



Planificaciones

8610 - DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

Docente responsable: BERTUCCIO JOSE ALBERTO

OBJETIVOS

Lograr una formación orientada al diseño de circuitos electrónicos considerando como conceptos fundamentales la realimentación negativa o positiva y la estabilidad, aplicando modernas técnicas de diseño en pequeña señal, gran señal, baja y alta potencia, disipación del calor, eficiencia, confiabilidad y compatibilidad electromagnética.

En forma complementaria se incorporarán técnicas de diseño de circuitos impresos, ensamblado de equipos electrónicos, diseño asistido por computadora, mediciones electrónicas, tecnología de componentes y normas de certificación de diseño y de seguridad eléctrica.

El curso se enfocará a la solución de problemas de Ingeniería, particularizando en el diseño electrónico y generalizando en el "Diseño de Ingeniería", desarrollando el mismo mediante proyectos electrónicos en la forma en que se hace a nivel profesional tanto en investigación de Laboratorio como en la Industria.

CONTENIDOS MÍNIMOS

PROGRAMA SINTÉTICO

Realimentación negativa en amplificadores monoetapa y multietapa.

Corrimientos en la polarización de amplificadores realimentados.

Respuesta, estabilidad y compensación de amplificadores realimentados negativamente.

Análisis y diseño de amplificadores operacionales.

Análisis y diseño de amplificadores de Potencia.

Análisis y diseño de Fuentes de alimentación estabilizadas lineales y conmutadas.

Realimentación positiva: osciladores sinusoidales.

Amplificadores sintonizados de pequeña señal.

Generadores de señal de formas de onda periódicas.

Amplificadores de instrumentación.

Circuitos analógicos no lineales: Multiplicadores analógicos y lazo de fijación de fase (PLL).

Ruido.

Tecnología de componentes.

Diseño de circuitos impresos.

Consideraciones de ensamblado de equipos electrónicos incluyendo confiabilidad, compatibilidad electromagnética y seguridad eléctrica.

Nociones de certificaciones.

Técnicas de diseño y medición.

PROGRAMA ANALÍTICO

1 REALIMENTACION NEGATIVA

Beneficios de la realimentación negativa. Conceptos de amplificador y realimentador. Circuitos de muestreo y suma. Cuadripolos equivalentes y parámetro estabilizado. Concepto y cálculo de las ganancias de lazo abierto y cerrado. Influencia de las impedancias de entrada y salida sobre las características del amplificador realimentado.

Cálculo de las impedancias de entrada y salida en el amplificador realimentado.

Análisis y diseño de circuitos prácticos.

2 DESPLAZAMIENTO DE LAS CORRIENTES Y TENSIONES DE POLARIZACIÓN EN AMPLIFICADORES REALIMENTADOS

Corrientes de polarización de entrada (input bias current), diferencia entre las corrientes de polarización (input offset current), desplazamiento de la tensión de entrada (input offset voltage). Problemas con circuitos reales. Determinación de la tensión de salida como consecuencia de los generadores equivalentes en amplificadores realimentados negativamente.

3 COMPORTAMIENTO EN FRECUENCIA DE AMPLIFICADORES REALIMENTADOS NEGATIVAMENTE

Amplificadores con un solo polo en alta frecuencia.

Aumento del ancho de banda en amplificadores realimentados negativamente.

Diagramas de módulo y fase del parámetro estabilizado, de la ganancia de lazo abierto y de la ganancia de lazo. Concepto de frecuencia de cruce y margen de fase. Diagramas de módulo y fase de las impedancias de entrada y salida.

Amplificadores con tres polos (dos polos en alta frecuencia): diagramas de módulo y fase del parámetro estabilizado y de la ganancia de lazo abierto. Concepto de sobrepico en la respuesta en frecuencia y

sobrepico en la respuesta temporal.

Relación entre la respuesta en frecuencia y la respuesta al escalón. Valores indicativos (tiempo de crecimiento, de establecimiento, etc.).

Compensación de amplificadores realimentados negativamente por polo dominante actuando en el amplificador básico.

Funcionamiento del amplificador en alto nivel: concepto de "velocidad de crecimiento" (Slew Rate), elementos del circuito que lo originan, su relación con el ancho de banda para gran señal.

Compensación de amplificadores realimentados negativamente por adelanto de fase actuando sobre el realimentador.

4 DISEÑO DE AMPLIFICADORES OPERACIONALES DE BAJA Y ALTA POTENCIA

Evolución de los amplificadores operacionales y de audio. Topología de tres etapas. Empleo de pares diferenciales, cargas activas, fuentes de corriente y espejos de corriente. Circuito bootstrap. Etapas de salida clase A, B, D y G. Multiplicador de V_{be} . Estabilidad térmica. Protección contra sobrecargas.

Rendimiento: estudio de la relación entre potencia de salida, disipada y entregada por las fuentes de alimentación.

Embalamiento térmico y cálculo de disipadores. Distintas configuraciones circuitales de amplificadores de audio de potencia. Especificaciones técnicas de los amplificadores de audio.

Distorsión (armónica, intermodulación, TIM, cruce, por causa del diseño de la implementación física, etc.)

Amplificadores realimentados por corriente (Current Feedback Amplifiers). Ventajas sobre los amplificadores realimentados por tensión. Diversas etapas de entrada, intermedias y de salida de los modernos CFA.

5 FUENTES DE ALIMENTACION

Transformador, rectificadores de onda completa y filtro capacitivo.

Conceptos de regulación y rizado (ripple). Fuentes de tensión y corriente lineales (reguladas y estabilizadas por realimentación).

Protección de fuentes. Fuentes reguladas y estabilizadas de tres terminales.

Principio de las fuentes conmutadas. Modo reductor, elevador e inversor. Modo continuo y discontinuo.

Topologías aisladas: Flyback, medio puente y puente.

Exigencias de los componentes para conmutación. Cálculo y selección del inductor y otros componentes críticos.

6 REALIMENTACIÓN POSITIVA

Osciladores senoidales. Condición de módulo y fase. Frecuencia de oscilación. Condición de arranque. Circuitos prácticos: Oscilador LC básico, desplazamiento de fase, puente de Wien, T puenteada, desplazamiento de fase, Colpitts, Hartley, sintonía controlada por tensión.

Estabilización de amplitud de las oscilaciones.

7 AMPLIFICADORES SINTONIZADOS DE PEQUEÑA SEÑAL

Repaso de circuitos resonantes: factor de calidad (Q), frecuencia de resonancia, selectividad y ancho de banda. Circuitos acoplados magnéticamente y capacitivamente (doble sintonía). Adaptación de impedancias.

Característica de los transistores en alta frecuencia: parámetros admitancia.

Estabilidad de los circuitos monoetapa sintonizados: lugar geométrico de la admitancia de entrada. Criterio de estabilidad intrínseca de un transistor. Circuitos multietapa sintonizados: concepto de alineabilidad y su relación con el de estabilidad.

Neutralización, unilateralización y desadaptación como herramientas para lograr un circuito estable y alineable.

8 CIRCUITOS ANALÓGICOS NO LINEALES

Multiplicadores analógicos utilizando el transistor bipolar. El amplificador diferencial como un sencillo multiplicador analógico de dos cuadrantes.

Multiplicador de cuatro cuadrantes; Celda de Gilbert, su polarización y funcionamiento, y su utilización como modulador balanceado y detector de fase.

Lazo de fijación de fase (PLL). Conceptos fundamentales.

Condición de enganche. Rango de enganche. Lazos de fijación de fase integrados.

Aplicaciones.

9 RUIDO

Problemática del diseño para minimizar el ruido. Relación señal ruido. Ruido en resistores, semiconductores y otros componentes. Generadores equivalentes de ruido. Ruido en amplificadores multietapa.

10 TECNOLOGÍA DE COMPONENTES

Estudio de todos los tipos de resistores, inductores y capacitores para lograr la elección del componente más

adecuado en cada parte del circuito electrónico bajo diseño.

BIBLIOGRAFÍA

Análisis y diseño de circuitos integrados

Autores: Paul R. Gray y Robert G. Meyer

Circuitos microelectrónicos, análisis y diseño

Autor: Muhammad Rashid

Fuentes conmutadas, análisis y diseño, 2da edición

Editorial científica Universitaria

Autor: Juan Carlos Floriani

Practical switching power supply design

Autor: Marty Brown

Power Electronics; Converters, Applications and Design.

Autor: Mohan, Undeland, & Robbins

Audio Power Amplifier Design Handbook

Autor: Douglas Self

Small Signal Audio Design

Autor: Douglas Self

Audio Measurement Handbook

Autor: Bob Metzler

Compatibilidad electromagnética

Autor: Joan Pere Lopez Veraguas

Resúmenes de clases teóricas publicadas en la página de la cátedra en www.fi.uba.ar

Guías de ejercitación y guías de trabajos prácticos publicados en la página de la cátedra en www.fi.uba.ar

Notas de aplicación de terceros indicadas en la página de la cátedra en www.fi.uba.ar

RÉGIMEN DE CURSADA

Metodología de enseñanza

El curso se orientará a un aprendizaje curricular por proyecto y se basará en el diseño de un equipo electrónico sobre el cual el estudiante irá construyendo su conocimiento de los conceptos fundamentales, los que se irán vinculando a sus conocimientos previos.

Se utilizarán modernas técnicas didácticas, como por ejemplo la formación de conceptos, intentando lograr que el estudiante realice un aprendizaje por construcción en lugar del clásico esquema conductista.

Algunos temas, como por ejemplo "tecnología de componentes", podrán ser expuestos en forma informativa, ya que el interés será básicamente interiorizar a los estudiantes sobre los componentes disponibles, sin embargo siempre se los vinculará a conceptos previamente aprendidos y de aplicación directa a su proyecto de diseño electrónico.

Los temas fundamentales serán convalidados con experiencias prácticas que incluirán ejercitación en el cálculo y diseño de un circuito, su simulación por medio de diseño asistido por computadora, su implementación física y la medición de su comportamiento real.

Desde el comienzo de la cursada se propondrá el trabajo en grupos compuestos de 3 o 4 estudiantes con la finalidad de potenciar su aprendizaje mediante la realización de un Trabajo Práctico en la primera parte de la cursada, antes de la Evaluación Parcial, y un Proyecto de Diseño de un equipo electrónico, o electromecánico, en la segunda parte de la cursada.

El tema a desarrollar en el Proyecto de Diseño será determinado por la Cátedra salvo que existiera una gran motivación por parte de un determinado grupo de estudiantes, podrá ser propuesto por ellos asistido por los docentes de la Cátedra, buscando en todos los casos lograr una motivación genuina de los estudiantes en un tema en particular sin perder de vista la generalización, en vías de alcanzar los objetivos del curso.

El cuerpo docente seguirá todo el desarrollo del proyecto, para lo cual se realizará la correspondiente planificación en etapas a cumplir cada semana. Esto permitirá a los docentes practicar una evaluación constante del aprendizaje de cada uno de los estudiantes a medida que se cumplen los objetivos de cada etapa.

El proyecto se iniciará con la formulación de las especificaciones, que serán definidas por el propio equipo de estudiantes y supervisadas por la Cátedra.

Seguirá con la búsqueda de información acerca de diversas topologías circuitales tradicionales o de vanguardia, cálculos preliminares orientados a la selección de componentes y la definición del circuito, cálculo y simulación, diseño del circuito impreso, estudio de costos, cumplimiento de normas de seguridad eléctrica e interferencia electromagnética, listado de componentes, etc., y concluirá con la elaboración de un informe final del proyecto a modo de artículo técnico para presentar a producción y encararse su fabricación. La modalidad de trabajo asemejará las funciones del Departamento de Ingeniería de una industria moderna.

El montaje, puesta en funcionamiento, medición de las características y condiciones de operación (temperaturas, consumos, respuestas, eficiencia, etc.), corrección del diseño y su optimización hasta lograr un prototipo funcional acorde al propuesto inicialmente en las especificaciones se entregará y defenderá en la instancia de la Evaluación Integradora.

El tema del proyecto será tal que permitirá abarcar todos los temas fundamentales mencionados en el programa analítico, aunque no limitado al mismo, pudiendo encararse el diseño de variados circuitos para diversas aplicaciones. Se fomentará la interacción con otras materias que se dictan en la FIUBA y la coparticipación en proyectos de otros laboratorios de la FIUBA o externos.

Modalidad de Evaluación Parcial

En las primeras semanas del curso se presentarán en clases teóricas y complementarias una gran variedad de herramientas de teoría de diseño de circuitos electrónicos, y antes de comenzar con el desarrollo del proyecto de diseño se tomará una Evaluación Parcial orientada a los temas teóricos y prácticos que se requieren para el desarrollo del curso.

La Evaluación Parcial tendrá dos instancias de recuperación.

Se evaluará el Trabajo Práctico de Laboratorio descrito en la sección "TP de Laboratorio". Cada grupo de estudiantes entregará un informe, el que permitirá ser retrabajado en las clases prácticas con la asistencia del o los docentes auxiliares. Este informe deberá lograr ser aprobado como una de las condiciones para aprobar la cursada de la materia. Así mismo cada estudiante deberá rendir y aprobar una Evaluación del Trabajo Práctico (que tendrá dos instancias de recuperación) como otra condición para aprobar la cursada de la materia. A los fines prácticos y de acreditación, la evaluación del Trabajo Práctico estará integrada a la Evaluación Parcial.

Como alternativa a la construcción de un prototipo físico se podrá realizar el estudio completo del circuito exclusivamente por medio de simulaciones en una computadora.

Después de la Evaluación del Trabajo Práctico se comenzará el desarrollo del Proyecto de Diseño de un equipo electrónico en la modalidad explicada en "Metodología de enseñanza". Al finalizar el periodo de cursada (16 semanas) deberá estar concluido este proyecto de diseño y cada grupo de estudiantes deberá presentar un informe final del mismo, supervisado por los docentes de la Cátedra y ser aprobado como otra condición para aprobar la cursada de la materia.

La estimación de los conocimientos asimilados por los estudiantes en la etapa de desarrollo del proyecto de diseño se obtendrá mediante el seguimiento de cada grupo de estudiantes (grupal e individualmente), a través de la guía y supervisión de un tutor designado para ese grupo de estudiantes.

CALENDARIO DE CLASES

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<1> 09/03 al 14/03	Clase teórica 1: Realimentación negativa.		Lanzamiento Trabajo Práctico	Clase teórica 2: Realimentación negativa (continuación).		
<2> 16/03 al 21/03	Clase teórica 3: Fuentes de alimentación Lineales.	Ejercitación realimentación	Desarrollo del Trabajo Práctico			
<3> 23/03 al 28/03	Clase teórica 4: Amplificadores de audio de potencia, parte 1.	Ejercitación Fuentes lineales	Desarrollo del Trabajo Práctico			
<4> 30/03 al 04/04	Clase teórica 5: Amplificadores de audio de potencia, parte 2. Amplificadores Current Feedback.	Ejercitación Amplificadores	Desarrollo del Trabajo Práctico			
<5> 06/04 al 11/04	Clase teórica 6: Corrimientos Velocidad de Crecimiento (Slew Rate)	Ejercitación Corrimientos y SR	Desarrollo del Trabajo Práctico			
<6> 13/04 al 18/04	Clase teórica 7: Estabilidad y Compensación.	Ejercitación Estabilidad y Compensación.	Desarrollo del Trabajo Práctico			
<7> 20/04 al 25/04	Clase teórica 8: Topologías de Amplificadores. Realimentación Positiva -> Osciladores sinusoidales. Fuentes conmutadas -> Reductor de Tensión.	Ejercitación Fuentes conmutadas	Presentación del Trabajo Práctico de Laboratorio			
<8> 27/04 al 02/05	Clase teórica 9: Fuentes conmutadas -> Elevador de tensión. Generadores de señales periódicas. Amplificadores Clase D.	Ejercitación Fuentes conmutadas	Evaluación del Trabajo Práctico de Laboratorio			
<9> 04/05 al 09/05	Clase teórica 10: Amplificadores de Instrumentación. Multiplicación Analógica y Lazos Enganchados en Fase (PLL).	Consultas para el parcial	Lanzamiento del Proyecto de Diseño			
<10> 11/05 al 16/05	Evaluación Parcial		Desarrollo del proyecto de Diseño			
<11> 18/05 al 23/05	Introducción al Diseño		Desarrollo del proyecto			

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
	Electrónico. Devolución Evaluación Parcial.		de Diseño			
<12> 25/05 al 30/05	Diseño de Circuitos Impresos. Interferencia Electromagné tica.		Desarrollo del proyecto de Diseño			
<13> 01/06 al 06/06	Tecnología de Componentes . Diseño en RF. Amplificadore s Sintonizados. Ruido.		Desarrollo del proyecto de Diseño			
<14> 08/06 al 13/06	Pre entrega del Proyecto de Diseño		Desarrollo del proyecto de Diseño			
<15> 15/06 al 20/06	Recuperación Evaluación Parcial		Entrega del proyecto (primera instancia)			
<16> 22/06 al 27/06	Devolución Recuperatorio Evaluación Parcial. Pre entrega proyecto.		Entrega del proyecto (segunda instancia)	Aprobación del proyecto de diseño		

CALENDARIO DE EVALUACIONES

Evaluación Parcial

Oportunidad	Semana	Fecha	Hora	Aula
1º	10	13/05	19:00	L1
2º	15	17/06	19:00	L1
3º		01/07	19:00	L1
4º				