



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Análisis y Diseño de Circuitos Analógicos Integrados
Clave de la asignatura:	DCF-2304
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Semiconductores y afines

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Aportación de la asignatura al perfil de egreso:

- Simular e implementar modelos de sistemas electrónicos analógicos que permitan comprobar su comportamiento empleando simuladores tipo SPICE.
- Aplicar los conocimientos de circuitos eléctricos, para el análisis, diseño y validación de circuitos analógicos con aplicaciones en diversas áreas de la ingeniería.
- Analizar, adaptar y diseñar diferentes tipos de circuitos analógicos, como los amplificadores para construir interfaces con sensores de diferentes tipos y etapas de salida.
- Comunicarse con efectividad en forma oral y escrita en el ámbito profesional tanto en su idioma como en un idioma extranjero.

Importancia de la asignatura:

Esta asignatura permite que el alumno pueda diseñar circuitos analógicos mediante el uso de simuladores tipo SPICE, desde bloques básicos, como pequeños amplificadores, circuitos de polarización, entradas diferenciales, etapas de salida, amplificadores de transconductancia y operacionales, además de convertidores DAC y ADC. Establece el vínculo entre los circuitos electrónicos analógicos utilizados para acondicionar señales del mundo físico y adaptarlas a los sistemas digitales.

Descripción general del contenido de la materia:

Desde el punto de vista de las variables físicas que se desea medir y controlar, el mundo real es analógico, pero los principales esquemas de procesamiento y almacenamiento de datos son digitales, por lo que se requieren circuitos analógicos para captar y acondicionar señales de variables físicas y circuitos de conversión analógico a digital y digital a analógico, como interfaz entre las señales físicas del mundo real y los sistemas digitales.

La materia presenta los fundamentos del diseño de circuitos analógicos, desde el uso de transistores discretos para diseñar pequeños amplificadores, hasta el diseño de amplificadores operacionales, partiendo de bloques básicos de construcción, tales como espejos de corriente, entradas diferenciales, etapas de salida, circuitos de polarización, referencias de voltaje, etc. Por último, trata sobre los conceptos de conversión digital a analógico y analógico a digital, que son los enlaces entre los sistemas digitales y el mundo real.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



Relación con otras asignaturas:

Esta materia está contemplada dentro de la especialidad y tiene relación con otras materias predecesoras, como circuitos eléctricos, diodos y transistores, diseño con transistores y amplificadores operacionales. Materias relacionadas con el análisis y diseño de circuitos para la captación, acondicionamiento y conversión de señales físicas del mundo real.

Intención didáctica

El contenido de la materia de Diseño de Circuitos Analógicos se organiza en cinco temas.

El Tema 1, Introducción al diseño analógico CMOS, comienza con la introducción al flujo de diseño de circuitos integrados, donde el alumno profundizará en la construcción interna del transistor MOSFET tanto tipo N como P, analizando sus características eléctricas y efectos parasíticos, para poder emplearlos en la realización de circuitos analógicos sencillos, como amplificadores pequeños y circuitos de polarización.

El tema 2, aborda el análisis, diseño y simulación de circuitos analógicos básicos, como circuitos cascode, espejos y fuentes de corriente, pares diferenciales, bandgap, etc. considerados como bloques de construcción para circuitos más complejos, como amplificadores operacionales y convertidores digital a analógico y analógico a digital.

En el tema tres se analizan y diseñan circuitos amplificadores de transconductancia, sus características principales, ideales y no ideales. Se introduce el tema de retroalimentación y etapas de salida de los amplificadores y se realizan simulaciones en software especializado.

En el tema 4, se avanza en el análisis y diseño de circuitos analógicos más complejos, como comparadores, amplificadores y multiplicadores. Se analizan las consideraciones de diseño de este tipo de circuitos y se realizan simulaciones para validar la funcionalidad de dichos circuitos.

Por último, el tema 5 introduce los conceptos de conversión digital-analógica y analógica-digital, se analizan diferentes esquemas de conversión y se realizan simulaciones en software especializado.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de Aguascalientes. 31 de marzo del 2023.	Instituto Tecnológico de Aguascalientes.	Reunión de diseño de especialidades del proyecto de semiconductores del TECNM.



4. Logro formativo a desarrollar en la asignatura

Habilidades, saberes, destrezas específico(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> • Conoce la estructura y características, tanto físicas como eléctricas de los transistores MOSFET de canal n y canal P. • Utiliza los transistores de la tecnología CMOS para diseñar circuitos analógicos, tomando en cuenta los parámetros más importantes de los transistores. • Diseña circuitos amplificadores tomando en cuenta especificaciones especiales de diseño y simula su comportamiento en software especializado. • Diseña y simula diversos circuitos analógicos, basado en consideraciones especiales de diseño. • Conoce esquemas de conversión digital-analógico y simula el comportamiento en software especializado. • Conoce esquemas de conversión analógico-digital y simula el comportamiento en software especializado.

5. Habilidades, saberes, destrezas previas

<ul style="list-style-type: none"> • Conoce los transistores de efecto de campo y otros dispositivos electrónicos. • Conoce, analiza y diseña circuitos electrónicos analógicos. • Conoce y comprende las leyes básicas que describen el comportamiento de los circuitos eléctricos y electrónicos. • Conoce y comprende los conceptos de amplificación de señales utilizando elementos activos, como los transistores.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción al Diseño Analógico con Tecnología CMOS.	1.1 Flujo de diseño. 1.2 Polarización y recta de carga. 1.3 Amplificadores de un transistor.
2	Bloques Analógicos Básicos.	2.1 Circuito cascode 2.2 Fuentes y espejos de corriente 2.3 Par diferencial 2.4 Referencias de voltaje (Voltage bandgap)
3	Amplificadores de Transconductancia OTA	3.1 OTA ideal 3.2 Características no ideales de un OTA 3.3 Circuitos de retroalimentación 3.4 Etapas de salida
4	Otros Circuitos Analógicos.	4.1 Comparadores 4.2 Amplificadores operacionales 4.3 Multiplicadores analógicos 4.4 Multiplexores analógicos 4.5 Consideraciones de diseño
5	Convertidores.	5.1 Convertidores digital analógico DAC 5.2 Convertidores analógico digital ADC



7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Introducción al Diseño Analógico con Tecnología CMOS.	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer, comprender y aplicar estrategias de diseño de circuitos electrónicos analógicos. • Diseñar esquemas de polarización para ubicar el punto de operación de un transistor. • Conocer, comprender y utilizar los conceptos de amplificación de señales para diseñar circuitos amplificadores de un transistor. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de organizar y planificar el tiempo. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de trabajo en equipo. • Compromiso con la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar búsquedas de información respeto al diseño de circuitos analógicos. • Analizar las características eléctricas y efectos parasíticos de los transistores NMOS , PMOS y CMOS. • Analizar, Diseñar y simular circuitos de polarización. • Analizar, Diseñar y simular circuitos amplificadores de un transistor. • Realizar reportes de resultados de las simulaciones y practicas realizadas.
2. Bloques Analógicos Básicos.	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer, diseñar y simular circuitos analógicos básicos para utilizarlos en circuitos analógicos de mayor complejidad. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de organizar y planificar el tiempo. • Capacidad de comunicación oral y escrita. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar, diseñar y simular circuitos analógicos básicos (Cascode, espejo de corriente, fuente de corriente, par diferencial, circuitos de salida, etc.) para construir circuitos más complejos, utilizando transistores MOSFET tipo N y tipo p. • Utiliza software especializado para la simulación de los circuitos. • Realizar reportes de resultados de las simulaciones y practicas realizadas.



<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de trabajo en equipo. • Compromiso con la calidad. 	
3. Amplificadores de Transconductancia OTA	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer, comprender y utilizar los conceptos de amplificación de señales para diseñar circuitos amplificadores de transconductancia OTA. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de organizar y planificar el tiempo. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de trabajo en equipo. • Compromiso con la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar, diseñar y simular circuitos amplificadores de transconductancia OTA utilizando transistores MOSFET tipo N y tipo p. • Utiliza software especializado para la simulación de los circuitos. OTA • Realizar reportes de resultados de las simulaciones y practicas realizadas.
4. Otros Circuitos Analógicos.	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer, comprender y utilizar los conceptos de circuitos electrónicos para diseñar circuitos analógicos con aplicaciones diversas, resolviendo problemas de ingeniería. • Utiliza herramientas de software para realizar la simulación de los circuitos diseñados. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar, diseñar y simular circuitos analógicos más complejos, como amplificadores operacionales, multiplexores analógicos y multiplicadores analógicos, utilizando diferentes consideraciones de diseño. • Analiza los efectos en el comportamiento de los circuitos con la desviación de parámetros de los componentes y tomar en cuenta los efectos de los elementos parasíticos. • Utiliza software especializado para la simulación de los circuitos. • Realizar reportes de resultados de las simulaciones y practicas realizadas.



<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de organizar y planificar el tiempo. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de trabajo en equipo. • Compromiso con la calidad. 	
5. Convertidores.	
Habilidades, saberes, destrezas.	Actividades de aprendizaje.
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer y comprender los conceptos de conversión digital analógico y analógico digital. • Diseñar circuitos convertidores. • Utiliza herramientas de simulación para validar los diseños realizados. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Capacidad de organizar y planificar el tiempo. • Capacidad de comunicación oral y escrita. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. • Habilidad para trabajar en forma autónoma. • Capacidad de trabajo en equipo. • Compromiso con la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar, diseñar y simular circuitos convertidores DAC y ADC • Utiliza software especializado para la simulación de los circuitos convertidores. • Propone esquemas de conversión ADC para diseñar circuitos de adquisición de datos. • Realizar reportes de resultados de las simulaciones y practicas realizadas.



8. Práctica(s)

- Polariza y obtiene la recta de carga y punto de operación de transistores nMOS y pMOS.
- Diseñar amplificadores bajo condiciones o requerimientos de diseño específicos y simula su comportamiento en software especializado.
- Construye circuitos amplificadores de uno o dos transistores. Demuestra mediante equipo de medición la funcionalidad del circuito de amplificación.
- Simula bloques analógicos básicos, como cascodes, espejos de corriente, entradas diferenciales, etc.
- Diseñar y simular amplificadores OTA bajo condiciones de diseño específicas.
- Diseñar y simular otros circuitos analógicos vistos en clase.
- Diseñar y simular circuitos de conversión digital-analógico y analógico-digital.

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 las habilidades, saberes, destrezas genéricas y específicas 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”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.



10. Evaluación de habilidades, saberes, destrezas

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

- Exámenes escritos u orales para comprobar el manejo de aspectos teóricos.
- Examen práctico (En el laboratorio y/o frente a la computadora).
- Desarrollo de mapas conceptuales de actividades realizadas en clase.
- Desarrollo de prácticas que incluyan simulación e implementación de circuitos analógicos en el entorno de simulación Multisim o similar.
- Desarrollo de un proyecto final del curso.
- Cumplimiento de las actividades asignadas.
- Reportes de prácticas de laboratorio.
- Participación en eventos como: Innovación tecnológica, otros.

11. Fuentes de información

- 1) Malik, Norbert. Circuitos electrónicos, Análisis, simulación y diseño. Prentice hall. 1996.
- 2) Paul R. Gray, Paul J. Hurst, Stephen H. Lewis, Robert G. Meyer. Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, 5th Edition. Wiley, 2009.
- 3) Horenstein, Mark N. Circuitos y Dispositivos Microelectrónicos 2da Edición. Prentice Hall, 1997.
- 4) Sedra/Smith. Microelectronic Circuits. 7th Edition. Oxford University Press. 2015.
- 5) Boylestad L. Robert; Nashelsky, Louis. Electronic device and circuit theory. 11th edition. Pearson. 2013.
- 6) Shepherd, Peter. Integrated Circuit: Design, Fabrication, and Test. MACMILLAN NEW ELECTRONICS, 1993.
- 7) Sahrling, Mikael. Layout Techniques for Integrated Circuit Designers. Artech House. 2022.
- 8) Sahrling, Mikael. Fast Techniques for Integrated Circuit Designs. Cambridge University Press. 2019.
- 9) RAZAVI, Behzad. Design Of Analog Cmos Integrated Circuit , 2Nd Edition. Mc. Graw Hill. 2017.
- 10) Carusone, Tony Chan; Johns, David. Analog Integrated Circuit Design. Second Edition. Wiley 2011.
- 11) Johns, David. Analog Integrated Circuit Design. Wiley 2011.
- 12) Thompson, Marc. Intuitive Analog Circuit Design 2nd Edición. Elsevier 2014