

# Elektronika

## - Laboratórium Gyakorlat -

### Jegyzőkönyv

12. gyakorlat

2023. december 4.

## Elméleti összefoglaló

Az előző heti laboron megismerkedtünk a műveleti erősítők egyszerű felhasználásával és alapvető matematikai készségeivel. Ezen a héten folytatjuk tovább a felhasználásukkal, most már picit összetettebb problémák megoldásával.

Fontos kijelenteni, hogy a műveleti erősítők nagyon erős alkatrészek olyan értelemben, hogy amíg nem térünk át nagy frekvenciás jelek világába (ahol a műveleti erősítő „túl lassan” reagál a bemenet változására), addig bármilyen probléma megoldható velük.

A labor első problémája, amit megoldunk az a **feszültség érzékelése**. A műveleti erősítő akkor és csak akkor ad ki föld értéket, ha a két bemeneti ellenkező irányba egyenlő, ebbe beletartozik az is, ha mindkét bemenete föld értékű. Ha az egyik bemenetét a műveleti erősítőnek a földdel egyenértékűvé tesszük, akkor, ha a kimenetén jel lesz, akkor sikeresen észrevettük, hogy feszültség volt a másik bemenetén. Ezt feltudjuk arra használni, hogy akár az első feladatba látott módon fényeket hajtsunk meg. Sőt, ezen túl azt is megtehetjük, hogy a feszültség polaritásának megfelelően két külön LEDet kötünk be.

A műveleti erősítő másik nagyon erős alkalmazása az, hogy összetudjuk a két bemenetét hasonlítani. Ezt a működést **komparátor** működésnek nevezzük. A működési elv eléggé egyszerű, a visszacsatolás nélküli működéséből indul ki a műveleti erősítőnek. Ha az egyik bemenet nagyobb, mint a másik akkor az egyik irányba ad ki maximális feszültséget a komparátor, ha a másik bemenet nagyobb, akkor az ellenkező polarításba ad ki maximális feszültséget a komparátor. Fontos megemlíteni, hogy ha a két feszültség eléggé közel van, akkor a komparátor kimenete átmenetben lehet, ahol nem egyértelmű a kimenet. Ezen eszközök maximális feszültsége általában logikai szintekre van tervezve.

A **nullkomparátor** a fordító bemenetén egy földet kap, és az egyenes bemenetén található feszültségről állapítja meg (a 0V közeli értékektől eltekintve), hogy pozitív vagy negatív feszültség. Ha a földet egy feszültséggel váltjuk le, akkor egy **invertáló komparátort** kapunk, ami a bemeneti feszültséget akkor tartja pozitívnak, ha nagyobb a referencia (fordított bemenet) feszültségénél.

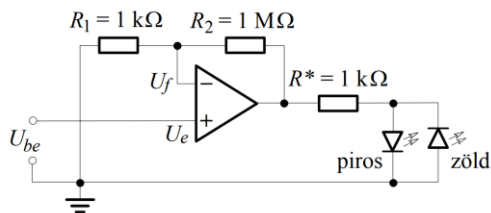
Ha fogunk egy **fordító nullkomparátort** (bemenete a fordító bemenet, az egyenes bemenet földelve van) és létrehozunk ellenálláson keresztül egy pozitív visszacsatolást a műveleti erősítőtől, akkor azt vesszük észre, hogy az átmeneti függvényben **hiszterézis** jelenik meg. Másszóval nagyobb feszültség kell, mint 0V, hogy átmenjen pozitívba a komparátor és utána kevesebb mint 0V kell, hogy visszatérjen negatívba a komparátor. Összefoglalva a pozitív kimenetbe átlépés pontja máshol van, mint a negatívba átlépés pontja. Ez nagyon jó zajos jeleknél, ahol nem tudjuk garantálni, hogy pontosan egyszer érint egy kritikus feszültséget a jel (lásd: kis nagy frekvenciájú burkoló szinusz jel).

A labor utolsó fontos felhasználása a komparátornak az, hogy pozitív és negatív visszacsatolással és kondenzátorral eltudjuk érni, hogy **jelgenerátorként** viselkedjen a komponensünk. Például, ha egy kondenzátort a pozitív visszacsatolás tölti és a negatív visszacsatolás kisüti, akkor egy négyszögjel generátor fog létrejönni. Ennek periódus ideje az alkatrészek jellemzőjéből kiszámolható. További analóg jelfeldolgozással lehetőségünk van tépőfog jelet is létrehozni és háromszög jelet is.

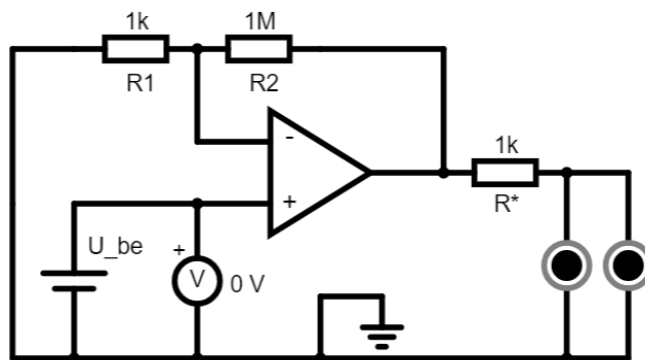
## Feladatok

### 1. Feladat

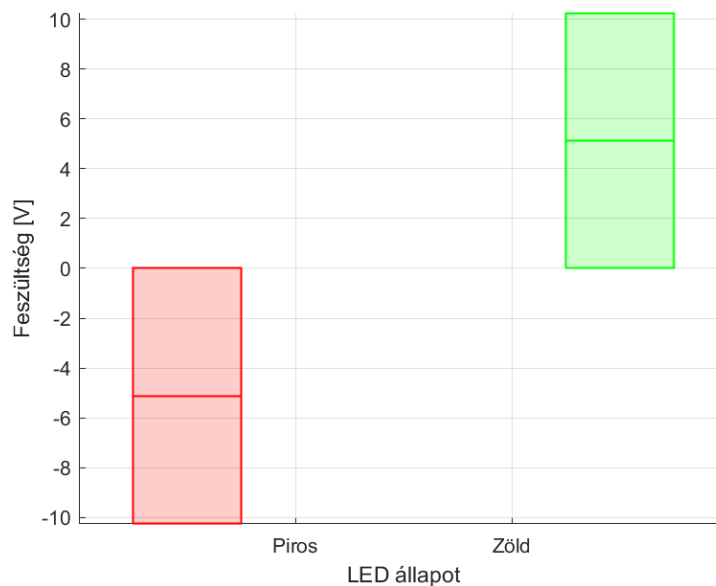
Állítsa össze az alábbi ábrán látható kapcsolást és mérje meg (minél pontosabban), hogy milyen  $U_{be}$  értéknél világít az egyik, illetve a másik LED! Ábrázolja grafikonon a megállapításait.



### Áramkör

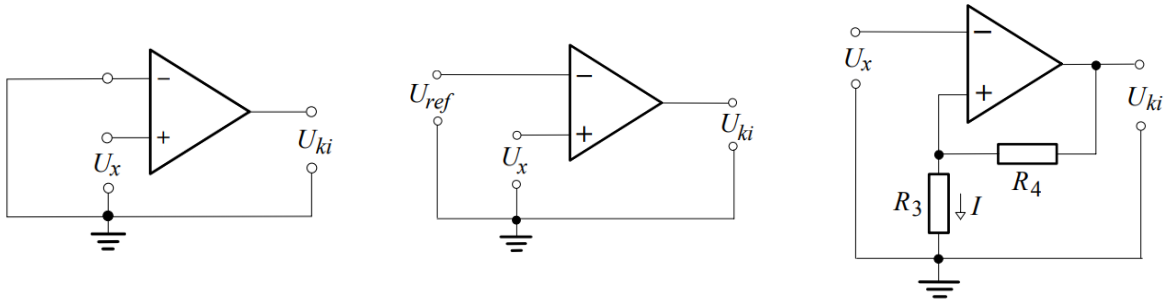


### Mérések

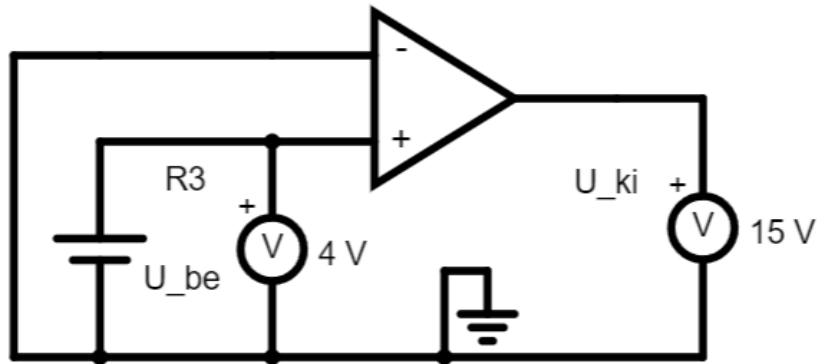


## 2. Feladat

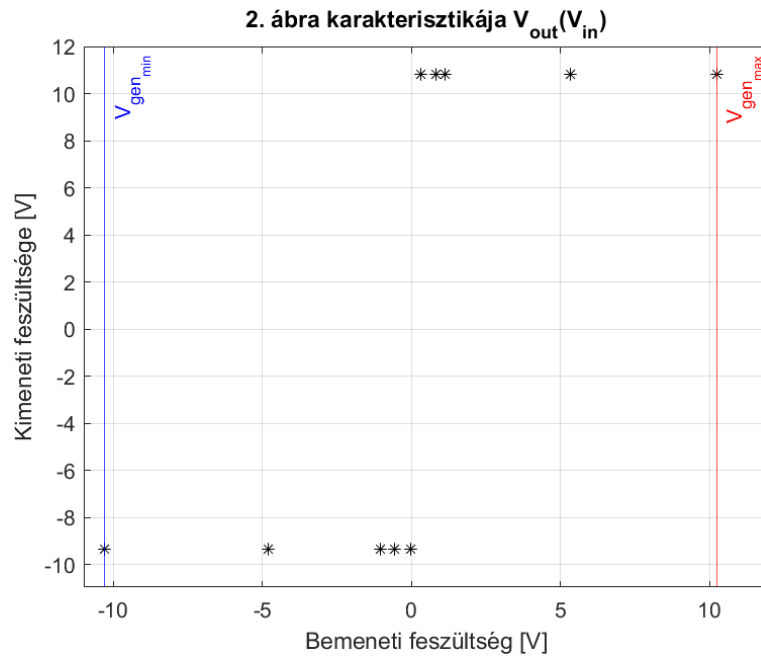
Állítsa össze az alábbi ábráknak megfelelő komparátorokat, mérje meg és ábrázolja az  $U_{ki}(U_x)$  karakterisztikákat! Legyen az utolsó ábrán látható kapcsolásnál  $R_3 = 2,2k\Omega$  és  $R_4 = 10k\Omega$ .  $U_{ref}$  legyen 2V!



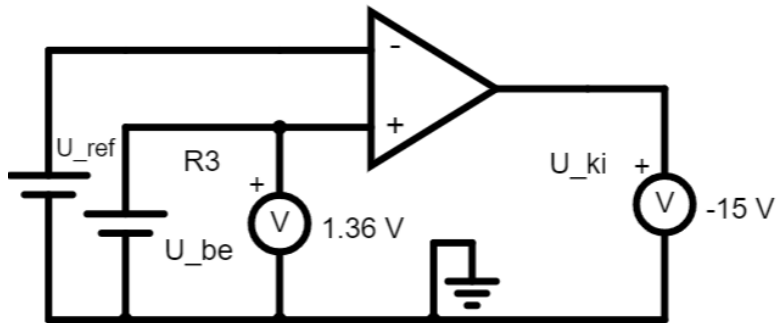
### Első eset (24/2. ábra)



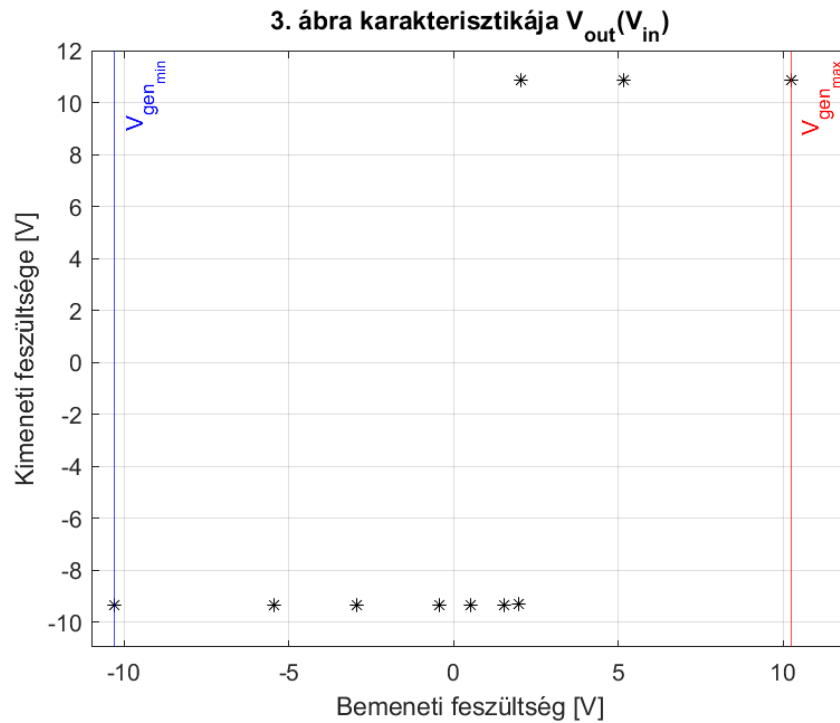
	Bemeneti feszültség (V)	Erősítő feszültsége (V)
1	-10.2900	-9.3300
2	-4.8100	-9.3300
3	-1.0540	-9.3300
4	-0.5610	-9.3300
5	-0.0224	-9.3300
6	0.3230	10.8300
7	0.8120	10.8300
8	1.1230	10.8300
9	5.3210	10.8300
10	10.2500	10.8300



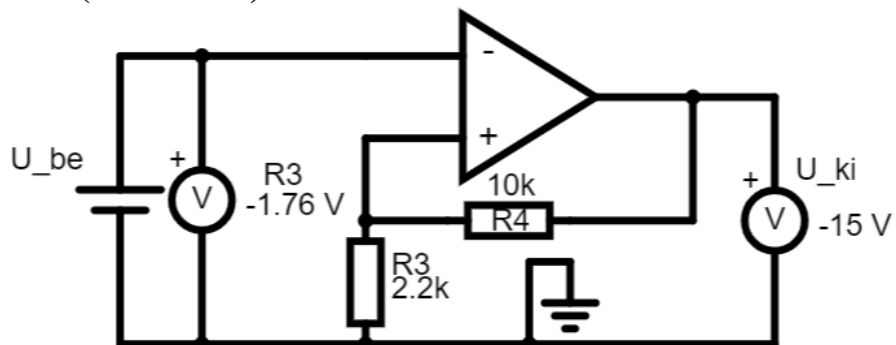
**Második eset (24/3. ábra)**



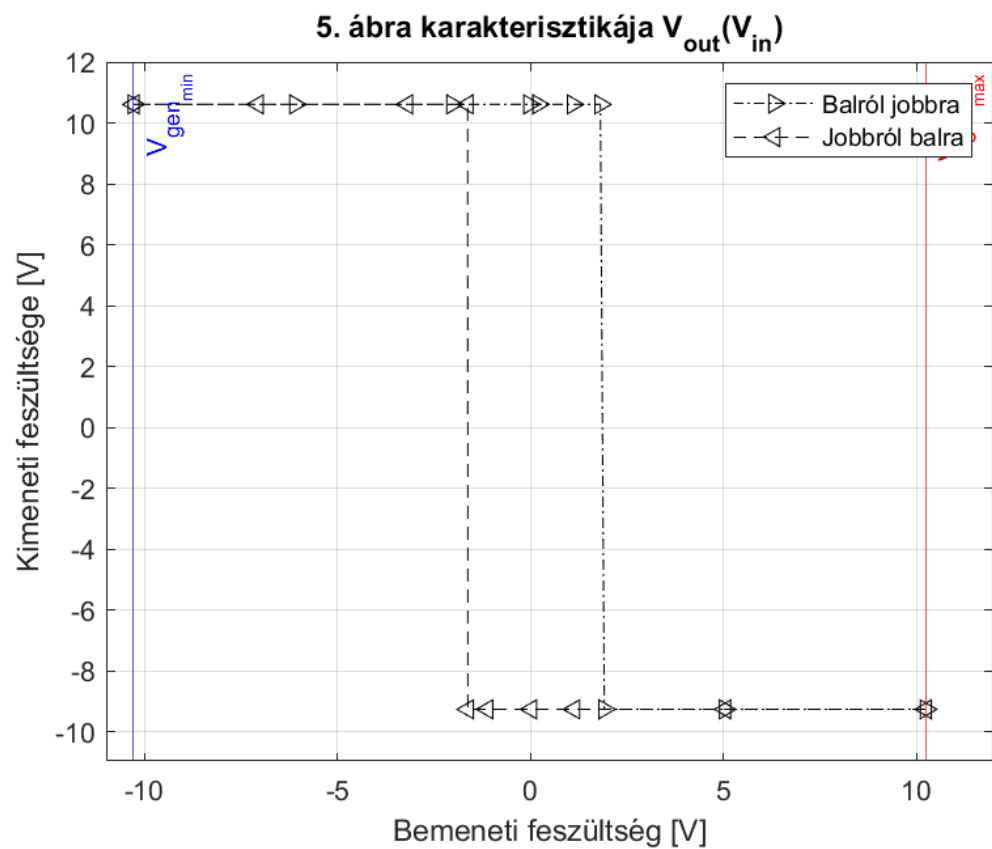
	Bemeneti feszültség (V)	Erősítő feszültsége (V)
1	-10.2900	-9.3300
2	-5.4700	-9.3300
3	-2.9500	-9.3300
4	-0.4350	-9.3300
5	0.5050	-9.3300
6	1.5220	-9.3300
7	1.9830	-9.2900
8	2.0460	10.8500
9	5.1760	10.8500
10	10.2500	10.8500



### Harmadik eset (24/5. ábra)

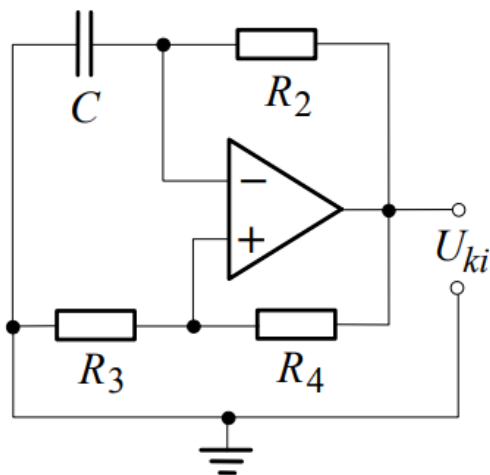


	Bemeneti feszültség balról jobbra (V)	Erősítő feszültsége balról jobbra (V)	Bemeneti feszültség jobbról balra (V)	Erősítő feszültsége jobbról balra (V)
1	-10.2900	10.6100	10.2500	-9.2600
2	-6.1000	10.6100	5.0500	-9.2600
3	-2.0310	10.6100	1.1300	-9.2600
4	-0.0330	10.6100	0.0140	-9.2600
5	0.2020	10.6100	-1.1187	-9.2600
6	1.0980	10.6100	-1.6230	-9.2600
7	1.8110	10.6100	-1.6290	10.6100
8	1.9140	-9.2600	-3.2000	10.6100
9	5.0400	-9.2600	-7.0700	10.6100
10	10.2500	-9.2600	-10.2900	10.6100

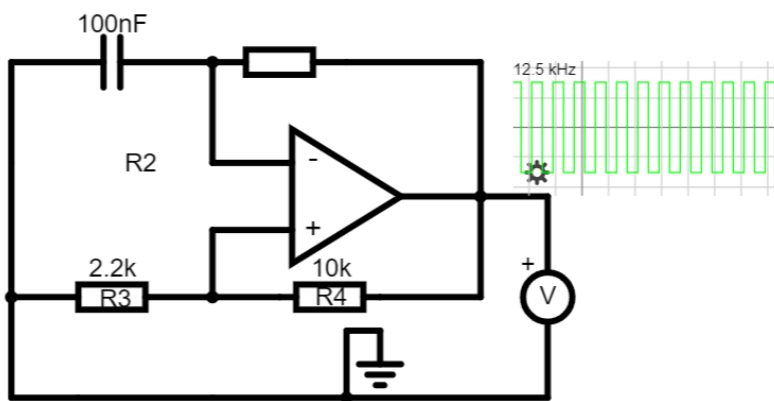


### 3. Feladat

Állítsa össze az alábbi ábrán látható négyszöggenerátort! Legyen  $R_3 = 2,2k\Omega$ ,  $R_4 = 10k\Omega$ . Határozza meg, hogy  $T = 1ms$ -hoz  $C = 100nF$  esetén mekkora  $R_2$  szükséges. Válassza ki az ellenálláskészletből a számított  $R_2$ -höz legközelebbi értéket és mérje meg oszcilloszkópon a periódusidőt. Vizsgálja meg oszcilloszkóppal és rajzolja le az egyenes és a fordító bemeneten mérhető jelek alakját!



#### Áramkör



#### Adatok

$$\begin{aligned} T &= 10^{-3} s \\ C &= 100 \cdot 10^{-9} F \\ R_3 &= 2200 \Omega \\ R_4 &= 10000 \Omega \end{aligned}$$

#### Számolás

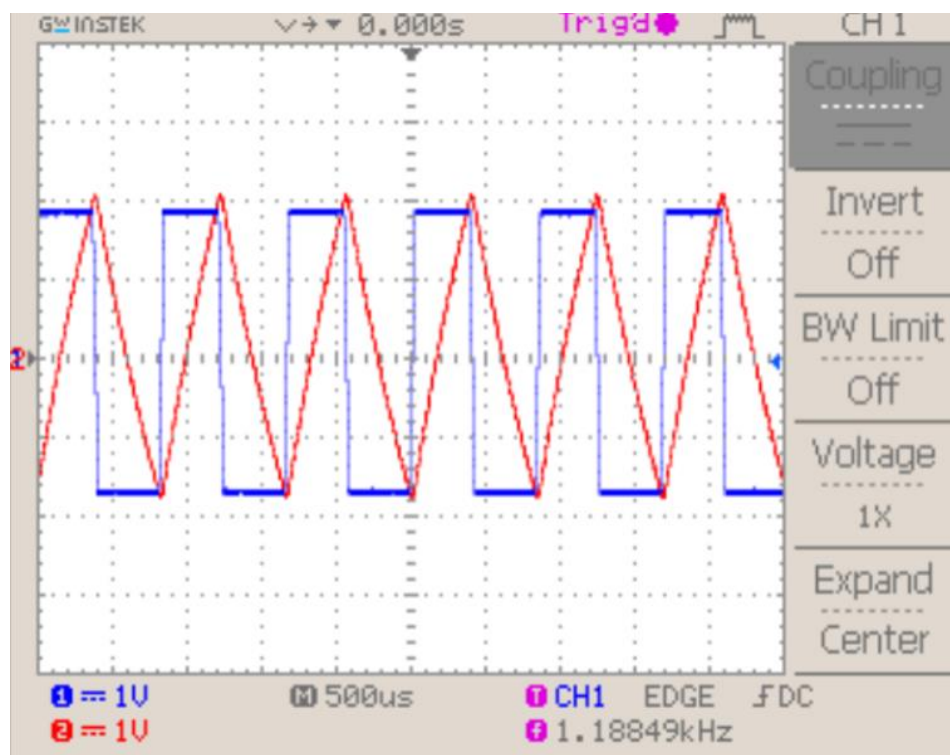
$$\alpha = \frac{R_3}{R_3 + R_4} = \frac{2200 \Omega}{2200 \Omega + 10000 \Omega} \approx 0,1803$$

$$\text{A } T = 4\alpha R_2 C \text{ képlet alapján } R_2 = \frac{T}{4\alpha C}$$

$$R_2 \approx 13864 \Omega (\approx 10k\Omega)$$



## Mérések

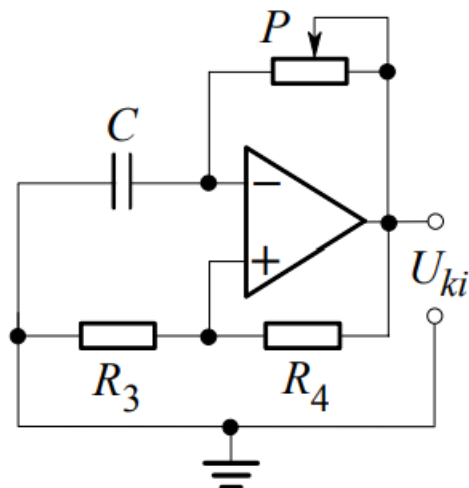


CH1: DC, 1 V/div, 500 μs/div – egyenes bemenet

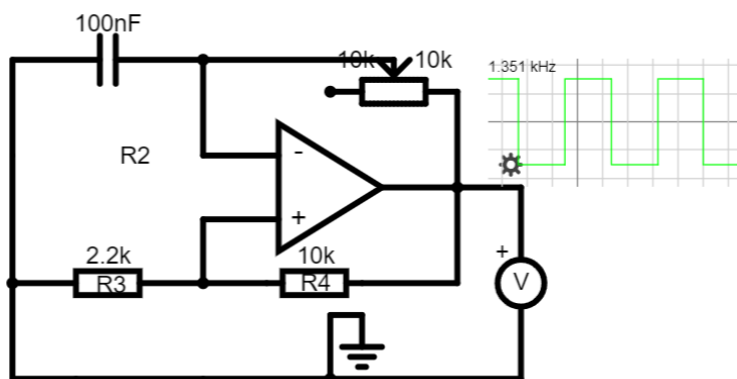
CH2: DC, 1 V/div, 500 μs/div – fordító bemenet

## 4. Feladat

Állítsa össze az alábbi ábrának megfelelő kapcsolást. Legyen  $R_3 = 2,2k\Omega$ ,  $R_4 = 10k\Omega$ ,  $C = 100nF$ ,  $P = 10k\Omega$ . Vizsgálja meg, hogyan függ a potenciométer állapotától a periódusidő!

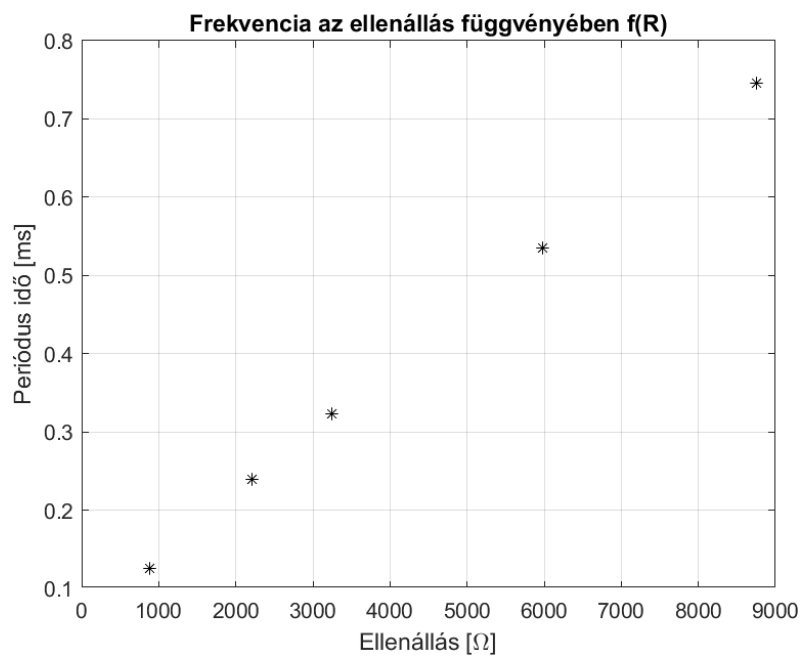


## Áramkör



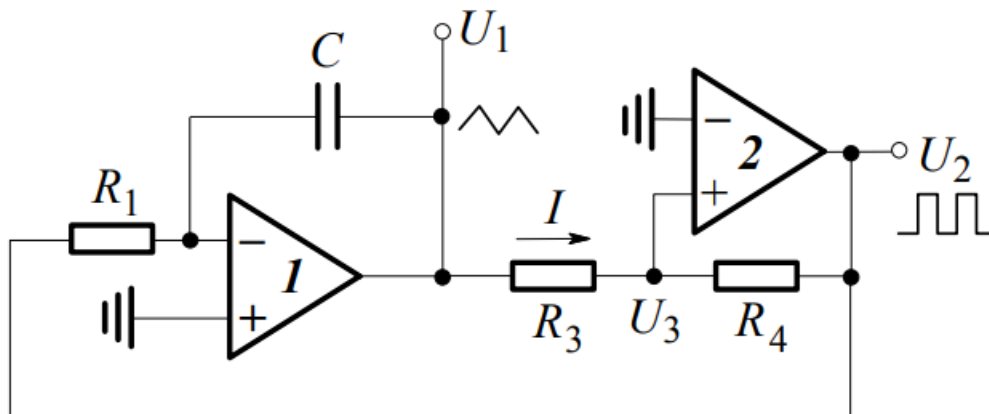
## Mérések

	Ellenállás (Ohm)	Frekvencia (1/s)	Periódus idő (s)
1	8760	1340	7.4627e-04
2	5980	1870	5.3476e-04
3	3250	3100	3.2258e-04
4	2210	4180	2.3923e-04
5	880	8000	1.2500e-04

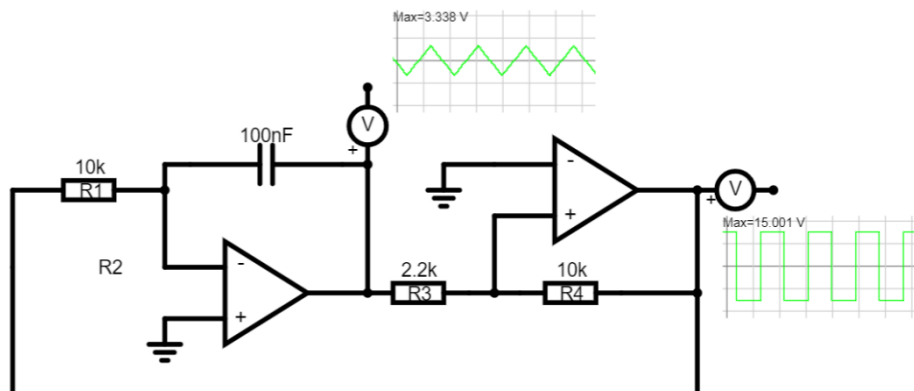


## 5. Feladat

Állítsa össze az alábbi ábrán látható kapcsolást. Legyen  $R_1 = 10k\Omega$ ,  $C = 100nF$ ,  $R_3 = 2,2k\Omega$ ,  $R_4 = 10k\Omega$ . Számítsa ki a periódusidőt és oszcilloszkóppal végzett méréssel ellenőrizze a kapott eredményt! Vizsgálja meg az feszültség alakját! Magyarázza meg a jel alakját!



## Áramkör



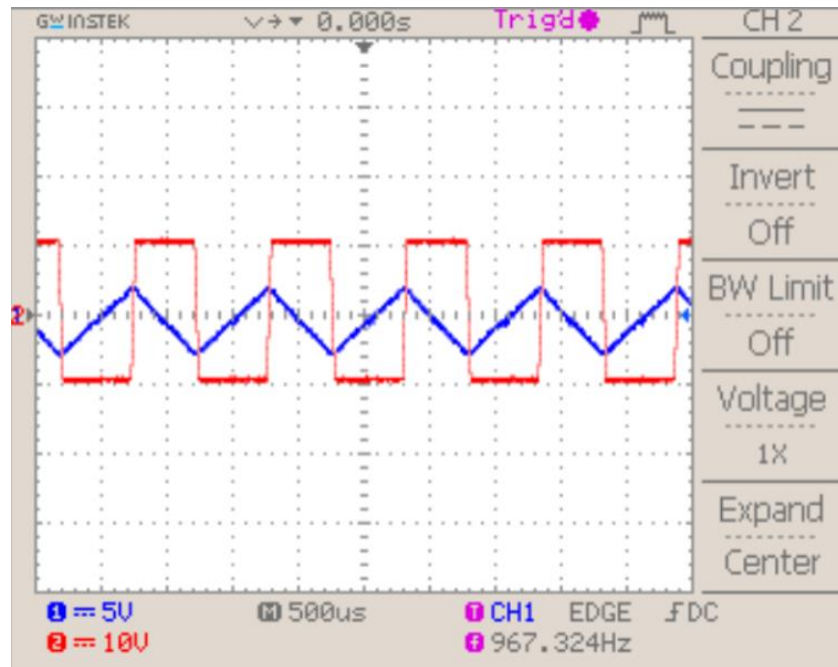
## Adatok

$$\begin{aligned} R_1 &= 10000\Omega \\ C &= 100 \cdot 10^{-9}F \\ R_3 &= 2200\Omega \\ R_4 &= 10000\Omega \end{aligned}$$

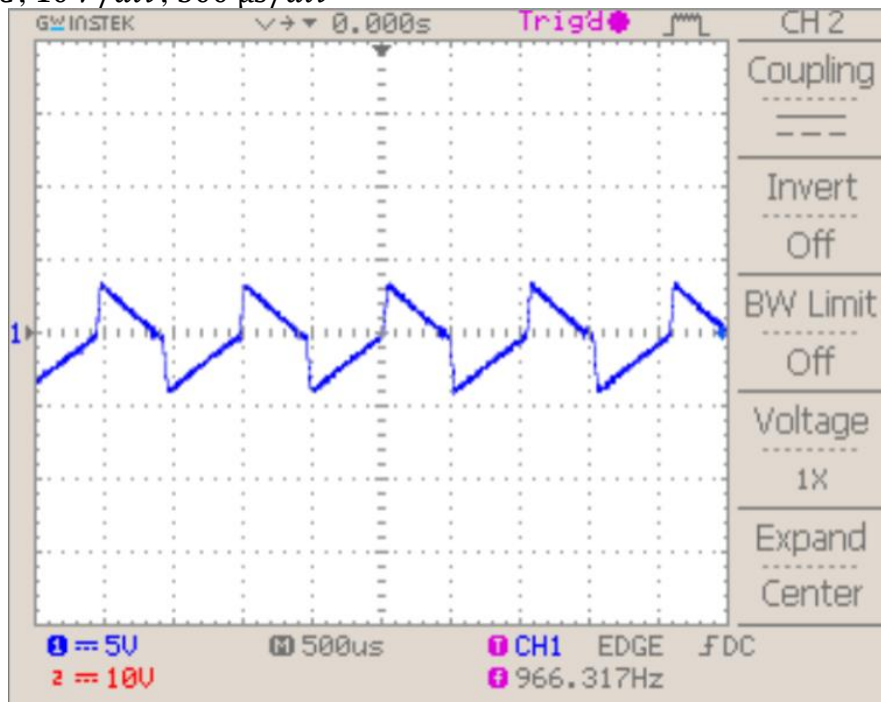
## Számolás

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{R_3}{R_4} = \frac{2200\Omega}{10000\Omega} \approx 0,22 \\ T &= 4\gamma R_1 C = 4 \cdot 0,22 \cdot 10000\Omega \cdot 100 \cdot 10^{-9}F \approx 88 \cdot 10^{-3}s = 88ms \\ f &= \frac{1}{T} = \frac{1}{88 \cdot 10^{-3}s} \approx 1136Hz \end{aligned}$$

## Mérések



CH1: DC, 5 V/div, 500  $\mu$ s/div  
CH2: DC, 10 V/div, 500  $\mu$ s/div



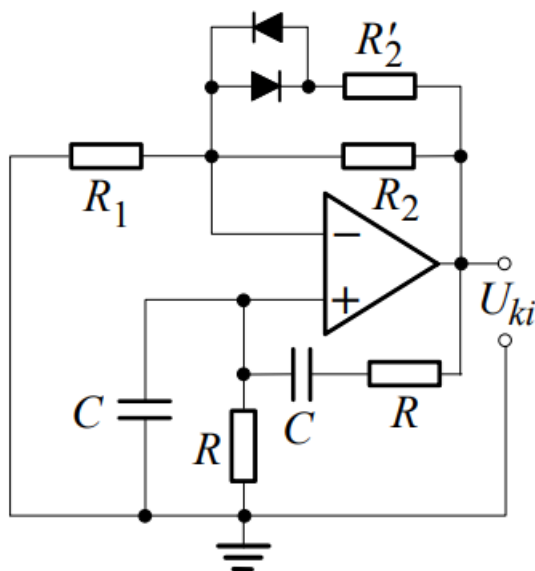
CH1: DC, 5 V/div, 500  $\mu$ s/div

$$f = 967\text{Hz}$$

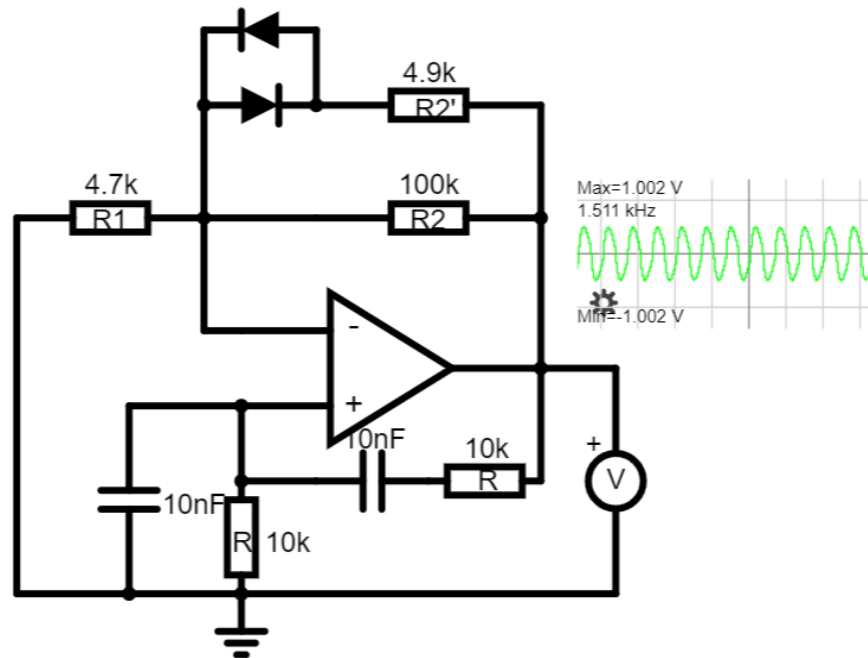
$$\rho_{\text{rel}} = \frac{967\text{Hz} - 1136\text{Hz}}{1136\text{Hz}} \cdot 100\% = -14,88\%$$

## 6. Feladat

Állítsa össze a alábbi ábra alapján a Wien-hidas oszcillátort! Legyen  $R_1 = 4,7k\Omega$ ,  $R_2 = 10k\Omega$ -os potenciométer,  $R'_2 = 100k\Omega$  (előfordulhat, hogy ezen értékek mellett nem működik helyesen az áramkör, ekkor próbálkozzon más értékekkel). A Wien-osztóban szereplő alkatrészek értékei:  $C = 10nF$ ,  $R = 10k\Omega$  (a soros és a párhuzamos  $RC$ -tagok egy-egy kis panelen vannak összeforrasztva). Hogyan változik a kimenő jel alakja  $R_2$  függvényében? Változik-e a frekvencia? Számítsa ki a Wien-osztó karakterisztikus frekvenciáját és hasonlítsa össze a mért értékkel! (Megjegyzés: a kapcsolásban szereplő két dióda egy kis panelen is megtalálható, így a kapcsolást könnyebb összerakni.)



## Áramkör



## Adatok

$$\begin{aligned}R_1 &= 4700\Omega \\R_{2p} &= 10000\Omega \\R_2 &= 100000\Omega \\C &= 10 \cdot 10^{-9}F \\R &= 10000\Omega\end{aligned}$$

## Számolás

$$\begin{aligned}\omega_0 &= \frac{1}{RC} = \frac{1}{10000\Omega \cdot 10 \cdot 10^{-9}F} = 10000 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\f_0 &= \omega_0 \cdot 2\pi = 10000 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 2\pi = 62832\text{Hz}\end{aligned}$$

## Mérések

$R_2 = 10k\Omega$  esetén a kapott frekvencia  $\approx 1,5kHz$  lesz.

## Észrevétel

Ahogy  $R_2$  értéke nő, a frekvencia csökken, és a jel négyszögjellé alakul. Ha  $R_2$  kisebb, mint  $10k\Omega$ , akkor a kimenet amplitúdója drasztikusan csökken, mérés határ alá – szimulátorban összerakott áramkör alapján.

## 7. Feladat (szorgalmi)

Tervezzon meg és állítson össze olyan áramkört, mely egy  $-10V$  és  $+10V$  között változó be- menő jelet átskáláz úgy, hogy a kimenet  $0$  és  $5V$  között változzon! Ábrázolja a kapcsolás ka- rakterisztikáját!

### Számítások

A bemeneti és kimeneti tartományok alapján megállapíthatjuk az erősítést:

$$\Delta V_{in} = 20V$$

$$\Delta V_{out} = 5V$$

$$\beta = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 0,25$$

A legkisebb bemeneti jel, és a legkisebb kimeneti jelből megállapíthatjuk az eltolást.

$$offset = \min V_{out} - \min V_{in} = 0V - (-10V) = 10V$$

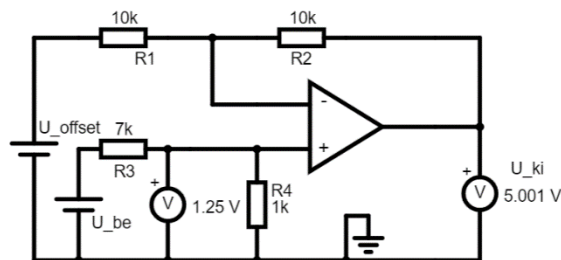
$$V_{offset} = -\beta \cdot offset = -2,5V$$

$$R_1 = R_2 = R = 10k\Omega$$

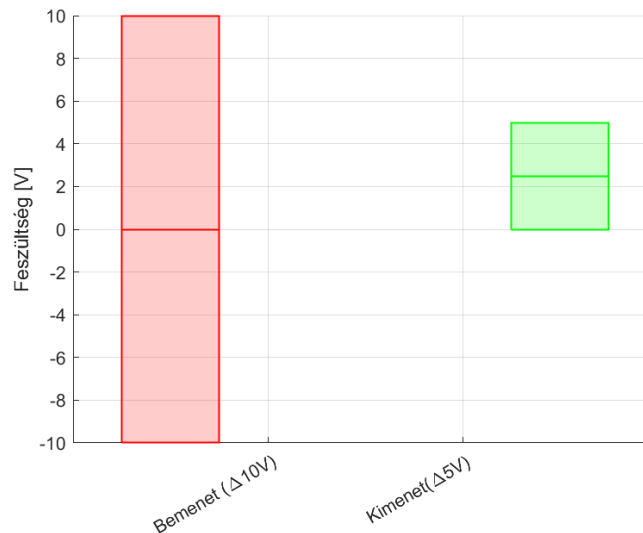
$$R_4 = R = 1k\Omega$$

$$R_3 = 7R = 7k\Omega$$

### Áramkör

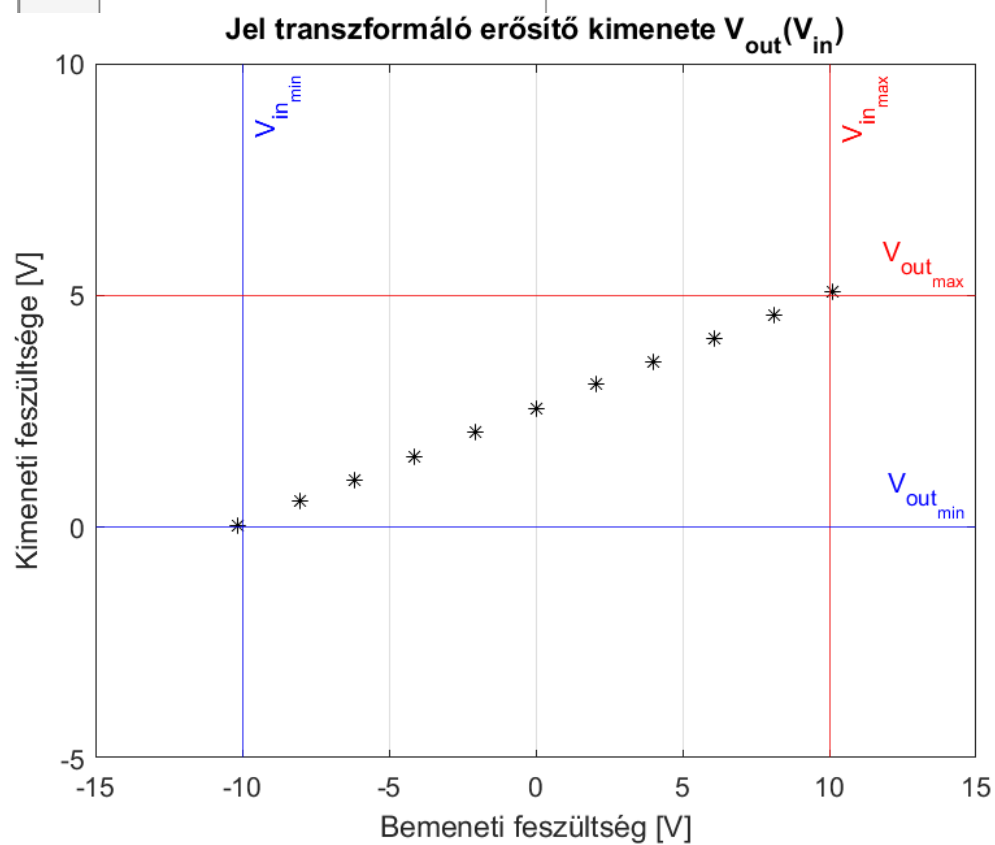


### Mérések





	Bemeneti feszültség (V)	Erősítő feszültsége (V)
1	-10.1400	0.0280
2	-8.0300	0.5550
3	-6.1600	1.0230
4	-4.1300	1.5300
5	-2.0360	2.0560
6	0.0040	2.5690
7	2.0650	3.0840
8	4.0100	3.5600
9	6.0900	4.0800
10	8.1000	4.5800
11	10.0900	5.0800



---

Stefán Kornél

---

Vad Avar