

Laboratorio 7: Amplificadores Operacionales (Op Amps)

Objetivo:

Familiarizarse con los op-amps y su uso en circuitos de retroalimentación.

Referencias:

1. Notas y enlaces en página del curso (<http://mate.uprh.edu/~iramos/teel2042.html>).
2. Boylestad R. L. and L. Nashelsky, Electronic Devices and Circuit Theory 10/e, Cap. 14 (2009).

1. Introducción

Los amplificadores operacionales (Op-Amps) se utilizan en un gran número de circuitos electrónicos como sistemas de sonido, filtros y controladores. La figura 1 muestra el símbolo del Op-amp. Este tiene dos terminales de entrada: No-Invertido (v_p) e Invertido (v_n).

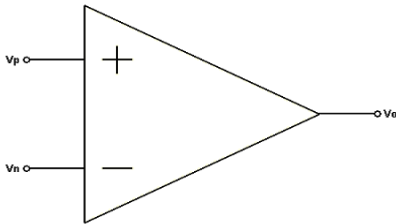


Figura 1: Símbolo Op-Amp

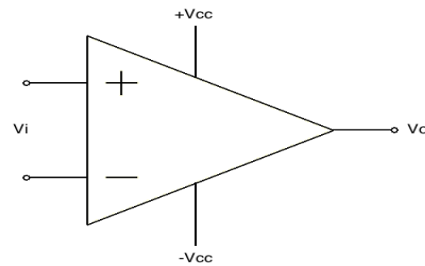


Figura 2: Op-Amp de ciclo abierto (sin retroalimentación)

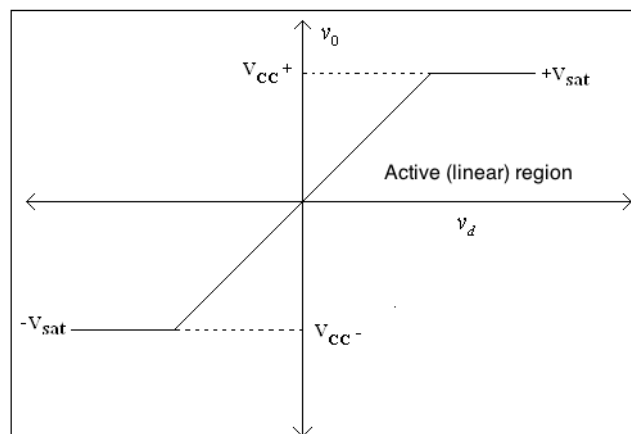


Figura 3: Curva de transferencia Op-Amp de ciclo abierto

En los Op-Amps el voltaje de salida es proporcional a la diferencia de los voltajes de entrada como muestra la ecuación 1, donde A_v es la ganancia.

$$v_o = (v_p - v_n) A_v \quad (1)$$

Estos componentes se caracterizan por una ganancia muy alta (200,000 es un valor típico), resistencia alta en la entrada y pequeña en la salida. En los Op-Amps, el voltaje máximo está limitado por los voltajes de polarización, V_{CC} . Las figuras 1 y 2 muestran un Op-Amp de circuito abierto y su curva de transferencia, respectivamente. Para que el voltaje funcione en la región activa o lineal es necesario que se cumpla la siguiente relación:

$$-\frac{V_{CC}}{A_v} < V_i < +\frac{V_{CC}}{A_v}. \quad (2)$$

En la ecuación 2 podemos ver que una limitación de esta configuración es que para permanecer en la región lineal el voltaje de entrada debe ser pequeño. Es por esta razón que los Op-Amps se suelen utilizarse en configuraciones con retroalimentación como las que muestran las figuras 4 y 5. En estas configuraciones, se provee retroalimentación conectando resistores entre la entrada y salida del Op-Amps. En ambos circuitos la retroalimentación ocurre desde la salida a la entrada negativa del Op-Amp. La diferencia entre ambos es que el voltaje de entrada se conecta al negativo (invertidor) o al positivo (no-invertidor).

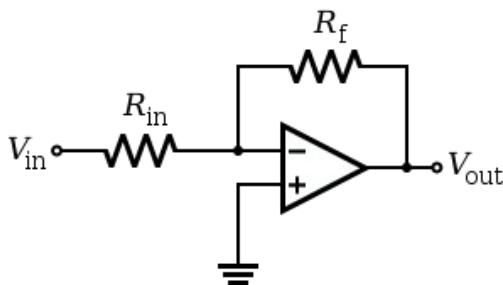


Figura 4: Op-Amp invertidor

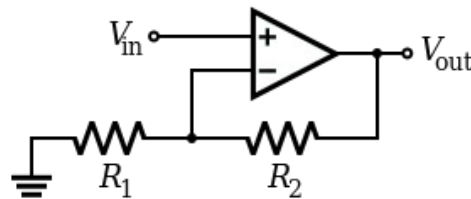


Figura 5: Op-Amp no-invertidor

Los circuitos con retroalimentación negativa tienen dos características:

1. La resistencia de entrada es muy alta y por lo tanto la corriente es virtualmente cero.
2. Los dos terminales de entrada forman un corto circuito y la diferente en voltaje entre ambos es virtualmente cero.

La ganancia en los amplificadores invertidores (fig. 4) con retroalimentación está dada por:

$$A_v = -\frac{R_f}{R_i}. \quad (3)$$

Para los amplificadores no-invertidores con retroalimentación (fig. 5) la ganancia es:

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (4)$$

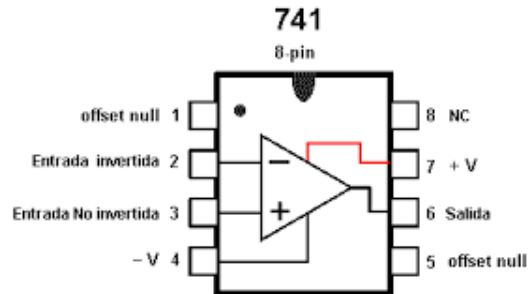


Figura 6: Conexiones LM741

Práctica 1: Amplificador invertidor

1. Construya el circuito en la figura 4 utilizando los resistores $R_i=R_f=10\text{k}\Omega$ y voltajes dc de $\pm 15\text{ V}$.
2. Conecte una señal senoidal de 1V, 500Hz en la entrada. Utilice el osciloscopio para observar las señales de entrada y salida. Mida la ganancia y compare con el valor calculado.
3. Cambie los valores de R_2 por $1\text{k}\Omega$, $22\text{k}\Omega$ y $100\text{k}\Omega$. Mida la ganancia y discuta el efecto de esta resistencia en ésta.

Práctica 2: Amplificador no-invertidor

1. Construya el circuito en la figura 5 los resistores $R_1=R_2=10\text{k}\Omega$ y voltajes dc de $\pm 15\text{ V}$.
2. Conecte una señal senoidal de 1V, 500Hz en la entrada. Utilice el osciloscopio para observar las señales de entrada y salida. Mida la ganancia y compare con el valor calculado.
3. Cambie los valores de R_2 por $1\text{k}\Omega$, $22\text{k}\Omega$ y $100\text{k}\Omega$. Mida la ganancia y discuta el efecto de esta resistencia en ésta.
4. Compare los resultados de las Prácticas 1 y 2.