

25.10 Teoría de Circuitos I

Trabajo Práctico Final

Python, LTSpice IV y Altium
2025

Consideraciones generales:

- Se utilizará la letra N para denotar el número de grupo
- Se evaluará la calidad de la presentación oral.
- Se evaluará la presentación del material entregado, a saber: .zip/.rar con todos los archivos pertinentes.
- Todos los gráficos de respuesta en frecuencia deben estar en escala semilogarítmica, en Hertz y en dB (a menos que se indique explícitamente lo contrario).
- Todo gráfico, figura o cuadro debe tener su respectivo análisis explyado. Las incongruencias entre los casos teóricos y prácticos deben ser descriptas y analizadas, de lo contrario, no será tenido en cuenta.
- Se le recuerda a los alumnos que la política de fraude y plagio del Instituto rige sobre este trabajo.
- **Para realizar mediciones en el laboratorio, debe estar acompañado por un ayudante.**

1. GUI en Python

Se debe realizar, mediante Python, una interfaz gráfica que permita graficar los datos de un archivo .csv proveniente de un osciloscopio de laboratorio. Tener en cuenta el formato de los archivos, dado que empiezan de la siguiente forma:

x-axis	1	2	3	4
second	Volt	Volt	Volt	Volt
-84.48E-06	0.0E+00	4.70E+00	4.99E+00	5.01E+00
-84.00E-06	3.91E-03	4.70E+00	4.99E+00	5.04E+00
-83.52E-06	0.0E+00	4.70E+00	4.98E+00	5.01E+00

Tabla 1: “Estructura” del CSV

donde cada valor está separado por una “,” y cuando una fila termina, comienza una nueva línea. Hay librerías de python que permiten el fácil manejo de archivos y datos en formato csv. Se recomienda usar [pandas](#). [pandas csv](#). Averiguar si todos los osciloscopios cumplen con el mismo formato al inicio de cada archivo csv.

Se deben cumplir los siguientes puntos:

- Graficar los datos de un csv cualquiera, sin importar el número de columnas (canales) (ya que hay osciloscopios de dos canales y otros de 4).
- Nombrar los ejes, dar un título al gráfico.
- Cambiar la escala de los ejes (ej: 0,000001 s no es agradable, conviene expresarlo en μs u otra unidad conveniente, ídem para el eje vertical)
- Desplazar y escalar cada curva (ej: si quiero que todos mis datos se grafiquen 5 volts más abajo y tengan el doble de amplitud)
- OBLIGATORIO: Que no “*crashee*” cuando se introduce un archivo que no es un csv. (puede no hacer nada, o rechazarlo, o el método que se prefiera).
- OPCIONAL (RECOMENDADO) Cambiar el color a las curvas
- OPCIONAL (RECOMENDADO) Modificar la separación de la grilla (o quitarla)
- (OPCIONAL) Cambiar las escalas a logaritmicas
- (OPCIONAL) Que se pueda arrastrar el archivo csv y “droppearlo”.
- OPCIONAL Poder marcar puntos importantes de una curva (máximo, mínimo, etc)
- OPCIONAL hacer “cursores” caseros.
- OPCIONAL OPCIONAL MODO XY (investigar acerca de las figuras de Lissajous)

2. Simulación en LTSpice

2.1. Análisis Transitorio

Dado el circuito RLC de la Figura 1, donde $V_i = 10V$, $L = 1\text{ mH}$, $R_1 = 50\Omega$, $R_2 = 7\Omega$, $R_3 = 6\Omega$ y C está dado en la tabla 2, se pide:

- Simular con LTSpice: $i_C(t)$ y $V_L(t)$ en la etapa de carga
- Simular con LTSpice: $i_C(t)$ y $V_L(t)$ en la etapa de descarga
- Corroborar teóricamente los resultados de las simulaciones. Contrastar gráficos teóricos con gráficos de LTSpice.
(Sugerencia: usar la librería de Python [ltspice](#) en conjunto con Matplotlib)
- Armar el circuito en una Protoboard, y medir el transitorio de V_o al abrir y cerrar la llave. Releva los datos del osciloscopio, y graficar junto con la simulación y la curva teórica. Comentar las diferencias observadas. (Se recomienda utilizar la GUI del punto 1 para graficar)
- Determinar el valor de la pseudofrecuencia de oscilación del transitorio y el valor máximo de sobrepico cuando corresponda. Sacar conclusiones (sugerencia: presentar ambos resultados en un mismo gráfico)
- ¿Qué sucedería si las resistencias fueran de 0Ω ? ¿Puede suceder eso en la realidad? Justifique
- Realizar un diagrama de Montecarlo, en donde la tolerancia de las resistencias sea de 5 %, del capacitor de 10 % y de la inductancia 0 %. Mostrar cómo varían los parámetros simulados anteriormente mediante histogramas y explicar. ¿Qué cambia si varía solo el capacitor? ¿Qué cambia si varía solo R_2 ? ¿Y sólo R_3 ?

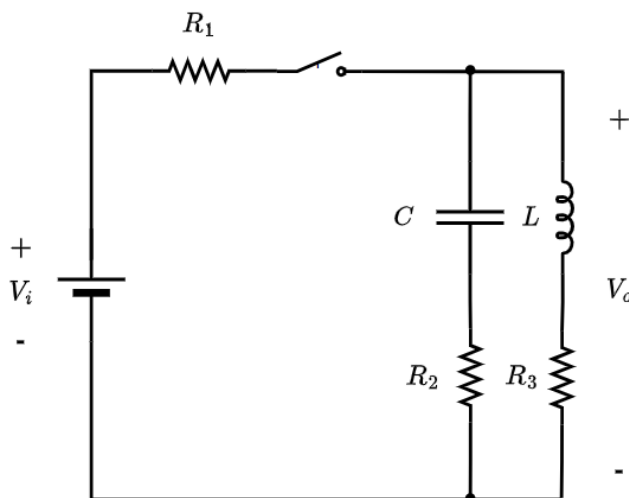


Figura 1: Circuito a simular en LTSpice

Grupo #	C [nF]
1	180
2	150
3	120
4	100
5	82
6	68
7	56
8	47

Tabla 2: Valores para el capacitor

2.2. Filtros de segundo orden

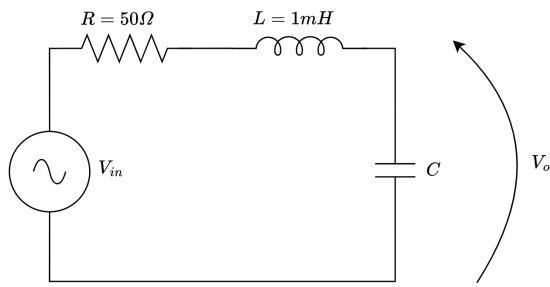


Figura 2: Circuito 2

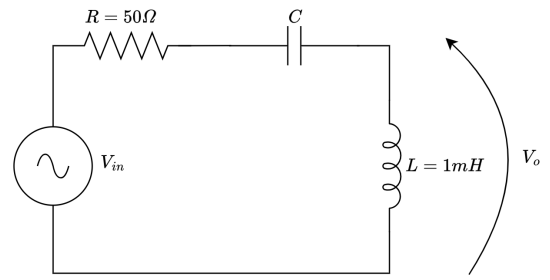


Figura 3: Circuito 3

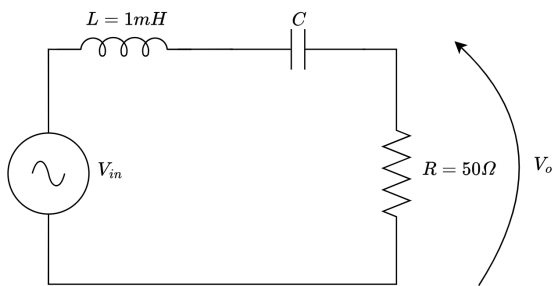


Figura 4: Circuito 4

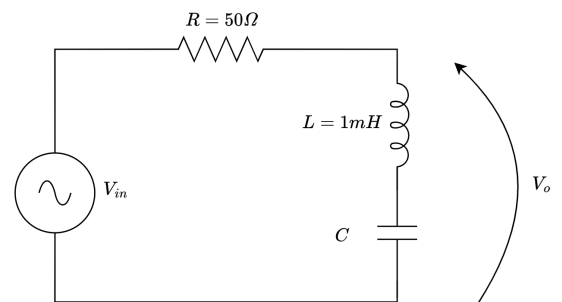


Figura 5: Circuito 5

1. Para cada una de las figuras anteriores (2, 3, 4, 5):
 - Definir de qué tipo de filtro se trata.
 - Obtener y graficar su respuesta en frecuencia tanto de manera teórica como simulada. La teórica debe ser mediante Python, donde se recomienda usar la librería `control` en conjunto con `matplotlib`.
 - Obtener parámetros significativos cuando correspondan (Frecuencia de corte, factor de calidad, ancho de banda, etc).
 - Realizar un diagrama de polos y ceros. Vincular de qué tipo de filtro se trata con la posición de los polos y ceros.
2. Para el circuito de la **Figura 5** realizar un análisis de montecarlo variando todos los componentes y luego L y C por separado. Tolerancias: R 5 %, C 10 %, L %10.
3. Para el circuito de la **Figura 4**, ¿cuánto es la ganancia máxima? ¿Puede ganar más de 0dB? Justifique.
4. Para los circuitos de las **Figuras 2 y 5**, medir en el laboratorio la respuesta en frecuencia, y comparar los resultados con los teóricos y simulados. Se puede armar en una protoboard.
5. ¿Se puede realizar un filtro pasa banda de primer orden?

Los valores de los capacitores de los filtros anteriores serán por número de grupo, y se presentan en la siguiente tabla:

Grupo #	C [nF]
1	10
2	15
3	27
4	39
5	47
6	56
7	68
8	82

Tabla 3: Valores para los capacitores

3. Diseño de PCB en Altium

El objetivo de este ejercicio es tener contacto con el diseño de placas electrónicas y su fabricación junto con el análisis teórico que conllevan. Para ello se les brinda la alternativa de elegir entre 2 opciones. El circuito realizado será puesto a prueba con un amplificador de audio provisto por los ayudantes.

Nota importante: Ambos diseños deben tener entrada por jack de audio y por un molex, teniendo la posibilidad de elegir una de las dos alternativas.

3.1. Opción A

Dado el circuito de la Figura 6, el cual es un control de tonos pasivo Baxandall, se pide calcular la ecuación de transferencia de manera analítica (se recomienda utilizar la transformación triángulo-estrella), de la misma obtener el diagrama de polos y ceros en 3 situaciones:

- El cursor del potenciómetro 1 a la izquierda y el del potenciómetro 2 a la derecha.
- El cursor del potenciómetro 1 a la derecha y el del potenciómetro 2 a la izquierda.
- Ambos cursores en su posición central.

Para estos mismos casos realizar el diagrama de Bode simulado en LTSpice y determinar el comportamiento del circuito en cada caso (determinar y justificar el tipo de filtro según la posición de los cursores).

Luego del análisis teórico y su correspondiente simulación, se debe diseñar en Altium Designer la placa con las consideraciones que sean adecuadas. Investigar criterios de diseño en las placas electrónicas, cómo mitigar o reducir el ruido, qué componentes o conectores utilizar para lograr un mejor diseño, entre otras cosas. **Se debe incluir a la salida (V_{out}) un opamp en configuración no inversor para amplificar la señal. La ganancia debe ser mayor a 1, menor a 10 veces. Puede ser tanto fija como variable, queda a criterio de los alumnos.**

Luego de que los ayudantes aprueben el diseño en Altium, se deberá armar físicamente el PCB con todos sus componentes. Una vez que la placa esté armada, se pide:

- Armar una curva de respuesta en frecuencia (Bode) a distintos valores de los cursores de los potenciómetros (se recomienda ubicar al cursor en los extremos y en el centro).
- Comparar los resultados experimentales con los obtenidos en simulación.

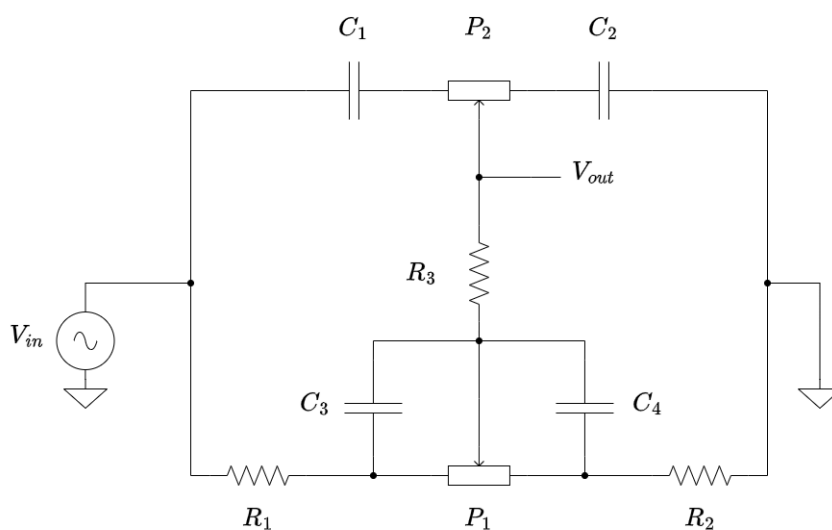


Figura 6: Circuito a implementar

Los valores de los componentes son los siguientes:

- Potenciómetros P_1 y $P_2 = 100\text{k}\Omega$
- $R_1 = 10\text{k}\Omega$
- $R_2 = 1\text{k}\Omega$
- $R_3 = 5\text{k}\Omega$
- $C_1 = 820 \text{ pF}$
- $C_2 = 8.2 \text{ nF}$
- $C_3 = 47 \text{ nF}$
- $C_4 = 470 \text{ nF}$

3.2. Opción B

Se tiene un caso de diseño. Ustedes trabajan para una empresa que se dedica a la producción de micrófonos y el nuevo producto en el que están trabajando busca separar la voz humana.

Se pide diseñar un filtro pasabanda de 2 etapas que permita hacer un primer filtrado de la voz humana. Deben investigar el rango de frecuencias en el que la misma se manifiesta y adecuar el filtro para eliminar frecuencias más altas o más bajas.

Para la síntesis del circuito se les brinda un amplificador operacional TL082 el cual solo se puede utilizar como *buffer* o como amplificador no inversor de ganancia entre 1 y 10 veces, y componentes pasivos a elección. A su vez, las etapas solo pueden ser hasta orden 2. Deben documentar el proceso de diseño, determinar la función de transferencia, realizar el diagrama de polos y ceros y obtener la respuesta en frecuencia simulada del diseño obtenido.

Si se emplean etapas de primer o segundo orden explicar el motivo de esa decisión y reconocer las ventajas y desventajas que presentan.

Consideraciones de diseño: Se debe atenuar menos de 3dB en la banda pasante. Pensar cómo se pueden combinar dos tipos de filtros para formar un pasa banda (sin necesariamente usar un pasabanda). **¡Tenga en cuenta los componentes disponibles en el pañol!**

Se debe diseñar la placa en Altium Designer y una vez se tenga el diseño aprobado por los ayudantes, fabricarla.

Realizar un bode del producto obtenido y contrastar los resultados con la simulación. Determinar si el producto cumple con los requerimientos del empleador basado en testeos experimentales con una señal de audio .

4. Links útiles

- [Ejemplos Python](#)
- [Apunte de filtros](#)
- [Datasheet TL082](#)