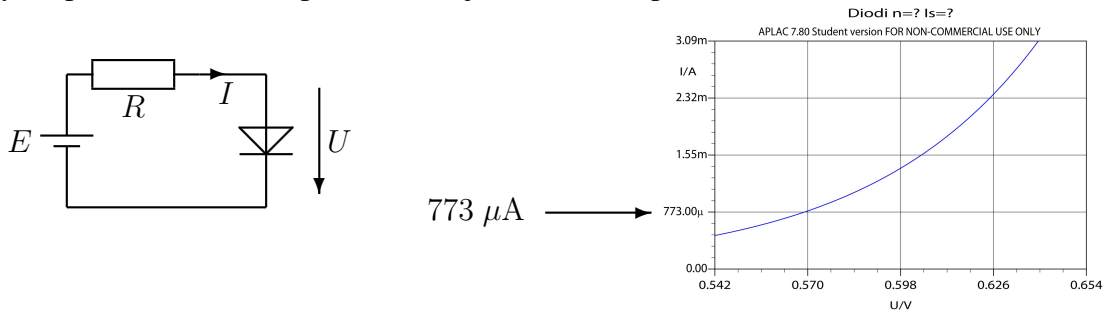


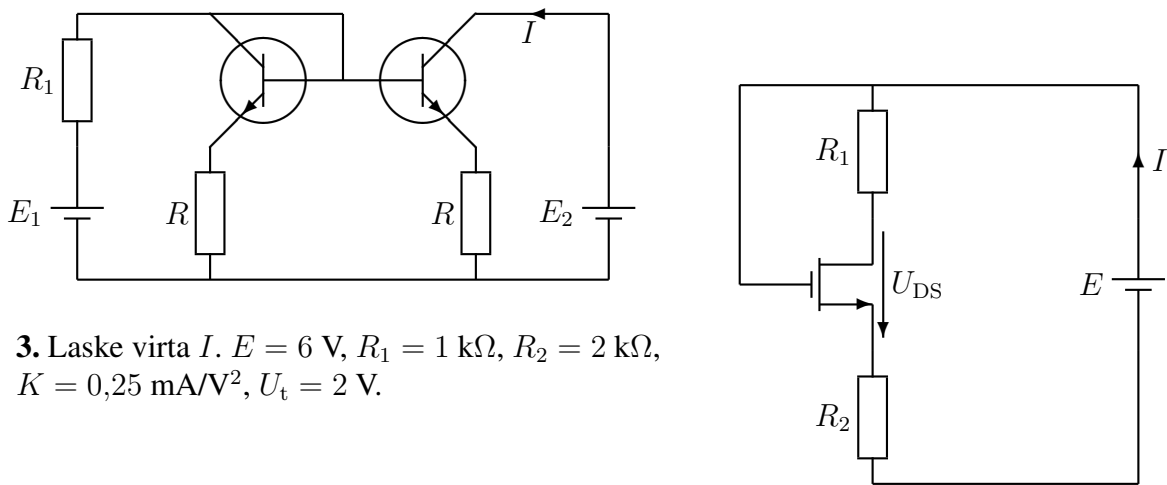
2. välikoe 11.12.2018. **Saat vastata vain neljään tehtävään!**

Sallitut: Kako, [gr.] laskin, [MAOL], [sanakirjan käytöstä on sovittava valvojan kanssa!]

1. Oikealla on kurssin labroissa mitatun diodin ominaiskäyrä (arvio)lämpötilassa 295 K. Laske käyrän perusteella diodin parametrit n ja I_S tässä lämpötilassa.

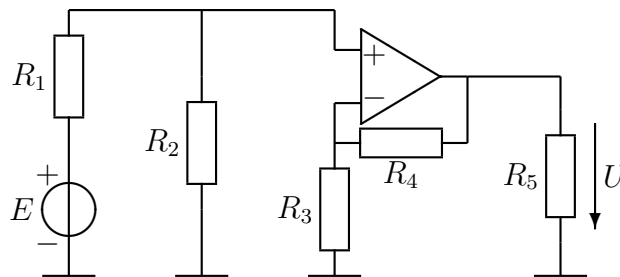


2. Paljonko virta I muuttuu prosentteina, jos $\beta_1 = \beta_2 = 100$ kaksinkertaistuvat arvoon 200? $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R = 100 \Omega$, $E_1 = E_2 = 4 \text{ V}$, $U_{BE1} = U_{BE2} = 0,7 \text{ V}$ (eivät muutu).

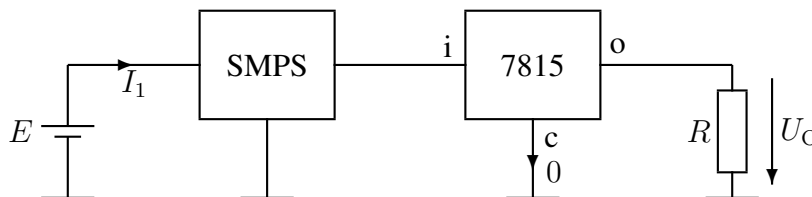


3. Laske virta I . $E = 6 \text{ V}$, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$, $K = 0,25 \text{ mA/V}^2$, $U_t = 2 \text{ V}$.

4. Laske jännite U . $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 40 \Omega$, $R_3 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 9 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$, $E = 1 \text{ V}$.



5. Jos lasket tämän tehtävän, jätä yksi tehtävistä 1–4 pois! Akusta ($E = 12 \text{ V}$) halutaan tasajännite $U_O = 15 \text{ V}$ kuvan kytkennällä. Hakkuri (SMPS) kaksinkertaistaa jännitteen E , kun sen kytkintä ohjataan $D = 50\%$ pulssisuhteella. Laske regulaattorin (7815) tehohäviö P_{REG} ja akusta otettu virta I_1 . Oleta hakkurin hyötysuhteeksi 100 % (ei tehohäviötä)! Kuormavastus $R = 5 \Omega$.



Huom; Vastaa vain neljään tehtävään! Ratkaisut tulevat Mycoon heti. Tehtäväpaperia ei tarvitse palauttaa. Anna anonyymiä **kurssipalautetta** Oodissa! Autat kehittämään opetusta.

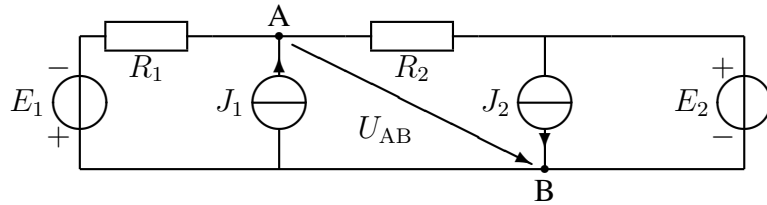
ELEC-C4210 SÄHKÖTEKNIikka JA ELEKTRONIIKKA Kimmo Silvonen

Tentti 11.12.2018.

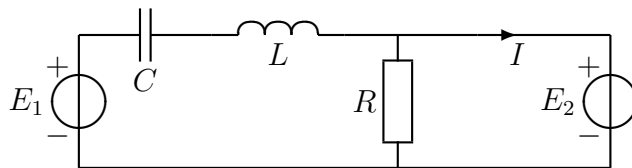
Sallitut: Kako, [gr.] laskin, [MAOL], [sanakirjan käytöstä on sovittava valvojan kanssa!]

Välikokeen tehtävät 2, 4, 5, sekä lisäksi tehtävät 6 ja 7. **Saat vastata vain neljään tehtävään!**

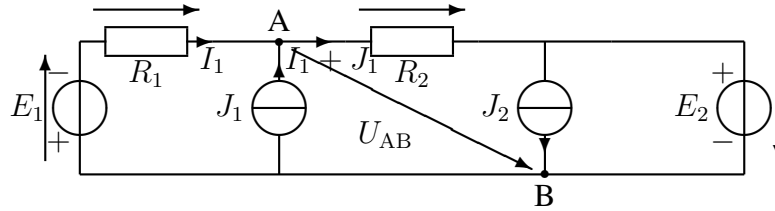
6. Laske jännite U_{AB} . $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$, $E_1 = 10 \text{ V}$, $E_2 = 14 \text{ V}$, $J_1 = 3 \text{ A}$, $J_2 = 1 \text{ A}$.



7. Laske virta I . $R = 10 \Omega$, $C = 0,02 \text{ F}$, $L = 1,5 \text{ H}$, $\omega = 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, $E_1 = -10 + 10j \text{ V}$, $E_2 = 10 \angle 180^\circ \text{ V}$.



6. Laske jännite U_{AB} . $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$, $E_1 = 10 \text{ V}$, $E_2 = 14 \text{ V}$, $J_1 = 3 \text{ A}$, $J_2 = 1 \text{ A}$.



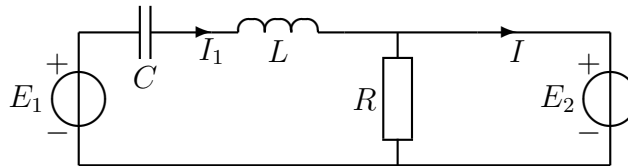
$$E_1 + R_1 I_1 + U_{AB} = 0 \Rightarrow I_1 = \frac{-E_1 - U_{AB}}{R_1} \quad (1)$$

$$-U_{AB} + R_2(I_1 + J_1) + E_2 = 0 \quad (2)$$

$$-U_{AB} + R_2 \frac{-E_1 - U_{AB}}{R_1} + R_2 J_1 + E_2 = 0 \quad (3)$$

$$U_{AB} = \frac{-R_2 \frac{E_1}{R_1} + R_2 J_1 + E_2}{1 + \frac{R_2}{R_1}} = \frac{26 - 20}{3} = 2 \text{ V} \quad (4)$$

7. Laske virta I . $R = 10 \Omega$, $C = 0,02 \text{ F}$, $L = 1,5 \text{ H}$, $\omega = 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, $E_1 = -10 + 10j \text{ V}$, $E_2 = 10 \angle 180^\circ \text{ V}$.



$$-E_1 + \left(\frac{1}{j\omega C} + j\omega L \right) I_1 + R(I_1 - I) = 0 \quad (5)$$

$$-E_1 + \left(\frac{1}{j\omega C} + j\omega L + R \right) I_1 - RI = 0 \quad (6)$$

$$-R(I_1 - I) + E_2 = 0 \Rightarrow I_1 = I + \frac{E_2}{R} \quad (7)$$

$$-E_1 + \left(\frac{1}{j\omega C} + j\omega L + R \right) \left(I + \frac{E_2}{R} \right) - RI = 0 \quad (8)$$

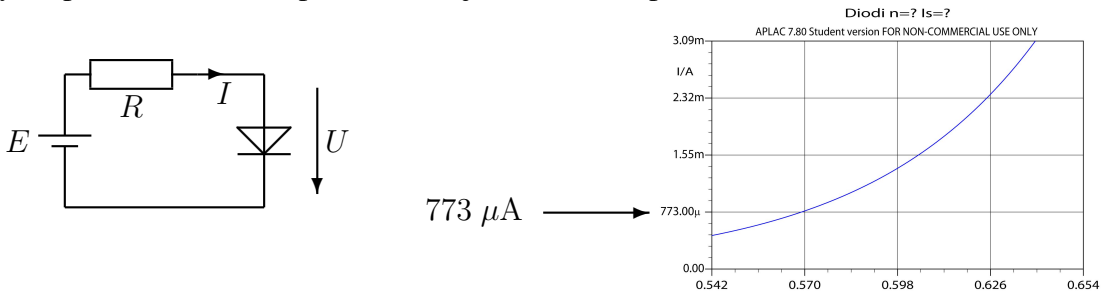
$$I = \frac{E_1 - \left(j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) + R \right) \frac{E_2}{R}}{j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) + R - R} \quad (9)$$

$$= \frac{-10 + 10j - (j10 + 10) \frac{-10}{10}}{j10} = 2 \angle 0^\circ \text{ A} \quad (10)$$

2. välikoe 11.12.2018. **Saat vastata vain neljään tehtävään!**

Sallitut: Kako, [gr.] laskin, [MAOL], [sanakirjan käytöstä on sovittava valvojan kanssa!]

1. Oikealla on kurssin labroissa mitatun diodin ominaiskäyrä (arvio)lämpötilassa 295 K. Laske käyrän perusteella diodin parametrit n ja I_S tässä lämpötilassa.



$$U_T = \frac{kT}{q} = 25,4304 \text{ mV} \quad I \approx I_S e^{\frac{U}{nU_T}} \Rightarrow I_S \approx \frac{I}{e^{\frac{U}{nU_T}}} \quad (11)$$

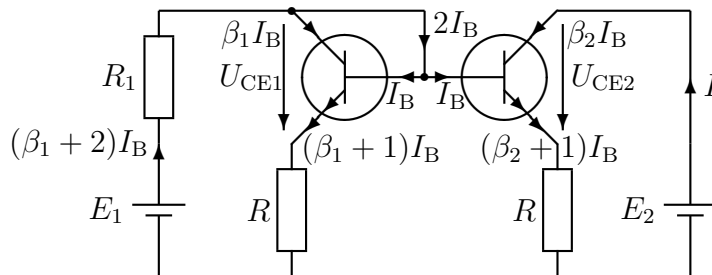
$$I_S \approx \frac{773 \mu\text{A}}{e^{\frac{0,570}{nU_T}}} = \frac{2,32 \text{ mA}}{e^{\frac{0,626}{nU_T}}} \Rightarrow \frac{e^{\frac{0,626}{nU_T}}}{e^{\frac{0,570}{nU_T}}} = \frac{2,32 \text{ mA}}{773 \mu\text{A}} \quad (12)$$

$$e^{\frac{0,626-0,570}{nU_T}} = \frac{2320}{773} \Rightarrow \frac{0,056}{nU_T} = \ln \frac{2320}{773} \Rightarrow n \approx 2,0 \quad (13)$$

$$I_S \approx \frac{773 \mu\text{A}}{e^{\frac{0,570}{2 \cdot 25,4304}}}} = 10,7 \text{ nA} \quad (14)$$

Labratöiden simuloinnissa oli erilainen diodi eri lämpötilassa: $I_S = 1 \text{ nA}$, $n = 2$, $U_T = 25,86496647 \text{ mV}$, $U \approx 700 \text{ mV}$, $I \approx 760 \mu\text{A}$.

2. Paljonko virta I muuttuu prosentteina, jos $\beta_1 = \beta_2 = 100$ kaksinkertaistuvat arvoon 200? $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R = 100 \Omega$, $E_1 = E_2 = 4 \text{ V}$, $U_{BE1} = U_{BE2} = 0,7 \text{ V}$ (eivät muutu).



$$-E_1 + R_1(\beta_1 + 2)I_B + U_{BE} + R(\beta_1 + 1)I_B \quad (15)$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{E_1 - U_{BE}}{R_1(\beta_1 + 2) + R(\beta_1 + 1)} = 29,44 \mu\text{A} \quad (16)$$

$$I_{B2} = I_{B1} \Rightarrow I = \beta_2 I_{B2} = \frac{E_1 - U_{BE}}{R_1 \frac{\beta_1+2}{\beta_2} + R \frac{\beta_1+1}{\beta_2}} \quad (17)$$

$$\beta = 100 \Rightarrow I = 2,94 \text{ mA} \quad (18)$$

$$\beta = 200 \Rightarrow I = 2,97 \text{ mA} \quad (19)$$

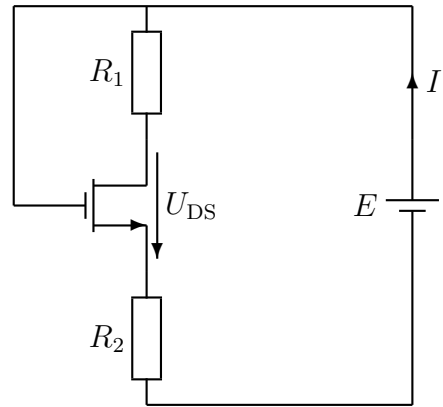
$$I \approx \frac{E_1 - U_{BE}}{R_1 + R} \quad (20)$$

Muutos virrassa on noin 1 %. Hyvät transistoripiirit toimivat sitä paremmin, mitä korkeampi β on. Tarkistus (ei vaadittu):

$$U_{CE1} = E_1 - R_1(\beta_1 + 2)I_B - R(\beta_1 + 1)I_B = 0,7 \text{ V} \geq 0,3 \text{ V} \quad (21)$$

$$U_{CE2} = E_2 - R(\beta_2 + 1)I_B = 2,5 \text{ V} \geq 0,3 \text{ V} \quad (22)$$

3. Laske virta I . $E = 6 \text{ V}$, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$,
 $K = 0,25 \text{ mA/V}^2$, $U_t = 2 \text{ V}$.



Oletetaan SAT-alue (tämä on umpimähkäinen valinta) ja tarkistetaan asia lopuksi:

$$-E + U_{GS} + R_2 I_D = 0 \Rightarrow I_D = \frac{E - U_{GS}}{R_2} = K(U_{GS} - U_t)^2 \quad (23)$$

$$U_{GS} = x \quad (24)$$

$$E - x = R_2 K(x - U_t)^2 = 0,5(x^2 - 4x + 4) \quad (25)$$

$$2 \cdot 6 - 2 \cdot x = 2 \cdot 0,5(x^2 - 4x + 4) \quad (26)$$

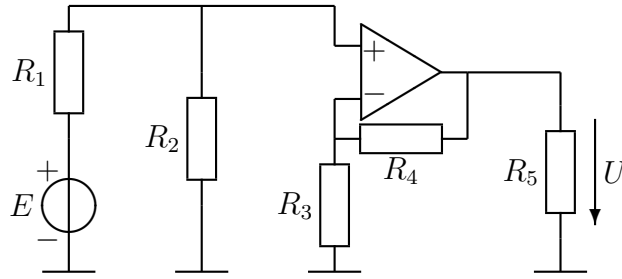
$$x^2 - 2x - 8 = 0 \Rightarrow x = \frac{2 \pm \sqrt{2^2 + 4 \cdot 8}}{2} = 4 > U_t \quad (27)$$

$$I = I_D = \frac{E - x}{R_2} = 1 \text{ mA} \quad (28)$$

$$-E + R_1 I_D + U_{DS} + R_2 I_D = 0 \Rightarrow U_{DS} = E - R_1 I_D - R_2 I_D = 3 \text{ V} \geq U_{GS} - U_t \quad (29)$$

Viimeinen testi osoittaa, että kyseessä on SAT-alue kuten oletettiin.

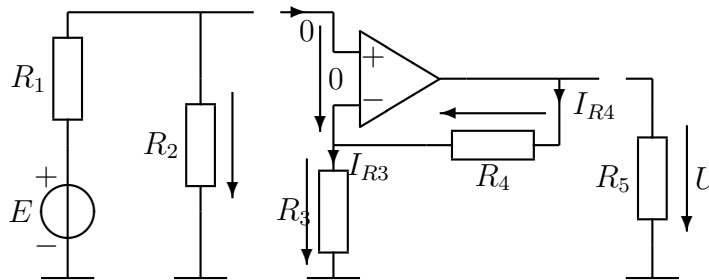
4. Laske jännite U . $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 40 \Omega$, $R_3 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 9 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$, $E = 1 \text{ V}$.



Puskurivahvistin erottaa kuorman R_5 jännitteenjakajasta $R_1 - R_2$. Kysytty jännite U on suoraan U_{R2} kerrottuna ei-invertoivan vahvistimen jännitevahvistuksella:

$$U = U_{R3} + U_{R4} = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) U_{R2} \quad (30)$$

Tulos johdetaan alla:



$$U_{R2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E \quad (31)$$

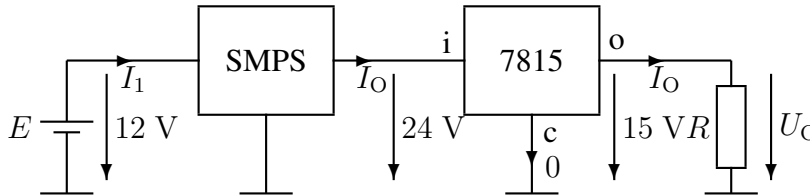
$$U_{R3} = U_{R2} - 0 \quad (32)$$

$$I_{R3} = I_{R4} \quad (33)$$

$$\frac{U_{R3}}{R_3} = \frac{U - U_{R3}}{R_4} \Rightarrow U = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) U_{R3} \quad (34)$$

$$U = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \frac{R_2}{R_1 + R_2} E = 3,2 \text{ V} \quad (35)$$

5. Jos lasket tämän tehtävän, jätä yksi tehtävistä 1–4 pois! Akusta ($E = 12 \text{ V}$) halutaan tasajännite $U_O = 15 \text{ V}$ kuvan kytkennällä. Hakkuri (SMPS) kaksinkertaistaa jännitteen E , kun sen kytkintä ohjataan $D = 50\%$ pulssisuhteella. Laske regulaattorin (7815) tehohäviö P_{REG} ja akusta otettu virta I_1 . Oleta hakkurin hyötysuhteeksi 100% (ei tehohäviötä)! Kuormavastus $R = 5 \Omega$.



$$U_I = \frac{t_{\text{ON}} + t_{\text{OFF}}}{t_{\text{OFF}}} E = \frac{T}{T - t_{\text{ON}}} E = \frac{1}{1 - D} E = 24 \text{ V} \quad (36)$$

$$I_O = \frac{U_O}{R} = 3 \text{ A} \quad (37)$$

$$EI_1 \approx U_I I_O \Rightarrow I_1 = 6 \text{ A} \quad (38)$$

$$P_{\text{REG}} = (U_I - U_O) I_O = 27 \text{ W} \quad (39)$$