

Elektronika

XVII.

Hangolt erősítők

Teljesítmény erősítők

17.1. Erősítő sávszélessége

Sávszélesség

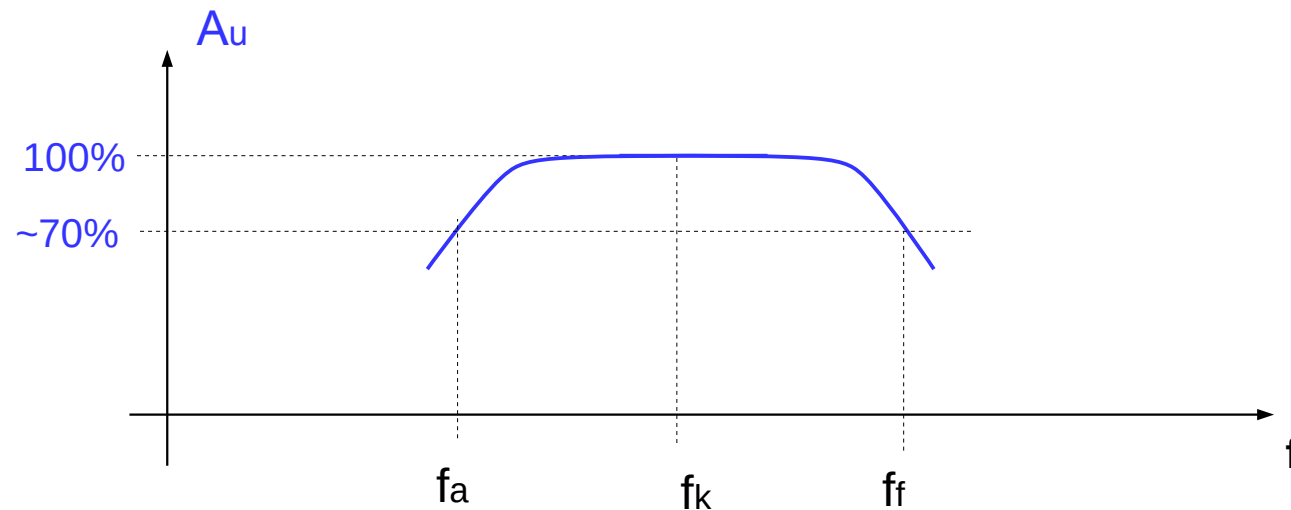
Az a frekvencia tartomány ahol jól erősít

Határ frekvenciák: ahol 3dB-el lecsökken a feszültség

Sávszélesség, $B = f_f - f_a$ (felső határfrekvencia – alsó határ frekvencia)

Sávszélesség alapján az erősítő lehet: szélessávú vagy hangolt (szelektív)

Szelektív erősítő: ha nagyon kicsi a sávszélesség → pl. különböző rádió vagy TV csatornák szétválasztása egymástól

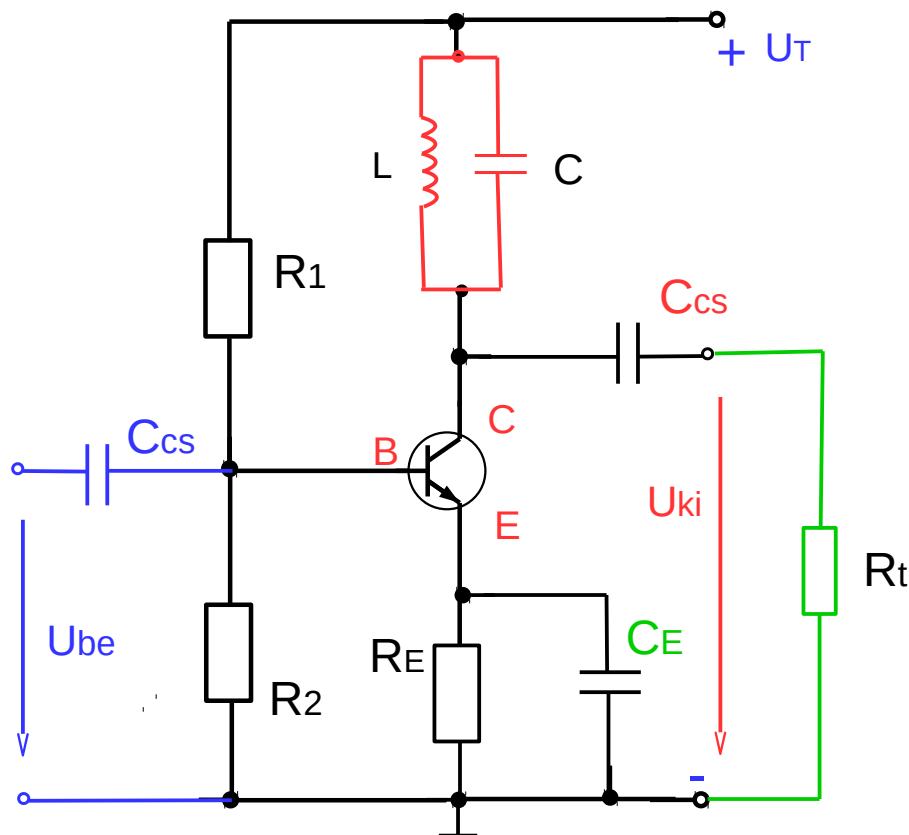


17.2. Szelektív erősítők

Szelektív (hangolt) erősítő

- csak egy adott kis frekvencia sáv erősítése a cél (kicsi sávszélesség)
 - pl. különböző rádió vagy TV csatornák közül csak az egyik erősítése, a többié nem
- általában nagy frekvencián üzemelnek ($> 100 \text{ kHz}$)
- az erősítő munkaellenállása (R_c vagy R_D) frekvencia függő impedancia
 - párhuzamos vagy soros rezgőkör

Közös emitteres hangolt erősítő

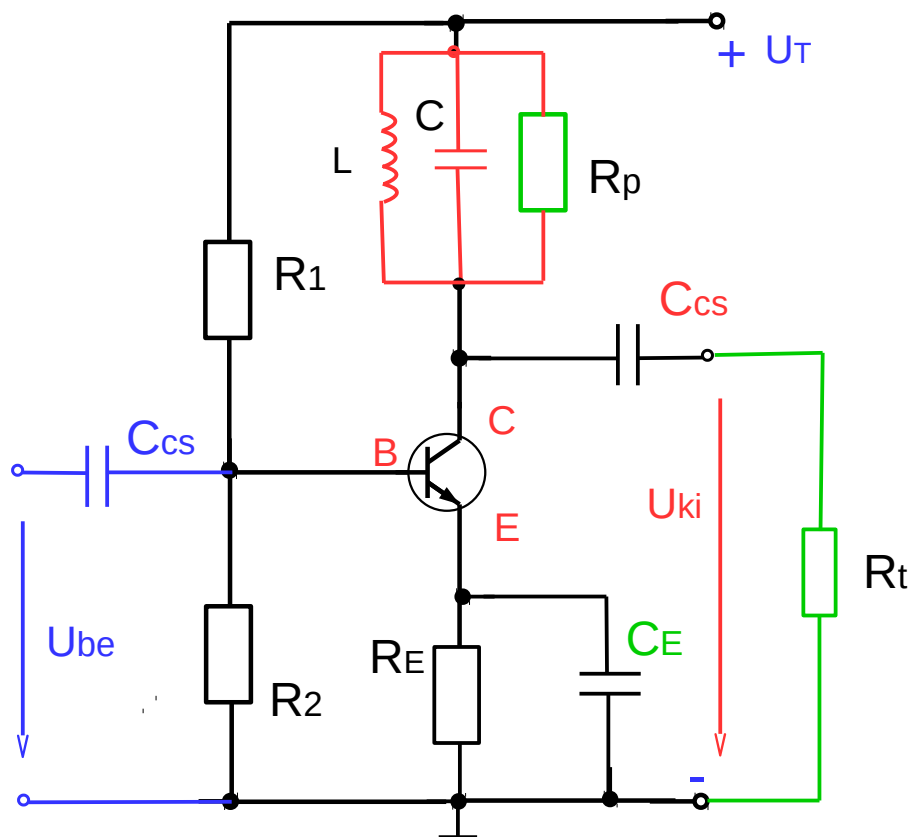


Jellemzői:

- a frekvencia sáv kiválasztása, behangolása → rezgőkörrel
- a sáv közepére hangoljuk
- hátrányok:
 - nem elég meredek !
 - A_u a sávban nem egyenletes !
- egyenáramúlag a párhuzamos rezgőkör rövidzár ! → $R_c = 0$
- a rezonancia frekvencián (és közelében) $R_c = R_p$ (a rezgőkör párhuzamos veszteségi ellenállása)

17.3. Közös emitteres minta feladatok

Minta feladat 1.

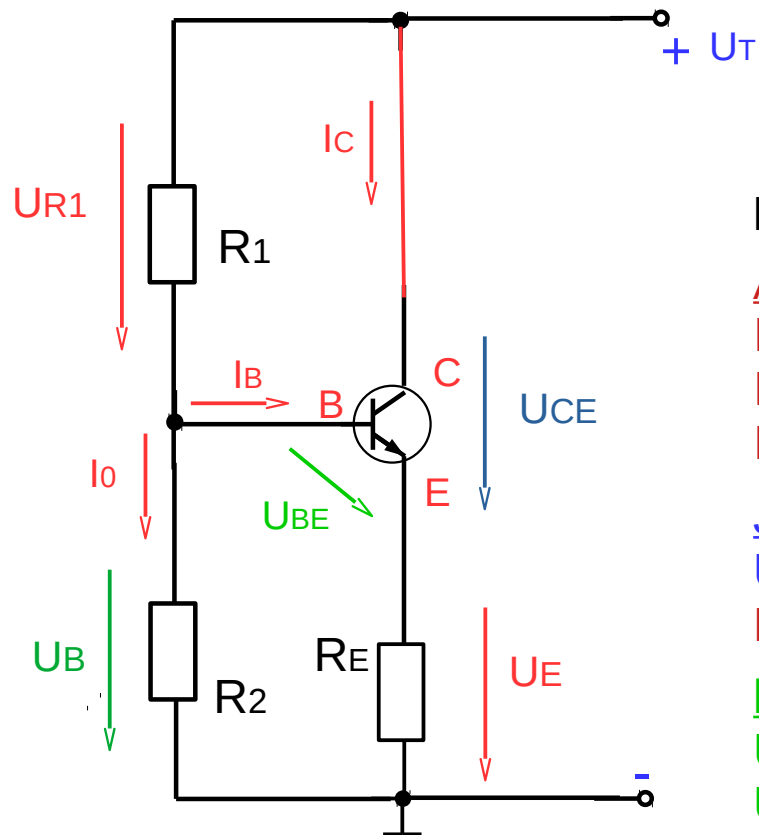


$$\begin{aligned}U_T &= 12 \text{ V} & R_t &= 20 \text{ k}\Omega \\U_{CE} &= 6 \text{ V} & I_E \approx I_C &= 2 \text{ mA} \\U_{BE} &= 0,65 \text{ V} & h_{11e} &= 8 \text{ k}\Omega \\h_{22e} &= 25 \text{ }\mu\text{S} & h_{21e} &= 240 \\L &= 2 \text{ mH} & C &= 1 \text{ nF} & R_p &= 100 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

- Számoljuk ki a szükséges ellenállásokat !
- Számoljuk ki a rezonancia frekvenciát, bemeneti és kimeneti ellenállást, a feszültség erősítést és a sávszélességet !

17.3. Közös emitteres minta feladatok

Minta feladat 1. munkapont beállítás



$$U_T = 12 \text{ V}$$

$$U_{CE} = 6 \text{ V}$$

$$U_{BE} = 0,65 \text{ V}$$

$$I_E \approx I_C = 2 \text{ mA}$$

$$h_{21e} = 240 = B$$

- Számoljuk ki a szükséges ellenállásokat !

Megoldás

Áramok

$$I_B = I_C / B = 2 \text{ mA} / 240 = 0,00833 \text{ mA}$$

$$I_0 = 10 * I_B = 10 * 0,00833 \text{ mA} = 0,0833 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B = 2,00833 \text{ mA}$$

Jobb oldali hurok

$$U_T - U_{CE} - U_E = 0 \rightarrow U_E = U_T - U_{CE} = 12 - 6 = 6 \text{ V}$$

$$R_E = U_E / I_E = 6 \text{ V} / 2,00833 \text{ mA} = 2,987 \text{ k}\Omega$$

kis hurok

$$U_{BE} + U_E - U_B = 0$$

$$U_B = U_{BE} + U_E = 0,65 + 6 = 6,65 \text{ V}$$

$$R_2 = U_B / I_0 = 6,65 \text{ V} / 0,0833 \text{ mA} = 79,83 \text{ k}\Omega$$

Nagy hurok

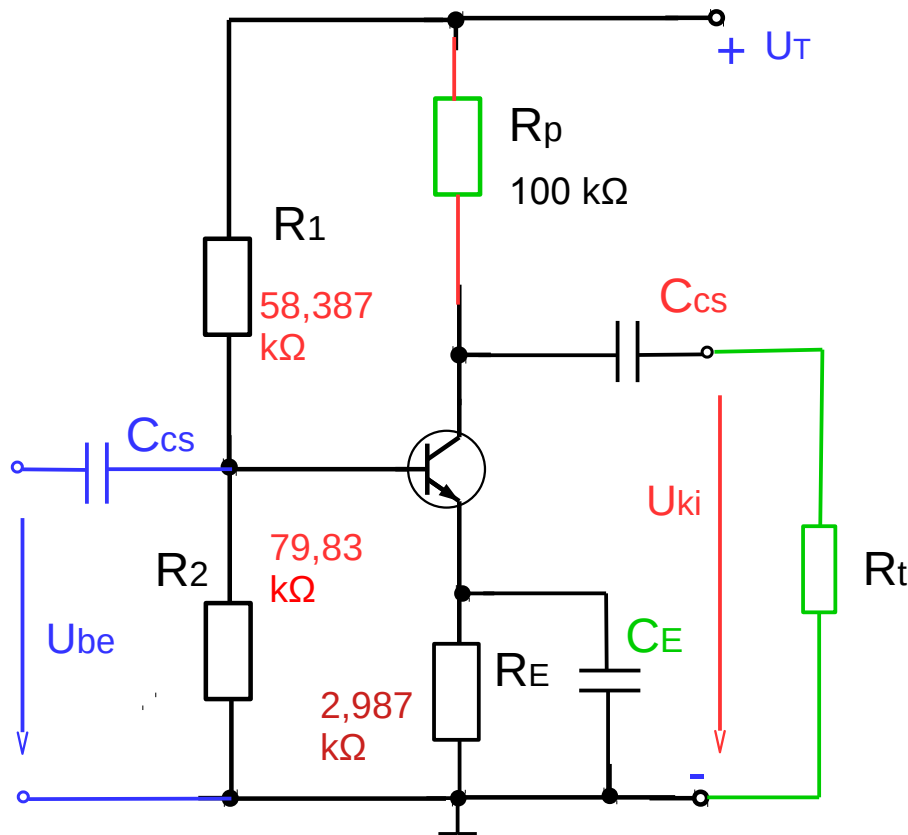
$$U_{R1} = U_T - U_B = 12 - 6,65 = 5,35 \text{ V}$$

$$R_1 = U_{R1} / (I_0 + I_B) = 5,35 \text{ V} / 0,09163 \text{ mA} = 58,387 \text{ k}\Omega$$

17.3. Közös emitteres minta feladatok

Minta feladat 1.

Váltakozó áramú számítás, f_0 frekvencián



A rezgőkört terhelő veszteségi ellenállás:

$$R_v = R_{ki} \times R_t = 11,76 \text{ k}\Omega$$

Jósági tényező (terhelt) \rightarrow

$$Q_t = R_v / X_L = 11,76 / 1,41 = 8,34$$

Terhelt sávszélesség \rightarrow

$$B_t = f_0 / Q_t = 112,539 \text{ kHz} / 8,34 = 13,49 \text{ kHz}$$

$$R_t = 20 \text{ k}\Omega$$

$$h_{11e} = 8 \text{ k}\Omega$$

$$h_{22e} = 25 \text{ }\mu\text{S}$$

$$h_{21e} = 240$$

$$L = 2 \text{ mH}$$

$$C = 1 \text{ nF}$$

$$R_p = 100 \text{ k}\Omega$$

- Számoljuk ki a rezonancia frekvenciát, bemeneti és kimeneti ellenállást, a feszültség erősítést és a sávszélességet !

Megoldás

Rezonancia frekvencia:

$$f_0 = 1 / (2\pi \sqrt{L \cdot C})$$

$$f_0 = 1 / (2\pi \sqrt{0,002 \cdot 0,000000001})$$

$$f_0 = 112,539 \text{ kHz}$$

$$X_L = X_C = 2\pi \cdot f_0 \cdot L = 1,41 \text{ k}\Omega$$

bemeneti ellenállás: $R_{be} = (R_1 \times R_2) \times h_{11e}$

$$R_{be} = (58,387 \times 79,83 \text{ k}\Omega) \times 8 \text{ k}\Omega = 6,47 \text{ k}\Omega$$

kimeneti ellenállás: $R_{ki} = R_C \times 1/h_{22e}$

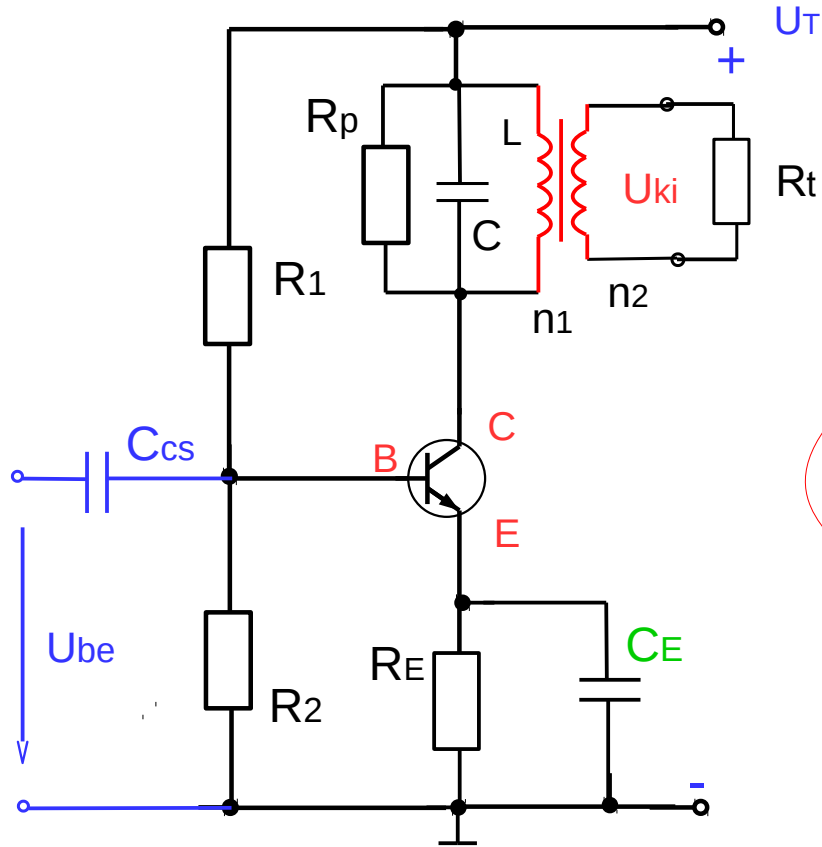
$$R_{ki} = 100 \times 40 \text{ k}\Omega = 28,57 \text{ k}\Omega$$

feszültség erősítés: $A_u = - h_{21e} \cdot (R_{ki} \times R_t) / h_{11e}$

$$A_u = - 240 \cdot (28,57 \times 20 \text{ k}\Omega) / 8 \text{ k}\Omega = - 352,9$$

17.3. Közös emitteres minta feladatok

Minta feladat 2.



$$U_T = 12 \text{ V}$$

$$R_t = 2 \text{ k}\Omega$$

$$U_{CE} = 6 \text{ V}$$

$$I_E \approx I_C = 2 \text{ mA}$$

$$U_{BE} = 0,65 \text{ V}$$

$$h_{11e} = 8 \text{ k}\Omega$$

$$h_{22e} = 25 \mu\text{S}$$

$$h_{21e} = 240$$

$$L = 0,2 \text{ mH}$$

$$f_0 = 1 \text{ MHz}$$

$$R_p = 50 \text{ k}\Omega$$

$$n_1 = 4 \cdot n_2$$

- Számoljuk ki a szükséges ellenállásokat !

Ez ugyanaz mint az előző mintafeladat esetén !!

- Számoljuk ki a rezgőkör kapacitását,
bemeneti és kimeneti ellenállást,
a feszültség erősítést és a sávszélességet !

Munkapont beállítás

$$I_B = I_C / \beta = 2 \text{ mA} / 240 = 0,00833 \text{ mA}$$

$$I_0 = 10 \cdot I_B = 10 \cdot 0,00833 \text{ mA} = 0,0833 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B = 2,00833 \text{ mA}$$

$$U_T - U_{CE} - U_E = 0 \rightarrow U_E = U_T - U_{CE} = 12 - 6 = 6 \text{ V}$$

$$R_E = U_E / I_E = 6 \text{ V} / 2,00833 \text{ mA} = 2,987 \text{ k}\Omega$$

$$U_{BE} + U_E - U_B = 0$$

$$U_B = U_{BE} + U_E = 0,65 + 6 = 6,65 \text{ V}$$

$$R_2 = U_B / I_0 = 6,65 \text{ V} / 0,0833 \text{ mA} = 79,83 \text{ k}\Omega$$

$$U_{R1} = U_T - U_B = 12 - 6,65 = 5,35 \text{ V}$$

$$R_1 = U_{R1} / (I_0 + I_B) = 5,35 \text{ V} / 0,09163 \text{ mA} = 58,387 \text{ k}\Omega$$

17.3. Közös emitteres minta feladatok

Minta feladat 2. váltakozó áramú számítás, f_0 frekvencián

váltakozó áramú helyettesítő kép

$$h_{11e} = 8 \text{ k}\Omega$$

$$h_{21e} = 240$$

$$L = 0,2 \text{ mH}$$

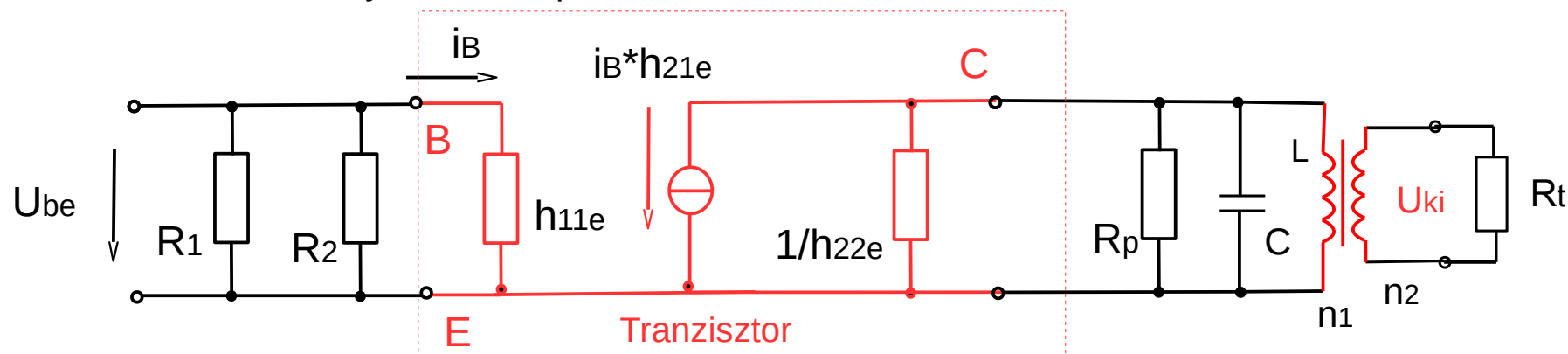
$$h_{22e} = 25 \text{ }\mu\text{S}$$

$$R_t = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R_p = 50 \text{ k}\Omega$$

$$f_0 = 1 \text{ MHz}$$

$$n_1 = 4 \cdot n_2$$

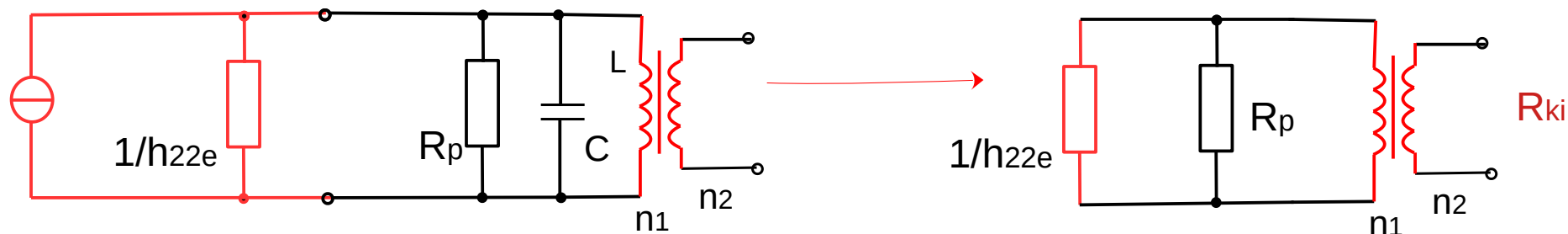


bemeneti ellenállás: $R_{be} = (R_1 \times R_2) \times h_{11e}$

$$R_{be} = (58,387 \times 79,83 \text{ k}\Omega) \times 8 \text{ k}\Omega = 6,47 \text{ k}\Omega$$

f_0 frekvencián

A kimenet felől nézve



kimeneti ellenállás: $R_{ki} = (n_2 / n_1)^2 \times (R_p \times 1/h_{22e})$

$$R_{ki} = (1 / 4)^2 \times (50 \times 40 \text{ k}\Omega) = 1,39 \text{ k}\Omega$$

17.3. Közös emitteres minta feladatok

Minta feladat 2. váltakozó áramú számítás, f_0 frekvencián

váltakozó áramú helyettesítő kép
 f_0 frekvencián

$$h_{11e} = 8 \text{ k}\Omega$$

$$h_{21e} = 240$$

$$L = 0,2 \text{ mH}$$

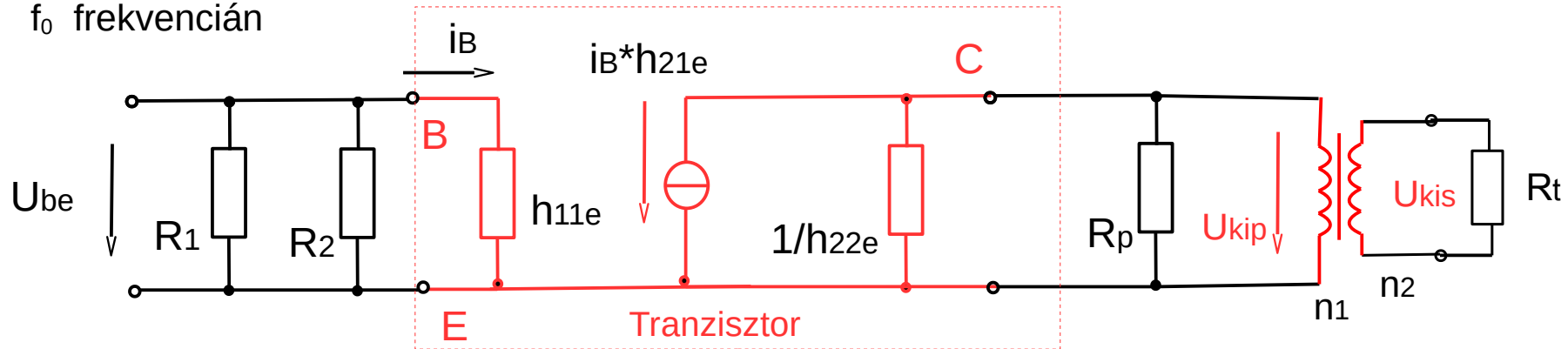
$$h_{22e} = 25 \text{ }\mu\text{S}$$

$$R_t = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R_p = 50 \text{ k}\Omega$$

$$f_0 = 1 \text{ MHz}$$

$$n_1 = 4 \cdot n_2$$



Megoldás

$$f_0 = 1 / (2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C})$$

$$C = 1 / (L \cdot (2\pi \cdot f_0)^2) = 126,65 \text{ pF}$$

$$X_L = X_C = 2\pi \cdot f_0 \cdot L = 1,26 \text{ k}\Omega$$

A rezgőkört terhelő veszteségi ellenállás:

$$R_v = (R_p \times 1/h_{22e}) \times ((n_1 / n_2)^2 \cdot R_t)$$

$$R_v = 13,11 \text{ k}\Omega$$

Jósági tényező (terhelt) →

$$Q_t = R_v / X_L = 13,11 / 1,26 = 10,4$$

Terhelt sávszélesség →

$$B_t = f_0 / Q_t = 1000 \text{ kHz} / 10,4 = 96,15 \text{ kHz}$$

$$U_{kip} = -i_b \cdot h_{21e} \cdot ((R_p \times 1/h_{22e}) \times ((n_1 / n_2)^2 \cdot R_t))$$

$$i_b = - (U_{be} / h_{11e}) \quad \text{és} \quad U_{kis} = (n_2 / n_1) \cdot U_{kip}$$

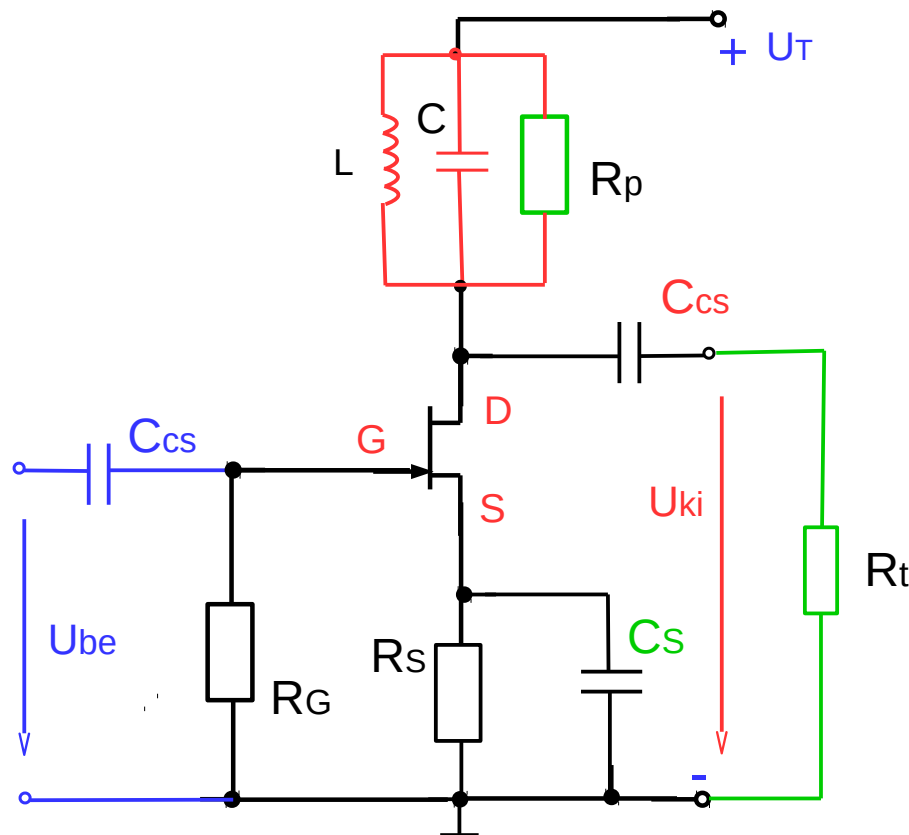
$$\text{Így a feszültség erősítés: } A_u = - (n_2 / n_1) \cdot h_{21e} \cdot ((R_p \times 1/h_{22e}) \times ((n_1 / n_2)^2 \cdot R_t)) / h_{11e}$$

$$A_u = - (1/4) \cdot 240 \cdot 13,11 \text{ k}\Omega / 8 \text{ k}\Omega = - 98,33$$

17.4. Szelektív erősítők

Földelt source kapcsolású hangolt erősítő

- jellemzői hasonlóak
mint a földelt emitteresé



$$f_0 = 1 / (2\pi \sqrt{L \cdot C})$$

$$f_0 = 1 / (2\pi \sqrt{0,0001 \cdot 0,0000000001})$$

$$f_0 = 1,59 \text{ MHz}$$

Rezonancia frekvencián

$$\rightarrow X_L = X_C = 2\pi f_0 \cdot L = 1 \text{ k}\Omega$$

$$U_T = 12\text{V} \quad R_t = 100 \text{ k}\Omega$$

$$I_{D0} = 2\text{mA} \quad U_{GS0} = -2 \text{ V}$$

$$y_{22s} = 25 \text{ }\mu\text{S} \quad y_{21s} = 4 \text{ mA/V}$$

$$L = 0,1\text{mH} \quad C = 100\text{pF} \quad R_p = 80 \text{ k}\Omega$$

- Számoljuk ki a szükséges ellenállásokat !
- Számoljuk ki a rezonancia frekvenciát, a feszültség erősítést és a sávszélességet !

$$I_{D0} = I_{S0} = 2 \text{ mA} \quad R_G \text{ legyen } 1 \text{ M}\Omega$$

$$U_S = -U_{GS0} = 2 \text{ V}$$

$$R_S = U_S / I_{S0} = 2 \text{ V} / 2 \text{ mA} = 1 \text{ k}\Omega$$

$U_{RD} = 0$!! (egyen áramon a tekercs miatt)

$$R_{ki} = R_p \times 1/y_{22s} = 80 \text{ k}\Omega \times 1/25 \text{ }\mu\text{S}$$

$$R_{ki} = 80 \times 40 \text{ k}\Omega = 26,67 \text{ k}\Omega$$

Erősítés rezonancia frekvencián \rightarrow

$$A_u = -y_{21s} \cdot (R_{ki} \times R_t)$$

$$A_u = -4 \text{ mA/V} \cdot (26,67 \times 100 \text{ k}\Omega) = -84$$

A rezgőkört terhelő veszteségi ellenállás:

$$R_v = R_p \times 1/y_{22s} \times R_t = 21 \text{ k}\Omega$$

Jósági tényező \rightarrow

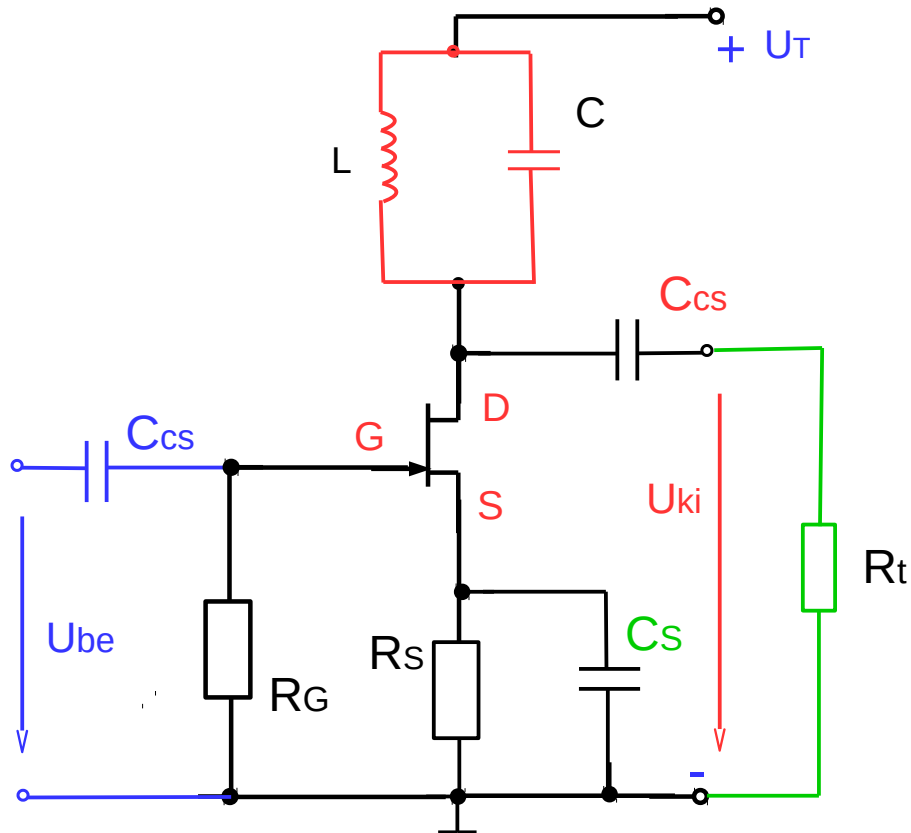
$$Q_t = R_v / X_L = 21 / 1 = 21$$

Terhelt sávszélesség \rightarrow

$$B_t = f_0 / Q_t = 1,59 \text{ MHz} / 21 = 75,7 \text{ kHz}$$

17.5. Feladatok

1. feladat:

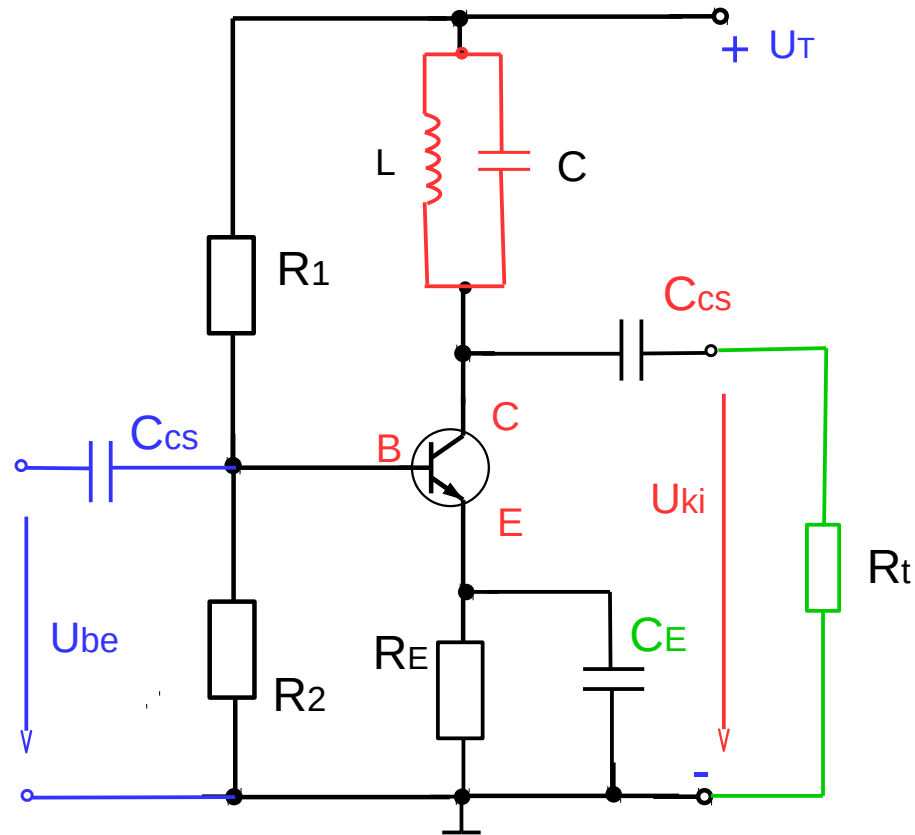


$$\begin{aligned} U_T &= 9\text{V} & R_t &= 20\text{ k}\Omega \\ I_{D0} &= 2\text{mA} & U_{GS0} &= -3\text{ V} \\ y_{22s} &= 25\text{ }\mu\text{S} & y_{21s} &= 4\text{ mA/V} \\ L &= 1,6\text{mH} & C &= 0,4\text{nF} & R_p &= 80\text{ k}\Omega \end{aligned}$$

- Számoljuk ki a szükséges ellenállásokat !
- Számoljuk ki a rezonancia frekvenciát, a feszültség erősítést és a sávszélességet !

17.5. Feladatok

2. feladat:



$$U_T = 10V$$

$$U_{CE} = 5V$$

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

$$h_{22e} = 20 \mu S$$

$$L = 1mH$$

$$R_t = 10 k\Omega$$

$$I_E \approx I_C = 1,1mA$$

$$h_{11e} = 8,5 k\Omega$$

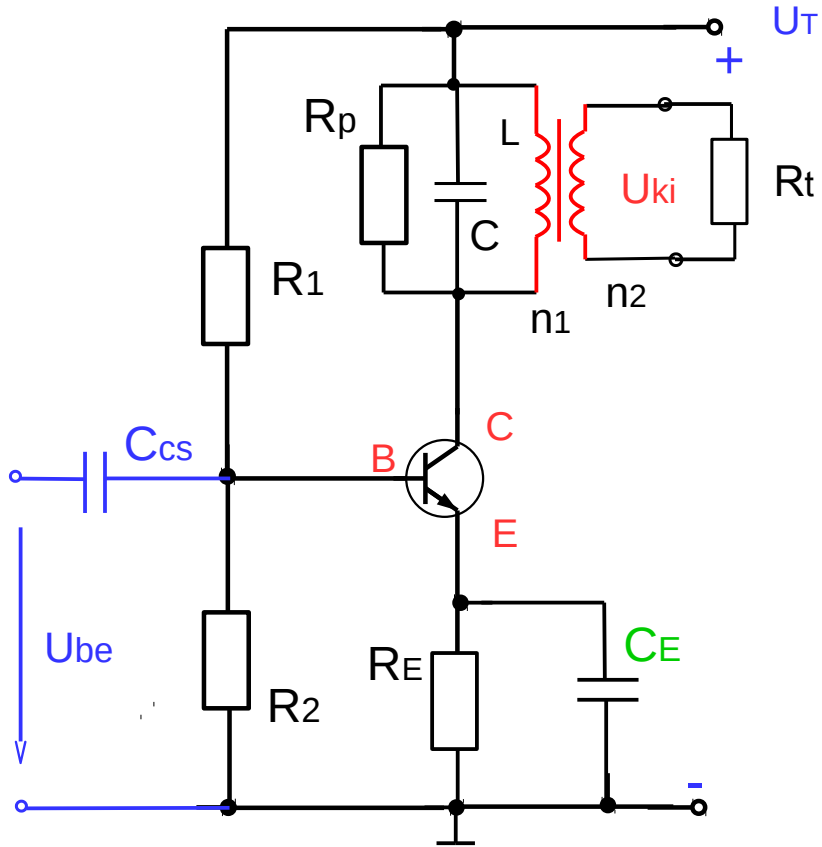
$$h_{21e} = 230$$

$$C = 1nF \quad R_p = 200 k\Omega$$

- Számoljuk ki a szükséges ellenállásokat !
- Számoljuk ki a rezonancia frekvenciát, a feszültség erősítést és a sávszélességet !

17.5. Feladatok

3. feladat:



$$U_T = 15 \text{ V}$$

$$R_t = 4 \text{ k}\Omega$$

$$U_{CE} = 7 \text{ V}$$

$$I_E \approx I_C = 2 \text{ mA}$$

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

$$h_{11e} = 8 \text{ k}\Omega$$

$$h_{22e} = 25 \mu\text{S}$$

$$h_{21e} = 200$$

$$L = 1 \text{ mH}$$

$$f_0 = 500 \text{ kHz}$$

$$R_p = 300 \text{ k}\Omega$$

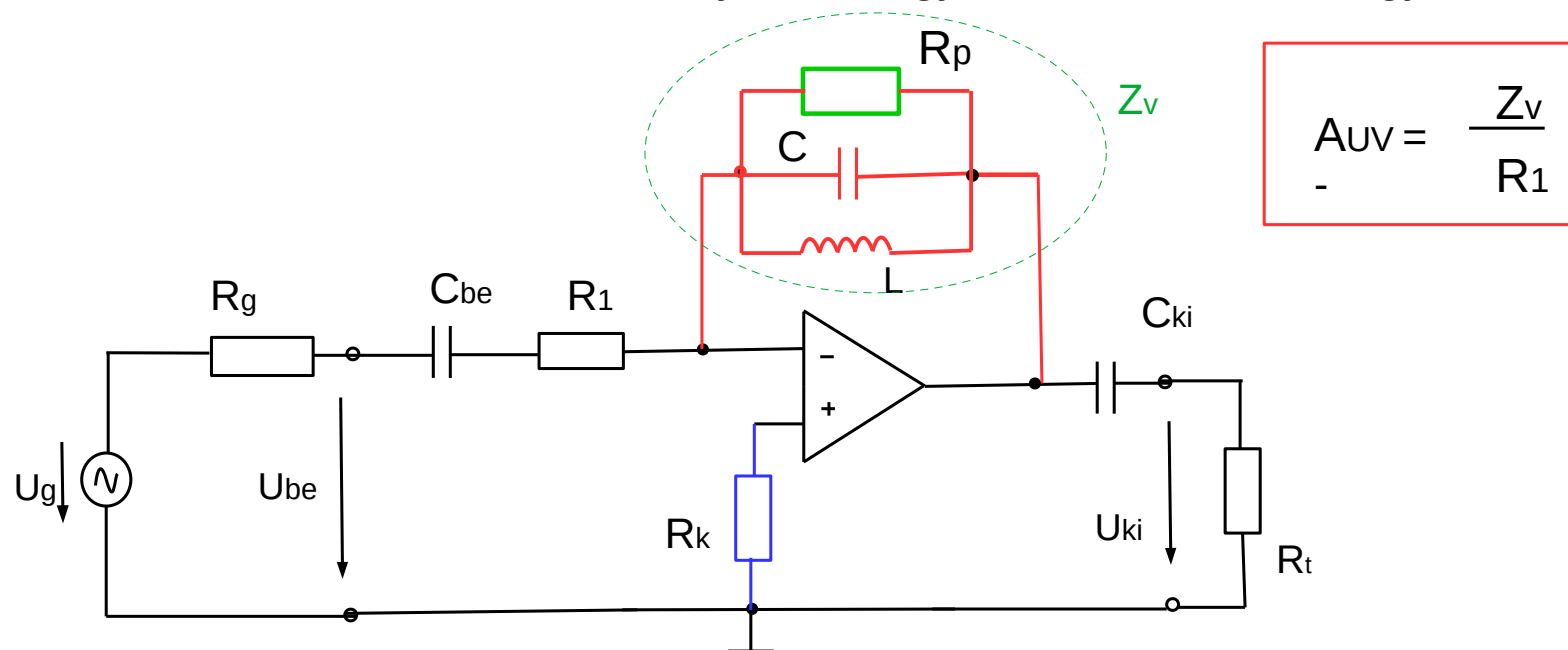
$$n_1 = 5 \cdot n_2$$

- Számoljuk ki a szükséges ellenállásokat !
- Számoljuk ki a rezgőkör kapacitását, bemeneti és kimeneti ellenállást, a feszültség erősítést és a sávszélességet !

17.6. Műveleti erősítő kapcsolás

Hangolt erősítő

- a visszacsatoló ágban rezgőkör → az erősítés frekvencia függő → a rezonancia frekvencia környékén nagy, alatta és felette nagyon kicsi



Rezonancia frekvencia → $f_0 = 1 / (2\pi \sqrt{L \cdot C})$

Rezonancia frekvencián (f_0)

→ $X_L = X_C$ → visszacsatoló ágban $Z_v = R_p$!!

→ $A_{UV} = - R_p / R_1$

Jósági tényező →

$Q_0 = R_p / X_L$

Sávszélesség →

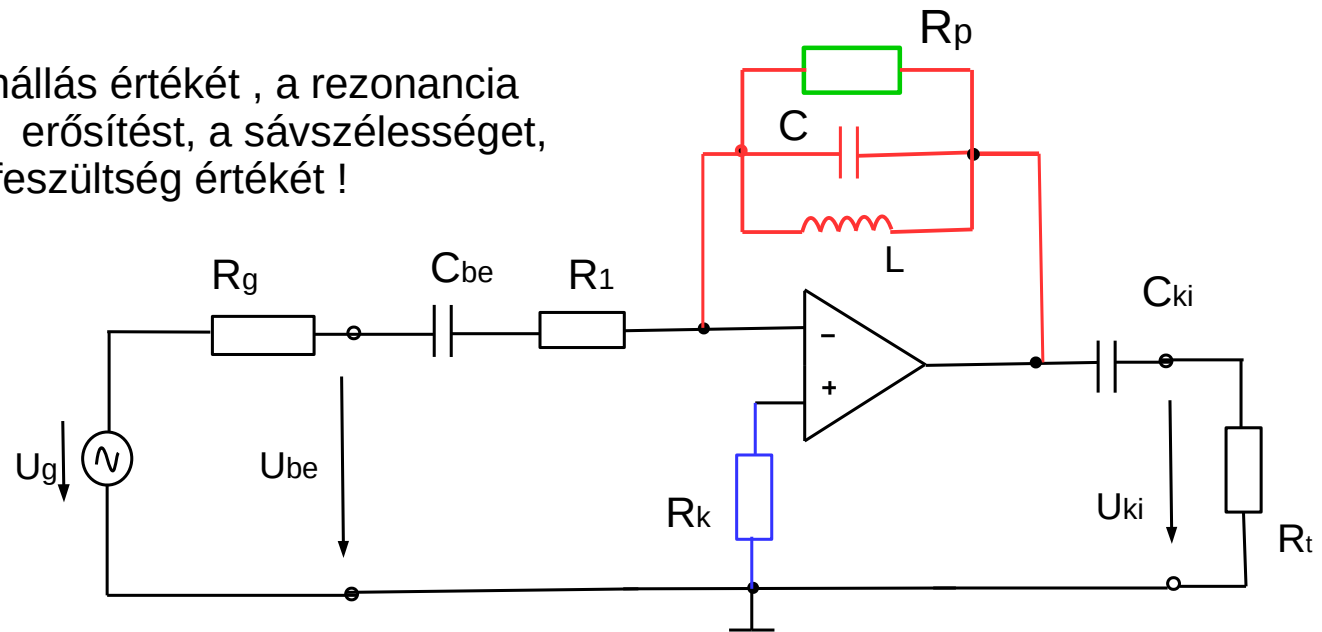
$B_0 = f_0 / Q_0$

17.6. Műveleti erősítős kapcsolás

Minta feladat

Számoljuk ki a bemeneti ellenállás értékét, a rezonancia frekvenciát, a feszültség erősítést, a sávszélességet, a bemeneti és kimeneti feszültség értékét !

$R_1 = 18 \text{ k}\Omega$ $R_t = 1 \text{ k}\Omega$
 $U_g = 10 \text{ mV}$ $R_g = 2 \text{ k}\Omega$
 $L = 20 \text{ mH}$ $C = 50 \text{ pF}$
 $R_p = 450 \text{ k}\Omega$
 $R_k = ?$ $R_{be} = ?$
 $f_0 = ?$ $A_{uv} = ?$
 $B = ?$
 $U_{be} = ?$ $U_{ki} = ?$



$$R_{be} = R_1 = 18 \text{ k}\Omega$$

$$f_0 = 1 / (2\pi \sqrt{L \cdot C})$$

$$f_0 = 1 / (2\pi \sqrt{0,02 \cdot 0,00000000005})$$

$$f_0 = 159,155 \text{ kHz}$$

Rezonancia frekvencián

$$\rightarrow X_L = X_C = 2\pi f_0 \cdot L = 20 \text{ k}\Omega$$

$$\rightarrow A_U = -R_p / R_1 \rightarrow A_U = -450/18 = -25$$

→ Jósági tényező

$$Q_0 = R_p / X_L = 450/20 = 22,5$$

$$\rightarrow \text{Sávszélesség, } B_0 = f_0 / Q_0 = 7,07 \text{ kHz}$$

$$U_{be} = U_g \cdot R_{be} / (R_g + R_{be})$$

$$U_{be} = 10 \text{ mV} \cdot 18 \text{ k}\Omega / (2 + 18 \text{ k}\Omega) = 9 \text{ mV}$$

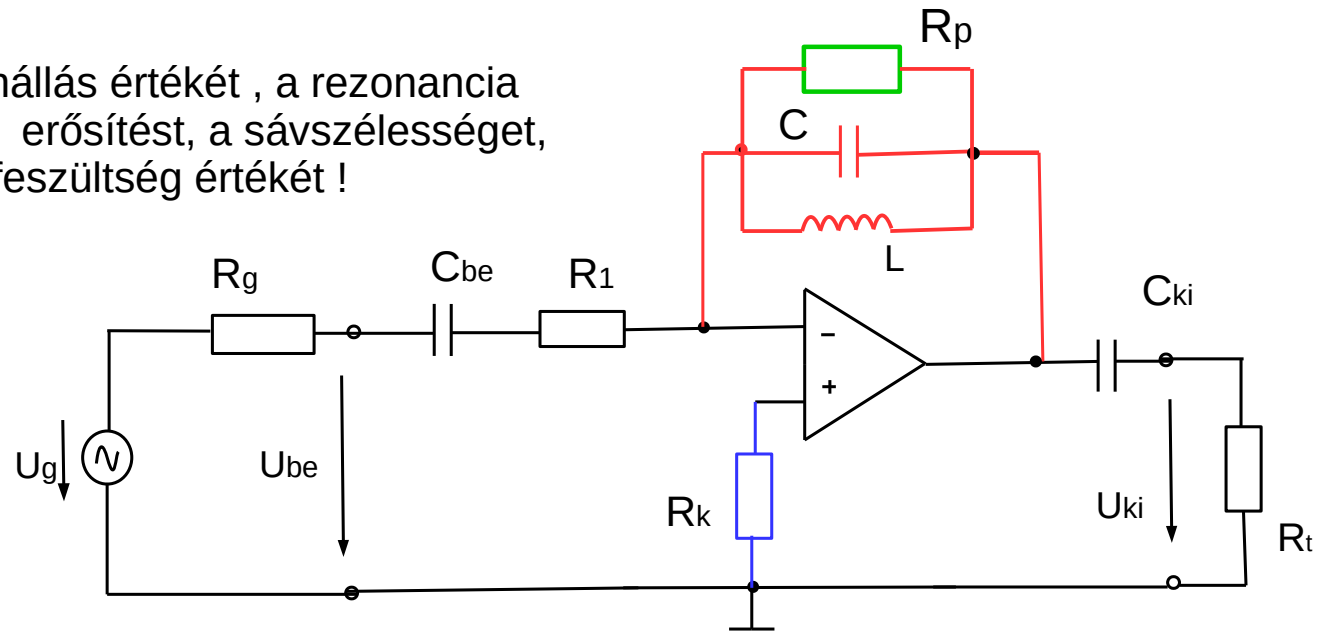
$$U_{ki} = A_U \cdot U_{be} = -25 \cdot 9 \text{ mV} = -225 \text{ mV}$$

17.7. Feladatok

1. feladat

Számoljuk ki a bemeneti ellenállás értékét, a rezonancia frekvenciát, a feszültség erősítést, a sávszélességet, a bemeneti és kimeneti feszültség értékét !

$R_1 = 15 \text{ k}\Omega$	$R_t = 1 \text{ k}\Omega$
$U_g = 24 \text{ mV}$	$R_g = 3 \text{ k}\Omega$
$L = 4 \text{ mH}$	$C = 40 \text{ pF}$
$R_p = 600 \text{ k}\Omega$	
$R_k = ?$	$R_{be} = ?$
$f_0 = ?$	$A_{uv} = ?$
$B = ?$	
$U_{be} = ?$	$U_{ki} = ?$



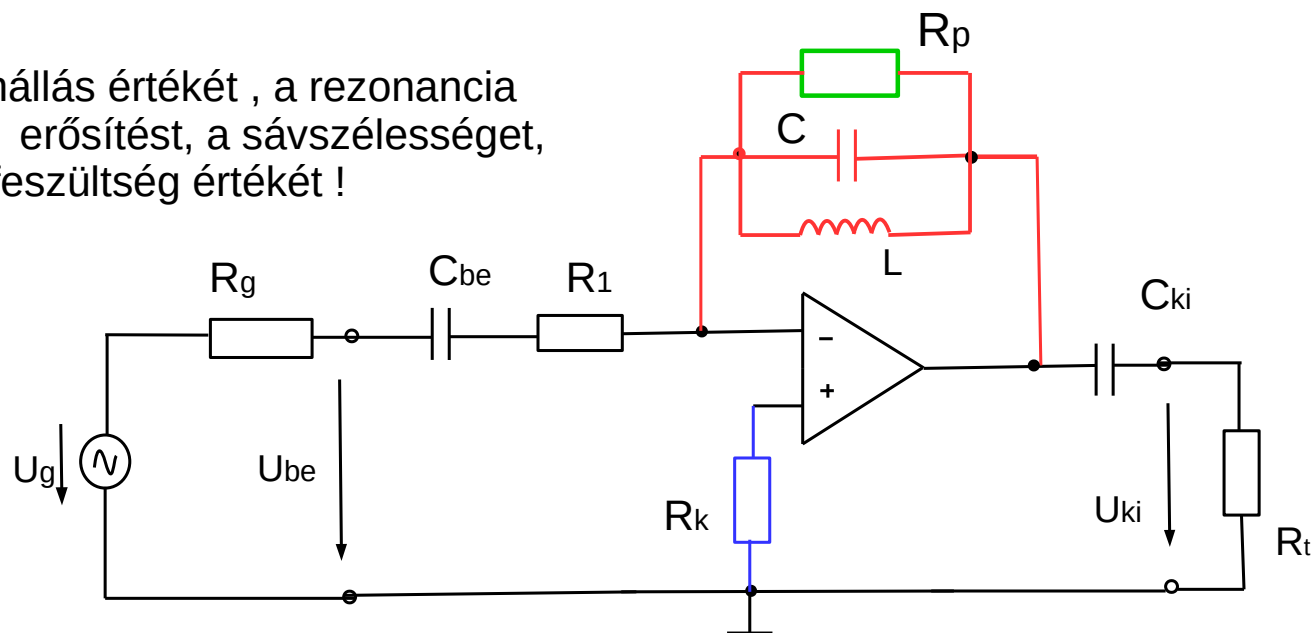
17.7. Feladatok

1. feladat, megoldás

Számoljuk ki a bemeneti ellenállás értékét, a rezonancia frekvenciát, a feszültség erősítést, a sávszélességet, a bemeneti és kimeneti feszültség értékét !

$$\begin{aligned} R_1 &= 15 \text{ k}\Omega & R_t &= 1 \text{ k}\Omega \\ U_g &= 24 \text{ mV} & R_g &= 3 \text{ k}\Omega \\ L &= 4 \text{ mH} & C &= 40 \text{ pF} \\ R_p &= 600 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_k &= ? & R_{be} &= ? \\ f_0 &= ? & A_{uv} &= ? \\ B &= ? & & \\ U_{be} &= ? & U_{ki} &= ? \end{aligned}$$



$$R_{be} = R_1 = 15 \text{ k}\Omega$$

$$f_0 = 1 / (2\pi \sqrt{L \cdot C})$$

$$f_0 = 1 / (2\pi \sqrt{0,004 \cdot 0,000000000004})$$

$$f_0 = 397,89 \text{ kHz}$$

Rezonancia frekvencián

$$\rightarrow X_L = X_C = 2\pi f_0 \cdot L = 10 \text{ k}\Omega$$

$$\rightarrow A_U = -R_p / R_1 \rightarrow A_U = -600 / 15 = -40$$

→ Jósági tényező

$$Q_0 = R_p / X_L = 600 / 10 = 60$$

$$\rightarrow \text{Sávszélesség, } B_0 = f_0 / Q_0 = 6,63 \text{ kHz}$$

$$U_{be} = U_g \cdot R_{be} / (R_g + R_{be})$$

$$U_{be} = 24 \text{ mV} \cdot 15 \text{ k}\Omega / (3 + 15 \text{ k}\Omega) = 20 \text{ mV}$$

$$U_{ki} = A_U \cdot U_{be} = -40 \cdot 20 \text{ mV} = -800 \text{ mV}$$

17.8. Teljesítmény erősítők

Nagyjelű erősítők

- Nagyjelű erősítő, teljesítmény erősítő: a kimeneti (meghajtó) fokozatok erősítő típusa
- cél: nagy feszültség (pl. 50V) és nagy teljesítmény ($n \cdot 100W$) leadása minél nagyobb hatásfokkal, minél kisebb torzítás mellett

1. Típusai

Üzemmód alapján lehet: A, AB, B, C vagy D osztályú

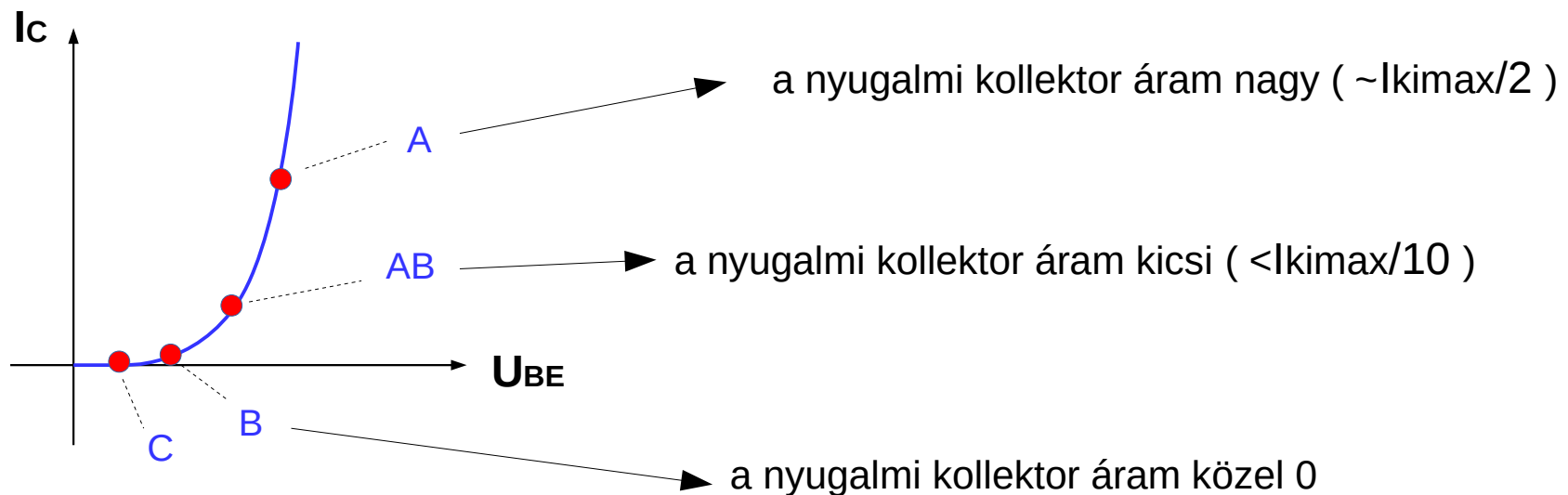
'A' osztályú – a munkapont lineáris szakaszán üzemel → kicsi a torzítás, rossz a hatásfok

'B' osztályú – a lezárás határán üzemel → csak az egyik félhullámot erősíti → 2db tranzisztor kell !

'AB' osztályú – 'A' és 'B' között üzemel

'C' osztályú – kicsit lezárva üzemel → még egy félhullámot sem visz át teljesen !

'D' osztályú – kapcsoló üzemmű (a tranzisztorok teljesen kinyitva vagy zárva)

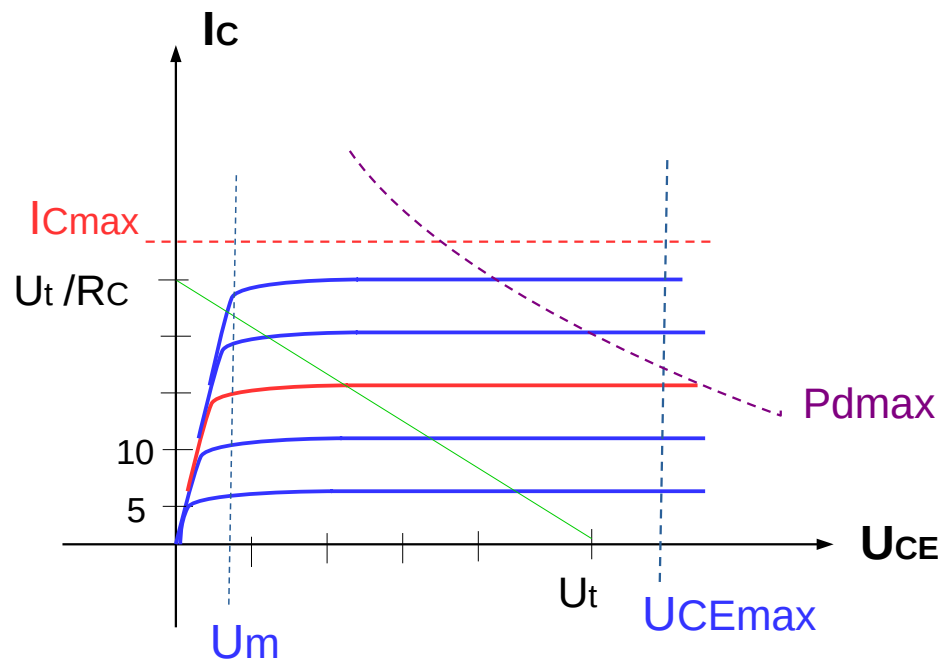


17.8. Teljesítmény erősítők

2. Határértékek

Nagy feszültség és áram ingadozások a munkapont körül → könnyen túlléphetjük az alkatrész maximális paramétereit !!

- I_{Cmax} maximális kollektor áram
- U_{CEmax} maximális kollektor-emitter feszültség (letörés)
- U_m maradék feszültség (telítési tartomány)
- P_{dmax} maximális disszipációs teljesítmény, $P_d \approx U_{CE} \cdot I_C$



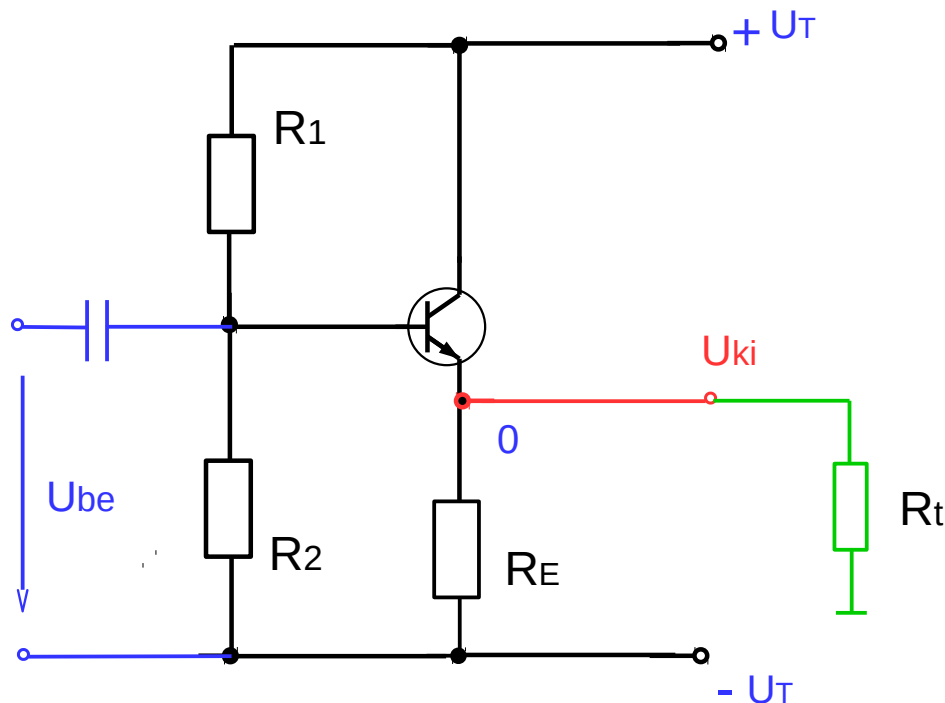
17.9. Emitterkövető kapcsolás

Teljesítmény erősítők

- FE alapkapcsolás → nagy teljesítmény erősítés, DE nagy kimeneti ellenállás !! → transzformátoros csatolás
- FC alapkapcsolás → közepes teljesítmény erősítés, kicsi kimeneti ellenállás

1. Emitterkövető kapcsolás

FC alapkapcsolás, 'A' osztályú



kicsi a torzítás, de rossz a hatásfok !

$$A_u \approx 1$$

$$A_i \approx \beta/2 \quad \text{ha} \quad R_t = R_E$$

Hátrány: mindig folyik áram a tranzisztoron, akkor is ha $U_{be}=0$!!
→ rossz hatásfok

$$U_{k\max} = U_t/2 \quad \text{ha} \quad R_t = R_E$$

$$P_{k\max} = U_t^2/(8 \cdot R_E) \quad \text{ha} \quad R_t = R_E$$

$P_{D\max} = U_t^2/R_E$ tranzisztor max. veszteségi teljesítménye

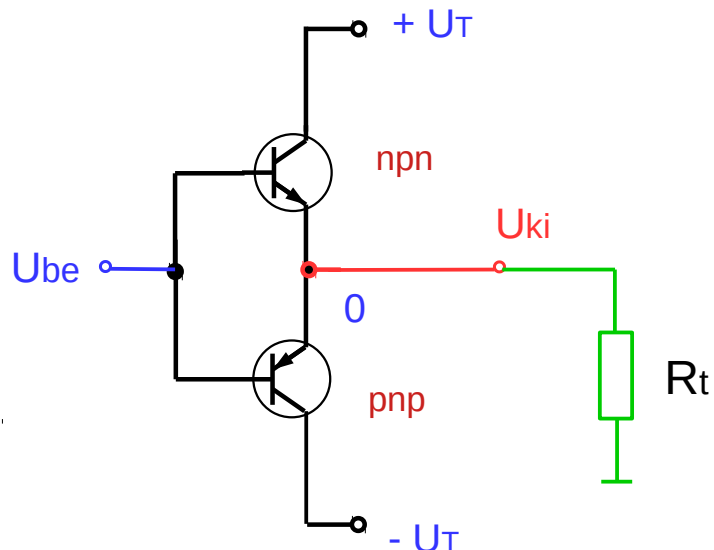
P_T - telepből felvett max. teljesítmény

$$P_T \approx 2 \cdot P_{D\max}$$

$$\text{Hatásfok: } \eta = 100 \cdot P_{k\max} / P_T = 6,25\%$$

17.9. Emitterkövető kapcsolás

2. Ellenütemű komplementer emitterkövető elve



'B' osztályú

a nyugalmi kollektor áram közel 0

$$A_u \approx 1$$

$$A_i \approx \beta$$

kivezélés

$$K = U_{ki} / U_{kmax} -$$

$$P_{kmax} = U_t^2 / (2 * R_t)$$

$$P_D = (4 - \pi) * U_t^2 / (4 * \pi * R_t) \quad \text{tranzisztor veszteségi teljesítménye, ha } K=1$$

$$P_{Dmax} = U_t^2 / (\pi^2 * R_t) \quad \text{tranzisztor max. veszteségi teljesítménye, ha } K=0,6 \quad (2/\pi)$$

$$P_T = P_{kmax} + 2 * P_{Dmax} \quad \text{telepből felvett max. teljesítmény}$$

Hatásfok: $\eta = 100 * P_{kmax} / P_T = K * \pi / 4 \rightarrow$ függ a kivezéléstől !

ha $K=1 \rightarrow \eta = 78,5\%$

- Ha $U_{be}=0 \rightarrow$ mindkét tranzisztor zárva, $I_c=0$
- Ha $U_{be}>0 \rightarrow$ felső tranzisztor kinyit \rightarrow felső félhullámot ez erősíti
- Ha $U_{be}<0 \rightarrow$ alsó tranzisztor kinyit \rightarrow alsó félhullámot ez erősíti

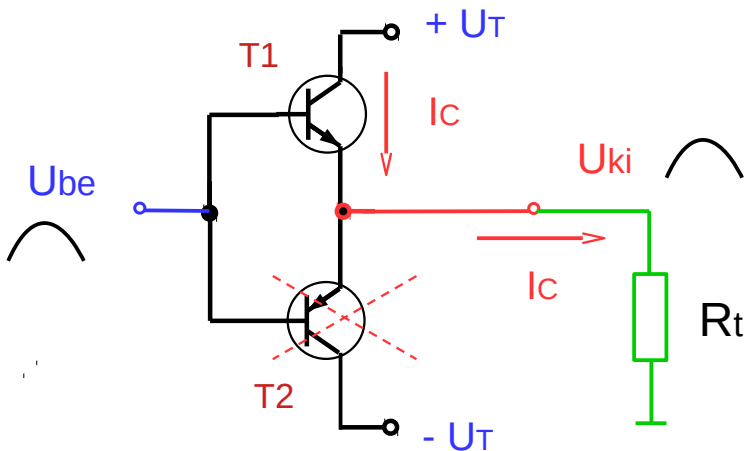
Előnye: a nagyon jó hatásfok

Hátrány: torzítás kis bemeneti feszültségnél ! \rightarrow ha $|U_{be}| < 0,6 \text{ V} \rightarrow U_{ki} \approx 0 !!$ mert még nem nyit ki a tranzisztor

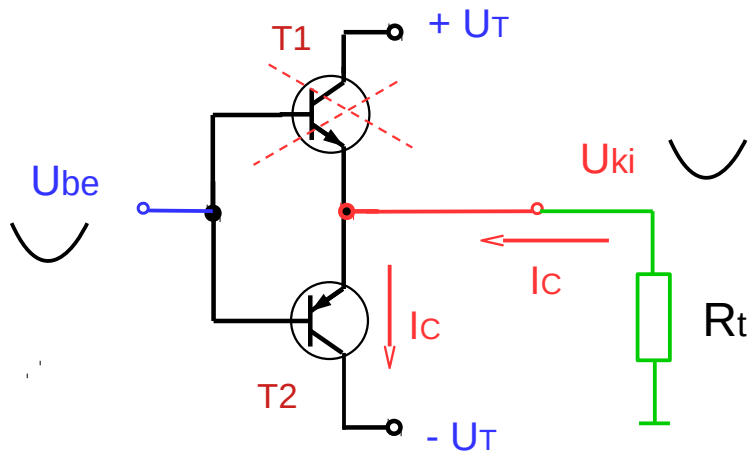
17.9. Emitterkövető kapcsolás

3. Ellenütemű komplementer emitterkövető működése

Ha $U_{be} > 0 \rightarrow T2$ zár, $T1$ kinyit \rightarrow felső félhullámot ez erősíti



Ha $U_{be} < 0 \rightarrow T1$ zár, $T2$ kinyit \rightarrow alsó félhullámot ez erősíti

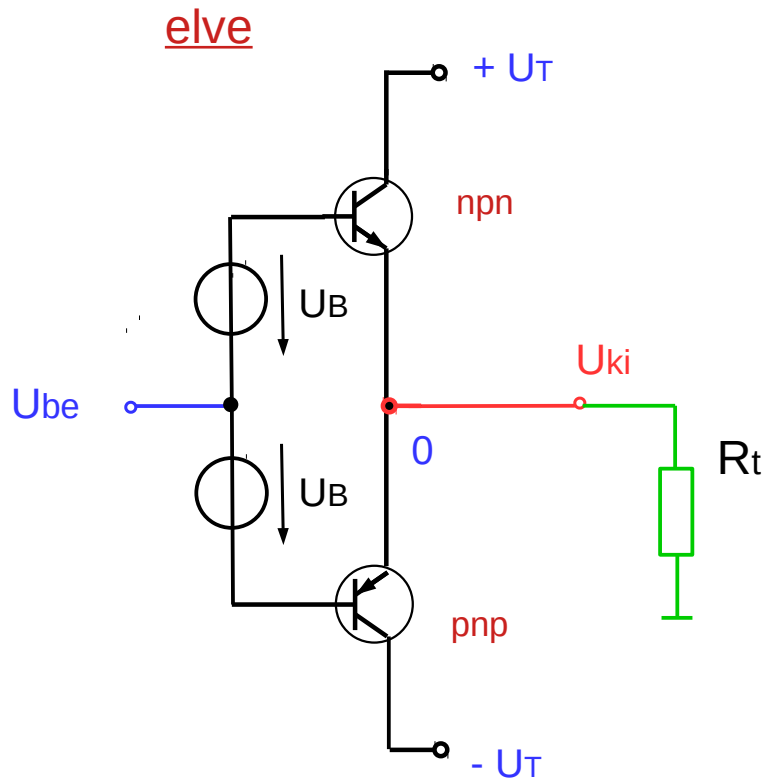


17.10. Ellenütemű komplementer emitterkövető

1. AB vagy A osztályú ellenütemű emitterkövető elve

'AB' osztályú → kicsit nyitva a tranzisztorok, akkor is ha $U_{be} = 0$ →
kicsi nyugalmi kollektor áram

Nyitó bázis-emitter előfeszítés kell !



Így nemcsak 'AB' osztályú, hanem
'A' osztályú beállítást is meg lehet
valósítani

'A' osztályú

$$\eta_{\max} = 50\%$$

$$I_{c0} \approx 0,5 \cdot I_{k\max}$$

'AB' osztályú

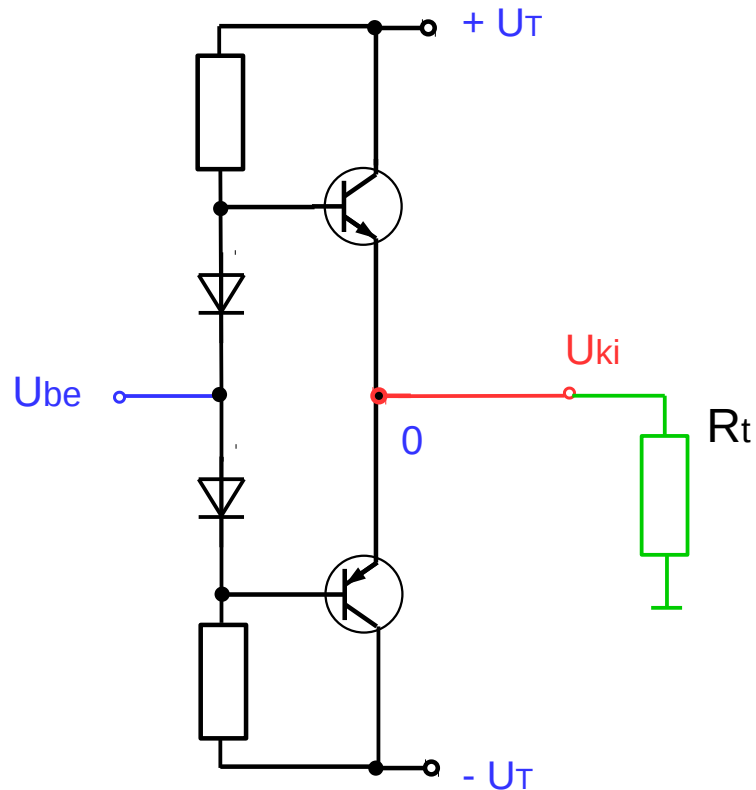
$$\eta = 50 - 78\%$$

$$I_{c0} \approx 0,05 \cdot I_{k\max} \quad - \quad I_{c0} \approx 0,1 \cdot I_{k\max}$$

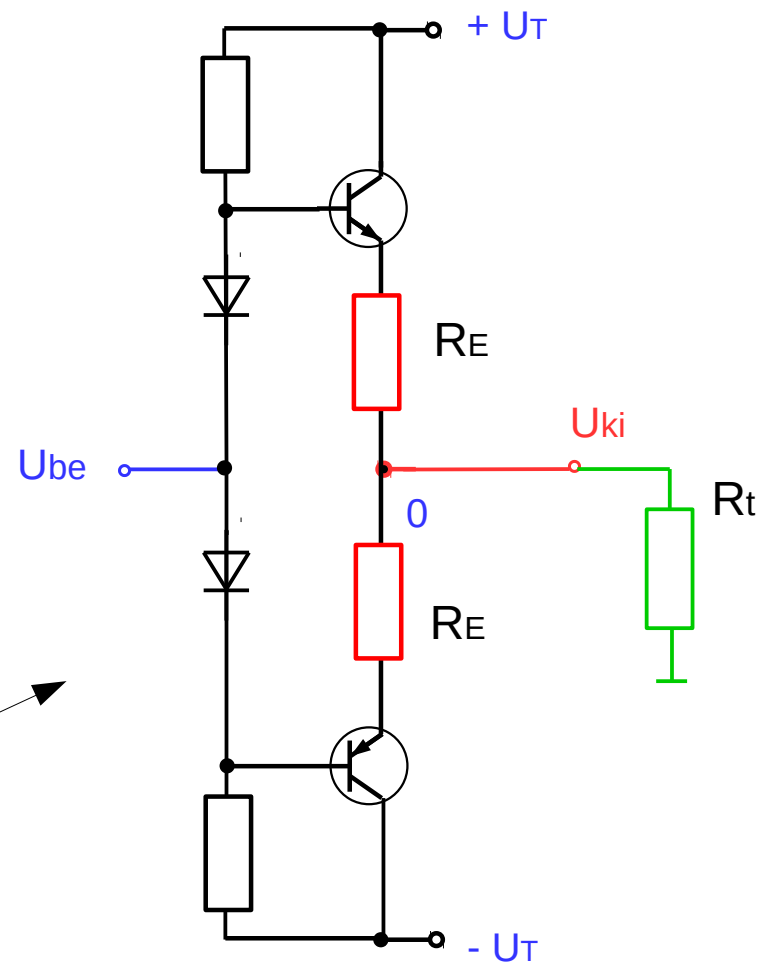
17.10. Ellenütemű komplementer emitterkövető

2. gyakorlati megvalósítások

a, nyitó bázis-emitter előfeszítés diódával



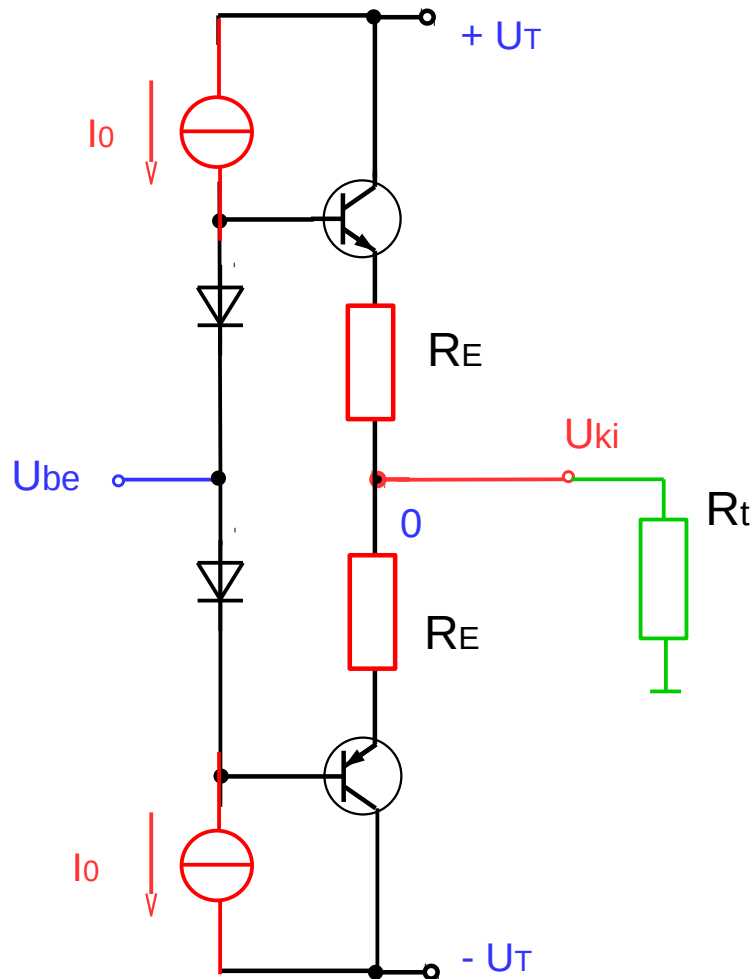
b, munkapont stabilizálás emitter ellenállással



Az emitter ellenállás (R_E)
csak kis értékű lehet !!
a jó hatásfok érdekében

17.10. Ellenütemű komplementer emitterkövető

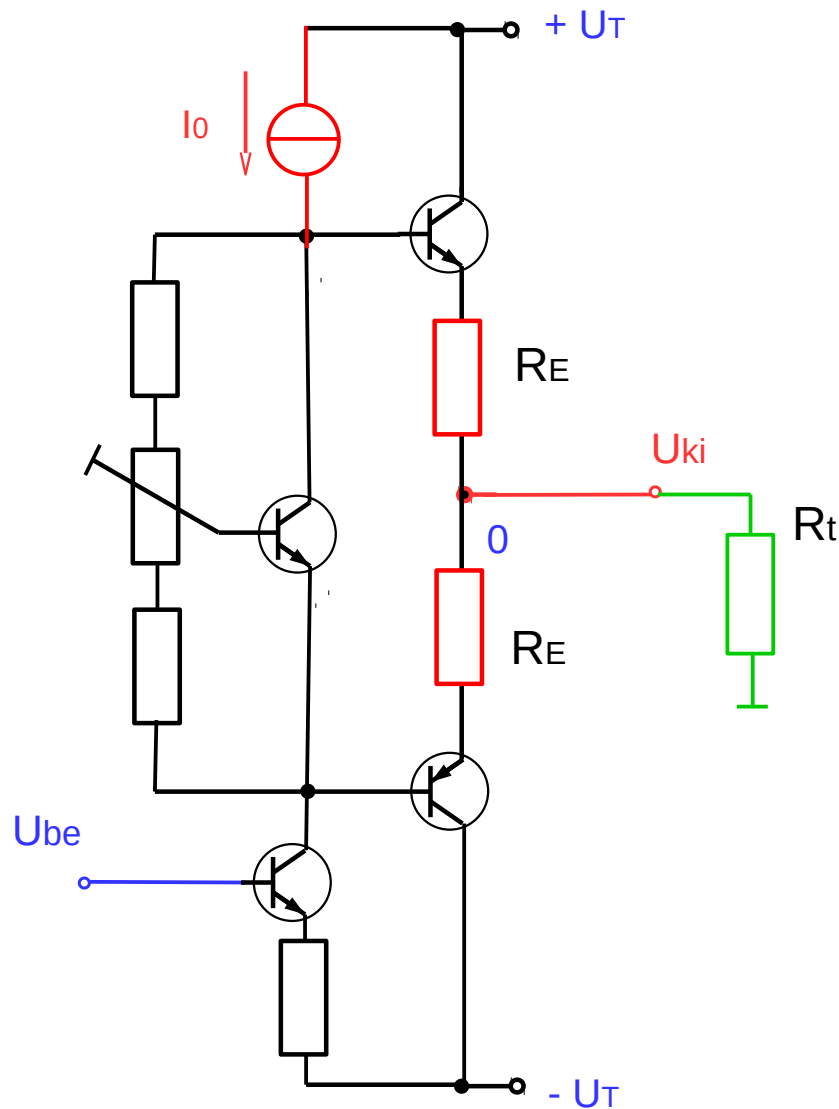
c, munkapont stabilizálás emitter ellenállással és a bázis feszültség stabil értéken tartásával → áramgenerátor



Az emitter ellenállás (R_E) csak kis értékű lehet !! mert rontja a hatásfokot

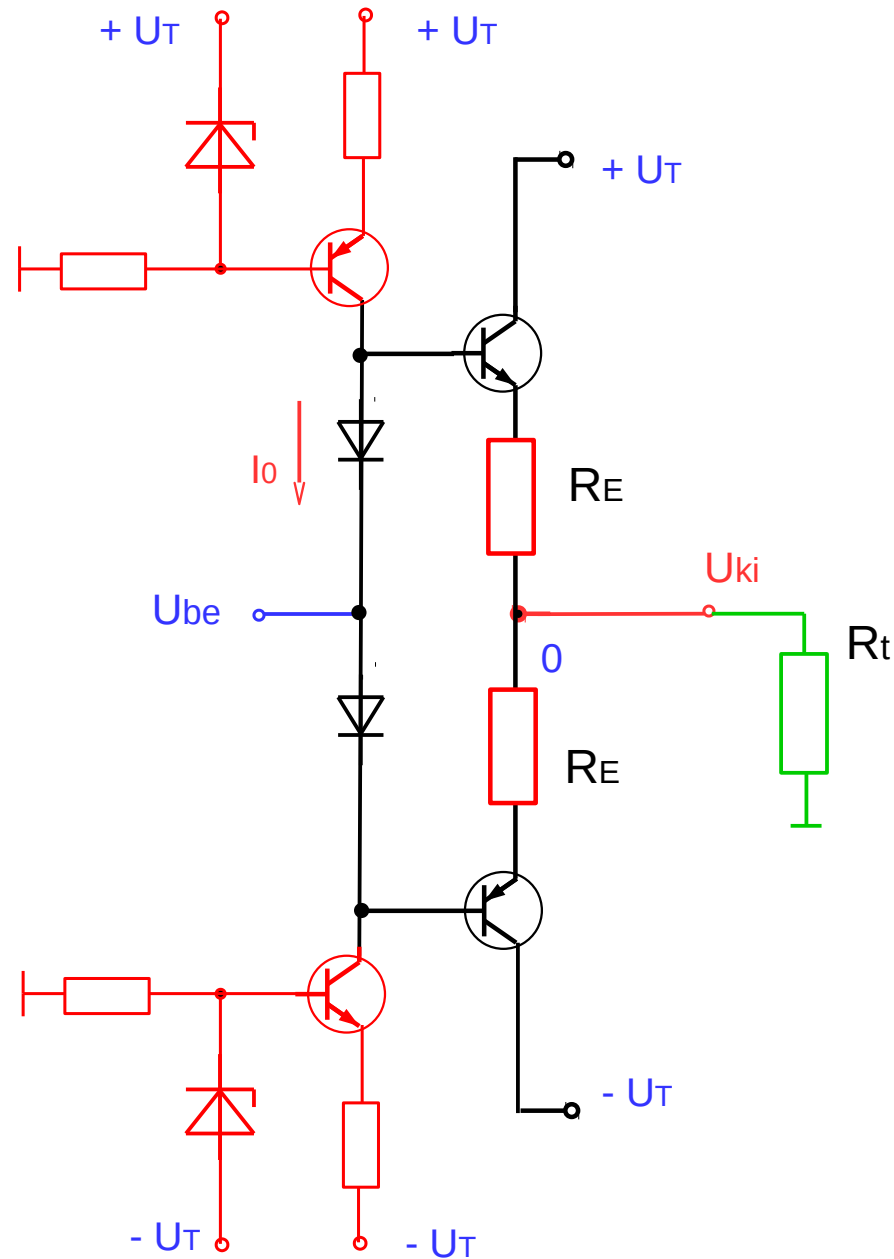
17.10. Ellenütemű komplementer emitterkövető

d, nyitó bázis-emitter előfeszítés tranzisztoros szinteltolóval,
munkapont stabilizálás emitter ellenállással és a
bázis feszültség stabil értéken tartásával → áramgenerátor



17.11. Teljesítményerősítő tipikus kapcsolások

1. kis kimeneti áramú



17.11. Teljesítményerősítő tipikus kapcsolások

2. nagy kimeneti áramú

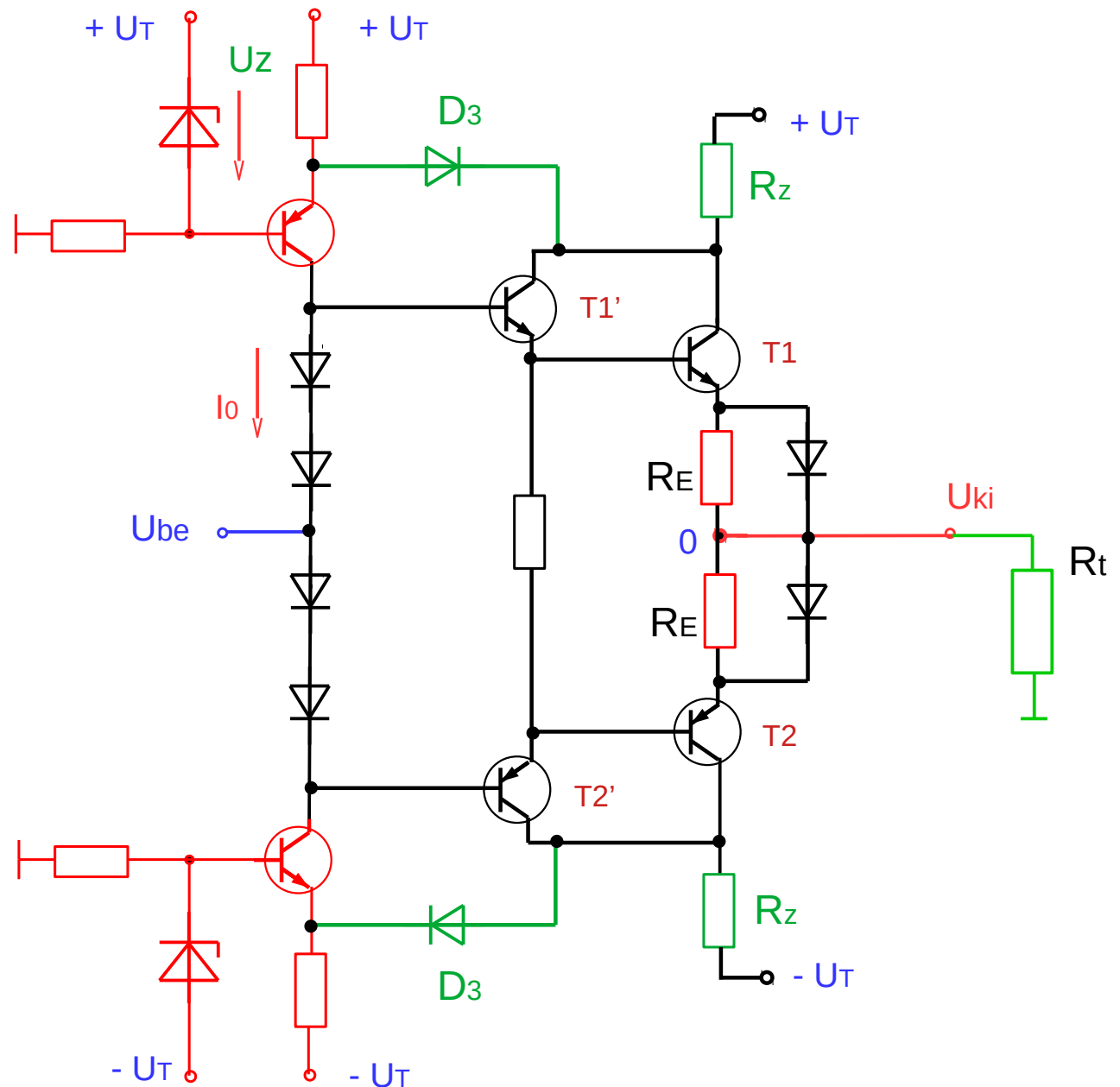
Komplementer Darlington
tranzisztorok,
T1-T1' és T2-T2'

$R_E \rightarrow 1 - 4 \Omega$

$R_z - D_3$ áram határolás

$R_z \sim 0,5 \Omega$

$I_{kmax} \approx U_z / R_z$



17.12. 'D' osztályú erősítők

1. 'D' osztályú üzemmód

Kapcsoló üzemű (a tranzisztorok teljesen kinyitva vagy zárva).

Nem a jel amplitúdóját erősítjük, nem az amplitúdó hordozza az információt, hanem vagy:

- impulzus-szélesség modulációt (PWM) használunk, ilyenkor a bemenő vezérlőjellel arányosan változik az impulzusszélesség (de a frekvencia állandó)
- impulzus-sűrűség modulációt (PDM) használunk, ilyenkor a bemenő vezérlőjellel arányosan változik az impulzus periódusideje (de az impulzusszélesség állandó)

Csak az erősítő kimenetén alakítjuk ezt át amplitúdó változássá (PWM esetén aluláteresztő szűrővel), hogy a hangszórót meg tudjuk hajtani.

Előny: jó hatásfok (90% körül), kisebb méret, kevesebb hő termelés

2. PWM

- PWM (Pulse Width Modulation → impulzus szélesség moduláció)
- Egy négyszögjel kitöltési tényezőjét változtatjuk ! (mennyi ideig van magas szinten ill. alacsony szinten)
- A négyszögjel frekvenciája és amplitúdója nem változik.
- a kitöltési tényezőt százalékban szokták megadni. Egy 50%-os PWM jel azt jelenti, hogy a jel az idő felében be, míg a másik felében ki van kapcsolva.
- Az effektív feszültség a kitöltési tényezővel lesz arányos !

17.12. 'D' osztályú erősítők

PWM

0% kitöltés

0V effektív feszültség



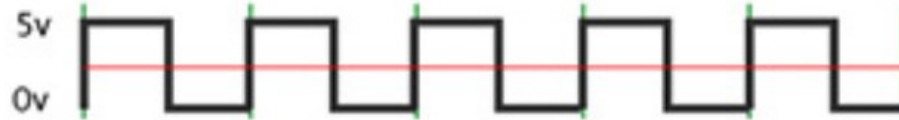
25% kitöltés

1.25V effektív feszültség



50% kitöltés

2.5V effektív feszültség



75% kitöltés

3.75V effektív feszültség



100% kitöltés

5V effektív feszültség



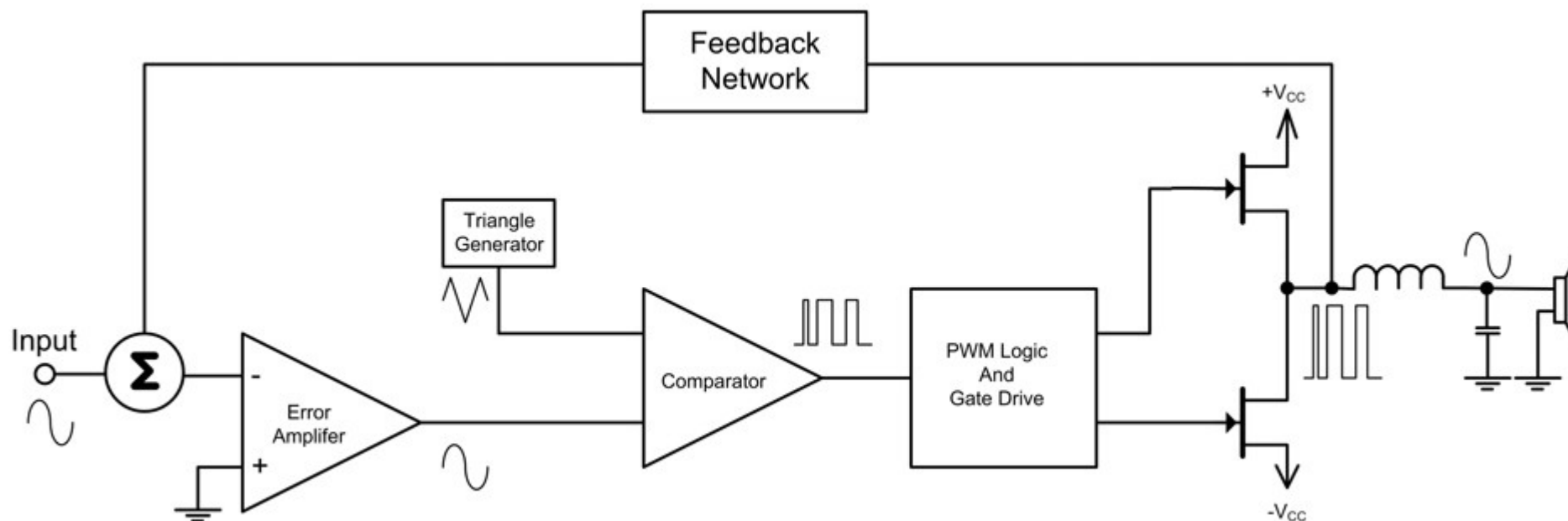
forrás:

Ruzsinszki Gábor:

Programozható Elektronikák

17.12. 'D' osztályú erősítők

3. 'D' osztályú erősítő felépítése



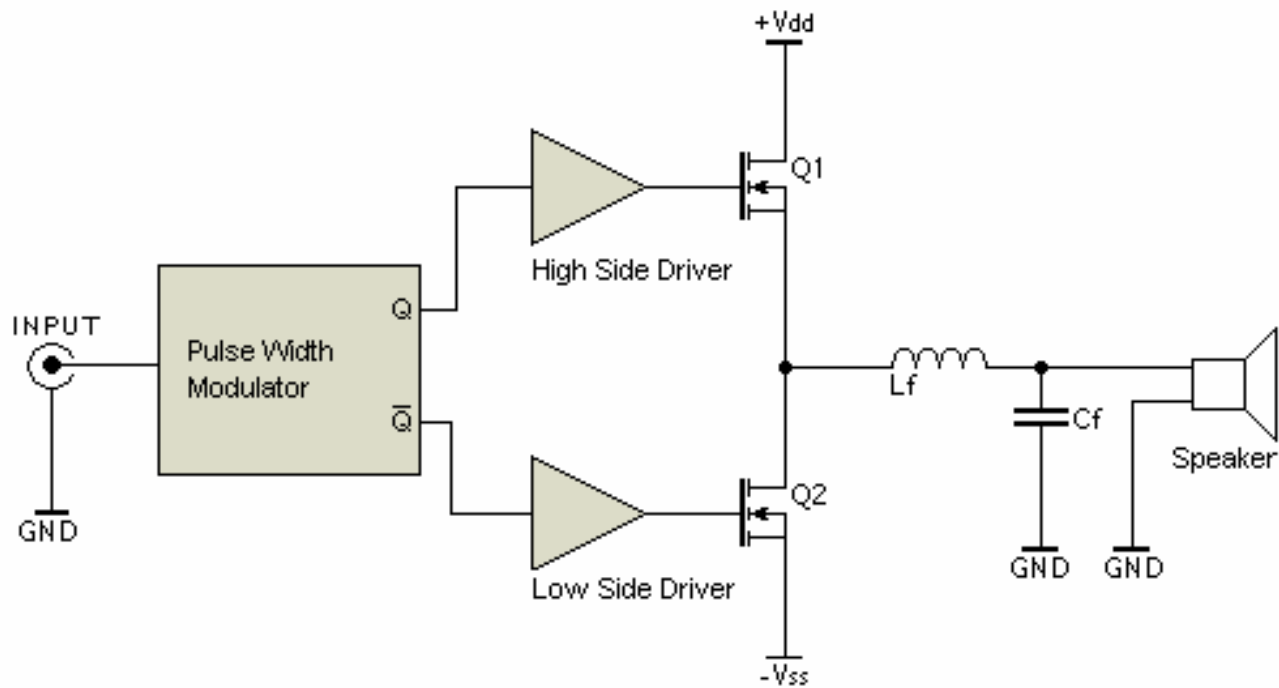
forrás: Digi-Key Electronics

Az analóg bemenő jelet átalakítjuk PWM jellé, és ezzel a PWM jellel kapcsolgatjuk a kimeneti FET-eket (erősítik a PWM jelet).
A kimeneti aluláteresztő szűrő visszaállítja az analóg hullámformát (amely az eredeti analóg jellel arányos, csak annak felerősített verziója)

17.12. 'D' osztályú erősítők

4. 'D' osztályú erősítő változatok

Félhidas (Half Bridge)



17.12. 'D' osztályú erősítők

4. 'D' osztályú erősítő változatok

Teljes hidas (Full Bridge)

