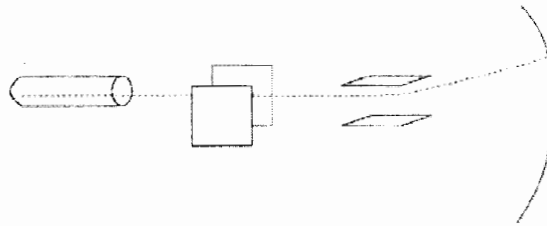


Vastaa kaikkiin viiteen (5) kysymykseen! Maksimipistemäärä  $5 \times 6p = 30p$ .

Palauta kaikki vastauspaperisi tentin jälkeen! Tehtävälapun saa pitää.

### 1. Selitä lyhyesti ja ymmärrettävästi

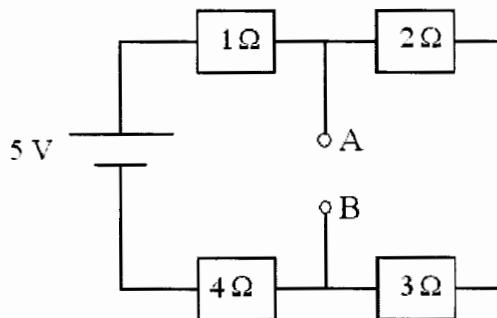
- a) Vyörakenne (energiavyöt). Hahmottele johteen, puolijohteen ja eristeen vyörakenteet ja niiden miehitys. (2p)
- b) Theveninin ja Nortonin teoreemat sekä jännite- ja virtalähteiden ekvivalenssi (2p)
- c) Nimeä alla esitetyn analogisen oskilloskoopin rakenteen osat ja lisää kuvaan poikkeutusjännitteet  $v_x$  ja  $v_y$ ? Selitä mihin osaan signaali kytketään ja kuinka aikapyyhkäisy toteutetaan? (2p)



### 2. Lineaaripiirit.

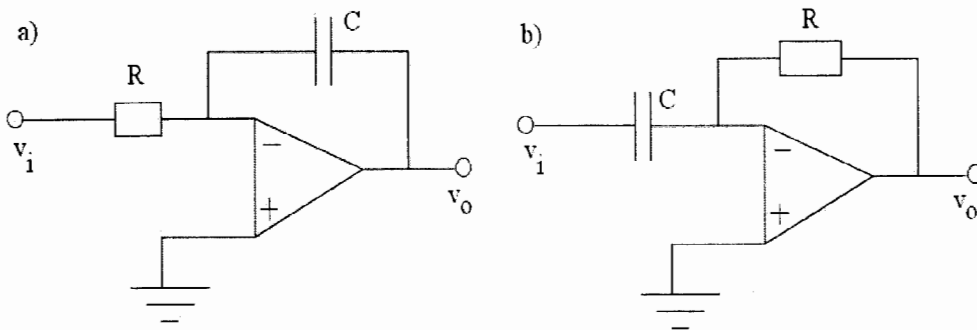
Laske napojen A ja B välinen jännite alla olevan kuvan kytkennässä. Määritä lisäksi napojen väliin kytketyn komponentin läpi kulkeva virta, kun komponentti on

- a) vastus, jonka resistanssi  $R = 5 \Omega$ .
- b) Ge-diodi (myötäsuntaan), jonka läpi kulkeva virta  $i$  sen yli olevan jännitteen  $v$  funktiona on muotoa  $i(v) = I_0 (\exp(v/V_0) - 1)$ , missä  $I_0 = 1 \mu\text{A}$  ja  $V_0 = 26 \text{ mV}$ . (yhteensä 6 p)



### 3. Operaatiovahvistin.

Määritä ulostulojännite  $v_o$  sisäänmenojännitteen  $v_i$  funktiona sekä piirin suorittama operaatio alla olevan kuvan kytkennöille a ja b. (yhteensä 6 p)



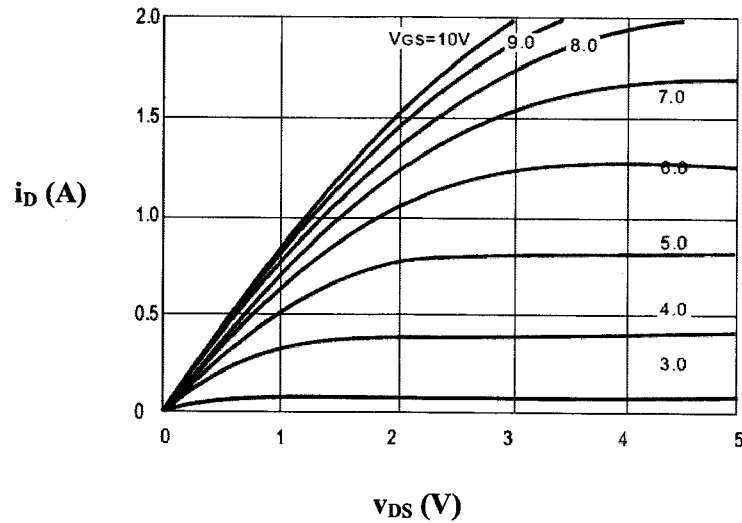
### 4. Puolijohteet.

a) Selitä kuinka tyhjennysalue muodostuu pn-rajapinnan välittömään läheisyyteen (pn-liitosta ei ole kytketty ulkoiseen piiriin). Lähde liikkeelle tilanteesta, jossa p- ja n-tyyppiset puolijohteet tuodaan kontaktiin toistensa kanssa. Voit käyttää selityksesi tukena havainnollistavia kuvia. Hahmottele tyhjennysalueen varausjakauma, sähkökenttä sekä sähköinen potentiaali rajapinnan normaalin suunnassa. (4p)

b) Miten enemmistö- ja vähemmistövarauksenkuljettajien aiheuttamat virrat rajapinnan yli muuttuvat, kun pn-liitoksen yli kytketään ulkoinen jännite myötätai estosuuntaan? Hahmottele selityksesi perusteella liitoksen läpi kulkeva kokonaisvirta ulkoisen jännitteen funktiona. (2p)

5. Transistorit.

a) Piirrä NMOS-avauskanavatransistorin poikkileikkauskuva (nimeä kuvaan puolijohdetyypit sekä lähde, nielu ja hila). Selitä kyseisen transistorin toimintaperiaate ja kvalitatiivisesti  $i_D$ - $v_{DS}$  -ominaiskäyrät eri  $v_{GS}$ :n arvoilla (kuva esitetty alla). (3p)



b) Alla olevassa kuvassa on kaksi bipolaaritransistorin sisältävää piiriä, joilla on sama toimintapiste, kun virtavahvistus  $\beta = 100$ . Jos  $\beta$  muuttuu 10 %, muuttuu vasemman kuvan kollektorin ja emitterin välinen potentiaaliero  $U_{CE}$  noin 6 %. Montako prosenttia muuttuu oikealla olevan piirin  $U_{CE}$   $\beta$ :n muuttuessa 10 %?  $E = 10.7 \text{ V}$ ,  $U_{BE} = 0.7 \text{ V}$ ,  $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$ ,  $R_2 = 4 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 606 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 4 \text{ k}\Omega$ . (3p)

