

Dr. Nemes József

Műveleti erősítők – műveleti erősítők alkalmazása II.

**NSZFI**
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Elektronikai áramkörök tervezése, dokumentálása

A követelménymodul száma: 0917-06 A tartalomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-041-50

MŰVELETI ERŐSÍTŐK – MŰVELETI ERŐSÍTŐK ALKALMAZÁSA II.

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Feszültség detektor készítése

Készítsünk egy olyan egyszerű feszültség detektort, amelyik kijelzi, mégpedig úgy, hogy pozitív bemenő feszültségnél egy piros LED világítson, míg a negatív bemenő feszültséget zöld színű LED jelezze. Milyen megoldások jöhetnek szóba?

Mielőtt a konkrét probléma megoldást megvalósítanánk, tekintsük át a műveleti erősítők lehetséges alkalmazásait, a teljesség igénye nélkül.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

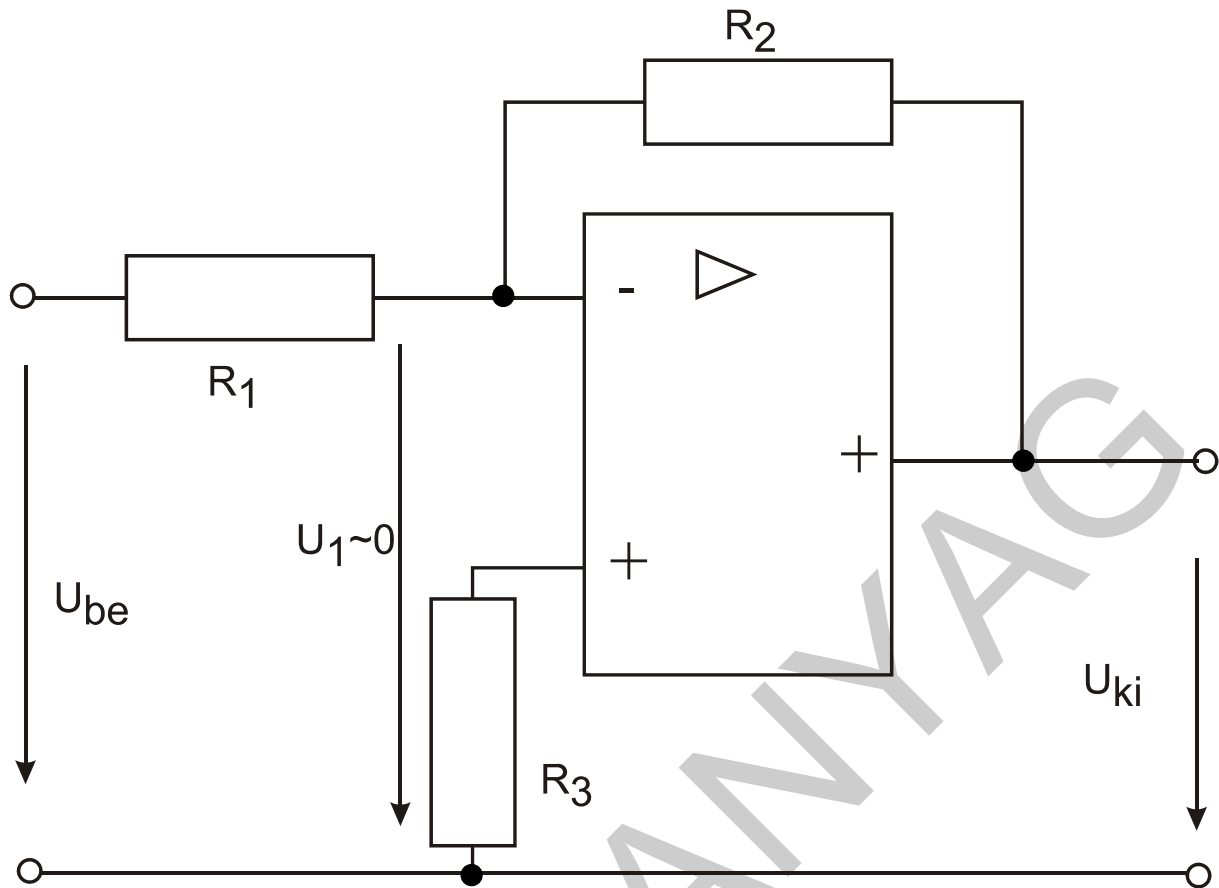
A műveleti erősítőket általános célra tervezték, a kivitelezésüknél az ideális erősítő alapjellemezőit igyekeztek megvalósítani. Kedvező tulajdonságaik széleskörű, gyors elterjedést és alkalmazást tettek lehetővé. Egyes típusaikat speciális célokra alakították ki, így az építendő (tervezendő) áramkör számára a paraméterek ismeretében tudjuk kiválasztani a megfelelő típust. A műveleti erősítőket főleg hangfrekvenciás erősítőkből, DC erősítő kapcsolásokban, komparátorokban, aktív szűrőkben, oszcillátorokban, integráló és differenciáló áramkörökben, feszültség szabályozókban, egyenirányító kapcsolásokban, elektronikus mérőkapcsolásokban alkalmazzák.

A műveleti erősítők alapkötésai

A kötésekben a műveleti erősítőt ellenállásokkal és kondenzátorokkal kell kiegészíteni. A műveleti erősítők általában ideális erősítővel modellezhetők, amelyeknek végtelen nagy A_0 erősítési tényezője, nagy Z_{be} bemeneti impedanciája, és igen kicsi Z_{ki} kimeneti ellenállása van. A kötés áttekinthetősége érdekében nem ábrázolják az áramellátást, a nullpont- és a frekvenciakompensáció kivezetéseit.

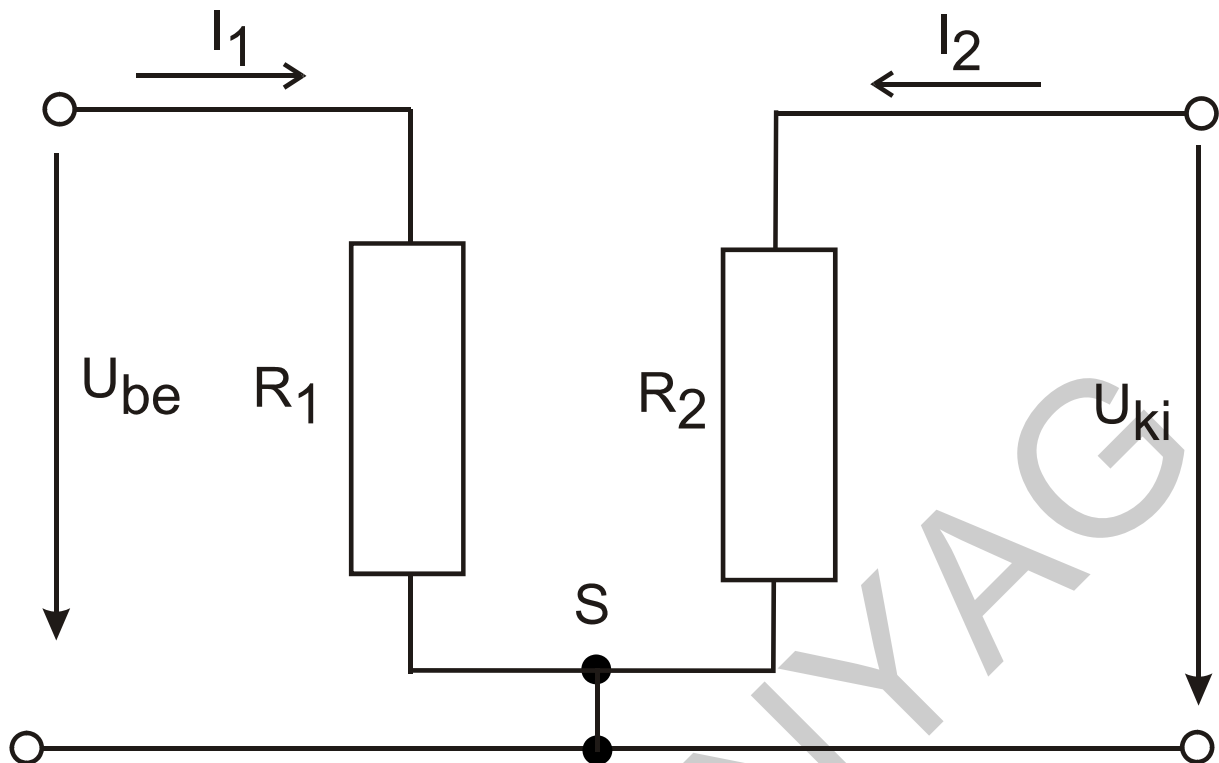
1. Invertáló- (fázisfordító) erősítők

Az invertálóerősítőként működő kötéssel az U_{be} feszültségből ellentétes előjelű és megnövelt vagy csökkentett abszolút értékű feszültséget állítanak elő. Ehhez a műveleti erősítőt R_2 visszacsatoló ellenállással és R_1 bemeneti ellenállással egészítik ki. Az igen kis I_1 nyugalmi bemeneti áram okozta feszültségeltolás a neminvertáló bemenet és a föld közé iktatott R_3 ellenállással kompenzálható. Ennek értéke célszerűen $R_3 \sim R_1 \times R_2$. Sok esetben R_3 elhagyható és a neminvertáló bemenetet közvetlenül a földre kötik.



1. ábra. Invertálóerősítő

A differenciabemeneteken lévő U_1 feszültség az U_{ki} kimeneti feszültséghez képest igen kicsi, mivel az erősítés igen nagy. Az I_1 nyugalmi bemeneti áram szintén igen kicsi. Az S áramösszegzési pont ezért gyakorlatilag a bemeneti és a kimeneti feszültséghez hasonlóan a közös pont potenciálján van. $I_1 \approx 0$ közelítéssel az S áramösszegzési pontba folyó áramok összege $I_1 + I_2 = 0$, azaz $I_2 = -I_1$. Az I_1 bemeneti áram ebből következően az R_2 ellenálláson keresztül továbbfolyik az erősítő kimenetre. Ebből a kimeneti feszültség $U_{ki} = -I_1 \cdot R_2$.



2. ábra. Helyettesítőkép a kimeneti feszültség számításához

$U_1 \approx 0$ közelítéssel az I_1 bemeneti áram csak U_{be} és R_1 értékétől függ, azaz $I_1 = \frac{U_{be}}{R_1}$. Ha $I_2 = -$

I_1 , akkor a kimeneti feszültség $U_{ki} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_{be}$.

Az ellenállásokkal kiegészített műveleti erősítők feszültségerősítése tehát azonos az R_2/R_1 ellenállás-aránnyal. A képletben szereplő negatív előjel fázisfordítást jelent.

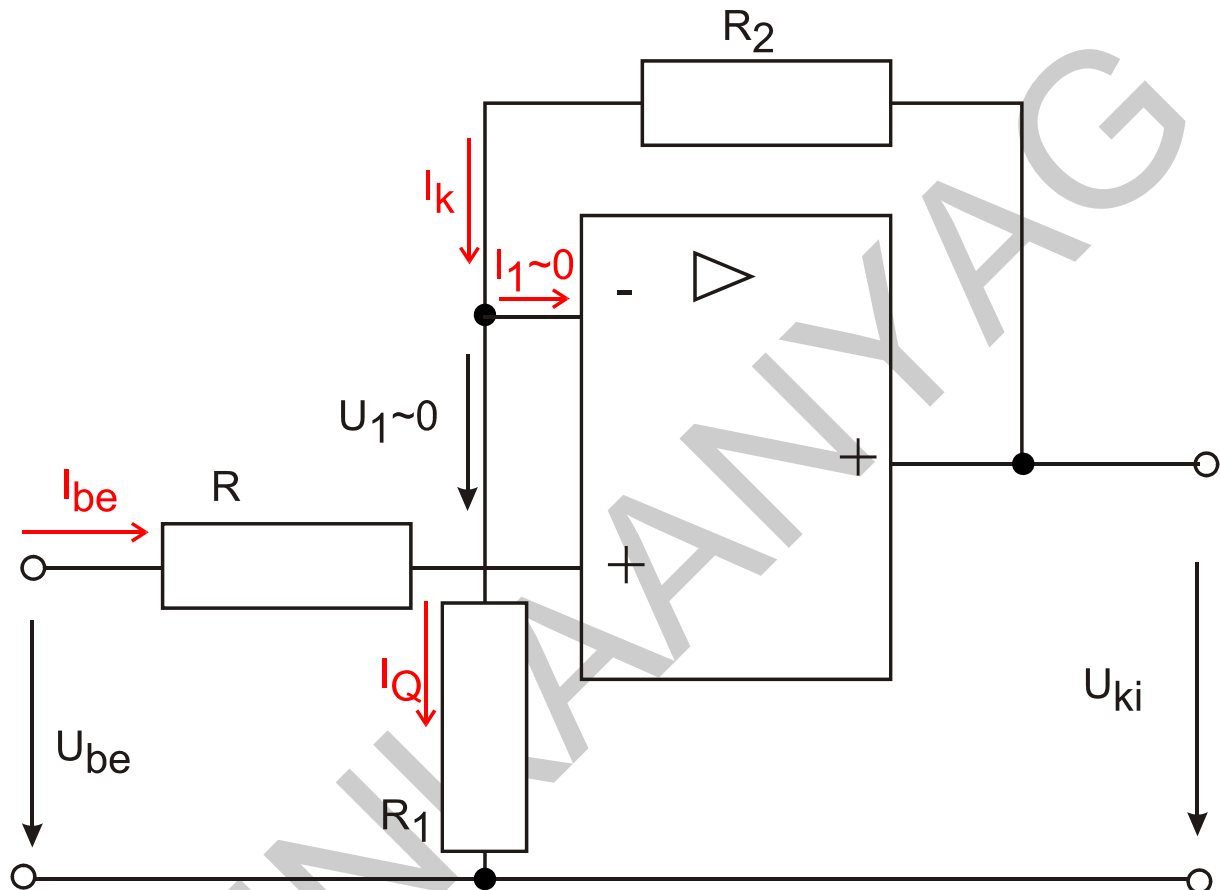
Példa: Az U_{be} mérőjelfeszültség $\pm 2.5V$, ezt $\pm 10V$ -ra kell felerősíteni. A jelforrás terhelő-ellenállása $10\text{ k}\Omega$ -nál nagyobb vagy azzal egyenlő. Határozzuk meg a kapcsolás ellenállásait!

2. Neminvertáló erősítők

Neminvertáló erősítők esetén a bemeneti és a kimeneti feszültség előjele azonos. Az U_{be} bemeneti feszültséget R soros ellenállással kapcsoljuk a neminvertáló bemenetre. Ez az igen kis I_1 nyugalmi bemeneti áram okozta feszültségeltolást csökkenti, és sok esetben elhagyható. Az I_{be} bemeneti áram a műveleti erősítő nagy ellenállású bemenete miatt szintén igen kicsi.

Az U_{be} feszültséget előállító feszültséggenerátor ezért gyakorlatilag terheletlen. Az U_{ki} kimeneti feszültséget az R_2 visszacsatoló ellenálláson keresztül vezetik vissza az invertáló bemenetre. $I_1 \approx 0$ közelítéssel az I_{be} bemeneti áram az R_1 ellenálláson keresztül továbbfolyik a föld felé. A nagy feszültségerősítési tényező miatt $U_1 \approx 0$ közelítéssel

$$I_2 = \frac{U_{ki}}{R_1 + R_2} \text{ és } I_1 = \frac{U_{be}}{R_1}. \text{ Mivel } I_2 = I_1, \text{ tehát a kimeneti feszültség } U_{ki} = U_{be} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right).$$



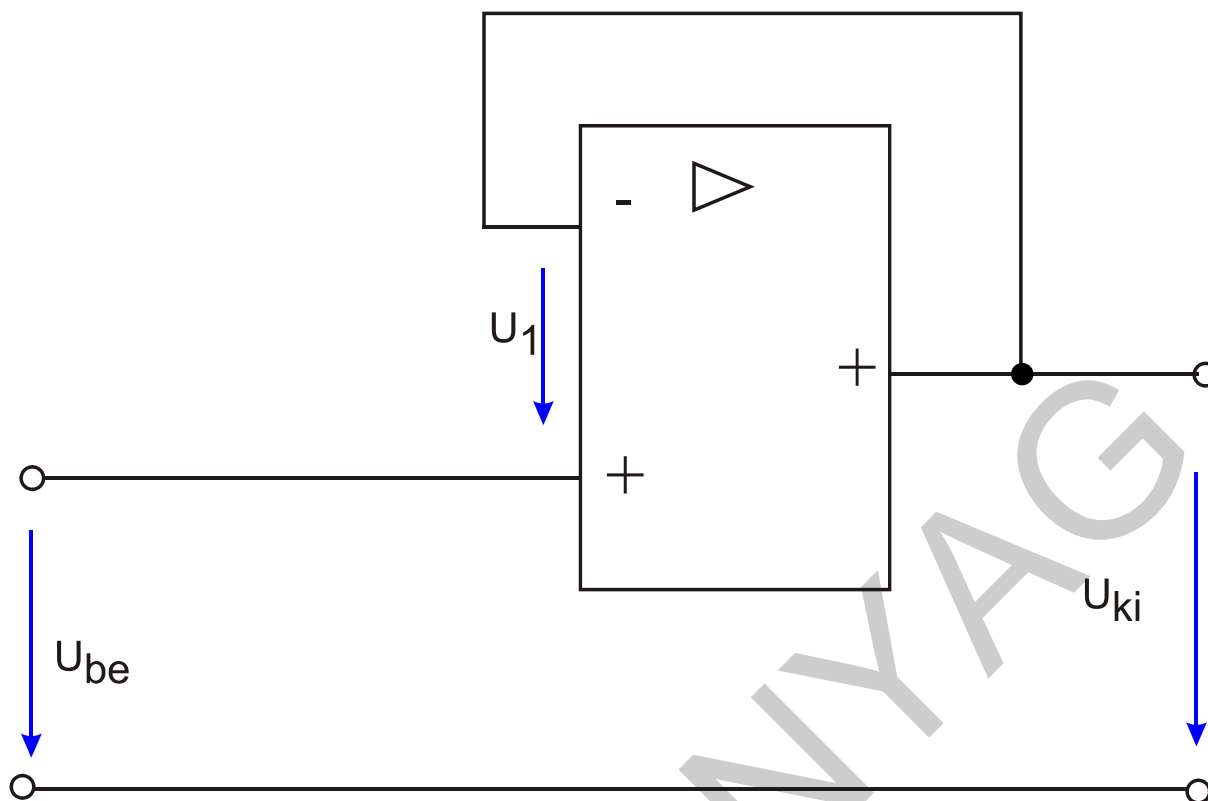
3. ábra. Neminvertáló erősítő

- U_{ki} kimeneti feszültség,
- U_{be} bemeneti feszültség,
- R_2 visszacsatoló ellenállás,
- R_1 bemeneti ellenállás.

3. Impedanciaváltók

Az impedanciaváltók (feszültségkövetők) esetében az U_{ki} kimeneti feszültség azonos az U_{be} bemeneti feszültséggel. Az eredő kapcsolás bemeneti ellenállása olyan nagy, hogy az U_{be} bemeneti feszültség gyakorlatilag terheletlen, a kimeneti ellenállás pedig nagyon kicsi.

Ezeket a követelményeket a neminvertáló módban működő műveleti erősítő teljesíti, ahol a visszacsatoló ellenállás $R_2=0$ és $R_1=\infty$.



4. ábra. Impedanciaváltó

A műveleti erősítő nagy feszültségerősítési tényezője következtében U_1 igen kicsi U_{ki} és U_{be} értékéhez képest, így a kimeneti feszültség ugyanakkora lesz, mint a bemeneti feszültség.

4. Összegzőerősítő

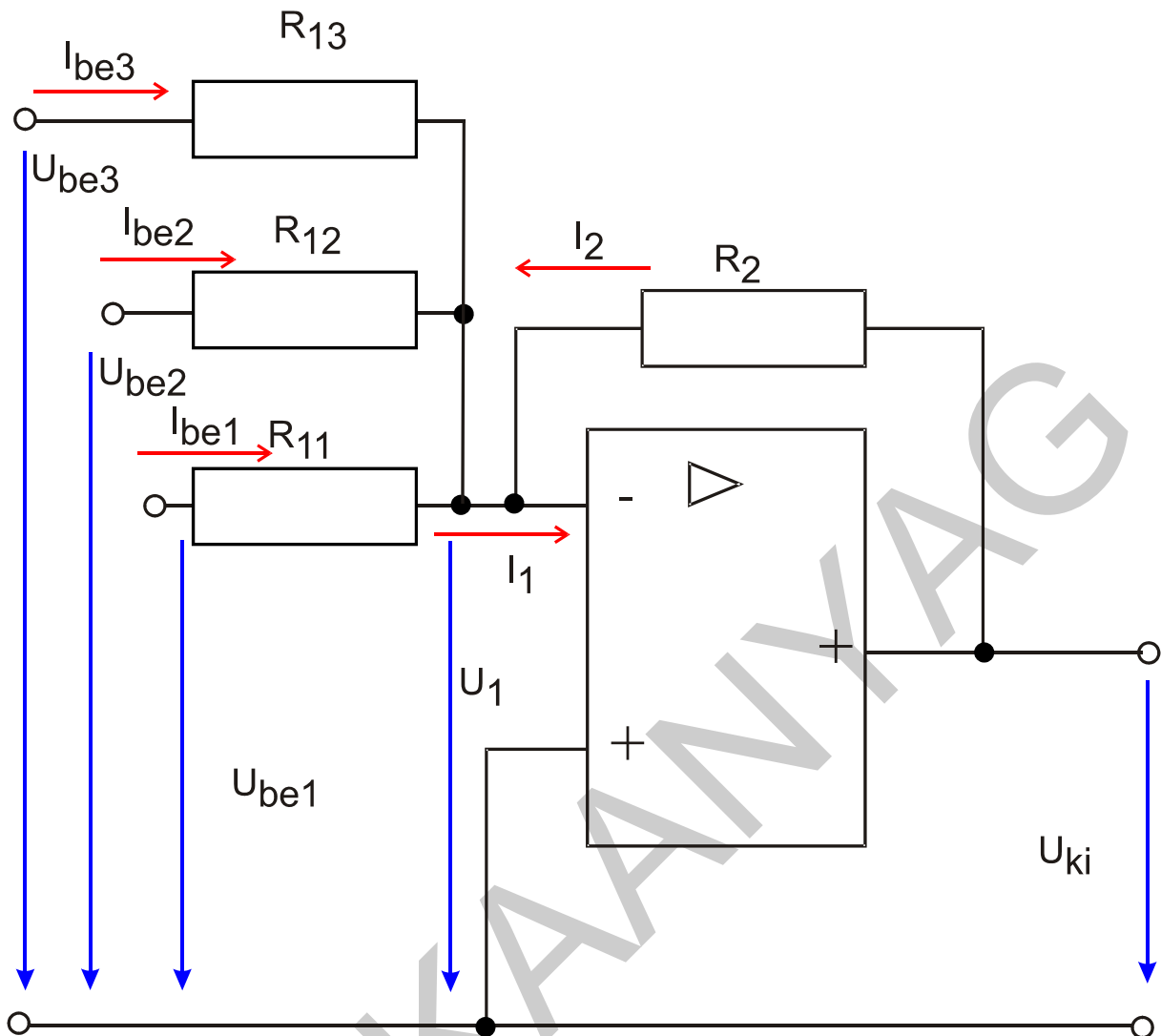
Az összegzőerősítőként használt műveleti erősítő több feszültség összeadását és erősítését végzi, tehát egyidejűleg több bemenet vezérli.

$U_1 \approx 0$ és $I_1 \approx 0$ közelítéssel:

$$I_{be1} = \frac{U_{be1}}{R_{11}}; I_{be2} = \frac{U_{be2}}{R_{12}}; I_{be3} = \frac{U_{be3}}{R_{13}};$$

$$I_2 = \frac{U_{ki}}{R_2}; -I_2 = I_{be1} + I_{be2} + \dots + I_{ben}$$

Az egyes bemeneti feszültségek erősítése a bemeneti ellenállásoknak megfelelően különböző mértékű lehet.



5. ábra. Összegzőerősítő három feszültségre

Az összegzőerősítő kimeneti feszültsége:

$$-U_{ki} = \frac{R_2}{R_{11}} \cdot U_{be1} + \frac{R_2}{R_{12}} \cdot U_{be2} + \dots + \frac{R_2}{R_{1n}} \cdot U_{ben}$$

Példa: Számítsa ki az R_{11} és R_{12} ellenállást két mérőfeszültség összeadásához! $U_{be1}=1\text{V}$ és $U_{be2}=0.1\text{ V}$. Az U_{be2} mérőfeszültséget az U_{be1} -hez képest ötször nagyobb mértékben kell erősíteni. A kimeneti feszültség -6V , a visszacsatoló ellenállás $10\text{ k}\Omega$ legyen.

Megoldás:

A $-U_{ki}$ feszültség az $\frac{R_2}{R_{11}} \cdot U_{be1} + \frac{R_2}{R_{12}} \cdot U_{be2} + \dots$ képletből számítható. Mivel U_{be2} -t ötször nagyobb mértékben kell erősíteni, R_{12} értéke ötöde kell legyen R_{11} -nek.

$$-U_{ki} = \frac{R_2}{R_{11}} \cdot U_{be1} + \frac{R_2}{R_{12}} \cdot U_{be2}$$

$$-6V = \frac{10k\Omega}{R_{11}} \cdot 1V + \frac{10k\Omega}{\frac{R_{11}}{5}} \cdot 0.1V = \frac{10k\Omega}{R_{11}} \cdot 1.5V \Rightarrow R_{11} = 2.5k\Omega \Rightarrow R_{12} = \frac{1}{5}R_{11} = 500\Omega$$

Így olyan „analóg számológépet” hozhatunk létre, amely három feszültség lineáris kombinációját (súlyozott összegét) számítja ki.

5. Kivonóerősítő

A kivonóerősítő kimenetén a feszültség a két bemeneti feszültség különbségével arányos. A kivonóerősítőket leggyakrabban mérőjelfeszültség erősítésére használják, ahol az U_d feszültségnek potenciál-függetlennek kell maradnia. Ebben az esetben mindkét bemeneti ellenállást azonos értékűre kell választani, a neminvertáló bemenet és a föld közé kötött ellenállás értéke pedig azonos a visszacsatoló ellenállás értékével.

$U_1 \approx 0$ és $I_1 \approx 0$ közelítéssel:

$$I_{be1} = \frac{U_{be1} - U_3}{R_{11}} = -I_2;$$

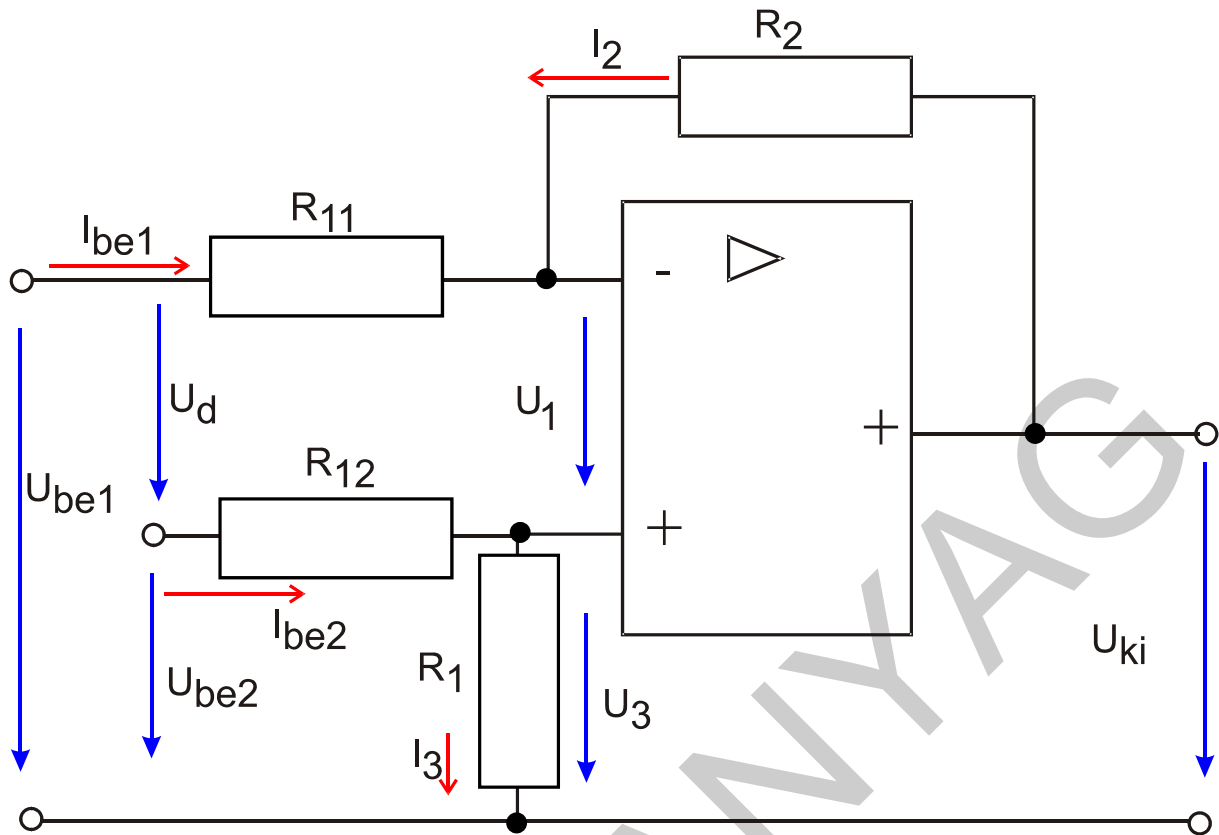
$$I_2 = \frac{U_{ki} - U_3}{R_2} \Rightarrow \frac{U_{be1}}{R_{11}} + \frac{U_{ki}}{R_2} = \frac{U_3}{R_{11}} + \frac{U_3}{R_2};$$

$$I_{be2} = \frac{U_{be2} - U_3}{R_{12}} = I_3;$$

$$I_3 = \frac{U_3}{R_2} \Rightarrow \frac{U_{be2}}{R_{12}} = \frac{U_3}{R_{12}} + \frac{U_3}{R_2}.$$

Az egyenletek kivonásával:

$$\frac{U_{be1}}{R_{11}} + \frac{U_{ki}}{R_2} - \frac{U_{be2}}{R_{12}} = 0 \Rightarrow U_{ki} = (U_{be2} - U_{be1}) \cdot \frac{R_2}{R_1} = U_d \cdot \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \text{ha} \Rightarrow R_{11} = R_{12}.$$



6. ábra. Kivonóerősítő

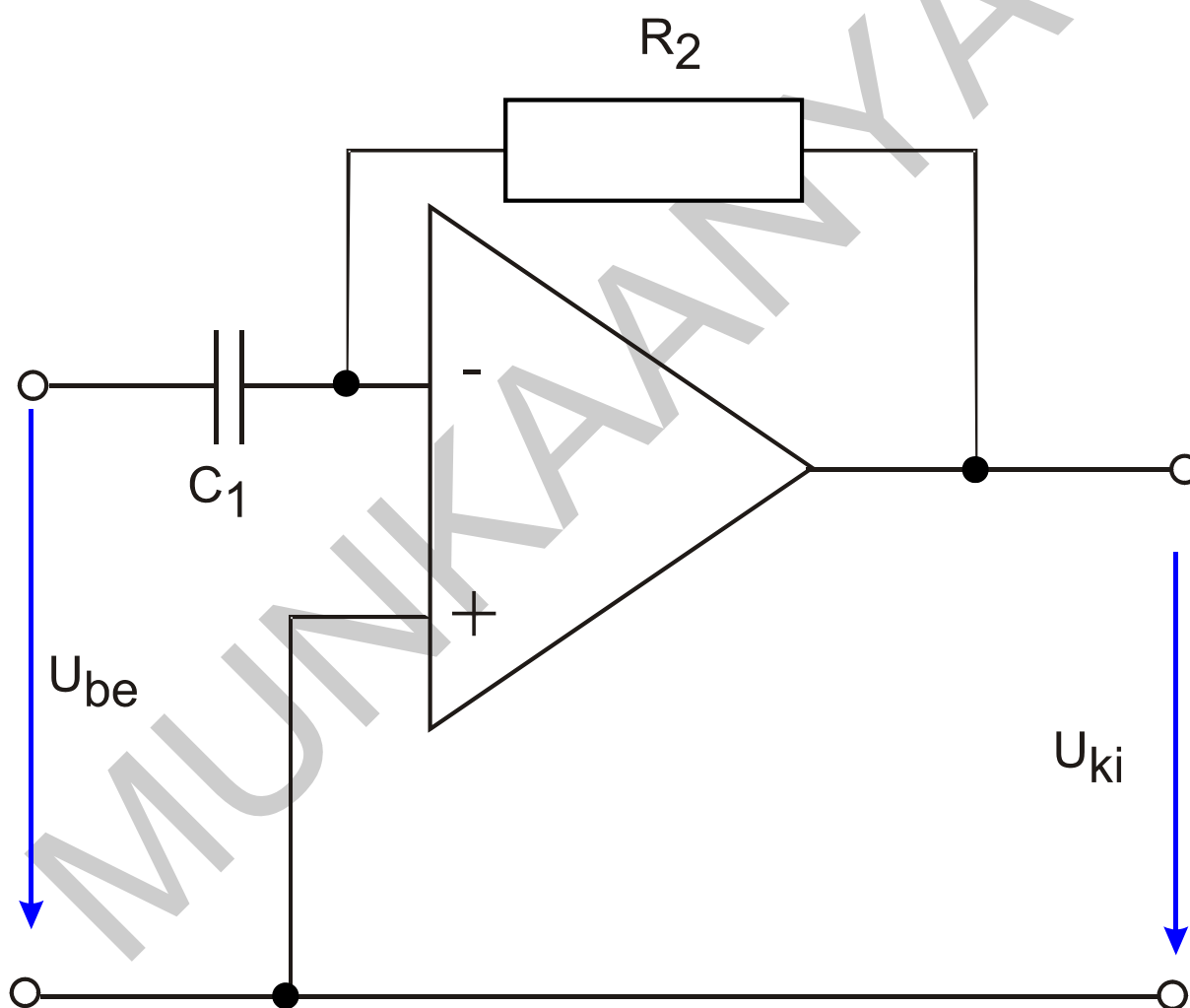
- U_{ki} kimeneti feszültség,
- U_d a bemeneti differenciafeszültség,
- R_2 visszacsatoló ellenállás,
- $R_{11}=R_{12}=R_1$ bemeneti ellenállások.

$$U_{ki} = \frac{R_2}{R_1} \cdot U_d$$

Feszültségek kivonására a kivonóerősítő helyett gyakran használják az összegzőerősítőt úgy, hogy a kivonandó feszültségeket előzőleg invertálják.

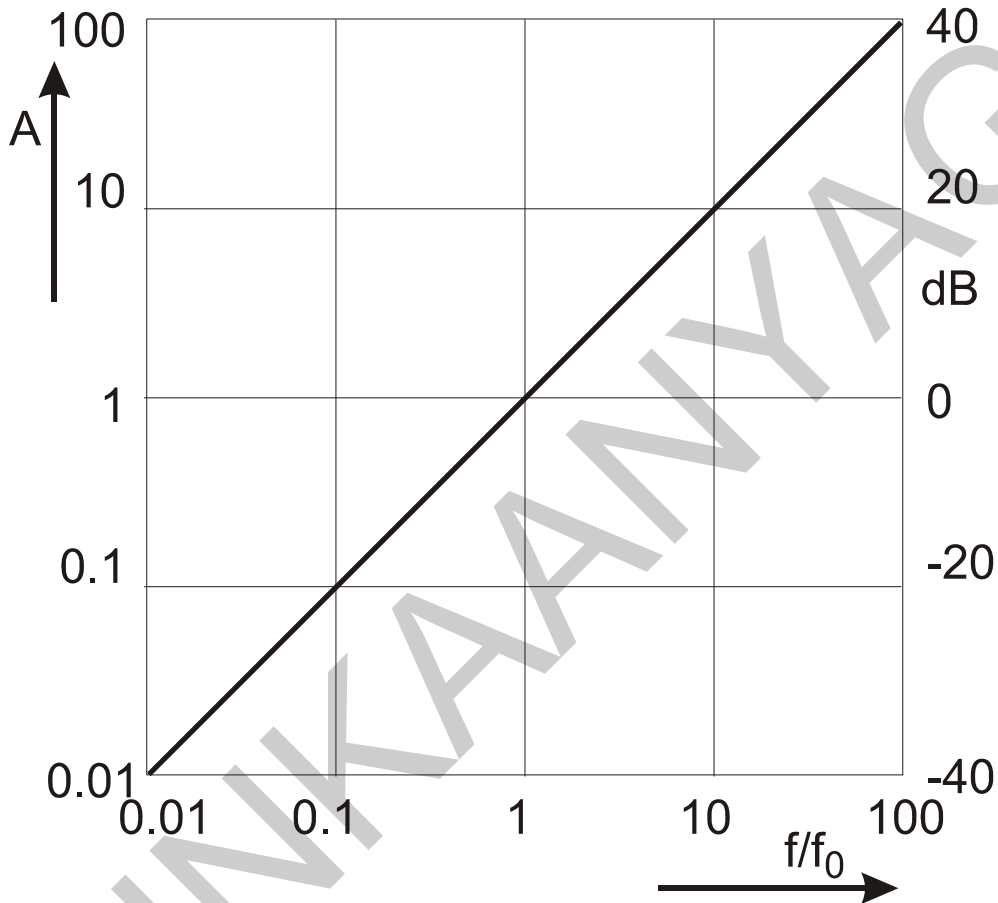
6. Differenciáló erősítő

Differenciáló kapcsolásban a kimeneten csak akkor van feszültség, ha a bemeneti feszültség megváltozik. A differenciáló erősítő bemeneti impedanciaként C_1 kondenzátort tartalmaz. Ezen a kondenzátoron át csak a bemeneti feszültség változásakor folyik áram. A visszacsatoló-ellenállás az invertálóerősítőhöz hasonlóan valós R_2 ellenállás. Ha a differenciáló erősítő bemenetére négyszögjelet kapcsolunk, akkor minden feszültségváltozásakor túimpulzus jelenik meg a kimeneten. Azonos meredekséggel növekvő bemeneti feszültség állandó. Szinuszejel esetén a kimenőjel szintén szinusz alakú, de fázisa 90° -kal eltolt és amplitúdója $f > f_0 = \frac{1}{2\pi R_2 C_1}$ frekvencián nagyobb, $f < f_0$ frekvencián kisebb, mint a bemenőjelé. A differenciálóerősítő felüláteresztő tulajdonságú.



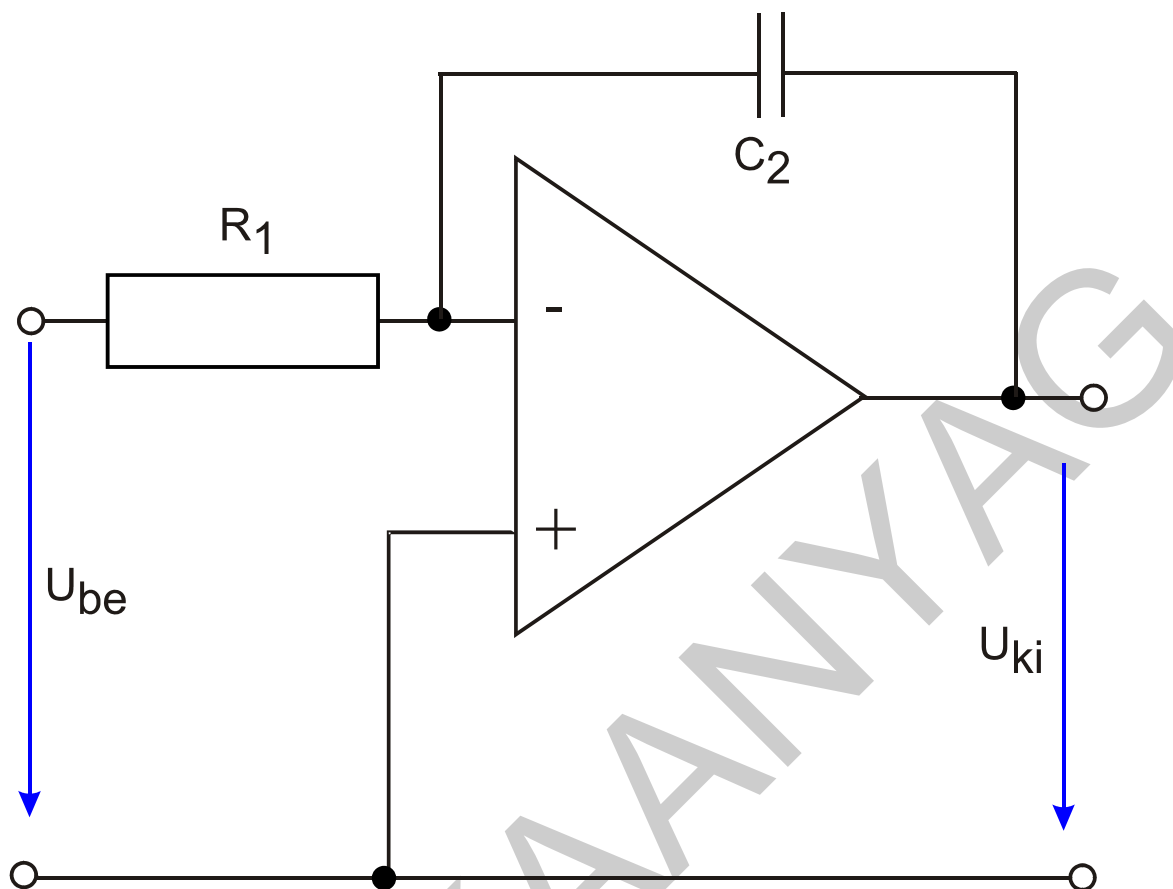
7. ábra. Differenciálóerősítő kapcsolása

Az analóg számítógépek mellett differenciáló áramköröket használnak még például a szabályozástechnikában olyan helyeken, ahol egy folyamatot jellemző tulajdonság megváltozása nem szabad, hogy túllépjen egy határértéket (pl. hőtágulás miatt a hőmérsékletemelkedés sebessége egy kazánban). Ilyenkor a kimeneti egyenfeszültséget egy komparátorra (feszültség összehasonlítóra) kötik, ami a beállított maximális szint elérésekor vészjelet aktivál, vagy beavatkozást indít el.



8. ábra. Erősítési tényező

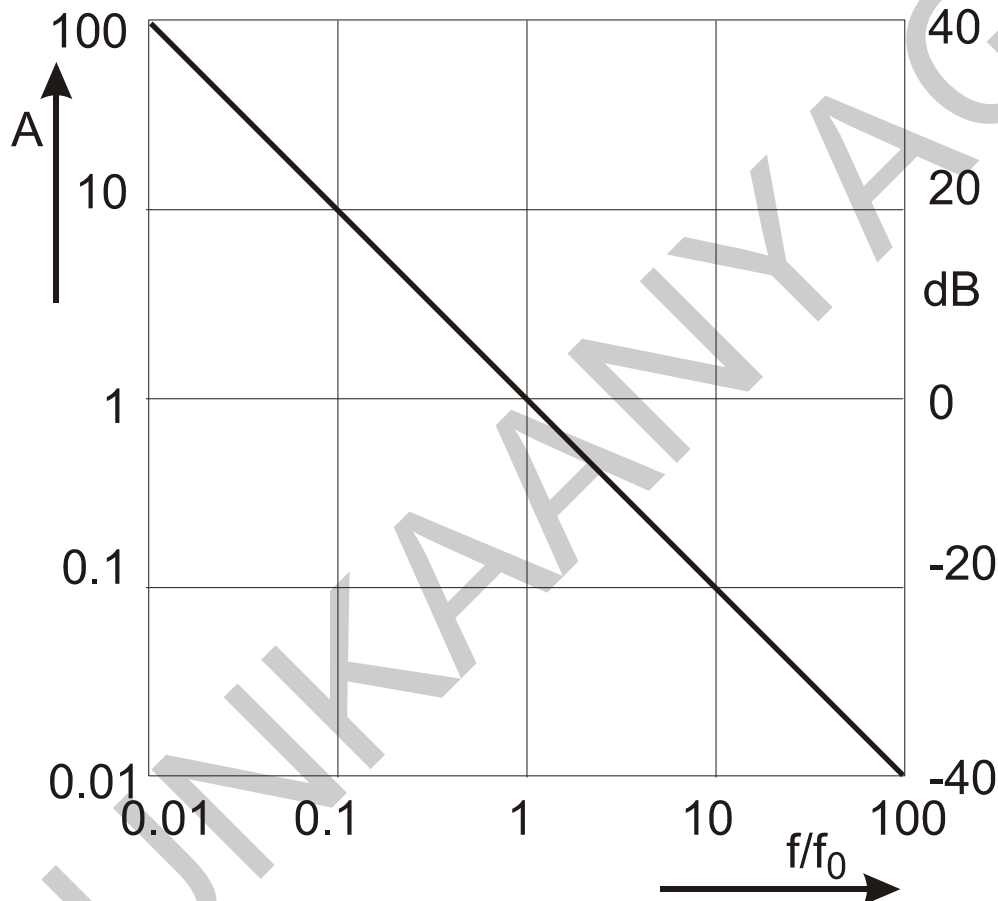
7. Integrálóerősítő



9. ábra. Integrálóerősítő kapcsolás

Integrálókapcsolásban bemeneti ellenállásként valós R_1 ellenállást, visszacsatoló elemként C_2 kondenzátort alkalmaznak. Az R_1 ellenálláson átfolyó I_{be} áram az áramösszegzési ponton áthaladva a kondenzátoron is átfolyik, és azt az U_{ki} kimeneti feszültségre tölti fel. Az U_{ki} kimeneti feszültség arányos az U_{be} bemeneti feszültség és az idő szorzatával. Négyszögjel esetén háromszögjelet kapunk a kimeneten. Szinuszos jel esetén a kimenőjel szintén szinuszos alakú, de fázisa 90° -kal eltolt és amplitúdója $f > f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot R_1 \cdot C_2}$ frekvencián kisebb, $f < f_0$ frekvencián nagyobb, mint a bemenőjelé. Az integrálóerősítő aluláteresztő tulajdonságú.

Az integráló áramkör egy tipikus alkalmazási területe a nukleáris technikában a besugárzási szint, vagy a dózis mérése egy proporcionális detektor jelei alapján. Mint tudjuk, egy sugárzásból elnyelt dózis a detektor által átalakított beütésekből származó impulzusok időbeli integrálja. Azonos dózis létrejöhet hosszú idő alatt kis intenzitású, és rövid idő alatt nagy intenzitású sugárzásból is. E két esetben a kimeneti feszültség meredeksége különböző, de végeredményben a feszültség szintje azonos lesz. Az integrátor tehát figyelembe veszi a bemeneti jel intenzitását és időtartamát is, és ezek alapján generálja a kimeneti jelet.

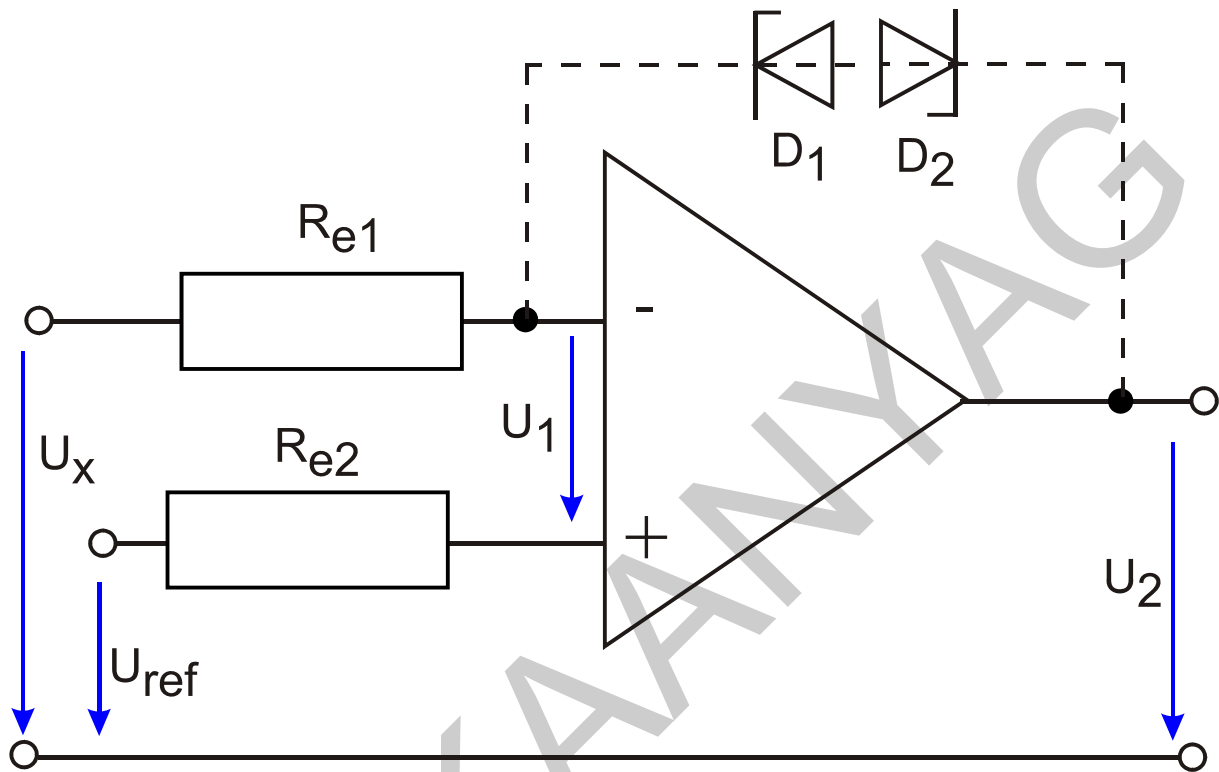


10. ábra. Erősítési tényező

8. Komparátor

A komparátorral (összehasonlítóval) egy ismeretlen U_x feszültség viszonyítható egy ismert U_{ref} referenciafeszültséghez. $U_x > U_{ref}$ esetén a műveleti erősítő teljesen kivezérlődik, és kimenetén a maximális pozitív feszültség jelenik meg. Két antiparallel módon kapcsolt Z-diódával a feszültségtartomány a kívánt határokon belül tartható. Az U_x feszültségnek egy nagyon kis U_1 bemeneti feszültséggel nagyobbnak vagy kisebbnek kell lennie, mint U_{ref} . U_1 értéke $1 \mu\text{V}$ körüli vagy kisebb.

Sok kapcsolásban, pl. a szabályozástechnikában kétpont-szabályozás esetén a komparátornak meghatározott U_{diff} kapcsolási feszültségkülönbség esetén kell átbillennie. Az U_{diff} kapcsolási feszültségkülönbség R_2 pozitív visszacsatoló ellenállással biztosítható. Minél kisebb az R_2 pozitív visszacsatoló ellenállás, annál nagyobb az U_{diff} kapcsolási feszültségkülönbség.

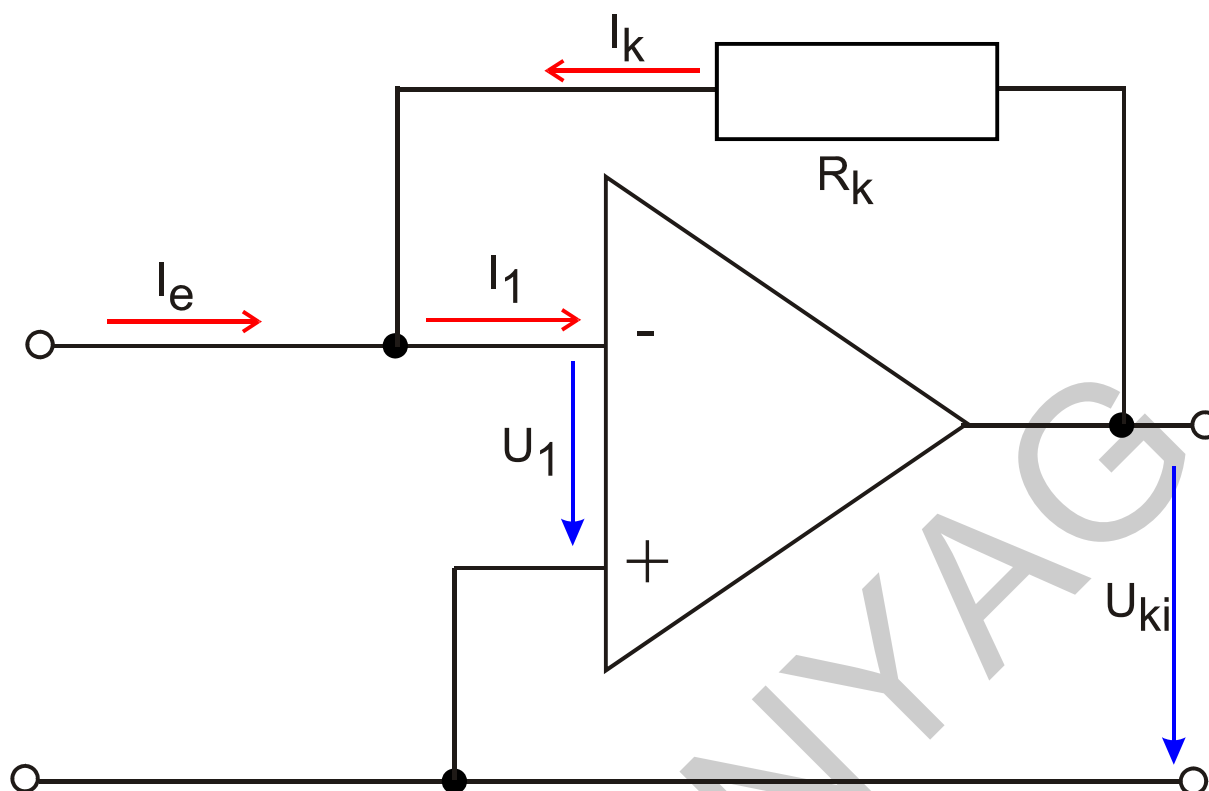


11. ábra. Komparátor

9. Áram-feszültség átalakító

Az áram-feszültség átalakítóval az I_{be} áram gyakorlatilag hibamentesen átalakítható vele arányos U_{ki} jelfeszültséggé. A műveleti erősítő bemeneti U_1 feszültségesése a nagy feszültségerősítési tényező miatt (pl. $A_0=200000$) elhanyagolhatóan kicsi U_{ki} -hez képest. A műveleti erősítő igen nagy bemeneti ellenállása miatt (pl. $10^9 \Omega$) az I_1 áram elhanyagolható az átalakítandó I_{be} áramhoz képest.

Például $I_1=-0.1\mu A$ esetén $U_{ki}=1V$ a jelfeszültség, ha $R_2=1M\Omega$. Ez a feszültség állandó egészen a műveleti erősítő megengedhető terhelőáramáig, ami általában 20 mA.



12. ábra. Áram-feszültség átalakító

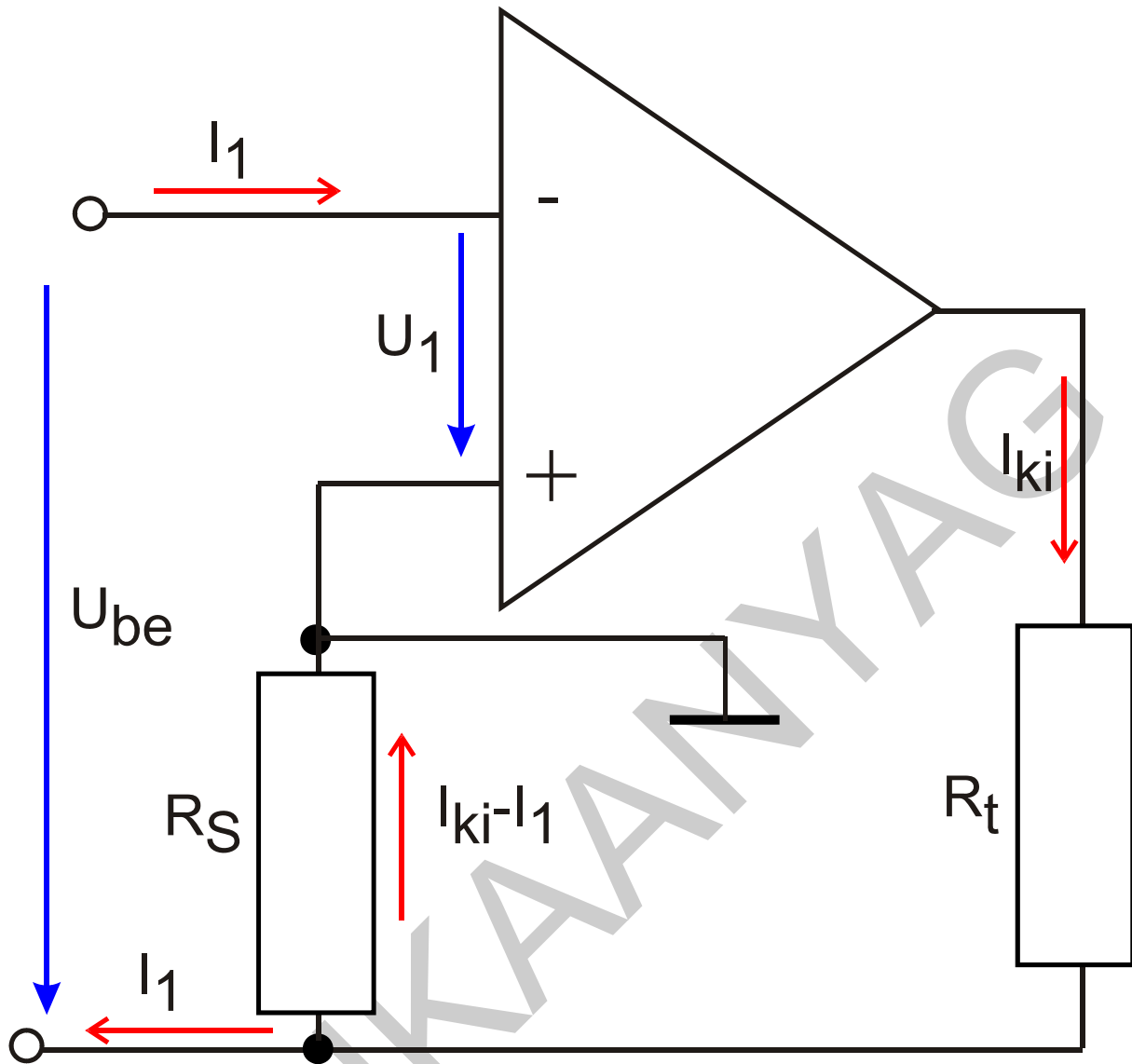
- U_{ki} a kimeneti feszültség,
- I_{be} a bemeneti áram, $U_{ki} \approx -R_k \cdot I_{be}$
- R_k a visszacsatoló ellenállás.

Az áram-feszültség átalakító kimeneti feszültsége a bemeneti árammal arányos.

10. Feszültség-áram átalakító

A feszültség-áram átalakítónál az I_{ki} kimeneti áram arányos az U_{be} bemeneti feszültséggel.

A kimeneti áram független az R_t terhelő-ellenállás értékétől, de csak olyan lehet, hogy a műveleti erősítő kimeneti feszültsége ne lépje túl a megengedett értéket.



13. ábra. Feszültség-áram átalakító

- $U_1 \approx 0$ és $I_1 \approx 0$ esetén $U_{be} \approx -I_{ki} \cdot R_s$
 - I_{ki} a kimeneti áram,
 - U_{be} a bemeneti feszültség,
 - R_s az árambeállító ellenállás.
- $$I_{ki} \approx -\frac{U_{be}}{R_s}$$

A feszültség-áram átalakító kimeneti árama terhelésfüggetlen és a bemeneti feszültséggel arányos.

A feszültség-áram átalakítót pl. érzékelőknél használják nagy távolságú jelátvitelhez, ahol az elküldött jeláramok nem változhatnak a változó vezeték-ellenállás és csatlakozási ellenállások hatására. A vevőoldalon a vett jeláramot áram-feszültség átalakítóval visszaalakítják jelfeszültséggé.

Példa:

Számítsuk ki a maximális terhelő-ellenállás értékét, ha a feszültség-áram átalakítónál $R_S=10\Omega$, $U_{be}=-10\text{mV}$ és $U_{ki\max}=10\text{V}$.

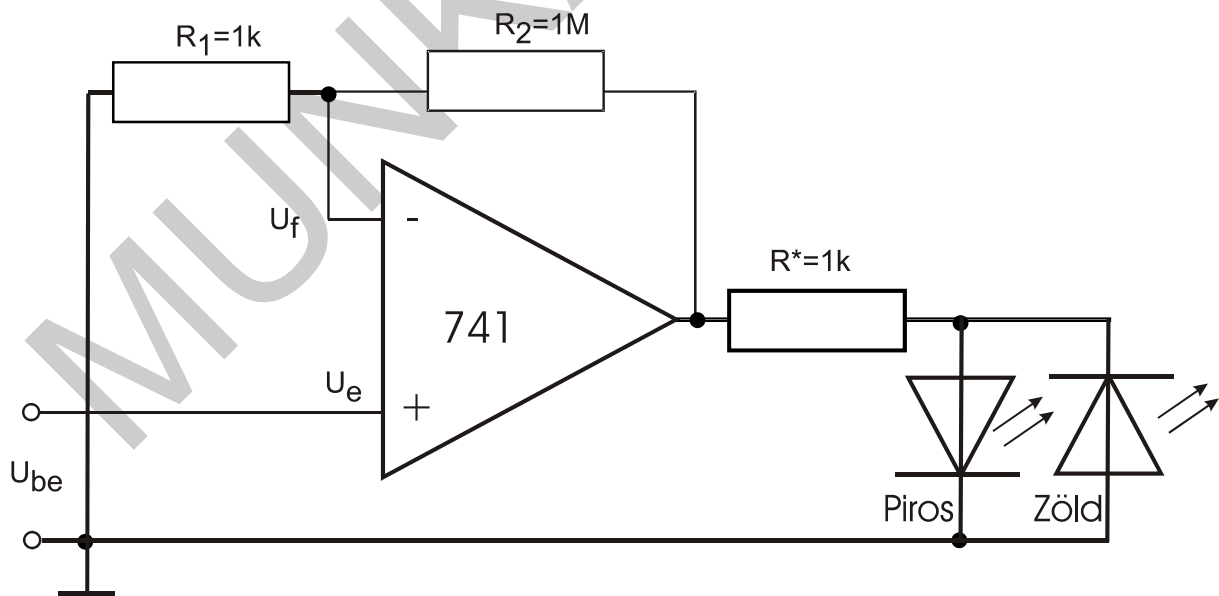
Megoldás:

$$I_{ki} \approx -\frac{U_{be}}{R_S} = -\frac{-10\text{mV}}{10\Omega} = 1\text{mA};$$

$$R_{t\max} = \frac{U_{ki\max}}{I_{ki}} - R_S = \frac{10\text{V}}{1\text{mA}} - 10\Omega = 9.99\text{k}\Omega$$

Összefoglalás**Feszültség detektor készítése**

Hídmódszerrel való méréseknél a híd kiegyenlítetttségét érzékeny műszerrel („galvanométer”) detektálják. Ezek drágák, de igen egyszerűen pótolhatók a 14. ábrán látható kapcsolás segítségével. Ennél a kapcsolásnál pozitív bemenő feszültség esetén a piros, negatívnál a zöld világító dióda (LED) világít. A kapcsolás lényege egy ezerszeres erősítésű egyenes erősítő, amelynek kimenetére LED-eket kapcsolunk. Az R^* ellenállás feladata a LED-ek áramának korlátozása. Egy intenzíven világító LED-en típustól függően kb. 1 – 1,5 V feszültség esik. Ez – az 1000-szeres erősítés figyelembevételével – azt jelenti, hogy 1 mV bemeneti feszültség már észrevehető fényt hoz létre. (Megjegyezzük, hogy az offset feszültséget kompenzálni kell; l. „A műveleti erősítők I.” című fejezetet.)



14. ábra. Feszültség detektor

A komparátorok két feszültséget hasonlítanak össze. Az összehasonlítás eredményét a kimeneten jelzik. A kimenet csak két feszültség értéket vehet fel. A komparátor célra gyártott áramkörök kimeneti feszültsége a logikai áramkörök feszültség szintjeihez illeszkedik.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Ez a tartalomelem igényli az előismereteket.

Ilyenek az

- elektrotechnikai alapfogalmak,
- passzív és aktív áramköri alkatrészek,
- a félvezető áramköri elemek,
- félvezető diódák,
- tranzisztorok,
- az elektronikai alapáramkörök ismerete
- kétpólusok,
- négy-pólusok,
- erősítő alkapcsolások,
- műveleti erősítők,
- elektronikai áramkörök szerelési technológiái.

Az egyes fogalmak szorosan épülnek egymásra. Az elektrotechnikai alapok ismerete nélkül nem lesz érthető az anyag.

Ez a tananyagelem elméletigényes gyakorlattal sajátítható el. Az alapelvek nagyon fontosak, de nem érnek semmit sem, ha nem lehet azt a gyakorlatban is kipróbálni.

A tananyag-vázlat megmutatja azt a tíz feladatcsoportot, amelyet végre kell hajtani a tananyag elsajátításához.

- Invertáló- (fázisfordító) erősítők,
- Neminvertáló erősítők,
- Impedanciaváltók,
- Összegzőerősítő,
- Kivonóerősítő,
- Differenciálóerősítő,
- Integrálóerősítő,
- Komparátor,
- Áram-feszültség átalakító,
- Feszültség-áram átalakító.

Az alábbi elektronikus elérhetőségen talál további példákat, valamint műveleti erősítő típusok leírását, belső kapcsolásokat.

<http://eki.sze.hu/ejegyzet/ejegyzet/borbelyg2/jegyzet/keret.html>

Műveleti erősítők felhasználásával készült kapcsolásokat talál Szücs Lászlóné Elektronikus áramkörök című könyvében.

A témakörhöz tartozó ismeretek gyakorlati alkalmazásához szükség az alábbi készségek fejlesztése:

Írott szakmai szöveg megértése

A témakörhöz tartozó ismeretek gyakorlati alkalmazásához szükség az alábbi személyes (Sze), társas (Tá), módszer (Mó) kompetenciák fejlesztéséhez:

- Mennyiségérzék,
- Tömör fogalmazás készsége,
- Logikus gondolkodás,
- Áttekintő képesség,
- Rendszerező képesség,
- Ismeretek helyén való alkalmazása,
- Numerikus gondolkodás, matematikai készség,
- Módszeres munkavégzés,
- Gyakorlatias feladatértelmezés,
- Körültekintés, elővigyázatosság,
- Figyelem-összpontosítás,
- Figyelemmegosztás.

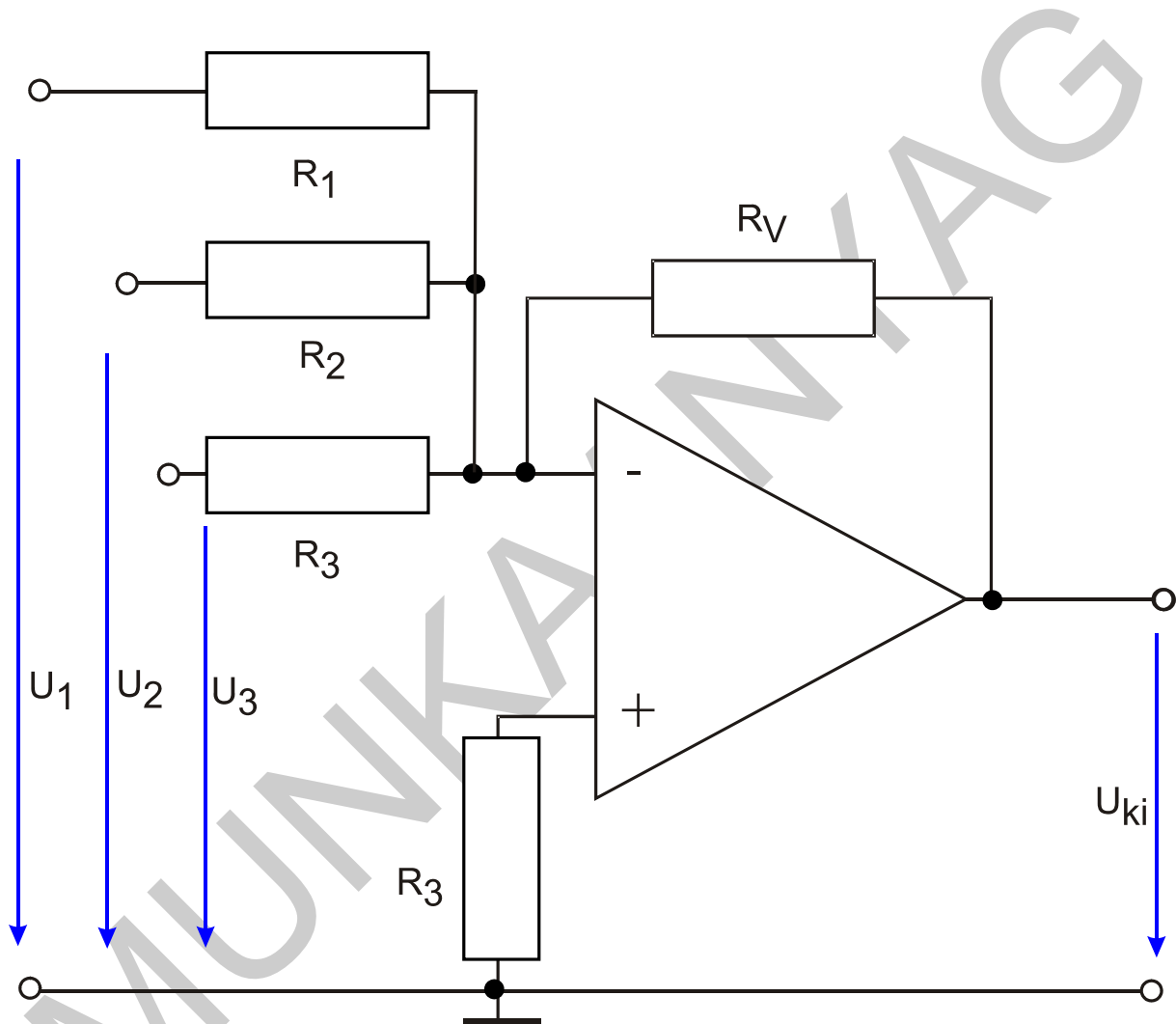
Javasolt tanulói tevékenységforma az ismeretek feldolgozásához:

Az írott szakmai szöveg feldolgozása után az önellenőrző kérdések megválaszolása, a feladatok megoldása, internetről katalóguslapok letöltése.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Az alábbi ábrán látható műveleti erősítővel felépített összegző áramkör maximális kimeneti feszültsége $-U_{\max}=10$ V. Számítsa ki az R_1 , R_2 , R_3 és R_k ellenállások értékét!



15. ábra. Műveleti erősítővel felépített összegző áramkör

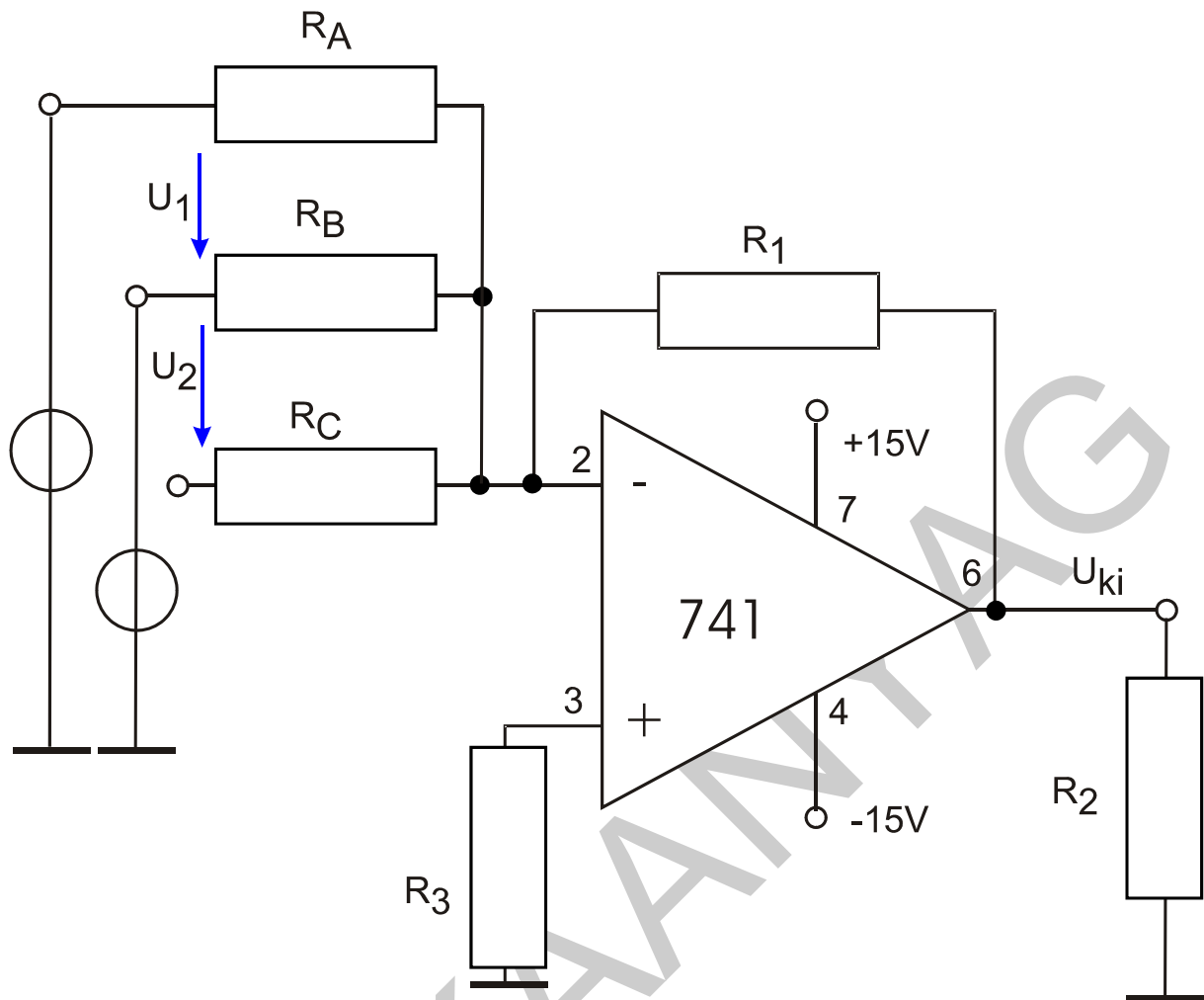
Adatok: $R_v=400\text{k}\Omega$, $R_2=2\cdot R_1$, $R_3=4\cdot R_1$, $U_{1\max}=1.2\text{V}$, $U_{2\max}=1.4\text{V}$, $U_{3\max}=2.4\text{V}$. A bemeneti feszültségeket szolgáltató generátorok ideálisak.



2. feladat

Műveleti erősítés összeadó áramkör építése.

MUNKAANYAG



16. ábra. Műveleti erősítő összeadó áramkör

A kapcsolási rajz alapján írja le a kapcsolás működését!

Az elkészítéshez szükséges anyagok, eszközök:

Ellenállások: minden ellenállás 0.25 W terhelhetőségű.

- 1 db 1 k Ω (R3)
- 4 db 2k Ω (R2, RA, RB, RC)
- 1 db 4 k Ω (R1)

Potenciométer:

2 db 1 k Ω /A, 2 W.

Integrált áramkör:

1 db μ A 741.

Egyéb szerelvények:

- 1 db DIL 8-as IC foglalat,
- 3 db \varnothing 1x8 mm-es bekötőcsap,
- átkötő huzalok, forrasztóon.

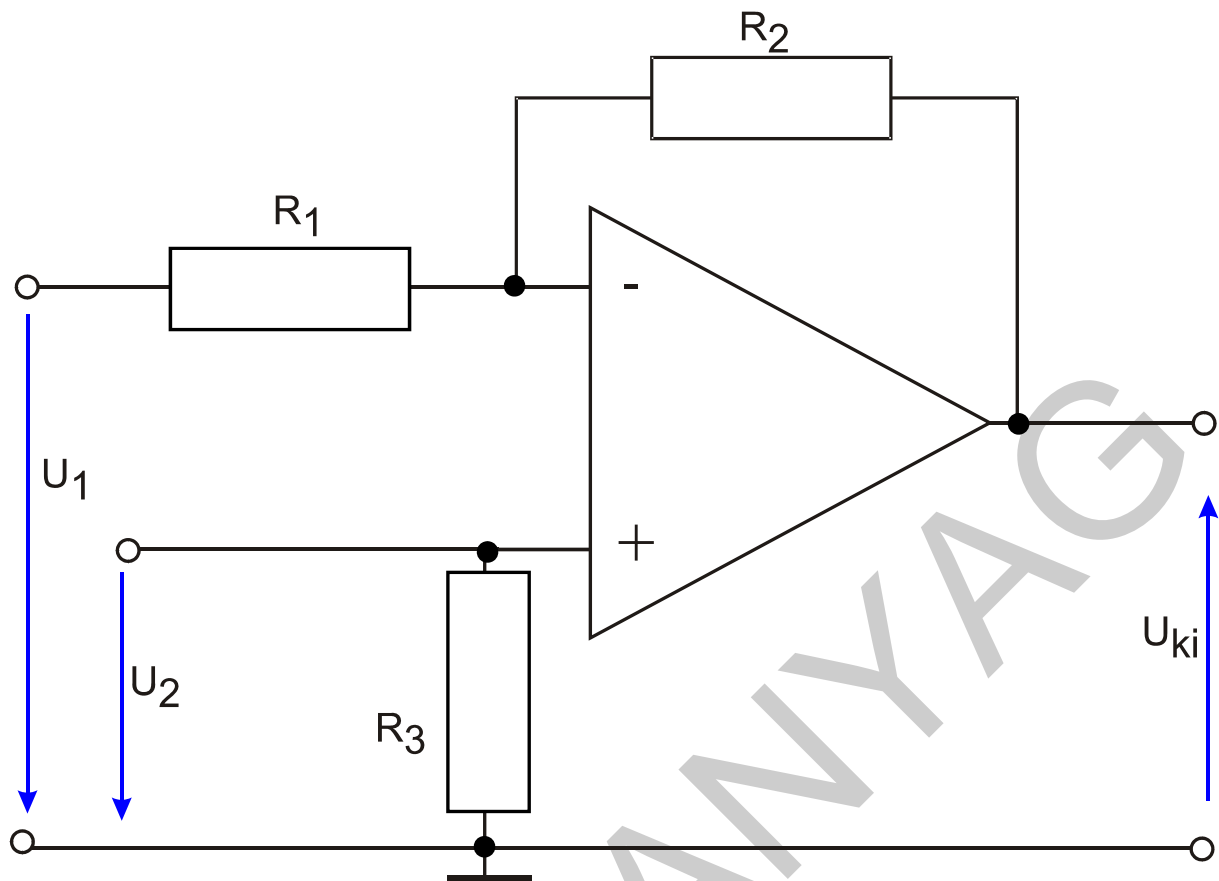
Szerszámok, műszerek:

- oldalcsípő- és rádiósfogó, csipesz, óras csavarhúzó, forrasztópáka.
- Változtatható feszültségű kettős tápegység, digitális multiméter.

A nyomtatott áramkör készítésénél tanultak alapján készítsük el a nyomtatott áramköri panelt, és bekötés helyesen forrasszuk be a szükséges alkatrészeket!

3. feladat

Számítsa ki az alábbi kivonó áramkör kimeneti feszültségét és a R₃ ellenállását!

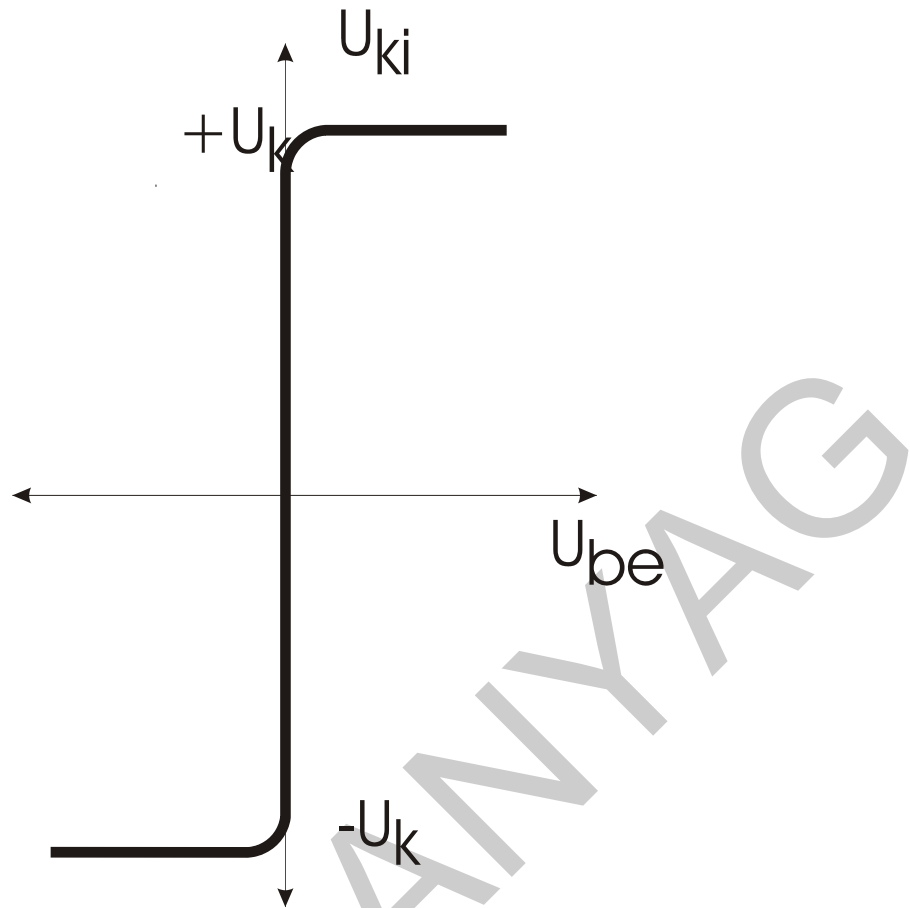


17. ábra. Kivonó áramkör

Adatok: $R_1 = 50 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 75 \text{ k}\Omega$, $U_1 = 5 \text{ V}$, $U_2 = 4 \text{ V}$.

4. feladat

Miként állítható elő az alábbi ábra szerinti transzfer karakterisztika műveleti erősítővel?

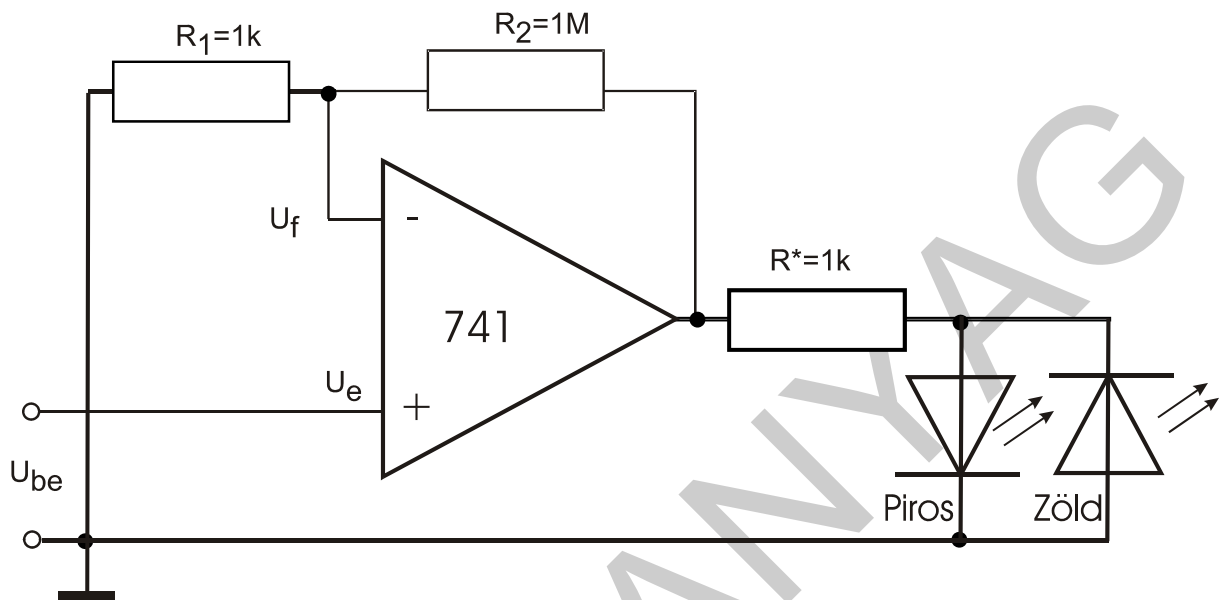


18. ábra. Ugrási transzfer karakterisztika

MUNKYBANYAG

5. feladat

Állítsa össze az ábrán látható kapcsolást és mérje meg, hogy milyen U_{be} értéknél világít a piros és mikor a zöld LED! Mérje meg azt a tartományt, amelyben egyik LED fénye sem világít!



19. ábra. Feszültség detektor kapcsolása

MEGOLDÁSOK

1. feladat

$$\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} + \frac{U_{ki}}{R_v} = 0$$

$$U_{ki \max} = -R_v \cdot \left(\frac{U_{1 \max}}{R_1} + \frac{U_{2 \max}}{2R_1} + \frac{U_{3 \max}}{4R_1} \right) = -\frac{R_v}{R_1} \cdot \left(U_{1 \max} + \frac{U_{2 \max}}{2} + \frac{U_{3 \max}}{4} \right).$$

$$R_1 = \frac{R_v}{|U_{ki \max}|} \cdot \left(U_{1 \max} + \frac{U_{2 \max}}{2} + \frac{U_{3 \max}}{4} \right) = \frac{400}{10} \cdot (1.2 + 0.7 + 0.6).$$

$$R_1 = 100 \text{k}\Omega; \quad R_2 = 200 \text{k}\Omega; \quad R_3 = 400 \text{k}\Omega.$$

$$R_K = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_v = 100 \times 200 \times 400 \times 400 = 50 \text{k}\Omega.$$

2. feladat

Az áramkör működése. A kapcsolási rajz alapján megállapítható, hogy a műveleti erősítővel kialakított áramkör az A és B bemenetiről összegzőként, a C bemenetről kivonó áramkörként működhet. Vegyük észre azt is, hogy a C bemeneten az R_C és R_3 feszültségosztót alkot! Az áramkör kimenetén az A és B bemenetekre kapcsolt jelek összegének $-A_u$ -szorosát kapjuk. A kimeneten a C bemenetre kapcsolt jel A_u -szorosa jelenik meg (neminvertáló erősítő).

3. feladat

$$U_{ki1} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_1 = -\frac{75}{50} \cdot 5 = -7.5 \text{V}.$$

$$U_{ki2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot U_2 = \left(1 + \frac{75}{50} \right) \cdot 4 = 10 \text{V}.$$

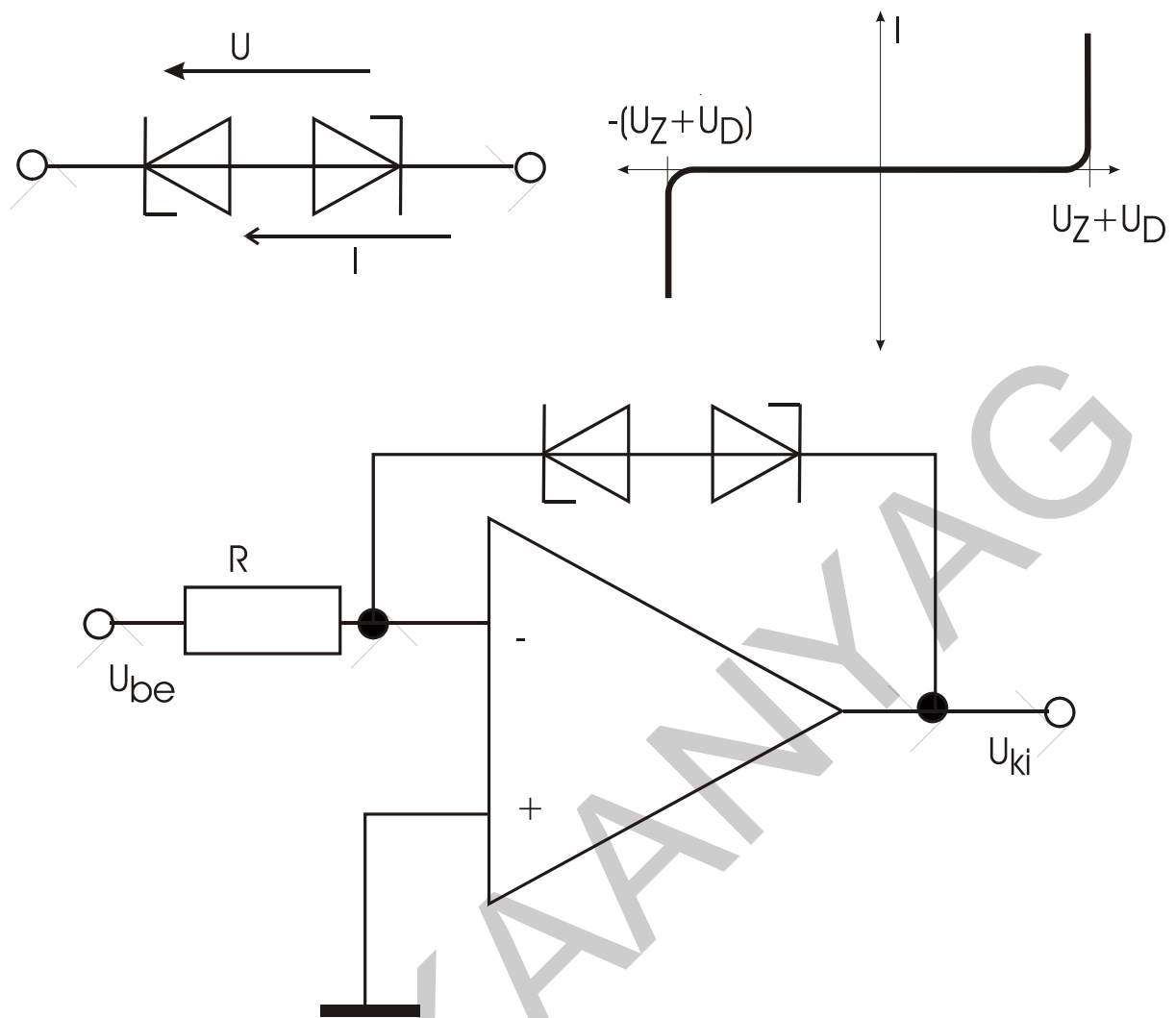
$$U_{ki} = U_{ki2} - U_{ki1} = 10 - 7.5 = 2.5 \text{V}.$$

$$R_3 = R_1 \times R_2 = 30 \text{k}\Omega$$

4. feladat

A transzfer karakterisztika egyik lehetséges megoldás a Zener-diódás osztón alapul. Itt az egyik dióda Zener üzemben dolgozik, a másik ugyanakkor nyitó irányban van, így az osztó karakterisztikája az U_z letörési feszültséghez mindig hozzáadódik a nyitott dióda U_D feszültségejtése.

Amennyiben a Zeneres osztót egy műveleti erősítő visszacsatoló ágába iktatjuk, akkor a kapcsolás kimenő karakterisztikája megegyezik az előállítani kívánt karakterisztikával.



20. ábra. Visszacsatolás Zener osztóval

5. feladat

- -19 és -1.75V között világít a piros LED,
- 1.73 és 1.96 között a zöld LED.
- A kettő érték között egyik sem világít.

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Réti Gyula: Elektronikus gyakorlatok, Analóg áramkörök, Nemzeti Tankönyvkiadó – Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2003.

Szittyá Ottó: Digitális és Analóg Technika I. II. LSI Oktatóközpont Budapest, 1999.

Szücs Lászlóné: Elektronikus áramkörök. Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 1999.

Zombori Béla: Elektronika. Nemzeti Tankönyvkiadó – Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2003

Zombori Béla: Elektronikai feladatgyűjtemény. Nemzeti Tankönyvkiadó – Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2003

AJÁNLOTT IRODALOM

Hainzmann – Varga – Zoltai: Elektronikus áramkörök. Tankönyvkiadó Budapest. 1992.

A(z) 0917-06 modul 041-es szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 523 01 0000 00 00	Elektronikai technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
12 óra

MUNKANYELV

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató