

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond
Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut

IEE40LT

Kaarel Kuslap 134870IALB

ANALOOGINTERFEISI MOODUL MÕÕTEKONTROLLERITELE

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Eero Haldre
Magister
Vaneminsener

Tallinn 2016

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Kaarel Kuslap

31.05.2016

Annotatsioon

Käesoleva lõputöö ülesandeks on koostada elektriskeemid analoogsignaaside sobitamiseks ning toite- ja sidekanali ühendamiseks ARM põhise mõõtemooduliga EK-TM4C123GXL. Analoogskeemide ülesandeks on teha kahepolaarsed signaalid mõõdetavaks mõõtemooduli ühepolarse sisendiga analoog-digitaalmuunduri abil, võimendada ja filtreerida vastavalt, hinnata signaalide tippväärtusi ning teha mõõtemooduli ühepolarne väljundsignaal kahepolaarseks analoogsignaaliks. Sidekanali ja toiteahela elektriskeem peab tagama mõõtemooduli side RS485 interfeisi kaudu, siduma sünkroniseerimissignaalidega ja toitma mõõtemoodulit 6 .. 8V pingest. Töö käigus loodud elektriskeemid tuleb katsetada, mõõta nende elektrilisi omadusi ja koostada trükkplaadi skeem.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 26 leheküljel, 4 peatükki, 14 joonist, 1 tabel.

Abstract

Analog front-end for measurement microcontroller modules

The aim of this thesis is to create electrical circuits to match analog signals and also connect supply and communication channel with ARM based measurement microcontroller module EK-TM4C123GXL. The purpose of analog circuits is to convert bipolar signals to unipolar, so that the signals can be measured with the analog-to-digital converter of the measurement module, which has a unipolar input. The signals have to be amplified and filtered accordingly. The analog circuitry also has to assess the peak values of signals and to convert the unipolar output signal of the measurement module to bipolar analog signal. The supply chain and the communication channel have to assure that the measurement module can communicate with other measurement modules through the RS485 interface, also that the measurement module is connected to synchronization signals and provide the measurement module with power supply from a 6...8V voltage, which is received from a supply line. The circuits created in this process have to be tested, their electrical characteristics measured and a printed circuit board has to be designed.

Up to 31 measurement modules and a master controller make up the distributed data acquisition system. The purpose of the measurement module is to measure voltages in synchronicity with the other measurement modules and to transmit the measured values to the master controller. The measurement module is connected to the measured object, the supply chain and the communication channel through the circuits created in this thesis.

The thesis is in Estonian and contains 26 pages of text, 4 chapters, 14 figures, 1 table.

Lühendite ja mõistete sõnastik

ARM	Advanced RISC Machine
MSPS	Megasamples Per Second
CAN	Controller Area Network
SRAM	Static Random Access Memory
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
A_v	Pingevõimendustegur
f_c	Filtri mahalõikesagedus
Pk-Pk	Peak-to-peak
DC/DC muundur	Alalispingemuundur

Sisukord

Autorideklaratsioon.....	2
Annotatsioon.....	3
Abstract Analog front-end for measurement microcontroller modules	4
Lühendite ja mõistete sõnastik	5
Sisukord.....	6
Jooniste loetelu	7
Tabelite loetelu	8
1 Sissejuhatus	9
2 Nõuded skeemile.....	10
2.1 Mõõtemooduli tehnilised andmed.....	10
2.2 Skeemi ühendamine mõõtemooduliga	10
3 Simulatsioon	12
3.1 Simulatsioonskeemid.....	12
3.1.1 Ühepolarse ergutussignaali kahepolarseks muundamine	12
3.1.2 Kahepolarse mõõtesignaali ühepolarseks muundamine.....	13
3.2 Simulatsiooni tulemused.....	14
4 Prototüüp	16
4.1 Kasutatud komponendid	16
4.2 Mõõtetulemused	17
5 Skeemi arendamisvõimalused	22
5.1 Muudetud skeemi simulatsioon	22
5.2 Trükkplaadi skeem	23
6 Kokkuvõte	25
Kasutatud kirjandus	26

Jooniste loetelu

Joonis 1. Mõõtemoodul EK-TM4C123GXL.....	11
Joonis 2. Ühepolarse signaali kahepolarseks muundamise simulatsioonskeem	12
Joonis 3. Kahepolarse signaali ühepolarseks muundamise simulatsioonskeem	13
Joonis 4. Ühepolarse signaali kahepolarseks muundamise simulatsiooni graafik	14
Joonis 5. Kahepolarse signaali ühepolarseks muundamise simulatsiooni graafik	15
Joonis 6. prototüübi ühenduste skeem	16
Joonis 7. Positiivse toitesignaali kuju	17
Joonis 8. Negatiivse toitesignaali kuju.....	18
Joonis 9. Ühepolarsest kahepolarseks muundatud signaali kuju	19
Joonis 10. Kahepolarsest ühepolarseks muundatud signaali kuju.....	20
Joonis 11. Tippväärtusdetektori sisendis ja väljundis olevate signaalide kujud	20
Joonis 12. Muudetud simulatsioonskeemi osa	22
Joonis 13. Muudetud skeemi simulatsiooni graafik.....	23
Joonis 14. Trükkplaat.....	24

Tabelite loetelu

Tabel 1. Sisendsignaali amplituudväärtuse sõltuvus mõõtesignaali sagedusest 21

1 Sissejuhatus

Käesolevas töös on loodud mõõtemoodulile EK-TM4C123GXL analooginterfeis, mille ülesandeks on kahepolarse signaali ühepolarseks muundamine, ühepolarse signaali kahepolarseks muundamine ning skeemis kasutatud komponentide, mõõtemooduli ja sidekanali toitesignaaliga varustamine.

Skeemi komponendid, mõõtemooduli ja sidekanali saab toitesignaaliga varustada, kasutades 2 väljundiga ($\pm 5V$) DC/DC muundurit. Kuna skeemi toitepinge peab tulema liinilt ning on vahemikus 6...8V, peab DC/DC muundur kannatama vähemalt 8V sisendpinget.

Mõõtemooduli ühepolarse väljundsignaali muundamine kahepolarseks, on tehtud eeldusega, et mooduli väljundsignaal on siinussignaali laadne ning võngub vahemikus 0...3.3V. Muundatud kahepolaarne signaal on arvutamise lihtsustamiseks võimendatud selliselt, et mõõtekeskkonda kantava signaali pinget jääb vahemikku -3.3...3.3V.

Mõõtekeskkonnast tagasi tuleva kahepolarse signaali ühepolarseks muundamisel on autor eeldanud, et mõõtekeskkond ei võimenda ergutussignaali ehk kõige tugevama võimaliku mõõtesignaali väärtused jäävad vahemikku -3.3...3.3V. Selline signaal viiakse vahemikku 0...3.3V ning seejärel läbib tippväärtusdetektorit, mis salvestab mõneks ajaks siinussignaali tippväärtust. Enne mõõtemooduli sisendisse jõudmist, läbib signaal veel madalpääsfiltrit, mis lõikab kõrged sagedused maha, et sisendsignaali sagedus ei ületaks poolt analoog-digitaalmuunduri taktsagedusest.

Töös on käsitletud loodavale skeemile esitatud nõudeid, selle skeemi simulatsiooni, reaalseste komponentidega loodud prototüübi mõõtetulemusi ning skeemi edasi arendamise võimalusi.

2 Nõuded skeemile

Antud töös käsitletav skeem peab tagama ARM põhisele mõõtemoodulile EK-TM4C123GXL toite- ja sidekanali ühenduse. Samuti peab skeem tagama mõõtmiskeskkonnale kahepoolarse ergutussignaali mõõtemooduli sisendile ühepoolarse mõõtesignaali. Mainitud ühendused on loodud läbi mõõtemooduli sisend-väljundpesade. Skeemi toidetakse liinilt tuleva 6...8V pingega.

2.1 Mõõtemooduli tehnilised andmed

Mõõtekontroller EK-TM4C123GXL sisaldab endas TM4C123GH6PM mikrokontrollerit, millel on 80MHz 32-bitine ARM arhitektuuriga protsessor, 256 KB välmälu, 32KB SRAM, 2KB EEPROM, kaks CAN moodulit, kaks 12-bitist 2MSPS analoog-digitaalmuundurit, USB 2.0 ühendused, 8 UART, 6 I2C ja 4 SPI ühendust.[1]

Kõik mõõtemooduli EK-TM4C123GXL sisend-väljundpesad kannatavad sisendkonfiguratsioonis kuni 5V signaale, peale PD4, PD5, PB0, PB1, mis kannatavad kuni 3.6V. Analoog-digitaalmuundur suudab korrektselt töödelda signaale, mis jäävad vahemikku 0...3.3V. Moodulit toidetakse 5V toitesignaaliga.[2]

2.2 Skeemi ühendamine mõõtemooduliga

Mõõtemooduliga ühendamiseks kasutatud pesad ja nende roll süsteemi töös:

VBUS – Mõõtemooduli toide

GND – Maandus

PE4 – UART sisend

PE5 – UART väljund

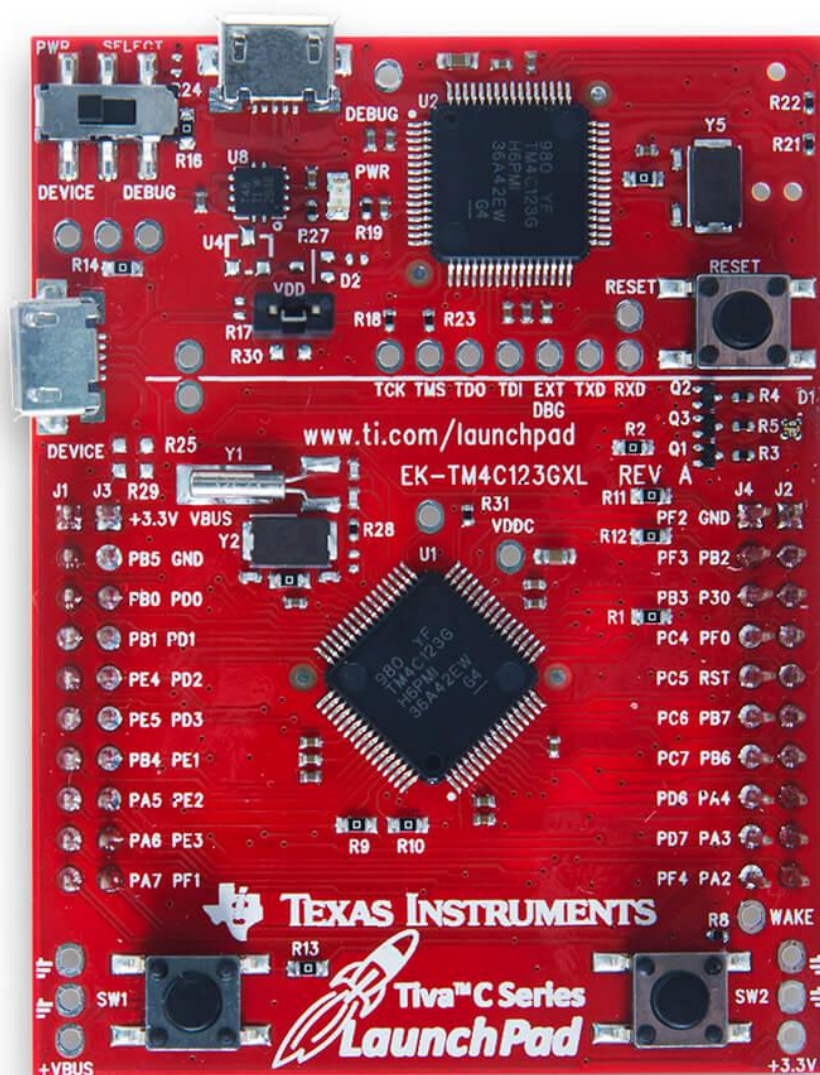
PB4 – RS485 mooduli juhtsignaal

PE1 – sidesignaali sünkroniseerimine

P30 – Mõõtesignaali sisend

PB6 – Mõõtesignaali genereerimine

Mõõtemooduli ühenduste asetus on näidatud joonisel 1.



Joonis 1. Mõõtemoodul EK-TM4C123GXL

Ühendus skeemi ja mõõtemooduli vahel on tagatud kahe 2*10 piigiriba kaudu, mis ühenduvad mooduli alumisel küljel olevate piigipesadega. Piigiribade vahe on 43.18mm ehk 1.7 tolli, piikide vahekaugus piigiribades on 2.54mm ehk 0.1 tolli.

3 Simulatsioon

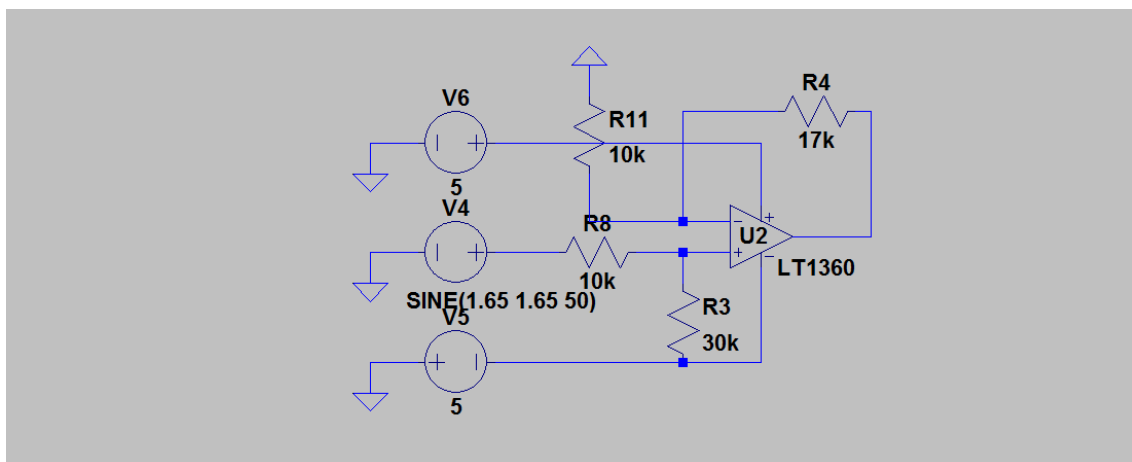
Simulatsioon on läbi viidud programmis Ltspice IV, sellepärast on kasutuses ainult Linear Technology komponendid. Samuti ei arvesta simulatsiooniskeem kõiki võimalikke mõõtmisparameetreid. Seetõttu võivad antud programmis saadud tulemused erineda reaalses skeemis esinevatest väärtustest.

3.1 Simulatsiooniskeemid

Vastavate komponentide puudumise tõttu on simulatsiooniskeemides kasutatud DC/DC muunduri asemel pingellikaid, mis väljastavad vastavalt +5 ja -5V.

3.1.1 Ühepolarse ergutussignaali kahepolarseks muundamine

Joonisel 2 on kujutatud mooduli ühepolarse ergutussignaali kahepolarseks muundamise simulatsiooniskeem[3]. Ergutussignaali on valitud siinussignaali, mis on genereeritud pingellikuga V4, mille väärtused võnguvad vahemikus 0...3.3V, sest mõõtemoodul suudab selles vahemikus olevat signaali väljastada. Enne võimendi sisendisse jõudmist on ergutussignaali takistitega R8 ja R3 summutatud ja nihutatud nii, et signaali keskvärtus oleks 0V. Takistid R4 ja R11 määravad signaali võimendusastme. Võimendi väljundis on kahepolaarne väljundsignaal.



Joonis 2. Ühepolarse signaali kahepolarseks muundamise simulatsiooniskeem

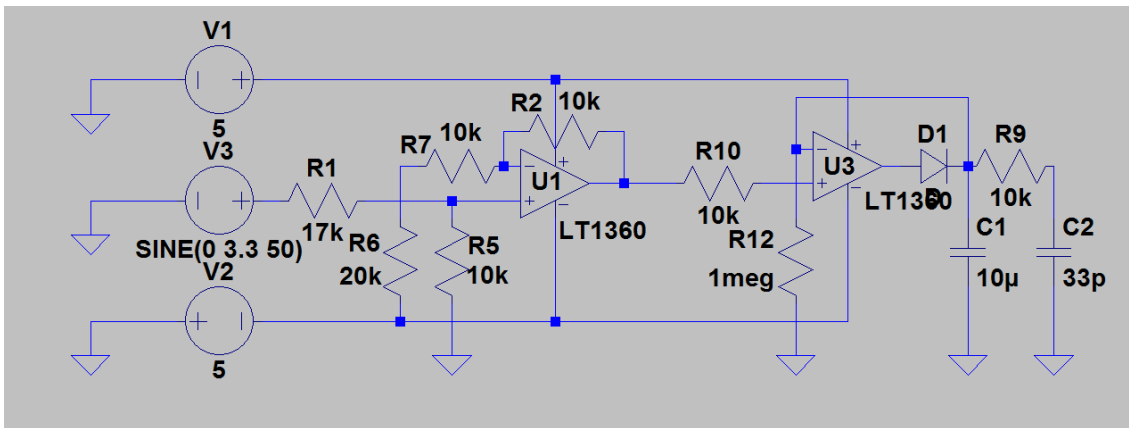
Takistite väärtused on skeemis arvutatud järgnevalt – R3 peab olema 3 korda suurema väärtusega, kui R8, et negatiivne toitepinge tõmbaks ergutussignaali ligikaudu 1.67V alla. See põhjustab signaali amplituudi nõrgenemise veerandi võrra. Et võimendi

väljundis oleks signaal, mis jääb vahemikku $-3.3...3.3V$, on vaja umbes 2.7-kordset pingevõimendust. Joonisel 2 esitatud skeemis on pingevõimendus arvatud valemiga (1).

$$A_v = 1 + \frac{R_4}{R_{11}} \quad (1)$$

3.1.2 Kahepolarse mõõtesignaali ühepolarseks muundamine

Joonisel 3 on operatsioonvõimendiga U1 teostatud kahepolarse signaali ühepolarseks muundamine, et see oleks mõõtemooduli analoog-digitaalmuundurile loetav[4]. Sellele järgneb võimendiga U3 tehtud tippväärtusdetektor, mis jätab meelde ühepolarse signaali maksimaalse väärtuse. Lisaks on skeemis veel madalpääsfilter, et eemaldada moodulile edastatavast mõõtesignaalist mõõtekeskkonna mürad ning sagedused, mida analoog-digitaalmuundur ei suuda täpselt mõõta.



Joonis 3. Kahepolarse signaali ühepolarseks muundamise simulatsiooniskeem

Mõõdetav signaal on kujutatud pingeaallika V3 abil, mis väljastab siinussignaali vahemikus $-3.3...3.3V$. Seda signaali summutatakse takistitega R1 ja R5 tehtud pingejaguriga. Võimendi inverteeriva sisendiga nihutatakse väljundsignaali keskvaartust ligikaudu 1.67V võrra üles. Signaali võimendusaste, mis on antud skeemis 3, on määratud valemiga (2).

$$A_v = 1 + \frac{R_6+R_7}{R_2} \quad (2)$$

Tippväärtusdetektori reageerimiseks kuluv aeg on määratud valemis (3) arvatava ajakonstandiga τ . Antud juhul on ajakonstandi väärtuseks 10 sekundit, et vähendada tippväärtusdetektori väljundsignaali kõikumist.

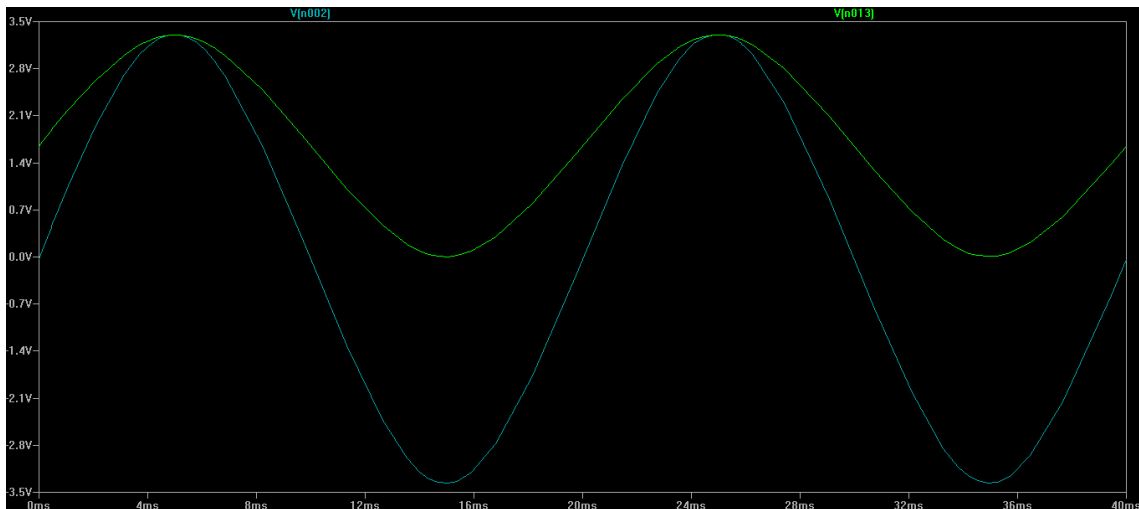
$$\tau = R14 * C1 \quad (3)$$

Madalpääsfiltri moodustavad takisti R9 ja kondensaator C2. Antud komponendid on valitud nii, et filtri mahalöikesagedus oleks vähemalt 2 korda väiksem 1MHz analoog-digitaalmuunduri töösagedusest. Antud skeemis on selleks ligikaudu 482KHz. RC filtri mahalöikesagedus arvutatakse valemi (4) järgi.

$$f_c = \frac{1}{2 * \pi * R9 * C2} \quad (4)$$

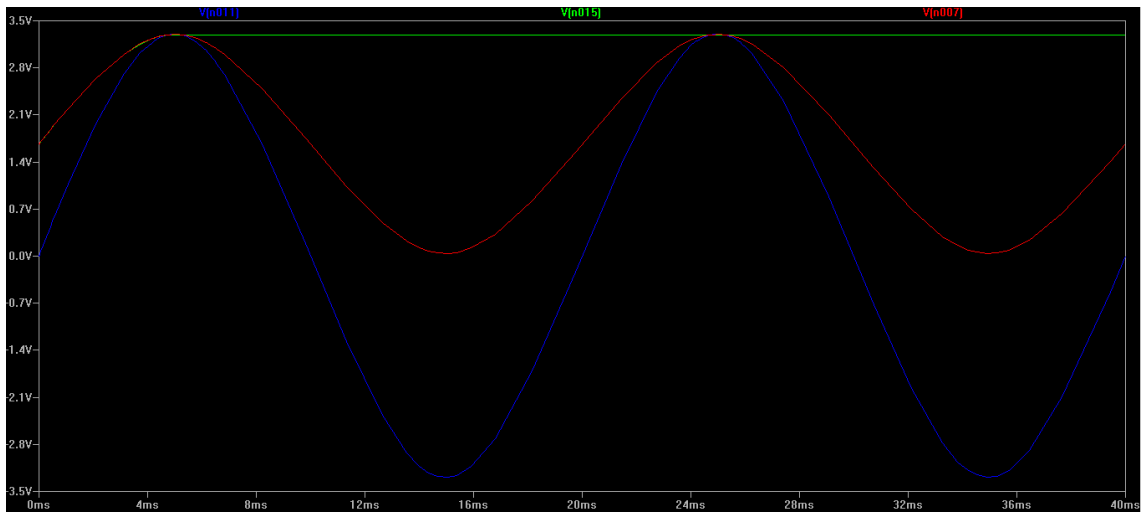
3.2 Simulatsiooni tulemused

Joonisel 4 on roheline joonega kujutatud mõõtemooduli välja antavat ühepoolarset ergutussignaali, mis võngub sagedusega 50Hz vahemikus 0...3.3V, ning helesinisega võimendi väljundist tulevat kahepoolarset signaali, mis kantakse edasi mõõdetavasse keskkonda. Nagu jooniselt näha, võngub kahepoolarne signaal soovitud vahemikus -3.3...3.3V.



Joonis 4. Ühepoolarse signaali kahepoolarseks muundamise simulatsiooni graafik

Joonisel 5 on sinise joonega kujutatud mõõdetavast keskkonnast tulevat kahepoolarset signaali, punasega ühepoolarseks muudetud signaali ning rohelisega tippväärtusdetektori väljundis olevat signaali. Kahepoolarne signaal võngub vahemikus -3.3...3.3V, ühepoolarne vahemikus 0...3.3V ja tippväärtusdetektori väljundväärtus ühtib ühepoolarse signaali tippväärtusega ehk püsib 3.3V ümbruses. Kuna ühepoolarse signaali keskvärtus on nihutatud 1.67V peale, on sellise skeemi kaudu mõõtemoodulile edastatav mõõtevahemik 1.67...3.3V.



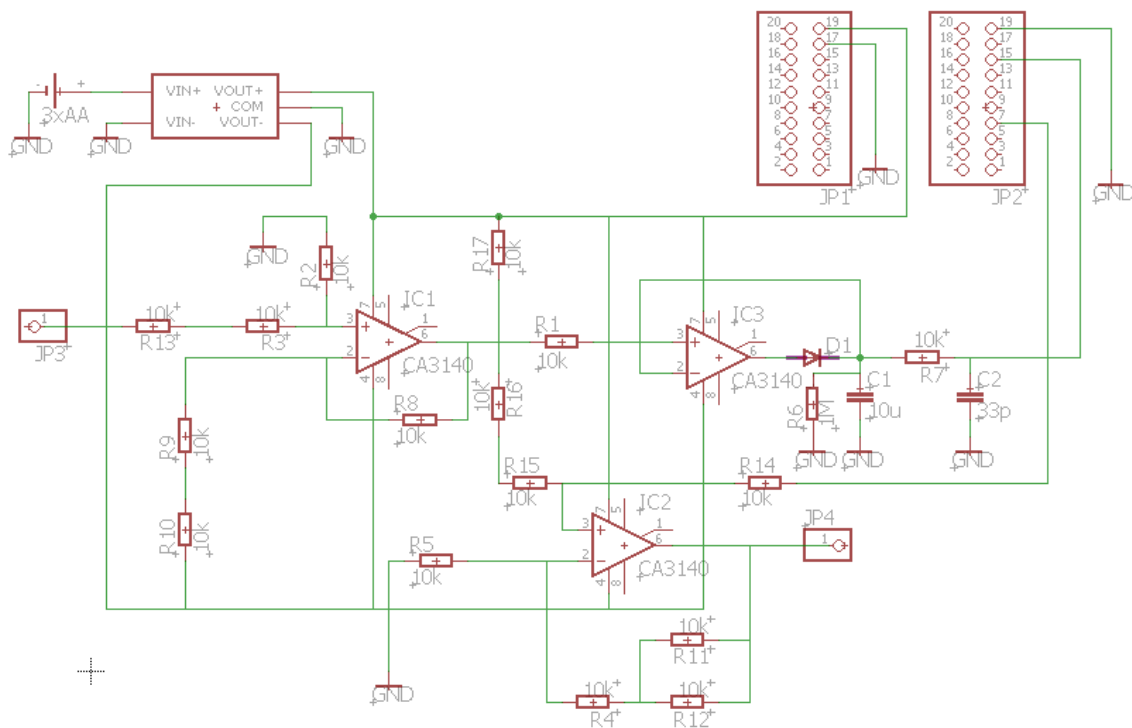
Joonis 5. Kahepolarse signaali ühepolarseks muundamise simulatsiooni graafik

4 Prototüüp

Reaalsete mõõtetulemuste saamiseks on simulatsiooniskeemide järgi valmistatud analooginterfeisi prototüüp, mis peaks jäljendama simulatsioonide tulemusi.

4.1 Kasutatud komponendid

Komponentide valikul tuli lähtuda peamiselt kättesaadavusest, seetõttu erinevad mõned prototüübis kasutatud komponentide parameetrid soovitudest. Joonisel 6 on näidatud prototüübi komponentide ühenduste skeem.



Joonis 6. prototüübi ühenduste skeem

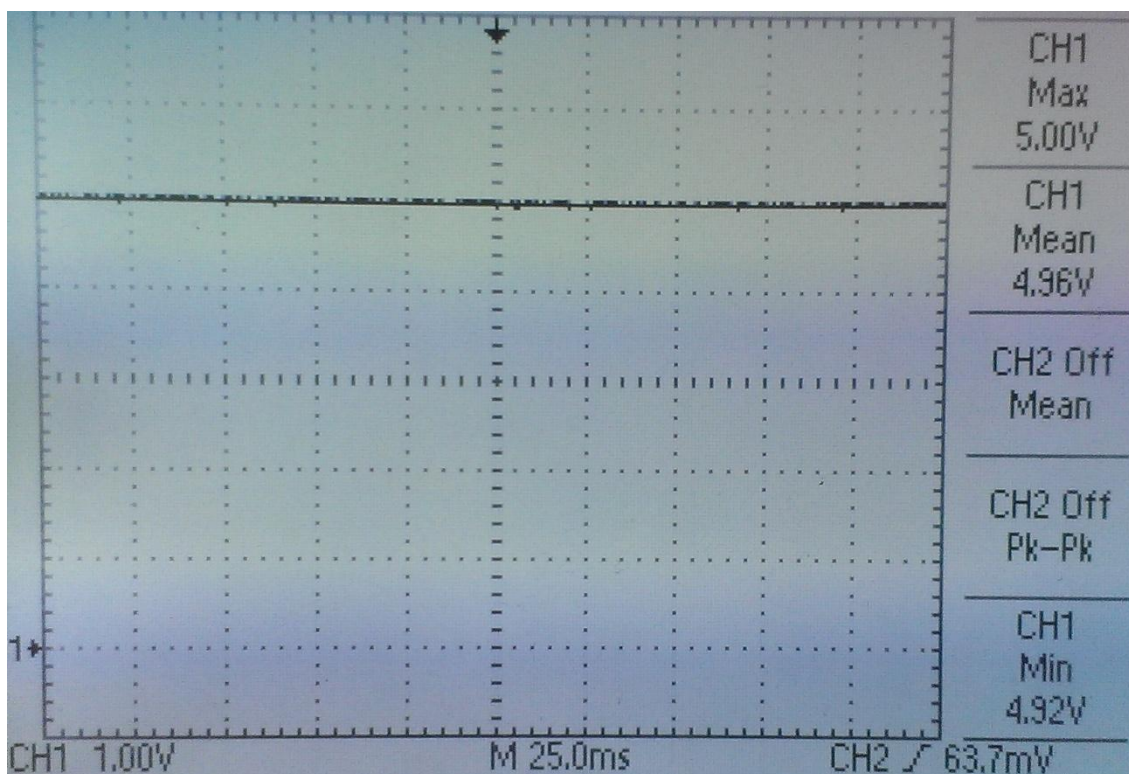
Skeemi toitmiseks on kasutatud Delta Electronicsi DC/DC muundurit PB01D0505A[5], mis vajab sisendiks 4.5...5.5V toidet ning annab väljundiks kaks alalissignaali: -5V ja +5V. Muundur on toidetud kolme AA patareiga. Signaalide muundamine on tehtud Intersili CA3140AE[6] operatsioonvõimenditega, mis on toidetud DC/DC muunduri väljundsignaalidega. Skeemi sisendid ja väljundid on ühendatud piigiribadele. Lisaks on skeemis veel 16 10k Ω ja üks 1M Ω takisti, 10V nimipingega stabilitron ning 10 μ F ja

33pF kondensaatorid. Prototüübi skeemis olevate takistuste väärtused erinevad simulatsiooniskeemis olevatest selle poolest, et näiteks 17k Ω takistid on asendatud kahe rööbiti 10k Ω takistiga, millele on jadamisi ühendatud kolmas 10k Ω takisti või kahe jadamisi ühendatud 10k Ω takistiga.

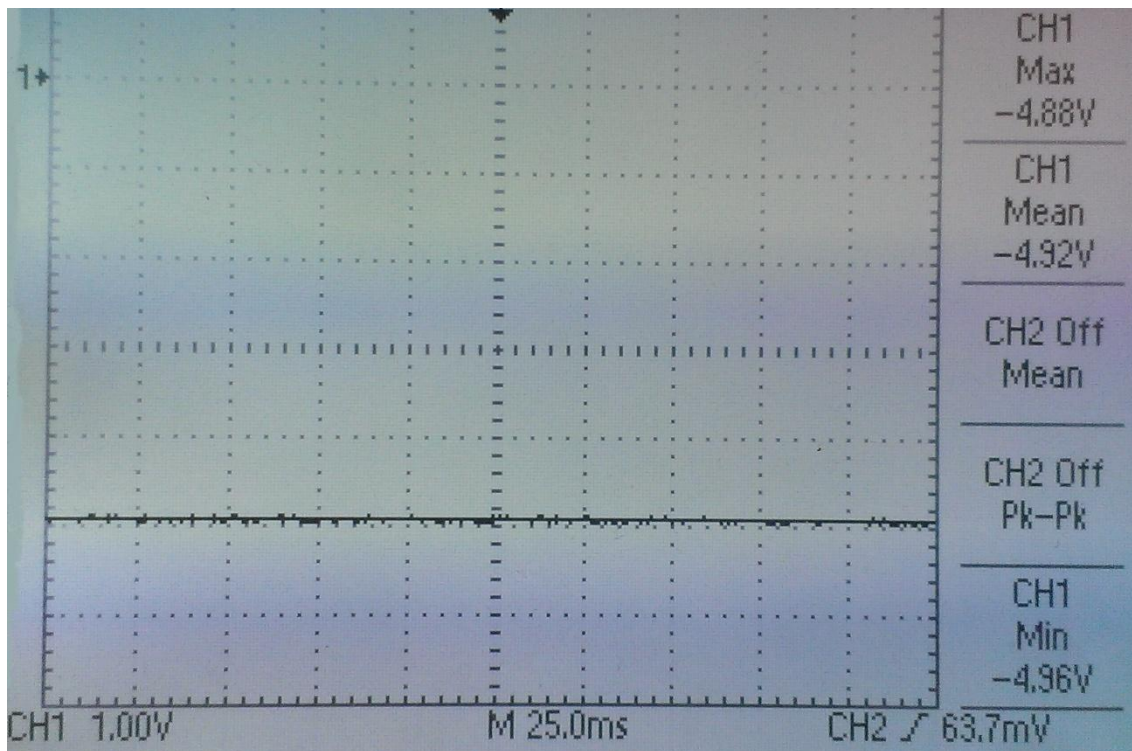
4.2 Mõõtetulemused

Signaalide mõõtmised on tehtud signaaligeneraatori ja ostsilloskoobiga Tektronix TDS1001. Signaaligeneraatoriga on antud skeemile mõõte- ja ergutussignaali imiteerivad signaalid, mille mõju skeemi erinevates punktides mõõdetakse ostsilloskoobiga.

Joonistel 7 ja 8 näidatud positiivse ja negatiivse toitesignaali pinge väärtused kõiguvad vastavalt 4.92...5.00V ja -4.96...-4.88V vahemikes, mis tähendab, et maksimaalne kõrvalekalle keskvärtusest on 0.04V ehk umbes 0.8%. Mainitud kõrvalekaldeid võivad olla tingitud nii ostsilloskoobi mõõtetäpsusest, skeemis oleva maanduspinna vähesusest, mõõtesignaali mõjust toitele kui ka lahtisidestuskondensaatorite puudumisest.

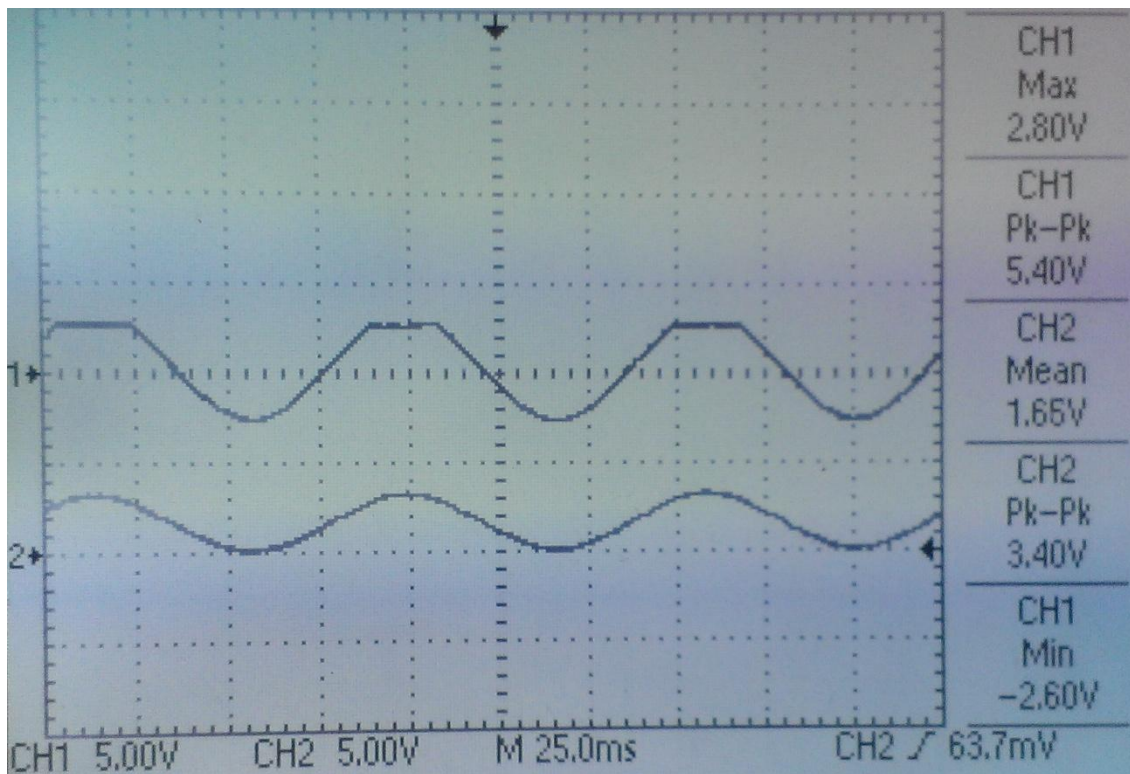


Joonis 7. Positiivse toitesignaali kuju



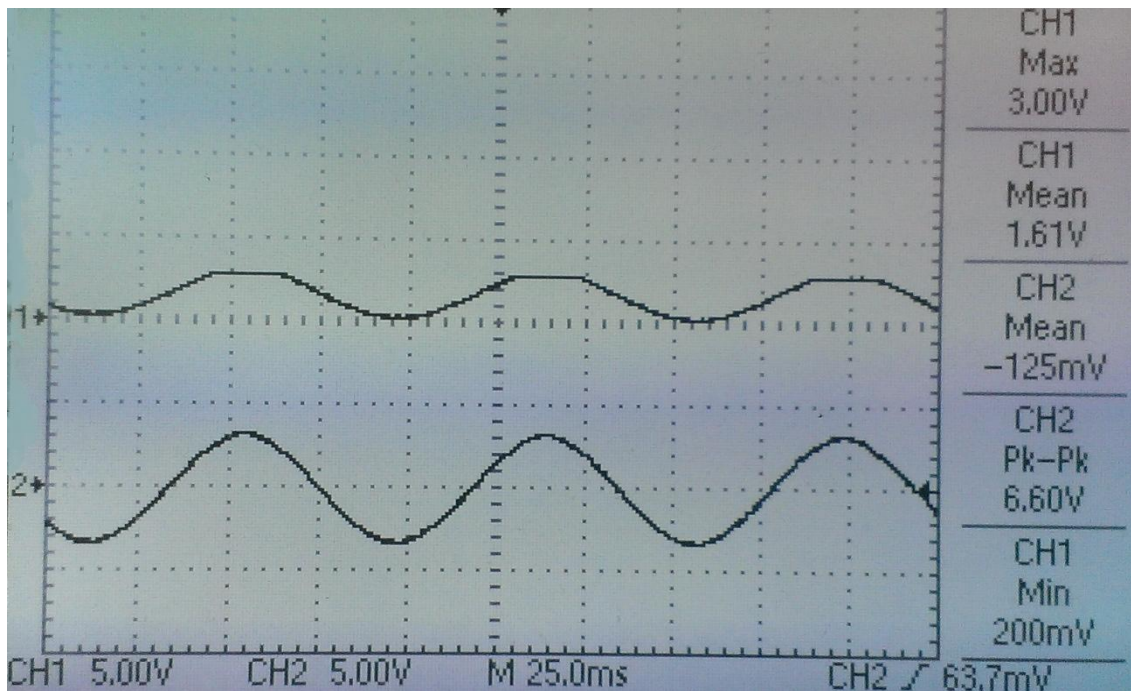
Joonis 8. Negatiivse toitesignaali kuju

Joonisel 9 on kujutatud, kuidas ostilloskoobi kanalil 2 esitatud ergutussignaali imiteeriv signaal on muudetud kanalil 1 esitatud kahepolaarseks signaaliks. Ergutussignaali vahemikus 0...3.40V kõikuv siinussignaali. Jooniselt võib näha, et kahepolaarse signaali ülemised tipud on ära lõigatud ning ka negatiivsed väärtused ei lange simulatsioonis saadutega kokku. Mahalõigatud tipud võivad olla tekitatud toitepingete kõikumisest, mis hakkavad võimend väljundsignaali väärtusi piirama. Lisaks sellele, võib signaali väärtuste erinevus simulatsiooni tulemustest olla põhjustatud kasutatud takistite mittevastavusest simulatsioonskeemis kasutatutega.



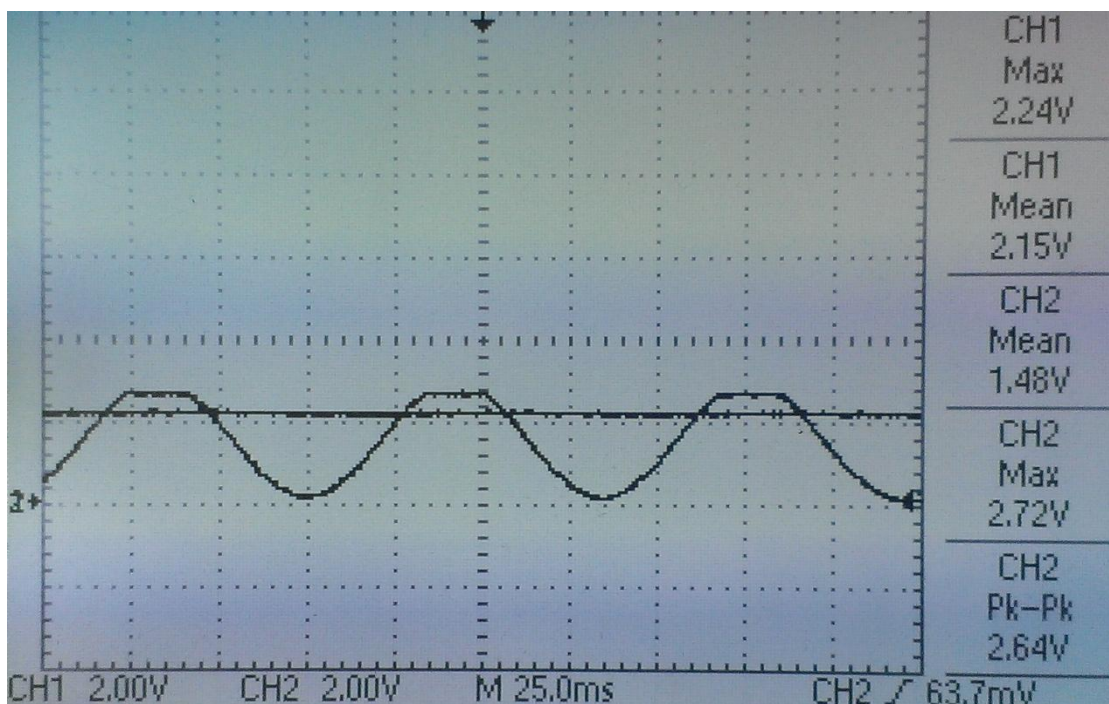
Joonis 9. Ühepolarsest kahepolarseks muundatud signaali kuju

Joonisel 10 on näha, kuidas vahemikus $-3.3\text{...}3.3\text{V}$ mõõtesignaali imiteeriv signaal on muudetud ühepolarseks. Ühepolarseks muudetud signaali väärtused jäävad $0.2\text{...}3.0\text{V}$ vahele. Nagu eelpool ergutussignaali puhul sai täheldatud, et muundatud siinussignaali ülemised tipud on maha lõigatud, nõnda on ka siinkohal. Selle põhjust võib taaskord otsida võimendi toite kõikumisest.



Joonis 10. Kahepolaarsest ühepolaarseks muundatud signaali kuju

Joonisel 11 on kujutatud ühepolaarseks muudetud signaal ning tippväärtusdetektori väljundsignaal. Jällegi on võimendi väljundsignaali ülemised väärtused madalamad, kui nad peaks olema. Tippväärtusdetektori väljundpinge peaks ühtima ühepolaarse signaali sinusoidi ülemiste tippudega, kuid on neist ligikaudu 0.5V madalamal.



Joonis 11. Tippväärtusdetektori sisendis ja väljundis olevate signaalide kujud

Enne mõõtemooduli mõõtesisendisse jõudmist läbib signaal veel lihtsat madalpääsfiltrit, mille mahalõikesagedus on ligikaudu 482kHz. Sisendsignaali amplituudväärtuse sõltuvust mõõtesignaali sagedusest näitab tabel 1. Kõrgematel sagedustel kui 1.25MHz hakkab amplituudväärtus uuesti tõusma.

Tabel 1. Sisendsignaali amplituudväärtuse sõltuvus mõõtesignaali sagedusest. Mõõtesignaali amplituudväärtus on 3.3V.

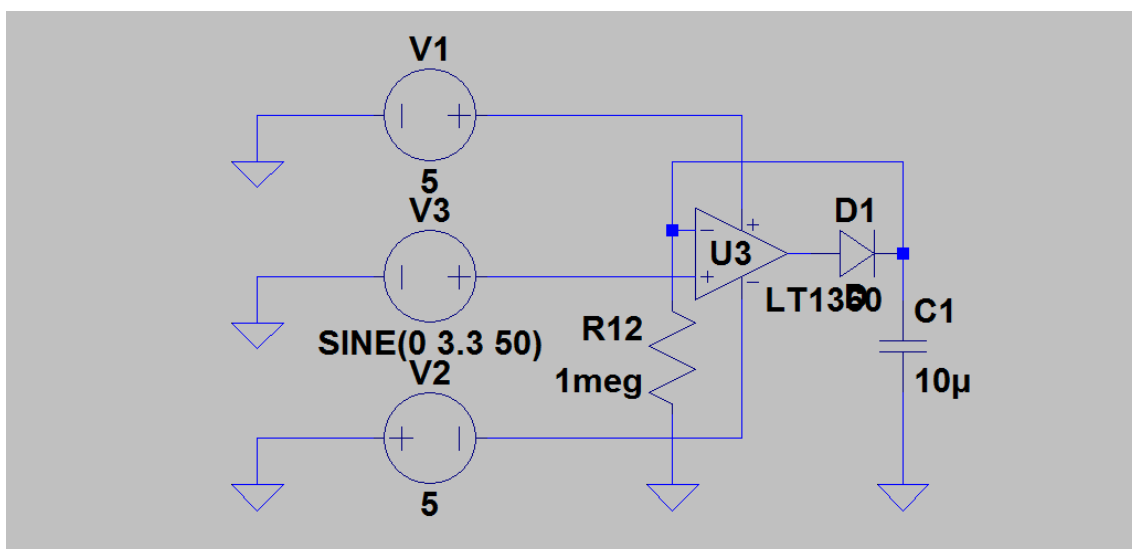
Mõõtesignaali sagedus	Sisendsignaali amplituudväärtus
1kHz	2.48V
10kHz	2.48V
100kHz	2.42V
500kHz	2.12V
1MHz	1.28V
1.25MHz	0.88V

5 Skeemi arendamisvõimalused

Põhiline asi, mille arvelt saaks mõõtetäpsust suurendada, oleks signaali kahepolaarsest ühepolaarseks tegemise ärajätmine ning mõõdetavast keskkonnast tuleva signaali otse läbi tippväärtusdetektori mõõtemooduli sisendisse viimine. Sellisel juhul ei oleks vaja mõõtesignaali keskväärtust nihutada 1.67V peale, mis piirab mooduli analoog-digitaalmuunduri mõõtepiirkonna 1.67...3.3V vahemikku, ning lubaks kasutada vahemikku 0...3.3V. Samuti vähendaks see vajaminevate komponentide arvu ning ebakvaliteetse toitesignaali mõju mõõdetavale signaalile, sest signaal läbiks vähemaid operatsioonvõimendeid, mille efektiivsus sellest sõltub. Samuti ei ole skeemis vajalik madalpääsfilter, sest tippväärtusdetektor juba tekitab peaaegu sileda signaali. Eelmainitud operatsioonid jõudsid esialgsesse skeemi puhtalt õppe-eesmärgil.

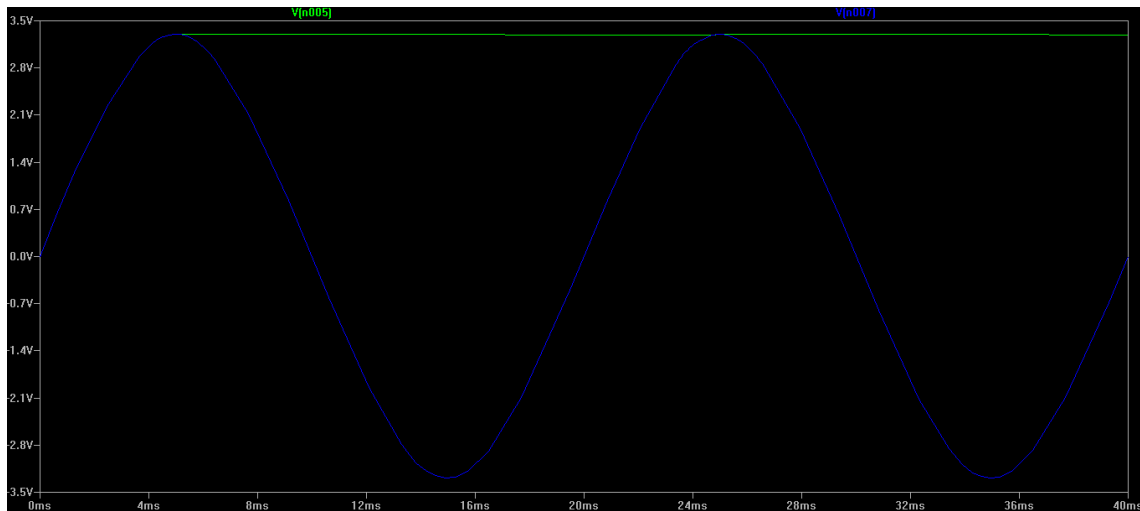
5.1 Muudetud skeemi simulatsioon

Kuna muutmisele kuulus ainult kahepolaarse signaali mõõtemooduli analoog-digitaalmuundurile loetavaks muutmise osa, ei ole vaja ühepolaarsest kahepolaarseks tegemise osa muuta. Seetõttu on käesolevas peatükis simuleeritud vaid eelpool mainitud skeemiosa, mida on kujutatud joonisel 12. Eemaldatud on nii esimene võimendi, millega oli teostatud signaali nihutamine ühepolaarseks kui ka madalpääsfilter.



Joonis 12. Muudetud simulatsioonskeemi osa

Muudetud skeemi simulatsiooni tulemused, mida on kujutatud joonisel 13, on identsed esimesel juhul saaduga, kuid nõuab oluliselt vähem komponente, tänu millele vähenevad skeemi volutarve, mõõtmed ja hind.

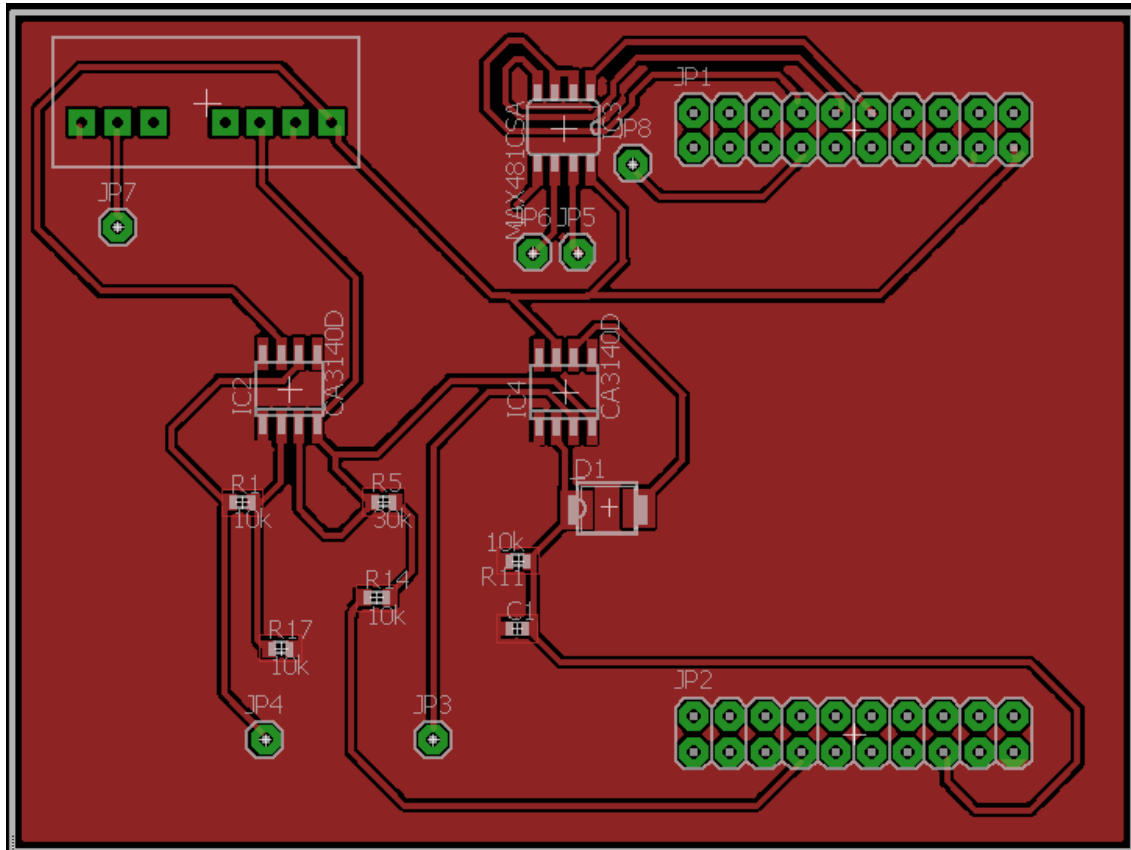


Joonis 13. Muudetud skeemi simulatsiooni graafik

5.2 Trükkplaadi skeem

Joonisel 14 on kujutatud eelpool mainitud muudatustega varustatud trükkplaadi skeem. Trükkplaadi mõõtmeteks on valitud 60x80mm. Kõik plaadi ühendused väliste süsteemidega on teostatud ühenduspiikide kaudu. Piigile JP7 ühendub toiteliinilt 6...8V vahemikku jääv toitesignaali, mis suunatakse edasi DC/DC muunduri sisendisse. Piigi JP8 kaudu toimub mõõtemooduli töö sünkroniseerimine teiste mõõtemoodulitega. JP5 ja JP6 on RS485 liidesega ühendamiseks. Nende abil suhtleb mõõtemoodul juhtkontrolleri ja teiste mõõtemoodulitega. JP3 ja JP4 on vastavalt mõõdetavast keskkonnast tagasitulnud signaali ja mõõdetavasse keskkonda kantava ergutussignaali viigud. JP1 ja JP2 on 2*10 piigiribad, mille abil ühendub mõõtemoodul analooginterfeisiga. Skeemi vasakus ülanurgas on Tracopoweri DC/DC muundur TMR 0521, mis muundab 4.5...9V sisendpinge +5V ja -5V väljundpingeks[7]. Sellest paremal on RS485 liides, mis kasutab toiteks sama signaali, mis operatsioonvõimendite positiivse toitesisendid ja mõõtemooduli toitesisend. Skeemi keskele jäävad juba prototüübis kasutatud operatsioonvõimendid. Ühe trükkplaadi komponentide hinnaks on umbes 25 eurot.

Trükkplaadi skeemi koostamisel on lähtutud põhimõtetest, et maanduspind oleks võimalikult suur ning ühesugused komponendid oleksid ühtepidi orienteeritud.



Joonis 14. Trükkplaat

6 Kokkuvõte

Töö põhieesmärgiks oli luua skeem, mis suudab toita mõõtemoodulit EK-TM4C123GXL, tagada RS485 liidese kaudu ühenduse teiste süsteemis olevate kontrolleritega, muuta mõõtemooduli ühepolaarne väljundsignaal kahepolaarseks ning mõõtekeskkonnast tulev kahepolaarne signaal ühepolaarseks, mille väljundisse oli vaja ühendada tippväärtusdetektor ning madalpääsfilter.

Ühepolaarse signaali kahepolaarseks muundamine ja kahepolaarse ühepolaarseks muundamise simulatsiooni tulemused vastasid loodetud väärtustele. Prototüübi mõõtetulemused aga ei vasta simulatsioonis saadutele. Sellel võib olla mitu põhjust – toitepinge ebastabiilsus, skeemis kasutatud takistite valed väärtused või operatsioonvõimendite vale kasutus.

Skeemi arendamiseks peaks esimese asjana kasutama õigete takistustega takisteid. Lisaks aitaks väga suurel määral see, kui teha kahepolaarse mõõtesignaali ühepolaarseks muutmine ainult tippväärtusdetektoriga. Seeläbi kahekordistuks mõõtepiirkond ning skeemile kuluks oluliselt vähem komponente. Seda saab teha ainult juhul, kui mõõtesignaali maksimaalne väärtus ei ületa 3.3V.

Kasutatud kirjandus

- [1] "ARM® Cortex®-M4F Based MCU TM4C123G LaunchPad™ Evaluation Kit - EK-TM4C123GXL - TI Tool Folder", Ti.com, 2016. [Online]. Available: <http://www.ti.com/tool/ek-tm4c123gxl>. [Accessed: 29- May- 2016].
- [2] Tiva™ TM4C123GH6PM Microcontroller DATA SHEET, 1st ed. Dallas, Texas, 2015, pp. 649, 809.
- [3] A. Nastase, "Design a Unipolar to Bipolar Converter for a Unipolar Voltage Output DAC", Mastering Electronics Design. [Online]. Available: <http://masteringelectronicsdesign.com/design-a-unipolar-to-bipolar-converter-for-a-unipolar-voltage-output-dac/>. [Accessed: 29- May- 2016].
- [4] A. Nastase, "Design a Bipolar to Unipolar Converter to Drive an ADC", Mastering Electronics Design. [Online]. Available: <http://masteringelectronicsdesign.com/design-a-bipolar-to-unipolar-converter/>. [Accessed: 29- May- 2016].
- [5] "PB01S/D series". [Online]. Available: http://www.elfadistelec.ee/Web/Downloads/_t/ds/pb01_eng_tds.pdf?mime=application%2Fpdf. [Accessed: 30- May- 2016].
- [6] "Intersil CA3140 datasheet", 2015. [Online]. Available: http://www.elfadistelec.ee/Web/Downloads/t/_en/da3140_Datasheet_EN.pdf?mime=application%2Fpdf. [Accessed: 30- May- 2016].
- [7] "TRACOPOWER DC/DC Converters TMR 2 Series", www.farnell.com, 2013. [Online]. Available: <http://www.farnell.com/datasheets/1749862.pdf>. [Accessed: 30- May- 2016].