



DATOS IDENTIFICATIVOS

Sistemas Electrónicos Dixitais Avanzados

Materia	Sistemas Electrónicos Dixitais Avanzados			
Código	V05M145V01203			
Titulación	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descritores	Creditos ECTS	Sinale	Curso	Cuadrimestre
	5	OB	1	2c
Lingua de impartición	Castelán			
Departamento				
Coordinador/a	Valdés Peña, María Dolores			
Profesorado	Moure Rodríguez, María José Valdés Peña, María Dolores			
Correo-e	mvaldes@uvigo.es			
Web	http://fatic.uvigo.es			
Descrición xeral	Esta materia ten como obxectivo que o alumno sexa capaz a deseñar sistemas dixitais complexos ou de alta frecuencia de funcionamento. Para iso estúdanse, en primeiro lugar, as características eléctricas de consumo, velocidade e cargabilidade dos circuitos integrados dixitais e as tecnoloxías de memorias semicondutoras. Posteriormente, estúdanse os sistemas de axuste con periféricos externos e profúndase nos métodos de deseño de sistemas secuenciais síncronos. Finalmente, a materia céntrase no deseño de sistemas de comunicacións dixitais implementados en circuitos programables de alta densidade de integración. Ademais, ao longo de toda a materia, faise énfase na descrición VHDL de sistemas dixitais de alta complexidade.			

Competencias

Código	
A4	CB4 Que os estudantes saiban comunicar as súas conclusións, e os coñecementos e razóns últimas que as sustentan, a públicos especializados e non especializados dun xeito claro e sen ambigüidades.
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.
B4	CG4 Capacidade para o modelado matemático, cálculo e simulación en centros tecnolóxicos e de enxeñaría de empresa, particularmente en tarefas de investigación, desenvolvemento e innovación en todos os ámbitos relacionados coa Enxeñaría de Telecomunicación e campos multidisciplinares afíns.
B8	CG8 Capacidade para a aplicación dos coñecementos adquiridos e resolver problemas en ámbitos novos ou pouco coñecidos dentro de contextos máis amplos e multidisciplinarios, sendo capaces de integrar coñecementos.
C10	CE10 Capacidade para deseñar e fabricar circuitos integrados.
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.
C14	CE14 Capacidade para desenvolver instrumentación electrónica, así como transdutores, actuadores e sensores.

Resultados de aprendizaxe

Resultados previstos na materia	Resultados de Formación e Aprendizaxe
Coñecer as diferentes tecnoloxías de fabricación de circuitos integrados.	C10
Saber analizar e deseñar circuitos electrónicos dixitais avanzados.	B4 C12
Coñecer as diferentes tecnoloxías de entrada/saída dos circuitos dixitais.	C14

Saber deseñar circuitos de interfaz de entrada/saída.	C10 C12 C14
Coñecer as metodoloxías de deseño de circuitos dixitais complexos.	A5 B8 C12
Saber deseñar compoñentes de comunicacións baseados en dispositivos lóxicos programables.	A4 B8 C11 C12
Saber deseñar mediante linguaxes de descrición hardware sistemas electrónicos dixitais complexos.	C11

Contidos

Tema

Introdución aos circuitos integrados dixitais	Tecnoloxía CMOS: tecnoloxías NMOS e PMOS, portas CMOS, fabricación CMOS. Metodoloxías de deseño HW : a medida, semimedida, baseada en celas, baseada en matrices, dispositivos lóxicos programables (FPGAs). Metodoloxías de deseño SW: niveis de abstracción, métodos de deseño, fluxo de deseño, IPs.
VHDL avanzado	Descrición VHDL de sistemas dixitais complexos: variables, arrays, records, generics, generate, function, procedure. Codificación VHDL de Máquinas de Estado Finitas. Síntese avanzada: inferencia, primitivas, IPs.
Circuitos integrados CMOS	Métricas de deseño: voltaxes, ruído, fan-in, fan-out, retardo, potencia. Características do consumo de potencia en FPGAs. Entrada/saída: niveis estándar, encapsulado. Características temporais: set-up, hold, metaestabilidade, skew, jitter, distribución de reloxo.
Deseño secuencial	Sincronizadores: entradas asíncronas, PLLs, DLLs. Recursos de reloxo en FPGAs. Métodos de deseño secuencial: deseño de máquinas de estado finitas Moore e Mealy.
Memorias semicondutoras	Arquitectura das memorias semicondutoras: RAM, CAM, ROM, EEPROM, FLASH. Interfaz con memorias: interfaz con RAM, DRAM, EEPROM, FLASH. Memoria en FPGAs: distribuída, bloques, memoria externa, IPs de memoria.
Aritmética en FPGAs	Representacións numéricas. Overflow. Técnicas para mitigar os problemas de overflow. Precisión vs. custo hardware. Operacións aritméticas. Implementacións hardware de baixo custo. Consideracións aritméticas de deseño para a codificación HDL.
Síntese de frecuencia para aplicacións de comunicacións	Sínteses de frecuencia mediante osciladores controlados numericamente (NCOs). Arquitectura dun NCO. Parámetros de deseño. Caracterización do rango dinámico libre de espurios (SFDR). Técnicas de deseño. Implementación de NCOs mediante FPGAs.
Técnicas de "retiming" e "pipeline"	Gráficos de fluxo de sinal (SFGs). Análise do camiño crítico de sistema dixitais. Análise da latencia de entrada-saída. Técnicas de retiming para reducir os retardos de propagación en sistemas dixitais: [pipelining] e [time scaling]. Aplicación das técnicas de retiming ao deseño de filtros dixitais. Custo hardware. Aplicación dos conceptos á implementación de filtros dixitais mediante FPGAs.

Implementacións serie vs. paralelo	Técnicas de deseño: totalmente serie, totalmente paralelo, serie-paralelo. Custo hardware e comportamento temporal.
	Aplicación dos conceptos á implementación de filtros dixitais mediante FPGAs.
Deseño e verificación en hardware (Hardware-in-the-loop)	Descrición, simulación e verificación de circuitos sintetizables en FPGAs utilizando Matlab/Simulink.
	Aplicación al deseño de circuitos de adquisición de datos e de procesado de sinal.
	Ferramentas de verificación en hardware (Hardware-in-the-loop)
Prácticas de laboratorio	Ferramentas avanzadas para o deseño e verificación de circuitos dixitais complexos.
	Deseño e implementación de interfaces con ADC/DAC, interfaces con sensores, módulos de procesado de sinais, bloques de comunicacións e interfaces con memorias.

Planificación

	Horas na aula	Horas fóra da aula	Horas totais
Lección maxistral	22	15	37
Prácticas de laboratorio	10	15	25
Aprendizaxe baseado en proxectos	5	10	15
Exame de preguntas obxectivas	1	10	11
Resolución de problemas e/ou exercicios	0	10	10
Práctica de laboratorio	0	5	5
Proxecto	0	18	18
Presentación	2	2	4

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

Metodoloxía docente

	Descrición
Lección maxistral	O profesor expón os contidos teóricos da materia favorecendo a discusión crítica e a participación do estudante. Como tarefa previa, a documentación de cada sesión estará dispoñible vía FaTIC e espérase que o estudante asista a clase léndoa previamente.
	Nas sesións maxistras trabállanse as competencias CB5, CE10, CE11, CE12 e CE14.
Prácticas de laboratorio	Nas sesións de laboratorio o estudante aplica os métodos de deseño descritos nas sesións maxistras. Todas as sesións son guiadas e supervisadas polo profesor.
	Nas sesións de laboratorio trabállanse as competencias CG4, CE10, CE11, CE12 e CE14.
Aprendizaxe baseado en proxectos	Esta actividade céntrase en aplicar as técnicas descritas nas sesións de teoría e habilidades desenvolvidas no laboratorio á realización dun proxecto. Os estudantes deben chegar a solucións ben fundamentadas, escollendo os métodos de deseño máis adecuados. Estes proxectos planifícanse e tutorízanse en grupos de tamaño reducido.
	Mediante os proxectos trabállanse as competencias CB4, CB5, CG4, CG8, CE10, CE11, CE12 e CE14.

Atención personalizada

Metodoloxías	Descrición
Lección maxistral	Os estudantes teñen a oportunidade de resolver as súas dúbidas en sesións de atención personalizada. A cita co profesor correspondente debe ser solicitada e confirmada por correo electrónico, preferiblemente no horario publicado na web do centro.
Prácticas de laboratorio	Os estudantes teñen a oportunidade de resolver as súas dúbidas en sesións de atención personalizada. A cita co profesor correspondente debe ser solicitada e confirmada por correo electrónico, preferiblemente no horario publicado na web do centro.
Aprendizaxe baseado en proxectos	Planifícanse reunións con cada grupo de alumnos para o seguimento dos proxectos.
Probos	Descrición
Resolución de problemas e/ou exercicios	Os estudantes teñen a oportunidade de resolver as súas dúbidas en sesións de atención personalizada. A cita co profesor correspondente debe ser solicitada e confirmada por correo electrónico, preferiblemente no horario publicado na web do centro.

Avaliación			
	Descrición	Cualificación	Resultados de Formación e Aprendizaxe
Exame de preguntas obxectivas	Realizarase unha proba de preguntas de desenvolvemento e/ou problemas curtos a finais do cuadrimestre. Esta proba avalía todos os contidos impartidos nas clases teóricas.	20	C10 C11 C12 C14
Resolución de problemas e/ou exercicios	Os alumnos resolverán un conxunto de problemas e/ou exercicios de deseño de sistemas. Representa o 10% da cualificación final.	10	C10 C11 C12 C14
Práctica de laboratorio	Estas probas realízanse durante as sesións de prácticas de laboratorio. O alumno debe completar, polo menos, 4 das 5 sesións. A realización práctica dos circuitos indicados no guión e os informes entregados despois de cada sesión representan o 30% da cualificación final.	30	B4 C10 B8 C11 C12 C14
Proxecto	Os estudantes realizarán un proxecto en grupo de 4 ou máis alumnos, preferiblemente, no que desenvolverán as habilidades adquiridas durante as sesións maxistras e as prácticas de laboratorio. Este proxecto representa o 35% da nota final da materia.	35	A5 B4 C10 B8 C11 C12 C14
Presentación	Ao finalizar o cuadrimestre os estudantes deben presentar de forma oral e escrita os resultados do proxecto realizado. Esta actividade representa o 5% da nota final.	5	A4

Outros comentarios sobre a Avaliación

A materia pode ser superada coa nota máxima mediante avaliación continua ou avaliación única. Ambos os métodos de avaliación son excluíntes. Os estudantes que asistan a máis de 2 sesións de laboratorio considéranse que optan pola avaliación continua.

1. Avaliación continua

Os alumnos que opten pola modalidade de avaliación continua terán dúas oportunidades de avaliación, a primeira oportunidade ao finalizar o cuadrimestre e a segunda ao finalizar o curso (Xuño-Xullo).

A avaliación de primeira oportunidade consta dun conxunto de probas que se realizarán ao longo do cuadrimestre. As datas de todas as avaliacións publicaranse ao comezo do cuadrimestre. O peso e o contido das probas son as seguintes:

1.1 Exame de preguntas obxectivas e/ou exame de preguntas de desenvolvemento (NExam):

- Esta proba cobre todos os contidos impartidos nas sesións de teoría. Consta de problemas e/ou preguntas curtos ou de preguntas de múltiples respostas.
- Terá unha duración de 1 hora e realizarase en horas tipo A.
- O estudante supera esta parte se obtén unha nota NExam maior ou igual a 4 sobre 10.

1.2 Resolución de problemas e/ou exercicios (NExerc):

- Consiste nun conxunto de problemas e/ou exercicios de deseño que se indican nas sesións de teoría e que os alumnos deben entregar en determinadas datas previamente estipuladas.
- O alumno realiza estas actividades en horas de traballo autónomo.
- O estudante supera esta parte se obtén unha nota NExerc maior ou igual a 4 sobre 10.

1.3 Prácticas de laboratorio (NPrac):

- O estudante debe completar 4 das 5 sesións de prácticas para superar esta parte.
- O estudante debe implementar de forma correcta os circuitos descritos nos guiños das prácticas e entregar un informe de resultados correspondente a cada práctica. A cualificación de cada práctica depende destes resultados.
- Pode ser realizado de forma individual ou por grupos de 2 estudantes. Neste último caso, e se ambos asisten á práctica, a cualificación é a mesma para os 2 estudantes.

1.4 Proxecto (NPro) :

- Debe ser realizado por grupos colaborativos de 3 ou máis estudantes, preferiblemente.

- O 70% da nota final do proxecto (NPro) obtense a partir da tarefa individual asignada a cada estudante e o 30% das tarefas do grupo.
- Como parte da tarefa individual inclúese un traballo teórico que se asignará a cada estudante nas primeiras semanas do cuadrimestre. Este traballo consiste nun estudo previo das tarefas para realizar no proxecto. Este traballo previo representa o 5% da cualificación final do proxecto.
- No caso de detección de plaxio ou abandono dalgún membro dun equipo de traballo, a súa cualificación será suspenso (0) e non computará na cualificación do resto do grupo.
- O estudante supera esta parte se obtén unha nota NPro maior ou igual a 4 sobre 10.

1.5 Presentación do proxecto (PPro):

Cada alumno debe presentar os resultados do proxecto de forma oral e/ou escrita. Estas actividades representan o 5% da nota final da materia.

1.6 Cualificación final (Final_ac):

A cualificación final da avaliación continua obtense da seguinte forma:

$Final_ac = (NExam*0.2 + NExerc*0.1 + NPrac*0.3 + NPro*0.35 + PPro*0.05)$ se NExam e NPro son maiores ou iguais a 4;

$Final_ac = \min[(NExam*0.2 + NExerc*0.1 + NPrac*0.3 + NPro*0.35 + PPro*0.05), 4]$ noutro caso;

Os estudantes que non superen unha ou máis das probas da avaliación continua na primeira oportunidade poden recuperar as seguintes partes na segunda oportunidade:

- Pode completar e defender de novo o seu proxecto e esta nota substitúe ás anteriores (NPro e PPro).
- Pode realizar o exame teórico e esta nota substitúe á anterior (NExam).
- Pode realizar os problemas e/ou exercicios de deseño e esta nota substitúe á anterior (NExerc).

2. Avaliación única

Do mesmo xeito que a avaliación continua, os alumnos que opten por avaliación única terán dúas oportunidades de avaliación, primeira e segunda oportunidade. En ambos os casos a avaliación única constará das seguintes probas:

- Un exame no que se avalían todos os contidos teóricos da materia. Consiste en varios problemas curtos e/ou preguntas de desenvolvemento e dura 2 horas. Para superar o exame é necesario obter un 4 sobre 10. Esta proba representa o 40% da nota final (NExam).
- Un exame práctico de deseño de sistemas cun grao de complexidade similar ao das prácticas de laboratorio realizadas na materia. A duración do exame será de 2 horas. O peso desta avaliación representa o 20% da nota final (Nprac).
- Un proxecto individual cos mesmos obxectivos e complexidade que o proxecto realizado na avaliación continua. Este proxecto representa o 40% da nota final (NPro) e é necesario obter unha nota maior que 4 sobre 10 para superar a materia.

A nota final (Final_au) obtense da seguinte maneira:

$Final_au = (NExam*0.4 + NPrac*0.2 + NPro*0.4)$ se NExam e NPro son maiores ou iguais a 4;

$Final_au = \min[(NExam*0.4 + NPrac*0.2 + NPro*0.4), 4]$ noutro caso;

3. Outros comentarios

- O estudante poderá redactar os seus informes, traballos, exames ou presentacións en castelán, galego ou inglés.
- As notas obtidas na avaliación continua ou única só son válidas para o curso académico actual.
- Non se permite o uso de libros, notas ou dispositivos electrónicos como teléfonos ou computadores en ningún exame. Os teléfonos móbiles deben apagarse e estar fora do alcance do alumno.
- En caso de detección de plaxio nalgún dos traballos/probas realizadas a cualificación final da materia será de suspenso (0) e os profesores comunicarán á dirección da escola o asunto para que tome as medidas que considere oportunas.

Bibliografía Básica

Bibliografía Complementaria

Weste N., Harris D., **CMOS VLSI Design. A circuits and systems perspective**, 4, 2011

Roth C.H., John L.K., **Digital systems design using VHDL**, 3, 2008

Sharma A.K., **Semiconductor memories : technology, testing, and reliability**, 1997

Kurinec S.K., Iniewski K., **Nanoscale Semiconductor Memories: Technology and Applications (Devices, Circuits, and Systems)**, 2013

Kleitz W., **Digital Electronics: A Practical Approach with VHDL**, 9, 2011

Comer D.J., **Digital logic and state machine design**, 3, 1995

Wakerly J.F., **Digital Design. Principles and Practices**, 4, 2007

Moure M.J., Valdés M.D., **Apuntes y prácticas de SEDA**, 2017

Recomendacións

Materias que se recomenda cursar simultaneamente

Circuitos Mixtos Analógicos e Dixitais/V05M145V01213

Codeo de Hardware/Software de Sistemas Empotrados/V05M145V01214

Plan de Continxencias

Descrición

En casos de docencia non presencial ou parcialmente presencial, todas as actividades docentes realizaranse mediante a ferramenta ☐ Campus Remoto ☐ xunto co apoio da plataforma FaiTic e do correo electrónico. Ademais, teranse en conta os seguintes aspectos:

* Docencia de grupo A:

Os contidos teóricos da materia impartiranse en modo remoto a través de Campus Remoto

* Docencia de grupos B:

As prácticas de laboratorio que non poidan ser realizadas nos laboratorios especializados da Universidade substituiranse por algunha ou varias das seguintes alternativas:

- Prácticas demostrativas nas que os estudantes deben asistir e participar de forma remota.
- Prácticas de simulación que os estudantes deben realizar e entregar informes de resultados.
- Prácticas realizadas con circuitos electrónicos que os estudantes poden montar nas súas casas e entregar un informe de resultados.

O proxecto pode ser substituído tamén por un traballo teórico e/ou práctico relacionado cos contidos da materia. Neste caso, poderá ser individual ou en grupos de 2 alumnos en función das súas características e/ou extensión de acordo coas indicacións que o profesorado comunicará con suficiente antelación.

* Avaliación no caso en que deba realizarse online:

Manteranse os mesmos criterios de avaliación que en modo de docencia presencial.