

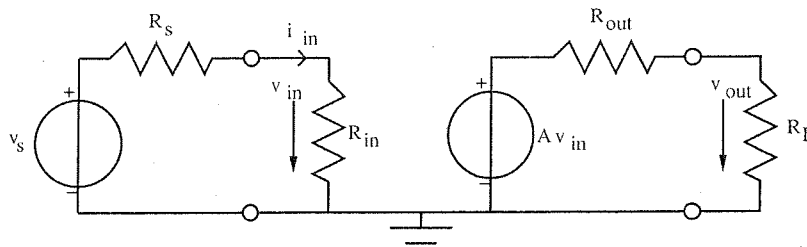
**S-87.1010 Elektronikka I, Tentti 12.01.2011 / Marko Kosunen**

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.

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 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:

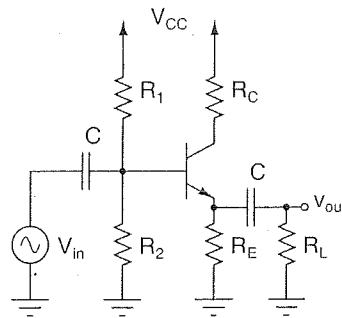
2. a) Hahmottele diodikytkentä, joka puolialtotasasuuntaa sinimuotoisen tulosignaalin ja hahmottele lähtöjännitteen käyrämuoto kun diodi on ideaalinen.
- b) Miten lähdön käyrämuoto muuttuu, jos diodilla on kynnyksjännite  $V_{BE} = 0.7V$ ?

3. Kuvan 2 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? Piirrä tyypillisen NPN-bipolaaritransistorin ominaiskäyrästä ja nimeä siihen eri toimintatilat.



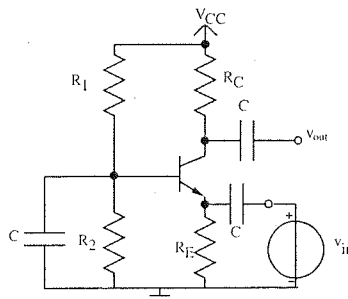
Kuva 2:

4. Kuvassa 3 on esitetty transistorivahvistin. Transistori on esijännitetty aktiivialueelle. Kondensaattorit  $C$  ovat paljon suurempia kuin transistorin  $C_\pi$  ja  $C_\mu$ .

a) Mikä kolmesta perusvahvistintyyppistä on kyseessä? Muodosta piensignaalisijaiskytkentä ja laske  $v_{out}/v_{in}$  päästökaistalla. Transistorin lähtövastus voidaan jättää huomiotta. Vihje: Kondensaattorit eivät vaikuta vahvistukseen päästökaistalla.

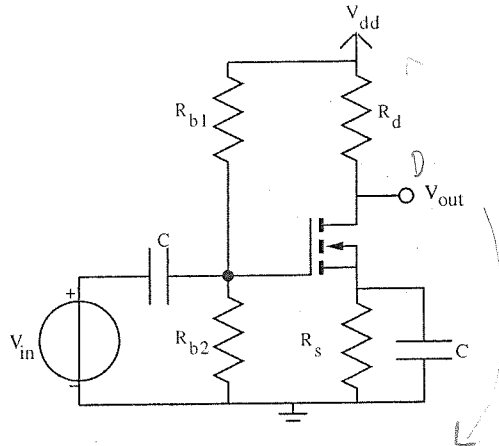
b) Signaalijännitelähteen sisäinen vastus on  $R_s$  ja piiriä kuormitetaan kuormavastuksella  $R_L$ . Laske kytkennän 3-dB ylärajataajuus  $\omega_H$  avoimen piirin aikavakioiden menetelmällä. Vihje: Mieti miten suuria kondensaattoreita  $C$  voidaan käsitellä ylärajataajuuden ympäristössä.

c) Lähteen sisäinen vastus on  $R_s$  ja piiriä kuormitetaan kuormavastuksella  $R_L$ . Laske piirin 3-dB alarajataajuus  $\omega_L$  oikosulkuajavakioiden menetelmällä. Vihje: mieti miten transistorin pieniä kondensaattoreita  $C_\pi$  ja  $C_\mu$  voidaan käsitellä alarajataajuuden ympäristössä.



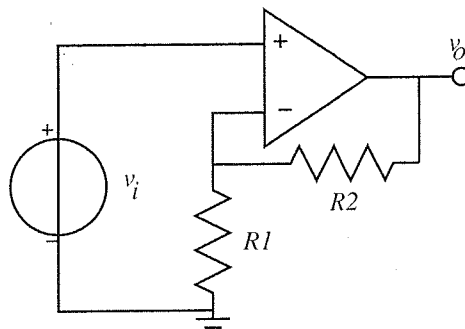
Kuva 3:

5. a) Mitoita kuvan 4 vahvistinkytkennän toimintapiste (vastukset  $R_{b1}$  ja  $R_{b2}$ ) siten, että  $I_D = 1\text{mA}$ , kun  $k'\frac{W}{L} = 1\text{mA}/V^2$ ,  $V_t = 1\text{V}$ ,  $R_s = 1\text{k}\Omega$  ja  $V_{dd} = 5\text{V}$ . Saturaatioalueella pätee  $I_D = k'\frac{W}{2L}(V_{GS} - V_t)^2(1 + \lambda V_{DS})$ . Kanavanpituusmodulaatiota ei tarvitse ottaa huomioon.
- b) Kuinka suuri voi vastus  $R_d$  olla, jos halutaan että lähdössä voi olla amplitudiltaan 1V jännitesignaali ilman että vahvistin tippuu pois saturaatioalueelta.
- c) Piirrä CMOS invertterin piirikaavio ja selitä sen toiminta.



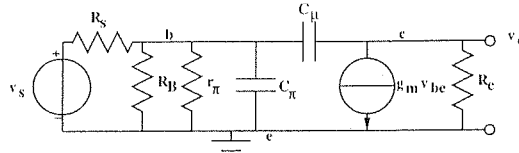
Kuva 4:

6. a) Mitoita kuvan 5 operaatiovahvistinkytkentä niin, että jännitevahvistus on 10 ja takaisinkytkentävastukseen  $R_2$  menevä virta on korkeintaan 1mA, kun lähdössä on 1V:n jännite. Oleta, että operaatiovahvistin on ideaalinen.
- b) Jos operaatiovahvistimen jännitevahvistus ei olekaan ääretön vaan 80dB, niin miten suuren virheen tämä aiheuttaa kytkennän jännitevahvistukseen a)-kohdan tapauksessa? Miten suuri virhe on, jos kytkennän jännitevahvistukseksi on a)-kohdan tapauksessa mitoitettu 200.



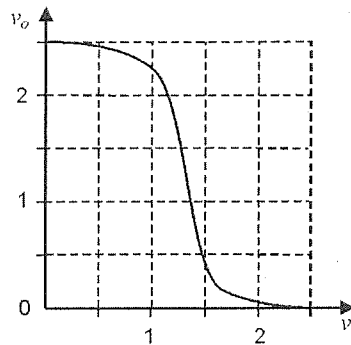
Kuva 5:

7. Kuvassa 6 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  $R_s = 50\Omega$ . Laske vahvistimen siirtofunktio  $v_o/v_s$  Millerin teoreeman avulla. Mitkä ovat napakulmataajuudet  $\omega_{p0}$  ja  $\omega_{p1}$ .



Kuva 6:

8. a) Kuvassa 7 on erään invertterin siirtokäyrä. Määrittele kuvasta logiikkatasot ja häiriömarginiaalit. 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 häiriömarginaleihin, etenemisviiveeseen ja tehonkulutukseen?



Kuva 7: