



# Guía docente

## 2301213 - PDS - Dispositivos y Sistemas de Potencia

Última modificación: 21/03/2024

**Unidad responsable:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona  
**Unidad que imparte:** 230 - ETSETB - Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona.

**Titulación:** MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE SEMICONDUCTORES Y DISEÑO MICROELECTRÓNICO (Plan 2024). (Asignatura optativa).

**Curso:** 2024      **Créditos ECTS:** 4.0      **Idiomas:** Inglés

### PROFESORADO

**Profesorado responsable:** Vellvehi Hernandez, Miquel

**Otros:** Rebollo Palacios, José Andrés  
Pérez Tomás, Amador  
Jordà Sanuy, Xavier

### METODOLOGÍAS DOCENTES

Clases magistrales: 24 h.  
Sesiones prácticas: 6 h  
Sesiones prácticas realizadas en el IMB-CNM.  
Programas de simulación utilizados: Synopsis-Sentaurus / LT-Spice.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

- Adquirir conocimientos básicos sobre física de semiconductores para describir tanto el funcionamiento como las características eléctrico-térmicas de los principales dispositivos semiconductores de potencia actualmente disponibles en el mercado (por ejemplo, diodos, MOSFET, IGBT, HEMT), teniendo también en cuenta los diferentes tipos de materiales semiconductores utilizados: silicio y semiconductores WBG.
- Adquirir conocimientos básicos sobre los procesos tecnológicos de fabricación utilizados en los dispositivos semiconductores de potencia.
- Ser capaz de evaluar e identificar los problemas térmicos asociados con los dispositivos semiconductores de potencia, sus encapsulados, así como sus posibles soluciones de refrigeración.
- Ser capaz de seleccionar los protocolos de fiabilidad y envejecimiento utilizados en dispositivos semiconductores de potencia más adecuados para una aplicación final determinada, así como interpretar su impacto en el diseño del convertidor y su vida útil.

### HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	6,0	6.00
Horas aprendizaje autónomo	70,0	70.00
Horas grupo grande	24,0	24.00

**Dedicación total:** 100 h

## CONTENIDOS

### Propiedades físicas de los semiconductores

**Descripción:**

Introducción. Estructura cristalina. Banda prohibida de energía y concentración de portadores intrínsecos. Estructura de bandas de energía y propiedades de las partículas portadoras. Semiconductores dopados. Transporte de portadores. Recombinación-generación y tiempo de vida de los portadores en no-equilibrio. Ionización por impacto. Ecuaciones básicas de dispositivos semiconductores.

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

### Uniones pn

**Descripción:**

Unión pn en equilibrio térmico. Características corriente-voltaje de la unión pn. Características de la unión pn en bloqueo y ruptura

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

### Diodos pn

**Descripción:**

Estructura de un diodo pn. Característica I-V del diodo pn. Diseño y tensión de ruptura del diodo pn. Comportamiento de conducción en directa. Relación entre carga almacenada y tensión directa. Comportamiento de encendido de diodos de potencia. Recuperación en inversa de diodos de potencia.

**Dedicación:** 1h

Grupo grande/Teoría: 1h

### Diodos Schottky

**Descripción:**

Diagrama de bandas de energía de la unión metal-semiconductor. Características corriente-voltaje de la unión Schottky. Estructura de los diodos Schottky. Caída de tensión óhmica de un dispositivo unipolar

**Dedicación:** 1h

Grupo grande/Teoría: 1h

### Transistores Bipolares

**Descripción:**

Función del transistor bipolar. Estructura del transistor bipolar de potencia. Característica I-V del transistor de potencia. Comportamiento en bloqueo del transistor bipolar de potencia. Ganancia de corriente del transistor bipolar. Ampliación de base, redistribución del campo y ruptura secundaria. Límites del transistor bipolar de silicio. Transistor bipolar de SiC. Estructuras tipo tiristor.

**Dedicación:** 1h

Grupo grande/Teoría: 1h

### Transistores MOS

**Descripción:**

Principio de funcionamiento del MOSFET. Estructura de los MOSFET de potencia. Características corriente-voltaje de los MOSFET. Características del canal MOSFET. Región óhmica. Estructuras de compensación en MOSFET modernos (Superunión). Dependencia de la temperatura de las características MOSFET. Propiedades de conmutación de MOSFET. Pérdidas de conmutación MOSFET. Área de operación segura del MOSFET. Diodo inverso de MOSFET. Dispositivos de efecto de campo de SiC: JFET y MOSFET.

**Dedicación:** 3h

Grupo grande/Teoría: 3h

### IGBTs

**Descripción:**

Modo de operación. Característica I-V de un IGBT. Comportamiento en conmutación de un IGBT. Distribución de plasma en IGBTs. IGBT con módulos de mayor densidad de carga de los portadores. Capacidad de bloqueo bidireccional de un IGBT. Reverse Conducting IGBT (RC-IGBT). Potencial del IGBT

**Dedicación:** 3h

Grupo grande/Teoría: 3h

### Materiales WBG/UWBG y dispositivos de potencia relacionados

**Descripción:**

Materiales relacionados: SiC y GaN. Dispositivos de potencia basados en SiC: diodos Schottky y pin, JFET y MOSFET. Transistores de potencia laterales basados en GaN. Transistores de potencia verticales GaN. Dispositivos de potencia basados en materiales UWBG.

**Dedicación:** 4h

Grupo grande/Teoría: 4h

### Introducción a la tecnología de fabricación de dispositivos de potencia

**Descripción:**

Proceso completo de concepción de un dispositivo de potencia. Revisión de procesos de tecnología básica de fabricación. Ejemplo de proceso de fabricación de un dispositivo de potencia: MOSFET e IGBT verticales de doble difusión.

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

### Tecnologías de encapsulados para dispositivos de potencia

**Descripción:**

Retos a los que se enfrentan las tecnologías de encapsulado. Tipo de encapsulados. Propiedades físicas de los materiales. Simulación térmica y circuitos térmicos equivalentes. Elementos eléctricos parásitos en módulos de potencia. Tecnologías de encapsulado avanzadas.

**Dedicación:** 3h

Grupo grande/Teoría: 3h



### Fiabilidad y pruebas para la verificación

**Descripción:**

Se requiere una mayor fiabilidad en los dispositivos de potencia. Diferentes pruebas para la verificación de fiabilidad: alta temperatura polarización inversa, tensión de puerta a alta temperatura, polarización en temperatura y humedad, almacenamiento a alta y baja temperatura, ciclos de temperatura y choque térmico, ciclos de energía. Fallos por rayos cósmicos. Evaluación estadística de los resultados de las pruebas de fiabilidad. Otras pruebas de fiabilidad.

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h

### Sesiones prácticas

**Descripción:**

Se dedicarán sesiones prácticas a la simulación para el diseño, fabricación y análisis del comportamiento eléctrico de dispositivos de potencia, abarcando los siguientes temas (6h):

1. Revisión de simuladores tecnológicos, físicos y eléctricos.
2. Simulación de un proceso tecnológico.
3. Análisis físico del comportamiento eléctrico mediante simulación.
4. Correlación con modelos utilizados en simuladores eléctricos.

**Dedicación:** 6h

Grupo mediano/Prácticas: 6h

## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Evaluación: trabajo de curso (50%) más examen (50%)

## BIBLIOGRAFÍA

**Básica:**

- Lutz, J.; Schlangenotto, H.; Scheuermann, U.; De Doncker, R. Semiconductor power devices: physics, characteristics, reliability [en línea]. 2nd ed. Cham: Springer International Publishing, 2018 [Consulta: 14/06/2024]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-3-319-70917-8>. ISBN 9783319709178.
- Baliga, B.J. Fundamentals of power semiconductor devices [en línea]. 2nd ed. Cham: Springer, 2019 [Consulta: 14/06/2024]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-3-319-93988-9>. ISBN 9783319939889.
- Baliga, B.J. Modern power devices. New York: John Wiley & Sons, 1987. ISBN 0471637815.
- Iannuzzo, F. Modern power electronic devices: physics, applications, and reliability [en línea]. London, England: Institution of Engineering and Technology, 2020 [Consulta: 10/07/2024]. Disponible a: <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pg-origsite=primo&docID=6467737>. ISBN 9781785619182.