

SEÑALES EN MODO DIFERENCIAL Y EN MODO COMÚN

Si se tienen dos señales v_1 y v_2 en las entradas de un amplificador diferencial, puede definirse lo siguiente:

Entrada diferencial

$$v_{id} = v_2 - v_1$$

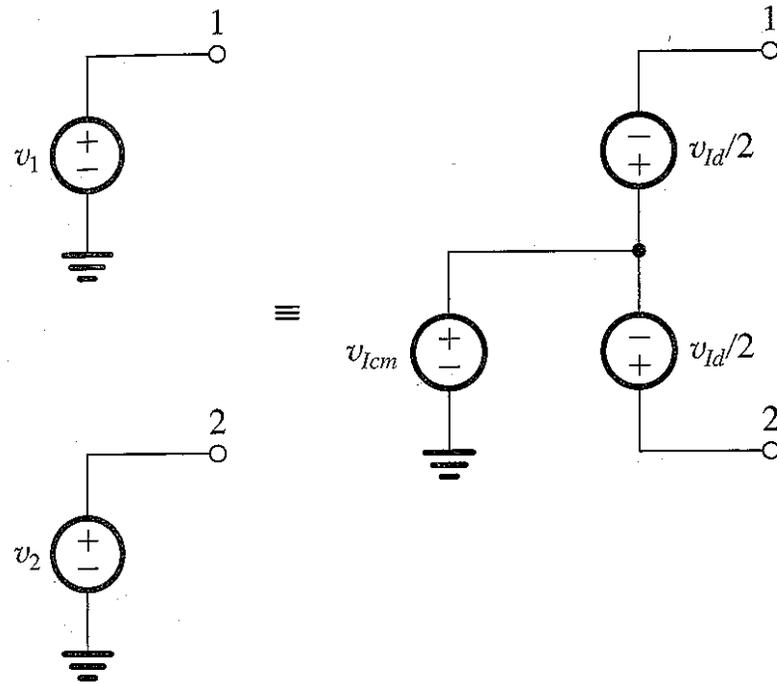
Entrada modo común

$$v_{imc} = \frac{v_2 + v_1}{2}$$

Por lo tanto

$$v_1 = v_{imc} - v_{id}/2$$

$$v_2 = v_{imc} + v_{id}/2$$

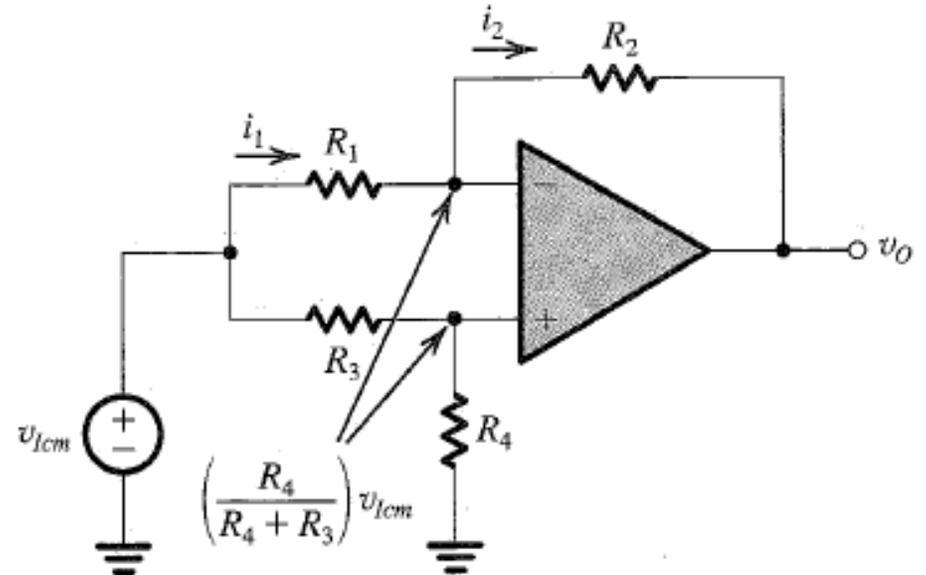


GANANCIA EN MODO COMÚN

$$v_a = \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_{imc}$$

$$\frac{v_o - v_a}{R_2} = \frac{v_a - v_{imc}}{R_1}$$

$$\frac{v_o}{R_2} = \frac{v_a}{R_2} + \frac{v_a}{R_1} - \frac{v_{imc}}{R_1}$$



$$v_o = R_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} \right) \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) v_{imc} - \frac{R_2 v_{imc}}{R_1}$$

$$A_{mc} = \frac{v_o}{v_{imc}} = \left(\left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) - \frac{R_2}{R_1} \right)$$

AMPLIFICADOR DIFERENCIAL CON LAS RESISTENCIAS NO APAREADAS

Por superposición: Cuando $v_{i2} = 0$ tenemos un amplificador inversor

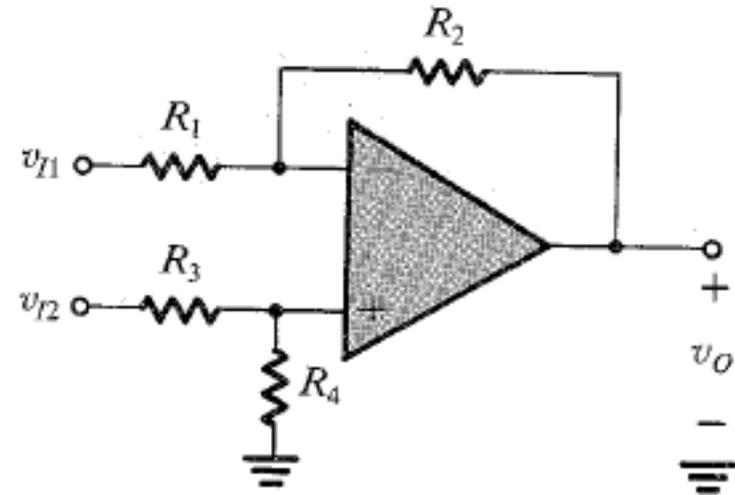
$$v_{o1} = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)v_{i1}$$

Cuando $v_{i2} = 0$ tenemos un amplificador no inversor con un divisor de voltaje a la entrada

$$v_{o2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_{i2}$$

Total

$$v_o = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)v_{i1} + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_{i2}$$



Si se cumplen las relaciones $R_1 = R_3$ y $R_2 = R_4$:

$$v_o = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)v_{i1} + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)\frac{R_2}{R_1 + R_2}v_{i2} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)(v_{i2} - v_{i1})$$

Ahora, ¿qué pasa si se aplica el mismo voltaje pero las resistencias no cumplen exactamente las relaciones indicadas?

$$v_o = \left[-\left(\frac{R_2}{R_1}\right) + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right] v_{mc}$$

Por lo tanto la selección de las resistencias del amplificador diferencial afecta el CMRR que pueda presentar.

RELACIÓN DE RECHAZO EN MODO COMÚN (CMRR)

Es un parámetro que mide la calidad de un amplificador diferencial.

Se define como la relación $CMRR = 20 \log \frac{A_d}{A_{mc}}$

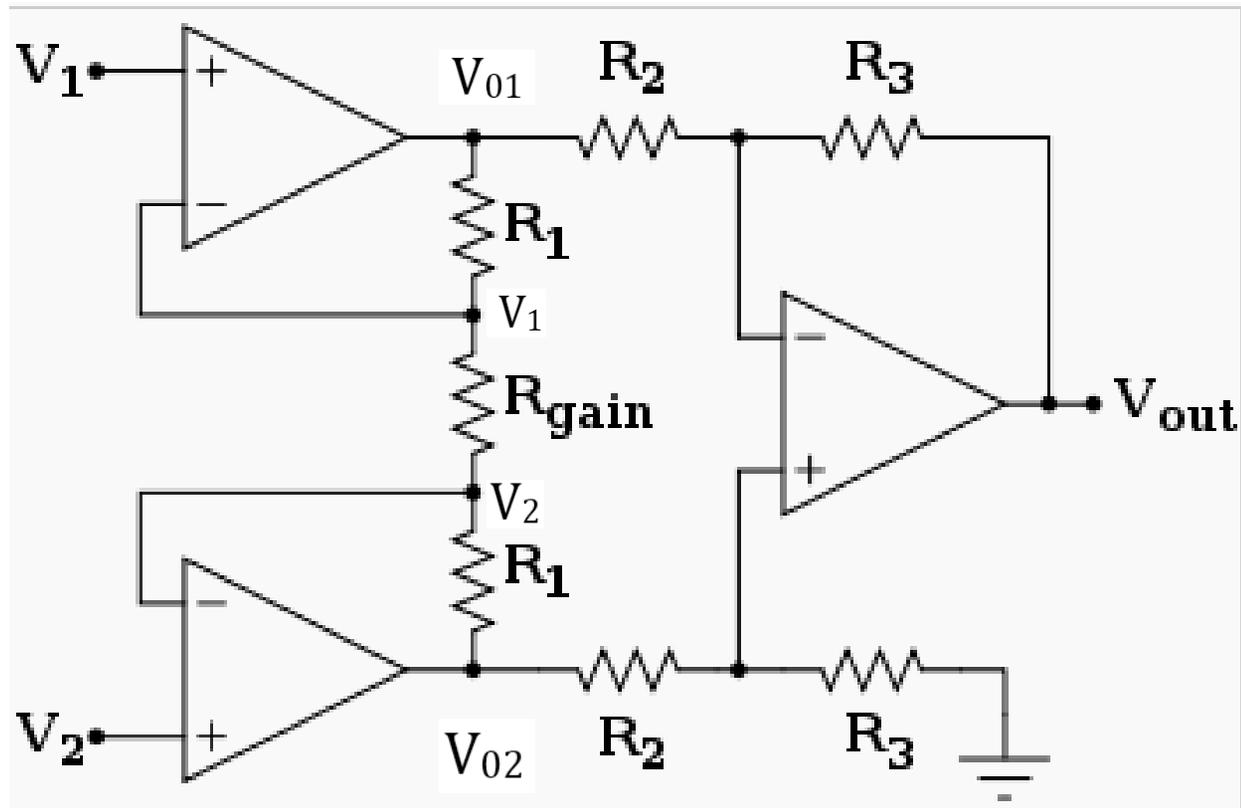
A_d : ganancia en modo diferencial

A_{mc} : ganancia en modo común, al aplicar $V_1 = V_2$ (debería ser 0V)

Por lo tanto $CMRR$ ideal = ∞

$CMRR$ real : 60 dB, 80 dB, 100 dB, Cuanto más alta mejor.

AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN



$$i = \frac{V_{01} - V_1}{R_1}$$

$$i = \frac{V_1 - V_2}{R_{gain}}$$

$$i = \frac{V_2 - V_{02}}{R_1}$$

$$v_{01} = V_1 + iR_1$$

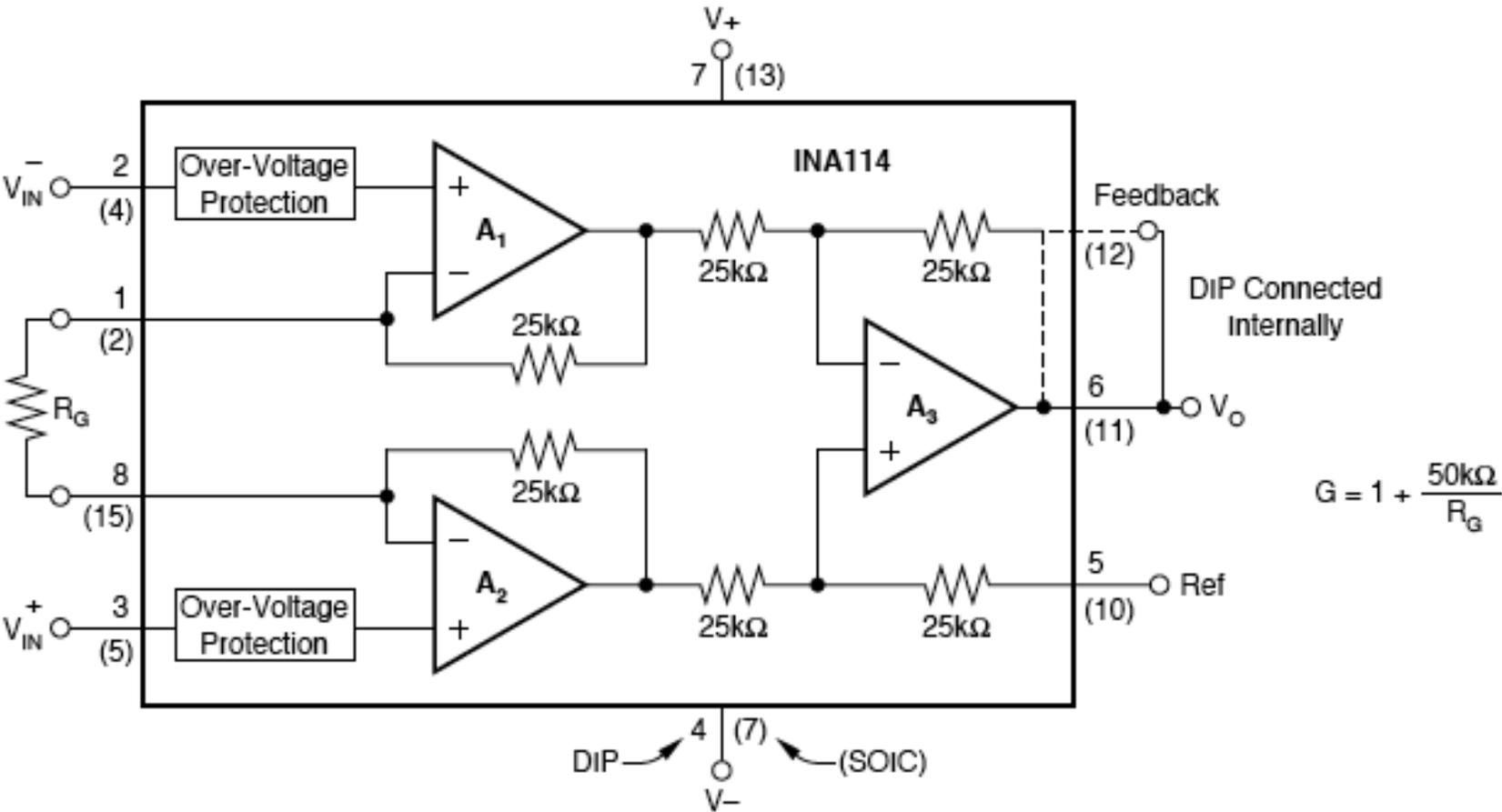
$$v_{02} = V_2 - iR_1$$

$$V_{02} - V_{01} = V_2 - V_1 - 2iR_1$$

$$V_{02} - V_{01} = V_2 - V_1 - 2 \frac{V_1 - V_2}{R_{gain}} R_1 = \left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}}\right) (V_2 - V_1)$$

$$V_o = \left(\frac{R_3}{R_2}\right) (v_{02} - v_{01}) = \left(\frac{R_3}{R_2}\right) \left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}}\right) (V_2 - V_1)$$

AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN COMERCIAL INA114 DE TEXAS INSTRUMENT



DESCRIPCIÓN DEL AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN INA114 (TOMADAS DE LA HOJA DE ESPECIFICACIONES)

*Es un amplificador de instrumentación de propósito general y bajo costo, que ofrece una excelente precisión y es ideal para un amplio rango de aplicaciones.

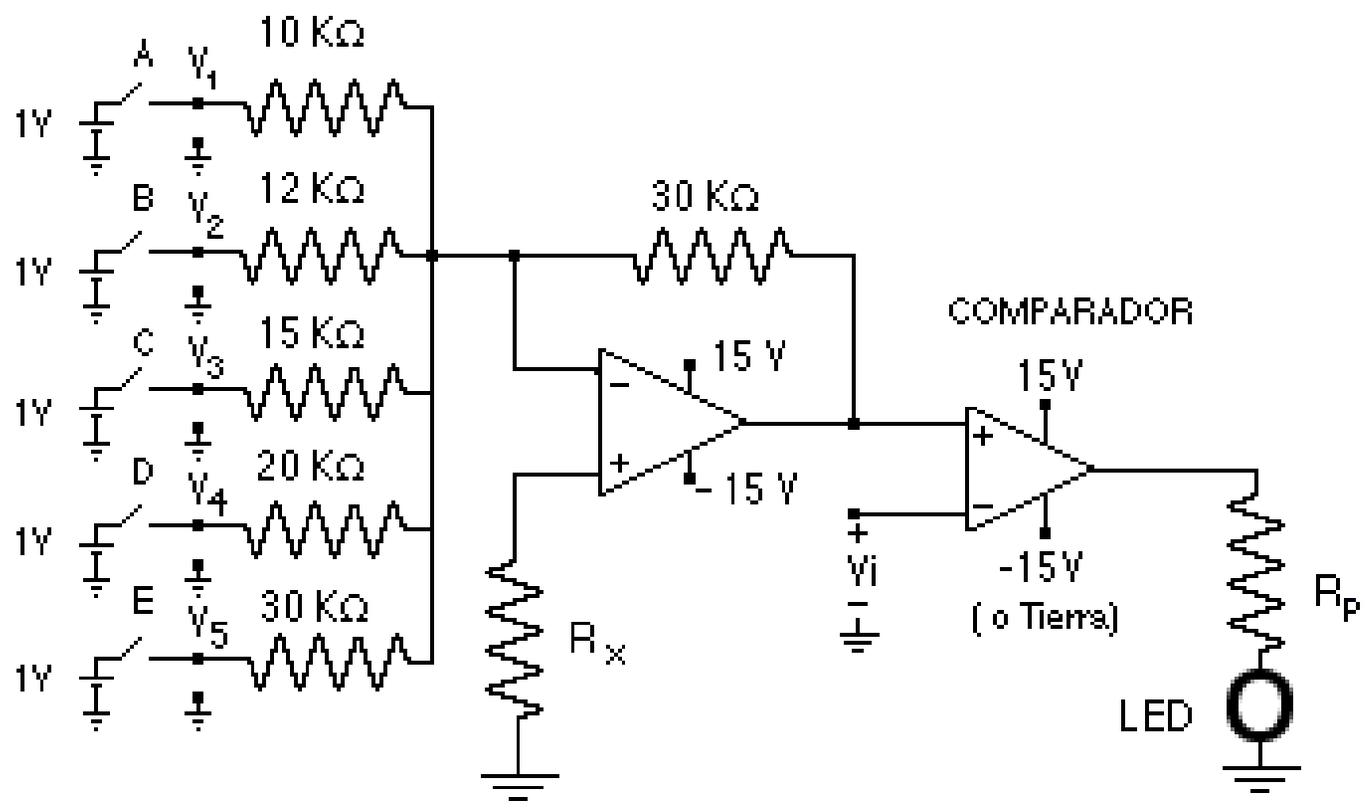
*La resistencia externa permite realizar ajustes de ganancia de 1 a 10.000. Cuenta con protección interna que le permite soportar hasta valores de 40V sin dañarse.

*Tiene un voltaje de offset muy bajo ($25\mu\text{V}$), una deriva por temperatura de $0.25\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ y una RRMC de 115dB cuando $G=1000$.

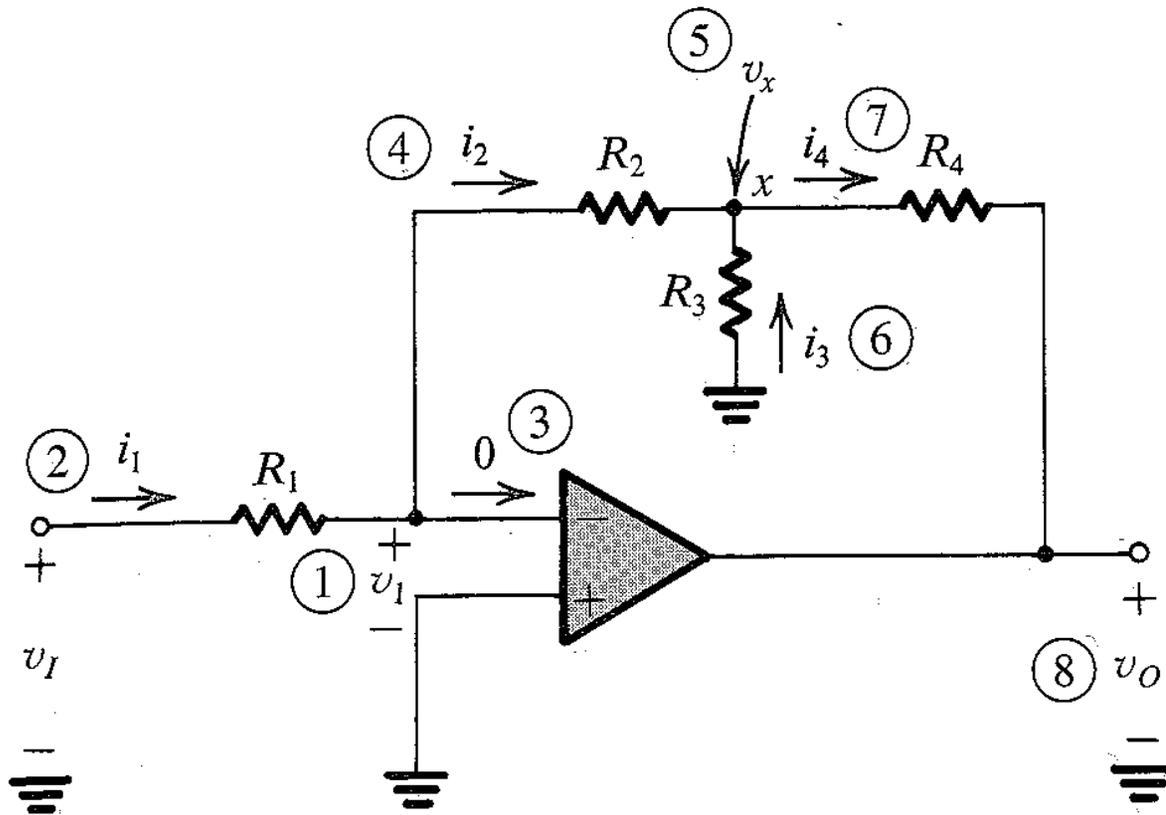
*Puede operar con fuentes de 2,25V por lo que posible usarlo en sistemas con baterías de 5V.

EJERCICIOS

PROBLEMA 1:El sumador inversor y el comparador pueden utilizarse para realizar una aplicación sencilla pero de utilidad práctica. Vamos a diseñar una máquina de votación para la junta directiva de una compañía formada por cinco socios, cada uno de los cuales tiene un porcentaje de participación diferente y por lo tanto un peso específico distinto al realizarse las votaciones para definir las políticas de la compañía. El socio A tiene el 30%, el socio B el 25%, el socio C el 20% , el socio D el 15% y el socio E el 10%. Cada socio va a disponer de un interruptor, que apretará si está a favor de una propuesta, y no lo apretará en caso contrario. La máquina de votación va a encender un LED si el porcentaje a favor de la propuesta es mayor al 50%.



PROBLEMA 2: Diseñar un amplificador con resistencia de entrada $1\text{ M}\Omega$ y ganancia 100, sin usar resistencias mayores de $1\text{ M}\Omega$.



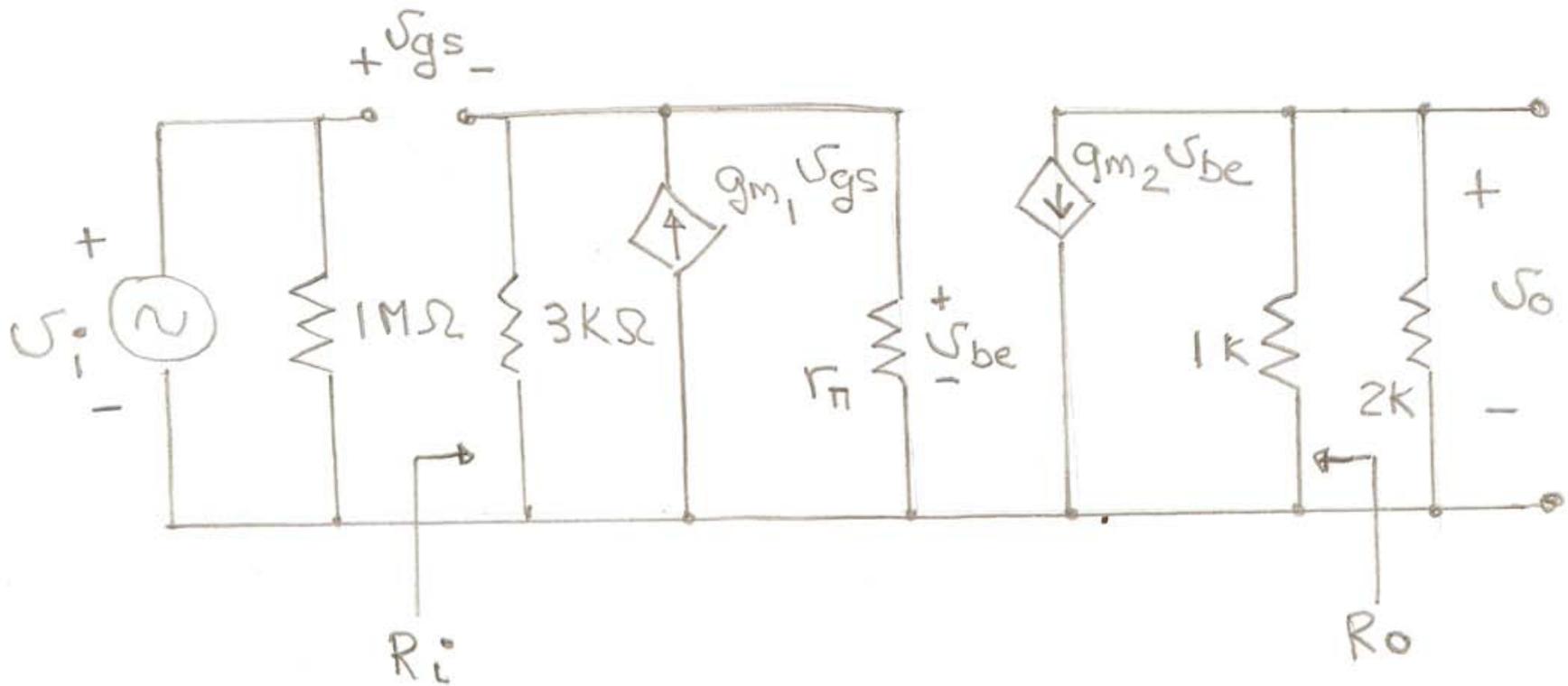
$$\frac{v_O}{v_I} = -\frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{R_4}{R_2} + \frac{R_4}{R_3} \right)$$

Resultados

$$R_1 = R_2 = R_4 = 1\text{M}\Omega$$

$$R_3 = 10,2\text{ K}\Omega$$

PROBLEMA 3: En el siguiente circuito calcule la ganancia de voltaje $A=V_o/V_i$, la resistencia de entrada R_i y la resistencia de salida R_o sabiendo que $g_{m1} = 0,75 \text{ mA/V}$, $g_{m2} = 280 \text{ mA/V}$ y $r_{\pi} = 0,72\text{k}\Omega$.



Ganancia de voltaje $A=V_o/V_i$

$$V_i = V_{gs} + V_{be}$$

$$V_o = (1k // 2k) (-g_{m2} V_{be})$$

$$V_{be} = (3k // r_{\pi}) g_{m1} V_{gs}$$

$$V_{be} = (3k // r_{\pi}) g_{m1} (V_i - V_{be})$$

$$V_{be} (1 + (3k // r_{\pi}) g_{m1}) = (3k // r_{\pi}) g_{m1} V_i$$

$$V_{be} = \frac{(3k // r_{\pi}) g_{m1}}{1 + (3k // r_{\pi}) g_{m1}} V_i$$

$$3k // r_{\pi} = 3k // 0,72k = 0,58k$$

$$V_{be} = \frac{0,58k \times 0,75 \text{ mA/V}}{1 + 0,58k \times 0,75 \text{ mA/V}} V_i = 0,3 V_i$$

$$V_o = -0,67 \times 280 \times 0,3 V_i \quad A = \frac{V_o}{V_i} = -56$$

Resistencia de entrada R_i

Observando el circuito, la corriente que circula por la fuente de entrada es la que circula también por la resistencia de $1\text{M}\Omega$.

Si se quiere saber la resistencia en paralelo con $1\text{M}\Omega$ es $R_i = \infty$

Resistencia de salida R_o

Si $V_i=0$, no hay fuente de alimentación que produzca corrientes y voltajes en el circuito de entrada, por lo tanto $v_{be} = 0$ y la resistencia de salida es $R_o = 1\text{K}\Omega$

PROBLEMAS DE LA GUÍA