



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería de
Sistemas Informáticos

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

613000114 - Sistemas Empotrados

PLAN DE ESTUDIOS

61AG - Master Universitario En Software De Sistemas Distribuidos Y Empotrados

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2024/25 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
4. Descripción de la asignatura y temario.....	3
5. Cronograma.....	5
6. Actividades y criterios de evaluación.....	7
7. Recursos didácticos.....	9
8. Otra información.....	10

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	613000114 - Sistemas Empotrados
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Primer curso
Semestre	Primer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	61AG - Master Universitario en Software de Sistemas Distribuidos y Empotrados
Centro responsable de la titulación	61 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieria De Sistemas Informaticos
Curso académico	2024-25

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Norberto Cañas De Paz (Coordinador/a)	4410	norberto.canas@upm.es	X - 11:00 - 13:00 X - 17:00 - 19:00 J - 19:00 - 21:00
Sergio Gil Borrás	4211	sergio.gil@upm.es	Sin horario. El horario de tutorías se establecerá al principio del curso.

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Competencias y resultados de aprendizaje

3.1. Competencias

CE01 - Capacidad para la integración de tecnologías y sistemas propios del software de Sistemas Distribuidos y Empotrados en contextos multidisciplinares.

CG02 - Liderazgo de equipos.

CG08 - Trabajo en equipo.

CG15 - Respeto al medio ambiente

3.2. Resultados del aprendizaje

RA58 - Dirige grupos, asegurando la integración y alto rendimiento de todos sus miembros.

RA53 - Ejercer una influencia en su entorno con el propósito de alcanzar los objetivos deseados

RA56 - El alumno adquiere la capacidad de plantear e intervenir en cualquiera de las etapas del ciclo de vida del software de un sistema empotrado.

RA57 - El alumno entiende las ventajas e inconvenientes del acondicionamiento de señal digital y el acondicionamiento de señal analógico

RA54 - Diseña soluciones apropiadas utilizando métodos de la ingeniería que integran aspectos sociales, legales y/o ambientales de forma equilibrada, compatible y coherente con la ética profesional.

4. Descripción de la asignatura y temario

4.1. Descripción de la asignatura

Un sistema empotrado es un sistema informático (hardware más software), de propósito específico, integrado en un sistema más amplio. Habitualmente, los sistemas empotrados monitorizan y/o controlan los sistemas en los que están integrados. El alumno obtendrá los conocimientos suficientes tanto para seleccionar como para desarrollar el hardware y el software de un sistema empotrado.

4.2. Temario de la asignatura

1. Presentación de la asignatura
 - 1.1. Objetivos de la asignatura
 - 1.2. Conocimientos generales de partida
 - 1.3. Bloques temáticos y plan de prácticas
 - 1.4. Bibliografía de referencia
 - 1.5. Sistema de evaluación
2. Introducción a los sistemas empotrados
 - 2.1. ¿Qué es un sistema empotrado? (repaso rápido)
 - 2.2. Hardware en sistemas empotrados (repaso rápido)
 - 2.3. Software en sistemas empotrados (repaso rápido)
 - 2.4. Planteamientos metodológicos para el desarrollo de sistemas empotrados
 - 2.5. Estándares relacionados con el desarrollo de sistemas empotrados
3. Microcontroladores
 - 3.1. Introducción
 - 3.2. Definición de microcontrolador (repaso)
 - 3.3. Mercado de los microcontroladores
 - 3.4. Consideraciones de diseño de sistemas empotrados utilizando microcontroladores
 - 3.5. Periféricos habituales
4. Procesadores digitales de señal

- 4.1. Introducción
- 4.2. Características especiales
- 4.3. Ejemplo práctico
- 4.4. Filtrado analógico
- 4.5. Fundamentos del procesado digital de señal
- 4.6. Filtrado digital
- 5. Micro núcleos para procesadores
 - 5.1. Introducción
 - 5.2. Arquitectura de Sistemas Operativos
 - 5.3. ¿Núcleo? (¿Kernel?). ¿Qué hace?. ¿Qué tiene?
 - 5.4. Micro núcleos en sistemas empotrados
- 6. Eficiencia energética
 - 6.1. Frecuencia de la señal de reloj
 - 6.2. Modos de bajo consumo
 - 6.3. Modelado básico del estado de carga de una batería
- 7. Lógica reconfigurable
 - 7.1. Breve introducción a las FPGAs como ejemplos principales de los dispositivos lógicos reconfigurables
 - 7.2. Estudio de los principales fabricantes de FPGAs
 - 7.3. Estudio de arquitecturas principales
 - 7.4. Entornos de desarrollo para FPGAs
 - 7.5. Sectores potenciales de aplicación actuales

5. Cronograma

5.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1		<p>Presentación de la asignatura. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Introducción a los sistemas empotrados Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Consideraciones de diseño de sistemas empotrados Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Tema 0. Repaso de conceptos básicos. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Lección: Microcontroladores Duración: 05:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
2		<p>Prácticas con Microcontroladores Duración: 05:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>Lección: Procesadores digitales de señal Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
3		<p>Prácticas con procesadores digitales de señal Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>Prácticas con micro núcleos para procesadores Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>Lección. Micro núcleos para procesadores. Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> <p>Lección: Eficiencia energética Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Evaluación prácticas con microcontroladores. Memoria. (RA56)(RA57). PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE. TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p> <p>Examen prácticas de micro núcleos para procesadores (RA56). PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE. TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p> <p>Evaluación competencias transversales liderazgo y trabajo en equipo (RA53, RA58). ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 03:00</p>
4		<p>Práctica. Eficiencia energética. Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p> <p>Lección. Lógica Reconfigurable. Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>		<p>Examen sobre microcontroladores, procesadores digitales de señal y eficiencia energética. (RA56) ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 02:00</p>

5		Lección: Lógica reconfigurable Duración: 05:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		
6		Prácticas con lógica reconfigurable Duración: 05:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Trabajo sobre lógica reconfigurable (RA56). PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE. TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				Examen de recuperación de las pruebas de teoría. Microcontroladores, procesadores digitales de señal, eficiencia energética y competencias transversales (RA53, RA56, RA58). ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Global Presencial Duración: 03:00 Nota obtenida en el desarrollo de las prácticas durante el periodo docente (RA54, RA56, RA57). EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Global No presencial Duración: 00:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

6. Actividades y criterios de evaluación

6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

6.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
3	Evaluación prácticas con microcontroladores. Memoria. (RA56)(RA57). PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	02:00	30%	/ 10	CE01
3	Examen prácticas de micro núcleos para procesadores (RA56). PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	02:00	25%	/ 10	CG08 CE01
3	Evaluación competencias transversales liderazgo y trabajo en equipo (RA53, RA58).	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	03:00	5%	/ 10	CG02 CG08
4	Examen sobre microcontroladores, procesadores digitales de señal y eficiencia energética. (RA56)	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	15%	/ 10	CG15 CE01
6	Trabajo sobre lógica reconfigurable (RA56). PRUEBA SOLO REALIZABLE EN PERIODO DOCENTE.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	02:00	25%	/ 10	CE01

6.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen de recuperación de las pruebas de teoría. Microcontroladores, procesadores digitales de señal, eficiencia energética y competencias transversales (RA53, RA56, RA58).	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	Presencial	03:00	20%	/ 10	CG02 CG08 CG15 CE01

17	Nota obtenida en el desarrollo de las prácticas durante el periodo docente (RA54, RA56, RA57).	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No Presencial	00:00	80%	/ 10	CG08 CE01
----	--	--	---------------	-------	-----	------	--------------

6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Nota obtenida en el desarrollo de las prácticas durante el periodo docente (RA54, RA56, RA57).	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	Presencial	00:00	80%	/ 10	CG02 CG08 CE01
Examen teórico de prueba final (RA53, RA56, RA58)	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	04:00	20%	/ 10	CG15 CE01

6.2. Criterios de evaluación

Evaluación continua:

1. Se realizan una serie de ejercicios prácticos en laboratorio relacionados con la configuración y utilización de recursos de un microcontrolador de características intermedias y avanzadas.
2. Se evalúa la correcta utilización de un micro-kernel (con capacidad para planificar procesos con restricciones de tiempo real) para resolver problemas tipo, en el ámbito de los sistemas empujados, en los que es recomendable un diseño basado en procesos concurrentes.
3. Se plantea la realización de un trabajo de valoración personal sobre las destrezas transversales "liderazgo" y "trabajo en equipo".
4. Se realiza una prueba teórica sobre microcontroladores, procesadores digitales de señal y eficiencia energética.
5. Se realiza el desarrollo de un proyecto en el que es razonable plantear una solución basada en lógica reconfigurable.

Prueba global: Al final del periodo docente se establece una prueba en la que se puede recuperar cualquiera de los ejercicios teóricos planteados en la asignatura (pruebas 3 y 4 del listado anterior).

El alumno aprobará si, aplicando la ponderación descrita en el epígrafe de Actividades de Evaluación, alcanza una nota igual o mayor que 5.0.

Evaluación convocatoria extraordinaria:

1. El alumno que opte por la convocatoria extraordinaria podrá presentarse a una prueba de teoría equivalente a las pruebas 3 y 4 planteadas en evaluación continua.
2. El alumno que opte por la convocatoria extraordinaria tendrá, en la parte práctica, las notas obtenidas en el periodo docente en las pruebas 1, 2 y 5.

7. Recursos didácticos

7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Documentación	Recursos web	Todos los contenidos de la asignatura son accesibles vía moodle de la UPM. Se subirán videos a moodle de las lecciones ya detalladas en el cronograma.
Equipamiento	Equipamiento	Laboratorio de desarrollo de sistemas empotrados con componentes hardware y programas de libre distribución necesarios para el desarrollo de las prácticas.
Bibliografía recomendada	Bibliografía	La bibliografía recomendada está accesible en la biblioteca del departamento y/o del centro. Algunas de las referencias se encuentran en el apartado de "otra información reseñable"

8. Otra información

8.1. Otra información sobre la asignatura

Los sistemas empotrados constituyen los sistemas informáticos más numerosos y las expectativas de crecimiento siguen aumentando. Los sistemas empotrados aparecen en los ámbitos en los que es necesario realizar actividades de monitorización y/o control de forma automática (control de todo tipo de vehículos, maquinaria, robótica industrial, robótica de servicios, domótica, dispositivos de monitorización hospitalarios, electrodomésticos de línea blanca, control de tráfico, sistemas de producción de energía, etcétera). El desarrollo de sistemas empotrados exige un tipo de profesional con buenos conocimientos del segmento hardware y desarrollo de sistemas software de bajo nivel. La asignatura Sistemas Empotrados prepara al alumno para desenvolverse con suficiente soltura en el desarrollo de este tipo de sistemas.

Bibliografía más reseñable:

Blackledge, J. (2006): Digital Signal Processing. Second edition. Horwood Publishing. (free and open access). Koch, D. (2013): Partial Reconfiguration of FPGAs: Architectures, Tools, and Applications. Springer. Hassan, H. (2010): Low-Power Design of Nanometer FPGAs: Architecture and EDA. Morgan Kaufman. Taylor, H.R. (2010): Data Acquisition for Sensor Systems. Springer. Di Paolo Emilio, M. (2013): Data Acquisition Systems: From Fundamentals to Applied Design. Springer-Verlag. Ning, H. (2013): Unit and Ubiquitous Internet of Things. CRC Press.

Forma de evaluar las competencias transversales de la asignatura:

CG15 (Respeto al medio ambiente). Se planteará un trabajo de laboratorio que permitirá valorar alternativas de alta influencia en el consumo de energía.

CG8 (Trabajo en equipo) y CG2 (Liderazgo). Se propone la lectura de unos documentos de referencia sobre los que se plantearán preguntas o un tema de desarrollo.