



## Grado en Física 26941 - Micro y nano sistemas

Guía docente para el curso 2013 - 2014

Curso: 3 - 4, Semestre: 2, Créditos: 5.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **Concepción Aldea Chagoyen** caldea@unizar.es
- **Belén Teresa Calvo López** becalvo@unizar.es
- **Santiago Celma Pueyo** scelma@unizar.es
- **Cecilia Gimeno Gasca** cegimeno@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Se recomienda haber cursado las asignaturas del módulo de Física Clásica y la asignatura Técnicas Físicas I.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

Las clases de teoría y de problemas se imparten a lo largo del segundo semestre del tercer curso del Grado en Física.

Sesiones de evaluación: Las sesiones de evaluación mediante una prueba escrita global son las que el Decanato de la Facultad de Ciencias determina y publica cada año en su página web.

---

### Inicio

---

#### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Es capaz de describir el proceso de fabricación de un micro-dispositivo tipo.
- 2:** Es capaz de modelar analíticamente un microsistema electro-mecánico mediante el uso de aproximaciones.
- 3:** Es capaz de manejar un simulador para la modelización y simulación de un MEMS/NEMS.
- 4:**

Es capaz de simular microcircuitos electrónicos simples en tecnologías nanométricas.

- 5:**  
Es capaz de caracterizar experimentalmente un MEMS comercial.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Esta asignatura persigue introducir al alumno en las técnicas de diseño de micro y nano sistemas físicos. Se pretende que el alumno obtenga un conocimiento básico, pero suficiente, de todas las fases existentes en el proceso de diseño y fabricación de los sistemas integrados. El alumno debe comprender también los fundamentos de los principales microsistemas electro-mecánicos y conocer sus aplicaciones.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

#### La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

El objetivo de esta asignatura es que el alumno adquiera las competencias básicas en técnicas de análisis, diseño y simulación de micro y nano sistemas físicos, así como que conozca los procesos de fabricación y las aplicaciones más importantes de estos dispositivos. Especial énfasis se hará en los sistemas electrónicos y mecánicos por ser la base de los smart sensors con innumerables aplicaciones.

La micro y nano tecnología aplicada a la sensórica es de una indudable actualidad e interés económico. Un ejemplo: el acelerómetro de los sistemas airbag (o de los mandos de la Wii). El físico experimental debe conocer no sólo el principio físico y funcionamiento de este tipo de sensores, sino el proceso de diseño y fabricación de los mismos. La asignatura, aunque se limita al ámbito de la física, puede ser de indudable interés en otras muchas disciplinas experimentales.

#### Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Esta asignatura se enmarca en el módulo de optativas específicas, el cual supone un total de 35 ECTS a cursar por el alumno, repartidos en 7 asignaturas de 5 ECTS. En particular esta materia está diseñada para ser impartida en tercer curso del grado, durante el primer o segundo semestre indistintamente.

#### Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1:**  
Describir las técnicas y procesos tecnológicos de micro y nano fabricación.
- 2:**  
Conocer las técnicas y principios de transducción del dominio mecánico al eléctrico.
- 3:**  
Comprender las propiedades electromecánicas de los elementos transductores y el efecto que produce el escalado dimensional.
- 4:**  
Describir el proceso de fabricación de micro componentes y circuitos electrónicos en tecnología nano-CMOS.
- 5:**  
Comprender el funcionamiento y limitaciones de los microcircuitos electrónicos con tecnologías nanométricas.
- 6:**  
Conocer el mercado y aplicaciones de los MEMS/NEMS.

**7:** Manejar las herramientas de modelado y simulación en el diseño de micro y nano sistemas físicos.  
Simuladores físicos y funcionales.

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

Las competencias adquiridas en esta asignatura capacitan al alumno para comprender el funcionamiento de los micro- y nano- sistemas físicos más frecuentemente utilizados. La asignatura introduce al alumno en los conocimientos necesarios para llevar a cabo el análisis, modelado y diseño de tales sistemas. El carácter interdisciplinar de esta materia resulta evidente si se atiende a las disciplinas involucradas: óptica, mecánica, electrónica, etc. La transversalidad de sus contenidos hace de la asignatura especialmente relevante para cualquier estudiante del grado en Física independientemente del itinerario curricular elegido.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:**  
Actividad 1 (50%)

Realización de una prueba teórico-práctica en fecha preestablecida por el profesorado. Con esta parte se pueden conseguir hasta 5 puntos, siendo necesario obtener un mínimo de 2.5.

**2:**  
Actividad 2 (20%)

Resolución de ejercicios derivados de las clases teóricas, su entrega en las fechas marcadas y la posible presentación en clase. Los ejercicios no entregados en plazo se calificarán con 0 puntos. Con esta parte se pueden conseguir hasta 2 puntos, siendo necesario obtener un mínimo de 1.

**3:**  
Actividad 3 (30%)

Resolución del cuestionario correspondiente a cada sesión práctica y su entrega en las fechas marcadas. Los cuestionarios no entregados en plazo se calificarán con 0 puntos. Con esta parte se pueden conseguir hasta 3 puntos. Siendo necesario obtener un mínimo de 1.5.

### **Superación de la asignatura mediante una prueba global única**

El alumno que no haya superado la asignatura con las anteriores actividades propuestas o que desee subir la nota podrá optar por el desarrollo de trabajos compensatorios de naturaleza y dedicación equivalentes o por la realización de una prueba teórico-práctica, en fecha establecida por el calendario oficial de exámenes.

---

## **Actividades y recursos**

---

### **Presentación metodológica general**

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

Las metodologías de enseñanza-aprendizaje que se plantean para conseguir los objetivos planteados y adquirir las competencias son las siguientes:

- Clases de teoría: 30 horas de clase magistral participativa y 30 horas de trabajo personal.
- Clases de problemas: 10 horas de resolución de problemas en clase y 25 horas de trabajo personal.
- Clases de laboratorio: 10 horas de desarrollo experimental en el laboratorio y 20 horas de trabajo personal. Entre las actividades relativas al trabajo personal se incluyen: 5 horas de resolución de cuestiones previas y 15 horas de elaboración de informes.

Para la estimación de la dedicación en horas se ha considerado la equivalencia de 25 horas/ECTS.

## **Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:**

Temas que se desarrollarán en las clases de teoría y seminarios:

Tema 1. Tecnologías y procesos de fabricación.

Tema 2. Fundamentos físicos de micro y nano sistemas electro-mecánicos (MEMS y NEMS).

Tema 3. Microcircuitos electrónicos.

Tema 4. Microsistemas y nanotecnología: sensores, procesadores y actuadores on-chip.

Tema 5. Aplicaciones de los micro y nano sistemas: smart sensors.

Tema 6. Introducción a las herramientas software de diseño: compiladores de silicio y simuladores de MEMS y NEMS.

Prácticas de laboratorio:

Sesión 1: Introducción a un entorno de simulación.

Sesión 2: Modelado y simulación electrónica.

Sesión 3: Modelado y simulación física.

Sesión 4: Caracterización experimental de un MEMS comercial.

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

La distribución, en función de los créditos, de las distintas actividades programadas es la siguiente:

Sesiones de teoría y problemas: 4 ECTS

Sesiones de laboratorio: 1 ECTS

La distribución de las diferentes actividades vendrá dada en función del calendario académico del curso correspondiente.

## **Bibliografía**

C. Saint, "IC Layout Basics: A Practical Guide"

C. Saint, "IC Mask Design: Essential Layout Techniques"

D. Clein, "CMOS IC Layout"

I. Brodie, "The Physics of Micro/Nano-Fabrication"

J. A. Pelesko, "Modeling MEMS and NEMS"

S. E. Lyshefski, "Nano- and Micro-Electromechanical Systems"

S. P. Beeby, "MEMS Mechanical Sensors"

V. Kaajakari, "Practical MEMS"

V. K. Varadan, "RF MEMS and their Applications"

## **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**

- Beeby, S.. MEMS Mechanical Sensors. Artech House, 2004
- Brodie, Ivor. The physics of micronano-fabrication. 2nd. ed. Springer, 2010
- Kaajakari, Ville. Practical MEMS. Small Gear Pub., 2009
- Klein, Dan. CMOS IC Layout : concepts, methodologies, and tools. Newnes, 1999
- Lyshevski, S.E.. Nano- and microelectromechanical systems : fundamentals of nano- and microengineering.. 2nd. ed. CRC Press, 2005
- Pelesko, John A.. Modeling MEMS and NEMS / John A. Pelesko, David H. Bernstein Boca Raton : Chapman & Hall/CRC, cop. 2003
- Saint, Christopher; Saint, Judy. IC Layout Basics: A Practical Guide. McGraw-Hill, 2001
- Saint, Christopher; Saint, Judy. IC Mask Design: Essential Layout Techniques. McGraw-Hill, 2002
- Varadan, V. K.. RF MEMS and their Applications. Wiley-Blackwell, 2002