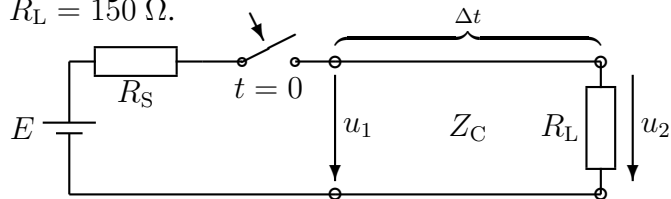


ELEC-C4210 SÄHKÖTEKNIikka JA ELEKTRONIIKKA

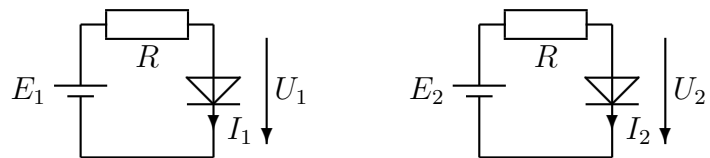
Kimmo Silvonen, Aalto ELEC 2. välikoe 12.12.2016. Saat vastata vain neljään tehtävään!

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

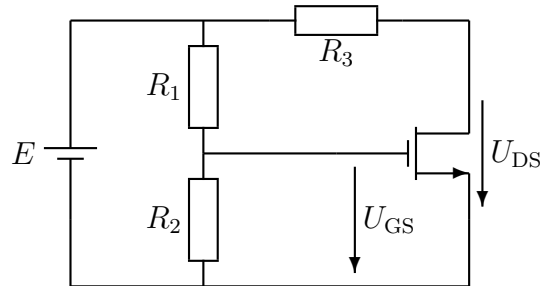
1. Tasajännitelähde liitetään parijohtoon hetkellä $t = 0$. Lakse kuormavastuksen jännite $u_2(t)$ hetkellä $t = 3,1\Delta t$ ottamalla huomioon jänniteaallon edestakaiset heijastukset johdon päissä. $E = 100 \text{ V}$, $R_S = 0 \Omega$, $Z_C = 100 \Omega$, $R_L = 150 \Omega$.



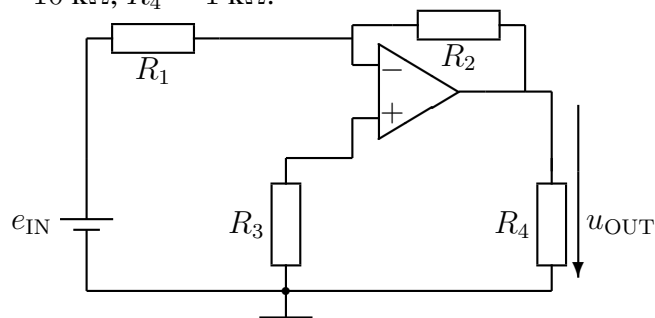
2. Diodin jännite U mitataan kahdella eri jännitteen arvolla. Kun $E_1 = 4,9 \text{ V}$, on $U_1 = 0,67 \text{ V}$, mutta kun $E_2 = 7,0 \text{ V}$, on $U_2 = 0,69 \text{ V}$. $R = 10 \text{ k}\Omega$. Laske likimain dynaaminen resistanssi r_d .



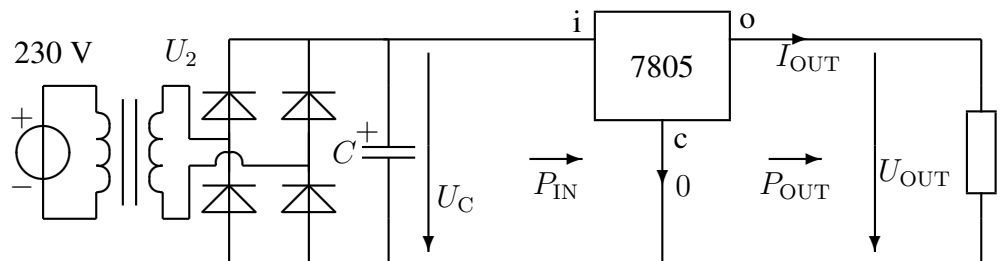
3. Millä R_3 :n arvolla FET on TRI- ja SAT-alueiden rajalla? $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 40 \text{ k}\Omega$, $E = 5 \text{ V}$, $U_t = 2 \text{ V}$, $K = 0,1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$.



4. Lähtöjännite u_{OUT} vaihtelee välillä $-3,3 \dots +3,3 \text{ V}$, mitkä ovat tätä vastaavat tulojännitteet e_{IN} ? $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 22 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$.



5. Jos lasket tämän tehtävän, jätä yksi vk-tehtävistä 1–4 pois! Toisiojännitteen tehollisarvo $U_2 = 5,5 \text{ V}$ ja tasasuuntaajan jännitehäviö $U_D \approx 0 \text{ V}$. Lähtöjännite $U_{\text{OUT}} = 5 \text{ V}$ ja $U_C \approx \hat{u}_C \approx \sqrt{2}U_2$. Mikä on suurin kuormavirta I_{OUT} , jolla mikropiirin sisäinen lämpötila (T_J) on korkeintaan $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ympäristön lämpötilaa korkeampi. Kokonaislämpöresistanssi $\theta_{JA} = 35 \text{ }^\circ\text{C/W}$.



Tulokset ja ratkaisut tulevat **Mycoon** tällä viikolla (to?). Tehtäväpaperia ei tarvitse palauttaa. Anna anonyymiä **kurssipalautetta**! Autat kehittämään opetusta. Palautteenantajat saavat lisäpisteen! **Käännä!**

ELEC-C4210 SÄHKÖTEKNIikka JA ELEKTRONIIKKA

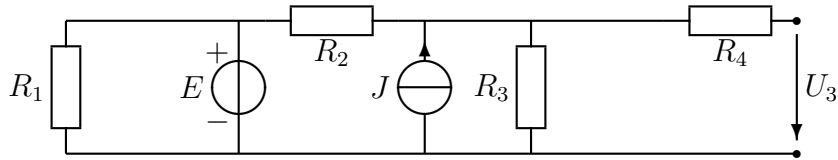
Kimmo Silvonen, Aalto ELEC

Tentti 12.12.2016. Saat vastata vain neljään tehtävään!

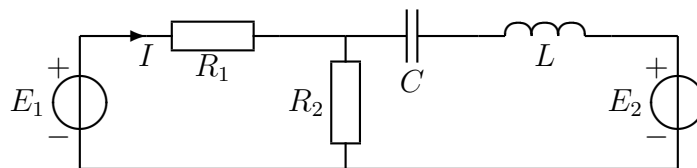
Sallitut: Koko, [gr.] laskin, [MAOL], [sanakirjan käytöstä on sovittava valvojan kanssa!]

Valitse neljä tehtävää seuraavista: 1, 4, 5, 6, 7

6. Laske jännite U_3 . $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $R_3 = 2 \Omega$, $R_4 = 4 \Omega$, $E = 10 \text{ V}$, $J = 2 \text{ A}$.



7. Laske virta I . $R_1 = R_2 = 4 \Omega$, $L = 0,2 \text{ H}$, $C = 0,05 \text{ F}$, $\omega = 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, $E_1 = 10 \angle 90^\circ \text{ V}$, $E_2 = 20 - 10j \text{ V}$.



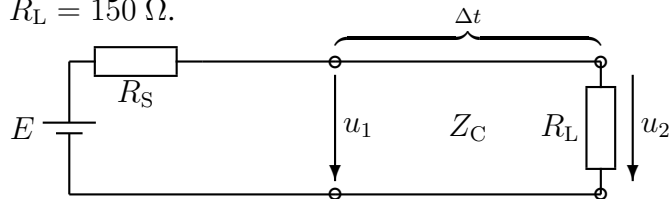
Käännä!

ELEC-C4210 SÄHKÖTEKNIikka JA ELEKTRONIIKKA

Kimmo Silvonen, Aalto ELEC 2. välikoe 12.12.2016. Saat vastata vain neljään tehtävään!

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

1. Tasajännitelähde liitetään parijohtoon hetkellä $t = 0$. Lakse kuormavastuksen jännite $u_2(t)$ hetkellä $t = 3,1\Delta t$ ottamalla huomioon jänniteaallon edestakaiset heijastukset johdon päissä. $E = 100 \text{ V}$, $R_S = 0 \Omega$, $Z_C = 100 \Omega$, $R_L = 150 \Omega$.



Johdolle hetkellä $t = 0$ lähtevä jatkuva jänniteaalto:

$$u_1(0) = \frac{Z_C}{R_S + Z_C} E = \frac{1}{\frac{R_S}{Z_C} + 1} E = 100 \text{ V} \quad (1)$$

Yksinkertaisuuden vuoksi lähteen sisäinen vastus on nolla. Läpäisykerroin kuormassa:

$$\tau_2 = \frac{2R_L}{R_L + Z_C} = \frac{2 \frac{R_L}{Z_C}}{\frac{R_L}{Z_C} + 1} = \frac{3,0}{2,5} = \frac{6}{5} \quad (2)$$

Heijastuskertoimet johdon päissä:

$$\rho_2 = \frac{R_L - Z_C}{R_L + Z_C} = \frac{\frac{R_L}{Z_C} - 1}{\frac{R_L}{Z_C} + 1} = \frac{0,5}{2,5} = \frac{1}{5} \quad (3)$$

$$\rho_1 = \frac{R_S - Z_C}{R_S + Z_C} = \frac{\frac{R_S}{Z_C} - 1}{\frac{R_S}{Z_C} + 1} = -1 \quad (4)$$

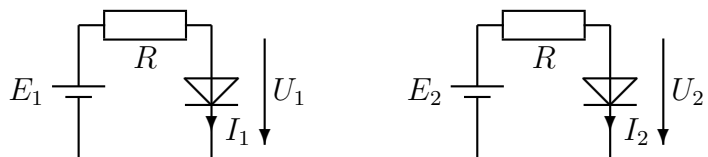
Edestakaiset heijastukset (huomaa, että tässä tehtävässä uudet heijastukset summautuvat vanhoihin, koska lähde syöttää tasajänniteaaltoa jatkuvalla syötöllä):

$$u_2(\Delta t) = \tau_2 u_1(0) = 120 \text{ V} \quad (5)$$

$$u_2(3\Delta t) = \tau_2 u_1(0) + \rho_2 \rho_1 \tau_2 u_1(0) = \frac{4}{5} \cdot 120 \text{ V} \quad (6)$$

$$u_2(3,1\Delta t) = u_2(3\Delta t) = 96 \text{ V} \quad (7)$$

2. Diodin jännite U mitataan kahdella eri jännitteen arvolla. Kun $E_1 = 4,9 \text{ V}$, on $U_1 = 0,67 \text{ V}$, mutta kun $E_2 = 7,0 \text{ V}$, on $U_2 = 0,69 \text{ V}$. $R = 10 \text{ k}\Omega$. Laske likimain dynaaminen resistanssi r_d .



$$\begin{cases} I_1 = \frac{E_1 - U_1}{R} \approx I_S e^{\frac{U_1}{nU_T}} = 0,423 \text{ mA} \\ I_2 = \frac{E_2 - U_2}{R} \approx I_S e^{\frac{U_2}{nU_T}} = 0,631 \text{ mA} \end{cases} \quad (8)$$

$$\frac{\frac{E_1 - U_1}{R}}{\frac{E_2 - U_2}{R}} = \frac{I_S e^{\frac{U_1}{nU_T}}}{I_S e^{\frac{U_2}{nU_T}}} = e^{\frac{U_1 - U_2}{nU_T}} \quad (9)$$

$$\ln \frac{E_1 - U_1}{E_2 - U_2} = \ln e^{\frac{U_1 - U_2}{nU_T}} = \frac{U_1 - U_2}{nU_T} \quad (10)$$

$$nU_T = 50 \text{ mV} \quad (11)$$

$$I_S \approx \frac{I_1}{e^{\frac{U_1}{nU_T}}} = 0,641 \text{ nA} \quad (12)$$

Näitä ei kuitenkaan tarvita, koska:

$$r_d = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{U_2 - U_1}{(E_2 - U_2) - (E_1 - U_1)} R = 96 \Omega \quad (13)$$

tai

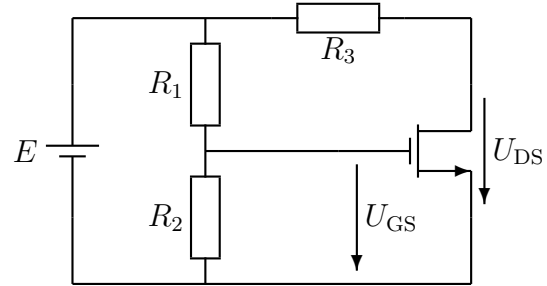
$$r_d = \frac{nU_T}{I_1} = \frac{50 \text{ mV}}{0,423 \text{ mA}} = 118 \Omega \quad (14)$$

$$r_d = \frac{nU_T}{I_{\text{AVE}}} = \frac{50 \text{ mV}}{\frac{E_2 - U_2 + E_1 - U_1}{2R}} = 95 \Omega \quad (15)$$

$$r_d = \frac{nU_T}{I_2} = \frac{50 \text{ mV}}{0,631 \text{ mA}} = 79 \Omega \quad (16)$$

Dynaaminen resistanssi riippuu virran voimakkuudesta, joten lukuarvo ei ole yksikäsitteinen, kun U_1 ja U_2 ovat näinkin kaukana toisistaan.

3. Millä R_3 :n arvolla FET on TRI- ja SAT-alueiden rajalla? $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 40 \text{ k}\Omega$, $E = 5 \text{ V}$, $U_t = 2 \text{ V}$, $K = 0,1 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$.



$$U_{\text{GS}} = V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E = \frac{4}{5} E \quad (17)$$

$$U_{\text{DS}} = E - R_3 I_D \quad (18)$$

$$I_D = K(U_{\text{GS}} - U_t)^2 \quad (19)$$

TRI/SAT-rajalla:

$$U_{\text{DS}} = U_{\text{GS}} - U_t \quad (20)$$

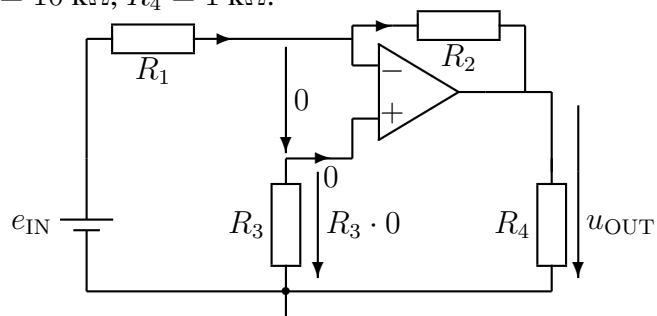
$$E - R_3 K \left(\frac{4}{5} E - U_t \right)^2 = \frac{4}{5} E - U_t \quad (21)$$

$$5 - R_3 K (4 - 2)^2 = 4 - 2 \quad (22)$$

$$3 = 4R_3 K \quad (23)$$

$$R_3 = 7,5 \text{ k}\Omega \quad (24)$$

4. Lähtöjännite u_{OUT} vaihtelee välillä $-3,3 \dots + 3,3 \text{ V}$, mitkä ovat tätä vastaavat tulojännitteet e_{IN} ? $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 22 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$.



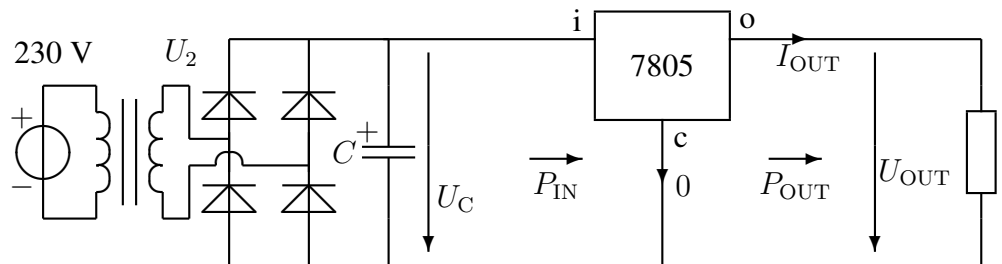
$$\frac{e_{\text{IN}} - (0 + 0)}{R_1} = \frac{(0 + 0) - u_{\text{OUT}}}{R_2} \quad (25)$$

$$u_{\text{OUT}} = -\frac{R_2}{R_1} e_{\text{IN}} \quad (26)$$

$$e_{\text{IN}} = -\frac{R_1}{R_2} u_{\text{OUT}} \quad (27)$$

$$e_{\text{IN}} = +1,5 \text{ V} \dots -1,5 \text{ V} \quad (28)$$

5. Jos lasket tämän tehtävän, jätä yksi vk-tehtävistä 1–4 pois! Toisiojännitteen tehollisarvo $U_2 = 5,5 \text{ V}$ ja tasasuuntaajan jännitehäviö $U_D \approx 0 \text{ V}$. Lähtöjännite $U_{\text{OUT}} = 5 \text{ V}$ ja $U_C \approx \hat{u}_C \approx \sqrt{2}U_2$. Mikä on suurin kuormavirta I_{OUT} , jolla mikropiirin sisäinen lämpötila (T_J) on korkeintaan $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ympäristön lämpötilaa korkeampi. Kokonaislämpöresistanssi $\theta_{\text{JA}} = 35 \text{ }^\circ\text{C/W}$.



$$P_{\text{IN}} = U_C I_{\text{OUT}} \quad (29)$$

$$P_{\text{OUT}} = U_{\text{OUT}} I_{\text{OUT}} \quad (30)$$

$$P_{\text{REG}} = U_C I_{\text{OUT}} - U_{\text{OUT}} I_{\text{OUT}} = (U_C - U_{\text{OUT}}) I_{\text{OUT}} \quad (31)$$

$$T_J = T_A + \theta_{\text{JA}} P_{\text{REG}} \quad (32)$$

$$T_J - T_A = \theta_{\text{JA}} (U_C - U_{\text{OUT}}) I_{\text{OUT}} \quad (33)$$

$$I_{\text{OUT}} = \frac{T_J - T_A}{\theta_{\text{JA}} (U_C - U_{\text{OUT}})} = \frac{100}{35 \cdot (\sqrt{2} \cdot 5.5 - 5)} = 1,03 \text{ A} \quad (34)$$

Tulokset ja ratkaisut tulevat **Mycoon** tällä viikolla (to?). Tehtäväpaperia ei tarvitse palauttaa. Anna anonyymiä **kurssipalautetta!** Autat kehittämään opetusta. Palautteenantajat saavat lisäpisteen! **Käännä!**

ELEC-C4210 SÄHKÖTEKNIikka JA ELEKTRONIIKKA

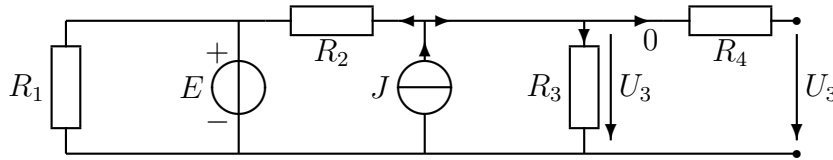
Kimmo Silvonen, Aalto ELEC

Tentti 12.12.2016. Saat vastata vain neljään tehtävään!

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

Valitse neljä tehtävää seuraavista: 1, 4, 5, 6, 7

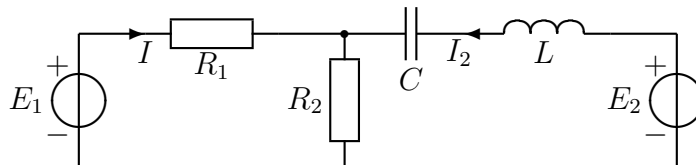
6. Laske jännite U_3 . $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $R_3 = 2 \Omega$, $R_4 = 4 \Omega$, $E = 10 \text{ V}$, $J = 2 \text{ A}$.



$$J = \frac{U_3 - E}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} \quad (35)$$

$$U_3 = \frac{J + \frac{E}{R_2}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = 7 \text{ V} \quad (36)$$

7. Laske virta I . $R_1 = R_2 = 4 \Omega$, $L = 0,2 \text{ H}$, $C = 0,05 \text{ F}$, $\omega = 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, $E_1 = 10 \angle 90^\circ \text{ V}$, $E_2 = 20 - 10j \text{ V}$.



$$-E_1 + R_1 I + R_2(I + I_2) = 0 \Rightarrow I_2 = \frac{E_1 - R_1 I - R_2 I}{R_2} \quad (37)$$

$$-R_2(I + I_2) - \frac{1}{j\omega C} I_2 - j\omega L I_2 + E_2 = 0 \Rightarrow I_2 = \frac{E_2 - R_2 I}{R_2 - j\frac{1}{\omega C} + j\omega L} \quad (38)$$

$$\frac{E_1 - R_1 I - R_2 I}{R_2} = \frac{E_2 - R_2 I}{R_2 - j\frac{1}{\omega C} + j\omega L} \quad (39)$$

$$E_1 - R_1 I - R_2 I = E_2 - R_2 I \Rightarrow I = \frac{E_1 - E_2}{R_1} \quad (40)$$

$$I = \frac{10j - (20 - 10j)}{4} = \frac{-20 + 20j}{4} = -5 + 5j = 7,07 \angle 135^\circ \text{ A} \quad (41)$$

L ja C ovat tällä taajuudella resonanssissa ($\omega^2 = \frac{1}{LC}$), jolloin niiden sarjaankytkennän impedanssi on nolla. Lukuarvot kannattanee sijoittaa kokeissa aikaisemmin kuin tässä.