



## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre completo	Dispositivos Integrados para Telecomunicación
Código	DEAC-MIT-527
Título	<a href="#">Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación por la Universidad Pontificia Comillas</a>
Impartido en	Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación y Mást. Univ. en Administración de Empresas [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación y Máster en Ciberseguridad [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 ECTS
Carácter	Obligatoria
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Responsable	Ignacio Herrera Alzu
Horario de tutorías	Solicitar cita previa

Datos del profesorado	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Ignacio Herrera Alzu
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Correo electrónico	iherrera@icai.comillas.edu
<b>Profesores de laboratorio</b>	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Antonio José López Angulo
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Correo electrónico	ajlopez@icai.comillas.edu

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

Contextualización de la asignatura
<b>Aportación al perfil profesional de la titulación</b>
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 dispositivos integrados para telecomunicación 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 conceptos básicos de radiofrecuencia y antenas, aplicados a dispositivos integrados para telecomunicación y al cálculo de radioenlaces. 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.

Al finalizar del curso el alumno ha de ser capaz de:

- 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 la estructuración y el flujo de diseño jerárquico de circuitos integrados de complejidad sencilla y media, así como las herramientas de diseño.

## Prerrequisitos

Conocimientos básicos de Electrónica Digital, Analógica y Radiofrecuencia.

## Competencias - Objetivos

### Competencias

#### GENERALES

<b>CB01</b>	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
<b>CB02</b>	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
<b>CB05</b>	Saber transmitir de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan
<b>CB06</b>	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
<b>CG01</b>	Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería de telecomunicación
<b>CG04</b>	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
<b>CG06</b>	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
CG11	Capacidad para saber comunicar (de forma oral y escrita) las conclusiones- y los conocimientos y razones últimas que las sustentan- a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades
<b>ESPECÍFICAS</b>	
CTT02	Capacidad para desarrollar sistemas de radiocomunicaciones: diseño de antenas, equipos y subsistemas, modelado de canales, cálculo de enlaces y planificación
CTT10	Capacidad para diseñar y fabricar circuitos integrados

## Resultados de Aprendizaje

RA01	Conocer las bases teóricas del diseño de circuitos integrados, tanto analógicos como digitales
RA02	Conocer el proceso de diseño de circuitos integrados
RA03	Conocer los parámetros básicos y las técnicas de análisis y diseño de las antenas empleadas en sistemas de telecomunicaciones
RA04	Comprender e integrar las tecnologías de diseño, simulación, implantación de antenas y circuitos en subsistemas de telecomunicaciones
RA05	Analizar, comprender y diseñar métodos de validación, así como el desarrollo de bancos de prueba para sistemas integrados
RA06	Abordar problemas nuevos, elaborar la planificación, y elegir el método de diseño para el desarrollo de sistemas integrados de comunicaciones complejos
RA07	Buscar, seleccionar, comprender y analizar información útil para el desarrollo de un proyecto usando fuentes bibliográficas, Internet, etc
RA08	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

- Evolución histórica de los Circuitos Integrados, conceptos y terminología.
- Introducción a las diferentes tecnologías de circuitos integrados, con énfasis en CMOS.
- Complejidad de Circuitos Integrados y límites físicos de la tecnología.
- Mercados y aplicaciones de los Circuitos Integrados: consumo, industrial, automoción, aeroespacial, médico, etc.



- Tendencias tecnológicas de la microelectrónica y VLSI.

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

- Proceso de fabricación de Circuitos Integrados.
- Fotolitografía y procesado de obleas.
- Proceso de encapsulado de chips, cortado, bonding, SiP.
- Proceso de testado de chips, nivel de oblea y de encapsulado.
- Tendencias en fabricación de chips.

## Tema 3: Flujo de diseño de circuitos integrados digitales

- Niveles de abstracción del diseño, vistas, lenguajes de descripción hardware (HDL).
- Especificación de requisitos, niveles de diseño, simulación lógica.
- Síntesis y Análisis Estático de Tiempos (STA).
- Diseño físico o de layout semi-custom.
- Emplazamiento y rutado, red de alimentación, árbol de reloj.
- Chequeo de reglas de diseño (DRC) y layout-versus-esquema (LVS)
- Extracción de elementos parásitos y simulación post-layout.
- Simulación de potencia.

## Tema 4: Flujo de diseño de circuitos integrados analógicos

- Especificación de requisitos, captura de esquemas y simulación eléctrica.
- Diseño físico o de layout full-custom.
- Chequeo de reglas de diseño (DRC) y layout-versus-esquema (LVS).
- Extracción de elementos parásitos y simulación post-layout.
- Simulación de potencia.

## Tema 5: Subsistemas de telecomunicación y antenas

- Dispositivos integrados para subsistemas de telecomunicación.
- Diseño e integración de circuitos RF y antenas.
- Diseño de radioenlaces.

## Práctica

### Concepción, diseño, verificación y simulación de circuitos sencillos

- Diseño de dispositivos y circuitos integrados a partir de una especificación.
- Repaso de los conceptos teóricos de diseño analógico y digital a nivel transistor CMOS.
- Uso de herramientas ECAD Open Source para diseño de Circuitos Integrados.
- Captura de esquemas, edición de layout, simulación lógica y eléctrica, chequeo de reglas de diseño (DRC, ERC, LVS).
- Realización en equipo de prácticas de laboratorio y proyecto final.
- Presentación en plazo de tareas de las prácticas y del Proyecto Final.

## METODOLOGÍA DOCENTE



## Aspectos metodológicos generales de la asignatura

Con el fin de conseguir el desarrollo de competencias propuesto, la materia se desarrollará teniendo en cuenta la actividad del alumno como factor prioritario. Ello implicará que tanto las sesiones presenciales como las no presenciales promoverán la implicación activa de los alumnos en las actividades de aprendizaje.

## Metodología Presencial: Actividades

1. **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.
2. **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.
3. **Prácticas de laboratorio.** Se realizarán en grupos y en ellas los alumnos ejercitarán los conceptos y técnicas estudiadas, familiarizándose con el entorno material y humano del trabajo en el laboratorio.
4. **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

1. Estudio individual y personal por parte del alumno de los conceptos expuestos en las lecciones expositivas.
2. Preparación de las prácticas.
3. Resolución grupal de problemas y esquemas de los conceptos teóricos.

El objetivo principal del trabajo no presencial es llegar a entender y comprender los conceptos teóricos de la asignatura, así como ser capaz de poner en práctica estos conocimientos para resolver los diferentes tipos de problemas.

## RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES	
Clase magistral y presentaciones generales	Prácticas de diseño y desarrollo de un proyecto
20.00	10.00
HORAS NO PRESENCIALES	
Trabajos de carácter práctico individual y de grupo	Estudio y resolución de problemas prácticos a resolver fuera del horario de clase por parte del alumno
30.00	30.00
<b>CRÉDITOS ECTS: 3,0 (90,00 horas)</b>	

## EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	Peso
<ul style="list-style-type: none"><li>Examen Inter-semestra</li><li>Examen Final</li></ul>	Se valorará tanto el procedimiento elegido para la resolución del problema, como la metodología y los resultados numéricos. Aunque los resultados numéricos pudieran ser incorrectos, la metodología	60



	ha de ser coherente y lógica.	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sesiones de Laboratorio</li><li>• Proyecto Final</li></ul>	Se valorará el trabajo previo, la completitud del trabajo, la calidad de los resultados, la habilidad para interpretar y describir claramente los resultados prácticos, la habilidad para enlazar con los conceptos teóricos, el trabajo en equipo, las habilidades de presentación y la originalidad.	40

## Calificaciones

Evaluación de conocimientos teóricos (60%):

- Examen Inter-semestral (20%)
- Examen Final (40%)

Evaluación de conocimientos prácticos (40%):

- Sesiones de Laboratorio (25%)
- Proyecto Final (15%)

## Ordinaria

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

$$\text{Nord} = \text{Nex\_inter} * 0,2 + \text{Nex\_final\_ord} * 0,4 + \text{Nprac} * 0,25 + \text{Nproy} * 0,15$$

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

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

$$\text{Nextraord} = \text{Nex\_inter} * 0,1 + \text{Nex\_final\_extraord} * 0,5 + \text{Nprac} * 0,25 + \text{Nproy} * 0,15$$

Donde:

- Nex\_final\_extraord: nota del examen final extraordinario
- Nprac: nota media de las prácticas
- Nproy: nota del proyecto final

## Normas de asistencia

La asistencia a clase es obligatoria, según las Normas Académicas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Los requisitos de asistencia se aplicarán de forma independiente para las sesiones de teoría y de laboratorio:



- En el caso de las sesiones de teoría, el incumplimiento de esta norma podrá impedir presentarse a examen en la convocatoria ordinaria.
- En el caso de las sesiones de laboratorio, el incumplimiento de esta norma podrá impedir presentarse a examen en la convocatoria ordinaria y en la extraordinaria. En cualquier caso, las faltas no justificadas a sesiones de laboratorio serán penalizadas en la evaluación.

## PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

Actividades	Fecha de realización	Fecha de entrega																																				
Estudio de los contenidos teóricos	Semanalmente																																					
Resolución de problemas	Semanalmente																																					
Trabajo de laboratorio y entrega de tareas	Semanalmente	Antes de la siguiente sesión práctica																																				
Preparación del Examen Inter-semestral	Febrero																																					
Preparación del examen final	Abril																																					
Trabajo de laboratorio y entrega del proyecto final	Abril-Mayo	Antes del Examen Final Ordinario																																				
<table border="1"><thead><tr><th>Semana</th><th>Parte 1</th><th>Parte 2</th><th></th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>Course Info / Introduction to IDT</td><td>Introduction to IDT</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td>CMOS Technology</td><td>CMOS Manufacturing</td><td></td></tr><tr><td>3</td><td>CMOS Design Basics</td><td>Lab 1</td><td></td></tr><tr><td>4</td><td>CMOS Digital Design I</td><td>Lab 1</td><td></td></tr><tr><td>5</td><td>CMOS Digital Design II</td><td>Lab 2</td><td></td></tr><tr><td>6</td><td>Problems</td><td>Lab 3</td><td></td></tr><tr><td>7</td><td>CMOS Analog Design I</td><td>Lab 4</td><td></td></tr><tr><td>8</td><td>Examen Intersemestral</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>	Semana	Parte 1	Parte 2		1	Course Info / Introduction to IDT	Introduction to IDT		2	CMOS Technology	CMOS Manufacturing		3	CMOS Design Basics	Lab 1		4	CMOS Digital Design I	Lab 1		5	CMOS Digital Design II	Lab 2		6	Problems	Lab 3		7	CMOS Analog Design I	Lab 4		8	Examen Intersemestral				
Semana	Parte 1	Parte 2																																				
1	Course Info / Introduction to IDT	Introduction to IDT																																				
2	CMOS Technology	CMOS Manufacturing																																				
3	CMOS Design Basics	Lab 1																																				
4	CMOS Digital Design I	Lab 1																																				
5	CMOS Digital Design II	Lab 2																																				
6	Problems	Lab 3																																				
7	CMOS Analog Design I	Lab 4																																				
8	Examen Intersemestral																																					



9	CMOS Analog Design II	Lab 5	
10	Chip Design	Lab 6	
11	Problems	Lab 7	
12	RF Devices Basics	Lab 8	
13	Antenna Basics	Lab 9	
14	Problems	Final Review	
15	Examen Final		

## BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

### Bibliografía Básica

- N. Weste, D. Harris: "CMOS VLSI Design: A Circuits and Systems Perspective". Addison Wesley/Pearson, 4th Ed., 2011.
- J.M. Rabaey: "Digital Integrated Circuits - A Design Perspective". Prentice Hall, 2nd Ed., 1996.
- R.J. Baker: "CMOS Circuit Design, Layout and Simulation". Wiley, 3rd Ed., 2010.

### Bibliografía Complementaria

- B. Razavi: "Design of Analog CMOS Integrated Circuits". McGraw-Hill Edition, International Ed., 2001.
- T.C. Carusone, D.A. Johns, K.W. Martin: "Analog Integrated Circuit Design". Wiley, 2nd Ed., 2012.
- B. Razavi: "RF Microelectronics". Prentice Hall, 2nd Ed., 2012.
- D.M. Pozar: "Microwave Engineering". Wiley, 4th Ed., 2012.
- 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 Ed., 1993.

En cumplimiento de la normativa vigente en materia de **protección de datos de carácter personal**, le informamos y recordamos que puede consultar los aspectos relativos a privacidad y protección de datos [que ha aceptado en su matrícula](#) entrando en esta web y pulsando "descargar"

<https://servicios.upcomillas.es/sedelectronica/inicio.aspx?csv=02E4557CAA66F4A81663AD10CED66792>