

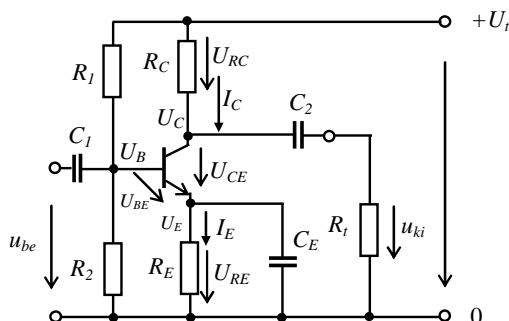
5. TÉMA

ELEKTRONIKA

Bipoláris tranzisztoros AC erősítők

Feladat megoldások

1. Bipoláris tranzisztorral megvalósított közös emitterű (FE) erősítő kapcsolás látható az ábrán.



Adatok:

- tranzisztor áramerősítési tényezője: $\beta = 200$
- tápfeszültség: $U_t = 10 \text{ V}$
- bázisosztó ellenállásai: $R_1 = 74 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = 26 \text{ k}\Omega$
- kollektorellenállás: $R_C = 3,5 \text{ k}\Omega$
- emitterellenállás: $R_E = 1 \text{ k}\Omega$
- terhelőellenállás: $R_t = 3,5 \text{ k}\Omega$
- tranzisztor bázis-emitter feszültsége: $U_{BEmp} = 0,6 \text{ V}$
- termikus feszültség: $U_T = 26 \text{ mV}$

a) Határozza meg a kapcsolás I_C kollektoráramának, valamint a tranzisztor U_C kollektor feszültségének értékét!

$$U_B = U_t \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \frac{26 \cdot 10^3}{74 \cdot 10^3 + 26 \cdot 10^3} = 2,6 \text{ V}$$

$$U_E = U_B - U_{BE} = 2,6 - 0,6 = 2 \text{ V}$$

$$U_{RE} = U_E = 2 \text{ V}$$

$$I_E = \frac{U_{RE}}{R_E} = \frac{2}{1 \cdot 10^3} = 2 \text{ mA}$$

$$I_E \cong I_C$$

$$I_C = 2 \text{ mA}$$

b) Határozza meg a kapcsolás A_u feszültségerősítésének értékét!

Adja meg a feszültségerősítés értékét dB -ben is!

$$r_E = \frac{U_T}{I_{CM}} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 13 \Omega$$

$$r_E = 13 \Omega$$

$$g_m = S = \frac{I_{CM}}{U_T} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{26 \cdot 10^{-3}} = 0,0769 S$$

$$g_m = S = 0,0769 S$$

$$A_u = -g_m (R_C \times R_t) = -\frac{R_C \times R_t}{r_E} = -76,9 \cdot 10^{-3} \frac{3,5 \cdot 10^3 \cdot 3,5 \cdot 10^3}{(3,5 + 3,5) \cdot 10^3} = -134,575$$

$$A_u = -134,575$$

$$A_u[dB] = 20 \lg |A_u| = 42,579 \text{ dB}$$

$$A_u[dB] = 42,579 \text{ dB}$$

c) Határozza meg a kapcsolás bemeneti ellenállásának (R_{be}) és kimeneti ellenállásának (R_{ki}) nagyságát!

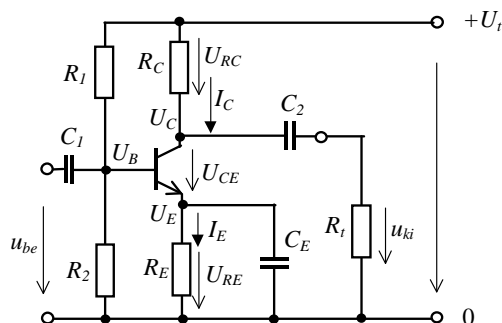
$$R_{be} = (R_1 \times R_2) \times \beta r_E = (74 \cdot 10^3 \times 26 \cdot 10^3 \times 200 \cdot 13) = 1,464 \text{ k}\Omega$$

$$R_{be} = 2,29 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ki} \approx R_C = 3,5 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ki} = 3,5 \text{ k}\Omega$$

2. Bipoláris tranzisztorral megvalósított közös emitterű (FE) erősítő kapcsolás látható az ábrán.



Adatok:

- tranzisztor áramerősítési tényezője: $\beta = 200$
- tápfeszültség: $U_t = 12 \text{ V}$
- bázisosztó ellenállásai: $R_1 = 9,4 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = 2,6 \text{ k}\Omega$
- kollektorellenállás: $R_C = 5 \text{ k}\Omega$
- emitterellenállás: $R_E = 2 \text{ k}\Omega$
- terhelőellenállás: $R_L = 5,42 \text{ k}\Omega$
- tranzisztor bázis-emitter feszültsége: $U_{BEmp} = 0,6 \text{ V}$
- termikus feszültség: $U_T = 26 \text{ mV}$

a) Határozza meg kapcsolás I_C kollektoráramának, valamint a tranzisztor U_C kollektor feszültségének értékét!

$$U_B = U_t \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12 \frac{2,6 \cdot 10^3}{9,4 \cdot 10^3 + 2,6 \cdot 10^3} = 2,6 \text{ V}$$

$$U_E = U_B - U_{BE} = 2,6 - 0,6 = 2 \text{ V}$$

$$U_{RE} = U_E = 2 \text{ V}$$

$$I_E = \frac{U_{RE}}{R_E} = \frac{2}{2 \cdot 10^3} = 1 \text{ mA}$$

$$I_E \cong I_C$$

$$I_C = 1 \text{ mA}$$

$$U_{RC} = I_C \cdot R_C = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^3 = 5 \text{ V}$$

$$U_C = U_t - U_{RC} = 12 - 5 = 7 \text{ V}$$

$$U_C = 7 \text{ V}$$

- b)** Határozza meg a kapcsolás A_u feszültségerősítésének értékét!
Adja meg a feszültségerősítés értékét dB -ben is!

$$r_E = \frac{U_T}{I_{CM}} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} = 26 \Omega$$

$$r_E = 26 \Omega$$

$$g_m = S = \frac{I_{CM}}{U_T} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{26 \cdot 10^{-3}} = 0,03846 S$$

$$g_m = S = 0,03846 S$$

$$A_u = -g_m (R_C \times R_t) = -\frac{R_C \times R_t}{r_E} = -38,46 \cdot 10^{-3} \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 5,42 \cdot 10^3}{(5 + 5,42) \cdot 10^3} = -100$$

$$A_u = -100$$

$$A_u[dB] = 20 \lg |A_u| = 40 \text{ dB}$$

$$A_u[dB] = 40 \text{ dB}$$

- c)** Határozza meg a kapcsolás bemeneti ellenállásának (R_{be}) és kimeneti ellenállásának (R_{ki}) nagyságát!

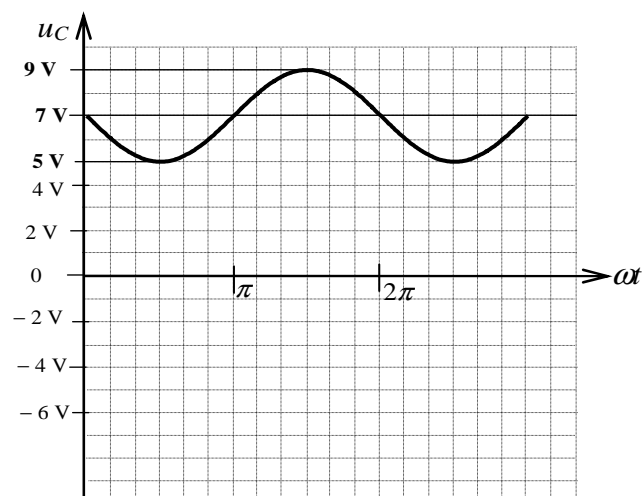
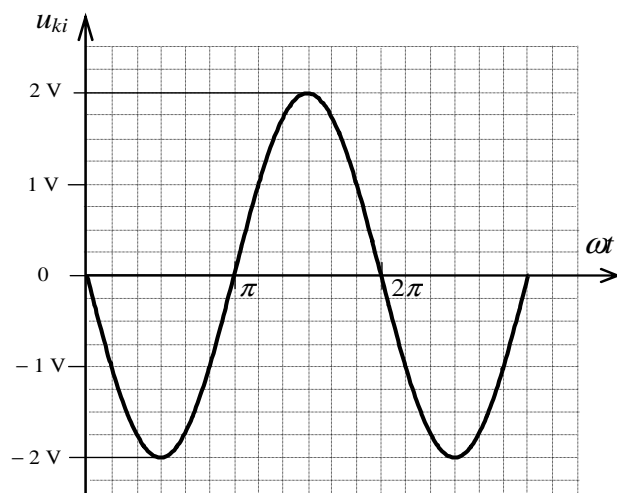
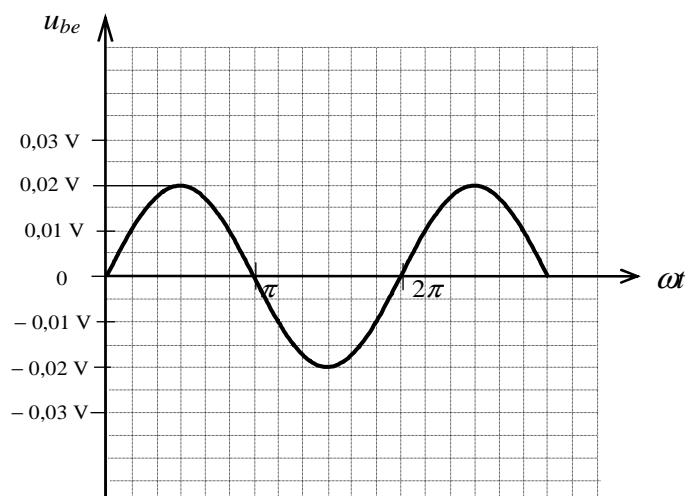
$$R_{be} = (R_1 \times R_2) \times \beta r_E = (9,4 \cdot 10^3 \times 2,6 \cdot 10^3 \times 200 \cdot 26) = 1,464 \text{ k}\Omega$$

$$R_{be} = 1,464 \text{ k}\Omega$$

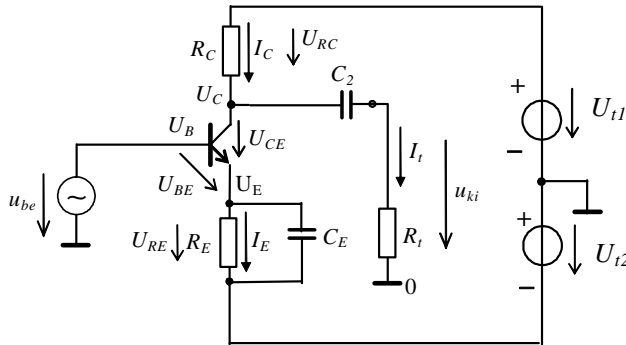
$$R_{ki} \approx R_C = 5 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ki} = 5 \text{ k}\Omega$$

- d) Rajzolja meg léptékhelyesen az $u_{be}(\omega t)$ bemeneti feszültség, az $u_{ki}(\omega t)$ kimeneti feszültség és a tranzisztor $u_C(\omega t)$ kollektorfeszültségének időfüggvényét, ha a bemeneti feszültség: $u_{be} = 0,02\sin\omega t$ [V]!



3. Határozza meg az alábbi földelt emitteres kapcsolás kollektor áramát! Számítsa ki az erősítő fokozat feszültségerősítését (A_u), bemeneti (R_{be}) és kimeneti (R_{ki}) ellenállását sávközépen! Adja meg a feszültségerősítést dB-ben is!



Adatok:

$$T = \text{BC 182C}, \beta = 250$$

$$R_E = 3 \text{ k}\Omega$$

$$R_C = 5,1 \text{ k}\Omega$$

$$R_t = 10 \text{ k}\Omega$$

$$C_2 = 10 \text{ }\mu\text{F}$$

$$C_E = 47 \text{ }\mu\text{F}$$

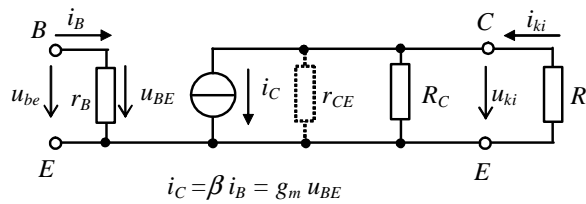
$$U_{BEmp} = 0,6 \text{ V}$$

$$U_{t1} = +15 \text{ V}$$

$$U_{t2} = -5 \text{ V}$$

$$U_T = 26 \text{ mV}$$

A kapcsolás kisjelű fizikai helyettesítő képe:



$$U_B = 0$$

$$U_E = U_B - U_{BE} = -0,6 \text{ V}$$

$$U_{RE} = U_E - (U_{t2}) = -0,6 - (-5) = 4,4 \text{ V}$$

$$I_E = \frac{U_{RE}}{R_E} = \frac{4,4}{3 \cdot 10^3} = 1,46 \text{ mA}$$

$$I_E \approx I_C = 1,46 \text{ mA}$$

$$g_m = \frac{I_C}{U_T} = \frac{1,46 \cdot 10^{-3}}{26 \cdot 10^{-3}} = 56 \text{ mS}$$

$$r_E = \frac{U_T}{I_C} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{1,46 \cdot 10^{-3}} = 17,8 \text{ }\Omega$$

$$R_C \times R_t = \frac{5,1 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3}{(5,1 + 10) \cdot 10^3} = 3,37 \text{ k}\Omega$$

$$A_u = -g_m (R_C \times R_t) = -\frac{R_C \times R_t}{r_E} = -189,13$$

$$A_u [\text{dB}] = 20 \lg |A_u| = 45,53 \text{ dB}$$

$$R_{be} \approx r_B = \beta r_E = 250 \cdot 17,8 = 4,45 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ki} \approx R_C = 5,1 \text{ k}\Omega$$

- 4) a) Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros közös emitterű erősítő kapcsolás kollektoráramának (I_C) értékét, valamint a kapcsolás feszültségerősítésének (A_u), bemeneti ellenállásának (R_{be}) és kimeneti ellenállásának (R_{ki}) nagyságát!

Adatok:

a tranzisztor áramerősítési tényezője:

$$\beta = 300,$$

tápfeszültség:

$$U_t = 15 \text{ V},$$

a bázisosztó ellenállásai:

$$R_1 = 12,4 \text{ k}\Omega,$$

$$R_2 = 2,6 \text{ k}\Omega,$$

az emitterellenállás:

$$R_E = 1 \text{ k}\Omega,$$

a kollektorellenállás:

$$R_C = 4 \text{ k}\Omega,$$

a terhelőellenállás:

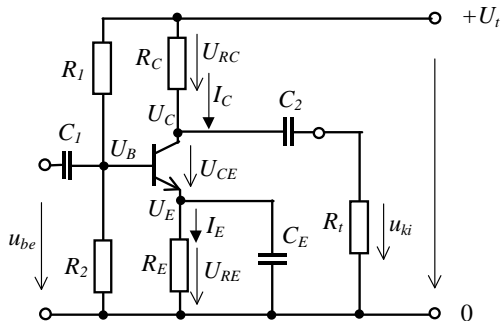
$$R_t = 4 \text{ k}\Omega,$$

a tranzisztor bázis-emitter feszültsége:

$$U_{BEmp} = 0,6 \text{ V},$$

a termikus feszültség:

$$U_T = 26 \text{ mV}.$$



$$U_B = U_t \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 15 \frac{2,6 \cdot 10^3}{2,6 \cdot 10^3 + 12,4 \cdot 10^3} = 2,6 \text{ V}$$

$$U_B = 2,6 \text{ V}$$

$$U_E = U_B - U_{BE} = 2,6 - 0,6 = 2 \text{ V}$$

$$U_E = 2 \text{ V}$$

$$U_{RE} = U_E = 2 \text{ V}$$

$$I_E = \frac{U_{RE}}{R_E} = \frac{2}{10^3} = 2 \text{ mA}$$

$$I_E \cong I_C$$

$$I_C = 2 \text{ mA}$$

$$U_t = U_{RC} + U_{CE} + U_{RE}$$

$$U_{CE} = U_t - I_C (R_C + R_E) = 15 - 2 \cdot 10^{-3} (4 \cdot 10^3 + 10^3) = 5 \text{ V}$$

$$U_{CE} = 5 \text{ V}$$

$$g_m = S = \frac{I_{CM}}{U_T} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{26 \cdot 10^{-3}} = 77 \text{ mS}$$

$$g_m = S = 0,077 \text{ S}$$

$$r_E = \frac{U_T}{I_{CM}} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 13 \Omega$$

$$A_u = -g_m(R_C \times R_t) = -\frac{R_C \times R_t}{r_E} = -77 \cdot 10^{-3} \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^3}{(4+4) \cdot 10^3} = -153,85$$

$$A_u = -153,85$$

$$A_{us}[dB] = 20 \lg |A_{us}| = 43,74 \text{ dB}$$

$$A_u[dB] = 43,74 \text{ dB}$$

$$R_{be} = (R_1 \times R_2) \times \beta r_E = 1,328 \text{ k}\Omega$$

$$R_{be} = 1,328 \text{ k}\Omega$$

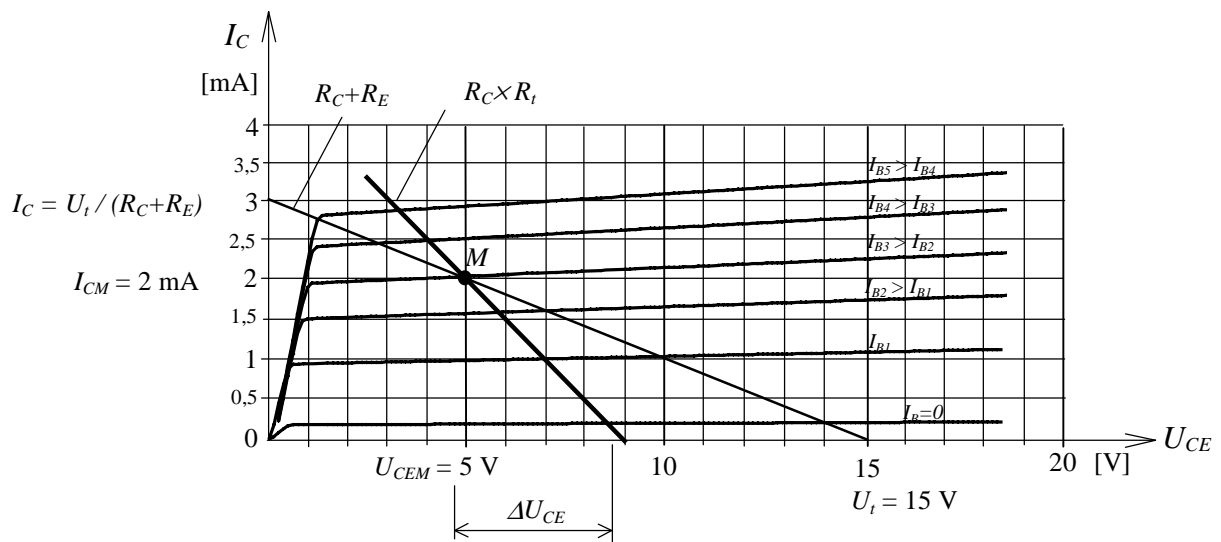
$$R_{ki} \approx R_C = 4 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ki} = 4 \text{ k}\Omega$$

b) Rajzolja meg léptékhelyesen a kapcsolás egyenáramú és váltakozó áramú munkaegyenesét! A váltakozó áramú munkaegyenes rajzolásához határozza meg a ΔU_{CE} kollektor-emitter feszültség változást!

$$\Delta U_{CE} = \Delta I_C (R_C \times R_t) = 2 \cdot 10^{-3} (4 \cdot 10^3 \times 4 \cdot 10^3) = 4 \text{ V}$$

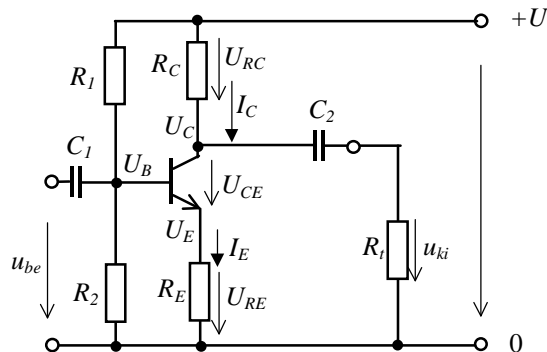
$$\Delta U_{CE} = 4 \text{ V}$$



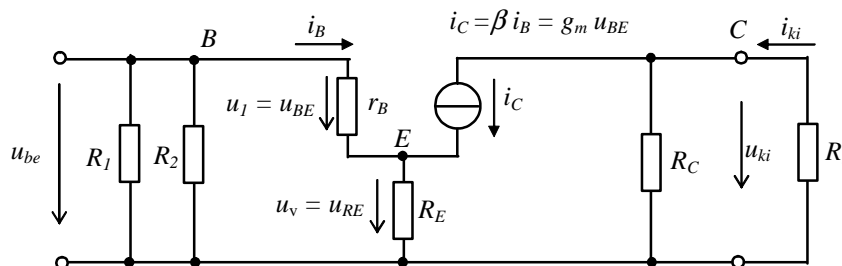
5. Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros közös emitterű erősítő kapcsolás kollektor áramának (I_C) értékét, valamint a kapcsolás feszültségerősítésének (A_u), bemeneti ellenállásának (R_{be}) és kimeneti ellenállásának (R_{ki}) nagyságát!

Adatok:

| | |
|--|--|
| a tranzisztor típusa: | 2N5086 |
| váltakozó áramú áramerősítési tényezője: | $\beta = 300$ |
| a bázisosztó ellenállásai: | $R_1 = 73 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 27 \text{ k}\Omega$ |
| az emitter ellenállás: | $R_E = 2 \text{ k}\Omega$ |
| a kollektor ellenállás: | $R_C = 5 \text{ k}\Omega$ |
| a terhelő ellenállás: | $R_t = 10 \text{ k}\Omega$ |
| a bemeneti csatolókapacitátor: | $C_1 = 10 \text{ }\mu\text{F}$ |
| a kimeneti csatolókapacitátor: | $C_2 = 10 \text{ }\mu\text{F}$ |
| a tranzisztor bázis-emitter feszültsége: | $U_{BEmp} = 0,7 \text{ V}$ |
| a termikus feszültség: | $U_T = 26 \text{ mV}$ |
| tápfeszültség: | $U_t = 10 \text{ V}$ |



A kapcsolás kisjelű, fizikai helyettesítő képe:



A tranzisztor i_C kollektorárama az R_E emitterellenálláson létrehozza az $u_v = u_{RE}$ visszacsatolt feszültséget, amely az $u_I = u_{BE}$ feszültséggel sorba kapcsolódik: összegük az u_{be} bemeneti feszültség.

Ez a kapcsolás SOROS-ÁRAM visszacsatolást valósít meg.

$$U_B = U_t \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \frac{27 \cdot 10^3}{27 \cdot 10^3 + 73 \cdot 10^3} = 2,7 \text{ V}$$

$$U_E = U_B - U_{BE} = 2,7 - 0,6 = 2 \text{ V}$$

$$U_{RE} = U_E = 2 \text{ V}$$

$$I_E = \frac{U_{RE}}{R_E} = \frac{2}{2 \cdot 10^3} = 1 \text{ mA}$$

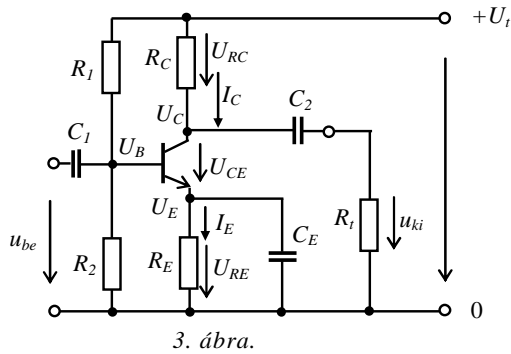
$$r_E = \frac{U_T}{I_C} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} = 26 \, \Omega$$

$$A_u \cong -\frac{R_C \times R_t}{R_E} = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3}{(5 + 10) \cdot 10^3} \cdot \frac{1}{2 \cdot 10^3} = -1,6$$

$$R_{be} = (R_1 \times R_2) \times \beta (r_E + R_E) = 19,09 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ki} \approx R_C = 5 \text{ k}\Omega$$

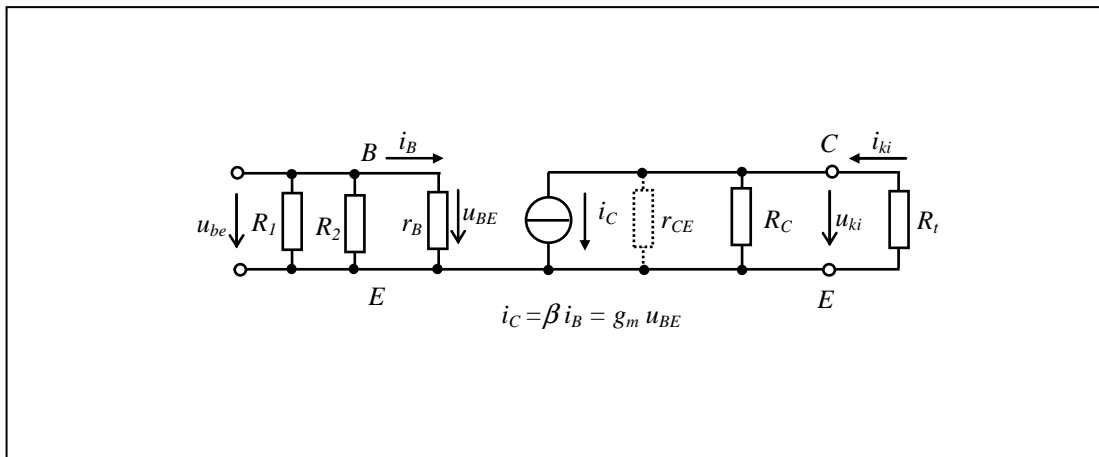
6. Bipoláris tranzisztorral megvalósított közös emitterű (FE) kapcsolás látható a 3. ábrán.



Adatok:

- a bázisosztó ellenállások: $R_1 = 70,5 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = 29,5 \text{ k}\Omega$
- az emitterellenállás: $R_E = 1,5 \text{ k}\Omega$
- a kollektorellenállás: $R_C = 2,6 \text{ k}\Omega$
- a terhelőellenállás: $R_t = 3 \text{ k}\Omega$
- a kollektor áram értéke: $I_C = 1,6 \text{ mA}$
- a termikus feszültség: $U_T = 26 \text{ mV}$
- tranzisztor áramerősítési tényezője: $\beta = 200$

a) Rajzolja le a kapcsolás váltakozó áramú (kisjelű) fizikai helyettesítő képét!



b) Határozza meg az erősítő A_u feszültségerősítését! Adja meg az erősítés értékét dB-ben is!

$$r_E = \frac{U_T}{I_C} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^{-3}} = 16,25 \Omega$$

$$g_m = \frac{I_C}{U_T} = \frac{1,6 \cdot 10^{-3}}{26 \cdot 10^{-3}} = 0,0615 \text{ S}$$

$$A_u = -g_m (R_C \times R_t) = -61,5 \cdot 10^{-3} \left(\frac{2,6 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3}{2,6 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^3} \right) = -85,66$$

$$A_u = -85,66$$

$$A_u [\text{dB}] = 20 \log |A_u| = 20 \log |85,66| = 38,655 \text{ dB}$$

$$A_u [\text{dB}] = 38,655 \text{ dB}$$

- c) Határozza meg a kapcsolás R_{be} bemeneti ellenállásának és R_{ki} kimeneti ellenállásának nagyságát!

$$R_{be} = (R_1 \times R_2) \times \beta r_E = (70,5 \cdot 10^3 \times 29,5 \cdot 10^3 \times 200 \cdot 16,25) = 2,81 \text{ k}\Omega$$

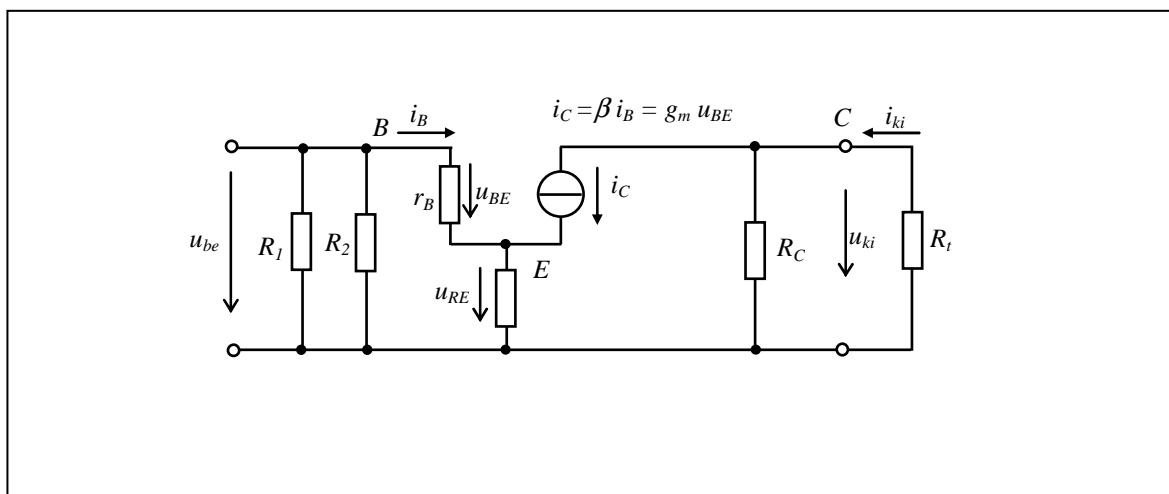
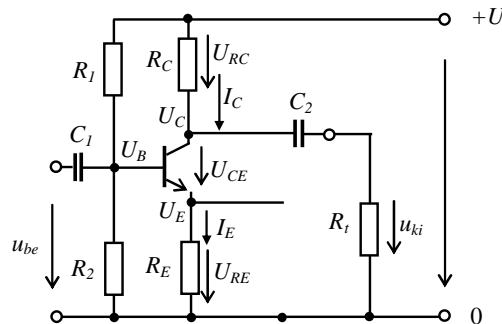
$$R_{be} = 2,81 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ki} \approx R_C = 2,6 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ki} = 2,6 \text{ k}\Omega$$

- d) Hogyan változik meg a kapcsolás kisjelű helyettesítő képe, ha az emitterhidegítő kondenzátort eltávolítjuk? Rajzolja le a megváltozott kisjelű helyettesítő képet!

Határozza meg ebben az esetben az A_u feszültségerősítés értékét!



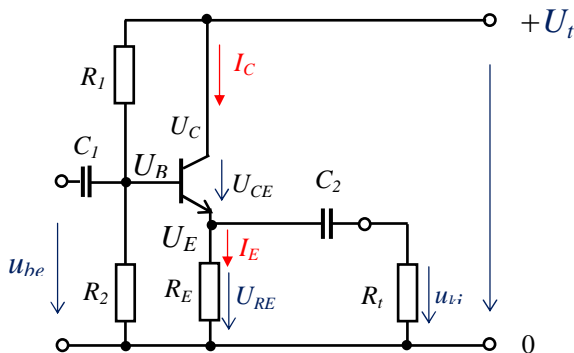
$$A_u = -\frac{R_C \times R_L}{r_E + R_E} \cong -\frac{R_C \times R_L}{R_E} = -\left(\frac{2,6 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3}{2,6 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^3} \right) \cdot \frac{1}{1,5 \cdot 10^3} = -0,928$$

$$A_u = -0,928$$

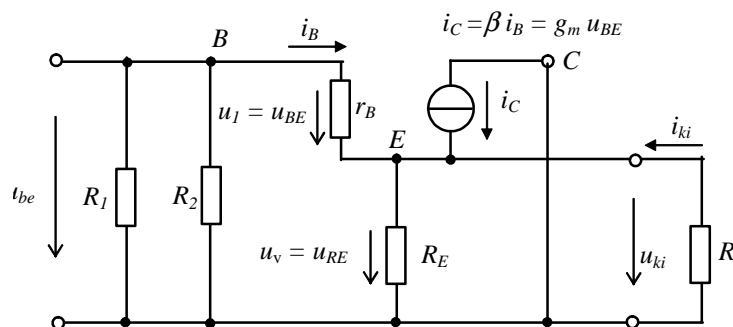
7. Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros **közös kollektorú erősítő (FC)** kapcsolás A_u feszültségerősítésének, R_{be} bemeneti ellenállásának, valamint R_{ki} kimeneti ellenállásának értékét!

Adatok:

| | |
|--|---|
| a tranzisztor típusa: | BC182 |
| váltakozó áramú áramerősítési tényezője: | $\beta = 200$ |
| a bázisosztó ellenállásai: | $R_1 = 12,4 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 2,6 \text{ k}\Omega$ |
| az emitterellenállás: | $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ |
| a terhelőellenállás: | $R_t = 3 \text{ k}\Omega$ |
| a bemeneti csatolókapacitás: | $C_1 = 10 \text{ }\mu\text{F}$ |
| a kimeneti csatolókapacitás: | $C_2 = 10 \text{ }\mu\text{F}$ |
| a tranzisztor bázis-emitter feszültsége: | $U_{BEmp} = 0,7 \text{ V}$ |
| a termikus feszültség: | $U_T = 26 \text{ mV}$ |
| a tranzisztor munkaponti emitterárama: | $I_E = 2 \text{ mA}$ |
| tápfeszültség: | $U_t = 15 \text{ V}$ |



A kapcsolás kisjelű helyettesítő képe:



Az R_E emitterellenállás $u_v = u_{RE}$ feszültsége a tranzisztor $u_1 = u_{BE}$ feszültségével sorba kapcsolódik, összegük az u_{be} bemeneti feszültség. A visszacsatoló tag, azaz az emitterellenállás feszültsége az u_{ki} kimeneti feszültség.

Ez a kapcsolás **SOROS-FESZÜLTSG** visszacsatolást valósít meg.

A kapcsolás eredő feszültségerősítése:

$$A'_u = \frac{A_u}{1+H} = \frac{A_u}{1+A_u B_u}$$

A visszacsatolatlan rendszer feszültségerősítése:

$$A_u = \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{i_C(R_E \times R_t)}{u_{BE}} = \frac{g_m u_{BE}(R_E \times R_t)}{u_{BE}} = g_m(R_E \times R_t) = \frac{1}{13} \cdot \frac{10^3 \cdot 3 \cdot 10^3}{(10^3 + 3 \cdot 10^3)} = 58$$

A visszacsatoló tag feszültségerősítése:

$$B_u = \frac{u_v}{u_{ki}} = \frac{u_{ki}}{u_{ki}} = 1$$

$$A'_u = \frac{A_u}{1+H} = \frac{A_u}{1+A_u B_u} = \frac{58}{59} = 0,98$$

$$R'_{be} = R_1 \times R_2 \times (r_B + r_B g_m(R_E \times R_t)) = R_1 \times R_2 \times \left(\beta r_E + \beta r_E \frac{1}{r_E} (R_E \times R_t) \right)$$

$$R'_{be} = R_1 \times R_2 \times \beta(r_E + (R_E \times R_t)) \cong 2,1 \text{ k}\Omega$$

$$R'_{ki} = \frac{R_{ki}}{1+H_{ii}}$$

$$R_{ki} = R_E$$

$$A_{uü} = g_m R_E$$

$$B_{uü} = 1$$

$$H_{ii} = A_{uü} B_{uü} = g_m R_E$$

$$R'_{ki} = \frac{R_{ki}}{1+H_{ii}} = \frac{R_E}{1+g_m R_E} = r_E \times R_E \cong 13 \Omega$$