

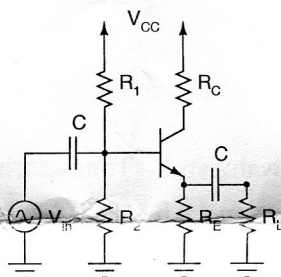
Kirjoita nimesi ja opiskelijanumerosi jokaiseen paperiin (myös mahdollisiin liitteisiin). Kaikki laskimet sallittuja. Ei apukirjallisuutta.

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.

TEHTÄVÄT 1 JA 2 ERI PAPERILLE KUIN TEHTÄVÄT 3 JA 4 VÄLIKOKEEN TARKASTAMISEN HELPOTTAMISEKSI.

1. Kuvan 1 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.

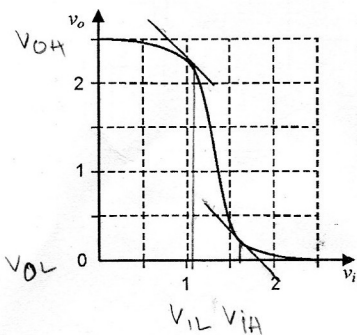
- a) Laske kytkennän toimintapiste (V_{CE} ja I_C) kun virtavahvistuskerroin $\beta = \infty$, 100 ja 10.
- b) Mikä on R_E :n tehtävä kytkennässä?
- c) Bipolaaritransistorilla on kolme toimintatilaa. Mitkä? Jos transistoria halutaan käyttää vahvistimena, missä toimintatilassa sen tulee toimia?



MOSI β SSSK
BJT:

Kuva 1:

- 2. a) Kuvassa 2 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?



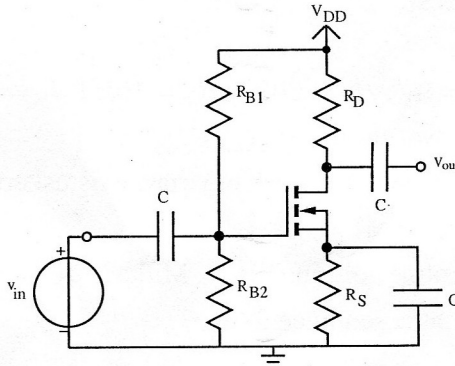
$$NML = V_{IL} - V_{OL} = \dots$$

$$NMH = V_{OH} - V_{IH} = \dots$$

Kuva 2:

3. Kuvan 3 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) Mikä kolmesta vahvistintyypistä on kyseessä? Laske vahvistimen toimintapiste.
 b) Piirrä vahvistimen piensignalisijaiskytkentä, ja laske vahvistimen avoimen piirin jännitevahvistus A_{vo} .

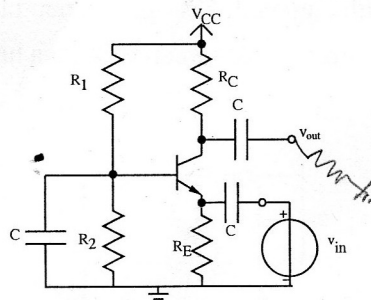


Kuva 3:

4. Kuvassa 4 on esitetty transistorivahvistin. Transistorin $\beta = 100$ ja $V_T = 25mV$, ja kollektorivirta toimintapisteessä $I_c = 1mA$. Lisäksi $C_\pi = 30pF$, $C_\mu = 6pF$, $R_C = 10k\Omega$, $R_E = 1k\Omega$ ja $R_1 \parallel R_2 = 10k\Omega$.

Kapasitanssit $C = 10\mu F$. Piiriä kuormitetaan vastuksella $R_L = 100k\Omega$

- a) Mikä kolmesta perusvahvistintyypistä on kyseessä? Muodosta piensignalisijaiskytkentä ja laske v_{out}/v_{in} . Transistorin lähtövastus voidaan jättää huomiotta.
 b) Laske kytkennän 3-dB ylärajataajuus ω_H avoimen piirin aikavakioiden menetelmällä.
 c) Laske piirin 3-dB alarajataajuus ω_L oikosulkuajavakioiden menetelmällä.



$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

$$r_o = \frac{\beta}{g_m} = \frac{\beta V_T}{I_C}$$

Kuva 4: