



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

GUÍA DOCENTE

CURSO: 2011/12

## 14100 - TRATAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES

**ASIGNATURA:** 14100 - TRATAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES

**CENTRO:** Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica

**TITULACIÓN:** Ingeniero de Telecomunicación

**DEPARTAMENTO:** SEÑALES Y COMUNICACIONES

**ÁREA:** Teoría De La Señal Y Comunicaciones

**PLAN:** 13 - Año 200**ESPECIALIDAD:**

**CURSO:** Cuarto curso **IMPARTIDA:** Primer semestre **TIPO:** Troncal

**CRÉDITOS:** 9

**TEÓRICOS:** 6

**PRÁCTICOS:** 3

### Información ECTS

Créditos ECTS:7,2

Horas de trabajo del alumno:180

Horas presenciales:

- Horas teóricas (HT): 35
- Horas prácticas (HP): 26
- Horas de clases tutorizadas (HCT): 4
- Horas de evaluación: 5
- otras:

Horas no presenciales:

- trabajos tutorizados (HTT): 40
- actividad independiente (HAI): 70

Idioma en que se imparte: Español

### Descriptores B.O.E.

Técnicas algorítmicas para el tratamiento digital de señales. Aplicaciones en comunicaciones: tratamiento de voz e imagen. Elementos y subsistemas basados en tratamiento de señal.

### Temario

#### TEMARIO DE TEORÍA

#### PARTE I. Procesado digital de señales.

##### 1.Introducción al procesado digital de la Señal

(HT:2 teoría + 3.75 problemas, HP:6, HCT:0.5, HTT:5, HAI:10, Evaluación:0.25. Cada apartado tiene una carga similar)

- 1.1 Diagrama de bloques del procesado digital de señales continuas.
- 1.2 Descripción de señales continuas: transformada de Fourier y Laplace.
- 1.3 Descripción de señales discretas: señales básicas, transformada de Fourier y Z.
- 1.4 La transformada discreta de Fourier: definición, práctica y propiedades.
- 1.5 Algoritmos rápidos de cálculo de la DFT: la FFT.

##### 2. Análisis de sistemas discretos.

(HT:2 teoría + 1.75 problemas, HP:4, HCT:0.5, HTT:5, HAI:10, Evaluación:0.25. Cada apartado tiene una carga similar)

- 2.1 Sistemas discretos lineales e invariantes en el tiempo (LTI).
- 2.2 Análisis de sistemas LTI descritos mediante su respuesta al impulso.
- 2.3 Análisis de sistemas LTI descritos mediante su ecuación en diferencias.
- 2.4 Sistemas racionales particulares: Paso Todo, Fase Mínima y de Fase Lineal.
- 2.5 Descripción de sistemas LTI caracterizados mediante su ecuación de estados.

### 3. Implementación de sistemas discretos LTI

(HT:4 teoría + 3.5 problemas + 1 prácticas aula, HP:4, HCT:0.5, HTT:8, HAI:13, Evaluación:0.5. Cada apartado tiene una carga similar)

- 3.1 Sistemas LTI definidos por su respuesta al impulso.
  - 3.1.A Implementación de sistemas LTI mediante convolución directa.
  - 3.1.B Implementación de sistemas LTI mediante transformada discreta de Fourier.
  - 3.1.C Métodos de filtrado Overlap-add y Overlap-save.
- 3.2 Sistemas LTI definidos por ecuación en diferencias.
  - 3.2.A Método de programación de las ecuaciones en diferencias.
  - 3.2.B Estructuras básicas para sistemas IIR: forma directa I, II, y traspuestas.
  - 3.2.C Estructuras básicas para sistemas FIR.
  - 3.2.D Estructuras en Celosía.
- 3.3 Implementación de filtros en microprocesadores para procesamiento digital de señal.
  - 3.3.A Introducción a los microprocesadores de señales.
  - 3.3.B Efectos a tener en cuenta al programar filtros en microprocesadores.
  - 3.3.C Arquitectura de los DSPs.
  - 3.3.D Diseño de filtros definidos por su respuesta al impulso para un DSP.
  - 3.3.E Diseño de filtros definidos por su ecuación en diferencias para un DSP.

### 4. Diseño de Filtros Discretos.

(HT:3 teoría + 2.75 problemas + 1 prácticas aula, HP:4, HCT:0.5, HTT:6, HAI:11, Evaluación:0.25. Cada apartado tiene una carga similar)

- 4.1 Diseño de Filtros IIR mediante transformación de sistemas continuos en discretos.
- 4.2 Diseño de Filtros FIR: método del enventanado.
- 4.3 Diseño de Filtros FIR basado en mínimos cuadrados: Wiener y RLS.
- 4.4 Algoritmos adaptativos de máxima pendiente (LMS).

### 5. Muestreo de señales continuas.

(HT:2 teoría + 1.75 problemas, HP:2, HCT:0.5, HTT:4, HAI:7, Evaluación:0.25. Cada apartado tiene una carga similar)

- 5.1 Teorema de muestreo y cuantificación.
- 5.2 Simulación discreta de sistemas continuos.
- 5.3 Métodos de interpolación y diezmado.
- 5.4 Procedimiento de muestreo de señales paso banda.
- 5.5 Muestreo espacial de señales continuas.

## PARTE II. Análisis espectral de señales discretas

### 6. Señales Discretas Deterministas y Aleatorias.

(HT:1 teoría + 1 problemas, HP:0, HCT:0, HTT:2, HAI:3. Cada apartado tiene una carga similar)

- 6.1 Variables aleatorias.
- 6.2 Señales aleatorias, estacionarias y ergódicas.
- 6.3 Propiedades de los estimadores de un proceso estacionario y ergódico.
- 6.4 Estimador de la media.
- 6.5 Estimador de la autocorrelación.

## 7. Estimación Espectral no Paramétrica.

(HT:1 teoría + 0.75 problemas, HP:2, HCT:0.5, HTT:3, HAI:4, Evaluación:0.25. Cada apartado tiene una carga similar)

### 7.1 Introducción.

### 7.2 Métodos directos: Periodograma y Welch.

### 7.3 Métodos indirectos: Blackman-Tukey.

### 7.4 Aplicación de la estimación espectral al reconocimiento de voz.

### 7.5 Estimación espectral de señales estacionarias a tramos: Espectrograma.

## 8. Estimación Espectral Paramétrica.

(HT:1 teoría + 0.75 problemas, HP:2, HCT:0.5, HTT:3, HAI:4, Evaluación:0.25. Cada apartado tiene una carga similar)

### 8.1 Introducción.

### 8.2 Modelado ARMA.

### 8.3 Estimación de los parámetros AR.

### 8.4 Estimación de los parámetros del modelo MA.

### 8.5 Criterios de selección del modelo y su orden.

### 8.6 Métodos basados en la descomposición de la matriz de autocorrelación.

### 8.7 Aplicación al procesado de voz.

La última semana tras Navidad hasta el examen se dedicará al repaso global de la asignatura.

(HT:1 prácticas aula, HP:2, HCT:0.5, HTT:4, HAI:8)

## TEMARIO DE PRÁCTICAS

detallado en el apartado de descripción de las prácticas

## Requisitos Previos

1. Conocer los fundamentos matemáticos básicos de variable compleja y álgebra lineal.
2. Manejar los principios elementales de teoría de la señal continua y discreta, incluyendo el diseño de filtros.
3. Comprender los conceptos iniciales de procesos estocásticos.

## Objetivos

### 1. Objetivos Conceptuales

- 1.1 Conocer y analizar los fundamentos matemáticos del Tratamiento Digital de la Señal.

### 2. Objetivos Procedimentales

- 2.1 Implementar sistemas de procesado digital de la señal a partir de su formulación matemática.
- 2.2 Diseñar sistemas completos de procesado digital de la señal Continuo-Discreto-Continuo.
- 2.3 Interpretar la información espectral contenida en una señal.
- 2.4 Integrar las diferentes tecnologías del tratamiento Digital de la señal en aplicaciones de audio, imagen y comunicaciones.

### 3. Objetivos Actitudinales

- 3.1 Participar en las clases y trabajos en grupo aportando propuestas a la resolución de los problemas planteados, demostrando capacidad crítica.

La metodología de cada una de las actividades anteriormente mencionadas será la siguiente

Clase de teoría

Actividad del profesor:

Sesión expositiva, explicativa y demostrativa de los contenidos de la asignatura

Actividad del alumno

Tomar apuntes, participar en clase pidiendo las aclaraciones necesarias y respondiendo a las preguntas del profesor.

Clase de problemas

Actividad del profesor:

Proponer problemas básicos y avanzados, reales y simulados. Aportar las pautas de resolución a los problemas planteados. Corregir los problemas solicitados y publicar su nota en el campus virtual.

Actividad del alumno

Resolver individualmente o en grupo los problemas planteados. Participar en clase proponiendo métodos de resolución de los problemas planteados. Entregar por escrito las contestaciones pedidas en el tiempo establecido.

Clases Prácticas de Aula

Actividad del profesor:

Solicitar la búsqueda de información y proponer casos y problemas a resolver. Aportar las pautas de resolución a los problemas planteados. Corregir los trabajos solicitados y publicar su nota en el campus virtual.

Actividad del alumno

Participar en el grupo para resolver el problema o contestar las preguntas realizadas sobre la información solicitada. Entregar por escrito las contestaciones pedidas en el tiempo establecido o exponer la solución en la pizarra para su discusión.

Clase de laboratorio

Actividad del profesor

Proponer casos prácticos a realizar. Aportar las pautas de resolución algorítmica de los problemas. Publicar en el campus virtual la asistencia a las clases.

Actividad del alumno

Realizar la aplicación propuesta. Participar en clase proponiendo métodos de resolución de los problemas planteados. Búsqueda de información para mejorar la realización de la aplicación. Entregar los trabajos solicitados.

Clase de Tutoría

Actividad del profesor:

Escuchar al alumno, solicitar las aclaraciones que estime oportunas y facilitar los medios para resolver las dudas. Publicar en el campus virtual la asistencia.

Actividad del alumno

Asistir a la clase de tutoría. Preguntar las dudas, y responder al dialogo con el profesor con capacidad crítica.

Trabajos teóricos

Actividad del alumno

Preparación de lecturas, investigaciones, trabajos, memorias etc para exponer o entregar en las clases teóricas. Incluye el tiempo de preparación de ensayos, resúmenes de lecturas, obtención de datos, análisis, etc.

#### Trabajos prácticos

##### Actividad del alumno

Finalizar la realización de las aplicaciones propuestas en las clases de prácticas de aula y laboratorio. Completar las aplicaciones realizadas con nuevos módulos.

#### Estudio teórico

##### Actividad del alumno

Preparar apuntes, estudiar la materia, buscar en la biblioteca e internet ampliaciones de la materia. Llevar la asignatura al día para sacar mayor rendimiento de las actividades presenciales.

#### Estudio práctico

##### Actividad del alumno

Finalizar la resolución de los problemas planteados en clase y en el laboratorio. Resolver nuevos apartados de los problemas planteados.

#### Actividades complementarias

##### Actividad del alumno

Asistir al horario de tutoría del profesor a preguntar dudas. Preparar bien las preguntas a realizar al profesor, remitir correos al profesor para solicitar aclaraciones y consultar la información de la asignatura en el campus virtual.

### Criterios de Evaluación

La evaluación de la asignatura consistirá en una sola prueba por escrito, cuyo valor será de 10 puntos, en la cual el alumno deberá resolver problemas de tratamiento digital de la señal de forma teórico-práctica (esto es, conjugando la formulación matemática con su implementación algorítmica en Matlab).

#### Actividades que liberan materia:

Como las prácticas no se evalúan por separado, ninguna actividad libera materia.

#### Actividades que no liberan materia:

Se valora hasta 3 puntos sumados a la nota del examen final de la convocatoria ordinaria, la entrega de los trabajos propuestos en clase y la asistencia a las clases de laboratorio, prácticas en aula, clases de tutoría y tutorías. La entrega de trabajos vale un 50% y la asistencia a las clases y tutorías otro 50% de los 3 puntos.

Concretando: si el alumno tienen una nota promedio  $T$  sobre 1 punto en los trabajos presentados en clase, y ha asistido a  $X$  en tanto por 1 de las clases de laboratorio, prácticas en aula, clases de tutoría y tutoría, obtendrá  $3 \cdot (T+X)/2$  puntos adicionales a la nota del examen.

Ejemplo práctico, si se han pedido 8 trabajos durante el curso y el alumno ha obtenido una nota promedio de  $T=0.7$  sobre uno en los trabajos y ha venido al  $X=0.8$  en tanto por uno de las clases de laboratorio + prácticas de aula + clase de tutoría + tutorías, obtendrá 2.25 puntos adicionales a los que saque en el examen final.

En la convocatoria extraordinaria (opción junio o septiembre) y en la especial obtendrá la nota del examen final sin puntos adicionales.

#### Otras consideraciones

En la corrección se evaluará tanto los desarrollos cualitativos (demostración del conocimiento de las nociones teóricas para la resolución del problema) como cuantitativos (realización del

algoritmo que resuelva el problema, calidad del código realizado, etc.).

En los apartados de los problemas del examen que requieran nociones básicas para su resolución, se podrá exigir una nota mínima para aprobar el examen. Dicha circunstancia aparecerá debidamente reflejada en el enunciado del examen

## Descripción de las Prácticas

Las prácticas se realizarán en el laboratorio de Tratamiento Digital de la Señal, perteneciente al departamento de Señales y Comunicaciones, en el recinto L134 del pabellón B de los edificios de Telecomunicación del Campus de Tafira.

Con el fin de maximizar el rendimiento de las horas de prácticas y facilitar al alumno su realización, las prácticas serán de simulación y se realizarán con un PC multimedia en entorno MATLAB.

La DURACIÓN de la práctica de cada capítulo se especifica en el TEMARIO de TEORÍA.

### TEMARIO DE PRÁCTICAS:

El temario de prácticas, que sigue al de teoría, es siguiente:

Práctica voluntaria de introducción al Matlab: Con esta práctica de introducción al Matlab se trata de recordar los fundamentos de la programación en Matlab.

Práctica del capítulo 1. Manejo de señales discretas. Con esta práctica se pretende que el alumno sea capaz de aplicar el Matlab al procesamiento digital de señales discretas definiendo secuencias, implementando diagramas de bloques sencillos, calculando transformadas de Fourier, aplicando sus propiedades, etc.

Práctica del capítulo 2. Análisis de sistemas racionales. En esta práctica se pretende que el alumno sea capaz de calcular, manejar y relacionar las diferentes representaciones de un sistema racional lineal, causal e invariante en el tiempo.

Práctica del capítulo 3. Implementación de sistemas discretos. En esta práctica se trata de aprender a programar las diferentes estructuras de filtros FIR e IIR.

Práctica del capítulo 4. Diseño de filtros discretos. En esta práctica se pretende que el alumno sea capaz de diseñar filtros discretos IIR, FIR utilizando los métodos clásicos y Adaptativos.

Práctica del capítulo 5. Muestreo de señales continuas. En esta práctica se procura que el alumno compruebe las relaciones existentes entre las señales continuas y discretas, así como los efectos en el dominio de la frecuencia al diezmado o interpolar una señal.

Práctica del capítulo 6 y 7. Estimación espectral no paramétrica. Se pretende en esta práctica que el alumno calcule los diferentes estimadores espectrales no paramétricos y compare sus propiedades.

Práctica del capítulo 8. Estimación espectral paramétrica. En esta práctica se trata de utilizar los conceptos de modelado filtro-excitación y de estimación espectral paramétrica para síntesis de señal.

## Bibliografía

---

### [1 Básico] Digital signal processing /

*Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schaffer.*

*Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. : (1975)*

*0132141078*

---

**[2 Básico] Ejercicios de tratamiento de la señal utilizando Matlab V.4 /**

*C. Sidney Burrus...[et al.].*

*Prentice Hall,, Madrid : (1997)*

8489660689

---

**[3 Básico] Tratamiento digital de señales /**

*John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis.*

*Prentice Hall,, Madrid : (1998) - (3ª ed.)*

8483220008

---

**[4 Recomendado] Digital signal processing :a computer science perspective /**

*Jonathan Y. Stein.*

*Wiley,, New York : (2000)*

0471295469

---

**[5 Recomendado] Digital spectral analysis: with applications /**

*S. Lawrence Marple.*

*Prentice-Hall,, Englewood Cliffs, N. J. : (1987)*

0132141493

---

## Organización Docente de la Asignatura

| Contenidos                                                                   | Horas |    |     |     |     | Competencias y Objetivos    |
|------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|-----|-----|-----------------------------|
|                                                                              | HT    | HP | HCT | HTT | HAI |                             |
| Tema 1 Introducción al<br>procesado Digital de la Señal                      | 5,75  | 6  | 0,5 | 5   | 10  | 1.1, 3.1                    |
| Temas 2, 3 y 4 Analisis,<br>Implementación y Diseño de<br>Sistemas Discretos | 19    | 12 | 1.5 | 19  | 34  | 2.1, 2.4, 3.1               |
| Tema 5 Muestreo de Señales<br>Continuas                                      | 3.75  | 2  | 0.5 | 4   | 7   | 2.2, 2.4, 3.1               |
| Temas 6, 7 y 8 Análisis<br>Espectral clásico y<br>paramétricos               | 5.5   | 4  | 1   | 8   | 11  | 2.3, 2.4 y 3.1              |
| REPASO                                                                       | 1     | 2  | 0.5 | 4   | 8   | 1.1, 2.1, 2.2, 2.3 2.4, 3.1 |

## Equipo Docente

**PATRICIA HENRÍQUEZ RODRÍGUEZ**

**Categoría:**

**Departamento:** SEÑALES Y COMUNICACIONES

**Teléfono:**

**Correo Electrónico:** *phenriquez@gi.ulpgc.es*

## Resumen en Inglés

This subject is aimed to develop the students' skills in digital signal processing and spectral analysis. The subject starts with math fundamentals in digital signal processing, followed by analyzing, programming and designing basic algorithms of digital signal processing for applications such as speech, image and communication. The subject ends with spectral analysis with speech synthesis applications.