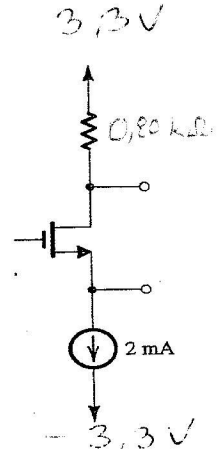


1a) Piihin on valmistusvaiheessa joutunut booriatomeja $5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ ja fosforiatomeja $2,5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$. Mikä on piin tyyppi ja kuinka suuri on piin resistiivisyys?

1b) Oheisen kytkennän transistorista tiedetään seuraavaa:
 kynnyksjännite on $V_{th} = 0,40 \text{ V}$, $k_n = 4,0 \text{ mA/V}^2$ ja $\lambda = 0$.
 Laske lähde ja nielu-jännitteet, kun hilajännite on $1,1 \text{ V}$.
 Perustele lyhyesti ollaanko saturaatioissa vai lineaarisella alueella.

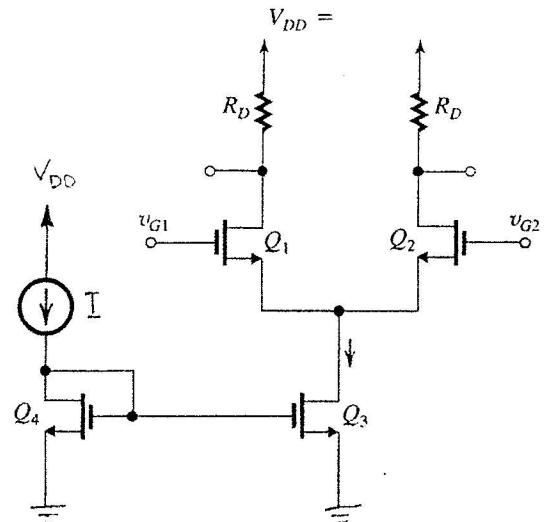


2) NMOS-tyyppiselle yhteislähdevahvistimesta (common-source) tiedetään seuraavaa: $g_m = 4,0 \text{ mA/V}$, $r_o = 4,0 \text{ k}\Omega$, $C_{gs} = 40 \text{ fF}$ ja $C_{gd} = 35 \text{ fF}$. Kuorma on kapasitiivinen $C_L = 30 \text{ fF}$, ja signaalilähteen sisäinen resistanssi on 350Ω .

- Piirrä kytkennän piensignaalin malli, jossa näkyy myös parasiittiset kapasitanssit. Lisäksi laske kytkennän DC-jännitevahvistus.
- Laske kapasitanssien aiheuttamat aikavakiot avoimen piirin aikavakio -menetelmällä. Kapasitanssien "näkemät" resistanssit on johdettava.
- Laske kytkennän 3 dB:n taajuus. Selitä lyhyesti, mitä tämä 3 dB:n taajuus tarkoittaa?

3) Viereisen kuvan differentiaaliparille tuodaan yhteismuotoinen jännite V_{CM} eli $V_{G1} = V_{G2}$. Transistorien Q_1 ja Q_2 leveys on $W = 5 \mu\text{m}$ ja pituus $L = 1 \mu\text{m}$ sekä transistoreille Q_3 ja Q_4 $W = 5 \mu\text{m}$ ja $L = 2 \mu\text{m}$. Lisäksi tiedetään, että $V_t = 0,5 \text{ V}$, $k'_n = 250 \mu\text{A/V}^2$, $I = 80 \mu\text{A}$, kuormavastukset $R = 20 \text{ k}\Omega$ ja käyttöjännite $V_{DD} = 3,3 \text{ V}$.

- Laske transistorien $Q_1 - Q_4$ tapauksessa V_{GS} ja V_{OV} , kun $V_{CM} = 1,6 \text{ V}$.
- Laske transistorien Q_1 ja Q_2 yhteisen lähdesolmupisteen jännite V ja lähtöjännitteet V_{D1} ja V_{D2} , kun $V_{CM} = 1,6 \text{ V}$.
- Laske vahvistimen yhteismuotoisen signaalin (V_{CM}) jännitealue, jolla kaikki transistorit ovat kyllästystilassa.



4a) Erillisellä paperilla on takaisinkytkemättömän vahvistimen vahvistus- ja vaihe-erokäyrät. Kun takaisinkytkentä toteutetaan arvolla $\beta = 0,0008$ ja takaisinkytketty vahvistin on stabiili, niin kuinka suuret ovat vahvistusvara ja vaihevara? Liitä erillinen paperi vastauspapereihisi.

4b) Vastaa jompaankumpaan näistä.

Piirrä kuva MOS-kapasitanssista ja selitä tyhjennysalueen muodostuminen
 Selitä tyhjennysalueen syntyminen pn-liitoksessa

Hyvää tenttimenestystä toivottaen