

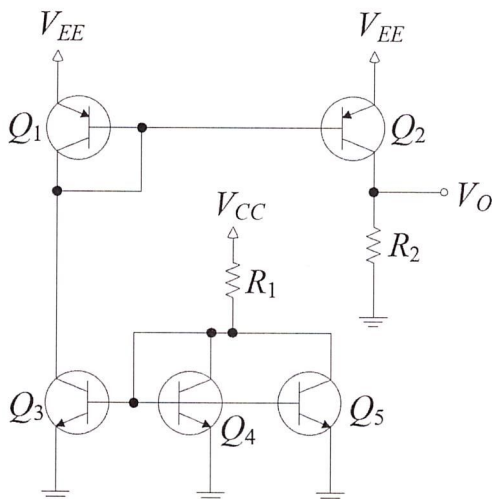
Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta. Tätä paperia ei tarvitse palauttaa. Muistathan antaa palautetta Kaiku-järjestelmän kautta saadaksesi opintosuorituksen.

1. Vahvistimen silmukkavahvistus on $T(s) = \frac{(1+s/10^2)}{(1+s/10^3)(1+s/10^5)^2(1+s/10^8)} \times T_0$ (6p)

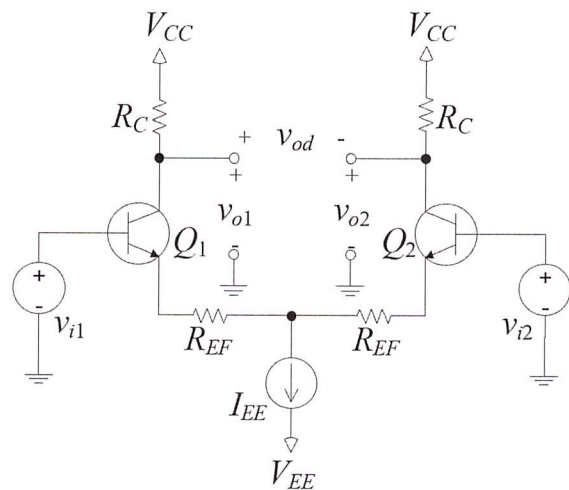
- a) Piirrä asymptoottinen Bode-diagrammi ja määritä vaihe- ja vahvistusvarat, kun $T_0 = 10^6$. Onko vahvistin stabiili?
- b) Selosta kaksi menetelmää, joilla epästabiili vahvistin voidaan saada stabiiliksi. Käytä kumpaa tahansa menetelmää niin että a-kohdan vahvistimen vaihevaraksi saadaan $+45^\circ$.

2. Tarkastellaan kuvassa 1 näkyvää kytkentää, jossa $V_{CC} = +15V$, $V_{EE} = +15V$, $R_1 = 3,6k\Omega$ ja $R_2 = 4,7k\Omega$. Määritä kunkin transistorin kollektorivirta, kun transistorit ovat keskenään sovitettuja ja niiden suhteelliset pinta-alat ovat yhtä suuria. Oletetaan että $|V_{BE}| = 0,6V$, $V_A = \infty$ ja $\beta \gg 1$. Määritä myös jännitteen V_o arvo. (6p)

3. Piirrä kuvassa 2 esitetyn differentiaalivahvistimen piensignaalinmalli ja määritä sen avulla lausekkeet yhteismuotoiselle jännitevahvistukselle $A_{vcm} = v_{o1}/v_{icm}$ (oleta transistorit identtiksiksi) sekä eromuotoiselle jännitevahvistukselle $A_{vdb} = v_{od}/v_{id}$ (oleta, että $v_{i1} = -v_{i2}$). Kuinka suuri transistorien Q_1 ja Q_2 virtavahvistuksen tulee olla, jotta vahvistimen yhteismuotoisen signaalin vaimennussuhde olisi vähintään 120dB kun transistorien kantavirta toimintapisteessä on $26\mu A$ ja $R_{EF} = 3\Omega$? Oletetaan lisäksi, että biasvirtalähteen I_{EE} ulostuloresistanssi on $6M\Omega$. Miten yhteismuotoisen signaalin vaimennussuhde muuttuu, jos biasvirtalähteen ulostuloresistanssi kasvaa kohti ääretöntä? (6p)



Kuva 1



Kuva 2

$$Z_{in,Miller} = \frac{Z_f}{1 - A_v} \quad Z_{out,Miller} = \frac{A_v Z_f}{A_v - 1} \quad \alpha = \frac{i_C}{i_E} \quad e^{v_{be}(t)/V_T} \approx 1 + v_{be}(t)/V_T$$

$$\begin{cases} i_B > 0 \\ i_C = \beta i_B \\ v_{CE} > 0,2 \text{ V} \end{cases} \quad \begin{cases} i_B > 0 \\ \beta i_B > i_C > 0 \\ v_{CE} = 0,2 \text{ V} \end{cases} \quad \begin{cases} v_{BE} < 0,5 \text{ V} \\ v_{BC} < 0,5 \text{ V} \end{cases} \quad \begin{cases} I_2 \gg I_{BQ} \\ R_2 > 10R_E \end{cases}$$

$$r_\pi = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \quad V_T = \frac{kT}{q} \quad i_E = I_{ES} (e^{v_{BE}/V_T} - 1) \quad i_D = K v_{DS}^2 \quad \begin{cases} v_{GS} < V_{to} \\ i_D = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_{GS} \geq V_{to} \\ v_{GD} = v_{GS} - v_{DS} \geq V_{to} \\ i_D = K [2(v_{GS} - V_{to})v_{DS} - v_{DS}^2] (1 + \lambda v_{DS}) \end{cases} \quad \begin{cases} v_{GS} \geq V_{to} \\ v_{GD} = v_{GS} - v_{DS} \leq V_{to} \\ i_D = K (v_{GS} - V_{to})^2 (1 + \lambda v_{DS}) \end{cases}$$

$$I_{DSS} = K V_{to}^2 \quad \begin{cases} K = \left(\frac{W}{L}\right) \frac{KP}{2} \\ KP = \mu_n C_{ox} \end{cases} \quad \lambda \cong \frac{0,1}{L} \text{ V}^{-1} \quad \lambda = \frac{1}{V_A}$$

$$r_o \cong \frac{V_A}{I} \quad g_m = 2 \frac{\sqrt{I_{DSS} I_{DQ}}}{|V_{to}|} = 2 \sqrt{K I_{DQ}} = \sqrt{2KP} \sqrt{W/L} \sqrt{I_{DQ}} = \sqrt{2\mu_n C_{ox}} \sqrt{W/L} \sqrt{I_{DQ}}$$

$$g_m = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}} \right|_{Q\text{-piste}} \quad \frac{1}{r_d} = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{DS}} \right|_{Q\text{-piste}} \quad g_m v_\pi = \beta i_B \quad GB = |A_v| f_H$$

$$R_2 \cong \frac{V_T}{I_{C2}} \ln \left(\frac{I_{C1}}{I_{C2}} \right) \quad I_2 = \frac{A_2}{A_1} I_1 \quad I_2 = \frac{W_2/L_2}{W_1/L_1} I_1 \quad CMRR_s = \frac{A_{vds}}{A_{vcm}}$$

$$i_{C1} = \frac{\alpha I_{EE}}{1 + e^{-v_{id}/V_T}} \quad i_{C2} = \frac{\alpha I_{EE}}{1 + e^{v_{id}/V_T}} \quad v_{od} = \alpha I_{EE} R_C \tanh \left(-\frac{v_{id}}{2V_T} \right) \quad CMRR_b = \frac{A_{vdb}}{A_{vcm}}$$

$$I_{D1} = \frac{I}{2} + \frac{I}{2} \left(\frac{v_{id}}{V_{GSQ} - V_{to}} \right) \sqrt{1 - \frac{1}{4} \left(\frac{v_{id}}{V_{GSQ} - V_{to}} \right)^2} \quad I_{D2} = \frac{I}{2} - \frac{I}{2} \left(\frac{v_{id}}{V_{GSQ} - V_{to}} \right) \sqrt{1 - \frac{1}{4} \left(\frac{v_{id}}{V_{GSQ} - V_{to}} \right)^2}$$

$$PM = \angle T(j\omega_{PM}) + 180^\circ \quad GM = 0 \text{ dB} - 20 \log(T(j\omega_{GM})) \quad s = -\sigma \pm j\omega$$

$$\omega_n = \sqrt{\sigma^2 + \omega^2} \quad \delta = \sigma / \omega_n$$