



Ficha del curso: 2025-2026

<b>Grado:</b> GRADO EN INGENIERÍA DE COMPUTADORES		<b>Curso:</b> 4º ( 1C )	<b>Idioma:</b> Español
<b>Asignatura:</b> 803219 - Sistemas empuotrados		<b>Abrev:</b> SE	<b>6 ECTS</b>
<b>Asignatura en Inglés:</b> Embedded Systems		<b>Carácter:</b> Obligatoria	
<b>Materia:</b> Tecnología y Arquitectura de Computadores			<b>24 ECTS</b>
<b>Otras asignaturas en la misma materia:</b>			
Arquitectura de Computadores			6 ECTS
Electrónica			6 ECTS
Tecnología de computadores			6 ECTS
<b>Módulo:</b> Ingeniería de computadores			
<b>Departamento:</b> Arquitectura de Computadores y Automática		<b>Coordinador:</b> Mecha López, Hortensia	

**Descripción de contenidos mínimos:**

Introducción a los sistemas empuotrados y aplicaciones en tiempo real.  
Microprocesadores, microcontroladores y procesadores de propósito específico.  
Subsistema de memoria en sistemas empuotrados.  
Sistemas-en-chip.  
Diseño automático y codiseño HW/SW sobre plataformas reconfigurables.  
Optimización de prestaciones, consumo de potencia y fiabilidad en sistemas empuotrados

**Programa detallado:**

1. Introducción a los sistemas empuotrados y aplicaciones en tiempo real. (2 horas teóricas)
  - 1.1 ¿Qué es un sistema empuotrado?
  - 1.2 Características y ámbitos de aplicación de los sistemas empuotrados
  - 1.3 Flujo de diseño
  - 1.4 Componentes de un sistema empuotrado
2. Microprocesadores, microcontroladores y procesadores de señal digital (4 horas teóricas +1 hora prácticas)
  - 2.1 Modelos de Arquitectura ISA
  - 2.2 Modelos ISA específicos para aplicaciones
  - 2.3 Diseño de un procesador
  - 2.4 Rendimiento del procesador
3. Subsistema de memoria en sistemas empuotrados. (4 horas teóricas +2 horas problemas)
  - 3.1 Espacio de memoria
  - 3.2 Memoria Cache
  - 3.3 Memoria principal
  - 3.4 Memoria auxiliar o de almacenamiento
  - 3.5 Acceso directo a memoria
  - 3.6 Rendimiento y memoria
4. Buses industriales. (2 horas teóricas +2 horas prácticas)
  - 4.1 Protocolos
  - 4.2 Comunicación serie
  - 4.3 Comunicación paralela
  - 4.4 Rendimiento del bus
  - 4.5 Ejemplos: I2C, USB, SPI, PCI, CAN Bus, usb, JTAG,
5. Periféricos: sensores y actuadores. (3 horas teóricas +1 horas prácticas)
  - 5.1 Interfaz digital
  - 5.2 Interfaz analógico
    - 5.2.1 Sensores: temperatura, humedad, giróscopo, aceleración, luz, humo, proximidad, etc
    - 5.2.2 Actuadores: leds, displays, motor continua, motor paso a paso, servomotor. lcd
    - 5.2.3 Conversores analógico/digitales y digitales/analógicos. PWM
6. Integración, coste y prestaciones. (7 horas teóricas)
  - 6.1 Ejecución en tiempo real: ligaduras
  - 6.2 Herramientas de análisis de tiempos de ejecución
  - 6.3 Rendimiento en Sistemas Empuotrados Distribuidos
  - 6.4 Diseño de bajo consumo
  - 6.5 Diseño de sistemas fiables
7. Casos prácticos. (8 horas teóricas )
  - 7.1 Control teclado PS2

Fecha: \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_

Firma del Director del Departamento:



- 7.2 Control teclado matricial
- 7.3 Control matriz de puntos
- 7.4 Control VGA
- 7.5 Control lcd
- 7.6 Control zumbador y altavoz
- 7.7 Control LED RGB a través de un PWM
- 7.8 Control emisor/receptor de infrarrojos
- 7.9 Conversores analógico/digitales
  - 7.9.1 Control sensor temperatura
  - 7.9.2 Control fotorresistencias
- 7.10 Control motor paso a paso
- 7.11 Controlador I2C

Prácticas: 6 prácticas con con Vivado y Vitis y placas Basys 3  
(4 horas de prácticas en aula +14 horas en laboratorio = 18 horas)

**Programa detallado en inglés:**

1. Embedded Systems: fields of application and design flow
  - 1.1 What is an embedded system?
  - 1.2 Embedded system features and fields of applications.
  - 1.3 Design flow
  - 1.4 Embedded system Components
2. Microprocessors, microcontrollers and digital signal processors
  - 2.1 ISA Architecture models
  - 2.2 ISA architecture for specific applications
  - 2.3 Processor Design
  - 2.4 Processor performance
3. Memory subsystem in embedded systems
  - 3.1 Memory space
  - 3.2 Cache
  - 3.3 Main memory
  - 3.4 Secondary memory
  - 3.5 DMA
  - 3.6 Memory performance
4. Industrial buses.
  - 4.1 Protocols
  - 4.2 Serial communication
  - 4.3 Parallel Communication
  - 4.4 Bus performance
  - 4.5 Examples: I2C, USB, SPI, PCI, USB, JTAG, NFC y RFID
5. Peripherals: sensors and actuators.
  - 5.1 Digital Interface
  - 5.2 Analog Interface
    - 5.2.1 Sensors: temperature, humidity, gyro, acceleration, light, hume, proximity
    - 5.2.2 Actuator: leds, displays, motors, lcd
    - 5.2.3 Analog/digital and Digital/Analog converters. PWM
6. Integration, cost and performance.
  - 6.1 Real time execution
  - 6.2 Execution time analysis tools
  - 6.3 Distributed Embedded system performance.
  - 6.4 Low power dissipation design
  - 6.5 Reliable system design
7. Case studies Laboratories: Six practical labs using EDK Xilinx tool and Spartan 3 based platforms
  - 7.1 PS2 keyboard control
  - 7.2 Keypad control
  - 7.3 Banner control
  - 7.4 VGA control

Fecha: \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_

Firma del Director del Departamento:



- 7.5 LCD control
- 7.6 Buzzer and speaker control
- 7.7 RGB LED control by PWM
- 7.8 Infrared Sender/receiver control
- 7.9 Analog/digital converters
- LDR control
- 7.10 Motor step control
- 7.11 I2C Controller

Laboratory: 6 lab work with Vivado and Vitis and, boards Basys 3

**Competencias de la asignatura:**

**Generales:**

- CG14-Capacidad de conocer, comprender y evaluar la estructura y arquitectura de los computadores, así como los componentes básicos que los conforman.
- CG16-Conocimiento y aplicación de las características, funcionalidades y estructura de los Sistemas Distribuidos, las Redes de Computadores e Internet y diseñar e implementar aplicaciones basadas en ellas.

**Específicas:**

- CE\_GIC1-Capacidad de diseñar y construir sistemas digitales, incluyendo computadores, sistemas basados en microprocesador y sistemas de comunicaciones.
- CE\_GIC2-Capacidad de desarrollar procesadores específicos y sistemas empotrados, así como desarrollar y optimizar el software de dichos sistemas.
- CE\_GIC5-Capacidad de analizar, evaluar y seleccionar las plataformas hardware y software más adecuadas para el soporte de aplicaciones empotradas y de tiempo real.
- CE\_GIC7-Capacidad para analizar, evaluar, seleccionar y configurar plataformas hardware para el desarrollo y ejecución de aplicaciones y servicios informáticos.

**Básicas y Transversales:**

- CT1-Capacidad de comunicación oral y escrita, en inglés y español utilizando los medios audiovisuales habituales, y para trabajar en equipos multidisciplinares y en contextos internacionales.
- CT2-Capacidad de análisis y síntesis en la resolución de problemas.
- CT3-Capacidad para gestionar adecuadamente la información disponible integrando creativamente conocimientos y aplicándolos a la resolución de problemas informáticos utilizando el método científico.
- CT5-Capacidad para valorar la repercusión social y medioambiental de las soluciones de la ingeniería, y para perseguir objetivos de calidad en el desarrollo de su actividad profesional.

**Resultados de aprendizaje:**

- Analizar distintas plataformas hardware y seleccionar la mejor para implementar aplicaciones en tiempo real (CE\_GIC5)
- Analizar distintas plataformas hardware y seleccionar la mejor para implementar un sistema empotrado basándose en una especificación dada (CE\_GIC5)
- Analizar y diseñar la estructura de un sistema distribuido de complejidad baja. (CG16)
- Analizar y evaluar distintas soluciones software en función de las necesidades de consumo (CE\_GIC5)
- Analizar y evaluar distintas soluciones software en función de las necesidades de seguridad (CE\_GIC5)
- Aplicar los conocimientos de estructura de computadores y de programación para diseñar y evaluar distintas opciones de diseño de una especificación dada. (CG14)
- Comprender e interpretar las especificaciones y los parámetros de diseño de un sistema empotrado. (CG14)
- Comprender los factores reales que afectan al diseño de estos sistemas y su influencia en el estilo de diseño y el resultado final. (CG14)
- Configurar una plataforma hardware basada en hardware reconfigurable para implementar un sistema empotrado con distintos sensores y actuadores (CE\_GIC7)

Fecha: \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_

Firma del Director del Departamento:



- Configurar una plataforma hardware basada en hardware reconfigurable para implementar un sistema empotrado que ejecute aplicaciones en tiempo real (CE\_GIC7)
- Conocer y aplicar los métodos básicos para mejorar la temporización y sincronización de un sistema empotrado. (CG14)
- Conocer y argumentar las ventajas e inconvenientes de distintas opciones de sistemas empotrados. (CG14)
- Construir y evaluar, mediante las medidas oportunas, diferentes sistemas empotrados de complejidad media. (CE\_GIC1)
- Desarrollar el software de un sistema empotrado (CE\_GIC2)
- Diferenciar las distintas perspectivas y necesidades de comunicación según los participantes en un proyecto de desarrollo de un sistema empotrado. (CT1)
- Estudiar distintas alternativas de diseño de un sistema empotrado (CE\_GIC1)
- Experimentar el desarrollo de sistemas empotrados de complejidad media-alta. (CT3)
- Planear distintas opciones de diseño y seleccionar aquellas que mejor satisfagan las especificaciones. (CG14)
- Usar los medios audiovisuales para expresar la información de un proyecto de sistema empotrado de forma apropiada para su comprensión por el cliente y el entorno de desarrollo. (CT1)
- Utilizar una placa de expansión con distintos sensores/actuadores para desarrollar aplicaciones en tiempo real (CE\_GIC2)
- Valorar el impacto medioambiental derivado de la puesta en marcha de un sistema empotrado (CT5)
- Valorar el impacto y cambio social que puede involucrar la puesta en marcha de un sistema empotrado. (CT5)
- Valorar y seleccionar la arquitectura de memoria adecuada para la aplicación objetivo. (CG14)
- Analizar distintas plataformas hardware y seleccionar la mejor para implementar un sistema empotrado en función de la aplicación que vaya a ejecutar (CE\_GIC7)
- Analizar el comportamiento temporal de los sistemas empotrados y plantear hipótesis sobre las posibles causas de su comportamiento erróneo. (CG14)
- Analizar y evaluar distintas plataformas hardware en función de las necesidades de consumo (CE\_GIC5)
- Analizar y evaluar distintas plataformas hardware en función de las necesidades de seguridad (CE\_GIC5)
- Decidir la estructura del sistema empotrado adecuada para implementar la funcionalidad especificada. (CG14)
- Desarrollar un sistema empotrado basándose en una especificación dada (CE\_GIC2)
- Diseñar e implementar sistemas empotrados basándose en una especificación dada (CE\_GIC1)
- Diseñar sistemas empotrados que satisfagan la especificación. (CT2)
- Estimar las características físicas de la implementación de un sistema empotrado. (CG14)
- Evaluar una especificación de un sistema empotrado y justificar modificaciones basadas en la tecnología objetivo. (CT2)
- Modificar las técnicas y recursos disponibles para adaptarlos a las necesidades específicas del diseño de sistemas empotrados. (CT3)
- Optimizar el software de un sistema empotrado en función de las necesidades de consumo. (CE\_GIC2)
- Optimizar el software de un sistema empotrado en función de las necesidades de seguridad (CE\_GIC2)

**Evaluación detallada:**

Asistencia a clase obligatoria (70% mínimo de asistencia), de no cumplirse este mínimo el estudiante no podrá optar a la nota de prácticas.

Examen teórico: 50% en aula (nota mínima 2 sobre 5)

Examen sobre un caso práctico: 10% en aula

Nota de prácticas: 40% (15% prácticas obligatorias, 25% proyecto) podrán recuperarse las prácticas y el proyecto en la convocatoria extraordinaria siempre que el estudiante haya cumplido el mínimo de asistencia.

**Actividades docentes:**

Reparto de créditos:

Teoría: 3,30

Problemas: 0,70

Laboratorios: 2,00

Otras actividades:

Los créditos de prácticas de laboratorio se realizarán en 6 prácticas con el entorno EDK Xilinx y placas de Spartan 3

(4 horas de prácticas en aula +14 horas en laboratorio = 18 horas)

Fecha: \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_

Firma del Director del Departamento:



**Bibliografía:**

Bibliografía básica

- Embedded hardware., know it all / Jack Ganssle, Tammy Noergaard, Fred Eady, Lewin Edwards, David J. Katz, Amsterdam, Elsevier/Newnes, cop. 2008
- Embedded Systems Handbook. Richard Zurawski. Industrial Information Technology Series
- Embedded Microcomputer Systems . Real Time Interfacing Jonathan W. Valvano International Edition
- Embedded Systems Design, Steve Heath, Ed Newnes, 2005

Bibliografía complementaria

- Lluís Terés, Yago Torroja, Serafín Olcoz, Eugenio Villar; VHDL: Lenguaje estándar de diseño electrónico; McGraw Hill, 1998
- Embedded System Design. Peter Marwedel. Ed. Springer
- A Comprehensive Guide for Engineers and Programmers. Tammy Noergaard. Ed Elsevier, 2005
- Computers as components : principles of embedded computing system design / Wayne Wolf. San Francisco, CA : Morgan Kaufmann Publishers, 2001
- Embedded Systems Architecture. A Comprehensive Guide for Engineers and Programmers. Tammy Noergaard. Ed Elsevier, 2005
- James K. Peckol. Embedded Systems: A Contemporary Design Tool. Wiley. ISBN: 0471721808
- Sam Siewert. Real-Time Embedded Components and Systems. Charles River Media. ISBN: 1584504684

**Integridad y honestidad académica:**

La Universidad Complutense de Madrid en general, y su Facultad de Informática en particular, están plenamente comprometidas con los más altos estándares de integridad y honestidad académica, debiendo sus estudiantes comportarse de una manera íntegra y académicamente honesta. Así, el estudiantado se abstendrá de utilizar o cooperar en procedimientos fraudulentos durante el desarrollo de las distintas actividades docentes (cuestionarios, tareas, proyectos, exámenes, etc.), entre los que se encuentran el plagio por cualquier procedimiento, la suplantación o falsificación de documentos y la utilización de material no autorizado por el profesorado.

En el caso de que se detecte un comportamiento fraudulento, esto supone una falta grave de acuerdo con el Sistema de Garantía de la Convivencia de la UCM (<https://bouc.ucm.es/pdf/4979.pdf>), y puede suponer, además de la pérdida al derecho de la convocatoria, una expulsión de la Universidad.

Fecha: \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_

Firma del Director del Departamento:



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE INFORMATICA**

Fecha: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_

Firma del Director del Departamento: