



## Guia docent

# 2301219 - ISCIRD - Sensors Integrats i Circuits per a Detectores de Radiació i Imatges

Última modificació: 20/03/2024

**Unitat responsable:** Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona

**Unitat que imparteix:** 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

**Titulació:** MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE SEMICONDUCTORS I DISSENY MICROELECTRÒNIC (Pla 2024).  
(Assignatura optativa).

**Curs:** 2024

**Crèdits ECTS:** 4.0

**Idiomes:** Anglès

## PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Gascon Fora, David

**Altres:** Gómez Fernández, Sergio  
Casanova Mohr, Raimon  
Serra Graells, Francesc

## CAPACITATS PRÈVIES

---

Coneixements previs recomanats:

1. L'assignatura parteix de conceptes bàsics de microelectrònica i física de semiconductors. En particular, s'assumeixen coneixements sobre el comportament i modelització dels transistors MOS, la implementació de circuits en tecnologies microelectròniques, l'amplificació i l'anàlisi de circuits analògics, així com la simulació de circuits i l'edició de disseny en l'entorn Cadence Virtuoso o similar.
2. S'aconsella que l'estudiant hagi cursat les següents assignatures del Màster: "Disseny microelectrònic", "Disseny de circuits integrats analògics" i "Disseny físic de circuits integrats".

## METODOLOGIES DOCENTS

---

- Classes presencials
- Treball individual (a distància)
- Treball de disseny de laboratori (anàlisi i simulació)
- Examen final

## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Aquest curs és una introducció al sensors d'imatge i als detectors de radiació (raigs X, raigs gamma, partícules carregades) d'estat sòlid. Les aplicacions dels sensors d'imatge i dels detectors de radiació són omnipresents, incloent-hi l'electrònica de consum (telèfons intel·ligents, càmeres digitals, etc.), la imatge mèdica (màquines de raigs X, escàners PET/SPECT, etc.), la indústria de l'automòbil (sistemes avançats d'assistència al conductor (ADAS) i sistemes d'assistència a l'aparcament), seguretat i vigilància, imatge industrial, aeroespacial i defensa, comunicacions quàntiques i instruments científics. El curs presenta tant els sensors de semiconductors com les tècniques de disseny de circuits integrats de lectura. El curs comença amb una introducció a la interacció de les partícules amb la matèria i els fonaments de detecció de fotons. Pel que fa al disseny microelectrònic, les tècniques més importants que es tracten estan relacionades amb l'electrònica frontal de baix soroll, el disseny de sensors de píxels actius, mètodes de digitalització específics i arquitectures de lectura de sensors d'imatge. A més, aprofitant els conceptes d'interacció de la radiació amb la matèria, el curs introdueix el disseny tolerant a la radiació, que és fonamental en aplicacions aeroespacials i instal·lacions nuclears, i també és cada cop més important en la indústria de les telecomunicacions i computació a causa de l'evolució de la tecnologia. El curs compta amb la participació industrial.

Els objectius específics del curs són:

1. Explicar els fonaments de la interacció de la radiació amb la matèria i la formació del senyal.
2. Conèixer diferents tecnologies de detecció de fotons i radiació d'estat sòlid, com ara sensors de píxels actius (APS), detectors de píxels híbrids, sensor d'imatges CMOS/CIS, sensors basats en detectors sensibles a un únic fotó (SPAD), etc.
3. Conèixer els circuits de lectura de processament de polsos analògics i digitals de detectors aplicats als detectors de radiació (amb èmfasi en la microelectrònica i el disseny d'ASICs).
4. Entendre els fonaments dels sensors d'imatges i els detectors pixelats: arquitectures de píxels en APS, perifèrics (adreçament, circuits de lectura, ADCs)
5. Conèixer les tecnologies d'encapsulament i interconnexió avançades (sensors monolítics, sensors híbrids, integració 3D, etc.) per a detectors integrats.
6. Comprendre conceptes bàsics relacionats amb el disseny tolerant a la radiació.

## HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	18,0	18.00
Hores grup petit	12,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	70,0	70.00

**Dedicació total:** 100 h

## CONTINGUTS

### 1. Introducció als detectors d'estat sòlid.

**Descripció:**

Interacció de partícules amb la matèria. Fonaments de la foto-detecció. Detecció de radiacions ionitzants i no ionitzants. Aplicacions (científiques, industrials, d'automoció, IoT i mèdiques).

**Dedicació:** 7h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 5h



## 2. Electrònica integrada de lectura

### Descripció:

Arquitectures: processament de polsos vs integració. Tècniques de baix soroll. Principals components analògics del front-end: preamplificadors, filtres, discriminadors, restauració de línia base i detecció de becs. Implementació d'ADC i TDC per a detectors i generadors d'imatges. Electrònica integrada per a fotosensors ràpids.

**Dedicació:** 21h

Grup gran/Teoria: 6h

Aprenentatge autònom: 15h

## 3. Sensors de fotons i imatges integrats

### Descripció:

Sensors d'imatge CMOS i CIS. Elements sensors (fotodíodes y SPADs). Arquitectures de lectura: adreçament, ADC paral·lels de columna i serialitzadors d'alta velocitat. Caracterització del sensor i xifres de mèrit.

**Dedicació:** 13h

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 9h

## 4. Detectors de radiació integrats.

### Descripció:

Detectors de píxels híbrids. Detectors de píxels monolítics. Altres detectors basats en semiconductors. Embalatge i interconnexió per a detectors integrats.

**Dedicació:** 13h

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 9h

## 5. Tècniques de disseny tolerants a la radiació.

### Descripció:

Efectes de la radiació en l'electrònica. Tècniques de disseny per al dany de la dosi acumulada. Disseny i tècniques arquitectòniques per a la tolerància a "single events" (SEEs). Procediments i normes per a la qualificació del funcionament de circuits integrats en entorns de radiació.

**Dedicació:** 6h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 4h



## 6.- Projectes pràctics de laboratori de disseny.

### Descripció:

L'estudiant aplicarà els conceptes i habilitats apreses a l'assignatura al disseny de dos circuits implementats en una tecnologia microelectrònica CMOS, utilitzant l'entorn de disseny Cadence Virtuoso IC:

1. Disseny d'un sistema front-end seguint una metodologia "top-down". El treball començarà amb la descripció del comportament d'un canal de processament de senyal que inclou preamplificador, filtre i convertidor ADC. Després d'això, es realitzarà el disseny de nivell de transistor d'un amplificador de càrrega tenint en compte les tècniques de baix soroll.
2. Disseny d'un sensor de píxels actius i circuit de lectura d'una imatge. A partir del model del fotosensor s'exploraran diferents opcions de lectura per un píxel actiu d'un sensor d'imatge. També es treballaran circuits de lectura optimitzats per sensors sensibles a un únic fotó (SPADs and SiPMs).

**Dedicació:** 40h

Grup gran/Teoria: 12h

Aprenentatge autònom: 28h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

- Examen final: 40 %
- Laboratoris: 40 %
- Exercicis per fer a casa o a classe: 20 %

## BIBLIOGRAFIA

### Bàsica:

- Rivetti, Angelo. CMOS : front-end electronics for radiation sensors. Boca Raton: CRC Press, 2015. ISBN 9781138827387.
- Knoll, Glenn F. Radiation detection and measurement. 4th ed. Hoboken, New Jersey: Wiley, cop. 2010. ISBN 9780470131480.
- Ohta, J. Smart CMOS image sensors and applications. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2020. ISBN 9781032652368.
- Turchetta, R. Analog electronics for radiation detection. Boca Raton: CRC Press, 2016. ISBN 9781138586024.
- Fossum, E. R.; Hondongwa, D. B.. "A Review of the Pinned Photodiode for CCD and CMOS Image Sensors". *EEE Journal of the Electron Devices Society* [en línia]. 2 (3): 33-43, 2014 [Consulta: 10/05/2024]. Disponible a: <https://ieeexplore-ieee-org.recursos.biblioteca.upc.edu/document/6742594>.

### Complementària:

- Spieler, Helmuth. Semiconductor Detector Systems. 1. Oxford: Oxford University Press, 2005. ISBN 9780198527848.
- Kolanoski, H.; Wermes, N. Particle detectors: fundamentals and applications. Oxford: Oxford University Press, 2020. ISBN 9780198858362.

## RECURSOS

### Altres recursos:

Diapositives del curs, exercicis i tutorials disponibles a través del campus virtual Atenea.