

## 60837 - Control digital con FPGA de etapas de potencia

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2022/23

**Asignatura:** 60837 - Control digital con FPGA de etapas de potencia

**Centro académico:** 110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura

**Titulación:** 532 - Máster Universitario en Ingeniería Industrial

**Créditos:** 6.0

**Curso:** 2

**Periodo de impartición:** Primer semestre

**Clase de asignatura:** Optativa

**Materia:**

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

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

En esta asignatura se pretende formar profesionales que conozcan las técnicas de implementación en FPGA, utilizando herramientas de síntesis de alto nivel (HLS), de algoritmos de control digital de etapas de potencia y que sean capaces de usarlas en aplicaciones reales. Para ello será necesario estudiar tres aspectos fundamentales: las técnicas de modulación y su implementación digital, para generar las señales de disparo de los dispositivos; la implementación en coma fija y coma flotante de reguladores lineales clásicos; y las técnicas de simulación en lazo cerrado de todo el sistema, incluyendo la parte digital y la analógica y de potencia, para verificar las prestaciones del control.

Estos planteamientos y objetivos están alineados con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, de la Agenda 2030 (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>) y determinadas metas concretas, de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia al estudiante para contribuir en cierta medida a su logro:

- **Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.**  
Meta 7.3. De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.
- **Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructuras.**  
Meta 9.4. De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas.

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

Esta asignatura forma parte de la especialidad "Sistemas Electrónicos" del máster y también está vinculada a la especialidad "Automatización".

Los conocimientos proporcionados por esta asignatura permiten abordar la implementación digital en FPGA del control o procesado digital necesario en sistemas que se estudian en otras asignaturas del máster, ya que la tendencia actual para controlar sistemas en tiempo real es la utilización de técnicas digitales.

### 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

Es recomendable tener conocimientos previos de diseño de circuitos digitales mediante metodologías y herramientas basadas en el uso del lenguaje VHDL, por ejemplo, haber cursado la asignatura optativa "Sistemas Electrónicos Digitales" del grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales.

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.

## 2. Competencias y resultados de aprendizaje

## 2.1. Competencias

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

### COMPETENCIAS BÁSICAS:

CB6. Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CB7. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB8. Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CB9. Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CB10. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

### COMPETENCIAS GENERALES

CG1. Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de: métodos matemáticos, analíticos y numéricos en la ingeniería, ingeniería eléctrica, ingeniería energética, ingeniería química, ingeniería mecánica, mecánica de medios continuos, electrónica industrial, automática, fabricación, materiales, métodos cuantitativos de gestión, informática industrial, urbanismo, infraestructuras, etc.

CG2. Proyectar, calcular y diseñar productos, procesos, instalaciones y plantas.

CG4. Realizar investigación, desarrollo e innovación en productos, procesos y métodos.

CG8. Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinares.

CG9. Ser capaz de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CG10. Saber comunicar las conclusiones, y los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG11. Poseer las habilidades de aprendizaje que permitan continuar estudiando de un modo autodirigido o autónomo.

CG12. Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

CM7. Capacidad para diseñar sistemas electrónicos y de instrumentación industrial.

## 2.2. Resultados de aprendizaje

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

Es capaz de especificar y analizar sistemas electrónicos complejos con bloques analógicos, digitales y de potencia.

Es capaz de concebir y desarrollar sistemas digitales avanzados basados en dispositivos programables, dispositivos lógicos configurables y circuitos integrados, con dominio de las herramientas de descripción de hardware.

Aplica los conocimientos adquiridos para seleccionar una FPGA para un diseño dado en función de sus recursos hardware.

Diseña en VHDL moduladores digitales para las diferentes etapas de potencia.

Diseña reguladores lineales digitales utilizando aritmética en coma fija y coma flotante con herramientas de síntesis de alto nivel (HLS).

Conoce las metodologías basadas en herramientas de síntesis de alto nivel para implementar diseños digitales complejos en FPGA.

Verifica funcionalmente el diseño mediante simulación en lazo cerrado del control digital y de la etapa de potencia.

## 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

Los conocimientos, aptitudes y habilidades adquiridos a través de esta asignatura, junto con los del resto del Máster, deben permitir al estudiante desarrollar las competencias anteriormente expuestas, así como desempeñar adecuadamente una labor profesional en el ámbito de la aplicación de técnicas digitales para el control de etapas de potencia, o abordar con garantías la realización de una tesis doctoral en el mencionado ámbito.

## 3. Evaluación

### 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

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

La asignatura se evaluará en la modalidad de **evaluación progresiva** mediante las siguientes actividades:

### **1 Examen global con cuestiones teórico prácticas**

Se realizará a final del curso una prueba con cuestiones y problemas relativas tanto a los contenidos teóricos como a las prácticas realizadas. En el examen se podrán consultar los materiales del curso.

Esta actividad se calificará de 0 a 10 puntos y supondrá el **50%** de la calificación del estudiante en la asignatura.

### **2 Evaluación de las prácticas de laboratorio**

Se evaluará el trabajo realizado en las sesiones de laboratorio pues se considera que el aprendizaje de esta materia está asociado a la experimentación práctica. Se evaluarán los siguientes aspectos relativos a la realización de las prácticas:

- Preparación previa de la práctica.
- Manejo de las herramientas de diseño electrónico.
- La autonomía de los estudiantes en el laboratorio.
- El funcionamiento del diseño en la FPGA.
- La participación de cada uno de los integrantes del grupo en cada trabajo.

Esta actividad se calificará de 0 a 10 puntos y supondrá el **30%** de calificación del estudiante en la asignatura.

### **3 Valoración de los trabajos docentes**

Se requerirá la elaboración de un informe de los trabajos docentes propuestos y de las prácticas. Se apreciará especialmente el grado de cumplimiento de las especificaciones y el desarrollo.

Esta actividad se calificará de 0 a 10 puntos y supondrá el **20%** de la calificación del estudiante en la asignatura.

La asignatura se supera con una calificación total mayor o igual que 5 puntos sobre 10.

### **Prueba global**

Aquellos alumnos que opten por no realizar el procedimiento de evaluación progresiva, serán evaluados mediante una única prueba global al final del curso, consistente en un examen teórico-práctico a realizar en la fecha indicada por el calendario académico de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura.

## **4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos**

### **4.1. 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 participación del estudiante.

- En las clases de teoría se expondrán las bases teóricas del diseño digital con FPGA para aplicaciones de potencia.
- En las clases de problemas se desarrollarán problemas y diseños representativos con la participación de los estudiantes.
- Se realizarán prácticas de laboratorio en grupos reducidos en las que se realizarán diseños digitales en VHDL y utilizando herramientas de síntesis de alto nivel, se simularán y se probarán en una placa de desarrollo con FPGA.

### **4.2. Actividades de aprendizaje**

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

#### **Clase magistral (20 horas aproximadamente)**

Sesiones expositivas y explicativas de contenidos, siempre acompañadas de ejemplos. Se presentarán los conceptos importantes y novedosos del diseño, simulación e implementación de controladores digitales en FPGAs utilizando herramientas de síntesis de alto nivel (HLS). Los materiales que se expondrán en las clases magistrales estarán a disposición de los alumnos a través del Anillo Digital Docente.

#### **Resolución de problemas y casos (10 horas aproximadamente)**

En esta actividad se resolverá un conjunto de problemas representativos. Los enunciados de los problemas que se resolverán en las clases magistrales estarán a disposición de los alumnos a través del Anillo Digital Docente.

#### **Prácticas de laboratorio (18 horas aproximadamente)**

Las prácticas están estructuradas en 6 sesiones de 3 horas cada una. Es necesario realizar el trabajo previo asociado a cada práctica. Los enunciados de las prácticas estarán a disposición de los alumnos a en el Anillo Digital Docente.

#### **Estudio (96 horas aproximadamente)**

Esta actividad comprende tanto el estudio personal encaminado a lograr el seguimiento adecuado de la asignatura, la realización preparación de las prácticas y trabajos propuestos en clase, la preparación del examen y las tutorías.

### Pruebas de evaluación (36 horas)

La actividad de evaluación comprende la realización del examen y su revisión.

### 4.3. Programa

**El programa por temas que se propone para alcanzar los resultados de aprendizaje previstos es el siguiente:**

- T0. Presentación e introducción a la asignatura.
- T1. Diseño con FPGA para etapas de potencia.
- T2: Operaciones aritméticas en VHDL.
- T3: Generación digital de señales de disparo.
- T4: Diseño e implementación en HLS de reguladores digitales.
- T5: Simulación en VHDL/C de etapas de potencia.

Se realizarán 6 sesiones de prácticas de laboratorio para aplicar los temas de la asignatura a diseños reales.

### 4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

#### Calendario de sesiones teórico-prácticas 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). El resto de actividades se planificará en función del número de alumnos y se dará a conocer con la suficiente antelación.

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 página web del centro).

A título orientativo:

- **Clases teoría y problemas:** cada semana hay programadas clases de teoría y/o problemas en el aula.
- **Sesiones prácticas:** el estudiante realizará 6 sesiones prácticas de 3 horas de laboratorio y entregará trabajos asociados a las mismas.
- **Entrega de trabajos:** se informará adecuadamente en clase de las fechas y condiciones de entrega.
- **Examen:** habrá un examen de 1ª convocatoria y otro de 2ª convocatoria en las fechas concretas que indique el centro.

### 4.5. Bibliografía y recursos recomendados

Materiales bibliográficos recomendados se encuentran en la página web de la biblioteca.

<http://psfunizar10.unizar.es/br13/egAsignaturas.php?codigo=60837>

Materiales docentes básicos disponibles en <http://moodle.unizar.es>

- Transparencias de la asignatura: son considerados los apuntes de la asignatura.
- Enunciados de problemas y guiones de prácticas.
- Materiales docentes complementarios: conjunto de materiales de utilidad para la asignatura: manuales de la placa de FPGA, hojas de características de componentes, etc