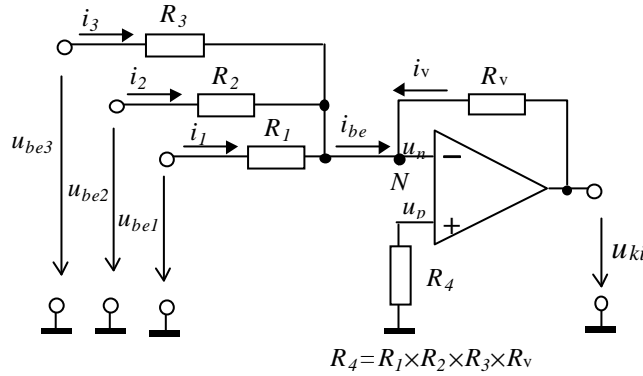


6.1.5. Összegző erősítő

Az összegző erősítő kapcsolási rajza látható a 6.9. ábrán. A kapcsolás az u_{be1} , u_{be2} , u_{be3} bemeneti feszültségekre vonatkozóan invertáló erősítő alapkapsolásként viselkedik. A kimeneti feszültséget a szuperpozíció elve alapján lehet meghatározni.



6.9. ábra. Összegző erősítő kapcsolás.

A műveleti erősítő i_{be} bemeneti árama a részáramok összege:

$$i_{be} = i_1 + i_2 + i_3. \quad (6.26)$$

A műveleti erősítő invertáló bemenete virtuális földponton van, ezért a bemeneti áramok az

$$i_1 = \frac{u_{be1}}{R_1}, \quad i_2 = \frac{u_{be2}}{R_2}, \quad i_3 = \frac{u_{be3}}{R_3} \quad (6.27)$$

összefüggések szerint határozhatók meg.

A visszacsatoló ellenálláson folyó áram:

$$i_v = \frac{u_{ki}}{R_v}. \quad (6.28)$$

Mivel $i_{be} = -i_v$, ezért

$$\frac{u_{be1}}{R_1} + \frac{u_{be2}}{R_2} + \frac{u_{be3}}{R_3} = -\frac{u_{ki}}{R_v}. \quad (6.29)$$

Ha az ellenállások értéke megegyezik:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_v = R, \quad (6.30)$$

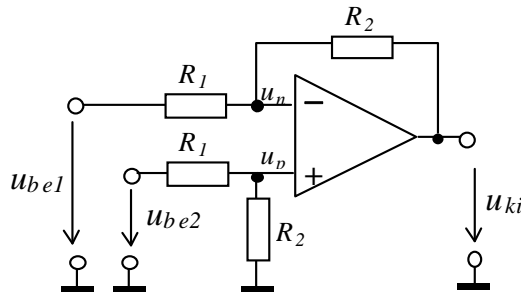
akkor a kimeneti feszültség

$$u_{ki} = -(u_{be1} + u_{be2} + u_{be3}) \quad (6.31)$$

a bemeneti feszültségek invertált összege.

6.1.6. Különbségképző erősítő

A különbségképző erősítő (differenciaerősítő) erősítését nagystabilitású passzív elemek határozzák meg. A különbségképzés hibájának csökkentése érdekében a bemenetekre csatlakozó azonos jelű ellenállásoknak azonos értékűnek kell lennie.



6.10. ábra. Különbségképző kapcsolás.

A kimeneti feszültség a szuperpozíció elve alapján meghatározható.

a) Legyen $u_{be2} = 0$. Ekkor a kapcsolás egy invertáló erősítő kapcsolás, amelynek a feszültségerősítése:

$$A_u = -\frac{R_2}{R_1}. \quad (6.32)$$

A kimeneti feszültség ebben az esetben:

$$u_{ki1} = -\frac{R_2}{R_1} u_{be1}. \quad (6.33)$$

b) Legyen $u_{be1} = 0$. Ebben az esetben a kapcsolás egy neminvertáló erősítő kapcsolás, amelynek a feszültségerősítése:

$$A_u = 1 + \frac{R_2}{R_1}. \quad (6.34)$$

Az u_{ki2} kimeneti feszültség az u_p feszültséggel arányos:

$$u_{ki2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) u_p. \quad (6.35)$$

A műveleti erősítő u_p feszültsége az u_{be2} bemeneti feszültségnek az R_2 ellenálláson leosztott része:

$$u_p = u_{be2} \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad (6.36)$$

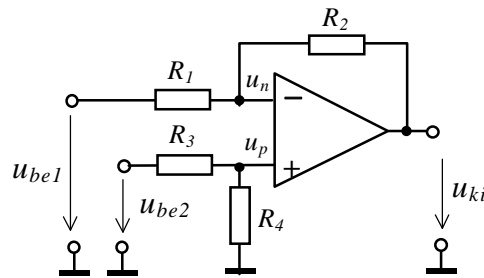
így az u_{ki2} kimeneti feszültség:

$$u_{ki2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) u_{be2} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = u_{be2} \frac{R_2}{R_1}. \quad (6.37)$$

Ha az u_{be1} és az u_{be2} bemeneti feszültség egyidejűleg vezérli az erősítőt, akkor az u_{ki} kimeneti feszültség a két kimeneti rész-feszültség összege, szuperpozíciója:

$$u_{ki} = u_{ki1} + u_{ki2} = -u_{be1} \frac{R_2}{R_1} + u_{be2} \frac{R_2}{R_1} = (u_{be2} - u_{be1}) \frac{R_2}{R_1}. \quad (6.38)$$

A kimeneti feszültség csak a bemeneti feszültségek különbségével, a szimmetrikus bemeneti feszültséggel arányos, a közös jel nem hoz létre kimeneti jelet. Ha a bemenetre csatlakozó két R_1 illetve R_2 jelű ellenállás nem pontosan egyenlő, akkor a kimeneten megjelenik a közös jel erősítése is.



6.11. ábra. Különbségképző kapcsolás különböző értékű ellenállások esetén.

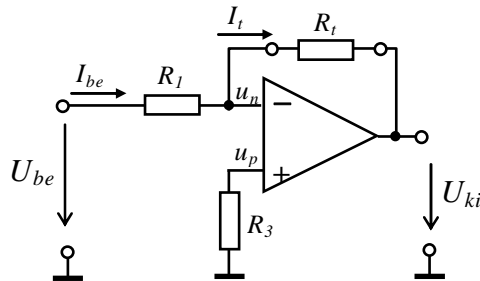
A kimeneti feszültség különböző értékű ellenállások esetén (6.11. ábra) a lineáris szuperpozíció alapján, ideális műveleti erősítőt feltételezve az

$$u_{ki} = u_{ki1} + u_{ki2} = -u_{be1} \frac{R_2}{R_1} + u_{be2} \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad (6.39)$$

összefüggéssel határozható meg.

6.5. Áramgenerátorok

A legegyszerűbb áramgenerátor invertáló erősítő kapcsolásból valósítható meg. Az invertáló bemeneten egy ismert, pontos R_1 ellenálláson adott U_{be} referenciafeszültséget beállítva, az így kialakuló állandó $I_{be} = I_t$ áram folyik át a terhelésen.



6.27. ábra. Egyszerű áramgenerátor.

A bemeneti áram:

$$I_{be} = \frac{U_{be}}{R_1} = I_t. \quad (6.74)$$

A kapcsolás csak olyan esetekben alkalmazható, amikor a terhelés földfüggetlen. A bemeneti feszültséggel beállított, az R_1 ellenállástól függő áram a terhelésen folyik keresztül, függetlenül annak értékétől. Ennek megfelelően a terhelőellenállás minimális értéke

$$R_{t\min} = 0, \quad (6.75)$$

rövidrezárható. A terhelés feszültsége:

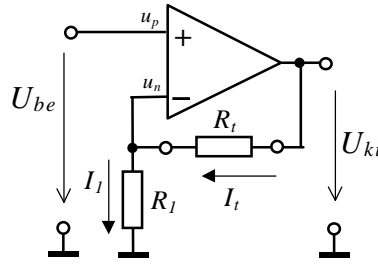
$$U_t = I_t R_t, \quad (6.76)$$

összefüggéssel határozható meg, de nem lehet nagyobb, mint a kapcsolás maximális kimeneti feszültsége.

A terhelés maximális értékét a műveleti erősítő $I_{k\max}$ maximálisan megengedett kimeneti árama és a kimeneti feszültség határozza meg:

$$R_{t\max} = \frac{U_{ki}}{I_{k\max}}. \quad (6.77)$$

Áramgenerátor neminvertáló erősítő kapcsolással is megvalósítható. A terhelőellenállás ebben az esetben is a visszacsatoló ellenállás, és csak földfüggetlen lehet.



6.28. ábra. Neminvertáló erősítő kapcsolásból kialakított áramgenerátor.

Ideális műveleti erősítőt feltételezve a két bemenet között nincs feszültség, tehát

$$u_n = u_p.$$

Mivel a neminvertáló bemenetre az U_{be} bemeneti feszültség kerül, ezért

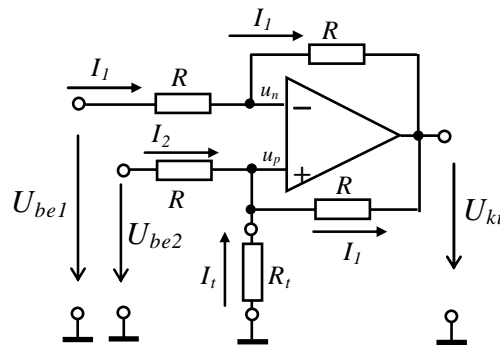
$$u_p = U_{be}, \quad \text{és} \quad u_n = U_{be}.$$

Az R_l ellenálláson folyó áramot az u_n feszültség és az R_l ellenállás határozza meg:

$$I_l = \frac{U_{be}}{R_l}. \quad (6.78)$$

Az ideális műveleti erősítő végtelen nagy bemeneti ellenállása miatt ez az áram a visszacsatoláson, tehát a terhelő ellenálláson folyik: $I_l = I_t$.

Földelt terhelés esetén alkalmazható a 6.29. ábrán látható áramgenerátor kapcsolás.



6.29. ábra. Földelt terhelés esetén alkalmazható áramgenerátor.

A négy pontosan egyforma értékű ellenállással, negatív és pozitív visszacsatolással kialakított áramgenerátor terhelő áramát a bemeneti feszültségek különbsége és az R ellenállás értéke határozza meg.

Az invertáló bemenet feszültsége:

$$u_n = U_{be1} - I_1 R. \quad (6.79)$$

A neminvertáló bemenet feszültsége:

$$u_p = U_{be2} - I_2 R. \quad (6.80)$$

Ideális műveleti erősítőt feltételezve: $u_n = u_p$. Behelyettesítve a 6.79 és 6.80 egyenleteket:

$$U_{be1} - I_1 R = U_{be2} - I_2 R, \quad (6.81)$$

$$U_{be1} - U_{be2} = (I_1 - I_2) R. \quad (6.82)$$

A neminvertáló bemeneten a műveleti erősítőbe nem folyhat be áram a végtelen nagy bemeneti ellenállás miatt, így a terhelő áram:

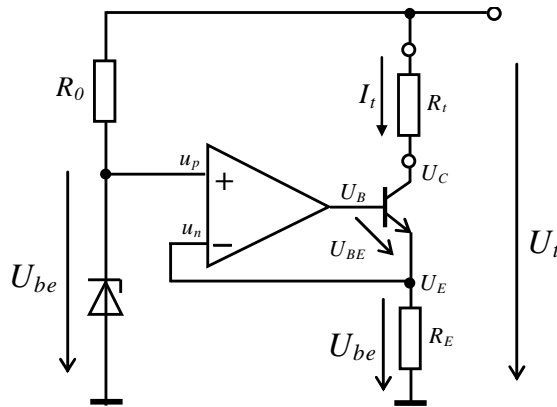
$$I_t = I_1 - I_2. \quad (6.83)$$

Ezt az összefüggést a 6.80 egyenletbe behelyettesítve, a terhelő áram az

$$I_t = \frac{U_{be1} - U_{be2}}{R} \quad (6.84)$$

összefüggéssel adható meg.

A bipoláris tranzisztoros áramgenerátor árama pontosítható műveleti erősítő alkalmazásával (6.30. ábra).



6.30. ábra. Tranzisztoros áramgenerátor követő erősítővel.

A követő erősítő U_{be} bemeneti feszültsége megegyezik az R_E emitterellenállás U_E feszültségével. A tranzisztor emitterárama

$$I_E = \frac{U_{be}}{R_E} \quad (6.85)$$

összefüggéssel adható meg, ez az áram folyik a terhelő ellenálláson is, függetlenül annak értékétől: $I_E \cong I_t$. Ennek megfelelően a terhelőellenállás minimális értéke:

$$R_{t\min} = 0. \quad (6.86)$$

A kapcsolás addig képes áramgenerátorként működni, míg a tranzisztor a normál aktív tartományban üzemel, tehát amíg a tranzisztor kollektor feszültsége nem csökken a bázisfeszültség értéke alá: $U_B = U_C$. Ebből a feltételből meghatározható a terhelőellenállás maximális értéke,

$$R_{t\max} = \frac{U_t - U_B}{I_t}, \quad (6.87)$$

amelynél a kapcsolás még áramgenerátorként működik.