



FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre Completo	Diseño de circuitos integrados
Código	DEA-TEL-523
Título	Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación
Impartido en	Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación y Mást. Univ. en Administración de Empresas [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación + Máster Big Data.Tecnología y Anal. Avanzada [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación + Máster in Smart Grids [Primer Curso]
Nivel	Postgrado Oficial Master
Cuatrimestre	Semestral
Créditos	3,0
Carácter	Obligatoria
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Responsable	Ignacio Herrera Alzu

Datos del profesorado	
Profesor	
Nombre	Ignacio Herrera Alzu
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Correo electrónico	iherrera@icai.comillas.edu

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

Contextualización de la asignatura
Aportación al perfil profesional de la titulación
<p>En el perfil profesional del Master en Ingeniería de Telecomunicación, esta asignatura pretende aportar al alumno una visión amplia sobre el proceso de diseño y fabricación de circuitos integrados VLSI en tecnología CMOS, desde el diseño full-custom de funciones básicas al diseño semi-custom de sistemas integrados en ASIC. Se hace énfasis tanto en el diseño digital como en el analógico. Se introducen los flujos de diseño y herramientas tales como editores de esquemas, herramientas de diseño de layout, herramientas de síntesis, lenguajes de descripción hardware y diseño para test.</p> <p>Al finalizar el curso el alumno ha de ser capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none">• Conocer y comprender los aspectos tecnológicos actuales para la realización de circuitos electrónicos



integrados.

- Conocer la disponibilidad de diferentes componentes de un circuito en diferentes tecnologías. Comprender su comportamiento y modelado.
- Conocer y aplicar los circuitos básicos capaces de procesar señales analógicas y/o digitales con lenguajes de descripción de hardware.

Comprender concepto flujo y estructuración de diseño jerárquico de circuitos integrados de complejidad sencilla y media, así como las herramientas de diseño.

Prerrequisitos

Conocimientos básicos de Electrónica Digital y Analógica.

Competencias - Objetivos

Competencias

GENERALES

CB01	Haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio.
CB02	Saber aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de éstos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados
CB06	Haber desarrollado la autonomía suficiente para participar en proyectos de investigación y colaboraciones científicas o tecnológicas dentro su ámbito temático, en contextos interdisciplinares y, en su caso, con una alta componente de transferencia del conocimiento.
CG04	Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería de Telecomunicación y campos multidisciplinarios afines.
CG06	Capacidad para la dirección general, dirección técnica y dirección de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos
CG08	Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar conocimientos
CG13	Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Telecomunicación.



ESPECÍFICAS

CTT10	Capacidad para diseñar y fabricar circuitos integrados.
CTT11	Conocimiento de los lenguajes de descripción hardware para circuitos de alta complejidad.

Resultados de Aprendizaje

RA1	Conocer las bases teóricas del diseño de circuitos integrados, tanto analógicos como digitales.
RA2	Conocer el proceso de diseño de circuitos integrados, así como el proceso de fabricación de los mismos.
RA3	Comprender e integrar las tecnologías de diseño, simulación, implantación y verificación de los sistemas integrados a medida y de los sistemas programables, a partir de lenguajes de descripción de hardware.
RA4	Analizar, comprender y diseñar métodos de validación, así como el desarrollo de bancos de prueba para sistemas integrados.
RA5	Abordar problemas nuevos, elaborar la planificación, y elegir el método de diseño para el desarrollo de sistemas integrados de comunicaciones complejos.
RA6	Buscar, seleccionar, comprender y analizar información útil para el desarrollo de un proyecto usando fuentes bibliográficas, Internet, etc.
RA7	Trabajar en grupo, entender cómo se coordina un grupo de trabajo con diseñadores de sistemas integrados, así como la planificación de tareas.

BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

Contenidos – Bloques Temáticos

Teoría

Tema 1: Introducción al diseño de Circuitos Integrados (CIs)

- Evolución histórica, conceptos y terminología.
- Introducción a las diferentes tecnologías de circuitos integrados: CMOS, Bipolar, etc
- Descripción del proceso de fabricación de CIs.
- Complejidad de CIs su importancia y límites físicos de la tecnología.
- La Microelectrónica y VLSI en la actualidad. SoC. SoP.

Tema 2: Proceso de tape-out, fabricación, empaquetado, test, validación y calificación

- Entregables en el proceso de tape-out.



- Empaquetado. Cortado de oblea, pegado del dado, bonding.
- Test. Tipos de test. Test en oblea, test en empaquetado.
- Validación y calificación. PVT, HTOL.

Tema 3: Flujo de diseño de Circuitos Integrados digitales

- Especificación, diseño a nivel RTL, simulaciones.
- Síntesis y Análisis Estático de Tiempos (STA).
- Place and route.
- Power grid y clock tree.
- DRC y LVS.
- Simulaciones de potencia.

Tema 4: Flujo de diseño de Circuitos Integrados analógicos

- Especificación, captura de esquemas y simulaciones pre-layout.
- Diseño físico o de layout.
- Extracción de elementos parásitos y simulaciones post-layout.
- DRC y LVS.

Tema 5: Economía del Circuito Integrado

- Mercados. Masivo, Industrial, Automoción, Espacial, Aeronáutico, Médico, etc.
- Costes de diseño y fabricación. Herramientas, coste NRE, yield de fabricación, tiempo de test, etc.
- Modelos de subcontratación. Amortizaciones.

Práctica

Concepción, diseño, verificación y simulación de circuitos sencillos

- Implementación de diseños a partir de una planificación y especificación.
- Repaso de conceptos de diseño analógico y digital a nivel transistor CMOS.
- Uso de software Open Source para diseño de Circuitos Integrados: Electric.
- Captura de esquemas y simulación con simulador basado en SPICE.
- Diseño eléctrico y físico (layout) de circuitos básicos.
- Verificación del diseño (DRC, ERC, LVS).
- Se realizarán prácticas y un proyecto, a nivel individual.
- Se presentarán la memorias de las prácticas y del proyecto.
- Se realizará una defensa oral del proyecto en clase.

METODOLOGÍA DOCENTE

Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Metodología Presencial: Actividades



Lección expositiva. El profesor explicará los conceptos fundamentales de cada tema incidiendo en lo más importante y a continuación se explicarán una serie de problemas tipo, gracias a los cuáles se aprenderá a identificar los elementos esenciales del planteamiento y la resolución de problemas del tema.

Resolución en clase de problemas propuestos. En estas sesiones se explicarán, corregirán y analizarán problemas análogos y de mayor complejidad de cada tema previamente propuestos por el profesor y trabajados por el alumno.

Prácticas de laboratorio. Se realizará de forma individual y en ellas los alumnos ejercitarán los conceptos y técnicas estudiadas, familiarizándose con el entorno material y humano del trabajo en el laboratorio.

Tutorías. Se realizarán en grupo e individualmente para resolver las dudas que se les planteen a los alumnos después de haber trabajado los distintos temas. Y también para orientar al alumno en su proceso de aprendizaje.

Metodología No presencial: Actividades

Estudio individual y personal por parte del alumno de los conceptos expuestos en las lecciones expositivas.

Preparación de las prácticas y/o de trabajo posterior a su realización en clase.

Resolución grupal de problemas y esquemas de los conceptos teóricos.

RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES	
Clase magistral y presentaciones generales	Prácticas de diseño y desarrollo de un proyecto
12,00	18,00
HORAS NO PRESENCIALES	
Estudio y resolución de problemas prácticos fuera del horario de clase por parte del alumno	Trabajos de carácter práctico individual y de grupo
30,00	30,00
CRÉDITOS ECTS: 3,0 (90,00 horas)	

EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	Peso
	<ul style="list-style-type: none"> • Comprensión de conceptos. • Aplicación de conceptos a la 	



<p>Evaluación de conocimientos teóricos</p> <ul style="list-style-type: none">• Parte de los exámenes intersemestral y final.	<p>resolución de problemas prácticos.</p> <ul style="list-style-type: none">• Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.• Presentación y comunicación escrita.	<p>35 %</p>
<p>Evaluación de conocimientos prácticos</p> <ul style="list-style-type: none">• Parte de los exámenes intersemestral y final.• Resultados del laboratorio: informes de las prácticas y del proyecto final.	<ul style="list-style-type: none">• Compresión de conceptos.• Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos y a la realización de prácticas en el laboratorio.• Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio.• Presentación y comunicación escrita.• Capacidad de trabajo en grupo.	<p>65 %</p>

Calificaciones

Ordinaria

La evaluación del alumno consta de dos partes: teoría y práctica.

Evaluación de conocimientos teóricos (35%):

- Examen intersemestral – contenidos teóricos (15%)
- Examen final – contenidos teóricos (20%)

Evaluación de conocimientos prácticos (65 %):

- Examen intersemestral – contenidos prácticos (5%)
- Examen final – contenidos prácticos (10%)
- Prácticas (30 %)
- Proyecto final (20%)

En los exámenes, se valorará tanto el procedimiento elegido para la resolución de problemas, como los resultados numéricos y metodológicos de diseño, que, aunque pudieran ser incorrectos, han de ser coherentes y lógicos. **Se exigirá una nota mínima de 5.**

En el trabajo experimental, se valorará el trabajo previo, la calidad de los resultados y la metodología seguida. **Es obligatorio entregar todas las prácticas y el proyecto final.**

La calificación final ordinaria, Nord, se calcula de esta manera:

$$\text{Nord} = \text{Nexa_inter} * 0,2 + \text{Nexa_final_ord} * 0,3 + \text{Nprac} * 0,3 + \text{Nproy} * 0,2$$



Donde:

- Nex_inter: nota del examen intersemestral
- Nex_final_ord: nota del examen final ordinario
- Nprac: nota media de las prácticas
- Nproy: nota del proyecto final

Extraordinaria

En la convocatoria extraordinaria el alumno se examinará de toda la materia. **Se exigirá una nota mínima de 5.**

La calificación final extraordinaria, Nextraord, se calcula de esta manera:

$$\text{Nextraord} = \text{Nexa_final_extraord} * 0,5 + \text{Nprac} * 0,3 + \text{Nproy} * 0,2$$

Donde:

- Nex_final_extraord: nota del examen final extraordinario
- Nprac: nota media de las prácticas
- Nproy: nota del proyecto final

PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

Actividades	Fecha de realización	Fecha de entrega
Lectura y estudio de los contenidos teóricos en la documentación aportada.	Después de cada clase	
Resolución de los problemas propuestos.	Semanalmente	
Preparación de las pruebas que se realizan durante las horas de clase.	Semanalmente	
Preparación del examen intersemestral.	Febrero	
Preparación del examen final.	Abril	
Elaboración del proyecto final.	Abril-Mayo	24 de Mayo

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

Bibliografía Básica



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**GUÍA DOCENTE
2018 - 2019**

- N. Weste, D. Harris: "CMOS VLSI Design: A Circuits and Systems Perspective". Addison Wesley/Pearson, 4th Edition, 2011.
- J.M. Rabaey: "Digital Integrated Circuits - A Design Perspective". Prentice Hall, 2nd Edition, 1996.
- R.J. Baker: "CMOS Circuit Design, Layout and Simulation". Wiley, 3rd Edition, 2010.
- B. Razavi: "Design of Analog CMOS Integrated Circuits". McGraw-Hill Edition, International Edition, 2001.
- T.C. Carusone, D.A. Johns, K.W. Martin: "Analog Integrated Circuit Design". Wiley, 2nd Edition, 2012.

Bibliografía Complementaria

- A. Sedra, K. Smith: "Microelectronics circuits". Oxford University Press, 2011.
- P.R. Gray, R.G. Meyer: "Analysis and Design of Analog Integrated Circuits". John Wiley & Sons, 3rd Edition, 1993.

Semana	Parte 1	Parte 2
1	Course Info / Introduction to ICs	Introduction to ICs
2	CMOS Technology	CMOS Technology
3	CMOS Manufacturing	CMOS Design Basics
4	CMOS Design Basics	Lab 1
5	CMOS Digital Design	Lab 2
6	CMOS Digital Design	Lab 3
7	Problems 1 / Lab	Lab 4
8	Examen Intersemestral	
9	CMOS Digital Design	Lab 5
10	CMOS Analog Design	Lab 6
11	CMOS Analog Design	Lab 7
12	Problems 2 / Lab	Lab 8
13	CMOS System/Chip Design	Project
14	Problems 3 / Lab	Project
15	Examen Final	