Diódák, Zener diódák

1) Egy valóságos rétegdióda munkaponti adatait méréssel határoztuk meg: a dióda nyitóriányú feszültsége: $U_I=0.6$ V a dióda nyitóriányú farama: $I_d=1$ mA a termikus feszültség értéke: $U_T=26$ mV

Számítsa ki a dióda visszáramát!

$$I_{a} = I_{0} \left(e^{\frac{U_{a}}{U_{r}}} - 1 \right) \qquad \qquad I_{0} = \frac{I_{d}}{e^{U_{r}}} = \frac{10^{-3}}{e^{\frac{0.6}{U_{r}}} - 1} \qquad \qquad I_{0} = 9,5 \cdot 10^{-14} \text{ A}$$

2) Mekkora előrét ellenállást kell a diódával sorba kapcsolni, ha a telepfeszültség $U_t=2,7$ V. és azt szeretnénk, hogy a diódán $I_t=5$ mA áram folyjon át? A dióda nyitórinnyá feszültségét a diódás-egyenletből számolja ki, ha a dióda visszárama $I_t=1\cdot10^{14}$ A és a termikus feszültség $U_t=26$ mV!



$$\begin{split} I_d &= I_0 \left(\frac{v_d}{e^{U_T}} - 1 \right) & I_d \equiv I_0 e^{U_T} \\ U_d &= U_T \ln \frac{I_d}{I} = 26 \cdot 10^{-3} \ln \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-14}} \end{split}$$

 $U_d = 0.7 \text{ V}$ $U_t - I_d R - U_d = 0$

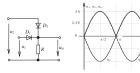
$$R = \frac{U_t - U_d}{I_*} = \frac{2.7 - 0.7}{5 \cdot 10^{-3}} = 400 \Omega$$

Mekkora a dióda dinamikus ellenállása a fenti munkapontban

$$r_d = \frac{du_d}{di_d}\bigg|_{I_M,U_M}$$

$$r_d = \frac{U_T}{I_d} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3}} = 5.2 \Omega$$

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



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



 $I_a = I - I_1 = 3.8 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} = 2.8 \cdot 10^{-3} A = 2.8 mA$

$$I_d = I_0 \left[e^{\frac{U_d}{U_T}} - 1 \right]$$

$$U_{_{d}} = U_{_{T}} \ln \left(\frac{I_{_{d}}}{I_{_{0}}} + 1 \right) = 26 \cdot 10^{-3} \ln \left(\frac{2.8 \cdot 10^{-3}}{10^{-14}} + 1 \right) = 0,685 \ V$$

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

5) Határozza meg az áramgenerátor áramát, ha a kimeneti feszültség: $U_{tt}=2,055~\rm V$, és a díodák teljesen egyformák! A díóda maradékárama: $I_a=10^{-14}~\rm A$ A termikus feszültség: $U_T=26~\rm mV$



6) Mennyit változik a dióda nyitóirányú feszültsége, ha árama a 10-szer $(I_{22}=10I_{dd})^2$ A termikus feszültség: $U_T=26~{\rm mV}.$

$$I_{d1} = I_0 e^{\frac{U_{d1}}{U_T}} \qquad \qquad I_{d2} = 10 I_{d1} = I_0 e^{\frac{U_{d1}}{U_T}}$$

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

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

$$\Delta U_{_d} = U_{_{d2}} - U_{_{d1}} = U_{_T} \ln 10 = 26 \cdot 10^{-3} \cdot 2, 3 = 59, 8 \ mV$$

7) Rajzoljon egy Zener diódás feszültségstabilizátort és határozza meg a megadott elemek értékeinek segítségével az I_{bc} bemeneti és az I_{z} Zener áram értékét!



Elektronika I. Mintapéldák

$$\begin{split} I_{lo} &= \frac{U_{lo} - U_{J}}{R_{c}} = \frac{20 - 13}{100} = 70 \ mA \\ I_{r} &= \frac{U_{r}}{R_{c}} - \frac{U_{S}}{R_{c}} = \frac{13}{100} = 43.3 \ mA \\ I_{low} &= I_{r} + I_{Z} \\ I_{low} &= I_{r} + I_{Z} \end{split}$$

$$I_{Z} = I_{low} - I_{1} = 0.07 - 0.0433 = 0.0267 \ A$$

$$I_{Z} = 26.7 \ \text{mA}$$

8) Határozza meg az ábrán látható elemi feszültségstabilizátor előtét ellenállásának nagyságát!



Adatok:

A tápfeszültség: a terhelő áram: a Zener dióda névleges feszültsége: a Zener dióda névleges árama: a Zener dióda námankus ellenfillása: a Zener dióda megengedett disszipációs teljesítménye: $U_{bx} = 15 \text{ V} \pm 3 \text{ V}$ $I_t = 0....20 \text{ mA}$ $U_{ZN} = 6,2 \text{ V}$ $I_{ZN} = 5 \text{ mA}$ $r_z = 10 \Omega$

 $I_{bc} = I_{\gamma} + I_{\gamma}$

A Zener áramának maximális értéke:

$$I_{\rm Zweg} = \frac{P_{\rm d \, max}}{U_{\rm ZN}} = \frac{600 \cdot 10^{-3}}{6.2} \cong 97 \ mA \ . \label{eq:Zweg}$$

A Zeneren akkor folyik maximális áram, ha a bemeneti feszültség maximális és a terhelő áram minimális értékü: $U_{bemax}=18~{
m V}, I_{bmin}=0.$

$$\begin{split} I_{bc} = & \frac{U_{bc} - U_Z}{R} & I_Z = I_{bc} - I_c \\ I_{Z \max} = & \frac{U_{bc \max} - U_{ZN}}{P} - I_{t \min} = \frac{18 - 6.2}{P} - 0 \end{split}$$

$$R \geq \frac{U_{beam} - U_{ZN}}{I_{Zneg}} = \frac{18 - 6.2}{97 \cdot 10^{-3}} = 121.6 \varOmega \cong 120 \varOmega$$

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

$$I_{\rm Z\,min} = \frac{U_{\rm lor\,min} - U_{\rm ZN}}{R} - I_{\rm rmax} = \frac{12 - 6.2}{R} - 20 \cdot 10^{-3}$$

A Zener minimális árama: $I_{cmin} = I_{cN} = 5$ mA. $R \leq \frac{U_{locals} - U_{local}}{I_{z_{min}} + I_{s}} = \frac{12 - 6.2}{5 \cdot 10^{-3} + 20 \cdot 10^{-3}} = 232 \ \varOmega \cong 230 \varOmega$

$$120 \Omega \le R \le 230 \Omega$$

$$R = 180 \Omega$$

Mekkora lesz a kimeneti feszültség $\varDelta U_{kl}$ változása, ha a bemeneti feszültség $\varDelta U_{br}=2$ V-ot változák? . . .

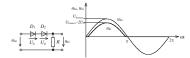
$$\Delta U_{zz} = \Delta U_{zz} \frac{r_z}{R + r_z} = 2 \frac{10}{190} = 105 \text{ mV}.$$

 $\Delta U_{ii}=\Delta U_{ii}\frac{r_{t}}{R+r_{c}}=2\frac{10}{190}=105~mV~.$ Mekkora a kimeneti feszültség ΔU_{ii} változása, ha a terhelő áram $\Delta I_{i}=5$ mA-t változák?

$$r_Z = \frac{\Delta U_{kl}}{\Delta I_l}$$

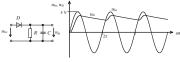
$$\Delta U_{ii} = -r_Z \Delta I_i = -50 \ mV$$

9) Rajzoljon fel egy diódás szinteltoló áramkört 2 db diódával! A diódák nyitóirányú feszültsége: U_0 . Rajzolja le az $u_{u_0}(\sigma)$ bemeneti és az $u_{u_0}(\sigma)$ kimeneti feszültség időfüggvényeket!



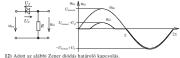
Dr. Iváncsyné Csepesz Erzsébet

10) Rajzoljon fel egy soros diódás csúcsegyenirányítót! Rajzolja le a bemeneti és a kimeneti feszültség időfüggvényét, ha Rajzolja le a bemeneti $u_{be}(\mathbf{q}\mathbf{x}) = 5sin \mathbf{q}\mathbf{x} [V]!$



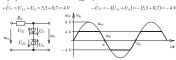
11) Rajzoljon fel egy Zener diódás szinteltoló áramkört 1 A bemenetre kapcsolt feszültség: $u_{s}=20$ ám a Zener diódá feszültsége: $U_{r}=5$ V a Zener dióda nyitóriányú feszültsége: $U_{r}=0.6$ V Rajzolja le léptékhelyesen az u_{s}/a 0 bemeneti és az u_{s} diólfüggvényeket! Hatírozza meg a kimeneti feszültsége

eti és az uki(**ax**) kimeneti feszültség



12) Adott az alábbi Zener diódás határoló kapcsolás. A bemeneti feszültség: $u_{bs} = 8sinot$ [V] A diódák nyitóirányú feszültsége: $U_0 = 0.7$ V (nem v a letőrési feszültségük: $U_{Z2} = U_{Z2} = 3.3$ V változik!)

Rajzolja le a be- és a kimenet időfüggvényét!



Tranzisztorok, tranzisztoros erősítő kapcsolások

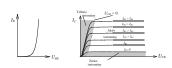
13) Határozza meg egy bipoláris tranzisztor földelt emitteres áramerősítési tényezőjét (B), ha az alábbi adatokat ismeri: $I = 100 \ \mu \text{A}$ a költéktoráram: $I_C = 1 \ \text{mA}$ a költéktoráram: $I_{C0} = 10 \ \mu \text{A}$!

 $I_C = BI_B + (1 + B)I_{CBO}$ B = 9

14) Rajzolja le a bipoláris tranzisztor földelt emitteres, kisjelű, fizikai helyettesítő

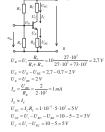


15) Rajzolja le a bipoláris tranzisztor földelt emitteres bemeneti és kimeneti



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

Adatok: A tápfeszültség: a tranzisztor bázis-emitter feszültsége: az emitter ellenállás: a kollektor ellenállás: a bázisosztó ellenállásai: $U_t = 10 \text{ V}$ $U_{BE} = 0.7 \text{ V}$ $R_E = 2 \text{ k}\Omega$ $R_C = 5 \text{ k}\Omega$ $R_I = 73 \text{ k}\Omega$ = 27 kΩ A tranzisztor nagyjelű áramerősítési tényezője: B = 300



17) Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros erősítő kapcsolás munkaponti Adatok:

a tranzisztor bázis-emitter feszültsége: az emitter ellenállás: a kollektor ellenállás: A tranzisztor nagyjelű áramerősítési té

A tápfeszültség:

 $U_{t2} = -5 \text{ V}$ $U_{BE} = 0.6 \text{ V}$ $R_E = 3 \text{ k}\Omega$ $R_C = 5.1 \text{ k}\Omega$ R = 300 $U_B = 0$ $U_E = U_B - U_{BE} = -0.6 V$ $U_{BE} = U_E - U_{I2} = -0.6 - (-5) = 4.4 V$ $I_E = \frac{U_{BE}}{R_E} = \frac{4.4}{3 \cdot 10^{-3}} = 1,46 \text{ mA}$

$$\begin{split} I_{E} &\cong I_{C} \\ U_{RC} &= I_{C}R_{C} = 1.46 \cdot 10^{-3} \cdot 5.1 \cdot 10^{3} = 7.45 \, V \\ U_{C} &= U_{R} - U_{RC} = 15 - 7.45 = 7.55 \, V \\ U_{CE} &= U_{C} - U_{E} = 7.55 - (-0.6) = 8.15 \, V \end{split}$$

A kapcsolás kisjelű fizikai helyettesítő képe

 U_{x} U_{xx} U_{xx}



18) Határozza meg az alábbi földelt emitteres kapcsolás kollektor áramát! Számítsa ki az erősítő fokozat feszültségerősítését (A_n), bemeneti (R_n) és kimeneti (R_n) ellenállását sávközépen! Adja meg a feszültségerősítést dB-ben is!

± U₁₁

 $\begin{aligned} & \textbf{Adatok:} \\ & T = \text{BC } \text{I 82C}, \ \beta = 250 \\ & R_E = 3 \text{ k}\Omega \\ & R_C = 5.1 \text{ k}\Omega \\ & R_i = 10 \text{ k}\Omega \\ & C_2 = 10 \text{ }\mu\text{F} \\ & U_{BEP} = 0.6 \text{ V} \\ & U_{II} = +15 \text{ V} \\ & U_{II} = +5 \text{ V} \\ & U_{II} = 26 \text{ }\text{mV} \end{aligned}$

$$\begin{split} &U_B = 0 \\ &U_E = U_B - U_{BE} = -0.6 \text{ V} \\ &U_{BE} = U_E - (U_G) = -0.6 - (-5) = 4.4 \text{ V} \\ &I_E = \frac{U_{EE}}{R_E} = \frac{4.4}{3 \cdot 10^7} = 1.46 \text{ mA} \end{split}$$
 $g_m = \frac{I_C}{U_T} = \frac{1.46 \cdot 10^{-3}}{26 \cdot 10^{-3}} = 56 \text{ mS}$ $r_E = \frac{U_T}{I_C} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{1.46 \cdot 10^{-3}} = 17.8 \Omega$

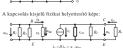
 $U_T = 26 \cdot 10^{-5}$ $R_C \times R_c = \frac{5.1 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3}{(5.1 + 10) \cdot 10^3} = 3.37 \text{ k}\Omega$ $A_u = -g_m(R_C \times R_c) = -\frac{R_C \times R_c}{r_F} = -189.13$

 $A_a[dB] = 201g|A_a| = 45,53 dB$

$$\begin{split} R_{bc} &\approx r_{B} = \beta \ r_{E} = 250 \cdot 17, 8 = 4,45 \ k\Omega \\ R_{bl} &\approx R_{C} = 5,1 \ k\Omega \end{split}$$

19) Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros közös emitterű erősítő kapcsol köllektor áramának (I_c) értékét, valamint a kapcsolás feszültségerősítésén (A_a) , bemeneti ellenállásának (R_{bc}) és kimeneti ellenállásának (R_{bc}) nagyságát!

datok:	
a tranzisztor típusa:	2N5086
váltakozó áramú áramerősítési tényezője:	$\beta = 300$
a bázisosztó ellenállásai:	$R_I = 73 \text{ k}\Omega$
	$R_2 = 27 \text{ k}\Omega$
az emitterellenállás:	$R_E = 2 \text{ k}\Omega$
az emitter hidegítőkondenzátor:	$C_E = 47 \mu F$
a kollektorellenállás:	$R_C = 5 \text{ k}\Omega$
a terhelőellenállás:	$R_r = 10 \text{ k}\Omega$
a bemeneti csatolókondenzátor:	$C_I = 10 \mu F$
a kimeneti csatolókondenzátor:	$C_2 = 10 \mu F$
a tranzisztor bázis-emitter feszültsége:	$U_{BEmp} = 0.7 \text{ V}$
a termikus feszültség:	$U_T = 26 \text{ mV}$
tápfeszültség:	$U_t = 10 \text{ V}$
$R_{i} = \begin{bmatrix} R_{i} & U_{iR} & & & & & & & & & & & & \\ R_{i} & U_{iR} & & & & & & & & & & & \\ & C_{i} & U_{iR} & & C_{iR} & & & & & & & & \\ & U_{iR} & U_{iR} & & U_{iR} & & & & & & & & \\ & U_{iR} & U_{iR} & & U_{iR} & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & $	



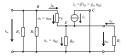
 $U_{B} = U_{1} \frac{R_{2}}{R_{1} + R_{2}} = 10 \frac{27 \cdot 10^{3}}{27 \cdot 10^{3} + 73 \cdot 10^{3}} = 2,7 \text{ V}$

 $U_E = U_B - U_{BE} = 2.7 - 0.7 = 2 \text{ V}$ $U_{RE} = U_E = 2 \text{ V}$

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

 $g_m = \frac{I_c}{U_-} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{26 \cdot 10^{-3}} = 38 \text{ mS}$

A kapcsolás kisjelű helyettesítő képe:



Az R_E emitterellendilás $u_i = u_{RE}$ feszültsége a tranzisztor $u_i = u_{RE}$ feszültségével sorba kapcsolódik, összegük az u_{ii} bemeneti feszültség. A visszacsatoló tag, azaz az emitterellendilás feszültsége az u_{ii} kineneti feszültség. Ez a kapcsolós SOROS-FESZULTSÉG viszacsatolással kialakított áramkör. A kapcsolás eredő feszültségerősítése: $A_i = \frac{A_i}{1+H} = \frac{1}{1+A_i}B_a$

 $A_{u} = \frac{u_{u}}{u_{1}} = \frac{i_{c}(R_{E} \times R_{v})}{u_{BE}} = \frac{g_{m}u_{BE}(R_{E} \times R_{v})}{u_{BE}} = g_{m}(R_{E} \times R_{v}) = \frac{1}{13} \cdot \frac{10^{3} \cdot 3 \cdot 10^{3}}{(10^{3} + 3 \cdot 10^{3})} = 58$

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

 $A_u^{'} = \frac{A_u}{1+H} = \frac{A_u}{1+A_uB_u} = \frac{58}{59} = 0,98$

 $R_{be} = R_1 \times R_2 \times (r_B + r_B g_{se}(R_E \times R_e)) = R_1 \times R_2 \times \left(\beta r_E + \beta r_E \frac{1}{r_F}(R_E \times R_e)\right)$

 $R_{bv}^{\cdot} = R_1 \times R_2 \times \beta(r_E + (R_E \times R_s)) \equiv 2.1 \text{ k}\Omega$

 $R_{\scriptscriptstyle ki}=R_{\scriptscriptstyle E}$

 $H_{ii} = A_{iii}B_{iii} = g_{iii}R_{ii}$

 $\dot{R_{bi}} = \frac{R_{bi}}{1+H_{bi}} = \frac{R_E}{1+g_m R_E} = r_E \times R_E \equiv 13~\Omega$

A tranzisztor i_C kollektorárama az R_E emitterellenálláson létrehozza az u visszacsatolt feszültséget, amely az $u_1=u_{BE}$ feszültségel sorba kapcs

2N5086 $\beta = 300$ $R_I = 73 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 27 \text{ k}\Omega$ $R_C = 5 \text{ k}\Omega$ $R_C = 5 \text{ k}\Omega$ $R_C = 10 \text{ k}\Omega$ $R_C = 10 \text{ m}$ $R_C = 10 \text{ m}$ $R_C = 10 \text{ m}$ Adatok: a tranzisztor típusa: váltakozó áramú áramerösítési tényezője: a bázisosztó ellenállásai: az emitter ellenállás az emitter ellenállás:
a kollektor ellenállás:
a terhelő ellenállás:
a terhelő ellenállás:
a bemeneti csatolókondenzátor:
a kimeneti csatolókondenzátor:
a tranzisztor bázis-emitter feszültsége:
a termikus feszültség:
tápfeszültség:

† t//,

20) Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros közös emitterű erősítő kapcso kollektor ármának (dz) értékét, valamint a kapcsolás feszültségerősítésén (Aa), bemeneti ellenállásának (R_{tt}) és kimeneti ellenállásának (R_{tt}) nagyságát Adatok;

$$\begin{split} A_u &= -g_m(R_c \times R_c) = -\frac{R_c \times R_c}{r_E} = -38 \cdot 10^{-3} \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3}{(5 + 10)!0^3} = -126 \\ R_{bc} &= (R_1 \times R_2) \times \beta r_E = 5.588 \, k\Omega \\ R_{bl} &= R_c = 5 \, k\Omega \end{split}$$

 $R_{l} \qquad R_{c} \qquad U_{lc} \qquad U_{$

 u_{BE} r_{ρ}

ülk az u_{be} bemeneti feszültség. apcsolás SOROS-ÁRAM visszacsatolással kialakított áramkör.

 $U_{B} = U_{t} \frac{R_{z}}{R_{1} + R_{z}} = 10 \frac{27 \cdot 10^{3}}{27 \cdot 10^{3} + 73 \cdot 10^{3}} = 2,7 \ V$ $R_1 + R_2 = 27 \cdot 10 + 73 \cdot 1$ $U_E = U_B - U_{BE} = 2,7 - 0,6 = 2 \text{ V}$ $U_{RE} = U_E = 2 \text{ V}$ $I_E = \frac{U_{RE}}{R_E} = \frac{2}{2 \cdot 10^3} = 1 \text{ mA}$ $r_E = \frac{U_T}{I_C} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} = 26 \Omega$

$$\begin{split} & \bullet _{c_{C}} & \stackrel{1.10}{\sim 10^{3}} \\ A_{s} & \equiv -\frac{R_{c} \times R_{c}}{R_{c}} = \frac{6 \cdot 10^{3} \cdot 10 \cdot 10^{3}}{(5 + 10) \cdot 10^{3}} \cdot \frac{1}{2 \cdot 10^{3}} = -1,6 \\ R_{bc} & = (R_{1} \times R_{2}) \times \beta (r_{E} + R_{E}) = 19,09 \; k\Omega \\ R_{ii} \approx R_{c} = 5 \; k\Omega \end{split}$$

21) Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros közös kollektorú erősítő kapcsolás A_a feszültségerősítésének, R_{bc} bemeneti ellenállásának, valamint R_{bi} kimeneti ellenállásának értékét!

BC182

 $\begin{array}{l} BCI82 \\ \beta = 200 \\ R_I = 12,4 \text{ k}\Omega \\ R_E = 2,6 \text{ k}\Omega \\ R_E = 1 \text{ k}\Omega \\ R_I = 3 \text{ k}\Omega \\ C_I = 10 \text{ }\mu\text{F} \\ C_2 = 10 \text{ }\mu\text{F} \\ U_{BEmp} = 0,7 \text{ V} \\ U_T = 26 \text{ mV} \\ I_E = 2 \text{ }m\text{A} \\ U_I = 15 \text{ V} \end{array}$ váltakozóáramú áramerősítési tényezője: a bázisosztó ellenállásai: az emitterellenállás: a terhelőellenállás: a bemeneti csatolókondenzátor: a kimeneti csatolókondenzátor: a tranzisztor bázis-emitter feszültsége: a tranzisztor munkaponti emitterárama: tófosoultség: tápfeszültség:



Elektronika I. Mintapéldák

22) Határozza meg az alábbi kapcsolás R_E munkapont beállító elemének értékét, ha $I_i=1$ mA! Határozza meg a terhelő ellenállás R_{min} minimális, valamint az R_{max} maximális értékét, amelynél még áramgenerátorként működik a kapcsolás!



 $U_{BE} = 0.6 \text{ V}$ $U_{I} = 15 \text{ V}$ $U_{Z} = 5.6 \text{ V}$ $R_{I} = 2 \text{ k}\Omega$

$$\begin{split} &U_B = U_Z \\ &U_B = 5,6 \text{ V} \\ &U_E = U_B - U_{BE} = 5,6 - 0,6 = 5 \text{ V} \\ &U_{EE} = U_E \\ &I_E \equiv I, \\ &R_Z = \frac{U_{BE}}{I_Z} = \frac{5}{10^{-3}} = 5 \text{ } k\Omega \end{split}$$

 $R_{\min}=0$ Az áramgenerátorként való működés feltétele, hogy a tranzisztor kollektor-bázis diódája zárt maradjon: $U_0 \in S$, tehát $U_C > U_B$. $U_j - I_j R = U_j$.

$$R_{r_{\max}} \le \frac{U_r - U_B}{I_r} \le \frac{15 - 5.6}{10^{-3}} \le 9.4 \ k\Omega$$

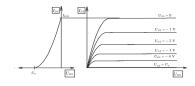
23) Írja fel a záróréteges térvezérlésű tranzisztor (JFET) $I_{DS}=f\left(U_{GS}\right)$ összefüggését! Adja meg az összefüggésben szereplő betűk jelentését!

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

 I_{DS} : U_{GS} : I_{DSS} : U_{θ} : a JFET drain-source árama a JFET vezérlőfeszültsége a JFET telítési árama a JFET elzáródási feszültsége

Elektronika I. Mintapéldák

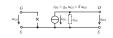
24) Rajzolja fel a záróréteges térvezérlésű tranzisztor (JFET) transzfer és kimeneti karakterisztikáját!



25) Definiálja a JFET meredekségét, és adja meg kiszámításának módját!

$$S = g_{aa} = \frac{dI_{DS}}{dU_{CS}} = \frac{\Delta I_{DS}}{\Delta U_{CS}} \qquad \qquad g_{aa} = \frac{dI_{DSS} \left(1 - \frac{U_{CS}}{U_0}\right)^2}{dU_{CS}} = -\frac{2I_{DSS}}{U_0} \left(1 - \frac{U_{CS}}{U_0}\right)^2$$

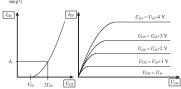
Rajzolja fel a fizikai működés ismeretében a záróréteges térvezérlésű tranziszto (*JFET*) földelt source-ú, kisjelű, kisfrekvenciás, dinamikus helyettesítő képét!



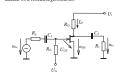
kimeneti dinamikus ellenállás nagy értéke miatt sokszor

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

(A teng valami meg!)



28) Határozza meg az ábrán látható JFET-es földelt source-ú erősítő munkaponti adatait és a feszültségerősítését!

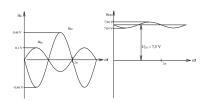


 $U_t = +15 \text{ V}$ $U_G = -2.5 \text{ V}$ $R_D = 3 \text{ k}\Omega$ $R_G = 1 \text{ M}\Omega$ $R_t = 10 \text{ k}\Omega$ $R_g = 50 \text{ }\Omega$

$$\begin{split} I_{DS} &= I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{CSS}}{U_0} \right)^2 = 10 \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{-2.5}{-5} \right)^2 = 2.5 \ mA \\ U_{DS} &= U_t - I_{DS} R_D = 15 - 2.5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 = 7.5 \ \text{V} \end{split}$$
 $g_m = -\frac{2I_{DSS}}{U_0} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_0}\right) = -\frac{20 \cdot 10^{-5}}{-5} \left(1 - \frac{-2.5}{-5}\right) = 2 \text{ mS}$

 $A_u = -g_w (R_D \times R_t) = -2.10^{-3} (3.10^3 \times 10.10^3) = -4.6$

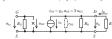
Határozza meg a kapcsolás A_u feszültségerősítésének értékét! Adja meg a feszültségerősítés nagyságát dB-ben is!



29) Állítsa be a JFET munkapontját IDSmv = 10 mA-re!



 $U_t = 20 \text{ V}$ $R_G = 1 \text{ M}\Omega$ $R_D = 1 \text{ k}\Omega$ $R_t = 10 \text{ k}\Omega$



Dr. Iváncsyné Csepesz Er. $U_G=0$ $I_{DS} = I_{DSS} \Biggl(1 - \frac{U_{GS}}{U_0} \Biggr)^2 \label{eq:def_IDSS}$
$$\begin{split} U_{GS} = & \left(1 - \sqrt{\frac{I_{RS}}{I_{RSS}}}\right) U_0 = \left(1 - \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 10^{-3}}}\right) (-5) = -0.917 \, V \\ U_{RS} = & \left| \ U_{GS} \right| = 0.917 \, \text{V} \end{split}$$
 $R_{s} = \frac{U_{Rs}}{I_{D}} = \frac{0.917}{10 \cdot 10^{-3}} = 0.0917 \cdot 10^{3} = 91.7 \ \Omega$ $U_{DS} = U_{r} - I_{DS} R_{D} - I_{DS} R_{S} = 20 - 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{3} - 10 \cdot 10^{-3} \cdot 91, 7 = 9,083 \, V$ $g_{ss} = -\frac{2I_{DSS}}{U_0} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_0} \right) = -\frac{30 \cdot 10^{-3}}{-5} \left(1 - \frac{-0.917}{-5} \right) = 4.89 \cdot 10^{-3} \text{ S}$ $A_u = -g_m(R_D \times R_s) = -4.89 \cdot 10^{-3} \left(\frac{10^3 \cdot 10 \cdot 10^3}{10^3 + 10 \cdot 10^3} \right) = -4.44$ $A_a[dB] = 201g|A_a| = 12,94 \text{ dB}$ Határozza meg az R_{be} bemeneti és az R_{ki} kimeneti ellenállás nagyságát

 $R_{ki} \equiv R_D$

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



Addition: $U_t = \pm 15 \text{ V}$ $R_{CI} = R_{C2} = R_C = 5 \text{ k}\Omega$ $R_{EE} = 3.6 \text{ k}\Omega$ $R_t = 10 \text{ k}\Omega$ $U_{BE} = 0.6 \text{ V}$ $\beta_1 = \beta_2 = 200$ $U_T = 26 \text{ mV}$

$$U_{xx} = U_{x} - U_{xx} = 0 - 0.6 = -0.6 V$$

$$U_{\rm REX} = U_{\rm EX} - \left(-\,U_{\rm s}\right) = -0.6 - \left(-\,15\,\right) = 1\,4.4\,\,V$$

$$I_{xx} = \frac{U_{xxx}}{R_{xx}} = \frac{14.4}{3.6 \cdot 10^3} = 4 \ mA$$

$$I_{--} = I_{--} = I_{-} = \frac{I_{EE}}{2} = 2 n$$

$$R_{EE} = 3.6 \cdot 10$$

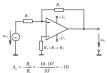
$$I_{C1} = I_{C2} = I_C = \frac{I_{EE}}{2} = 2 \text{ mA}$$

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

$$A_{_{\rm HI}} = -g_{_{\rm HI}} \left(R_{_{\rm C}} \times \frac{R_{_{\rm F}}}{2} \right) = -77 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3} = -190$$

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

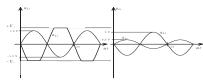
$$R_{bec} \equiv 2r_{_B} = 2\beta r_{_E} = 5200~\Omega$$



Műveleti erősítőkkel megvalósított kapcsolások

 $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ $+U_t = +10 \text{ V}$ $-U_t = -10 \text{ V}$

Rajzolja meg a kimeneti feszültség léptékhelyes időfüggvényét, ha: a) $u_{br}(t)=1.5 \sin \omega t \, [V]$ b) $u_{bs}(t)=0.5 \sin \omega t \, [V]$



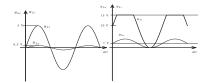


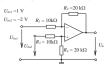
Elektronika I. Mintapéldák

$$A_u = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{90 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} = 10$$

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]!





$$u_{_{11}}=u_{_{111}}+u_{_{112}}$$

 $a)$ Legyen $u_{_{212}}=0$, ekkor a kimeneti feszültség

kor a kimeneti feszültség:

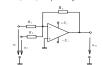
$$u_{kil} = -\frac{R_2}{R_1}u_{kvl}$$

b) Legyen
$$u_{bol}=0$$
, ekkor a kimeneti feszültség:
$$u_{bol}=\left(1+\frac{R_2}{R_c}\right)u_{bol}\frac{R_4}{R_4+R_3}$$

$$\begin{split} u_{u} &= u_{u1} + u_{u2} = -\frac{R_s}{R_t} u_{u3} + \left(1 + \frac{R_s}{R_t}\right) u_{u2} - \frac{R_s}{R_s} + \frac{R_s}{R_s} \\ u_{u1} &= -\frac{20 \cdot 10^5}{10 \cdot 10^5} u_{u3} + \left(1 + \frac{20 \cdot 10^5}{10 \cdot 10^5}\right) u_{u2} - \frac{20 \cdot 10^5}{10 \cdot 10^5 + 20 \cdot 10^3} \\ u_{u2} &= -2u_{us} + 2u_{us} 2 \end{split}$$

 $U_{ti} = -2U_{to1} + 2U_{to2} = -2 + 2\bigl(\!-2\bigr) \! = \! -6$

34) Határozza meg az ábrán látható összegző kapcsolás kimeneti fesz táblázat a) és a b) oszlopában megadott bemeneti feszültségek esetén!



 $+U_{t} = +10 \text{ V}$ $-U_{t} = -10 \text{ V}$ $R_{J} = 1 \text{ k}\Omega$ $R_{2} = 10 \text{ k}\Omega$ $R_{v} = 10 \text{ k}\Omega$



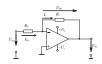
a)
$$U_{11} = -10 \cdot 10^3 \left(\frac{1}{10^3} + \frac{2}{10 \cdot 10^3} \right) = -12 V$$

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

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

b) $U_{11} = -10 \cdot 10^3 \left(\frac{1}{10^3} + \frac{(-2)}{10 \cdot 10^3} \right) = -8 V$

35) Határozza meg az ábrán látható műveleti erősítős áramgenerátor terhelő ellenállásának minimális és maximális értékét!



 $U_t = \pm 10 \text{ V}$ $U_{be} = -5 \text{ V}$ $R_2 = 7.5 \text{ k}\Omega$

$$I_{ba} = \frac{U_{ba}}{R_2} = \frac{-5}{7.5 \cdot 10^3} = -0.67 \ mA$$

$$I_{ba} = I_t$$

 $U_{Rtmax} = U_{ki}$ $U_{ki} = U_t$

$$R_{rmax} = \frac{|U_{Rrmax}|}{|I_t|} = \frac{10}{0.67 \cdot 10^{-3}} = 15 \ k\Omega$$

36) Mekkora az A_{a0} feszültségerősítés és az U_R referenciafeszültség értéke, ha a komparátor transzfer karakterisztikája a következő:



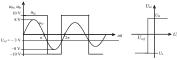
 $\Delta U_{be} = 0.02V$ $\Delta U_{ki} = 20V$ $U_R = 2V$

$$\Delta U_{ki} = 20V$$
 $U_R = 2V$
 $A_{k0} = -\frac{\Delta U_{ki}}{\Delta U_{kv}} = -\frac{20}{0.02} = -1000$

37) Rajzolja le az dbrán látható ideális műveleti erősítővel megyalósított histerérásmentes, neminvertáló komparátor transzfer karakterisztikáját, valamint az n_{to} bemeneti és az n_{to} kimeneti fesztiltági időfüggvényét, ha n_{to} = Sinda (VI):

Adatok: $U_{tof} = -3 V$ $U_{tof} = (-U_{tom}) = +10 V$ $U_{tof} = (-U_{tom}) = -10 V$







$$U_f = U_H \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 15 \cdot \frac{10^3}{1 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^3} = 1.5 V$$



 $\begin{aligned} & \text{Határozza meg az alsó és a felső billenési szintet } (U_n, U_l), \text{ és a hiszterézis} \\ & \text{nagyságát} (U_n)! \\ & U_r = U_n \frac{R_1}{R_1 + R_2} + U_{nr} \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 5.6 \frac{10 \cdot 10^1}{10 \cdot 10^1 + 2.2 \cdot 10^2} + 4.9 \frac{5.2 \cdot 5.10^2}{10 \cdot 10^1 + 2.2 \cdot 5.10^2} = 5.012 \, V \end{aligned}$

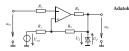
 $U_{_{a}}=U_{_{L}}\frac{R_{_{1}}}{R_{_{1}}+R_{_{2}}}+U_{_{of}}\frac{R_{_{2}}}{R_{_{1}}+R_{_{2}}}=-0.6\frac{10\cdot10^{3}}{10\cdot10^{3}+52.5\cdot10^{3}}+4.9\frac{52.5\cdot10^{3}}{10\cdot10^{3}+52.5\cdot10^{3}}=4.02\,V$



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

 $U_{a} = U_{sef} \frac{R_{2}}{R_{1} + R_{2}} + U_{L} \frac{R_{1}}{R_{1} + R_{2}} = 5 \frac{9 \cdot 10^{3}}{10^{3} + 9 \cdot 10^{3}} - 15 \frac{10^{3}}{10^{3} + 9 \cdot 10^{3}} = 3 V$





 $U_L=-U_d=-0,6 \text{ V}$ $U_H = U_Z = 5,6 \text{ V}$

 U_{ki} $U_{ij} = U_{ij}$

41) Rajzūjon egy neminvertālō hiszterézises komparātort, és annak transzfer karakterisztīkājā!! Haitīrozza meg az ahō és a felsō billenési szintet (U_m, U_f) . valamint a hiszterézis nagysāgāt (U_h) ! Adatok: $U_m = S \ V \qquad U_{\beta} = (v_f|U_{laimo}) = +15 \ V \qquad U_{\delta} = (v_f|U_{laimo}) = -15 \ V \qquad R_{\delta} = 10 \ \Omega \qquad R_{\delta} = 10 \ k\Omega$

$$\begin{split} U_{J} &= \frac{U_{nf} - U_{L} \frac{R_{c}}{R_{c} + R_{c}}}{\frac{R_{c}}{R_{c} + R_{c}}} = U_{ng} \bigg(1 + \frac{R_{c}}{R_{c}} \bigg) - U_{L} \frac{R_{c}}{R_{c}} = \bigg(1 + \frac{10^{5}}{10 \cdot 10^{5}} \bigg) - \bigg(-15 \bigg) \frac{10^{5}}{10 \cdot 10^{5}} = 7 \, V \\ & U_{n} - \frac{U_{nf} - U_{nf}}{R_{c}} \frac{R_{c}}{R_{c}} \\ & U_{n} - \frac{R_{c}}{R_{c}} = U_{nf} \bigg(1 + \frac{R_{c}}{R_{c}} \bigg) - U_{nf} \frac{R_{c}}{R_{c}} = \bigg(1 + \frac{10^{5}}{10 \cdot 10^{5}} \bigg) - 15 \frac{10^{5}}{10 \cdot 10^{5}} = 4 \, V \end{split}$$

 $U_{_h} = U_{_f} - U_{_a} = \frac{R_{_1}}{R_{_2}} (U_{_H} - U_{_L}) = 7 - 4 = 3 \, V$

42) Rajzoljon egy **invertáló** nullkomparátort! Korlátozza a kimeneti feszültséget $U_{limin}=-1$ V és $U_{limin}=5$ V közé diódák segítségével! A diódák nyitőírányú feszültsége $U_d=0,6$ V.



$$\begin{split} &U_{li\,max} - U_1 = U_d \\ &U_1 = U_{li\,max} - U_d = 5 - 0, 6 = 4, 4 \, V \\ &U_2 - U_{li\,min} = U_d \\ &U_2 = U_d + U_{li\,min} = 0, 6 + \left(-1\right) = -0, 4 \, V \end{split}$$