



Guía docente de la asignatura

Asignatura	PROCESADO DISCRETO DE SEÑALES Y SISTEMAS		
Materia	SEÑALES Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES		
Módulo	MATERIAS ESPECÍFICAS DE LA MENCIÓN EN TELEMÁTICA		
Titulación	GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE TELECOMUNICACIÓN - MENCIÓN EN TELEMÁTICA		
Plan	512	Código	46665
Periodo de impartición	2º CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OPTATIVA (OBLIGATORIA DE LA MENCIÓN)
Nivel/Ciclo	GRADO	Curso	3º
Créditos ECTS	6 ECTS		
Lengua en que se imparte	CASTELLANO		
Profesor/es responsable/s	JUAN JOSÉ VILLACORTA		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	DESPACHO: 2L026 TELÉFONO: 983 185802 EXT. 5802 EMAIL: juavil@tel.uva.es		
Horario de tutorías	Véase www.uva.es → Centros → Campus de Valladolid → Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación → Tutorías		
Departamento	TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES E INGENIERÍA TELEMÁTICA		

1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

Actualmente son múltiples los problemas de procesamiento de señal, comunicaciones o telemática asociados a las actividades de ingeniería. Por este motivo es necesario tener conocimiento de una serie de herramientas de análisis propias de este ámbito. A la hora de trabajar en el marco de las nuevas tecnologías, donde cada vez más señales son digitales, es imprescindible en conocimiento del procesamiento discreto de la señal.

Esta asignatura pretende reforzar el conocimiento y utilización de las herramientas de procesamiento de señal en el ámbito discreto al tiempo que emular los principales sistemas continuos mediante la resolución analítica y la implementación en tiempo real mediante con un DSP (Procesador Digital de Señal).

El alumno, asimismo, manejará estas cuestiones desde una perspectiva aplicada y tendrá una extensa labor de laboratorio que le permita conectar conceptos teóricos con implementaciones prácticas a plantear. Durante la impartición de la asignatura el alumno debe adquirir un conocimiento profundo de la programación de tarjetas de procesamiento de señal, al tiempo que tener un manejo adecuado de las herramientas de depuración y los aparatos de instrumentación.

1.2 Relación con otras materias

La asignatura se encuentra enmarcada dentro del Módulo de Materias Específicas de Telemática, concretamente en el Bloque Señales y Sistemas de Comunicaciones. Consta de tres asignaturas: Redes de Transmisión por cable e inalámbrica (impartida en el primer cuatrimestre del tercer curso), Procesado Discreto de Señales y Sistemas (impartida en el segundo cuatrimestre del tercer curso) y Sistemas de Radionavegación (impartida en el primer cuatrimestre del cuarto curso).

Esta materia también está directamente relacionada con las asignaturas incluidas en un par de materias del Bloque de Materias Básicas de Telecomunicaciones, concretamente con la materia Fundamentos de Señales y Sistemas, que incluye las asignaturas Sistemas Lineales y Señales Aleatorias y Ruido, y la materia Fundamentos de Comunicaciones, que incluye las asignaturas Teoría de la Comunicación y Sistemas de Comunicación. La asignatura Sistemas Lineales, proporciona los fundamentos básicos sobre el tratamiento de señal y sus herramientas, tanto en el dominio temporal como frecuencial, siempre desde el punto de vista de señales y sistemas continuos. La asignatura Señales Aleatorias y Ruido sienta las bases del análisis probabilístico de señales, siendo necesario para la correcta caracterización de las señales y que su procesamiento sea óptimo. Las asignaturas Teoría de la Comunicación y Sistemas de Comunicación proporcionan las bases fundamentales sobre sistemas de comunicaciones analógicos y digitales desde el punto de vista del tratamiento de señal. El conocimiento de estos fundamentos sienta las bases de los conocimientos a desarrollar en la asignatura Procesado Discreto de Señales y Sistemas, pero desde el punto de vista de señales y sistemas discretos.

Finalmente, los contenidos desarrollados en la asignatura Procesado Discreto de Señales y Sistemas resultan fundamentales para comprender los conceptos que se implementan en la asignatura Sistemas en Tiempo Real,



de la materia Dominios Específicos de Aplicación, dentro del mismo bloque de Materias Específicas de Telemática. El concepto de tiempo real está directamente relacionado con el procesado discreto de la señal.

1.3 Prerrequisitos

No existe ningún requisito previo para cursar esta asignatura, pero se aconseja haber cursado las siguientes asignaturas del Bloque de Materias Básicas de Telecomunicaciones: Sistemas Lineales y Teoría de la Comunicación, y las siguientes asignaturas del Bloque de Materias Instrumentales: Cálculo y Ampliación de Matemáticas. Una vez cursada la asignatura Procesado Discreto de Señales y Sistemas, sería interesante cursar la asignatura Sistemas en Tiempo Real, para completar conocimientos.





2. Competencias

2.1 Generales

- **GBE2.** Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de la ingeniería técnica de Telecomunicación.
- **GBE3.** Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- **GBE4.** Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- **GC1.** Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- **GC2.** Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

2.2 Específicas

- **B2.** Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.
- **B4.** Comprensión y dominio de los conceptos básicos de sistemas lineales y las funciones y transformadas relacionadas, teoría de circuitos eléctricos, circuitos electrónicos, principio físico de los semiconductores y familias lógicas, dispositivos electrónicos y fotónicos, tecnología de materiales y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.
- **T1.** Capacidad para aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.
- **T4.** Capacidad de analizar y especificar los parámetros fundamentales de un sistema de comunicaciones.
- **T5.** Capacidad para evaluar las ventajas e inconvenientes de diferentes alternativas tecnológicas de despliegue o implementación de sistemas de comunicaciones, desde el punto de vista del espacio de la señal, las perturbaciones y el ruido y los sistemas de modulación analógica y digital.



3. Objetivos

Objetivos conceptuales

- Conocer y manejar las herramientas discretas (TF, DFS, DFT, FFT y TZ) para la caracterización y análisis de señales y sistemas discretos en el dominio temporal, frecuencial y complejo.
- Conocer y manejar las técnicas de filtrado discreto y de estimación frecuencial.
- Diseñar y emular sistemas continuos mediante sistemas híbridos analógicos-discretos.
- Practicar una metodología de resolución de problemas en el ámbito continuo/discreto en base a la utilización conjunta y secuencial de técnicas analíticas e implementación en tiempo real.
- Utilizar correctamente instrumental básico de medida.
- Implementar en tiempo real mediante un DSP los principales sistemas discretos.

Objetivos Procedimentales y Actitudinales

- Visualizar los dominios transformados.
- Resolver problemas nuevos a partir de los conocimientos previos y las herramientas a su alcance (toma de decisiones).
- Resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- Diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar los datos.



4. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teóricas	24	Estudio y trabajo autónomo individual	75
Clases prácticas	0	Estudio y trabajo autónomo grupal	15
Laboratorios	30		
Prácticas externas, clínicas o de campo	0		
Seminarios	6		
Otras actividades	0		
Total presencial	60	Total no presencial	90



5. Bloques temáticos

Bloque: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Carga de trabajo en créditos ECTS: 2.4

a. Contextualización y justificación

Este bloque engloba todos los contenidos teóricos de la asignatura, estando dividido en 5 temas. Se asume que el alumno tiene un conocimiento preliminar del concepto de señal y sistema unidimensional para entornos continuos y discretos.

En el ámbito discreto es necesario caracterizar las señales en el dominio frecuencial, al tiempo que permitir que su caracterización se realice de forma discreta e implementable mediante procesadores digitales. Por tanto se presenta una nueva herramienta la DFT y su implementación eficiente la FFT.

Por otro lado, para caracterizar y procesar una señal, es necesario poder estimar su espectro y poder eliminar las componentes frecuenciales no deseadas. Por tanto se analizan las propiedades y los algoritmos de diseño tanto de los filtros digitales como de los algoritmos de estimación espectral.

La migración de los sistemas analógicos a sistemas digitales conlleva un conocimiento profundo de las relaciones entre las señales y sistemas analógicos y las señales y sistemas discretos. Estas relaciones constituyen las técnicas de emulación y asociadas a ellas las técnicas de diezmado e interpolación, que se analizan en esta asignatura.

Finalmente, se presentan los dispositivos digitales que permiten adquirir y procesar las señales en tiempo real, los DSP que permiten así como la implementación de este tipo de sistemas y por ende la emulación de los sistemas continuos.

b. Objetivos de aprendizaje

- Conocer y manejar la DFT para representar de señales y sistemas discretos en el dominio frecuencial.
- Conocer y manejar la convolución circular, y comprender su relación con la convolución lineal.
- Identificar y manejar las herramientas de caracterización de sistemas LTI en el dominio temporal y frecuencial, y conocer las propiedades de los más representativos.
- Identificar y manejar las distintas técnicas de diseño e implementación de filtros digitales.
- Extender el uso de la DFT al análisis de Fourier de señales continuas y de duración infinita, tanto periódicas, como aleatorias.
- Conocer, identificar y manejar los métodos de estimación espectral no paramétricos.
- Identificar los elementos del modelo que permiten emular un sistema continuo mediante un sistema discreto, así como el esquema real de un sistema de emulación y los efectos asociados al mismo.
- Justificar las técnicas de diezmado e interpolación desde el punto de vista del muestro de una señal continua, así como operaciones dentro del dominio discreto.
- Identificar y justificar el esquema de procesado para la variación racional de la velocidad de muestreo.



- Identificar las causas por las que los sistemas digitales son el hardware que se utiliza para el procesamiento discreto en tiempo real, así como sus ventajas e inconvenientes.
- Conocer las consideraciones a tener en cuenta a la hora de programar sistemas en tiempo real.
- Conocer los diferentes tipos de procesadores digitales de señal, identificar los tipos de arquitecturas de DSP y sus elementos, así como conocer diferentes fabricantes de DSP.

c. Contenidos

TEMA 1: ANÁLISIS EN LOS DOMINIOS TEMPORAL Y FRECUENCIAL DE LAS SEÑALES

1. Secuencias y sistemas discretos de especial interés
2. DFT y FFT

TEMA 2: ANÁLISIS EN LOS DOMINIOS TEMPORAL Y FRECUENCIAL DE LOS SISTEMAS DISCRETOS

1. Respuesta frecuencial de los sistemas LTI
2. Función de transferencia de sistemas basados en EDF
3. Sistemas con Función de Transferencia racional
4. Sistemas paso todo, fase mínima y fase máxima
5. Sistemas FIR de fase lineal generalizada
6. Diseño de filtros digitales FIR
7. Implementación de filtros digitales

TEMA 3: ALGORITMOS DE ESTIMACIÓN ESPECTRAL

1. Análisis de Fourier de señales continuas vía DFT
2. Transformada de Fourier dependiente del tiempo (STFT)
3. Análisis de Fourier de procesos estocásticos estacionarios
4. Métodos de estimación espectral no paramétricos

TEMA 4: EMULACION DE SISTEMAS CONTINUOS

1. Arquitectura de emulación ideal. Conversión C/D y D/C
2. Relación entre el sistema discreto y el sistema continuo
3. Técnicas de diezmado por un factor entero
4. Técnicas de interpolación por un factor entero
5. Técnicas de diezmado/interpolación por factor racional
6. Consideraciones prácticas de la emulación real

TEMA 5: ARQUITECTURAS HARDWARE PARA PROCESADO DE SEÑAL

1. Procesadores Digitales de Señal
2. Arquitectura de DSP
3. Familias de DSP

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa.



- Evaluación continua de conceptos teóricos.

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de este bloque se realizará mediante técnicas de evaluación continua consistentes en la realización de una serie de cuestionarios asociados a cada tema. Los objetivos de la evaluación serán evaluar el conocimiento de los conceptos teóricos explicados durante las clases de teoría y potenciar el estudio de los conceptos teóricos antes de realizar las correspondientes prácticas en el laboratorio.

g. Bibliografía básica

- OPPENHEIM, A. V. "Tratamiento de señales en tiempo discreto" Madrid, Prentice-Hall, 2000 (2nd ed.)
- PROAKIS, J. G. "Digital signal processing" New York, Macmillan, Prentice-Hall, 2007 (4th ed.)

h. Bibliografía complementaria

- MITRA, S. K. "Digital signal processing: a computer-based approach" Boston, McGraw-Hill, 2001 (2nd ed.)
- BARRERO GARCÍA, F. J. "Procesadores digitales de señal de altas prestaciones de Texas Instruments: de la familia TMS320C3x a la TMS320C6000" Madrid, McGraw-Hill, 2005
- KEHTARNAVAZ, N. "Digital Signal Processing System Design" Amsterdam, Academic Press, 2008 (2nd. ed.)
- SMITH, S. W. "Digital signal processing : a practical guide for engineers and scientists" Boston, Newnes, 2003

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.

**Bloque: SEMINARIO DE PROBLEMAS**

Carga de trabajo en créditos ECTS: 0.6

a. Contextualización y justificación

Este bloque hace referencia a la adquisición de las aptitudes y estrategias relativas a la resolución de ejercicios analíticos que capaciten a los estudiantes para resolver, diseñar y afrontar sistemas de tratamiento digital.

El aprendizaje acerca de la resolución de problemas analíticos afianza el conocimiento de los conceptos teóricos, además de ampliarlo y complementarlo, mostrando la aplicación práctica de las formulaciones teóricas.

Un estudiante de ingeniería debe alcanzar los conceptos teóricos orientados a su aplicación práctica, que es objetivo ineludible para su desarrollo como profesional.

b. Objetivos de aprendizaje

- Calcular la DFT de una secuencia en función del tamaño de la DFT y de la longitud de la secuencia.
- Calcular la convolución por bloques vía DFT.
- Analizar la función de transferencia $H(z)$ de un filtro y su respuesta frecuencial.
- Relacionar el dominio frecuencial continuo y discreto en un emulador.
- Implementar algoritmos de procesamiento basados en las técnicas de diezmado e interpolación
- Descomponer un filtro.
- Diseñar filtros multietapa.
- Diseñar filtros FIR e IIR.
- Estimar un espectro en base a la resolución, manchado y separación frecuencial requeridos.

c. Contenidos

Se estructuran 5 seminarios de problemas:

- S1: Problemas de DFT.
- S2: Problemas de sistemas LTI.
- S3: Problemas de filtrado.
- S4: Problemas de análisis espectral.
- S5: Problemas de emulación.

d. Métodos docentes

- Resolución de problemas tipo.
- Planteamiento de problemas y resolución de los mismos por los alumnos en grupos reducidos.
- Resolución de dudas sobre la colección de problemas planteados.



- Técnicas de evaluación entre pares para la corrección de los problemas.

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de este bloque se realizará mediante una prueba escrita de resolución individual que estará en coherencia con los objetivos de la asignatura. En ella se tratará de comprobar la capacidad del alumno para aplicar los conocimientos teóricos de la asignatura para la resolución analítica de problemas.

g. Bibliografía básica

- OPPENHEIM, ALAN V. "Tratamiento de señales en tiempo discreto" Madrid, Prentice-Hall, 2000 (2nd ed.)
- PROAKIS, JOHN G. "Digital signal processing" New York, Prentice-Hall, cop.2007 (4th ed.)

h. Bibliografía complementaria

- MITRA, S. K. "Digital signal processing: a computer-based approach" Boston, McGraw-Hill, 2001 (2nd ed.)

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.

**Bloque: PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

Carga de trabajo en créditos ECTS: 3.0

a. Contextualización y justificación

En base al temario del bloque fundamentos teóricos, se definen un conjunto de prácticas, que permiten validar y reforzar los conocimientos teóricos adquiridos mediante su implementación en tiempo real. Se utiliza un dispositivo hardware basado en DSP y un software que permite su programación, de forma que los sistemas corran en tiempo real y se permita trabajar con señales continuas. Al tiempo se le dota al estudiante de herramientas de instrumentación basadas en generadores y osciloscopios digitales dotados de FFT que le permiten generar señales analógicas así como analizar sus características en los dominios temporal y frecuencial.

b. Objetivos de aprendizaje

- Generar señales con formas y parámetros específicos.
- Analizar y medir parámetros de las señales en el dominio de tiempo y la frecuencia.
- Realizar e implementar en el DSP un esquema sencillo en LabVIEW utilizando las librerías básicas de LabVIEW.
- Caracterizar los márgenes dinámicos de los conversores A/D y D/A del DSP.
- Calcular la DFT de un número de puntos diferentes a la longitud de la secuencia.
- Implementar una convolución lineal mediante DFT.
- Diseñar e implementar filtros FIR e IIR.
- Emular un filtro continuo mediante un filtro discreto.
- Diezmar e interpolar secuencias discretas.
- Estimar el espectro y seleccionar la resolución frecuencial, la separación frecuencial y el nivel de manchado espectral.

c. Contenidos

Se estructuran 14 prácticas de laboratorio:

- P1: Introducción a los sistemas de instrumentación y medida
- P2: Introducción a LabVIEW y a los DSP I
- P3: Introducción a LabVIEW y a los DSP II
- P4: DFT
- P5: Convolución por bloques: Overlap-add y Overlap-save
- P6: Sistemas LTI
- P7: Diseño de filtros
- P8: Implementación de filtros
- P9: Problema aplicado de filtros
- P10: Análisis espectral
- P11: Problema aplicado de estimación espectral



- P12: Máquina de estados
- P13: Diezmado e interpolación
- P14: Problema aplicado de emulación

d. Métodos docentes

- Prácticas de laboratorio a realizar de forma individual, con soporte del profesor.

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de este bloque se realizará mediante una prueba práctica que estará en coherencia con los objetivos de la asignatura. En ella se tratará de comprobar la capacidad del alumno para aplicar los conocimientos teóricos de la asignatura en la resolución práctica de problemas, así como la capacidad del alumno en la programación de DSP mediante herramientas visuales.

g. Bibliografía básica

- LAJARA VIZCAÍNO, J. R. "LabVIEW: entorno gráfico de programación " Barcelona, Marcombo, 2006
- CLARK, C. L "LabVIEW: digital signal processing and digital communications" New York, McGraw-Hill, 2005

h. Bibliografía complementaria

- KEHTARNAVAZ, N. "Digital Signal Processing System-Level Design Using LabVIEW" Burlington, 2005
- BISHOP, R. H. "Learning with LabVIEW 8" Upper Saddle River, Pearson Prentice Hall, 2007
- ESSICK, J. "Hands-on introduction to LabVIEW for scientists and engineers" New York, Oxford University Press, 2009
- BITTER, R. "LabVIEW advanced programming techniques" Boca Raton, CRC Press/Taylor & Francis Group, 2007 (2nd ed)

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Laboratorio docente con puestos dotados de: generador de funciones, osciloscopio digital con FFT, PC con conexión a Internet, tarjeta NI SPEEDY-33 y software LABVIEW para DSP.



- Entorno de trabajo en la plataforma Moodle ubicado en el Campus Virtual de la Universidad de Valladolid.



6. Temporalización (por bloques temáticos)

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Bloque FUNDAMENTOS TEÓRICOS	2.4	12 semanas
Bloque SEMINARIOS DE PROBLEMAS	0.6	5 semanas
Bloque PRÁCTICAS DE LABORATORIO	3.0	15 semanas

7. Sistema de calificaciones – Tabla resumen

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Evaluación continua del bloque de fundamentos teóricos	20%	<p>La calificación obtenida está vigente en las dos convocatorias del curso académico, en el que se haya realizado la evaluación continua.</p> <p>Este ítem no puede evaluarse mediante un examen escrito alternativo.</p> <p>Cada cuestionario estará compuesto por un conjunto de preguntas a contestar de forma breve. Estos cuestionarios se realizarán dentro del horario de clases, preferentemente al principio de las clases de teoría, en la semana siguiente a la que se hayan impartido los conceptos susceptibles de evaluación. Las fechas de estas evaluaciones están reflejadas en el Anexo I.</p> <p>La calificación total será el promedio de la nota de todos los cuestionarios realizados.</p>
Examen escrito del bloque resolución de problemas	30%	<p>La prueba consistirá en la resolución analítica de un conjunto de problemas que podrán estar divididos en varios apartados. En el enunciado de la prueba se indicará el valor de cada problema y cada apartado.</p> <p>Se requiere una puntuación mínima 30%</p>
Examen practico de laboratorio	50%	<p>La prueba consistirá en el diseño e implementación en tiempo real de un sistema. Se puntúa en base a la superación de un conjunto de objetivos, cuya puntuación es conocida a priori en el enunciado. La resolución del examen será preferentemente de forma individual, y en el de caso que por razones técnicas no sea posible, se realizará en grupos que se definirán de forma aleatoria.</p> <p>Se requiere una puntuación mínima 30%</p>



Para poder superar la asignatura, la nota final será al menos de 5.0 y será necesario superar la nota mínima en el examen escrito del bloque de resolución de problemas y en el examen práctico del laboratorio.

Si un alumno no alcanza los requisitos mínimos descritos en la tabla anterior, su calificación final en la asignatura será el mínimo entre el valor calculado según la ponderación descrita en la tabla y 4.0.

8. Consideraciones finales

El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.

