



## Grado en Ingeniería Informática 30236 - Sistemas empotrados I

Guía docente para el curso 2012 - 2013

Curso: 3, Semestre: 2, Créditos: 6.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **José Luis Villarroel Salcedo** jlvilla@unizar.es
- **Jesús Javier Resano Ezcaray** jresano@unizar.es
- **Enrique Fermín Torres Moreno** ktm@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Para cursar esta asignatura, el estudiante debe saber programar (asignaturas de Programación), conocer la problemática de los sistemas concurrentes (asignatura de Programación de sistemas concurrentes y distribuidos) y debe tener conocimientos suficientes de Arquitectura y organización de computadores (asignaturas de Arquitectura y Organización de Computadores I y II y de Proyecto Hardware)

El estudio y trabajo continuado, desde el primer día del curso, son fundamentales para superar con el máximo aprovechamiento la asignatura.

Es importante resolver cuanto antes las dudas que puedan surgir, para lo cual el estudiante cuenta con la asesoría del profesor, tanto durante las clases como en las horas de tutoría destinadas a ello. Pueden realizarse consultas puntuales a través de correo electrónico.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

El calendario detallado de las diversas actividades a desarrollar se establecerá una vez que la Universidad y el Centro hayan aprobado el calendario académico (el cual podrá ser consultado en la web del centro).

La relación y fecha de las diversas actividades, junto con todo tipo de información y documentación sobre la asignatura, se publicará en <http://moodle.unizar.es/> (**Nota**. Para acceder a esta web el estudiante requiere estar matriculado).

A título orientativo:

- Cada semana hay programadas 3h de clases en aula.
- Se realizarán 6 prácticas de laboratorio de 3h cada una.
- Las actividades adicionales que se programen (trabajos y otros) se anunciarán con suficiente antelación, tanto en clase como en <http://moodle.unizar.es/>.
- Las fechas de los exámenes y pruebas de convocatoria oficial las fijará la dirección del Centro.

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Tiene una visión amplia de los microprocesadores e interfaces más extendidos en sistemas empotrados y de tiempo real.
- 2:** Conoce y sabe utilizar de forma eficiente los lenguajes de programación habituales en estos entornos (C, Ada, Java, etc.).
- 3:** Conoce y sabe manejar entornos de desarrollo para sistemas empotrados y de tiempo real.
- 4:** Sabe diseñar y construir sistemas empotrados y de tiempo real basados en microprocesadores o en otras plataformas, de poca complejidad, atendiendo a criterios de seguridad, fiabilidad, tolerancia a fallos y consumo de energía.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Asignatura que introduce los fundamentos de diseño y programación de sistemas empotrados (*embedded systems*) proporcionando una primera perspectiva y un primer contacto práctico con sistemas sin sistema operativo.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

El objetivo de la asignatura es formar al estudiante en el diseño y programación de sistemas empotrados. No solo se estudiarán los fundamentos, sino que se pretende conseguir capacidad de análisis y diseño de este tipo de sistemas informáticos. El estudiante deberá ser capaz de: (1) analizar y comprender la estructura de un sistema empotrado y cada uno de los subsistemas que lo componen (procesador, periféricos, sensores, actuadores, etc.) y (2) programar los algoritmos de procesamiento adecuados.

### Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Se trata de una asignatura de Tecnología Específica (TE) de Ingeniería de Computadores que se apoya en diversas asignaturas de 1º, 2º y 3º, principalmente Introducción a los computadores, Arquitectura y organización de computadores I y II, Programación I y II, Programación de sistemas concurrentes y distribuidos y Proyecto Hardware.

Esta asignatura, Sistemas Empotrados I, pertenece a la materia Sistemas Empotrados que es obligatoria en Ingeniería de Computadores, y sirve de base a Sistemas Empotrados II y Laboratorio de Sistemas Empotrados, de la misma materia perteneciente a la TE de Ingeniería de Computadores.

---

El sector de los Sistemas Empotrados tiene una importancia creciente tal como se describe más adelante en esta guía. La formación específica en Sistemas Empotrados facilitará la incorporación al mercado laboral de profesionales en esta área tecnológica de gran evolución.

## **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

- 1:** Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de Ingeniería (CT1).
- 2:** Combinar los conocimientos generalistas y los especializados de Ingeniería para generar propuestas innovadoras y competitivas en la actividad profesional. (CT3)
- 3:** Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico (CT4)
- 4:** Diseñar y construir sistemas digitales, incluyendo computadores, sistemas basados en microprocesador y sistemas de comunicaciones (CEIC1)
- 5:** Desarrollar sistemas empotrados sin sistema operativo, así como desarrollar y optimizar el software de dichos sistemas (CEIC2)
- 5:** Diseñar e implementar software de sistema y de comunicaciones (CEIC4)
- 7:** Analizar, evaluar y seleccionar las plataformas hardware y software más adecuadas para el soporte de aplicaciones empotradas y de tiempo real (CEIC5)
- 8:** Comprender, aplicar y gestionar la garantía y seguridad de los sistemas informáticos (CEIC6)

## **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

Un sistema empotrado consiste en un sistema de informático cuyo hardware y software están específicamente diseñados y optimizados para resolver un problema concreto eficientemente. El término *empotrado* hace referencia al hecho de que es una parte integral del sistema al cual controla, monitoriza o en el que realiza una función específica de procesamiento. Por estar insertados dentro del dispositivo donde realizan su función, están sujetos en mayor medida a cumplir requisitos de tamaño, fiabilidad, consumo o coste. Además su existencia puede pasar desapercibida.

La gran aplicabilidad de los Sistemas Empotrados en cualquier ámbito sectorial, así como el valor añadido que aportan los mismos a los productos que los contienen, hace que el desarrollo de estos sistemas sea un área estratégica preferente para muchas empresas que buscan precisamente este aumento de su competitividad. Así, los Sistemas Empotrados están jugando un papel importante en nuestra sociedad estando presentes en todos los dispositivos electrónicos de uso común tales como teléfonos móviles, electrodomésticos, automóviles, sistemas audiovisuales, barreras automáticas de acceso etc. Además son imprescindibles en sectores tales como la aeronáutica, equipamiento médico, el de medios de transporte o el de telecomunicaciones, entre otros.

El sector de los Sistemas Empotrados ha sido declarado de importancia estratégica para Europa por el valor añadido que incorporan a los productos. Actualmente ya representa el 14% de la inversión en I+D en Europa.

---

## **Evaluación**

---

## **Actividades de evaluación**

## **El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:**

**Los criterios de evaluación que se aplicarán son los siguientes:**

### **1) Prácticas de Laboratorio (25%)**

Se calificarán en la propia sesión de laboratorio. Se valorará la preparación previa, el desarrollo de la sesión de laboratorio y la capacidad de puesta en marcha de este tipo de sistemas.

Calificación de 0 a 10 puntos. Supondrá el 25% de la nota global del estudiante (el estudiante que no asista a una sesión en el horario programado tendrá una calificación de 0 en dicha sesión). Para superar la asignatura se debe obtener una calificación mínima de 4 puntos sobre 10.

El estudiante que no supere las prácticas en el período docente, deberá realizar un examen de prácticas en el marco de las Pruebas Globales correspondientes a las Convocatorias Oficiales.

### **2) Trabajos y Actividades Evaluables (25%)**

Con el fin de incentivar el trabajo continuado, se realizarán actividades evaluables distribuidas a lo largo del semestre. Dichas actividades se irán programando cada curso, consistiendo en trabajos en grupo, ejercicios individuales entregables, etc. Las actividades concretas a realizar se comunicarán en clase y en <http://moodle.unizar.es/>

Calificación global de 0 a 10 puntos, suponiendo un 25% de la calificación global.

El estudiante que no presente los entregables en las fechas que se establezcan durante el período docente, deberá superar la materia correspondiente en el marco de las Pruebas Globales a realizar en las Convocatorias Oficiales.

### **3) Examen Final (50%)**

Compuesto por cuestiones teórico-prácticas y problemas.

Calificación de 0 a 10 puntos; supondrá el 50% de la calificación global del estudiante. Para superar la asignatura se debe obtener una calificación mínima de 4 puntos. Se valorará la corrección de las respuestas, desarrollos, diseños y resultados.

**2:**

## **PRUEBA GLOBAL (CONVOCATORIAS OFICIALES; 100%)**

En las convocatorias oficiales se llevará a cabo la evaluación global del estudiante. Quien haya superado las Prácticas y los Trabajos-Actividades Evaluables en el período docente, tan solo está obligado a realizar el Examen Final. La evaluación global consta de tres partes:

1) **Examen Final** (50%). Se realizará en el marco de las convocatorias oficiales de Junio y de Septiembre. Para superar la asignatura se debe obtener una calificación mínima de 4 puntos sobre 10.

2) **Prueba sobre Trabajos y Actividades Evaluables** (25%), destinado a los estudiantes que no han superado esta parte en el período docente. Podrá realizarse solo si se ha obtenido más de 4 puntos en el Examen Final. La configuración de esta prueba se indicará en la convocatoria oficial de examen, pudiendo consistir en realizar un trabajo individual en el laboratorio, un examen escrito o cualquier otro formato que se indique. Para superar la asignatura se debe obtener una calificación mínima de 4.

2) **Examen de Laboratorio** (25%), destinado a los estudiantes que no han superado las prácticas en el período docente, se desarrollará en el laboratorio de prácticas. Podrá realizarse solo si se ha obtenido más de 4 puntos en el Examen Final. Para superar la asignatura se debe obtener una calificación mínima de 4 puntos.

En caso de no alcanzar en alguna de la tres partes una nota de 4.0 puntos, la calificación global en la asignatura será la mínima entre 4.0 y el resultado calculara la nota ponderada de las tres partes de que consta la evaluación.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

#### El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

El proceso de enseñanza se desarrollará en los siguientes niveles: clases de teoría, problemas, trabajos y laboratorio, con creciente nivel de participación del estudiante.

- En las clases de teoría se expondrán las bases teóricas, ilustrándose con ejemplos.
- En las clases de problemas se desarrollarán problemas y casos tipo con la participación de los estudiantes.
- Se desarrollarán prácticas de laboratorio en grupos reducidos, donde el estudiante montará, programará y comprobará el funcionamiento de los sistemas.
- Asimismo, para incentivar el trabajo continuo y autónomo del estudiante, se llevarán a cabo actividades de aprendizaje adicionales a realizar a lo largo del semestre.

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

#### El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

##### 1: **TRABAJO PRESENCIAL: 2,4 ECTS (60 horas)**

###### 1) Clase presencial (tipo T1) (30 horas).

Sesiones expositivas de contenidos teóricos y prácticos. Se presentarán los conceptos y fundamentos de los sistemas electrónicos digitales, ilustrándolos con ejemplos reales. Se fomentará la participación del estudiante. Los contenidos que se desarrollan son los siguientes:

Objetivos:

Presentar los aspectos y herramientas específicos para el diseño de sistemas empujados (SE). No orientación electrónica, sí de diseño y programación. Se abordarán tanto aspectos de hardware de propósito específico (FPGAs, procesadores, memorias, periféricos) como de herramientas de desarrollo (entornos cruzados, lenguajes), diseño (autómatas de estados finitos, RdP, filtros) y programación (tiempo, interrupciones, ejecutivos). No se aborda la utilización de sistemas operativos (se deja para Sistemas Empujados II).

###### 2) Clases de problemas y resolución de casos (tipo T2) (12 horas).

Se desarrollarán problemas y casos con la participación de los estudiantes, coordinados con los contenidos teóricos. Se fomenta que el estudiante trabaje previamente los problemas. Parte de estas horas podrán dedicarse a las **actividades de aprendizaje evaluables** que se especifiquen en cada curso.

###### 3) Prácticas de laboratorio (tipo T3) (18 horas).

El estudiante montará, programará y comprobará el funcionamiento de sistemas empujados en el laboratorio. Dispondrá de un guión de la práctica, que tendrá previamente que preparar. Cada práctica será calificada en el propio laboratorio.

##### 2: **TRABAJO NO PRESENCIAL: 3,6 ECTS (90 horas)**

###### 1) Trabajos docentes (tipo T6) (30 horas).

Actividades que el estudiante realizará solo o en grupo y que el profesor irá proponiendo a lo largo del período docente. En esta asignatura cada estudiante realizará las actividades y trabajos que se propondrán durante el curso.

###### 2) Estudio (tipo T7) (54 horas).

Estudio personal del estudiante de la parte teórica y realización de problemas. Se fomentará el trabajo continuo del estudiante mediante la distribución homogénea a lo largo del curso de las diversas actividades de aprendizaje. Se incluyen aquí las **tutorías**, como atención directa al estudiante, identificación de problemas de aprendizaje, orientación en la asignatura, atención a ejercicios y trabajos...

### **3) Pruebas de evaluación (tipo T8) (6 horas).**

Además de la función calificadora, la evaluación también es una herramienta de aprendizaje con la que el alumno comprueba el grado de comprensión y asimilación alcanzado.

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

Las clases magistrales y de problemas y las sesiones de prácticas en el laboratorio se imparten según horario establecido por el centro (horarios disponibles en su página web).

Cada profesor informará de su horario de atención de tutoría.

El resto de actividades se planificará en función del número de alumnos y se dará a conocer con la suficiente antelación. Podrá consultarse en <http://moodle.unizar.es>

## **Programa**

### **Programa de la asignatura**

#### **Programa teoría:**

1. Introducción: Hardware, herramientas de desarrollo, sistema operativos, lenguajes, aplicaciones, restricciones y características.
2. Hardware para sistemas empotrados
  1. Procesadores especializados: microcontroladores y DSPs
  2. Periféricos y memorias
  3. FPGAs
  4. ARM, HC08 y F2812
3. Desarrollo de sistemas empotrados
  1. Desarrollo cruzado: entornos y hardware de desarrollo
  2. Desarrollo cruzado: compilación, enlazado y carga
  3. Lenguaje C para sistemas empotrados
4. Gestión del tiempo
  1. Relojes y temporizadores
  2. Monotonía y no monotonía del tiempo
  3. Retrasos, medida de tiempo, bajo consumo
  4. Activación de actividades
5. Desarrollo de aplicaciones
  1. Sistemas discretos secuenciales: Autómatas y Redes de Petri, implementación
  2. Sistemas muestreados: Muestreo y reconstrucción, controladores, filtros, implementación
  3. Coma flotante vs coma fija
6. Aplicaciones concurrentes
  1. Interrupciones
  2. Ejecutivos cíclicos
  3. Introducción a los núcleos multitarea

#### **Programa de prácticas (orientativo):**

- P1. Desarrollo básico de un sistema empotrado.
- P2. Gestión del tiempo. Programación de un cronómetro.
- P3. Control discreto. Control de un ascensor.
- P4. Control muestreado. Control de velocidad de un motor.

P5 y P6. Sistemas concurrentes. Control de una lavadora.

## **Bibliografía**

### **Bibliografía recomendada**

1. Transparencias (apuntes) **de la asignatura**. Disponibles en <http://moodle.unizar.es>.

2. **Hojas de problemas y Guiones de prácticas**. . Disponibles en <http://moodle.unizar.es>.

### **3. Textos de consulta:**

- Documentación técnica de los procesadores utilizados.
- T. Van Sickle: "Programing Microcontrollers in C". Embedded Technology Series. Newnes; 2nd edition (January 15, 2001).
- Manuel Silva.: "Las Redes de Petri en la Automática y la Informática". Editorial AC, 1985.

### **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**

- Sickle, T. Van. Programing Microcontrollers in C / T. Van Sickle. - 2nd edition Newnes, 2001
- Silva Suárez, Manuel. Las redes de Petri : en la automática y la informática / Manuel Silva . - 1a ed. 1985, 1a reimp. 2002  
Madrid : Editorial AC, 2002