

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electrónica
I Semestre 2011

Curso: CIRCUITOS DISCRETOS
Código: EL-3212
Créditos: 4
Requisitos: EL-2104, EL-2202-EL-2206
Asistencia: Obligatoria
alchacon@itcr.ac.cr

Grupo 01
Tipo de curso: Teórico
Horas por semana: 4
Suficiencia: Sí
Profesor: Alfonso Chacón Rodríguez
[http://www.ie.itcr.ac.cr/achacon/Circuitos Discretos](http://www.ie.itcr.ac.cr/achacon/Circuitos%20Discretos)

1. Descripción del curso

Se estudian los conceptos de amplificación electrónica y procesamiento de señales utilizando transistores BJT y MOSFET. Se definen los parámetros típicos que caracterizan a un amplificador en distintas condiciones de trabajo, y se ofrecen las herramientas básicas de dimensionamiento para construir amplificadores de pequeña y gran señal de pequeña y mediana complejidad. Además, se estudian los conceptos de respuesta en frecuencia, realimentación y estabilidad y la aplicación de los mismos en el desarrollo de circuitos analógicos avanzados.

2. Objetivos generales

Al terminar este curso, el estudiante debe ser capaz de definir y evaluar un amplificador electrónico y sus parámetros característicos, utilizando los modelos compactos de primer y segundo orden de los transistores BJT y MOSFET, apoyándose en métodos de análisis de circuitos para aplicar dichos parámetros en un rango determinado de operación. Esta capacidad deberá a su vez generar criterios básicos de diseño y evaluación –a través de herramientas computacionales– de amplificadores electrónicos para aplicaciones avanzadas en sistemas complejos de control, comunicaciones y adquisición y procesamiento de señales.

3. Objetivos específicos

1. Definir las características principales de un amplificador electrónico: impedancia de entrada y de salida, ganancia de tensión y de corriente, transconductancia y transimpedancia.
2. Estudiar y aplicar los modelos compactos de primer y segundo orden de los transistores BJT y MOSFET para el análisis y diseño de circuitos amplificadores de pequeña y gran señal
3. Aplicar los modelos compactos estudiados en el análisis y diseño de topologías básicas y avanzadas de procesamiento analógico de señales.
4. Extender el dominio de los modelos estudiados al análisis de respuesta de frecuencia, linealidad y eficiencia de amplificadores electrónicos.
5. Estudiar el efecto de la realimentación negativa sobre los parámetros de un amplificador electrónico.
6. Definir las características del amplificador operacional y estudiar el diseño de sus distintas etapas en función de un conjunto de especificaciones dadas.
7. Estudiar los efectos de la realimentación positiva y establecer los criterios de diseño de diferentes tipos de circuitos osciladores.

4. Contenido temático y cronograma general

1. Introducción a los estilos de aprendizaje de R. Felder y B. Silverman. Definiciones generales de los amplificadores electrónicos y de los parámetros de caracterización de un amplificador (1 semana)
2. Amplificadores electrónicos básicos con transistores de silicio (BJT y MOSFET) (2 semanas)
 - Modelos compactos para pequeña y gran señal
 - Estudio de configuraciones básicas de amplificadores BJT: emisor, colector y base común
 - Configuración básica de amplificadores MOSFET: fuente, drenaje y compuerta común
3. Amplificadores avanzados y otras estructuras (3 semanas)
 - Espejos de corriente
 - Amplificador cascode

- Amplificador diferencial
4. Respuesta de frecuencia (3 semanas)
 - Conceptos fundamentales de respuesta de frecuencia y teorema de Miller
 - Modelos de alta frecuencia de los transistores BJT y MOSFET y frecuencia de tránsito
 - Respuesta de frecuencia de configuraciones básicas
 - Respuesta de etapas cascode y pares diferenciales
 5. Realimentación negativa (4 semanas)
 - Consideraciones generales y propiedades básicas de la realimentación negativa
 - Efectos de la realimentación sobre las características básicas de un amplificador
 - Técnicas de sensado y retorno
 - Topologías de realimentación y problemas de estabilidad
 6. Etapas de salida y amplificadores de potencia (2 semana)
 - Etapa push-pull
 - Consideraciones de gran señal
 - Disipación de calor y eficiencia
 7. Circuitos de realimentación positiva (1 semana)
 - Multivibradores
 - Osciladores

5. Metodología

Se seguirá un modelo mixto de aprendizaje basado en problemas, charlas magistrales y discusión y resolución de problemas en clase, con el objetivo de cubrir en la medida de lo posible los distintos estilos de aprendizaje de los estudiantes (ver [1]). Cada unidad temática será introducida por charlas magistrales según el cronograma detallado adjunto. La segunda sección de cada unidad temática consistirá en un trabajo grupal sobre una colección de problemas de aplicación sobre los temas estudiados. Aquí, cada grupo de estudiantes funcionará como una unidad de solución de problemas en ingeniería y será responsable de buscar soluciones a dichos problemas utilizando tanto los enfoques teóricos vistos en clase como las herramientas disponibles para este curso. Entre dichas herramientas se incluye apoyo bibliográfico y de Internet y el asesoramiento del profesor y de los tutores asignados al curso. Además, se reservará espacio para que los alumnos puedan verificar sus soluciones utilizando simuladores u otro tipo de herramientas CAD. En el caso de los problemas que requieran verificación, estas deberán ser mostradas al profesor en la computadora durante las horas de consulta del curso, a más tardar dos días antes de entregar el informe respectivo. Se recomienda como libro de texto del curso el [2], si bien los demás de la bibliografía adjunta pueden usarse también.

6. Evaluación

La evaluación de los conocimientos adquiridos durante el curso se desglosa de la siguiente manera:

Item	Cantidad	c/u	Ptos. subtotales
Tareas-proyecto	4	5	20
Exámenes parciales	2	20	40
Examen final	1	40	40
		Total de puntos	100

Las fechas de entrega de los informes finales de cada proyecto, de los exámenes parciales, se indican en el cronograma detallado adjunto. La fecha del examen final será la definida por la oficina de Admisión y Registro. En caso de que la nota final de la evaluación sea inferior a 67.5 pero superior a 57.4, el estudiante tendrá derecho a un examen de reposición, en la fecha indicada por Admisión y Registro.

Para la calificación de las tareas grupales, deberá presentarse un breve informe escrito (no más de 12 páginas) que cubra los apartados siguientes:

Item	Porcentaje
Aclaración de objetivos específicos del diseño	5 %
Detalle de especificaciones del diseño	5 %
Resumen de deducciones y cálculos usados de primera y segunda mano	15 %
Un esquemático legible del o los circuitos	5 %
Verificación del circuito y sus especificaciones en un simulador	30 %
Breve análisis de fuentes de error y desviación de las especificaciones	30 %
Tablas y gráficos legibles (contra fondo blanco) con datos simulados	10 %

Esta calificación grupal se ponderará con la evaluación de pares que harán los miembros de cada grupo sobre sus compañeros. La nota final de cada proyecto será igual al producto entre la nota grupal y un factor de ajuste. El factor de ajuste será el mínimo entre 1.05 y la razón (nota individual / nota grupal). Así se asegura que los miembros del grupo reciban una nota acorde con su desempeño individual.

La verificación deberá mostrarse al profesor en la computadora durante las horas de consulta del curso, antes de la fecha indicada en el cronograma para entrega del informe respectivo. Se permite la entrega tardía de la verificación y el informe de las tareas, so pena de 10 puntos menos por día hábil de retraso en el ítem con respecto a la fecha definida de entrega. Las fechas de entrega de tareas y de evaluaciones solo podrán modificarse por motivos de fuerza mayor.

Cada grupo trabajará como una unidad de solución de problemas en ingeniería, y contará con un director de grupo que será el vocero en clase, un secretario quien levantará el informe, un monitor que demostrará las simulaciones al profesor y las contrastará con los cálculos y un revisor que chequeará el informe y asistirá al monitor al presentar las simulaciones. Dichos roles serán rotativos, y es obligatorio que todos los estudiantes los tomen al menos una vez dentro de su respectivo grupo. La pertenencia a los grupos será determinada por el profesor de acuerdo con las disponibilidades de horario. Cada grupo será de cuatro personas. Grupos de menor tamaño o traslados de miembros solo se permitirán en caso de falta o deserción de estudiantes.

Un cronograma detallado del curso se añade al final de este programa. Para compensar las dos clases que no podrán impartirse en la semana del 21 de febrero al 4 de marzo, se repondrán lecciones el sábado 26 de marzo a las 8:30 AM en un aula a definir.

7. Horarios

Horario de clases: Miércoles de 13:00 a 14:50. Viernes de 13:00 a 14:50.

Consultas: Miércoles de 14:50 a 16:50. El horario de tutorías se definirá en común acuerdo con los interesados y la disponibilidad del tutor del curso, Roberto Molina. El profesor y el tutor además estarán disponibles en las clases de trabajo en los proyectos para apoyar a los grupos o para atender consultas individuales. Tiempo de consulta adicional solo se ofrecerá bajo cita previa.

Referencias

- [1] R. M. Felder and L.K. Silverman. Learning and teaching styles in engineering education. *Engr. Education*, 78(7):363–373, 1988.
- [2] Behzad Razavi. *Fundamentals of Microelectronics*. Wiley, 1 edition, 2008.
- [3] Paul R. Gray. *Analysis and Design of Analog Integrated Circuits*. Wiley, 5 edition, 2009.
- [4] Behzad Razavi. *Design of Analog CMOS Integrated Circuits*. McGraw Hill Higher Education, October 2003.
- [5] Adel S. Sedra. *Circuitos microelectrónicos 4a edición. Con CD-ROM incluido*. Oxford University Press, September 1999.
- [6] Paul Horowitz and Winfield Hill. *The Art of Electronics*. Cambridge University Press, 2 edition, July 1989.
- [7] Donald L. Schilling and Charles Belove. *Circuitos Electrónicos Discretos e Integrados*. McGraw-Hill, 3 edition, 1993.
- [8] H. Muhammad Rashid. *Circuitos microelectrónicos análisis y diseño*. Editorial Thompson, 3 edition, 2000.
- [9] Mark Horenstein. *Microelectrónica: Circuitos y dispositivos*. Prentice Hall, 2 edition, 1997.
- [10] Donald Neamen. *Análisis y diseño de circuitos electrónicos. Tomos I y II*. McGraw-Hill, 1 edition, 1999.

Calendario detallado de actividades		
Semana	Fecha	Actividad
1	Mie-9-feb-2011	1.
1	Vie-11-feb-2011	1.
2	Mie-16-feb-2011	2. Entrega especificación Tarea-proyecto 1
2	Vie-18-feb-2011	2.
3,4	23-feb a 4 de marzo	Suspensión de clases
5	Mie-9-mar	2.
5	Vie-11-mar	2.
6	Mie-16-mar	3.
6	Vie-18-mar	3.
7	Mie-23-mar	3.
7	Vie-25-mar	3. Entrega informe Tarea-proyecto 1.
7	Sab-26-mar	3. Reposición de clase.
8	Mie-29-mar	4. Entrega especificación Tarea-proyecto 2.
8	Vie-1-abr	4.
8	Sab-2-abr	Ier Parcial.
9	Mie-6-abr	4.
9	Vie-8-abr	4.
10	Mie-13-abr	4.
10	Vie-15-abr	4.
11	Mie-27-abr	5. Entrega informe Tarea-proyecto 2.
11	Vie-29-abr	5. Entrega especificación Tarea-proyecto 3.
11	Sab-30-abr	5. Reposición de clase.
12	Mie-4-may	5.
12	Vie-6-may	5.
13	Mie-11-may	5.
13	Vie-13-may	5.
14	Mie-18-may	6. Entrega informe Tarea-proyecto 3.
14	Vie-20-may	6. Entrega especificación Tarea-proyecto 4.
14	Sab-21-may	II Parcial.
15	Mie-25-may	6.
15	Vie-27-may	6.
16	Mie-1-jun	7.
16	Vie-3-jun	7. Entrega informe Tarea-proyecto 4.