

**BUDAPESTI MŰSZAKI FŐISKOLA
KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI FŐISKOLAI KAR
AUTOMATIKA INTÉZET**

ELEKTRONIKA

MINTAPÉLDÁK

Összeállította: Dr. Iváncsyné Csepesz Erzsébet

Budapest, 2002.

1) Egy valóságos rétegdióda munkaponti adatait mérésrel határoztuk meg:

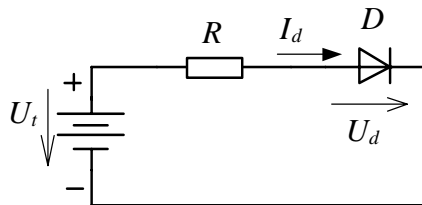
a dióda nyitóirányú feszültsége: $U_d = 0,6 \text{ V}$,
 a dióda nyitóirányú árama: $I_d = 1 \text{ mA}$,
 a termikus feszültség értéke: $U_T = 26 \text{ mV}$.

Számítsa ki a dióda visszáramát!

$$I_d = I_0 \left(e^{\frac{U_d}{U_T}} - 1 \right), \quad I_0 = \frac{I_d}{e^{\frac{U_d}{U_T}} - 1} = \frac{10^{-3}}{e^{\frac{0,6}{26 \cdot 10^{-3}}} - 1}, \quad I_0 = 9,5 \cdot 10^{-14} \text{ A}$$

2) Mekkora előtétellenállást kell a diódával sorbakapcsolni, ha a telepfeszültség $U_t = 2,7 \text{ V}$, és azt szeretnénk, hogy a diódán $I_d = 5 \text{ mA}$ áram folyjon át?

A dióda nyitóirányú feszültségét a dióda-egyenletből számolja ki, ha a dióda visszárama $I_0 = 1 \cdot 10^{-14} \text{ A}$ és a termikus feszültség $U_T = 26 \text{ mV}$!



$$I_d = I_0 \left(e^{\frac{U_d}{U_T}} - 1 \right),$$

$$U_d = U_T \ln \frac{I_d}{I_0} = 26 \cdot 10^{-3} \ln \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-14}},$$

$$U_d = 0,7 \text{ V}$$

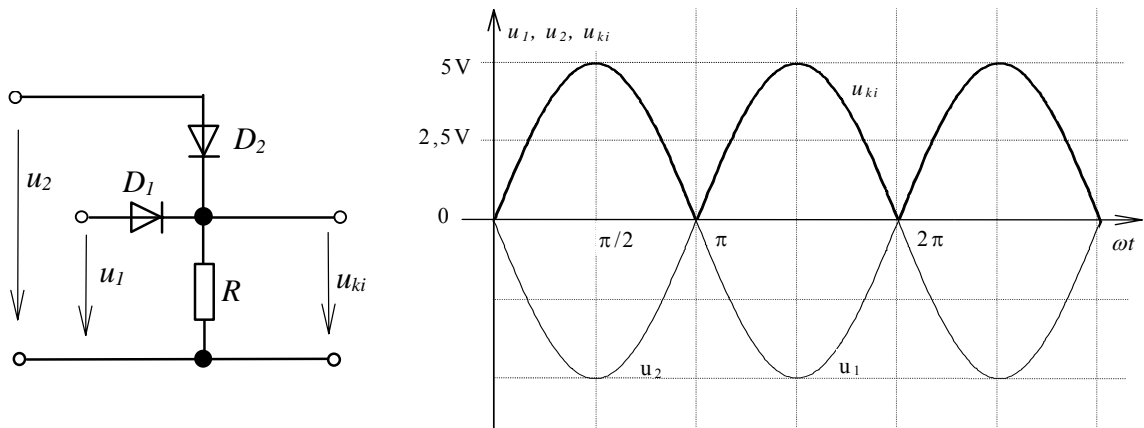
$$U_t - I_d R - U_d = 0,$$

$$R = \frac{U_t - U_d}{I_d} = \frac{2,7 - 0,7}{5 \cdot 10^{-3}} = 400 \Omega$$

Mekkora a dióda dinamikus ellenállása a fenti munkapontban?

$$r_d = \left. \frac{du_d}{di_d} \right|_{I_M, U_M}, \quad r_d = \frac{U_T}{I_d} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3}} = 5,2 \Omega$$

- 3) Adott az alábbi diódás kapcsolás. Rajzolja le a **kimenet időfüggvényét**, ha a bemenetekre adott jelek: $u_1 = 5 \cdot \sin \omega t$ és $u_2 = 5 \cdot \sin(\omega t + \pi)$! A diódák ideálisak!

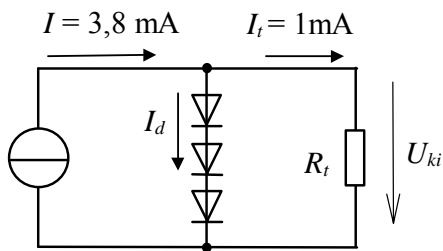


- 4) Számítsa ki az R_t terhelő ellenálláson eső U_{ki} feszültséget! A diódák teljesen egyformák!

A dióda maradékárama:
A termikus feszültség:

$$I_o = 10^{-14} \text{ A},$$

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



$$I_d = I - I_t = 3.8 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} = 2.8 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 2.8 \text{ mA},$$

$$I_d = I_o \left(e^{\frac{U_d}{U_T}} - 1 \right),$$

$$U_d = U_T \ln \left(\frac{I_d}{I_o} + 1 \right) = 26 \cdot 10^{-3} \ln \left(\frac{2.8 \cdot 10^{-3}}{10^{-14}} + 1 \right) = 0.685 \text{ V},$$

$$U_{ki} = 3 U_d = 2.055 \text{ V}$$

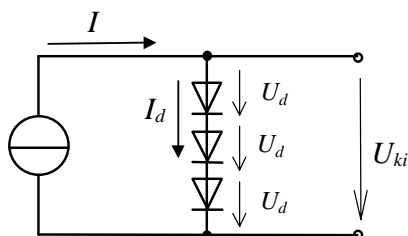
- 5) Határozza meg az áramgenerátor áramát, ha a kimeneti feszültség: $U_{ki} = 2,055 \text{ V}$, és a diódák teljesen egyformák!

A dióda maradékárama:

$$I_o = 10^{-14} \text{ A},$$

A termikus feszültség:

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



$$U_{ki} = 3U_d = 2,055 \text{ V}$$

$$U_d = \frac{U_{ki}}{3} = 0,685 \text{ V}$$

$$I = I_d,$$

$$I_d = I_o \left(e^{\frac{U_d}{U_T}} - 1 \right) \cong I_o e^{\frac{U_d}{U_T}} = 10^{-14} \cdot e^{\frac{0,685}{0,026}} = 2,766 \text{ mA}$$

- 6) Mennyit változik a dióda nyitóirányú feszültsége, ha árama a 10-szeresére nő ($I_{d2} = 10I_{d1}$)?

A termikus feszültség: $U_T = 26 \text{ mV}$.

$$I_{d1} = I_o e^{\frac{U_{d1}}{U_T}},$$

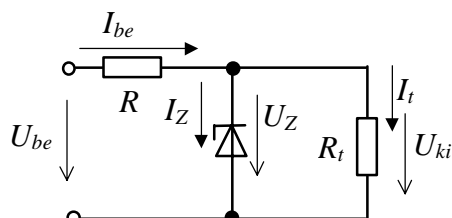
$$I_{d2} = 10I_{d1} = I_o e^{\frac{U_{d2}}{U_T}},$$

$$\frac{I_{d2}}{I_{d1}} = 10 = \frac{e^{\frac{U_{d2}}{U_T}}}{e^{\frac{U_{d1}}{U_T}}},$$

$$\ln 10 = \frac{U_{d2} - U_{d1}}{U_T},$$

$$\Delta U_d = U_{d2} - U_{d1} = U_T \ln 10 = 26 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 = 59,8 \text{ mV}$$

- 7) Határozza meg az ábrán látható elemi feszültségstabilizátor előtétellenállásának nagyságát!



Adatok:

A tápfeszültség:	$U_{be} = 15 \text{ V} \pm 3 \text{ V}$,
a terhelő áram:	$I_t = 0 \dots 20 \text{ mA}$,
a Zener dióda névleges feszültsége:	$U_{ZN} = 6,2 \text{ V}$,
a Zener dióda névleges árama:	$I_{ZN} = 5 \text{ mA}$,
a Zener dióda dinamikus ellenállása:	$r_z = 10 \Omega$,
a Zener dióda megengedett disszipációs teljesítménye:	$P_{dmax} = 600 \text{ mW}$.

$$I_{be} = I_Z + I_t$$

A Zener áramának maximális értéke:

$$I_{Zmax} = \frac{P_{dmax}}{U_{ZN}} = \frac{600 \cdot 10^{-3}}{6,2} \cong 97 \text{ mA}.$$

A Zeneren akkor folyik maximális áram, ha a bemeneti feszültség maximális és a terhelő áram minimális értékű: $U_{bemax} = 18 \text{ V}$, $I_{tmin} = 0$.

$$\begin{aligned} I_{be} &= \frac{U_{be} - U_Z}{R}, & I_Z &= I_{be} - I_t \\ I_{Zmax} &= \frac{U_{be max} - U_{ZN}}{R} - I_{tmin} = \frac{18 - 6,2}{R} - 0, \\ R &\geq \frac{U_{be max} - U_{ZN}}{I_{Zmax}} = \frac{18 - 6,2}{97 \cdot 10^{-3}} = 121,6 \Omega \cong 120 \Omega \end{aligned}$$

A Zeneren akkor folyik a legkisebb áram, ha a bemeneti feszültség minimális és a terhelő áram maximális értékű: $U_{bemin} = 12 \text{ V}$, $I_{tmax} = 20 \text{ mA}$.

$$I_{Zmin} = \frac{U_{be min} - U_{ZN}}{R} - I_{tmax} = \frac{12 - 6,2}{R} - 20 \cdot 10^{-3}$$

A Zener minimális árama: $I_{Zmin} = I_{ZN} = 5 \text{ mA}$.

$$\begin{aligned} R &\leq \frac{U_{be min} - U_{ZN}}{I_{Zmin} + I_t} = \frac{12 - 6,2}{5 \cdot 10^{-3} + 20 \cdot 10^{-3}} = 232 \Omega \cong 230 \Omega \\ 120 \Omega &\leq R \leq 230 \Omega \end{aligned}$$

$$R = 180 \Omega$$

Mekkora lesz a kimeneti feszültség ΔU_{ki} változása, ha a bemeneti feszültség $\Delta U_{be} = 2 \text{ V}$ -ot változik?

$$\Delta U_{ki} = \Delta U_{be} \frac{r_z}{R + r_z} = 2 \frac{10}{190} = 105 \text{ mV}.$$

Mekkora a kimeneti feszültség ΔU_{ki} változása, ha a terhelő áram $\Delta I_t = 5\text{mA}$ -t változik?

$$r_z = \frac{\Delta U_{ki}}{\Delta I_t},$$

$$\Delta U_{ki} = -r_z \Delta I_t = -50 \text{ mV}.$$

8) Adott az alábbi Zener diódás határoló kapcsolás.

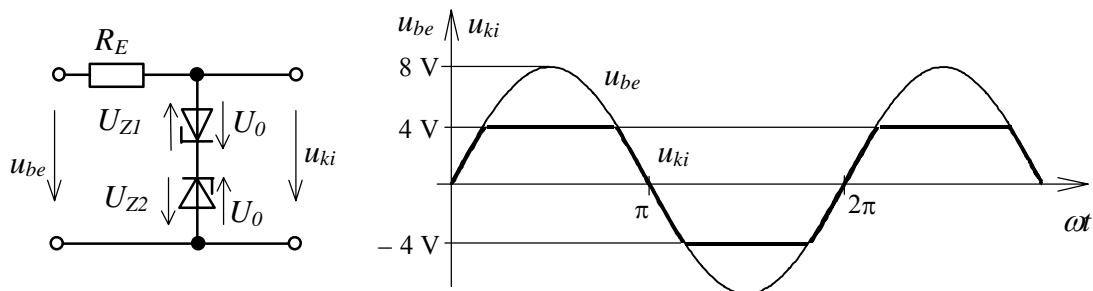
A bemeneti feszültség: $u_{be} = 8 \sin \omega t$ [V].

A diódák nyitóirányú feszültsége: $U_0 = 0,7 \text{ V}$ (nem változik!),

a letörési feszültségük: $U_{Z1} = U_{Z2} = 3,3 \text{ V}$.

Rajzolja le a be- és a kimenet időfüggvényét!

$$+\hat{U}_{ki} = U_{Z2} + U_0 = 3,3 + 0,7 = 4 \text{ V}, \quad -\hat{U}_{ki} = -(U_{Z1} + U_0) = -(3,3 + 0,7) = -4 \text{ V}$$



9) Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros erősítő kapcsolás munkaponti adatait!

Adatok:

A tápfeszültség:

$$U_t = 10 \text{ V},$$

a tranzisztor bázis-emitter feszültsége:

$$U_{BE} = 0,7 \text{ V},$$

az emitter ellenállás:

$$R_E = 2 \text{ k}\Omega,$$

a kollektor ellenállás:

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

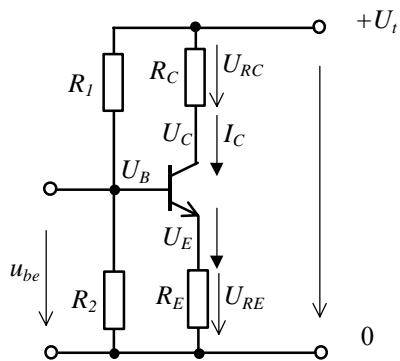
a bázisosztó ellenállásai:

$$R_1 = 73 \text{ k}\Omega,$$

$$R_2 = 27 \text{ k}\Omega,$$

A tranzisztor nagyjelű áramerősítési tényezője:

$$B = 300.$$



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

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

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

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

$$I_E \approx I_C$$

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

$$U_{CE} = U_t - U_{RC} - U_{RE} = 10 - 5 - 2 = 3 \text{ V}$$

$$U_C = U_t - U_{RC} = 10 - 5 = 5 \text{ V}$$

10) Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros erősítő kapcsolás munkaponti adatait!

Adatok:

A tápfeszültség:

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

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

a tranzisztor bázis-emitter feszültsége:

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

az emitter ellenállás:

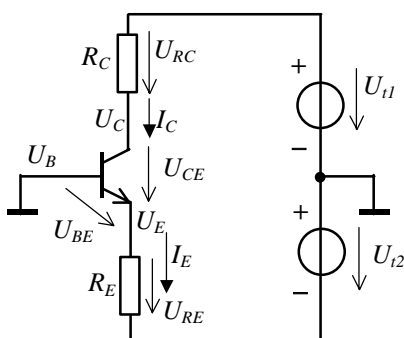
$$R_E = 3 \text{ k}\Omega,$$

a kollektor ellenállás:

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

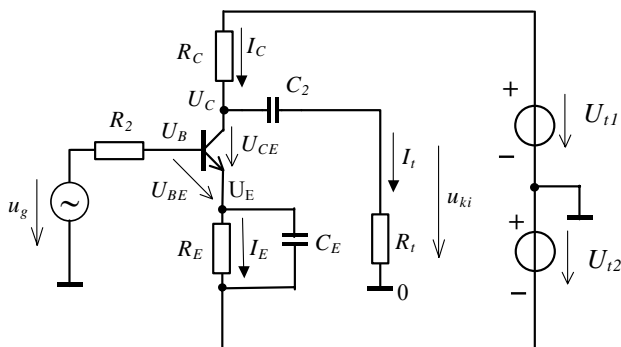
A tranzisztor nagyjelű áramerősítési tényezője:

$$B = 300.$$



$$\begin{aligned}
 U_B &= 0, \\
 U_E &= U_B - U_{BE} = -0,6 \text{ V} \\
 U_{RE} &= U_E - U_{t2} = -0,6 - (-5) = 4,4 \text{ V} \\
 I_E &= \frac{U_{RE}}{R_E} = \frac{4,4}{3 \cdot 10^{-3}} = 1,46 \text{ mA} \\
 I_E &\approx I_C \\
 U_{RC} &= I_C R_C = 1,46 \cdot 10^{-3} \cdot 5,1 \cdot 10^3 = 7,45 \text{ V} \\
 U_C &= U_{t1} - U_{RC} = 15 - 7,45 = 7,55 \text{ V} \\
 U_{CE} &= U_C - U_E = 7,55 - (-0,6) = 8,15 \text{ V}
 \end{aligned}$$

- 11) 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:

$$\begin{aligned}
 T &= \text{BC 182C}, \beta = 250 \\
 R_E &= 3 \text{ k}\Omega \\
 R_C &= 5,1 \text{ k}\Omega \\
 R_t &= 10 \text{ k}\Omega \\
 C_2 &= 10 \mu\text{F} \\
 C_E &= 47 \mu\text{F} \\
 U_{BEmp} &= 0,6 \text{ V} \\
 U_{t1} &= +15 \text{ V} \\
 U_{t2} &= -5 \text{ V} \\
 U_T &= 26 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_B &= 0, \\
 U_E &= U_B - U_{BE} = -0,6 \text{ V} \\
 U_{RE} &= U_E - (U_{t2}) = -0,6 - (-5) = 4,4 \text{ V} \\
 I_E &= \frac{U_{RE}}{R_E} = \frac{4,4}{3 \cdot 10^3} = 1,46 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

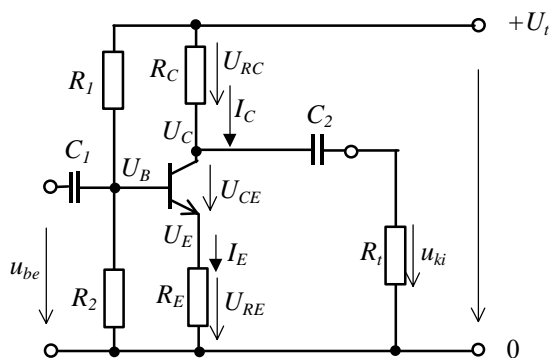
$$R_{ki} \approx R_C = 5,1 \text{ k}\Omega$$

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

- 13) 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:	$U_t = 10 \text{ V}$.



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

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

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

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

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

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

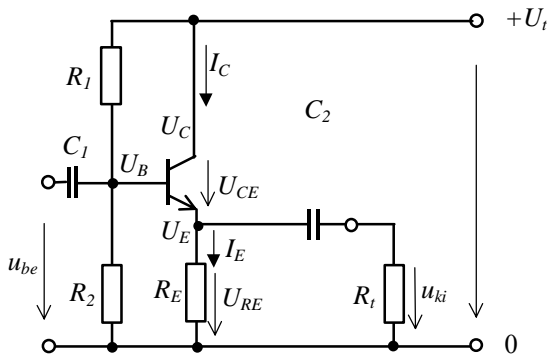
$$R_{be} = (R_1 \times R_2) \times \beta (r_E + R_E) = 19,09 \text{ k}\Omega$$

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

- 14) Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros közös kollektorú erősítő kapcsolás A_u feszültségerősítésének, R_{be} bemeneti ellenállásának, valamint R_{ki} kimeneti ellenállásának értékét!

Adatok:

a tranzisztor típusa:	BC182,
váltakozóáramú 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 csatolókondenzátor:	$C_1 = 10 \text{ }\mu\text{F}$,
a kimeneti csatolókondenzátor:	$C_2 = 10 \text{ }\mu\text{F}$,
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:	$U_t = 15 \text{ V}$.



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

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

$$B_u = 1$$

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

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

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

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

$$R_{ki} = R_E$$

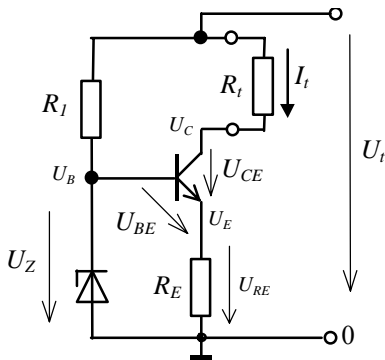
$$A_{u\bar{u}} = g_m R_E$$

$$B_{u\bar{u}} = 1$$

$$H_{\bar{u}} = A_{u\bar{u}} B_{u\bar{u}} = g_m R_E$$

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

- 15) Határozza meg az alábbi kapcsolás R_E munkapont beállító elemének értékét, ha $I_t = 1 \text{ mA}$! Határozza meg a terhelő ellenállás R_{tmin} minimális, valamint az R_{tmax} maximális értékét, amelynél még áramgenerátorként működik a kapcsolás!



Adatok:

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

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

$$U_Z = 5,6 \text{ V},$$

$$R_I = 2 \text{ k}\Omega.$$

$$U_B = U_Z,$$

$$U_B = 5,6 \text{ V}$$

$$U_E = U_B - U_{BE} = 5,6 - 0,6 = 5 \text{ V}$$

$$U_{RE} = U_E,$$

$$I_E \cong I_t$$

$$R_E = \frac{U_{RE}}{I_E} = \frac{5}{10^{-3}} = 5 \text{ k}\Omega$$

$$R_{tmin} = 0$$

Az áramgenerátorként való működés feltétele, hogy a tranzisztor kollektor-bázis diódája zárt maradjon:

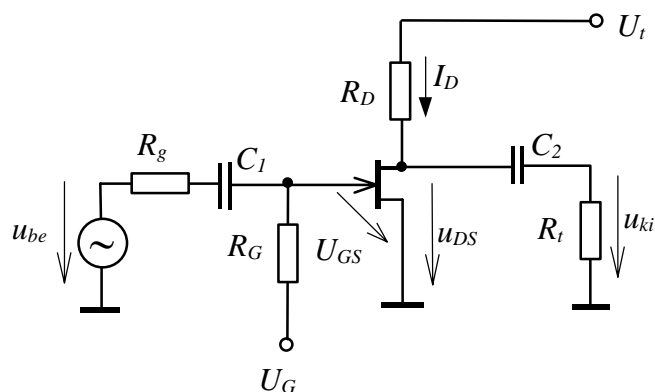
$$U_{BC} \leq 0, \quad \text{tehát} \quad U_C > U_B.$$

$$U_t - I_t R_t = U_C$$

$U_t - I_t R_t \geq U_B$ Ebből a feltételből határozható meg a terhelő ellenállás maximális értéke:

$$R_{tmax} \leq \frac{U_t - U_B}{I_t} \leq \frac{15 - 5,6}{10^{-3}} \leq 9,4 \text{ k}\Omega$$

16) Határozza meg az ábrán látható *JFET*-es földelt source-ú erősítő munkaponti adatait és a feszültségerősítést!



Adatok:

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

$$U_G = -2,5 \text{ V}$$

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

$$R_G = 1 \text{ M}\Omega$$

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

$$R_g = 50 \text{ }\Omega$$

$$I_{DSS} = 10 \text{ mA}$$

$$U_o = -5 \text{ V}$$

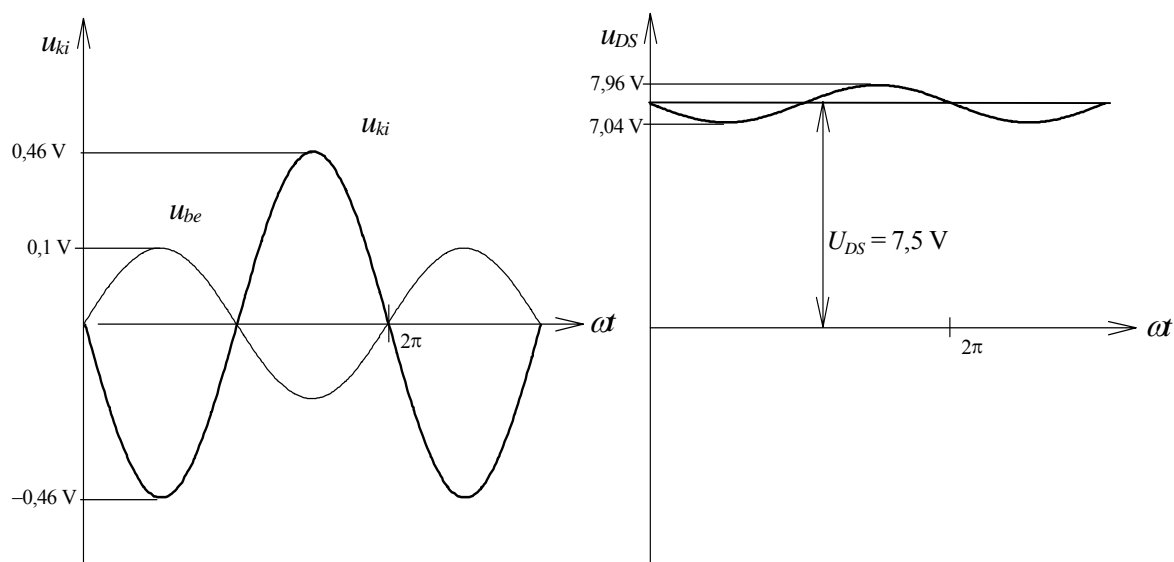
$$I_{DS} = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_0} \right)^2 = 10 \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{-2,5}{-5} \right)^2 = 2,5 \text{ mA}$$

$$U_{DS} = U_t - I_{DS} R_D = 15 - 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 = 7,5 \text{ V}$$

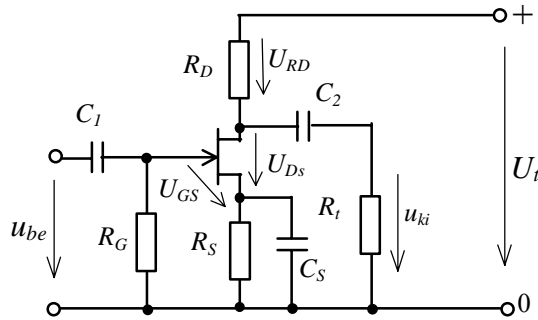
$$g_m = -\frac{2I_{DSS}}{U_0} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_0} \right) = -\frac{20 \cdot 10^{-3}}{-5} \left(1 - \frac{-2,5}{-5} \right) = 2 \text{ mS}$$

$$A_u = -g_m (R_D \times R_t) = -2 \cdot 10^{-3} (3 \cdot 10^3 \times 10 \cdot 10^3) = -4,6$$

Rajzolja meg léptékhelyesen az u_{ki} és u_{DS} időfüggvényeket, ha $u_{be} = 0,1 \sin \omega t$ [V]!



7) Állítsa be a *JFET* munkapontját $I_{DSmp} = 10 \text{ mA}$ -re!



Adatok:

$$U_t = 20 \text{ V}$$

$$R_G = 1 \text{ M}\Omega$$

$$R_D = 1 \text{ k}\Omega$$

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

$$I_{DSS} = 15 \text{ mA}$$

$$U_o = -5 \text{ V}$$

A C_1 és C_2 csatolókapacitások végtelen nagy értékűnek tekinthetők. Határozza meg a kapcsolás A_u feszültségerősítésének értékét! Adja meg a feszültségerősítés nagyságát dB-ben is!

$$U_G = 0$$

$$I_{DS} = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_0} \right)^2$$

$$U_{GS} = \left(1 - \sqrt{\frac{I_{DS}}{I_{DSS}}} \right) U_0 = \left(1 - \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 10^{-3}}} \right) (-5) = -0,917 \text{ V}$$

$$U_{RS} = |U_{GS}| = 0,917 \text{ V}$$

$$R_S = \frac{U_{RS}}{I_D} = \frac{0,917}{10 \cdot 10^{-3}} = 0,0917 \cdot 10^3 = 91,7 \Omega$$

$$U_{DS} = U_t - I_{DS} R_D - I_{DS} R_S = 20 - 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 - 10 \cdot 10^{-3} \cdot 91,7 = 9,083 \text{ V}$$

$$g_m = -\frac{2I_{DSS}}{U_0} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_0} \right) = -\frac{30 \cdot 10^{-3}}{-5} \left(1 - \frac{-0,917}{-5} \right) = 4,89 \cdot 10^{-3} \text{ S}$$

$$A_u = -g_m (R_D \times R_t) = -4,89 \cdot 10^{-3} \left(\frac{10^3 \cdot 10 \cdot 10^3}{10^3 + 10 \cdot 10^3} \right) = -4,44$$

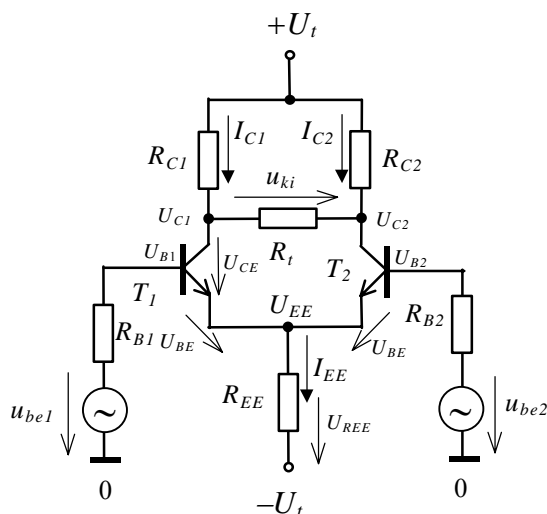
$$A_u [\text{dB}] = 20 \lg |A_u| = 12,94 \text{ dB}$$

Határozza meg az R_{be} bemeneti és az R_{ki} kimeneti ellenállás nagyságát!

$$R_{be} \cong R_G$$

$$R_{ki} \cong R_D$$

- 18) Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros differencia-erősítő kapcsolás munkaponti adatait és a feszültségerősítésének nagyságát szimmetrikus vezérlés esetén!



Adatok:

$$\begin{aligned} U_t &= \pm 15 \text{ V} \\ R_{B1} &= R_{B2} = R_B = 10 \text{ k}\Omega \\ R_{C1} &= R_{C2} = R_C = 5 \text{ k}\Omega \\ R_{EE} &= 3,6 \text{ k}\Omega \\ R_t &= 10 \text{ k}\Omega \\ U_{BE} &= 0,6 \text{ V} \\ \beta_1 &= \beta_2 = 200 \\ U_T &= 26 \text{ mV} \end{aligned}$$

$$U_{B1} = U_{B2} \cong 0$$

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

$$U_{REE} = U_{EE} - (-U_t) = -0,6 - (-15) = 14,4 \text{ V}$$

$$I_{EE} = \frac{U_{REE}}{R_{EE}} = \frac{14,4}{3,6 \cdot 10^3} = 4 \text{ mA}$$

$$I_{C1} = I_{C2} = I_C = \frac{I_{EE}}{2} = 2 \text{ mA}$$

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

$$r_E = r_{E1} = r_{E2}$$

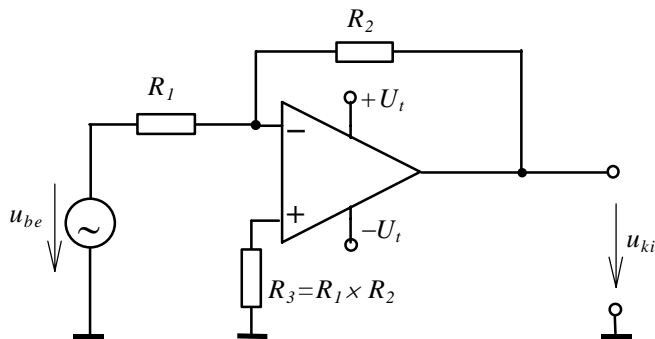
$$g_m = \frac{1}{r_E} = 77 \text{ mS}$$

$$A_{us} = -g_m \left(R_C \times \frac{R_t}{2} \right) = -77 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3} = -190$$

$$A_{us}[\text{dB}] = 20 \lg |A_{us}| = 45,57 \text{ dB}$$

$$R_{bes} = 2(R_B \times r_E) = 2(R_B \times \beta r_E) = 4,2 \text{ k}\Omega$$

19) Határozza meg az ábrán látható erősítő kapcsolás feszültségerősítését (a lineáris tartományban)!



Adatok:

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$+U_t = +10 \text{ V}$$

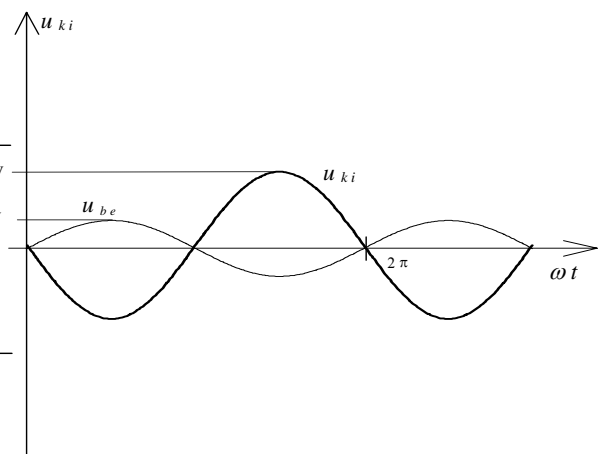
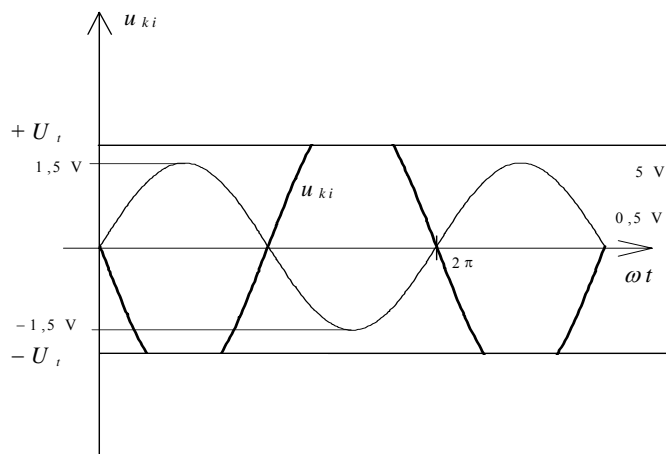
$$-U_t = -10 \text{ V}$$

$$A_u = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{10 \cdot 10^3}{10^3} = -10$$

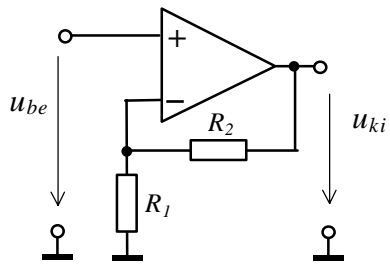
Rajzolja meg a kimeneti feszültség léptékhelyes időfüggvényét, ha:

a) $u_{be}(t) = 1,5 \sin \omega t \text{ [V]}$

b) $u_{be}(t) = 0,5 \sin \omega t \text{ [V]}$



20) Határozza meg az ábrán látható, műveleti erősítővel megvalósított neminvertáló erősítő A_u feszültségerősítését!



Adatok:

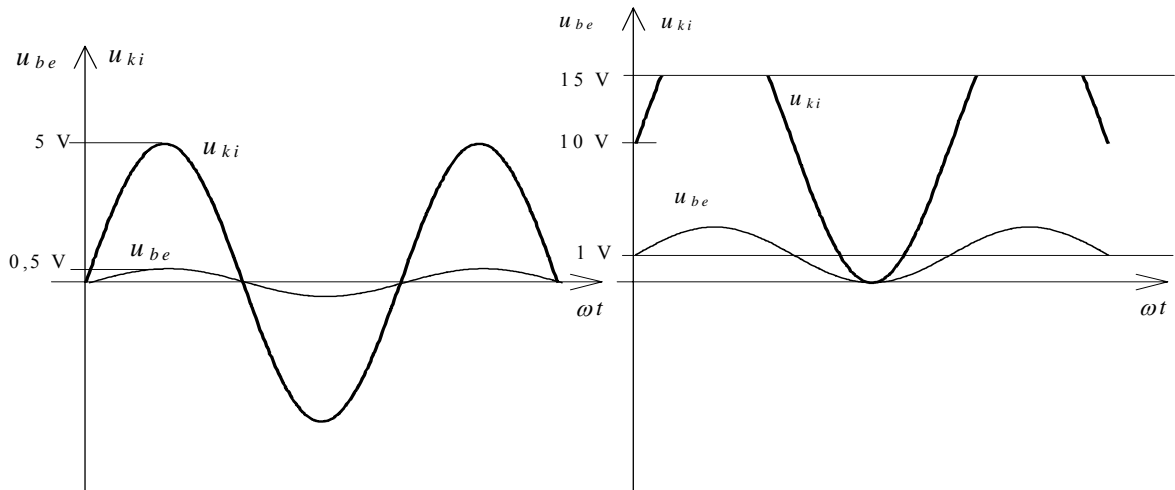
$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 90 \text{ k}\Omega$$

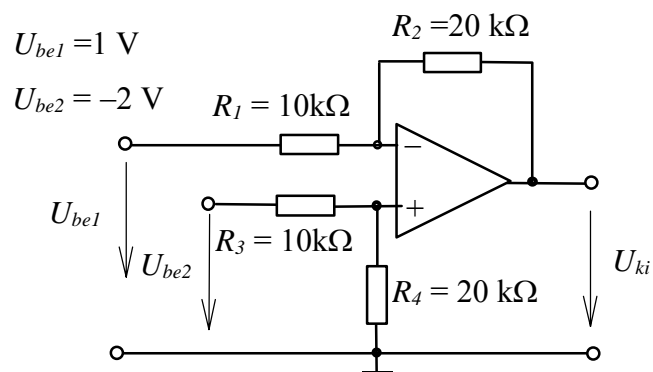
$$U_{k\max} = +U_t = +15 \text{ V}$$

$$U_{k\min} = -U_t = -15 \text{ V}$$

Rajzolja le az u_{be} bemeneti és az u_{ki} kimeneti feszültség időfüggvényét, ha
 a) $u_{be} = 0,5 \sin \omega t$ [V],
 b) $u_{be} = 1 + 1 \sin \omega t$ [V]!



21) Határozza meg az alábbi kapcsolás kimeneti feszültségének értékét!



$$u_{ki} = u_{ki1} + u_{ki2}$$

$$a) \quad u_{be2} = 0,$$

$$u_{ki1} = -\frac{R_2}{R_1} u_{be1}$$

$$b) \quad u_{be1} = 0,$$

$$u_{ki2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) u_{be2} \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

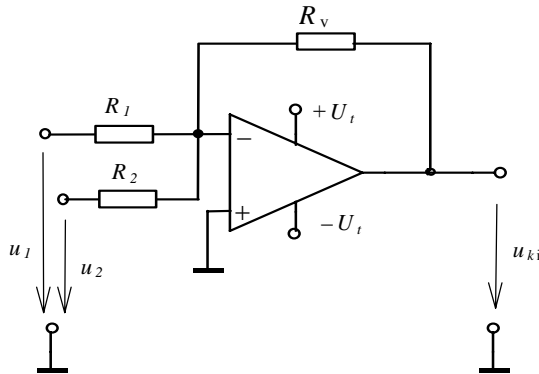
$$u_{ki} = u_{ki1} + u_{ki2} = -\frac{R_2}{R_1} u_{be1} + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) u_{be2} \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

$$u_{ki} = -\frac{20 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} u_{be1} + \left(1 + \frac{20 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3}\right) u_{be2} \frac{20 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3 + 20 \cdot 10^3}$$

$$u_{ki} = -2u_{be1} + 2u_{be2}$$

$$U_{ki} = -2U_{be1} + 2U_{be2} = -2 + 2(-2) = -6$$

22) Határozza meg az ábrán látható összegző kapcsolás kimeneti feszültségét a táblázatban az a) és a b) oszlopban megadott bemeneti feszültségek esetén!



Adatok:

$$+U_t = +10 \text{ V}$$

$$-U_t = -10 \text{ V}$$

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

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

	a)	b)
U_1	1 V	1 V
U_2	2 V	-2 V
U_{ki}	-10 V	-8 V

$$U_{ki} = -R_v \left(\frac{U_{be1}}{R_1} + \frac{U_{be2}}{R_2} \right)$$

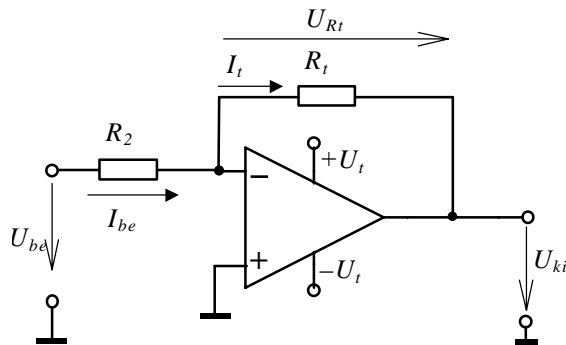
$$a) \quad U_{ki} = -10 \cdot 10^3 \left(\frac{1}{10^3} + \frac{2}{10 \cdot 10^3} \right) = -12 \text{ V}$$

Mivel a műveleti erősítő tápfeszültsége $U_t = \pm 10 \text{ V}$, ezért a kimeneti feszültség sem lehet nagyobb ennél az értéknél, tehát:

$$U_{ki} = -10 \text{ V}.$$

$$b) \quad U_{ki} = -10 \cdot 10^3 \left(\frac{1}{10^3} + \frac{(-2)}{10 \cdot 10^3} \right) = -8 \text{ V}$$

- 23) Határozza meg az ábrán látható műveleti erősítő áramgenerátor terhelő ellenállásának minimális és maximális értékét!



Adatok:

$$U_t = \pm 10 \text{ V},$$

$$U_{be} = -5 \text{ V},$$

$$R_2 = 7,5 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{t\min} = 0$$

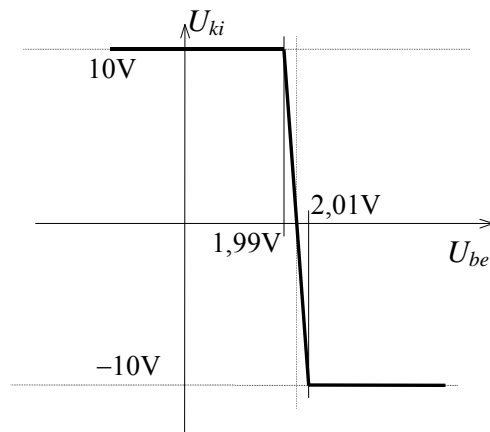
$$I_{be} = \frac{U_{be}}{R_2} = \frac{-5}{7,5 \cdot 10^3} = -0,67 \text{ mA},$$

$$I_{be} = I_t,$$

$$U_{Rt\max} = U_{ki}, \quad U_{ki} = U_t,$$

$$R_{t\max} = \frac{|U_{Rt\max}|}{|I_t|} = \frac{10}{0,67 \cdot 10^{-3}} = 15 \text{ k}\Omega$$

- 24) Mekkora az A_{u0} feszültségerősítés és az U_R referenciasfeszültség értéke, ha a komparátor transzfer karakterisztikája a következő?



Megoldás:

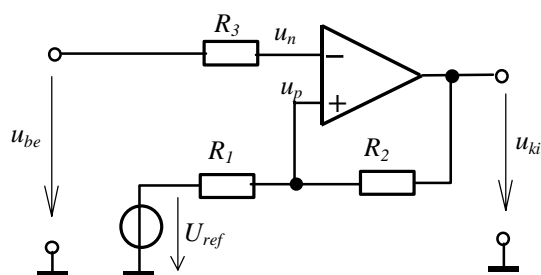
$$\Delta U_{be} = 0,02 \text{ V}$$

$$\Delta U_{ki} = 20 \text{ V}$$

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

$$A_{u0} = -\frac{\Delta U_{ki}}{\Delta U_{be}} = -\frac{20}{0,02} = -1000$$

- 25) Rajzoljon egy **ideális invertáló hiszterézises** komparátort! Számítsa ki a komparátor billenési szintjeit! Rajzolja le a kapcsolás transzfer karakterisztikáját!

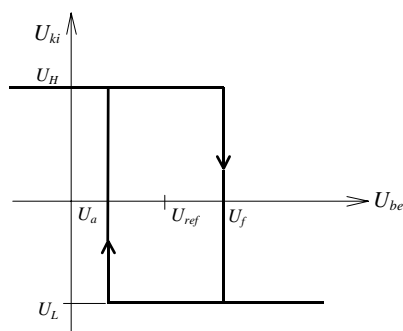


Adatok:

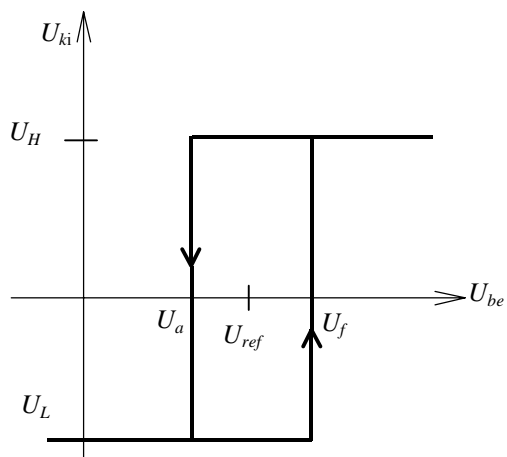
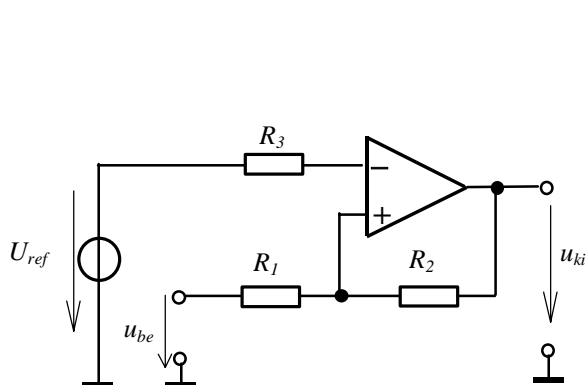
$$\begin{aligned} U_{ref} &= 5 \text{ V}, \\ U_H &= (+U_{kimax}) = +15 \text{ V}, \\ U_L &= (-U_{kimax}) = -15 \text{ V}, \\ R_1 &= 1 \text{ k}\Omega, \\ R_2 &= 9 \text{ k}\Omega. \end{aligned}$$

$$U_f = U_{ref} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_H \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 5 \frac{9 \cdot 10^3}{10^3 + 9 \cdot 10^3} + 15 \frac{10^3}{10^3 + 9 \cdot 10^3} = 6 \text{ V}$$

$$U_a = U_{ref} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_L \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 5 \frac{9 \cdot 10^3}{10^3 + 9 \cdot 10^3} - 15 \frac{10^3}{10^3 + 9 \cdot 10^3} = 3 \text{ V}$$



- 26) Rajzoljon egy **neminvertáló hiszterézises** komparátort, és annak transzfer karakterisztikáját! Határozza meg az alsó és a felső billenési szintet (U_a , U_f), valamint a hiszterézis nagyságát (U_h)!



Adatok:

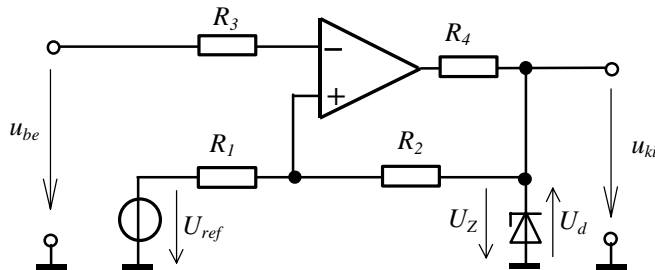
$$\begin{aligned}
 U_{ref} &= 5 \text{ V}, \\
 U_H &= (+U_{kimax}) = +15 \text{ V}, \\
 U_L &= (-U_{kimax}) = -15 \text{ V}, \\
 R_1 &= 1 \text{ k}\Omega, \\
 R_2 &= 10 \text{ k}\Omega.
 \end{aligned}$$

$$U_f = \frac{U_{ref} - U_L \frac{R_1}{R_1 + R_2}}{\frac{R_2}{R_1 + R_2}} = U_{ref} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) - U_L \frac{R_1}{R_2} = 5 \left(1 + \frac{10^3}{10 \cdot 10^3}\right) - (-15) \frac{10^3}{10 \cdot 10^3} = 7 \text{ V}$$

$$U_a = \frac{U_{ref} - U_H \frac{R_1}{R_1 + R_2}}{\frac{R_2}{R_1 + R_2}} = U_{ref} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) - U_H \frac{R_1}{R_2} = 5 \left(1 + \frac{10^3}{10 \cdot 10^3}\right) - 15 \frac{10^3}{10 \cdot 10^3} = 4 \text{ V}$$

$$U_h = U_f - U_a = \frac{R_1}{R_2} (U_H - U_L) = 7 - 4 = 3 \text{ V}$$

27) Adott az alábbi komparátor kapcsolás!

**Adatok:**

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 10 \text{ k}\Omega, \\
 R_2 &= 52,5 \text{ k}\Omega, \\
 R_3 &= R_1 \times R_2, \\
 R_4 &= 1,8 \text{ k}\Omega, \\
 U_Z &= 5,6 \text{ V}, \\
 U_{ref} &= 4,9 \text{ V}, \\
 U_d &= 0,6 \text{ V}.
 \end{aligned}$$

Határozza meg u_{ki} legnagyobb és legkisebb értékét! ($+U_{kimax}=U_H$; $-U_{kimax}=U_L$)

$$U_H = U_Z = 5,6 \text{ V}$$

$$U_L = -U_d = -0,6 \text{ V}$$

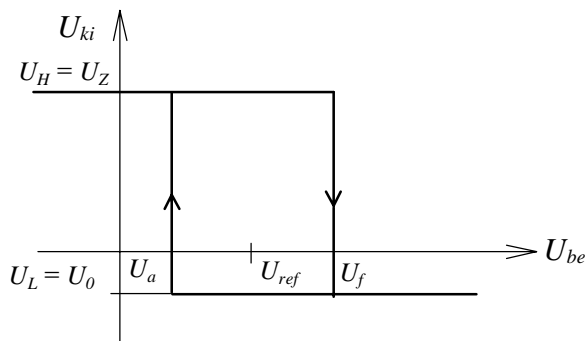
Határozza meg az alsó és a felső billenési szintet (U_a , U_f), és a hiszterézis nagyságát (U_h)!

$$U_f = U_H \frac{R_1}{R_1 + R_2} + U_{ref} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 5,6 \frac{10 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3 + 52,5 \cdot 10^3} + 4,9 \frac{52,5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3 + 52,5 \cdot 10^3} = 5,012 \text{ V}$$

$$U_a = U_L \frac{R_1}{R_1 + R_2} + U_{ref} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = -0,6 \frac{10 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3 + 52,5 \cdot 10^3} + 4,9 \frac{52,5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3 + 52,5 \cdot 10^3} = 4,02 \text{ V}$$

$$U_h = U_f - U_a = 5,012 - 4,02 = 0,992 \text{ V}$$

Rajzolja le a kapcsolás tranzfer karakterisztikáját!



- 28) Rajzoljon egy **invertáló** nullkomparátort! Korlátozza a kimeneti feszültséget $U_{ki\min} = -1\text{V}$ és $U_{ki\max} = 5\text{V}$ közé diódák segítségével! A diódák nyitóirányú feszültsége $U_d = 0,6\text{V}$.

