

# **Tratamiento digital de señales**

*Programa y normativa para el curso 2000-2001*

## ***Profesor***

Alejandro Millán

*(Despacho 382, L-3 Planta alta)*

## ***Página web***

[http://www.dte.us.es/ing\\_inf/tds](http://www.dte.us.es/ing_inf/tds)

## **Programa**

### **Tema 1: Procesadores de señal**

1. Introducción
2. Señales y sistemas
  - 2.1. Definición y tipos de señal
    - 2.1.1. Definición de señal
    - 2.1.2. Señales de tiempo continuo
    - 2.1.3. Señales de tiempo discreto
  - 2.2. Sistemas de procesamiento de señal
    - 2.2.1. Definición de procesador de señal
    - 2.2.2. Modelo de un sistema: Ecuación de diferencias lineal
    - 2.2.3. Propiedades de un sistema
3. Convolución y respuesta
  - 3.1. Respuesta a la muestra unitaria (RMU)
  - 3.2. Respuesta de estado estable
  - 3.3. Sistemas FIR y sistemas IIR
  - 3.4. Suma de convolución
4. Digitalización de señales
  - 4.1. Muestreo
  - 4.2. Cuantización

### **Tema 2: Transformada rápida de Fourier**

1. Introducción
2. Transformada de Fourier
  - 2.1. Función exponencial compleja
  - 2.2. Descomposición en componentes frecuenciales
  - 2.3. Teorema del muestreo
  - 2.4. Espectro de una señal
    - 2.4.1. Espectro de amplitud
    - 2.4.2. Espectro de fase
  - 2.5. Sistemas recursivos y no recursivos
  - 2.6. Modelo de respuesta en frecuencia
    - 2.6.1. Función de respuesta en frecuencia
    - 2.6.2. Propiedades de un sistema lineal
3. Transformada discreta de Fourier (DFT)
  - 3.1. Definición de la DFT
  - 3.2. Algoritmo FFT
    - 3.2.1. Diagrama de flujo de señal
    - 3.2.2. Código MATLAB
  - 3.3. Ejemplo de FFT
  - 3.4. Cálculo de la IDFT mediante FFT
  - 3.5. Interpolación mediante FFT

### **Tema 3: Transformada z**

1. Introducción
2. Definición y propiedades
  - 2.1. Definición de transformada z
  - 2.2. Propiedades de la transformada z
  - 2.3. Función de transferencia de un procesador de tiempo discreto
  - 2.4. Respuesta de sistemas
  - 2.5. Secuencias infinitas
  - 2.6. Parejas de transformadas z comunes

- 2.7. Respuesta en frecuencia de un procesador de tiempo discreto
- 3. Modelos de polos y ceros
  - 3.1. Definición de polos y ceros
  - 3.2. Interpretación del diagrama de polos y ceros

#### **Tema 4: Filtros digitales**

- 1. Introducción
  - 1.1. Definición de filtro
  - 1.2. Tipos básicos de filtros
- 2. Características de un filtro
  - 2.1. Función de atenuación
  - 2.2. Respuesta de filtros ideales
  - 2.3. Respuesta de filtros reales
  - 2.4. Función de transferencia de un filtro
  - 2.5. Discriminación y selectividad de un filtro
- 3. Filtros de fase lineal

#### **Tema 5: Diseño de filtros FIR**

- 1. Introducción
- 2. Normalización de espectros
- 3. Técnica I – Muestreo de la respuesta frecuencial (MRF)
  - 3.1. Descripción de la técnica MRF
  - 3.2. Construcción de un filtro mediante MRF
- 4. Técnica II – Enventanado de la respuesta impulsional ideal (ERII)
  - 4.1. Descripción de la técnica ERII
  - 4.2. Ventanas más comunes
  - 4.3. Construcción de un filtro mediante ERII
- 5. Técnica III – Filtros óptimos: comportamiento con rizado de amplitud constante

#### **Tema 6: Diseño de filtros IIR**

- 1. Introducción
- 2. Transformada de Laplace
  - 2.1. Definición de transformada de Laplace
  - 2.2. Propiedades de la transformada de Laplace
  - 2.3. Interpretación en el dominio frecuencial
- 3. Proceso de diseño de filtros IIR
  - 3.1. Especificación de las características del filtro
    - 3.1.1. Diseño de filtros de Butterworth
    - 3.1.2. Diseño de filtros de Chebyshev
  - 3.2. Cálculo de los coeficientes del filtro
    - 3.2.1. Transformada  $z$  bilineal
  - 3.3. Diseño de filtros IIR de paso bajo
  - 3.4. Conversión a paso alto, paso de banda y rechazo de banda
- 4. Análisis comparativo entre filtros FIR e IIR

#### **Tema 7: Microprocesadores DSP**

- 1. Introducción
- 2. Implementación de filtros FIR
  - 2.1. Implementación directa
- 3. Implementación de filtros IIR
  - 3.1. Implementación directa
  - 3.2. Implementación canónica I
  - 3.3. Implementación canónica II

4. Procesador ADSP-2101

**Tema 8: Aplicaciones**

1. Bloque I – Tratamiento digital de sonido
  - 1.1. Introducción
    - 1.1.1. Representación de sonidos
    - 1.1.2. Energía de una señal sonora
    - 1.1.3. Ecualización de sonidos
  - 1.2. Procesamiento digital de voz
    - 1.2.1. Señales de voz
    - 1.2.2. Reconocimiento del habla
2. Bloque II – Tratamiento digital de imagen
  - 2.1. Introducción
    - 2.1.1. Píxeles y niveles digitales
    - 2.1.2. Bandas de una imagen
    - 2.1.3. Profundidades de una imagen
    - 2.1.4. Histograma
  - 2.2. Tratamientos básicos
    - 2.2.1. Expansión lineal
    - 2.2.2. Ecualización de imágenes
    - 2.2.3. Filtrado de imágenes
    - 2.2.4. DFT bidimensional

## Bibliografía

- HIGGINS, R. J.: *Digital Signal Processing in VLSI*, Prentice-Hall, 1990.
- IFEACHOR, E. C., JERVIS, B. W.: *Digital Signal Processing: A Practical Approach*, Addison-Wesley, 1993.
- INGLE, V. K., PROAKIS, J. G.: *Digital Signal Processing Laboratory Using the ADSP-2100 Microcomputer*, Prentice-Hall, 1991.
- MARIÑO, J. B., VALLVERDÚ, F., RODRÍGUEZ, J. A., MORENO, A.: *Tratamiento digital de la señal. Una introducción experimental*, UPC, 1993.
- MEADE, M. L., DILLON, C. R.: *Señales y sistemas. Modelos y comportamiento* (2ª Ed), Addison-Wesley Iberoamericana, 1993.
- ORAN, E.: *The Fast Fourier Transform and Its Applications*, Prentice-Hall, 1988.
- PROAKIS, J. G., MANOLAKIS, D. G.: *Digital Signal Processing. Principles, Algorithms and Applications* (3ª Ed), Prentice-Hall, 1996.
- *ADSP-2100 Family. Assembler Tools & Simulator Manual*, Analog Devices, 1993.
- *Digital Signal Processing Applications Using the ADSP-2100 Family*, Prentice-Hall, 1992.

## Normativa

- La normativa se desarrolla de la siguiente forma:
  - Clases de aula
  - Tutorías
  - Evaluación
  - Calificación
- En este informe se exponen las normas que regirán para este curso en cada uno de los apartados anteriores. Se recomienda su lectura y la consulta de todas las dudas que hubiere al comienzo del curso.

### Clases de aula

- En ellas se desarrollan dos actividades: la exposición de aspectos teóricos y la realización de ejercicios de aplicación (clases de teoría y de problemas). El tiempo que se dedique a estas actividades estará repartido entre ambas, a veces de manera solapada en la misma hora y a veces separadamente en horas distintas, según el criterio del profesor.
- El enunciado de los ejercicios de cada tema, si los hubiere, se dará al comienzo de la exposición del mismo, siempre que sea posible.

### Tutorías

- La tutoría tiene como finalidad que el profesor resuelva las dudas de los alumnos respecto a la materia expuesta en las clases de aula. Esta actividad se entiende como un tiempo de consulta de dudas, disponible a lo largo del curso y no únicamente los días inmediatamente anteriores a cada examen. Sólo en este sentido lo entiende el profesor encargado de la misma.
- En ningún caso, se convertirá la tutoría en una “clase particular”, por lo que se limitará a tratar aspectos concretos **previamente trabajados por el alumno** sobre la materia expuesta o propuesta en clase.
- El horario de tutorías del profesor encargado de esta asignatura se dirá en clase y estará expuesto en la puerta de su despacho. Durante dicho horario, el profesor estará, salvo fuerza mayor, en su despacho, no atendándose consultas fuera del mismo.

### Evaluación

- Los conocimientos del alumno serán evaluados desde dos puntos de vista: conocimientos teóricos y conocimientos prácticos.

#### *Evaluación de conocimientos teóricos*

- Para esta evaluación, se llevará a cabo un *examen teórico*. La calificación que se obtenga en este examen será la *nota de teoría* del alumno. El examen se hará por escrito, de forma individualizada y sin contar para su realización ni con libros ni con apuntes salvo que se indique lo contrario. El día estará fijado de acuerdo con la normativa vigente. La duración del examen será establecida por el profesor y comunicada a los alumnos al comienzo del mismo.
- En general, el *examen teórico* podrá constar de parte teórica propiamente dicha (bien en forma de tema, bien en forma de cuestiones) y/o ejercicios de aplicación (problemas). El peso de cada pregunta en la calificación global será comunicado a los alumnos en el enunciado del propio examen. **Todo lo que se diga o explique en clase, podrá ser preguntado en el examen.**
- Si es posible, en función del número de alumnos y del tiempo disponible, se realizarán una serie de *controles intermedios* a lo largo del curso. Si un alumno aprueba todos los *controles* no estará obligado a realizar el *examen teórico* siendo su *nota*

de teoría igual a la media ponderada de las calificaciones obtenidas en dichos *controles* (el peso de cada control dependerá del volumen y de la dificultad de la materia que englobe). No obstante, dicho alumno podrá optar por realizar el *examen teórico* renunciando a la *nota de teoría* obtenida de esa forma.

### *Evaluación de conocimientos prácticos*

- Para esta evaluación, el alumno deberá presentar de manera individual un trabajo cuyo contenido será determinado por el profesor en función del desarrollo del curso. La calificación que se obtenga en este trabajo será la *nota de prácticas* del alumno. No presentar este trabajo llevará a la calificación con 0 en la *nota de prácticas*.
- El alumno que no obtenga una calificación de *aprobado* en la *nota de prácticas* deberá realizar un *examen práctico* a final de curso. La calificación de ese *examen práctico* será la nueva *nota de prácticas* del alumno.

### Calificación

- Cualquier calificación será de 0 a 10 de la forma:

▪ Sobresaliente:	9.0 – 10
▪ Notable:	7.0 – 8.9
▪ Aprobado:	5.0 – 6.9
▪ Suspenso:	0 – 4.9

- El *aprobado* será siempre un 5 o más.
- Cada alumno tendrá una *nota de teoría* y una *nota de prácticas*. Es imprescindible obtener una calificación de *aprobado* en ambas para superar la asignatura. En caso de que **ambas** notas sean iguales o superiores a 5, la nota final del alumno se obtendrá ponderando con un 70% la *nota de teoría* y con un 30% la *nota de prácticas* calculándose como:  
$$\text{NOTA FINAL} = 0.7 \cdot \text{NOTA DE TEORÍA} + 0.3 \cdot \text{NOTA DE PRÁCTICAS}$$

### *Criterios de calificación de exámenes*

- Se exigen unos **niveles mínimos de presentación**. Una mala presentación (letra ilegible, exceso de tachaduras, ausencia de orden en la exposición, falta de nombre del alumno etc.) será motivo de **reducción en la calificación** e incluso en casos graves de **calificación con 0**. Los exámenes deben de ir explicados de forma que se pueda entender el razonamiento del alumno al realizarlos. Las “ideas felices” o resultados sin explicación no serán puntuados.
- Para que el examen sea válido el alumno debe mostrar su DNI y el camé que lo acredita como estudiante del centro en caso de serle solicitado.
- El acto de copiar está penalizado con el suspenso en la convocatoria oficial correspondiente. En el caso de que copiase “uno de otro”, se penalizará a ambos alumnos.
- Cada problema se corregirá en función de la adecuación de la respuesta a la solución correcta. En este sentido, se **calificará lo que el alumno da como válido cuando entrega el examen y no posibles interpretaciones realizadas a posteriori**. La entrega de dos soluciones posibles anula ambas; aunque una de ellas sea la correcta.

### *Criterios de calificación de trabajos*

- Se exigen unos **niveles mínimos de presentación**. Una mala presentación será motivo de **reducción en la calificación** e incluso en casos graves de **calificación con 0**. Los desarrollos deben de ir explicados de forma que pueda entenderse el razonamiento del alumno al realizarlos.
- Se podrá citar a los alumnos para la defensa de cualquier trabajo con objeto de que demuestren su autoría. La **defensa incorrecta de cualquier trabajo llevará aparejada la calificación con 0 de dicho trabajo**.