

Problema 3.13 (características não-ideais)

Considerar o circuito representado na Fig. P3.13.

- (a) Calcular a tensão de saída com as tensões de entrada nulas, se o amplificador operacional tiver as seguintes características:

tensão residual de entrada $V_{OS} = 1 \text{ mV}$

corrente de polarização de entrada $I_B = 100 \text{ nA}$

corrente de desvio de entrada $I_{OS} = -20 \text{ nA}$.

- (b) Determinar os valores de R_3 e R_4 de modo a compensar conjuntamente o efeito da tensão residual de entrada e das correntes nas entradas, sem alterar a relação entre a tensão de saída e as tensões de entrada.

- (c) Calcular a tensão de saída com as tensões de entrada nulas, no caso mais desfavorável, se $|V_{OS}| \leq 2 \text{ mV}$ e $|I_{OS}| \leq 50 \text{ nA}$

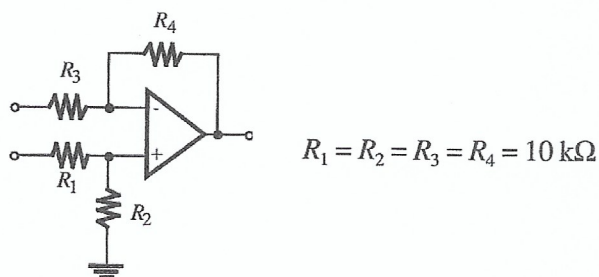
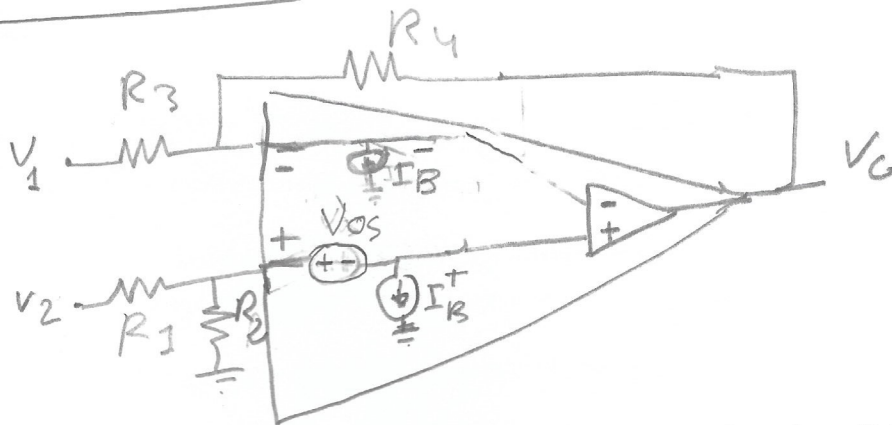


Fig. P3.13.

SOLUÇÕES:

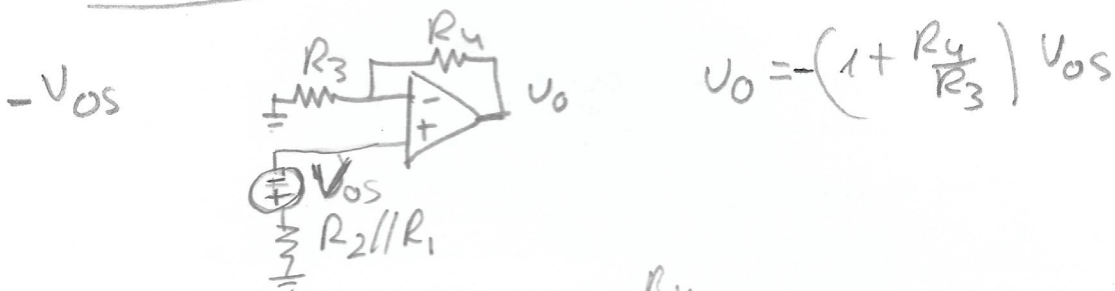
(a) $v_o = -1.8 \text{ mV}$ (b) $R_3 = R_4 = 26.4 \text{ k}\Omega$ (c) $|v_o| \leq 4.5 \text{ mV}$



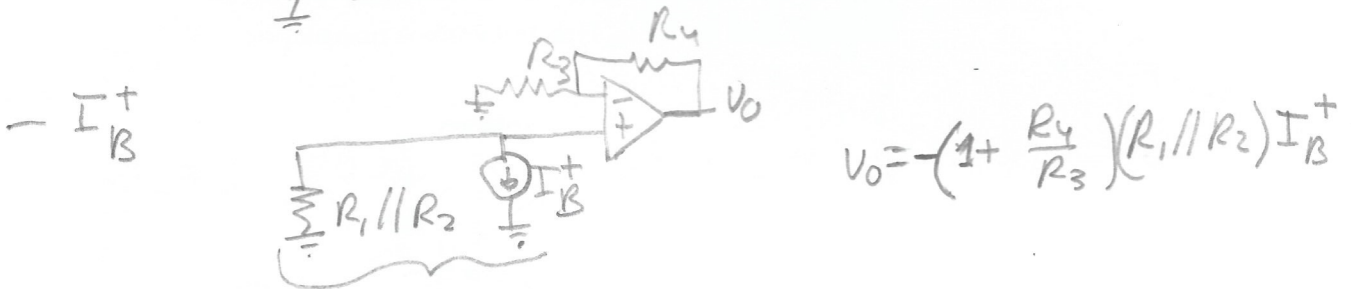
$R_i = 10k\Omega$

$$\begin{cases} I_B^+ = I_B + \frac{I_{OS}}{2} \\ I_B^- = I_B - \frac{I_{OS}}{2} \end{cases}$$

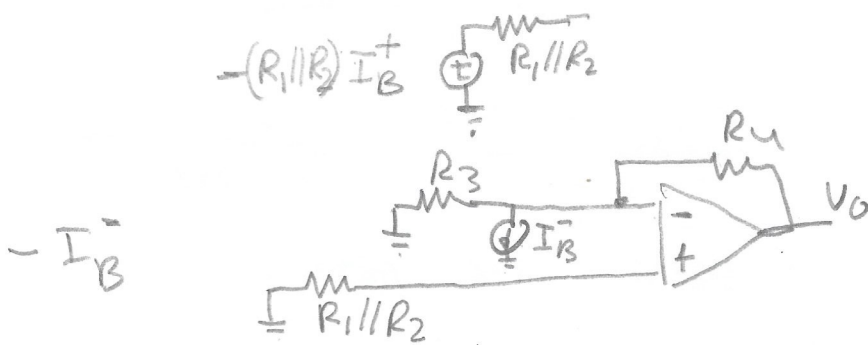
Teorema da Sobreposição $V_1 = V_2 = 0$



$$V_0 = -\left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) V_{os}$$



$$V_0 = -\left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) (R_1 || R_2) I_B^+$$



$V_0 = R_4 I_B^-$
 pois \$R_2\$ não pode ter corrente
 está entre massa e massa

- Total

$$V_0 = -\left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) V_{os} + R_4 I_B^- - \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) (R_1 || R_2) I_B^+ \quad (1)$$

$$= -2V_{os} + 10k I_B^- - 10k I_B^+ \quad / \quad = -2V_{os} - R I_{OS}$$

substituindo pelo valor das fontes e resistências

$$I_B^+ = I_B + \frac{I_{OS}}{2} = 90 \mu A \quad V_{OS} = 2 \text{ mV}$$

$$I_B^- = I_B - \frac{I_{OS}}{2} = 110 \mu A$$

$$\Rightarrow V_O = -2 \text{ m} + 10 \text{ k} (110 \mu) - 10 \text{ k} (90 \mu) = -2 \text{ m} + 1,1 \text{ m} - 0,9 \text{ m} = -1,8 \text{ mV}$$

b) $V_{O \text{ ideal}} = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_2 - \frac{R_4}{R_3} V_1 \quad (= V_2 - V_1)$
Para não alterar o ganho ideal
 $\Rightarrow R_4 = R_3$

de (1)

$$V_O = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) V_{OS} + R_4 I_B^- - \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) (R_1 // R_2) I_B^+$$

$$\Rightarrow -2 V_{OS} + R_4 I_B^- - 10 \text{ k} I_B^+ = 0$$

$$\Rightarrow R_4 = \frac{10 \text{ k} I_B^+ + 2 V_{OS}}{I_B^-} = \frac{0,9 \text{ m} + 2 \text{ m}}{110 \mu}$$

$$= 26,36 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow R_3 = R_4 = 26,36 \text{ k}\Omega$$

c) de (1)

$$V_O = -\left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) V_{OS} + R_4 \left(I_B - \frac{I_{OS}}{2}\right) - \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) (R_1 // R_2) \left(I_B + \frac{I_{OS}}{2}\right)$$

$$= -\left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) V_{OS} + \underbrace{\left[R_4 - \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) (R_1 // R_2)\right]}_{=0} I_B - \left[\underbrace{\left(R_1 // R_2\right) \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) + R_4}_{+R_4}\right] \frac{I_{OS}}{2}$$

$$= -2 V_{OS} - 10 \text{ k} I_{OS}$$

No caso mais desfavorável há reforço de erros.

$$|V_O|_{\text{MAX}} < 2 |V_{OS}|_{\text{MAX}} + 10 \text{ k} |I_{OS}|_{\text{MAX}} \Rightarrow |V_O| < 4 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \Rightarrow |V_O| < 4,5 \text{ mV}$$