

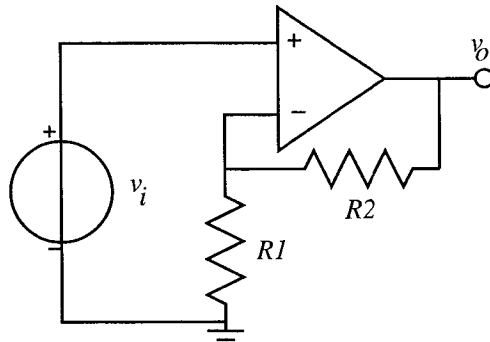
**S-87.1010 Elektroniikka I, Tentti 12.01.2009 / Marko Kosunen**

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

Tentti: tehtävät 1-4. Ensimmäinen välikoe: tehtävät 1,2,5 ja 6. Toinen välikoe: tehtävät 3,4,7 ja 8.

1. a) Mitoita kuvan 1 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.

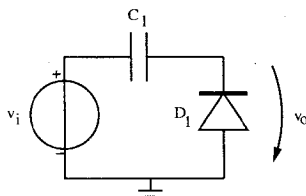
b) Jos operaatiovahvistimen jännitevahvistus ei olekaan ääretön vaan 80dB, niin miten suuren virheen tämä aiheuttaa kytkennän jännitevahvistukseen a)-kohdan tapauksessa? Miten suuri virhe on, jos kytkennän jännitevahvistukseksi on a)-kohdan tapauksessa mitoitettu 200.



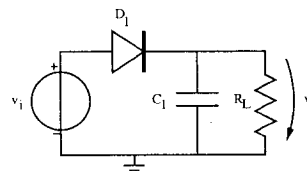
Kuva 1:

2. a) Piirrä kuvan 2 piirin lähtöjännite ajan funktiona, kun tulosignaali on  $v_i = 3V \cdot \sin(2\pi 1kHz \cdot t)$  ajalla  $t > 0$  ja  $v_i = 0$  ennen sitä. Voit olettaa, että diodi on ideaalinen (ei sarjavastusta, ei myötasuuntaista jännitettä. Kondensaattorin  $C_1$  alkujännite on nolla ).

b) Piirrä kuvan 3 piirin lähtöjännite ajan funktiona jatkuvassa tilassa (ei alkutransienttia), tulojännite on sama kuin a)-kohdassa, kuormavastus  $R_L = 50k\Omega$ ,  $C_1 = 2\mu F$  ja diodin  $D_1$  myötasuuntainen jännite on 0.7V. Diodin dynaaminen resistanssi oletetaan edelleen mitättömän pieneksi.



Kuva 2:



Kuva 3:

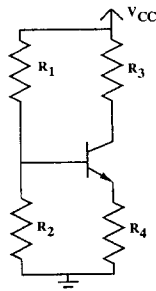
3. a) Vertaa yhteiskollektori- ja yhteisemitterikytkettyjä bipolaarivahvistinasteita lähtöimpedanssien, virta- ja jännitevahvistuksien suhteen.

b) Miten MOS-transistori käyttäytyy eri toimintatiloissa?

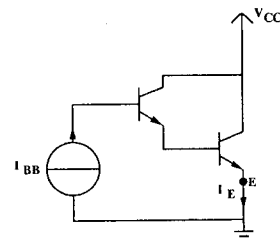
4. a) Laske kuvan 4 kytkennän transistorin toimintapiste, kun  $\beta = 100$ ,  $R_1 = 200k\Omega$ ,  $R_2 = 100k\Omega$ ,  $R_3 = R_4 = 10k\Omega$ ,  $V_{BE} = 0.7V$  ja  $V_{CC} = 15V$ .

b) Laske kuvan 5 virta  $I_E$ , kun  $\beta = 100$ ,  $V_{BE} = 0.7V$ ,  $V_{ce,sat} = 0.2V$ ,  $V_{CC} = 5V$  ja  $I_{BB} = 5\mu A$ . Laske myös kummankin transistorin toimintapiste. Voit olettaa transistorit identtisiksi.

c) Kytetään kuvan 5 pisteen E ja maan väliin vastus R. Kuinka suuri vastus R saa olla, kun halutaan, että molemmat transistorit ovat aktiivitilassa? Käytä b)-kohdan alkuarvoja.



Kuva 4:



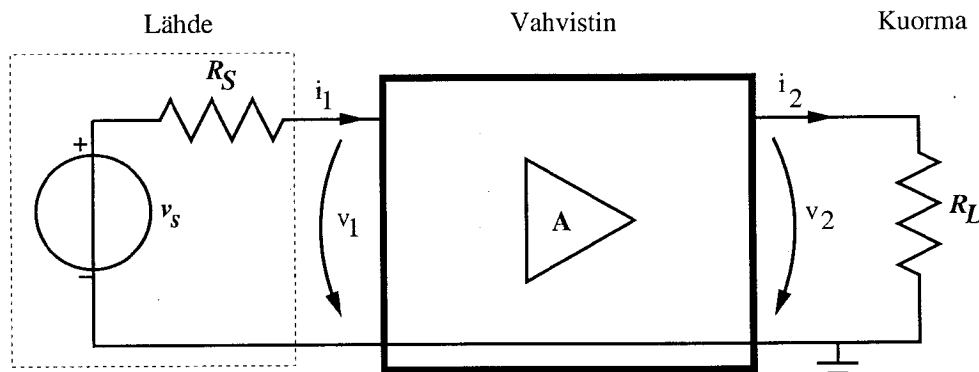
Kuva 5:

5. Vastaa lyhyesti:

- Miten operaatiovahvistin kytketään jännitteenseuraajaksi? Piirros riittää.
- Luettele neljä operaatiovahvistimen epäideaalisuutta.
- Miten diodin ominaiskäyrä ja dynaaminen resistanssi liittyvät toisiinsa?
- Miten zener-diodi poikkeaa tavanomaisesta diodista?
- Mitä tarkoitetaan transistorien biasoinnilla eli esijännityksellä?
- Hahmottele operaatiovahvistinkytkentä, jonka vahvistus  $\frac{v_{out}}{v_{in}} = +0.5$ .

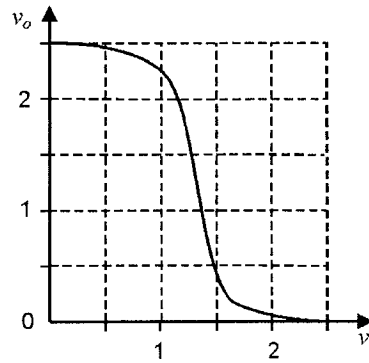
6. Kuvassa 6 on lineaariseen vahvistimeen kytketty lähde ( $v_s, R_s$ ) ja kuorma  $R_L$ .

- Määrittele kuvan jännitteiden ja virtojen avulla vahvistimen jännitevahvistus  $A_v$  ja virtavahvistus  $A_i$  sekä osoita, että tehovahvistus  $G$  on näiden tulo.
- Piirrä vahvistimen sijaiskytkentä, joka muodostuu kahdesta vastuksesta (tulo- ja lähtöimpedanssi) sekä jänniteohjatusta jännitelähteestä.
- Laske vahvistimen lähtöimpedanssin  $R_o$  suuruus, kun vahvistimen jännitevahvistus  $R_L = 4k\Omega$  kuormaan on  $A_v = 20 \cdot \lg\left(\frac{v_2}{v_1}\right) = 60dB$ . Vahvistimen jännitevahvistus  $A = 1250$ .
- Kuinka monta vahvistinta tarvitaan, että kuormaan saadaan vähintään 200mV jännite, kun  $v_s = 2mV$ ,  $A = 10$  ja  $R_s = R_i = R_o = 4 \cdot R_L$ ? Mikä on tällöin vahvistimien yhteenlaskettu jännite- ja tehovahvistus desibeleinä?



Kuva 6:

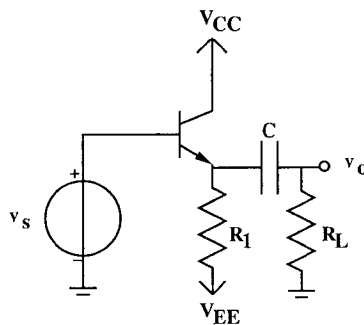
7. a) Kuvassa 7 on erään invertterin siirtokäyrä. Määrittele kuvasta logiikkatasot ja häiriö-  
marginaalit. Nimellinen '0'-taso on 0V ja '1'-taso 2.5V.
- b) Laske CMOS invertterin dynaaminen tehonkulutus, kun käyttöjännite  $V_{DD} = 1.8V$ , kuor-  
makapasitanssi  $C_L = 0.2pF$  ja tulosignaalin keskimääräinen taajuus on 100MHz.
- c) Mitä tarkoittaa logiikkaporttien fan-out? Mikä sen merkitys on CMOS-logiikassa?
- d) Miten digitaalipiirin käyttöjännitteen laskeminen vaikuttaa häiriömarginaleihin, etenemisvi-  
iveeseen ja tehonkulutukseen?



Kuva 7:

8. Kuvan 8 vahvistimen  $V_{CC} = 10V$ ,  $V_{EE} = -10V$ ,  $R_1 = 2\Omega$  ja  $R_L = 50\Omega$ . Transis-  
torin virtavahvistuskerroin  $\beta=100$  ja  $V_T = 25mV$ . Voit olettaa toimintapistettä laskiessasi,  
että transistorin  $V_{BE} = 0.7V$  (toimintapistettä laskiessa signaalijännitelähde on oikosuljettu ).  
Transistorin antoresistanssia ei oteta huomioon ja kondensaattori on signaalitaajuuteen nähden  
suuri.

- a) Laske transistorin toimintapiste,  $r_\pi$  (kanta-emitteri piensignaaliresistanssi) ja transkonduk-  
tanssi  $g_m$ .
- b) Muodosta vahvistimen piensignaalisijaiskytkentä.
- c) Laske jännitevahvistus  $v_o/v_s$  kuvassa 8 olevaan  $50\Omega$ :n kuormaan.



Kuva 8: