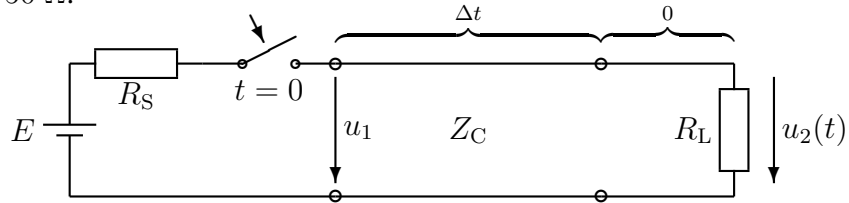


ELEC-C4210 SÄHKÖTEKNIikka JA ELEKTRONIIKKA Kimmo Silvonon

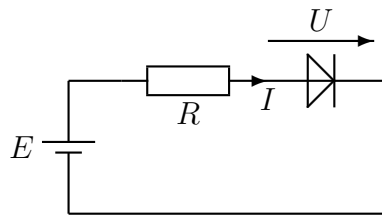
2. välikoe 11.12.2017. **Saat vastata vain neljään tehtävään!**

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

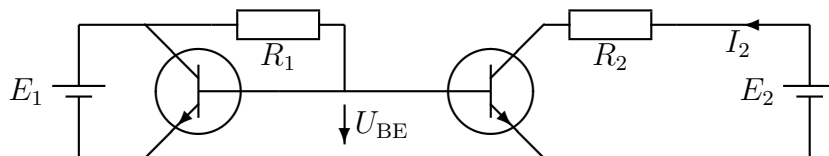
1. Laske jännite $u_2(t)$ ajan $t = 4\Delta t$ kuluttua kytkimen sulkemisesta. $E = 9 \text{ V}$, $R_S = 50 \Omega$, $Z_C = 100 \Omega$, $R_L = 50 \Omega$.



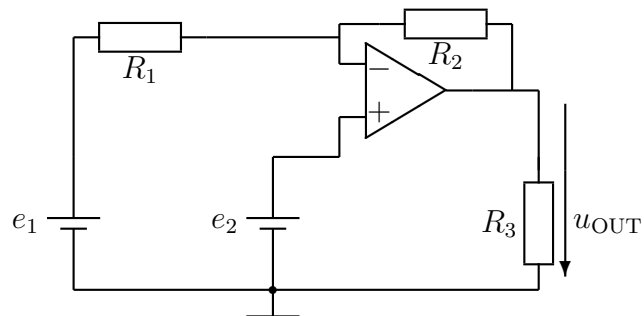
2. Laske jännite U yhden millivoltin tarkkuudella. $E = 10 \text{ V}$, $R = 1 \text{ k}\Omega$, $I_S = 1 \text{ nA}$, $nU_T = 50 \text{ mV}$.



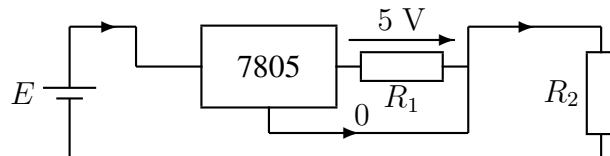
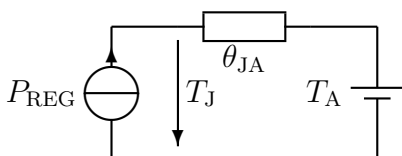
3. Laske virta I_2 . $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$, $E_1 = 5,5 \text{ V}$, $E_2 = 4 \text{ V}$, $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $\beta_1 = \beta_2 = 100$.



4. Laske lähtöjännite u_{OUT} , jos tulojännite $e_1 = \pm 3 \text{ V}$ ja $e_2 = 0,5 \text{ V}$. $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 22 \text{ k}\Omega$.



5. Jos lasket tämän tehtävän, jätä yksi tehtävistä 1–4 pois! Mikä on suurin sallittu jännite E , jolla regulaattorin ytimen lämpötila T_J pysyy alle 125 asteessa? Ympäristön lämpötila on $T_A = 25 \text{ }^\circ\text{C}$? Jäähdytysripaa ei ole. $R_1 = 14 \Omega$, $R_2 = 2,8 \Omega$, $\theta_{JA} = 35 \text{ }^\circ\text{C/W}$, $T_{JMAX} = 125 \text{ }^\circ\text{C}$.

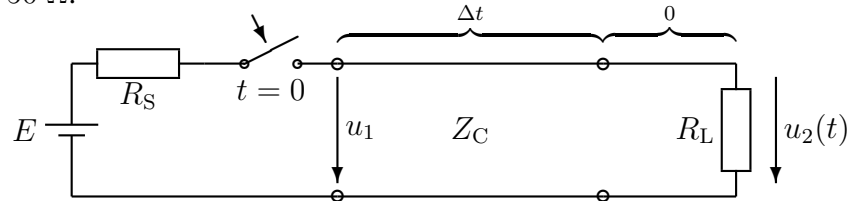


Huom; Vastaa vain neljään tehtävään! Ratkaisut tulevat Mycoon heti. Tehtäväpaperia ei tarvitse palauttaa. Anna anonymiä kurssipalautetta Oodissa! Autat kehittämään opetusta.

2. välikoe 11.12.2017. **Saat vastata vain neljään tehtävään!**

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

1. Laske jännite $u_2(t)$ ajan $t = 4\Delta t$ kuluttua kytkimen sulkemisesta. $E = 9 \text{ V}$ $R_S = 50 \Omega$, $Z_C = 100 \Omega$, $R_L = 50 \Omega$.



Johdolle lähtee jatkuva jänniteaalto hetkellä $t = 0$:

$$u_1(0) = \frac{Z_C}{R_S + Z_C} E = \frac{1}{\frac{R_S}{Z_C} + 1} E = 6 \text{ V} \quad (1)$$

Läpäisykerroin kuormassa:

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

Heijastuskertoimet johdon päissä:

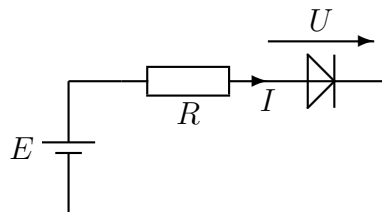
$$\rho_2 = \frac{R_L - Z_C}{R_L + Z_C} = \frac{\frac{R_L}{Z_C} - 1}{\frac{R_L}{Z_C} + 1} = -\frac{1}{3} \quad (3)$$

$$\rho_1 = \frac{R_S - Z_C}{R_S + Z_C} = \frac{\frac{R_S}{Z_C} - 1}{\frac{R_S}{Z_C} + 1} = -\frac{1}{3} \quad (4)$$

Edestakaiset heijastukset; lähde syöttää tasajänniteaaltoa jatkuvalla syötöllä:

$$u_2(4\Delta t) = u_2(3\Delta t \dots 5\Delta t) = u_1(0)(1 + \rho_2\rho_1)\tau_2 = 4,44 \text{ V} \quad (5)$$

2. Laske jännite U yhden millivoltin tarkkuudella. $E = 10 \text{ V}$, $R = 1 \text{ k}\Omega$, $I_S = 1 \text{ nA}$, $nU_T = 50 \text{ mV}$.



$$-E + RI_D + U = 0 \quad (6)$$

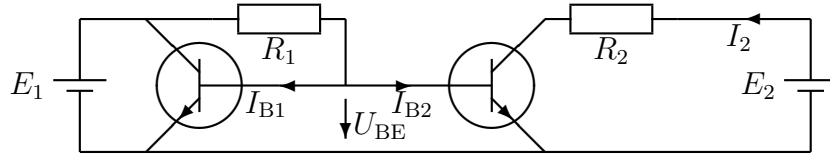
$$-E + RI_S(e^{\frac{U}{nU_T}} - 1) + U = 0 \quad (7)$$

$$-E + RI_S e^{20U} + U \approx 0 \quad (8)$$

$$U \approx E - RI_S e^{20U} \approx 0,802 \text{ V} (0,801 \dots 0,802 \text{ V}) \quad (9)$$

U/V	$10 - RI_S e^{20U}/\text{V}$
0,7	8,8
0,8	1,11
0,81	-0,85
0,802	0,75
0,801	0,93
0,80173	0,801

3. Laske virta I_2 . $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$, $E_1 = 5,5 \text{ V}$, $E_2 = 4 \text{ V}$, $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $\beta_1 = \beta_2 = 100$.

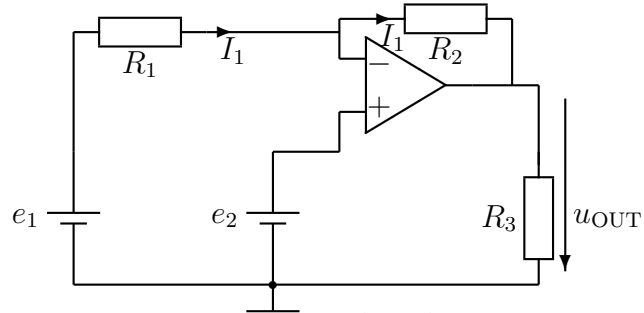


$$-E_1 + R_1 \cdot (I_{B1} + I_{B2}) + U_{BE} = 0 \quad (10)$$

$$I_{B1} = I_{B2} = \frac{E_1 - U_{BE}}{2R_1} = 24,0 \mu\text{A} \Rightarrow I_2 = \beta I_{B2} = 2,4 \text{ mA} \quad (11)$$

$$(U_{CE2} = E_2 - R_2 I_2 = 1,6 \text{ V} > 0,3 \text{ V}, \text{ OK}) \quad (12)$$

4. Laske lähtöjännite u_{OUT} , jos tulojännite $e_1 = \pm 3 \text{ V}$ ja $e_2 = 0,5 \text{ V}$. $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 22 \text{ k}\Omega$.



$$-e_1 + R_1 I_1 - 0 + e_2 = 0 \Rightarrow I_1 = \frac{e_1 - e_2}{R_1} \quad (13)$$

$$-e_2 + 0 + R_2 I_1 + u_{\text{OUT}} = 0 \Rightarrow \quad (14)$$

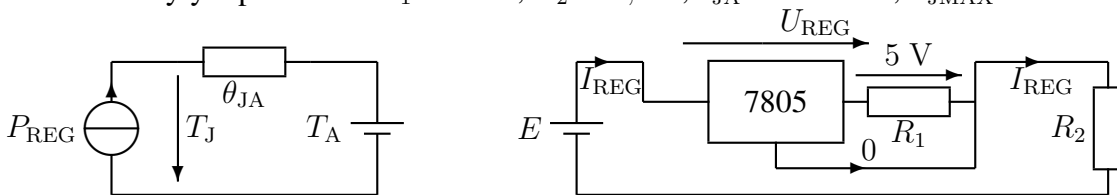
$$u_{\text{OUT}} = e_2 - R_2 I_1 = e_2 - \frac{R_2}{R_1} (e_1 - e_2) \quad (15)$$

$$e_1 = +3 : u_{\text{OUT}} = -3,25 \text{ V} \quad (16)$$

$$e_1 = -3 : u_{\text{OUT}} = +5,75 \text{ V} \quad (17)$$

Tässä e_2 voidaan tulkita esim. offset-jännitteeksi (operaatiovahvistimen epäideaalisuus).

5. Jos lasket tämän tehtävän, jätä yksi tehtävistä 1–4 pois! Mikä on suurin sallittu jännite E , jolla regulaattorin ytimen lämpötila T_J pysyy alle 125 asteessa? Ympäristön lämpötila on $T_A = 25 \text{ }^\circ\text{C}$? Jäähdytysriippa ei ole. $R_1 = 14 \Omega$, $R_2 = 2,8 \Omega$, $\theta_{JA} = 35 \text{ }^\circ\text{C/W}$, $T_{J\text{MAX}} = 125 \text{ }^\circ\text{C}$.



$$P_{\text{REG}} = \frac{T_J - T_A}{\theta_{JA}} = \frac{100}{35} = U_{\text{REG}} I_{\text{REG}} \Rightarrow U_{\text{REG}} = \frac{P_{\text{REG}}}{I_{\text{REG}}} \quad (18)$$

$$I_{\text{REG}} = \frac{5}{R_1} = \frac{5}{14} \text{ A} \quad (19)$$

$$U_{\text{REG}} = E - 5 - R_2 I_{\text{REG}} \quad (20)$$

$$\Rightarrow E = U_{\text{REG}} + 5 + R_2 I_{\text{REG}} = \frac{P_{\text{REG}}}{I_{\text{REG}}} + 5 + R_2 I_{\text{REG}} = 13 \text{ V} + R_2 I_{\text{REG}} = 14 \text{ V} \quad (21)$$

Tämä on yksinkertainen tapa tehdä vakiovirtalähde: I_{REG} ei muutu, vaikka R_2 muuttuisi. Huonona puolena on korkea jännitehäviö E :n ja R_2 :n välillä, esim. 3,3 voltin regulaattorilla yleensä käytännössä vähintään viiden voltin luokkaa ja 7805:llä jopa 8 V. Annettu $\theta_{JA} = 35 \text{ }^\circ\text{C/W}$ vastaa TO-3 -koteloisen regulaattorin lämpöresistanssia silloin, kun sitä ei ole kiinnitetty jäähdytysriippaan.

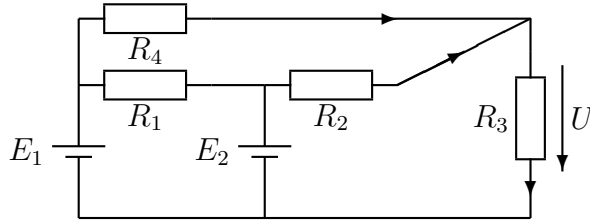
ELEC-C4210 SÄHKÖTEKNIikka JA ELEKTRONIIKKA Kimmo Silvonen

Tentti 11.12.2017. Saat vastata vain neljään tehtävään!

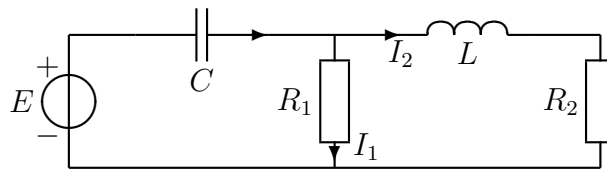
Sallitut: Kako, [gr.] laskin, [MAOL], [sanakirjan käytöstä on sovittava valvojan kanssa!]

Tentti: välikoetehtävät 2 ja 4 sekä lisäksi 6, 7, 8; valitse neljä edellä mainituista!

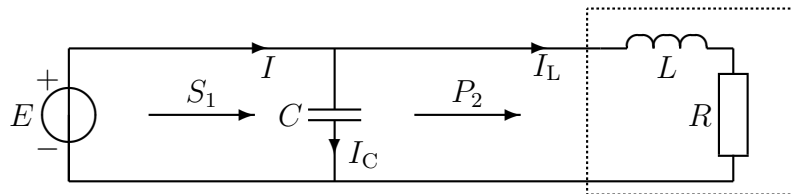
6. Laske jännite U . $E_1 = 10 \text{ V}$, $E_2 = 4 \text{ V}$. $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $R_3 = 2 \Omega$, $R_4 = 1 \Omega$.



7. Laske virta I_2 . $E = 18 - 6j \text{ V}$, $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $L = 0,2 \text{ H}$, $C = 50 \text{ mF}$, $\omega = 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$.



8. Laske pätöteho P_2 . $E = 40 \angle 0^\circ \text{ V}$, $\omega = 2 \text{ rad/s}$, $R = 2 \Omega$, $L = 2 \text{ H}$, $C = 0,1 \text{ F}$, $I = 4 \angle 0^\circ \text{ A}$, $I_C = 8j \text{ A}$.

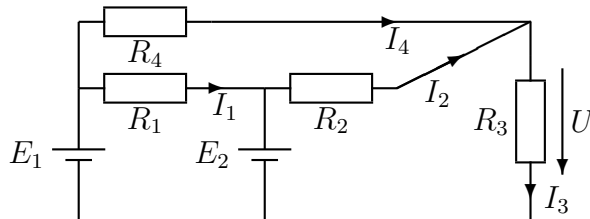


ELEC-C4210 SÄHKÖTEKNIikka JA ELEKTRONIIKKA Kimmo Silvonen

Tentti 11.12.2017. Saat vastata vain neljään tehtävään!

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

6. Laske jännite U . $E_1 = 10 \text{ V}$, $E_2 = 4 \text{ V}$. $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $R_3 = 2 \Omega$, $R_4 = 1 \Omega$.



$$I_4 + I_2 = I_3 \quad (22)$$

$$\frac{E_1 - U}{R_4} + \frac{E_2 - U}{R_2} = \frac{U}{R_3} \quad (23)$$

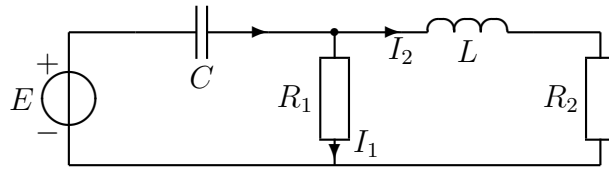
$$\frac{R_2}{R_4} E_1 + E_2 = \frac{R_2}{R_3} U + \frac{R_2}{R_4} U + U \quad (24)$$

$$U = \frac{\frac{R_2}{R_4} E_1 + E_2}{\frac{R_2}{R_3} + \frac{R_2}{R_4} + 1} = 6 \text{ V} \quad (25)$$

Tässä piirissä ei ole vastusten sarjaan- tai rinnankytkentöjä. Virtaa (tai ainakaan sen lukuarvoa) ei yleensä voi laskea Ohmin lain avulla, koska et juuri koskaan tunne vastuksen jännitettä —

vasta, kun tunnet virran, voit laskea jännitteen $U = RI$. Et voi myöskään käyttää jännitteenjakotai virranjakokaavaa, koska piirissä ei ole vastusten sarjaan- tai rinnankytkentöjä. Jos yrität laskea virran muodossa E/R , et ole oikeasti ollut mukana kurssilla. Huomaa, että $E = RI$ ei edes ole Ohmin laki, vaan virheellinen väittämä.

7. Laske virta I_2 . $E = 18 - 6j$ V, $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $L = 0,2$ H, $C = 50$ mF, $\omega = 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$.



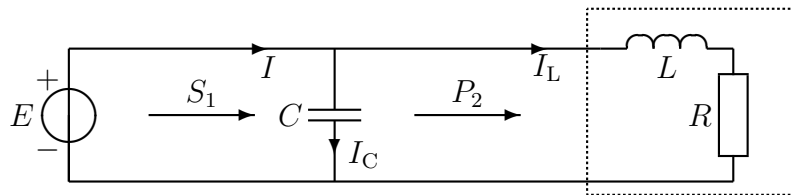
$$\begin{cases} -R_1 I_1 + j\omega L I + R_2 I = 0 \Rightarrow I_1 = \frac{j\omega L + R_2}{R_1} I \\ -E + \frac{1}{j\omega C} (I_1 + I) + R_1 I_1 = 0 \end{cases} \quad (26)$$

$$-E - j \frac{1}{\omega C} I + \left(R_1 - j \frac{1}{\omega C} \right) \frac{j\omega L + R_2}{R_1} I = 0 \quad (27)$$

$$I = \frac{E}{\left(R_1 - j \frac{1}{\omega C} \right) \frac{j\omega L + R_2}{R_1} - j \frac{1}{\omega C}} \quad (28)$$

$$= \frac{18 - 6j}{(4 - j2) \frac{j^2 + 2}{4} - j2} = \frac{18 - 6j}{3 - j} = \frac{6\sqrt{10} \angle -18,4^\circ}{\sqrt{10} \angle -18,4^\circ} = 6 \angle 0^\circ \text{ A} \quad (29)$$

8. Laske pätöteho P_2 . $E = 40 \angle 0^\circ$ V, $\omega = 2$ rad/s, $R = 2 \Omega$, $L = 2$ H, $C = 0,1$ F, $I = 4 \angle 0^\circ$ A, $I_C = 8j$ A.



$$S_1 = U_1 I^* = E I^* = 40 \cdot (4 - 0j) = 160 \text{ VA} \quad (30)$$

$$S_2 = U_2 I_L^* = E \underbrace{(I - I_C)}_{4 - 8j}^* = 40 \cdot (4 + 8j) = 160 + j320 \text{ VA} \quad (31)$$

$$P_2 = \text{Re}[S_1] = \text{Re}[S_2] = R \cdot |I_L|^2 = 160 \text{ W} \quad (32)$$