



DATOS IDENTIFICATIVOS

Circuitos electrónicos programables

Materia	Circuitos electrónicos programables			
Código	V05G300V01502			
Titulación	Grao en Enxeñaría de Tecnoloxías de Telecomunicación			
Descritores	Creditos ECTS	Sinale	Curso	Cuadrimestre
	6	OB	3	1c
Lingua de impartición	Castelán Galego			
Departamento	Tecnoloxía electrónica			
Coordinador/a	Álvarez Ruíz de Ojeda, Luís Jacobo			
Profesorado	Álvarez Ruíz de Ojeda, Luís Jacobo Machado Domínguez, Fernando Moure Rodríguez, María José Poza González, Francisco Verdugo Mates, Rafael			
Correo-e	jalvarez@uvigo.es			
Web	http://www.faitic.uvigo.es/			
Descrición xeral	O obxectivo que se persegue con esta materia é que o alumno coñeza os aspectos xerais da arquitectura de microprocesadores, microcontroladores e dispositivos configurables, os métodos e as ferramentas de deseño que se utilizan, e que adquira as habilidades necesarias para deseñar sistemas baseados nestes dispositivos.			

Competencias de titulación

Código	
A3	CG3 Coñecemento de materias básicas e tecnoloxías que capaciten o alumnado para a aprendizaxe de novos métodos e tecnoloxías, así como para dotalo dunha gran versatilidade para adaptarse a novas situacións.
A4	CG4 Capacidade para resolver problemas con iniciativa, para a toma de decisións, a creatividade, e para comunicar e transmitir coñecementos, habilidades e destrezas, comprendendo a responsabilidade ética e profesional da actividade do Enxeñeiro Técnico de Telecomunicación.
A16	CE7/T2 Capacidade de utilizar aplicacións de comunicación e informática (ofimáticas, bases de datos, cálculo avanzado, xestión de proxectos, visualización, etc.) para apoiar o desenvolvemento e explotación de redes, servizos e aplicacións de telecomunicación e electrónica.
A17	CE8/T3 Capacidade para utilizar ferramentas informáticas de procura de recursos bibliográficos ou de información relacionada coas telecomunicacións e a electrónica.
A23	CE14/T9 Capacidade de análise e deseño de circuitos combinacionais e secuenciais, síncronos e asíncronos, e de utilización de microprocesadores e circuitos integrados.
A24	CE15/T10 Coñecemento e aplicación dos fundamentos de linguaxes de descrición de dispositivos de hardware.
B4	CG13 Capacidade para manexar ferramentas software que apoiem a resolución de problemas en enxeñaría.

Competencias de materia

Resultados previstos na materia	Resultados de Formación e Aprendizaxe	
Comprender os aspectos básicos da arquitectura dos microprocesadores, microcontroladores e dos dispositivos configurables (*FPGAs).	A3 A23 A24	
Coñecer os métodos e técnicas de deseño de sistemas integrados hardware/software (System on Chip (SoC)).	A3 A23 A24	
Coñecer as ferramentas hardware e software dispoñibles para o deseño de sistemas baseados en dispositivos programables.	A3 A23 A24	B4

Manexar as ferramentas de deseño de sistemas baseados en dispositivos programables.	A23 A24	B4
Deseñar sistemas integrados sinxelos (System on Chip (SoC)) aplicados ao campo das telecomunicacións.	A4 A16 A17 A23 A24	

Contidos

Tema

TEMA 1 TEORÍA (1 h.). INTRODUCCIÓN Ás FPGAs.	1.1.- Introducción. 1.2.- Definición e clasificación das FPGAs. 1.3.- Arquitecturas das FPGAs. 1.3.1.- Recursos lóxicos. 1.3.1.1.- Bloques Lóxicos Configurables. 1.3.1.2.- Bloques lóxicos internos. 1.3.1.3.- Bloques de Entrada / Saída. 1.3.1.4.- Circuitos dedicados. Memorias de acceso aleatorio síncronas. Circuitos PLL dixitais. Circuitos aritméticos. Circuitos multiplicadores. Bloques DSP. Transceptores serie. 1.3.2.- Recursos de interconexión. 1.3.2.1.- Liñas de interconexión. 1.3.2.2.- Conexións configurables. 1.3.3.- Exemplos de FPGAs comerciais. 1.4.- Tecnoloxías das FPGAs. 1.4.1.- Tecnoloxías de fabricación das FPGAs (LVTTTL, LVCMOS, etc.). 1.4.2.- Tecnoloxías de configuración das FPGAs. 1.4.2.1.- Tecnoloxía de memoria activa estática (SRAM). 1.4.2.2.- Tecnoloxías de antifusibles. 1.4.2.3.- Tecnoloxías de memoria pasiva (EEPROM). 1.4.3.- Métodos de configuración das FPGAs. Fóra do sistema. No sistema. 1.5.- Características xerais das FPGAs. 1.6.- Vantaxes das FPGAs. 1.7.- Fases do deseño de sistemas dixitais mediante FPGAs. 1.7.1.- Implementación do deseño con FPGAs. 1.8.- Ferramentas de CAD para o deseño de sistemas con FPGAs. 1.9.- Aplicacións das FPGAs. 1.10.- Análise comparativa das FPGAs fronte a outro tipo de circuitos.
TEMA 2 TEORÍA (1 h.). ARQUITECTURA DAS FPGAS DA FAMILIA SPARTAN 3E DE XILINX.	2.1.- Introducción. 2.2.- Arquitectura da familia Virtex 2 de Xilinx. 2.2.1.- Recursos lóxicos. CLBs. [Slices]. Rexistros de desprazamento baseados en RAM. 2.2.2.- Memorias internas. Memoria distribuída. Memoria dedicada. 2.2.3.- Circuitos de reloxo. 2.2.4.- Multiplicadores hardware. 2.2.5.- Tecnoloxías de E/S. 2.3.- Spartan 3 fronte a Virtex 2. 2.4.- Spartan 3E fronte a Spartan 3. 2.5.- Normas de sínteses.
TEMA 3 TEORÍA (2 h.). INTRODUCCIÓN Aos MICROCONTROLADORES.	3.1.- Introducción. Concepto de microcontrolador. 3.2.- Arquitectura interna. Harvard. Von Neumann. 3.2.1.- Unidade de control (fases execución). 3.2.2.- ALU. 3.2.3.- Xogo de instrucións. RISC. CISC. 3.3.- Arquitectura externa. 3.3.1.- Acceso a memoria. Memoria de programa. Memoria de datos 3.3.2.- Acceso a periféricos. Portos de E/S. 3.3.3.- Control de interrupcións. 3.4.- Periféricos integrados. 3.4.1.- Temporizadores. 3.4.2.- Comunicación serie. UART RS232. SPI. I2C. 3.4.3.- Convertidores A/D e D/A. 3.5.- Exemplos de microcontroladores comerciais. 3.6.- Aplicacións dos microcontroladores. 3.7.- Ferramentas de programación e verificación.

TEMA 4 TEORÍA (2 h.). MICROPROCESADOR PICOBLAZE DE XILINX (I).	4.1.- Introducción. 4.2.- Versións do microprocesador Picoblaze de Xilinx. 4.3.- Arquitectura interna do microprocesador Picoblaze. 4.4.- Xogo de instrucións do microprocesador Picoblaze.
TEMA 5 TEORÍA (1 h.). DESENVOLVEMENTO DE SOFTWARE PARA O MICROPROCESADOR PICOBLAZE DE XILINX .	5.1.- Introducción. 5.2.- Sintaxe dun programa en ensamblador para o microprocesador Picoblaze. 5.3.- Directivas dun programa ensamblador na contorna pBlazeIDE.
TEMA 6 TEORÍA (3 h.). MICROPROCESADOR PICOBLAZE DE XILINX (II).	6.1.- Introducción. 6.2.- Arquitectura externa. 6.2.1.- Instrucións de E/S. 6.2.2.- Conexión de periféricos de entrada. 6.2.3.- Conexión de periféricos de saída. 6.2.4.- Posta en estado inicial. 6.2.5.- Interrupcións externas. 6.3.- Deseño de periféricos para o microprocesador Picoblaze.
TEMA 7 TEORÍA (1 h.). INTRODUCCIÓN AOS SISTEMAS NUN CIRCUÍTO (S.O.C.).	7.1.- Introducción aos métodos de deseño dixital. 7.1.1.- Método software. 7.1.2.- Método hardware. 7.2.- Sistemas nun circuítio (SOC). 7.3.- Sistemas nun Circuítio Programable (PSOC). Microprocesadores encaixados en FPGAs. 7.3.1.- Microprocesadores hardware. 7.3.2.- Microprocesadores software. 7.4.- Aplicacións dos microprocesadores en sistemas encaixados.
TEMA 8 TEORÍA (3 h.). CODISEÑO HARDWARE / SOFTWARE.	8.1.- Introducción. 8.2.- Deseño software. 8.3.- Deseño hardware. 8.4.- Etapas do codiseño hardware / software. 8.5.- Particionado hardware / software. 8.6.- Exemplos de codiseño hardware / software. 8.7.- Deseño de periféricos. Repartición de funcións entre hardware e software.
TEMA 9 TEORÍA (4 h.). DESEÑO DE SISTEMAS COMPLEXOS.	9.1.- Introducción. 9.2.- Análise previa da solución máis adecuada. 9.3.- Métodos de deseño de periféricos de aplicación específica. 9.3.1.- Exemplos prácticos.
TEMA 10 TEORÍA (2 h.). INTRODUCCIÓN AOS MÉTODOS DE DESEÑO CORRECTOS.	10.1.- Introducción. 10.2.- Deseño de sistemas dixitais mediante FPGAs. 10.2.1.- Deseño xerárquico. 10.2.2.- Deseño trasladable a outras tecnoloxías. 10.2.3.- Deseño temporal.
TEMA 11 TEORÍA (4 h.). DESEÑO DE SISTEMAS DIXITAIS SÍNCRONOS.	11.1.- Introducción. 11.2.- Deseño síncrono. 11.3.- Normas de deseño de sistemas secuenciales síncronos mediante FPGAs. 11.4.- Sincronización de variables de entrada.
TEMA 1 LABORATORIO (2 h.). ETAPAS DO DESEÑO DE SISTEMAS DIXITAIS CON FPGAs.	1.1.- Introducción. Diagrama de fluxo xeral da ferramenta ISE de Xilinx. 1.2.- Descrición mediante VHDL. 1.3.- Simulación funcional. 1.4.- Síntese do circuítio. 1.5.- Implementación do circuítio. 1.6.- Opcións de implementación para as FPGAs da familia Spartan 3E de Xilinx. 1.7.- Utilización do editor de FPGAs (FPGA Editor). 1.8.- Simulación temporal. 1.9.- Análise de retardos mediante o ficheiro de informe de retardos. 1.10.- Tecnoloxía e métodos de configuración das FPGAs de Xilinx. 1.11.- Placas de desenvolvemento baseadas en FPGAs de Xilinx. 1.12.- Obtención do ficheiro .BIT de configuración. 1.13.- Programación da FPGA. iMPACT. 1.14.- Comprobación do sistema dixital implementado. Solución de problemas. 1.15.- Realización de exemplos.

TEMA 2 LABORATORIO (2 h.). REALIZACIÓN DE CIRCUITOS PERIFÉRICOS PARA O MICROPROCESADOR PICOBLAZE.	2.1.- Introducción. 2.2.- Normas básico de diseño síncrono on VHDL. 2.3.- Realización en VHDL dun rexistro básico. 2.4.- Realización en VHDL dunha memoria de datos. 2.5.- Realización en VHDL dun temporizador.
TEMA 3 LABORATORIO (2 h.). REALIZACIÓN DE CIRCUITOS DE ACOPLAMIENTO DE PERIFÉRICOS PARA O MICROPROCESADOR PICOBLAZE.	3.1.- Introducción. 3.2.- Realización en VHDL dun circuito de xestión de periféricos de entrada. 3.3.- Realización en VHDL dun circuito de xestión de periféricos de saída. 3.4.- Realización en VHDL dun circuito de memorización de interrupcións.
TEMA 4 LABORATORIO (2 h.). FERRAMENTAS SOFTWARE DO MICROPROCESADOR PICOBLAZE DE XILINX.	4.1.- Introducción. 4.2.- Programa ensamblador e simulador de Mediatronix. Picoblaze IDE. 4.3.- Realización de exemplos básicos.
TEMA 5 LABORATORIO (6 h.). DESEÑO DE SISTEMAS DIGITALES BASEADOS NO MICROPROCESADOR PICOBLAZE.	5.1.- Introducción. 5.2.- Archivos fonte fornecidos co microprocesador Picoblaze. 5.3.- Etapas do deseño de aplicacións baseadas no microprocesador Picoblaze para FPGAs. 5.3.1.- Elección do microcontrolador Picoblaze adecuado. 5.3.2.- Deseño do programa do microprocesador Picoblaze. 5.3.3.- Simulación do programa do microprocesador Picoblaze. 5.3.4.- Xeración dos arquivos VHDL necesarios para a implementación do microprocesador Picoblaze con FPGAs da familia Spartan 3E de Xilinx. 5.3.5.- Deseño de circuitos periféricos do microcontrolador Picoblaze e circuitos adicionais. 5.3.6.- Simulación dos circuitos periféricos e adicionais. 5.3.7.- Implementación do sistema dixital completo. 5.3.8.- Proba do sistema dixital completo. 5.4.- Realización dun exemplo básico con uso de interrupcións, mediante o microprocesador Picoblaze.
TEMA 6 LABORATORIO (12 h.). TRABALLOS DE DESEÑO DE SISTEMAS DIGITALES BASEADOS NO MICROPROCESADOR PICOBLAZE.	6.1.- Deseño e implementación dun exemplo de aplicación de complexidade media baseada no microprocesador Picoblaze 3, segundo o enunciado fornecido polo profesor en FaiTIC.

Planificación			
	Horas na aula	Horas fóra da aula	Horas totais
Sesión maxistral	12	16	28
Resolución de problemas e/ou exercicios	12	19	31
Prácticas de laboratorio	14	20	34
Traballos tutelados	12	24	36
Actividades introdutorias	2	2	4
Probas de resposta curta	4	13	17
*Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientador, considerando a heteroxeneidade do alumnado.			

Metodoloxía docente	
	Descrición
Sesión maxistral	Presentación por parte do profesor do temario da materia.
	Con esta metodoloxía se desarrolla la competencia CG3.
Resolución de problemas e/ou exercicios	Estas sesións incluírán a realización de exercicios e traballos por parte do profesor e dos alumnos.
	Con esta metodoloxía se desarrollan las competencias CG3, CG4, CE8/T3, CE14/T9 y CE15/T10.
Prácticas de laboratorio	Nestas prácticas suscitarase o desenvolvemento de prácticas guiadas e a realización de circuitos e programas.
	Con esta metodoloxía se desarrollan las competencias CG3, CG4, CG13, CE7/TE2, CE8/T3, CE14/T9 y CE15/T10.
Traballos tutelados	Proponse aos alumnos a realización dun traballo de deseño de circuitos e programas.
	Con esta metodoloxía se desarrollan las competencias CG3, CG4, CG13, CE7/TE2, CE8/T3, CE14/T9 y CE15/T10.
Actividades introdutorias	Introducción aos diferentes temas clave da materia tanto na súa compoñente teórica como práctica.
	Con esta metodoloxía se desarrolla la competencia CG3.

Atención personalizada

Metodoloxías	Descrición
Prácticas de laboratorio	Nas clases presenciais atenderanse as dúbidas dos alumnos. Ademais, os estudantes terán ocasión de acudir a tutorías 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.
Traballos tutelados	Nas clases presenciais atenderanse as dúbidas dos alumnos. Ademais, os estudantes terán ocasión de acudir a tutorías 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
Prácticas de laboratorio	Avaliarase o correcto funcionamento dos circuitos 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 circuitos e programas. Con esta metodoloxía se avalian las competencias CG3, CG4, CG13, CE7/TE2, CE8/T3, CE14/T9 y CE15/T10.	25
Traballos tutelados	Traballo autónomo de deseño dun sistema encaixado de complexidade media con polo menos un periférico complexo deseñado polos alumnos. O contido correspóndese co tema 6 de laboratorio. Avaliarase o traballo final de prácticas de acordo aos criterios de valoración. Tamén se avaliará a correcta aplicación dos conceptos teóricos ao traballo realizado, de acordo aos criterios de valoración. Será necesario entregar unha memoria explicativa de máximo 10 páxinas das tarefas realizadas, segundo o índice fornecido polo profesor. Con esta metodoloxía se avalian las competencias CG3, CG4, CG13, CE7/TE2, CE8/T3, CE14/T9 y CE15/T10.	25
Probas de resposta curta	Dous exames tipo test de resposta múltiple ou de preguntas curtas con preguntas sobre os temas de teoría. Con esta metodoloxía se avalian las competencias CG3, CG4, CE14/T9 y CE15/T10.	50

Outros comentarios sobre a Avaliación

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

A nota de cada un dos exames teóricos debe ser maior ou igual que 5 sobre 10 para poder aprobar a materia.

A nota do conxunto das prácticas guiadas debe ser maior ou igual que 5 sobre 10 para poder aprobar a materia.

A nota do traballo práctico debe ser maior ou igual que 5 sobre 10 para poder aprobar a 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 na avaliación ao final do curso (segunda oportunidade), deberán realizar as tarefas descritas no apartado anterior.

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).

Segundo as directrices propias da titulación ofrecerase aos alumnos que cursen esta materia dous sistemas de avaliación: avaliación continua e avaliación ao final do cuadrimestre.

AVALIACIÓN CONTINUA:

- O feito de realizar 2 prácticas de laboratorio ou o primeiro exame parcial de teoría 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 ao final do curso (segunda oportunidade).
- 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 as prácticas e os traballos en grupos de dous alumnos durante a avaliación continua.
- Se se quere optar pola avaliación continua, pódese faltar como máximo a 2 prácticas. Se se faltou a máis de 2 prácticas, será obrigatorio realizar un traballo adicional individual de prácticas ou un exame de prácticas.

AVALIACIÓN FINAL:

- Os alumnos que opten pola avaliación final deberán realizar todas as tarefas prácticas e os traballos individualmente.
- A entrega das tarefas para a avaliación final debe realizarse antes da data oficial do exame establecida polo centro.

En caso de superar o catro probas (nota de cada proba ≥ 5), a cualificación final (NF) será a suma ponderada das notas de cada proba:

$$NF = 0,25 * ET1 + 0,25 * ET2 + 0,25 * PL + 0,25 * TT$$

En caso de non superar o catro probas (nota dalgunha proba < 5), a cualificación final (NF) será:

$$NF = \text{mínimo} [4; (0,25 * ET1 + 0,25 * ET2 + 0,25 * PL + 0,25 * TT)]$$

sendo:

ET1 = Primeiro exame parcial de teoría.

ET2 = Segundo exame parcial de teoría.

PL = Nota conxunta de prácticas de laboratorio correspondentes aos temas 1 a 5.

TT = Traballo Tutelado práctico.

CRITERIOS DE AVALIACIÓN.

1) Exames teóricos.

O primeiro exame teórico realizarase ao redor da semana 9 de clases no lugar e datas que determinen os profesores e a Escola. En todo caso, realizarase despois de estudar os temas 1 a 8 de teoría.

O segundo exame teórico realizarase ao redor da semana 14 de clases no lugar e datas que determinen os profesores e a Escola.

Deberán contestarse correctamente as preguntas do exame.

2) 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:

$$PL = (\text{Nota Tema 1L} + 2 * \text{Nota Tema 2L} + \text{Nota Tema 3L} + \text{Nota Tema 4L} + 2 * \text{Nota Tema 5L}) / 7$$

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.

3) Traballo práctico.

Traballo autónomo de deseño dun sistema encaixado de complexidade media con polo menos un periférico complexo deseñado polos alumnos. Será necesario entregar unha memoria escrita do traballo realizado.

Os criterios de valoración do traballo práctico son os seguintes:

- 1) Repartición adecuada de tarefas entre "hardware" e "software".
- 2) Organización adecuada do "hardware" e estrutura adecuada do programa en ensamblador.
- 3) Corrección do deseño.

Optimización da descrición en VHDL e da utilización de circuítos.

Aplicación das técnicas de deseño síncrono.

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.

5) Funcionalidade.

Simulación do "software".

Simulación funcional e temporal dos diferentes circuítos "hardware".

Simulación 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.

6) Documentación do deseño e a implementación con FPGAs..

a. 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.

b. Ficheiros fonte de deseño.

- i. Comentarios suficientes nos ficheiros VHDL para a súa comprensión.
- ii. Comentarios suficientes nos ficheiros ensamblador para a súa comprensión.

Bibliografía. Fontes de información

LIBROS BÁSICOS DE LA asignatura:

[POZA et AL 12] POZA GONZÁLEZ, F., ÁLVAREZ RUIZ DE OJEDA, L.J., *Diseño de sistemas empotrados de 8 bits en FPGAs con Xilinx ISE y PicoBlaze*, Vision libros, Madrid, 2012.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA DE LA ASIGNATURA:

[ÁLVAREZ 13] ÁLVAREZ RUIZ DE OJEDA, L.J., *Diseño Digital con FPGAs*, Vision libros, Madrid, 2013.

[ÁLVAREZ 01] ÁLVAREZ RUIZ DE OJEDA, *Diseño de aplicaciones mediante PLDs y FPGAs*, Editorial Tórculo, Santiago de Compostela, 2001.

[BOLTON 90] BOLTON, M., *"Digital systems design with programmable logic"*, Addison-Wesley, 1990.

[PELLERIN 91] PELLERIN, D., HOLLEY, M., "Practical design using programmable logic", Prentice Hall, Londres, 1991.

FPGAs:

[ALTERA] Dirección de Internet, <http://www.altera.com>, Altera.

[CHAN 94] CHAN, Pak K., MOURAD, Samiha, "Digital design using Field Programmable Gate Arrays", Prentice Hall, New Jersey, 1994.

[LATTICE] Dirección de Internet, <http://www.latticesemi.com>, Lattice semiconductors.

[QUICKLOGIC] Dirección de Internet, <http://www.quicklogic.com>, Quicklogic.

[XILINX] Dirección de Internet, <http://www.xilinx.com>, Xilinx.

[CHAPMAN 02] "Creating Embedded Microcontrollers (Programmable State Machines)", Ken Chapman, TechXclusives, Xilinx, 2002.

[CHU 08] CHU, PONG P., "FPGA prototyping by VHDL examples : Xilinx Spartan-3 version", John Wiley & Sons, Hoboken (New Jersey), 2008.

[IEEE 01] IEEE Standard VHDL Language Reference Manual (IEEE Std 1076-2001), Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2001.

Recomendacións

Materias que continúan o temario

Deseño e síntese de sistemas dixitais/V05G300V01923

Materias que se recomenda ter cursado previamente

Programación I/V05G300V01205

Electrónica dixital/V05G300V01402

Física: Fundamentos de electrónica/V05G300V01305

Outros comentarios

O alumno deberá cursar a materia Electrónica Dixital. Nela impártense coñecementos básicos para o seguimento desta materia.

Ademais, é recomendable que o alumno curse tamén as materias Física: Fundamentos de Electrónica e Programación I. Nelas impártense coñecementos que serven de base ou complementan os temas que se impartirán nesta materia.
