

1 OpAmp

1.1 Introducción

Se analizaron dos circuitos con Amplificadores operacionales. El primero es un circuito inversor, cuya salida es opuesta a la entrada y la amplifica o atenúa, de acuerdo a como se configure. El segundo es no inversor, igual que el primero, atenúa o amplifica la señal de entrada, pero no la invierte. El objetivo es evaluar las características lineales y no lineales de los amplificadores operacionales. También la respuesta en frecuencia y la respuesta a distintos valores de tensiones de entrada.

1.2 Circuito inversor

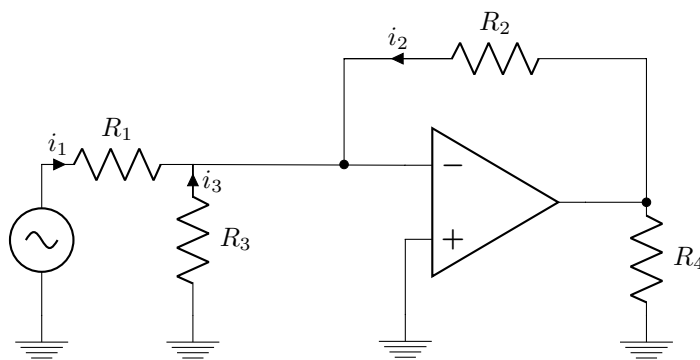


Figura 1: Esquema del circuito Inversor

Los valores de las resistencias utilizados fueron los indicados en la Tabla 1.

Caso	$R_1 = R_3$	R_2	R_4
1	$5K\Omega$	$50K\Omega$	$20K\Omega$
2	$5K\Omega$	$5K\Omega$	$20K\Omega$
3	$50K\Omega$	$5K\Omega$	$100K\Omega$

Table 1: Valores de resistencias.

algo desir
alog

1.2.1 Caso A_{vol} infinito

Como A_{vol} lo consideramos infinito, $V_i = 0$ (tierra virtual). Por ende $i_3 = 0$ e $i_2 = -i_1$, Ademas no circula corriente por la entrada del amplificador operacional.

$$V_{out} = -\frac{i_1}{R_2} \quad (1)$$

$$i_1 = \frac{V_{in}}{R_1} \quad (2)$$

Reemplazando 2 en 1 y operando algebraicamente se obtiene:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1} \quad (3)$$

1.2.2 Caso A_{vol} finito

Como A_{vol} lo consideramos finito, $V^+ \neq V^-$. Se considera que no circula corriente por los terminales de entrada del amplificador operacional, debido a la alta impedancia que hay entre ellos.

$$V_{out} = -V_i \cdot A_{vol} \quad (4)$$

$$i_1 = \frac{V_{in} - V_i}{R_1} \quad (5)$$

$$i_2 = \frac{V_{out} - V_i}{R_2} \quad (6)$$

$$i_3 = \frac{-V_i}{R_3} \quad (7)$$

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \quad (8)$$

Reemplazando 4,5,6,7 en 8, se obtiene:

$$\frac{V_{in}}{R_1} + \frac{V_{out}}{R_2} + \frac{V_{out}}{A_{vol}} \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = 0$$

Operando algebraicamente, se obtiene:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{A_{vol} \cdot R_2 \cdot R_3}{A_{vol} \cdot R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2} \quad (9)$$

Observacion

$$\lim_{A_{vol} \rightarrow \infty} (9) = -\frac{R_2}{R_1}$$

La expresion se redujo a la ganancia del circuito, con el amplificador operacional ideal (3).

1.2.3 Caso A_{vol} con polo dominante

$$A_{vol} = \frac{A_0}{1 + \frac{s}{W_p}} \quad (10)$$

Reemplazando (10) en (9) se obtiene:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = - \frac{\frac{A_0}{1 + \frac{s}{W_p}} \cdot R_2 \cdot R_3}{\frac{A_0}{1 + \frac{s}{W_p}} \cdot R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2} \quad (11)$$

Llamando $K = R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = - \frac{A_0 \cdot R_2 \cdot R_3}{A_0 \cdot R_1 \cdot R_3 + K} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\frac{s}{W_p} \cdot \left(\frac{A_0 \cdot R_1 \cdot R_3 + K}{K} \right)}{1}} \quad (12)$$

Despejando se obtiene la frecuencia de corte del circuito:

$$f_P = \left(\frac{A_0 \cdot R_1 \cdot R_3 + K}{K} \right) \cdot \frac{W_P}{2 \cdot \pi} \quad (13)$$

Observacion: la ecuacion (12) posee la misma forma que la funcion transferencia de un pasabajos.

El amplificador operacional utilizado fue el LM324 de ON Semiconductor, de la hoja de datos se obtuvieron las siguientes características del integrado:

A_0	f_P
$10 \cdot 10^4$	$12Hz$

Table 2: Características del LM324

Donde A_0 es la ganancia del amplificador operacional a lazo abierto y f_P es la frecuencia de corte a lazo abierto. A partir de las tablas 1 y 2 y de ecuación 12, se calcularon las características de las tres configuraciones del circuito analizadas.

Caso	Ganancia ideal	Ganancia A_{vol} finito	Frecuencia de corte
1	-10	-9,997	$54,7KHz$
2	-1	-0,999	$386KHz$
3	-0,1	-0,099	$960KHz$

Table 3: Ganancia y frecuencia de corte del circuito. La ganancias es en veces.

A continuación se graficarán los tres casos del circuito inversor, comparando A_{vol} infinito y A_{vol} con polo dominante.

1.3 Circuito no inversor