

PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA

Curso académico: 2022/2023

Identificación y características de la asignatura													
Código	401508	Créditos ECTS	6										
Denominación (español)	SISTEMAS EMBEBIDOS												
Denominación (inglés)	EMBEDDED SYSTEMS												
Titulaciones	Máster Universitario en Ingeniería Industrial												
Centro	Escuela de Ingenierías Industriales												
Semestre	3º	Carácter	Optativo										
Módulo	OPTATIVIDAD												
Materia	MECATRÓNICA												
Profesor/es													
Nombre	Despacho	Correo-e	Página web										
José Ignacio Suárez Marcelo	D2.15	jmarcelo@unex.es	CVUEX										
Área de conocimiento	Ingeniería de Sistemas y Automática												
Departamento	Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática												
Profesor coordinador (si hay más de uno)													
Competencias (ver tabla en http://bit.ly/competenciasMUII)													
Competencias Básicas	Marcar con una "X"	Competencias Generales	Marcar con una "X"	Competencias Transversales	Marcar con una "X"	Competencias EFM (I)	Marcar con una "X"	Competencias ET (II)	Marcar con una "X"	Competencias EG (III)	Marcar con una "X"	Competencias EI (IV)	Marcar con una "X"
CB6	X	CG1	X	CT1	X	CEFM1		CET1		CEG1		CEI1	
CB7	X	CG2	X	CT2	X			CET2		CEG2		CEI2	
CB8	X	CG3		CT3	X			CET3		CEG3		CEI3	
CB9	X	CG4	X	CT4	X			CET4		CEG4		CEI4	
CB10	X	CG5	X	CT5	X			CET5		CEG5		CEI5	
		CG6		CT6	X			CET6		CEG6		CEI6	
		CG7		CT7	X			CET7		CEG7		CEI7	
		CG8	X	CT8	X			CET8		CEG8			
		CG9	X	CT9	X								
				CT10	X								
				CT11	X								
				CT12	X								
				CT13	X								
<p>CET: Competencias específicas de tecnologías industriales CEG: Competencias específicas de gestión CEI: Competencias específicas de instalaciones, plantas y construcciones complementarias CEFM: Competencias específicas de fin de máster</p>													

Competencias EM1	Marcar con una "X"	Competencias EM2	Marcar con una "X"	Competencias EM3	Marcar con una "X"	Competencias EM4	Marcar con una "X"	Competencias EM5	Marcar con una "X"	Competencias EM6	Marcar con una "X"
CEM1.1		CEM2.1		CEM3.1		CEM4.1		CEM5.1		CEM6.1	
CEM1.2		CEM2.2		CEM3.2		CEM4.2		CEM5.2		CEM6.2	
CEM1.3		CEM2.3		CEM3.3		CEM4.3		CEM5.3		CEM6.3	
CEM1.4		CEM2.4		CEM3.4		CEM4.4		CEM5.4		CEM6.4	
CEM1.5		CEM2.5		CEM3.5		CEM4.5		CEM5.5	X	CEM6.5	
		CEM2.6		CEM3.6				CEM5.6	X	CEM6.6	
								CEM5.7			
								CEM5.8			

CEM1: Competencias de especialidad: tecnologías de producción
 CEM2: Competencias de especialidad: organización industrial
 CEM3: Competencias de especialidad: energías renovables y eficiencia energética
 CEM4: Competencias de especialidad: redes eléctricas inteligentes
 CEM5: Competencias de especialidad: mecatrónica
 CEM6: Competencias de especialidad: gestión integral de proyectos de innovación

Contenidos

Breve descripción del contenido

Diseño y análisis de sistemas en tiempo real. Dispositivos micromecatrónicos de control. Interfaces y protocolos de comunicación de periféricos. Redes de comunicación en sistemas embebidos.

Temario de la asignatura

TEORÍA

Bloque I: Diseño de Sistemas Embebidos en Tiempo Real

- **Tema I.1 – Controladores Digitales de Señal (6 h)**
 - Arquitectura interna del DSC, CPU, herramientas de desarrollo, memoria, reset, reloj, gestión de energía, puertos de E/S, DMA.
- **Tema I.2 – Gestión y programación de interrupciones (1,5 h)**
 - Vectores de interrupción, prioridades, configuración y uso de interrupciones, contexto de interrupción, latencia.
- **Tema I.3 – Control de tiempos (1,5 h)**
 - Temporizadores tipo A, B y C, configuración y funcionamiento, temporizadores de muy alta resolución.

Bloque II: Interfaces para Control de Sistemas Mecatrónicos en Tiempo Real

- **Tema II.1 – Interfaces analógicos (2 h)**
 - Convertidor A/D, amplificadores y comparadores, unidades de medida de tiempo de carga. Configuración y funcionamiento.
- **Tema II.2 – Gestión de señales de E/S (1 h)**
 - Salidas de comparación, entradas de captura. Configuración y funcionamiento.
- **Tema II.3 – Interfaces de control de potencia (2 h)**
 - PWMs trifásicos de alta velocidad, módulos para encoders. Configuración y funcionamiento.

Bloque III: Protocolos de Comunicación e Interfaces del DSC

- **Tema III.1 – UART y RS485 (2 h)**
 - UART: arquitectura interna de los bloques de TX y RX, buffers, interrupciones, errores, configuración, control de flujo por HW, implementación de buses RS485, consideraciones prácticas.
- **Tema III.2 – SPI e I²C (2 h)**
 - SPI: características, conexión con múltiples esclavos, modos de funcionamiento, tramas, I²C: características, protocolo, arbitraje, tramas. Ejemplos.

Bloque IV Dispositivos de Control y su Conexión al DSC

- **Tema IV.1 – Dispositivos de entrada (3 h)**
 - Dispositivos micromecatrónicos de entrada. Pulsadores, interruptores y teclados, sensores táctiles capacitivos.
- **Tema IV.2 – Dispositivos de salida (5 h)**
 - Dispositivos micromecatrónicos de salida, gestión de displays de LEDs, pantallas LCD, alfanuméricas y gráficas, generadores de sonidos, cargas inductivas.

Bloque V: Programación y Análisis de Sistemas Mecatrónicos en Tiempo Real

- **Tema V.1 – Implementación de algoritmos en tiempo real (3 h)**
 - Simulink: programación y configuración de interfaces de E/S del DSC, creación de algoritmos de control, supervisión y análisis en tiempo real.

PRÁCTICAS (Laboratorio)

El programa de actividades prácticas (de laboratorio) está orientado a que el alumno desarrolle habilidades en el manejo de herramientas (tanto HW como SW) de un reconocido fabricante internacional de Controladores Digitales de Señal orientado especialmente al mercado de la electrónica de potencia (inversores, vehículo eléctrico, etc.). El programa está dividido en varias sesiones (LAB), en orden creciente de complejidad, que permitirán, por un lado, afianzar los conceptos más importantes de la asignatura y, por otro, facilitar el desarrollo del trabajo práctico de la asignatura. Las actividades serán las siguientes:

- LAB1 – Puesta en marcha del DSC (2 h)
- LAB2 – Control de tiempos e interrupciones (4 h)
- LAB3 – Comunicación a través de módulo UART (4 h)
- LAB4 – Conversión A/D (4 h)
- LAB5 – Generación de señal PWM mediante módulo Output Compare (4 h)
- LAB6 – Comunicación a través de módulo I²C (4 h)
- LAB7 – Control de un micromotor paso a paso (4 h)
- LAB8 – Control y supervisión en tiempo real de un servomotor (4 h)

Actividades formativas								
Horas de trabajo del alumno por tema		Horas Gran grupo	Actividades prácticas				Actividad de seguimiento	No presencial
Tema	Total	GG	PCH	LAB	ORD	SEM	TP	EP
I.1	16	6		2				8
I.2	5,5	1,5		2				2
I.3	5,5	1,5		2				2
II.1	10	2		4				4
II.2	7	1		4				2
II.3	5	2						3
III.1	11	2		4				5
III.2	10	2		4				4
IV.1	10	3		2				5
IV.2	15	5		2				8
V.1	13	3		4				6
Trabajo Práctico	35							35
Evaluación	7	1						6
Trabajo Práctico	7	1						6
TOTAL	150	30		30				90

GG: Grupo Grande (100 estudiantes).

PCH: prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)

LAB: prácticas laboratorio o campo (15 estudiantes)

ORD: prácticas sala ordenador o laboratorio de idiomas (30 estudiantes)

SEM: clases problemas o seminarios o casos prácticos (40 estudiantes).

TP: Tutorías Programadas (seguimiento docente, tipo tutorías ECTS).

EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo, y lectura de bibliografía.

Metodologías docentes

De entre las metodologías docentes incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

Metodologías docentes	Se indican con una "X" las utilizadas
1. Clase magistral. Exposición de contenidos por parte del profesor.	X
2. Sesiones de trabajo utilizando metodología del caso.	
3. Sesiones de trabajo en el aula para la resolución de ejercicios.	
4. Desarrollo de prácticas en espacios con equipamiento especializado (laboratorios, aulas de informática, trabajo de campo).	X
5. Visitas técnicas a instalaciones.	
6. Desarrollo, redacción y análisis, individualmente o en grupo, de trabajos, memorias, ejercicios, problemas, y estudios de caso, sobre contenidos y técnicas, teóricos y prácticos, relacionados con la materia.	X
7. Pruebas, exámenes, defensas de trabajos, prácticas, etc. Pudiendo ser orales o escritas e individuales o en grupo.	X
8. Estudio del alumno. Preparación y análisis individual de textos, casos, problemas, etc.	X
9. Formación en TICs y desarrollo de habilidades comunicativas (orales, escritas, multimedia).	X
10. Aprendizaje fuera del aula, basado en la vinculación entre formación académica y experiencias empresariales o profesionales.	
11. Aprendizaje supervisado y tutelado por el profesor para, a través de la interacción individual entre alumno y tutor, detectar posibles problemas del proceso formativo, conocer los resultados del aprendizaje fuera del escenario del aula y programar los procesos de trabajo del alumno en actividades no presenciales como memorias, trabajo fin de master, preparación de la defensa del mismo, etc.	X

La asignatura se desarrollará siguiendo las siguientes actividades:

- **Grupo Grande:** son clases teóricas apoyadas con transparencias y multitud de casos de ejemplo que sirvan para clarificar y fijar los conceptos generales de la asignatura. Continuamente se involucra al alumno de tal forma que se le haga pensar y cuestionar con actitud crítica los conceptos teóricos que debe ir asimilando.
- **Laboratorio:** son actividades de carácter totalmente práctico manejando herramientas informáticas para el aprendizaje de la programación de sistemas embebidos. El aprendizaje es continuo y de menor a mayor dificultad. Se estudian conceptos prácticos complementarios a los vistos en las clases teóricas.
- **Trabajo práctico:** se emplea la metodología de **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)**. En grupos reducidos, los alumnos deben realizar, basándose en una serie de especificaciones técnicas y bajo supervisión del profesor, un trabajo de diseño de un sistema embebido, donde apliquen todos los conocimientos de las clases teóricas y prácticas. Periódicamente, se pide que se entregue un pequeño informe de seguimiento de los avances y resultados parciales del proyecto. Por otro lado, deben realizar una “defensa/demostración práctica” haciendo ver que la solución propuesta funciona según las bases dictadas al principio. Y finalmente deben entregar un informe que resuma las soluciones técnicas adoptadas y la descripción detallada del desarrollo del trabajo.

Resultados de aprendizaje

Los resultados esperados son los siguientes:

- RA1 – Ser capaz de seleccionar la arquitectura basada en microcontrolador más apropiada en función de los requerimientos del sistema mecatrónico embebido.
- RA2 – Ser capaz de seleccionar, configurar y usar herramientas de desarrollo y depuración para sistemas embebidos.
- RA3 – Ser capaz de seleccionar, configurar y usar sistemas operativos embebidos.
- RA4 – Ser capaz de seleccionar, configurar y usar protocolos y redes de comunicaciones en aplicaciones embebidas.
- RA5 – Ser capaz de desarrollar firmware y controladores de periféricos en aplicaciones embebidas.
- RA6 – Ser capaz de optimizar prestaciones y consumo de energía en sistemas embebidos.
- RA7 – Ser capaz de realizar análisis de fiabilidad y tolerancia a fallos de un sistema embebido.

Sistemas de evaluación

Criterios de evaluación

- CR1 – Comprender y saber aplicar conceptos básicos de sistemas embebidos: fundamentos sobre DSC, arquitectura, programación, interfaces, periféricos, etc. (relacionado con las competencias CB[6 a 10], CG[1,2,4,8], CEM5[5 y 6]).
- CR2 – Capacidad para desarrollar, entender y llevar a cabo proyectos de diseño de control de sistemas embebidos empleando las herramientas hardware y software, así como hojas de características de los fabricantes (relacionado con las competencias CB[6 a 10], CG[2,4,5,8 y 9], CT[1,2,4,5,6,7,8,10,12,13], CEM5[5 y 6]).
- CR3 – Capacidad para planificar y distribuir el trabajo en el desarrollo de proyectos en equipo, presentando resultados y transmitiendo conocimientos (relacionado con las competencias

CB[6 a 10], CT[1,2,3,6,8,9,11,12,13]).

Actividades de evaluación

De entre las actividades de evaluación incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

	Rango establecido	Convocatoria ordinaria	Convocatoria extraordinaria	Evaluación global
1. Exámenes (examen final y/o exámenes parciales acumulativos y/o eliminatorios).	0%–100% ⁽¹⁾ 0%–80% ⁽²⁾			50 %
2. Resolución y entrega de actividades (casos, problemas, informes, trabajos, proyectos, etc.), individualmente y/o en grupo.	0%–80%	40 % + 10 %	40 % + 10 %	50 %
3. Asistencia y aprovechamiento, en las clases, prácticas y otras actividades presenciales.	0%–20%	20 %	20 %	
4. Presentación y defensa de trabajos y memorias propuestos.	0% ⁽¹⁾ 0%–30% ⁽²⁾	30 %	30 %	

⁽¹⁾ Asignaturas del módulo *Tecnologías Complementarias*.

⁽²⁾ Resto de asignaturas.

Descripción de las actividades de evaluación

EVALUACIÓN CONTINUA

Actividades de evaluación 2

- **Actividad 1 (A1) – Entrega de la memoria del trabajo en grupo (CR[1,2y3])**
 - 40%, RECUPERABLE. **Calificación (A1)** de 0 a 10.
- **Actividad 2 (A2) – Entrega de informes de seguimiento de actividades del trabajo en grupo (CR[2y3])**
 - 10%, NO RECUPERABLE. **Calificación (A2)** de 0 a 10.
 - Periódicamente, se pedirá a cada grupo de trabajo que entreguen en el campus virtual un pequeño informe de seguimiento indicando los avances, actividades y resultados parciales realizados hasta la fecha, con el fin de evaluar el progreso del trabajo práctico.

Actividades de evaluación 3

- **Actividad 3 (A3) – Prácticas de laboratorio (LAB) (CR[1y3])**
 - 20%, NO RECUPERABLE. **Calificación (A3)** de 0 a 10, calculada como media de todas las LABs. Posteriormente, A3 se ponderará por el **porcentaje de asistencia (PA)**. Los resultados de cada LAB individual se enseñarán al profesor y se calificarán con 10 (APTO) o con 0 (NO APTO).

Ejemplo:

Nota media LABs = 7

Porcentaje de asistencia (PA) = 60%.

$A3 = 7 \times 0,6 = 0,84$

- El control de asistencia en cada sesión de prácticas se realizará pasando lista oralmente o mediante una hoja de firmas. La no asistencia, ya sea justificada o no, no podrá ser recuperada.

Actividades de evaluación 4

- **Actividad 1 (A4) – Defensa/demostración práctica del trabajo en grupo (CR[1,2y3])**
 - 30%, RECUPERABLE. **Calificación (A4)** de 0 a 10.
 - Los alumnos expondrán oralmente los resultados del proyecto práctico realizado en grupo.

Calificación final

La calificación final se obtiene de la siguiente manera:

$$- \text{CALIFICACIÓN FINAL} = (0,4 \times A1) + (0,1 \times A2) + (0,2 \times A3) + (0,3 \times A4)$$

EVALUACIÓN GLOBAL

La prueba de evaluación global constará de las siguientes partes:

Actividad de evaluación 1 (AE1)

- **Examen de contenidos teóricos y prácticos (CR[1y2])**
 - 50%. **Calificación (C1)** de 0 a 10. Se pide una nota mínima de 5.
 - **Calificación AE1 = 0,5 x C1 (si C1 ≥ 5)**
 - **Calificación AE1 = 0 (si C1 < 5)**

Actividad de evaluación 2 (AE2)

- **Examen práctico con el equipamiento del laboratorio. (CR[3])**
 - 50%. **Calificación (C2)** de 0 a 10 (C2). Se pide una nota mínima de 5.
 - **Calificación AE2 = 0,5 x C2 (si C2 ≥ 5)**
 - **Calificación AE2 = 0 (si C2 < 5)**

Calificación final

$$- \text{CALIFICACIÓN FINAL} = \text{AE1} + \text{AE2}$$

Bibliografía (básica y complementaria)

Bibliografía Básica:

- [B1] Transparencias de la asignatura (disponibles en el campus virtual) y apuntes tomados en clase.
- [B2] Hojas de características del fabricante del DSC (disponibles en el campus virtual).
- [B3] dsPIC33E/PIC24E Family Reference Manual (disponible www.microchip.com).

Bibliografía Complementaria:

- [C1] J. M. Angulo et al. "Microcontroladores avanzados dsPIC", Thompson (2005). (Disponible en biblioteca de la EII).
- [C2] W. Bolton, "Mecatrónica. Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica" (5ª Ed.), Alfaomega (2013). (Disponible versiones anteriores en biblioteca de la EII).
- [C3] D. G. Alciatore y M. B. Hstand, "Introducción a la Mecatrónica y a los Sistemas de dspicMedición", McGraw-Hill (2008).

Otros recursos y materiales docentes complementarios

- **Microchip Developer Help** (<https://www.microchip.com/en-us/education/developer-help>). Recursos, tutoriales y cursos del fabricante.