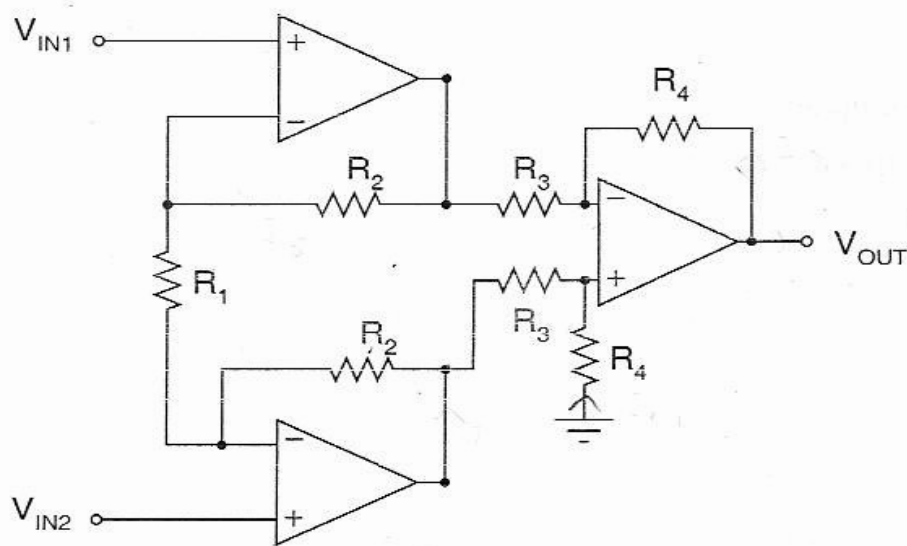


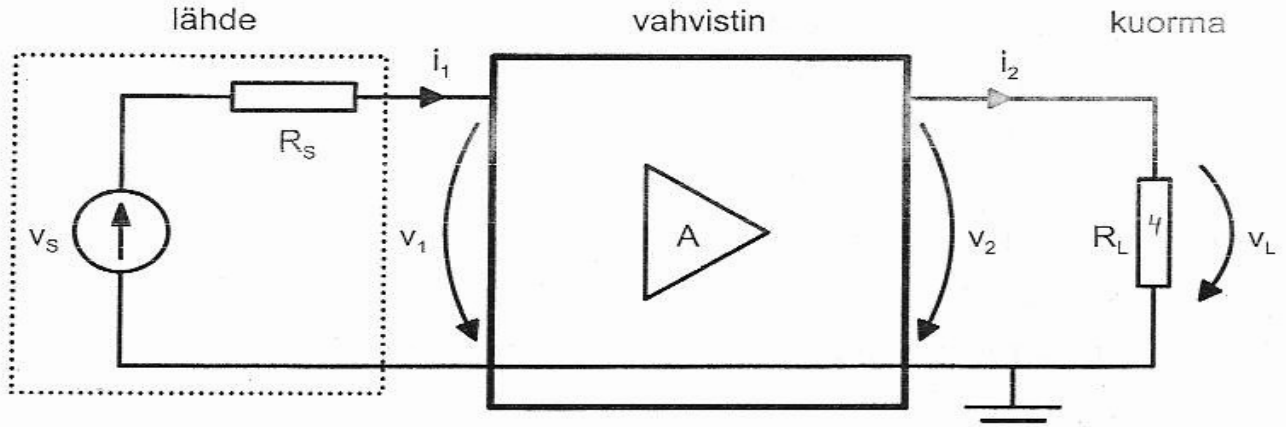
Kirjoita nimesi ja opiskelijanumerosi jokaiseen paperiin (myös mahdollisiin liitteisiin). Kaikki laskimet sallittuja. Ei apukirjallisuutta.

1. a) Määritä kuvan 1 kytkennän lähtöjännitteen funktio $v_{out} = f(v_{in1}, v_{in2})$, kun operaatiovahvistimet ovat ideaalisia.
- b) Mitoita ideaalinen invertoiva operaatiovahvistinkytkentä siten, että $R_{in} = 5k\Omega$ ja kytkennän $A_{tot} = 40dB$.
- c) Paljonko b-kohdan kytkennän vahvistus muuttuu, jos muuten ideaalisella operaatiovahvistimella on äärellinen avoimen silmukan vahvistus $A_o = 80dB$?
- d) Mikä on suurin vääristymätön sinimuotoisen tulosignaalin taajuus, jos b-kohdan kytkennän ainoana epäideaalisuutena on operaatiovahvistimen äärellinen nousunopeus $SR = \frac{1MV}{s}$. Maksimiampplitudi on 5V.



Kuva 1:

2. Kuvassa 2 on lineaariseen vahvistimeen kytketty lähde (v_s, R_s) ja kuorma R_L .
- a) Määrittele kuvan jännitteiden ja virtojen avulla vahvistimen jännitevahvistus A_v ja virtavahvistus A_i sekä osoita, että tehovahvistus G on näiden tulo.
- b) Piirrä vahvistimen sijaiskytkentä, joka muodostuu kahdesta vastuksesta (tulo- ja lähtöimpedanssi) sekä jänniteohjatusta jännitelähteestä.
- c) 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 $A = 1250$.
- d) 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?



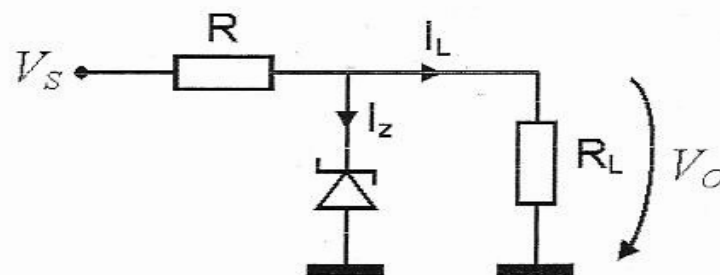
Kuva 2:

3. 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 operaatiovahvistinkytkeä, jonka vahvistus $\frac{v_{out}}{v_{in}} = +0.5$.

4. Kuvan 3 Zener-regulaattorissa kuormavirta I_L vaihtelee välillä 10mA...20mA. 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 $r_z = 10\Omega$.

- Miten paljon lähtöjännite V_O muuttuu syöttöjännitteen V_S :n vaihdellessa?
- Miten paljon lähtöjännite V_O muuttuu kuormavirran I_L :n vaihdellessa?



Kuva 3: