

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES

TALLER DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA I

SEMESTRE 2022-1

UNIDAD 1: SEÑALES Y AMPLIFICADORES

UNIDAD 2: AMPLIFICADORES OPERACIONALES

1. Un amplificador con una resistencia de entrada $R_i = 5 \text{ K}\Omega$, cuando es alimentado por una fuente de corriente $i_s = 1 \mu\text{A}$ y una resistencia asociada $R_s = 200 \text{ K}\Omega$, tiene una corriente de salida en corto circuito $i_{os} = 5 \text{ mA}$.

Cuando el amplificador tiene una resistencia de carga $R_L = 2 \text{ K}\Omega$, es obtenido un voltaje de salida $v_o = 5 \text{ V}$.

Ahora, cuando el amplificador funciona con una resistencia de carga $R_L = 1 \text{ K}\Omega$, encuentre:

- a. La ganancia total de corriente en A/A y en decibelios.
 - b. La ganancia total de voltaje en V/V y en decibelios.
 - c. La ganancia de potencia desde la entrada del amplificador (R_i) hasta la carga (R_L), en W/W y en decibelios.
2. Los amplificadores de voltaje A y B deben ser puestos en cascada, entre una fuente de señal de 10 mV de amplitud y resistencia asociada de 100 K Ω , y una carga de 100 Ω .

Amplificador A: $R_i=100 \text{ K}\Omega$, $A_{vo}=100 \text{ V/V}$ y $R_o=10 \text{ K}\Omega$.

Amplificador B: $R_i=10 \text{ K}\Omega$, $A_{vo}=10 \text{ V/V}$ y $R_o=1 \text{ K}\Omega$.

Evalúe las dos configuraciones posibles haciendo lo siguiente para cada una de ellas:

- a. Analice la conexión de resistencias y la transferencia de voltaje a lo largo del circuito.
- b. Calcule la ganancia total de voltaje de la configuración.

Concluya, con argumentos, cuál de las dos es la mejor configuración como amplificador de voltaje.

Considere la adición del amplificador de voltaje C a la configuración en cascada, conectado justo antes de la carga:

Amplificador C: $R_i=1 \text{ K}\Omega$, $A_{vo}=1 \text{ V/V}$ y $R_o=100 \Omega$.

Analice y explique cuál es el efecto sobre transferencia de voltaje a la carga y sobre la ganancia total de voltaje en el circuito.

3. Diseñe un amplificador de voltaje que proporcione 0,5 W de potencia de señal a una carga de $100\ \Omega$. La fuente de señal proporciona 30 mV RMS y tiene una resistencia asociada de $0,5\ M\Omega$. Dispone de los siguientes tipos de etapas de amplificadores:

Amplificador A: $R_i=10\ K\Omega$, $A_{vo}=100\ V/V$ y $R_o=1\ K\Omega$.

Amplificador B: $R_i=10\ K\Omega$, $A_{vo}=1\ V/V$ y $R_o=20\ \Omega$.

Amplificador C: $R_i=1\ M\Omega$, $A_{vo}=10\ V/V$ y $R_o=10\ K\Omega$.

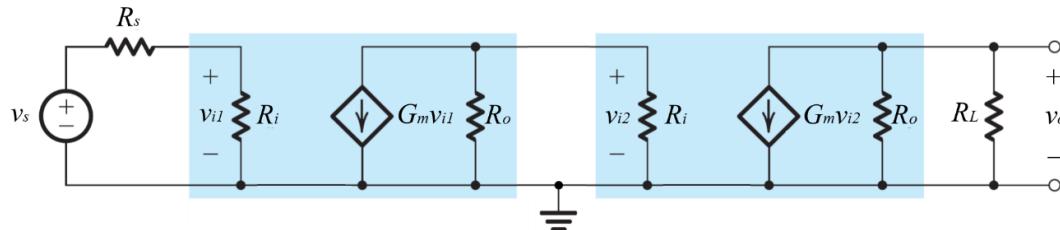
Su diseño debe contener una combinación de estas etapas, usando el mínimo posible de etapas y asegurándose de que el nivel de señal no sea menor que 10 mV en cualquier etapa. Encuentre los valores de voltaje, corriente y potencia alcanzados en la carga.

4. Se requiere diseñar un amplificador de voltaje que recibirá una fuente de señal de 5 mV pico y una resistencia asociada de $10\ K\Omega$ y deberá entregar 2 V pico a una carga de $1\ K\Omega$. La fuente de señal puede entregar un máximo de $0,1\ \mu A$ pico. El voltaje de salida del amplificador en circuito abierto está limitado a un máximo de 3 V pico. Encuentre:

- La ganancia de voltaje total, desde la fuente hasta la carga.
- El menor valor posible de la resistencia de entrada.
- La ganancia de corriente total, desde la fuente hasta la carga.
- La ganancia de potencia total, desde la fuente hasta la carga.
- El mayor valor posible de la resistencia de salida.
- El valor requerido de ganancia de voltaje en circuito abierto (v_o/v_i con $R_L=\infty$).

Ahora, aumente la resistencia de entrada hasta el valor más cercano de la forma $1 \times 10^n\ \Omega$ y disminuya la resistencia de salida hasta el valor más cercano de la forma $1 \times 10^m\ \Omega$. Con esos nuevos valores, encuentre la ganancia de voltaje de circuito abierto requerida en el amplificador para cumplir las especificaciones dadas inicialmente.

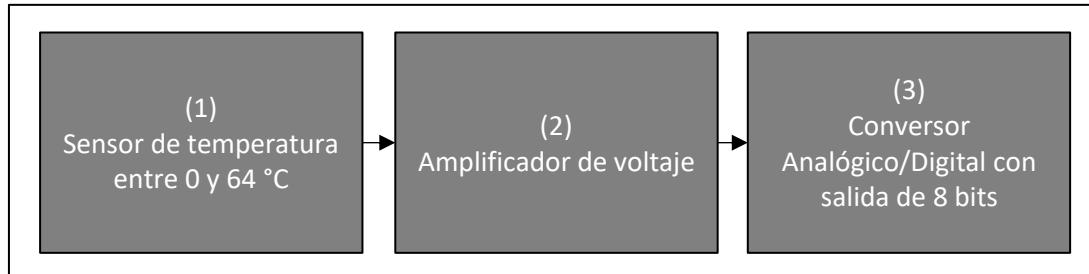
5. El circuito mostrado en la figura compuesto por dos amplificadores de transconductancia puestos en cascada, entre una fuente de voltaje y una carga resistiva. Los amplificadores son idénticos, es decir, los valores de R_i , G_m y R_o son los mismos para ambos.



Los valores de los componentes y parámetros en el circuito son: $R_s=5\ K\Omega$, $R_i=2,32\ K\Omega$, $G_m=40\ mA/V$, $R_o=6,8\ K\Omega$, $R_L=2\ K\Omega$.

Encuentre las relaciones de voltaje v_{i1}/v_s , v_{i2}/v_{i1} , v_o/v_{i2} y finalmente la ganancia de voltaje desde la fuente hasta la carga v_o/v_s .

6. Usted deberá diseñar un circuito electrónico que: (1) siente la temperatura entre 0 y 64 °C en un determinado espacio y la convierta a un voltaje; (2) amplifique el voltaje adecuadamente; (3) convierta el voltaje amplificado a una palabra digital de 8 bits.

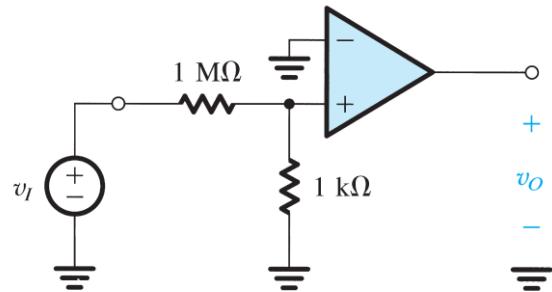


- Utilice una fuente de voltaje de 5 V DC para alimentar todo el circuito.
 - En la etapa (1), utilice un sensor de temperatura LM35, consulte las especificaciones de este dispositivo. ¿Cómo es la resistencia asociada a este sensor cuando es visto como una fuente de voltaje? ¿Cuál es la relación entre la temperatura sensada y el voltaje de salida de este sensor? ¿Cuál es el rango de voltaje de salida del sensor para el rango de temperatura que va a ser medido?
 - Utilice un amplificador operacional para diseñar la etapa (2); defina para este amplificador, configuración, rango de voltaje de entrada, rango de voltaje de salida, resistencia de entrada, resistencia de salida y ganancia de voltaje. ¿Cuál limitante impondrá este amplificador al rango de temperatura que será medido?
 - En la etapa del conversor analógico/digital, ¿cuál es la resolución de la conversión en voltios y en grados centígrados? ¿cuál es el máximo error de cuantificación de la conversión en voltios y en grados centígrados?.
7. Se tienen un amplificador operacional conectado en configuración inversora en lazo cerrado con una magnitud de ganancia de 1000 V/V y usando relativamente valores pequeños de resistencias. Se conecta la entrada a tierra y se mide un voltaje DC en la salida de -1,8 V. Encuentre el valor del voltaje de offset o de desnivel en la entrada.
8. Un amplificador no inversor con una ganancia en lazo cerrado de 1000 V/V es implementado usando un amplificador operacional que tiene un voltaje de offset en la entrada de 3 mV y niveles de saturación de la salida de ± 12 V. Encuentre la máxima amplitud que puede tener una señal sinusoidal aplicada en la entrada del amplificador, para producir una señal de salida sin recorte alguno.
9. Diseñe un circuito con amplificador(es) operacional(es) que reciba 6 señales de entrada, v_{i1} , v_{i2} , v_{i3} , v_{i4} , v_{i5} y v_{i6} , y entregue una señal de salida v_o :

$$v_o = -3v_{i1} + 2v_{i2} - 4v_{i3} + v_{i4} - 6v_{i5} + 12v_{i6}$$

Utilice resistencias con valor igual o mayor que $120\text{ K}\Omega$, en lo posible múltiplos de este valor, aunque no los identifique como valores comerciales.

10. Se sabe que el amplificador operacional de la figura tiene una ganancia en lazo abierto finita; cuando el voltaje v_I es 0,8 V, el voltaje v_O medido es 2,4 V. Encuentre el valor de la ganancia de lazo abierto.



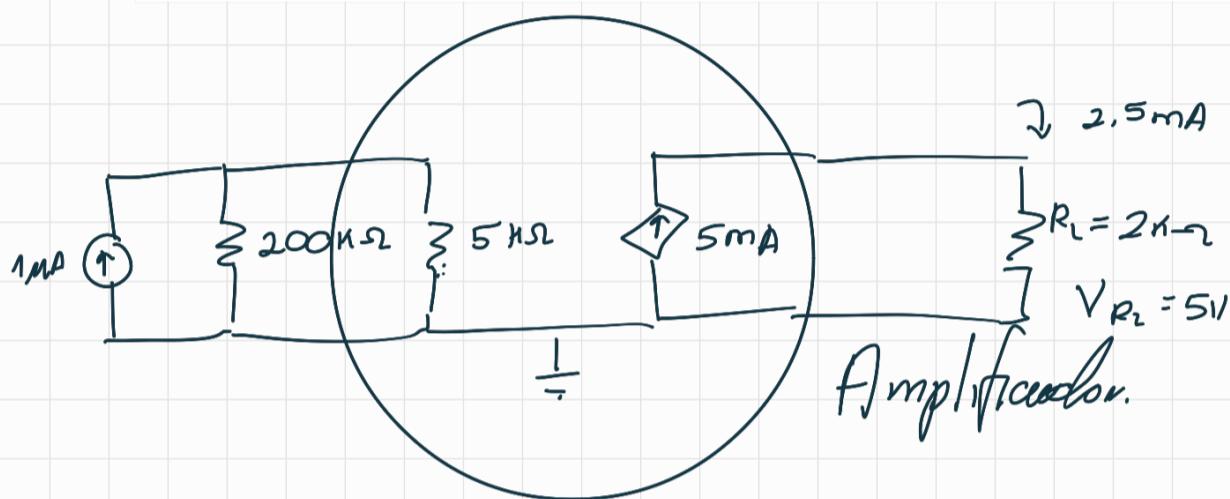
Solución Taller

1. Un amplificador con una resistencia de entrada $R_i = 5 \text{ k}\Omega$, cuando es alimentado por una fuente de corriente $i_s = 1 \mu\text{A}$ y una resistencia asociada $R_s = 200 \text{ k}\Omega$, tiene una corriente de salida en corto circuito $i_{os} = 5 \text{ mA}$.

Cuando el amplificador tiene una resistencia de carga $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, es obtenido un voltaje de salida $V_o = 5 \text{ V}$.

Ahora, cuando el amplificador funciona con una resistencia de carga $R_L = 1 \text{ k}\Omega$, encuentre:

- La ganancia total de corriente en A/A y en decibelios.
- La ganancia total de voltaje en V/V y en decibelios.
- La ganancia de potencia desde la entrada del amplificador (R_i) hasta la carga (R_L), en W/W y en decibelios.



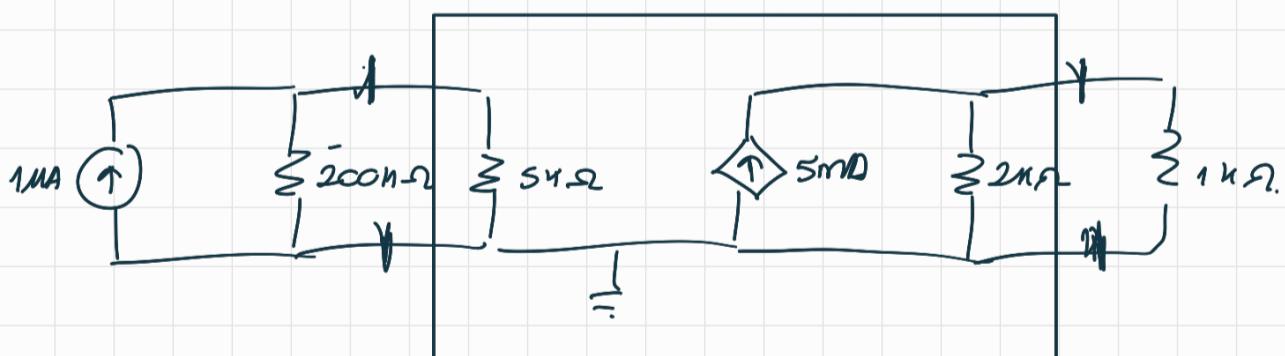
Para satisfacer LCR , es necesario una resistencia de salida.

$$5 \text{ mA} - 2,5 \text{ mA} = 2,5 \text{ mA}$$

Conexión Paralelo: 5V en R_o

$$R_o = \frac{5 \text{ V}}{2,5 \text{ mA}} = 2 \text{ k}\Omega$$

Ahora, conociendo R_o y $R_L = 1 \text{ k}\Omega$.



a). Ganancia total en A/A y en decibelios

Divisor de corriente para I_o

$$I_o = \frac{2 \text{ k}\Omega}{3 \text{ k}\Omega} \cdot 5 \text{ mA} \rightarrow I_o = 3,333 \text{ mA}$$

$$A_i = \left(\frac{I_o}{I_i} \right) = \left(\frac{3,333 \text{ mA}}{1 \mu\text{A}} \right) = 3333 \frac{\text{A}}{\text{A}}$$

Dan! Unidad!

$$\text{En decibelios } 20 \log (3333) = 70,956 \text{ dB.}$$

b). Ganancia total en V/V y en decibelios.

$$\text{Voltage de entrada: } 1\text{mA} \times 200\text{k}\Omega = 200\text{mV.}$$

$$\text{Voltage en la salida: } 3,333\text{mA} \times 1\text{k}\Omega = 3,333\text{V.}$$

$$A_v = \left(\frac{V_o}{V_i} \right) = \left(\frac{3,333\text{V}}{200\text{mV}} \right) = 16,665 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$\text{En decibelios } 20 \log (16,665) = 24,436 \text{ dB.}$$

c). Ganancia de Potencia desde la entrada del amplificador hasta la carga. en W/W y decibelios.

$$R_o = R_S \parallel R_L \rightarrow R_o = 4878,048 \text{ }\Omega.$$

$$P_i = I_i^2 \times R_S = 4,878 \text{ mW.}$$

Sin tomar R_i

$$P_i = I_i^2 \times R_S = 200 \text{ mW.}$$

$$P_o = I_o^2 \times R_L = 11,109 \text{ mW.}$$

$$A_P = \left(\frac{P_o}{P_i} \right) = \left(\frac{11,109 \text{ mW}}{200 \text{ mW}} \right) = 55,545 \frac{\text{W}}{\text{W}}$$

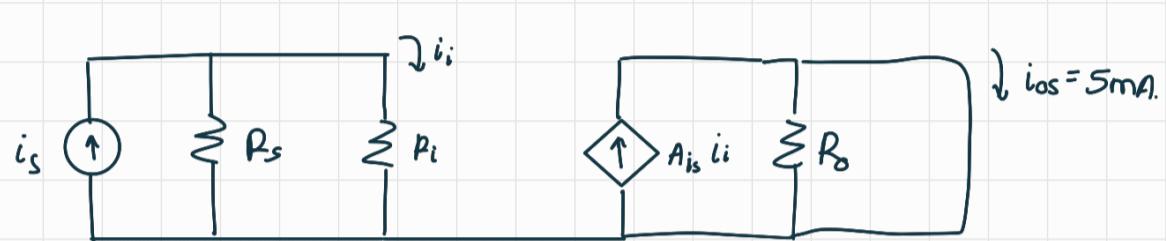
$$\text{En decibelios } 24,436 + 55,545 = 79,981 \text{ dB.}$$

1. Un amplificador con una resistencia de entrada $R_i = 5 \text{ k}\Omega$, cuando es alimentado por una fuente de corriente $i_s = 1 \mu\text{A}$ y una resistencia asociada $R_s = 200 \text{ k}\Omega$, tiene una corriente de salida en corto circuito $i_{os} = 5 \text{ mA}$.

Cuando el amplificador tiene una resistencia de carga $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, es obtenido un voltaje de salida $V_o = 5 \text{ V}$.

Ahora, cuando el amplificador funciona con una resistencia de carga $R_L = 1 \text{ k}\Omega$, encuentre:

- La ganancia total de corriente en A/A y en decibelios.
- La ganancia total de voltaje en V/V y en decibelios.
- La ganancia de potencia desde la entrada del amplificador (R_i) hasta la carga (R_L), en W/W y en decibelios.



$$A_{is} i_i = i_{os} \rightarrow A_{is} = \frac{i_{os}}{i_i}$$

$$i_i = \frac{R_s}{R_i + R_s} i_s \rightarrow i_i = 0,975 \mu\text{A}.$$

$$A_{is} = \frac{5 \text{ mA}}{0,975 \mu\text{A}} \rightarrow A_{is} = \frac{5,128 \text{ mA}}{\mu\text{A}}.$$

Con carga $R_L = 2 \text{ k}\Omega$:



$$I_{RL} = \frac{V_o}{R_L} \rightarrow I_{RL} = 2,5 \text{ mA}.$$

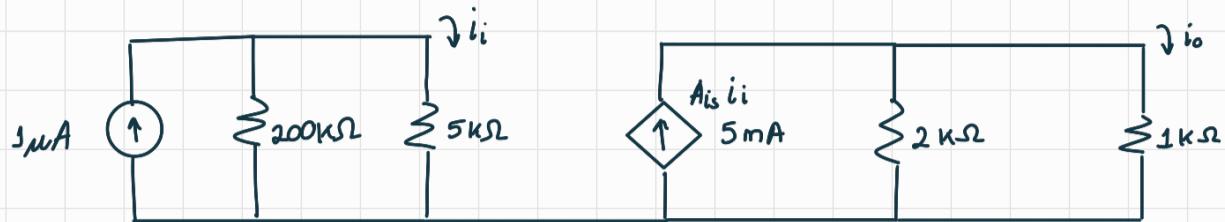
• Es necesario satisfacer LCN, así calculamos R_o

$$5 \text{ mA} - 2,5 \text{ mA} = 2,5 \text{ mA}$$

↳ Corriente en R_o

$$R_o = \frac{5 \text{ V}}{2,5 \text{ mA}} \rightarrow R_o = 2 \text{ k}\Omega.$$

Ahora, con $R_L = 1\text{k}\Omega$:



a). Ganancia total de corriente en A/A y en decibelios.

$$i_o = \frac{2\text{k}\Omega}{2\text{k}\Omega + 1\text{k}\Omega} \times 5\text{mA} \rightarrow i_o = 3,333\text{mA.}$$

$$A_i = \left(\frac{i_o}{i_i} \right) = \left(\frac{3,333\text{mA}}{0,975\mu\text{A}} \right) \rightarrow A_i = 3,418 \frac{\text{mA}}{\mu\text{A}}$$

Para la ganancia A_i en decibelios:

$$20 \log(A_i) = 70,675\text{dB}$$

b). Ganancia total de voltaje en V/V y en decibelios.

Realizamos una transformación de fuente

$$V_s = i_s \times R_s \rightarrow V_s = 200\text{mV.}$$

$$V_i = \frac{5\text{k}\Omega}{5\text{k}\Omega + 200\text{k}\Omega} \times 200\text{mV} \rightarrow V_i = 4,878\text{mV.}$$

$$V_o = i_L \times R_L \rightarrow V_o = 3,333\text{mA} \times 1\text{n}\Omega \rightarrow V_o = 3,333\text{V.}$$

$$A_v \left(\frac{V_o}{V_i} \right) = \frac{3,333\text{V}}{4,878\text{mV}} \rightarrow A_v = 683,271 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$\text{En decibelios: } V_{DB} = 20 \log(A_v) \Rightarrow V_{DB} = 56,692\text{dB.}$$

c). Ganancia de potencia desde la entrada del amplificador en W/W y en decibelios

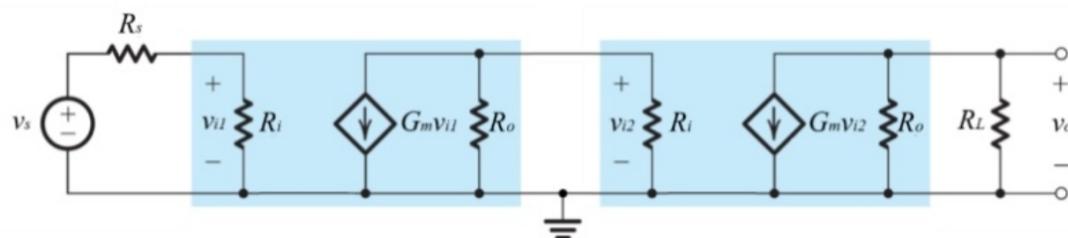
$$W_o = i_o^2 \times R_L \rightarrow W_o = 11,109\text{mW.}$$

$$W_i = i_i^2 \times R_i \rightarrow W_i = 4,753\text{nW.}$$

$$A_w = 2,337 \frac{\text{mW}}{\text{nW}}$$

$$A_{W_{DB}} = 10 \log(A_w) = 63,686\text{dB.}$$

5. El circuito mostrado en la figura compuesto por dos amplificadores de transconductancia puestos en cascada, entre una fuente de voltaje y una carga resistiva. Los amplificadores son idénticos, es decir, los valores de R_i , G_m y R_o son los mismos para ambos.



Los valores de los componentes y parámetros en el circuito son: $R_s=5 \text{ k}\Omega$, $R_i=2,32 \text{ k}\Omega$, $G_m=40 \text{ mA/V}$, $R_o=6,8 \text{ k}\Omega$, $R_L=2 \text{ k}\Omega$.

Encuentre las relaciones de voltaje v_{i1}/v_s , v_{i2}/v_{i1} , v_o/v_{i2} y finalmente la ganancia de voltaje desde la fuente hasta la carga v_o/v_s .

$$V_{i1} = \frac{R_i}{R_i + R_s} V_s \rightarrow \frac{V_{i1}}{V_s} = \frac{R_i}{R_i + R_s}$$

$$\frac{V_{i1}}{V_s} = 316,981 \text{ mV}$$

$$V_{i2} =$$