



Procesamiento Digital de Señal

Curso 2011-2012

CARÁCTER: Materia Optativa de primer cuatrimestre (Segundo ciclo de Ingeniería Informática)

CRÉDITOS: 6(4.5 teóricos + 1.5 prácticos).

HORARIO: 2 horas de teoría (Lunes 13'30 (No), Martes 11'30, Jueves 12'30)

2 horas ejercicios- prácticas (Lunes 8'30-10'30)

PROFESOR: Dña. M^a Isabel García Muñoz

TUTORIAS: Lunes 10'30-12'30 y Martes de 9'30 a 11'30, miércoles 11'30-13'30

E-MAIL: isabelga@unex.es

OBJETIVO GENERAL:

Estudiar las principales operaciones de procesamiento digital de señal, haciendo hincapié en el lado práctico del estudio, y dando mayor relevancia a aspectos como los algoritmos de procesado de señal, la implementación de los mismos, y las aplicaciones.

COMPETENCIAS

Entre paréntesis aparece el perfil con el que se relaciona la competencia

[10] Interpretar las especificaciones funcionales encaminadas al desarrollo de las aplicaciones informáticas. (I)

[11] Realizar el análisis y el diseño detallado de las aplicaciones informáticas. (I)

[12] Definir la estructura modular y de datos para llevar a cabo las aplicaciones informáticas que cumplan con las especificaciones funcionales y restricciones del lenguaje de programación. (I)

[13] Definición y descripción de procedimientos e interfaz de usuario. (I)

[14] Realizar pruebas que verifiquen la validez funcional, la integridad de los datos y el rendimiento de las aplicaciones informáticas. (I)

[15] Elaborar y mantener documentación descriptiva de la génesis, producción y operatividad de las aplicaciones informáticas. (I)

[21] Asesorar a los programadores en los problemas que se les planteen con la programación de los sistemas (I)

[23] Mantenerse al día en Técnicas, Métodos y Herramientas de Análisis y Diseño (I,II)

[30] Estimación de volúmenes de las estructuras de datos, definiendo mecanismos de migración y carga inicial de datos. (II)

[34] Creación de los tests de pruebas para verificar que los Sistemas Informáticos cumplen los requisitos y especificaciones de Análisis y Diseño.

[39] Evalúa nuevos productos informáticos que pueden aportar mejoras tanto en los sistemas existentes, como para el desarrollo de nuevos sistemas.(II)

[40] Asesora a los Usuarios para utilizar mejor los Sistemas existentes.(II)

[42] Estudio de la evolución de las nuevas tecnologías, sobre todo de aquellas que pueden aportar mejoras importantes en los sistemas utilizados en la empresa. (II)

[43] Planificar, Supervisar y coordinar el desarrollo, implantación y mantenimiento de los sistemas operativos, software de mercado y propio, básico o de soporte. (II)

[44] Definir y actualizar el hardware y el software básico. (II)

[45] Analizar y decidir la alternativa óptima de tecnología, prestaciones del hardware y software a adquirir. (II)

[46] Diseñar la política de hardware, respecto a adquisiciones, sustituciones, etc.(II)



- [47] Resolver y coordinar las incidencias de los sistemas en función de prestaciones del sistema original (II)
- [48] Dirigir las actividades y recursos, técnicos, materiales y los equipos de soporte en materia de sistemas operativos, bases de datos y comunicaciones. (II)
- [49] Establecer políticas de seguridad, técnicas criptográficas, cortafuegos (componentes, configuraciones, productos), instalación y configuración, definición de reglas de filtrado, conexiones y servicios. (II)
- [50] Dirigir, planificar y coordinar la gestión de la infraestructura de redes y comunicaciones. (II)
- [52] Gestión de grandes redes corporativas y/o operadores de telecomunicaciones, redes de acceso, redes de transmisión de voz, datos, imágenes, conmutación, gestión de tráfico, así como de todos los aspectos de las redes WAN y las estrategias ligadas a Internet. (II)
- [53] Diseño y desarrollo de la lógica de control de redes de computadores. (II)
- [54] Desarrollar y mantener dichas redes. Elección de los elementos HW y SW para la optimización de los servicios de redes de comunicaciones. (II)
- [57] Mantenimiento y evolución de los sistemas de gestión de las Telecomunicaciones. (II)
- [78] Vigilar la tecnología y definir las orientaciones técnicas (metodología, calidad, herramientas de desarrollo, etc). (III)
- [79] Concreción de los objetivos de cualquier Sistema Informático. (III)
- [117] Proponer las soluciones de mejora y controlar la puesta en marcha.. (I, II, III)

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Los objetivos específicos que se plantean son los siguientes:

- Conocer las operaciones fundamentales implicadas en el Procesamiento Digital de Señal (DSP)
- Conocer los componentes y las características más importantes de los sistemas DSP.
- Conocer los aspectos sobre la representación y el análisis de la estabilidad de los sistemas LTI mediante la Transformada z .
- Estudiar la Transformada Discreta de Fourier como herramienta para el análisis frecuencial de señales, así como su obtención mediante algoritmos rápidos e implementación.
- Conocer las características principales de los filtros digitales, las etapas de diseño y tipos de filtros.
- Estudiar los aspectos de diseño e implementación de los filtros digitales.
- Conocer los procesadores de señal (DSP) como herramientas para la implementación de algoritmos de procesamiento de señal.
- Practicar en el laboratorio y mediante ejemplos sencillos las diferentes funciones DSP implementadas en la herramienta MATLAB.

NORMAS GENERALES:

- Todos los alumnos/as entregarán una **ficha con sus datos y fotografía** en un plazo de dos semanas desde el comienzo del curso.
- El alumno/a se apuntará al *campus virtual* de la UEX (<http://campusvirtual.unex.es>) para tener acceso al curso oficial de la asignatura. Se recomienda que el alumno/a cuelgue su foto, así no será necesario entregar la ficha.
- Las fechas de los exámenes oficiales están publicadas en la web del centro <http://epcc.unex.es/>.
- Los alumnos pueden realizar consultas sobre la asignatura a través de e-mail (isabelga@unex.es).



CRITERIOS DE EVALUACIÓN:

La evaluación de la asignatura se hará teniendo en cuenta los resultados obtenidos por el alumno en la parte teórica y la parte práctica de la misma, mediante una media aritmética.

PARTE TEÓRICA

La parte teórica se puede superar mediante evaluación continua:

EVALUACIÓN CONTINUA (recomendada)

Para que un alumno pueda acogerse a este tipo de evaluación debe cumplir los siguientes requisitos:

1. ASISTENCIA A CLASE (al 75%)
2. ENTREGA, SUPERACIÓN Y DEFENSA CORRECTA DE LOS TRABAJOS QUE SE VAYAN PROPONIENDO A LO LARGO DEL CURSO.
3. SUPERACIÓN DE UN EXAMEN QUE PONDERA LA NOTA OBTENIDA A LO LARGO DEL CURSO

La nota final de la parte teórica de la asignatura se calcula con arreglo a los siguientes porcentajes:

- 70% los trabajos propuestos
- 30% el examen final

Si el alumno/a no puede asistir con normalidad a las clases teóricas, no puede entregar los ejercicios que se van proponiendo y no puede asistir a las clases prácticas y realizar las prácticas que se van proponiendo, entonces podrá superar la asignatura a través de un examen final de teoría y otro de prácticas.

PARTE PRÁCTICA

La parte práctica se evaluará en función de los trabajos desarrollados en el laboratorio a lo largo del curso (estos servirán para modular la nota obtenida en el examen práctico que es realmente la base de la nota práctica), y sobre todo a través de una prueba práctica que se hará en el laboratorio al final del curso.

Para aprobar la asignatura tendrán que superarse las dos partes de la misma con una nota de 5.

PROGRAMA DE PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑAL. TEORÍA

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN AL PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑAL

- 1.1. *Elementos básicos de un sistema de Procesamiento Digital de Señal (PDS o DSP)*
- 1.2. *Áreas de Aplicación de las técnicas de PDS*
- 1.3. *Operaciones básicas de PDS*
 - 1.3.1. *Convolución*
 - 1.3.2. *Correlación*
 - 1.3.3. *Filtrado Digital*
 - 1.3.4. *Transformadas Discretas*
 - 1.3.5. *Modulación*
- 1.4. *Procesamiento de Señal en tiempo real*
 - 1.4.1. *Sistemas DSP en tiempo real típicos*
 - 1.4.2. *Proceso de Conversión Analógico/Digital*
 - 1.4.2.1. *Muestreo de Señales analógicas*
 - 1.4.2.2. *Teorema del muestreo*
 - 1.4.2.3. *Cuantificación y codificación de las muestras*



- 1.4.3. *Proceso de conversión Digital/Analógico*
- 1.4.4. *Limitaciones del DSP con señales de E/S analógicas*
- 1.4.5. *Ventajas del Procesado Digital de Señales frente al Analógico*
- 1.4.6. *Procesadores Digitales de Señal (DSP). Características*

CAPÍTULO 2. SEÑALES Y SISTEMAS EN TIEMPO DISCRETO

- 2.1 *Introducción. Señales y Sistemas en tiempo continuo frente a tiempo discreto*
- 2.2 *Señales en tiempo Discreto*
 - 2.2.2 *Señales elementales del DSP*
 - 2.2.2 *Clasificación de las señales en tiempo discreto*
 - 2.2.2.1 *Señales periódicas y aperiódicas*
 - 2.2.2.2 *Señales simétricas y antisimétricas*
- 2.3 *Sistemas en tiempo discreto*
 - 2.3.1 *Descripción de entrada-salida de sistemas*
 - 2.3.2 *Representación de sistemas mediante diagramas de bloques*
 - 2.3.3 *Clasificación de los sistemas en tiempo discreto*
 - 2.3.3.1 *Sistemas estáticos y dinámicos*
 - 2.3.3.2 *Sistemas invariantes y variantes en el tiempo*
 - 2.3.3.3 *Sistemas lineales y no lineales*
 - 2.3.3.4 *Sistemas causales y no causales*
 - 2.3.3.5 *Sistemas estables e inestables*
 - 2.3.4 *Interconexión de Sistemas Discretos*
- 2.4 *Análisis de Sistemas Lineales e Invariantes en el tiempo (LTI)*
 - 2.4.1 *Técnicas de análisis de sistemas lineales*
 - 2.4.2 *Respuesta de un sistema a entradas arbitrarias: Convolución*
 - 2.4.3 *Sistemas con respuesta al impulso de duración finita e infinita*
- 2.5 *Sistemas Descritos mediante ecuaciones en diferencias*
 - 2.5.1 *Sistemas LTI descritos mediante ecuaciones en diferencias de coeficientes constantes*

CAPÍTULO 3. LA TRANSFORMADA Z Y SUS APLICACIONES EN PROCESAMIENTO DE SEÑAL

- 3.1 *Definición de la transformada z y su inversa*
- 3.2 *Propiedades de la transformada z*
- 3.3 *Transformada z racional. Polos y ceros en el plano z*
 - 3.3.1 *Descripción de señales y sistemas mediante los polos y los ceros*
 - 3.3.2 *Localización de los polos y comportamiento en el dominio del tiempo*
 - 3.3.3 *Sistemas LTI de primer y segundo orden*
 - 3.3.3.1 *Función de Transferencia de un sistema LTI*
 - 3.3.3.2 *Causalidad y Estabilidad de los sistemas LTI*
- 3.4 *Análisis de la estabilidad de los sistemas LTI de segundo orden*

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS FRECUENCIAL DE SEÑALES Y SISTEMAS EN TIEMPO DISCRETO. TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER (DFT)

- 4.1 *Análisis frecuencial de señales en tiempo discreto*
 - 4.1.1 *Series de Fourier de Señales periódicas en tiempo discreto*
 - 4.1.2 *Transformada de Fourier de señales aperiódicas*
 - 4.1.3 *Clasificación de las señales en el dominio de la frecuencia: concepto de ancho de banda*
 - 4.1.4 *Rangos de frecuencia de algunas señales naturales*
- 4.2 *Análisis frecuencial de sistemas en tiempo discreto*



- 4.2.1 *La función de respuesta en frecuencia de los sistemas LTI y su relación con la función de transferencia del sistema*
- 4.2.2 *Sistemas LTI como filtros selectivos en frecuencia*
- 4.3 *La transformada discreta de Fourier (DFT)*
- 4.4 *Propiedades de la DFT*
- 4.5 *Métodos de filtrado basados en la DFT*
- 4.6 *Análisis frecuencial de señales usando la DFT*

CAPÍTULO 5. CÁLCULO DE LA DFT. ALGORITMOS RÁPIDOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA DFT (FFT)

- 5.1 *Cálculo eficiente de la DFT. Método de "Divide y Vencerás"*
 - 5.1.1 *Algoritmo FFT Radix-2*
 - 5.1.2 *Algoritmo FFT Radix-4*
 - 5.1.3 *Complejidad computacional de los algoritmos FFT*
 - 5.1.4 *Implementación de algoritmos FFT sobre procesadores DSP*
 - 5.1.4.1 *Ventajas derivadas de la arquitectura de los procesadores DSP*
- 5.2 *Aplicaciones de los algoritmos FFT*
 - 5.2.1 *Cálculo de la DFT de dos secuencias reales*
 - 5.2.2 *Cálculo de la DFT de una secuencia real de 2N puntos*

CAPÍTULO 6. DISEÑO DE FILTROS DIGITALES. FILTROS FIR

- 6.1 *Introducción a los filtros digitales*
 - 6.1.1 *Tipos de filtros digitales: FIR, IIR*
- 6.2 *Filtros digitales FIR de respuesta en fase lineal*
 - 6.2.1 *Respuesta al impulso simétrica*
 - 6.2.2 *Respuesta al impulso antisimétrica*
- 6.3 *Etapas de diseño de los filtros digitales*
- 6.4 *Cálculo de los coeficientes del filtro FIR*
 - 6.4.1 *Método de la Ventana*
- 6.5 *Realización del filtro mediante una estructura conveniente*
 - 6.5.1 *Estructura en forma directa o transversal*
 - 6.5.2 *Estructura en cascada*
 - 6.5.3 *Estructura de muestreo en la frecuencia*
 - 6.5.4 *Estructura en celosía*
- 6.6 *Implementación del filtro digital*
 - 6.6.1 *Ejemplos de implementación de filtros FIR sobre procesadores DSP*

CAPÍTULO 7. DISEÑO DE FILTROS DIGITALES. FILTROS IIR

- 7.1 *Métodos de cálculo de los coeficientes para filtros IIR*
 - 7.1.1 *Método de localización de polos y ceros*
 - 7.1.2 *Diseño de filtros IIR a partir de filtros analógicos*
 - 7.1.2.1 *Método del Impulso Invariante*
 - 7.1.2.2 *Método de la Transformada-z Bilineal (BZT)*
- 7.2 *Estructuras para la realización de sistemas IIR*
 - 7.2.1 *Estructura en forma directa y directa traspuesta*
 - 7.2.2 *Estructura en cascada*
 - 7.2.3 *Estructura en forma paralela*
 - 7.2.4 *Estructura en celosía y celosía escalonada*
- 7.4 *Uso de los filtros analógicos clásicos para el diseño de filtros digitales IIR*
 - 7.4.1 *Filtros analógicos de Butterworth*



7.4.2 Filtros analógicos de Chebyshev

7.4.3 Filtros Elípticos

7.5 Diseño de filtros selectivos en frecuencia a partir de prototipos de pasa baja

7.6 Ejemplos de implementación de filtros IIR sobre procesadores DSP

PRÁCTICAS

PRÁCTICA-1: MANEJO BÁSICO DE SEÑALES Y SISTEMAS

1.1 Generación de las señales básicas del DSP

PRÁCTICA-2: SEÑALES Y SISTEMAS DISCRETOS

2.1 Respuesta al Impulso

2.2 Convolución

PRÁCTICA-3 : ECUACIÓN EN DIFERENCIAS. RESPUESTA EN EL TIEMPO Y ANÁLISIS EN EL DOMINIO Z

3.1 Respuesta en el tiempo de un sistema descrito mediante ecuaciones en diferencias de coeficientes constantes (LTI)

3.2 Caracterización del sistema en el dominio z: polos y ceros

PRÁCTICA-4: ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE SEÑALES Y SISTEMAS DISCRETOS. TEST DE ESTABILIDAD DE SCHÜR-COHN

4.1 Análisis en el dominio z

4.2 Cálculo de los coeficientes de Reflexión

PRÁCTICA-5: RESPUESTA EN FRECUENCIA DE UN SISTEMA LTI

5.1 La función respuesta en frecuencia

5.2 Filtros selectivos en frecuencia

PRÁCTICA-6: ANÁLISIS FRECUENCIAL DE SEÑAL. FILTRADO LINEAL USANDO DFT

6.1 Transformada Discreta de Fourier. Señales en el dominio de la frecuencia

6.2 Filtrado lineal mediante DFT

PRÁCTICA-7: ALGORITMOS FFT RADIX 2 DE DECIMACIÓN EN EL TIEMPO

7.1 Implementación del algoritmo Radix 2 DIT para N=8

7.2 Generalización del algoritmo para cualquier valor de N

PRÁCTICA-8: ESTRUCTURAS DE REALIZACIÓN DE SISTEMAS FIR E IIR

8.1 Estructuras FIR directa y celosía

8.2 Estructuras IIR cascada y paralela

PRÁCTICA-9: DISEÑO DE FILTROS FIR. MÉTODO DE LA VENTANA

9.1 Diseño de filtros FIR. Método de la ventana

PRÁCTICA-10: DISEÑO DE FILTROS IIR MEDIANTE LOS FILTROS ANALÓGICOS CLÁSICOS

10.1 Método de la transformación bilineal (BZT)

10.2 Filtros Butterworth

10.3 Filtros Chebyshev

METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES



La metodología consiste en la realización de una serie de actividades que el alumno deberá llevar a cabo a lo largo del curso

1. Clases teóricas: se exponen los contenidos por temas, se ilustran los aspectos mas importantes con ejemplos, se propone la realización de ejercicios
2. Clases practicas. Cada semana se realiza una practica a cuyo enunciado el alumno/a tiene acceso desde una semana antes. Las prácticas desarrollan los aspectos teóricos mas importantes estudiados en teoría. La herramienta elegida (MATLAB) permite al alumno aplicar directamente los conceptos estudiados y ver grafica y numéricamente los resultados.
3. Trabajos: se proponen trabajos a lo largo del curso que el alumno entregará en las fechas dispuestas a través del aula virtual. Al menos una vez cada alumno deberá exponer en clase uno de los trabajos que se proponen.

Para dar apoyo a esta metodología el alumno/a tiene a su disposición el curso de esta asignatura en el aula virtual de la UEX. Este espacio será un medio para la interacción profesora-alumno/a, donde se volcará todo el apoyo logístico y de documentación que se precise para hacer las actividades propuestas.

Bibliografía Básica

Digital Signal Processing : A Practical Approach, E. C. Ifeachor, B. W. Jervis, Ed. Addison-Wesley 1996

Signals and Systems, A. V. Oppenheim, A. S. Willsky and W. T. Young, Ed. Prentice-Hall 1983

****Digital Signal Procesing: principles, algorithms and applications (Versión en castellano 1998)*** ,J. G. Proakis and D. G. Manolakis, Ed. Prentice-Hall , 1996

Computer- Based exercises for signal processing using MATLAB (Versión en castellano 1998) , C. S. Burrus, J. H. McClellan, A. V. Oppenheim, Ed. Prentice-Hall 1994

Discrete-time Signals and Systems, Nasir Ahmed y T. Natarajan, Ed. Prentice-Hall ,1983

IntroductoryDigital Signal Processing with Computer Applications, Paul A. Lynn y Wolfgang Fuerst, Ed. John Wiley and Sons, 1996

Principles of Signals and Systems, Fred J. Taylor, Ed. McGraw-Hill, 1994

Adaptative Filter Theory, Simon Haykin, Ed. Prentice-Hall, 1996

Digital Image Processing, Rafael C. Gonzalez y Paul Wintz, Ed. Addison-Wesley,1987

The Fast Fourier Transform and its Applications, E. Oran Brigham, Ed. Prentice-Hall, 1988

HORAS DE ESTUDIO RECOMENDADAS

Se recomienda:

1. Dedicar una hora semanal a estudiar la práctica que se hará a la semana siguiente.
2. Llevar al día los conceptos teóricos, pues es imprescindible para comprender las prácticas. El tiempo depende del alumno, pero puede ser suficiente 1hora aprox. a la semana.
3. Es recomendable no dejar el trabajo para el final, se recomienda dedicar las siguientes horas y en este orden:
 - a. Estudio de los aspectos teóricos relacionados, documentación, consulta, .. etc: 8-10 horas aprox.



- b. Diseño de la aplicación: aprox. 2-4 horas
- c. Estudio de la herramienta que se va a utilizar (MATLAB o cualquier otra): 4-5 horas
- d. Desarrollo de la aplicación: 10-12 horas aproximadamente

Si sumamos en total de las horas para el trabajo, teniendo en cuenta la duración del cuatrimestre, resultan 2 h semanales aprox , si a esto sumamos las dos horas de los apartados 1 y 2, nos quedan :

4 horas semanales de estudio aprox. Este es un dato aproximado y muy variable, no olvidad que es orientativo, lo importante es no dejar todo para el final.