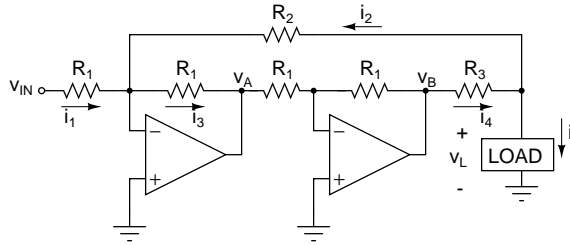


1. El siguiente circuito



debe proveer una corriente de salida $i_L = Av_{IN} - (1/R_O)v_L$.

a) Determine expresiones para A y R_O en términos de R_1 , R_2 y R_3 .

Respuesta:

$$\begin{aligned}
 i_1 &= v_{in}/R_1 \\
 i_2 &= v_L/R_2 \\
 i_3 &= v_{in}/R_1 + v_L/R_2 \\
 v_A &= -i_3 R_1 = -v_{in} - \frac{R_1}{R_2} v_L \\
 v_B &= -v_A = v_{in} + \frac{R_1}{R_2} v_L \\
 i_4 &= \frac{v_B - v_L}{R_3} \\
 &= \frac{v_{in}}{R_3} + \left(\frac{R_1}{R_2} - 1 \right) \frac{v_L}{R_3} \\
 i_L &= i_4 - i_2 \\
 &= \frac{v_{in}}{R_3} + v_L \left(\frac{R_1}{R_3 R_2} - \frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_2} \right) \\
 &= \frac{v_{in}}{R_3} + \frac{v_L}{R_3} \left(\frac{R_1}{R_2} - \left(1 + \frac{R_3}{R_2} \right) \right)
 \end{aligned}$$

$$A = 1/R_3$$

$$R_O = R_3 \left(\frac{R_1}{R_2} - \left(1 + \frac{R_3}{R_2} \right) \right)^{-1}$$

b) Encuentre la relación entre las resistencias tal que $R_O = \infty$.

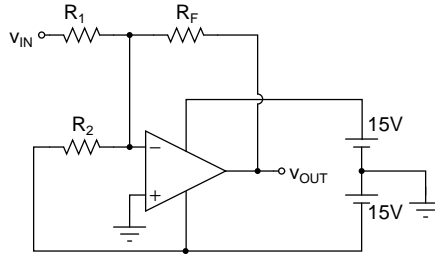
Respuesta:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_2 + R_3}{R_2}$$

o

$$R_1 = R_2 + R_3$$

2. Para el siguiente circuito



- a) Escoja valores de resistencia para amplificar la señal de entrada por un factor de $-100V/V$ y añadir a la señal de salida un desnivel igual a $+5V$.

Respuesta:

$$v_{out} = -\frac{R_F}{R_1}v_{IN} + \frac{R_F}{R_2} \times 15V$$

Escoja $R_F = 100k\Omega$, $R_1 = 1k\Omega$ y $R_2 = 300k\Omega$.

- b) Determine valores máximo y mínimos para v_{IN} tales que la salida no supere niveles de saturación iguales a $+12V$ y $-12V$.

Respuesta:

$$12V = -100v_{IN,min} + 5V$$

$$-12V = -100v_{IN,max} + 5V$$

$$-70mV \geq v_{IN} \leq 170mV$$

- c) Una carga igual con valor igual a R_F es añadida al circuito. Determine la corriente que entra o sale del amplificador operacional para los valores de v_{IN} encontrados en la parte (b).

Respuesta:

$$i_O = 2\frac{v_{out}}{R_F}$$

Así que para $v_{IN} = -70mV$, $i_O = 2\frac{+12V}{100k\Omega} = 240\mu A$ (sale del AO). Para $v_{IN} = 170mV$, $i_O = 2\frac{-12V}{100k\Omega} = -240\mu A$ (entra al AO).

- d) Una carga igual con valor igual a R_F es añadida al circuito. Si $I_Q = 50\mu A$, encuentre el rango de valores de v_{IN} para el cual la potencia disipada en el opamp es inferior a $150mW$.

Respuesta:

$$P = I_Q (V_{CC} - V_{EE}) + 2(15V - v_{out})\frac{v_{out}}{R_F}$$

El valor máximo de esta cantidad ocurre cuando

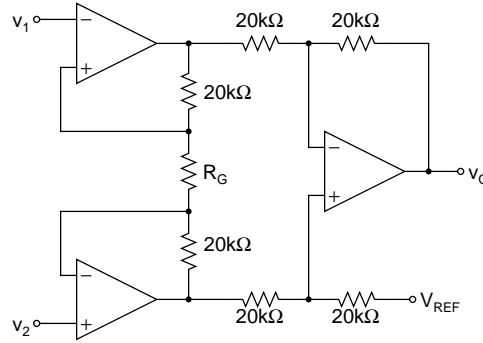
$$\frac{\partial P}{\partial v_{out}} = 0 \rightarrow \frac{2(15V - v_{out})}{R_F} = \frac{2v_{out}}{R_F} \rightarrow v_{out} = 7.5V$$

Para $v_{out} = 7.5V$, la potencia disipada es

$$P = 50\mu A \times 30V + 2 \times 7.5V \times \frac{7.5V}{100k\Omega} = 1275\mu W$$

O sea, $P < 150mW$ para todos los valores de v_{in} .

3. El siguiente diagrama muestra un amplificador de instrumentación cuya ganancia puede ajustarse cambiando solo la resistencia R_G .



- a) Demuestre que $v_O = \left(1 + \frac{40}{R_G}\right) (v_2 - v_1) + v_{REF}$. R_G esta expresada en $k\Omega$.

Respuesta:

$$\begin{aligned} i_{R_G} &= \frac{v_1 - v_2}{R_G} \\ v_{out,1} &= v_1 + 20k\Omega \times \frac{v_1 - v_2}{R_G} \\ v_{out,2} &= v_2 - 20k\Omega \times \frac{v_1 - v_2}{R_G} \\ v_o &= v_{out,2} - v_{out,1} + V_{ref} \\ &= v_1 + 20k\Omega \times \frac{v_1 - v_2}{R_G} - v_2 + 20k\Omega \times \frac{v_1 - v_2}{R_G} + V_{ref} \\ &= v_1 + 20k\Omega \frac{v_1}{R_G} - 20k\Omega \frac{v_2}{R_G} - v_2 + 20k\Omega \frac{v_1}{R_G} - 20k\Omega \frac{v_2}{R_G} + V_{ref} \\ &= (v_1 - v_2) \left(1 + \frac{40k\Omega}{R_G}\right) + V_{ref} \end{aligned}$$

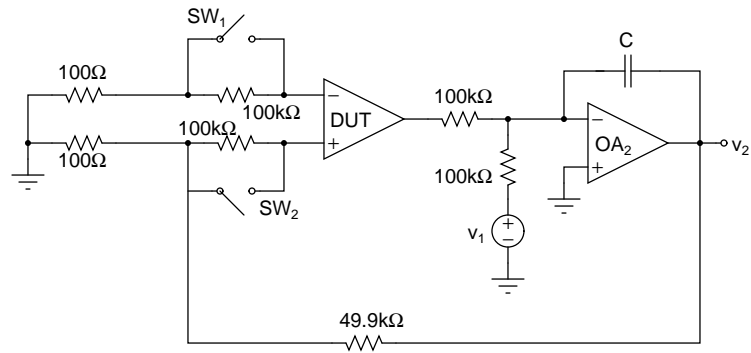
- b) Determine el rango de valores de R_G tal que la ganancia de voltaje $A = \frac{v_O}{v_2 - v_1}$ varíe entre $5V/V$ y $100V/V$.

Respuesta:

$$\begin{aligned} 5 &= 1 + \frac{40k\Omega}{R_G} \rightarrow R_G = 10k\Omega \\ 100 &= 1 + \frac{40k\Omega}{R_G} \rightarrow R_G = 404\Omega \end{aligned}$$

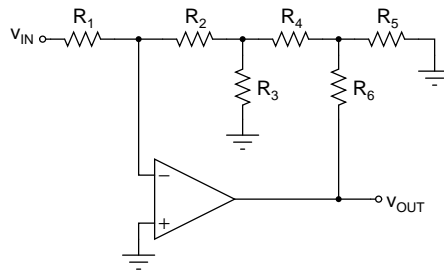
$$\boxed{404\Omega \leq R_G \leq 10k\Omega}$$

4. El siguiente diagrama



muestra un circuito de prueba que permite caracterizar el amplificador operacional llamado *DUT* (*device under test*). El aparato *OA₂* se encarga de mantener la salida del *DUT* cerca de $0V$ y puede asumirse ideal. Determine V_{OS} , I_P , I_N , I_B e I_{OS} dadas las siguientes medidas: (a) $v_2 = -0.75V$ cuando SW_1 y SW_2 está cerrados y $v_I = 0V$; (b) $v_2 = +0.30V$ cuando SW_1 está cerrado, SW_2 está abierto y $v_I = 0V$; (c) $v_2 = -1.70V$ cuando SW_1 está abierto, SW_2 está cerrado y $v_I = 0V$.

5. Para el siguiente circuito,



- a) Determine v_{out} si $v_{IN} = 0$ y el amplificador operacional tiene una corriente de polarización $I_B = 10nA$ y todas las resistencias son iguales a $100k\Omega$.

Respuesta:

$$e_{out} = I_B (0.1M\Omega + 0.1M\Omega \times 2 + 0.1M\Omega \times 5) = 0.8M\Omega \times 10nA = \boxed{8mV}$$

- b) Que resistencia R_p debe añadirse en serie con la entrada $+$ para minimizar el error en la salida?

Respuesta:

$$i_1 = i_2 = v_+/R_1$$

$$v_A = v_+ + i_2 R_2 = 2v_+$$

$$i_3 = v_A/R_3 = 2v_+/R_3$$

$$i_4 = i_2 + i_3 = v_+/R_1 + 2v_+/R_3$$

$$v_B = v_A + i_4 R_4 = 2v_+ + v_+ + 2v_+ = 5v_+$$

$$i_5 = v_B/R_5 = 5v_+/R_5$$

$$v_{out} = v_B + R_6(i_4 + i_5) = 5v_+ + 3v_+ + 5v_+ = 13v_+$$

$$v_+ = -I_B R_p = -10nA \times R_p$$

$$v_{out} = -12 \times R_p \times 10nA$$

$$R_p = 800k\Omega/13 = 61.5k\Omega$$