



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Sistemas Electrónicos Digitales Avanzados

Asignatura	Sistemas Electrónicos Digitales Avanzados			
Código	V05M145V01203			
Titulación	Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación			
Descriptores	Creditos ECTS	Seleccione	Curso	Cuatrimestre
	5	OB	1	1c
Lengua	#EnglishFriendly			
Impartición	Castellano			
Departamento	Tecnología electrónica			
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>			
Descripción general	<p>Esta materia tiene como objetivo que el alumnado sea capaz a diseñar sistemas digitales complejos o de alta frecuencia de funcionamiento. Para ello se estudian, en primer lugar, las características eléctricas, el consumo, velocidad y cargabilidad de los circuitos integrados digitales y las tecnologías de memorias semiconductoras. Posteriormente, se estudian los sistemas de acoplamiento con periféricos externos y se profundiza en los métodos de diseño de sistemas secuenciales síncronos. Finalmente, la materia se centra en el diseño de sistemas de comunicaciones digitales implementados en circuitos programables de alta densidad de integración. Además, a lo largo de toda la materia, se hace énfasis en la descripción VHDL de sistemas digitales de alta complejidad.</p> <p>Materia del programa English Friendly: Los/as estudiantes internacionales podrán solicitar al profesorado: a) materiales y referencias bibliográficas para el seguimiento de la materia en inglés, b) atender las tutorías en inglés, c) pruebas y evaluaciones en inglés.</p>			

## Resultados de Formación y Aprendizaje

Código	
A4	CB4 Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones, y los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
A5	CB5 Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
B4	CG4 Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería de Telecomunicación y campos multidisciplinares afines.
B8	CG8 Capacidad para la aplicación de los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinarios, siendo capaces de integrar conocimientos.
C10	CE10 Capacidad para diseñar y fabricar circuitos integrados.
C11	CE11 Conocimiento de los lenguajes de descripción hardware para circuitos de alta complejidad.
C12	CE12 Capacidad para utilizar dispositivos lógicos programables, así como para diseñar sistemas electrónicos avanzados, tanto analógicos como digitales. Capacidad para diseñar componentes de comunicaciones como por ejemplo encaminadores, conmutadores, concentradores, emisores y receptores en diferentes bandas.
C14	CE14 Capacidad para desarrollar instrumentación electrónica, así como transductores, actuadores y sensores.

## Resultados previstos en la materia

Resultados previstos en la materia	Resultados de Formación y Aprendizaje
------------------------------------	---------------------------------------

Conocer las diferentes tecnologías de fabricación de circuitos integrados.	C10
Saber analizar y diseñar circuitos electrónicos digitales avanzados.	B4 C12
Conocer las diferentes tecnologías de entrada/salida de los circuitos digitales.	C14
Saber diseñar circuitos de interfaz de entrada/salida.	C10 C12 C14
Conocer las metodologías de diseño de circuitos digitales complejos.	A5 B8 C12
Saber diseñar componentes de comunicaciones basados en dispositivos lógicos programables.	A4 B8 C11 C12
Saber diseñar sistemas electrónicos digitales complejos utilizando lenguajes de descripción hardware.	C11

## Contenidos

Tema	
Introducción a los circuitos integrados digitales	<p>Tecnología CMOS: tecnologías NMOS and PMOS, puertas CMOS, fabricación CMOS.</p> <p>Metodologías de diseño HW : a medida, semimedida, basada en celdas, basada en matrices, dispositivos lógicos programables (FPGAs).</p> <p>Metodologías de diseño SW: niveles de abstracción, métodos de diseño, flujo de diseño, IPs.</p>
VHDL avanzado	<p>Descripción VHDL de sistemas digitales complejos: variables, arrays, records, generics, generate, funcion, procedure.</p> <p>Codificación VHDL de Máquinas de Estado Finitas.</p> <p>Síntesis avanzada: inferencia, primitivas, IPs.</p>
Circuitos integrados CMOS	<p>Métricas de diseño: voltajes, ruido, fan-in, fan-out, retardo, potencia.</p> <p>Características del consumo de potencia en FPGAs.</p> <p>Entrada/salida: niveles estandar, encapsulado.</p> <p>Características temporales: set-up, hold, metaestabilidad, skew, jitter, distribución de reloj.</p>
Diseño secuencial	<p>Sincronizadores: entradas asíncronas, PLLs, DLLs.</p> <p>Recursos de reloj en FPGAs.</p> <p>Métodos de diseño secuencial: Diseño de máquinas de estado finitas Moore y Mealy.</p>
Memorias semiconductoras	<p>Arquitectura de las memorias semiconductoras: RAM, CAM, ROM, EEPROM, FLASH.</p> <p>Interfaz con memorias: interfaz con RAM, DRAM, EEPROM, FLASH.</p> <p>Memoria en FPGAs: distribuida, bloques, memoria externa, IPs de memoria.</p>
Aritmética en FPGAs	<p>Representaciones numéricas. Overflow. Técnicas para mitigar los problemas de overflow. Precisión vs. coste hardware. Operaciones aritméticas. Implementaciones hardware de bajo coste.</p> <p>Consideraciones aritméticas de diseño para la codificación HDL.</p>
Síntesis de frecuencia para aplicaciones de comunicaciones	<p>Síntesis de frecuencia mediante osciladores controlados numéricamente (NCOs). Arquitectura de un NCO. Parámetros de diseño. Caracterización del rango dinámico libre de espurios (SFDR). Técnicas de diseño.</p> <p>Implementación de NCOs mediante FPGAs.</p>

Técnicas de "retiming" y "pipeline"	Gráficos de flujo de señal (SFGs). Análisis del camino crítico de sistema digitales. Análisis de la latencia de entrada-salida. Técnicas de retiming para reducir los retardos de propagación en sistemas digitales: pipelining y time scaling. Aplicación de las técnicas de retiming al diseño de filtros digitales. Coste hardware.  Aplicación de los conceptos a la implementación de filtros digitales mediante FPGAs.
Implementaciones serie vs. paralelo	Técnicas de diseño: totalmente serie, totalmente paralelo, serie-paralelo. Coste hardware y comportamiento temporal.  Aplicación de los conceptos a la implementación de filtros digitales mediante FPGAs.
Diseño y verificación en hardware (Hardware-in-the-loop)	Descripción, simulación y verificación de circuitos sintetizables en FPGAs.  Aplicación al diseño de circuitos de adquisición de datos y de procesado de señal.  Herramientas de verificación en hardware (Hardware-in-the-loop).
Prácticas de laboratorio	Herramientas avanzadas para el diseño y verificación de circuitos digitales complejos.  Diseño e implementación de interfaces con ADC/DAC, interfaces con sensores, módulos de procesado de señales, bloques de comunicaciones e interfaces con memorias.

### Planificación

	Horas en clase	Horas fuera de clase	Horas totales
Lección magistral	24	17	41
Prácticas de laboratorio	10	15	25
Aprendizaje basado en proyectos	5	10	15
Examen de preguntas objetivas	1	10	11
Resolución de problemas y/o ejercicios	0	10	10
Práctica de laboratorio	0	5	5
Proyecto	0	18	18

\*Los datos que aparecen en la tabla de planificación son de carácter orientativo, considerando la heterogeneidad de alumnado

### Metodologías

	Descripción
Lección magistral	El profesorado expone los contenidos teóricos de la materia favoreciendo la discusión crítica y la participación del estudiantado. Como tarea previa, la documentación de cada sesión estará disponible vía Moovi y se espera que el estudiantado asista a clase habiéndola leído previamente.  En las sesiones magistrales se trabajan las competencias A5, C10, C11, C12 y C14.
Prácticas de laboratorio	En las sesiones de laboratorio el estudiantado aplica los métodos de diseño descritos en las sesiones magistrales. Todas las sesiones son guiadas y supervisadas por el profesorado.  En las sesiones de laboratorio se trabajan las competencias B4, C10, C11, C12 y C14.
Aprendizaje basado en proyectos	Esta actividad se centra en aplicar las técnicas descritas en las sesiones de teoría y habilidades desarrolladas en el laboratorio a la realización de un proyecto. El estudiantado deben llegar a soluciones bien fundamentadas, escogiendo los métodos de diseño más adecuados. Estos proyectos se planifican y tutorizan en grupos de tamaño reducido.  Mediante los proyectos se trabajan las competencias A4, A5, B4, B8, C10, C11, C12 y C14.

### Atención personalizada

Metodologías	Descripción
Lección magistral	El estudiantado tienen la oportunidad de resolver sus dudas en sesiones de atención personalizada. La cita con la profesora correspondiente debe ser solicitada y confirmada por correo electrónico, preferiblemente en el horario publicado en la web del centro. Los enlaces a los datos de contacto de las 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	El estudiantado tienen la oportunidad de resolver sus dudas en sesiones de atención personalizada. La cita con la profesora correspondiente debe ser solicitada y confirmada por correo electrónico, preferiblemente en el horario publicado en la web del centro. Los enlaces a los datos de contacto de las 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>
--------------------------	---

Aprendizaje basado en proyectos Se planificarán reuniones con cada grupo de trabajo para el seguimiento de los proyectos.

Pruebas	Descripción
Resolución de problemas y/o ejercicios	El estudiantado tienen la oportunidad de resolver sus dudas en sesiones de atención personalizada. La cita con la profesora correspondiente debe ser solicitada y confirmada por correo electrónico, preferiblemente en el horario publicado en la web del centro. Los enlaces a los datos de contacto de las 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>

Evaluación			
	Descripción	Calificación	Resultados de Formación y Aprendizaje
Examen de preguntas objetivas	Se realizará una prueba de problemas cortos y/o de preguntas de desarrollo al finalizar el cuatrimestre. Esta prueba evalúa todos los contenidos impartidos en las clases teóricas.	40	C10 C11 C12 C14
Resolución de problemas y/o ejercicios	El alumnado resolverán un conjunto de problemas y/o ejercicios de diseño de sistemas. Representa el 10% de la calificación final.	10	C10 C11 C12 C14
Práctica de laboratorio	Estas pruebas se realizan durante las sesiones de prácticas de laboratorio. El alumnado debe completar, al menos, 4 de las 5 sesiones. La realización práctica de los circuitos indicados en el guion y los informes entregados después de cada sesión representan el 25% de la calificación final.	25	B4 C10 B8 C11 C12 C14
Proyecto	El estudiantado realizarán un proyecto en grupo de 2 estudiantes, preferiblemente, en el que desarrollarán las habilidades adquiridas durante las sesiones magistrales y las prácticas de laboratorio. Este proyecto representa el 25 % de la nota final de la materia.	25	A4 B4 C10 A5 B8 C11 C12 C14

### Otros comentarios sobre la Evaluación

La materia puede ser superada con la nota máxima mediante evaluación continua (EC) o evaluación global (EG). Ambos métodos de evaluación son excluyentes. El/la estudiante que asista a más de 2 sesiones de laboratorio se considera que opta por la evaluación continua. No obstante, aquellos/as que deseen renunciar a la evaluación continua, podrán hacerlo en un plazo máximo de un mes antes de la finalización del cuatrimestre.

#### 1. Evaluación continua

El alumnado que opte por la modalidad de EC tendrá dos oportunidades de evaluación, la oportunidad ordinaria al finalizar el cuatrimestre y la extraordinaria al finalizar el curso (Junio-Julio).

##### 1.1 Oportunidad ordinaria de EC:

La oportunidad ordinaria consta de un conjunto de pruebas que se realizarán a lo largo del cuatrimestre. Las fechas de todas las pruebas se publicará en un calendario compartido y estará disponible al inicio del cuatrimestre. El peso y el contenido de las pruebas es el siguiente:

##### - Examen de preguntas objetivas y/o examen de preguntas de desarrollo (NExam):

- Esta prueba cubre todos los contenidos impartidos en las sesiones de teoría y/o prácticas. Consta de problemas y/o preguntas cortas o preguntas de múltiples respuestas.
- El/la estudiante supera esta parte si obtiene una nota NExam mayor o igual a 4 sobre 10.

##### - Resolución de problemas y/o ejercicios (NExerc):

- Consiste en un conjunto de problemas y/o ejercicios de diseño que se indican en las sesiones de teoría y que el alumnado debe entregar en determinadas fechas previamente estipuladas.
- Estas actividades se realizan en horas de trabajo autónomo.

### - Prácticas de laboratorio (NPrac):

- El estudiantado debe implementar de forma correcta los circuitos descritos en los guiones de las prácticas y entregar un informe de resultados correspondiente a cada práctica. La calificación depende de estos resultados.
- Puede ser realizado de forma individual o por grupos de 2 estudiantes. En este último caso, si ambos asisten a la práctica, la calificación es la misma para los dos.
- Las prácticas tienen carácter obligatorio. El estudiantado debe asistir, al menos, a 4 de las 5 sesiones de prácticas (80% de asistencia obligatoria).

### - Proyecto (NPro):

- Este proyecto se realizará de forma autónoma por el estudiantado con tutorización del profesorado responsable en las horas tipo C.

### Calificación final de evaluación continua (Final\_EC):

La calificación final de la EC ordinaria se obtiene de la siguiente forma:

$Final\_EC = (NExam*0.4 + NExerc*0.1 + NPrac*0.25 + NPro*0.25)$  si NExam es mayor o iguales a 4;

$Final\_EC = \min [(NExam*0.4 + NExerc*0.1 + NPrac*0.25 + NPro*0.25), 4.9]$  en otro caso;

### 1.2 Oportunidad extraordinaria de evaluación continua:

El estudiantado que no supere una o más de las pruebas de la evaluación continua en la oportunidad ordinaria pueden recuperar las siguientes partes en la oportunidad extraordinaria:

- Puede completar su proyecto y esta nota reemplaza a la anterior (NPro).
- Puede realizar el examen teórico y esta nota reemplaza a la anterior (NExam).
- Puede realizar los problemas y/o ejercicios de diseño y esta nota reemplaza a la anterior (NExerc).

La calificación final de la EC extraordinaria se obtiene de igual forma que la ordinaria.

## 2. Evaluación global (EG)

Al igual que la evaluación continua, el alumnado que opte por evaluación global tendrá dos oportunidades de evaluación, ordinaria y extraordinaria. En ambos casos constará de las siguientes pruebas:

- Un examen en el que se evalúan todos los contenidos teóricos de la asignatura. Consiste en varios problemas cortos y/o preguntas de desarrollo y dura 2 horas. Para superar el examen es necesario obtener un 4 sobre 10. Esta prueba representa el 40% de la nota final (NExam).
- Un examen práctico de diseño de sistemas con un grado de complejidad similar al de las prácticas de laboratorio realizadas durante el curso. La duración del examen será de 2 horas. El peso de esta evaluación representa el 20% de la nota final (Nprac).
- Un proyecto individual con los mismos objetivos y complejidad que el proyecto realizado en la evaluación continua. Este proyecto representa el 40% de la nota final (NPro) y es necesario obtener una nota mayor que 4 sobre 10 para superar la asignatura.

### Calificación final de evaluación global (Final\_EG):

La nota final (Final\_EG) se obtiene de la siguiente manera:

$Final\_EG = (NExam*0.4 + NPrac*0.2 + NPro*0.4)$  si NExam y NPro son mayores o iguales a 4;

$Final\_EG = \min [(NExam*0.4 + NPrac*0.2 + NPro*0.4), 4.9]$  en otro caso.

## 3. Otros comentarios

- El estudiantado podrá redactar sus informes, trabajos, exámenes o presentaciones en castellano, gallego o inglés.
- Las notas obtenidas en la evaluación continua o global solo son válidas para el curso académico actual.
- No se permite el uso de libros, notas o dispositivos electrónicos como teléfonos u ordenadores en ningún examen. Los teléfonos móviles deben apagarse y estar fuera del alcance del alumnado.
- En caso de detección de plagio en cualquiera de las pruebas/trabajos, la calificación final de la asignatura será de

SUSPENSO (0) y el hecho será comunicado a la dirección del Centro para los efectos oportunos.

---

---

**Fuentes 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

---

---

**Recomendaciones****Asignaturas que se recomienda cursar simultáneamente**

Circuitos Mixtos Analógicos y Digitales/V05M145V01213

Codiseño Hardware/Software de Sistemas Empotrados/V05M145V01214

---