

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

GUÍA DE APRENDIZAJE

SISTEMAS EMPOTRADOS

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERIA DE SISTEMAS
ELECTRONICOS

CURSO ACADÉMICO	CÓDIGO	CURSO	CRÉDITOS	CARÁCTER	SEMESTRE
2026-27	93001021	1	4 ECTS	OBLIGATORIA	PRIMER SEMESTRE
IDIOMA	CENTRO RESPONSABLE				
ESPAÑOL	E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION				
DEPARTAMENTO RESPONSABLE					
INGENIERÍA ELECTRÓNICA					

COORDINADOR/A

ÁLVARO ARAUJO PINTO - alvaro.araujo@upm.es

REQUISITOS OBLIGATORIOS

ASIGNATURAS REQUERIDAS

CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS

ASIGNATURAS RECOMENDADAS

OTRAS RECOMENDACIONES

Lenguaje de programación C: 11 primeros temas del tutorial [<https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-087-practical-programming-in-c-january-iap-2010/>], Electrónica digital básica

RESULTADOS

RD-1393/2007

Resultados de aprendizaje

RA2	Capacidad para diseñar, implementar y probar sistemas electrónicos avanzados, analógicos o digitales, de acuerdo con unas especificaciones imperfectas de carácter multidisciplinar.
RA20	Conocimientos avanzados de los aspectos relacionados con restricciones en los sistemas electrónicos
RA13	Capacidad de aplicar avances a la investigación e innovación en sistemas electrónicos
RA19	Comprender las implicaciones del diseño conjunto con elementos hardware y software
RA17	Conocimiento de la normativa aplicable al diseño y uso de sistemas electrónicos
RA14	Conocimientos cualitativos y cuantitativos del diseño de sistemas electrónicos
RA39	Capacidad de analizar y diseñar sistemas empotrados distribuidos
RA38	Capacidad de analizar sistemas basados en procesadores

Competencias

CE06	Capacidad para diseñar un sistema electrónico digital de complejidad media-alta empleando una plataforma basada en dispositivos programables, empleando un lenguaje de programación o aplicando metodologías, estrategias y herramientas CAD para la integración o el codiseño de componentes hardware y software.
CE04	Capacidad para diseñar un dispositivo, sistema, aplicación o servicio que cumpla unas especificaciones dadas, empleando un enfoque sistémico y multidisciplinar e integrando los módulos y herramientas avanzadas disponibles en el campo de la Ingeniería Electrónica.
CE01	Capacidad para evaluar las ventajas e inconvenientes de las alternativas tecnológicas en el diseño o fabricación de sistemas electrónicos analógicos, digitales, centrales o distribuidos.

DESCRIPCIÓN

Este curso contempla dos aspectos de manera simultánea: computación y restricciones. Está claro que los sistemas de computación tienen un impacto muy importante en nuestras vidas, y está claro que tod@ ingenier@ o científic@ debe tener unos conocimientos básicos sobre su funcionamiento interno. Pero, ¿por qué deberíamos preocuparnos de las restricciones?

Los sistemas empotrados, como cualquier sistema de computación, tienen que realizar una funcionalidad. Pero también tienen que cumplir unas restricciones a menudo muy estrictas:

- Restricciones de tiempo: El ABS de un coche tiene que activar los frenos en un tiempo muy corto para evitar accidentes.
- Una reducción en los requisitos de memoria y tamaño implica dispositivos más ligeros, más portables y más baratos.
- Los teléfonos móviles, los dispositivos multimedia portátiles y los dispositivos wearables suelen tener restricciones muy fuertes de consumo de energía.
- Por último, con tan escasos recursos, la seguridad se convierte en un reto muy difícil.

Además, un sistema empotrado tiene que funcionar en el peor escenario posible, debe ser diseñado para cumplir las restricciones incluso en el caso peor.

En este curso I@s estudiantes aprenderán a programar sistemas empotrados basados en microprocesador y diseñar extensiones hardware para funcionar en el caso peor, considerando todas las restricciones durante el diseño y la implementación. Empezaremos por los conceptos más básicos para pronto avanzar a las técnicas más avanzadas.

Esta asignatura aporta el contenido teórico necesario para la asignatura **Laboratorio de Sistemas Electrónicos**, que se imparte en el segundo semestre. El entorno de desarrollo, la plataforma y las herramientas que se presentan en esta asignatura se utilizarán también en el laboratorio. Y las prácticas de este laboratorio están diseñadas para complementar el enfoque dado en esta asignatura.

El curso está organizado en torno a varias prácticas, con nivel creciente de dificultad que se realizan tanto en casa como en el laboratorio..

Al final del curso I@s estudiantes:

- Entender cómo funcionan los sistemas empotrados basados en microcontrolador
- Entender las restricciones de los sistemas empotrados
- Entender cómo funcionan las herramientas de síntesis de sistemas empotrados (HW & SW)
- Analizar errores de diseño (HW & SW) basándose en los efectos observados y el conocimiento sobre las herramientas de desarrollo
- Diseñar el sw y hw de un sistema empotrado con restricciones

TEMARIO

1. Introducción a los sistemas empotrados

1.1. Aplicaciones

1.2. Ejemplo motivante

1.3. Proceso de diseño

2. Diseño hardware de sistemas empotrados

2.1. Microcontroladores para sistemas empotrados

2.2. Arquitectura de memoria

2.3. Entrada/Salida

3. Diseño software de sistemas empotrados

3.1. Capa de abstracción hardware y BSP

3.2. Sistemas Operativos para un único núcleo

3.3. Tareas

3.4. Mecanismos de comunicación entre procesos

4. Entorno de pruebas para sistemas empotrados

4.1. Diseño orientado a test

4.2. Diseño guiado por test

4.3. Test unitarios

4.4. Test de integración

4.5. Modularización y abstracción

5. Sistemas en tiempo real

5.1. Métodos de planificación en tiempo real

5.2. Ejecutivo cíclico

5.3. Planificación con prioridades

6. Seguridad en Sistemas Empotrados

6.1. Protección de código

6.2. Integridad y privacidad



6.3. Ataques

6.4. Mejoras arquitecturales

ACTIVIDADES

☒ Actividad evaluable ☐ Actividad formativa

 1.1. Introducción y conceptos básicos. Sistemas empotrados. Sistemas ciberfísicos. Restricciones. Desarrollo cruzado.		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																			
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 01h 00m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal																		
METODOLOGÍA Lección Magistral																					

 1.2. Ejemplo motivador.		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																			
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 01h 00m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal																		
METODOLOGÍA Acciones Cooperativas																					

 1.3. Proceso de diseño		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																			
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 01h 00m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal																		
METODOLOGÍA Lección Magistral																					

 2.1. Diseño de sistemas empotrados. Procesadores para sistemas empotrados		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																			
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 03h 00m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal																		
METODOLOGÍA Lección Magistral																					

	2.2. Diseño para sistemas empotrados. Memoria			SEMANAS 123456789101112131415E																
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 01h 00m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal																	
METODOLOGÍA Lección Magistral																				

	Panel sobre diseño de procesadores para sistema empotrados			SEMANAS 123456789101112131415E																
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 00m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal																	
METODOLOGÍA Acciones Cooperativas																				

	Panel sobre diseño de memoria para sistema empotrados			SEMANAS 123456789101112131415E																
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 00m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal																	
METODOLOGÍA Acciones Cooperativas																				

	2.2. Diseño para sistemas empotrados. Memoria			SEMANAS 123456789101112131415E																
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 01h 00m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal																	
METODOLOGÍA Lección Magistral																				

	Práctica 0: Introducción al entorno de desarrollo			SEMANAS 123456789101112131415E																
PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 00m	LUGAR Laboratorio	GRUPO Reducido																	
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio																				

	2.3. Diseño para sistemas empotrados. Entrada/Salida			SEMANAS 123456789101112131415E																		
PRESENCIALIDAD Presencial		DURACIÓN TOTAL 01h 00m		LUGAR Aula (en horario)		GRUPO Normal																
METODOLOGÍA Lección Magistral																						

	Práctica 0: Introducción al entorno de desarrollo y placa de diseño			SEMANAS 123456789101112131415E																
PRESENCIALIDAD No presencial, sin docente		DURACIÓN TOTAL 04h 00m		EVALUACIÓN Progresiva		PONDERACIÓN 5%		NOTA MÍNIMA 5												
METODOLOGÍA Prueba Telemática																				
RESULTADOS EVALUADOS RA13RA14RA19																				

	Desarrollo de la práctica 0			SEMANAS 123456789101112131415E																		
PRESENCIALIDAD Presencial		DURACIÓN TOTAL 01h 00m		LUGAR Laboratorio		GRUPO Reducido																
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio																						

	3. Diseño software de sistemas empotrados			SEMANAS 123456789101112131415E																		
PRESENCIALIDAD Presencial		DURACIÓN TOTAL 02h 00m		LUGAR Aula (en horario)		GRUPO Normal																
METODOLOGÍA Lección Magistral																						

	3.2. Sistemas Operativos. 3.3. Tareas y procesos			SEMANAS 123456789101112131415E																		
PRESENCIALIDAD Presencial		DURACIÓN TOTAL 02h 00m		LUGAR Aula (en horario)		GRUPO Normal																
METODOLOGÍA Lección Magistral																						

	Práctica 1: FSM y entrada/salida			SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD		DURACIÓN TOTAL		LUGAR		GRUPO														
Presencial		01h 00m		Laboratorio		Reducido														
METODOLOGÍA																				
Prácticas de Laboratorio																				

	Desarrollo de la práctica 1			SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD		DURACIÓN TOTAL		LUGAR		GRUPO														
Presencial		01h 00m		Laboratorio		Reducido														
METODOLOGÍA																				
Prácticas de Laboratorio																				

	4. Entorno de pruebas para Sistemas Empotrados.			SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD		DURACIÓN TOTAL		LUGAR		GRUPO														
Presencial		02h 00m		Aula (en horario)		Normal														
METODOLOGÍA																				
Lección Magistral																				

	Práctica 2: Programación orientada a pruebas			SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD		DURACIÓN TOTAL		LUGAR		GRUPO														
Presencial		01h 00m		Laboratorio		Reducido														
METODOLOGÍA																				
Prácticas de Laboratorio																				

	Práctica 1: FSM y entrada/salida			SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD		DURACIÓN TOTAL		EVALUACIÓN		PONDERACIÓN		NOTA MÍNIMA											
No presencial, sin docente		04h 00m		Progresiva		15%		5											
METODOLOGÍA																			
Prueba Telemática																			
RESULTADOS EVALUADOS																			
RA13 RA14																			

 Desarrollo de la práctica 1		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	01h 00m	Laboratorio	Reducido														
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio																	

 4.3. Test unitarios		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	01h 00m	Aula (en horario)	Normal														
METODOLOGÍA Lección Magistral																	

 4.4. Test de integración		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	01h 00m	Aula (en horario)	Normal														
METODOLOGÍA Lección Magistral																	

 Práctica 2: Programación orientada a pruebas		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA													
No presencial, sin docente	04h 00m	Progresiva	15%	5													
METODOLOGÍA Prueba Telemática																	
RESULTADOS EVALUADOS RA13 RA14																	

 5. Sistemas en tiempo real. 5.1. Métodos de planificación en tiempo real. 5.2. Ejecutivo cíclico		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E															
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	03h 00m	Aula (en horario)	Normal														
METODOLOGÍA Lección Magistral																	

	5.3. Planificación estática con prioridades	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD Presencial		DURACIÓN TOTAL 02h 00m		LUGAR Aula (en horario)		GRUPO Normal										
METODOLOGÍA Lección Magistral																

	Desarrollo de la práctica 2	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD No presencial, sin docente		DURACIÓN TOTAL 01h 00m		GRUPO Reducido												
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio																

	Práctica 3: Programación sobre sistema operativo	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD No presencial, sin docente		DURACIÓN TOTAL 01h 00m		GRUPO Reducido												
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio																

	5.3. Planificación dinámica con prioridades	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD Presencial		DURACIÓN TOTAL 02h 00m		LUGAR Aula (en horario)		GRUPO Normal										
METODOLOGÍA Lección Magistral																

	Práctica 3: Programación sobre sistema operativo	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD No presencial, sin docente		DURACIÓN TOTAL 04h 00m		EVALUACIÓN Progresiva		PONDERACIÓN 15%		NOTA MÍNIMA 5								
METODOLOGÍA Prueba Telemática																
RESULTADOS EVALUADOS RA13 RA17																



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



	Desarrollo de la práctica 2			SEMANAS															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO																
Presencial	01h 00m	Laboratorio	Reducido																
METODOLOGÍA																			
Prácticas de Laboratorio																			

	6. Seguridad en Sistemas Empotrados			SEMANAS															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO																
Presencial	02h 00m	Aula (en horario)	Normal																
METODOLOGÍA																			
Lección Magistral																			

	Examen para evaluación progresiva			SEMANAS															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA														
Presencial	02h 00m	Otro	Progresiva	50%	5														
METODOLOGÍA																			
Examen Escrito																			
RESULTADOS EVALUADOS																			
RA13 RA14 RA19 RA17 CE01 CE04 CE06																			

	Examen global			SEMANAS															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA														
Presencial	02h 00m	Otro	Global	70%	5														
METODOLOGÍA																			
Examen Escrito																			
RESULTADOS EVALUADOS																			
RA13 RA14 RA17 RA19 CE01 CE04 CE06																			

 Práctica 4: Programación sobre máquina desnuda de entrada salida		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD No presencial, sin docente	DURACIÓN TOTAL 04h 00m	EVALUACIÓN Global	PONDERACIÓN 15%	NOTA MÍNIMA 4														
METODOLOGÍA Prueba Telemática																		
RESULTADOS EVALUADOS RA13 RA14																		

 Práctica 5: Desarrollo sobre sistema operativo y orientado a pruebas		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD No presencial, sin docente	DURACIÓN TOTAL 04h 00m	EVALUACIÓN Global	PONDERACIÓN 15%	NOTA MÍNIMA 4														
METODOLOGÍA Prueba Telemática																		
RESULTADOS EVALUADOS RA19 RA14																		

 Práctica 4: Programación de máquina desnuda de entrada salida		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD No presencial, sin docente	DURACIÓN TOTAL 04h 00m	EVALUACIÓN Extraordinaria	PONDERACIÓN 15%	NOTA MÍNIMA 4														
METODOLOGÍA Examen de Prácticas																		
RESULTADOS EVALUADOS RA13 RA14 RA19																		

 Práctica 5: Programación con sistema operativo y orientado a pruebas		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD No presencial, sin docente	DURACIÓN TOTAL 04h 00m	EVALUACIÓN Extraordinaria	PONDERACIÓN 15%	NOTA MÍNIMA 4														
METODOLOGÍA Prueba Telemática																		
RESULTADOS EVALUADOS RA13 RA14																		



Examen final

SEMANAS

123456789101112131415E

PRESENCIALIDADPresencial

DURACIÓN TOTAL02h 00m

LUGAROtro

EVALUACIÓNExtraordinaria

PONDERACIÓN70%

NOTA MÍNIMA5

METODOLOGÍA

Examen Escrito

RESULTADOS EVALUADOS

RA13RA19RA14RA17CE01CE04CE06

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Actividad evaluable

Actividad formativa

Semana con actividad

EPeríodo de exámenes

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
1.1. Introducción y conceptos básicos. Sistemas empotrados. Sistemas ciberfísicos. Restricciones. Desarrollo cruzado.	.															
1.2. Ejemplo motivador.	.															
1.3. Proceso de diseño	.															
2.1. Diseño de sistemas empotrados. Procesadores para sistemas empotrados		.														
2.2. Diseño para sistemas empotrados. Memoria			.													
Panel sobre diseño de procesadores para sistema empotrados			.													
Panel sobre diseño de memoria para sistema empotrados				.												
2.2. Diseño para sistemas empotrados. Memoria				.												
Práctica 0: Introducción al entorno de desarrollo					.											
2.3. Diseño para sistemas empotrados. Entrada/Salida					.											

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
 Práctica 0: Introducción al entorno de desarrollo y placa de diseño						•										
 Desarrollo de la práctica 0						•										
 3. Diseño software de sistemas empotrados						•										
 3.2. Sistemas Operativos. 3.3. Tareas y procesos							•									
 Práctica 1: FSM y entrada/salida							•									
 Desarrollo de la práctica 1								•								
 4. Entorno de pruebas para Sistemas Empotrados.								•								
 Práctica 2: Programación orientada a pruebas								•								
 Práctica 1: FSM y entrada/salida									•							
 Desarrollo de la práctica 1									•							
 4.3. Test unitarios									•							
 4.4. Test de integración									•							
 Práctica 2: Programación orientada a pruebas									•							
 5. Sistemas en tiempo real. 5.1. Métodos de planificación en tiempo real. 5.2. Ejecutivo cíclico										•						
 5.3. Planificación estática con prioridades											•					
 Desarrollo de la práctica 2											•					
 Práctica 3: Programación sobre sistema operativo												•				

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
 5.3. Planificación dinámica con prioridades												•				
 Práctica 3: Programación sobre sistema operativo													•			
 Desarrollo de la práctica 2													•			
 6. Seguridad en Sistemas Empotrados													•			
 Examen para evaluación progresiva																•
 Examen global																•
 Práctica 4: Programación sobre máquina desnuda de entrada salida																•
 Práctica 5: Desarrollo sobre sistema operativo y orientado a pruebas																•
 Práctica 4: Programación de máquina desnuda de entrada salida																•
 Práctica 5: Programación con sistema operativo y orientado a pruebas																•
 Examen final																•

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios Generales

CONVOCATORIA ORDINARIA: MODALIDAD EVALUACIÓN PROGRESIVA: La asignatura se aprobará cuando se obtenga una calificación mayor o igual a 5 puntos sobre un total de 10. Dicha calificación es la suma de las calificaciones correspondientes a las diferentes actividades de evaluación (4 entregas prácticas y examen final teórico-práctico por escrito). Además, para poder aprobar en la modalidad de evaluación progresiva, es necesario obtener una nota mínima de 5 puntos (sobre 10) en todas las pruebas de evaluación, incluido el examen escrito que se realizará en la convocatoria oficial.

CONVOCATORIA ORDINARIA: GLOBAL: el 70% de la calificación de los alumnos se otorgará en función de una única prueba final a celebrar en la convocatoria oficial. Además, es necesario presentar el día del examen las

prácticas 4 y 5, sobre la que se realizará algunas preguntas de control en el examen. Estas práctica suponen un 30% de la nota final.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA: el 70% de la calificación de los alumnos se otorgará en función de una única prueba final a celebrar en la convocatoria oficial. Además, es necesario presentar el día del examen las prácticas 4 y 5, sobre las que se realizarán algunas preguntas de control en el examen. Estas práctica suponen un 30% (15% cada una de ellas) de la nota final. La contestación incorrecta de las preguntas de control en el examen supone la anulación de la práctica.

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Evaluación progresiva

Criterios de evaluación

Práctica 0: Introducción al entorno de desarrollo y placa de diseño (5%)

Se evaluará:

- Configuración correcta del entorno de desarrollo.
- Conocimiento de la estructura hardware de la placa.
- Uso adecuado de herramientas de compilación y depuración.
- Carga y ejecución de programas básicos.
- Elaboración de un breve video.

Práctica 1: FSM y entrada/salida (15%)

Se evaluará:

- Diseño correcto de máquinas de estados finitos (FSM).
- Implementación funcional de entradas y salidas digitales.
- Estructuración y claridad del código.
- Gestión adecuada de eventos y transiciones.
- Verificación experimental del funcionamiento.
- Calidad de la documentación y diagramas de estados.

Indicadores de logro

- La FSM cumple completamente las especificaciones.
- No existen estados inaccesibles ni transiciones erróneas.

- El sistema responde correctamente a todas las entradas previstas.

Práctica 2: Programación orientada a pruebas (15%)

Se evaluará:

- Diseño de casos de prueba adecuados.
- Cobertura de requisitos funcionales.
- Aplicación de metodologías de pruebas automatizadas.
- Detección y corrección de errores.
- Trazabilidad entre requisitos y pruebas.
- Calidad de los informes de resultados.

Indicadores de logro

- Las pruebas verifican todos los requisitos principales.
- Se identifican y justifican los resultados obtenidos.
- Se demuestra la capacidad de depuración sistemática.

Práctica 3: Programación sobre sistema operativo (15%)

Se evaluará:

- Uso correcto de servicios del sistema operativo.
- Gestión de procesos, tareas o hilos según los requisitos.
- Utilización adecuada de mecanismos de sincronización.
- Gestión eficiente de recursos del sistema.
- Robustez frente a errores y condiciones excepcionales.
- Documentación del diseño software realizado.

Indicadores de logro

- El programa ejecuta concurrentemente las tareas previstas.
- No aparecen bloqueos ni condiciones de carrera evidentes.
- Se emplean correctamente las funciones del sistema operativo.

Examen para evaluación progresiva (50%)

Se evaluará:

Conceptos de sistemas embebidos.

- Máquinas de estados.
- Programación concurrente y sistemas operativos.
- Metodologías de pruebas y validación.

Aplicación práctica

- Resolución de problemas de diseño e implementación.
- Diseño de soluciones software.
- Interpretación de resultados experimentales.

Competencias transversales

- Capacidad de razonamiento técnico.
- Justificación de decisiones de diseño.
- Claridad y precisión en las respuestas.

Actividades

- Práctica 0: Introducción al entorno de desarrollo y placa de diseño (5%)
- Práctica 1: FSM y entrada/salida (15%)
- Práctica 2: Programación orientada a pruebas (15%)
- Práctica 3: Programación sobre sistema operativo (15%)
- Examen para evaluación progresiva (50%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Prueba global**Criterios de evaluación****Práctica 4: FSM y entrada/salida (15%)****Se evaluará:**

- Diseño correcto de máquinas de estados finitos (FSM).
- Implementación funcional de entradas y salidas digitales.
- Estructuración y claridad del código.
- Gestión adecuada de eventos y transiciones.
- Verificación experimental del funcionamiento.
- Calidad de la documentación y diagramas de estados.

Indicadores de logro

- La FSM cumple completamente las especificaciones.
- No existen estados inaccesibles ni transiciones erróneas.
- El sistema responde correctamente a todas las entradas previstas.

Práctica 5: Programación orientada a pruebas (15%)

Se evaluará:

- Diseño de casos de prueba adecuados.
- Cobertura de requisitos funcionales.
- Aplicación de metodologías de pruebas automatizadas.
- Detección y corrección de errores.
- Trazabilidad entre requisitos y pruebas.
- Calidad de los informes de resultados.

Indicadores de logro

- Las pruebas verifican todos los requisitos principales.
- Se identifican y justifican los resultados obtenidos.
- Se demuestra la capacidad de depuración sistemática.

Examen para evaluación progresiva (70%)

Se evaluará:

Conceptos de sistemas embebidos.

- Máquinas de estados.
- Programación concurrente y sistemas operativos.
- Metodologías de pruebas y validación.

Aplicación práctica

- Resolución de problemas de diseño e implementación.
- Diseño de soluciones software.
- Interpretación de resultados experimentales.

Competencias transversales

- Capacidad de razonamiento técnico.
- Justificación de decisiones de diseño.
- Claridad y precisión en las respuestas.

Actividades

- Examen global (70%)
- Práctica 4: Programación sobre máquina desnuda de entrada salida (15%)
- Práctica 5: Desarrollo sobre sistema operativo y orientado a pruebas (15%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Extraordinaria

Criterios de evaluación

Práctica 4: FSM y entrada/salida (15%)

Se evaluará:

- Diseño correcto de máquinas de estados finitos (FSM).
- Implementación funcional de entradas y salidas digitales.
- Estructuración y claridad del código.
- Gestión adecuada de eventos y transiciones.
- Verificación experimental del funcionamiento.
- Calidad de la documentación y diagramas de estados.

Indicadores de logro

- La FSM cumple completamente las especificaciones.
- No existen estados inaccesibles ni transiciones erróneas.
- El sistema responde correctamente a todas las entradas previstas.

Práctica 5: Programación orientada a pruebas (15%)

Se evaluará:

- Diseño de casos de prueba adecuados.
- Cobertura de requisitos funcionales.
- Aplicación de metodologías de pruebas automatizadas.
- Detección y corrección de errores.
- Trazabilidad entre requisitos y pruebas.
- Calidad de los informes de resultados.

Indicadores de logro

- Las pruebas verifican todos los requisitos principales.
- Se identifican y justifican los resultados obtenidos.
- Se demuestra la capacidad de depuración sistemática.

Examen para evaluación progresiva (70%)

Se evaluará:

Conceptos de sistemas embebidos.

- Máquinas de estados.
- Programación concurrente y sistemas operativos.
- Metodologías de pruebas y validación.

Aplicación práctica

- Resolución de problemas de diseño e implementación.
- Diseño de soluciones software.
- Interpretación de resultados experimentales.

Competencias transversales

- Capacidad de razonamiento técnico.
- Justificación de decisiones de diseño.
- Claridad y precisión en las respuestas.

Actividades

- Práctica 4: Programación de máquina desnuda de entrada salida (15%)
- Práctica 5: Programación con sistema operativo y orientado a pruebas (15%)
- Examen final (70%)

RECURSOS

Web

Moodle de la asignatura

Bibliografía

Edward A. Lee and Sanjit A. Seshia, Introduction to Embedded Systems, A Cyber-Physical Systems Approach, <http://LeeSeshia.org>, ISBN 978-0-557-70857-4, 2011.

Marilyn Wolf, Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design, 3rd edition, Morgan Kaufmann, ISBN 978-0-12-388436-7, 2012.

Complementario, nivel básico.

Jane W. S. Liu, Real-Time Systems, Prentice Hall, ISBN 0-13-099651-3, 2000

Complementario, planificación de sistemas de tiempo real.

Test-Driven Development for Embedded C. James W. Grenning

Complementario, módulo de pruebas

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Salud y bienestar



Educación de calidad



Industria, innovación e infraestructura



Ciudades y comunidades sostenibles



Alianzas para lograr los objetivos

OTRA INFORMACIÓN

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Esta asignatura está alineada con las estrategia de implantación de la Universidad Politécnica de Madrid de los ODS en la Agenda 2030.

Los objetivos ODS que se trabajan en la asignatura son:

- 3.6 Para 2030, reducir a la mitad el número de muertes y lesiones causadas por accidentes de tráfico en el mundo. Trabajando en sistemas autónomos de mejora a la conducción asistida.
- 4.4 Aumentar el número de personas con las competencias profesionales y técnicas necesarias para acceder al empleo, al trabajo decente y al emprendimiento. Fortaleciendo la formación técnica y profesional del alumnado.
- 4.7 Asegurar que todos los estudiantes adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible. Incluyendo el desarrollo sostenible como un criterio en las decisiones de diseño de los sistemas.
- 9.5 Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica industrial. Potenciando aspectos de investigación y temas de prospectiva tecnológica.
- 11.6 Reducir el impacto ambiental negativo de las ciudades. Trabajando en diseño de SmartCities y sistemas IoT con baja huella de carbono.
- 17.7 Promover el desarrollo de tecnologías ecológicamente racionales y su transferencia, divulgación y difusión a los países en desarrollo en condiciones favorables. Buscando retos que se adecúen a este objetivo.