

# Trabajo Práctico de Laboratorio N°2

## AO Real: Errores.

**Profesor Titular:** DR. ING. PABLO FERREYRA

**Profesor Adjunto:** ING. CÉSAR REALE

**Ayudante alumno:** LUCAS HERADLO DUARTE

Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales

Universidad Nacional de Córdoba

**Síntesis de Redes Activas**  
**Ingeniería Electrónica - Septiembre 2024**

### OBJETIVOS

*Introducir al estudiante en el diseño, armado, medición y análisis de circuitos amplificadores lineales, teniendo en cuenta las fuentes de error del AO real, y como se relacionan con las condiciones de entorno del circuito.*

## 1. DESARROLLO

### A. CIRCUITO I

El circuito sumador siguiente (fig. 1) debe ser diseñado para las siguientes condiciones de contorno:

- Amplificador Operacional LM741 o LM324
- Alimentación  $V_{cc} = 10V$ ,  $V_{ss} = -10V$
- Ganancia en banda media  $A = V_o/V_1$  y  $A = V_o/V_2$  debe ser igual a 30 veces.
- $Z_i$  del amplificador no puede alterar o cargar la fuente de señal, es decir,  $R_i \ll Z_{i1}$  y  $Z_{i2}$ . (al menos 10 veces)
- Usar Resistencias  $\leq 1M\Omega$

Las fuentes  $V_1$  y  $V_2$  (fig 2) deben considerarse en las condiciones 1.A y 1.B

1.A  $R_i = 50\Omega$

1.B  $R_i = 100K\Omega$

### B. PARÁMETROS/RELACIONES A ANALIZAR:

#### B.1. ANALÍTICO:

1.1.  $V_o = f(V_1, V_2)$

1.2. Errores DC

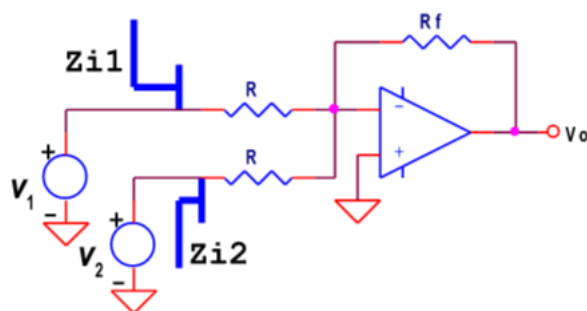


Figura 1: Esquema del sumador, circuito I



Figura 2: Fuente de alimentación, circuito I

- 1.3. Errores AC: Ancho de Banda Plena Potencia  $F_{HP}(10V_{pap})$
- 1.4. Errores AC: Ancho de banda de Pequeña Señal  $F_H$
- 1.5. Errores AC: Tabla de Error Vectorial Normalizado (Tabla 1)

Tabla 1: Tabla de errores 1.5

	Ganancia Normalizada		Errores Vectorial	
	Módulo	Fase	Módulo	Fase
0.1 F <sub>H</sub>				
0.2 F <sub>H</sub>				
0.3 F <sub>H</sub>				
0.4 F <sub>H</sub>				
0.5 F <sub>H</sub>				
0.6 F <sub>H</sub>				
0.7 F <sub>H</sub>				
0.8 F <sub>H</sub>				
0.9 F <sub>H</sub>				
1 F <sub>H</sub>				

## B.2. MEDICIÓN - SIMULACIÓN:

- 1.6. Gráfico Entrada/Salida:  $V_o = f(V_1)$   $V_{ss} < V_1 < V_{cc}$
- 1.7. Errores DC

1.8. Errores AC: Medición de Slew Rate

1.9. Errores AC: Diagrama de BODE

## 2. DESARROLLO

### A. EJERCICIO ADICIONAL I:

Analizar la operación del circuito de la figura 3

- Amplificador Operacional LM324
- Alimentación  $V_{cc} = 5V$ ,  $V_{ss} = -5V$
- $R_p = 3,3K\Omega$
- Considerar b del circuito es  $\beta$ . Entonces  $\beta R_p$  es un potenciómetro multivuelta  $5K\Omega$
- $R_1 = R_2 = 2,2K\Omega$
- Considerar a del circuito es  $\alpha$ . Hacer  $\alpha R_1 = \alpha R_2 = 47K\Omega$

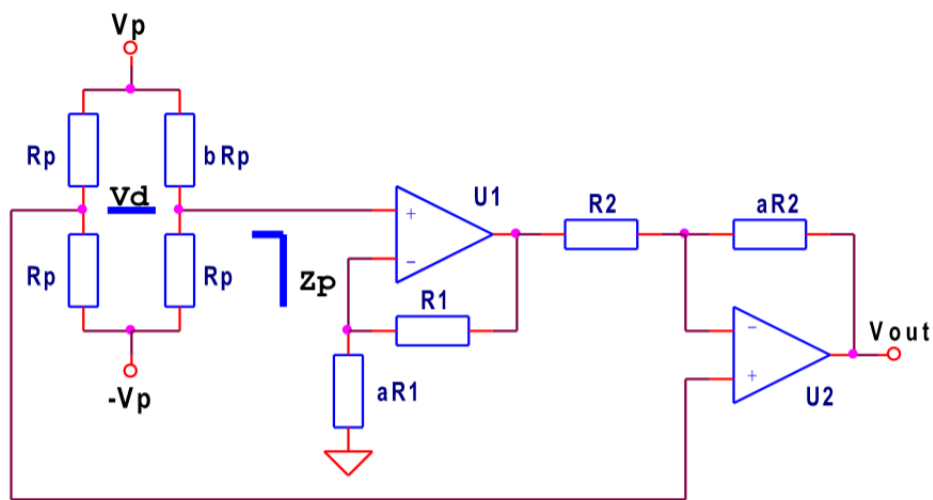


Figura 3: Esquema del circuito II

### B. Calcular y Evaluar:

- 2.1 Calcular los siguientes parámetros:  $V_o/V_d$  (ganancia del amplificador);  $V_o = f(\beta)$ ; sensibilidad nominal del puente + amplificador (v.gr.:  $dV_o/d\beta$  para  $\beta = 1$ ).
- 2.2 Calcular los errores de DC debido a: Tensiones de offset, corrientes de bias, ganancia diferencial finita y CMRR finita. Calcular según datos de manual del AO el fondo de escala FS permisible en cada arquitectura y a partir de allí la máxima precisión alcanzable en bits.

- 2.3 Simular la operación del circuito con SPICE y estimar los valores anteriormente calculados.
- 2.4 Armar el circuito en laboratorio utilizando el operacional indicado junto a cada figura. Trabajar con resistencias al 1 % de tolerancia.
- 2.5 Cotejar resultados teóricos y experimentales. Particularmente verificar ganancia, sensibilidad, máxima excursión de salida sin distorsión (y por lo tanto máximo  $\beta$  permisible), errores DC, rechazo al modo común. Para esto último hacer  $\beta = 1$  y variar  $V_p$  lentamente (v.gr.:  $V_p = 10V + 1V \sin(2\pi 50t)$ ) verificando que la salida  $V_o$  permanece esencialmente invariante.