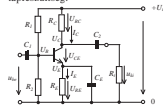




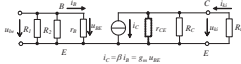
19) Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros közös emitterű erősítő kapcsolás kollektor áramának ( $I_C$ ) értékét, valamint a kapcsolás feszültségerősítésének ( $A_v$ ), bemeneti ellenállásának ( $R_{be}$ ) és kimeneti ellenállásának ( $R_{ki}$ ) nagyságát!

Adatok:

a tranzisztor típusa:	2N5086
váltakozó áramú áramerősítési tényezője:	$\beta = 300$
a bázisösszt ellenállásai:	$R_1 = 73 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 27 \text{ k}\Omega$
az emitterellenállás:	$R_E = 2 \text{ k}\Omega$
az emitter hűtőgőzkondenzátor:	$C_E = 47 \text{ }\mu\text{F}$
a kollektorellenállás:	$R_C = 5 \text{ k}\Omega$
a terhelőellenállás:	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$
a bemeneti csatoló-kondenzátor:	$C_1 = 10 \text{ }\mu\text{F}$
a kimeneti csatoló-kondenzátor:	$C_2 = 10 \text{ }\mu\text{F}$
a tranzisztor bázis-emitter feszültsége:	$U_{BE} = 0,7 \text{ V}$
a terminus feszültség:	$U_T = 26 \text{ mV}$
tápfeszültség:	$U_T = 10 \text{ V}$



A kapcsolás kisjelű fizikai helyettesítő képe:



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

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

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

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

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

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

$$A_v = -g_m (R_C \times R_L) = -\frac{R_C \times R_L}{r_e} = -38 \cdot 10^{-3} \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3}{26 \cdot 10^3} = -126$$

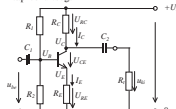
$$R_{be} = (R_1 \times R_2) \times \beta_T = 5,588 \text{ k}\Omega$$

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

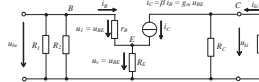
20) Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros közös emitterű erősítő kapcsolás kollektor áramának ( $I_C$ ) értékét, valamint a kapcsolás feszültségerősítésének ( $A_v$ ), bemeneti ellenállásának ( $R_{be}$ ) és kimeneti ellenállásának ( $R_{ki}$ ) nagyságát!

Adatok:

a tranzisztor típusa:	2N5086
váltakozó áramú áramerősítési tényezője:	$\beta = 300$
a bázisösszt 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:	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$
a bemeneti csatoló-kondenzátor:	$C_1 = 10 \text{ }\mu\text{F}$
a kimeneti csatoló-kondenzátor:	$C_2 = 10 \text{ }\mu\text{F}$
a tranzisztor bázis-emitter feszültsége:	$U_{BE} = 0,7 \text{ V}$
a terminus feszültség:	$U_T = 26 \text{ mV}$
tápfeszültség:	$U_T = 10 \text{ V}$



A kapcsolás kisjelű, fizikai helyettesítő képe:



A tranzisztor  $I_C$  kollektorárama az  $R_E$  emitterellenállás létrehozza az  $u_e = u_{BE}$  visszacsatolt feszültséget, amely az  $u_i = u_{BE}$  feszültséggel sorba kapcsolódik: összeük az  $u_{be}$  bemeneti feszültség.

Ez a kapcsolás SOROS-ÁRAM visszacsatolással kialakított áramkör.

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

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

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

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

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

$$A_v = -\frac{R_C \times R_L}{R_e} = -\frac{5 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3}{(5 + 10) \cdot 10^3} \frac{1}{2 \cdot 10^3} = -1,6$$

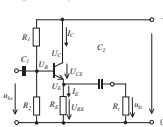
$$R_{be} = (R_1 \times R_2) \times \beta_T = 19,09 \text{ k}\Omega$$

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

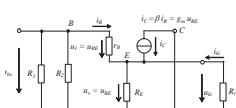
21) Határozza meg az ábrán látható tranzisztoros közös kollektorú erősítő kapcsolás  $A_v$  feszültségerősítésének,  $R_{be}$  bemeneti ellenállásának, valamint  $R_{ki}$  kimeneti ellenállásának értékét!

Adatok:

a tranzisztor típusa:	BC182
váltakozóáramú áramerősítési tényezője:	$\beta = 200$
a bázisösszt 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:	$R_L = 3 \text{ k}\Omega$
a bemeneti csatoló-kondenzátor:	$C_1 = 10 \text{ }\mu\text{F}$
a kimeneti csatoló-kondenzátor:	$C_2 = 10 \text{ }\mu\text{F}$
a tranzisztor bázis-emitter feszültsége:	$U_{BE} = 0,7 \text{ V}$
a terminus 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  $u_e = u_{BE}$  feszültséggel a tranzisztor  $u_i = u_{BE}$  feszültségével sorba kapcsolódik, összeük az  $u_{be}$  bemeneti feszültség. A visszacsatolt tag, azaz az emitterellenállás feszültsége az  $u_{be}$  kimeneti feszültség.

Ez a kapcsolás SOROS-FEZÜLTÉS visszacsatolással kialakított áramkör.

A kapcsolás erősítő feszültségerősítése:

$$A_v = \frac{A_v}{1 + H} = \frac{A_v}{1 + A_v R_E}$$

$$\text{A visszacsatolással rendelkező feszültségerősítés:}$$

$$A_v = \frac{u_{be}}{u_{in}} = \frac{I_C (R_C \times R_L)}{I_E (R_E \times R_L)} = \frac{g_m u_{be} (R_C \times R_L)}{g_m u_{be} (R_E \times R_L)} = \frac{1}{13} \frac{10^3 \cdot 3 \cdot 10^3}{(10^3 + 3 \cdot 10^3)} = 58$$

A visszacsatoló tag feszültségerősítése:

$$R_E = \frac{u_{be}}{u_{be}} - 1$$

$$A_v = \frac{A_v}{1 + H} = \frac{A_v}{1 + A_v R_E} = \frac{58}{59}$$

$$R_{be} = R_1 \times R_2 \times \beta_T + r_e + g_m (R_C \times R_L) = R_1 \times R_2 \times \left( \beta_T + \beta_T \frac{1}{r_e} (R_C \times R_L) \right)$$

$$R_{be} = R_1 \times R_2 \times \beta_T (r_e + (R_C \times R_L)) \approx 2,1 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ki} = \frac{R_C}{1 + H}$$

$$R_{ki} = R_C$$

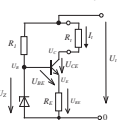
$$A_{be} = g_m R_E$$

$$B_{be} = 1$$

$$H_E = A_{be} B_{be} = g_m R_E$$

$$R_{be} = \frac{R_{be}}{1 + H_E} = \frac{R_{be}}{1 + g_m R_E} = r_e + R_E \approx 13 \Omega$$

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



Adatok:

$U_{BE} = 0,6 \text{ V}$
$U_T = 15 \text{ V}$
$U_Z = 5,6 \text{ V}$
$R_1 = 2 \text{ k}\Omega$

$$U_B = U_Z$$

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

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

$$U_{BE} = U_E$$

$$I_E = I_E$$

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

$$R_{max} = 0$$

Az áramgenerátorként való működés feltétele, hogy a tranzisztor kollektor-bázis diódája zárt maradjon:  
 $U_{BC} \leq 0$ , tehát  $U_C > U_B$ .  
 $U_C - I_C R_C = U_B$   
 $U_C - I_C R_C \geq U_B$  Ebből a feltételből határozható meg a terhelő ellenállás maximális értéke:

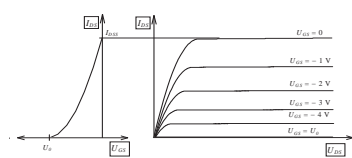
$$R_{max} \leq \frac{U_C - U_B}{I_C} \leq \frac{15 - 5,6}{10^{-3}} \leq 9,4 \text{ k}\Omega$$

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

$$I_{DS} = I_{DSS} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS0}} \right)^2$$

a  $JFET$  drain-source árama  
a  $JFET$  vezérlőfeszültsége  
a  $JFET$  telítési árama  
a  $JFET$  elzáródási feszültsége

24) Rajzolja fel a záróréteges térvérzésű tranzisztor ( $JFET$ ) transfer és kimeneti karakterisztikáját!

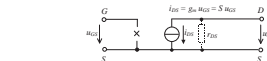


25) Definálja a  $JFET$  merevségét, és adja meg kiszámításának módját!

$$S = g_m = \frac{dI_{DS}}{dU_{GS}} = \frac{\Delta I_{DS}}{\Delta U_{GS}}$$

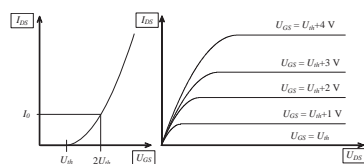
$$g_m = \frac{dI_{DS} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS0}} \right)^2}{dU_{GS}} = \frac{2I_{DSS}}{U_{GS0}} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS0}} \right)$$

26) Rajzolja fel a fizikai működés ismeretében a záróréteges térvérzésű tranzisztor ( $JFET$ ) földelt source-ú, kisjelű, kisfrekvenciás, dinamikus helyettesítő képét!

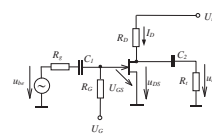


Az  $r_{DS} = \frac{\Delta U_{DS}}{\Delta I_{DS}}|_{U_{GS}=\text{const}}$  kimeneti dinamikus ellenállás nagy értéke miatt sokszor elhanyagolható.

27) Rajzolja fel a növekményes  $MOSFET$  transfer és kimeneti karakterisztikáját! (A tengelyekre felmért mennyiségeknek, a karakterisztikák jellemző pontjainak, valamint a paraméterek használt mennyiségeknek a jelöléséről ne feledkezzen meg!)



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



Adatok:

$U_T = +15 \text{ V}$
$U_{GE} = -2,5 \text{ V}$
$R_D = 3 \text{ k}\Omega$
$R_S = 1 \text{ M}\Omega$
$R_L = 10 \text{ k}\Omega$
$R_E = 50 \Omega$

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

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

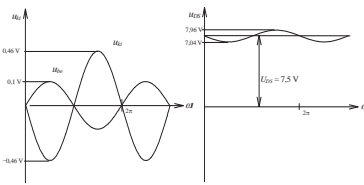
$$I_{DS} = I_{DSS} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS0}} \right)^2 = 10 \cdot 10^{-3} \left( 1 - \frac{-2,5}{-5} \right)^2 = 2,5 \text{ mA}$$

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

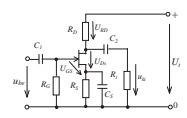
$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{U_{GS0}} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS0}} \right) = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{-5} \left( 1 - \frac{-2,5}{-5} \right) = 2 \text{ mS}$$

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

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



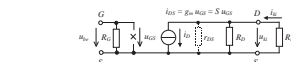
29) Állítsa be a  $JFET$  munkapontját  $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$ -re!



Adatok:

$U_T = 20 \text{ V}$
$R_D = 1 \text{ M}\Omega$
$R_S = 1 \text{ k}\Omega$
$R_L = 10 \text{ k}\Omega$
$I_{DSS} = 15 \text{ mA}$ rövidzárlati áram
$U_{GS} = -5 \text{ V}$ elzáródási feszültség

A  $C_1$  és  $C_2$  csatoló-kondenzátorok végtelen nagy értékűnek tekinthetők. Rajzolja fel a kapcsolás váltakozó áramú (kisjelű) fizikai helyettesítő képét!



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

$$U_{GS} = 0$$

$$I_{DS} = I_{DSS} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS0}} \right)^2$$

$$U_{GS} = \left( 1 - \frac{I_{DS}}{I_{DSS}} \right) U_{GS0} = \left( 1 - \frac{10 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 10^{-3}} \right) (-5) = -0,917 \text{ V}$$

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

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

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

$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{U_{GS0}} \left( 1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS0}} \right) = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{-5} \left( 1 - \frac{-0,917}{-5} \right) = 4,89 \cdot 10^{-3} \text{ S}$$

$$A_v = -g_m (R_D \times R_L) = -4,89 \cdot 10^{-3} \frac{10^3 \cdot 10 \cdot 10^3}{10^3 + 10 \cdot 10^3} = -4,44$$

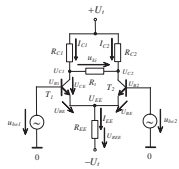
$$A_v[\text{dB}] = 20 \lg |A_v| = 12,94 \text{ dB}$$

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

$$R_{be} \approx R_G$$

$$R_{ki} \approx R_D$$

30) Határozza meg az ábrán látható transzisztoros differencia-erősítő kapcsolás munkaponti adatait és a feszültségérősítésének nagysági szimmetrikus vezérlés esetén!



Adatok:

$$\begin{aligned} U_T &= \pm 15 \text{ V} \\ R_{C1} &= R_{C2} = R_C = 5 \text{ k}\Omega \\ R_{E1} &= R_{E2} = R_E = 3,6 \text{ k}\Omega \\ R_1 &= 10 \text{ k}\Omega \\ U_{BE} &= 0,6 \text{ V} \\ \beta_1 &= \beta_2 = 200 \\ U_T &= 26 \text{ mV} \end{aligned}$$

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

$$U_{E1} = U_{E2} = U_{EE} = 0 - 0,6 - 0,6 \text{ V}$$

$$U_{B1} = U_{B2} = U_{EE} = 0 - 0,6 - (-15) = 14,4 \text{ V}$$

$$I_{E1} = \frac{U_{B1} - U_{BE}}{R_{E1}} = \frac{14,4 - 0,6}{3,6 \cdot 10^3} = 4 \text{ mA}$$

$$I_{C1} = I_{C2} = I_C = \frac{I_{E1}}{2} = 2 \text{ mA}$$

$$r_e = \frac{U_T}{I_{E1}} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-2}} = 1,3 \Omega$$

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

$$A_v = -g_m \left( R_C \times \frac{R_1}{2} \right) = -77 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^3} = -190$$

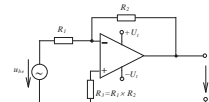
$$A_v [\text{dB}] = 20 \lg |A_v| = 45,57 \text{ dB}$$

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

21

Műveleti erősítéssel megvalósított kapcsolások

31) Határozza meg az ábrán látható erősítő kapcsolás feszültségérősítését (a lineáris tartományban)!



Adatok:

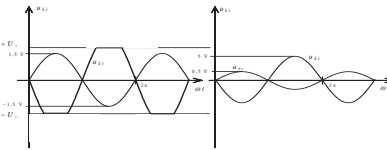
$$\begin{aligned} R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 10 \text{ k}\Omega \\ +U_T &= +10 \text{ V} \\ -U_T &= -10 \text{ V} \end{aligned}$$

$$A_v = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{10 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3} = -10$$

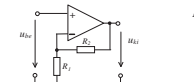
Rajzolja meg a kimeneti feszültség léptékhelyes időfüggvényét, ha:

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

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



32) Határozza meg az ábrán látható, műveleti erősítővel megvalósított neminvertáló erősítő  $A_v$  feszültségérősítését!



Adatok:

$$\begin{aligned} R_1 &= 10 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 90 \text{ k}\Omega \\ U_{in} &= +U_T = +15 \text{ V} \\ U_{in} &= -U_T = -15 \text{ V} \end{aligned}$$

22

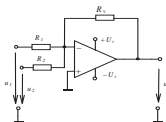
$$u_{in} = u_{in1} + u_{in2} = \frac{R_2}{R_1} u_{in1} + \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{R_2}{R_1} u_{in2}$$

$$u_{in} = \frac{20 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} u_{in1} + \left( 1 + \frac{20 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} \right) \frac{20 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3 + 20 \cdot 10^3}$$

$$u_{in} = -2u_{in1} + 2u_{in2}$$

$$U_{in} = -2U_{in1} + 2U_{in2} = -2 + 2(-2) = -6$$

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



Adatok:

$$\begin{aligned} +U_T &= +10 \text{ V} \\ -U_T &= -10 \text{ V} \\ R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 10 \text{ k}\Omega \\ R_3 &= 10 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

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

$$U_{in} = -R_3 \left( \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} \right)$$

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

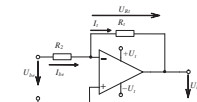
Mivel a műveleti erősítő tápfeszültsége  $U_T = \pm 10 \text{ V}$ , ezért a kimeneti feszültség sem lehet nagyobb ennél az értéknél, tehát:

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

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

24

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



Adatok:

$$\begin{aligned} U_T &= \pm 10 \text{ V} \\ U_{in} &= -5 \text{ V} \\ R_2 &= 7,5 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

$$R_{min} = 0$$

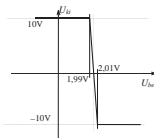
$$I_L = \frac{U_{in}}{R_2} = \frac{-5}{7,5 \cdot 10^3} = -0,67 \text{ mA}$$

$$I_{in} = I_L$$

$$U_{Rmax} = U_{in} \quad U_{in} = U_T$$

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

36) Mekkora az  $A_{ref}$  feszültségérősítés és az  $U_R$  referenciafeszültség értéke, ha a komparátor transfer karakterisztikája a következő:



Megoldás:

$$\begin{aligned} \Delta U_{R0} &= 0,02 \text{ V} \\ \Delta U_{in} &= 20 \text{ V} \\ U_R &= 2 \text{ V} \end{aligned}$$

$$A_{ref} = \frac{\Delta U_R}{\Delta U_{in}} = \frac{20}{0,02} = -1000$$

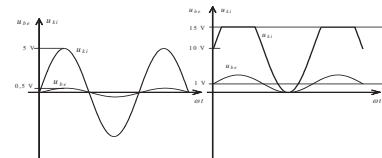
25

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

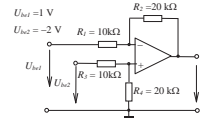
Rajzolja le az  $u_{in}$  bemeneti és az  $u_{out}$  kimeneti feszültség időfüggvényét, ha

a)  $u_{in} = 0,5 \sin \omega t$  [V],

b)  $u_{in} = 1 + 1 \sin \omega t$  [V]!



33) Határozza meg az alábbi kapcsolás kimeneti feszültségének értékét!



Különböztető kapcsolás

A szuperpozíció szerint:

a) Legyen  $u_{in2} = 0$ , ekkor a kimeneti feszültség:

$$u_{out} = -\frac{R_5}{R_1} u_{in1}$$

b) Legyen  $u_{in1} = 0$ , ekkor a kimeneti feszültség:

$$u_{out} = \left( 1 + \frac{R_5}{R_1} \right) \frac{R_4}{R_3 + R_4} u_{in2}$$

23

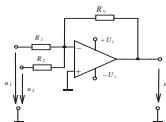
$$u_{in} = u_{in1} + u_{in2} = \frac{R_2}{R_1} u_{in1} + \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{R_2}{R_1} u_{in2}$$

$$u_{in} = \frac{20 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} u_{in1} + \left( 1 + \frac{20 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} \right) \frac{20 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3 + 20 \cdot 10^3}$$

$$u_{in} = -2u_{in1} + 2u_{in2}$$

$$U_{in} = -2U_{in1} + 2U_{in2} = -2 + 2(-2) = -6$$

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



Adatok:

$$\begin{aligned} +U_T &= +10 \text{ V} \\ -U_T &= -10 \text{ V} \\ R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 10 \text{ k}\Omega \\ R_3 &= 10 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

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

$$U_{in} = -R_3 \left( \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} \right)$$

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

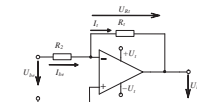
Mivel a műveleti erősítő tápfeszültsége  $U_T = \pm 10 \text{ V}$ , ezért a kimeneti feszültség sem lehet nagyobb ennél az értéknél, tehát:

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

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

24

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



Adatok:

$$\begin{aligned} U_T &= \pm 10 \text{ V} \\ U_{in} &= -5 \text{ V} \\ R_2 &= 7,5 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

$$R_{min} = 0$$

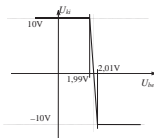
$$I_L = \frac{U_{in}}{R_2} = \frac{-5}{7,5 \cdot 10^3} = -0,67 \text{ mA}$$

$$I_{in} = I_L$$

$$U_{Rmax} = U_{in} \quad U_{in} = U_T$$

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

36) Mekkora az  $A_{ref}$  feszültségérősítés és az  $U_R$  referenciafeszültség értéke, ha a komparátor transfer karakterisztikája a következő:



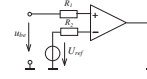
Megoldás:

$$\begin{aligned} \Delta U_{R0} &= 0,02 \text{ V} \\ \Delta U_{in} &= 20 \text{ V} \\ U_R &= 2 \text{ V} \end{aligned}$$

$$A_{ref} = \frac{\Delta U_R}{\Delta U_{in}} = \frac{20}{0,02} = -1000$$

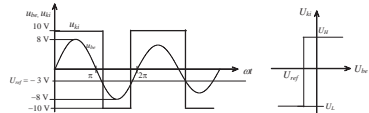
25

37) Rajzolja le az ábrán látható ideális műveleti erősítővel megvalósított hisztérezismentes, neminvertáló komparátor transfer karakterisztikáját, valamint az  $u_{in}$  bemeneti és az  $u_{out}$  kimeneti feszültség időfüggvényét, ha  $u_{in} = 8 \sin \omega t$  [V]!

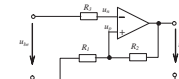


Adatok:

$$\begin{aligned} U_{ref} &= -3 \text{ V} \\ U_H &= (+U_{limax}) = +10 \text{ V} \\ U_L &= (-U_{limax}) = -10 \text{ V} \\ R_1 &= 10 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 10 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$



38) Rajzoljon egy ideális invertáló hisztérezis komparátort! Számítsa ki a komparátor  $U_f$  felső, és  $U_s$  alsó billenési szintjeit! Rajzolja le a kapcsolás transfer karakterisztikáját!

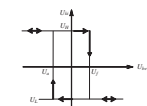


Adatok:

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

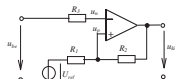
$$U_f = U_H \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 15 \cdot \frac{10^3}{1 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^3} = 1,5 \text{ V}$$

$$U_s = U_L \frac{R_1}{R_1 + R_2} = -15 \cdot \frac{10^3}{1 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^3} = -1,5 \text{ V}$$



26

39) Rajzoljon egy ideális invertáló hisztérezis komparátort! Számítsa ki a komparátor billenési szintjeit! Rajzolja le a kapcsolás transfer karakterisztikáját!

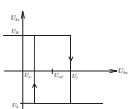


Adatok:

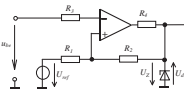
$$\begin{aligned} U_{ref} &= 5 \text{ V} \\ U_H &= (+U_{limax}) = +15 \text{ V} \\ U_L &= (-U_{limax}) = -15 \text{ V} \\ R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 9 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

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

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



40) Adott az alábbi komparátor kapcsolás:



Adatok:

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

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

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

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

27

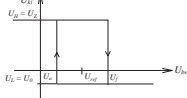
Határozza meg az alsó és a felső billenési szintet ( $U_s$ ,  $U_f$ ), és a hisztérezis nagyságát ( $U_H$ )!

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

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

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

Rajzolja le a kapcsolás transfer karakterisztikáját!



41) Rajzoljon egy neminvertáló hiszt