

## Műveleti erősítő mérése

Heiszman Henrik

Neptun kód: ENV2R9

Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar

1083 Budapest, Práter utca 50/A

heiszman.henrik@hallgato.ppke.hu

*Téma–ELVIS próbapanel és ELVIS műszerek segítségével a gyakorlat során kapott áramköri elemek használatával épített, különböző funkciójú kapcsolások működésének elemzése. Analóg integráló és differenciáló kapcsolás működőképességének igazolása mérés segítségével.*

## I. A JEGYZŐKÖNYVBEN HASZNÁLT FOGALMAK

Passzív áramkört elem: azok az elemek melynek helyettesítő képeben nem található sem áramgenerátor, sem feszültséggenerátor ilyen lehet például egy ellenállás vagy egy kondenzátor.

Ellenállás (áramköri alkatrész): az elektronikai alkatrészek egyik fajtája, melynek feladata az, hogy megfelelő mértékű elektromos ellenállást biztosítson egy áramkör adott részén.

Elektromos ellenállás: elektromos vezető két pontjára kapcsolt feszültség és a vezetőn áthaladó áram erősségének a hányadosaként értelmezett fizikai mennyiség, mértékegysége az Ohm, jele:  $\Omega$ .

Kondenzátor: egy olyan passzív áramköri elem, amely villamos tér létrehozásával elektromos töltést képes tárolni. A legegyszerűbb kondenzátor legalább két, párhuzamos vezető anyagból (fegyverzet) és a közöttük lévő elektromosan szigetelő anyagból (dielektrikum) áll.

Műveleti erősítő: néhány tucat tranzisztorból felépített közvetlen csatolt nagy feszültségerősítéssel rendelkező áramkörök.

## II. KAPOTT ELLENÁLLÁS PARAMÉTEREI

A mérési feladat része ként öt darab, elméletileg megegyező paraméterekkel rendelkező ellenállást kaptunk. Az én esetemben négy csíkos ellenállások voltak. Ennek az áramkörti elemeknek a színkódja alapján először meghatároztam a paramétereit (ellenállásának névleges értéke, tűrés).

Az négy csíkos ellenállás első kettő csíkja ad meg egy értéket, amelyet a harmadik csík alapján 10 valamelyik hatványával szorozva kapjuk meg a tényleges értéket, a negyedik csík pedig a tűrés százalékos értékét adja meg.


















A kapott ellenállás csíkozása a következő volt: piros, piros, narancs, arany. A paraméterek meghatározás előtt meg kellett határoznom, melyik irányból kell leolvasni a színeket az ellenállásról. (Az volt a kérdés, hogy a kapott alkatrész csíkozása piros, piros, narancs, arany vagy arany, narancs, piros,

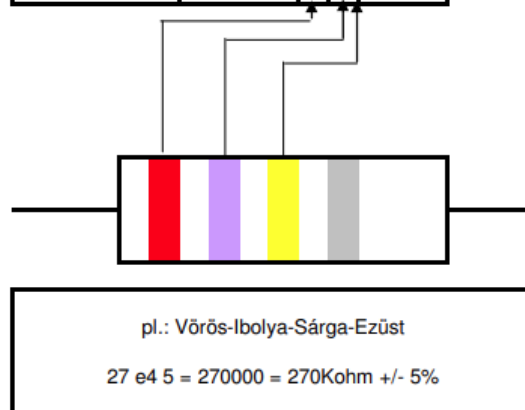
piros.) A négy csikos ellenállás kiértékeléséhez használandó táblázatból láttam, hogy arany szín nem állhat az első csikban, az én esetemben. Ebből adódóan az ellenállás jelölésének leolvasását a piros csíkkal kell kezdeni. A táblázat segítségével dekódolva a színeket, az alábbi egyszerű számítással kaptam meg az áramkörü elemem paramétereit.

Piros  $\rightarrow 2$   
 Piros  $\rightarrow 2$   
 Narancs  $\rightarrow 10e3$   
 Arany  $\rightarrow 5\%-os$

$R = 22 * 10^3 = 22 \text{ k}\Omega$

Az értékeket az alábbi táblázat segítségével kaptam meg.  
(2. ábra)

		Ertéksáv		Szorzó	Túrés
		1	2	4	5
Nincs jel					20%
	Ezüst			x10e-2	10%
	Arany			x10e-1	5%
	Fekete		0	x10e0	
	Barna	1	1	x10e1	
	Vörös	2	2	x10e2	2%
	Narancs	3	3	x10e3	
	Sárga	4	4	x10e4	
	Zöld	5	5	x10e5	
	Kék	6	6	x10e6	
	Ibolya	7	7	x10e7	
	Szürke	8	8	x10e8	
	Fehér	9	9	x10e9	



2. ábra  
Négy csíkos ellenállás táblázata

Annak érdekében, hogy meggyőződjek arról, hogy nem vétettem hibát az ellenállások paramétereinek dekódolásában, valamint ellenőrizzem, hogy az ellenállások paraméterei ténylegesen megegyeznek, egyenként megmértem az ohmikus ellenállásukat az egyes alkatrészeknek.

A mérés során, NI ELVIS próbapanelet és a hozzá tartozó számítógépes software-t használtam ( NI ELVIS mx).

Mérés megkezdése előtt elindítottam a laborgépen a fent említett programot. Ezek után a megjelenő ablakból az „Instruments & Apps” fül alatt található „digital multimeter” funkciót választottam és az elinduló multiméteren kiválasztottam, hogy ellenállást szeretnék mérni. Ezek után az ELVIS-be előre bekötött két mérővezeték (piros és fekete) kék végét összeakasztottam, ezzel rövidre zárva a rendszert. Ezek után elindítottam softwaren a digitális multimétert, amely meghatározta ebben az összeállításban a műszer belső ellenállását és a vezeték ellenállását. A mérés után kipipáltam a program kezelőfelületén a „Null Offset” rubrikát, ezzel gondoskodva arról, hogy az ellenállás mérése során a rendszer már ne mérje bele a belső ellenállását.

A kalibrálás elvégzése után megkezdtem az ellenállások paramétereinek ellenőrzését

Első lépésben az ellenállás két lábára rákötöttem egy-egy mérővezeték. A digitális multiméteren ebben a pillanatban megjelent egy érték, amely időben folyamatosan piciket változott. Megvártam, amíg a kitérések csillapodnak és ezek után leolvastam a mért értéket. Leolvasás után levettem a műszerről az ellenállást.

Ezt a folyamatot elvégeztem mind az öt ellenállással.

A mért értékek a következők lettek:

1. ellenállás: 21,728 k $\Omega$
2. ellenállás: 21,792 k $\Omega$
3. ellenállás: 21,615 k $\Omega$
4. ellenállás: 21,538 k $\Omega$
5. ellenállás: 21,615 k $\Omega$

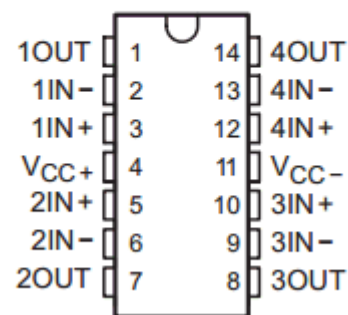
Az adatok csak igen kis mértékben térnek el egymástól. Ebből látszik, hogy a tényleges paraméterek megegyeznek a feltüntetett értékekkel. Az elvárt 22 k $\Omega$ -os értéktől a mért adatok kevesebb, mint 5%-al térnek el, amely megfelel a meghatározott tűrés paraméterének.

### III. KAPOTT ERŐSÍTŐ ELEMZÉSE

A gyakorlat elején kapott ellenállások mellett adva volt egy műveleti erősítő is. Az én esetemben ez egy TL084IN számú Texas Instruments „op-amp” volt.

Az internet segítségével megkerestem ennek az áramköri alkatrésznek az adatlapját. Ebből megállapítottam a kapott erősítő egyes lábainak paramétereit. Az adatlapot a 3. ábra szemlélteti.

**TL084 and TL084x D, J, N, NS and PW Package  
14-Pin SOIC, CDIP, PDIP, SO, and TSSOP  
Top View**



3. ábra

TL084IN típusú műveleti erősítő adatai

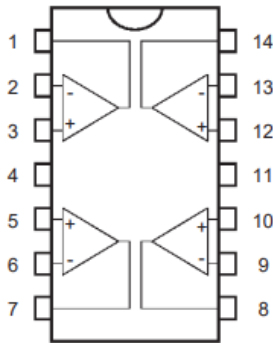
Az ábrából egyértelműen leolvasható, hogy az erősítő egyes lábai, melyen szerepet látnak el.

Az egyes számú láb az erősítő kimenete. Kettes és hármas számú lábak az erősítő bemenetei, kettes az invertáló, míg a hármas a nem invertáló bemenet.

A „-” jellel jelölt bemenetet invertáló vagy fázisfordító bemenetnek nevezik, mivel erre a bemenetre kapcsolt feszültség a kimeneten fordított polaritással, illetve 180°-os fázistolással jelenik meg. Az erősítő az invertáló bemenetére kapcsolt feszültséget felerősíti és invertálja. A „+” jellel jelölt bemenetet neminvertáló vagy fázist nem fordító bemenetnek nevezik, mivel a rákapcsolt feszültség azonos polaritással, illetve azonos fázishelyzetben jelenik meg a kimeneten. Az erősítő neminvertáló bemenetére kapcsolt feszültséget felerősíti, de nem invertálja.

A négyes, valamint a tizenegyes láb a műveleti erősítő tápjának van dedikálva. Erre azért van szükség, mert fizikai előismereteinkből tudhatjuk, hogy örökmozgó nem létezik, azért, hogy az erősítő elvégezze a feladatát, energiára van szüksége, amelyet valamilyen külső forrásból kell biztosítanunk.

További böngészés során találtam egy más jellegű, az összeállítási feladat szempontjából jobban átlátható, adatlapot a TL084IN típusú erősítőhöz. (4. ábra)



4. ábra

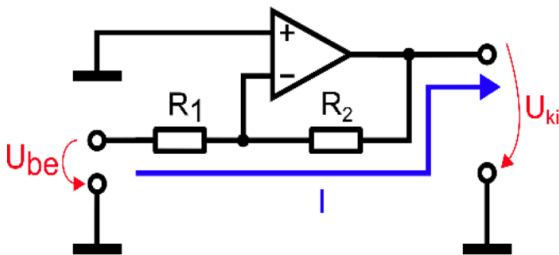
TL084IN típusú műveleti erősítő szemléletes adatlap

Ez az ábra azért jó, mert kombinálja a műveleti erősítő áramkörü jelölését a TL084IN típusú erősítő megjelenését reprezentáló rajzzal.

#### IV. MŰVELETI ERŐSÍTŐK ALAPKAPCSOLÁSAI

A mérési feladatom leírása előtt szeretném tisztázni a mérés során használt alapkapsolásokat.

Az első feladatban az invertáló kapcsolással kellett dolgoznom. Ennek a kapcsolásnak az áramkörü rajzát az 5. ábra reprezentálja.

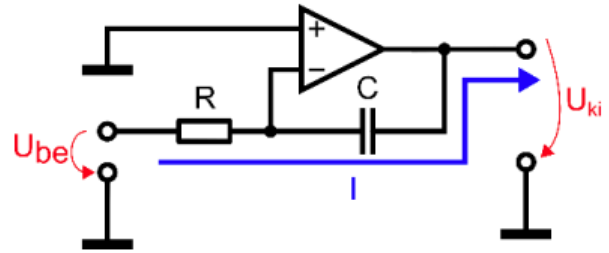


5. ábra

Invertáló kapcsolás

Az egyik legelterjedtebb műveleti erősítővel kivitelezett áramkör az invertáló, más néven fázisfordító erősítő kapcsolás. Elnevezése onnan származik, hogy az  $U_{be}$ , bemeneti jelet az invertáló bemenetre kapcsoljuk és a kimeneten egy olyan felerősített  $U_{ki}$  feszültség jelenik meg, amelynek fázishelyzete ellentétes a bemeneti feszültség fázisával.

Második feladatban az integráló és a differenciáló kapcsolással kellett mérni. A 6. ábrán látható az analóg integráló kapcsolás áramkörü rajza.

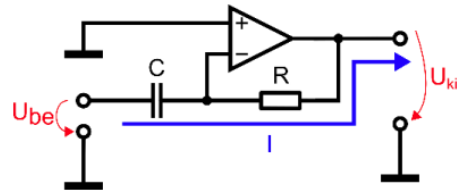


6. ábra

Analóg integráló kapcsolás

Az integráló kapcsolás az invertáló erősítőtől abban különbözik, hogy a visszacsatoló ellenállást a C kondenzátor helyettesíti.

A differenciáló kapcsolást a 7. ábra szemlélteti.



7. ábra

Analóg differenciáló kapcsolás

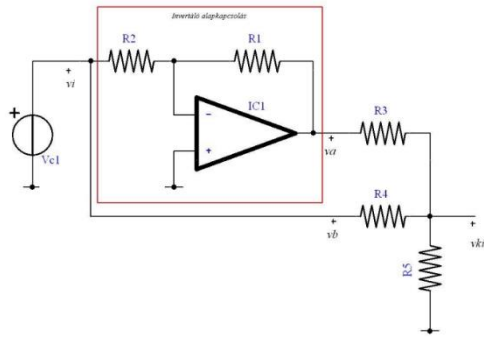
A fenti ábrán megjelenített kapcsolás egy úgynevezett különbségképző áramkör, mivel kimeneti feszültsége egyenesen arányos a bemenetekre kapcsolt feszültségek különbségével.

A fent leírt kapcsolásokon kívül még létezik sok másik alapkapsolás, de itt most ezeket nem részletezem, mivel a mérési feladataim maradéktalan elvégzéséhez nem volt szükségem a használatukra.

#### V. INVERTÁLÓ ALAPKAPCSOLÁS

Ebben a mérési feladatban meg kellene határozni a mérési összeállítás kimenő feszültségét, valamint a kimeneti feszültségtartomány maximumát.

A mérési kapcsolás összeállítása során a bemeneti feszültséghez egy állítható feszültség forrást használtam az ELVIS próbapanel segítségével. A műveleti erősítőt 15 V-os táppal láttam el. Ebben a mérésben egy invertáló kapcsolást kellett megépítenem és még kibővíteni pár ellenállással. Az elkészült kapcsolásomat a 8. ábra illusztrálja.



8. ábra  
Az elkészített áramkör

Az ábrán pirossal bekeretezett rész az invertáló alapkapcsolás. Az én esetemben az  $R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=22\text{ k}\Omega$ .

A számolás elvégzéséhez az alábbi képletet használtam:

$$U_k = U_{be} * \left(\frac{R_1}{R_2}\right)$$

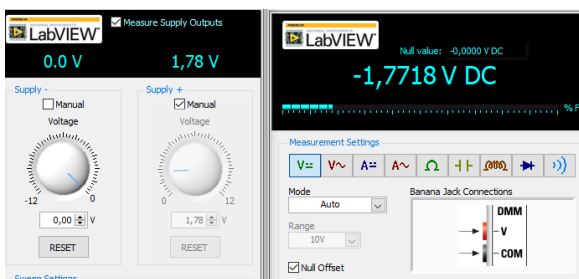
Ezt az összefüggést az erősítő tulajdonságaiból ismerjük.

Valamint a következő összefüggés is ismert.

$$U_{ki} = U_{ki} * \left(\frac{R_5 \times R_4}{R_5 \times R_4 + R_3}\right) + U_{be} * \left(\frac{R_5 \times R_3}{R_5 \times R_3 + R_4}\right)$$

A mérésem során 15 V-tal dolgoztam, amelyet ha behelyettesítünk az egyenletben, akkor a kimeneti feszültségre -15,2 V-ot kapok, amely érthető hiszen az összeállításban egy invertáló kapcsolás szerepel, amely definíció alapján a számolásnak megfelelő értéket kell adjon. Ezt mérések is ellenőriztem, amely során bármely bemenő feszültségre a -1-szeresét adta vissza a kimeneten.

A mért kimeneti érték a 9. ábrán szerepel.



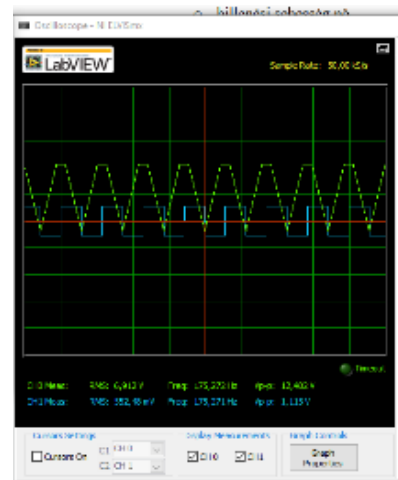
9. ábra  
Kimeneti feszültség invertáló kapcsolás során

## VI. ANALÓG INTEGRÁLÓ KAPCSOLÁS

Ebben a részben azt a feladatot kaptam, hogy NI ELVIS segítségével ellenőrizsem az integráló kapcsolás működőképességét.

Ehhez elsősorban elkészítettem az előző részekben foglaltaknak megfelelően az integráló kapcsolást. Az NI ELVIS software-ben függvénygenerátor és oszcilloszkóp segítségével ellenőriztem a működést.

A tanultak alapján azt vártam, hogy négyzetes függvényre háromszögjellel fog válaszolni a rendszer. Az ELVIS segítségével a teszt során pontosan ezt tapasztaltam. Az eredményt a következő ábrával szemléltetem. (10. ábra)



10. ábra  
Az oszcilloszkóp képe

Az ábrán kékkel a bemeneti függvényt, zölddel pedig a kimenőt ábrázolta a program.

## VII. ANALÓG DIFFERENCIÁLÓ KAPCSOLÁS

Ebben a részben azt a feladatot kaptam, hogy NI ELVIS segítségével ellenőrizsem a differenciáló kapcsolás működőképességét.

A tanultak alapján ebben az esetben azt vártam, hogy négyzetes bemeneti jelre tüskéket kapjak a kimeneten.

Ezen mérés során is a várt értékeket kaptam, ezzel ellenőrizve az összeállítás működését.

## VIII. POZITÍV TÁPFESZÜLTSG

Ebben a részben azt vizsgáltam, hogy hogyan változik a megoldásom az előző részekhez képest, ha a műveleti erősítőnek csak pozitív tápfeszültséget adok

A megoldáshoz a műveleti erősítő +15 V-os és -15 V-os tápját egy +5 V-osra cseréltem és a negatív oldalt pedig földeltem. Ez eltoltam a műveleti erősítő munkapontját.

Ekkor azt tapasztaltam, hogy az első feladatban eredménybeli, merhető eltérést jelentkezett, míg a második feladatnál vizuális.

## IX. MÉRÉS HIBÁJA

Több külső és belső hatás következménye lehet a mérési hiba. Külső behatás lehet például az, hogy remegett a kezünk mérés során, ebből adódóan nem megfelelő kontaktus jött létre a műszer és a mérendő objektum között. Másik ilyen zavaró tényező lehetett a levegőben lévő, töltéssel rendelkező részecskék befolyása.

De számunkra ebben az esetben az igazán fontos, a mérést nagyban befolyásoló tényező a mérőműszerünk (ELVIS) belső ellenállása. Tudjuk, hogy feszültség mérő belső ellenállása ideális esetben végtelen. A mi esetünk az ELVIS gyártói specifikációi szerint a belső ellenállása 11 M $\Omega$ .

## FELHASZNÁLT FORRÁSOK

[MÉRÉSI SEGÉDLET](#)

[TÚRÉS](#)

[ELVIS SEGÉDLET](#)

[ELLENÁLLÁSOK](#)

[NÉGY CSÍKOS ELLENÁLLÁS TÁBLÁZAT](#)

[TL084IN ADATLAP](#)

[NI ELVIS HASZNÁLATI UTASÍTÁS](#)