



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERIA
Programa curricular de ingeniería electrónica

SYLLABUS
 Procesamiento digital de señales I, DSP I

NOMBRE DEL DOCENTE: Marco Aurelio Alzate Monroy
malzate@udistrital.edu.co
<http://comunidad.udistrital.edu.co/malzate>

ESPACIO ACADÉMICO (Asignatura): <u>Procesamiento digital de señales I</u> Obligatorio () : Básico () Complementario () Electivo (X) : Intrínsecas (X) Extrínsecas ()	CÓDIGO: 061
--	--------------------

NUMERO DE ESTUDIANTES: Hasta 40 **GRUPO:** 005-1

NÚMERO DE CREDITOS:

TIPO DE CURSO: TEÓRICO () PRACTICO () TEO-PRAC (X)
Alternativas metodológicas:
 Clase Magistral (X), Seminario (), Seminario – Taller (), Taller (X), Prácticas (X),
 Proyectos tutoriados (X), Otro: _____

HORARIO:

DIA	HORAS	SALON
Lunes	10 – 12 am	ASC 205
Martes	6 – 8 am	SbC 601
Jueves	12 m – 2 pm	SbC 312

Los lunes y jueves son sesiones magistrales, los martes son sesiones prácticas.

I. JUSTIFICACIÓN DE ESPACIO ACADÉMICO

Competencias del perfil a las que contribuye la asignatura	Creatividad a partir de una sólida formación en ciencias básicas Capacidad de comunicación Capacidad de planeación, diseño, desarrollo, implementación, control y evaluación de sistemas electrónicos. Capacidad de participar en actividades de investigación
Contribución a la formación	El curso ofrece al estudiante una comprensión intuitiva, desde la geometría y el álgebra lineal, de los conceptos básicos del procesamiento de señales. Esta comprensión le permitirá dominar los principales modelos matemáticos usados en el procesamiento digital de señales. Conocerá los principios del diseño de filtros digitales usando herramientas computacionales en el dominio del tiempo, de la frecuencia y de la escala. Se apropiará de los métodos y las técnicas de diseño de sistemas multitasas y su aplicación en problemas generales de tratamiento de señales. Tendrá conocimientos básicos de análisis multiresolución y transformada wavelet. Conocerá los aspectos fundamentales de la predicción lineal y el modelado de señales.
Puntos de apoyo para otras asignaturas	DSP II, bioingeniería, automática, telecomunicaciones, telemática, inteligencia computacional
Requisitos previos	Análisis de señales y sistemas

II. PROGRAMACIÓN DEL CONTENIDO

OBJETIVO GENERAL

Al final de este curso los estudiantes tendrán una cabal comprensión tanto de las técnicas de procesamiento digital de señales como de sus fundamentos teóricos y su modelado matemático, gracias a la interpretación intuitiva y formal que proporciona la visión geométrica de las señales, esto es, las señales como vectores en

un espacio métrico apropiado. Esta comprensión formal e intuitiva le permitirá entender los procesos de diseño e implementación de filtros digitales como transformaciones lineales, interpretar las transformadas wavelet y de Fourier como cambios de base del espacio vectorial subyacente, operar con estas transformaciones desde la teoría de los filtros sub-banda y el procesamiento multitasa, y adquirir conceptos básicos de modelado paramétrico de señales y predicción lineal.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Desde la visión geométrica de las señales, los estudiantes interpretarán las transformadas de Fourier y wavelet como simples cambios en el punto de vista desde el que se miran las señales (esto es, cambios de la base en que se expande el espacio vectorial subyacente), puntos de vista que revelan características adicionales de las señales. Esta visión geométrica también permitirá ver los sistemas lineales e invariantes en el tiempo como transformaciones lineales que establecen un mapa entre dos espacios vectoriales. Esta concepción de los sistemas LTI facilitará el diseño de filtros digitales, la comprensión del procesamiento multitasa y el conocimiento de los principios básicos del modelado paramétrico de las señales. Por último, tendrá la habilidad de aplicar toda esta fundamentación teórica en problemas de aplicación práctica.

PROGRAMA SINTÉTICO

Componente teórico	Componente práctico
<p>1. Introducción</p> <ul style="list-style-type: none"> - Presentación y discusión de la justificación, los objetivos, la metodología, la evaluación y el programa del curso - Discusión del concepto de señal, de la necesidad de una representación abstracta y de sus posibles modelos matemáticos - La señal como función $x: \mathcal{D} \rightarrow \mathcal{R}$ - Señales en tiempo continuo o discreto, señales de amplitud continua o discreta - Campo escalar y espacio vectorial - La señal como vector en un espacio vectorial abstracto, $\vec{x} \in \mathcal{H}$ 	<p>A. Observación de algunas señales: Eco-localización de murciélagos, sonido sincronizado de grillos, electrocardiograma, número de manchas en el sol, sonido en la cabina de un F-16, imagen de Lena, señal de un modem V29 a 9600 bps, señal de un sismógrafo, tren de impulsos nerviosos, voz femenina, sonidos de un violín, una trompeta y un arpa, flujo de sangre en un vena, índice bursátil Standard & Poor's 500, etc. Lectura y escritura de archivos .mat, .bmp, .wav y .txt en matlab</p>
<p>2. Vectores y señales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Otros ejemplos de grupo, campo escalar y espacio vectorial - Suma de vectores (y señales), multiplicación de un vector (o una señal) por un escalar, combinación lineal de vectores (y señales) - Normas de vectores y energía de señales 	<p>B. Análisis de señales de voz en tiempo corto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Selección de períodos estacionarios mediante ventana de Hamming - Energía y tasa de cruces por cero en tiempo corto - Detección de silencios, sonidos vocalizados y sonidos no vocalizados
<p>3. Independencia lineal</p> <ul style="list-style-type: none"> - Combinaciones lineales y sub-espacios vectoriales (hiperplanos) - Multiplicación entre una matriz y un vector como combinación lineal de las columnas de la matriz - Bases de espacios vectoriales - Bases ortogonales - Impulsos unitarios y escalones unitarios como bases de espacios de señales. - Ejemplos en diferentes espacios vectoriales 	<p>C. Autocorrelación en tiempo corto</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estimación de la autocorrelación - Matriz de autocorrelación - Detección de tono de señales de voz
<p>4. Correlación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Producto punto: Proyección vectorial de un vector en un subespacio vectorial - Norma y distancia Euclidiana. Criterio del MSE para comparar señales. - Coeficiente de correlación entre dos señales y coseno del ángulo entre dos vectores. - Perpendicularidad y ortogonalidad 	
<p>5. La serie de Fourier como proyección perpendicular en</p>	<p>D. Transformada de Fourier en tiempo corto</p>

<p>una nueva base</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ortogonalidad de las exponenciales complejas - La FS en tiempo continuo - La FS en tiempo discreto 	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrograma - Análisis tiempo/frecuencia
<p>6. Espacios vectoriales normados y métricos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Producto interno como generalización del producto punto - Normas vectoriales - Los espacios L^1 (criterio del valor absoluto), L^2 (criterio del MSE) y L^∞ (criterio minmax) - Otro ejemplo de norma y distancia: Distancia de Hamming en comunicaciones digitales. 	
<p>7. Sistemas lineales como transformaciones entre sub-espacios</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño de filtros lineales FIR mediante ventanas 	<p>E. Modelado del sistema de producción de la voz humana</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modelo en tiempo discreto con filtro de sólo polos
<p>8. Diseño de filtros digitales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Muestreo en frecuencia - Método Parks-McClelland 	
<p>9. Aproximaciones. El principio de ortogonalidad</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desigualdad de Cauchy-Schwartz - Desigualdad del triángulo - Principio de ortogonalidad 	<p>F. Codificación Lineal Predictiva</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expansión de una señal en el espacio expandido por sus versiones retardadas - Método de la autocorrelación
<p>10. Análisis multiresolución</p> <ul style="list-style-type: none"> - La serie de Fourier como secuencia de aproximaciones sucesivas en espacios anidados - Bases de Haar – Aproximaciones y detalles - Espacios de aproximación y de detalles - Wavelet de Haar 	
<p>11. Cambios de tasa de muestreo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sub-muestreador en el tiempo y en la frecuencia - Súper-muestreador en el tiempo y en la frecuencia 	<p>G. Síntesis de vocales usando el modelo LPC</p>
<p>12. Filtros de interpolación y de diezmado</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conversión fraccional de tasa de muestreo 	
<p>13. Interconexión de bloques e identidades nobles</p> <ul style="list-style-type: none"> - Implementación multietapa 	<p>H. Reconocimiento de Vocales mediante los coeficientes LPC</p>
<p>14. Descomposición polifásica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Implementación eficiente de conversores fraccionales de tasa de muestreo 	
<p>15. Banco de filtros de espejo en cuadratura</p> <ul style="list-style-type: none"> - Distorsión de amplitud, fase y alias - Sistemas simples de reconstrucción perfecta 	<p>I. Codificación sub-banda de señales de voz</p>
<p>16. Codificación sub-banda</p> <ul style="list-style-type: none"> - Banco de filtros de múltiples canales - Matriz de componentes polifásicos 	
<p>17. Procedimiento de Smith & Barnwell</p> <ul style="list-style-type: none"> - Filtros simétricos en potencia - Factorización espectral 	<p>J. Compresión wavelet de imágenes</p>
<p>18. Codificación sub-banda y la transformada wavelet</p> <ul style="list-style-type: none"> - Smith & Barnwell y wavelet de Daubechies - Introducción a las señales fractales 	
III. ESTRATEGIAS	
<p>Metodología Pedagógica y Didáctica:</p> <p>El curso tiene un componente práctico que correrá en paralelo con el componente teórico, de manera que habrá oportunidad de adquirir tanto la fundamentación conceptual con su formulación matemática formal,</p>	

como las habilidades para poner en práctica los conceptos en la solución de problemas concretos. Por eso la metodología incluye:

- Clases magistrales para presentación y discusión de temas (sesiones conjuntas de jueves y viernes)
- Prácticas de laboratorio con Matlab ® (sesiones separadas de lunes y martes)
- Prácticas guiadas por el profesor
- Mini-proyectos basados en las prácticas guiadas
- Solución de tareas sobre conceptos básicos y aplicaciones prácticas

Tipo de Curso	Horas			Horas profesor/ semana	Horas Estudiante/semana	Total Horas Estudiante/ semestre	Créditos
	TD	TC	TA	(TD + TC)	(TD + TC +TA)	X 16 semanas	
Teórico	4	2	3	6	9	144	3

TD: Trabajo directo, TC: Trabajo cooperativo, TA: Trabajo autónomo

IV. BIBLIOGRAFÍA

1. M. Alzate “Apuntes de clase: Visión geométrica de las Señales y los Sistemas”, disponible para los participantes en el curso.
2. J. Proakis y D. Manolakis “Tratamiento Digital de Señales”, cuarta edición, Prentice Hall, 2007
3. Martin Vetterli and Jelena Kovačević “Foundations of Signal Processing”, Cambridge University Press, 2014

V. TIEMPOS Y ORGANIZACIÓN

Programa sintético	Semanas académicas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Introducción	*	*														
2. Vectores y señales	*	*	*													
3. Independencia lineal	*	*	*	*												
4. Correlación		*	*	*	*											
5. Fourier			*	*	*	*										
6. Normas y distancias				*	*	*	*									
7. Transformaciones lineales					*	*	*	*								
8. Filtros digitales						*	*	*	*							
9. Principio de ortogonalidad							*	*	*	*						
10. Análisis multiresolución								*	*	*	*					
11. Cambio de tasa de muestreo									*	*	*	*				
12. Interpolación y diezmado										*	*	*	*			
13. Identidades nobles											*	*	*	*		
14. Descomposición polifásica												*	*	*	*	
15. Bancos QMF													*	*	*	*
16. Codificación sub-banda														*	*	*
17. Wavelets															*	*

VI. EVALUACION

En el componente teórico del curso se asignarán no menos de cinco tareas para asegurar el aprovechamiento del mismo. La realización de las tareas es esencial en el aprendizaje de este curso ya que no se trata solamente de pruebas para ver "cuánto aprendió" el estudiante. Al contrario, es a través de la realización de las tareas que

el estudiante comprenderá el verdadero significado de los conceptos vistos en clase y adquirirá las habilidades para trabajar con esos conceptos a nivel teórico y práctico. Por esta razón, se acepta que las tareas sean presentadas en grupos de dos o tres estudiantes, ya que es conveniente discutir con los compañeros como un proceso de depuración de conceptos y mejoramiento de técnicas de solución de problemas. Sin embargo, es importante que cada estudiante sea capaz de escribir las soluciones con sus propias palabras y redactar sus propias explicaciones de manera individual para asegurar que sacó provecho de la tarea.

Los conocimientos y habilidades ganados con la realización de las tareas se verificarán mediante la asignación de exámenes escritos para desarrollar en una hora durante algunas clases. Se harán al menos tres exámenes parciales con los que se verificará que el estudiante haya realizado las tareas a conciencia. En efecto, los exámenes se diseñarán de forma tal que quienes hayan hecho las tareas oportunamente y a conciencia no tendrán ninguna dificultad en obtener la máxima calificación. Habrá también un examen final que podría tener la forma de una tarea extensa o un pequeño proyecto de diseño (o una prueba escrita para desarrollar en clase). El examen final tendrá un peso del 30% en la nota final del curso, los exámenes parciales se ponderarán con el 40% y las tareas valdrán un 20% de la nota final del curso. El 10% restante se obtendrá de quices esporádicos que se anunciarán con dos minutos de antelación. Nuevamente, recuerde que con las tareas se pretende que el estudiante adquiera los conocimientos y las destrezas deseadas, mientras que con los exámenes sólo se pretende verificar el logro de ese objetivo. De esta manera, el aprovechamiento de este componente del curso estará directamente relacionado con la dedicación y la conciencia que se ponga en la realización de las tareas y del proyecto final.

En el componente práctico, el profesor dirigirá algunos experimentos con base en los cuales el estudiante deberá desarrollar pequeños proyectos de diseño que presentará junto con un brevísimo informe. En el mismo espíritu de las tareas, estos proyectos se pueden presentar en grupos de hasta tres estudiantes. Se espera que haya entre 6 y 10 informes, cuyas calificaciones (basadas en completitud, brevedad y claridad) se promediarán para obtener la calificación final del componente práctico del curso. Para la calificación total del curso se combinarán las notas de los componentes con un peso de 60% para el componente teórico y 40% para el componente práctico.

Datos del Docente	
Nombre: Marco Aurelio Alzate Monroy	
Pregrado: Ingeniero electrónico	
Posgrado: Magíster en ingeniería eléctrica, Doctor en ingeniería	
Correo: malzate@udistrital.edu.co	
Página web: http://comunidad.udistrital.edu.co/malzate	
Última fecha de revisión de este syllabus:	30-I-2017