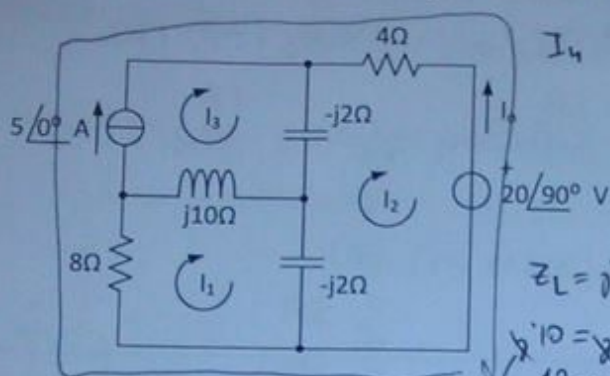


AC FELADAT

Állandósult állapotú AC hálózat megoldása hurokáramok módszerével.



$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -j2\Omega$$

$$1 = -j^3 \omega \cdot 2C$$

$$1 = 2\omega C$$

$$C = \frac{1}{2\omega}$$

$$Z_L = j\omega L$$

$$j^{10} = j\omega L$$

$$10 = \omega L \rightarrow L = \frac{10}{\omega}$$

Határozza meg az áramköri elemek időtartománybeli értékeit (V, A, H, F, Ω), ha $f = 6283$ Hz! (20 pont) 20

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 6283 \approx 39477,25 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$I_g = 5\sqrt{2} \cos(39477,25t) \text{ [A]}$$

$$R_{8\Omega} = 8\Omega$$

$$R_{4\Omega} = 4\Omega$$

$$V_g = 20\sqrt{2} \cos(39477,25 + 90^\circ) \text{ [V]}$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot 39477,25} \mu\text{F} = 1,26655 \cdot 10^{-5} \text{ F}$$

$$L = 2,533 \cdot 10^{-4} \text{ H}$$

Írja fel az egyes hurkokra vonatkozó hurokegyenleteket a hurkok irányának figyelembevételével! (25 pont) 25

$$(I_1 \downarrow): 8I_1 + j^{10}I_1 - j^{10}I_3 + (-j^2) \cdot I_1 - (-j^2)I_2 = 0$$

$$(I_2 \downarrow): +(-j^2)I_2 - (-j^2)I_1 + (-j^2)I_2 - (-j^2)I_3 + 4I_2 + 20\angle 90^\circ = 0$$

$$(I_3 \downarrow): I_3 = 5\angle 0^\circ \text{ [A]}$$

$$(8 + j^{10})I_1 - j^{10} \cdot (5\angle 0^\circ) - j^2 I_1 + j^2 I_2 = 0$$

$$(8 + j^8)I_1 + j^2 I_2 = j^{10} \cdot 5$$

$$(8 + j^8)I_1 - j^{10} \cdot 5 = -j^2 I_2$$

$$j^{10} \cdot 5 - (8 + j^8)I_1 = j^2 I_2 \rightarrow I_2 = \frac{j^{10} \cdot 5 - (8 + j^8)I_1}{j^2}$$

Számolja ki az egyes hurkokhoz tartozó hurokáramokat! (25 pont) 25

$$I_1 = 3,59 \angle 55^\circ \text{ [A]} = 3,59 \sqrt{2} \cos(394,77,25t + 55^\circ) \text{ [A]}$$

$$I_2 = 6,12 \angle -35,22^\circ \text{ [A]} = 6,12 \sqrt{2} \cos(394,77,25t - 35,22^\circ) \text{ [A]}$$

$$I_3 = 5 \angle 0^\circ \text{ [A]} = 5 \sqrt{2} \cos(394,77,25t) \text{ [A]}$$

A hálózat körül felvett negyedik hurok segítségével ellenőrizze a kapott eredményeket! (20 pont) 20

$$8I_4 + 8I_1 + \cancel{V_{I_2}} + 4I_4 + 4I_2 + 20 \angle 90^\circ = 0$$

$$I_4 = I_9 = 5 \angle 0^\circ \text{ A} \rightarrow V_{I_9} = 100,85 \angle 16,95^\circ \text{ [V]}$$

KHT felvétel I_3 hurok mentén $\Rightarrow V_{I_9} = 100,85 \angle 16,95^\circ \text{ [V]}$ ✓

Határozza meg az I_0 ágáram értékét a komplex amplitúdók tartományában ÉS az időtartományban! (10 pont) 10

$$I_0(j\omega) = -I_2(j\omega) = 6,12 \angle 144,78^\circ \text{ [A]}$$

$$I_0(t) = 6,12 \sqrt{2} \cos(394,77,25t + 144,78^\circ) \text{ [A]}$$

$$-j2 \left(\frac{j50 - (2+j3)I_1}{j2} \right) + j2I_1 - j2 \left(\frac{j50 - (2+j3)I_1}{j2} \right) + j2 \cdot 5 + 4 \left(\frac{j50 - (2+j3)I_1}{j2} \right) + 20 \angle 90^\circ = 0$$

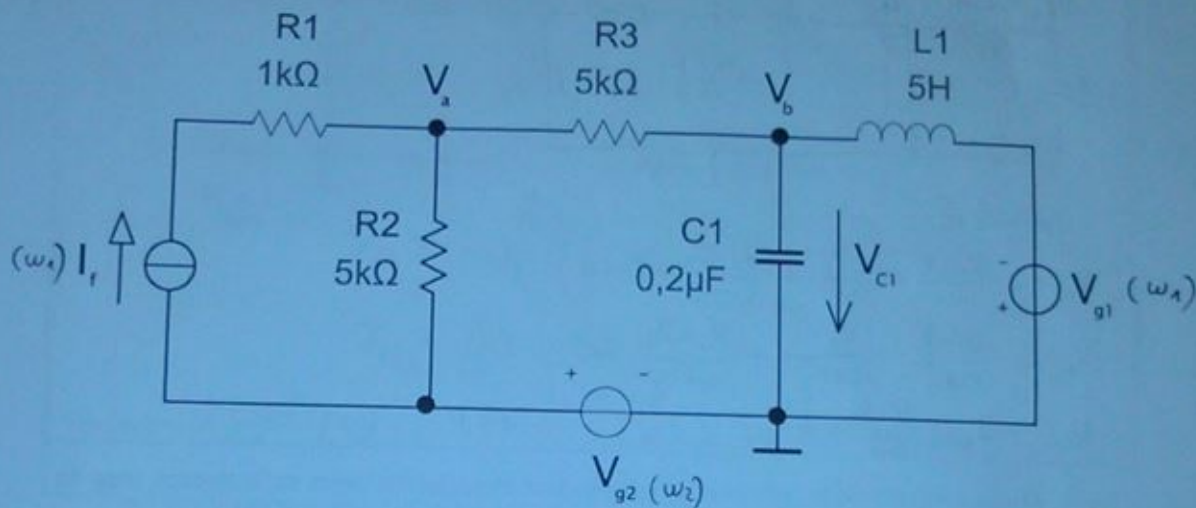
$$(2+j3)I_1 - j50 + j^2 2I_1 + (2+j3)I_1 - j50 + j10 + 2 \left(\frac{j50 - (2+j3)I_1}{j} \right) + 20 \angle 90^\circ = 0 \quad | \cdot j$$

$$j(2+j3)I_1 - j^2 50 + j^2 2I_1 + j(2+j3)I_1 - j^2 50 + j^2 10 + 2(j50 - (2+j3)I_1) + 20 \angle 90^\circ \cdot j = 0$$

$$(8+j3)I_1 + 50 - 2I_1 + (8+j3)I_1 + 50 - 10 + 100j - (2+j3)2I_1 - 20 = 0$$

AC Feladat

Analizálja az áramkört a csomóponti potenciálok módszerével a felvett referencia pontok és mérőirányok megtartása mellett!



$$I_f = 0,01 \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega_1 t) A$$

$$V_{g1} = 20 \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega_1 t + \frac{\pi}{4}) V$$

$$V_{g2} = \sqrt{10} \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega_2 t - \frac{37}{360} \pi) V \quad \omega_1 = 1000 \frac{rad}{s} \quad \omega_2 = 2000 \frac{rad}{s}$$

1. Adja meg ω_1 és ω_2 körfrekvenciákon Z_{C1} és Z_{L1} impedanciák értékét! (20 pont) 20

$$Z_{C1}(\omega_1) = \frac{1}{j\omega_1 C_1} = -5000j \Omega$$

$$Z_{L1}(\omega_1) = j\omega_1 L_1 = 5000j \Omega$$

$$Z_{C1}(\omega_2) = \frac{1}{j\omega_2 C_1} = -2500j \Omega$$

$$Z_{L1}(\omega_2) = j\omega_2 L_1 = 10000j \Omega$$

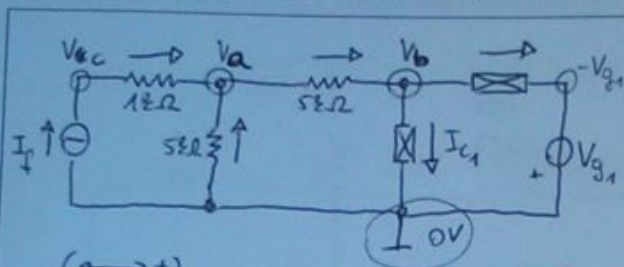
$$V_{g1} \rightsquigarrow 20 \angle \frac{\pi}{4} = 20 \angle 22,5^\circ V$$

$$I_f \rightsquigarrow 0,01 \angle 0^\circ A$$

$$V_{g2} \rightsquigarrow \sqrt{10} \angle -18,5^\circ [V]$$

$$\left(\begin{array}{c|c} \pi & 180^\circ \\ \hline -\frac{37}{360} \pi & x \\ \hline x = \frac{-\frac{37}{360} \pi \cdot 180}{\pi} = -18,5^\circ \end{array} \right)$$

2. A jelölt mérőirányok mellett írja fel ω_1 körfrekvencián a csomóponti potenciálok módszerével az áramkört leíró általános egyenletrendszert! (30 pont) 30



(+ → -)

$$V_a: -\frac{V_c - V_a}{1000} - \frac{-V_a}{5000} + \frac{V_a - V_b}{5000} = 0 \quad (1.)$$

$$V_b: -\frac{V_a - V_b}{5000} + \frac{V_b}{-5000j} + \frac{V_b + V_{g1}}{5000j} = 0 \quad (2.)$$

$$V_c: -I_f + \frac{V_c - V_a}{1000} = 0 \quad (3.)$$

3. Oldja meg az előző pontban meghatározott egyenletrendszert és határozza meg az eredményeket (V_a és V_b) ω_1 körfrekvencián azok mértékegységével együtt! (20 pont) φ

(1.) + (3.)

$$\frac{V_c}{5000} + \frac{V_a - V_b}{5000} = I_f$$

$$V_a + V_a - V_b = 5000 I_f$$

$$2V_a - V_b = 5000 I_f$$

$$V_b = 2V_a - 5000 I_f$$

$$(2.) \quad -\frac{V_a - (2V_a - 5000 I_f)}{5000} + \frac{2V_a - 5000 I_f}{-5000j} + \frac{2V_a - 5000 I_f + V_{g1}}{5000j} = 0$$

$$V_a = 50 \angle 120^\circ \text{ [V]}$$

$$V_A(\omega_1) = 50 \angle 120^\circ \text{ [V]}$$

$$V_B(\omega_1) = 150 \angle 120^\circ \text{ [V]}$$

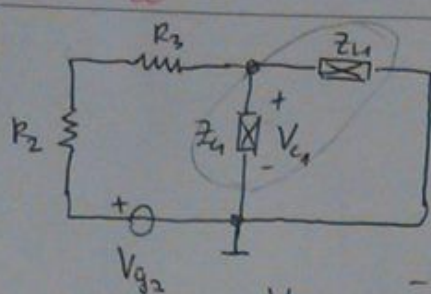
$$-\frac{V_a + 2V_a - 5000 I_f}{5000} + \frac{2V_a - 5000 I_f}{-5000j} + \frac{2V_a - 5000 I_f + V_{g1}}{5000j} = 0 \quad / \cdot 5000j$$

$$5000j(-3V_a + 5000 I_f) = 2V_a + 5000 I_f + 2V_a - 5000 I_f + V_{g1} = 0$$

$$5000jV_a - 5000^2 I_f + V_{g1} = 0$$

$$V_a = \frac{-V_{g1} + 5000^2 I_f}{5000j} = 50 \angle 120^\circ \text{ [V]}$$

4. A jelölt mérőirányok mellett írja fel ω_2 körfrekvencián V_{C1} és I_{C1} feszültséget és áramot! (20 pont) 20



$$V_{C1} = \frac{Z_{C1} \parallel Z_{L1}}{Z_{C1} \parallel Z_{L1} + (R_2 + R_3)} \cdot V_{g2}$$

$$Z_{C1} \parallel Z_{L1} = -333,3 \cdot j$$

$$V_{C1} = \frac{-333,3}{-333,3 + 10000} \cdot 10 \angle -1,5^\circ = 1 \angle -90^\circ \text{ [V]}$$

$$I_{C1} = \frac{V_{C1}}{Z_{C1}} =$$

$$V_{C1}(\omega_2) = 1 \angle -90^\circ \text{ [V]}$$

$$I_{C1}(\omega_2) = 4 \cdot 10^{-4} \angle -90,6^\circ \text{ [A]}$$

5. Adja meg a teljes V_{C1} feszültség és I_{C1} áram időfüggvényét! (10 pont) 5

$$V_{C1}(t) = 150\sqrt{2} \cos(1000t + 180^\circ) + \sqrt{2} \cos(2000t - 90^\circ) \text{ [V]}$$

$$I_{C1}(t) = 0,03\sqrt{2} \cos(1000t - 90^\circ) + 4 \cdot 10^{-4} \sqrt{2} \cos(2000t - 90,6^\circ) \text{ [A]}$$

Részletszámítások:

$$V_{C1}(t) = V_{C1\omega_1}(t) + V_{C1\omega_2}(t)$$

$$V_{C1}(\omega_1) = 150 \angle 180^\circ \text{ [V]} \rightarrow V_{C1\omega_1}(t) = 150\sqrt{2} \cos(1000t + 180^\circ) \text{ [V]}$$

$$V_{C1}(\omega_2) = 1 \angle -90^\circ \text{ [V]} \rightarrow V_{C1\omega_2}(t) = \sqrt{2} \cos(2000t - 90^\circ) \text{ [V]}$$

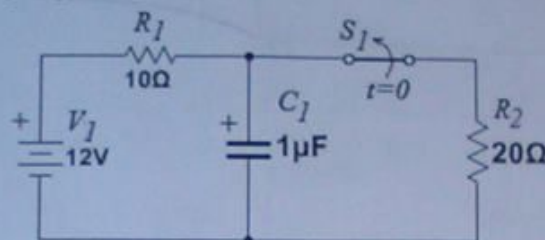
$$I_{C1}(t) = I_{C1\omega_1}(t) + I_{C1\omega_2}(t)$$

$$I_{C1}(\omega_1) = \frac{V_b}{Z_{C1}} = \frac{150 \angle 180^\circ}{-1000j} = 0,03 \angle -90^\circ \rightarrow I_{C1\omega_1}(t) = 0,03\sqrt{2} \cos(1000t - 90^\circ) \text{ [A]}$$

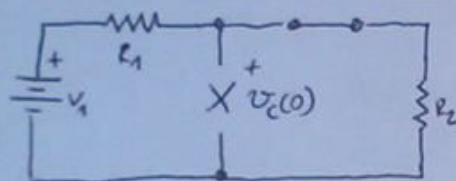
$$I_{C1}(\omega_2) = 4 \cdot 10^{-4} \angle -90,6^\circ$$

FELADAT

Határozza meg C_1 kapacitás feszültségét kapcsoló nyitását követő időszakra Laplace transzformáció segítségével!



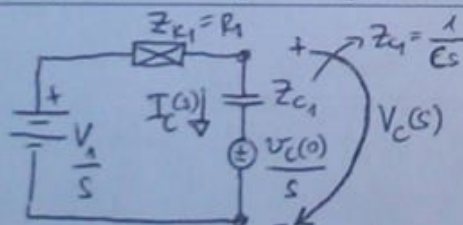
Határozza meg a kapcsolási tranziens előtti állapotot helyettesítő képét, és számolja ki a kapacitás feszültségét $t=0$ -ban, ne feledje a mértékegységet sem. (2x10 pont)



$$v_C(0) = V_1 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12 \cdot \frac{20}{20 + 10} = 8V$$

$$v_C(0) = 8V$$

Készítse el operátoros impedanciák felhasználásával az impedancia helyettesítő képet és írja fel a kapacitás feszültségének meghatározására alkalmas egyenletet! (2x15 pont)



$$V_C(s) = \frac{1}{sC} I_C(s) + \frac{v_C(0)}{s}$$

$$I_C(s) = \frac{V_1}{s} \left(\frac{1}{R_1 + \frac{1}{sC}} \right) = \frac{1}{sC} \cdot \frac{1}{R_1 + \frac{1}{sC}}$$

$$v_C(s) = \frac{1}{s \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{12}{s} \cdot \left(\frac{1}{10 + \frac{1}{s \cdot 10^{-6}}} \right) + \frac{8}{s}$$

Számítsa ki az áramkör időállandóját, ne feledkezzen meg a mértékegységről sem! (10 pont)

$$\tau = RC = 20 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-5} s$$

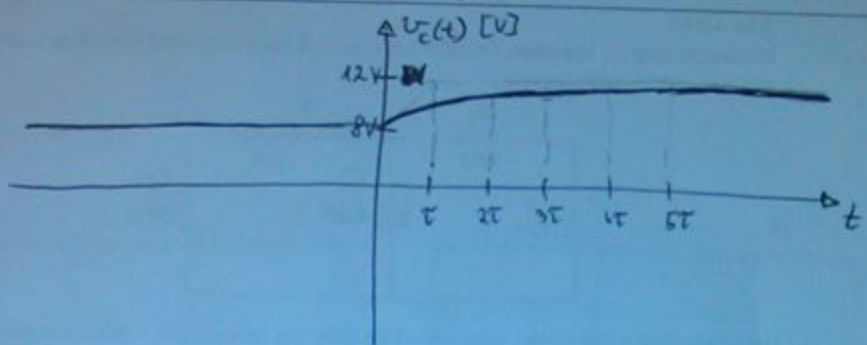
Transzformálja az eredményt időtartományra! (20 pont)

Usszan számolás után megkapjuk, hogy $v_C(t) = 8V + (12V - 8V)e^{-t/\tau}$

$$v_c(s) = \frac{20}{s} - 12 \cdot \frac{1}{s+10^{-5}}$$

$$\mathcal{L}^{-1}\{v_c(s)\} = 20 - 12e^{-10^5 t} [V] = v_c(t) \text{ ahol } t > 0$$

Rajzolja le az eredményül kapott időfüggvényt (20 pont)



Részletszámítások:

$$v_c(s) = \frac{1}{s \cdot 10^{-6}} - \frac{12}{s} \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{s \cdot 10^{-6}} \right) + \frac{8}{s}$$

$$= \frac{1}{s \cdot 10^{-6}} - \frac{12}{s} \cdot \frac{10 + s \cdot 10^{-6}}{10 \cdot s \cdot 10^{-6}} + \frac{8}{s}$$

$$= \frac{12 \cdot s \cdot 10^{-6} + 10}{10 \cdot s \cdot 10^{-6}} + \frac{8}{s} =$$

$$= \frac{12 \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{s^2 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^{-6}} + \frac{10 \cdot 12}{s^2 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot s \cdot 10^{-6}} + \frac{8}{s}$$

$$= \frac{12}{s^2 \cdot 10^{-5}} + \frac{12}{s^2 \cdot 10^{-12}} + \frac{8}{s}$$

$$= \frac{12 \cdot 10^{-7}}{s^2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-7}} + \frac{12}{s^2 \cdot 10^{-12}} + \frac{8}{s} =$$

$$= \frac{12 \cdot 10^{-9} + 12}{s^2 \cdot 10^{-12}} + \frac{8}{s}$$

$$= \frac{20}{s} - \frac{12 \cdot 10^{-4}}{s+10^5}$$

$$= \frac{1}{s+10^5}$$

$$= \frac{20}{s} - \frac{12 \cdot 10^{-4}}{s+10^5}$$

$$= \frac{12}{s^2 \cdot 10^{-5} + s} + \frac{8}{s} = \frac{12}{s} + \frac{8}{s} - \frac{12 \cdot 10^{-4}}{s+10^5} =$$

$$= \frac{20}{s} - \frac{12 \cdot 10^{-4}}{s+10^5}$$

$$= \frac{1}{s \cdot 10^{-6}} - \frac{12}{s} \cdot \frac{10 + \frac{1}{s \cdot 10^{-6}}}{10 + \frac{1}{s \cdot 10^{-6}}} + \frac{8}{s} =$$

$$(*) \quad \frac{12}{s^2 \cdot 10^{-5} + s} = \frac{12}{s} + \frac{B}{s+10^5} = \frac{12}{s} - \frac{12 \cdot 10^{-4}}{s+10^5}$$

$$12 = A(10^{-5}s+1) + 8s$$

$$12 = A \cdot 10^{-5}s + A + 8s$$

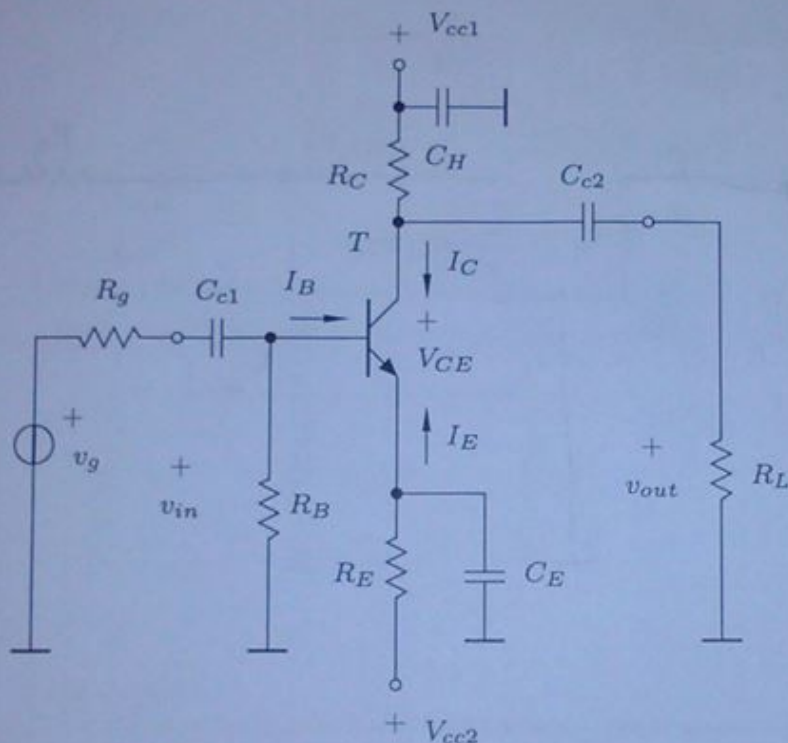
$$A = 12$$

$$A \cdot 10^{-5} + B = 0$$

$$12 \cdot 10^{-5} + B = 0 \rightarrow -1,2 \cdot 10^{-4} = B$$

FELADAT

Az alábbi kapcsolási rajzon látható kisjelű hangfrekvenciás erősítőben alkalmazott T tranzisztor adatai: $\beta = 100$ és $V_{BE,A} = 0,7 \text{ V}$.



$$\begin{aligned} R_B &= 10 \text{ k}\Omega \\ R_E &= 5,6 \text{ k}\Omega \\ R_C &= 2,2 \text{ k}\Omega \\ R_g &= 10 \text{ k}\Omega \\ R_L &= 2,2 \text{ k}\Omega \\ C_{c1} &= 10 \text{ }\mu\text{F} \\ C_{c2} &= 100 \text{ }\mu\text{F} \\ C_H &= C_E = 470 \text{ }\mu\text{F} \\ V_{cc1} &= +9 \text{ V} \\ V_{cc2} &= -9 \text{ V} \end{aligned}$$

FIZIKAILAG SEM
LEHETSÉGES!

- (1) A megadott mérőirányok mellett határozza meg a T tranzisztor munkaponti I_B bázis- és I_E emitteráramát, valamint V_{CE} kollektor-emitter feszültségét. ($3 \times 10 = 30$ pont)

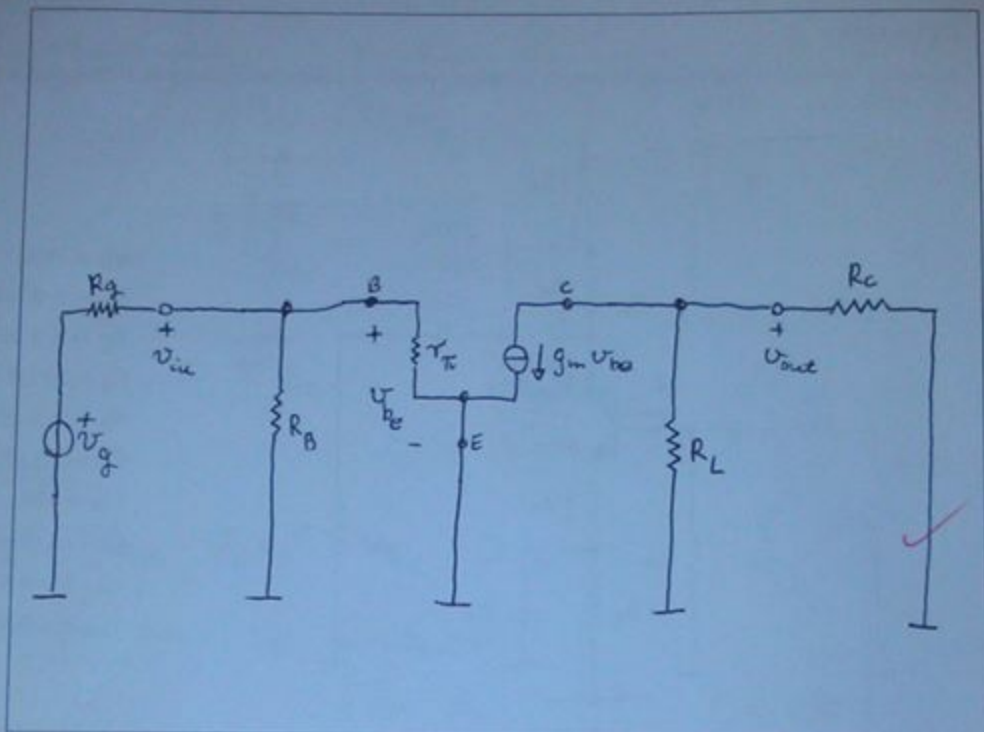
$$I_B = 14,419 \text{ }\mu\text{A} \quad I_E = 1,456 \text{ mA} \quad V_{CE} = 9,845 \text{ V}$$

- (2) Számolja ki és a mértékegységekkel együtt adja meg a tranzisztor kisjelű modellparamétereinek értékét. ($2 \times 10 = 20$ pont)

$$r_{\pi} = (\beta + 1) \cdot \frac{V_T}{|I_E|} = 1,734 \text{ }\Omega \quad g_m = \frac{\beta}{\beta + 1} \cdot \frac{|I_E|}{V_T} = 57,66 \text{ mS}$$

FORDÍTS

- (3) Az áramok és feszültségek mérőirányainak bejelölésével az alábbi négyzetbe rajzolja be a teljes erősítő kisjelű helyettesítő képét. (20 pont)



- (4) Számolja ki az erősítő $A_u = v_{out}/v_{in}$ feszültségerősítést, valamint R_{be} be- és R_{ki} kimenő ellenállását. ($3 \times 10 = 30$ pont)

$$A_u = 63,426 = 36 \text{ dB} \quad R_{be} = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ki} = 2,2 \text{ k}\Omega$$

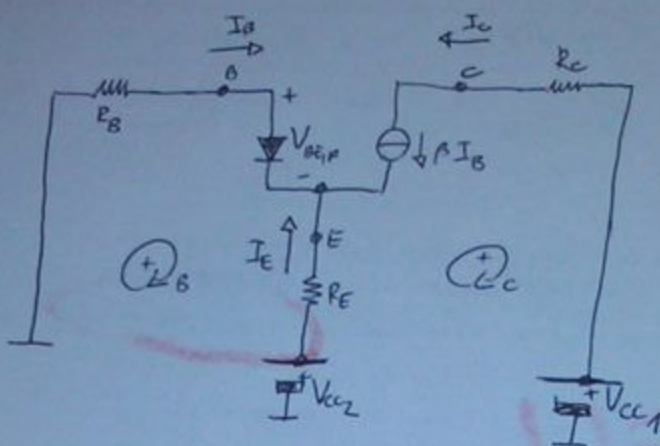
Részlet számítások:

$$v_{out} = \left(+g_m v_{be} \cdot \frac{R_C}{R_C + R_L} \right) \cdot R_L$$

$$v_{in} = v_{be}$$

$$A_u = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{+g_m v_{be} \cdot \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}}{v_{be}} = +63,426 \rightarrow 20 \cdot \lg(A_u) = 36 \text{ dB}$$

nagyjelenű modell



kisjelenű

bazisör:

$$I_B R_B + V_{BE,1A} - I_E R_E + V_{CC2} = 0$$

transziször telöl: $I_B + I_C + I_E = 0$

$$\beta I_B = I_C$$

$$I_C = 100 \cdot I_B$$

$$I_B + \beta I_B + I_E = 0$$

$$I_B (\beta + 1) = -I_E$$

$$I_E = -(\beta + 1) I_B$$

$$I_B R_B + V_{BE,1A} + (\beta + 1) I_B R_E + V_{CC2} = 0$$

$$I_B = 1,4419 \cdot 10^{-5} \text{ A} = 14,419 \mu\text{A}$$

$$I_E = -(\beta + 1) I_B = -1456,39 \mu\text{A}$$

$$= -1,456 \text{ mA}$$

Kollektorör:

$$-V_{CC2} + R_E I_E - V_{CE} - I_C R_C + V_{CC1} = 0 \rightarrow V_{CE} = 9,845 \text{ V}$$