

Végfokozatok: a fogyasztót (R_f) (terhelést) táplálják.

Vizsgálni fogjuk: kivezérelhetőség, hatásfok, teljesítmény

Legyen:

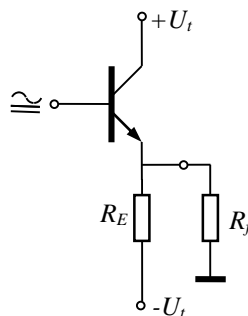
- bipoláris kimenet +- polaritású feszültség a terhelésen (fogyasztón)
- vezérlés nélkül $u_{ki}=0$,
- szimmetrikus kivezérelhetőség - egyforma mértékben lehessen a pozitív és a negatív tartományban kivezérelni (ugyanakkora – és + kimenő feszültség léphessen föl)
- jó hatásfok

Első analizálandó áramkörünk:

Aszimmetrikus, terhelés függő kivezérelhetőség.

Rossz hatásfok

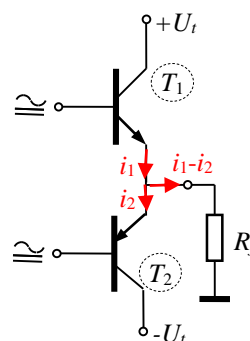
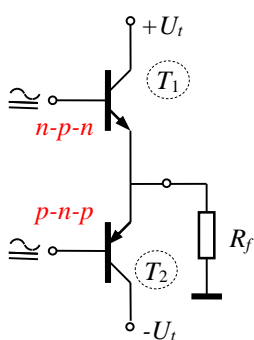
(Részleteiben nem vizsgáljuk)

**Ellenütemű végfokozat:**

Szimmetrikus, terhelés független kivezérelhetőség. Jobb hatásfok.

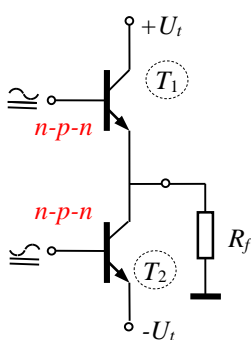
T_1 nyit, T_2 zár: u_{ki} nő

T_1 zár, T_2 nyit: u_{ki} csökken

**Ellenütemű végfokozat fajtái:**

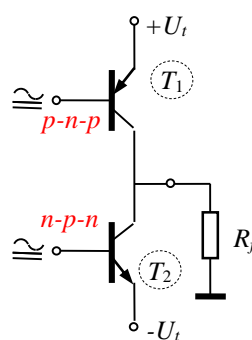
szimmetrikus

FC-FC



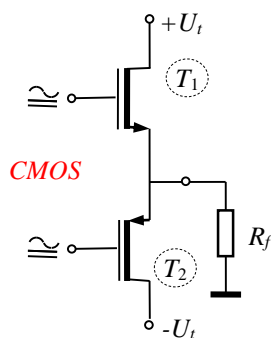
aszimmetrikus

FC-FE



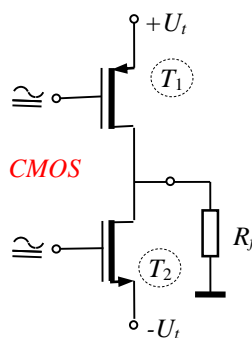
szimmetrikus

FE-FE



szimmetrikus

FD-FD



szimmetrikus

FS-FS

Bipoláris tranzisztoros (BJT) végfokozat: „A” osztályú működés

(FET-es végfokozatok hasonlóan tárgyalhatók, a maradék feszültség kivételével)

T_1 - T_2 n - p - n , p - n - p komplementer pár.

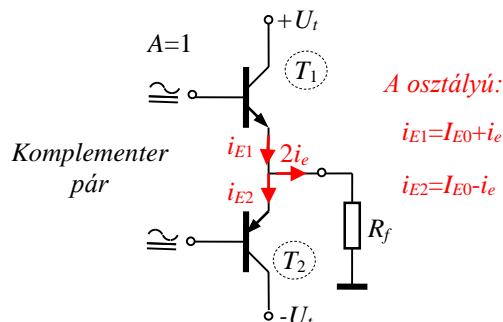
„A” osztályú működés:

$$I_{E01} = I_{E02} = I_{E0} \neq 0$$

A tranzisztorok vezérlése:

$$i_{E1}(t) = I_{E0} + i_e(t)$$

$$i_{E2}(t) = I_{E0} - i_e(t)$$



Vezérlés nélkül ($i_e(t)=0$) a terhelésen nem folyik áram $\rightarrow u_{ki}=0$.

A terhelés árama:

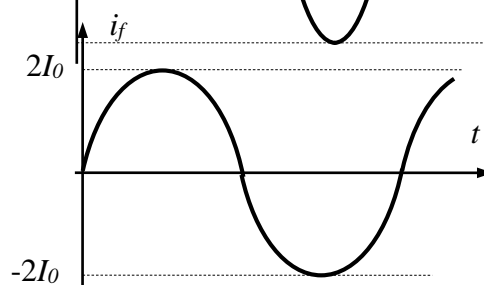
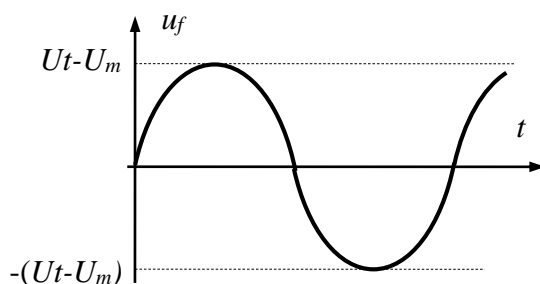
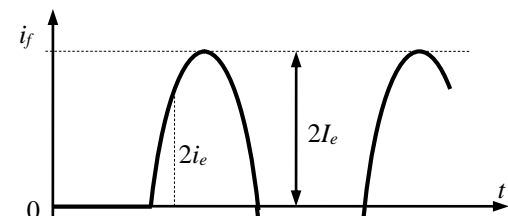
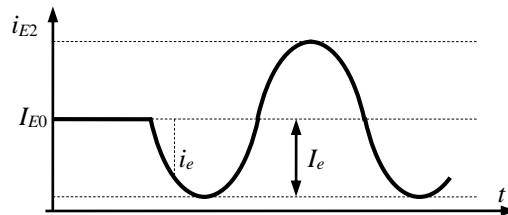
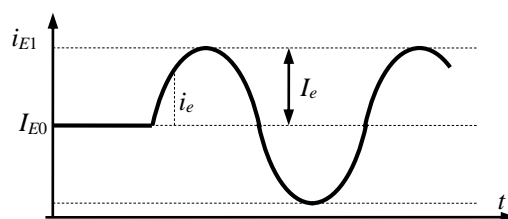
$$i_f = i_{E1} - i_{E2} = (I_{E0} + i_e) - (I_{E0} - i_e) = 2i_e$$

Az A osztályú működés feltétele:

$$I_e \leq I_{E0} \quad (\text{A kimenő áram korlátja})$$

$$U_{ki}^+ \leq U_t - U_m \quad U_{ki}^- \leq 2I_{e\max} R_f = 2I_{E0} R_f$$

$$U_{ki\max} = \min\{U_{ki}^+, U_{ki}^-\} \quad (\text{Fesz. korlát})$$



Optimális munkaponti áram: $U_t - U_m = 2I_0 R_f = U_{ki\max}$

$$I_{E0\text{opt}} = \frac{U_t - U_m}{2R_f} \quad I_{ki\max} = 2I_{0\text{opt}}$$

A telepből felvett teljesítmény:

$$P_{2telep} = P_{t1} + P_{t2} = U_t \bar{i}_{E1} + U_t \bar{i}_{E2} = U_t I_{E0} + U_t I_{E0} = 2U_t I_{E0} : \text{állandó, független a jeltől}$$

A kimenő teljesítmény: (szinuszos kimenő jel esetén)

$$P_{ki\max} = P_{f\max} = \frac{1}{2} \frac{U_{ki\max}^2}{R_f} = \frac{1}{2} I_{ki\max}^2 R_f$$

A telep hatásfok:

$$\eta_t = \frac{P_{f\max}}{P_{t\max}} = \frac{\frac{1}{2} I_{ki\max}^2 R_f}{2U_t I_0} = \frac{\frac{1}{2} (2I_0)^2 R_f}{2U_t I_0} = \frac{I_0 R_f}{U_t} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{U_m}{U_t} \right) \leq 50\% \quad (U_m \rightarrow 0)$$

Egy tranzistor disszipációs teljesítménye:

$$P_{Dltr} = U_t I_{E0} = U_t \frac{U_t - U_m}{2R_f} = \frac{1}{2} \frac{U_t^2}{R_f} \left(1 - \frac{U_m}{U_t} \right)$$

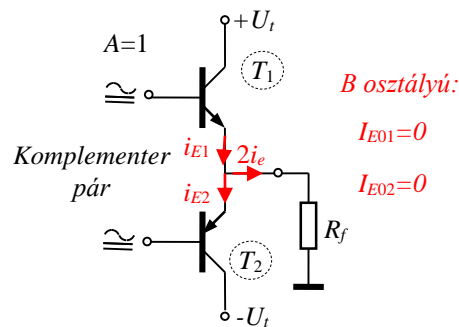
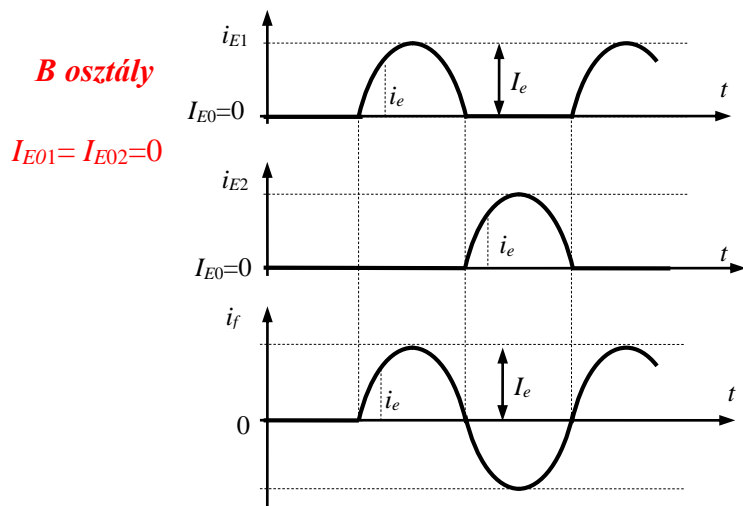
Disszipációs „hatásfok”, viszony:

$$\eta_D = \frac{P_{f\max}}{P_{Dltr}} = \frac{\frac{1}{2} \frac{U_t^2}{R_f} \left(1 - \frac{U_m}{U_t} \right)^2}{\frac{1}{2} \frac{U_t^2}{R_f} \left(1 - \frac{U_m}{U_t} \right)} = \left(1 - \frac{U_m}{U_t} \right) \leq 100\% \quad (U_m \rightarrow 0)$$

Bipoláris, komplementer végfokozat: „B” osztályú működés

A működést két fél periódusra bontjuk:

- az egyik fél periódusban: T_1 nyit, T_2 zár
- a másik fél periódusban: T_1 zár, T_2 nyit



A kimenő teljesítmény: (szinuszos kimenő jel esetén)

$$U_{ki\max} = U_t - U_m$$

$$P_{ki\max} = P_{f\max} = \frac{1}{2} \frac{U_{ki\max}^2}{R_f} = \frac{1}{2} I_{ki\max}^2 R_f$$

$$P_{f\max} = \frac{1}{2} \frac{U_t^2}{R_f} \left(1 - \frac{U_m}{U_t}\right)^2$$

A telepből felvett teljesítmény: $i_f(t) = I_f \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$ esetén

$$P_{t1} = U_t \bar{i}_{E1}$$

$$\bar{i}_{E1} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} I_f \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) dt = \frac{I_f}{T} \left[-\frac{\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)}{2\pi/T} \right]_0^{T/2} = \frac{I_f}{2\pi} [1 + 1] = \frac{I_f}{\pi}$$

$$P_t = P_{t1} + P_{t2} = 2P_{t1} = \frac{2}{\pi} U_t I_f$$

$$P_{2telep\max} = \frac{2}{\pi} U_t I_{f\max} = \frac{2}{\pi} \frac{U_t^2}{R_f} \left(1 - \frac{U_m}{U_t}\right)$$

A telep hatásfok:

$$\eta_{t\max} = \frac{P_{f\max}}{P_{2telep\max}} = \frac{\pi}{4} \left(1 - \frac{U_m}{U_t}\right) \leq 78\% \quad (U_m \rightarrow 0)$$

Egy tranzisztor disszipációs teljesítménye:

$$P_{D1tr}(I_f) = \frac{1}{2} (P_t(I_f) - P_f(I_f)) = \frac{1}{2} \left(\frac{2}{\pi} U_t I_f - \frac{1}{2} I_f^2 R_f \right)$$

Szélső értéke van az $I_f = I_M$ értéknél:

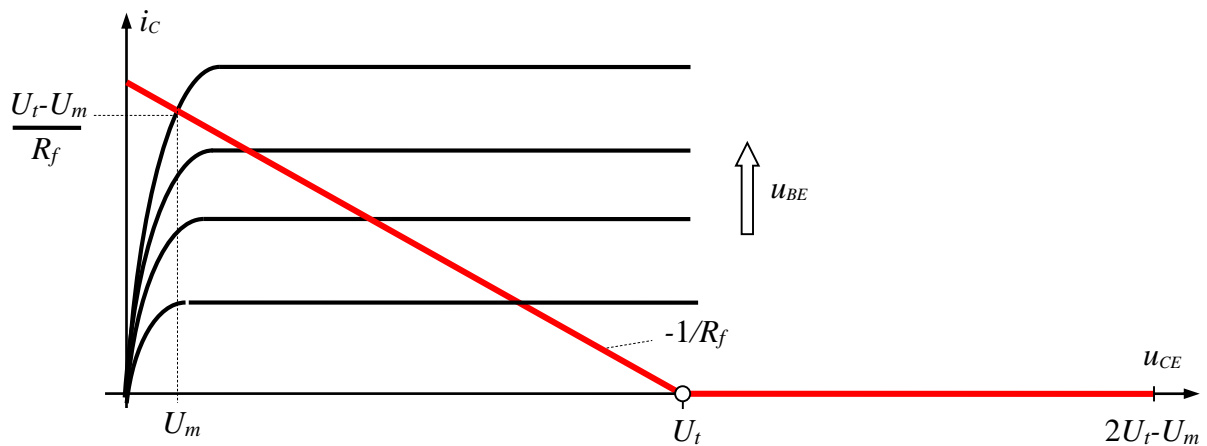
$$\frac{dP_{D1tr}(I_f)}{dI_f} = \frac{1}{2} \left(\frac{2}{\pi} U_t - I_f R_f \right) = 0 \rightarrow I_f = I_M = \frac{2}{\pi} \frac{U_t}{R_f}$$

$$P_{D1tr \max} = P_{D1tr}(I_M) = \frac{1}{2} \left(\frac{2}{\pi} U_t \frac{2}{\pi} \frac{U_t}{R_f} - \frac{1}{2} \left(\frac{2}{\pi} \frac{U_t}{R_f} \right)^2 R_f \right) = \frac{1}{\pi^2} \frac{U_t^2}{R_f}$$

Disszipációs (hatásfok) viszony:

$$\eta_D = \frac{P_{f \max}}{P_{D1tr \max}} = \frac{\frac{1}{2} \frac{U_t^2}{R_f} \left(1 - \frac{U_m}{U_t} \right)^2}{\frac{1}{\pi^2} \frac{U_t^2}{R_f}} = \frac{\pi^2}{2} \left(1 - \frac{U_m}{U_t} \right)^2 \leq 500\% \quad (U_m \rightarrow 0)$$

Munkaegyenés B osztályban: U_m : maradék feszültség



Hűtés

Hőmérsékleti – villamos analógia

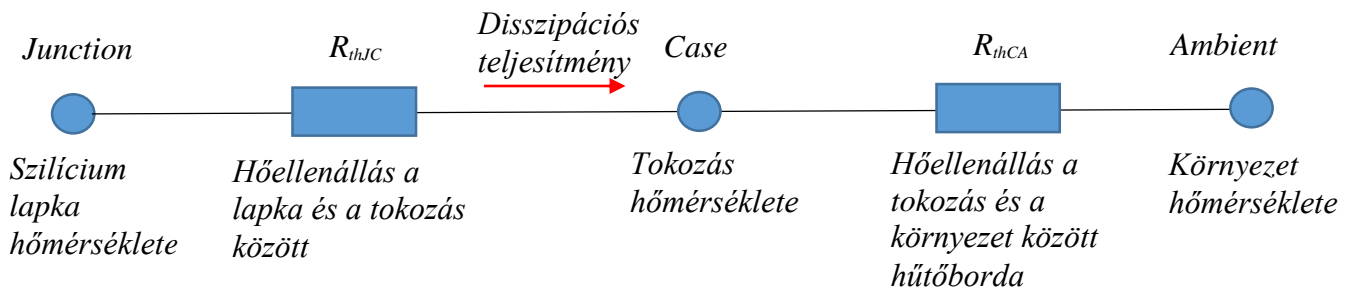
hőmérséklet – feszültség

disszipáció teljesítmény – áram

hőellenállás – ellenállás



Tranzisztor és a környezet hőtechnikai kapcsolata:



$$T_J = T_A + P_D R_{thCA} + P_D R_{thJC}$$

$$R_{thCA} = \frac{T_J - T_A - P_D R_{thJC}}{P_D} \text{ Ez a hőellenállás jellemzi a választandó hűtőbordát.}$$

Példa a munkapont beállításra:

T1, T2 komplementer tranzisztorok (minden paraméterben egyező tranzisztorok, csak polarizációban ellentétesek – npn pnp). Az U_{BE0} , U_{EB0} egyforma munkapont beállító feszültséget a T3 tranzisztor, mint feszültségforrás állítja elő. R1 ellenálláson U_{BE0} feszültség esik, rajta $U_{BE0}/R1$ áram folyik. T3 bázisáramát elhanyagolva ugyanez az áram folyik R3 ellenálláson. Az U_{BB} feszültség tehát $R2(U_{BE0}/R1)$. Ezzel a feszültséggel a két tranzisztor munkaponti árama beállítható. A kondenzátor váltóáramúlag a T3 kollektor-emitterét rövidre zárja, azon feszültség változás nincs. A továbbiakban a megfelelő munkapontot beállítottuk vesszük.

