



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Deseño e síntese de sistemas dixitais

Materia	Deseño e síntese de sistemas dixitais			
Código	V05G300V01923			
Titulación	Grao en Enxeñaría de Tecnoloxías de Telecomunicación			
Descritores	Creditos ECTS	Sinale	Curso	Cuadrimestre
	6	OP	4	1c
Lingua de impartición	Inglés			
Departamento	Tecnoloxía electrónica			
Coordinador/a	Álvarez Ruíz de Ojeda, Luís Jacobo			
Profesorado	Álvarez Ruíz de Ojeda, Luís Jacobo			
Correo-e	jalvarez@uvigo.es			
Web	<a href="http://www.faitic.uvigo.es">http://www.faitic.uvigo.es</a>			
Descrición xeral	<p>A materia impártese e avalíase en inglés.</p> <p>A documentación da materia está en inglés.</p> <p>Os obxectivos que se perseguen con esta materia son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Introducción ao VHDL sintetizable.</li> <li><input type="checkbox"/> Deseño e síntese de sistemas dixitais síncronos.</li> <li><input type="checkbox"/> Desenvolvemento, síntese e verificación de circuitos dixitais programables, utilizando o VHDL para a súa aplicación no ámbito das Telecomunicacións.</li> </ul>			

## Competencias de titulación

Código	
A1	CG1 Capacidade para redactar, desenvolver e asinar proxectos no ámbito da enxeñaría de telecomunicación que teñan por obxecto, de acordo cos coñecementos adquiridos segundo o establecido no epígrafe 5 desta orde, a concepción e o desenvolvemento ou a explotación de redes, servizos e aplicacións de telecomunicación e electrónica.
A9	CG9 Capacidade para traballar nun grupo multidisciplinar e nunha contorna multilingüe e de comunicar, tanto por escrito como de forma oral, coñecementos, procedementos, resultados e ideas relacionadas coas telecomunicacións e a electrónica.
A71	(CE62/OP5) Capacidade para deseñar e sintetizar sistemas dixitais complexos por medio de linguaxes de descrición de hardware.
B4	CG13 Capacidade para manexar ferramentas software que apoien a resolución de problemas en enxeñaría.

## Competencias de materia

Resultados previstos na materia	Resultados de Formación e Aprendizaxe	
Coñecer as diferenzas das linguaxes de descrición *hardware aplicados á simulación e á síntese.	A71	
Profundar nas técnicas de deseño dixital *síncrono con *VHDL *sintetizable.	A71	
Adquirir habilidades para o deseño de sistemas dixitais *síncronos complexos utilizando a linguaxe de descrición *hardware *VHDL.	A1 A9	
Manexar as ferramentas *hardware e software dispoñibles para o deseño mediante *VHDL *sintetizable de sistemas dixitais baseados en circuitos dixitais *programables.	A1 A9	B4

## Contidos

Tema
------

TEMA 1 TEORÍA (2 *h.). INTRODUCCIÓN Ao DESEÑO E SÍNTESE DE SISTEMAS DIXITAIS COMPLEXOS.	1.1.- Introducción. 1.2.- Tipos de circuitos integrados dixitais. *Microprocesadores. *DSPs. *ASICs. *FPGAs. 1.2.1.- Análise comparativa. 1.3.- Conxuntos *Programables de Puertas (*FPGAs). 1.4.- Deseño de sistemas dixitais complexos de aplicación específica mediante *FPGAs. 1.4.1.- Sistemas de procesado *secuencial. Unidade operativa. Unidade de control. 1.4.2.- Sistemas de procesado continuo.
TEMA 2 TEORÍA (2 *h.). DESEÑO AVANZADO DE SISTEMAS DIXITAIS.	2.1.- Introducción. 2.2.- Normas xerais para o deseño de sistemas dixitais. 2.2.1.- Deseño xerárquico. 2.2.2.- Deseño *trasladable a outras tecnoloxías. 2.2.3.- Deseño temporal. 2.2.4.- Deseño para reutilización. 2.2.5.- Deseño para *verificabilidade. 2.2.6.- Documentación do deseño. 2.3.- Circuitos *prediseñados ([*IP *cores]).
TEMA 3 TEORÍA (2 *h.). INTRODUCCIÓN Á SÍNTESE DE SISTEMAS DIXITAIS DESCRITOS EN *VHDL.	3.1.- Introducción. 3.2.- Definición de síntese. Conceptos básicos sobre sínteses. 3.3.- Conversión dunha descrición en *VHDL a [*hardware] real. Diferenzas entre o modelo orixinal e o resultado da síntese / *implementación. Modelo de simulación posterior á *implementación. 3.4.- Recomendacións para a descrición en *VHDL *sintetizable de distintos tipos de circuitos. 3.5.- Exemplos de modelos *sintetizables de circuitos comunmente utilizados.
TEMA 4 TEORÍA (6 *h.). *VHDL PARA SÍNTESE. RESTRICIÓN.	4.1.- Introducción. 4.2.- Estándar *IEEE para síntese. 4.3.- Sentenzas temporais ([*After], [*Wait]). 4.4.- Bucles ([*Loop]). Bucles [*generate]. 4.5.- Tipo de datos real ([*Real]). Conversión de tipos. 4.6.- Operacións *aritméticas complexas. División ([*]). 4.7.- Funcións matemáticas complexas. ([*Sen], [*Cos], [*Log]). 4.8.- Matrices *bidimensionales. ([*Array]). 4.9.- Exercicios de modelos non *sintetizables e de circuitos equivalentes *sintetizables.
TEMA 5 TEORÍA (2 *h.). DESEÑO DE CIRCUÍTOS *ARITMÉTICOS EN *VHDL.	5.1.- Introducción. 5.2.- Representación de números *binarios con parte decimal. Coma fixa. Coma flotante. 5.3.- Deseño de aplicacións de coma fixa. 5.4.- Deseño de aplicacións de coma flotante. 5.5.- *Implementación de circuitos *aritméticos en *FPGAs.
TEMA 6 TEORÍA (4 *h.). SENTENZAS AVANZADAS DA LINGUAXE *VHDL.	6.1.- Introducción. 6.2.- Bibliotecas e paquetes. 6.3.- Acceso a ficheiros. 6.3.1.- *Inicialización de memorias. 6.3.2.- Estímulos para bancos de probas. 6.4.- Tipo de datos xenérico ([*generic]). Circuitos *parametrizables. 6.5.- *Subprogramas. 6.5.1.- Funcións. 6.5.2.- Procedementos. 6.6.- Compilación condicional.
TEMA 7 TEORÍA (1 *h.). VERIFICACIÓN DE SISTEMAS DIXITAIS COMPLEXOS.	7.1.- Introducción. 7.2.- Verificación mediante simulación. 7.2.1.- Sinais. Modelos de *retardos. Concepto de [*driver]. 7.2.2.- Análise e simulación dun deseño. Ciclo de simulación. Retardo delta. 7.2.3.- Recomendacións para a simulación en *VHDL de distintos circuitos. Realización de bancos de probas. 7.2.4.- Diferenzas entre simulación funcional e temporal. 7.3.- Verificación mediante análise de *retardos. 7.4.- Verificación mediante comprobación do circuito nunha placa de desenvolvemento. 7.5.- Exercicios.

TEMA 1 LABORATORIO (4 *h. TIPO *B). PRÁCTICA TUTORIAL DE DESEÑO E SÍNTESE DUN SISTEMA DIXITAL.	1.1.- Introducción. 1.2.- Deseño dun sistema dixital básico en *VHDL *sintetizable. 1.3.- Realización dun banco de probas en *VHDL para o sistema dixital deseñado. 1.4.- *Implementación do sistema dixital deseñado na *FPGA elixida. 1.5.- Proba do sistema dixital deseñado.
TEMA 2 LABORATORIO (2 *h. TIPO *B). DEPURACIÓN DUN SISTEMA DIXITAL MEDIANTE *ANALIZADORES LÓXICOS VIRTUAIS.	2.1.- Introducción. 2.2.- *Analizador lóxico virtual de *Xilinx. [*Core *Chipscope]. 2.3.- Parámetros do *analizador lóxico virtual de *Xilinx. 2.4.- *Implementación do *analizador lóxico virtual de *Xilinx. 2.5.- Análise dun sistema dixital mediante o *analizador lóxico virtual de *Xilinx.
TEMA 3 LABORATORIO. (15 *h. = 8 *H. TIPO *B + 7 *h. TIPO *C). TRABALLO DE DESEÑO DUN SISTEMA DIXITAL DE COMPLEXIDADE MEDIA MEDIANTE *VHDL *SINTETIZABLE.	3.1.- Introducción. Explicación do traballo. (2 *h. TIPO *B) 3.2.- Aprendizaxe baseada en proxectos. Discusións sobre o enfoque máis adecuado do traballo. (6 *h. TIPO *C) 3.2.- Deseño dun sistema dixital de complexidade media en *VHDL *sintetizable. (6 *h. TIPO *B) 3.3.- Presentación do traballo. (1 *h. TIPO *C)

### Planificación

	Horas na aula	Horas fóra da aula	Horas totais
Sesión maxistral	4	8	12
Metodoloxías integradas	15	31,5	46,5
Prácticas de laboratorio	6	7,5	13,5
Metodoloxías integradas	14	51	65
Presentacións/exposicións	1	8	9
Actividades introdutorias	2	2	4

\*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.
Metodoloxías integradas	Aprendizaxe baseada en problemas (*ABP): Resolución de problemas de deseño de modelos non *sintetizables e circuítos *sintetizables en *VHDL expostos polo profesor. Para resolvelos, o alumno debe desenvolver previamente determinadas competencias.
Prácticas de laboratorio	Nestas prácticas exporase o desenvolvemento de prácticas guiadas de realización de circuítos en *VHDL.
Metodoloxías integradas	Aprendizaxe baseada en problemas (*ABP): Resolución de problemas de deseño de modelos non *sintetizables e circuítos *sintetizables en *VHDL expostos polo profesor. Para resolvelos, o alumno debe desenvolver previamente determinadas competencias.
Presentacións/exposición	Presentacións/exposicións: Exposición dos resultados do proxecto realizado.
Actividades introdutorias	Introdución aos diferentes temas clave da materia tanto na súa compoñente teórica como práctica.

### Atención personalizada

Metodoloxías	Descrición
Metodoloxías integradas	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.
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.
Metodoloxías integradas	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
------------	---------------

Metodoloxías integradas	Aprendizaxe baseada en problemas. Resolución de exercicios e problemas teóricos. A maioría deles centraranse no deseño de modelos non *sintetizables e circuítos *sintetizables en *VHDL. O contido correspóndese cos temas de teoría. Será necesario ensinar ao profesor o funcionamento de cada un dos modelos e circuítos. Avaliarase a correcta aplicación dos conceptos teóricos aos problemas realizados, de acordo aos criterios de valoración. ;Será necesario entregar a documentación solicitada polo profesor para cada un dos exercicios realizados.	50
Metodoloxías integradas	Ensinado baseado en proxectos. Traballo autónomo de deseño dun sistema dixital *sintetizable de complexidade media en *VHDL. 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.	40
Presentacións/exposicións	Será necesario realizar unha presentación oral de máximo 15 minutos sobre o traballo práctico autónomo realizado, segundo o índice fornecido polo profesor.	10

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

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

A nota dos exercicios teóricos debe ser maior ou igual que 5 sobre 10 para poder aprobar a materia.

A nota do traballo práctico autónomo 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 ao final do curso, 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 exprésase 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 e/ou 2 boletíns 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 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 os exercicios teóricos, as prácticas de laboratorio e os traballos de laboratorio en grupos de dous alumnos durante a avaliación continua.
- 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.
- En caso de superar os exercicios teóricos (\*ET) 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:

$$\bullet \text{ *NF} = 0,50 * \text{*ET} + 0,40 * \text{*TA} + 0,10 * \text{*PO}$$

• En caso de non superar as dúas probas (nota dalgunha proba < 5), a cualificación final (\*NF) será:

$$\bullet \text{ *NF} = \text{mínimo} [4,5; (\text{*NF} = 0,50 * \text{*ET} + 0,40 * \text{*TA} + 0,10 * \text{*PO}) ]$$

sendo:

\*ET = Nota conxunta dos exercicios e problemas teóricos.

\*TA = Traballo Autónomo práctico.

\*PO = Presentación Oral.

#### CRITERIOS DE AVALIACIÓN.

##### 1) 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.

Haberá oito boletíns de exercicios.

A maioría dos exercicios consistirán no deseño de modelos non \*sintetizables e circuítos \*sintetizables en \*VHDL.

Os criterios de valoración son os seguintes:

##### 1. Corrección do deseño (CORR).

a. Modelo de comportamento axustado ás especificacións do traballo.

\*b. Deseño \*síncrono.

\*c. Deseño \*reutilizable.

2. Funcionalidade (\*FUNC). Para cada un dos exercicios, a simulación funcional do modelo do circuítos debe funcionar perfectamente para obter a máxima nota. Se o circuítos é \*sintetizable, a simulación temporal do circuítos resultante tamén debe funcionar perfectamente.

a. Simulación funcional.

\*b. Síntese.

\*c. Simulación temporal.

##### 3. Documentación do traballo (\*DOC).

\*i. Ficheiros fonte de deseño.

\*ii. Comentarios suficientes nos ficheiros \*VHDL 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 boletíns de exercicios dividida polo número de boletíns:

$$\text{*ET} = (\text{Boletín 1} + \dots + \text{Boletín 8}) / 8$$

##### 2) Traballo práctico.

Traballos de deseño dun sistema dixital \*sintetizable de complexidade media en \*VHDL.

Os criterios de valoración son os seguintes:

- 1) Corrección do deseño (CORR).
  - a. Sistema completamente \*sintetizable.
  - \*b. Organización adecuada da xerarquía.
  - \*c. Deseño totalmente \*síncrono.
  - d. Deseño independente da tecnoloxía.
  - e. Deseño \*reutilizable.
- 2) Análise do deseño e a \*implementación con \*FPGAs (ANA).
  - a. Analizar os recursos lóxicos da \*FPGA utilizados e razoar a súa necesidade.
  - \*b. Analizar de forma razoada os \*retardos internos do sistema \*implementado.
  - \*c. Analizar de forma razoada as opcións de \*implementación elixidas.
  - d. Utilización \*óptima dos recursos lóxicos da \*FPGA.
  - e. Consecución dunha velocidade de proceso \*óptima.
  - \*f. Verificación mediante [\*Chipscope].
- 3) Funcionalidade (\*FUNC). Para cada un dos apartados, tanto a simulación funcional e temporal dos diferentes circuítos [\*hardware] e do sistema completo como a proba na placa de desenvolvemento deben funcionar perfectamente para obter a máxima nota.
  - a. Circuítos individuais.
  - \*b. Sistema completo.
- 4) Documentación (\*DOC).
  - \*i. Ficheiros fonte de deseño.
    1. Comentarios suficientes nos ficheiros \*VHDL para a súa comprensión.

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

3) Presentación do traballo.

- \*i. Exposición oral.
  1. Estrutura clara e ordenada.
  2. Explicacións claras.
  3. Explicacións suficientes para a comprensión do traballo realizado.
  4. Inclusión de figuras adecuadas.
  5. Inclusión de datos relevantes.

---

## **Bibliografía. Fontes de información**

### **LIBROS BÁSICOS DE LA ASIGNATURA:**

[CHU 06] CHU, PONG P., [RTL Hardware Design Using VHDL: Coding for Efficiency, Portability, and Scalability], John Wiley & Sons Inc, 2006.

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

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA DE LA ASIGNATURA:

Documentación de la asignatura, disponible en las páginas web <http://www.faitic.uvigo.es>.

### DISEÑO DESISTEMAS DIGITALES:

[ÁLVAREZ 04] ÁLVAREZ RUIZ DE OJEDA, *Diseño Digital con Lógica Programable*, Editorial Tórculo, Santiago de Compostela, 2004.

[ÁLVAREZ 02] ÁLVAREZ RUIZ DE OJEDA, L. Jacobo, MANDADO PÉREZ, E., VALDÉS PEÑA, M.D., *Dispositivos Lógicos Programables y sus aplicaciones*, Editorial Thomson-Paraninfo, 2002.

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

[ARTIGAS 02] ARTIGAS MAESTRE, J.I., BARRAGÁN PÉREZ, L.A., ORRITE URUÑUELA, C., URRIZA PARROQUÉ, I., *Electrónica Digital. Aplicaciones y problemas con VHDL*, Prentice-Hall, Madrid, 2002.

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

[LALA 90] LALA, Parag K., "Digital system design using programmable logic devices", Prentice Hall, New Jersey, 1990.

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

[SCARPINO 98] SCARPINO, F., *VHDL and AHDL digital system implementation*, Prentice Hall, Londres, 1998.

### FPGAs:

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

[JENKINS 94] JENKINS, Jesse H., "Designing with FPGAs and CPLDs", Prentice Hall, New Jersey, 1994.

[OLDFIELD 95] OLDFIELD, J.V., DORF, R.C., "Field Programmable Gate Arrays: Reconfigurable logic for rapid prototyping and Implementation of Digital Systems", John Wiley & Sons, 1995.

[SHARMA 98] SHARMA, A. K., "Programmable logic handbook", McGraw Hill, Fairfield, 1998.

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

### VHDL:

[ASHENDEN 08] ASHENDEN, PETER J., *The Designer's Guide to VHDL*, 3<sup>rd</sup> edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2008.

[ASHENDEN 98] ASHENDEN, PETER J., *The VHDL Cookbook*, University of Adelaide, 1998.

[BHASKER 98] BHASKER, *A VHDL Synthesis Primer*, 2<sup>nd</sup> edition, Star Galaxy Pub, 1998.

[CHU 08] CHU, PONG P., *FPGA Prototyping by VHDL Examples*, John Wiley & Sons Inc, 2008.

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

[PÉREZ 02] PÉREZ LÓPEZ, S.A., SOTO CAMPOS, E., FERNÁNDEZ GÓMEZ, S., *Diseño de sistemas digitales con VHDL*, Thomson-Paraninfo, Madrid, 2002.

[PERRY 02] PERRY, DOUGLAS L., *VHDL: Programming by example*, 4<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill, 2002.

---

## Recomendacións

---

### Materias que se recomienda ter cursado previamente

Electrónica dixital/V05G300V01402

Circuitos electrónicos programables/V05G300V01502

---

### Outros comentarios

El alumno deberá haber cursado las asignaturas Electrónica Digital y Circuitos Electrónicos Programables. En todas ellas se imparten conocimientos que sirven de base o complementan los temas que se impartirán en esta asignatura.

No es necesario haberlas aprobado, pero sí conocer las materias que se imparten en estas asignaturas.

A los alumnos del módulo Sistemas Electrónicos, se les recomienda haber cursado la asignatura Sistemas Electrónicos de Procesado de Señal, pero no es imprescindible.

---