



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Física de Semiconductores
Clave de la asignatura:	SEF-2310
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Semiconductores

2. Presentación

<p>Caracterización de la asignatura</p> <p>El contenido de la asignatura comprende el estudio de las características físicas y eléctricas de los sólidos cristalinos, así como también sus técnicas de fabricación, crecimiento, la construcción de uniones PN y la importancia de su participación en las características operativas de los dispositivos electrónicos; la interacción de semiconductores compuestos con la energía luminosa y calorífica, para terminar con el análisis operativo de elementos electrónicos con una, dos y tres uniones PN en su construcción (diodos y transistores).</p> <p>Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Semiconductor la capacidad para explicar los principios básicos de la física de semiconductores con enfoque en diseñar y sintetizar materiales semiconductores y circuitos integrados en la solución de problemas en el entorno profesional, así como su aplicación en elementos de circuitos electrónicos para ser utilizados en las asignaturas de Diodos y Transistores, Diseño con Transistores y demás materias afines.</p> <p>La importancia de esta materia se encuentra en los fundamentos que rigen y explican el comportamiento de los dispositivos de unión, los transistores de unión bipolar y los transistores de efecto de campo aplicados a proyectos de ingeniería.</p> <p>También, se relaciona con la materia de Química I, en los temas de elementos químicos y su clasificación y enlaces químicos, considerando las leyes que los rigen. A su vez, aporta saberes previos para la asignatura de Física del Estado Sólido, en los temas de estructuras cristalinas y propiedades de los materiales.</p> <p>Se recomienda el uso de las nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación, para la adquisición y procesamiento de datos. Así como comunicarse con efectividad en forma oral y escrita. Realizando la selección y operación del equipo de medición y prueba para identificar los parámetros eléctricos de los dispositivos.</p> <p>Intención didáctica</p>
--

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



El contenido de esta asignatura se organiza en cinco temas de forma que los dos primeros temas abordan los conceptos de la física del semiconductor y del comportamiento de las cargas eléctricas en los sólidos cristalinos, así como también el funcionamiento de las uniones PN y su contribución a la operación de los dispositivos semiconductores. Los siguientes temas muestran el comportamiento operativo de diferentes dispositivos electrónicos del estado sólido.

En el primer tema, se analizan los principios básicos de la física de semiconductores para garantizar la comprensión del comportamiento de las estructuras cristalinas.

En el segundo tema, se analizan las propiedades y características de la unión PN y sus condiciones de polarización.

En el tercer tema, se integran los conocimientos previos para describir la operación de los diferentes tipos de diodos y dispositivos fotodetectores y fotoemisores.

En el cuarto tema, se integran los conocimientos previos para describir la operación de los diferentes tipos de transistores de unión bipolar.

En el quinto tema, se integran los conocimientos previos para describir la operación de los diferentes tipos de transistores de efecto de campo.

La profundidad con la que los temas son tratados debe ser suficiente para analizar e interpretar los fenómenos eléctricos que se desarrollan en los sólidos cristalinos, para que el estudiante comprenda y explique el comportamiento operativo de los diferentes dispositivos semiconductores.

Durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta materia, el alumno desarrollará competencias genéricas que le permitan analizar y organizar los contenidos para así poder planificar el desarrollo de su curso, en lo que al aprendizaje se refiere, es importante desarrollar destrezas que le permitan interactuar con sus compañeros para valorar el trabajo de equipo y mejorar su ambiente estudiantil.

Con la organización del proceso de aprendizaje en esta materia, se pretende también que el alumno tenga la capacidad de aplicar sus conocimientos a la práctica y desarrolle la habilidad de autoaprendizaje. Para que lo anterior se pueda dar el profesor deberá promover, organizar y proponer las actividades que le permitan alcanzar las competencias antes mencionadas.

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; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto previamente en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar.

Para que aprendan a planificar, que no planifique el profesor todo por ellos, sino involucrarse en el proceso de planeación.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones.

Se busca que a partir de experiencias concretas y cotidianas el estudiante reconozca los fenómenos físicos a su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer ambientes de aprendizaje distintos, ya sean virtuales o físicos.

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

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, Ciudad Madero, Irapuato, Matamoros y Purísima del Rincón.	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, Ciudad Madero, Irapuato, Matamoros y Purísima del Rincón.	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



Saberes, habilidades y destrezas de la asignatura

Comprende el principio de operación de los dispositivos semiconductores desde la perspectiva de su construcción y régimen de operación para su aplicación en el diseño de circuitos electrónicos.

5. Saberes, habilidades y destrezas previas

- Aplica conceptos de teoría cuántica, estructura atómica y enlaces para la comprensión de los cristales semiconductores.
- Aplica los conceptos de continuidad, campo eléctrico, densidad de corriente, potencial eléctrico, Ley de Ohm y Leyes de Kirchhoff para comprender las características de operación de los dispositivos semiconductores.
- Opera instrumentos y equipos de medición para la determinación de los parámetros eléctricos que caracterizan la operación de los dispositivos semiconductores.

6. Temario

No	Temas	Subtemas
1	Introducción a la física del semiconductor	1.1. Propiedades y crecimiento de cristales semiconductores. 1.1.1. Dopado. 1.2. Átomos y electrones. 1.3. Bandas de energía y portadores de carga en semiconductores. 1.4. Portadores en exceso.
2	Unión P-N	2.1. Unión P-N en estado de equilibrio. 2.1.1. Potencial de contacto. 2.1.2. Campo eléctrico. 2.1.3. Zonas de vaciamiento. 2.1.4. Carga almacenada. 2.1.5. Capacitancia de difusión y transición. 2.2. Condiciones de polarización. 2.2.1. Efecto de potencial de barrera. 2.2.2. Polarización directa. 2.2.3. Polarización inversa. 2.2.4. Características de corriente – voltaje. 2.3. Fenómenos de ruptura. 2.3.1. Ruptura por multiplicación o avalancha. 2.3.2. Ruptura Zener.



		2.4. Unión metal-semiconductor. 2.4.1. Barrera Schottky. 2.4.2. Contactos rectificadores y óhmicos.
3	Dispositivos de unión.	3.1. Diodos. 3.1.1. Diodo. 3.1.2. Diodo Zener. 3.1.3. Diodo Túnel. 3.1.4. Diodo varactor. 3.1.5. Diodo PIN. 3.1.6. Diodo Schottky. 3.1.7. Diodo Avalancha. 3.1.8. Fotodetectores. 3.1.9. Fotoemisores.
4	Transistores de unión bipolar	4.1. Transistor BJT. 4.1.1. Construcción del Transistor BJT (Oblea) 4.1.2. Parámetros de corriente (alfa y beta); corriente de fuga. 4.1.3. Funcionamiento del transistor bipolar BJT. 4.1.4. Curvas características y regiones de operación. 4.1.5. Configuraciones básicas (BC, EC, CC). 4.1.6. Aplicaciones básicas.
5	Transistores de efecto de campo	5.1. Transistor FET 5.1.1. Construcción del Transistor FET (Oblea) 5.1.2. Parámetros eléctricos (VP, VGS, IDSS, ID, transconductancia). 5.2. Funcionamiento del JFET. 5.3. Funcionamiento del MOSFET de empobrecimiento y de enriquecimiento 5.4. Configuraciones básicas del MOSFET. 5.5. Aplicaciones básicas.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Introducción a la física del semiconductor	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
Analiza el comportamiento eléctrico de los sólidos cristalinos para comprender su interacción con diferentes tipos de energía.	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar información para identificar el crecimiento de cristales para la construcción de la oblea y de circuitos integrados.



<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis para comprender la física del semiconductor. • Habilidades básicas del manejo de la computadora para buscar información proveniente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar y describir los fenómenos que se presentan en el dopaje para la construcción de semiconductores extrínsecos. • Representar una red cristalina de material semiconductor por medio del modelo de enlace covalente. • Representar los diferentes tipos de semiconductores por medio de diagramas de bandas de energía. • Analizar y explicar los conceptos de: conductividad, densidad de corriente, corriente por difusión y corriente por arrastre. • Explicar el fenómeno de la fotoconductividad.
2. Unión PN	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Analiza el comportamiento de la unión P-N en estado estable y transitorio, en polarización directa y el fenómeno de ruptura en inversa (avalancha y zener), para su aplicación en circuitos recortadores, sujetadores, rectificadores y reguladores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis para comprender el comportamiento interno de los diferentes tipos de diodos. • Habilidades básicas del manejo de la computadora para buscar información proveniente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar el comportamiento eléctrico de la unión por medio de diagramas de bandas de energía. • Investigar el funcionamiento interno de un diodo. • Graficar y describir el comportamiento de un diodo. • Analizar de forma teórica y práctica la polarización directa e inversa, así como observar los fenómenos de ruptura por avalancha y zener de la Unión PN. • Diferenciar técnicas de fabricación de uniones PN. • Describir el funcionamiento de los fotodetectores y fotoemisores.
3. Dispositivos de Unión	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Conoce el funcionamiento de los dispositivos de unión partiendo de las características de construcción y las diferencias de diseño para su aplicación posterior en circuitos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un cuadro comparativo de los diferentes dispositivos de unión, usando como parámetros de comparación las características de diseño.



<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades interpersonales para el trabajo en equipo. • Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica de laboratorio • Habilidad básica del manejo de la computadora para el uso de software de simulación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar las diferencias en el funcionamiento de los dispositivos de unión a partir de las características de diseño. • Consultar las hojas de datos y operación de los fabricantes de dispositivos electrónicos para obtener las curvas características de diferentes dispositivos de unión.
4. Transistores de unión bipolar	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Analiza la construcción, las características y el comportamiento eléctrico de los dispositivos bipolares para su aplicación en circuitos electrónicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades interpersonales para el trabajo en equipo. • Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica de laboratorio • Habilidad básica del manejo de la computadora para el uso de software de simulación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Describir la construcción del Transistor BJT (Oblea) • Explicar el principio de operación de los BJT'S a partir de la polarización de sus uniones. • Consultar los parámetros de operación en las hojas de datos del fabricante para los BJT's.
5. Transistores de Efecto de Campo	
Saberes, habilidades y destrezas	Actividades de aprendizaje
<p>Analiza la construcción, las características y el comportamiento eléctrico de los dispositivos unipolares para su aplicación en circuitos electrónicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades interpersonales para el trabajo en equipo. • Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica de laboratorio • Habilidad básica del manejo de la computadora para el uso de software de simulación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Describir la construcción del Transistor FET (Oblea) • Explicar el principio de operación de JFET a partir de su construcción y polarización. • Explicar el principio de operación de MOSFET's a partir de su construcción y polarización. • Comparar las diferencias de construcción y operación entre los JFET's y MOSFET's. • Consultar los parámetros de operación en las hojas de datos del fabricante para los JFET's y los MOSFET de empobrecimiento y de enriquecimiento.



8. Práctica(s)

Construcción de las curvas características de los BJT's, FET's y MOSFET's

- con configuraciones básicas.
- con trazador de curvas.
- con temperaturas diferentes.
- con el empleo de software de simulación.

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

Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje son:

- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Exposición con medios didácticos (lista de cotejo).
- Reportes técnicos de prácticas de laboratorio (rúbrica).
- Reportes escritos de las actividades de aprendizaje como mapas conceptuales (lista de cotejo).
- Portafolio de evidencias (lista de cotejo).

11. Referencias



Streetman, B. G. y Banerjee, S. K. (2006), Solid State Electronic Devices, Pearson Prentice Hall, Sixth edition.

Boylestad, R. L. y Nashelsky, L. (2009), Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos, Prentice Hall, décima edición.

Sze, S. M. y Kwok, K. N. (2007), Physics of Semiconductors Devices, John Wiley and Sons Inc. Third edition.

Savant, C. J., Roden, M. S. y Carpenter, G. L. (1992), Diseño Electrónico: Circuitos y Sistemas, Prentice Hall, segunda edición.

Sing, J. (2001), Semiconductor Device: basic principles, John Wiley and Sons Inc.

Floyd, T. L. (2008), Dispositivos Electrónicos, Pearson, octava edición.

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/lineal/lineal.htm>