

**Dispositivos Nanoelectrónicos**

Código: 43430  
Créditos ECTS: 6

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
4314939 Nanociencia y Nanotecnología Avanzadas	OT	0	1

## Contacto

Nombre: Xavier Oriols Pladevall

Correo electrónico: [xavier.oriols@uab.cat](mailto:xavier.oriols@uab.cat)

## Idiomas de los grupos

Puede consultarlo a través de este [enlace](#). Para consultar el idioma necesitará introducir el CÓDIGO de la asignatura. Tenga en cuenta que la información es provisional hasta el 30 de noviembre del 2023.

## Equipo docente

Xavier Oriols Pladevall

Jorge Francisco Suñé Tarruella

Anibal Uriel Pacheco Sanchez

David Jimenez Jimenez

Enrique Alberto Miranda Castellano

## Prerrequisitos

Es conveniente tener conocimientos básicos sobre dispositivos electrónicos.

## Objetivos y contextualización

- 1) Adquirir una visión general sobre la situación actual de la nanoelectrónica a partir principalmente del International Technology roadmap for Semiconductors. Se incluye la comprensión de las principales barreras tecnológicas, los retos de investigación y las principales tendencias evolutivas.
- 2) Conocer las principales técnicas de fabricación de dispositivos, con el objetivo de establecer un nexo con sus principales características de operación.
- 3) Conocer las principales metodologías de simulación de los dispositivos nanoelectrónicos y saber determinar cuál es el método más adecuado a cada circunstancia particular.
- 4) Entender el funcionamiento de los principales dispositivos nanoelectrónicos, incluyendo dispositivos para lógicas y memoria.

## Competencias

- Analizar críticamente los principios de funcionamiento y las previsiones de prestaciones de dispositivos electrónicos operando en la nanoescala (especialidad Nanoelectrónica)
- Analizar las soluciones y beneficios que aportan los productos de la nanotecnología, dentro de su especialidad, y comprender su origen a nivel fundamental
- Dominar la terminología científica y desarrollar la habilidad de argumentar los resultados de la investigación en el contexto de la producción científica, para comprender e interactuar eficazmente con otros profesionales.
- Identificar y distinguir las técnicas de síntesis/fabricación/manufactura de nanomateriales y nanodispositivos propios de su especialidad
- Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo

## Resultados de aprendizaje

1. Conocer los fundamentos de las técnicas de fabricación de los dispositivos nanoelectrónicos más relevantes.
2. Describir el estado actual de las tecnologías nanoelectrónicas y las tendencias de evolución futura, de acuerdo con el International Technology Roadmap for Semiconductors.
3. Describir los principios de funcionamiento de dispositivos emergentes, así como sus principales ventajas y limitaciones.
4. Describir los principios de funcionamiento de los principales dispositivos lógicos y de memoria actuales.
5. Dominar la terminología científica y desarrollar la habilidad de argumentar los resultados de la investigación en el contexto de la producción científica, para comprender e interactuar eficazmente con otros profesionales.
6. Escoger el método de simulación/modelado más adecuado para un dispositivo nanoelectrónico, en función de sus características físicas y su principio de funcionamiento.
7. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo

## Contenido

En general:

o Evolución histórica de la tecnología micro y nanoelectrónica. Estado actual de la tecnología CMOS, retos y alternativas en las fronteras de su escalado dimensional. International Technology Roadmap for Semiconductors.

o Técnicas de fabricación de dispositivos. Visión general de litografías óptica, electrónica y por corrientes de sonda local, epitaxia de haz molecular, deposición de vapor química, deposición atómica de capas, deposición por láser pulsado, etc.

o Simulación y modelado multiescala del transporte electrónico en dispositivos nanoelectrónicos. Simulación de primeros principios. Modelos semiclásicos. Simulación Monte Carlo clásica y cuántica. Modelo de transmisión de Landauer. Modelado compacto. Ruido en la escala mesoscópica.

o Dispositivos nanoelectrónicos avanzados para lógica y almacenamiento. Transistores avanzados de efecto de campo. Dispositivos "beyond CMOS". Memorias volátiles y no-volátiles. Dispositivos iónicos y magnéticos para memorias "storage-class".

En particular:

## Tema 0.- Introduction: Nanoelectronic Devices Landscape

### Tema 1.- Physics and simulation of nanoelectronic devices

- 1.1- Overview of simulation techniques and physical modelling
- 1.2- Thermodynamical and mechanical considerations
- 1.3- Landauer model: time-dependent and time independent models
- 1.4- Semi-Classical and quantum Monte Carlo simulation
- 1.5- Noise in nanoelectronic devices.

### Tema 2.- Nanoelectronic FET devices

- 2.1- MOS structure.
- 2.2- Long channel MOSFETs.
- 2.3- Short channel MOSFETs.
- 2.4- Scaling of MOSFETs
- 2.5- Design of MOSFETs.

### Tema 3.- Advanced nanoelectronic devices for logic and memory

- 3.1- Storage Class memories (FeRAM,MRAM,RRAM,,,...).
- 3.2- Memristors and Memristive Devices.
- 3.3- Neuromorphic circuits and artificial intelligence.

### Tema 4.- Emerging devices based on 2D materials

- 4.1- Graphene based devices.
- 4.2- 2D materials based semiconductor devices.
- 4.3- van der Waals heterostructures.

## Metodología

Se combinarn lás clases magistrales con la realización de trabajos autónomos que incluirán la lectura de publicaciones de investigación, la solución de problemas, la lectura crítica de documentos del ITRS y la simulación de dispositivos.

Nota: se reservarán 15 minutos de una clase dentro del calendario establecido por el centro o por la titulación para que el alumnado rellene las encuestas de evaluación de la actuación del profesorado y de evaluación de la asignatura o módulo.

## Actividades

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Lecciones expositivas	30	1,2	
Lectura de artículos y otros documentos científicos	30	1,2	
Presentaciones orales	6	0,24	5
Trabajos autónomos y preparación de informes	65	2,6	5
Utilización de herramientas de diseño asistido por ordenador	15	0,6	

## Evaluación

La evaluación de la asignatura consistirá en:

- Examen final de curso: 45% de la NOTA
- Prácticas de simulación: 30% de la NOTA
- Problemas a resolver: 15% de la NOTA
- Lectura y trabajo de artículos científicos: 10% de la NOTA

Se deben aprobar con un mínimo de 5 las cuatro partes. Para poder asistir a la recuperación, el alumno ha tenido que haber sido evaluado previamente de actividades de evaluación continua que equivalgan a 2/3 de la nota final.

### Actividades de evaluación continuada

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Caracterización en el laboratory	10	0	0	1, 3, 4, 2, 5
Examen final	45	4	0,16	1, 3, 4, 2, 5, 6
Resolución de problemas	15	0	0	2, 5, 6, 7
Simulación de dispositivos	30	0	0	4, 5, 6, 7

### Bibliografía

Campus virtual: <https://cv.uab.es/>

Bibliografía Tema 1:

Y. Taur and T. H. Ning, Fundamentals of Modern VLSI Devices, Cambridge University Press ,1998.

[Simon M. Sze](#), [Kwok K. Ng](#), Physics of Semiconductor Devices, 3rd Edition, Wiley, 2006

R.F. Pierret, Field effect devices (1990) Dispositivos de efecto de campo (1994)

Bibliografía Tema 2:

Fundamentals of semiconductor fabrication. G. S. May and S. M. Sze. John Willey and Sons. 2004

Bibliografía Tema 3:

Supriyo Datta, Quantum Transport: Atom to Transistor, 2nd Edition

Cambridge University Press, New York

M. Di Ventra, Electrical transport in Nanoscale Systems, Cambridge University Press, New York

D. K. Ferry, S. M. Goodnick and J. Bird, Transport in nanostructures, Cambridge University Press

J.M.Thijssen, Computational Physics, Cambridge University Press, New York

Bibliografía Tema 4:

Rainer Waser Ed. Nanoelectronics and Information Technology. Editorial WILEY-VCH

Advances in non-volatile memory and storage technology, Woodhead Publishing Series and Optical Materials-Elsevier: 64, Ed. Y. Nishi, 2014

Memristor and memristive systems, R. Stanley Williams (auth.), Ronald Tetzlaff (eds.), Springer, 2014

Recursos WEB

<http://nanohub.org/>

<http://www.itrs.net/>

Bibliografía complementaria dispositivos electrónicos:

MODULAR SERIES ON SOLID STATE DEVICES (Addison-Wesley)

R.F.Pierret, Semiconductor fundamentals (1988) / Fundamentos de semiconductores (1994)

Gerold W. Neudeck, The PN Junction Diode (1989) El diodo PN de unión (1993)

G.W.Neudeck, The Bipolar Junction Transistor (1989) / El transistor bipolar de unión (1994)

Bibliografía complementaria circuits electronics:

P. Horowitz and W. Hill The Art of Electronics, Cambridge Editorial Univ. Press (1989)

Bibliografía complementaria dispositius optoelectronics:

B.E.A. Salech and M.C. Theich Fundamentals of Photonics Editorial John Wiley & Sons

## **Software**

Se utilizarà el software BITLLES para la simulación de dispositivos (europe.uab.es/bitlles)