



unc



FCEFN

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Cátedra de Síntesis de Redes Activas

Trabajo Práctico N° 4: Compensación

Nombre	DNI
Bayón, Pablo	39.402.464
Godoy, Emiliano	41.524.015
Luna, Fenando Valentino	43.612.136
Testa, Lisandro Daniel	43.477.017

Docentes Prof. Ferreyra, Pablo Alejandro
 Prof. Reale, César

Córdoba, República Argentina
30 de noviembre de 2025

(Página intencionalmente blanca)

Índice

1. Introducción	5
2. Objetivos	6
3. Consignas de Laboratorio	7
3.1. Circuito 1: Amplificadores Operacionales en Cascada	7
3.2. Circuito 2: Fuente de Tensión de Corriente Continua	8
4. Desarrollo	9
4.1. Circuito 1: Amplificadores Operacionales en Cascada	9
4.1.1. Análisis Teórico	9
4.2. Diseño	9
4.2.1. Simulaciones	9
4.2.2. Mediciones de Laboratorio	9
4.2.3. Resultados	9
4.3. Circuito 2: Fuente de Tensión de Corriente Continua	9
4.3.1. Análisis Teórico	9
4.4. Diseño	9
4.4.1. Simulaciones	9
4.4.2. Mediciones de Laboratorio	9
4.4.3. Resultados	9
5. Conclusiones	10

Índice de figuras

1.	Circuito 1: Amplificadores Operacionales en Cascada	7
2.	Circuito 2: Fuente de Tensión de Corriente Continua y formas de onda esperadas	8

Índice de tablas

1. Introducción

El presente trabajo se centra en el diseño, análisis y caracterización de amplificadores compuestos utilizando tecnologías VFA (Voltage Feedback Amplifier) y CFA (Current Feedback Amplifier). Este ejercicio aborda el comportamiento dinámico de sistemas amplificadores, con especial énfasis en la compensación de polos y la optimización de la respuesta en frecuencia.

El estudio incluye configuraciones VFA-VFA y VFA-CFA, evaluando su desempeño frente a criterios como planicidad de módulo, margen de fase y ancho de banda. Se busca comprender cómo la ubicación de polos y ceros afecta la estabilidad y la fidelidad del sistema, y cómo puede mejorarse mediante técnicas de compensación activa.

La metodología combina análisis teórico, simulación en PSPICE, implementación práctica en laboratorio y comparación de resultados, permitiendo validar el diseño y extraer conclusiones sobre su aplicabilidad en sistemas electrónicos de precisión.

2. Objetivos

- Diseñar amplificadores compuestos VFA-VFA y VFA-CFA.
- Aplicar conceptos de compensación para lograr máxima planicidad de módulo y estabilidad.
- Calcular y medir el ancho de banda potencial, la frecuencia de polos y el margen de fase.
- Simular el comportamiento dinámico de los amplificadores en PSPICE.
- Implementar los circuitos en laboratorio y validar su desempeño frente a perturbaciones.
- Comparar resultados teóricos, simulados y experimentales, analizando las causas de las diferencias.

3. Consignas de Laboratorio

A continuación se presentan los circuitos a analizar en este laboratorio. Se trata de dos circuitos una de Amplificadores Operacionales en dos etapas, y otra de diseño de una Fuente de Tensión de Corriente Continua.

Dentro del desarrollo de los circuitos se harán:

- Realizar una breve introducción teórica.
- Análisis del circuito.
- Realizar el desarrollo numérico y analítico.
- Realizar las simulaciones en LTspice.
- Realizar el armado y mediciones de laboratorio.
- Comparar los resultados obtenidos calculados, simulados y medidos.

3.1. Circuito 1: Amplificadores Operacionales en Cascada

Se presenta a continuación el circuito a analizar. Se puede observar en la Fig. 1 muestra el esquema del circuito compuesto por dos Amplificadores Operacionales (AO) en cascada que deberá ser diseñado y analizado para obtener una **ganancia global** de $A_v f = 20dB$, compensándolo para que opere en **Máxima Planicidad de Módulo** ($M_\varphi = 65$ y $Q_p = 0,707$).

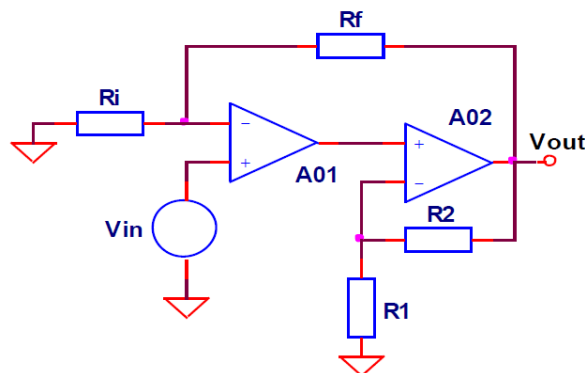


Figura 1: Circuito 1: Amplificadores Operacionales en Cascada

a: VFA-VFA

Utilizando tecnologías VFA-VFA. Como amplificador VFA se utilizará un LM324, de 2(dos) polos ($A_{d0} = 100dB$, $f_T = 1MHz$, $f_1 = 10Hz$ y $f_2 = 5,06MHz$).

- a.1 Diseñar el amplificador compuesto VFA-VFA.
- a.2 Calcular el **ancho de banda**, la frecuencia del polo de la función de transferencia a lazo cerrado y el **ancho de banda** a $-3dB$.
- a.3 Medir el ancho de banda a $-3dB$.
- a.4 Estimar el **margen de fase** obtenido en base a la respuesta al escalón del amplificador compuesto.

b: VFA-CFA

Utilizando tecnologías VFA-CFA. Se sugiere como amplificador VFA un LM324, de 2(dos) polos ($A_{d0} = 100dB$, $f_T = 1MHz$, $f_1 = 10Hz$ y $f_2 = 5,06MHz$) y como CFA un LM6181 con $R_T = 2,37M\Omega$, $C_T = 4,8pF$, cuya transimpedancia Z_T presenta también 2(dos) polos ($f_1 = 14kHz$, $f_2 = 82,3MHz$).

- b.1 Diseñar el amplificador compuesto VFA-CFA para **máxima planicidad de módulo** y que además cumpla con un **ancho de banda potencial** aproximado de $f_g = 2MHz$. Tener en cuenta la presencia del segundo polo del VFA.

- b.2 Calcular el **ancho de banda potencial**, la frecuencia del polo de la función de transferencia a lazo cerrado y **ancho de banda** a $-3dB$.
- b.3 Medir el ancho de banda a $-3dB$.
- b.4 Estimar el **margen de fase** obtenido en base a la respuesta al escalón del amplificador compuesto.

c: VFA-CFA

Insertar en la configuración anterior una red de compensación **cero-polo** (a la salida del VFA) de tal modo que el cero de la red cancele el segundo polo del VFA. Ubicar el polo de la red a una octava de su cero. Retocar la ganancia del CFA realimentado para compensar la atenuación introducida por la red. Constatar la **mejora del margen de fase** a través de la respuesta al escalón.

- c.1 Calcular y medir el **margen de fase**, el **ancho de banda potencial**, la frecuencia del polo de la función de transferencia a lazo cerrado y ancho de banda a $-3dB$.
- c.2 Calcular el **ancho de banda potencial**, la frecuencia del polo de la función de transferencia a lazo cerrado y ancho de banda a $-3dB$.
- c.3 Medir el ancho de banda a $-3dB$.
- c.4 Estimar el **margen de fase** obtenido en base a la respuesta al escalón del amplificador compuesto.

3.2. Circuito 2: Fuente de Tensión de Corriente Continua

Se pide diseñar una Fuente de Tensión de Corriente Continua con los siguientes elementos:

- Capacitores y Resistores.
- Fuente de Tensión CC de 12V.
- Amplificadores Operacionales LM324.
- Referencia de Tensión 2,5V (*TL431* o *LT1004* – 2,5).
- Transistor BJT (2N3019).

Los criterios de diseño son los siguientes:

- Fuente 5V/500mA.
- Tolerancia de Tensión regulada: 0,1V.
- La variación (ripple) máxima admitida de 1 %

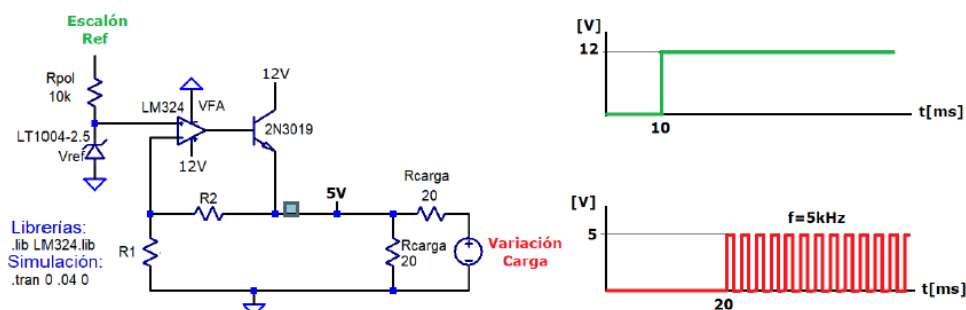


Figura 2: Circuito 2: Fuente de Tensión de Corriente Continua y formas de onda esperadas

A su vez, se pide agregar los componentes necesarios para alcanzar las especificaciones y simular el transitorio de los primeros 50ms, medir valor medio y ripple de estado estable.

4. Desarrollo

4.1. Circuito 1: Amplificadores Operacionales en Cascada

4.1.1. Análisis Teórico

- a: VFA-VFA
- b: VFA-CFA
- c: VFA-CFA

4.2. Diseño

4.2.1. Simulaciones

4.2.2. Mediciones de Laboratorio

4.2.3. Resultados

4.3. Circuito 2: Fuente de Tensión de Corriente Continua

4.3.1. Análisis Teórico

4.4. Diseño

4.4.1. Simulaciones

4.4.2. Mediciones de Laboratorio

4.4.3. Resultados

5. Conclusiones