fuente de alimentación DC (0-15 V).
- Resistencias de varios valores (1k Ω , 470 Ω , 220 Ω) para la limitación de corriente.
- Condensadores de filtrado (10 μ F y 100 μ F).
- Multímetros Digitales para medir la tensión y corriente.
- Protoboard y cables de conexión para montar el circuito.
- Osciloscopio (opcional) para observar la estabilidad de la señal de salida.

4. Normas de seguridad

- Utilizar guantes dieléctricos y gafas de protección durante el montaje y la medición.
- Verificar todas las conexiones antes de encender la fuente de alimentación.
- Asegurarse de trabajar bajo la supervisión del instructor y seguir los protocolos de seguridad en el uso de reguladores de voltaje y fuentes de alimentación.

5. Procedimiento

1. Montaje del Circuito Regulador con Diodo Zener
 - Montar el circuito de regulación de voltaje con diodo Zener en el protoboard, utilizando una fuente de alimentación DC ajustada a 12 V.

- Conectar el diodo Zener en polarización inversa con una resistencia limitadora de corriente en serie.
- Conectar un multímetro en paralelo con el diodo Zener para medir la tensión de salida y otro en serie con la resistencia para medir la corriente a través del circuito.
- Variar la corriente de carga conectando diferentes resistencias ($1k\Omega$, 470Ω , 220Ω) y registrar los valores de tensión y corriente.

2. Montaje del Circuito Regulador con 7805 y 7905

- Montar el regulador de voltaje utilizando los encapsulados 7805 y 7905 en el mismo protoboard.
- Conectar la fuente de alimentación ajustada a 12 V DC a la entrada de los reguladores.
- Conectar un multímetro en paralelo con la salida del 7805 para medir la tensión de salida (5V positivos) y con la salida del 7905 para medir la tensión de salida (5V negativos).
- Variar la carga conectando diferentes resistencias y registrar los valores de voltaje en ambos reguladores.

3. Medición y Comparación

- Comparar los resultados obtenidos con el diodo Zener y los reguladores 7805/7905:
- Medir la tensión de salida y corriente de carga en ambos sistemas.
- Analizar la variación de la tensión de salida en función de la corriente de carga en cada caso.
- Conectar un osciloscopio a las salidas de los reguladores 7805/7905 para observar la

estabilidad de la señal de salida y comparar con el circuito regulado por el diodo Zener.

6. Resultados

Pautas para el análisis:

Registrar los valores de tensión y corriente medidos en ambos métodos de regulación (diodo Zener y encapsulados 7805/7905).

Graficar la relación tensión de salida vs. corriente de carga para cada caso y comparar el comportamiento del diodo Zener con los reguladores.

Analizar la estabilidad de la salida en función de la variación de la carga y evaluar la capacidad de cada sistema para mantener un voltaje constante.

7. Conclusiones

Pautas para desarrollar conclusiones:

Reflexionar sobre las diferencias en el comportamiento de los dos sistemas de regulación. ¿Cuál es más estable ante variaciones de carga?

Explicar las ventajas y limitaciones del uso de un diodo Zener en comparación con los encapsulados 7805/7905, particularmente en términos de eficiencia y estabilidad de la regulación.

Analizar el impacto del tamaño de las cargas en la tensión de salida y cómo esto afecta al rendimiento de cada regulador.

8. Evaluación de conocimientos (RÚBRICA)

Criterio de Evaluación	Descripción	Puntos Máximos	Puntos Obtenidos
Montaje Correcto del Circuito	Conectar correctamente los componentes del circuito con diodo Zener y reguladores 7805/7905.	5	
Medición de Parámetros	Realización adecuada de las mediciones de tensión y corriente en ambos métodos de regulación.	3	

Análisis de Resultados	Elaboración correcta de las gráficas y análisis comparativo de los resultados.	3	
Conclusiones Coherentes	Explicación adecuada de las diferencias entre el diodo Zener y los encapsulados en cuanto a regulación.	3	
Cumplimiento de Normas de Seguridad	Cumplimiento riguroso de las normas de seguridad durante la práctica.	1	

Nota: Si el experimento práctico no funciona o no se obtienen resultados por errores de montaje, el estudiante obtendrá 0 puntos.

CASO PRÁCTICO 04:

EXPERIMENTACIÓN
CON AMPLIFICADOR
OPERACIONAL
COMO INVERSOR, NO
INVERSOR, SEGUIDOR
DE VOLTAJE,
SUMADOR Y
COMPARADOR

Tiempo de duración:
7 Horas

1. Objetivos

Implementar y analizar el comportamiento de un amplificador operacional (AO) en distintas configuraciones: inversor, no inversor, seguidor de voltaje, sumador y comparador.

Medir las señales de entrada y salida en cada configuración y evaluar el funcionamiento del amplificador operacional en cada una de sus aplicaciones.

Comparar los resultados obtenidos con los valores teóricos y analizar el comportamiento real del amplificador operacional.

2. Aspecto teórico

Un amplificador operacional (AO) es un dispositivo electrónico de alta ganancia diferencial que se utiliza para realizar diversas operaciones matemáticas, como inversión, suma y comparación de señales. Los amplificadores operacionales se utilizan ampliamente en el diseño de circuitos analógicos debido a su versatilidad y facilidad de implementación.

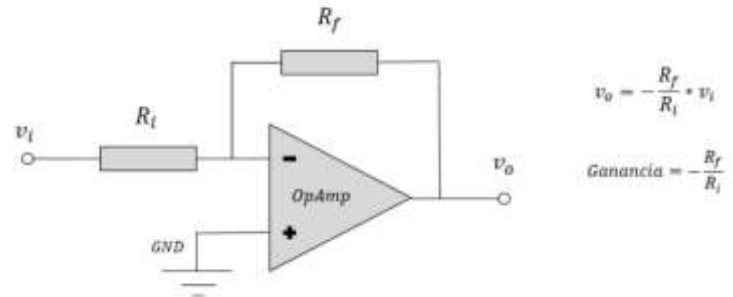
Amplificador Inversor

En la configuración inversora, el AO invierte la señal de entrada y amplifica su magnitud en función de las resistencias utilizadas en el circuito. La relación entre la señal de salida (V_{out}) y la señal de entrada (V_{in}) se da por:

$$V_{out} = -\left(\frac{R_f}{R_{in}}\right)V_{in}$$

donde R_f es la resistencia de realimentación y R_{in} es la resistencia de entrada.

Amplificador Operacional Inversor

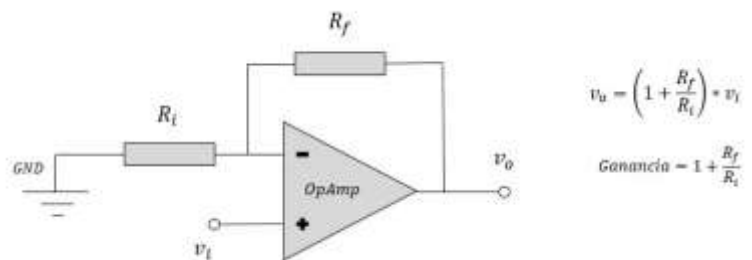


Amplificador No Inversor

En la configuración no inversora, el AO amplifica la señal de entrada sin invertirla. La ganancia se determina por las resistencias R_f y R_{in} conectadas al AO, y la relación entre la señal de entrada y salida es:

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) V_{in}$$

Amplificador Operacional No Inversor

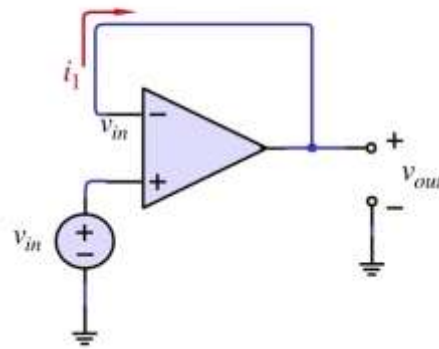


Seguidor de Voltaje

El seguidor de voltaje, también conocido como buffer, es una configuración en la que el AO sigue la señal de entrada, es decir, la salida es idéntica a la entrada. Su principal función es proporcionar aislamiento sin amplificar ni modificar la señal. La ecuación de salida es:

$$V_{out} = V_{in}$$

Amplificador Seguidor

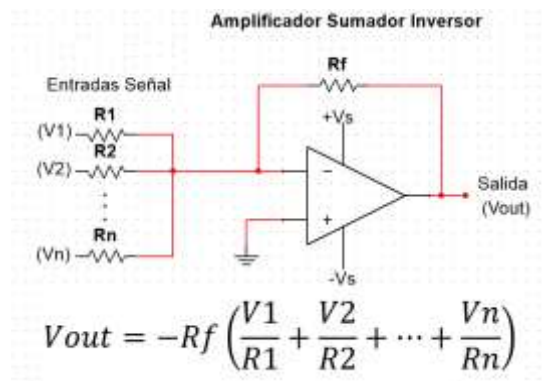


Sumador

En la configuración de sumador, el AO suma varias señales de entrada. La salida es la suma ponderada de las señales de entrada, y se calcula como:

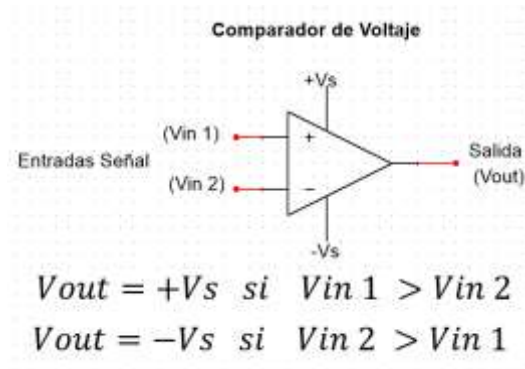
$$V_{out} = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2 + \dots + \frac{R_f}{R_n}V_n\right)$$

donde $R_1, R_2, \dots, R_n$ son las resistencias conectadas a las señales de entrada $V_1, V_2, \dots, V_n$.



Comparador

El comparador es una configuración donde el AO compara dos señales. Si la señal en la entrada no inversora (V_+) es mayor que la señal en la entrada inversora (V_-), la salida será alta ($V_{out} = V_{cc+}$). Si V_- es mayor que V_+ , la salida será baja ($V_{out} = V_{cc-}$).



3. Listado de recursos

- Amplificador operacional (ej.: LM741, LM324).
- Fuente de alimentación dual (+12V, -12V).
- Resistencias de diferentes valores (1kΩ, 10kΩ, 100kΩ).
- Protoboard y cables de conexión.
- Multímetro digital para medir tensión.
- Osciloscopio para observar las formas de onda de entrada y salida.
- Generador de señales para generar señales de entrada (senoidal, cuadrada, etc.).

4. Normas de seguridad

- Verificar las conexiones antes de encender la fuente de alimentación para evitar daños al amplificador operacional.
- Utilizar la fuente de alimentación dual correctamente, asegurándose de conectar los terminales de alimentación +Vcc y -Vcc correctamente.
- Utilizar resistencias de valores adecuados para limitar la corriente y evitar sobrecargas en el AO.
- Trabajar bajo la supervisión del instructor y seguir los protocolos de seguridad establecidos.

5. Procedimiento

1. Implementación de la Configuración Inversora

Conectar el AO en configuración inversora en el protoboard. Utilizar una resistencia de entrada

$R_{in}=10k\Omega$ y una resistencia de realimentación $R_f=100k\Omega$.

Conectar la señal de entrada (V_{in}) desde el generador de señales y ajustar una señal senoidal de 1Vpp.

Medir la señal de salida con el osciloscopio y registrar la amplitud y la fase de la señal de salida.

Comparar los resultados medidos con los valores teóricos utilizando la ecuación del amplificador inversor.

2. Implementación de la Configuración No Inversora

Conectar el AO en configuración no inversora utilizando $R_{in}=10k\Omega$ y $R_f=100k\Omega$.

Aplicar una señal de entrada desde el generador de señales y medir la ganancia de la señal de salida.

Registrar los valores obtenidos y comparar con los valores teóricos.

3. Implementación del Seguidor de Voltaje

Conectar el AO como seguidor de voltaje, uniendo la salida directamente con la entrada inversora.

Aplicar una señal de entrada senoidal y verificar que la salida sigue la señal de entrada.

Registrar los valores de la señal de entrada y salida, verificando que no haya ganancia ni inversión.

4. Implementación del Sumador

Conectar el AO como sumador, utilizando dos señales de entrada con resistencias de $R_1=10k\Omega$ y $R_2=10k\Omega$.

Aplicar dos señales de entrada (V_1 y V_2) desde el generador de señales.

Medir la señal de salida, que debe ser la suma ponderada de V_1 y V_2 , y compararla con el resultado teórico.

5. Implementación del Comparador

Conectar el AO en configuración de comparador, aplicando una señal senoidal en la entrada no inversora y una señal constante en la entrada inversora.

Observar la salida del AO en función de las variaciones de la señal de entrada y verificar el comportamiento del comparador.

6. Resultados

Pautas para el análisis:

Registrar las señales de entrada y salida en cada configuración.

Graficar las formas de onda de salida para las configuraciones de inversor y no inversor, comparando las fases y amplitudes.

Comparar los valores teóricos y experimentales de la ganancia en cada configuración.

Evaluar el comportamiento del sumador y del comparador, explicando las diferencias observadas respecto a las expectativas teóricas.

7. Conclusiones

Pautas para desarrollar conclusiones:

Analizar el comportamiento de las distintas configuraciones del amplificador operacional, explicando las diferencias observadas entre los valores medidos y los valores teóricos.

Reflexionar sobre la utilidad de cada configuración en aplicaciones prácticas, destacando las ventajas y limitaciones de cada una.

Explicar cómo el AO se comporta en las configuraciones inversora, no inversora, seguidor de voltaje, sumador y comparador, y cómo se utilizan estas configuraciones en el diseño de circuitos analógicos.

8. Evaluación de conocimientos (RÚBRICA)

Criterio de Evaluación	Descripción	Puntos Máximos	Puntos Obtenidos
Montaje Correcto del Circuito	Conectar correctamente los componentes en las distintas configuraciones.	5	
Medición de Parámetros	Realización adecuada de las mediciones de amplitud, ganancia y comparación de fases.	3	
Análisis de Resultados	Análisis claro de las señales de entrada y salida, comparando valores teóricos y experimentales.	3	
Conclusiones Coherentes	Reflexión adecuada sobre el comportamiento del AO en las distintas configuraciones.	3	
Cumplimiento de Normas de Seguridad	Cumplimiento riguroso de las normas de seguridad durante la práctica.	1	

Nota: Si el experimento práctico no funciona o no se obtienen resultados por errores de montaje o medición, el estudiante obtendrá 0 puntos.

CASO PRÁCTICO 05:

INVERSOR MONOFÁSICO CON TRANSISTOR UTILIZANDO ARDUINO UNO

Tiempo de duración:

2 Horas

1. Objetivos

Implementar un inversor monofásico básico utilizando transistores y Arduino UNO para la generación de señales de conmutación.

Programar el Arduino para generar señales PWM en los pines 6 y 7, que controlarán los transistores conectados en un puente H.

Evaluar la forma de onda de salida y analizar el comportamiento del circuito bajo diferentes frecuencias de conmutación.

2. Aspecto teórico

Un inversor convierte corriente continua (DC) en corriente alterna (AC). En esta práctica, se implementará un inversor monofásico básico utilizando un puente H formado por cuatro transistores. Los transistores serán controlados por señales PWM generadas desde un Arduino UNO, lo que permitirá controlar la frecuencia de salida y la conmutación de los transistores.

El Arduino UNO se programará para generar señales PWM desde los pines 6 y 7, los cuales estarán conectados a los grupos de transistores del puente H. Esta señal permitirá activar alternativamente dos transistores opuestos del puente, generando así una señal alterna a la salida.

3. Listado de recursos

- Arduino UNO.
- Transistores MOSFET (4 unidades, ej.: IRF540).
- Diodos de protección (ej.: 1N5819).
- Fuente de Alimentación DC (12 V).
- Protoboard y Cables de Conexión para montar el circuito.

- Resistencias de Polarización ($1\text{ k}\Omega$) para las puertas de los MOSFET.
- Multímetros Digitales para medir la tensión y corriente.
- Osciloscopio para observar la forma de onda de salida.
- PC con Software Arduino IDE instalado para programar el Arduino.

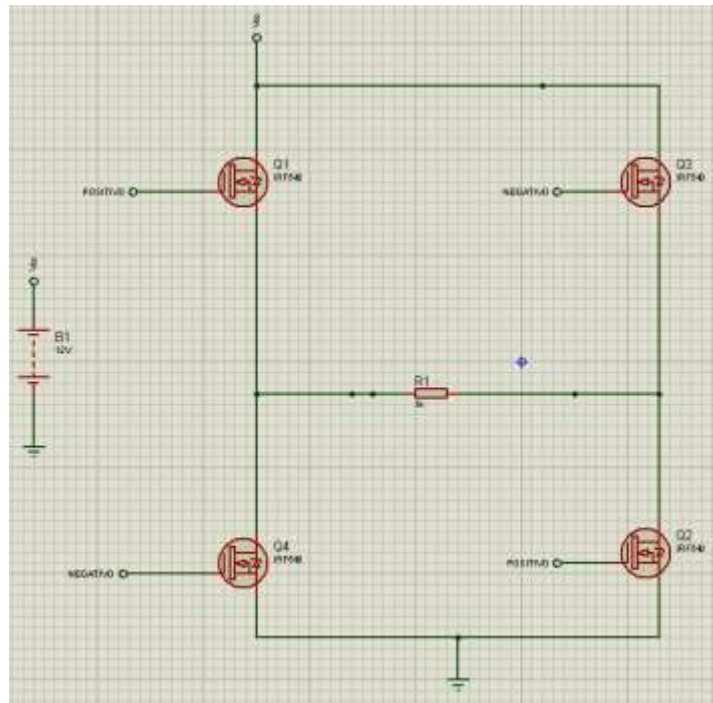
4. Normas de seguridad

- Utilizar guantes dieléctricos y gafas de protección durante la práctica.
- Verificar todas las conexiones antes de energizar el circuito para evitar daños en los componentes.
- Desconectar la fuente de alimentación antes de realizar cambios de cableado.
- Asegurarse de trabajar bajo la supervisión del instructor.

5. Procedimiento

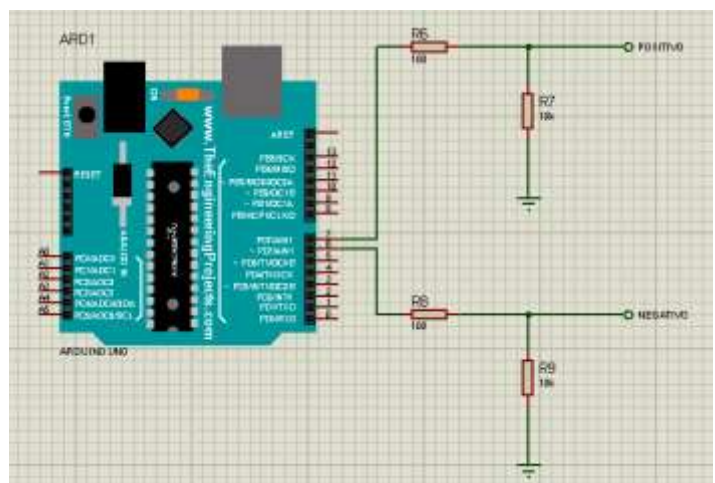
1. Montaje del Puente H:

- *Colocar los cuatro transistores MOSFET en el protoboard formando un puente H. Los transistores se conectarán en pares cruzados para permitir la inversión del sentido de la corriente.*
- *Conectar las resistencias de polarización a las puertas (gate) de los MOSFET. Los transistores conectados en diagonal serán conmutados por la misma señal del Arduino.*
- *Colocar diodos de protección en paralelo con los MOSFET para evitar daños durante el cambio de polaridad.*



2. Conexión del Arduino UNO:

- Conectar los pines 6 y 7 del Arduino UNO a los grupos de transistores del puente H:
 - o Pin 6 conectado a las puertas de los transistores Q1 y Q2.
 - o Pin 7 conectado a las puertas de los transistores Q3 y Q4.
- Conectar la alimentación de 12 V DC a la entrada del puente H para suministrar potencia al inversor.
- Asegurarse de que el circuito de control (Arduino) y la alimentación de potencia comparten un punto común de tierra.



3. Programación del Arduino:

- Utilizar el Arduino IDE para programar la generación de las señales PWM. El programa generará señales alternas en los pines 6 y 7.
- A continuación se muestra un ejemplo del código a utilizar:

```
void setup() {  
    pinMode(6, OUTPUT); // Configurar el pin 6 como salida  
    pinMode(7, OUTPUT); // Configurar el pin 7 como salida  
}  
  
void loop() {  
    analogWrite(6, 127); // Generar una señal PWM con 50% de ciclo útil en el pin 6  
    analogWrite(7, 0); // El pin 7 permanece apagado  
    delay(10); // Tiempo de conmutación  
  
    analogWrite(6, 0); // Apagar el pin 6  
    analogWrite(7, 127); // Generar una señal PWM con 50% de ciclo útil en el pin 7  
    delay(10); // Tiempo de conmutación  
}
```

- El código generará señales PWM alternadas en los pines 6 y 7, controlando la conmutación de los transistores para generar la señal de salida alterna.

4. Medición de Parámetros:

- Encender el Arduino y la fuente de alimentación para energizar el puente H.
- Utilizar un osciloscopio para observar la forma de onda de salida del inversor. Registrar las

características de la señal alterna generada, como la frecuencia y la amplitud.

- Utilizar multímetros digitales para medir la tensión y corriente a la salida del inversor, y asegurarse de que los valores están dentro de los rangos esperados.

5. Análisis del Comportamiento del Inversor:

- Variar el duty cycle de la señal PWM en el código del Arduino y observar cómo cambia la forma de onda de salida.
- Registrar el comportamiento del inversor con diferentes frecuencias de conmutación.

6. Resultados

Pautas para el análisis:

Registrar la forma de onda de salida obtenida del osciloscopio. Comparar esta señal con la forma de onda ideal de un inversor monofásico.

Medir y registrar los valores de tensión y corriente en la salida del inversor. Comparar estos valores con los teóricos.

Analizar cómo el cambio en el duty cycle de las señales PWM afecta la amplitud y la frecuencia de la señal de salida.

Registrar los valores obtenidos en una tabla y analizar las diferencias con respecto a los valores teóricos esperados.

7. Conclusiones

Pautas para desarrollar conclusiones:

Reflexionar sobre el funcionamiento del puente H y cómo la conmutación de los transistores genera una señal alterna.

Analizar la efectividad del Arduino UNO en el control de los MOSFET y cómo las señales PWM permiten variar las características de la salida.

Evaluar las ventajas y limitaciones del uso de un Arduino para el control de inversores, considerando la precisión de la conmutación y la frecuencia máxima alcanzable. Describir las mejoras posibles en el diseño del inversor para obtener una señal de salida más limpia, como la inclusión de un filtro LC.

8. Evaluación de conocimientos (RÚBRICA)

Criterio de Evaluación	Descripción	Puntos Máximos	Puntos Obtenidos
Montaje Correcto del Circuito	Conectar correctamente todos los elementos del circuito, incluyendo el puente H y el Arduino.	5	
Programación del Arduino	Programar el Arduino para generar las señales PWM adecuadas y aplicar la lógica de conmutación correcta.	3	
Observación y Medición de Parámetros	Realización adecuada de las mediciones de tensión, corriente y observación de la forma de onda en el osciloscopio.	3	
Análisis de Resultados y Conclusiones	Elaboración correcta de las conclusiones basadas en los valores obtenidos y el comportamiento del circuito.	3	
Cumplimiento de Normas de Seguridad	Cumplimiento riguroso de las normas de seguridad durante la práctica.	1	

Nota: Si el experimento práctico no funciona o no se obtienen resultados por errores de montaje, el estudiante obtendrá 0 puntos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] M. H. Rashid, Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones, Mexico D.F.: Pearson Educación, 2004.
- [2] D. W. Hart, Electrónica de Potencia, Madrid: PRENTICE HALL, 2001.
- [3] E. Ballester y R. Piqué , Electrónica de Potencia Principios Fundamentales y Estructuras Básicas, Barcelona: Marcombo, 2011.
- [4] N. BRAGA, ELECTRÓNICA DE POTENCIA, NCB EDITORA, 2019.
- [5] A. Bandera Rubio y E. Casilari Pérez, Fundamentos de Electrónica Analógica, Málaga: Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico de la Universidad de Málaga, 2010.
- [6] M. Granados, G. Camps Valls, . J. Espí López y J. Muñoz , Fundamentos de electrónica analógica, Valencia: Universitat de Valencia, 2011.
- [7] S. Seguí Chilet, Fundamentos Básicos de la Electrónica de Potencia, Valencia: Universitat Politècnica de València, 2002.
- [8] N. Novas Castellano, M. J. Soler Ortiz, R. M. García Salvador, M. Fernández Ros y J. A. Gázquez Parra, Electrónica de Potencia: Análisis - Simulación, Almería: Universidad Almería, 2018.
- [9] M. Fernández Ros, M. J. Soler Ortíz, . R. M. García Salvador, N. Novas Castellano y J. A. Gázquez Parra, Manual de Prácticas de Electrónica de Potencia: Grado en Ingeniería Eléctrica, Almería: Universidad Almería, 2020.
- [10] G. Martínez , Elementos de Electrónica de Potencia: Rectificadores, Accionamientos para Motores de Corriente Continua y Controladores de

Voltaje Alterno, Madrid: Editorial Academica
Espanola, 2012.