

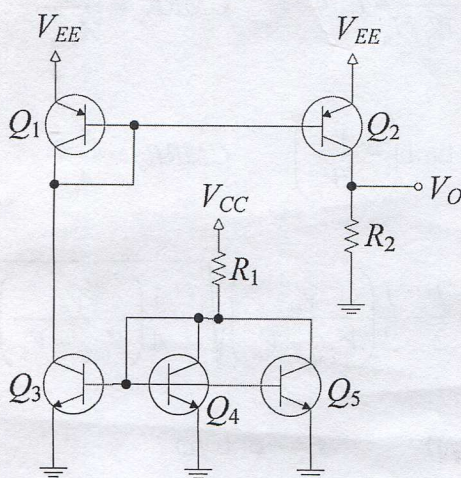


ELT-21050 Transistorivahvistimet

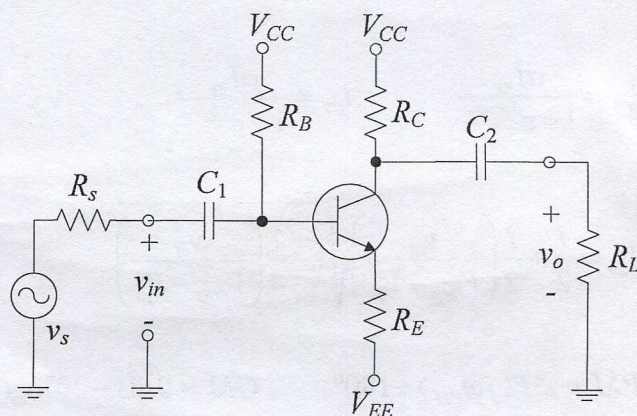
Tentti 10.12.2014 / Jouko Heikkinen

Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta

- Selvitä **lyhyesti** seuraavat käsitteet ja niiden **merkitys** elektroniikassa. (6p)
 - Cascode-kytkentä
 - Hallitseva napa
 - Gain-bandwidth product, GB
 - Virtatakaisinkytkentä
 - Hybrid- π -malli
 - Emitteriseuraaja
- Mitä etuja ja haittoja on positiivisella ja negatiivisella takaisinkytkennällä? Miten negatiivisesti takaisinkytketyn vahvistimen silmukkavahvistus tulee mitoitaa, jotta suljetun silmukan vahvistus saataisiin pysymään lähes vakiona? Miten takaisinkytkennällä voidaan vaikuttaa vahvistimen kohinaominaisuuksiin? Perustele vastauksesi lohkokaaavioesityksen avulla. (6p)
- Selosta differentiaalivahvistimen keskeiset ominaisuudet ja kerro esimerkki tyypillisestä käyttökohteesta. Mitkä eri tekijät vaikuttavat differentiaalivahvistimen "hyvyyteen"? (6p)
- Tarkastellaan kuvassa 1 näkyvää kytkentää, jossa $V_{CC} = +15\text{ V}$, $V_{EE} = +15\text{ V}$, $R_1 = 3,6\text{ k}\Omega$ ja $R_2 = 4,7\text{ k}\Omega$. Määritä kunkin transistorin kollektorivirta kun transistorit ovat keskenään sovittuja ja niiden suhteelliset pinta-alat ovat yhtä suuria. Oletetaan että $|V_{BE}| = 0,6\text{ V}$, $V_A = \infty$ ja $\beta \gg 1$. Määritä myös jännitteen V_o arvo. (6p)
- Piirrä kuvassa 2 näkyvän piirin piensignaalinmalli keskitaajuusalueella. Määritä vastuksen R_C arvo niin että $I_{BQ} = 100\mu\text{A}$ ja $V_{CEQ} = 7,8\text{ V}$ kun $V_{BEQ} = 0,7\text{ V}$, $\beta = 100$, $V_{CC} = 15\text{ V}$, $V_{EE} = -15\text{ V}$, $R_s = 10\text{ k}\Omega$, $R_b = 270\text{ k}\Omega$, $R_E = 200\Omega$ ja $R_L = 2\text{ k}\Omega$. Johda lausekkeet jännitevahvistukselle $A_v = v_o/v_{in}$ ja sisäänmeno-resistanssille mm. parametrien r_x ja β avulla ilmaistuna ja laske niiden arvo. Onko kyseessä invertoiva vai ei-invertoiva vahvistinkytkentä? Kirjoita lauseke ulostulojännitteelle $v_o(t)$ kun keskitaajuusalueella sijaitseva $v_s(t) = \sin(\omega t)\text{ V}$. (6p)



Kuva 1



Kuva 2



ELT-21050 Transistorivahvistimet
Tentti 10.12.2014 / Jouko Heikkinen
Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\omega_n = \sqrt{\sigma^2 + \omega^2} \quad \delta = \sigma / \omega_n \quad \eta = \frac{P_o}{P_s} \cdot 100\%$$