

Guía docente

230730 - DAMC - Diseño de Circuitos Microelectrónicos Analógicos

Última modificación: 16/05/2025

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

Unidad que imparte: 710 - EEL - Departamento de Ingeniería Electrónica.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN (Plan 2013). (Asignatura optativa).
MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE TELECOMUNICACIÓN (Plan 2019). (Asignatura optativa).
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA (Plan 2022). (Asignatura obligatoria).

Curso: 2025

Créditos ECTS: 5.0

Idiomas: Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: XAVIER ARAGONES CERVERA

Otros: Primer quadrimestre:
XAVIER ARAGONES CERVERA - 21, 23
SERGIO GÓMEZ FERNÁNDEZ - 21

CAPACIDADES PREVIAS

El curso asume conceptos básicos sobre comportamiento y modelado de transistores MOS, implementación de circuitos en tecnologías microelectrónicas, amplificación y análisis de circuitos analógicos, así como simulación de circuitos y edición de layouts en entorno Cadence Virtuoso o similar, correspondientes al curso de puente "Introduction to Microelectronic Design". o similar:

- Comportamiento básico del MOSFET: estados, ecuaciones, curvas.
- Características de las tecnologías microelectrónicas.
- Metodología de diseño totalmente a medida (full custom). Conceptos básicos de diseño de circuitos analógicos a medida.
- Análisis de circuitos analógicos: gran señal y pequeña señal.
- Etapas amplificadoras básicas de 1 transistor. Conceptos básicos sobre ruido y distorsión.
- Simulación de circuitos a nivel de transistor (análisis .DC, .TRAN, .AC)
- Conceptos básicos sobre filtros activos-RC.
- Conceptos básicos sobre conversión DAC y ADC.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

CMEE5. Concebir y diseñar circuitos electrónicos de amplificación de señal, tanto de bajas como altas (radio) frecuencias, atendiendo al tipo de aplicación y a objetivos de ganancia, consumo, ruido, linealidad, estabilidad, impedancias, ancho de banda.

CMEE6. Comprender y aplicar soluciones para el filtraje de señales analógicas y conversión a/desde el dominio digital, comprender las limitaciones asociadas a su implementación microelectrónica y seleccionar la aproximación óptima en función de especificaciones, resolución, frecuencia.

CMEE7. Aplicar metodologías de análisis y diseño de circuitos analógicos en entornos CAD de diseño microelectrónico.

Transversales:

CTMEE5. Tercera lengua. Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

METODOLOGÍAS DOCENTES

- Lectures
- Individual work (distance)
- Design exercises (analysis and simulation)
- Extended answer test (Final Exam)

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Objetivos de aprendizaje de la asignatura:

El objetivo de esta asignatura es que el estudiante sea capaz de diseñar circuitos microelectrónicos CMOS, implementando las soluciones básicas de circuitos para la adquisición y procesamiento de señal analógica (amplificación y filtrado). Se prestará especial atención a la comprensión de las no idealidades que limitan el rango dinámico, la resolución, la precisión, la frecuencia de operación o el consumo de potencia de los circuitos, los efectos de la variabilidad de fabricación y temporal, y cómo diferentes soluciones circuitales pueden hacer frente a estas limitaciones. Durante el curso se revisarán escenarios de diseño específicos como baja potencia, baja tensión o radiofrecuencia. También se valorará el impacto de decisiones de diseño desde una perspectiva de sostenibilidad, y se presentarán técnicas para reducir este impacto. El estudiante adquirirá habilidades para diseñar estos circuitos en una tecnología microelectrónica, y conocerá los procesos de análisis y verificación de circuitos analógicos mediante herramientas CAD específicas para el diseño de CIs. Después de este curso, el estudiante estará en condiciones de seguir cursos especializados relacionados con el diseño microelectrónico, centrados en aplicaciones específicas (p. ej. comunicaciones de alta frecuencia, acondicionamiento de señales, gestión de energía...).

Resultados de aprendizaje de la asignatura:

- Conocer y aplicar técnicas de diseño avanzado en circuitos analógicos de tratamiento de señal en tecnología CMOS. Escenarios de baja tensión de alimentación, bajo consumo, alta frecuencia.
- Conocer soluciones, circuitales y de diseño, para dar respuesta a las limitaciones de los circuitos analógicos ligadas a su implementación CMOS, tales como ruido, distorsión, variabilidad de fabricación, variabilidad a lo largo del tiempo.
- Conocer las metodologías de análisis y diseño de circuitos analógicos en entornos CAD de diseño microelectrónico.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	26,0	20.80
Horas grupo pequeño	13,0	10.40
Horas aprendizaje autónomo	86,0	68.80

Dedicación total: 125 h

CONTENIDOS

1.- Fundamentos

Descripción:

- Modelos de transistor MOS para diseño microelectrónico. Comportamiento de inversión fuerte a inversión débil. Eficiencia energética en función del grado de inversión.
- Recordatorio de circuitos analógicos básicos: etapas surtidor común, drenador común, puerta común, espejo de corriente. La estructura cascode.

Dedicación: 12h 48m

Grupo grande/Teoría: 4h

Aprendizaje autónomo: 8h 48m

2.- Circuitos de polarización

Descripción:

- Espejos de corriente cascode.
- Aspectos de implementación: matching, dimensiones de los transistores, técnicas de layout.
- Referencias de tensión y de corriente. Bandgap.

Dedicación: 12h 48m

Grupo grande/Teoría: 4h

Aprendizaje autónomo: 8h 48m

3.- Amplificación a altas frecuencias

Descripción:

- Limits in 1-stage amplifier.
- Narrowband amplification.
- Cascaded and distributed solutions.

Dedicación: 6h 24m

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 4h 24m

4.- Amplificadores diferenciales y OTAs

Descripción:

- Feedback: open-loop and closed-loop gain, bandwidth, linearity. Stability.
- Differential amplifiers. Common-mode feedback.
- Implementation issues: matching, transistor sizing, layout techniques
- 1-stage OTA solutions. Folded-cascode.
- 2-stage OTA with power-down.

Dedicación: 19h 20m

Grupo grande/Teoría: 6h

Aprendizaje autónomo: 13h 20m

5.- Circuitos para la adquisición de señal y procesado analógico

Descripción:

- Amplificadores realimentados y filtros en el tiempo continuo.
- Gm-C. Diseño en inversión débil para aplicaciones de ultra-bajo consumo.
- Introducción a amplificadores y filtros con capacidades conmutadas.
- Circuitos muestreadores. Limitaciones.
- Comparadores.

Dedicación: 32h

Grupo grande/Teoría: 10h

Aprendizaje autónomo: 22h

6.- Proyectos de diseño práctico

Descripción:

The student will apply the concepts and skills learned in the course to the design of two circuits implemented in a CMOS microelectronic technology, using the Cadence Virtuoso IC design environment:

- An analog amplifier with large dynamic range, robust against noise and process, temperature and voltage variability.
- 2-stage OTA with power-down.

Dedicación: 41h 40m

Grupo pequeño/Laboratorio: 13h

Aprendizaje autónomo: 28h 40m

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Examen final: 45%

Prácticas de laboratorio: 30%

Ejercicios para realizar en casa o en clase: 25%

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Allen, P.E.; Holberg, D.R. CMOS analog circuit design. 3rd ed., int. ed. New York: Oxford University Press, 2012. ISBN 9780199937424.
- Gray, P.R. ... [et al.]. Analysis and design of analog integrated circuits. 5th ed. New York: John Wiley, 2010. ISBN 9780470398777.
- Razavi, B. Design of analog CMOS integrated circuits. 2nd ed. Boston: McGraw-Hill, 2017. ISBN 9781259255090.
- Carusone, T.C.; Johns, D.; Martin, K.W. Analog integrated circuit design. Int. stud. version. New York: John Wiley, 2013. ISBN 9781118092330.
- Sansen, Willy M. Analog design essentials [en línea]. New York, NY: Springer US, 2006 [Consulta: 27/03/2024]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b135984>. ISBN 9780387257471.

Complementaria:

- Baker, R.J. CMOS circuit design, layout, and simulation. 4th ed. Hoboken, NJ: IEEE Press : Wiley, 2019. ISBN 9781119481515.

RECURSOS

Otros recursos:

Course slides, exercises, and tutorials available through the Atenea virtual campus.