



# Grado en Ingeniería Eléctrica 29641 - Sistemas electrónicos digitales

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 6.0

---

## Información básica

---

### Profesores

- Luis Ángel Barragán Pérez barragan@unizar.es

### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Se recomienda haber cursado con anterioridad de forma satisfactoria las asignaturas: “Fundamentos de Electrónica” y “Electrónica de Potencia”.

El estudio y trabajo continuado, desde el primer día del curso, son fundamentales para superar con el máximo aprovechamiento la asignatura. Asimismo, se aconseja al alumno seguir la asignatura de forma presencial, asistiendo y participando activamente en las clases con el profesor, tanto teóricas como prácticas.

Para avanzar, 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.

### Actividades y fechas clave de la asignatura

La asignatura Sistemas Electrónicos Digitales se imparte en el 7º semestre del grado, es decir, primer semestre del cuarto curso de la titulación.

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). Las fechas de los exámenes de las convocatorias oficiales las fija la dirección 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://moodle2.unizar.es>. Para acceder a esta web el estudiante debe estar matriculado.

A título orientativo:

- Cada semana se tienen 3h de clases en aula dedicadas a teoría y resolución de problemas o casos prácticos.
  - Cada dos semanas el estudiante realizará una práctica de laboratorio.
- 

## Inicio

---

## Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:** Conoce los bloques electrónicos digitales habituales y es capaz de combinarlos y utilizarlos.
- 2:** Identifica y comprende la estructura y funcionamiento básico de FPGAs y microcontroladores como las tecnologías de implementación más útiles en aplicaciones industriales.
- 3:** Diseña sistemas electrónicos digitales basados en FPGAs utilizando el lenguaje de descripción de hardware VHDL.
- 4:** Diseña sistemas electrónicos digitales basados en microcontroladores y los programa en lenguaje C.  
  
Utiliza con soltura las herramientas de desarrollo de sistemas electrónicos basados en FPGAs y microcontroladores.
- 5:** Conoce las técnicas de conexión de periféricos básicos.
- 6:** Conoce las características y limitaciones introducidas en la digitalización de señales.
- 7:** Utiliza con soltura la codificación y aritmética binaria.
- 8:** Selecciona y aplica sistemas electrónicos digitales orientados al control de convertidores electrónicos de potencia aplicados a sistemas eléctricos y mecatrónicos sencillos.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Sistemas Electrónicos Digitales es una asignatura optativa de nueva creación para el Grado en Ingeniería Eléctrica y el Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales (Mecatrónica) con vinculación.

Es una asignatura de 6 créditos ECTS, que equivalen a 150 horas totales de trabajo, correspondientes a 60 horas presenciales (clases de teoría, problemas, laboratorio...) y 90 no presenciales (resolución de ejercicios, estudio...).

Esta asignatura proporciona los conocimientos y las habilidades básicos relacionados con el diseño e implementación de sistemas electrónicos digitales aplicados a sistemas eléctricos y mecatrónicos.

---

## 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 alumno en los fundamentos del diseño de sistemas electrónicos digitales basados en FPGAs y microcontroladores, para controlar sistemas eléctricos y mecatrónicos sencillos: control de motores de continua, servos, motores paso a paso; y procesar digitalmente la información obtenida de sensores.

Se pretende conseguir capacidad de análisis y de diseño de sistemas electrónicos basados en FPGAs y micros. El estudiante

será capaz de poner en marcha en el laboratorio sistemas electrónicos basados en FPGAs y microcontroladores que implementen algoritmos de control en tiempo discreto.

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

De acuerdo con lo indicado en la Introducción, esta asignatura se apoya en los conocimientos y habilidades adquiridos en las asignaturas “Fundamentos de electrónica” y “Electrónica de potencia” cursadas en cursos anteriores.

A partir de ahí, se profundiza en los conocimientos de electrónica digital, focalizándolos hacia el diseño de sistemas electrónicos digitales basados en FPGAs y microcontroladores. De esta forma se adquieren los conocimientos necesarios para diseñar dichos sistemas, orientado los ejemplos al control de sistemas eléctricos y mecatrónicos sencillos.

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

### **1:**

COMPETENCIAS GENÉRICAS:

1. Capacidad para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de Ingeniería Eléctrica (C1).
2. Capacidad para combinar los conocimientos básicos y los especializados de Ingeniería Eléctrica para generar propuestas innovadoras y competitivas en la actividad profesional (C3)
3. Capacidad de gestión de la información, manejo y aplicación de las especificaciones técnicas y la legislación necesarias para la práctica de la Ingeniería Eléctrica (C10)

### **2:**

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS:

1. Capacidad para aplicar los fundamentos de la electrónica (C22)
2. Conocimiento de los fundamentos y aplicaciones de la electrónica digital y microprocesadores (C22)

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

Durante muchos años, las aplicaciones de la electrónica digital se limitaron a los sistemas informáticos. Hoy día, la tecnología digital tiene aplicación en un amplio rango de áreas además de la informática, y la mayoría de los sistemas eléctricos y mecatrónicos industriales incluyen microcontroladores o FPGAs para su control. Esta asignatura presenta la electrónica digital, desde los fundamentos, hasta su implementación en aplicaciones reales, a través de montajes en el laboratorio y el uso de herramientas de diseño asistido por ordenador.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

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

#### **1:**

La calificación de cada actividad será de 0 a 10 y se le asigna un peso para obtener la calificación global.

#### **1) Prácticas de Laboratorio (50 %)**

Se valorarán las prácticas de laboratorio y los posibles trabajos asociados. Se calificarán mediante observación del trabajo de los estudiantes en el laboratorio y mediante análisis del trabajo preparatorio previo y de los informes de prácticas elaborados por los estudiantes.

Calificación de 0 a 10 puntos, supondrá el 50 % de la calificación global del estudiante.

## 2) Examen escrito (50 %)

Se realizará un examen escrito individual compuesto por cuestiones teórico-prácticas tipo test o de respuesta corta y problemas, a realizar en las convocatorias oficiales. En el examen se podrán consultar los materiales del curso.

Calificación de 0 a 10 puntos, supondrá el 50% de la calificación global del estudiante.

### 2: PRUEBA GLOBAL (CONVOCATORIAS OFICIALES)

En las dos convocatorias oficiales se realizará la evaluación global del estudiante. En ambas fechas se realizarán las siguientes pruebas:

- Examen teórico-práctico: calificación CT de 0 a 10 puntos (50 %). Se valorará la corrección de las respuestas, los desarrollos, diseños y resultados numéricos.

- Examen de laboratorio: calificación de 0 a 10 puntos (50 %). De este examen estarán eximidos los estudiantes que hayan obtenido una calificación de prácticas durante el curso mayor o igual que 4 puntos. El examen consistirá en la implementación de circuitos digitales similares a los desarrollados durante el curso en las sesiones de prácticas de laboratorio. Se valorará la metodología de diseño, el funcionamiento del circuito y el manejo del instrumental y de las herramientas software del laboratorio.

La calificación global de prácticas CL será la máxima de la calificación de prácticas durante el curso y la calificación del examen de laboratorio. Si el estudiante ha obtenido una calificación CL mayor o igual que 4 puntos, la calificación global de la asignatura será  $(0.5 \times CL + 0.5 \times CT)$ . En otro caso, la calificación global será:  $\min(4, (0.5 \times CL + 0.5 \times CT))$ . La asignatura se supera con una calificación global de 5 puntos sobre 10.

---

## 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 tres niveles principales: clases de teoría, problemas y laboratorio, con creciente nivel de participación del estudiante.

- En las clases de teoría se expondrán las bases teóricas de los sistemas electrónicos digitales, ilustrándose con numerosos 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 y comprobará el funcionamiento de circuitos electrónicos digitales.

#### 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 magistral (45 horas presenciales).

1.1) Clases teóricas: Sesiones expositivas y explicativas de contenidos. Se presentarán los conceptos y fundamentos de los sistemas electrónicos digitales, ilustrándolos con ejemplos reales. Se fomentará la

participación del estudiante a través de preguntas y breves debates.

Los contenidos que se desarrollan son los siguientes:

- Tecnologías de implementación de circuitos digitales.
- Lenguaje de descripción de hardware VHDL.
- Metodología de diseño con dispositivos lógicos configurables (FPGAs).
- Descripción de circuitos digitales en VHDL.
- Microprocesadores, microcontroladores y DSPs.
- Metodología de diseño con microcontroladores.
- Microcontrolador MSP430. Arquitectura de la CPU y hardware básico: reset, interrupciones, módulo de relojes, bajo consumo, puertos y timers.
- Conversión D/A y A/D. Periférico ADC10 del MSP430.
- Implementación de sistemas LTI discretos en microcontroladores.
- Transmisión digital de datos. Periférico USCI del MSP430.

1.2) Clases de resolución de problemas: Se desarrollarán problemas y casos con la participación de los estudiantes, coordinados en todo momento con los contenidos teóricos. Se fomenta que el estudiante trabaje previamente los problemas.

## **2) Prácticas de laboratorio** (15 horas presenciales).

Consistirá en la implementación de circuitos digitales, donde se valorará la metodología de diseño, el funcionamiento del circuito, el manejo del instrumental y de las herramientas software del laboratorio. El estudiante dispondrá de un guión de cada práctica, que tendrá que preparar antes de su desarrollo en el laboratorio.

- Introducción a la placa de evaluación “Spartan-3 board” y a las herramientas de diseño de Xilinx.
- Descripción de contadores en VHDL e implementación en FPGA.
- Implementación en FPGA de un circuito que genera la señal PWM para el control de un servo.
- Implementación en FPGA de un circuito que mide la velocidad angular de un motor de continua.
- Implementación en un micro MSP430 de un voltímetro digital y de un termómetro digital.
- Implementación en un micro MSP430 de un oscilador digital.

El contenido del programa de prácticas abarca tanto el diseño en VHDL de sistemas digitales de complejidad media como el diseño de sistemas electrónicos basados en microcontrolador.

La placa en la cual se implementan los diseños en VHDL es la “Spartan-3 board” que incorpora una FPGA de Xilinx. El entorno de desarrollo que se utiliza para configurar la FPGA es el ISE WebPack de Xilinx.

El microcontrolador utilizado es un MSP430G2553 de Texas Instruments. La herramienta de desarrollo y depuración utilizada es el entorno de desarrollo integrado Code Composer Studio que incluye las herramientas de compilación y depuración necesarias para programar en C el micro de la placa de desarrollo “MSP430 LaunchPad”.

## **2: TRABAJO NO PRESENCIAL: 3.6 ECTS (90 horas)**

### **1) Trabajos docentes** (25 horas).

Se incluye en este apartado la elaboración del trabajo previo requerido en la preparación de las prácticas de laboratorio, así como la elaboración de los informes de las prácticas realizadas.

### **2) Estudio** (60 horas).

Se fomentará el trabajo continuo del estudiante mediante la distribución homogénea a lo largo del semestre de las diversas actividades de aprendizaje.

Periódicamente se propondrá al estudiante ejercicios y casos a desarrollar por su cuenta, algunos de los cuales se resolverán en las clases presenciales.

Las tutorías permiten una atención directa al estudiante, identificación de problemas de aprendizaje, orientación en la asignatura, atención a ejercicios y trabajos...

### **3) Pruebas de evaluación (5 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**

El calendario de la asignatura para sesiones presenciales de clases y prácticas está fijado por el Centro.

Las demás actividades relacionadas con el aprendizaje que se pueden realizar durante el curso se anunciarán con la adecuada antelación.

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

- Davies, John H.. MSP430 microcontroller basics / John H. Davies . Burlington, MA [etc] : Newnes, cop. 2008
- Electrónica digital : aplicaciones y problemas con VHDL / José Ignacio Artigas Maestre, Luis Ángel Barragán Pérez, Carlos Orrite Uruñuela, Isidro Urriza Parroqué Madrid [etc.] : Prentice Hall, D. L. 2002
- Floyd, Thomas L.. Fundamentos de sistemas digitales / Thomas L. Floyd ; traducción Vuelapluma ; revisión técnica Eduardo Barrera López de Turiso . - 9ª ed. Madrid [etc.] : Pearson Educación, D. L. 2006
- Martín del Brío, Bonifacio. Sistemas electrónicos basados en microprocesadores y microcontroladores / Bonifacio Martín del Brío . - 1ª ed. Zaragoza : Prensas Universitarias de Zaragoza, 1999
- Wakerly, John F.. Digital design principles and practices / John F. Wakerly. 4th ed. tenth impression India : Dorling Kindersley, [2013]