



## FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre completo	Sistemas Electrónicos
Código	DEAC-MII-513
Título	<a href="#">Máster Universitario en Ingeniería Industrial por la Universidad Pontificia Comillas</a>
Impartido en	Grado en Administración y Dirección de Empresas y Máster Universitario en Ingeniería Industrial [Quinto Curso] Máster Universitario en Ingeniería Industrial + Máster en Medioambien. y Gest. Intel. de la Energía [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería Industrial y Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería Industrial + Máster en Industria Conectada / in Smart Industry [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería Industrial + Máster en Medioambiente y Transición Energética [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería Industrial + Máster en Ingeniería para la Movilidad y Seguridad [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería Industrial y Máster Universitario en Administración de Empresas [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería Industrial [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería Industrial y Máster Universitario en Administración de Empresas [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería Industrial y Máster Universitario en Sector Eléctrico [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería Industrial + Máster en Industria Conectada / in Smart Industry [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería Industrial + Máster in Smart Grids [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería Industrial + Máster en Ingeniería para la Movilidad y Seguridad [Primer Curso]
Nivel	Postgrado Oficial Master
Cuatrimestre	Semestral
Créditos	7,5 ECTS
Carácter	Obligatoria
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Responsable	Jaime Boal Martín-Larrauri y José Daniel Muñoz Frías
Horario de tutorías	Concertar cita por correo electrónico.

Datos del profesorado	
<b>Profesor</b>	
Nombre	Jaime Boal Martín-Larrauri
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Despacho	D-217 (Alberto Aguilera, 25)
Correo electrónico	Jaime.Boal@iit.comillas.edu



Profesor	
Nombre	Romano Giannetti
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Despacho	D-221 (Alberto Aguilera, 25)
Correo electrónico	Romano.Giannetti@iit.comillas.edu
Profesor	
Nombre	Santiago Lizón Martínez
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Despacho	Despacho del Departamento (Alberto Aguilera, 25 - 2ª planta)
Correo electrónico	slizn@icai.comillas.edu
Profesor	
Nombre	José Daniel Muñoz Frías
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Despacho	D-219 (Alberto Aguilera, 25)
Correo electrónico	daniel@icai.comillas.edu
Profesor	
Nombre	Fermín Zabalegui Sanz
Departamento / Área	Instituto Universitario de la Familia
Despacho	Despacho del Departamento (Alberto Aguilera, 25 - 2ª planta)
Correo electrónico	ferminzs@comillas.edu
Profesores de laboratorio	
Profesor	
Nombre	Álvaro Pérez Bello
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Correo electrónico	apbello@comillas.edu
Profesor	
Nombre	Antonio José López Angulo
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Correo electrónico	ajlopez@icai.comillas.edu
Profesor	
Nombre	Camila Rodrigues de Carvalho Carvalho
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Correo electrónico	crodriguescarvalho@icai.comillas.edu
Profesor	
Nombre	Esther de Juana López



<b>Departamento / Área</b>	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
<b>Correo electrónico</b>	edejuana@icai.comillas.edu
<b>Profesor</b>	
<b>Nombre</b>	Francisco Javier Burgoa Román
<b>Departamento / Área</b>	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
<b>Correo electrónico</b>	fjburgoa@icai.comillas.edu
<b>Profesor</b>	
<b>Nombre</b>	Juan Pedro López Llorens
<b>Departamento / Área</b>	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
<b>Correo electrónico</b>	jplopez@icai.comillas.edu
<b>Profesor</b>	
<b>Nombre</b>	Pedro Casatejada Herrera
<b>Departamento / Área</b>	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
<b>Correo electrónico</b>	pcasatejada@comillas.edu

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

### Contextualización de la asignatura

#### Aportación al perfil profesional de la titulación

En el perfil profesional del ingeniero industrial, esta asignatura pretende proporcionar conocimientos avanzados de diseño de sistemas empuotrados mixtos analógico/digitales. Al finalizar el curso, los alumnos serán capaces de diseñar sistemas compuestos por una parte analógica de captación y acondicionamiento de señal, un módulo de procesamiento digital basado en un microcontrolador dsPIC programado en C usando MPLAB X IDE y varios actuadores.

En el laboratorio, además de los principios de diseño, montaje y prueba de circuitos electrónicos, los alumnos también desarrollan el trabajo en equipo y mejoran su habilidad para presentar resultados, competencias esenciales para un ingeniero industrial.

#### Prerequisitos

Fundamentos de electrónica analógica y digital.

### Competencias - Objetivos

#### Competencias

##### GENERALES

<b>BA01</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
	Saber aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de estos, su fundamentación científica y sus capacidades de



<b>BA02</b>	resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados.
<b>BA06</b>	Haber desarrollado la autonomía suficiente para participar en proyectos de investigación y colaboraciones científicas o tecnológicas dentro su ámbito temático, en contextos interdisciplinarios y, en su caso, con una alta componente de transferencia del conocimiento
<b>CG03</b>	Dirigir, planificar y supervisar equipos multidisciplinarios
<b>CG11</b>	Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando de un modo autodirigido o autónomo.
<b>ESPECÍFICAS</b>	
<b>CM104</b>	Conocimiento y capacidades para el proyectar y diseñar instalaciones eléctricas y de fluidos, iluminación, climatización y ventilación, ahorro y eficiencia energética, acústica, comunicaciones, domótica y edificios inteligentes e instalaciones de seguridad
<b>CMT07</b>	Capacidad para diseñar sistemas electrónicos y de instrumentación industrial

## Resultados de Aprendizaje

<b>RA01</b>	Diseñar sistemas electrónicos compuestos por electrónica analógica y digital, comprendiendo la utilidad de cada una de ellas y los problemas de integración en instalaciones industriales
<b>RA02</b>	Analizar y diseñar sistemas de medida, de instrumentación y de supervisión aplicados a sistemas electrónicos en general, en varios campos aplicativos (instalaciones industriales, residencial, de laboratorio)
<b>RA03</b>	Conocer los sistemas de instrumentación industriales más comunes y comprender los principios de funcionamiento de los mismos.
<b>RA04</b>	Comprender, analizar y diseñar sistemas de actuación para un sistema electrónico
<b>RA05</b>	Comprender, analizar y diseñar los distintos sistemas de procesamiento digital, teniendo en cuenta los problemas de sincronización, concurrencia y ejecución en tiempo real
<b>RA06</b>	Analizar problemas nuevos, clasificarlos, elegir los sensores y sistemas electrónicos relacionados con ellos, con el objetivo de solucionar problemas de medida de magnitudes genéricas.
<b>RA07</b>	Buscar, seleccionar, comprender y analizar información útil para el desarrollo de un proyecto usando fuentes bibliográficas, Internet, etc.
<b>RA08</b>	Trabajar en grupo, entender cómo se coordina un grupo de trabajo y cómo se dividen las tareas.

## BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

### Contenidos – Bloques Temáticos

#### Teoría



## 1. Introducción a los sistemas electrónicos

Se da una visión global de la asignatura y se motiva al alumno hacia el proyecto final de integración que han de hacer en el laboratorio.

## 2. Procesamiento digital

Se aprende a dotar de "inteligencia" a un sistema electrónico mediante el uso de un microcontrolador dsPIC programado en lenguaje C. Se estudia la arquitectura del microcontrolador, así como sus principales periféricos y los métodos de programación en tiempo real que permiten desarrollar programas que interactúan con el entorno.

## 3. Percepción y acondicionamiento

Se estudian los sensores industriales más usados y los circuitos necesarios para amplificar y acondicionar la señal medida hasta su llegada al convertidor analógico-digital (A/D). También se introducen los conceptos de muestreo, cuantización y aliasing, tan importantes en el proceso de conversión A/D.

## 4. Actuación

Se presentan los circuitos que permiten a un sistema digital actuar sobre una planta. Se estudian desde los circuitos básicos como transistores y relés, a circuitos más avanzados como puentes en H controlados mediante PWM.

## 5. Sistemas electrónicos complejos

Se estudian los conceptos básicos para abordar el diseño de proyectos complejos: descomposición del problema, diseño *top-down*, implementación *bottom-up*, documentación de un sistema electrónico, compatibilidad electromagnética...

## Laboratorio

### 1. Sensorización y adaptación de señal

Los alumnos prueban sensores del tipo que le van a interesar para el sistema complejo que se desarrollará al final del cuatrimestre. Además deberán resolver los problemas de adaptación de señal necesarios para llegar al microcontrolador. Generalmente será un sensor no lineal, que habrá que modelar, linealizar y amplificar.

### 2. Cuantización y procesamiento digital

El objetivo es procesar las medidas de un sistema de percepción mediante un microcontrolador dsPIC para poder actuar sobre el entorno. Se hará énfasis en los problemas de cuantización, a los que el alumno deberá proponer soluciones.

### 3. Actuación

Los alumnos prueban actuadores que necesitarán para construir su proyecto final. Además, deberán resolver los problemas de adaptación de señal para poder excitar el actuador de forma eficaz.

### 4. Comunicación, sincronización y concurrencia de procesos

Los alumnos experimentan cómo coordinar los distintos procesos que se ejecutan en un microcontrolador. Juegan un papel importante la comunicación, la concurrencia y la sincronización de los procesos involucrados.

### 5. Diseño de un sistema electrónico complejo

En la parte final de la asignatura se desarrollará un proyecto donde se deben integrar y probar todos los módulos desarrollados previamente en el laboratorio. Cada equipo se enfrentará a un problema distinto en el campo de la domótica, la industria, la energía...

## METODOLOGÍA DOCENTE

Aspectos metodológicos generales de la asignatura	
<b>Metodología Presencial: Actividades</b>	
<p><b>Clase magistral y presentaciones generales.</b> Exposición de los principales conceptos y procedimientos mediante la explicación por parte del profesor. Incluirá presentaciones dinámicas, pequeños ejemplos prácticos y la participación reglada o espontánea de los estudiantes.</p>	BA01, BA02, BA06, CG03, CMI04, CMT07
<p><b>Resolución de problemas prácticos en clase.</b> Resolución de unos primeros problemas para situar al alumno en contexto. La resolución correrá a cargo del profesor y los alumnos de forma cooperativa.</p>	CG03, CMI04, CMT07
<p><b>Prácticas de laboratorio.</b> Se formarán grupos de trabajo que tendrán que realizar prácticas regladas o diseños libres.</p>	BA01, BA02, BA06, CG03, CMI04, CMT07
<p><b>Tutorías.</b> Se realizarán en grupo e individualmente para resolver las dudas que se planteen después de haber trabajado los distintos temas, y para orientar al alumno en su proceso de aprendizaje.</p>	
<b>Metodología No presencial: Actividades</b>	
<p><b>Estudio de los conceptos teóricos.</b> El alumno debe realizar un trabajo personal posterior a las clases teóricas para comprender e interiorizar los conocimientos aportados en la materia.</p>	BA01, BA02, BA06, CG03, CMI04, CMT07
<p><b>Resolución de problemas prácticos fuera del horario de clase.</b> Una vez estudiados los conceptos teóricos, el alumno debe ponerlos en práctica para resolver problemas. Pasado un cierto tiempo desde su planteamiento, dispondrá de la resolución completa de los problemas, pudiendo pedir tutorías con el profesor si lo requiere para aclaración de dudas.</p>	BA01, BA02, BA06, CG03, CMI04, CMT07
<p><b>Prácticas de laboratorio.</b> Las prácticas de laboratorio requerirán la realización de un trabajo previo de preparación y finalizarán con la redacción de un informe.</p>	BA01, BA02, BA06, CG03, CMI04, CMT07, CG11

## RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES	
Clase magistral y presentaciones generales	Prácticas de diseño
45.00	30.00
HORAS NO PRESENCIALES	
Trabajos de carácter práctico individual y de grupo	Prácticas de diseño
90.00	60.00



## EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	Peso
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pruebas intermedias</li><li>• Examen final</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Comprensión de conceptos.</li><li>• Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li><li>• Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li><li>• Presentación y comunicación escrita.</li></ul>	45 %
<ul style="list-style-type: none"><li>• Prácticas</li><li>• Examen de laboratorio</li><li>• Presentación del proyecto final</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Comprensión de conceptos.</li><li>• Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.</li><li>• Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.</li><li>• Presentación y comunicación oral y escrita.</li><li>• Calidad de los resultados obtenidos.</li></ul>	55 %

## Calificaciones

### Convocatoria ordinaria

El peso de cada una de las actividades de evaluación será el siguiente:

- Teoría (45%)
  - Pruebas intermedias. La media ponderada de estos controles supone un 15% de la nota final.
  - Examen final. Representa un 30% de la nota final.
- Laboratorio (55%). Según el nivel de conocimientos previos de los alumnos, se prevén dos modos de calificación.
  - Si los alumnos no tienen conocimientos previos de microprocesadores:
    - Prácticas. Supone un 15% de la nota final.
    - Examen de laboratorio. Representa un 15% de la nota final.
    - Proyecto. Se evalúa de forma individual y supone un 25% de la nota final.
  - En caso contrario:
    - Prácticas. Supone un 27,5% de la nota final.
    - Proyecto. Se evalúa de forma individual y supone un 27,5% de la nota final.

La calificación final se calculará atendiendo a estas **restricciones**:

- La *nota de exámenes* será la media ponderada de las pruebas intermedias, el examen final y el examen de laboratorio (si lo hubiera), siempre y cuando **la nota del examen final sea mayor o igual que 4**. En caso contrario, la nota de exámenes será el mínimo entre la media ponderada citada y la nota del examen final.
- La *nota de trabajos* será la media ponderada de las prácticas y el proyecto.
- Si la nota de exámenes es mayor o igual que 5 y la nota de trabajos es también mayor o igual que 5, la nota de la asignatura se obtendrá como la media ponderada entre las notas de exámenes y de trabajos. En caso contrario, la calificación final de la asignatura será la menor de ambas notas.



## Convocatoria extraordinaria

En la convocatoria extraordinaria se realizan un nuevo examen final y otro de laboratorio, este último solo si lo hubiera y estuviera suspenso. En caso de que la nota de trabajos fuera inferior a 5, el alumno deberá realizar también un proyecto individual, que se defenderá públicamente como tarde el día del examen extraordinario y cuya calificación reemplazará a las de las prácticas y el proyecto. Se conservan las notas de la convocatoria ordinaria de todas aquellas actividades de evaluación que no deban repetirse. La calificación final se obtendrá de la misma forma que en la convocatoria ordinaria y atendiendo a las mismas restricciones.

## Normativa

La asistencia a clase es obligatoria según el Artículo 93 del Reglamento General de la Universidad Pontificia Comillas y el Artículo 6 de las Normas Académicas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). El incumplimiento de esta norma, que se aplicará de forma independiente para las sesiones de teoría y laboratorio, puede acarrear las siguientes consecuencias:

- Los alumnos que no asistan a más del 15% de las *sesiones de teoría* podrán perder el derecho a presentarse al examen final de la convocatoria ordinaria.
- La ausencia a más del 15% de las *sesiones de laboratorio* puede impedir presentarse a lo exámenes de las convocatorias ordinaria y extraordinaria. En cualquier caso, las faltas no justificadas a sesiones de laboratorio serán penalizadas en la evaluación.

Los alumnos que cometan una irregularidad en cualquier actividad calificada recibirán una nota de cero en la actividad y se abrirá un procedimiento disciplinario (cf. Artículo 168 del Reglamento General de la Universidad Pontificia Comillas).

## PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

Actividades	Fecha de realización	Fecha de entrega
Prueba intermedia de evaluación del rendimiento	Semana 7	
Examen final	Periodo de exámenes ordinarios	
Prácticas de laboratorio	Semanalmente	
Estudio de los contenidos teóricos	Después de cada clase	
Resolución de problemas propuestos	Semanalmente	
Entrega de los problemas propuestos		Se indicará en clase
Preparación de la prueba intermedia	Semana 6	
Preparación del examen final	Diciembre	
Elaboración de informes de laboratorio	Después de cada práctica	La semana siguiente a la finalización de la práctica



## BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

### Bibliografía Básica

- Apuntes y presentaciones de la asignatura (disponibles en Moodle).

### Bibliografía Complementaria

- David E. Simon, "An Embedded Software Primer", 1ª Ed., Addison Wesley, 1999. ISBN-13: 978-0201-61569-2
- R. F. Coughlin, F. F. Driscoll, "Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits", 6ª Ed., Prentice Hall, 2000. ISBN-13: 978-0-130-14991-6
- Jacob Fraden, "Handbook of Modern Sensors", 5ª Ed., Springer, 2016. ISBN-13: 978-3-319-19302-1
- Microchip Technology Inc., dsPIC33/PIC24 Family Reference Manual, [En línea]. Disponible: <https://www.microchip.com/doclisting/TechDoc.aspx?type=ReferenceManuals>

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](https://servicios.upcomillas.es/sedeelectronica/inicio.aspx?csv=02E4557CAA66F4A81663AD10CED66792)

## SISTEMAS ELECTRÓNICOS: PLANIFICACIÓN SEMANAL ORIENTATIVA

	TEORÍA													
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
Presentación de la asignatura	█													
1. Introducción a los sistemas electrónicos	█													
2. Arquitectura de un microcontrolador	█	█												
Repaso de prerrequisitos	█	█	█											
3. Puertos paralelo		█	█	█										
Prueba de prerrequisitos			█											
4. Temporizadores y PWM			█	█										
5. Interrupciones				█	█									
6. Conversor A/D					█	█								
7. Sensores resistivos de grandes variaciones					█	█	█							
8. Sensores resistivos de pequeñas variaciones						█	█							
Preparación de la prueba intersemestral					█		█							
Prueba intersemestral							█	█						
Corrección de la prueba intersemestral								█						
9. Sensores activos								█	█					
10. Medida de potencia eléctrica									█	█				
Proyecto: Elaboración de la propuesta										█		█		
11. Drivers										█	█			
12. Sistemas en tiempo real											█	█		
13. Sensores de proximidad												█		
14. Relés y motores de corriente continua												█	█	
15. Comunicaciones serie: UART													█	█
Proyecto: Sesión de trabajo													█	█
Repaso y preparación del examen final														█

	LABORATORIO														
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	
1. Introducción al sistema de desarrollo	█	█					Intersemestrales								
2. Puertos paralelo			█	█											
3. Temporizadores y PWM				█	█										
4. Interrupciones					█	█									
5. Conv. A/D y acondicionamiento de sensores						█			█	█					
Examen de laboratorio											█	█			
Proyecto												█	█	█	█