



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Electrónica digital

|                     |   |           |       |              |
|---------------------|---|-----------|-------|--------------|
| Asignatura          | Electrónica digital   |           |       |              |
| Código              | V05G300V01402   |           |       |              |
| Titulación          | Grado en<br>Ingeniería de<br>Tecnologías de<br>Telecomunicación   |           |       |              |
| Descriptor          | Creditos ECTS   | Selección | Curso | Cuatrimestre |
|                     | 6   | OB        | 2     | 2c           |
| Lengua              | Castellano  |           |       |              |
| Impartición         |   |           |       |              |
| Departamento        | Tecnología electrónica  |           |       |              |
| Coordinador/a       | Machado Domínguez, Fernando   |           |       |              |
| Profesorado         | Álvarez Ruíz de Ojeda, Luís Jacobo<br>López Sánchez, Óscar<br>Machado Domínguez, Fernando<br>Moure Rodríguez, María José<br>Pérez López, Serafín Alfonso<br>Raña García, Herminio José  |           |       |              |
| Correo-e            | fmachado@uvigo.es   |           |       |              |
| Web                 | <a href="http://fatic.uvigo.es">http://fatic.uvigo.es</a>   |           |       |              |
| Descripción general | Esta asignatura, tiene como principal objetivo que los alumnos aprendan tanto los conceptos teóricos básicos como los circuitos electrónicos asociados con el análisis y el diseño de los circuitos y sistemas electrónicos digitales. Para ello se estudian en primer lugar los elementos básicos que componen los diferentes circuitos digitales y su representación gráfica. A continuación se analizan los circuitos combinatoriales y secuenciales de aplicación general, sus esquemas y símbolos lógicos y los métodos de descripción y simulación basados en los lenguajes de descripción hardware (HDL) que utilizan el paradigma de jerarquía de arriba hacia abajo (top-down), es decir, desde la descripción en alto nivel a la síntesis y posterior realización física del sistema. |           |       |              |

## Competencias de titulación

|        |   |
|--------|---|
| Código |   |
| A23    | CE14/T9 Capacidad de análisis y diseño de circuitos combinatoriales y secuenciales, síncronos y asíncronos, y de utilización de microprocesadores y circuitos integrados. |
| A24    | CE15/T10 Conocimiento y aplicación de los fundamentos de lenguajes de descripción de dispositivos de hardware.  |
| B4     | CG13 Capacidad para manejar herramientas software que apoyen a resolución de problemas en enseñanza.  |
| B5     | CG14 Capacidad para utilizar herramientas informáticas de procura de recursos bibliográficos ou de información.   |

## Competencias de materia

| Resultados previstos en la materia   | Resultados de Formación y Aprendizaje |
|--|---------------------------------------|
| Conocimiento de los conceptos, componentes y herramientas básicas del diseño digital.                                | A23                                   |
| Capacidad de análisis y diseño de sistemas combinatoriales.  | A23                                   |
| Conocimiento de los bloques lógicos combinatoriales básicos y sus aplicaciones.                                      | A23                                   |
| Conocimiento de los elementos básicos de almacenamiento, los bloques secuenciales básicos y sus aplicaciones.        | A23                                   |
| Capacidad de análisis y diseño de sistemas secuenciales síncronos.   | A23                                   |
| Conocimiento de los métodos de descripción y simulación basados en los lenguajes de descripción hardware (HDL).      | A24                                   |
| Capacidad de utilización de herramientas informáticas de descripción y simulación de sistemas digitales.             | B4                                    |
| Capacidad de búsqueda e interpretación de hojas características de puertas lógicas, bloques funcionales y circuitos. | B5                                    |

## Contenidos

|   |   |
|---|---|
| Tema  |   |
| Tema 1: Introducción a la Electrónica Digital   | Introducción a la Electrónica Digital. Sistemas de numeración y códigos digitales. Álgebra de Boole. Tablas de verdad. Puertas lógicas. Simplificación de las funciones lógicas.  |
| Tema 2: Introducción al VHDL  | Introducción a los lenguajes de descripción hardware. Sintaxis básica VHDL. Tipos de datos y objetos. Operadores. Sentencias concurrentes y secuenciales. Instanciación de componentes.   |
| Tema 3: Sistemas combinacionales básicos  | Bloques funcionales. Tecnologías y tipos de salidas de los circuitos digitales. Decodificadores. Codificadores. Multiplexores. Demultiplexores. Ejemplos de aplicación. Descripción en VHDL.  |
| Tema 4: Matrices lógicas programables   | Introducción a los circuitos programables. Matrices PLA y PAL. Ejemplos de aplicación.  |
| Tema 5: Sistemas combinacionales aritméticos  | Comparadores. Detectores/Generadores de paridad. Circuitos aritméticos. Ejemplos de aplicación. Descripción en VHDL.  |
| Tema 6: Fundamentos de los sistemas secuenciales  | Definición y clasificación. Biestables asíncronos. Biestables síncronos. Descripción en VHDL.   |
| Tema 7: Sistemas secuenciales síncronos   | Teoría general. Contadores. Registros de desplazamiento. Bancos de registros. Ejemplos de aplicación. Descripción VHDL.   |
| Tema 8: Diseño de sistemas secuenciales síncronos   | Diseño de sistemas secuenciales síncronos. Ejemplos de aplicación. Descripción VHDL.  |
| Tema 9: Dispositivos lógicos programables   | Introducción a los PLDs. Ejemplos de aplicación.  |
| Tema 10: Unidades de memoria  | Clasificación. Memorias de acceso aleatorio activas y pasivas. Memorias de acceso aleatorio. Memorias de acceso secuencial. Memorias asociativas.   |
| PRÁCTICA 1. INTRODUCCIÓN A LA HERRAMIENTA ISE DE XILINX   | Diagrama de flujo general de la herramienta ISE. Descripción mediante esquemáticos. Realización de ejemplos.  |
| PRÁCTICA 2. INTRODUCCIÓN AL DISEÑO VHDL   | Descripción y síntesis de sistemas combinacionales en VHDL. Realización de ejemplos.  |
| PRÁCTICA 3. VERIFICACIÓN DE SISTEMAS DIGITALES MEDIANTE SIMULACIÓN FUNCIONAL  | Obtención de símbolos para esquemáticos. Instanciación de componentes. Definición de estímulos para simulación (□testbench□). Simulación funcional. Realización de ejemplos.  |
| PRÁCTICA 4. COMPILACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DIGITALES. VERIFICACIÓN DE SISTEMAS DIGITALES MEDIANTE SIMULACIÓN TEMPORAL | Arquitectura de los PLDs de la familia CoolRunner 2 de Xilinx. Compilación e implementación de sistemas digitales. Simulación temporal de sistemas digitales. Realización de ejemplos.  |
| PRÁCTICA 5. PRUEBA DE SISTEMAS DIGITALES EN LA PLACA DE DESARROLLO  | Placa de desarrollo □CoolRunner 2 starter kit□ basada en PLDs de Xilinx. Obtención del fichero de configuración. Tecnología y métodos de configuración de los PLDs de Xilinx. Programación del PLD. Comprobación del sistema digital implementado. Realización de ejemplos. |
| PRÁCTICA 6. CIRCUITOS COMBINACIONALES   | Diseño y realización de circuitos combinacionales mediante descripciones en VHDL con tablas de verdad, ecuaciones lógicas y de comportamiento.  |
| PRÁCTICA 7. CIRCUITOS ARITMÉTICOS   | Diseño y realización de circuitos aritméticos mediante descripciones en VHDL con tablas de verdad, ecuaciones lógicas y de comportamiento.  |
| PRÁCTICA 8. SISTEMAS ARITMÉTICOS  | Diseño y realización de un sistema aritmético con bloques funcionales aritméticos descritos en VHDL. Unidad aritmético lógica (ALU).  |
| PRÁCTICA 9. CIRCUITOS SECUENCIALES I  | Diseño y realización de circuitos secuenciales básicos (biestables, registros, contadores) mediante descripciones en VHDL.  |
| PRÁCTICA 10. CIRCUITOS SECUENCIALES II  | Diseño y realización de circuitos secuenciales básicos (contadores, registros de desplazamiento) mediante descripciones en VHDL. Diseño y realización de sistemas secuenciales síncronos de control (máquinas de estado) mediante descripciones en VHDL.                    |
| PRÁCTICA 11. MONTAJE Y CONEXIÓN DE COMPONENTES. INSTRUMENTACIÓN DIGITAL   | Analizador lógico. Conexión de pulsadores e interruptores externos. Circuitos antirrebotes. Conexión de LEDs y visualizadores de 7 segmentos externos. Análisis de funcionamiento de circuitos secuenciales básicos mediante el analizador lógico.                          |
| PRÁCTICA 12. SISTEMAS SECUENCIALES I  | Diseño y realización de un sistema secuencial con bloques funcionales descritos en VHDL. Control de un visualizador dinámico de 4 dígitos de 7 segmentos.   |
| PRÁCTICA 13. SISTEMAS SECUENCIALES II   | Diseño y realización de un sistema secuencial de complejidad media mediante descripciones en VHDL. Sistema de lectura de un teclado matricial.  |

### Planificación

|                            | Horas en clase | Horas fuera de clase | Horas totales |
|----------------------------|----------------|----------------------|---------------|
| Actividades introductorias | 1              | 1                    | 2             |
| Sesión magistral           | 13             | 21                   | 34            |

|   |    |    |    |
|---|----|----|----|
| Prácticas de laboratorio  | 26 | 26 | 52 |
| Resolución de problemas y/o ejercicios                          | 8  | 20 | 28 |
| Pruebas prácticas, de ejecución de tareas reales y/o simuladas. | 2  | 2  | 4  |
| Resolución de problemas y/o ejercicios                          | 6  | 24 | 30 |

\*Los datos que aparecen en la tabla de planificación son de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de alumnado

### Metodologías

|  | Descripción   |
|--|---|
| Actividades introductorias             | Toma de contacto y presentación de la asignatura. Presentación de las prácticas de laboratorio, de la instrumentación y de las herramientas informáticas que se van a utilizar.   |
| Sesión magistral                       | Exposición por parte del profesorado de los contenidos de la materia objeto de estudio y presentación de la bibliografía que debe utilizar el estudiante. Trabajo personal posterior del alumno para aprender los conceptos introducidos en el aula utilizando para ello la bibliografía propuesta. Identificación de posibles dudas que se resolverán en el aula o en tutorías personalizadas. En estas clases se trabajarán las competencias de la materia de tipología "saber" correspondientes a las competencias A23 y A24.  |
| Prácticas de laboratorio               | Actividades de aplicación de los conocimientos teóricos adquiridos. Aprendizaje del manejo de programas de diseño y simulación de circuitos que se realizarán en dispositivos digitales programables. Aprendizaje del manejo de la instrumentación típica de un laboratorio de electrónica digital y realización de montajes de circuitos electrónicos básicos descritos en las sesiones magistrales. Adquisición de habilidades de trabajo personal y en grupo para la preparación de las prácticas, utilizando la documentación disponible y los conceptos teóricos relacionados. Identificación de dudas que se resolverán en el laboratorio o en tutorías personalizadas. En estas clases se trabajarán las competencias de la materia de tipología "saber hacer" correspondientes a las competencias A24, B4 y B5. |
| Resolución de problemas y/o ejercicios | Actividad complementaria de las sesiones magistrales. En ella se formulan y resuelven problemas y ejercicios relacionados con la asignatura. Trabajo personal del alumno para resolver problemas y ejercicios propuestos en el aula así como otros extraídos de la bibliografía. Identificación de las dudas que se resolverán en el aula o en tutorías personalizadas. En estas clases se trabajarán las competencias de la materia de tipología "saber hacer" correspondientes a las competencias A23 y A24.  |

### Atención personalizada

| Metodologías                           | Descripción   |
|--|---|
| Sesión magistral                       | El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los estudiantes sobre el estudio de los contenidos de teoría, la resolución de problemas y ejercicios o el desarrollo de las prácticas de laboratorio. Los estudiantes tendrán la ocasión de acudir a tutorías personalizadas en el despacho del profesorado en el horario que se establecerá a principio de curso y que se publicará en la página web del centro. |
| Resolución de problemas y/o ejercicios | El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los estudiantes sobre el estudio de los contenidos de teoría, la resolución de problemas y ejercicios o el desarrollo de las prácticas de laboratorio. Los estudiantes tendrán la ocasión de acudir a tutorías personalizadas en el despacho del profesorado en el horario que se establecerá a principio de curso y que se publicará en la página web del centro. |
| Prácticas de laboratorio               | El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los estudiantes sobre el estudio de los contenidos de teoría, la resolución de problemas y ejercicios o el desarrollo de las prácticas de laboratorio. Los estudiantes tendrán la ocasión de acudir a tutorías personalizadas en el despacho del profesorado en el horario que se establecerá a principio de curso y que se publicará en la página web del centro. |

### Evaluación

|                          | Descripción  | Calificación |
|--------------------------|--|--------------|
| Prácticas de laboratorio | Se evaluarán las competencias adquiridas por el estudiante sobre los contenidos de las prácticas de laboratorio de la asignatura. La nota final de prácticas, NFP, estará comprendida entre 0 y 10 puntos. | 35           |
|                          | En estas prácticas se evaluarán las competencias A24, B4 y B5.   |              |

En estas pruebas se evaluarán las competencias A23 y A24.

## Otros comentarios sobre la Evaluación

### 1. Evaluación continua

Siguiendo las directrices propias de la titulación y los acuerdos de la comisión académica se ofrecerá a los alumnos que cursen esta asignatura un sistema de evaluación continua.

*Se entiende que los alumnos que realicen una prueba parcial de teoría o que asistan a 2 prácticas **optan por la evaluación continua** de la asignatura.*

La asignatura se divide en dos partes: teoría (65%) y práctica (35%). Las calificaciones de las tareas evaluables serán válidas sólo para el curso académico en el que se realicen.

#### 1.a. Teoría

Se realizarán 3 pruebas parciales de teoría (PT) debidamente programadas a lo largo del curso. Las dos primeras pruebas se realizarán en el horario de teoría al finalizar el tema 4 y el tema 7 (aproximadamente en las semanas 6 y 12). La tercera prueba se realizará el mismo día que el examen final que se celebrará en las fechas que establezca la dirección de la Escuela.

Cada prueba parcial constará de una serie de preguntas de respuesta corta y de resolución de problemas y/o ejercicios. Cada prueba se valorará de 0 a 10 y para superar la parte de teoría será necesario obtener al menos un 4 sobre 10 en cada una de ellas. La nota final de teoría (NFT) será:

$$\text{NFT} = 0,3 \cdot \text{PT1} + 0,3 \cdot \text{PT2} + 0,4 \cdot \text{PT3}$$

Las pruebas no son recuperables, es decir, que si un alumno no puede asistir el día en que estén programadas el profesor no tiene obligación de repetirlas. La nota de las pruebas a las que falte será de 0.

Si se ha obtenido menos de un 4 sobre 10 en alguna de las dos primeras pruebas parciales, el alumno podrá recuperar las partes no superadas el mismo día de la tercera prueba parcial de teoría.

#### 1.b. Práctica

Se realizarán 13 prácticas de laboratorio en sesiones de 2 horas y grupos de 2 alumnos. Las primeras cinco prácticas serán guiadas y en ellas se aprenderá el manejo de las herramientas que se utilizarán en el laboratorio y las etapas del diseño con dispositivos digitales programables. Estas cinco primeras prácticas son obligatorias pero no son puntuables. El resto de las prácticas se calificarán mediante la evaluación continua. Cada una de ellas se evaluará únicamente el día correspondiente a su realización según la planificación de prácticas y de acuerdo con el grupo de prácticas asignado por el centro a cada alumno.

Cada práctica tendrá varios apartados de manera que la realización de todos los apartados supondrá la consecución de la máxima nota de práctica (NP). Sólo se valorarán las prácticas 6 a 13 para la nota de prácticas. Cada una de ellas se valorará de 0 a 10 puntos. El peso de las prácticas 12 y 13 será el doble que el de las demás. La nota de las prácticas a las que el estudiante no asista será de 0. Para superar la parte de prácticas el alumno no podrá faltar a más de 2 sesiones. La nota final de prácticas (NFP) será:

$$\text{NFP} = (\text{NP6} + \text{NP7} + \text{NP8} + \text{NP9} + \text{NP10} + \text{NP11} + 2 \cdot \text{NP12} + 2 \cdot \text{NP13}) / 10$$

#### 1.c. Nota final de la asignatura

En la nota final (NF) la calificación de cada una de las dos partes de la asignatura, nota de teoría (NFT) y nota de prácticas (NFP), tendrán un peso del 65% y del 35% respectivamente. Para aprobar la asignatura será imprescindible haber superado la parte de teoría y la parte práctica, y haber obtenido un mínimo de 5 puntos sobre 10 en cada una de ellas. En este caso la calificación final será la suma ponderada de las notas de cada parte:

$$NF = (0,65 \cdot NFT + 0,35 \cdot NFP)$$

En el caso de no haber superado alguna de las dos partes ( $NFT < 5$  o  $NFP < 5$ ), o de no haber alcanzado el mínimo de 4 puntos en cada una de las pruebas parciales de teoría, o de haber faltado a más de 2 sesiones prácticas, la nota final será la suma ponderada de las notas de cada parte multiplicada por un factor de ajuste de 4,9/8,8:

$$NF = (0,65 \cdot NFT + 0,35 \cdot NFP) \cdot 4,9/8,8$$

## 2. Examen final

Los alumnos que no opten por la evaluación continua podrán presentarse a un examen final que constará de una parte teórica y otra práctica que se celebrarán en las fechas que establezca la dirección de la Escuela. Para presentarse a la parte práctica, el alumno debe apuntarse previamente siguiendo el procedimiento indicado por el profesor con suficiente antelación.

El examen teórico constará de una serie de preguntas de respuesta corta y de resolución de problemas y/o ejercicios. Esta prueba se valorará de 0 a 10 y la nota final de teoría (NFT) será la calificación obtenida.

El examen práctico consistirá en la resolución de ejercicios prácticos en el laboratorio, similares a los realizados en las prácticas durante el cuatrimestre. La prueba práctica se valorará de 0 a 10 y la nota final de prácticas (NFP) será la calificación obtenida.

Para aprobar la asignatura será imprescindible haber obtenido un mínimo de 5 puntos sobre 10 en cada uno de los exámenes. En este caso la calificación final será la suma ponderada de las notas de cada parte:

$$NF = (0,65 \cdot NFT + 0,35 \cdot NFP)$$

En el caso de no haber superado alguno de los exámenes ( $NFT < 5$  o  $NFP < 5$ ), la nota final será la suma ponderada de las notas de cada parte multiplicada por un factor de ajuste de 4,9/8,8:

$$NF = (0,65 \cdot NFT + 0,35 \cdot NFP) \cdot 4,9/8,8$$

## 3. Examen extraordinario

El examen extraordinario constará de una parte teórica y otra práctica, con el mismo formato que el examen final, que se celebrarán en las fechas que establezca la dirección de la Escuela. Para presentarse a la parte práctica, el alumno debe apuntarse previamente siguiendo el procedimiento indicado por el profesor con suficiente antelación.

A los alumnos que se presenten a este examen se les conservará la nota que hayan obtenido en la evaluación ordinaria (evaluación continua o examen final) en las partes a las que no se presenten, por lo que podrán realizar sólo la parte teórica, sólo la parte práctica o las dos. El cálculo de la nota final de la asignatura se realizará tal y como se explica en el apartado 2.

---

### Fuentes de información

Wakerly J. F., **Diseño Digital. Principios y prácticas**, 3ª,

S. Pérez, L. J. Álvarez, M.J. Moure, F. Machado, **Electrónica Digital**, Curso 2012-2013,

Wakerly J. F., **Digital Design. Principles and Practices**, 4ª,

E. Mandado, **Sistemas Electrónicos Digitales**, 9ª,

Thomas L. Floyd, **Fundamentos de Sistemas Digitales**, 9ª,

L.J. Álvarez, E. Mandado, M.D. Valdés, **Dispositivos Lógicos Programables y sus aplicaciones**, 1ª,

S. Pérez, E. Soto, S. Fernández, **Diseño de sistemas digitales con VHDL**,

L.J. Álvarez, **Diseño Digital con Lógica Programable**, 1ª,

---

### Recomendaciones

---

#### Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente

Informática: Arquitectura de ordenadores/V05G300V01103

Matemáticas: Álgebra lineal/V05G300V01104

---

