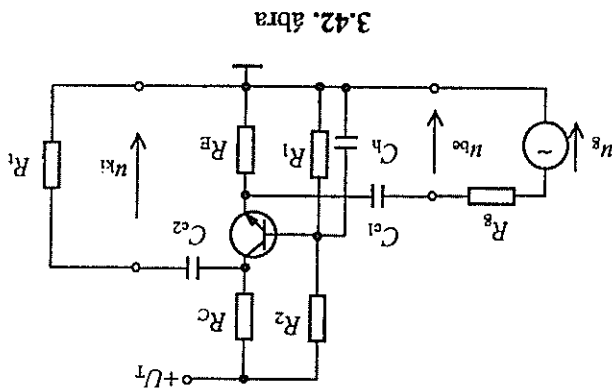
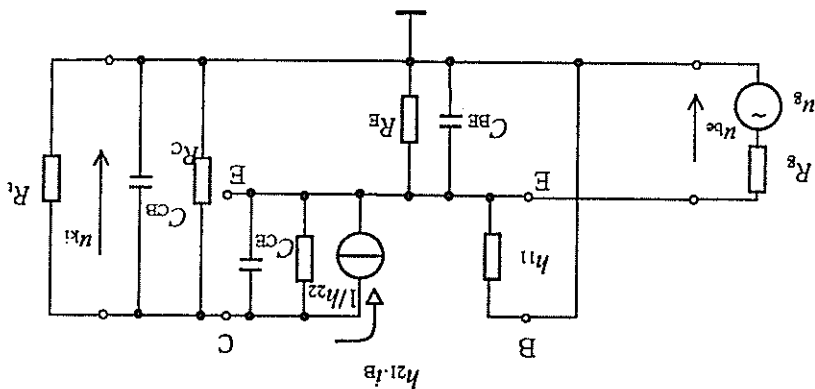




3.42. ábra

Megoldás

A közös bázisú erősítő nagyfrekvenciás helyettesítőképét a 3.43. ábra szemlélteti.



3.43. ábra

$$R_{be} = \frac{h_{21}}{h_{11}} \times R_E = \frac{3,5}{250} \times 500 = 14 \times 500 = 13,6; R_{be} = 13,6 \Omega; R_{ki} \approx R_C = 2 \text{ k}\Omega;$$

$$f_{be} = \frac{2\pi \cdot [C_{BE} + (C_{CE} \times C_{CB})] \cdot (R_{be} \times R_g)}{1} = \frac{6,28 \cdot 8 \cdot 10^{-12} \cdot (13,6 \times 600)}{1} = 1,45 \cdot 10^9;$$

$$f_{be} = 1,45 \cdot 10^9 \text{ Hz};$$

$$f_{ki} = \frac{2 \cdot \pi \cdot [C_{CB} + (C_{CE} \times C_{BE})] \cdot (R_{ki} \times R_i)}{1} = \frac{6,28 \cdot 9 \cdot 10^{-12} \cdot 1,4 \times 10^3}{1} = 1,26 \cdot 10^7;$$

$$f_{ki} = 12,6 \text{ MHz}; f_i = 12,6 \text{ MHz}.$$

Az eredményt összehasonlítva a 2. példa eredményeivel megállapítható, hogy a közös bázisú kapcsolás felső határfrekvenciája sokkal nagyobb, mint a közös emittíres kapcsolásé.

4. példa

Számítsuk ki egy közös emittíres erősítő alsó és felső határfrekvenciáját, valamint sávszélességét!

Adatok: $R_C = 3,2 \text{ k}\Omega$; $R_E = 820 \text{ }\Omega$; $R_1 = 2,2 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$; $R_g = 200 \text{ }\Omega$; $R_i = 1 \text{ k}\Omega$; $C_{C1} = 20 \text{ }\mu\text{F}$; $C_E = 10 \text{ }\mu\text{F}$; $C_{CE} = 10 \text{ pF}$; $C_{BE} = 5 \text{ pF}$; $C_{CB} = 4 \text{ pF}$;
 $h_{11} = 3,1 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 170$; $h_{22} = 2 \cdot 10^{-5}$.

Megoldás

$$R_{ki} = \frac{1}{1} \times R_C = 50 \times 3,2 = 3; R_{ki} = 3 \text{ k}\Omega.$$

$$A_u = -\frac{h_{21}}{170} (R_{ki} \times R_i) = -\frac{3,1}{170} \cdot (3 \times 1) = -41,13.$$

$$A_{uv} = \frac{A_u}{1 + \frac{h_{21}}{h_{11}} \cdot R_E} = -\frac{41,13}{1 + 54,83 \cdot 0,82} = -0,89.$$

$$f_1 = \frac{2\pi \cdot C_{C1} (R_{be} + R_g)}{1} = \frac{6,28 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 1,45 \cdot 10^3}{1} = 5,49; f_1 \approx 5,5 \text{ Hz.}$$

$$f_2 = \frac{2\pi \cdot C_{C2} \cdot (R_{ki} + R_i)}{1} = \frac{6,28 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 10^3}{1} = 3,98; f_2 \approx 4 \text{ Hz.}$$

$$f_E = \frac{2\pi \cdot R_E \cdot C_E}{1} = \frac{6,28 \cdot 8,2 \cdot 10^2 \cdot 4,7 \cdot 10^{-4}}{1} = 0,41; f_E = 0,41 \text{ Hz.}$$

$$f_{hE} = f_E \cdot \frac{A_u}{A_{uv}} = 0,41 \cdot \frac{41,13}{0,89} = 18,9; f_{hE} = 18,9 \text{ Hz}; f_a \approx 19 \text{ Hz.}$$

$$C_M = (1 + A_u) C_{CB} = 42,13 \cdot 4 = 168,52; C_M = 168,52 \text{ pF.}$$

$$f_{bc} = \frac{2\pi \cdot (C_M + C_{BE}) (R_{be} \times R_g)}{1} = \frac{6,28 \cdot 1,73 \cdot 10^{-10} \cdot 1,72 \cdot 10^2}{1} = 5,34 \cdot 10^6;$$

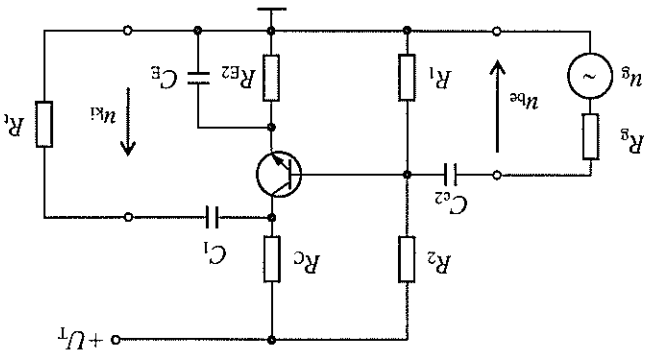
$$f_{bc} = 5,34 \text{ MHz.}$$

$$f_k = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot \pi \cdot (R_k \times R_1) \cdot (C_{CE} + C_{CB})}{6,28 \cdot 1,4 \cdot 10^{-11}} \cdot 7,5 \cdot 10^7} = 1,51 \cdot 10^7; f_k = 15,1 \text{ MHz}; f_f = 5,34 \text{ MHz}; B = 5,34 \cdot 10^6 - 19 \text{ Hz.}$$

5. példa

Számítsuk ki a 3.44. ábrán látható közös emitteres kapcsolás áramú jellemzőit a közepes frekvencián, és határozzuk meg a határfrekvenciákat a kis- és nagyfrekvenciás tartományban! Egészítsük ki az erősítőt úgy, hogy a be- és kimenetére egy-egy közös kollektoros erősített kapcsolunk, amint az a 3.45. ábrán látható! Számítsuk ki a három fokozatú erősítő váltakozó áramú jellemzőit közepes frekvencián, valamint határozzuk meg valamennyi határfrekvenciát és a sávzélességet!

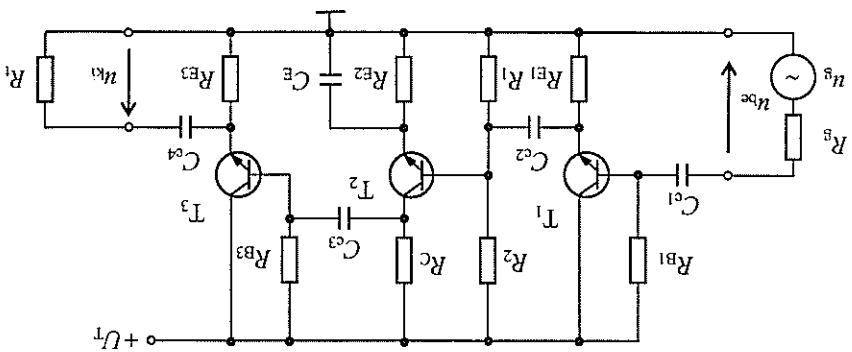
Adatok: $R_c = 1,2 \text{ k}\Omega$; $R_E = 1 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 5,33 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 300 \Omega$; $C_{C2} = 50 \mu\text{F}$; $C_{C3} = 10 \mu\text{F}$; $C_{BE2} = 4 \text{ pF}$; $C_{CB2} = 6 \text{ pF}$; $C_{CB2} = 8 \text{ pF}$. A közös emitteres kapcsolásra vonatkozó h -paraméterek: $h_{12} = 1,2 \text{ k}\Omega$; $h_{212} = 120$; $h_{222} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.



3.44. ábra

A 3.45. ábrán látható módosított kapcsolás adatai:

$R_{B1} = R_{B3} = 135 \text{ k}\Omega$; $R_{E1} = R_{E3} = 1,05 \text{ k}\Omega$; $C_{C1} = 10 \mu\text{F}$; $C_{C4} = 50 \mu\text{F}$; $C_{BE1} = C_{BE3} = 5 \text{ pF}$; $C_{CB1} = C_{CB3} = 6 \text{ pF}$; $C_{CE1} = C_{CE3} = 9 \text{ pF}$. A közös emitteres kapcsolásra vonatkozó h -paraméterek: $h_{111} = 1,5 \text{ k}\Omega$; $h_{211} = h_{213} = 120$; $h_{221} = h_{222} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.



3.45. ábra

Megoldás

A közös emitteres erősítő jellemzői:

$$R_{be2} = R_1 \times R_2 \times h_{112} = 5,33 \times 31,2 \times 1,2 = 950; R_{be2} = 950 \text{ k}\Omega;$$

$$R_{ki2} = \frac{1}{1} \times R_C = 20 \times 1,2 = 1,13; R_{ki2} = 1,13 \text{ k}\Omega.$$

$$A_{u2} = -\frac{h_{212}}{1} \left(\frac{h_{112}}{h_{222}} \times R_C \times R_i \right) = -\frac{1,2}{120} (1,13 \times 1) = -53.$$

$$A_{u1} = -\frac{h_{212}}{h_{112}} \cdot R_{ki2} = -\frac{1,2}{120} \cdot 1,13 = -113; A_1 = |A_{u1}| \cdot \frac{R_i}{R_{be2}} = 53 \cdot \frac{1}{0,95} = 50,35.$$

$$f_E = \frac{1}{2\pi R_{E2} \cdot C_E} = \frac{1}{6,28 \cdot 3 \cdot 10^2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}} = 1,06; f_E \approx 1 \text{ Hz.}$$

$$A_{u2} = \frac{A_u}{\frac{1 + \frac{h_{212}}{h_{112}} \cdot R_{E2}}{53}} = -\frac{1 + 30}{53} = -1,71.$$

$$f_{hE} = f_E \cdot \frac{A_{u2}}{53} = 1 \cdot \frac{1,71}{53} = 32,85; f_{hE} = 32,85 \text{ Hz.}$$

$$f_2 = \frac{2\pi \cdot C_{C2} \cdot (R_E + R_{be2})}{1} = \frac{6,28 \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot 1,95 \cdot 10^3}{1} \approx 1,6; f_2 \approx 1,6 \text{ Hz.}$$

$$f_3 = \frac{2\pi \cdot C_{C3} \cdot (R_{ki2} + R_i)}{1} = \frac{6,28 \cdot 10^{-5} \cdot 2,13 \cdot 10^3}{1} = 7,47; f_3 = 7,47 \text{ Hz.}$$

$$C_M = (1 + A_u) C_{CB2} = 54 \cdot 6 = 324 \text{ pF.}$$

$$f_{bc2} = \frac{2 \cdot \pi (C_M + C_{BE2}) (R_E \times R_{be2})}{1} = \frac{6,28 \cdot 3,28 \cdot 10^{-10} \cdot 4,87 \cdot 10^2}{1} = 9,965 \cdot 10^5;$$

$$f_{bc2} = 996,5 \text{ kHz.}$$

$$f_{ki2} = \frac{2 \cdot \pi (C_{CE2} \times C_{BC2}) (R_{ki2} \times R_i)}{1} = \frac{6,28 \cdot 1,4 \cdot 10^{-11} \cdot 5,3 \cdot 10^2}{1} = 2,14 \cdot 10^7;$$

$$f_{ki2} = 21,4 \text{ MHz;}$$

$$f_a = 32,85 \text{ Hz; } f_f = 996,5 \text{ kHz.}$$

A háromfokozatú erősítő jellemzői:

$$R_{be1} = R_{B1} \times [h_{211} (R_{E1} \times R_{be2})] = 135 \times [1,5 + 120(1,05 \times 0,95)] = 42,18; \\ R_{be1} = 42,18 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{ki1} = R_{E1} \times \frac{h_{211}}{1,5} = 1,05 \times \frac{120}{1,5} = 1,235 \cdot 10^{-2}; R_{ki1} = 12,35 \Omega.$$

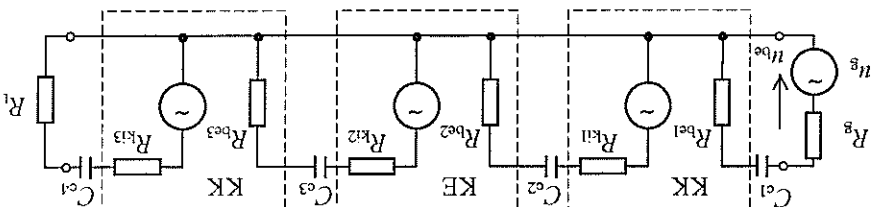
$$A_{u1} = \frac{1}{1 + \frac{h_{211}}{1,5}} = \frac{1}{1 + \frac{120}{1,5}} = \frac{1}{58,8} = 0,975.$$

$$R_{be3} = R_{B3} \times [h_{213} (R_{E3} \times R_{ki1})] = 135 \times [1,5 + 120(1,05 \times 1)] = 42,94; \\ R_{be3} = 42,94 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{ki3} = R_{E3} \times \frac{h_{213}}{1,5} = 1,05 \times \frac{120}{1,5} = 1,235 \cdot 10^{-2}; R_{ki3} = 12,35 \Omega.$$

$$A_{u3} = \frac{1}{1 + \frac{h_{213}}{1,5}} = \frac{1}{1 + \frac{120}{1,5}} = \frac{1}{58,8} = 0,976.$$

Az erősítő kistfrekvenciás helyettesítőképe 3.46. ábrán látható.



3.46. ábra

$$f_1 = \frac{2\pi C_{k1}(R_g + R_{be1})}{1} = \frac{6,28 \cdot 10^{-5} \cdot 4,318 \cdot 10^4}{1} = 0,37; f_1 = 0,37 \text{ Hz.} \\ f_2 = \frac{2\pi C_{k2}(R_{ki1} + R_{be2})}{1} = \frac{6,28 \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot 9,62 \cdot 10^2}{1} = 3,3; f_2 = 3,3 \text{ Hz.} \\ f_3 = \frac{2\pi C_{k3}(R_{ki2} + R_{be3})}{1} = \frac{6,28 \cdot 10^{-5} \cdot 4,41 \cdot 10^4}{1} = 0,36; f_3 = 0,36 \text{ Hz.} \\ f_4 = \frac{2\pi C_{k4}(R_{ki3} + R_l)}{1} = \frac{6,28 \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot 1,01 \cdot 10^3}{1} = 3,14; f_4 = 3,14 \text{ Hz.}$$

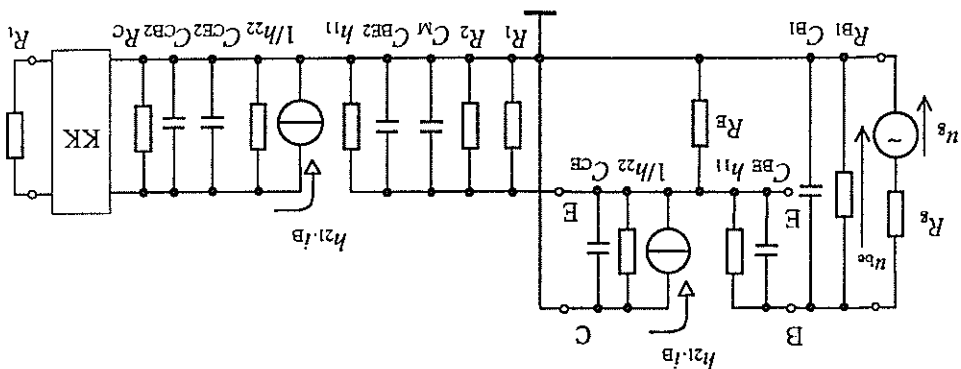
$$f_E = \frac{1}{2\pi R_E C_E} = \frac{1}{6,28 \cdot 3,5 \cdot 10^{-2}} = 1,06; f_E = 1,06 \text{ Hz.}$$

$$A_{u2} = -\frac{h_{12}}{h_{212}} \cdot (R_{k12} \times R_{bc3}) = -100 \cdot (1,13 \times 42,94) = -110.$$

$$A_{uv2} = -\frac{A_u}{1 + \frac{h_{212}}{h_{112}} \cdot R_{E2}} = -\frac{110}{1 + 100 \cdot 0,3} = -3,55.$$

$$f_{fE} = f_E \cdot \frac{A_{uv2}}{110} = 1,06 \cdot \frac{3,55}{110} = 32,8; f_{fE} = 32,8 \text{ Hz.}$$

Az erősítő nagyfrekvenciás helyettesítőképe a 3.47. ábrán látható.



3.47. ábra

$$f_{bc1} = \frac{2\pi C_{CB1} (R_B \times R_{bc1})}{1} = \frac{6,28 \cdot 6 \cdot 10^{-12} \cdot 9,77 \cdot 10^2}{1} = 2,72 \cdot 10^7; f_{bc1} = 27,2 \text{ MHz.}$$

$$C_M = (1 + |A_u|) C_{CB2} = 111 \cdot 6 = 666; C_M = 666 \text{ pF.}$$

$$f_{k11} = \frac{2\pi (C_{CE1} + C_M + C_{CB2}) (R_{k11} \times R_{bc2})}{1} = \frac{6,28 \cdot 6,8 \cdot 10^{-10} \cdot 1,22 \cdot 10}{1} = 1,92 \cdot 10^8;$$

$$f_{k11} = f_{bc2} \approx 192 \text{ MHz.}$$

$$f_{k12} = f_{bc3} = \frac{2\pi (C_{CE2} + C_{CB2} + C_{CB3}) (R_{k12} \times R_{bc3})}{1} = \frac{6,28 \cdot 2 \cdot 10^{-11} \cdot 1,1 \cdot 10^3}{1} = 7,2 \cdot 10^6;$$

$$f_{k12} = f_{bc3} = 7,2 \text{ MHz.}$$

$$f_{k3} = \frac{2\pi \cdot C_{C3} \cdot (R_{k3} \times R_1)}{1} = \frac{6,28 \cdot 9 \cdot 10^{-12} \cdot 1,2 \cdot 10^4}{1} = 1,45 \cdot 10^9 \text{ Hz}$$

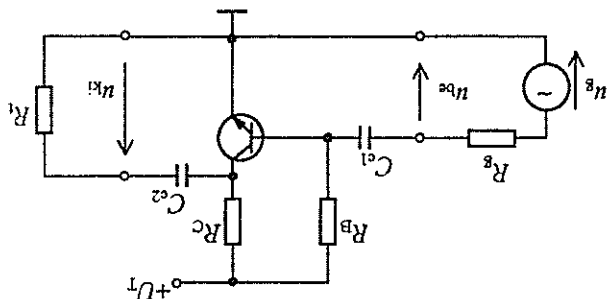
$$f_a = f_{hE} = 32,8 \text{ Hz}; f_i = f_{k2} = 7,2 \text{ MHz}$$

A be- és kimeneten lévő KK fokozatok tehát az alsó határfrekvenciát nem változtatták meg, a felső határfrekvenciát viszont lényegesen megnövelték (996,5 kHz helyett 7,2 MHz).

Feladatok

3.4.1. Számítsuk ki a 3.48. ábrán látható erősítő feszültséggerősítését és alsó határfrekvenciáját! Ábrázoljuk az erősítés és a fázistolás változását a frekvencia függvényében!

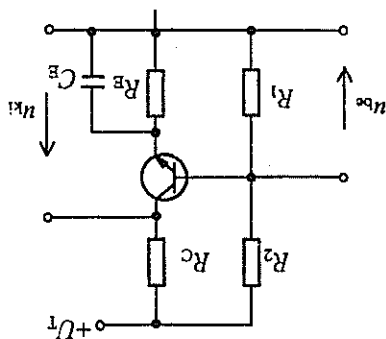
Adatok: $R_C = 3,2 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_B = 560 \text{ k}\Omega$; $R_E = 2 \text{ k}\Omega$; $h_{11} = 3,3 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 210$; $h_{22} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $C_{C1} = 5 \text{ }\mu\text{F}$; $C_{C2} = 50 \text{ }\mu\text{F}$.



3.48. ábra

3.4.2. A 3.49. ábrán látható közös emitteres erősítő feszültséggerősítése $A_u = -70$. Számítsuk ki az alsó határfrekvencia értékét, ha $C_E = 100 \text{ }\mu\text{F}$! Határozzuk meg C_E értékét úgy, hogy $f_a = 20 \text{ Hz}$ legyen!

Adatok: $h_{11} = 2,8 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 140$; $R_E = 1,2 \text{ k}\Omega$.



3.49. ábra

3.4.3. Számítsuk ki egy közös emitteres erősítő emitter- és csatolókondenzátora-
inak értékét! Az alsó határfrekvenciát a bemeneti kör C_{C1} csatolókondenzá-
tora határozza meg. A C_{C2} csatolókondenzátor és a C_E emitter-kondenzátor
határfrekvenciája legyen egy nagyságrenddel kisebb, mint az alsó határ-
frekvencia.

Adatok: $f_a = 20$ Hz; $R_1 = 240$ k Ω ; $R_2 = 1$ M Ω ; $R_C = 12$ k Ω ; $R_E = 500$ Ω ;
 $R_E = 4,4$ k Ω ; $R_1 = 25$ k Ω ; $h_{11} = 6,2$ k Ω ; $h_{21} = 110$; $h_{22} = 10^{-5}$ S.

3.4.4. Számítsuk ki egy közös emitteres erősítő váltakozó áramú jellemzőit és al-
só határfrekvenciáját!

Adatok: $R_C = 416$ Ω ; $R_E = 83,3$ Ω ; $R_B = 84$ k Ω ; $R_g = 200$ Ω ; $R_1 = 5$ k Ω ;
 $h_{21} = 140$; $h_{11} = 1,7$ k Ω ; $h_{22} = 2 \cdot 10^{-5}$ S; $C_{C1} = C_{C2} = 50$ μ F; $C_E = 500$ μ F.

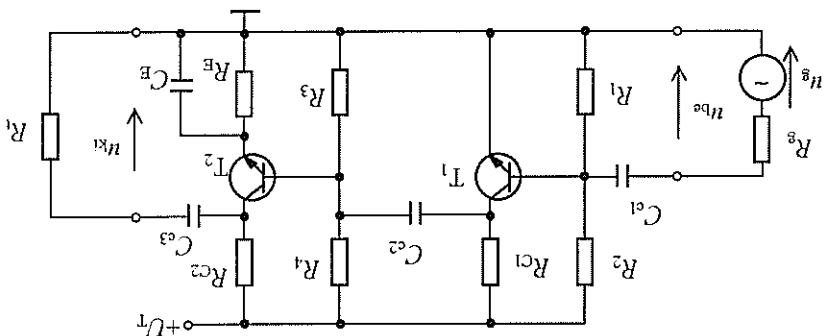
3.4.5. Számítsuk ki egy közös emitteres erősítő tranzisztorának h_{11} paraméterét, az
erősítő be- és kimeneti ellenállását, az R_C kollektor-ellenállás, a C_{C1} csatoló-
kondenzátor, a C_E emitter-kondenzátor nagyságát és a feszültséggerősítést!

Adatok: $R_1 = 6,8$ k Ω ; $R_2 = 22$ k Ω ; $R_E = 420$ Ω ; $h_{21} = 180$; $h_{22} = 4 \cdot 10^{-5}$ S;
 $R_1 = 25$ k Ω ; $R_g = 160$ Ω ; $f_{be} = 20$ Hz; $f_e = 6,154 \cdot 10^{-4}$ Hz; $f_1 = f_2 = 1$ Hz;
 $C_{C2} = 6$ μ F.

3.4.6. A 3.50. ábrán egy kétfokozatú, RC csatolású erősítő látható. Számítsuk ki az

erősítő váltakozó áramú jellemzőit, a csatolókondenzátorok és az emitter-
kondenzátor határfrekvenciáját, és határozzuk meg az alsó határfrekvenciát!

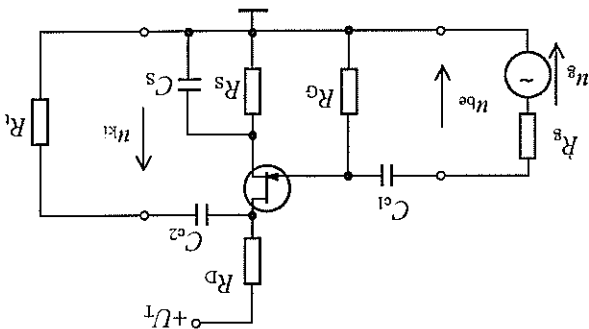
Adatok: $R_E = 270$ Ω ; $R_3 = 6,8$ k Ω ; $R_4 = 27$ k Ω ; $R_{C1} = 680$ Ω ; $R_{C2} = 470$ Ω ;
 $R_1 = 1,8$ k Ω ; $R_2 = 18$ k Ω ; $h_{211} = 100$; $h_{111} = 1$ k Ω ; $h_{221} = 6 \cdot 10^{-5}$ S;
 $h_{12} = 120$; $h_{112} = 1,2$ k Ω ; $h_{222} = 5 \cdot 10^{-5}$ S; $R_1 = 1$ k Ω ; $R_g = 140$ Ω ;
 $C_{C1} = 100$ μ F; $C_{C2} = 50$ μ F; $C_{C3} = 50$ μ F; $C_E = 680$ μ F.



3.50. ábra

3.4.7. A 3.51. ábrán egy közös source kapcsolású erősítő látható. Számítsuk ki a be- és kimeneti ellenállását, ill. a feszültséggerjesztést! Határozzuk meg a csatolókondenzátorok és a source-kondenzátor határfrekvenciáját és az erősítő alsó határfrekvenciáját! Rajzoljuk fel a kisfrekvenciás helyettesítőképet!

Adatok: $R_S = 1,57 \text{ k}\Omega$; $R_D = 1 \text{ M}\Omega$; $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$; $R_g = 600 \Omega$; $C_{c1} = C_{c2} = 1 \mu\text{F}$; $C_S = 500 \mu\text{F}$; $y_{z1} = 2,6 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$; $y_{z2} = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.



3.51. ábra

3.4.8. Számítsuk ki egy közös source kapcsolású erősítő R_S source, R_D drain ellenállásainak, valamint az A_u feszültséggerjesztés, R_{be} bemeneti és R_{ki} kimeneti ellenállásának értékeit! Határozzuk meg a C_S source-kondenzátor nagyságát, ha az alsó határfrekvencia $f_a = 20 \text{ Hz}$.

Adatok: $U_T = 15 \text{ V}$; $U_{GS0} = -2,5 \text{ V}$; $I_{D0} = 2 \text{ mA}$; $U_{DS0} = 6 \text{ V}$; $R_G = 1 \text{ M}\Omega$; $R_g = 75 \Omega$; $R_1 = 50 \text{ k}\Omega$; $y_{z1} = 4,4 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$; $y_{z2} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $C_{c1} = C_{c2} = 10 \mu\text{F}$.

3.4.9. Számítsuk ki egy közös emitteres erősítő felső határfrekvenciáját! Alakítsuk át a munkapont-beállítást bázisáramplátásra, számítsuk ki az R_B ellenállást, és a felső határfrekvenciát ebben az esetben is!

Adatok: $R_C = 820 \Omega$; $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 27 \text{ k}\Omega$; $h_{11} = 2,7 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 210$; $h_{22} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$; $R_g = 200 \Omega$; $C_{BE} = 6 \text{ pF}$; $C_{CB} = 8 \text{ pF}$; $C_{CE} = 11 \text{ pF}$.

3.4.10. Számítsuk ki egy közös emitteres kapcsolású tranzisztorának C_{CE} kollektor-emitter kapacitását, ha mérésről megállapítottuk, hogy $f_t = 7,31 \text{ MHz}$ és $f_{bc} = 1,07 \text{ MHz}$.

Adatok: $R_C = 2,2 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 6 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$; $R_g = 600 \Omega$; $h_{11} = 1,7 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 140$; $h_{22} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $C_{BE} = 3 \text{ pF}$; $C_{CB} = 5 \text{ pF}$.

3.4.11. Számítsuk ki egy közös source-kapcsolású erősítő felső határfrekvenciáját! Adatok: $R_G = 1 \text{ M}\Omega$; $R_D = 2 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$; $R_g = 60 \Omega$; $y_{21} = 5 \text{ mA/V}$; $y_{22} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $C_{GS} = 18 \text{ pF}$; $C_{DG} = 8 \text{ pF}$; $C_{DS} = 15 \text{ pF}$.

3.4.12. Számítsuk ki egy közös bázisú erősítő felső határfrekvenciáját!

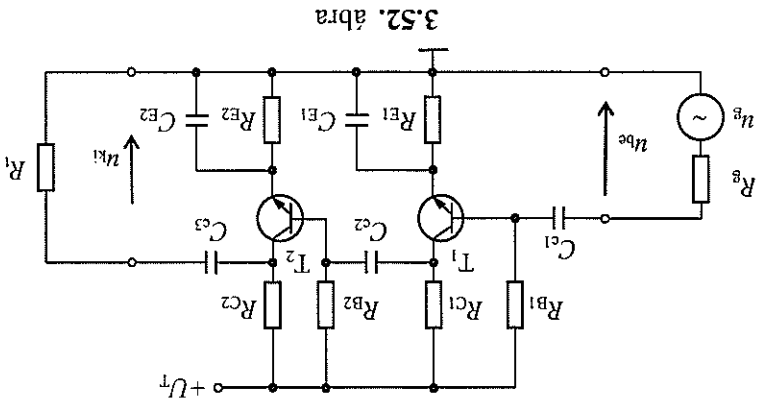
Adatok: $R_C = 820 \Omega$; $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 272 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$; $R_E = 330 \Omega$; $R_g = 200 \Omega$; $C_{BE} = 6 \text{ pF}$; $C_{CB} = 86 \text{ pF}$; $C_{CE} = 11 \text{ pF}$. A közös emitteres kapcsolásra vonatkozó h -paraméterek: $h_{11} = 2,7 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 210$; $h_{22} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.

3.4.13. Határozzuk meg egy közös emitteres erősítő sávszélességét!

Adatok: $h_{11} = 2,4 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 180$; $h_{22} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $R_1 = 25 \text{ k}\Omega$; $R_C = 1,16 \text{ k}\Omega$; $R_E = 435 \Omega$; $R_1 = 6,54 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 23,3 \text{ k}\Omega$; $R_g = 1 \text{ k}\Omega$; $C_{C1} = 20 \mu\text{F}$; $C_{C2} = 50 \mu\text{F}$; $C_E^1 = 680 \mu\text{F}$; $C_{BE} = 6 \text{ pF}$; $C_{CE} = 14 \text{ pF}$; $C_{CB} = 8 \text{ pF}$.

3.4.14. A 3.52. ábrán egy kétfokozatú közös emitteres erősítő látható. Számítsuk ki a munkapont-beállító ellenállások értékeit és a váltakozó áramú jellemzőket középső frekvencián, valamint a csatoló- és emitter-kondenzátorok határfrekvenciáit és a tranzisztorok kapacitásai miatt jelentkező határfrekvenciákat! Határozzuk meg az alsó és felső határfrekvenciát, valamint a sávszélességet!

Adatok: $U_{CE01} = 5 \text{ V}$; $I_{C01} = 2,5 \text{ mA}$; $I_{B01} = 40 \mu\text{A}$; $U_{BE01} = 0,6 \text{ V}$; $U_{CE02} = 6 \text{ V}$; $I_{C02} = 1 \text{ mA}$; $I_{B02} = 10 \mu\text{A}$; $U_{BE02} = 0,55 \text{ V}$; $U_T = 10 \text{ V}$; $R_{C1} = 1,5 \text{ k}\Omega$; $R_{C2} = 3 \text{ k}\Omega$; $R_g = 1 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$; $h_{111} = 3,7 \text{ k}\Omega$; $h_{211} = 130$; $h_{212} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $h_{112} = 2,9 \text{ k}\Omega$; $h_{212} = 110$; $h_{222} = 3,1 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $C_{E1} = 47 \mu\text{F}$; $C_{E2} = 470 \mu\text{F}$; $C_{C1} = 1 \mu\text{F}$; $C_{C2} = 10 \text{ pF}$; $C_{BE1} = 2 \text{ pF}$; $C_{CE1} = 8 \text{ pF}$; $C_{BC1} = 4 \text{ pF}$; $C_{BE2} = 4 \text{ pF}$; $C_{CE2} = 10 \text{ pF}$; $C_{BC2} = 4 \text{ pF}$.



3.52. ábra

3.5. Nagyjeleű erősítők

1. példa

Egy B-osztályú beállításban működő ellenütemű teljesítményerősítőt 80%-os kivezérléssel működtetünk. Számítsuk ki a tápegységéből felvett, és a terhelésre leadott teljesítményt, ill az erősítő disszipációját és hatásfokát! Határozzuk meg, hogy mekkora max. disszipációs teljesítményű tranzisztorokat kell használni!

Adatok: $I_{Cmax} = 4,5 \text{ A}$; $U_T = 30 \text{ V}$.

Megoldás

$$v = 0,8; P_f = 2 \cdot v \cdot U_T \cdot \frac{I_{Cmax}}{4,5} = 2 \cdot 0,8 \cdot 30 \cdot \frac{4,5}{3,14} = 68,79; P_f \approx 68,8 \text{ W.}$$

$$P_{ki} = \frac{2}{v^2} \cdot U_T \cdot I_{Cmax} = 0,32 \cdot 30 \cdot 4,5 = 43,2; P_{ki} = 43,2 \text{ W.}$$

$$P_D = P_f - P_{ki} = 68,8 - 43,2 = 25,6; P_D = 25,6 \text{ W.}$$

$$\eta = 0,875 \cdot v = 0,875 \cdot 0,8 = 0,7; \eta = 70\%.$$

A tranzisztor max. disszipációja:

$$P_{Dmax} \approx 0,2 \cdot U_T \cdot I_{Cmax} = 0,2 \cdot 30 \cdot 4,5 = 67,5; P_{Dmax} = 67,5 \text{ W.}$$

2. példa

A 3.53. ábrán egy Darlington-tranzisztoros ellenütemű teljesítményerősítő látható. Számítsuk ki az $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$ ellenállások értékeit!

Adatok: $R_E = 0,5 \Omega$; $U_T = \pm 15 \text{ V}$; $I_{C01} = 0,5 \text{ A}$; $I_{C06} = 10 \text{ mA}$; $I_{B05} = 0,8 \text{ mA}$; $U_{CE05} = 8 \text{ V}$; $B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = 80$; $B_6 = 100$; minden $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$.

Megoldás

$$|U_{E0}| = I_{C01} \cdot R_E = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25; U_{CE01} = U_T - U_{E0} = 15 - 0,25 = 14,75;$$

$$U_{CE01} = U_{CE02} = 14,75 \text{ V.}$$

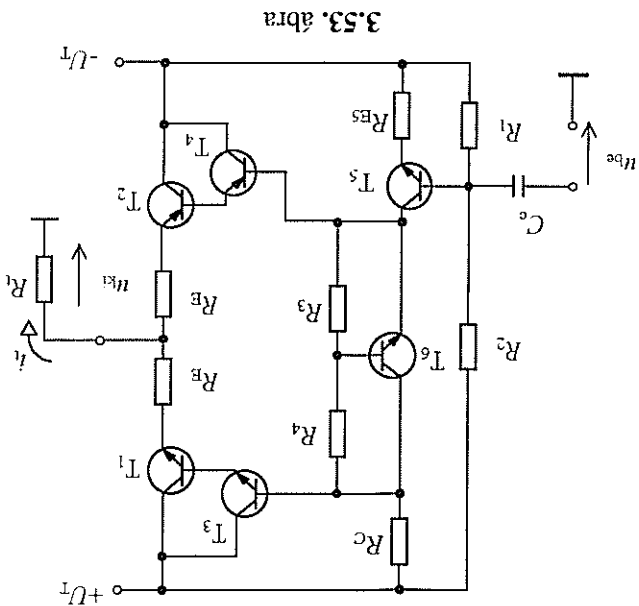
$$U_{B03} = U_{E0} + 2 \cdot U_{BE0} = 0,25 + 1,2 = 1,45 \text{ V}; U_{B04} = -1,45 \text{ V.}$$

$$U_{CE06} = U_{B03} - U_{B04} = 1,45 - (-1,46) = 2,9 \text{ V.}$$

$$I_{B03} = I_{B04} = \frac{I_{C01}}{0,5} = \frac{6400}{7,8 \cdot 10^{-5}} = 7,8 \cdot 10^{-5}; I_{B03} = I_{B04} = 78 \mu\text{A.}$$

$$I_{B06} = \frac{I_{C06}}{10} = \frac{100}{10} = 0,1; I_{B06} = 100 \mu\text{A.}$$

$$I_{R4} = 10 \cdot I_{B06} = 1 \text{ mA}; I_{R3} = 9 \cdot I_{B06} = 0,9 \text{ mA.}$$



$$R_3 = \frac{U_{BE03}}{0,6} = \frac{I_{R_3}}{0,6} = 0,66; R_3 = 666,66 \, \Omega.$$

$$R_4 = \frac{U_{CE06} - U_{BE03}}{I_{R_4}} = \frac{2,9 - 0,6}{1} = 2,3; R_4 = 2,3 \, \text{k}\Omega.$$

$$I_{RC} = I_{C06} + I_{B03} + I_{R_4} = 10 + 0,078 + 1 = 11,078; I_{RC} = 11,078 \, \text{mA}.$$

$$R_C = \frac{U_T - U_{B03}}{I_{RC}} = \frac{15 - 1,45}{11,078} = 1,22; R_C = 1,22 \, \text{k}\Omega.$$

$$I_{RES} = I_{C06} + I_{R_3} + I_{B04} = 10 + 0,9 + 0,078 = 10,978; I_{RES} = 10,978 \, \text{mA}.$$

$$2 \cdot U_T = I_{RC} \cdot R_C + U_{CE06} + U_{CE05} + I_{RES} \cdot R_{ES}.$$

$$R_{ES} = \frac{2 \cdot U_T - I_{RC} \cdot R_C - U_{CE06} - U_{CE05}}{I_{RES}} = \frac{30 - 13,55 - 2,9 - 8}{10,978} = 0,5055; R_{ES} = 505,5 \, \Omega.$$

$$U_{B05} = U_{BE05} + I_{RES} \cdot R_{ES} - U_T = 0,6 + 5,55 - 15 = -8,85; U_{BE05} = -8,85 \, \text{V}.$$

$$R_1 = \frac{|-U_T - U_{B05}|}{9 \cdot I_{B05}} = \frac{|-15 - (-8,85)|}{9 \cdot 0,8} = \frac{6,15}{7,2} = 0,854; R_1 = 854 \, \Omega.$$

$$R_2 = \frac{U_T - U_{B05}}{10 \cdot I_{B05}} = \frac{15 + 6,15}{8} = 2,64; R_2 = 2,64 \, \text{k}\Omega.$$

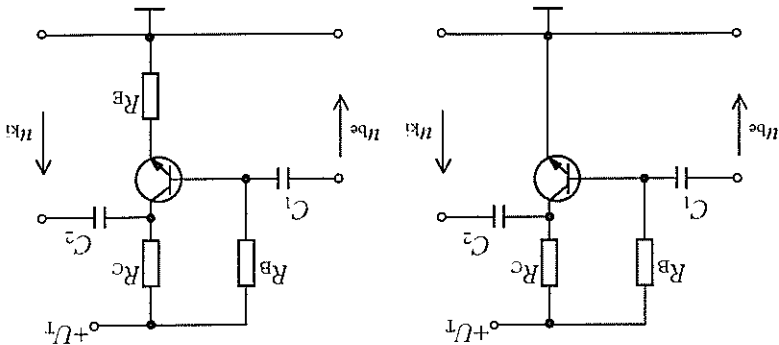
Feladat

3.5.1. Egy $U_T = 15$ V-os tápfeszültséggel működő, $\eta = 47\%$ -os hatásfokú B-osztályú munkapontban működő ellenütemű teljesítményerősítő kimeneti teljesítménye $P_{ki} = 20$ W. Számítsuk ki a tápegységből felvett és disszipációs teljesítményt! Határozzuk meg a tranzisztorok I_{Cmax} , U_{CEmax} , P_{Dmax} határadatait!

A feladatok megoldása

3.1.1. $R_E = 640 \, \Omega$; $R_1 = 7,13 \, k\Omega$; $R_2 = 13,6 \, k\Omega$.

3.1.2. A 3.1.2. feladat áramköréi a 3.54. ábrán láthatók.



3.54. ábra

$R_B = 84 \, k\Omega$; $R_E = 83,3 \, \Omega$; $R_B = 84 \, k\Omega$.

3.1.3. $R_E = 683,6 \, \Omega$; $R_1 = 8,5 \, k\Omega$; $R_2 = 17,3 \, k\Omega$.

3.1.4. $I_{B0} = 2,47 \, \mu A$; $I_{C0} = 1,08 \, mA$; $U_{CE0} = 12,35$ V.

3.1.5. $R_E = 1,05 \, k\Omega$; $R_1 = 21,33 \, k\Omega$; $R_2 = 40,8 \, k\Omega$; $P_{RE} = 16,8$ mW; $P_{R1} = 1,08$ mW; $P_{R2} = 2,55$ mW.

A szabványos ellenállások: $R_E = 1 \, k\Omega$; $R_1 = 22 \, k\Omega$; $R_2 = 39 \, k\Omega$. Valamennyi ellenállás $1/8$ W-os lehet.

3.1.6. $R_E = 1,125 \, k\Omega$; $R_1 = 11,5 \, k\Omega$; $R_2 = 9,66 \, k\Omega$; $R_B = 96,6 \, k\Omega$.

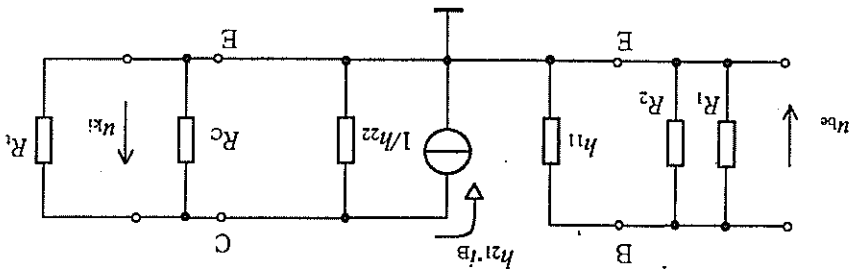
3.1.7. $R_E \equiv 84,4 \, \Omega$; $R_1 \equiv 2 \, k\Omega$; $R_2 = 10,7 \, k\Omega$.

3.1.8. $I_{D0} = -3,7 \text{ mA}$; $U_{D0} = -11,87 \text{ V}$; $U_{GS0} = +4,44 \text{ V}$.

3.1.9. $R_G = 1 \text{ M}\Omega$ (választott érték); $R_S = 250 \Omega$; $U_T = +20 \text{ V}$.

3.1.10. $R_E = 330 \Omega$; $R_1 = 6,8 \text{ k}\Omega$ (az osztó alsó tagja); $R_2 = 27 \text{ k}\Omega$; $R_{BE} = 1,8 \text{ k}\Omega$; $R_{ki} = 787 \Omega$; $A_{dB}^{uu} = -61,2$; $A_{dB}^{u} = 35,7 \text{ dB}$; $A_u = -51,2$; $A_{dB}^{u} = 34,2 \text{ dB}$; $A_1 = 23,6$; $A_{dB}^{u} = 27,5 \text{ dB}$.

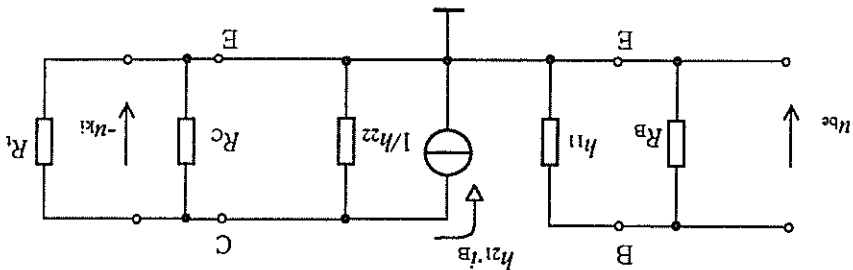
Az erősítő h paraméteres helyettesítőképe a 3.55. ábrán látható.



3.55. ábra

3.1.11. $R_{BE} = 497 \Omega$; $R_{ki} = 184 \Omega$; $A_{dB}^{uu} = -13,77$; $A_u = -13,47$; $A_1 = 0,816$; $u_{be} = 7,62 \text{ mV}$; $u_{ci} = -103 \text{ mV}$.

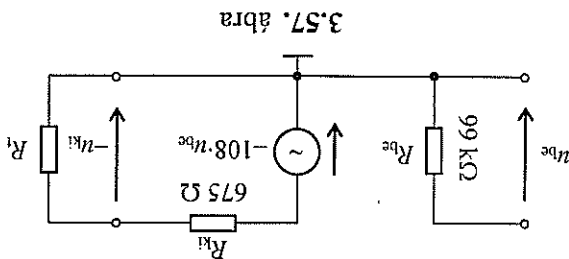
3.1.12. Az erősítő h paraméteres helyettesítőképe a 3.56. ábrán látható.



3.56. ábra

$R_{BE} = 994 \Omega$; $R_{ki} = 675 \Omega$; $A_{dB}^{uu} = -108$; $A_{dB}^{u} = 40,7 \text{ dB}$; $A_u = -95,2$; $A_{dB}^{u} = 39,6 \text{ dB}$; $A_1 = 18,9$; $A_{dB}^{u} = 25,5 \text{ dB}$.

Az erősítő helyettesítőképe a 3.57. ábrán látható.

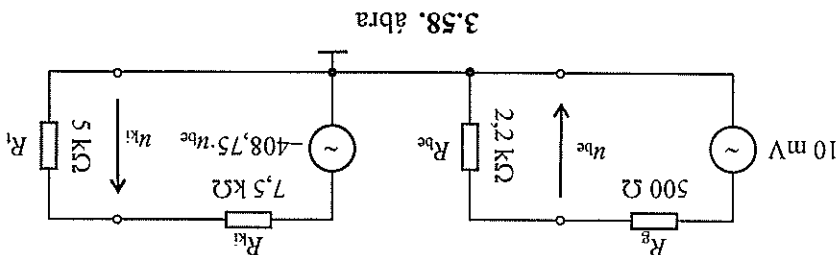


3.1.13. $R_{be} = 6 \text{ k}\Omega$; $R_{ki} = 11,86 \text{ k}\Omega$; $A_{u1} = -142,7$; $A_{dBr}^{u1} = 43,1 \text{ dB}$; $A_{u0} = -210,4$; $A_{dBr}^{u0} = 46,5 \text{ dB}$; $A_1 = 34,25$; $A_{dBr}^1 = 30,7 \text{ dB}$; $A_{u2} = -16,36$.

Az erősítés tehát 88,5%-kal csökken.

3.1.14. $R_{be} = 2,2 \text{ k}\Omega$; $R_{ki} = 7,5 \text{ k}\Omega$; $A_u = -163,6$; $A_{dBr}^u = 44,3 \text{ dB}$; $A_{u0} = -408,75$; $A_{dBr}^{u0} = 52 \text{ dB}$; $A_1 = 71,9$; $A_{dBr}^1 = 37,14 \text{ dB}$.

Az erősítő helyettesítőképét a 3.58. ábra szemlélteti.



$u_{ki0} = -3,3 \text{ V}$; $u_{ki} = -1,33 \text{ V}$.

3.1.15. $R_{be} = 900 \Omega$; $R_{ki} = 2 \text{ k}\Omega$; $A_{u0} = -70$; $A_{dBr}^{u0} = 36,9 \text{ dB}$; $A_u = -50$; $A_{dBr}^u = 34 \text{ dB}$; $A_1 = 9$; $A_{dBr}^1 = 19,1 \text{ dB}$.

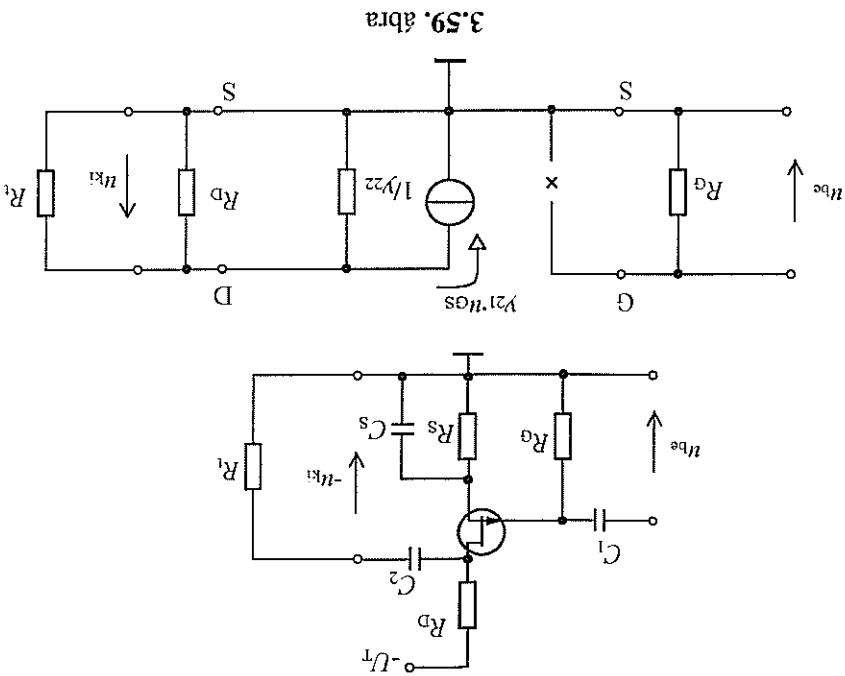
3.1.16. $R_C = 1,16 \text{ k}\Omega$; $R_E = 435 \Omega$; $R_1 = 6,54 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 23,3 \text{ k}\Omega$.

3.1.17. $R_C = 2,7 \text{ k}\Omega$; $U_T = 10,35 \text{ V}$; $R_{be} = 838,1 \Omega$; $R_{ki} = 788 \Omega$.

3.1.18. Az erősítő kapcsolási rajza és helyettesítőképe a 3.59. ábrán látható.

$R_{be} = 1 \text{ M}\Omega$; $R_{ki} = 1,72 \text{ k}\Omega$; $A_u = -5$; $A_{dBr}^u = 14 \text{ dB}$.

3.1.19. $R_{be} = 820 \text{ k}\Omega$; $R_{ki} = 4 \text{ k}\Omega$; $A_u = -28,57$; $R_E = 500 \Omega$; $U_T = 16,34 \text{ V}$.



3.1.20. $y_{21} = 12 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$; $y_{22} = 3,33 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $u_g = 2,1 \text{ mV}$; $u_{kiu} = 49,2 \text{ mV}$;

$A_{db}^{uu} = -24,6$; $A_{db}^{uu} = 27,8 \text{ dB}$; $u_{ki} = 34,9 \text{ mV}$; $A_u = -17,4$; $A_{db}^{uu} = 24,8 \text{ dB}$;
 3.1.21. $R_S = 1,2 \text{ k}\Omega$; $R_D = 3,8 \text{ k}\Omega$; $R_G = 500 \text{ k}\Omega$; $R_{ki} = 3 \text{ k}\Omega$; $A_{uu} = -23,1$;
 $A_{db}^{uu} = 27,27 \text{ dB}$; $A_u = -15,4$; $A_{db}^{uu} = 23,75 \text{ dB}$; $y_{22} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.

3.1.22. $R_E = 1 \text{ k}\Omega$; $R_B = 400 \text{ k}\Omega$. A helyettesítőkép a 3.11. ábra szerinti.
 $R_{pe} = 66 \text{ k}\Omega$; $R_{ki} = 27,2 \Omega$.

3.1.23. $R_E = 600 \Omega$; $R_B = 210 \text{ k}\Omega$. Pontos értékek: $R_{pe} = 56,35 \text{ k}\Omega$; $R_{ki} = 10,21 \Omega$;
 $A_u = 0,98$. Közelítő értékek: $R_{pe} \approx 56,3 \text{ k}\Omega$; $R_{ki} \approx 6,74 \Omega$; $A_u \approx 1$.

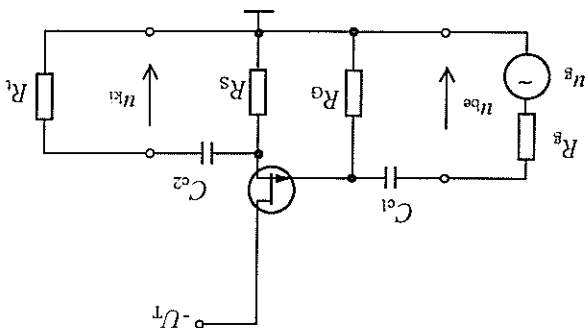
3.1.24. $R_E = 1,5 \text{ k}\Omega$; $R_B = 340 \text{ k}\Omega$; $R_{pe} = 5,6 \text{ k}\Omega$; $R_{ki} = 11 \Omega$; $A_u = 0,474$.
 Erősítő nélkül: $u_i = u_g \cdot 0,0164$. Erősítővel: $u_i = u_g \cdot 0,428$.

Tehát erősítővel 26,1-szer nagyobb a terhelésre jutó feszültség.

3.1.25. A közös drain elektrodájú kapcsolás JFET-tel a 3.60. ábrán látható.

$$U_{DS0} = -1,8 \text{ V}; U_{DS0} = -5 \text{ V}; R_{be} = 1,2 \text{ M}\Omega; R_{ki} = 195,6 \Omega; A_{un} = 0,44; A_u = 0,434.$$

3.60. ábra



$$3.1.26. u_{ki} = 1,56 \text{ mV.}$$

$$3.1.27. R_C = 1 \text{ k}\Omega; R_E = 125 \Omega; R_1 = 2,95 \text{ k}\Omega; R_2 = 20,8 \text{ k}\Omega; R_{be} = 9,26 \Omega; R_{ki} \approx 1 \text{ k}\Omega; A_u = 83,33; A_1 = 0,15.$$

$$3.1.28. I_{B0} = 40 \mu\text{A}; U_{BE0} = 0,68 \text{ V}; I_{C0} = 4 \text{ mA}; U_{CE0} = 6 \text{ V}; A_u = 21,5; R_{be} = 26 \Omega; R_{ki} \approx 750 \Omega; u_{be} = 3,42 \text{ mV}; u_{ki} = 73,55 \text{ mV.}$$

$$3.1.29. R_S = 200 \Omega; R_D = 1,8 \text{ k}\Omega; R_G = 1 \text{ M}\Omega \text{ (választott érték)}; A_u = 5,76.$$

$$3.1.30. R_D = 4,7 \text{ k}\Omega; U_{DS} = 5,95 \text{ V}; R_S = 2 \text{ k}\Omega.$$

$$3.2.1. R_{C1} = 435 \Omega; R_{C2} = 274,22 \Omega; R_{E1} = 315 \Omega; R_{E2} = 350 \Omega; R_1 = 5,46 \text{ k}\Omega; R_2 = 21,1 \text{ k}\Omega; R_3 = 8,2 \text{ k}\Omega; R_4 = 8,9 \text{ k}\Omega; R_{be} = R_{be1} = 1,11 \text{ k}\Omega; R_{kie} = R_{kie2} = 272,5 \Omega; A_{ue} = 305,7; A_{ie} = 565,6.$$

$$3.2.2. R_{E1} = 200 \Omega; R_{E2} = 500 \Omega; R_1 = 4,44 \text{ k}\Omega; R_2 = 13,5 \text{ k}\Omega; R_3 = 6,11 \text{ k}\Omega; R_4 = 29,5 \text{ k}\Omega; R_{be} = R_{be1} = 827,76 \Omega; A_{ue} = 123,75.$$

$$3.2.3. a_2 = 0,397.$$

$$3.2.4. R_C = 1,52 \text{ k}\Omega; R_E = 368,8 \Omega; R_1 = 5 \text{ k}\Omega; R_2 = 25,5 \text{ k}\Omega; R_S = 250 \Omega; R_G = 1 \text{ M}\Omega \text{ (választott érték)}; R_{be2} = 991,6 \Omega; R_{ki1} = 248,75 \Omega; R_{be1} = 1 \text{ M}\Omega; R_{ki2} = 1,38 \text{ k}\Omega; A_{u1} = 0,44; A_{ue} = -44; u_{ki} \approx -880 \text{ mV}; A_{T1}\text{-es fokozat nélkül: } u_{ki} = 995,7 \text{ mV.}$$

3.2.5. $R_{E1} = 1 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 211,4 \text{ k}\Omega$; $R_{E2} = 590 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 8,5 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 22,3 \text{ k}\Omega$;
 $R_{E3} = 1 \text{ k}\Omega$; $R_4 = 14,6 \text{ k}\Omega$; $R_5 = 21,14 \text{ k}\Omega$; $R_{E1} = 56,3 \text{ k}\Omega$; $R_{E1} = 15,5 \text{ k}\Omega$;
 $R_{E2} = 1,14 \text{ k}\Omega$; $R_{E3} = 889,75 \text{ }\Omega$; $R_{E3} = 7,72 \text{ k}\Omega$; $R_{E3} = 15,5 \text{ }\Omega$; $A_{u1} = 0,97$;
 $A_{u2} = -85,46$; $A_{u3} = 0,969$; $A_{u4} = -80,32$; $u_{ki} = 1,18 \text{ V}$.
 Ha nincs első fokozat: $u_{ki} = -662,5 \text{ mV}$.

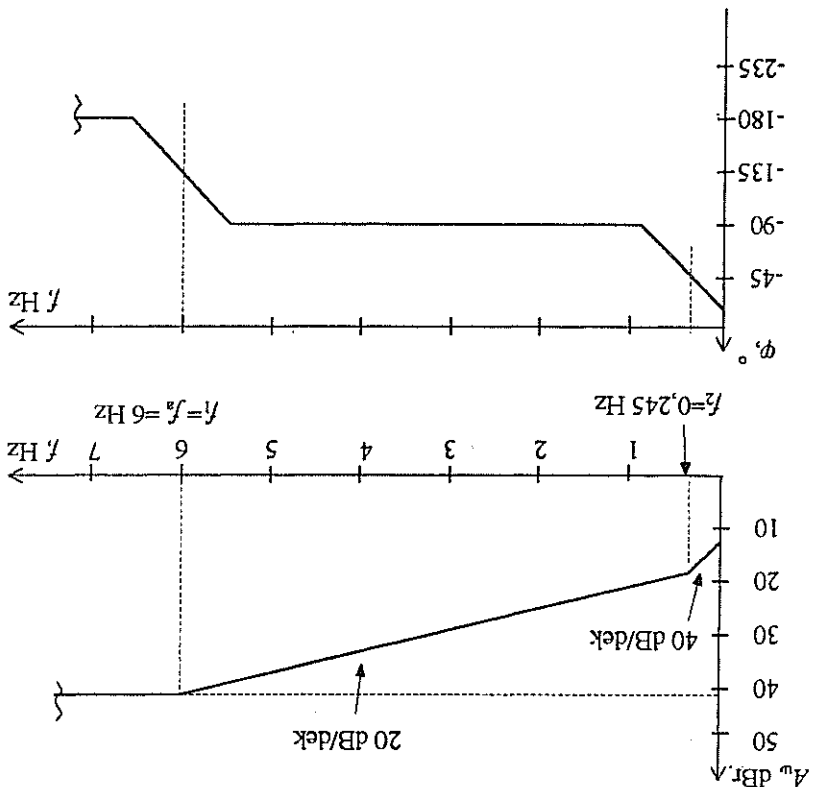
Ha nincs első és harmadik fokozat: $u_{ki} = -408,37 \text{ mV}$.

3.3.1. $R_{E1} = 59,77 \text{ k}\Omega$; $R_{E2} = 3,3 \text{ k}\Omega$; $A_{u1} = -1,97$; $A_{u2} = 23,6$; $u_{ki} = -19,5 \text{ mV}$.
 3.3.2. $R_C = 3,19 \text{ k}\Omega$; $R_E = 812 \text{ }\Omega$; $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 51 \text{ k}\Omega$; $R_{E1} = 7,86 \text{ k}\Omega$;
 $R_{E2} = 3 \text{ k}\Omega$; $A_{u1} = -2,8$; $A_{u2} = 2,2$.

3.3.3. $R_{E1} = 3,18 \text{ k}\Omega$; $R_{E2} = 2,76 \text{ k}\Omega$; $A_{u1} = -112$; $A_{u2} = 70$; $R_{E1} = 178,43 \text{ k}\Omega$;
 $R_{E2} = 3,2 \text{ k}\Omega$; $A_{u1} = -1,617$; $A_{u2} = 56,57$.

3.4.1. $A_u = -145,33$; $A_{uB} = 43,2 \text{ dB}$; $f_a = 6 \text{ Hz}$.

A 3.4.1. feladat erősítőjének Bode-diagramjai a 3.61. ábrán látható.



3.61. ábra

$$3.4.2. f_a = f_{\text{HE}} = 81 \text{ Hz}; C_E = 404,7 \mu\text{F}$$

3.4.3. $C_{C1} = 1,22 \mu\text{F}$; $C_{C2} = 2,16 \mu\text{F}$; $C_E = 1436,1 \mu\text{F}$. (A feladatban megadott feltételek betartásával az emitter-kondenzátor nagy értékűre adódik. Cél szerű a közös emitteres erősítő alsó határfrekvenciáját minden esetben az emitter-kondenzátorral beállítani.)

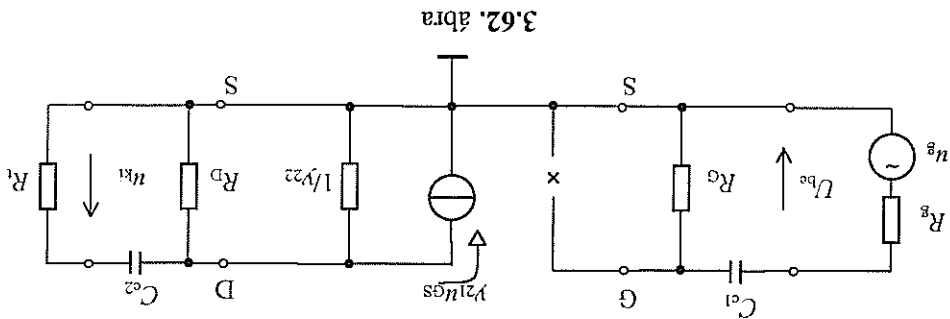
$$3.4.4. R_{\text{BE}} = 1,67 \text{ k}\Omega; R_{\text{KI}} = 412,56 \Omega; A_u = -31,38; A_i = 10,48; A_{uv} = -4; f_1 = 1,71 \text{ Hz}; f_2 = 0,59 \text{ Hz}; f_E = 3,8 \text{ Hz}; f_a = f_{\text{HE}} = 29,8 \text{ Hz}.$$

$$3.4.5. h_{11} = 2,4 \text{ k}\Omega; R_{\text{BE}} = 1,64 \text{ k}\Omega; R_{\text{KI}} = 1,53 \text{ k}\Omega; R_C = 1,64 \text{ k}\Omega; C_{C1} = 88,4 \mu\text{F}; C_E = 616 \mu\text{F}; A_u = -108,8.$$

$$3.4.6. R_{\text{BE}1} = 620,7 \Omega; R_{\text{KI}1} = 653 \Omega; R_{\text{BE}2} = 982,8 \Omega; R_{\text{KI}2} = 459,2 \Omega; A_{u1} = -39,2; A_{\text{dB}1} = 31,86 \text{ dB}; A_{u2} = -31,47; A_{\text{dB}2} = 29,96 \text{ dB}; A_{ue} = 1233,6; A_{\text{dB}e} = 61,8 \text{ dB}; C_{C1} \text{ miatt: } f_1 = 2,09 \text{ Hz}; C_{C2} \text{ miatt: } f_2 = 1,95 \text{ Hz}; C_{C3} \text{ miatt: } f_3 = 2,18 \text{ Hz}; C_E \text{ miatt: } f_E = 0,867 \text{ Hz}; f_{\text{HE}} = 27,3 \text{ Hz}; f_a = f_{\text{HE}} = 27,3 \text{ Hz}.$$

$$3.4.7. R_{\text{BE}} = 1 \text{ M}\Omega; R_{\text{KI}} = 1,86 \text{ k}\Omega; A_u = -3,5; f_1 = 0,16 \text{ Hz}; f_2 = 23,2 \text{ Hz}; f_3 = 0,2 \text{ Hz}; f_{\text{HS}} = 1 \text{ Hz}; f_a = 23,2 \text{ Hz}.$$

Az erősítő kisfrekvenciás helyettesítőképe a 3.62. ábrán látható.



3.62. ábra

3.4.9. $f_1 = f_{\text{BE}} = 2,09 \text{ MHz}$; $R_B = 270 \text{ k}\Omega$, illyenkör: $f_1 = f_{\text{BE}} = 2,02 \text{ MHz}$. (Tehát a felső határfrekvenciát a munkapont-beállítás módja nem befolyásolja jelentősen kis értékű R_g ellenállás mellett.)

$$3.4.10. C_{CE} = 9 \text{ pF}$$

$$3.4.11. f_t = f_{k1} = 5 \text{ MHz.}$$

$$3.4.12. f_t = f_{k1} = 12,3 \text{ MHz.}$$

$$3.4.13. f_1 = 3 \text{ Hz; } f_2 = 0,12 \text{ Hz; } f_E = 0,538 \text{ Hz; } f_{hE} = 18 \text{ Hz; } f_{k1} = 401 \text{ kHz; } f_{k1} = 6,81 \text{ MHz; } f_a = 18 \text{ Hz; } f_t = 401 \text{ kHz; } B = 4 \cdot 10^5 - 18 \text{ Hz.}$$

$$3.4.14. R_{E1} = 500 \Omega; R_{B1} = 203,75 \text{ k}\Omega; R_{E2} = 1 \text{ k}\Omega; R_{B2} = 848 \text{ k}\Omega; R_{be1} = 3,63 \text{ k}\Omega; R_{k11} = 1,44 \text{ k}\Omega; A_{u1} = -33,8; A_{u1u} = -50,6; A_{11} = -42,3; R_{be2} = 2,9 \text{ k}\Omega; R_{k12} = 2,74 \text{ k}\Omega; A_{u2} = -67,1; A_{u2u} = -103,8; A_{12} = -38,9; f_{E1} = 6,775 \text{ Hz; } f_{hE1} = 126 \text{ Hz; } f_{E2} = 0,338 \text{ Hz; } f_{hE2} = 13,2 \text{ Hz; } A_{ue} = 2276; f_1 = 34,4 \text{ Hz; } f_2 = 3,67 \text{ Hz; } f_3 = 2,05 \text{ Hz; } f_{be1} = 1,44 \text{ MHz; } f_{k11} = f_{be2} = 573,8 \text{ kHz; } f_{k12} = 7,48 \text{ MHz; } f_t = 573,8 \text{ kHz; } f_a = 126 \text{ Hz; } B = 5,74 \cdot 10^5 - 1,26 \cdot 10^2 \text{ Hz.}$$

$$3.5.1. v = 0,6; P_f = 42,55 \text{ W; } P_D = 22,55 \text{ W; } I_{Cmax} = 7,4 \text{ A; } U_{CEmax} = U_T = 15 \text{ V; } P_{dmax} = 55,5 \text{ W.}$$

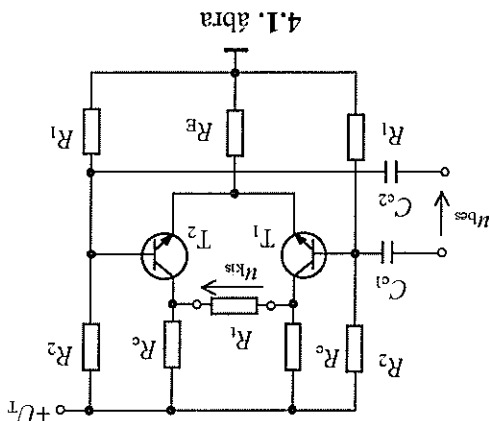
4. MŰVELETI ERŐSÍTŐK

4.1. Alapkapcsolások műveleti erősítővel

1. példa

Az 4.1. ábra egy differenciálerősítőt mutat. Számítsuk ki a munkapont-beállító ellenállások értékét és a váltakozó áramú jellemzőket!

Adatok: $I_{C01} = I_{C02} = 1,5 \text{ mA}$; $B_1 = B_2 = 140$; $U_{BE01} = U_{BE02} = 0,6 \text{ V}$; $U_{CE01} = U_{CE02} = 8 \text{ V}$; $U_T = 12 \text{ V}$; $h_{112} = h_{111} = 3,2 \text{ k}\Omega$; $h_{211} = h_{212} = 200$; $h_{221} = h_{222} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $A_{us} = -60$; $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$.



Megoldás

$$A_{us} = -\frac{h_{21}}{h_{22}} \left(\frac{1}{R_1} \times R_C \times \frac{2}{R_1} \right); 60 = \frac{200}{3,2} (40 \times R_C \times 2,5); R_C = 1,62 \text{ k}\Omega.$$

$$U_T = I_{C0} \cdot R_C + U_{CE0} + 2 \cdot I_{C0} \cdot R_E; R_E = \frac{U_T - I_{C0} \cdot R_C - U_{CE0}}{2 \cdot I_{C0}} = \frac{12 - 2,43 - 8}{3} = 0,523;$$

$$U_{B0} = 2 \cdot I_{C0} \cdot R_E + U_{BE0} = 1,57 + 0,6 = 2,17; U_{B0} = 2,17 \text{ V.}$$

$$I_{B0} = \frac{I_{C0}}{\beta} = \frac{140}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 1,07 \cdot 10^{-5}; I_{B0} = 10,7 \text{ }\mu\text{A.}$$

$$R_1 = \frac{U_{B0}}{2,17} = \frac{9 \cdot 1,07 \cdot 10^{-5}}{2,17} = 2,25 \cdot 10^{-4}; R_1 = 22,5 \text{ k}\Omega.$$

$$R_2 = \frac{U_T - U_{B0}}{12 - 2,17} = \frac{1,07 \cdot 10^{-4}}{9,83} = 1,07 \cdot 10^{-4}; R_2 = 91,87 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{BS} = 2 \cdot (R_1 \times R_2 \times h_{11}) = 2 \cdot (22,5 \times 91,87 \times 3,2) = 5,44 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{kIS} = 2 \cdot \left(\frac{1}{h_{22}} \times R_C \right) = 2 \cdot (40 \times 1,62) = 3,11; R_{kIS} = 3,11 \text{ k}\Omega.$$

$$A_{uk} \equiv - \frac{R_C}{R_E} = - \frac{1,62}{2 \cdot 0,5233} = -1,55.$$

$$R_{BCK} = \frac{1}{2} \cdot [R_1 \times R_2 \times (h_{11} + h_{21} \cdot 2 \cdot R_E)] = \frac{1}{2} \cdot [18,07 \times (3,2 + 200 \cdot 2 \cdot 0,5233)] = 8,33;$$

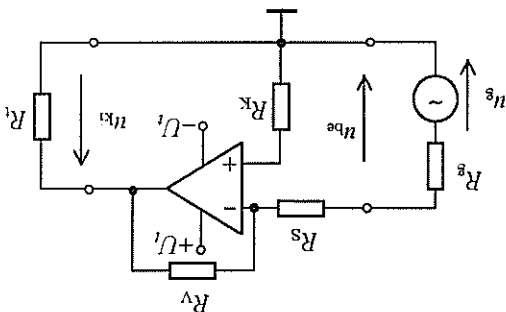
$$R_{BCK} = 8,33 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{kIK} \equiv \frac{1}{h_{22}} \times R_C = 40 \times 1,62 = 1,56; R_{kIK} = 1,56 \text{ k}\Omega.$$

$$D = \frac{A_{us}}{60} = \frac{1,54}{60} = 38,96; D_{dB} = 20 \lg 38,96 = 31,8; D_{dB} = 31,8 \text{ dB}_r.$$

2. példa

Az 4.2. ábrán egy ideális műveleti erősítővel felépített invertáló erősítő látható. Számítsuk ki az R_V , R_S és R_K ellenállások értékét, valamint a kimeneti feszültséget!



4.2. ábra

Válasszunk szabványos ellenállásértékeket az E12-es sorból és számítsuk ki ezek-
kel az értékekkel a bemeneti ellenállást és a feszültséggerősítést! Határozzuk meg a
műveleti erősítő két bemenete közötti feszültségkülönbséget (négy tizedesjegy
pontossággal) és a kimeneti hibafeszültséget!

Adatok: $A_{uv} = -80$; $R_{be} = 10 \text{ k}\Omega$; $I_{bn} = I_{bp} = 500 \text{ nA}$; $u_g = 20 \text{ mV}$; $R_g = 600 \Omega$;
 $R_i = 10 \text{ k}\Omega$.

Megoldás

$$R_s = R_{be} = 10 \text{ k}\Omega; A_{uv} = -\frac{R_s}{R_v}; R_v = |A_v| \cdot R_s = 80 \cdot 10 = 800; R_v = 800 \text{ k}\Omega;$$

$$R_k = R_v \times (R_s + R_g) = 800 \times 10,6 = 10,46 \text{ k}\Omega.$$

$$u_{be} = u_g \cdot \frac{R_{be}}{R_{be} + R_g} = 20 \cdot \frac{10}{10 + 0,6} = 18,87; u_{be} = 18,87 \text{ mV}.$$

$$u_{ki} = u_{be} \cdot A_{uv} = -18,87 \cdot 80 = -1,51; u_{ki} = -1,51 \text{ V}.$$

A szabványos ellenállásértékek:

$$R_s = 10 \text{ k}\Omega; R_v = 820 \text{ k}\Omega; R_k = 10 \text{ k}\Omega.$$

$$\text{Ezekkel: } R_{be} = R_s = 10 \text{ k}\Omega; A_{uv} = -\frac{R_s}{R_v} = -\frac{10}{820} = -82;$$

Az invertáló bemenet feszültsége:

$$U_n = I_{bn} = [(R_s + R_g) \times R_v] = 5 \cdot 10^{-7} \cdot (10,6 \times 820) \cdot 10^3 = 5,2324 \cdot 10^{-3}; U_n = 5,2324 \text{ mV}.$$

A neminvertáló bemenet feszültsége:

$$U_p = I_{bp} \cdot R_k = 5 \cdot 10^{-7} \cdot 10^4 = 5 \cdot 10^{-3}; U_p = 5 \text{ mV}.$$

A két bemenet közötti feszültségkülönbség:

$$U_n - U_p = 232,4 \mu\text{V}.$$

A kimeneti hibafeszültség:

$$U_{kih} = A_{uv} \cdot (U_n - U_p) = -82 \cdot 2,324 \cdot 10^{-4} = -1,9057 \cdot 10^{-2}; U_{kih} = -19,057 \text{ mV}.$$

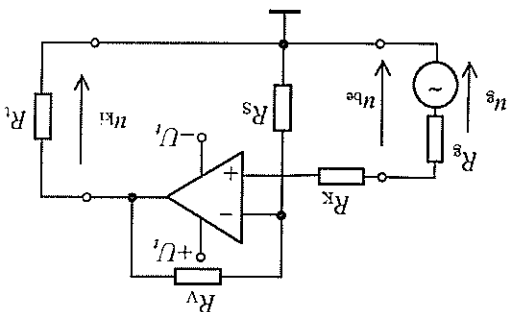
3. példa

Számítsuk ki az 4.3. ábrán látható neminvertáló erősítő R_s és R_k ellenállásait! A mű-
veleti erősítő ideálisnak tekinthető.

Adatok: $R_v = 400 \text{ k}\Omega$; $I_{ki} = 10,2 \text{ mA}$; $R_i = 1 \text{ k}\Omega$; $U_g = 200 \text{ mV}$; $R_g = 600 \Omega$.

Megoldás

$$U_{ki} = I_{ki} \cdot R_i = 10,2 \cdot 1 = 10,2 \text{ V}; U_{be} = U_g \text{ mert } R_{be} = \infty.$$



4.3. ábra

$$A_{uv} = \frac{u_{be}}{u_{ki}} = \frac{10,2}{0,2} = 51; R_{ki} = 0 \Omega; A_{uv} = 1 + \frac{R_V}{R_S},$$

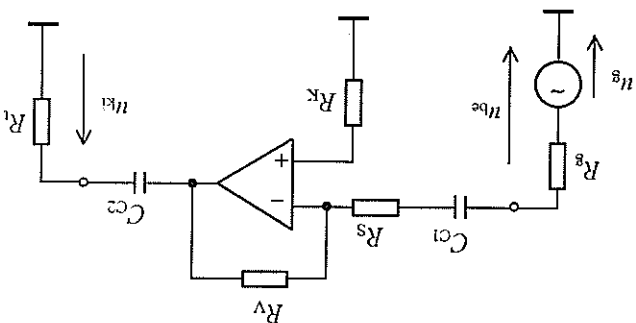
$$\text{innen } R_S = \frac{R_V}{\frac{50}{400} - 1} = \frac{50}{-1} = 8; R_S = 8 \text{ k}\Omega.$$

$$R_g + R_k = R_V \times R_S = 400 \times 8 = 7,84 \text{ k}\Omega; R_k = 7,84 - 0,6 = 7,24; R_k = 7,24 \text{ k}\Omega.$$

4. példa

Számítsuk ki az 4.4. ábrán látható invertáló áramú erősítő R_S , R_V és R_K ellenállását, valamint az alsó határfrekvenciát!

Adatok: $R_{be} = 10 \text{ k}\Omega$; $A_{uv} = -70$; $R_g = 150 \Omega$; $R_i = 1 \text{ k}\Omega$; $C_{c1} = C_{c2} = 10 \mu\text{F}$.



4.4. ábra

Megoldás

$$R_S = R_{be} = 10 \text{ k}\Omega; R_V = |A_{uv}| \cdot R_S = 70 \cdot 10 = 700; R_V = 700 \text{ k}\Omega; R_K = R_V = 700 \text{ k}\Omega;$$

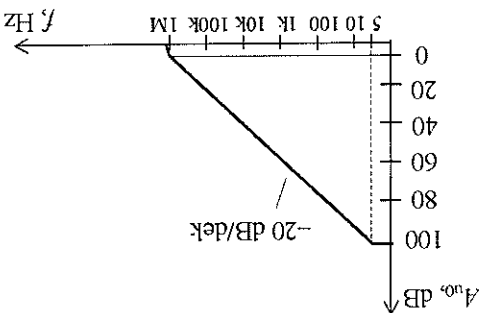
$$f_1 = \frac{2\pi \cdot C_{c1} \cdot (R_g + R_S)}{1} = \frac{6,28 \cdot 10^{-5} \cdot 1,015 \cdot 10^4}{1} = 1,57; f_1 = 1,57 \text{ Hz.}$$

$$f_2 = \frac{2\pi \cdot C_{c2} \cdot R_L}{1} = \frac{6,28 \cdot 10^{-5} \cdot 10^3}{1} = 15,9; f_1 = 15,9 \text{ Hz}; f_a = 15,9 \text{ Hz.}$$

5. példa

Számítsuk ki a 4.4. ábrán látható invertáló áramú erősítő R_V , R_S , R_K ellenállásainak értékét és a felső határfrekvenciát!

Adatok: $A_v = -50$; $R_{be} = 20 \text{ k}\Omega$; $S = 0,5 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$; $u_{be} = 150 \text{ mV}$. A nyílthurkú erősítés frekvenciafüggését a 4.5. ábra mutatja.



4.5. ábra

Megoldás

$$R_S = R_{be} = 20 \text{ k}\Omega; R_V = |A_v| \cdot R_S = 50 \cdot 20 = 1000; R_V = 1 \text{ M}\Omega; R_K = R_V = 1 \text{ M}\Omega;$$

$$A_{dBf}^{uv} = -20 \lg 50 = 34 \text{ dB}_r.$$

A visszacsatolás miatti erősítéscsökkenés: $100 \text{ dB}_r - 34 \text{ dB}_r = 66 \text{ dB}_r$. Mivel dekadé-
donként 20 dB_r -rel csökken az erősítés, ezért a frekvencia változása: $\frac{66}{20} = 3,3$ de-
kad. A nyílthurkú erősítés 5 Hz -es határfrekvenciája ezért $3,3$ dekadéval növekszik,

$$\text{így } f_v = 9,97 \text{ kHz.}$$

A kivezérlés határfrekvenciája az S slew-rate értékből adódik:

$$f_{kv} = \frac{2 \cdot \pi \cdot u_{kics}}{S}; u_{ki} = u_{be} \cdot A_v^{uv} = 1,5 \cdot 10^{-1} \cdot 50 = 7,5 \text{ V.}$$

$$u_{kics} = \sqrt{2} \cdot u_{ki} = 1,41 \cdot 7,5 = 10,575; u_{kics} = 10,61 \text{ V.}$$

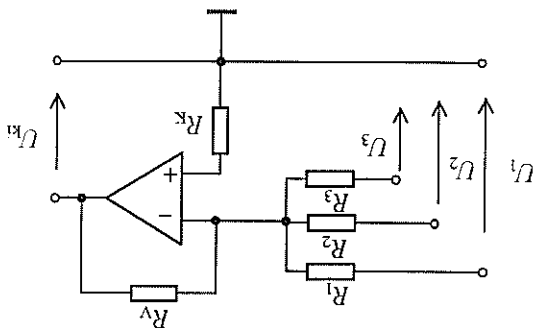
$$f_{kv} = \frac{0,5 \cdot 10^6}{6,28 \cdot 10,575} \approx 7,5 \cdot 10^3; f_{kv} = 7,5 \text{ kHz.}$$

Az f_{fv} és az f_{kv} összehasonlításából: $f_f = f_{kv} \approx 7,5 \text{ kHz}$.

6. példa

Az 4.6. ábrán látható, ideális műveleti erősítővel felépített összegző áramkör max. kimeneti feszültsége $-U_{kmax} = 10 \text{ V}$. Számítsuk ki az R_1 , R_2 , R_3 és R_K ellenállások értékét!

Adatok: $R_V = 400 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 2 \cdot R_1$; $R_3 = 4 \cdot R_1$; $U_{1max} = 1,2 \text{ V}$; $U_{2max} = 1,4 \text{ V}$; $U_{3max} = 2,4 \text{ V}$. A bemeneti feszültségeket szolgáltató generátorok ideálisak.



4.6. ábra

Megoldás

$$\begin{aligned} \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} + \frac{R_V}{U_{ki}} = 0; U_{kmax} = -R_V \cdot \left(\frac{U_{1max}}{R_1} + \frac{U_{2max}}{2R_1} + \frac{U_{3max}}{4R_1} \right) = \\ = -\frac{R_V}{R_1} \left(U_{1max} + \frac{U_{2max}}{2} + \frac{U_{3max}}{4} \right) \end{aligned}$$

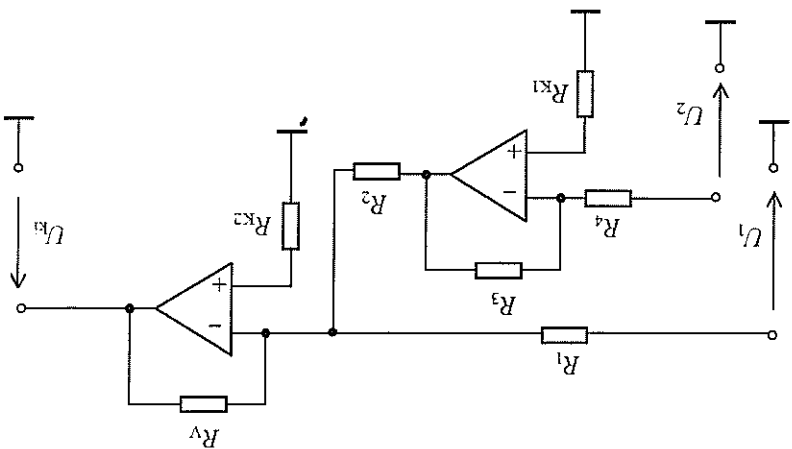
$$R_1 = \frac{R_V}{U_{kmax}} \cdot \left(U_{1max} + \frac{U_{2max}}{2} + \frac{U_{3max}}{4} \right) = \frac{400}{10} \cdot (1,2 + 0,7 + 0,6).$$

$$R_1 = 100 \text{ k}\Omega; R_2 = 200 \text{ k}\Omega; R_3 = 400 \text{ k}\Omega. \\ R_K = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_V = 100 \times 200 \times 400 \times 400 = 50; R_K = 50 \text{ k}\Omega.$$

7. példa

Számítsuk ki az 4.7. ábrán látható kivonó áramkör kimeneti feszültségét és R_{K1} , R_{K2} ellenállásait!

Adatok: $R_3 = R_4 = 20 \text{ k}\Omega$; $R_1 = R_2 = 20 \text{ k}\Omega$; $R_V = 40 \text{ k}\Omega$; $U_1 = 2,5 \text{ V}$; $U_2 = 3 \text{ V}$.



4.7. ábra

Megoldás

$$U_{ki1} = -\frac{R_3}{R_2} \cdot U_2 = -3 \text{ V}, U_{ki2} = R_v \cdot \left(\frac{R_1}{U_1} + \frac{R_2}{U_{ki}} \right) = 40 \cdot \left(\frac{20}{2,5} - \frac{3}{20} \right) = -1; U_{ki2} = -1 \text{ V}.$$

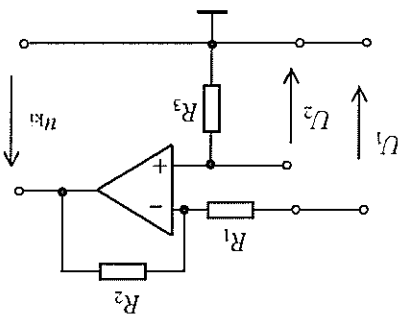
$$R_{k1} = R_3 \times R_4 = 20 \times 20 = 10; R_{k1} = 10 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{k2} = R_1 \times R_2 \times R_v = 20 \times 20 \times 40 = 8; R_{k2} = 8 \text{ k}\Omega.$$

8. példa

Számítsuk ki az 4.8. ábrán látható kivonó áramkör kimeneti feszültségét és R_3 ellenállását!

$$\text{Adatok: } R_1 = 50 \text{ k}\Omega; R_2 = 75 \text{ k}\Omega; U_1 = 5 \text{ V}; U_2 = 4 \text{ V}.$$



4.8. ábra

Megoldás

$$U_{ki1} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_1 = -\frac{75}{50} \cdot 5 = -7,5 \text{ V}.$$

9. példa

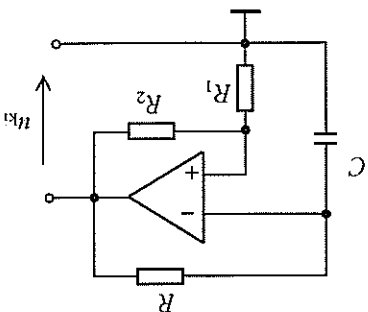
$$R_3 = R_1 \times R_2 = 30 \text{ k}\Omega.$$

$$U_{k1} = U_{k12} - U_{k11} = 10 - 7,5 = 2,5 \text{ V.}$$

$$U_{k12} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot U_2 = \left(1 + \frac{50}{75}\right) \cdot 4 = 10 \text{ V.}$$

Számítsuk ki a 4.9. ábrán látható asztabil multivibrátor kimeneti feszültségének frekvenciáját! A kondenzátor feszültségének változása lineárisnak tekinthető.

Adatok: $U_{k\max} = \pm 14 \text{ V}$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 9 \text{ k}\Omega$; $C = 100 \text{ nF}$; $R = 50 \text{ k}\Omega$.



4.9. ábra

Megoldás

A neminveráló bemenet feszültsége:

$$U_R = \pm U_{k\max} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \pm 14 \cdot \frac{1}{10} = \pm 1,4; U_R = \pm 1,4 \text{ V.}$$

Az RC-tag időállandója: $\tau = R \cdot C = 10^{-7} \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 5 \cdot 10^{-3}$; $\tau = 5 \text{ ms}$.

A kondenzátor töltő feszültség:

$$U = |U_{k\max}| + |U_R| = 14 + 1,4 = 15,4; U = 15,4 \text{ V.}$$

A kondenzátor töltődési (kisütési) ideje:

$$\frac{2 \cdot |U_R|}{U} = \frac{\tau}{t}; t = \tau \cdot \frac{2 \cdot |U_R|}{U} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{15,4}{2,8} \approx 9,1 \cdot 10^{-4}.$$

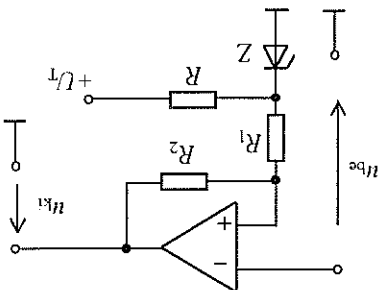
A periódusidő és frekvencia:

$$T = 2 \cdot t = 1,8 \cdot 10^{-3}; f = \frac{T}{1} = \frac{1,8 \cdot 10^{-3}}{1} = 5,5 \cdot 10^2; f = 550 \text{ Hz.}$$

10. példa

A 4.10. ábrán egy műveleti erősítővel felépített Schmitt-trigger látható, amelynek referenciafeszültségét a Zener-diódás elemi stabilizátor adja. Számítsuk ki az U_{b1} , ill. U_{b2} billenési feszültségeket és az U_H histerézisfeszültség értékét! A Zener-dióda ideálisnak tekinthető.

Adatok: $U_Z = 5,6 \text{ V}$; $R_1 = 1,2 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 10,8 \text{ k}\Omega$; $U_{\text{kimax}} = \pm 14 \text{ V}$.



4.10. ábra

Megoldás

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

$$U_{b1} = U_R + U_{\text{kimax}} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 5,6 + 14 \cdot \frac{1,2}{12} = 7; U_{b1} = 7 \text{ V.}$$

$$U_{b2} = U_R - U_{\text{kimax}} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 5,6 - 14 = 4,2; U_{b2} = 4,2 \text{ V.}$$

$$U_H = U_{b1} - U_{b2} = 7 - 4,2 = 2,8; U_H = 2,8 \text{ V.}$$

Feladatok

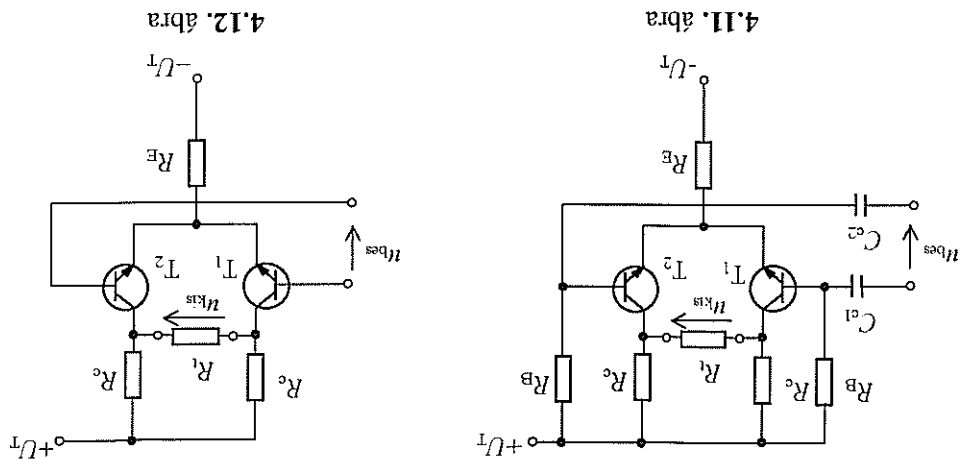
4.1.1. Számítsuk ki a 4.11. ábrán látható differenciálerősítő R_E emitter- és R_B bá-

zis-ellenállását!

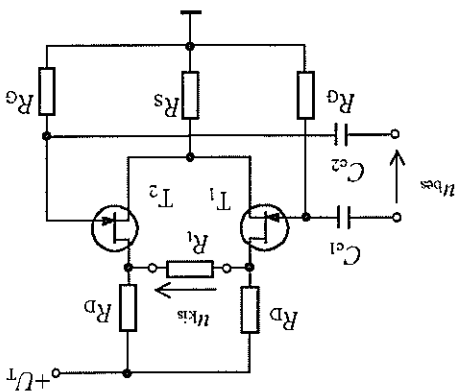
Adatok: $U_T = \pm 9 \text{ V}$; $R_C = 2,2 \text{ k}\Omega$; $I_{C01} = I_{C02} = 2 \text{ mA}$; $I_{B01} = I_{B02} = 25 \mu\text{A}$;
 $U_{CE01} = U_{CE02} = 6 \text{ V}$; $U_{BE01} = U_{BE02} = 0,7 \text{ V}$.

4.1.2. A 4.12. ábrán látható differenciálerősítő munkaponti bázisfeszültsége $U_{B01} = U_{B02} = 0 \text{ V}$. Számítsuk ki a tranzisztorok elektrodáin mérhető munkaponti egyenfeszültségeket, az R_C munkaeellenállás és az R_E emitter-ellenállás értékeit! A két tranzisztor minden jellemzője azonos.

Adatok: $A_{\text{NS}} = -80$; $h_{11} = 2,8 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 160$; $h_{22} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $U_T = \pm 10 \text{ V}$;
 $U_{CE0} = 7,5 \text{ V}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$; $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$.

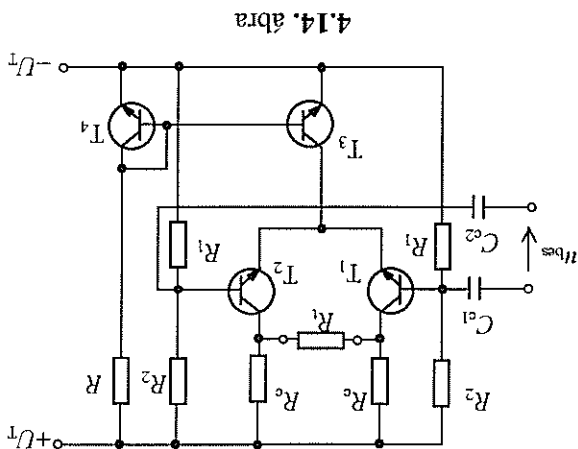


4.13. ábra FET-rel felépített differenciálerősítő

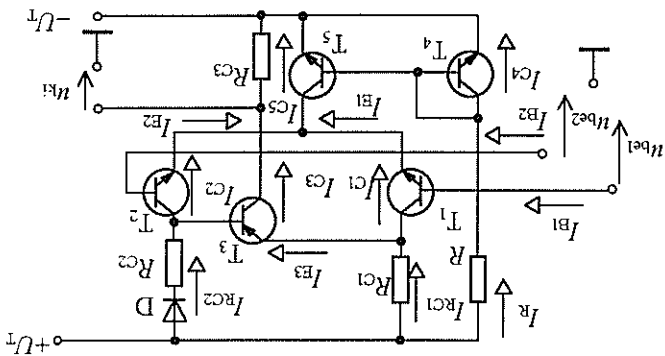


- 4.1.6.** Számítsuk ki a 4.13. ábrán látható, FET-rel feleltett differenciálerősítő R_D ellenállásait, A_{us} , A_{uk} , R_{beS} , R_{kis} , R_{bek} , R_{kik} változó áramú jellemzőit! Adatok: $R_g = 1 \text{ M}\Omega$; $U_{GS0} = -2,5 \text{ V}$; $U_{DS0} = 5,5 \text{ V}$; $U_T = 10 \text{ V}$; $I_{D0} = 1,2 \text{ mA}$; $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$; $y_{21} = 35 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$; $y_{22} = 10^{-5} \text{ S}$.

- 4.1.7.** A 4.14. ábrán egy áramgenerátoros emitter-ellenállással feleltett differenciálerősítő látható. Számítsuk ki az erősítő következő jellemzőit: U_{CE03} , R_C , I_{C03} , I_{B03} , I_{C04} , I_{B4} , R_3 , U_{B01} , U_{B02} , I_{B01} , I_{B02} , R_1 , R_2 , A_{us} , R_{beS} , R_{kis} , A_{uk} , R_{bek} , R_{kik} , D ! Adatok: $U_T = \pm 6 \text{ V}$; $U_{CE01} = U_{CE02} = 8 \text{ V}$; $I_{C01} = I_{C02} = 1 \text{ mA}$; $B_1 = B_2 = 100$; $B_3 = B_4 = 80$; $R_1 = 12 \text{ k}\Omega$; $h_{211} = h_{212} = 190$; $h_{111} = h_{112} = 3,6 \text{ k}\Omega$; $h_{221} = h_{222} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $h_{223} = h_{224} = 10^{-5} \text{ S}$; $U_{BE01} = U_{BE02} = 0,6 \text{ V}$; $U_{BE03} = U_{BE04} = 0,6 \text{ V}$ ($I_{R2} = 10 \cdot I_{B02}$).



4.14. ábra



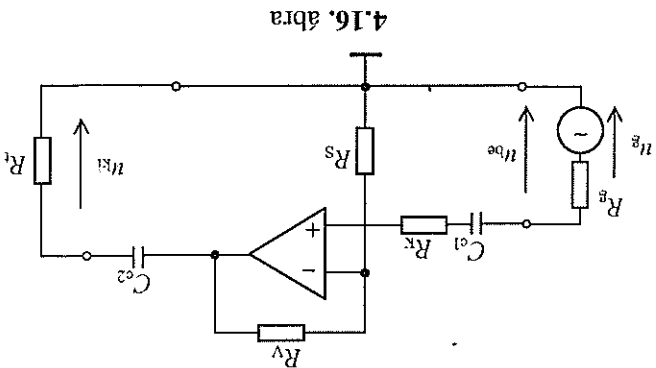
4.15. ábra

- 4.1.8. A 4.15. ábra egy áramgenerátoros emitter-ellenállással rendelkező, fázis-összegezős differenciálerősítőt mutat. Számítsuk ki a kapcsolás egyes elemein folyó áramokat: $I_{C1}, I_{E1}, I_{RC1}, I_{C2}, I_{E2}, I_{RC2}, I_{C3}, I_{E3}, I_{C4}, I_{R1}, I_{B02} = 120 \mu\text{A}; I_{B03} = 50 \mu\text{A}$.
- Adatok: $B_1 = 65; B_2 = 69; B_3 = 63; B_4 = 30; I_{B01} = 100 \mu\text{A}$;

- 4.1.9. Egy $R_g = 400 \Omega$ belső ellenállású generátor $u_g = 40 \text{ mV}$ -os feszültségét $R_{be} = 6 \text{ k}\Omega$ bemeneti ellenállású fázisfordító erősítővel $U_{ki} = 2,25 \text{ V}$ -ra kell erősíteni. Határozzuk meg az R_v, R_s és R_k ellenállások értékét! Számítsuk ki, hogy mekkora áram terheli a műveleti erősítőt, ha a terhelő-ellenállás $R_l = 4,5 \text{ k}\Omega$. A műveleti erősítő ideálisnak tekinthető.

- 4.1.10. Számítsuk ki egy ideális műveleti erősítővel felépített neminveráló erősítő A_v feszültségértéket és R_k ellenállásának értékét! Határozzuk meg, mekkora lehet a terhelő-ellenállás $R_{l\text{max}}$ értéke!
- Adatok: $R_v = 350 \text{ k}\Omega; R_s = 5 \text{ k}\Omega; I_{k\text{max}} = 20 \text{ mA}; u_g = 200 \text{ mV}; R_g = 930 \Omega$.

- 4.1.11. Határozzuk meg egy ideális műveleti erősítővel felépített inveráló váltakozó áramú erősítő A_v feszültségértéket, R_{be} bemeneti, R_{ki} kimeneti, és R_k kompenzáló ellenállását, valamint az f_a alsó határfrekvenciát!
- Adatok: $R_s = 27 \text{ k}\Omega; R_v = 560 \text{ k}\Omega; R_l = 2,7 \text{ k}\Omega; R_g = 75 \Omega; C_1 = 20 \mu\text{F}; C_2 = 10 \mu\text{F}$.



4.16. ábra

- 4.1.12. Számítsuk ki egy ideális műveleti erősítővel felépített neminveráló váltakozó feszültségű erősítő A_v feszültségértéket, R_{be} bemeneti- és R_{ki} kimeneti ellenállását és f_f felső határfrekvenciáját! Az erősítő kapcsolása a 4.16. ábrán látható.

Adatok: $R_v = 450 \text{ k}\Omega; R_s = 50 \text{ k}\Omega; u_{be} = 50 \text{ mV}; S = 0,5 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$. A műveleti erősítő frekvenciafüggése a 4.5. ábra szerint.

4.1.13. Számítsuk ki egy ideális műveleti erősítővel felépített váltakozó feszültségű invertáló erősítő erősítését, be- és kimeneti ellenállását, ill. sávszellességét!

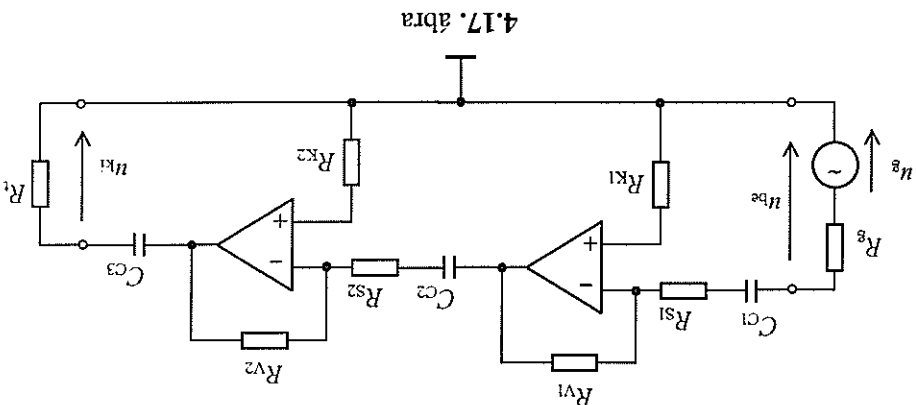
Adatok: $R_v = 680 \text{ k}\Omega$; $R_s = 6,8 \text{ k}\Omega$; $u_g = 100 \text{ mV}$; $R_g = 600 \Omega$; $S = 6 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$; $C_{c1} = C_{c2} = 10 \mu\text{F}$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$.

A feszültségerősítés frekvenciafüggését a 4.5. ábra szemlélteti.

4.1.14. A 4.17. ábrán egy kétfokozatú váltakozó feszültségű erősítő látható. Számítsuk ki az R_{k1} és R_{k2} ellenállásokat, az eredő váltakozóáramú jellemzőket, a kimeneti feszültséget, az alsó- és felső határfrekvenciát!

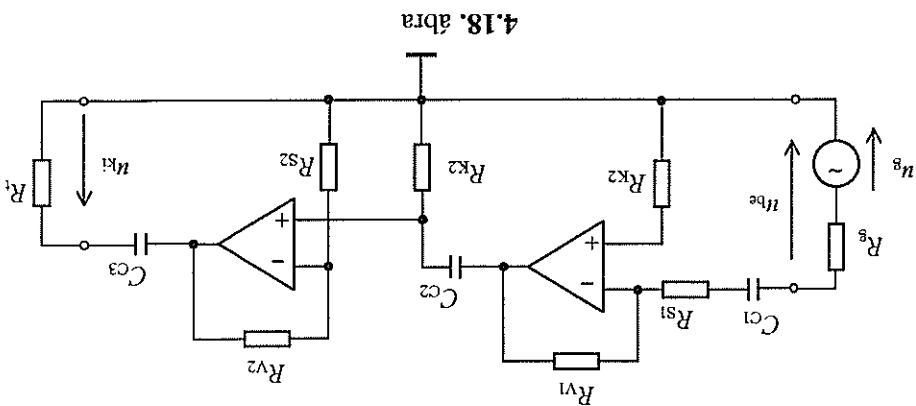
Adatok: $R_{v1} = 60 \text{ k}\Omega$; $R_{v2} = 100 \text{ k}\Omega$; $C_{c1} = C_{c2} = C_{c3} = 10 \mu\text{F}$; $u_g = 350 \text{ mV}$; $R_{s1} = 10 \text{ k}\Omega$; $R_{s2} = 20 \text{ k}\Omega$; $R_g = 1 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $S_1 = S_2 = 0,5 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$.

A műveleti erősítők frekvenciafüggését a 4.5. ábra szemlélteti.



4.1.15. Számítsuk ki a 4.18. ábrán látható kétfokozatú erősítő R_v , R_s és R_k ellenállásait valamint az alsó és felső határfrekvenciát!

Adatok: $A_{v1} = -1$; $A_{v2} = 10$; $R_{be1} = 250 \text{ k}\Omega$; $R_{be2} = 50 \text{ k}\Omega$; $R_g = 600 \Omega$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $S_1 = S_2 = 0,5 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$; $u_g = 800 \text{ mV}$; $C_{c1} = C_{c2} = 1 \mu\text{F}$; $C_{c3} = 10 \mu\text{F}$.



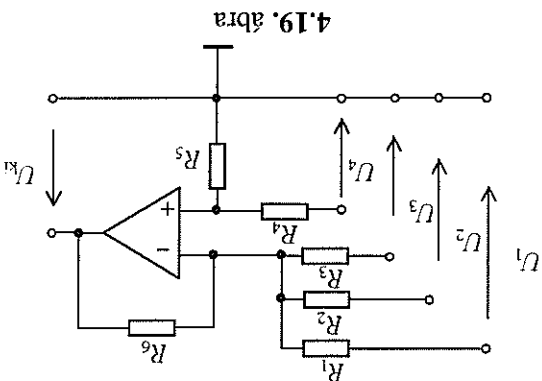
4.1.16. Számítsuk ki egy négybemenetű összegző áramkör R_V , R_2 , R_3 , R_4 és R_K ellenállásainak értékét. Az áramkör a bemenetire kerülő feszültségek összegének invertáltját adja, módosítás nélkül! Az R_1 ellenállás értéke $50 \text{ k}\Omega$.

4.1.17. Számítsuk ki egy kétbemenetű összegző erősítő kimeneti feszültségének minimum és maximum értékét! Határozzuk meg az R_K ellenállás nagyságát is! Adatok: $R_V = 50 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$; $U_{\text{lin}} = 1 \text{ V}$; $U_{\text{imax}} = 1,5 \text{ V}$; $U_{\text{zmin}} = 0,6 \text{ V}$; $U_{\text{zmax}} = 2 \text{ V}$.

4.1.18. Számítsuk ki a 4.7. ábrán látható kivonó áramkör R_4 ellenállásának értékét, ha $U_{ki} = 0 \text{ V}$.

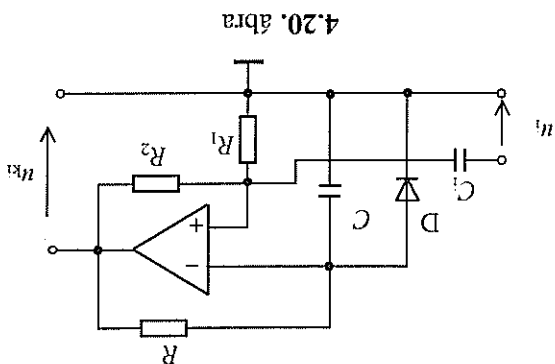
Adatok: $U_1 = 6 \text{ V}$; $U_2 = 9 \text{ V}$; $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$; $R_2 = R_3 = 40 \text{ k}\Omega$.

4.1.19. Számítsuk ki az 4.19. ábrán látható kivonó áramkör kimeneti feszültségét! Adatok: $U_1 = 0,5 \text{ V}$; $U_2 = 1 \text{ V}$; $U_3 = 0,75 \text{ V}$; $U_4 = 4 \text{ V}$; $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 30 \text{ k}\Omega$; $R_4 = 40 \text{ k}\Omega$; $R_5 = 5 \text{ k}\Omega$; $R_6 = 6 \text{ k}\Omega$.



4.1.20. Számítsuk ki a műveleti erősítővel felépített asztali multivibrátor $R_1 - R_2$ osztójának $a = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ osztásviszonyát, ha a kimeneti négyesjegyű frekvenciája $f = 1 \text{ kHz}$. Adatok: $C = 200 \text{ nF}$; $R = 10 \text{ k}\Omega$.

4.1.21. Számítsuk ki az 4.20. ábrán látható monostabil multivibrátor t_k kváziszabályidejét! Adatok: $R = 100 \text{ k}\Omega$; $C = 1 \mu\text{F}$; $U_0 = 0,6 \text{ V}$; $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 40 \text{ k}\Omega$; $U_{\text{kmax}} = \pm 14 \text{ V}$.



4.1.22. Számítsuk ki a Schmitt-trigger R_2 ellenállásának értékét úgy, hogy a hízterézisfeszültség $U_H = 5$ V legyen! Határozzuk meg a billenési feszültségeket is! Adatok: $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$; $U_Z = 3,8 \text{ V}$; $U_{k\max} = \pm 14 \text{ V}$.

A feladatok megoldása

$$4.1.1. R_E = 1,9 \text{ k}\Omega; R_B = 388 \text{ k}\Omega.$$

$$4.1.2. U_{E0} = -0,6 \text{ V}; U_{C0} = 6,9 \text{ V}; R_C = 2,15 \text{ k}\Omega; R_E = 3,27 \text{ k}\Omega.$$

$$4.1.3. U_{E0} = -0,6 \text{ V}; I_{C0} = 2 \text{ mA}; U_{C0} = 4,8 \text{ V}; U_{CE0} = 5,4 \text{ V}.$$

$$4.1.4. A_{uk} = 1,25; R_C = 926,5 \Omega; R_E = 370,62 \Omega; R_{bes} = 6,6 \text{ k}\Omega; R_{kis} = 1,81 \text{ k}\Omega; R_{bek} = 79,48 \text{ k}\Omega; R_{kik} = 905,5 \Omega.$$

$$4.1.5. A_{us} = -75,1; A_{uk} = -0,924; R_{bes} = 4,2 \text{ k}\Omega; R_{kis} = 3,4 \text{ k}\Omega; R_{bek} = 259,7 \text{ k}\Omega; R_{kik} = 1,57 \text{ k}\Omega; D = 81,28; D_{dBt} = 38,2 \text{ dB}_r.$$

$$4.1.6. R_S = 1,04 \text{ k}\Omega; R_D = 1,67 \text{ k}\Omega; A_{us} = -4,33; R_{bes} = 2 \text{ M}\Omega; R_{kis} = 3,27 \text{ k}\Omega; A_{uk} = -0,8; R_{bek} = 500 \text{ k}\Omega; D = 5,41.$$

$$4.1.7. U_{CE03} = 0,6 \text{ V}; R_C = 3,4 \text{ k}\Omega; I_{C03} = 2 \text{ mA}; I_{B03} = 25 \mu\text{A}; I_{C04} = 2 \text{ mA}; I_{R3} = 2,05 \text{ mA}; R_3 = 5,56 \text{ k}\Omega; U_{B01} = U_{B02} = -4,8 \text{ V}; I_{B01} = I_{B02} = 10 \mu\text{A}; R_1 = 13,3 \text{ k}\Omega; R_2 = 108 \text{ k}\Omega; A_{us} = -112; R_{bes} = 4,49 \text{ k}\Omega; R_{kis} = 6,58 \text{ k}\Omega; A_{uk} = 8,5 \cdot 10^{-2}; R_{bek} = 2,98 \text{ k}\Omega; R_{kik} = 3,29 \text{ k}\Omega; D = 1318; D_{dBt} = 62,4 \text{ dB}_r.$$

$$4.1.8. I_{C1} = 6,5 \text{ mA}; I_{E1} = 6,6 \text{ mA}; I_{C2} = 8,28 \text{ mA}; I_{E2} = 8,4 \text{ mA}; I_{C3} = 15 \text{ mA}; I_{E3} = 16 \text{ mA}; I_{C4} = 3,2 \text{ mA}; I_{E4} = 3,15 \text{ mA}; I_{RC1} = 9,7 \text{ mA}; I_{RC2} = 8,23 \text{ mA}; I_{C4} = 15 \text{ mA}.$$

$$4.1.9. R_S = R_{be} = 6 \text{ k}\Omega; R_V = 360 \text{ k}\Omega; R_K = 5,9 \text{ k}\Omega; I_{K1} = 0,5 \text{ mA}.$$

$$4.1.10. A_{uv} = 71; R_K = 4 \text{ k}\Omega; R_{min} = 710 \Omega.$$

$$4.1.11. A_{uv} = -20,74; R_{be} = 27 \text{ k}\Omega; R_{K1} \equiv 0 \Omega; R_K = 560 \text{ k}\Omega; f_1 = 0,294 \text{ Hz}; f_2 = 5,9 \text{ Hz}; f_a = 5,9 \text{ Hz}.$$

$$4.1.12. A_{uv} = 10; A_{dbt} = 20 \text{ dB}; R_{be} = \infty; R_{K1} = 0; f_{tv} = 50 \text{ kHz}; f_{kv} = 112,6 \text{ kHz}; f_f = 50 \text{ kHz}.$$

$$4.1.13. A_{uv} = -100; A_{dbt} = 40 \text{ dB}; R_{be} = 6,8 \text{ k}\Omega; R_{K1} = 0; f_{tv} = 73,4 \text{ kHz}; f_v = 5 \text{ kHz}; f_f = 5 \text{ kHz}; f_1 = 2,15 \text{ Hz}; f_2 = 15,9 \text{ Hz}; f_a = 15,9 \text{ Hz}; B = 10 \text{ kHz} - 15,9 \text{ Hz}.$$

$$4.1.14. R_{K1} = 60 \text{ k}\Omega; R_{K2} = 100 \text{ k}\Omega; A_{uv1} = -6; A_{uv2} = -5; A_{uv} = 30; R_{be1} = R_{K12} = 10 \text{ k}\Omega; R_{K1} = R_{K12} \equiv 0; u_{K1} = 9,54 \text{ V}; f_1 = 1,44 \text{ Hz}; f_2 = 0,8 \text{ Hz}; R_{be} = R_{be1} = 10 \text{ k}\Omega; f_3 = 16 \text{ Hz}; f_{tv1} = 83,3 \text{ kHz}; f_{tv2} = 100 \text{ kHz}; f_{kv1} \equiv 29,5 \text{ kHz}; f_{kv2} = 5,9 \text{ kHz}; f_a = 16 \text{ Hz}; f_f = 5,9 \text{ kHz}.$$

$$4.1.15. R_{V1} = 250 \text{ k}\Omega; R_{S1} = 250 \text{ k}\Omega; R_{K1} = 125 \text{ k}\Omega; R_{V2} = 500 \text{ k}\Omega; R_{S2} = 55,55 \text{ k}\Omega; f_a = 15,9 \text{ Hz}; f_f = 7,05 \text{ kHz}.$$

$$4.1.16. R_V = R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 50 \text{ k}\Omega; R_K = 10 \text{ k}\Omega.$$

$$4.1.17. U_{klimin} = -7 \text{ V}; U_{kmax} = -14,16 \text{ V}; R_K = 5,36 \text{ k}\Omega.$$

$$4.1.18. R_4 = 30 \text{ k}\Omega.$$

$$4.1.19. U_{K1} = 2,16 \text{ V}.$$

$$4.1.20. a = 0,143.$$

$$4.1.21. t_k = 13,85 \text{ ms}.$$

$$4.1.22. R_2 = 9,2 \text{ k}\Omega; U_{b1} = 6,3 \text{ V}; U_{b2} = 1,3 \text{ V}.$$

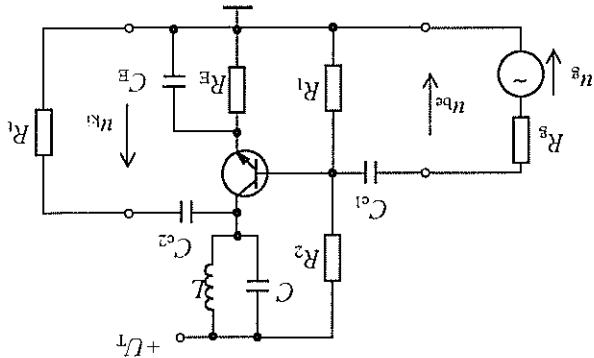
5. ÖSSZETETT ELEKTRONIKAI ÁRAMKÖRÖK

5.1. Hangolt erősítők

1. példa

Számítsuk ki az 5.1. ábrán látható tranzisztoros hangolt erősítő munkapont-beállító ellenállásainak értékeit! Rajzoljuk fel a váltakozó áramú helyettesítőképet rezonanciafrekvencián és határozzuk meg a fokozat be- és kimeneti ellenállását, feszültséggyarapítást és sávvalószínűségi!

Adatok: $L = 1 \text{ mH}$; $r_s = 12,5 \Omega$; $C = 4,7 \text{ nF}$; $U_T = 10 \text{ V}$; $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$; $U_{CE0} = 8 \text{ V}$; $I_{C0} = 4 \text{ mA}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$; $I_{B0} = 40 \mu\text{A}$; $h_{11} = 1,7 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 140$; $h_{22} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.



5.1. ábra

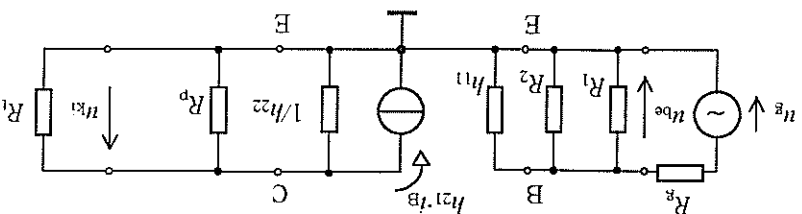
Megoldás

$$U_T = I_{C0} \cdot r_s + U_{CE0} + I_{C0} \cdot R_E; R_E = \frac{U_T - I_{C0} \cdot r_s - U_{CE0}}{I_{C0}} = \frac{10 - 4 \cdot 10^{-3} \cdot 12,5 - 8}{10^{-3}} = 4,875 \cdot 10^3 \Omega;$$

$$U_{B0} = I_{C0} \cdot R_E + U_{BE0} = 1,95 + 0,6 = 2,55 \text{ V};$$

$$R_1 = \frac{U_{B0}}{I_{B0}} = \frac{2,55}{9 \cdot 4 \cdot 10^{-5}} = 7,08 \cdot 10^3; R_1 = 7,08 \text{ k}\Omega.$$

$$R_2 = \frac{U_T - U_{B0}}{10 - 2,55} = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{1,86 \cdot 10^4} = 18,6 \text{ k}\Omega.$$



5.2. ábra. A hangolt erősítő váltakozó áramú helyettesítőképe

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{6,28 \cdot \sqrt{10^{-3} \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}}}{1} = 7,34 \cdot 10^4; f_0 = 73,4 \text{ kHz.}$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 6,28 \cdot 7,34 \cdot 10^4 = 4,6 \cdot 10^5; \omega_0 = 460 \text{ krad/s.}$$

$$\tilde{Q}_0 = \frac{\omega_0 \cdot L}{r_s} = \frac{4,6 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3}}{12,5} = 36,8; \tilde{Q}_0 = 36,8.$$

$$R_p = \tilde{Q}_0^2 \cdot r_s = 1,35 \cdot 10^3 \cdot 12,5 = 1,69 \cdot 10^4; R_p = 16,9 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{be} = R_1 \times R_2 \times h_{11} = 7,08 \times 18,6 \times 1,7 = 1,27; R_{be} = 1,27 \text{ k}\Omega.$$

$$R_{k1} = \frac{1}{\frac{1}{R_p} \times R_{p1}} = 20 \times 16,9 = 9,16; R_{k1} = 9,16 \text{ k}\Omega.$$

$$A_u = -\frac{h_{21}}{h_{11}} (R_{k1} \times R_1) = -\frac{140}{1,7} (9,17 \times 5) = -266,4.$$

$$B_0 = \frac{\tilde{Q}_0}{f_0} = \frac{36,8}{7,34 \cdot 10^4} = 1,99 \cdot 10^3; B_0 \approx 2 \text{ kHz.}$$

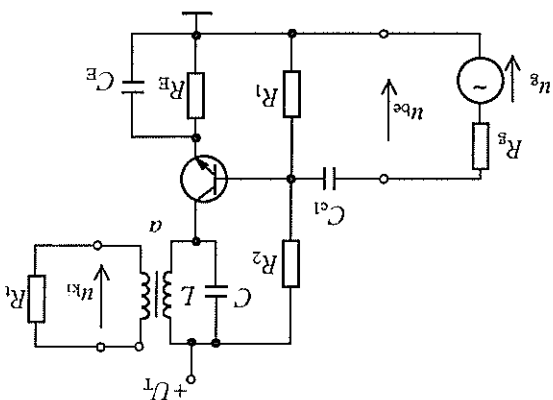
$$\tilde{Q}_1 = \omega_0 \cdot C \cdot \left(\frac{1}{h_{22}} \times R_p \times R_1 \right) = 4,6 \cdot 10^5 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9} (9,16 \cdot 10^3 \times 5 \cdot 10^3); \tilde{Q}_1 \approx 7.$$

$$B_1 = \frac{\tilde{Q}_1}{f_1} = \frac{7}{7,34 \cdot 10^4} = 1,05 \cdot 10^4; B_1 = 10,5 \text{ kHz.}$$

2. példa

Számítsuk ki az 5.3. ábrán látható transzformátoros csatolású hangolt erősítő fe-
szültségátvitelét és sávviszéltségét!

Adatok: $C = 500 \text{ pF}$; $L = 100 \text{ } \mu\text{H}$; $r_s = 10 \text{ } \Omega$; $R_1 = 600 \text{ } \Omega$; $a = \frac{h_{11}}{h_{22}} = 0,2$;
 $h_{11} = 1,5 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 120$; $h_{22} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.



5.3. ábra

Megoldás

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} = \frac{6,28 \cdot \sqrt{10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-10}}}{1} = 7,1225 \cdot 10^5, f_0 = 712,25 \text{ kHz.}$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 6,28 \cdot 7,12 \cdot 10^5 = 4,47 \cdot 10^6, \omega_0 = 4,47 \text{ Mrad/s.}$$

$$\tilde{Q}_0 = \frac{\omega_0 \cdot L}{r_s} = \frac{4,47 \cdot 10^6 \cdot 10^{-4}}{10} = 44,7; \tilde{Q}_0 = 44,7.$$

$$R_p = \tilde{Q}_0^2 \cdot r_s = 44,7^2 \cdot 10 = 2 \cdot 10^4; R_p = 20 \text{ k}\Omega.$$

A párhuzamos veszteségi ellenállás terhelés mellett:

$$R_{pi} = \frac{1}{\frac{1}{h_{22}} \times R_p \times \frac{a^2}{1} \cdot R_1 = 25 \times 20 \times \frac{4 \cdot 10^{-2}}{1} \cdot 0,6 = 6,38; R_{pi} = 6,38 \text{ k}\Omega.$$

$$A_u = -\frac{h_{21}}{120} \cdot R_{pi} \cdot a = -\frac{1,5}{120} \cdot 6,38 \cdot 0,2 = -103.$$

$$\tilde{Q}_1 = \omega_0 \cdot C \cdot R_{pi} = 4,47 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-10} \cdot 6,38 \cdot 10^3 = 14,26; \tilde{Q}_1 = 14,26.$$

$$B_1 = \frac{f_0}{\tilde{Q}_1} = \frac{712,25 \cdot 10^3}{14,26} = 4,99 \cdot 10^4; B_1 = 49,9 \text{ kHz.}$$

Feladatok

- 5.1.1.** Számítsuk ki egy bázisáramtáplálású munkapont-beállítási hangolt erősítő R_B és R_E ellenállásának értékét, valamint az erősítést, a sávszélességet és a kimeneti feszültséget!
- Adatok:* $I_{B0} = 25 \mu\text{A}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$; $U_{CE0} = 9 \text{ V}$; $I_{C0} = 1,5 \text{ mA}$; $h_{11} = 1,2 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 120$; $h_{22} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $R_E = 600 \Omega$; $u_E = 2 \text{ mV}$; $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$; $L = 450 \mu\text{H}$; $C = 250 \text{ pF}$; $r_s = 20 \Omega$; $U_T = 10 \text{ V}$. (A tranzisztor belső kapacitásai elhanyagolhatók.)

- 5.1.2.** Számítsuk ki egy hangolt erősítő rezgőkörének kapacitását, terhelés mellett, ti jósági tényezőjét, az erősítő terhelő-ellenállását és az erősítés értékét!
- Adatok:* $f_0 = 460 \text{ kHz}$; $L = 250 \mu\text{H}$; $r_s = 7 \Omega$; $B_1 = 25 \text{ kHz}$; $h_{11} = 3,2 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 140$; $h_{22} = 10^{-5} \text{ S}$.

- 5.1.3.** Készítsünk olyan bázisáramtáplálású munkapont-beállítással ellátott hangolt erősítőt, amely az $f_0 = 1 \text{ MHz}$ rezonanciafrekvencián az $u_E = 1 \text{ mV}$ érteki bemeneti feszültséget $u_E = -50 \text{ mV}$ -ra erősíti! Számítsuk ki R_E , R_B és C értékét! Határozzuk meg, hogy mekkora r_s soros veszteségi ellenállású tekercset kell alkalmazni a rezgőkörben!

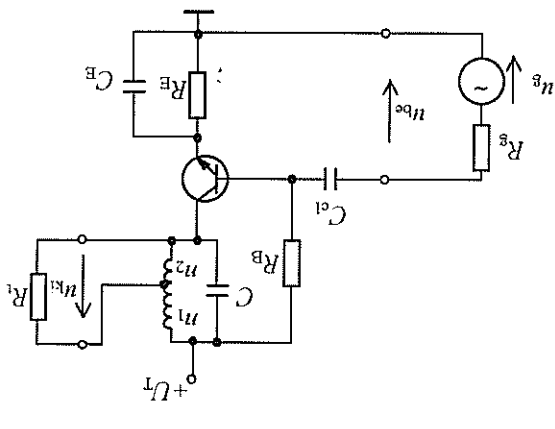
Adatok: $U_T = 9 \text{ V}$; $U_{CE0} = 8 \text{ V}$; $I_{C0} = 1,2 \text{ mA}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$; $I_{B0} = 20 \mu\text{A}$; $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $L = 10 \mu\text{H}$; $h_{11} = 1,2 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 110$; $h_{22} = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$.

- 5.1.4.** Számítsuk ki egy transzformátoros csatolású hangolt erősítő transzformátornak áttételét, feszültséggyarapítását, be- és kimeneti ellenállását!
- Adatok:* $R_1 = 8,7 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$; $L = 4 \text{ mH}$; $r_s = 25 \Omega$; $C = 1,5 \text{ nF}$; $R_1 = 500 \Omega$; $h_{21} = 100$; $h_{11} = 1 \text{ k}\Omega$; $h_{22} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $B_1 = 56 \text{ kHz}$.

- 5.1.5.** Mekkora legyen a transzformátoros csatolású hangolt erősítő áttétele, ha a következő erősítőfokozat $R_E = 15,615 \text{ k}\Omega$ -os bemeneti ellenállását úgy kell az erősítőhöz illeszteni, hogy a sávszélesség $B_1 = 125 \text{ kHz}$ legyen? Számítsuk ki a kapacitás értékét is!

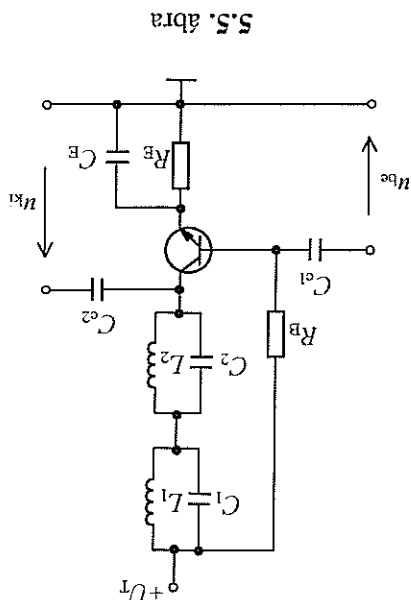
Adatok: $Q_0 = 50$; $B_0 = 25 \text{ kHz}$; $L = 150 \mu\text{H}$; h_{22} elhanyagolható.

- 5.1.6.** Számítsuk ki az 5.4. ábra hangolt erősítőjének B_1 sávszélességet, üresjárási és terhelés melletti feszültséggyarapítását!
- Adatok:* $L = 50 \mu\text{H}$; $n_1 = 120$; $n_2 = 360$; $Q_0 = 100$; $R_1 = 33 \text{ k}\Omega$; $h_{11} = 3,2 \text{ k}\Omega$; $h_{21} = 120$; $h_{22} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ S}$; $f_0 = 8 \text{ MHz}$.



5.4. ábra. A 8. feladat erősítője

5.1.7. Az 5.5. ábrán kéthangoltkörös erősítő látható. A rezgőkörök reaktanciája egymás rezonanciafrekvenciáján rövidzárnak tekinthető. Számítsuk ki a rezgőkörök f_{01} és f_{02} rezonanciafrekvenciáját és B_1 , B_2 sávszelést, valamint az erősítő üresjárási feszültséggyarapítását a két rezonanciafrekvencián! Adatok: $C_1 = 777,5$ pF; $L_1 = 156$ μ H; $C_2 = 120$ pF; $L_2 = 1,8$ μ H; $r_{s1} = 9$ Ω ; $r_{s2} = 3$ Ω ; $h_{11} = 3,2$ k Ω ; $h_{21} = 90$; $h_{22} = 5 \cdot 10^{-5}$ S.



5.5. ábra

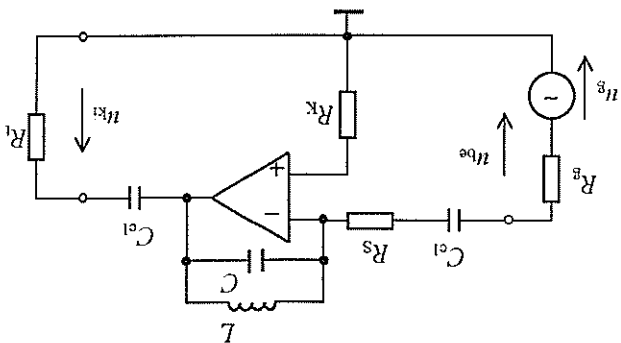
1. példa

Számítsuk ki az 5.6. ábrán látható, ideális műveleti erősítővel felépített hangolt erősítő sávszelését, erősítését rezonancián és az R_k kompenzáló-ellenállás értékét! Adatok: $L = 920$ μ H; $C = 1$ nF; $r_s = 12$ Ω ; $R_{be} = 10$ k Ω .

Megoldás

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{9,2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-9}}} = 1,66 \cdot 10^5; f_0 = 166 \text{ kHz.}$$

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0 = 6,28 \cdot 1,66 \cdot 10^5 = 1,04 \cdot 10^6; \omega_0 = 1,04 \cdot 10^6 \text{ rad/s.}$$



5.6. ábra

$$\bar{Q}_0 = \frac{\omega_0 \cdot L}{r_s} = \frac{1,04 \cdot 10^6 \cdot 9,2 \cdot 10^{-4}}{12} = 79,9; \bar{Q}_0 \approx 80.$$

$$B_0 = \frac{f_0}{f_0} = \frac{1,66 \cdot 10^5}{80} = 2,07 \cdot 10^3; B_0 \approx 2 \text{ kHz.}$$

Ha a műveleti erősítő ideális, akkor a terhelés nem befolyásolja a sávszélességet:

$$B_1 = B_0 = 2 \text{ kHz.}$$

$$R_p = \bar{Q}_0^2 \cdot r_s = 6400 \cdot 12 = 7,68 \cdot 10^4; R_p = 76,8 \text{ k}\Omega; R_s = R_{be} = 10 \text{ k}\Omega.$$

$$A_u = -\frac{R_p}{R_s} = -\frac{10}{76,8} = -7,68; R_K = r_s = 12 \Omega.$$

2. példa

Számítsuk ki az 5.7. ábrán látható Wien-hidas oszcillátor R_p potencióméterének, C_2 és C_3 kondenzátorának, valamint R_{s1} ellenállásának értékét! Az oszcillátor a hang-frekvenciás tartományban állítson elő szinuszos kimeneti feszültséget, három sáv-

ban. A műveleti erősítő ideálisnak tekinthető.

Adatok: $C_1 = 100 \text{ nF}$; $R_V = 34 \text{ k}\Omega$; $U_{GS0} = -3 \text{ V}$;

1 sáv: 20–200 Hz; 2 sáv: 200 Hz–2 kHz; 3 sáv: 2–20 kHz.

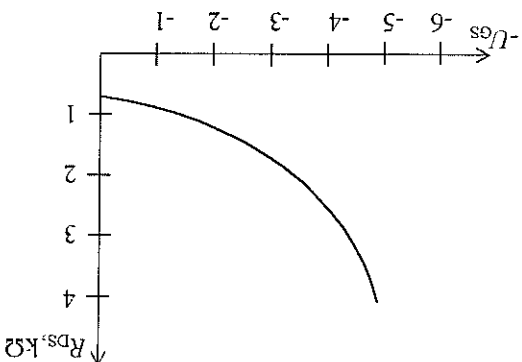
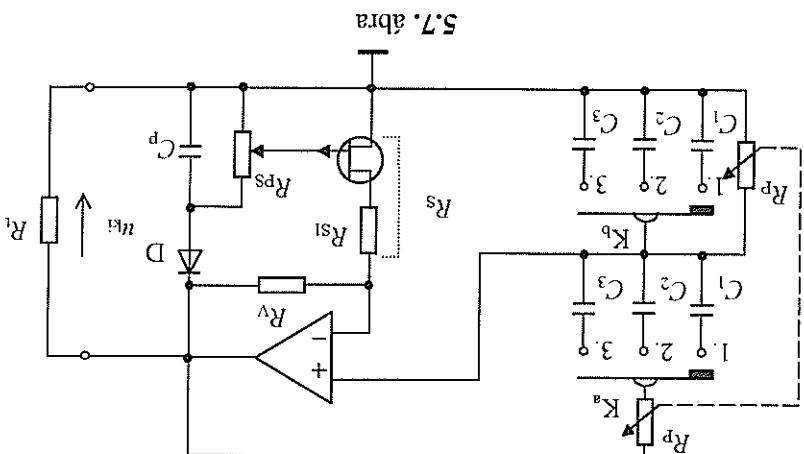
A FET csatorna-ellenállását az U_{GS} feszültség függvényében az 5.8. ábra szemlélteti.

Megoldás

$$\text{Az 1. sávban: } f_{\min} = \frac{1}{2\pi \cdot C \cdot R_{p\max}}, \text{ innen } R_{p\max} = \frac{1}{6,28 \cdot 20 \cdot 10^{-7}} = 79,6;$$

$$R_{p\max} = 79,6 \text{ k}\Omega.$$

Mivel a frekvenciások egymást követő dekadokat alkotnak, ezért a kapacitások viszonya is tízszeres, fordított arányosság szerint. Tehát $C_2 = 10 \text{ nF}$; $C_3 = 1 \text{ nF}$.



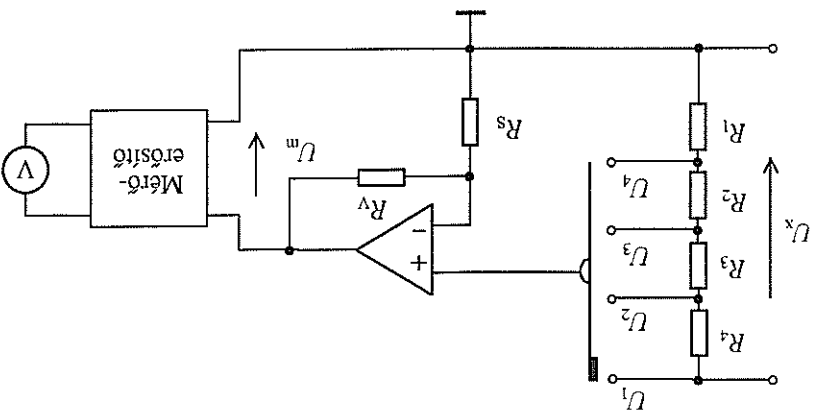
Az erősítés szükséges értéke $|A_u| = 3$, mert a Wien-híd átvitele $a = \frac{1}{3}$. Ezért $A_u = 1 + \frac{R_s}{R_v} = 1 + \frac{R_{s1} + R_{DS}}{R_v}$.

Az 5.8. ábrából $U_{GS} = U_{GS0} = -3$ V mellett: $R_{DS} = 1,7$ k Ω , ezért $3 = 1 + \frac{R_{s1} + 1,7}{34}$; innen $R_{s1} = 15,3$ k Ω .

3. példa

Az 5.9. ábrán egy egyenfeszültség-mérő bemeneti fokozata látható. Számítsuk ki a bemeneti osztó ellenállásait és az R_s ellenállás értékét!

Adatok: $U_1 = 10$ mV; $U_2 = 30$ mV; $U_3 = 1$ V; $U_4 = 3$ V; $U_{\max} = 300$ mV; $R_{pc} = 9$ M Ω ; $R_v = 3$ M Ω .



5.9. ábra

Megoldás

$$A_u = \frac{U_{\max}}{U} = \frac{300}{30} = 10; A_u = 1 + \frac{R_v}{R_s}, \text{ ebből } R_s = \frac{A_u - 1}{\frac{R_v}{3}} = \frac{29}{3} = 103,45; R_s = 103,45 \text{ k}\Omega.$$

$$U_x = U_1 = U_4 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot R_{bc} = \frac{U_4}{10^{-2}} \cdot R_{bc} = \frac{3}{9 \cdot 10^6} = 3 \cdot 10^{-7}; R_1 = 30 \text{ k}\Omega.$$

$$U_1 = U_3 \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_{bc}}; R_1 + R_2 = \frac{U_3}{U_1} \cdot R_{bc} = \frac{1}{10^{-2} \cdot 9} = 90;$$

$$R_2 = 90 - 30 = 60; R_2 = 60 \text{ k}\Omega.$$

$$U_1 = U_2 \cdot \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_{bc}}; R_1 + R_2 + R_3 = \frac{U_2}{U_1} \cdot R_{bc} = \frac{3 \cdot 10^{-2}}{10^{-2}} \cdot 9 = 3.$$

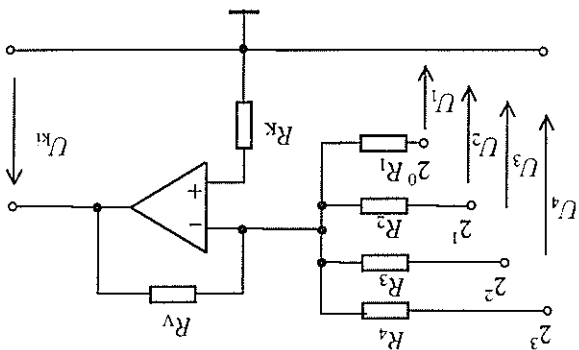
$$R_3 = 3 - (R_1 + R_2) = 2,91; R_3 = 2,91 \text{ M}\Omega.$$

$$R_4 = R_{bc} - (R_1 + R_2 + R_3) = 9 - 3 = 6; R_4 = 6 \text{ M}\Omega.$$

4. példa

Az 5.10. ábrán egy digitális–analog átalakításra alkalmas összegző erősítő látható. Számítsuk ki az R_1 , R_2 , R_3 , R_4 ellenállások értékét az ábrán feltüntetett súlyozás mellett! Határozzuk meg az R_k ellenállás értékét is! A bemeneti logikai „0” szint $U_L = 0 \text{ V}$, a logikai „1” szint $U_H = 5 \text{ V}$. Mekkora lesz a kimeneti feszültség, ha a bemenetekre a 0110 bitminia kerül?

Adatok: $U_{\max} = 7,5 \text{ V}$; $R_V = 10 \text{ k}\Omega$.



5.10. ábra

Megoldás

Az R_1, R_2, R_3, R_4 ellenállások egymáshoz viszonyított aránya a bináris súlyozásnak megfelelő, így:

$$R_2 = \frac{2}{R_1}; R_3 = \frac{4}{R_1}; R_4 = \frac{8}{R_1}.$$

A kimeneti feszültség akkor maximális, ha valamennyi bemeneten „1” szint van:

$$U_{k\max} = R_V \cdot \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} + \frac{U_4}{R_4} \right) = R_V \cdot \left(\frac{R_1}{5} + 2 \frac{R_1}{5} + 4 \frac{R_1}{5} + 8 \frac{R_1}{5} \right).$$

$$U_{k\max} = \frac{R_V}{R_1} (5 + 10 + 20 + 40) = \frac{R_V}{R_1} \cdot 75.$$

$$\frac{R_V}{R_1} = \frac{7,5}{100} = 0,1; R_1 = \frac{R_V}{0,1} = \frac{10}{0,1} = 100; R_1 = 100 \text{ k}\Omega.$$

$$R_2 = \frac{2}{R_1} = \frac{2}{100} = 50; R_2 = 50 \text{ k}\Omega; R_3 = \frac{4}{R_1} = \frac{4}{100} = 25; R_3 = 25 \text{ k}\Omega;$$

$$R_4 = \frac{8}{R_1} = \frac{8}{100} = 12,5; R_4 = 12,5 \text{ k}\Omega.$$

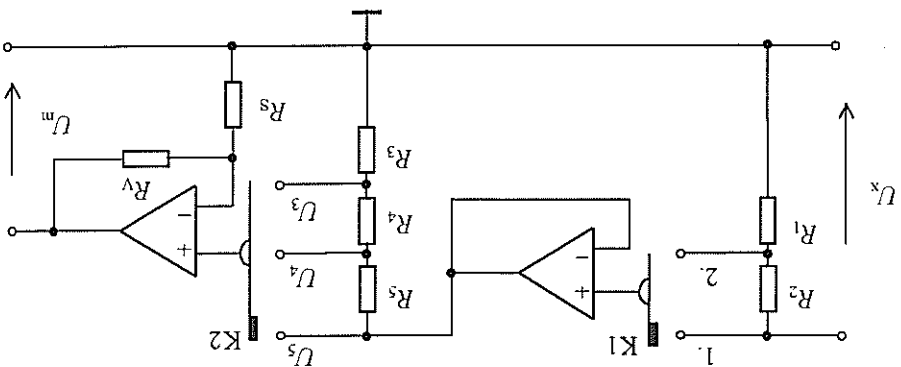
$$R_k = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \times R_V = 100 \times 50 \times 25 \times 12,5 \times 10 = 4; R_k = 4 \text{ k}\Omega.$$

$$U_{ki} = \frac{R_V}{R_1} (0,5 + 2,5 + 4,5 + 0,5) = \frac{10}{100} \cdot 30 = 3; U_{ki} = 3 \text{ V}.$$

Feladatok

- 5.2.1.** Egy műveleti erősítővel felépített Wien-hidas oszcillátor négy frekvencia-sávban működik. Számítsuk ki a sávok határához tartozó frekvenciákat! Határozzuk meg, hogy mekkora feszültséget kell beállítani az R_{ps} potenciómteren ahhoz, hogy az oszcillátor berezegjen (l. az 5.8. ábrát)!
- Adatok:* $R_p = 50 \text{ k}\Omega$; $C_1 = 1,6 \text{ }\mu\text{F}$; $C_2 = 160 \text{ nF}$; $C_3 = 16 \text{ nF}$; $C_4 = 1,6 \text{ nF}$; $R_v = 47 \text{ k}\Omega$; $R_{s1} = 21,3 \text{ k}\Omega$. A potenciómter minimális értéke: $R_{pmin} = 0,1 \cdot R_{pmax}$.

- 5.2.2.** Az 5.11. ábrán egy egyenfeszültség-mérő kélifokozatú bemeneti osztója és erősítője látható. Számítsuk ki a K1 és K2 kapcsoló állásaiban mérhető max. feszültségeket értéket (mérészathatok)!
- Adatok:* $R_1 = 2 \text{ M}\Omega$; $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 450 \text{ k}\Omega$; $R_4 = 4,5 \text{ M}\Omega$; $R_{be1} = 6 \text{ M}\Omega$ (az első osztó bemeneti ellenállása); $R_{be2} = 5 \text{ M}\Omega$ (a második osztó bemeneti ellenállása); $U_m = -1 \text{ mV}$; $R_v = 90 \text{ k}\Omega$; $R_s = 10 \text{ k}\Omega$.



5.11. ábra

- 5.2.3.** Határozzuk meg az 5.12. ábrán látható áramkör bemenetire adható max. feszültség értékét a K1 és K2 kapcsoló egyes állásaiban!
- Adatok:* $R_1 = 200 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 800 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 30 \text{ k}\Omega$; $R_4 = 200 \text{ k}\Omega$; $R_5 = 1 \text{ M}\Omega$; $U_{kmax} = 45 \text{ mV}$.

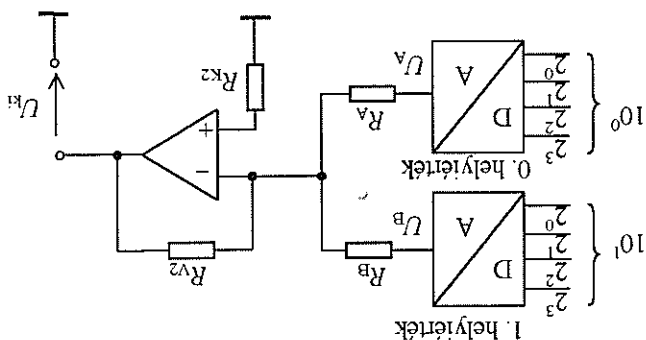
- 5.2.4.** Az 5.10. ábrán látható D/A átalakító kimeneti feszültsége $U_{ki} = 4,8 \text{ V}$, ha a bemenetire 8_D -nek megfelelő bináris szám kerül. Számítsuk ki az R_1 , R_2 , R_3 , R_4 és R_k ellenállások értékét!
- Adatok:* $U_H = 3 \text{ V}$; $U_L = 0 \text{ V}$; $R_v = 16 \text{ k}\Omega$.

Az 5.13. ábrán kéthelyértékes BCD kódú D/A átalakító látható. A két helyiértéken azonos D/A átalakítók találhatók, amelyek kapcsolása az 5.10. ábra szerinti. A kimeneti összegző erősítő R_A és R_B ellenállásai-
nak súlyozása a decimális helyiértékeknek megfelelő. Az U_A és U_B fe-
szültségek max. értéke $U_A = U_B = -4,5$ V, ha az adott helyiértéken a be-
meneti bináris érték $9_D = 1001_2$. A kimeneti feszültség max. értéke
 $U_{kmax} = 4,95$ V.

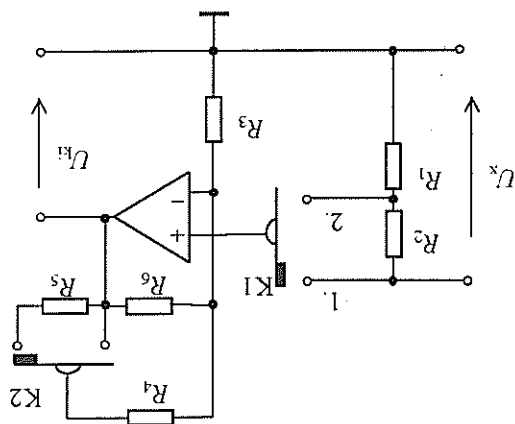
Számítsuk ki az $R_1, R_2, R_3, R_4, R_A, R_B, R_{K1}$ és R_{K2} ellenállások értékét! Ha-
tározzuk meg a kimeneti feszültség nagyságát, ha a bemenetre a 82 deci-
malis értéknek megfelelő BCD szám kerül!

Adatok: $R_{V1} = 800 \Omega$; $R_{V2} = 1 \text{ k}\Omega$; $U_H = 5 \text{ V}$; $U_L = 0 \text{ V}$.

5.13. ábra



5.12. ábra

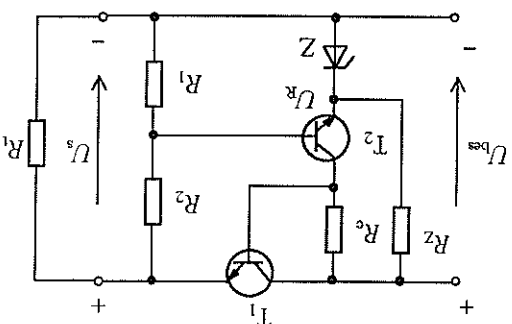


5.3. Stabilitizátorok

I. példa

Számítsuk ki az 5.14. ábrán látható soros áteresztőtranszisztoros feszültségstabilizátor mintavevő osztlójának R_1 , R_2 ellenállásait, a Zener-dióda R_Z munkapont-beállító és a T_2 transzisztor R_C ellenállásának értékét! Határozzuk meg a be- és kimeneti feszültségeket!

Adatok: $U_{CE01} = 4 \text{ V}$; $I_{C01} = 1 \text{ A}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$; $B_1 = 100$; $U_{CE02} = 5 \text{ V}$; $I_{C02} = 1,5 \text{ mA}$; $U_{BE02} = 0,6 \text{ V}$; $I_{B02} = 12,5 \mu\text{A}$; $I_{Z0} = 20 \text{ mA}$; $U_{Z0} = 5,6 \text{ V}$; $I_{R2} = 4 \text{ mA}$.



5.14. ábra

Megoldás

$$U_s = U_{Z0} + U_{CE02} - U_{BE01} = 5,6 + 5 - 0,6 = 10; U_s = 10 \text{ V.}$$

$$U_{bes} = U_s + U_{CE01} = 10 + 4 = 14; U_{bes} = 14 \text{ V.}$$

$$R_1 = \frac{U_{Z0} + U_{BE02}}{I_{R2} - I_{B02}} = \frac{5,6 + 0,6}{4 - 0,125} = 1,55; R_1 = 1,55 \text{ k}\Omega.$$

$$R_2 = \frac{U_s - (U_{Z0} + U_{BE02})}{I_{R2}} = \frac{10 - 6,2}{4} = 0,95; R_2 = 950 \Omega.$$

$$I_{Z0} = I_{R2} + I_{C02}; I_{R2} = I_{Z0} - I_{C02} = 20 - 1,5 = 18,5; I_{R2} = 18,5 \text{ mA.}$$

$$R_Z = \frac{U_{bes} - U_{Z0}}{I_{RZ}} = \frac{14 - 5,6}{18,5} = 0,454; R_Z = 454 \Omega.$$

$$I_{B01} = \frac{I_{C01}}{B_1} = \frac{1}{100} = 0,01; I_{B01} = 10 \text{ mA.}$$

$$I_{RC} = I_{C02} + I_{B01} = 1,5 + 10 = 11,5; I_{RC} = 11,5 \text{ mA.}$$

$$R_C = \frac{I_{RC}}{U_{bes} - (U_s + U_{BE01})} = \frac{11,5}{14 - 10,6} = 0,2956; R_C = 295,6 \Omega.$$

2. példa

Határozzuk meg az 5.15. ábrán látható, 723 típusú integrált áramkörrel felépített feszültségstabilizátor R_1 , R_2 , R_3 és R ellenállásainak értékét!

Adatok: $U_{\text{bes}} = 10 \text{ V}$; $U_s = 6 \text{ V}$; $I_{\text{max}} = 100 \text{ mA}$.

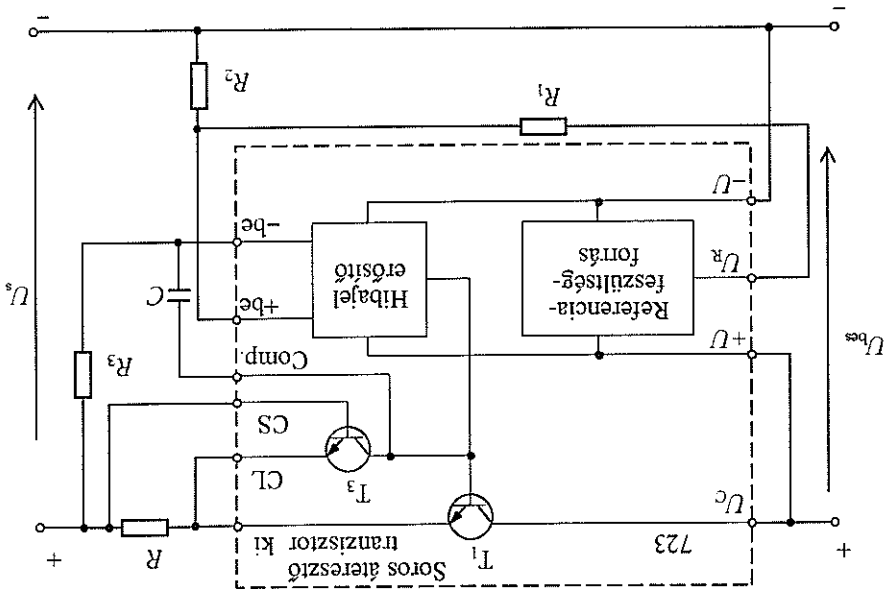
Megoldás

A stabilizátor kimeneti feszültsége $+2$ és $+7 \text{ V}$ közé esik (tehát $U_s < U_R$), ezért a katalógusban (bármely 723-at is tartalmazó katalógus lehet) megtalálható össze-

függés szerint:

$$U_s = U_R \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \text{ ahol } U_R = 7,15 \text{ V (katalógusadat).}$$

$$\text{Így } \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{U_s}{U_R} = 0,84.$$



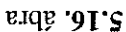
5.15. ábra

A referenciafeszültség-kimeneti terhelésének szokásos értéke $I_R = 1 \text{ mA}$. Mivel a hibajelerősítő bemeneti árama elhanyagolható $\frac{U_R}{R_1 + R_2} = 1 \text{ mA}$; $R_1 + R_2 = \frac{1}{7,15} = 7,15$. $R_1 + R_2 = 7,15 \text{ k}\Omega$. Így $\frac{R_1}{R_1 + R_2} = 0,84$; $R_1 = 6 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 1,15 \text{ k}\Omega$.

$$R_{9,9} = R_{9,0} = \frac{I_{0,9}}{I_{0,0}} = \frac{I_{\max}}{I_{0,0}} = R_{9,0}$$
$$R_3 = R_1 \times R_2 = 6 \times 1,15 = 6,9; R_3 = 6,9 \Omega.$$

3. pelda

Adatok: $U_s = 12 \text{ V}$; $I_{\text{max}} = 120 \text{ mA}$.



Megoldás

A stabilizátor kimeneti feszültsége 7 V és 37 V közé esik, ezért $U_s = U_R$;

$$\text{Ezért } \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{U_s}{U_R} - 1 = \frac{12}{7,15} - 1 = 0,68.$$

$$\text{Erzeit} \frac{R_2}{R_1} \frac{U_s}{U_R} = -1 = -\frac{12}{7,15} - 1 = 0,68.$$

$$R_1 + R_2 = 12 \text{ k}\Omega.$$

Az R_1 - R_2 osztó áramának szokásos értéke $I_{12}=1\text{ mA}$, ezért $R_1+R_2=\frac{U_s}{I_{12}}=\frac{1}{12}=12\text{ k}\Omega$

A két egyenletből $R_1 = 4,86 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 7,14 \text{ k}\Omega$. A kompenzáció ellenállás értéke: $R_3 = R_1 \times R_2 = 7,14 \times 4,86 = 2,9$; $R_3 = 2,9 \text{ k}\Omega$; $C = 100 \text{ pF}$.

$$R = \frac{0,6}{0,6} = \frac{0,12}{0,6} = 5; R = 5 \Omega.$$

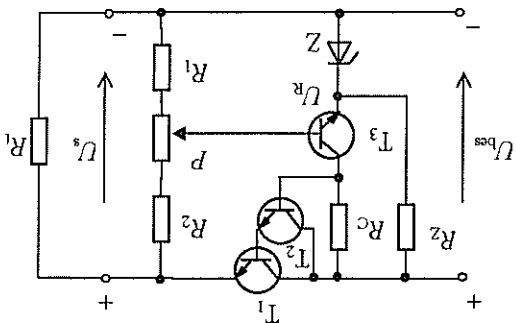
Feladatok

5.3.1. Számítsuk ki az 5.14. ábra feszültségstabilizátorának U_{CE02} feszültségét, az I_{I^1} , I_{C01} , I_{R1} , I_{R2} , I_{Z0} áramait és az R_1 ellenállás értékét!

Adatok: $I_{B02} = 20 \mu\text{A}$; $R_2 = 1,8 \text{ k}\Omega$; $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$; $R_C = 550 \Omega$; $R_Z = 1,31 \text{ k}\Omega$; $U_{Z0} = 7,8 \text{ V}$; $U_{BES} = 17 \text{ V}$; $U_S = 12 \text{ V}$; $U_{BE02} = 0,6 \text{ V}$; $I_{B01} = 5 \text{ mA}$; $U_{BE01} = 0,6 \text{ V}$.

5.3.2. Számítsuk ki az 5.17. ábrán látható szabályozható kimeneti feszültségű feszültségstabilizátor R_Z , R_C ellenállásainak és U_{B03} feszültségének nagyságát. Határozzuk meg a kimeneti feszültség $U_{k\min}$ és $U_{k\max}$ értékét!

Adatok: $I_1 = 3 \text{ A}$; $R_1 = 8,2 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$; $P = 3,6 \text{ k}\Omega$; $U_{Z0} = 10 \text{ V}$; $I_{Z0} = 10 \text{ mA}$; $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$; $I_{C03} = 6,4 \text{ mA}$; $B_1 = 50$; $B_2 = 60$; $U_{BES} = 20 \text{ V}$; $U_S = 15 \text{ V}$ (P középpállásban).



5.17. ábra

5.4. Multivibrátor kapcsolások 555 típusú áramkörrel

1. példa

Számítsuk ki az 555 típusú időzítő integrált áramkörrel felépített asztali multivibrátor R_1 és R_2 ellenállásának értékét! A multivibrátor kapcsolási rajza az 5.18. ábra szerinti.

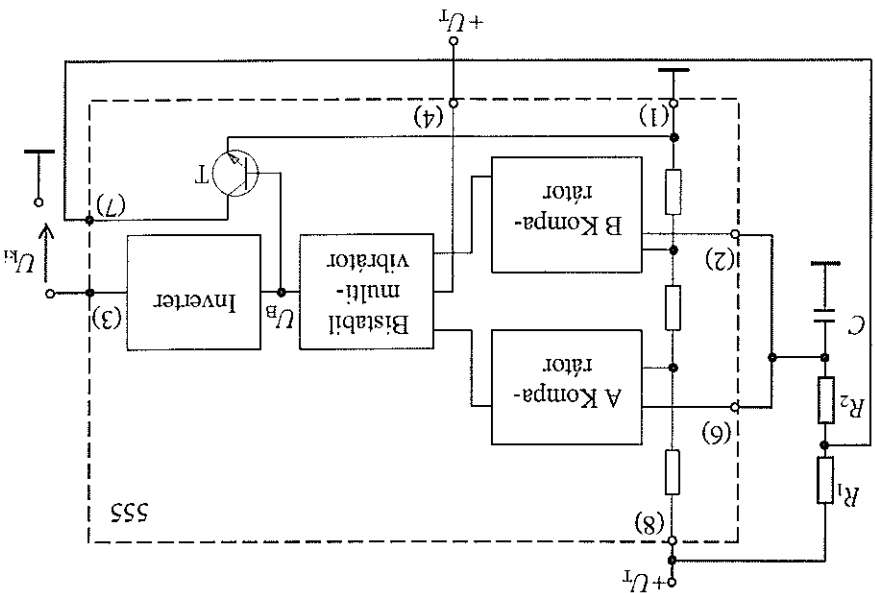
Adatok: $f = 1 \text{ kHz}$; $k = 0,8$; $C = 10 \text{ nF}$.

Megoldás

$$k = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2}; 0,8 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2}. \text{ Ebből } R_1 = 3 \cdot R_2.$$

$$f = \frac{1,44}{C \cdot (R_1 + R_2)}; R_1 + R_2 = \frac{1,44}{C \cdot f}.$$

$$\text{Behelyettesítve: } 3R_2 + R_2 = \frac{1,44}{10^{-8} \cdot 10^3} = 1,44 \cdot 10^5; R_2 = 36 \text{ k}\Omega; R_1 = 108 \text{ k}\Omega.$$



5.18. ábra

2. példa

Rajzoljunk fel az 5.19. ábrán látható 555 típusú időzítő áramkörrel felépített újra-
indítható monostabil multivibrátort! Az indítás és a törlés egy-egy nyomógombbal
történik. Számítsuk ki az R értékét úgy, hogy a kvázistabil idő $T_k = 55$ ms legyen!
A C kapacitás értéke legyen $C = 1 \mu\text{F}$.

Megoldás

$$T_k = 1,1 \cdot R \cdot C; R \cdot C = \frac{1,1}{5,5 \cdot 10^{-2}} = 5 \cdot 10^{-2}; R = 5 \cdot 10^{-2} = 5 \cdot 10^{-4}; R = 50 \text{ k}\Omega.$$

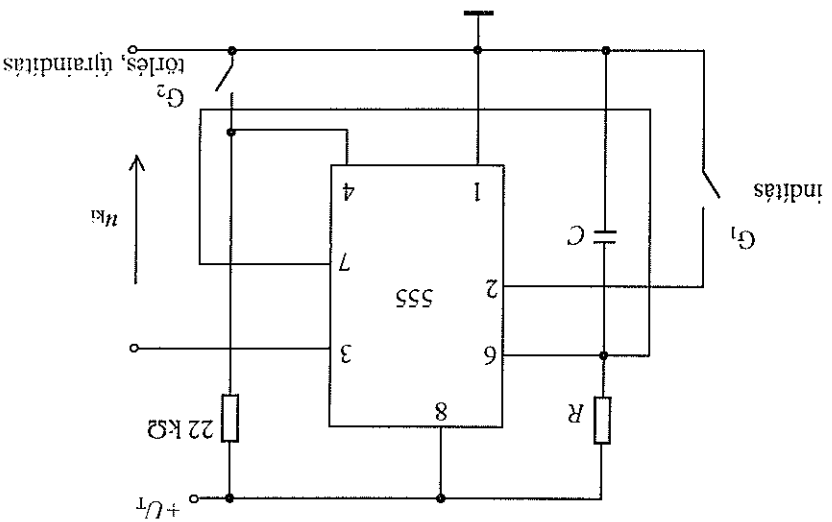
(A $22 \text{ k}\Omega$ -os ellenállás gondoskodik arról, hogy a törlő bemenet az újraindítás idő-
pontjától eltekintve tápfeszültségre kapcsolódjon.)

Feladat

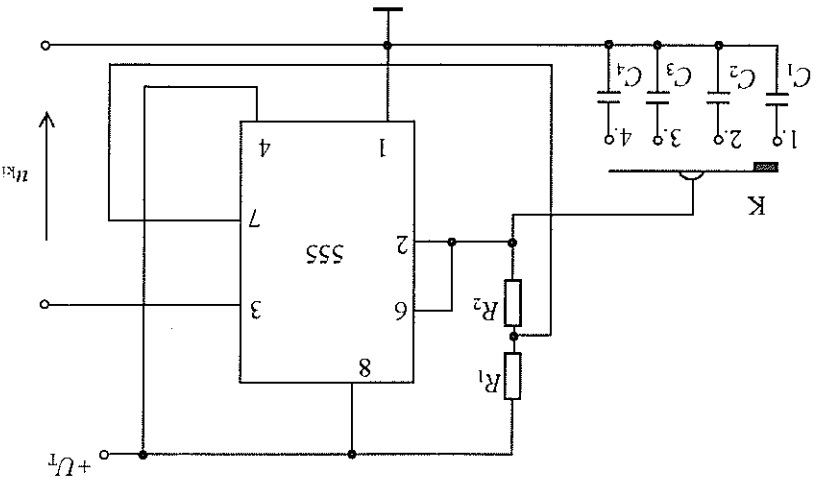
5.4.1. Az 5.20. ábrán egy 555 típusú integrált áramkörrel felépített beállítható frekvenciájú asztali multivibrátor látható. Számítsuk ki a K kapcsoló egyes állásaiban a kimeneti feszültség frekvenciáját és kitöltési tényezőjét!

Adatok: $C_1 = 1,5 \text{ nF}$; $C_2 = 15 \text{ nF}$; $C_3 = 150 \text{ nF}$; $C_4 = 1,5 \text{ }\mu\text{F}$; $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$.

5.19. ábra



5.20. ábra



A feladatok megoldása

- 5.1.1. $R_B = 336,6 \text{ k}\Omega$; $R_E = 656,6 \text{ }\Omega$; $A_{u0} = -169,1$; $B_1 = 325,7 \text{ kHz}$; $u_{k1} = -225,2 \text{ mV}$.
- 5.1.2. $C = 480 \text{ pF}$; $Q_1 = 18,4$; $R_1 = 16,2 \text{ k}\Omega$; $A_u = -582$.
- 5.1.3. $R_E = 833,3 \text{ }\Omega$; $R_B = 370 \text{ k}\Omega$; $C = 2,5 \text{ nF}$; $r_s = 3 \text{ }\Omega$.
- 5.1.4. $a = 0,5$; $A_u = -94,7$; $R_{be} = 880,2 \text{ }\Omega$; $R_{k1} = 34 \text{ k}\Omega$.
- 5.1.5. $a = 1,545$; $C = 108,2 \text{ pF}$.
- 5.1.6. $B_1 = 203 \text{ MHz}$; $A_{u0} = -446,5$; $A_{u1} = -371,6$.
- 5.1.7. $f_{01} = 457 \text{ kHz}$; $f_{02} = 10,83 \text{ MHz}$; $B_1 = 19,42 \text{ kHz}$; $B_2 = 320,5 \text{ kHz}$; $A_{u1} = -296,5$; $A_{u2} = -112,5$.
- 5.2.1. 1. sáv: $2-20 \text{ Hz}$; 2. sáv: $20-200 \text{ Hz}$; 3. sáv: $200 \text{ Hz}-2 \text{ kHz}$; 4. sáv: $2 \text{ kHz}-20 \text{ kHz}$; $U_{GS} = -4 \text{ V}$.
- 5.2.2. A K1 kapcsoló 1. állásában: $U_3 = 1 \text{ V}$; $U_4 = 100 \text{ mV}$; $U_5 = 10 \text{ mV}$. A K1 kapcsoló 2. állásában: $U_3 = 3 \text{ V}$; $U_4 = 300 \text{ mV}$; $U_5 = 30 \text{ mV}$.
- 5.2.3. K1 kapcsoló 1. állása mellett: K2 kapcsoló 1. állásában: $U_{x1} = 5 \text{ mV}$; 2. állásában: $U_{x2} = 9 \text{ mV}$. K1 kapcsoló 2. állása mellett: K2 kapcsoló 1. állásában: $U_{x3} = 25 \text{ mV}$; 2. állásában: $U_{x4} = 45 \text{ mV}$.
- 5.2.4. $R_1 = 80 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 40 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 20 \text{ k}\Omega$; $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_k = 4 \text{ k}\Omega$.
- 5.2.5. $R_1 = 8 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 4 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 2 \text{ k}\Omega$; $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_{k1} = 320 \text{ k}\Omega$; $R_A = 10 \text{ k}\Omega$; $R_B = 1 \text{ k}\Omega$; $R_{k2} = 476,2 \text{ }\Omega$; $U_{k1B2} = 4,1 \text{ V}$.
- 5.3.1. $U_{CE02} = 4,8 \text{ V}$; $I_1 = 6 \text{ mA}$; $I_{C01} = 8 \text{ mA}$; $I_{R2} = 2 \text{ mA}$; $I_{R1} = 1,98 \text{ mA}$; $I_{Z0} = 10 \text{ mA}$; $R_1 = 4,24 \text{ k}\Omega$.
- 5.3.2. $R_2 = 2,78 \text{ k}\Omega$; $R_C = 500 \text{ }\Omega$; $U_{B03} = 10,6 \text{ V}$; $U_{k1min} = 13,02 \text{ V}$; $U_{k1max} = 16,98 \text{ V}$.
- 5.4.1. $f_1 = 38,4 \text{ kHz}$; $f_2 = 3,84 \text{ kHz}$; $f_3 = 384 \text{ Hz}$; $f_4 = 38,4 \text{ Hz}$; $k = 0,83$.

6.1. A digitális technika alapjai

I. példa

Alakítsuk át a 4982,374 decimális számot bináris számrendszerbe!

Megoldás

Az egész rész alakítása:

4982	0
2491	1
1245	1
622	0
311	1
155	1
77	1
38	0
19	1
9	1
4	0
2	0
1	1
0	0

A törtész alakítása:

0,374	0
0,748	1
0,496	0
0,992	1
0,984	1
stb.	

Az átalakítás eredménye: $4982,374_{10} = 1001101110110,01011_2$

2. példa

Alakítsuk át decimális számrendszerbe az 1100101.01101111 bináris számot!

Megoldás

$$1100101_2 = 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 64 + 32 + 4 + 1 = 101_{10}$$

$$0.01101111_2 = 0 \cdot \frac{1}{2^1} + 1 \cdot \frac{1}{2^2} + 1 \cdot \frac{1}{2^3} + 0 \cdot \frac{1}{2^4} + 1 \cdot \frac{1}{2^5} + 1 \cdot \frac{1}{2^6} + 1 \cdot \frac{1}{2^7} + \frac{1}{2^8} =$$

$$= \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} + \frac{1}{256} = \frac{111}{256} = 0,43359375_{10}$$

Tehát: $1100101,01101111_2 = 101,43359375_{10}$

3. példa

Alakítsuk át hexadecimális számrendszerbe a $9805,396_{10}$ decimális számot!

Megoldás

9805 D	0,396	6
612 4	0,336	5
38 6	0,376	6
2 2	0,016	0
0	0,256	4
	0,096	1
	0,536	8
	0,576	9

$$9805,396_{10} = 264D,6560H$$

4. példa

Alakítsuk át decimális számrendszerbe a $3CA02,A3H$ hexadecimális számot!

Megoldás

$$3CA02_{16} = 3 \cdot 16^4 + 12 \cdot 16^3 + 10 \cdot 16^2 + 0 \cdot 16^1 + 2 \cdot 16^0 = 3 \cdot 65536 + 12 \cdot 4096 + 10 \cdot 256 + 0 + 2 = 248322_{10}$$

$$0.A3_{16} = A \cdot \frac{16^1}{1} + 3 \cdot \frac{16^0}{1} = 0,63671875_{10}; 3CA02.A3_{16} = 248322,63671875_{10}$$

5. példa

Alakítsuk át a $11010110011,0110111101$ bináris számot hexadecimálisba!

Megoldás

$$0110\ 1011\ 0011\ 0110\ 1111\ 0100 = 6B3,6F4H$$

Feladatok

6.1.1. Alakítsuk át bináris számrendszerbe a következő decimális számokat! A

bináris törtrek max. nyolc helyiértékesek legyenek!

$$a) 3526_{10} = \dots\dots\dots_2$$

$$b) 9735_{10} = \dots\dots\dots_2$$

$$c) 0,326_{10} = \dots\dots\dots_2$$

$$d) 0,0503_{10} = \dots\dots\dots_2$$

$$e) 0,1717_{10} = \dots\dots\dots_2$$

$$f) 3,696_{10} = \dots\dots\dots_2$$

$$g) 8,421_{10} = \dots\dots\dots_2$$

$$h) 29,052_{10} = \dots\dots\dots_2$$

$$i) 399,998_{10} = \dots\dots\dots_2$$

$$j) 7536,4125_{10} = \dots\dots\dots_2$$

6.1.2.

Alakítsuk át decimális számrendszerbe a következő bináris számokat!

$$a) 11001100110_2 = \dots\dots\dots_{10}$$

$$b) 10111011010_2 = \dots\dots\dots_{10}$$

$$c) 0,01111101_2 = \dots\dots\dots_{10}$$

$$d) 0,111100001_2 = \dots\dots\dots_{10}$$

$$e) 0,10111000_2 = \dots\dots\dots_{10}$$

$$f) 10101,11101_2 = \dots\dots\dots_{10}$$

$$g) 1111100001,00100011_2 = \dots\dots\dots_{10}$$

$$h) 111111,11111_2 = \dots\dots\dots_{10}$$

6.1.3.

Alakítsuk át hexadecimális számrendszerbe a következő decimális számokat!

$$a) 14_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$b) 16_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$c) 504_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$d) 8666_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$e) 2400_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$f) 1024_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$g) 65536_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$h) 7777_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$i) 93517_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$j) 1048576_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$k) 0,328_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$l) 0,093_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$m) 736,477_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$n) 9099,99_{10} = \dots\dots\dots_{16}$$

$$o) 1234,5678 = \dots\dots\dots_{16}$$

6.1.4.

Alakítsuk át decimális szárendszerbe a következő hexadecimális számokat!

- a) $8E_{16} = \dots_{10}$
 b) $FFF_{16} = \dots_{10}$
 c) $300A_{16} = \dots_{10}$
 d) $ABCD_{16} = \dots_{10}$
 e) $E06C_{16} = \dots_{10}$
 f) $987FA_{16} = \dots_{10}$
 g) $4431_{16} = \dots_{10}$
 h) $17D6E_{16} = \dots_{10}$
 i) $2000F_{16} = \dots_{10}$
 j) $C4301_{16} = \dots_{10}$
 k) $0.9F6_{16} = \dots_{10}$
 l) $0.FFF_{16} = \dots_{10}$
 m) $ACD.ABC_{16} = \dots_{10}$
 n) $6002.012_{16} = \dots_{10}$
 o) $5379.00FH_{16} = \dots_{10}$

6.1.5.

Alakítsuk át a következő bináris számokat hexadecimálisba!

- a) $101_2 = \dots_{16}$
 b) $110011110_2 = \dots_{16}$
 c) $10000001110_2 = \dots_{16}$
 d) $1010110011001_2 = \dots_{16}$
 e) $1111000011101_2 = \dots_{16}$
 f) $0.10011011001_2 = \dots_{16}$
 g) $0.1111000101_2 = \dots_{16}$
 h) $1011.01_2 = \dots_{16}$
 i) $10000110001.1000011_2 = \dots_{16}$
 j) $1111111010.001001_2 = \dots_{16}$

6.2. Logikai algebra

1. példa

Egyszerűsítsük az $F^4 = D \cdot \overline{C} \cdot \overline{B} \cdot \overline{A} + \overline{D} \cdot C \cdot B \cdot A + \overline{D} \cdot C \cdot \overline{B} \cdot A + D \cdot \overline{C} \cdot B \cdot A + D \cdot C \cdot \overline{B} \cdot \overline{A} + \overline{D} \cdot C \cdot B \cdot \overline{A} + \overline{D} \cdot \overline{C} \cdot B \cdot A + D \cdot \overline{C} \cdot B \cdot A$ logikai függvényt algebrai úton!

Megoldás

$$\begin{aligned}
 F^4 &= D \cdot \overline{C} \cdot \overline{B} \cdot \overline{A} + \overline{D} \cdot C \cdot \overline{B} \cdot \overline{A} + \overline{D} \cdot C \cdot B \cdot \overline{A} + \overline{D} \cdot C \cdot B \cdot A + \overline{D} \cdot \overline{C} \cdot B \cdot \overline{A} + \overline{D} \cdot \overline{C} \cdot B \cdot A + \\
 &+ D \cdot \overline{C} \cdot \overline{B} \cdot A + D \cdot \overline{C} \cdot B \cdot A + D \cdot C \cdot \overline{B} \cdot A + D \cdot C \cdot B \cdot A + D \cdot \overline{C} \cdot A \cdot (\overline{D} + D) + \\
 &+ \overline{D} \cdot C \cdot A (B + \overline{B}) + \overline{D} \cdot \overline{C} \cdot A (\overline{C} + C) = D \cdot \overline{B} \cdot \overline{A} + D \cdot \overline{B} \cdot A + D \cdot C \cdot \overline{A} + D \cdot C \cdot A + D \cdot \overline{C} \cdot \overline{A} = \\
 &= D \cdot \overline{B} (A + \overline{A}) + \overline{D} \cdot C (A + A) + \overline{D} \cdot C (A + A) + \overline{D} \cdot C (A + A) + \overline{D} \cdot C (A + A) + \overline{D} \cdot C (A + A)
 \end{aligned}$$

2. példa

Irtjuk fel az igazságtáblázatból (6.1. táblázat) a négyváltozós logikai függvény konjunktív és diszjunktív algebrai és sorzámos szabályos alakját, és egyszerűsítsük a szabályos alakú függvényeket grafikus módszerrel!

F	D	C	B	A
0	0	0	0	0
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	0	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0
1	1	1	1	1

6.1. táblázat

Megoldás

Algebrai alakok:

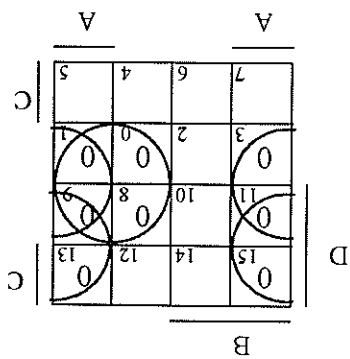
$$\begin{aligned}
 F^4 &= (D + \overline{C} + \overline{B} + \overline{A}) \cdot (\overline{D} + \overline{C} + \overline{B} + \overline{A}) \cdot (\overline{D} + \overline{C} + \overline{B} + \overline{A}) \cdot (\overline{D} + \overline{C} + \overline{B} + \overline{A}) \cdot \\
 &\cdot (D + \overline{C} + \overline{B} + \overline{A}) \cdot (D + \overline{C} + \overline{B} + \overline{A}) \cdot (D + \overline{C} + \overline{B} + \overline{A}) \cdot (D + \overline{C} + \overline{B} + \overline{A}) \cdot \\
 F^4 &= \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \cdot \overline{D} + \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} \cdot D + \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C \cdot \overline{D} + \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C \cdot D + \overline{A} \cdot B \cdot \overline{C} \cdot \overline{D} + \overline{A} \cdot B \cdot \overline{C} \cdot D + \\
 &+ \overline{A} \cdot B \cdot C \cdot \overline{D} + \overline{A} \cdot B \cdot C \cdot D
 \end{aligned}$$

Sorszámok alakok:

$$F^4 = \Pi^4(0,1,3,8,9,11,13,15),$$

$$F^4 = \Sigma^4(2,4,5,6,7,10,12,14),$$

A grafikus egyszerűsítés a 6.1. ábrán látható.



6.1. ábra

Az egyszerűsített függvények:

$$F^4 = (\overline{C} + \overline{B}) \cdot (D + A) \cdot (\overline{C} + A); F^4 = \overline{D} \cdot C + B \cdot \overline{A} + C \cdot \overline{A}.$$

3. példa

Alakítsuk át az $F^4 = \Pi^4(0,1,2,5,8,9,13,14)$ konjunktív szabályos alakú függvényt diszjunktív szabályos alakra algebrai és grafikus úton!

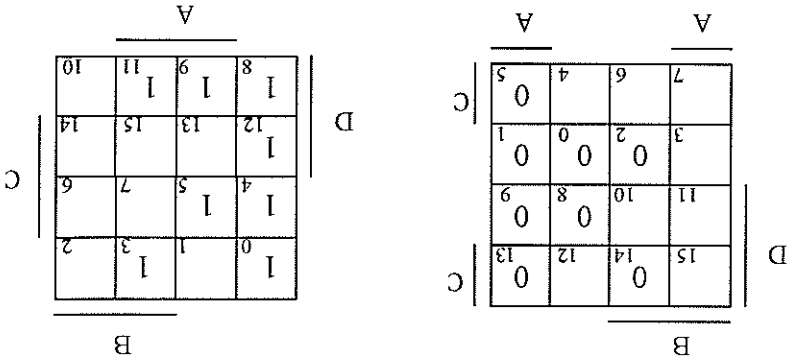
Megoldás

Alakítás algebrai úton:

$$F^4 = \Pi^4(3,4,6,7,10,11,12,15),$$

$$F^4 = \Sigma^4(0,3,4,5,8,9,11,12),$$

A grafikus átalakítás a 6.2. ábra szerinti:



6.2. ábra