



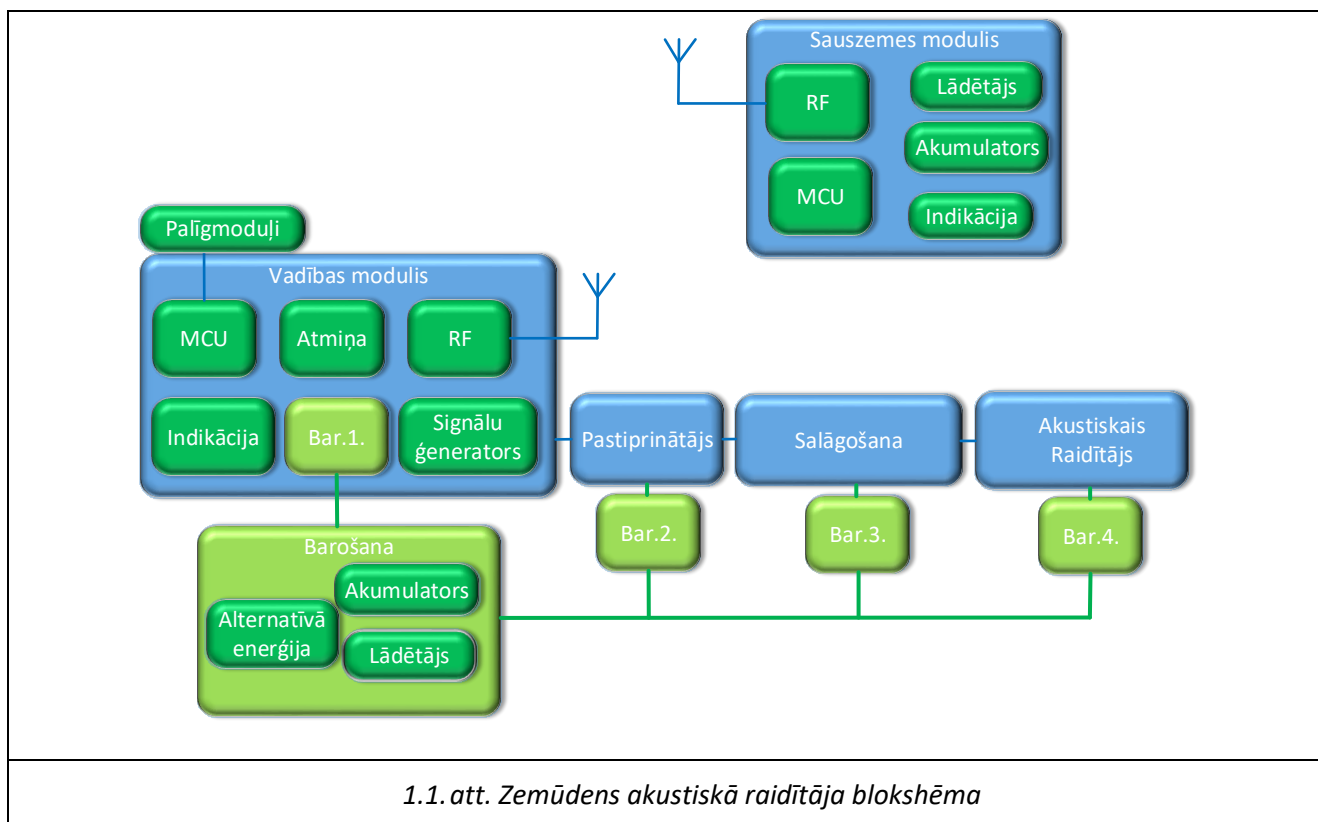
Rīgas Tehniskās universitātes
Elektronikas un telekomunikācijas fakultātes
Radioelektronikas institūta
projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas
zemūdens akustiskā raidītāja izstrāde roņu
nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas
piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-000001

Atskaite par projekta uzdevumu 1.1.

2017

1. Zemūdens akustiskā raidītāja blokshēma

Pirmā projekta realizācijas posmā tika izstrādāta detalizēta projektējamā zemūdens akustiskā raidītāja arhitektūra, ko definē atbilstošā funkcionālā blokshēma- skat. 1.1.att.



Blokshēmu var iedalīt vairākās funkcionālās sastāvdaļās: vadības modulis, akustisko signālu izplatīšanas trakts, barošanas moduļi, sauszemes modulis.

Vadības modulis

Vadības modulis iekļauj sevī:

- pārprogrammējamu mikroprocesoru/mikrokontrolleri (**MCU**);
- **atmiņas bloku**, kas nodrošina ZAR ģenerējamo signālu glabāšanu;
- **indikācijas elementus**, kas ļauj identificēt pareizo sistēmas darbību un laikus noteikt kļūmju parādīšanos;
- **RF moduļus**, kas nodrošina saziņas interfeisu ar viedtālrūni un arī sauszemes moduli;
- **palīgmoduļu pieslēgšanas portus**, kas var manāmi paplašināt moduļa funkcionalitāti, papildinot to ar dažāda tipa devējiem un jauniem saziņas interfeisiem;
- **signālu ģeneratoru**, kas ģenerē no atmiņas bloka nolasītos skaņas signālus.

Akustisko signālu izplatīšanas trakts

Pēc attiecīgo audiofailu nolasīšanas, ģenerētais signāls nonāk **pastiprinātājā**, kurā tiek attiecīgi pastiprināts, sagatavojot to tālākai atskaņošanai **zemūdens akustiskajā raidītājā**. Ģenerējamais signāls tiek attiecīgi salāgots ar raidītāju, pateicoties attiecīgam **salāgošanas blokam**.

Barošana

Autonomai sistēmas darbības nodrošināšanai barošanas bloks iekļauj sevī **akumulatoru ar attiecīgo lādēšanas iekārtu**, kura var būt gan iebūvēta pašā modulī, gan arī piedāvāta kā atsevišķais no ārpuses pieslēdzamais elements (kas manāmi samazinātu barošanas bloka fiziskos izmērus un svaru, kā arī nodrošinātu labākas sistēmas apkopes iespējas). Projekta realizācijas laikā tiks apsvērtas iespējas izmantot arī piekrastē pieejamos **alternatīvos enerģijas avotus** (piemēram, saules baterijas).

T.k. dažādiem sistēmas moduļiem ir nepieciešami dažādi barošanas spriegumi, tad sistēmā tiks iekļauti attiecīgie **spriegumu pārveidotāji (Bar.1- Bar.4)**.

Sauszemes modulis

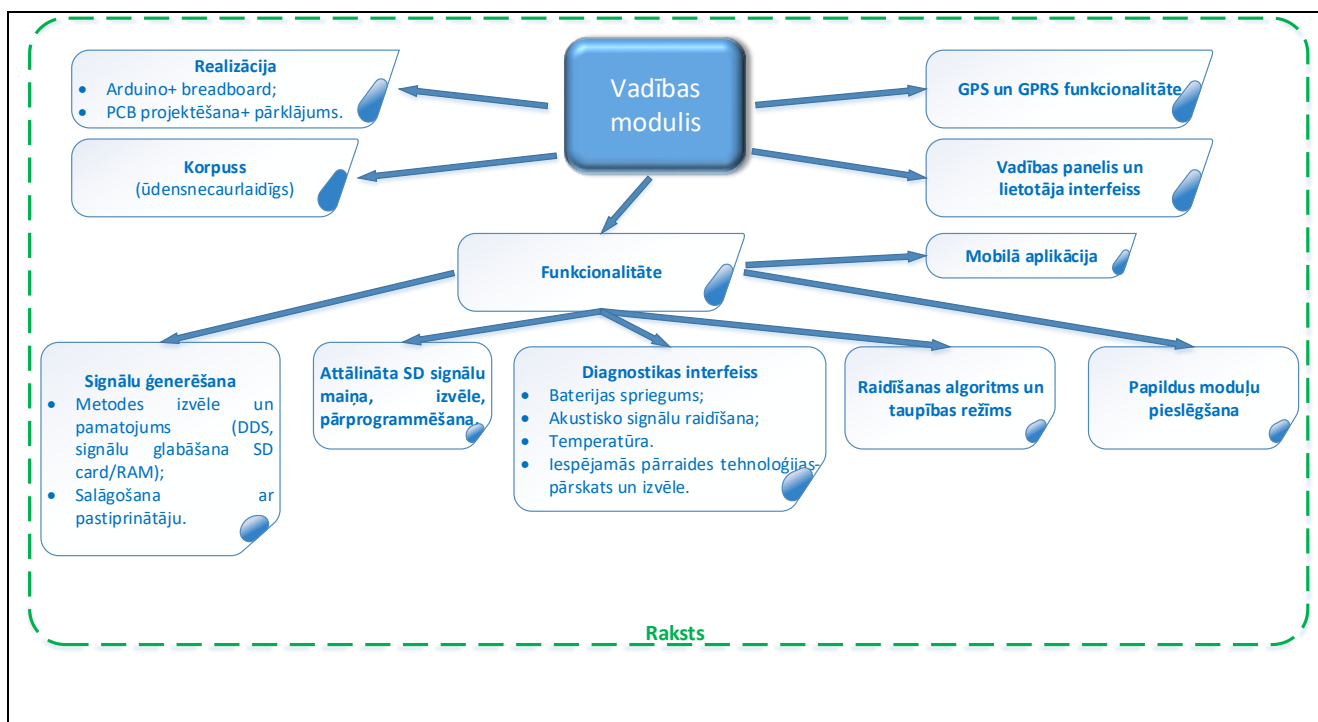
Sistēmas diagnostiskās informācijas saņemšanai un kļūmju detektēšanai tiek paredzēts realizēt sauszemes moduli, kas, iekļauj sevī:

- **RF moduli**, nodrošinot divvirziena sakarus ar vadības moduli;
- **mikrokontrolieri**;
- **akumulatoru** un, nepieciešamības gadījumā, arī **iegulto lādētāju**.

2. Moduļu izstrādes etapi un dokumentācija

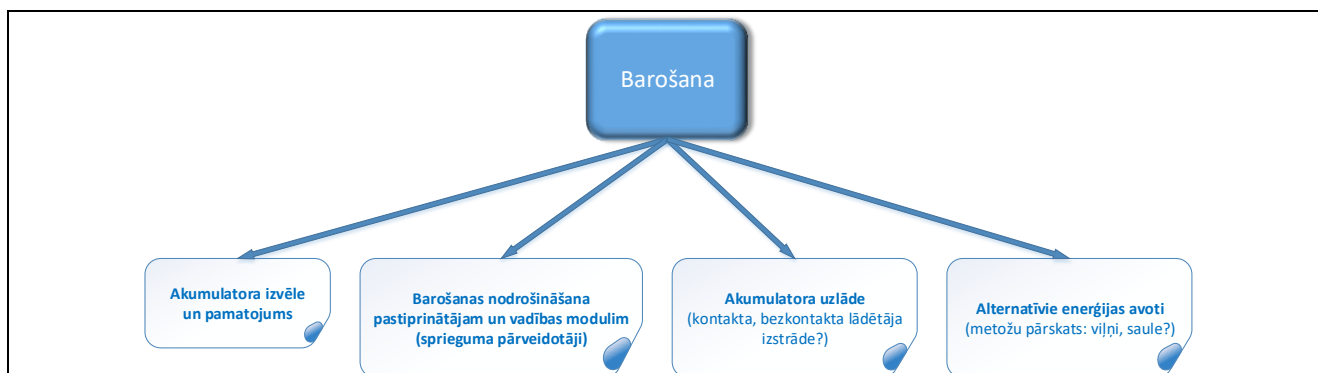
Izstrādāto ZAR blokskāmu ir iespējams papildināt ar detalizētu atsevišķo moduļu izstrādes posmiem un projektēšanas laikā izstrādājamo dokumentāciju. Atsevišķi tiek norādītas iespējas, balstoties uz izstrādes laikā iegūtajiem datiem, sagatavot zinātniskas publikācijas.

2.1. Vadības modulis



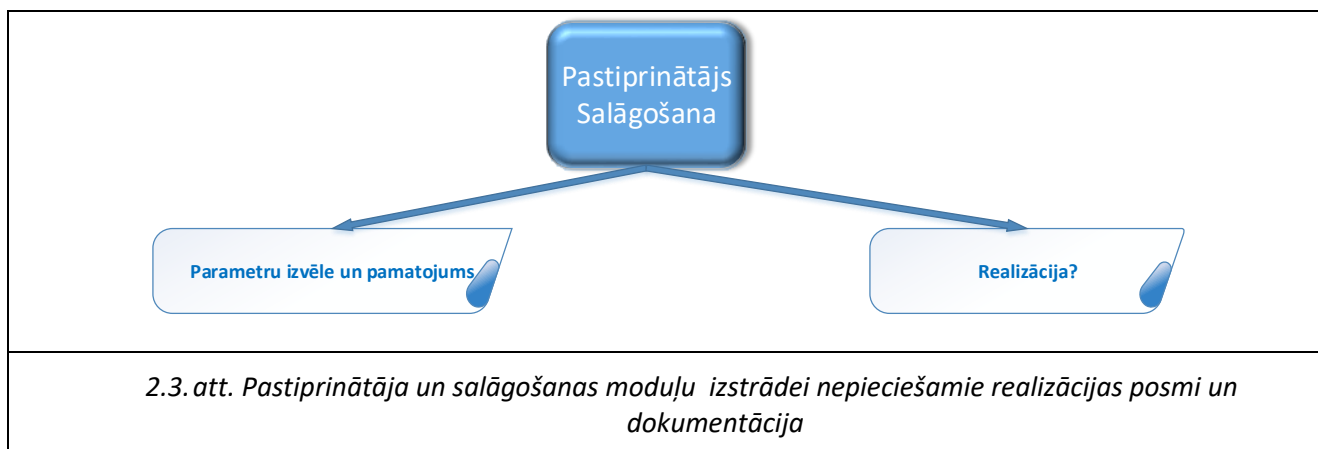
2.1. att. Vadības moduļa izstrādei nepieciešamie realizācijas posmi un dokumentācija

2.2. Barošana

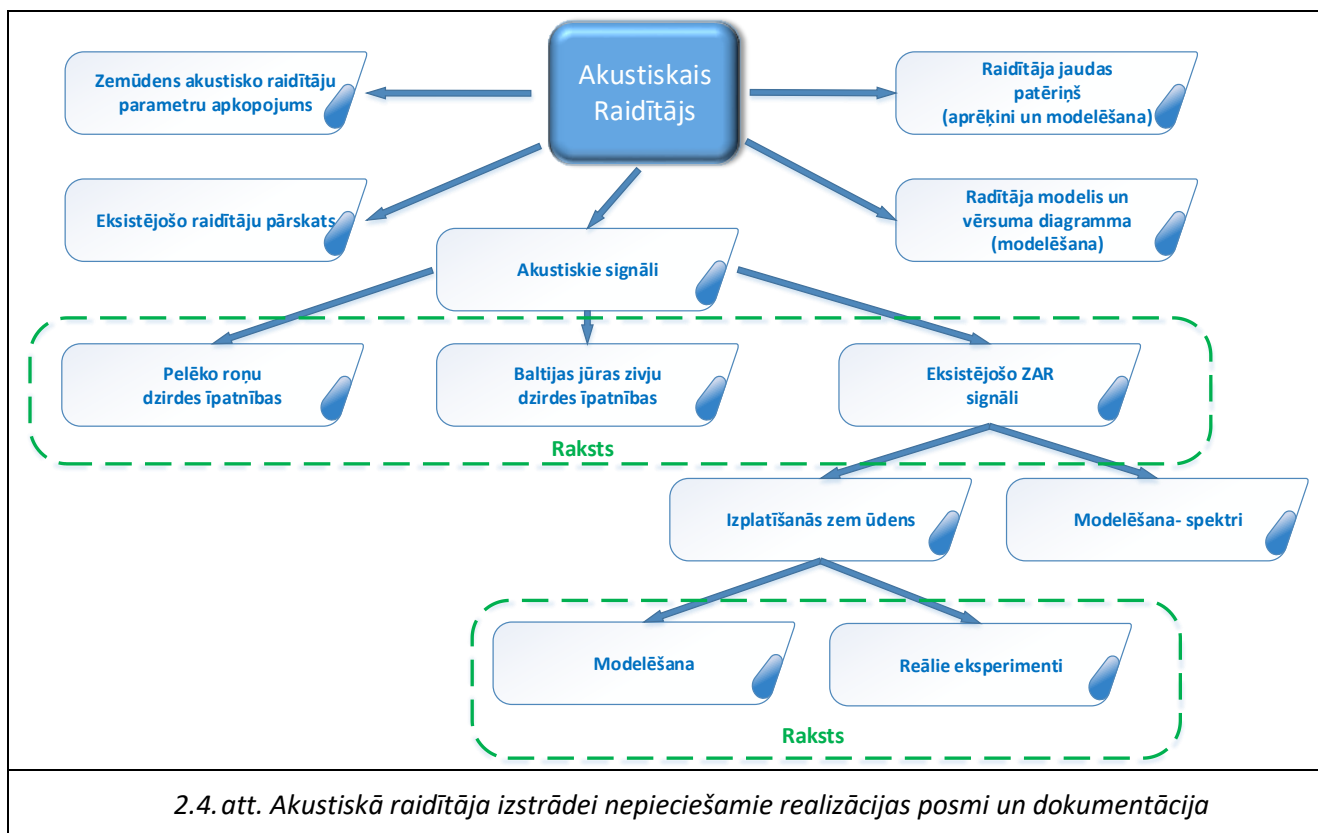


2.2. att. Barošanas moduļa izstrādei nepieciešamie realizācijas posmi un dokumentācija

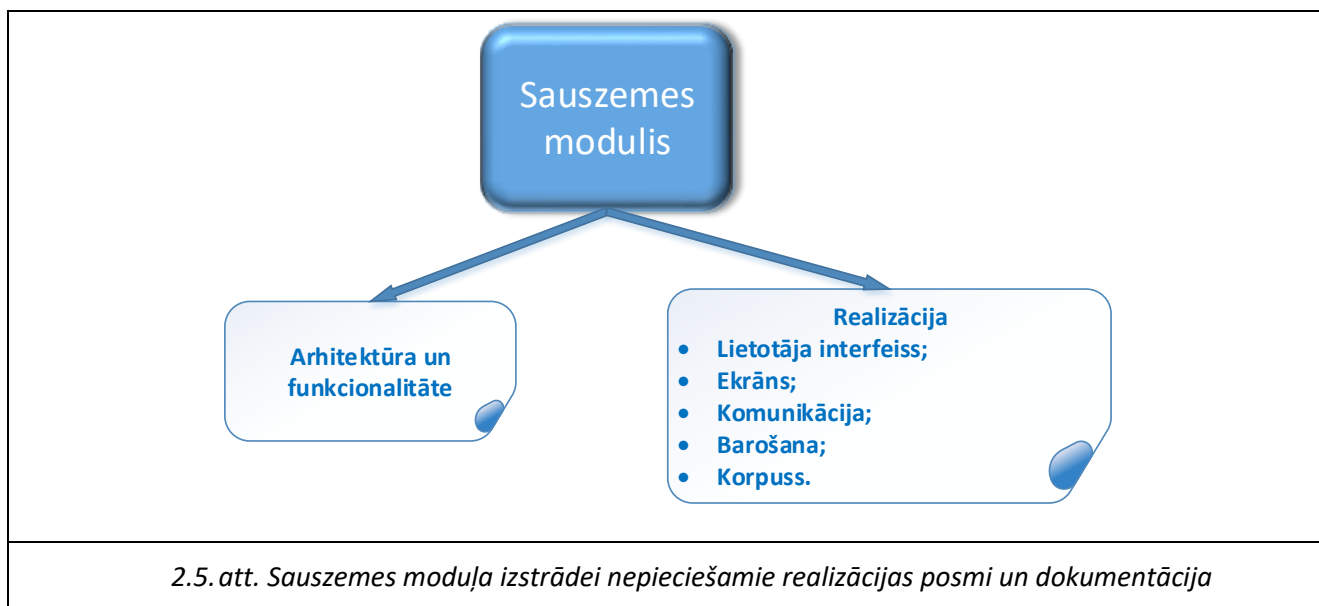
2.3. Pastiprinātājs un salāgošana



2.4. Akustiskais raidītājs



2.5. Sauszemes modulis



3. Pārraidāmā signāla sintēze

3.1. Ievads

Šī atskaite sniedz informāciju par pētījumu rezultātiem, kas tika veikti lai noskaidrotu zemūdens akustiskā raidītāja (ZAR) izstaroto signālu formu, spektru, jaudu un citus parametrus.

3.2. Izmantotā nomenklatūra

Skaņas spiediena līmenis (sound pressure level – SPL) apraksta skaņas spiedienu telpas punktā kā attiecību starp nominālo spiedienu $P_0 = 1 \mu Pa$ un esošo spiedienu P :

$$SPL = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

Skaņas ietekmes līmenis (sound exposure level – SEL) apraksta ietekmi uz dzīvu organismu ņemot vērā SPL un ekvivalento iedarbības ilgumu t :

$$SEL = SPL + 10 \log_{10}(t)$$

Kā redzams, dzīva organisma pakļaušana 10s ilgai skaņas iedarbībai ir ekvivalenta SPL pieaugumam par 10dB.

Preventīva akustiskā ierīce (acoustic deterrent device – ADD) iekārta rada signālus, kas ietekmē mērķa grupu (piemēram Roņus) un rada tiem nepatīkamas sajūtas nepārsniedzot sāpju līmeni.

Aizskaroša akustiskā ierīce (acoustic harassment device – AHD) iekārta rada signālus, kas ietekmē mērķa grupu (piemēram Roņus) un rada tiem nepatīkamas sajūtas pārsniedzot sāpju līmeni. Šāda veida ierīces var izraisīt atgriezeniskus vai neatgriezeniskus dzirdes orgānu bojājumus.

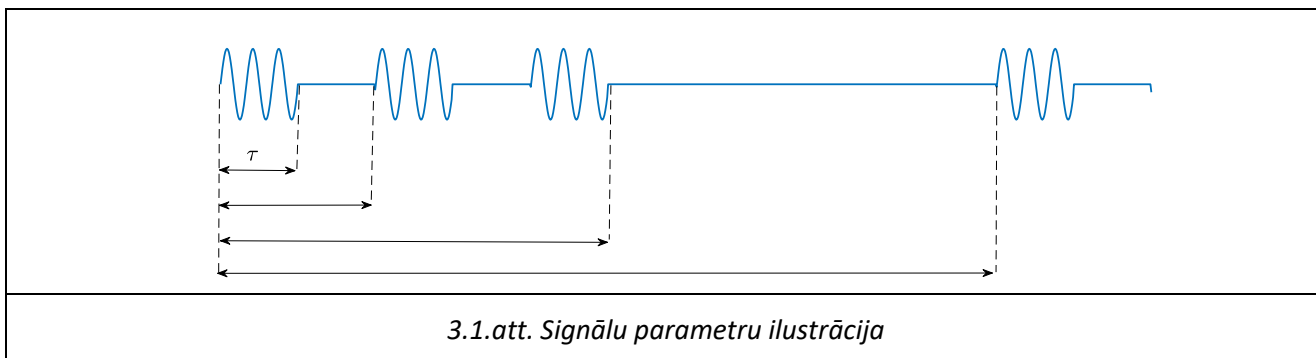
Pastāvīga dzirdes sliekšņa nobīde (permanent threshold shift – PTS) ir spēcīga skaņas signāla izraisīta neatgriezeniska dzirdes pasliktināšanās.

Īslaicīga dzirdes sliekšņa nobīde (temporary threshold shift – TTS) ir spēcīga skaņas signāla izraisīta atgriezeniska dzirdes pasliktināšanās, kas ar laiku pāriet.

3.3. Literatūras apskats

Apskata rakstā (Götz & Janik, 2013) ir sniegts plašs apskats par zemūdens akustisko raidītāju izmantošanas aspektiem, to efektivitāti un ietekmi uz apkārtējo vidi. Raksta autori apskata vairākas iekārtas no kompānijām Ferranti-Thompson, Ace-Aquatec, Airmar, Terecos Ltd, Lofitech un apskata to pielietošanas iespējas. Raksta autori nonāk pie vairākiem ļoti svarīgiem secinājumiem, kuri tiek izmantoti šajā pētījumā. ZAR tiek klasificēti divās kategorijās AHD un ADD (skat nomenklatūru). Zemāk dotajā tabulā ir apskatīti

signāli, kuri tiek lietoti komerciāli pieejamās vai zinātniskos pētījumos izstrādātās iekārtās. Izmantoto parametru ilustrācija ir dota 3.1.att.



Balstoties uz zinātniskos rakstos pieejamo informāciju ir iespējams veikt populārāko eksistējošo ZAR izmantojamu signālu parametru apkopojumu – skat. Tabulu 3.1.

Tabula 3.1. Dažu plaši lietojamu ZAR modeļu parametri

Autori	Signāla forma	Frekvence, kHz	τ , ms	T , ms	B , ms	L , s (darba cikls)
Mate & Harvey (1987)	Frekvences modulēti impulsi	8-20	-	-	1-32	0-1 (gadījumveida 2x sekundē)
Ferranti-Thomson MK2 Seal Scrammer	Impulsi 5 dažādās frekvencēs, kas tiek izvēlētas secīgi gadījumveidā vienā no 5 kombinācijām	4-40	20	40	20000	600-3600 (3%)
Ace-Aquatec Silent Scrammer	Impulsi 28 dažādās frekvencēs, kas tiek izvēlētas secīgi gadījumveidā vienā no 64 kombinācijām	4-40	3.3-14	33.2-48.5	5000	50-600 (paketē 50%)
Airmar dB Plus	sinusoīda	10.3	1.4	40	2250	4500 (50%)
Terecos DSMS-4	Tonis + čirpi ar gan pieaugošu gan dilstošu frekvenci	1.8-3.0 + 2.4-6.0	8	8-16	200-8000	180 (11%)
Lofitech universal or seal scarer	sinusoīda	14.9 vai 15	550	1000	5500	20-60 (10-25%)
Akamatsu et al. (1996)	sinusoīda	8	-	-	5000	10

- Vairākos rakstos ir uzsvērts, ka ir novērojama dzīvnieku pierašana pie preventīvā audio signāla. Eksperimenti Baltijas jūrā (Fjälling, Wahlberg, & Westerberg, 2006) parādīja, ka sezonālas zvejas gadījumā pierašanas problēma ir mazāk aktuāla un parādās katras sezonas beigās.
- Rakstā (Fjälling et al., 2006) aprakstītajos eksperimentos, kas norisinājās atvērtā jūrā, tika izmantota Lofitech iekārta, kas ģenerēja sinusoidālus 15kHz impulsus. Eksperimenta laikā tika veikti iekārtas uzlabojumi – tika samazināts darba cikls līdz 4.5% (250ms ilgi impulsi un 55s pauze). Tas palielināja tās darbības ilgumu divās reizēs.
- Atbaidīšanas efektu ietekmē barības klātbūtne. Ja barības nav Roņi aizpeld pie SEL=135dB, turpretī ja tie redz ēsmu, sliekšnis pieaug līdz 145dB.
- Spēcīgi akustiskie signāli var izraisīt PTS un TTS. Rakstā (Götz & Janik, 2013) tiek analizēti ZAR līmeņi Roņiem:

Tabula 3.2. Dzirdes ietekmes rādiusi pelēkiem roņiem

SEL, dB	TTS rādiuss, m	PTS rādiuss, m
221	100	60
203	10	7
183	1	0.5
163	0	0

- Ilgstoša atrašanās skaņas ietekmē var izraisīt TTS vai PTS.
- Platjoslas signāli var traucēt dzīvnieku sazināšanos un ietekmēt medības un reprodukciju.
- Rakstā (Kastelein et al., 2007) tiek secināts, ka frekvences virs 10kHz neietekmē zivis. Citos eksperimentos zivis nereaģēja uz skaņām virs 5kHz. Augstākā frekvence, uz ko reaģēja zivis bija 4kHz (Atlantijas siļķe).
- Jūras zīdītāju dzirde nav pietiekoši izpētīta. Eksperimenti rāda, ka roņveidīgo dzīvnieku dzirde ir vislabākā 20-30kHz diapazonā.
- Zemāku frekvenču akustiskie signāli izplatās ūdenī labāk. Absorbcijas koeficients ūdenī pie 1kHz aptuveni ir 0.06 dB/km, turpretī pie 10kHz tas sasniedz 0.7dB/km.
- Promocijas darbs (Götz, 2008) ir veltīts skaņas psiholoģiskajai ietekmei uz zemūdens zīdītājiem. Rakstā (Götz & Janik, 2010) autori piedāvā izmantot bailes izraisošas skaņas, jo eksperimenti parādīja, ka tās iedarbojas spēcīgāk. Tomēr efekts ievērojami vājinās barības klātbūtnē, kas dzīvnieki ir gatavi paciest nepatīkamās skaņas.
- Skaņas maiņa palēnina dzīvnieku pierašanu. Tomēr eksperimenti rāda, ka dzīvnieki pierod arī pie tās..
- Izbīļa reflekss parādās strauji pieaugoša skaļuma skaņām, kas 15-20ms sasniedz vismaz 80dB virs dzīvnieka dzirdes sliekšņa. Testi (Götz & Janik, 2011) parādīja, ka dzīvnieki pierod pie lēni pieaugoša skaļuma skaņām.

3.4. Darba uzdevums

Izstrādāt signālu **preventīvu akustisko ierīci**, kas paredzēts tieši roņu atbaidīšanai un ir pietiekoši mainīga lai palēninātu dzīvnieku pierašanu pie signāla. Noteikt signāla darba ciklu atkarībā no ZAR jaudas. Piedāvāt darba cikla izmaiņas algoritmu atkarībā no elektrobarošanas avota līmeņa.

3.5. Piedāvātais risinājums

Jaudas izvēle

Ņemot vērā Tabulu 3.2 un datus rakstā (Götz & Janik, 2013) var noteikt laiku pēc kura (sinusoidāls) signāls izraisītu TTS dzīvniekam atrodoties tieši pie ZAR:

Tabula 3.3. PTS ilgums pie dažādiem darba cikliem

Darba cikls, %	Ilgums, minūtes
25	9
12	17
4.5	40

Lai nodrošinātu efektīvu atbaidīšanu, SEL=183dB. Ņemot vērā, zemo darba ciklu (mazāk par 10%), sistēmai (zemūdens skaļrunim) ir jānodrošina SPL=180dB.

Frekvenču spektra izvēle

Veicot literatūras analīzi, īpaši pievilcīga izskatās sinusoidālu dažādu frekvenču 15-30kHz signālu izmantošana. Šeit ir jāņem vērā, ka zemāku frekvenču akustiskie signāli ūdenī izplatās labāk nekā augsto frekvenču akustiskie signāli.

No otras puses, paliek atvērts jautājums par izbīļa refleksu (startle reflex) izraisošām skaņām, kuras varētu būt krietni efektīvākas par parastajiem toņiem.

Apliecējas izvēle

Apliecējas fronteī ir jāpieaug maksimāli ātri sasniedzot nominālo skaļumu. Maksimālais laiks pārejai no 0 līdz nominālajam skaļumam 10ms.

Signālu ģenerators modelis

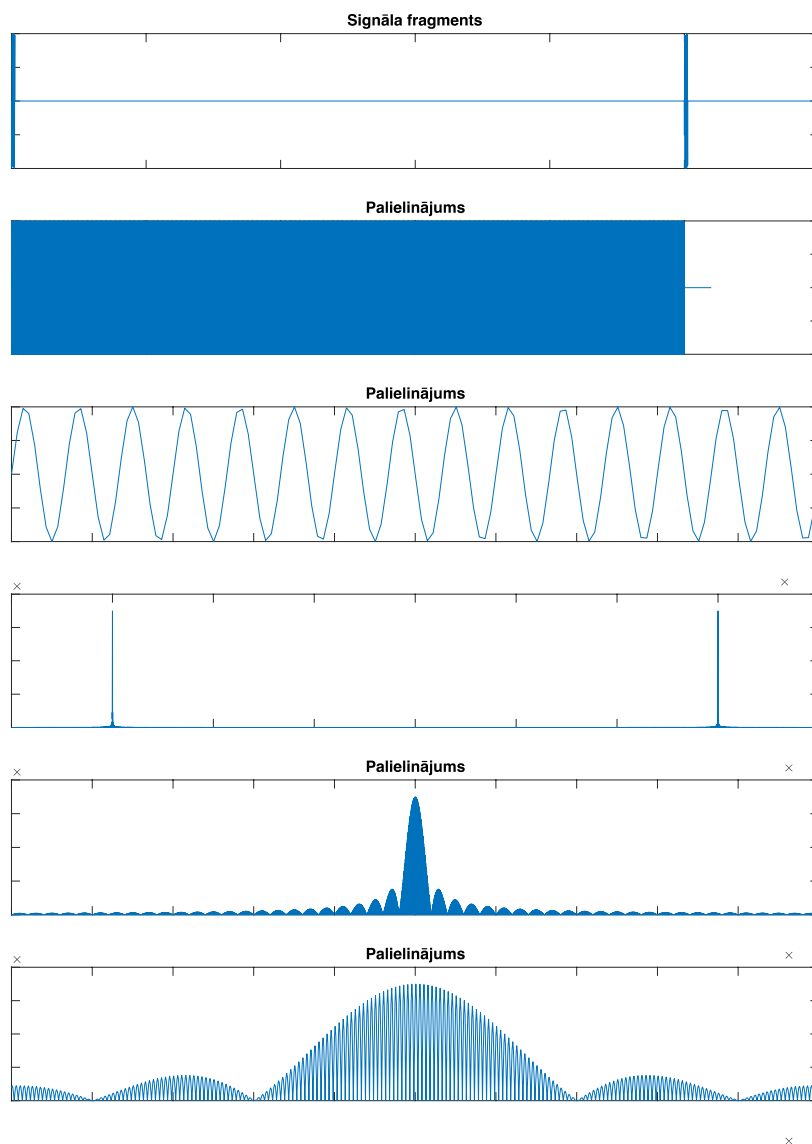
Iespēja mainīt skaņas spektru un raksturu ir galvenais rīks kā cīnīties ar dzīvnieku pierašanu.

(nākamais posms)

Signālu izplatīšanas modelēšana

(nākamais posms)

Piedāvājamie signāli un to spektri (iesākums)



3.2.att. Sinusoidāls signāls ar toņa frekvenci 15kHz, darba ciklu 5% (250ms signāls, 30-70s gadījumveida pauze).

3. Sadaļas Bibliogrāfija

- Fjälling, A., Wahlberg, M., & Westerberg, H. (2006). Acoustic harassment devices reduce seal interaction in the Baltic salmon-trap, net fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 63(9), 1751–1758. <http://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.06.015>
- Götz, T. (2008). *Aversiveness of Sound in Marine Mammals: Psycho-Physiological Basis, Behavioural Correlates and Potential Applications*. PhD. University of St Andrews, 1–221.
- Götz, T., & Janik, V. M. (2010). Aversiveness of sounds in phocid seals: psycho-physiological factors, learning processes and motivation. *The Journal of Experimental Biology*, 213, 1536–1548. <http://doi.org/10.1242/jeb.035535>
- Götz, T., & Janik, V. M. (2011). Repeated elicitation of the acoustic startle reflex leads to sensitisation in subsequent avoidance behaviour and induces fear conditioning. *BMC Neuroscience*, 12(1), 30. <http://doi.org/10.1186/1471-2202-12-30>
- Götz, T., & Janik, V. M. (2013). Acoustic deterrent devices to prevent pinniped depredation: Efficiency, conservation concerns and possible solutions. *Marine Ecology Progress Series*, 492, 285–302. <http://doi.org/10.3354/meps10482>
- Kastelein, R. A., van der Heul, S., van der Veen, J., Verboom, W. C., Jennings, N., de Haan, D., & Reijnders, P. J. H. (2007). Effects of acoustic alarms, designed to reduce small cetacean bycatch in gillnet fisheries, on the behaviour of North Sea fish species in a large tank. *Marine Environmental Research*, 64(2), 160–180. <http://doi.org/10.1016/j.marenvres.2006.12.012>

3. Signālu ģenerēšanas iespējas

4.1. Ievads

Viens no roņu atbaidīšanas iekārtas pamatblokiem ir noteiktās formas signālu ģenerators, kas ļaus ģenerēt vajadzīgās formas signālus.

Mūsdienās signāla ģenerēšana ir saistīta ar ciparu pieeju, kad noteiktā mikroshēma nodrošina signālu ģenerēšanu no nolasēm, kas tiek nolasītas no atmiņas, izejas signāls tiek nofiltrēts, kā rezultātā tiek iegūts nepārtrauktais analogais signāls. Analogā pieeja, kas ļauj ģenerēt analoģu signālu uzreiz varētu nodrošināt tikai ļoti ierobežotu ģenerēto signālu formu daudzveidību, tāpēc tā pašlaik netiek aplūkota.

Mūsdienās gandrīz katram specifiskam uzdevumam eksistē risinājums mikroshēmas veidā. Tātad arī ģeneratoriem jau eksistē gatavas mikroshēmas. No pieejamu mikroshēmu klāsta var izdalīt divas grupas: digitālie signālu ģeneratori (tehniskiem, zinātniskiem mērķiem) un noteiktā skaņas fragmenta (mūzikas) atskaņošanas iekārtas.

Digitālajos signālu ģeneratoros parasti izmanto t.s. DDS – (direct digital synthesis – tiešā ciparu sintēze) pieeju, kurā signālu periodu reprezentē tā nolases. DDS mikroshēmas piedāvā ģenerēt zināmu formu signālus: sinusoidālo, trīsstūrveida, taisnstūrveida, vai arī patvaļīgas formas periodisku signālu, kuram viens signāla periods tiek glabāts speciālajā atmiņā nolašu veidā. Šādu mikroshēmu piemēri, ir AD9106BCPZ mikroshēma.

4.1. attēlā ir parādīta mikroshēmas iekšēja struktūra.

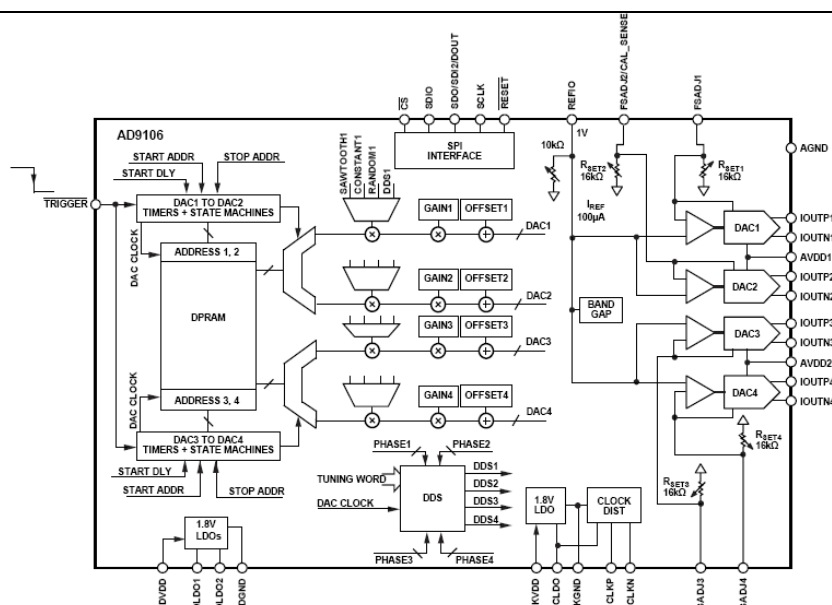


Figure 1.

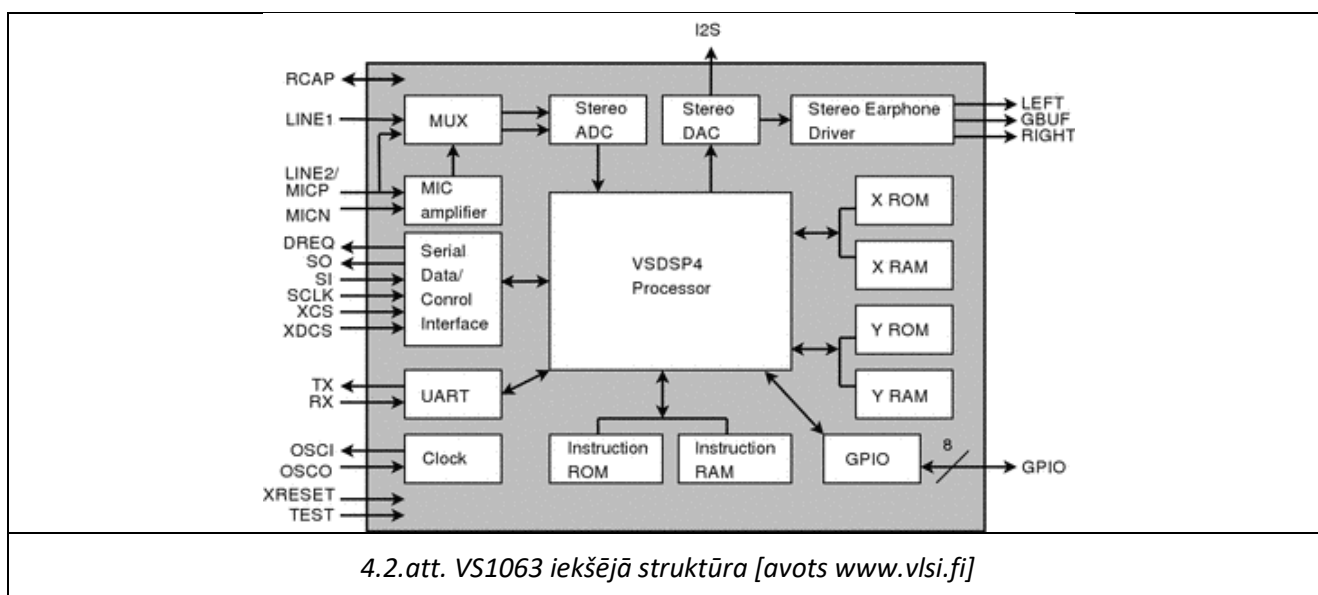
4.1.att. AD9106BCPZ [avots AD9106BCPZ dokumentācija]

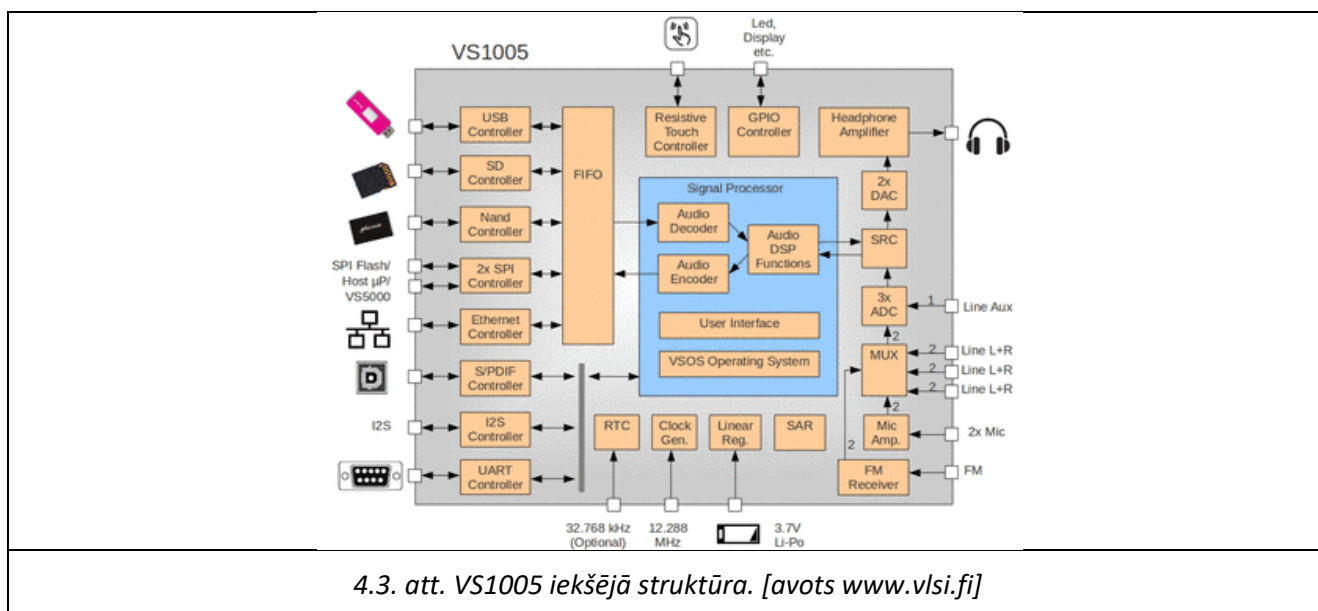
No funkcionālas blokshēmas varam secināt, kā pieminētā mikroshēma ļautu ģenerēt 4 neatkarīgus noteiktās, vai patvaļīgas formas signālus. No dokumentācijas varam precizēt, kā maksimālā signālu frekvence ir līdz 160MHz, ar 12 bitu izšķiršanas spēju. Aprakstītais paņēmieni varētu izrādīties visai veiksmīgs, ja izrādīsies, ka roni varēs atbaidīt izmantojot viena toņa harmoniku, vai arī kādu periodizētu signālu.

Otrs minētais signāla ģenerēšanas paņēmieni, iepriekš ierakstītā signāla atskaņošana no atmiņas kartes. Salīdzinājumā ar iepriekšējo mikroshēmu paņēmieni varētu izrādīties labāks, ja runa iet par skaņas diapazonu, un kaut kādu specifisku neperiodizētu signālu, piem. atskaņojot jūras dzīvnieku balsis. Tika apskatīti vairāki risinājumi mikroshēmas (mikroprocesori, signālprocesori), kas ļautu atrisināt uzdevumu šāda veidā, bet visveiksmīgākais (vislabāk dokumentētais, vismodernākais, visplašāk pielietotais) izrādījās somu firmas VLSI specializētās audio mikroshēmas (signālprocesori). No VLSI piedāvātā produkta daudzveidības tika izvēlēti VS1063 vai arī VS1005 signālprocesori.

Kā izrādījās, izpētot konkrētās mikroshēmas, šīs mikroshēmas ne tikai nodrošina iespēju atskaņot izvēlēto skaņu no skaņu kartes, bet arī ļauj ģenerēt analītiski aprakstītus signālus, piem. sinusoidālu signālu. Risinājuma priekšrocība, ir tā, ka mikroshēmas izeja uzreiz ir pielāgota pastiprinātāja pieslēgšanai, un nav jāieslēdz papildus filtri, un salāgošanas shēmas. Vienīgais objektīvs ierobežojums ir maksimālā signāla frekvence, kas ir ierobežota ar 48 kHz. Ja projektā būs nepieciešama augstākas frekvences signāls, tad diemžēl šis risinājums to nenodrošinās, bet tā kā projekta ir plānots radīt iekārtu līdz 20 kHz, tad šis risinājums varētu izrādīties visai veiksmīgs.

4.2. att. ir parādīta VS1063 mikroshēmas iekšējā struktūra, bet 4.3. att. – VS1005 mikroshēmas iekšējā struktūra.





Abas mikroshēmas ļauj saglabāt skaņas fragmentu gan izmantojot formātus ar signāla kompresiju MP2, MP3, WMA, OGG, LC-AAC, HE-AAC, IMA ADPCM, G.711 u-law, G.711 a-law, G.722, WAV gan arī bez signāla kompresijas PCM, FLAC, ALAC, formātos. VS1063 mikroshēma ļauj strādāt kopā ar mikrokontrolieri, kas nodrošinās to vadību caur SPI interfeisu, gan arī darboties autonomi, vadoties ar podziņām, sensoriem, utt. izmantojot GPIO interfeisu. VS1005 var darboties autonomi, tai ir plašākas programmēšanas iespējas, gan arī sava operētājsistēma, un tā prasa mazāk palīgkomponentes.

Abām mikroshēmām ir vajadzīga ārējā atmiņa. Atmiņas vietā varētu izmantot SD karti, vai arī kādu cita specifiskāku atmiņu, pieslēdzot to caur SPI interfeisu.

4.2. Mikroshēmu programmēšana

Pieminēto mikroshēmu iegādāšana gan pirmajā (mikrokontrolieris), gan otrajā (signālprocesors) paņēmienā nav saistīta ar uzdevuma atrisinājumu. Mikroshēma ir attiecīgi jāpielāgo dotajam uzdevumam, t.i. attiecīgi jāprogrammē. Neskatoties uz to, kas pārsvarā mikroshēmas tiek programmētas ar C valodu (Embedded C), kas ir zināma, bet tomēr katrai mikroshēmai ir savs specifisks komandu kopums, kas ir jāapgūst.

Pat ja VLSI signālprocesoriem ir pieejama dokumentācija, programmēšana nav tik triviāls uzdevums, un derīga koda radīšana prasa dažus mēnešus darba.

4.3. Praktiskais darbs

Tika iegādāts un izmēģināts VS1063 signālprocesors, kā arī tika izpētītā tā dokumentācija. Tika izmēģināti pirmie signālu ģenerēšanas paņēmieni, t.i. atskaņošana no skaņu kartes.

4.4. Turpmākie eksperimenti

1. *Izmēģināt zināmu formu signālu ģenerēšanas iespējas ar VS1063.*
2. *Uzņemt raksturīgas oscilogrammas.*

4.5. Secinājumi

Atkarībā no vajadzīgu signālu daudzveidības tiks izvēlēts vai arī viens, vai otrs pieminētais risinājums. Pagaidām izskatās, ka VS1063 vai VS1005 ierīces varētu būt piemērotāki uzdevuma atrisinājumam. Tiks turpināts darbs pie to programmēšanas un testēšanas.

5. Iespējamie vispārējie tehniskie risinājumi sistēmas realizācijai**5.1. Barošanas sistēma, uzlāde, akumulatora maiņa**

Kā referenci barošanas sistēmai un patēriņam var pieņemt norvēģu Lofitech SealScarer: ar 12V 75Ah svina/skābes akumulatoru un vidējo strāvas patēriņu 0,4A iekārta darbojas 2-3 dienas.



5.1.att. Lofitech SealScarer [<http://www.lofitech.no/en/seal-scarer.html>]

Akumulators un iekārta uzstādāma stacionāru zivju audzētavu virsūdens konstrukcijās, un starotājs pieslēgts garā kabelī, iegremdējams ūdenī. Mūsu projekta gadījumā viss aprīkojums tiks izvietots uz plosa vai iegremdēts ūdenī.

12V 75Ah svina/skābes marine klases akumulators ir aptuveni 280x180x220mm izmēros un 24kg smags. Analogs lītijs-jonu akumulators izmēros būtu tāds pats, taču svērtu 2x mazāk - ap 12kg. Cena ir 2-3 reizes augstāka (300-400 EUR vietā 800-900).

Jūrā brīvi peldošai (noenkurotai) iekārtai būtisks jautājums - kā uzturēt iekārtas darbu.

Iespējamie scenāriji:

Scenārijs_1 “maina iekārtu”

Katrai darba vietai jāparedz 2 iekārtas. Kamēr viena darbojas jūrā, otra ir krastā, tiek uzlādēts akumulators.

Scenārijs_2 “maina akumulatoru bloku”

Katrai darba vietai ir viena iekārta un divi akumulatoru bloki. Kamēr viens darbojas jūrā, otrs tie uzlādēts krastā. Bloka nomaiņu veic jūrā.

Abus scenārijus jāaplūko kontekstā ar iekārtas izpildījumu.

Iekārtas izpildījums un korpusi

Atkal 2 varianti:

Izpildījums_1 “plosts”

Daļa iekārtas uzstādīta uz noenkurota plostā. Izstarotājs pievienots ar kabeli un iegremdēts.

Tikai retumis, mierīgos laika apstākļos iekārtas korpuss uz plostā atrodas sausumā. Lielākoties tas tiks viļņu apšļākts. Nevar izslēgt arī plostā apgāšanos. Resp. iekārtas korpusam jābūt tik pat ūdensblīvam, kā “pludiņa” variantā. Iespējams korpusa risinājums - slavenās firmas Pelican korpusi. Piem. StormCase iM2975 (ap 500 EUR): Iekšējie izmēri: 73 x 45 x 35 cm, tilpums 118litri. Svars 12 kg.



5.2.att. StormCase iM2975 [www.pelican.com]

Izpildījums_2 “pludiņš”

Iekārta ievietota hermētiskā konteinerā (piem. mucā), kas ir noenkurots un peld vai arī ir ar enkura trosi ievilkts dažu metru dziļumā. Izstarotājs piemontēts konteineram vai arī karājas kabelī. “Pludiņa” variantā kritisks jautājums - tilpums un svars. Resp. - vai viens cilvēks spēs iekārtu iecelt laivā? Un - cik liela slodze jānotur enkuram?

Tabula 5.1. Dažāda tilpuma hermētisko mucu un ZAR svars un peldspēja

Mucas tilpums, litri	60	120	220
Mucas izmēri, Dxh, cm	40x63	50x70	59x98
Mucas svars, kg	4	6	10
Akumulatora svars (svina/skābes 12V75Ah), kg	24	24	24
Izstarotāja svars, kg	2	2	2
Iekārtas pārējās daļas svars, kg	8	10	12
Svars kopā, kg	38	42	48
Peldspēja, kg	22	78	172

Šeit par korpusu pieņemtas dažāda tilpuma mucas, kas paredzētas bīstamu vielu uzglabāšanai. Materiāls ir drošs pret saules radiāciju, aukstumizturīgs. Temperatūra materiāliem, kas atrodas iekšā, var būt no -20 °C līdz + 60 °C. Materiāls ir izturīgs pret lielāko daļu no ķīmiskām vielām, vāks nostiprinās ar savelkamu stīpu. Vairumam mucu savelkošās metāla stīpa ir cinkota! Jāmeklē nerūsējošā tērauda stīpas!

Tabulā pieminētās mucas vietnē fnserviss.lv maksā 30-50 EUR.

Kā liecina peldspēja, 120 un 220 litru mucu tilpums ir pārāk liels - viens cilvēks nespēs, velkot enkura virvi, to iegremdēt. Praksē mucu lietotu ar vāku uz leju. Gadījumā, ja tajā tomēr iesūcas ūdens, tas netiks klāt augstāk novietotajām iekārtām.



5.3.att. Plastmasa muca

Akumulatora nomaiņa

Izpildījumā “plosts”:

- visa korpusa demontāža no plostā jūrā nav iespējama. Scenārijs_1 “maina iekārtu” atkrīt.
- toties Scenārijs_2 “maina akumulatoru” ir diezgan reāls. Šim nolūkam laivu “jāpietauvo” pie plostā, jāatver Pelikan korpusa vāku, jāatvieno akumulatora vadus, jānomaina akumulators, utt.

Šādā risinājumā darbības atvieglās dažas nianšes:

- akumulators pieslēdzams iekārtas nevis ar klemmēm, kuru atvienošanai/pieslēgšanai nepieciešams skrūvgriezis vai atslēga, bet gan ar jaudīgu divu kontaktu štekeri;
- plostā konstrukcijai jānodrošina to, ka laivas gals spētu piestāta pie plostā pēc iespējas tuvāk korpusam. Jo, sēžot laivā, jāspēj izcelt/iecelt korpusā 24kg smagu akumulatoru!

Izpildījumā “pludiņš” akumulatora nomaiņa jūrā **gandrīz nav iespējama**, jo prasa:

- mucas iecelšanu laivā (smagi);
- mucas vāka noņemšanu/uzlikšanu (pēc pāris reizēm hermētiskums zudīs)

- akumulatora demontāžu/montāžu (mehāniski) un atvienošanu/pievienošanu (elektriski).

Šūpojoties laivā, tas ir pārāk sarežģīti. Tāpēc “pludiņa” variants skatāms tikai scenārijā “maina iekārtu”.

Akumulatora uzlāde

Kombinācijā scenārijs “maina akumulatoru” + izpildījums “plosts” akumulators tiek nogādāts krastā. Uzlāde nozīmē tikai tā konektora pieslēgšanu uzlādes ierīcei.

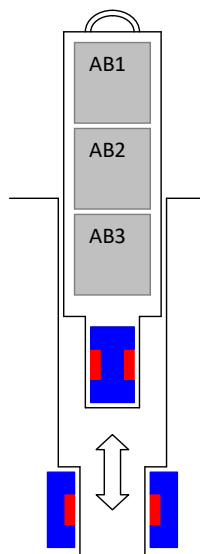
Toties kombinācijā scenārijs “maina iekārtu” + izpildījums “pludiņš”, lai novērstu ikreizēju mucas vāka noņemšanu/uzlikšanu, vēlams mucas sienīnā iemontēta un pienācīgi aizsargāta (vismaz IP68 klase) kontaktligzda. Tajā bez “jaudas” kontaktiem varētu būt arī daži signāla vadi iekārtas uzkrāto datu nolasīšanai un/vai pārprogrammēšanai.

Kombinācijai scenārijs “maina akumulatoru” + izpildījums “pludiņš” var pieminēt sekojošu futuristisku risinājumu, kas līdzinās tagad tik populārajai “bezvadu” uzlādei. Iespējams, tas noderētu rūpnieciskā izpildījumā un ļautu elementāri nomainīt akumulatoru jūrā arī “pludiņa” izpildījumā.

Iekārtas korpusā ir cilindra veida dobums. Arī akumulatora baterijas savietotas ap 60-70cm garā cilindrā. Gan dobuma, gan akumulatoru cilindra apakšā ir iemontētas transformatora daļas (zilā - serde, sarkans - tinumi). Enerģijas pārnese notiktu dažu 100kHz frekvencē, cerot uz efektivitāti 70-80% līmenī.

Šādā veidā notiktu gan enerģijas nodošana iekārtai jūrā, gan akumulatora uzlāde krastā - bezkontakta risinājumā. Vēl korpusos būtu magnēti un hermētiskie kontakti, kas abām pusēm ziņotu par ievietošanu lādētājā vai iekārtā un attiecīga darba režīma uzsākšanu.

Šādam risinājumam gan piemīt trūkums - akumulatoru izvietojums cilindrā paaugstina iekārtas kopumā masas centru. Situāciju tikai nedaudz uzlabotu dalītā transformatora novietojums cilindra augšpusē.



5.4.att. Iespējamā akumulatoru izvietojuma un uzlādes shēma

Papildus enerģijas avoti

Iepriekš pieņemto vidēji patērēto jaudu $\approx 5W$ izdevīgos apstākļos iegūtu pat $0,25m^2$ liels saules panelis. Paļaujoties tikai uz saules paneli un atsakoties no akumulatora regulāras nomaiņas, vajadzētu jau 10-20 reizes lielāka laukuma paneli (resp. $2,5-5 m^2$). Tomēr tāds risinājums nederēs kaut vai lielās vēja slodzes dēļ. Bez tam tas izraisītu nevēlamu svešinieku interesi.

Lai galīgi izlemtu par saules paneļa pielietošanu gala risinājumā, jāsamēro papildus izmaksas un iegūstamo efektu (retāku akumulatora nomaiņu).

Eksotiskākus enerģijas iegūšanas veidus (no ūdens straumes, no gaisa un ūdens temperatūras starpības, no iekārtas šūpošanas) nav vērts aplūkot.

Secinājumi

Prototipā:

- Iekārta iemontēta ūdensblīvā korpusā, kas novietots uz plostā.
- Barošana - no akumulatora, ko uzlādēs krastā un nomainīs - jūrā, atverot iekārtas korpusu.

Gala produktā:

- Variantā "uz plostā" vērts aplūkot saules paneļa kā papildus (ne - pamata) enerģijas avotu.
- Variants "pludiņš" ar akumulatora nomaiņu jūrā iespējams tikai ar atsevišķu hermētisku akumulatoru bloku un bezkontakta (induktīvo) uzlādi un izlādi.

5.2. Projektējamās iekārtas sastāvdaļas un to parametri

Pastiprinātājs

Barošana no 12V akumulatora ļauj kā pastiprinātāju izmantot vieglajiem auto masveidā ražotus (tāpat - lētus) audio pastiprinātājus. Vēl jo vairāk tāpēc, ka tajos jau ir iebūvēts:

- sprieguma pārveidotājs no +12V uz divpolāru augstāku spriegumu (piem. $\pm 30V$), kas nepieciešams diezgan augstomīgā izstarotāja darbināšanai;
- vairumu var izmantot tilta slēgumā;
- vairumam ir ieeja, kas pastiprinātāju pārslēdz miega (sleep) režīmā ar mazu strāvas patēriņu.

Piemēram: Sony XM-N502

- izmēri 270x55x185mm;
- svars 1,5kg;
- max jauda 500W pie 4Ω slodzes tilta slēgumā;
- cena - ap 85 EUR.



5.5. att. Sony XM-N502 [www.sony.com]

Konkrētajā modelī jaudas pakāpes veidotas klasiskajā dizainā, AB režīmā. Jāmeklē analogiskas jaudas D-klases pastiprinātājus, kam vajadzētu piemist:

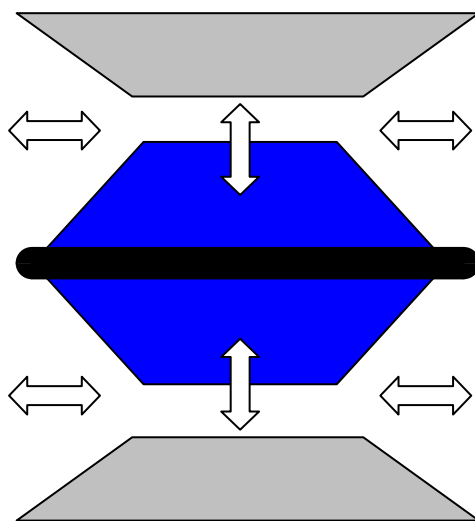
- mazākam strāvas patēriņam (par skaņas kvalitāti šeit nav tik būtiska)
- mazākiem izmēriem un svaram.

Zemūdens akustiskais raidītājs

Speciāli darbam zem ūdens paredzētu skaļruņu izvēle nav plaša. Augstākām frekvencēm (daži desmiti kHz) un šaurai joslai, iespējams, būtu izdevīgāki pjezoelektriski rezonanses pārveidotāji. Taču mūsu gadījumā runa ir par 5-15kHz frekvencēm, un piemērotāki ir platjoslas skaļruņi, kas paredzēti baseinu apskaņošanai sporta vai izklaides pasākumos.

Piemērs vienu no zemūdens skaļruņiem:

- izmantojams arī sālsūdenī;
- frekvenču josla 0,5...21kHz (± 10 dB)
- max skaņas spiediens 180dB/ μ Pa/m @ 1kHz
- ieteicams pastiprinātājs - 80W pie 8 Ω slodzes
- darba temperatūra 0°C - 41°C
- svars 5,4kg
- izmēri D=234mm, h=l=147mm.



5.6.att. Zemūdens akustiskais raidītājs un piedāvātais tehniskais uzlabojums

Skaļrunim darbojoties, abas attēlā redzamās zilās puses atvērās viena no otras un atkal saspiežas, kas nozīmē - vērsuma diagramma horizontālā plaknē ir tuva kardioīdai. Tas ir izdevīgi slēgtā baseinā, taču mūsu gadījumā vēlama apļa vērsuma diagramma.

Tāpēc skaļruni būs jānovieto horizontālā plaknē starp diviem konusiem (skicē - pelēki), kas novirzīs ūdens spiediena izmaiņas vienādi visos virzienos horizontālā plaknē.

Skicē nav parādīti vertikāli stieņi, kas saturēs kopā visu konstrukciju. Bultas rāda skaņas izplatīšanās virzienus.

“Pludiņa” variantā skaļruņa bloks būtu piestiprināms tieši pie mucas. Bet “plosta” variantā - iekārts trosēs un savienots ar speciālu lokanu kabeli. Te jāmeklē risinājums, kas pasargātu kabeli no pastāvīgas locīšanas, plosta šūpojos viļņos.

GNSS uztvērējs

Ar GNSS (Global Navigation Satellite System) agrāk saprata tikai amerikāņu GPS. Nu jau varam izmantot arī Eiropas Gallileo sistēmas signālus.

Iekārtas atrašanās vietas attālināta noteikšana noderēs tikai retumis, gadījumos, ja:

- saimnieks ir aizmirsis plosta vai pludiņa vietu
- plostas vai pludiņš ir atrāpies no trosēm uz vēja/straumes dzīts aizpeldējis prom.

Uztvērēja un antenas izmaksas ir nesalīdzināmi mazākas par kopējām iekārtas izmaksām. Tāpēc to ir vērts iekļaut jau pirmajā prototipā, it īpaši plosta izpildījumā.

“Pludiņam” iegremdētā stāvoklī GNSS signāli nebūs pieejami sālsūdens slāņa dēļ. Taču, ja pludiņš ir atrāpies no enkura troses (vai to ir izcēlusi nepiederoša persona), mucas augšdaļa (vismaz 10-20cm) pacelsies virs ūdens, un iekārta varētu gan noskaidrot savas koordinātes, gan noraidīt krastam attiecīgu ziņojumu.

Konkrēta uztvērēja modeļa izvēle ir pāragra. Noteicošie faktori būs piemērots interfeiss pieslēgšanai iekārtas kontrolerim, jutība un antenas konstrukcija. Uztvērējam vajadzētu darboties ar antenu, kas novietota iekārtas korpusa iekšienē, zem augšējā vāka.

Datu pārraide

Regulāri vai tikai nepieciešamības gadījumā iekārtai jānosūta saimniekam krastā:

- savas koordinātes,
- ziņu par akumulatora stāvokli (State of Charge),
- ziņojumu par vēl kādu avārijas situāciju (korpusa atvēršanu, pārāk augstu ūdens līmeni korpusa iekšienē vai ko citu).

No krasta uz iekārtu jāsūt:

- Jauni skaņas faili gadījumā, ja iekārta atskaņos tās atmiņā saglabātus failus. Ar moderniem audio kompresijas algoritmiem šo failu apjomu var saspiest dažos desmitos kilobaitu. Var rīkoties savādāk, ja iekārtas kontrolers ģenerētu skaņu pats (ar pastāvīgu un haotisku skaņu sajaukumu). Un tad izmaiņu ieviešanai pietiktu nosūtīt jaunu parametru kopumu - tikai dažus desmitus baitu.

- iekārtas darbības “profils” - cik bieži un cik skaļi atskaņot signālus, kādā secībā mainīt skaņas parametrus, darboties cauru diennakti vienādi vai noteiktās stundās biežāk/retāk, utt.

Minēto datu iesūtīšanu iekārtā var saukt par iekārtas “inicializāciju”.

Sakariem iekārta-krasts praktiski nav alternatīvu - GSM 800-900 MHz diapazons un SMS kā formāts, jo:

- pārsūtāms neliels datu apjoms, pie tam - visai reti;
- plaši pieejami (tātad lēti) GSM modemi apsardzes sistēmām vai attālinātai iekārtu vadībai;
- pārraide notiks līdz dažu km attālumā no krasta (vēl tālāk no tuvākā GSM torņa), ar zemu novietotu antenu, ko bieži aizsegs viļņu galotnes. Augstāku frekvenču signāliem tas nozīmē lielāku vājinājumu trasē vai pat “zonas trūkumu”.

Sakariem krasts-iekārta atbilde nav tik viennozīmīga, ņemot vērā datu apjomu un formātu. Taču tas tikai sašaurina piemērotu modemu izvēli. Šāda risinājuma priekšrocība:

- inicializēšanu var veikt iekārtas izstrādātāji no savas darba vietas atbilstoši iekārtas lietotāja izteiktajām vēlmēm vai veiktiem novērojumiem. Šāda operācija pašam lietotājam būs pārāk sarežģīta.

Alternatīva sakariem “krasts-iekārta” būtu īsa darbības attāluma sakari (kā ZigBee, BlueTooth), ko izmantotu jau no laivas, tiešā iekārtas tuvumā. Tomēr grūti iedomāties, ka lietotājs laivā darbotos ar planšetdatoru vai viedtelefonu. Tas varētu būt risinājums pirmajam prototipam, kad izstrādātāji uz vietas inspicētu iekārtas stāvokli vai veiktu tās inicializāciju. Kabeļa pieslēgums iekārtai jūrā (piem. ar USB) nav praktisks.

Jau pieminēts, ka sālsūdens slāņa dēļ iegremdēts pludiņš nespēs nedz uztvert, nedz pārraidīt signālus plašāk lietotajos frekvenču diapazonos (GSM, UMTS, WLAN, 0,8...2,4 GHz). Tas ir spēcīgs arguments pret iegremdējama pludiņa risinājumu. No iegremdēta stāvokļa (līdz apmēram 10m dziļumam) varētu raidīt tikai frekvencēs zem 1MHz, taču tas prasītu izstrādāt unikālu risinājumu (dārgi) un liela izmēra antenas (nepraktiski).

Kontrollers – MCU

Kontrollera (MCU) veicamās funkcijas:

- datu par iekārtas stāvokli uzkrāšana un pārraide (akumulatora stāvoklis, trauksmes devēju signāli, GNSS uztvērēja dati, utt);
- skaņas signālu atskaņošana vai ģenerēšana;
- citu iekārtu vadība, ieslēgšana/izslēgšana (parametru maiņa) atbilstoši akumulatora stāvoklim (piem. retāka skaņas izstarošana vai pat apturēšana, akumulatoram izlādējoties).

Gan pirmajā prototipā, gan gala risinājumā var izmantot plaši pieejamus vienplates datorus vai mikrokontrollerus. Atliek tikai izvēlēties ierīci ar:

- pietiekamu ieeju/izeju (interfeisu) skaitu un tipu
- pietiekamu procesora un atmiņas resursu skaņas signālu atskaņošanai vai ģenerēšanai
- minimālu patērēto jaudu
- piemērotu darba temperatūras diapazonu. Prototipā pietiktu ar 0...50 °C, taču gala versijai jādarbojas arī pie dažu grādu negatīvas temperatūras (vai arī jāparedz apsilde).

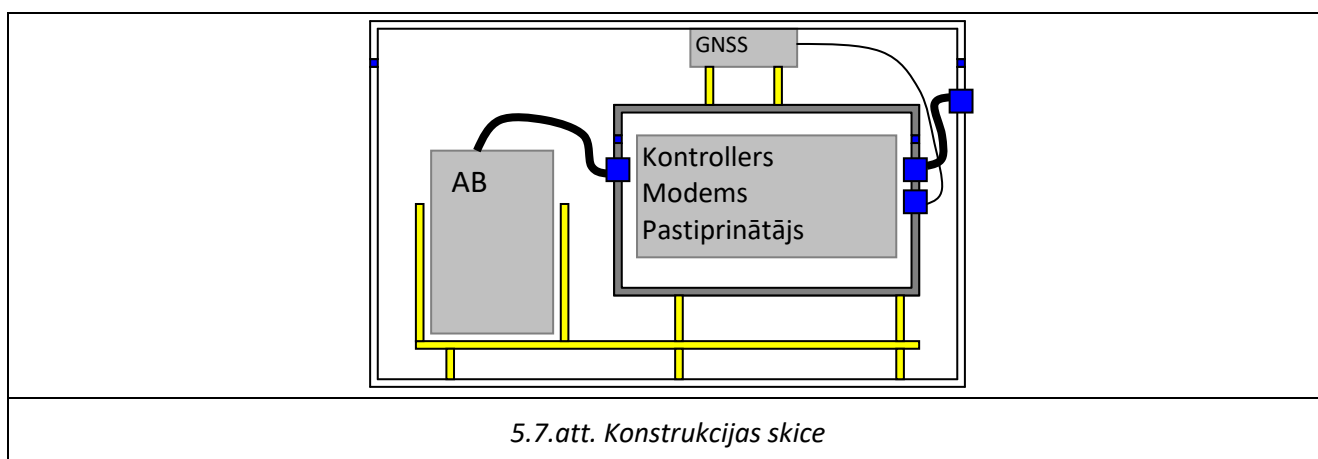
Datora vai mikrokontrollera plate tiks “uzsēdināta” uz mātes plates, kurā atradīsies barošanas spriegumu pārveidotāji, komutācijas ierīces, utt.

5.3. Konstruktijas skice

Skice kalpo tikai dažu konstrukcijas īpatnību komentēšanai.

Šeit pieņemts, ka vairums iekārtas daļu (izņemot izstarotāju) atradīsies Pelican korpusā un plostā. Lai arī ražotājs šiem korpusiem sola ūdensnecaurlaidību, tomēr jāreķinās ar sūcēm vāka blīvējumos vai ūdens iešļakstīšanos akumulatora nomaiņas laikā.

Tāpēc kontrolleri, modemu un pastiprinātāju jāievieto IP68/69 blīvētā kārbā. Un ūdensblīviem jābūt ne tikai ārējam izstarotāja konektoram, bet arī iekšējiem - akumulatora pieslēgšanai, utt (zilā krāsā).



Iekšējo korpusu un akumulatoru balstīs pietiekami stingras nerūsējoša materiāla konstrukcijas (dzeltenā krāsā). Akumulators AB savā vietā tiks nostiprināts tā, ka paliks savā vietā arī pēc iekārtas apgāšanās.

GNSS uztvērējs ir pacelts virs kontrollera korpusa tā, lai atrastos pēc iespējas augstāk.