

Nombre de la materia:	PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES I
Clave:	IA3300-T
No. de horas /semana:	4
Duración semanas:	16
Total de horas:	64
No. de créditos	8
Prerrequisitos:	CB0003-T

Objetivo:

El alumno comprenderá los fundamentos del Procesamiento Digital de Señales, desde su adquisición y representación en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia mediante herramientas tales como las ecuaciones de diferencias, las series y la Transformada de Fourier así como el modelado e implementación de los sistemas para procesar dichas señales, especialmente el caso de los filtros digitales.

Programa Sintético:

1. Introducción	8 hrs
2. Señales y Sistemas en Tiempo Discreto	10 hrs
Primer examen parcial	2 hrs
3. Análisis en el Dominio de la Frecuencia (Series y Transformada de Fourier)	10 hrs
4. La Transformada Discreta de Fourier	10 hrs
Segundo examen parcial	2 hrs
5. Transformada Rápida de Fourier	8 hrs
6. Introducción al Diseño de Filtros digitales	12 hrs
Tercer examen parcial	2 hrs
Total	64 hrs

Metodología de enseñanza-aprendizaje:

Revisión de conceptos, análisis y solución de problemas en clase:	(X)
Lectura de material fuera de clase:	(X)
Ejercicios fuera de clase (tareas):	(X)
Investigación documental:	(X)
Elaboración de reportes técnicos o proyectos:	(X)
Prácticas de laboratorio:	(X)
Visitas a la industria:	()

Metodología de evaluación:

Asistencia:	()
Tareas:	(X)
Elaboración de reportes técnicos o proyectos:	(X)
Exámenes de Academia o Departamentales	(3)

Programa Desarrollado:

1. Introducción

(8 horas)

- 1.1. Definiciones de señales, sistemas y procesamiento de señales
- 1.2. Clasificación de las señales
 - 1.2.1. Señales continuas y señales discretas
 - 1.2.2. Señales periódicas y no-periódicas
- 1.3. Concepto de frecuencia en señales continuas y discretas en el tiempo
 - 1.3.1. Fasores y frecuencias negativas
 - 1.3.2. Señales sinusoidales en tiempo discreto
 - 1.3.3. Propiedades de las señales sinusoidales en tiempo discreto
- 1.4. Conversión analógico-digital y digital-analógico
 - 1.4.1. Muestreo de señales analógicas
 - 1.4.2. Relación entre frecuencia de tiempo continuo y de tiempo discreto
 - 1.4.3. Confusión de frecuencia o Aliasing
- 1.5. El teorema fundamental del muestreo

2. Señales y Sistemas en Tiempo Discreto

(10 horas)

- 2.1. Señales en tiempo discreto
 - 2.1.1. Representación de señales en tiempo discreto
 - 2.1.2. Señales típicas de tiempo discreto
 - 2.1.3. Operaciones simples con señales de tiempo discreto
- 2.2. Sistemas en tiempo discreto
 - 2.2.1. Descripción entrada-salida
 - 2.2.2. Diagramas de bloques y simulación de sistemas en tiempo discreto
 - 2.2.3. Propiedades de los sistemas
 - 2.2.4. Sistemas con y sin memoria
 - 2.2.5. Causalidad
 - 2.2.6. Estabilidad
 - 2.2.7. Invariancia en el tiempo
 - 2.2.8. Linealidad
- 2.3. Análisis de Sistemas Discretos Lineales Invariantes en el Tiempo (DSLIT's)
 - 2.3.1. Descomposición de una señal discreta en términos de impulsos
 - 2.3.2. Respuesta de un DSLIT a entradas arbitrarias: La convolución
 - 2.3.2.1. Respuesta al impulso de sistemas causales
 - 2.3.2.2. Respuesta al impulso y estabilidad
 - 2.3.2.3. Sistemas FIR y sistemas IIR
- 2.4. Ecuaciones de diferencias para un DSLIT y su solución
 - 2.4.1. Solución homogénea de la ecuación de diferencias de un DSLIT
 - 2.4.2. Solución particular de la ecuación de diferencias de un DSLIT
 - 2.4.3. Solución total de la ecuación de diferencias de un DSLIT
- 2.5. La Transformada Z
 - 2.5.1. Definición. Transformada Z unilateral y bilateral.
 - 2.5.2. Región de Convergencia
 - 2.5.3. Propiedades de la Transformada Z: Linealidad, corrimiento en el tiempo, convolución.

- 2.5.4. Función de Transferencia en Z de un DSLIT.
- 2.5.5. Polos y ceros: Estabilidad.

(Primer examen parcial, 2 horas)

Proyecto de medio término: Elaboración extra-clase de un proyecto en simulación de sistemas DSLIT en el que se revisen en alguna aplicación los conceptos fundamentales vistos hasta aquí, tales como: diagramas de bloques, respuesta al impulso, solución de las ecuaciones de diferencias, función de Transferencia, etc.

3. Análisis en el Dominio de la Frecuencia (10 horas)

- 3.1. Introducción
- 3.2. Análisis frecuencial de señales de tiempo continuo (Repaso)
 - 3.2.1. Serie de Fourier
 - 3.2.2. Forma trigonométrica de la serie de Fourier
 - 3.2.3. Forma exponencial de la serie de Fourier
 - 3.2.4. El espectro de frecuencias
 - 3.2.5. Serie de Fourier para un tren de pulsos rectangular periódico
 - 3.2.6. La transformada de Fourier de una señal continua
- 3.3. Análisis frecuencial de señales discretas en el tiempo
 - 3.3.1. Serie de Fourier para señales de tiempo discreto (DTFS)
 - 3.3.1.1. Serie de Fourier de un tren de pulsos rectangular periódico discreto
 - 3.3.2. Transformada de Fourier para señales de tiempo discreto (DTFT)
 - 3.3.2.1. Transformada de Fourier de un pulso rectangular discreto no-periódico
 - 3.3.3. Relación entre la DTFT y la Transformada Z
- 3.4. Clasificación de señales en el dominio de la frecuencia. El concepto de ancho de banda.
- 3.5. Rangos de frecuencia de algunas señales en la naturaleza
- 3.6. Respuesta a la frecuencia de sistemas DSLIT.
- 3.7. Respuesta a exponenciales complejas y a señales senoidales: La Función de Respuesta de Frecuencia.

4. La Transformada Discreta de Fourier (10 horas)

- 4.1. Muestreo en el dominio de la frecuencia
- 4.2. Definición de la Transformada Discreta de Fourier (DFT)
- 4.3. Propiedades de la DFT
 - 4.3.1. Propiedades de Periodicidad, linealidad y simetría.
- 4.4. La DFT como matriz de transformación
- 4.5. Análisis en la frecuencia de señales usando la DFT
 - 4.5.1. El efecto de derrame y el efecto de la limitación del número de muestras

(Segundo examen parcial, 2 horas)

5. Transformada Rápida de Fourier (8 horas)

- 5.1. Algoritmos para el cálculo eficiente de la DFT
 - 5.1.1. Cálculo directo de la DFT. Número de operaciones requeridas
 - 5.1.2. Metodología “divide y vencerás” para el cálculo de la DFT

- 5.1.3. Algoritmos FFT de base 2. Número de operaciones requeridas
 - 5.1.3.1. Algoritmo de submuestreo en tiempo
 - 5.1.3.2. El ordenamiento de bit inverso
 - 5.1.3.3. La “mariposa” básica de dos puntos y su uso en el algoritmo de la FFT
- 5.2. Uso de la FFT. Escalamiento en amplitud y en frecuencia.

6. **Introducción al diseño de Filtros digitales** **(12 horas)**

- 6.1. Los sistemas DSLIT como filtros digitales de frecuencia selectiva
 - 6.1.1. Filtros ideales
- 6.2. Diseño de filtros basado en la colocación de polos y ceros
 - 6.2.1. Filtros pasa-bajas, pasa-altas y pasa-banda
 - 6.2.2. Resonadores digitales
 - 6.2.3. filtros ranura
 - 6.2.4. Filtros pasa-todo
 - 6.2.5. Osciladores sinusoidales digitales
- 6.3. Métodos de filtrado lineal basados en la DFT
- 6.4. Consideraciones generales para el diseño de filtros.
 - 6.4.1. Causalidad y sus implicaciones
 - 6.4.2. Características de filtros digitales prácticos
- 6.5. Diseño de filtros IIR a partir de filtros analógicos
 - 6.5.1. Diseño de filtros IIR mediante la aproximación de derivadas
 - 6.5.2. Diseño de filtros IIR mediante invarianza de la respuesta al impulso
 - 6.5.3. Diseño de filtros IIR mediante transformación bilineal

(Tercer examen parcial, 2 horas)

Proyecto final: Elaboración extra-clase de un proyecto en simulación en donde se apliquen sistemas discretos a señales de audio para lograr fines específicos, tales como: inserción y filtrado de frecuencias específicas, generación de eco y reverberación, scrambling, ecualización, inversión de frecuencias, compresión/descompresión, etc. En el que se apliquen los conceptos y las herramientas vistas en clase, tales como el uso adecuado de la FFT, el diseño de filtros, etc.

Bibliografía:

Texto principal:

- Procesamiento Digital de Señales: Principios, Algoritmos y Aplicaciones. John G. Proakis y Dimitris G. Manolakis. Editorial Prentice Hall. Tercera Edición.

Libros de consulta:

- Señales y Sistemas. Allan B. Oppenheim. Editorial Prentice Hall.
- Advanced Digital Signal Processing. G. Ziniker, F.J. Taylor. Editorial Marcel Dekker.

Revisó (julio de 2010):

José Juan Rincón Pasaye