

2. välikoe 8.12.2020. Saat vastata vain neljään tehtävään!

Koe on suoritettava itsenäisesti. Kirjallisen materiaalin käyttö on kuitenkin sallittua.

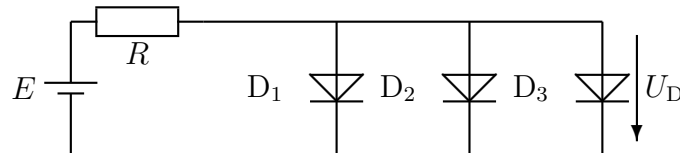
Paperille kirjoitetut vastaukset palautetaan MyCoursesiin valokuvattuina tai skannattuina; suositeltavin tiedostomuoto on pdf tai jpg. Kaikkien tehtävien vastaukset saavat olla samassa PDF-tiedostossa (optimi); muussa tapauksessa tiedostojen yhteismäärä voi olla korkeintaan 20 ja tehtävän vastauksena saa tarvittaessa olla useampia tiedostoja. En voi kokeen aikana enää täsmentää tehtäviä, vaikka niissä olisi puutteita (harvoin on). Jos kokeen aikana tulee muita ongelmia, minulle voi lähettää suoraa sähköpostia: kimmo.silvonen@aalto.fi

2. mellanförhör 8.12.2020. Du får endast besvara fyra frågor!

Förhöret skall skrivas utan help av andra personer. Användning av skriftligt material är tillåtet. Svar skrivna på papper returneras fotograferade eller skannade (gärna pdf eller jpg) till MyCourses. Svaren på alla uppgifter kan vara i samma PDF-fil (optimalt). Du kan skicka mig email: kimmo.silvonen@aalto.fi, om du har problem under förhöret.

1. Kolme erilaista diodia on kytketty rinnan. Jännite on $U_D = 0,7 \text{ V}$. Mitoita vastus R .

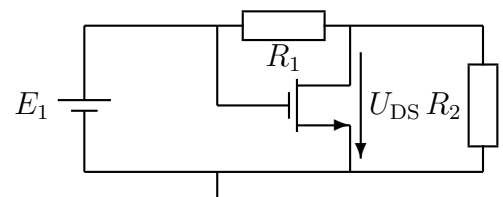
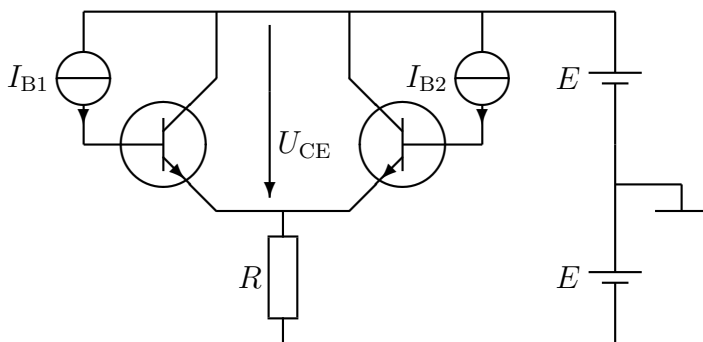
1. Tre olika dioder är anslutna parallelt. Om spänningen är $U_D = 0,7 \text{ V}$, hur stor är resistansen R ?
 $E = 1,2 \text{ V}$, $U_T = 25 \text{ mV}$, $n = n_1 = n_2 = n_3 = 2$, $I_{S1} = 1,0 \text{ nA}$, $I_{S2} = 1,5 \text{ nA}$, $I_{S3} = 1,7 \text{ nA}$.



2. Vasemmassa kuvassa on differentiaalivahvistin. Transistorien kantavirrat ovat $I_{B1} = 0,11 \text{ mA}$ ja $I_{B2} = 0,09 \text{ mA}$. Laske jännite U_{CE} . Oikealla teht. 3.

2. Bilden till vänster representerar en differentia förstärkare. Basströmmar av transistorer är $I_{B1} = 0,11 \text{ mA}$ och $I_{B2} = 0,09 \text{ mA}$. Beräkna spänningen U_{CE} . Till höger uppgift 3.

$E = 5 \text{ V}$, $R = 0,25 \text{ k}\Omega$, $\beta = 99$.



3. Kuva yllä oikealla. Laske jännite U_{DS} (oleta triodi-alue, TRI).

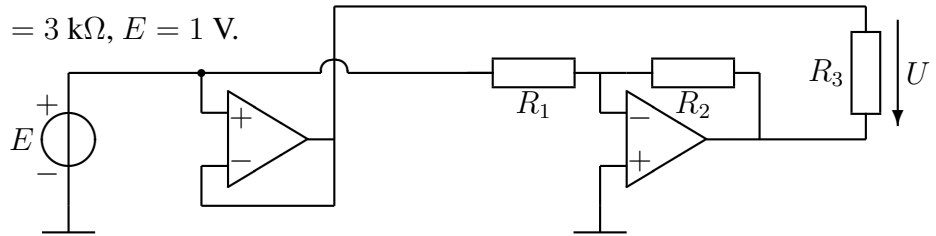
3. Ovan till höger. Beräkna spänningen U_{DS} (trioderegionen, TRI).

$E_1 = 4 \text{ V}$, $U_t = 2 \text{ V}$, $K = 0,25 \text{ mA/V}^2$, $R_1 = 1000 \Omega$, $R_2 = 1000 \Omega$.

Käännä. Vänd!

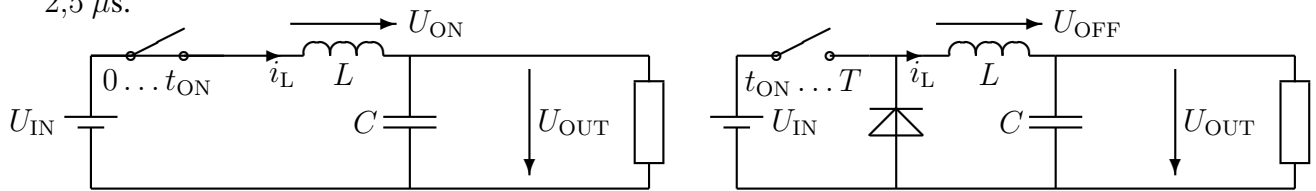
4. Laske jännite U . 4. Beräkna spänningen U .

$$R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega, R_3 = 3 \text{ k}\Omega, E = 1 \text{ V.}$$



5. Jos lasket tämän tehtävän, jätä pois yksi tehtävistä 1–4. Kuva esittää *step-down*-tyyppistä hakkuriteholähdettä, kun kytkin on kiinni tai auki. Diodi ja kytkin ovat ideaaliset. $U_{\text{ON}} = L \frac{|\Delta i_L|}{t_{\text{ON}}}$ ja $U_{\text{OFF}} = -L \frac{|\Delta i_L|}{t_{\text{OFF}}}$. Laske lähtöjännite U_{OUT} . $U_{\text{IN}} = 1 \text{ V}$, $t_{\text{ON}} = 2 \mu\text{s}$, $T = t_{\text{ON}} + t_{\text{OFF}} = 2,5 \mu\text{s}$.

5. Om du svarar på denna frågan, lämna bort en av frågorna 1–4! En *step-down*-spänningsregulator med brytaren slutet eller öppen är avbildad. Dioden och brytaren är ideala. $U_{\text{ON}} = L \frac{|\Delta i_L|}{t_{\text{ON}}}$ och $U_{\text{OFF}} = -L \frac{|\Delta i_L|}{t_{\text{OFF}}}$. Beräkna utgångsspänningen U_{OUT} . $U_{\text{IN}} = 1 \text{ V}$, $t_{\text{ON}} = 2 \mu\text{s}$, $T = t_{\text{ON}} + t_{\text{OFF}} = 2,5 \mu\text{s}$.



ELEC-C4210 SÄHKÖTEKNIikka JA ELEKTRONIKKA Kimmo Silvonen

Tentti 8.12.2020: välikokeen tehtävät 3, 4 ja 5 sekä lisäksi tehtävät 6 ja 7.

Saat vastata vain neljään tehtävään!

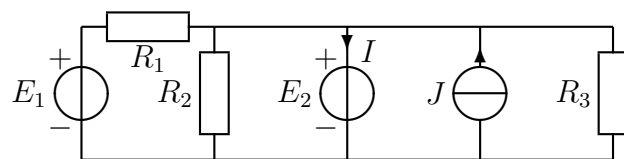
Examen 8.12.2020: uppgifterna nummer 3, 4 och 5 (från mellanförhöret) samt 6 och 7.

Välj bara fyra frågor!

6. Laske virta I .

6. Beräkna strömmen I .

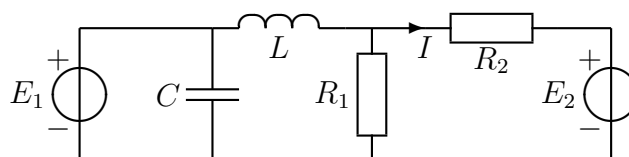
$$J = 2 \text{ A}, E_1 = 10 \text{ V}, E_2 = 5 \text{ V}, R_1 = 2,5 \Omega, R_2 = 5 \Omega, R_3 = 10 \Omega.$$



7. Laske virta I .

7. Beräkna strömmen I .

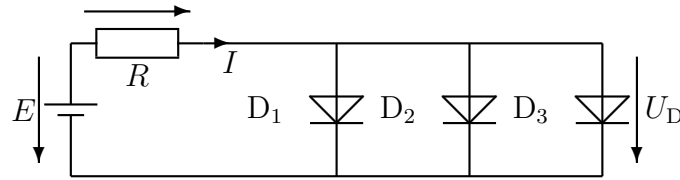
$$L = 2 \text{ H}, R_1 = 4 \Omega, R_2 = 10 \Omega, C = 0,1 \text{ F}, \omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}, E_1 = 10 \angle 0^\circ \text{ V}, E_2 = (10 - j20) \text{ V.}$$



Du får endast besvara fyra frågor! Svar kan hittas i MyCo.

Ratkaisut ja tulokset tulevat kurssin sivulle MyCoon. Hyvää joulua, t. X

1. Kolme erilaista diodia on kytketty rinnan. Jännite on $U_D = 0,7 \text{ V}$. Mitoita vastus R .
 $E = 1,2 \text{ V}$, $U_T = 25 \text{ mV}$, $n = n_1 = n_2 = n_3 = 2$, $I_{S1} = 1,0 \text{ nA}$, $I_{S2} = 1,5 \text{ nA}$, $I_{S3} = 1,7 \text{ nA}$.



$$\frac{1}{nU_T} = 20 \quad (1)$$

$$-E + RI + U_D = 0 \Rightarrow R = \frac{E - U_D}{I} \quad (2)$$

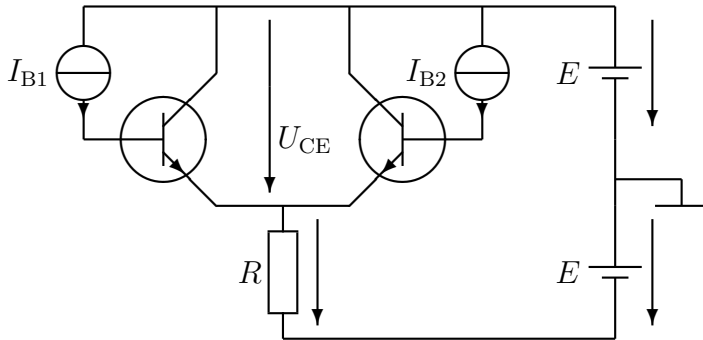
$$I_1 \approx I_{S1} e^{20U_D} = I_{S1} e^{14} \quad (3)$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = (I_{S1} + I_{S2} + I_{S3}) e^{14} = 5,05 \text{ mA} \quad (4)$$

$$R = \frac{1,2 - 0,7}{4,2 \cdot 10^{-9} \cdot e^{14}} = 99 \Omega \quad (5)$$

Diodeja ei yleensä kannata kytkeä rinnan, koska niiden virrat voivat mm. lämpötilaerojen ja erisuurten saturaatiovirtojen takia jakautua erittäin epätasaisesti. Jokaisella diodilla tulisi olla ainakin pieni etuvastus (sarjavastus) lämpötilastabiilisuuden parantamiseksi. Samat asiat on otettava huomioon mm. ledien rinnankytkennässä (ledin jännite on korkeampi, yleensä lähes 2 V tai suurempi).

2. Kuvassa on differentiaalivahvistin. Transistorien kantavirrat ovat $I_{B1} = 0,11 \text{ mA}$ ja $I_{B2} = 0,09 \text{ mA}$. Laske jännite U_{CE} . $E = 5 \text{ V}$, $R = 0,25 \text{ k}\Omega$, $\beta = 99$.



$$I_{E1} = (\beta + 1)I_{B1} \quad (6)$$

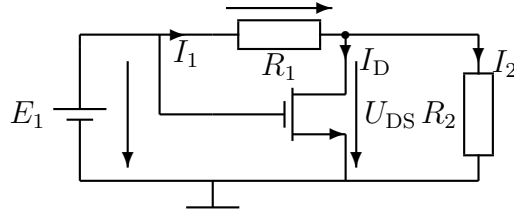
$$I_{E2} = (\beta + 1)I_{B2} \quad (7)$$

$$-R(I_{E1} + I_{E2}) - U_{CE} + E + E = 0 \quad (8)$$

$$U_{CE} = 2E - R(I_{E1} + I_{E2}) = 2E - R(\beta + 1)(I_{B1} + I_{B2}) = 5 \text{ V} \quad (9)$$

3. Laske jännite U_{DS} (oleta triodi-alue, TRI).

$E_1 = 4 \text{ V}$, $U_t = 2 \text{ V}$, $K = 0,25 \text{ mA/V}^2$, $R_1 = 1000 \Omega$, $R_2 = 1000 \Omega$.



$$I_1 = \frac{E - U_{DS}}{R_1} \quad (10)$$

$$I_2 = \frac{U_{DS}}{R_2} \quad (11)$$

$$I_D = K[2(\underbrace{U_{GS}}_{E_1} - U_t) \underbrace{U_{DS}}_x - U_{DS}^2] = I_1 - I_2 = \frac{E - U_{DS}}{R_1} - \frac{U_{DS}}{R_2} \quad (12)$$

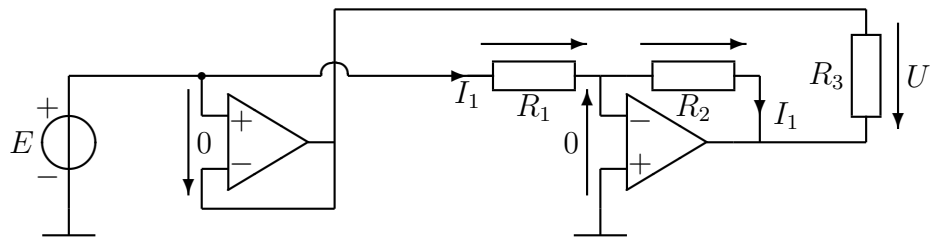
$$2(4 - 2)x - x^2 = \frac{4 - x}{KR_1} - \frac{x}{KR_2} \quad (13)$$

$$x^2 - 12x + 16 = 0 \quad (14)$$

$$\Rightarrow x = U_{DS} = \begin{cases} 6 + \sqrt{20} \text{ V} \\ 6 - \sqrt{20} \text{ V} = 1,53 \text{ V} \leq U_{GS} - U_t \quad \text{OK} \end{cases} \quad (15)$$

$$(\Rightarrow I_D = (2\sqrt{20} - 8) = 0,944 \text{ mA}) \quad (16)$$

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



$$-E + R_1 I_1 - 0 = 0 \quad (17)$$

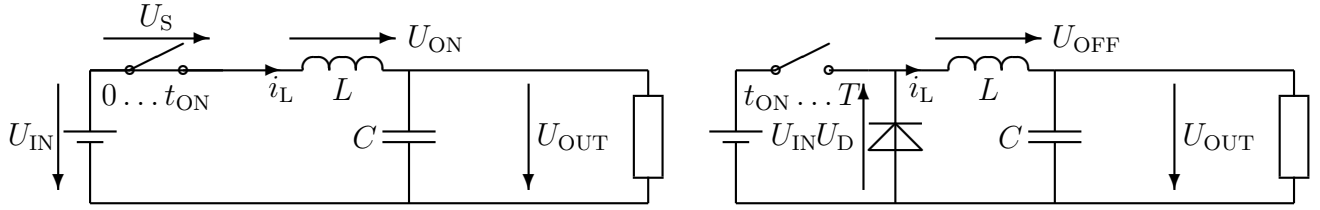
$$\Rightarrow I_1 = \frac{E + 0}{R_1} \quad (18)$$

$$-E + 0 + U - R_2 I_1 - 0 = 0 \Rightarrow U = E + R_2 I_1 = E + R_2 \frac{E}{R_1} \quad (19)$$

$$U = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) E = 2E = 2 \text{ V} \quad (20)$$

Piirin lähtöliitännä on symmetrinen, maasta erotettu eli kelluva. Jännite U voidaan siirtää vastukselle R_3 kahta yhteisen maadoitetun suojavaipan sisällä kulkevaa "kuumaa" johdinta pitkin. Järjestely on tavallinen teollisuusympäristöissä ja äänitöistudioissa, symmetrointi parantaa häiriösuojausta, koska molempiin signaalijohtimiin samanlaisina kytkeytyvät häiriöt kumoavat toisensa.

5. Jos lasket tämän tehtävän, jätä pois yksi tehtävistä 1–4. Kuva esittää *step-down*-tyyppistä hakkuriteholähdettä, kun kytkin on kiinni tai auki. Diodi ja kytkin ovat ideaaliset. $U_{ON} = L \frac{|\Delta i_L|}{t_{ON}}$ ja $U_{OFF} = -L \frac{|\Delta i_L|}{t_{OFF}}$. Laske lähtöjännite U_{OUT} . $U_{IN} = 1 \text{ V}$, $t_{ON} = 2 \mu\text{s}$, $T = t_{ON} + t_{OFF} = 2,5 \mu\text{s}$.



$$-U_{IN} + \overset{0}{U_S} + U_{ON} + U_{OUT} = 0 \quad (21)$$

$$U_{ON} = U_{IN} - U_{OUT} \quad (22)$$

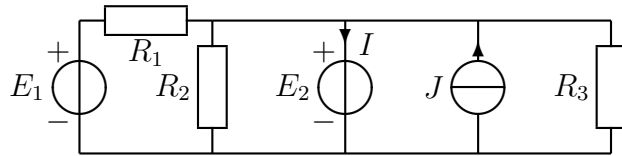
$$|\Delta\Psi| = L|\Delta i_L| = U_{ON}t_{ON} \quad (23)$$

$$(U_{IN} - U_{OUT})t_{ON} = -(-U_{OUT})t_{OFF} \quad (24)$$

$$U_{OUT} = \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}} U_{IN} = 0,8 \text{ V} \quad (25)$$

6. Laske virta I .

$J = 2 \text{ A}$, $E_1 = 10 \text{ V}$, $E_2 = 5 \text{ V}$, $R_1 = 2,5 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$, $R_3 = 10 \Omega$.



$$-E_1 + R_1 I_1 + E_2 = 0 \Rightarrow I_1 = 2 \quad (26)$$

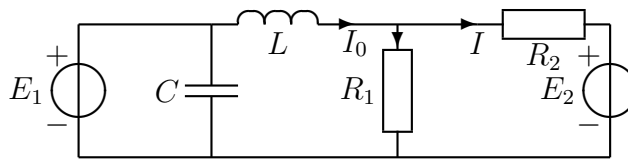
$$-R_2 I_2 + E_2 = 0 \Rightarrow I_2 = 1 \quad (27)$$

$$-E_2 + R_3 I_3 = 0 \Rightarrow I_3 = 0,5 \quad (28)$$

$$I = I_1 - I_2 + J - I_3 = 2,5 \text{ A} \quad (29)$$

7. Laske virta I .

$L = 2 \text{ H}$, $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 10 \Omega$, $C = 0,1 \text{ F}$, $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, $E_1 = 10 \angle 0^\circ \text{ V}$, $E_2 = (10 - j20) \text{ V}$.



$$-R_1(I_0 - I) + R_2 I + E_2 = 0 \Rightarrow I_0 = \frac{R_1 I + R_2 I + E_2}{R_1} = 3,5I + 2,5 - j5 \quad (30)$$

$$-E_1 + j\omega L I_0 + R_1(I_0 - I) = 0 \quad (31)$$

$$-E_1 + (j\omega L + R_1)I_0 - R_1 I = 0 \quad (32)$$

$$(j4 + 4)(3,5I + 2,5 - j5) - 4I = E_1 \quad (33)$$

$$14(j + 1)I + 10(j + 1) - 20(j + 1)j - 4I = 10 \quad (34)$$

$$I = \frac{10 - 10(j + 1) + 20(j + 1)j}{14(j + 1) - 4} = \frac{10 - 10j - 10 + 20(-1 + j)}{14j + 10} \quad (35)$$

$$= \frac{-20 + 10j}{14j + 10} = 1,3 \angle 99^\circ \text{ A} \quad (36)$$