



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Electrónica de Potencia Aplicada a la Ingeniería Biomédica

Laboratorio de Ingeniería Biomédica

Programa Académico
Plan de Estudios
Fecha de elaboración
Versión del Documento

Ing. Biomédica
2020
27/06/2025
1.0



Dra. Martha Patricia Patiño Fierro
Rectora

Mtra. Ana Lisette Valenzuela Molina
**Encargada del Despacho de la Secretaría
General Académica**

Mtro. José Antonio Romero Montaña
Secretario General Administrativo

Lic. Jorge Omar Herrera Gutiérrez
**Encargado de Despacho de Secretario
General de Planeación**

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
IDENTIFICACIÓN	5
<i>Carga Horaria de la asignatura</i>	<i>5</i>
<i>Consignación del Documento</i>	<i>5</i>
MATRIZ DE CORRESPONDENCIA	6
NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS	7
<i>Reglamento general del laboratorio</i>	<i>7</i>
<i>Se deberá seguir el reglamento general institucional vigente aplicable a laboratorios de electrónica.</i>	<i>7</i>
<i>Reglamento de uniforme.....</i>	<i>7</i>
<i>Uso adecuado del equipo y materiales.....</i>	<i>7</i>
<i>Manejo y disposición de residuos peligrosos.....</i>	<i>7</i>
<i>Procedimientos en caso de emergencia</i>	<i>7</i>
RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA....	8
PRÁCTICAS.....	10
FUENTES DE INFORMACIÓN	22
NORMAS TÉCNICAS APLICABLES.....	22
ANEXOS	23

INTRODUCCIÓN

Como parte de las herramientas esenciales para la formación académica de los estudiantes de la Universidad Estatal de Sonora, se definen manuales de práctica de laboratorio como elemento en el cual se define la estructura normativa de cada práctica y/o laboratorio, además de representar una guía para la aplicación práctica del conocimiento y el desarrollo de las competencias clave en su área de estudio. Su diseño se encuentra alineado con el modelo educativo institucional, el cual privilegia el aprendizaje basado en competencias, el aprendizaje activo y la conexión con escenarios reales.

Con el propósito de fortalecer la autonomía de los estudiantes, su pensamiento crítico y sus habilidades para la resolución de problemas, las prácticas de laboratorio integran estrategias didácticas como el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo colaborativo, la experimentación guiada y el uso de tecnologías educativas. De esta manera, se promueve un proceso de enseñanza-aprendizaje dinámico, en el que los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas y reflexivas para su desempeño profesional.

Propósito del manual

Guiar en la aplicación práctica de los principios de la electrónica de potencia con orientación biomédica, mediante experimentos diseñados para desarrollar habilidades en el análisis, simulación e implementación de circuitos rectificadores, convertidores y sistemas de control de potencia aplicados a cargas y actuadores en dispositivos médicos y contextos clínicos.

Justificación de su uso en el programa académico

El uso de este manual en el programa académico fortalece la formación integral del alumnado al brindar experiencias prácticas que vinculan la teoría de la electrónica de potencia con aplicaciones biomédicas reales. Permite aplicar conocimientos sobre control, eficiencia energética, conversión de señales y manejo de potencia eléctrica en entornos clínicos, considerando normas de seguridad y funcionalidad. Su incorporación al curso facilita la comprensión de los procesos de acondicionamiento y regulación de energía en equipos biomédicos, promoviendo un aprendizaje significativo, estructurado y ético.

Competencias para desarrollar

- **Disciplinares:** Aplicar principios de electrónica de potencia para analizar, simular y diseñar sistemas de conversión y control de energía eléctrica en dispositivos y sistemas biomédicos.
- **Blandas:** Trabajo colaborativo, pensamiento analítico, solución de problemas.
- **Profesionales:** Formular soluciones prácticas que integren electrónica de potencia en contextos biomédicos, considerando criterios de eficiencia, seguridad y viabilidad técnica.

IDENTIFICACIÓN

Nombre de la Asignatura		Electrónica de Potencia Aplicada a la Ingeniería Biomédica	
Clave	071CE088	Créditos	6
Asignaturas Antecedentes	071CP085	Plan de Estudios	2020

Área de Competencia	Competencia del curso
Profesionales / Profesionalizantes	Definir los conceptos de electrónica de potencia en el diseño y desarrollo de dispositivos y equipos biomédicos, con la finalidad de detectar y medir señales para la mejora e innovación continua, cumpliendo con la normatividad vigente.

Carga Horaria de la asignatura

Horas Supervisadas			Horas Independientes	Total de Horas
Aula	Laboratorio	Plataforma		
2	3	0	2	7

Consignación del Documento

Unidad Académica	Unidad Académica Hermosillo
Fecha de elaboración	27/06/2025
Responsables del diseño	Jesús Antonio Maldonado Arriola
Validación	
Recepción	Coordinación de Procesos Educativos

MATRIZ DE CORRESPONDENCIA

Señalar la relación de cada práctica con las competencias del perfil de egreso

PRÁCTICA	PERFIL DE EGRESO
Práctica 1. Análisis de señales rectificadas aplicadas a cargas resistivas	- Conocer equipos médicos y su aplicación en el entorno de la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de la salud, para la gestión de la tecnología médica en el ámbito hospitalario de manera organizada y bajo un enfoque de calidad. - Identificar las propiedades de los distintos materiales, con el fin de seleccionar de manera crítica los adecuados para el desarrollo de sistemas biomédicos.
Práctica 2. Análisis de respuesta transitoria en circuitos RL y RC	- Diseñar propuestas eficientes e innovadoras a través de la solución de problemas, con el fin de disminuir las necesidades del sector salud en apego a las normas y estándares nacionales e internacionales. - Identificar las propiedades de los distintos materiales, con el fin de seleccionar de manera crítica los adecuados para el desarrollo de sistemas biomédicos.
Práctica 3. Simulación de convertidor buck para análisis de eficiencia	- Diseñar sistemas integrales y autónomos con tecnología de vanguardia a partir del análisis de problemáticas o necesidades, con el fin de implementarlas en el área médica bajo las normas y estándares nacionales e internacionales. - Diseñar ambientes virtuales para el monitoreo de las bioseñales y software especializado de calidad, con el fin de incrementar la eficiencia de los sistemas biomédicos en el área de salud.
Práctica 4. Implementación de un puente H con IGBTs para el control de motores en aplicaciones biomédicas	- Diseñar sistemas integrales y autónomos con tecnología de vanguardia a partir del análisis de problemáticas o necesidades, con el fin de implementarlas en el área médica bajo las normas y estándares nacionales e internacionales. - Generar propuestas innovadoras de diseño de prótesis, ortesis e implantes con base en metodologías de diseño biomédico. - Identificar las propiedades de los distintos materiales, con el fin de seleccionar de manera crítica los adecuados para el desarrollo de sistemas biomédicos.
Práctica 5. Control de potencia mediante modulación por ancho de pulso (PWM) en cargas biomédicas	- Diseñar sistemas integrales y autónomos con tecnología de vanguardia a partir del análisis de problemáticas o necesidades. - Diseñar ambientes virtuales para el monitoreo de las bioseñales y software especializado de calidad. - Contribuir en el desarrollo de la investigación en el ámbito biomédico para la generación de tecnologías innovadoras.

NORMAS DE SEGURIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

Reglamento general del laboratorio

Se deberá seguir el reglamento general institucional vigente aplicable a laboratorios de electrónica.

Reglamento de uniforme

El uso del uniforme y equipo de protección personal será conforme al reglamento oficial de prácticas en laboratorios de electrónica.

Uso adecuado del equipo y materiales

El uso de instrumentos y equipos deberá realizarse siguiendo los manuales de operación respectivos.

Manejo y disposición de residuos peligrosos

El tratamiento de residuos se realizará conforme a la normativa ambiental vigente y los lineamientos institucionales para la disposición segura de residuos.

Procedimientos en caso de emergencia

Ante cualquier incidente, descarga eléctrica, conato de incendio o emergencia médica, se deberá actuar conforme al protocolo institucional de seguridad para laboratorios.

RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR ELEMENTO DE COMPETENCIA

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC I
	Describir los dispositivos y circuitos interruptores electrónicos, bajo los fundamentos de electrónica en el contexto de potencia, de manera organizada, para su uso en instrumentación de equipos biomédicos.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 1	Análisis de señales rectificadas aplicadas a cargas resistivas	Analizar el comportamiento de señales rectificadas aplicadas a cargas resistivas para comprender su función en circuitos de instrumentación biomédica, utilizando dispositivos electrónicos básicos en el contexto de electrónica de potencia, mediante una organización adecuada y fomentando el trabajo responsable.
Práctica No. 2	Análisis de respuesta transitoria en circuitos RL y RC	Evaluar la respuesta transitoria de circuitos RL y RC para interpretar el comportamiento eléctrico en sistemas biomédicos, utilizando fundamentos de electrónica de potencia, en un entorno de prácticas organizadas y con responsabilidad técnica.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC II
	Comparar técnicas de conversión de voltaje y corriente, bajo los fundamentos de electrónica en el contexto de potencia, de manera responsable y colaborativa, para su uso en instrumentación de equipos biomédicos.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 3	Simulación de convertidor buck para análisis de eficiencia	Comparar técnicas de conversión de voltaje en convertidores tipo buck para analizar su eficiencia energética en circuitos biomédicos, utilizando simuladores electrónicos con base en los fundamentos de electrónica de potencia, en un contexto de responsabilidad colaborativa.

Elemento de Competencia al que pertenece la práctica	EC III
	Analizar las aplicaciones de dispositivos y circuitos dentro de los principios de electrónica de potencia, orientados a su implementación en la instrumentación de equipos biomédicos, promoviendo la responsabilidad y el trabajo colaborativo.

PRÁCTICA	NOMBRE	COMPETENCIA
Práctica No. 4	Implementación de un puente H con IGBTs para el control de motores	Implementar un puente H con IGBTs para el control de motores en aplicaciones biomédicas, aplicando principios de electrónica de potencia, en el contexto de sistemas de instrumentación clínica, promoviendo la responsabilidad y el trabajo colaborativo.
Práctica No. 5	Control de potencia mediante modulación por ancho de pulso (PWM)	Aplicar técnicas de modulación por ancho de pulso (PWM) para el control de potencia en cargas biomédicas, utilizando dispositivos electrónicos en circuitos de instrumentación, en un entorno que promueva la responsabilidad y el trabajo colaborativo.



PRÁCTICAS

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	1. Análisis de señales rectificadas aplicadas a cargas resistivas
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Analizar el comportamiento de señales rectificadas aplicadas a cargas resistivas para comprender su función en circuitos de instrumentación biomédica, utilizando dispositivos electrónicos básicos en el contexto de electrónica de potencia, mediante una organización adecuada y fomentando el trabajo responsable.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Las señales rectificadas son fundamentales en la conversión de corriente alterna (CA) a corriente directa (CD). Este proceso implica el uso de dispositivos como diodos para permitir el paso de la corriente en una sola dirección. En aplicaciones biomédicas, las señales rectificadas pueden utilizarse en sistemas de alimentación de dispositivos médicos. El estudio de este tipo de señales permite entender los efectos en cargas resistivas, incluyendo la forma de onda, voltaje medio y voltaje eficaz.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

- Fuente de señal senoidal (generador de funciones)
- Diodos rectificadores (1N4007 o equivalente)
- Resistencias (100 Ω a 1 k Ω)
- Protoboard
- Cables de conexión
- Osciloscopio
- Multímetro

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Construir el circuito de rectificador de media onda con carga resistiva.
2. Observar la señal de entrada y salida con el osciloscopio.
3. Medir el voltaje medio y eficaz en la carga con el multímetro.
4. Repetir el procedimiento con un rectificador de onda completa.
5. Comparar las formas de onda y los valores medidos para ambas configuraciones.
6. Documentar las observaciones y mediciones en tablas.

RESULTADOS ESPERADOS

- Tablas de valores de voltaje medio y eficaz para media onda y onda completa.
- Formas de onda observadas en el osciloscopio para ambas configuraciones.
- Conclusiones sobre las diferencias de comportamiento entre los dos tipos de rectificación.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Cuál es la diferencia en el voltaje medio entre media onda y onda completa?
2. ¿Cómo varía el voltaje eficaz en ambas configuraciones?
3. ¿Qué ventajas presenta la rectificación de onda completa respecto a la de media onda?
4. ¿Se observan pérdidas o deformaciones en las formas de onda? ¿Por qué?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Los estudiantes serán capaces de aplicar criterios de estabilidad clásicos, fundamentando sus conclusiones a través de diferentes métodos de análisis. Se fomenta el desarrollo del pensamiento crítico y la interpretación de representaciones gráficas como herramientas de evaluación de sistemas dinámicos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar un sensor biomédico comercial moderno (por ejemplo, sensores de glucosa no invasivos) y describir su principio de funcionamiento, clasificación y aplicación clínica.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Entrega de reporte de práctica individual conforme a la rúbrica institucional.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Formato de rubrica institucional disponible en: https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Practica_de_Laboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	- Portada (nombre de la universidad, asignatura, práctica, nombre del estudiante, fecha). - Nombre de la práctica. - Introducción (breve explicación del objetivo y fundamentos teóricos). - Objetivos (generales y específicos). - Materiales y equipo utilizado (incluyendo cantidades y características relevantes). - Procedimiento o metodología (pasos desarrollados y observaciones). - Resultados obtenidos (tablas, gráficas, esquemas, mediciones). - Análisis de resultados (respuestas a preguntas guía, discusión de datos). - Conclusiones (relación con teoría y aplicación práctica). - Fuentes de información (en formato APA 7ª edición). - Anexos (si aplica: diagramas, fotografías, hojas de datos).



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	2. Análisis de respuesta transitoria en circuitos RL y RC
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Evaluar la respuesta transitoria de circuitos RL y RC para interpretar el comportamiento eléctrico en sistemas biomédicos, utilizando fundamentos de electrónica de potencia, en un entorno de prácticas organizadas y con responsabilidad técnica.

FUNDAMENTO TEÓRICO
Los circuitos RL y RC presentan una respuesta transitoria cuando se les aplica una señal escalón. Esta respuesta depende de los valores de resistencia, capacitancia o inductancia, y se caracteriza por una constante de tiempo que determina la rapidez con la que el sistema alcanza su estado estacionario. En esta práctica se utilizarán herramientas de simulación para visualizar esta respuesta y analizarla cuantitativamente.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Computadora con software de simulación (Multisim, Proteus o equivalente) • Manual del software de simulación • Apuntes de clase de teoría de circuitos RL y RC

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
1. Diseñar un circuito RL y un circuito RC con una fuente de voltaje escalón. 2. Simular ambos circuitos utilizando el software seleccionado. 3. Observar la forma de onda de voltaje en la resistencia y el capacitor/inductor. 4. Determinar la constante de tiempo a partir de las gráficas obtenidas. 5. Comparar la respuesta teórica con la obtenida en simulación. 6. Registrar todas las observaciones relevantes para su análisis.

RESULTADOS ESPERADOS
• Gráficas de voltaje vs. tiempo para los circuitos RL y RC. • Cálculo de la constante de tiempo para cada circuito. • Comparación entre resultados teóricos y simulados.

ANÁLISIS DE RESULTADOS
1. ¿Qué diferencia observas entre la respuesta de los circuitos RL y RC? 2. ¿Cuál circuito presenta una respuesta más rápida? 3. ¿La constante de tiempo obtenida coincide con la teórica? ¿Por qué sí o por qué no? 4. ¿Qué efecto tendría variar los valores de R, L o C en la respuesta del sistema?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES
Los estudiantes serán capaces de identificar los parámetros clave que gobiernan la respuesta transitoria de circuitos RL y RC, interpretando sus formas de onda y evaluando los efectos de variaciones en los componentes. Se fomenta el desarrollo del pensamiento analítico para la evaluación y comparación de circuitos pasivos en escenarios biomédicos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Investigar aplicaciones biomédicas en donde se utilicen circuitos RL o RC para el filtrado de señales fisiológicas, describiendo su función, ventajas y limitaciones.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Entrega de reporte de práctica individual conforme a la rúbrica institucional.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Formato de rubrica institucional disponible en: https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Practica_de_Laboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	- Portada (nombre de la universidad, asignatura, práctica, nombre del estudiante, fecha). - Nombre de la práctica. - Introducción (breve explicación del objetivo y fundamentos teóricos). - Objetivos (generales y específicos). - Materiales y equipo utilizado (incluyendo cantidades y características relevantes). - Procedimiento o metodología (pasos desarrollados y observaciones). - Resultados obtenidos (tablas, gráficas, esquemas, mediciones). - Análisis de resultados (respuestas a preguntas guía, discusión de datos). - Conclusiones (relación con teoría y aplicación práctica). - Fuentes de información (en formato APA 7ª edición). - Anexos (si aplica: diagramas, fotografías, hojas de datos).



NOMBRE DE LA PRÁCTICA	3. Simulación de convertidor buck para análisis de eficiencia
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Comparar técnicas de conversión de voltaje en convertidores tipo buck para analizar su eficiencia energética en circuitos biomédicos, utilizando simuladores electrónicos con base en los fundamentos de electrónica de potencia, en un contexto de responsabilidad colaborativa.

FUNDAMENTO TEÓRICO
El convertidor buck es un tipo de convertidor DC-DC que reduce el voltaje de entrada a un nivel de salida menor. Es ampliamente utilizado en dispositivos biomédicos portátiles debido a su eficiencia energética y capacidad de entregar potencia estable. En esta práctica, se simula su comportamiento para evaluar cómo varía la eficiencia del sistema ante diferentes niveles de carga y condiciones de operación. La simulación permite observar la forma de onda de corriente y tensión, así como calcular la eficiencia energética del sistema.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS
• Computadora con software de simulación (por ejemplo, MATLAB/Simulink o LTspice) • Modelo de convertidor buck (software) • Datos de carga simulada para dispositivos médicos

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA
1. Abrir el software de simulación y cargar el modelo de convertidor buck. 2. Configurar el voltaje de entrada y la frecuencia de operación del convertidor. 3. Establecer condiciones de carga que simulen diferentes dispositivos biomédicos. 4. Ejecutar la simulación para cada configuración de carga. 5. Observar las formas de onda de corriente y voltaje en entrada y salida. 6. Calcular la eficiencia energética del convertidor bajo cada condición. 7. Registrar los datos obtenidos para su análisis posterior.

RESULTADOS ESPERADOS
• Formas de onda de voltaje y corriente en entrada y salida. • Eficiencia energética calculada del convertidor. • Análisis de desempeño del convertidor en función de la carga. • Identificación de condiciones óptimas de operación.

ANÁLISIS DE RESULTADOS
1. ¿Cómo varía la eficiencia del convertidor ante diferentes cargas simuladas? 2. ¿Qué efecto tiene la carga en la forma de onda de salida? 3. ¿El convertidor mantiene una salida estable bajo diferentes condiciones? 4. ¿Qué mejoras podrían implementarse para optimizar su desempeño en aplicaciones biomédicas?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Las y los estudiantes serán capaces de interpretar los efectos de variaciones de carga en la eficiencia de un convertidor buck, aplicando criterios de evaluación de desempeño energético. Se promueve el análisis crítico respecto a la aplicación de convertidores en sistemas biomédicos con alta exigencia de estabilidad y eficiencia energética.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Buscar e investigar una aplicación clínica real donde se empleen convertidores buck o topologías similares para alimentar sensores, actuadores u otros dispositivos médicos. Realizar un breve informe con un diagrama esquemático y un análisis de por qué se selecciona ese tipo de convertidor para dicha aplicación.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Entrega de reporte de práctica individual conforme a la rúbrica institucional.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Formato de rubrica institucional disponible en: https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Practica_de_Laboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	- Portada (nombre de la universidad, asignatura, práctica, nombre del estudiante, fecha). - Nombre de la práctica. - Introducción (breve explicación del objetivo y fundamentos teóricos). - Objetivos (generales y específicos). - Materiales y equipo utilizado (incluyendo cantidades y características relevantes). - Procedimiento o metodología (pasos desarrollados y observaciones). - Resultados obtenidos (tablas, gráficas, esquemas, mediciones). - Análisis de resultados (respuestas a preguntas guía, discusión de datos). - Conclusiones (relación con teoría y aplicación práctica). - Fuentes de información (en formato APA 7ª edición). - Anexos (si aplica: diagramas, fotografías, hojas de datos).



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	4. Implementación de un puente H con IGBTs para el control de motores en aplicaciones biomédicas
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Implementar un puente H con IGBTs para el control de motores en aplicaciones biomédicas, aplicando principios de electrónica de potencia, en el contexto de sistemas de instrumentación clínica, promoviendo la responsabilidad y el trabajo colaborativo.

FUNDAMENTO TEÓRICO

El puente H permite controlar la dirección y velocidad de motores de corriente directa mediante conmutación electrónica. Al emplear transistores IGBT, se aprovechan sus ventajas para manejar cargas inductivas y altos voltajes. La señal PWM (modulación por ancho de pulso) generada desde un microcontrolador regula la energía promedio entregada al motor. Este principio se usa en dispositivos biomédicos como exoesqueletos, bombas peristálticas o actuadores de precisión.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

- Arduino UNO o similar
- Transistores IGBT (4 unidades)
- Motor de corriente directa de bajo voltaje
- Fuente de alimentación DC (hasta 12 V)
- Protoboard
- Cables de conexión
- Resistencias de polarización para compuertas
- Diodos de rueda libre (flyback)
- Osciloscopio
- Multímetro

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Conectar el circuito puente H sobre protoboard utilizando 4 transistores IGBT.
2. Asegurar la correcta polarización de compuertas y la inclusión de diodos de protección.
3. Conectar el motor en el centro del puente H y una fuente de voltaje adecuada.
4. Programar el Arduino para generar una señal PWM en dos canales que controlen la dirección y velocidad del motor.
5. Realizar pruebas variando el ciclo de trabajo del PWM y observar el comportamiento del motor.
6. Medir voltajes y corriente con multímetro y osciloscopio.
7. Registrar observaciones sobre eficiencia, respuesta y calentamiento del sistema.

RESULTADOS ESPERADOS

- Motor operando en ambas direcciones según la señal PWM.
- Curvas de voltaje en el motor según el ciclo de trabajo.
- Análisis de consumo de corriente bajo distintas condiciones.
- Esquema funcional del circuito utilizado.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Cómo varía el comportamiento del motor al cambiar el ciclo de trabajo del PWM?
2. ¿Qué diferencias observas entre operar el motor con PWM en una dirección y en la contraria?
3. ¿Qué implicaciones tiene el uso de IGBTs frente a otros transistores comunes?
4. ¿Cómo podría integrarse este control en un sistema biomédico real?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Las y los estudiantes serán capaces de implementar un sistema de control básico de motores usando puente H, reconociendo la función de los IGBTs y la utilidad del control PWM. Se fomenta el pensamiento sistémico para aplicaciones en prototipos funcionales dentro del área biomédica.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Diseñar una propuesta de mejora para el circuito implementado que incluya retroalimentación mediante sensores (posición, velocidad o corriente) con aplicación a un sistema de rehabilitación motriz.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Entrega de reporte de práctica individual conforme a la rúbrica institucional.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Formato de rubrica institucional disponible en: https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Practica_de_Laboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	- Portada (nombre de la universidad, asignatura, práctica, nombre del estudiante, fecha). - Nombre de la práctica. - Introducción (breve explicación del objetivo y fundamentos teóricos). - Objetivos (generales y específicos). - Materiales y equipo utilizado (incluyendo cantidades y características relevantes). - Procedimiento o metodología (pasos desarrollados y observaciones). - Resultados obtenidos (tablas, gráficas, esquemas, mediciones). - Análisis de resultados (respuestas a preguntas guía, discusión de datos). - Conclusiones (relación con teoría y aplicación práctica). - Fuentes de información (en formato APA 7ª edición). - Anexos (si aplica: diagramas, fotografías, hojas de datos).



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	5. Control de potencia mediante modulación por ancho de pulso (PWM) en cargas biomédicas
COMPETENCIA DE LA PRÁCTICA	Aplicar técnicas de modulación por ancho de pulso (PWM) para el control de potencia en cargas biomédicas, utilizando dispositivos electrónicos en circuitos de instrumentación, en un entorno que promueva la responsabilidad y el trabajo colaborativo.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La técnica de PWM permite regular la potencia promedio entregada a una carga mediante el control de la duración del pulso dentro de un periodo fijo. Esta técnica es ampliamente utilizada en electrónica de potencia debido a su alta eficiencia energética. En dispositivos biomédicos, el PWM se emplea para controlar motores, regular brillo de LEDs, calentar resistencias o accionar válvulas, reduciendo pérdidas térmicas. La práctica permite explorar su aplicación en cargas simples representativas del entorno biomédico.

MATERIALES, EQUIPAMIENTO Y/O REACTIVOS

- Arduino UNO o equivalente
- Protoboard
- Resistencias (10 ohm, 100 ohm)
- LEDs de alta luminosidad
- Motor DC pequeño o carga inductiva equivalente
- Osciloscopio
- Multímetro
- Cables de conexión

PROCEDIMIENTO O METODOLOGÍA

1. Conectar el Arduino a la carga resistiva (resistencia o LED) a través de una salida PWM.
2. Cargar un programa que genere señales PWM con diferentes ciclos de trabajo (10 %, 30 %, 50 %, 70 %, 90 %).
3. Medir la tensión promedio sobre la carga en cada configuración.
4. Repetir el procedimiento con una carga inductiva (motor pequeño).
5. Observar en el osciloscopio la forma de onda PWM y sus efectos sobre la carga.
6. Comparar la potencia entregada para cada caso.
7. Registrar los datos y comportamientos observados.

RESULTADOS ESPERADOS

- Variaciones de voltaje y potencia entregada según el ciclo de trabajo.
- Formas de onda características del PWM sobre cargas resistivas e inductivas.
- Evaluación del control de potencia eficiente mediante PWM.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. ¿Qué relación existe entre el ciclo de trabajo y la potencia entregada a la carga?
2. ¿Cómo responde la carga resistiva frente a la inductiva bajo señales PWM?
3. ¿Qué ventajas energéticas presenta el PWM en este tipo de aplicaciones?
4. ¿Qué factores podrían limitar el uso del PWM en dispositivos biomédicos sensibles?

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

Las y los estudiantes serán capaces de aplicar técnicas de modulación PWM para controlar la entrega de potencia eléctrica sobre diferentes cargas, reconociendo su utilidad y eficiencia en entornos biomédicos. Se desarrolla el juicio técnico para evaluar su implementación en sistemas sensibles o de alta demanda energética.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Desarrollar una propuesta de implementación de PWM en un prototipo de equipo biomédico (como un dispensador de fármacos, sistema de iluminación controlada o actuador lineal), considerando el tipo de carga, requisitos de precisión y consumo energético.

EVALUACIÓN Y EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE

Criterios de evaluación	Entrega de reporte de práctica individual conforme a la rúbrica institucional.
Rúbricas o listas de cotejo para valorar desempeño	Formato de rubrica institucional disponible en: https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Practica_de_Laboratorio.pdf
Formatos de reporte de prácticas	- Portada (nombre de la universidad, asignatura, práctica, nombre del estudiante, fecha). - Nombre de la práctica. - Introducción (breve explicación del objetivo y fundamentos teóricos). - Objetivos (generales y específicos). - Materiales y equipo utilizado (incluyendo cantidades y características relevantes). - Procedimiento o metodología (pasos desarrollados y observaciones). - Resultados obtenidos (tablas, gráficas, esquemas, mediciones). - Análisis de resultados (respuestas a preguntas guía, discusión de datos). - Conclusiones (relación con teoría y aplicación práctica). - Fuentes de información (en formato APA 7ª edición). - Anexos (si aplica: diagramas, fotografías, hojas de datos).





FUENTES DE INFORMACIÓN

Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. (2003). *Electrónica de potencia: Convertidores, aplicaciones y diseño* (3.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Rashid, M. H. (2015). *Electrónica de potencia* (4.ª ed., R. Navarro Salas, Trad.). Pearson Educación de México. (Obra original publicada en 2014)

Erickson, R. W., & Maksimovic, D. (2001). *Fundamentals of Power Electronics*. Springer.

Villalobos, J. R., & Carrillo, C. (2011). *Electrónica de potencia: conceptos y aplicaciones*. Alfaomega.

NORMAS TÉCNICAS APLICABLES

NOM-017-STPS-2008: Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo

NOM-001-SCFI-2018: Equipos electrónicos - Requisitos de seguridad y métodos de prueba.

NOM-001-SEDE-2012: Instalaciones eléctricas (utilización).

ISO 14971:2019: Medical devices — Application of risk management to medical devices.

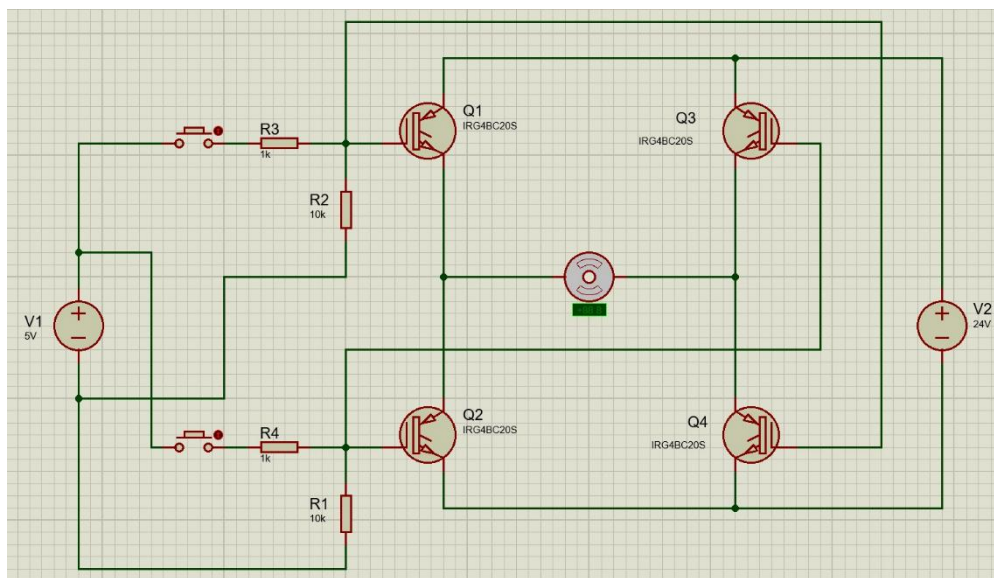
ISO 13485:2016: Medical devices – Quality management systems – Requirements for regulatory purposes.

IEC 60601-1: Medical electrical equipment



ANEXOS

1. Enlace a rúbrica de práctica de laboratorio:
https://www.ues.mx/archivos/alumnos/rubricas/Practica_de_Laboratorio.pdf
2. Guia de inicio rapido para Ltspice
<https://www.analog.com/media/en/simulation-models/spice-models/ltspicegettingstartedguide.pdf?modelType=spice-models>
3. Diagrama representativo de un circuito de puente H utilizando IGBTs:



4. Enlace para descarga de hoja de datos para IGBT
<https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/fga25n120antdtu-d.pdf>



UES

Universidad Estatal de Sonora
La Fuerza del Saber Estimulará mi Espíritu