

Decembris 29, 2017

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 1.2.,1.3.,2.1.

2017

Satura radītājs

1.	U1.2 Principiālo shēmu izstrāde, konstruktīvās un elementu bāzes izvēle	4
1.1.	Ģenerējamo akustisko signālu parametri	4
1.1.1.	Dažu signālu parametri un to spektri	4
1.1.2.	Signālu ģeneratora grafiskā lietotāja interfeisa izstrāde	9
1.2.	Iekārtas energoapgāde un alternatīvo enerģijas avotu izmantošanas iespējas	16
1.2.1.	Iekārtas energoapgāde	16
1.2.2.	Vertikālās ass turbīnu ražotāji	17
1.2.3.	Saules paneļi	19
1.2.4.	Saules paneļu aprēķins	23
1.3.	Akustisko signālu ģeneratora komponentes	31
1.3.1.	Jaudas pastiprinātājs	31
1.3.2.	Zemūdens akustiskie radītāji	31
1.4.	Principiālo shēmu izstrāde	40
4.1.1.	Signālu ģenerēšanas realizāciju novērtējums	41
4.1.2.	Skaņas signāla ģenerēšana un apliecējas veidošana	45
4.1.3.	Shēmas uzlabojumi un papildinājumi	49
4.1.4.	U_{ampl} un U_{freq} vadības signālu realizācija mikrokontrolierī	53
2.	U1.3. Laboratorijas prototipa izstrāde, programmēšana, testēšana.	57
2.1.	Laboratorijas prototipa shēmas testēšana-modelēšana	57
2.1.1.	Specializētā signālu ģeneratora mikroshēma XR2206	57
2.1.2.	Sinusoidāla signāla ģenerēšana	58
2.1.3.	Amplitūdas modulācijas realizācija	63
2.1.4.	Frekvences modulācijas (FM) realizācija	70
2.2.	Radio komunikāciju/ GSM modulis	75
2.2.1.	Moduļa funkcionalitāte	75
2.2.2.	Viedtālruņa programmas interfeisa apraksts	77
3.	U2.1. Korpusa un citu mehānisko komponentu izstrāde	80
4.	Pielikumi	83

4.1.	Programmu kodi.....	83
	C kods radio komunikāciju/ GPS modulim	83
	Android aplikācijas kods radio komunikāciju/GPS modulim	88
	Akustisko signālu ģenerators kods.....	91
4.2.	Izmantoto komponentu saraksts (Bill of Materials)	95
	Radio komunikāciju/GPS moduļa komponentu saraksts	95
	Akustisko signālu ģenerators komponentu saraksts	96

1. U1.2 Principiālo shēmu izstrāde, konstruktīvās un elementu bāzes izvēle

1.1. Ģenerējamo akustisko signālu parametri

Balsoties uz 1.1.uzd. iegūtajiem datiem šī punkta ietvaros tiek apkopota informācija pa piedāvātiem optimāliem akustisko signālu parametriem. Caur vadības interfeisu (USB, bluetooth vai GSM/GPRS) lietotājam jāvar mainīt sekojošus ģenerējamā signāla parametrus. Parametri ir gadījuma lielumi ar normālo sadalījumu, kuriem var iestādīt vidējo vērtību un dispersiju. Ir jāparedz izveidot biežāk lietojamo kombināciju sarakstu (favorītus).

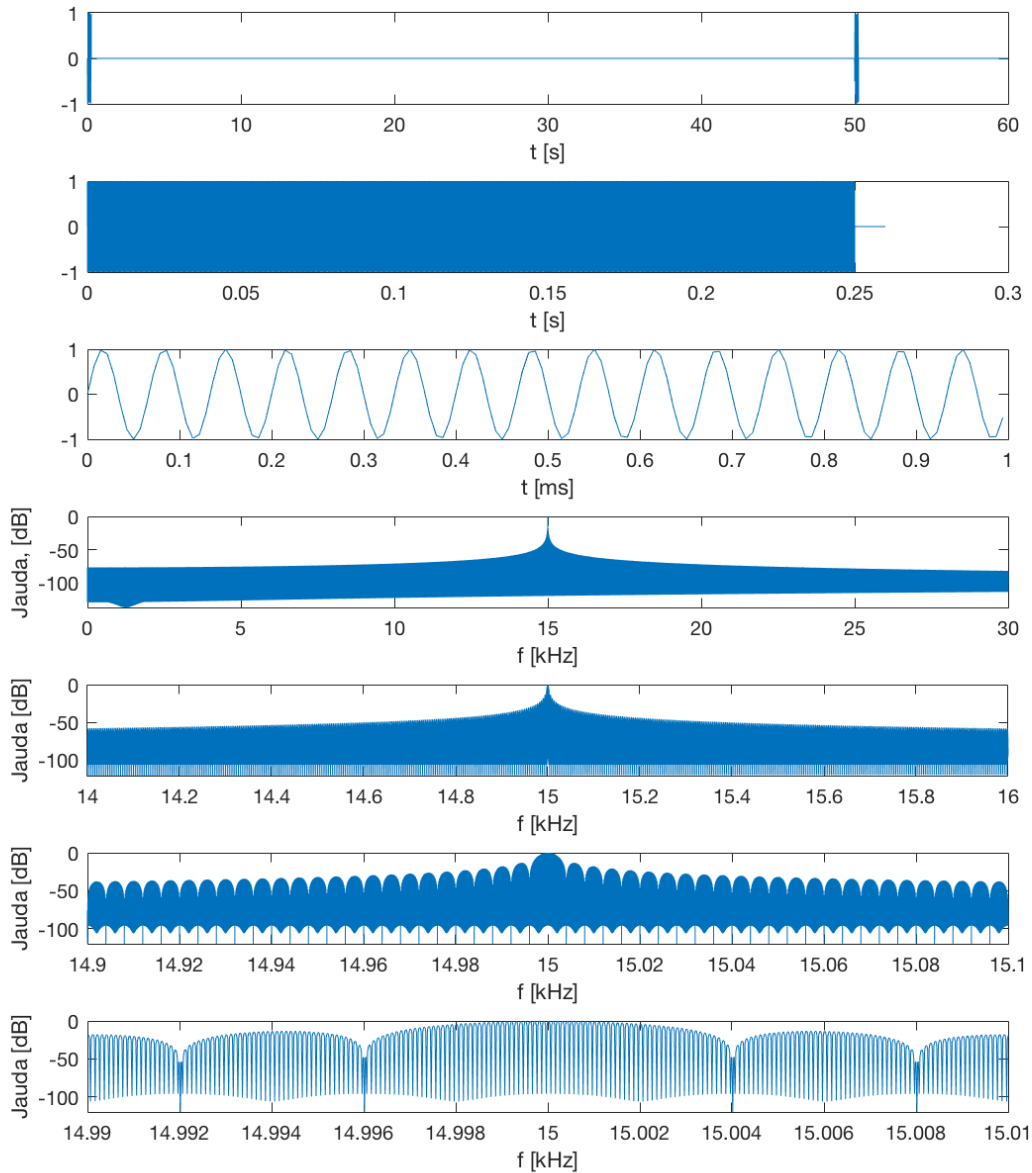
Tabula 1.1.Piedāvāto ģenerējamo signālu parametri

Parametrs	Vidējā vērtība		Dispersija	
	min	max	min	max
Impulsa ilgums, T [ms]	10	1000	0	1000
Impulsa darba cikls, d [%]	10	100	0	100
Impulsa frekvence, f [Hz]	5000	20000	0	10000
Pakas ilgums, B [ms]	10	10000	0	10000
Intervāls starp pakām, L [ms]	1	60000	0	60000

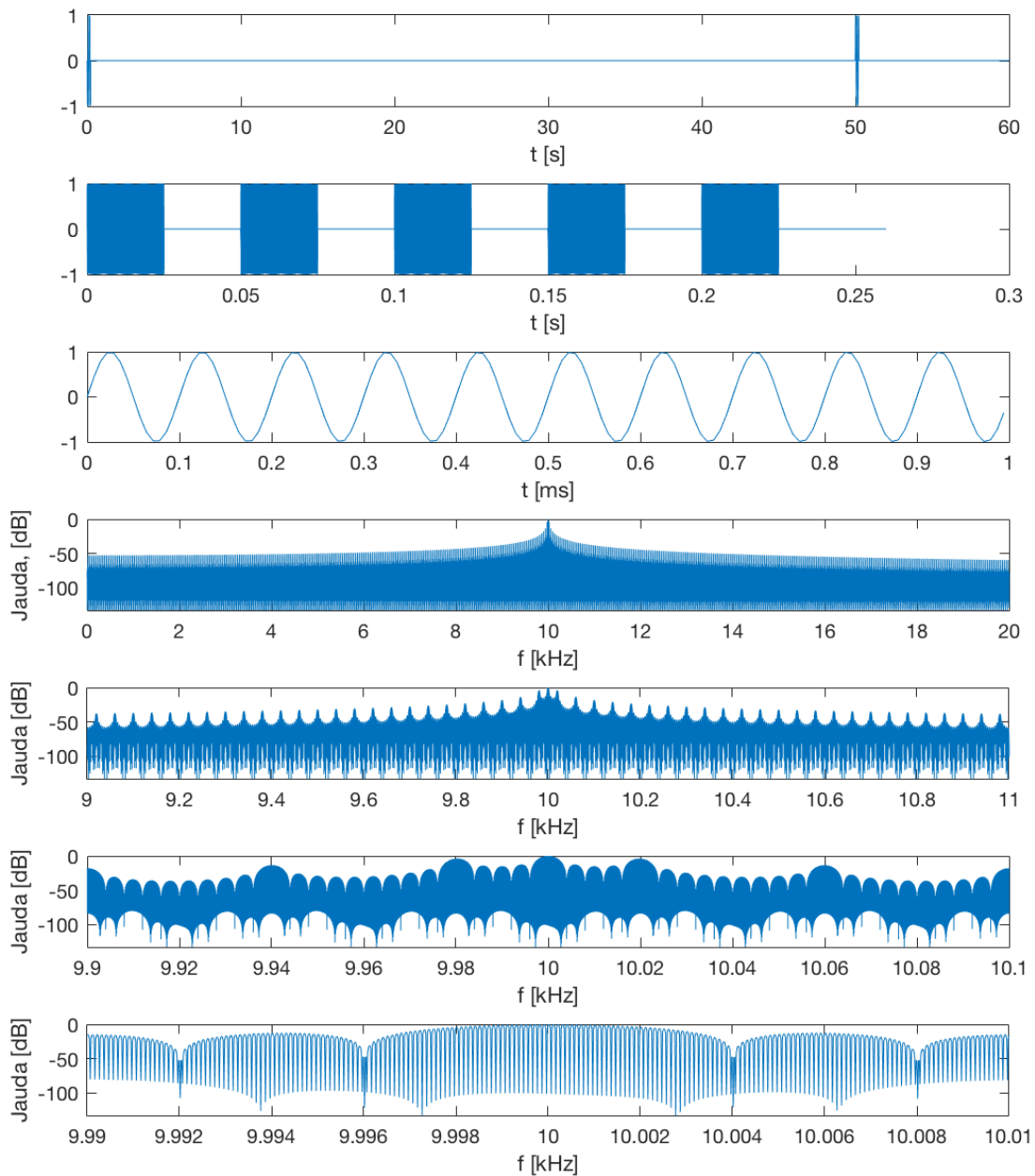
Impulsu frekvencei ir jāparedz pārslēgšanu starp gadījumveida un lineāru frekvences izmaiņas likumu. Pirmajā gadījumā pakas laikā notiek gadījumveida vai secīga pārslēgšanās starp $n=B/T$ gadījuma frekvencēm. Otrajā gadījumā pakas laikā frekvence pārslēdzas lineāri ap vidējo impulsa frekvences vērtību intervālā, kas ir vienāds ar frekvences dispersiju. Piemēram, ja vidēja frekvence ir $f=10000$ Hz, dispersija ir $df=5000$ Hz, impulsa garums $T=200$ ms, pakas garums $B=1000$ ms, tad katras 200ms frekvence mainās no $f-B*df/2=7500$ Hz līdz $f+B*df/2=12500$ Hz. Tā kā impulsu skaits pakā $B/T=5$, tad impulsu frekvences ir 7500, 8750, 10000, 11250, 12500 Hz.

1.1.1. Dažu signālu parametri un to spektri

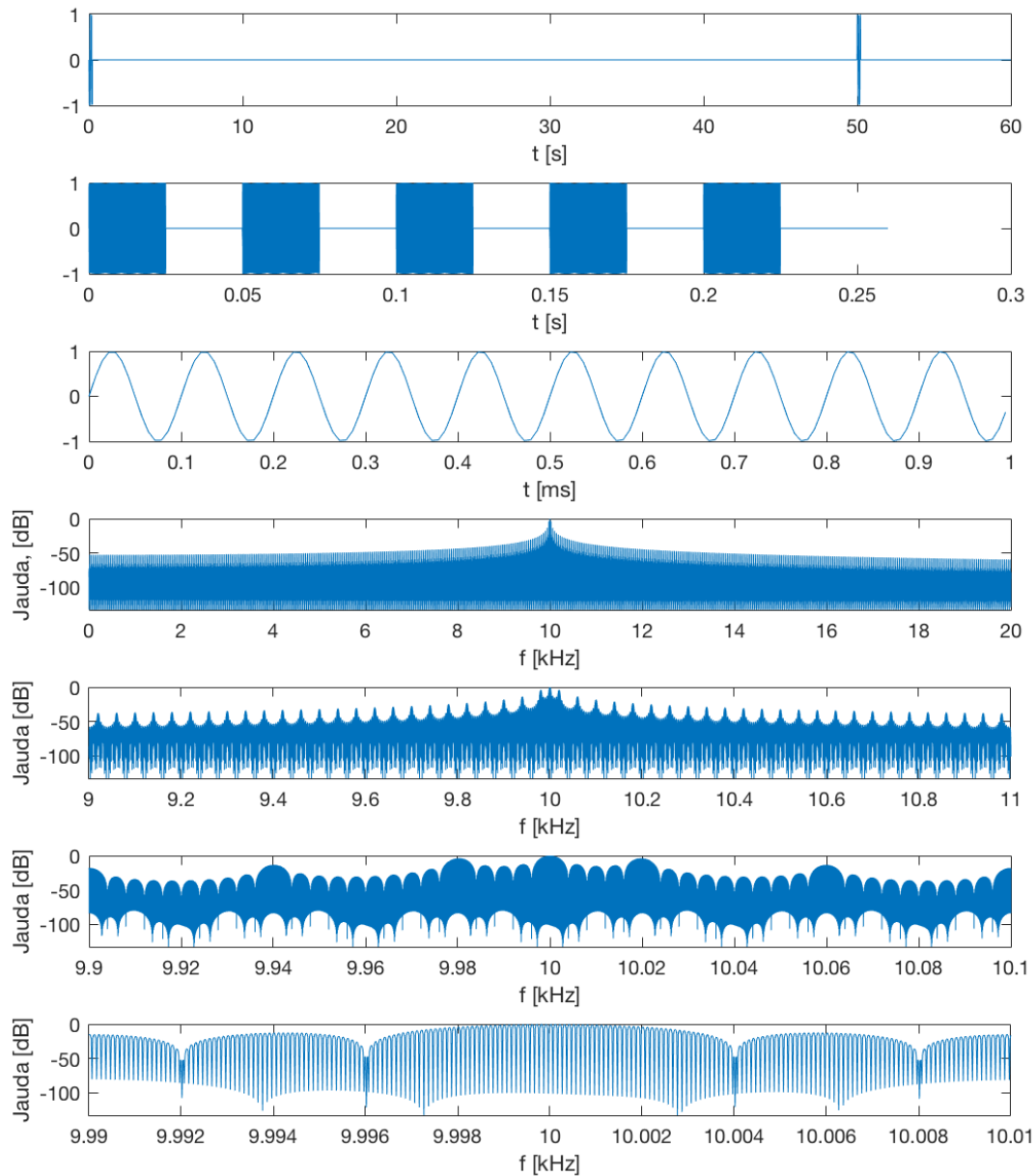
Zemāk ir doti dažu (pēc iepriekšējas izpētes un citu ražotāju ZAR parametriem) perspektīvāko signālu modelēšanas piemēri.



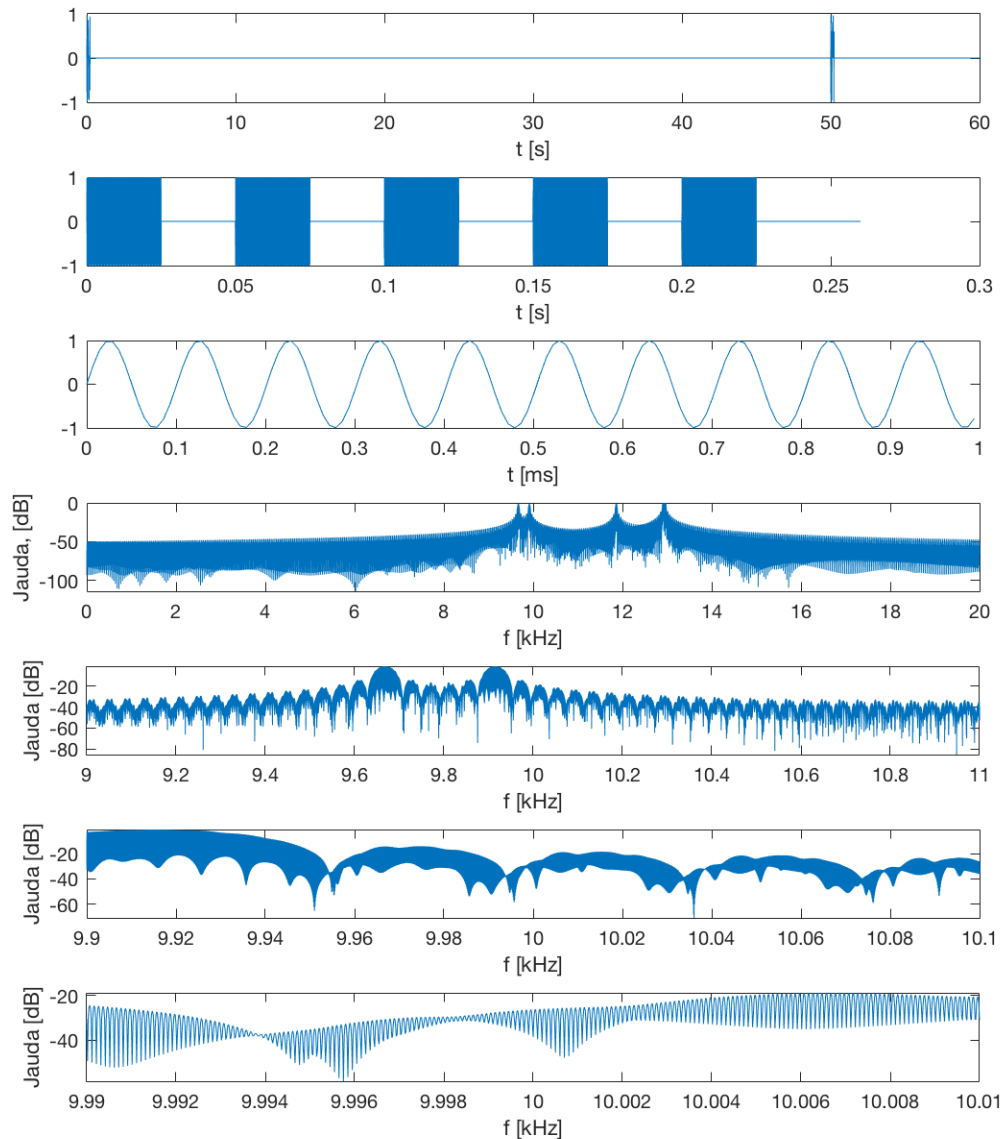
1.1.att. Viena toņa sinusoidāls signāls ar toņa frekvenci un nepatrauktu signālu pakā.
Parametri $f=15\text{kHz}$, $T=250\text{ms}$, $d=100\%$, $B=250\text{ms}$, $L=50\text{s}$.



1.2.att. Viena toņa sinusoidāls signāls ar toņa frekvenci un 50% pārtrauktu signālu pakā.
Parametri $f=10\text{kHz}$, $T=50\text{ms}$, $d=50\%$, $B=250\text{ms}$, $L=50\text{s}$.



1.3.att. Pakā no 5 sinusoidāliem signāliem ar gadījuma toņa frekvencēm (nemainās impulsa laikā) un 50% pārtraukumu pakā. Parametri $f=10\text{kHz}$, $df=3\text{kHz}$, $T=50\text{ms}$, $d=50\%$, $B=250\text{ms}$, $L=50\text{s}$.



1.4.att. Pakā no 5 sinusoidāliem signāliem ar lineāri augošām toņa frekvencēm (nemainās impulsa laikā) un 50% pārtraukumu pakā. Parametri $f=10\text{kHz}$, $df=5\text{kHz}$, $T=50\text{ms}$, $d=50\%$, $B=250\text{ms}$, $L=50\text{s}$.

1.1.2. Signālu ģeneratora grafiskā lietotāja interfeisa izstrāde

Šajā laika periodā tika pievērta uzmanība signālus ģenerējošās programmatūras izstrādei. Rezultātā tika izstrādāts “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 projektora frekvenču raksturīgnes ietekmes uz signāla spektru vizualizāciju,
7. komunikāciju ar ZAR aparatūras mikrokontrolieri.

Darbs ar akustisko signālu ģeneratoru

PRIEKŠNOSACĪJUMI

Lai darbinātu ZAR signālu ģeneratoru (ZSG) ir nepieciešams MATLAB R2017a (version 9.2), kas instalēts Microsoft Windows, Apple MAC OS X vai GNU/Linux vidē.

PROGRAMMAS PALAIŠANA

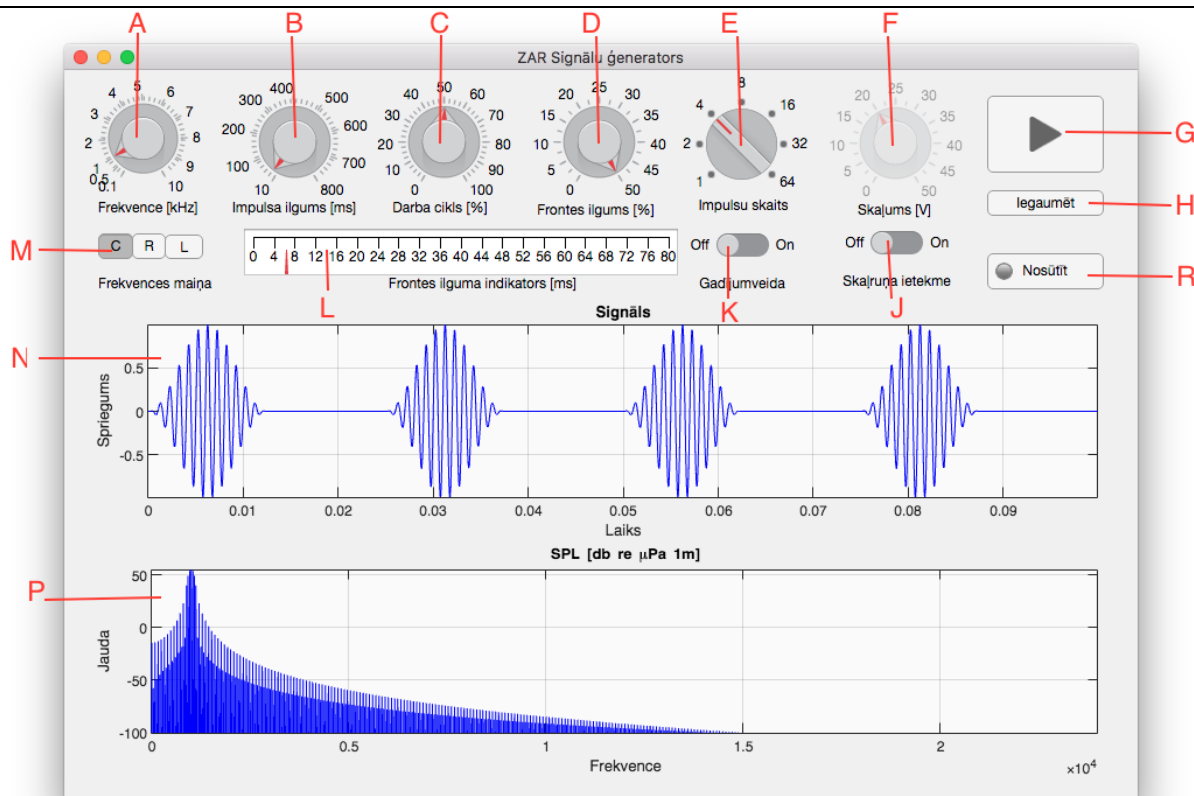
ZSG tiek palaists no MATLAB divreiz uzklikšķinot uz “zar.mlapp”. Programmas loga izskats ir parādīts 1.5. att. Uzreiz pēc palaišanas automātiski iestādās režīms ar sekojošiem parametriem:

Tabula 1.2. Ģenerējamo signālu parametri pēc noklusējuma

F.Rež	Frekvence, kHz	Ilgums, ms	Darba cikls	Fronte	Imp. skaits	Gad. imp. skaits	Sk.ietekme
M	A	B	C	D	E	K	J
Const (C)	10	25	50	50	4	Off	Off

SKAŅAS SIGNĀLU ATSKAŅOŠANA

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



1.5.att. ZAR ģeneratora programmas logs

PARAMETRU REGULĒŠANA UN VADĪBAS ELEMENTU NOZĪME

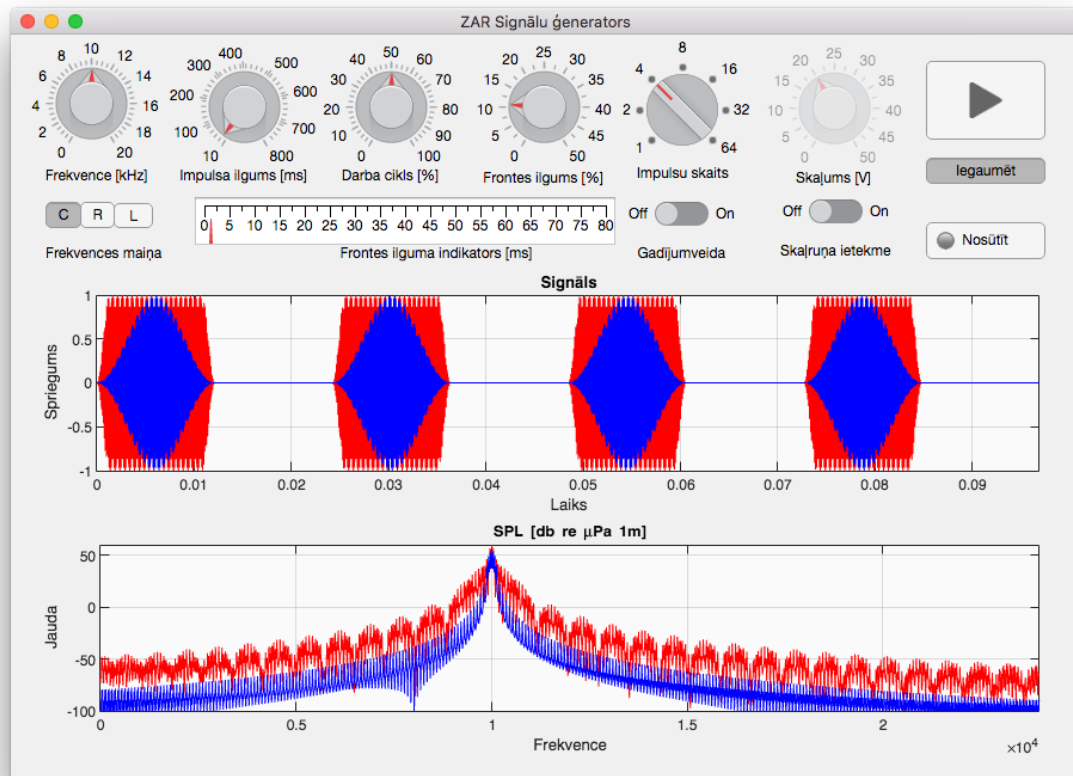
Signāla parametrus maina darbojoties ar vadības elementiem. Nomainot kādu no parametriem nekavējoties tiek pārrēķināta signāla oscilogramma (logs N) un tā jaudas spektrs (logs P).

Tabula 1.3. Skaidrojumi lietotāja interfeisa uzstādījumiem

Atsauce 1.5.att.	Apzīmējums	Darbība
M	Frekvences maiņa	Nosaka frekvences maiņas likumu. Stāvoklī “C” tiek ģenerēti vienas frekvences impulsi, Stāvoklī “R” tiek ģenerēti impulsi ar gadījuma frekvenci diapazonā no 5kHz līdz rokturī “A” iestādītajam lielumam. Stāvoklī “L” tiek ģenerēti impulsi ar pieaugošu/dilstošu frekvenci diapazonā no 5kHz līdz rokturī “A” iestādītajam lielumam.
A	Frekvence	Maina ģenerējamā signāla frekvenci. Ja frekvences maiņas likums

		(slēdzis M) atrodas stāvokļos “L”(lineārs) vai “R”(gadījumveida) 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 zemūdens 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	Iegaumēt	Ja taustiņš nospiešanas brīdī nav aktīvs, tad nospiežot iegaumē izvēlēto skaņas signālu. Tālākās manipulācijas ar citiem rokturiem izraisa otra signāla un spektra parādīšanos (sarkanā krāsā). Tādējādi ir iespējams veikt signālu un to spektru salīdzināšanu. Ja taustiņš nospiešanas brīdī jau ir aktīvs, tad tiek izslēgta signāla iegaumēšana.
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 roņi, apliecējas frontes ilgums nedrīkst pārsniegt 10ms.
K	Gadījumveida	Ieslēdz gadījumveida impulsu skaitu. Šajā režīmā ģenerējamo impulsu skaits ir no 1 līdz ar rokturi E (impulsu skaits) uzstādāmajam lielumam.
J	Skaļruņa ietekme	Kad šis slēdzis ir ieslēgts, spektrs tiek zīmēts ņemot vērā zemūdens skaļruņa pārvades raksturlikni un roktura F (Skaļums) stāvokli. Slēdzi neatstāj iespaidu uz atskaņojamo audio signālu.
R	Nosūtīt	Sūta izvēlēta signāla parametrus caur virknes portu uz ārējo iekārtu. Šī funkcija ļauj programmēt zemūdens akustiskā raidītāja (ZAR) iekārtu, kas tiek lietota jūrā. 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.
N	Signāls	Signāla oscilogramma laikā
P	SPL	Skaņas spiediena spektrs

Programma nodrošina iespēju salīdzināt divu signālu spektrus un oscilogrammas. Šim nolūkam ar rokturiem ir jāuzstāda pirmais signāls. Pēc tam ir jānospiež taustiņš “H” (Iegaumēt) un jāuzstāda otrais signāls. Otrā signāla oscilogramma un spektrs parādīsies sarkanā krāsā (skat 1.6.att).



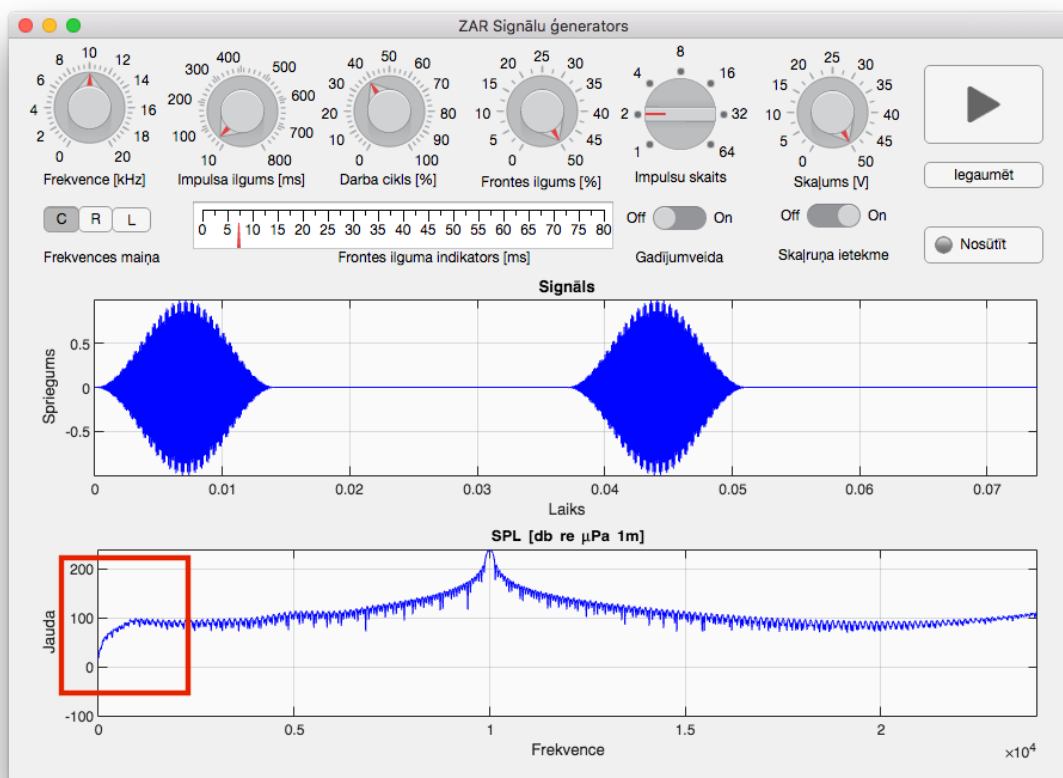
1.6.att. Signālu oscilogrammu un spektru salīdzināšanas logs

SIGNĀLA APLIECĒJAS FRONTES ILGUMA KONTROLE

Ir izpētīts, ka lai efektīvi atbaidītu roni, skaņas signālam ir jāpieaug strauji, proti, apliecējas frontes ilgums nedrīkst pārsniegt 10ms. Indikators L parāda apliecējas frontes ilgumu pie tekošā impulsa garuma, darba cikla un frontes ilguma. Pēdējie divi parametri tiek uzstādīti relatīvi attiecībā pret impulsa garumu, līdz ar to absolūtais frontes ilgums ir jākontrolē ar indikatoru L.

ZEMŪDENS SKAĻRUNIS RAKSTURLĪKNES IESLĒGŠANA

Zemūdens skaļrunis ir visai nevienmērīga pārvades raksturlīkne, it sevišķi zemo frekvenču apgabalā (zem 1kHz), tāpēc ir grūti novērtēt reāli izstarotās skaņas spiedienu kādā konkrētā frekvencē. Ieslēdzot slēdzi J spektrs tiek zīmēts ņemot vērā izmantojamā zemūdens skaļruņa pārvades raksturlīkni un roktura F (Skaļums) stāvokli. Spektra izmaiņa ieslēdzot skaļruņa ietekmi ir ilustrēta 1.7.att.



1.7.att. Zemūdens akustiskā raidītāja raksturlīknes ieslēgšana

KOMUNIKĀCIJA AR ĀRĒJU IEKĀRTU

Izstrādātā programmatūra nodrošina uzstādīto signāla parametru nodošanu ārējai iekārtai. Šī funkcija galvenokārt ir nepieciešama ZAR prototipa aparātūras programmēšanai un sagatavošanai izmēģinājumiem. Lai nodrošinātu parametru pārraidi, ārējai iekārtai ir jāatbalsta speciāls šim nolūkam izstrādāts ziņu apmaiņas protokols, kas balstās uz Javascript object notation (JSON). Ārējā iekārta ir vispirms jāpieslēdz datora virknes portam vai USB portam, kas veic virknes porta emulāciju. Pēc tam ir jāpalaiž “ZAR signālu ģeneratoru”. Ja pēc palaišanas indikators uz pogas R ir zaļā krāsā, ārējā iekārta ir atrasta un tai var nodot

signāla parametrus nospiežot pogu R. Savukārt, ja indikators uz pogas R ir pelēkā krāsā, ārējā iekārta nav atrasta.

SIGNĀLI EKSPERIMENTAM AR ZIVJU ATBAIDĪŠANU

Projekta realizācijas laikā tika izteikta hipotēze, ka signāli ar stāvām frontēm ģenerējot platū spektru, spēj rādīt noteiktu ietekmi arī uz zivīm, kuru dzirdamības diapazons tiek ierobežots ar 1kHz. Tika saplānots eksperiments Tomes zivju audzētavā minētās hipotēzes pārbaudei. Eksperimentiem Tomes zivjaudzētavā tika izvēlēti gan tādi signāli, kas derīgi roņu atbaidīšanai gan tādi, kas potenciāli var atbaidīt zivis. Eksperimenta mērķis ir noskaidrot cik lielā mērā roņus atbaidošie signāli pārklājas ar zivis atbaidošiem signāliem. Eksperimentiem tika piedāvāti šādi signāli:

Tabula 1.4. Signālu parametri eksperimentiem ar zivju atbaidīšanu

Npk	F.Rež	Frekvence, kHz	Ilgums, ms	Darba cikls	Fronte	Imp. skaits	Piezīmes
rokturis	M	A	B	C	D	E	
1	C	5	500	50	50	16	Plūdena fronte
2	C	5	500	50	5	16	Standarta, konstants
3	R	10	500	50	5	16	Standarta, gadījumveida
4	L	10	500	50	5	16	Standarta, lineārs
5	C	5	500	50	0	16	Asa fronte
6	C	0.3	500	50	0	16	Ļoti zema frekvence, asa fronte
7	L	0.3	500	50	0	16	Asa fronte, lin zema frekv
8	R	0.3	500	50	0	16	Asa fronte, gad zema frekv
9	C	5	500	5	5	16	Standarta, bet Īss darba cikls
10	R	5	500	5	5	16	Standarta, bet Īss darba cikls, rand
11	L	5	500	5	5	16	Standarta, bet Īss darba cikls, Lin

REKOMENDĒJAMIE SIGNĀLI ROŅU ATBAIDĪŠANAI

Pēc eksperimenta ar zivju atbaidīšanu noskaidrojās, ka zivis nav jutīgas pret signāliem ko izraisa straujas apliecējas frontes. Tomēr, zivis reaģēja uz skaņas svārstībām zem 0.5kHz. Ārī ņemot vērā roņu dzirdes īpatnības ir jāizmanto pēc iespējas augstāku frekvenču signālus, protams, zemūdens skaļruņa caurlaides joslā. Tamdēļ prototipam rekomendējamie signāli tiek apkopoti 1.5. Tabulā.

Tabula 1.5. Roņu atbaidīšanai rekomendējamo signālu kopums

Npk	F.Rež	Frekvence, kHz	Ilgums, ms	Darba cikls	Fronte	Imp. skaits	Piezīmes
rokturis	M	A	B	C	D	E	
1	C	10	500	50	50	16	Plūdena fronte
2	C	10	500	50	5	16	Standarta, konstants
3	R	20	500	50	5	16	Standarta, gadījumveida
4	L	20	500	50	5	16	Standarta, lineārs
5	C	10	500	5	5	16	Standarta, bet Īss darba cikls
6	R	10	500	5	5	16	Standarta, bet Īss darba cikls, rand
7	L	10	500	5	5	16	Standarta, bet Īss darba cikls, Lin

VIŠPĀRĒJAS PIEZĪMES UN SECINĀJUMI

Izstrādātā programmatūra ļauj analizēt signālu formu un tā spektru. Tā ļauj novērtēt skaņas spiediena lielumu dažādos frekvenču apgabalos gan ņemot vērā signāla īpašības gan zemūdens skaļruņa īpašības. Ir iespējama ātra ārējās iekārtas pārprogrammēšana uz jauniem signāliem, kas atrasti eksperimentālā ceļā. Jāatzīmē, ka izstrādātā programmatūra ir paredzēta tikai ZAR izstrādātājiem, testēšanai jūrā un zvejniekiem tā nav paredzēta.

1.2. Iekārtas energoapgāde un alternatīvo enerģijas avotu izmantošanas iespējas

1.2.1. Iekārtas energoapgāde

Ir vairāki apsvērumi, kas ievērojami sarežģī un/vai sadārdzina iekārtas energoapgādi:

- 25-30kg smaga akumulatora nomaiņa jūrā ir ļoti grūta vai pat neiespējama pie lielākas viļņošanās un plosa šūpošanas;
- Nevar cerēt uz to, ka plostu jūrā varēs noenkurot stabilā pozīcijā, kas ļautu orientēt saules paneli optimālā virzienā. Vai nu jāparedz paneļa grozīšana (sarežģīti, dārgi) vai jāuzstāda vairākus mazākus, dažādos virzienos pavērstus paneļus (un optimāli jāizmanto katra iegūto enerģiju);
- Pat optimāli vērsts saules panelis nenodrošinās pietiekamu enerģiju naktīs un mākoņainās dienās. Bet ciklonu darbības laikā stipra mākoņainība var saglabāties pat vairākas diennaktis. Nepieciešams papildus enerģijas avots. Visreālākais - turbīna vēja enerģijas iegūšanai. Konstruktīvu un citu apsvērumu dēļ iekārtai vislabāk atbilstu t.s. vertikālas ass turbīnas VAWT (Vertical Axis Wind Turbine).

Citi energoapgādes risinājumi ir pārāk hipotētiski vai nepraktiski:

- Plosa aprīkojuma barošana caur kabeli no barošanas bloka krastā. Šāds variants vēl būtu aplūkojams, ja plosts tiktu izmantots kādā ierobežotā platībā (piem 100x100m). Tad liedaga joslā to varētu ierakt smiltīs, zem ūdens atstāt pietiekami garu posmu, lai pēc tam plostu varētu noenkurot vienā vai otrā vietā. Tomēr paliek iespēja bojāt kabeli ar enkuru, sapīties tīklos, utt.
- Eksotiski enerģijas iegūšanas veidi: no temperatūras starpības ūdens/gaiss, no plosa šūpošanās, no ūdens straumes utt.

Tātad tālākie uzdevumi būtu:

1. Piemērotas VAWT turbīnas meklējumi;
2. Aprēķini saules paneļu skaita, lieluma un izvietojuma izvēlei;
3. Barošanas sistēmas izvēle vai projektēšana, kas spētu vienlaikus izmantot gan saules paneļu, gan vēja turbīnas doto enerģiju (darbotos atbilstoši Global MPPT algoritmam, Global Maximum Power Point Tracking).
4. Noskaidrot zvejnieku viedokli par to, kā naudā vērtējama atbrīvošanās no vajadzības ik pēc pāris diennaktīm jūrā mainīt iekārtas akumulatoru.

1.2.2. Vertikālās ass turbīnu ražotāji

Aeolos Wind Energy, Ltd www.windturbinestar.com - Lielbritānijas firma ar ražotni Ķīnā.

Mazākais modelis ir Aeolos-V 300W.

Rotora $h=1,6\text{m}$ un $D=1,2\text{m}$ - nedaudz par lielu mūsu projektam.

Maksimālā jauda - 300W, pīķa - 400W.

Cena - ap 1180 EUR (<http://www.renugen.co.uk/aeolos-aeolos-v-300w-300w-wind-turbine/?setCurrencyId=2>)



Šāda tipa līdzīgas turbīnas piedāvā arī www.urbangreentechology.com , taču mazākie modeļi ir par lielu mūsu projektam.

Iespējams, mēs varētu izmantot minēto Aeolos-V 300W modeli, to modificējot (pasūtot to ražotājam vai darot uz vietas) saīsinot spārnu garumu līdz 0,8...1,0m. Tomēr minētā cena attiecas tikai uz pašu turbīnu!

Somijas firma **Windside Production Ltd** www.windside.com jau 35 gadus nodarbojas ar VAWT ģeneratoriem. Tie darbojas arī arktiskos, jūras un augstkalnu apstākļos.

Mazākais modelis WS-015 būtu ideāli piemērots mūsu projektam gan izmēru, gan jaudas un izturības ziņā. Diemžēl cenas dara šo modeli nepieejamu (<https://msk.manblan.ru/prices/windside/>):

WS-015B (max 40m/s) = 6801 eur

WS-015Bplus (max 50m/s) = 7568 eur

Un vēl nepieciešamās un papildus opcijas šim modelim:

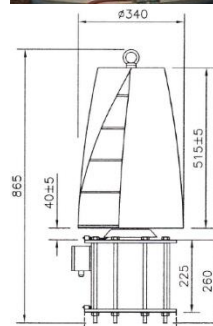
Pretkorozijas apstrāde jūras apstākļiem = 966 eur

Stiprinājuma plate = 539 eur

Pārsprieguma aizsardzības slēdzis = 924 eur

Taisngriezis = 178 eur

Plus vēl rīks eļļošanai...



Toties Ķīnā ražots ļoti līdzīga replika pieejama:

<https://www.aliexpress.com/item/300watt-12V-24V-Low-RPM-Low-Wind-Start-Up-Residential-Micro-Wind-Turbine-Generator-Wind-Generator/32811142703.html?spm=2114.search0304.4.44.3MBknY>
par nieka 491 USD.



Vācijas firma **MRT GmbH** www.mrtenergy.com ir izstrādājusi VAWT rindu, kuras mazākais modelis WG50 varētu derēt mūsu projektā.

Tehniskie dati un cenas nav pieejamas. It kā piedāvā turbīnas sākot ar 1700eur.

www.windkraft-journal.de 09.02.2012 minēts, ka Indija pasūtījusi 20.000 (!!!) lielu WG100 partiju, tomēr nekas neliecina, ka projekts sekmīgi beigts. WG100 maksimālā jauda - 1,3kW un cena ap 7000eur.



Jauna tendence Rietumeiropā - integrēt urbānā vidē vides objektus kā alternatīvās enerģijas avotus.

Piem. www.newwind.fr vairākās vietās Francijā uzstādījusi metāla konstrukciju “kokus” ar maziem VAWT zaros. Viens šāds “koks” ar 54 turbīnām spēj dot līdz 5,4kW jaudu (resp. katra ap 100W) un maksājot ap 50.000eur.

Šāda atsevišķa turbīna izmēru un jaudas ziņā derētu mūsu projektam. Iespējams, cena varētu būt ap 800-1000eur. Tomēr pastāv šaubas par piemērotību jūras apstākļiem.



Lielbritānijas firma **Leading Edge** www.leadingedgepower.com dibināta 2009. gadā un piedāvā mazas klasiskās un VAWT turbīnas. A vertikālu asi pieejami 2 modeļi - <https://www.leadingedgepower.com/shop/store/wind-turbines/vertical-axis-wind-turbines.html>

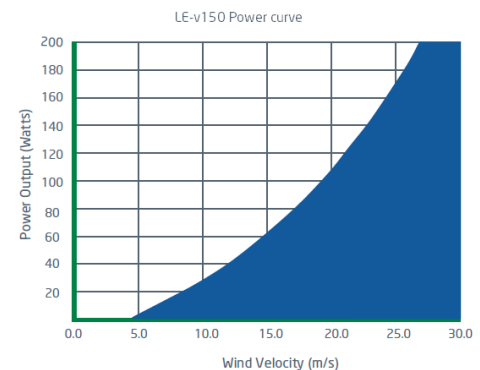
Mazākais modelis LE-v50 spēj dot līdz 70W jaudu, tā h=63cm, D=36cm. Otrs modelis LE-v150 ir 2x augstāks un spēj dot līdz 180W.

Cenas attiecīgi 700 un 900 GBP (jeb 800 un 1020 eur).

Ražotājs lepojas ar vairākiem instalācijas piemēriem, kas apstākļu ziņā līdzinās mūsējiem. Piemēram:

- Rumānijas naftas kompānija tos uzstādījusi uz bojām Melnajā jūrā;
- McMurdo meteostacijā Antarktikā
- krasta novērošanas stacijā Kornvelas ziemeļos.

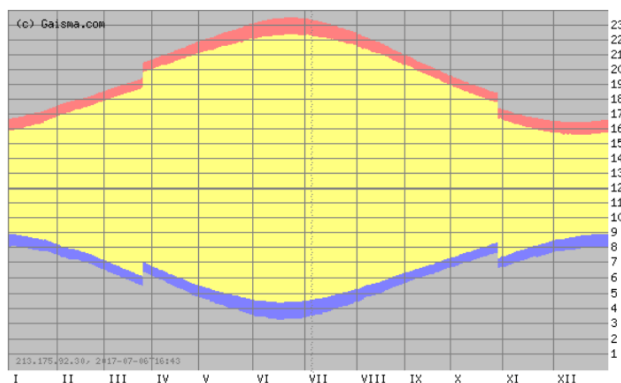
Ražotāja informācija par izmantoto tehnoloģiju arī liecina, ka produkti atbilstu mūsu projektam.



Atliek noskaidrot precīzas izmaksas un zvejnieku viedokli par to.

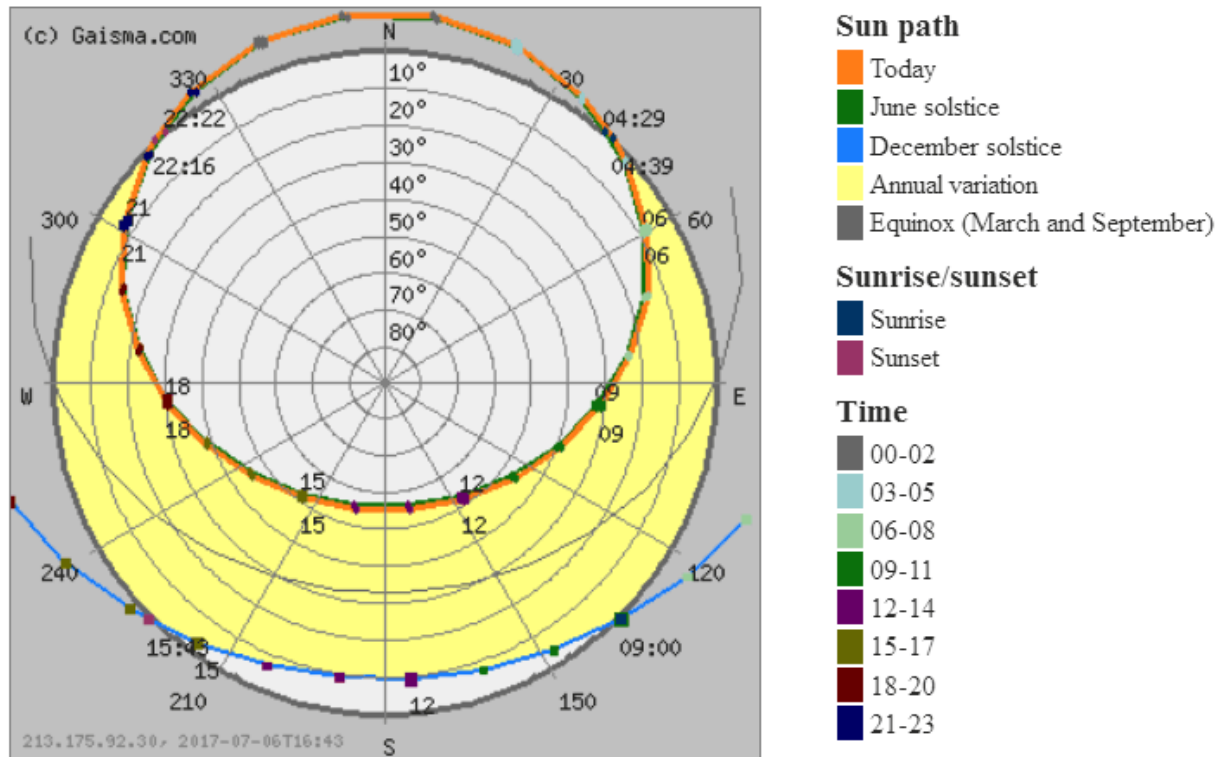
1.2.3. Saules paneļi

Vietnē <http://www.gaisma.com/en/location/riga.html> redzams dienas garums gada gaitā Rīgā:

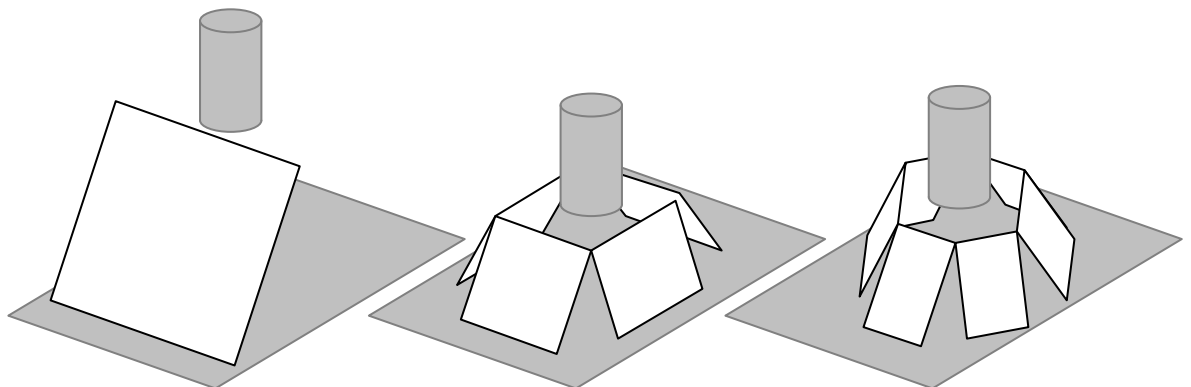


Šeit nobīdes pavasarī un rudenī skaidrojamas ar vasaras/ziemas laika pāreju.

Bez tam redzama arī saules trajektorija: virziens uz saullēktu/saulrietu gada gaitā, kā arī leņķiskais augstums virs horizonta dienas stundās:



Jau šis grafiks vien skaidri norāda - cik neefektīva ir viena fiksēta virziena saules paneļa izmantošana. Izmantojot šos datus, tuvā nākotnē tiks aprēķināts optimāls paneļu skaits, izvietojums un laukums.



Pelēkais cilindrs iekārtas vidū - vēja ģenerators.

Doti arī NASA Langley Research Center Atmospheric Science Data Centre dati, kas attiecas uz saules un vēja enerģijas potenciālu:

Variable	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Insolation, kWh/m ² /day	0.53	1.15	2.39	3.95	5.33	5.56	5.36	4.39	2.75	1.40	0.68	0.35
Clearness, 0...1	0.40	0.41	0.46	0.50	0.52	0.49	0.50	0.49	0.44	0.38	0.39	0.35
Temperature, °C	-3.14	-3.77	-0.20	5.88	11.81	15.62	18.20	17.54	12.59	7.35	1.45	-2.34
Wind speed, m/s	4.37	3.96	3.96	3.96	3.80	3.73	3.66	3.83	4.08	4.06	3.89	4.11
Precipitation, mm	36	27	32	41	48	58	77	76	73	61	61	49
Wet days, d	17.9	14.1	14.3	12.5	11.1	12.1	14.3	14.6	16.1	16.3	18.3	20.0

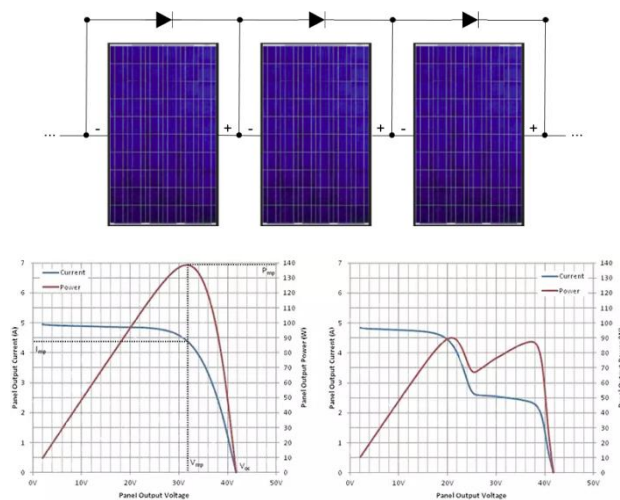
Paskaidrojumi tabulai:

Insolation	Mēnesī vidējā saules enerģija, ko saņemtu horizontālas virsmas 1m ² zemes līmenī, ja atmosfēra būtu pilnīgi caurspīdīga. Citiem vārdiem - jaudas plūsmas blīvums.
Clearness	Attiecība starp jaudas plūsmas blīvumu pie zemes virsmas un virs atmosfēras. Mazāks skaitlis atbilst mākoņainākiem laika apstākļiem.
Temperature	Mēneša vidējā temperatūra 10m virs zemes virsmas.
Wind speed	Mēneša vidējais vēja ātrums 50m virs zemes virsmas.
Precipitation	Mēneša vidējais nokrišņu daudzums.
Wet days	Mēneša vidējais dienu skaits ar nokrišņiem virs 0,1mm.

Vietnē <http://www.uni-solar.com/products/commercial-products/pvl/index.html> piedāvā lokanus saules paneļus. Taču tie būtu piemēroti instalācijai plaknē vai uz cilindriskas virsmas. Mūsu gadījumā virsma ir tuvāka konusam vai prizmai, kam šādi paneļi neatbilst. Bez tam lokanība mūsu gadījumā nav priekšrocība - tāpat nepieciešama stingra pamatne.



Toties kļūst sarežģītāka vadība - te vajag t.s. bypass diodes un t.s. "global MPPT" kontroleri.



Grafikā kreisajā pusē - divi paneļi vai avoti (resp. saules panelis un vēja ģenerators) ražo vienādu jaudu, te ir tikai viens MPP. Labajā pusē - viens lielāku, otrs mazāku. Un ir 2 lokāli maksimumi, šoreiz līdzīgi, taču tie var arī krasi atšķirties. Kontrolierim jāspēj atrast izdevīgāko.

1.2.4. Saules paneļu aprēķins

Avotā [1] doti dati par saules starojuma plūsmu dažādos meteoroloģiskos apstākļos [W/m^2]:

Skaidras debesis bez dūmakas	1000
Reti mākoņi	600
Mākoņainas debesis, dūmaka	300
Mākoņainā ziemas dienā	100

Panelis saņem ne tikai tiešo saules starojumu, bet arī atmosfērā izkliedēto, vides objektu atstaroto. Avotā [2] ir dati - Vācijā vidēji tikai 40% paneļa saņemtā starojuma ir tiešais, pārējais - atstarotais, izkliedētais. Latvijas apstākļos tiešā starojuma īpatsvars varētu būt vēl mazāks. Pieņemsim - ap 30%.

Tālāk aprēķinā tiks pieņemts, ka dienas laikā (no saullēkta līdz rietam) panelis saņem atstaroto un izkliedēto gaismu ar plūsmu $100 \text{ W}/\text{m}^2$.

Avotā [3] uzrādīta saules starojuma plūsmas vidējā vērtība vasaras sezonā Latvijā - ap $220 \text{ W}/\text{m}^2$, kas ietver gan tiešo, gan izkliedēto/atstaroto starojumu.

Vietnē [4] publicēts LVĢMC saules radiācijas atlants, kurā ietverti dati [W/m^2]:

- globālā saules radiācija piezemē – kopējais saules radiācijas daudzums, kas sasniedz horizontālu zemes virsmu;
- tiešā saules radiācija piezemē – tiešās radiācijas daudzums, kas sasniedz horizontālu zemes virsmu;
- normalizēta tiešā saules radiācija piezemē – tiešās radiācijas daudzums, kas sasniedz krītošajiem saules stariem perpendikulāru virsmu.

Jautājums - kā to attiecināt uz slīpu (nevis horizontālu) vai daudzu paneļu virsmu.

Izmantosim datus par:

- saulaināko vasaras mēnesi - jūniju
- tumšāko rudens mēnesi, kad vēl iespējama zveja - oktobri
- vieta - Daugavas grīvas tuvumā

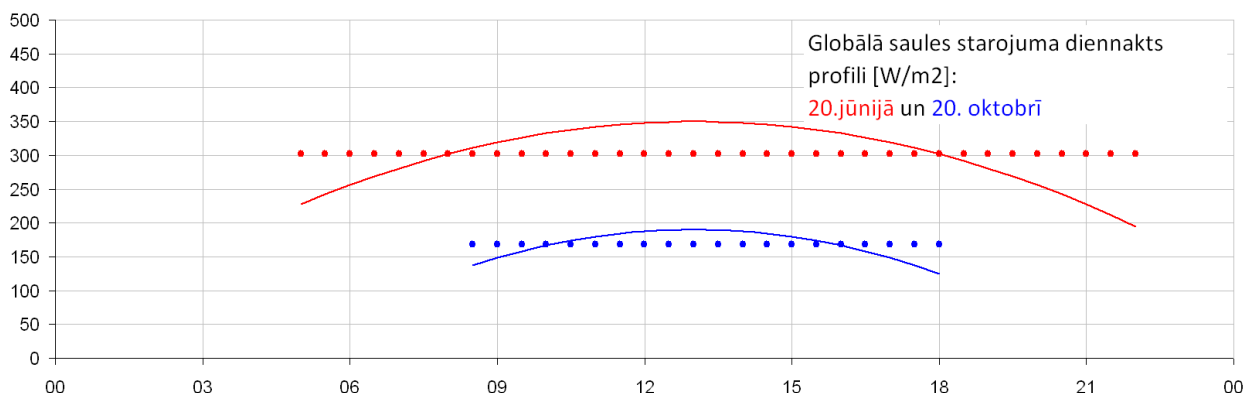
Tabulā redzami dati:

- ilggadējās minimālās, vidējās un maksimālās vērtības
- normalizēta tiešā (virsmas perpendikulāra saules stariem) / globālā (ko saņem horizontāla virsma) [W/m^2].

	Maksimālais	Vidējais	Minimālais
Jūnijs	180 / 280	130 / 220	80 / 200
Oktobris	40 / 100	30 / 70	20 / 60

Lai vienkāršotu aprēķinus, tālāk pieņemsim:

- Ja horizontāli novietots panelis saņem globālo plūsmu 100 W/m^2 , tā ir diennakts vidējā. Ja dienas ilgums ir 12 stundas, tad dienā tas saņems vidēji 200 W/m^2 , bet naktī - 0 W/m^2 . Tas atbilstu „taisnstūra” formas plūsmas diennakts profilam (punkti sekojošā grafikā). Tomēr, lai tuvotos reālai situācijai, tiks pieņemts profils ar maksimumu dienas vidū un mazākām vērtībām no rīta un vakarā (nepārtrauktās līknes). Abiem profilu pāriem atbilst vidējā diennakts plūsma 220 un 70 W/m^2 :



- Tiešo plūsmu saņem panelis, kas vienmēr orientēts perpendikulāri saules stariem. Arī šeit pielietosim „taisnstūra” profilu diennakts profilam. Resp. ja vidējā plūsma ir 30 W/m^2 un dienas ilgums ir 8 stundas, dienā tas saņems vidēji 90 W/m^2 , bet naktī - 0 W/m^2 .
- Brīvi izvēlētā stāvoklī novietots panelis saņems pilnu vai daļu no abām plūsmām. Tiešās plūsmas daļu noteiks leņķis starp paneļa virsmas perpendikulu un virzienu uz sauli. Ja šis leņķis pārsniedz 90° , tiešā plūsma netiks uztverta vispār. Attiecīgais reizinātājs būs $[\cos(\beta)]$, kur β - leņķis starp paneļa virsmas perpendikulu un virzienu uz sauli. Globālās plūsmas daļu noteiks paneļa plaknes leņķis pret horizontu. Paceļot paneli arvien stāvāk, samazināsies „redzamā” debess juma daļa, bet pieaugs no zemes vai ūdens atstarotās plūsmas daļa. Tā gan būs ievērojami vājāka, tāpēc pieņemsim, ka vertikāli pacelts panelis saņems 60% no globālās plūsmas horizontālai virsmai. Attiecīgais reizinātājs būs $[1-0,4 \cdot \sin(\alpha)]$, kur α - leņķis starp paneļa un horizontālu plaknēm. Pieņemam arī, ka globālā plūsma nav atkarīga no paneļa vērsuma horizontālā plaknē (azimuta).
- Aprēķini tiks veikti 1 m^2 lielam panelim, iegūstot diennaktī saņemto plūsmu. Pēc tam rezultātu varēs pārrēķināt enerģijas daudzumā [Wh], zinot konkrētā paneļa enerģētisko efektivitāti (kas mēdz būt 10-15% līmenī). Aprēķinos lietoto leņķu definīcijas:
 α - paneļa pacēlums, leņķis starp paneļa un horizontālu plaknēm (sākuma nosacījums)
 β - leņķis starp paneļa virsmas perpendikulu un virzienu uz sauli (aprēķināms)

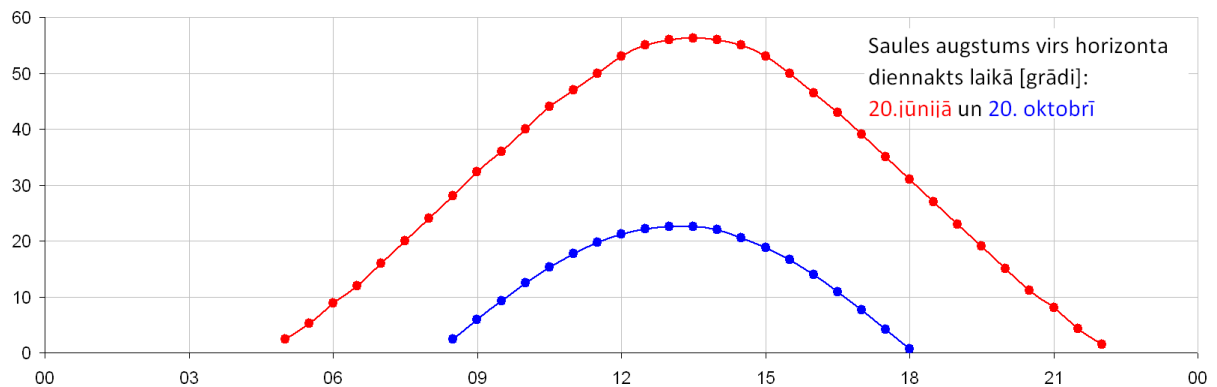
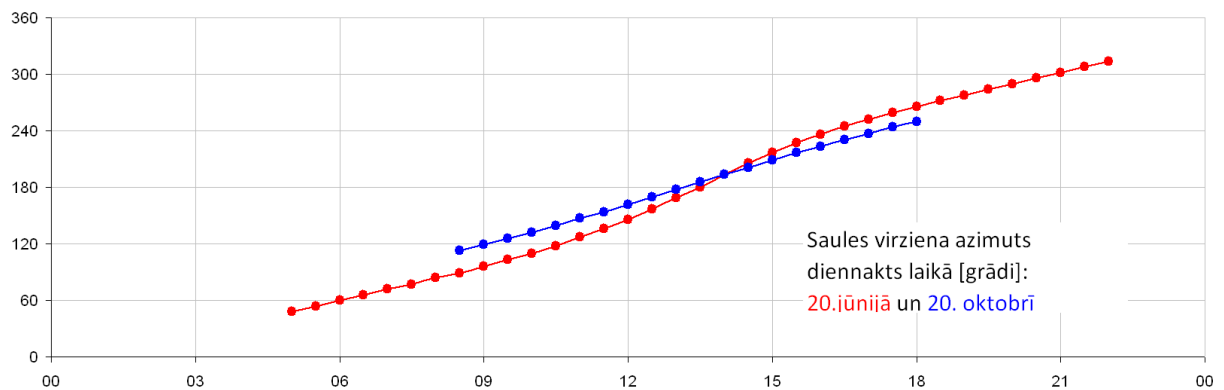
ϵ - lenķis starp paneļa virsmas perpendikula projekciju horizontālā plaknē un ziemeļu virzienu (azimuts, sākuma nosacījums)

δ - lenķis starp virziena uz sauli projekciju horizontālā plaknē un ziemeļu virzienu (azimuts, sākuma nosacījums).

v - saules augstums pret horizontu (sākuma nosacījums).

	Dienas garums [h]	Saules lēkta lenķis δ	Saules augstums dienvidu v
Jūnijs	17	120	65
Oktobris	10	85	30

Virziens uz sauli (azimuts un augstums Rīgā) ņemti no avota [6] ap 30 minūšu intervālu:

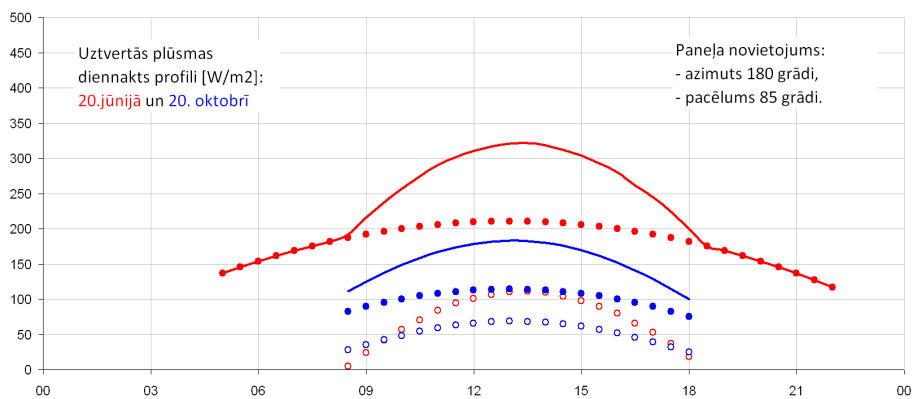
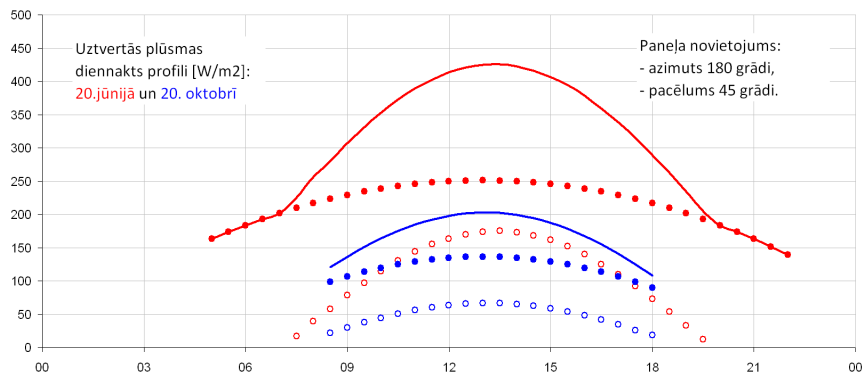
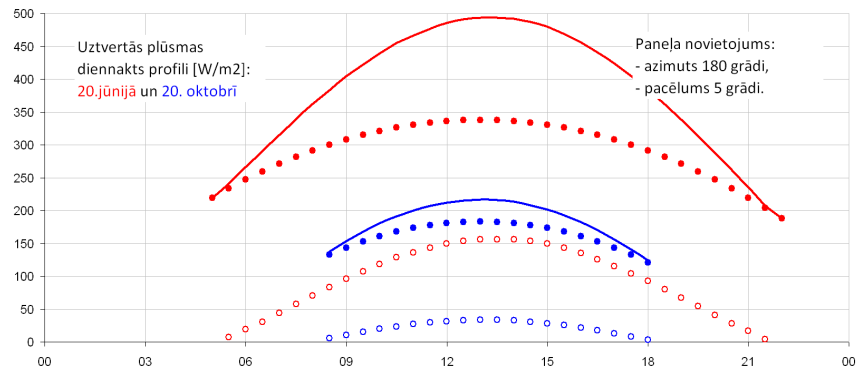


APRĒĶINS_1

Viens 1m^2 liels panelis, pavērsts tieši pret dienvidiem ($\epsilon = 180^\circ$), trīs stāvokļos:

- gandrīz horizontāli ($\alpha = 5^\circ$)
- gandrīz optimāli tiešās plūsmas saņemšanai ($\alpha = 45^\circ$)
- gandrīz vertikāli ($\alpha = 85^\circ$)

Nepārtrauktā līnija - summārā plūsma, aizpildītie punkti - globālā plūsma, tukšie - tiešā.



Tabulā uzrādīta diennaktī uztvertā enerģija [Wh]:

	$\alpha = 5^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 85^\circ$
Globālā 20.06	5076	3772	3164
Tiešā 20.06	1562	1403	730
Kopējā 20.06	6638	5175	3893
Globālā 20.10	1624	1206	1012
Tiešā 20.10	221	485	522
Kopējā 20.10	1844	1691	1534

Redzams, ka teju horizontāli novietots panelis uztver vairāk enerģijas, un galvenokārt tā ir globālā plūsma. Stacionārās iekārtās paneļus tomēr novieto tuvu 45° slīpi citu apsvērumu dēļ - lai ziemā uz tiem nesakrājas sniegs, lietus noskalo putekļus, utt.

Jāatgādina, ka tabulā aprēķināta 1m^2 virsmas uztvertā saules starojuma enerģija. Lai rezultātus tiešāk attiecinātu pielietojumam iekārtas energoapgādē, pieņemsim:

- saules paneļa efektivitāte ir 15%;
- enerģijas pārveidošanas shēmas lietderības koeficients ir 70% (sprieguma pārveidotāji, akumulatora uzlāde, izlāde);

Rezultātu pārveidojam strāvā, kas pieejama visas diennakts garumā no 12V avota [A]:

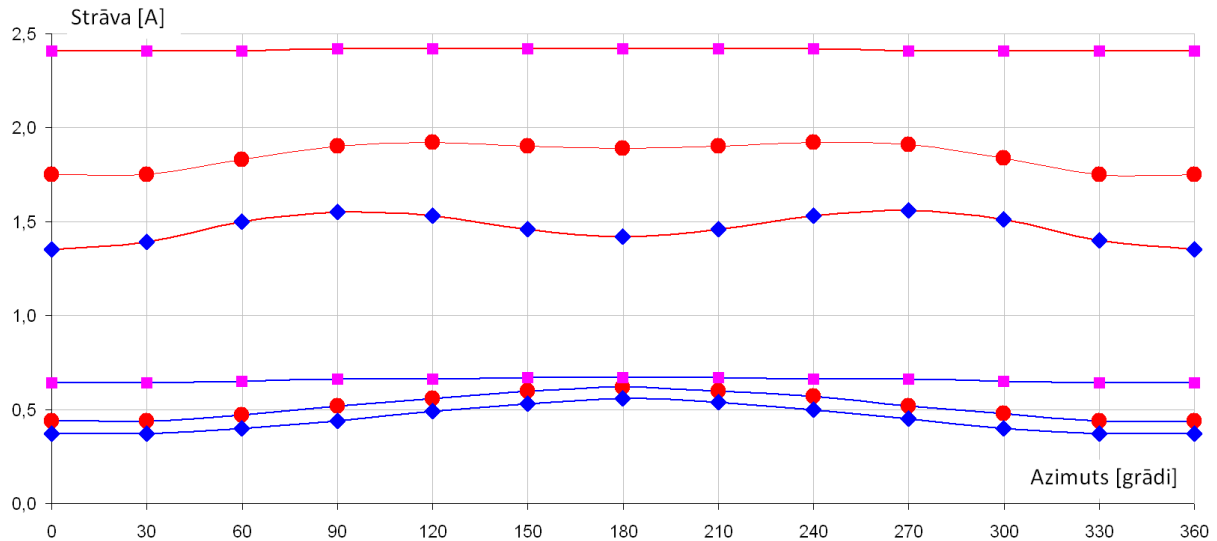
	$\alpha = 5^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 85^\circ$
20.06	2,42	1,89	1,42
20.10	0,67	0,62	0,56

Tālāk rezultāti tiks sniegti tieši šīs strāvas lielumā.

APRĒĶINS_2

Viens 1m^2 liels panelis, pacelts dažādā slīpumā un pavērsts pret dažādām debess pusēm. Šāda situācija atbilst plostam, ko nav iespējams precīzi orientēt uz dienvidu pusi:

- horizontālā ass - azimuts (dienvidu virzienam atbilst 180°)
- sarkanās līknes atbilst 20. jūnijam, zilās - 20. oktobrim
- līknes ar violetiem kvadrātiem - teju horizontāls panelis ($\alpha = 5^\circ$)
- līknes ar sarkaniem apliem - vidēji slīps panelis ($\alpha = 45^\circ$)
- līknes ar ziliem rombiem - teju vertikāls panelis ($\alpha = 85^\circ$)



APRĒKINS_3

No iepriekšējā ir skaidrs, ka panelis jānovieto gandrīz horizontāli. Neliels slīpums (piem. 5°) sekmētu ūdens notecēšanu un sāls nogulšņu noskalošanu no paneļa virsmas.

Tabulā redzami dati no avota [4] visā gada garumā (tiešā / globālā plūsmas [W/m^2]):

Mēnesis	Maksimālā	Vidējā	Minimālā
Janvāris	20 / 45	15 / 30	10 / 15
Februāris	30 / 70	25 / 50	10 / 30
Marts	70 / 110	40 / 90	20 / 70
Aprīlis	110 / 130	80 / 140	40 / 100
Maijs	150 / 230	120 / 210	70 / 180
Jūnijs	180 / 280	130 / 220	80 / 200
Jūlijs	170 / 270	130 / 220	90 / 200
Augusts	160 / 220	100 / 180	70 / 150
Septembris	90 / 160	70 / 110	40 / 100
Oktobris	40 / 100	30 / 70	20 / 60
Novembris	30 / 50	20 / 35	15 / 30
Decembris	20 / 30	15 / 25	10 / 15

Tālāk aprēķināsim minimālās saņemtās enerģijas daudzumus un pieejamo elektrisko jaudu un strāvu no $1m^2$ paneļa (5° slīpa un pavērsta pret austrumiem):

atkarībā no zvejas sezonas garuma, sākot ar vasaras vidu (jūnijs-jūlijs) beidzot ar februāri-novembri; un rēķinoties ar minimālās gaismas plūsmas datiem ilgstošā laika periodā.

	jūnijs - jūlijs	maijs augusts	- aprīlis - septembris	- marts - oktobris	- februāris - novembris
Minimālā plūsma tiešā/globālā [W/m²]	80 / 200	70 / 150	40 / 100	20 / 60	10 / 30
1 m² virsmas saņemtā enerģija diennaktī [Wh]	3577	2763	1783	1581	499
No paneļa diennaktī saņemtā elektriskā enerģija [Wh]	536	414	267	237	75
Diennaktī pieejamā enerģija pēc pārveidojumiem [Wh]	375	290	187	166	52
Diennakts pieejamā garumā elektriskā jauda [W]	15,6	12,1	7,8	6,9	2,2
Diennakts pieejamā garumā strāva no 12V avota [A]	1,32	1,01	0,65	0,58	0,18

Tālāk rezultātu interpretēsīm kā saules paneļa laukumu, kas garantē skaņas starotāja vidējo jaudu 10W, pieņemot, ka lietderības koeficients šai sistēmas daļai ir 80% (pārējie 20% tiks zaudēti vadības shēmā, pastiprinātājā, utt). Resp. starotāja vidējā jauda 10W prasīs 12,5W no barošanas avota.

	jūnijs - jūlijs	maijs augusts	- aprīlis - septembris	- marts - oktobris	- februāris - novembris
Minimālais saules paneļa laukums [m²]	0,8	1,0	1,6	1,8	5,7

Ja saules panelim nav iespējams pierīkot mehānismu, kas to notēmē saules virzienā, izdevīgāk ir to turēt horizontālu. It īpaši, ja nav jāraizējas par sniega vai putekļu sakrāšanos uz tā virsmas. Pamats šādam secinājumam - globālās plūsmas dominance pār tiešo plūsmu Latvijas apstākļos, kad biežākas ir mākoņainas dienas.

Tikai apsvērumi par sāls nogulšņu sakrāšanos un paneļa virsmas mudina izvēlēties 5-10° slīpu novietojumu.

Horizontāls paneļa novietojums uz plosa dod arī ievērojamas priekšrocības:

- nav jārūpējas par plosa pozicionēšanu;
- minimāla vēja slodze.

Līdz ar to zaudē pamatojumu ideja par vairāku paneļu izvietojumu piramīdas veidā.

Rēķinoties ar garantētu minimālo gaismas plūsmu, iekārtas barošanai “tumšākajos” gada mēnešos nepieciešams vairāku kvadrātmetru liels saules panelis, kas darīs iekārtu izmēros lielāku, dārgāku un grūtāk izmantojamu. Tas vedina likt uzsvaru uz kompaktas (svarā līdz 30-40kg), ierobežotas darbības ilguma (barošana tikai no akumulatora 1-2 diennakts garumā) iekārtas izstrādi.

Avoti:

[1] Potential and Challenges for Building Integrated Photovoltaics in the Agder Region. Technical Report · January 2011 / A.Skaaland et al / www.agderforskning.no

[2] Planning & Installing Photovoltaic Systems - A guide for installers, architects and engineers Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS). Earth-scan, UK, 2008. ISBN 978-1-84407-442-6.

[3] <https://www.meteo.lv/lapas/kuras-ir-saulainakas-vietas-latvija-un-eiropa-vasaras-sezona?id=1889>

[4] http://www2.meteo.lv/radiacija/curl_rad.php

[5] <https://www.gaisma.com/en/location/riga.html>

[6] <https://www.suncalc.org/#/56.9075,24.174,11/2017.10.20/14:30/1/0>

1.3. Akustisko signālu generatora komponentes

1.3.1. Jaudas pastiprinātājs

Iekārtas pirmajam prototipam ir vērts izvēlēties rūpnieciska ražojuma pastiprinātāju ar pietiekamu jaudas rezervi. Vēl jo vairāk tāpēc ka gan paredzamajam jaudas līmenim, gan barošanai no “12V” (reāli 10-14V) atbilst tirgū plaši pieejami auto audio pastiprinātāji.

Pēc tirgus apskata un šīs tehnikas instalatoru un servisa profesionālu aptaujas tik izvēlēts Japānas firmas Alpine pastiprinātājs MRX-T15, kur cena vietējā tirgū ir ap 155 eur.
<https://www.alpine.co.uk/p/Products/SingleView/MRX-T15>

Tas ir D klases pastiprinātājs, kas sola:

- augstāku lietderības koeficientu
- tilta slēgumā pīķa jaudu līdz 350W, nominālo (1% THD) līdz 150W (mono, 4Ω)
- aizsardzību gan slodzes, gan barošanas ķēdēs



Vēl ir praktiskos mērījumos ir jāpārbauda:

- reālās lietderības koeficienta vērtības pie dažādiem jaudas līmeņiem
- patērēto strāvu pauzes (Stand-by) režīmā
- aiztures laiku pēc pastiprinātāja aktivēšanas līdz pilnas jaudas režīmam (tas noteiks - cik ātri pēc attiecīgā vadības signāla iespējams iegūt skaņas signālu skaļrunī).

Domājot par iekārtas sērijveida variantu:

- būs jāsalīdzina pastiprinātāja izmaksas iepriekš aprakstītajam variantam un pašu izstrādātam. Gribas domāt, ka pašu izstrādātajam vajadzētu būt lētākam.

1.3.2. Zemūdens akustiskie raidītāji

Projekta ietvaros izstrādājamai iekārtai ļoti liela nozīme ir pareizā zemūdens akustisko raidītāju izvēle. Sākumā tiek sniegtas īsas ziņas par akustisko raidītāju parametriem, tālāk tiek apskatīti projektā potenciāli izmantojamie raidītāji.

DECIBELI

Ja ir nepieciešams izteikt jaudu dB, tad tā tiek attiecināta pret atbalsta vērtību P_r :

$$P(dB) = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_r} \right).$$

T.k. jauda ir proporcionāla sprieguma kvadrātam, tad varam rakstīt:

$$P(dB) = 20 \log_{10} \left(\frac{V}{V_r} \right).$$

Dažos gadījumos ir nepieciešams dB izteikt signāla amplitūdu, nevis signāla stiprumu. Tad par atbalstu tiek izmantoti Volti, nevis Vati:

$$V(dB) = 10 \log_{10} \left(\frac{V}{V_r} \right) = 10 \log_{10}(V) - \log_{10}(V_r).$$

AKUSTISKO PĀRVEIDOTĀJU UN HIDROFONU SPECIFIKĀCIJAS

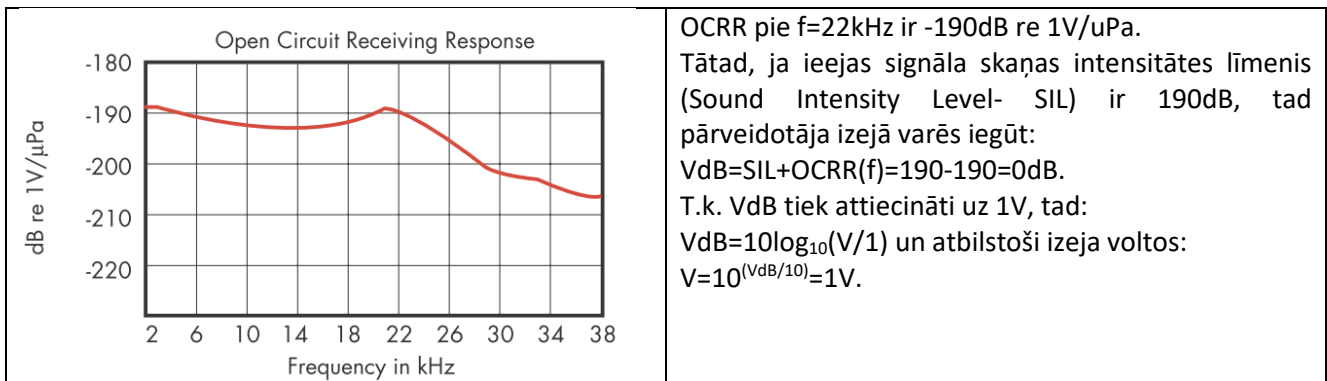
Pārveidotājus un hidrofonu specifikācijās iekļauj :

- Pārtrauktās ķēdes uztveršanas reakcija- **Open Circuit Receiving Response (OCRR)**;
- Pārraidē sprieguma reakcija- **Transmitting Voltage Response (TVR)**;
- Virziendarbības diagramma- **Directivity Pattern**.

Tālākos skaidrojumos par piemēru tiks izmantots ITC1001 sfēriskais raidītājs.

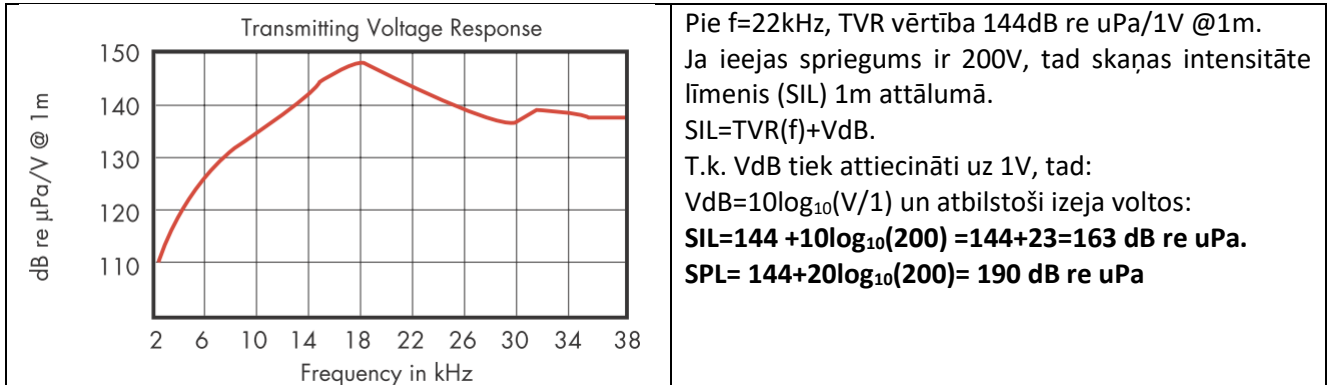
OPEN CIRCUIT RECEIVING RESPONSE (OCRR)

OCRR tiek definēts kā spriegums, ko ģenerē pārveidotājs uz skaņas spiediena uPa, kā funkcija no frekvences. Tiek izteikts dB re 1V/uPa.



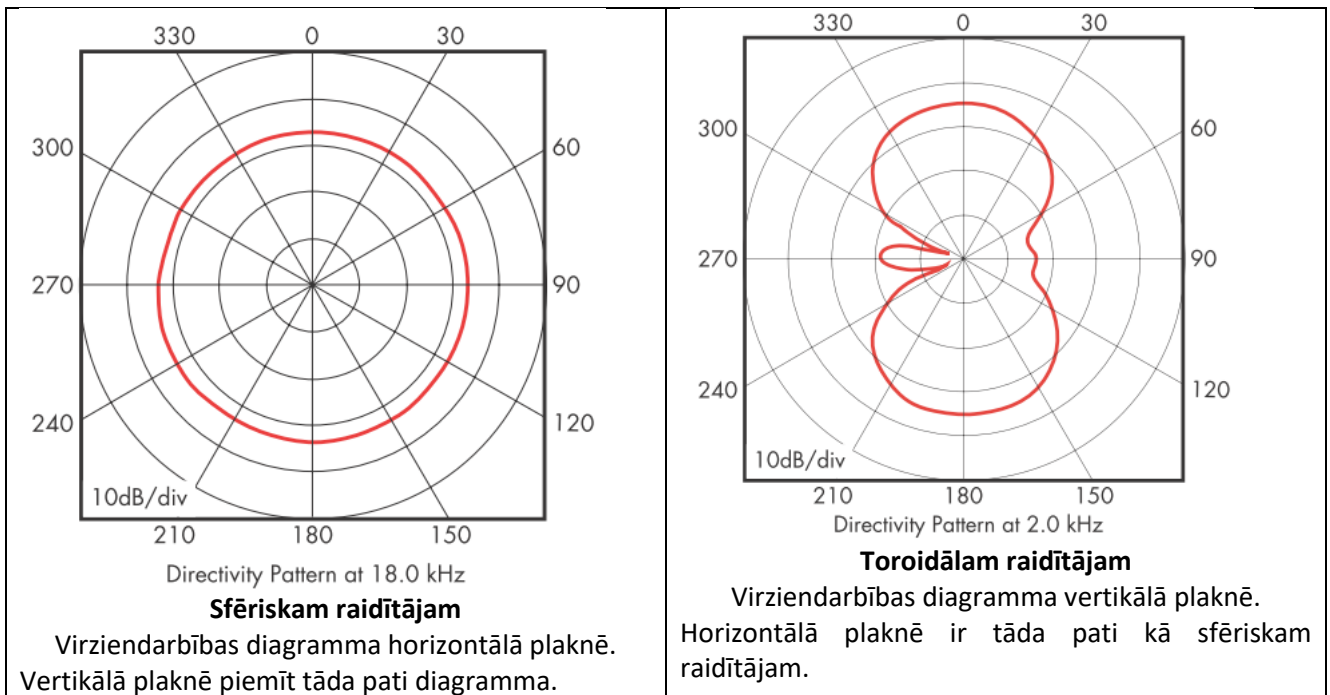
TRANSMITTING VOLTAGE RESPONSE (TVR)

TVR tiek definēts, ja izejas skaņas intensitātes līmenis (SIL), kas tiek ģenerēts 1m attālumā no pārveidotāja uz 1 ieejas sprieguma Voltu, kā funkcija no frekvences.



VIRZIENDARBĪBAS DIAGRAMMA

Tiek definēts kā skaņas intensitātes līmenis kā funkcija no leņķa vertikālā un horizontālā plaknē pie uzdotās frekvences.



TIRGŪ PIEDĀVĀTO ZEMŪDENS AKUSTISKO PĀRVEIDOTĀJU PĀRSKATA TABULA

Underwater Speaker DHN / Aqua-30

<http://www.dnh.no/speakers/aqua-30-365.aspx> Norvēģija, Aqua-30

To pašu produktu rāda <http://www.fbt.it/en/-/aqua-30> kā FBT Aqua-30

DNH's unique Aqua 30 is a completely sealed loudspeaker designed for underwater applications. The Aqua 30 features rated power 30 watts at 8 ohms and is constructed from PA materials. The Aqua 30 is ideal for applications including synchronised swimming, diving courses, hotels, leisure parks and special applications such as test laboratories.

Mounting: 4 screws

Termination: Cable 5 m

Weight: 2,2 kg

IP Rating: 68

Max./min.amb.temp: 90°C / -20°C

Rated/max power: 20 W / 30 W

SPL 1W/1m: 105 db

SPL Rated Power: 118 db

Effective freq. Range: 80 – 20000Hz

Dispersion (-6dB) 1kHz / 4kHz: 180° / 180°



Nopērkams: https://www.thomann.de/gb/dnh_aqua_30.htm 469 EUR incl VAT, FreeShipping

Underwater Speaker Uetax / UA30...UA60

<http://uetax.co.jp/hpi/products/en/en-underwater-speaker/> Japāna

Frequency Response 50Hz to 10kHz

Impedance 4Ω

Recommended Power 60W

Sound Pressure Level 130 dBV/μpa or more

Directivity Omnidirectional

Max Depth 10m (Recommended :1.5m)

Temperature Range 5 to 40

Dimensions φ200×65 mm

Weight 4.5 kg



Underwater Speaker Aquamusique Seashell

<http://www.underwaterspeaker.com/en/1-aquamusique-seashell-portable-underwater-speaker.html>

257 USD+Tax

- Frequency : 100 – 16 kHz
- Directivity: Omnidirectional
- Power : 60 watts Rms / 8 ohms
- Nominal impedance : 8 Ohms
- Positioning: 30 cm to 2 m
- Dimensions: 27 x23 x10 cm - Weight: 5 kg
- Cable length : 12 m
- Materials : Speakers : Polyurethane / Casing : Polyester
- Guarantee: 1 year



Underwater Speaker Oceanears DRS-8

<http://oceanears.com/drs-8-underwater-speaker/> USA, DRS-8 - 995 \$, DRS-6 - 650 \$

PIEZOELECTRIC FLEXURAL DISK TECHNOLOGY!

LONG LIFE CONSTRUCTION WITH PVC AND EPOXY.

Will not rust or corrode even if used in saltwater. Can be used in swimming pools with salt generators.

Galvanic corrosion has been eliminated. Non-Magnetic materials. No metal exposed to the water, reducing the potential for electric shock. No voice coil to burn out. A completely passive, non-powered device. UL, CSA and CE are not required.

Deep depth capability (130 feet/40 meters).

8.5 inch (21.6 cm) diameter. 2.2 inch (5.6 cm) axial length.

Weighs only 4.5 pounds (2.0 Kg) in air.

Supplied with 25 feet (15 meters) of cable (Suprene 105, 18 AWG, 3/C SE00W, (UL) 600V, -60C to 105C, CSA LL39753 ST00W (TPE) 600 V, water resistant FT2).

Input power rating: 400 watts maximum – EM-0611 Transformer. 200 watts maximum – EM-0635 Transformer.

Underwater Speaker Input Impedance: 4000 ohms.

Frequency range: 200 Hz to 32 KHz. Directional at higher frequencies. Omni-directional beam pattern at 2 KHz.



Impedance varies with frequency but can be matched to 4 or 8 Ohm amplifier output tap with the included audio isolation impedance matching transformer assembly.

OPTIONAL: 70 Volt and 100 Volt transformers.

Can also be used as a receive hydrophone for underwater listening.

WARRANTY: Five years

The ONLY underwater speaker on the market that can be used as an air speaker without voiding the manufacturer's

warranty.

Underwater Speaker Electro-Voice UW30

<http://www.electrovoice.com/product.php?id=226> USA

<https://www.amazon.com/gp/product/B0016WJ656?tag=catfoodisgood-20> - 379 USD

Height 183mm (7.2")
 Input Connections Waterproof cable
 Nominal Impedance (Passive) 8Ω
 Power Rating 30W
 System Power Handling 30Watts
 Weatherized Yes
 Weight Net 63.49oz (1800g)
 Width 66mm (2.6")



Structure-borne driver Visaton / EX80S

Pavisam cits princips: fiksēta spole un svārstīgs magnēts.

<http://www.visaton.de/en/industrie/koerperschall/index.html>

Jaudīgākais - Visaton EX 80 S - electro dynamical exciter for stimulating sound waves on plates. The unit can be attached to thomann the surface of the plate by gluing or screwing. Typical applications: signal output in every application where normal speakers can not be installed for optical reasons or for protection against environment conditions or vandalism. Maximum power: 50W/8ohm. Voice coil diameter: 35,6mm. Net weight: 0.16kg. Connections: 4.8 x 0.8mm thomann (+) 2.8 x 0.8mm (-). Temperature range: -25 to 70°C.



<https://www.thomann.de/gb/special-speakers.html> - 57 EUR

Šādu „skaļruni” varētu likt mucas iekšpusē pie tās plakanā dibena.

Underwater Speaker LUBELL LABS LL916C

<http://www.lubell.com/LL916.html>

- **Transducer Type:** Piezoelectric Pistonic Underwater Acoustic Transducer
- **Housing Construction:** 150 mil PVC injection molded to die-cast AL pistons
- **Central Seal:** Silicone internal, EPDM external
- **For use in:** Pool water, freshwater, saltwater
- **Frequency Response:** 200Hz - 23kHz (500Hz-21,000Hz +/-10dB)
- **Maximum Output Level:** 180dB/uPa/m @ 1kHz
- **Maximum Cable Voltage/Current:** 20 Vrms / 3A (100% duty cycle)
- **Recommended Amplifier Power:** 78 watts @ 8 ohms (25 Vrms) max
- **Operating Depth Range:** 1 meter - 18 meters
- **Operating temperature:** 0°C - 41°C (32°F - 105°F)
- **Cable:** 7.62 meter (25') 0,785mm² (18/3) AWG PVC terminated with 3-pin [Conxall 3182-3PG-524](#) (pin 3 hot)
- **Weight (in air):** LL916H - 5.4 kg (12.0 lbs); LL916C - 8.0 kg (17.6 lbs)
- **Dimensions:** LL916H - 233.68 mm (9.2") diameter x 147.32 mm (5.8") axial length; LL916C - 279.4 mm x 279.4 mm x 198.12 mm (11"x11"x7.8") HWD



Underwater Transducer Benththowave instruments

<http://www.benththowave.com/products/Acoustictransducer.html>

Specification

BII-7590 Series	BII-7591	BII-7592	BII-7593	BII-7594
Maximum Operating Depth:	950m	950m	950m	950m
BII-7590 Series	BII-7591DW	BII-7592DW	BII-7593DW	BII-7594DW
Maximum Operating Depth:	1500m	1500m	1500m	1500m
-3dB Bandwidth:	18 to 42 kHz	13 to 26 kHz	6.5 to 18 kHz	4 to 11 kHz
Transmitting Voltage Response: (dB re $\mu\text{Pa/V}$ @ 1m)	133.0	131.0	128.5 to 133.2	125.2 to 130.2
Receiving Sensitivity: (dB re $\text{V}/\mu\text{Pa}$)	-196.0	-197.0	-195.8	-189.0
Capacitance:	16.8 nF	21.6 nF	65.2 nF	116.0 nF
Horizontal Beam Pattern:	Omni @ 40kHz	Omni @ 30kHz	Omni @ 20kHz	Omni @ 8kHz
Vertical Beam Pattern:	75° Toroidal	80° Toroidal	85° Toroidal	108° Toroidal
Maximum Drive Voltage (Vrms):	300	300	300	300
Size (Φ DxH):	48x21 mm	60x26 mm	89x48 mm	114x86 mm
Weight in Air:	105 gram	280 gram	387 gram	560 gram



Underwater Transducer NEPTUNE SONAR

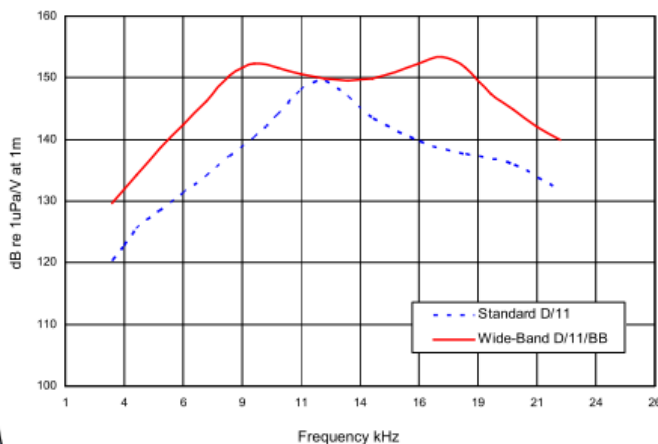
<http://www.neptune-sonar.co.uk/product-category/standard-transducer-products/projectors/>



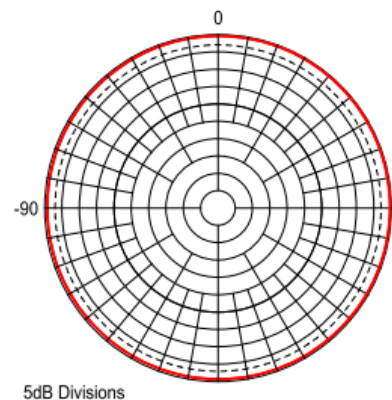
Technical Specification

Frequency Band (-3dB)	8 to 19 kHz
Beam Pattern	Omni
Transmit Sensitivity	See Graph
Input Power	3000 Watts around resonance
Operating Depth	2000 Metres
Operating Temperature	-5 to +40 °C
Storage Temperature	-40 to +80 °C
Cable Type	Polyurethane Ø12mm 2 CORE Screened
Cable Length	10 metres standard Additional lengths supplied to order

Transmit Graph



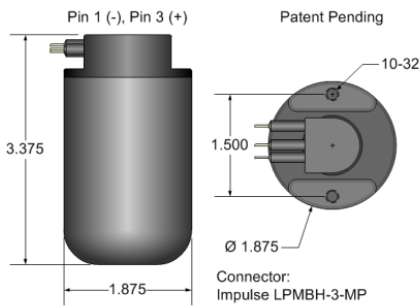
Beam Pattern at 11 kHz



Underwater Transducer BTEACHACOUSTICS

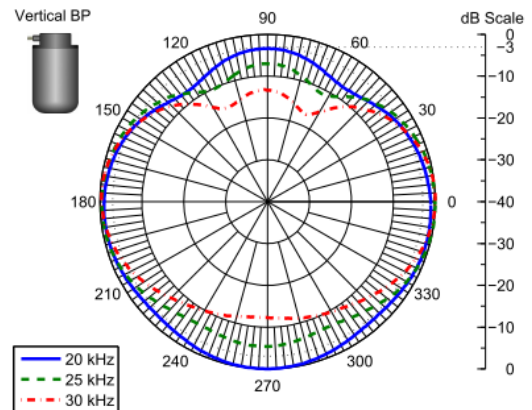
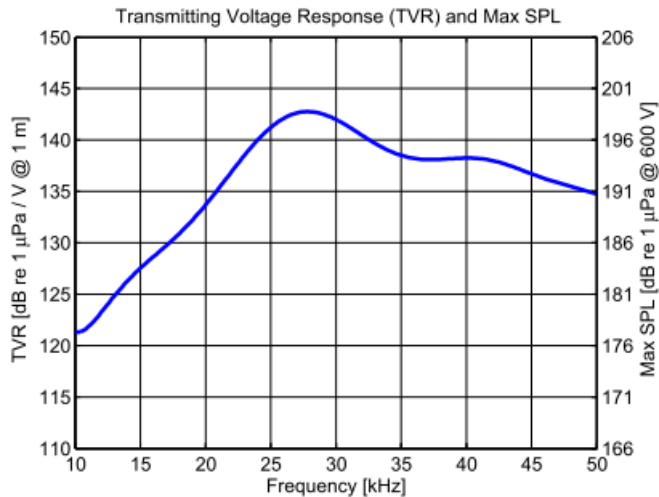
<http://www.btechacoustics.com/products/bt-1rcl>

Model BT-2RCL



Specifications (Nominal):

- Resonance Frequency (f_r): 28 kHz
- Coupling Coefficient (k_{eff}): 0.33
- TVR at f_r : 143 dB re 1 μ Pa/V
- SPL (max) at f_r (@ 1 m): 199 dB re 1 μ Pa
- OCVS at f_r : -190 dB re 1 V/ μ Pa
- Horizontal Beam Pattern: Omnidirectional
- Vertical Beam Pattern: Toroidal
- Depth (max): 700 m
- Voltage (max): 600 Vrms
- Weight (in air, in water): 232 g (a), 83 g (w)



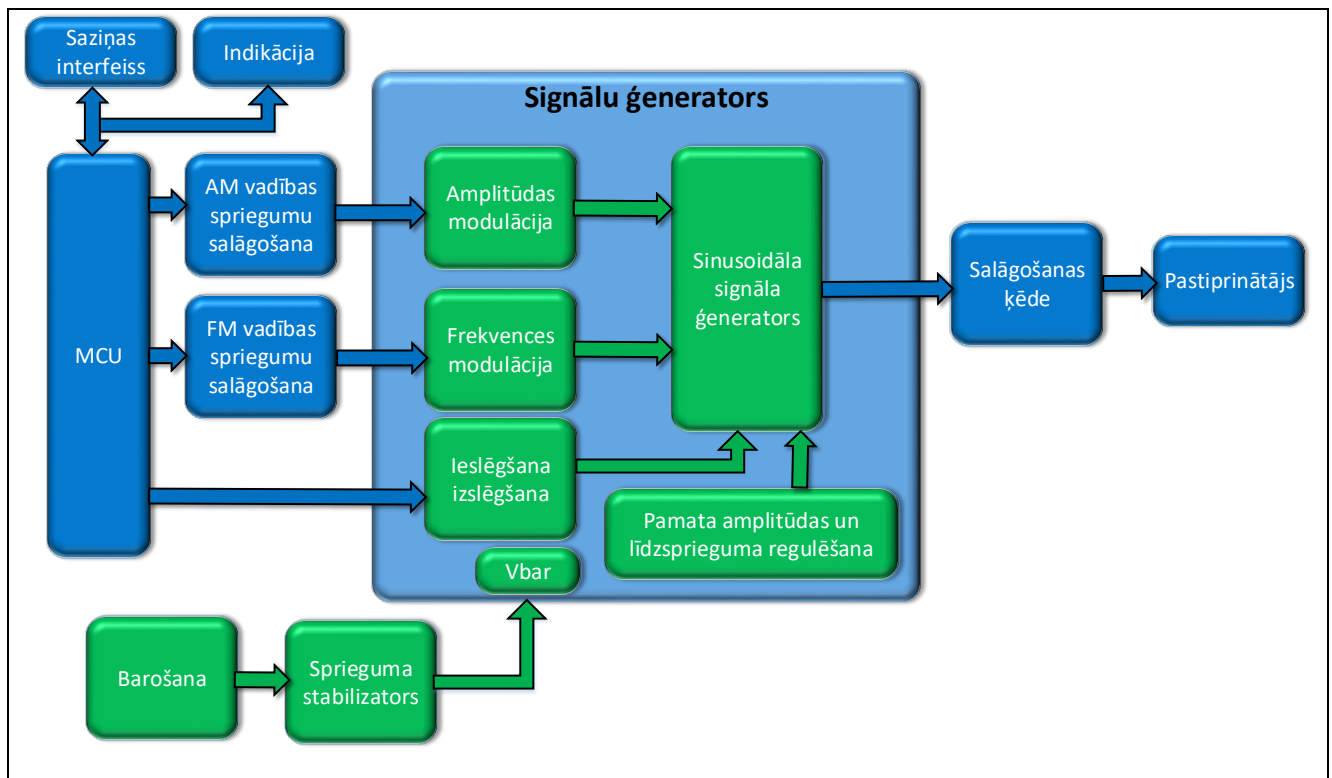
1.4. Principiālo shēmu izstrāde

Balstoties uz projekta 1.1.uzd. veikto priekšizpēti, tika definētas prasības attiecībā uz akustisko signālu ģeneratora realizāciju.

Tabula 1.6. Signālu ģeneratora izvirzītās tehniskās prasības

Tehniskās prasības	
Parametrs	Vērtība
Ģenerējamā signāla tips	sinusoidāls signāls
Frekvenču diapazons	5kHz-15kHz
Izejas signāla amplitūda	1V
Amplitūdas modulācijas iespēja	Jā
Frekvenču modulācijas iespēja	Jā (frekvences izvēle, atbilstoši vadības signālam);
Vadības signāli	SPI vai I2C interfeiss, vai PWM signāls, kas tiek pārveidots līdzspriegumā diapazonā no 0 līdz 5V
Barošanas spriegums	5-12V.

Uz tehnisko prasību bāzes tika izveidota signālu ģeneratora un ar to saistīto moduļu blokshēma. Uzdevuma realizācijas gaitā jāizvēlas katra norādītā bloka realizācija, jāizstrādā principiāla shēma, kā arī jāveic izvēlētās realizācijas analīze.



1.8. att. Signālu ģeneratora un ar to saistīto elementu blokshēma

Amplitūdas un frekvenču modulācijas (AM un FM) ieviešanas nepieciešamību definē projekta specifika. Ģenerējamā signāla **frekvences izmaiņa** ļauj izstrādāt dažādas signālu secības, iekļaujot arī gadījumfrekvences izvēli, izslēdzot vai stipri apgrūtinot roņu pierāšanas iespēju pie ģenerējamiem signāliem.

Veicot potenciālo raidāmo signālu parametru izpēti tika izteikta hipotēze, ka **signāliem ar straujām signālu līmeņu izmaiņas frontēm atbilst signāla spektrs, kas ir bagāts ar nevēlamām frekvenču komponentēm, kas potenciāli var atbaidīt arī zivis**. Izvirzītās hipotēzes pārbaudei tiek plānots, sadarbībā ar kādu no zivju audzētavām, veikt eksperimentus ar zivīm. Tomēr signālu ģeneratora izstrādes stadijā tiek uzstādīta par prasību iespēja veikt signāla **amplitūdas modulāciju**, kontrolējot impulsa augšanas un dilšanas laiku.

1.4.1. Signālu ģenerēšanas realizāciju novērtējums

Signālu ģenerēšanai tika apskatītas trīs metodes:

- nolasīšana no atmiņas kartes ar speciālo mp3 failu atskaņojošo mikroshēmu;
- DDS sinusoīdas ģenerēšana;
- ģenerēšana ar galveno mikrokontrolieru izmantojot look-up table;

Iepriekšējā atskaitīšanas perioda tika uzskatīts, ka nolasīšana no skaņu kartes varētu būt visai perspektīva, bet, kā izrādījās, pēc pirmā atskaites perioda, signāli ir harmoniski, toties pauzes starp signāliem ir gadījuma rakstura, līdz ar to 2.,3. metožu pielietošana varētu būt lietderīgākā par 1. metodi.

SIGNĀLU ĢENERĒŠANA IZMANTOJOT LOOK-UP TABLE

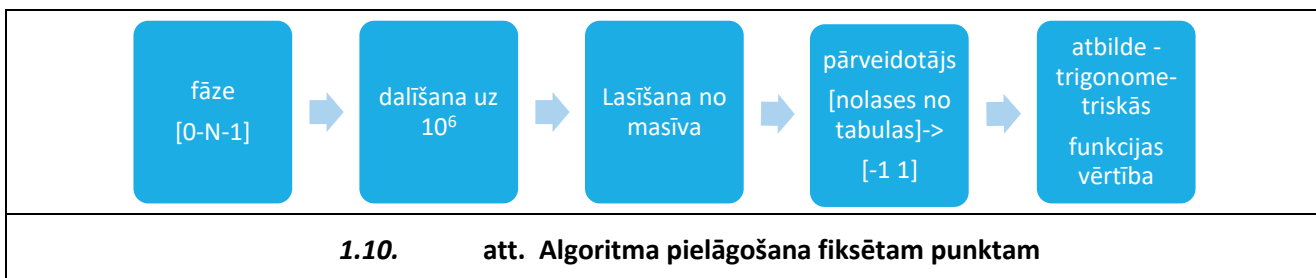
Tiek glabātas sinusoīdas viena perioda, vai arī vienas perioda ceturtdaļas vērtības, masīvā, un no turienes tiek nolasītas. Tabulas ģenerēšana: Sinusoidālo tabulu ir ērti ģenerēt izmantojot Matlab, vai Octave programmatūru. ērtāk ir strādāt ar peldoša tipa komatu, bet tā kontroliera efektivitāte un ātrdarbība būs labākā ar fiksēto punktu, līdz ar to labākais risinājums būs ar fiksēto punktu. Risinājuma algoritms ar peldošo punktu ir plaši pieejams un tam ir sekojošais, universālais algoritms 1.9. att.



1.9. att. Lookup table universālais algoritms

Dotais algoritms ir visai universāls, bet tas izmanto peldošā tipa skaitļus, kā arī reizināšanu, dalīšanu un dotam specifiskam pielietojumam to varētu uzrakstīt vienkāršāk.

Pirmkārt algoritms ir jāpielāgo realizācijai ar fiksēto punktu, lai to izdarītu fāzi mēs uzreiz visā aprēķinu algoritmā izteiksim, izmantojot jau masīva indeksus 1.10. att.



Bet te rodas problēmas. Ģenerējot nepārtrauktu sin, katru reizi fāze tiek palielinātā par noteiktu vienību, t.i. par fāzes inkrementu. Ko var izteikt ar $2\pi \cdot f \cdot \Delta t$ reizinājumu.

Δt tiek izteikts us, līdz ar to gala fāzi būs jādala uz $1e-6$ pakāpē. dalīšanas operācijas ir visai laikietilpīgas, līdz ar to, lai noģenerētu sinusu labāk dalīšanu aizvietot ar dalīšanu uz 2^{pakape} , kas īstenībā reducējas ar bināro nobīdi, un neprasa "pūles" no mikroprocesoru puses. Tuvākais ir $2^{20} = 1048576$, līdz ar to rezultāts būs nedaudz citādāks. Piemērs, ja mums ir tabula, kurā ir 256 nolase:

$250 \cdot 1e6 / 2^{20} = 238.41$, t.i. izmantojot šo pieeju vienam periodam atbilst 238.41 nolases un tabulu ir jākorrigē, lai tai atbilstu 238 nolases. Protams ir arī fāzes kļūda atmetot 0.41, jo nevarēs izmantot daļskaitļus. Jā sākuma tiktu paņemts 238. Bet, piemēram, paņemot 256 tad $256 \cdot 1e6 / 2^{20} = 244.1406$, var saprast, ka šoreiz fāzes kļūda būs mazāka.

Līdz ar to rodas jautājums, piemeklēt skaitļu pārus, kuriem būtu pēc iespējas mazāka daļskaitļa kļūda, piemēram diapazonā 100 – 256 tādi skaitļi ir:

$N = 151 \quad M = 144.005$
 $N = 194 \quad M = 185.013$
 $N = 237 \quad M = 226.021$
 $N = 129 \quad M = 123.024$
 $N = 172 \quad M = 164.032$
 $N = 215 \quad M = 205.04$
 $N = 107 \quad M = 102.043$
 $N = 150 \quad M = 143.051$
 $N = 193 \quad M = 184.059$
 $N = 236 \quad M = 225.067$
 $N = 128 \quad M = 122.07$

N = 171 M = 163.078

N = 214 M = 204.086

N = 106 M = 101.089

N = 149 M = 142.097

N = 192 M = 183.105

N = 235 M = 224.113

N = 127 M = 121.117

N = 170 M = 162.125

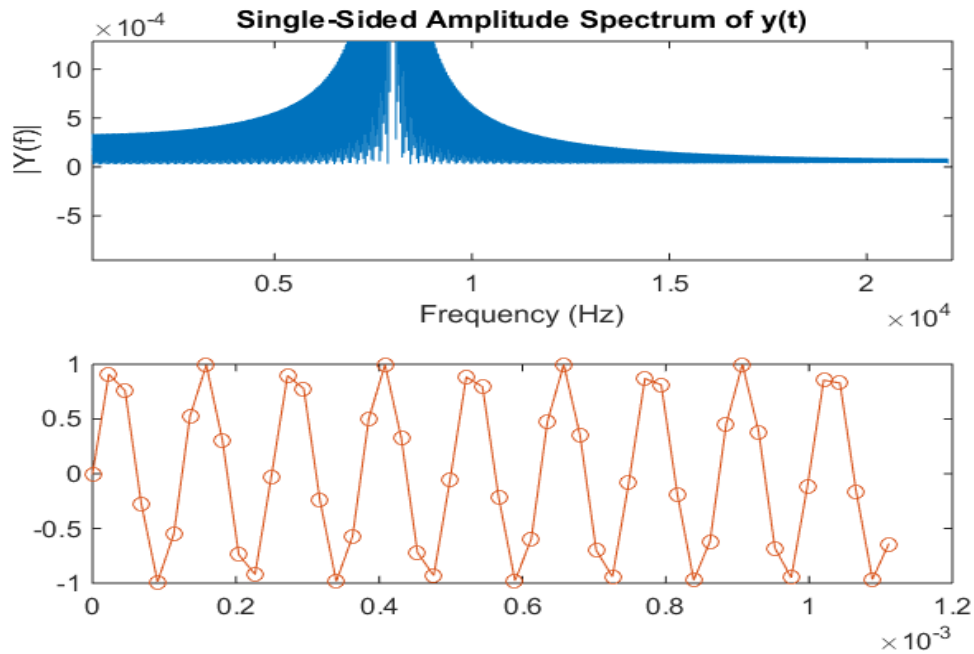
N = 213 M = 203.133



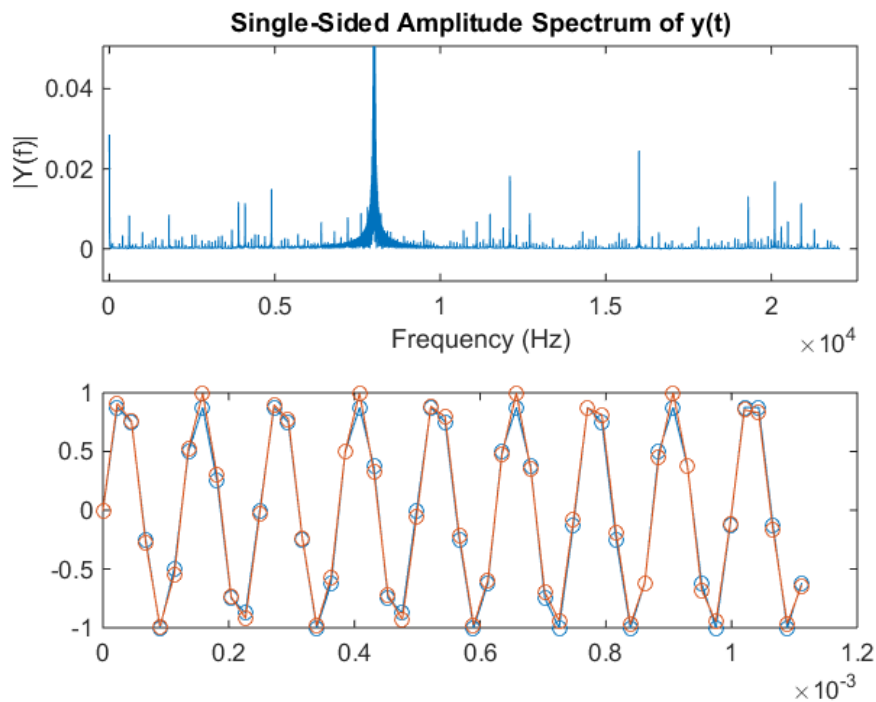
TABULAS IZMĒRA IZVĒLES PAMATOJUMS

No tabulas izmēra ir atkarīgs, cik precīza būs ģenerētā sinusoīda, tas ir kritiski, jo neprecīzai un kropļotai sinusoīdai būs liekas, vērā ņemamās harmonikas, kas nelineārā vidē radīs arī intermodulāciju, kas noteikti radīs harmonikas arī ļoti zemās frekvencēs, kas biedēs zivis.

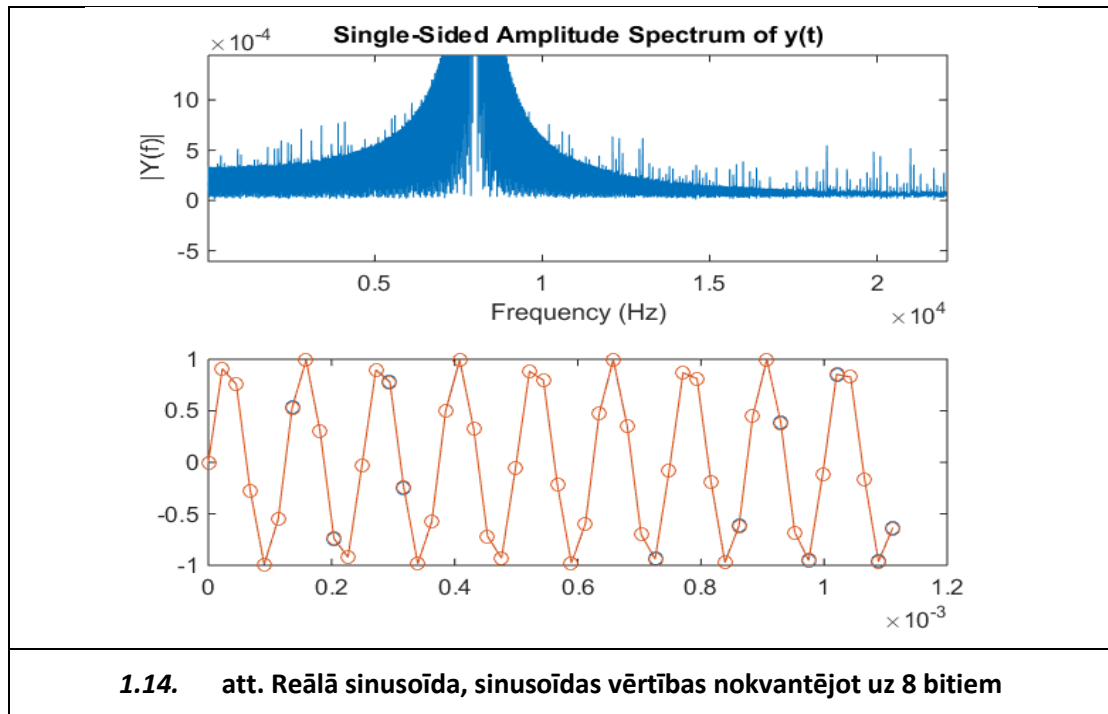
Tāpēc tika salīdzināta sinusoīda, ideālām gadījumam (1.12.att), kā arī nokvantējot sinusoīdas vērtības ar 4 bitiem (1.13.att) un ar 8 bitiem (1.14.att) – imitējot atmiņas daudzumu, kas būs atvēlēts katram masīva elementam. Var secināt kā sinusoīdai ir jāatvelē 8 un vairāk bitu.



1.12. att. Ideāla sinusoīda $f = 8000$ Hz, $F_s = 44100$ Hz



1.13. att. Reāla sinusoīda, sinusoīdas vērtības nokvantējot uz 4 bitiem



PIEZĪMES

Sinuss ir nepieciešams ģenerēt nevis visu laiku, bet gan tikai īsos mirkļos. Kā atklājas, taisnstūra loga pielietošana sinusoīdai nav optimālā, jo parādās citas harmonikas, kas teorētiski biedēs zivis un mazinās nozveju. Līdz ar to ir nepieciešams lietot Hanninga, Hamminga, vai arī līdzīgas loga funkcijas. Logu funkciju ģenerēšana tiek lietots **sin**, vai **cos**, funkcija, līdz ar to neatkarīgi no 2., vai 3. izvēlēta sinusu ģenerēšanas veida būs nepieciešams veids, kā ģenerēt **sin**, **cos**, t.i. sinusoīdas tabula. Tad arī noderēs aprakstītais look-up table risinājums.

1.4.2. Skaņas signāla ģenerēšana un apliecējas veidošana

Šeit tiks aplūkots risinājums, kurā:

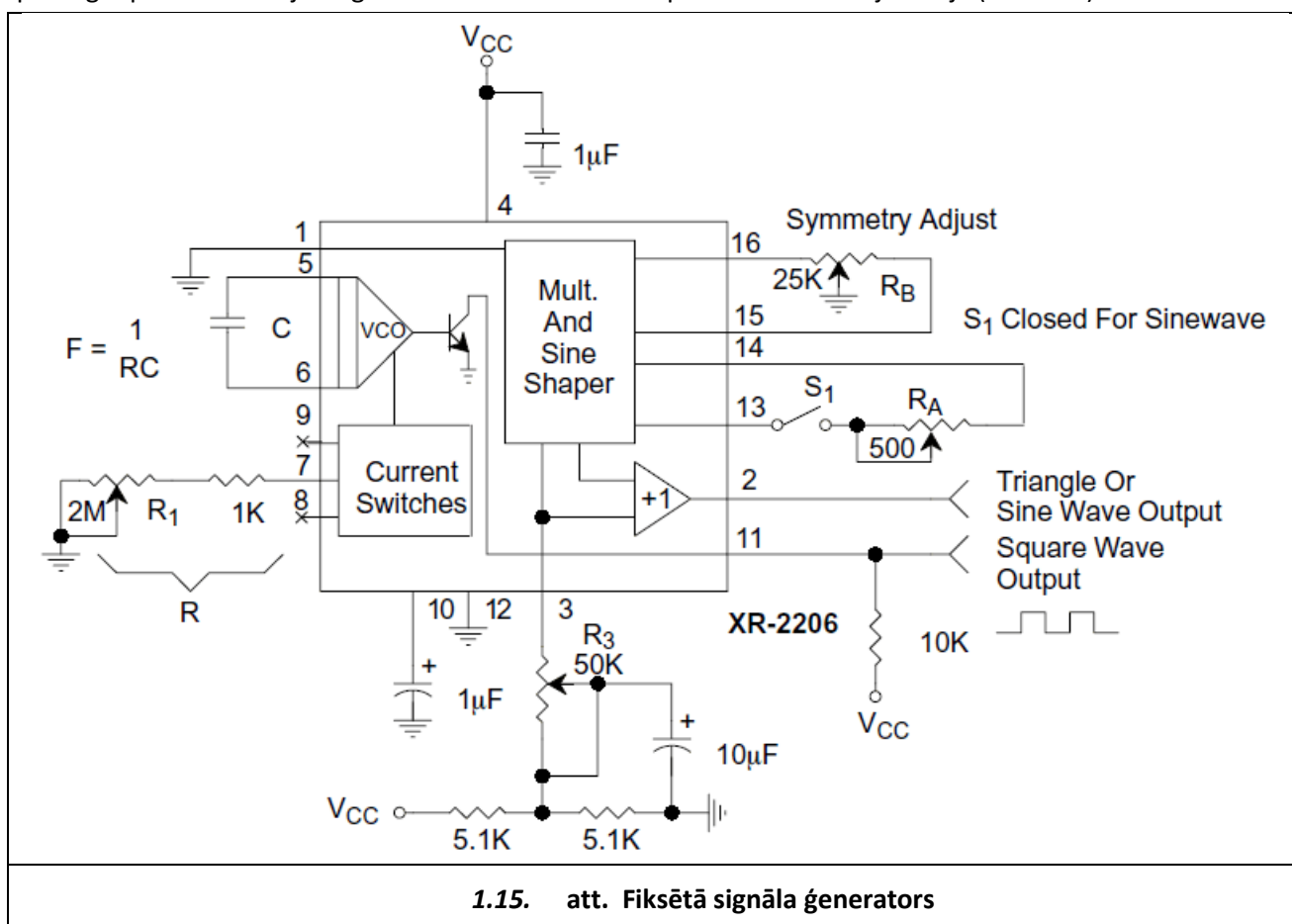
- vadības ierīce (mikrokontrolers vai vienplates mikrodators) veido 2 signālus - pirmo proporcionālu vajadzīgajai frekvencei, otru - vajadzīgajai amplitūdai;
- bet atbilstošas frekvences un amplitūdas sinusoidālu spriegumu veido cita ierīce.

Citai ierīcei jāpilda VCO (Voltage Controlled Oscillator) un VCA (Voltage Controlled Amplifier) funkcijas. Vēl jo labāk, ja abas funkcijas pildītu viena mikroshēma.

Šādas mikroshēmas pirms dažiem gadu desmitiem izstrādāja un ražoja lielās firmas (kā Analog Devices, Linear Technologies, utt). Nu šīs mikroshēmas vai nu ir kļuvušas nepieejamas, vai arī to ražošanu pārņēmušas mazāk zināmas firmas.

Meklējot lielākajos katalogos (kā Farnell, Mouser, DigiKey, ElfaDistrelec), tika atrasta tikai viena mikroshēma - EXAR Corporation ražotā XR2206, kas pieejama Farnell katalogā, un vietējā Lemona var piegādāt par 12,50 EUR/gab. Mikroshēma ir pieejama 16 izvadu PDIP korpusā. Barošana vienpolāra, 10...26V. Pie 12V patērētā strāva - 12mA. Tā spēj ģenerēt taisnstūra, trīsstūra un sinusoidālu spriegumu 10mHz ... 1MHz diapazonā.

1.15. att. - fiksēta signāla ģenerators. Frekvenci nosaka starp 5. un 6. izvadu pieslēgtā kondensatora kapacitāte kā arī 7. izvadam pieslēgtā pretestība (resp. strāva caur šo izvadu). Amplitūdu - 3. izvadam pieslēgtā pretestība. Šajā slēgumā netiek izmantota amplitūdas modulācijas ieeja (1. izvads).

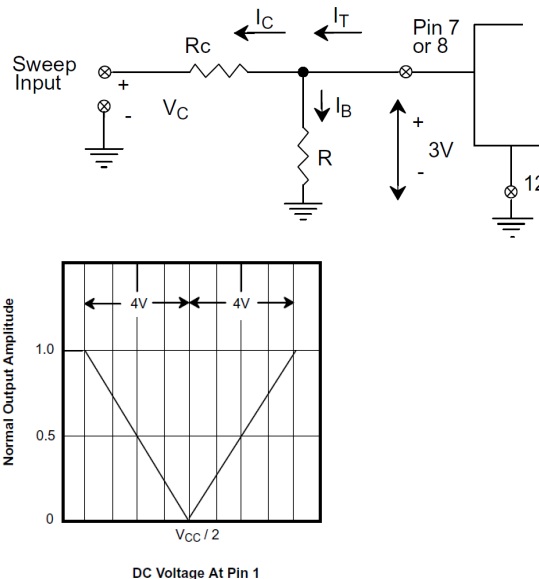


Ārēji vadāmā slēgumā:

Frekvenci (caur 7. izvada strāvu) noteiks rezistori R , R_c kā arī vadības spriegums:

$$f = \frac{1}{RC} \left(1 + \frac{R}{R_c} \left(1 - \frac{V_c}{3} \right) \right) \text{Hz}$$

Amplitūdu uzstāda ar rezistoru R_3 (kā iepriekšējā slēgumā) un maina ar spriegumu 1. izvadā atbilstoši grafikam:



Iekārtai kopumā barošanas spriegums mainīsies robežās 12...14V atkarībā no akumulatora uzlādes stāvokļa. Taču XR2206 barošanai jābūt stabilai, jo gan izejas signāla amplitūda, gan frekvence ir atkarīga no vadības spriegumu attiecības pret barošanas spriegumu.

Tāpēc XR2206 barošanas ķēdē nepieciešams zema sprieguma krituma LDO (Low Drop Out) lineārs stabilizators. Derētu LDO stabilizators ar 11V izejas spriegumu, jo:

- tas par 1V pārsniedzi minimāli pieļaujamo XR2206 barošanas spriegumu (10V),
- stabilizators spētu darboties, akumulatora spriegumam samazinoties līdz 11,6...11,8V.

Papildus elementu aprēķinam pieņemts, ka;

- vadības ierīce spēs ģenerēt 0...5V spriegumus (vai nu ar iebūvētu ACP vai ar PWM),
- frekvence jāpārskatā 5...15kHz diapazonā,
- amplitūda jāmaina 0...1V diapazonā.

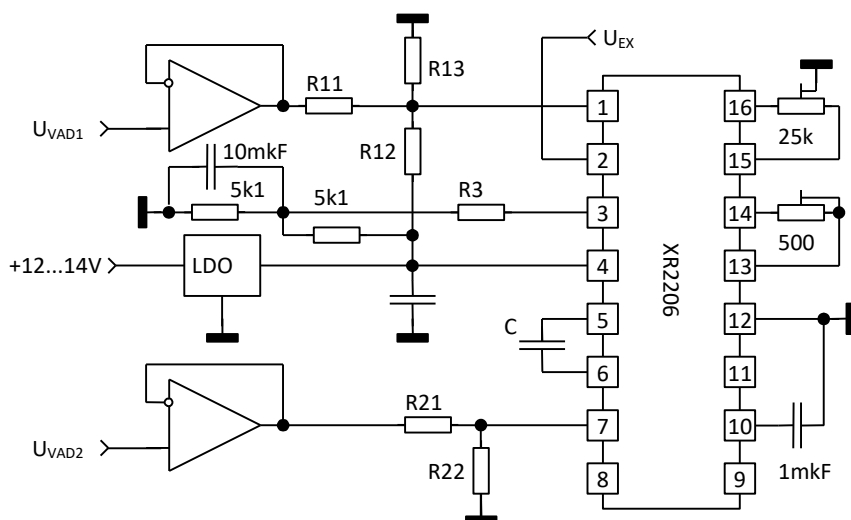
Izejas sprieguma maksimālo amplitūdu nosaka R_3 pretestība, katram kΩ atbilstot 60mV. Resp. 1V amplitūdai vajadzēs $R_3=16\text{k}\Omega$.

Amplitūdas modulācijai diapazonā 0...1V nepieciešams 1. izvadā (ar iekšējo pretestību ap 100kΩ) pieslēgt spriegumu U_{VAD1} , maināmu robežās:

- 0 izejas spriegumam = precīzi pusi barošanas sprieguma (pie $U_{bar}=12\text{V}$ tas būtu 6V);
- maksimālam izejas spriegumam = par 4V mazāku, tātad 6-4=2V spriegumu.

Pilnajā slēguma shēmā vēl redzami:

- potenciometrs starp 15. un 16. izvadiem - sinusoīdas simetrijas ieregulēšanai
 - potenciometrs starp 13. un 14. izvadiem - sinusoīdas formas ieregulēšanai
 - divi operacionālie pastiprinātāji atkārtotāja slēgumā, kas salāgo augstas pretestības ACP vai PWM izeju ar samērā zemas pretestības ķēdēm R11R12R13 un R21R22.
- Tiem paredzēta vienpolāra barošana (0 / +12...14V). Te nepieciešami pastiprinātāji ar pilnas skalas ieejām un izejām (Rail To Rail Input & Output).

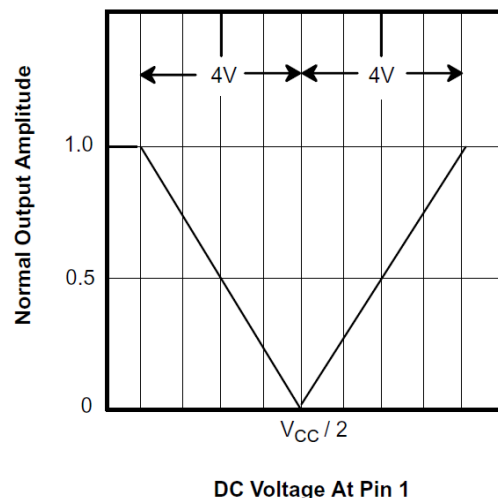


1.4.3. Shēmas uzlabojumi un papildinājumi

AMPLITŪDAS VADĪBA

Problēma:

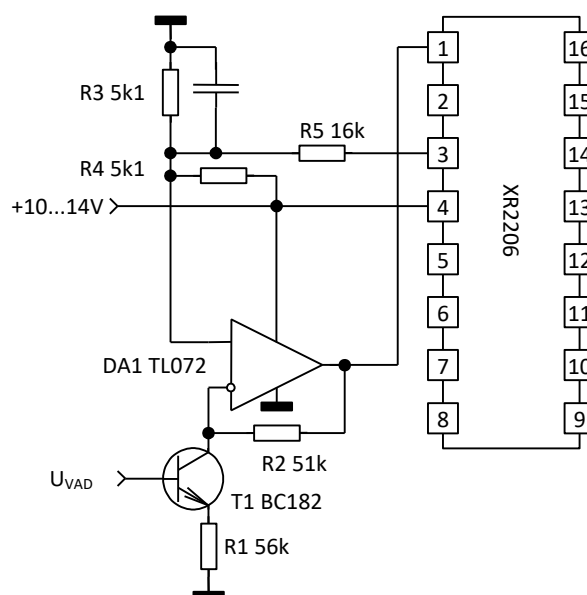
- vadības spriegums no mikrokontrolera izejas sagaidāms 0...5V robežās, kamēr mikroshēmas XR2206 attiecīgajā ieejā nepieciešama pozitīva vai negatīva 0...4V sprieguma izmaiņa attiecībā pret pusi no barošanas sprieguma (skat. attēlu). Ja shēmu barotu no stabilizēta sprieguma, tas būtu risināms samērā vienkārši. Bet stabilizatora ieviešana ievērojami samazinātu pieļaujamā akumulatora sprieguma diapazonu, pie kura iekārta darbotos.
- Bez tam, ja mikrokontrolera izejas spriegums tiks formēts nevis ar CAP, bet ar PWM (impulsa platuma modulāciju), mikrokontrolera izejā vēl nepieciešams zemfrekvences filtrs. Lai šeit pietiktu ar RC ķēdēm, sprieguma pārveidotāja ieejas pretestībai jābūt vismaz dažiem desmitiem kΩ.



Pēc vairāku slēgumu neveiksmīgas pārbaudes tika rasts sekojošs risinājums:

- operacionālā pastiprinātāja neinvertējošā ieeja pieslēgta tam pašam sprieguma dalītājam, kas nosaka arī atbalsta spriegumu XR2206 4. ieejā.
- ieejas spriegums 0...5V tiek pārveidots strāvā (tranzistors T1, rezistors Rx) un operacionālais pastiprinātājs pārveidotāja strāva-spriegums veido nepieciešamo spriegumu XR2206 7. ieejā.

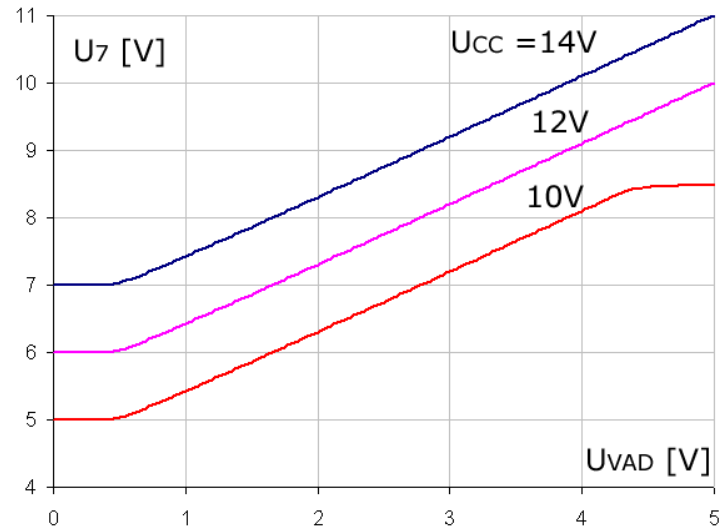
Papildus shēmas priekšrocība - nav nepieciešams operacionālais pastiprinātājs ar t.s. Rail-to-Rail ieejām un un izejām, kam ir visai stingri noteikts barošanas spriegums. Un lielākoties pieļaujamais barošanas spriegums (līdz ar to arī izejas sprieguma maksimālā vērtība) nepārsniedz 6-7V.



Modelēšanas ar TINA rezultāti:

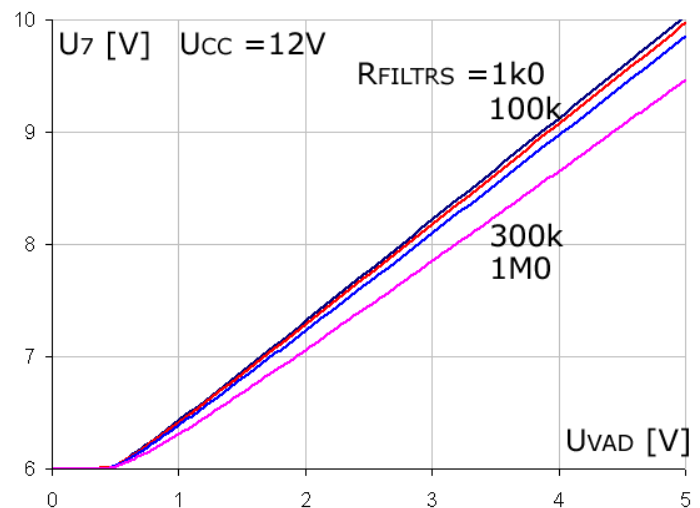
Kā jau bija sagaidāms, shēma sāk darboties pie $U_{VAD} > 0,5 \dots 0,6V$. Bet tas nav uzskatāms par būtisku trūkumu.

Minimālais barošanas spriegums, pie kura izejas spriegums atbilst gaidītajam, ir ap 11,0V. Pie zemāka sprieguma izpaužas klasisko operacionālo pastiprinātāju īpašība - maksimālais izejas spriegums ir par 1,0-1,5V mazāks par barošanas spriegumu. Ja pieļaujam iekārtas darbu akumulatora izlādei līdz 11V, šis efekts praktiski neizpaužas.

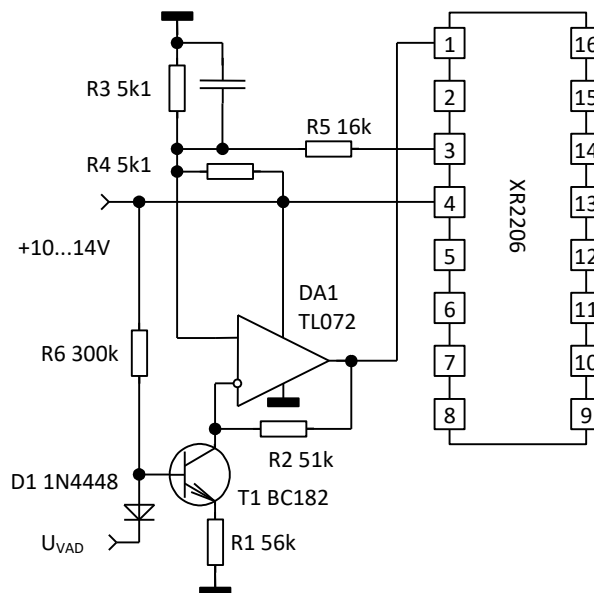


Strāvas avots T1R1 slēgumā tiek darbināts ar ļoti mazām strāvām, tāpēc T1 ieejas pretestība ir ievērojami liela. Tāpēc PWM signāla zemfrekvences RC filtrā var atļauties lietot līdz pat 100-300kΩ pretestību. Izejas spriegums būtiski samazinās tikai pie 500kΩ un lielākas filtra pretestības.

Filtru var izveidot arī, pieslēdzot kondensatoru paralēli operacionālā pastiprinātāja atgriezeniskās saites rezistoram R2.



Ar diodi D1 papildināta shēma nodrošina izejas sprieguma proporcionālu izmaiņu visā 0...5V vadības sprieguma diapazonā. Taču vienlaikus - PWM signāla filtrācijai var izmantot tikai R2 paralēli pieslēgtu kondensatoru.



FREKVENCES VADĪBA

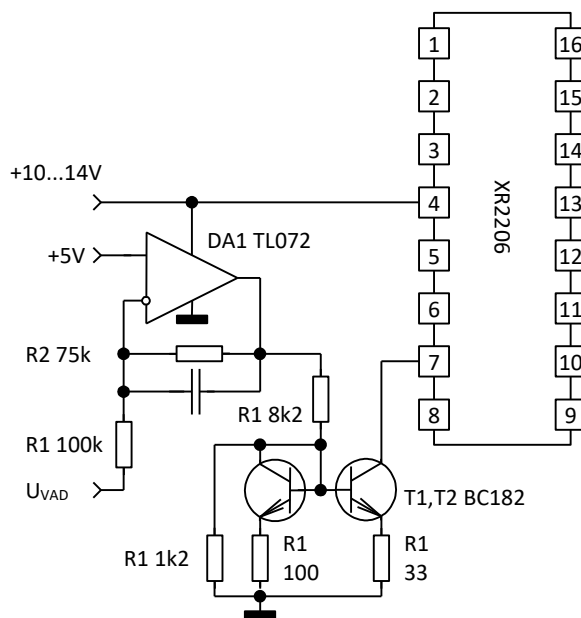
Problēma:

- XR2206 frekvences vadība notiek, mainot strāvu caur 7. izvadu, kas mikroshēmā ir pieslēgts pie diferenciālās kaskādes (ar npn bipolāriem tranzistoriem) emiteru savienojuma. Šīs strāvas lielums nedrīkst pārsniegt 3mA un virziens drīkst būt tikai „izejošs” - no 7. izvada uz „zemi”. Ja strāvas virziens kļūst pretējs, shēma vairs nedarbojas.

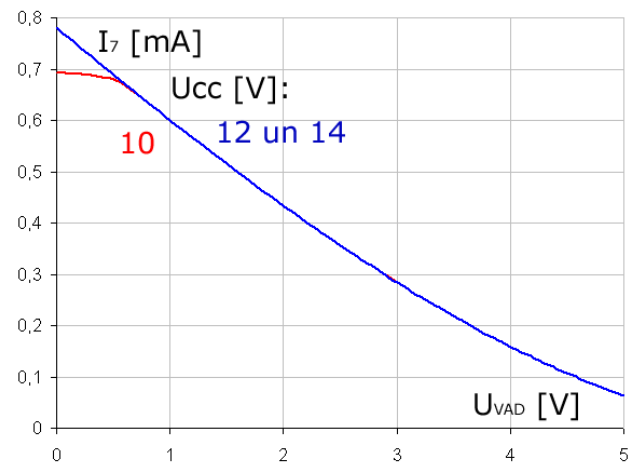
Nepieciešama shēma, kas pārveido 0...5V ieejas spriegumu “no 7. izvada izejošā” strāvā, pie tam nodrošinot pietiekami lielu ieejas pretestību un iespēju filtrēt PWM signālu.

Šīm prasībām atbilst sekojošā shēma, kurā lietots standarta (ne ar Rail-To-Rail ieejām/izejām) operacionālais pastiprinātājs un strāvas spogulis ar 2 bipolāriem tranzistoriem.

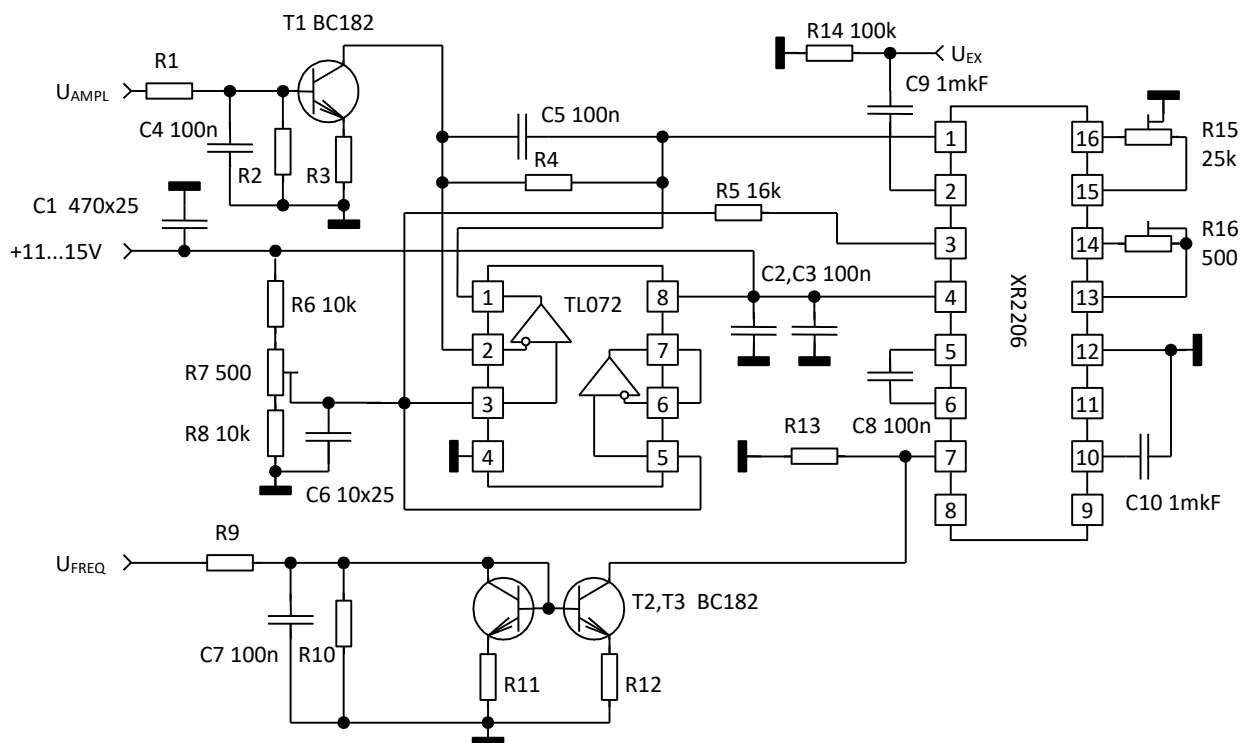
PWM signāla filtrāciju veic R2 paralēli pieslēgtais kondensators.



XR2206 ģenerētā signāla frekvence ir proporcionāla 7. izvada strāvai. Simulācija liecina, ka ar attēlā uzrādītajiem elementu parametriem iespējams frekvenci mainīt ap 10 reizes, kas ir vairāk nekā pietiekami.

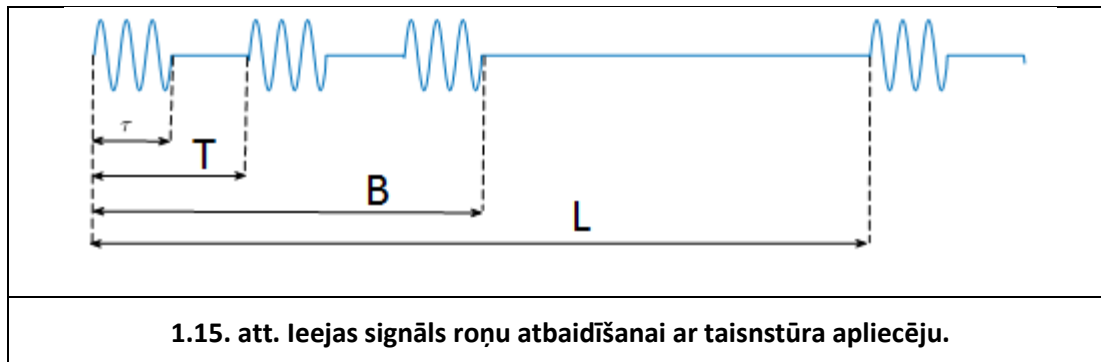


PILNA SHĒMA AR UZLABOJUMIEM



1.4.4. U_{ampl} un U_{freq} vadības signālu realizācija mikrokontrolerī

Šajā sadaļā tiks aprakstīts, kā implementēt roņu atbaidīšanas signālu mikrokontrolerī. Tik izvirzīta hipotēze, ka taisnstūra loga aizvietošana ar Hanninga logu mazāk baidīs zivis. Roņu atbaidīšanas signāls bija aprakstīts iepriekšējos atskaites periodos, un ir parādīts 1.15. att.



Hanninga loga apraksta ar formulu (1):

$$w(n) = \frac{1}{2} \left(1 - \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \right) \quad (1)$$

or

$$w(n) = \sin^2\left(\frac{\pi n}{N-1}\right)$$

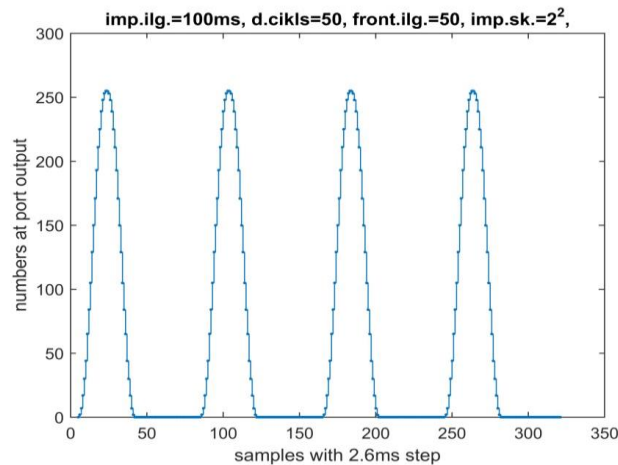
kur n – tekošā nolase, N – nolašu skaits, $w(n)$ – Hanninga loga nolase.

Par sinusoīdas ģeneratoru tiek izvēlēta **XR2206** mikroshēma, kurai ir divas ieejas, viena ir sinusoīdas frekvence, otrā ir sinusoīdas amplitūda. Izvadi tiks vadīti ar mikrokontroliera palīdzību, par ko pagaidām ir izvēlēts Atmel 328P mikrokontrolieris. Tas tiek programmēts C valodā. Signāla (1.15. att.) ieejas parametri pagaidām tiek ierakstīti programmā, ir paredzēts, ka tos iesūtīs no ārējās aplikācijas caur seriālo portu. Reālai ierīcei tie būs tieši vadīti ar pogu un slēdžu palīdzību, bet tas tiks taisīts vēlāk. Par ieejas parametriem tiek izvēlēti:

- Frekvence [Hz],
- impulsa ilgums [ms],
- darba cikls[%],
- impulsu skaits (2^N),
- frontes ilgums [%].

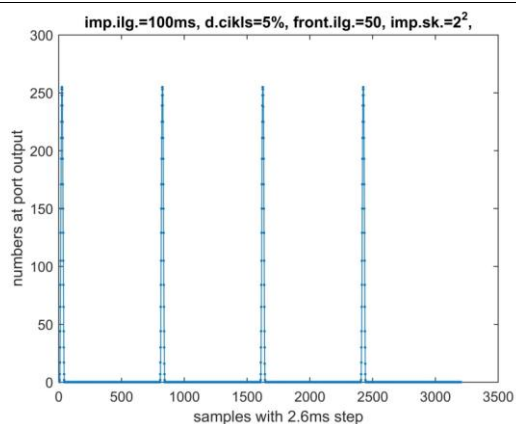
Pogu, slēdžu izpildījuma variantam parametru skaits būs mazāks.

Pašas mikrokontroliera programmas darbības algoritms ir parādīts 1.18.attēlā. Tiek plaši lietots taimera objekts (jebkurš no trim pieejamiem), kas visu laiku tiek pārstādīts, uz nākamo notikumu, piem., izslēdzot sinusoīdu, tas tiek pārstādīts uz ieslēgšanas momentu, bet, beidzoties impulsu pakai, pārstādīts uz nākamās pakas sākuma brīdi. Tas ļaus izmantot mikrokontrolierī iespējamās gulēšanas (sleep) režīmus, kas ļaus mums samazināt mikrokontroliera patērēto elektrību.



1.16. att. Apliecējas signāls no mikrokontroliera izvada, pie uzdotiem ieejas parametriem

Impulsu ieslēgšanas brīdī taimeris tiek pārstādīts uz F_s nolasīšanas frekvenci, ar kuras palīdzību tiek nodrošināta Hanninga loga ģenerēšana. Nolasīšanas frekvence ir viegli pārstādāma un ir mazāka, nekā gadījumā, ja būtu jāģenerē arī sinusoīda. Kamēr tiek ģenerēta sinusoīda un Hanninga logi, impulsu ilgums tiek mērīts ar skaitītāju palīdzību.

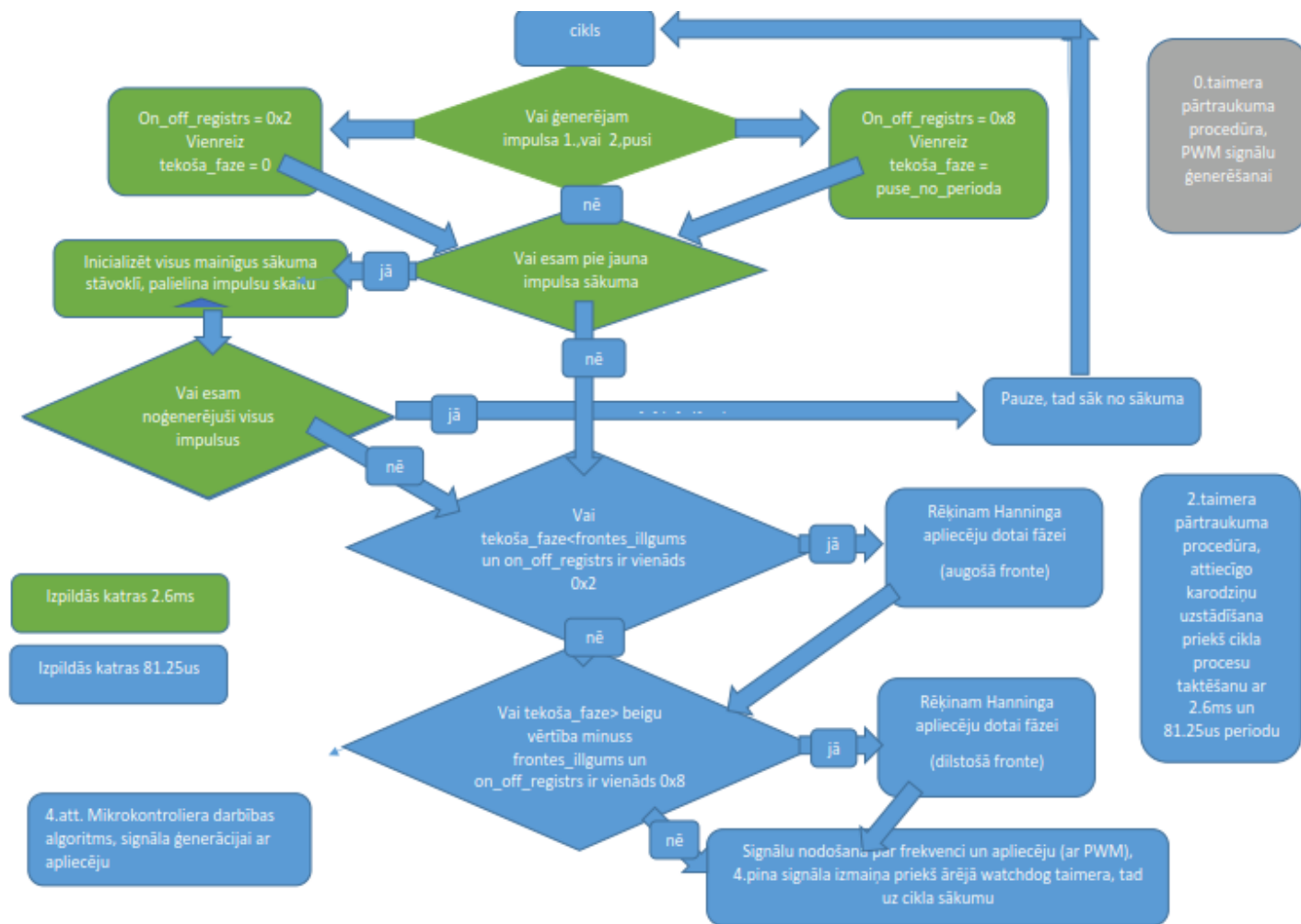


1.16. att. Apliecējas signāls no mikrokontroliera izvada, pie uzdotiem ieejas parametriem

Ka var viegli redzēt pēc (1) izteiksmes Hanninga loga ģenerēšanai, viegli var pielāgot **cos** ģenerēšanu no tabulām, kuras uzbūve bija pieminēta iepriekšējās atskaitēs.

leejas parametros tiek uzdots impulsa_ilgums un frontes_ilgums, no tiek tiek izrēķināts nepieciešamais kosinusoīdas fāzes pieaugums, tā, lai pēc laika momenta impulsa_ilgums/2 pie 50% frontes ilguma fāze nomainītos līdz pusei no perioda. 1.16. attēlā un 1.17. attēlā ir parādīti daži piemēri no mikrokontrolierā ģenerētājām apliecējam.

1.18. attēlā aprakstīto algoritmu varēs viegli pārkonfigurēt arī izmantošanai bez Hanninga loga, ja hipotēze par zivju baidīšanu izradīsies kļūdaina.



1.18.att. Mikrokontroliera darbības algoritms, signāla ģenerācijai ar apliecēju

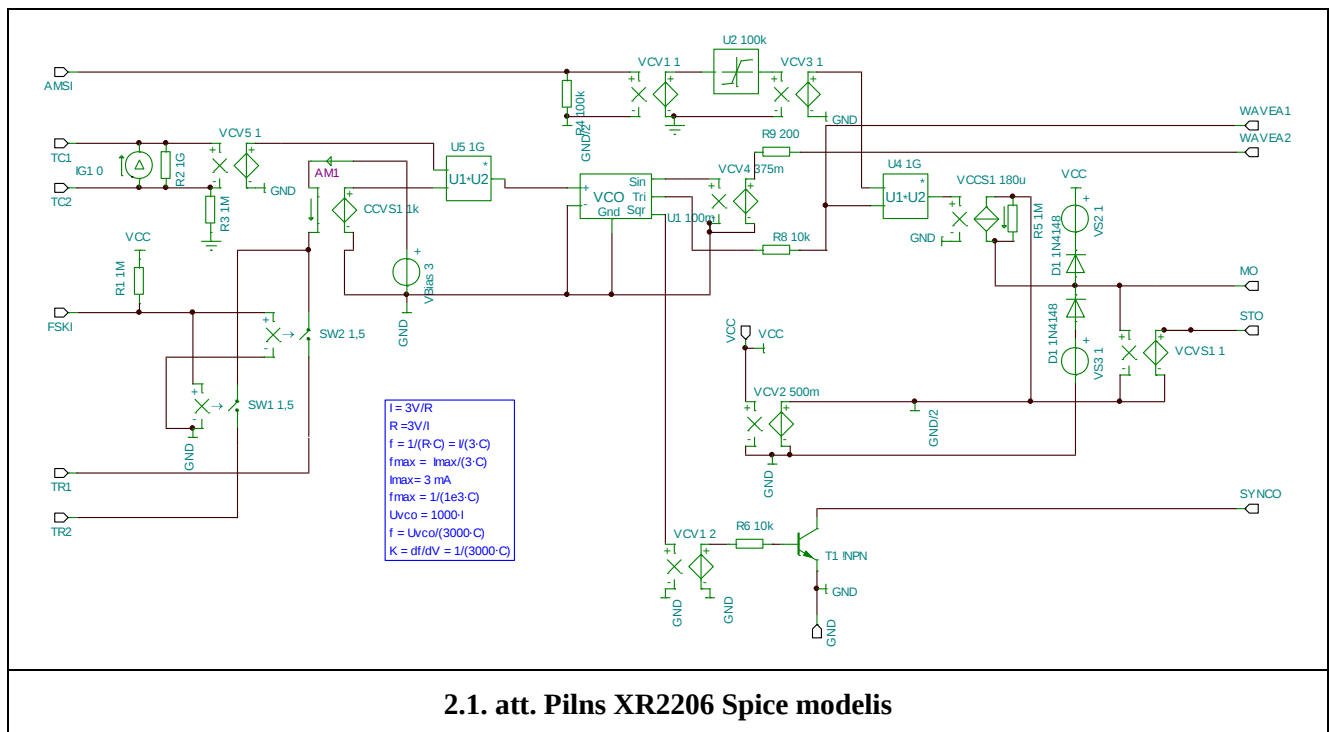
2. U1.3. Laboratorijas prototipa izstrāde, programmēšana, testēšana.

2.1. Laboratorijas prototipa shēmas testēšana-modelēšana

2.1.1. Specializētā signālu ģenerators mikroshēma XR2206

Kā jau tika atzīmēts, izvēlētas mikroshēmas XR2206 parametri un specifikācija spēj potenciāli nodrošināt projektā izvirzīto prasību izpildi un nodrošināt nepieciešamo funkcionalitāti.

Secīgi apskatīsim katras funkcijas shemtehniskās realizācijas iespējas. Pirms veikt sistēmas laboratorijas prototipa izstrādi, tiks veikta iekārtas atsevišķo mezglu izpēte, izmantojot dažāda tipa specializēto datora modelēšanas programmatūru un EXAR uzņēmuma piedāvāto XR2206 SPICE modeli.



2.1.2. Sinusoidāla signāla ģenerēšana

Pirmā modelēšanas sērija ir saistīta ar pamata funkcionalitātes pārbaudi- mikroshēmas spēju ģenerēt kvalitatīvu sinusoidālu signālu ar iepriekš uzstādītu frekvenci.

Izvēlētais mikroshēmas barošanas spriegums 11V atbilst diviem kritērijiem: pirmkārt iekļaujas pieļaujamā mikroshēmas barošanas diapazonā (saskaņā ar datu lapas datiem 10...26V), otrkārt spēs nodrošināt stabilu ģeneratora darbību pat manāmi samazinoties akumulatora spriegumam.

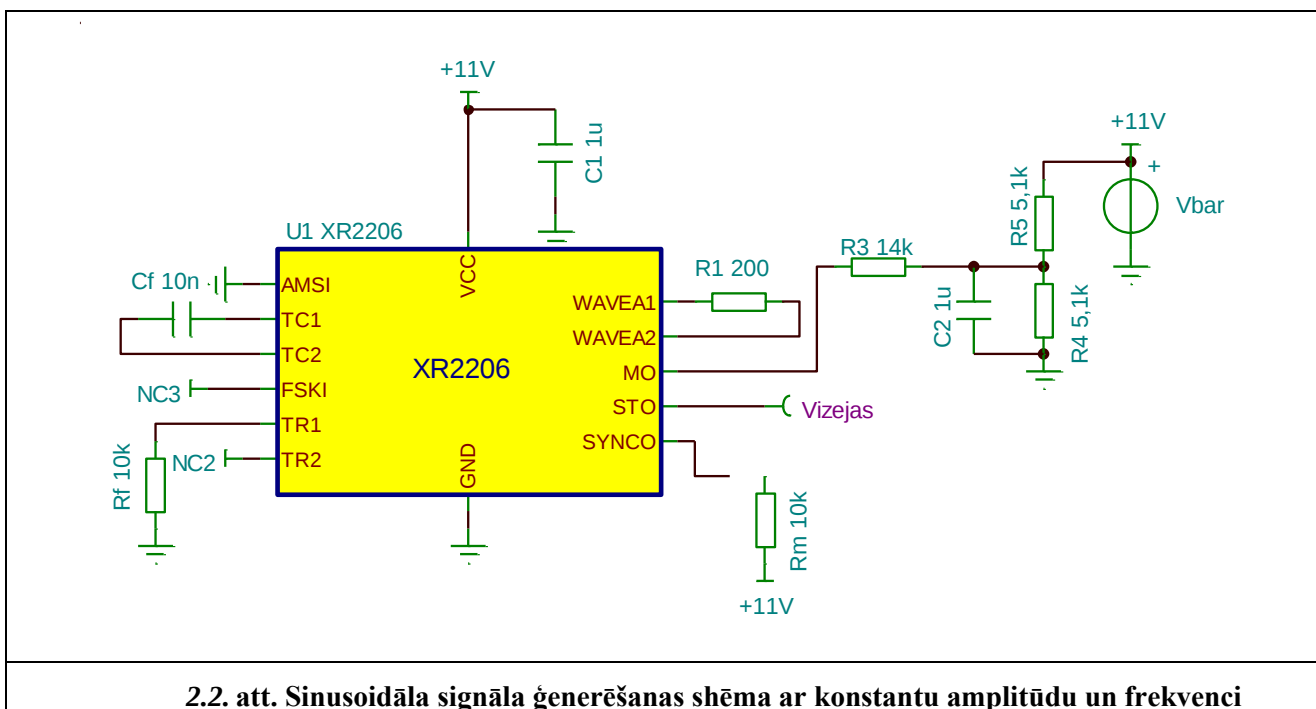
Ģenerējamā signāla frekvence vienkārša izpildījumā tiek noteikta ar divu komponentu vērtībām un ir aprēķināma pēc formulas:

$$f = \frac{1}{RC} [Hz].$$

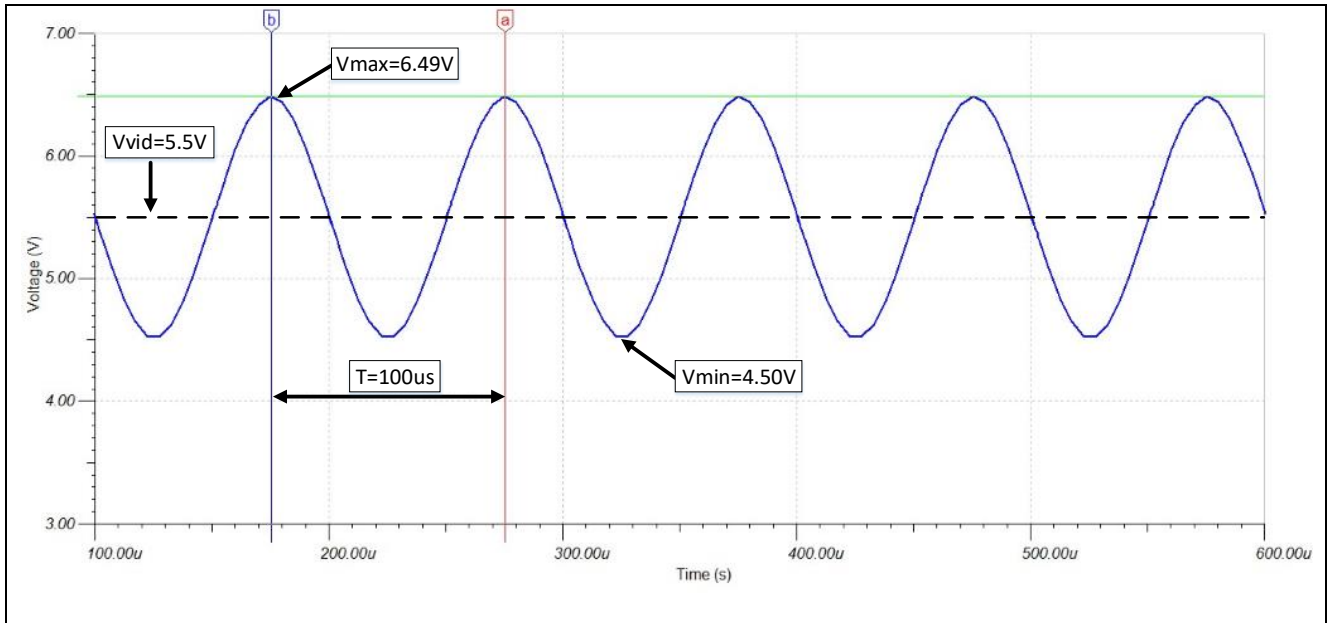
Papildus ražotāja uzliekamie nosacījumi ir sekojoši:

- stabilās ģenerējamā signāla frekvences nodrošināšanai (tipiski līdz $\pm 20 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$) visā mikroshēmas datu lapā norādītā temperatūras diapazonā (no 0 līdz $+70^\circ\text{C}$), rezistora vērtību nepieciešamas izvēlēties robežās no $4 \text{ k}\Omega$ līdz $200 \text{ k}\Omega$.
- kondensatora pieļaujamās kapacitātes vērtības ir diapazonā no 1 nF līdz $100 \mu\text{F}$.

Tiek plānots ģenerēt signālus frekvenču diapazonā $[5 \text{ kHz} \dots 15 \text{ kHz}]$, līdz pirmajā modelēšanas uzdevumā par pamata frekvenci tiek izvēlēta vidējā frekvence 10 kHz . Atbilstošo izvēlētais kondensatora un rezistora vērtības norādītās frekvences signāla nodrošināšanai ir $R=10 \text{ k}\Omega$, $C=10 \text{ nF}$. 3.att. ir parādīta modelēšanas shēma.

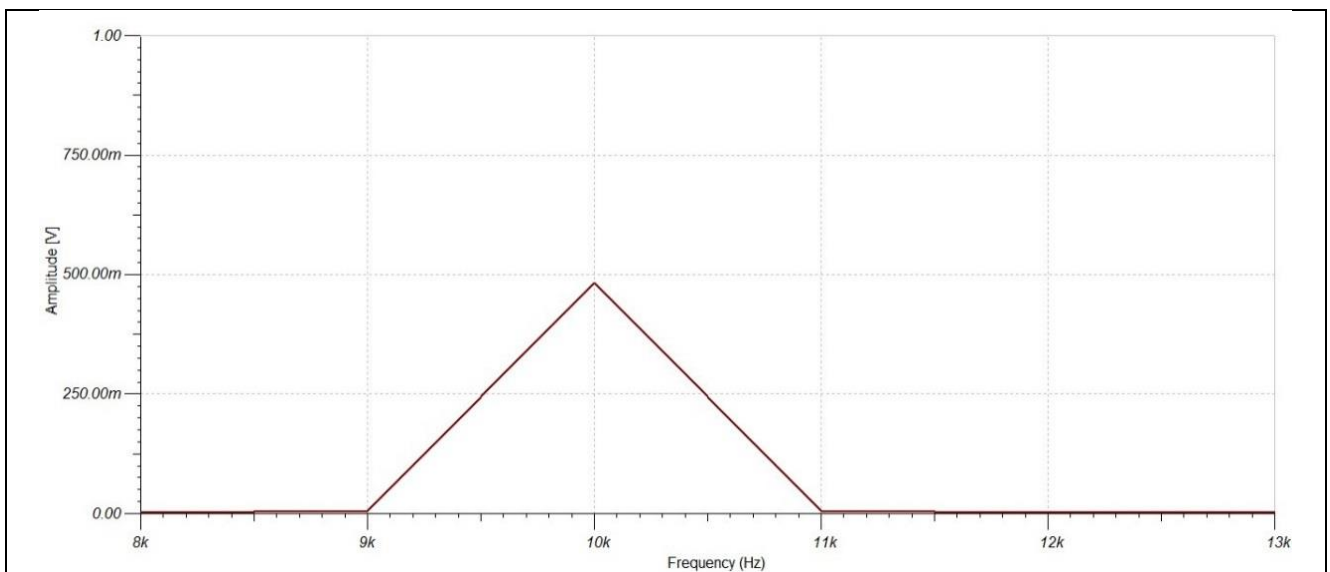


2.3. att. parādīta modelēšanas rezultātā iegūtais signāls “Izejas spriegums”. Var redzēt, ka pie norādītām vērtībām tika iegūts sinusoidāls spriegums ar periodu $T=100 \mu\text{s}$, t.i. $f=10 \text{ kHz}$.



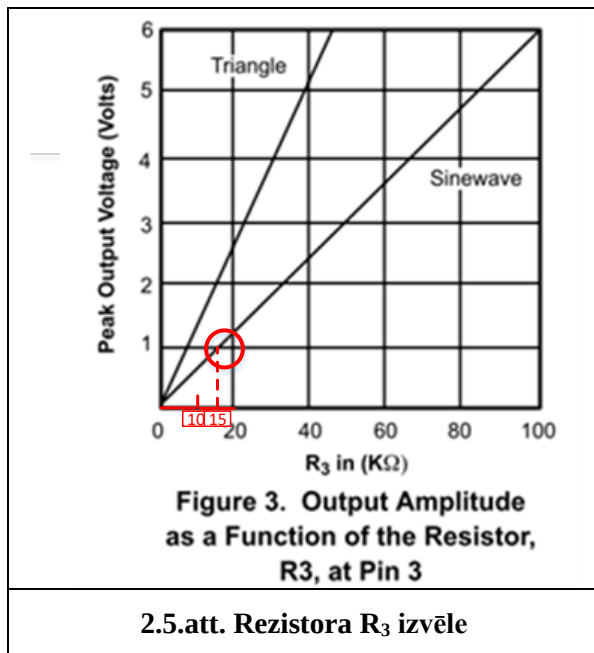
2.3. att. Izejas spriegums (V_{izejas}) pie $R_f=10k\Omega$, $C_f=10nF$, $R_{amp}=14k\Omega$, $R_5=5.1k\Omega$, $R_7=5.1k\Omega$, $V_{bar}=+11V$.

Par signāla frekvenci ir iespējams pārliecināties, izrēķinot arī tā spektru (skat. 2.4. att.) ar izteikti pīķi pie 10kHz.



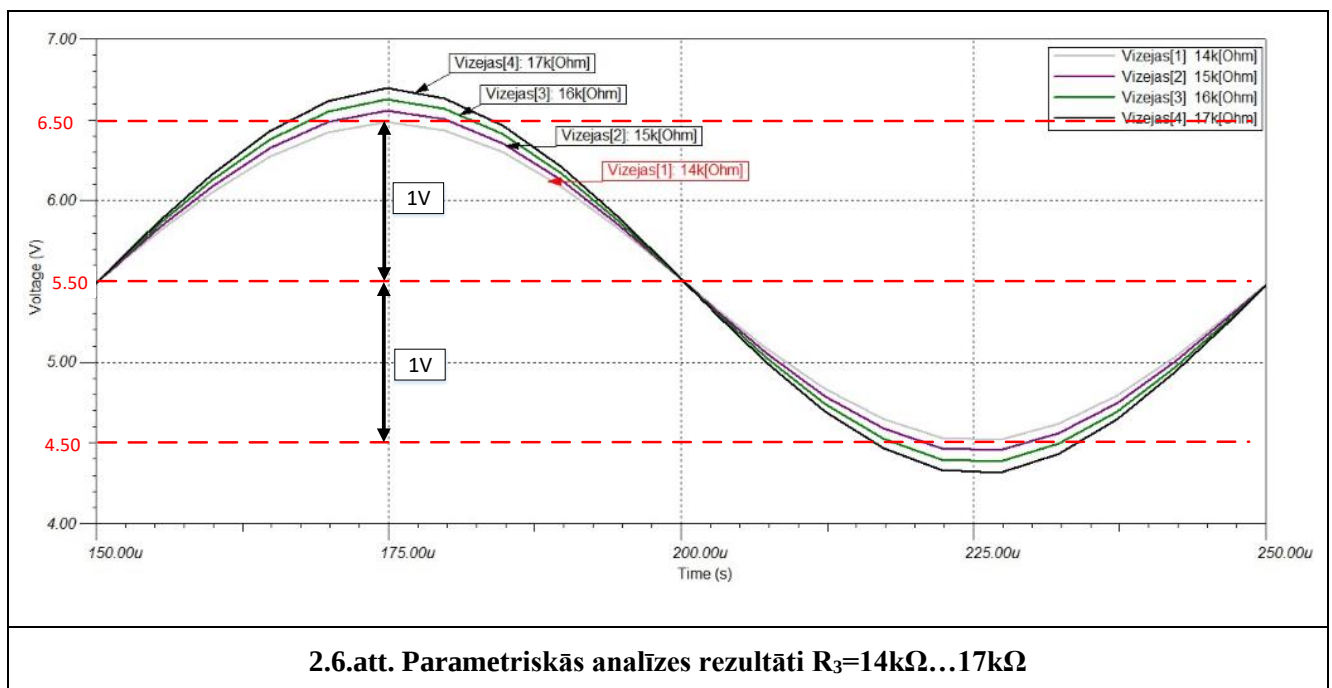
2.4. att. Izejas sprieguma (V_{izejas}) spektrs pie $R_f=10k\Omega$, $C_f=10nF$, $R_{amp}=14k\Omega$, $R_5=5.1k\Omega$, $R_7=5.1k\Omega$, $V_{bar}=+11V$.

PAMATA AMPLITŪDAS UN LĪDZSPRIEGUMA UZSTĀDĪŠANA



Pamata amplitūda (bez amplitūdas modulāciju nodrošinošā signāla), saskaņā ar datu lapu tiek uzstādīta ar rezistoru R₃- skat. 2.2.att. Nepieciešamā amplitūda ir 1V, ko var ieregulēt izvēloties R₃ pēc datu lapā piedāvātā grafika (skat. 2.5.att.) – t.i. ap 15-16kΩ. Var arī izmantot datu lapā uzdotu aproksimāciju: izejas sprieguma amplitūda palielinās par 60mV uz katru R₃ pretestības kΩ. Tātad $R_3 = 1 / (0.06) = 16.67 \text{ k}\Omega$.

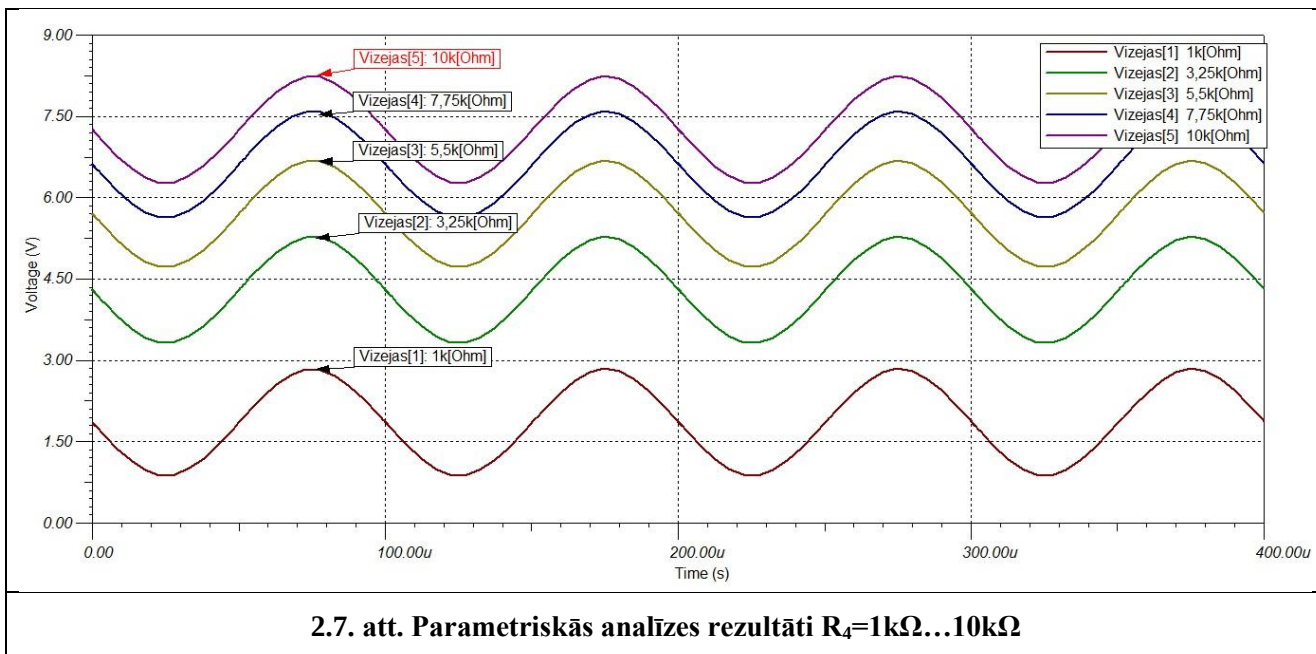
Izrēķinātās rezistora vērtības tika pieņemtas par atskaites punktiem un modelēšanas vidē tika veikta parametriskās analīze, iegūstos izejas signāla amplitūdu pie R₃=14kΩ...17kΩ. Modelēšanas rezultātā iegūtie dati liecina par to, ka 1V amplitūdu ir iespējams sasniegt pie R₃=14kΩ. Dotā vērtība tiks precizēta, veicot laboratorijas prototipa testēšanu.



Izejas sprieguma līdzkomponenti nosaka 3.att. parādīto rezistoru R4 un R5 vērtību attiecība:

$$V_{bias} = V_{bar} \frac{R_4}{R_4 + R_5}.$$

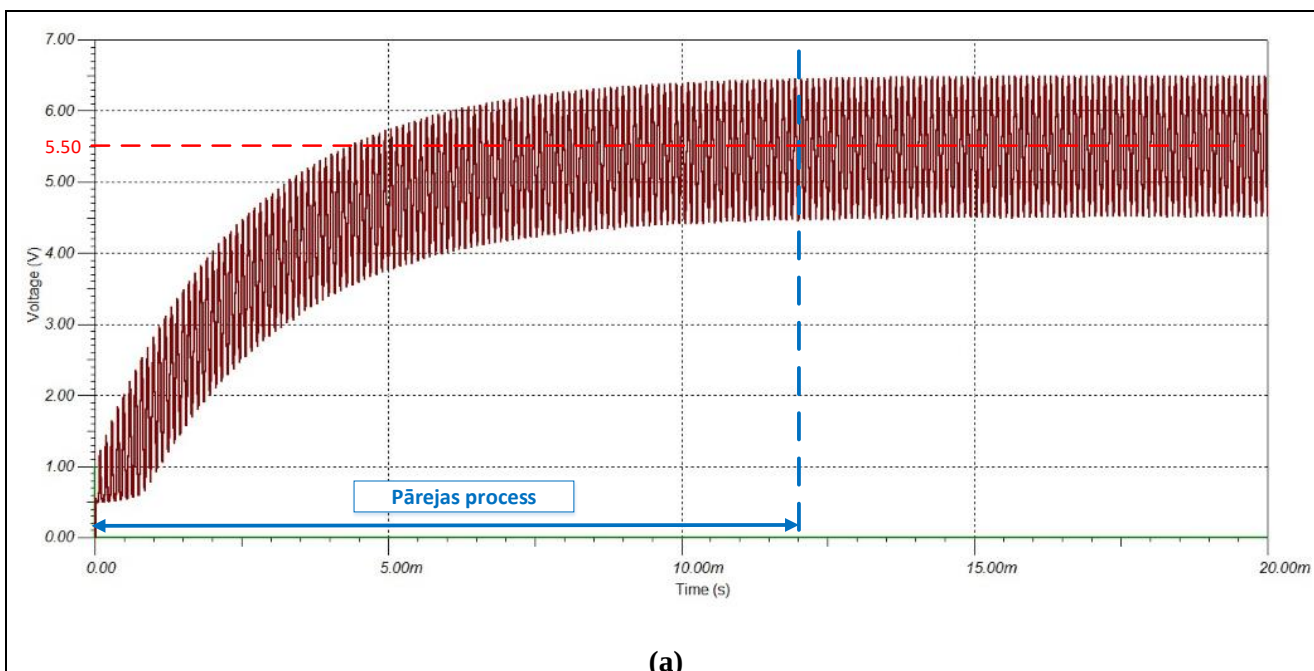
2.7.att. veiktā parametriskās analīze parāda, kā, mainoties R4 vērtībai ir iespējams ieregulēt izejas sprieguma līdzkomponentes lielumu pie nemainīgās R5 rezistora vērtības.



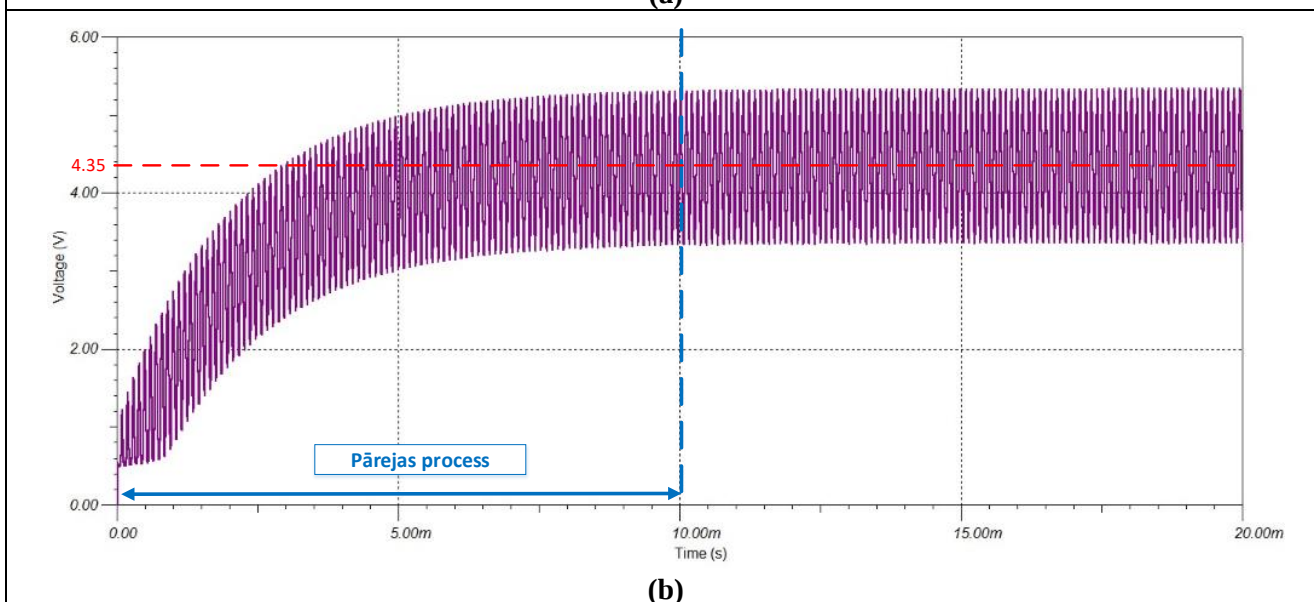
SIGNĀLA ĢENERATORA PALAIŠANAS LAIKS UN TĀ ATKARĪBA NO SISTĒMAS PARAMETRIEM.

Signālu ģeneratora pielietojuma specifika nosaka to, ka tas tiks periodiski ieslēgts un izslēgts. Par lietderīgi ģenerējamo signālu tiek uzskatīts signāls ar stabilu amplitūdu un frekvenci, kā arī iepriekšdefinētu līdzkomponenti. Modelēšanas rezultātā tiek pārbaudīt aptuvenais ģeneratora palaišanas laiks pie dažādām frekvencēs, amplitūdas un līdzkomponentes vērtībām.

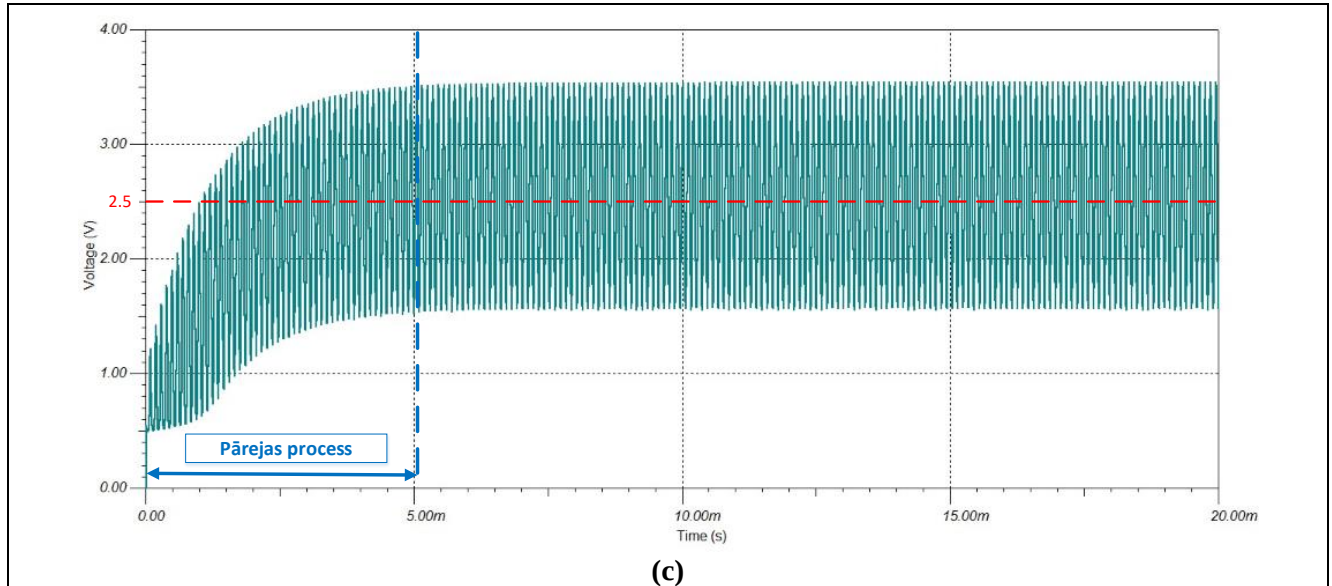
Modelēšanas rezultāti pierāda to, ka palaišanas laiks ir atkarīgs tikai no izvēlētās izejas signāla līdzkomponentes vērtības un nemainās ar signāla frekvences vai amplitūdas vērtībām.



(a)



(b)



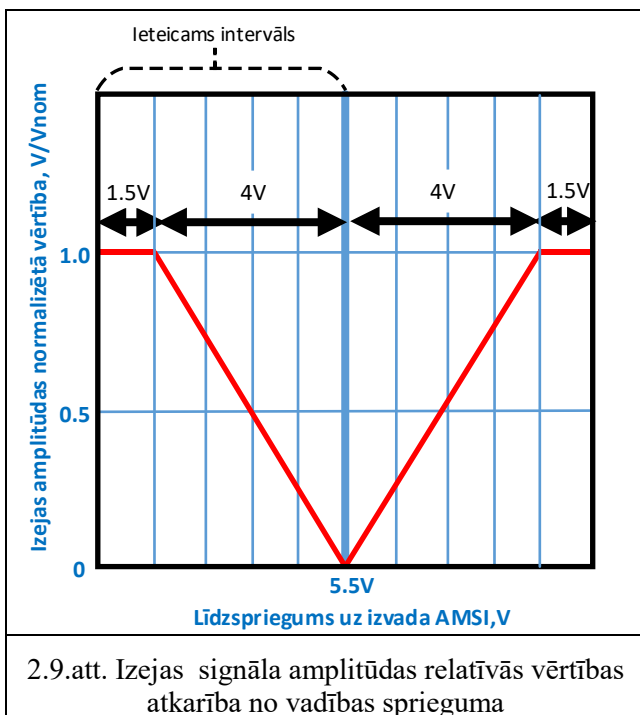
2.8. att. Pārejas procesu ilgums pie dažādām izejas spriegumu noteicošā rezistora R_4 vērtībām (a) $5.1\text{k}\Omega$; (b) $3.3\text{k}\Omega$; (c) $1.5\text{k}\Omega$.

2.8. att. ir apkopoti modelēšanas rezultāti, kas apstiprina to, ka palielinoties līdzkomponentes vērtībai palielinās arī pārejas procesu ilgums- t.i. pēc būtības laika aizture no sistēmas palaišanas brīža, kad ģenerators izejas signāls ir izmantojams tālākai apstrādei (skat. Tabulu 2.1.).

Tabula 2.1. Pārejas procesu ilguma atkarība no izejas signāla līdzsprieguma komponentes

R_4 vērtība, $\text{k}\Omega$	Līdzkomponentes lielums, V	Pārejas procesa ilgums, ms
5.1	5.5	12
3.3	4.35	10
1.5	2.5	5

2.1.3. Amplitūdas modulācijas realizācija



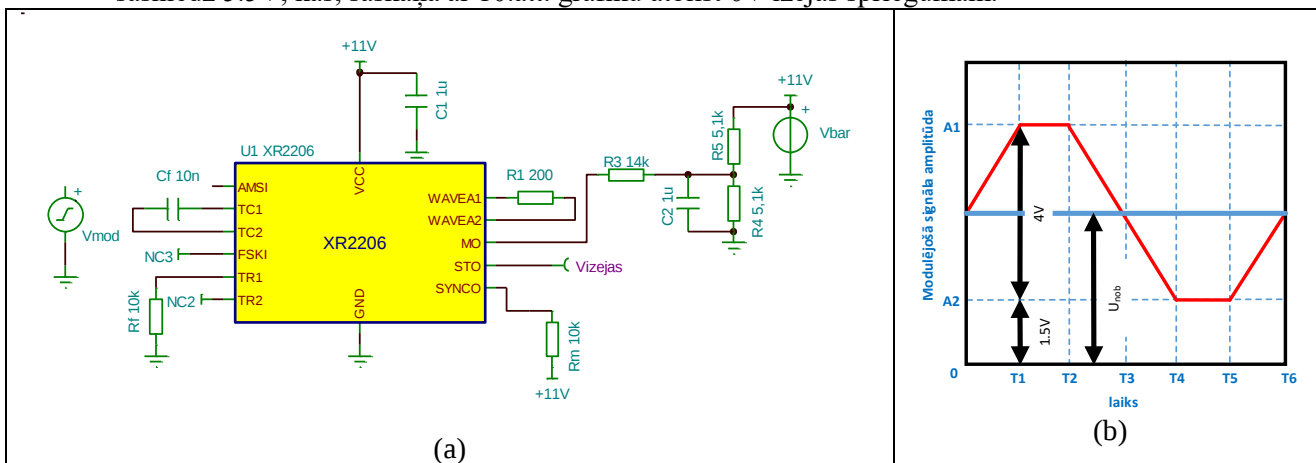
Amplitūdas modulācijas realizācijai XR2206 mikroshēmā tiek izmantots specializēts izvads 1 AMSI (Amplitude modulation signal input). Nepieciešamā vadības sprieguma vērtība un atbilstošā izejas signāla amplitūda tiek definēta XR2206 datu lapā. Pielāgojot datu lapā atrodamo grafiku konkrētai izvēlētai realizācijai, tiek iegūts atbilstošs grafiks- sk. 2.9.att.

Modificējam 2.2. att. parādīto shēmu, pieslēdzot AMSI signālu ģeneratoru, kas nodrošinās izejas amplitūdas signāla modulāciju, ļaujot iegūt nevis stāvas, bet gan lēni mainīgās signālu impulsu frontes ar iespēju veikt to modifikāciju ar vadības signāla palīdzību. Iegūtā shēma līdz ar iespējamiem modulējošā signāla parametriem ir parādīti 2.10.att. Var redzēt, ka modulējošais signāls tiek noteikts ar laika intervāliem T1-T6, amplitūdām A1, A2 un nobīdes spriegumu U_{nob} . Norādītā vadības signāla parametru izvēle ir cieši saistīta ar 2.9. att. attēlotiem AM realizācijai nepieciešamo signālu parametriem:

- Amplitūdas A1 un A2 ir vienādas atbilstoši ar 2V un -2V, lai kopā veidotu 10.att.

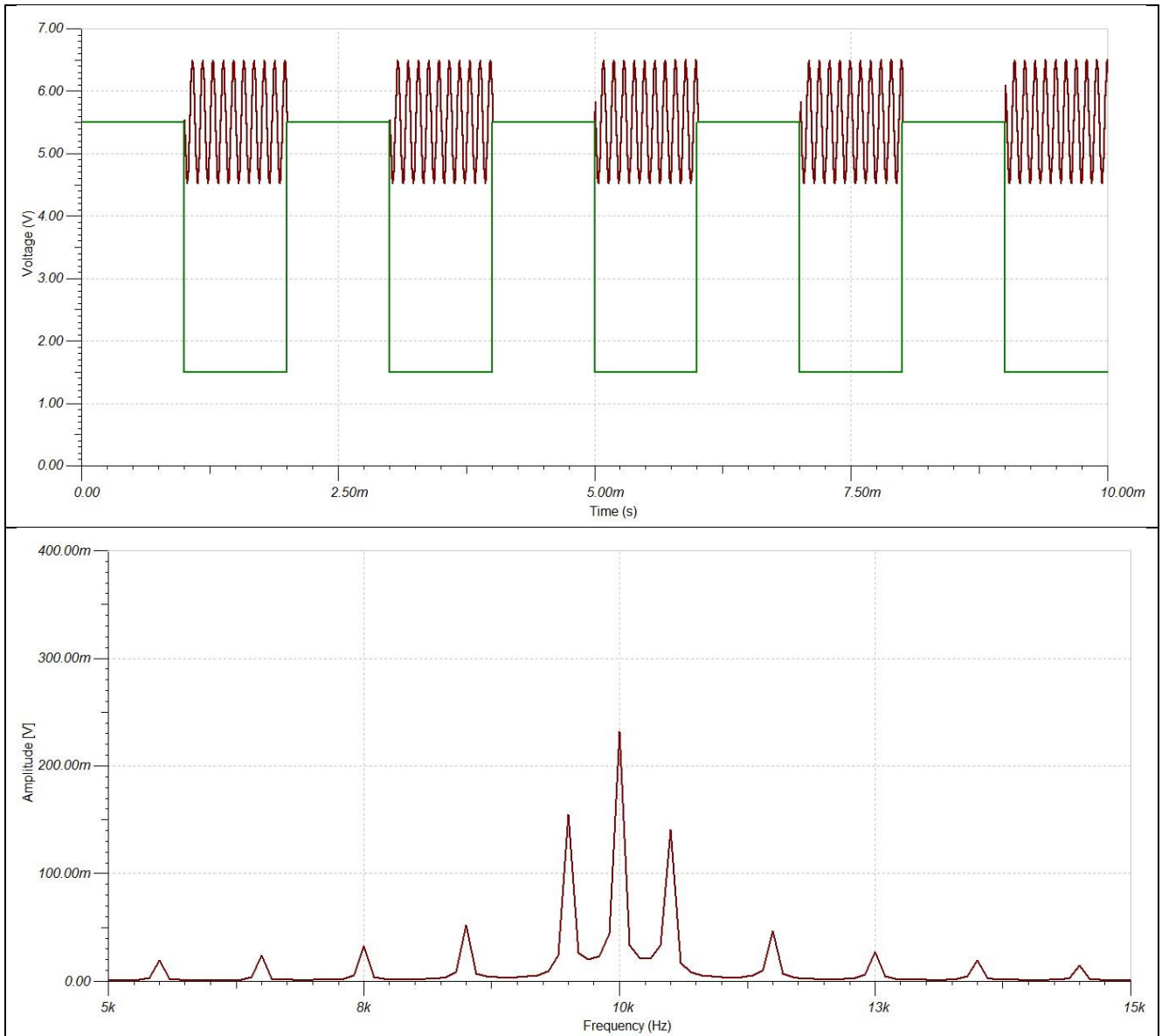
parādīto pilnā vēziena AM spriegumu 4V;

- Nobīdes sprieguma vērtību veido $5.5-4=1.5V$, kā arī amplitūda $A2=2V$, t.i. 3.5V.
- Laika intervāli T1, T3, T4, T6 tiek izvēlēti un modificēti atbilstoši vēlamām signālu aplieču augšanas un krišanas frontēm.
- Laika intervāls T5 nosaka maksimālās amplitūdas signāla ilgumu;
- Laika intervāls T2 nosaka pauzes ilgumu starp impulsiem- šajā intervālā modulējošais spriegums sasniedz 5.5V, kas, saskaņā ar 10.att. grafiku atbilst 0V izejas spriegumam.



2.10. att. (a) Modificētā shēma ar amplitūdas modulācijas realizāciju un (b) atbilstošiem modulējoša signāla parametriem

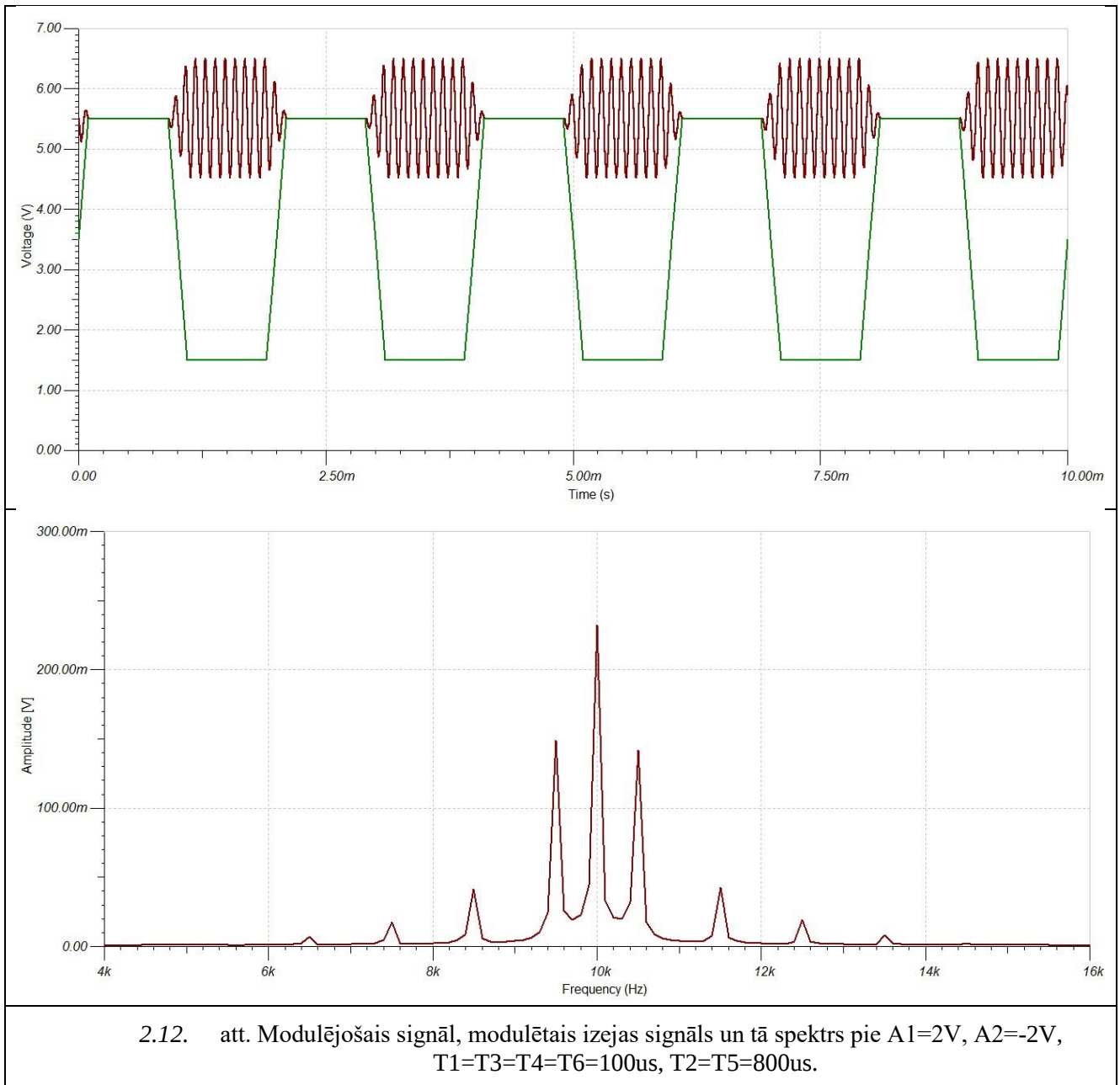
Tālāk izvērtēsim dažāda tipa izejas signālus pie dažādiem modulējošā signāla parametriem. Kā pirmos apskatīsim modulējošo signālu ar stāvām frontēm- t.i. nulles signāla augšanas un dilšanas laikiem. 2.11.att. var redzēt modulētā izejas sinusoidāla signāla impulsus, kas mijās ar klusuma intervāliem.



2.11. att. Modulējošais signāls, modulētais izejas signāls un tā spektrs pie $A1=2V$, $A2=-2V$, $T1=T3=T4=T6=0$ s, $T2=T5=1ms$.

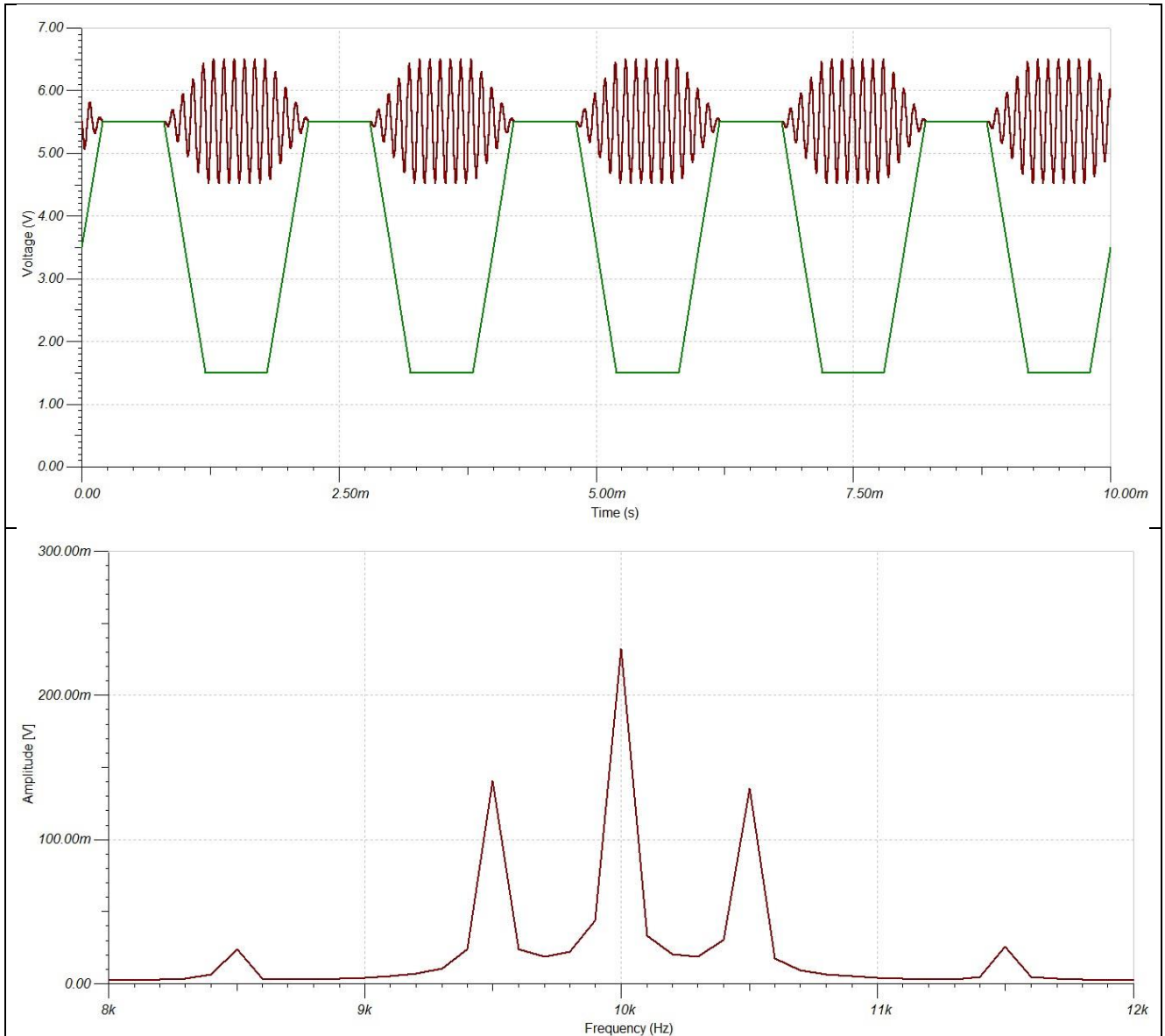
Var redzēt, ka dotajā gadījumā signāla spektrs, tik tiešām satur daudz zemfrekvenču komponentu, kas potenciāli var sasniegt arī zivju uztveršanas apgabalu, kas nav pieļaujams, ņemot vērā izstrādājamās ierīces specifiku.

Tālāk apskatīsim signālus, ieviešot noteikta garuma signāla amplitūdas augšanas un krišanas laikus.



2.12.att. var redzēt, ka ieviešot modificētu vadības signālu, spektrs koncentrējas tuvāk pamata komponentei 10kHz un nevēlamās zemo frekvenču sastāvdaļas samazinās

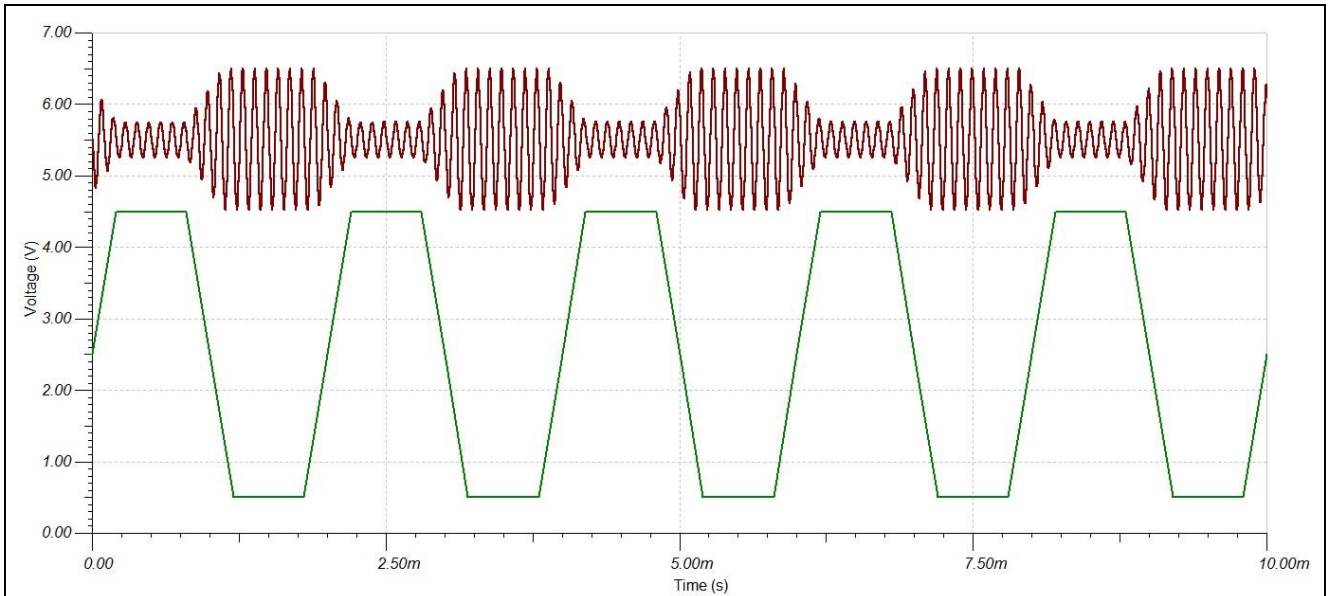
Ieviešot vēl lielākus modulējoša augšanas/krišanas laikus, t.i. nodrošinot vienmērīgāku amplitūdas pieaugumu nav novērojamas zemo frekvenču spektrālās komponentes tuvu zivju potenciālam dzirdamības diapazonam.



2.13. att. Modulējošais signāls, modulētais izejas signāls un tā spektrs pie $A1=2V$, $A2=-2V$, $T1=T3=T4=T6=200\mu s$, $T2=T5=600\mu s$.

Modelēšanas rezultātā gūtie dati parāda arī to, ka veicot modulējošā signāla ģenerēšanu stingri jāseko līdzi izmantojamiem spriegumiem un to novirzēm no rekomendējamām vērtībām. Tā, piemēram,

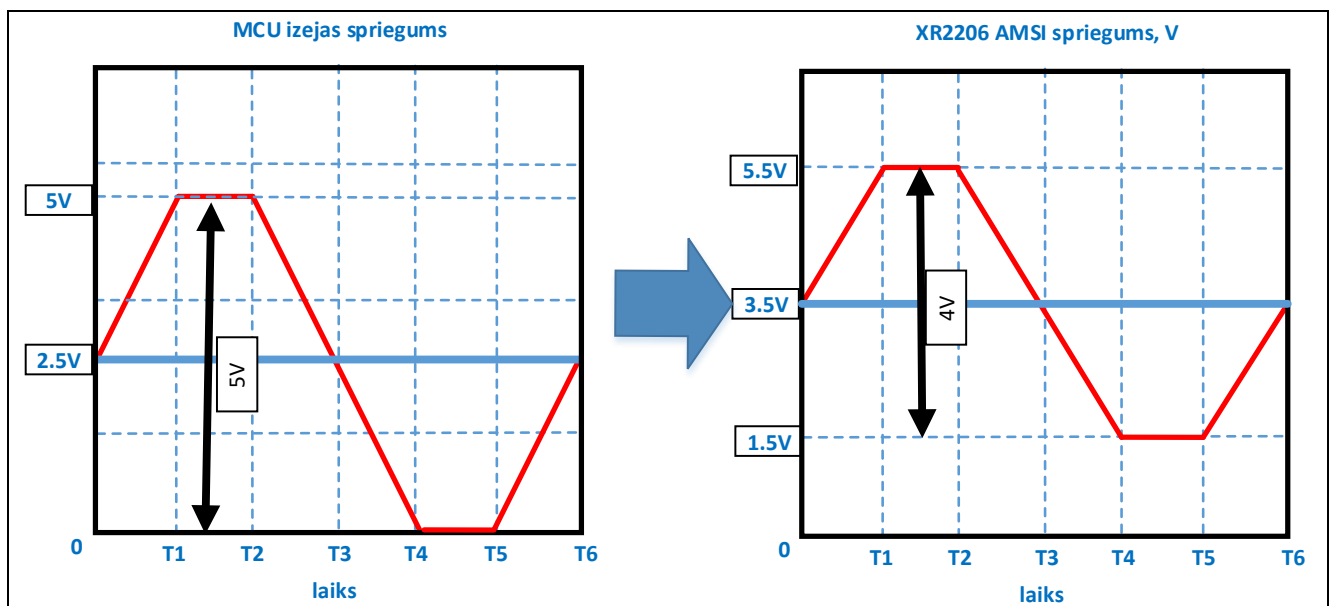
modulējošā signāla nobīdes sprieguma vērtības samazināšanās par 1V var novest pie tā, ka laika intervālā, kad tiek ģenerēts “klusums”, ģeneratora izejā joprojām parādās sinusoidāls signāls- skat. 2.14. att.



2.14. att. Nevēlamo sinusoidālu signālu parādīšanās “klusuma” intervālos, nobīdes sprieguma neprecīzās uzstādīšanas gadījumā

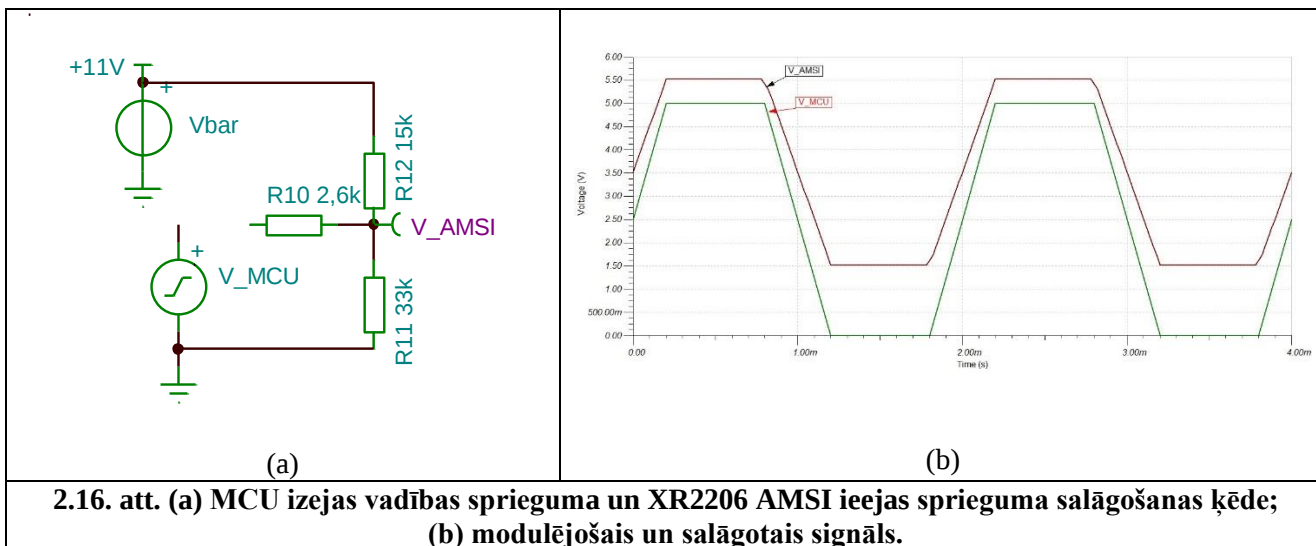
AM VADĪBAS SIGNĀLU SALĀGOŠANA

Vadības signāls uz mikroshēmu tiek padots no MCU. Pieņemot, ka MCU ģenerētais izejas signāls svārstīsies diapazonā no 0 līdz 5V, būs nepieciešams veikt 2.15. att. parādīto līmeņu salāgošanu.



2.15. att. MCU izejas vadības spriegums un XR2206 AMSI ieejas spriegums

Loģisko līmeņu salāgošanai tiek piedāvāts izmantot 2.16. att. parādītu rezistoru ķēdi, kur V_MCU ir modulējošais signāls, kas nāk no procesora un V_AMSI ir salāgots signāls AMSI ieejā.



Rezistoru vērtību aprēķins tiek veikts sekojoši:

- sākotnēji pieņemām R12 rezistora vērtību 15kΩ;
- No 16.att. var redzēt, ka pie V_MCU 0V V_AMSI ir jābūt 1.5V, līdz ar to pie V_MCU=0V veidojas vienkāršs sprieguma dalītājs starp R12 un Rkop=R11||R10. Pie kam sprieguma kritumam uz Rkop ir jābūt 1.5V:

$$V_{AMSI} = V_{BAR} \frac{R_{KOP}}{R_{KOP} + R_{12}},$$

izsakām Rkop:

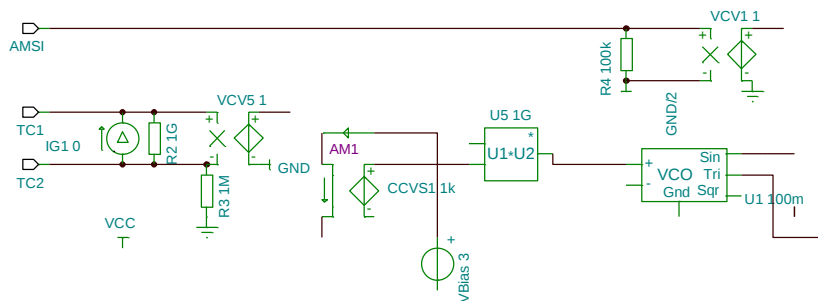
$$R_{KOP} = V_{AMSI} \frac{R_{12}}{V_{BAR} - V_{AMSI}}.$$

Ievietojot atbilstošās skaitliskās vērtības, iegūstam:

$$R_{KOP} = 1.5 \frac{15000}{11 - 1.5} = 2.37k\Omega.$$

- Izvēloties R11=33kΩ, iegūstam arī R10=Rkop*R11/(R11-Rkop)=2.54kΩ (tuvākā vērtība rindā ir 2.6kΩ).

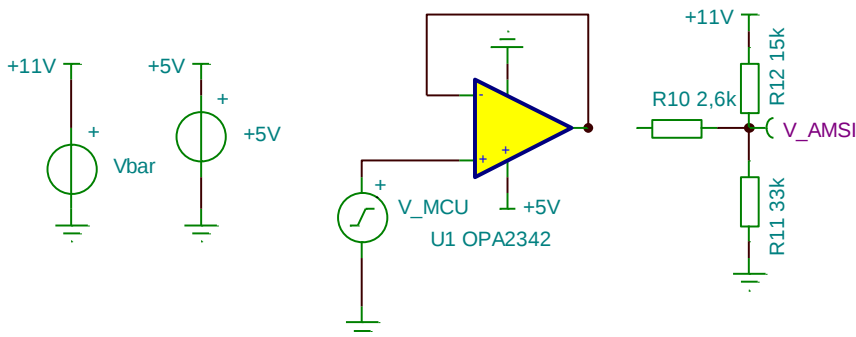
Ievietojot izrēķinātās rezistoru vērtības, veicam modelēšanu, kuras rezultāts ir parādīts 2.16.(b).att. Var redzēt, ka spriegumu līmeņi ir salāgoti, atbilstoši 2.15.att.parādītam uzdevumam.



2.17. att. XR2206 SPICE modeļa fragments

Balstoties uz XR2206 datu lapā sniegtajiem datiem, kā arī uz 2.17.att. parādīto mikroshēmas SPICE modeļa fragmentu, AMSI ieeja tiek pieslēgta pie 100kΩ rezistora, AMSI izvadam tiks pieslēgta arī 2.16.(a). att. parādītā shēma. Līdz ar to nepieciešams paredzēt MCU izejas salāgošanu, izmantojot buferi- operacionālo pastiprinātāju sprieguma atkārtotāja slēgumā.

Ieteicamais operacionālā pastiprinātāja tips- “RAIL TO RAIL INPUT OUTPUT” ar vienpolāru barošanas spriegumu +5V. 2.18. att. ir parādīts iespējams slēguma variants ar OPA2342 operacionālu pastiprinātāju.

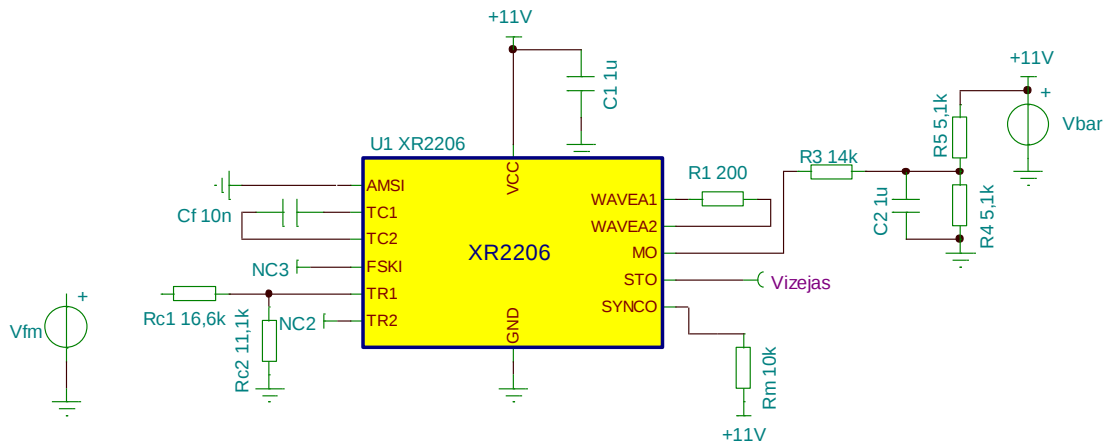


2.18. att. Bufera pieslēgšana starp MCU izeju un AMSI ieejas salāgošanas ķēdi

2.1.4. Frekvences modulācijas (FM) realizācija

Frekvences modulācijas realizācijai ir iespējams izmantot mikroshēmas izvadu 7 (TR1), pie kura tiek pieslēgts frekvenci noteicošs rezistors (skat. 20.att.). FM var nodrošināt ar ārējo sprieguma avotu V_{FM} , kas pieslēgts pie TR caur rezistoriem R_{C1} un R_{C2} . Ģenerējamā signāla frekvenci var aprēķināt saskaņā ar formulu:

$$f = \frac{1}{R_{C2}C_f} \left(1 + \frac{R_{C2}}{R_{C1}} \left(1 - \frac{V_{FM}}{3} \right) \right).$$



2.19. att. Shēma izejas signāla FM nodrošināšanai

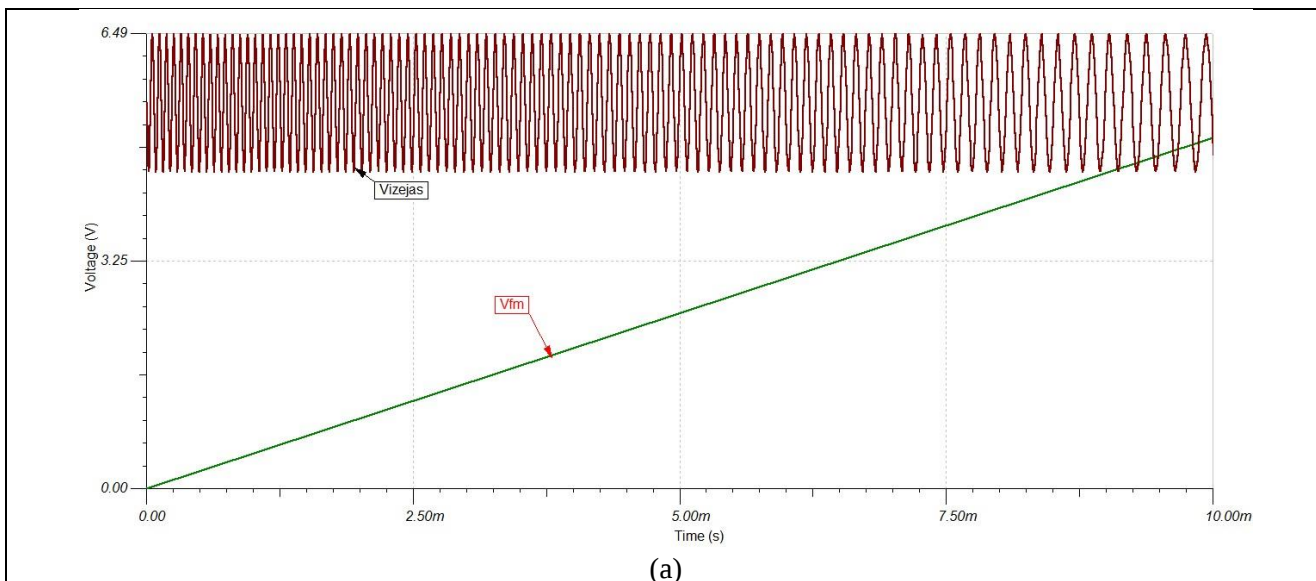
Vadības sprieguma izmaiņu diapazons ir $V_{FM}=0\ldots 5V$, nepieciešamais frekvenču diapazons ir $f=15kHz\ldots 5kHz$, kondensatora vērtību izvēlamies $C_f=10nF$. Tad, lai atrastu atbilstošās rezistoru vērtības ir nepieciešams atrisināt vienādojumu sistēmu:

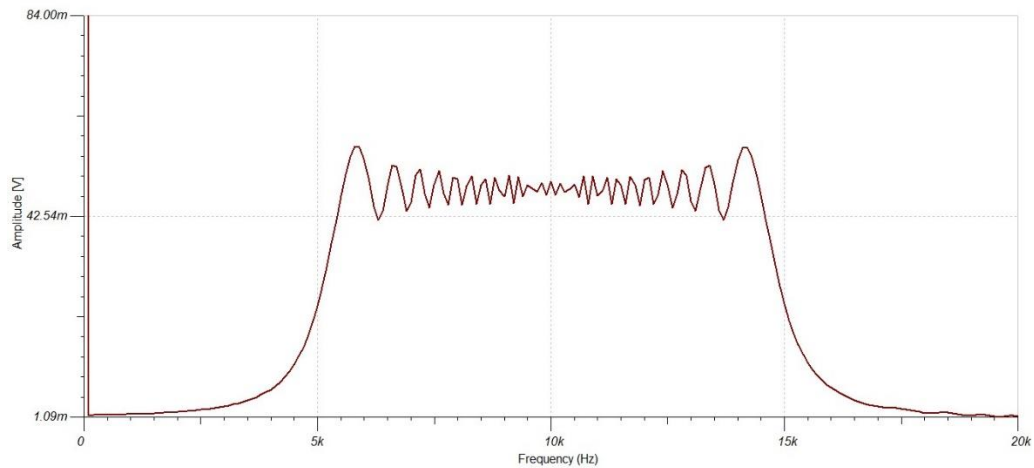
$$\begin{cases} f_1 = \frac{1}{R_{C2}C_f} \left(1 + \frac{R_{C2}}{R_{C1}} \left(1 - \frac{V_{FM1}}{3} \right) \right) \\ f_2 = \frac{1}{R_{C2}C_f} \left(1 + \frac{R_{C2}}{R_{C1}} \left(1 - \frac{V_{FM2}}{3} \right) \right) \end{cases}$$

Kur $f_1=15kHz$, $V_{FM1}=0V$, $f_2=5kHz$, $V_{FM2}=5V$.

Atrisinot sistēmu, iegūstam: $R_{C1}=16.6k\Omega$, $R_{C2}=11.1k\Omega$.

Veiksim sistēmas modelēšanu, izpētot izejas signāla frekvences izmaiņu norādītāja diapazonā, pievadot atbilstošu vadības signālu, kas mainīsies no $0\ldots$ līdz $5V$. Modelēšanas rezultāti ir parādīti 2.10. att.

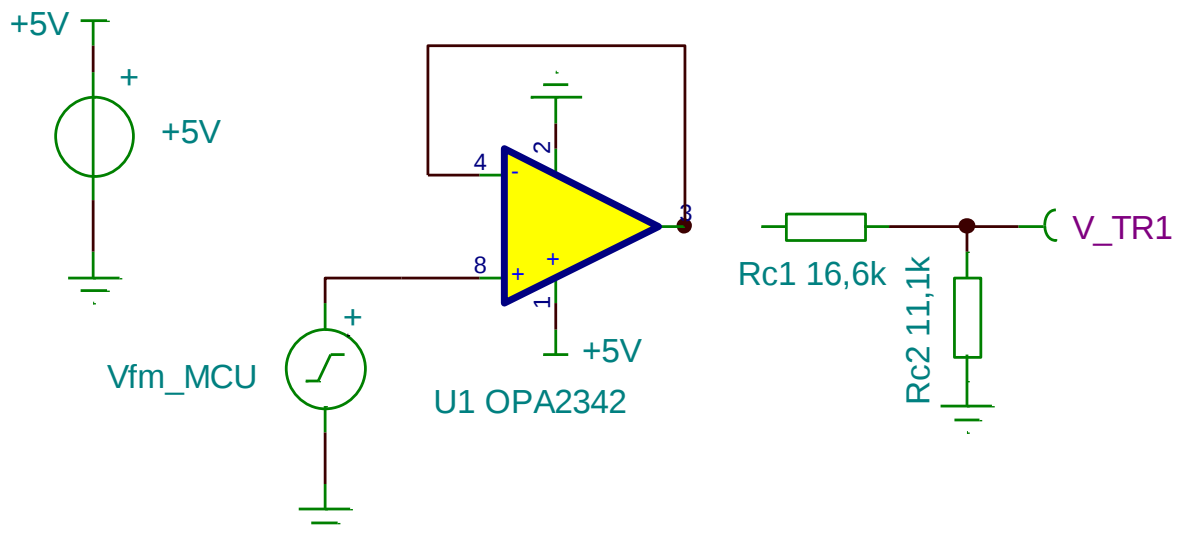




(b)

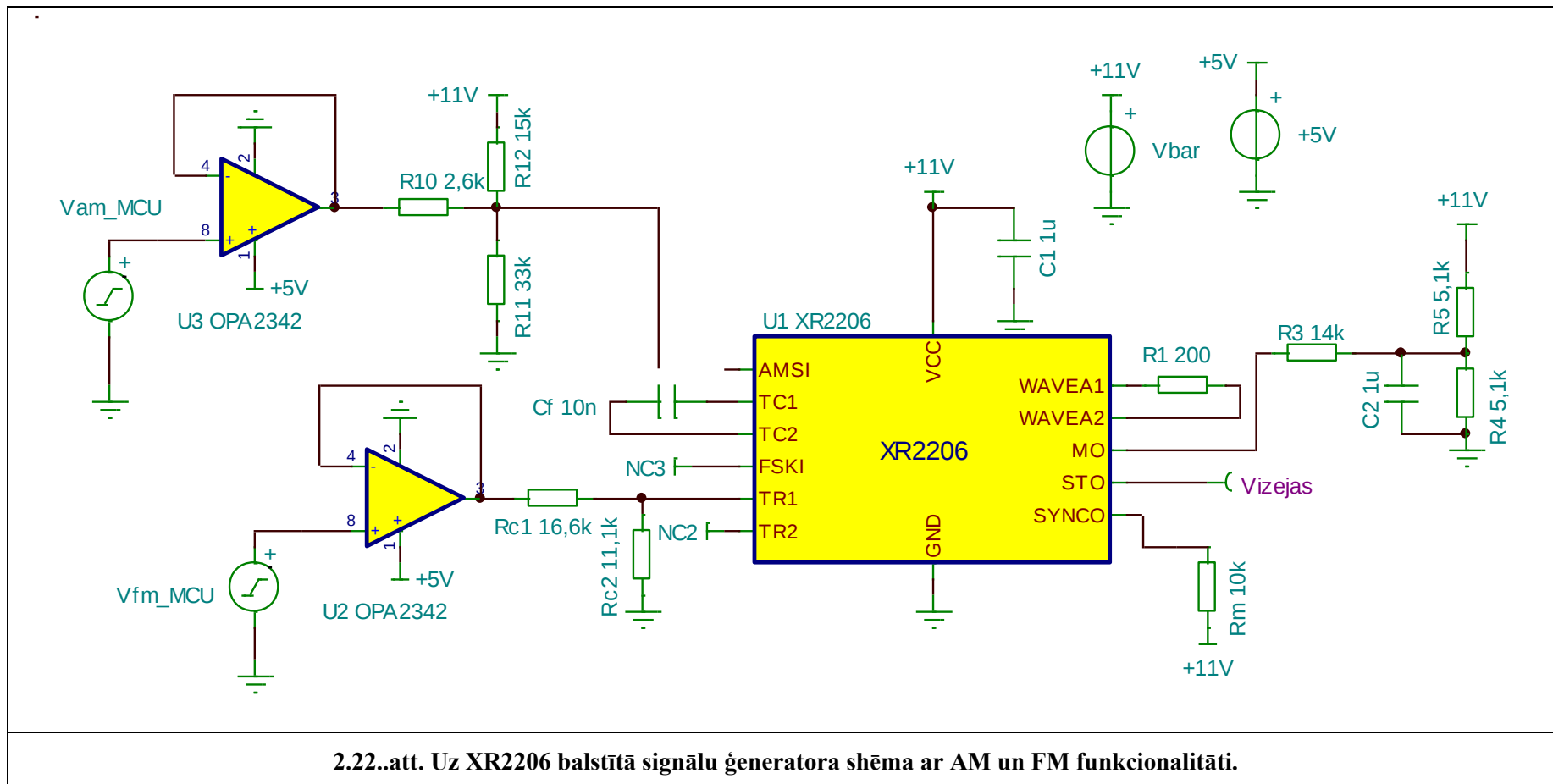
2.20. att. FM modelēšanas rezultāti (a) izejas signāla frekvences izmaiņa atbilstoši lineāri mainīgam vadības spriegumam; (b) izejas signāla spektrs.

Te jāatzīmē, ka tāpat, kā gadījumā ar AM ir nepieciešama salāgošana ar vadības spriegumu ģenerējošā MCU izeju, izmantojot sprieguma atkārtotāju (skat. 2.21.att.). Te jāatzīmē, ka operacionālie pastiprinātāji OPA2342, kas tiek izmantoti impedanču salāgošanai tiek ražoti arī vienā korpusā ievietojot divus OP, tātad AM un FM ieeju salāgošanai tiks izmantota viena mikroshēma.

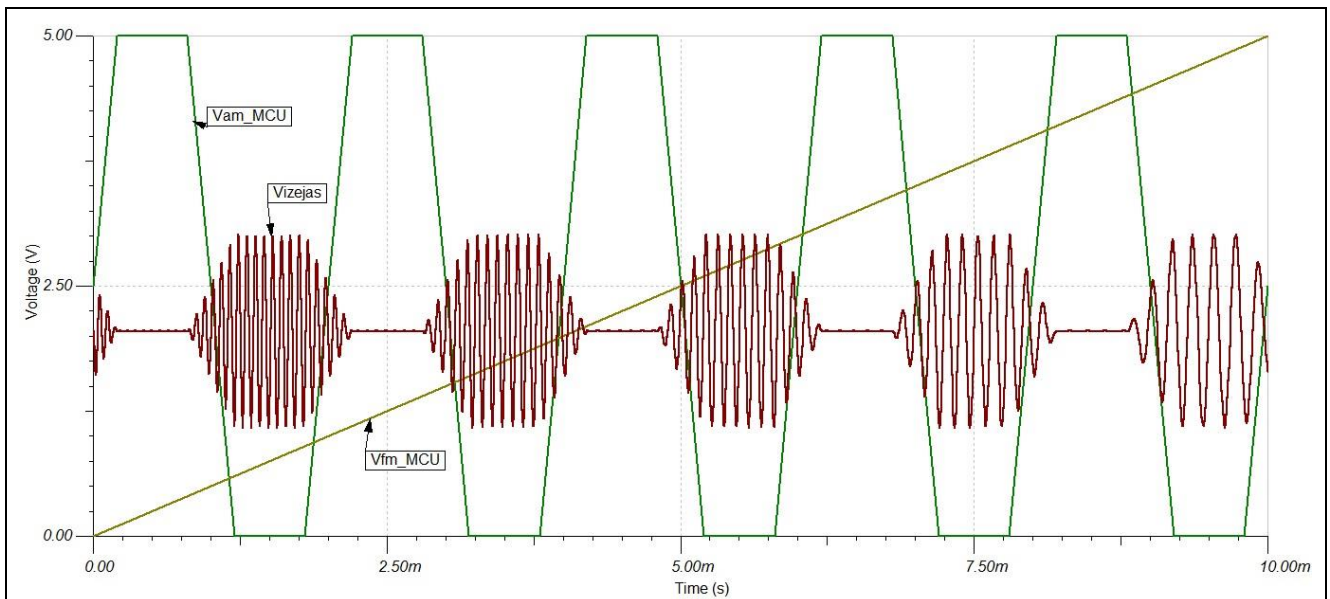


2.21 .att. Bufera pieslēgšana starp MCU izeju un TR1 ieejas salāgošanas ķēdi

Decembris 29, 2017



Pēc pilnās shēmas izveidošana pārbaudām vai mikroshēma spēj vienlaikus nodrošināt gan AM gan FM funkcionalitāti.



2.23. att. Izejas signāls, kas modulēts gan pēc amplitūdas, gan pēc frekvences

2.23. att. parādā, ka tiek veiksmīgi nodrošināta gan amplitūdas, gan frekvenču modulācija, atbilstoši ieejas signāliem.

2.2. Radio komunikāciju/ GSM modulis

2.2.1. Moduļa funkcionalitāte

1. novērot ierīces akumulatora sprieguma līmeni, sūtot SMS par sprieguma samazināšanu zem noteikta sliekšņa;
2. novērot skaļruņa darbību, sūtot SMS par tas stāvokli;
3. nodrošināt darbību arī bez ierīces galvenā akumulatora;
4. pēc pieprasījuma novērtēt moduļa koordinātes un aizsūtīt tās abonentam;
5. gadījumā, ja ierīce izmainīs savu atrāšanās vietu, sūtīt trauksmes SMS abonentam.

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

Ņemot vērā, ka ierīce tiks izmantota Baltijas jūras akvatorijā, zemes virsmas rādiuss tiek ignorēts. Kā arī pieņemts, ka visas koordinātas atrodas austrumu un ziemeļu puslodē.

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

$$\begin{aligned} A &= |Lon_2 - Lon_1| \times 111,32 \times \cos(Lat_1), \\ B &= |Lat_2 - Lat_1| \times 111,13, \\ Dist &= \sqrt{A^2 + B^2}, \end{aligned} \quad (1)$$

$$tg \alpha_p = \frac{B}{A},$$

$$\alpha_p = \arctg \frac{B}{A},$$

$$\alpha_A = 90 - \alpha_p, \quad (2)$$

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

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

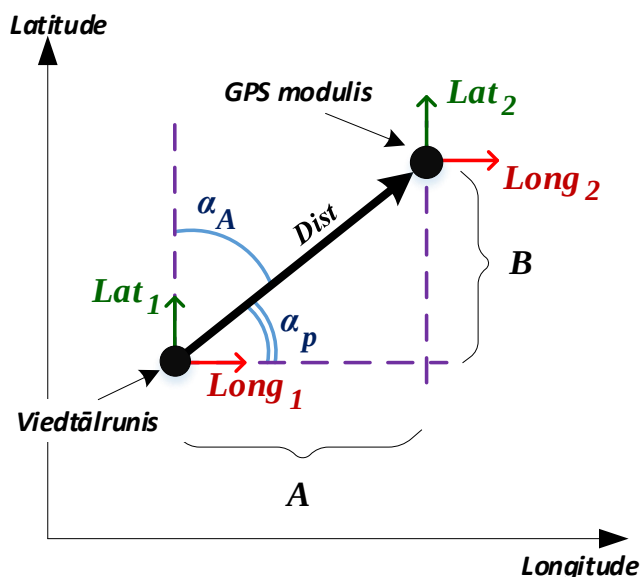
$111,32 \times \cos(Lat_1)$ – 1° ģeogrāfiskās paralēles loka garums, km [1, 2];

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

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

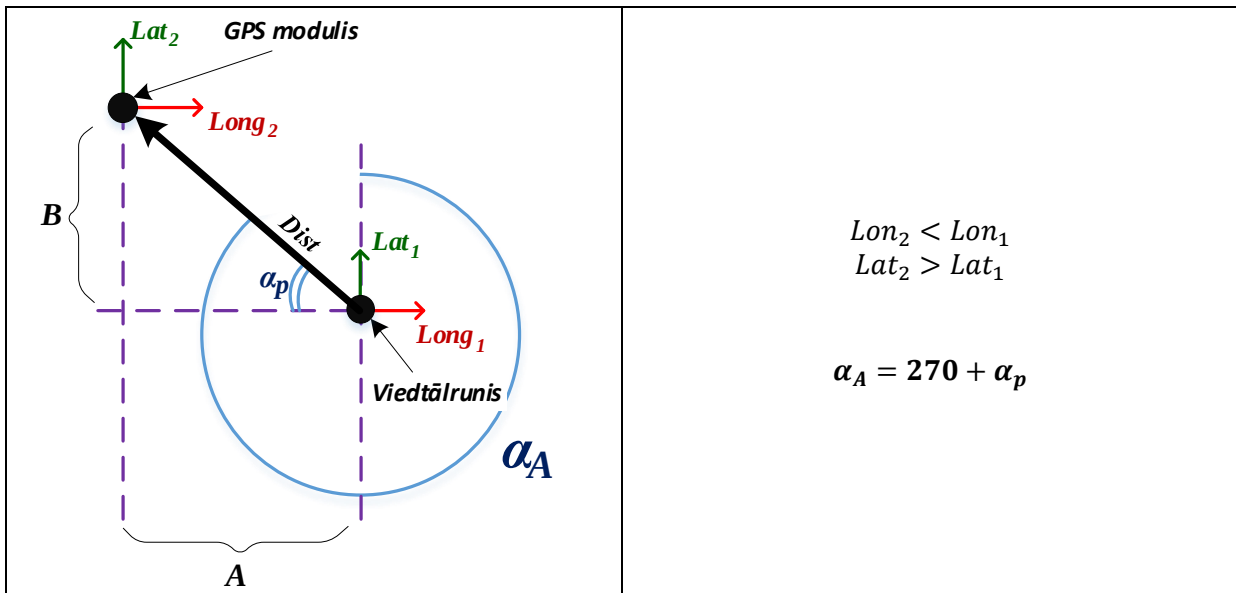
α_A – azimuts, grādos;

pārējie parametri tika atšifrēti zīmējumā:



Formulu (2) var izmantot tikai ja azimuts atrodas diapazona 0...90°. Citos gadījumos ir nepieciešama neliela modifikācija:

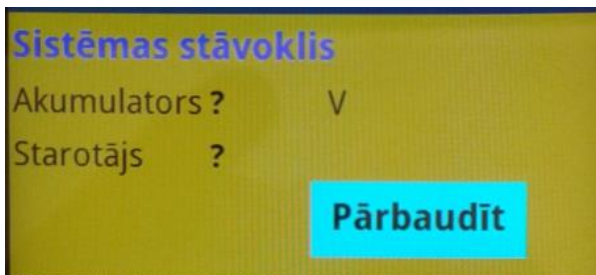
	$\begin{aligned} Lon_2 &> Lon_1 \\ Lat_2 &< Lat_1 \\ \alpha_A &= 90 + \alpha_p \end{aligned}$
	$\begin{aligned} Lon_2 &< Lon_1 \\ Lat_2 &< Lat_1 \\ \alpha_A &= 270 - \alpha_p \end{aligned}$



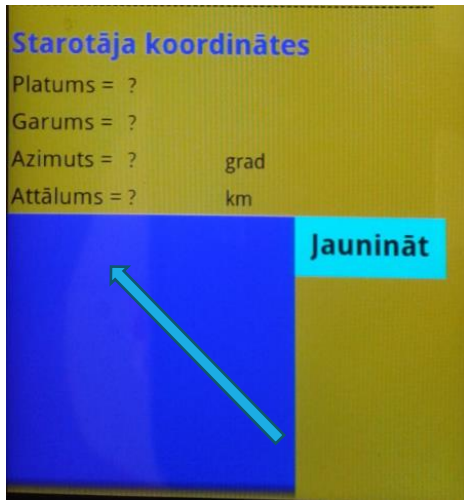
2.2.2. Viedtālruņa programmas interfeisa apraksts

Vizuāli programma tika izveidota vienā lapā, kuru var bīdīt vertikālā virzienā. Visi dati tiks atjaunoti tikai pēc attiecīgas pogas nospiešanas (poga izmainīs savu krāsu uz sarkanu un kad dati tiks saņemti atgriezīsies sākotnējā stāvoklī).

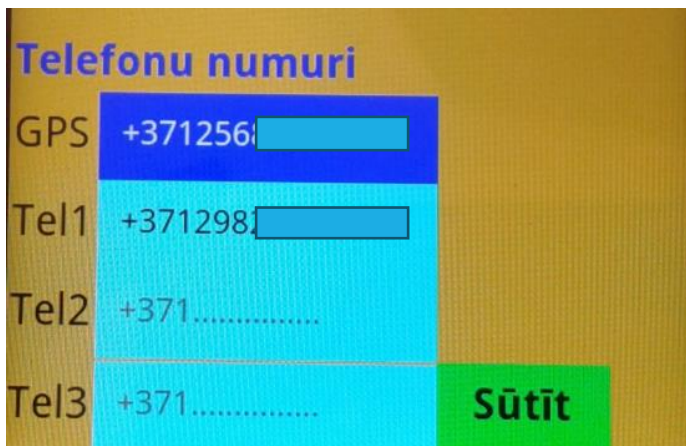
Ekrāna augšējā daļā tiek parādīti ierīces darbības pamatparametri: galvenā akumulatora spriegums, skaļruņa darbības statuss un GPS-moduļa iekšēja akumulatora spriegums.



Ekrāna vidējā daļā var redzēt ierīces koordinātes, attālumu starp viedtālruni un ierīci, azimutu. Navigācijas atvieglošanai bultiņa rādīs arī virzienu uz ierīci.



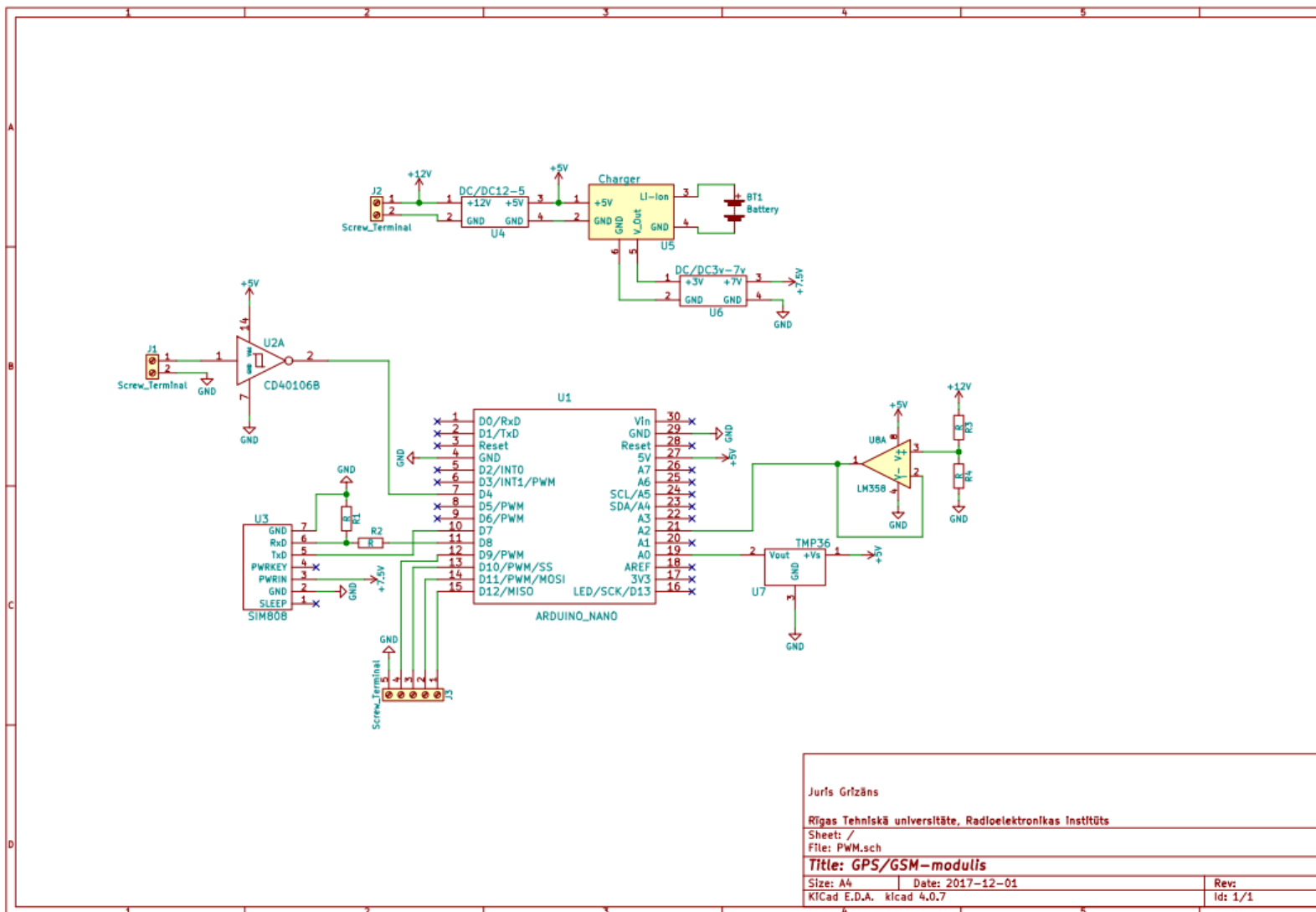
Ekrāna apakšējā daļā var ieprogrammēt telefonu numurus uz kuriem ierīce sūtīs visu informāciju.



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>

Decembris 29, 2017

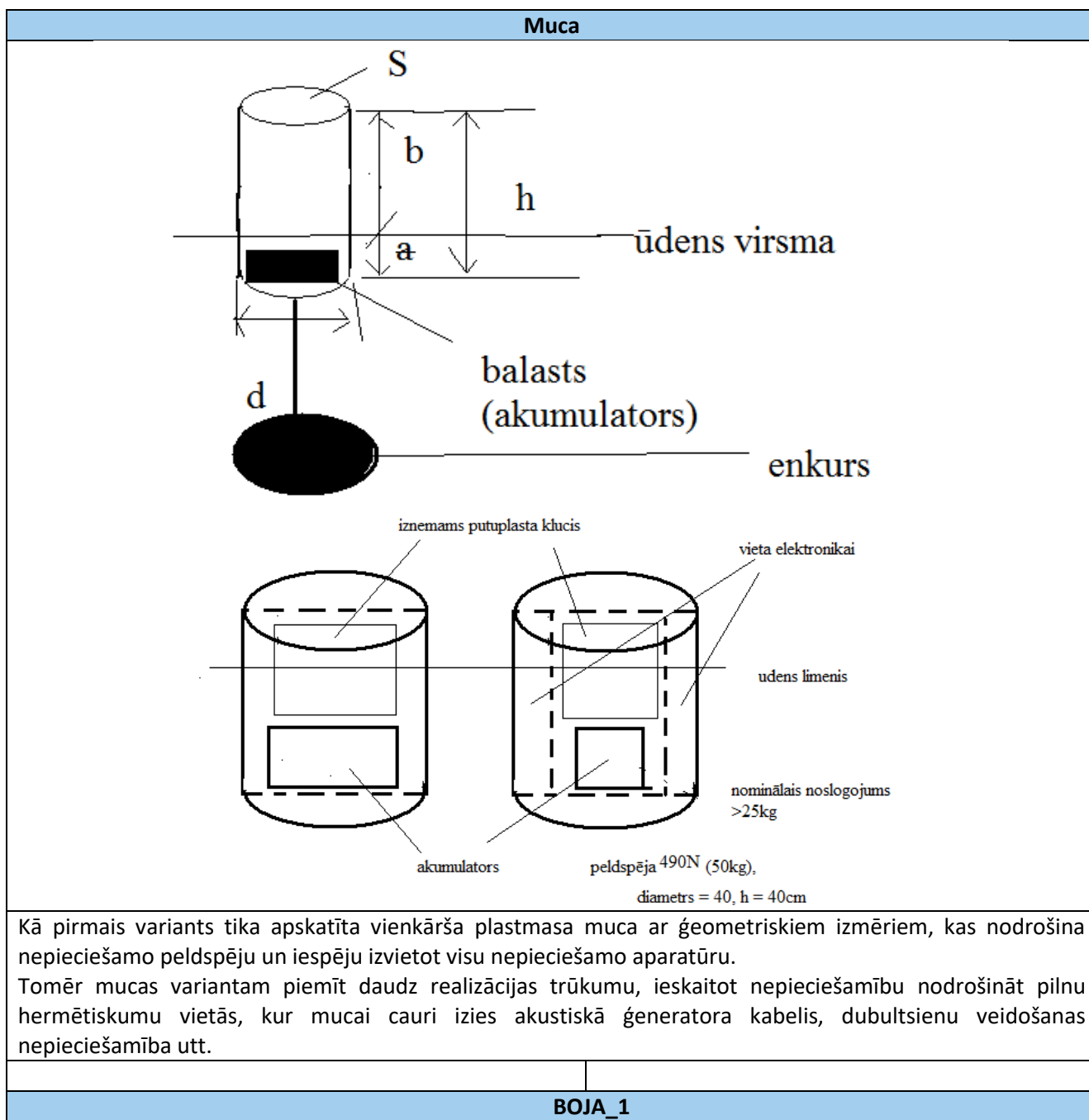
**Projekts „Paplašinātās funkcionalitātes lieljaudas zemūdens
akustiskā raidītāja izstrāde roņu nodarīto postījumu
samazināšanai Latvijas piekrastes zvejā” Nr. 16-00-F01101-
000001**

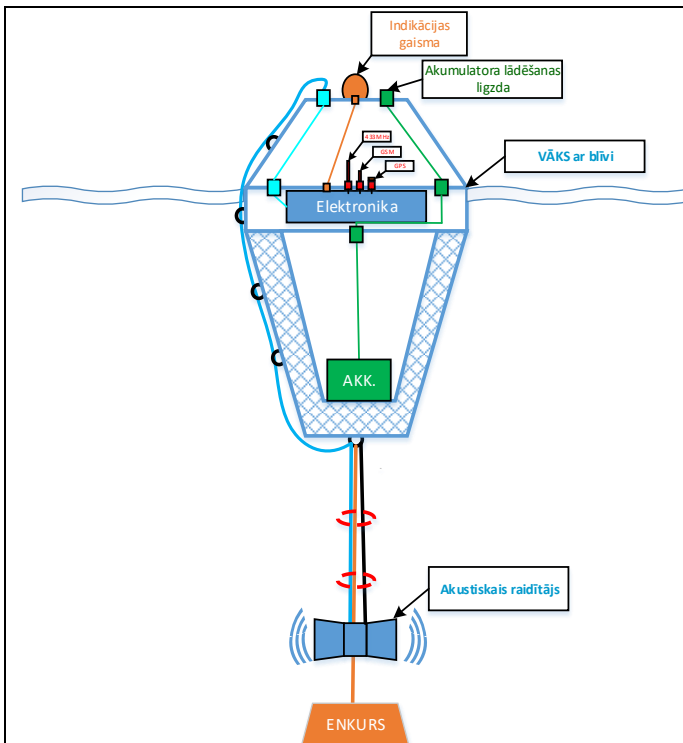


3. U2.1. Korpusa un citu mehānisko komponentu izstrāde

Dotajā projekta attīstības stadijā tika izstrādāti vairāki potenciālie ZAR korpusu realizācijas varianti. Plosta variants tika atmests pēc vairākām pārrunām ar piekrastes zvejniekiem.

Līdz ar to par potenciāli efektīvu tiek uzskatīta “bojas” vai “pludiņa” tipa korpusa realizācija.





Otrā risinājuma ietvaros tiek piedāvāts no stikla šķiedras auduma izveidot specializētu korpusu boja formā. Korpusa iekšpusē tiktu novietotas visas ģenerators komponentes:

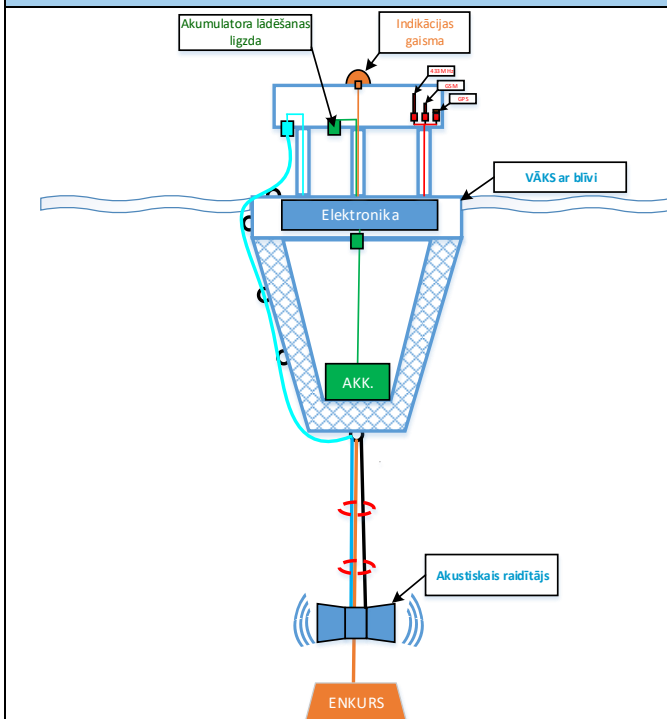
- Akumulators tiek novietots apakša, nodrošinot sistēmas stabilitāti;
- Elektronika tiek novietota tuvāk augšējai malai zem hermētiska vāka;
- Uz akustiskā ģenerators moduļa tiek izvietots radio vadības un GPS modulis ar antenām.

Akumulators šinī gadījumā nav izvelkams un ekspluatācijas laikā boja ir jānogādā uz krasta iekārtas akumulatora lādēšanai.

Akustiskais raidītājs tiek piestiprināts boja apakšējai daļai un savienots arī ar enkura stiprinājumu. Raidītāja savienojums ar ģenerators notiek caur bojas augšējo malu, lai nodrošinātu pēc iespējas labāku hermētiskumu.

Bojas virspusē tiek izvietota indikācijas gaisma.

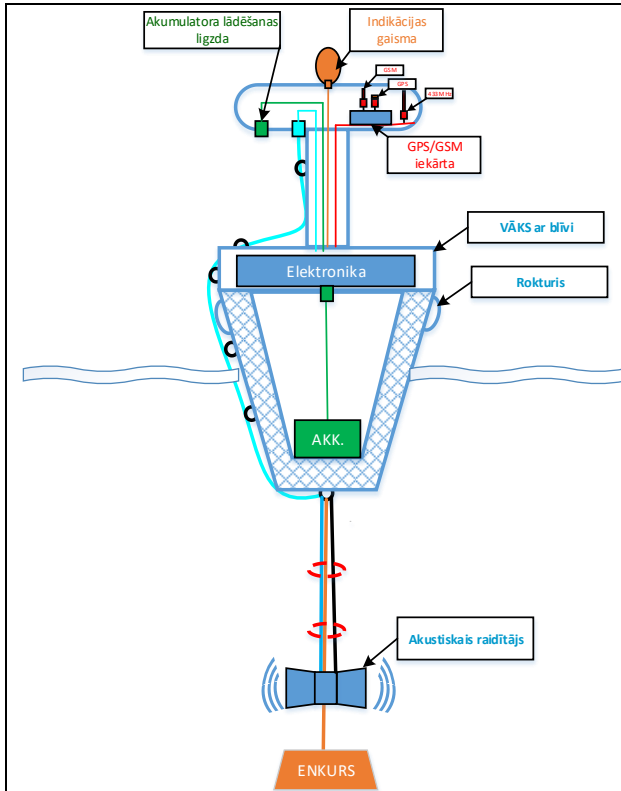
BOJA_2



Otrajā modifikācijā augšējais vāks tiek pilnveidots, kas sniedz vairākas priekšrocības:

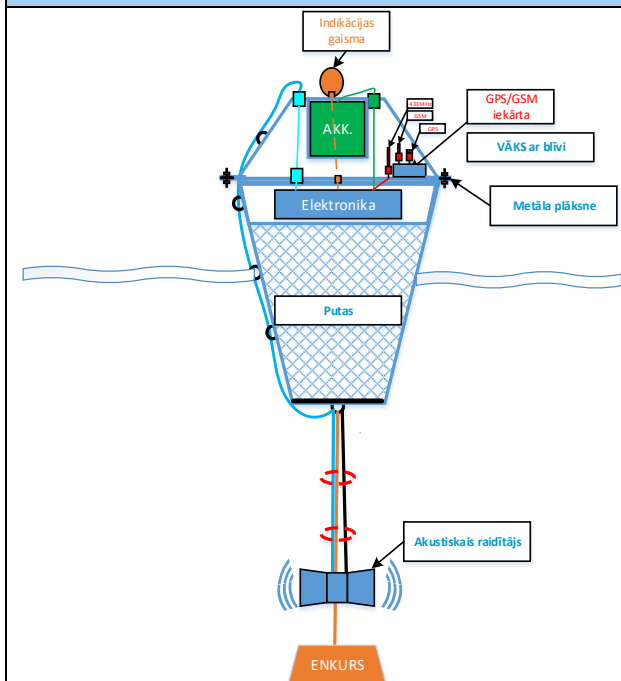
- Antēnas tiek novietotas augstāk virs jūras līmeņa, nodrošinot labākus sakarus;
- Savienojuma kabeli ar lādēšanas ligzdu un akustisko raidītāju “nekarājas gaisā”, bet tiek izvietoti ūdensdrošas caurulēs;
- Lādēšanas ligzda un akustiskā raidītāja pieslēgšanas vietas tiek paslēptas zem jumta, nodrošinot labāku ūdensnoturību.

BOJA_3

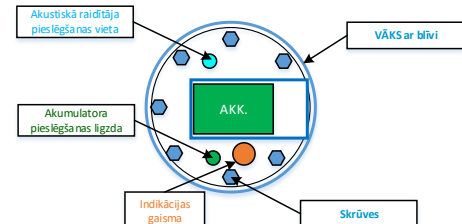


Trešajā izpildījumā tiek piedāvāta vienkāršota vāka konstrukcija bez nepieciešamības veidot trīs atsevišķas caurules kabeļiem, bet nodrošinot vienu kabeļu kanālu/stāvvadu, kas atvieglo iekārtas realizāciju.

BOJA_4



Bojas tipa korpusa 4. realizācija principiāli atšķiras no iepriekš minētām realizācijām ar to, ka akumulators vairs nekalpo par stabilizējošu atsvāru. Ja pieņem, ka konstrukcijā tiks izmantots viegls Li-Po akumulators, tad būtu iespējams risināt bojas barošanas avota lādēšanas problēmu. Akumulators tiek novietots speciālā nodalījumā vāka augšējā daļā. Līdz ar to, pazūd nepraktiska nepieciešamība izvilkt iekārtu no ūdens katru reizi, kad jāveic akumulatora uzlāde.



4. Pielikumi

4.1. Programmu kodi

C kods radio komunikāciju/ GPS modulim

```
/* *****  
Zemūdens starotāja GPS-modulis  
  
Rīgas Tehniskā universitāte  
Radioelektronikas institūts  
  
Juris Grizāns  
2017  
  
*****  
*/  
  
#include <SoftwareSerial.h> // UART-protokola programmas realizācija bibliotēka  
SoftwareSerial SIM800(7, 8); // Arduino RX un TX izejas  
  
String _response = ""; // Mainīgais SIM800 moduļa atbildei  
  
String Latitude = " "; // Tagadējās vietas ģeogrāfiskie parametri  
String Longitude = " ";  
String DateTime = " ";  
  
String Latitude_Start; // Starta vietas koordinātas  
String Longitude_Start;  
  
String Tel_Number1 = "+37129822576"; // Abonentu telefonu numuri  
String Tel_Number2 = "+371";  
String Tel_Number3 = "+371";  
  
void setup()  
{  
  Serial.begin(9600);  
  SIM800.begin(9600);  
  delay (600);  
  
  Serial.println("Start!");  
  sendATCommand("AT", true); // Komanda "AT" datu apmaiņas ātruma salāgošanai  
  _response = sendATCommand("AT+CMGF=1;&W", true); // Ieslēgt teksta režīms SMS (Text mode) un  
  saglabāt parametru atmiņā
```

```
getGPSLocation();
while (Latitude == " ") //
{
    delay (200);
    getGPSLocation();
}
Serial.println("Latitude = " + Latitude + "-");
Serial.println("Longitude = " + Longitude);
Serial.println("DateTime = " + DateTime);

sendSMSforAll ("Starta vieta\nLatitude = " + Latitude + "\n" + "Longitude = " + Longitude); // Sūtīt SMS
visiem abonentiem
}

String sendATCommand(String cmd, bool waiting)
{
    String _resp = ""; // Mainīgais rezultāta glabāšanai
    Serial.println(cmd);
    SIM800.println(cmd); // Sūtīt komandu SIM800 modulim
    if (waiting) // "true" - ir nepieciešams gaidīt atbildi, "false" - nav nepieciešams
    { // Ja ir nepieciešams gaidīt atbildi...
        _resp = waitResponse(); // ... gaidām, kad parādīsies atbilde (ja ir izslēgts "Echo Mode" režīms (ATE0),
        tad nākošas 3 rindas var izsvītrot
        if (_resp.startsWith(cmd))
        {
            _resp = _resp.substring(_resp.indexOf("\r", cmd.length()) + 2); // noņemt no atbildes dublētu
            komandu
        }
        Serial.println(_resp);
    }
    return _resp; // funkcijas rezultāts, ja "error", būs tukša vieta
}

String waitResponse() // moduļa SIM800 atbildes gaidīšanas funkcija
{
    String _resp = ""; // Mainīgais rezultāta glabāšanai
    long _timeout = millis() + 10000; // Timeout (10 sek)
    while (!SIM800.available() && millis() < _timeout) {}; // Gaidām 10 sekundes, ja ir atbilde vai timeout,
    tad ...
    if (SIM800.available())
    {
        _resp = SIM800.readString(); // Datu lasīšana
    }
    else
    { // Ja ir timeout
```

```
        Serial.println("Timeout..."); //
    }
    return _resp; // funkcijas rezultāts, ja "error", būs tukša vieta
}

void parseSMS(String msg) //
{
    String msgheader = "";
    String msgbody = "";
    String msgphone = "";
    msg = msg.substring(msg.indexOf("+CMGR: "));
    msgheader = msg.substring(0, msg.indexOf("\r"));
    msgbody = msg.substring(msgheader.length() + 2);
    msgbody = msgbody.substring(0, msgbody.lastIndexOf("OK"));
    msgbody.trim();
    int firstIndex = msgheader.indexOf("\",\"", 3);
    int secondIndex = msgheader.indexOf("\",\"", firstIndex);
    msgphone = msgheader.substring(firstIndex, secondIndex);
    Serial.println("Phone: " + msgphone);
    Serial.println("Message: " + msgbody);
}

void sendSMS(String phone, String message)
{
    Serial.println("SendSMS");
    Serial.println("Phone "+phone);
    Serial.println("Message "+message);

    sendATCommand("AT+CMGS=\"\" + phone + \"\", true); // Teksta ievadīšanas režīms
    sendATCommand(message + "\r\n" + (String)((char)26), true); // SMS teksts + jaunas rindas komanda +
    Ctrl+Z
}

void sendSMSforAll (String message)
{
    if (Tel_Number1 != "+371") sendSMS (Tel_Number1, message);
    if (Tel_Number2 != "+371") sendSMS (Tel_Number2, message);
    if (Tel_Number3 != "+371") sendSMS (Tel_Number3, message);
}

void getGPSLocation(void) // Ģeogrāfiskās koordinātes noteikšana
{
    String v,v1,v2;
    String data[5];

    int a = 0,b = 0;
```

```
SIM800.println("AT+CGNSPWR=1");
delay(1000);
v = ReadGSM();
SIM800.println("AT+CGNSINF");
delay(400);
delay(400);
v = ReadGSM();

for(int i=0;i<5;i++)
{ //Datu "parsing" starp komatiem
  a = v.indexOf(",",a); //pirmais komats
  if(a!=-1)
  {
    b = v.indexOf(",",a+1); //otrais komats
    data[i] = v.substring(a+1,b);
    a = b;
  }
}
DateTime = data[1];
Latitude = data[2];
Longitude = data[3];
}

String ReadGSM()
{
  char c;
  String str;

  while (SIM800.available())
  {
    c = SIM800.read();
    str += c;
    delay(20);
  }
  str = "<<< " + str;
  return str;
}

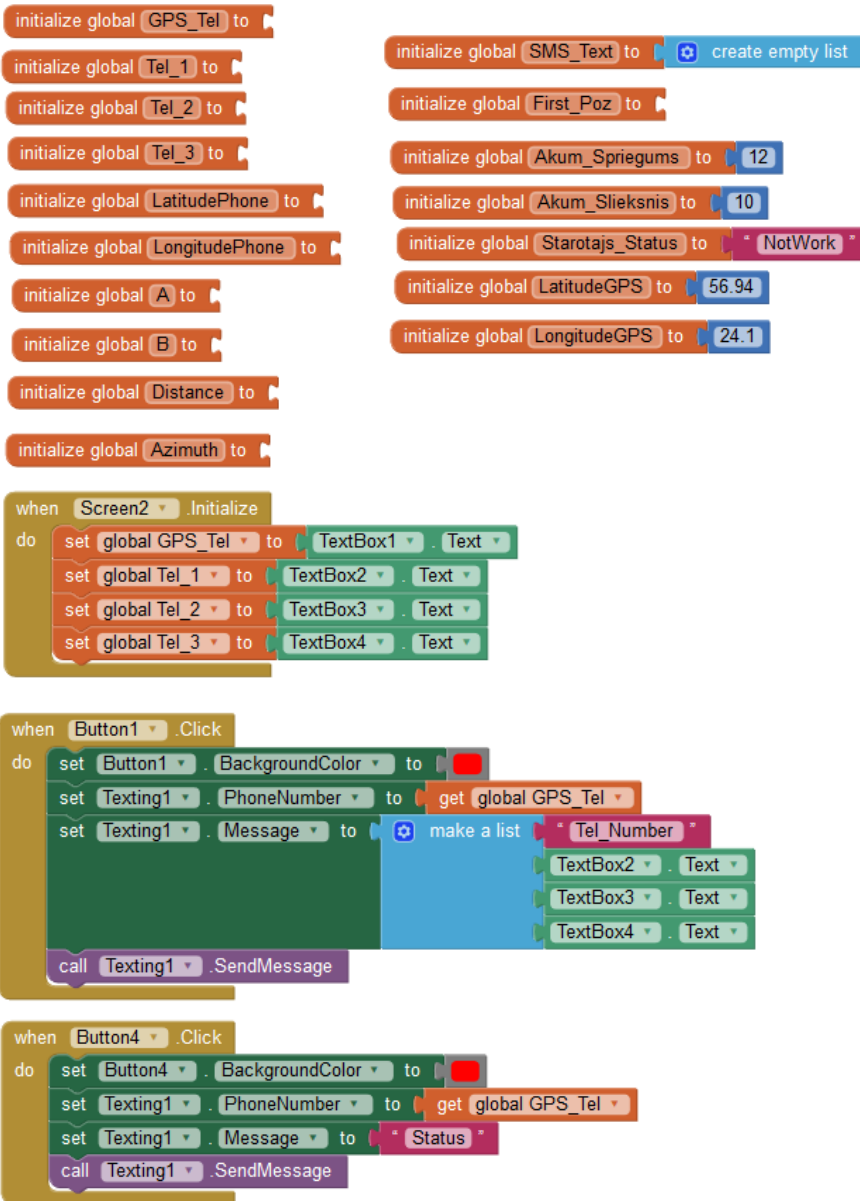
void loop()
{
  if (SIM800.available())
  { // ja ir dati no modema
    _response = waitResponse(); // Nolasīt modema atbildi
    _response.trim(); // Nodzēst liekas tukšas vietas teksta sākumā un beigās
```

```
if (_response.startsWith("+CMTI:"))
{ // Saņemts paziņojums par SMS saņemšanu
  int index = _response.lastIndexOf(",");
  String result = _response.substring(index + 1, _response.length());
  result.trim();
  _response=sendATCommand("AT+CMGR="+result, true); // Saņemt SMS tekstu
  parseSMS(_response);
  sendATCommand("AT+CMGDA=\"DEL ALL\"", true); // Nodzēst visus SMS atmiņā
}

}

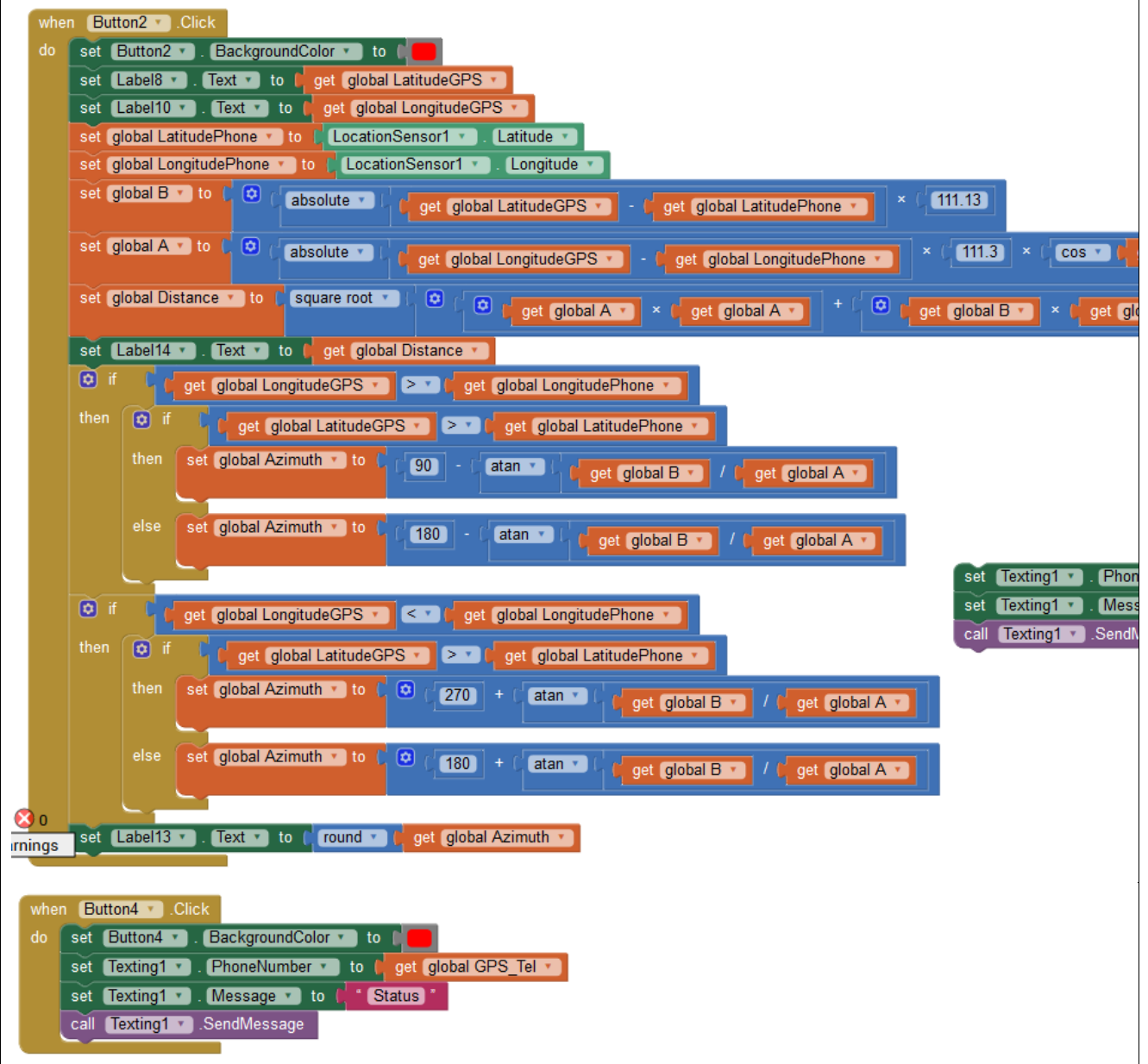
if (Serial.available())
{
  SIM800.write(Serial.read());
}
}
```

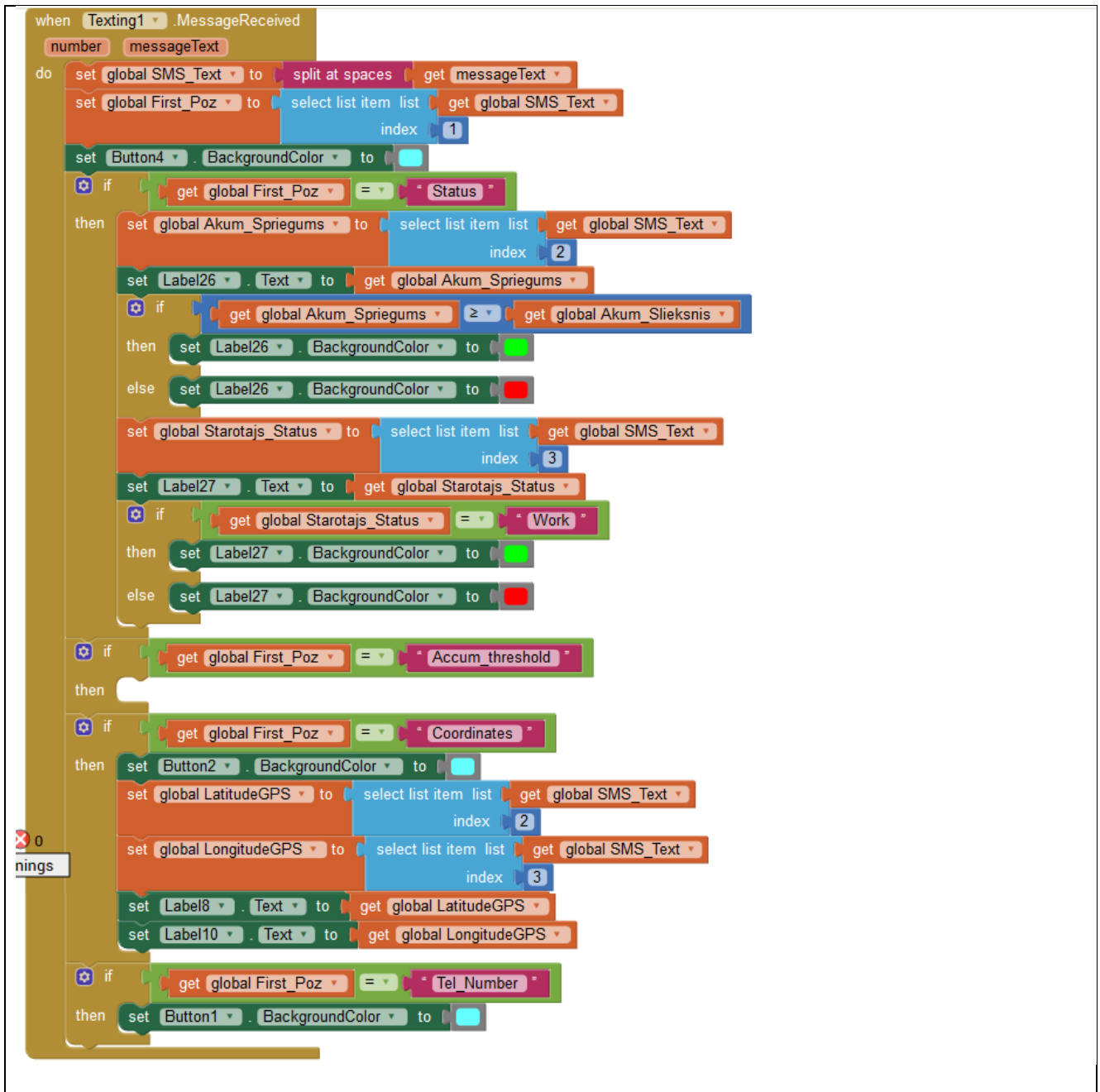
Android aplikācijas kods radio komunikāciju/GPS moduļims



Decembris 29, 2017

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





Akustisko signālu generatora kods

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <avr/power.h>
#define OCIEB 2
#define OCIEA 1

void Hanninga_loga_aprekins(void);
//*****
//*****
//*****
// caur serialo portu tiek iegūti sekojošie dati:
unsigned int frekvence=4000;//[0-16320 Hz], izshkirshaana 64 Hz, domaataa signaalu frekvence
unsigned char temp=1;
unsigned char impulsa_ilgums = 10;//[ms];[0-255, ja vajag lielaaku tad mainiet datu tipu]
unsigned char darba_cikls = 50;//[0-100]
unsigned char impulsu_skaits=8;//[pakaape impulsu skaitam] [0-8, ja vajag lielaaku tad mainiet datu tipu]
unsigned char frontes_ilgums_proc = 50;//[0-50]
//*****
//*****
//*****
void setup() {
  DDRD = 0b01110000; //PWM
  noInterrupts(); // disable all interrupts
  // taimera uzstadiishana (vairaak docx dokumentaa)
  TCCR2A = 0; // set entire TCCR2A register to 0
  TCNT2 = 0; // initialize counter value to 0
  OCR2A = 19; // 39; // (16*10^6) / (8000*8) - 1 (must be <256)
  // turn on CTC mode
  TCCR2A |= (1 << WGM21);
  TIMSK2 |= (1 << OCIE2A);

  //Meginajums uzkonfigureet PWM taimerus
  // uz Taimer0 konstrukcijas
  // tas var salidzinaat divas vertiibas ar 0-255 tekosho vertiibu
  // salidzinaashanas rezultaatu uzreiz izvadam uz 5,6 pina

  //pagaidu izslegshana lai parbaudiitu ar paraleelo ACP
  //Fast PWM uzlikshana uz 0. taimera
  // Mums buus divi viena taimera objekti, prieksh frekvence signala parraidiishanas un prieksh wn signala
  TCCR0A |= (1 << WGM00);
  TCCR0A |= (1 << WGM01);
  TCCR0B &= ~(1 << WGM02); //fast PWM liidz 255
  //TCCR0B |= (1 << WGM02); //citaadi fast PWM liidz OCR0A
  TCCR0B |= (1 << CS00); //clk I/O no prescaling
  //TCCR0B |= (1 << CS01); //clk I/O no prescaling
  TCCR0B &= ~(1 << CS01); //clk I/O no prescaling
  TCCR0B &= ~(1 << CS02); //clk I/O no prescaling
  // no interrupts
  TIMSK0 &= ~(1 << OCIEB);
  TIMSK0 &= ~(1 << OCIEA);
  // konektejam OCF0A un OCF0B pinus pie izejaam:
  TCCR0A |= (1 << COM0A1);
  TCCR0A &= ~(1 << COM0A0);
  TCCR0A |= (1 << COM0B1);
  TCCR0A &= ~(1 << COM0B0);
  //OCR0A = 255; //vertiiba liidz kurai skaitiis PWM taimeris, pie reizes arii taimera izskshkirtspeeja, un max skaitlis ko var uzdot uz
  // sekojieshiem registriem

  // OCF0A pin tas ir 6 pins uz UNO
```

Ieejas dati

Taimera 2 konfigurēšana:

Tas tiks izmantots, lai ģenerētu takts signālus priekš Hanninga apliecējas, kā arī lai nodrošināt pareizus impulsu un pauzes ilgumus

Taimera 0 konfigurēšana:

Tas tiks izmantots, lai izvadītu frekvences un apliecējas signālus PWM veidā uz mikrokontroliera piniem 5.6

```
// OCF0B pin tas ir 5 pins uz UNO
```

```
//OCROA =250;//- vertiiba ko ierakstiisim ar ko salidzinaasim taimera vertiibu
OCROB = frekvence>>6;//PWM izvads uz 5 pina, signaala frekvence (konfiguracija bija setupaa)
//OCIEA
```

```
interrupts();      // enable all interrupts
}
```

```
unsigned char k;
// frekvence
// impulsa_ilgums
// darba_cikls
// frontes_ilgums
// impulsu_skaits
// Kalkulācijas
unsigned char impulsu_skaits_tekoshais;
unsigned int f = 550/(impulsa_ilgums*frontes_ilgums_proc/100);
```

```
unsigned char tau_impulsu_skaits = impulsa_ilgums*4/10;//dalam uz 2.5 kas ir 2.6 aprox
unsigned long T = impulsa_ilgums*100/darba_cikls;
```

```
unsigned long T_impulsu_skaits = T*4/10;
```

```
unsigned char tau2_impulsu_skaits = T_impulsu_skaits-tau_impulsu_skaits;//tas buus tas pats kad tau, bet kad signaala nav ieksh T
unsigned int skaitiitaa2_6ms;
unsigned char skaitiitaa2;
unsigned char enable_registrs;
unsigned char on_off_registrs;
//unsigned long frontes_ilgums = 118500000*frontes_ilgums_proc*2/100;//118500000 cik frontes ilgums no tekoshanas fazes
unsigned long frontes_ilgums = 118500000;//118500000 cik frontes ilgums no tekoshanas fazes
```

```
//unsigned char frontes_ilgums;
// impulsa ilgums 10ms-100ms;
// t.n. 100 Hz un 10 Hz frekvences cos, kuru izmantosim Hanninga logaa
// te it kā ieejas argumenti:
unsigned char wn;
unsigned int skaitiitaa2;
unsigned long tekosha_faze=0;
unsigned char sample = 80;//Sampling frequency Fs periods [us]
//unsigned int f = 100;// shoreiz Hanninga loga frekvence
unsigned char koef = 237;//skaitli 237 un 226 ir saistiiti sava starpaa shaadi  $237 \cdot 10^6 / 2^{20} = 226$ 
unsigned long fazes_inkrements = (unsigned long)koef*(unsigned long)f*(unsigned long)sample;
unsigned char ind;
unsigned char vert;
unsigned char vert2=0;
```

```
/*W=60;
L=50;
B=0.25;
T=0.05;
d=0.5;
f=10e3;*/
/*
int W = 60;
int L = 50;
int BFs = 12500;
int TFs =
unsigned long k=0;
int Fs = 50000;
```

Palīgmainīgie:

f – apliecējas “frekvence”;

mainīgie kas tiek nosaukti ar “_impulsu_skaits” beigās tiek izdalīti ar 2.6, kas vēlāk tiek izmantots kā izšķirtspējas rādītājs

Fāzes_inkrements Hanninga logam par laiku 81.25us

Cos vērtību tabula, priekš Hanninga
loga ģenerēšanas

Taimera 2 pārtraukuma funkcija.

Nostrāda katras 81.25us

Uzstāda karodziņus enable_registri
ir pēc 81.25us 0x1, ik pēc 2.6ms 0x2

“Mūžīgais cikls”

Uzreiz notiek apliecējas un frekvences informācijas izvade uz 5,6 piniem.

Ja esam impulsa pirmajā pusē
uzstādām on_off_reģistrā 0x2
karodziņu, un pirmoreiz
nostrādājot uzstādām fāzi
Hanninga logam vienādu ar 0

Ja esam impulsa otrajā pusē
uzstādām on_off_reģistrī 0x8
karodziņu, un pirmoreiz
nostrādājot uzstādām fāzi
Hanninga logam vienādu ar pusi no

```
//esam paari periodam
skaitiitaajs2_6ms=0;
impulsu_skaits_tekoshais++;
tekosha_faze=0;//sagatavoties impulsa palaishanas fronteii

}
enable_registrs&=~0x1;
} // end of enable register 0x1
else if((impulsu_skaits_tekoshais<0x1<<impulsu_skaits))
{
    // esam paari impulsu skaitam,
}
if ((enable_registrs&0x2)==0x2)//on-off impulss
{
    if ((tekosha_faze>=0)&(tekosha_faze<frontes_ilgums)&((on_off_registrs&0x2)==0x2))
    { //on
        Hanninga_log_a_prekins();
    }
    else
    {
        //tekosha_faze = 118500000;
        enable_registrs&=~0x2;
    }
    if ((tekosha_faze>=237e6-frontes_ilgums)&(tekosha_faze<237e6)&((on_off_registrs&0x8)==0x8))
    {
        Hanninga_log_a_prekins();
        //temp = 0;
    }
    else
    {
        //tekosha_faze = 0;
        enable_registrs&=~0x8;
    }
    enable_registrs&=~0x2;
}
}
void Hanninga_log_a_prekins()
{
    //k++; //test
    tekosha_faze = tekosha_faze+fazes_inkrements;

    //shis stradaas tikai viena perioda robezhaas, domaats kaa while paredzeets tikai vienai iteraacijai
    // ja vairakas iteraacijas modulo operacija buus atraakaa
    while (tekosha_faze>=237e6)
    tekosha_faze=tekosha_faze-237e6;
    ind = tekosha_faze>>20;//dalam uz 2^20
    vert = tabula[ind];
    wn = 255-vert;
    //wn = (255-vert)>>1; // ja vajag daliit uz 2, bet vai vajag?
    //
    //
}
```

Ja esam otrajā impulsā tad mainīgos skaitiitaajs2_6ms, tekosha_faze uzstādām uz sākuma vērtību(0), bet impulsu skaitītāju palielinām par vienu

Ja ir 0x2 karodziņš tad izsaucam funkciju Hanninga_log_a_prekins

Ja ir 0x8 karodziņš tad izsaucam funkciju Hanninga_log_a_prekins

Funkcija aprēķina Hanninga_logu mainīgam tekosha_faze, ko pirms tam

4.2. Izmantoto komponentu saraksts (Bill of Materials)

Radio komunikāciju/GPS moduļa komponentu saraksts

Poz.	Nosaukums	Sk.	Piezīmes
	<u>Moduļi</u>		
U1	ATmega328P Arduino_NANO	1	
U3	SIM808	1	GSM/GPS modulis
U4	LM2596 DC-DC Step Down	1	Līdzsprieguma pārveidotājs 12V→5V
U5	TP4056 Micro USB 5V 1A	1	Li-Pol lādētājs
U6	MT3608 DC-DC Boost Conv.	1	Līdzsprieguma pārveidotājs 2,5V→7V
	<u>Integrālas shēmas</u>		
U2	CD40106B		Šmita trigeris, DIP14
U7	TMP36		Temperatūras devējs, TO-92
U8	LM358		OP, DIP8
	<u>Rezistori</u>		
R1, R3	3kΩ, 1/4W, 5%	2	CF1/4WS-3K
R2	2,2kΩ, 1/4W, 5%	1	CFROS4J0222A50
R4	1kΩ, 1/4W, 5%	1	CFROS4J0102A50
	<u>Savienotāji</u>		
J1, J2	TB-5.0-P-2P	2	Terminal Blocks PCB, 1x2
J3	TE CONNECTIVITY 282836-5	1	Terminal Blocks PCB, 1x5
	<u>Pārējie</u>		
BT1	MR18650	1	Li-Ion akumulators, 2600mAh, 3,7V, aizsardzības modulis

Akustisko signālu ģeneratora komponentu saraksts

Komponente	Skaits	Cena ar PVN	Kopā
Ģeneratora plate			24.61
Mikroshēma XR2206 DIP16	1	12.50	12.50
Mikroshēma TL072 DIP8	1	0.53	0.53
Tranzistors BC182 TO-92	3	0.07	0.21
Potenciometrs 500Ω	2	0.30	0.60
Potenciometrs 25kΩ	1	0.30	0.30
Kondensators 470μF 25V 105C	1	0.45	0.45
Kondensators 10μF 25V	1	0.05	0.05
Kondensators 1μF keramiskais	2	0.24	0.48
Kondensators 100nF keramiskais	6	0.11	0.66
Rezistors k10 0,125W	2	0.03	0.06
Rezistors 2k2 0,125W	1	0.03	0.03
Rezistors 3k3 0,125W	1	0.03	0.03
Rezistors 10k 0,125W	6	0.03	0.18
Rezistors 15k 0,125W	1	0.03	0.03
Rezistors M10 0,125W	2	0.03	0.06
Skrūvķemme 2k	5	0.24	1.20
Skrūvķemme 3k	1	0.34	0.34
Spiestā plate mazā sērijā 65x70mm vienslāņa	1	5.00	5.00
Lodalva	1	0.50	0.50
Laka	1	0.40	0.40
Stiprinājuma materiāli	1	1.00	1.00
Kontrollera plate			30.00
Arduino Uno Digital PWM plate	1	29.00	29.00
Stiprinājuma materiāli	1	1.00	1.00
Radiovadības uztvērējs un pults			149.00
RF-Solutions Viper-S4	1	146.00	146.00
Stiprinājuma materiāli	1	3.00	3.00
Pastiprinātājs v1 (auto)			160.04
Alpine MRX-T15	1	155.00	155.00
RCA spraudnis	2	2.52	5.04
Zemūdens skaļrunis			2350.00
Lubell LL916H	1	2350.00	2350.00
Akumulators v1 - svina/skābes			287.34

12V/90Ah Gel Deep Cycle Batt	1	184.22	184.22
Akumulatora sklemme	2	4.56	9.12
Ātrais lādētājs Ansmann ALCT 6/24-10	1	94.00	94.00
Savienojumi, korpusi			874.36
Vada uzgalis	36	0.07	2.52
Vads 1x0,5	4	0.15	0.60
Vads 1x2,5	2	0.20	0.40
Kabelis ekranēts audio	1	0.84	0.84
Kabelis 4x2,5 lokans	4	2.30	9.20
Kabeļu stiprinājuma materiāli	1	6.00	6.00
Korpuss Pelican iM2700	2	340.00	680.00
Rozete 4k IP69K (Elfa 44-625-39)	2	13.20	26.40
Rozetes vāciņš (44-179-00)	2	1.20	2.40
Spraudnis 4k IP69K (44-625-02)	2	14.80	29.60
Spraudņa vāciņš (44-628-37)	2	9.20	18.40
Materiāli iekšējam karkasam	1	60.00	60.00
Indikācijas LED panelis	1	38.00	38.00