

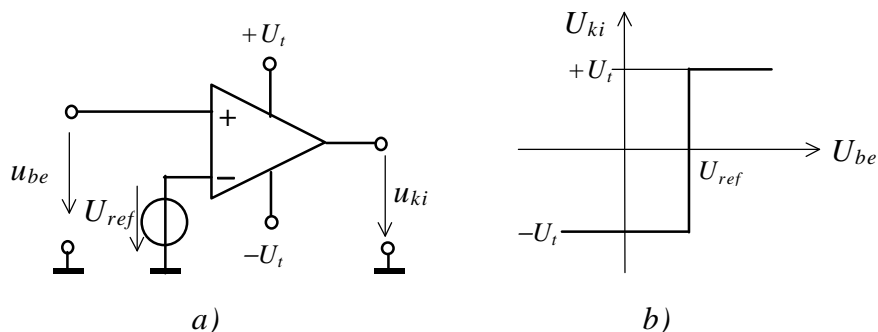
6.6. KOMPARÁTOROK

A műveleti erősítővel megvalósított komparátor áramkör a bemeneteire adott két analóg jel értékét hasonlítja össze és kétféle kimeneti jelet szolgáltat attól függően, hogy melyik bemeneti jel nagyobb. A két bemeneti jel közül az egyik rendszerint állandó értékű, ez az U_{ref} referencia feszültség, a másik bemenetre kapcsolódik a változó u_{be} bemeneti feszültség. A komparátor akkor változtatja meg a kimenetét, amikor a bemeneti feszültség értéke megegyezik a referenciafeszültséggel. Mivel a bemeneti jel analóg, a kimeneti jel pedig digitális, ezért a komparátor analóg-digitális átalakítónak is tekinthető.

Komparátornak alkalmazható a normál műveleti erősítő, vagy a komparátor típusú erősítő, amelyre a gyorsabb működés és a logikai szintű kimenet a jellemző. A komparátorok működése a műveleti erősítő túlvezérlésén, tehát a nemlineáris működésén alapszik. Megfelelően kis értékű bemeneti jel esetén a komparátor egyszerű erősítőként működik.

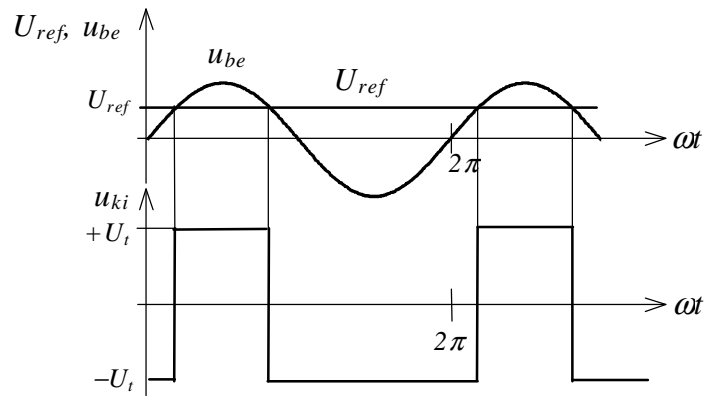
6.6.1. Neminvertáló komparátor

Az ideális műveleti erősítővel megvalósított neminvertáló komparátor kapcsolása és transzfer karakterisztikája látható a 6.31. ábrán.



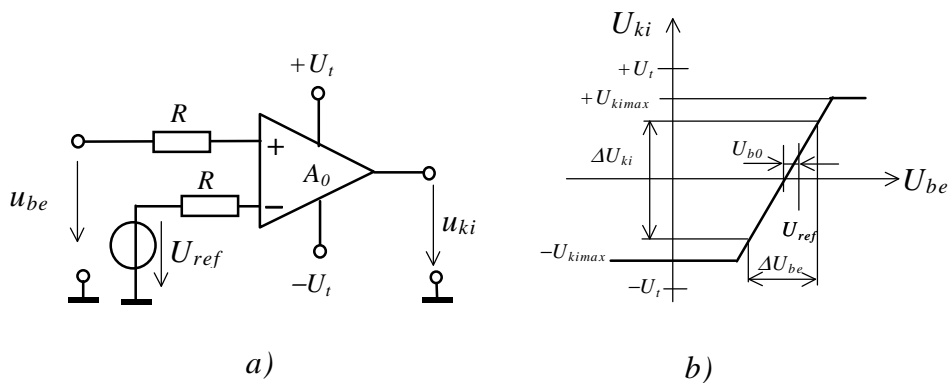
6.31. ábra. Neminvertáló komparátor a) kapcsolási rajza, b) transzfer karakterisztikája.

Ha a komparátor neminvertáló bemenetének u_{be} feszültsége nagyobb, mint az U_{ref} referenciafeszültség, akkor az u_{ki} kimeneti feszültség a pozitív tápfeszültséggel, ha kisebb, akkor a kimenet a negatív tápfeszültség értékével egyezik meg. A 6.32. ábrán a neminvertáló komparátor bemeneti és kimeneti feszültség-időfüggvénye látható szinuszos bemeneti jel és pozitív értékű referenciafeszültség esetén.



6.32. ábra. Neminvertáló komparátor bemeneti és kimeneti feszültség-időfüggvénye.

A valóságos műveleti erősítő véges erősítéssel, nullától eltérő értékű offset feszültséggel rendelkezik, és túlvezérlés esetén a $\pm U_t$ tápfeszültség értéknél mindig kisebb a kimeneti feszültség minimális és maximális értéke. A 6.33 a) ábrán a valóságos műveleti erősítővel megvalósított neminvertáló komparátor kapcsolása, a 6.33 b) ábrán a transzfer karakterisztikája látható.



6.33. ábra. Valóságos műveleti erősítővel kialakított neminvertáló komparátor a) kapcsolása és b) transzfer karakterisztikája.

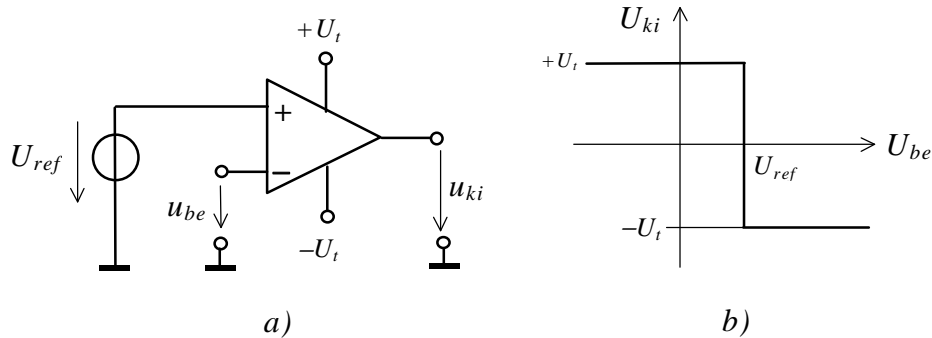
A valóságos műveleti erősítővel megvalósított komparátor transzfer karakterisztikája véges meredekségű, az erősítő A_{u0} erősítésének megfelelően:

$$A_{u0} = \frac{\Delta U_{ki}}{\Delta U_{be}}, \quad (6.88)$$

a billenési szint értékét pedig a műveleti erősítő offset feszültsége módosítja.

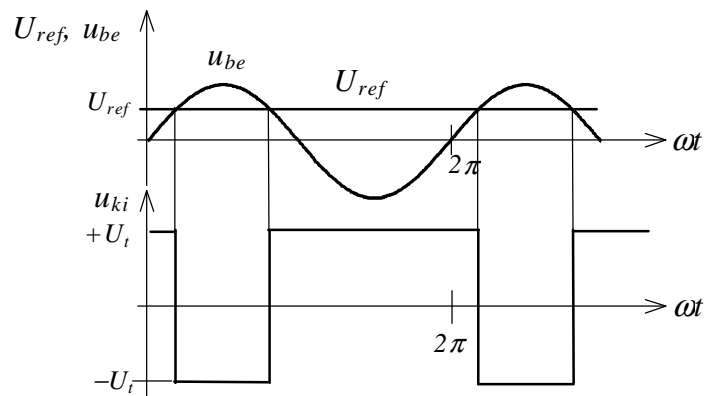
6.6.2. Invertáló komparátor

Az ideális műveleti erősítővel megvalósított invertáló komparátor kapcsolása és transzfer karakterisztikája látható a 6.34. ábrán.



6.34. ábra. Invertáló komparátor a) kapcsolása és b) transzfer karakterisztikája.

Az invertáló komparátor (-) invertáló bemenetére kell kapcsolni az u_{be} bemeneti feszültséget, a (+) neminvertáló bemenetére pedig az U_{ref} referenciafeszültséget. Ha a bemeneti feszültség nagyobb, mint a referenciafeszültség, akkor az u_{ki} kimeneti feszültség a negatív tápfeszültséggel, ha kisebb, akkor a kimenet a pozitív tápfeszültség értékével egyezik meg.

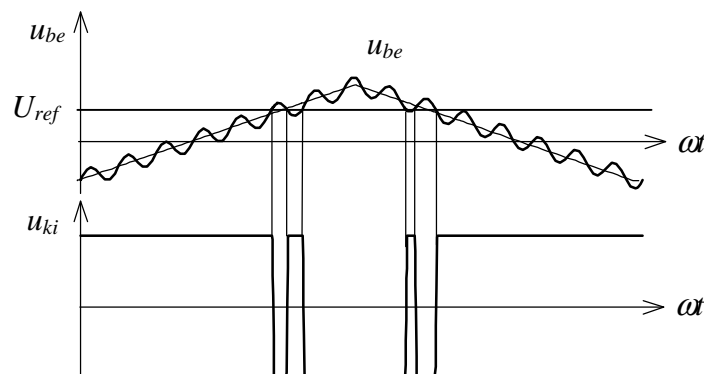


6.35. ábra. Invertáló komparátor bemeneti és kimeneti feszültség-időfüggvénye.

A 6.35. ábrán az invertáló komparátor bemeneti és kimeneti feszültség-időfüggvénye látható szinuszos bemeneti jel és pozitív értékű referenciafeszültség esetén.

6.6.3. Histerézises komparátor

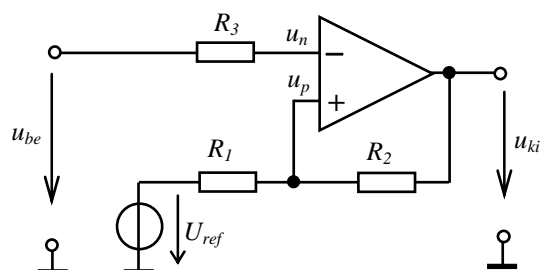
Ha a bemeneti jelre zavarjel szuperponálódik, akkor a komparálási szintet a bemeneti jel mindkét irányban többször átlépi, ezért a komparátor kimeneti jele bizonytalanává válik (6.36. ábra). A bemeneti zavarjel hatása csökkenthető, ha a komparátor oda- és visszabillenési szintje különböző értékű, amely a komparátor kis mértékű pozitív visszacsatolásával valósítható meg.



6.36. ábra. Komparátor bemeneti és kimeneti feszültség-időfüggvénye zajos bemeneti feszültség esetén.

6.6.3.1. Invertáló histerézises komparátor

Az invertáló histerézises komparátor kapcsolása látható a 6.37. ábrán. A komparátor kimenete akkor billen át, amikor az invertáló bemenetre kapcsolt bemeneti feszültség pillanatértéke megegyezik a neminvertáló bemenet feszültségével. A neminvertáló bemenet feszültségét két tényező befolyásolja: egyrészt az U_{ref} referenciafeszültség, másrészt az u_{ki} kimeneti feszültség visszacsatolt értéke. Mivel a kimenet két értéket vehet fel, így a visszacsatolás miatt két (alsó és felső) komparálási szint jön létre. A komparátor akkor billen át, amikor a bemeneti feszültség először meghaladja a felső komparálási szintet, és csak akkor billen vissza, ha a bemeneti jel az alsó billenési szint értéke alá csökken. Ha a zajfeszültség csúcstól-csúcsig mért értéke kisebb, mint a felső és az alsó billenési szint különbsége, akkor elkerülhető a komparátor hibás működése.



6.37. ábra. Invertáló histerézises komparátor.

A felső billenési szint meghatározása

Ha a bemeneti feszültség u_{be} negatív irányból pozitív irányba változik, a kimeneti feszültség

$$U_H (= +U_{kimax})$$

értékű. A komparátor kimenete akkor változik meg, ha az *invertáló* és a *neminvertáló* bemenetek feszültsége megegyezik:

$$u_n = u_p.$$

Az *invertáló* bemenet feszültsége: $u_n = u_{be}$.

A bemeneti feszültség értéke, amikor a komparátor átbillen:

$$u_{be} = U_f,$$

a felső billenési szint.

A *neminvertáló* bemenet u_p feszültségét két feszültség befolyásolja: egyrészt az u_{ki} kimeneti feszültség, másrészt az U_{ref} referenciafeszültség.

A *neminvertáló* bemenet u_p feszültsége a szuperpozíció alkalmazásával:

$$u_p = U_{ref} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + u_{ki} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (6.89)$$

Behelyettesítések után ($u_p = U_f$, és $u_{ki} = U_H$) a felső billenési szint az:

$$U_f = U_{ref} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_H \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (6.90)$$

összefüggés szerint határozható meg.

Az U_a alsó billenési szint meghatározása

Ha a bemeneti feszültség u_{be} pozitív irányból negatív irányba változik, a kimeneti feszültség

$$U_L (= -U_{kimax})$$

értékű. A komparátor kimenete akkor változik meg, ha az *invertáló* és a *neminvertáló* bemenetek feszültsége megegyezik:

$$u_n = u_p.$$

Az *invertáló* bemenet feszültsége: $u_n = u_{be}$.

A bemeneti feszültség értéke, amikor a komparátor átbillen:

$$u_{be} = U_a,$$

az alsó billenési szint.

A *neminvertáló* bemenet u_p feszültsége a szuperpozíció alkalmazásával:

$$u_p = U_{ref} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + u_{ki} \frac{R_1}{R_1 + R_2}. \quad (6.91)$$

Behelyettesítések után ($u_p = U_a$, és $u_{ki} = U_L$) az alsó billenési szint az

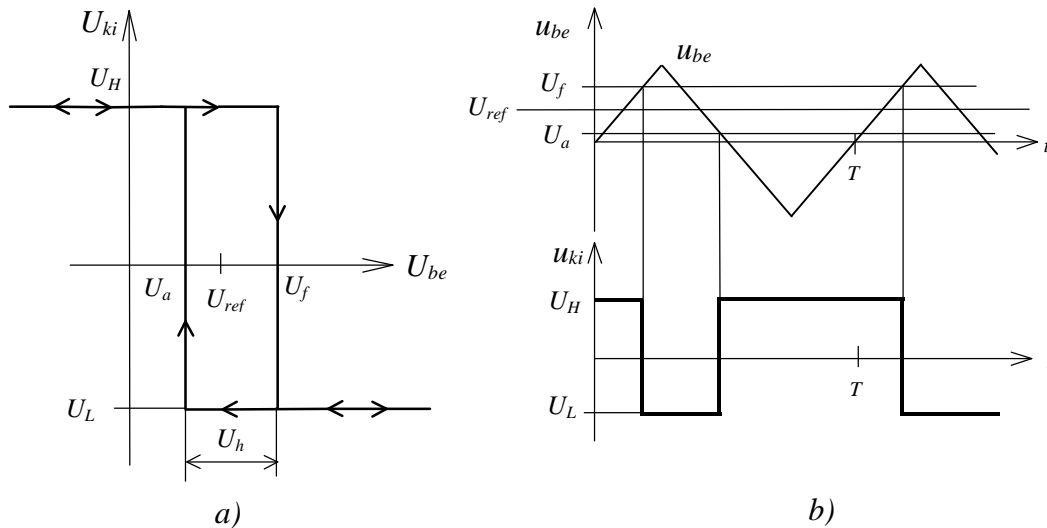
$$U_a = U_{ref} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_L \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (6.92)$$

összefüggéssel határozható meg.

A két billenési szint különbsége a hiszterézistávolság:

$$U_h = U_f - U_a = (U_H - U_L) \frac{R_1}{R_1 + R_2}. \quad (6.93)$$

Az invertáló hiszterézises komparátor transzfer karakterisztikája és időfüggvényei a 6.38. ábrán láthatók.

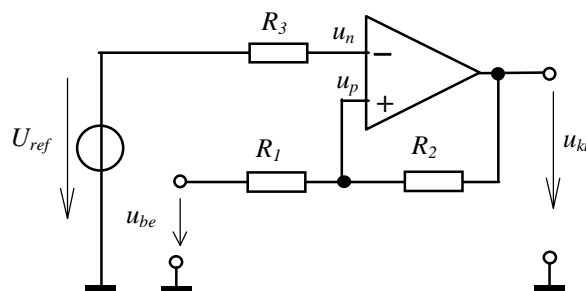


6.38. ábra. Invertáló hiszterézises komparátor a) transzfer karakterisztikája és b) időfüggvényei.

A komparátor kimenete akkor alacsony szintű, ha a bemeneti feszültség pillanatértéke értéke nagyobb a felső billenési szint értékénél, és akkor billen át a magas szintre, ha a bemeneti feszültség az alsó billenési szint értéke alá csökken.

6.6.3.2. Neminvertáló hiszterézises komparátor

Az invertáló hiszterézises komparátor bemenetén a bemeneti és a referenciafeszültséget megcserélve neminvertáló hiszterézises komparátor alakítható ki. A neminvertáló hiszterézises komparátor kapcsolása a 6.39. ábrán látható.



6.39. ábra. Neminvertáló hiszterézises komparátor.

A felső billenési szint meghatározása

Ha a bemeneti feszültség u_{be} negatív irányból pozitív irányba változik, a kimeneti feszültség

$$U_L (= -U_{kimax}).$$

A komparátor kimenete akkor változik meg, ha az *invertáló* és a *neminvertáló* bemenetek feszültsége megegyezik:

$$u_n = u_p.$$

Az *invertáló* bemenet feszültsége: $u_n = U_{ref} (= u_p)$.

A bemeneti feszültség értéke, amikor a komparátor átbillen:

$$u_{be} = U_f,$$

a felső billenési szint.

A *neminvertáló* bemenet feszültségét a bemeneti feszültség és a kimeneti feszültség együttesen határozza meg.

A *neminvertáló* bemenet u_p feszültsége a szuperpozíció alkalmazásával:

$$u_p = u_{be} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + u_{ki} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (6.94)$$

Behelyettesítések után ($u_p = U_{ref}$, $u_{be} = U_f$ és $u_{ki} = U_L$):

$$U_{ref} = U_f \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_L \frac{R_1}{R_1 + R_2}. \quad (6.95)$$

Ebből az egyenletből meghatározható a felső billenési szint értéke:

$$U_f = \frac{U_{ref} - U_L \frac{R_1}{R_1 + R_2}}{\frac{R_2}{R_1 + R_2}} = U_{ref} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) - U_L \frac{R_1}{R_2}. \quad (6.96)$$

Az U_a alsó billenési szint meghatározása

Ha a bemeneti feszültség u_{be} pozitív irányból negatív irányba változik, a kimeneti feszültség

$$U_H (= +U_{kimax})$$

értékű. A bemeneti feszültség értéke, amikor a komparátor átbillen:

$$u_{be} = U_a,$$

az alsó billenési szint.

A *neminvertáló* bemenet u_p feszültsége a szuperpozíció alkalmazásával:

$$u_p = u_{be} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + u_{ki} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (6.97)$$

Behelyettesítések után ($u_p = U_{ref}$, $u_{be} = U_a$ és $u_{ki} = U_H$):

$$U_{ref} = U_a \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_H \frac{R_1}{R_1 + R_2}. \quad (6.98)$$

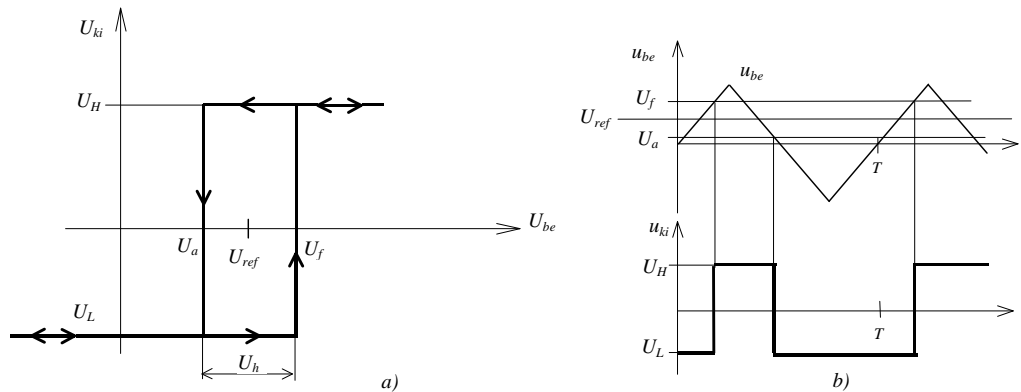
Ebből az egyenletből meghatározható az alsó billenési szint értéke:

$$U_a = \frac{U_{ref} - U_H \frac{R_1}{R_1 + R_2}}{\frac{R_2}{R_1 + R_2}} = U_{ref} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) - U_H \frac{R_1}{R_2}. \quad (6.99)$$

A hiszterézis távolság:

$$U_h = U_f - U_a = (U_H - U_L) \frac{R_1}{R_2}, \quad (6.100)$$

a felső és az alsó billenési szint különbsége.



6.40. ábra. Neminvertáló hiszterézises komparátor a) transzfer karakterisztikája és b) időfüggvényei.

A kapcsolás transzfer karakterisztikája a 6.40 a) ábrán, és időfüggvényei 6.40 b) ábrán láthatók háromszög jelformájú bemeneti feszültség és pozitív referenciafeszültség esetén.