

**ANX-PR/CL/001-01**  
**GUÍA DE APRENDIZAJE**

**ASIGNATURA**

Microsistemas y nanoelectrónica

**CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE**

2016-17 - Segundo semestre

## Datos Descriptivos

---

<b>Nombre de la Asignatura</b>	Microsistemas y nanoelectrónica
<b>Titulación</b>	09AN - Master Universitario en Ingeniería de Sistemas Electrónicos
<b>Centro responsable de la titulación</b>	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación
<b>Semestre/s de impartición</b>	Segundo semestre
<b>Módulos</b>	Optativas som
<b>Materias</b>	Optativas som
<b>Carácter</b>	Optativa
<b>Código UPM</b>	93000714
<b>Nombre en inglés</b>	Microsystems and nanoelectronic

## Datos Generales

---

<b>Créditos</b>	4	<b>Curso</b>	1
<b>Curso Académico</b>	2016-17	<b>Período de impartición</b>	Febrero-Junio
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano	<b>Otros idiomas de impartición</b>	

## Requisitos Previos Obligatorios

---

### Asignaturas Previas Requeridas

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería de Sistemas Electrónicos no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

### Otros Requisitos

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería de Sistemas Electrónicos no tiene definidos otros requisitos para esta asignatura.

## Conocimientos Previos

---

### Asignaturas Previas Recomendadas

Tecnología de semiconductores

Sistemas optoelectrónicos

### Otros Conocimientos Previos Recomendados

Inglés

## Competencias

---

CE5.2 - Explicar y analizar críticamente los procesos tecnológicos utilizados para el diseño y fabricación de sistemas o dispositivos optoelectrónicos, microelectrónicos o nanotecnológicos, así como su caracterización y aplicación en diferentes entornos

CG1 - Uso de la lengua inglesa: comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios en lengua inglesa; redactar en inglés informes y artículos científicos o técnicos usando herramientas informáticas; realizar exposiciones públicas en inglés de trabajos, resultados y conclusiones, por ejemplo, en las asignaturas del máster, todo ello con la ayuda de medios informáticos audiovisuales

CG2 - Liderazgo de equipos: realizar trabajos en equipo (como los de algunas de las actividades de evaluación de las asignaturas), integrarse en un grupo participando activamente en sus reuniones, colaborando con iniciativa propia en trabajos o proyectos de I+D+i; interaccionar con efectividad con los miembros del equipo de trabajo multidisciplinar

CG4 - Organización y planificación: Organizar, planificar y gestionar proyectos complejos y multidisciplinarios que involucren no una sino varias de las tecnologías avanzadas tratadas en el Máster

CG5 - Gestión de la información: buscar y gestionar recursos bibliográficos adecuados con eficiencia, aprender a continuar los estudios de manera ampliamente autónoma.

CG9 - Comunicar juicios, y conocimientos a audiencias especializadas y no especializadas, de una manera razonada, clara y sin ambigüedades

## Resultados de Aprendizaje

---

RA28 - Buscar y recuperar información documental para el desarrollo de cualquier trabajo de investigación.

RA101 - Capacidad de comunicación fluida tanto a nivel escrito como oral.

RA30 - Elaborar documentos y preparar presentaciones que les permitan difundir los resultados de sus trabajos de investigación.

RA93 - Formación aplicada en física de materiales.

RA99 - Formación integral del alumno que contemple tanto el desarrollo de competencias personales como la formación académica.

RA61 - Conocimiento de los aspectos cuánticos derivados de la baja dimensionalidad en estructuras semiconductoras; en particular, de los mecanismos de transporte y sus limitaciones, tanto en tres como en dos dimensiones (pozos cuánticos), en los que se tratarán aspectos de confinamiento y estados discretos.

RA60 - Conocimiento del proceso de fabricación de circuitos integrados y microsistemas en una planta de producción.

RA58 - Capacidad de analizar los materiales y principales tecnologías utilizadas en la fabricación de microsistemas, incluyendo el micromecanizado de volumen y de superficie y la microfluídica.

RA55 - Capacidad para analizar críticamente los microsistemas, desde el punto de vista de las aplicaciones y del mercado presente y potencial.

RA59 - Conocimiento de las nanoestructuras básicas basadas en semiconductores inorgánicos y orgánicos, compuestos basados en carbono, etc., y sus aplicaciones

RA57 - Capacidad de analizar las principales tecnologías de fabricación de dispositivos electrónicos y circuitos integrados, incluyendo la descripción de los materiales electrónicos y su procesado

RA111 - Capacidad de análisis de los diversos tipos de dispositivo cuántico avanzado de alta velocidad (HEMT, RTD, transistor balístico, nanocavidades, QWPDs, RCLÉDs, VCSELs, etc.), estableciendo sus principales ventajas y aplicaciones en distintos



CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación  
**PROCESO DE COORDINACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS**

ANX-PR/CL/001-01: GUÍA DE APRENDIZAJE



Código PR/CL/001

ambientes.

## Profesorado

---

### Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Calle Gomez, Fernando ( <b>Coordinador/a</b> )	C-225	fernando.calle@upm.es	M - 17:00 - 18:00
Muñoz Merino, Elias	C-223	elias.munoz@upm.es	M - 17:00 - 18:00

**Nota.-** Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### Personal Investigador en Formación o Similar

Nombre	e-mail	Profesor Responsable
Romero Rojo, Fatima	fatima.romero@upm.es	Calle Gomez, Fernando

### Profesorado Externo

Nombre	e-mail	Centro de procedencia
Pedros Ayala, Jorge	j.pedros@upm.es	UPM

## Descripción de la Asignatura

---

Los sistemas electrónicos actuales incluyen, en número creciente, sensores, actuadores e interfaces con el usuario que tienden a ser, a su vez, verdaderos micro- y nanosistemas (MS y NS). Esta situación es más relevante en sistemas portátiles donde la funcionalidad, la mejora de prestaciones y los aspectos de energía están promoviendo el uso de tecnología nanoelectrónica incluso en las partes de captación y almacenamiento de energía eléctrica. Los teléfonos móviles inteligentes son, sin duda, un paradigma de tales tendencias. Otros ejemplos de relevancia social se están produciendo en el área de la biomedicina. La disponibilidad comercial de los denominados lab-on-a chip, verdaderos MS y NS que integran aspectos de nanosensores, MS e inteligencia integrada, y de uso rutinario en los estudios analíticos en hospitales, y los desarrollos de implantes sensoriales están promoviendo nuevos avances en MS y NS.

Desde un punto de vista de contenidos, planteamos dos objetivos pedagógicos principales:

- Conocer y revisar una panorámica general de los microsistemas y la nanoelectrónica (NE), y estudiar los principios de funcionamiento y fabricación de microsistemas y de nanoelectrónica en los ámbitos indicados arriba. En este contexto se introducirán los principios básicos de nanotecnología que sean requeridos.
- Conocer los dispositivos micro y nanoelectrónicos en que se basan los micro y nanosistemas, y evaluar sus propiedades fruto de la incorporación de nuevos materiales y la reducción de escala.

Desde el punto de vista aptitudinal, los objetivos de esta asignatura son fomentar la capacidad para reflexionar y relacionar contenidos; la búsqueda, elaboración y presentación de información; y el trabajo de integración de conocimientos.

El programa de esta asignatura consta de dos partes:

- La primera son una serie de temas dedicados a los fundamentos de la nanotecnología, los nanomateriales, los procedimientos de fabricación y caracterización, y el estudio del mercado de los micro y nanosistemas .
- La segunda parte trata de que los estudiantes efectúen prácticas de simulación de nanodispositivos avanzados para algunas de las aplicaciones anteriores. Se propondrán casos seleccionados de MOSFETS escalados y basados en nanohilos, nanotubos de carbono y nanopintas de grafeno. Se pretende que los estudiantes desarrollen habilidades de para la evaluación crítica de parámetros, representación de resultados, y su interpretación para extraer conclusiones y mejorar los diseños.

## Temario

---

1. Introducción a los micro y nanosistemas
  - 1.1. Introducción a la nanotecnología
  - 1.2. Nanomateriales y nanoestructuras basadas en semiconductores, carbono y materiales orgánicos
  - 1.3. Técnicas de fabricación y caracterización de nanodispositivos
2. Simulaciones
  - 2.1. Fundamentos de la simulación. Software FETToy 2.0: dispositivo, modelo, entorno, salidas
  - 2.2. Simulación 1: Introducción al MOSFET
  - 2.3. Simulación 2: Escalado de transistores
  - 2.4. Simulación 3: MOSFET de nanohilo de Si
  - 2.5. Simulación 4: MOSFET de CNT o grafeno

## Cronograma

**Horas totales:** 42 horas

**Horas presenciales:** 42 horas (40.4%)

**Peso total de actividades de evaluación continua:**  
100%

**Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:**  
100%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	<p><b>1. Introducción a los microsistemas. 1. Introducción a los micro y nanosistemas 1.1. Introducción a la nanotecnología</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 2	<p><b>1.2 Nanomateriales y nanoestructuras basadas en semiconductores, carbono y materiales orgánicos Técnicas de fabricación y caracterización de nanodispositivos</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 3				
Semana 4	<p><b>2. Introducción a las simulaciones 2.1. Fundamentos de la simulación. Software FETToy 2.0: dispositivo, modelo, entorno, salidas</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 5	<p><b>Simulación 1: Introducción al MOSFET.</b></p> <p>Duración: 02:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Examen</b></p> <p>Duración: 01:00</p> <p>EX: Técnica del tipo Examen Escrito</p> <p>Evaluación continua y sólo prueba final</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 6				
Semana 7	<p><b>Simulación 1: Introducción al MOSFET.</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Informe</b></p> <p>Duración: 00:00</p> <p>PI: Técnica del tipo Presentación Individual</p> <p>Evaluación continua y sólo prueba final</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 8	<p><b>Simulación 2: Escalado de transistores</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			
Semana 9	<p><b>Simulación 2: Escalado de transistores</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			

Semana 10	<p><b>Simulación 2: Escalado de transistores</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			<p><b>Informe</b></p> <p>Duración: 00:00</p> <p>PI: Técnica del tipo Presentación Individual</p> <p>Evaluación continua y sólo prueba final</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 11	<p><b>Simulación 3: MOSFET de nanohilo de Si</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			
Semana 12	<p><b>Simulación 3: MOSFET de nanohilo de Si</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			
Semana 13	<p><b>Simulación 3: MOSFET de nanohilo de Si</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Informe</b></p> <p>Duración: 00:00</p> <p>PI: Técnica del tipo Presentación Individual</p> <p>Evaluación continua y sólo prueba final</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 14	<p><b>Simulación 4: MOSFET de CNT/grafeno</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			
Semana 15	<p><b>Simulación 4: MOSFET de CNT/grafeno</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			
Semana 16	<p><b>Simulación 4: MOSFET de CNT/grafeno</b></p> <p>Duración: 03:00</p> <p>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>			<p><b>Informe</b></p> <p>Duración: 00:00</p> <p>PI: Técnica del tipo Presentación Individual</p> <p>Evaluación continua y sólo prueba final</p> <p>Actividad presencial</p>
Semana 17				

**Nota.-** El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

**Nota 2.-** Para poder calcular correctamente la dedicación de un alumno, la duración de las actividades que se repiten en el tiempo (por ejemplo, subgrupos de prácticas") únicamente se indican la primera vez que se definen.



## Actividades de Evaluación

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
5	Examen	01:00	Evaluación continua y sólo prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	20%	3 / 10	CE5.2, CG9, CG1
7	Informe	00:00	Evaluación continua y sólo prueba final	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Sí	20%	3 / 10	CG2, CE5.2, CG9, CG5, CG1, CG4
10	Informe	00:00	Evaluación continua y sólo prueba final	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Sí	20%	3 / 10	CG2, CE5.2, CG9, CG5, CG1, CG4
13	Informe	00:00	Evaluación continua y sólo prueba final	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Sí	20%	3 / 10	CG2, CE5.2, CG9, CG5, CG1, CG4
16	Informe	00:00	Evaluación continua y sólo prueba final	PI: Técnica del tipo Presentación Individual	Sí	20%	3 / 10	CG2, CE5.2, CG9, CG5, CG1, CG4

## Criterios de Evaluación

La evaluación consiste en cinco pruebas, cada una con un 20% de la nota:

- Un examen parcial sobre el contenido del tema 1
- Cuatro informes de las respectivas prácticas.

El procedimiento descrito es la evaluación continua, la que se entiende que se adapta al Plan Bolonia.

Los alumnos que deseen presentarse a la convocatoria final deberán solicitarlo por escrito al coordinador antes de transcurrido un mes desde el inicio del cuatrimestre. Para la evaluación de todas las competencias, los alumnos que deseen evaluación final deberán superar un examen y presentar los informes de todas las prácticas en la fecha de dicho examen.

## Recursos Didácticos

Descripción	Tipo	Observaciones
B. Rogers, S. Pennathur, J. Adams, Nanotechnology. Understanding small systems, 2nd ed. CRC Press (2011).	Bibliografía	Libro de consulta
R. Kelsall, I.W. Hamley and M. Geoghegan (eds.), Nanoscale Science and Technology, Wiley (2005)	Bibliografía	Libro consulta
M. Lundstrom and J. Guo, Nanoscale Transistors: Device Physics, Modeling and Simulation, Springer (2006).	Bibliografía	Libro consulta
Bharat Bhushan (editor), Springer Handbook of Nanotechnology, 3rd ed. Springer, 2010.	Bibliografía	Manual
Mark Lundstrom, <a href="https://nanohub.org/resources/5306">https://nanohub.org/resources/5306</a>	Recursos web	On-line presentations: simulations
Transparencias en plataforma Moodle	Otros	Contenido de las clases
Software: FETToy 2.0 at <a href="https://nanohub.org/resources/107">https://nanohub.org/resources/107</a>	Otros	Programa software para simulaciones
Enlaces web	Recursos web	Enlaces de asociaciones, centros de I+D, compañías, congresos, etc. relacionados con la asignatura.

## Otra Información

En esta asignatura se pretende presentar el contenido con un enfoque práctico y de aplicación.

Respecto a la metodología y evaluación, dependerá del número de alumnos matriculados. Inicialmente se plantean las prácticas para que sean desarrolladas por equipos de dos personas.