

# Laboratorio EL3001-Análisis y Diseño de Circuitos Eléctricos

## Programa del curso

### 1. Objetivo General

El objetivo de esta actividad es introducir a los alumnos al desarrollo de un proyecto de electrónica básico, abarcando las distintas etapas involucradas que son: documentación inicial, manejo de herramientas, diseño teórico, simulación y posterior implementación. En el proceso el alumno debe ser capaz de aplicar los conceptos aprendidos en cátedra, observar las diferencias entre los modelos teóricos y la implementación real de cada circuito e identificar los factores relevantes del mundo real que deben ser considerados en el diseño teórico. De manera paralela el alumno debe desarrollar habilidades de trabajo en equipo y de búsqueda de información, realización de informes técnicos de buen nivel, familiarizarse con las herramientas de laboratorio más comunes y proveedores de elementos electrónicos.

Se espera de los alumnos una actitud proactiva y comprometida en sacar adelante los proyectos, que les permita sortear las dificultades que se presentan generalmente en este tipo de proyectos e ir siempre un paso adelante.

#### 1.1. Objetivos específicos

- Implementar a nivel de protoboard un diseño electrónico propio como solución a un problema previamente expuesto y con esto aprender los aspectos técnicos involucrados en el diseño de circuitos electrónicos. Contrastar el comportamiento teórico del circuito, apoyado en simulaciones en SPICE, con el resultado de la experiencia de laboratorio.
- Realizar informes técnicos tanto de las propuestas de trabajo y desarrollo teórico, como del análisis y resultado del proyecto.
- Realizar presentaciones que les permitan compartir conocimiento con los demás integrantes del curso.

### 2. Etapas del proyecto

#### 2.1. Introducción

- **Presentación del Laboratorio y Proyectos:** *Viernes 8 de Agosto de 16:00 a 18:00.* El equipo docente presentará el laboratorio, al mismo tiempo se discutirá en que consiste cada proyecto y se responderán dudas al respecto.
- **Clase introductoria a LTspice y L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X** *Viernes 22 de Agosto de 16:00 a 18:00.*
- **Experiencia Introductoria:** *Viernes 5 de Septiembre de 14:00 a 18:00.* Experiencia introductoria al trabajo de laboratorio y simulación computacional de circuitos analógicos. Incluye la entrega de un pequeño reporte.

## 2.2. Diseño

- **Presentación de Diseños:** *Viernes 26 de Septiembre de 16:00 a 18:00.* Alumnos exponen su propuesta de solución ante sus compañeros, profesores y ayudantes para obtener feedback.
- **Entrega Preinforme y simulación:** *Viernes 10 de Octubre.* Alumnos entregan preinforme de los proyectos y simulación de su proyecto funcionando.

## 2.3. Implementación

- **Sesiones de Laboratorio:**
  1. **Sesión 1:** Viernes 17 de Octubre de 14:00 a 18:00
  2. **Sesión 2:** Viernes 24 de Octubre de 14:00 a 18:00
  3. **Sesión 3:** Viernes 31 de Octubre de 16:00 a 18:00
- **Implementación funcionando y presentación:** *Viernes 7 de Noviembre de 14:00 a 18:00.* Alumnos muestran sus implementaciones a nivel de protoboard funcionando completamente y exponen ante sus compañeros, profesores y ayudantes la solución de su proyecto con el fin de compartir la información.
- **Entrega Informe Final:** *Viernes 14 de Noviembre*

## 3. Criterios de Evaluación

- **Ponderación de Actividades:**
  - Experiencia Introdutoria: 5 %
    - Reporte entregado a la salida de la experiencia.
  - Diseño 35 %
    - Pre-informe: 70 %
    - Simulación. 30 %
  - Implementación:60 %
    - Presentación: 25 %
    - Informe: 25 %
    - Implementación Funcionando: 50 %
- **Simulación funcionando:** La simulación debe compilar, en caso contrario se evaluará con la nota mínima. Superada la etapa anterior se procederá a evaluar la calidad de la simulación en distintos aspectos.
- **Implementación funcionando:** La implementación debe cumplir con el objetivo dado en el enunciado, en caso contrario se evaluará con la nota mínima. En caso de funcionar correctamente se procederá a evaluar la implementación de manera general, tomando en cuenta aspectos como originalidad, eficiencia y precisión entre otros.

## 4. Informaciones generales

### 4.1. Sobre el laboratorio

- Las sesiones se desarrollarán los días viernes de 14:00 a 18:00 puntualmente en el laboratorio de electrónica, tercer piso de electrotecnologías.
- La asistencia al laboratorio es requisito obligatorio para aprobar el laboratorio y por ende el curso.
- La nota del laboratorio es personal, luego si un alumno falta o se ausenta al laboratorio sin justificación alguna, éste reprobará el ramo. Esto sin perjuicio de que el resto del grupo esté bien calificado.

### 4.2. Informes

- Los informes deben ser realizados en  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  y deberán cumplir todas las normas propuestas sobre formato y contenido. Todo uso de material intelectual debe estar debidamente citado. Cualquier informe entregado fuera de plazo o que no cumpla con el requisito de ser en  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  será evaluado con nota mínima.

#### 4.2.1. Pre Informe

El pre-informe es un documento preliminar que apunta a las acciones básicas a seguir durante el trabajo de laboratorio. Estos apuntes son esenciales para mantener una metodología durante el trabajo, pues contempla toda la información necesaria, sirviendo entonces como guía.

El pre-informe debe contener y detallar los aspectos teóricos involucrados en el diseño, y simulaciones en LTSPICE, así como las hojas de características de los elementos principales.

Una forma fácil de explicar cuál es el contenido necesario del pre-informe es responder las siguientes preguntas:

- *¿Cómo se logró el diseño del circuito?:* Ideas que le permitieron obtener el diseño de éste y los pasos que siguió para su implementación.
- *¿Qué elementos se van a utilizar?:* Una vez que se cuenta con un desarrollo teórico y las simulaciones correspondientes, se debe listar exactamente todos los elementos requeridos. Esto ayuda a transformar valores teóricos en reales pues, por ejemplo una resistencia de  $133 \text{ [k } \Omega]$  no existe. Se pide también especificar los precios de cada uno de estos elementos en el mercado local.
- *¿Cómo funciona el circuito?:* Antes de proceder a implementar un circuito se debe comprender su funcionamiento. Primero se debe explicar el circuito a nivel de diagrama de bloques. Luego se debe simular el circuito completo en LTSPICE.
- *¿Cómo se conecta el circuito?:* En general, cuando se implementa un diseño electrónico, muchos elementos corresponden a circuitos integrados, por ejemplo, el OPAMP. Por tanto se debe incluir un detallado diagrama de conexión, y en el caso de las pastillas, explicitando conexiones pin a

pin. Importante es anexar las hojas de características, proporcionadas por los fabricantes, de tales chips.

- *¿Cómo se construye el circuito?:* Para evitar errores, se debe detallar todas las acciones a seguir incluyendo pruebas para la detección de errores. No se debe implementar todo el circuito de una vez pues lo más probable es que no funcione. En caso de no funcionar, resulta muy difícil reconocer que conexión está mal realizada o que elemento no está funcionando correctamente. Para evitar esto, se debe armar el circuito por partes, cuando se verifica el funcionamiento de una, se prosigue con la otra. En cada etapa se debe verificar el correcto funcionamiento de los elementos.
- *¿Cuáles son los resultados esperados?:* Para poder verificar las distintas etapas de implementación se debe contar con un resumen de acciones esperadas, detallando por ejemplo los valores y formas teóricas esperadas de las curvas cuando se realizan ciertas mediciones (basándose para esto, en las simulaciones hechas en LTSPICE). Explicar por qué debe ocurrir lo esperado y, cuando corresponda y si se puede, hacer una reseña sobre bajo qué condiciones, tal curva o valor va a cambiar y por qué.
- *¿Algún comentario adicional?:* Cualquier otra observación o punto que parezca importante al momento de estar implementando el proyecto (desde el punto de vista personal) debe ser explicitado. (cometer un error que se había pensado que podría ocurrir pero que en el momento no se recordó, es un hecho lamentable).

Aunque el pre-informe no conforma parte integral de las fases de elaboración de un proyecto, para quien ejecuta un proyecto electrónico, la redacción de un documento de este tipo resulta una guía fundamental. Siendo entonces este documento de gran utilidad, cada grupo de trabajo debe contar con el propio para que pueda guiar su experiencia. Además antes del día de laboratorio se debe presentar una copia que ha de ser entregada corregida al encargado de laboratorio.

De forma general, un pre-informe debe tener, como mínimo, lo siguiente:

## 1. Antecedentes

- a) **Resumen:** Explicar el contexto, el problema, la propuesta de solución y los resultados de la simulación. Máximo una plana.
- b) **Introducción:** En base a la investigación, se realiza una puesta en contexto del proyecto. Similar al enunciado (nunca igual), pero con más información incluyendo temas que se consideren importantes en la línea de su posterior propuesta de solución. Máximo una plana.
- c) **Objetivos:** Explicar propuesta de solución.
  - **Objetivos específicos:** Desglose de la propuesta en etapas específicas.
- d) **Marco Teórico:** Asumiendo un nivel de conocimiento igual al del grupo antes de comenzar el proyecto, detalle o resume (dependiendo del contenido) toda la teoría necesaria para entender su propuesta de solución.

2. **Diseño** Presentación del circuito que resuelve el problema planteado, con el correspondiente esquemático y los valores de los parámetros del circuito.

- a) **Diagrama de Bloques** El diseño de un circuito electrónico normalmente se hace por bloques, cada uno con una función específica. En el caso anterior se presentó el circuito, ahora se explica. Especificar el diagrama de bloques. Explicar el funcionamiento de cada bloque y del circuito completo.
- b) **Análisis Teórico del Circuito** Utilizando la teoría descrita en el marco teórico, desarrollar teóricamente la solución propuesta considerando todos los valores de los parámetros y rangos de trabajo asociados.
- c) **Simulación** Probar el funcionamiento de la solución propuesta mediante la simulación computacional.

Corregir problemas de diseño. Obtener valores de parámetros en base a experimentos de barrido de alguna variable manipulada del problema. Aproximar valores a elementos disponibles en el laboratorio.

Finalmente, obtener los rangos de trabajo aproximados en los cuales la propuesta opera correctamente.

### 3. Metodología

- a) **Componentes a utilizar**
  - Lista de componentes
  - Precio de componentes y su lugar de compra.
  - Cross reference si es necesario
- b) **Equipos a utilizar y su funcionamiento**
- c) **Pasos a seguir en el laboratorio** Definir procedimiento de montaje del circuito. Método de comprobación de errores. Definir el procedimiento de medida de las variables de interés.

4. **Conclusiones:** Resumen del trabajo. Mostrar esquemático final, resumen de resultados de la simulación, tabla con valores de parámetros y rangos de trabajo, componentes electrónicos a utilizar y comentarios.

5. **Datasheets:** Adjuntar hojas de características de los elementos a utilizar. Identificar los parámetros de los elementos, máximos permitidos de voltaje y corriente

### 6. Bibliografía

#### 4.2.2. Informe Final

Al contrario del pre-informe, el informe final no es de gran ayuda para el diseñador pero si lo es para los inversionistas, vendedores, usuarios e ingenieros que continúen con vuestro trabajo.

Este debe reportar el circuito al detalle, recalando especialmente los factores más importantes al momento de diseño e implementación, además de un contraste entre éstos. Lo anterior debido a que muchas veces se utilizan más recursos en la implementación que los considerados en el diseño.

Se debe informar sobre las mediciones más importantes y los puntos de operación empíricos específicos del circuito implementado. Es decir por ejemplo, cuánta potencia consume el sistema, cuales son las impedancias de entrada y salida, cuales son las frecuencias de corte y central de cada filtro. Si se produce alteraciones inesperadas en la señal de salida (bajo qué condiciones y, si se conoce, por qué).

La idea es que el informe incluya todos los valores y curvas que faciliten futuras instalaciones y aplicaciones. Importante es que ésta información no debe ser tanta que confunda al lector. Páginas y páginas de gráficos sin explicación sólo confunden al lector (Se debe tratar de incluir la mayor cantidad de información linealmente independiente y muy bien explicada)

En resumen, es apropiado que el cuerpo del documento incluya lo justo y necesario, con cada figura referenciada y explicada. Información extra, de utilidad para lectores que deseen profundizar sobre ecuaciones, más resultados o gráficos, debe ser anexada al final del documento.

Una tabla de contenidos apropiada para un reporte final es mostrada en el Anexo. En ésta se incluyen varios tópicos que pueden no ser aplicables para el informe del presente proyecto. Notar que es sólo un ejemplo, el autor es quien organiza su propio documento salvo por:

- El documento está dirigido para personas relacionadas al tema pero no necesariamente ingenieros eléctricos. La redacción debe ser breve y al punto. Un informe no es una obra literaria, por el contrario, debe ser una herramienta para quienes quieran repetir la experiencia, comprar el producto o instalarlo.
- Todo lo que aparece en el reporte es empírico y por ende demostrable e implementable. Esto implica que la redacción es en tercera persona singular pasiva (se hizo, se intentó, se conectó, etc.) pues los fenómenos ocurren en general, no es alguien en particular que hizo que ocurrieran.
- Cualquier dato, comentario, implicancia, razonamiento personal, etc. que provenga del pensamiento particular del autor del documento, deben ser incluidas al final del documento en un acápite denominado para tales propósitos.
- Notar que las conclusiones caen dentro del conjunto anterior pues cualquier interpretación de los datos es producto propio, no son un hecho. Otra persona puede realizar la misma experiencia, obtener datos similares y concluir cosas diferentes.
- Debido a que es en las conclusiones donde se puede realmente desarrollar ideas, éste es el capítulo que efectivamente muestra la comprensión, aprovechamiento de la experiencia, además del dominio de conceptos teóricos por parte de él o los autores.