



Guía docente

2301219 - ISCIRD - Sensores Integrados y Circuitos para Detectores de Radiación e Imágenes

Última modificación: 20/03/2024

Unidad responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona

Unidad que imparte: 1004 - UB - Universitat de Barcelona.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE SEMICONDUCTORES Y DISEÑO MICROELECTRÓNICO (Plan 2024). (Asignatura optativa).

Curso: 2024

Créditos ECTS: 4.0

Idiomas: Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: Gascon Fora, David

Otros: Gómez Fernández, Sergio
Casanova Mohr, Raimon
Serra Graells, Francesc

CAPACIDADES PREVIAS

Conocimientos previos recomendados:

1. El curso parte de conceptos básicos de microelectrónica y física de semiconductores. En particular, se asumen conocimientos sobre el comportamiento y modelado de transistores MOS, implementación de circuitos en tecnologías microelectrónicas, amplificación y análisis de circuitos analógicos, así como simulación y edición de diagramas de circuitos en entorno Cadence Virtuoso o similar.
2. Se recomienda haber cursado las siguientes materias del Máster: "Diseño Microelectrónico", "Diseño de IC Analógicos" y "Diseño Físico de Circuitos Integrados".

METODOLOGÍAS DOCENTES

- Clases presenciales
- Trabajo individual (a distancia)
- Trabajo de diseño de laboratorio (análisis y simulación)
- Examen final



OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Este curso es una introducción a los sensores de imagen y a los detectores de radiación (rayos X, rayos gamma, partículas cargadas) de estado sólido. Las aplicaciones de los sensores de imagen y detectores de radiación son omnipresentes, incluyendo la electrónica de consumo (teléfonos inteligentes, cámaras digitales, etc.), la imagen médica (máquinas de rayos X, escáneres PET/SPECT, etc.), la industria del automóvil (sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS) y sistemas de asistencia al aparcamiento), seguridad y vigilancia, imagen industrial, aeroespacial y defensa, comunicaciones cuánticas e instrumentos científicos. El curso presenta tanto sensores de semiconductores como técnicas de diseño de circuitos integrados de lectura. El curso comienza con una introducción a la interacción de las partículas con la materia y los fundamentos de detección de fotones. Por lo que respecta al diseño microelectrónico, las técnicas más importantes que se tratan están relacionadas con la electrónica frontal de bajo ruido, el diseño de sensores de píxeles activos, métodos de digitalización específicos y arquitecturas de lectura de sensores de imagen. Además, aprovechando los conceptos de interacción de la radiación con la materia, el curso introduce el diseño tolerante a la radiación, que es fundamental en aplicaciones aeroespaciales e instalaciones nucleares, y también es cada vez más importante en la industria de las telecomunicaciones y computación debido a la evolución de la tecnología. El curso cuenta con la participación industrial.

Los objetivos específicos del curso son:

1. Explicar los fundamentos de la interacción de la radiación con la materia y la formación de la señal.
2. Conocer diferentes tecnologías de detección de fotones y radiación de estado sólido, tales como sensores de píxeles activos (APS), detectores de píxeles híbridos, sensor de imágenes CMOS/CIS, sensores basados en detectores sensibles a un único fotón (SPAD), etc.
3. Conocer los circuitos de lectura de procesamiento de pulsos analógicos y digitales de detectores aplicados a los detectores de radiación (con énfasis en la microelectrónica y el diseño de ASICs).
4. Entender los fundamentos de los sensores de imágenes y los detectores pixelados: arquitecturas de píxeles en APS, periféricos (direccionamiento, circuitos de lectura, ADCs)
5. Conocer las tecnologías de encapsulamiento e interconexión avanzadas (sensores monolíticos, sensores híbridos, integración 3D, etc.) para detectores integrados.
6. Comprender conceptos básicos relacionados con el diseño tolerante a la radiación.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	18,0	18.00
Horas grupo pequeño	12,0	12.00
Horas aprendizaje autónomo	70,0	70.00

Dedicación total: 100 h

CONTENIDOS

1. Introducción a los detectores de estado sólido.astellano

Descripción:

Interacción de partículas con la materia. Fundamentos de la foto-detección. Detección de radiaciones ionizantes y no ionizantes. Aplicaciones (científicas, industriales, de automoción, IoT y médicas).

Dedicación: 7h

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 5h



2. Electrónica integrada de lectura

Descripción:

Arquitecturas: procesamiento de pulsos vs integración. Técnicas de bajo ruido. Principales componentes analógicos del front-end: preamplificadores, filtros, discriminadores, restauración de línea base y detección de picos. Implementación de ADC y TDC para detectores y generadores de imágenes. Electrónica integrada para fotosensores rápidos.

Dedicación: 21h

Grupo grande/Teoría: 6h

Aprendizaje autónomo: 15h

3. Sensores de fotones e imágenes integrados

Descripción:

Sensores de imagen CMOS y CIS. Elementos sensores (fotodiodos i SPADs). Arquitecturas de lectura: direccionamiento, ADC paralelos de columna y serializadores de alta velocidad. Caracterización del sensor y cifras de mérito.

Dedicación: 13h

Grupo grande/Teoría: 4h

Aprendizaje autónomo: 9h

4. Detectores de radiación integrados.

Descripción:

Detectores de píxeles híbridos. Detectores de píxeles monolíticos. Otros detectores de semiconductores. Embalaje e interconexión para detectores integrados.

Dedicación: 13h

Grupo grande/Teoría: 4h

Aprendizaje autónomo: 9h

5. Técnicas de diseño tolerantes a la radiación.

Descripción:

Efectos de la radiación en la electrónica. Técnicas de diseño para el daño de dosis acumulada. Diseño y técnicas arquitectónicas para la tolerancia a "single events" (SEE). Procedimientos y normas para la calificación del funcionamiento de circuitos integrados en ambientes de radiación.

Dedicación: 6h

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 4h



6.- Proyectos prácticos de laboratorio de diseño.

Descripción:

El estudiante aplicará los conceptos y habilidades adquiridas en la asignatura al diseño de dos circuitos implementados en una tecnología microelectrónica CMOS, utilizando el entorno de diseño Cadence Virtuoso IC:

1. Diseño de un sistema front-end siguiendo una metodología "top-down". El trabajo comienza con la descripción a nivel de comportamiento de un canal de procesamiento de señales que incluye preamplificador, filtrado y digitalización. Después de eso, se realizará el diseño de nivel de transistor de un amplificador de carga teniendo en cuenta técnicas de bajo ruido.
2. Diseño de un sensor de píxeles activo y circuito de lectura de sensor de imagen. A partir del modelo del fotosensor se explorarán diferentes opciones de lectura para un píxel activo de un sensor de imagen. También se tratarán circuitos de lectura optimizados para sensores sensibles a un único fotón (SPAD y SiPM).

Dedicación: 40h

Grupo grande/Teoría: 12h

Aprendizaje autónomo: 28h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

- Examen final: 40 %
- Laboratorios: 40 %
- Ejercicios para hacer en casa o en clase: 20 %

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- 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 línea]. 2 (3): 33-43, 2014 [Consulta: 10/05/2024]. Disponible a: <https://ieeexplore-ieee-org.recursos.biblioteca.upc.edu/document/6742594>.

Complementaria:

- 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

Otros recursos:

Diapositivas del curso, ejercicios y tutoriales disponibles a través del campus virtual de Atenea.