

Zombori Béla

Elektronikai feladatgyűjtemény

6., javított kiadás

Tankönyvnyomdaster Kiadó,
Budapest

A Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet javaslataira a tankönyvet a szociális és munkakülgügyi miniszter a 17853-13/2007-SZMM számon 2012. augusztus 31-ig tankönyvvé nyilvánította.

Sorozatszerkesztő: Futterer László
Lektor: Bogdán János

© Zombori Béla, 2000, 2001, 2004, 2006, 2007, 2008
© Tankönyvmester Kiadó, 2000, 2001, 2004, 2006, 2007, 2008

Felöl szerkesztő: Putánkö Anna
Borítótér: Szlovencsák Ádám

A könyv ábráit az Újpesti Kéttannyelevü Műszaki Szakközépiskola és Gimnázium tanulói készítették Horváthné Tököl Zsuzsanna tanárnö vezetésével

6., javított kiadás

Felöl kiadó: a Tankönyvmester Kiadó ügyvezetője

ISBN 978 963 275 030 9

A tankönyv megrendelhető:

Tankönyvmester Kiadó

1141 Budapest,

Fogarasi út 111.

Tel.: 220-22-37

Fax: 221-05-73

www.tankonyvmester.hu

e-mail: info@tankonyvmester.hu

A könyv formátuma: B/5

Terjedelme: 19 (A/5) ív

A tankönyv tömege: 400 g

Azonosági szám: TM-11203

Készült az MSZ 5601:1983 és 5602:1983 szerint

Szedés, nyomdai előkészítés: EMU Bt.

Nyomta és kötötte: Regisztrált Kiadó és Nyomda Kft., Budapest

TARTALOMJEGYZÉK

ELŐSZÓ.....	5
1. ELEKTRONIKAI ALAPÁRAMKÖRÖK.....	7
1.1. Kétpólusok.....	7
1.2. Négypólusok.....	13
2. FELVEZETŐ ÁRAMKÖRI ELEMEEK.....	34
2.1. A diódák alkalmazása.....	34
3. ANALÓG ALPÁRAMKÖRÖK.....	47
3.1. Erősítő alapkápcsolások.....	47
3.2. Többfokozatú erősítők.....	66
3.3. Visszacsatolt erősítők.....	72
3.4. Erősítők frekvenciafüggése.....	75
3.5. Nagyjelű erősítők.....	89
4. MŰVELETI ERŐSÍTŐK.....	99
4.1. Alapkápcsolások műveleti erősítővel.....	99
5. ÖSSZETETT ELEKTRONIKAI ÁRAMKÖRÖK.....	115
5.1. Hangolt erősítők.....	115
5.2. Műveleti erősítők alkalmazásai.....	119
5.3. Stabilitizátorok.....	126
5.4. Multivibrátor kapcsolások 555 típusú áramkörrel.....	129
6. DIGITÁLIS ELEKTRONIKA.....	133
6.1. A digitális technika alapjai.....	133
6.2. Logikai algebra.....	136
6.3. Kombinációs hálózatok analízise és realizálása.....	143
6.4. Sorrendi hálózatok analízise és realizálása.....	153
6.5. Funkcionális áramkörök.....	166

Az Elektronikai Feladatgyűjtemény c. könyv, amit kezében tart a kedves Olvasó, a Tankönyvmester Kiadó villamos ipari és rokon szakmák számára kifejlesztett tankönyvcsaládjának Elektronika és Digitális elektronika c. alapozó tankönyvéhez készült, ill. a benne található feladatok egy jelentős része jól használható a kevesebb elméleti anyagot tartalmazó Az elektronika alapjai c. tankönyvhöz is.

A feladatgyűjtemény az előbbi három könyv felépítését és jelölésrendszert követi. Elősegíti a tankönyvek elméleti anyagának megértését és begyakorlását, mivel az egyes témák nehézségétől függően közül több vagy kevesebb feladatot.

A feladatgyűjtemény a tankönyvcsalád Elektronikai Feladatgyűjtemény c. könyvével azonos, jól bevált szerkezetben megoldott mintapéldákat és megoldandó feladatokkal tartalmaz. Ha a tanuló ez utóbbiakkal foglalkozik, akkor az önellenőrzéshez megtalálja a példák megoldásának rövid, logikai levezetését és a végeredményeket.

A feladatokat ábrák teszik szemléltetessé, ami hozzájárul a tanuló vizuális neveléséhez. Mindazoknak, akik további ismereteket szeretnének szerezni az egyes szorosan, ill. tágban kapcsolódó témákban, ajánljuk a tankönyvcsalád

TM-11001 Hamori Zoltán: **Az elektronika alapjai**,

TM-11002 Kerékgyártó László: **Elektronika**,

TM-11003 Zombori Béla: **Az elektronika alapjai**,

TM-11004 Zombori Béla: **Elektronika**,

TM-11015 Zombori Béla: **Digitális elektronika**,

TM-11008 Gyetván Károly: **A villamos mérések alapjai**,

TM-11009 Czili István: **Alapgyakorlatok. A villamos gyakorlatok alapjai**,

TM-11203 Kerékgyártó László: **Elektronikai feladatgyűjtemény**,

TM-11209 Gyetván Károly-Futterer László: **Villamos mérési feladatok**.

c. tankönyveit.

A felsorolt könyvek az adott témákat más-más szempontok alapján dolgozzák fel, így kutatásuk a tanulás során azért célszerű, mert szélesítik a tudást és kiegészítik információjához jutatják a tárgykörben az érdeklődőt.

Erdeményes tanulást és szakmai sikereket kíván minden kedves Olvasójának a

Tankönyvmester Kiadó

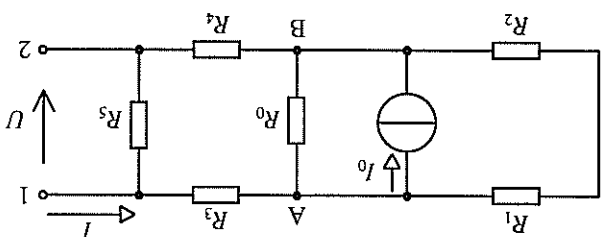
1. ELEKTRONIKAI ALAPÁRAMKÖRÖK

1.1. Kétpólusok

1. példa

Hel yettesztisük az 1.1. ábrán látható kétpólust az 1-2 kimeneti Thevenin-hel yettesztisítőképével!

Adatok: $I_0 = 1,5 \text{ A}$; $R_0 = 10 \Omega$; $R_1 = 1 \Omega$; $R_2 = 4 \Omega$; $R_3 = 0,5 \Omega$; $R_4 = 0,5 \Omega$; $R_5 = 3 \Omega$.



1.1. ábra

Megoldás

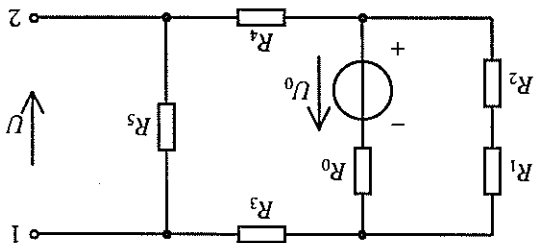
Az eredő ellenállás az 1-2. pontra:

$$R_{12} = ((R_1 + R_2) \times R_0 + R_3 + R_4) \times R_5 = (5 \times 10 + 1) \times 3 = 1,77 = 1,77 \Omega.$$

A hel yettesztisítő Thevenin-generátor belső ellenállása: $R_g = R_{12} = 1,77 \Omega$.

A kapcsolás áramgenerátorának hel yettesztisítése feszültséggenerátorral az A-B pontokra: $U_0 = I_0 \times R_0 = 1,5 \times 10 = 15 \text{ V}$.

Az átalakított kétpólus az 1.2. ábrán látható.



1.2. ábra

Az üresjárási kimeneti feszültség:

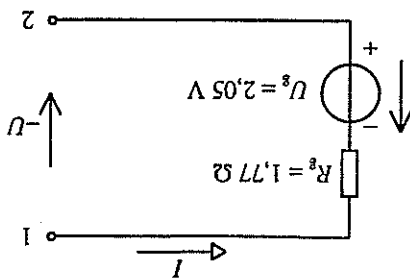
$$U_{12} = -U_0 \cdot \left(\frac{(R_3 + R_4 + R_5) \times (R_1 + R_2)}{R_5} \cdot \frac{R_0 + (R_3 + R_4 + R_5) \times (R_1 + R_2)}{R_3 + R_4 + R_5} \right)$$

$$U_{12} = -15 \times \frac{4 \times 5}{4 \times 5 + 10 + (4 \times 5)} \cdot \frac{4}{3} = -2,05 \text{ V}; U_{12} = -2,05 \text{ V}.$$

A Thevenin-helyettesítő kép generátorának feszültsége:

$$U_g = U_{12} = -2,05 \text{ V}.$$

A képfókus Thevenin-helyettesítő képe az 1.3. ábra szerinti.

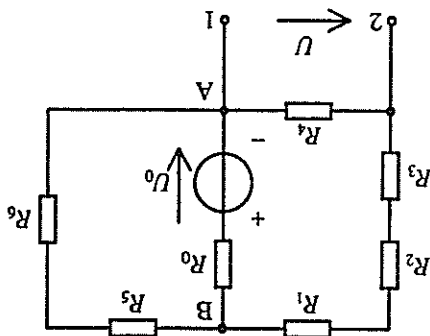


1.3. ábra

2. példa

Helyettesítsük az 1.4. ábrán látható képfókusú Norton-helyettesítő képpel!

Adatok: $U_0 = 160 \text{ V}$; $R_0 = 80 \Omega$; $R_1 = 600 \Omega$; $R_2 = 80 \Omega$; $R_3 = 80 \Omega$; $R_4 = 200 \Omega$; $R_5 = 120 \Omega$; $R_6 = 250 \Omega$; $R_7 = 250 \Omega$.



1.4. ábra

Megoldás

Az eredő ellenállás az 1-2. pontra:

$$R_{12} = ((R_3 + R_6) + (R_1 + R_2 + R_3)) \times R_4 = ((500 \times 80) + (880) \times 120 = 106,5.$$

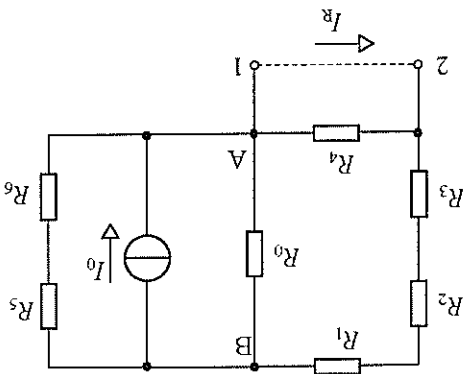
A Norton-helyettesítő kép generátorának ellenállása:

$$R_g = R_{12} = 106,5 \Omega.$$

A feszültséggenerátor helyettesítése áramgenerátorral az A-B pontokra:

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{160}{80} = 2; I_0 = 2 \text{ A.}$$

Az átalakított képpólus az **1.5.** ábrán látható.



1.5. ábra

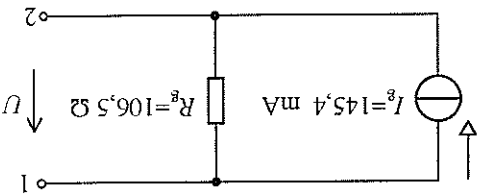
A rövidzárási kimeneti áram:

$$I_R = I_0 \cdot \frac{R_0 \times (R_5 + R_6)}{R_0 \times (R_5 + R_6) + R_1 + R_2 + R_3} = 2 \cdot \frac{69 + 880}{69} = 1,454 \cdot 10^{-1}.$$

A Norton-helyettesítőkép generátorának árama:

$$I_g = I_R = 145,4 \text{ mA.}$$

A képpólus Norton-helyettesítőképét az **1.6.** ábra szemlélteti



1.6. ábra

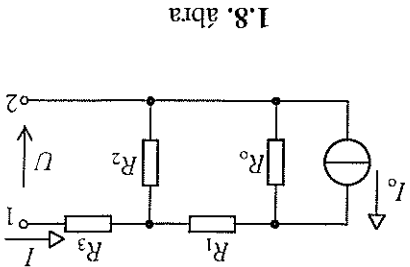
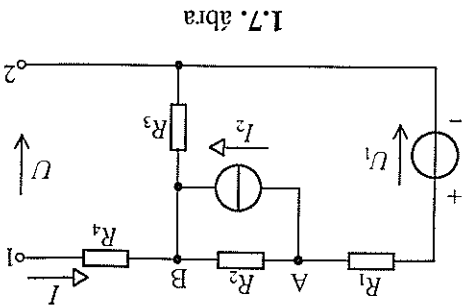
Feladatok

1.1.1. Helyettesítsük az **1.7.** ábrán látható képpólust Thevenin-helyettesítőképével!

Adatok: $U_1 = 10 \text{ V}$; $I_2 = 1 \text{ mA}$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 6 \text{ k}\Omega$; $R_4 = 5 \text{ k}\Omega$.

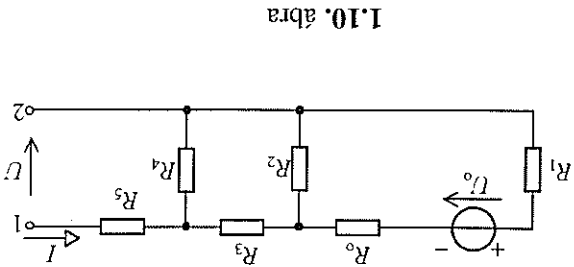
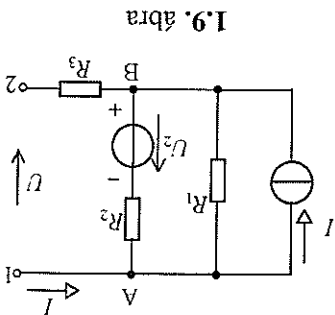
1.1.2. Helyettesítsük az **1.8.** ábrán látható képpólust Thevenin-helyettesítőképével!

Adatok: $I_0 = 17 \text{ mA}$; $R_0 = 170 \Omega$; $R_1 = 220 \Omega$; $R_2 = 300 \Omega$; $R_3 = 50 \Omega$.



1.1.3. Helyettesítsük az 1.9. ábrán látható képpólust Norton-helyettesítőképpél!

Adatok: $I_1 = 15 \text{ mA}$; $U_2 = 8 \text{ V}$; $R_1 = 150 \Omega$; $R_2 = 100 \Omega$; $R_3 = 220 \Omega$.

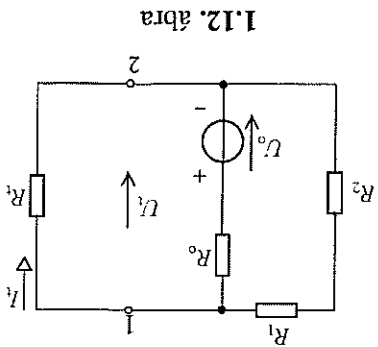
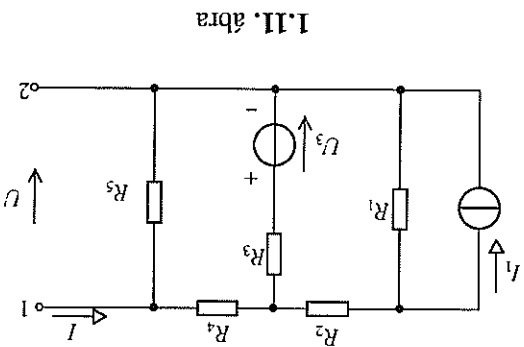


1.1.4. Helyettesítsük az 1.10. ábra képpólusát Norton-helyettesítőképpél!

Adatok: $U_0 = 42 \text{ V}$; $R_0 = R_1 = 90 \Omega$; $R_2 = R_3 = 210 \Omega$; $R_4 = R_5 = 150 \Omega$.

1.1.5. Helyettesítsük az 1.11. ábra képpólusát Norton- és Thevenin-helyettesítőképpél!

Adatok: $U_3 = 80 \text{ V}$; $I_1 = 15 \text{ mA}$; $R_1 = 500 \Omega$; $R_2 = 700 \Omega$; $R_3 = 1,2 \text{ k}\Omega$; $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_5 = 800 \Omega$.

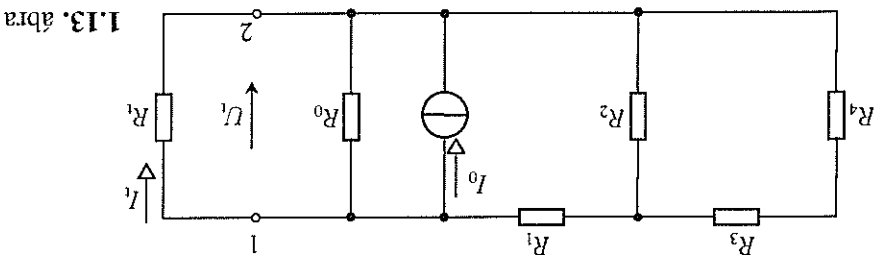


1.1.6. Helyettesítsük az **1.1.2.** ábrán látható, terhelést tápláló kétpólust Thevenin-helyettesítőképpel! Határozzuk meg a terhelésen átfolyó I_t áramot és a terhelés sarkain eső U_t feszültséget!

Adatok: $U_0 = 25$ V; $R_1 = 50$ Ω ; $R_2 = 75$ Ω ; $R_0 = 10$ Ω ; $R_t = 500$ Ω .

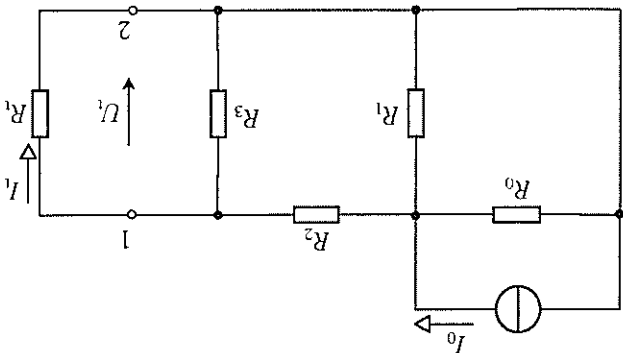
1.1.7. Helyettesítsük az **1.1.3.** ábra kétpólust a Thevenin-helyettesítőképpel és határozzuk meg az R_t terhelő-ellenállás nagyságát, ha $I_t = 2$ mA!

Adatok: $R_1 = 1$ k Ω ; $R_2 = 0,6$ k Ω ; $R_3 = 0,8$ k Ω ; $R_4 = 0,2$ k Ω ; $R_0 = 1,5$ k Ω ; $I_0 = 10$ mA.



1.1.8. Helyettesítsük az **1.1.4.** ábrán látható, terhelést tápláló kétpólust Norton-helyettesítőképpel! Számítsuk ki a terhelésen folyó I_t áramot és a terhelésen eső U_t feszültséget!

Adatok: $I_0 = 1,2$ A; $R_0 = 960$ Ω ; $R_1 = 520$ Ω ; $R_2 = 400$ Ω ; $R_3 = 400$ Ω ; $R_t = 1$ k Ω .

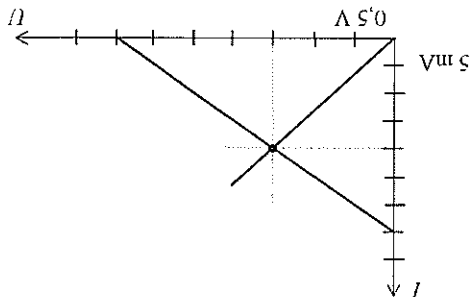


1.1.4. ábra

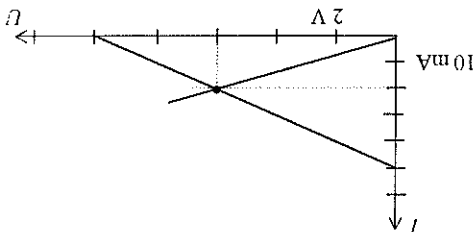
1.1.9. Egy kétpólus $R_t = 4$ k Ω -os terhelő-ellenállásán $P_t = 0,2$ W teljesítmény jelenik meg. A kétpólus rövidzárási árama $I_r = 64$ mA. Rajzoljuk fel a kétpólus Thevenin-helyettesítőképet és számítsuk ki a generátor feszültségét és belső ellenállásának értékét!

1.1.10. Egy képfóltus $R_1=0,5\text{ k}\Omega$ ellenállással terhelve az U_{12} üresjárási kimeneti feszültsége harmadrészsére csökken. A terhelésen megjelenő teljesítmény $P_1=0,2\text{ W}$. Határozzuk meg a képfóltus Thevenin- és Norton-helyettesítő-képt!

1.1.11. Az 1.15. ábra egy képfóltus jelleggörbét mutatja. Rajzoljuk fel a képfóltus Norton-helyettesítő-képt és számítsuk ki a jelleggörbék segítségével a generátor áramát, ellenállását és a terhelő-ellenállás értékét!



1.15. ábra

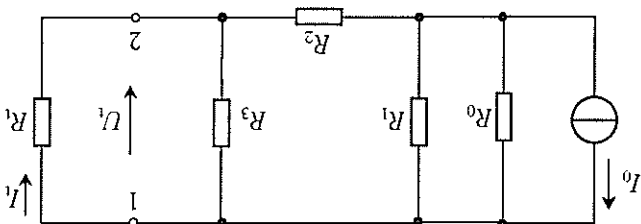


1.16. ábra

1.1.12. Az 1.16. ábra egy terhelt képfóltus jellemzőit ábrázolja grafikusan. Rajzoljuk fel a képfóltus Thevenin-helyettesítő-képt a terheléssel, az alkatrészek értékeit is felülvizsgálva!

1.1.13. Határozzuk meg grafikus módszerrel az 1.17. ábrán látható képfóltus terhelt-ellenállásán eső feszültséget és a rajta átfolyó áramot!

Adatok: $I_0=50\text{ mA}$; $R_0=1\text{ k}\Omega$; $R_1=1\text{ k}\Omega$; $R_2=2\text{ k}\Omega$; $R_3=4\text{ k}\Omega$; $R_4=3\text{ k}\Omega$.



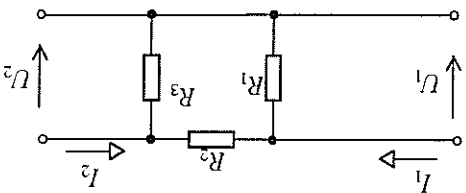
1.17. ábra

1.2. Négypólusok

1. példa

Számítsuk ki az 1.18. ábrán látható négypólus Z , Y és H paramétereit! A paraméterek ismeretében írjuk fel a paraméteres egyenletrendszerüket!

Adatok: $R_1 = 500 \, \Omega$; $R_2 = 1,2 \, \text{k}\Omega$; $R_3 = 800 \, \Omega$.



1.18. ábra

Megoldás

$$Z_{11} = \left. \frac{U_1}{I_1} \right|_{I_2=0} = \frac{I_1 (R_1 \times (R_2 + R_3))}{R_1 \times (R_2 + R_3)} = R_1 \times (R_2 + R_3) = 5 \cdot 10^2 \times (1,2 \cdot 10^3 + 8 \cdot 10^2) = 400; \quad Z_{11} = 400 \, \Omega,$$

$$Z_{12} = \left. \frac{U_1}{I_2} \right|_{I_1=0} = \frac{I_2 \cdot \frac{R_1}{R_3} \cdot (R_1 + R_2 + R_3)}{R_1 \cdot R_3} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1 \cdot R_3} = \frac{5 \cdot 10^2 + 1,2 \cdot 10^3 + 8 \cdot 10^2}{5 \cdot 10^2 \cdot 8 \cdot 10^2} =$$

$$= 1,6 \cdot 10^{-2}; \quad Z_{12} = 160 \, \Omega,$$

$$Z_{21} = \left. \frac{U_2}{I_1} \right|_{I_2=0} = \frac{I_1 \cdot \frac{R_1}{R_3} \cdot (R_1 + R_2 + R_3)}{R_1 \cdot R_3} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1 \cdot R_3} = 1,6 \cdot 10^{-2}; \quad Z_{21} = 160 \, \Omega,$$

$$Z_{22} = \left. \frac{U_2}{I_2} \right|_{I_1=0} = \frac{I_2 \cdot (R_3 \times (R_1 + R_2))}{I_2 \cdot (R_3 \times (R_1 + R_2))} = R_3 \times (R_1 + R_2) = 8 \cdot 10^2 \times (1,2 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^2) =$$

$$= 5,44 \cdot 10^2; \quad Z_{22} = 544 \, \Omega.$$

A Z paraméteres egyenletrendszer:

$$U_1 = 4 \cdot 10^2 \cdot I_1 + 1,6 \cdot 10^{-2} \cdot I_2,$$

$$U_2 = 1,6 \cdot 10^2 \cdot I_1 + 5,44 \cdot 10^2 \cdot I_2,$$

$$\begin{aligned}
 Y_{11} &= \frac{I_1}{U_1} \bigg|_{U_2=0} = \frac{I_1 \cdot (R_1 \times R_2)}{1} = \frac{R_1 \times R_2}{1} = \frac{5 \cdot 10^2 \times 1,2 \cdot 10^3}{1} = 2,83 \cdot 10^{-3}; Y_{11} = 2,83 \text{ mS}, \\
 -Y_{12} &= \frac{I_1}{U_2} \bigg|_{U_1=0} = \frac{R_2}{1} = \frac{U_2}{1} = \frac{1,2 \cdot 10^3}{1} = 8,33 \cdot 10^{-4}; Y_{12} = -0,833 \text{ mS}, \\
 -Y_{21} &= \frac{I_2}{U_1} \bigg|_{U_2=0} = \frac{R_2}{1} = \frac{U_1}{1} = \frac{1,2 \cdot 10^3}{1} = 8,33 \cdot 10^{-4}; Y_{21} = -0,833 \text{ mS}, \\
 Y_{22} &= \frac{I_2}{U_2} \bigg|_{U_1=0} = \frac{R_2 \times R_3}{U_2} = \frac{R_2 \times R_3}{1} = \frac{1,2 \cdot 10^3 \times 8 \cdot 10^2}{1} = 2,1 \cdot 10^{-3}; Y_{22} = 2,1 \text{ mS}.
 \end{aligned}$$

Az Y paraméteres egyenletrendszer:

$$\begin{aligned}
 I_1 &= 2,88 \cdot 10^{-3} \cdot U_1 - 8,33 \cdot 10^{-4} \cdot U_2 \\
 I_2 &= -8,33 \cdot 10^{-4} \cdot U_1 + 2,1 \cdot 10^{-3} \cdot U_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{11} &= \frac{I_1}{U_1} \bigg|_{U_2=0} = \frac{I_1 (R_1 \times R_2)}{R_1 \times R_2} = R_1 \times R_2 = 5 \cdot 10^2 \times 1,2 \cdot 10^3 = 3,53 \cdot 10^2; H_{11} = 353 \Omega, \\
 H_{12} &= \frac{U_2}{U_1} \bigg|_{I_1=0} = \frac{U_2}{R_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = \frac{5 \cdot 10^2}{5 \cdot 10^2} = 1,7 \cdot 10^3 = 2,94 \cdot 10^{-1}; H_{12} = 0,294, \\
 -H_{21} &= \frac{I_1}{I_2} \bigg|_{U_2=0} = \frac{I_1}{R_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = \frac{5 \cdot 10^2}{5 \cdot 10^2} = 1,2 \cdot 10^3 = 2,94 \cdot 10^{-1}; \\
 H_{22} &= \frac{I_2}{U_2} \bigg|_{I_1=0} = \frac{R_3 \times (R_1 + R_2)}{U_2} = \frac{R_3 \times (R_1 + R_2)}{1} = \frac{8 \cdot 10^2 \times (1,2 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^2)}{1} = 1,84 \cdot 10^{-3}; H_{22} = 1,84 \text{ mS}.
 \end{aligned}$$

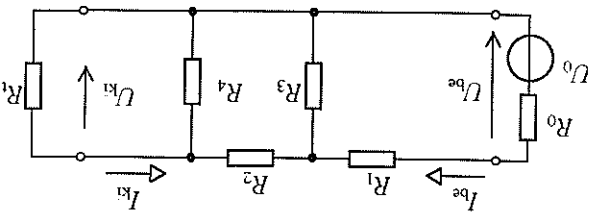
A H paraméteres egyenletrendszer:

$$\begin{aligned}
 U_1 &= 3,53 \cdot 10^2 \cdot I_1 + 2,94 \cdot 10^{-1} \cdot U_2 \\
 I_2 &= -2,94 \cdot 10^{-1} \cdot I_1 + 1,84 \cdot 10^{-3} \cdot U_2
 \end{aligned}$$

2. példa

Határozzuk meg az **1.19.** ábrán látható négypólus üresjárási feszültségátvitelét, valamint a terhelt feszültség-, áram-, teljesítményátvitelt! Fejezzük ki az átvitelleket dB-ben is!

Adatok: $R_1=100\ \Omega$; $R_2=200\ \Omega$; $R_3=300\ \Omega$; $R_4=400\ \Omega$; $R_1=400\ \Omega$.



1.19. ábra

Megoldás

$$U_{kiu}=U_{be} \cdot \frac{(R_2+R_4) \times R_3}{R_4} \cdot \frac{(R_2+R_4) \times R_3+R_1}{R_2+R_4},$$

$$U_{kuu}=\frac{U_{kuu}}{U_{be}}=\frac{(R_2+R_4) \times R_3}{R_4} \cdot \frac{R_2+R_4}{R_2+R_4} \cdot \frac{6 \cdot 10^2 \times 3 \cdot 10^2}{4 \cdot 10^2} \cdot \frac{6 \cdot 10^2}{6 \cdot 10^2};$$

$$a_{uu}=0,44,$$

$$U_{ki}=U_{be} \cdot \frac{((R_1 \times R_4)+R_2) \times R_3}{R_1 \times R_4} \cdot \frac{((R_1 \times R_4)+R_2) \times R_3+R_1}{R_1 \times R_4},$$

$$a_u=\frac{U_{ki}}{U_{be}}=\frac{((4 \cdot 10^2 \times 4 \cdot 10^2)+2 \cdot 10^2) \times 3 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^2} \cdot \frac{1,71 \cdot 10^2+10^2}{2 \cdot 10^2}=3,15 \cdot 10^{-1}; a_u=0,315,$$

$$\frac{U_{ki}}{U_{be}} \cdot \frac{I_{ki}}{I_{be}}=\frac{I_{ki}}{I_{be}} \cdot \frac{R_{be}}{R_{ki}}=a_u \cdot \frac{R_{be}}{R_{ki}}=a_u \cdot \frac{((R_1 \times R_4)+R_2) \times R_3}{R_1},$$

$$-a_i=3,15 \cdot 10^{-1} \cdot \frac{4 \cdot 10^2}{2,71 \cdot 10^2}=2,13 \cdot 10^{-1}; -a_i=0,213,$$

$$a_p=a_u \cdot a_i=3,15 \cdot 10^{-1} \cdot 2,13 \cdot 10^{-1}=6,71 \cdot 10^{-2}; a_p=0,0671.$$

A dB-ben kifejezett átvittelek:

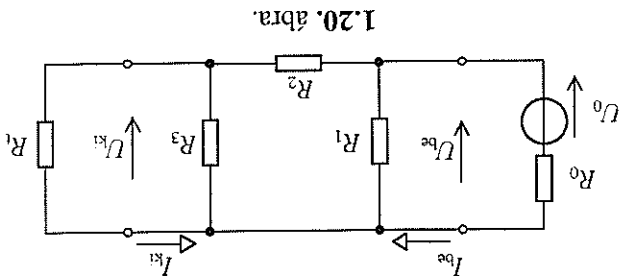
$$a_{dB'}=20 \lg a_{uu}=20 \lg 4,4 \cdot 10^{-1}=20 \cdot (-1+0,6435)=-7,13; a_{uu}=-7,13 \text{ dB},$$

$$a_{dB'}=20 \lg a_u=20 \lg 3,15 \cdot 10^{-1}=20 \cdot (-1+0,4983)=-10,03; a_u=-10,03 \text{ dB},$$

3. példa

Számítsuk ki az 1.20. ábrán látható négypólus U_{ki} kimeneti feszültségét és a_p teljesítményátvitelét dB_r-ben!

Adatok: $R_1 = 500 \, \Omega$; $R_2 = 800 \, \Omega$; $R_3 = 700 \, \Omega$; $R_4 = 500 \, \Omega$; $U_0 = 15 \, \text{V}$; $R_0 = 100 \, \Omega$.



Megoldás

$$a_u = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{R_3 \times R_1}{R_2 + (R_3 \times R_1)} = \frac{R_2 + (R_3 \times R_1)}{800 \times 500} = \frac{700 + 307,7}{800 \times 500} = 0,305,$$

$$R_{be} = ((R_3 \times R_1) + R_2) \times R_1 = ((8 \cdot 10^2 \times 5 \cdot 10^2) + 7 \cdot 10^2) \times 5 \cdot 10^2 = 3,34 \cdot 10^7; R_{be} = 334 \, \Omega,$$

$$U_{be} = U_0 \cdot \frac{R_{be}}{R_{be} + R_0} = 15 \cdot \frac{3,34 \cdot 10^7}{3,34 \cdot 10^7 + 10^2} = 11,54; U_{be} = 11,54 \, \text{V},$$

$$U_{ki} = U_{be} \cdot a_u = 11,54 \cdot 0,305 = 3,52; U_{ki} = 3,52 \, \text{V},$$

$$-I_{ki} = \frac{U_{ki}}{R_1} = \frac{3,52}{5 \cdot 10^2} = 7,04 \cdot 10^{-3}; I_{ki} = 7,04 \, \text{mA},$$

$$I_{be} = \frac{U_{be}}{R_{be}} = \frac{11,54}{3,34 \cdot 10^7} = 3,45 \cdot 10^{-7}; I_{be} = 34,5 \, \text{nA},$$

$$-a_i = \frac{I_{ki}}{I_{be}} = \frac{7,04}{34,5} = 0,204,$$

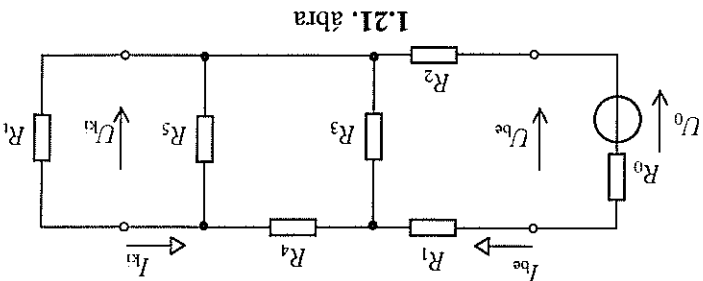
$$a_p = |a_u \cdot a_i| = 0,305 \cdot 0,204 = 0,062,$$

$$a_{dB}^p = 10 \lg 0,062 = -12,06 \, \text{dB}_r.$$

4. példa

Határozzuk meg az **1.21.** ábrán látható áramkör R_4 ellenállásán eső feszültséget, R_3 ellenállásán átfolyó áramot és a kimeneti teljesítményt abszolút szintben!

Adatok: $U_0 = 5$ V; $R_0 = 10$ Ω ; $R_1 = R_2 = 50$ Ω ; $R_3 = R_5 = 90$ Ω ; $R_4 = 25$ Ω ; $R_i = 100$ Ω .



Megoldás

$$R_{be} = ((R_5 \times R_1) + R_4) \times R_3 + R_2 = ((90 \times 10^2) + 25) \times 90 + 50 + 50, \\ R_{be} = 140,11 \, \Omega,$$

$$U_{be} = U_0 \cdot \frac{R_{be}}{R_{be} + R_0} = 5 \cdot \frac{1,4 \cdot 10^2}{1,4 \cdot 10^2 + 10} = 4,66; U_{be} = 4,66 \, \text{V},$$

$$U_3 = U_{be} \cdot \frac{R_{be}}{((R_5 \times R_1) + R_4) \times R_3} = 4,66 \cdot \frac{1,4 \cdot 10^2}{((90 \times 10^2) + 25) \times 90} = 1,33; U_3 = 1,33 \, \text{V},$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{1,33}{90} = 1,47 \cdot 10^{-2}, I_3 = 14,7 \, \text{mA},$$

$$U_4 = U_3 \cdot \frac{R_4}{R_4 + (R_5 + R_1)} = 1,33 \cdot \frac{25}{72,37} = 0,45; U_4 = 0,45 \, \text{V},$$

$$U_{ki} = U_3 - U_4 = 1,33 - 0,45 = 0,88; U_{ki} = 0,88 \, \text{V},$$

$$a_{da4} = 20 \cdot \lg \frac{U_4}{4,6 \cdot 10^{-1}} = 20 \lg \frac{7,75 \cdot 10^{-1}}{4,6 \cdot 10^{-1}} = -4,72 \, \text{dBa},$$

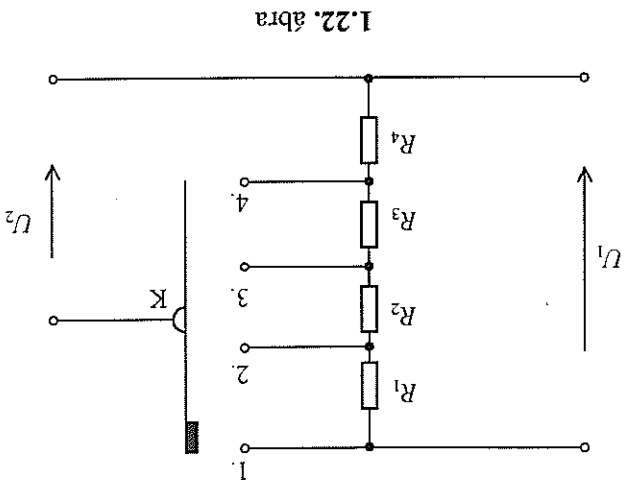
$$a_{i3} = 20 \cdot \lg \frac{I_3}{1,29 \cdot 10^{-3}} = 20 \lg \frac{1,29 \cdot 10^{-3}}{1,29 \cdot 10^{-3}} = -21,22 \, \text{dBa},$$

$$P_{ki} = \frac{U_{ki}^2}{R_{ki}} = \frac{7,74 \cdot 10^{-1}}{10^2} = 7,74 \cdot 10^{-3}; P_{ki} = 7,62 \, \text{mW},$$

$$a_{P_{ki}} = 10 \cdot \lg \frac{P_{ki}}{7,74 \cdot 10^{-3}} = 10 \lg \frac{10^{-3}}{7,74 \cdot 10^{-3}} = 8,823 \, \text{dBa}.$$

5. példa

Az 1.22. ábrán látható négylépcsős feszültségosztó négypólus bemeneti ellenállása $R_{be} = 1 \text{ M}\Omega$. Az U_1 bemeneti feszültség max. értéke az egyes kapcsolóállásokban: 1. állásban: $U_1 = 1 \text{ V}$; 2. állásban: $U_1 = 10 \text{ V}$; 3. állásban: $U_1 = 100 \text{ V}$; 4. állásban: $U_1 = 1000 \text{ V}$. A négypólus max. kimeneti feszültsége $U_2 = 1 \text{ V}$. Méretezzük a négy-pólus ellenállásait!



1.22. ábra

Megoldás

A négypólus bemeneti ellenállása a kapcsoló állásától függetlenül:

$$R_{be} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 1 \text{ M}\Omega.$$

A kapcsoló 4. állásában: $U_2 = U_1 \cdot \frac{R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = U_1 \cdot \frac{R_4}{R_4}.$

Innen:

$$R_4 = \frac{U_2}{U_1} \cdot R_{be} = \frac{10^3}{1} \cdot 10^6 = 10^3; R_4 = 1 \text{ k}\Omega.$$

A kapcsoló 3. állásában:

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}; R_3 + R_4 = \frac{U_2}{U_1} \cdot R_{be} = \frac{10^2}{1} \cdot 10^6 = 10^4,$$

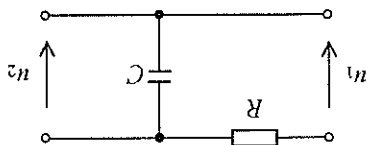
$$R_3 = 10^4 - R_4 = 10^4 - 10^3 = 9 \cdot 10^3; R_3 = 9 \text{ k}\Omega.$$

A kapcsoló 2. állásában:

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{R_2 + R_3 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}; R_2 + R_3 + R_4 = \frac{U_2}{U_1} \cdot R_{be} = \frac{10}{1} \cdot 10^6,$$

$$R_2 + R_3 + R_4 = 10^5; R_2 = 10^5 - (R_3 + R_4) = 10^5 - 10^4 = 9 \cdot 10^4; R_2 = 90 \text{ k}\Omega,$$

$$R_1 = R_{be} - (R_2 + R_3 + R_4) = 10^6 - 10^5 = 9 \cdot 10^5; R_1 = 900 \text{ k}\Omega.$$



1.24. ábra

Adatok: $R = 1 \text{ k}\Omega$; $C = 100 \text{ nF}$.

Számítsuk ki az 1.24. ábrán látható aluláteresztő szűrő határfrekvenciáját, valamint feszültségátvitelét és a fázistolásokat! $f_1 = 500 \text{ Hz}$ és $f_2 = 5 \text{ kHz}$ frekvencián!

7. példa

$$\text{Ebből } R_4 = \frac{R_2}{R_1 \cdot R_3} = \frac{R_2}{1,5 \cdot 10^4 \cdot 3,5 \cdot 10^4} = \frac{2,5 \cdot 10^4}{2,1 \cdot 10^4}, R_4 = 21 \text{ k}\Omega.$$

A kiegyenlítés feltétele: $R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$.

$$U = -9,375 \text{ V}.$$

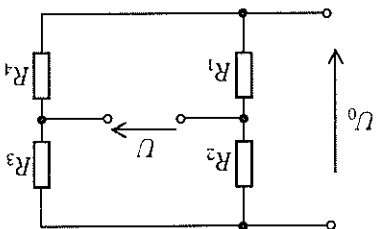
$$U = U_1 - U_4 = 18,75 - 28,125 = -9,375,$$

A kimeneti feszültség az 1.23. ábrán jelölt feszültségirány miatt:

$$U_4 = U_0 \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} = 50 \cdot \frac{3,5 \cdot 10^4 + 4,5 \cdot 10^4}{4,5 \cdot 10^4} = 28,125; U_4 = 28,125 \text{ V}.$$

$$U_1 = U_0 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 50 \cdot \frac{1,5 \cdot 10^4}{1,5 \cdot 10^4 + 2,5 \cdot 10^4} = 18,75; U_1 = 18,75 \text{ V}.$$

Megoldás



1.23. ábra

a híd kiegyenlített legyen!

Határozzuk meg, hogy milyen értékre kell kicserélni az R_4 ellenállást ahhoz, hogy

Adatok: $U_0 = 50 \text{ V}$; $R_1 = 15 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 25 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 35 \text{ k}\Omega$; $R_4 = 45 \text{ k}\Omega$.

Számítsuk ki az 1.23. ábrán látható Wheatstone-híd kimeneti feszültségét!

6. példa

Megoldás

$$f_h = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}{1} = \frac{6,28 \cdot 10^3 \cdot 10^{-7}}{1} = 1,59 \cdot 10^3; f_h = 1,59 \text{ kHz},$$

$f_1 = 500 \text{ Hz-en}$

$$|X_c| = \frac{\omega_1 \cdot C}{1} = \frac{6,28 \cdot 5 \cdot 10^2 \cdot 10^{-7}}{1} = 3,18 \cdot 10^3; |X_c| = 3,18 \text{ k}\Omega.$$

$$a_u = \frac{|X_c|}{\sqrt{X_c^2 + R^2}} = \frac{3,18 \cdot 10^3}{\sqrt{1,01 \cdot 10^7 + 10^6}} = 0,95; a_u = 0,95$$

$$\text{tg } \varphi = -\frac{R}{|X_c|} = -\frac{10^3}{3,18 \cdot 10^3} = -3,18; \varphi = -72,5^\circ.$$

$f_2 = 5 \text{ Hz-en}$

$$|X_c| = \frac{\omega_1 \cdot C}{1} = \frac{6,28 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 10^{-7}}{1} = 3,18 \cdot 10^2; |X_c| = 318 \Omega.$$

$$a_u = \frac{|X_c|}{\sqrt{X_c^2 + R^2}} = \frac{3,18 \cdot 10^2}{\sqrt{1,01 \cdot 10^5 + 10^6}} = 3,03 \cdot 10^{-1}; a_u = 0,303.$$

$$\text{tg } \varphi = -\frac{R}{|X_c|} = -\frac{10^3}{3,18 \cdot 10^2} = -3,18 \cdot 10^{-1}; \varphi = -17,6^\circ.$$

8. példa

Egy veszteségmentesnek tekintett illesztőtranszformátor szekunder feszültsége $u_2 = 100 \text{ mV}$, ha a primer feszültsége $u_1 = 1,1 \text{ V}$. A transzformátor terhelő-ellenállása $R_1 = 80 \Omega$. Számítsuk ki a terhelő-ellenállás primer körbe transzformált R_1 értékét!

Megoldás

$$a = \frac{u_2}{u_1} = \frac{0,1}{1,1} = 9,09 \cdot 10^{-2}; R_1 \cdot \frac{a^2}{1} = \frac{8,26 \cdot 10^{-3}}{1} \cdot 80 = 9,68 \cdot 10^{-3}; R_1 = 9,68 \text{ k}\Omega.$$

9. példa

Számítsuk ki az **1.25.** ábrán látható négypólus be- és kimeneti hullámpedanciaciáját!

Adatok: $R_1 = 200 \Omega$; $R_2 = 320 \Omega$; $R_3 = 140 \Omega$; $R_4 = 220 \Omega$.

Megoldás

A bemeneti hullámimpedancia számítása:

$$\begin{aligned} - a \text{ kimenetet rövidre zárva: } Z_{rbc} &= R_1 + (R_2 \times R_3) = 200 + (320 \times 140) = 297,4, \\ - \text{kimeneti üresjárás mellett: } Z_{ube} &= R_1 + (R_2 \times (R_3 + R_4)) = 200 + (320 \times (140 + 220)) = 369,4, \end{aligned}$$

$$- a \text{ bemeneti hullámimpedancia: } Z_{0bc} = \sqrt{Z_{ube} \cdot Z_{rbc}} = \sqrt{369,4 \cdot 297,4} = 331,5, \quad Z_{0be} = 331,5 \, \Omega.$$

A kimeneti hullámimpedancia:

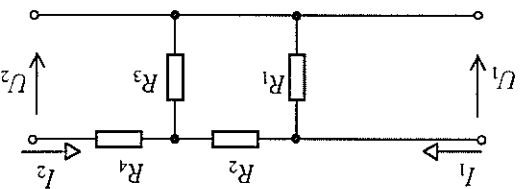
$$\begin{aligned} - a \text{ bemenetet rövidre zárva: } Z_{rki} &= ((R_1 \times R_2) + R_3) \times R_4 = ((200 \times 320) + 140) \times 220 = 120, \\ - \text{bemeneti üresjárás mellett: } Z_{uki} &= (R_2 + R_3) \times R_4 = (320 + 140) \times 220 = 148,8, \end{aligned}$$

$$- a \text{ kimeneti hullámimpedancia: } Z_{0ki} = \sqrt{Z_{uki} \cdot Z_{rki}} = \sqrt{120 \cdot 148,8} = 133,6, \quad Z_{0ki} = 133,6 \, \Omega.$$

Feladatok

1.2.1. Számítsuk ki az 1.26. ábrán látható négypólus Z paramétereit és írjuk fel a Z paraméteres egyenletrendszer!

$$\text{Adatok: } R_1 = 100 \, \Omega; R_2 = 600 \, \Omega; R_3 = 200 \, \Omega; R_4 = 400 \, \Omega.$$



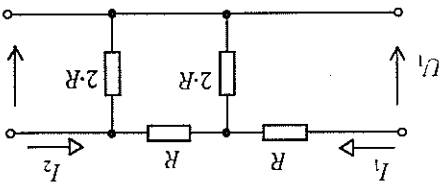
1.26. ábra

1.2.2. Számítsuk ki az 1.26. ábrán látható négypólus Y paramétereit és írjuk fel az Y paraméteres egyenletrendszer!

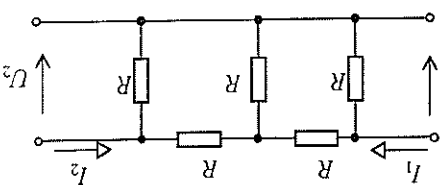
$$\text{Adatok: } R_1 = 1 \, \text{k}\Omega; R_2 = 200 \, \Omega; R_3 = 1,2 \, \text{k}\Omega; R_4 = 300 \, \Omega.$$

- 1.2.3. Számítsuk ki az 1.26. ábrán látható négyfókus H paramétereit és írjuk fel az H paraméteres egyenletrendszer!
- Adatok: $R_1 = 12 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 8 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 20 \text{ k}\Omega$; $R_4 = 35 \text{ k}\Omega$.

- 1.2.4. Számítsuk ki az 1.27. ábrán látható négyfókus Z és H paramétereit és írjuk fel a paraméteres egyenletrendszer!



1.28. ábra



- 1.2.5. Írjuk fel az 1.28. ábra négyfókusának Z , Y és H paraméteres egyenlet-rendszerét!

- 1.2.6. Egy passzív négyfókus Z és H paraméteres egyenletrendszer:

$$I_4 = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-2} \cdot I_2$$

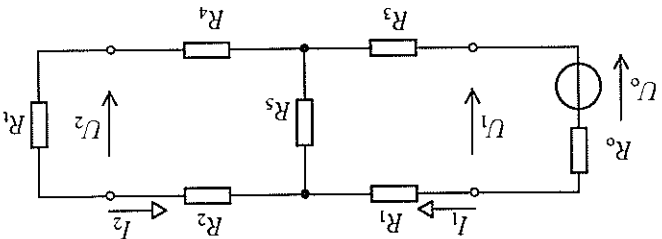
$$U_2 = Z_{21} \cdot 3 \cdot 10^{-3} + Z_{22} \cdot I_2$$

$$U_1 = H_{11} \cdot 3 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^{-1} \cdot I_1$$

$$I_2 = -H_{21} \cdot 3 \cdot 10^{-3} + H_{22} \cdot I_1$$

Határozzuk meg az egyenletekből a négyfókus Z_{21} , Z_{22} , H_{11} , H_{21} paramétereit!

- 1.2.7. Számítsuk ki az 1.29. ábra négyfókusának üresjárású feszültségátvitelt, valamint a feszültség-, áram- és teljesítményátvitelt, terhelés mellett, dB_r-ben.
- Adatok: $R_1 = R_4 = 3 \text{ k}\Omega$; $R_2 = R_3 = 7 \text{ k}\Omega$; $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_6 = 5 \text{ k}\Omega$; $R_0 = 1 \text{ k}\Omega$; $U_0 = 10 \text{ V}$.



1.29. ábra

- 1.2.8. Határozzuk meg az 1.30. ábrán látható négyfókus feszültség-, áram- és teljesítményátvitelt dB_r-ben!
- Adatok: $R_1 = R_5 = 100 \text{ k}\Omega$; $R_2 = R_4 = 500 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 300 \text{ k}\Omega$; $R_6 = 700 \text{ k}\Omega$.

1.2.9. Számítsuk ki egy négypólus feszültség- és teljesítményátvitelét dB_T-ben, valamint be- és kimeneti áramát!

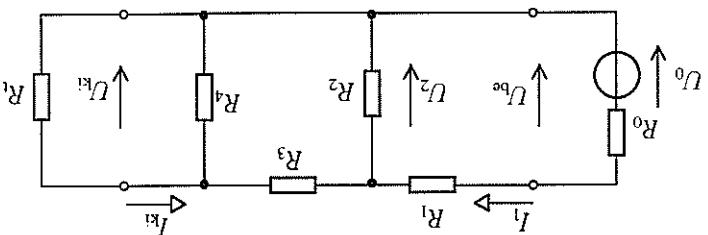
Adatok: $a_1 = -20$ dB; $R_1 = 300 \Omega$; $U_0 = 10$ V; $R_0 = 100 \Omega$.

A generátor $R_{be} = 120 \Omega$ ellenállás terheli.

1.2.10. Számítsuk ki az **1.31.** ábrán felrajzolt négypólus R_3 és R_1 ellenállásán lévő feszültségszintet, valamint az R_1 ellenállás áramszintjét!

Adatok: $U_0 = 20$ V; $R_0 = 800 \Omega$; $R_1 = 1,5$ k Ω ; $R_2 = 2$ k Ω ; $R_3 = 1,2$ k Ω ; $R_4 = 1$ k Ω ; $R_1' = 3$ k Ω .

1.31. ábra

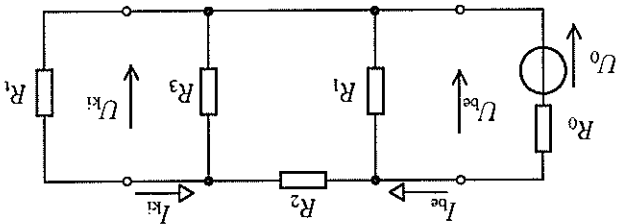


1.2.11. Számítsuk ki az **1.31.** ábrán látható négypólus áram- és feszültségátvitelét dB_T-ben, valamint a be- és kimeneti teljesítményszintet dB_a-ban!

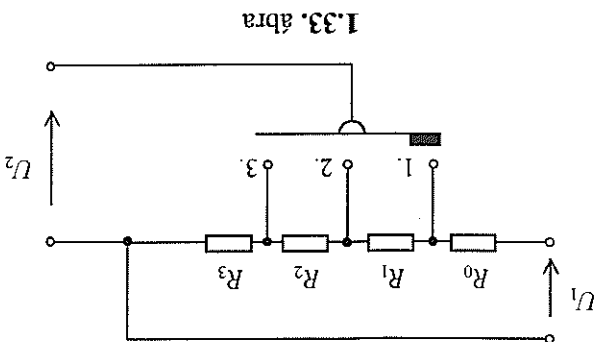
1.2.12. Az **1.32.** ábrán látható négypólus bemeneten az abszolút feszültségszint $a_{be}^{ube} = 32$ dB_a, kimeneten az abszolút teljesítményszint $a_{ki}^{pki} = 20,8$ dB_a. Számítsuk ki a négypólus feszültség-, áram- és teljesítményátvitelét!

Adatok: $R_1 = 2$ k Ω ; $R_2 = R_3 = 1$ k Ω ; $R_1' = 0,6$ k Ω .

1.32. ábra

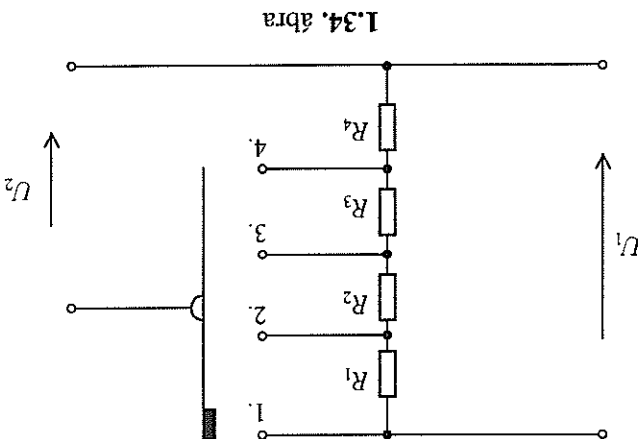


1.2.13. Az 1.33. ábrán látható változtatható osztáviszonyú feszültségosztó bemeneti ellenállása $R_{be}=1\text{ M}\Omega$. A max. kimeneti feszültség $U_2=300\text{ mV}$. A kapcsoló állásától függően a bemenetre adható feszültségek max. értékei:
 1. állásban: 3 V; 2. állásban 30 V; 3. állásban: 300 V.
 Számítsuk ki az ellenállások értékeit!



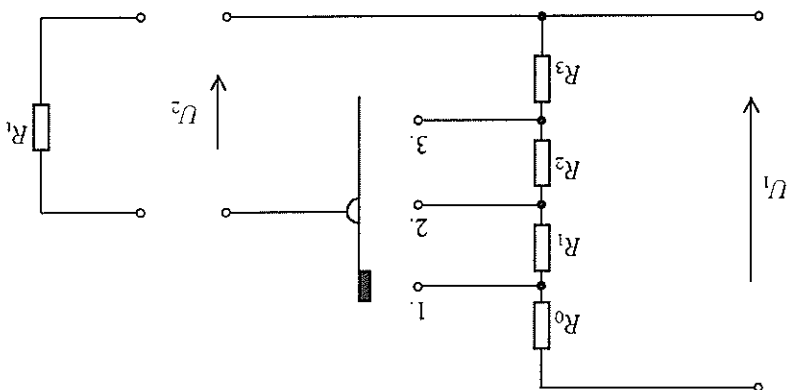
1.2.14. Számítsuk ki az 1.34. ábrán látható feszültségosztó R_{pc} bemeneti ellenállását és feszültségátvitelét dB_p -ben, valamennyi kapcsolóállásban!

Adatok: $R_1 = 9\text{ M}\Omega$; $R_2 = 90\text{ k}\Omega$; $R_3 = 90\text{ k}\Omega$; $R_4 = 10\text{ k}\Omega$.



1.2.15. Határozzuk meg az 1.35. ábrán látható feszültségosztó feszültségátvitelét üresjárásban és az R_l ellenállással terhelve! Számítsuk ki hány százalékkal változik meg az átvitelék értéke a terhelés miatt!

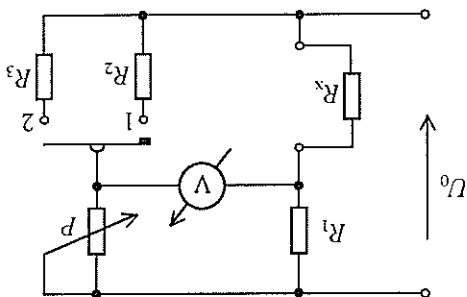
Adatok: $R_0 = 900\text{ k}\Omega$; $R_1 = 90\text{ k}\Omega$; $R_2 = 9\text{ k}\Omega$; $R_3 = 1\text{ k}\Omega$; $R_l = 1\text{ M}\Omega$.



1.35. ábra

1.2.16. Az 1.36. ábrán egy Wheatstone-híddal felépített ellenállásmérő látható. Milyen értékhatarok között mérhető ellenállás a kapcsoló 1. állásában? Mekkora legyen R_3 értéke, ha a kapcsoló 2. állásában a mérendő R_x ellenállás nagysága $1 \text{ k}\Omega$ és $10 \text{ k}\Omega$ között lehet?

Adatok: $R_1 = 25 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$; $P_{\min} = 5 \text{ k}\Omega$; $P_{\max} = 50 \text{ k}\Omega$.

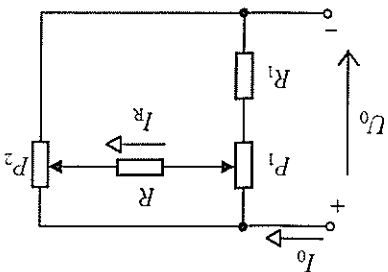


1.36. ábra.

1.2.17. Az 1.37. ábrán látható hídkapcsolás potenciométerei nullától végkitérésig szabályozhatók. Mekkora és milyen irányú áramok folynak a potenciométerek végállásaiban az R ellenálláson?

Adatok: $R = 1,2 \text{ k}\Omega$; $P_2 = 24 \text{ k}\Omega$; $U_0 = 24 \text{ V}$; $R_1 = 450 \Omega$. A híd kiegyenlített állapotában: $I_0 = 3 \text{ mA}$.

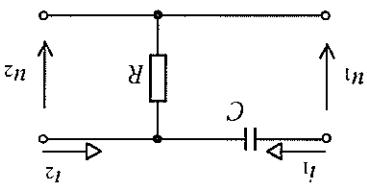
1.37. ábra



1.2.18. Az 1.24. ábra szerint felépített aluláteresztő szűrő határfrekvenciája $f_h=100$ Hz. A szűrőt egy $R_g = 590 \Omega$ -os belső ellenállású feszültséggenerátor táplálja. Számítsuk ki a szűrő R ellenállásának értékét, ha a felhasználható kapacitás értéke $C = 1 \mu\text{F}$!

1.2.19. Számítsuk ki egy aluláteresztő szűrő határfrekvenciáját és C kapacitásának értékét, ha $f = 2,5$ kHz frekvencián a szűrő feszültségátvittele $a_u = 0,6$ és a szűrő ellenállása $R = 5 \text{ k}\Omega$!

1.2.20. Számítsuk ki az 1.38. ábrán látható felületáteresztő szűrő határfrekvenciáját, ha $R = 800 \Omega$ és $C = 160 \text{ nF}$! Határozzuk meg a szűrő átvitelét és fázistolását $f_1 = 300$ Hz-en és $f_2 = 30$ kHz-en!



1.38. ábra

1.2.21. Mekkora egy felületáteresztő szűrő határfrekvenciája üresjárásban és terhelés mellett? Számítsuk ki a terhelés miatti változást %-ban!

Adatok: $R = 3 \text{ k}\Omega$; $C = 50 \text{ nF}$; $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$.

1.2.22. Egy felületáteresztő szűrőt tápláló feszültséggenerátor ellenállása $R_g=600 \Omega$. A szűrőt követő áramkör $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ -os terhelést jelent a szűrő számára. A szűrő adatai: $R = 3,6 \text{ k}\Omega$; $C = 400 \text{ nF}$. Számítsuk ki a szűrő határfrekvenciáját!

1.2.23. Számítsuk ki egy felüláteresztő szűrő határfrekvenciáját és kimeneti feszültségét $f_1 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ és $f_2 = 10 f_1$ frekvenciákon!

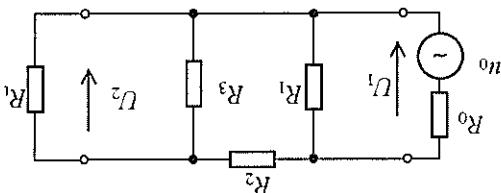
Adatok: $R = 1,5 \text{ k}\Omega$; $C = 6,8 \text{ }\mu\text{F}$; $u_{be} = 3,6 \text{ V}$.

1.2.24. Mekkora legyen annak az illesztőtranszformátornak az áttétele, amelyik egy $R_1 = 4 \text{ }\Omega$ ellenállású, $P_1 = 2 \text{ W}$ teljesítményű terhelést illeszt az $R_g = 1,3 \text{ k}\Omega$ belső ellenállású generátorhoz? Számítsuk ki a primer körben folyó i_1 áram értékét!

1.2.25. Egy illesztőtranszformátorra kapcsolt terhelésen $u_1 = 12,65 \text{ V}$ feszültség mellett $P_1 = 20 \text{ W}$ teljesítmény jelenik meg. A transzformátor áttétele $a = 4 \cdot 10^{-1}$. Számítsuk ki mekkora áram terheli a transzformátort meghajtó feszültséggenerátort és mekkora a terhelés primer körbe transzformált értéke!

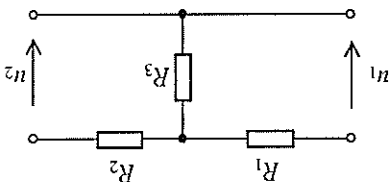
1.2.26. Mekkora legyen az 1.39. ábrán látható négypólus meghajtó generátor R_0 ellenállása és a négypólus terhelése, ha el kívánjuk kerülni a nagyfrekvencián fellépő reflexiót?

Adatok: $R_1 = 50 \text{ }\Omega$; $R_2 = 120 \text{ }\Omega$; $R_3 = 70 \text{ }\Omega$.



1.39. ábra

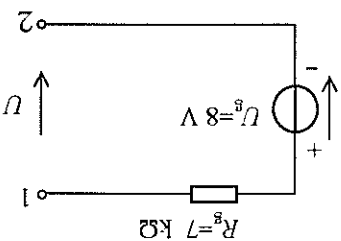
1.2.27. Az 1.40. ábrán látható négypólus bemeneti hullámimpedanciája $Z_{be} = 5,92 \text{ k}\Omega$, kimeneti hullámimpedanciája $Z_{ki} = 3,55 \text{ k}\Omega$. Az R_3 ellenállás értéke $R_3 = 4 \text{ k}\Omega$. Számítsuk ki R_1 és R_2 értékét!



1.40. ábra

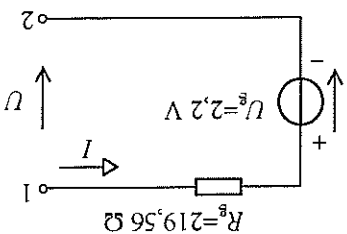
A feladatok megoldása

1.1.1. A Thevenin-helyettesítőkép az 1.41. ábrán látható.



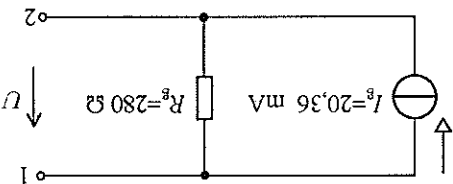
1.41. ábra

1.1.2. A Thevenin-helyettesítőkép az 1.42. ábrán látható.



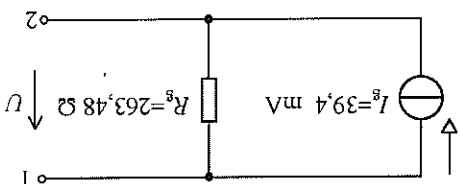
1.42. ábra

1.1.3. A Norton-helyettesítőkép az 1.43. ábrán látható.



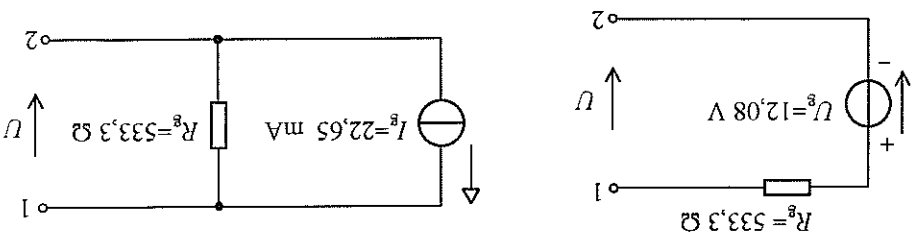
1.43. ábra

1.1.4. A Norton-helyettesítőkép az 1.44. ábrán látható.



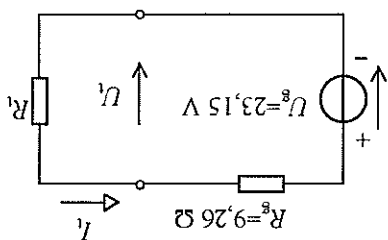
1.44. ábra

1.1.5. A Thevenin- és Norton-helyettesítőképek az 1.45. ábrán láthatók.



1.45. ábra

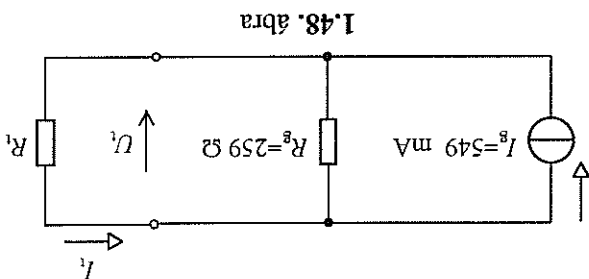
1.1.6. A Thevenin-helyettesítőkép az 1.46. ábrán látható.



1.46. ábra $U_l = 22,73$ V; $I_l = -45,46$ mA.

1.1.7. A Thevenin-helyettesítőkép 1.47. ábrán látható.

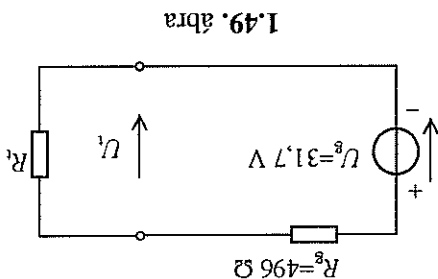
1.1.8. A Norton-helyettesítőkép az 1.48. ábrán látható.



1.48. ábra

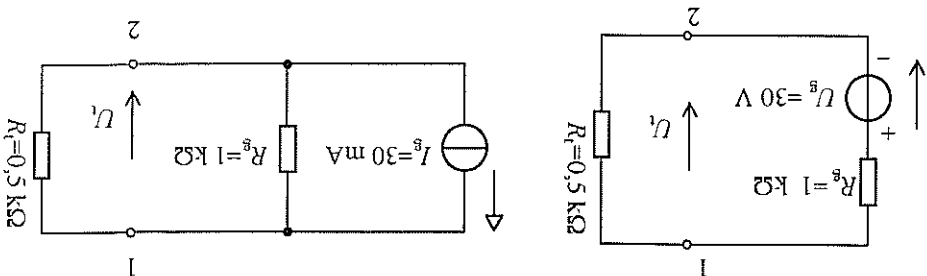
$U_l = 113$ V; $I_l = 113$ mA.

1.1.9. A Thevenin-helyettesítőkép az 1.49. ábrán látható.



1.49. ábra

1.1.10. A Thevenin- és Norton-helyettesítőképek az 1.50. ábrán látható.



1.50. ábra

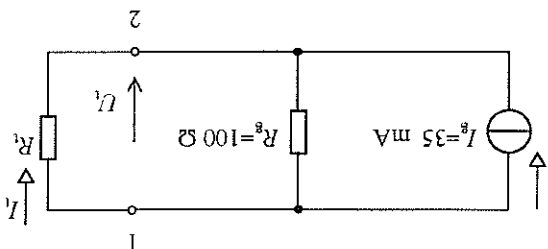
1.1.11. A munkaaegyes és a feszültségengely metszéspontja ($I = 0$) a képölus üresjárás feszültsége: $U_u = U_{i2} = 3,5$ V. A munkaaegyes és az áramtengey metszéspontja ($U = 0$) a képölus rövidzárási árama: $I_t = 35$ mA.

Ezekből az adatokból az R_g ellenállás: $R_g = \frac{U_u}{I_t} = \frac{3,5}{3,5 \cdot 10^{-2}} = 100$; $R_g = 100 \Omega$.

A terhelés értéke a terhelő-ellenállás egyenesének bármelyik összetartozó feszültség- és áramértékéből kiszámítható (pl. a két egyenes metszéspontjához tartozó értékekből):

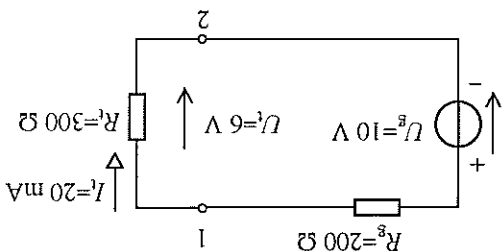
$$R_t = \frac{U_t}{I_t} = \frac{1,5}{2 \cdot 10^{-2}} = 75; R_t = 75 \Omega.$$

A Norton-helyettesítőkép az 1.51. ábrán látható.



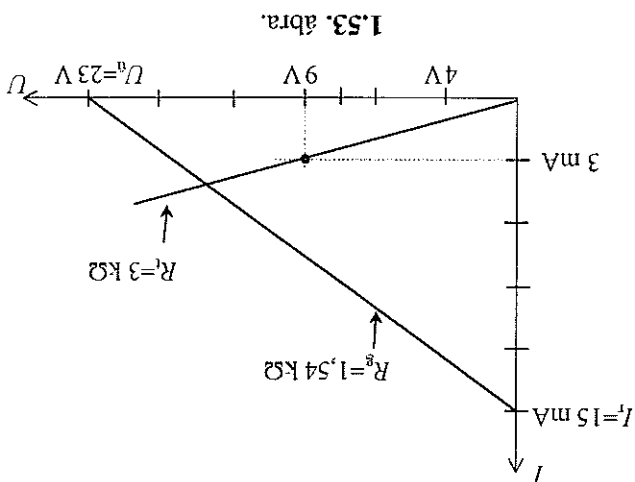
1.51. ábra

1.1.12. A Thevenin-helyettesítőkép az 1.52. ábrán látható.



1.52. ábra

1.1.13. Az áramkör jelleggörbéi az 1.53. ábrán láthatók.



1.53. ábra.

$$1.2.1. Z_{11} = 88,9 \Omega; Z_{12} = 22,22 \Omega; Z_{21} = 22,22 \Omega; Z_{22} = 555,56 \Omega.$$

$$U_1 = 88,9 \cdot I_1 + 22,22 \cdot I_2;$$

$$U_2 = 22,22 \cdot I_1 + 555,56 \cdot I_2.$$

$$1.2.2. Y_{11} = 3,27 \text{ mS}; Y_{12} = -1,82 \text{ mS}; Y_{21} = -1,82 \text{ mS}; Y_{22} = 1,18 \text{ mS}.$$

$$I_1 = 3,27 \cdot 10^{-3} \cdot U_1 - 1,82 \cdot 10^{-3} \cdot U_2;$$

$$I_2 = -1,82 \cdot 10^{-3} \cdot U_1 + 1,18 \cdot 10^{-3} \cdot U_2.$$

$$1.2.3. H_{11} = 7,6 \text{ k}\Omega; H_{12} = 0,13; H_{21} = -0,13; H_{22} = 22,2 \mu\text{S}.$$

$$U_1 = 7,6 \cdot 10^3 \cdot I_1 + 0,13 \cdot U_2;$$

$$I_2 = -0,13 \cdot I_1 + 2,22 \cdot 10^{-5} \cdot U_2.$$

$$1.2.4. Z_{11} = 2,2 \cdot R; Z_{12} = 0,8 \cdot R; Z_{21} = 0,8 \cdot R; Z_{22} = 1,2 \cdot R.$$

$$U_1 = 2,2 \cdot R \cdot I_1 + 0,8 \cdot R \cdot I_2;$$

$$U_2 = 0,8 \cdot R \cdot I_1 + 1,2 \cdot R \cdot I_2;$$

$$H_{11} = \frac{3}{5} \cdot R; H_{12} = \frac{3}{2} \cdot R; H_{21} = -\frac{3}{2} \cdot R; H_{22} = \frac{6}{5} \cdot R;$$

$$U_1 = \frac{3}{5} \cdot R \cdot I_1 + \frac{3}{2} \cdot R \cdot U_2;$$

$$U_2 = -\frac{3}{2} \cdot R \cdot I_1 + \frac{6}{5} \cdot R \cdot U_2.$$

$$1.2.5. Z_{11} = \frac{8}{5} \cdot R; Z_{12} = \frac{8}{1} \cdot R; Z_{21} = \frac{8}{1} \cdot R; Z_{22} = \frac{8}{5} \cdot R.$$

$$U_1 = \frac{8}{5} \cdot R \cdot I_1 + \frac{1}{1} \cdot R \cdot I_2;$$

$$U_2 = \frac{8}{1} \cdot R \cdot I_1 + \frac{8}{5} \cdot R \cdot I_2;$$

$$H_{11} = \frac{5}{3} \cdot R; H_{12} = \frac{5}{1} \cdot R; H_{21} = -\frac{5}{1} \cdot R; H_{22} = \frac{5}{8} \cdot R;$$

$$U_1 = \frac{5}{3} \cdot R \cdot I_1 + \frac{5}{1} \cdot R \cdot I_2;$$

$$U_2 = -\frac{5}{1} \cdot R \cdot I_1 + \frac{5}{8} \cdot R \cdot I_2.$$

$$1.2.6. Z_{21} = 200 \, \Omega; Z_{22} = 500 \, \Omega; H_{11} = 320 \, \Omega; H_{21} = -0,4.$$

$$1.2.7. a_{dB}^{in} = -20,83 \, \text{dB}; a_{dB}^{out} = -30,87 \, \text{dB}; a_{dB}^{in} = -24,1 \, \text{dB}; a_{dB}^{out} = -54,97 \, \text{dB}.$$

$$1.2.8. a_{dB}^{in} = -9,9 \, \text{dB}; a_{dB}^{out} = -15,4 \, \text{dB}; a_{dB}^{in} = -25,3 \, \text{dB}.$$

$$1.2.9. a_{dB}^{in} = -12,04 \, \text{dB}; a_{dB}^{out} = -32,04 \, \text{dB}; I_{be} = 45,45 \, \text{mA}; I_{ki} = 4,545 \, \text{mA}.$$

$$1.2.10. a_{u3} = 13,72 \, \text{dB}; a_{u_{ki}} = 9,64 \, \text{dB}; a_{u1} = 13,62 \, \text{dB}.$$

$$1.2.11. a_u = -18,6 \, \text{dB}; a_i = -17,95 \, \text{dB}; a_{pbe} = 23,04 \, \text{dB}; a_{pki} = 4,77 \, \text{dB}.$$

$$1.2.12. a_u = -11,21 \, \text{dB}; a_i = -8,5 \, \text{dB}; a_p = -9,88 \, \text{dB}.$$

$$1.2.13. R_1 = 1 \, \text{k}\Omega; R_2 = 9 \, \text{k}\Omega; R_3 = 90 \, \text{k}\Omega; R_0 = 900 \, \text{k}\Omega.$$

$$1.2.14. R_{be} = 10 \, \text{M}\Omega; a_{u4} = -60 \, \text{dB}; a_{u3} = -40 \, \text{dB}; a_{u2} = -20 \, \text{dB}; a_{u1} = 0 \, \text{dB}.$$

$$1.2.15. a_{3u} = 10^{-3}; a_{2u} = 10^{-2}; a_{1u} = 10^{-1}; a_{3i} = 9,99 \cdot 10^{-4}; a_{2i} = 9,901 \cdot 10^{-3};$$

$$a_{1i} = 9,17 \cdot 10^{-2}; h_3 = -0,1\%; h_2 = -0,99\%; h_1 = 8,3\%.$$

$$1.2.16. R_{x_{min}} = 10 \, \text{k}\Omega; R_{x_{max}} = 100 \, \text{k}\Omega; R_3 = 2 \, \text{k}\Omega.$$

$$1.2.17. P_1 = 11,55 \, \text{k}\Omega. \text{ Mindkét potencióméter felső állásban: } I_R = 0.$$

$$P_1 \text{ felső, } P_2 \text{ alsó állásban: } I_R = 20 \, \text{mA}.$$

$$P_1 \text{ alsó, } P_2 \text{ felső állásban: } I_R = -14,16 \, \text{mA}.$$

$$\text{Mindkét potencióméter alsó állásban: } I_R = 553 \, \mu\text{A}.$$

$$1.2.18. R = 1 \, \text{k}\Omega$$

1.2.19. A szűrő határfrekvencia feletti csillapítása -20 dB/dekád, ezért $f_h = 1,87$ kHz.
 $C = 17$ nF

$$1.2.20. f_h = 1,24 \text{ kHz}; a_{u1} = 0,234; \varphi_1 = 76,45^\circ; a_{u2} = 0,999; \varphi_2 = 2,38^\circ.$$

$$1.2.21. f_{b0} = 1,06 \text{ kHz}; f_{h1} = 1,698 \text{ kHz. A változás \% -ban: } 60,2\%.$$

$$1.2.22. f_h = 287,78 \text{ Hz.}$$

$$1.2.23. f_h = 15,6 \text{ Hz}; u_{k11} = 0,358 \text{ V}; u_{k12} = 3,58 \text{ V.}$$

$$1.2.24. a = 5,547 \cdot 10^{-2}; i_1 = 3,922 \cdot 10^{-2} \text{ A.}$$

$$1.2.25. i_1 = 6,32 \text{ A}; R_1 = 50 \Omega.$$

$$1.2.26. R_0 = Z_{0bc} = 37,4 \Omega, R_1 = Z_{0ki} = 46,8 \Omega.$$

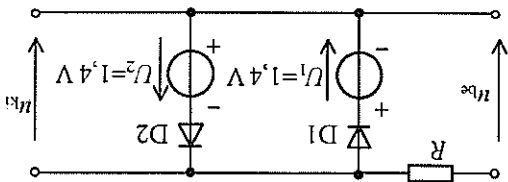
$$1.2.27. R_1 = 1 \text{ k}\Omega; R_2 = 1,5 \text{ k}\Omega.$$

2. FÉLVEZETŐ ÁRAMKÖRI ELEMELK

2.1. A diódák alkalmazása

1. példa

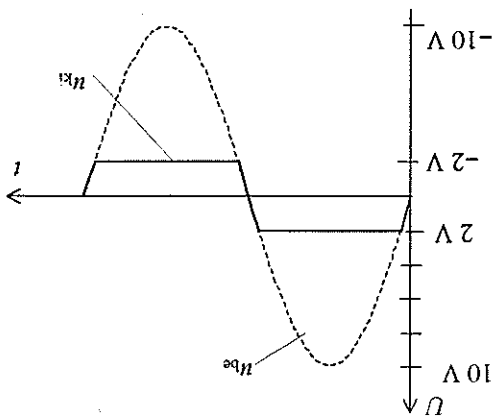
Rajzoljuk fel a 2.1. ábrán látható elvi kapcsolási rajz szerinti vágókapcsolás kimeneti feszültségének jelalakját! Az u_{be} szinuszos bemeneti feszültség amplitúdója $U_{be} = 10\text{ V}$, a diódák nyitófeszültsége $U_F = 0,6\text{ V}$. A diódák ideálisnak tekinthetők.



2.1. ábra

Megoldás

A bemeneti feszültség $u_{be} = +2\text{ V}$ feletti tartományában a D_1 dióda nyitott, ezért a kimeneti feszültség nem emelkedhet $U_1 + U_{F1} = 1,4 + 0,6 = 2\text{ V}$ fölé. A negatív félperiódusban a D_2 dióda nyit ki $-U_1 - U_{F1} = -2\text{ V}$ alatt.

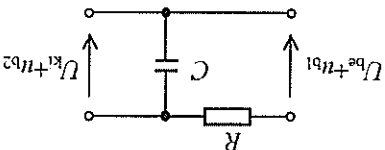


2.2. ábra

2. példa

Számítsuk ki a 2.3. ábrán látható, kétutas egyenirányítót követő RC szűrő osztási-viszonyát a bűgőfeszültség alapharmonikusára!

Adatok: $R = 330 \, \Omega$; $C = 100 \, \mu\text{F}$.



2.3. ábra

Megoldás

A szűrő kimeneti bűgőfeszültsége:

$$u_{b2} = i \cdot |X_C| = \frac{|Z|}{u_{b1}} \cdot |X_C| = \frac{\sqrt{R^2 + |X_C|^2}}{u_{b1}} \cdot |X_C|.$$

A bűgőfeszültségre vonatkozó osztásiviszony:

$$a_b = \frac{u_{b2}}{u_{b1}} = \frac{|X_C|}{\sqrt{R^2 + |X_C|^2}}.$$

A bűgőfeszültség frekvenciája a kétutas egyenirányítás miatt: $f_b = 100 \, \text{Hz}$; $\omega_b = 628 \, \text{1/s}$.

$$|X_C| = \frac{1}{\omega_b \cdot C} = \frac{1}{628 \cdot 10^{-4}} \approx 16; |X_C| \approx 16 \, \Omega.$$

$$a_b = \frac{16}{\sqrt{1,089 \cdot 10^5 + 2,56 \cdot 10^2}} = \frac{330,4}{16} = 4,82 \cdot 10^{-2}.$$

3. példa

Számítsuk ki egy terhelő RC szűrő bűgőfeszültségre és egyenfeszültségre vonatkozó osztási-viszonyait! Az egyenirányító kétutas.

Adatok: $R = 680 \, \Omega$; $C = 680 \, \mu\text{F}$; $R_1 = 2,2 \, \text{k}\Omega$.

Megoldás

A kétutas egyenirányítás miatt $\omega_b = 628 \, \text{1/s}$.

$$|X_C| = \frac{1}{1} = \frac{\omega_b \cdot C}{1} = \frac{628 \cdot 6,8 \cdot 10^{-4}}{1} = 2,34 \Omega.$$

Mivel $|X_C| \ll R$, ezért az R , és C párhuzamos kapcsolásának eredő impedanciája: $|Z_d| \equiv |X_C|$.

A bűgfeszültségre vonatkozó átvitel ezért

$$a_b = \frac{|X_C|}{\sqrt{R^2 + |X_C|^2}} = 3,44 \cdot 10^{-3}.$$

Az egyenfeszültségre vonatkozó osztásviszony:

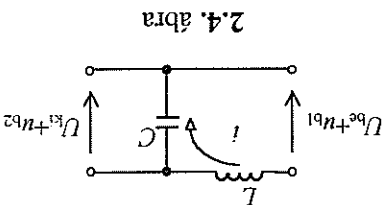
$$a_u = \frac{R_1}{R + R_1} = \frac{2,2}{2,2 + 0,68} = 0,764.$$

4. példa

Számítsuk ki, hogy a 2.4. ábrán látható LC szűrő hányszor csökkenti a bemenetere kerülő bűgfeszültség értékét! A szűrőáramkör egyutas egyenirányítóra kapcsolódik.

Adatok: $L = 50 \text{ mH}$; $C = 1000 \mu\text{F}$.

Az indukтивitás és a kapacitás veszteségei elhanyagolhatók.



Megoldás

A szűrő kimeneti feszültsége:

$$u_{b2} = i \cdot |X_C| = \frac{|Z|}{u_{b1}} \cdot |X_C| = \frac{\left| \omega_b L - \frac{1}{\omega_b C} \right|}{u_{b1}} \cdot \frac{1}{| \omega_b C |}.$$

A bűgfeszültségre vonatkozó osztásviszony: $a_b = \frac{u_{b1}}{u_{b2}} = \frac{1}{\left| \omega_b^2 LC - 1 \right|}$.

A bűgfeszültség egyutas egyenirányításból származik, ezért $f_b = 50 \text{ Hz}$; $\omega_b = 314 \text{ 1/s}$.

$$a_b = \frac{1}{314^2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} - 1} = 0,25.$$

5. példa

Egy kétutas egyenirányító kimeneti feszültsége LC szűrőn keresztül jut a terhelésre. Számítsuk ki a terhelésen megjelenő feszültségeket!

Adatok: $U_{be} + u_{bi} = 12 \pm 1$ V; $C = 1000 \mu\text{F}$; $L = 5$ mH; $R_i = 1$ k Ω . A tekeres veszteségi ellenállása: $r = 10 \Omega$.

Megoldás

A kétutas egyenirányítás miatt $f_b = 100$ Hz; $\omega_b = 628$ 1/s. A kapacitív reaktancia abszolút értéke:

$$|X_C| = \frac{1}{\omega_b \cdot C} = \frac{1}{628 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}} = 1,6; |X_C| = 1,6 \Omega.$$

Mivel $|X_C| \ll R_i$, ezért a kapacitásból és a terhelő-ellenállásból álló RC tag eredő impedanciája:

$$G_2' = G_2' + G_2'; \frac{1}{1} \frac{|Z_e|^2}{R_i^2} + \frac{1}{1} \frac{|X_C|^2}{1} \equiv \frac{1}{1} \frac{|X_C|^2}{1}; Z_e \equiv |X_C|.$$

A bűgőfeszültségre vonatkozó osztásviszony:

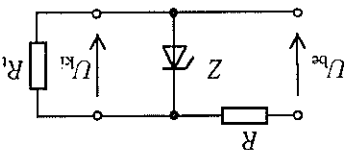
$$a_b = \frac{X_C}{1,6} = \frac{\sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2}}{\sqrt{100 + (3,14 - 1,6)^2}} = 0,158.$$

6. példa

Számítsuk ki a 2.5. ábrán látható Zener-diódás elemi stabilizátor munkapont-beállító R ellenállását! Határozzuk meg az R_i terhelő-ellenállás min. értékét és a Zener-diódá differenciális ellenállását!

Adatok: $U_{Z0} = 5,6$ V; $I_{Z0} = 20$ mA; $U_{be} = 10$ V; $R_i = 560 \Omega$; $I_{Zmin} = 3$ mA; $U_{Zmin} = 5,26$ V.

$I_Z = 15$ mA mellett az U_Z feszültség: $U_Z = 5,5$ V.



2.5. ábra

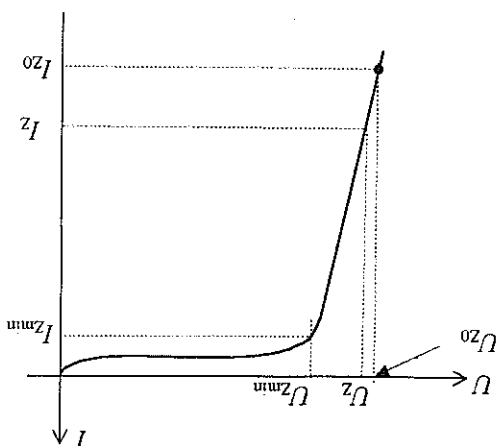
Megoldás

$$I_i = \frac{U_{ki}}{R_i} = \frac{U_{Z0}}{5,6} = \frac{R_i}{560} = 10^{-2}; I_i = 10 \text{ mA}.$$

$$I_R = I_{Z0} + I_1 = 20 + 10 = 30; I_R = 30 \text{ mA.}$$

$$R = \frac{U_{be} - U_{Z0}}{I_R} = \frac{10 - 5,6}{3 \cdot 10^{-2}} \equiv 1,47 \cdot 10^{-2}; R = 147 \Omega.$$

A 6. példa Zener-diódájának feszültségei és áramai a 2.6. ábrán láthatók.



2.6. ábra

$$I_{Rmax} = \frac{U_{be} - U_{Zmin}}{R} = \frac{10 - 5,26}{147} = 3,22 \cdot 10^{-2}; I_{Rmax} = 32,2 \text{ mA.}$$

A Zener-dióda az I_{Zmin} -nál nagyobb áramok mellett stabilizál, ezért az R_1 csökkenése miatt növekvő I_1 áram csak $I_Z = I_{Zmin}$ értékig csökkentheti a Zener-dióda áramát.

$$I_{lmax} = I_{Rmax} - I_{Zmin} = 32,2 - 3 = 29,2; I_{lmax} = 29,2 \text{ mA.}$$

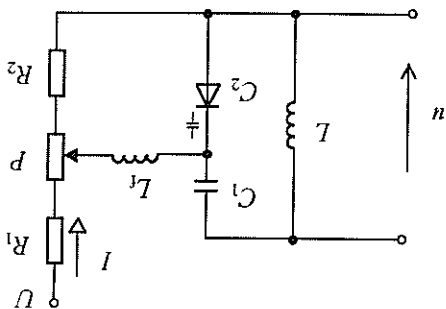
$$R_{lmin} = \frac{U_{Zmin}}{I_{lmax}} = \frac{5,26}{2,92 \cdot 10^{-2}} \equiv 1,8 \cdot 10^2; R_{lmin} \equiv 180 \Omega.$$

$$r_D = \frac{U_{Z0} - U_Z}{I_{Z0} - I_Z} = \frac{5,6 - 5,5}{2 \cdot 10^{-2} - 1,5 \cdot 10^{-2}} = 20; r_D = 20 \Omega.$$

7. példa

Számítsuk ki a 2.7. ábrán látható varicap diódás hangolási rezgőkör rezonancia-frekvenciájának min. és max. értékét! Határozzuk meg ezeken a frekvenciákon a fojtótekercs reaktanciáját! Mérétezzük a rezgőkör hangolására szolgáló osztó áramkör ellenállásait!

Adatok: $L = 100 \mu\text{H}$; $C_1 = 30 \text{ pF}$; $I = 10 \text{ mA}$; $L_f = 10 \text{ mH}$. A varicap dióda C_2 kapacitása $C_{2\text{min}} = 5 \text{ pF}$ -től $C_{2\text{max}} = 60 \text{ pF}$ értékig változtatható $U_{\text{Rmax}} = 54 \text{ V}$ -től $U_{\text{Rmin}} = 2 \text{ V}$ -ig változó záróirányú feszültséggel.



2.7. ábra

Megoldás

$$C_{\text{min}} = C_{2\text{min}} \times C_1 = 5 \times 30 = 4,28; C_{\text{min}} = 4,28 \text{ pF.}$$

$$C_{\text{max}} = C_{2\text{max}} \times C_1 = 60 \times 30 = 20; C_{\text{max}} = 20 \text{ pF.}$$

$$f_{\text{Omax}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_{\text{min}}}} = \frac{1}{6,28 \cdot \sqrt{10^{-4} \cdot 4,28 \cdot 10^{-12}}} = 7,7 \cdot 10^6; f_{\text{Omax}} = 7,7 \text{ MHz.}$$

$$f_{\text{Omin}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_{\text{max}}}} = \frac{1}{6,28 \cdot \sqrt{10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-11}}} = 3,56 \cdot 10^6; f_{\text{Omin}} = 3,56 \text{ MHz.}$$

$$|X_f|_{\text{min}} = \omega_{\text{Omin}} \cdot L_f = 6,28 \cdot 3,56 \cdot 10^6 \cdot 10^{-2} = 2,2375 \cdot 10^5; |X_f|_{\text{min}} = 223,75 \text{ k}\Omega.$$

$$|X_f|_{\text{max}} = \omega_{\text{Omax}} \cdot L_f = 6,28 \cdot 7,7 \cdot 10^6 \cdot 10^{-2} = 4,8356 \cdot 10^5; |X_f|_{\text{max}} = 483,56 \text{ k}\Omega.$$

$$R_2 = \frac{U_{\text{Rmin}}}{I} = \frac{2}{10^{-2}} = 200; R_2 = 200 \Omega.$$

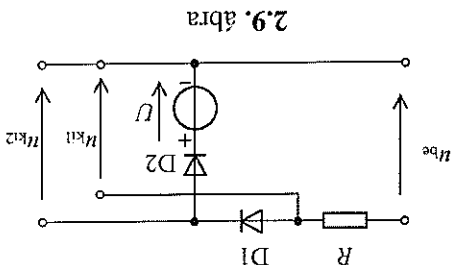
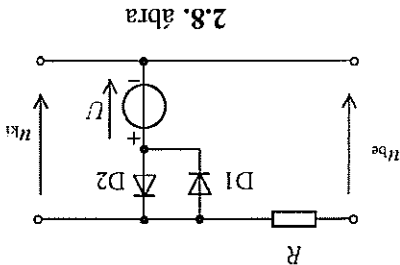
$$(R_2 + P) \cdot I = U_{\text{Rmax}}; R_2 + P = \frac{U_{\text{Rmax}}}{I} = \frac{54}{10^{-2}} = 5400; P = 5400 - 200; P = 5,2 \text{ k}\Omega.$$

$$R_1 = \frac{U - U_{\text{Rmax}}}{I} = \frac{10^{-2}}{6} = 600; R_1 = 600 \Omega.$$

Feladatok

2.1.1. Határozzuk meg a 2.8. ábrán látható vágókapcsolás kimeneti jelalakját! A diódák ideálisnak tekinthetők.

Adatok: $u_{bc} = 8 \text{ V}$; $U = 2 \text{ V}$; $U_{F1} = U_{F2} = 0,6 \text{ V}$.



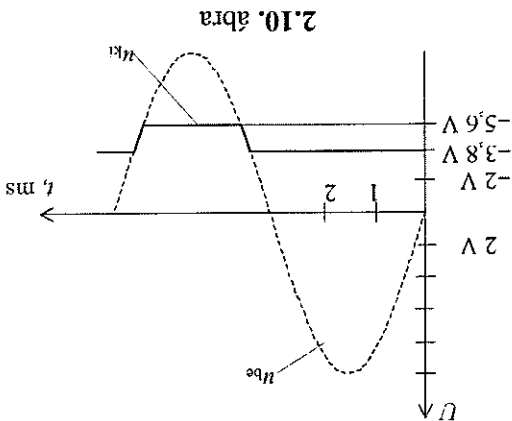
2.1.2. Rajzoljuk fel a 2.9. ábrán látható vágókapcsolás kimenetén megjelenő jelalakot!

Adatok: $u_{bc} = 12 \cdot \sin 3,14 \cdot 10^3 \cdot t$; $U = 3,6 \text{ V}$; $U_{F1} = U_{F2} = 0,7$.

A diódák ideálisnak tekinthetők.

2.1.3. Készítsük el annak a vágóáramkörnek az elvi kapcsolási rajzát, amelyik a 2.10. ábrán látható kimeneti feszültséget szolgáltatja! Írjuk fel a bemeneti

feszültség időfüggvényét!



2.1.4. A 2.11. ábrán egy erősítő bemenetét védő diódás áramkör látható. Határozzuk meg mekkora az erősítő bemenetére adható feszültség max. és min. értéke!

Adatok: $U_{T1} = +30 \text{ V}$; $U_{T2} = -20 \text{ V}$; $U_{F1} = U_{F2} = 0,6 \text{ V}$. Az osztlók osztásviszonya:

$$a_{12} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{16}{1}; a_{34} = \frac{R_3}{R_3 + R_4} = \frac{10}{1}.$$

Az osztlók áramához képest a nyitott diódák árama elhanyagolható.

2.1.5.

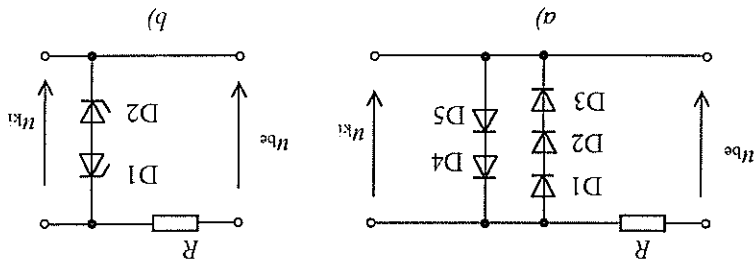
A 2.12. ábrán elektronikus műszerekben alkalmazott határoló áramkörök láthatók. Határozzuk meg a határfeszültségek értékeit!

Adatok:

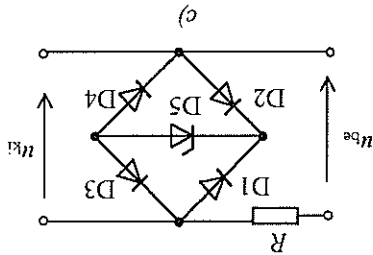
a) Kapcsolás: $U_{F1} = U_{F2} = U_{F3} = 0,6 \text{ V}$; $U_{F4} = U_{F5} = 0,2 \text{ V}$.

b) Kapcsolás: $U_{Z1} = -8,2 \text{ V}$; $U_{F1} = 0,5 \text{ V}$; $U_{Z2} = -6,8 \text{ V}$; $U_{F2} = 0,7 \text{ V}$.

c) Kapcsolás: $U_{F1} = U_{F2} = U_{F3} = U_{F4} = 0,2 \text{ V}$; $U_{F5} = 0,8 \text{ V}$; $U_{Z5} = -7,5 \text{ V}$.



2.12. ábra



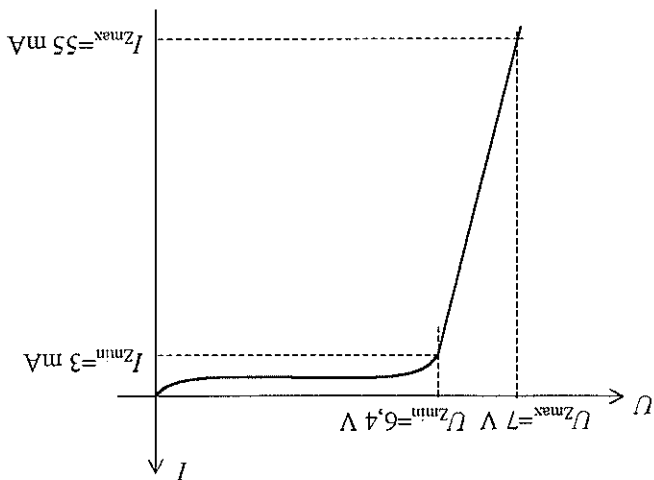
2.1.6.

Egy kétutas egyenirányító $u_{b1} = 1,25 \text{ V}$ -os bűgfeszültséget $u_{b2} = 10 \text{ mV}$ -ra kell csökkenteni. A szűrést RC áramkör végzi. Számítsuk ki az R ellenállás értékét, ha a rendelkezésre álló kapacitás $C = 22 \text{ }\mu\text{F}$!

2.1.7.

Határozzuk meg, hogy az RC szűrő hány utas egyenirányító bűgfeszültséget szűri, ha $R = 5,7 \text{ k}\Omega$; $C = 47 \text{ }\mu\text{F}$; $a_b = 1,18 \cdot 10^{-2}$.

- 2.1.8.** Számítsuk ki az egyutas egyenirányító bűgőfeszültségének csökkentésére szolgáló RC szűrő R ellenállásának értékét, a kimeneten mérhető egyenfeszültséget és bűgőfeszültséget!
- Adatok:* $R_1 = 4,6 \text{ k}\Omega$; $C = 47 \text{ }\mu\text{F}$; $a_p = 2,3 \cdot 10^{-2}$; $u_{b1} = 1,2 \text{ V}$; $U_{be} = 15 \text{ V}$.
- 2.1.9.** Számítsuk ki a kétutas egyenirányítót követő LC szűrő bűgőfeszültségre vonatkozó osztásviszonyát, ha $L = 80 \text{ mH}$, $C = 1600 \text{ }\mu\text{F}$. A veszteségek elhanyagolhatók.
- 2.1.10.** Milyen induktivitású tekercset kell készíteni egy kétutas egyenirányító bűgőfeszültségének csökkentésére szolgáló LC szűrőhöz, ha a rendelkezésünkre álló kapacitás $C = 10\,000 \text{ }\mu\text{F}$ és a bűgőfeszültséget a tizedrészére kell csökkenteni. Az alkatrészek veszteségei elhanyagolhatók.
- 2.1.11.** Számítsuk ki egy LC szűrő kimeneti feszültségét!
- Adatok:* $U_{be} + u_{b1} = 16 \pm 0,7 \text{ V}$; $L = 12 \text{ mH}$; $r_s = 5 \text{ }\Omega$; $R_1 = 800 \text{ }\Omega$; $C = 2200 \text{ }\mu\text{F}$; $f_b = 100 \text{ Hz}$.
- 2.1.12.** Mekkora terhelő-ellenálláshoz készítették azt a Zener-diódás elemi stabilizátort, amelynek adatai: $U_{be} = 16 \text{ V}$; $U_{ki} = 12 \text{ V}$; $I_{z0} = 13 \text{ mA}$; $R = 160 \text{ }\Omega$.
- 2.1.13.** Számítsuk ki egy Zener-diódás elemi stabilizátor R munkapont-beállító ellenállásának értékét! Határozzuk meg, hogy mennyivel változik a kimeneti feszültség értéke, ha a bemeneti feszültség $U_{be} = 23 \text{ V}$ -ról $U_{be1} = 20 \text{ V}$ -ra változik.
- Adatok:* $U_{z0} = 15 \text{ V}$; $I_{z0} = 10 \text{ mA}$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $r_D = 18 \text{ }\Omega$.
- 2.1.14.** Számítsuk ki egy Zener-diódás elemi stabilizátor munkapont-beállító R ellenállását és kimeneti feszültségének hőmérséklet-változás hatására történő ΔU_{ki} megváltozását, üresjárásban!
- Adatok:* $U_{z0} = 10 \text{ V}$; $I_{z0} = 16 \text{ mA}$; $U_{be} = 15 \text{ V}$; $\alpha_z = +7 \cdot 10^{-4} \text{ V/}^\circ\text{C}$; $\Delta T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 2.1.15.** Milyen határok között változhat a Zener-diódás elemi stabilizátor terhelő-ellenállása, ha a Zener-dióda jellegzőbőjtének határadatai a **2.13.** ábrán láthatók? A stabilizátor adatai $U_{be} = 12,5 \text{ V}$; $R = 100 \text{ }\Omega$.



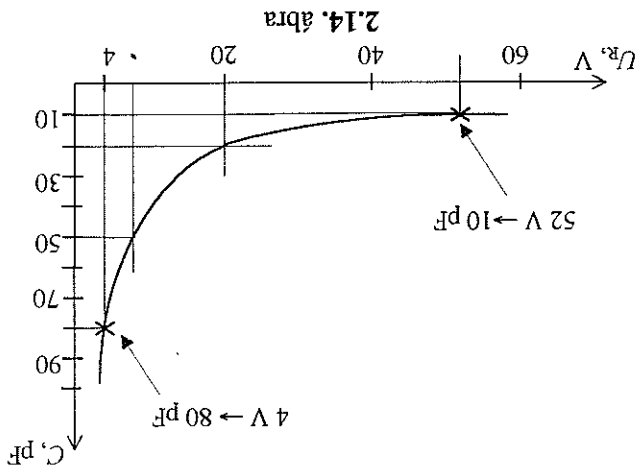
2.13. ábra

2.1.16. Számítsuk ki a Zener-diódás elemi stabilizátor munkapont-beállító ellenállásának értékét és határozzuk meg, hogy mekkora lehet a bemeneti feszültségét szolgáltató generátor R_g belső ellenállásának max. értéke! Milyen U^{benn} értékre csökken ebben az esetben a bemeneti feszültség értéke?

Adatok: $U_{\text{be}} = 10 \text{ V}$; $U_g = 11 \text{ V}$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $U_{Z0} = 5,6 \text{ V}$; $I_{Z0} = 10 \text{ mA}$; $U_{Z\min} = 5,4 \text{ V}$; $I_{Z\min} = 3 \text{ mA}$.

2.1.17. Számítsuk ki, hogy milyen határok között változtatható egy varicap diódás hangolási rezgőkör rezonanciafrekvenciája a 2.7. ábra kapcsolási rajza szerinti elrendezésben! A varicap dióda jelleggörbéje a 2.14. ábra szerinti.

Adatok: $C_1 = 220 \text{ pF}$; $L = 10 \mu\text{H}$; $U = 64 \text{ V}$; $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 3 \text{ k}\Omega$; $P = 12 \text{ k}\Omega$.

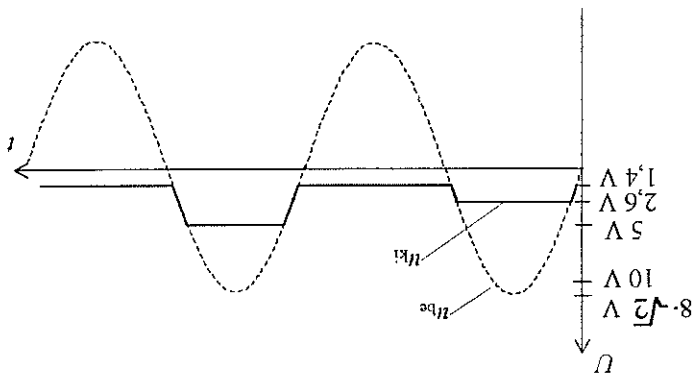


2.14. ábra

2.1.18. Egy adott típusú kapacitásdióda kapacitása a zárófeszültség értékéből a $C = 200 \cdot |U_R|^{-1,3}$ kifejezésből számítható ki pF-ban. Határozzuk meg a kapacitás értéket 2 V; 2,5 V; 3 V; 5 V; 10 V; 20 V; 30 V; 40 V; 50 V zárófeszültségek mellett és ábrázoljuk az eredményeket U_R -C jelleggörbében! Számítsuk ki, hogy a diódból és egy $L = 100 \mu\text{H}$ induktivitású tekercsből álló rezgőkör milyen frekvenciatarományban hangolható a fenti feszültséghatárok között! Mekkora zárófeszültségénél lesz a rezonanciafrekvencia $f_0 = 5 \text{ MHz}$?

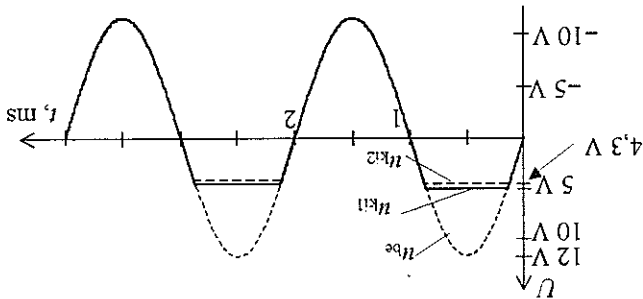
A feladatok megoldása

2.1.1. A jelalakok a 2.15. ábrán láthatóak.



2.15. ábra

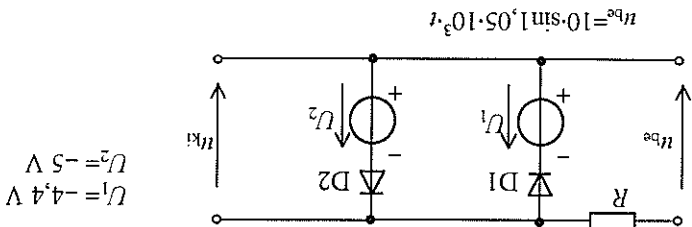
2.1.2. A jelalakok a 2.16. ábrán láthatóak.



2.16. ábra

$$2.1.3. u_{be} = 10 \cdot \sin 1,05 \cdot 10^3 \cdot t.$$

A 2.1.3. feladat áramkörre a 2.17. ábrán látható



2.17. ábra.

$$2.1.4. U_{be\max} = +2,475 \text{ V}; U_{be\min} = -2,6 \text{ V}.$$

$$2.1.5. a) U_{be\max} = 1,8 \text{ V}; U_{be\min} = -0,4 \text{ V}. b) U_{be\max} = 8,9 \text{ V}; U_{be\min} = -7,3 \text{ V}. c) U_{be\max} = 7,9 \text{ V}; U_{be\min} = -7,9 \text{ V}.$$

$$2.1.6. R \approx 9 \text{ k}\Omega.$$

2.1.7. Egyutas egyenirányító.

$$2.1.8. R = 2,95 \text{ k}\Omega; u_{b2} = 27,6 \text{ mV}; u_{ki} = 9,15 \text{ V}.$$

$$2.1.9. a_b = 2 \cdot 10^{-2}.$$

$$2.1.10. L = 2,79 \text{ mH}.$$

$$2.1.11. U_{ki} + u_{b2} = 15,9 \pm 6 \cdot 10^{-2} \text{ V}.$$

$$2.1.12. R_i = 1 \text{ k}\Omega.$$

$$2.1.13. R = 320 \Omega; U_{ki1} = 14,85 \text{ V}.$$

$$2.1.14. R = 312,5 \Omega; \Delta U_{ki} = +42 \text{ mV}.$$

$$2.1.15. R_{\max} = \infty \text{ (üresjárás)}; R_{\min} \approx 110 \Omega.$$

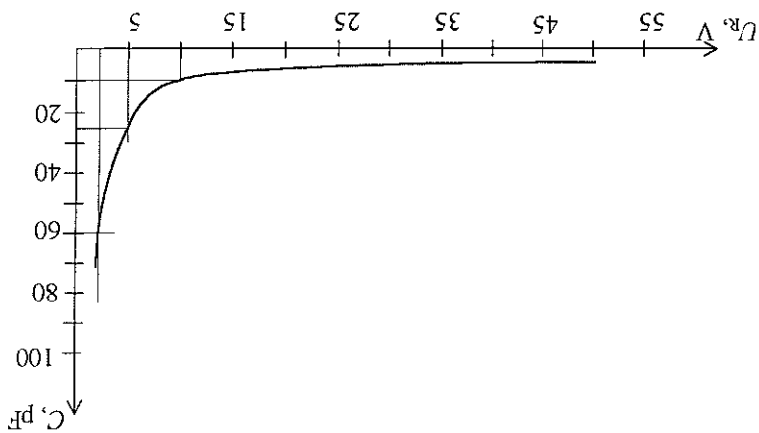
$$2.1.16. R = 282 \Omega; R_{g\max} = 384 \Omega; U_{be\min} = 7,7 \text{ V}.$$

$$2.1.17. f_{\text{amin}} = 6,57 \text{ MHz}; f_{\text{amax}} = 16,3 \text{ MHz}.$$

2.1.18.

U_R, V	2	2,5	3	5	10	20	30	40	50
C, pF	81,22	60,8	47,9	24,7	10	4,07	2,4	1,6	1,2

A 2.1.18. feladat $U_R - C$ jelleggörbéje a 2.18. ábrán látható.



2.18. ábra.

$f_{\min} \equiv 1,8 \text{ MHz}; f_{\max} \equiv 14,3 \text{ MHz}; U_R \equiv 10 \text{ V}.$

3. ANALÓG ALAPÁRAMKÖRÖK

3.1. Erősítő alapkapcsolások

1. példa

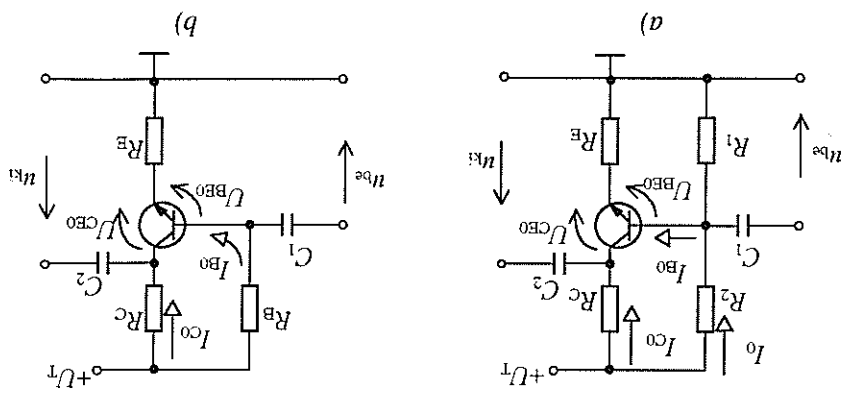
Számítsuk ki a 3.1. ábrán látható közös emitteres erősítő munkapont-beállító ellenállásainak értékét bázisosztós (3.1.a) ábra) és bázisáram táplálású (3.1.b) beállítási esetén! Ábrázoljuk a kapcsolás munkaeegyensúlyát és tüntessük fel rajta a jellemző értékeket! A tranzisztor jellegzőiből kiválasztott munkapont: $U_{CE0} = 5\text{ V}$; $I_{C0} = 27\text{ mA}$; $I_{B0} = 200\text{ }\mu\text{A}$; $U_{BE0} = 0,62\text{ V}$;

A megkívánt erősítés eléréséhez szükséges kollektor-ellenállás: $R_C = 220\text{ }\Omega$. A kapcsolás tápfeszültsége: $U_T = 12\text{ V}$. A megoldás során alkalmazható feltevételek:

– a tranzisztorok maradáékáramai elhanyagolhatók;

– $I_{C0} \approx I_{E0}$;

– a bázisosztó árama: $I_0 = 10 \cdot I_{B0}$.



3.1. ábra

Megoldás

$$U_T = I_{C0} \cdot R_C + U_{CE0} + I_{C0} \cdot R_E; R_E = \frac{U_T - I_{C0} \cdot R_C - U_{CE0}}{I_{C0}} = \frac{12 - 27 \cdot 10^{-2} \cdot 220 - 5}{27 \cdot 10^{-2}} = 39,26; R_E = 39,26\text{ }\Omega.$$

$$U_{B0} = I_{C0} \cdot R_E + U_{BE0} = 1,06 + 0,62 = 1,68; U_{B0} = 1,68\text{ V}.$$

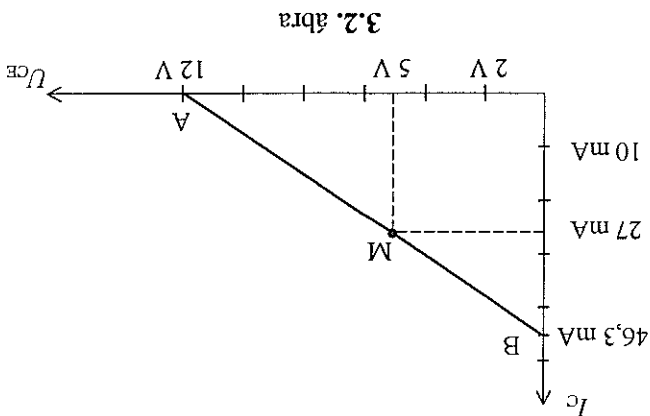
Bázisosztós beállítás esetén:

$$R_2 = \frac{U_T - U_{B0}}{12 - 1,68} = \frac{10 \cdot I_{B0}}{2 \cdot 10^{-3}} = 5,16 \cdot 10^3; R_2 = 5,16 \text{ k}\Omega.$$

$$R_1 = \frac{U_{B0}}{1,68} = \frac{9 \cdot I_{B0}}{2 \cdot 10^{-4}} = 9,3 \cdot 10^2; R_1 = 930 \Omega.$$

Bázisáram táplálásnál: $R_B = \frac{U_T - U_{B0}}{12 - 1,68} = \frac{I_{B0}}{2 \cdot 10^{-4}} = 5,16 \cdot 10^4; R_B = 51,6 \text{ k}\Omega.$

1. példa munkaeegyenese a 3.2. ábrán látható.



3.2. ábra

Az A ponthoz tartozó feszültség: $U_T = 12 \text{ V}$.
A munkaeegyenese B pontjához tartozó áramérték:

$$I_C = \frac{U_T}{R_E + R_C} = \frac{259,26}{12} = 4,63 \cdot 10^{-2}; I_C = 46,3 \text{ mA}.$$

Az M munkaponthoz tartozó adatok: $I_{C0} = 27 \text{ mA}$; $U_{CE0} = 5 \text{ V}$.

2. példa

Határozzuk meg a 3.3. ábrán látható n-csatornás zártkörűes FET-tel felépített közös source-ú kapcsolás R_G és R_S ellenállásait és a munkaponti U_{D0} feszültséget!

Adatok: $I_{D0} = 2,8 \text{ mA}$; $U_{GS0} = -1,2 \text{ V}$; $R_D = 2,2 \text{ k}\Omega$; $U_T = 15 \text{ V}$.

Megoldás

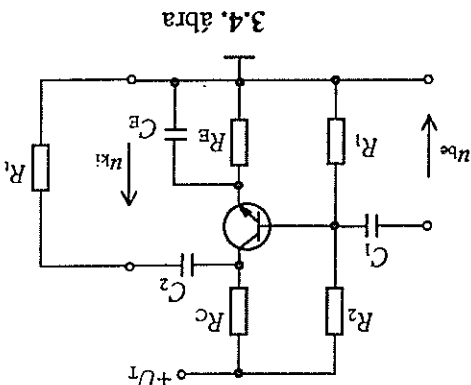
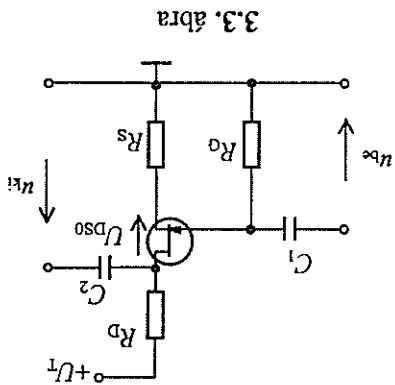
R_G választott értéke: $R_G = 1 \text{ M}\Omega$.

$$R_S = \frac{|U_{GS0}|}{I_{D0}} = \frac{1,2}{2,8 \cdot 10^{-3}} = 428,6; R_S = 428,6 \, \Omega.$$

$$U_T = I_{D0} \cdot R_D + U_{DS0} + I_{D0} \cdot R_S; U_{DS0} = U_T - I_{D0} \cdot R_D - I_{D0} \cdot R_S;$$

$$U_{DS0} = 15 - 2,8 \cdot 10^{-3} \cdot (2,2 \cdot 10^3 + 4,286 \cdot 10^2) = 7,64;$$

$$U_{DS0} = 7,64 \, \text{V}.$$



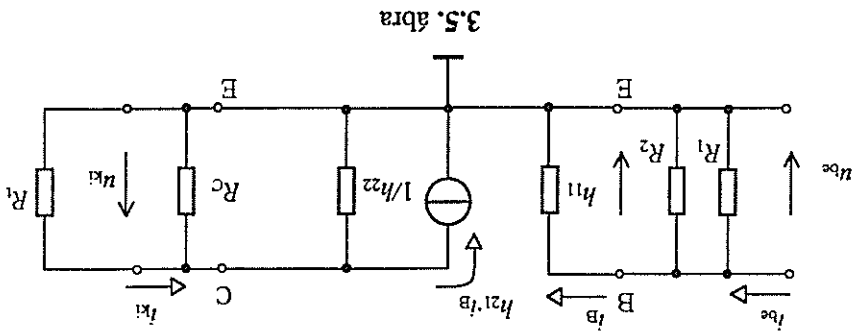
3. példa

A 3.4. ábrán egy közös emitteres kapcsolású erősítő rajza látható. Rajzoljuk fel a váltakozó áramú helyettesítőképét közepes frekvencián és számítsuk ki az erősítő be- és kimeneti ellenállását, a feszültséggyerősítést üresjáratban és terhelés mellett, valamint az áramerősítést! Az erősítéseket fejezzük ki dB_r-ben is! A számított ered-ményeket felhasználva rajzoljuk fel az erősítő helyettesítőképét!

Adatok: $R_1 = 10 \, \text{k}\Omega$; $R_2 = 68 \, \text{k}\Omega$; $R_C = 3,3 \, \text{k}\Omega$; $R_E = 330 \, \Omega$; $R_L = 18 \, \text{k}\Omega$; $h_{11} = 4,2 \, \text{k}\Omega$; $h_{22} = 10^{-5} \, \text{S}$; $h_{21} = 220$; $h_{12} \approx 0$ (elhanyagolható).

Megoldás

A 3. példa közös emitteres kapcsolás helyettesítőképe a 3.5. ábrán látható.



$$R_{be} = R_1 \times R_2 \times h_{11} = 10 \times 68 \times 4,2 = 2,83 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{ki} = \frac{1}{h_{22}} \times R_C = 100 \times 3,3 = 3,2; R_{ki} = 3,2 \text{ k}\Omega.$$

$$A_{uv} = -\frac{h_{21}}{h_{22}} \left(\frac{1}{h_{22}} \times R_C \right) = -\frac{h_{11}}{h_{21}} \cdot R_{ki} = -\frac{220}{4,2} \cdot 3,2 = -167,62.$$

$$A_{dBr}^{uv} = 20 \lg A_{uv} = 20 \lg 167,62 \approx 44,5 \text{ dB}_r.$$

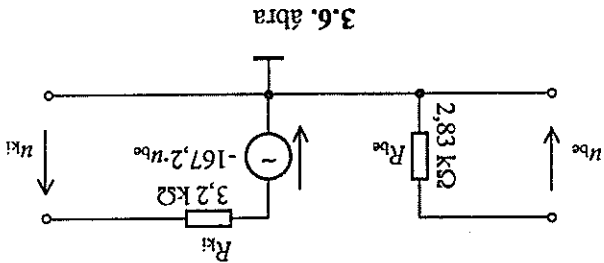
$$A_u = -\frac{h_{21}}{h_{22}} \left(\frac{1}{h_{22}} \times R_C \times R_i \right) = -\frac{h_{11}}{h_{21}} \cdot (3,2 \times 18) = -142,4.$$

$$A_{dBr}^{uv} = 20 \lg A_u = 20 \lg 142,4 = 43,1 \text{ dB}_r.$$

$$A_i = |A_u| \cdot \frac{R_{be}}{R_i} = 142,4 \cdot \frac{18}{2,83} = 22,4.$$

$$A_{dBr}^{ui} = 20 \lg A_i = 20 \lg 22,4 = 27 \text{ dB}_r.$$

A 3. példa erősítőjének helyettesítőképe a 3.6. ábrán látható.



4. példa

Mértezzük a 3.7. ábrán látható közös emitteres kapcsolású erősítő R_i , R_z , R_E munkapont-beállító ellenállásait! A számított értékek helyett válasszunk szabványos értékeket az E12-es sorból! Számítsuk ki az erősítő váltakozó áramú jellemzőit és a kimeneti feszültség értékét!

Adatok: $A_u = -80$; $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$; $u_g = 2 \text{ mV}$; $R_g = 75 \Omega$; $U_T = -12 \text{ V}$; $I_{C0} = 3 \text{ mA}$; $U_{BE0} = 0,22 \text{ V}$; $U_{CE0} = 5 \text{ V}$; $h_{11} = 1,2 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 110$; $h_{22} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $B = 80$.

Megoldás

Az előírt erősítéshez szükséges R_C munkaelállás az $A_u = -h_{21} \frac{h_{11}}{1 \times R_C \times R_1} \left(h_{22} \right)$

összefüggésből számítható: $80 = \frac{110}{1} \left(\frac{2 \cdot 10^{-5}}{1} \times R_C \times 5 \cdot 10^3 \right)$.

Innen: $R_C = 1,08 \text{ k}\Omega$.

Szabványos értéke: $R_C = 1 \text{ k}\Omega$. Ezzel $A_u = -\frac{110}{1} \cdot (50 \times 1 \times 5) = -75,13$.

Az R_E ellenállás számítása:

$$U_T = I_{C0} \cdot R_C + U_{CE0} + I_{C0} \cdot R_E; R_E = \frac{U_T - I_{C0} \cdot R_C - U_{CE0}}{I_{C0}} = \frac{12 - 3 - 5}{3 \cdot 10^{-3}} = 1,33 \cdot 10^3.$$

Szabványos értéket választva: $R_E = 1,2 \text{ k}\Omega$.

A bázisosztó méretezése:

$$U_{B0} = U_{E0} + U_{BE0} = 1,2 \cdot 3 + 0,22 = 3,82; U_{B0} = 3,82 \text{ V.}$$

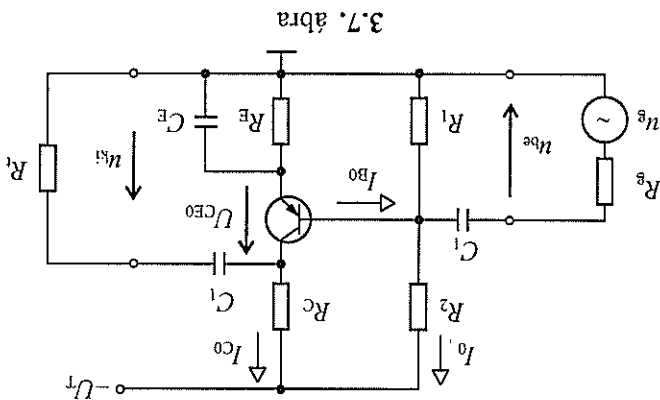
$$I_{C0} = \frac{B}{I_{B0}} = \frac{80}{3 \cdot 10^{-3}} = 3,75 \cdot 10^{-5}; I_{B0} = 37,5 \text{ }\mu\text{A.}$$

$$R_1 = \frac{U_{B0}}{9 \cdot I_{B0}} = \frac{3,82}{9 \cdot 3,75 \cdot 10^{-5}} = 1,13 \cdot 10^4; R_1 = 11,3 \text{ k}\Omega$$

Szabványos értéke: $R_1 = 12 \text{ k}\Omega$.

$$R_2 = \frac{U_T - U_{B0}}{10 \cdot I_{B0}} = \frac{12 - 3,82}{3,75 \cdot 10^{-4}} = 2,18 \cdot 10^4; R_2 = 21,8 \text{ k}\Omega.$$

Szabványos értéke: $R_2 = 22 \text{ k}\Omega$.



A váltakozó áramú jellemzők számítása:

$$R_{be} = R_1 \times R_2 \times h_{11} = 12 \times 22 \times 1,2 = 1,04; R_{be} \approx 1 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{ki} = \frac{1}{1} \times R_c \times h_{22} = 50 \times 1 = 0,98; R_{ki} = 980 \Omega.$$

$$A_i = |A_u| \cdot \frac{R_{be}}{R_i} = 80 \cdot \frac{1}{5} = 16.$$

$$u_{be} = u_{\varepsilon} \cdot \frac{R_{be}}{R_{be} + R_g} = 2 \cdot \frac{1}{1 + 7,5 \cdot 10^{-2}} = 1,86; u_{be} = 1,86 \text{ mV}.$$

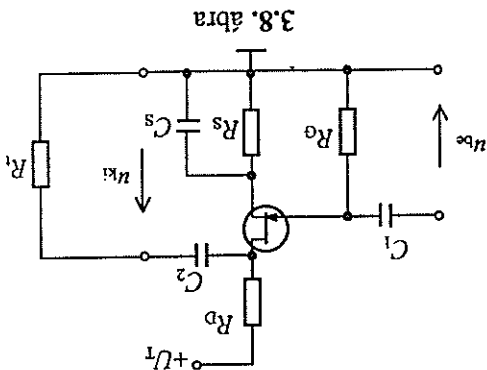
$$u_{ki} = u_{be} \cdot A_u = -1,86 \cdot 75,13 = -139,75; u_{ki} = 139,75 \text{ mV}.$$

5. példa

Készítsünk n-csatornás záróértékes FET-tel olyan közös source-ú erősítőfokozatot, amely az $u_{be} = 3 \text{ mV}$ -os bemeneti feszültséget $u_{ki} = 63 \text{ mV}$ -ra erősíti! Az erősítő kapcsolási rajza a 3.8. ábrán látható.

Adatok: $U_{DS0} = 5 \text{ V}$; $-U_{GS0} = 2 \text{ V}$; $I_{D0} = 1 \text{ mA}$; $y_{21} = 6 \text{ mA/V}$; $y_{22} = 10^{-4} \text{ S}$; $R_i = 10 \text{ k}\Omega$.

Számítsuk ki az R_D munkapont-beállításhoz szükséges R_S , R_G ellenállásokat és a tápfeszültséget! Rajzoljuk fel az erősítő y paraméteres helyettesítőképet és határozzuk meg a be- és kimeneti ellenállás értékét!



3.8. ábra

Megoldás

$$|A_u| = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{63}{3} = 21. \text{ A közös source-ú kapcsolás miatt: } A_u = -21.$$

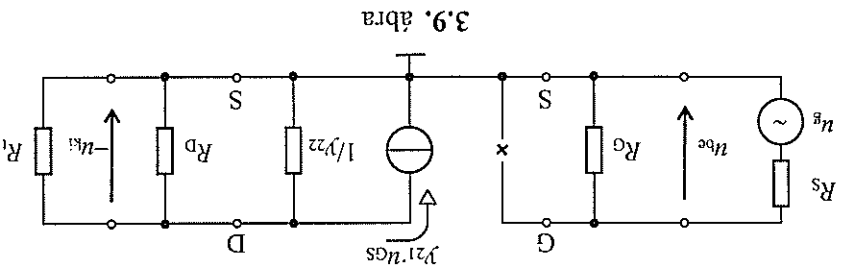
$$A_u = -y_{21} \cdot \left(\frac{1}{y_{22}} \times R_D \times R_i \right); -21 = -6 \cdot (10 \times R_D \times 10); \text{ Ebből: } R_D = 11,66 \text{ k}\Omega.$$

A source-ellenállás állítja be a munkaponti gate-source feszültséget:

$$R_S = \frac{|U_{GS0}|}{I_{D0}} = \frac{10^{-3}}{2} = 2 \cdot 10^3; R_S = 2 \text{ k}\Omega.$$

A tápfeszültség értéke: $U_T = I_{D0} \cdot R_D + U_{DS0} + |U_{GS0}| = 1,66 + 5 + 2 = 18,66 \text{ V}$.
A gate-ellenállás választott értéke: $R_G = 1 \text{ M}\Omega$.

Az y paraméteres helyettesítőkép a 3.9. ábrán látható.



A helyettesítőkép alapján:

$$R_{be} = R_G = 1 \text{ M}\Omega; R_{ki} = \frac{1}{y_{22}} \times R_D = 10^4 \times 11,66 \cdot 10^3 = 5,38 \cdot 10^3.$$

$$R_{ki} = 5,38 \text{ k}\Omega.$$

6. példa

A 3.10. ábrán egy közös kollektoros kapcsolás látható. Számítsuk ki az R_1 , R_2 , R_E munkapont-beállító ellenállások értékét! Rajzoljuk fel az erősítő h paraméteres helyettesítőképét közepes frekvencián és számítsuk ki a fokozat be- és kimeneti ellenállását és feszültségátvitelét! A számításokat végezzük el pontosan és közelítőleg is! Rajzoljuk fel a fokozat helyettesítőképét a közelítő értékekkel! Alakítsuk át a fokozat munkapont-beállítást bázisáram táplálásúra, számítsuk ki az R_B ellenállás és a bemeneti ellenállás értékét!

Adatok: $U_{CE0} = 8 \text{ V}$; $I_{C0} = 2 \text{ mA}$; $U_{BE0} = 0,65 \text{ V}$; $U_T = 10 \text{ V}$; $B = 100$; $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 500 \Omega$; $I_0 = 10 \cdot I_{B0}$. A közös emitteres kapcsolásra vonatkozó h -paraméterek:

$$h_{11} = 2,2 \text{ k}\Omega; h_{21} = 140; h_{22} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}.$$

Megoldás

$$U_T = U_{CE0} + I_{C0} \cdot R_E; R_E = \frac{U_T - U_{CE0}}{I_{C0}} = \frac{10 - 8}{2 \cdot 10^{-3}} = 10^3; R_E = 1 \text{ k}\Omega.$$

$$U_{B0} = I_{C0} \cdot R_E + U_{BE0} = 2 + 0,65 = 2,65; I_{B0} = \frac{I_{C0}}{B} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{10^2} = 2 \cdot 10^{-5}.$$

A kimeneti ellenállás pontos értéke:

$$R_{ki} = R_E \times \frac{1}{1} \times \frac{h_{22}}{1 + h_{21}} = 1 \times 20 \times \frac{0,5 \times 14,7 \times 36,75}{(0,5 \times 14,7 \times 36,75) + 2,2} = 1,846 \cdot 10^{-2};$$

$$R_{ki} = 18,46 \, \Omega.$$

A közeli érték:

$$R_{ki} \approx R_E \times \frac{h_{22}}{h_{21}} = 1 \times \frac{140}{2,2} = 1,547 \cdot 10^{-2}; R_{ki} = 15,47 \, \Omega.$$

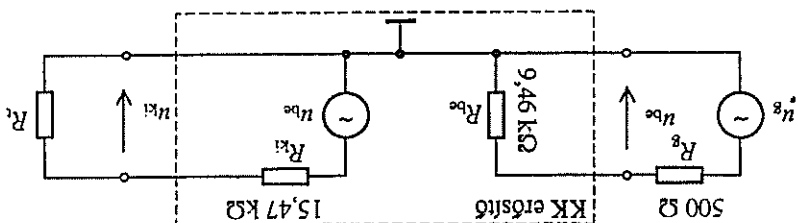
A feszültséggyarapítás pontos értéke:

$$R_E = \frac{1}{1} \times R_E \times R_i = 20 \times 1 \times 2 = 0,645.$$

$$A_u = \frac{1}{1 + \frac{h_{21}}{h_{11}}} = \frac{1}{1 + \frac{h_{21} \cdot R_E}{140 \cdot 0,645}} = \frac{1}{2,2} = 0,9762.$$

A közeli érték számítás nélkül $A_u = 1$.

A 6. példa közös kollektoros erősítőjének helyettesítőképe a 3.12. ábrán látható.



3.12. ábra

Báziszosztós munkapont-beállítással:

$$R_B = \frac{I_{B0}}{U_T - U_{B0}} = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{10 - 2,65} = 3,675 \cdot 10^5; R_B = 367,5 \, \text{k}\Omega.$$

$$R_{be} = R_B \times [h_{11} + h_{21}(R_E \times R_i)] = 367,5 \times [2,2 + 140(1 \times 2)] = 75,8; R_{be} = 75,8 \, \text{k}\Omega.$$

7. példa

A 3.13. ábrán egy n-csatornás JFET-tel felépített közös drain kapcsolású erősítő látható. Határozzuk meg mekkora tápfeszültség szükséges az erősítő működéséhez, ha a FET munkapontja: $U_{GS0} = -2 \, \text{V}$; $U_{DS0} = 6 \, \text{V}$; $I_{D0} = 4 \, \text{mA}$! Számítsuk ki a munkapont beállításához szükséges R_G és R_S ellenállások értékét! Rajzoljuk fel az erősítő y paraméteres váliakozó áramú helyettesítőképet és határozzuk meg a be-

A kimeneti ellenállás pontos értéke:

$$R_{ki} = R_E \times \frac{1}{(R_E \times R_1 \times R_2) + h_{11}} \times \frac{h_{22}}{1 + h_{21}} = 1 \times 20 \times \frac{(0,5 \times 14,7 \times 36,75) + 2,2}{1 + 140} = 1,846 \cdot 10^{-2}$$

A közeltítő érték:

$$R_{ki} = 18,46 \Omega$$

$$R_{ki} \approx R_E \times \frac{h_{11}}{h_{21}} = 1 \times \frac{140}{2,2} = 1,547 \cdot 10^{-2}; R_{ki} = 15,47 \Omega$$

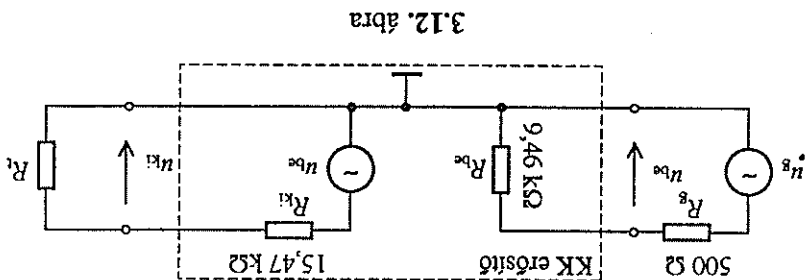
A feszültség erősítés pontos értéke:

$$R_E = \frac{1}{1} \times R_E \times R_1 = 20 \times 1 \times 2 = 0,645$$

$$A_u = \frac{1}{1} \times \frac{1 + \frac{h_{21}}{h_{11}}}{1 + \frac{h_{21}}{h_{11}} \times R_E} = \frac{1}{1} \times \frac{2,2}{1 + 140 \cdot 0,645} = 0,9762$$

A közeltítő érték számítás nélkül $A_u \approx 1$.

A 6. példa közös kollektoros erősítőjének helyettesítőképe a 3.12. ábrán látható.



Bázisösszitos munkapont-beállítással:

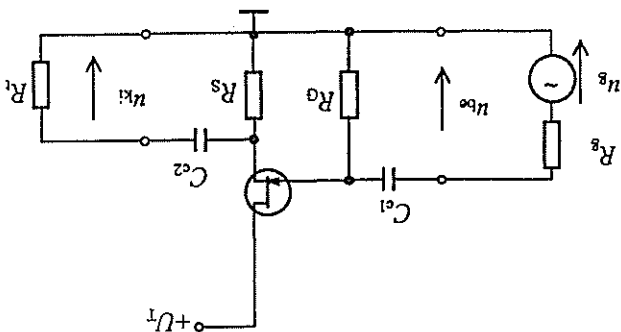
$$R_B = \frac{U_T - U_{B0}}{I_{B0}} = \frac{10 - 2,65}{2 \cdot 10^{-5}} = 3,675 \cdot 10^5; R_B = 367,5 \text{ k}\Omega$$

$$R_{be} = R_B \times [h_{11} + h_{21}(R_E \times R_1)] = 367,5 \times [2,2 + 140(1 \times 2)] = 75,8; R_{be} = 75,8 \text{ k}\Omega$$

7. példa

A 3.13. ábrán egy n-csatornás JFET-rel felépített közös drain kapcsolású erősítő látható. Hatarozzunk meg mekkora tápfeszültség szükséges az erősítő működéséhez, ha a FET munkapontja: $U_{GS0} = -2 \text{ V}$; $U_{DS0} = 6 \text{ V}$; $I_{D0} = 4 \text{ mA}$! Számítsuk ki a munkapont beállításhoz szükséges R_G és R_S ellenállások értékét! Rajzoljuk fel az erősítő y paraméteres váltakozó áramú helyettesítőképét és határozzuk meg a be-

és kimeneti ellenállást, az üresjárási és a terheléssel feszültséggyarapítást, valamint mindkét esetben a kimeneti feszültségét, ha

$$u_g = 1,5 \text{ mV}; R_{be} = 1 \text{ M}\Omega; R_g = 1 \text{ k}\Omega; R_i = 1 \text{ k}\Omega; R_l = 1 \text{ k}\Omega; \gamma_{21} = 3,2 \frac{\text{mA}}{\text{V}}, \gamma_{22} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ S}$$


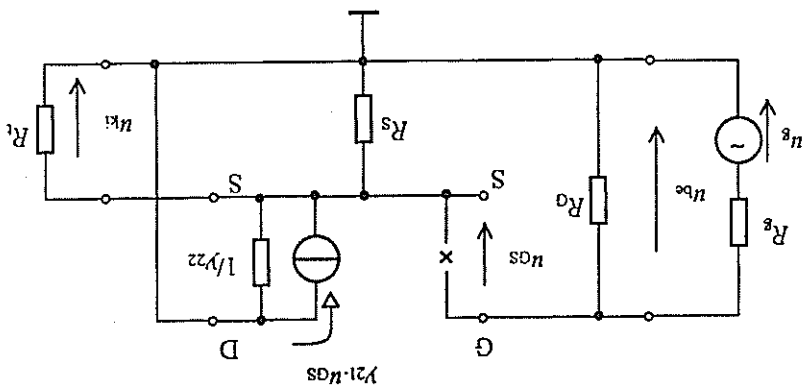
3.13. ábra

Megoldás

$$U_T = U_{D0} + |U_{GS0}| = 6 + 2 = 8 \text{ V}.$$

$$R_S = \frac{I_{D0}}{|U_{GS0}|} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{2} = 5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ A/V} = 500 \Omega.$$

A gate-ellenállás megegyezik a bemeneti ellenállással, ezért $R_g = 1 \text{ M}\Omega$.
A közös drain elektrodájú kapcsolás helyettesítőképe a 3.14. ábrán látható.



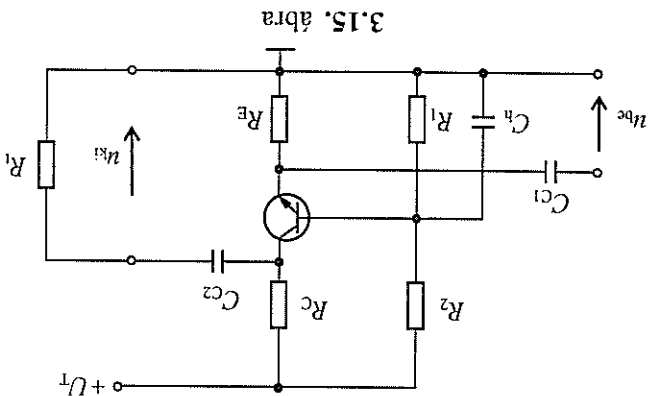
3.14. ábra

$$R_{ki} = \frac{1}{\gamma_{21}} \times R_S \times \frac{1}{1} = \frac{3,2 \cdot 10^{-3}}{1} \times 5 \cdot 10^3 \times \frac{4 \cdot 10^{-5}}{1} = 1,92 \cdot 10^{-2}; R_{ki} = 192 \Omega.$$

8. példa

A 3.15. ábrán egy közös bázisú erősítő látható. Számítsuk ki a munkapont beállításhoz szükséges R_1 , R_2 , R_E ellenállások értékét! Rajzoljuk fel a h paraméteres váltakozó áramú helyettesítőképet közepes frekvencián és határozzuk meg a be- és kimeneti ellenállást, az üresjárási és a terhelés mellett érvényes feszültséggerjesztést, valamint az áramerősítést!

Adatok: $U_T = 12\text{ V}$; $U_{CE0} = 6\text{ V}$; $I_{C0} = 4,2\text{ mA}$; $B = 120$; $U_{BE0} = 0,6\text{ V}$; $R_C = 1\text{ k}\Omega$; $R_1 = 12\text{ k}\Omega$. A közös emitteres kapcsolásra vonatkozó h -paraméterek: $h_{11} = 2,5\text{ k}\Omega$; $h_{21} = 170$; h_{22} elhanyagolható.



Megoldás

$$R_E = 4286\ \Omega.$$

$$U_{B0} = I_{C0} \cdot R_E + U_{BE0} = 1,8 + 0,6 = 2,4;$$

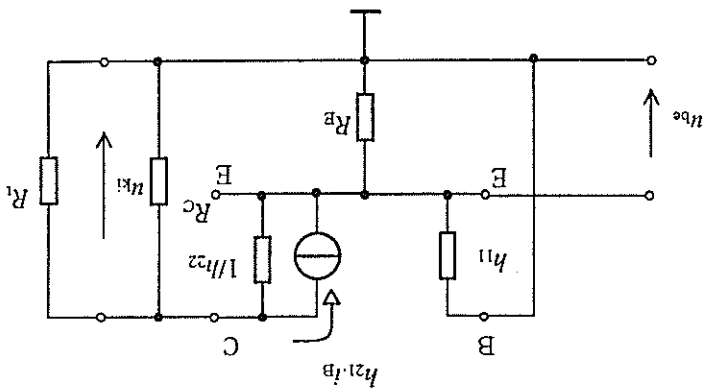
$$U_T = I_{C0} \cdot R_C + U_{CE0} + I_{C0} \cdot R_E; R_E = \frac{U_T - U_{CE0} - I_{C0} \cdot R_C}{I_{C0}} = \frac{12 - 6 - 4,2 \cdot 1}{4,2} = 0,4286;$$

$$I_{B0} = \frac{B}{I_{C0}} = \frac{4,2}{120} = 3,5 \cdot 10^{-2}; I_{B0} = 35 \mu A.$$

$$R_1 = \frac{U_{B0}}{I_{B0}} = \frac{2,4}{9 \cdot 3,5 \cdot 10^{-2}} = 7,62; R_1 = 7,62 \text{ k}\Omega.$$

$$R_2 = \frac{U_T - U_{B0}}{10 \cdot I_{B0}} = \frac{12 - 2,4}{3,5 \cdot 10^{-1}} = 27,43; R_2 = 27,43 \text{ k}\Omega.$$

A közepes frekvencián érvelésszerűen helyettesítőkép a 3.16. ábrán látható.



3.16. ábra

$$R_{be} = \frac{h_{21}}{h_{11}} \times R_E = 2,5 \cdot 10^3 \times 428,6 = 14,2; R_{be} = 14,2 \Omega.$$

$$R_{ki} = R_C = 1 \text{ k}\Omega.$$

A h_{22} paraméter elhanyagolásával:

$$A_u = \frac{h_{21}}{h_{11}} (R_C \times R_i) = \frac{170}{2,5} (1 \times 12) = 62,77$$

$$-A_i = A_u \cdot \frac{R_{be}}{R_i} = 62,77 \cdot \frac{14,2}{1,2 \cdot 10^4} = 7,43 \cdot 10^{-2}.$$

$$A_{ub} = \frac{h_{21}}{h_{11}} \cdot R_C = 68 \cdot 1 = 68.$$

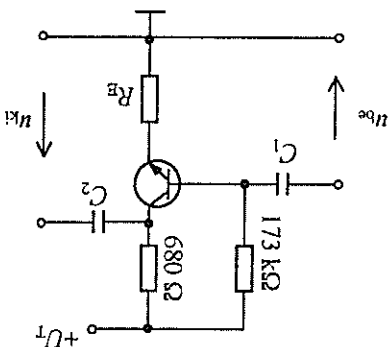
3.1.1. Számítsuk ki egy közös emitteres erősítő munkapont-beállító ellenállásainak értékét! A bázisosztós beállítás esetén!

Adatok: $U_{CE0}=6\text{ V}$; $I_{C0}=4\text{ mA}$; $B=80$; $U_{BE0}=0,65\text{ V}$; $U_T=10\text{ V}$; $R_C=360\ \Omega$.

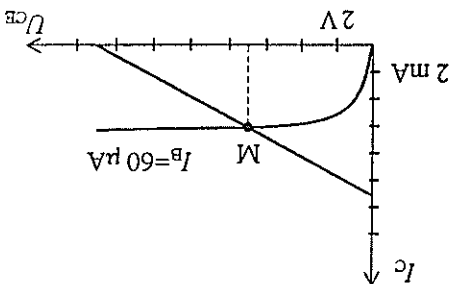
3.1.2. Határozzuk meg a bázisáramtáplálású közös emitteres erősítő munkapont-beállító ellenállásainak értékét! A számrításokat végezzük el azonos kollektor-ellenállással, emitterköri stabilizáció nélkül és R_E -vel stabilizálva a munkapontot! Rajzoljuk fel a két kapcsolási rajzt!

Adatok: $I_{B0}=100\ \mu\text{A}$; $I_{C0}=12\text{ mA}$; $U_{CE0}=4\text{ V}$; $U_{BE0}=0,6\text{ V}$.
 R_E nélkül $U_T=9\text{ V}$; R_E -vel $U_T=10\text{ V}$.

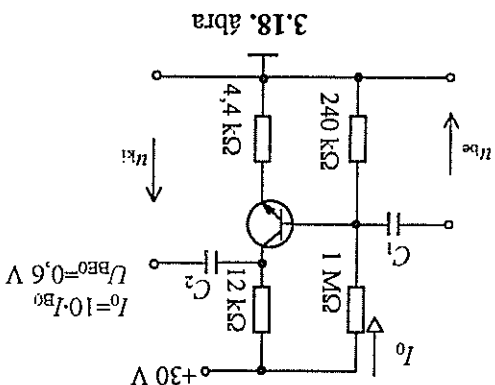
3.1.3. Egy bázisáramtáplálású közös emitteres erősítő munkapont-beállítást bázisosztóra kell átalakítani. Mérésezzük a bázisosztó ellenállásait és az emitter-ellenállást, ha ismeret a 3.17. ábrán látható kapcsolási rajz és a munkaegyenés!



3.17. ábra



3.1.4. Határozzuk meg a 3.18. ábrán látható erősítő tranzisztorának munkapontját!



3.18. ábra

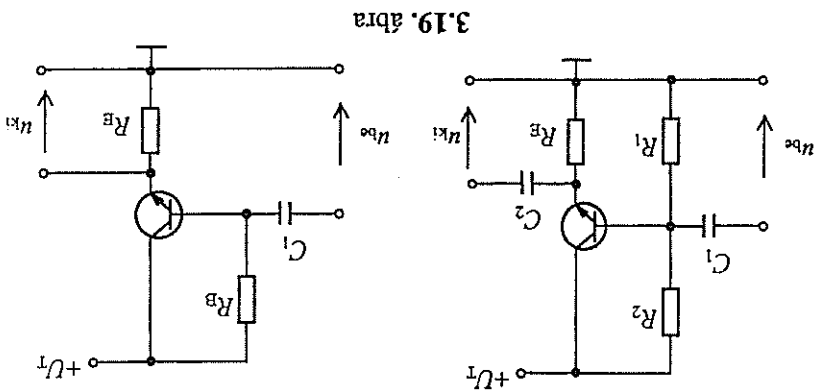
3.1.5.

Számítsuk ki egy közös emitteres erősítő bázisosztójának és emitter-ellenállásnak értékét és az ellenállásokon keletkező teljesítményt! Válasszunk szokványos ellenállásokat az E12-es sorból!

Adatok: $I_{B0} = 25 \mu\text{A}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$; $U_{CE0} = 6 \text{ V}$; $I_{C0} = 4 \text{ mA}$; $R_C = 1,2 \text{ k}\Omega$; $U_T = 15 \text{ V}$.

3.1.6. Számítsuk ki a 3.19. ábrán látható közös kollektoros kapcsolás munkapont-beállító ellenállásának értékét! Végezzük el a számítást bázisosztós és bázisáram táplálási beállítás esetén is!

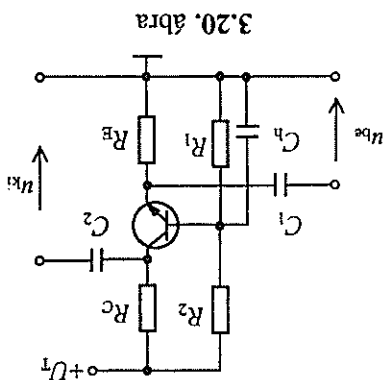
Adatok: $U_{CE0} = 5,5 \text{ V}$; $I_{C0} = 4 \text{ mA}$; $B = 80$; $U_{BE0} = 0,67 \text{ V}$; $U_T = 10 \text{ V}$.



3.19. ábra

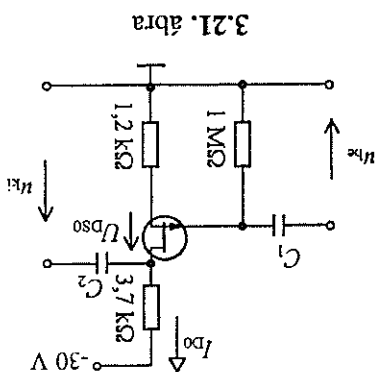
3.1.7. Határozzuk meg a 3.20. ábrán látható közös bázisú kapcsolás bázisosztó ellenállásainak és emitter-ellenállásának értékét!

Adatok: $U_T = 15 \text{ V}$; $I_{C0} = 18 \text{ mA}$; $I_{B0} = 120 \mu\text{A}$; $U_{CE0} = 7 \text{ V}$; $U_{BE0} = 0,63 \text{ V}$; $R_C = 360 \Omega$.



3.20. ábra

3.1.8. Határozzuk meg a 3.21. ábra p-csatornás JFET-vel feleltett közös forrás-elektrodájú kapcsolás munkaponti adatait! Az erősítő a táp-egységből $I_T = 3,7 \text{ mA}$ áramot vesz fel.



3.21. ábra

3.1.9. Számítsuk ki egy közös source-ü kapcsolás R_G gate-ellenállását, R_S source-ellenállását és a tápfeszültség értékét!

Adatok: $I_{D0} = 8 \text{ mA}$; $U_{D50} = 6 \text{ V}$; $U_{GS0} = -2 \text{ V}$; $R_D = 1,5 \text{ k}\Omega$.

3.1.10. Rajzoljuk fel egy közös emitteres erősítő váltakozó áramú helyettesítőképet közepes frekvencián! Számítsuk ki az R_E emitter-ellenállás, az R_1 és R_2 bázisztó ellenállások értékét, válasszunk szabványos ellenállásokat és határozzuk meg az üresjárási és a terhelt feszültséggyerősítés, valamint az áramerősítés értékeit dB_r -ben is!

Adatok: $U_T = 16 \text{ V}$; $I_{C0} = 8 \text{ mA}$; $B = 170$; $U_{CE0} = 7 \text{ V}$; $U_{BE0} = 0,7 \text{ V}$; $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$; $R_C = 820 \Omega$; $h_{11} = 2,7 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 210$; $h_{22} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.

3.1.11. Számítsuk ki egy közös emitteres erősítő váltakozó áramú jellemzőit (R_{be} , R_{ki} , A_{ub} , A_u , A_v) a közepes frekvencián érvényes h paraméteres helyettesítőkép alapján. Határozzuk meg az erősítő be- és kimeneti feszültségének értékeit terhelés mellett!

Adatok: $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 5,6 \text{ k}\Omega$; $R_E = 39 \Omega$; $R_C = 220 \Omega$; $h_{11} = 1,2 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 90$; $h_{22} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ S}$; $R_1 = 8,2 \text{ k}\Omega$; $R_E = 25 \Omega$; $u_g = 8 \text{ mV}$.

3.1.12. Számítsuk ki egy bázisáram táplálási munkapont-beállítással működő közös emitteres erősítő váltakozó áramú jellemzőit! Rajzoljuk fel a h paraméteres helyettesítőképet és az erősítő helyettesítőképet!

Adatok: $R_C = 680 \Omega$; $R_B = 173 \text{ k}\Omega$; $R_E = 683,6 \Omega$; $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$; $h_{11} = 1 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 160$; $h_{22} = 10 \mu\text{S}$.

3.1.13. Számítsuk ki egy közös emitteres erősítő R_{be} , R_{ki} , A_{ub} , A_u , A_v , $A_{1,db}$, $A_{1,ub}$, $A_{1,u}$ jellemzőit! Határozzuk meg, hogy hány %-kal változik meg az erősítés, ha az R_{11} terhelő-ellenállást R_{12} -re változtatjuk!

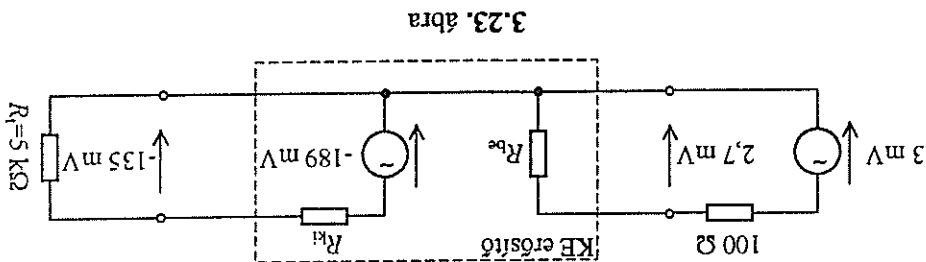
Adatok: $R_1 = 240 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$; $R_C = 12 \text{ k}\Omega$; $R_E = 4,4 \text{ k}\Omega$; $R_{11} = 25 \text{ k}\Omega$; $h_{11} = 6,2 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 110$; $h_{22} = 10^{-6} \text{ S}$; $R_{12} = 1 \text{ k}\Omega$.

3.1.14. Számítsuk ki a 3.22. ábrán látható közös emitteres erősítő váltakozó áramú jellemzőit! A kiszámított adatokat felhasználva rajzoljuk fel az erősítő helyettesítőképet! Számítsuk ki a helyettesítőkép alapján az erősítő kimeneti feszültségét üresjáráásban és terhelés mellett!

Adatok: $h_{11} = 2,2 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 120$; $h_{22} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $R_1 = 5 \cdot 10^3 \Omega$.

3.1.15. A 3.23. ábrán egy közös emitteres erősítő helyettesítőképe látható. Számítsuk ki az erősítő be- és kimeneti ellenállását, az üresjárati és a terhelés mel-

letti feszültséggerjesztést, valamint az áramerősítést! Az erősítéseket fejezzük ki dB-ben is!



3.23. ábra

3.1.16. Egy mikrofon 2,5 mV-os kimeneti jelet egy közös emitteres előerősítővel 200 mV-ra kell erősíteni. Az előerősítőt követő fokozat bemeneti ellenállása 25 kΩ. Az erősítő tranzisztorát az $U_{CE0} = 6$ V, $I_{C0} = 5$ mA, $I_{B0} = 48$ μA, $U_{BE0} = 0,65$ V munkapontban működtetjük. Ebben a munkapontban a tranzisztor h paraméterei: $h_{11} = 2,4$ kΩ; $h_{21} = 180$; $h_{22} = 4 \cdot 10^{-5}$ S. A rendelkezésre álló tápegység feszültsége 14 V. Számítsuk ki az előírt erősítéshez szükséges R_C munkaelőállást, valamint a munkapont-beállító R_1 , R_2 és R_E ellenállásokat!

3.1.17. Egy p-n-p tranzisztorral felépített közös emitteres erősítő ismert adatai: $A_u = 35,7$ dB; $A_i = 25,5$ dB; $R_C = 820$ Ω; $R_E = 180$ Ω; $R_1 = 4,5$ kΩ; $R_2 = 16,2$ kΩ; $I_{B0} = 50$ μA; $h_{11} = 1,1$ kΩ; $h_{21} = 140$; $h_{22} = 5 \cdot 10^{-5}$ S. Készítsük el a kapcsolási rajzot és számítsuk ki az erősítő R_i terhelő-ellenállását, U_T tápfeszültségét, be- és kimeneti ellenállását!

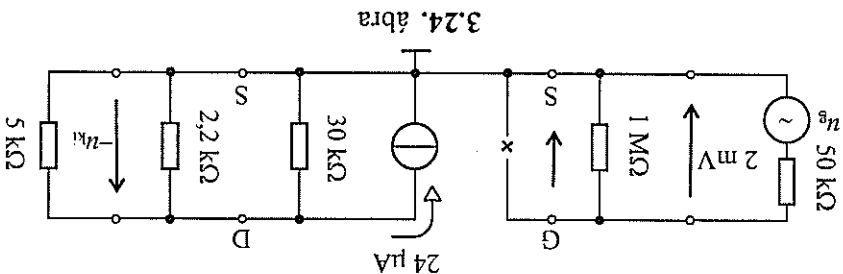
3.1.18. Rajzoljuk fel egy p-csatornás JFET-tel felépített közös source-ü erősítő kapcsolási rajzát és y paraméteres helyettesítőképét! Számítsuk ki a be- és kimeneti ellenállást és a feszültséggerősítést dB_r -ben is!

Adatok: $R_i = 4,7 \text{ k}\Omega$; $R_g = 300 \Omega$; $R_D = 1,8 \text{ k}\Omega$; $R_g = 1 \text{ M}\Omega$;
 $y_{z1} = 4 \text{ mA/V}$; $y_{z2} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.

3.1.19. Számítsuk ki egy n-csatornás JFET-tel felépített közös source-ü erősítő be- és kimeneti ellenállását, üresjárási és terhelte feszültséggerősítését dB_r -ben is! Határozzuk meg az R_s source ellenállást és a tápfeszültség értékét!

Adatok: $I_{D0} = 2,2 \text{ mA}$; $U_{DS0} = 4,9 \text{ V}$; $|U_{GS0}| = 1,1 \text{ V}$; $R_D = 4,7 \text{ k}\Omega$;
 $R_g = 820 \text{ k}\Omega$; $y_{z1} = 8,2 \text{ mA/V}$; $y_{z2} = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $R_i = 27 \text{ k}\Omega$.

3.1.20. A 3.24. ábrán egy közös source-ü erősítő y paraméteres helyettesítőképe látható. Számítsuk ki a helyettesítőkép adatai alapján a JFET y_{z1} és y_{z2} paraméterét és a generátor új feszültségének értékét! Határozzuk meg üresjárárszabán és terhelés mellett a kimeneti feszültséget és a feszültséggerősítést!



3.1.21. Számítsuk ki egy p-csatornás JFET-tel felépített közös source-ü erősítő R_g , R_D , R_i , R_k ellenállásait, üresjárási és terhelte feszültséggerősítését (dB_r -ben is), valamint a FET y_{z2} paraméterét! Az üresjárási és terhelte kimeneti feszültség viszonya: $\frac{u_{ki}}{u_{ki0}} = 1,5$.

Adatok: $I_{D0} = -1 \text{ mA}$; $U_{GS0} = 1,2 \text{ V}$; $U_{DS0} = -7 \text{ V}$; $U_r = -12 \text{ V}$; $R_i = 6 \text{ k}\Omega$;
 $R_{pc} = 500 \text{ k}\Omega$; $y_{z1} = 7,7 \text{ mA/V}$.

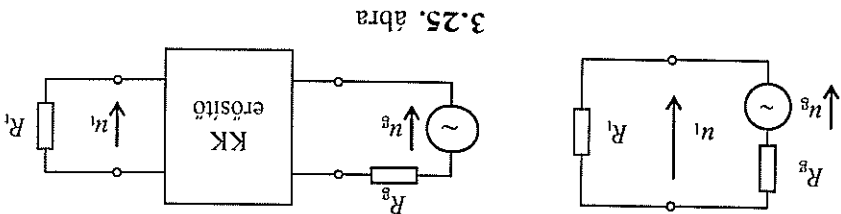
3.1.22. Számítsuk ki egy közös kollektoros erősítő munkapont-beállító ellenállásainak értékét, bázisáram táplálási beállítás esetén! Rajzoljuk fel a kapcsolás H_E paraméteres helyettesítőképét és határozzuk meg a be- és kimeneti ellenállást!

3.1.23. Számítsuk ki egy bázisáram táplálási munkapont-beállítással ellátott közös kollektoros erősítő munkapont-beállító ellenállásainak értékét, valamint a váltakozó áramú jellemzőinek pontos és közelítő értékeit! Rajzoljuk fel az erősítő helyettesítőképet!

Adatok: $U_T = 10 \text{ V}$; $U_{BE0} = 0,7 \text{ V}$; $I_{C0} = 5 \text{ mA}$; $I_{B0} = 30 \text{ }\mu\text{A}$. A közös emitteres kapcsolásra vonatkozó h -paraméterek: $h_{11} = 1,5 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 220$; $h_{22} = 10^{-5} \text{ S}$.

3.1.24. Egy váltakozó áramú generátor és a terhelés közé közös kollektoros fokozatot helyezünk, amint az a **3.25.** ábrán látható. Mérésezzenük a közös kollektoros erősítő munkapont-beállító ellenállásait és számítsuk ki a be- és kimeneti ellenállás, valamint a feszültségértéket! A munkapont-beállítási bázisáram táplálással történik. Határozzuk meg, hogy a generátorfeszültség hányszorososa jut a terhelésre az erősítő nélkül és az erősítő alkalmazásával!

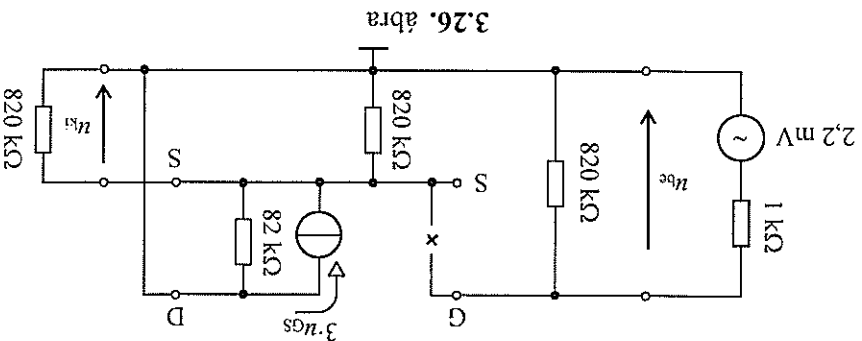
Adatok: $R_g = 600 \text{ }\Omega$; $R_l = 10 \text{ k}\Omega$; $U_T = 5,8 \text{ V}$; $U_{CE0} = 4 \text{ V}$; $I_{C0} = 1,2 \text{ mA}$; $I_{B0} = 10 \text{ }\mu\text{A}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$. A közös emitteres kapcsolásra vonatkozó h -paraméterek: $h_{11} = 3 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 270$; $h_{22} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.



3.1.25. Rajzoljunk fel egy p-csatornás JFET-tel felépített közös drain elektrodájú erősítőt! Számítsuk ki a FET munkaponti feszültségeit, az erősítő be- és kimeneti ellenállását és a feszültségértéket üresjáratban és terhelés esetén!

Adatok: $U_T = -6,8 \text{ V}$; $I_{D0} = -2 \text{ mA}$; $R_g = 1,2 \text{ M}\Omega$; $R_s = 900 \text{ }\Omega$; $R_l = 10 \text{ k}\Omega$; $y_{21} = 4 \text{ mA/V}$; $y_{22} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.

3.1.26. A **3.26.** ábrán egy n-csatornás JFET-tel felépített közös drain elektrodájú kapcsolás y paraméteres váltakozó áramú helyettesítőképe látható. Számítsuk ki a fokozat kimeneti feszültségét!

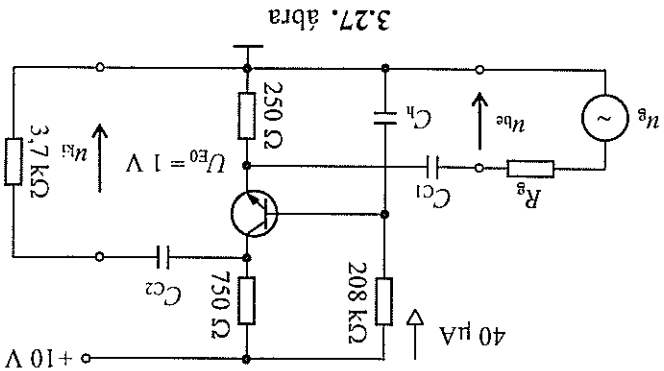


3.1.27. Mérétezzünk egy közös bázisú erősítőt úgy, hogy üresjárásban a feszültségátviteli tényező $A_{um} = 100$ legyen! Határozzuk meg a bázisosztó ellenállásainak értékét, a helyettesítőkép alapján a be- és kimeneti ellenállást, a feszültségátviteli tényezőt és a teljesítményátvitelt!

Adatok: $U_T = 15$ V; $U_{CE0} = 6$ V; $I_{C0} = 8$ mA; $B = 125$; $U_{BE0} = 0,7$ V; $R_1 = 5$ kΩ; $R_2 = 1,5$ kΩ; $h_{11} = 150$; $h_{21} = 150$; $h_{12} = 10^{-4}$; $h_{22} = 10^{-6}$ S.

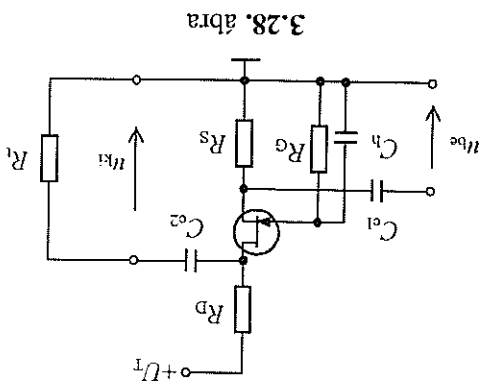
3.1.28. Határozzuk meg, milyen munkapontban működik a 3.27. ábrán látható közös bázisú erősítő tranziszlora! Számítsuk ki a be- és kimeneti ellenállást, a feszültségátviteli tényezőt, valamint a be- és kimeneti feszültség értékét!

Adatok: A közös emitteres kapcsolásra vonatkozó h -paraméterek: $h_{21} = 145$; $h_{11} = 4,2$ kΩ; h_{22} elhanyagolható és $u_g = 10$ mV; $R_g = 50$ Ω.



3.1.29. A 3.28. ábrán egy közös gate elektrodájú kapcsolás látható. Számítsuk ki a drain- és source-ellenállások értékét, valamint a be- és kimeneti ellenállást és a feszültségátviteli tényezőt!

Adatok: $U_T = 20 \text{ V}$; $I_D = 6 \text{ mA}$; $U_{DS0} = 8 \text{ V}$; $U_{GS0} = -1,2 \text{ V}$; $R_1 = 7,2 \text{ k}\Omega$; $y_{21} = 4 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$; y_{22} elhanyagolható.



3.1.30. Számítsuk ki egy közös gate elektródájú kapcsolás drain-ellenállását, a munkapont U_{DS0} feszültségét, valamint a source-ellenállás értékét!

Adatok: $y_{21} = 6,5 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$; $I_D = 1,5 \text{ mA}$; $U_{GS0} = -3 \text{ V}$; $R_G = 1 \text{ M}\Omega$; $u_{be} = 5 \text{ mV}$; $u_{ci} = 116,5 \text{ mV}$; $R_1 = 15 \text{ k}\Omega$; $U_T = 16 \text{ V}$.

3.2. Többfokozatú erősítők

1. példa

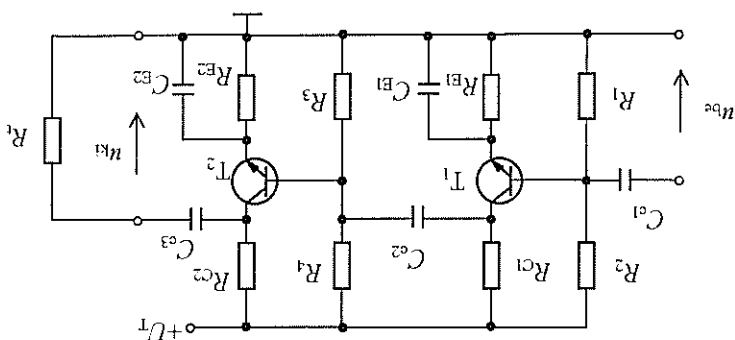
A 3.29. ábra egy RC csatolású, kétfokozatú erősítőt mutat. Számítsuk ki a munkapont-beállító ellenállások értékeit, az eredő be- és kimeneti ellenállást, a feszültség-erősítést üresjárásban és terhelés mellett, valamint az áramerősítést!

Adatok: $U_{CE01} = 5 \text{ V}$; $I_{C01} = 3 \text{ mA}$; $B_1 = 100$; $U_{BE01} = 0,6 \text{ V}$; $U_{CE02} = 6 \text{ V}$; $I_{C02} = 5 \text{ mA}$; $B_2 = 125$; $U_{BE02} = 0,7 \text{ V}$; $R_{C1} = 1 \text{ k}\Omega$; $R_{C2} = 620 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $U_T = 10 \text{ V}$.
A T_1 tranzisztor h paraméterei: $h_{111} = 1,2 \text{ k}\Omega$; $h_{211} = 110$; $h_{221} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.
A T_2 tranzisztor h paraméterei: $h_{112} = 2,4 \text{ k}\Omega$; $h_{212} = 150$; $h_{222} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.

Megoldás

Az első fokozat munkapont-beállító ellenállásainak méretezése:

$$U_T = I_{C01} \cdot R_{C1} + U_{CE01} + I_{C01} \cdot R_{E1}.$$



3.29. ábra

$$R_{E1} = \frac{U_T - I_{C01} \cdot R_{C1} - U_{CE01}}{10^{-3} - 5} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{10^{-3} - 5} = 667; R_{E1} = 667 \Omega.$$

$$U_{B01} = I_{C01} \cdot R_{E1} + U_{BE01} = 2 + 0,6 = 2,6; U_{B01} = 2,6 \text{ V.}$$

$$I_{B01} = \frac{I_{C01}}{\beta_1} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{100} = 3 \cdot 10^{-5}; I_{B01} = 30 \mu\text{A.}$$

$$R_1 = \frac{U_{B01}}{I_{B01}} = \frac{2,6}{2,7 \cdot 10^{-4}} = 9,63 \cdot 10^3; R_1 = 9,63 \text{ k}\Omega.$$

$$R_2 = \frac{U_T - U_{B01}}{I_{B01}} = \frac{10 - 2,6}{3 \cdot 10^{-4}} = 2,46 \cdot 10^4; R_2 = 24,66 \text{ k}\Omega.$$

A második fokozat munkapont-beállító ellenállásainak méretezése:

$$U_T = I_{C02} \cdot R_{C2} + U_{CE02} + I_{C02} \cdot R_{E2}; R_{E2} = \frac{U_T - I_{C02} \cdot R_{C2} - U_{CE02}}{I_{C02}} = \frac{10 - 3,1 - 6}{5 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 1,8 \cdot 10^2; R_{E2} = 180 \Omega.$$

$$U_{B02} = I_{C02} \cdot R_{E2} + U_{BE02} = 0,9 + 0,7 = 1,6; U_{B02} = 1,6 \text{ V.}$$

$$I_{B02} = \frac{I_{C02}}{\beta_2} = \frac{125}{5} = 4 \cdot 10^{-5}; I_{B02} = 40 \mu\text{A.}$$

$$R_3 = \frac{U_{B02}}{I_{B02}} = \frac{1,6}{3,6 \cdot 10^{-4}} = 4,44 \cdot 10^3; R_3 = 4,44 \text{ k}\Omega.$$

$$R_4 = \frac{U_T - U_{B02}}{I_{B02}} = \frac{10 - 1,6}{4 \cdot 10^{-4}} = 2,1 \cdot 10^4; R_4 = 21 \text{ k}\Omega.$$

A fokozatok be- és kimeneti ellenállásai:

$$R_{be1} = R_1 \times R_2 \times h_{111} = 9,63 \times 24,66 \times 1,2 = 1,02; R_{be1} = 1,02 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{ki1} = \frac{1}{I} \times R_{C1} = 20 \times 1 = 0,9523; R_{ki1} = 952,3 \Omega.$$

$$R_{be2} = R_3 \times R_4 \times h_{112} = 4,44 \times 21 \times 2,4 = 1,45; R_{be2} = 1,45 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{ki2} = \frac{1}{I} \times R_{C2} = 50 \times 0,62 = 0,6124; R_{ki2} = 612,4 \Omega.$$

A fokozatok feszültség- és áramerősítései:

$$A_{u1} = -\frac{h_{211}}{h_{111}} \cdot (R_{ki1} \times R_{be2}) = -\frac{110}{1,2 \cdot 10^3} (952,3 \times 1,45 \cdot 10^3); A_{u1} = -52,64.$$

$$A_{u2u} = -\frac{h_{212}}{h_{112}} = R_{ki2} = -\frac{150}{2,4 \cdot 10^3} \cdot 612,4 = -38,27.$$

$$A_{u2} = -\frac{h_{212}}{h_{112}} \cdot (R_{ki2} \times R_1) = -\frac{150}{2,4 \cdot 10^3} \cdot (612,4 \times 10^3) = -23,73.$$

$$A_{11} = |A_{u1}| \cdot \frac{R_{be1}}{R_{be2}} = 52,64 \cdot \frac{1,02}{1,45} = 37,03.$$

$$A_{12} = |A_{u2}| \cdot \frac{R_{be2}}{R_1} = 23,73 \cdot \frac{1}{1,45} = 34,41.$$

Az eredő váltokozó áramú jellemzők:

$$R_{be} = R_{be1} = 1,02 \text{ k}\Omega; R_{kie} = R_{ki2} = 612,4 \Omega.$$

$$A_{ube} = A_{u1} \cdot A_{u2u} = -52,64 \cdot (-38,27) = 2014,8.$$

$$A_{ue} = A_{u1} \cdot A_{u2} = -52,64 \cdot (-23,73) = 1249,15.$$

$$-A_{ie} = A_{ue} \cdot \frac{R_1}{R_{be}} = A_{11} \cdot A_{12} = 1274,13.$$

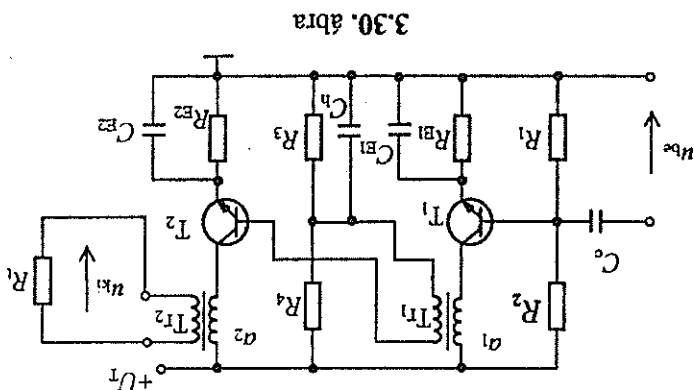
2. példa

A 3.30. ábrán egy kétfokozatú, transzformátoros csatolású erősítő látható. A Tr_1 transzformátor alkalmazásának célja a két fokozat galvanikus elválasztása, ezért áttétele $a_1 = 1$. A Tr_2 transzformátor az elválasztáson kívül a kis értékű terhelést is

illeszt a második fokozathoz, ezért áttétele $a_2 = 6,25 \cdot 10^{-2}$. Az erősítő transzisztorai azonos munkapontban működnek. Számítsuk ki a fokozatok emitter-ellenállásait, a bázisosztók ellenállásait és az eredő váltakozó áramú jellemzőket.

Adatok: $U_{CE0} = 6 \text{ V}$; $I_{C0} = 2 \text{ mA}$; $I_{B0} = 30 \mu\text{A}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$; $R_1 = 4 \Omega$; $U_T = 7 \text{ V}$; $h_{11} = 1,7 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 130$; $h_{22} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ S}$. (A transzformátor tekercseinek huzalellen-

állásaitól eltekintünk!)



3.30. ábra

Megoldás

$$U_T = U_{CE0} + I_{C0} \cdot R_E; R_E = \frac{U_T - U_{CE0}}{I_{C0}} = \frac{7 - 6}{2 \cdot 10^{-3}} = 500; R_{E1} = R_{E2} = 500 \Omega.$$

$$U_{B0} = I_{C0} \cdot R_E + U_{BE0} = 1 + 0,6 = 1,6 \text{ V}.$$

$$R_1 = R_3 = \frac{U_{B0}}{1,6} = \frac{9 \cdot 10^{-4}}{2,7 \cdot 10^{-4}} = 5,92 \cdot 10^3; R_1 = R_3 = 5,92 \text{ k}\Omega.$$

$$R_2 = R_4 = \frac{U_T - U_{B0}}{7 - 1,6} = \frac{3 \cdot 10^{-4}}{5,4 \cdot 10^{-4}} = 1,8 \cdot 10^4; R_2 = R_4 = 18 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{be} = R_{be1} = R_{be2} = R_1 \times R_2 \times h_{11} = 5,92 \times 18 \times 1,7 = 1,23; R_{be1} = R_{be2} = 1,23 \text{ k}\Omega.$$

Az első fokozat kollektor-ellenállása:

$$R_{C1} = \frac{1}{a_1} \cdot R_{be2} = 1,23 \text{ k}\Omega.$$

A második fokozat kollektor-ellenállása:

$$R_{C2} = \frac{1}{a_2} \cdot R_1 = 256 \cdot 4 = 1,024 \cdot 10^3; R_{C2} \approx 1 \text{ k}\Omega.$$

A fokozatok feszültségértései:

$$A_{u1} = -\frac{h_{21}}{h_{11}} \left(\frac{1}{R_{C1}} \times R_{C1} \right) = -\frac{130}{1,7 \cdot 10^3} \cdot (1,66 \times 10^4 \times 10^3); A_{u1} = -87,57.$$

Feladatok

3.2.1.

Számítsuk ki egy kétfokozatú, RC csatolású erősítő R_{C1} és R_{C2} kollektor-ellenállásait, R_{E1} és R_{E2} emitter-ellenállásait, valamint a bázisosztók R_1 , R_2 , R_3 , R_4 ellenállásait! Határozzuk meg továbbá az eredő be- és kimeneti ellenállásokat, az eredő feszültség- és áramerősítést!

Adatok: $A_{u12} = -25$; $R_1 = 600 \Omega$; $I_{C1} = 2 \text{ mA}$; $U_{CE1} = 5 \text{ V}$; $U_{BE1} = 0,6 \text{ V}$; $I_{B1} = 25 \mu\text{A}$; $I_{C2} = 4 \text{ mA}$; $U_{CE2} = 4 \text{ V}$; $U_{BE2} = 0,65 \text{ V}$; $I_{B2} = 50 \mu\text{A}$; $h_{111} = 1,5 \text{ k}\Omega$; $h_{211} = 90$; $h_{221} = 10^{-4} \text{ S}$; $h_{112} = 1,2 \text{ k}\Omega$; $h_{212} = 110$; $h_{222} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $u_{\bar{e}} = 4 \text{ mV}$; $R_{\bar{e}} = 600 \Omega$; $U_T = 6,5 \text{ V}$.

3.2.2.

Egy kétfokozatú, transzformátoros csatolású erősítőben azonos áttételi transzformátorokat használunk. Számítsuk ki a fokozatok R_{E1} , R_{E2} emitter-ellenállásait, a bázisosztók R_1 , R_2 , R_3 , R_4 ellenállásait, valamint az eredő bemeneti ellenállást és az eredő feszültségerősítést!

Adatok: $U_{CE1} = 6 \text{ V}$; $I_{C1} = 5 \text{ mA}$; $I_{B1} = 40 \mu\text{A}$; $U_{BE1} = 0,6 \text{ V}$; $U_{CE2} = 6,5 \text{ V}$; $I_{C2} = 1 \text{ mA}$; $I_{B2} = 20 \mu\text{A}$; $U_{BE2} = 0,6 \text{ V}$; $U_T = 7 \text{ V}$; $h_{111} = 1,1 \text{ k}\Omega$; $h_{211} = 90$; $h_{221} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $h_{112} = 1,3 \text{ k}\Omega$; $h_{212} = 100$; $h_{222} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $a_1 = a_2 = 0,8$; $R_1 = 8 \Omega$.

3.2.3.

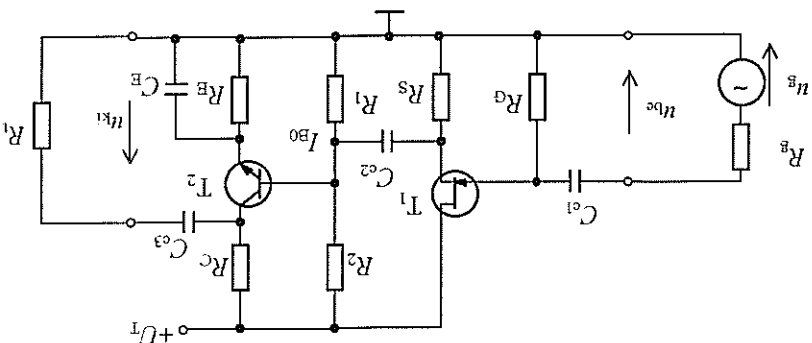
Egy kétfokozatú, transzformátoros csatolású erősítő transzisztorai azonos munkapontban működnek. A kétfokozatú erősítő eredő erősítése $A_{ue} = 150$. Számítsuk ki mekkora legyen a Tr_2 transzformátor az áttételi!

Adatok: $U_T = 12 \text{ V}$; $U_{CE0} = 8 \text{ V}$; $I_{C0} = 1 \text{ mA}$; $I_{B0} = 20 \mu\text{A}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$; $h_{11} = 1,2 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 90$; $h_{22} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$. A Tr_1 transzformátor áttételle: $a_1 = 1$; $R_1 = 4 \Omega$.

3.2.4.

A 3.31. ábrán látható erősítő első fokozata nagy bemeneti ellenállású, közös drain kapcsolású, a második fokozat nagy feszültséggerősítésű, közös emitteres erősítő. Számítsuk ki a munkapont-beállító ellenállások értékeit és határozzuk meg a kimeneti feszültség értékét! Számítsuk ki a kimeneti feszültséget arra az esetre is, ha az első fokozat elhagyásával a generátor közvetlenül a második fokozat bemenetére csatlakozik!

Adatok: $A_u = -100$; $R_i = 1,5 \text{ k}\Omega$; $u_g = 20 \text{ mV}$; $R_g = 1 \text{ k}\Omega$; $U_T = 15 \text{ V}$.
 A bipoláris tranzisztor adatai: $U_{CE0} = 6,5 \text{ V}$; $I_{C0} = 4,5 \text{ mA}$; $I_{B0} = 50 \text{ }\mu\text{A}$;
 $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$; $h_{11} = 1,3 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 180$; $h_{22} = 6,4 \cdot 10^{-5}$.
 A térvérzésű tranzisztor adatai: $U_{GS0} = -2,5 \text{ V}$; $I_{D0} = 10 \text{ mA}$; $\gamma_{21} = 4 \frac{\text{V}}{\text{mA}}$;
 $\gamma_{22} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.

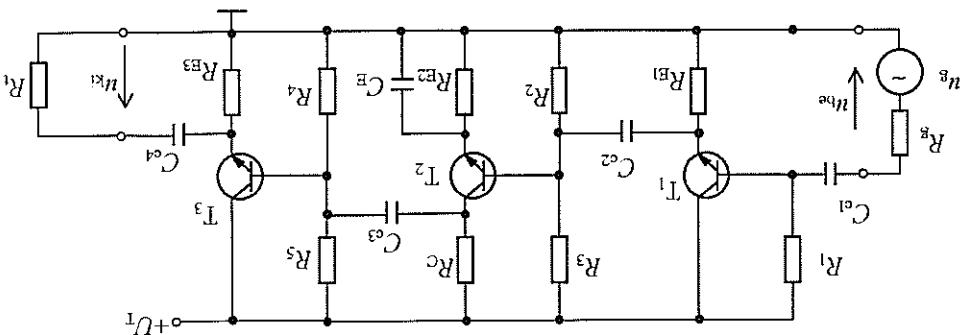


3.31. ábra

3.2.5. A 3.32. ábra háromfokozatú erősítőjének T_1 és T_3 tranzisztorja azonos munkapontban működik. Számítsuk ki munkapont-beállító ellenállások nagyságát, az egyes fokozatok váltakozó áramú jellemzőit, valamint az eredő váltakozó áramú jellemzőket és a kimeneti feszültség értékét! Határozzuk meg a kimeneti feszültség értékét, ha az első fokozat elhagyásával a második fokozatot vezérli és abban az esetben is, ha az első és a harmadik fokozat elhagyásával a generátor és a terhelés közvetlenül a második fokozatra kapcsolódik!

Adatok: T_1 és T_3 adatai: $U_{CE0} = 8 \text{ V}$; $I_{C0} = 4 \text{ mA}$; $I_{B0} = 35 \text{ }\mu\text{A}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$;
 $h_{11} = 2,2 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 140$; $h_{22} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.
 T_2 adatai: $U_{CE02} = 6 \text{ V}$; $I_{C02} = 4 \text{ mA}$; $I_{B02} = 40 \text{ }\mu\text{A}$; $U_{BE02} = 0,7 \text{ V}$; $h_{11} = 1,4 \text{ k}\Omega$;
 $h_{21} = 150$; $h_{22} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $U_T = 12 \text{ V}$; $u_g = 15 \text{ mV}$; $R_g = 1 \text{ k}\Omega$;
 $R_C = 910 \text{ }\Omega$; $R_i = 1 \text{ k}\Omega$.

3.32. ábra

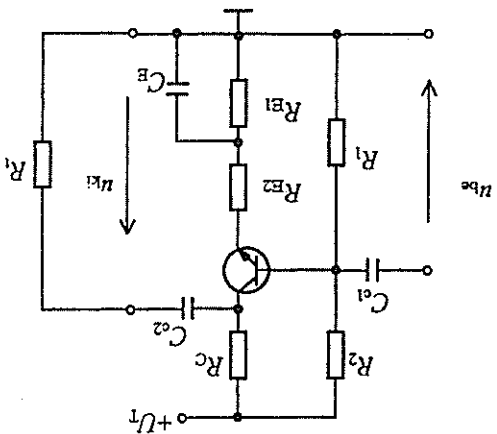


3.3. Visszacsatolt erősítők

1. példa

Számítsuk ki a 3.33. ábrán látható soros negatív áramvisszacsatolással ellátott erősítő munkapont-beállító ellenállásainak értékét és a helyettesítőkép felrajzolása után a váltakozó áramú jellemzőket!

Adatok: tulajdonság $U_T = 12 \text{ V}$; $U_{CE0} = 5,5 \text{ V}$; $I_{C0} = 2 \text{ mA}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$; $I_{B0} = 30 \text{ pA}$; $R_C = 2,7 \text{ k}\Omega$; $R_{E2} = 220 \Omega$; $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 210$; $h_{11} = 3,2 \text{ k}\Omega$; $h_{22} = 10^{-5} \text{ S}$.



3.33. ábra

Megoldás

$$U_T = I_{C0} \cdot R_C + U_{CE0} + I_{C0}(R_{E1} + R_{E2});$$

$$R_{E1} + R_{E2} = \frac{U_T - I_{C0}R_C - U_{CE0}}{I_{C0}} = \frac{12 - 2 \cdot 2,7 - 5,5}{2} = 0,55.$$

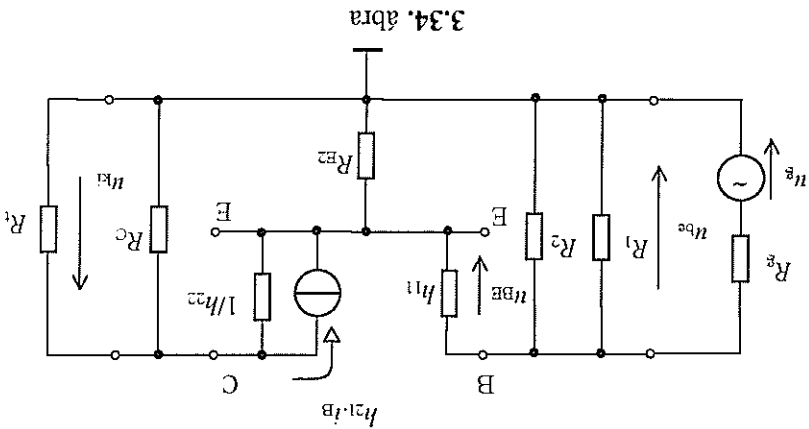
$$R_{E1} = 550 - 220 = 330 \Omega; R_{E1} = 330 \Omega.$$

$$U_{B0} = I_{C0} \cdot (R_{E1} + R_{E2}) + U_{BE0} = 1,1 + 0,6 = 1,7; U_{B0} = 1,7 \text{ V}.$$

$$R_1 = \frac{U_{B0}}{I_{B0}} = \frac{1,7}{2,7 \cdot 10^{-4}} = 6,29 \cdot 10^3; R_1 = 6,3 \text{ k}\Omega.$$

$$R_2 = \frac{U_T - U_{B0}}{I_{B0}} = \frac{10 \cdot 10^{-4}}{12 - 1,7} = 3,43 \cdot 10^4; R_2 = 34,3 \text{ k}\Omega.$$

Az 1. példa erősítőjének helyettesítőképe a 3.34. ábrán látható



Az erősítő váltakozó áramú jellemzői visszacsatolás nélkül:

$$R_{be} = R_1 \times R_2 \times h_{11} = 6,3 \times 34,3 \times 3,2 = 2; R_{be} = 2 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{ki} = \frac{1}{h_{22}} \times R_C = 100 \times 2,7 = 2,63; R_{ki} = 2,63 \text{ k}\Omega.$$

$$A_u = -\frac{h_{21}}{h_{22}} \left(\frac{1}{R_C \times R_i} \right) = -\frac{210}{3,2} \cdot (2,63 \times 4) = -104,13.$$

$$A_i = |A_u| \cdot \frac{R_{be}}{R_i} = 104,13 \cdot \frac{4}{2} = 52,06.$$

A visszacsatolt erősítő jellemzői:

$$R_{beu} = R_1 \times R_2 \times h_{11} (1 + \frac{h_{21}}{h_{22}} \cdot R_{E2}) = 6,3 \times 34,3 \times 3,2 (1 + \frac{210}{3,2} \cdot 0,22);$$

$$R_{beu} = 4,8 \text{ k}\Omega; R_{kiv} \equiv R_C = 2,63 \text{ k}\Omega;$$

$$A_{uv} = \frac{A_u}{\frac{1 + \frac{h_{21}}{h_{22}} \cdot R_{E2}}{\frac{210}{3,2} \cdot 0,22}} = -\frac{104,13}{6,745} = -6,745.$$

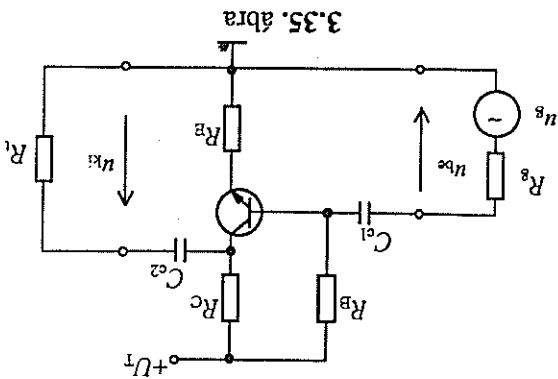
$$A_{iv} = |A_{uv}| \cdot \frac{R_{beu}}{R_i} = 6,745 \cdot \frac{4}{4,8} = 8,1.$$

Feladatok

3.3.1. Rajzoljuk fel a 3.35. ábrán látható visszacsatolt erősítő váltakozó áramú

helyettesítőképét közepes frekvencián és számítsuk ki a visszacsatolt váltakozó áramú jellemzőit! Határozzuk meg a kimeneti feszültség értékét!

Adatok: $R_E = 1 \text{ k}\Omega$; $R_C = 4 \text{ k}\Omega$; $R_B = 280 \text{ k}\Omega$; $h_{11} = 2 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 150$; $h_{22} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $u_g = 10 \text{ mV}$; $R_g = 75 \Omega$.

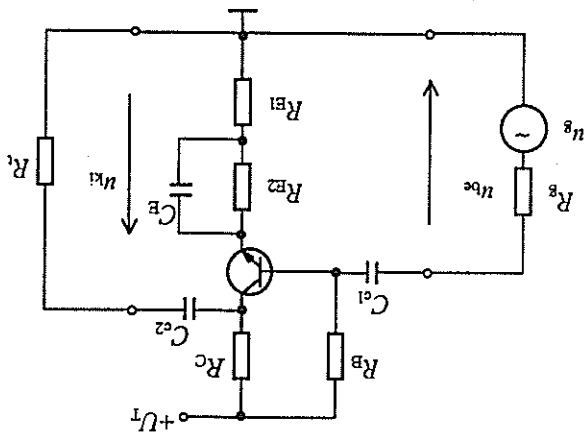


3.3.2. Számítsuk ki egy emitter-kondenzátor nélküli közös emitteres kapcsolás munkapont-beállító ellenállását és a visszacsatolt erősítésjellemzőit! A munkapontot bázisosztó állítja be.

Adatok: $U_T = 12 \text{ V}$; $U_{CE0} = 6 \text{ V}$; $I_{C0} = 1,5 \text{ mA}$; $I_{B0} = 20 \mu\text{A}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$; $h_{21} = 160$; $h_{11} = 1,7 \text{ k}\Omega$; $h_{22} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$; A visszacsatolatlan erősítés: $A_u = -217$.

3.3.3. Számítsuk ki a 3.36. ábrán látható visszacsatolt közös emitteres erősítő váltakozó áramú jellemzőit visszacsatolás nélkül és visszacsatolással!

Adatok: $R_B = 670 \text{ k}\Omega$; $R_C = 3,2 \text{ k}\Omega$; $R_{E1} = 1,2 \text{ k}\Omega$; $R_{E2} = 5,1 \text{ k}\Omega$; $h_{11} = 3,2 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 200$; $h_{22} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.

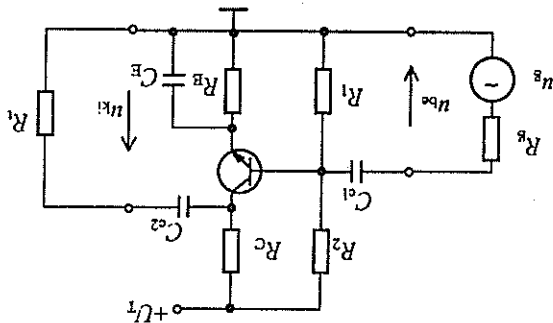


3.4. Erősítők frekvenciafüggése

1. példa

Számítsuk ki a 3.37. ábrán látható közös emitteres erősítő alsó határfrekvenciáját! Rajzoljuk fel az erősítő erősítésének és fázistolásának Bode-diagramját a határfrekvencia környezetében!

Adatok: $R_E = 330 \Omega$; $R_C = 820 \Omega$; $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 27 \text{ k}\Omega$; $h_{11} = 2,7 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 210$; $h_{22} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $R_B = 4 \text{ k}\Omega$; $R_g = 200 \Omega$; $C_{C1} = 20 \mu\text{F}$; $C_{C2} = 20 \mu\text{F}$; $C_E = 100 \mu\text{F}$.



3.37. ábra

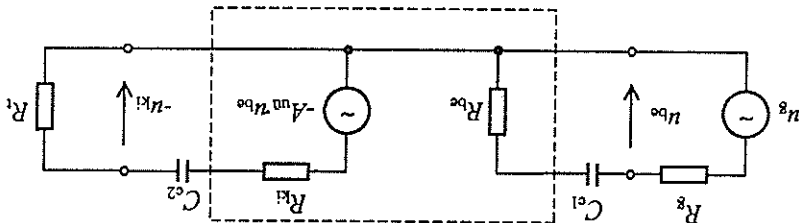
Megoldás

A csatolókonkondenzátorok hatásának számítása:

$$R_{bc} = R_1 \times R_2 \times h_{11} = 6,8 \times 27 \times 2,7 = 1,8 \text{ k}\Omega; R_{be} = 1,8 \text{ k}\Omega;$$

$$R_{ki} = \frac{1}{h_{22}} \times R_C = 20 \times 0,82 = 0,787; R_{ki} = 787 \Omega.$$

Az 1. példa kisfrekvenciás helyettesítőképe a 3.38. ábrán látható.



3.38. ábra

A határfrekvenciák a helyettesítőkép alapján:

$$f_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot C_{C1} \cdot (R_{bc} + R_g)}{1} = \frac{6,28 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot (1,8 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^2)}{1} = 3,98; f_1 = 3,98 \text{ Hz.}$$

$$f_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot C_{C2} \cdot (R_{ki} + R_L)}{1} = \frac{6,28 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot (7,87 \cdot 10^2 + 4 \cdot 10^3)}{1} = 1,66; f_2 = 1,66 \text{ Hz.}$$

Az emitter-kondenzátor hatásának számítása:

$$f_E = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_E \cdot C_E}{1} = \frac{6,28 \cdot 3,3 \cdot 10^2 \cdot 10^{-4}}{1} = 4,82; f_E = 4,82 \text{ Hz.}$$

$$A_u = -\frac{h_{21}}{h_{22}} \left(\frac{1}{h_{22}} \times R_C \times R_i \right) = -\frac{210}{2,7} \cdot (20 \times 0,82 \times 4) = -51,19.$$

$$A_{dB_T} = 20 \lg 51,14 = 34,2 \text{ dB}_T.$$

$$A_{uv} = \frac{A_u}{A_{dB_T}} = -\frac{51,19}{34,2} = -1,92.$$

$$1 + \frac{h_{21}}{h_{11}} \cdot R_E = 1 + \frac{210}{4,7} \cdot 0,33$$

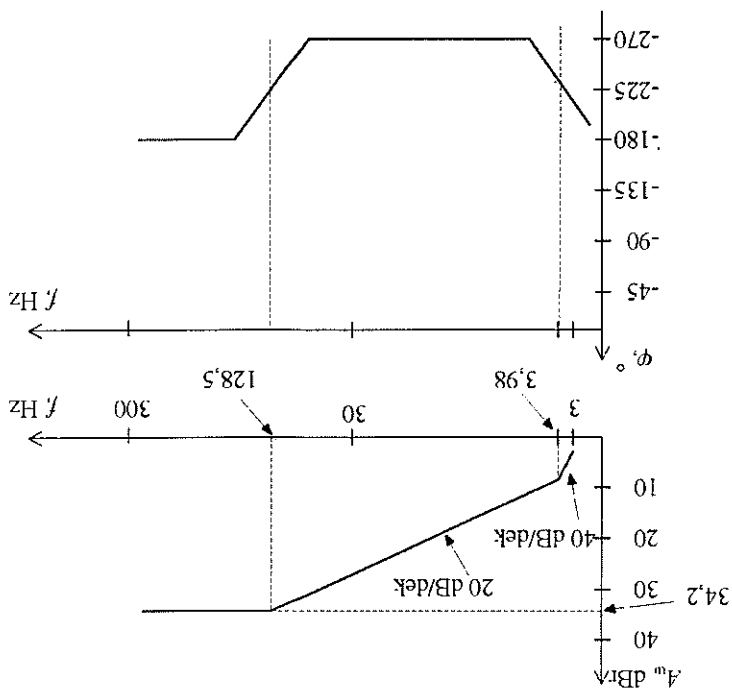
$$A_{dB_v} = 20 \lg 1,91 = 5,66 \text{ dB}_v.$$

$$f_{hE} = f_E \cdot \frac{A_{uv}}{A_u} = 4,82 \cdot \frac{1,92}{51,19} = 128,5; f_{hE} = 128,5 \text{ Hz.}$$

Az erősítő alsó határfrekvenciája az f_1, f_2, f_{hE} frekvenciák közül a legnagyobb, tehát:

$$f_a = f_{hE} = 128,5 \text{ Hz.}$$

Az erősítő Bode-diagramja a 3.39. ábrán látható.



3.39. ábra

2. példa

Rajzoljuk fel egy közös emitteres erősítő nagyfrekvenciás helyettesítőképét és számítsuk ki a felső határfrekvenciát! Rajzoljuk fel a kapcsolás nagyfrekvenciás átvitelét és fázistolását!

Adatok: $R_g = 600 \, \Omega$; $R_1 = 8,8 \, \text{k}\Omega$; $R_2 = 42 \, \text{k}\Omega$; $R_C = 2 \, \text{k}\Omega$; $R_i = 4,7 \, \text{k}\Omega$; $h_{11} = 3,5 \, \text{k}\Omega$; $h_{21} = 250$; $h_{22} = 5 \cdot 10^{-5} \, \text{S}$; $C_{BE} = 4 \, \text{pF}$; $C_{CB} = 6 \, \text{pF}$; $C_{CE} = 12 \, \text{pF}$.

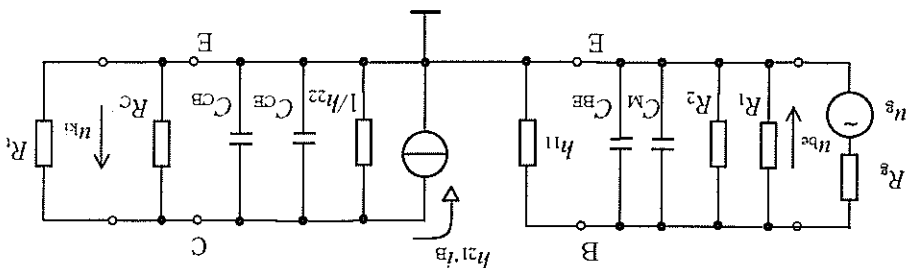
Megoldás

A erősítő nagyfrekvenciás helyettesítőképe a 3.40. ábrán látható.

$$R_{be} = R_1 \times R_2 \times h_{11} = 8,8 \times 42 \times 3,5 = 2,36 \, \text{k}\Omega;$$

$$R_{ki} = \frac{1}{\frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_2}} = 20 \times 2 = 1,82 \, \text{k}\Omega.$$

$$A_u = -\frac{h_{21}}{h_{11}} (R_{ki} \times R_l) = -\frac{250}{3,5} \cdot (1,8 \times 4,7) = -93,6; \quad A_{dB} = -39,4 \, \text{dB}.$$



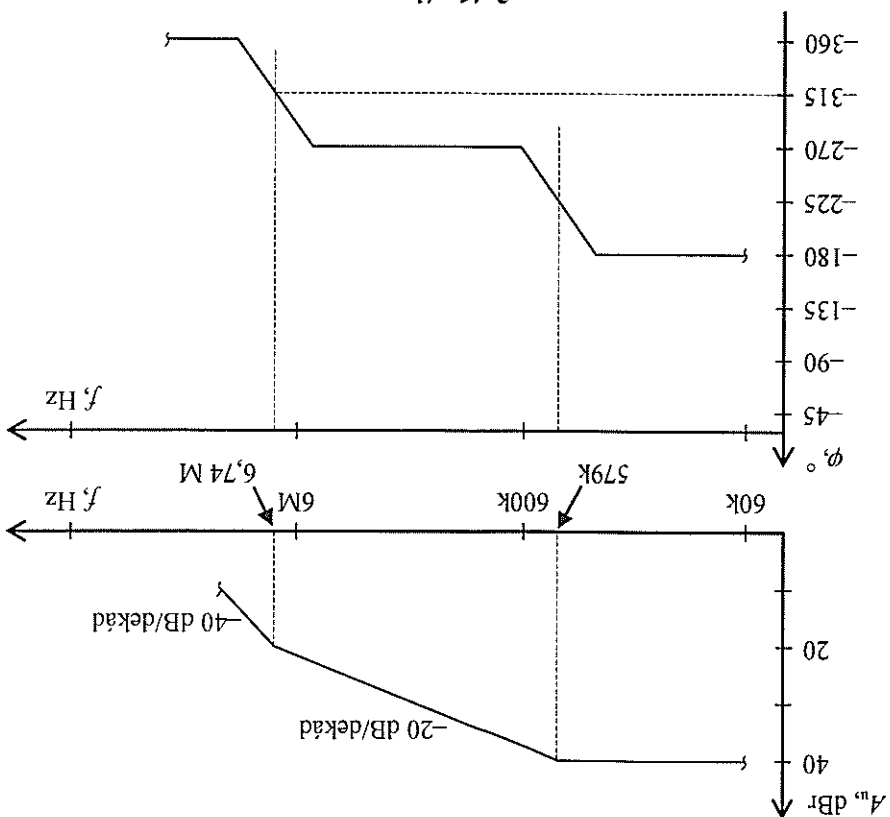
3.40. ábra

$$C_M = (1 - A_u)C_{CB} = (1 + 93) \cdot 6 = 568 \, \text{pF}; \quad C_M = 568 \, \text{pF}$$

$$f_{bc} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (R_{be} \times R_g)(C_M + C_{BE})}{1} = \frac{6,28 \cdot (6 \cdot 10^2 \times 2,36 \cdot 10^3)(5,68 \cdot 10^{-10} + 4 \cdot 10^{-12})}{1} = 5,79 \cdot 10^5; f_{bc} = 579 \, \text{kHz}.$$

$$f_{ki} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (R_{ki} \times R_l)(C_{CE} + C_{CB})}{1} = \frac{6,28 \cdot (1,82 \cdot 10^3 \times 4,7 \cdot 10^3)(1,2 \cdot 10^{-11} + 6 \cdot 10^{-12})}{1} = 6,74 \cdot 10^6; f_{ki} = 6,74 \, \text{MHz}; f_a = f_{bc} = 579 \, \text{kHz}.$$

Az erősítő nagyfrekvenciás átvitele a 3.41. ábrán látható.



3.41. ábra

3. példa

A 3.42. ábrán egy közös bázisú erősítő kapcsolási rajza látható. Rajzoljuk fel az erősítő nagyfrekvenciás helyettesítőképét és számítsuk ki a felső határfrekvenciát!

Adatok: $R_B = 600\ \Omega$; $R_1 = 8,8\ \text{k}\Omega$; $R_2 = 42\ \text{k}\Omega$; $R_C = 2\ \text{k}\Omega$; $R_E = 500\ \Omega$; $C_{BE} = 4\ \text{pF}$; $C_{CB} = 6\ \text{pF}$; $C_{CE} = 12\ \text{pF}$. A közös emitteres kapcsolásra vonatkozó h -paraméterek: $h_{11} = 3,5\ \text{k}\Omega$; $h_{21} = 250$; $h_{12} = 5 \cdot 10^{-5}$ S.