

LABORATORIO

1

OP-AMP AMPLIFICADOR INVERSOR

OBJETIVOS:

Estudio de circuitos con amplificadores operacionales (Op-Amp). Específicamente, la configuración del amplificador inversor.

En este laboratorio el estudiante desarrollará las siguientes destrezas:

- Análisis y diseño del circuito de un amplificador inversor.
- Selección de los resistores apropiados para satisfacer la ganancia de voltaje esperada.
- Simulación de circuitos y su comparación con los resultados calculados.
- Implementación experimental del circuito del amplificador y comparación de su desempeño con los resultados teóricos y simulados.

MATERIALES:

- 1 Op-Amp 741 y su hoja de especificaciones (data-sheet)
- 1 placa de pruebas (Protoboard or Breadboard)
- Resistores
- Multímetro
- Alambres para conexiones
- 1 generador de funciones (function generator)
- 1 osciloscopio (oscilloscope)
- 3 fuentes de voltaje DC (también puede usar fuentes duales)

PARTE I: DISEÑO Y ANÁLISIS

Diseñe dos versiones del circuito mostrado en la figura L1.1: uno que provea una ganancia de voltaje $A_v = -10$ y otro que provea $A_v = -50$. Asuma una pequeña señal de entrada $v_{in} = 200 \text{ mV}_{\text{pk-pk}}$, cuya máxima corriente está limitada a $50 \mu\text{A}$. Los valores de las fuentes de polarización DC V^+ y V^- son $+15 \text{ V}$ y -15 V , respectivamente.

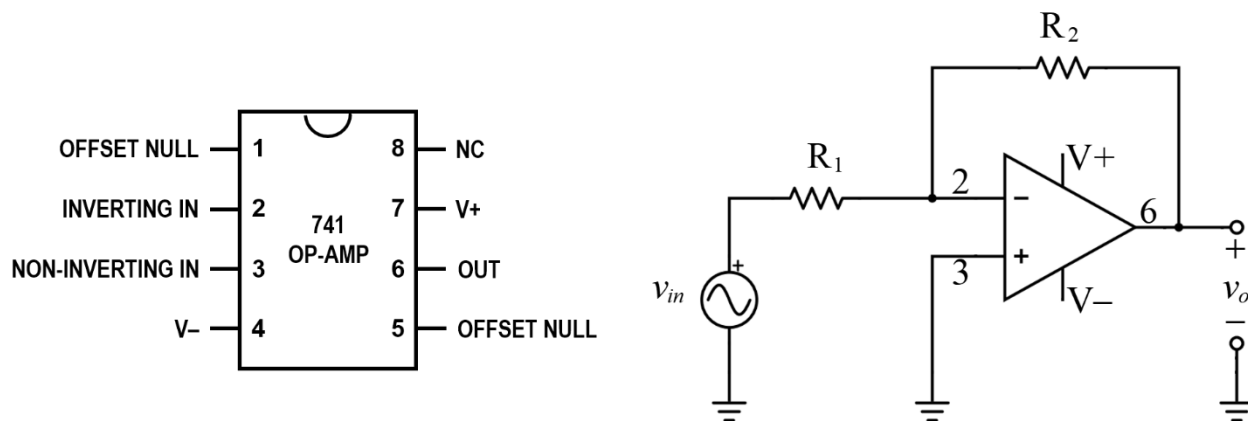


Figura L1.1: Circuito de un amplificador inversor con un Op-Amp 741

- 1.1 Deduzca la ecuación de ganancia de voltaje para un amplificador inversor (muestre los cálculos en el informe).

$$A_v = -R_2/R_1$$

- 1.2 Calcule simbólicamente la resistencia de entrada del circuito R_{in} .

$$R_{in} = V_i/I_1$$

- 1.3 ¿Qué valores de R_1 (rango) deben usarse para satisfacer el límite de corriente de $50 \mu A$?

$$R_1 \geq 2000 \text{ Ohm}$$

- 1.4 Escoja R_1 y determine los valores de R_2 para lograr las dos ganancias de voltaje requeridas.

$A_v = -10$	$R_1 = 2 \text{ kOhm}$	$R_2 = 20 \text{ kOhm}$
$A_v = -50$	$R_1 = 2 \text{ kOhm}$	$R_2 = 100 \text{ kOhm}$

- 1.5 Vuelva a dibujar el circuito e incluya los valores calculados (para ambos casos).

PARTE 2: MONTAJE DEL CIRCUITO Y MEDICIONES

- 2.1 Con el multímetro digital mida los valores de R_1 y R_2 hasta tres cifras significativas.

$A_v = -10$	$R_{1(\text{medido})} = 2.04 \text{ kOhm}$	$R_{2(\text{medido})} = 20.10 \text{ kOhm}$
$A_v = -50$	$R_{1(\text{medido})} = 2.04 \text{ kOhm}$	$R_{2(\text{medido})} = 105.6 \text{ kOhm}$

- 2.2 Arme el circuito con $A_v = -10$ sobre el protoboard.

- 2.3 Conecte la entrada del circuito a tierra (no a v_{in}). Con el multímetro digital mida los voltajes DC en la salida y las terminales 2 y 3.

$$V_2 = -1 \text{ mV} \quad V_3 = -1 \text{ mV} \quad V_6 = 5 \text{ mV}$$

- 2.4 Conecte la entrada del circuito al generador de funciones para crear la pequeña señal de voltaje senoidal v_{in} con frecuencia de 1 kHz y amplitud de 200 mV_{pk-pk} . Con el osciloscopio observe y capture la señal de voltaje de salida v_o .

- 2.5 Calcule la ganancia de voltaje con las mediciones. Explique cualquier discrepancia entre el valor teórico y el experimental.

$$A_{v(\text{medido})} = -9.6 \text{ v/v}$$

- 2.6 Reemplace el generador de funciones por una fuente DC. Anote cada valor de voltaje de salida correspondiente a los rangos de voltaje de entrada $V_{IN} = -1 \text{ V} \rightarrow -0.2 \text{ V}$ y $V_{IN} = +0.2 \text{ V} \rightarrow +1 \text{ V}$ en incrementos de 0.1 V . Haga una gráfica de V_{IN} vs. V_o .

- 2.7 Arme el circuito con $A_v = -50$ sobre el protoboard.

2.8 Conecte la entrada del circuito al generador de funciones para crear la pequeña señal de voltaje senoidal v_{in} con frecuencia de 1 kHz y amplitud de 200 mV_{pk-pk} . Con el osciloscopio observe y capture la señal de voltaje de salida v_o .

2.9 Calcule la ganancia de voltaje con las mediciones. Explique cualquier discrepancia entre el valor teórico y el experimental.

$$A_{v(\text{medido})} = \underline{\quad -45.2 \text{ v/v} \quad}$$

2.10 Reemplace el generador de funciones por una fuente DC. Anote cada valor de voltaje de salida correspondiente a los rangos de voltaje de entrada $V_{IN} = (-0.240 \text{ V} \rightarrow -0.180 \text{ V})$ y $V_{IN} = (+0.180 \text{ V} \rightarrow +0.240 \text{ V})$ en incrementos de 0.01 V . Haga una gráfica de V_{IN} vs. V_o .

2.11 Presente un análisis de las dos gráficas V_{IN} vs. V_o obtenidas en los pasos 2.6 y 2.10.

2.12 Recalcule las ganancias teóricas de ambos circuitos utilizando los valores medidos de las resistencias. ¿Se aproximan más estos nuevos valores a las ganancias experimentales?

N.º	IDEAL	EXPERIMENTAL	RECALCULADO
1	$A_v = -10$	$A_{v(\text{medido})} = \underline{-9.6}$	$A_{v(\text{recalcado})} = \underline{-9.85}$
2	$A_v = -50$	$A_{v(\text{medido})} = \underline{-45.2}$	$A_{v(\text{recalcado})} = \underline{-51.76}$

En la ganancia de voltaje de -10 V/V , los valores recalculados se aproximan mas a los valores medidos.

PARTE 3: SATURACIÓN Y ANCHO DE BANDA

3.1 Para cualquiera de los dos circuitos inversores, incremente gradualmente la amplitud de v_{in} hasta que la señal voltaje de salida se distorsione. Anote la amplitud a la que esto ocurre. Explique cómo se llama este fenómeno y por qué ocurre.

CIRCUITO UTILIZADO

☐

N.º 1

☒

N.º 2

$$v_{in(pk)} = \underline{\quad 11.6 \text{ V} \quad}$$

3.2 Utilizando cualquiera de los dos circuitos inversores, incremente gradualmente la frecuencia de v_{in} hasta que la amplitud del voltaje de salida sea aproximadamente 70% de lo que era a 1 kHz. Esto representa una atenuación de 3 dB. Indique la frecuencia a la que esto ocurre.

CIRCUITO UTILIZADO

☐

N.º 1

☒

N.º 2

$$\text{Frecuencia} = \underline{\quad 21 \text{ kHz} \quad} \text{ Hz}$$

5.8 4.06 valores atenuados

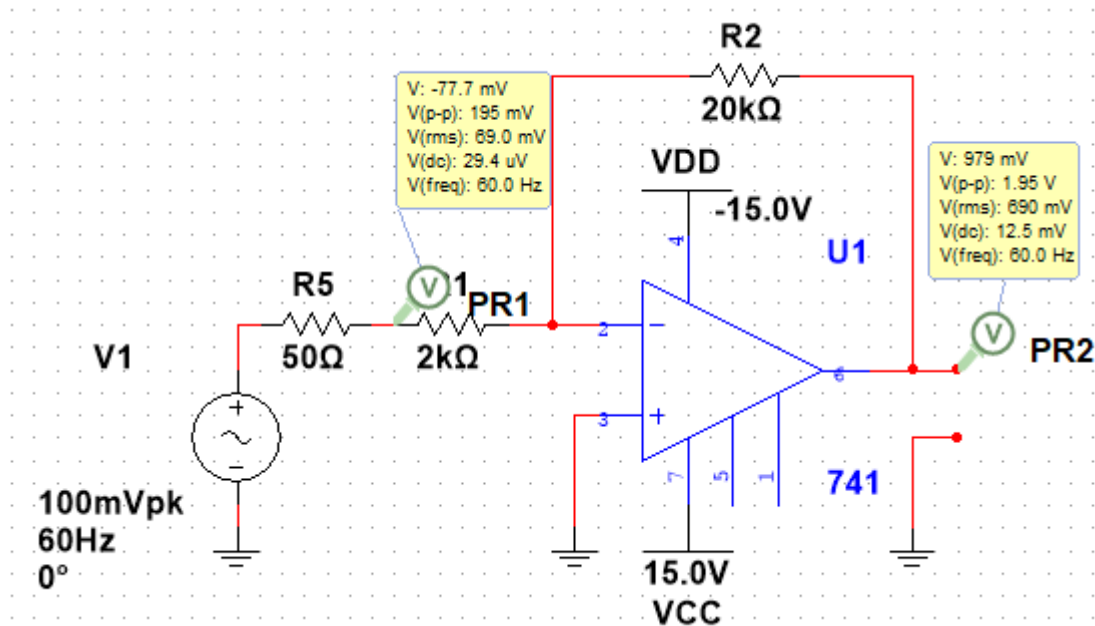
PARTE 4: SIMULACIÓN (PARA INCLUIR EN EL INFORME)

4.1 Simule ambos circuitos con los valores calculados de las resistencias. Asuma de que la fuente de voltaje v_{in} tiene una resistencia en serie de 50Ω .

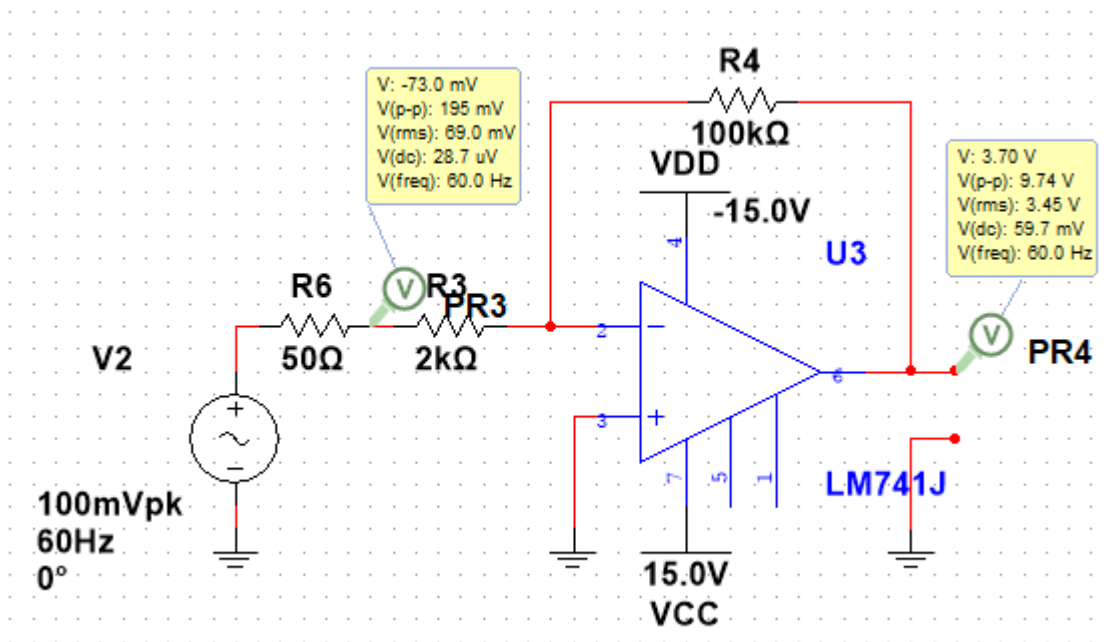
4.2 Capture el voltaje de salida y el de entrada.

4.3 ¿Cuál es el voltaje DC en la terminal de entrada inversora del Op-Amp?

4.4 Calcule las ganancias simuladas. ¿Cómo se comparan a las teóricas y a las experimentales?



$$A_v = \frac{1.95V}{0.195V} = 10$$



$$A_v = \frac{9.74V}{0.195V} = 49.95$$

Ambas ganancias de voltaje simuladas son muy cercanas a los valores teóricos ya que la simulación considera componentes ideales como por ejemplo con los valores de las resistencias, son valores exactos y fijos, sin tolerancia de variación.