

Elektronika

- Laboratórium Gyakorlat-

Jegyzőkönyv

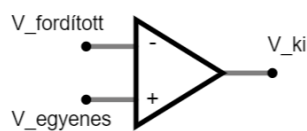
11. gyakorlat

2023. november 27.

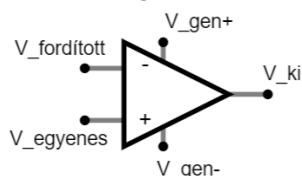
Elméleti összefoglaló

Miután az előző heti laborokon megismerkedtünk azzal, hogy a hálózatban bőségesen megtalálható áramot, hogyan kell átalakítani egyenárammá, ami számunkra jobban felhasználható, most azt fogjuk ezen a héten vizsgálni, hogy mire is tudjuk felhasználni. Az egyik fő felhasználása az elektronikai berendezéseknek, áramköröknek, hogy valamilyen folyamatot elvégezzenek, azt valamilyen „rendezői elv”, szabály szerint elvégezzék. Ehhez szükség van egy logikai vezérlésre, aminek az alapkövét fogjuk ezen a héten vizsgálni.

Az eddigi tanulmányunk alapján látjuk, hogy léteznek feszültségeink, amiket multiméterrel megtudtunk mérni és továbbá aktív komponensekkel tudtuk változtatni, hogy az ezekhez tartozó töltések mozogjanak-e. Most az **alapvető matematikai műveletek** bevezetésével, a **műveleti erősítőkkel** ennél összetettebb viselkedést is el tudunk majd érni.



1. ábra Logikai áramkör



A műveleti erősítő, egy olyan alkatrész, ami más logikai és fizikai bemenetekkel rendelkezik. Logikai szempontból két bemenete és egy kimenete van, ahol egy egyszerű képlet szerint viselkedik:

$$V_{ki} = A_{gen} \cdot (V_{egyenes} - V_{fordított})$$

A valós/fizikai áramköri ábrán viszont látszódik, hogy van két plusz bemenete, ami az „általá elérhető” feszültség pozitív és negatív polaritásában. Ez képzi a felső határát annak, hogy mekkora feszültségre tud a műveleti erősítő erősíteni, másszóval a legnagyobb V_{ki} amit ki tud adni. Ideális esetben a A_{gen} nagysága végtelen, viszont a valóságban ez $|V_{gen}|$ -vel egyenlő.

A műveleti erősítők működése két üzemmódban elterjedt: nyílthurok és zárthurok működésben. A hurok itt azt jelenti, hogy a V_{ki} kimenet valamilyen módon össze van kötve a $V_{fordított}$ bemenettel. Ha ez a zárthurok teljesül, akkor kényszerszerűen (ha képes rá) a műveleti erősítő akkora feszültséget fog teremteni, hogy a $V_{fordított} = V_{egyenes}$ egyenlőség igaz legyen.

Az ideális műveleti erősítőnek a két bemenete között **NEM** folyik áram. Továbbá a műveleti erősítő nem csak pozitív feszültséget tud kiadni. Ezt a két tulajdonságot ki fogjuk használni a következő áramkörökben.

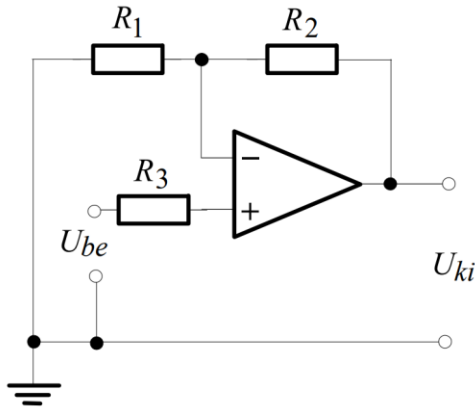
Ezt a tudást felvértézve azzal, hogy ismerjük a feszültségosztó áramkörök működését már eléggé összetett áramköröket tudunk összerakni. Az első ilyen az invertáló és nem invertáló erősítő áramkör. A koncepció itt az, hogy van egy adott bemeneti feszültségünk V_{be} és ezt egy tetszőleges β szorosra tudjuk erősíteni két (három) ellenállás segítségével. A nem invertáló erősítőnél a bemeneti feszültség az egyenes lábon fekszik és az érték meghatározásához a következő képletet használjuk: $\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$, amiből látszik, hogy 1-nél kisebb erősítésre nem képes. Az invertáló erősítésnél a bemenet a fordított lábra van kötve és ez a képlet írja le: $\beta = -\frac{R_2}{R_1}$. Nevéből adódóan látszik, hogy ez megfordítja az áram irányát, ami általában nem egy probléma.

A szuperpozíció tétel segítségével, ha több bemenetet is kapcsolunk ezekre az áramkörökre, akkor a kimenet összeadás (nem invertáló bemenet) és kivonás (invertáló bemenet) műveletet elvégzésére képes. Diódák bevezetésével meg logaritmikus és exponenciális műveleteket lehet elvégezni.

Feladatok

1. Feladat

Készítsen 11-szeres erősítésű erősítőt (lásd alábbi ábra), legyen $R_1 = 10\text{k}\Omega$, $R_3 = 0$, R_2 értékét pedig számítsa ki! Legalább 15 mérési pont felhasználásával ábrázolja az $U_{ki}(U_{be})$ függvényt! Az ábrákon jól látható legyen, hogy mely tartományban működnek helyesen az erősítők. Az erősítés értékét egyenes illesztésével határozza meg!



Adatok

$$R_1 = 10000\Omega$$
$$R_3 = 0\Omega$$

R_2 számítása

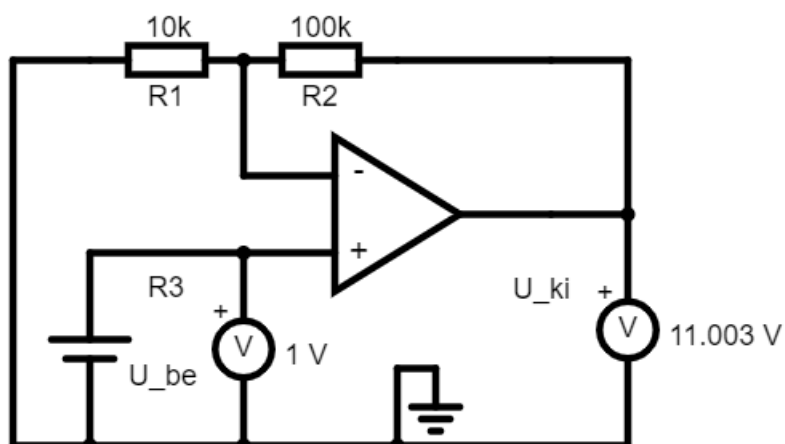
A nem invertáló erősítő képletének ($\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$) felhasználásával történik.

$$V_{be} = V_{ki} \cdot \beta = V_{ki} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = V_{ki} \cdot \frac{10000\Omega}{10000\Omega + R_2}$$

Az erősítés miatt tudjuk, hogy:

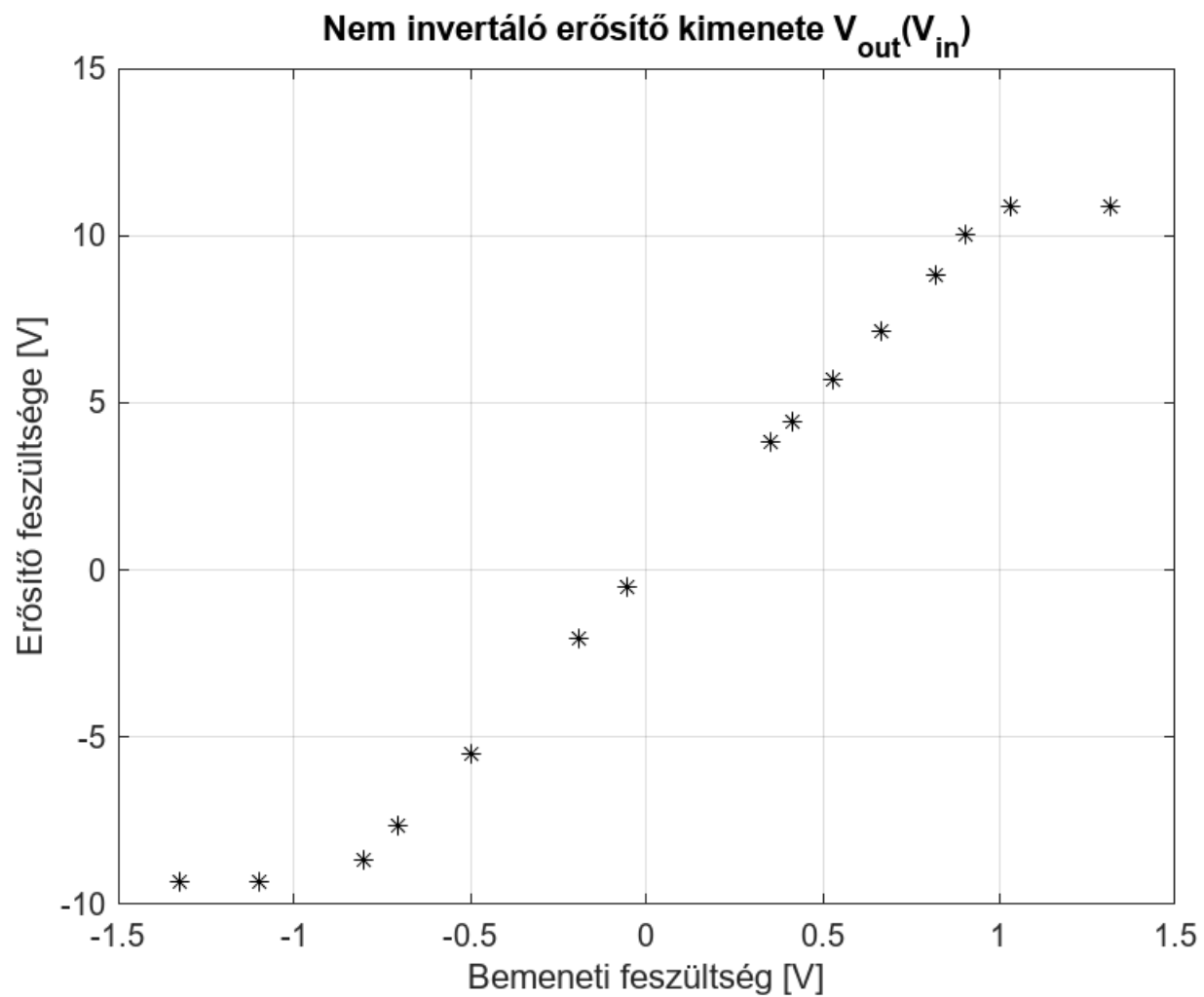
$$V_{ki} = V_{be} \cdot \beta = \frac{1V}{11} = \frac{1}{11}V$$
$$\frac{1}{11}V = \frac{10000\Omega}{10000\Omega + R_2}$$
$$\frac{10000\Omega + R_2}{11} = 10000\Omega$$
$$10000\Omega + R_2 = 111000\Omega$$
$$R_2 = 100000\Omega = 100\text{k}\Omega$$

Áramkör



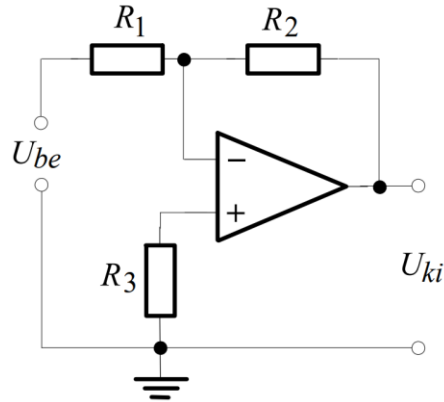
Mérés

| | Bemeneti feszültség (V) | Erősítő feszültsége (V) |
|----|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 1.3170 | 10.8900 |
| 2 | 1.0310 | 10.8800 |
| 3 | 0.9040 | 10.0500 |
| 4 | 0.8200 | 8.8400 |
| 5 | 0.6660 | 7.1400 |
| 6 | 0.5270 | 5.7100 |
| 7 | 0.4120 | 4.4500 |
| 8 | 0.3530 | 3.8500 |
| 9 | -0.0540 | -0.5250 |
| 10 | -0.1940 | -2.0700 |
| 11 | -0.5000 | -5.5000 |
| 12 | -0.7070 | -7.6300 |
| 13 | -0.8040 | -8.6900 |
| 14 | -1.0980 | -9.3500 |
| 15 | -1.3270 | -9.3500 |



2. Feladat

Készítsen $-4,7$ -szeres erősítésű (fordító) erősítőt (lásd alábbi ábra), legyen $R_1 = 10k\Omega$, $R_3 = 0$, R_2 értékét pedig számítsa ki! Legalább 15 mérési pont felhasználásával ábrázolja az $U_{ki}(U_{be})$ függvényt! Az ábrákon jól látható legyen, hogy mely tartományban működnek helyesen az erősítők. Az erősítés értékét egyenes illesztésével határozza meg!



Adatok

$$R_2 = 10000\Omega$$

$$R_3 = 0\Omega$$

R_2 kiszámítása

Az invertáló erősítő képletének ($\beta = -\frac{R_2}{R_1}$) felhasználásával történik.

$$V_{be} = V_{ki} \cdot \beta = -V_{ki} \cdot \frac{R_2}{R_1} = -V_{ki} \cdot \frac{R_2}{10000\Omega}$$

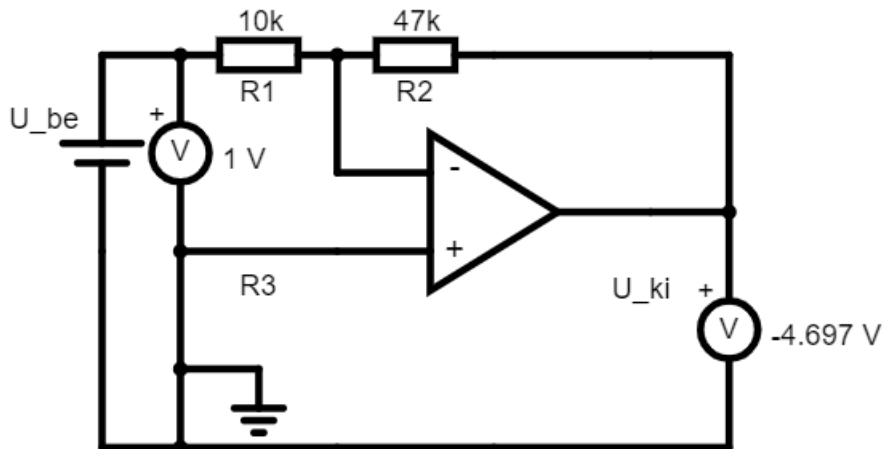
Az erősítés miatt tudjuk, hogy:

$$V_{ki} = -V_{be} \cdot 4,7 = -1V \cdot 4,7 = -4,7V$$

$$-4,7V = \frac{R_2}{10000\Omega}$$

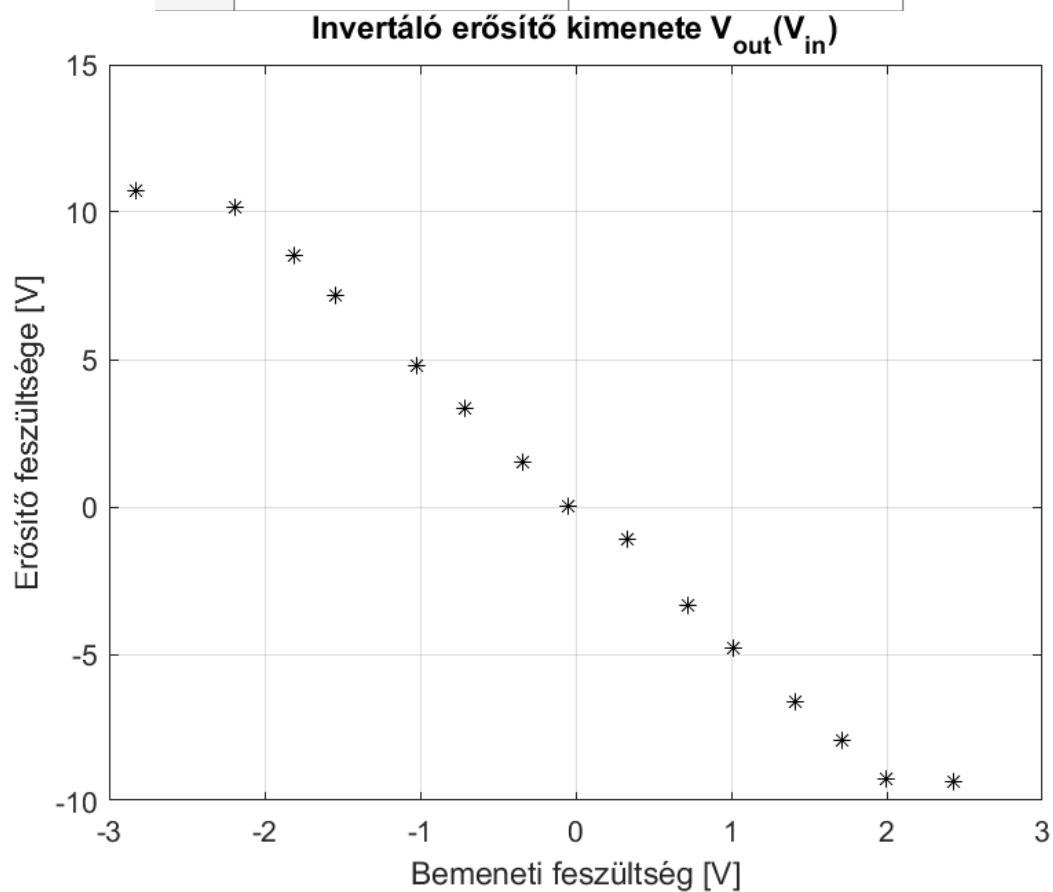
$$R_2 = 47000\Omega = 47k\Omega$$

Áramkör



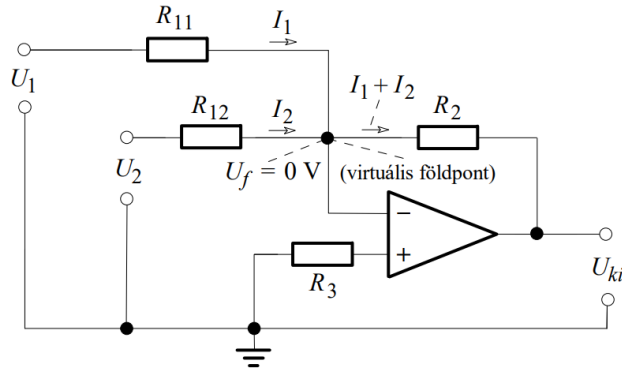
Mérés

| | Bemeneti feszültség (V) | Erősítő feszültsége (V) |
|----|-------------------------|-------------------------|
| 1 | -2.8260 | 10.7300 |
| 2 | -2.1880 | 10.1800 |
| 3 | -1.8130 | 8.5100 |
| 4 | -1.5410 | 7.1900 |
| 5 | -1.0200 | 4.8100 |
| 6 | -0.7150 | 3.3300 |
| 7 | -0.3390 | 1.5100 |
| 8 | -0.0500 | 0.0296 |
| 9 | 0.3290 | -1.1100 |
| 10 | 0.7240 | -3.3300 |
| 11 | 1.0150 | -4.7700 |
| 12 | 1.4090 | -6.6000 |
| 13 | 1.7110 | -7.9400 |
| 14 | 1.9970 | -9.2400 |
| 15 | 2.4330 | -9.3400 |



3. Feladat

Készítsen (-1) -szeres erősítésű összegző erősítőt (lásd alábbi ábra) és mérje meg az $U_{ki}(U_{be,1}, U_{be,2})$ függvényt! Legyen $R_2 = 10k\Omega$, $R_3 = 0$, a többi ellenállás értékét számítsa ki! Legalább 25 mérést végezzen! U_{ki} értékét $U_{be,2} - U_{be,1}$ függvényében ábrázolja!



Adatok

$$R_1 = 10000\Omega$$

$$R_3 = 0\Omega$$

R_{11} és R_{12} számítása

Az invertáló erősítő képlete ($\beta_x = -\frac{R_2}{R_{1x}}$) alapján állapíthatók meg.

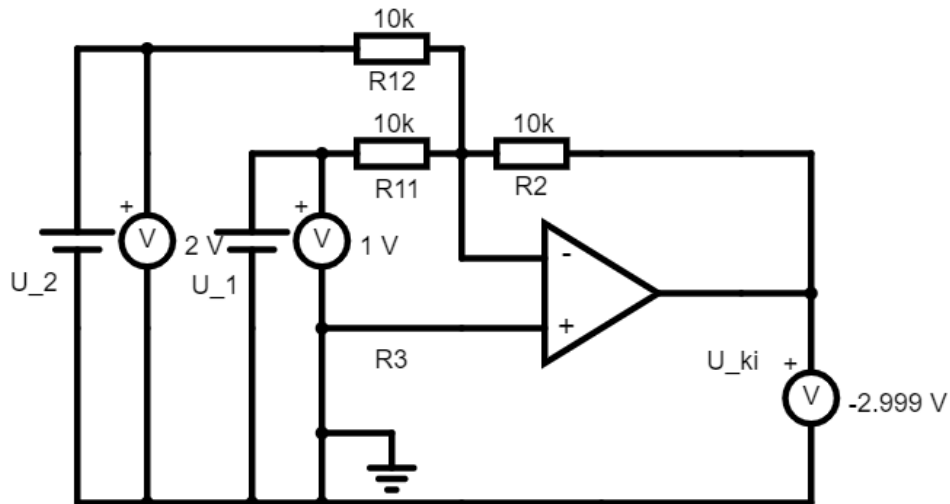
$$V_{ki} = (-V_1\beta_1 - V_2\beta_2) = -V_1 \cdot \frac{10000\Omega}{R_{11}} - V_2 \cdot \frac{10000\Omega}{R_{12}}$$

$$-1 = -\frac{10000\Omega}{R_{11}} = -\frac{10000\Omega}{R_{12}}$$

$$R_{11} = 10000\Omega$$

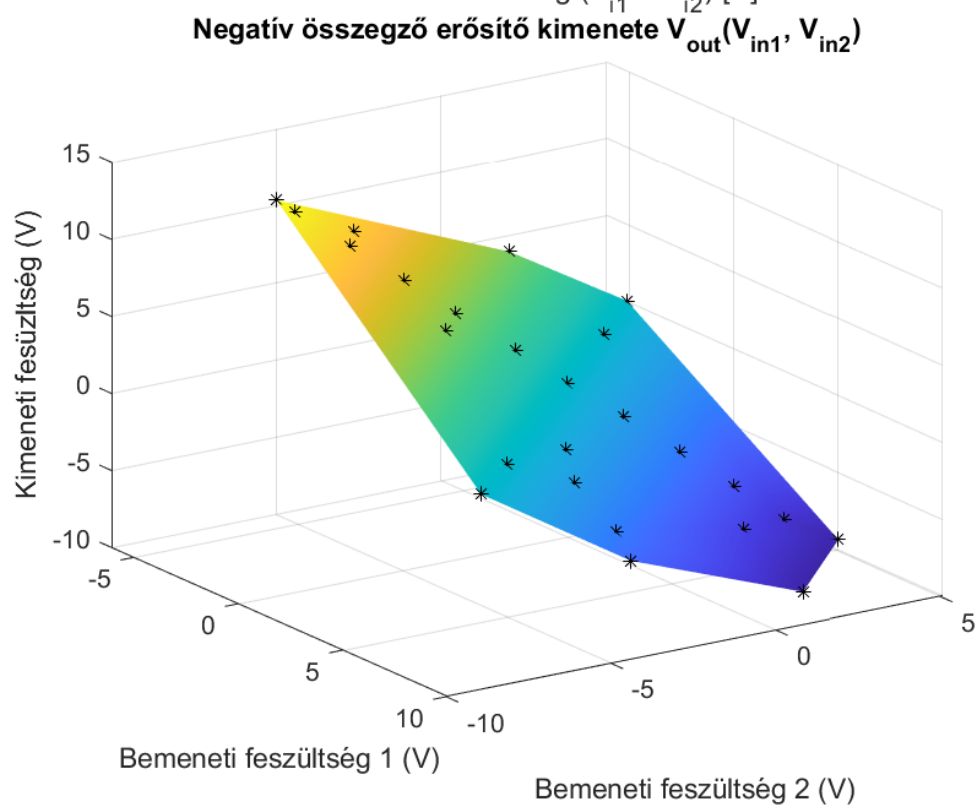
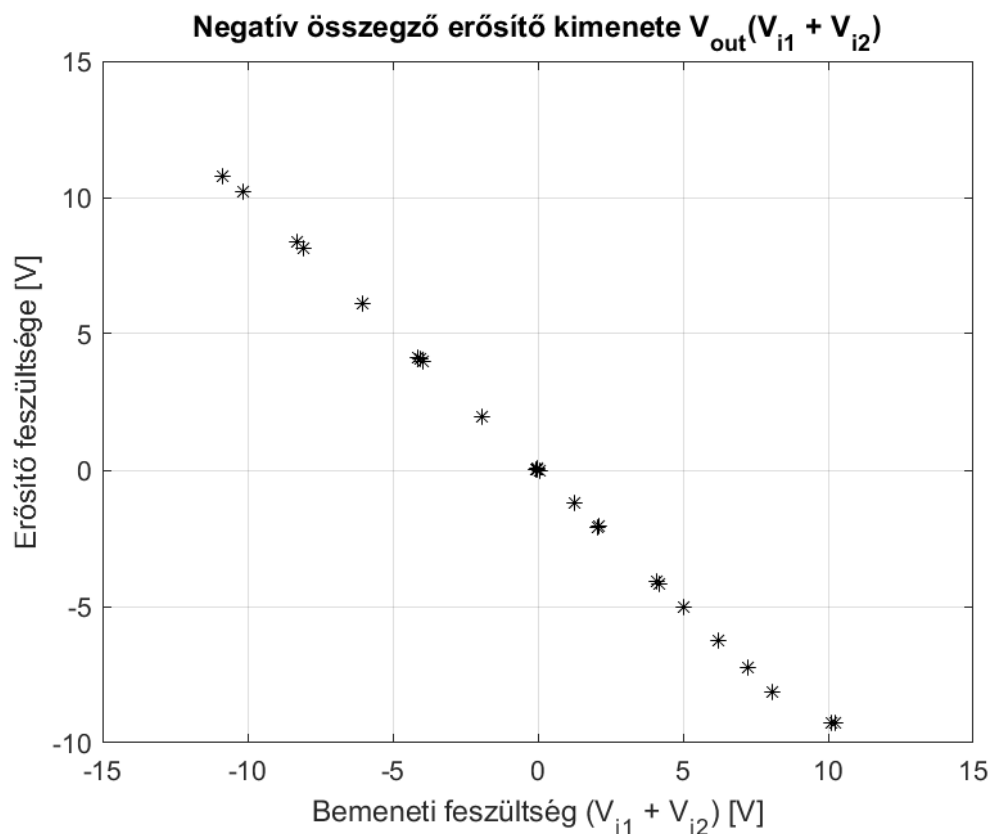
$$R_{12} = 10000\Omega$$

Áramkör



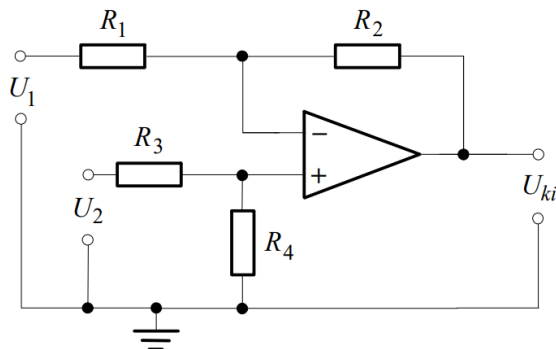
Mérés

| | Bemeneti feszültség 1 (V) | Bemeneti feszültség 2 (V) | Erősítő feszültsége (V) |
|----|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | -5.5800 | -5.2900 | 10.7900 |
| 2 | -5.0800 | -5.0700 | 10.2200 |
| 3 | -4.0600 | -4.0100 | 8.1400 |
| 4 | -3.0400 | -3.0200 | 6.1100 |
| 5 | -2.0410 | -2.0890 | 4.1500 |
| 6 | -0.9600 | -0.9700 | 1.9520 |
| 7 | -0.0013 | 0.0010 | 0.0020 |
| 8 | 1 | 1.0710 | -2.0790 |
| 9 | 2.0750 | 2.1170 | -4.1900 |
| 10 | 3.0850 | 3.1120 | -6.2300 |
| 11 | 4.0700 | 4.0200 | -8.1500 |
| 12 | 5.0900 | 5.0100 | -9.2700 |
| 13 | 5.1100 | -5.0600 | -0.0070 |
| 14 | 7.0500 | -7.0700 | 0.0860 |
| 15 | -5.1400 | 5.0700 | 0.0280 |
| 16 | -3.0600 | 3.0300 | 0.0010 |
| 17 | -1.0060 | -3.0400 | 4.0900 |
| 18 | 5.1500 | -3.0400 | -2.0700 |
| 19 | 5.1500 | 2.0800 | -7.2600 |
| 20 | -6.0600 | 2.0800 | 3.9700 |
| 21 | 3.5600 | -2.3000 | -1.2000 |
| 22 | 8.4200 | 1.8300 | -9.2700 |
| 23 | 8.4200 | -3.3900 | -5 |
| 24 | -4.9200 | -3.3900 | 8.3700 |
| 25 | 7.0800 | -2.9900 | -4.0800 |



4. Feladat

Készítsen 1-szeres erősítésű különbségképző erősítőt (lásd alábbi ábra) és mérje meg az $U_{ki}(U_{be,1}, U_{be,2})$ függvényt! Legyen $R_2 = 10k\Omega$, a többi ellenállás értékét számítsa ki! Mindkét esetben legalább 25 mérést végezzen! U_{ki} értékét $U_{be,2} - U_{be,1}$ függvényében ábrázolja!



Adatok

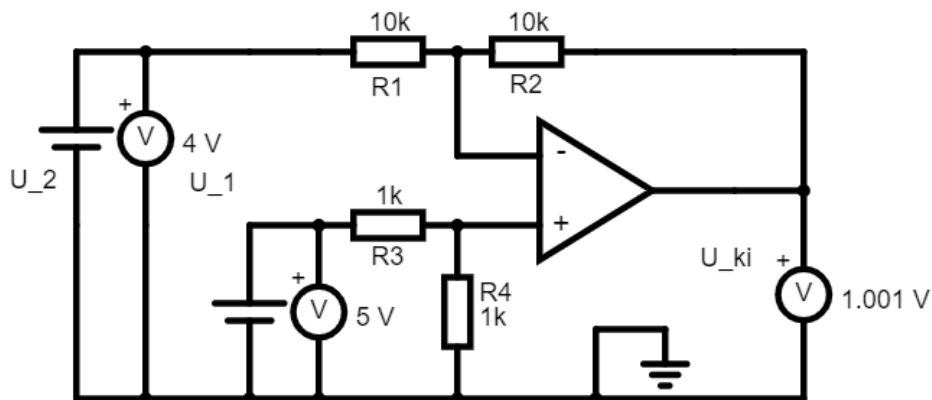
$$R_1 = 10000\Omega$$

R_1 , R_3 és R_4 kiszámítása

Az invertáló erősítő képletének ($\beta = -\frac{R_2}{R_1}$) felhasználásával történik.

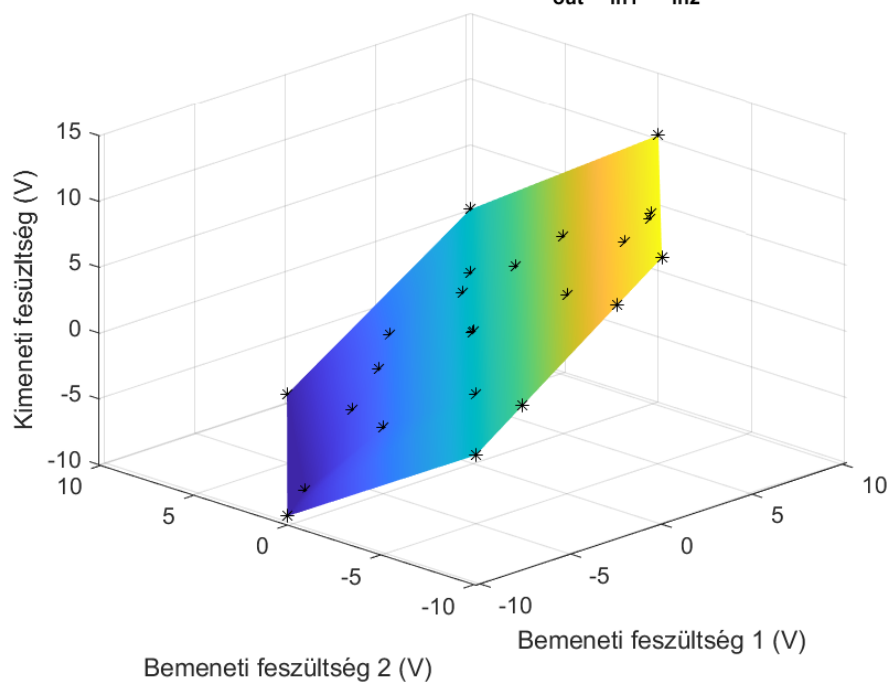
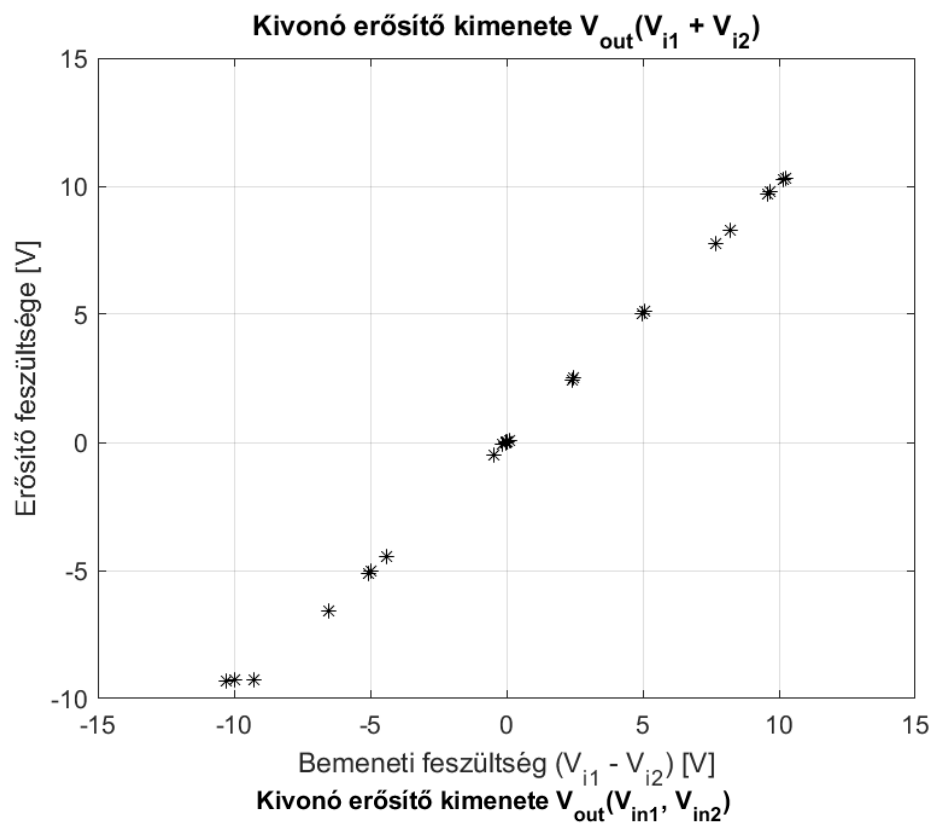
Jelen esetben $\beta = 1$, ami azt jelenti, hogy $R_2 = R_1 = 10k\Omega$, illetve $R_3 = R_4$, ez utóbbi tetszőleges értéket vehet fel, a megoldáshoz $1k\Omega$ -t használtunk.

Áramkör



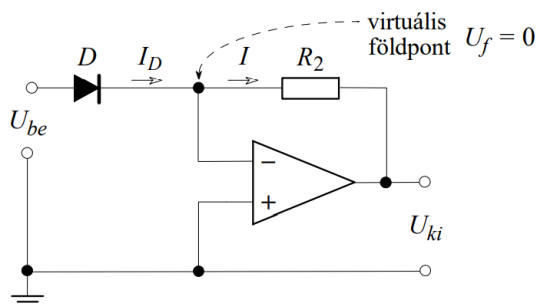
Mérés

| | Bemeneti feszültség 1 (V) | Bemeneti feszültség 2 (V) | Erősítő feszültsége (V) |
|----|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | 10.2300 | -0.0030 | 10.3000 |
| 2 | 4.9800 | -0.0030 | 5.0200 |
| 3 | 0.0014 | -0.0030 | 0.0050 |
| 4 | -4.9600 | -0.0030 | -5 |
| 5 | -10.2700 | -0.0030 | -9.3200 |
| 6 | 0.0015 | 10 | -9.2700 |
| 7 | 0.0015 | 5.0500 | -5.1000 |
| 8 | 0.0015 | -0.0140 | 0.0180 |
| 9 | 0.0015 | -5.0500 | 5.1200 |
| 10 | 0.0015 | -10.1400 | 10.2600 |
| 11 | -10.2700 | -10.1300 | -0.0890 |
| 12 | -5.1900 | -5.1800 | 0.0130 |
| 13 | 0.0080 | 0.0015 | 0.0070 |
| 14 | 4.9600 | 4.9800 | -0.0450 |
| 15 | 10.2200 | 10.0900 | 0.0880 |
| 16 | 2.5300 | 6.9500 | -4.4800 |
| 17 | 2.5300 | -5.6700 | 8.2800 |
| 18 | 4 | -5.6700 | 9.7900 |
| 19 | 4 | 1.5800 | 2.4500 |
| 20 | -7.6700 | 1.5800 | -9.2700 |
| 21 | -7.6700 | -10.1300 | 2.5300 |
| 22 | -2.4700 | -10.1300 | 7.7700 |
| 23 | -2.4700 | 4.0700 | -6.6000 |
| 24 | 3.5900 | 4.0700 | -0.4990 |
| 25 | 3.5900 | -6.0100 | 9.6900 |

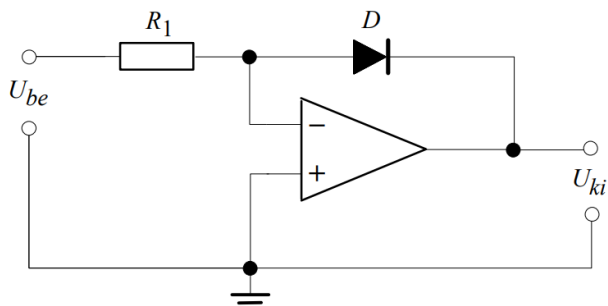


5. Feladat

Készítsen exponenciális és logaritmikus erősítőt (lásd alábbi ábrák), és vegye fel a karakterisztikáját! R_1 , illetve R_2 értéke $10k\Omega$ legyen! Abrázolja a mért értékeket és a linearizált karakterisztikákat is!

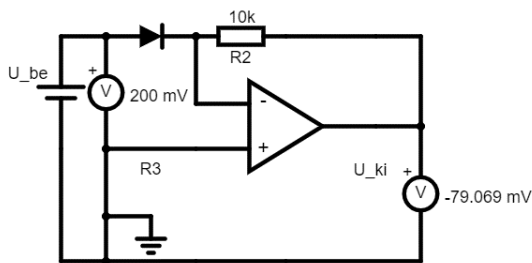


exponenciális erősítő

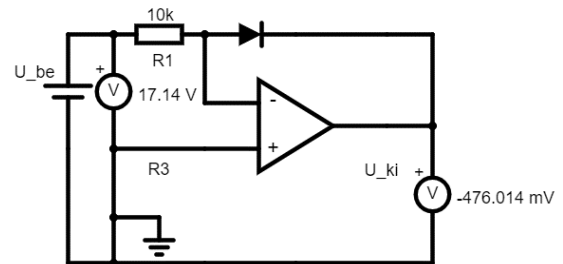


logaritmikus erősítő

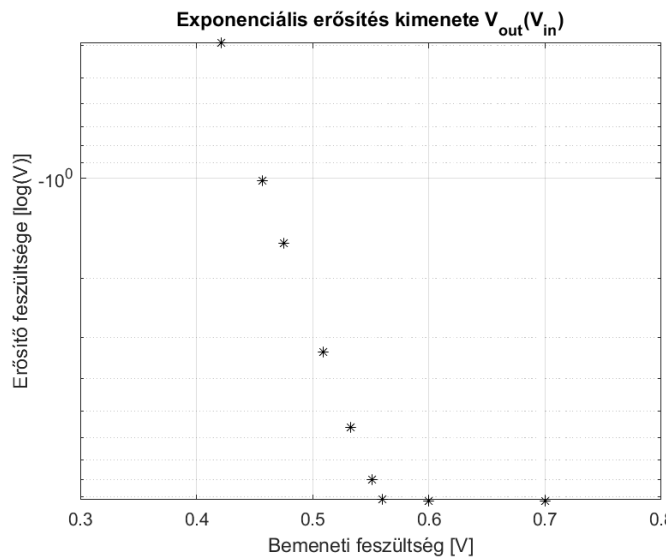
Áramkörök/Mérések



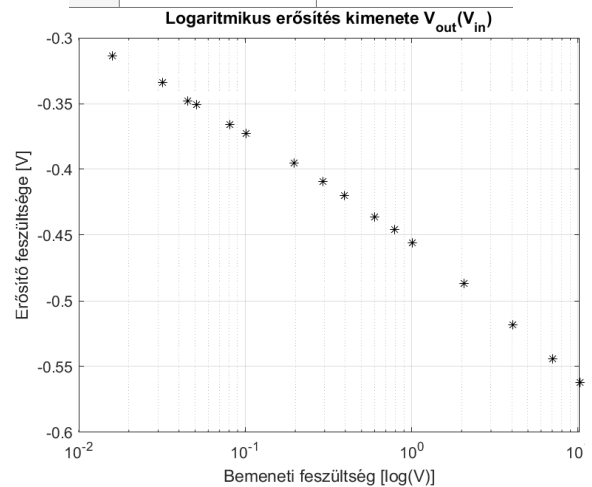
| | Bemeneti feszültség (V) | Erősítő feszültsége (V) |
|---|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 0.4210 | -0.3920 |
| 2 | 0.4570 | -1.0170 |
| 3 | 0.4750 | -1.5650 |
| 4 | 0.5090 | -3.3200 |
| 5 | 0.5330 | -5.5800 |
| 6 | 0.5510 | -8.0100 |
| 7 | 0.5600 | -9.1800 |
| 8 | 0.6000 | -9.2700 |
| 9 | 0.7000 | -9.2700 |



| | Bemeneti feszültség (V) | Erősítő feszültsége (V) |
|----|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 0.0160 | -0.3140 |
| 2 | 0.0318 | -0.3340 |
| 3 | 0.0450 | -0.3480 |
| 4 | 0.0510 | -0.3510 |
| 5 | 0.0808 | -0.3660 |
| 6 | 0.1010 | -0.3730 |
| 7 | 0.1970 | -0.3950 |
| 8 | 0.2930 | -0.4090 |
| 9 | 0.3960 | -0.4200 |
| 10 | 0.6020 | -0.4360 |
| 11 | 0.7900 | -0.4460 |
| 12 | 1.0060 | -0.4560 |
| 13 | 2.0660 | -0.4870 |
| 14 | 4.0500 | -0.5180 |
| 15 | 7.0400 | -0.5440 |
| 16 | 10.2300 | -0.5620 |



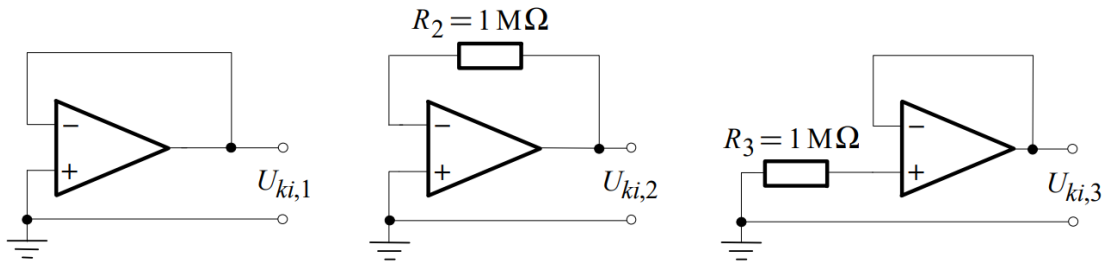
exponenciális erősítő áramkör



logaritmus erősítő áramkör

6. Feladat

Határozza meg az erősítőt jellemző bemenőáramokat és az offset feszültséget (lásd az alábbi ábrán).



Első kapcsolás

A bemenet földelve van, így virtuális földet hoz létre az erősítő eltolva a V_{offset} -el.

$$V_{egyenes} = 0V \text{ (föld)}$$

$$V_{fordított} = V_{kimenet} = 0V + V_{offset} \text{ (virtuális föld)}$$

$$V_{offset} = V_{kimenet} = -0,01mV$$

Második kapcsolás

$$V_{egyenes} = 0V \text{ (föld)}$$

$$V_{fordított} = 0V + V_{offset} + I_{offset} \cdot R_2 \text{ (virtuális föld)}$$

$$V_{kimenet} = 33mV$$

$$V_{R_2} = 32,7mV$$

$$V_{offset} = V_{kimenet} - V_{R_2} = 0,3mV$$

Harmadik kapcsolás

$$V_{egyenes} = 0V \text{ (föld)}$$

$$V_{fordított} = 0V + V_{offset} - I_{offset} \cdot R_2 \text{ (virtuális föld)}$$

$$V_{kimenet} = 29mV$$

$$V_{R_2} = 28,7mV$$

$$V_{offset} = V_{kimenet} - V_{R_2} = 0,3mV$$