



Asignatura: Tecnología de dispositivos  
Código: 18470  
Centro: Escuela Politécnica Superior  
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Básica  
Nº de créditos: 6 ECTS

## 1. ASIGNATURA

- Tecnología de dispositivos

### 1.1. Código

- 18470 (Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación)

### 1.2. Materia

- Tecnología de dispositivos

### 1.3. Tipo

- Formación básica

### 1.4. Nivel

- Grado

### 1.5. Curso

- 1º

### 1.6. Semestre

- 2º

### 1.7. Número de créditos

- 6 créditos ECTS

### 1.8. Requisitos previos

Es muy recomendable haber cursado las asignaturas de Física general, Álgebra lineal y Análisis matemático I.



Asignatura: Tecnología de dispositivos  
Código: 18470  
Centro: Escuela Politécnica Superior  
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Básica  
Nº de créditos: 6 ECTS

## 1.9. Requisitos mínimos de asistencia a las sesiones presenciales

Se plantean dos métodos de evaluación, uno de evaluación CONTINUA y otro de evaluación NO CONTINUA. Por defecto, se supone que todos los estudiantes, por el hecho de estar matriculados en la asignatura, optan por el método de evaluación CONTINUA.

La aplicación de la evaluación CONTINUA está muy relacionada con la asistencia y participación en clase, conveniente para mantener al día los conocimientos a adquirir en la asignatura. En ambas modalidades la asistencia a clase de teoría no es obligatoria, pero sí muy recomendable.

Sin que sean anunciadas previamente, en las clases se realizarán pruebas que servirán para la evaluación continua, junto con la realización de pruebas parciales que sí se anunciarán con antelación. La no realización de alguna de las citadas pruebas implica la consecuente calificación con cero puntos en esa actividad.

Los detalles acerca de la normativa de evaluación para cada una de las dos modalidades se recogen en el epígrafe 2.2 de esta guía.

## 1.10. Datos del equipo docente

### Profesor:

Andrés Redondo

Departamento de Física Aplicada

Centro: Facultad de Ciencias (edificio principal)

Despacho: Módulo 15, Laboratorio de Microelectrónica (planta 1)

Teléfono: 91 497 8607

Correo electrónico: andres.redondo@uam.es

Página web: Página de la asignatura en Moodle (<http://moodle.uam.es/>)

Horario de atención al alumnado: Mediante cita previa por correo electrónico.



Asignatura: Tecnología de dispositivos  
Código: 18470  
Centro: Escuela Politécnica Superior  
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Básica  
Nº de créditos: 6 ECTS

## 1.11. Objetivos del curso

En este curso se aprenden los fundamentos físicos de materiales semiconductores y dispositivos. Se estudian y analizan los conceptos básicos relacionados con la estructura de los dispositivos actuales, tecnología de fabricación, características y modelos de circuito. A partir de estos se pretende que el estudiante:

- Conozca las bases físicas del funcionamiento de los dispositivos electrónicos,
- Conozca y sea capaz de extraer de sus características los modelos básicos de circuito que los describen y sus limitaciones,
- Adquiera las ideas fundamentales de los procesos de fabricación de los dispositivos electrónicos más utilizados, y
- Pueda predecir el funcionamiento cualitativo de cualquier estructura de capas de materiales semiconductores.

Las **competencias** que se pretende sean adquiridas con esta asignatura son:

**Básicas:** Comprensión y dominio de los principios físicos y tecnología de materiales semiconductores, dispositivos electrónicos, familias lógicas y su aplicación al diseño de circuitos y resolución de problemas propios de la ingeniería. Más específicamente se pretende que el alumno sea capaz de:

- Conocer el modelo clásico de electrones libres y la teoría de bandas.
- Entender las diferencias entre los distintos materiales en lo que se refiere a sus propiedades conductoras.
- Conocer la forma de conducción de los semiconductores intrínsecos y extrínsecos.
- Conocer los procesos de fabricación de dispositivos y limitaciones que establecen en sus características
- Comprender el comportamiento de las uniones P-N (diodo) y los transistores bipolares P-N-P o N-P-N.
- Comprender el funcionamiento básico de los transistores de efecto campo.
- Comprender las características y limitaciones de los distintos tipos de familias lógicas.

**Comunes:**

- Capacidad de utilizar los distintos componentes para el diseño de sistemas electrónicos y de potencia.
- Capacidad de conocer y seleccionar los componentes adecuados para cada tipo de aplicaciones.

**Específicas:**

- Capacidad de utilizar las hojas de datos de los fabricantes de componentes para introducir en el diseño de un sistema electrónico y/o de comunicaciones.



Asignatura: Tecnología de dispositivos  
Código: 18470  
Centro: Escuela Politécnica Superior  
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Básica  
Nº de créditos: 6 ECTS

## 1.12. Contenidos del programa

### Programa sintético:

- Tema 1: Introducción
- Tema 2: Fundamentos de semiconductores
- Tema 3: Transporte en semiconductores
- Tema 4: Unión pn y diodos especiales
- Tema 5: Tecnología planar
- Tema 6: Transistores bipolares (BJT)
- Tema 7: Transistores de efecto campo (JFET)
- Tema 8: Transistores MOSFET

### Programa detallado:

- Tema 1: Introducción. El papel de los dispositivos semiconductores en las telecomunicaciones.
- Tema 2: Fundamentos de los materiales semiconductores. Estructura de sólidos, enlaces, bandas de energía. Semiconductores intrínsecos y dopados. Semiconductores cristalinos, policristalinos y amorfos; crecimiento cristalino. El silicio.
- Tema 3: Semiconductores en equilibrio. Electrones y huecos, concentración de portadores, nivel de Fermi. Fenómenos de transporte en semiconductores. Ecuación de continuidad. Transporte de carga en semiconductores: corrientes difusión y arrastre; procesos de generación y recombinación; inyección de portadores.
- Tema 4: Unión PN. Introducción; descripción cualitativa. Curva característica I-V. Capacidad de la unión. Modelos para circuitos. Conmutación. Diodos especiales: diodos túnel, Zener, Schottky.
- Tema 5: Tecnología planar. Procesos de crecimiento epitaxial, de oxidación, de depósito. Dopaje: difusión e implantación iónica. Litografía y grabado. Encapsulado. Secuencia de fabricación de una unión PN.
- Tema 6: Transistor bipolar de unión (BJT). Introducción: estructura, tipos. Descripción de su funcionamiento. Secuencia de fabricación. Curvas características. Modelos de circuito equivalente para pequeña y gran señal. Conmutación. *Familias lógicas bipolares.*



Asignatura: Tecnología de dispositivos  
Código: 18470  
Centro: Escuela Politécnica Superior  
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Básica  
Nº de créditos: 6 ECTS

Tema 7: Transistores de efecto campo de unión (JFET). Introducción: estructura, tipos. Secuencia de fabricación. Funcionamiento. Curvas características. Modelos equivalentes. MESFET, HJFET. Aplicaciones de alta frecuencia/microondas.

Tema 8: Transistores de efecto campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET). Estructura metal-aislante-semiconductor (MIS). Condensador MOS. Funcionamiento. Curvas características C-V. Introducción: estructura, tipos. Descripción de su funcionamiento. Secuencia de fabricación. Transistores MOSFET. Análisis de su funcionamiento. Curvas características I-V. Modelos de circuitos equivalentes. *Familias lógicas MOS: CMOS.*

## 1.13. Referencias de consulta

### Bibliografía básica:

- Microelectronic Devices and Circuits - 2006 Electronic Edition. C.G. Fonstad.  
<http://hdl.handle.net/1721.1/34219>

### Bibliografía general:

- Semiconductor Physics and Devices: Basic Principles. D.A. Neamen. 4th revised international edition. McGraw Hill Higher Education, 2012.
- Semiconductor Device Fundamentals. R.F. Pierret. 1st international edition. Pearson, 1996.
- Fundamentos de Electrónica Física y Microelectrónica. J.M. Albella y J.M. Martínez-Duart. Eddison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware, EE.UU., 1996.

### Bibliografía avanzada:

- Semiconductor Devices: Physics and Technology. S.M. Sze, M.K. Lee. 3rd edition. John Wiley & Sons, 2012.

### Bibliografía adicional asociada al temario propuesto:

TEMAS 1, 2 y 3:



Asignatura: Tecnología de dispositivos  
Código: 18470  
Centro: Escuela Politécnica Superior  
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Básica  
Nº de créditos: 6 ECTS

- Electrónica Integrada. J. Millman y C.C. Halkias. 9ª edición. Ed. Hispano Europea, 1991.
- Microelectrónica. J. Millman y A. Grabel. 6ª edición. Ed. Hispano Europea, 1993.
- Microelectrónica. J. Millman. 5ª edición. Ed. Hispano Europea, 1989.
- Semiconductor Fundamentals. R.F. Pierret. 2nd edition. Modular Series on Solid State Dev., Vol. 1. Addison Wesley, 1988.
- Introducción a la Física de Semiconductores. R.B. Adler, A.C. Smith y R.L. Longini. Semiconductor Electronics Education Committee (SEEC), Vol. 1. Ed. Reverté, 1970.

#### TEMA 4:

- Electrónica Integrada. J. Millman y C.C. Halkias. 9ª edición. Ed. Hispano Europea, 1991.
- Microelectrónica. J. Millman y A. Grabel. 6ª edición. Ed. Hispano Europea, 1993.
- Microelectrónica. J. Millman. 5ª edición. Ed. Hispano Europea, 1989.
- The PN Junction Diode. G.W. Neudeck. 2nd edition. Modular Series on Solid State Dev., Vol. 2. Addison Wesley, 1988.
- Electrónica Física y modelos de circuitos de transistores. P.E. Gray, D. De Witt, A.R. Boothroyd y J.F. Gibbons. Semiconductor Electronics Education Committee (SEEC), Vol. 2. Ed. Reverté, 1970.

#### TEMA 5:

- Diseño y tecnología de circuitos integrados. M.J. Morant. Ed. Addison Wesley.
- Electrónica Integrada. J. Millman y C.C. Halkias. 9ª edición. Ed. Hispano Europea, 1991.
- Microelectrónica. J. Millman y A. Grabel. 6ª edición. Ed. Hispano Europea, 1993.
- Microelectrónica. J. Millman. 5ª edición. Ed. Hispano Europea, 1989.
- Introduction to Microelectronic Fabrication. R.C. Jaeger. 2nd edition. Modular Series on Solid State Dev., Vol. 5. Addison Wesley, 2001.

#### TEMAS 6, 7 y 8:

- Electrónica Integrada. J. Millman y C.C. Halkias. 9ª edición. Ed. Hispano Europea, 1991.
- Microelectrónica. J. Millman y A. Grabel. 6ª edición. Ed. Hispano Europea, 1993.
- Microelectrónica. J. Millman. 5ª edición. Ed. Hispano Europea, 1989.



Asignatura: Tecnología de dispositivos  
Código: 18470  
Centro: Escuela Politécnica Superior  
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Básica  
Nº de créditos: 6 ECTS

- The Bipolar Junction Transistor. G.W. Neudeck. 2nd edition. Modular Series on Solid State Dev., Vol. 3. Addison Wesley, 1989.
- Electrónica Física y modelos de circuitos de transistores. P.E. Gray, D. De Witt, A.R. Boothroyd y J.F. Gibbons. Semiconductor Electronics Education Committee (SEEC), Vol. 2. Ed. Reverté, 1970.
- Field Effect Devices. R.F. Pierret. 2nd edition. Modular Series on Solid State Dev., Vol. 4. Addison Wesley, 1990.

#### Páginas web de interés general:

- Electrónica General, UPV (2009):  
[http://ocw.ehu.es/file.php/110/electro\\_gen/Course\\_listing.html](http://ocw.ehu.es/file.php/110/electro_gen/Course_listing.html)
- Microelectronic Devices and Circuits, MIT (2009):  
<http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-012-microelectronic-devices-and-circuits-fall-2009/>
- Integrated Microelectronic Devices, MIT (2007):  
<http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-720j-integrated-microelectronic-devices-spring-2007/>
- Educational Applets in Electrical Engineering: Semiconductors and Microelectronic Devices Educational Applets. C.R.Wie.  
<http://www.acsu.buffalo.edu/~wie/applet/applet.old>  
(Mirror at <http://jas.eng.buffalo.edu/>)
- Principles of semiconductor devices. B. Van Zeghbroeck, 2011.  
<http://ecee.colorado.edu/~bart/book/>
- PVCDROM: Electronic book on Photovoltaics. S. Bowden y C. Honsberg.  
<http://www.pveducation.org/pvcdrom>

## 2. Métodos docentes

La metodología utilizada en el desarrollo de la actividad docente incluye los siguientes tipos de actividades:

#### Clases de teoría:

##### Actividad del profesor:

Clases expositivas simultaneadas con la realización de ejercicios. Se utilizará la pizarra, combinada con presentaciones en formato electrónico.

##### Actividad del estudiante:



Asignatura: Tecnología de dispositivos  
Código: 18470  
Centro: Escuela Politécnica Superior  
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Básica  
Nº de créditos: 6 ECTS

*Actividad presencial:* Toma de apuntes, participar activamente en clase respondiendo a las cuestiones planteadas y test. Resolución de los ejercicios propuestos durante el desarrollo de las clases. Esta actividad representará hasta un **10% de la nota final**.

*Actividad no presencial:* Preparación de apuntes, estudio de la materia y seguimiento de las actividades y consultas de bibliografía de la asignatura sugeridas en la página de la asignatura.

### **Clases de problemas en aula:**

#### **Actividad del profesor:**

Primera parte expositiva, una segunda parte de supervisión y asesoramiento en la resolución de los problemas por parte del alumno y una parte final de análisis del resultado y generalización a otros tipos de problemas. Se utiliza básicamente la pizarra con proyecciones para las figuras.

#### **Actividad del estudiante:**

*Actividad presencial:* Participación activa en la resolución de los problemas y en el análisis de los resultados.

*Actividad no presencial:* Realización de otros problemas, planteados a través de la página de la asignatura y no resueltos en clase y estudio de los planteados en las mismas.

### **Tutorías en aula:**

#### **Actividad del profesor:**

Tutorización en clase con el objetivo de resolver dudas comunes plantadas por los alumnos a nivel individual o en grupo, surgidas a partir de cuestiones/ejercicios/problemas señalados en clase para tal fin y orientarlos en la realización de los mismos.

#### **Actividad del estudiante:**

*Actividad presencial:* Planteamiento de dudas individuales o en grupo y enfoque de posibles soluciones a las tareas planteadas.

*Actividad no presencial:* Estudio de las tareas marcadas y debate de las soluciones planteadas en el seno del grupo.

### **Tutorías individuales:**

A solicitud del estudiante, para resolver dudas individualmente o en pequeños grupos.





Asignatura: Tecnología de dispositivos  
Código: 18470  
Centro: Escuela Politécnica Superior  
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Básica  
Nº de créditos: 6 ECTS

### 3. Tiempo de trabajo del estudiante

		Nº de horas
Presencial	Clases teóricas (4h x14 semanas)	56 h
	Realización de prueba escrita (ordinaria)	3 h
	Realización de prueba escrita (extraordinaria)	3 h
No presencial	Estudio semanal continuado (4 horas x 14 semanas)	56 h
	Preparación del examen (ordinario)	16 h
	Preparación del examen (extraordinario)	16 h
		<b>150 h</b>

### 4. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final

1. Para los estudiantes que opten por el método de **evaluación CONTINUA**, sus calificaciones se obtendrán de la siguiente forma:

**La no calificación en al menos una de las pruebas parciales, supone la exclusión del método de evaluación CONTINUA.**

La calificación de la evaluación continua se obtendrá por medio de pruebas parciales escritas anunciadas con antelación, ejercicios realizados en clase sin previo anuncio, entrega de trabajos o problemas o de un conjunto de estos elementos. Estas pruebas o actividades se centrarán preferentemente en los objetivos que deben ser alcanzados por los estudiantes en cada uno de los correspondientes periodos parciales del curso.

Si fuera preciso, la calificación de la evaluación continua contemplaría también la de la prueba final.

La prueba final consistirá en una prueba escrita, cuyo contenido abarca a todos los objetivos que deben ser alcanzados por los estudiantes durante el curso.

Las pruebas escritas podrán incluir tanto cuestiones teóricas como resolución de problemas.

La **participación** en clase dentro de este método se evaluará **hasta un 10% de la nota final**.

a. Para los estudiantes que realicen todas las pruebas parciales y al menos dos tercios del resto de las actividades de evaluación continua en clase:



Asignatura: Tecnología de dispositivos  
Código: 18470  
Centro: Escuela Politécnica Superior  
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Básica  
Nº de créditos: 6 ECTS

La calificación final de la asignatura será la que resulte de la mejor de las siguientes:

- ✓ La calificación promediada de las pruebas parciales (70%) +
- ✓ La calificación promediada de actividades de clase (20%)+
- ✓ La participación activa en clase (10%).

o bien:

- ✓ La calificación de la prueba final PF (50%) +
- ✓ La calificación promediada de las pruebas parciales (30%) +
- ✓ La calificación promediada de actividades de clase (10%) +
- ✓ La participación activa en clase (10%).

o bien:

- ✓ La calificación de la prueba final PF (100%).

**b.** Para los estudiantes que realicen todas las pruebas parciales, pero menos de dos tercios del resto de las actividades de evaluación continua en clase:

La calificación final de la asignatura será la que resulte de la mejor de las siguientes:

- ✓ La calificación de la prueba final PF (50%) +
- ✓ La calificación promediada de las pruebas parciales (40%) +
- ✓ La calificación promediada de actividades de clase (10%).

o bien:

- ✓ La calificación de la prueba final PF (100%).

**2.** Para los estudiantes que opten por la modalidad de **evaluación NO CONTINUA**, la calificación final de la asignatura es la que resulta de:

- ✓ La calificación de la prueba final (100%).

La prueba final consistirá en una prueba escrita, cuyo contenido abarcará todos los objetivos que deben alcanzar los estudiantes en el curso completo. Esta prueba podrá incluir tanto cuestiones teóricas como resolución de problemas.

➤ El estudiante que realice al menos dos tercios de las pruebas parciales y/o la prueba final recibirá una calificación numérica en actas. En caso contrario, el estudiante recibirá la calificación de "No evaluado".



Asignatura: Tecnología de dispositivos  
 Código: 18470  
 Centro: Escuela Politécnica Superior  
 Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación  
 Nivel: Grado  
 Tipo: Formación Básica  
 N° de créditos: 6 ECTS

## 5. Cronograma

Semana	Actividades Presenciales	Actividades No Presenciales
1ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Presentación de la asignatura</li> <li>✓ Tema 1: Introducción</li> <li>✓ Tema 2: Fundamentos de semiconductores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lecturas recomendadas en los temas T.1 y T.2</li> </ul>
2ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tema 2: Fundamentos de semiconductores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lecturas recomendadas en los temas T.1 y T.2</li> </ul>
3ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tema 3: Transporte en semiconductores</li> <li>✓ Ejercicios y problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudio del material propuesto en el T.3</li> <li>✓ Resolución de ejercicios del T.3.</li> </ul>
4ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tema 4: Unión PN y diodos especiales</li> <li>✓ Ejercicios y problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudio del material propuesto sobre el T.4</li> <li>✓ Resolución de problemas propuestos del T.4</li> </ul>
5ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tema 4: Unión PN y diodos especiales</li> <li>✓ Ejercicios y problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudio del material propuesto sobre el T.4</li> <li>✓ Resolución de problemas propuestos del T.4</li> </ul>
6ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tema 4: Unión PN y diodos especiales</li> <li>✓ Ejercicios y problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudio del material propuesto sobre el T.4</li> <li>✓ Resolución de problemas propuestos del T.4</li> </ul>
7ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tutorías y repaso de los temas 1 a 4.</li> </ul>	
8ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tema 5: Tecnología planar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudio del material propuesto sobre el T.5</li> </ul>
9ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tema 6: Funcionamiento básico de los BJT</li> <li>✓ Ejercicios y problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudio del material propuesto sobre el T.6</li> <li>✓ Resolución de problemas propuestos del T.6</li> </ul>
10ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tema 6: Funcionamiento básico de los BJT</li> <li>✓ Ejercicios y problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudio del material propuesto sobre el T.6</li> </ul>
11ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tutorías y repaso del tema 6.</li> </ul>	
12ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tema 7: Dispositivos JFET</li> <li>✓ Ejercicios y problemas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Resolución de problemas del T.7</li> <li>✓ Estudio del material propuesto sobre el T.7</li> </ul>
13ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tema 7: Dispositivos JFET</li> <li>✓ Ejercicios y problemas</li> <li>✓ Tema 8: Transistores MOSFET</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Resolución de problemas del T.7</li> <li>✓ Estudio del material propuesto sobre el T.7</li> <li>✓ Resolución de problemas del T.8</li> <li>✓ Estudio del material propuesto sobre el T.8</li> </ul>
14ª	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tema 8: Transistores MOSFET</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estudio del material propuesto sobre el T.8</li> <li>✓ Resolución de problemas del T.8</li> </ul>



Asignatura: Tecnología de dispositivos  
Código: 18470  
Centro: Escuela Politécnica Superior  
Titulación: Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación  
Nivel: Grado  
Tipo: Formación Básica  
Nº de créditos: 6 ECTS

Semana	Actividades Presenciales	Actividades No Presenciales
Mayo	✓ Examen Final Ordinario	✓ Preparación del Examen final
Junio	✓ Examen Final Extraordinario	✓ Preparación del Examen final