

# Elektronika alapjai 7. gyakorlat

## A gyakorlaton megoldott feladatok

### 1. Feladat

Határozza meg az ábrán látható invertáló alkapcsolás feszültségerősítését!

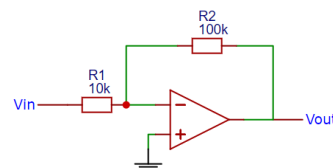
#### Megoldás

A műveleti erősítőt ideálisnak feltételezzük. Ekkor az invertáló és a neminvertáló bemenet feszültsége megegyezik, ebben a kapcsolásban 0V. Az invertáló bemenetre egy Kirchoff törvényt felírva:

$$0 = \frac{V_{OUT}}{R_2} + \frac{V_{IN}}{R_1}$$

azaz

$$A = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = -\frac{R_2}{R_1} = -10$$



### 2. Feladat

Határozza meg az ábrán látható neminvertáló alkapcsolás feszültségerősítését!

#### Megoldás

A műveleti erősítőt ideálisnak feltételezzük. Ekkor az invertáló és a neminvertáló bemenet feszültsége megegyezik. Az invertáló bemenet feszültsége egy egyszerű feszültségosztással számítható, így a következőt kapjuk:

$$V_{IN} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_{OUT}$$

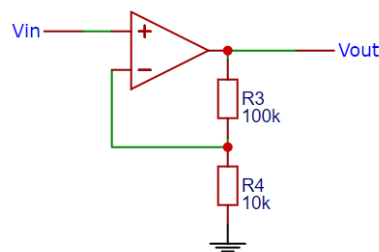
átrendezve

$$A = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = 1 + \frac{R_3}{R_4} = 11$$

Másik megoldás: a visszacsatolás átvitele:  $\beta = \frac{R_4}{R_3 + R_4}$ .

Az ideális műveleti erősítő erősítése végtelen, tehát a visszacsatolt erősítőre:

$$A \approx \frac{1}{\beta} = 1 + \frac{R_3}{R_4} = 11$$



### 3. Feladat

Határozza meg az alábbi összegző invertáló kapcsolásban a kimenet feszültségét!

#### Megoldás

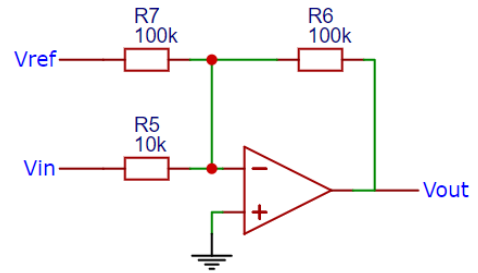
Használjuk a szuperpozíció tételét, mivel ez a kapcsolás a két bemenetre egy-egy invertáló alapkapsolás. A kimenet a válaszfüggvények összege, azaz:

$$V_{OUT} = -\frac{R_6}{R_7}V_{REF} - \frac{R_6}{R_5}V_{IN} = -(10V_{IN} + V_{REF})$$

Másik megoldás: írjuk fel a Kirchoff csomóponti törvényt az invertáló bemenetre!

$$\frac{V_{OUT}}{R_6} + \frac{V_{IN}}{R_5} + \frac{V_{REF}}{R_7} = 0$$

átrendezve megkapjuk az előző megoldást.



### 4. Feladat

Határozza meg az alábbi különbségképző kapcsolásban a kimenet feszültségét!

#### Megoldás

Használjuk a szuperpozíció tételét! A  $V_+$  bemenetre nézve ez a kapcsolás egy neminvertáló alapkapsolás (ilyenkor a szuperpozíció miatt  $V_- = 0V$ , azaz  $R_8$  ellenállás földre kapcsolódik), és a műveleti erősítő neminvertáló bemenetére az  $R_9$ - $R_{10}$  feszültségosztón leosztott  $V_+$  feszültség kerül. Így a kimenet feszültsége (felhasználva a 2. példa eredményét)

$$V_{OUT} = \left(1 + \frac{R_{11}}{R_8}\right) \frac{R_9}{R_9 + R_{10}} V_+ = 10V_+$$

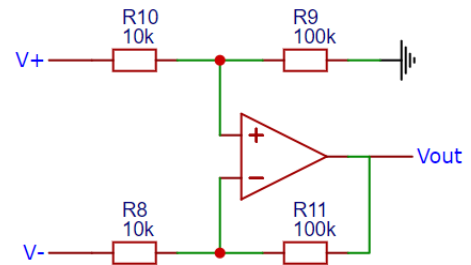
A  $V_-$  bemenetre nézve a kapcsolás egy invertáló alapkapsolás. (ilyenkor a szuperpozíció tétel miatt  $V_+ = 0V$ , azaz a neminvertáló bemenet a párhuzamosan kapcsolt  $R_9, R_{10}$  ellenállásokon keresztül földre kerül.) A kimenet feszültsége (felhasználva az 1. példa eredményét)

$$V_{OUT} = -\frac{R_{11}}{R_8} V_- = -10V_-$$

Összegezve:

$$V_{OUT} = 10(V_+ - V_-)$$

Másik megoldás:



A műveleti erősítő bemeneteinek feszültsége egy-egy feszültségosztásból számíthatóak és ideális műveleti erősítőt feltételezve megegyeznek. Azaz:

$$\frac{R_9}{R_9 + R_{10}} V_+ = \frac{R_{11}}{R_8 + R_{11}} (V_- - V_{OUT}) + V_{OUT}$$

azaz

$$V_{OUT} = 10(V_+ - V_-)$$

Harmadik megoldás:

Az invertáló és neminvertáló bemenet feszültsége megegyezik, legyen ez  $U$ . Írjunk fel Kirchhoff áramtörvényt az invertáló és a neminvertáló bemenetre:

$$\frac{U - V_+}{R_{10}} + \frac{U}{R_9} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{U - V_-}{R_8} + \frac{U - V_{OUT}}{R_{11}} = 0 \quad (2)$$

A két egyenletbe behelyettesítve és a (2) egyenletből az (1) egyenletet kivonva megkapjuk a megoldást.

## 5. Feladat

Hogyan függ az ábrán látható mérőerősítő erősítése a kívülről csatlakoztatott  $R_G$  ellenállástól?

### Megoldás

Vegyük észre, hogy a 3. számmal jelzett műveleti erősítő a körülvevő egyforma értékű ellenállásokkal egy egyszerű erősítésű különbségképző kapcsolás. Tehát a feladat megoldásához elegendő az 1. és a 2. műveleti erősítő kimeneti feszültségkülönbségét meghatározni. A műveleti erősítőket ideálisnak feltételezve az 1. műveleti erősítő invertáló bemenetén  $V_+$ , a második műveleti erősítő invertáló bemenetén  $V_-$  jelenik meg. Ebből kiszámíthatjuk az  $R_G$  ellenállás áramát:

$$I = \frac{V_+ - V_-}{R_G}$$

Mivel a műveleti erősítő bemenetein áram nem folyik, az  $I$  áram keresztülhalad mindkét  $25\text{k}\Omega$ -os ellenálláson, így az első és második műveleti erősítő kimenetének feszültségkülönbsége:

$$V_{OUT1} - V_{OUT2} = I(R_G + 2R_1)$$

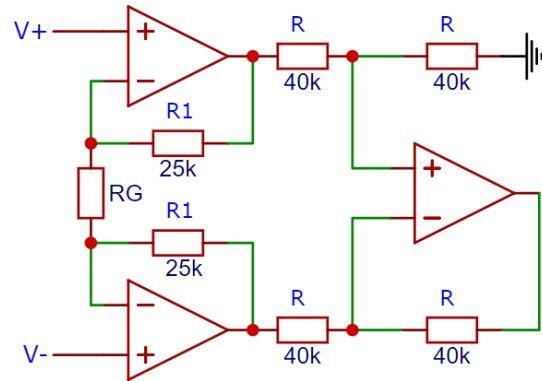
Az eredményeket összegezve:

$$V_{OUT} = \left(1 + \frac{2R_1}{R_G}\right)(V_+ - V_-)$$

Tehát a differenciális feszültségerősítés a külső  $R_G$  ellenállás segítségével a következőképpen szabályozható:

$$A_D = 1 + \frac{50\text{k}\Omega}{R_G}$$

Ez a kapcsolás az INA128 mérőerősítő kapcsolási vázlata (a bemeneti és kimeneti védő áramkörök hiányoznak a rajzról.) A  $40\text{k}$  és  $25\text{k}$  ellenállásokat a chipen valósítják meg és pontosra állítják be az értéket, így az offszetfeszültség  $0,5\mu\text{V}$ . Az erősítést a külső  $R_G$  ellenállással állítjuk be.



## 6. Feladat

Egy 20ppm pontosságú, 32,768kHz frekvenciájú kristályon alapuló valósídejű órát (RTC) tartalmazó rendszer esetén milyen gyakran kell időt szinkronizálni, ha azt szeretnénk, hogy az eltérés 1 másodpercnél kisebb legyen?

Ha egy  $f_0$  frekvenciájú kristály  $p$  pontosságú, akkor a frekvenciája:

$$f_0(1 - p) \leq f \leq f_0(1 + p)$$

Számítsuk ki a maximális késést, ez a kisebb frekvenciához tartozik, mert ekkor a periódus idő hosszabb. A periódusidő ( $T$ ) a frekvencia reciproka, az ideálistól vett eltérés pedig:

$$\Delta T = \frac{1}{f_0(1 - p)} - \frac{1}{f_0} = \frac{p}{f_0(1 - p)}$$

Amikor időt mérünk, egy számlálóval számoljuk az impulzusokat. Egy másodperchez ideális esetben pontosan  $f_0 \cdot 1s$  darab periódust kell leszámolni így az átlagos késés egy másodperc alatt:

$$\Delta t_{1s} = \frac{p}{(1 - p)} \cdot 1s \approx p \cdot 1s$$

(Kihasználtuk, hogy  $p \ll 1$ )

A 20ppm pontosságú RTC 1s alatt kb. 20 $\mu$ s-ot siet vagy késik, 1 másodperc eltérést a valós időtől

$$\frac{1s}{20\mu s} = 50000$$

másodperc alatt szed össze. Azaz  $50000/3600=13,9$  óránként, tehát napjában kétszer érdemes szinkronizálni.