



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Sistemas Electrónicos Dixitais Avanzados

Materia	Sistemas Electrónicos Dixitais Avanzados			
Código	V05M145V01203			
Titulación	Máster Universitario en Enxeñaría de Telecomunicación			
Descritores	Creditos ECTS 5	Sinale OB	Curso 1	Cuadrimestre 1c
Lingua de impartición	#EnglishFriendly Castelán			
Departamento				
Coordinador/a	Valdés Peña, María Dolores			
Profesorado	Moure Rodríguez, María José Valdés Peña, María Dolores			
Correo-e	mvaldes@uvigo.es			
Web	<a href="http://moovi.uvigo.gal/course">http://moovi.uvigo.gal/course</a>			
Descrición xeral	<p>Esta materia ten como obxectivo que o alumnado sexa capaz a deseñar sistemas dixitais complexos ou de alta frecuencia de funcionamento. Para iso estúdanse, en primeiro lugar, as características eléctricas, o consumo, velocidade e cargabilidade dos circuitos integrados dixitais e as tecnoloxías de memorias semiconductoras. Posteriormente, estúdanse os sistemas de conexión 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.</p> <p>Materia do programa English Friendly: Os/ as estudantes internacionais poderán solicitar ao profesorado: a) materiais e referencias bibliografías para o seguimento da materia en inglés, b) atender as titorías en inglés, c) probas e avaliacións en inglés</p>			

## Resultados de Formación e Aprendizaxe

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 multidisciplinares, 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 previstos na materia

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 sistemas electrónicos dixitais complexos utilizando linguaxes de descrición hardware.	C11

## Contidos

Tema	
Introdución aos circuitos integrados dixitais	<p>Tecnoloxía CMOS: tecnoloxías NMOS e PMOS, portas CMOS, fabricación CMOS.</p> <p>Metodoloxías de deseño HW : a medida, semimedida, baseada en celas, baseada en matrices, dispositivos lóxicos programables (FPGAs).</p> <p>Metodoloxías de deseño SW: niveis de abstracción, métodos de deseño, fluxo de deseño, IPs.</p>
VHDL avanzado	<p>Descrición VHDL de sistemas dixitais complexos: variables, arrays, records, generics, generate, funcion, procedure.</p> <p>Codificación VHDL de Máquinas de Estado Finitas.</p> <p>Síntese avanzada: inferencia, primitivas, IPs.</p>
Circuitos integrados CMOS	<p>Métricas de deseño: voltaxes, ruído, fan-in, fan-out, retardo, potencia.</p> <p>Características do consumo de potencia en FPGAs.</p> <p>Entrada/saída: niveis estandar, encapsulado.</p> <p>Características temporais: set-up, hold, metaestabilidade, skew, jitter, distribución de reloxo.</p>
Deseño secuencial	<p>Sincronizadores: entradas asíncronas, PLLs, DLLs.</p> <p>Recursos de reloxo en FPGAs.</p> <p>Métodos de deseño secuencial: deseño de máquinas de estado finitas Moore e Mealy.</p>
Memorias semiconductoras	<p>Arquitectura das memorias semiconductoras: RAM, CAM, ROM, EEPROM, FLASH.</p> <p>Interfaz con memorias: interfaz con RAM, DRAM, EEPROM, FLASH.</p> <p>Memoria en FPGAs: distribuída, bloques, memoria externa, IPs de memoria.</p>
Aritmética en FPGAs	<p>Representacións numéricas. Overflow. Técnicas para mitigar os problemas de overflow. Precisión vs. custo hardware. Operacións aritméticas. Implementacións hardware de baixo custo.</p> <p>Consideracións aritméticas de deseño para a codificación HDL.</p>
Síntese de frecuencia para aplicacións de comunicacións	<p>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.</p> <p>Implementación de NCOs mediante FPGAs.</p>

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.
	Aplicación ao 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	24	17	41
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

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

## Metodoloxía docente

	Descrición
Lección maxistral	O profesorado expón os contidos teóricos da materia favorecendo a discusión crítica e a participación do estudiantado. Como tarefa previa, a documentación de cada sesión estará dispoñible vía Moovi e espérase que o estudiantado asista a clase léndoa previamente.  Nas sesións maxistras trabállanse as competencias A5, C10, C11, C12 e C14.
Prácticas de laboratorio	Nas sesións de laboratorio o estudiantado aplica os métodos de deseño descritos nas sesións maxistras. Todas as sesións son guiadas e supervisadas polo profesorado.  Nas sesións de laboratorio trabállanse as competencias B4, C10, C11, C12 e C14.
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. O estudiantado debe 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 A4, A5, B4, B8, C10, C11, C12 e C14.

## Atención personalizada

Metodoloxías	Descrición
Lección maxistral	O estudiantado teñe a oportunidade de resolver as súas dúbidas en sesións de atención personalizada. A cita coa profesora correspondente debe ser solicitada e confirmada por correo electrónico, preferiblemente no horario publicado na web do centro. As ligazóns aos datos de contacto das profesoras son: María José Moure Rodríguez - <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11642">https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11642</a> María Dolores Valdés Peña - <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11303">https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11303</a>

Prácticas de laboratorio	O estudiantado teñe a oportunidade de resolver as súas dúbidas en sesións de atención personalizada. A cita coa profesora correspondente debe ser solicitada e confirmada por correo electrónico, preferiblemente no horario publicado na web do centro. As ligazóns aos datos de contacto das profesoras son: María José Moure Rodríguez - <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11642">https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11642</a> María Dolores Valdés Peña - <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11303">https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11303</a>
Aprendizaxe baseado en proxectos	Planificaranse reunións con cada grupo de alumnos para o seguimento dos proxectos.
<b>Probas</b>	<b>Descrición</b>
Resolución de problemas e/ou exercicios	O estudiantado teñe a oportunidade de resolver as súas dúbidas en sesións de atención personalizada. A cita coa profesora correspondente debe ser solicitada e confirmada por correo electrónico, preferiblemente no horario publicado na web do centro. As ligazóns aos datos de contacto das profesoras son: María José Moure Rodríguez - <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11642">https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11642</a> María Dolores Valdés Peña - <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11303">https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11303</a>

## 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.	30	C10 C11 C12 C14
Resolución de problemas e/ou exercicios	O alumnado 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 alumnado 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 B8 C10 C11 C12 C14
Proxecto	O estudiantado realizará un proxecto en grupo de 2 estudantes, preferiblemente, no que desenvolverán as habilidades adquiridas durante as sesións maxistras e as prácticas de laboratorio. Este proxecto representa o 30% da nota final da materia.	30	A5 B4 B8 C10 C11 C12 C14

## Outros comentarios sobre a Avaliación

A materia pode ser superada coa nota máxima mediante avaliación continua (AC) ou avaliación global (AG). Ambos os métodos de avaliación son excluíntes. O/a estudante que asista a máis de 2 sesións de laboratorio considéranse que optan pola avaliación continua. Con todo, aqueles/as que desexen renunciar á avaliación continua, poderán facelo nun prazo máximo dun mes antes da finalización do cuadrimestre.

### 1. Avaliación continua

O alumnado que opte pola modalidade de AC terá dúas oportunidades de avaliación, a oportunidade ordinaria ao finalizar o cuadrimestre e a extraordinaria ao finalizar o curso (Xuño-Xullo).

#### 1.1 Oportunidade ordinaria de AC:

A oportunidade ordinaria consta dun conxunto de probas que se realizarán ao longo do cuadrimestre. As datas de todas as probas publicarase nun calendario compartido e estará dispoñible ao comezo do cuadrimestre. O peso e o contido das probas é o seguinte:

#### - 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/a estudante supera esta parte se obtén unha nota NExam maior ou igual a 4 sobre 10.

#### - 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 o alumnado debe entregar en determinadas datas previamente estipuladas.
- Estas actividades realízanse en horas de traballo autónomo.
- O/a estudante supera esta parte se obtén unha nota NExerc maior ou igual a 4 sobre 10.

#### - Prácticas de laboratorio (NPrac):

- O estudantado debe implementar de forma correcta os circuitos descritos nos guións 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.
- As prácticas teñen carácter obrigatorio. O estudantado debe asistir, polo menos, a 4 das 5 sesións de prácticas (80% de asistencia obligatoria).

#### - Proxecto (NPro):

- Debe ser realizado por grupos colaborativos de 2 estudantes, preferiblemente.
- Este proxecto realizarase en horas tipo C baixo a tutorización do profesor responsable.
- O estudante supera esta parte se obtén unha nota NPro maior ou igual a 4 sobre 10.

#### Cualificación final de avaliación continua (Final\_AC):

A cualificación final da AC ordinaria obtense da seguinte forma:

$Final\_AC = (NExam*0.3 + NExerc*0.1 + NPrac*0.3 + NPro*0.3)$  se NExam, NExerc e NPro son maiores ou iguais a 4;

$Final\_AC = \min[(NExam*0.3 + NExerc*0.1 + NPrac*0.3 + NPro*0.3), 4.9]$  noutro caso;

#### 1.2 Oportunidade extraordinaria de avaliación continua:

O estudantado que non supere unha ou máis das probas da avaliación continua na oportunidade ordinaria poden recuperar as seguintes partes na oportunidade extraordinaria:

- Pode completar o seu proxecto e esta nota substitúe á anterior (NPro).
- 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).

A cualificación final da AC extraordinaria obtense de igual forma que a ordinaria.

## 2. Avaliación global

Do mesmo xeito que a avaliación continua, o alumnado que opte por avaliación única terán dúas oportunidades de avaliación, ordinaria e extraordinaria. En ambos os casos 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 durante o curso. 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.

#### Calificación final de avaliación global (Final\_AG):

A nota final (Final\_AG) obtense da seguinte maneira:

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

$Final\_AG = \min[(NExam*0.4 + NPrac*0.2 + NPro*0.4), 4.9]$  noutro caso;

## 3. Outros comentarios

- O estudiantado poderá redactar os seus informes, traballos, exames ou presentacións en castelán, galego ou inglés.
- As notas obtidas na avaliación continua ou global 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 o feito será comunicado á dirección do Centro para os efectos oportunos.

---

---

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

#### **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 Analóxicos e Dixitais/V05M145V01213

Codeseño Hardware/Software de Sistemas Empotrados/V05M145V01214

---