



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Codeseño Hardware/Software de Sistemas Empotrados

|                       |   |        |       |              |
|-----------------------|---|--------|-------|--------------|
| Materia               | Codeseño Hardware/Software de Sistemas Empotrados   |        |       |              |
| Código                | V05M145V01214   |        |       |              |
| Titulación            | Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación   |        |       |              |
| Descritores           | Creditos ECTS   | Sinale | Curso | Cuadrimestre |
|                       | 5   | OP     | 1     | 2c           |
| Lingua de impartición | Castelán<br>Galego<br>Inglés  |        |       |              |
| Departamento          |   |        |       |              |
| Coordinador/a         | Álvarez Ruiz de Ojeda, Luís Jacobo<br>Machado Domínguez, Fernando   |        |       |              |
| Profesorado           | Álvarez Ruiz de Ojeda, Luís Jacobo  |        |       |              |
| Correo-e              | fmachado@uvigo.es<br>jalvarez@uvigo.es  |        |       |              |
| Web                   | <a href="http://moovi.uvigo.gal">http://moovi.uvigo.gal</a>   |        |       |              |
| Descrición xeral      | <p>A materia impártese e avalíase en inglés.<br/>A documentación da materia atópase en inglés.<br/>Os obxectivos que se perseguen con esta materia son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coñecer os métodos de codeseño de aplicacións baseadas en microprocesadores encaixados en FPGAs.</li> <li>- Coñecer os microprocesadores que se poden implementar nas FPGAs comerciais.</li> <li>- Manexar as ferramentas "software" necesarias para o desenvolvemento de aplicacións encaixadas mediante FPGAs.</li> <li>- Diseñar periféricos de aplicación específica e a súa conexión aos buses dos microprocesadores encaixados.</li> <li>- Realizar sistemas dixitais de aplicación real con microprocesadores encaixados en FPGAs.</li> </ul> |        |       |              |

## Resultados de Formación e Aprendizaxe

|        |  |  |
|--------|--|--|
| Código |  |  |
| A5     | CB5 Que os estudantes posúan as habilidades de aprendizaxe que lles permitan continuar estudando dun xeito que terá que ser, en grande medida, autodirixido e autónomo.  |  |
| B1     | CG1 Capacidade para proxectar, calcular e deseñar produtos, procesos e instalacións en todos os ámbitos da enxeñaría de telecomunicación.  |  |
| B8     | CG8 Capacidade para a aplicación dos coñecementos adquiridos e resolver problemas en ámbitos novos ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos e multidisciplinares, sendo capaces de integrar coñecementos.  |  |
| C11    | CE11 Coñecemento das linguaxes de descrición hardware para circuitos de alta complexidade.   |  |
| C12    | CE12 Capacidade para utilizar dispositivos lóxicos programables, así como para deseñar sistemas electrónicos avanzados, tanto analóxicos coma dixitais. Capacidade para deseñar compoñentes de comunicacións como por exemplo encamiñadores, conmutadores, concentradores, emisores e receptores en diferentes bandas. |  |

## Resultados previstos na materia

|  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| Resultados previstos na materia  | Resultados de Formación e Aprendizaxe |
| Coñecer os métodos de codeseño de aplicacións baseadas en microprocesadores encaixados en FPGAs. | A5<br>C11<br>C12                      |
| Coñecer os microprocesadores que se poden implementar nas FPGAs comerciais.                      | A5<br>C11<br>C12                      |

|   |                              |
|---|------------------------------|
| Manexar as ferramentas software necesarias para o desenvolvemento de aplicacións encaixadas mediante FPGAs. | A5<br>C11<br>C12             |
| Deseñar periféricos de aplicación específica e a súa conexión aos buses dos microprocesadores encaixados.   | A5<br>B1<br>B8<br>C11<br>C12 |
| Realizar sistemas dixitais de aplicación real con microprocesadores encaixados en FPGAs.                    | A5<br>B1<br>B8<br>C11<br>C12 |

## Contidos

| Tema  |  |
|---|--|
| TEMA 1 TEORÍA. INTRODUCCIÓN AO DESEÑO DE SISTEMAS ENCAIXADOS. (1 h.)                                | 1.1. Introducción.<br>1.2. Sistemas nun Circuito Programable (PSOC).<br>1.3. Codeseño "hardware"/"software". Fases do codeseño.<br>1.4. Introducción a familia de circuitos SOC Zynq de Xilinx.<br>1.5. Ferramentas Vivado e SDK de Xilinx para codeseño de sistemas encaixados. |
| TEMA 2 TEORÍA. MICROPROCESADOR DOS SOCs DA FAMILIA ZYNQ DE XILINX. (0,5 h.)                         | 2.1. Procesador ARM da familia de circuitos SOC Zynq (Zynq Processing System (PS) ).<br>2.2. Periféricos do procesador da familia de circuitos SOC Zynq<br>2.3. Reloxo, reset e depuración do procesador.<br>2.4. Interface AXI.   |
| TEMA 3 TEORÍA. FPGA DOS SOCs DA FAMILIA ZYNQ DE XILINX. (0,5 h.)                                    | 3.1. Introducción a serie 7 de FPGAs de Xilinx.<br>3.1.1. Recursos lóxicos.<br>3.1.2. Recursos de entrada/saída.<br>3.1.3. Recursos de memoria e de procesado de sinal.<br>3.1.4. Convertedor analóxico/dixital.<br>3.1.5. Recursos de relxo.                                    |
| TEMA 4 TEORÍA. CONEXIÓN DE CIRCUÍTOS PERIFÉRICOS AO MICROPROCESADOR ARM DE XILINX. (1 h.)           | 4.1.- Introducción.<br>4.2.- Interface para periféricos básicos. GPIO.<br>4.3.- Interface para periféricos avanzados. IPIF.<br>4.4.- Interface para coprocesadores de usuario.   |
| TEMA 5 TEORÍA. DESENVOLVEMENTO DE SOFTWARE PARA O MICROPROCESADOR ARM DE XILINX. (1 h.)             | 5.1.- Introducción.<br>5.2.- Estrutura das rutinas de manexo de periféricos.<br>5.3.- Manexo de interrupcións.<br>5.4.- Depuración do programa.  |
| TEMA 6 TEORÍA. PARTICIONADO "HARDWARE / SOFTWARE". (1 h.)   | 6.1.- Introducción.<br>6.2.- Exemplos de codeseño "hardware" / "software".<br>6.3.- Reparto de funcións entre "hardware" e "software".   |
| TEMA 7 TEORÍA. TRABALLO DE ANÁLISE DE SISTEMAS ENCAIXADOS. (5 h.)                                   | 7.1. Deseño dunha rutina software para realizar a función asignada.<br>7.2. Deseño dun periférico hardware (coprocesador) para realizar a función asignada.<br>7.3. Análise de prestacións dla rutina software e do periférico hardware. Comparación de resultados.              |
| TEMA 1 LABORATORIO. CONTORNA VIVADO DE XILINX PARA O DESEÑO DE SISTEMAS ENCAIXADOS. (1,5 h.)        | 1.1. Introducción.<br>1.2. Contorna Vivado de Xilinx.<br>1.3. Realización de exemplos básicos de sistemas encaixados.<br>1.3.1. Adición de periféricos predefinidos (□IP cores□).<br>1.4. Implementación dos sistemas desenvolvidos en placas de avaliación de Digilent.         |
| TEMA 2 LABORATORIO. REALIZACIÓN DE CIRCUÍTOS PERIFÉRICOS BÁSICOS. (2 h.)                            | 2.1. Introducción.<br>2.2. Desenvolvemento de periféricos de usuario básicos. GPIO.  |
| TEMA 3 LABORATORIO. REALIZACIÓN DE CIRCUÍTOS PERIFÉRICOS AVANZADOS. (1,5 h.)                        | 3.1. Introducción.<br>3.2. Desenvolvemento de periféricos de usuario avanzados (□Custom IP□).  |
| TEMA 4 LABORATORIO. CONTORNA SDK DE XILINX PARA O DESEÑO DE SOFTWARE DE SISTEMAS ENCAIXADOS. (1 h.) | 4.1. Introducción.<br>4.2. Contorna □Software Development Kit□ (SDK) de Xilinx.<br>4.3. Realización de exemplos básicos.   |
| TEMA 5 LABORATORIO. DEPURACIÓN SOFTWARE DE APLICACIÓN ENCAIXADAS. (1 h.)                            | 5.1. Introducción.<br>5.2. Depuración de software nos sistemas encaixados mediante o depurador □GNU Debugger□ desde SDK.   |

|   |   |
|---|---|
| TEMA 6 LABORATORIO. VERIFICACIÓN HARDWARE DE APLICACIÓN ENCAIXADAS. (1,5 h.)  | 6.1. Introducción.<br>6.2. Verificación de hardware nos sistemas encaixados mediante o analizador hardware de Vivado. |
| TEMA 7 LABORATORIO. ANÁLISE DE PRESTACIÓN DE SISTEMAS ENCAIXADOS. (1,5 h.)  | 7.1. Introducción.<br>7.2. Analizador de prestación ("software profiler").  |
| TEMA 8 LABORATORIO. TRABALLOS DE DESEÑO DE APLICACIÓN BASEADAS EN MICROPROCESADORES ENCAIXADOS DE 32 BITS DE XILINX. (10 h.: 5 h. tipo B + 5 h. tipo C) | 8.1. Realización e verificación da aplicación asignada.   |

### Planificación

|                          | Horas na aula | Horas fóra da aula | Horas totais |
|--------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Lección maxistral        | 5             | 10                 | 15           |
| Resolución de problemas  | 5             | 20                 | 25           |
| Prácticas de laboratorio | 10            | 10                 | 20           |
| Traballo tutelado        | 9             | 48                 | 57           |
| Presentación             | 1             | 7                  | 8            |

\*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientador, considerando a heteroxeneidade do alumnado.

### Metodoloxía docente

|                          | Descrición  |
|--------------------------|---|
| Lección maxistral        | Exposición dos principais contidos teóricos da materia con axuda de medios audiovisuais.<br><br>Con esta metodoloxía desenvólvense as competencias C11 e C12.   |
| Resolución de problemas  | Aprendizaxe baseada en problemas (ABP): Resolución de problemas de deseño de circuitos sintetizables en VHDL e programas en C propostos polo profesor.<br><br>Con esta metodoloxía desenvólvense as competencias A5, B1, B8, C11 e C12.   |
| Prácticas de laboratorio | Nestas prácticas plantearase o desenvolvemento de prácticas guiadas de realización de circuitos e programas.<br>Software empregado: Vivado Design Suite de Xilinx.<br><br>Con esta metodoloxía desenvólvense as competencias A5, B8, C11 e C12.   |
| Traballo tutelado        | Ensinanza baseada en proxectos de aprendizaxe: Proponse aos alumnos a realización dun proxecto de deseño dun sistema encaixado para resolver un problema plantexado polo profesor mediante a planificación, deseño e realización das actividades necesarias.<br><br>Con esta metodoloxía desenvólvense as competencias A5, B1, B8, C11 e C12. |
| Presentación             | Exposición dos resultados do proxecto realizado.<br><br>Con esta metodoloxía desenvólvense as competencias A5, C11 e C12.   |

### Atención personalizada

| Metodoloxías             | Descrición  |
|--------------------------|---|
| Lección maxistral        | Nas clases atenderanse as dúbidas dos alumnos. Ademais, os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas no despacho dos profesores da materia no horario que se pode consultar a través da Secretaría Virtual ou en <a href="https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/luis-jacobo-alvarez-ruiz-ojeda">https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/luis-jacobo-alvarez-ruiz-ojeda</a> |
| Prácticas de laboratorio | Nas clases atenderanse as dúbidas dos alumnos. Ademais, os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas no despacho dos profesores da materia no horario que se pode consultar a través da Secretaría Virtual ou en <a href="https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/luis-jacobo-alvarez-ruiz-ojeda">https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/luis-jacobo-alvarez-ruiz-ojeda</a> |
| Resolución de problemas  | Nas clases atenderanse as dúbidas dos alumnos. Ademais, os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas no despacho dos profesores da materia no horario que se pode consultar a través da Secretaría Virtual ou en <a href="https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/luis-jacobo-alvarez-ruiz-ojeda">https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/luis-jacobo-alvarez-ruiz-ojeda</a> |
| Traballo tutelado        | Nas clases atenderanse as dúbidas dos alumnos. Ademais, os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas no despacho dos profesores da materia no horario que se pode consultar a través da Secretaría Virtual ou en <a href="https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/luis-jacobo-alvarez-ruiz-ojeda">https://www.uvigo.gal/es/universidad/administracion-personal/pdi/luis-jacobo-alvarez-ruiz-ojeda</a> |

### Avaliación

| Descrición               | Cualificación | Resultados de Formación e Aprendizaxe |
|--------------------------|---------------|---------------------------------------|
| Resolución de problemas  | 25            | A5 B1 C11 B8 C12                      |
| Prácticas de laboratorio | 25            | A5 B8 C11 C12                         |
| Traballo tutelado        | 40            | A5 B1 C11 B8 C12                      |
| Presentación             | 10            | A5 C11 C12                            |

### Outros comentarios sobre a Avaliación

A cualificación final exprésase de forma numérica entre 0 e 10, segundo a lexislación vixente (Real Decreto 1125/2003 de 5 de Setembro; BOE 18 de setembro).

Seguindo as directrices propias da titulación ofrecerase aos alumnos que cursen esta materia dous sistemas de avaliación: avaliación continua e avaliación global. Os alumnos deben elixir ao inicio da materia se desexan seguir a avaliación continua ou prefiren presentarse a avaliación global ao final do cuadrimestre. Os alumnos que opten por avaliación global deberán comunicalo por escrito ao coordinador da materia no prazo dun mes dende o inicio do cuadrimestre.

#### AVALIACIÓN CONTINUA EN OPORTUNIDADE ORDINARIA

Os alumnos que opten por avaliación continua, pero non aproben a materia mediante esta modalidade, deberán realizar a avaliación global na oportunidade extraordinaria.

As distintas tarefas deben entregarse na data especificada polo profesor. Se non é así, non serán cualificadas para a avaliación continua.

Se o número de alumnos o permite, os alumnos realizarán os exercicios teóricos, as prácticas de laboratorio e os traballos de laboratorio preferentemente de maneira individual. No caso de realizarse en grupos de dous alumnos a cualificación será a mesma para ambos.

Se se segue a materia de forma continua, pódese faltar como máximo a 2 sesións de calquera tipo. Se se faltou a máis de 2 sesións, será obrigatorio realizar un traballo individual adicional ou un exame.

##### 1) Prácticas de laboratorio.

Cada práctica puntuarase sobre 10. Logo ponderarase a súa influencia na nota total da materia en función do número de horas asignado a cada tema práctico. É dicir, a nota das prácticas, obtense da forma seguinte:

$$PL = \text{Nota Tema 1L} + \dots + \text{Nota Tema 7L}$$

##### 2) Exercicios teóricos e problemas.

Avaliarase cada un dos exercicios e problemas plantexados nas sesións de teoría. Cada exercicio puntuarase sobre 10. Logo ponderarase a súa influencia na nota total da materia en función da dificultade e da lonxitude do exercicio.

O exercicio principal consiste na realización dunha rutina software e un periférico hardware para realizar a función asignada a cada alumno e comparar as prestacións de ambos, en canto a tempo de execución e recursos lóxicos utilizados. O contido correspóndese co tema 7 de teoría. Será necesario ensinar o profesor o funcionamento de cada un dos circuítos e programas. Será necesario entregar una memoria breve explicando o traballo realizado.

A nota total será a suma das notas de cada un dos exercicios:

$$ET = \text{Exercicio 1} + \dots + \text{Exercicio N}$$

### 3) Trabajo tutelado.

Trabajo de diseño dun sistema encaixado. Avaliarase o correcto funcionamento dos circuitos e programas desenrolados. O traballo práctico puntuarase sobre 10.

### 4) Presentación.

Exposición oral do traballo realizado. A presentación puntuarase sobre 10.

En caso de superar os exercicios teóricos (ET), as prácticas de laboratorio (PL) e o traballo autónomo (TA), é dicir, que a nota de cada parte  $\geq 5$ , a cualificación final (NF) será a suma ponderada das notas de cada parte da materia:

$$NF = 0,25 * ET + 0,25 * PL + 0,40 * TA + 0,10 * PO$$

En caso de non superar algunha do tres probas (nota dalgunha proba  $< 5$ ), a cualificación final (NF) será:

$$NF = \text{mínimo} [4,9; (0,25 * ET + 0,25 * PL + 0,40 * TA + 0,10 * PO) ]$$

Sendo:

ET = Nota conxunta dos exercicios e problemas teóricos.

PL = Nota conxunta das prácticas de laboratorio.

TA = Trabajo Autónomo práctico.

PO = Presentación Oral.

## **AVALIACIÓN GLOBAL (oportunidade ordinaria e extraordinaria) E CONVOCATORIA DE FIN DE CARREIRA**

Os alumnos que opten pola avaliación global en oportunidade ordinaria ou non aproben a materia e teñan que presentarse a avaliación global en oportunidade extraordinaria, deberán realizar un exame que se dividirá en dúas partes: unha teórica e unha práctica.

A parte teórica consistirá no deseño dun periférico cunha determinada funcionalidade que dispoña dun interface AXI-Lite, que permita a súa conexión a un Microprocesador. A puntuación será sobre 10 e a súa ponderación na nota final será do 40%.

A parte práctica consistirá no deseño dun sistema encaixado cos periféricos necesarios para realizar unha determinada tarefa. A puntuación será sobre 10 e a súa ponderación na nota final será do 60%.

En caso de superar cada unha das partes, e dicir, que a nota de cada parte  $\geq 5$ , a cualificación final (NF) será a suma ponderada de ambas notas:

$$NF = 0,40 * ET + 0,60 * EP$$

En caso de non superar algunha das partes (nota  $< 5$ ), a cualificación final (NF) será:

$$NF = \text{mínimo} [4,9; (0,40 * ET + 0,60 * EP)]$$

Sendo:

ET = Nota deseño periférico AXI.

EP = Nota deseño sistema encaixado.

En caso de detección de copia en calquera das probas, a cualificación final será de SUSPENSO (0) e o feito será comunicado á dirección do Centro para os efectos oportunos.

---

### **Bibliografía. Fontes de información**

#### **Bibliografía Básica**

ÁLVAREZ RUIZ DE OJEDA, L.J., POZA GONZÁLEZ, F., **Diseño de aplicaciones empotradas de 32 bits en FPGAs con Xilinx EDK 10.1 para Microblaze y Power-PC**, Vision Libros,

#### **Bibliografía Complementaria**

ÁLVAREZ RUIZ DE OJEDA, L.J., **Diseño Digital con FPGAs**, Vision Libros,

---

### **Recomendacións**

---

### **Materias que se recomenda cursar simultaneamente**

