

## Guía docente

### Identificación de la asignatura

<b>Asignatura / Grupo</b>	22449 - Sistemas Empotrados / 1
<b>Titulación</b>	Grado en Ingeniería Informática (Plan 2010) - Tercer curso Grado en Ingeniería Informática (Plan 2014) - Tercer curso Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática - Cuarto curso
<b>Créditos</b>	6
<b>Período de impartición</b>	Segundo semestre
<b>Idioma de impartición</b>	Catalán

### Profesores

#### Horario de atención a los alumnos

Profesor/a	Hora de inicio	Hora de fin	Día	Fecha inicial	Fecha final	Despacho / Edificio
Manuel Alejandro Barranco González (Responsable) <a href="mailto:manuel.barranco@uib.es">manuel.barranco@uib.es</a>	14:30	15:30	Martes	10/09/2018	04/02/2019	D115 Anselm Turmeda

### Contextualización

Los sistemas empotrados (en catalán: sistemes encastats; en inglés: embedded systems) son una de las aplicaciones más frecuentes de los sistemas informáticos. En este tipo de sistemas, el computador forma parte de un sistema más complejo, cuya operación controla. La operación de un sistema empotrado generalmente debe satisfacer ciertos requisitos de tiempo real y, por ese motivo, debe diseñarse y evaluarse mediante técnicas específicas.

### Requisitos

Según lo especificado en los planes de estudios de GEIN y de GEEI, no existe ningún requisito previo para cursar la asignatura de Sistemas Empotrados.

Sin embargo, a continuación se especifican una serie de requisitos esenciales (muy recomendables) y recomendables.

#### Esenciales

Para realizar las prácticas es muy recomendable haber adquirido convenientemente las competencias trabajadas en las asignaturas Programación I (en el caso de GEIN) o Programación (en el caso GEEI). Más concretamente, es muy recomendable conocer el lenguaje de programación C.

## Guía docente

### Recomendables

Es interesante haber cursado las siguientes asignaturas: Estructura de Computadores I (en el caso de GEIN); Introducción a la informática industrial (en el caso de GEEI); Sistemas operativos (GEIN y GEEI); y Regulación automática, Automatización industrial y Control por computador (en el caso de GEEI).

### Competencias

#### Específicas

- \* CI202. Capacidad de desarrollar procesadores específicos y sistemas empotrados, así como desarrollar y optimizar el software de dichos sistemas. .
- \* CI205. Capacidad de analizar, evaluar y seleccionar las plataformas hardware y software más adecuadas para el soporte de aplicaciones empotradas y de tiempo real. .
- \* CI207 Capacidad de analizar, evaluar, seleccionar y configurar plataformas hardware para el desarrollo y ejecución de aplicaciones y servicios informáticos. .
- \* CI208 Capacidad para diseñar, desplegar, administrar y gestionar redes de computadores. .

#### Genéricas

- \* CTR01. Capacidad de análisis y síntesis, de organización, de planificación y de toma de decisiones. .
- \* CTR02. Capacidad de análisis crítico y de propuesta y aplicación de nuevas soluciones. .
- \* CTR03. Capacidad para adquirir de forma autónoma nuevos conocimientos. .
- \* CTR04. Capacidad para la búsqueda de recursos y de gestión de la información en el ámbito de la informática. .
- \* CTR07. Capacidad para comunicar conceptos propios de la informática de manera oral y escrita en diferentes ámbitos de actuación. .
- \* CTR08. Capacidad para, en un nivel medio, comprender, hablar y escribir en lengua inglesa. .

#### Básicas

- \* Se pueden consultar las competencias básicas que el estudiante tiene que haber adquirido al finalizar el grado en la siguiente dirección: [http://estudis.uib.cat/es/grau/comp\\_basiques/](http://estudis.uib.cat/es/grau/comp_basiques/)

### Contenidos

#### Contenidos temáticos

- Tema 1. Introducción (1 hora)
  - Definiciones y aspectos básicos sobre los Sistemas Empotrados
  - Definiciones y aspectos básicos sobre los Sistemas de Tiempo Real, STR
  - Ejemplos de Sistemas Empotrados de Tiempo Real, SETR
  - Aspectos a considerar en el desarrollo de un SETR
- Tema 2. Organización del Software de un SETR (3 horas)
  - Funciones, objetivos y estructura de un Sistema Operativo, SO

## Guía docente

Arquitecturas de Sistemas Operativos

Sistemas Operativos de Tiempo Real, SOTR

SOs ejecutivos cíclicos

SOs de tareas concurrentes basados en eventos

Tema 3. Servicios básicos para ejecutar tareas concurrentes en SETRs (4 horas)

Acceso a información temporal.

Mecanismos de sincronización (con eventos periódicos y esporádicos) y exclusión mutua.

Declaración de tareas

Estructuras de datos de un planificador basado en prioridades.

Planificadores de prioridades fijas (dirigido por eventos, por ticks, híbrido).

Planificadores de prioridades dinámicas.

Tema 4. Planificación de tareas de Tiempo Real: modelo simple de tareas (5 horas)

Introducción a la teoría de la planificación

Modelo de simple de tareas

Estimación de tiempos de ejecución

Planificación de tareas de prioridades estáticas (RMO/A y DMO/A)

Planificación de tareas de prioridades dinámicas (EDF y LST)

Tema 5. Planificación de tareas de Tiempo Real: exclusión mutua (5 horas)

Interacción entre tareas y exclusividad mutua.

El problema de la inversión de prioridades.

Mecanismo de herencia de prioridades.

Protocolos de techo de prioridad.

Tema 6. Sistemas empotrados de control distribuidos (8 horas)

Características de los sistemas empotrados de control distribuido.

El microcontrolador Arduino: arquitectura general.

Programación de la interacción con los periféricos mediante librerías: LEDs, botones, interrupciones, conversor analógico/digital, timers, puerto serie, controlador CAN.

Programación de tareas concurrentes sobre un Sistema Operativo Empotrado de Tiempo Real.

Tema 7. Comunicaciones para sistemas empotrados distribuidos (5 horas)

Sistemas de control distribuidos y su problemática

Comunicaciones de tiempo real

Características esenciales de las redes para sistemas empotrados distribuidos

El concepto de bus de campo

El bus Controller Area Network (CAN): protocolo y arquitectura

Tema 8. Planificación de tareas de Tiempo Real: jitter y plazos arbitrarios (4 horas)

Release jitter.

## Guía docente

Plazos arbitrarios.

Tema 9. Gestión de la ejecución de conjuntos de tareas híbridos: tareas hard / firm / soft (4 horas)  
Modelo foreground / background

Servidores de tareas no críticas

Servidores que preservan el ancho de banda

Tema 10. Introducción al Internet of Things (IOT) (2 horas)

Conceptos básicos

Los 4 pilares del IOT

Integración vertical

### Metodología docente

En este apartado se describen las actividades de trabajo presencial y no presencial (o autónomo) previstas en la asignatura para desarrollar y evaluar las competencias establecidas anteriormente. Con el propósito de favorecer la autonomía y el trabajo personal del alumno, la asignatura forma parte del proyecto Campus Extens. Este proyecto incorpora el uso de herramientas telemáticas para conseguir una enseñanza universitaria flexible y a distancia. De esta forma y mediante el uso de la plataforma de teleeducación Moodle, el alumno dispondrá de un medio de comunicación en línea y a distancia con el profesor; un calendario con noticias de interés; documentos electrónicos y enlaces a Internet, y propuestas de prácticas y problemas.

Actividades de trabajo presencial (2,4 créditos, 60 horas)

Modalidad	Nombre	Tip. agr.	Descripción	Horas
Clases teóricas	Clases magistrales	Grupo grande (G)	Mediante el método expositivo el profesor establecerá los fundamentos teóricos y prácticos sobre los diferentes aspectos tratados en las unidades didácticas que componen la asignatura. Además, para cada unidad didáctica, se dará información sobre el método de trabajo aconsejable y el material didáctico adicional que el alumno deberá utilizar para preparar de forma autónoma los contenidos. Las clases teóricas consistirán en sesiones de 1 o 2 horas a lo largo del semestre, que alternarán la exposición de contenidos con la resolución de ejercicios y problemas.	43
Clases prácticas	Talleres guiados de programación de microcontroladores	Grupo mediano (M)	Se organizará a los estudiantes en grupos de prácticas. Mediante el método de aprendizaje basado en problemas, los alumnos de cada grupo deberán resolver un conjunto de problemas prácticos de dificultad creciente. El objetivo de estos talleres es facilitar la comprensión de los conceptos teóricos vistos en clase, en particular sobre Salvo OS y el bus CAN, así como ampliar los conocimientos del alumnado para la realización de la 'Práctica final'. Al final del curso cada integrante de cada grupo deberá defender oralmente esta 'Práctica final' frente al profesor; en particular, el alumno tendrá que responder a preguntas sobre el diseño y la implementación de la solución aportada.	12

## Guía docente

Modalidad	Nombre	Tip. agr.	Descripción	Horas
Evaluación	Examen parcial (II)	Grupo grande (G)	El alumno realizará un segundo examen al acabar el semestre en el que se evaluarán los contenidos no incluidos en el Examen Parcial (I). El criterio numérico de evaluación se adjuntará con el enunciado de la prueba.	3
Evaluación	Examen parcial (I)	Grupo grande (G)	El alumno realizará un examen parcial aproximadamente a mediados de semestre. Esta evaluación permitirá valorar si el alumno ha comprendido la teoría y si sabe aplicar correctamente los procedimientos y técnicas relacionados con los diferentes aspectos de la materia vistos hasta ese momento. El criterio numérico de evaluación se adjuntará con el enunciado de la prueba.	2

Al inicio del semestre estará a disposición de los estudiantes el cronograma de la asignatura a través de la plataforma UIBdigital. Este cronograma incluirá al menos las fechas en las que se realizarán las pruebas de evaluación continua y las fechas de entrega de los trabajos. Asimismo, el profesor o la profesora informará a los estudiantes si el plan de trabajo de la asignatura se realizará a través del cronograma o mediante otra vía, incluida la plataforma Aula Digital.

### Actividades de trabajo no presencial (3,6 créditos, 90 horas)

Modalidad	Nombre	Descripción	Horas
Estudio y trabajo autónomo individual	Estudio para asimilar la teoría expuesta en clase. Resolución de ejercicios y problemas	Cada alumno deberá dedicar cierto tiempo a asimilar los contenidos teóricos impartidos por el profesor en las clases magistrales, y a resolver los ejercicios y problemas propuestos. Parte de estos ejercicios / problemas serán resueltos por el profesor o por los alumnos en clase.	45
Estudio y trabajo autónomo individual	Asistencia voluntaria a sesiones de #somEPS	Los alumnos tienen la posibilidad de asistir, voluntariamente, a las sesiones #somEPS ( <a href="http://eps.uib.es/someps/">http://eps.uib.es/someps/</a> ) que el profesor recomiende a través de Aula Digital.  Los alumnos que asistan a estas sesiones deberán justificarlo mediante los certificados de asistencia correspondientes, y deberán redactar un breve informe en el que resumen el contenido de estas sesiones, y en el que expongan sus conclusiones personales.  Los alumnos que realicen esta actividad obtendrán una puntuación extra para la Práctica final entre [0.5, 1.5] puntos.	5
Estudio y trabajo autónomo en grupo	Práctica final	Agrupados en parejas, los alumnos deberán realizar una 'Práctica final'. Mediante esta última práctica, el alumno deberá demostrar que ha adquirido los conocimientos y las destrezas que se han trabajado en los talleres guiados. Cada grupo deberá entregar los programas junto con sus correspondientes informes para evaluar su corrección. También se evaluará la calidad de los informes.	40

## Guía docente

### Riesgos específicos y medidas de protección

Las actividades de aprendizaje de esta asignatura no conllevan riesgos específicos para la seguridad y salud de los alumnos y, por tanto, no es necesario adoptar medidas de protección especiales.

### Evaluación del aprendizaje del estudiante

El itinerario "A" está adaptado a las personas que pueden asistir a clase y a aquellas que no. Los alumnos se comprometen a realizar todas las actividades incluidas en el itinerario "A".

El alumno obtendrá una calificación entre 0 y 10 en cada actividad evaluable. Para superar la asignatura se han de obtener las siguientes calificaciones mínimas:

- (1) 5 puntos sobre 10 en el 'Examen parcial I',
- (2) 5 puntos sobre 10 en el 'Examen parcial II',
- (3) 5 puntos sobre 10 en la 'Práctica final',
- (4) 5 puntos sobre 10 en los 'Talleres guiados', mediante la defensa oral de la 'Práctica final'
- (5) 5 puntos sobre 10 en la calificación final tras realizar la suma ponderada de todas las actividades de evaluación que se proponen. Es decir,  $0.30 * \text{'Examen parcial I'} + 0.30 * \text{'Examen parcial II'} + 0.30 * \text{'Práctica final'} + 0.10 * \text{'Talleres guiados'}$  debe ser mayor o igual a 5

Aquel alumno que NO haya obtenido una nota mínima de 5 en alguno de los exámenes parciales, podrá intentar recuperarlo en el periodo de evaluación extraordinaria.

Aquel alumno que no supere la 'Práctica final' o los 'Talleres guiados' (defensa oral de la práctica final) tendrá suspendida la parte práctica de la asignatura. Podrá intentar recuperar esta parte entregando y defendiendo oralmente, dentro del periodo de recuperación y en la fecha concreta que se le indique, una nueva práctica que se le propondrá con la debida antelación.

Es IMPORTANTE notar que en principio un alumno que haya suspendido la asignatura se podrá presentar ÚNICAMENTE a la recuperación de aquellas pruebas de evaluación que tenga suspendidas (aquellas en las NO haya obtenido una nota mínima de 5). Es decir, un alumno NO puede presentarse de nuevo a una prueba de evaluación que ya haya aprobado, sea ésta el 'Examen parcial I', el 'Examen parcial II', la 'Práctica final', o los 'Talleres guiados' (defensa oral), con el fin de subir nota; a no ser que solicite por adelantado que sea evaluado como 'no presentado' en una o algunas de las pruebas recuperables (renunciando a la/s calificación/es obtenidas) según lo dispuesto en el Capítulo IV, Artículo 34, Punto 2 del Reglamento Académico.

La calificación de No Presentado se atendrá al Capítulo IV, Artículo 34, Punto 2 del Reglament Acadèmic.

No se permite la convocatoria anticipada para la evaluación de esta asignatura.

### Fraude en elementos de evaluación

De acuerdo con el artículo 33 del Reglamento académico, "con independencia del procedimiento disciplinario que se pueda seguir contra el estudiante infractor, la realización demostradamente fraudulenta de alguno de los elementos de evaluación incluidos en guías docentes de las asignaturas comportará, a criterio del profesor, una minusvaloración en su calificación que puede suponer la calificación de «suspense 0» en la evaluación anual de la asignatura".

## Guía docente

### Talleres guiados de programación de microcontroladores

Modalidad	Clases prácticas
Técnica	Pruebas orales ( <b>recuperable</b> )
Descripción	Se organizará a los estudiantes en grupos de prácticas. Mediante el método de aprendizaje basado en problemas, los alumnos de cada grupo deberán resolver un conjunto de problemas prácticos de dificultad creciente. El objetivo de estos talleres es facilitar la comprensión de los conceptos teóricos vistos en clase, en particular sobre Salvo OS y el bus CAN, así como ampliar los conocimientos del alumnado para la realización de la 'Práctica final'. Al final del curso cada integrante de cada grupo deberá defender oralmente esta 'Práctica final' frente al profesor; en particular, el alumno tendrá que responder a preguntas sobre el diseño y la implementación de la solución aportada.
Criterios de evaluación	Los alumnos deberán defender oralmente y de forma individual la práctica final propuesta tras la realización de los talleres guiados, a fin de demostrar la consecución de los objetivos de aprendizaje de las prácticas. A continuación se especifican las competencias que se evalúan con esta actividad: CI202, CI205, CI207, CI208, CTR02, CTR03, CTR04, CTR07 y CTR08. Los criterios de evaluación son: <ul style="list-style-type: none"><li>- Claridad y la precisión de las explicaciones y las respuestas dadas por el alumno a las preguntas del profesor.</li><li>- Habilidad y precisión del alumno/a a la hora de explicar oralmente tanto los programas que elabore para resolver los problemas propuestos en los talleres previos, como el programa entregado en la práctica final.</li><li>- Capacidad para explicarles a los compañeros cómo solucionar los problemas planteados.</li><li>- Iniciativa a la hora de proponer soluciones a los problemas planteados.</li><li>- Espíritu autocrítico y esfuerzo.</li></ul>

Porcentaje de la calificación final: 10% con calificación mínima 5

### Examen parcial (II)

Modalidad	Evaluación
Técnica	Pruebas de respuesta larga, de desarrollo ( <b>recuperable</b> )
Descripción	El alumno realizará un segundo examen al acabar el semestre en el que se evaluarán los contenidos no incluidos en el Examen Parcial (I). El criterio numérico de evaluación se adjuntará con el enunciado de la prueba.
Criterios de evaluación	Las competencias que se evalúan con esta actividad son las siguientes: CI202, CI205, CTR07, CTR02, CTR03, CTR04, CTR07. Los criterios de evaluación son: <ul style="list-style-type: none"><li>- Corrección y precisión a la hora de responder a preguntas teórico-prácticas enunciadas para valorar el grado de consecución de las citadas competencias.</li><li>- Adecuación de los procedimientos aplicados para resolver los ejercicios y problemas propuestos.</li><li>- Corrección y eficiencia (si fuera aplicable) de las soluciones de los ejercicios y problemas.</li><li>- Orden, claridad y precisión en la explicación de las soluciones de los ejercicios y problemas.</li><li>- Capacidad para, en un tiempo razonable, contestar las cuestiones de tipo test y aplicar los procedimientos para resolver los ejercicios propuestos.</li></ul>

Porcentaje de la calificación final: 30% con calificación mínima 5

### Examen parcial (I)

Modalidad	Evaluación
Técnica	Pruebas de respuesta larga, de desarrollo ( <b>recuperable</b> )
Descripción	El alumno realizará un examen parcial aproximadamente a mediados de semestre. Esta evaluación permitirá valorar si el alumno ha comprendido la teoría y si sabe aplicar correctamente los procedimientos y técnicas



## Guía docente

	relacionados con los diferentes aspectos de la materia vistos hasta ese momento. El criterio numérico de evaluación se adjuntará con el enunciado de la prueba.
Criterios de evaluación	Las competencias que se evalúan con esta actividad son las siguientes: CI202, CI205, CTR07, CTR02, CTR03, CTR04, CTR07. Los criterios de evaluación son: <ul style="list-style-type: none"><li>- Corrección y precisión a la hora de responder a preguntas teórico-prácticas enunciadas para valorar el grado de consecución de las citadas competencias.</li><li>- Adecuación de los procedimientos aplicados para resolver los ejercicios y problemas propuestos.</li><li>- Corrección y eficiencia (si fuera aplicable) de las soluciones de los ejercicios y problemas.</li><li>- Orden, claridad y precisión en la explicación de las soluciones de los ejercicios y problemas.</li><li>- Capacidad para, en un tiempo razonable, contestar las cuestiones de tipo test y aplicar los procedimientos para resolver los ejercicios propuestos.</li></ul>
	Porcentaje de la calificación final: 30% con calificación mínima 5

### Asistencia voluntaria a sesiones de #somEPS

Modalidad	Estudio y trabajo autónomo individual
Técnica	Informes o memorias de prácticas ( <b>no recuperable</b> )
Descripción	Los alumnos tienen la posibilidad de asistir, voluntariamente, a las sesiones #somEPS ( <a href="http://eps.uib.es/someps/">http://eps.uib.es/someps/</a> ) que el profesor recomienda a través de Aula Digital. Los alumnos que asistan a estas sesiones deberán justificarlo mediante los certificados de asistencia correspondientes, y deberán redactar un breve informe en el que resumen el contenido de estas sesiones, y en el que expongan sus conclusiones personales. Los alumnos que realicen esta actividad obtendrán una puntuación extra para la Práctica final entre [0.5, 1.5] puntos.
Criterios de evaluación	ACLARACIÓN: Al tratarse de una actividad voluntaria para obtener una puntuación extra para la Práctica final, se especifica un peso del 0% sobre la calificación de la asignatura.  Las competencias que se evalúan con esta actividad son las siguientes: CI205, CI207, CTR02, CTR03, CTR04, CTR07  Los criterios de evaluación son: <ul style="list-style-type: none"><li>- Completitud, claridad y orden de exposición del informe descriptivo.</li><li>- Corrección ortográfica del informe descriptivo tanto si se presenta en catalán como en castellano o inglés.</li><li>- Calidad del análisis crítico de las sesiones.</li></ul>
	Porcentaje de la calificación final: 0% con calificación mínima 0

### Práctica final

Modalidad	Estudio y trabajo autónomo en grupo
Técnica	Informes o memorias de prácticas ( <b>recuperable</b> )
Descripción	Agrupados en parejas, los alumnos deberán realizar una 'Práctica final'. Mediante esta última práctica, el alumno deberá demostrar que ha adquirido los conocimientos y las destrezas que se han trabajado en los talleres guiados. Cada grupo deberá entregar los programas junto con sus correspondientes informes para evaluar su corrección. También se evaluará la calidad de los informes.
Criterios de evaluación	Las competencias que se evalúan con esta actividad son las siguientes: CI202, CI205, CI207, CI208, CTR01, CTR02, CTR03, CTR04, CTR07 y CTR08. Los criterios de evaluación son: <ul style="list-style-type: none"><li>- Corrección y completitud del programa presentado en la práctica final en función de los resultados obtenidos.</li><li>- Iniciativa a la hora de proponer soluciones a los problemas planteados.</li><li>- Espíritu autocrítico y esfuerzo.</li></ul>



## Guía docente

- Legibilidad del código fuente del programa.
- Completitud, claridad y orden de exposición del informe descriptivo.
- Corrección ortográfica del informe descriptivo tanto si se presenta en catalán como en castellano o inglés.
- Para evitar malentendidos, se enuncia que aquellas prácticas que presenten una similitud exagerada a juicio del profesor, serán consideradas copiadas, y merecerán en ese caso la calificación de suspendido, sin detrimento de otras acciones académico-administrativas.

Porcentaje de la calificación final: 30% con calificación mínima 5

### Recursos, bibliografía y documentación complementaria

---

#### Bibliografía básica

---

A. Burns, A. Wellings. *Sistemas de Tiempo Real y Lenguajes de Programación*. Addison Wesley, 2003

#### Bibliografía complementaria

---

Wolfhard Lawrenz. *CAN System Engineering. From Theory to Practical Applications*. Springer, 1997

#### Otros recursos

---

Estarán disponibles en la página web de la asignatura.

