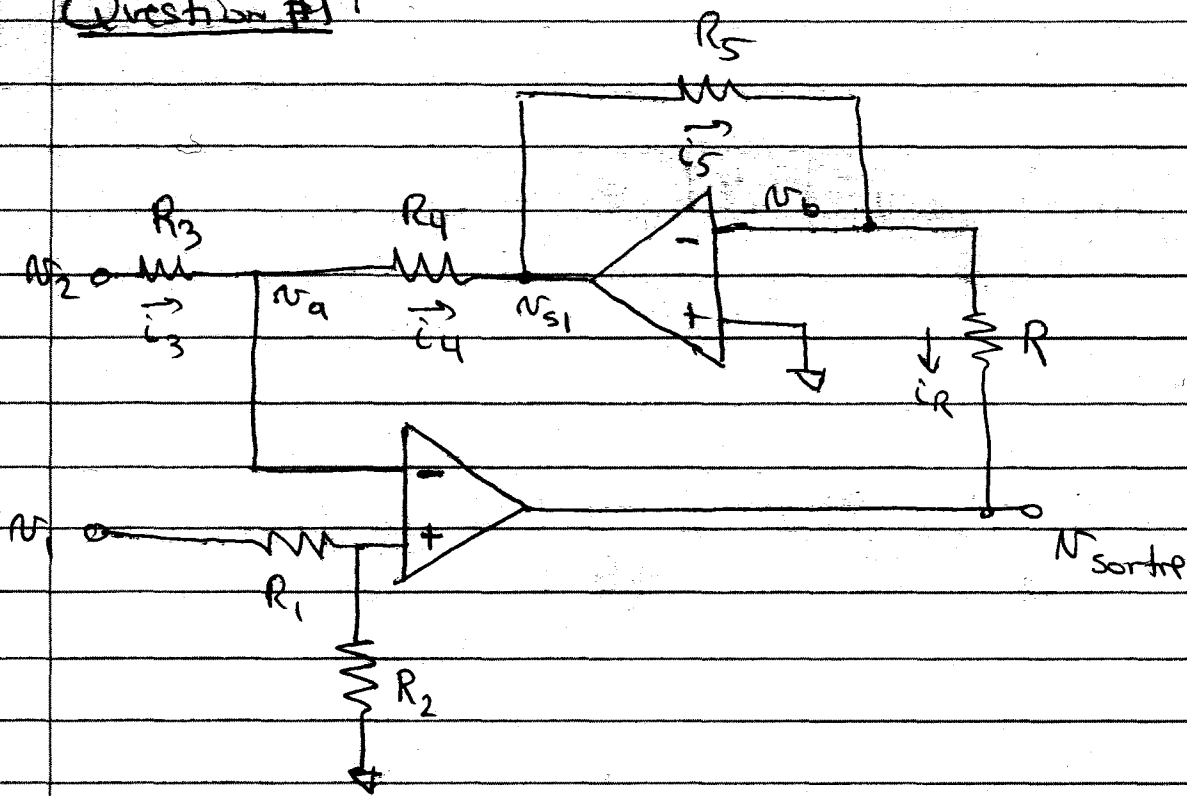


Question #1



$$V_a = V_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1) \quad V_b = 0V$$

$$i_3 = \frac{V_2 - V_a}{R_3} = i_4 \rightarrow \frac{V_2 - V_a}{R_3} = \frac{V_a - V_{s1}}{R_4}$$

$$V_a \left[\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3} \right] = \frac{V_2}{R_3} + \frac{V_{s1}}{R_4} \quad (2)$$

$$(1) \rightarrow (2) \rightarrow \frac{V_1 R_2}{R_1 + R_2} \left[\frac{R_3 + R_4}{R_3 R_4} \right] = \frac{V_2}{R_3} + \frac{V_{s1}}{R_4} \quad (3)$$

$$i_R = i_5 \rightarrow \left[\frac{0 - V_{sortie}}{R} \right] = \left[\frac{V_{s1} - 0}{R_5} \right] \rightarrow V_{sortie} = -V_{s1} \frac{R}{R_5} \quad (4)$$

#1 (suite)

(3) \rightarrow (4)

$$\rightarrow N_{\text{sortie}} = -\frac{R}{R_5} \left\{ R_4 \left[\frac{N_1 R_2}{R_1 + R_2} \left(\frac{R_3 + R_4}{R_3 R_4} \right) - \frac{N_2}{R_3} \right] \right\}$$

$$N_{\text{sortie}} = \frac{R_4}{R_3 R_5} R \left[\frac{N_2}{\blacksquare} - \frac{N_1 R_2}{R_1 + R_2} \left(\frac{R_3 + R_4}{\blacksquare R_4} \right) \right]$$

Hypothèse pour avoir $N_{\text{sortie}} = 0$ lorsque $N_2 - N_1 = 0$

On doit avoir $\frac{R_2}{R_1 + R_2} \left(\frac{R_3 + R_4}{R_4} \right) = 1$

$$\rightarrow \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

$$\rightarrow R_2(R_3 + R_4) = R_4 R_1 + R_4 R_2$$

$$R_2 R_3 + \cancel{R_2 R_4} = R_1 R_4 + \cancel{R_2 R_4}$$

$$\boxed{\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}}$$

Question #2

Décalage maximal en sortie de l'ampli-op = V_{smax}

$$V_{smax} = G_o \left[I_{I0} (R_g - R_{eq}) + \frac{I_{I0}}{2} (R_g + R_{eq}) + V_{I0} \right]$$

Selon le diagramme de transfert : $V_{I0} = -5 \text{ mV}$

$$R_{eq} = 51 \text{ k}\Omega // 2.5 \text{ M}\Omega \approx 50 \text{ k}\Omega = R_g$$

Donc

$$V_{smax} = G_o [50 \text{ k}\Omega I_{I0} - 5 \text{ mV}]$$

Dans ce cas-ci, c'est I_{I0} que l'on contrôle. On choisit I_{I0} tel que

$$I_{I0} = \frac{5 \text{ mV}}{50 \text{ k}\Omega} = 100 \text{ nA}$$

Selon la construction interne de l'ampli-op :

$$I_{I0} = I_{I+} - I_{I-} = \frac{I_2}{h_{FE} + 1} - \frac{I_1}{h_{FE} + 1}$$

$$I_2 - I_1 = I_{I0} (h_{FE} + 1) = 100 \text{ nA} (100 + 1) = 10,1 \text{ }\mu\text{A}$$

#2 (suite)

le miroir de courant donnera :

$$I_{\text{source}} = I_1 + I_2 = \frac{V_{cc} + V_{EE} - V_{BE}}{R_1} = \frac{29,3 \text{ V}}{150 \text{ k}\Omega} = 195,3 \mu\text{A}$$

$$\text{Donc } I_2 = \frac{(I_{\text{source}} + 10,1 \mu\text{A})}{2} = 102,7 \mu\text{A}$$

$$I_1 = \frac{I_{\text{source}} - 10,1 \mu\text{A}}{2} = 92,6 \mu\text{A}$$

le circuit d'équilibrage donne :

$$R_2 I_1 = (R_3 // R_{\text{ajust}}) I_2$$

$$\rightarrow R_3 // R_{\text{ajust}} = \frac{R_2 I_1}{I_2} = 20 \text{ k}\Omega \cdot \frac{92,6 \mu\text{A}}{102,7 \mu\text{A}}$$

$$= 18,03 \text{ k}\Omega$$

$$\rightarrow R_{\text{ajust}} = \frac{1}{\frac{1}{18,03 \text{ k}\Omega} - \frac{1}{R_3}} = \underline{\underline{183 \text{ k}\Omega}}$$

Question #4:

- a) Faux
- b) Faux
- c) Vrai
- d) Faux
- e) Faux

Question #5:

$$a) \text{ Gain ampli 1} = \frac{-510}{1} = -510$$

$$\text{Valeur max sortie} = -510 \times 20 \text{ mV} = \underline{-10.2 \text{ V}}$$

$$\text{Gain ampli 2} = \frac{509}{1} + 1 = +510$$

$$\text{Valeur max sortie} = 510 \times 20 \text{ mV} = \underline{10.2 \text{ V}}$$

$$\text{Gain ampli 3} = \frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} = 1$$

$$\text{Valeur max sortie} = 10.2 - (-10.2) \times 1 = \underline{20.4 \text{ V}}$$

$$V_{EE1} = V_{EE1} = 10.2 \text{ V}$$

$$V_{EE2} = V_{EE2} = 20.4 \text{ V}$$

Question #5b)

b)

Ampli-op 1 : $G_o = -510$

→ ampli inverseur $f_{pi} = f_c \frac{(1 - G_o)}{\cancel{1}}$

$$= +511 f_c$$

$$= +511 (50 \text{ kHz})$$

$$= \underline{25,55 \text{ MHz}}$$

Ampli-op 2 : $G_o = +509 + 1 = 510$

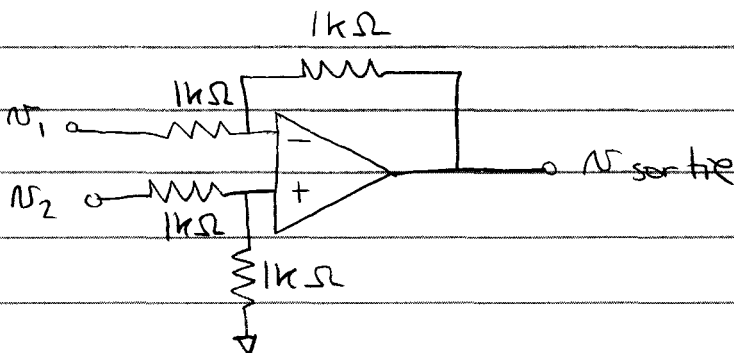
$$f_{pi} = f_c G_o$$

$$= 510 f_c$$

$$= 510 (50 \text{ kHz})$$

$$= \underline{25,50 \text{ MHz}}$$

Ampli-op 3 :



Méthode des schémas blocs

$$V_{\text{sortie}} = A(j\omega) (V_{\text{ent}+} - V_{\text{ent}-})$$

Question #5 b)

$$\rightarrow V_{ent} = \frac{V_2}{2}$$

$$\rightarrow V_{ent} = \frac{V_1 + V_{sortie}}{2}$$

$$\rightarrow A(j\omega) = \frac{A_0}{1 + j\frac{f}{f_c}} = \frac{A_0}{1 + j\frac{fA_0}{f_{TI}}}$$

$$\rightarrow V_{sortie} = \frac{A_0}{1 + j\frac{fA_0}{f_{TI}}} \left(\frac{V_2}{2} - \frac{V_1}{2} - \frac{V_{sortie}}{2} \right)$$

$$\rightarrow V_{sortie} \left(2 + \frac{A_0}{1 + j\frac{fA_0}{f_{TI}}} \right) = \frac{A_0}{1 + j\frac{fA_0}{f_{TI}}} (V_2 - V_1)$$

$$\rightarrow V_{sortie} \left(\frac{2 + j2\frac{fA_0}{f_{TI}} + A_0}{1 + j\frac{fA_0}{f_{TI}}} \right) = \frac{A_0}{1 + j\frac{fA_0}{f_{TI}}} (V_2 - V_1)$$

$$\rightarrow V_{sortie} = \frac{A_0}{2 + A_0 + j2\frac{fA_0}{f_{TI}}} (V_2 - V_1)$$

$$= \frac{1}{\left(1 + \frac{2}{A_0}\right) + j2\frac{f}{f_{TI}}} (V_2 - V_1)$$

$$\frac{2}{A_0} \gg 1 \rightarrow V_{sortie} = \frac{1}{1 + j2\frac{f}{f_{TI}}} (V_2 - V_1)$$

Question #5b)

$$f_c = \frac{f_{\pi}}{2} = 50 \text{ kHz}$$

$$\rightarrow \boxed{f_{\pi} = 100 \text{ kHz}}$$

Question #5 c)

Pour les ampli-ops 1, 2, 3

$$\text{La pente maximale de la sortie} = 2\pi f_{\max} V_p$$

où V_p = amplitude du signal de sortie

$$f_{\max} = 50 \text{ kHz}$$

$$V_{p1} = 10.2 \text{ V}$$

$$V_{p2} = 10.2 \text{ V}$$

$$V_{p3} = 20.4 \text{ V}$$

$$SR1_{\min} = SR2_{\min} = 2\pi (50 \text{ kHz}) 10.2 \text{ V} = 3.2 \text{ V}/\mu\text{s}$$

$$SR3_{\min} = 2\pi (50 \text{ kHz}) 20.4 \text{ V} = 6.4 \text{ V}/\mu\text{s}$$

Question #5 d)

$$e_m = 1V \quad @ 60Hz$$

$$V_{msortie} = 1mV$$

$$V_{signal} = \frac{R_1}{R_2} \left(V_2 - V_1 + \underbrace{\frac{e_m}{RRMC}} \right)$$

doit être
inférieur à 1mV

$$RRMC \geq 1000 \quad \text{i.e. } \underline{60dB}$$