



## DATOS IDENTIFICATIVOS

### Circuitos Mixtos Analógicos y Digitales

Asignatura	Circuitos Mixtos Analógicos y Digitales			
Código	V05M145V01213			
Titulación	Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación			
Descriptores	Creditos ECTS	Seleccione	Curso	Cuatrimestre
	5	OP	1	2c
Lengua	#EnglishFriendly			
Impartición	Castellano			
Departamento				
Coordinador/a	Quintáns Graña, Camilo			
Profesorado	Quintáns Graña, Camilo			
Correo-e	quintans@uvigo.es			
Web	<a href="http://moovi.uvigo.gal">http://moovi.uvigo.gal</a>			
Descripción general	<p>La mayoría de los sistemas electrónicos son una mezcla de circuitos analógicos y de circuitos digitales. Por ello, además de estudiarlos por separado, es necesario considerarlos en su conjunto y conocer sus características particulares. Desde un punto de vista de la señal eléctrica, los circuitos mixtos pueden manejar tanto señales digitales con información analógica como señales analógicas con información digital. Combinar el dominio de datos digital con el analógico y el temporal es fundamental para diseñar sistemas complejos. Esta asignatura aproxima al alumno al estudio multidisciplinar de los distintos tipos de circuitos que conforman los sistemas electrónicos.</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	
A1	CB1 Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
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.
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 y comprender las bases de los circuitos mixtos para obtener aplicaciones nuevas que combinen distintos métodos y recursos para el diseño de sistemas más complejos.	A1
Saber modelar sistemas electrónicos mixtos utilizando las bases matemáticas de los sistemas analógicos continuos y de los sistemas discretos.	B4
Saber combinar distintos métodos y recursos para el diseño de sistemas complejos que incluyen circuitos analógicos y digitales.	B8

Conocer las características de los lenguajes de descripción de circuitos electrónicos mixtos analógicos y digitales. Saber modelar sistemas electrónicos mixtos utilizando los lenguajes de descripción hardware.	C11
Saber combinar distintos métodos y recursos para el diseño de sistemas complejos que incluyen circuitos analógicos y digitales.	C12
Saber diseñar circuitos de acoplamiento de señales analógicas a procesadores digitales de forma eficiente. Así como señales de salida provenientes de procesadores digitales a sistemas analógicos.	
Saber diseñar moduladores y filtros digitales específicos para el muestreo y reconstrucción de señales.	C14
Saber utilizar técnicas de modulación para el acondicionamiento de sensores y para la generación de señales para actuadores eléctricos.	

## Contenidos

Tema	
Tema 1: Introducción a los circuitos electrónicos mixtos analógicos y digitales.	Características de los circuitos mixtos. Modelado, simulación y aplicaciones de los circuitos mixtos. Introducción a los lenguajes de descripción hardware para circuitos mixtos analógicos/digitales.
Tema 2: Introducción a la técnicas de acoplamiento directo de señales analógicas a procesadores digitales.	Introducción. Técnicas de acoplamiento. Modulación PWM. Modulación Sigma-Delta. Modulador DAC y comparación con PWM. Métodos de discretización de sistemas continuos.
Tema 3: Técnicas de sobremuestreo para tratamiento digital de señales analógicas.	Técnicas de sobremuestreo. Ganancia de resolución. Modificación del espectro del ruido de cuantificación. Modulador de primer orden. Técnicas de modelado, simulación y test de moduladores sigma-delta.
Tema 4: Circuitos moduladores sigma-delta.	Diseño de moduladores sigma-delta con distintas topologías. Parámetros de funcionamiento. Moduladores paso-bajo, paso-banda y multietapa.
Tema 5: Introducción a los convertidores A/D multietapa.	Circuitos analógicos convertidores A/D segmentados. Etapas básicas, de sincronización y de alineación. Métodos de test.
Tema 6: Circuitos de filtrado digital para aplicaciones de muestreo y reconstrucción.	Síntesis en VHDL de filtros digitales. Filtros de promediado y diezrado. Filtro ecualizador FIR.
Tema 7: Síntesis digital de señales analógicas.	Métodos de síntesis digital de señales analógicas. Síntesis directa. Filtros IIR. Modelado mediante lenguajes de descripción hardware de sintetizadores digitales de señales analógicas.
Prácticas de laboratorio	1.- Simulación de un modulador ADC Sigma-Delta. 2.- Montaje de un modulador ADC Sigma-Delta. 3.- Configuración de una FPGA para implementar un modulador Sigma-Delta DAC. 4.- Configuración de una FPGA para implementar un filtro peine paso-2. 5.- Configuración de una FPGA para implementar un circuito DDS. 6.- Configuración de una FPGA para implementar un circuito sintetizador basado en filtro IIR.

## Planificación

	Horas en clase	Horas fuera de clase	Horas totales
Actividades introductorias	0.5	1	1.5
Lección magistral	10.5	21	31.5
Trabajo tutelado	4.5	9	13.5
Resolución de problemas	2	4	6
Prácticas de laboratorio	7.5	15	22.5
Práctica de laboratorio	1	11	12
Trabajo	0.5	1	1.5
Examen de preguntas de desarrollo	1	15	16
Resolución de problemas y/o ejercicios	1	15	16
Observación sistemática	1	1	2
Informe de prácticas, prácticum y prácticas externas	0.5	2	2.5

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

## Metodologías

	Descripción
Actividades introductorias	Actividades encaminadas a tomar contacto y reunir información sobre el alumnado, así como a presentar la materia.
Lección magistral	Exposición por parte del profesorado de los contenidos sobre la materia objeto de estudio, bases teóricas y/o directrices de un trabajo, ejercicio que el alumnado tiene que desarrollar. Se trabajan las competencias A1, B4, C11, C12 y C14.

Trabajo tutelado	<p>El alumnado, de manera individual o en grupo, realiza actividades, que pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajos monográficos, búsqueda de información en publicaciones, bases de datos, artículos, libros... sobre un tema en concreto.</li> <li>- Preparación de seminarios, investigaciones, memorias, ensayos, conferencias etc.</li> <li>- Recensiones sobre artículos científicos de actualidad.</li> <li>- Proyectos (diseñar y desarrollar proyectos).</li> </ul> <p>Se trabajan las competencias A1, B4, B8, C11, C12 y C14.</p>
Resolución de problemas	<p>Actividad en la que se formulan problemas y/o ejercicios relacionados con la materia. El alumnado debe desarrollar las soluciones correctas mediante la ejercitación de rutinas, y aplicación de fórmulas o algoritmos, la aplicación de procedimientos de transformación de la información disponible y la interpretación de los resultados.</p> <p>Se trabajan las competencias A1, B4, B8, C11, C12 y C14.</p>
Prácticas de laboratorio	<p>Actividades de aplicación de los conocimientos y situaciones concretas, y de adquisición de habilidades básicas y procedimentales, relacionadas con la materia objeto de estudio. Se desarrollan en el laboratorio con con equipamiento especializado.</p> <p>Se trabajan las competencias A1, B4, B8, C11, C12 y C14.</p> <p>Software utilizado: OrCAD PSpice, Excel, Matlab, Vivado o ISE, PARTQUEST.</p>

### Atención personalizada

Metodologías	Descripción
Lección magistral	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los alumnos sobre el estudio de los conceptos teóricos y los ejercicios. Las tutorías personalizadas se harán en el despacho en el horario que se publique al principio del curso en el perfil personal accesible en Moovi ( <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317">https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317</a> ).
Prácticas de laboratorio	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas del alumnado sobre la preparación de las prácticas de laboratorio. Las tutorías personalizadas se harán en el despacho o en el laboratorio en el horario que se publique al principio del curso en el perfil personal accesible en Moovi ( <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317">https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317</a> ).
Trabajo tutelado	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los alumnos sobre el estudio de los conceptos teóricos y los ejercicios. Las tutorías personalizadas se harán en el despacho en el horario que se publique al principio del curso en el perfil personal accesible en Moovi ( <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317">https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317</a> ).
Resolución de problemas	El profesor atenderá personalmente dudas y consultas de los alumnos sobre la resolución de los problemas. Las tutorías personalizadas se harán en el despacho del profesor en el horario que se publique al principio del curso en su perfil personal accesible en Moovi ( <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317">https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317</a> ).
Pruebas	Descripción
Informe de prácticas, prácticum y prácticas externas	El profesorado atenderá personalmente dudas y consultas de los alumnos sobre el estudio de los conceptos teóricos y los ejercicios. Las tutorías personalizadas se harán en el despacho en el horario que se publique al principio del curso en el perfil personal accesible en Moovi ( <a href="https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317">https://moovi.uvigo.gal/user/profile.php?id=11317</a> ).

### Evaluación

	Descripción	Calificación	Resultados de Formación y Aprendizaje
Práctica de laboratorio	Prácticas de ejecución de tareas reales o simuladas. Son pruebas en las que se evaluará el desempeño del alumnado sobre la base de los conocimientos mostrados, el comportamiento, organización y planificación durante la práctica, reflexión sobre los resultados obtenidos, etc.	20	B8 C11 C12 C14
Trabajo	Es un texto elaborado sobre un tema y debe redactarse siguiendo unas normas establecidas.	10	A1 B4 B8
Examen de preguntas de desarrollo	Pruebas que incluyen preguntas abiertas sobre un tema. El alumnado debe desarrollar, relacionar, organizar y presentar los conocimientos que tienen sobre la materia en una respuesta extensa.	20	B4 C11 B8 C12 C14
Resolución de problemas y/o ejercicios	Prueba en la que el alumnado debe solucionar una serie de problemas y/o ejercicios en un tiempo/condiciones establecido/as por el equipo docente. De esta forma, el alumnado debe aplicar los conocimientos adquiridos.	25	A1 B4 C11 B8 C12 C14
Observación sistemática	Percepción atenta, racional, planificada y sistemática para describir y registrar las manifestaciones del comportamiento del alumnado.	10	B8

Informe de prácticas, Elaboración de un informe en el que se reflejan las características del prácticum y práctica de trabajo llevado a cabo. externas	El alumnado debe describir las tareas y procedimientos desarrollados, mostrar los resultados obtenidos u observaciones realizadas, así como el análisis y tratamiento de datos.	15	B8 C11 C12
---	---	----	---------------

## Otros comentarios sobre la Evaluación

### 1. Oportunidad ordinaria

#### 1.1. Evaluación continua

La evaluación continua está formada por las cuatro partes siguientes con sus respectivos pesos:

Parte 1.- Laboratorio (35%), que se divide en:

- Desarrollo de las prácticas: seguimiento (10%) más la prueba práctica (10%).
- Informe de las prácticas de laboratorio (15%).

Parte 2.- Exámenes de teoría (45%), que se divide de forma orientativa en:

- Preguntas de desarrollo (20%).
- Problemas (25%).

Parte 3.- Trabajo tutelado (10%), en el que se presentarán los resultados en un informe del trabajo de grupo C.

Parte 4.- Observación sistemática (10%). Se tendrá en cuenta, además de los aspectos mencionados en la descripción, la participación del alumnado en la realización de las actividades propuestas para su trabajo autónomo y la participación en las tutorías.

La nota final, la cual se puntúa sobre un máximo de 10 puntos, es la suma de las notas de cada parte si se cumplen las siguientes condiciones:

- Condición 1.- Realizar un mínimo del 80% de las prácticas de laboratorio.
- Condición 2.- Obtener una puntuación mínima del 40% en la evaluación de laboratorio (parte 1), en los exámenes (parte 2) y en el trabajo tutelado (parte 3).

Si no se cumple alguna de las condiciones anteriores, la nota final será la suma de las notas de cada parte o 4,9 puntos sobre 10, en caso de que dicha suma sea superior o igual a 5 puntos.

El alumnado que opte por evaluación continua y que no haya alcanzado la nota mínima en alguna parte puede recuperarla en el examen final de la oportunidad ordinaria o de la extraordinaria. En el caso de la oportunidad ordinaria, el peso de las partes a recuperar no debe sobrepasar el 40% de la nota total. En el caso del trabajo tutelado, si no se alcanzó la nota mínima, el plazo para presentar las mejoras propuestas por el equipo docente es la fecha del examen final de la oportunidad ordinaria o a de la extraordinaria.

Para aprobar, los alumnos deben obtener una puntuación total igual o superior al 50% de la nota máxima (5 puntos).

La prueba práctica se realizará en una de las últimas sesiones de laboratorio. Las pruebas de preguntas de desarrollo y de problemas se dividirán en dos sesiones repartidas a lo largo del período de docencia de la materia.

Si transcurrido el primer mes de actividad académica y después de realizar el primer examen parcial, el alumnado no renuncia expresamente a la evaluación continua, se considerará que es el método de evaluación que ha elegido.

#### 1.2. Evaluación global

El alumnado que no opte por la evaluación continua o que no realice, por lo menos, el 80% de las prácticas, se puede presentar a un examen final.

El examen final consiste en una prueba práctica y en una teórica, cada una correspondiente al 50% de la nota total. Para aprobar se debe obtener un mínimo del 40% en cada parte y sumar en total, como mínimo, 5 puntos. Si la suma total es igual o superior a 5 puntos, pero no se ha alcanzado el mínimo en ambas partes, la nota final será de 4,9 puntos.

El alumnado que no haya optado por evaluación continua y no se presente al examen final tendrá la calificación de No Presentado.

### 2. Oportunidad extraordinaria

En la oportunidad extraordinaria la evaluación es como la descrita en la evaluación global.

## Integridad académica

En caso de detección de plagio en cualquiera de las pruebas (pruebas cortas, exámenes parciales o examen final), la calificación final será de SUSPENSO (0) y el hecho será comunicado a la dirección del Centro para los efectos oportunos.

---

### Fuentes de información

#### Bibliografía Básica

Shanthi Pavan; Richard Schreier; Gabor C. Temes, **Understanding Delta-Sigma Data Converters**, 2, Wiley-IEEE Press, 2017

U. Meyer-Baese, **Digital Signal Processing with Fiel Programmable Gate Arrays**, 4, Springer, 2014

C. Quintáns, **Simulación de Circuitos Electrónicos con OrCAD PSpice**, 2, Marcombo, 2021

#### Bibliografía Complementaria

Charles H. Roth, Lizy Kurian John, **Digital Systems Design using VHDL**, 3, Cengage Learning, 2017

F. Maloberti, **Data Converters**, Springer, 2008

Steven W. Smith, **The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing**, California Technical Publishing, 1997

G.I. Bourdopoulos, et al, **Delta-Sigma modulators : modeling, design and applications**, Imperial College Press, 2003

S. J. Orfanidis, **Introduction to signal Processing**, Prentice Hall International, Inc., 1997

Alfi Moscovici, **High Speed A/D Converters: Understanding Data Converters Through SPICE**, Kluwer Academic Publishers, 2006

Libin Yao, Michel Steyaert and Willy Sansen, **Low-Power Low-Voltage Sigma-Delta Modulators in nanometer CMOS**, Springer, 2006

---

### Recomendaciones

#### Asignaturas que continúan el temario

Acondicionadores de Señal/V05M145V01331

---

#### Asignaturas que se recomienda haber cursado previamente

Diseño de Circuitos Electrónicos Analógicos/V05M145V01106

Sistemas Electrónicos Digitales Avanzados/V05M145V01203