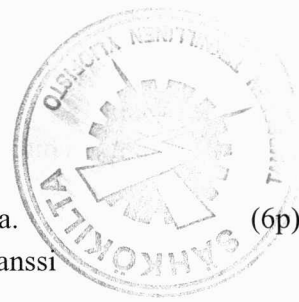




ELE-2100 Puolijohdekomponenttien sovellukset
Tentti 15.02.2010 / Jouko Heikkinen
Tenttijän oman ohjelmoitavan laskimen käyttö sallittu



1. Selvitä **lyhyesti** seuraavat käsitteet ja niiden **merkitys** elektroniikassa. (6p)

- a) Miller-kapasitanssi
- b) Saturaatioalue (BJT & FET)
- c) Cascode-kytkentä
- d) Terminen resistanssi
- e) Hallitseva napa
- f) Emitteriseuraaja

4

2. Piirrä lohkokaavio takaisinkytketystä vahvistimesta (negatiivinen takaisinkytkentä) ja merkitse siihen oleelliset signaalit. Johda lohkokaavion avulla suljetun silmukan vahvistuksen lauseke. Mihin muotoon johtamasi lauseke saadaan, kun silmukavahvistus on hyvin suuri? Mitä etua tästä saavutetaan? (6p)

5

3. Osoita, että kuvan 1 kytkennässä virta I_O on riippumaton jännitteestä V_{BE} (johda virran I_O lauseke) ja laske virran suurus kun $R_1 = 3\text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 12\text{ V}$ ja $V_O = 10\text{ V}$. Transistorit ovat identtisiä (kaikilla sama V_{BE}) ja niiden $\beta \gg 1$. Minkä tyyppinen kytkentä on kyseessä? (6p)

2

4. Virtapeili.

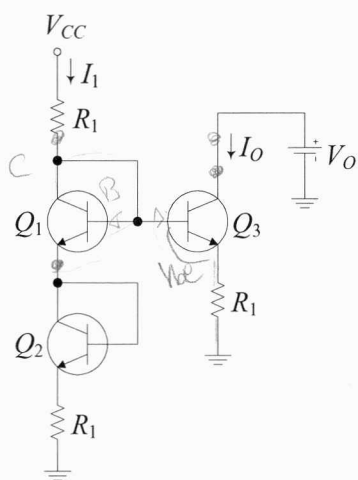
- a) Selosta virtapeilin rakenne ja toimintaperiaate. Mihin ja miksi sitä käytetään?
- b) Suunnittele bipolaaritransistoreja sekä +12V ja -12V käyttöjännitelähteitä käyttäen samaa referenssivirtaa hyödyntävät 1 mA virtalähde ja 5 mA virtanielu. Kaikki transistorit oletetaan identtisiksi (pinta-alojen suhde saa vaihdella välillä 1-5) ja niiden $|V_{BE}| = 0,6\text{ V}$. (6p)

2

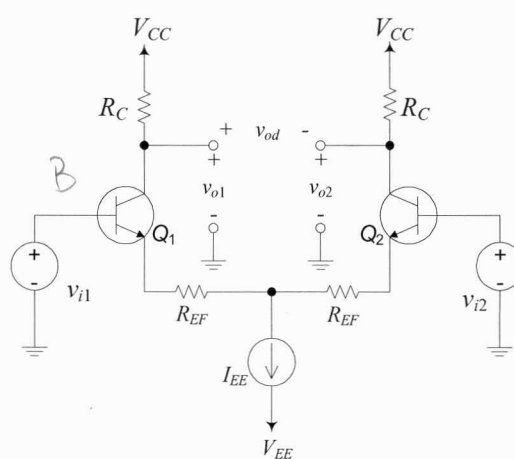
5. Piirrä kuvassa 2 esitetyn differentiaalivahvistimen piensignaalinmalli ja määritä sen avulla lausekkeet yhteismuotoiselle jännitevahvistukselle $A_{vcm} = v_{o1}/v_{icm}$ (oleta transistorit identtisiksi) sekä eromuotoiselle jännitevahvistukselle $A_{vdb} = v_{od}/v_{id}$ (oleta, että $v_{i1} = -v_{i2}$). Kuinka suuriksi vastukset R_{EF} voi mitoittaa, jotta vahvistimen yhteismuotoisen signaalin vaimennussuhde olisi vähintään 120 dB, olettaen että transistorien Q_1 ja Q_2 virtavahvistus on 200 ja kollektorivirta toimintapisteessä on 2,6 mA? Oletetaan lisäksi, että biasvirtalähteen I_{EE} ulostulompedanssi on $6\text{ M}\Omega$? (6p)

3

kotelo
tai

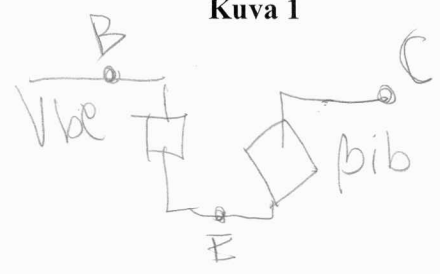


Kuva 1



Kuva 2

Käännä



ELE-2100 Puolijohdekomponenttien sovellukset

Tentti 26.01.2009

Laskimen käyttö sallittu



1. Selvitä **lyhyesti** seuraavat käsitteet ja niiden **merkitys** elektroniikassa. (6p)

- a) Hybrid- π -malli
- b) Terminen resistanssi
- c) Gain-bandwidth product, GB
- d) SOA
- e) FET jänniteohjattuna resistanssina
- f) Emitteriseuraaja

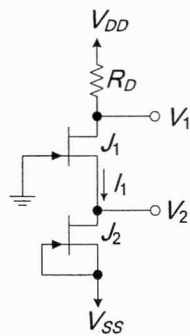
2. Differentiaalivahvistimen ominaisuudet ja sovellukset. Mitkä eri tekijät vaikuttavat differentiaalivahvistimen ”hyvyyteen”?

3. Vahvistimen silmukavahvistus on $T(s) = \frac{K\left(1 + \frac{s}{10^3}\right)}{\left(1 + \frac{s}{10^4}\right)\left(1 + \frac{s}{10^6}\right)\left(1 + \frac{s}{10^7}\right)\left(1 + \frac{s}{10^9}\right)}$ (6p)

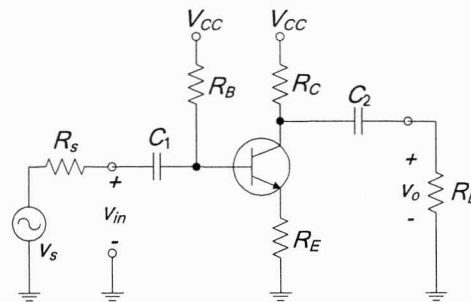
- a) Piirrä asymptoottinen Bode-diagrammi ja määritä vaihe- ja vahvistusvarat, kun $K = 10^5$. Onko vahvistin stabiili?
- b) Selosta kaksi tapaa, joilla epästabiili vahvistin voidaan saada stabiiliksi. Käytä jompaa kumpaa selostamaasi tapaa niin että a-kohdan vahvistimen vaihevaraksi saadaan $+22,5^\circ$.

4. Laske kuvan 1 kytkennälle jännitteiden V_1 ja V_2 sekä virran I_1 arvo, kun $V_{DD} = +15V$, $V_{SS} = -15V$ ja $R_D = 1k\Omega$. Molempien transistorien $|V_{th}| = 3V$ ja $I_{DSS} = 6mA$. (6p)

5. Piirrä kuvassa 2 näkyvän piirin piensignaalin malli keskitaajuusalueella. Johda lausekkeet jännitevahvistukselle ja sisäänmeno-resistanssille parametrien r_π ja β avulla ilmaistuna. Laske niiden arvo kun $R_E = 100\Omega$, $R_C = 1k\Omega$, $R_B = 270k\Omega$, $R_L = 1k\Omega$, $V_{CC} = 15V$, $\beta = 100$, $V_{BEQ} = 0,7V$ ja $I_{BQ} = 51,1\mu A$. Onko kyseessä invertoiva vai ei-invertoiva vahvistinkytkentä? (6p)



Kuva 1

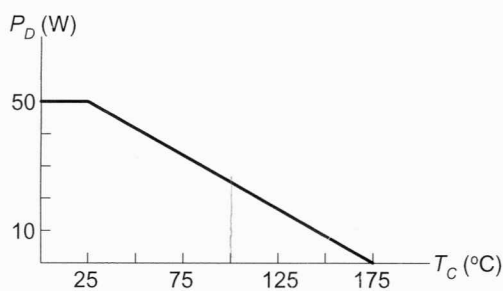


Kuva 2

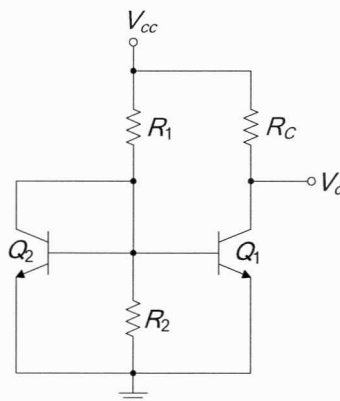


$$\frac{V_o}{I_C}$$

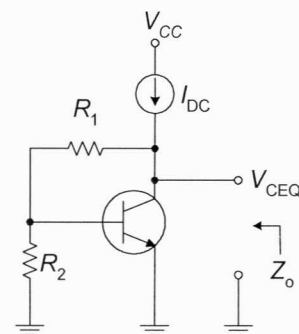
- Selvitä **lyhyesti** seuraavat käsitteet ja niiden **merkitys** elektroniikassa. (6p)
 - Piensaigaalimalli
 - Positiivinen takaisinkytkentä
 - Differentiaalipari
 - Gain-bandwidth product, GB
 - Saturaatioalue (BJT & FET)
 - Ylimenosäro
- Käytät suunnittelemassasi kytkennässä transistoria, jolle valmistaja on määrittänyt kuvassa 1 näkyvän käyrän (sallittu tehohäviö kotelon lämpötilan funktiona, power derating curve). Kotelon ja jäähdytyslevyn välinen terminen resistanssi on $1,75 \text{ }^\circ\text{C/W}$. Kuinka suuri saisi jäähdytyslevyn ja ympäristön välinen terminen resistanssi olla, jotta transistorin kestämisen varmistamiseksi sen kotelo saataisiin pidettyä lämpötilassa $100 \text{ }^\circ\text{C}$ tehohäviön ollessa 20 W . Ympäristön lämpötila on $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Laske myös liitoksen lämpötila näissä olosuhteissa. (6p)
- 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)
- Kuvan 2 kytkennässä identtisten transistorien Q_1 ja Q_2 virtavahvistus on 200 . Mitoita R_1 niin, että transistorin Q_2 kollektorivirta on $0,5 \text{ mA}$, kun $V_{CC} = +15 \text{ V}$, $R_2 = 2,8 \text{ k}\Omega$ ja $V_{BE1} = V_{BE2} = 0,6 \text{ V}$. Mitoita R_C niin, että $V_o = 7,5 \text{ V}$. (6p)
- Laske kuvan 3 kytkennässä jännitteen V_{CEQ} arvo, kun $V_{CC} = +15 \text{ V}$, $I_{DC} = 2 \text{ mA}$, $R_1 = 4,4 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 600 \Omega$, $\beta = 100$ ja $V_{BEQ} = 0,6 \text{ V}$. Piirrä kytkennän piensaigaalimalli, määritä ulostuloimpedanssin Z_o lauseke parametrien β , r_π , R_1 ja R_2 avulla ilmaistuna ja laske lausekkeen arvo. (6p)



Kuva 1



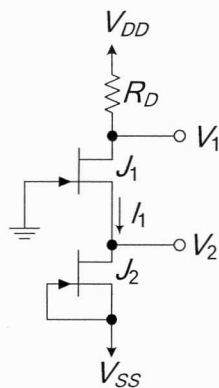
Kuva 2



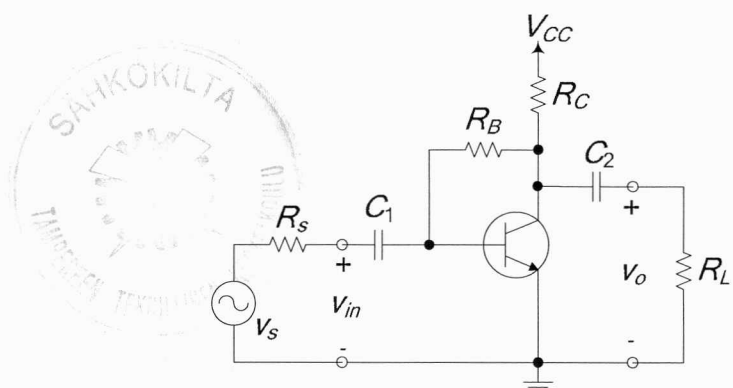
Kuva 3



1. Selvitä **lyhyesti** seuraavat käsitteet ja niiden **merkitys** elektroniikassa. (6p)
 - a) Virtapeili
 - b) Cascode-kytkentä
 - c) Terminen resistanssi
 - d) Saturaatioalue (BJT & FET)
 - e) Hallitseva napa
 - f) Emitteriseuraaja
2. Differentiaalivahvistimen ominaisuudet ja sovellukset. Mitkä eri tekijät vaikuttavat differentiaalivahvistimen "hyvyyteen"? (6p)
3. Piirrä lohkokaavio takaisinkytketystä vahvistimesta ja merkitse siihen oleelliset signaalit. Johda lohkokaavion avulla suljetun silmukan vahvistuksen lauseke ja tarkastele lausekkeen avulla suljetun silmukan vahvistuksen stabiilisuutta (herkkyyttä vahvistimen parametrien muutoksille) kun kyseessä on
 - a) positiivinen takaisinkytkentä
 - b) negatiivinen takaisinkytkentä(6p)
4. Laske kuvan 1 kytkennälle jännitteiden V_1 ja V_2 sekä virran I_1 arvo, kun $V_{DD} = +15\text{V}$, $V_{SS} = -15\text{V}$ ja $R_D = 1\text{k}\Omega$. Molempien transistorien $|V_{to}| = 2\text{V}$ ja $I_{DSS} = 8\text{mA}$. (6p)
5. Piirrä kuvan 2 kytkennälle keskitajuusalueen piensignaalin malli. Piirtämäsi piensignaalin mallia käyttäen johda kytkennän jännitevahvistuksen, sisäänmenoimpedanssin ja ulostuloimpedanssin lausekkeet. (6p)



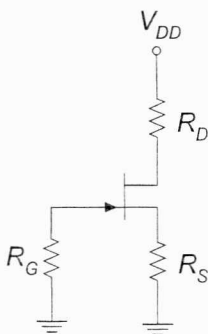
Kuva 1



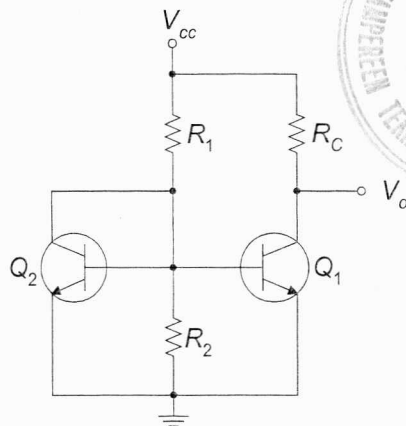
Kuva 2



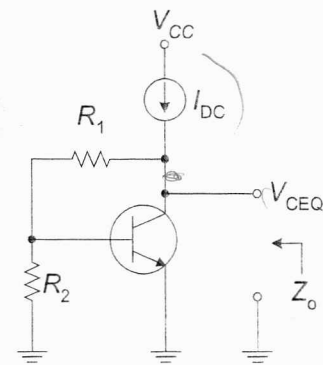
- Selvitä **lyhyesti** seuraavat käsitteet ja niiden **merkitys** elektroniikassa. (6p)
 - Emitteriseuraaja
 - Hybrid- π -malli
 - Lineaarinen alue (BJT & FET)
 - B-luokan vahvistin
 - Terminen resistanssi
 - Millerin teoreema
- Mitä tarkoitetaan systeemin stabiilisuudella? Milloin vahvistin on stabiili? Millä menetelmillä epästabiili vahvistin voidaan saada stabiiliksi? (6p)
- Kuvan 1 kytkennässä saturaatioalueella toimivan transistorin parametrit ovat: $V_{to} = -3\text{ V}$ ja $I_{DSS} = 18\text{ mA}$. Laske R_S kun $V_{DD} = +20\text{ V}$, $R_G = 100\text{ k}\Omega$ ja $I_{DQ} = 4\text{ mA}$. Oleta toimintapisteen olevan saturaatioalueella. Mikä on vastuksen R_D suurin arvo, kun toimintapisteen täytyy pysyä saturaatioalueella? (6p)
- Kuvan 2 kytkennässä identtisten transistorien Q_1 ja Q_2 virtavahvistus on 250. Mitoita R_1 niin, että transistorin Q_2 kollektorivirta on $0,5\text{ mA}$, kun $V_{CC} = +10\text{ V}$, $R_2 = 2,4\text{ k}\Omega$ ja $V_{BE1} = V_{BE2} = 0,6\text{ V}$. Mitoita R_C niin, että $V_o = 5\text{ V}$. (6p)
- Laske kuvan 3 kytkennässä jännitteen V_{CEQ} arvo, kun $V_{CC} = +10\text{ V}$, $I_{DC} = 4\text{ mA}$, $R_1 = 4,4\text{ k}\Omega$, $R_2 = 600\Omega$, $\beta = 100$ ja $V_{BEQ} = 0,6\text{ V}$. Piirrä kytkennän piensignaalin malli, määritä ulostuloimpedanssin Z_o lauseke parametrien β , r_π , R_1 ja R_2 avulla ilmaistuna ja laske lausekkeen arvo. (6p)



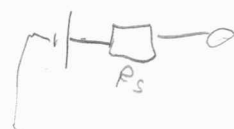
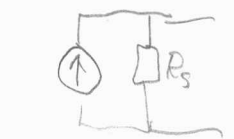
Kuva 1



Kuva 2

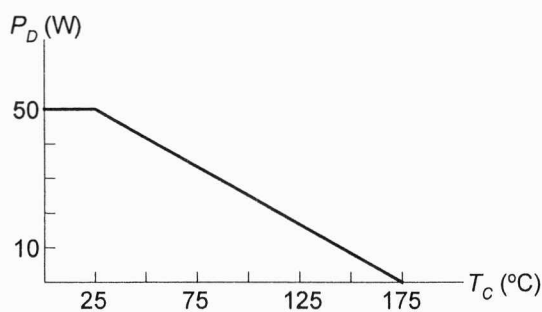


Kuva 3

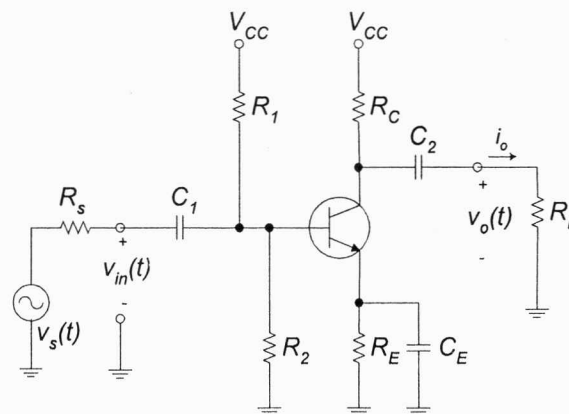




- Selvitä **lyhyesti** seuraavat käsitteet ja niiden **merkitys** elektroniikassa.
 - Ylimenosäro
 - Cascode-kytkentä
 - CMRR
 - Positiivinen takaisinkytkentä
 - Saturaatioalue (BJT & FET)
 - Millerin teoreema
- Takaisinkytkentätyypit ja niiden ominaisuudet (vaikutus vahvistimen sisäänmeno-impedanssiin, ulostuloimpedanssiin ja vahvistukseen).
- Virtapeili.
 - Selosta virtapeilin rakenne ja toimintaperiaate. Mihin ja miksi sitä käytetään?
 - Suunnittele bipolaaritransistoreja käyttäen samaa referenssivirtaa hyödyntävät 1 mA virtalähde ja 5 mA virtanielu, kun käyttöjännitteinä ovat +15V ja -15V. Transistorit oletetaan identtisiksi (pinta-alojen suhde saa vaihdella välillä 1-5) ja niiden $|V_{BE}| = 0.6\text{ V}$ ja $\beta \gg 1$.
- Käytät suunnittelemassasi kytkennässä transistoria, jolle valmistaja on määrittänyt kuvassa 1 näkyvän käyrän (sallittu tehohäviö kotelon lämpötilan funktiona, power derating curve). Kotelon ja jäähdytyslevyn välinen terminen resistanssi on $1^\circ\text{C}/\text{W}$ ja jäähdytyslevyn ja ympäristön välinen terminen resistanssi on $4^\circ\text{C}/\text{W}$. Ympäristön lämpötilan ollessa 25°C mittaat jäähdytyslevyn lämpötilaksi 105°C . Laske transistorin tehohäviö, kotelon lämpötila ja liitoksen lämpötila. Kestääkö transistori näissä olosuhteissa? Perustelee vastauksesi.
- Kuvan 2 kytkennässä $V_{CC} = +15\text{ V}$, $R_s = 500\ \Omega$, $R_1 = 10\text{ k}\Omega$, $R_2 = 5\text{ k}\Omega$, $R_E = 1.2\text{ k}\Omega$ ja $R_L = 2.4\text{ k}\Omega$. Transistorin $\beta = 100$ ja $V_{BE} = 0.7\text{ V}$.
 - Määritä toimintapisteen virta I_{CQ} ja vastuksen R_C arvo kun $V_{CEQ} = 6.67\text{ V}$.
 - Piirrä piensignaalinmalli keskitaajuusalueella. Mikä kytkentä on kyseessä? Johda lausekkeet jännitevahvistukselle ($A_v = v_o/v_{in}$), sisäänmenoimpedanssille ($Z_{in} = v_{in}/i_{in}$) ja ulostuloimpedanssille ($Z_o = v_o/i_o$) ja laske niiden arvo.
 - Kirjoita ulostulon $v_o(t)$ lauseke kun $v_s(t) = 10\sin(2000\pi t)\text{ mV}$. Oletetaan, että signaalin taajuus on vahvistimen keskitaajuusalueella.



Kuva 1



Kuva 2