

Tratamiento Digital de Señales

Guía de Aprendizaje – Información al estudiante

1. Datos Descriptivos

Asignatura	Tratamiento Digital de Señales
Materia	M6. SEÑALES Y COMUNICACIONES
Departamento responsable	Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones
Créditos ECTS	6
Carácter	Obligatoria
Titulación	Graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación
Curso	3º
Especialidad	No aplica
Curso académico	2014-2015
Semestre en que se imparte	Primero
Idioma en que se imparte	Castellano
Página Web	http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales



DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

La forma más contundente de explicar la importancia del procesado digital de señales es medir su impacto en nuestra vida cotidiana. ¿A qué tendríamos que renunciar si no existiera el procesado digital de señales? Ciñéndonos a las tecnologías de la información y comunicaciones la lista es exhaustiva: telefonía móvil, acceso a las redes de comunicaciones mediante módems o WIFI, transmisión/recepción de contenidos multimedia (audio, video, imágenes fijas), voz sobre Internet. Y en el terreno de los dispositivos, teléfonos móviles, reproductores MP3, cámaras digitales, tabletas. Pero el alcance del tratamiento numérico de señales va mucho más allá y abarca a cualquier proceso cuantitativo que se pueda medir.

Para el currículo de un Ingeniero de Telecomunicaciones el procesado digital de señales debe ser una piedra angular que le permita entender y actuar en el actual universo tecnológico que nos rodea. El objetivo de esta asignatura es instruir al futuro ingeniero en los conceptos básicos del tratamiento numérico de señales:

- El muestreo de señales continuas como puerta de acceso al mundo discreto.
- El estudio e implementación de los sistemas discretos racionales, comúnmente llamados filtros digitales.
- Análisis y diseño en los dominios transformados, con especial hincapié en el análisis espectral.
- Exposición de los avances tecnológicos más recientes en procesadores de señal y en convertidores A/D y D/A.

Los materiales de la asignatura se impartirán en una vertiente teórica (80%), acompañada de una vertiente práctica (20%) basada en simulaciones MATLAB de los conceptos más fundamentales. La evaluación será continua a lo largo del curso.

2. Profesorado

NOMBRE Y APELLIDO	DESPACHO	Correo electrónico
Juan M. Santos Suárez	B-405	juan.santos.suarez@upm.es
Juan F. Gómez Mena	B-405.1	j.gomez@upm.es
José F. Parera Bermúdez	B-405	jose.parera@upm.es
Jesús G Cuevas del Rio	B-409	gustavo.cuevas@upm.es
Miguel A. García Izquierdo	B-408	miguelangel.garcia.izquierdo@upm.es

3. Conocimientos previos requeridos para poder seguir con normalidad la asignatura

Asignaturas superadas	No aplica
Otros resultados de aprendizaje necesarios	• Cálculo • Análisis vectorial • Métodos matemáticos • Señales aleatorias • Señales y sistemas

4. Objetivos de Aprendizaje.

COMPETENCIAS ASIGNADAS A LA ASIGNATURA Y SU NIVEL DE ADQUISICIÓN		
Código	Competencia	Nivel
CG-1	Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio;	2
CG-2	Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio;	2
CG-5	Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.	2
CG-6	Uso de la lengua inglesa.	1
CG-9	Uso de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones.	2
CG-13	Respeto medioambiental.	2
CECT1	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.	3
CECT4	Capacidad de analizar y especificar los parámetros fundamentales de un sistema de comunicaciones.	2
CECT5	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.	2
CE-SI1	Capacidad de construir, explotar y gestionar servicios y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, tratamiento analógico y digital, codificación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, reproducción, gestión y presentación de servicios audiovisuales e información multimedia	2



LEYENDA: Nivel de adquisición 1: Básico
Nivel de adquisición 2: Medio
Nivel de adquisición 3: Avanzado



POLITÉCNICA



RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA			
Código	Resultado de aprendizaje	Competencias asociadas	Nivel de adquisición
RA1	Conocer los fundamentos y aplicaciones del análisis de transformadas.	CECT1 CECT4 CG1 CE-SI1	3
RA2	Conocer los teoremas y conceptos relacionados con el muestreo de señales continuas y los cambios de velocidad de muestreo utilizando técnicas digitales.	CECT1 CG2 CE-SI1	3
RA3	Saber analizar, diseñar e implementar filtros digitales. Conocer las estructuras básicas para los filtros IIR y FIR y representarlas mediante Flujogramas. Conocer los efectos de la cuantificación de los coeficientes de un filtro	CECT4 CECT5 CE-SI1	3
RA4	Conocer los dispositivos de procesamiento digital de señales: FPGAs y DSP, así como los fabricantes de referencia.	CECT1 CECT5 CG2 CG5 CG6 CG9 CE-SI1	3
RA5	Conoce la DFT y sus aplicaciones, así como un algoritmo de cálculo rápido y la DCT.	CECT4 CECT5 CE-SI1	3
RA6	Conocer las técnicas básicas de análisis espectral. Análisis de Fourier de señales aleatorias estacionarias: el periodograma. Análisis de Fourier de señales aleatorias mediante la estimación de la secuencia de la secuencia de autocorrelación	CECT1 CG2 CE-SI1	3

LEYENDA: Nivel de adquisición 1: Conocimiento descriptivo
Nivel de adquisición 2: Comprensión/Aplicación
Nivel de adquisición 3: Análisis/Síntesis/Implementación

5. Sistema de evaluación de la asignatura

INDICADORES DE LOGRO		
Ref	Indicador	Relacionado con RA
I1	Conocimientos de las etapas de conversión analógico-digitales y digitales analógicas. Temas centrales en un mundo tecnológico que utiliza procesado y transmisión digital de señales analógicas.	RA1
I2	Conocer las tecnologías para el muestreo de señales paso bajo utilizadas para señales de audio. Conocimientos imprescindibles para el diseño de codificadores de voz y de otras señales de audio.	RA2
I3	Conocer las tecnologías para el muestreo y reconstrucción de señales paso banda. Fundamental para el diseño de moduladores con tecnologías de procesado de señales, "software radio".	RA2
I4	Conocer las tecnologías de cambio de velocidad de muestreo. Prácticamente ninguna aplicación profesional se basa en la utilización de una única frecuencia de muestreo por razones de eficiencia y por razones conceptuales (bancos de filtros y modulaciones multiportadora).	RA2
I5	Características de filtros estudiadas en el dominio frecuencial. Permiten la comprensión cualitativa del efecto del filtro sobre diversas señales. Filtros especiales que no introducen distorsión de amplitud.	RA3
I6	Programación eficiente de filtros utilizando aritmética de precisión finita. Imprescindible en la implementación en tiempo real sobre DSP o FPGA. Tecnologías básicas para el procesado de señales: DSP, FPGA y computadores de propósito general.	RA4
I7	Conocer la DFT y convoluciones circulares. Cálculo de convoluciones lineales utilizando convoluciones circulares y simulación de convoluciones circulares utilizando filtros lineales invariantes con entradas con extensión cíclica. Conceptos fundamentales para realizar ecualizaciones con DFT.	RA5



INDICADORES DE LOGRO		
Ref	Indicador	Relaciona- do con RA
I8	Conocer las transformadas rápidas, tipo FFT imprescindibles para el diseño de moduladores y demoduladores OFDM y sus derivados. También de utilidad para reducir el número de operaciones por muestra.	RA5
I9	Conocer las transformadas rápidas tipo DCTs. Imprescindibles en el diseño de codificadores de audio y vídeo.	RA5
I10	Análisis espectral de señales analógicas utilizando computadores. Herramienta fundamental para el trabajo en ingeniería y en muchas otras disciplinas (estudios de audio, fonética acústica, de vibraciones, de música, etc).	RA6
I11	Estudio de transformadas locales de Fourier. Útil en el análisis de señales cuyas propiedades varían a lo largo del tiempo. Particularmente voz (espectrogramas), sonar y señales análogas.	RA6
I12	Interpretación del Periodograma. Estimación de parámetros de segundo orden (correlaciones y densidades espectrales) de señales consideradas como procesos estocásticos. Estos conceptos son imprescindibles para analizar el ruido de las comunicaciones, "cognitive radio", y todo tipo de análisis inteligente del espectro electromagnético.	RA6



POLITÉCNICA



EVALUACION SUMATIVA			
Breve descripción de las actividades evaluables	Momento	Lugar	Peso en la calif.
Evaluación Temas 1, 2 y 3	17/11/2014	A designar	35
Evaluación Temas 4 y 5	Convocatoria oficial	Convocatoria oficial	35
Evaluación continua mediante "Test rápido"	Semanas 1 a 15	Aula habitual	10
Evaluación continua mediante Controles de conocimiento de laboratorio y trabajo final	Durante las clases de laboratorio	Laboratorio A-202L	20
			Total: 100%



CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Los alumnos serán evaluados, por defecto, mediante evaluación continua. La calificación de la asignatura se realizará del siguiente modo:

1. Alumnos acogidos al régimen de evaluación continua

1.1 $NOTA\ FINAL = 35\% \text{ primer parcial (examen de los Temas 1, 2 y 3)} + 35\% \text{ segundo parcial (examen de los Temas 4 y 5)} + 10\% \text{ test rápidos} + 20\% \text{ prácticas (controles de conocimiento de laboratorio y trabajo final)}$.

1.2 Para realizar el promedio anterior es necesario que cada una de las calificaciones tenga una nota igual o superior a 3 sobre 10, excepto la de los test rápidos. En caso contrario se considerará no superada la asignatura mediante evaluación continua.

1.3 Se considerará superada la asignatura mediante evaluación continua cuando el promedio sea de 5 sobre 10.

1.4 Los alumnos que no realicen al menos 2 de los test rápidos serán excluidos del régimen de evaluación continua, pasando al régimen de evaluación clásica. A lo largo del curso se realizarán al menos 3 test rápidos en fechas no especificadas de antemano.

En cumplimiento de la Normativa de Evaluación de la Universidad Politécnica de Madrid, los alumnos que lo deseen serán evaluados mediante un único examen final siempre y cuando lo comuniquen al Director del Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones mediante solicitud presentada en el registro de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Esta solicitud puede realizarse hasta el día anterior al de la convocatoria oficial de examen final. En el caso de acogerse a la modalidad de examen final, la puntuación se obtendrá del siguiente modo:

2. Alumnos acogidos al régimen de evaluación clásica

2.1 Examen final con una valoración de 8 sobre 10

2.2 Examen práctico con una valoración de 2 sobre 10.

2.3 La nota final será la suma de la calificación teórica y prácticas. Para realizar la suma será necesario obtener una calificación de 4 sobre 10 en teoría y de 4 sobre 10 en prácticas. En caso contrario se considerará no superada la asignatura mediante evaluación clásica.

2.4 Se considerará superada la asignatura mediante evaluación clásica cuando el promedio sea de 5 sobre 10.

6. Contenidos y Actividades de Aprendizaje

CONTENIDOS ESPECÍFICOS		
Bloque / Tema / Capítulo	Apartado	Indicadores Relacionados
Tema 1: Introducción a las señales y sistemas discretos	1.1 Introducción	I1
	1.2 Señales y sistemas	I1
	1.3 Transformadas	I1
Tema 2: Muestreo y cambio de velocidad de muestreo	2.1 Teoremas de muestreo	I1, I2
	2.2 Conversión A/D y D/A	I1, I2
	2.3 Simulación de sistemas continuos	I1, I2
	2.4 Muestreo de señales paso banda	I3
	2.5 Cambios de velocidad de muestreo	I4
	2.6 Tratamiento de Señales multitasa	I4
	2.7 Conversión sigma-delta	I4
	2.8 Descripción de conversores comerciales: de audio, de frecuencias de muestreo elevadas y de señales paso banda (AD y DA). Ejemplos de conversores comerciales.	I2, I3, I4
Tema 3: Filtros digitales	3.1 Definiciones. Respuesta impulsiva y en frecuencia	I5
	3.2 Flujogramas. Estructuras básicas para los filtros IIR y FIR	I6
	3.3 Implementación de filtros digitales	I6
	3.4 Efectos de la cuantificación de los coeficientes	I6
	3.5 Ecualización	I5
	3.6 Sistemas de fase lineal	I5
	3.7 Diseño de filtros digitales	I5
	3.8 Dispositivos de procesamiento digital de señales: FPGAs y DSP. Fabricantes de referencia.	I6



POLITÉCNICA



CONTENIDOS ESPECÍFICOS		
Bloque / Tema / Capítulo	Apartado	Indicadores Relacionados
Tema 4: Transformadas de secuencias finitas	4.1 Transformadas finitas	I7
	4.2 Muestreo de la transformada de Fourier	I7
	4.3 Series de Fourier discretas	I7
	4.4 La DFT. Convoluciones circulares	I7
	4.5 Algoritmos de cálculo de la DFT. La FFT.	I8
	4.6 Aplicaciones de la DFT	I9
	4.7 La DCT	I9
Tema 5: Análisis Espectral	5.1 Introducción	I10
	5.2 Análisis de Fourier de señales mediante la DFT	I10
	5.3 Análisis de señales sinusoidales mediante la DFT	I10
	5.4 La transformada de Fourier dependiente del tiempo	I10
	5.5 Ejemplos de análisis de Fourier de señales no estacionarias	I11
	5.6 Análisis de Fourier de señales aleatorias estacionarias: el periodograma	I12
	5.7 Análisis de Fourier de señales aleatorias mediante la estimación de la secuencia de autocorrelación	I12
Práctica 1	Señales y sistemas: Manejo de señales con MATLAB	I1
Práctica 2	Filtros digitales I: Manejo de los sistemas LTI racionales con MATLAB	I5, I6
Práctica 3	Muestreo de señales en tiempo continuo	I2, I3, I4
Práctica 4	Filtros digitales II: compensación y fase lineal	I5, I6
Práctica 5	La DFT I	I7, I8, I9
Práctica 6	La DFT II: Aplicación al análisis espectral determinista	I10, I11

7. Breve descripción de las modalidades organizativas utilizadas y de los métodos de enseñanza empleados

CLASES DE TEORIA	Se exponen en ella los conceptos y herramientas del análisis del Tratamiento Digital de Señales en la pizarra y/o con medios audiovisuales.
CLASES DE PROBLEMAS	Durante las clases presenciales, además de los desarrollos teóricos, se resolverán ejercicios prácticos entresacados entre los propuestos para que el alumno resuelva como trabajo personal.
PRÁCTICAS	En el laboratorio se desarrollan de forma práctica los conceptos vistos en las clases de teoría. El alumno debe llevar preparados los conceptos teóricos a implementar en la práctica correspondiente.
TRABAJOS AUTONOMOS	Se les suministra a los alumnos por cada tema, una lista de problemas recomendados, unos con sólo el resultado y otros con la resolución, para que los resuelvan por su cuenta.
TRABAJOS EN GRUPO	Las prácticas de laboratorio se realizarán en grupos de 2 personas.
TUTORÍAS	Las tutorías se ajustarán a la normativa vigente

8. Recursos didácticos

RECURSOS DIDÁCTICOS	
BIBLIOGRAFÍA	• A. V. Oppenheim, R.W. Schafer: Discrete-Time Signal Processing. Prentice-Hall, 3rd Ed, 2010. • G. Proakis, D. G. Manolakis, Digital Signal Processing. Prentice Hall, 4th Ed, 2007. • Sanjit K. Mitra, Digital Signal Processing. A Computer-Based Approach. Mc Graw-Hill, 4th Ed, 2011. • McClellan, Burrus, Oppenheim, Parks, Schaffer and Schuessler, Computer-Based Exercises for SIGNAL PROCESSING Using MATLAB 5. Prentice Hall, 1998.
RECURSOS WEB	Página web de la asignatura http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales
EQUIPAMIENTO	Laboratorio de señales A.202-L
	Aula : Asignada por Jefatura de Estudios
	Sala de trabajo en grupo: Laboratorio A.202-L

9. Cronograma de trabajo de la asignatura

Semana	Actividades en Aula	Actividades en Laboratorio	Trabajo Individual	Trabajo en Grupo	Actividades de Evaluación	Otros
Semana 1 (6 h)	• Presentación (1h) • Tema 1 (3h)		• Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h)		• Posibilidad de evaluación continua en el aula	
Semana 2 (8 h)	• Tema 1 (2h)	• Práctica 1 (2h)	• Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h) • Preparación Práctica (2h)	• Trabajo en el laboratorio	• Posibilidad de evaluación continua en el aula	
Semana 3 (6 h)	• Temas 2.1 a 2.2 (2h) • Temas 2.2 a 2.3 (2h)		• Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h)		• Posibilidad de evaluación continua en el aula	
Semana 4 (8 h)	• Temas 2.4 a 2.5 (2h)	• Práctica 2 (2h)	• Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h) • Preparación Práctica (2h)	• Trabajo en el laboratorio	• Posibilidad de evaluación continua en el aula	
Semana 5 (6 h)	• Tema 2.5 (0,5h) • Problemas (1,5h) • Temas 2.6 a 2.7 (2h)		• Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h)		• Posibilidad de evaluación continua en el aula	



POLITÉCNICA



Semana	Actividades en Aula	Actividades en Laboratorio	Trabajo Individual	Trabajo en Grupo	Actividades de Evaluación	Otros
Semana 6 (6 h)	• Temas 2.6 a 2.7 (2h) • Temas 2.7 a 2.8 (1,5h) • Problemas (0,5h)		• Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h)	•	• Posibilidad de evaluación continua en el aula	
Semana 7 (10 h)	• Problemas (1h) • Temas 3.1 a 3.2 (1h) • Temas 3.2 a 3.3 (2h)		• Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h) • Preparación del examen parcial (4h)	•	• Posibilidad de evaluación continua en el aula	
Semana 8 (10 h)	• Temas 3.3 a 3.4 (2h) • Temas 3.5 a 3.6 (2h)		• Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h) • Preparación del examen parcial (9h)		• Posibilidad de evaluación continua en el aula	
Semana 9 (13 h)	• Problemas (2h)	• Práctica 3 (2h)	• Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h) • Preparación Práctica (2h) • Preparación del examen parcial (10h)	• Trabajo en el laboratorio	• Posibilidad de evaluación continua en el aula	



POLITÉCNICA



Semana	Actividades en Aula	Actividades en Laboratorio	Trabajo Individual	Trabajo en Grupo	Actividades de Evaluación	Otros
Semana 10 (16 h)	Tema 3.7 a 3.8 (4h)		Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h)		Posibilidad de evaluación continua en el aula	
Semana 11 (9,5 h)	- Problemas (1h) - Tema 4.1 (1h)	Práctica 4 (2h)	- Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h) - Preparación Práctica (2h)	Trabajo en el laboratorio	- Primer examen parcial (17/11/14) (1,5h) - Posibilidad de evaluación continua en el aula	
Semana 12 (6 h)	- Temas 4.2 a 4.3 (2h) - Temas 4.4 a 4.7 (2h)		Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h)		Posibilidad de evaluación continua en el aula	
Semana 13 (12 h)	- Temas 4.4 a 4.7 (2h) - Problemas (2h)		- Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h) - Preparación del examen final (4h)		Posibilidad de evaluación continua en el aula	

Semana	Actividades en Aula	Actividades en Laboratorio	Trabajo Individual	Trabajo en Grupo	Actividades de Evaluación	Otros
Semana 14 (10 h)	Temas 5.1 a 5.7 (2h)	Práctica 5 (2h)	- Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h) - Preparación Práctica (2h) - Preparación del examen final (4h)	Trabajo en el laboratorio	Posibilidad de evaluación continua en el aula	
Semana 15 (12 h)	Problemas (2h)	Práctica 6 (2h)	- Estudio de teoría y solución de problemas propuestos (2h) - Preparación Práctica (2h) - Preparación del examen final (4h)	Trabajo en el laboratorio	Posibilidad de evaluación continua en el aula	
Periodo hasta el día del examen en enero (11,5 h)			Preparación del examen final (10h)		Segundo examen parcial (1,5h)	

Nota: Para cada actividad se especifica la dedicación en horas que implica para el alumno.

Las semanas reseñadas lo son de docencia efectiva (no las semanas de calendario)

