

Guía docente de la asignatura

**Dispositivos Electrónicos y Fotónicos**Fecha última actualización: 21/06/2021  
Fecha de aprobación: 21/06/2021

<b>Grado</b>	Grado en Ingeniería Electrónica Industrial	<b>Rama</b>	Ingeniería y Arquitectura
--------------	--	-------------	---------------------------

<b>Módulo</b>	Dispositivos Electrónicos y Ópticos	<b>Materia</b>	Dispositivos Electrónicos y Fotónicos
---------------	-------------------------------------	----------------	---------------------------------------

<b>Curso</b>	4 <sup>o</sup>	<b>Semestre</b>	2 <sup>o</sup>	<b>Créditos</b>	6	<b>Tipo</b>	Optativa
--------------	----------------	-----------------	----------------	-----------------	---	-------------	----------

**PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES**

Tener conocimientos básicos sobre Electrónica.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Grado)**

Estructuras básicas CMOS: Inversores, Amplificadores y Puertas lógicas

Memorias CMOS

Heterouniones. Heteroestructuras de Silicio y de materiales compuestos. Aplicaciones

Fotodetectores. Principios de funcionamiento y aplicaciones: Fotodiodos, Fototransistores, CCDs y Células solares

Dispositivos emisores de luz: LED's y Láseres semiconductores.

**COMPETENCIAS ASOCIADAS A MATERIA/ASIGNATURA****COMPETENCIAS GENERALES**

- CG00 - Hablar bien en público

**COMPETENCIAS ESPECÍFICAS**

- CE52 - Comprensión y dominio de los conceptos fundamentales y de las características de la tecnología CMOS.
- CE53 - Conocimiento de los conceptos fundamentales y de las características de las Heteroestructuras.



- CE54 - Capacidad para comprender los principios de funcionamiento y las características de los Fotodetectores, LED y Láseres semiconductores.
- CE55 - Capacidad para resolver los problemas que puedan plantearse en la ingeniería al utilizar en situaciones reales los dispositivos electrónicos y fotónicos
- CE85 - Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
- CE86 - Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.
- CE90 - Capacidad para aplicar los principios y métodos de la calidad.
- CE92 - Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Capacidad para el uso y aplicación de las TIC en el ámbito académico y profesional
- CT02 - Capacidad para innovar y generar nuevas ideas. Creatividad.
- CT03 - Respeto a los derechos fundamentales y de igualdad entre hombres y mujeres

### RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

- Conocer la diferencia entre metales, aislantes y semiconductores.
- Presentar las principales características de los semiconductores y los tipos que existen.
- Mostrar el modelo de diagramas de bandas para el estudio de los semiconductores.
- Proporcionar las ecuaciones básicas para el cálculo de la densidad de portadores móviles en semiconductores en equilibrio.
- Estudiar las situaciones de desequilibrio y los procesos de generación y recombinación
- Analizar los mecanismos de conducción eléctrica: difusión y deriva. Exponer la ecuación de continuidad.
- Explicar cualitativamente el funcionamiento de un diodo de unión PN y obtener la expresión que relaciona la corriente con la tensión aplicada en condiciones estacionarias. Obtener modelos de gran señal.
- Estudiar la conmutación del diodo entre los estados de conducción y no corte. Proporcionar un modelo de pequeña señal.
- Estudiar la unión metal-semiconductor y metal-aislante-semiconductor.
- Describir el transistor bipolar y entender su funcionamiento.
- Describir los distintos modos de operación del transistor bipolar
- Proporcionar modelos eléctricos equivalentes en gran señal y pequeña señal del BJT.
- Describir el transistor MOSFET y entender su funcionamiento.
- Describir los distintos modos de operación del transistor MOSFET.
- Estudiar los efectos de escalado en el transistor MOSFET.
- Proporcionar modelos eléctricos equivalentes en gran señal y pequeña señal del MOSFET.
- Simular y medir los parámetros circuitales de transistores MOSFETs y bipolares.
- Describir el funcionamiento de dispositivos optoelectrónicos básicos.

### PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

#### TEÓRICO



- Tema 1. Semiconductores.
  - 1.1 Metales, aislantes y semiconductores.
  - 1.2 Estadística de semiconductores.
  - 1.3 Potadores en desequilibrio
  - 1.4 Transporte de carga. Corriente en semiconductores
  - 1.5 Generación y recombinación. Ecuación de continuidad
- Tema 2. Uniones
  - 2.1 Introducción
  - 2.2 Unión PN en equilibrio térmico
  - 2.3 Unión PN polarizada en condiciones estacionarias. Curva I-V
  - 2-4 Dependencia con la temperatura
  - 2-5 Modelos I-V de gran señal. Análisis de circuitos con diodos
  - 2-6 Distribución de carga y campo en la unión. Cálculo del ancho de la zona de carga espacial.
  - 2-7 Fenómenos de ruptura
  - 2-8 Comportamiento dinámico. Modelos de conmutación y de pequeña señal
  - 2-9 Tipos de diodos y aplicaciones
  - 2-10 Unión metal-semiconductor
  - 2-11 Heterouniones
- Tema 3. El transistor bipolar de unión.
  - 3-1 Introducción. Efecto transistor
  - 3-2 Fundamentos básicos. Descripción cualitativa
  - 3-3 Cálculo de la corriente en régimen DC. Ecuaciones de Ebers-Moll
  - 3-4 Características de transferencia. Polarización
  - 3-5 Comportamiento dinámico.
  - 3-6 Efectos de segundo orden.
  - 3-7 El transistor bipolar de heterounión.
- Tema 4. La estructura Metal-Aislante-Semiconductor.
  - 4-1. La capacidad Metal-Oxido-Semiconductor. Tensión de banda plana.
  - 4-2. Modos de operación de la estructura MOS.
  - 4-3. Determinación de la carga en el semiconductor. Efecto de polarización del sustrato. Tensión umbral.
  - 4-4. Capacidad de la estructura MOS.
- Tema 5. El transistor de efecto campo Metal-Óxido-Semiconductor.
  - 5-1. Estructura y símbolos de circuito.
  - 5-2 Modos de operación.
  - 5-3 Característica de gran señal.
  - 5-4 Curvas características del MOSFET.
  - 5-5 Modelos de circuito del MOSFET.
  - 5-6 Respuesta en frecuencia del MOSFET.
  - 5-7 Efectos de canal corto.
  - 5-8 Conducción sub-umbral en MOSFETs.
  - 5-9 Corriente en el sustrato de MOSFETs.
- Tema 6. Dispositivos emergentes.
  - 6-1. Escalado del transistor MOSFET. Tecnología Silicio-sobre-Aislante. FinFETS y dispositivos multipuerta. Nanoelectrónica.
  - 6-2. Sistemas MEMs y NEMs.
  - 6-3. Biochips y Lab-on-Chips.
- Tema 7. Dispositivos Optoelectrónicos.
  - 7-1. Introducción
  - 7-2. Clasificación de los dispositivos opto-electrónicos.
  - 7-3. Interacción luz-materia. Absorción y Emisión de Luz.
  - 7-4. Fotodiodos y fototransistores.
  - 7-5. Células solares.



- 7-6. Diodos LEDs
- 7-7. Diodos láser.

## PRÁCTICO

### Seminarios/Talleres

- Seminario: Simulación de dispositivos electrónicos y fotónicos.
- Seminario: Caracterización de dispositivos electrónicos.

### Ejercicios prácticos

- Simulación y caracterización de un diodo PN.
- Obtención de parámetros circuitales de transistores bipolares. Simulación de un transistor bipolar. Optimización del diseño del dispositivo.
- Obtención de parámetros circuitales de transistores MOSFETs discretos e integrados.
- Simulación de transistores MOSFETs.
- Caracterización de un diodo LED y un fototransistor. Utilización en circuitos simples de dispositivos optoelectrónicos. Simulación.
- Caracterización de una célula solar.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Sze, S.M., Semiconductor devices: physics and technology., John wiley & sons, 2008.
- Sima Dimitrijević, "Understanding semiconductor devices", Oxford University Press , 2000
- B. G. Streetman, S. Banerjee, "Solid State Electronic Devices (6ª edición), Prentice Hall , 2007
- J.B.Roldán, F. Gamiz "Dispositivos electrónicos : problemas resueltos (2ª Edición) RA-MA , 2010
- S.L.Chuang, "Physics of Photonic Devices 2nd edition", Wiley, 2009

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- C. Papadopoulos, "Solid State Electronics Devices. An Introduction", Springer, 2014
- A.S. Sedra, K.C.Smith, "Microelectronic Circuits", Oxford University , 2004

## ENLACES RECOMENDADOS

<http://prado.ugr.es>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 EXPOSICIONES EN CLASE POR PARTE DEL PROFESOR. Podrán ser de tres tipos: 1) Lección magistral: Se presentarán en el aula los conceptos teóricos fundamentales y se



desarrollarán los contenidos propuestos. Se procurará transmitir estos contenidos motivando al alumnado a la reflexión, facilitándole el descubrimiento de las relaciones entre diversos conceptos y tratando de formarle una mentalidad crítica 2) Clases de problemas: Resolución de problemas o supuestos prácticos por parte del profesor, con el fin de ilustrar la aplicación de los contenidos teóricos y describir la metodología de trabajo práctico de la materia. 3) Seminarios: Se ampliará y profundizará en algunos aspectos concretos relacionados con la materia. Se tratará de que sean participativos, motivando al alumno a la reflexión y al debate.

- MD02 PRÁCTICAS REALIZADAS BAJO SUPERVISIÓN DEL PROFESOR. Pueden ser individuales o en grupo: 1) En aula/aula de ordenadores: supuestos susceptibles de ser resueltos de modo analítico o numérico. Se pretende que el alumno adquiera la destreza y competencias necesarias para la aplicación de conocimientos teóricos o normas técnicas relacionadas con la materia. 2) De laboratorio/laboratorio virtual: supuestos reales relacionados con la materia, principalmente en el laboratorio aunque, en algunos casos, se podrá utilizar software de simulación a modo de laboratorio virtual. El objetivo es desarrollar las habilidades instrumentales y las competencias de tipo práctico, enfrentándose ahora a la complejidad de los sistemas reales. 3) De campo: se podrán realizar visitas en grupo a empresas relacionadas, con el fin de desarrollar la capacidad de contextualizar los conocimientos adquiridos y su implantación en una factoría, teniendo en cuenta los valores e intereses de la actividad empresarial.
- MD03 TRABAJOS REALIZADOS DE FORMA NO PRESENCIAL: Podrán ser realizados individualmente o en grupo. Los alumnos presentarán en público los resultados de algunos de estos trabajos, desarrollando las habilidades y destrezas propias de la materia, además de las competencias transversales relacionadas con la presentación pública de resultados y el debate posterior, así como la puesta en común de conclusiones en los trabajos no presenciales desarrollados en grupo. Las exposiciones podrán ser: 1) De problemas o casos prácticos resueltos en casa 2) De trabajos dirigidos
- MD04 TUTORÍAS ACADÉMICAS: podrán ser personalizadas o en grupo. En ellas el profesor podrá supervisar el desarrollo del trabajo no presencial, y reorientar a los alumnos en aquellos aspectos en los que detecte la necesidad o conveniencia, aconsejar sobre bibliografía, y realizar un seguimiento más individualizado, en su caso, del trabajo personal del alumno.
- MD05 EXÁMENES. Se incluye también esta actividad, que formará parte del procedimiento de evaluación, como parte de la metodología.

## EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

### EVALUACIÓN ORDINARIA

**EVALUACIÓN CONTINUA:** Con objeto de evaluar la adquisición de los contenidos y competencias a desarrollar en la materia, se utilizará preferentemente un sistema de evaluación continua y diversificada, en el que se tendrán en cuenta los siguientes apartados:

- La calificación global corresponderá por tanto a la puntuación ponderada de los diferentes aspectos y actividades que integran el sistema de evaluación. Por tanto, el resultado de la evaluación será una calificación numérica obtenida mediante la suma ponderada de las calificaciones correspondientes a una parte teórica y otra práctica.
- La parte teórica representará el 60% y la parte práctica el 40%. Ambas partes deben de superarse de forma independiente para poder aprobar la asignatura.
- Para la parte teórica se realizarán exámenes finales o parciales, sesiones de evaluación y entregas de ejercicios sobre el desarrollo y los resultados de las actividades propuestas.



- Para la parte práctica se realizarán prácticas de laboratorio, resolución de problemas y desarrollo de proyectos (individuales o en grupo), y se valorarán las entregas de los informes/memorias realizados por los alumnos, o en su caso las entrevistas personales con los alumnos y las sesiones de evaluación.

Adicionalmente y para todas las convocatorias:

- Todo lo relativo a la evaluación se regirá por la normativa sobre planificación docente y organización de exámenes vigente en la Universidad de Granada.
- El sistema de calificaciones se expresará mediante calificación numérica de acuerdo con lo establecido en el art. 5 del R. D 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en el territorio nacional

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

Los estudiantes que no hayan superado la asignatura en la convocatoria ordinaria dispondrán de una convocatoria extraordinaria. A ella podrán concurrir todos los estudiantes, con independencia de haber seguido o no un proceso de evaluación continua. En esta convocatoria se tendrán en cuenta los siguientes apartados:

- El 80% de la calificación final se basará en la valoración obtenida mediante la realización de un examen final en el que se evaluarán los conocimientos y competencias adquiridas, tanto de los contenidos teóricos como de las habilidades para la resolución de problemas. Este examen se realizará de forma escrita e individualizada y coincidirá con la convocatoria ordinaria de la asignatura.
- El 20% de la calificación final se basará en la evaluación de las prácticas mediante un examen.

Adicionalmente y para todas las convocatorias:

- Todo lo relativo a la evaluación se regirá por la normativa sobre planificación docente y organización de exámenes vigente en la Universidad de Granada.
- El sistema de calificaciones se expresará mediante calificación numérica de acuerdo con lo establecido en el art. 5 del R. D 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en el territorio nacional

### EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

Según se contempla en la “Normativa de Evaluación y de Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada” aquellos estudiantes que, en los supuestos contemplados en dicha normativa, no puedan cumplir con el método de evaluación continua, podrán solicitar al Director del Departamento, en las dos primeras semanas de impartición de la asignatura, el acogerse a la evaluación única final. En tal caso, se tendrán en cuenta los siguientes apartados:

- El 80% de la calificación final se basará en la valoración obtenida mediante la realización de un examen final en el que se evaluarán los conocimientos y competencias adquiridas, tanto de los contenidos teóricos como de las habilidades para la resolución de problemas. Este examen se realizará de forma escrita e individualizada y coincidirá con la convocatoria ordinaria de la asignatura.
- El 20% de la calificación final se basará en la evaluación de las prácticas mediante un examen.



Adicionalmente y para todas las convocatorias:

- Todo lo relativo a la evaluación se registrará por la normativa sobre planificación docente y organización de exámenes vigente en la Universidad de Granada.
- El sistema de calificaciones se expresará mediante calificación numérica de acuerdo con lo establecido en el art. 5 del R. D 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en el territorio nacional

