S-87.1010 Elektroniikka I, Tentti 10.01.2013 / Marko Kosunen

Kirjoita nimesi ja opiskelijanumerosi jokaiseen paperiin (myös mahdollisiin liitteisiin). Kaikki laskimet sallittuja. Ei apukirjallisuutta.

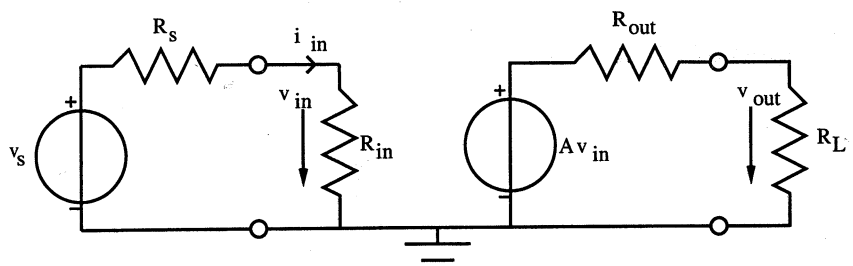
HUOM: Tehtävistä voi saada pisteitä, vaikka laskujen numeroarvot olisivat vastauksessa väärin. Arvostelun painopiste on symbolisessa laskemisessa, ts. sen osoittamisessa, että on ymmärtänyt mitä on laskemassa.

Tentti: tehtävät 1-4. Ensimmäinen välikoe: tehtävät 1, 2, 5 ja 6. Toinen välikoe: tehtävät 3, 4, 7 ja 8. Kirjoita vastauspaperiin minkä kokeen teet.

1. a) Muunna kuvan 1 jännitevahvistinkytkentä vastaavaksi siirtokonduktanssivahvistinkytkennäksi. Mikä on vahvistimen oikosulkusiirtokonduktanssi G_{ms}, kun jännitevahvistus $A = 10$, $R_{in} = 1k\Omega$, $R_{out} = 100\Omega$, $R_s = 50\Omega$ ja $R_L = 100\Omega$.

b) Laske piirin tehovahvistus, siirtotehovahvistus ja yltötehovahvistus. Ilmoita tulos myös desibeleinä. Onko kuorma R_L sovitettu?

c) Jos kaksi a-kohdan vahvistinta kytketään peräkkäin, mikä on ketjun yltötehovahvistus desibeleinä?



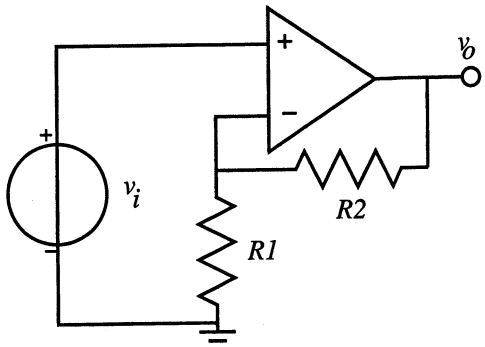
Kuva 1:

2. a) Mitoita kuvan 2 operaatiovahvistinkytkentä niin, että sen suljetun silmukan vahvistus $A_{CL} = v_o/v_i$ on 20dB, kun $R1 = 1k\Omega$ ja operaatiovahvistimen avoimen silmukan vahvistus A_o oletetaan äärettömäksi.

b) Johda kytkennän suljetun silmukan s-tason siirtofunktio $A_{CL}(s)$ lauseke, kun operaatiovahvistimen avoimen silmukan vahvistus ei ole ääretön, vaan likiarvona s-tasossa $A_o(s) = \omega_t/s$.

c) Mikä operaatiovahvistimen yksikkövahvistuksen taajuuden f_t pitää olla a)-kohdan kytkennässä, jotta suljetun silmukan vahvistuksen A_{CL} -3dB ylärajataajuus on 200kHz?

d) Piirrä $A_{CL}(s)$:n Boden diagrammi



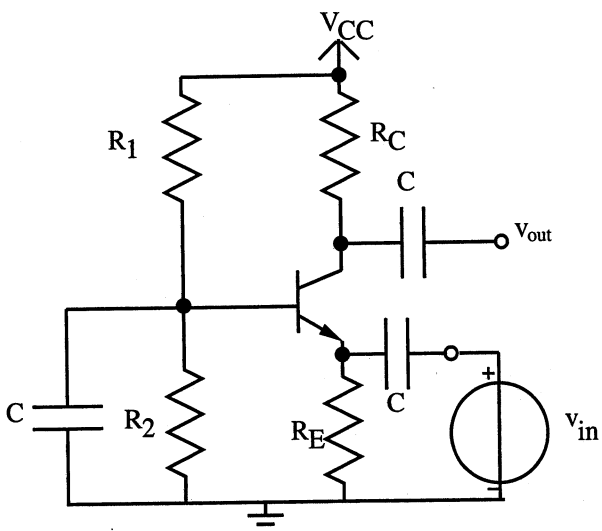
Kuva 2:

3. Kuvassa 3 on esitetty yksiasteinen transistorivahvistin. Transistorin $V_{BE} = 0.7V$ $V_T = 25mV$, $\beta = 100$. Kytkennässä $V_{CC} = 15V$, $R_1 = R_2 = 350k\Omega$, $R_C = R_E = 5k\Omega$. Kondensaattorit ovat suuria. Early-efektiä ei tarvitse ottaa huomioon.

a) Mikä kolmesta vahvistinkytkentätyypistä on kyseessä? Laske vahvistimen toimintapiste (V_{CE} ja I_C).

b) Piirrä vahvistimen piensignaalisijaiskytkentä, ja laske vahvistimen avoimen piirin jännitevahvistus A_{vo} ja oikosulkuvirtavahvistus A_{is}.

c) Laske vahvistimen tuloresistanssi R_{in} ja lähtöresistanssi R_{out}.

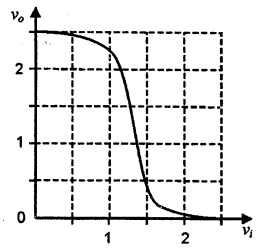


Kuva 3:

4. a) Kuvassa 4 on erään invertterin siirtokäyrä. Määrittele kuvasta logiikkatasot ja häiriömarginaalit. Nimellinen '0'-taso on 0V ja '1'-taso 2.5V.

b) Laske CMOS invertterin dynaaminen tehonkulutus, kun käyttöjännite $V_{DD} = 1.8V$, kuormakapasitanssi $C_L = 0.2pF$ ja tulosignaalin keskimääräinen taajuus on 100MHz.

c) Miten digitaalipiirin käyttöjännitteen laskeminen vaikuttaa häiriömarginaaleihin, etenemisviiveeseen ja tehonkulutukseen?

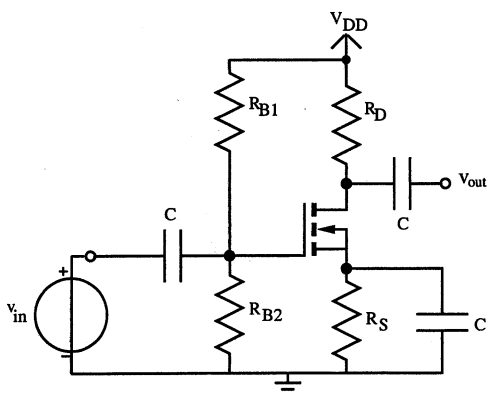


Kuva 4:

5. Kuvan 5 vahvistimessa $R_D = 5k\Omega$, $R_S = 1k\Omega$, $R_{B1} = 100k\Omega$, $R_{B2} = 25k\Omega$ ja $V_{DD} = 15V$. NMOS-transistorin $k'W/L = 2mA/V^2$ ja $V_t = 1V$. Saturaatioalueella pätee $I_D = k'\frac{W}{2L}(V_{GS} - V_t)^2(1 + \lambda V_{DS})$ Kanavanpituusmodulaatiota ei tarvitse ottaa huomioon. Kondensaattorit ovat signaalitaajuuteen nähden suuria.

a) Laske vahvistimen toimintapiste.

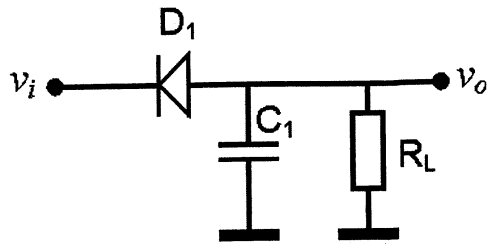
b) Mikä on vastuksen R_S tehtävä esijännityksessä? Perustele laskemalla nieluvirran I_D herkkyys kynnysjännitteen vaihtelulle. (Herkkyys: nieluvirran derivaatta)



Kuva 5:

6. a) Piirrä kuvan 6 piirin lähtöjännite aikatasossa, kun tulojännite $v_i(t) = (1 + 3 \cdot sin(2\pi 1kHz \cdot t))V$ ja kuormavastus R_L on ääretön. Jännite kondensaattorin yli alkutilassa on 0V. Voit olettaa, että diodi on ideaalinen (ei vastusta, ei sarjajännitelähdettä).

b) Hahmottele piirtämällä kuvan 6 piirin lähtöjännite, kun tulojännite $v_i(t) = (1 + 3 \cdot sin(2\pi 1kHz \cdot t))V$, kuormavastus $R_L = 100k\Omega$ ja $C_1 = 1\mu F$ ja diodin myötäsuuntainen jännite on 0,7V. Ota lähdön painuma huomioon. (Diodin vastusta ei edelleenkään oteta huomioon).

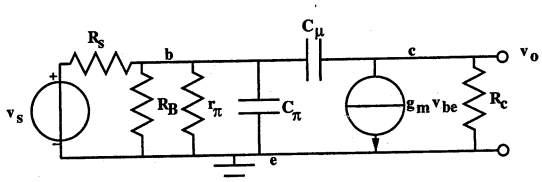


Kuva 6:

7. Kuvassa 7 on esitetty yhteisemitterikytketyn transistorivahvistimen piensignaalisijaiskytkentä. Transistorin $\beta = 100$ ja $V_T = 25mV$, ja kollektorivirta toimintapisteessä $I_c = 1mA$. Lisäksi $C_\pi = 30pF$, $C_\mu = 6pF$, $R_C = 5k\Omega$, $R_B = 10k\Omega$ ja $R_s = 50\Omega$.

a) Laske vahvistimen siirtofunktio v_o/v_s Millerin teoreeman avulla. Mitkä ovat napakulmataajuudet ω_{p0} ja ω_{p1}?

b) Laske piirin 3-dB ylärajataajus ω_H avoimen piirin aikavakioiden menetelmällä. Miksi ylärajataajuus ja a-kohdan hallitseva napa eroavat toisistaan melko paljon?



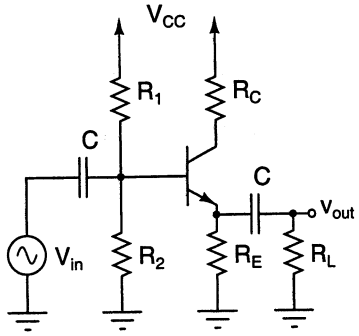
Kuva 7:

8. Kuvan 8 kytkennässä $V_{CC} = 9V$, $R_1 = 20k\Omega$, $R_2 = 10k\Omega$, $R_C = 2k\Omega$, $R_E = R_L = 1k\Omega$ ja $V_{BE} = 0.7V$. Kondensaattorit ovat suuria.

a) Laske kytkennän toimintapiste (V_{CE} ja I_C) kun virtavahvistuskerroin $\beta = \infty$, 100 ja 10.

b) Mikä on R_E:n tehtävä kytkennässä?

c) Bipolaaritransistorilla on kolme toimintatilaa. Mitkä? Jos transistoria halutaan käyttää vahvistimena, missä toimintatilassa sen tulee toimia?



Kuva 8: