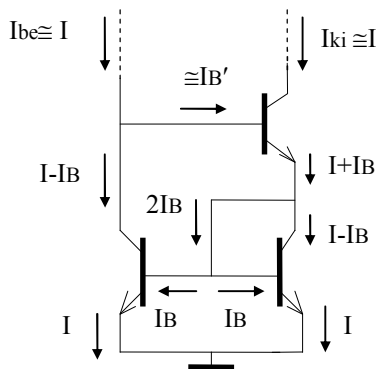


- 2. javított áramtükör



Mindhárom tranzisztor illesztett. Az I áramnál kezdve (az ábra alján) és elhanyagolva a bázisáramok különbözőségét az ábrán feltüntetett áramokat kapjuk. Látható, hogy a bemeneti és a kimeneti áram körülbelül egyenlő. Pontosabban számolva:

$$I_{be} = I - I_B + I_{B'} = I - I/(1+B) + (I + I_B)/(1+B) = I + I_B/(1+B)$$

$$I_{ki} = I + I_B - I_{B'} = I + I/(1+B) - (I + I_B)/(1+B) = I - I_B/(1+B)$$

$$I_{ki} = I_{be} - 2I_B/(1+B) \approx I_{be} [1 - 2/(1+B)^2],$$

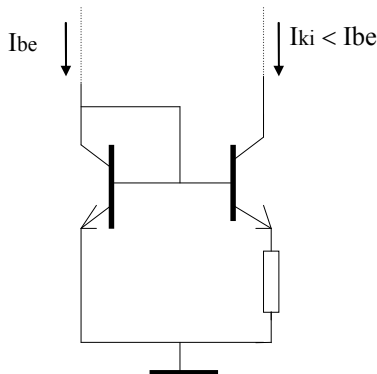
mivel:

$$I_B/I_{be} \approx I_B/I = 1/(1+B).$$

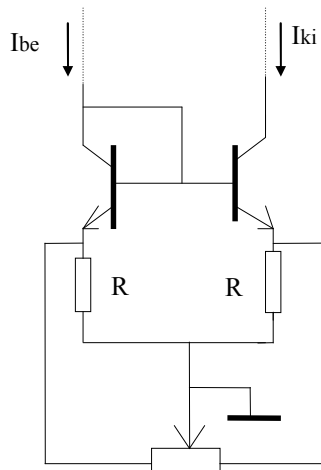
Tehát a hiba nagyságrendje ($B \approx 100$): $h = 2 \cdot 10^{-4}$

KAPCSOLÁSI VÁLTOZATOK

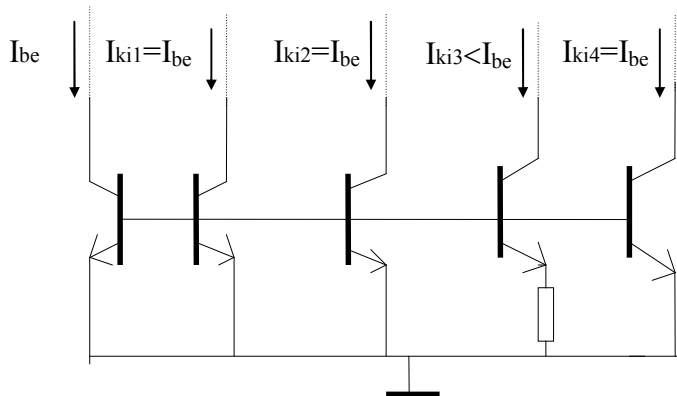
- 1. változat



Ha az egyik tranzisztor emitter-körében ellenállást használunk, az áramátvitelt eltérítjük az egységnyi értéktől. Az ábrán látható példában az áramátvitel kisebb, mint 1.

- 2. változat

Az egyforma emitter-ellenállások mellé kötött (külső) potenciométer segítségével az áramátviteli tényező tetszés szerint szabályozható egynél kisebb, vagy nagyobb értékre, a csúszka középállásában pedig egységnyi értékre. (Ezt az áramkört használják az integrált műveleti erősítők nulla-hibájának kiegyenlítésére (“offset-kompenzációra”).

- 3. változat

Lehetőség van több kimenet használatára is, például egy többfokozatú erősítő egyes fokozatainak rendezett arányú munkaponti áramokkal való ellátása céljából.

3. Fejezet

A bipoláris tranzisztor váltakozó-áramú helyettesítő-képei

A váltakozó-áramú helyettesítő-kép alapelve az, hogy a nem lineáris tranzisztor lineárisnak tekinthető akkor, ha az elektródáin mérhető áram- és feszültségváltozások kicsik a munkaponti értékekhez képest.

Jelölési konvenció:

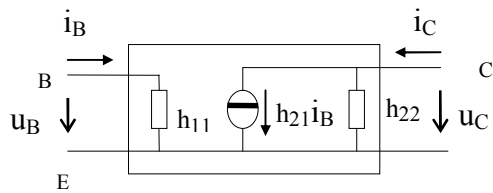
A feszültség- és áramváltozások leírására kisbetűket használunk, amelyeknek indexe egy betű (feszültségek esetén az E betűt elhagyjuk):

$$\Delta U_{BE} \rightarrow u_B ; \Delta U_{CE} \rightarrow u_C ; \Delta I_C \rightarrow i_C ; \Delta I_B \rightarrow i_B .$$

Az egyenáramú áramerősítéshez ($B = \frac{I_C}{I_B}$) hasonlóan bevezetjük a váltakozó-áramú áramerősítést (vagy áramátviteli tényezőt): $\beta = \frac{i_C}{i_B}$.

Háromféle helyettesítő-képet használunk:

- hibrid két-kapu (négy-pólus) paraméteres (h-paraméteres) helyettesítő-kép:

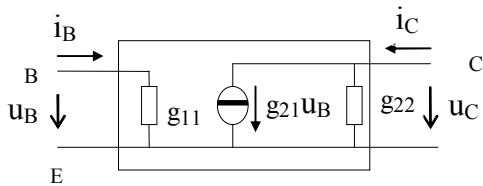


$$\begin{aligned} u_B &= h_{11}i_B + h_{12}u_C \\ i_C &= h_{21}i_B + h_{22}u_C \end{aligned}$$

A helyettesítő-képben: $h_{12} = 0$.
(Ha a h_{12} nem hanyagolható el, a h_{11} -gyel sorosan egy feszültséggenerátor rajzolható $h_{12}u_C$ nagyságú forrásfeszültséggel.)

A tranzisztorok adatlapján tipikusan h-paramétereket adnak meg.

- vezetés kétkapu (négy-pólus) paraméteres (g-paraméteres) helyettesítő-kép:

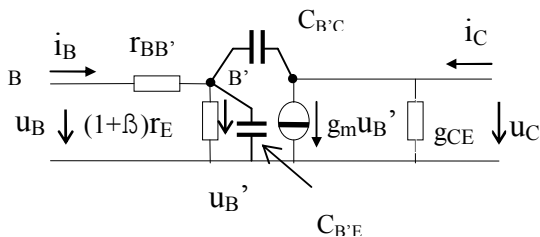


$$\begin{aligned} i_B &= g_{11}u_B + g_{12}u_C \\ i_C &= g_{21}u_B + g_{22}u_C \end{aligned}$$

A helyettesítő-képben: $g_{12} = 0$.
(Ha g_{12} nem hanyagolható el, a g_{11} vezetésű ellenállással sorosan egy $g_{12}u_C$ forrásfeszültségű generátort kell rajzolni.)

Számításainkban általában g-paramétereket használunk.

- Hibrid π (vagy fizikai) helyettesítő-kép:



- B' – belső bázispont
- $r_{BB'}$ – hozzávezetési ellenállás
- β – áramerősítési tényező
- r_E – dinamikus ellenállás
- g_m – a tranzisztor transzkonduktanciája
- g_{CE} – dinamikus ellenállás vezetése
- $C_{B'C}$ – bázis-kollektor rétegek kapacitása
- $C_{B'E}$ – bázis-emitter diffúziós kapacitása

A különféle paraméterek összefüggése:

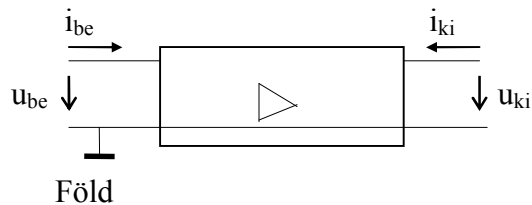
$$h_{11} = \frac{1}{g_{11}} = r_{BB'} + (1+\beta)r_E \quad \text{ahol: } r_E = \frac{U_T}{I_E}$$

$$h_{21} = \frac{g_{21}}{g_{11}} \quad \text{és} \quad g_{21} = \frac{h_{21}}{h_{11}} \approx g_m \approx \frac{I_E}{U_T} = \frac{1}{r_E}$$

A legtöbb esetben a következők közelítések teljesülnek: $h_{22} \approx g_{22} \approx g_{CE} = 0$.

Aszimmetrikus erősítők alapfogalmai (ismétlés):

A feszültségek és áramok választott mérőirányai (az ún. Passzív mérőirány-rendszert használjuk):



- Feszültségerősítés:

$$A_u = \frac{u_{ki}}{u_{be}}$$

- Bemeneti ellenállás:

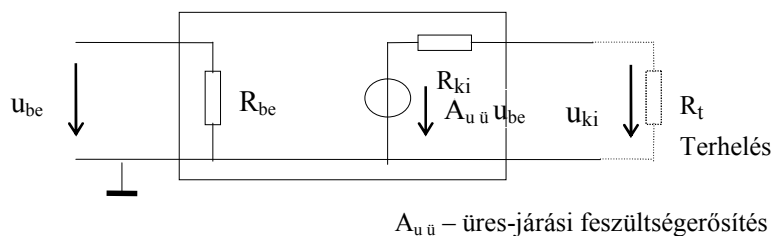
$$R_{be} = \frac{u_{be}}{i_{be}}$$

- Kimeneti ellenállás:

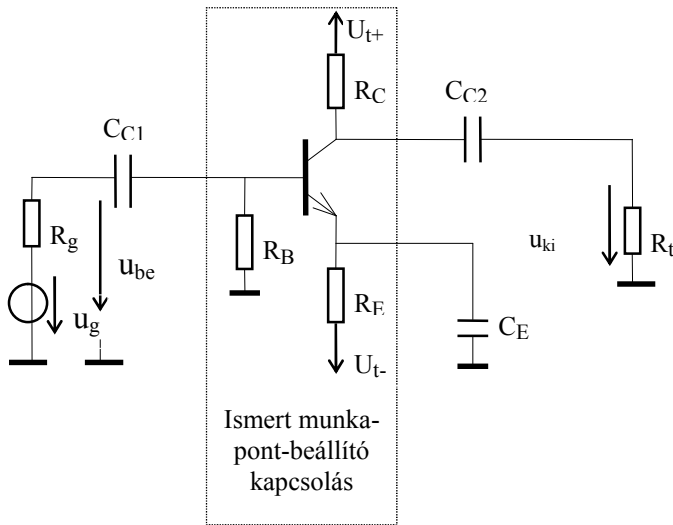
$$R_{ki} = -\frac{u_{ki} \ddot{u}}{i_{ki} r}$$

\ddot{u} – üres-járási, r - rövidzárási

Ezzel az erősítő helyettesítő-képe:



Földelt emitteres erősítő (FE)



A C_{C1} és C_{C2} kondenzátorok szerepe: a generátor és a terhelés DC elválasztása, hogy ne befolyásolják a munkapontot. De váltakozó-áramon (AC-n) ezek a kapacitások gyakorlatilag rövidzárak:

$$\frac{1}{\omega C_{C_i}} \approx 0 \quad (i = 1, 2).$$

Az R_E ellenállással párhuzamos C_E kapacitás váltakozó-áramon rövidre zárja R_E -t az alsó határfrekvencia felett:

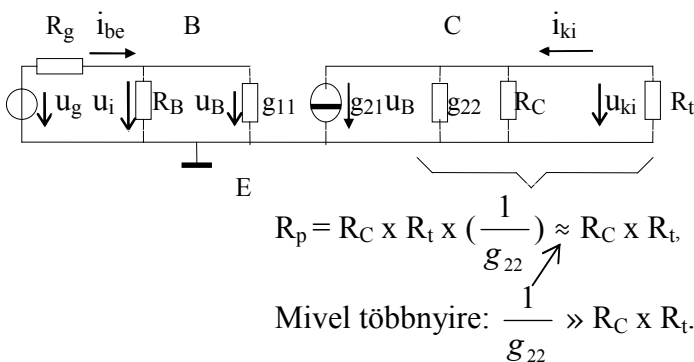
$$\frac{1}{\omega C_E} \approx 0.$$

Az erősítőfokozat váltakozó-áramú viselkedése váltakozó-áramú (AC-) helyettesítő-kép segítségével elemezhető. Ehhez magának a tranzisztornak az AC helyettesítő-képére is szükség van.

Az AC helyettesítő-kép felrajzolásának szabályai:

- Először a tranzisztor AC helyettesítő-képét rajzoljuk fel..
- Az egyenfeszültség-forrásokat rövidzárral helyettesítjük. Például a táppontok váltakozó-áramú földként kezelhetők.
- A nagy kapacitásokat rövidzárral, a kicsiket szakadással közelítjük.

A földelt emitteres fokozat AC helyettesítő-képe:



A feszültségerősítés:

$$A_u = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = -g_{21}u_B R_p / u_B = -g_{21}R_p$$

A negatív előjelnek megfelelően a földelt emitteres fokozat invertáló erősítő.

$$R_p = R_C \times R_t \times \left(\frac{1}{g_{22}} \right) \approx R_C \times R_t,$$

$$\text{Mivel többnyire: } \frac{1}{g_{22}} \gg R_C \times R_t.$$

A bemeneti ellenállás:

$$R_{be} = u_{be} / i_{be} = R_B \times \left(\frac{1}{g_{11}} \right)$$

A kimeneti ellenállás:

$$R_{ki} = R_C \times \left(\frac{1}{g_{22}} \right) \approx R_C$$