

APUNTE DE CLASES DE ELECTRÓNICA ASISTIDO POR COMPUTADOR

R. GUIRRIMAN C, R. SANHUEZA

Departamento de Electrónica. Facultad de Ingeniería. Universidad de Tarapacá.
Arica, CHILE. e-mail: rguir@uta.cl, sanhueza@uta.cl

El presente trabajo, trata del desarrollo de un apunte para una primera asignatura de Electrónica, en él se desarrollan principalmente aquellos tópicos de mayor trascendencia conceptual y complejidad para el alumnado, en opinión a la experiencia de los autores.

El apunte incluye la utilización intensiva de simulación de circuitos (en SPICE) que permite tener un enfoque integral de los problemas de análisis en electrónica tales como respuesta temporal, en frecuencia, punto de operación y de característica de transferencia. La realización de estos análisis en forma analítica y la interpretación de resultados es compleja y tediosa especialmente para los alumnos en su primer ramo de electrónica. Por lo que la asistencia de la simulación computacional resulta muy clarificadora y motivadora respecto a efectuar sólo el análisis teórico.

1. Introducción.

Las carreras de carácter tecnológico están enfrentadas constantemente a cambios y actualizaciones, por esto, es importante y necesario, que sus académicos estén en constante actualización acerca de las nuevas tecnologías, de los métodos y herramientas de enseñanza. De esta forma, es posible entregar a los futuros ingenieros conocimientos de vanguardia así como herramientas modernas y adecuadas de análisis. Esto, les permitirá formarse integralmente y competir en forma preeminente en un campo de la ingeniería que se caracteriza por intensos y sostenidos desarrollos tecnológicos.

En efecto, el estudio de circuitos electrónicos requiere métodos precisos para analizar, comprender y evaluar las características de ellos. Debido a la diversidad y complejidad de los análisis que se deben efectuar, el apoyo computacional es muy conveniente, y actualmente prácticamente indispensable [1]. El estudio asistido por Computador permite entre otras cosas:

1. Simular y evaluar los diseños de circuitos antes de implementarlos.
2. Cuantificar los efectos de variaciones de parámetros en los elementos del circuito.
3. La estimación del mejoramiento o deterioro del desempeño de circuitos.
4. Calcular los efectos de ruido y distorsión de señales sin la necesidad de sofisticados y costosos instrumentos de medición.
5. Evaluar los efectos de elementos no-lineales sobre las características del circuito.
6. Efectuar análisis en condiciones de operación anormal o introducir posibles fallas para cuantificar y prever sus efectos, sin los riesgos que implica la implementación y experimentación práctica.

Una de las herramientas de simulación más utilizadas es el software SPICE, que se ha convertido en el estándar para simular circuitos electrónicos, tanto en el ámbito industrial como de investigación y docencia [1-6]. El Programa SPICE permite simular en forma precisa y eficaz cualquier circuito eléctrico o electrónico, ya sea que este contenga componentes análogos, digitales o ambas [1][4]. Además, permite efectuar complejos procesamientos de las señales involucradas en el circuito. Esta herramienta computacional [1][2][3] utilizada con propósitos educacionales tiene efectos muy beneficiosos para el estudiante ya que le permite:

- Asimilar precisa, eficiente, rápida e interactiva los conocimientos entregados en clases [1][5].
- Fomentar su motivación en clases e incentivar su creatividad [1].
- Realizar complejos análisis que a veces no son factibles de efectuar por falta de instrumental o por los riesgos que implica (simulación de una posible falla, por ejemplo) [5].
- Capacitarse en el uso de un software de simulación ampliamente utilizado (actualmente es el estándar) en Centros de Investigación y Empresas de Ingeniería [5][6].

2. Estructura del Apunte.

En el apunte de Electrónica desarrollado se exponen los principios teóricos, se desarrollan los ejemplos de manera incompleta (para ser llenados por el alumno durante la clase) y se adjuntan archivos para corroborarlos mediante simulación computacional. Con esto, se pretende satisfacer en lo posible los siguientes objetivos:

- Mejorar el rendimiento y lograr una visión integral de la Electrónica.
- Modernizar las metodologías de enseñanza mediante la asistencia de software de simulación avanzada.
- Desarrollar la motivación y creatividad de los alumnos en el estudio de sus asignaturas, mediante la ejercitación y experimentación directa en un computador.
- Proveer una librería "virtual" de ejemplos, y ejercicios didácticos listos para simular.

Más específicamente la estructura, contenido y metodología del apunte están formados para satisfacer algunos objetivos específicos que se detallan en el siguiente cuadro:

Estructura y contenido del Apunte	Con esto se logra:
- Principios teóricos	<ul style="list-style-type: none"> • Liberar al alumno del aspecto tedioso que resulta de escribir y dibujar durante una clase (además de entender lo expuesto). • Permitir que el alumno pueda leer el contenido de la clase antes de que ésta se efectúe.
-Ejemplos completos	<ul style="list-style-type: none"> • El alumno aprende la metodología para comprender y resolver problemas.
- Ejemplos incompletos	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener la concentración del alumno, ya que debe completarlos según lo adquirido en clases.
-Ejercicios con soluciones	<ul style="list-style-type: none"> • El alumno, debe aplicar lo aprendido para resolver ejercicios planteados, y comprobar las soluciones.
- Comprobación a través de	<ul style="list-style-type: none"> • Corroborar los aspectos teóricos.

simulación computacional (mediante archivos de simulación incluidos)	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una correcta y eficiente interpretación de los resultados de una simulación. • Adquirir una visión integral de los contenidos, ya que además, de los desarrollos matemáticos se obtienen aspectos gráficos (formas de ondas) de la misma manera que se lograría en un laboratorio. • Permitir la extensión (por inducción) al desarrollo de otros problemas en el ámbito de la electrónica.
- Utilización del software de simulación SPICE.	<ul style="list-style-type: none"> • introducir al alumno en la utilización de un software de simulación que es el estándar en la industria y los principales centros de estudio.

El contenido del apunte comprende principalmente los siguientes tópicos:

- fundamentos de la física de los semiconductores; estructura atómica, bandas de energía, etc.
- el diodo de unión; conceptos, caracterización estática, modelos, ejemplos y ejercicios.
- el transistor de unión bipolar; conceptos, caracterización, polarización, modelos, etc.
- el transistor de efecto de campo; conceptos, caracterización, tipos, modelos, etc.
- realimentación; efectos, topologías, método de análisis, etc.

Es necesario enfatizar que el empleo de SPICE es un complemento al análisis teórico. En efecto, al entregarse los archivos de simulación listos se está poniendo el énfasis en que el estudiante corrobore los aspectos teóricos y realice una correcta y eficiente interpretación de resultados. Esto es muy importante ya que en un primer curso de electrónica es imprescindible asentar los conceptos y colateralmente establecer las ventajas y limitaciones de la simulación. Además, esta herramienta de simulación se utiliza ampliamente como complemento en los laboratorios con excelentes resultados

3. Ejemplo de utilización.

En el ejemplo 5.3 del apunte se analiza un amplificador realimentado (fig. 5.11 del apunte), primero en forma analítica y posteriormente se simula en SPICE, en la fig. 1 (5.22 del apunte) se entrega la ganancia de corriente del amplificador y su impedancia de entrada en función de la frecuencia. Naturalmente, se puede observar que la respuesta simulada es mucho más completa y compleja de interpretar, por lo que es necesario que el estudiante tenga claro los alcances del análisis teórico para que la simulación no lo confunda. Precisamente este es uno de los puntos en los cuales se hace hincapié y por esto se entregan todas las simulaciones para que se facilite la interpretación de resultados al estudiante.

Hay que establecer que esta primera versión del apunte esta circunscrita a sólo algunos tópicos fundamentales de la electrónica, en el futuro se pretende incluir los desarrollos similares que se han realizado en las asignaturas de Electrónica II y III.

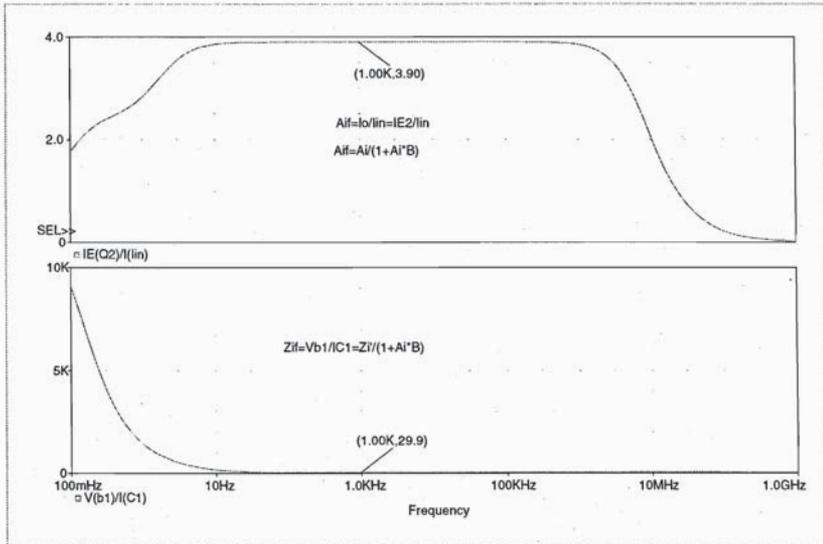


Fig. 1 Ganancia A_f e impedancia de entrada Z_{if} del circuito realimentado.

4. Conclusiones

Mediante encuestas realizadas al final del curso se ha podido establecer que este apunte se ha utilizado con buenos resultados, especialmente en lo que se refiere a la entrega de contenidos, motivación y especialmente ha contribuido a despertar la creatividad del alumnado. Es decir, se ha mejorado la eficacia del proceso enseñanza-aprendizaje con respecto a la situación sin apunte.

También se ha conseguido una buena integración teórico-práctica, lo que conlleva una mejor formación técnica. Ya que se fomenta el espíritu crítico del alumno respecto a la interpretación de los resultados de una simulación y a la extensión de ellos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento de la U. de Tarapacá, Proyecto Mayor: 8720-99.

Referencias:

- [1] L.V. Hmurcik, M.Hettinger, K.S. Gottschalck, "SPICE Application to an Undergraduate Electronics Program", (IEEE), Transactions on Education, Vol.33, N°2, May 1990.
- [2] C.J. Savant, M.S. Roden, "Diseño Electrónico: Circuitos y Sistemas", Addison Wesley, 1992.
- [3] Paul W. Tuinenga, "SPICE: A Guide to Circuit Simulation and Analysis Using PSpice", Prentice Hall, 1994.
- [4] Microsim Corporation, "Circuit Analysis Reference Manual", Version 5.3, 1993.
- [5] A. Sedra, K. Smith., "Microelectronic Circuits", Oxford University Press, 1998.
- [6] A. Hambley, "Electronics: A Top Down Approach to Computer Aided Circuit Design", 1994.