



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Amplificadores Operacionales
Clave de la asignatura:	AEF-23108
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Electrónica e Ingeniería en Semiconductores

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero la capacidad para analizar, diseñar y construir circuitos con amplificadores operacionales para la solución de problemas en el entorno profesional, aplicando normas técnicas y estándares nacionales e internacionales.

También le permite al estudiante solucionar problemas complejos, desarrollar habilidades de pensamiento lógico, creativo, actitud para trabajar en equipo y aplicar las tecnologías de la información y comunicación para la gestión de dicha información en la solución de problemas de manera permanente y eficiente; crear, innovar y transferir tecnología aplicando métodos y procedimientos en proyectos de ingeniería electrónica e ingeniería en semiconductores, tomando en cuenta el desarrollo sustentable del entorno y simular modelos que permitan predecir el comportamiento de sistemas electrónicos empleando software de simulación.

La importancia de esta asignatura radica en la versatilidad del amplificador operacional para ejecutar operaciones matemáticas que permiten diseñar circuitos de aplicaciones lineales y no lineales; para el acondicionamiento, el procesamiento de señales analógicas, filtros activos y osciladores. Así mismo implementar acciones de control analógico e instrumentación.

Para el desarrollo de esta asignatura se requieren competencias en el análisis de circuitos eléctricos y electrónicos, permitiendo realizar aplicaciones de electrónica analógica para el control, instrumentación y electrónica de potencia.

Intención didáctica

El temario está organizado en cinco temas, en el primero se desarrollan los puntos conceptuales para distinguir las especificaciones de los amplificadores operacionales, analizar, simular, diseñar e implementar circuitos detectores de cruce por cero y detectores de nivel.

En el segundo tema el alumno aprende haciendo análisis, simulaciones y afirma su capacidad para diseñar e implementar amplificadores básicos, de aplicaciones lineales y de aplicaciones no lineales, con amplificadores operacionales.

En el tercer tema se aprende a analizar, simular, diseñar e implementar circuitos con histéresis, controladores "on-off" y osciladores, así mismo establece la forma de identificar la configuración de operación de un amplificador operacional con retroalimentación positiva.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



El cuarto tema permite generar gráficas de respuesta en amplitud y fase de los filtros activos con instrumentación real y virtual, así como diseñar, implementar y aplicar filtros activos con amplificadores operacionales en sistemas electrónicos.

El último tema aborda el estudio de diversos circuitos integrados lineales y su aplicación en sistemas electrónicos.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja.

Durante el desarrollo de las actividades programadas en la asignatura es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva particularmente a cabo y entienda que está construyendo su conocimiento, aprecie la importancia del mismo y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión, la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo, el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía; en consecuencia, actúe de manera profesional.

Es necesario que se ponga atención y cuidado en estos aspectos y los considere en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

El docente debe ser conocedor de la disciplina que está bajo su responsabilidad y tener capacidad para trabajar en equipo, destrezas que le permitan proponer las actividades de aprendizaje indicadas y formación pedagógica para abordar con mayor propiedad los diferentes estilos cognitivos de los estudiantes. Es responsabilidad del docente facilitar, direccionar y orientar el trabajo del estudiante, potenciar en el estudiante la autonomía y toma de decisiones, tener flexibilidad en el seguimiento del proceso, estimular y potenciar el trabajo autónomo y cooperativo, facilitar la interacción personal.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 24 al 28 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Cajeme, Celaya, Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Cosamaloapan, Cautla, Culiacán, Durango, Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Irapuato, La	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.



	Laguna, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo, Sur De Guanajuato, Tantoyuca, Tijuana, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Xalapa.	
Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero del 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Cajeme, Celaya, Chapala, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Cosamaloapan, Cautla, Durango, Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras, Reynosa, Salina Cruz, Saltillo, Sur De Guanajuato, Tantoyuca, Toluca, Tuxtepec, Veracruz y Xalapa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Orizaba, Querétaro, Celaya, Aguascalientes, Alvarado, Cuautitlán Izcalli, La Laguna y Lerdo.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.
Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motul, Nuevo Laredo,	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.



	Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiari, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).	
--	--	--

4. Logro formativo a desarrollar en la asignatura

Saberes, habilidades y destrezas de la asignatura

Analiza, simula, diseña, construye y aplica circuitos con amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales para aplicaciones de la electrónica analógica.

Saberes, habilidades y destrezas previas

- Aplica el análisis de la respuesta en frecuencia del amplificador.
- Aplica los conceptos de amplificadores multietapa y diferenciales, amplificadores retroalimentados y de potencia.
- Reconoce sistemas de control de lazo abierto y lazo cerrado o retroalimentado.
- Conoce el funcionamiento de otros dispositivos eléctricos y electrónicos, (diodos, transistores, componentes pasivos y activos, sensores y motores).
- Selecciona e interpreta información de dispositivos semiconductores y sistemas electrónicos a través de hojas de datos, textos, sitios web.
- Aplica software de simulación electrónica para comprobación del análisis previo.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Amplificadores operacionales en lazo abierto.	1.1. Fundamentos y especificaciones del Amplificador Operacional. 1.2. Características en lazo abierto. 1.3. Detector de cruce por cero y en diferente nivel.
2	Amplificadores operacionales con retroalimentación negativa.	1.1. Características en lazo cerrado. 1.2. Amplificadores básicos. 1.2.1. Amplificador seguidor de voltaje. 1.2.2. Amplificador inversor. 1.2.3. Amplificador no inversor. 1.2.4. Amplificador diferenciador. 1.2.5. Amplificador sumador. 1.2.6. Amplificador derivador. 1.2.7. Amplificador integrador. 1.3. Aplicaciones lineales con. 1.3.1. Amplificador de instrumentación con amplificador operacional.



		<p>1.3.2. Amplificador de transconductancia. 1.3.3. Amplificador aislador. 1.3.4. Amplificador sintonizado. 1.3.5. Convertidor voltaje a corriente y corriente a voltaje. 1.3.6. Convertidor voltaje a frecuencia y frecuencia a voltaje. 1.3.7. Convertidores DAC y ADC. 1.4. Aplicaciones no lineales. 2.4.1. Rectificadores de precisión. 2.4.2. Amplificador multiplicador. 2.4.3. Amplificador divisor. 2.4.4. Amplificador logarítmico. 2.4.5. Amplificador exponencial.</p>
3	Amplificadores operacionales con retroalimentación positiva.	<p>3.1. Comparadores. 3.2. Circuitos de control. 3.3. Osciladores.</p>
4	Filtros activos.	<p>4.1. Principios y tipos de filtros. 4.2. Pasa – bajas. 4.3. Pasa – altas. 4.4. Pasa-banda. 4.5. Rechaza-banda.</p>
5	Circuitos integrados lineales.	<p>5.1. Temporizador. 5.2. Amplificadores de audio frecuencia. 5.3. Reguladores de voltaje. 5.4. Oscilador controlado por voltaje VCO. 5.5. Circuito integrado PLL. 5.6. Amplificadores programables. 5.7. Circuitos manejadores de potencia. 5.8. DAC y ADC. 5.9. Amplificador de instrumentación.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Amplificadores operacionales en lazo abierto.	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Analiza el principio de operación del amplificador operacional en lazo abierto para implementar circuitos de aplicación.</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica 	<ul style="list-style-type: none"> Investigar cada uno de los parámetros eléctricos de los amplificadores operacionales. Investigar y caracterizar los circuitos comparadores en lazo abierto. Analizar el comportamiento del tiempo de respuesta del amplificador operacional. Resolver problemas y realizar prácticas.



<ul style="list-style-type: none"> ● Capacidad de comunicación oral y escrita. ● Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. ● Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. ● Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. ● Capacidad de trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Utilizar herramientas computacionales para simular el comportamiento de circuitos. ● En equipo de trabajo comprobar en el laboratorio el comportamiento de los circuitos amplificadores operacionales en lazo abierto, de acuerdo con el diseño y al resultado de la simulación. ● Hacer el reporte escrito de la práctica de manera que incorpore los resultados de la simulación, diagramas, cuadros, tablas de resultados, formas de onda de entrada y salida, así como todo lo necesario para evidenciar las actividades realizadas por el equipo de trabajo, deberá incluir las conclusiones pertinentes.
<p>2. Amplificadores operacionales con retroalimentación negativa.</p>	
<p>Saberes, habilidades y destrezas</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Analiza, diseña, simula, implementa y aplica el amplificador operacional con retroalimentación negativa para comprender las diferentes configuraciones de aplicación.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. ● Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. ● Capacidad de comunicación oral y escrita. ● Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. ● Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. ● Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. ● Capacidad de trabajo en equipo. ● Habilidad básica del manejo de la computadora para el uso de software de simulación. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Analizar los efectos de la retroalimentación negativa. ● Resolver problemas usando los diferentes arreglos con los amplificadores operacionales. ● Realizar prácticas de laboratorio para comparar los resultados obtenidos con los calculados y simulados. ● Utilizar herramientas de cómputo para simular el comportamiento de circuitos. ● En equipo de trabajo comprobar en el laboratorio el comportamiento de los circuitos amplificadores operacionales en lazo cerrado con retroalimentación negativa, de acuerdo con el diseño y al resultado de la simulación. ● Hacer el reporte escrito de la práctica de manera que incorpore los resultados de la simulación, diagramas, cuadros, tablas de resultados, formas de onda de entrada y salida, así como todo lo necesario para evidenciar las actividades realizadas por el equipo de trabajo, deberá incluir las conclusiones pertinentes.



3. Amplificadores operacionales con retroalimentación positiva.	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Analiza, diseña, simula, implementa y aplica el amplificador operacional con retroalimentación positiva para aplicaciones en osciladores senoidales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidad básica del manejo de la computadora para el uso de software de simulación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar los efectos de la retroalimentación positiva. • Resolver problemas usando los diferentes arreglos con amplificadores operacionales con retroalimentación positiva. • Realizar prácticas de laboratorio para comparar los resultados obtenidos con los calculados y simulados. • Analizar el concepto de estabilidad para generar osciladores. • Utilizar herramientas computacionales para simular el comportamiento de circuitos. • En equipo de trabajo comprobar en el laboratorio el comportamiento de los circuitos amplificadores operacionales en lazo cerrado con retroalimentación positiva, de acuerdo al diseño y al resultado de la simulación.
4. Filtros activos.	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Analiza, simula, diseña, construye y aplica filtros activos con amplificadores operacionales para aplicaciones de selectividad de frecuencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y discutir los conceptos básicos de filtros. • Analizar el concepto de filtros de primer grado, segundo grado y de grado superior. • Analizar la respuesta en frecuencia de los distintos tipos de filtros con instrumentos y software de simulación. • Resolver problemas usando las diferentes configuraciones de filtros utilizando amplificadores operacionales. • Realizar prácticas de laboratorio para comparar los resultados obtenidos con los calculados y simulados. • En equipo de trabajo comprobar en el laboratorio el comportamiento de los filtros con



<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Capacidad de trabajo en equipo. 	<p>amplificadores operacionales, de acuerdo al diseño y al resultado de la simulación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hacer el reporte escrito de la práctica de manera que incorpore los resultados de la simulación, diagramas, cuadros, tablas de resultados, formas de onda de entrada y salida, así como todo lo necesario para evidenciar las actividades realizadas por el equipo de trabajo, deberá incluir las conclusiones pertinentes.
5. Circuitos integrados lineales.	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Analiza, simula, diseña, construye y aplica sistemas electrónicos con circuitos integrados lineales para aplicación en sistemas electrónicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar y analizar el principio y régimen de operación de los circuitos integrados lineales. • Construir circuitos de aplicación con circuitos integrados lineales. • Simular circuitos de aplicación utilizando circuitos integrados lineales. • Diseñar un sistema electrónico basado en amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales. • Realizar prácticas de laboratorio para comparar los resultados obtenidos con los calculados y simulados. • En equipo de trabajo comprobar en el laboratorio el comportamiento de los circuitos integrados lineales, de acuerdo al diseño y al resultado de la simulación. • Hacer el reporte escrito de la práctica de manera que incorpore los resultados de la simulación, diagramas, cuadros, tablas de resultados, formas de onda de entrada y salida, así como todo lo necesario para evidenciar las actividades realizadas por el equipo de trabajo, deberá incluir las conclusiones pertinentes.

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización y comparación de amplificadores operacionales rapidez de cambio a lazo abierto. • Comparador básico y con histéresis. • Amplificador inversor y no inversor, Seguidor de Voltaje.



- Circuitos aritméticos, integrador y diferenciador.
- Amplificador logarítmico y exponencial.
- Rectificadores y recortadores.
- Diseño de amplificación de instrumentación con amplificadores operacionales.
- Convertidores de voltaje, corriente, frecuencia, analógico y digital, utilizando amplificadores operacionales.
- Osciladores con amplificadores operacionales.
- Filtros activos.
- Osciladores con circuitos integrados.
- Convertidores con CI: VFC, FVC, DAC, ADC.
- Amplificador de instrumentación con C.I.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance del(los) logro(s) formativo(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de los saberes, habilidades y destrezas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación de saberes, habilidades y destrezas

- El docente debe realizar evaluación diagnóstica, sumativa y final.
- Reportes escritos de las búsquedas de información y el análisis realizado durante las actividades propuestas, incluyendo conclusiones y observaciones.
- Resúmenes escritos de las investigaciones solicitadas de manera individual y en equipo.
- Evaluaciones escritas para comprobar el manejo de aspectos teóricos.
- Trabajos para estudio independiente en clase y extra-clase.
- Reportes técnicos de prácticas de laboratorio y de campo.
- Participación en talleres de discusión.



- Portafolio de evidencias que incluya la elaboración de un proyecto de diseño incluyendo: Cálculo y selección de dispositivos, análisis del circuito y simulación, diagramas (esquemático y del circuito impreso) y Prototipo final.

11. Referencias

1. González De La Rosa, Juan José; (2001) "Circuitos Electrónicos con Amplificadores Operacionales", 1ª edición. Editorial Marcombo, S. A.
2. Franco Sergio. (2005) "Diseño con Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados", 3ª edición Editorial McGraw – Hill.
3. Coughlin Robert F. (2006) "Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales", 6ª edición. Editorial Prentice Hall.
4. Huijsing, Johan H. (2000). "Operational Amplifiers", 2ª. Edición, Editorial Springer
5. Fiore, James M. (2002) "Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados", 1ª edición. Editorial Thomson Paraninfo, S. A.
6. Faulkenberry, Lucas (2006) Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, 4ª Edición. Editorial. Limusa.
7. Neamen Donald A. (2009) Microelectronics: Circuits, analysis and design. Editorial Mc. Graw Hill Higher Education.
8. Directorio de fabricantes (2012), página web. <http://www.directindustry.es/fabricanteindustrial/amplificador-operacional-77564.html>
9. Mancini Ron, (2002) Op Amps For Everyone, Texas Instruments.
10. Julio Forcada G., "El Amplificador Operacional", 1ª Edición, año 1996, Ed. Alfaomega, ISBN 970-15-0007-5, México D.F.
11. C.J. Savant Jr., Martin S. Roden & Gordon L. Carpenter, "Diseño Electrónico, Circuitos y Sistemas" 2a edición, Ed. Addison Wesley Logman, ISBN 968-444-222-X.
13. Muhammad H. Rashid. (2011) Microelectronics Circuits: Analysis and Design. Editorial Cengage Learning.
14. Pallás Areny Ramón (2004) Sensores y acondicionadores de señal Editorial Marcombo.