

**Dispositius Nanoelectrònics**

Codi: 43430

Crèdits: 6

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
4314939 Nanociència i Nanotecnologia Avançades	OT	0	1

### Professor/a de contacte

Nom: Xavier Oriols Pladevall

Correu electrònic: [xavier.oriols@uab.cat](mailto:xavier.oriols@uab.cat)

### Idiomes dels grups

Podeu accedir-hi des d'aquest [enllaç](#). Per consultar l'idioma us caldrà introduir el CODI de l'assignatura. Tingueu en compte que la informació és provisional fins a 30 de novembre de 2023.

### Equip docent

Xavier Oriols Pladevall

Jorge Francisco Suñé Tarruella

Anibal Uriel Pacheco Sanchez

David Jimenez Jimenez

Enrique Alberto Miranda Castellano

### Prerequisits

Es recomana tenir coneixements previs sobre dispositius electrònics.

### Objectius

- 1) Adquirir una visió general sobre la situació actual de la nanoelectrònica a partir principalment del International Technology roadmap for Semiconductors, incloent-hi les dificultats i reptes de recerca i les principals tendències evolutives.
- 2) Conèixer les principals tècniques de fabricació de dispositius, amb l'objectiu de establir un lligam amb les seves principal característiques d'operació.
- 3) Conèixer les principals metodologies de simulació dels dispositius nanoelectrònics i saber determinar quin mètode és més adequat a cada circumstància particular.
- 4) Entendre el funcionament dels principals dispositius nanoelectrònics , incloent dispositius per a lògica i per a memòria.

## Competències

- Analitzar críticament els principis de funcionament i les previsions de prestacions de dispositius electrònics operant en la nanoescala (especialitat Nanoelectrónica)
- Analitzar les solucions i els beneficis que aporten els productes de la nanotecnologia, dins de la pròpia especialitat, i comprendre'n l'origen a un nivell fonamental
- Dominar la terminologia científica i desenvolupar l'habilitat d'argumentar els resultats de la recerca en el context de la producció científica, per comprendre i interactuar eficaçment amb altres professionals.
- Identificar i distingir les tècniques de síntesi, fabricació i manufactura de nanomaterials i nanodispositius propis de l'especialitat
- Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant, en gran manera, amb treball autònom a autodirigit

## Resultats d'aprenentatge

1. Conèixer els fonaments de les tècniques de fabricació dels dispositius nanoelectrònics més rellevants.
2. Descriure els principis de funcionament de dispositius emergents, així com els avantatges i les limitacions que tenen.
3. Descriure els principis de funcionament dels principals dispositius lògics i de memòria actuals.
4. Descriure l'estat actual de les tecnologies nanoelectròniques i les tendències d'evolució futura, d'acord amb l'International Technology Roadmap for Semiconductors.
5. Dominar la terminologia científica i desenvolupar l'habilitat d'argumentar els resultats de la recerca en el context de la producció científica, per comprendre i interactuar eficaçment amb altres professionals.
6. Escollir el mètode de simulació i modelatge més adequat per a un dispositiu nanoelectrònic, en funció de les característiques físiques i el principi de funcionament.
7. Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant, en gran manera, amb treball autònom a autodirigit

## Continguts

En general:

- Evolució històrica de la micro i nanoelectrónica. Estat actual de la tecnologia CMOS, reptes i alternatives en les fronteres de l'escalat dimensional. International Technology Roadmap for Semiconductors.
- Tecnologia de fabricació de dispositius electrònics. Visió general de litografies òptica, electrònica i de sonda local, epitaxia de feixos moleculars, deposició química en fase vapor, deposició atòmica de capes, deposició por láser pulsado, etc.
- Simulació i modelat multiescala del transport electrònic en dispositius nanoelectrònics. Simulació de primers principis. Models semiclàssics. Simulació Monte Carlo clàssica i quàntica. Model de transmissió de Landauer. Modelat compacte. Soroll en la escala mesoscòpica.
- Dispositius nanoelectrònics avançats per a lògica i memòria. Transistors avançats d'efecte de camp. Dispositius "beyond CMOS". Memòries volàtils i no-volàtils. Dispositius iònics i magnètics per a memòries "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.

## Metodologia

Es combinaran les classes magistrals amd n la realització de treballs autònoms que inclouran la lectura de publicacions de recerca, la solució de problemes, la lectura crítica de documents i la simulació de dispositius.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, per a la complementació per part de l'alumnat de les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura/mòdul.

## Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Classes expositives	30	1,2	
Lectura d'articles i altres documents científics	30	1,2	
Presentacions orals	6	0,24	5
Treballs autònoms i preparació d'informes	65	2,6	5
Utilització d'eines de disseny assistit per ordinador	15	0,6	

## Avaluació

L'avaluació de l'assignatura consistirà en:

.- Examen a final de curs: 45% de la NOTA

- Pràctiques de simulació: 25% de la NOTA

- Problemes a resoldre: 15% de la NOTA

- Lectura i treball de articles científics: 15% de la NOTA

S'han d'aprovar amb un mínim de 5 totes quatre parts. Per poder assistir a la recuperació, l'alumne ha hagut d'haver estat avaluat prèviament d'activitats d'avaluació continuada que equivalguin a 2/3 de la nota final.

### Activitats d'avaluació continuada

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Caracterització en el laboratori	10	0	0	1, 2, 3, 4, 5
Examen final	45	4	0,16	1, 2, 3, 4, 5, 6
Resolució de problemes	15	0	0	4, 5, 6, 7
Simulació de dispositius	30	0	0	3, 5, 6, 7

### Bibliografia

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

Bibliografia 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)

Bibliografia Tema 2:

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

Bibliografia 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

Bibliografia 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. Teich Fundamentals of Photonics Editorial John Wiley & Sons

## **Programari**

S'utilitzarà el software BITLLES per fer simulació de dispositius ([europe.uab.es/bitlles](http://europe.uab.es/bitlles))