

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 4501

**Razvoj elektroničkog podsustava za ultrazvučno mjerenje
smjera i brzine vjetra**

Jurica Šestok

Zagreb, lipanj 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD MODULA

Zagreb, 16. ožujka 2016.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4501

Pristupnik: **Jurica Šestok (0036474190)**
Studij: Računarstvo
Modul: Računalo inženjerstvo

Zadatak: **Razvoj elektroničkog podsustava za ultrazvučno mjerenje smjera i brzine vjetra.**

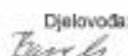
Opis zadatka:

U okviru završnog rada potrebno je razviti, realizirati i verificirati elektronički podsustav za ultrazvučno mjerenje smjera i brzine vjetra. Mjerenje je temeljeno na promjenjivom vremenskom kašnjenju rasprostiranja ultrazvučnog signala koje je ovisno o brzini kretanja medija (zraka u kretanju). Sustav treba biti temeljen na četiri dvosmjerna ultrazvučna pretvarača s nominalnom srednjom frekvencijom od 40 kHz. Pretvarači trebaju biti raspoređeni na krajevima dijagonala kvadrata pogodne dimenzije orijentiranog prema glavnim geografskim osima (sjever, jug istog i zapad). Potrebno je razviti elektroničko sklopoviće za pogon pretvarača koji rade u modu odašiljanja, odnosno sklopoviće za obradu prijemnog signala s pretvarača koji rade u modu prijama. Potrebno je razviti i sklopoviće za komutaciju pomoću kojeg je dva odašiljačka signala moguće uputiti na bilo koja dva odabrana izlazna pretvarača, te istovremeno s preostala dva prijemna pretvarača signale prosljeđiti u sustav za obradu. U svrhu generiranja dva pobudna signala i u svrhu otpkvaranja i pohrane dva prijemna signala potrebno je koristiti stereo Codec TLV320AIC3204 firme Texas Instruments u sklopu evaluacijskog sustava TMS320VC5505 eZdsp. Za dodatne informacije obratiti se mentoru.

Zadatak uručen pristupniku: 18. ožujka 2016.
Rok za predaju rada: 17. lipnja 2016.

Mentor:

Prof. dr. sc. Davor Petrinović

Djelovođa:

Prof. dr. sc. Danko Basch

Predsjednik odbora za
završni rad modula:

Prof. dr. sc. Marko Zagar

Sadržaj

Uvod.....	1
1. Mehanička konstrukcija	3
2. Napajanje	6
3. Predajni(odašiljački) krug	7
4. Prijemni krug.....	9
5. Odabir uloge i rad UZVS-ova	10
6. Testiranje.....	13
7. Dizajn tiskane pločice.....	15
8. Izrada tiskane pločice.....	18
9. Zaključak.....	20
LITERATURA	21
Razvoj elektroničkog podsustava za ultrazvučno mjerenje smjera i brzine vjetra sažetak	23
Dodatak	24

Uvod

Ultrazvučni mjerač smjera i brzine vjetra uređaj je koji služi mjerenju dvodimenzionalnih horizontalnih komponenata smjera i brzine vjetra kao i virtualne temperature. Uređaj se sastoji od 2 para ultrazvučnih senzora postavljenih ortogonalno u ravnini. Unutar parova senzori su postavljeni jedan prema drugome, na udaljenosti otprilike 20cm. U svakom trenutku jedan UZVS¹ ponaša se kao pošiljatelj signala, dok je drugi UZVS prijemnik.

Mehanička konstrukcija koja će postići gore navedene funkcionalnosti kao i čuvati pripadajuću elektroniku mora imati mogućnost stabilizacije na elementima poput stupa promjera 50mm.

Pripadajuća elektronika bit će implementirana na tiskanoj pločici dok će osnovna testiranja biti odrađena na protoboardu. Napajanje mora pomoću odgovarajućeg transformatora i ispravljača pretvarati napon gradske mreže na vrijednost koja odgovara zahtjevima. Svaki UZVS spojen je na tzv. odašiljački i primateljski strujni krug. Odabir aktivnog strujnog kruga vršit će se pomoću digitalno kontrolirane sklopke čijim će ulazima upravljati vanjski upravljač. Odašiljački i primateljski strujni krug moraju u što većoj mjeri osigurati da primljeni signal bude istovjetan poslanom signal. Ulaz sustava predstavlja zaglavlje za generator sinusnog signala frekvencije 40kHz. Izlaz sustava predstavlja zaglavlje za ulaz A/D pretvornika.

Za izradu projekta služio je, u najvećoj mjeri, već postojeći projekt Hardyja Laua-Ultrasonic anemometer(Wind speed and direction)[1].

¹ UZVS = ultrazvučni senzor



Slika 1.1 Primjer ultrazvučnog mjerača smjera i brzine vjetra [2]

1. Mehanička konstrukcija

Mehanička konstrukcija sustava mora biti takva da osigura željenu poziciju UZVS-ova uz pravilan razmak između istih. Baza je načinjena od metalne cijevi promjera 50mm s obrubnicom za stabilnost pri postavljanju na ravne površine. Na bazi se nalaze 3 gumene brtve koje stabiliziraju konstrukciju pri umetanju u aluminijsku cijev.



Slika 1.1 Baza konstrukcije

Aluminijska cijev promjera 62mm i visine 380mm služi kao kućište za tiskanu pločicu te u jednoj točki spaja sve 4 bakrene cijevi unutar kojih se nalaze UZVS-ovi. Aluminijska cijev je i dobar izolator magnetskog zračenja smetnje.

Bakrene cijevi izvedene su iz aluminijskog kućišta pod kutem od 90° u odnosu jedna na drugu. One su promjera 15mm te su spajane kao što je prikazano na slici 1.2. Bakrene cijevi se ujedno ponašaju i kao Faradayev kavez, tj. štite žice za prijenos signala od neželjenih vanjskih šumova.



Slika 1.2 Spoj bakrenih cijevi u jednoj točki

Svaka strana svijeta² dovedena je u željeni položaj pomoću kutnih nastavaka- 2 koljena pod 45° i jedno koljeno pod 90°. Promjer kutnih nastavaka iznosi 19mm. Konačan razmak između UZVS-ova na suprotnim stranama svijeta iznosi otprilike 20cm. To je udaljenost na kojoj korišteni UZVS-ovi[3] optimalno vrše svoju zadaću. UZVS-ovi su fiksirani na izlazima kutnih nastavaka od 90° na način da su postavljeni unutar brtve odgovarajućeg promjera, te zalijepljeni pomoću silikona. Na taj je način otklonjeno preslušavanje signala preko bakrenih cijevi.

² Strane svijeta- E(east), N(north), W(west), S(south) koriste se kao imenovna orijentacija za položaje UZVS-ova

Aluminijski poklopac, koji se nalazi na gornjoj strani aluminijske cijevi, služi kao zaštita kućišta od vanjskih nepogoda kao što su kiša ili tuča. Poklopac se može pričvrstiti za aluminijsku cijev pomoću 3 vijka "crvića". Fiksacija je tada zadovoljavajuće čvrsta, a zbog korištenih vijaka poklopac ne stvara dodatna proširenja u području svoje implementacije.

Bakrene cijevi spajane su lemljenjem uz temperaturu³. Fiksacija u jednu točku, kroz aluminijsko kućište, obavljena je pomoću dvokomponentne epoksidne smole i dvokomponentnog ljepila za metal. Smola je korištena kao fiksator jer sama po sebi nije dovoljno čvrsta da bi fiksirala cijevi. Zbog toga je konstrukciju bilo potrebno učvrstiti dvokomponentnim lijepilom za metal.

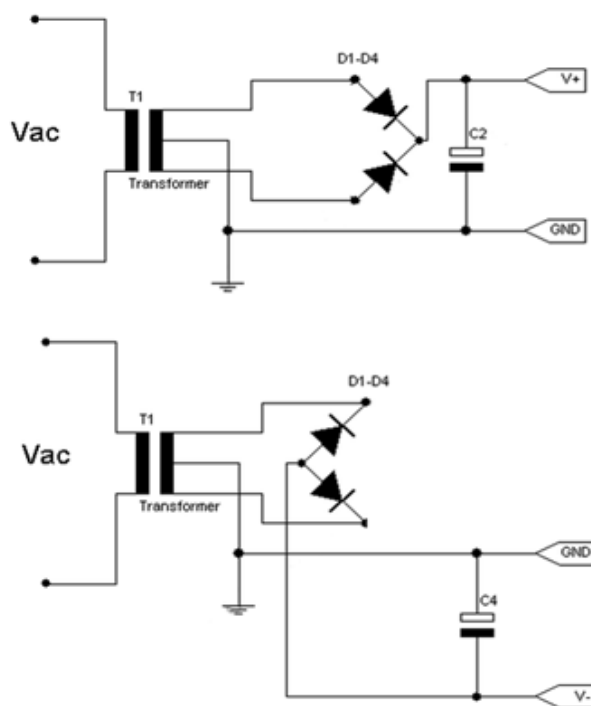


Slika 1.3 Konačan izgled konstrukcije, bez UZVS-ova

³ Tzv. meko lemljenje- spajanje metalnih materijala pomoću rastaljenog dodatnog materijala

2. Napajanje

Izvor napajanja sklopova dobiva se od napona gradske mreže transformiranog na 6 V pomoću transformatora s 2 sekundarna navoja. Takav napon doveden je na Grečov spoj pomoću kojeg osiguravamo njegovo punovalno ispravljanje[4].



Slika 3.1 ispravljanje izmjeničnog napona na vrijednost $\pm V$

Ovakvim postupkom dobiveno je izmjenično napajanje od $\pm 6V$ u odnosu na točku potencijala GND ⁴. Zbog naglih strujnih promjena potrebno je u paralelu spojiti i nekoliko kondenzatora veličine $100nF$ ⁵ kako bi “izgladili” napon napajanja, tj. uskladištili dovoljno naboja koji će pri pojavi takozvanih strujnih šiljaka osigurati pravilan rad sklopovlja⁶. Iz istog je razloga potrebno spojiti blokadne kondenzatore između napajanja i GND -a skopova koji imaju napajanje.

Izlaz Grečovog spoja doveden je na ulaze linearnih regulatora napona(LM7805 5V)[5], spojene prema točki GND , a izlazi iz regulatora napona su čvrste točke potencijala(+5V, 0V, -5V).

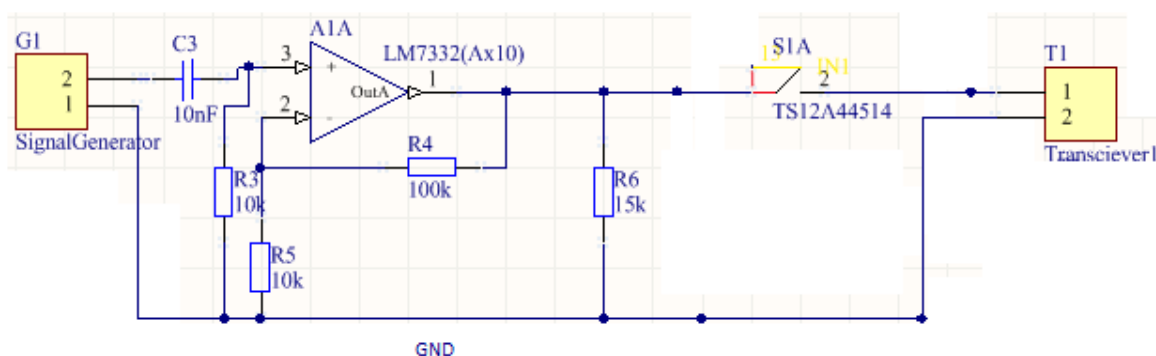
⁴ GND - točka nultog potencijala

⁵ Tantalovi kondenzatori spojeni iz istog razloga kapaciteta su $10\mu F$

⁶ Takozvani *blokadni kondenzatori*

3. Predajni(odašiljački) krug

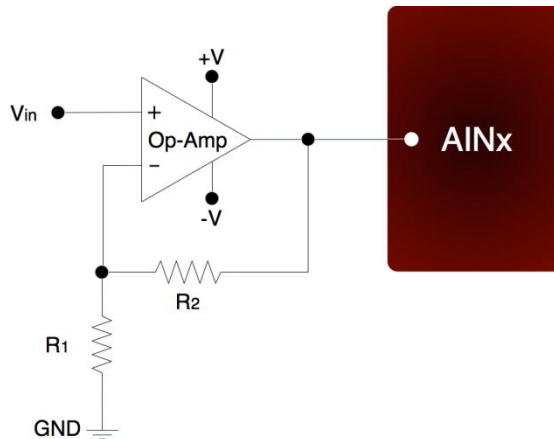
Predajni krug sastoji se od sučelja za generator signala, RC kruga[6], neinvertirajućeg pojačala, sklopke[8] i sučelja za UZVS.



Slika 3.1 Električka shema predajnog kruga

Spojnice generator signala spojene su preko RC kruga na “+” ulaz neinvertirajućeg pojačala. Elementi od kojih je RC krug građen imaju takva svojstva da je pad napona na C element gotovo zanemariv. Na taj način ne gubi se na amplitudi poslanog signala dok u isto vrijeme bilo kakvi istosmjerni šumovi koji bi mogli uzrokovati pojačanje signala smetnje na izlazu bivaju uklonjeni.

Izlaz pojačala spojen je preko povratne veze na “-“ ulaz tvoreći tako odgovarajuće pojačanje[7].



Slika 3.2 Pojačalo s povratnom vezom

Napon na izlazu računa se prema formuli:

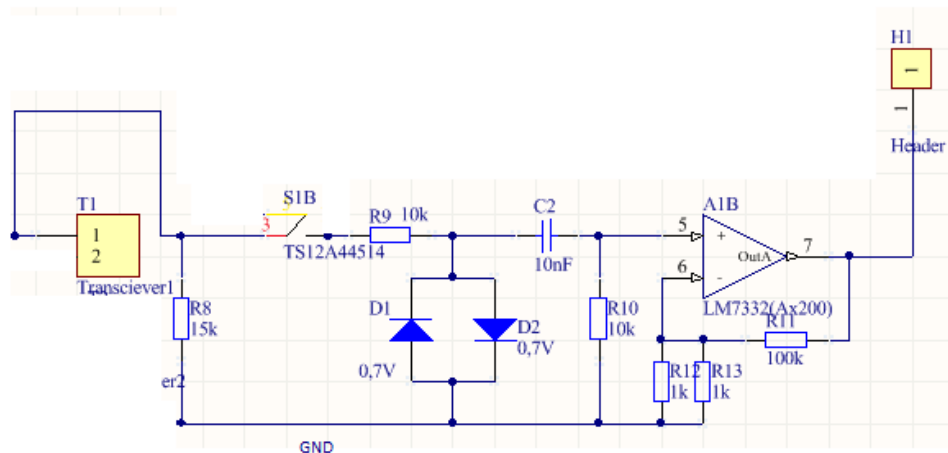
$$V_{out} = V_{in} * \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

U ovome projektu, napon na izlazu je pojačan 11 puta u odnosu na napon na ulazu. Vrlo je važno na pravilan način odabrati otpornike koji određuju pojačanje pojačala u neinvertirajućem spoju. Otpor kojeg ta 2 pojačala stvaraju mora biti puno veći od otpora ostatka strujnog kruga na izlazu pojačala. U protivnom će većina struje proteći kroz R_1 i R_2 i naš strujni krug više neće zadovoljavati funkcionalnosti.

Otpornik R_6 u ovom strujnom krugu služi kako bi prigušio refleksiju signala, a sklopka omogućava paljenje i gašenje predajnog kruga po želji.

4. Prijemni krug

Prijemni krug sastoji se od dvaju otpornika na ulazu, sklopke, dviju dioda, RC kruga, neinvertirajućeg pojačala te sučelja za A/D pretvornik.



Slika 4.1 Električna shema prijemnog kruga

Sklopka služi za paljenje i gašenje prijemnog kruga, po želji, a otpornik R8 prigušuje reflektirane signale.

Na izlazu sklopke spojen je otpornik R9 koji nam osigurava dovoljan pad napona prije ulaska na “+” ulaz pojačala. Dioda služe kao osiguranje od prekoračenja napona uzrokovanih npr. naponskim signalom smetnje. Spojene su u suprotnim smjerovima da bi osiguravale napon “u oba smjera”, od GNDa prema +V i od -V prema GND.

RC krug je ponovo podešen na način da je pad napona na C element gotovo zanemariv, a ujedno služi i kao filter istosmjernih signala smetnji.

Pojačanje pojačala podešeno je tako da signal na izlazu bude pojačan 201 put u odnosu na signal na ulazu. Budući da se jako puno amplitude signala izgubi njegovim putovanjem kroz medij(u našem slučaju zrak) i pojačanje mora biti proporcionalne jačine kako bi na A/D pretvornik proslijeđeni signal što istovjetniji poslanome.

5. Odabir uloge i rad UZVS-ova

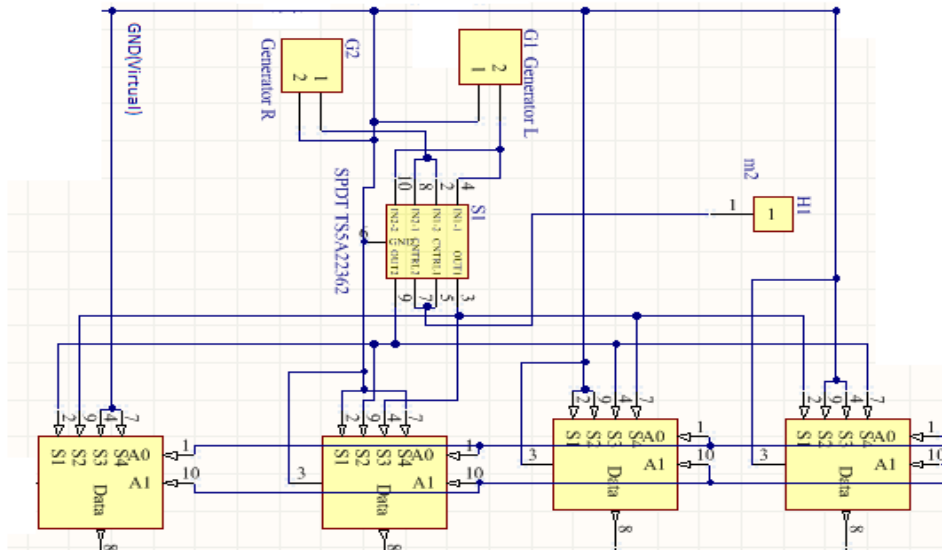
Svaki UZVS spojen je istovremeno na prijemni i predajni strujni krug. Za odabir funkcije pobrinut će se sklopke spojene na izlaz odašiljačkog kruga, odnosno ulaz prijemnog kruga. Potrebno je periodički izmjenjivati uloge parova UZVS-ova.

Budući da je potrebno odašiljati 2 različite frekvencija signala, istodobno, preko svih mogućih UZVS-ova to nam daje 8 različitih mogućnosti za odašiljanje signala. Sklopovlje je razvijeno tako da 3 upravljačka signala DSP-a[11] upravljaju sklopkom[12](upravljački signal $m2$) i četirima multipleksorima[13] s 2 upravljačka signala i četiri ulaza u sklop(upravljački signali $m1$ i $m0$).

$m0$	$m1$	Šalju	Primaju
0	0	North, West	South, East
0	1	South, West	North, East
1	0	South, East	North, West
1	1	North, East	South, West

5.1 Tablica pošiljatelja/primatelja s obzirom na upravljačke signale

Sklopka služi za odabir frekvencije signala koji se šalje na određeni UZVS, dok multipleksori propuštaju poslani signal prema „goničima“(*driverima*) čiji su izlazi spojeni na predajne UZVS-ove. Na slici 5.2 vide se ulazni pinovi 1 i 10 koji su adresni ulazi A0 i A1 multipleksora. Bez obzira na različite napone napajanja DSP-a i multipleksora(3.3 Vcc->DSP i 5 Vcc) DSP može izravno pogoniti multipleksore zato što naponska razina koja mijenja stanje na izlazu multipleksora iznosi 2.4V.



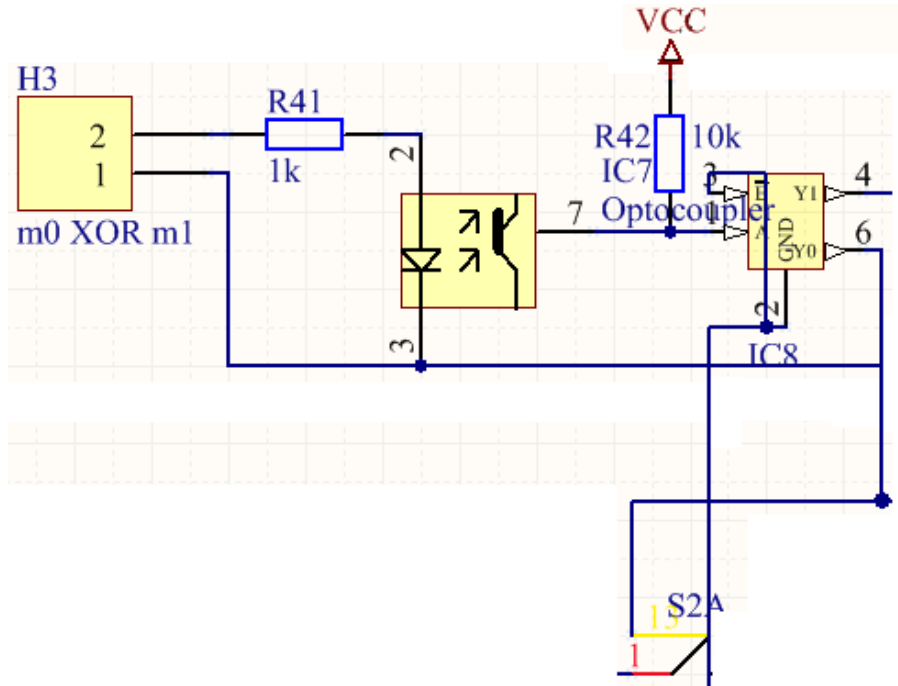
Slika 5.2 Shema dizajniranog predajnog kompleksa

To nije slučaj s dekoderima kojima se upravlja sklopkama za odabir funkcije pojedinog UZVS-a. Zbog toga je bilo nužno koristiti optički sprežnik[14](optocoupler). To je sklop koji u sebi sadrži LED diodu(dioda koja emitira svjetlost) i (najčešće) NPN tranzistor.

Dioda je spojena između napona napajanja i nultog potencijala sklopa pomoću kojeg se upravlja nekim drugim sklopom, koji sklop ima razinu okidanja digitalnih signala naponskih veličina koje upravljački sklop ne može postići. Između napajanja upravljačkog sklopa i diode potrebno je spojiti u seriju otpornik koji će regulirati struju protjecanja kroz *optocoupler* na razinu koja je propisana od proizvođača *optocouplera*.

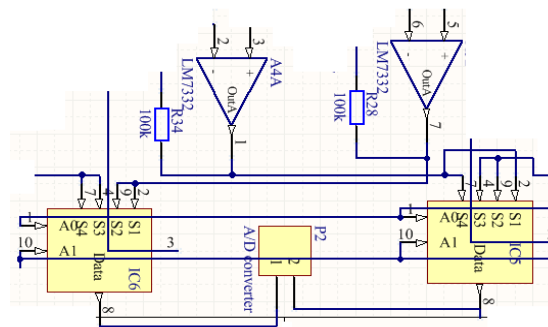
Tranzistor je spojen između napona napajanja i nultog potencijala sklopa koji biva pogonjen. Kada kroz LED diodu proteče struja ona emitira svjetlost koja daje energiju tranzistoru kroz kojeg tada teče struja, tj. zamišljena točka između napajanja i mase ima potencijal jednak potencijalu napajanja.

Budući da se na taj način pogoni dekodera[15] potrebno je spojiti između dekodera i *optocouplera* otpornik kako kroz dekodera ne bi protekla u teoriji beskonačna struja i spržila digitalni sklop. Konkretno su korištena 2 dekodera koji pogone ulaze i izlaze svaki od po 2 UZVS-a.



Slika 5.3 Spajanje *optocouplera* i dekodera na sklopku

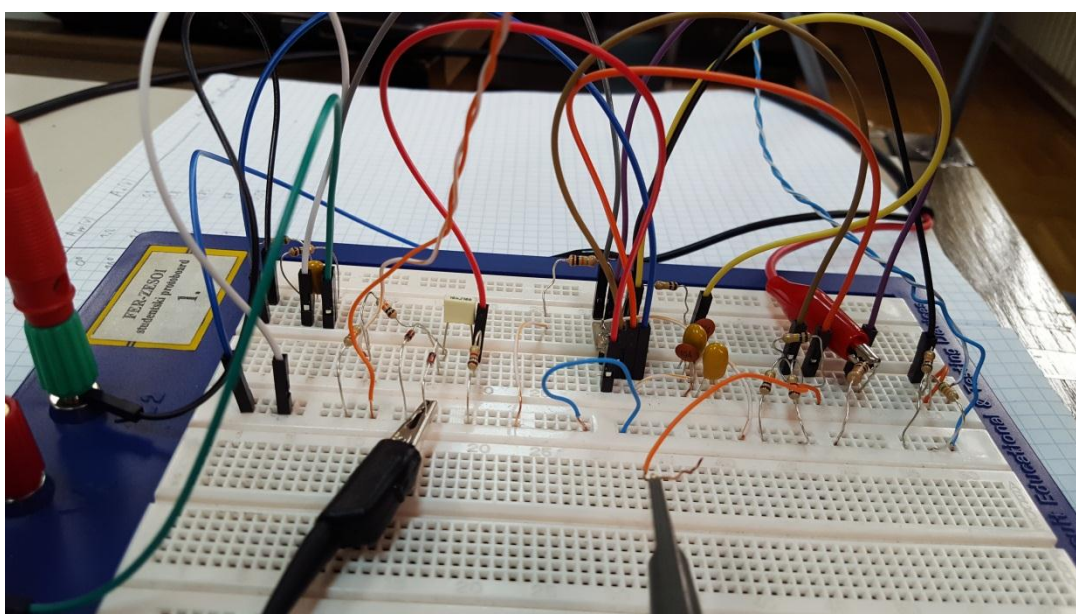
Naposlijetku potrebno je odabrati s kojih UZVS-ova trebaju potjecati signali koje treba očitati pomoću A/D konvertera. To je učinjeno pomoću 2 multipleksora, ranije opisana, i istih $m0$ i $m1$ upravljačkih signala na način kako je prikazano na slici 5.4. Na ulaze jednog multipleksora spojeni su UZVS *North* i UZVS *South*, a na ulaze drugog UZVS *East* i UZVS *West*.



Slika 5.4 Shema prijemnih multipleksora

6. Testiranje

Primitivna početna testiranja obavljena su korištenjem protoboarda i laboratorijskih uređaja. Izvor napajanja i generator signala dobiveni su pomoću laboratorijskih uređaja koji se koriste u navedene svrhe, dok su mjerenja obavljena korištenjem osciloskopa. Strujni krugovi razvijani su na papiru, a implementirani na samom protoboardu.



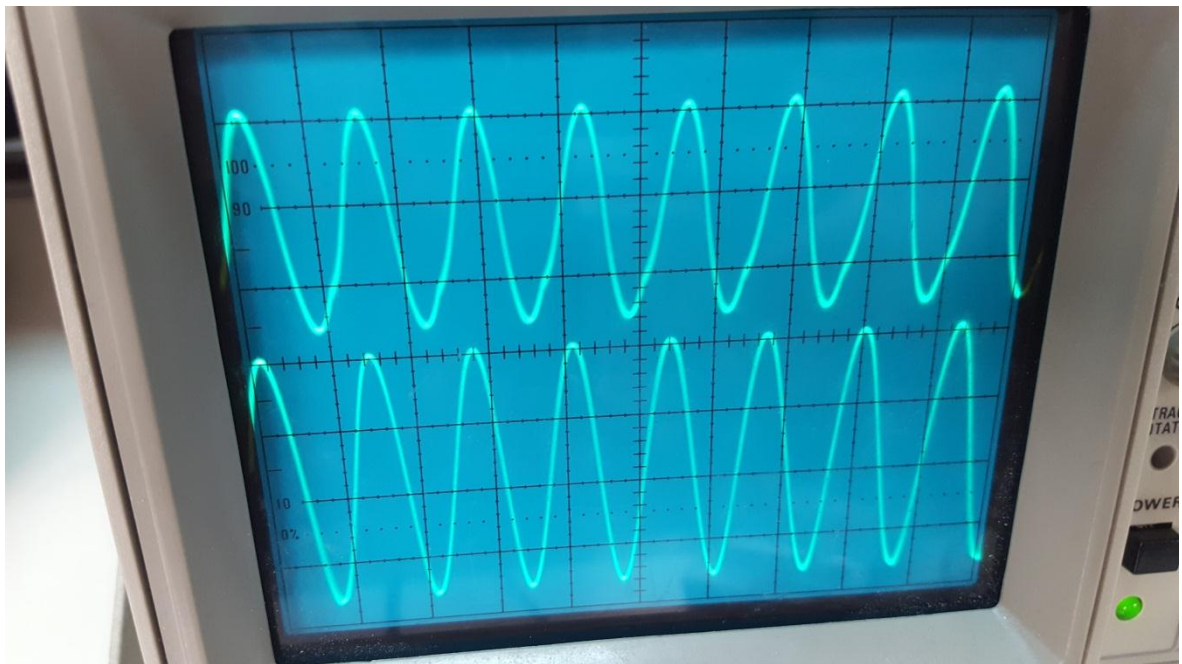
Slika 6.1 Protoboard sa spojenim prijemnim i predajnim krugom

Prvi od problema koji se pojavio tijekom testiranja bio je u različitim napajanjima sklopa pojačala i sklopa multipleksorske sklopke. Budući da se pojačalo može napajati između $\pm 15V$ (bipolarno), a napajanje sklopke je $12V$ (unipolarno) potrebno je „lažirati“ bipolarno napajanje. To je učinjeno tako da se unipolarno napajanje raspona $10V$ „razbije“ na bipolarno napajanje $\pm 5V$ i tzv. virtualnu masu⁷. Na taj je način sav potencijal manji od potencijala GND točke gledan kao negativan, a sav potencijal veći od potencijala GND točke gledan kao pozitivan.

Nakon što je pojačanje na pojačalima pravilno namješteno i ostatak kruga je obavljao svoju funkcionalnost, na prijemnom kanalu osciloskopa, spojenom na izlazu pojačala s pojačanjem 200 puta, pojavljivao se nepoznati istosmjerni šum

⁷ Područje koje je odabrano kao nulti potencijal za sve sklopove na shemi, korištena oznaka „GND“

nezanemarive amplitude. Vremenska konstanta RC kruga bila je ispravno postavljena, no elementi RC filtra nisu imali ispravne vrijednosti. Otpornik je bio toliko velik da je prolazak struje kroz njega generirao potencijal koji je nakon pojačanja postajao nezanemariv. Problem je riješen smanjanjem otpora 10 puta pri čemu je RC konstanta ostala ista, tj. kapacitet kondenzatora je povećan 10 puta.



Slika 6.2 Signal očitao direktno iz generatora signala(dolje) i signal dobiven na izlazu prijemnog pojačala(gore)

7. Dizajn tiskane pločice

Dizajn tiskane pločice: električka shema, Bill Of Materials, nacrt tiskanih veza i plan bušenja napravljeni su u Altium[9] alatu za dizajniranje tiskanih pločica. Alat je to koji omogućuje stvaranje vlastitih elemenata električke sheme, sklopovlja, kućišta za iste te simulaciju strujnog kruga prije nego što ga fizički implementiramo na stvarnoj tiskanoj pločici, a i mnogo više.

Dizajniranje počinje stvaranjem novog PCB projekta unutar aktivnog *Workspacea*. Unutar projekta, kojem korisnik sam zadaje ime, kreira se zatim nova *Schema*. Na tu se shemu postavljaju simboli elemenata i sklopova koji se u konačnici nalaze na tiskanoj pločici. Altium također omogućuje kreiranje vlastitih simbola za elemente koji postoje, ili pak ne postoje, unutar integriranih shematskih biblioteka.

Nakon što je Shema napravljena potrebno je specificirati kućišta pojedinim elementima i skopovima koji se nalaze na shemi. Odlaskom u *Footprint manager* odjeljak Altiuma može se vrlo jednostavno odabrati željeno kućište za pojedini element ili sklop. Ukoliko željeno kućište ne postoji ili ne odgovara onome kakvo će stvarno biti implementirano na pločici Altium omogućuje dizajniranje vlastitih kućišta u za to predviđenom odjeljku programa.

Nakon što su određeni stvarni elementi koji će biti korišteni potrebno je sastaviti nabavnu listu tih proizvoda. Unutar *Parameter manager* odjeljka Altiuma mogu se vrlo jednostavno upisati detalji za svaki pojedini proizvod. Najviše pažnje obraćamo elementima *OrderNo*, *Supplier*, *Price* i *StockNo*. Ukoliko navedeni stupci ne postoje oni lako mogu biti dodani u *parameter manager*.

OrderNo označava redosljed elemenata kojim će se oni pojavljivati u sastavnici⁸ proizvoda. Prvo se navode električke komponente, zatim elektromehaničke, nakon njih elektrotermičke te naposljetku mehaničke komponente.

Supplier je podatak koji govori o tome odakle će dijelovi koji se stavljaju na PCB biti nabavljeni.

Price je podatak koji govori koliko će nabavljeni elementi koštati. On se navodi u valuti zemlje u kojoj se nabavljaju elementi.

⁸ Detaljna specifikacija o korištenim elementima i sklopovima PCB-a

StockNo je podatak koji se koristi pri nabavi elemenata. To je jedini podatak o elementu koji je potreban za naručivanje istog.

Altium na vrlo jednostavan način omogućuje ispis ovih važnih podataka o kojima ovisi cijena sveukupnog projekta. Izvozom *Bill of materials* u .html, .pdf ili .xls formatu dobije se tablični prikaz svih parametara koji su u prethodnim koracima ispunjeni na za to predviđenim mjestima.

Kada je završen proces izrade električke sheme i kada su svi gore navedeni podaci ispunjeni, tj. specifikacija je napravljena, može se krenuti na dizajniranje same tiskane pločice. Unutar aktivnog projekta otvara se novi *PCB document*. Altium podržava *autoroot*⁹ funkciju, no svaki inženjer koji se bavi izradom pločice nju neće koristiti. Razlog je taj što program ne može s dovoljnom preciznošću predvidjeti zatvaranje struja na PCB-u i samim time ne može adekvatno povezati elemente tiskanim vodovima.

Prije povezivanja elemenata tiskanim vodovima potrebno je odrediti pravila kojih će se onaj koji povezuje elemente držati. Prekrše li se ta pravila, a nisu prije konačne provjere dizajna ispravljani prekršaji, program će javljati grešku na mjestima gdje je ona učinjena. Unutar odjeljka *Rules* definiraju se dopuštene minimalne i maksimalne udaljenosti između dvaju vodova, debljine vodova, promjeri rupa, prospoja i ostali detalji potrebni adekvatnoj izradi tiskane pločice. Dizajniranje pločice olakšano je time što svaki sloj može biti dizajniran odvojeno, a slojevi su označeni različitim bojama. Ovisno o dizajnu može se prvo odrediti veličina PCB-a, a nakon toga postavljati komponente koje želimo povezati, ili obratno.

Kada su određena sva pravila koja će se primjenjivati u procesu povezivanja elemenata tiskanim vodovima i određeni svi slojevi koji će biti prikazivani i korišteni pritiskom na naredbu *Import changes from* uvoze se elementi koje treba spajati tiskanim vodovima. Altium daje vrlo jednostavan prikaz izvoda koji trebaju biti spojeni na istu točku potencijala, tj. povezani vodljivim likom. Nakon što su postavljeni elementi za koje se zna gdje se na tiskanoj pločici trebaju nalaziti ili je to za njih strogo definirano, počinje se s procesom povezivanja izvoda elemenata.

*Rootanje*¹⁰ je sam po sebi mukotrpan i težak posao koji uključuje godine iskustva i mnogom predznanja kako bi bio obavljen adekvatno. Tome pomaže i vrlo fleksibilan

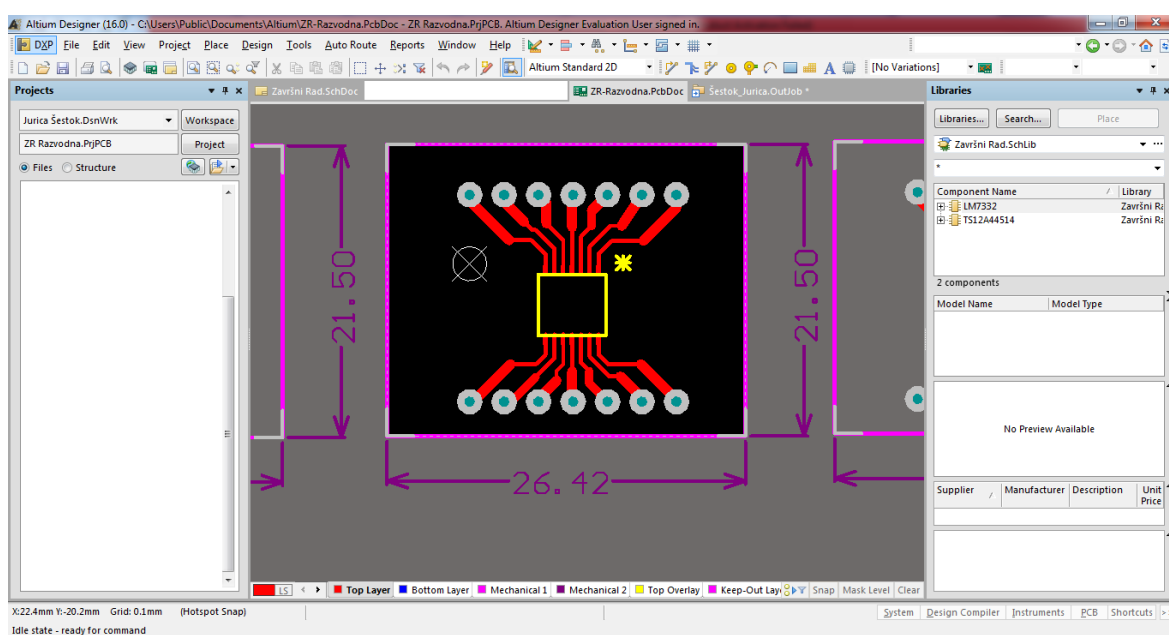
⁹ Program sam poveže elemente na tiskanoj pločici bakrenim vodovima

¹⁰ Kreiranje vodljivih likova na tiskanoj pločici

prikaz pozadine koji može veličine prikazivati u u *Metric* ili *Imperial*¹¹ prikazu, dok koordinatni sustav može prikazivati polja dimenzija 1x1Mil pa sve do 100x100Mil, odnosno 0.025x0.025mm do 2.5x2.5mm. Upravo zbog visoke važnosti pozicije elemenata i tiskanih vodova na pločici Altium daje širok spektar mogućnosti u svrhu poboljšanja kvalitete upravljanja istima. Vrlo je važna i debljina vodljivih likova na određenim mjestima. GND i VCC¹² tipično su višestruko deblje od signalnih linija. Rootanje može biti obavljeno na jednom, dva ili više slojeva pa se u skladu s tim govori od jednoslojnim, dvoslojnim i višeslojnim pločicama.

Kada je rootanje završeno potrebno je još jednom provjeriti je li sve u redu. Korištenjem opcije *DRC check* altium javlja sva upozorenja i greške koje je uočio tijekom provjere PCB dizajna.

Posljednji korak pri izradi PCB pločice je ispis željenih slojeva na npr. pdf ili papir. Unutar aktivnog projekta potrebno je kreirati novi *Output job file* unutar kojega se jednostavno manipulira slojevima koji trebaju biti ispisani, mjerilima u kojima trebaju biti ispisani te izlaznim spremnicima podataka.



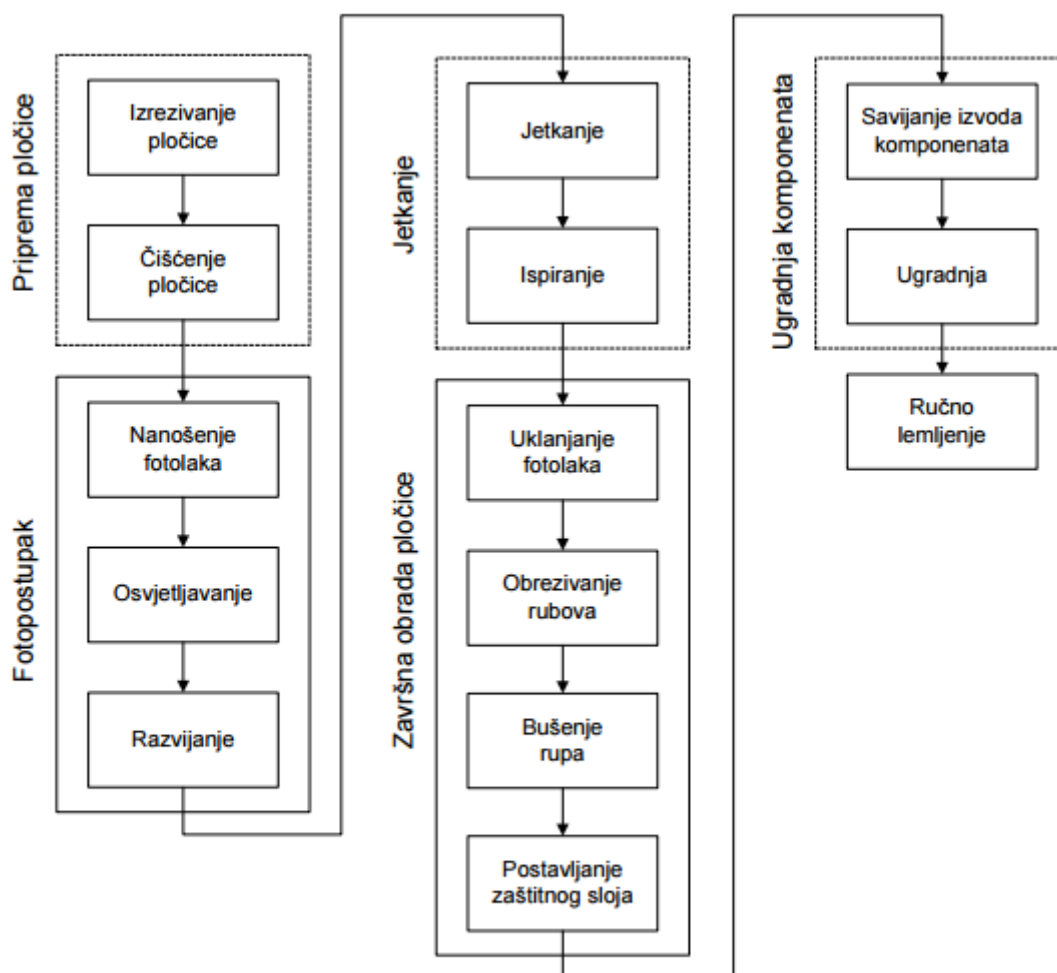
Slika 7.1 Primjer sučelja i gotovog dizajna tiskane pločice

¹¹ Metric je u milimetrima, imperial u Milsima; Mil=1/1000 inch; inch=2.54cm=25.4mm

¹² GND=točka nultog potencijala; VCC= napajanje

8. Izrada tiskane pločice

Pri izradi same tiskane pločice korišten je postupak laboratorijske izrade jednostranih tiskanih pločica.



Slika 8.1 Koraci pri laboratorijskoj izradi tiskane pločice[10]

Izrada tiskane pločice počinje izrezivanjem dimenzija pločice koje moraju biti nešto veće(5-10mm) od stvarnih dimenzija pločice. Izrezane rubove pločice preporučljivo je izgladiti korištenjem brusnog papira kako bi se smanila mogućnost ozlijede pri baratanju s pločicom. Nakon što je pločica izrezana treba ju očistiti sredstvom koje neće zamastiti njenu površinu niti degradirati njen bakreni sloj.

Površina hladne, suhe i očišćene pločice je zatim bila prskana fotoosjetljivim lakom s pozitivnim djelovanjem s udaljenosti otprilike 20cm. Lak se prije osvjetljavanja morao osušiti.

Pozitiv film tiskanih vodova ispisan pisačem na foliji ili paus-papiru se potom postavi na pločicu tako da strana na kojoj se nalazi toner dobro naliježe na pločicu. Vrlo je važno da je ispis maske vodljivih likova za lemnu stranu ispisan zrcaljeno kako bi se smanjio ogib svjetlosti te na taj način postigla dovoljna oštrina vodljivih likova. Trajanje osvjetljavanja iznosi 40-50s za ultraljubičastu svjetiljku, odnosno 5-10min za grafoskop. Kod dvostrane pločice lakiranje i osvjetljavanje se vrši odvojeno za svaku stranu, a između osvjetljavanja nužno je da se pločica dovoljno ohladi prije ponovnog lakiranja.

Pločicu je potom bilo potrebno razviti, za što se koristila 7%-tna otopina NaOH ¹³. Pločica se razvija tipično oko 30s, ovisno o koncentraciji lužine. Razvijena pločica se dobro ispere vodom.

Nakon razvijanja uslijedilo je jetkanje. Jetkanje se obavljalo u stroju koji generira strujanje i pjenicu FeCl_2 ¹⁴. FeCl_2 uzrokuje mirnu i brzu reakciju, dobro nagriza, a financijski je prihvatljiv. Pjenica pak ubrzava proces jetkanja. Jetkanje također ne smije trajati predugo jer bi moglo previše nagrести vodljive likove i tako ih ostaviti neupotrebljivima. Po završetku jetkanja potrebno je očistiti FeCl_2 s površine pločice, kao i stalak na kojem je pločica stajala. Poželjno je i očistiti umivaonik u kojem je rađeno samo ispiranje pločice.

Sada je pločica spremna za završne mehaničke radove- obrezivanje rubova na konačne dimenzije i bušenje rupa. Budući da je pločica bušena ručno bilo je potrebno ostaviti rupe radi lakšeg pozicioniranja vrha svrdla. Kod strojnog bušenja lemne točke moraju se ostaviti zapunjenima kako ne bi došlo do pucanja svrdla.

Konačno, nakon što su sve potrebne rupe izbušene i komponente pribavljene, potrebno ih je učvrstiti na tiskanu pločicu lemljenjem.



Slika 8.2 Primjer razvodne pločice

¹³ NaOH - natrijev hidroksid

¹⁴ Željezov (II) klorid ili feriklorid

9. Zaključak

Ovakav sustav za mjerenje smjera i brzine vjetra vrlo je učinkovit, precizan i fleksibilan u smislu njegovog održavanja i korištenja. Budući da ne koristi nikakve potrošne izvore napajanja nije potrebno periodički ga obilaziti u svrhu provjere ispravnosti njegova rada. Kućište je čvrsto i na kvalitetan način štiti osjetljive dijelove sustava(elektronika) ključne za njegov rad.

Ipak, postoje potencijalna poboljšanja kao što su:

- Implementacija sustava za grijanje konstrukcije u uvjetima izuzetne hladnoće
- Promjena oblika konstrukcije koji je integriraniji i povećava jednostavnost izračuna promjene faze uzrokovane širinom odašiljanja signala UZVS-ova(Slika 9.1)



Slika 9.1 Prototip '2' Ultrazvučnog mjerača smjera i brzine vjetra[1]

Ovaj sustav definitivno ima više kvaliteta i pozitivnih strana nego što ima nedostataka i negativnih strana u smislu sigurnosti, jednostavnosti korištenja i financijske isplativosti i zbog toga se preporuča njegovo korištenje čak i u komercijalne svrhe.

LITERATURA

- [1] - Hardy Lau, 2004-2011, *Ultrasonic Anemometer (Wind speed and direction)*,
<http://www.dl1glh.de/ultrasonic-anemometer.html>
- [2] - Hoskin scientific LTD. -> Ultrasonic anemometers
http://www.hoskin.ca/catalog/index.php?main_page=index&cPath=1_61_160_541
- [3] - MA40S4R ultrasonic sensor datasheet-
<http://www.farnell.com/datasheets/2048867.pdf>
- [4] - punovalni ispravljaj u graetzovom spoju-
<https://www.physicsforums.com/threads/bridge-rectifier-and-symmetric-power-supply.348435/>
- [5] - LM78XX datasheet-
<https://www.fairchildsemi.com/datasheets/LM/LM7805.pdf>
- [6]- RC krug- https://en.wikipedia.org/wiki/RC_circuit
- [7]- Spoj neinvertirajućeg pojačala s povratnom vezom-
<https://labjack.com/support/datasheets/u3/hardware-description/ain/analog-input-connections/amplifying-small-signal-voltages>
- [8]- TS21A44514 datasheet- <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ts12a44513.pdf>
- [9]- Altium- *Engineering inovation for PCBdesig*, <http://www.altium.com/>
- [10]- Preuzeto iz predavanja predmeta *Računalom podržano projektiranje elektroničkih uređaja* na Fakultetu elektrotehnike i računarstva na Sveučilištu u Zagrebu, <https://www.fer.unizg.hr/predmet/rppeu/>
- [11]- DSP- digital signal processor/controller-
<http://www.nxp.com/products/microcontrollers-and-processors/more-processors/dsp-dsc:DSP-DSC>
https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_signal_controller
- [12]- SPDT analog switch datasheet-
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ts5a22362.pdf>
- [13]- MUX(multipleksor) 4-kanalni datasheet-
http://www.farnell.com/datasheets/1423371.pdf?_ga=1.176143714.1132193892.1461257344
- [14]- optički sprežnik, optocoupler datasheet-
http://www.farnell.com/datasheets/2050639.pdf?_ga=1.115626566.1132193892.14

[61257344](#)

[15] decoder 2 of 1(dekoder 1 na 2) datasheet-

<http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/sn74lvc1g19.pdf>

Razvoj elektroničkog podsustava za ultrazvučno mjerenje smjera i brzine vjetra sažetak

U ovom radu obrađen je tijek izrade mehaničke konstrukcije, elektroničkog sustava i tiskane pločice koji su zaduženi za slanje i primanje ultrazvučnih signala koji služe određivanju smjera i brzine vjetra. Detaljno je opisan proces izrade mehaničke konstrukcije koja udovoljava zadanim kriterijima, proces izrade elektronike i testiranje primitivnog modela iste korištenjem testne pločice (protoboarda). Opisani su i veći problemi i izazovi s kojima se trebalo nositi ne bi li se sustav dovršio na način da udovoljava svim funkcionalnim zahtjevima.

Ključne riječi: ultrazvučni, mjerenje, brzina, smjer, vjetar, konstrukcija, elektronika, tiskana pločica, PCB, razvoj, prototip.

Development of Electronic Subsystem for Ultrasonic Wind Speed and Direction Measurement

This paper elaborates the course of making a mechanical construction, electronic system and printed circuit board responsible for transmitting and receiving ultrasonic signals which serve to determine wind speed and direction. The paper describes in detail the process of making the mechanical construction which meets the set criteria, process of making the electronics and process of testing a primitive development circuit using a breadboard. Also, all of major problems and challenges that were faced and resolved in order for the system to completely meet the set criteria have been described.

Keywords: ultrasonic, measure, speed, direction, wind, construction, electronics, printed circuit board, PCB, development, prototype.

Dodatak

Tehnički podaci

Ulaz:

- Sučelje za generator signala
- Sučelje za DSP controller

Izlaz:

- Sučelje za A/D pretvornik

Napajanje:

- +-5V napajanje preko transformatora, stabilizirano regulatorima napona

Kućište:

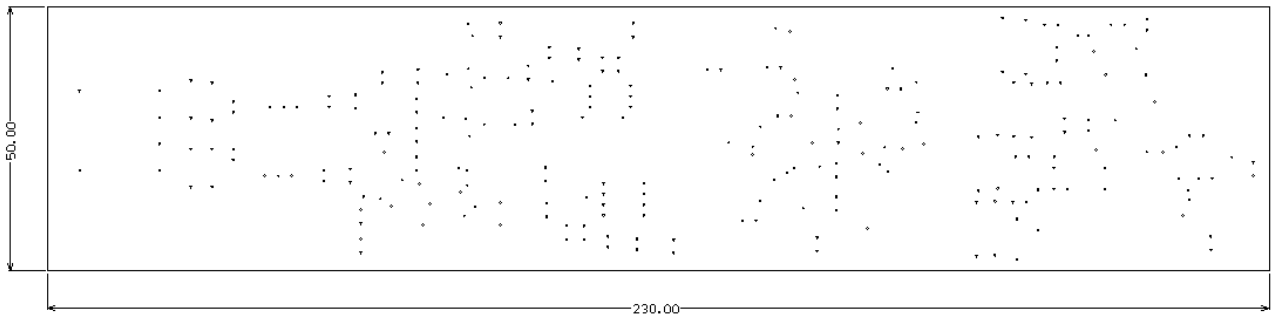
- Stupanj zaštite: IP43
- Dimenzije pločice: 50x230 mm

Temperaturno područje rada:

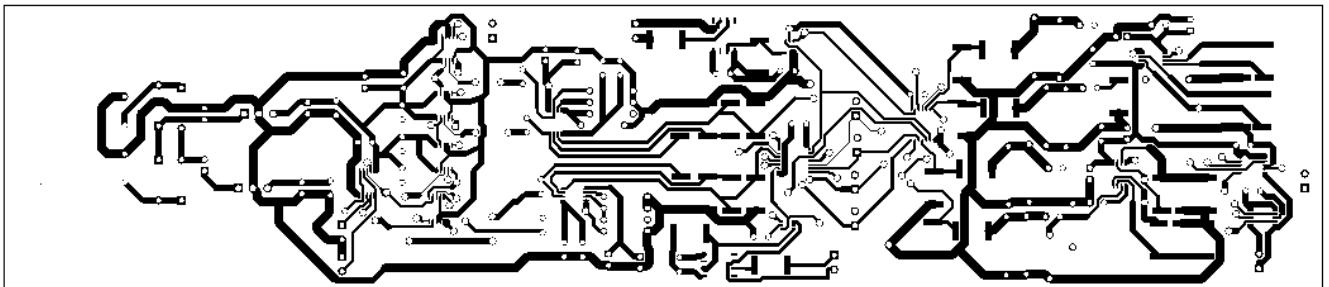
- 0-45°C

Drill drawing- Nacrt rupa i prospoja i dimenzija istih.

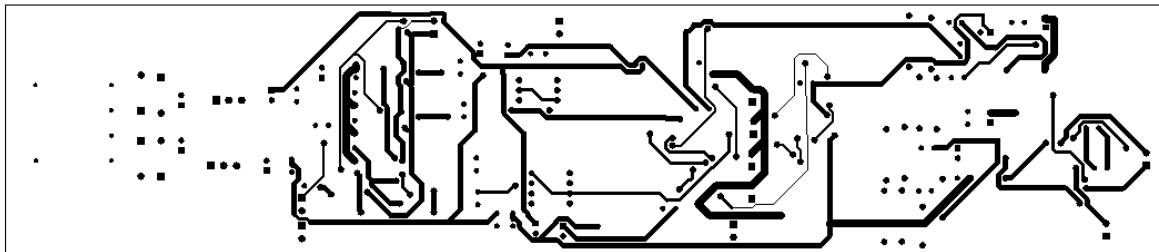
Symbol	Hit Count	Tool Size	Plated	Hole Type
∅	163	0.9mm (35.433mil)	PTH	Round
o	27	1.1mm (43.307mil)	PTH	Round
	240 Total			



Top layer- Nacrt tiskanih veza gornje strane pločice.



Bottom layer- Nacrt tiskanih veza donje strane pločice.



Multi layer- Nacrt tiskanih veza gornje i donje strane pločice s rupama, prospojava i komponentama

