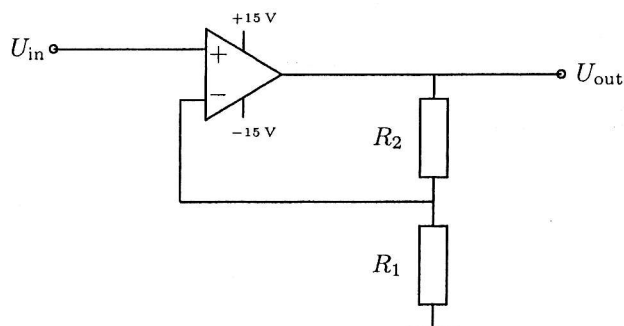


Vastaa kaikkiin neljään tehtävään (10 pistettä per tehtävä).

**Tehtävä 1**



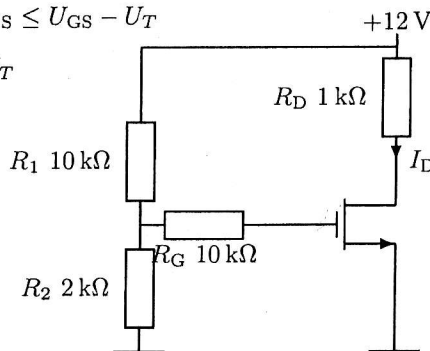
- Johda kuvan operaatiovahvistinpiirin jännitevahvistuksen lauseke ( $\frac{U_{out}}{U_{in}}$ ). Operaatiovahvistin voidaan olettaa ideaaliseksi. (4 p)
- Mitoita kuvan vahvistimen jännitevahvistukseksi 40 dB. Operaatiovahvistimen lähtövirta ei saa ylittää arvoa 10 mA. Operaatiovahvistimen lähtöjännite voi vaihdella rajoissa -15 V ... +15 V. (3 p)
- Operaatiovahvistimen tulonsiirrosjännite on 5 mV. Kuinka suuren virheen se aiheuttaa lähtöjännitteeseen? (3 p)

**Tehtävä 2**

- Piirrä operaatiovahvistinpiiri, joka toteuttaa funktion  $U_{out} = -2U_{in}$  (1 p).
- Laske äsken piirtämäsi piirin vahvistuskertoimen lauseke, jos operaatiovahvistimen jännitevahvistusta ei oletetakaan äärettömäksi, vaan se on joku reaaliluku  $A$  (3 p). Vihje: voit tarkistaa laskusi oikeellisuuden katsomalla, saatko a-kohdan vastauksen kun  $A \rightarrow \infty$ .

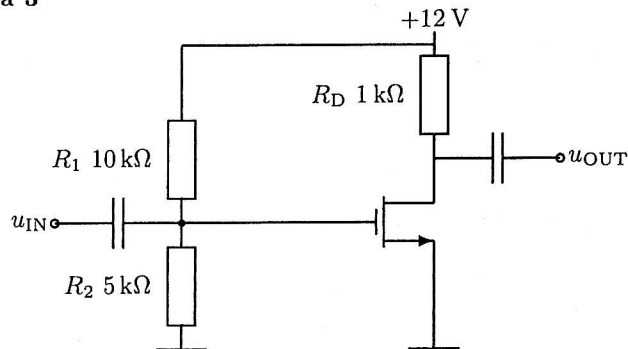
$$I_D = K(2(U_{GS} - U_T)U_{DS} - U_{DS}^2), \text{ kun } U_{GS} \geq U_T \text{ ja } U_{DS} \leq U_{GS} - U_T$$

$$I_D = K(U_{GS} - U_T)^2, \text{ kun } U_{GS} \geq U_T \text{ ja } U_{DS} \geq U_{GS} - U_T$$



- Ratkaise virta  $I_D$ . MOSFETille pätee:  $U_T = 3 \text{ V}$  ja  $K = 5 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$  (2 pistettä).
- Jos toinen hilavastus  $R_2$  olisikin  $5 \text{ k}\Omega$ , paljonko olisi virta  $I_D$ ? (2 pistettä)
- Jos toinen hilavastus  $R_2$  olisikin  $6 \text{ k}\Omega$ , paljonko olisi virta  $I_D$ ? (2 pistettä)

**Tehtävä 3**



MOSFETille pätee:  $U_T = 3 \text{ V}$  ja  $K = 5 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$ . Kondensaattorit ovat suuria.

- Muodosta kuvan MOSFET-vahvistimelle piensignaalisijaiskytkentä (3 p).
- Laske piensignaalisijaiskytkennästä piirin jännitevahvistus (2 p).
- Laske piensignaalisijaiskytkennästä piirin tuloresistanssi (1 p).
- Laske piensignaalisijaiskytkennästä piirin lähtöresistanssi (1 p).
- Laske tulokondensaattorista aiheutuva alarajataajuus (=taajuus, jolla koko piirin vahvistus on pudonnut 3 desibeliä maksimistaan), jos tulokondensaattorin kapasitanssi on  $100 \mu\text{F}$  (3 pistettä).

**Tehtävä 4**

- Piirrä funktion  $F(s) = \frac{s+100}{s^2+101000s+10^8}$  Bode-diagrammi. Oikea vahvistuskäyrä tuo 2 pistettä ja oikea vaihekäyrä toiset 2 pistettä.
- Kerro operaatiovahvistimien epäideaalisuuksista. Pelkkä nimien luettelu ei riitä. Voit kertoa vaikkapa määritelmän, suuruusluokan, mistä aiheutuvat, jne... (3 pistettä)
- Johda diodin dynaamisen resistanssin  $r_d$  lauseke, kun tiedetään, että diodin virta noudattaa yhtälöä  $i = I_S(e^{\frac{v}{nU_T}} - 1)$  (3 pistettä).