

TEORÍA DE CIRCUITOS 2020

Trabajo Práctico Grupal N°3: GIC, Gyrator, Amplificador de Instrumentación y Ecualizador

CONSIDERACIONES GENERALES

- Se utiliza la letra N para denotar al número de grupo.
- Cuando se indican valores de resistencias, se debe sintetizar ese valor con combinaciones de a lo sumo un par en serie o paralelo para obtener el menor error posible.
- Está permitido asistir el desarrollo matemático mediante programas algebraicos. Sin embargo, todos los resultados y pasos intermedios más importantes deben quedar asentados en el informe.
- Se realizan todas las simulaciones de circuitos mediante LTspice.
- Todas las gráficas de respuesta en frecuencia deben expresarse en escala semi-logarítmica.
- Se espera coherencia en las cifras significativas a lo largo de los cálculos y resultados, tanto en escala lineal como logarítmica.
- Se les recuerda a los alumnos que la política de Fraude y Plagio del Instituto rige sobre este trabajo.

PAUTAS PARA LA EVALUACIÓN DEL INFORME

- Contenido y capacidad de síntesis:
 - Se penalizarán contenidos irrelevantes.
 - Se valorará la presentación clara, concisa, específica y sin redundancias.
 - Se esperan conclusiones relevantes dentro del desarrollo de cada tema y del trabajo práctico en general.
- Adecuado manejo y presentación de magnitudes numéricas.
- Organización grupal del trabajo:
 - Se espera el mayor grado de cohesión y homogeneidad en la resolución de los distintos enunciados.
 - Se debe respetar un estándar y objetivos comunes.
- Originalidad e inventiva.
- Presentación, redacción y ortografía.
- Aportes no obligatorios.

1. FILTRO CON GIC

Se estudia a continuación la implementación de un filtro mediante un GIC, para lo cual cada grupo analizará en detalle el circuito correspondiente a su número de grupo (El grupo 5 debe realizar el circuito 1), atendiendo las inquietudes presentadas.

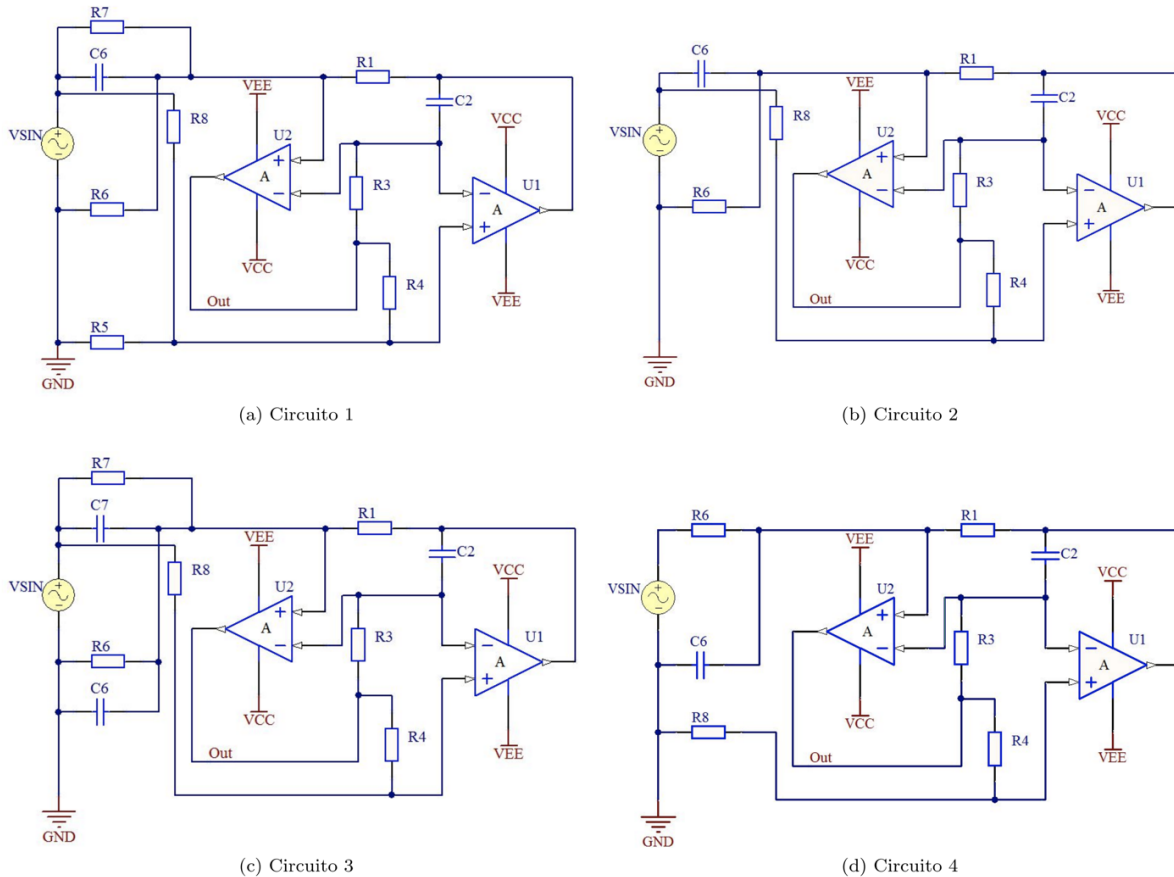


Figura 1.1: Circuitos correspondiente a cada grupo

- Encontrar la función transferencia del circuito y relacionar cada magnitud con los componentes que la determinan.
 - ¿Cuál es la función de R_8 en el circuito? ¿Qué sucede si $R_8 \rightarrow \infty$? ¿Y si $R_8 \rightarrow 0$? Justificar.
 - Obtener el diagrama de polos y ceros de la transferencia del circuito y dejar en evidencia el comportamiento de estos para distintos valores de R_6 . ¿Qué sucede con las singularidades si $R_6 \rightarrow \infty$? ¿Y si $R_6 \rightarrow 0$? Justificar.
- Realizar el análisis de sensibilidades de los parámetros que se consideren relevantes para todos los componentes resistivos y capacitivos del circuito y verificar las propiedades de la suma que estas deben cumplir.
 - ¿Qué componentes determinan la ubicación de los polos y de los ceros? ¿Alguno lo hace en mayor medida que otros?
 - ¿Qué conclusión se puede obtener a partir del análisis de sensibilidades para la ubicación de las singularidades? Justificar.
- ¿Qué amplificadores operacionales emplearía en su circuito? Justificar.
- Implementar el circuito cumpliendo las especificaciones de diseño de las tablas 1.2 de acuerdo al número de grupo.

5. Determinar y medir las limitaciones, respuesta en frecuencia, rangos de funcionamiento, impedancias y otros valores representativos del desempeño del circuito. Contrastar mediante simulación y mediciones. Indicar las magnitudes medidas y sus respectivas cotas de error.
6. Para los circuitos 1 y 2 investigar sobre Notch Depth (ND), simular y medir. Para los circuitos 3 y 4 calcular, simular, medir y explicar la respuesta al escalón.
7. **Parte individual:** Diseñar el PCB del circuito correspondiente a su número de grupo.
8. **Opcional:** Calcular la transferencia del circuito con A_{vol} finito y realizar el análisis de sensibilidades correspondiente para todas las magnitudes relevantes.

ω_p	Q	$ H(j\omega_p) $	ω_p	Q	ω_z
$13.000 \frac{rad}{s}$	4	6dB	$13.000 \frac{rad}{s}$	2	$\sqrt{2} \cdot \omega_p \frac{rad}{s}$
(a) Band Pass			(b) LP Notch		
ω_p	Q	$ H(\infty) $	ω_p	Q	Ganancia
$13.000 \frac{rad}{s}$	2	4dB	$13.000 \frac{rad}{s}$	4	0dB
(c) HP Notch			(d) All Pass		

Figura 1.2: Especificaciones de diseño.

AYUDA EN LA SELECCIÓN DE COMPONENTES

- Band pass: $R_1 = R_3 = R_4 = R_8 = R$, $R_6 = QR$, $C_2 = C_6 = C$
- LP notch: $R_7 = R_6 = 2QR$, $R_1 = R_3 = R_4 = R_8 = R$, $C_7 = (1 + \frac{1}{k^2})\frac{C}{2}$, $C_2 = C$, $C_6 = (1 - \frac{1}{k^2})\frac{C}{2}$, $k = \frac{\omega_z}{\omega_p} \geq 1$
- HP notch: $R_1 = R_3 = R_8 = R$, $R_6 = (1 + k^2)QR$, $R_7 = (1 + \frac{1}{k^2})QR$, $R_4 = \frac{2k^2}{1+k^2}R$, $R_5 = \frac{2k^2}{1-k^2}R$, $C_2 = C_6 = C$, $k = \frac{\omega_z}{\omega_p} \leq 1$
- All pass: $R_1 = R_3 = R_4 = R_8 = R$, $R_6 = QR$, $C_2 = C_6 = C$

2. INTRODUCCIÓN A DISEÑO DE FILTROS

Se deben implementar cuatro filtros de segundo orden que cumplan con características descritas a continuación, siendo $\alpha = 1$.

Tipo de filtro	f_p [Hz]	f_a [Hz]	f_c [Hz]
LP	$1000 \cdot (N_{max} - \alpha N)$	$3500 \cdot (N_{max} - \alpha N)$	—
HP	$3500 \cdot \alpha N$	$1000 \cdot \alpha N$	—
BP	—	—	$2000 \cdot (N_{max} - \alpha N)$
BR	—	—	$1000 \cdot \alpha N$

Figura 2.1: Especificaciones de diseño.

PARA LOS CASOS LP Y HP: Se desea que la ganancia unitaria en continua (o $f \rightarrow \infty$). Se espera que la ganancia sea mayor que $-3dB$ para frecuencias menores (o mayores) a f_p y menor que $-10dB$ para frecuencias mayores (o menores) a f_a . Además, la ganancia no deberá superar nunca los $0dB$. **Es obligatorio el cumplimiento de las especificaciones con una tolerancia de 0% para los casos HP y LP.**

Para cada caso, se pide lo siguiente:

1. Diseñar una función transferencia que cumpla con las especificaciones.

2. Diseñar un circuito que implemente la función transferencia utilizando un **Gyrator**. Justificar adecuadamente la elección de todos sus componentes y redactar una introducción teórica al tema.
3. Determinar rangos de operación en zona lineal. Se espera adecuada profundidad en este análisis.
4. Contrastar el diseño del circuito con las simulaciones correspondientes.
5. Implementar el circuito y comprobar su funcionamiento con las mediciones correspondientes.
6. Analizar el comportamiento del sistema en altas frecuencias.
7. Diseñar un PCB que contenga todos los circuitos pedidos (en el mismo PCB). A su vez, puede utilizarse **un sólo IC** en la implementación pedida.

3. AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN

Los amplificadores de instrumentación son dispositivos que permiten medir una diferencia de tensión entre sus entradas y generan a su salida una tensión proporcional a esa diferencia relativa entre sus terminales de entrada (modo diferencial). Su principal ventaja frente a circuitos que simplemente amplifican una señal referenciada a masa (modo común) es su gran inmunidad frente al ruido, lo cual los hace aptos para medir señales de muy baja amplitud que de ser medidas de otra forma no podrían ser distinguidas del piso de ruido. Su buscará por lo tanto estudiar su comportamiento para determinar las principales características y limitaciones que este tipo de circuitos presentan, tomando como punto de partida aquel representado en la figura 3.1.

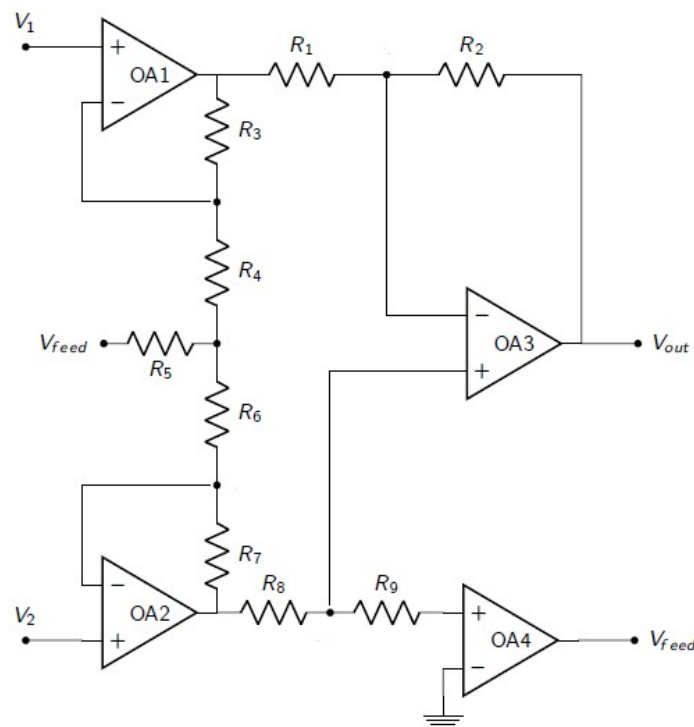


Figura 3.1: Amplificador de instrumentación

1. Describir matemáticamente el comportamiento del circuito, analizando la función de cada uno de sus componentes.
 - ¿Qué relación de valores de resistencias deben utilizarse para una cierta ganancia dada?
 - ¿Cuál es la función de R_5 ? ¿Cuáles son sus rangos posibles para operar el circuito de manera estable, considerando amplificadores operacionales ideales y reales?

- ¿Cuál es la respuesta en frecuencia del circuito para señales diferenciales y señales en modo común, considerando amplificadores ideales y reales?
 - ¿Como afectan las tolerancias de los componentes al desempeño del circuito?
 - ¿Como afectan las no-idealidades de los amplificadores operacionales y las diferencias entre ellos al desempeño del circuito?
2. Proponer y validar un sistema de medición para el circuito haciendo uso de los generadores disponibles.
 3. Implementar y medir el circuito según los componentes de la tabla 3.1 y evaluar que todos los parámetros estimados en forma analítica se correspondan con aquellos experimentales y simulados.
 4. ¿Qué modificaciones es necesario hacer al circuito para que la tensión de salida se encuentre montada sobre un nivel de DC?

$R_1 = R_4 = R_6 = R_8$	$R_2 = R_9$	$R_3 = R_7$	R_5	Opamps
1k Ω	20k Ω	6k Ω	preset 50k Ω	TL084

Tabla 3.1: Componentes amplificador de instrumentación

4. CONTROL DE TONOS Y ECUALIZADOR DE FASE

A continuación se muestra un circuito de control de tonos.

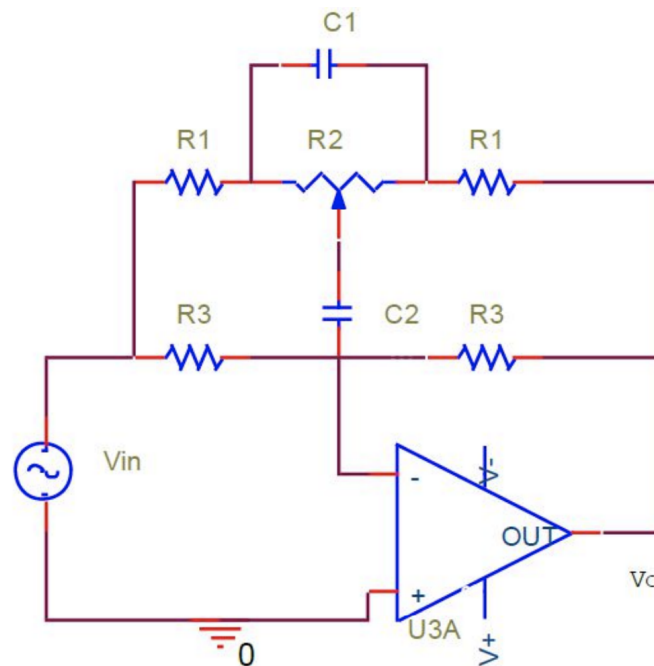


Figura 4.1: Circuito de control de tonos

Obtener la función transferencia (teórica y simulada) en su expresión más completa. Luego simplificarla aplicando las siguientes condiciones de diseño:

- $R_3 \gg R_1$
- $R_3 = 10 \cdot R_2$
- $C_1 = 10 \cdot C_2$

Verificar que:

- $f_0 = \frac{\sqrt{2 + \frac{R_2}{R_1}}}{20\pi \cdot R_2 \cdot C_2}$
- $\frac{3 \cdot R_1}{3 \cdot R_1 + R_2} \leq A_0 \leq \frac{3 \cdot R_1 + R_2}{3 \cdot R_1}$

Opcional: Armar el circuito, medir la respuesta en frecuencia e ingresar al control de tonos con una señal de audio. Describir sus resultados y obtener grabaciones representativas.