



## 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	Galego Inglés			
Departamento	Tecnoloxía electrónica			
Coordinador/a	Poza González, Francisco			
Profesorado	Álvarez Ruiz de Ojeda, Luís Jacobo Poza González, Francisco			
Correo-e	fpoza@uvigo.es			
Web	<a href="http://www.faitic.uvigo.es">http://www.faitic.uvigo.es</a>			
Descrición xeral	<p>A documentación da materia atópase en inglés.                  A metade das horas presenciais da materia impartirse en inglés, a outra metade en galego.                  Os obxectivos que se perseguen con esta materia son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Coñecer os métodos de codeseño de aplicacións baseadas en microprocesadores encaixados en FPGAs.</li> <li><input type="checkbox"/> Coñecer os microprocesadores que se poden implementar nas FPGAs comerciais.</li> <li><input type="checkbox"/> Manexar as ferramentas [software] necesarias para o desenvolvemento de aplicacións encaixadas mediante FPGAs.</li> <li><input type="checkbox"/> Diseñar periféricos de aplicación específica e a súa conexión aos buses dos microprocesadores encaixados.</li> <li><input type="checkbox"/> Realizar sistemas dixitais de aplicación real con microprocesadores encaixados en FPGAs.</li> </ul>			

## Competencias

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 de aprendizaxe

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

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

## Contidos

Tema	
TEMA 1 TEORÍA. INTRODUCCIÓN AO DESEÑO DE SISTEMAS ENCAIXADOS. (1 h.)	1.1. Introducción. 1.2. Sistemas nun Circuito Programable (PSOC). 1.3. Codeseño "hardware"/"software". Fases do codeseño. 1.4. Introducción a familia de circuitos SOC Zynq de Xilinx. 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) ). 2.2. Periféricos do procesador da familia de circuitos SOC Zynq 2.3. Reloxo, reset e depuración do procesador. 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. 3.1.1. Recursos lóxicos. 3.1.2. Recursos de entrada/saída. 3.1.3. Recursos de memoria e de procesado de sinal. 3.1.4. Convertedor analóxico/dixital. 3.1.5. Recursos de relxo.
TEMA 4 TEORÍA. CONEXIÓN DE CIRCUÍTOS PERIFÉRICOS AO MICROPROCESADOR ARM DE XILINX. (1 h.)	4.1.- Introducción. 4.2.- Interface para periféricos básicos. GPIO. 4.3.- Interface para periféricos avanzados. IPIF. 4.4.- Interface para coprocesadores de usuario.
TEMA 5 TEORÍA. DESENVOLVEMENTO DE SOFTWARE PARA O MICROPROCESADOR ARM DE XILINX. (1 h.)	5.1.- Introducción. 5.2.- Estrutura das rutinas de manexo de periféricos. 5.3.- Manexo de interrupcións. 5.4.- Depuración do programa.
TEMA 6 TEORÍA. PARTICIONADO "HARDWARE / SOFTWARE". (1 h.)	6.1.- Introducción. 6.2.- Exemplos de codeseño "hardware" / "software". 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. 7.2. Deseño dun periférico hardware (coprocesador) para realizar a función asignada. 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. 1.2. Contorna Vivado de Xilinx. 1.3. Realización de exemplos básicos de sistemas encaixados. 1.3.1. Adición de periféricos predefinidos (□IP cores□). 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. 2.2. Desenvolvemento de periféricos de usuario básicos. GPIO.
TEMA 3 LABORATORIO. REALIZACIÓN DE CIRCUÍTOS PERIFÉRICOS AVANZADOS. (1□5 h.)	3.1. Introducción. 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. 4.2. Contorna □Software Development Kit□ (SDK) de Xilinx. 4.3. Realización de exemplos básicos.
TEMA 5 LABORATORIO. DEPURACIÓN SOFTWARE DE APLICACIÓN ENCAIXADAS. (1 h.)	5.1. Introducción. 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. 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. 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
Presentacións/exposicións	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.  Con esta metodoloxía desenvólvense as competencias CE11 e CE12.
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.  Con esta metodoloxía desenvólvense as competencias CB5, CG1, CG8, CE11 e CE12.
Prácticas de laboratorio	Nestas prácticas plantearase o desenvolvemento de prácticas guiadas de realización de circuitos e programas.  Con esta metodoloxía desenvólvense as competencias CB5, CG8, CE11 e CE12.
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.  Con esta metodoloxía desenvólvense as competencias CB5, CG1, CG8, CE11 e CE12.
Presentacións/exposicións	Exposición dos resultados do proxecto realizado. s  Con esta metodoloxía desenvólvense as competencias CB5, CE11 e CE12.

### Atención personalizada

Metodoloxías	Descrición
Lección maxistral	Nas clases presenciais atenderanse as dúbidas dos alumnos. Ademais, os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas no despacho dos profesores da materia no horario que os profesores establecerán para ese efecto a principio de curso e que se publicará na páxina da materia.
Prácticas de laboratorio	Nas clases presenciais atenderanse as dúbidas dos alumnos. Ademais, os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas no despacho dos profesores da materia no horario que os profesores establecerán para ese efecto a principio de curso e que se publicará na páxina da materia.
Resolución de problemas	Nas clases presenciais atenderanse as dúbidas dos alumnos. Ademais, os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas no despacho dos profesores da materia no horario que os profesores establecerán para ese efecto a principio de curso e que se publicará na páxina da materia.
Traballo tutelado	Nas clases presenciais atenderanse as dúbidas dos alumnos. Ademais, os estudantes terán ocasión de acudir a titorías personalizadas no despacho dos profesores da materia no horario que os profesores establecerán para ese efecto a principio de curso e que se publicará na páxina da materia.

### Avaliación

Descrición	Cualificación	Resultados de Formación e Aprendizaxe	
Resolución de problemas	25	A5	B1 C11 B8 C12
<p>Aprendizaxe baseado en problemas. Resolución de exercicios e problemas teóricos. Concrétanse 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.</p> <p>O contido correspóndese co tema 7 de teoría. Será necesario ensinar ao profesor o funcionamento de cada un dos circuítos e programas.</p> <p>Avaliarase a correcta aplicación dos conceptos teóricos aos problemas realizados, de acordo aos criterios de valoración. Será necesario entregar una memoria breve explicando o traballo realizado.</p>			
Prácticas de laboratorio	25	A5	B8 C11 C12
<p>Avaliarase o correcto funcionamento dos circuítos e programas realizados nas sesións de prácticas correspondentes aos temas 1 a 5 de laboratorio de acordo aos criterios de valoración. Será necesario ensinar ao profesor o correcto funcionamento de cada un dos circuítos e programas.</p>			
Traballo tutelado	40	A5	B1 C11 B8 C12
<p>Aprendizaxe baseado en proxectos. Traballo autónomo de deseño dun sistema encaixado. Será necesario entregar os ficheiros fonte do traballo realizado. Avaliarase o funcionamento do sistema dixital realizado e a correcta aplicación dos conceptos teóricos ao deseño do sistema dixital, de acordo aos criterios de valoración.</p>			
Presentacións/exposicións	10	A5	C11 C12
<p>Será necesario realizar unha presentación oral de máximo 15 minutos sobre o traballo práctico autónomo realizado, segundo o índice proporcionado polo profesor.</p>			

### **Outros comentarios sobre a Avaliación**

A nota da materia será a suma das notas correspondentes ás distintas tarefas da materia.

Todos os alumnos, tanto os que sigan a materia de forma continua como os que queiran ser avaliados unicamente ao final do cuadrimestre ou nunha avaliación extraordinaria, deberán realizar as tarefas descritas no apartado anterior.

Os alumnos que non asistan a clase regularmente deberán realizar as mesmas tarefas que os alumnos asistentes a clase.

A cualificación final expresarase 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 final.

#### **AVALIACIÓN CONTINUA:**

O feito de realizar 2 prácticas de laboratorio ou 2 memorias de exercicios teóricos supón que o alumno opta pola avaliación continua.

Os alumnos que opten por avaliación continua, pero non aproben a materia mediante esta modalidade, deberán realizar a avaliación final completa na avaliación extraordinaria de Xullo.

Os alumnos que aproben a materia mediante avaliación continua non poderán repetir de novo na avaliación final ningunha tarefa co obxectivo de subir a nota.

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

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 presenciais. Se se faltou a máis de 2 sesións, será obrigatorio realizar un traballo individual adicional ou un exame.

#### **AVALIACIÓN FINAL:**

Os alumnos que opten pola avaliación final deberán realizar todas as tarefas teóricas e prácticas e os traballos

individualmente.

□ A entrega das tarefas para a avaliación final debe realizarse antes da data oficial do exame establecida polo centro.

#### COMÚN A TÓDOLOS ALUMNOS

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:  $NF = \text{mínimo} [4,5; (NF = 0,25 * ET + 0,25 * PL + 0,40 * TA + 0,10 * PO) ]$

Sendo:

ET = Nota conxunta dos exercicios e problemas teóricos.

PL = Nota conxunta das prácticas de laboratorio.

TA = Traballo Autónomo práctico.

PO = Presentación Oral.

#### CRITERIOS DE AVALIACIÓN.

##### 1) Realización de prácticas de laboratorio guiadas.

Avaliarase o correcto funcionamento dos circuítos e programas realizados nas sesións de prácticas, de acordo coa puntuación asignada nos enunciados de prácticas. Cada tema de prácticas puntuarase sobre 10. Logo ponderarase a súa influencia na nota total da materia en función do número de horas asignado a cada tema.

É dicir, a nota das prácticas correspondentes aos temas 1 a 5 de laboratorio, obtense da forma seguinte:

$$PL = ( \text{Nota Tema 1L} + \text{Nota Tema 2L} + \text{Nota Tema 3L} + \text{Nota Tema 4L} + \text{Nota Tema 5L} ) / 5$$

A nota total das horas de prácticas guiadas (PL) corresponde a un 25% da nota total da materia. Será necesario entregar os ficheiros que se indican nos enunciados de prácticas.

Os criterios de valoración refírense unicamente á funcionalidade dos circuítos e programas realizados, é dicir, os circuítos e programas deben funcionar perfectamente en todos os seus aspectos, para obter a máxima nota, xa sexa a simulación do □software□, a simulación funcional e temporal dos diferentes circuítos □hardware□ e do sistema completo, ou a proba na placa de desenvolvemento.

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

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

A maioría dos exercicios consistirán no deseño dun periférico para un sistema encaixado e a formulación do deseño dun sistema encaixado completo cos seus periféricos.

Os criterios de valoración son os seguintes:

2.1) Repartición adecuada de tarefas entre □hardware□ e □software□.

2.2) Organización adecuada do □hardware□ e estrutura adecuada do programa en C.

2.3) Corrección do deseño (CORR).

Optimización da descrición en VHDL e dos programas en C. Aplicación das técnicas de deseño síncrono. Deseño reutilizable.

2.4) Funcionalidade (FUNC).

Se o pide o exercicio, a simulación funcional e temporal dos circuítos VHDL, así como a simulación dos programas en C deben funcionar perfectamente.

2.5) Documentación (DOC).

i. Ficheiros fonte de deseño. Comentarios suficientes nos ficheiros VHDL e ficheiros C para a súa comprensión.

Será necesario entregar os ficheiros que se indican nos enunciados de cada exercicio teórico.

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

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

3) Trabajo práctico autónomo.

Traballos de deseño dun sistema encaixado. Os criterios de valoración son os seguintes:

3.1) Repartición adecuada de tarefas entre "hardware" e "software".

3.2) Organización adecuada do "hardware" e estrutura adecuada do programa en C.

3.3) Corrección do deseño. Optimización da descrición en VHDL e da utilización de circuítos. Aplicación das técnicas de deseño síncrono. Deseño reutilizable.

3.4) Análise da implementación con FPGAs. Analizar os recursos lóxicos da FPGA utilizados e razoar a súa necesidade. Analizar de forma razoada os retardos internos do sistema implementado. Verificación con "Chipscope".

3.5) Funcionalidade. Simulación do "software". Depuración do "software". Simulación funcional e temporal dos diferentes circuítos "hardware". Simulación do sistema encaixado completo ("hardware" + "software"). Depuración do sistema encaixado completo ("hardware" + "software"). Proba na placa de desenvolvemento do sistema encaixado completo ("hardware" + "software"). Todos os apartados deben funcionar perfectamente para obter a máxima nota.

3.6) Documentación do deseño e a implementación con FPGAs.

3.6.1) Memoria.

i. Estrutura clara e ordenada.

ii. Explicacións claras e suficientes para a comprensión do traballo realizado.

iii. Inclusión de figuras adecuadas.

iv. Inclusión de datos relevantes.

3.6.2) Ficheiros fonte de deseño.

i. Comentarios suficientes nos ficheiros VHDL para a súa comprensión.

ii. Comentarios suficientes nos ficheiros C para a súa comprensión.

Para o traballo práctico autónomo (TA), será necesario realizar unha presentación oral.

3.7) Presentación do traballo práctico.

Exposición oral do traballo realizado. Os criterios de valoración son os seguintes:

i. Estrutura clara e ordenada.

ii. Explicacións claras.

iii. Explicacións suficientes para a comprensión do traballo realizado.

iv. Inclusión de figuras adecuadas.

v. Inclusión de datos relevantes.

---

## **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**, Vison Libros,

### **Bibliografía Complementaria**

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

---

## **Recomendacións**

---

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

---

