

Figura 1: Amplificador Operacional

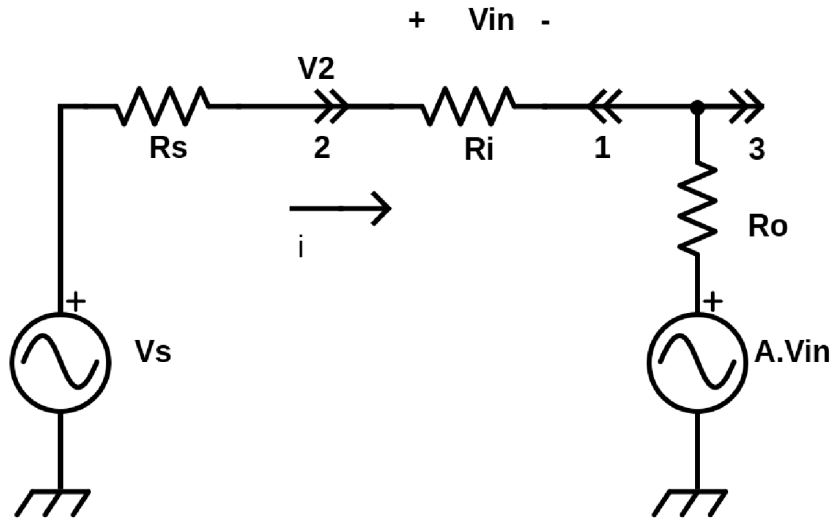


Figura 2: Ganancia de bloque seguidor.

## Solucion Ejercicio 2

Se modela un amplificador operacional de la forma mostrada en la figura 1.

- a. Utilizando el modelo del amplificador operacional el circuito queda de acuerdo a lo mostrado en la figura 2.

*Aclaración agregada el 27/09/2016: Estamos calculando la ganancia del bloque seguidor y por lo tanto no estamos teniendo en cuenta la carga conectada a él. Se pone énfasis en este punto agregando una nueva figura (antes solo estaba la que ahora es Fig. 3). El resultado es el mismo si consideramos directamente un voltaje  $V_2$  aplicado en el punto 2, verificarlo. Es un buen ejercicio realizar los equivalentes Thevenin a la entrada y salida de esta bloque y ver como quedan las distintas transferencias. Debido a que al realizar el parcial varias personas interpretaron mal lo que se pedía, ambos análisis (con y sin  $R_L$ ) fueron considerados válidos si se realizaban correctamente).*

- i) La ganancia del bloque seguidor es  $\frac{V_o}{V_2}$ .

$$i = \frac{V_s - A \cdot V_{in}}{R_s + R_i + R_o}, \text{ y } V_{in} = R_i \cdot i \text{ entonces } (R_s + R_i + R_o + A \cdot R_i) \cdot i = V_s.$$

$$\text{Como } V_o = V_s - (R_s + R_i) \cdot i \text{ resulta } \frac{V_o}{V_s} = \frac{R_o + A \cdot R_i}{R_s + R_o + (1 + A) \cdot R_i}$$

$$V_2 = V_s - R_s \cdot i, \text{ entonces } \frac{V_2}{V_s} = \frac{R_o + (1 + A) \cdot R_i}{R_s + R_o + (1 + A) \cdot R_i}$$

$$\frac{V_o}{V_2} = \frac{R_o + A \cdot R_i}{R_o + (1 + A) \cdot R_i}$$

- ii) Calculamos el equivalente Thevenin del circuito visto por la fuente en el punto 2 de la Fig. 3 ( $Z_i$ ). Para ello imponemos una fuente  $V_2$  y calculamos  $Z_i = \frac{V_2}{i}$ .

$$i = \frac{V_1 - A \cdot R_i \cdot i}{R_o} + \frac{V_1}{R_L} \text{ siendo } V_1 = V_2 - R_i \cdot i.$$

Sustituyendo,

$$\left(1 + (1 + A) \cdot \frac{R_i}{R_o} + \frac{R_i}{R_L}\right) \cdot i = V_i \left(\frac{R_o + R_L}{R_o \cdot R_L}\right)$$

Entonces,

$$Z_i = \frac{V_2}{i} = \frac{R_o \cdot R_L}{R_L + R_o} + \frac{(1 + A) \cdot R_i \cdot R_L + R_o \cdot R_i}{R_L + R_o}$$

- iii) Calculamos el equivalente Thevenin del circuito visto por la carga en el punto 3 ( $Z_o$ ). Para ello imponemos una fuente  $V_o$  y calculamos  $Z_o = \frac{V_o}{I_T}$  siendo  $I_T$  la corriente que entrega esta fuente impuesta.

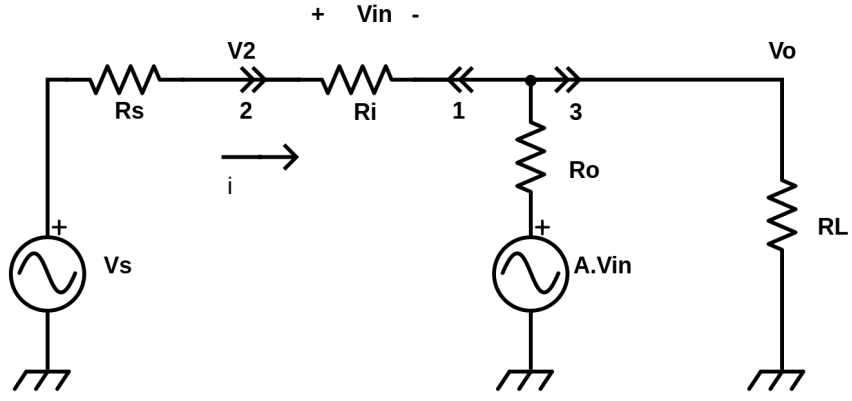


Figura 3: Fuente con seguidor.

$$I_T = \frac{V_o}{R_i + R_s} + \frac{1}{R_o} \left( V_o + \frac{A \cdot R_i \cdot V_o}{R_i + R_s} \right)$$

Entonces,

$$Z_o = \frac{V_o}{I_T} = \frac{R_o(R_i + R_s)}{R_s + R_o + (1 + A) \cdot R_i}$$

- b.** Para la siguiente análisis consideramos un amplificador operacional con  $A = \infty$ ,  $R_o = 0$  y  $R_i = \infty$ , en lo que comunmente denominamos modelo ideal.

El primer paso para calcular la salida  $V_o$  en función de las entradas  $V_1$  y  $V_2$  es reconocer las configuraciones básicas presentes. Aplicando superposición, para analizar primero el circuito con  $E_{ref} = 0$  y luego con  $V_1 = V_2 = 0$ , reconocemos bloques inversores, un amplificador diferencial (para el análisis con  $E_{ref} = 0$ ) y una configuración No-Inversora.

$$V_o = \frac{\frac{1}{R_3 \cdot C}}{s + \frac{1}{R_3 \cdot C}} \left( \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot E_{ref} + \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1) \right)$$