



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Taller de Fabricación de Circuitos Electrónicos
Clave de la asignatura:	SEO-2314
SATCA¹:	0-3-3
Carrera:	Ingeniería en Semiconductores.

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>Esta asignatura, aporta al perfil del egresado de la Ingeniería en Semiconductores las habilidades y saberes necesarios para que el estudiante sea capaz de llevar a la práctica y construcción física los circuitos electrónicos que diseña, tomando en cuenta normatividad técnica relativa al diseño de los circuitos impresos, lo que resulta de gran importancia al perfil del egresado, ya que le permitirá aplicar de manera práctica las habilidades y saberes adquiridos durante su preparación. Al ser un taller, el estudiante debe enfocarse en actividades totalmente prácticas, que le permitan adquirir las habilidades necesarias para diseñar y construir circuitos electrónicos que resuelvan problemas de ingeniería. Esta materia se relaciona con las materias técnicas de diseño de circuitos electrónicos, previas y posteriores a esta asignatura, como instrumentación, amplificadores operacionales, microprocesadores, comunicaciones digitales, electrónica de potencia, por mencionar algunas, ya que le permitirá, como se mencionó previamente, aterrizar los conocimientos en actividades totalmente prácticas.</p>
Intención didáctica
<p>Esta asignatura Taller de fabricación de circuitos electrónicos. Consta de 4 temas con el siguiente enfoque.</p> <p>El tema 1 aborda el diseño de tarjetas electrónicas impresas o PCBs. Inicia con los conceptos y normatividad técnica aplicable, uso de software CAD para el diseño de PCBs y reglas de diseño específicas, conocer los tipos de empaque de CI y componentes electrónicos, tipos de soldadura, e insumos en general. Quienes participan en este curso deberán trabajar en el diseño de una tarjeta PCB que pueda ser utilizada en alguna de las asignaturas que esté cursando o un proyecto específico en el que se participe.</p> <p>El tema 2 lleva a las y los participantes al proceso de fabricación de las tarjetas PCB, abordando diferentes métodos de fabricación, en general los procesos de fotolitografía y el de maquinado. Deberán llevar a cabo la fabricación de al menos un prototipo de tarjeta, realizando la documentación de dicho diseño</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



El tema 3 se enfoca en el diseño físico o layout de un circuito integrado. Los estudiantes conocen las estructuras básicas de los componentes electrónicos discretos y el software de diseño especializado. Realizan diferentes prácticas de diseño de celdas de circuito integrado vistas en otras asignaturas. realiza la verificación de reglas de diseño.

Por último, el tema 4 introduce al participante en el proceso fotolitográfico para la fabricación de circuitos integrados. En este tema el estudiante realiza búsquedas de información especializada y expone la información ante el grupo.

Con estas actividades, quienes cursan esta asignatura, adquieren habilidades y saberes esenciales para realizar aplicaciones prácticas de sus diseños. Comprenden los retos que implica fabricar un circuito o aparato electrónico y la normatividad aplicable al diseñar y comercializar un producto de este tipo.

El enfoque de la materia requiere de actividades prácticas desde el inicio del curso, que promuevan un ejercicio extensivo en el diseño de los circuitos y tarjetas electrónicas, de manera que el estudiantado adquiera y fortalezca las habilidades necesarias para llevar a cabo con éxito la fabricación de dichos diseños. Se sugiere iniciar con la instalación de software adecuado para realizar estas actividades prácticas y una revisión detallada de las normas técnicas y de calidad utilizadas en la industria electrónica, como las normas IPC, para avanzar de manera paralela entre el diseño de los circuitos electrónicos, tomando en cuenta la normatividad aplicable. Respecto al tema de diseño físico de los circuitos integrados, también se sugiere acompañar a quienes participen en el curso desde la instalación del software, posteriormente que conozca y comprenda un proceso de diseño basándose en los documentos provistos por algún fabricante, los documentos PDK (Process Design Kit), para obtener la información necesaria para diseñar un circuito integrado. Por último se recomienda que se utilicen diseños de circuitos o sistemas trabajados en otras asignaturas, a fin de buscar la manera de integrar las actividades de las diferentes asignaturas.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Tecnológico Nacional de México, del 24 al 28 de abril de 2023.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de



		Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Semiconductores.
Tecnológico Nacional de México, del 22 al 24 de mayo de 2023.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes.	Reunión Nacional de Consolidación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Semiconductores.

4. Logro formativo a desarrollar en la asignatura

Habilidades, saberes, destrezas específico(s) de la asignatura
Interpreta, analiza, diseña y fabrica circuitos y tarjetas electrónicos pcb utilizando diferentes métodos de fabricación. Además, utiliza herramientas CAD para el diseño físico de circuitos integrados, conoce y comprende los procesos de fotolitografía utilizados en la fabricación de dispositivos semiconductores.

5. Habilidades, saberes, destrezas previas

<ul style="list-style-type: none"> • Conoce, interpreta y analiza circuitos eléctricos y electrónicos. • Utiliza software CAD. • Comprende e interpreta diagramas eléctricos y electrónicos.

6. Temario

No	Temas	Subtemas
1	Diseño de tarjetas electrónicas impresas (PCB)	1.1. Esquema general para el proceso de diseño y fabricación de PCBs. 1.2. Herramientas de diseño de PCBs. 1.3. Diseño de tarjetas con un editor de PCB. 1.3.1. Conocimiento general de la herramienta de diseño. 1.3.2. Colocación del borde de la tarjeta. 1.3.3. Colocación y rotación de componentes.



		<p>1.3.4. Enrutamiento de las pistas.</p> <p>1.4. Diseño de tarjetas a través de proyectos desde diagramas esquemáticos.</p> <p>1.4.1. Creación de diagramas esquemáticos con software de diseño electrónico.</p> <p>1.4.2. Vinculación del PCB con el diagrama esquemático.</p> <p>1.4.3. Definición de las reglas de diseño.</p> <p>1.4.4. Colocación de componentes.</p> <p>1.4.5. Colocación de orificios de perforación.</p> <p>1.4.6. Enrutamiento de pistas.</p> <p>1.4.7. Colocación de etiquetas e identificadores.</p> <p>1.4.8. Generación de archivos de diseño.</p>
2	Fabricación de PCBs.	<p>2.1 Fabricación por fotolitografía.</p> <p>2.2 Fabricación por maquinado</p>
3	Introducción al diseño físico de circuitos integrados. Layout.	<p>3.1 Tecnología planar y fabricación de componentes.</p> <p>3.1.1 Transistores MOS</p> <p>3.1.2 Resistencias.</p> <p>3.1.3 Capacitores.</p> <p>3.1.4 Inductores.</p> <p>3.2 Herramientas CAD para Layout.</p> <p>3.3 Reglas de diseño.</p> <p>3.3 Procesos de verificación DRC y LVS</p>
4	El proceso fotolitográfico en la fabricación de circuitos integrados.	<p>4.1 Tecnologías de fabricación.</p> <p>4.2 Foto Máscaras y archivos GDSII</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Diseño de tarjetas electrónicas impresas PCB.	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
Utiliza las tecnologías de la información y comunicación para realizar búsquedas de información técnica especializada. Utilizar	<ul style="list-style-type: none"> Realizar búsquedas de información relativas a la normatividad aplicable al diseño y fabricación de PCBs (Normas IPC). Instalar software de diseño de PCBs.



<p>software especializado para el diseño de tarjetas electrónicas impresas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de integración. • Capacidad de análisis y síntesis, • Habilidad para buscar y analizar fuentes diversas. • Comunicación oral y escrita. • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender, capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar diseño de PCBs siguiendo reglas de diseño y considerando estándares nacionales e internacionales. • Realizar búsquedas de información relacionadas con los componentes electrónicos, tipos de encapsulados para tecnologías de thru hole y SMT.
2. Fabricación de PCBs.	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Usa las tecnologías de la información y comunicación para realizar búsquedas de información técnica especializada referente a los procesos de fabricación de PCBs.}</p> <p>Conocer y utilizar herramientas y equipos para fabricar PCBs.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de integración. • Capacidad de análisis y síntesis, • Habilidad para buscar y analizar fuentes diversas. • Comunicación oral y escrita. • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender, capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricar tarjetas impresas usando tanto técnicas de transferencia por calor (planchado), fotolitografía (serigrafía) y maquinado (desbaste). • Ensamblar y probar los circuitos fabricados. • Realizar informes técnicos y documentar los diseños realizados.
3. Introducción al diseño físico de circuitos integrados. Layout.	
Habilidades, saberes, destrezas	Actividades de aprendizaje



<p>Usar las tecnologías de la información y comunicación para realizar búsquedas de información técnica especializada referente a la construcción de dispositivos semiconductores.</p> <p>Utiliza software especializado para el diseño físico de circuitos integrados.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Capacidad de integración. ● Capacidad de análisis y síntesis, ● Habilidad para buscar y analizar fuentes diversas. ● Comunicación oral y escrita. ● Habilidades de investigación. <p>Capacidad de aprender, capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Realizar un informe técnico sobre la construcción de dispositivos electrónicos con tecnología CMOS. Exponer ante el grupo la información obtenida. ● Usar software de diseño de Layout de circuito integrado para diseñar celdas básicas de circuitos integrados. ● Conocer e interpretar las reglas de diseño aplicables al diseño físico de circuitos integrados. PDKs. ● Realizar los procesos de verificación de las celdas diseñadas.
<p>4. El proceso fotolitográfico en la fabricación de circuitos integrados.</p>	
<p>Habilidades, saberes, destrezas</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Usar las tecnologías de la información y comunicación para realizar búsquedas de información técnica especializada referente al proceso fotolitográfico para la fabricación de circuitos integrados.</p> <p>Conocer y comprender los procesos de diseño de CI.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Capacidad de integración. ● Capacidad de análisis y síntesis, ● Habilidad para buscar y analizar fuentes diversas. ● Comunicación oral y escrita. ● Habilidades de investigación. ● Capacidad de aprender, capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Buscar información referente a tecnologías de fabricación de circuitos integrados. ● Realiza un informe técnico y expone frente al grupo. ● Conocer los formatos de los archivos generados durante el proceso de elaboración de layout. GDS, GDS II.

8. Práctica(s)



- Instalar software de diseño de PCBs.
- Diseñar PCBs para tecnologías thru hole, haciendo las consideraciones técnicas requeridas.
- Diseñar PCBs para tecnologías SMT, haciendo las consideraciones técnicas requeridas.
- Realiza cálculos de consumo de potencia de los circuitos y calcula espesores de pistas, tomando en cuenta capacidad de corriente y desviación de temperatura.
- Fabricar PCBs usando técnicas de transferencia por calor.
- Fabricar PCBs usando técnicas foto-litográficas (serigrafía)
- Fabricar PCBs usando técnicas de maquinado.
- Realiza el layout de celdas básicas, siguiendo reglas de diseño.
- Realiza la verificación de las celdas diseñadas.

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.

Un aspecto innovador e importante en el logro formativo de los estudiantes es el proyecto de asignatura.

Se genera a partir de la definición de un problema del contexto a resolver y que esté directamente relacionado con las habilidades, saberes, destrezas a desarrollar en la asignatura.



- Fundamentación.
- Planeación.
- Ejecución.
- Evaluación.

10. Evaluación de habilidades, saberes, destrezas

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

- Mapa conceptual. Rúbrica.
- Examen. Rúbrica.
- Esquemas. Rúbrica.
- Mapas mentales. Rúbrica.
- Ensayos. Rúbrica.
- Informes técnicos.
- Reportes de prácticas. Lista de cotejo.
- Resúmenes. Rúbrica.
- Exposiciones orales. Guía de observación.

11. Fuentes de información

Baker, J.(2109). *Circuit Design, Layout and Simulations*. IEEE Press.

EMA Design Automation (2023). *The Hitchhiker's Guide to PCB Design: Things You Wish You Knew Yesterday and Will Need to Know Tomorrow*. EMA Design Automation.

Graña, C. Q. (2021b). *Simulación de circuitos electrónicos con OrCAD® PSpice®*. Marcombo.

Mitzner, K., Doe, B., Akulin, A., Suponin, A., & Müller, D. (2019). *Complete PCB Design Using OrCAD Capture and PCB Editor*. Academic Press.

Monk, S., Amos, D. (2017). *Make Your Own PCBs with EAGLE: From Schematic Designs to Finished Board*. MC GRAW HILL.

Pappas, L. Nicholas. (2014). *CMOS Circuit design - Analog, Digital, IC Layout*. Electrical and Electronic Engineering Design Series.

RAZAVI (2017). *Design of analog CMOS Integrated Circuit*. 2nd Edition, MC Graw Hill
www.ipc.org/ipc-standards.