

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond
Thomas Johann Seebecki Elektroonikainstituut

IEE40LT

Rasmus Saarna 113000IAEB

TP929M RAADIO KONTROLLER

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: _____

Kuupäev: _____

Annotatsioon

Bakalaureuseõppe lõputöö

Lõpetaja R. Saarna

Juhendaja E. Haldre

Tallinna Tehnikaülikool 2016

Käesolevas bakalaureusetöös käsitletakse TP929M raadio juhtimise kontrolleri vajamineku põhjuseid, disaini ning sellega kaasnevaid muresid. Töö tulemuseks on trükkplaat, millel asuv kontrolleri on programmeerimiseks valmis ning selle tegemisel koheselt kasutatav ning liidestatav TP929M raadio ning Inteli DN2800MT emaplaadiga.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 46 leheküljel, 5 peatükki, 16 joonist, 6 tabelit.

Abstract

Bachelor Thesis

Graduate R. Saarna

Instructor E. Haldre

Tallinn University of Technology 2016

This thesis deals with the requirements for a TP929M radio controller, its design and accompanied problems. The result of this thesis is a printed circuit board upon which lies a controller ready to be programmed. Once programming has been done, it will be immediately ready for use and interfacing with the TP929M radio and Intel DN2800MT motherboard.

The thesis is in Estonian and contains 46 pages of text, 5 chapters, 16 figures, 6 tables.

Sisukord

Lühendite ja mõistete sõnastik	6
Jooniste loetelu	9
Tabelite loetelu	10
1 Sissejuhatus	11
1.1 Taust ja probleem	11
1.2 Ülesande püstitus	12
1.3 Metoodika	13
1.4 Ülevaade tööst	14
2 Skeemi koostamine	15
2.1 Komponentide valik	16
2.1.1 Kontrolleri valik	17
2.1.2 Andmesideliidese valik	19
2.1.3 Müra summutuse taseme muutmine	19
2.2 Skeemi väljatöötamine	19
2.2.1 Kontrolleri Skeem	21
2.2.2 Lüliti skeem	26
2.2.3 MAX232 Skeem	26
2.2.4 AD8400AR1 Skeem	28
2.2.5 Kaitseahelate, pingejagurite ning valgusdioode skeem	28
2.2.6 Ühenduspesade ja toiteahela stabiliseerimise skeem	31
2.2.7 Üldskeem	32
2.3 Muude komponentide valik ning pull-up, pull-down	32
3 Trükkplaadi koostamine	35
4 Valmistoote katsetamine	39
5 Kokkuvõte	40
Summary	41
Kasutatud kirjandus	42
Lisa 1 – BOM	44

Lühendite ja mõistete sõnastik

RS232	EIA standard RS-232-C
	Normide kogum, mis defineerib binaarsete andmete ja kontrollbittide edastuse lõppseadmete ning andmesideseadmete vahel. Kasutab järjestikliidest.
USB	Universal Serial Port
	Universaalne jadasiin on arvuti välissiini standard, mis lubab välisseadmeid külge ja lahti ühendada ilma, et arvutit oleks vaja välja lülitada.
VHF	Very High Frequency
	Ülikõrgsagedusala vahemikus 30 MHz kuni 300MHz.
RX	Receive / Receiver
	Vastu võtma või vastuvõtja, kasutatakse nii andmete kui raadiosignaalide vastuvõtjate kirjeldamiseks, nt RX raadio.
TX	Transmit / Transmitter
	Eetrisse kajastama või saatja, kasutatakse nii andmete kui raadiosignaalide saatjate kirjeldamiseks, nt TX raadio.
Transceiver	Transsiiver
	Seade mis suudab infot nii saata kui ka vastu võtta, võib mõelda seadme, millel on korraga RX ja TX võimekus.
BOM	Bill of Materials
	Töös kasutatavate materjalide kulu, päritolu, tüüpi jms infot hoidev dokument või nimekiri, mis peaks kajastama endas kõiki mingis töös kasutatud materjale.
Squelch	Telekomminkatsiooni väljend – süsteemi funktsioon vastuvõtja väljundi heli või video ülekannet summutada juhul kui pole saavutatud piisavalt tugev sisendsignaali. Nimetatakse signaali piiramiseks, müra summutamiseks.

Switch	Kohtvõrgu kommutaator
	Seade, mille abil mitmed seadmed saavad luua ühendusi läbi ühe seadme, et olla ühendatud mingi kohtvõrguga
UHF	Ultra High Frequency
	Ultrakõrgsagedusala on raadiosagedusala vahemikus 0.3-3GHz.
1U / 2U / 3U	Rack unit
	Seadmekapi mooduli suuruse ühik. Üks U on 44.45mm kõrge.
TTL	Transistor-transistor logic
	Digitaalsete süsteemide loogika grupp, mille ehitusel kasutatakse bipolaartransistoreid ning takisteid.
	Enamasti kasutatakse +5VDC toiteallika taset, loogiline 1 on määratud kui pinge on +2VDC ning Vcc vahel ning loogiline 0 kui pinge on 0 kuni +0.8VDC vahel.
DSUB25	Arvutustehnikas levinud elektriliste pistikühenduste grupp. Siinkohal 25 määrab, et tegemist on pesaga, millel on 25 ühendust.
SO8 / SO16 / TQFP44	Elektroonikakomponentide poolt kasutatavad korpuse kujundused. SO tähendab small outline ehk väikese piirjoonega ning TQFP thin quad flat pack ehk õhuke, neljapoolne, lame korpus.
DC	Direct Current
	Alalisvool, elektrivool, mille suund ajas ei muutu.
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
	Seisulainetegur, näitab kui efektiivselt elektromagnetlaine mingis meediumis levib. Mida suurem on tegur, seda suurem on tagasipeegeldus ning seda vähem on välja saadetud signaalist päriselt kasu.
PTT	Push to talk

Kasutatakse lülitite puhul, mille alla vajutamisel saab näiteks operaator eetrisse rääkida.

! sõna algul Märgeb sõna invertteerimist. Kui tegemist on näiteks mõne sisendiga ENABLE ning seal ees on ! (ehk !ENABLE) siis see tähendab, et ENABLE on invertteeritud sisend.

SMD **Surface mount device**

Märgeb seadme paigalduse tüüpi – pinnapealne paigaldus.

ESD **Electrostatic Discharge**

Märgeb elektrostaatilist laengut.

LED **Light emitting diode**

Valgusdiod.

Jooniste loetelu

Joonis 1. Lahenduse plokk skeem	11
Joonis 2. Ühenduste plokk skeem.....	15
Joonis 3. TP929M Andmeleht	16
Joonis 4. Intel DN2800MT	20
Joonis 5. Kontrolleri skeem	25
Joonis 6. Inteli lüliti	26
Joonis 7. Lüliti skeem.....	26
Joonis 8. MAX232 skeem	27
Joonis 9. AD8400 skeem	28
Joonis 10. Pingejagurite ja LEDide skeem.....	30
Joonis 11. Ühenduspesade skeem.....	31
Joonis 12. Üldskeem.....	32
Joonis 13. Lüliti trükkplaat	35
Joonis 14. Kontrolleri trükkplaat	36
Joonis 15. Lüliti valmis trükkplaat	36
Joonis 16. Kontrolleri ühendused	37

Tabelite loetelu

Tabel 1. Kontrolleri nõuded.....	18
Tabel 2. Ühenduspead	21
Tabel 3. Kontrolleri ühendused	24
Tabel 4. Komponentide valik	33
Tabel 5. Vaserajad	37
Tabel 6. BOM.....	46

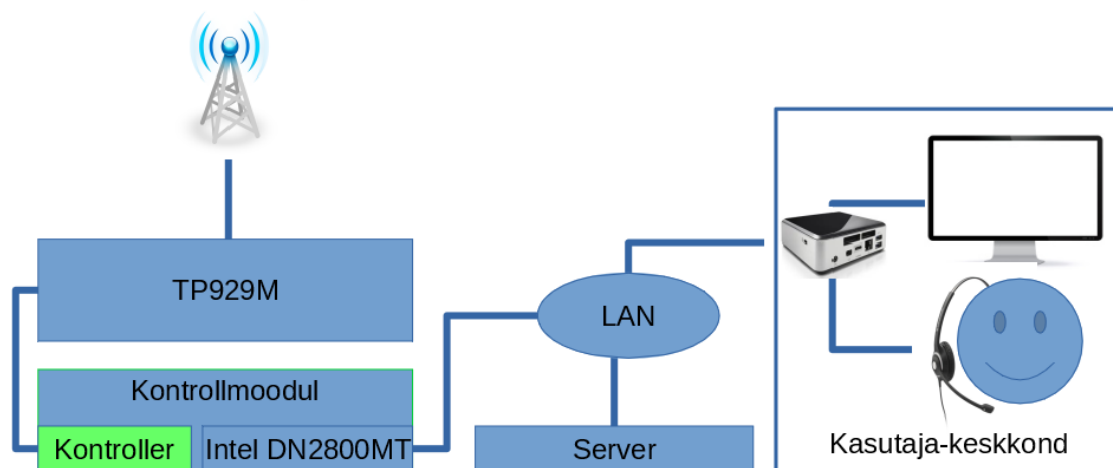
1 Sissejuhatus

Ülesanne sai alguse projektist, kus tuli kasutusele võtta nelikümmend TP Radio raadiot TP929M ning neid juhtida üle interneti. Raadiot otse seda juhtiva arvutiga ühendada ei ole võimalik, seega tekib vajadus vahelüli järgi – kontrolleri, mis vahendab andmesuhtlust raadio ning teda juhtiva arvuti vahel.

1.1 Taust ja probleem

Kogu töö toimus ettevõttes Cybernetica AS, Seiresüsteemide osakonnas ning sealt sai ka projekt alguse. Kõik töö jaoks kasutatav tarkvara ning mõõteriistad pärinesid sealt. Enamasti oli selleks EAGLE CAD tarkvara ning personaalarvuti. Projekti käigus disainitud kontrolleri ülesanne sai alguse 2014 veebruaris ning lõpes 2014 juulis.

Cybernetical oli klientidele müüdava lahendusena valmis ehitatud süsteem, mis koosnes juhitavast, kontrollmoodulist, serverist ning kasutaja-keskkonnast. Seda kirjeldab lühidalt joonis 1, kus roheline osa märgib ära selle, mis töötavast süsteemist puudu on.



Joonis 1. Lahenduse plokk skeem

Juhitavateks on üldjuhul erinevad raadiomoodulid, mis töötavad erinevates korpustes. Antud juhul kasutatakse juhitavana TP929M VHF raadiot.

Kontrollmooduli all mõeldakse 1U [11] suurusega füüsilist kasti, mis on ühendatud kohaliku võrguga ning seal paikneva, Cybernetica lahendusse kuuluva serveriga. Selle mooduli eesmärgiks on juhtida erinevaid seadmeid, antud juhul töötada raadio kontrolleri juhtmoodulina. Sisaldab endas toiteplokki, Intel DN2800MT [4] emaplaati ning antud juhul ka ehitatavat kontrolleri.

Switchina kasutatakse Cisco ettevõtte tooteid nende töökindluse pärast ning seal midagi tavapärasest väljaspoolset ei ole.

Serverites ei ole samuti midagi tavapärasest erinevat, töötavad eesmärgiga töödelda raadiomoodulite poolt saadetavat ning vastuvõetavat infot ning olenevalt info omapärasest, vastavalt käituda.

Kasutaja-keskkond hõlmab endas arvutit ning paneeli, kust operaator näeb raadiote staatust, kuuleb vastuvõetavat infot ja saab ise informatsiooni eetrisse anda. Selle tarbeks kasutatakse erinevaid seadmeid nagu näiteks kõlarid, kõrvaklapid, käsi-mikrofonid, puuteekraanid.

Töö probleem seisneb selles, et TP929M raadiol ei ole ühtegi sobivat väljundit, mida on võimalik otse Intel DN2800MT emaplaadiga ühendada, seega ei ole võimalik seda raadiot otseselt juhtida. Projektis on määratud, et selliseid raadiod tuleb kasutada ning seega tuleb järelkult luua võimalus juhtida TP929M raadiot läbi DN2800MT emaplaadi nagu iga teist raadiot. Selline kontrolleriplaat läheks eelnevalt nimetatud kontrollmooduli sisse, 1U korpusesse ning peab suutma seal töötada koostöös Inteli emaplaadiga. Kasutatava emaplaadi väljundiks on RS232 liidesele vastavad signaalid, kuid RS232 abil ei ole võimalik pingeid määrata nagu raadiol TTL-loogika kasutusel vaja läheb. Seega peab kontroller suutma suhelda ühelt poolt emaplaadiga läbi RS232 liidese ning teiselt poolt moduleerima väljund- ja sisendsignaale suhtlemaks TP929M raadioga vastavalt tootja poolt antud juhiste ja ühenduste kirjeldustele.

1.2 Ülesande püstitus

Töö on kirjutatud eesmärgiga leida lahendus probleemile, kuidas liidestada TP929M raadio Inteli emaplaadiga DN2800MT teades, et neid muud moodi ühendada ei ole võimalik.

Töö oodatavaks tulemuseks on valmiskujul trükkplaat, mis sobib mõõtmelt eelnevalt loodud korpusesse ning ühendub Intel DN2800MT emaplaadi külge. Töös ei eeldata kontrolleri programmeerimist, sest see viiks töö mahu bakalaureusetasemelt välja ning töö sooritamise ajal programmi poolt nõutavate funktsioonide nimistu polnud lõplik. Trükkplaadil peab olema DB25 ühenduspesa, mille kaudu ühendatakse raadio kontrolleri trükkplaadiga. Trükkplaadil asuvad komponendid peavad toite saama Inteli emaplaadilt. Raadio ning arvuti emaplaadi puhul on tegemist sisuliselt väga erinevate toodetega, seega peaks kontrolleri suutma ennast raadio poolt tulevate signaalide eest kaitsta, kus vajalik. Peavad eksisteerima lüliti, mis lubab nii kontrolleri kui Inteli emaplaati korruga välja lülitada ning staatuse indikaatorid, mis näitavad seadme korpuse väliselt, kas Inteli emaplaat ja seega ka kontrolleri on sisse lülitatud ja aktiivne. Lisaks peavad trükkplaadil olema visuaalsed indikaatorid näitamaks kontrolleri ja raadio töökorra tähtsamaid seisundeid.

1.3 Metoodika

Eesmärgini jõutakse läbi astmelise protsessi:

1. **Komponentide valik.** Valides õiged, vastupidavad ning sobilikud komponendid hoitakse ära toote tööea enneaegne lõpp. Valikul tuleb põhjalikult silmas pidada lähteülesannet.
2. **Skeemi loomine.** Kui on teada kõik kasutatavad komponendid, siis saab luua skeemi, mille järgi edasine ühendus hakkab toimuma. Skeem peab arvestama kõigi lähteülesande nõuetega.
3. **Trükkplaadi füüsilise kuju loomine.** Trükkplaadile peavad ära mahtuma kõik komponendid ning koostatud, töövalmis toode peab mahtuma eelnevalt kindlaks määratud suurustega korpusesse.
4. **Trükkplaadile komponentide paigutus.** Lisaks plaadile mahtumisele peab siinkohal jälgima kõiki nõudeid mida komponendid ise oma andmelehtedes näitavad, näiteks kui kondensaator ei tohi olla üle mingi ühiku kaugemal komponendi toite-jalgadest.

5. **Komponentide üksteisega ühendus.** Ühenduste loomisel peab kindel olema, et ühendusteks kasutatavad vaserajad on piisava paksusega ning kuskil ei tekitata liialt elektromagnetilist müra halbade ühenduste või maa-/toitekihtide paigutuste tõttu.
6. **Analüüs.** Trükkplaadi valmisseisundis tuleb üle kontrollida, kas kõik on õigesti ühendatud.

1.4 Ülevaade tööst

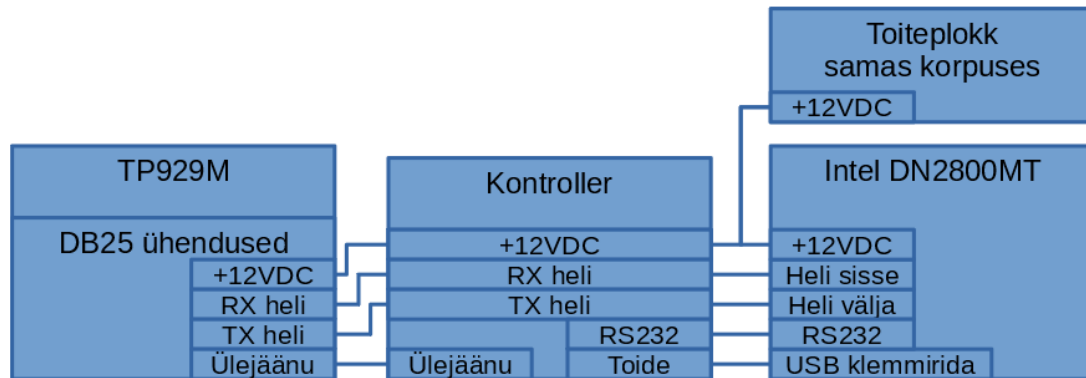
Töö esimeses osas pannakse paika vajalike komponentide põhitüübid ning seletatakse ära, mis on tähtsamate komponentide eesmärk. Kuigi projekti lõpus on lisana BOM välja toodud siis esialgne nimekiri komponentidest näitab tähtsama ära – millised võiksid olla kontrollid ja teised vajalikud komponendid. Lisaks luuakse skeem kõige ühenduseks ning tuuakse detailselt välja, mis on skeemi millise osa ülesandeks ning miks need osad vajalikud on.

Töö teises osas luuakse trükkplaat sobiva suurusega lähtudes selleks nõutud eeskirjadest. Peale seda paigutatakse komponendid trükkplaadile ning luuakse ühendused. Kontrollitakse loodud trükkplaadi ühenduste korrektsust ning analüüsitakse, kas kaitsemeetodid on efektiivsed ning kas kõik töötab nagu oodatud.

Töö kolmandas ning viimases osas tuuakse välja realselt valmis ning töökorras trükkplaadi puudused / võimalused arenguks ning töökord päris seadmete külge ühendatult.

2 Skeemi koostamine

Skeem tuleb koostada nii, et oleks täidetud kõik nõudmised funktsionaalsuse osas ning selleks on abistav joonis 2.



Joonis 2. Ühenduste plokk skeem

+12VDC, RX heli ja TX heli on vajalik üle kontrolleri trükkplaadi edastada raadiole, kuid kontrolleri nende ühendustega otseselt kokku ei puutugi ning seega neid ühendusi skeemi loomisel ei kirjeldata. Sellegipoolest on tehtud ühendused kujutatud kontrolleri trükkplaadi lõpplahenduse joonisel.

Järgnevalt on esitatud nõuded funktsionaalsusele, mida töös loodav skeem peab võimaldama. Enamasti on tegu komponentide valikuga, valikute põhjendustega ning andmelehtede uurimisega. Seejärel skeemi koostamise ning skeemi erinevate osade analüüsiga. Lisaks on antud TPRadio poolt TP929M sisend- ning väljundühenduste kirjelduste leht joonisel 3.

Pin description TP437		22-8-2013 hop
Pin Nr		Info
1	GND	GND-Ground 0v
2	GND	GND-Ground 0v
3	TX pwr_det	Tx power detect-open coll/active low
4	CH_16	Channel nr 16
5	9v	+9vDC max load 100mA
6	VSWR>3	Active high @+5vDC R out 11k ohm
7	CH_32	Channel nr 32
8	CH_64	Channel nr 64
9	Extern sq adj	Extern squelch adjust,see note 1
10	TX Low power	Active low @10watt
11	RX_AF_out	RX AF for CTCSS (flat/R out 600 ohm) no de-Emphasis
12	PTT	Key/PTT /active high +3 to +15vDC
13	RX_voice	RX voice out -10dBm/R out 600 ohm
14	9v carrier squelch	+9vDC when receiving HF,squelch open
15	12v batt	+12vDC
16	ON	Connect to +(3-15)v to turn radio"on"
17	TX_voice	TX voice in -10dBm/R in 600 ohm
18	Hi Temp	Active high @+10vDC/R out 10k ohm
19	Squelch	When app 80degrees celcius +7vdc when receiving HF (through 4.7k.ohm.) squelch open
20	RSSI	Radio Signal Strength Indicator 0-5vdc , depending on the received Signal strength
21	CH_4	Channel nr 4
22	CH_1	Channel nr 1
23	CH_2	Channel nr 2
24	CH_8	Channel nr 8
25	TX_mod_in	TX modulation handset

Note 1 ,Extern squelch adjust : Must only be adjusted between 0-5VDC , Ri<1k ohm.(0v closed/5v open)

Normal use for Marine Base LF In/out , Sq and PTT:

Pin 1-2 GND
Pin 12 PTT
Pin 13 RX Voice
Pin 14 +9v Carrier squelch
Pin 17 TX Voice

All channel bits , CH1 , CH2 ... , are pulled up to +3.3v , all the bits shall be connected to GND for selecting the first channel in the channel list.

Ch nr	Channel bit:						
	CH1	CH2	CH4	CH8	CH16	CH32	CH64
1	0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	0	0	0	0
3	0		0	0	0	0	0
4			0	0	0	0	0
5	0	0		0	0	0	0
Etc...							

Joonis 3. TP929M Andmeleht

2.1 Komponentide valik

Komponentide valiku aluseks on lähteülesandest tulenevad nõuded. Samuti peab arvestama TP929M raadio tootja poolt jagatud andmeühenduste pesade kirjeldusi.

Teadu on, et kasutusele ei võeta ühendusklemme numbritega 25 „TX_mod_in“ ning 11 „RF_AF_out“.

Komponentide valikul on lisanduvalt teada, et seade peab töötama temperatuuridel 0 C kuni +30 C. See aga on ülem- ning alamlimiit, valmisseedmed hakkavad pesitsema siseruumides, kus on automaatselt reguleerivad ventilatsioonisüsteemid.

Kõikide komponentidega tegelemisel lähtutakse vastava komponendi andmelehest ning seal olevatest nõuetest ja juhtnõõridest. Iga komponendi andmeleht on välja toodud kasutatud kirjanduses.

2.1.1 Kontrolleri valik

Analüüsid TP929M sisendeid ning väljundeid DB25 pesas saab teha järeltuse, et kontrolleri peab suutma seda, mis on määratud tabelis 1.

Eesmärk / Mida tuvastada	Raadio klemmid	Ühenduste arv
Kanali valik	4,7,8,21,22,23,24	7
Raadio on saatel	3	1
Operaator vajutas PTT	12	1
Raadio väljundvõimsuse taseme lugemine	10	1
VSWR taseme limiiti jõudmine	6	1
VHF sagedustel info vastuvõtt, squelch avatud	14	1
Raadio sisse lülitamine	16	1
Raadio temperatuuri limiiti jõudmine	18	1
VHF sagedusel info vastuvõtt, squelch avatud	19	1
Raadio sisse/välja lülitatud oleku lugemine	5	1
Raadiosignaali tugevuse lugemine	20	1
Müra summutuse taseme muutmine	9	3
VSWR limiiti jõudmise indikaator		1

Kontrolleri poolt andmete töötlemise indikaator		1
Temperatuuri liimiti jõudmise indikaator		1
Kontrolleri liidestamine RS232 signaalidega		4
Kontrolleri programmeerimine trükkplaadilt		3
Kokku nõutud arv ühendusi kontrolleri poolt:		30

Tabel 1. Kontrolleri nõuded

Siinkohal seletatakse lahti põhjused miks mõnes kohas on kasutusel ühe kontrolleri klemmi asemel rohkem:

1. **Raadio klemm 9.** Müra summutuse taseme muutmine käib raadio poolt ühe klemmiga (nr 9), kuid tootjapoolset kirjelduste lehte lugedes on näha, et see nõuab 0 kuni +5VDC vahemikus pingemuutust selle teostamiseks. Enamike mikrokontrollerite väljundid töötavad TTL [12] alusel ning on kas kinni või lahti, ehk siis väljundiga 0VDC või +5VDC. See tähendab seda, et on vaja kasutada lisanduvat komponenti, mille abil muuta väljundpinget. Selle jaoks reserveerime siin ühe kontrolleri klemmi asemel kolm klemmi, et kindlasti pärast millegist puudu ei tuleks.
2. **Kontroller ja RS232.** Kontroller ise töötab TTL tasemetel ning peab suhtlema emaplaadiga, mis kasutab suhtluseks RS232 [2] tasemeid. Selle jaoks kasutatakse standardselt MAX232 komponenti, millest tuleb juttu järgmise komponendina. Seal on nõutud kontrolleri poolt ühenduseks neli klemmi ning seepärast on siin ka neli valitud.
3. **Kontrolleri programmeerimine.** Valikusse sattuv kontroller peab olema igal juhul ümberprogrammeeritav, kui vajadus peaks tekkima. Üldkasutuses olevad mikrokontrollerid kasutavad selleks MISO, MOSI, CLK ühendusi ning seega saab ka siin reserveeritud kolm ühenduspesa kontrolleri poolt. Tegelikult kasutatakse seal ka RESET ühendust, kuid see on enamustel kontrolleritel olemas igal juhul.

Arvestades kõiki lähtetingimusi ning analüüsid juba ettevõttes varem kasutatud kontrollereid, sai valituks Atmel ATMega16A mikrokontroller. Sellel seadmel on 32 programmeeritavat sisendit/väljundit ning sellest antud ülesande jaoks täpselt piisab. Lisaks töötab ATMega16A temperatuurivahemikus -55C kuni +125C, mis on rohkemgi kui vajalik eesmärgi täitmiseks ja töötab pingevahemikus +2.7 kuni +5.5VDC. Kasutusele võetakse seadme TQFP44 korpus. [13]

2.1.2 Andmesideleidese valik

Selleks, et kontrolleri suudaks andmeid vahetada emaplaadiga Intel DN2800MT, peab olema komponent, mis suudab käituda nende kahe vahelülina, just nagu lõpuks valmis ehitatav trükkplaat on vahelülilik emaplaadile ning raadiotele. Nõudmiste nimekirja seletatust kaugemale ei ulatugi ning Texas Instruments ettevõtte toode MAX232I Transceiver täidab eesmärgid täielikult, sest tema töökorra temperatuurivahemik on -40C kuni +85C ning toitepinge nõue +5VDC. Samuti nõuab ta nelja ühendust kontrolleri poolt ning nii palju sellele komponendile eraldatud ongi. Kasutusele võetakse seadme SO16 korpus. [5]

2.1.3 Müra summutuse taseme muutmine

Raadio müra summutuse taseme muutmise sisend klemmi numbriga 9 nõuab pinget muutust vahemikus 0 kuni +5V alalispingega, sisendtakistus peab olema väiksem kui 1000 Ohm. 0VDC tähendab, et squelch on suletud ning +5VDC avatud olekus. Avatud olek tähendab, et müra ei summutata üldse, suletud olek, et kogu heli väljund summutatakse. Kontrolleri poolt on selle reguleerimiseks kolm klemmi.

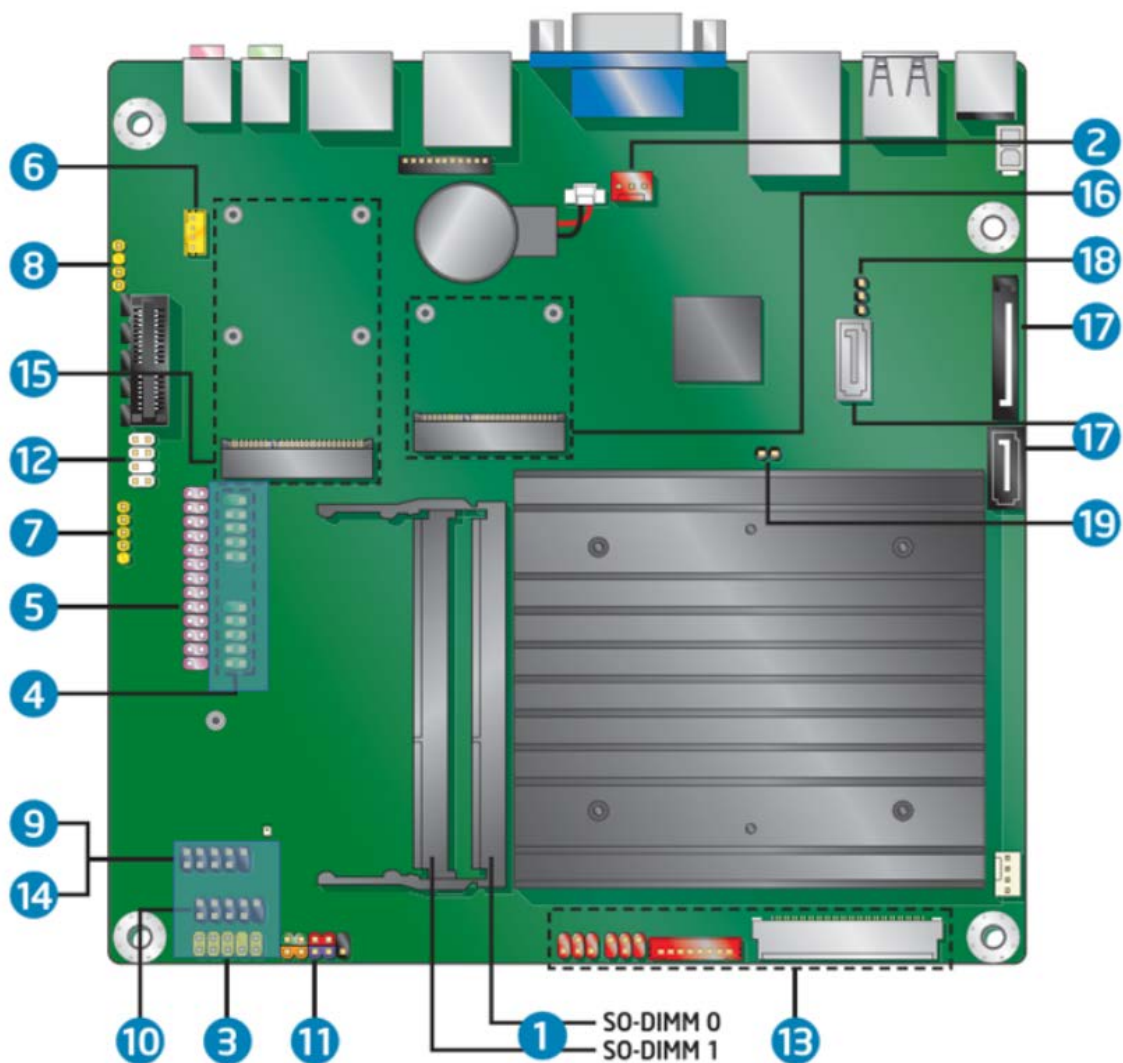
Selle eesmärgi täitmiseks sobib väga hästi komponent Analog Devices grupilt nimega AD8400AR1, mis on digitaalne potentsiomeeter ehk muuttakisti, mida hakkab reguleerima kontrolleri. Takisti kahe otsa vaheline takistus on 1000 Ohm, mis on täpselt nõutud piirides, töö temperatuurivahemik on sellel -40 C kuni +125 C ning toitepinge nõue on +2.7 kuni +5.5VDC. Kontrolleri poolt on meile eraldatud kolm programmeeritavat ühendusklemmi ning kasutades AD8400 sisendeid !CS, SDI ning CLK saadakse eesmärk väga hästi täidetud. Kasutusele võetakse seadme SO8 korpus. [6]

2.2 Skeemi väljatöötamine

Skeemi koostamisel peab arvestama valitud komponentide andmelehtedel määratud nõudmisi ning samuti tuleb skeemile lisada kõik siiani arvestamata komponendid – takistid, kondensaatorid, diodid, valgusdiodid, ühenduspesad.

Joonisel 4 märgitud siniste, läbipaistvate riskülikutega klemmiread hakkavad olema kontrolleri trükkplaadi poolt kasutatavad ühendused. Joonisel märgitud emaplaat ongi see osa, mis on üheks kahest osast, kuhu koostatav kontrolleri ühendub.

Joonisel 4 klemmirida asukohal 3 on emaplaadi heli sisendi ning väljundi ühendusteks. Kuigi kontrolleriiga heli ei ühendatagi, läheb raadiosse heli sisendiks emaplaadi heli väljund ning emaplaadi heli sisendiks raadio heli väljund.



Joonis 4. Intel DN2800MT

Järgnevalt loetletakse ühenduspesade tüübid ja eesmärgid, et skeemi pärast parem mõista oleks. Peamiseks ühenduspesaks saab olema DSUB25-F (edaspidi DB25), mis on mõeldud raadioga ühendamiseks. Teised ühendused on kahe-realsised, viie ühenduspeaga pesad, mille abil luuakse ühendus Intel DN2800MT emaplaadiga. Lisaks on üks kahe klemmiga ühenduspesa +12VDC edastamiseks raadiole. Ühenduspesi trükkplaadil emaplaadi poolt saab olema rohkem kui tegelikult vaja läheb - kolme asemel viis, selleks, et füüsiline ühendus oleks tugevam ning kolm kasutatavat pesa ei saaks korduvate ühenduste/lahtiühenduste korral liiga palju survet. Lisaks saab olema väiksem trükkplaat

ühe ühenduspesaga, mis hakkab toimima lülitina emaplaadi ning kontrolleri korraga sisse ja välja lülitamiseks. Ühenduspesad on loetletud tabelis 2.

Ühenduse tüüp	Ühenduste arv	Eesmärk
DB25	25	Raadioga ühenduse loomine.
2x5 ühendusviigud	10	Inteli emaplaadile heli saatmine ja sealt vastuvõtt.
2x5 ühendusviigud	10	Inteli emaplaadiga RS232 ühendus.
2x5 ühendusviigud	10	Inteli emaplaadilt toite ning maanduse võtmine läbi USB ühenduspeade ning füüsiline kinnituse tugevdus.
2x5 ühendusviigud	10	Inteli emaplaadi ja trükkplaadi füüsilise ühenduse tugevdus. Asukohaks teine usb ühenduspesa, kus on ühendatud trükkplaadiga vaid maandus.
2x5 ühendusviigud	10	Programmeerimise pistik ATmega16A jaoks trükkplaadi peal.
2x5 ühendusviigud	10	Pesa kogu süsteemi sisse lülitamiseks. Ühendatakse Inteli emaplaadi peale ning omab ühendusi Power On, HDD staatuse näitamine ja süsteemi sisse ning välja lülitamisene.

Tabel 2. Ühenduspead

2.2.1 Kontrolleri Skeem

Kontrolleri puhul tekitatakse ühendused vastavalt tabelile 3.

ATMega klemmi nr ja nimi	Millega ühendatakse	Märge skeemil
1 (MOSI)PB5	Programmeerimise otsik (MOSI)	MOSI
2 (MISO)PB6	Programmeerimise otsik (MISO)	MISO
3 (SCK)PB7	Programmeerimise otsik (SCK)	SCK
4 !RESET	Programmeerimise otsik (RESET)	RESET
5 VCC	Toitesiin +5VDC	+5V3
6 GND	Maandus	GND
7 XTAL2	Kristall	
8 XTAL1	Kristall	
9 (RXD)PD0	MAX232 klemm 12	TXD2_TTL
10 (TXD)PD1	MAX232 klemm 11	RXD2_TTL
11 (INT0)PD2	MAX232 klemm 9	RTS2_TTL
12 (INT1)PD3	MAX232 klemm 10	CTS2_TTL
13 (OC1B)PD4	Temperatuuri limiidi LEDi väljund	HI_TEMP_LED
14 (OC1A)PD5	Kontrolleri andmetöötluse aktiivsususe LEDi väljund	CPU_LED
15 (ICP1)PD6	VSWR taseme limiidi LEDi väljund	VSWR_LED
16 (OC2)PD7	Raadio toite staatuse lugemine, klemm 5	4.5V_POWER_ON
17 VCC	Toitesiin +5VDC	+5V3
18 GND	Maandus	GND

19 (SCL)PC0	Kasutamata, tõmmatakse pull-up takistiga kõrge potentsiaali peale	SCL
20 (SDA)OC1	Kasutamata, tõmmatakse pull-up takistiga kõrge potentsiaali peale	SDA
21 (TCK)PC2	VHF sagedustel info vastuvõtu registreerimine, avatud müra summutusega. Raadio klemm 19	SQUELCH
22 (TMS)PC3	Temperatuuri limiidi lugemine, raadio klemm 18	HI_TEMP
23 (TDO)PC4	Raadio sisse lülitamine, raadio klemm 16	RADIO_ON
24 (TDI)PC5	VHF sagedustel info vastuõtu registreerimine, avatud müra summutusega. Raadio klemm 14	4.5V_CARRIER_SQ
25 (TOSC1)PC6	VSWR taseme lugemine, raadio klemm 6	VSWR
26 (TOSC2)PC7	Saatevõimsuse lugemine, raadio klemm 3	TX_PWR_DET
27 AVCC	Toitesiin +5VDC	+5V3
28 GND	Maandus	GND
29 AREF	Analoog-Digitaal-Muunduri suhteühendus, läbi kondensaatori maandusega	GND
30 (ADC7)PA7	Raadiosignaali tugevuse mõõtmine, raadio klemm 20	RSSI

31 (ADC6)PA6	Kanal 64, raadio klemm 8	CH_64
32 (ADC5)PA5	Kanal 32, raadio klemm 7	CH_32
33 (ADC4)PA4	Kanal 16, raadio klemm 4	CH_16
34 (ADC3)PA3	Kanal 8, raadio klemm 24	CH_8
35 (ADC2)PA2	Kanal 4, raadio klemm 21	CH_4
36 (ADC1)PA1	Kanal 2, raadio klemm 23	CH_2
37 (ADC0)PA0	Kanal 1, raadio klemm 22	CH_1
38 VCC	Toitesiin +5VDC	+5V3
39 GND	Maandus	GND
40 (XCK/T0)PB0	AD8400 CLK ehk klemm 5	CLK
41 (T1)PB1	AD8400 DAT ehk klemm 4	DAT
42 (AIN0/INT2)PB2	AD8400 !CS ehk klemm 3	CS0
43 (IN1/OC0)PB3	Raadio madala võimsusega kajastuse lugemine, raadio klemm 10	TX_LOW_PWR
44 (!SS)PB4	Operaatori-poolne PTT, raadio klemm 12	PTT

Tabel 3. Kontrolleri ühendused

Kontrolleri kristalli all mõeldakse ostsillaatorit ning selleks valitakse 14.745 MHz taktsagedusel töötav komponent [14]. Ühendusel lähtutakse kontrolleri andmelehest ning selle alusel tuleb kristalli kummagi kontakti ning maanduse vahele ühendada 22pF kondensaator.

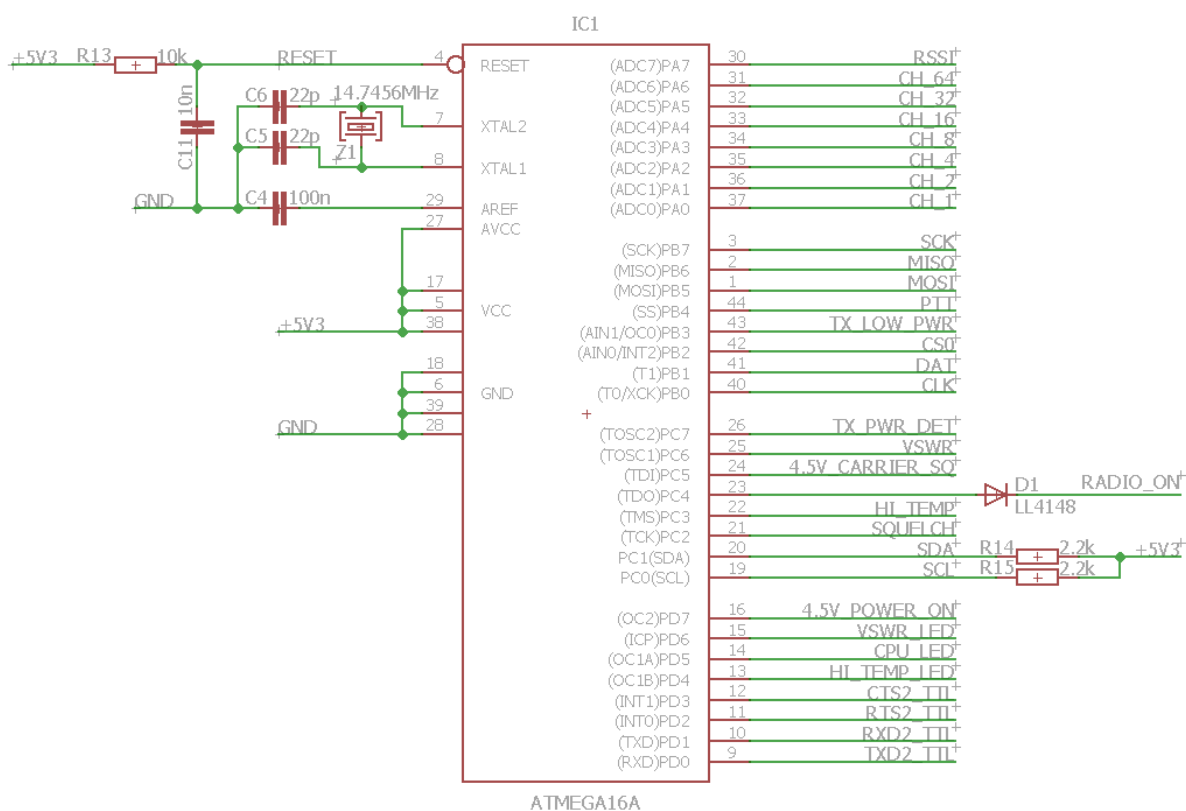
Ühenduse AREF ning maanduse vahele pannakse andmelehest lähtuvalt 100nF kondensaator.

Kontrolleri RESET ühendus on inverteeritud ning selleks, et kontroller normaalselt töötaks peab ühendama RESET terminali toitesiiniga. Kui kontroller on ühendatud toitesiiniga ning on soov mingi hetk seda ümber programmeerida, siis tuleb selleks kasutada lisanduvat pull-up takistit, mille suuruseks valitakse 10Kohm. Samuti pannakse sama terminali ning maa vahele 10nF kondensator eesmärgiga elektromagnetilist müra vähendada ning maandada. [19]

Kahes kohas on kasutatud nimetust 4.5V, mitte raadio poolt pakutud 9V. Põhjus on selles, et kontroller võimaldab lugeda signaale potentsiaaliga 0-5V ning selleks tuleb väliselt raadio-poolsed signaalid viia madalama potentsiaali peale.

Arvestades, et kontrolleri PC4 hakkab lülitama raadiot sisse hoides PC4 terminali väljundit kõrgena +5VDC peal, lisandub sinna kaitsedioid. Eesmärgiks on kaitsta kontrollerit juhul kui raadio peaks sama terminali enda poolt tõmbama kõrgemaks kui kontrolleri poolt määratud, mis ilma kaitsva diodita oleks kontrolleri jaoks hukkav.

Seega kontrolleri skeem saab olema joonis 5.

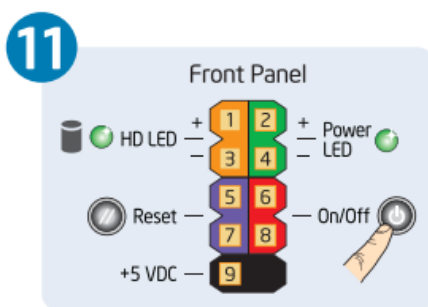


Joonis 5. Kontrolleri skeem

2.2.2 Lüliti skeem

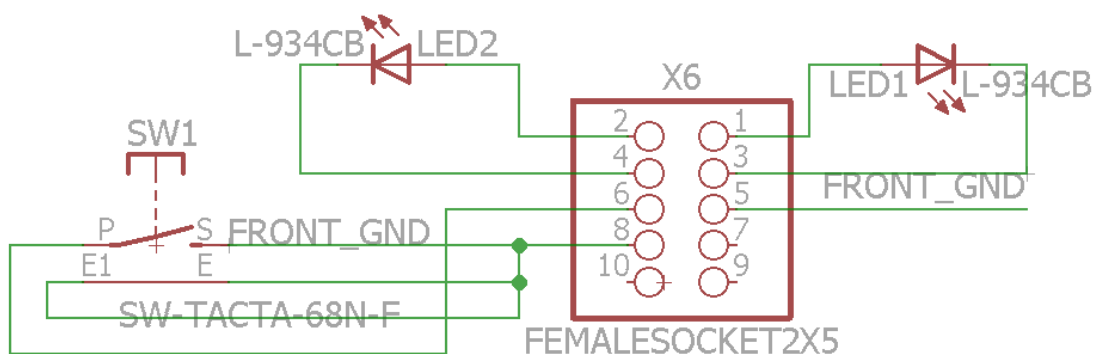
Lüliti asetseb füüsiliselt ühelt poolt Intel DN2800MT emaplaadi 2x5 klemmidega ühendatult. Teiselt poolt peab lüliti trükkplaat olema eelnevalt loodud korpuse seina külge kinnitatav ning läbi avause näitama ühe indikaatoriga emaplaadi toite staatust, teisega emaplaadi andmetöötluse staatust ning lisaks omama lülitit, mille abil emaplaat ja emaplaadist sõltuv kontrolleri sisse ja välja lülitada.

Emaplaadi poolt on näidatud ridaklemmide ühenduste skeem joonisega 6.



Joonis 6. Inteli lüliti

Seega lüliti skeemiks saab joonis 7.



Joonis 7. Lüliti skeem

LED-ide L-934CB [15] töötemperatuuride vahemikud on -40°C kuni $+85^{\circ}\text{C}$ ning lüliti tüübiks on SW-TACTA-68N-F ning selle töövahemikuks on -25°C kuni $+70^{\circ}\text{C}$, seega vahemike nõue on täidetud. Nimetatud LED-id eraldi takisteid ette ei vaja, need on juba Intel DN2800MT emaplaadil olemas ning antud Power LED ning HD LED jooniselt 6 ongi mõeldud LED-ide juhtimiseks.

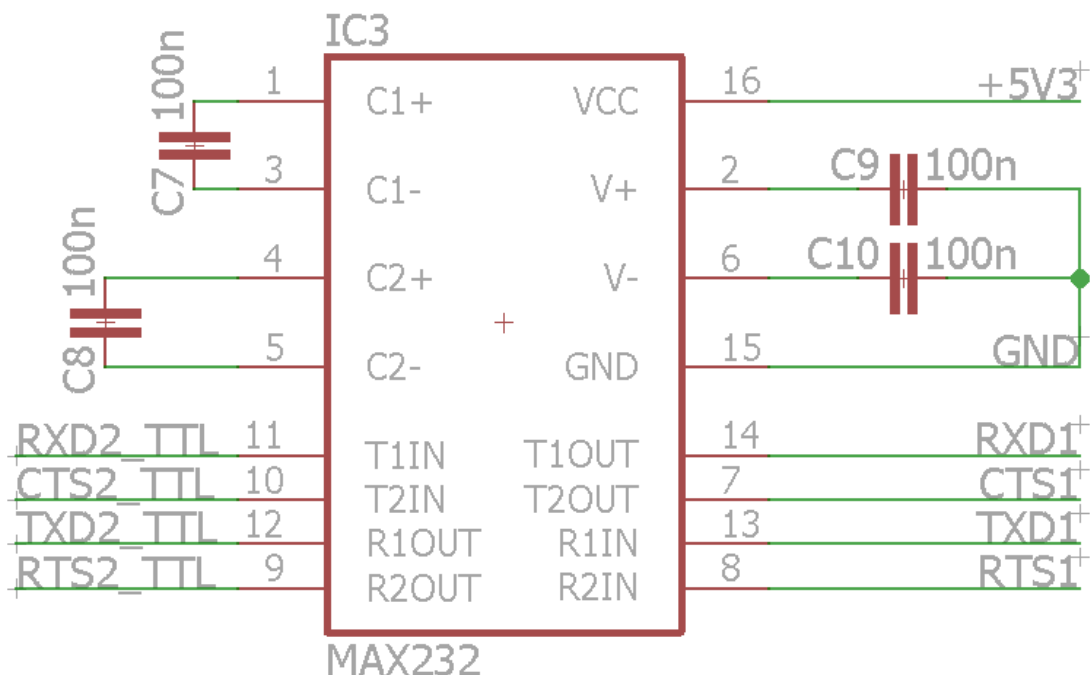
2.2.3 MAX232 Skeem

MAX232I Ühendusel on vaja lugeda andmelehte ning lugeda selle komponendi nõudeid. Selle andmelehe järgi tuleb panna väga väikese mahtuvusega kondensaator C1+,C1-

vahele ning sama korrata ka C2+, C2-. Lisada tuleb sama mahtuvusega kondensaatorid Vs+ ja GND ning Vs- ning GND vahele. Kogu selle eesmärk on anda võimalus MAX232I komponendil laadida täis laengupumbad, mille abil luuakse TTL tasemel sisendpinge (siinkohal +5VDC) asemel EIA-232 [2] standardile vastav pinge, ehk põhimõtteliselt kahekordistatakse sisendpinge antud juhul. Laengupumpasid kasutatakse pinge tõstmiseks EIA-232 tasemele kui infot saadetakse. Samuti tuleb lisada šunt-kondensaator toiteklemmi juurde, et vooluringis tekkinud parasiitlikke signaale summutada.

Järgmisena peab ühendama andmete osa. Siinkohal saab loogika olema selline – kontrolleri saadab infot TTL tasemetel klemmidele 11 ning 10 ja saab infot TTL tasemetel klemmidelt 9 ning 12. Inteli emaplaat saadab infot klemmidele 14 ning 7 ja saab infot klemmidelt 13 ja 8. Lisaks on üks kondensaator VCC ühenduse juures, kuid see on skeemi peal kokku pandud teiste toite-silumiskondensaatoritega ning seda näidatakse töö hilisemas osas.

Seega MAX232I skeemiks saab joonis 8.



Joonis 8. MAX232 skeem

2.2.4 AD8400AR1 Skeem

Digitaalse muuttakisti puhul saab kasutada tema nihikut W1 – kontakt, mida liigutatakse kahe terminali B1 ja A1 vahel. Ühendades ühe terminali, A1 maaga ning teise, B1 toitesiiniga, saab kasutada nihiku asukohta, et kätte saada valitud pinge. Saadud pinge

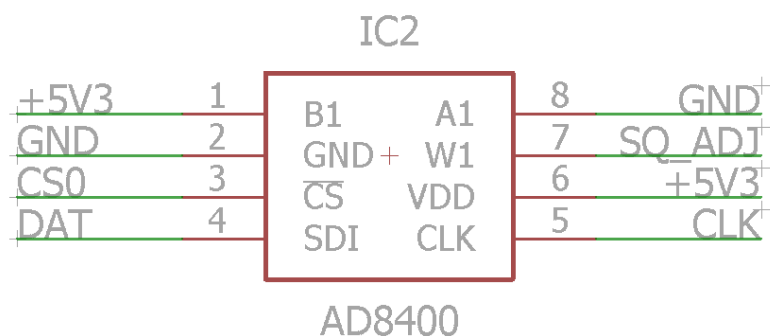
$$V_{out} = R_2 \cdot \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} \quad [8]$$

arvutamiseks kasutatakse valemit

Praegusel juhul V_{out} on väljundpinge W1 terminalil, V_{in} on pinge B1 terminalil, R_1 on takistus W1 ning A1 vahel ning R_2 takistus W1 ning B1 vahel. Samuti on teada, et takistus antud komponendil A1 ning B1 vahel on 1000 Ohm.

AD8400AR1 sobivaks sisse ning välja lülitamiseks kasutatakse !CS klemmi, mis tuleb ühendada kontrolleri programmeeritud väljundiga. Samuti ühendatakse kontrolleri klemmid SDI ning CLK. Komponenti väljundiks seatud terminal W1 ühendatakse raadio DB25 pesa klemmiga 9.

Seega AD8400AR1 skeemiks saab joonis 9.



Joonis 9. AD8400 skeem

2.2.5 Kaitseahelate, pingejagurite ning valgusdioode skeem

Valgusdioode on kokku kolm: temperatuuri limiidi näitamiseks, VSWR limiidi näitamiseks ning kontrolleri andmetötluse aktiivsuse näitamiseks. Valgusdiodideks valitakse KPT-3216LSRD-PRV [16], millest tohib andmelehe põhjal läbi lasta maksimum 30mA voolu. Ohutuse ning hea indikatiivse väärtuse huvides määratakse läbitavaks vooluks 20mA. Takisti määramisel kasutatakse valemit $R = \frac{(V_{Source} - V_{LED})}{I_{LED}}$. [18]. Selle valemi ning LEDi andmelehe alusel tuleb arvutatud takisti väärtuseks 150 Ohm. Arvestades, et LED kasutab 75mW energiat siis sobiv takisti omaks 150mW või kõrgemat taluvuspiiri.

Arvestades, et raadio poolt tulevad signaalid on tihtipeale suurema väärtusega kui 5VDC, mis on kontrolleri ülempiiriks, tuleb nende signaalide potentsiaale vähendada. Selleks kasutatakse klassikalist takistitega pinge jagamist lähtudes Ohmi seadusest ning valemit

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times R_2}{(R_1 + R_2)} [18]$$

Signaalide pingete jagamisel toimivad maaga ühendatud takistid lisaks pingejagurite ühe osana ka pull-downidena, et peale pinge kadu läheks toide sealt siinilt tõepoolest nullpotentsiaalini. Ühendused saavad oleva järgmiselt:

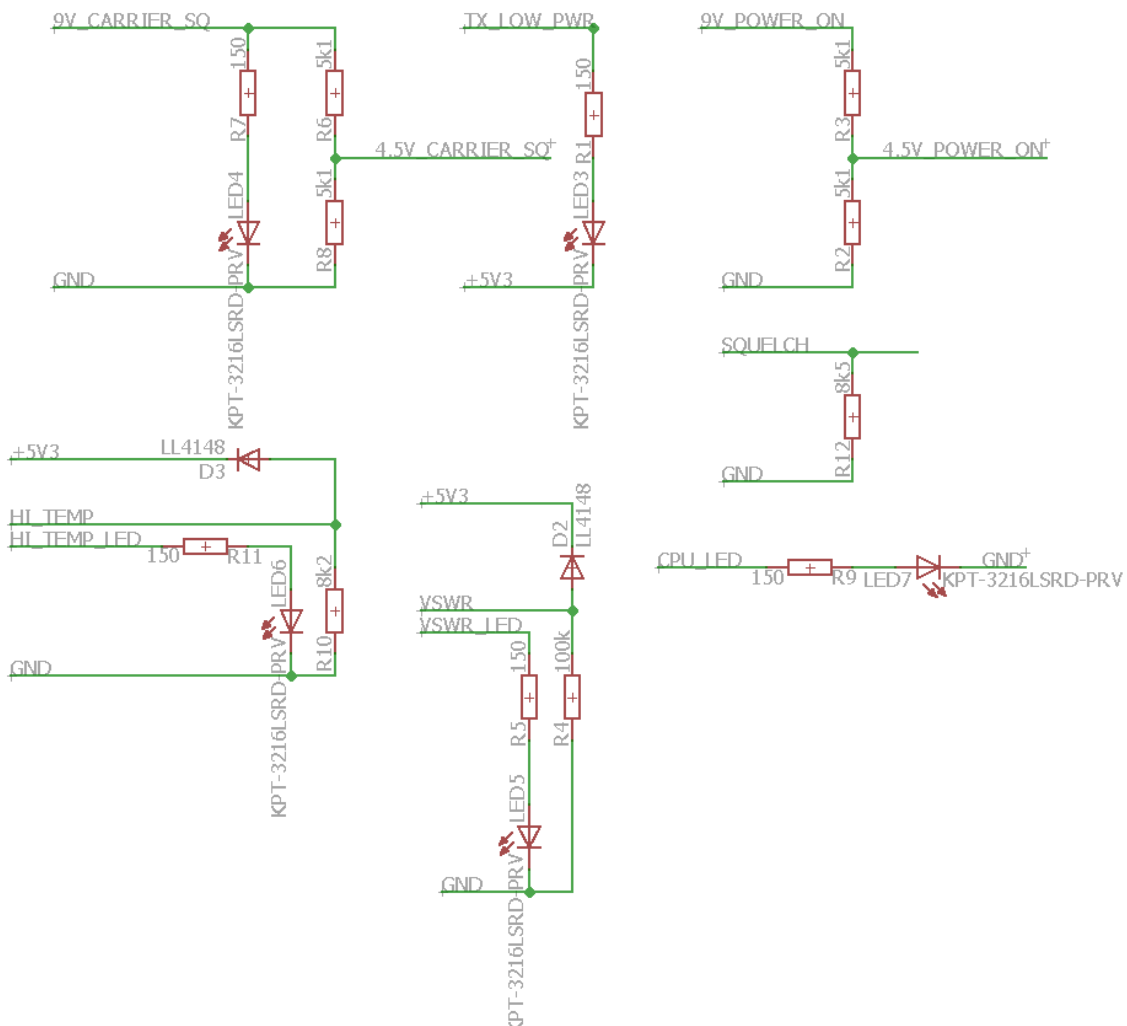
1. Raadio klemm 14. Aktiivsena on väljundiks +9VDC ning see tehakse täpselt pooleks. Seega lisades kaks takistit, kumbki 5.1KOhm väärtusega ning sealt vahelt väljundi võttes, tuleb väljundiks +4.5VDC.
2. Raadio klemm 5. Aktiivsena on väljundiks samuti +9VDC ning lisaks ei tohi seda ühendust koormata rohkem kui 100mA. Kasutades sama lahendust, mis raadio klemm 14 jaoks on kõik korras.
3. Raadio klemm 18. Aktiivsena on väljundiks +10VDC ning väljundtakistuseks 10KOhm. Sellisel juhul ühendatakse see terminal läbi teise 8.2KOhm takisti maaga tekitades takisti ning maa vahele pinget +4.5VDC ning see pinget jääbki väljundiks. Arvestades, et väljund aktiveerub vaid raadio-poolse ohu korral, pannakse sinna kaitsev diod, mille anood on ühendatud toitesiiniga. Eesmärk on kaitsta kontrolleri raadio-poolsete ootamatuste eest.
4. Raadio klemm 6. Aktiivsena on väljundiks +5VDC, kuid väljundtakistuseks 11KOhm. Sinna lisatakse maaga ühendatult 100k takisti, mis töötab nii pull-downina kui ka piirab pinget +5VDC pealt +4.5VDC peale, mis jääb väljundiks. Eesmärk on pinget raadio-poolse kõikumise korral jätta pisut varu ning mitte kahjustada kontrolleri sisendit. Siinkohal on samuti oht, et raadio poolt tuleb midagi ootamatut, sest see väljund aktiveerub vaid raadiolaine suure tagasipeegeldumise puhul. Seega, nagu eelmiseski punktis, saab ka see ühendus kaitsva diodi.

5. Raadio klemm 19. Aktiivsena on väljundiks +7VDC väljundtakistusega 4.7KOhm, sinna lisatakse maaga ühendatult 8.5KOhm takisti ning väljundiks saab olema +4.5VDC.

Lisaks saab testimise eesmärgil olema ühendatud üks lisanduv valgusdiod koos takistiga näitamaks raadio madala võimsusega saatel olekut. Raadio ning kontrolleri testimine saab toimuma madala võimsusega ning indikaator on hea näitamaks, kas raadio ka päriselt saatel on.

Teadu on, et kontrolleri hakkab lõpp-lahenduses olema metall-korpuses, seega ei ole vaja muretseda ESD ohtude pärast – kontrolleri trükkplaadiga peale esialgset toote valmistamist ning monteerimist rohkem füüsilist kontakti ei ole. Juba kasutusel olevad kaitseediodid D2 ja D3 kaitsevad lisaks ülepinge eest ka ESD eest.

Seega vastavaks skeemiks saab olema joonis 10.



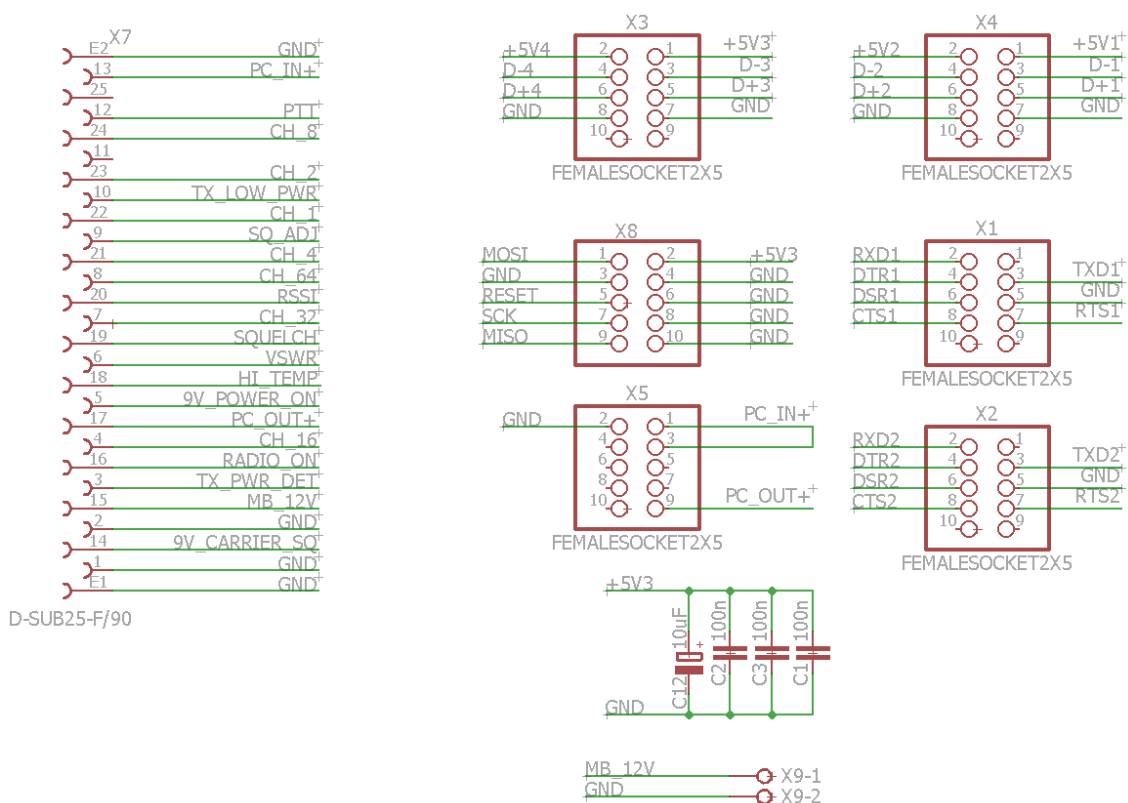
Joonis 10. Pingejagurite ja LEDide skeem

2.2.6 Ühenduspesade ja toiteahela stabiliseerimise skeem

Toiteahela stabiliseerimiseks [17] kasutatakse kahte 100nF kondensaatorit ning ühte 10uF kondensaatorit. Eesmärgiks on toiteallikaks olevast Intel DN2800MT emaplaadist tulenevat toitesiini ootamatute parasiit-signaali eest kaitsta, olgu tekitajateks kontrollerial olev trükkplaat, raadio või emaplaat ise.

Raadio ise vajab +12VDC toidet, mis on pidev, isegi kui emaplaat ja kontrollerial on välja lülitatud. Selleks kasutatakse sama toiteallikat, mis on emaplaadil, milleks on toiteplokk. Toiteplokk saab füüsiliselt olema koos Inteli emaplaadi ning kontrollerialiga samas korpuses, need kokku teevadki kontrollimooduli. Toiteplokk saab omakorda toite välisest katkematust toiteallikast ning seega võib ka seda lugeda katkematuks toiteallikaks – täpselt selleks, mis vaja on. Selle ühenduse nimeks saab olema MB_12V.

Seega ühenduspesade ja toitesiini silumise skeemi jooniseks saab olema joonis 11.

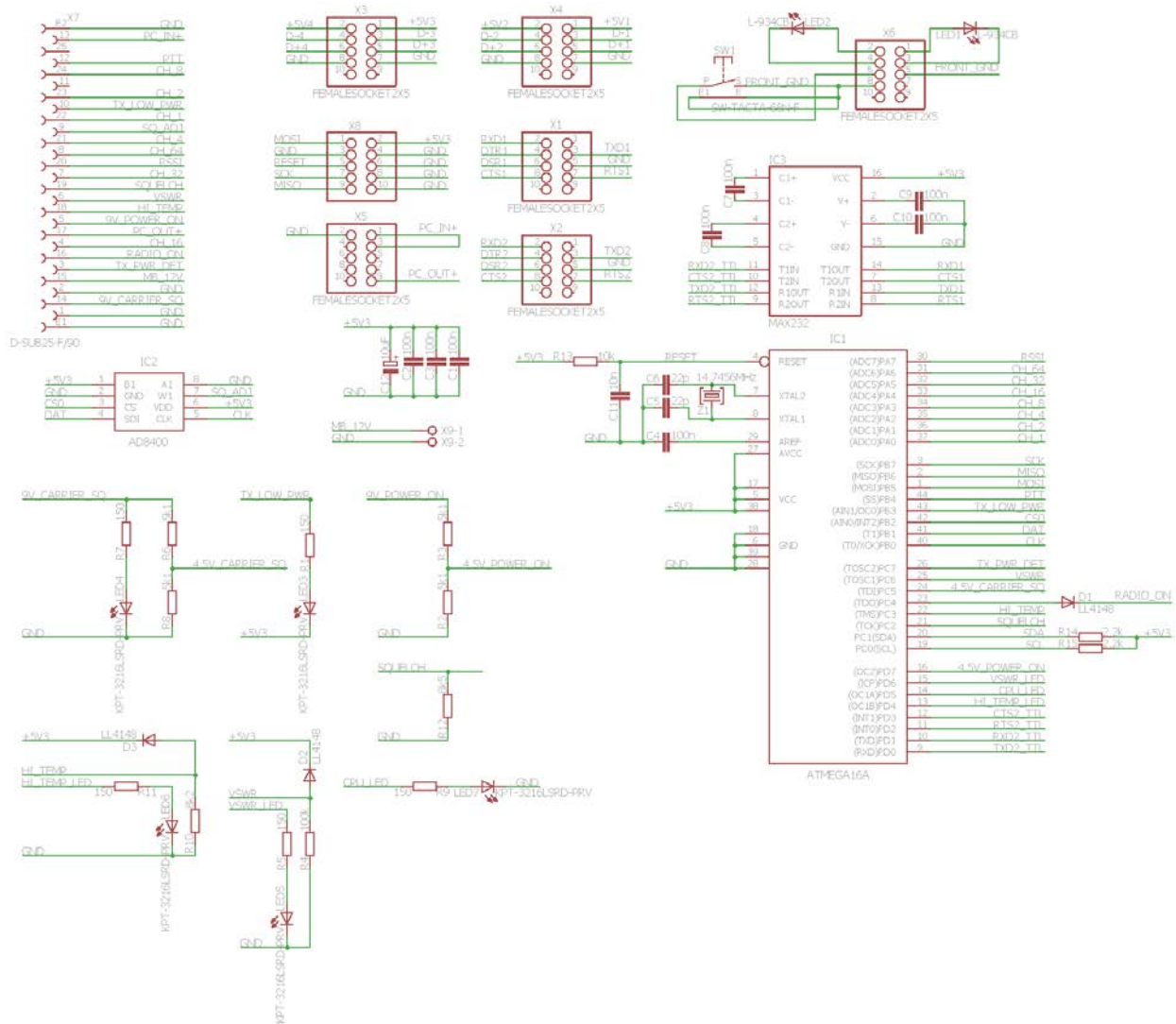


Joonis 11. Ühenduspesade skeem

2.2.7 Üldskeem

Üldskeem võtab kokku kõik eelnevad skeemide osad ühtseks pildiks, mida oleks parem lugeda.

Üldskeemiks saab seega joonis 12.



Joonis 12. Üldskeem

2.3 Muude komponentide valik ning pull-up, pull-down

Komponenti valikus tuleb valida takistid, diodid ning kondensaatorid, mis peaksid vastu nõutud tingimustele. Pull-up ning pull-down takistite suhtes seletatakse, milleks nad on vajalikud ning kuidas vajalikke väärtusi arvutatakse.

Komponentide valiku suhted taluvuspiiride, korpuste, väärtuste ning paigaldustüüpide jaoks on välja toodud tabel 4.

Tüüp	Taluvuspiirid	Väärtus	Korpus	Paigaldustüüp
Takistid	-55C kuni +125C 250mW	Kõik väärtused	R1206	SMD
Kondensaatorid	-55C kuni +85C 25V	10nF	C1206	
		100nF		
		22pF		
		10uF		
Kaitsedioidid	-65C kuni +175C 500mW		MiniMELF	

Tabel 4. Komponentide valik

Pull-up ning pull-down all mõeldakse takistitega siini mingile kindlale väärtusele jätmist. Näiteks kui mingi siin saab enda peale pinget +5VDC ning seejärel pinget allikas kaob, ei pruugi pinget aga kohe ja täielikult sellelt siinilt kaduda, vaid võib jääda peale või väga aeglaselt läbi väljundi / koormuse ammenduda. See tähendab, et pinget on hetkel määramatus vahemikus. Selle vältimiseks kasutatakse pull-down takisteid. Läbi välja arvutatud väärtusega takisti maandatakse siin peale pingelähtiku lahti ühendamist ning võib öelda, et siin on nüüd maa-potentsiaaliga, nagu ta olema peabki.

Sama teooria kehtib pull-up takistile, kuid siinkohal ei tõmmata pinget mitte maa-potentsiaalile, vaid hoitakse nõutud kohal üleval. Näiteks kui siin peab olema pingestatud ning lüliti vajutusel läheb siin maa-potentsiaalile, lüliti lastakse lahti ning siin peab siis naasema kõrge potentsiaaliga olekule.

Selliste takistite arvutamine on olnud nii signaali allika andmetest kui ka sisendist, kuhu signaal lõpuks välja jõuab. Antud juhul on antud täpne andmeleht vaid ATMEGA16A kohta ning seega signaali allika kohta võib andmeid vaid oletada. Üldjuhul kasutatakse siini üles ning alla tõmbamiseks takistite väärtusi 1-10KOhm ning siinkohal käitume

samuti. ATmega16A andmelehes kirjutatakse, et kontrollerial endal on sees pull-up ning pull-down takistid olemas ning nende kasutamisel on välised, selles töös lisatud takistid vaid abistava eesmärgiga. [19]

3 Trükkplaadi koostamine

Käesolev peatükk räägib trükkplaadile füüsilise kuju andmisest, komponentide paigutamisest ning ühendamisest.

Teada on, et lisaks kontrolleri trükkplaadile luuakse eraldi emaplaadi ja kontrolleri ühise lüliti trükkplaat.

Lüliti trükkplaadi suuruse arvestamisel tuli võtta arvesse, et lüliti üks pool peab istuma ühendatult Inteli emaplaadi esipaneeli pistikuga ning teine pool, kus asuvad valgusdiodid ning lüliti, ulatuma kogu kontrollmoduli kestast ääre vastu. Sobivaks osutus mõõt 55.88x16.51[mm].

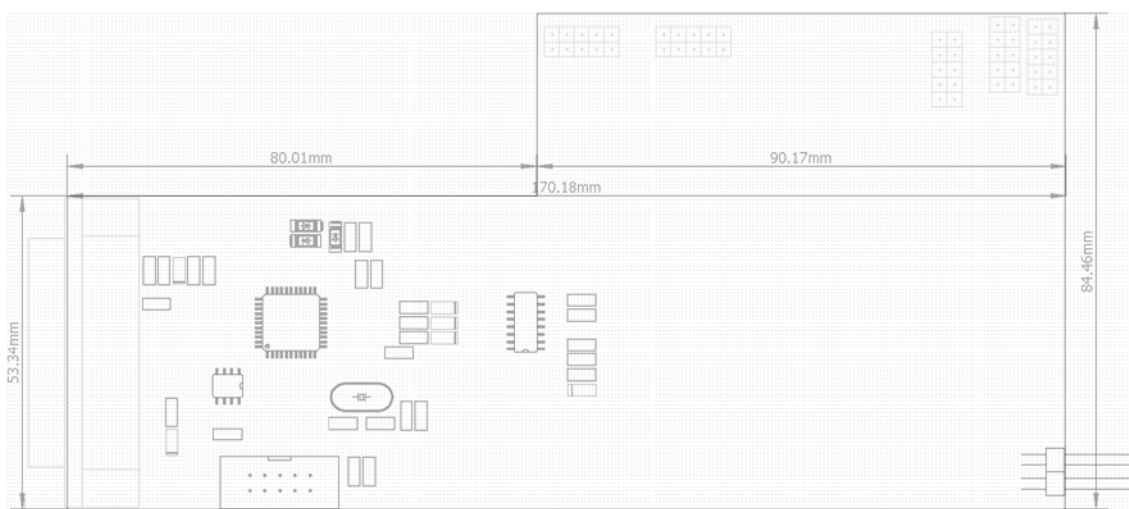
Seega lüliti trükkplaat koos seal peal olevate komponentidega on vastav joonisele 13.



Joonis 13. Lüliti trükkplaat

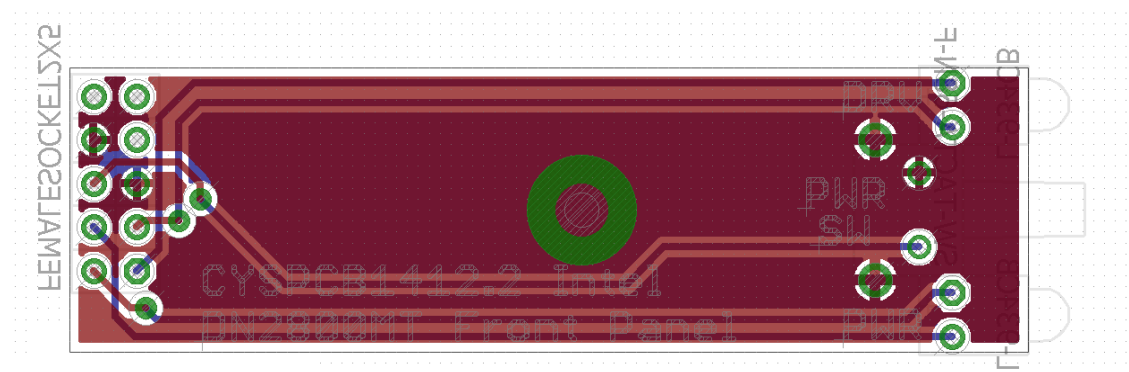
Kontrolleri trükkplaadi füüsilise suuruse arvutamisel tuli arvesse võtta korpuse mõõtmeid, kuhu trükkplaat paigaldatakse ning lisaks Intel DN2800MT klemmiridade asukohtasid ning mõõtmeid. Viimast põhjusel, et kontrolleri trükkplaat kinnitub emaplaadile viie klemmireaga ning korpuse külge kahe kruviga, mille augud peavad kattuma Inteli emaplaadi kruvide aukude asukohtadega.

Kontrolleri trükkplaat koos seal peal olevate komponentidega on vastav joonisele 14.



Joonis 14. Kontrolleri trükkplaat

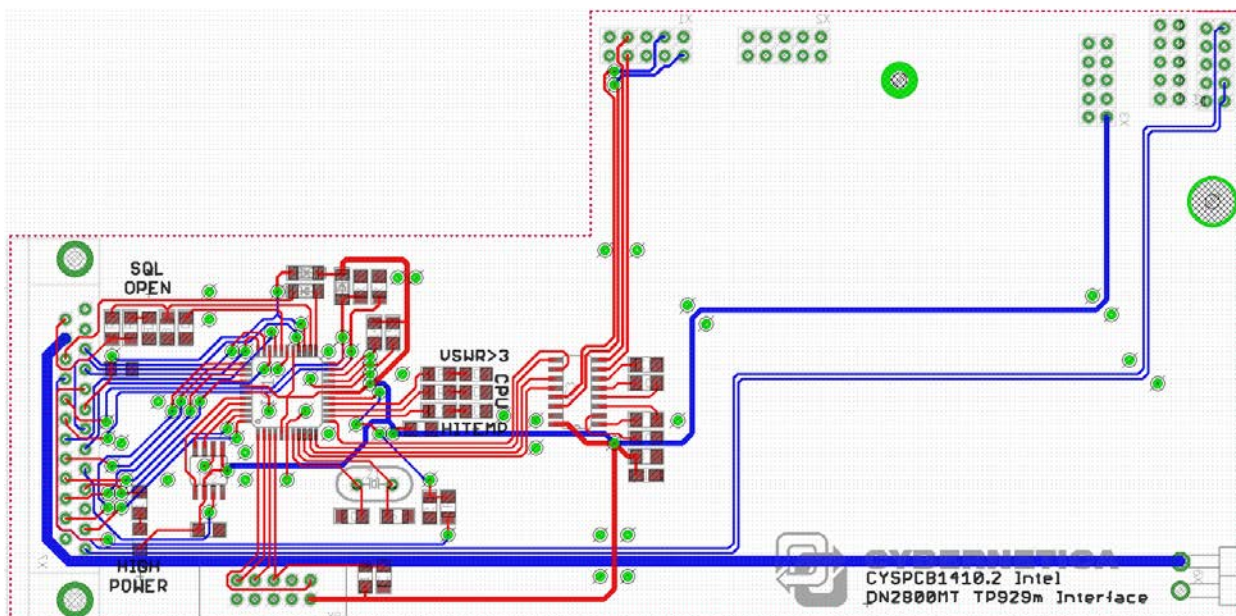
Lüliti puhul ühendatud ning koos komponentidega trükkplaat näeb välja nagu kujutatud joonisel 15.



Joonis 15. Lüliti valmis trükkplaat

Lülilil kinnitub üks pool emaplaadile ning lisanduvaks füüsiliseks tugevduseks on keskel läbiv auk, mis on ühendatud nii ülemise kui alumise vasekihiga trükkplaadil – mõlemad kihid on maanduseks. Läbi augu kinnitatakse lüliti kruviga kontrollmooduli korpuse külge, maandades lüliti maandus korpuse maandusega.

Kontrolleri puhul ühendatud ning koos komponentidega trükkplaat näeb välja ilma maanduse tasanditeta (alumise ja ülemine) nii nagu kujutatud joonisel 16. Kujutatud on seda nii parema arusaamise mõttes.



Joonis 16. Kontrolleri ühendused

Arvestades, et kõikide vaseradade paksusteks on 35 μ m ning kasutades kalkulaatoreid, mis aitavad arvutada maksimum voolu, mis võib vaserajast läbi minna on saadud toiterajadele tulemused tabelis 5. [10]

Vaseraja pikkus	Vaseraja laius	Nimetus	Nõutav vool	Arvutatud Max. vool
7500mil	56mil	MB_12V	500mA	3.04A
10300mil	28mil	+5V3	250mA	1.95A

Tabel 5. Vaserajad

Nõutav vool TP929M raadio jaoks oli antud raadio tootjalt.

Nõutav vool trükkplaadi töötamiseks on kõikide trükkplaadil olevate komponentide töökoormuste maksimumi kokku liidetud ning natuke varu ka jäetud. Arvutuslikult tuleb selleks: AD8400(5 μ A) + Max232(10mA) +ATMega16(15mA) +LEDid(90mA) = 115.005mA.

Vaserajad kohtades, kus toitega tegemist ei ole on laiusega 12mil ning sellest piisab kõigiks nõutud rakendusteks.

Kondensaatorid on valitud asetsema võimalikult lähedale komponentidele, mida nad toetama peavad. Sellisteks on ostsillaatori mõlemad kondensaatorid ning AD8400, MAX232 ning ATMEGA16 toidete silumise kondensaatorid.

Juhul kui kõik eelnev on tehtud, oleks trükkplaat valmis paigaldamiseks emaplaadile, kus see ühendub emaplaadiga viie klemmirea abil ning lisaks kahe kruvi abil, mille jaoks on tehtud trükkplaadile augud. Lisaks ühendavad need kruvid Inteli emaplaadi maanduse kontrolleri trükkplaadi maandusega. Samuti on maandusega ühendatud DB25 pesa metallist korpuse äär, mis toetub vastu kogu kupatust hõlmava metallkorpuse äärt, mis omakorda maandab veelgi trükkplaati.

Trükkplaadile jäi kõvasti vaba ruumi edasisteks arendusteks, kuid samas on kõik komponendid piisavalt laiali haiutatud, et on lihtne igat tekkivat viga diagnoosida, kui selleks vajadus peaks tekkima.

4 Valmistoote katsetamine

Kontrolleri plaadi esialgsel valmis ehitamisel tekkisid esialgu paar probleemi, nimelt olid valgusdiodide takistid kahe koma kohaga vale väärtusega ning eriti valgust sealt välja ei paistnud.

Kui kontroller lülitas +5VDC väljundiga toite peale raadiole, tõstis radio sama sisendi pinget +12VDC peale, mis näitas, et kaitsedioid kontrolleri väljundi ning radio sisendi vahele oli väga õige valik. Tootjapoolne andmeleht kirjeldab raadio klemmi 16 öeldes, et on vaja vaid +3 kuni +15VDC ühendada ning radio lülitab sisse. Seda, et radio pärast sellise pinget sisendiks saamist sama klemmi sisemiselt tõstab +12VDC peale ei ole kuskil öeldud ning see oleks ilma kaitsedioidita kahjulik kontrolleri väljundile.

Peale pisiparandusi LEDi takistitele töötas kontrolleri trükkplaat nagu projekteeritud ning sama kehtib lüliti trükkplaadi kohta. Selleks oli kontroller test-seadistusega programmeeritud, eesmärgiga katsetada kõiki nõutud funktsioone.

Sellegipoolest on ruumi arenguteks. Edasiste arengute mõttes oleks võimalik välja tuua paar ideed:

1. Lisada tagavara-toiteüsteem juhuks, kui toide peaks kaduma. Sellisel juhul peaks ka kontrollerit pisut ümber programmeerima ning panema lugema toitesiooni pinget, vea korral operaatorile teada andma, et midagi on ühe raadio kontrollmooduliga valesti.
2. Kasutada olemasoleva ühe toite-allika asemel paralleelset kahte – praegu kahe ridaklemmide pesaga on lisanduvad kaks Inteli emaplaadi USB osa juba ühendantud ning ei oleks keeruline sealt võtta lisatoidet. Eesmärk oleks vähem koormata ühte Inteli emaplaadi USB hubi toiteallikat.
3. Lisada temperatuuriandur plaadile, mida kontroller jälgiks – kui temperatuur peaks kontrollmooduli korpuses ületama lubatud piiri, saaks operaator sellest koheselt teada.

5 Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on leida lahendus probleemile, kus ei ole võimalik andmevahetus Intel DN2800MT emaplaadi ning TP929M raadio vahel. Kogu lahendus koosneks skeemi koostamisest, trükkplaadi projekteerimisest ning kontrolleri programmeerimisest. Selle töö eesmärkideks oli vaid luua skeem ning trükkplaat, kontrolleri programmeerimine sellel hetkel jäi lahtiseks ning põhjusega. Nimelt võimalusi toote arenduses erinevaid staatusid lugeda ning kuidas neile reageerida on väga palju, seega seda osa selles töös ei kirjeldata. Küll aga on tegu valmislahendusega, mida saab kontrolleri programmeerimise eeldusel kohe kasutada.

Järgnevalt on loetletud käesoleva lõputöö tulemused ehk kontrolleri poolt pakutatav funktsionaalsus:

- Erinevate raadio väljundite lugemine
- Tähtsamate funktsioonide töökorra indikatsioon
- Võimekus suhelda ning olla otseselt ühenduv Intel DN2800MT emaplaadiga ilma lisanduva tarkvara või riistvarata
- Raadio erinevate sisendite manipuleerimine – näiteks raadio sisse ning välja lülitamine, müra summutuse taseme muutmine

Lisaks tulemustele pakub töö ka võimalikke edasiarendusi:

- Lisada tagavara toiteallikas juhaks kui olemasolev peaks ebaõnnestuma
- Lisada temperatuuriandur kontrollmooduli korpusesse, mida antud kontrolleri hakkaks lugema ning vajaduse korral häire ülejäänud süsteemile edastaks
- Kasutada olemasoleva ühe toiteallika asemele mitut paralleelselt

Summary

The goal of this Bachelors thesis is to find a solution to the problem where data exchange between an Intel DN2800MT motherboard and a TP929M radio is not possible. The whole solution would be to create a schematic, design a circuit board and program the controller. The goal of this project however was to only create the schematic and the circuit board. Programming the controller remained open for now and for a reason. During product development the number of ways to read and how to respond to different statuses can be very large, therefore they are not covered in this thesis. Nonetheless this is still a complete solution to the problem – one needs only to program the controller to act however one requires and a functional controller board has been achieved.

The following is the resulting functionality of the controller:

- Reading of different output values from the radio
- Indicating the working status of more important functions
- Ability to communicate and be directly connected to the Intel DN2800MT motherboard without any external soft- or hardware
- Manipulating different inputs of the radio – for example turning the radio on and off, adjusting squelch

In addition to previous results, possible future improvements are also brought out:

- Add a backup power source in case the existing one should fail
- Add a temperature sensor inside the control module casing which would be read by the controller and if need be, an alarm sent out accordingly
- Instead of the existing solo power source, multiple would be used in parallel

Kasutatud kirjandus

- [1] Electronic Industries Association. Engineering Department, "Interface between data terminal equipment and data communication equipment employing serial binary data interchange" 1969.
- [2] ARC Electronics, "RS232 Tutorial on Data Interface and cables" 2010.
- [3] IEC, "IEC 62680-1:2013 Part 1: Universal serial bus specification, revision 2.0", [Võrgumaterjal]. Available: https://webstore.iec.ch/preview/info_iec62680-1%7Bed1.0%7Db.pdf
- [4] Intel, „Intel Desktop Board DN2800MT“, 2013, [Võrgumaterjal]. Available: https://downloadmirror.intel.com/20714/eng/DN2800MT_TechProdSpec09.pdf
- [5] Texas Instruments, „MAX232x Dual EIA-232 Drivers/Receivers“, 2014, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf>
- [6] Analog Devices, „AD8400/AD8402/AD8403“, 2010, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8400_8402_8403.pdf
- [7] Clyde F. Coombs, „Printed Circuits Handbook“, 2007, McGraw–Hill Professional
- [8] Voltage divider [Võrgumaterjal]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/voldiv.html>
- [9] The Education Coalition, „Telecommunications Glossary“, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.tecweb.org/eddevel/telecon/glossary.pdf>
- [10] External PCB Trace Max Current, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eeweb.com/toolbox/external-pcb-trace-max-current>
- [11] Rack Unit, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.cableorganizer.com/articles/rack-unit.html>
- [12] Engineering Staff. „The TTL Data Book for Design Engineers“. 1st Ed. Dallas: Texas Instruments. 1973
- [13] Atmel, „ATMega16A“, 2014, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.atmel.com/images/atmel-8154-8-bit-avr-atmega16a_datasheet.pdf
- [14] C-Mac Microtechnology, „HC49 Crystals“, 2004, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.tme.eu/en/Document/702797521b82b196c64a521912bdbb90/hc49.pdf>

[15] Kingbright, „T-1 (3mm) RIGHT ANGLE LED INDICATOR“, 2012, [Vörgumaterjal]. Available: <http://www.tme.eu/gb/Document/878218bc392398a6d0714af94e282ce7/L-934CB-1GD-RV.pdf>

[16] Kingbright, „3.2mmx1.6mm SMD CHIP LED LAMP“, 2008, [Vörgumaterjal]. Available: [http://www.tme.eu/en/Document/2e181942aeeb03039124cd47ab4dd174/KPT-3216LSRD-PRV\(Ver.2\).pdf](http://www.tme.eu/en/Document/2e181942aeeb03039124cd47ab4dd174/KPT-3216LSRD-PRV(Ver.2).pdf)

[17] Texas Instruments, „Input Filter Design for Switching Power Supplies“, 2011, [Vörgumaterjal]. Available: <http://www.ti.com/lit/an/snva538/snva538.pdf>

[18] Kenneth L. Kaiser, “ Electromagnetic Compatibility Handbook”, 2014. CRC Press.

[19] Paul Horowitz and Winfield Hill, „The Art of Electronics“, 2nd edition, Cambridge University Press, Cambridge, England, 1989.

Lisa 1 – BOM

Siin näidatakse ära, mis komponente kasutati tabeli 6 alusel. Kõikide komponentide ostukohaks oli Transfer Multisort Electronic.

Qty	Value	Code	Package	Parts	Description
1		ZL251-10PG	PinHeader 2x5Box	X8	Pin Header
1		2EDGRC-5.0-02P14	PinHeader2	X9	MB+12V
1	100KOhm	CRCW1206100KFKEA	R1206	R4	Resistor
1	10KOhm	CRCW120610K0FKEA		R13	
5	150Ohm	CRCW1206150RFKTABC		R1, R5, R7, R9, R11	
2	2.2KOhm	CRCW12062K20FKEA		R14, R15	
4	5.1KOhm	CRCW12065K10FKTABC		R2, R3, R6, R8	
2	8.2KOhm	CRCW12068K20FKTABC		R10, R12	

8	100nF	C1206C104J5RAC	C1206	C1, C2, C3, C4, C7, C8, C9, C10	Capacitor
2	22pF	C1206C220J5GAC		C5, C6	
1	10uF	C1206C106K3PAC	C1206	C12	Polarized Capacitor
1	14.745MHz	14.745M-HC49R	HC49	Z1	Crystal
1	AD8400	AD8400AR1	SO8	IC2	AD8400 digital potentiometer
1	ATMega16A	ATMEGA16A-AU	TQFP44	IC1	Microcontroller
1	DSUB25F	09663127601	DSUB25F- /90	X7	Radio connector
6		DS1065-08-2X5S8BV	Female Socket2x5	X1, X2, X3, X4, X5, X6	Connectors
5		KPT-3216LSRD-PRV	1206	LED3, LED4, LED5,	LED

				LED6, LED7	
2		L-934CB/1GD-RV	LED_L- 934CB	LED1, LED2	HDD & Power status LEDs
3		LL4148-DIO	MiniMELF, SOD80	D1, D2, D3	Protection diodes
1		MAX232I	SO16	IC3	MAX232 transceiver
1		SW-TACTA-68N-F	SW- TACTA- 68N-F	SW1	Power on switch

Tabel 6. BOM