ELT-21050 Transistorivahvistimet
Tentti 15.12.2016 / Jouko Heikkinen
Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta. Tätä paperia ei tarvitse palauttaa.
Muistathan antaa palautetta Kaiku-järjestelmän kautta saadaksesi opintosuorituksen.

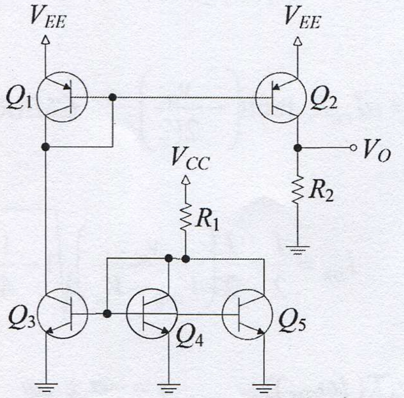
1. Selvitä **lyhyesti** seuraavat käsitteet ja niiden **merkitys** elektroniikassa. (6p)
   a) Siirtokonduktanssivahvistin
   b) Miller-kapasitanssi
   c) Terminen jännite V_T
   d) Saturaatioalue (BJT & FET)
   e) FET jänniteohjattuna resistanssina
   f) Virtatakaisinkytkentä

2. Piirrä lohkokaavio takaisinkytketystä vahvistimesta ja merkitse siihen oleelliset signaalit. Johda lohkokaavion avulla suljetun silmukan vahvistuksen lauseke ja tarkastele lausekkeen avulla suljetun silmukan vahvistuksen muutosherkkyyttä (herkkyyttä vahvistimen avoimen silmukan vahvistuksen muutoksille) kun kyseessä on
   a) positiivinen takaisinkytkentä
   b) negatiivinen takaisinkytkentä (6p)

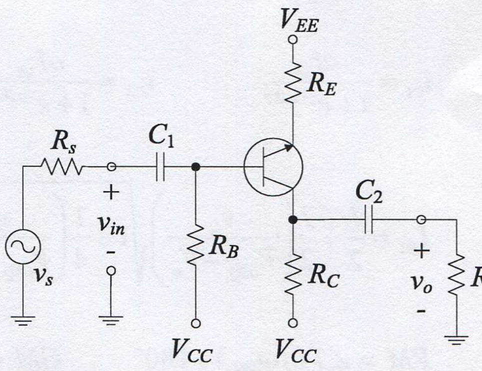
3. Miten transistorien käyttäytyminen muuttuu toimintataajuuden kasvaessa? Mitä rajoituksia taajuuden kasvattaminen aiheuttaa transistorivahvistimien toimintaan? Miten suurtaajuuskäyttäytyminen voidaan ottaa transistorikytkentöjen suunnittelussa huomioon? Anna esimerkki vahvistinkytkennästä, jossa epäedulliset suurtaajuusvaikutukset on pyritty minimoimaan. (6p)

4. Tarkastellaan kuvassa 1 näkyvää kytkentää, jossa $V_{CC} = +15\,\text{V}$, $V_{EE} = +15\,\text{V}$, $R_1 = 7{,}15\,\text{k}\Omega$ ja $R_2 = 7{,}5\,\text{k}\Omega$. Määritä kunkin transistorin kollektorivirta, kun transistorit ovat keskenään sovitettuja ja niiden suhteelliset pinta-alat ovat yhtä suuria. Oletetaan että $|V_{BE}| = 0{,}7\,\text{V}$, $V_A = \infty$ ja $\beta >> 1$. Määritä myös jännitteen V_o arvo. (6p)

5. Piirrä kuvassa 2 näkyvän piirin piensignaalimalli keskitaajuusalueella. Määritä vastuksen R_C arvo niin että $I_{BQ} = 80\,\mu\text{A}$ ja $V_{CEQ} = 7{,}8\,\text{V}$ kun $V_{BEQ} = 0{,}6\,\text{V}$, $\beta = 150$, $V_{CC} = 12\,\text{V}$, $V_{EE} = -12\,\text{V}$ $R_s = 1\,\text{k}\Omega$, $R_B = 270\,\text{k}\Omega$, $R_E = 150\,\Omega$ ja $R_L = 10\,\text{k}\Omega$. Johda lausekkeet jännitevahvistukselle $A_v = v_o/v_{in}$ ja sisäänmenoresistanssille mm. parametrien r_π ja β avulla ilmaistuna ja laske niiden arvo. Onko kyseessä invertoiva vai ei-invertoiva vahvistin? Kirjoita ulostulojännitteen $v_o(t)$ lauseke kun keskitaajuusalueella sijaitseva $v_s(t) = 500\sin(\omega t)\,\text{mV}$. (6p)



Kuva 1



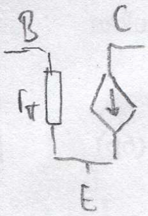
Kuva 2

Käännä

ELT-21050 Transistorivahvistimet
Tentti 15.12.2016 / Jouko Heikkinen
Tentissä saa käyttää omaa ohjelmoitavaa laskinta. Tätä paperia ei tarvitse palauttaa.
Muistathan antaa palautetta Kaiku-järjestelmän kautta saadaksesi opintosuorituksen.

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

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



$$r_\pi = \frac{\beta V_T}{I_{CQ}} \qquad V_T = \frac{kT}{q} = 0{,}0258 \qquad i_E = I_{ES}\left(e^{v_{BE}/V_T} - 1\right) \qquad i_D = K v_{DS}^2 \qquad \begin{cases} v_{GS} < V_{to} \\ i_D = 0 \end{cases}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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