Ministerio de Cultura y Educación **(Programa del año 2007)**
Universidad Nacional de San Luis **(Programa en trámite de aprobación)**
Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales **(Presentado el 14/02/2008 23:33:44)**
Departamento: Fisica
Area: Area V: Electronica y Microprocesadores

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
COMUNICACIONES I	ING. ELECTRONICA	005/05	4	2c

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
DEBATTISTA, ALFREDO FRANCISCO	Prof. Responsable	JTP SIM	10 Hs
PELAEZ, ESTEBAN MAXIMILIANO	Prof. Colaborador	JTP EXC	40 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	**Teóricas**	**Prácticas de Aula**	**Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.**	**Total**
Hs	Hs	Hs	Hs	6 Hs

Tipificación	Periodo
B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio	2 Cuatrimestre

Duración			
Desde	**Hasta**	**Cantidad de Semanas**	**Cantidad de Horas**
06/08/2007	09/11/2007	15	90

IV - Fundamentación

Los futuros ingenieros, en la especialidad Electrónica con orientación en Sistemas Digitales, deben contar con herramientas y conocimientos modernos sobre los sistemas de comunicaciones, dado el impacto que estos últimos tienen en el desarrollo de la industria, los servicios y el quehacer cotidiano de las personas. Además, la innovación tecnológica y la acelerada convergencia entre las comunicaciones y las tecnologías de la información, hacen de este curso un elemento clave para la formación integral de los futuros ingenieros y su preparación para enfrentar el mercado laboral. Esta es la primera parte de dos cursos cuatrimestrales, cuya finalidad es que el alumno adquiera conocimientos integrales sobre el vasto sector de las comunicaciones.

V - Objetivos

El principal objetivo del curso es que el alumno aprenda los conceptos básicos de la teoría de las comunica-ciones, desarrolle experiencias prácticas y de simulación, resuelva problemas habituales en la especialidad y se interiorice del estado del arte de los actuales sistemas de comunicaciones.
Al finalizar el curso el alumno debe ser capaz de entender:
• Los principios básicos del tratamiento de señales y sistemas, en sus formas continuas y discretas, a tra-vés del análisis de Fourier, en el dominio del tiempo y de la frecuencia.
• La teoría de la probabilidad y las variables y procesos aleatorios, con énfasis en su aplicación a la teoría de ruido y sus implicancias prácticas.
• Los conceptos básicos de un sistema de comunicación, sus componentes, su modelización y las varia-bles que lo apartan del sistema ideal
• Los métodos de modulación y demodulación, tanto de onda continua (comunicaciones analógicas) como de pulsos, esta

última en su versión analógica y digital.
• La transmisión de las señales en banda-base y en pasa-banda, conjuntamente con las técnicas de multi-plexación, el análisis de ruido, la probabilidad de errores y los usos prácticos.
• Las nuevas técnicas de modulación-demodulación y transmisión, como el caso de las técnicas de espec-tro expandido.
• Los límites fundamentales en la teoría de la información, a través de sus principios básicos.

VI - Contenidos

BOLILLA I: Introducción a la Teoría de las Comunicaciones
Breve historia de las comunicaciones. Proceso de comunicación. Elementos de un sistema de comunicación. Diferentes tipos de fuentes de información. Diferentes tipos de canales de comunicaciones. Señales de banda-base y pasa-banda. Representación de señales y sistemas; análisis de Fourier. Consideraciones probabilísticas. El proceso de modulación; porque se modula; tipos de modulación. Recursos primarios en comunicaciones; potencia y ancho de banda. Teoría de la información y codificación; síntesis de los teoremas fundamentales. Comunicaciones analógicas vs. digitales. Redes; conmutación de circuitos vs. conmutación de paquetes. Modelo OSI.

BOLILLA II: Análisis Espectral. Representación de Señales y Sistemas
Sistemas de corriente alterna y redes; fasores y espectros de línea; funciones de transferencia y respuesta en frecuencia. Introducción al análisis de Fourier. Transformada de Fourier; espectro continuo; pulso rectangular; pulso exponencial. Propiedades de la transformada de Fourier; linealidad; cambio de escala; dualidad; retardo en el tiempo; traslación en frecuencia; área bajo g(t); área bajo G(f); diferenciación en el dominio del tiempo; integración en el dominio del tiempo; funciones conjugadas; multiplicación en el dominio del tiempo; convolución en el dominio del tiempo. Teorema de la energía de Rayleigh. Relación inversa entre tiempo y frecuencia; ancho de banda; producto tiempo-ancho de banda. Función delta de Dirac y sus aplicaciones. Transformada de Fourier de señales periódicas. Transmisión de señales a través de sistemas lineales; respuesta en el tiempo; causalidad y estabilidad; respuesta en frecuencia; criterio de Paley-Wiener. Filtros; tipos de filtros; criterios básicos de diseños de filtros. Transformada de Hilbert; propiedades de la transformada de Hilbert. Retardo de fase y retardo de grupo.

BOLILLA III: Procesos y Señales Aleatorias. Ruido (Principios básicos)
Introducción. Teoría de la probabilidad; aproximación por la frecuencia relativa; axiomas de probabilidad; propiedades; probabilidad condicional. Variables aleatorias; función de distribución acumulativa; propiedades; función de densidad de probabilidad; distribución uniforme. Varias variables aleatorias; función de distribución conjunta; función de densidad de probabilidad conjunta; densidad marginal. Promedios esta-dísticos; valor medio o esperado. Función de una variable aleatoria. Momentos; momento central; variancia; desviación estándar; inequidad de Chebyshev; función característica; variable aleatoria Gaussiana; momento conjunto. Transformaciones de variables aleatorias. Procesos aleatorios. Proceso aleatorio esta-cionario. Función media, de correlación y de covariancia; propiedades de la función de autocorrelación. Procesos ergódicos; función de autocorrelación. Transmisión de un proceso aleatorio a través de un filtro lineal, invariante en el tiempo. Densidad espectral de potencia; propiedades; relación de Einstein–Wiener–Khintchine; relación entre las densidades espectrales de potencia de los procesos aleatorios de entrada y de salida. Procesos Gaussianos; teorema del límite central; propiedades de un proceso Gaussiano. Ruido; ruido de fluctuación; ruido térmico. Ruido blanco; ancho de banda equivalente de ruido; ruido de banda angosta; representación del ruido de banda angosta en términos de las componentes en fase y cuadratu-ra; representación del ruido de banda angosta en términos de las componentes envolvente y fase; canal con desvanecimiento plano. Figura de ruido. Temperatura equivalente de ruido; conexión en cascada de redes de dos puertos.

BOLILLA IV: Modulación y Demodulación Analógica.
Introducción. Modulación de amplitud (AM); modulador conmutado; detector de envolvente. Virtudes, limitaciones y modificaciones de la modulación de amplitud. Esquemas de modulación lineal. Modulación de doble banda lateral con portadora suprimida (DSB-SC); modulador de anillo; detección coherente; receptor Costas; multiplexación de portadora en cuadratura. Filtrado de bandas laterales. Modulación de banda vestigial (VSB); señales de televisión; distorsión de forma de onda. Modulación y demodulación de banda lateral única (SSB). Traslación en frecuencia. Multiplexación por división de frecuencia (FDM). Modulación angular; definiciones básicas. Modulación de fase (PM). Modulación de frecuencia (FM); modulación de frecuencia de banda angosta; modulación de frecuencia de banda ancha; ancho de banda de transmisión de señales FM. Generación de señales FM; FM indirecta; FM directa. Demodulación de señales FM. Multiplexación de FM estéreo. Lazo de enganche de fase (PLL); detección de señales FM. Efectos no lineales en sistemas FM. Receptor

superheterodino. Ruido en sistemas de modulación de onda continua; relación señal-ruido, definiciones básicas; efecto umbral, su reducción; pre-énfasis y de-énfasis en FM.

BOLILLA V: Modulación y Demodulación Digital.
Introducción. Proceso de muestreo; teorema del muestreo; filtro pasa-bajo anti-aliasing. Modulación de amplitud de pulso (PAM). Otros tipos de modulación; modulación por duración de pulso (PDM); modulación por posición de pulso (PPM); característica de ruido; figura de mérito; modelo de receptor ruidoso. Balance entre ancho de banda y ruido. Proceso de cuantización; cuantizador uniforme y no uniforme; ca-racterísticas del cuantizador; ruido de cuantización. Modulación por codificación de pulsos (PCM); muestreo; cuantización no uniforme; Ley A y Ley μ; codificación; códigos de línea; codificación diferencial; regeneración; decodificación; filtrado. Consideraciones de ruido en sistemas PCM; ruido de canal; ruido de cuantización; umbral de error. Multiplexación por división de tiempo (TDM); sincronización; sistemas T1 y E1 – Recomendación UIT-T G.711. Multiplexación digital; jerarquía digital. Virtudes, limitaciones y modificaciones de PCM. PCM de modulación delta; transmisor y receptor con modulación delta; sobrecarga de pendiente; ruido granular. PCM de modulación delta adaptativa. Modulación por codificación de pulsos diferencial (DPCM).

BOLILLA VI: Transmisión Digital en Banda-Base.
Introducción. Comunicaciones digitales. Transmisión digital en banda-base. Transmisión de pulsos; interferencia inter-símbolos; diafonía. Patrones de ojos; relación con la interferencia inter-símbolos. Filtros acoplados (matched filters); propiedades. Tasa de error debido al ruido. Criterio de Nyquist para transmisión binaria en banda-base sin distorsión; canal de Nyquist ideal; espectro de coseno elevado. Breve introducción sobre red digital de servicios integrados (ISDN). Líneas digitales de abonados (DSL); modos de transmisión; multiplexación por compresión de tiempo; modo de cancelación de eco; tipos de interferencia. Diafonía de extremo cercano (NEXT) y extremo lejano (FEXT). Códigos de línea para DSL. Líneas digitales de abonados asimétricas (ADSL); modulación por multitono discreto (DTM). Síntesis de tipos de DSL; ISDN DSL (IDSL); HDSL; SHDSL; ADSL; RADSL; VDSL.

BOLILLA VII: Transmisión Digital en Pasa-Banda.
Introducción. Comunicaciones digitales. Radio digital. Modulación digital de amplitud; modulación por manipulación encendido-apagado (OOK). Manipulación por desplazamiento de frecuencia (FSK); Tasa de bits FSK y baudios; transmisor FSK; ancho de banda en FSK; receptor FSK; manipulación por desplazamiento de frecuencia con fase continua (CO–FSK). Manipulación por desplazamiento de fase (PSK) genérica. Manipulación por desplazamiento binario de fase (BPSK); transmisor BPSK; consideraciones de ancho de banda en BPSK; codificación M-ária; receptor BPSK. Manipulación por desplazamiento cuaternario de fase (QPSK); transmisor QPSK; consideraciones de ancho de banda con QPSK; receptor QPSK; QPSK compensada (OQPSK). PSK de 8 fases; transmisor 8-PSK; consideraciones de ancho de banda con 8-PSK; receptor 8-PSK. PSK de 16 fases. Modulación de amplitud en cuadratura (QAM); ocho QAM; transmisor 8-QAM; consideraciones de ancho de banda con 8-QAM; receptor 8-QAM. Dieciseis QAM; transmisor 16-QAM; consideraciones de ancho de banda con 16-QAM. Eficiencia de ancho de banda. Recuperación de portadora; lazo cuadrático, lazo de Costas; remodulador. Manipulación por desplazamiento diferencial de fase (DPSK); BPSK diferencial; transmisor DBPSK; receptor DBPSK. Recuperación de reloj. Probabilidad de error y tasa de errores de bits; errores en PSK, en QAM y en FSK. Codificación trellis.

BOLILLA VIII: Modulación Spread-Spectrum.
Introducción. Secuencias de pseudo ruido (PN); propiedades; selección de una secuencia de longitud máxima; secuencia de longitud prima de Mersenne. Espectro expandido; modelo idealizado; transmisor, canal y receptor; interferencia aditiva; sincronización. Espectro expandido de secuencia directa (DSSS), con BPSK coherente (DS/BPSK); modelo para análisis; sincronización; ganancia de procesamiento. Espectro expandido de salto de frecuencia (FHSS) con manipulación por desplazamiento de frecuencia M-ario (FH/MFSK); salto de frecuencia lento (SFH); salto de frecuencia rápido (FFH); sistema de espectro expandido DS/FH híbrido. Formas de onda interferentes. Multiplexación por división de código (CDM); código Gold; otros códigos.

BOLILLA IX: Teoría de la Información y Codificación.
Introducción. Incertidumbre, información y entropía; propiedades de la entropía; extensión de una fuente discreta sin memoria. Teorema de codificación de fuente. Compactación de datos; codificación de prefijo; codificación Huffman; árbol de Huffman; codificación de Lempel-Ziv. Canales discretos sin memoria; canal binario simétrico. Información mutua; propiedades. Capacidad de canal. Teorema de codificación de canal; aplicación a canales binarios simétricos. Entropía diferencial e información mutua para ensambles continuos; distribución uniforme; distribución Gaussiana. Teorema de

capacidad de información; implicancias y repercusiones. Capacidad de información de un canal con ruido coloreado. Teoría de la distorsión de tasa; función de distorsión de tasa. Compresión de datos. Codificación de control de errores. Códigos de bloque lineal. Códigos cíclicos. Códigos convolucionales. Códigos turbo. Códigos irregulares.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

Los trabajos prácticos propuestos son doce (12) en total, según el siguiente detalle:
• Un (1) trabajo práctico destinado a la introducción y manejo de software de simulación (Matlab y Mul-tisim), empleados en el desarrollo de los demás trabajos prácticos.
• Siete (7) trabajos prácticos destinados a la resolución de problemas y simulación de los mismos en Mathlab y Multisim, conjuntamente con una autoevaluación, a través de cuestionarios contextuales. Estos prácticos se corresponden con el contenido de las bolillas II, III, IV, V, VII, VIII y IX.
• Cuatro (4) trabajos prácticos que involucran el armado de prototipos en laboratorio y mediciones físi-cas; conjuntamente con una autoevaluación, a través de cuestionarios contextuales, de las bolillas in-volucradas. Estos prácticos se corresponden con el contenido de las bolillas IV, V, VI y VII.

VIII - Regimen de Aprobación

Para obtener la regularidad y poder rendir el examen final como alumno regular será necesario:
- Haber aprobado el 100% de los Trabajos Prácticos. Con más de 6 puntos cada uno.
- Haber aprobado la totalidad de los exámenes parciales. Con más de 7 puntos cada uno.

TRABAJOS PRACTICOS
- Para la aprobación de cada uno de los Trabajos Prácticos será necesario:
a. Haberlo realizado satisfactoriamente.
b. Responder correctamente las preguntas que sobre el tema el Jefe de Trabajos Prácticos pueda formularle, antes o durante el práctico y presentar el trabajo previo al práctico, en caso que éste lo requiera.
c. Aprobar el informe, ya sea de resolución de problemas como de laboratorio.
Cada Trabajo Práctico podrá ser recuperado una sola vez pero el total de recuperaciones no podrá exce-der de 4 (cuatro), caso contrario el alumno quedará libre.

IX - Bibliografía Básica

[1] Communication Systems – Simon Haykin – 4º Edition – Editorial John Wiley & Sons. Año 2000
[2] Sistemas de Comunicaciones Electrónicas – Wayne Tomasi – 4º Edición – Editorial Prentice Hall. Año 2003
[3] Apuntes de la Cátedra.

X - Bibliografia Complementaria

[1] Communication Systems – Simon Haykin – 3º Edition – Editorial John Wiley & Sons. Año 1994
[2] Sistemas de Comunicación – Bruce Carlson – 2º Edición – Editorial McGraw-Hill.
[3] Digital Communications – John G. Proakis – 4º Edition – Editorial McGraw Hill.
[4] Señales y sistemas – A.V. Oppenheim y A.S. Willsky – 2º Edición – Editorial Prentice Hall Hispanoa-mericana. Año 1994.
[5] Comunicaciones: Comunicación digital y Ruido – Enrique Herrera Pérez – Editorial LIMUSA. Año 2002.
[6] Sistemas de Comunicaciones – Marcos Faundez Zanuy – Editorial MARCOMBO. Año 2001.
[7] Recomendaciones de la Unión Internacional de telecomunicaciones (UIT).

XI - Resumen de Objetivos

El principal objetivo del curso es que el futuro ingeniero, en la especialidad Electrónica con orientación en Sistemas Digitales, aprenda los conceptos básicos de la teoría de las comunicaciones, desarrolle experien-cias prácticas y de simulación, resuelva problemas habituales en la especialidad y se interiorice del estado del arte de los actuales sistemas de comunicaciones.

XII - Resumen del Programa

Introducción a la Teoría de las Comunicaciones:
Sistema de comunicación; componentes. Fuentes de información. Canales de comunicaciones. Señales banda-base y pasa-banda. Modulación. Recursos pri-marios en comunicaciones. Comunicaciones analógicas vs. digitales. Redes.

Análisis Espectral. Representación de Señales y Sistemas:
Análisis y transformada de Fourier. Teorema de la energía de Rayleigh. Relación inversa tiempo – frecuencia. Función delta de Dirac. Filtros. Transformada de Hilbert.

Procesos y Señales Aleatorias. Ruido (Principios básicos):
Teoría de la probabilidad. Variables aleatorias; distribución acumulativa y densidad de probabilidad. Promedios estadísticos. Momentos. Procesos aleatorios, estacionarios y ergódicos. Función media, correlación y covariancia. Densidad espectral de potencia. Procesos Gaussianos. Ruido térmico y de fluctuación. Ruido blanco. Figura de ruido. Temperatura equivalente de ruido.

Modulación y Demodulación Analógica:
AM; DSB-SC; VSB; SSB. Multiplexación FDM. Modulación angular. PM. FM. PLL. Efectos no lineales en sistemas FM. Ruido en sistemas de modulación CW.

Modulación y Demodulación Digital:
Teorema de muestreo. PAM. PDM. PPM. Balance ancho de banda – ruido. Cuantización; ruido de cuantización. PCM; Ley A y Ley μ. Ruido en sistemas PCM. Multiplexación TDM; sistemas T1 y E1. Multiplexación digital. PCM de modulación delta y de modulación delta adaptativa. DPCM.

Transmisión Digital en Banda-Base:
Transmisión de pulsos; interferencia inter-símbolos; diafonía. Patrones de ojos. Filtros acoplados. Tasa de error debido al ruido. Criterio de Nyquist. ISDN. DSL. Diafonía NEXT y FEXT. Códigos de línea para DSL. ADSL; modulación DTM. Síntesis de xDSL; ISDN DSL (IDSL); HDSL; SHDSL; ADSL; RADSL; VDSL.

Transmisión Digital en Pasa-Banda:
Radio digital. OOK. FSK; Tasa de bits FSK y baudios; CO–FSK. BPSK; codificación M-ária. QPSK; OQPSK. 8-PSK. 16-PSK. QAM; 8-QAM; 16-QAM. Eficiencia de ancho de banda. Recuperación de portadora. DPSK; DBPSK. Recuperación de reloj. Probabilidad de error y BER; errores en PSK, QAM y FSK. Codificación trellis.

Modulación Spread-Spectrum:
Secuencias de pseudo ruido (PN). Espectro expandido; modelo idealizado. DSSS, con BPSK coherente (DS/BPSK). FHSS con manipulación por desplazamiento de frecuencia M-ario (FH/MFSK). Formas de onda interferentes. Multiplexación CDM.

Teoría de la Información y Codificación:
Incertidumbre, información y entropía. Teorema de codificación de fuente. Compactación de datos. Canales discretos sin memoria. Información mutua. Capacidad de canal. Teorema de codificación de canal. Teorema de capacidad de información. Teoría de la distorsión de tasa. Compresión de datos. Codificación de control de errores. Códigos de bloque lineal, cíclicos, convolucionales, turbo e irregulares.

XIII - Imprevistos

En caso de imprevistos, se efectuarán las adecuaciones del caso para no resentir el normal cursado de la materia y la resolución de los prácticos y visitas involucrados.

ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA	
	Profesor Responsable
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	