

## ELEC-C3230 Elektronikka 1, 2. välikoe 7.12.2022

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

Tavoite: Kerää tehtävistä 25 pistettä. Yli meneviä pisteitä ei hyvitetä.

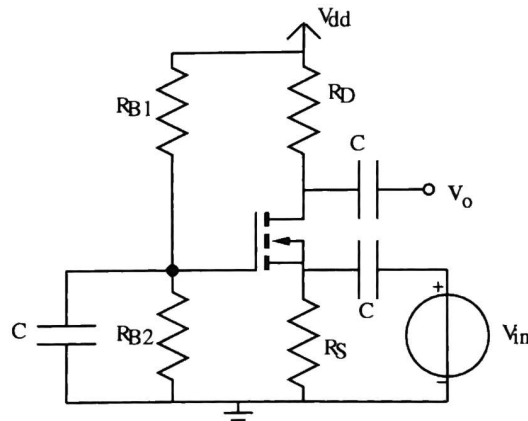
**HUOM:** Tehtävistä voi saada pisteitä, vaikka laskujen numeroarvot olisivat vastauksessa väärin. Arvostelun painopiste on symbolisessa laskemisessa, ts. sen osoittamisessa, että on ymmärtänyt mitä on laskemassa.

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

a) Mikä kolmesta vahvistinkytkentätyypistä on kyseessä? Mikä on vastuksen  $R_S$  tehtävä esijännityksessä? Laske vahvistimen toimintapiste. (5p)

b) Piirrä vahvistimen piensignalisijaiskytkentä ja laske vahvistimen avoimen piirin jännitevahvistus  $A_{vo}$ . (4p)

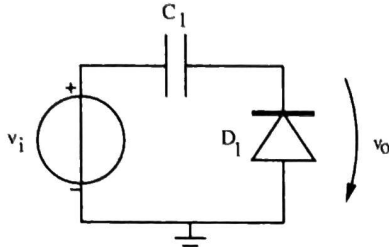
c) Laske vahvistimen tuloresistanssi  $R_{in}$  ja lähtöresistanssi  $R_{out}$ . (2p)



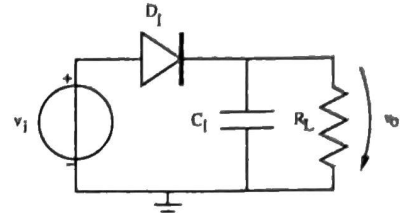
Kuva 1

2. a) Piirrä kuvan 2 piirin lähtöjännite ajan funktiona, kun tulosignaali on  $v_o = 3V \cdot \sin(2\pi \cdot 1\text{kHz} \cdot t)$  ajalla  $t > 0$  ja  $v_i = 0$  ennen sitä. Voit olettaa, että diodi on ideaalinen (ei sarjavastusta, ei myötäsuentaista jännitettä). Kondensattorin  $C_1$  alkujännite on nolla. (5p)

b) Piirrä kuvan 3 piirin lähtöjännite ajan funktiona. Tulojännite on sama kuin a)-kohdassa sekä kuormavastus  $R_L = 50\text{k}\Omega$ ,  $C_1 = 2\mu\text{F}$  ja diodin  $D_1$  myötäsuntaisen jännite on  $0,7\text{V}$ . Diodin dynaaminen resistanssi oletetaan edelleen mitättömän pieneksi. (5p)



Kuva 2

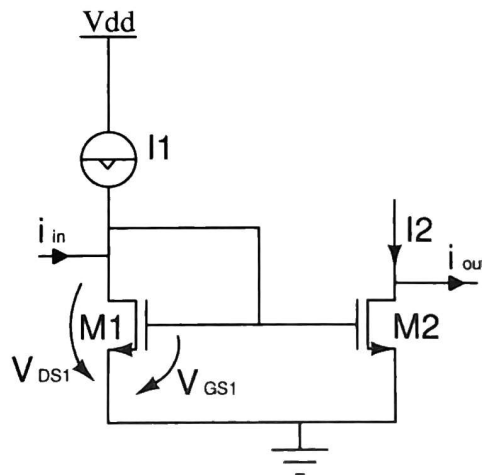


Kuva 3

3. Kuvassa 4 on esitetty virtapeili. NMOS-transistoreille  $k'_n = 26,6 \frac{\mu\text{A}}{\text{V}^2}$  ja  $V_t = 0,8\text{V}$ .

a) Selitä perustellen, miksi kuvan 4 kytkentä toimii virtapeilinä. Johda lauseke virtapeilaussuhteelle  $\frac{I_2}{I_1}$ . Oleta, että  $i_{in}$  ja  $i_{out}$  ovat nollia ja että kanavanpituusmodulaatiota ei tarvitse ottaa huomioon. (4p)

b) Mitoita a-kohdan virtapeili siten, että  $I_2 = 5I_1$  ja  $V_{GS1} = 1,3\text{V}$ , kun  $I_1 = 10\mu\text{A}$  ja molempien transistorien kanavien pituudet ovat  $3\mu\text{m}$ . (4p)



Kuva 4