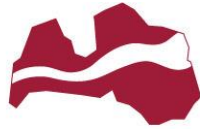


Jūnijs 26, 2018

Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-000001

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA

Eiropas Jūrlietu un
zivsaimniecības fonds



Elektronikas un
telekomunikāciju fakultāte

Rīgas Tehniskās universitātes
Elektronikas un telekomunikācijas fakultātes
Radioelektronikas institūta
projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas
zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu
nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas
piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-000001

Atskaite par projekta uzdevumiem 2.1.,2.2.,2.3.

2018

Satura radītājs

1.	U2.1. Korpusa un citu mehānisko komponentu izstrāde (papildinājums)	5
2.	U2.2. Spiesto plašu izstrāde, izgatavošana un montāža	10
2.1	Komunikācijas moduļa apraksts	10
	Moduļa funkcijas	10
	Trauksmes signāli	10
	Moduļa blokshēma	10
	Shēmatehnisko risinājumu apraksts	12
	Moduļa sākotnējā regulēšana	13
	Izmantoto komponentu saraksts	14
	Kontaktu izkārtojums komunikācijas bloka spraudņos	15
	Moduļa plates un spraudņu savstarpēja savienošana	16
	Bojas elektronisko bloku komutācijas shēma	16
	Darbības algoritmi	17
2.2.	Viedtālruna programma	19
	Interfeisa apraksts	20
3.	U2.3. Iekārtas prototipa salikšana un laboratorijas testēšana	24
3.1.	Pastiprinātāju testēšana	24
	Alpine MRX-T15 pastiprinātāja testēšanas laboratorijā	24
	Alpine MRX-T15 pastiprinātāja papildus mērījumi	27
	SureElectronics pastiprinātāja un DC/DC pārveidotāja testēšana	29
	Patērētā jauda un lietderības koeficients	30
	Darba un miega režīmi statiskā	31
	Darba un miega režīmi dinamiskā	32
	Siltuma režīms	32
3.2.	Transformatora testēšana	34
	Slodzes ekvivalents	34
	Transformators	34
3.3.	Lubell zemūdens skaļruņa testēšana	37

Skaļruņa pretestības atkarība no frekvences “sausā” stāvoklī.....	37
Skaļruņa pretestības atkarība no frekvences ūdenī.....	38
Caur transformatoru pieslēgta skaļruņa pretestības atkarība no frekvences ūdenī	39
Transformatora pārvades koeficienta atkarība no frekvences ūdenī	41
3.4. Akumulatora testēšana	43
Akumulators	43
Izlādes režīms	43
Slodze	43
Sprieguma mērīšana.....	43
Laika mērīšana.....	43
Rezultāti.....	44
Secinājumi	45
3.5. Iekārtas saslēgšana.....	46
3.6. Programmatūras uzlabošana.....	48
MATLAB signālu ģenerators uzlabojumi.	48
Izmaiņas MATLAB GUI kodā	48
Izmaiņas ģenerators kontroliera kodā	48
MATLAB GUI uzlabotā lietotne.....	48
Darbs ar uzlaboto MATLAB GUI lietotni	48
Priekšnosacījumi.....	48
Programmas palaišana	49
Skaņas signālu atskaņošana	49
Parametru regulēšana un vadības elementu nozīme	49
Spektru un oscilogrammu salīdzināšana	51
3.7. Specifiskā pastiprinātāja projektēšana.....	52
Darbības princips.....	52
Filtrs.....	54
Shēmtehniskie risinājumi	55
Salikta shēma	58

1. Pielikums Bides no ierīces korpusa izstrādes.....	60
2. Pielikums Principiālās shēmas un spiestās plates komunikāciju modulim	64
3. Pielikums Komunikāciju moduļa kontroliera kods	70
4. Pielikums Principiālās shēmas un spiestās plates ģeneratora modulim	82

1. U2.1. Korpusa un citu mehānisko komponentu izstrāde (papildinājums)

Projekta ietvaros, balstoties uz iepriekšējām iestrādēm, kā arī zvejnieku ieteikumiem, sadarbībā ar RTU Dizaina fabriku tika izstrādāts pirmais korpusa prototips, kas arī tiks izmantots iekārtas testēšanai.

Lai izveidotu peldošu un ūdensdrošu korpusu tika izvirzītas sekojošas prasības:

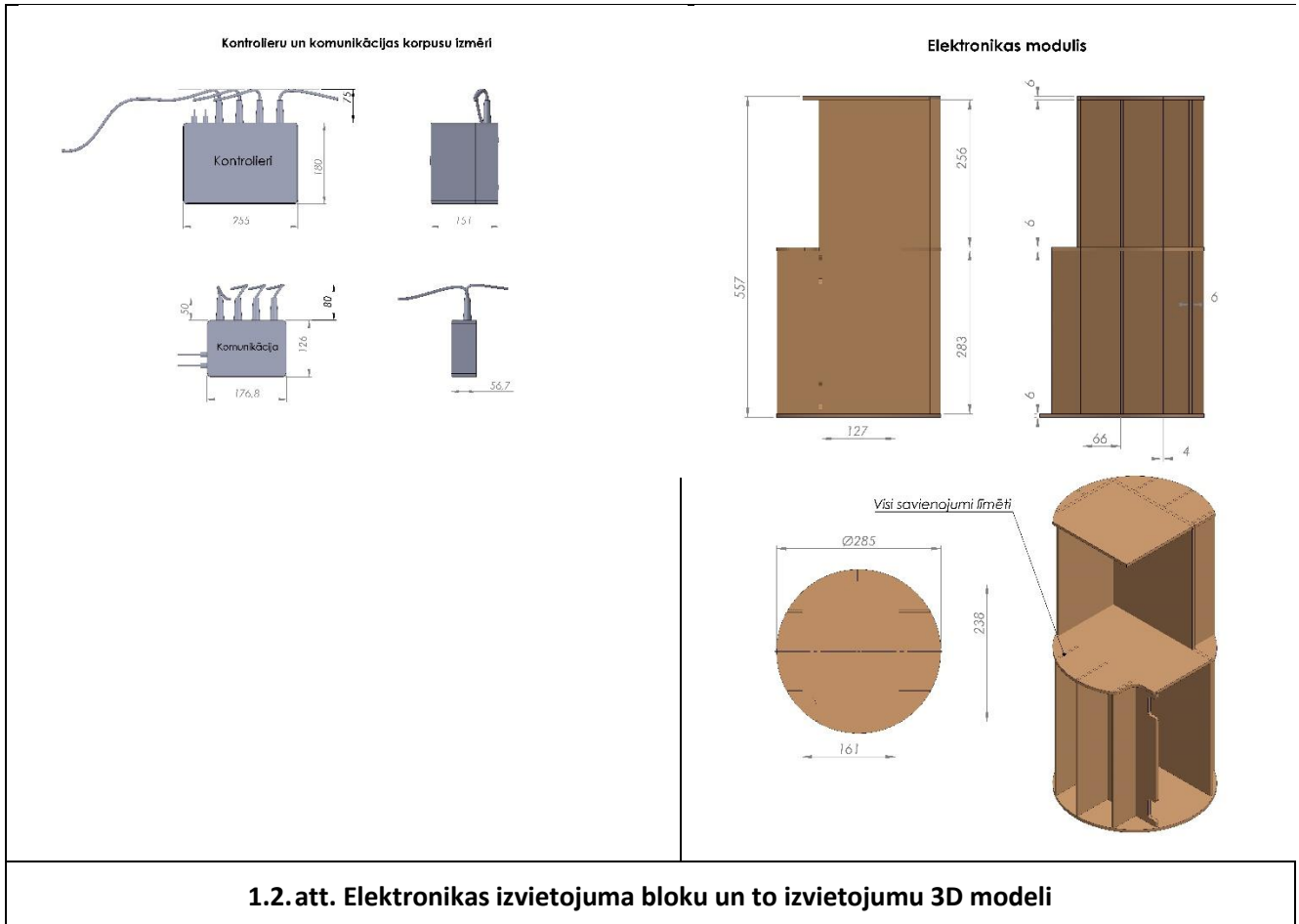
- Korpusam ir jānodrošina vismaz 35kg celbspēja;
- Jābūt ūdensdrošam;
- Jābūt atkārtoti atveramam un aizveramam;
- Korpusā jāietilpst akumulatoram, komunikācijas un kontroles blokam;
- Antenām (GPS, GSM, vadības) jābūt izvietotām iespējami augstu virs ūdens līmeņa;
- Korpusam jābūt skaļruņa un lādēšanas spraudnim, var tikt apvienots vienā;
- Jābūt stiprināšanas punktam pie enkura troses;
- Jābūt iespējai pievienot un atvienot skaļruņa trosi;
- Jābūt aprīkotam ar mirdzdiodēm;
- Elektronikas modulim jābūt ērti izņemamam.

Izvirzīto prasību sasniegšanai tika veidotas skices, kā arī atsevišķu detaļu un kopsalikumu datormodeļi. Apjoma detaļu izgatavošanai tika izmantots putu polistirols (EPS-100), kura formas tika grieztas izmantojot karstās stieples griešanas tehnoloģiju, kā palīgelementus izmantojot lāzergrieztus saplākšņa šablonus ar laminētu alumīnija folija apmali noturībai pret karstuma ietekmi.



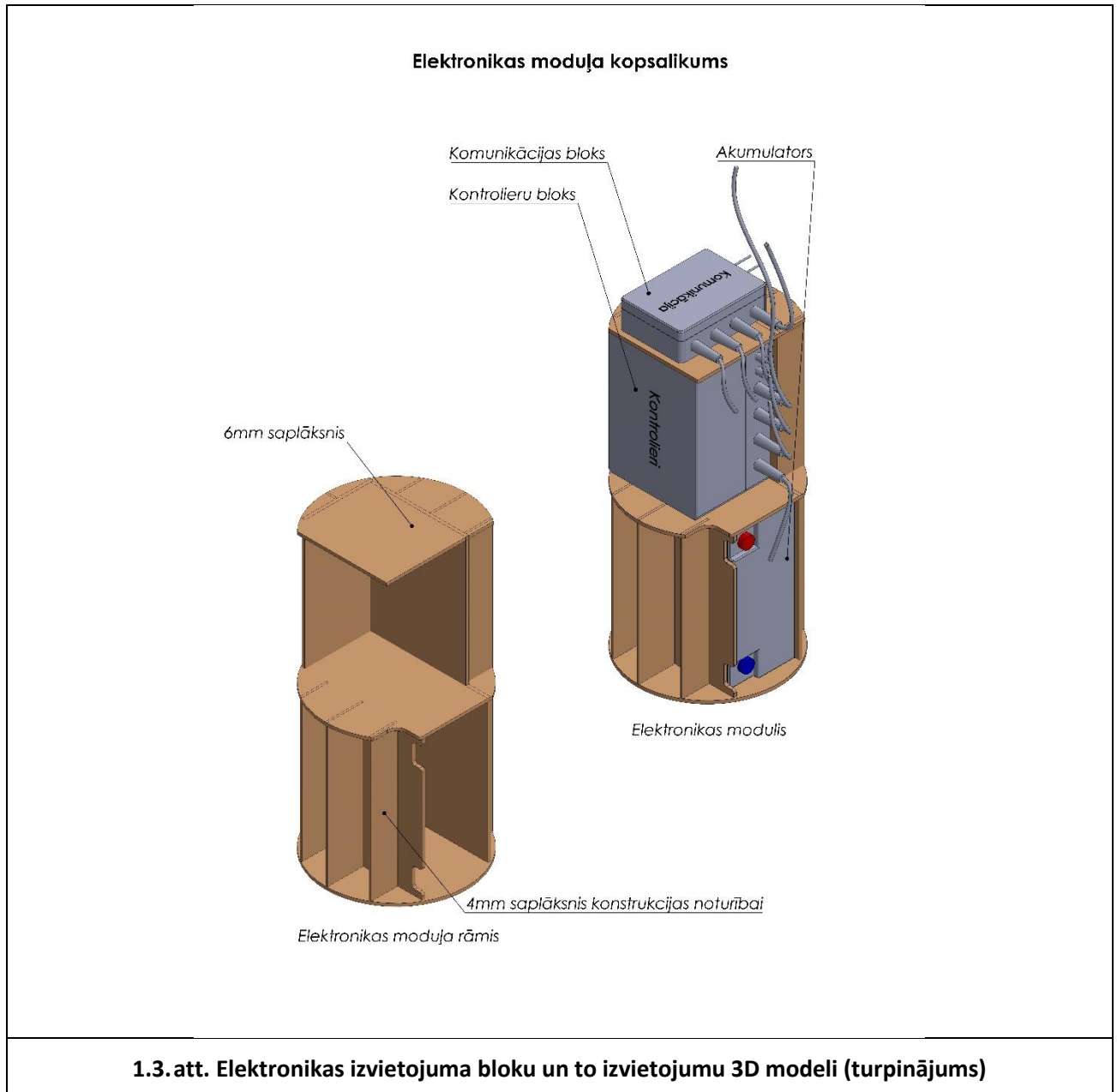
1.1.att. Izveidotā prototipa korpusa 3D modelis

Korpusa cilindriskā daļa veidota no 3mm kompozītmateriāla Dibond. Tā struktūra veidota no diviem alumīnija un viena polimēra slāņa. Cilindriskā forma iegūta izmantojot valcēšanas tehnoloģiju. Šuves vieta nostiprināta ar šī paša materiāla loksni, salīmēta ar poliuretāna putu līmi, kā arī kniedēta izmantojot nerūsējošā tērauda 3mm diametra kniedes.



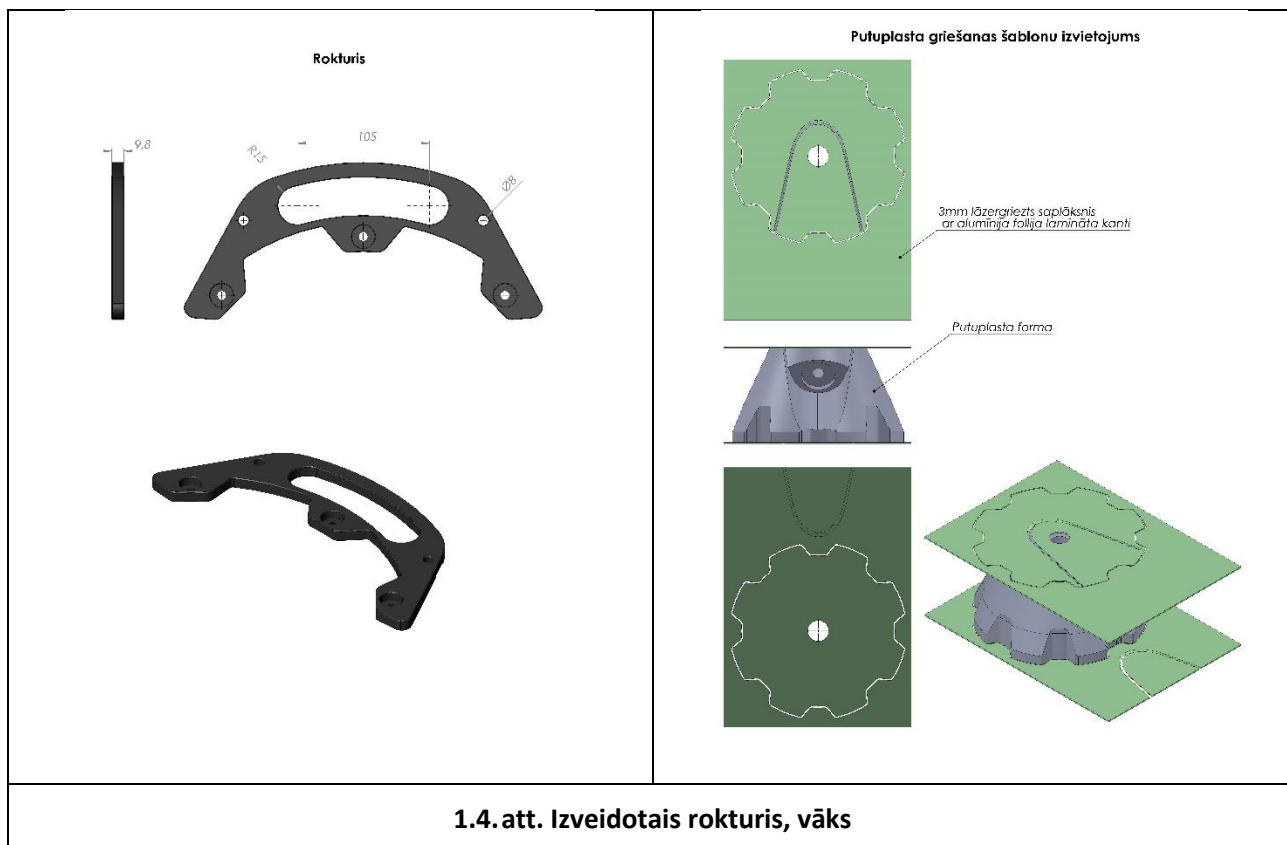
Blīves, enkura, masta un lādēšanas spraudņa vietas nostiprinātas izmantojot mitrumizturīgu, laminētu saplāksni, kā arī, stiklašķiedras armējumu. Visi metāla elementi izvēlēti no AISI 316 vai AISI 304 markas nerūsējošā tērauda, kas nodrošina nepieciešamo korozijas noturību. Korpasa blīvēšanu nodrošina 5mm neoprēna blīvgumija, kas pieļauj vairākkārtēju izjaukšanu un salikšanu, nezaudējot mehāniskās īpašības. Komunikāciju un kontroles bloka, kā arī akumulatora izvietojumam tika izveidota ribveida konstrukcija. Visi konstruktīvie elementi tika izgatavoti izmantojot lāzergriešanas tehnoloģiju, savstarpēji savienoti gan izmantojot sprūdveida savienojumus, gan nostiprinot visas kontaktvirsmas ar poliuretāna putu līmi. Mitrumizturības nodrošināšanai rāmja konstrukcijas tika pārklāta ar āra apstākļiem piemērotu krāsu.

Lai nodrošinātu korpusa nodilumizturību un ekspluatācijas laikā iespējamo triecienu absorbciju, visas korpusa detaļas pārklātas ar 1,5-3mm biezu poliuretāna slāni, kas korpusa augšdaļā, redzamības nodrošināšanai, krāsots spilgti dzeltenā krāsā (RAL 1003).



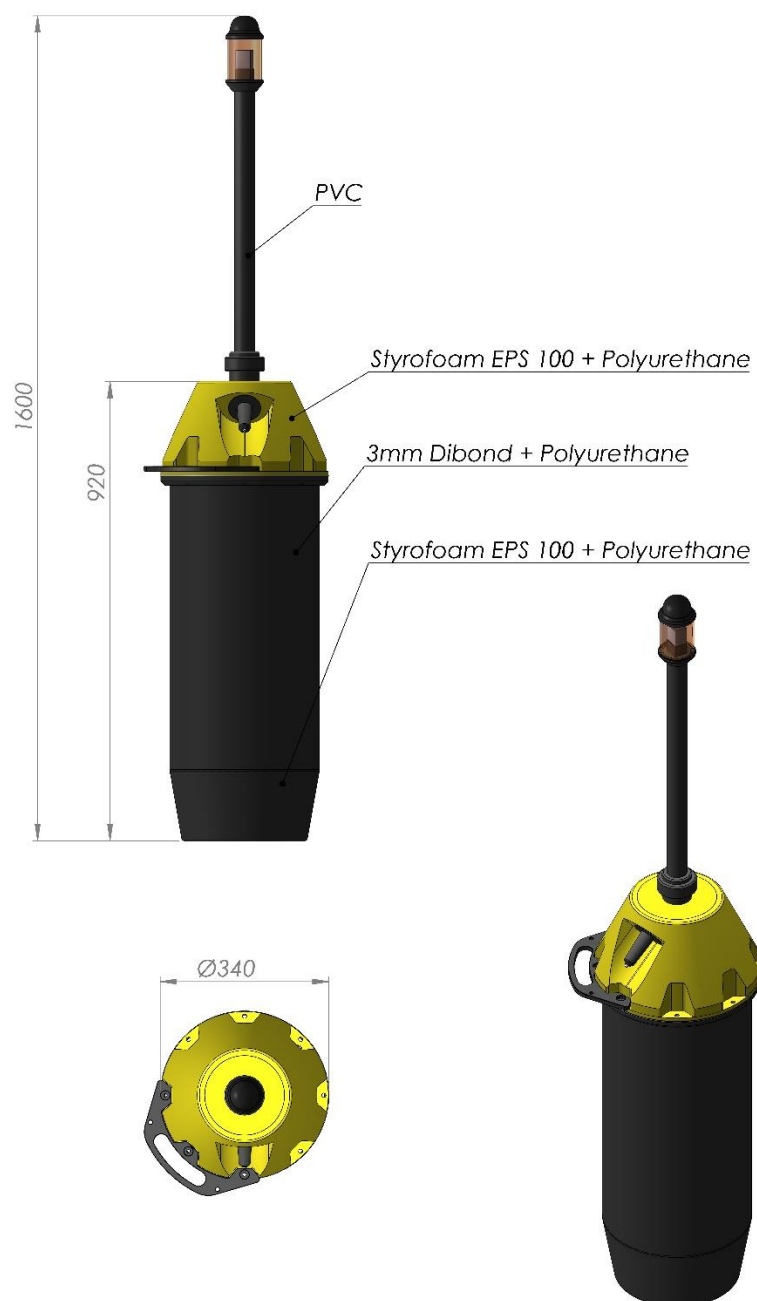
Mirdzdiodes, kā arī GPS un GSM antenas izvietotas masta augstākajā punktā. Mirdzdiodes korpuss izgatavots no polikarbonāta caurules. Korpusa iekšpusē izvietoti arī siltumu novadoši alumīnija radiatoru mirdzdiodes pārkaršanas novēršanai.

Ērtākai korpusa satveršanai izveidots rokturis. Atkarībā no izvēlētās noenkurošanas metodes, tas var tikt izmantots kā papildus saites punkts enkuru nostiprināšanai.



Bildes no reālā korpusa izstrādes procesa ir pieejamas šīs atskaites 1. pielikumā.

ZAR "Ronis" kopsalikums



1.5.att. Korpusa 3D kopskats ar izmēriem

2. U2.2. Spiesto plašu izstrāde, izgatavošana un montāža

Dotā uzdevuma realizācijas laikā tika izstrādātas spiestās plātes akustisko signālu ģeneratoram un multifunkcionālam komunikāciju moduļim.

2.1 Komunikācijas moduļa apraksts

Bojas pamatparametru kontrolēšanai un datu pārraidei operatoriem tika uzbūvēts atsevišķs bloks hermētiskā plastmasās korpusā ar izmēriem $176 \times 126 \times 55 \text{ mm}^3$. Moduļim ir atsevišķs akumulators, kas nodrošina tas darbību apmēram uz 6 stundām ārējas barošanas izslēgšanas gadījumā (laiks ir atkarīgs no tā cik bieži moduļim vajadzēs sūtīt SMS) .

Moduļa funkcijas

Pēc bojas darbības starta vietas noteikšanas

1. Nodrošināt sakaru līnijas drošību (piem., informāciju par akumulatoru spriegumu var dabūt jebkurš cilvēks, kas sūtīs pareizo pieprasījumu, bet bojas koordinātes saņems tikai cilvēks no “baltā saraksta”;
2. Novērot bojas galvenā akumulatora sprieguma līmeņi, sūtot SMS par sprieguma samazināšanu zem noteikta sliekšņa;
3. Novērot skaļruņa darbību, sūtot SMS par tā stāvoklī;
4. Nodrošināt darbību arī bez bojas galvenā akumulatora;
5. Pēc operatora pieprasījuma novērtēt moduļa koordinātes un aizsūtīt tās abonentam.

Trauksmes signāli

Gadījumos ja:

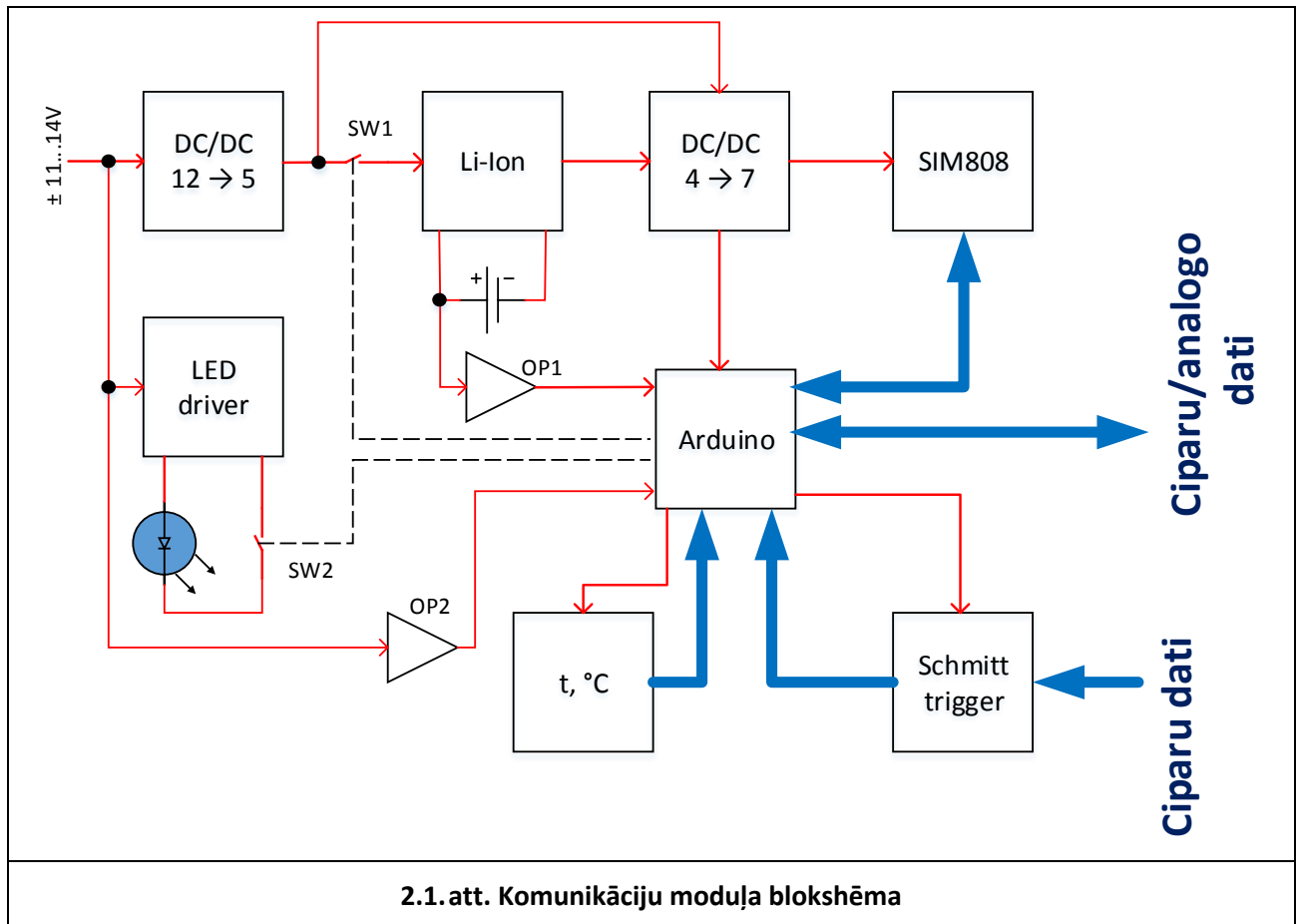
1. bojas galvenā akumulatora vai komunikācijas moduļa akumulatora spriegumu līmeņi samazināsies zem noteikta sliekšņa;
2. zemūdens starotājs pārtrauks savu darbību

tiks sūtīti speciālie SMS paziņojumi visiem reģistrētiem abonentiem (maksimāli trīs numuri).

Lai atvieglotu abonenta darbu ar moduli, tika uzrakstīta programma Android viedtālrunim.

Moduļa blokshēma

Ierīces blokshēmā (2.1.att.) ar sarkano krāsu tika parādīti barošanas ķēdes, ar zilo – datu kopnes un ar punktēto līniju – iekšējie vadības signāli.



2.1.att. Komunikāciju moduļa blokshēma

Impulsu pārveidotājs “DC/DC 12→5” samazina ieejošo barošanas spriegumu līdz 5V.

Lādētājs “Li-Ion” gan kompensē akumulatora izlādi, gan pasargā tās no avārijas režīmiem. Ņemot vērā, ka litija akumulatoru var uzlādēt tikai temperatūras diapazonā $0...+40^{\circ}\text{C}$, tiek izmantots elektroniskais komutators “SW1”.

Centrālā kontroliera “Arduino” un GPS/GSM moduļa “SIM808” barošanai tiek izmantots spriegums 7V kuru nodrošina pārveidotājs “DC/DC 4→7”. Gadījumā, ja pazudis ārējais barošanas spriegums, “LED driver” (un attiecīgi, gaismas diodes) nestrādās.

Korpora temperatūra tiek mērītā ar ciparu pārveidotāju “t, °C”.

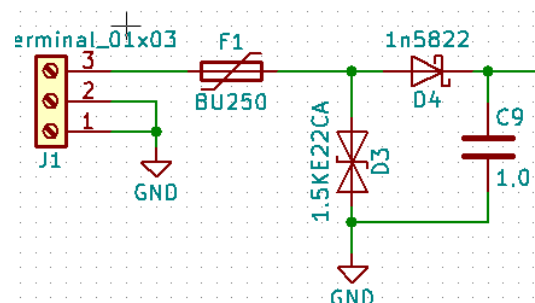
Nepārtraukti tiek analizēti ieejas barošanas un akumulatora spriegumi. Lai samazinātu kontroliera ieejas ietekmi, tiek izmantoti pastiprinātāji “OP1” un “OP2”.

Lai attīrītu ieejas ciparu signālu no trokšņiem tiek izmantots “Schmitt trigger”.

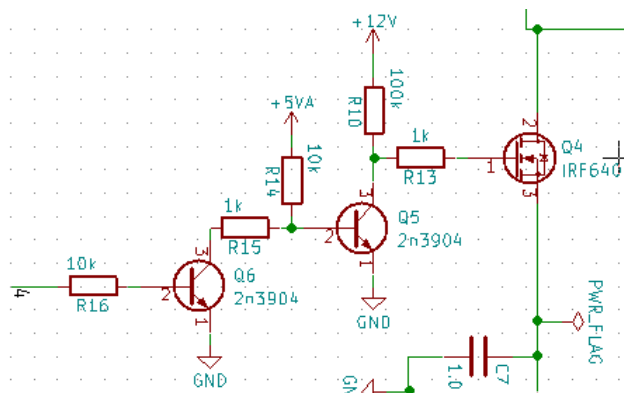
Shēmtehnisko risinājumu apraksts

Moduļa pilnā shēma atrodas 2. pielikumā.

Lai pasargātu barošanas ieeju tiek izmantots PTC-drošinātājs BU250 (shēmā **F1**). Šotki diode **D4** pasargā shēmu no nepareizas barošanas sprieguma polaritātes. Supresors **D3** ierobežo spriegumu $\pm 22V$ līmenī.

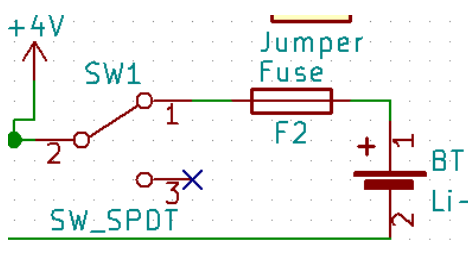
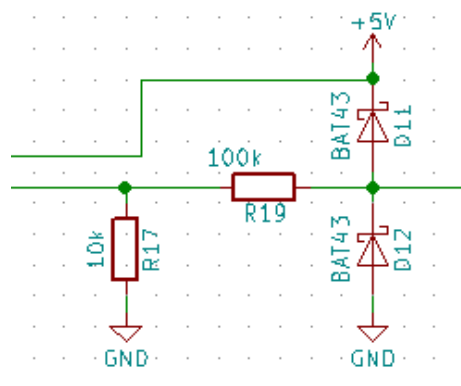


Komutatori SW1 un SW2 tiek realizēti izmantojot lauka tranzistorus IRF640. Aktīvais vadības līmenis (rezistori R9 un R16) ir +5V (log.1).



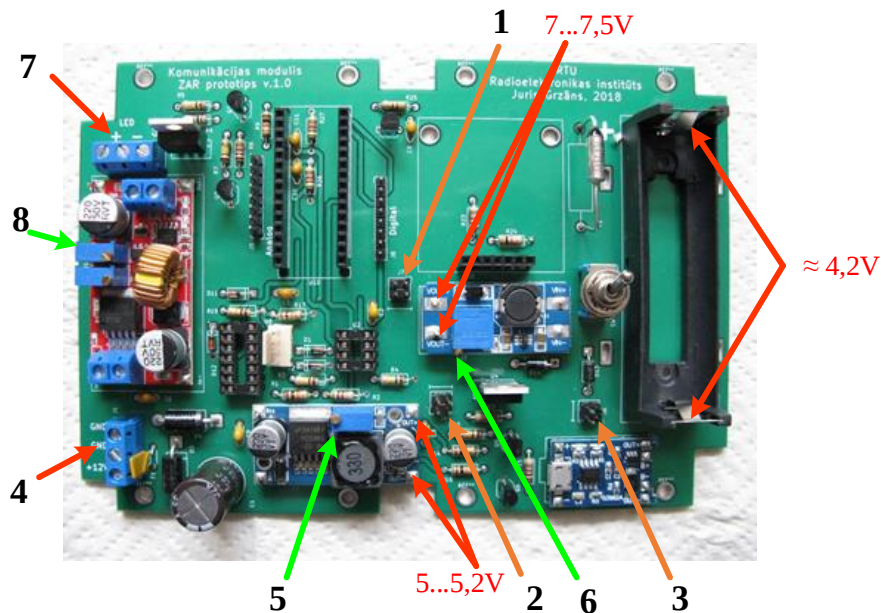
Šēmas ieejas pretestība ir 10kΩ.

Šmita
trigera ieeja



Li-Ion akumulators ir spējīgs normāli strādāt, ja viņa temperatūra nepārsnieds lielumu $+60^{\circ}C$. Shēmā tiek izmantots termidrošinātājs **F2** akumulatora ķēdes saraušanai.

Moduļa sākotnējā regulēšana



2.2.att. Izveidotais komunikāciju modulis

1. Izņemt no plates visus tiltslēgus (1., 2. un 3. pozīcijas).
2. Pievienot barošanas spriegumu $11...14V$ (4. pozīcija).
3. Mainot rezistora pretestību (5. pozīcija) nodrošināt DC-DC pārveidotāja izejā spriegumu $5...5,2V$.
4. Pieslēgt tiltslēgu (2. pozīcija) un regulējot pārveidotāja rezistoru (6.pozīcija) saņemt izejošo spriegumu $7...7,5V$.
5. Pieslēgt ampērmetru pie kontaktiem “+” un “-” (7. pozīcija) un regulējot strāvas regulēšanas rezistoru (8.pozīcija) saņemt izejošo strāvu $0,6...0,7A$.
6. Laicīgi izslēdzot barošanas spriegumu ieslēgt tiltslēgus (1. un 3. pozīcijas); ielikt abas mikroshēmas, Arduino moduli un GPS/GSM moduli.
7. Pēc barošanas atjaunošanas pagaidīt 20 sekundes un izmērīt spriegumu uz akumulatora adaptera kontaktiem; ja tas ir ap $4,2V$ – var ielikt akumulatoru savā vietā.

Jūnijs 26, 2018

Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-000001

Izmantoto komponentu saraksts

Nr.	Kas	Daudzums	Cena par vienu, EUR	Cena kopā, EUR	Kur
1.	Rezistori	21	0,03	0,63	http://www.salvats.lv/main.php?catID=401&lang=lv#a401
2.	Keramiskie kondensatori	8	0,07	0,56	http://www.salvats.lv/main.php?catID=484&lang=lv#a484
3.	Elektrolītiskie kondensatori	2	0,5	1	http://www.salvats.lv/main.php?catID=905&lang=lv#a905
4.	Akumulators	1	9,25	9,25	http://www.salvats.lv/main.php?catID=546&lang=lv#a546
5.	Akumulatora turētājs	1	1,05	1,05	http://www.salvats.lv/main.php?partID=5&catID=17&itemID=00025569&lang=lv
6.	IRF640	2	0,83	1,66	http://www.salvats.lv/main.php?partID=5&catID=933&itemID=00001167&lang=lv
7.	2n3904	4	0,07	0,28	http://www.salvats.lv/main.php?partID=5&catID=833&itemID=00000096&lang=lv
8.	DC/DC 12 to 5	1	1,47	1,47	LM2596 DC-DC Verstellbar Step Down-Schaltregler Power Supply Module www.banggood.com
9.	DC/DC 5 to 7 MT3608	1	1,11	1,11	MT3608 2A DC-DC Adjustable Step Up Power Module Booster Power Module www.banggood.com
10.	LED driver	1	3,25	3,25	5A Constant Current LED Driver Module & Battery Charger – Red www.dx.com
11.	LiIon lādētājs	1	1,28	1,28	Upgrade Version 3.2V/3.7V/4.2V USB Li-ion Battery Charger Module Board With Protected Function www.banggood.com
12.	MCP602	1	1,07	1,07	http://www.salvats.lv/main.php?partID=5&catID=521&itemID=00010897&lang=lv
13.	74HCT14	1	0,33	0,33	http://www.salvats.lv/main.php?partID=5&catID=513&itemID=00017815&lang=lv
14.	SIM808	1	13,80	13,80	1PCS SIM808 Wireless Board GPS GSM GPRS Bluetooth Module replace SIM908 CK www.aliexpress.com
15.	GPS/GSM antena	1	21,30	21,30	https://www.tme.eu/ru/details/combo-ant601/antenn-y-gps/sr-passives/
16.	Arduino NANO	2	23,99	47,98	https://www.tme.eu/ru/details/a000005/nabory-puskovye-arduino/arduino-nano/
17.	DS18B20	1	1,72	1,72	http://www.salvats.lv/main.php?partID=5&catID=517&itemID=00018247&lang=lv
18.	Plate GSM/GPS modulim	1	46,41	46,41	https://easyeda.com
19.	Korpuss	1	11,16	11,16	
20.	Screw Terminal	2	0,3	0,6	http://www.salvats.lv/main.php?partID=5&catID=681&itemID=00023967&lang=lv
21.	SMA U.FL kabelis	2	1,61	3,22	DANIU 10cm U.FL/IPX to RP-SMA Female Antenna Pigtail Jumper Cable www.banggood.com
22.	LED 3W	4	1,41	5,64	https://www.tme.eu/ru/details/pm2b-3lvs-r95/svetodiody-moshchnosti-belye-emitter/prolight-opto/
23.	Kabeli	1	10	10	https://www.tme.eu/ru/katalog/provoda-mnogozhil-nyie-ekranirovannyye_100156/
24.	Spraudni				
	 3 kontakti	2	5,85	11,7	https://www.tme.eu/ru/details/t4132012031-000/vilki-i-gnezda/te-connectivity/

	3 kontakti	2	4,33	8,66	https://www.tme.eu/ru/details/t4110001031-000/vilki-i-gnezda/te-connectivity/
	5 kontakti	2	7,65	15,3	https://www.tme.eu/ru/details/t4132012051-000/vilki-i-gnezda/te-connectivity/
	5 kontakti	2	5,79	11,58	https://www.tme.eu/ru/details/t4110001051-000/vilki-i-gnezda/te-connectivity/
25. Termo-drošinātājs		1	0,53	0,53	https://www.tme.eu/ru/details/tz-d-066/predokhraniteli-termicheskie/proffuse/
26. Tumbleris		1	0,7	0,7	http://www.salvats.lv/main.php?partID=5&catID=406&itemID=00012676&lang=lv
27. SEN0226 (spiediena mērītājs)		1	11,66	11,66	https://www.tme.eu/ru/details/df-sen0226/moduli-datchikov/dfrobot/sen0226/
28. Plate spiediena mērītajam		1	20	20	https://easyeda.com
Kopā: 264,9 EUR					

Kontaktu izkārtojums komunikācijas bloka spraudņos

Ciparu ieeja. TME katalogā: T4132012051-000 un T4110001051-000.

1 – signāls, 3 – zeme, 4 – ekrāns.



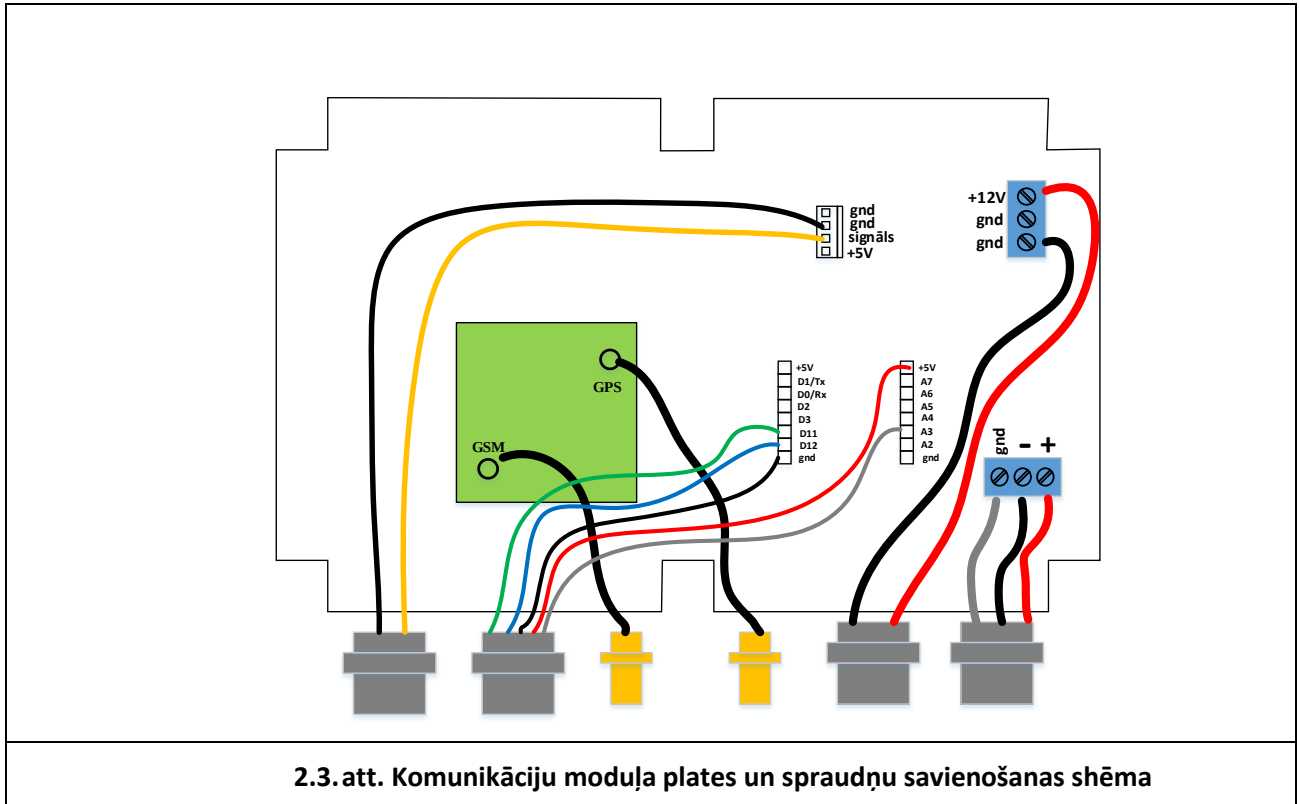
Barošanas ieeja un LED izeja. TME katalogā: T4132012031-000 un T4110001031-000.

1 – barošana, 3 – zeme, 4 – ekrāns.



Moduļa plates un spraudņu savstarpēja savienošana

Komutācijās tika izmantoti parastie (neekrānētie) vadi. Izņemot GPS un GSM kabeļus (rūpnieciski izgatavotie SMA U.FL 10cm). Moduļa barošanas un LED vadi ar šķērsriezuma laukumu 1mm^2 un visi pārējie – $0,5\text{mm}^2$.

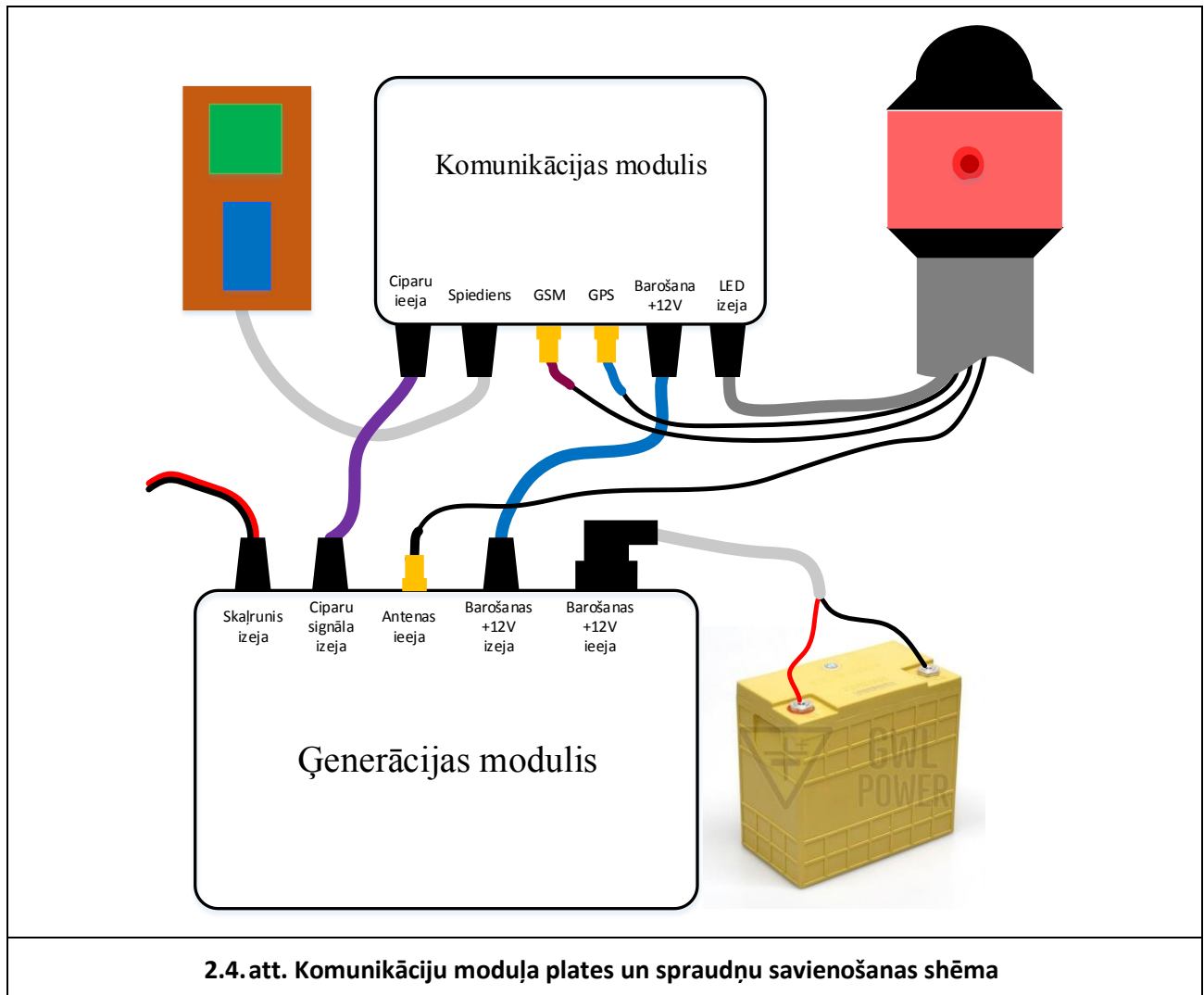


2.3.att. Komunikāciju moduļa plates un spraudņu savienošanas shēma

Bojas elektronisko bloku komutācijas shēma

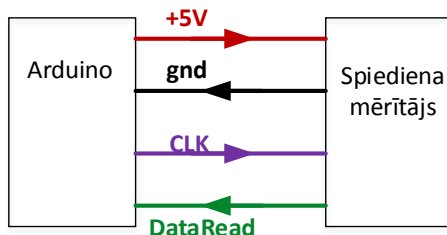
Kabeļu parametri:

1. Ģenerācijas modulis-akumulators (baltais) – $2 \times 1,5\text{mm}^2$ (Neekrānēts);
2. Ģenerācijas moduļa antenas izeja, GSM, GPS (melni) – RG174;
3. Ģenerācijas un komunikācijas moduļu ciparu signāls (violetais) – $2 \times 0,22\text{mm}^2$ (ekrānēts);
4. Ģenerācijas un komunikācijas moduļu +12V (zilais) – $3 \times 0,75\text{mm}^2$ (ekrānēts);
5. Komunikācijas moduļa LED izeja (pelēkais) – $4 \times 0,5\text{mm}^2$ (ekrānēts);
6. Komunikācijas moduļa spiediena ieeja (gaiši pelēkais) – $5 \times 0,25\text{mm}^2$ (ekrānēts);

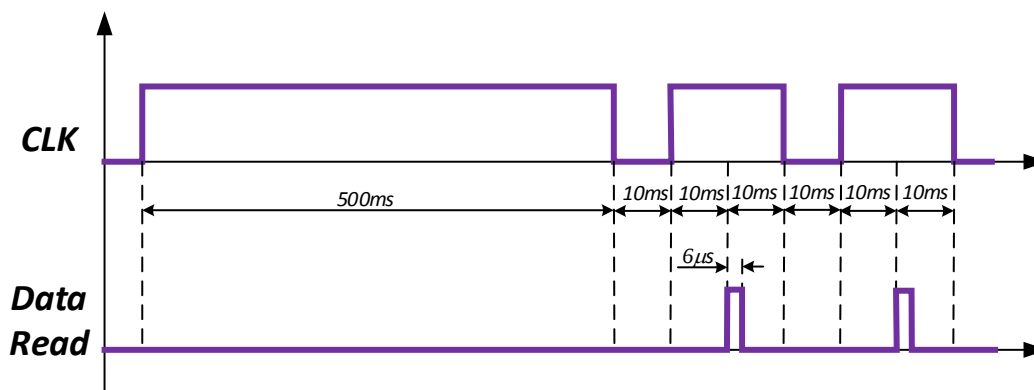


Darbības algoritmi

Spiediena mērīšanai tiek izmantots paštaisītais protokols. Datu pārraidei tika izveidotas divas līnijas: CLK – ar komunikācijas moduli ģenerēts taktu signāls; DataRead – informācijas līnija.



Sakumā, CLK līnijā parādīsies garš impulss ($500ms$), kuru spiediena devējs interpretēs kā starta signālu. Pēc tam mikrokontrolieris ģenerēs 16 taktu impulsus. Katra impulsa vidū notiek ieejošu datu lasīšana.



2.2. Viedtālruna programma

Bojas darbības parametru kontrolei tika uzrakstīta programma Android viedtālrunim. Tā pamatfunkcija ir datu un bojas atrašanās vietas ģeogrāfiskās koordinātes nolasīšana.

Programma arī ir spējīga aprēķināt distanci starp boju un telefonu. Ņemot vērā, ka boja tiks izmantota Baltijas jūras akvatorijā, zemes virsmas rādiuss tiek ignorēts. Kā arī ir pieņemts, ka visas koordinātes atrodas austrumu un ziemeļu puslodē.

Tādā gadījumā attālumu starp abonenta viedtālruni un GPS-moduli, kā arī moduļa azimutu, var aprēķināt pēc formulām:

$$\begin{aligned}
 A &= |Lon_2 - Lon_1| \times 111,32 \times \cos(Lat_1), \\
 B &= |Lat_2 - Lat_1| \times 111,13, \\
 Dist &= \sqrt{A^2 + B^2}, \\
 tg\alpha_p &= \frac{B}{A}, \\
 \alpha_p &= \arctg \frac{B}{A}, \\
 \alpha_A &= 90 - \alpha_p,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\tag{2}$$

kur: Lon_2 un Lon_1 – attiecīgi GPS-moduļa un viedtālruna ģeogrāfiskais garums (Longitude), grādos;

Lat_2 un Lat_1 – attiecīgi GPS-moduļa un viedtālruna ģeogrāfiskais platums (Latitude), grādos;

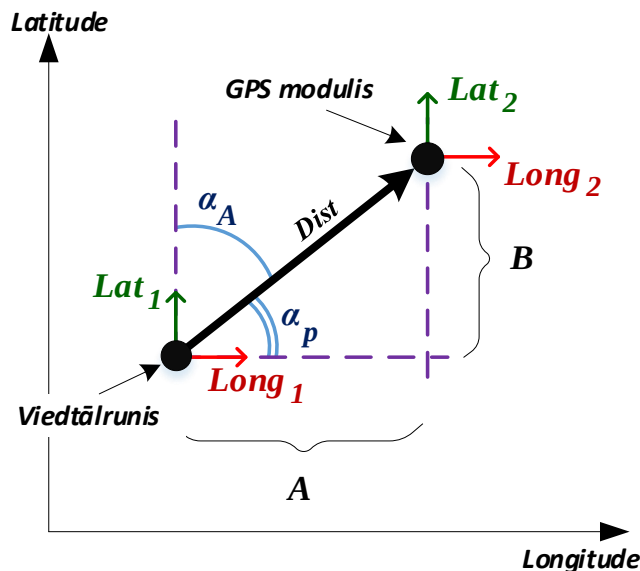
$111,32 \times \cos(Lat_1)$ – 1° ģeogrāfiskās paralēles loka garums, km [1, 2];

$111,13$ – 1° meridiāna loka garums, km [1, 2];

$Dist$ – attālums starp viedtālruni un GPS-moduli, km;

α_A – azimuts, grādos;

pārējie parametri atšifrēti zīmējumā:



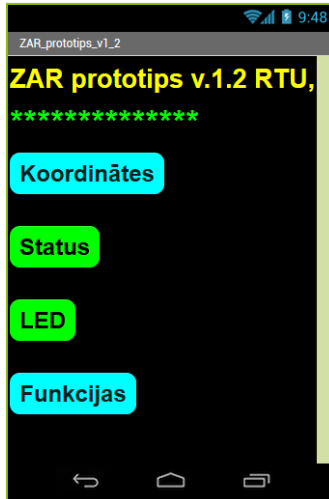
Formulu (2) var izmantot tikai, ja azimuts atrodas diapazona $0...90^\circ$. Citos gadījumos ir nepieciešama neliela modifikācija:

	$\begin{aligned} Lon_2 &> Lon_1 \\ Lat_2 &< Lat_1 \\ \alpha_A &= 90 + \alpha_p \end{aligned}$
	$\begin{aligned} Lon_2 &< Lon_1 \\ Lat_2 &< Lat_1 \\ \alpha_A &= 270 - \alpha_p \end{aligned}$
	$\begin{aligned} Lon_2 &< Lon_1 \\ Lat_2 &> Lat_1 \\ \alpha_A &= 270 + \alpha_p \end{aligned}$

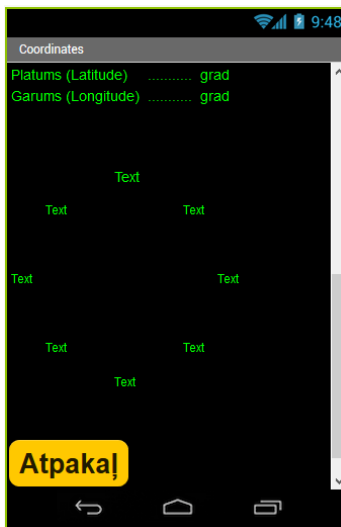
Interfeisa apraksts

Vizuāli programma tika izveidota dažās lapās.

Pēc palaišanas lietotājs redzēs sākotnējo lapu ar nosaukumu “ZAR_prototips_v1_2”, kur var izvēlēties darbības variantu. Lai pārietu no vienas lapas uz citu ir nepieciešams, sākumā, atgriezties sākotnējā logā (spiežot pogu “**Atpakaļ**”).



Logs “Koordinātes”. Vizuāli lapa tika izveidota vienā logā, kuru var bīdīt vertikālā virzienā.



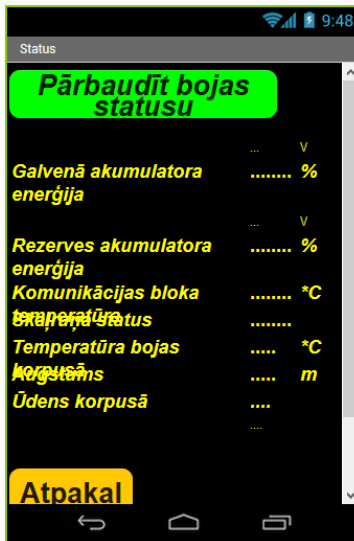
Pēc pogas “Nolasīt datus” nospiešanas viedtālrunis sūtīs pieprasījumu bojai. Datu saņemšana var aizņemt 6-10s. Ja telefona GPS modulis nav aktivizēts, tad programma uzskatīs, ka operators atrodas ekvatorā un, attiecīgi, distance un azimuts būs aprēķināti nepareizi.

Bojas kontrolei var ierakstīt koordinātes atmiņā, spiežot pogu “Starta vieta” (protams pēc koordinātes saņemšanas). Tad katru reizi pēc koordinātes jaunas nolasīšanas programma aprēķinās nobīdi kilometros.

Lai būtu vieglāk novērtēt virzienu uz boju, lapas apakšējā daļā tika izveidots kompass.

Logs “Status”. Var nolasīt sekojošus bojas parametrus: galvenā akumulatora enerģija (spriegums un procenti); rezerves akumulatora enerģija (spriegums un procenti); komunikācijas bloka temperatūra (Celsija

grādos), kas ir svarīgi ņemot vērā Li-Ion akumulatora darbības temperatūras diapazonu; skaļruņa status (ON – strādā, OFF – nestrādā); temperatūra bojas korpusā galvenā akumulatora tuvumā (Celsija grādos); spiedienu bojas korpusā (lai atvieglotu parametru interpretāciju, rezultāts tiek rādīts kā augstums metros); ūdens esība korpusā.



Logs “LED”. Var ieslēgt un izslēgt gaismas diodi. Piemēram, pēc skaļruņa izslēgšanas gaismas diodes mirgos, bet galvenā akumulatora uzlādei ir nepieciešams tās izslēgt.



Logs “Funkcijas”. Komunikācijas bloka programma periodiski var sūtīt SMS par dažiem bojas darbības momentiem. Šajā logā var aizliegt to darīt.

Bloka programmā ir arī SMS skaitu ierobežojums (20 sūtījumi). Ja šis limits ir sasniegts un operators grib arī tālāk saņemt paziņojumus, tad var dot programmai atļauju vēl uz 20 sūtījumiem, nospiežot pogu “Nākama SMS grupa”.

Jūnijs 26, 2018

Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lielaudas zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-000001



1. Internet – Longitude. <https://en.wikipedia.org/wiki/Longitude>
2. Internet – How to measure Latitude & Longitude. <http://www.longitudestore.com/how-big-is-one-gps-degree.html>

3. U2.3. Iekārtas prototipa salikšana un laboratorijas testēšana

3.1. Pastiprinātāju testēšana

Alpine MRX-T15 pastiprinātāja testēšanas laboratorijā

Visi mērījumi veikti ar sinusoidālas formas un 5kHz frekvences ieejas signālu. Slodzes ekvivalents - mazinduktīvu rezistoru *Caddock* MP930 10Ω virknes/paralēls slēgums, kopā iegūstot pārslēdzamas 2,48Ω un 5,82Ω pretestības ar pieļaujamo jaudu vismaz 30W.

Te jāatgādina, ka Lubell skaļruņa pretestība frekvenču diapazonā 4...12 kHz svārstās 3,2 ... 7,8Ω robežās.

Visi aktīvie komponenti sakopoti integrālā mikroshēmā, kas satur 2 pastiprinātājus (stereo kanāli). Katram pastiprinātājam izejas kaskāde veidota kā H-tipa tilts. Komutācijas frekvence - ap 315kHz.

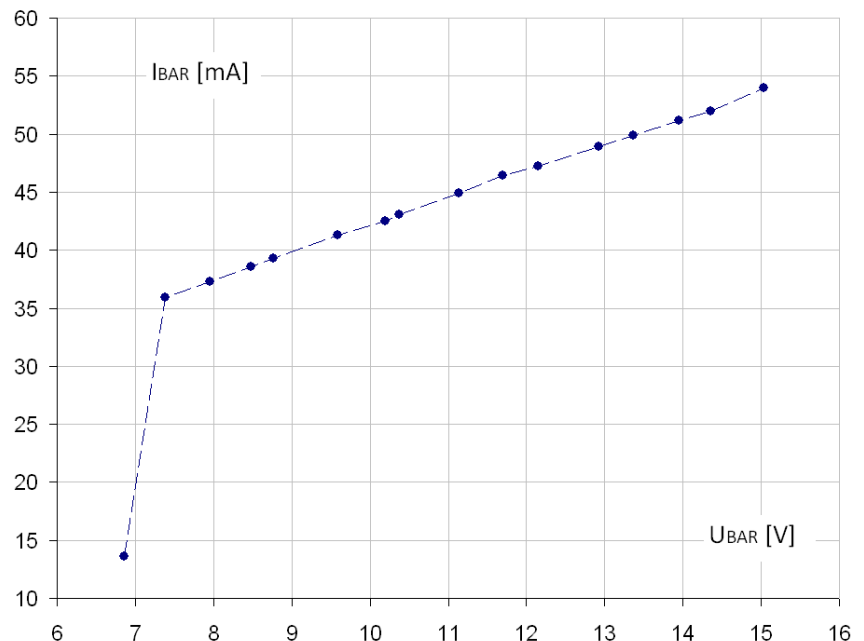
Tālākie mērījumi veikti, slogojot tikai vienu kanālu, jo:

Pagaidām paredzams, ka ierīcē būs tikai viens skaļrunis (izstarotājs).

Abu kanālu izeju paralēls slēgums (kas dažreiz ir pieļaujams A,B un C klases pastiprinātājos), šeit nav pieļaujams. Iemesls - lai samazinātu barošanas strāvas impulsu (tranzistoru pārslēgšanās laikā) amplitūdu, abu kanālu tilti netiek pārslēgti sinhroni, bet ar 90° nobīdi. Saslēdzot izejas paralēli periodiski atkārtosies situācija, kad ir atvērti gan augšējais, gan apakšējais tranzistori, un strāvu ierobežo tikai filtru induktātes.

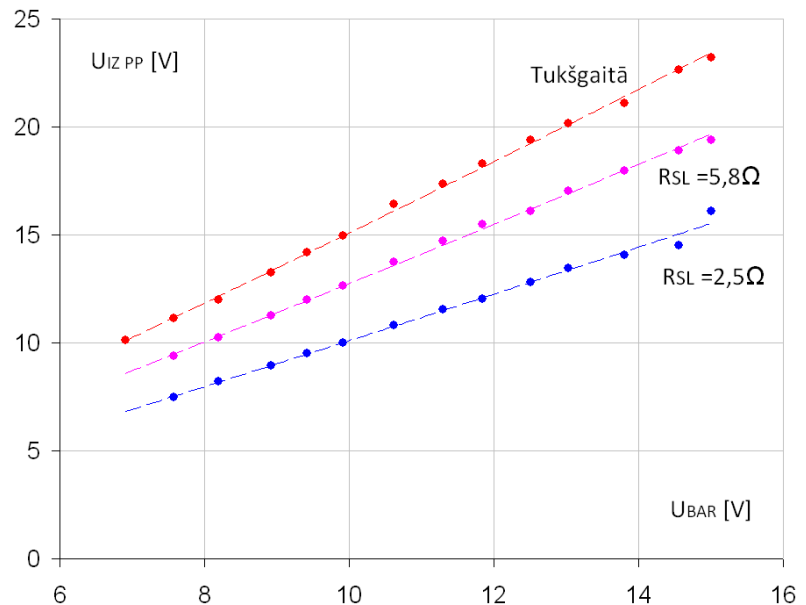
Miera strāvas atkarība no barošanas sprieguma

Pastiprinātājs sāk darboties jau pie 7,5V un saglabā lineāri pieaugošu un pieņemami mazu tukšgaitas strāvu līdz vismaz 15V barošanas spriegumam.



Maksimālais izejas spriegums atkarībā no slodzes pretestības un barošanas sprieguma

Šeit apzīmējums “maksimāls” attiecināts uz sinusoidālas formas pīķis/pīķis sprieguma vērtību, pie kuras vēl netiek novēroti kropļojumi ierobežošanas dēļ, kā arī D-klases pastiprinātājiem raksturīgas izsvārstījumu parādīšanās izejas spriegumā.



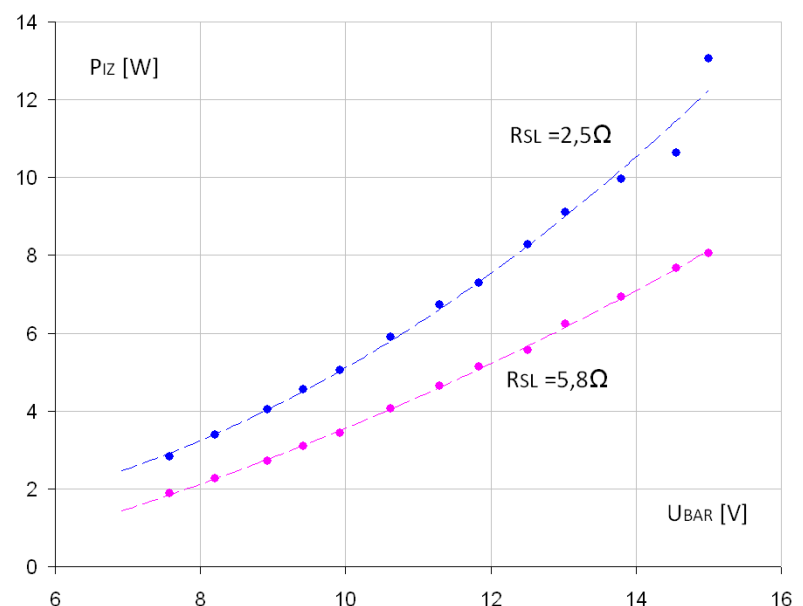
Kā redzams, pat tukšgaitā šis spriegums ir ievērojami mazāks par dubultu barošanas sprieguma vērtību (piem. 18V pie 12V barošanas). Vienlaikus sprieguma vēziens H tilta izejās nenožīmīgi atšķiras no barošanas sprieguma. Tāpēc novēroto var skaidrot ar LC filtra pastiprinātāja izejā induktātes ietekmi.

Slogojot pastiprinātāju ar 5,8 un it īpaši 2,5 Ω pretestību, papildus sprieguma zudumus rada arī sprieguma kritums uz atvērtu MOSFET tranzistoru kanāla pretestības.

Maksimālā izejas jauda atkarībā no slodzes pretestības un barošanas sprieguma

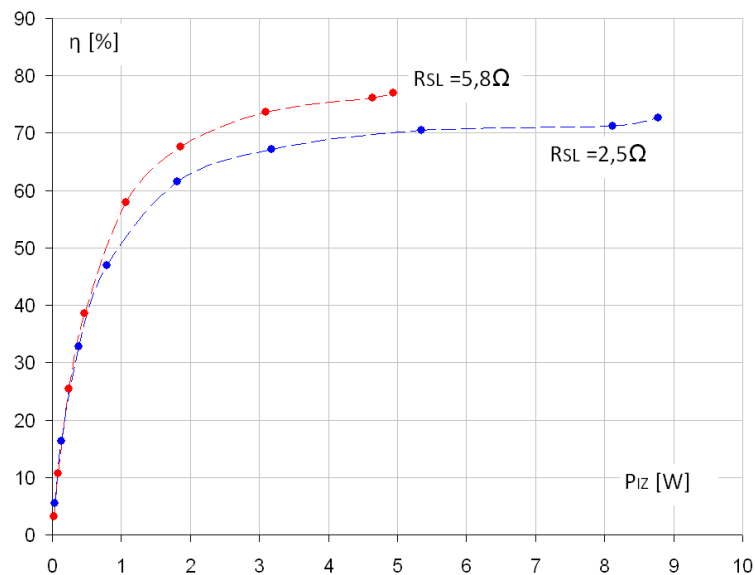
Šeit ir spēkā tie paši nosacījumi, kas iepriekšējam grafikam.

Te jāatgādina, ka Lubell skaļrunim ir pieļaujams līdz 20 V_{rms} spriegums (resp. 56 V_{pp}). Ar konkrēto pastiprinātāju pie 12...14V barošanas varam panākt tikai līdz 10% no Lubell skaļrunim pieļaujamās jaudas.



Lietderības koeficienta atkarība no slodzes pretestības un barošanas sprieguma

Aplūkotajam modelim lietderības koeficients pat pie lielākās slodzes pretestības ($5,8\Omega$) nesasniedz 85-95%, ko parasti sola ražotāji un kas ir vērojams pie maksimālās izejas jaudas. Jāsecina, ka šis pastiprinātājs ir piemērotāks $6...8\Omega$ slodzei un jaudai līdz 5W.



Sekojošā tabulā redzams efekts, ko nosaka pastiprinātāja lietderības koeficients. Te pieņemts:

izejas jauda = 10W

pastiprinātāja darba/pauzes attiecība = 1/4

barošanas spriegums = 12V

Lietderības koeficients	η [%]	70	75	80	85	90	95
Patērētā jauda	P _{PAT} [W]	14,3	13,3	12,5	11,8	11,1	10,5
Patērētā strāva	I _{PAT} [A]	1,19	1,11	1,04	0,98	0,93	0,88
Patērētais lādiņš	Q [Ah]	7,1	6,7	6,3	5,9	5,6	5,3

Redzams, ka 70% vietā panākot lietderības koeficientu 95%, ierīce darbosies gandrīz 35% izgāk!

Secinājumi:

- Konkrētais pastiprinātājs atzīstams par derīgu iekārtai, ja izmantosim 2 skaļruņus un pietiks ar 2x3...5W izejas jaudu $6...8\Omega$ slodzēs. Ja izmantosim tikai vienu pastiprinātāja kanālu, nelieterīgi tiks tērēta ap 15-20mA otra kanāla miera strāva.
- Stereo D-klases pastiprinātāju kanālu paralēls slēgums (lai spētu darboties uz mazomīgāku slodzi, piem. 4Ω skaļruni caur spriegumu paaugstinošu transformatoru) lielai daļai modeļu nav pieļaujams.
- Jaudas virs 30W sasniegšanai (pie 12V barošanas) nepieciešams pastiprinātājs, kas spēj nodrošināt pilnu sprieguma vēzienu uz $1..2\Omega$ slodzes, un jālieto paaugstinošu transformatoru. Vai arī 12V barošanas vietā jāpāriet uz 24 vai 36V barošanu - attiecīgi 2 un 3 virknē slēgti 12V akumulatori).

Paaugstinošie DC/DC pārveidotāji (no 12V uz augstāku) nav ieteicami, par ko liecina pieredze ar Alpine pastiprinātāju.

Alpine MRX-T15 pastiprinātāja papildus mērījumi

Prototipam izvēlētajam *Alpine* MRX-T15, kā jau vairumam autoaudio sistēmu ir vadības jeb t.s. *RemoteTurnOn* ieeja, kurai pieslēdzot +12...14V spriegumu, iekārta ieslēdzas. Strāva šajā ieejā ir ap 0,22mA. Pie zema līmeņa šajā ieejā pastiprinātāja patērētā strāva ir mazāka par 1mA.

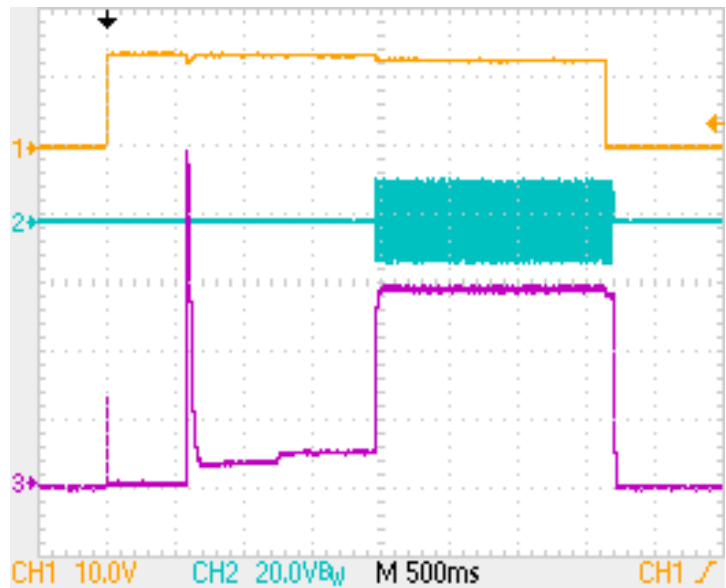
Šādas ieejas esamība un attiecīgā pastiprinātāja darbība labi atbilst darbam iecerētajā sistēmā, ļaujot pauzes laikā samazināt patērēto strāvu. Diemžēl ir arī negatīvā puse. Sekojošā oscillogrammā redzami:

- dzeltenā = spriegums vadības ieejā;
- zila = skaņas frekvences spriegums slodzē (avots pieslēgts visu laiku);
- violela = pastiprinātāja patērētā strāva.

Kā redzams:

Skaņas signāls slodzē parādās tikai pēc 2 sekunžu aiztures;

Ap 500ms pēc vadības signāla pieslēgšanas novērojams ap 5 ampēru liels strāvas pīķis, kas izskaidrojams ar DC/DC pārveidotāja darba sākumu un tā izejas kondensatoru uzlādi.



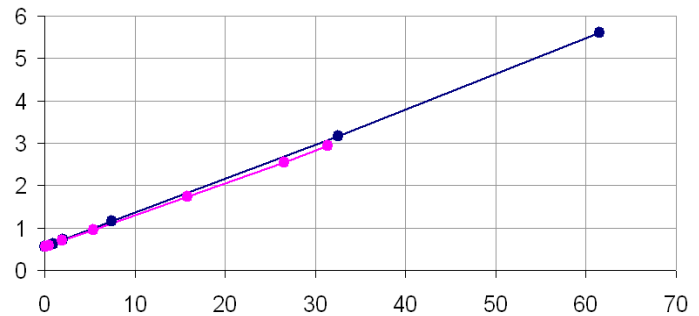
Ieslēgtā stāvoklī paša pastiprinātāja patērētā strāva ir ap 0,55A. Tātad:

Ja iekārta raidīs skaņas impulsus samērā bieži (ar 1...5 sekunžu intervāliem), garā ieslēgšanās aizture ir nepieņemama. Nāksies ilgstoši turēt pastiprinātāju aktīvā režīmā, samierinoties ar 0,55A patērēto strāvu.

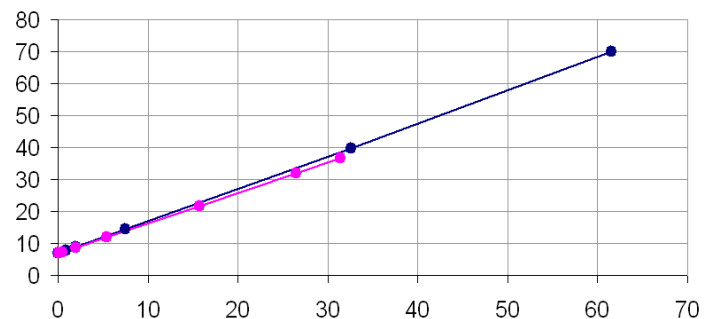
Ja skaņas impulsi sekos retāk, vadības iekārtai laicīgi jāaktivizē pastiprinātāju. Pārējā laikā to var atstāt pasīvā režīmā.

Tālāk seko eksperimentā uzņemtas pastiprinātāja enerģētisko parametru atkarības no jaudas slodzē, darbinot tikai vienu kanālu. Zilās līknes - pie 2,5 Ω slodzes, rozā - pie 5,8 Ω slodzes.

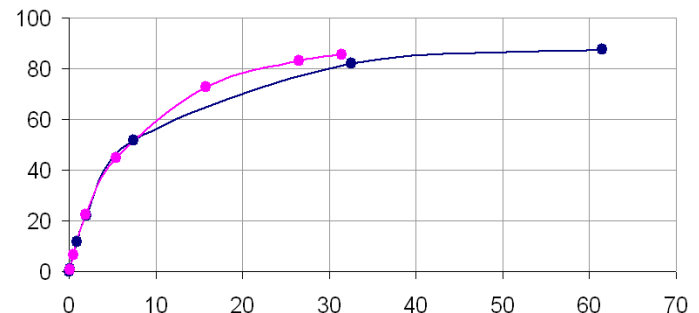
No 12,5V avota patērētā strāva [A]
atkarībā no jaudas slodzē [W].



No 12,5V avota patērētā jauda [W]
atkarībā no jaudas slodzē [W].



Lietderības koeficients [%] atkarībā no
jaudas slodzē [W].



Diemžēl D klases pastiprinātājiem solītais 70-90% lietderības koeficients šim modelim novērojams tikai pie samērā lielas izejas jaudas (virs 20...30W). Pie mazākas jaudas paša pastiprinātāja patērētie 7...10W dramatiski samazina lietderības koeficientu.

Tas liek domāt, ka iekārtas gala variantam jāmeklē citu risinājumu, resp. jākonstruē oriģinālu pastiprinātāju. Pie tam, lai izvairītos no ieslēgšanās aiztures, jāatsakās no paaugstinošā DC/DC pārveidotāja. Bet, lai iegūtu pietiekamu sprieguma amplitūdu slēdzē, jālieto paaugstinošu transformatoru.

SureElectronics pastiprinātāja un DC/DC pārveidotāja testēšana

Liela (piem. 100W) jauda izstarotājā pie zema barošanas sprieguma (12V) ir panākama 2 veidos:

1. Barot pastiprinātāju (ar pilnā tilta jeb H-tipa izejas kaskādi) no 12V. Un lietot paaugstinošu transformatoru pastiprinātāja izejā.
Piem., ja Lubell izstarotāja pretestība 5...12kHz diapazonā ir vidēji 6Ω , un pastiprinātājs spēj nodrošināt līdz 22V amplitūdu uz šādas slodzes, iegūsim 40W jaudu. Lai iegūtu 100W jaudu, slodzes pretestību jāpazemina līdz $2,4\Omega$, lietojot transformatoru ar vijumu attiecību 1:1,6.
2. Paaugstināt 12V barošanas spriegumu līdz lielākam un pieslēgt slodzi pastiprinātājam tieši.

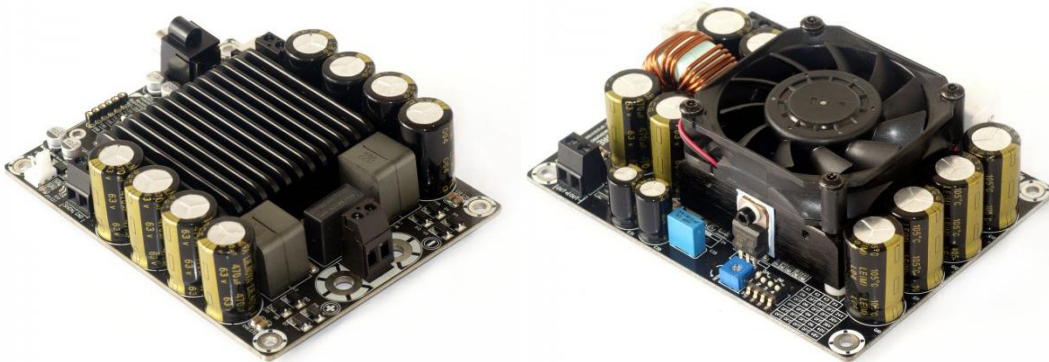
Tālāk aplūkots ierīču komplekts 2. veida realizācijai. Īss apraksts:

Pastiprinātājs **Sure Electronics AA-AB31282** (kreisajā attēlā)

- D-klases tehnoloģija ar H-tilta izejas kaskādi
- barošanas spriegums 15...36V
- maksimālā izejas jauda 200W (pie slodzes 3Ω , 34V barošanas, THD=10%)
- iebūvēta aizsardzība pret pārkaršanu, īsslēgumu slodzē
- ir “miega” režīms ar samazinātu patērēto strāvu
- signāla procesors - *Tripath* TC2001, draiveri un izejas kaskāde - *STMicroelectronics* STA516BE.

DC/DC pārveidotājs **Sure Electronics PS-SP12151** (labās puses attēlā)

- Boost topoloģija, darba frekvence 55kHz
- ieejas spriegums barošanas spriegums 11...27V
- izejas spriegums uzstādāms 24/30/36/40/48V
- iebūvēta aizsardzība pret pārkaršanu, īsslēgumu slodzē, iebūvēta ventilatora vadība
- ir “miega” režīms ar samazinātu patērēto strāvu

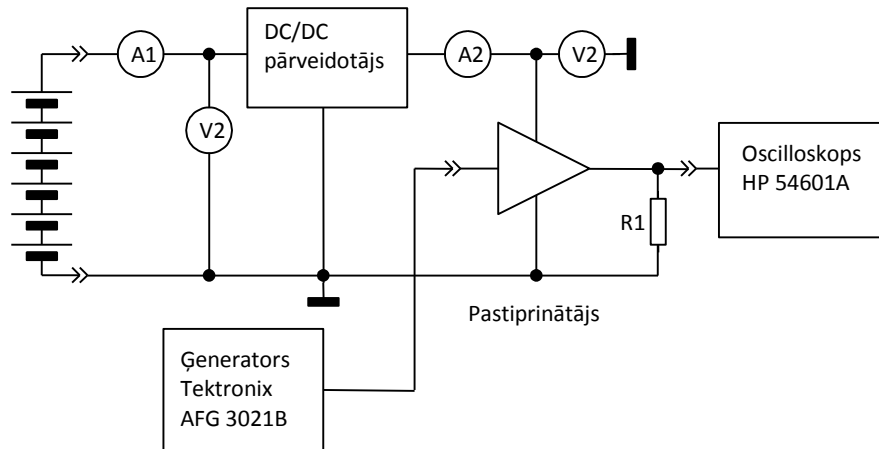


Abas ierīces samontētas uz 91x122mm lielām spiestām platēm, kas atvieglo to montāžu moduļi.

Patērētā jauda un lietderības koeficients

Mērījumos tika izmantoti:

- signāla ģenerators Tektronix AFG 3021B
- barošanas avots - 12V svina/skābes akumulators *Bosch S3 56AH*
- slodzes ekvivalents - lielas izkliedējamās jaudas stieples rezistors R1 ar 5,6Ω pretestību
- 4 kanālu osciloskops HP 54601A
- līdzstrāvas mērīšanai - testeris GwInstek GDM-396 (10A režīmā)
- līdzsprieguma mērīšanai - multimetrs HP 34401A
- izejas sprieguma mērīšanai - osciloskops Tektronix TDS2004B

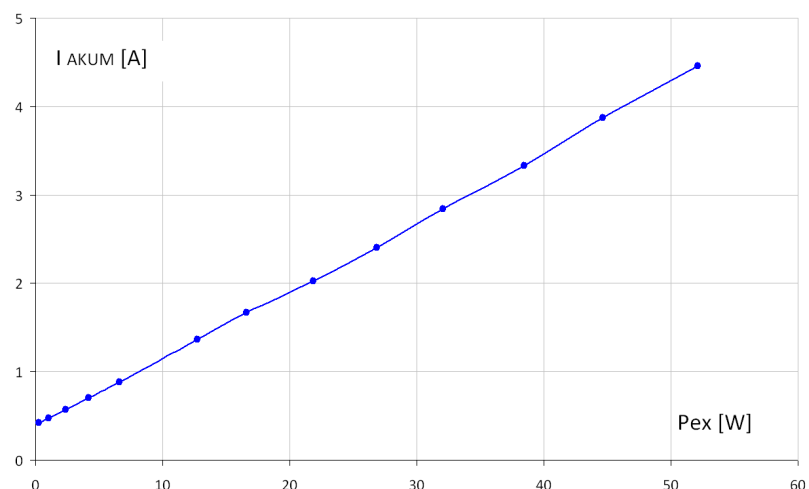


Pārveidotājā tika uzstādīts 30V izejas spriegums. Pat pie maksimālas testos panāktās jaudas slodzē tas samazinājās tikai par 10mV.

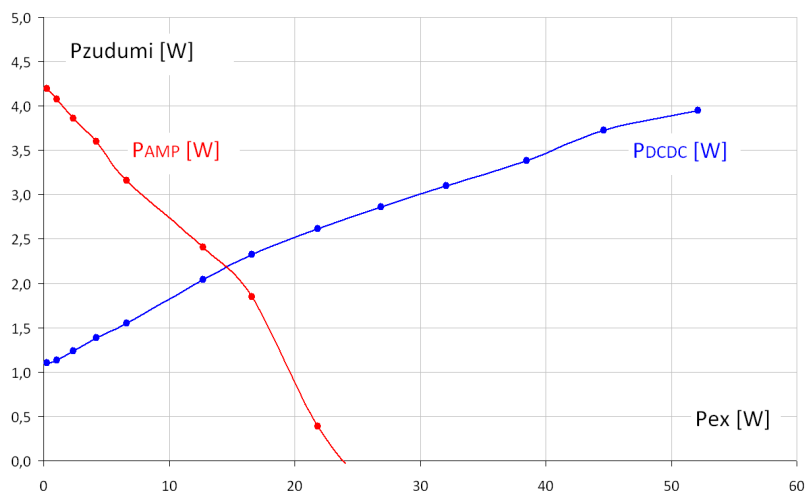
No 12V akumulatora patērētā strāva atkarībā no jaudas slodzē.

Bez ieejas signāla ($P_{ex}=0$) strāva ir 400mA, pie “iemidzināta” pastiprinātāja - 115mA.

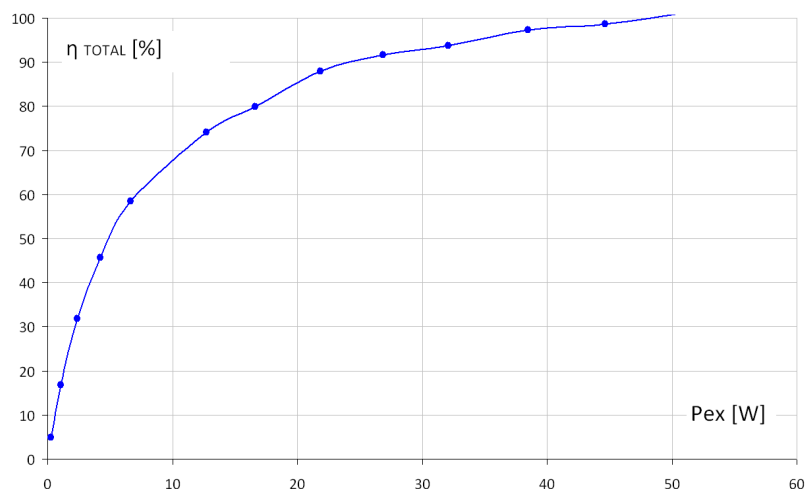
Diemžēl pārveidotāja Enable lietošana neko nedod -



Zudumi pārveidotājā un pastiprinātājā ļauj spriest par katra izdalīto siltuma daudzumu. Iegūtie pārveidotāja rezultāti ir ticami un ļauj neuztraukties par tā iespējamo pārkaršanu. Turpretim aprēķinātie zudumi pastiprinātājā (kā starpība starp tā patērēto jaudu un jaudu slodzē) nav vērtīgi ņemami. Iemesls - strāvu mērīšanai 12V un 30V ķēdēs izmantotie testerī GDM-396 neadekvāti apstrādā līdzstrāvu ar impulsveida komponentes klātbūtni.



Tā paša iemesla dēļ atsevišķi pārveidotāja un pastiprinātāja lietderības koeficienta aprēķins kļūva bezjēdzīgs (pastiprinātājam tas pie lielākas jaudas kļūva >100%). Toties kopējā lietderības koeficienta dati ir ticami (izņemot posmu pie Pex>45W, kur lietderības koeficients jau nedaudz pārsniedz 100%).



Darba un miega režīmi statiskā

Tabulā apkopoti no 12,5V patērētās strāvas mērījumi normālā darba režīmā (bez ieejas signāla) un dažādās pārveidotāja un pastiprinātāja miega režīmu kombinācijās:

Pārveidotājs	Pastiprinātājs	Patērētā strāva [mA]
Darbs	Darbs	429
Darbs	Miegs	128
Miegs	Darbs	188
Miegs	Miegs	103

Abu ierīču attiecīgās ieejas:

- Pastiprinātājam darba režīmā SHDN ievads jāatstāj nepievienots, tajā ir 3,2V spriegums. Pārslēgšanai miega režīmā SHDN jāsavieno ar blakus esošo GND izvadu, tajā plūst 0,17mA strāva.
- Pārveidotājam darba režīmā ievads EN jāatstāj nepieslēgts, spriegums tajā ir $\approx 0V$. Pārslēgšanai miega režīmā tas jāsavieno ar blakus esošo 12V izvadu, plūstot 0,3mA strāvai.

Mērījumi statiskā režīmā liecina, ka maksimālu strāvas ekonomiju var panākt, pārslēdzot abas ierīces miega režīmā. Shēmtehniski vienkāršāk būtu pārslēgt tikai pastiprinātāju (ziedojoš papildus 15mA), jo SHDN izvads ir tieši pieslēdzams mikrokontrolera izejai.

Pieņemot galīgo slēdzienu šajā jautājumā, jāņem vērā, ka prototipā abi režīmi tiks pārslēgti ļoti bieži. Un pārveidotāja pārslēgšana miega režīmā nozīmē kopumā ap $7000\mu F$ kapacitātes (pārveidotājā un pastiprinātājā kopā) izlādi no 30V līdz 14,5V un atkal uzlādi, pārslēdzoties normālā darba režīmā. Izdevīgāk būtu saglabāt šos kondensatorus 30V spriegumā un netērēt strāvu to uzlādei. $7000\mu F$ kapacitātes uzlāde no 15 līdz 30V prasa aptuveni 1A strāvu 100ms garā laikā!

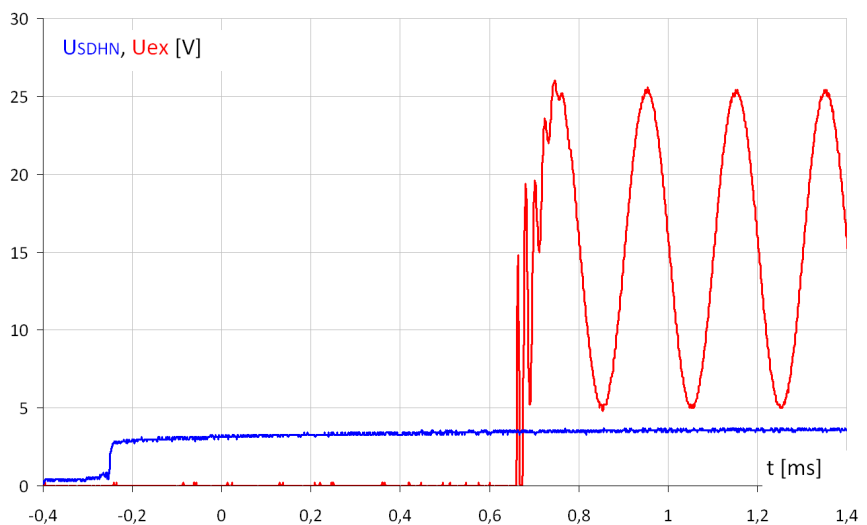
Tātad pārveidotāju pastāvīgi darba režīmā, bet pastiprinātāju ieslēgsim īsu brīdi pirms paredzētā skaņas signāla izstarošanas. Paliek jautājums - cik liela ir laika aizture no SHDN izvada pārslēgšanas līdz brīdim, kad pastiprinātāja izejā parādās pilnas jaudas signāls?

Darba un miega režīmi dinamikā

Vairāki mēģinājumi liecina par to, ka aiztures laiks nav atkarīgs no signāla jaudas.

Un tas nepārsniedz 1ms!

Salīdzinājumam - projekta sākumā testiem izmantotajam auto iebūvējamam pastiprinātājam Alpine MRX-T15 šī aizture bija vairāk nekā 2 sekundes!



Siltuma režīms

Kompaktā un noslēgtā korpusā ievietotām ierīcēm ļoti būtisks ir siltuma režīms. Tāpēc vairākos piegājienuos tika pārbaudīta pārveidotāja un pastiprinātāja radiatoru temperatūra dažādos darba režīmos. Temperatūra tika mērīta ar infrasarkanā termometru Mastech MS6530, kam interesējošā temperatūras diapazonā kļūda nepārsniedz $\pm 2,5^{\circ}C$. Mērījumi veikti pie istabas temperatūras $+22^{\circ}C$.

Uzreiz jāuzsver, ka nekad neizdevās novērot tik būtisku pārveidotāja uzsilšanu, lai iedarbotos tā ventilators. Un radiatora virsma nesasila vairāk par $+35^{\circ}\text{C}$.

Darbinot ar teju maksimālo jaudu 110W (slodze 2,7 Ω , barošana 30V), pastiprinātāja radiators 5 minūšu laikā uzsila līdz $+56^{\circ}\text{C}$, un iedarbojās iebūvētā aizsardzība. Pēc ilgākas dīkstāves un atdzišanas procesu varēja atkārtot.

Tik drastisks režīms prototipā netiks izmantots, tāpēc sekojošos piegājienu nepārtraukta signāla vietā ar divu ģeneratoru Tektronix TDS2004B palīdzību tika sagatavots signāls, kas pēc amplitūdas un laika parametriem (attiecība signāls/pauze) vairāk līdzinātos prototipā izmantotajam:

- $U_{\text{ex}}=26\text{Vpp}$ $R_{\text{slodze}}=5,6\Omega$ $P_{\text{ex}}=60\text{W}$
- signāla - 5kHz SIN, 100% amplitūdas modulēts ar impulsveida signālu (impulsa garums 20%, periods 0,1...2Hz)

Temperatūra tika mērīta ik pēc 30 minūtēm, iepriekš uzstādot impulsa garumu 10, 20 un 30%. Augstākā temperatūra pastiprinātāja radiatoram tik novērota 49°C .

Blakus attēlā:

pārveidotāja un pastiprinātāja plates novietotas viena otrai pretī uz pastiprinātāja radiatora nostiprināts neliels ventilators (12V 75mA), kas tiek pastāvīgi barots no ienākošā akumulatora sprieguma.



Pastiprinātājs tika darbināts ar aptuveni 50W jaudu slodzē nepārtraukti.

Pēc 30 minūtēm:

- ar iepriekš minēto infrasarkanā termometru lielākā novērojamā temperatūra konstrukcijā nepārsniedza 32°C .
- slodzes ekvivalenta (jaudīga stieples rezistora) temperatūra sasniedza 132°C un tā pretestība samazinājās līdz 3,96 Ω (istabas temperatūrā pie 22°C - 5,56 Ω). Acīmredzot, stieples materiālam ir negatīvs pretestības temperatūras koeficients vai arī bojāts stieples virsmas oksīda slānis, un, siltumā izplešoties, saīso vijumus.
- no akumulatora tika patērēta 56,2W jauda (11,98V 4,69A), 3,96 Ω slodzē atdota 46W jauda, abas ierīces kopā siltumā izkliedēja 10W jaudu, kopējais lietderības koeficients 82%

Secinājums - šādā veidā pārveidotāju un pastiprinātāju var darbināt arī ilgstoši.

Konstrukcijas gabarīti:

abas plates - 122x91,5mm, 2,6mm biezas

starp platēm pagaidām ievietoti 62mm distanceri

attālums starp plašu ārējām virsmām - 67mm, ņemot vērā jodējumus un skrūvju galvas (papildus 3mm katrai platei) kopā - 73mm

3.2. Transformatora testēšana

Slodzes ekvivalents

Iepriekš izmantotā stieples rezistora pretestības samazināšanās, uzsilstot līdz 100-120°C ir pārāk liela, lai to izskaidrotu ar materiāla pretestības termisko koeficientu. Visdrīzāk iemesls ir stieples oksidētās virsmas bojājumi un blakus vijumu saskaršanās, siltumā izplešoties. Lai izvairītos no slodzes sasilšanas ietekmes uz mērījumu rezultātiem, tikai izgatavota attēlā redzamā konstrukcija - uz alumīnija radiatora nostiprināti 8 rezistori TO-220 korpusos (*Caddock* MP930-10.0-1%). Katra pretestība - 10Ω, saslēgtas virknē 2 grupas pa paralēli slēgtiem 4 rezistoriem, kopā veidojot 5Ω pretestību.

Ar stacionāru testeru HP 34401A veikti pretestības mērījumi (izšķirtspēja 1mΩ) liecina, ka temperatūras diapazonā 20-60°C pretestības izmaiņa nepārsniedz 1%. Lieliski.

Bez piespiedu ventilācijas slodzes ekvivalenta temperatūra pie 60W jaudas sasniedz 55°C. Diezgan droši slodzi var lietot līdz 100-120W jaudām, ar ventilatoru - pat līdz 200-220W.

Šie rezistori izgatavoti plāno kārtiņu tehnoloģijā un nodrošina minimālu parazītisko inuktāti. Vienīgais trūkums - cena mazā apjomā ir virs 10EUR.



Manā rīcībā ir tikai deviņi 10Ω rezistori, tāpēc šādā veidā varu izgatavot tikai dažu nominālu slodzes, kombinējot virknes un paralēlu slēgumu.

Transformators

Ja jaudas pastiprinātāju baros ar 12V spriegumu, būs nepieciešams spriegumu paaugstinošs transformators, lai sasniegtu 60W jaudu 3,5...6,0Ω slodzē (Lubell skaļrunis 5-12kHz diapazonā). Kā vidējo pieņemsim 5Ω pretestību. No otras puses:

- pie 12V barošanas un 1V kopējā sprieguma krituma uz izejas kaskādes tranzistoriem pastiprinātāja izejā (H-tilts) varam sagaidīt 11V amplitūdu;
- 60W jauda pie 11V amplitūdas pieprasa 1Ω slodzi;
- nepieciešams paaugstinošs transformators ar vijumu attiecību $\sqrt{5/1} = \sqrt{5} = 2,23$

No mūsu rīcībā esošajām ferrīta serdēm piemērotākā ir attēlā redzamā:

Epcos B64290L82x37 R50x30x20
 materiāls - MnZn Siferit T37
 $\mu_i = 6000 \dots 6500$
 optimāls frekvenču diapazons 10-300kHz
 piesātinājuma magnetizācija $B_{MAX} = 0,35 \text{ T}$
 $AL = 12 \text{ mH}$
 serdes šķēsgriezums $AC = 1,95 \text{ cm}^2$



Primārā tinuma vijumu skaitu aprēķinu pēc zināmās formulas $N_{PRI} = \frac{V_{IN} \cdot 10^4}{4 \cdot f \cdot B_{MAX} \cdot A_C}$, kur

- V_{IN} - ieejas sprieguma amplitūda, pie 12V barošanas un sprieguma krituma uz izejas kaskādes tranzistoriem 1V būtu 11V;
- f - frekvence, šoreiz 5-12kHz joslas zemākā frekvence 5000 Hz;
- B_{MAX} - lai nepieļautu piesātināšanos, pieņemsim 0,25T;
- $AC = 1,95 \text{ cm}^2$

Iegūstam 11,28 respektīvi 11 vijumus. Un sekundāram tinumam attiecīgi 25 vijumus.

Lai praksē pārbaudītu izvēlētajā serdes un aprēķina atbilstību tika:

- uztīts transformators ar vijumu attiecību 1:1
- veikti iepriekš aprakstītā *SureElectronics* pārveidotāja un pastiprinātāja mērījumi, 5Ω slodzi pieslēdzot tieši un caur 1:1 transformatoru.

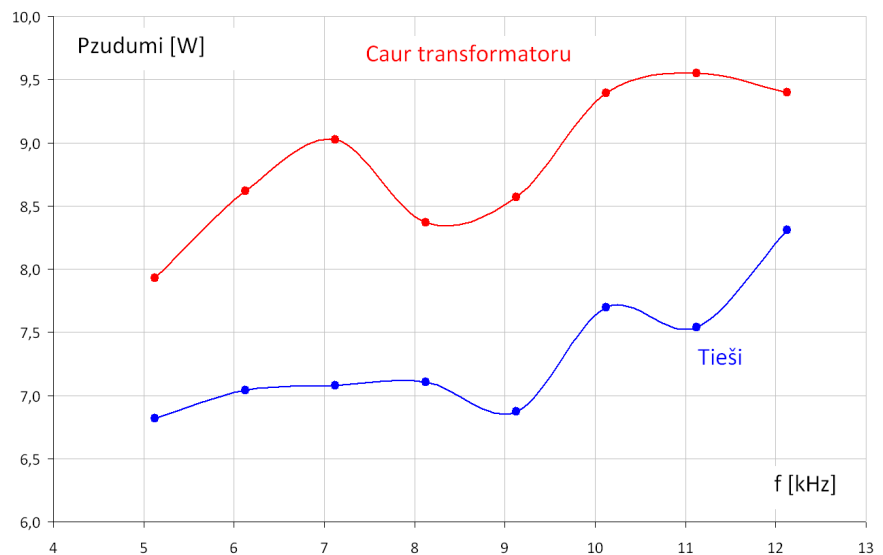
Šim testam transformatora vijumu skaits tika pārrēķināts 29V sprieguma amplitūdai - 30 vijumi. Faktiski attēlā redzamajā paraugā abos tinumos ir nedaudz vairāk - 36 vijumi ar $0,91 \text{ mm}^2$ lakotu vara stiepli.

Mērījumos tika fiksēta no 12V avota patērētā un 5Ω slodzē izkliedētā jauda. Vispirms pieslēdzot slodzi tieši, pēc tam - caur 1:1 transformatoru (pie frekvencēm 5-12 kHz). Kritērijs transformatora derīgumam - zudumu jaudas pieaugums salīdzinot ar tiešu pieslēgumu.

Kā redzams, transformatora ieslēgšana palielina zudumus tikai par 1...2W, kas būtu pieļaujams.

Kopējais lietderības koeficients mērījumu sērijā bija 87...89% pie tieša pieslēguma un 85...87% - caur transformatoru.

Ap pusstundu garā mēģinājumā pie 60W jaudas slodzē transformatora uzsilšana netika novērota.



Var secināt, ka aprēķins un serde atbilst iecerētajam.

Tomēr jāņem vērā - iepriekš aprēķinātajā transformatorā primārajā tinumā plūdīs līdz 11A strāva. Lai vada omiskā pretestība neradītu ievērojamus jaudas zudumus, primārā tinuma pretestībai jābūt zem 0,01Ω. Pie viena vijuma garuma ap 8cm un 11 vijumiem vada garums būs ap 90cm. Izmantojot vara vadu ar īpatnējo pretestību $1,68 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$, tā šķērsgriezumam jābūt vismaz $1,5 mm^2$. Faktiski serdes izmēri pieļauj vēl lielāka šķērsgriezuma vada izmantošanu, tāpēc šis faktors problēmas neradīs.

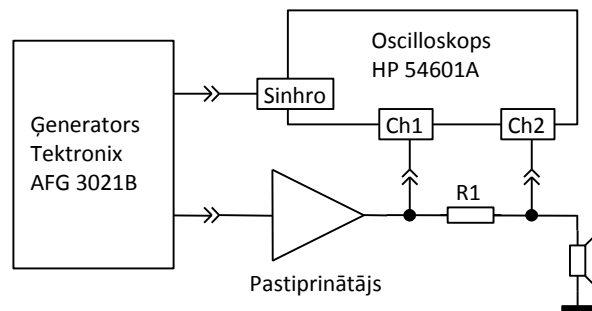
3.3. Lubell zemūdens skaļruņa testēšana

Mērījumos tika izmantoti:

- signāla ģenerators Tektronix AFG 3021B
- jaudas pastiprinātājs
- mazinduktīvs rezistors R1 ar 5Ω pretestību (uz radiatora montēti divi paralēli slēgti rezistori MP930 10Ω 1%)
- 4 kanālu osciloskops HP 54601A

Mērījumos:

- spriegums Ch2 atbilst spriegumam uz slodzes (skaļruņa)
- spriegumu starpība Ch1-Ch2, dalīta ar R1 pretestību, atbilst strāvai caur slodzi
- spriegumu Ch1 un Ch2 nobīde laikā, attiecināta pret signāla periodu, atbilst strāvas fāzes nobīdei
- lai samazinātu traucējumu ietekmi, tika izmantots ģeneratora sinhroizes signāls, kā arī vidējošanas režīms (Averaging) osciloskopā.

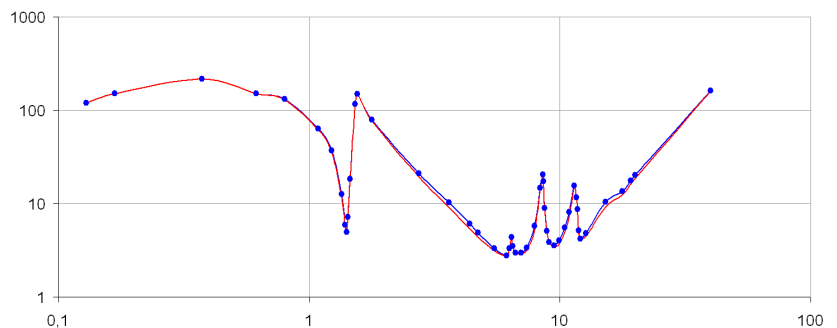


Skaļruņa pretestības atkarība no frekvences “sausā” stāvoklī

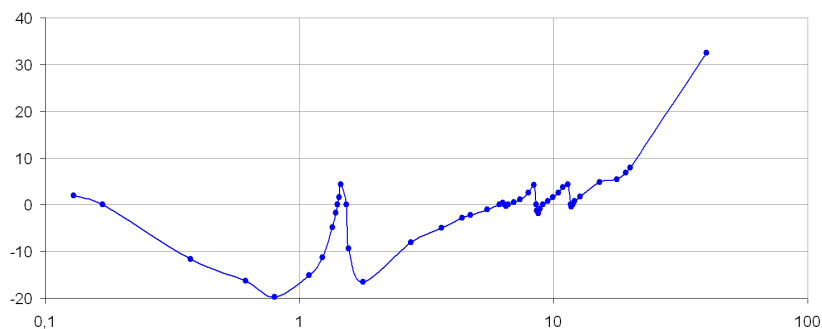
Sekojošajiem ieteikumiem sprieguma amplitūda uz skaļruņa nepārsniedza 1V.

Aprēķinot kompleksās pretestības aktīvo un reaktīvo daļu, pieņemts abu virknes slēgums.

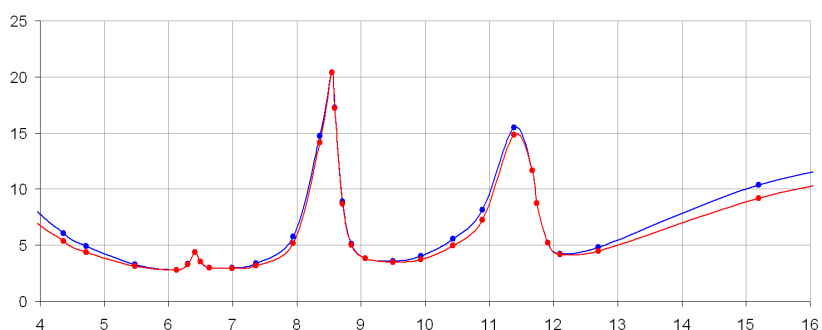
Kompleksā pretestība (zila) un tās aktīvā daļa (sarkana) frekvences diapazonā 120Hz...40kHz.



Strāvas fāzes nobīde (grādos) frekvences diapazonā 120Hz...40kHz.



Kompleksā pretestība (zila) un tās aktīvā daļa (sarkana) frekvences diapazonā 4kHz...16kHz.



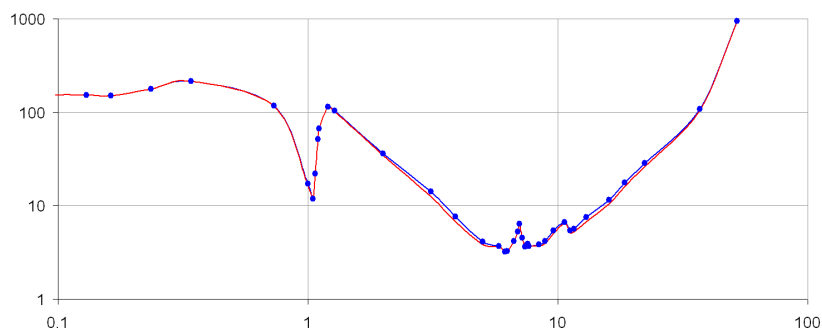
Pretestības izmaiņas pie atsevišķām frekvencēm skaidrojamas ar elektromehāniskām rezonansēm skaļrunī. Interesējošajā frekvenču diapazonā skaļruņa pretestība nav mazāka par $2,5\Omega$. Rezonanses frekvencēm (8,5kHz un 11,4kHz) pēc skaļruņa ievietošanas ūdenī vajadzētu mainīties.

Skaļruņa pretestības atkarība no frekvences ūdenī

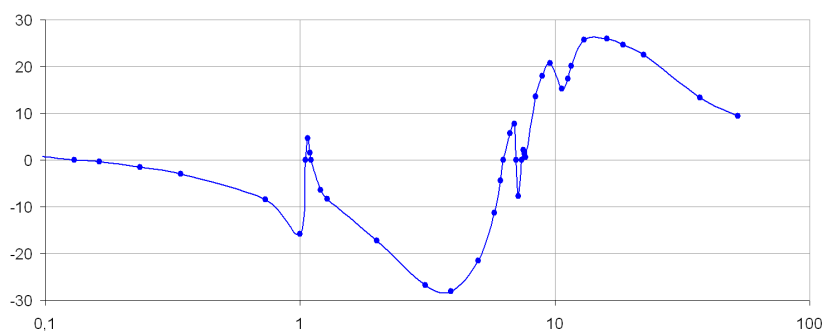
Mērījumi_2 = skaļruņa pretestības atkarība no frekvences "ūdenī"

Skaļrunis tika ievietots 45x70cm platā un 30cm dziļā vannā, piepildītā ar ūdensvada ūdeni istabas temperatūrā. Rezultāti jāaplūko kā informatīvi. Akustiski pareizi būtu veikt mērījumus bezatbalss kamerā (resp. lielā ūdens tilpumā bez atstarojumiem no baseina sienām).

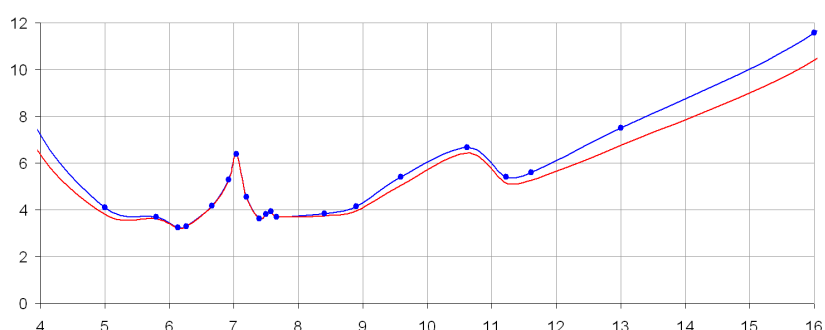
Kompleksā pretestība (zila) un tās aktīvā daļa (sarkana) frekvences diapazonā 120Hz...40kHz.



Strāvas fāzes nobīde (grādos) frekvences diapazonā 120Hz...40kHz.



Kompleksā pretestība (zila) un tās aktīvā daļa (sarkana) frekvences diapazonā 4kHz...16kHz.

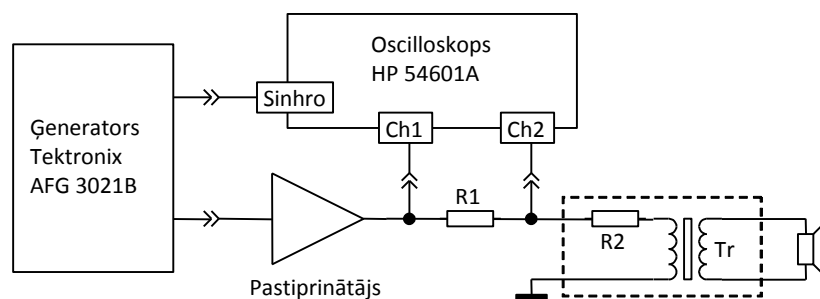


Kā jau bija sagaidāms, rezonanses frekvences nobīdījās uz zemākām (8,5→7,0 un 11,4→10,6).

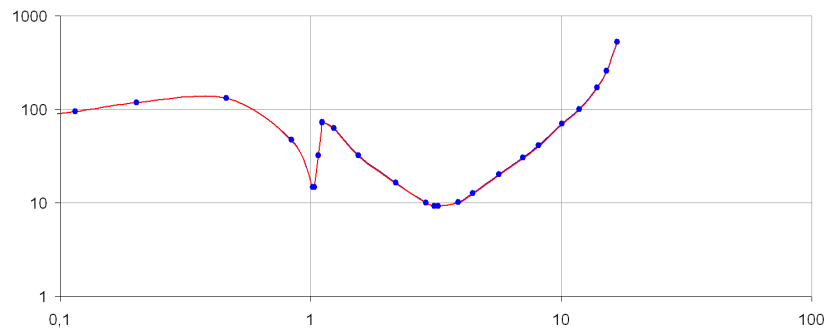
Iepriecina, ka rezonanses izmazāk izteiktas, līdz ar to interesējošā frekvenču diapazonā skaļruņa pretestības izmaiņas samazinājušās.

Caur transformatoru pieslēgta skaļruņa pretestības atkarība no frekvences ūdenī

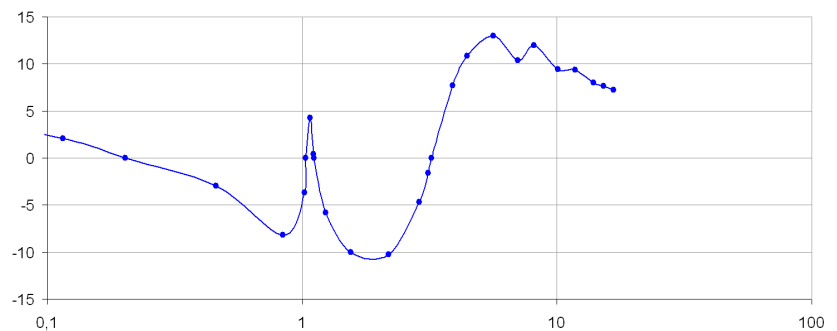
Skaļrunis ūdens vannā tika pieslēgts caur salāgojošo transformatoru AC202C. Tā korpusā primārajam tinumam virknē ieslēgta 4Ω 50W rezistors R2. Transformatora (tips T544434, ražotājs nezināms) vijumu attiecība nezināma.



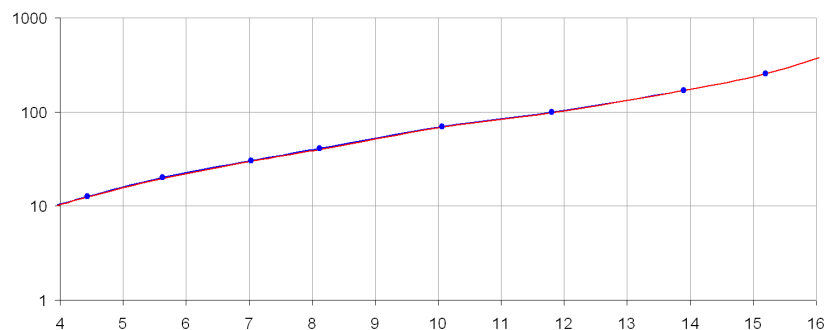
Kompleksā pretestība (zila) un tās aktīvā daļa (sarkana) frekvences diapazonā 120Hz...17kHz.



Strāvas fāzes nobīde (grādos) frekvences diapazonā 120Hz...17kHz.



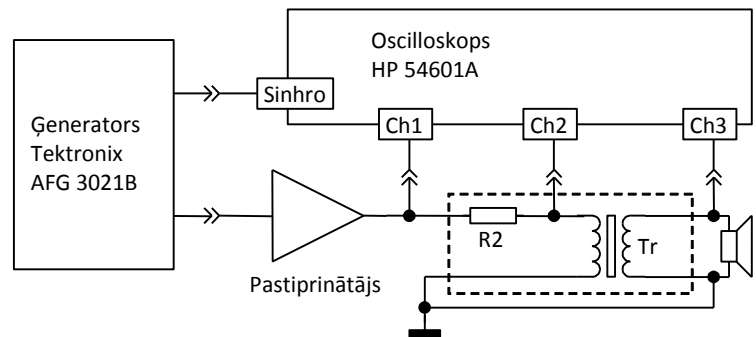
Kompleksā pretestība (zila) un tās aktīvā daļa (sarkana) frekvences diapazonā 4kHz...16kHz.



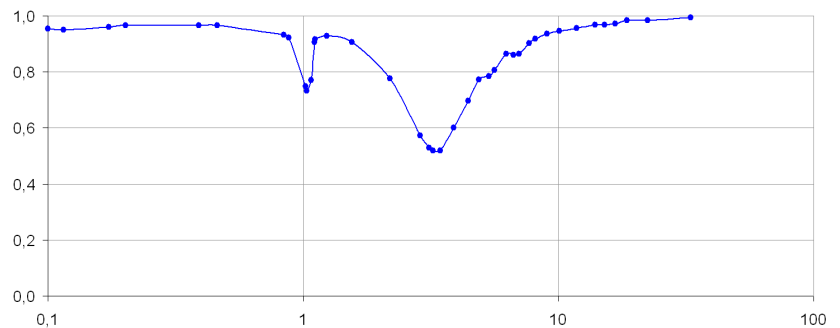
Pozitīvais transformatora lietojuma efekts - mazākas fāzes izmaiņas un mazāka reaktīvās pretestības vērtība. Tomēr kopējā pretestība ir nesamērīgi liela - neatbilstoša 50...100W jaudas pastiprinātājiem, kas paredzēti 4...8Ω slodzei. Pieslēgums caur šo transformatoru būtu ieteicams tad, ja lietotu t.s. apziņošanas sistēmu pastiprinātājus, kam raksturīgs palielināts izejas spriegums.

Transformatora pārvades koeficienta atkarība no frekvences ūdenī

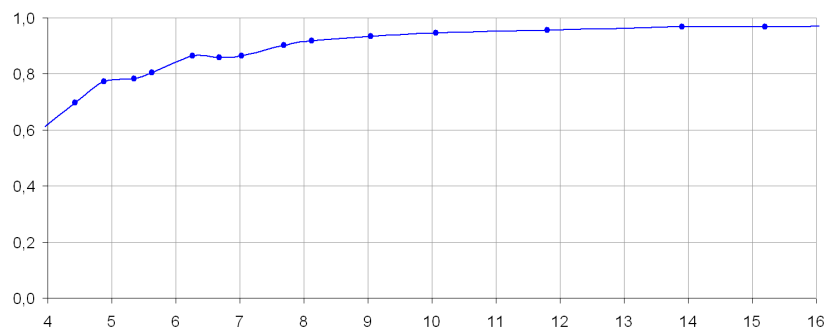
Šo mērījumu mērķis - noskaidrot transformatora pārvades koeficientu un jaudas zudumus tā korpusā iebūvētajā rezistorā R2.



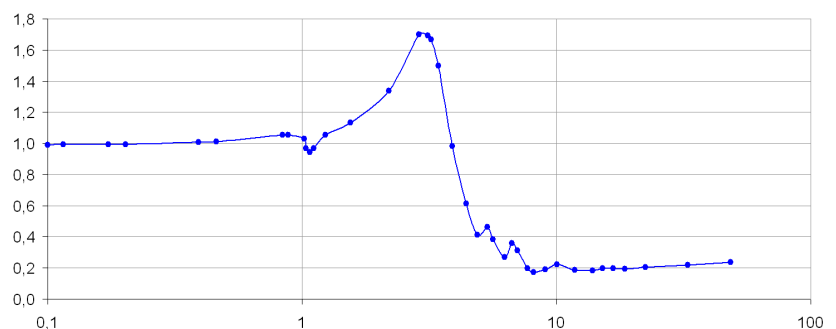
Jaudas skaļrunī attiecība pret kopējo pastiprinātāja izejas jaudu frekvences diapazonā 100Hz...32kHz.



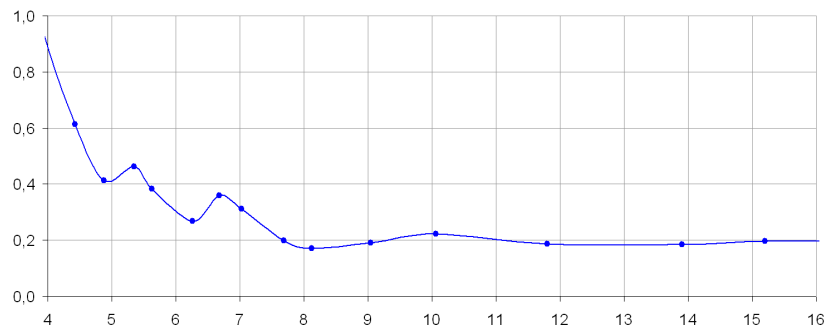
Jaudas skaļrunī attiecība pret kopējo pastiprinātāja izejas jaudu frekvences diapazonā 4kHz...16kHz.



Sprieguma uz skaļruņa (Ch3) attiecība pret spriegumu transformatora ieejā (Ch2) frekvences diapazonā 100Hz...32kHz.



Sprieguma uz skaļruņa (Ch3) attiecība pret spriegumu transformatora ieejā (Ch2) frekvences diapazonā 4kHz...16kHz.



Redzams, ka interesējošā frekvenču diapazonā 4...16kHz:

- transformators darbojas kā spriegumu pazeminošs (apmēram 5 reizes);
- balasta rezistorā R2 tiek zaudēti ap 5...20% pastiprinātāja izejas jaudas.

Tas apstiprina iepriekšējo secinājumu - izmantot šo transformatoru 4...8Ω slodzei paredzētam pastiprinātājam nav lietderīgi.

3.4. Akumulatora testēšana

Akumulators

GWL Power Group Technology Solutions ražotajā akumulatorā ir tikai 4 virknē saslēgtas lītiņa jonu šūnas bez iebūvētas aizsardzības un balansēšanas shēmas.

Tips	LP12V60AH+
Ietilpība	60 ± 12 [Ah]
Pieļaujamais spriegums	11,5 ... 15,5 [V]
Optimālā izlādes strāva	< 30 [A]

Pēc ražotāja apgalvotā akumulatora šūnas tiek neatgriezeniski bojātas, ja:

- pie uzlādes spriegums sasniedz 16,0V
- pie izlādes spriegums samazinās līdz 11,0V.

Izlādes režīms

Protams, korektāk būtu izlādi veikt vienā piegājienā. Ņemot vērā paredzamo ietilpību 60Ah un darba dienas garumu (un nepieciešamību pastāvīgi novērot notiekošo), tas liktu uzstādīt 8...10A lielu izlādes strāvu, kas ne gluži atbilst darbam iekārtā ar vidējo patērēto strāvu ap 0,5...1A. Tāpēc kā kompromiss tika izvēlēta 5A izlādes strāva, samierinoties ar pilnu izlādi vairākos piegājienu. Praksē izlāde prasīja 3 piegājienu (4 + 6 + 4 stundas) ar gandrīz 12-18 stundu garām pauzēm.

Slodze

Kā slodze tika izmantota iekārta-elektroniski vadāmā slodze *Thurlby Thandar Instruments* LD300, uzstādot konstantas strāvas režīmu.

Sprieguma mērīšana

Tika novērots, ka pie 5A strāvas LD300 iebūvētais voltmetrs uzrāda ap 70mV mazāku spriegumu, nekā tieši akumulatora klemmēm pieslēgts voltmetrs. Acīmredzot, tik liels ir sprieguma kritums savienojošos vados pie 5A strāvas. Tāpēc akumulatora sprieguma mērīšanai tika izmantots nevis LD300 iebūvētais, bet *Hewlett Packard* multimetrs HP 34401A ar 1mV izšķirtspēju.

Laika mērīšana

Sprieguma izmaiņas laikā varētu fiksēt arī ar t.s. loggeriem (piem. Testo 175-S1) vai virtuāliem instrumentiem, uzstādot noteiktu mērīšanas periodiskumu. Taču šo instrumentu izšķirtspēja ir visai zema (tipiski - 8-10 biti, kas pie 15V pilnas skalas sprieguma nozīmē izšķirtspēju 15...60mV).

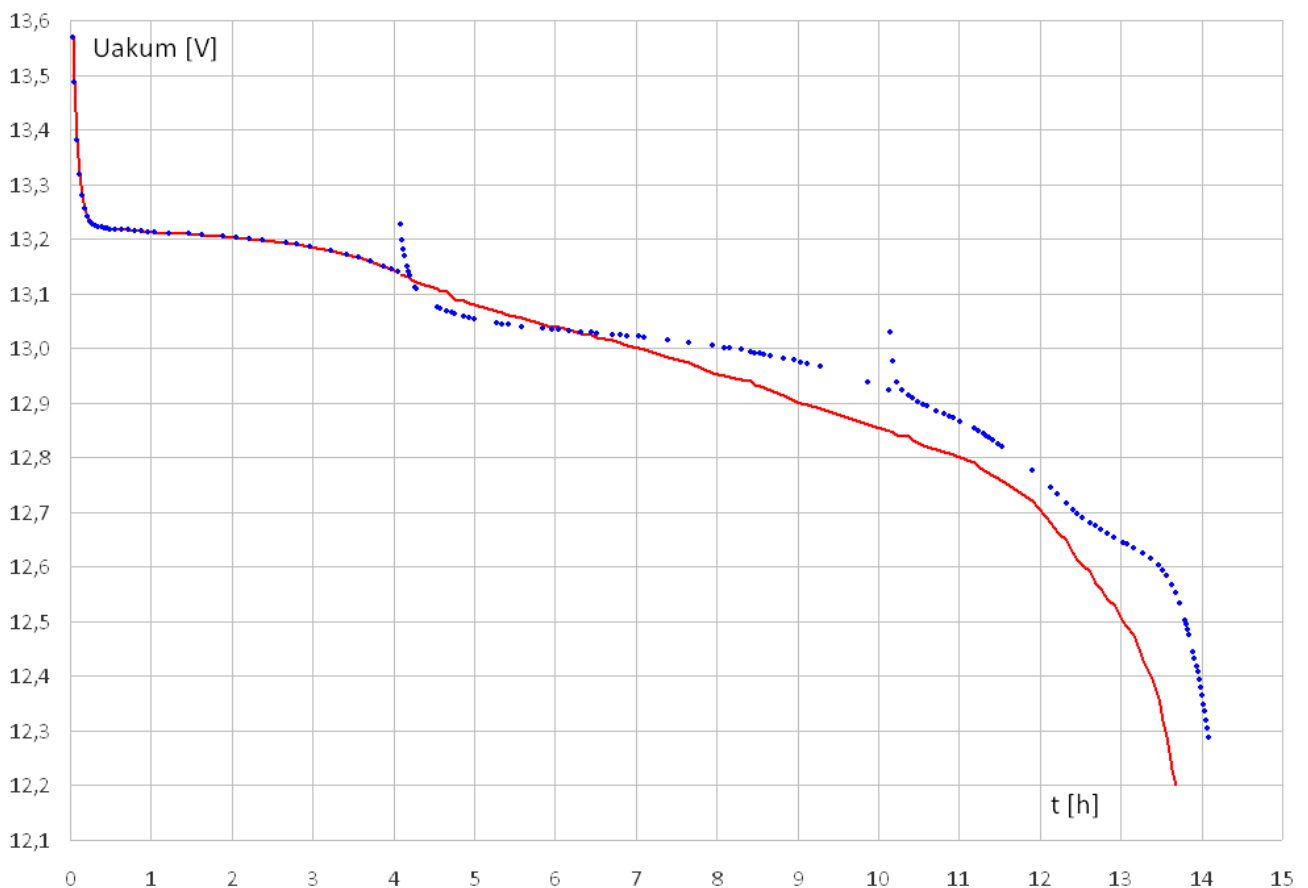
Tāpēc mērīšana norisa "manuālā" režīmā:

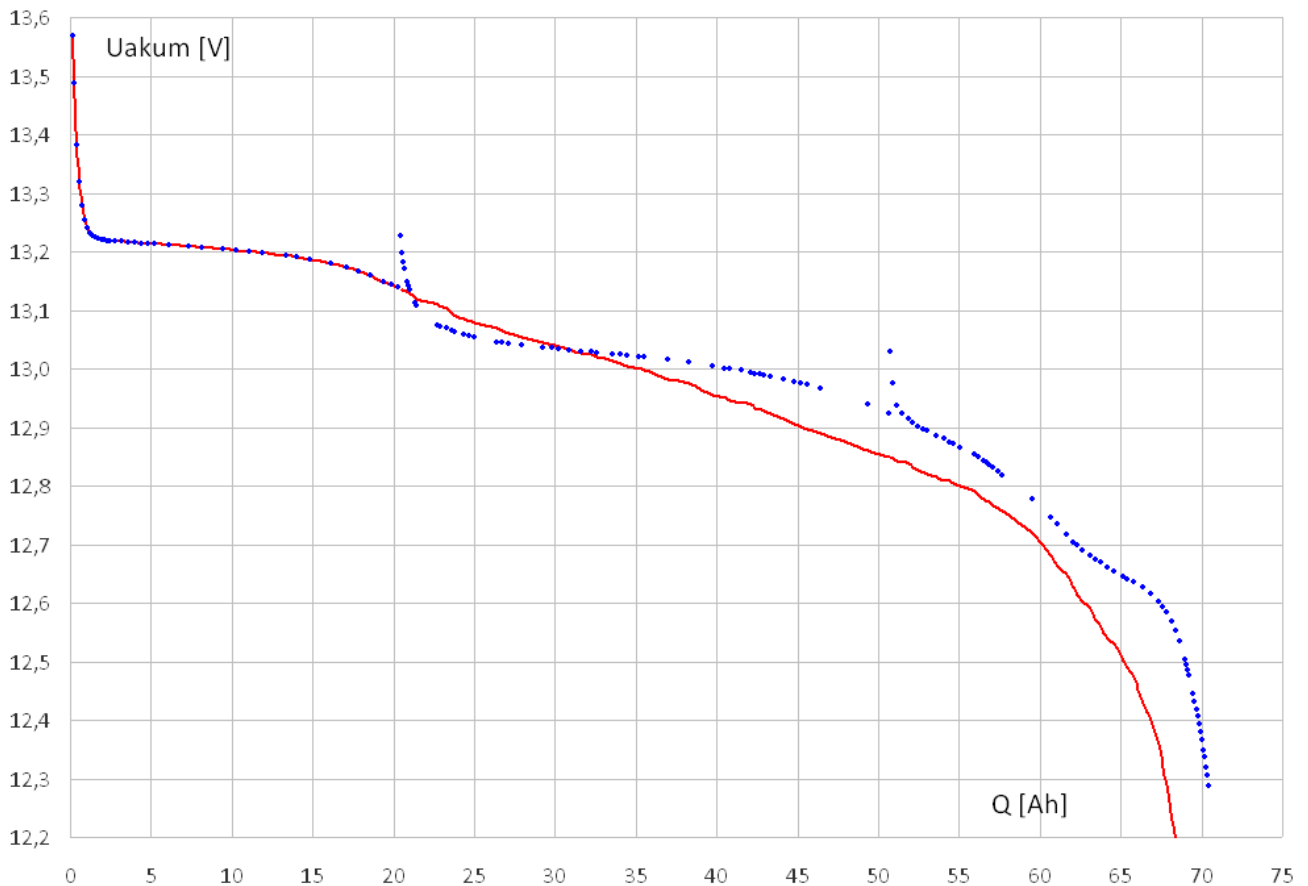
- sprieguma vērtības tika nolasītas no precīzā HP34401A multimetra;

- laiks (stundas un apaļas minūtes) - no radio vadīta (DCF77) elektroniskā pulksteņa *Oregon Scientific* RM318P;
- nolases tika piefiksētas vai nu pēc būtiskas sprieguma izmaiņas (procesa sākumā un beigās) vai arī 5-10 minūšu intervālos procesa vidū apaļās minūtēs.

Rezultāti

Sekojošos grafikos redzams akumulatora spriegums [V] izlādes laikā. Pirmajā grafikā arguments ir laiks (stundās), otrajā - slodzē atdotais lādiņš (ampērstundās).





Zilie punkti ir mērījumu dati, sarkanā līkne - autora versija par izlādi vienā piegājienā.

Kāpēc mērītā sprieguma līknē vērojami vairāki secīgi ieliekumi/izliekumi? Autors to skaidrotu ar:

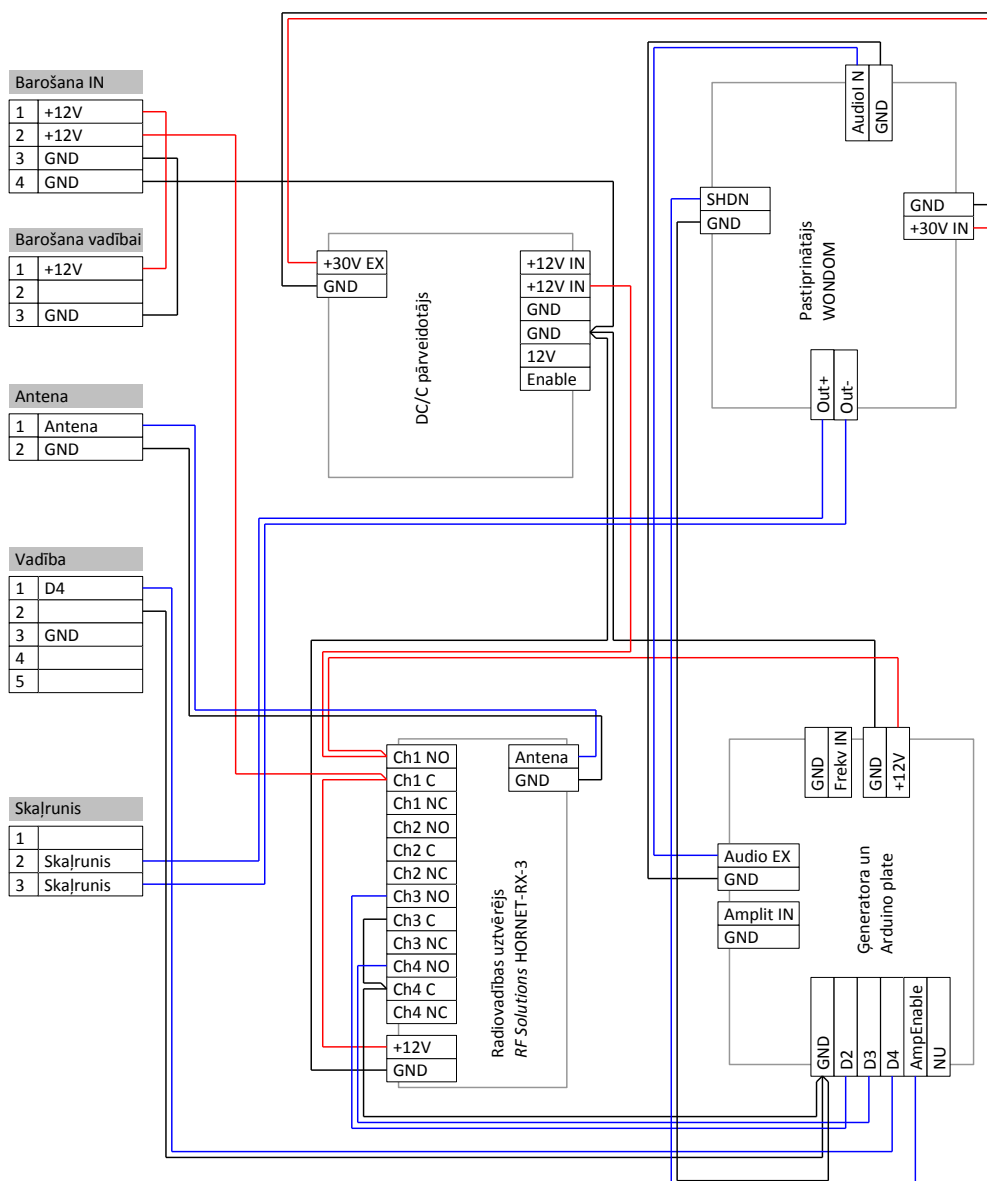
1. Ķīmiskiem procesiem paužu laikā, kas maina akumulatora iekšējo pretestību;
2. Nelielām vides un akumulatora temperatūras izmaiņām (līdz $2...4^{\circ}$ robežās) piegājienos.

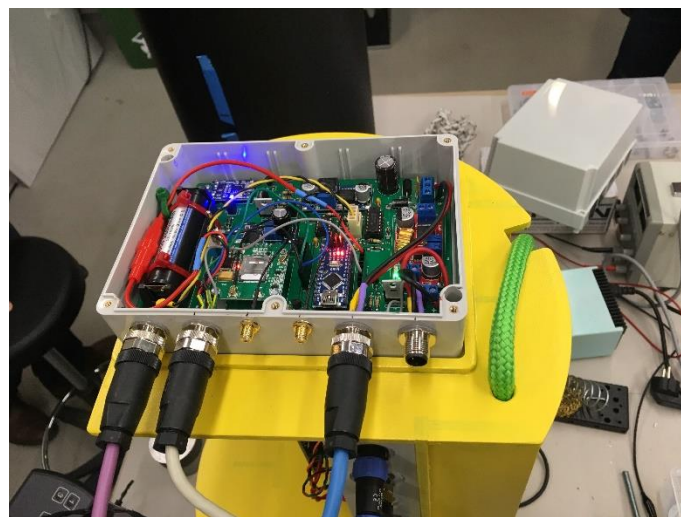
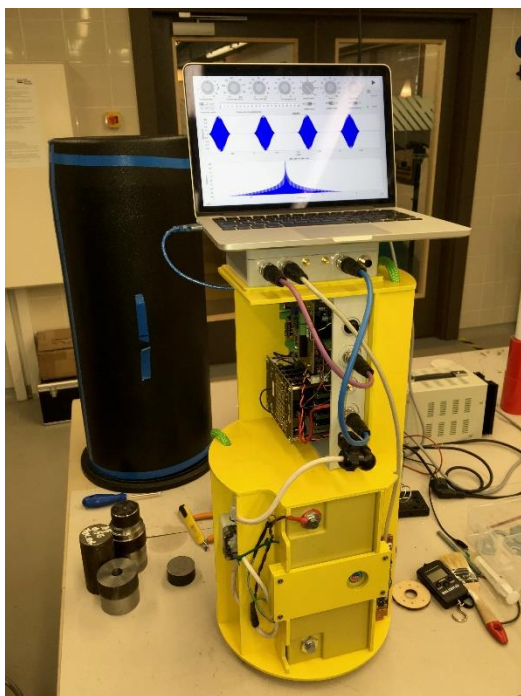
Secinājumi

1. Novērotā akumulatora ietilpība nedaudz pārsniedz ražotāja solītās 60Ah, ko var skaidrot gan ar pieļaujamām parametru izkliedēm, gan arī visai zemo izlādes strāvu (5A) un līdz ar to mazāku sprieguma kritumu uz akumulatora iekšējās pretestības. Ražotājs nesniedz informāciju par to, kādā režīmā mērīta solītā 60Ah ietilpība. Autors pieļauj, ka pie lielākas izlādes strāvas.
2. Straujā sprieguma samazināšanās procesa beigās lika apturēt izlādi, pat nesasniedzot pieļaujamo 11,5V spriegumu. Autors iesaka beigt iekārtas darbu pie akumulatora sprieguma 12,3...12,4V un attiecīgi noregulēt akumulatora aizsardzības shēmu (pašlaik tā nostrādā pie 11,5V).

3.5. Iekārtas saslēgšana

Saliktās iekārtas slēguma shēma izskatās sekojoši:





3.1.att. Saslēgtais elektronikas modulis

3.6. Programmatūras uzlabošana

MATLAB signālu ģeneratora uzlabojumi.

Izmaiņas MATLAB GUI kodā

Lai paplašinātu ģenerējamo signālu daudzveidību un nodrošinātu pilnu prototipa parametru vadību tika uzlabots signālu ģenerators/programmators MATLAB vidē. Dotajā atskaites periodā notika intensīvs darbs pie ģeneratora uzlabošanas, kura rezultātā tika pārrakstīta lielākā daļa GUI koda.

Veikto uzlabojumu saraksts:

1. Ieviesti sekojoši jauni frekvences maiņas režīmi:
 - Lineārs uz leju;
 - Ciklisks lineārs uz augšu ar gadījuma veida startu;
 - Ciklisks lineārs uz leju ar gadījuma veida startu;
2. Nomainīts iegaumēšanas/ielādes mehānisms.
3. Palielināts programmu skaits no 2 uz 4.
4. Ieviests pauzes ilguma regulators un visa ar to saistīta funkcionalitāte.
5. Ieviests gadījuma veida pauzes slēdzis.
6. Nomainīts protokols datu nosūtīšanai uz ģeneratora kontrolieri.
7. Palielināts uz ģeneratora kontrolieri pārraidāmo parametru skaits no 7 uz 10.

Izmaiņas ģeneratora kontroliera kodā.

Saskaņā ar izmaiņām MATLAB GUI, tika koriģēts ģeneratora kontroliera kods. Izmaiņas ko veica ir sekojošas:

1. Nomainīts protokols datu saņemšanai no MATLAB GUI.
2. Ieviesti 3 jauni parametri, kas tiek saņemti no GUI.
3. Ieviesta parametru saglabāšana un ielāde no kontroliera pastāvīgās atmiņas (EEPROM)

MATLAB GUI uzlabotā lietotne

Lietotne “ZAR signālu ģenerators”, kas nodrošina signālu vizualizāciju un ģenerācijas parametru pieskaņošanu izmantojot ērtu lietotāja grafisko interfeisu, kas tika izstrādāts “MATLAB App Designer” vidē.

ZAR signālu ģenerators nodrošina sekojošas funkcijas:

1. akustisko signālu ģenerāciju,
2. signāla formas attēlošanu,
3. signāla jaudas spektra attēlošanu,
4. signālu un spektru salīdzināšanu diviem signāliem,
5. signāla parametru pieskaņošanu plašā diapazonā,
6. zemūdens skaļruņa frekvenču raksturliķnes ietekmes novērtēšanu
7. komunikāciju ar ģeneratora mikrokontrolieri.
8. 4 programmu saglabāšanu un pārslēgšanu

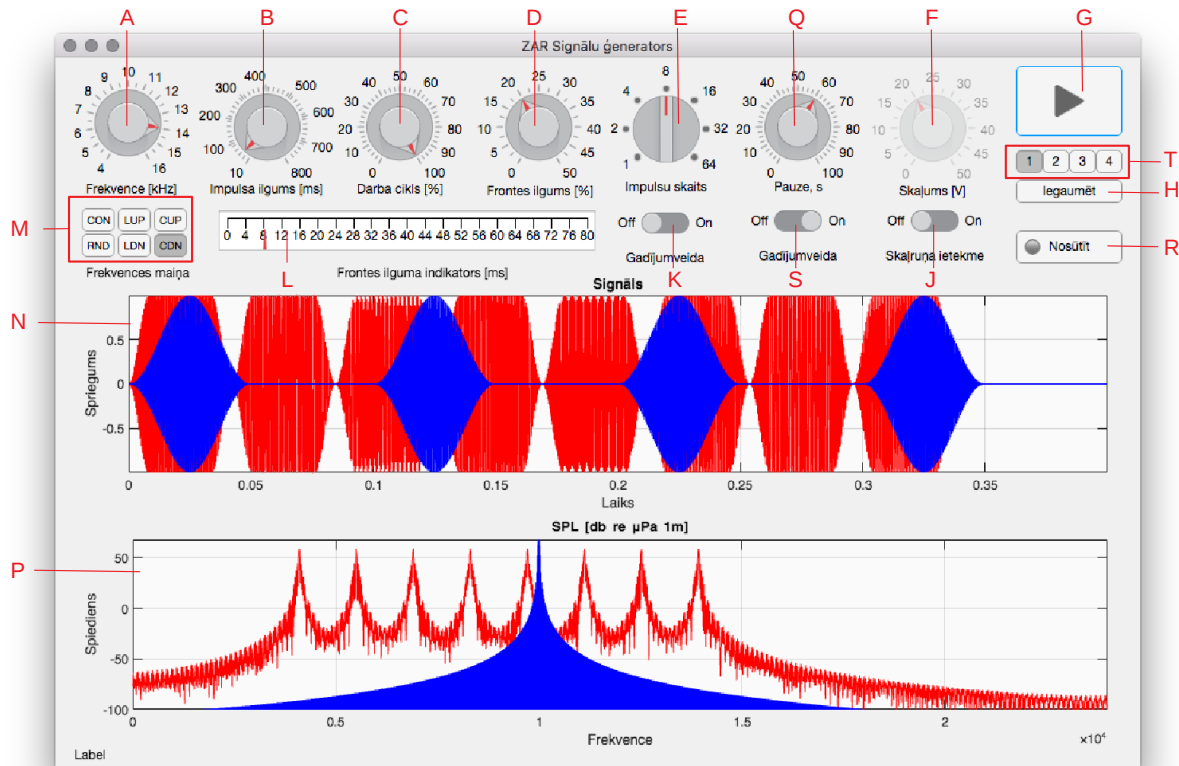
Darbs ar uzlaboto MATLAB GUI lietotni

Priekšnosacījumi

Lai darbinātu ZAR signālu ģeneratoru (GUI) ir nepieciešams MATLAB R2018a (versija 9.3), kas instalēts Microsoft Windows, Apple MAC OS X vai GNU/Linux vidē.

Programmas palaišana

GUI tiek palaists no MATLAB divreiz uzklikšķinot uz “zar.mlapp”. Uzlabotās GUI programmas loga izskats ir parādīts 1. att.



Att. 3.2 Uzlabotā GUI Lietotāja saskarne

Uzreiz pēc palaišanas automātiski iestādās režīms ar sekojošiem parametriem:

F.Rež	Frekvence, kHz	Ilgums, ms	Darba cikls	Fronte	Imp. skaits	Sk. ietekme	Gad. imp. skaits	Pauze	Gad. pauze	Programmas Nr.
M	A	B	C	D	E	J	K	Q	S	T
CON	10	25	50	50	4	Off	Off	60	On	1

Skaņas signālu atskaņošana

Skaņas signāls tiek atskaņots caur datora skaļruņiem vai skaņas izeju. Pieslēdzot kabeli skaņu var padot uz audio pastiprinātāju un zemūdēns skaļruni. Atskaņošana notiek nospiežot taustiņu G. Atskaņošanas laikā taustiņš paliek nospiests. Ja ir nepieciešams pārtraukt atskaņošanu taustiņš G ir jānospiež vēlreiz.

Parametru regulēšana un vadības elementu nozīme

Signāla parametrus maina darbojoties ar vadības elementiem. Nomainot kādu no parametriem nekavējoties tiek pārrēķināta signāla oscilogramma (logs N) un tā jaudas spektrs (logs P).

atsauc	Apzīmējums	Darbība
--------	------------	---------

e 1.att		
M	Frekvences maiņa	Nosaka frekvences maiņas likumu: • CON – vienas frekvences impulsi, • RND – impulsi ar gadījuma frekvenci diapazonā no 4kHz līdz rokturī “A” iestādītajam lielumam. • LUP – impulsi ar pieaugošu frekvenci diapazonā no 4kHz līdz rokturī “A” iestādītajam lielumam. • LDN – impulsi ar dilstošu frekvenci diapazonā no rokturī “A” iestādītajam lielumam līdz 4kHz. • CUP – impulsi ar cikliski pieaugošu frekvenci diapazonā no 4kHz līdz rokturī “A” iestādītajam lielumam ar gadījumuveida sākuma frekvenci. • CDN – impulsi ar cikliski dilstošu frekvenci diapazonā no rokturī “A” iestādītajam lielumam līdz 4kHz ar gadījumuveida sākuma frekvenci.
A	Frekvence	Maina ģenerējamā signāla frekvenci. Ja frekvences maiņas likums (slēdzis M) atrodas stāvokļos “L”(lineārs) vai “R”(gadījumuveida) šis rokturis nosaka maksimālo signāla frekvenci.
B	Impulsa ilgums	Nosaka ģenerējamo impulsu ilgumu, ieskaitot pauzi starp impulsiem.
C	Darba cikls	Aktīvās daļas (kad ir skaņa) pret pauzi attiecību vienā impulsā.
D	Frontes ilgums	Nosaka impulsa apliecējas frontes attiecību pret aktīvo impulsa daļu. Ja D=50% tad starp augošā un dilstošā fronte savienojas (klasisks Haninga logs).
E	Impulsu skaits	Impulsu skaits vienā paketē.
F	Skaļums	Nosaka sprieguma, kas pienāk uz zemūdēns skaļruni amplitūdu. Šis rokturis darbojas tikai ja ir ieslēgta skaļruņa raksturlikne. Tas ir nepieciešams lai novērtētu signāla spektru pie dažādām signāla amplitūdām. Šim rokturim nav ietekmes uz audio signālu ģenerāciju datorā.
G		Atskaņo izvēlēto skaņas signālu
H	legaumēt	Nospiežot šo taustiņu izvēlētajā programmā (parametrs T) tiek ierakstīta šobrīd iestatītā parametru kombinācija.
L	Frontes ilguma indikators	Parāda signāla frontes ilgumu. Šis indikators ir nepieciešams, jo ar rokturiem C un D uzstādāmie attiecīgi darba cikls un frontes ilgums ir relatīvi attiecībā pret impulsa garumu. Ir izpētīts, ka lai efektīvi atbaidītu roni, apliecējas frontes ilgums nedrīkst pārsniegt 10ms.
K	Gadījumuveida	Ieslēdz gadījumuveida impulsu skaitu. Šajā režīmā ģenerējamo impulsu skaits ir no 1 līdz ar rokturī E (impulsu skaits) uzstādāmajam lielumam.
J	Skaļruņa ietekme	Kad šis slēdzis ir ieslēgts, spektrs tiek zīmēts ņemot vērā zemūdēns

		skaļruņa pārvades raksturlīkni un roktura F (Skaļums) stāvokli. Slēdzi neatstāj iespaidu uz atskaņojamo audio signālu.
R	Nosūtīt	Nosūta 4 saglabātās programmas caur virknes portu uz ārējo iekārtu. Šī funkcija ļauj programmēt zemūdens akustiskā raidītāja (ZAR) ģeneratora mikrokontrolieri. Ja indikators uz taustiņa deg zaļā krāsā, tad savienojums ar iekārtu ir nodibināts un nosūtīšana ir iespējama. Ja indikators ir pelēks parametru nosūtīšana nav iespējama.
Q	Pauzes starp impulsu paketēm ilgums	Akustiskie signāli tiek raidīti paketēs starp kurām ir relatīvi gara pauze. Šis rokturis nosaka pauzes ilgumu. Šī roktura stāvoklis tiek nosūtīts uz mikrokontrolieri, taču pašā programmā netiek lietots.
S	Gadījumveida	Ieslēgtā stāvoklī, pauze starp paketēm katreiz mainās diapazonā no 1s līdz rokturī Q iestatītajam lielumam. Šī roktura stāvoklis tiek nosūtīts uz mikrokontrolieri, taču pašā programmā netiek lietots.
T	Aktīvā programma	Rāda kura programma tiek attēlota ar zilu krāsu oscilogrammā (logs N) un spektrā (logs P). Nospiežot kādu no taustiņiem nomainās rokturu stāvoklis, kā arī zilā un sarkanā oscilogramma saskaņā ar dotajā šūnā saglabāto programmu. Nospiežot taustiņu H (iegaumēt) saglabātā programma tiek pārrakstīta ar tekošo rokturu stāvokli.
N	Signāls	Signāla oscilogramma laikā
P	SPL	Skaņas spiediena spektrs

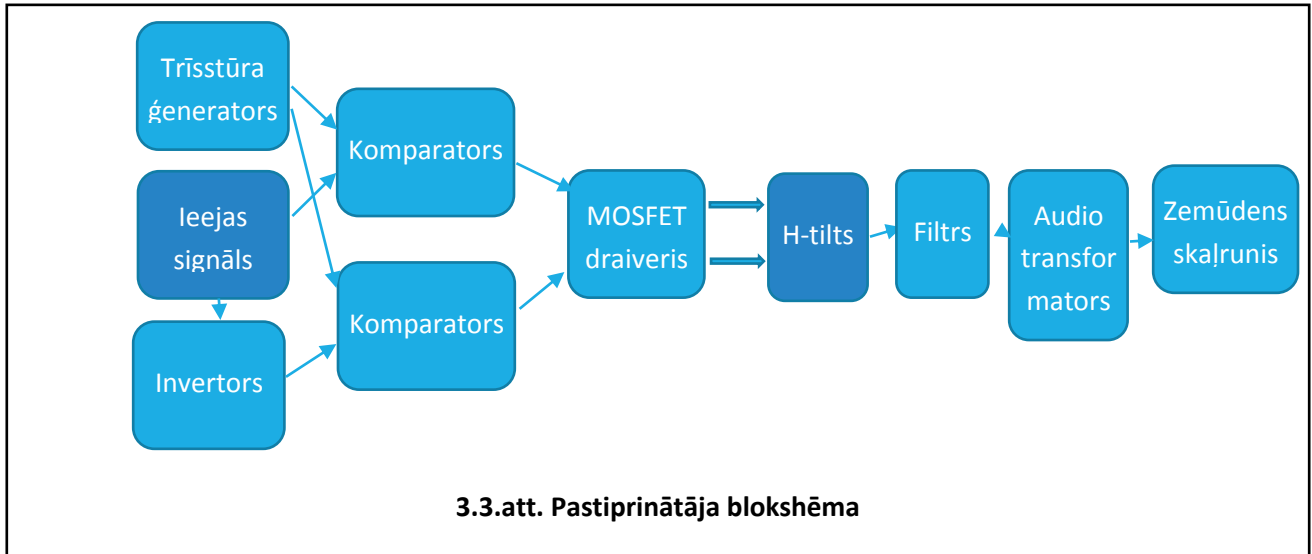
Spektru un oscilogrammu salīdzināšana

Programma nodrošina iespēju salīdzināt divu signālu spektrus un oscilogrammas. Šim nolūkam:

1. Ar rokturiem ir jāuzstāda pirmais signāls.
2. Nospiežot taustiņu “H” (iegaumēt) jā saglabā tekošajā aktīvajā programmā.
3. Ar T jānomaina tekošā programma uz kādu citu.
4. Ar T jānomaina tekošā programma atkal uz iepriekšējo. Tiks ielādēti 2. solī saglabātie parametri.
5. Ar rokturiem ir jāuzstāda otrais signāls.
6. Otrā signāla oscilogramma un spektrs parādīsies sarkanā krāsā.

3.7. Specifiskā pastiprinātāja projektēšana

Šajā atskaites daļā tiks aprakstīts pastiprinātāja uzbūve priekš zemūdens skaļruņa. Paša pastiprinātāja



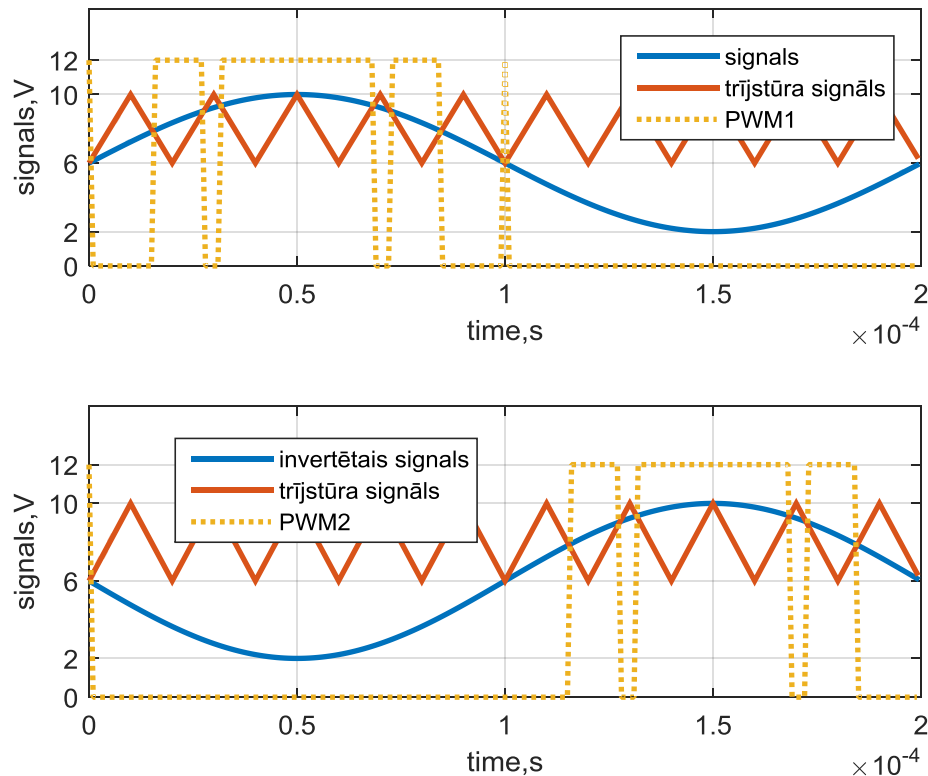
blokshēma tiek parādīta 3.3.att.

Pastiprinātājs sastāv no H-tilta, kas nodrošina divpolārā barošanas sprieguma iegūšanu no divpolārā (sasniedzot vienpolārā sprieguma amplitūdu!), kuru katru no pusperiodiem baros ar PWM (impulsa platuma modulāciju), kas ir atkarīgs no ieejas signāla amplitūdas. Pozitīvajos pusperiodos izejas signālam ir viena amplitūda, negatīvajos – pretēja. Tā tiek panākts izejas signāla divpolārais spriegums.

Lai nodrošinātu H-tilta darbību ir nepieciešami palīgbloki, kas formēs impulsi platuma modulēto signālu, kā arī izejas filtri, kas nodrošinās signāla filtrāciju, un nevēlamo harmoniku noslāpēšanu.

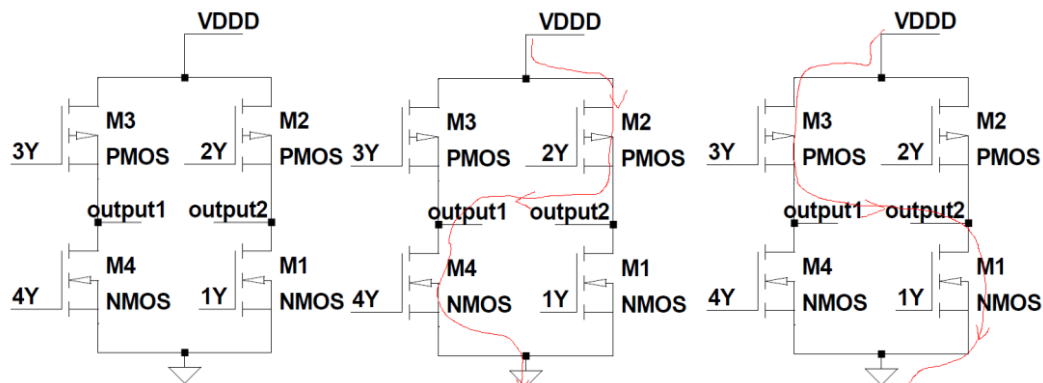
Darbības princips

Pastiprinātāja blokshēma ir parādīta 3.3.att. Tā ieejā tiek padots ieejas signāls, kas tiek invertēts un abi signāli (neinvertēts un invertēts) tiek salīdzināti ar trīsstūrveida signālu, lai ģenerētu divus atsevišķus PWM signālus pozitīvai un negatīvai signāla daļai priekš H-tilta. Tas ir parādīts 3.4..att.



3.4. att. Abu PWM (pozitīvam un negatīvam pusperiodam) formēšana

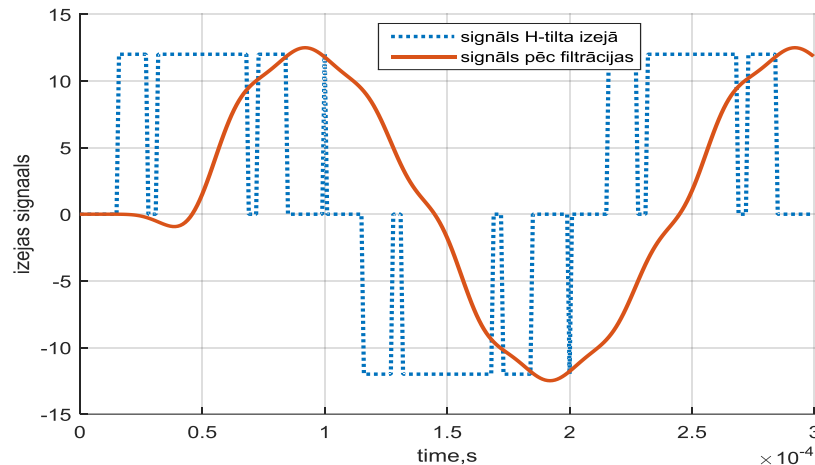
H-tilts tiek barots caur ieejas draiveri, kas nodrošina, ka pie PWM1 signāla tiek saslēgti M2, M4 tranzistori, bet pie PWM2 signāla tiek saslēgti M3, M1 tranzistori. Eksistē arī režīms, kad nekas netiek saslēgts, kad gan PWM1 un PWM2 ir vienādi ar 0.



3.5.att. H – tilta darbības režīmi a) izslēgts, b) PWM1 nav nulle, c) PWM2 nav nulle

Aizsardzība. Ir ļoti svarīgi nepieļaut situāciju, kad vienlaicīgi “ON” stāvokli ir M3-M4 vai M2-M1. Tāda situācija var izveidoties ja trīsstūra signāls 3.4.att. būtu zemāks par ieejas signāla līdzkomponenti. To var pieregulēt ar R_var_1 (3.8.att.)

Filtrs



3.6.att. signāls H-tilta izejā

H tilta izejā ir tās pats impulsi modulētais signāls, bet ar mainīgo polaritāti. To izlaižot caur filtru tiek iegūta pastiprinātā sinusoīda (pastiprinātājs var strādāt pie ļoti mazam slodzēm, nodrošinot līdz 6A lielu strāvu). Audiotransformators ir nepieciešams lai nodrošinātu pietiekamu jaudu. Pastiprinātajam ir jānodrošina 100W lielā jauda, pie $R_{skaļruņa} = 8 \text{ Omi}$. Bez transformatora izejā būs tikai $P = U^2/R = 12^2/8 = 18\text{W}$ liela pīķa jauda, un 9W efektīvā jauda. Lai to nodrošinātu vajadzīgo jaudu ir vai nu jāceļ spriegums, vai arī jāsamazina pretestība. Audiotransformatora izejā būs nepieciešamais spriegums, bet no ieejas puses tas izskatīsies kā mazāka pretestība.

$$U_{\text{ja pīķa jauda} = 100\text{W}} = (P \cdot R)^{(1/2)} = 28\text{v},$$

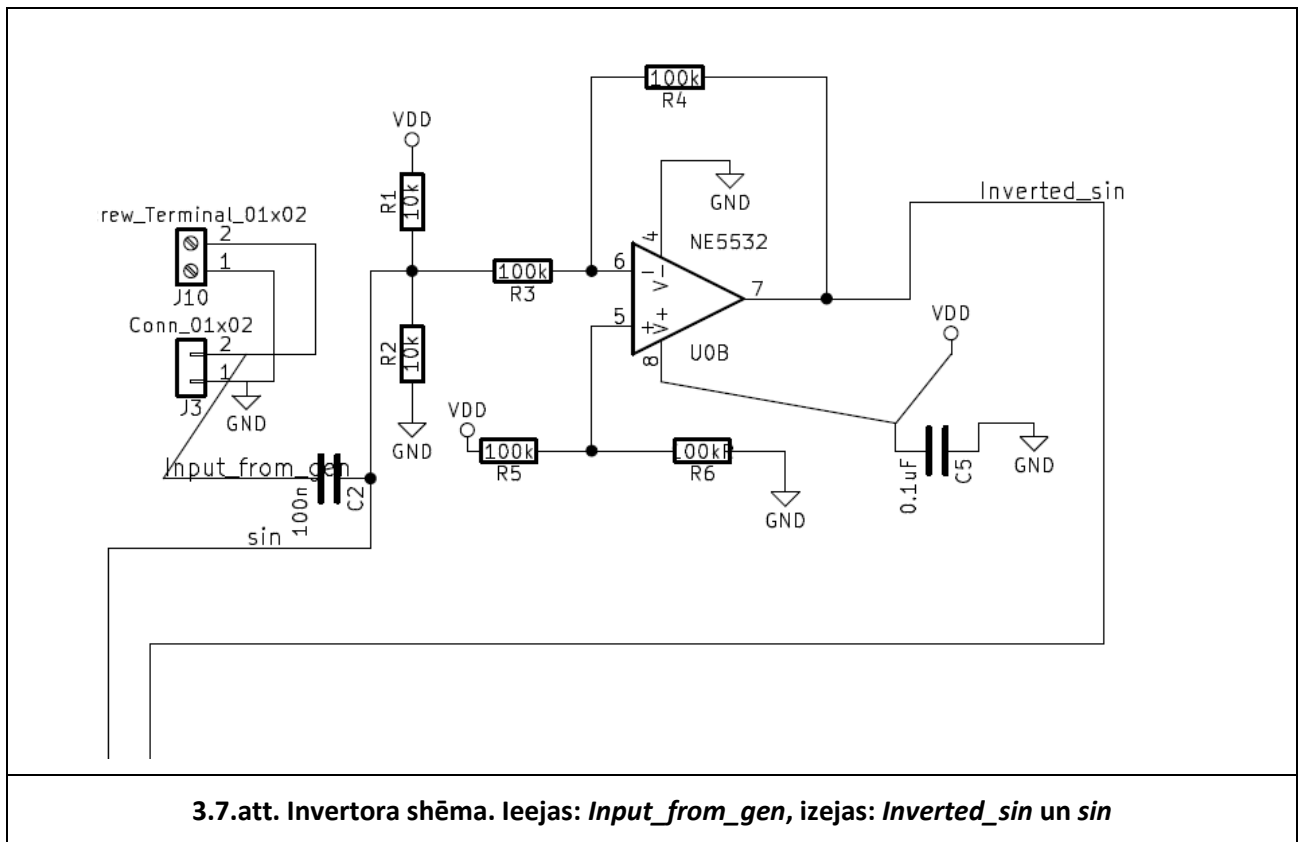
$$U_{\text{ja efektīvā jauda} = 100\text{W}} = (2PR)^{(1/2)} = 40\text{v},$$

$$R_{\text{in, ja pīķa jauda} = 100\text{W}} = 12^2/100 = 1.44 \text{ Omi},$$

$$R_{\text{in, ja efektīvā jauda} = 100\text{W}} = 12^2/200 = 0.72 \text{ Omi}.$$

Alternatīva audiotransformatoram ir DC-DC konvertora lietošana izejas pakāpei, bet trūkumi ka klusuma režīmos tas arī patērēs strāvu.

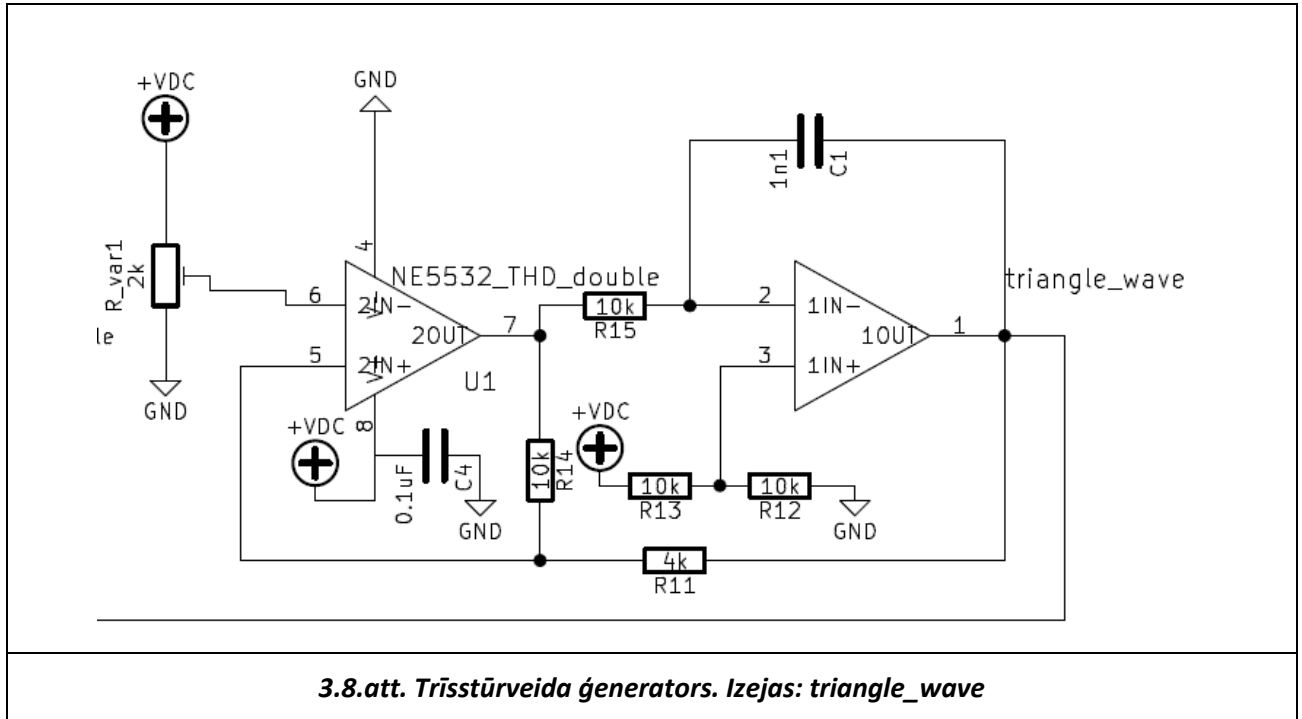
Shēmtehniskie risinājumi



Invertors (5.att) tiek domāts, lai invertētu ieejas signālu. Tā ieejā caur J10, vai J3 tiek padots signāls, kuram tiek atsaistīta līdzkomponente caur C2 un R1-R2-R3 ekvivalentu, un pielikta 6 v līdzkomponente caur sprieguma dalītāju R1-R2. Pats invertors ir realizēts uz operāciju pastiprinātāja un R3-R4 rezistoriem. R5-R6 nodrošina “nulles līmeni” kā pusi no barošanas sprieguma. C5 stabilizē ieejas spriegumu.

Dota operāciju pastiprinātāja izvēle nodrošina tikai ieejas signāla invertēšanu diapazonā 0+2v un Ub-2v līdz ar to ieejas signāla amplitūda nevar būt lielāka par 4v. Kā alternatīva šeit varētu izvēlēties dārgāko peak-to-peak operāciju pastiprinātāju, lai varētu realizēt invertēšanu visā diapazonā 0-Ub, bet tas nav principiāli.

Trīsstūrveida ģenerators trīsstūrveida ģenerators shēma ir parādīta uz 6.att. tā sastāv no trīsga: 2.operāciju pastiprinātājs R14, R_var1 un integratora: C1, pirmais operāciju pastiprinātājs. R12-R13 nodrošina “nulles punktu” pie pusi no barošanas sprieguma. Caur R11 integratora izeja pārslēdz trigeri, kā rezultātā rodas trīsstūra signāls. R_var1 pie regulē tā, lai trīsstūris būtu virs vidēja barošanas līmeņa.



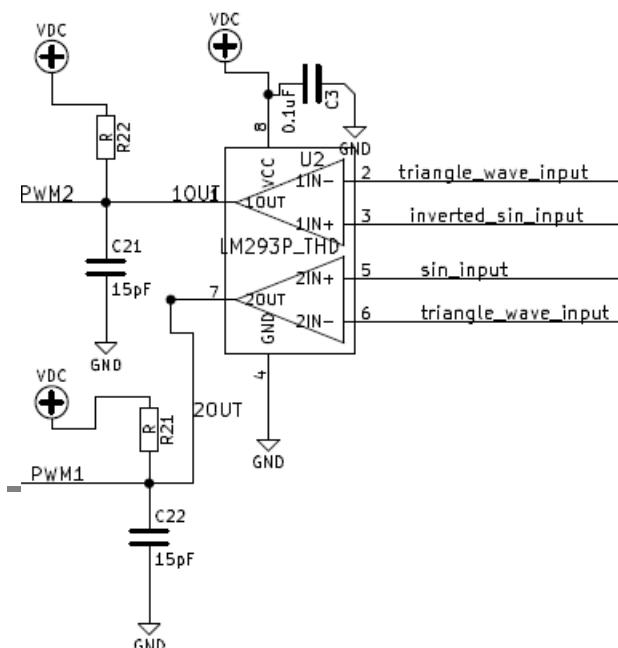
Komparators (3.9.att) salīdzina trīsstūra signālu ar ieejas signālu, lai pārveidotu to par PWM impulsiem. R21, R22 ir pull-up rezistori no to nomināla ir atkarīga komparatora ātrdarbība. C3 ir nepieciešams ieejas sprieguma stabilizēšanai.

Ieejas:

- Triangle_way_input – signāls no trīsstūra ģeneratora
- Sin_input – signāls “sin” no invertora izejas (ieejas signāls ar pārstādīto līdzkomponenti)
- Inverted_sin – invertētais sinuss no invertora izejas.

Izejas:

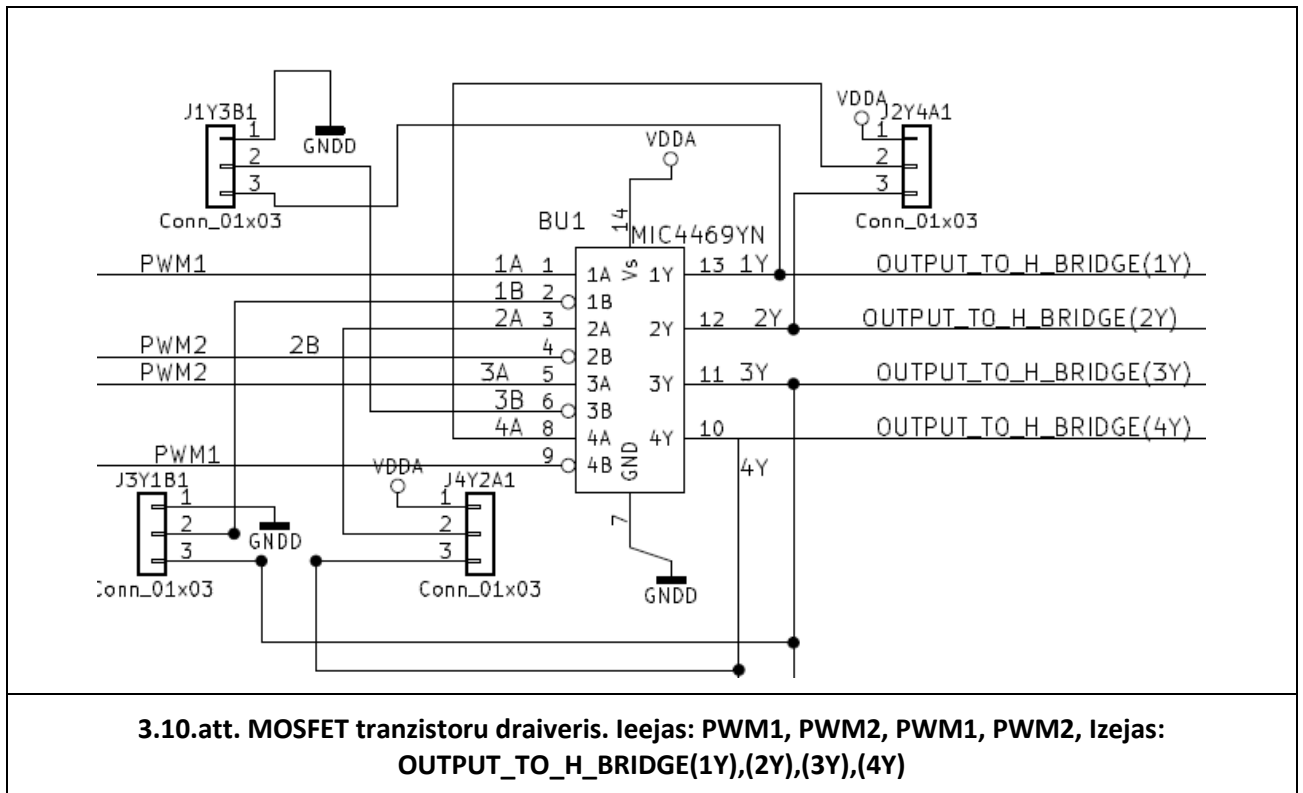
- PWM1
- PWM2



3.9.att. Komparators.

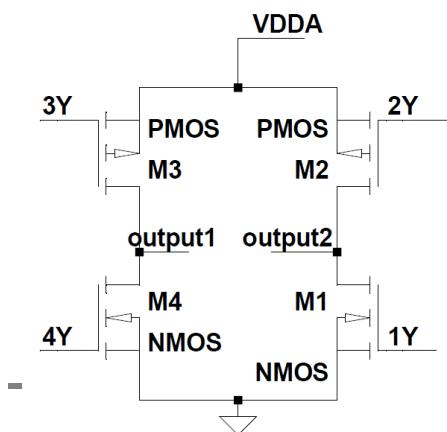
MOSFET draiveris ir parādīts 8.att. Tas nodrošina lielas strāvas (līdz 1A) lai ļoti ātri pārlādētu MOSFET aizvarus (gate), nodrošina arī tiešo un invertēto signālus : tiešo priekš NMOS tranzistoriem, invertēto priekš PMOS tranzistoriem. Pašai mikroshēmai MIC4469YN ir četri

ieeju pāri (invertētā un tiešā katrai) un attiecīgi četras izejas. Komponentēm J1Y3B1 un J2Y4A1 izvadus 2 un 1 ir jāsavieno kopā. Komponentēm J3Y1B1, J4Y2A1 izvadus 2 un 3 ir jāsavieno kopā. (tās ir izveidotas, lai testētu aizsardzības iespējas dotajā draiverī)



H-tilts ir parādīts 3.11.att. Tas ir realizēts ar divām FDD8424H mikroshēmām. Tajā ir NMOS-PMOS tranzistoru pāris ar savienotiem drain izvadiem:

- Ieejas: 1Y, 2Y, 3Y, 4Y
- Izejas: output1, output2



3.11.att. H tilta uzbūve

Īpašības:

H-tilts – tiek izmantots, lai izmantotu vienpolāro barošanu varētu mainīt izejas sprieguma polaritāti. Pieļaujamas strāvas 20A (-20A) uz NMOS (PMOS) tranzistoriem nepārtrauktā režīmā, kā arī 55A (-40A) uz NMOS (PMOS) tranzistoriem pulsācijas režīmā. Teorētiski vislielākā strāva būtu $I = 12V / 0.74 \Omega = 16A$. Bet, ja ņemtu sprieguma efektīvo vērtību

$$I_{eff} = 12V / 0.74 \Omega = 11A$$

Kad tranzistori ir ON stāvoklī to pretestība ir $R_{ON} = 24m\Omega$ (NMOS) un $54m\Omega$ (PMOS).

Tad siltumizdalījums teorētiski sastādītu

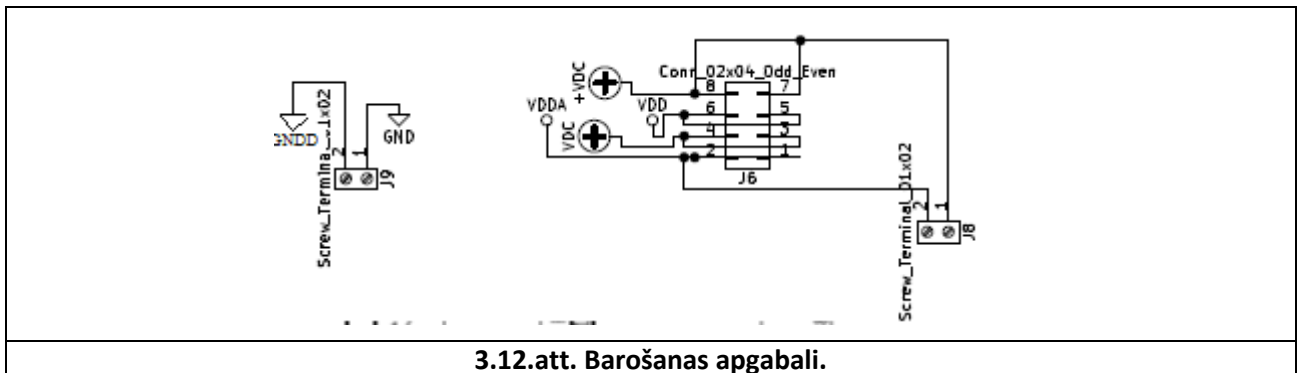
- $P = I^2 \cdot R = 11^2 \cdot 24e-3 = 3W$ uz NMOS
- $P = I^2 \cdot R = 11^2 \cdot 54e-3 = 6.5W$ uz PMOS

Rekomendētais $2.54 \times 2.54 cm^2$ kvadrātlaukums nodrošinātu būtu $40^\circ C$ temperatūras celšanos lai izkliedētu 1 W siltuma, tad jau 9.5W temperatūra sastādītu $380^\circ C$, tātad būtu nepieciešami papildus radiatori.

Barošana. Barošanas spriegumiem ir izveidoti atsevišķi apgabali, lai varētu analizēt katras daļas patērēto strāvu, kā arī izveidota ciparu un analogā zeme.

- GNDD – ciparu zeme
- GND – analogā zeme
- VDDA – ciparu barošana (diemžēl neveiksmīgi nosaukts)
- VDC, +VDC, VDD – analogā barošana (diemžēl neveiksmīgi nosaukts)

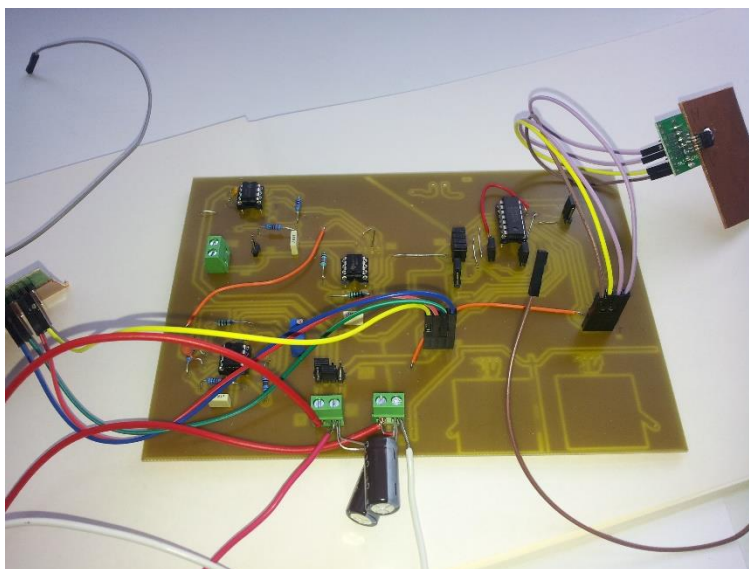
Ciparu barošanai ir noteikti jāliek kondensatori 4000uF kondensatori starp GNDD un VDDA (nav parādīti), kā arī tuvāk H-Tiltam un MOSFET draiverim.



Filtrs un paaustinošais transformators:

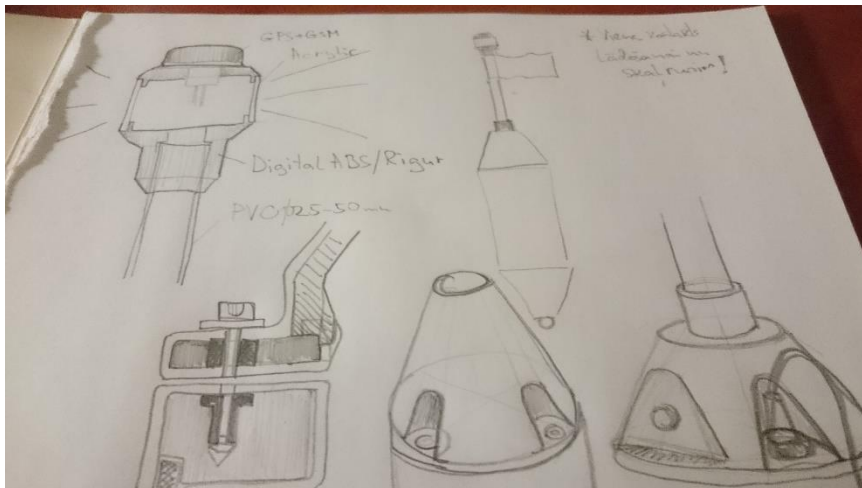
Salikta shēma

Shēmas pirmais prototips lai testētu darbības principu bija izgatavots uz spiestās plates un ir parādīts 3.13.att.

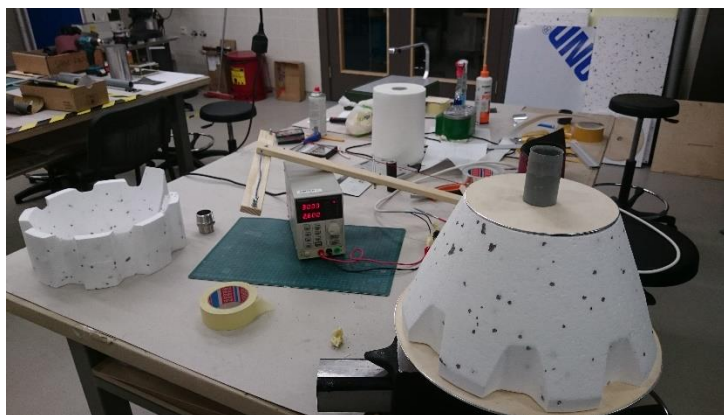


3.13.att. Shēmas prototips uz spiestās plates.

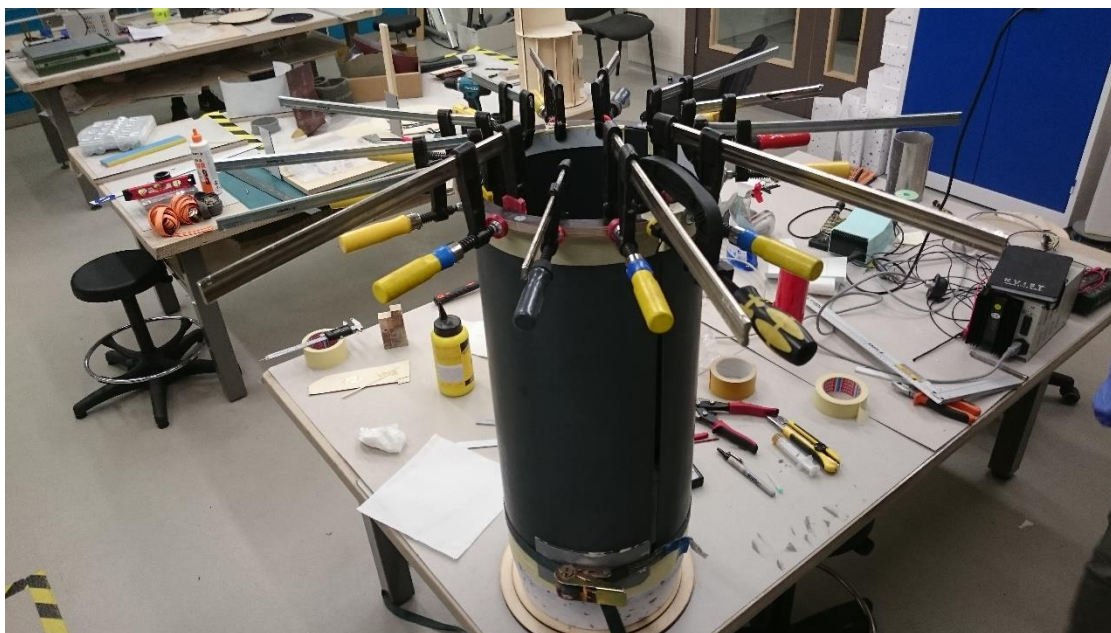
1. Pielikums Bides no ierīces korpusa izstrādes



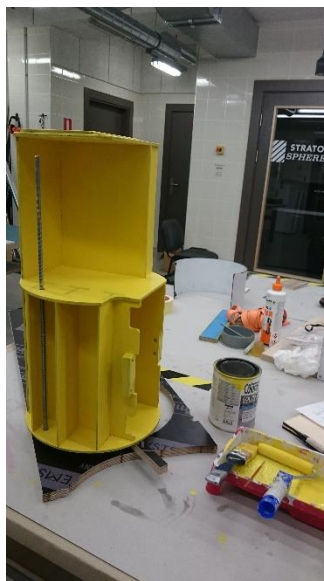
P1.1. att. Pirmās korpusa skices



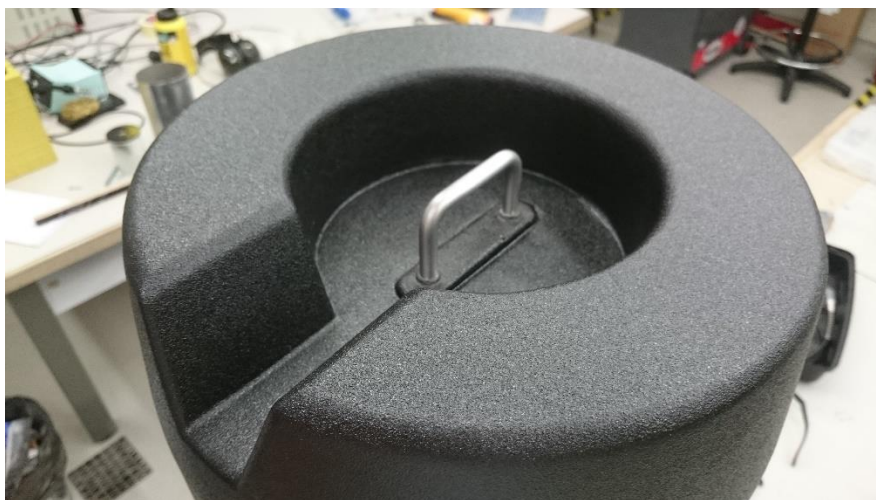
P1.2. att. Augšējā vāka izgatavošana



P1.3. att. Korpusa izgatavošana



P1.4. att. Elektronikas izvietošanas moduļa krāsošana



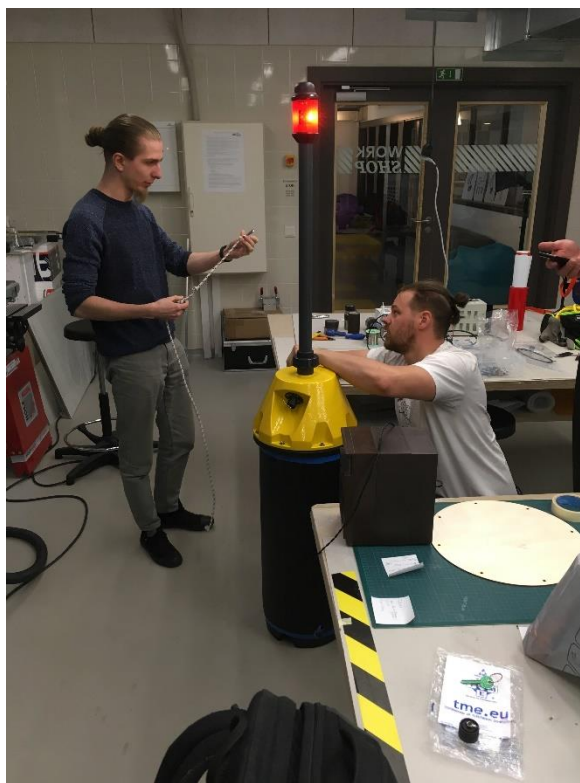
P1.5. att. Enkura, atsvara un akustiskā kabeļa stiprinājums



P1.6. att. Lādētāja un skaļruņa pieslēgšanas ligzda

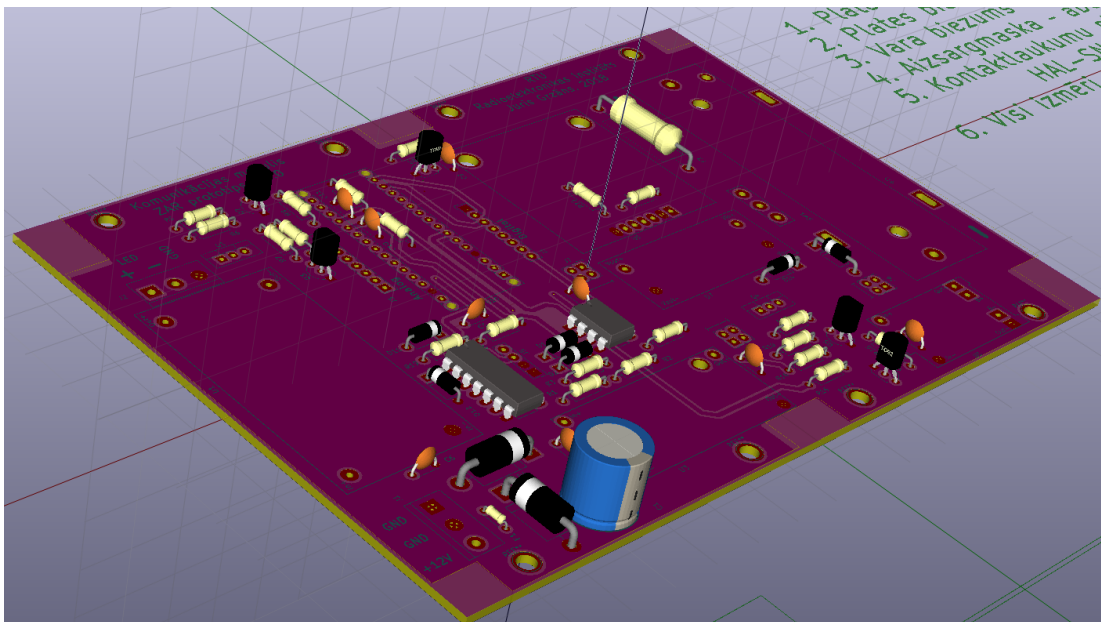


P1.7. att. Identifikācijas plāksnīte

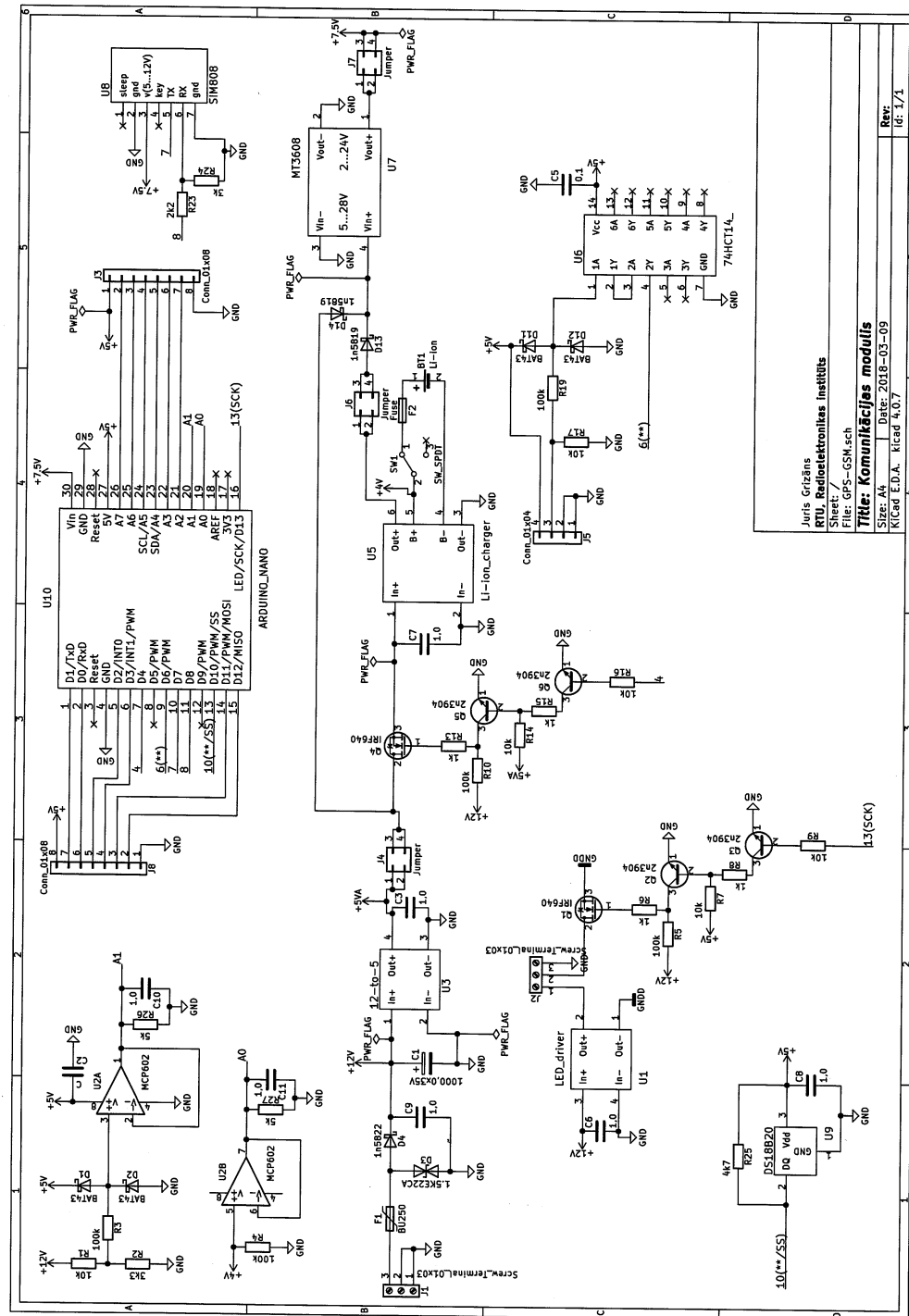


P1.8. att. Saliktais korpuss

2. Pielikums Principiālās shēmas un spiestās plates komunikāciju moduļim



P2.1. att. Komunikācijas moduļa spiestā plate



P2.2. att. Komunikācijas moduļa principiālā shēma

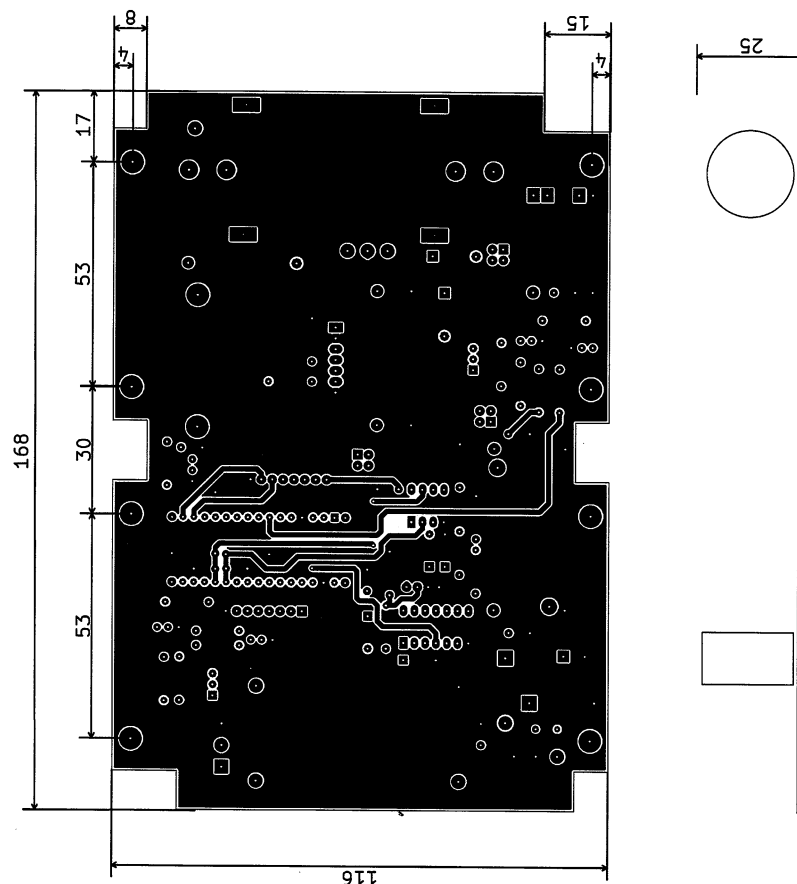
**Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lielaudas zemūdens
akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu
samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-
000001**



Jūnijs 26, 2018

Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens
akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu
samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-
000001

Top layer



1. Plates materiāls - FR4.
2. Plates biezums - 1,6mm.
3. Vara biezums - 35mkm.
4. Aizsargmaska - abas pusēs.
5. Kontaktaukumu pārklājums - HAL-SN100C (lead-free).
6. Visi izmēri mm.

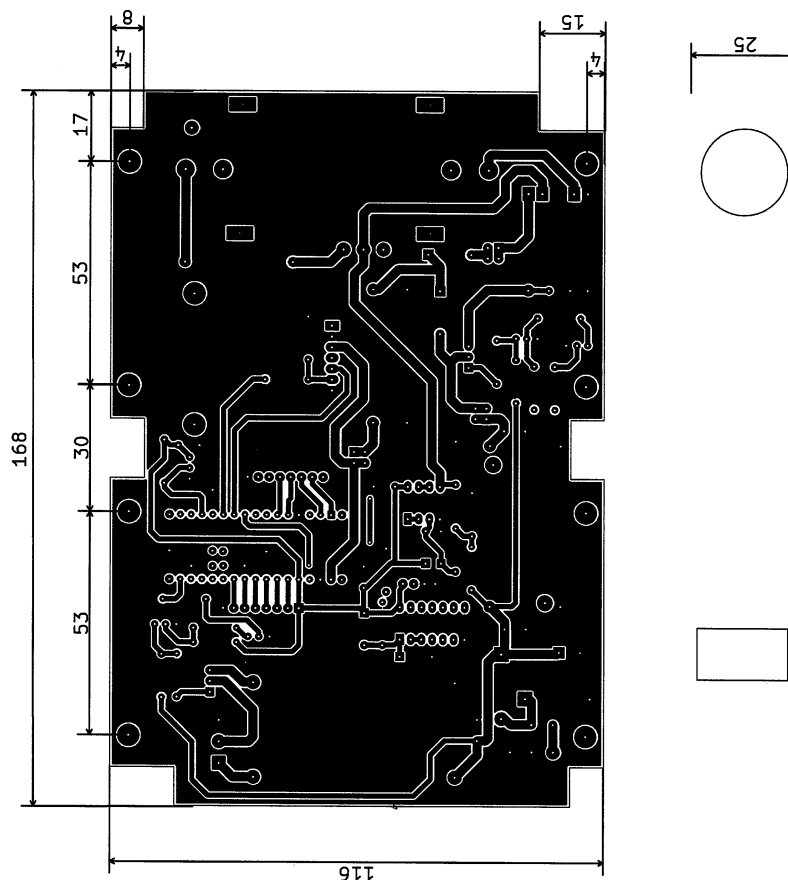
Arī: Grāzā
Rīgas Elektronikas Institūts
Sheet:
File: GPS-GSM.kicad.pcb
Title: **Komunikācijas bloks**
Size: A3 Date: 02.05.2018
KCAD EDA. Head 4.0.7

Rev:
Rit: 1/1

Jūnijs 26, 2018

Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens
akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu
samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-
000001

Bottom layer



Juris Grīnšs
RTU, Radiotehniskās institūta

Sheet:
File: GPS-GSM-lead.pcb

Title: **Komunikācijas bloks**

Sheet: 3
Date: 02.04.2018

Rev:
Rev: 1/1

Pozīcija		Gab.
R1, R7, R9, R14, R16, R17	10k, 1/4W, 5%	6
R2	3k3, 1/4W, 5%	1
R3, R4, R5, R10, R19	100k, 1/4W, 5%	5
R6, R7, R8, R13, R15	1k, 1/4W, 5%	5
R23	2k2, 1/4W, 5%	1
R24	3k, 1/4W, 5%	1
R25	4k7, 1/4W, 5%	1
R26, R27	5k, 1/4W, 5%	1
C2, C3, C6, C7, C9, C10, C11	1uF, 50V	7
C1	1000,0x35V	1
D1, D2, D11, D12	BAT43	4
D3	1.5KE22CA	1
D4	1n5822	1
D13, D14	1n5819	2
Q1,Q4	IRF640	2
Q2, Q3, Q5, Q6	2n3904	4
U1	LED_driver XL4015E	1
U2	MCP602	1
U3	12-to-5 MT3608	1
U5	Li-ion_charger TC4056A	1
U6	74HCT14	1
U7	MT3608	1
U8	SIM808	1
U9	DS18B20	1
U10	ARDUINO_NANO	1
F1	Fuse BU250	1
F2	Fuse TH66	1
SW1	SW_SPDT MTS-1	1
BT1	Li-ion turētājs COMF BHC-18650-1P	1
J1, J2	Screw_Terminal_01x03 DG306-5.0-3P12	2
J3, J8	Conn_01x08 ZL303-30P	2
J4, J6, J7	Jumper ZL303-2X20P	3
J5	Conn_01x04 NS25-W4P	1

3. Pielikums Komunikāciju moduļa kontroliera kods

```

1.  /*
2.  *****
3.  Bojas "Komunikācijas moduļa" programma v0.6
4.  ZAR prototips v.1.0
5.  RTU, Radioelektronikas institūts, 2018
6.  Juris Grizāns
7.
8.  *****
9.  */
10.
11. #include <SoftwareSerial.h>
12. #include <OneWire.h>
13.
14.
15. // ----- BMP280 -----
    ----
16.
17. int BMP280_dataPin = 11;
18. int BMP280_clockPin = 12;
19.
20. byte BMP280_Temperature = 0;
21.
22. int BMP280_Altitude = 0;
23. byte BMP280_vrem = 0;
24.
25. byte BMP280_Interval = 10;
26. int BMP280_Start_Interval = 500;
27.
28. unsigned long Laiks1 = 0;
29. unsigned long Laiks2 = 0;
30.
31. int Water_Buoy = 0; // ACP lielums ūdens devējā
32. byte Water_Pin = A3; // ūdens devēja ieejas numurs
33.
34. byte Water_Buoy_Flag = 0; // 0 - SMS par ūdens VĒL nav aizsūtīts; 1 - JAU
    ir aizsūtīts
35. byte BMP280_Temperature_Flag = 0; // 0 - SMS par temperatūru korpusā VĒL
    nav aizsūtīts; 1 - JAU ir aizsūtīts
36. byte BMP280_Altitude_Flag = 0; // 0 - SMS par spiedienu korpusā VĒL nav
    aizsūtīts; 1 - JAU ir aizsūtīts
37. // -----
    ----
38.
39.
40. // ----- GPS/GSM -----
    ----
41.
42. byte SIM808Tx_Pin = 7; // Arduino kontakts, pie kura ir pievienota SIM808
    Tx izeja
43. byte SIM808Rx_Pin = 8; // Arduino kontakts, pie kura ir pievienota SIM808
    Rx ieeja

```

```
44.
45. // Telefonu numuri uz kuriem tiks sūtīti avārijas paziņojumi
46. String Tel_Number_1 = "+371....";
47. String Tel_Number_2 = "+371....";
48. String Tel_Number_3 = "+371....";
49.
50. String _response = ""; // Mainīgais SIM808 moduļa atbildei
51.
52. String WhitePhones = "+371....., +371....., +371....., +371....., +371.....,
+371....."; // Telefonu numuri uz kuriem tiks sūtīti bojās koordinātes
53.
54. String Latitude = "0"; // Tagadējās vietas ģeogrāfiskie parametri
55. String Longitude = "0";
56.
57. // -----
----
58.
59.
60.
61. // ----- Akumulatori -----
----
62.
63. const byte Akum12V_Pin = A1; // Analoga ieeja liela akumulatora (12V)
barošanas mērīšanai
64. float Akum12V=0; // Akumulatora (12V) sprieguma lielums
65. const float Akum12V_min = 11.5; // Akumulatora (12V) sprieguma minimālais
lielums
66. byte Akum12V_Flag = 0; // 0 - SMS par akumulatora izlādēšanu VĒL nav
aizsūtīts; 1 - JAU ir aizsūtīts
67.
68. const byte Akum4V_Pin = A0; // Analoga ieeja rezerves akumulatora (4,2V)
barošanas mērīšanai
69. float Akum4V=0; // Akumulatora (4,2V) sprieguma lielums
70. const float Akum4V_min = 3.2; // Akumulatora (4,2V) sprieguma minimālais
lielums
71. byte Akum4V_Flag = 0; // 0 - SMS par akumulatora izlādēšanu VĒL nav
aizsūtīts; 1 - JAU ir aizsūtīts
72. const int Akum_Charge_Temp_min = 0; // Maksimāla temperatūra akumulatora
uzlādei
73. const int Akum_Charge_Temp_max = 40; // Maksimāla temperatūra akumulatora
uzlādei
74.
75. byte LiION_Pin = 4; // Lādētāja vadības izeja
76.
77. // -----
----
78.
79.
80.
81. // ----- LED -----
----
82.
83. byte LED_Pin = 13; // LED vadības signāls
```

```
84. const word LED_Interval = 1000; // LED darbības intervāls (ms)
85. byte LED_Status = 0; // 0 - LED nestrādā, 1 - LED strādā nepārtraukti, 2
    - LED strādā impulsu režīmā
86. unsigned long LED_Time; //
87. unsigned long LED_Last_Time; // Mainīgais intervāla organizēšanai
88. byte LED_Intent; // 1 - deg, 0 - NEdeg
89. // -----
    ----
90.
91.
92. // ----- Skatruņa kontrole -----
    ----
93.
94. const byte Digit_Pin = 6; // Kontroliera moduļa ciparu signāla ieeja
95. byte Digit_Input = 0; // Log. 1, vai log. 0
96. byte Digit_Input_New = 0;
97. byte Speaker_Status = 0; // 1 - skaļrunis strādā, 0 - skaļrunis NEstrādā
98. byte Speaker_Status_temp = 0; // Laicīgais mainīgais: 1 - skaļrunis
    strādā, 0 - skaļrunis NEstrādā
99. const long Digit_Interval = 10000; // Laika intervāls, kad notiek
    skaļruņa darbības pārbaude
100. unsigned long Digit_Last_Time; // Mainīgais intervāla organizēšanai
101. unsigned long Digit_Time; // Mainīgais intervāla organizēšanai
102.
103. volatile unsigned long LoudspeakerTime_1 = 0;
104. volatile unsigned long LoudspeakerTime_2 = 0;
105. // -----
    ----
106.
107. // ----- Temperatūras devējs -----
    ----
108.
109. const byte Temp_Pin = 10; // Temperatūras devēja dati
110. int Temperature; // Komunikācijas bloka iekšēja temperatūra
111. // -----
    ----
112.
113. // ----- Funkcijas -----
    ----
114.
115. byte Functions_SMSforAll = 1;
116. byte Number_of_SMSforAll;
117. const byte MaxNumber_of_SMSforAll = 20;
118.
119. // -----
    ----
120.
121. OneWire ds_DS18B20(Temp_Pin); // Savienojuma ar temperatūras devēju
    inicializācija
122. SoftwareSerial SIM800(SIM808Tx_Pin, SIM808Rx_Pin); // Savienojuma ar
    SIM808 inicializācija
123.
124. void Digit_Loudspeaker(void)
```

```
125. {
126.   LoudspeakerTime_2 = LoudspeakerTime_1;
127. }
128.
129.
130. void setup()
131. {
132.   pinMode (LED_Pin, OUTPUT);
133.   pinMode (Akum12V_Pin, INPUT);
134.   pinMode (Akum4V_Pin, INPUT);
135.   pinMode (LiION_Pin, OUTPUT);
136.   pinMode (Digit_Pin, INPUT);
137.   pinMode (Temp_Pin, INPUT);
138.
139.   pinMode (SIM808Tx_Pin, INPUT);
140.   pinMode (SIM808Rx_Pin, OUTPUT);
141.
142.   pinMode (Water_Pin, INPUT);
143.   pinMode (BMP280_dataPin, INPUT);
144.   pinMode (BMP280_clockPin, OUTPUT);
145.   digitalWrite(BMP280_clockPin, LOW);
146.
147.   Number_of_SMSforAll = MaxNumber_of_SMSforAll;
148.
149.
150.   Serial.begin(115200);
151.   SIM800.begin(9600);
152.   Serial.println("-- GPS/GSM moduļa starts!----");
153.
154.   delay(5000);
155.
156.   sendATCommand("AT", true);
157.
158.   _response = sendATCommand("AT+CMGF=1;&W", true); // Ieslēgt teksta
režīms SMS (Text mode) un saglabāt parametru atmiņā
159.
160.   sendATCommand ("AT+CGNSPWR=1;&W", true); // Barošanas ieslēgšana
161.   delay(5000);
162.
163.   sendSMSforAll("Start of GPS/GSM module");
164.   delay(5000);
165.   sendATCommand("AT+CMGDA=\"DEL ALL\"", true); // Nodzēst visus SMS
atmiņā
166.
167.   Digit_Last_Time = millis();
168.   LED_Last_Time = millis();
169.
170. }
171.
172. String sendATCommand(String cmd, bool waiting)
173. // http://codius.ru/articles/GSM_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C_
SIM800L_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C_2
174.
```

```
175. {
176.   String _resp = "";           // Mainīgais rezultātu glabāšanai
177.   Serial.println(cmd);
178.   SIM800.println(cmd);         // Komandas sūtīšana modulim SIM800
179.   if (waiting) {               // Ja ir nepieciešams gaidīt atbildi...
180.     _resp = waitResponse();     // ... gaidām atbildi
181.
182.     if (_resp.startsWith(cmd)) { // Izdzēst no moduļa atbildes komandas
kopiju
183.       _resp = _resp.substring(_resp.indexOf("\r", cmd.length()) + 2);
184.     }
185.     Serial.println(_resp);
186.   }
187.   return _resp;                // funkcijas rezultāts, ja "error", būs tukša vieta
188. }
189.
190.
191. String waitResponse() { // moduļa SIM808 atbildes gaidīšanas funkcija
192.   String _resp = "";           // Mainīgais rezultāta glabāšanai
193.   long _timeout = millis() + 10000; // Timeout (10 sek)
194.   while (!SIM800.available() && millis() < _timeout) {}; // Gaidām 10
sekundes, ja ir atbilde vai timeout, tad ...
195.   if (SIM800.available()) {
196.     _resp = SIM800.readString();
197.   }
198.   else {
199.     Serial.println("Timeout...");
200.   }
201.   return _resp;                // funkcijas rezultāts, ja "error", būs tukša vieta
202. }
203.
204. int DS18B20(void)             // http://arduino-project.net/podklyuchenie-ds18b20-
arduino/
205. {
206.
207.   byte data_DS18B20[2];
208.   ds_DS18B20.reset();
209.   ds_DS18B20.write(0xCC);
210.   ds_DS18B20.write(0x44);
211.   delay(750);
212.   ds_DS18B20.reset();
213.   ds_DS18B20.write(0xCC);
214.   ds_DS18B20.write(0xBE);
215.   data_DS18B20[0] = ds_DS18B20.read();
216.   data_DS18B20[1] = ds_DS18B20.read();
217.   int Temp_DS18B20 = (data_DS18B20[1]<< 8)+data_DS18B20[0];
218.   Temp_DS18B20 = Temp_DS18B20>>4;
219.   return Temp_DS18B20;
220.
221. }
222.
223.
224.
```

```
225.
226. void loop()
227. {
228.     // -----
    -----
229.     LoudspeakerTime_1 = millis();
230.     attachInterrupt(0, Digit_Loudspeaker, RISING);
231.     // -----
    -----
232.
233.     Temperature = DS18B20();
234.     Akum12V = analogRead(Akum12V_Pin) * 0.0049 * 4.08; // Arduino ACP ir
1024 1024 soļi - katrs ir 0,0049V; 4,08 - dalīšanas koeficients mērišanas shēmā
235.     Akum4V = analogRead(Akum4V_Pin) * 0.0049;
236.
237.     Water_Buoy = analogRead(Water_Pin);
238.     BMP280_Read();
239.
240.
241.     // ----- Rezerves akumulatora uzlādēšana -----
    -----
242.
243.     if (Temperature <= Akum_Charge_Temp_max && Temperature >=
        Akum_Charge_Temp_min) digitalWrite (LiION_Pin, HIGH);
244.     else digitalWrite (LiION_Pin, LOW);
245.     // -----
    -----
246.
247.
248.
249.     // ----- Liela akumulatora spriegums -----
    -----
250.
251.     if (Akum12V <= Akum12V_min)
252.     {
253.         if (Akum12V_Flag == 0) // vēl nebija sūtīts
254.         {
255.             sendSMSforAll ("Low level of main accumulator = " +
                String(Akum12V) + "V");
256.             Akum12V_Flag = 1;
257.         }
258.     }
259.     else
260.     {
261.         if (Akum12V > Akum12V_min + 1) Akum12V_Flag = 0;
262.     }
263.     // -----
    -----
264.
265.
266.     // ----- Rezerves akumulatora spriegums -----
    -----
267.
```

```
268.     if (Akum4V <= Akum4V_min)
269.     {
270.         if (Akum4V_Flag == 0) // vēl nebija sūtīts
271.         {
272.             sendSMSforAll ("Low level of backup accumulator" +
String(Akum4V) + "V");
273.             Akum4V_Flag = 1;
274.         }
275.     }
276.     else Akum4V_Flag = 0;
277.     // -----
-----
278.
279.
280.
281.     // ----- LED vadīšana -----
-----
282.
283.     switch (LED_Status)
284.     {
285.         case 0:
286.             digitalWrite(LED_Pin, LOW);
287.             break;
288.         case 1:
289.             digitalWrite(LED_Pin, HIGH);
290.             break;
291.         case 2:
292.             LED_Time = millis() - LED_Last_Time;
293.             {
294.                 LED_Intent = !LED_Intent;
295.                 digitalWrite (LED_Pin, LED_Intent);
296.                 LED_Last_Time = millis();
297.             }
298.             break;
299.     }
300.     // -----
-----
301.
302.     // -----
-----
303.     LoudspeakerTime_1 = millis();
304.     // -----
-----
305.
306.
307.     // ----- Skāļruņa kontrole -----
-----
308.
309.     Digit_Time = millis() - LoudspeakerTime_2;
310.     if(Digit_Time < Digit_Interval)
311.     {
312.         if (Speaker_Status == 0)
313.         {
```

```
314.         Serial.println("Skalrunis Strādā");
315.         sendSMSforAll ("Loudspeaker ON");
316.     }
317.     Speaker_Status = 1;
318.     LED_Status = 1;
319. }
320. else
321. {
322.     if (Speaker_Status == 1)
323.     {
324.         Serial.println("Skalrunis NEstrādā");
325.         sendSMSforAll ("Loudspeaker OFF");
326.
327.         Speaker_Status = 0;
328.         LED_Status = 2;
329.     }
330. }
331.
332. // -----
333.
334.
335. // -----
336. LoudspeakerTime_1 = millis();
337. detachInterrupt(0);
338. // -----
339.
340.
341. if (SIM800.available())
342. {
343.
344.     _response = waitResponse(); // Modems kaut ko tika atsūtījis
345.     _response.trim();           // Dzēst liekas tukšas vietas sakumā un
    beigās
346.     Serial.println(_response);
347.
348.     if (_response.startsWith("+CMGS:"))
349.     { // Ja modema paziņojums par atsūtīto SMS
350.         int index = _response.lastIndexOf("\r\n"); // Atrast pēdējo
    pārvienojumu pirms statusa
351.         String result = _response.substring(index + 2,
    _response.length());
        // Saņemt statusu
352.         result.trim();
353.
354.         if (result == "OK")
355.         { // Ja rezultāts ir "OK", tad viss normāli
356.             Serial.println ("Message was sent. OK");
357.         }
358.         else
359.         { // Ja nav, tad paziņojums par kļūdu
```

```

360.             Serial.println ("Message was not sent. Error");
361.         }
362.
363.     }
364.     if (_response.startsWith("+CMTI:"))
365.     { // Ja saņemts SMS
366.         int index = _response.lastIndexOf(","); // Atrast
           pēdējo komatu
367.         String result = _response.substring(index + 1,
           _response.length()); // Saņemt indeksu
368.         result.trim(); // Dzēst liekas tukšas vietas sākumā un
           beigās
369.         _response=sendATCommand("AT+CMGR="+result, true); //
           Saņemt SMS tekstu
370.         parseSMS(_response); // Sadalīt SMS uz atsevišķiem
           elementiem
371.         sendATCommand("AT+CMGDA=\"DEL ALL\"", true); // Dzēst
           visus SMS moduļa atmiņā
372.     }
373. }
374. }
375.
376. void parseSMS(String msg)
377. {
378.     String msgheader = "";
379.     String msgbody = "";
380.     String msgphone = "";
381.
382.     msg = msg.substring(msg.indexOf("+CMGR: "));
383.     msgheader = msg.substring(0, msg.indexOf("\r"));
384.     msgbody = msg.substring(msgheader.length() + 2);
385.     msgbody = msgbody.substring(0, msgbody.lastIndexOf("OK"));
386.     msgbody.trim();
387.
388.     int firstIndex = msgheader.indexOf("\",\"") + 3;
389.     int secondIndex = msgheader.indexOf("\",\"", firstIndex);
390.
391.     msgphone = msgheader.substring(firstIndex, secondIndex);
392.     Serial.println("Phone: "+msgphone);
393.     Serial.println("Message: "+msgbody);
394.
395.     if (msgphone.length() == 12)
396.     {
397.         Serial.println("Phone is OK - komandas apstrāde");
398.         if (msgbody == "Status")
399.         {
400.             sendSMS (msgphone, "S1," + String(Akum12V) + "," +
               String(Akum4V));
401.             sendSMS (msgphone, "S2," + String(Temperature) + "," +
               String(Speaker_Status) + "," + String(BMP280_Temperature));
402.             sendSMS (msgphone, "S3," + String(BMP280_Altitude) +
               ", "+String(Water_Buoy));
403.         }

```

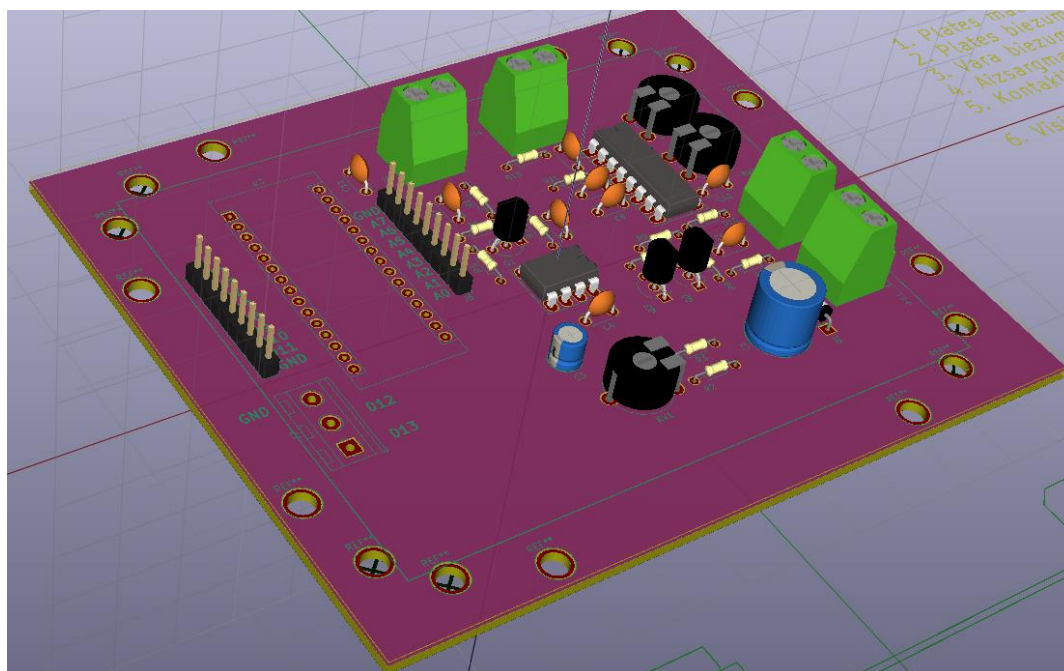
```
404.
405.         if(WhitePhones.indexOf(msgphone) > -1) // Ja numurs ir "baltā
           sarakstā"
406.         {
407.             if (msgbody == "Coordinates")
408.             {
409.                 getGPSLocation();
410.                 Serial.println("Coordinates," + Latitude + "," +
           Longitude);
411.
412.                 sendSMS (msgphone, "C1," + Latitude);
413.                 sendSMS (msgphone, "C2," + Longitude);
414.             }
415.
416.             if (msgbody == "LED_OFF") LED_Status = 0;
417.
418.             if (msgbody == "LED_ON") LED_Status = 1;
419.
420.             if (msgbody == "Function_SendSMS") Functions_SMSforAll = 1;
421.
422.             if (msgbody == "Function_NOTSendSMS") Functions_SMSforAll
           = 0;
423.
424.             if (msgbody == "Number_of_SMSforAll") Number_of_SMSforAll
           = MaxNumber_of_SMSforAll;
425.
426.
427.         }
428.     }
429.
430. }
431.
432.
433.
434.
435. void sendSMS(String phone, String message)
436.
437. {
438.     while (SIM800.available()) String vrem = SIM800.readString();
439.
440.     delay(3000);
441.     Serial.println("sendSMS >" + phone + "< >" + message + "<");
442.
443.     sendATCommand("AT+CMGS=\"" + phone + "\"", true); // Teksta ieviešanas
           režīms
444.     delay(3000);
445.     sendATCommand(message + "\r\n" + (String)((char)26), true); // Pēc
           teksta sūtīt pārnesuma zīmi un Ctrl+Z
446.     delay(3000);
447.     if (SIM800.available()) String vrem = SIM800.readString();
448.
449.     // -----
           -----
```

```
450.    LoudspeakerTime_1 = millis();
451.    // -----
452. }
453.
454. void sendSMSforAll (String MessageAll)
455. {
456.     detachInterrupt(0);
457.
458.     if(Functions_SMSforAll == 1)
459.     {
460.
461.         if(Number_of_SMSforAll >= 1)
462.         {
463.             Serial.println("Number_of_SMSforAll      =      "      +
String(Number_of_SMSforAll));
464.
465.             if (Tel_Number_1.length() == 12)
466.             {
467.                 sendSMS (Tel_Number_1, MessageAll);
468.             }
469.
470.             Number_of_SMSforAll = Number_of_SMSforAll - 1;
471.         }
472.     }
473.     attachInterrupt(0, Digit_Loudspeaker, RISING);
474. }
475.
476.
477. void getGPSLocation(void) // Ģeogrāfiskās koordinātes noteikšana
478. {
479.
480.     String vrem;
481.
482.     SIM800.println("AT+CGNSINF");
483.     delay(1000);
484.     vrem = SIM800.readString();
485.
486.     Serial.println("GPS vrem >" + vrem + "<");
487.
488.     int a1 = 0;
489.     int a2, a3, a4, a5;
490.     a1 = vrem.indexOf(",",a1); //pirmais komats
491.     a2 = vrem.indexOf(",",a1+1); //otrais komats
492.     a3 = vrem.indexOf(",",a2+1); //trešais komats
493.     a4 = vrem.indexOf(",",a3+1); //ceturtais komats
494.     a5 = vrem.indexOf(",",a4+1); //piektais komats
495.
496.     Latitude = vrem.substring(a3+1, a4); // Tagadējas vietas ģeogrāfiskie
parametri
497.     Longitude = vrem.substring(a4+1, a5); // Tagadējas vietas ģeogrāfiskie
parametri
```

```
498.     Serial.println ("Latitude >" + Latitude + "< ----- Longitude >" +
    Longitude + "<");
499.     if (Latitude == "") Latitude = "0";
500.     if (Longitude == "") Longitude = "0";
501.     Serial.println ("New Latitude >" + Latitude + "< ----- New Longitude >"
    + Longitude + "<");
502.
503. }
504. void BMP280_Read (void)
505. {
506.     BMP280_vrem = 0;
507.     BMP280_Temperature = 0;
508.
509.     digitalWrite(BMP280_clockPin, HIGH); // Starta impulss
510.     delay(BMP280_Start_Interval);
511.     digitalWrite(BMP280_clockPin, LOW);
512.     delay(BMP280_Interval);
513.
514.     for (int i = 0; i <= 7; i = i + 1)
515.     {
516.         digitalWrite(BMP280_clockPin, HIGH);
517.         delay(BMP280_Interval);
518.         BMP280_vrem = digitalRead(BMP280_dataPin);
519.
520.         delay(BMP280_Interval);
521.         digitalWrite(BMP280_clockPin, LOW);
522.         delay(BMP280_Interval);
523.         if(i > 0) BMP280_Temperature = BMP280_Temperature << 1;
524.         BMP280_Temperature = BMP280_Temperature + BMP280_vrem;
525.
526.     }
527.
528.     // ----- Altitude -----
529.     BMP280_vrem = 0;
530.     BMP280_Altitude = 0;
531.     for (int i = 0; i <= 7; i = i + 1)
532.     {
533.         digitalWrite(BMP280_clockPin, HIGH);
534.         delay(BMP280_Interval);
535.         BMP280_vrem = digitalRead(BMP280_dataPin);
536.
537.         delay(BMP280_Interval);
538.         digitalWrite(BMP280_clockPin, LOW);
539.         delay(BMP280_Interval);
540.         if(i > 0) BMP280_Altitude = BMP280_Altitude << 1;
541.         BMP280_Altitude = BMP280_Altitude + BMP280_vrem;
542.
543.     }
544.
545.     if (BMP280_Altitude > 128) BMP280_Altitude = (BMP280_Altitude - 128)
    * (-1);
546.
```

```
547.      Serial.println("Temperature =" + String(BMP280_Temperature) + "
      Altitude =" + String(BMP280_Altitude));
```

4. Pielikums Principiālās shēmas un spiestās plates ģeneratora moduļim



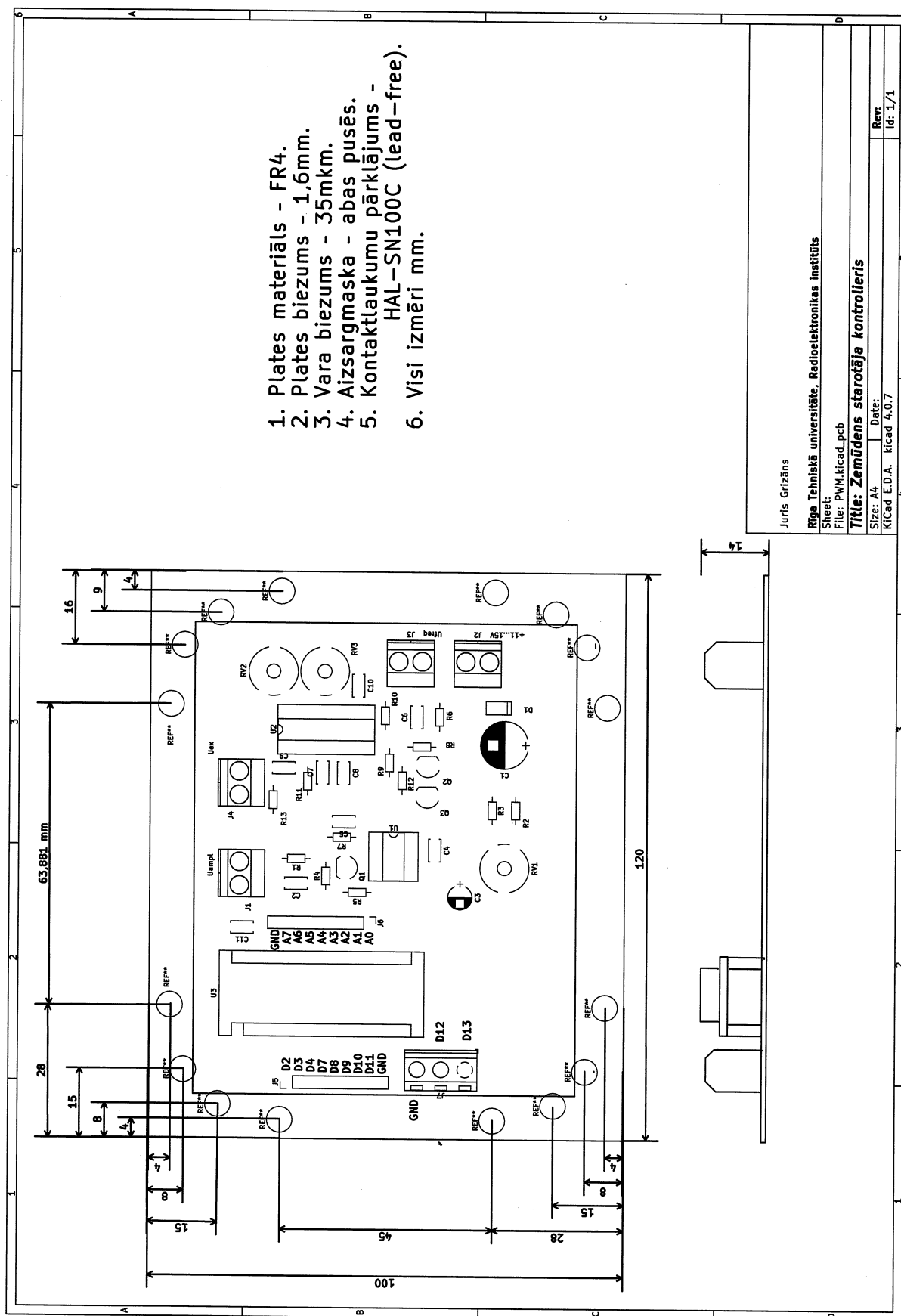
P4.1. att. Ģeneratora moduļa spiestā plate

**Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lielaudas zemūdens
akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu
samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-
000001**



Jūnijs 26, 2018

Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-000001



Jūnijs 26, 2018

Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-000001

