

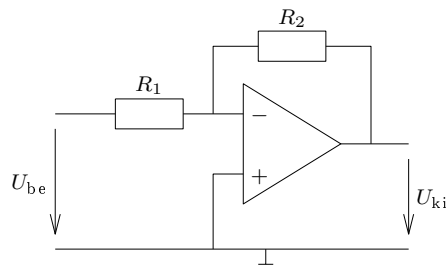
# Elektronika, ötödik gyakorlat

1. Adott egy ideális műveleti erősítővel megvalósított kapcsolás a következő paraméterekkel

$$A_U = -50,$$

$$R_{be} = 2,5 \text{ k}\Omega,$$

$$U_{be} = 30 \text{ mV}.$$



A vizsgált kapcsolás

- (a) Melyik alapkapsolást valósítja meg az áramkör?

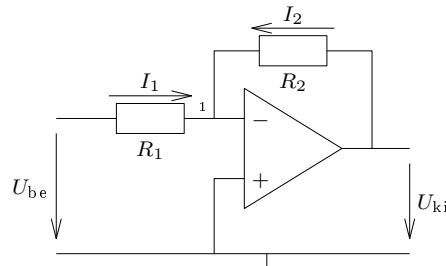
## Megoldás

Ez az invertáló alapkapsolás.

- (b) Mekkora az ellenállások értékei?

## Megoldás

A megoldásokat a következő jelölések segítségével határozzuk meg.



Jelölések a hálózatban

A virtuális földpont (1-es csomópont) segítségével a kapcsolás bementi ellenállására felírható, hogy

$$R_{be} = R_1 = 2,5 \text{ k}\Omega.$$

A műveleti erősítő működéséből fakadóan tehát az 1-es csomópont földpotenciálon van, illetve nincs bemeneti árama, azaz a Kirchhoff-áramtörvényt a következő formában írhatjuk fel

$$I_1 + I_2 = \frac{U_{be}}{R_1} + \frac{U_{ki}}{R_2} = 0,$$

ebből

$$R_2 = -R_1 \frac{U_{\text{ki}}}{U_{\text{be}}} = -R_1 A_U = 125 \text{ k}\Omega.$$

Az utóbbi eredményt megkaphatjuk a Kirchhoff-áramtörvényen alapuló számítás helyett, az előadáson (egyébként azonos módszerrel) meghatározott feszültségerősítés alapján is

$$R_2 = -R_1 A_U = 125 \text{ k}\Omega.$$

(c) Mekkora az erősítőkapcsolás kimeneti jele?

#### Megoldás

A feszültségerősítés definíciója

$$A_U = \frac{U_{\text{ki}}}{U_{\text{be}}},$$

ahonnan a kimeneti feszültség

$$U_{\text{ki}} = A_U U_{\text{be}} = -1,5 \text{ V}.$$

(d) Mekkora a kapcsolás kimeneti ellenállása?

#### Megoldás

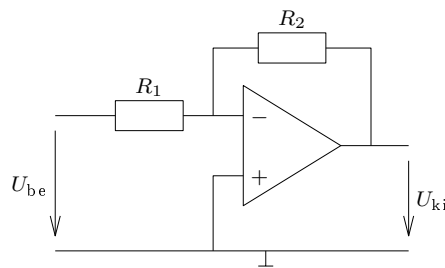
A kimeneti ellenállás

$$R_{\text{ki}} = 0,$$

mivel az ideális műveleti erősítő kimenete feszültséggenerátoros.

2. Az 1-es feladatban vizsgált műveleti erősítőt helyettesítsük egy valóságos műveleti erősítővel, amelynek a adatlapjából a következő paramétereket olvastuk ki

$$A_{\text{OL}} = 2 \cdot 10^5, \quad f_{\text{OL}} \simeq 5 \text{ Hz}, \quad SR = 3 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}, \quad U_{\text{TÁP}} = 20 \text{ V}.$$



A vizsgált kapcsolás

(a) Mekkora kell választani az  $R_1$  ellenállást, hogy a visszacsatolt erősítés  $A_U [\text{dB}] = 40 \text{ dB}$  legyen, ha a visszacsatoló ellenállás  $R_2 = 15 \text{ k}\Omega$ ?

#### Megoldás

A megadott erősítést először visszaszámoljuk decibelből arányszámba (figyelembe véve, hogy az invertáló alapkapsolásról van szó)

$$A_U = -10^{\frac{40 \text{ dB}}{20}} = -100,$$

majd ennek felhasználásával a kérdéses ellenállás – az invertáló alapkácsolás  $A_U = -\frac{R_2}{R_1}$  erősítéséből kifejezve

$$R_1 = -\frac{R_2}{A_U} = 0,15 \text{ k}\Omega.$$

(b) Mekkora a kapcsolás felső határfrekvenciája?

### Megoldás

A kapcsolásban alkalmazott műveleti erősítő adatlapjából kiolvasott nyílt hurkú feszültség-erősítés felső határfrekvenciájából és abból a tényből, hogy a visszacsatolás után az erősítés-határfrekvenciaszorzat állandó – ahogy ez az előadáson elhangzott

$$f_f = \frac{A_{OL} f_{OL}}{|A_U|} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Hz}}{100} = 10 \text{ kHz}.$$

(c) Torzításmentesen képes-e ez a kapcsolás erősíteni a bemenetére kapcsolt  $U_{be} = 0,1 \text{ V}$  effektív értékű és  $\omega_{be} = 1,5 \cdot 10^5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$  körfrekvenciájú jelet?

### Megoldás

A torzításmentességhez három kritériumnak kell megfelelnie a kimeneti jelnek

- a jelfrekvencia nem haladhatja meg az erősítőkapcsolás felső határfrekvenciáját,
- a kimeneten a jelváltozási sebesség nem haladhatja meg a műveleti erősítő legnagyobb jelváltozási sebességét, illetve
- a kimeneti jelamplitúdó nem lehet nagyobb a tápfeszültségnél.

Ehhez először kiszámoljuk ideális műveleti erősítővel a kimeneti jel tulajdonságait majd összehasonlítjuk a valóságos esettel.

A bemeneti jel amplitúdója

$$\hat{U}_{be} = \sqrt{2} \cdot U_{be} = 0,1414 \text{ V},$$

ahonnan a kimeneti jel amplitúdója

$$\hat{U}_{ki} = A_U \hat{U}_{be} = 14,1421 \text{ V},$$

illetve mind a bemeneti, mind a kimeneti jel frekvenciája

$$f_{ki} = f_{be} = \frac{\omega_{be}}{2\pi} = 23,8732 \text{ kHz}.$$

**A kapcsolás felső határfrekvenciája** a (b) pontban számoltak szerint kisebb, mint az előbb kiszámolt bemeneti frekvencia, így ezt a követelményt nem teljesíti a kapcsolás.

**A slew rate** az adatlap alapján  $SR = 3 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$ . Azt kell meghatároznunk, hogy az ideális esetben kiszámolt jel változási sebessége meghaladja-e ezt az értéket.

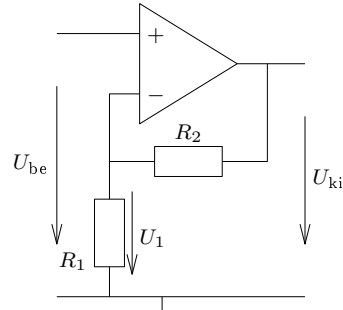
A szinuszis jel leggyorsabban a nullátmenet környékén változik, ebben a pontban a deriváltja felveszi a maximumát, ami

$$u'_{ki}(t)|_{\max} = \omega \hat{U}_{ki} = 2,1213 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}} < SR,$$

azaz ennek a kritériumnak megfelel a kapcsolás.

**A kimeneti jelamplitúdó** az előbbieken kiszámoltak alapján kisebb, mint a tápfeszültség, így a kapcsolás teljesíti ezt a követelményt is.

3. Vizsgáljuk az ábrán látható, ideális műveleti erősítő kapcsolást.



Vizsgált elrendezés

- (a) Ez az áramkör melyik alapkapsolást valósítja meg?

**Megoldás**

Ez a neminvertáló alapkapsolás.

- (b) Milyen matematikai műveletet végez ez az áramkör a bemeneti változójával? Add meg a kifejezését!

**Megoldás**

A neminvertáló alapkapsolás konstanssal való szorzást végez a bemenetével, a szorzótényező

$$K = \frac{R_1 + R_2}{R_1}.$$

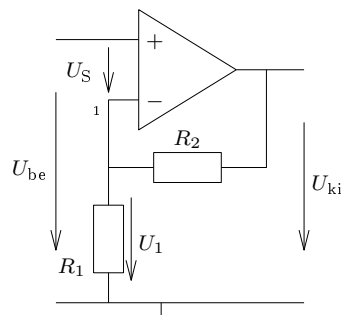
- (c) Határozd meg az  $U_1$  feszültséget  $U_{be} = 5 \text{ mV}$  bemeneti feszültség hatására az alkatrészek következő értékei mellett

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega,$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega.$$

**Megoldás**

A megoldáshoz használt jelöléseket az alábbi ábra mutatja.



Jelölések

Az invertáló bemenetére (negatívan) visszacsatolt ideális műveleti erősítő működését úgy is felfoghatjuk, hogy a szimmetrikus bemenetét próbálja meg nullává tenni, azaz  $U_S = 0$  így

$$U_1 = U_{be} = 5 \text{ mV}.$$

(d) Mekkora ekkor a kimeneti feszültség?

**Megoldás**

Az előbbi feladatban megkapott  $U_1$  feszültség megadható a kimeneti feszültségre felírt feszültségosztóval is

$$U_1 = U_{ki} \frac{R_1}{R_1 + R_2},$$

ahonnan a kimeneti feszültség

$$U_{ki} = U_1 \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 55 \text{ mV}.$$

(e) Mekkora az erősítőkapcsolás feszültségerősítése?

**Megoldás**

Ha nem emlékeznénk az előadáson elhangzottakra, az előző pontból akkor is ki tudjuk fejezni a keresett feszültségerősítést

$$A_U = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 11.$$

(f) Mekkora az erősítőkapcsolás bemeneti és kimeneti ellenállása?

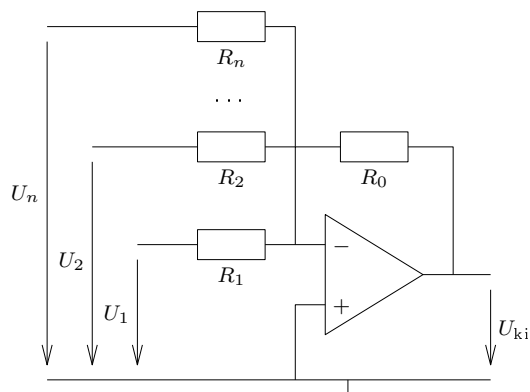
**Megoldás**

A neminvertáló alapkapsolás bemeneti ellenállása végtelen nagy.

A kimeneti ellenállása

$$R_{ki} = 0.$$

4. Vizsgáljuk az ábrán látható, ideális műveleti erősítő kapcsolást.



Vizsgált elrendezés

- (a) Ez az áramkör melyik műveletet valósítja meg?

**Megoldás**

A kapcsolás az összegző általánosítása  $n$  tagra, hiszen az invertáló bemeneten létrejövő csomópont-ra felírt Kirchhoff-áramtörvény

$$\frac{U_{ki}}{R_0} + \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \dots + \frac{U_n}{R_n} = 0$$

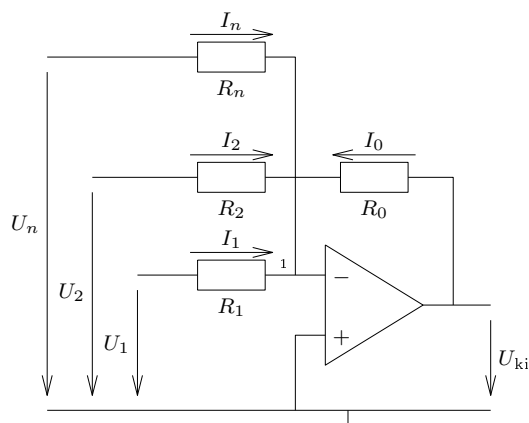
ahonnan

$$U_{ki} = -R_0 \sum_{j=1}^n \frac{U_j}{R_j}.$$

- (b) Add meg a kimeneti feszültséget, ha  $n = 5$ ,  $R_j = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $U_j = j \cdot 10 \text{ mV} \forall j \in \{1, \dots, n\}$  és  $R_0 = 100 \text{ k}\Omega$ !

**Megoldás**

A megoldáshoz használt jelöléseket az alábbi ábra mutatja.



Jelölések

Az 1-es csomópont-ra felírt csomóponti áramtörvény ebben az esetben

$$U_{ki} = -100 \text{ k}\Omega \left( \frac{10 \text{ mV}}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{20 \text{ mV}}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{30 \text{ mV}}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{40 \text{ mV}}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{50 \text{ mV}}{1 \text{ k}\Omega} \right) = -15 \text{ V}.$$

- (c) Mekkora a (b) pontban megadott  $n = 5$  bemenetű áramkör egyes bemeneteinek bemeneti ellenállása?

**Megoldás**

A kapcsolás  $j$ -dik bemenete felől benézve  $R_j$  ellenállást látunk, hiszen

- a műveleti erősítő invertáló bemenete földpotenciálon van (a negatívan visszacsatolt műveleti erősítő működéséből fakadóan) és
- az ideális műveleti erősítő bemeneti ellenállása végtelen, azaz

a (b) pontban megadott értékekre

$$R_{bej} = R_j = 1 \text{ k}\Omega, \quad \forall j \in \{1, \dots, 5\}.$$

- (d) Mekkora a (b) pontban megadott  $n = 5$  bemenetű áramkör egyes bemeneteire a feszültségerősítés? Add meg arányszámmal és decibelben is!

**Megoldás**

A kapcsolás minden bemenete egy-egy invertáló alapkapsolást valósít meg, azaz a feszültségerősítése

$$A_{Uj} = -\frac{R_0}{R_j} = -\frac{100 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega}, \quad \forall j \in \{1, \dots, 5\}.$$

Ugyanez decibelben

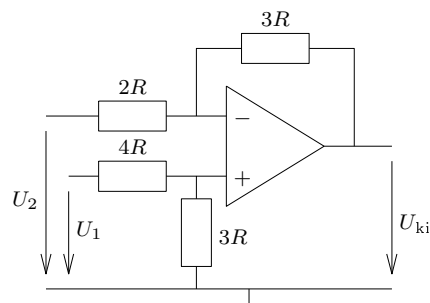
$$A_{Uj} [\text{dB}] = 20 \lg |A_{Uj}| = 40 \text{ dB}, \quad \forall j \in \{1, \dots, 5\}.$$

5. Vizsgáljuk az ábrán látható, ideális műveleti erősítő kapcsolást a következő paraméterek mellett

$$R = 1 \text{ k}\Omega,$$

$$U_1 = 1,4 \text{ V},$$

$$U_2 = 0,9 \text{ V}.$$



Vizsgált elrendezés

- (a) Milyen műveletet végez az áramkör a bemeneteivel?

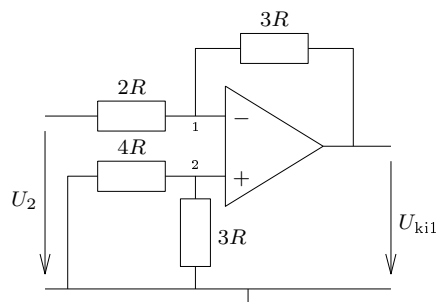
**Megoldás**

Ez a különbségképző.

- (b) Mekkora a kapcsolás kimeneti feszültsége?

**Megoldás**

A kimeneti feszültség két részfeszültség összegeként adódik (szuperpozíció tételle), az elsőt úgy kapjuk, hogy az első bemenetet tekintjük nullának ( $U_1 = 0$ ), ahogy azt az ábra mutatja.



Az első részmegoldáshoz

Ekkor a kapcsolás 2-es csomópontja földpotenciálán van mivel a műveleti erősítőbe nem folyik áram ( $R_{be} \rightarrow \infty$  miatt), azaz a 2-es csomópont és a föld közé párhuzamosan kapcsolt  $3R$  és  $4R$  ellenálláson nem esik feszültség, a két kapcsuk azonos potenciálán van, ami a föld.

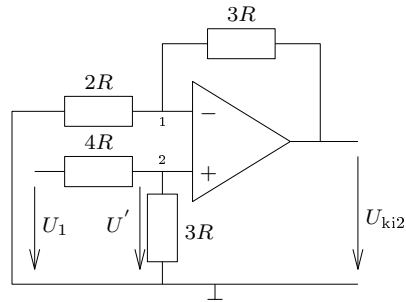
A műveleti erősítő működése következtében az invertáló bemenet (1-es csomópont) is földön van (virtuális föld), így a kapcsolás ebben az esetben egy invertáló alapkapsolást valósít meg. Ha ennek nem emlékeznénk az erősítésére, felírhatjuk a neminvertáló bemenetre (1-es csomópont) a Kirchhoff-áramtörvényt

$$\frac{U_2}{2R} + \frac{U_{ki1}}{3R} = 0,$$

ahonnan az első összetevő

$$U_{ki1} = -U_2 \frac{3R}{2R} = -U_2 \frac{3}{2} = -1,35 \text{ V}.$$

A kimeneti feszültség másik összetevőjét úgy számolhatjuk, hogy a másik bemenetet tekintjük nullának ( $U_2 = 0$ ), ahogy az ábra mutatja.



A második részmegoldáshoz

Ekkor a műveleti erősítő neminvertáló bemenetének (2-es csomópont) potenciálja

$$U' = U_1 \frac{3R}{3R + 4R} = \frac{3}{7} U_1 = 0,6 \text{ V}.$$

A műveleti erősítő működéséből fakadóan az invertáló bemenet (1-es csomópont) potenciája ugyanennyi lesz, amire felírhatjuk a következő feszültségosztót

$$U' = U_{ki2} \frac{2R}{2R + 3R} = U_{ki2} \frac{2}{5},$$

ahonnan a kimeneti feszültség második összetevője

$$U_{ki2} = U' \frac{5}{2} = 1,5 \text{ V}.$$

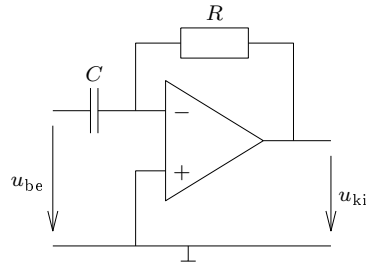
A teljes kimeneti feszültség tehát

$$U_{ki} = U_{ki1} + U_{ki2} = -1,35 \text{ V} + 1,5 \text{ V} = 0,15 \text{ V}.$$

6. Adott az alábbi kapcsolás a következő paraméterekkel

$$R = 25 \text{ k}\Omega, \quad C = 5 \text{ }\mu\text{F}, \quad u_{be} = 12 \sin(\omega t) [\text{mV}], \quad \omega = 2 \frac{\text{krad}}{\text{s}}.$$





Vizsgált elrendezés

- (a) Milyen művelet végez a kapcsolás a bemenetével?

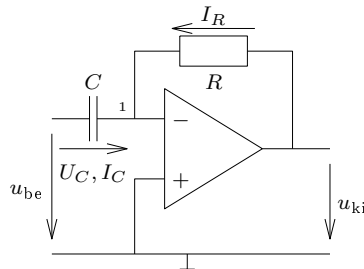
**Megoldás**

Ez a differenciáló áramkör (a bemeneti feszültség deriváltja jelenik meg a kimenetén).

- (b) Add meg a kimeneti feszültség időfüggvényét!

**Megoldás**

A megoldáshoz használt jelöléseket az alábbi ábra mutatja.



Jelölések

Ha nem emlékeznénk a differenciáló kimenetének kifejezésére, akkor kiindulhatunk a kondenzátor karakterisztikájából

$$I_C = C \frac{dU_C}{dt}.$$

Ennek segítségével a virtuális földre (1-es csomópont) felírt Kirchhoff-áramtörvény

$$0 = I_C + I_R = C \frac{dU_C}{dt} + I_R = C \frac{du_{be}}{dt} + \frac{u_{ki}}{R},$$

ahonnan

$$u_{ki}(t) = -RC \frac{du_{be}}{dt} = -\omega RC \hat{U}_{be} \cos(\omega t) = -3 \cos(\omega t) [\text{V}].$$

- (c) Add meg a kimeneti feszültség komplex effektív értékét!

**Megoldás**

Ezt kifejezhetjük az 1-es csomópontra felírt (komplex) Kirchhoff-áramtörvényből. Ehhez először meghatározzuk a bemenet komplex effektív értékét

$$\bar{U}_{be} = \frac{12}{\sqrt{2}} \cdot e^{j0} = \frac{12}{\sqrt{2}} = 8,4853 \text{ mV},$$

a kondenzátor impedanciáját

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -j0,01 \, \Omega,$$

majd ezt behelyettesítjük az 1-es csomópontra felírt Kirchhoff-áramtörvénybe

$$\frac{\bar{U}_{be}}{Z_C} + \frac{\bar{U}_{ki}}{R} = 0.$$

Innen a kimeneti feszültség komplex effektív értéke

$$\bar{U}_{ki} = -j\omega RC \bar{U}_{be} = -j2,1213 \, \text{V}.$$

Ezt egyszerűen leolvashatjuk az előző feladat eredményéből is

$$u_{ki}(t) = -3 \cos(\omega t) \, [\text{V}] = -\sqrt{2} \cdot 2,1213 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \, [\text{V}]$$

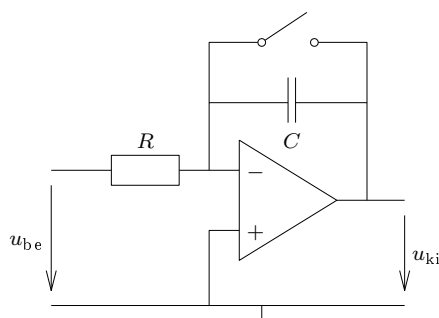
és ennek a komplex effektív értéke valóban

$$\bar{U}_{ki} = -j\omega RC \bar{U}_{be} = -j2,1213 \, \text{V}.$$

7. Adott az alábbi kapcsolás a következő paraméterekkel

$$R = 25 \, \text{k}\Omega, \quad C = 5 \, \mu\text{F}, \quad u_{be} = 6 \cos(\omega t) \, [\text{V}], \quad \omega = 2 \frac{\text{krad}}{\text{s}},$$

a kapcsolót  $t = 0$  időpontban nyitjuk.



Vizsgált elrendezés

(a) Milyen művelet végez a kapcsolás a bemenetével?

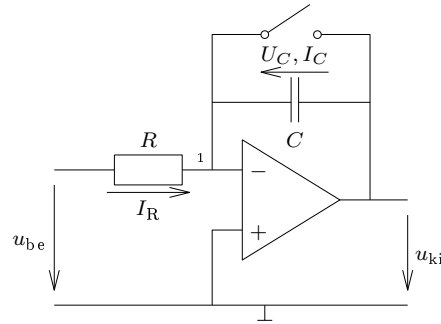
**Megoldás**

Ez az integráló áramkör, a bemeneti jel integrálja jelenik meg a kimeneten.

(b) Add meg a kimeneti feszültség időfüggvényét!

**Megoldás**

A megoldáshoz használt jelöléseket az alábbi ábra mutatja.



Jelölések

Ebben az esetben is használhatnánk az előadáson meghatározott kifejezést, de helyette inkább levezetjük a megoldást az 1-es csomópontra felírt Kirchhoff-áramtörvényből

$$I_C + \frac{u_{be}}{R} = 0,$$

ahonnan

$$I_C = -\frac{u_{be}}{R}.$$

A kondenzátor feszültségkarakteristikájába helyettesítsük be az áramára kapott előbbi kifejezést

$$U_C(t) = \frac{1}{C} \int I_C dt = \frac{1}{C} \int -\frac{u_{be}}{R} dt = -\frac{1}{RC} \int u_{be} dt,$$

a kezdeti feltétel

$$U_C(t < 0) = 0,$$

azaz a kimeneti feszültség az előbbi kifejezés segítségével (a kezdeti feltételek teljesülése esetén)

$$u_{ki}(t) = U_C(t) = -\frac{1}{RC} \int u_{be} dt = -\frac{\hat{U}_{be}}{RC} \int u_{be} dt = -\frac{\hat{U}_{be}}{RC} \frac{1}{\omega} \sin(\omega t) = -24 \sin(\omega t) [\text{mV}]$$

(c) Add meg a kimeneti feszültség komplex effektív értékét!

### Megoldás

A bemeneti feszültség komplex effektív értéke

$$\bar{U}_{be} = 4,2426 \cdot e^{j\frac{\pi}{2}}.$$

Írjuk fel a 1-es csomópontra a Kirchhoff-áramtörvényt

$$0 = \frac{\bar{U}_{be}}{R} + \frac{\bar{U}_{ki}}{Z_C},$$

ahonnan a kimeneti feszültség komplex effektív értéke

$$\bar{U}_{ki} = -\bar{U}_{be} \frac{Z_C}{R} = -\bar{U}_{be} \frac{1}{j\omega RC} = 4,2426 \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot 4 \cdot 10^{-3} = -16,9706 \text{ mV},$$

ahol felhasználtuk, hogy  $\frac{1}{j} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} = -j \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} = -e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} = -e^{j\pi} = -(-1) = 1$ .

Ugyanennek kell kijönnie, ha megvizsgáljuk az előző pont eredményét

$$u_{ki}(t) = -24 \sin(\omega t) [\text{mV}] = -\sqrt{2} \cdot 16,9706 \sin(\omega t) [\text{mV}]$$

és ennek felírjuk a komplex effektív értékét

$$\overline{U}_{\text{ki}} = -16,9706 \cdot e^{j0} [\text{mV}] = -16,9706 \text{ mV},$$

azaz az előbb jól számoltuk a kimeneti feszültség komplex effektív értékét.

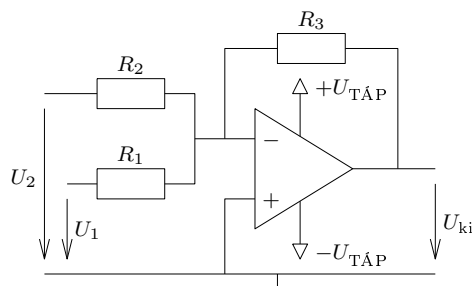
8. Adott az alábbi ábrán látható összegző kapcsolás egy nem ideális műveleti erősítővel. A kapcsolás paraméterei

$$U_{\text{TÁP}} = 10 \text{ V},$$

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega,$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega,$$

$$R_3 = 10 \text{ k}\Omega.$$



Vizsgált elrendezés

- (a) Mekkora a kimeneti feszültség  $U_1 = 1 \text{ V}$  és  $U_2 = 2 \text{ V}$  esetén?

### Megoldás

Felhasználva az összegző kimenetére kapott eredményt ideális műveleti erősítővel a kimeneti feszültség

$$U_{\text{ki}} = -\left(\frac{R_3}{R_1}U_1 + \frac{R_3}{R_2}U_2\right) = -\left(\frac{10 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega}1 \text{ V} + \frac{10 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega}2 \text{ V}\right) = -12 \text{ V},$$

lenne, de a valóságos műveleti erősítő kimenetének határt szab a tápfeszültség, azaz ezek mellett a bemenetek mellett a kimeneti feszültség

$$U_{\text{ki}} = -U_{\text{TÁP}} = -10 \text{ V}.$$

- (b) Mekkora a kimeneti feszültség  $U_1 = 1 \text{ V}$  és  $U_2 = -2 \text{ V}$  esetén?

### Megoldás

Ebben az esetben az ideális műveleti erősítővel megvalósított összegző kimenetére kapott eredmény nem nagyobb, mint a tápfeszültség, így a kimenet az összeadás eredményeképp

$$U_{\text{ki}} = -\left(\frac{R_3}{R_1}U_1 + \frac{R_3}{R_2}U_2\right) = -\left(\frac{10 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega}1 \text{ V} + \frac{10 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega}-2 \text{ V}\right) = -8 \text{ V}.$$

9. Adott az alábbi, nemideális műveleti erősítő kapcsolás a következő paraméterekkel

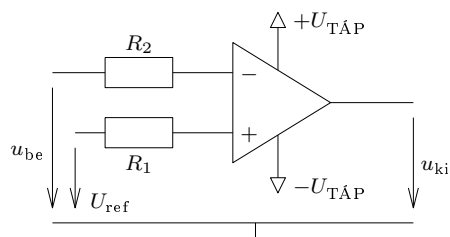
$$U_{\text{TÁP}} = 10 \text{ V},$$

$$U_{\text{ref}} = -3 \text{ V},$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega,$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$A = 10^3.$$



Vizsgált elrendezés

(a) Milyen funkciót valósít meg a kapcsolás?

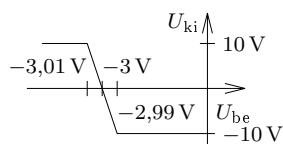
**Megoldás**

Ez a kapcsolás a referenciafeszültséghez hasonlítja a bemeneti feszültséget.

(b) Rajzold meg a transzferkarakteristikáját!

**Megoldás**

A transzferkarakterisztika a komparálási szint és a tápfeszültségek segítségével rajzolható fel, ahogy az az alábbi ábrán látható.



A keresett karakterisztika

A lineáris szakasz határai

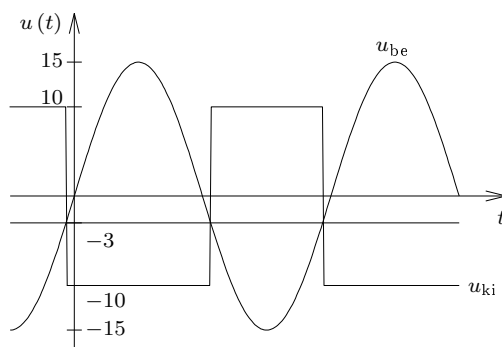
$$U_a = U_{\text{ref}} - \frac{U_{\text{TAP}}}{A} = -3 \text{ V} - 10^{-2} \text{ V} = -3,01 \text{ V}$$

$$U_f = U_{\text{ref}} + \frac{U_{\text{TAP}}}{A} = -3 \text{ V} + 10^{-2} \text{ V} = -2,99 \text{ V}.$$

(c) Ábrázold a be- és kimeneti feszültségfüggvényeket, ha  $u_{be} = 15 \sin t \text{ [V]}$ !

**Megoldás**

A kérdéses függvények a következő ábrán láthatók.



Időfüggvények

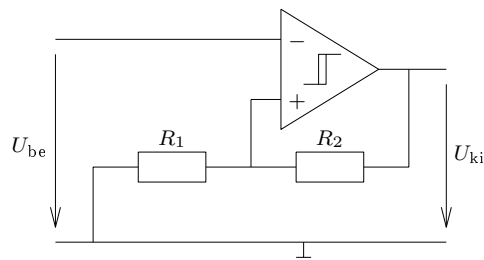
10. Adott az alábbi, ideális komparátorral megvalósított kapcsolás, a következő paraméterekkel

$$U_H = 15 \text{ V},$$

$$U_L = -15 \text{ V},$$

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega,$$

$$R_2 = 9 \text{ k}\Omega$$



Vizsgált elrendezés

(a) Mit valósít meg a kapcsolás?

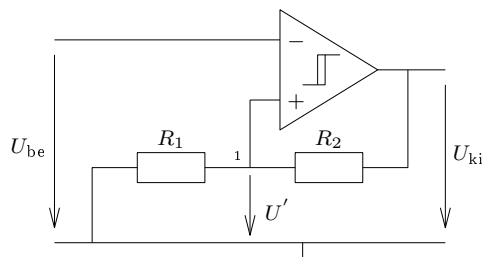
**Megoldás**

Ez a hiszterézises nullkomparátor.

(b) Add meg a kapcsolás transzferkarakteristikáját!

**Megoldás**

A megoldáshoz használt jelöléseket az alábbi ábra mutatja.



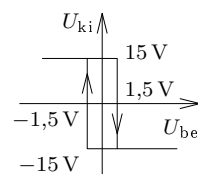
Jelölések

A komparálási szintek meghatározásához felírjuk a feszültségosztót az 1-es csomópont  $U'$  feszültségére a két lehetséges kimeneti feszültség esetén

$$U'_H = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_H = 1,5 \text{ V}$$

$$U'_L = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_L = -1,5 \text{ V}$$

A transzferkarakterisztika az alábbi ábrán látható.



Transzferkarakterisztika

11. Adott az alábbi ábrán látható hiszterézises komparátor a következő paraméterekkel

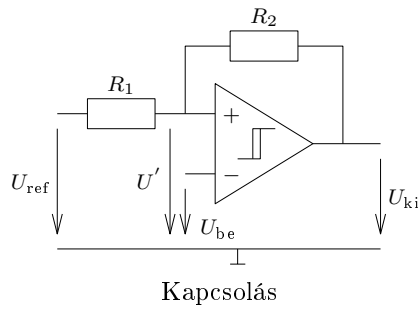
$$R_1 = 2 \text{ k}\Omega,$$

$$R_2 = 18 \text{ k}\Omega,$$

$$U_H = 8 \text{ V},$$

$$U_L = -8 \text{ V},$$

$$U_{\text{ref}} = -3 \text{ V}.$$



- (a) Határozd meg az  $U'$  komparálási szinte(ke)t!

**Megoldás**

A komparálási szintek

$$U_H' = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_H + \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{ref}} = -1,9 \text{ V}$$

$$U_L' = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_L + \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{ref}} = -3,5 \text{ V}$$

- (b) Mekkora a kapcsolás hiszterézisfeszültsége?

**Megoldás**

A keresett feszültség a magas és alacsony komparálási szintek különbségeként adódik

$$U_h = U_H' - U_L' = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (U_H - U_L) = 1,6 \text{ V}.$$

- (c) Mekkora a kapcsolás kimeneti feszültsége  $U_{be1} = -9 \text{ V}$ , illetve  $U_{be2} = 9 \text{ V}$ , bemeneti feszültség esetén?

**Megoldás**

A két feszültséghez tartozó kimeneti feszültség szint

$$U_{ki1} = U_H = 8 \text{ V},$$

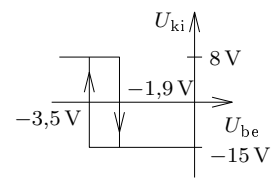
$$U_{ki2} = U_L = -8 \text{ V},$$

mivel a két megadott bemeneti feszültségre a kimenettől függetlenül a magas, illetve az alacsony szint jelenik meg a kimeneten.

- (d) Add meg a kapcsolás transzferkarakteristikáját!

**Megoldás**

A kapcsolási rajz, az alkatrészek paraméterei, valamint az (a) pontban meghatározott billenési szintek felhasználásával a transzferkarakterisztika az alábbi ábrán látható.



Transzferkarakterisztika