



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Sistemas electrónicos de procesamiento de señal

Asignatura	Sistemas electrónicos de procesamiento de señal			
Código	V05G301V01312			
Titulación	Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación			
Descriptores	Creditos ECTS 6	Seleccione OP	Curso 3	Cuatrimestre 1c
Lengua	#EnglishFriendly			
Impartición	Castellano			
Departamento	Tecnología electrónica			
Coordinador/a	Valdés Peña, María Dolores			
Profesorado	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>En esta asignatura se introducen los conceptos básicos del procesamiento digital de señales desde el punto de vista de la implementación hardware de los sistemas orientados a tal propósito. Se hace énfasis en soluciones basadas en FPGAs, para las que se utilizan plataformas hardware y herramientas software de diseño profesionales. El carácter de la asignatura es fundamentalmente práctico. Se potencia el desarrollo de proyectos colaborativos cuyo objetivo final es el diseño de sistemas electrónicos de procesamiento de señal.</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			
B4	CG4 Capacidad para resolver problemas con iniciativa, para la toma de decisiones, la creatividad, y para comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad del Ingeniero Técnico de Telecomunicación.		
B6	CG6 Facilidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.		
B9	CG9 Capacidad para trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe y de comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.		
B13	CG13 Capacidad para manejar herramientas software que apoyen la resolución de problemas en ingeniería.		
C39	(CE39/SE1): Capacidad de construir, explotar y gestionar sistemas de captación, transporte, representación, procesamiento, almacenamiento, gestión y presentación de información multimedia, desde el punto de vista de los sistemas electrónicos.		
C45	(CE45/SE7): Capacidad para diseñar dispositivos de interfaz, captura de datos y almacenamiento, y terminales para servicios y sistemas de telecomunicación.		
D2	CT2 Concebir la Ingeniería en un marco de desarrollo sostenible.		
D4	CT4 Favorecer el trabajo cooperativo, las capacidades de comunicación, organización, planificación y aceptación de responsabilidades en un ambiente de trabajo multilingüe y multidisciplinar, que favorezca la educación para la igualdad, para la paz y para el respeto de los derechos fundamentales.		

## Resultados previstos en la materia

Resultados previstos en la materia	Resultados de Formación y Aprendizaje	
Conocer los principios fundamentales de diseño de los sistemas hardware de procesamiento de señales.	B6 B13	C39 C45

Capacidad para decidir diferentes estrategias de diseño en función de la aplicación.	B4	C39 C45	D2
Capacidad para seleccionar la arquitectura hardware más adecuada a cada aplicación.	B4 B6	C39 C45	
Capacidad para diseñar circuitos básicos de procesamiento de audio e imagen.	B4 B6 B9 B13	C39 C45	D4
Adquirir habilidades en las herramientas de diseño, simulación e implementación de sistemas de procesamiento de señal.	B13	C39 C45	
Adquirir habilidades para verificar el correcto funcionamiento de los sistemas hardware complejos.	B6 B13	C39 C45	
Adquirir habilidades para combinar diferentes herramientas software y diferentes plataformas hardware.	B13	C39 C45	
Capacidad para documentar proyectos de diseño hardware.	B4 B9		D4

## Contenidos

Tema	
Teoría: Tema 1. Introducción	- Arquitectura básica de los Sistemas Electrónicos de Procesado de Señal: acondicionamiento, muestreo, conversión, reconstrucción.
Teoría: Tema 2. Tipos de procesamiento de señal	- Diferentes realizaciones hardware y software: DSP y FPGAs.  - Formas de procesamiento: Serie/paralelo, Hardware/Software.  - Coste hardware de circuitos habituales de procesamiento de señal. Recursos lógicos necesarios. Velocidad de proceso.
Teoría: Tema 3. Aritmética en DSP	- Tipos de datos.  - Modificación de datos: cuantificación y desbordamiento.  - Operaciones aritméticas y circuitos asociados.  - Conceptos asociados: critical path, pipeline, latencia.
Teoría: Tema 4. Sistema de acondicionamiento y muestreo de señales	- Ejemplo de sistema real de acondicionamiento y muestreo de señales utilizando una placa de desarrollo basada en FPGA.
Teoría: Tema 5. Diseño e implementación de filtros digitales	- Implementación de filtros digitales en FPGA.  - Análisis de soluciones totalmente paralelas y semi-paralelas: coste hardware, velocidad de operación.
Teoría: Tema 6. Diseño de sistemas de procesamiento de audio	- Ejemplos de sistemas de procesamiento de audio.  - Análisis de recursos hardware necesarios.  - Implementación y análisis de prestaciones.
Teoría: Tema 7. Diseño de sistemas de procesamiento de imagen	- Ejemplos de sistemas de procesamiento de imagen.  - Análisis de recursos hardware necesarios.  - Implementación y análisis de prestaciones.
Prácticas de laboratorio: Diseño de sistemas de procesamiento de señal básicos.	- Diseño, implementación y verificación de sistemas de procesamiento de señal básicos descritos mediante VHDL: diseño de filtros digitales, aplicaciones de comunicación, procesamiento de imagen y procesamiento de audio.  - Manejo de las herramientas de diseño ISE y/o Vivado de Xilinx y MATLAB de MathWorks.

## Planificación

	Horas en clase	Horas fuera de clase	Horas totales
Actividades introductorias	1	0	1
Lección magistral	14	14	28
Prácticas de laboratorio	14	14	28
Aprendizaje basado en proyectos	9	48	57
Presentación	0	6	6
Resolución de problemas y/o ejercicios	2	6	8
Práctica de laboratorio	0	14	14

Proyecto	1	3	4
Presentación	1	3	4

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

### Metodologías

	Descripción
Actividades introductorias	<p>Se presentarán los diferentes temas clave de la asignatura tanto en su componente teórica como práctica, así como las actividades a desarrollar en los proyectos de la asignatura.</p> <p>En estas actividades se trabajarán las competencias B6, C39, y C45.</p> <p>Se trata de una actividad individual.</p>
Lección magistral	<p>Se expondrán por parte del profesorado los contenidos teóricos de la asignatura y se realizarán las actividades introductorias tanto de los contenidos teóricos de la materia como de los proyectos a desarrollar durante el curso.</p> <p>En estas clases se trabajarán las competencias B6, C9 y C45.</p> <p>Se trata de una actividad individual.</p>
Prácticas de laboratorio	<p>Se implementarán sistemas de procesamiento de señal básicos basados en FPGAs.</p> <p>En estas actividades se trabajarán las competencias B6, B9, C39, C45 y B13.</p> <p>Se trata de una actividad grupal.</p> <p>Software utilizado: Matlab, ISE y/o Vivado</p>
Aprendizaje basado en proyectos	<p>Se establecerán grupos de trabajo de dos o más estudiantes. Cada grupo desarrollará un proyecto a lo largo del curso. Dicho proyecto consistirá en el diseño de un sistema específico de procesamiento de señal de complejidad media.</p> <p>Además, se dispondrá de grupos pequeños (Grupos tipo C) que permitirán realizar un seguimiento del proyecto a desarrollar en la asignatura. Actividades a desarrollar en los grupos C:</p> <p>Actividad 1. Análisis y debate sobre el sistema diseñado en el proyecto de la asignatura.</p> <p>Actividad 2. Demostración del funcionamiento del sistema diseñado. Análisis y debate de resultados.</p> <p>En estas actividades se trabajarán las competencias B6, B9, C39, C45, B13, D2, B4 y D4.</p> <p>Se trata de una actividad grupal.</p> <p>Software utilizado: Matlab, ISE y/o Vivado</p>
Presentación	<p>Exposición por parte de cada grupo de trabajo ante el docente y el resto del alumnado de los resultados del proyecto realizado.</p> <p>En esta actividad se trabajarán las competencias B4, B9 y D4.</p> <p>Se trata de una actividad grupal.</p> <p>Software utilizado: Power Point o cualquier otra herramienta de presentación.</p>

### Atención personalizada

Metodologías	Descripción
Lección magistral	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas del alumnado sobre el estudio de conceptos teóricos. El alumnado tendrá ocasión de acudir a tutorías personalizadas o en grupos previa solicitud y confirmación través del correo electrónico. Los datos de contacto de la profesora son accesibles en <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 profesorado atenderá personalmente dudas y consultas del alumnado sobre las prácticas de laboratorio. El alumnado tendrá ocasión de acudir a tutorías personalizadas o en grupos previa solicitud y confirmación través del correo electrónico. Los datos de contacto de la profesora son accesibles en <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 El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas del alumnado sobre el proyecto. El alumnado tendrá ocasión de acudir a tutorías personalizadas o en grupos previa solicitud y confirmación través del correo electrónico. Los datos de contacto de la profesora son accesibles en <https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11303>

<b>Evaluación</b>					
	Descripción	Calificación	Resultados de Formación y Aprendizaje		
Resolución de problemas y/o ejercicios	Se realizará un examen de respuestas cortas sobre los temas teóricos de la materia.  En el apartado «Otros comentarios» se amplía la información.  Mediante este examen se evaluarán las competencias C39 y C45.	20		C39 C45	
Práctica de laboratorio	Las prácticas de laboratorio se evaluarán en función del trabajo realizado de forma continua durante las propias horas de prácticas (horas tipo B) y de un informe final de prácticas. En el apartado "Otros comentarios" se amplía la información.  Mediante la realización de estas prácticas se evaluarán las competencias B4, B6, B13, C39, C45 y D4.	35	B4 B6 B13	C39 C45	D4
Proyecto	Se realizará un proyecto que consistirá en el diseño de un sistema de procesado de señal de complejidad media. En el apartado "Otros comentarios" se amplía la información.  Mediante este proyecto se evaluarán las competencias B4, B6, B9, B13, C39, C45, D2 y D4.	40	B4 B6 B9 B13	C39 C45	D2 D4
Presentación	Se realizará la presentación oral del proyecto. En el apartado "Otros comentarios" se amplía la información.  Mediante esta actividad se evaluarán las competencias B4, B9 y D4.	5	B4 B9		D4

### **Otros comentarios sobre la Evaluación**

Siguiendo las directrices propias de la titulación, al alumnado que curse esta materia se le ofrecerá dos sistemas de evaluación: evaluación continua (EC) y evaluación global (EG).

Se considera que un/a estudiante opta por la EC cuando asiste a más de dos prácticas de laboratorio. En ningún caso la calificación final de un/a estudiante que opta por EC podrá ser de "No presentado". No obstante, se podrá renunciar a la EC y optar por la EG, previa solicitud por correo electrónico, en un plazo máximo de un mes antes de la finalización del cuatrimestre.

#### **1.- Evaluación continua**

La evaluación continua, tanto en la oportunidad ordinaria como en la extraordinaria, consiste en un examen teórico, un conjunto de prácticas de laboratorio, la realización de un trabajo teórico-práctico (proyecto) y la presentación de dicho trabajo.

La planificación de las diferentes pruebas y entregas de EC se publicará en un calendario compartido y estará disponible al inicio del cuatrimestre.

##### **1.1 Examen teórico (NExam):**

El examen teórico incluirá los contenidos de todos los temas teóricos de la asignatura y se realizará al final del cuatrimestre. El peso de este examen será de 2 puntos sobre 10.

##### **1.2 Prácticas de laboratorio (NPrac):**

Las prácticas de laboratorio se realizarán en grupos preferiblemente de dos estudiantes. Para la evaluación de las prácticas se valorará el trabajo realizado en el laboratorio y la entrega de un informe final de prácticas. El peso de esta actividad será de 3.5 punto sobre 10. El trabajo en el laboratorio se valorará de forma individual y representará el 60% de la nota de prácticas. El 40 % restante corresponderá a la memoria y será la misma para todos los integrantes del grupo de prácticas.

Las prácticas tienen carácter obligatorio. Para optar a una nota de prácticas el alumnado debe asistir como mínimo al 80 % de las prácticas.

### 1.3 Trabajo teórico-práctico (NPro):

El trabajo teórico-práctico se realizará en horas tipo B y C. Se realizará en grupos de dos o más estudiantes. Como resultado del trabajo se entregará una memoria y el sistema implementado. El peso de esta evaluación es de 4 puntos sobre 10.

En el trabajo teórico-práctico al alumnado se les asignarán tareas individuales y conjuntas. Las tareas individuales tendrán un peso del 60% de la nota del trabajo y las conjuntas el 40%. La nota correspondiente al 40% será la misma para todos los integrantes del grupo.

### 1.4 Presentación oral del trabajo teórico-práctico (NPre):

El alumnado deberá presentar los resultados del trabajo teórico-práctico. El peso de esta evaluación es de 0.5 puntos sobre 10. La presentación de los trabajos será al final del cuatrimestre, en la misma fecha del examen teórico.

### 1.5 Calificación final (Nota\_final):

La calificación final de la evaluación continua se obtiene de la siguiente forma:

$Nota\_final = (0.2 * NExam + 0.35 * NPrac + 0.4 * NPro + 0.05 * NPre)$  si Nexam, NPrac y NPro son mayores o iguales a 4 y Nota\_final es mayor o igual a 5;

$Nota\_final = \min[(0.2 * NExam + 0.35 * NPrac + 0.4 * NPro + 0.05 * NPre), 4.9]$  en otro caso.

El alumnado que no supere alguna de las evaluaciones parciales en la oportunidad ordinaria tendrá la posibilidad de repetirla en la oportunidad extraordinaria. En este caso el alumnado será evaluado sólo de la/las parte/s que tenga suspenso/s (examen teórico, prácticas de laboratorio y/o proyecto). La nota que obtengan en la oportunidad extraordinaria sustituirá a la anterior.

## 2.- Evaluación global y convocatoria de fin de carrera

El alumnado que opten por la evaluación global o se presenten a la convocatoria de fin de carrera deberán superar dos exámenes, un examen teórico de todos los temas de la asignatura y un examen práctico.

### 2.1 Examen teórico (NExam\_G):

El examen teórico podrá incluir preguntas de respuesta corta, problemas, y/o ejercicios de diseño de sistemas.

### 2.2 Examen práctico (NPra\_G):

El examen práctico consistirá en la prueba final en hardware de un sistema que el/la estudiante deberá diseñar y simular previamente de forma autónoma. Una semana antes de la fecha que se establezca para el examen el/la estudiante deberá entregar una memoria del trabajo realizado y los resultados de simulación. Durante el examen práctico el/la estudiante validará el sistema diseñado en el hardware.

Tanto el examen teórico como el práctico tendrán un peso del 50% de la nota final.

### 2.3 Calificación final (Nota\_final\_G):

La calificación final de la evaluación global y de la convocatoria de fin de carrera se obtiene de la siguiente forma:

$Nota\_final\_G = (0.5 * NExam\_G + 0.5 * NPra\_G)$  si Nexam\_G y NPra\_G son mayores o iguales a 4 y Nota\_final\_G es mayor o igual a 5;

$Nota\_final\_G = \min[(0.5 * NExam\_G + 0.5 * NPra\_G), 4.9]$  en otro caso.

El alumnado que opten por evaluación global y no superen la asignatura en la oportunidad ordinaria, tendrán otra posibilidad en la oportunidad extraordinaria. En este caso sólo serán evaluados de la/las parte que tengan suspenso (teoría y/o práctica).

## 3.- Otros comentarios

- El alumnado podrá responder el examen, redactar sus informes, trabajos o presentaciones en castellano, gallego o inglés.
- Las notas obtenidas en la evaluación continua o en la evaluación 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 presencial. Los teléfonos móviles deben apagarse y estar fuera del alcance del alumnado.
- En caso de detección de plagio en alguno de los trabajos/pruebas realizadas la calificación final de la asignatura será

de suspenso (0) y el profesorado lo comunicará a la dirección de la escuela para que tome las medidas que considere oportunas.

- En caso de detección de plagio o abandono de algún miembro de un equipo de trabajo, su calificación será "suspenso (0)" y no computará en la calificación del resto del grupo.

---

### **Fuentes de información**

#### **Bibliografía Básica**

U. Meyer-Baese, **Digital signal processing with Field Programmable Gate Arrays**, 3th ed., Springer-Verlag, 2007

James H. McClellan, Ronald W. Schafer, Mark A. Yoder, **Signal processing first**, 1st ed., Pearson Education International, 2003

XUP, University of Strathclyde and Steepest Ascent, **DSP for FPGA Primer**, 2011

#### **Bibliografía Complementaria**

John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis, **Digital signal processing**, 4th ed., Pearson Education International, 2007

John G. Proakis, **Tratamiento digital de señales : principios, algoritmos y aplicaciones**, 4ª ed., Prentice Hall, 2007

---

### **Recomendaciones**

#### **Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente**

Electrónica digital/V05G301V01203