

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Física de Semiconductores
Clave de la asignatura:	ETF-1017
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Electrónica

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 Electrónica la capacidad para explicar los principios de la física de semiconductores para conocer, identificar y comprender el comportamiento y operación, así como su aplicación como elementos de circuitos electrónicos para ser utilizados en las asignaturas de Diodos y Transistores, Diseño con Transistores y demás materias afines.</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> <p>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.</p> <p>En el primer tema, se analizan los principios básicos de la física de semiconductores para garantizar la comprensión del comportamiento de las estructuras cristalinas.</p> <p>En el segundo tema, se analizan las propiedades y características de la unión PN y sus condiciones de polarización.</p> <p>En el tercer tema, se integran los conocimientos previos para describir la operación de los diferentes tipos de diodos y dispositivos fotodetectores y fotoemisores.</p> <p>En el cuarto tema, se integran los conocimientos previos para describir la operación de los diferentes tipos de transistores de unión bipolar.</p> <p>En el quinto tema, se integran los conocimientos previos para describir la operación de los diferentes tipos de transistores de efecto de campo.</p> <p>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.</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

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 auto-aprendizaje. 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 involucrarlos 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 en 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	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, Cuatla, Culiacán, Durango, Ecatepec, Ensenada, Hermosillo, Irapuato, La Laguna, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Lerma, Los Mochis, Matamoros, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Piedras Negras,	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.

	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, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo,	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.

	Santiago Papasquiaro, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).	
--	--	--

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) 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. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • 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.

		<p>2.3.2. Ruptura Zener.</p> <p>2.4. Unión metal-semiconductor.</p> <p>2.4.1. Barrera Schottky.</p> <p>2.4.2. Contactos rectificadores y óhmicos.</p>
3	Dispositivos de unión.	<p>3.1. Diodos.</p> <p>3.1.1. Diodo.</p> <p>3.1.2. Diodo Zener.</p> <p>3.1.3. Diodo Túnel.</p> <p>3.1.4. Diodo varactor.</p> <p>3.1.5. Diodo PIN.</p> <p>3.1.6. Diodo Schottky.</p> <p>3.1.7. Diodo Avalancha.</p> <p>3.1.8. Fotodetectores.</p> <p>3.1.9. Fotoemisores.</p>
4	Transistores de unión bipolar	<p>4.1. Transistor BJT.</p> <p>4.1.1. Parámetros de corriente (alfa y beta); corriente de fuga.</p> <p>4.1.2. Funcionamiento del transistor bipolar BJT.</p> <p>4.1.3. Curvas características y regiones de operación.</p> <p>4.1.4. Configuraciones básicas (BC, EC, CC).</p> <p>4.1.5. Aplicaciones básicas.</p>
5	Transistores de efecto de campo	<p>5.1. Parámetros eléctricos (VP, VGS, IDSS, ID, transconductancia).</p> <p>5.2. Funcionamiento del JFET.</p> <p>5.3. Funcionamiento del MOSFET de empobrecimiento y de enriquecimiento</p> <p>5.4. Configuraciones básicas.</p> <p>5.5. Aplicaciones básicas.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Introducción a la física del semiconductor	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analiza el comportamiento eléctrico de los sólidos cristalinos para comprender su interacción con diferentes tipos de energía.</p> <p>Genéricas:</p> <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"> • Buscar información para identificar el crecimiento de cristales para la construcción de la oblea y de circuitos integrados. • 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.

	<ul style="list-style-type: none"> • 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	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): 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> <p>Genéricas:</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	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): 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> <p>Genéricas:</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"> • Elaborar un cuadro comparativo de los diferentes dispositivos de unión, usando como parámetros de comparación las características de diseño. • 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	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analiza la construcción, las características y el comportamiento eléctrico de los dispositivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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.

<p>bipolares para su aplicación en circuitos electrónicos. Genéricas:</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. 	
<p>5. Transistores de efecto de campo</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Analiza la construcción, las características y el comportamiento eléctrico de los dispositivos unipolares para su aplicación en circuitos electrónicos. Genéricas:</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"> • Explicar el principio de operación de JFETa 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)

<p>Construcción de las curvas características de diodos y transistores</p> <ul style="list-style-type: none"> • con configuraciones básicas. • con trazador de curvas. • con temperaturas diferentes. • con el empleo de software de simulación.
--

9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 competencias 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 por competencias

Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje:

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

11. Fuentes de información

1. Streetman, B. G. y Banerjee, S. K. (2006), *Solid State Electronic Devices*, Pearson Prentice Hall, Sixth edition.
2. Boylestad, R. L. y Nashelsky, L. (2009), *Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos*, Prentice Hall, décima edición.
3. Sze, S. M. y Kwok, K. N. (2007), *Physics of Semiconductors Devices*, John Wiley and Sons Inc. Third edition.
4. Savant, C. J., Roden, M. S. y Carpenter, G. L. (1992), *Diseño Electrónico: Circuitos y Sistemas*, Prentice Hall, segunda edición.
5. Sing, J. (2001), *Semiconductor Device: basic principles*, John Wiley and Sons Inc.
6. Floyd, T. L. (2008), *Dispositivos Electrónicos*, Pearson, octava edición.
7. <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/lineal/lineal.htm>