



ELEKTRONIKAI TERVEZÉS ÉS KONSTRUKCIÓ

SZAKMAI TÖRZSANYAG
(nappali és levelező munkarendben)

TANTÁRGYI KOMMUNIKÁCIÓS DOSSZIÉ

MISKOLCI EGYETEM
ELEKTROTECHNIKAI ÉS ELEKTRONIKAI INTÉZET

Miskolc, 2019/20. I. félév

1. TANTÁRGYLEÍRÁS

Tantárgy neve: ELEKTRONIKAI TERVEZÉS ÉS KONSTRUKCIÓ	Tantárgy Neptun kódja: GEVEE226M Tárgyfelelős intézet: VMI-VEE Tantárgyelem:
Tárgyfelelős: Subert József tudományos munkatárs	
Javasolt félév: 1. őszi félév	Előfeltétel: elektrotechnikai és elektronikai alapismeretek, félvezetők ismerete
Óraszám/hét: 2 óra előadás + 2 óra gyakorlat	Számonkérés módja: 1 db zárthelyi dolgozat, 1 db beadandó egyéni tervezési feladat, gyakorlati jegy
Kreditpont: 3	Tagozat: nappali és levelező

A tantárgy feladata és célja:

A tantárgy elméleti és gyakorlati oktatásból áll. A feladat az elektronikus áramköri tervezési gyakorlatban előforduló gyakori problémák, feladatok bemutatásán keresztül megismerni egyes áramköri modulok elméleti és gyakorlati megtervezésének ismereteit és folyamatát. Ismeretanyagot, gyakorlatot és képességet biztosítani új, ismeretlen problémák megoldásához.

Gyakorlati feladat megismerni a számítógépes elektronikai tervezés és gyártás eszközeit és folyamatát. Elsajátítani különböző tervező programok használatát a kapcsolási rajz szerkesztéstől a szimuláción és a nyomtatott áramkör tervezésen át a gyártáshoz szükséges dokumentációk előállításáig.

A tantárgy tematikus leírása:

A tantárgy tematikája két részre bontható.

1. Az elméleti oktatás során a hallgatók felkészítést kapnak az elektronikus alap áramkörök (modulok) és az azokból építhető bonyolultabb rendszerek működési sajátosságaiból. Az elméleti órákon a gyakran előforduló konstrukciós feladatok (pl. elektromos áramkörök táplálása, zajszűrés, bemeneti impedanciák illesztése, nagy teljesítményű meghajtás, stb.) áttekintése, az ismerős és az első látásra nem triviális működési jellemzők (pl. nagyfrekvencián jelentkező jelenségek) tárgyalása útmutatást ad a későbbi tervezési feladatok megoldásához. Az elméleti felkészítés során tranzisztoros, FET-es, műveleti erősítő és PIC-es, továbbá ARDUINO alapú rendszerek alapismeretei és az ezek helyes tervezéséhez és üzemeltetéséhez szükséges ismeretek kerülnek áttekintésre.
2. A gyakorlati képzés során a hallgatók az elméleti felkészítés alatt áttekintett elektronikai modulok működési sajátosságait megvizsgálják az elektronikai szimulációs szoftverek segítségével, továbbá ezen szimulációs programok használatával saját, egyedi elektronikus áramköri terveket állítanak elő. Az elméleti áramköri rajzok (SCH – schematics) ellenőrzése után elkészítik az áramkörök prototípusainak (a nyomtatott áramköröknek) a legyártásához szükséges elektronikus állományokat, dokumentációkat.

A félév végére elvárás az, hogy a hallgatók képesek legyenek magabiztosan megtalálni, kiválasztani azokat az áramköri elemeket (különösen félvezetőket), amelyek egy adott feladat esetén alkalmasak a feladatot ellátó elektronikus áramkör megtervezéséhez. Képesnek kell lenniük továbbá arra, hogy szimulációs szoftverrel ellenőrizzék és a tapasztaltak alapján szükség szerint módosítsák a megtervezett elektronikus áramköröket, továbbá a kialakított áramkörök gyártásra alkalmas nyomtatott áramköri (PCB) terveit előállítsák.

2. ÜTEMTERV

Oktatási hét	Tananyag
1	Elektronikai ismeretek ismétlése.
2	Bevezetés a szereléstechnológiába. Passzív és aktív elektronikai alkatrészek, tokozási formák. Nyomtatott huzalozású hordozók fajtái és gyártástechnológiája.
3	Forraszanyagok, folyasztószerkezetek, forrasztási technológiák, alkatrész beültetési módszerek, kézi és gépi beültetés.
4	Újraömlesztéses és hullámforrasztás.
5	Elektronikai termékek konstrukciós kérdései, elektromágneses összeférhetőség és zavarvédelem problémái, IP védettség, gazdaságossági, gyárthatósági szerelhetőségi és szervizelhetőségi megfontolások.
6	A számítógépes elektronikai tervezőrendszerek felépítése, szoftverkomponensek.
7	Tervezőprogramok szerkezete, elemei, a tervezést és a gyártást támogató szoftver komponensek.
8	Áramkörtervezés, áramkörök rajzolása szimulációhoz Falstad Circuit Simulator, LTSpice, RFSim
9	Áramkörök egyenáramú és frekvenciafüggő vizsgálata programmal (LTSpice)
10	Nyomtatott áramkör (NYÁK) tervező programok tulajdonságai, működési elve és helye a tervezőrendszerekben.
11	Nyomtatott áramkör tervezés DesignSpark, EAGLE, EasyEDA programmal.
12	Láblenyomat szerkesztés, alkatrész szimbólum és láblenyomat információk egymáshoz rendelése, kötési lista készítése és importálása LTSpice programból, alkatrész elhelyezés, kézi és automatikus huzalozás, utómunkálatok, terv véglegesítése, gyártó fájlok előállítása.
13	Zárthelyi
14	Pótzárthelyi

3. FELTÉTELEK ÉS SZÁMONKÉRÉS

A kurzusra jelentkezés módja: a regisztrációs héten NEPTUN rendszeren keresztül.

A tantárgy felvételének előfeltétele: javasolt a tárgyat valamely elektrotechnikai, elektronikai tematikájú tantárgy sikeres meghallgatása után felvenni.

Oktatási módszer: Előadások, flip chart, projektor használatával, demonstráció, önálló számítógépes gyakorlat.

Félévközi számonkérés módja és az aláírás megszerzésének feltétele (Nappali):

A félév során egy zárthelyi dolgozatot kell teljesíteni és egy önálló tervezési feladatot kell elvégezni. A dolgozat időtartama 60perc. Megfelelt szint: a pontok 50%-a.

Félévközi számonkérés módja és az aláírás megszerzésének feltétele (Levelező):

A félév során egy zárthelyi dolgozatot kell teljesíteni és egy önálló tervezési feladatot kell elvégezni. A dolgozat időtartama 60perc. Megfelelt szint: a pontok 50%-a.

Gyakorlati jegy / kollokvium teljesítésének módja, értékelése (Nappali):

A félév során egy zárthelyi dolgozatot kell teljesíteni és egy önálló tervezési feladatot kell elvégezni. A gyakorlati jegy megszerzésének feltétele: a zárthelyi dolgozat legalább elégséges szintű megírása és az önálló feladat legalább elégséges szintű elkészítése. Megfelelt szint: a pontok 50%-a, Közepes szint: a pontok 63%-a, Jó szint: a pontok 76%-a. Jeles szint: a pontok 90%-a.

Gyakorlati jegy / kollokvium teljesítésének módja, értékelése (Levelező):

A félév során egy zárthelyi dolgozatot kell teljesíteni és egy önálló tervezési feladatot kell elvégezni. A gyakorlati jegy megszerzésének feltétele: a zárthelyi dolgozat legalább elégséges szintű megírása és az önálló feladat legalább elégséges szintű elkészítése. Megfelelt szint: a pontok 50%-a, Közepes szint: a pontok 63%-a, Jó szint: a pontok 76%-a. Jeles szint: a pontok 90%-a.

A tantárgy lezárásának módja: gyakorlati jegy

Értékelés ötfokozatú értékelés

Oktatási segédeszközök: Számítógépes laboratóriumban rendelkezésre álló oktató gépeken futtatható Falstad Circuit (JAVA alapú), LT Spice, DesignSpark, RFSim, Eagle és EasyEDA szimulációs és nyomtatott áramköri tervező szoftverek használata.

4 AJÁNLOTT IRODALOM

Online hozzáférhető ismertetők

1. Falstad Circuit Simulator <http://www.falstad.com/circuit/>
2. LTspice áramkör szimulátor <http://www.linear.com/designtools/software/>
3. DesignSpark <http://www.designspark.com/>
3. Eagle áramkör tervező <https://www.autodesk.com/products/eagle/overview>
4. EasyEDA áramkör tervező <https://easyeda.com/>

Szakkönyvek

1. Bogdán János, Kovács Mihály, Nagy Ferenc, Magy József, Takács Gábor: **Elektronikus áramkörök** 1982, ISBN 963 10 4895 0
2. U. Tietze, Ch. Schenk: **Analóg és digitális áramkörök** 5. kiadás, ISBN 963 10 0438 4, 963 16 0010 6
3. Bíró S.: **Magyar gyártmányú félvezetők**, Műszaki Könyvkiadó, 1989.
4. Szalay M.: **Elektronikai készülékek huzalozása**, Műszaki könyvkiadó, 1981.
5. C. F. Coombs: **Printed Circuits Handbook**, McGraw-Hill 1995.
6. Ralph W. Woodgate, **The Handbook of Machine Soldering: SMT and TH**, Wiley; 3 edition (Sept. 27 1996)

5. MINTA ZÁRTHELYI

Elektronikai tervezés és konstrukció Zárthelyi dolgozat

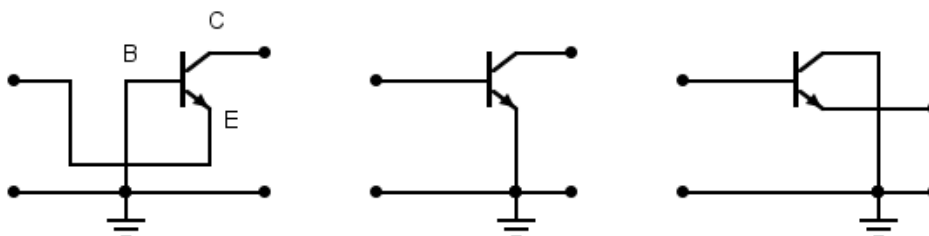
Dátum

Név:.....

Tankör:.....

1. a.) Rajzolja le, hogy NPN Szilícium tranzisztorok (erősítő elemek) felhasználásával hogyan alakít ki négyfólust (erősítőt)! Milyen négyfólusú fokozatokat ismer? Foglalja össze ezeknek az erősítő fajtáknak a legfontosabb tulajdonságait és térjen ki arra, hogy milyen esetekben alkalmazzák ezeket a fokozatokat!

Megoldás: A három lábú erősítő elemmel háromféleképpen lehet négyfólust képezni: egy-egy lábát közösíteni kell be- és kimenet szempontjából. Létezik tehát közös (földelt) bázisú, közös emitterű, közös kollektorú négyfólusú elrendezés (erősítő).



Az első képen a közös bázisú erősítő látható („báziskapcsolás”), amelyeket nagyfrekvenciás (rádiófrekvenciás) fokozatokban alkalmaznak, mert kedvezően kicsi a bemeneti ellenállása, ami könnyen illeszthetővé teszi a ma használatos antennák kicsi impedanciájához. Erősítése viszonylag nagy.

A második képen a közös emitteres erősítő kapcsolás látható, amely a leggyakrabban használt bemeneti fokozat a diszkrét elemekkel felépített áramkörök esetén. Áram- és feszültségerősítése nagy, teljesítményerősítése a legnagyobb a három közül. Csak kicsi, néhány mV nagyságrendű jelet képes lineárisan feldolgozni. Be- és kimeneti ellenállása egyaránt közepesnek mondható, néhányszor 10 kohm nagyságrendű. A fokozat fázist fordít.

A harmadik képen a közös kollektorú kapcsolás látható, amelynek igen nagy a bemeneti ellenállása, ezért elválasztó fokozatként használják, amikor az a feladat, hogy a következő fokozat ne terhelje az előző kimenetét. Feszültség erősítése egységnyinek tekinthető, viszont jelentős áramerősítéssel bír, ezért, valamint a kis kimeneti ellenállása miatt egyszerűbb áramkörökben kis impedanciájú hangszórók meghajtására is használják.

b.) Az előbbi fokozatok felhasználásával készítsen többfokozatú erősítőt tetszőleges célra és foglalja össze a jellemzőit.

A fent említett alap erősítő fokozatok összeköthetők kondenzátoros csatolással, amikor minden egyes fokozat egyenáramú munkapontját külön, az előző fokozatétól függetlenül be lehet állítani.

A fokozatok összeköthetők továbbá közvetlenül vezetékkel is (DC csatolás) amikor az előző fokozat egyes elemei (jellemzően a kollektor ellenállás) beleszólnak a következő fokozat munkapontjának a beállításába. Egyszerűbb elrendezésű, mégis gondos tervezést igénylő erősítők állíthatók elő ezáltal. Előnye, hogy egyenáramú (v. lassan változó) jeleket is könnyen lehet erősíteni velük.

Egy-egy példának a felrajzolása a hallgató alkotói szabadságára van bízva.

c.) Milyen egyszerű eljárással javíthatók a többfokozatú (tranzisztoros vagy integrált áramkörös) erősítők jellemzői? Milyen jellemzőket értünk ez esetben javítandó jellemzőn? Említsen meg 2 típust ilyen eljárásra és fejtse ki, hogy mikor alkalmazzák? Rajzoljon le egy megoldást!

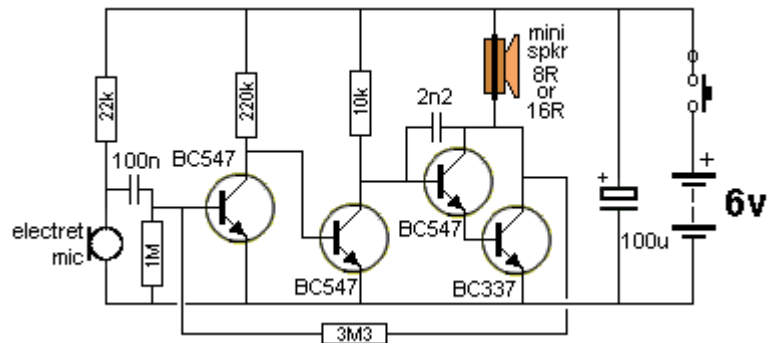
Az áramkörben egy következő fokozatból egyszerű ohmos ellenállással, vagy pl. frekvenciafüggő RC taggal visszacsatolással jelet juttatunk az előző fokozat bemenetére.

Visszacsatolással javítható az áramkörök stabilitása (pl. hőmérséklet hatásának kiküszöbölése), növelhető pl. a jelfeldolgozás sávszélessége, a kapcsolás érzékenysége, stb.

A visszacsatolás lehet negatív, vagy pozitív, amely azt jelenti, hogy a bemenetre az ott lévővel azonos fázisban (pozitív visszacsatolás) vagy ellentétes fázisban vezetjük vissza a jelet (negatív visszacsatolás).

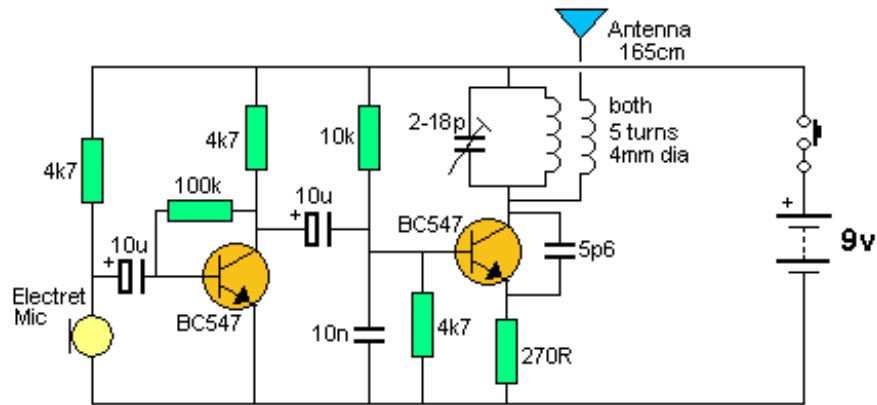
A negatív visszacsatolást alkalmazhatjuk leggyakrabban a stabilitás növelésére.

Pozitív visszacsatolással az erősítés növelhető, azonban alkalmazásával óvatosan kell bánni, mivel túl erős visszacsatolás begerjesztheti az áramkört, amely esetben az maga is rezgéseket fog előállítani. Emiatt pozitív visszacsatolás egyenesen előfeltétele a rezgéskeltők, oszcillátorok helyes működésének.



A fenti ábra pl. egy DC csatolású, 3 fokozatú erősítőt mutat, ahol a negatív visszacsatolást a 3M3 értékű ellenállás valósítja meg, továbbá beállítja az összes fokozat nyugalmi áramát.

2 a.) Az alábbi ábrán egy áramkör sematikus rajza látható. Röviden írja le az áramkör funkcióját és működését, és sorolja fel, hogy milyen hibákat talál az elméletben kialakított áramköri tervben! (Milyen alkatrészeket és esetleg elrendezést változtatna meg?)



Megoldás: Az adott áramkör egy egyszerű FM vezeték nélküli mikrofon, mely felismerhető a második fokozatban elhelyezkedő FM oszcillátorról és az első fokozati mikrofon erősítőről. A készülék URH sávon működne, ezt az antenna hosszáról állapíthatjuk meg, mivel az URH sáv hullámhossza kb. 3 m, ez pedig egy félhullámú antenna.

Az áramkör a rajzon látható állapotában is képes működni, de a beállítások korántsem optimálisak, néhány alkatrész változtatásával sokkal jobb eredmény érhető el az áramkör működésénél. Ezek a változtatások:

1. Az elektrétmikrofon terhelő ellenállása (4k7) ehhez a tápfeszültséghez túl kevés, jobb lenne sokkal magasabb érték, akár 39k... 56k választása.
2. A bázis csatoló kondenzátorok hangfrekvenciát továbbítanak, a 10uF alkalmazása felesleges, elég kisebb, 22nF értékű kondenzátor. Ezzel elkerülhetjük a hosszabb távon kiszáradásra érzékeny és drágább elektrolit kondenzátorok használatát.
3. Az első tranzisztor munkaponti beállítása túlságosan árapazarló. Magasabb értékű bázis- és kollektor ellenállások alkalmazása javít az erősítésen (1M és 10k).
4. Az előbbi megállapítás a második fokozatra is igaz, felesleges a bázisosztós beállítás, elég lehet helyette egy nagyobb értékű bázis ellenállás (47k)
5. A bázis hidegítő kondenzátor értéke elég magas, elég lenne 1nF a 10 nF helyett.
6. A második fokozat emitter ellenállásának ez az alacsony értéke nem igazán hatásos, meg kellene emelni, kb. a duplájára (270R → 470R)
7. A BC547-es nem RF, hanem hangfrekvenciás tranzisztor, azonban képes 100MHz környékén oszcillálni. Ehhez azonban a C-E visszacsatoló kondenzátort legalább 10 pF-ra kell növelni. Ebbe a fokozatba jobb lenne egy BF240-es, vagy 241-es RF nisztor.
8. A rezgőköri tekercs a 100 MHz frekvenciára ugyan jónak tűnik, de a párhuzamos kapacitás értéke kevésnek látszik. Másrészt a kapacitás hordozását egyetlen trimmerre bízni nem szerencsés dolog, könnyebb lenne a beállítás, ha a trimmerrel párhuzamosan lenne kapcsolva egy kb. 39...47 pF értékű kerámia kondenzátor.
9. A vad rezgéseknek az áramkörtől távol tartásában sokat segítene egy 22...100 nF-os kerámia kondenzátor a teleppel párhuzamosan kötve.

b.) Milyen kivitelben készülhet el ez az áramkör és milyen kivitelben nem célszerű összeállítani?

Megoldás: Ez az áramkör egy nagyfrekvencián működő áramkör, tehát a nagyfrekvencián érvényes kivitelezési és szerelési tapasztalatok, szabályok vannak érvényben.

Nem célszerű ezt az áramkört dugaszolós próba panelen összerakva kipróbálni, mivel annak nagy mérezű lemez érintkezőis vannak, amik megsokszorozzák a parazita kapacitásokat, amelyek hozzáadódnak az áramkörhöz, mint járulékos alkatrészek.

Nem jó megoldás az alkatrészek lábait a levegőben összeforrasztani és úgy próbálkozni (légszerelés), mert az áramkör mechanikailag nem lesz stabil, ezen a frekvencián az alkatrészek elmozdulása megváltoztatja a működést, ha egyáltalán elindul az áramkör.

Lehetőség van nyomtatott áramkör készítésére, ahol arra kell ügyelni, hogy ne legyenek a hordozón hosszan kanyargó vezető sávok. Az alkatrészeket közel kell egymáshoz elhelyezni, minimális láb hosszúságokat hagyva.

Még jobb, egyszerűbb és gyorsabb, de funkcióját tekintve egyenértékű megoldás, ha forrszemes, furatos ("pöttyös") próbapanelből van kivágva egy kisebb darab és ennek a forrszemeire vannak az alkatrészek összefogva egy ónpöttyel.

Végső esetben elkészíthető az áramkör úgy is, hogy egy oldalon rézfóliázott hordozóból kivágott alaplagra szintén ebből az anyagból kivágott 5x5 mm-es szigeteket felragasztunk pillanatragasztóval és ezeket használjuk csomópontokként. A hordozó összefüggő rézfelülete lesz a föld potenciál.

c.) Hogyan üzemelné és hangolná be ("élesztené" fel) ezt az áramkört?

A telep rákapcsolása előtt a forrasztásokat szemrevételezéssel ellenőrizni kell. Ohm mérővel csipogó állásban ellenőrizni kell, hogy a szomszédos csomópontok, szigetek nincsenek-e zárlatban.

Multiméterrel a telep negatív sarka és az első tranzisztor kollektora között kb. fél tápfeszültséget kellene érzékelni, ekkor az első tranzisztor már dolgozik. A második tranzisztor emitter ellenállásán 1 V nagyságrendű egyenfeszültséget kell találni, ekkor a második tranzisztor is működőképes. Az oszcilláló jelet ezután a kívánt tartományban akár oszcilloszkóppal, akár egy közönséges rádió vevővel meg kell találni a tervezett sávban.

A frekvencia értéke durván a tekercs meneteinek mozgatásával, majd finoman a trimmerrel állítható be.

3. a.) Tervezzen egy lineáris erősítőt egy kombinált pH üveg elektród kimeneti feszültségének erősítésére és a jelnek mikroprocesszoros adatgyűjtő számára való illesztésére!

Az üveg elektród kimeneti ellenállása 10...100 MΩ, feszültsége a -450mV ... +450 mV tartományban változik, ezt a jelet kell a 0...+5V-os tartományra átalakítani!

Válasszon megfelelő műveleti erősítőt és rajzolja fel a kapcsolást!

b.) Gondoskodjon az erősítő jelét fogadó áramkör túlterhelésének védelméről!

...c.) Mutassa be, hogyan lehet egy műveleti erősítő áramkört egy telepről működtetni!

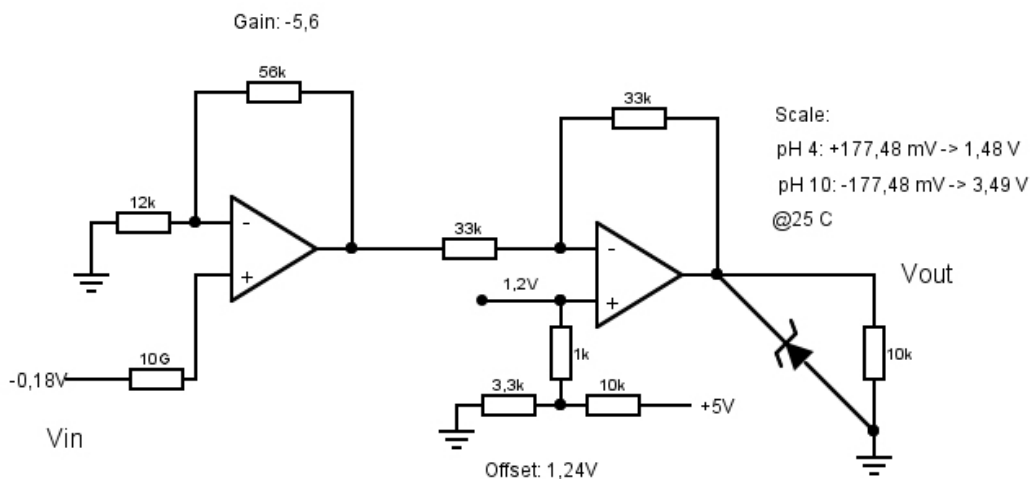
Hogyan alkalmazná ezt a megoldást ebben a feladatban?

Típusválaszték a feladathoz:

Típus	Gyártó	Technológia	Bemeneti munkaponti áram	Jelváltozási sebesség	Megjegyzések
<i>Univerzális típusok</i>					
μ A 741	sokan	bipoláris	80 nA	0,6 V/ μ s	
μ A 748	sokan	bipoláris	80 nA	0,6 V/ μ s	Mint a μ A 741, azonban külső frekvenciakompenzálással
LM 348	sokan	bipoláris	30 nA	0,6 V/ μ s	4 \times μ A 741
LM 324	sokan	bipoláris	40 nA	0,6 V/ μ s	$U_k \geq -U_i$, négy műveleti erősítő
TL 081	Texas Instr.	bifet	30 pA	13 V/ μ s	
TL 080	Texas Instr.	bifet	30 pA	13 V/ μ s	Mint a TL 081, azonban külső frekvenciakompenzálással
TL 084	Texas Instr.	bifet	30 pA	13 V/ μ s	4 \times TL 081
LF 356	sokan	bifet	30 pA	12 V/ μ s	$U_k \leq +U_i$
CA 3160	RCA	bimos	5 pA	10 V/ μ s	$U_k \geq -U_i$
CA 3260	RCA	bimos	5 pA	10 V/ μ s	2 \times CA 3160
<i>Kis áramfelvételűek</i>					
LM 324	sokan	bipoláris	40 nA	0,6 V/ μ s	$I_t = 175 \mu$ A, négy műveleti erősítő
TL 061	Texas Instr.	bifet	30 pA	3,5 V/ μ s	$I_t = 200 \mu$ A
TL 064	Texas Instr.	bifet	30 pA	3,5 V/ μ s	4 \times TL 061
TLC 251	Texas Instr.	CMOS	1 pA	0,04 V/ μ s	$I_t = 10 \mu$ A, átkapcsolható
TLC 254	Texas Instr.	CMOS	1 pA	0,04 V/ μ s	4 \times TLC 251
ICL 7611	Intersil	CMOS	1 pA	0,016 V/ μ s	$I_t = 10 \mu$ A, beállítható
ICL 7642	Intersil	CMOS	1 pA	0,016 V/ μ s	$U_i = \pm 0,5 \text{ V} \dots \pm 8 \text{ V}$ 4 \times ICL 7611

Megoldás a.): Az üveg elektródnak rendkívül nagy kimenő ellenállása van (100 M Ω), ezért nagy (10 G Ω) bemeneti ellenállású műveleti erősítőt kell választani a feladatra. Alkalmask lehetnek a bifet bemenetűek, pl. TL080, TL081, stb. Bipoláris bemenetű IC-t ne válasszunk a feladathoz!

Feladat a -450mV ... +450 mV tartományú feszültség jelnek a 0...+5V-os tartományra konvertálása. Ehhez szükséges egy invertáló erősítő, továbbá egy offszet hozzáadása a jelhez azért, hogy a negatív tartományba eső bejövő jel az erősítés után feltolódjon a pozitív feszültség tartományba. Ezt a legjobb két különálló fokozatban megvalósítani. Az alábbi kapcsolás pl. alkalmas a feladatra.



b.) Az erősítő kimenetén elhelyezett 5,1V-os Zener dióda biztosítja, hogy a kimeneti feszültség semmiképpen ne vehessen fel 5V-nál nagyobb értéket, mivel az tönkretenné a következő processzoros feldolgozó fokozat bemenetét.

c.) Egy tápfeszültségről való működéshez általánosságban a műveleti erősítőnek a bemeneti oldalán fél tápfeszültségnyi offsetet kell biztosítani egy feszültségosztóval, és egy erősítő ekkor egy telepről táplálható.

Ebben a feladatban azonban ez nem használható, mivel a bemenő jel egyenfeszültség, és mindenképpen felvehet negatív értéket, tehát a műveleti erősítőknél szükséges a kettős tápfeszültség (+/- 15V DC), különben a negatív jeleket egyszerűen nem látnák meg és levágnák az abból a tartományból érkező jeleket.