

# Analóg elektronika - laboratóriumi gyakorlatok

## 3. Műveleti erősítők egyenáramú jellemzése és alkalmazásai

### 3.1 Elmélet

Az erősítő fogalmát valamint az integrált műveleti erősítők szerkezetét és viselkedését a 2.3 fejezetben tárgyaltuk (jegyzet és prezentáció). Ugyanott található számos egyszerű alkalmazás leírása. Számítási feladatokkal a táblagyakorlatokon találkoztak a hallgatók.

### 3.2 Leírás

Ez a laboratóriumi gyakorlat során a hallgatók műveleti erősítőkkel megépített egyszerű áramkörök viselkedésével ismerkednek meg. A feldolgozandó jelek egyenfeszültségek vagy alacsony frekvenciás váltakozó feszültségek, amelyeknél nem jutnak kifejezésre a műveleti erősítő sebességkorlátai.

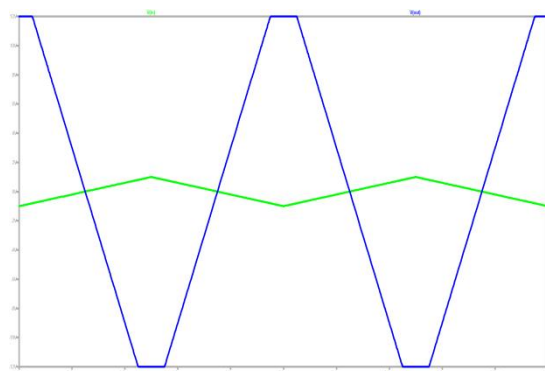
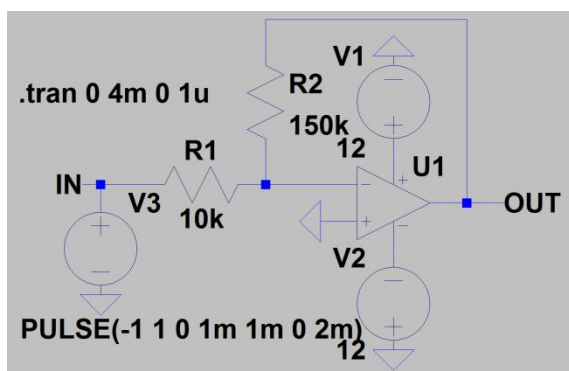
### 3.3 Szimuláció

A mérések előtt számítógépes szimulációval vizsgáljuk meg az áramkörök viselkedését. Az LTspice szoftver könyvtárában (...LTspiceIV\lib\sym\Opamps\)) számos műveleti erősítő modellje megtalálható (elsősorban a Linear Technology cég gyártmányai), de választhatók bizonyos általános modellek is, pl. UniversalOpamp2, amelynek viselkedését a következő paraméterekkel írták le:

```
Avol=1Meg GBW=10Meg Slew=10Meg  
en=0 enk=0 in=0 ink=0 Rin=500Meg  
ilimit=25m rail=0 Vos=0 phimargin=45
```

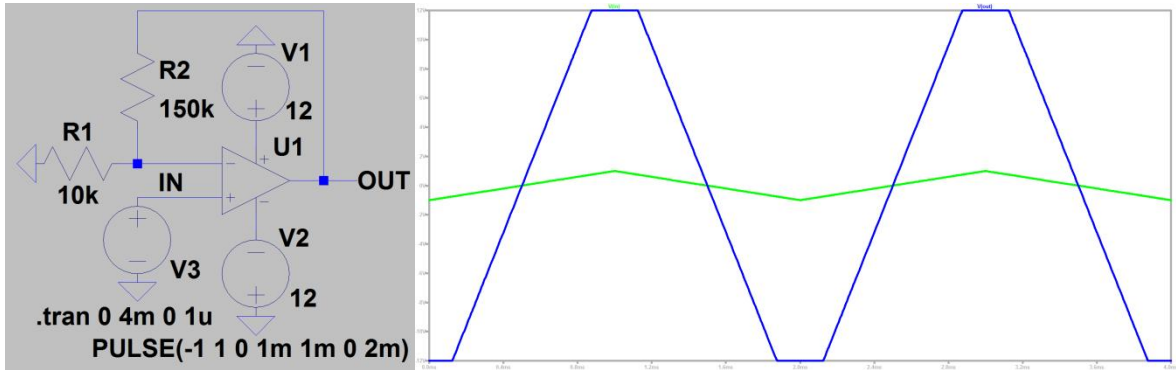
#### 3.3.1 Invertáló erősítő

Állítsa össze az LTspice szoftverben az alábbi szimulációs áramkört! A műveleti erősítőre alkalmazza az UniversalOpamp2 modellt! Végezze el a szimulációt, rajzoltassa ki a bemenő és a kimenő jelet! Miért van levágva a kimenő jel csúcsa?



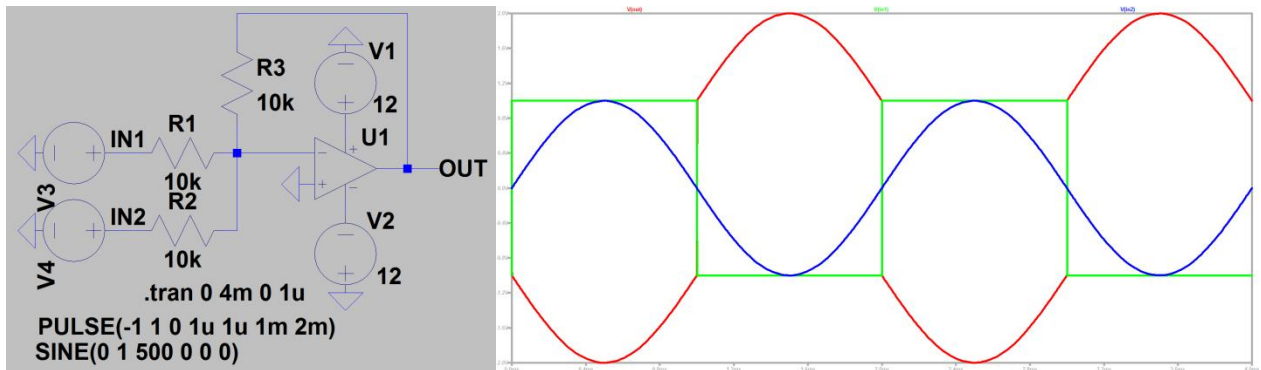
#### 3.3.2 Nem-invertáló erősítő

Állítsa össze az LTspice szoftverben az alábbi szimulációs áramkört! A műveleti erősítőre alkalmazza az UniversalOpamp2 modellt! Végezze el a szimulációt, rajzoltassa ki a bemenő és a kimenő jelet! Miért van levágva a kimenő jel csúcsa?



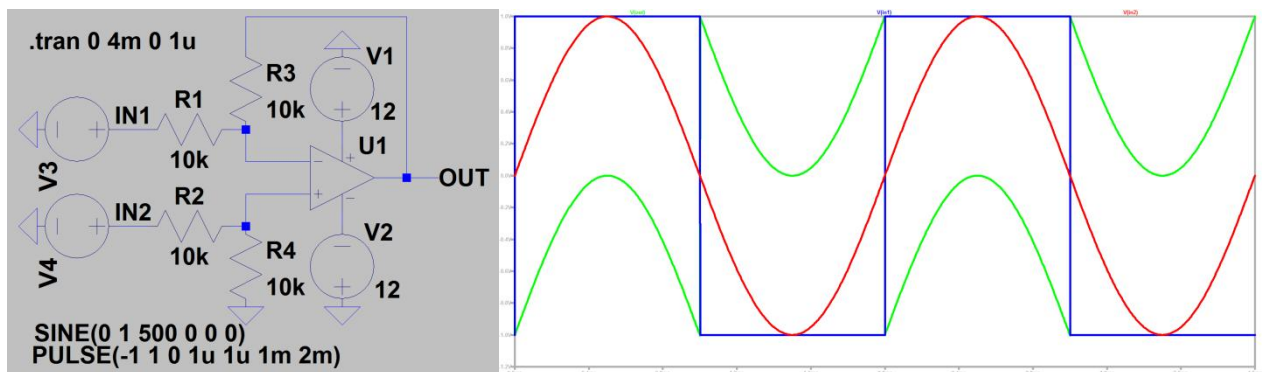
### 3.3.3 Összegző erősítő

Állítsa össze az LTspice szoftverben az alábbi szimulációs áramkört! A műveleti erősítőre alkalmazza az UniversalOpamp2 modellt! Végezze el a szimulációt, rajzoltassa ki a bemenő és a kimenő jelet!



### 3.3.4 Különbőség-erősítő

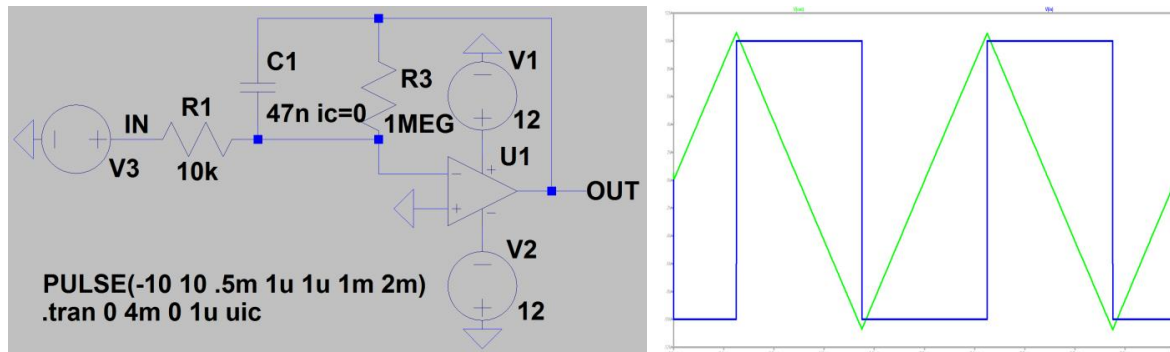
Állítsa össze az LTspice szoftverben az alábbi szimulációs áramkört! A műveleti erősítőre alkalmazza az UniversalOpamp2 modellt! Végezze el a szimulációt, rajzoltassa ki a bemenő és a kimenő jelet!



### 3.3.5 Integráló kapcsolás

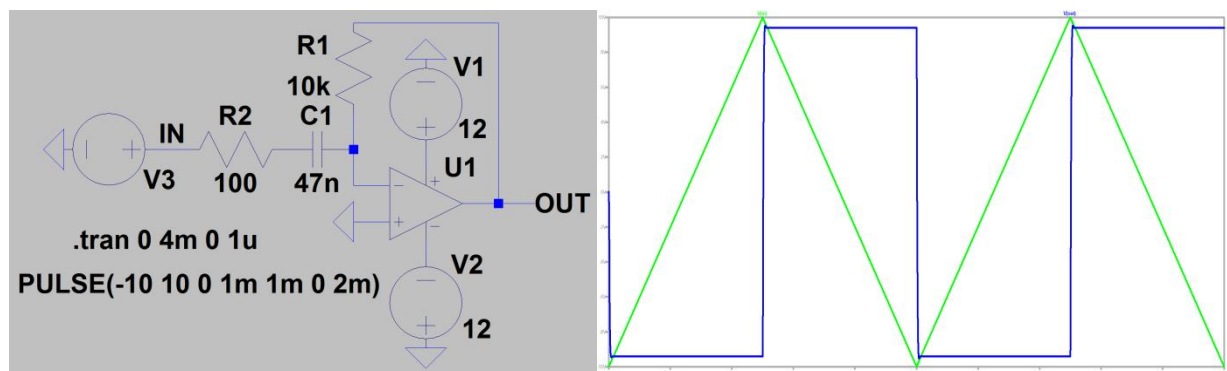
Állítsa össze az LTspice szoftverben az alábbi szimulációs áramkört! A műveleti erősítőre alkalmazza az UniversalOpamp2 modellt! Végezze el a szimulációt, rajzoltassa ki a bemenő és a kimenő jelet! Vizsgálja ki, mi történik, ha nem állítjuk nullára a kondenzátor feszültségét a szimuláció

kezdetén! A kondenzátor kapacitását változtatva vezérelje az erősítő kimenetét telítésbe! Az R3 ellenállás ellenállásértékének csökkentésével idézze elő a kimenő jel exponenciális torzulását!

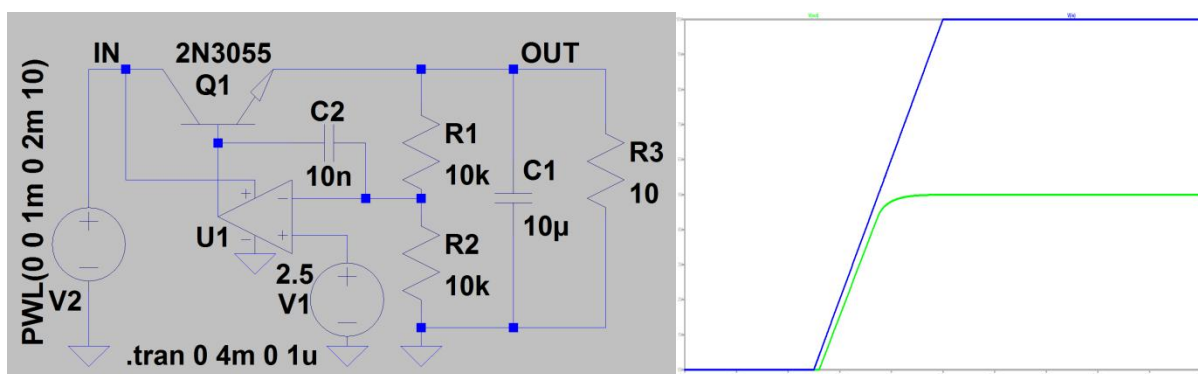


### 3.3.6 Differenciáló kapcsolás

Állítsa össze az LTspice szoftverben az alábbi szimulációs áramkört! A műveleti erősítőre alkalmazza az UniversalOpamp2 modellt! Végezze el a szimulációt, rajzoltassa ki a bemenő és a kimenő jelet! Vizsgálja ki, mi történik, ha nullára állítjuk az R2 ellenállás ellenállásértékét! A kondenzátor kapacitását változtatva vezérelje az erősítő kimenetét telítésbe!



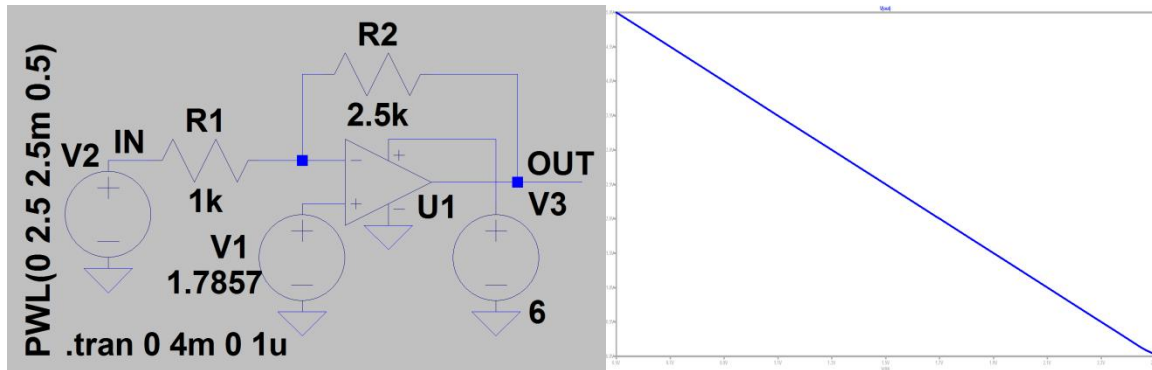
### 3.3.7 Feszültségszabályozó kapcsolás



Állítsa össze az LTspice szoftverben az alábbi szimulációs áramkört! A műveleti erősítőre alkalmazza az UniversalOpamp2 modellt! Végezze el a szimulációt, rajzoltassa ki a bemenő és a kimenő jelet! Vizsgálja ki, mi történik, ha nullára állítjuk az C2 kondenzátor kapacitását! Rajzoltassa ki a műveleti erősítő kimenetén fellépő oszcillációt!

### 3.3.8 Adott DC átviteli karakterisztika megvalósítása

Állítsa össze az LTspice szoftverben az alábbi szimulációs áramkört! A műveleti erősítőre alkalmazza az UniversalOpamp2 modellt! Végezze el a szimulációt, rajzoltassa ki a bemenő és a kimenő jel idődiagramját! Rajzoltassa ki a kimenő jelet a bemenő jel függvényében! Írja fel a  $V_{OUT}=f(V_1, V_2)$  képletet!



### 3.4 Felszerelés a mérésekhez

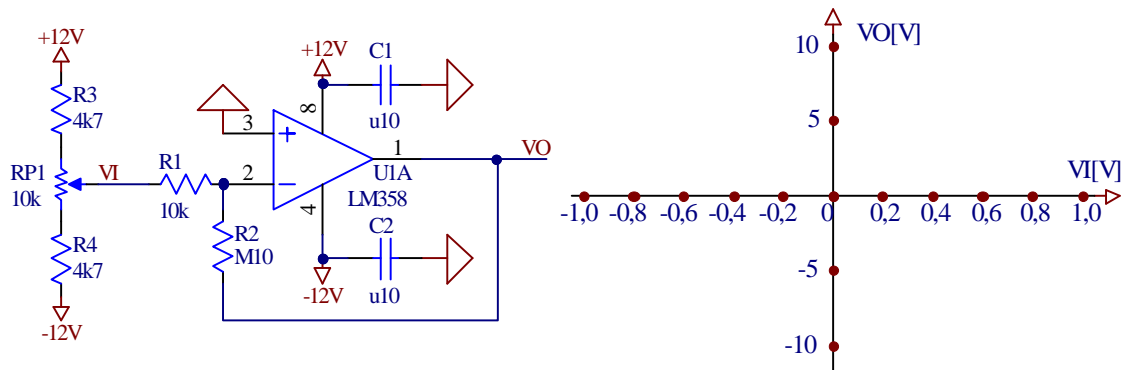
1. Próbapanel
2. Kétcsatornás digitális oszcilloszkóp
3. Jelgenerátor
4. Digitális multiméter
4. Tápegység
5. Különböző műveleti erősítők és RC alkatrészek

### 3.5 Mérések

Ebben a lépésben a hallgatók mérésekkel ellenőrzik az elméleti órákon hallottakat és a szimulációval kapott eredményeket. A jelek, amelyek előfordulnak vagy egyenfeszültségek, vagy alacsony frekvenciás váltakozó feszültségek, amelyeknél a műveleti erősítő magas frekvenciás torzításai nem jutnak kifejezésre.

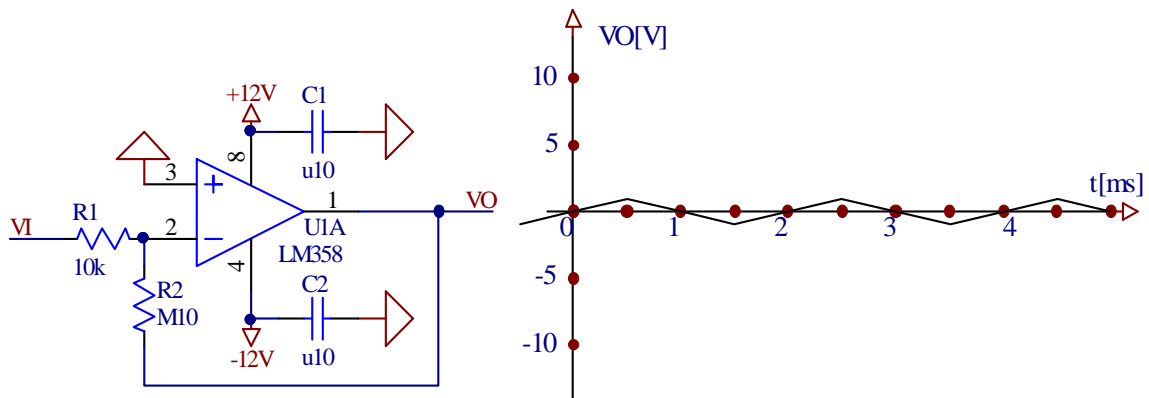
#### 3.5.1 Invertáló erősítő

Állítsa össze próbapanelon az alábbi áramkört! Írja fel a  $V_O=f(V_I)$  képletet ideális műveleti erősítő esetére! Az RP1 potenciométer elforgatásával állítsa be a táblázatban szereplő  $V_I$  értékeket! Minden egyes beállításnál mérje ki a  $V_O$  feszültséget és írja be a táblázatba! A mért értékek alapján rajzolja meg a  $V_O=f(V_I)$  diagramot! Mekkora maximális eltérést tapasztal a  $V_O=-10 \cdot V_I$  képlettel számított értékektől?



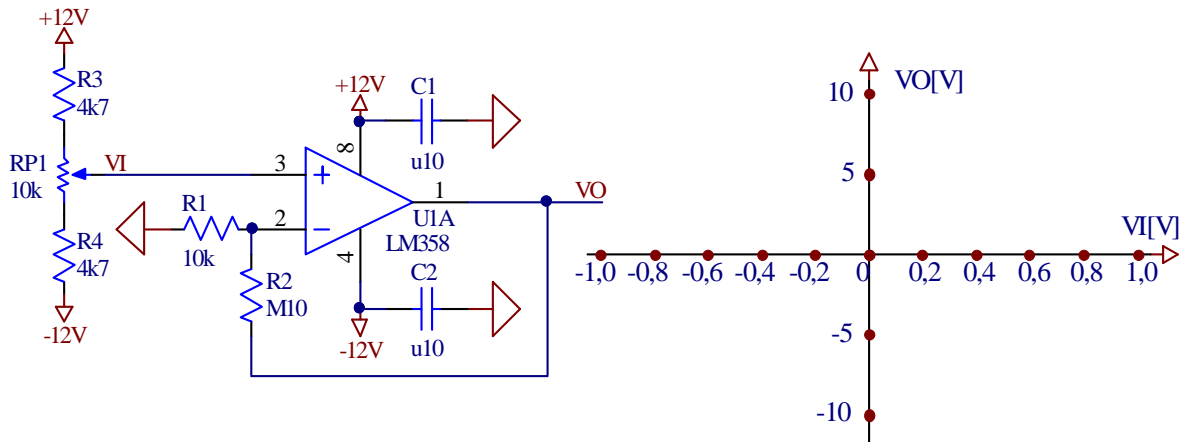
VI [V]	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
VO [V]											

Módosítsa az áramkört az alábbi ábra szerint! A bemenetre ( $V_i$ ) kössön 1V amplitúdójú 500Hz frekvenciájú háromszögjelet a jelgenerátorból! Figyelje meg a bemenő ( $V_i$ ) és a kimenő ( $V_o$ ) jelet a kétcsatornás oszcilloszkóp segítségével! Rajzolja át a kimenő jelet az ábrára! Mi történik, ha a bemenő jel amplitúdóját megnöveljük 2V-ra?



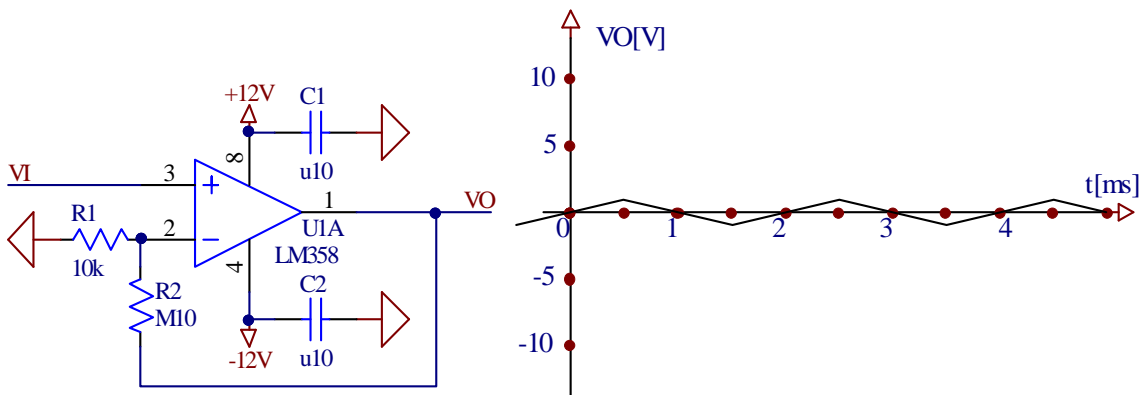
### 3.5.2 Nem-invertáló erősítő

Állítsa össze próbapanelon az alábbi áramkört! Írja fel a  $V_o=f(V_i)$  képletet ideális műveleti erősítő esetére! Az RP1 potenciométer elforgatásával állítsa be a táblázatban szereplő  $V_i$  értékeket. Minden egyes beállításra mérje ki a  $V_o$  feszültséget és írja be a táblázatba! A mért értékek alapján rajzolja meg a  $V_o=f(V_i)$  diagramot! Mekkora maximális eltérést tapasztal a  $V_o=9,2 \cdot V_i$  képlettől?



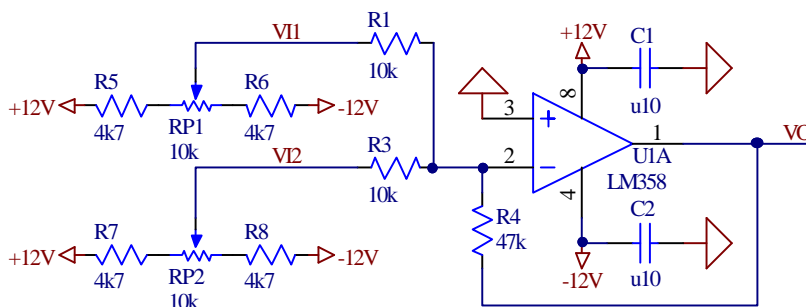
VI [V]	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
VO [V]											

Módosítsa az áramkört az alábbi ábra szerint! A bemenetre ( $V_i$ ) kössön 1V amplitúdójú 500Hz frekvenciájú háromszögjelet a jelgenerátorból! Figyelje meg a bemenő ( $V_i$ ) és a kimenő ( $V_o$ ) jelet kétcsatornás oszcilloszkóp segítségével! Rajzolja át a kimenő jelet az ábrára! Mi történik, ha a bemenő jel amplitúdóját megnöveljük 2V-ra?



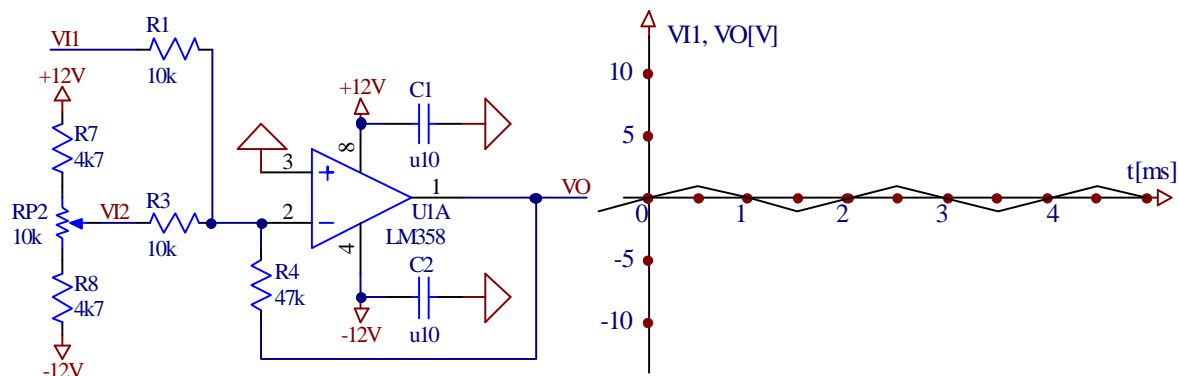
### 3.5.3 Összegző erősítő

Állítsa össze próbapanelen az alábbi áramkört! Írja fel a  $V_o=f(V_{i1}, V_{i2})$  képletet ideális műveleti erősítő esetére! Az RP1 és RP2 potenciométerek elforgatásával állítsa be a táblázatban szereplő  $V_{i1}$ ,  $V_{i2}$  érték-kombinációkat! Minden egyes beállításra mérje ki a  $V_o$  feszültséget és írja be a táblázatba!



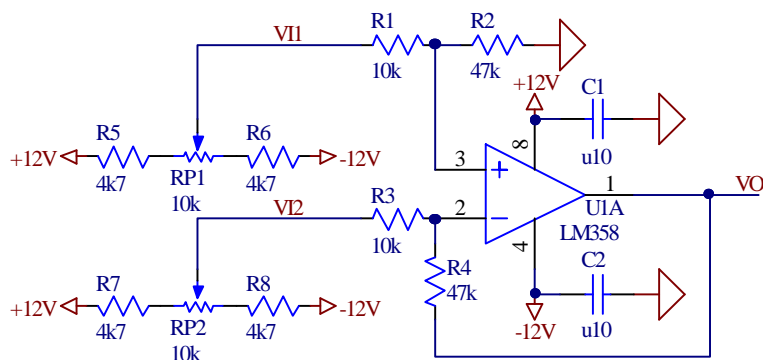
VI1 [V]	VI2 [V]	VO [V]
-1,0	-1,0	
-1,0	0,0	
-1,0	1,0	
0,0	-1,0	
0,0	0,0	
0,0	1,0	
1,0	-1,0	
1,0	0,0	
1,0	1,0	

Módosítsa az áramkört az alábbi ábra szerint! Az egyik bemenetre ( $V_{i1}$ ) kössön 1V amplitúdójú 500Hz frekvenciájú háromszögjelet a jelgenerátorból! A másik bemeneten ( $V_{i2}$ ) az RP2 potenciométer segítségével állítsa be a -1V, 0V, +1V értékeket! Figyelje meg a bemenő- ( $V_{i1}$ ) és a kimenő ( $V_o$ ) jelet kétszatornás oszcilloszkóp segítségével a megadott három esetre! Rajzolja át a kimenő jeleket az ábrára!



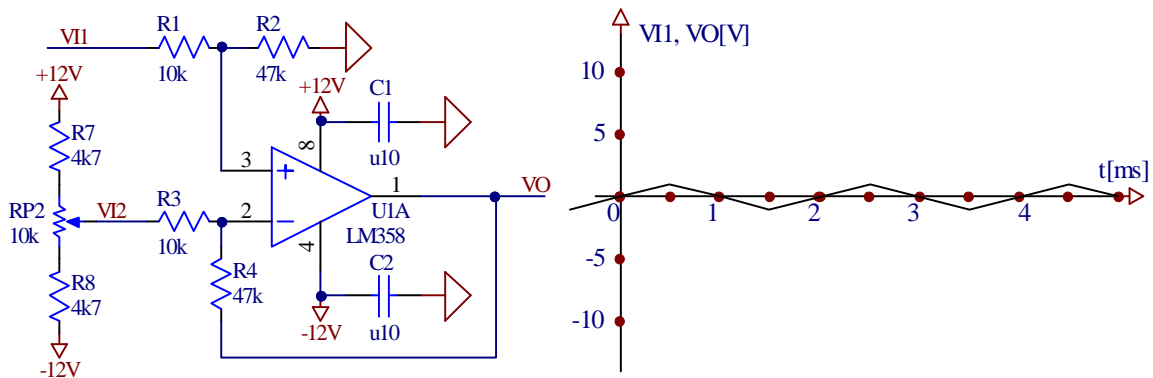
### 3.5.4 Különbőség-erősítő

Állítsa össze próbapanelen az alábbi áramkört! Írja fel a  $V_o=f(V_{i1}, V_{i2})$  képletet ideális műveleti erősítő esetére! Az RP1 és RP2 potenciométerek elforgatásával állítsa be a táblázatban szereplő  $V_{i1}$ ,  $V_{i2}$  érték-kombinációkat! Minden egyes beállításra mérje ki a  $V_o$  feszültséget és írja be a táblázatba!



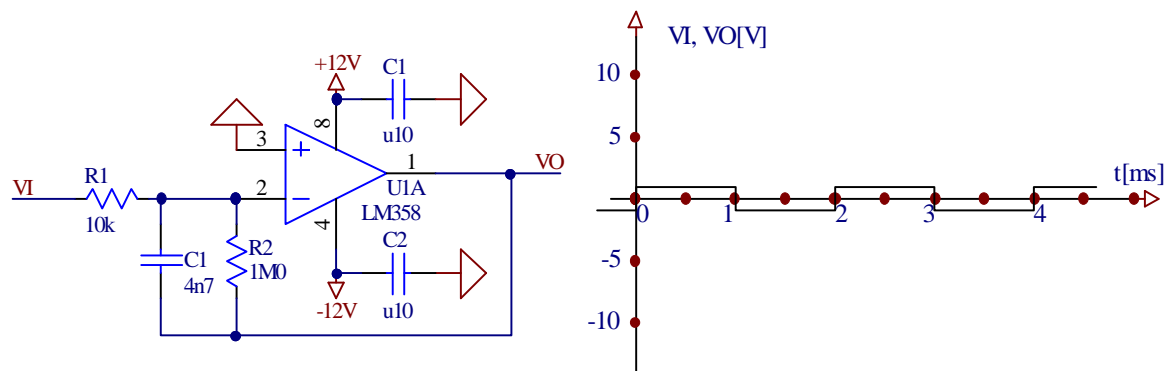
$V_{i1}$ [V]	$V_{i2}$ [V]	$V_o$ [V]
-1,0	-1,0	
-1,0	0,0	
-1,0	1,0	
0,0	-1,0	
0,0	0,0	
0,0	1,0	
1,0	-1,0	
1,0	0,0	
1,0	1,0	

Módosítsa az áramkört az alábbi ábra szerint! Az egyik bemenetre ( $V_{i1}$ ) kössön 1V amplitúdójú 500Hz frekvenciájú háromszögjelet a jelgenerátorból! A másik bemeneten ( $V_{i2}$ ) az RP2 potenciométer segítségével állítsa be a -1V, 0V, +1V értékeket! Figyelje meg a bemenő- ( $V_{i1}$ ) és a kimenő ( $V_o$ ) jelet kétszatornás oszcilloszkóp segítségével a megadott három esetre! Rajzolja át a kimenő jeleket az ábrára!

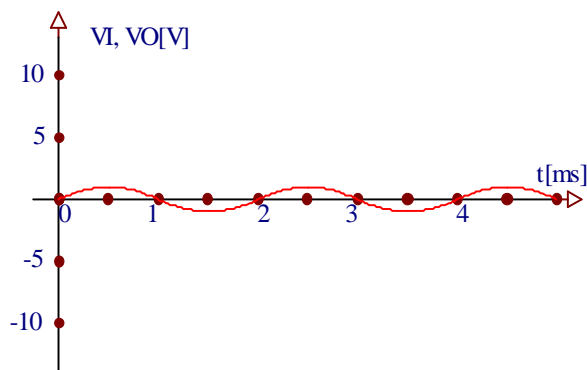


### 3.5.5 Analóg integráló kapcsolás

Állítsa össze próbapanelen az alábbi áramkört! Írja fel a  $V_o=f(V_i)$  képletet ideális műveleti erősítő esetére! A jelgenerátorból vezessen a bemenetre 1V amplitúdójú, 500Hz frekvenciájú váltakozó négyszögfeszültséget! Figyelje meg a bemenő- ( $V_i$ ) és a kimenő ( $V_o$ ) jelet kétcsatornás oszcilloszkóp segítségével, rajzolja át a kimenő jelet az ábrára! Mi történik a kimenő jellel, ha eltávolítja az áramkörből az R2 ellenállást?



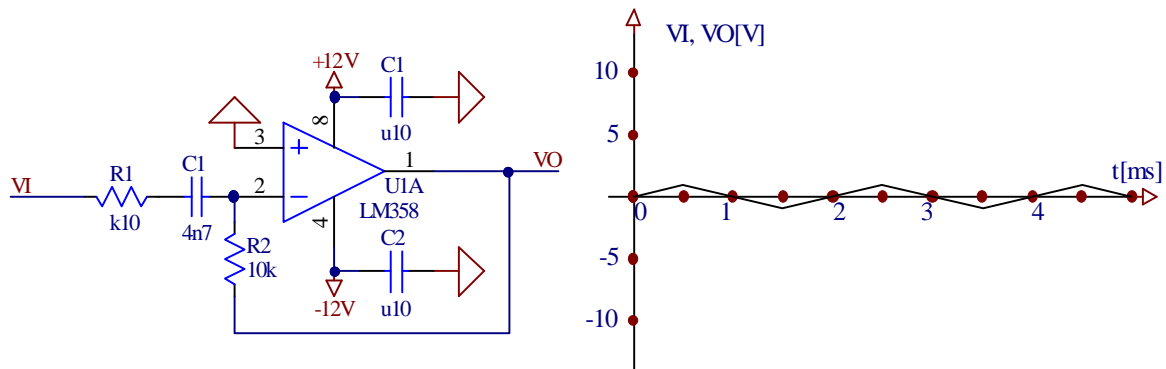
A négyszögjel helyett vezessen a bemenetre azonos amplitúdójú és frekvenciájú szinusz jelet! Figyelje meg a bemenő és a kimenő jelet oszcilloszkóppal, rajzolja át a kimenő jelet az ábrára!



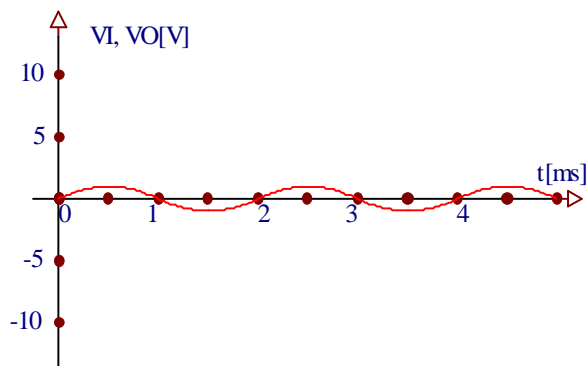


### 3.5.6 Analóg differenciáló kapcsolás

Állítsa össze próbapanelen az alábbi áramkört! Írja fel a  $V_o=f(V_i)$  képletet ideális műveleti erősítő esetére! A jelgenerátorból vezessen a bemenetre 1V amplitúdójú, 500Hz frekvenciájú háromszögjelet! Figyelje meg a bemenő- ( $V_i$ ) és a kimenő ( $V_o$ ) jelet kétcsatornás oszcilloszkóp segítségével, rajzolja át a kimenő jelet az ábrára! Mi történik a kimenő jellel, ha rövidre zárja az R1 ellenállást?

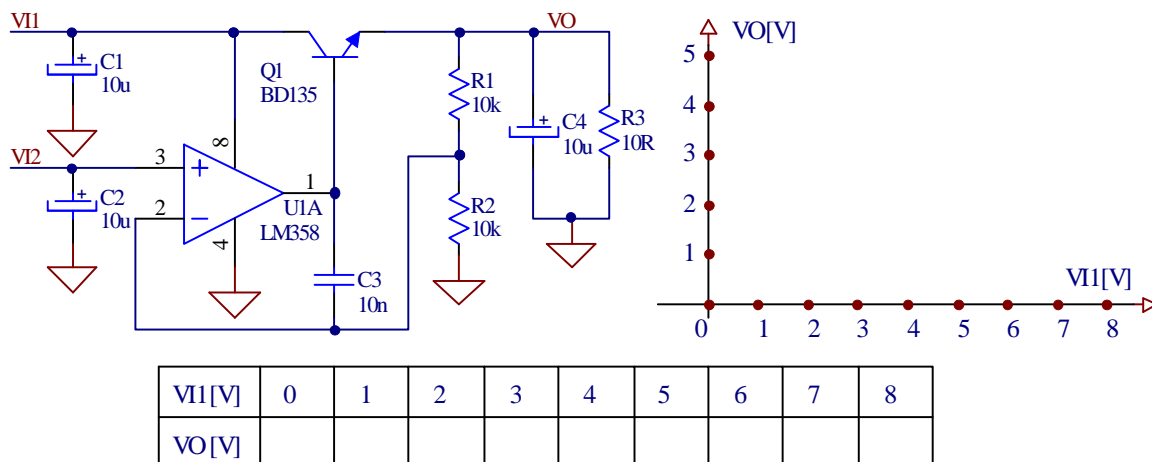


A háromszögjel helyett vezessen a bemenetre azonos amplitúdójú és frekvenciájú szinusz jelet! Figyelje meg a bemenő és a kimenő jelet oszcilloszkóppal, rajzolja át a kimenő jelet az ábrára!



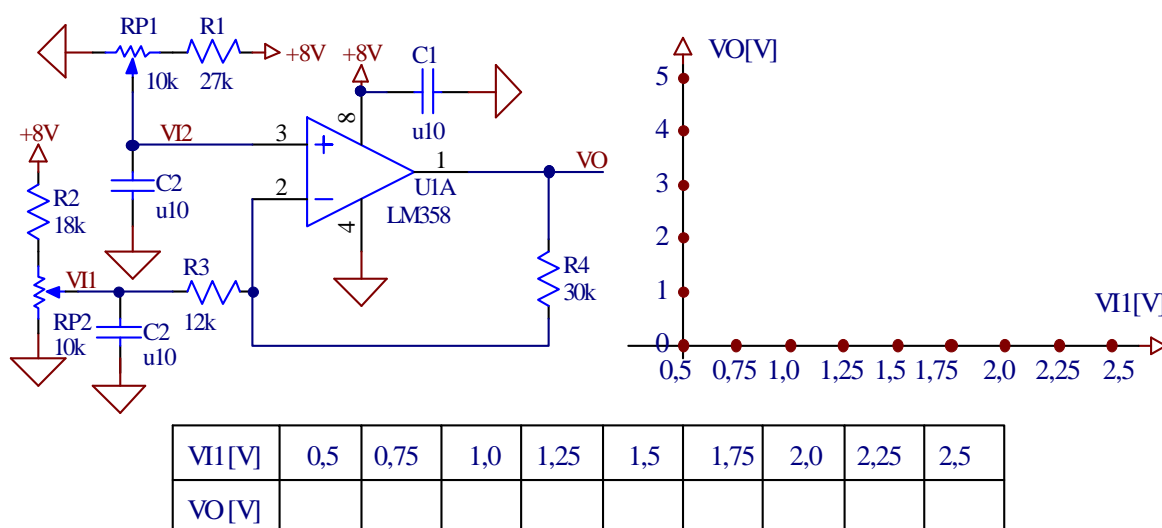
### 3.5.7 Feszültségszabályozó kapcsolás

Állítsa össze próbapanelen az alábbi áramkört! A  $V_{i2}$  feszültséget állítsa 2,5V-ra. A  $V_{i1}$  feszültséget emelje a tápegység segítségével 0-tól 8V-ig, 1V-os lépésekben! Minden lépésnél mérje meg a kimenő feszültséget ( $V_o$ ) és írja be a táblázatba! Rajzolja meg a  $V_o=f(V_{i1})$  függvény diagramját! Mely bemenő feszültségtől kezdődően tekinthető a kimenő feszültség állandó (szabályozott) értékűnek? Mi történik, ha eltávolítjuk az áramkörből a C3 kondenzátort?



### 3.5.8 Adott DC átviteli karakterisztika megvalósítása

Állítsa össze próbapanelen az alábbi áramkört! Az áramkör feladata, hogy miközben a bemenő jel ( $V_{i1}$ ) 2,5V-tól 0,5V-ig csökken, a kimeneten 0-tól 5V-ig emelkedjen a feszültség ( $V_o$ ), lineáris függvény szerint. Állítsa be először a  $V_{i1}=0,5V$  értéket, majd a  $V_{i2}$  feszültséget állítsa úgy, hogy a kimenő feszültség  $V_o=5V$  legyen! Mérje meg és jegyezze fel ezt a  $V_{i2}$  értéket! Változtassa a bemenő feszültséget 0,5V-tól 2,5V-ig 0,25V-os lépésekben, mérje ki minden lépésnél a kimenő feszültséget és írja be a táblázatba. Rajzolja meg a  $V_o=f(V_{i1})$  függvény diagramját! Mi történik, ha a  $V_{i1}$  feszültséget 0,5V alá csökkentjük vagy 2,5V fölé emeljük?



Hallgató(k):

Név:

Index szám:

Aláírás:

-----

-----

-----

-----

-----

-----