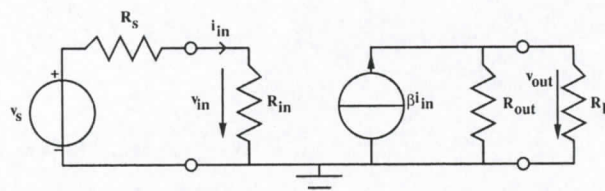


Kirjoita nimesi ja opiskelijanumerosi jokaiseen paperiin (myös mahdollisiin liitteisiin). Kaikki laskimet sallittuja. Ei apukirjallisuutta.

**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.

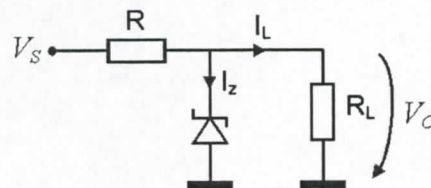
Vastaa ainakin normaalilla kirjaimella tehtyihin kysymyksiin. *Kursivoiduista kysymyksistä saa lisäpisteitä.*

1. a) Muunna kuvan 1 virtavahvistinkytkentä vastaavaksi siirtoresistanssivahvistinkytkennäksi. Mikä on vahvistimen avoimen piirin siirtoresistanssi  $R_{mo}$ , kun virtavahvistus  $\beta = 100$ ,  $R_{in} = 1k\Omega$ ,  $R_{out} = 100\Omega$ ,  $R_s = 50\Omega$  ja  $R_L = 100\Omega$ ? (5p)
- b) Laske piirin tehovahvistus, siirtotehovahvistus ja yltötehovahvistus. Ilmoita tulos myös desibeleinä. Onko kuorma  $R_L$  sovitettu? (5p)
- c) Jos kaksi a-kohdan vahvistinta kytketään peräkkäin, mikä on ketjun yltötehovahvistus desibeleinä? (2p)



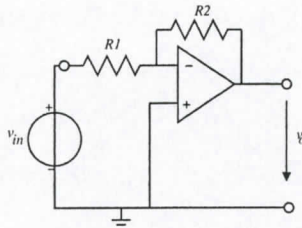
Kuva 1:

2. Kuvan 2 Zener-regulaattorissa kuormavirta  $I_L$  vaihtelee välillä 10mA...20mA.
  - a) Mitoita resistanssi  $R$  niin, että Zener-diodi pysyy läpilyöntialueella (virta  $I_Z$  on vähintään 2mA), kun syöttöjännite  $V_S$  vaihtelee välillä 10V...12V. Zener-diodin jännite  $V_{Z0} = 6V$  ja dynaaminen resistanssi  $r_z = 10\Omega$ . (4p)
  - b) Miten paljon lähtöjännite  $V_O$  muuttuu syöttöjännitteen  $V_S$ :n vaihdella? (3p)
  - c) Miten paljon lähtöjännite  $V_O$  muuttuu kuormavirran  $I_L$ :n vaihdella? (3p)



Kuva 2:

3. a) Johda kuvan 3 operaatiovahvistinkytken jännitevahvistuksen  $v_o/v_{in}$  lauseke. (4p)
- b) Mitoita vahvistin niin, että sen jännitevahvistus on 26dB ja tuloimpedanssi on  $10k\Omega$ . Voit olettaa, että operaatiovahvistin on ideaalinen. (4p)
- c) Operaatiovahvistimella on tulosiirrosjännite  $V_{OF} = 10mV$ . Minkä suuruisen jännitteen se aiheuttaa lähtöön b)-kohdan mitoituksella? (2p)
- d) Vahvistinta muunnetaan niin, että vastuksen  $R_1$  kanssa sarjaan kytketään kondensaattori  $C$ . Miten suuren virheen  $V_{OF}$  nyt aiheuttaa lähdössä? (2p)
- Ohje:  $V_{OF}$  on tasajännitettä ja sen etumerkki ei ole oleellinen.

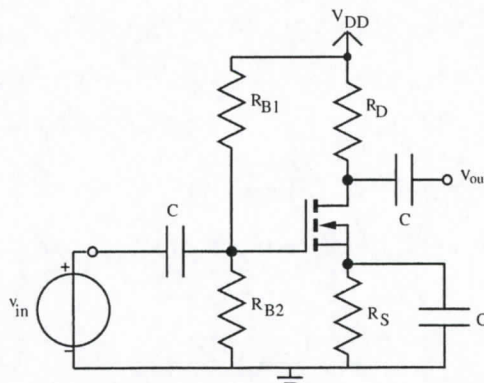


Kuva 3:

4. Kuvan 4 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) Laske vahvistimen toimintapiste. (4p)
- b) Mikä on kondensaattoreiden tehtävä kytkennässä? (1p)
- c) Piirrä CMOS-invertterin piirikaavio ja selitä invertterin toiminta. (1p)



Kuva 4: