

Marts 29, 2019

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA

Eiropas Jūrlietu un
zivsaimniecības fonds



RĪGAS TEHNISKĀ
UNIVERSITĀTE

Elektronikas un
telekomunikāciju fakultāte

Rīgas Tehniskās universitātes
Elektronikas un telekomunikācijas fakultātes
Radioelektronikas institūta

projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-
optiskās sistēmas izstrāde nemedījamo un
migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu
samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr.
17-00-F02201-000001

Atskaite par projekta uzdevumiem 1.2. un 1.4.

2019

Satura radītājs

1. U1.2 Principiālo shēmu izstrāde, konstruktīvās un elementu bāzes izvēle (RTU) 5.-8.mēn. AP1.2. Atskaite ar HAOS bloku principiālām shēmām, SPICE modelēšanas datiem, komponentu sarakstu.....	3
U1.4. Laboratorijas prototipa izstrāde, programmēšana, testēšana (RTU) 9.-12.mēn.....	3
AP1.4.2. Atskaite ar laboratorijas eksperimentu datiem	3
1.1. Akustisko signālu ģenerēšana	3
Akustisko signālu raidītāju (skaļruņu) parametri	14
1.1.1. Akustisko signālu jaudas pastiprinātājs.....	19
1.1.2. Akustisko signālu jaudas pastiprinātāja testu rezultāti.....	20
1.2. Optisko signālu ģenerēšana	24
Zaļas krāsas lāzera MGL-H-532nm-500mW ražotāja sniegtā specifikācija	24
Zaļas krāsas lāzera MGL-H-532nm-500mW testēšanas dati	25
Sarkanās krāsas lāzera PGL-V-H-638/ 500mW ražotāja sniegtā specifikācija	27
Sarkanās krāsas lāzera PGL-V-H-638/ 500mW testēšanas dati.....	28
1.3. Radio komunikācijas moduļi un interfeisi	30
1.4. Sistēmas vadības moduļa realizācija	36
1.4.1. Vadības moduļu principiālās shēmas	39
1.4.2. Vadības moduļu darbības modelēšana	46
1.4.3. MATLAB interfeisa izstrāde un realizācija	50
Uz DDS balstīta signālu ģeneratora programma	50
MATLAB skripts audio uz DDS konvertācijas testēšanai	51
Protokols un ģenerējamo signālu diapazoni	52

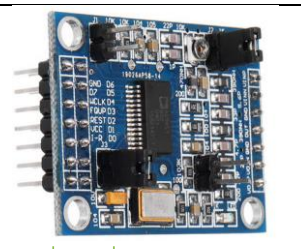
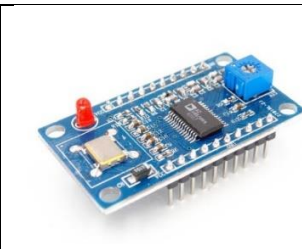
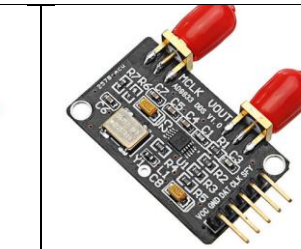
Marts 29, 2019

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

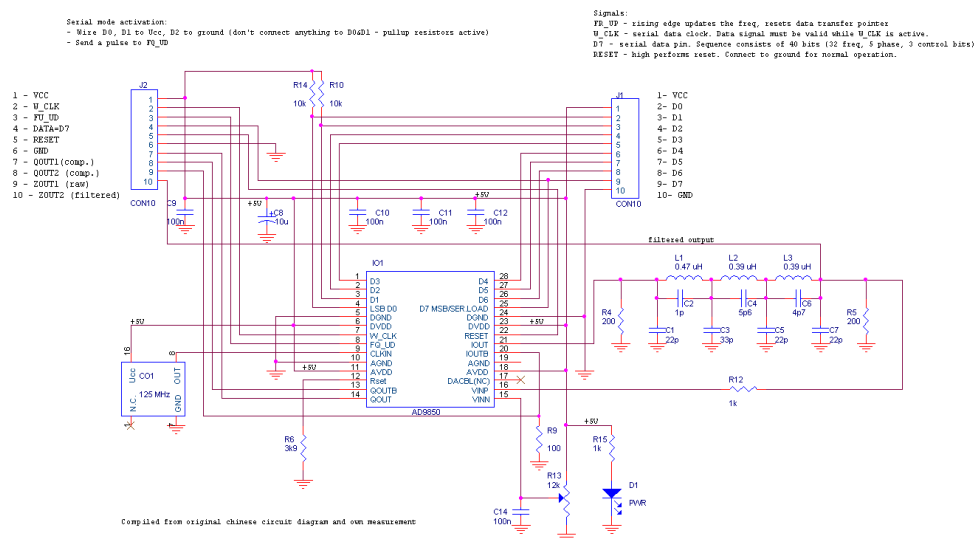
1. U1.2 Principiālo shēmu izstrāde, konstruktīvās un elementu bāzes izvēle (RTU) 5.-8.mēn.
AP1.2. Atskaite ar HAOS bloku principiālām shēmām, SPICE modelēšanas datiem, komponentu sarakstu
- U1.4. Laboratorijas prototipa izstrāde, programmēšana, testēšana (RTU) 9.-12.mēn.
AP1.4.2. Atskaite ar laboratorijas eksperimentu datiem

1.1. Akustisko signālu ģenerēšana

Akustisko signālu ģenerēšanai var izmantot atsevišķas mikroshēmas DDS (Direct Digital Synthesizer). Taisot moduļu konstrukciju izdevīgi pirkt jau gatavus moduļus, kur tiek samontēts viss, kas ir nepieciešams mikroshēmas darbībai. Plaši izplatīti firmas Analog Devices varianti: AD9851 (0...70MHz), AD9850 (0...40MHz), AD9833 (0...12,5MHz), AD9834 (0...37,5MHz). Visos moduļos ir iespēja nodrošināt izejoša signāla amplitūdas modulāciju.

 www.banggood.com	 ru.aliexpress.com	 www.banggood.com	 www.banggood.com
AD9851 (20,64EUR)	AD9850 (11,44EUR)	AD9833 (6,99EUR)	AD9834 (12,59EUR)

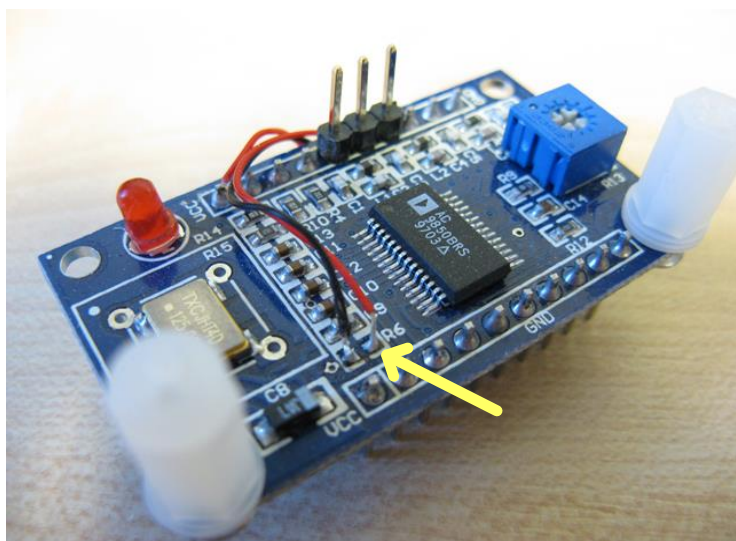
Tālākiem pētījumiem tika izvēlēts modulis AD9850. Šim moduļim ir arī trīs pakāpes LC-filters, kas uzlabo izejoša signāla kvalitāti.

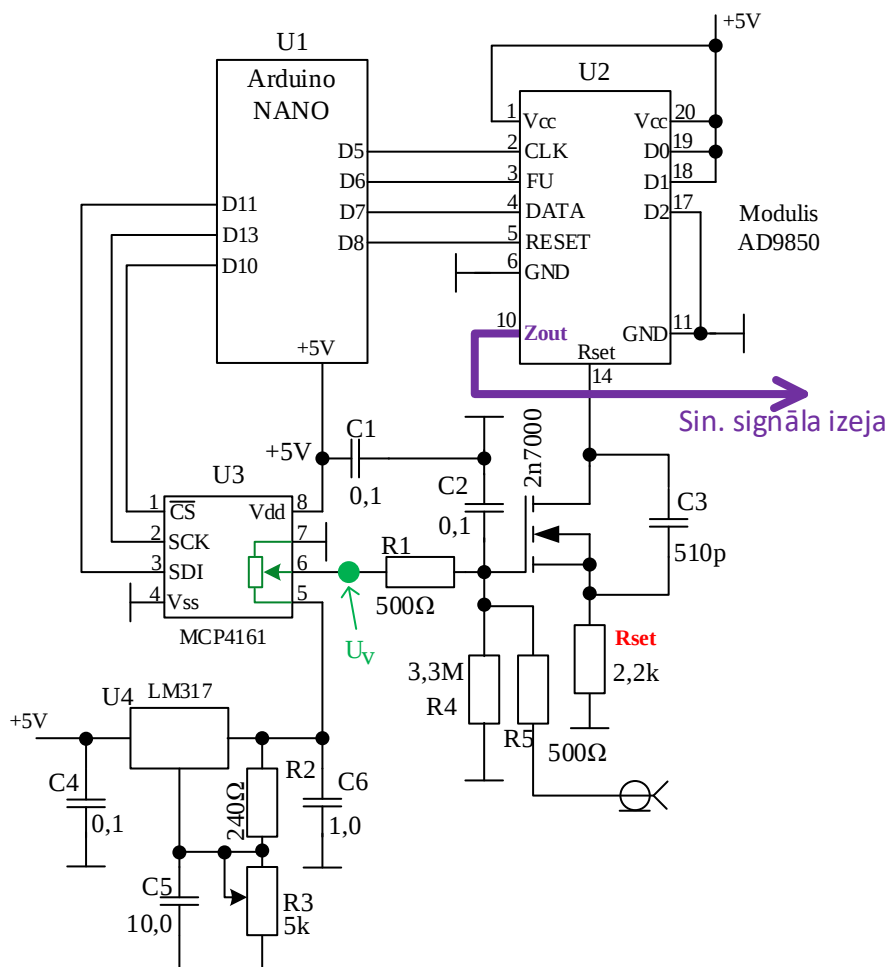


DXVFO – CW Transceiver VFO (variable frequency oscillator) project. <http://ok1dx.cz/constructions/dxvfo/dxvfo.html>

DP1 HAOS laboratorijas prototipa izstrāde 1.-12.mēn.

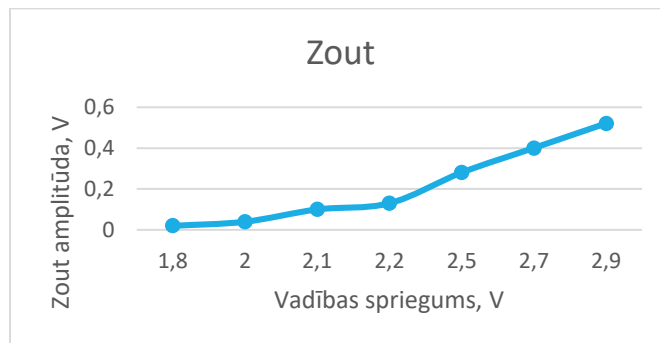
Eksperimentiem tika izveidota shēma. Procesa vadīšanai tika paņemts Arduino NANO modulis. Izejoša signāla amplitūdas regulēšanai tika izmantots tranzistors 2n7000 un rezistors Rset 2,2kOhm (ir nepieciešams modernizēt AD9850 moduļa plati – demontēt rezistoru R6 un sintezatora mikroshēmas izvadu numurs 12 savienot ar moduļa brīvo kontaktu). Tranzistors maina sava kanāla pretestību atkarībā no aizvara sprieguma, kuru nodrošina integrāla pretestība MCP4161. Stabilizators LM317 ir vajadzīgs, lai sašaurinātu vadības sprieguma diapazonu un, tādejādi, palielinātu regulēšanas precizitāti.





Eksperimentāli tika noteikts, ka vadības spriegumu U_V ir jāmaina intervālā no 1,8 līdz 2,9V. Aiz tas robežām izejošā signālā būs vizuāli pamanāmi kropļojumi.

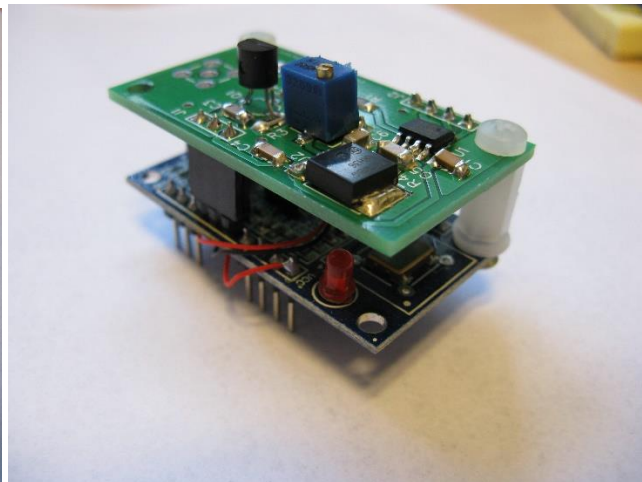
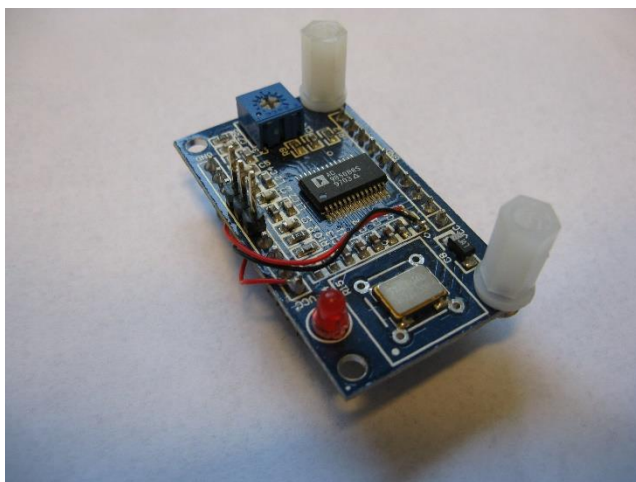
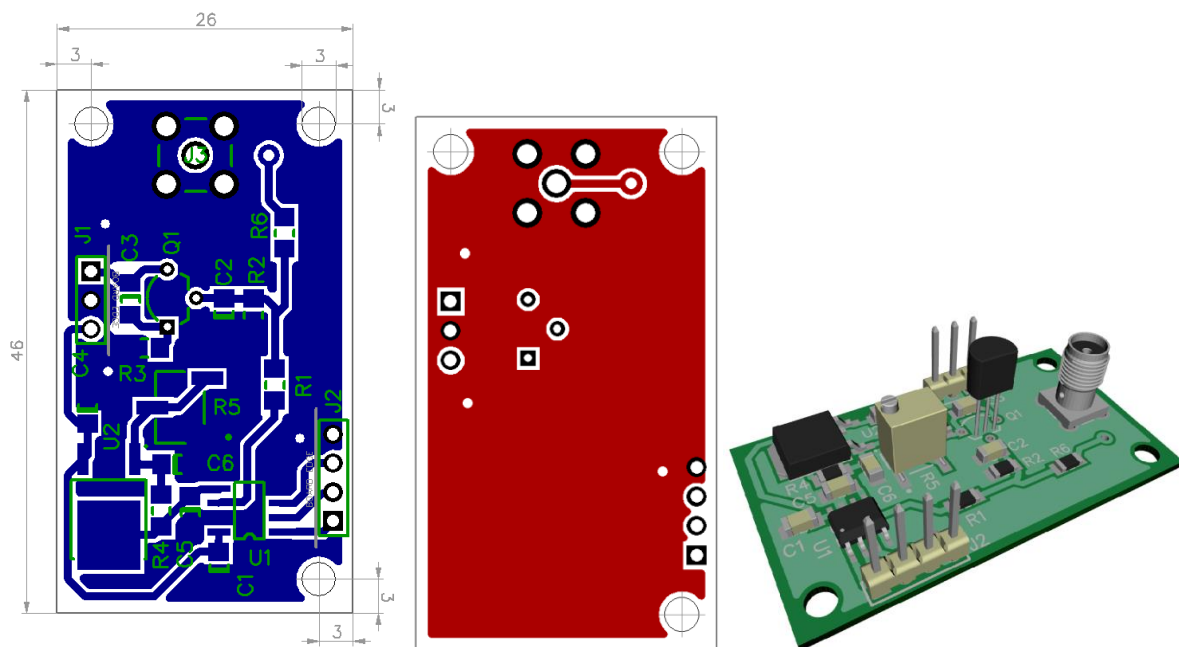
U_V , V	Z_{out} , V
1,8	0,02
2	0,04
2,1	0,1
2,2	0,13
2,5	0,28
2,7	0,4
2,9	0,52



Marts 29, 2019

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

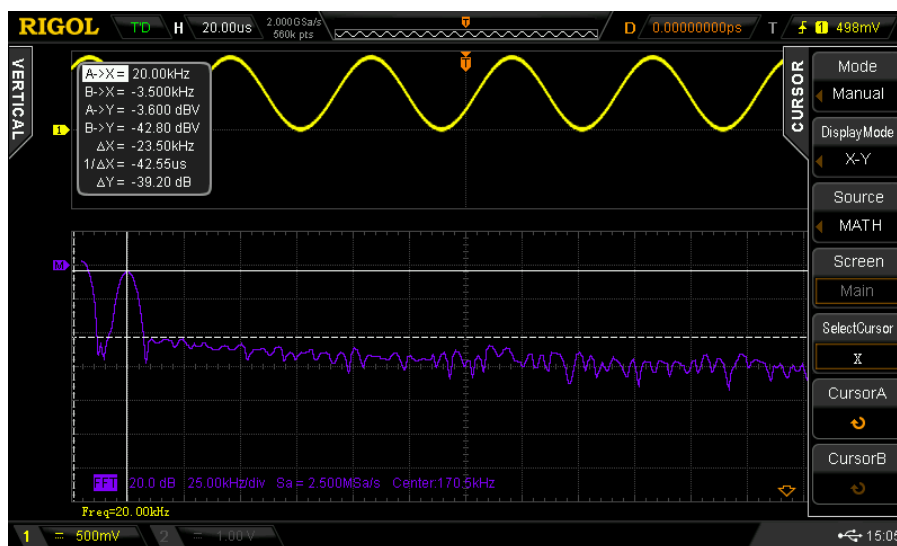
Konstruktīvi shēma tika noformēta kā atsevišķa plate, kas tiek uzsprausta virsū AD9850 modulim.



Nemot vērā, ka ierīce ir orientēta uz skaņas diapazonu, tika pārbaudīta moduļa AD9850 skaņu diapazona maksimālās frekvences ģenerācijas parametri – viena harmonika ar signāls/troksnis attiecību 39,2dB.

Marts 29, 2019

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



Arduino NANO ar integrālo shēmu MCP4161 ir spējīgs ģenerēt nepieciešamo signālu. Vislielāko frekvenci var dabūt izmantojot iepriekš aprēķinātu sinusoidālā signāla vienu periodu.

```
byte sin19[] = {127, 170, 209, 237, 252, 252, 237, 209, 170, 127, 84, 45, 17, 2, 2, 17, 45, 84, 127};
byte sin13[] = {127, 190, 237, 254, 237, 190, 127, 64, 17, 0, 17, 63, 127};

#include <SPI.h>
const int CS = 10;

// http://arduino1ab.pw/index.php/2017/07/22/cifrovoj-potenciometr-mcp41010-podklyuchenie-k-arduino/
void MCP4161_Write(byte val)
{
    digitalWrite(CS, LOW);
    SPI.transfer(0b00000000);
    SPI.transfer(val);
    digitalWrite(CS, HIGH);
}

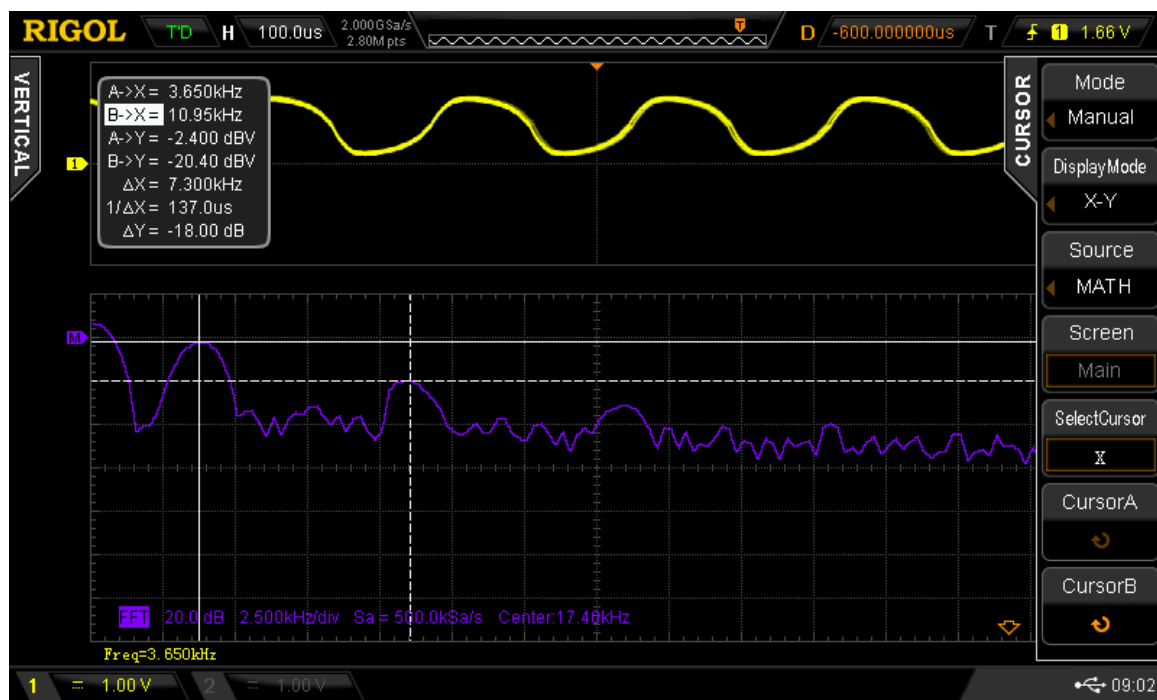
void setup()
{
    pinMode(CS, OUTPUT);
    digitalWrite(CS, HIGH);
}

void loop()
{
    for(int i=0; i<13; i=i+1)
    {
        MCP4161_Write(sin13[i]);
    }
}
```

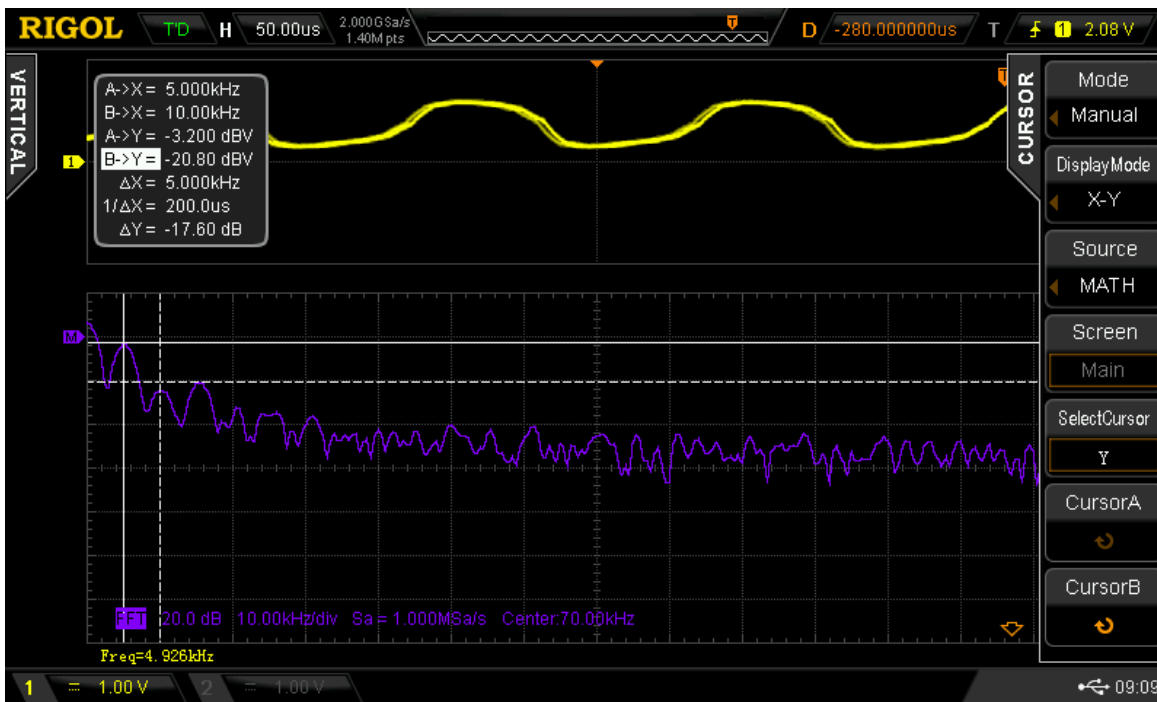
Aprēķinot 19 punktus vienā periodā var saņemt frekvenci 3,65kHz. Spektrā arī ir skaidri redzami trešā un piektā harmonikas.

Marts 29, 2019

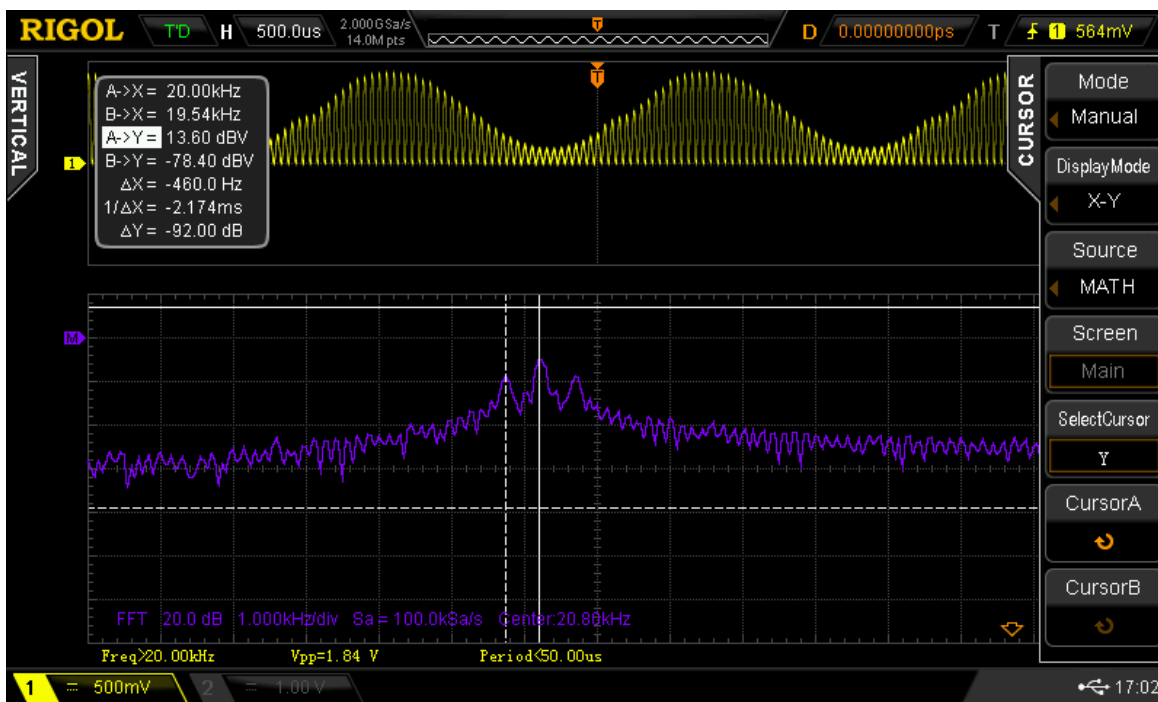
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



Izmantojot 13 punktu matricu var palielināt frekvenci līdz 4,926kHz, bet ar lielākiem nelineāriem kropļojumiem (šeit parādījās arī pāra harmonikas).



Izmantojot Arduino NANO signālu kā modulējošu (ar frekvenci 460Hz) un AD9850 moduļa signālu kā nesošēju (ar frekvenci 20kHz) dabūsim sekojošu rezultātu.



Kā labu Arduino NANO alternatīvu var apskatīt ESP32. Analīzei tika izmantots nevis atsevišķais mikrokontrolieris, bet salodēts modulis, kas iekļauj visas nepieciešamās MCU programmēšanas un darbības atbalsta komponentes. Tādos moduļos UART0 ir izmantots sakariem ar datoru, tāpēc tas netiks ņemt vērā.

Tabulā ir parādīts abu mikrokontrolieru galveno parametru salīdzinājums, kas uzskatāmi norāda uz to, ka ESP32 nodrošina plašāku funkcionalitāti, precīzāku analogu-ciparu pārveidojumu, lielāku atmiņas apjomu, ā arī iebūvētu Bluetooth funkcionalitāti.

	Arduino NANO	ESP32 DEVKIT V1
Taktu frekvence, MHz	16	160
Ātrums	16MIPS	600DMIPS
GPIO	22	36
ADC	8x10bit	18x12bit
DAC	-	2x8bit
RAM	1kB	512kB
FLASH	32kB	448kB
Bluetooth	-	4.2
Kopnes (aparātu līmenī)	0xUART* 1xI ² C 1xSPI	1xUART * 2xI ² C** 2xSPI**
Cena, EUR	...	...

* UART0 ir izmantots sakariem ar datoru, tāpēc netiks vērā;

** Īstenībā mikrokontrolierim vairāk, bet tika ņemts vērā tikai skaits konkrēta moduļa variantā

Modulis ESP32 DEVKIT V1 pats par sevi ir spējīgs ģenerēt analoģo signālu izmantojot iebūvētu ciparu-analoģo pārveidotāju (CAP).

Ja izmantot sinusa aprēķinu funkciju un ArduinoIDE komandu *dacWrite*, tad izejošā signāla maksimālā frekvence būs ap 1kHz.

```
int Solis = 22.5;
int DAC_Pin = 26;
float Sin = 0;
float Lenkis = 0;

void setup()
{

}

void loop()
{
  for(int i=0;i<16;i=i+1)
  {
    Sin = sin(Lenkis/180*3.141521)*50+200;
    dacWrite(DAC_Pin,Sin);
    Lenkis = Lenkis + Solis;
  }
}
```

Ja izmantot iepriekš aprēķinātu sinusa momentānu lielumu tabulu – 10kHz (19 punkti vienā periodā) un 15kHz (13 punkti vienā periodā).

```
int DAC_Pin = 26;
byte sin19[] = {127, 170, 209, 237, 252, 252, 237, 209, 170, 127, 84, 45, 17, 2,
2, 17, 45, 84, 127};
void setup()
{

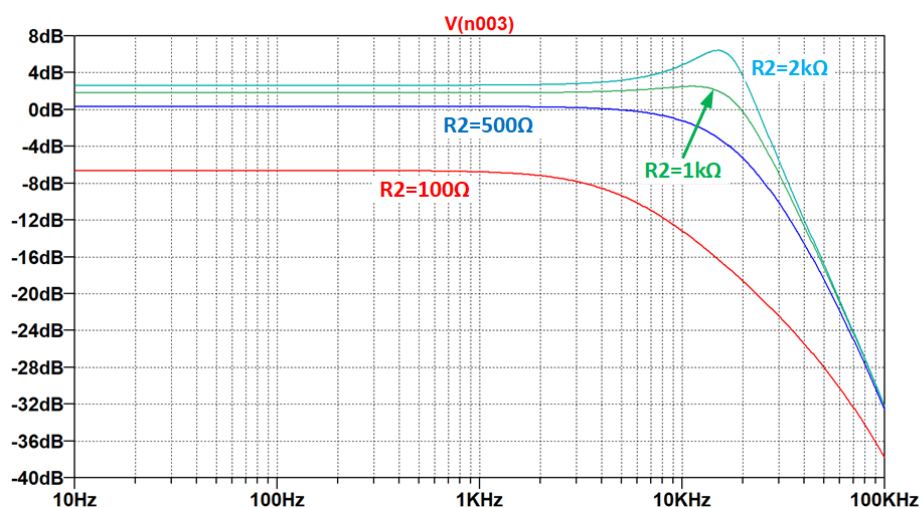
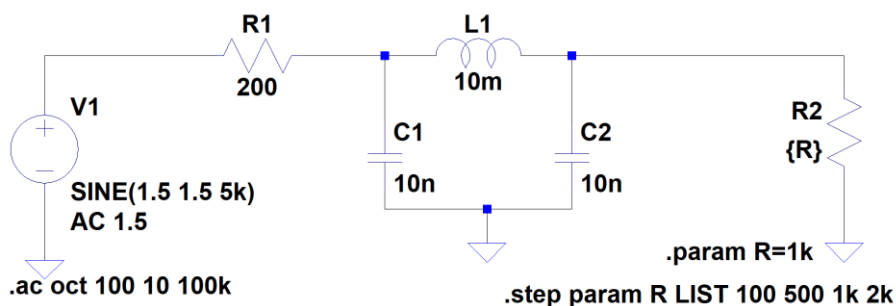
}

void loop()
{
  for(int i=0;i<19;i=i+1)
  {
    dacWrite(DAC_Pin,sin19[i]);
  }
}
```

Izmantojot CAP tiešo reģistru vadīšanu var sasniegt izejošo signāla frekvenci ap **800kHz** (16 punkti vienā periodā). <https://habr.com/post/349330/>

Jebkurā gadījumā uzreiz pēc CAP izejas signāls ir stipri diskretizēts- līdz ar to parādās nevēlamās spektrālās komponentes. Problēmu var atrisināt izlabot izmantojot šīm nolūkam izstrādātus LC-filtrus.

Filtra noglūdušo īpašību pārbaudei tiek veikta modelēšana Spice vidē. Izejas rezistora vērtība R2 tiek variēta no 100Ω līdz 2kΩ. Grafikā ir parādītas filtra frekvenču raksturlīknes pie dažādām R2 vērtībām.



Filtra testēšanai tika izmantota sinusoīdālā signāla programma ar 19 nolases punktiem vienā periodā.

```
byte sin19_50[] = {200, 217, 232, 243, 249, 249, 243, 232, 217, 200, 183,
                  168, 157, 151, 151, 157, 168, 183, 200};

void loop()
{
    for(int i=0; i<19; i=i+1)
    {
        dacWrite(DAC_Pin, sin19_50[i]);
        delayMicroseconds(20);
    }
}
```

Marts 29, 2019

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

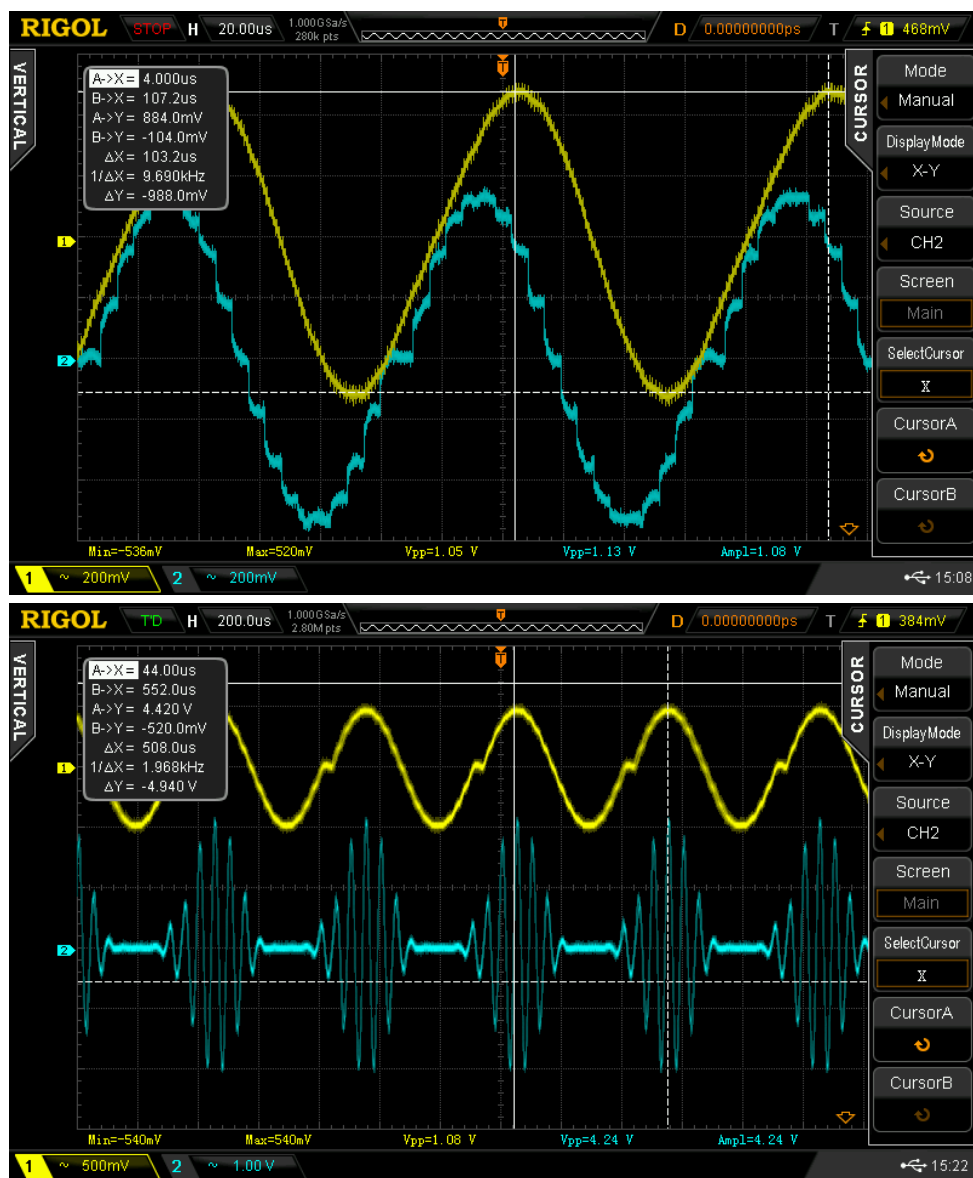
Rezultātu oscilogrammas ir redzamas zemāk.



Marts 29, 2019

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001





Akustisko signālu raidītāju (skaļruņu) parametri

Nemot vērā faktu, ka dīkšaimniecības var aizņemt ievērojamu platību, HAOS izveidē ir nepieciešams izmantot skaļruņus ar vislielāko skaņas spiediena līmeni (SPL). Pie vienas un tas pašas ieejas signāla jaudas, skaļrunis ar lielāku SPL dos ārā skaļāku signālu. Izpētot tirgu pieejamus skaļruņus, tika noskaidrots, ka lielāks SPL piemīt rupora tipa skaļruņiem ar izteiktu virziendarbību. Tāpēc tie tiek bieži izmantoti publiskajās vietās informatīvo un trauksmes ziņojumu raidīšanai.

Taures formas skaļruņu salīdzinājums

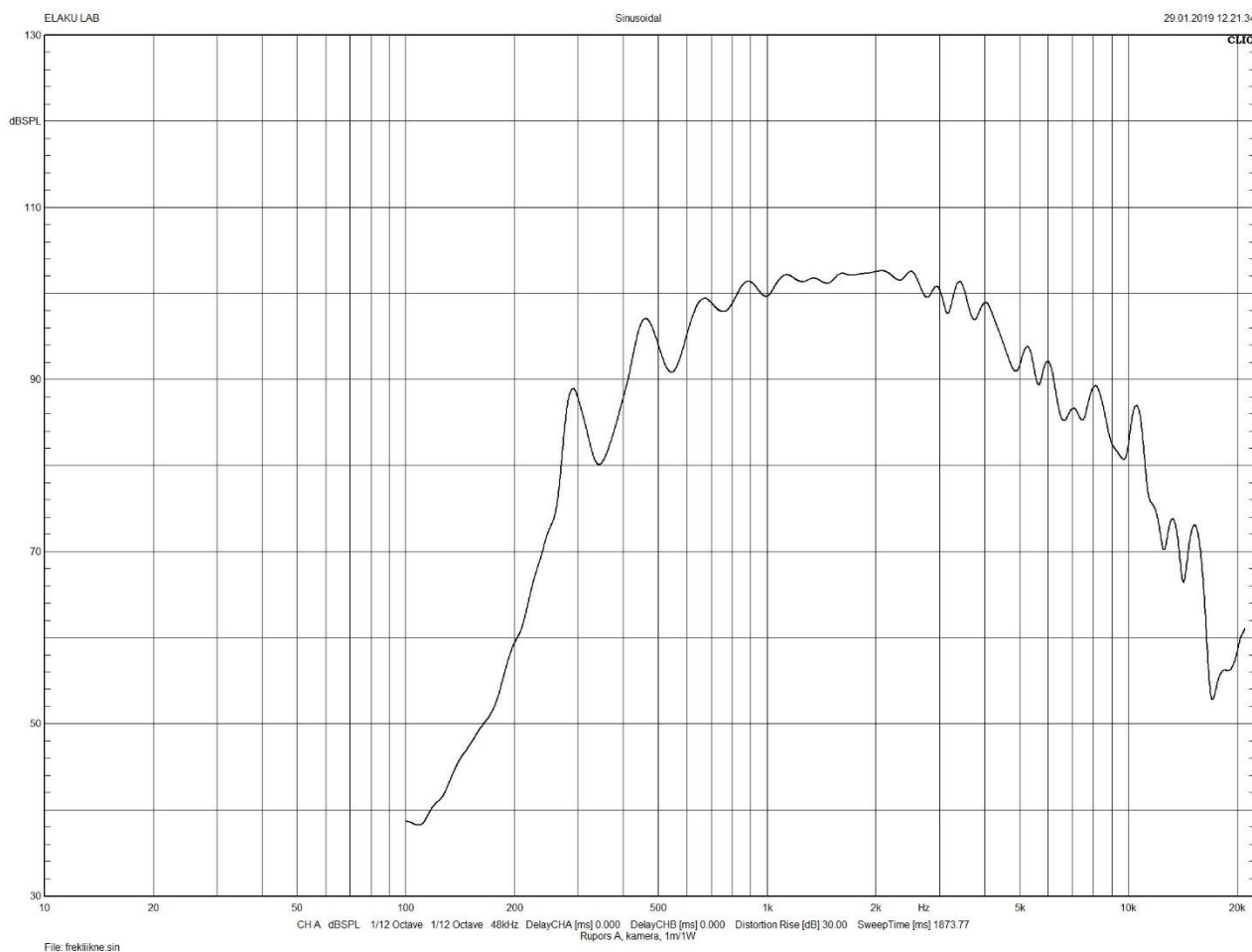
Tabulā ir doti taures formas skaļruņu galvenie parametri.

Modelis	Nomināl jauda, W	Max jauda, W	Impedance, Ω	Frekvenču diapazons, Hz	SPL @ 1W/1m, dB	SPL pie nomināljaudas, dB	Svars, kg	Aizsardzības klase	Temperatūras diapazons, °C
Visaton DK 10 MW	30	60	8	400-5000	110	125	2.11	IP66	-30 ... +90
Monacor UHC-30	20	40	8	230-10 000	108	-	1.89	IP66	-20 ... +50
RCF HD 3216	25	100	8	250-10000	108	122	1.45	IP66	-25 ... +70

Apskatot Tabulā apkopotus datus, var redzēt, ka vislielākais SPL ir DK 10 MW skaļrunim no Visaton ražotāja. Tam arī piemīt maksimāla nomināla jauda. Ņemot vērā, ka putni slikti dzird augstfrekvences skaņas, plašs frekvenču diapazons nav nepieciešams un ar maksimālo frekvenci vienādu ar 5 kHz, pietiks atbaidīšanas funkciju veikšanai.

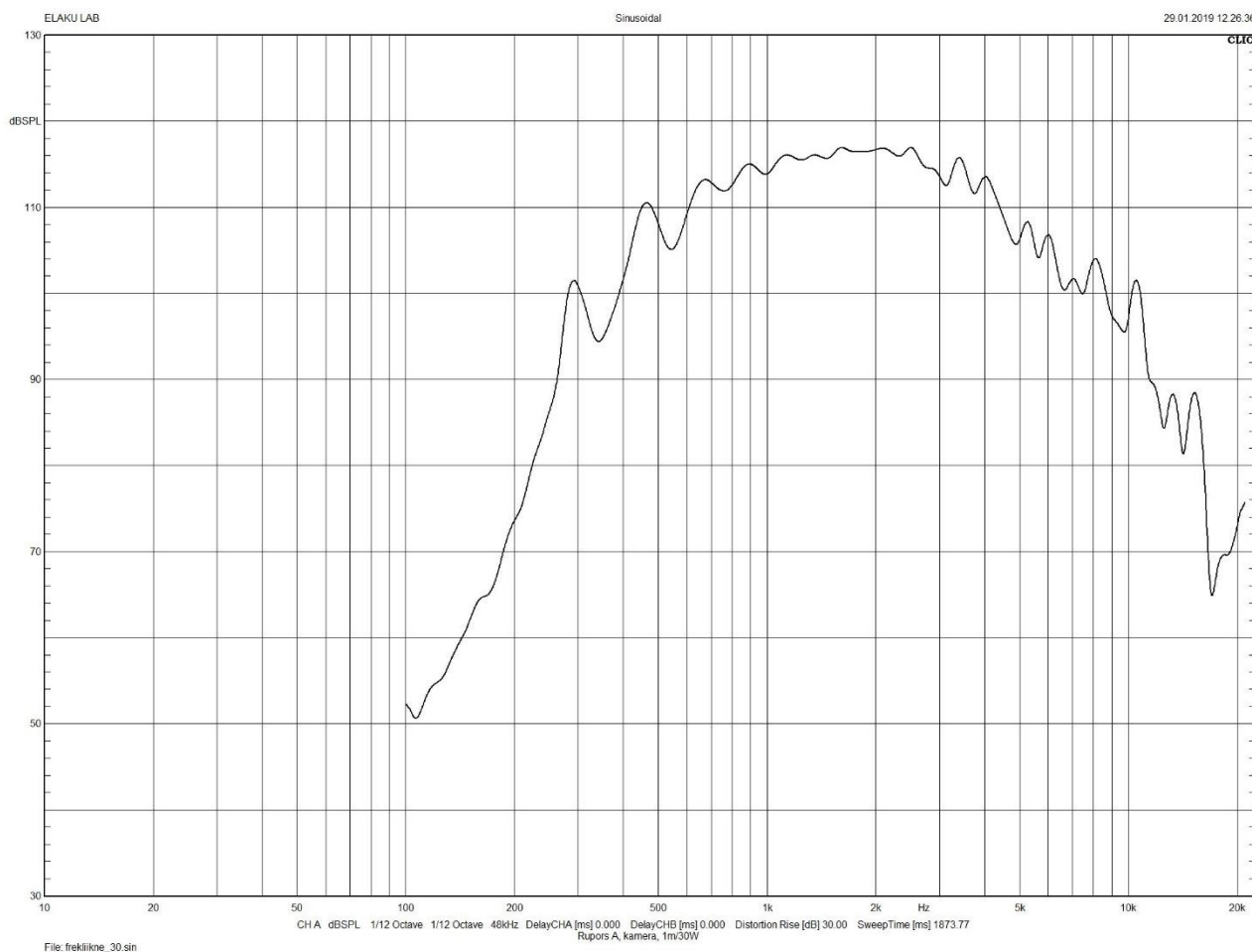
Visaton DK 10 MW parametru mērījumu rezultāti

Lai varētu veiksmīgi integrēt skaļruni HAOS sistēmā ir nepieciešams izmērīt reāla izstrādājuma parametrus. Svarīgākie no tiem ir SPL, impedance, virziendarbība. Mērījumi tika veikti RTU Radioelektronikas institūta Elektroakustikas laboratorijā. Mērījumi tika veikti diviem skaļruņiem un tika konstatēta minimālā parametru atšķirība, līdz ar to atskaitē tiks ievietoti tikai viena skaļruņa mērījumu dati pie divām dažādām pievadā signāla jaudām- 1W un 30W.



SPL līmenis decibelos, frekvenču diapazonā no 100 Hz līdz 20 kHz, attālums līdz mikrofonam ir 1 m, pievadīta signāla jauda ir **1 W**. Var redzēt, ka maksimālais SPL ir diapazonā no 800 Hz līdz 4 kHz (kurā arī tiks ģenerēti putnus atbaidošie signāli) un tas nav zemāks par 100 dB (kas par 45-80 dB pārsniedz putnu dzirdamības sliekšni norādītā diapazonā).

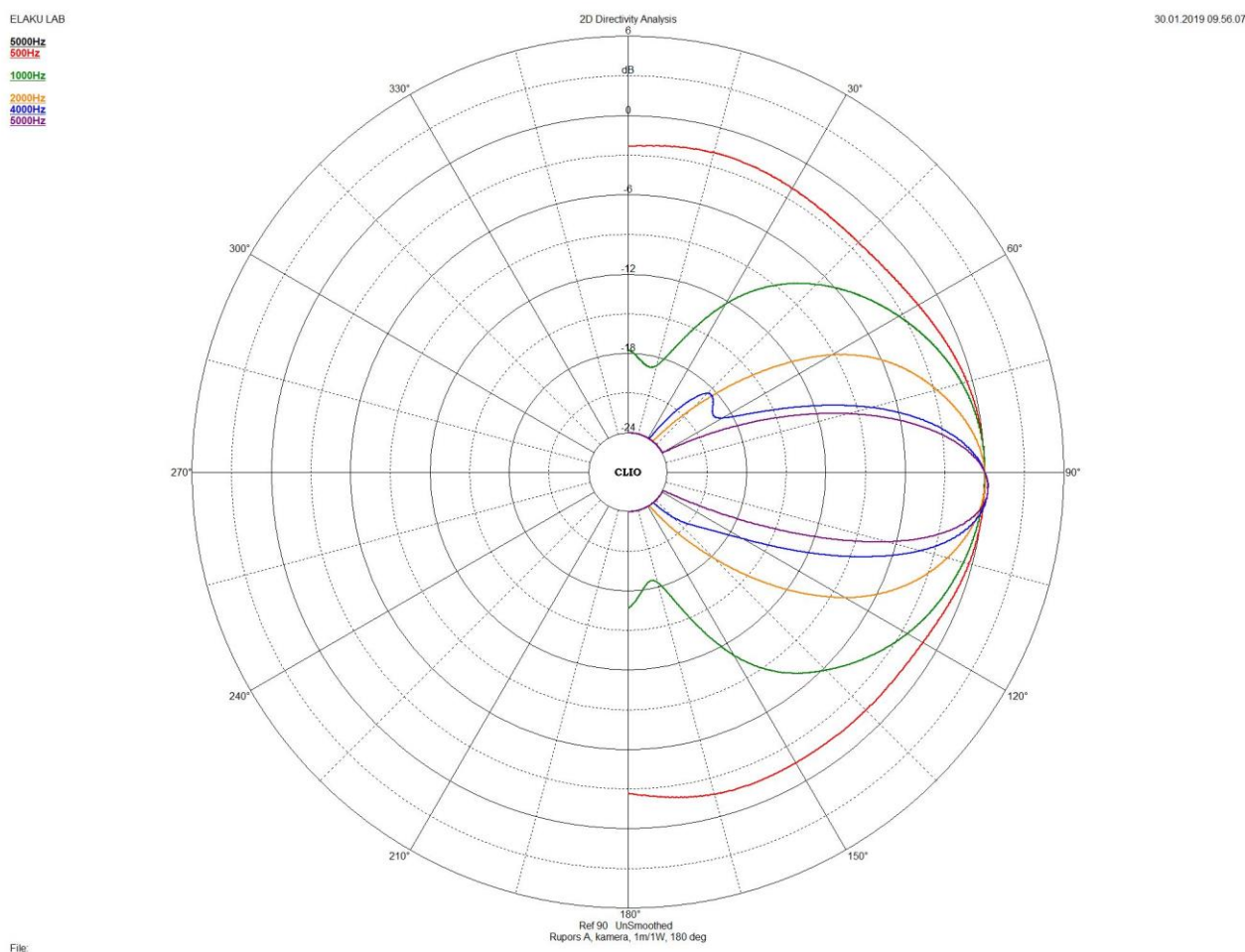
Nākamais mērījums laboratorijā tika veikts pie nominālās skaļruņa darbības jaudas 30W, saglabājot pārējos testēšanas apstākļus.



SPL līmenis decibelos, frekvenču diapazonā no 100 Hz līdz 20 kHz, attālums līdz mikrofonam ir 1 m, pievadīta signāla jauda ir **30 W**. Maksimālais SPL pie nominālās jaudas ir 116 dB, kas par 16dB pārsniedz iepriekšēja mērījumā iegūto rezultātu pie jaudas 1W.

Līdz ar to varam secināt, ka prototipā izmantojamie skaļruņi spēs nodrošināt putnu atbaidīšanai nepieciešamo SPL, iekļaujot pat noteiktu drošības rezervi, kas ļaus samazināt kopējo enerģijas patēriņu sistēmas darbības laikā.

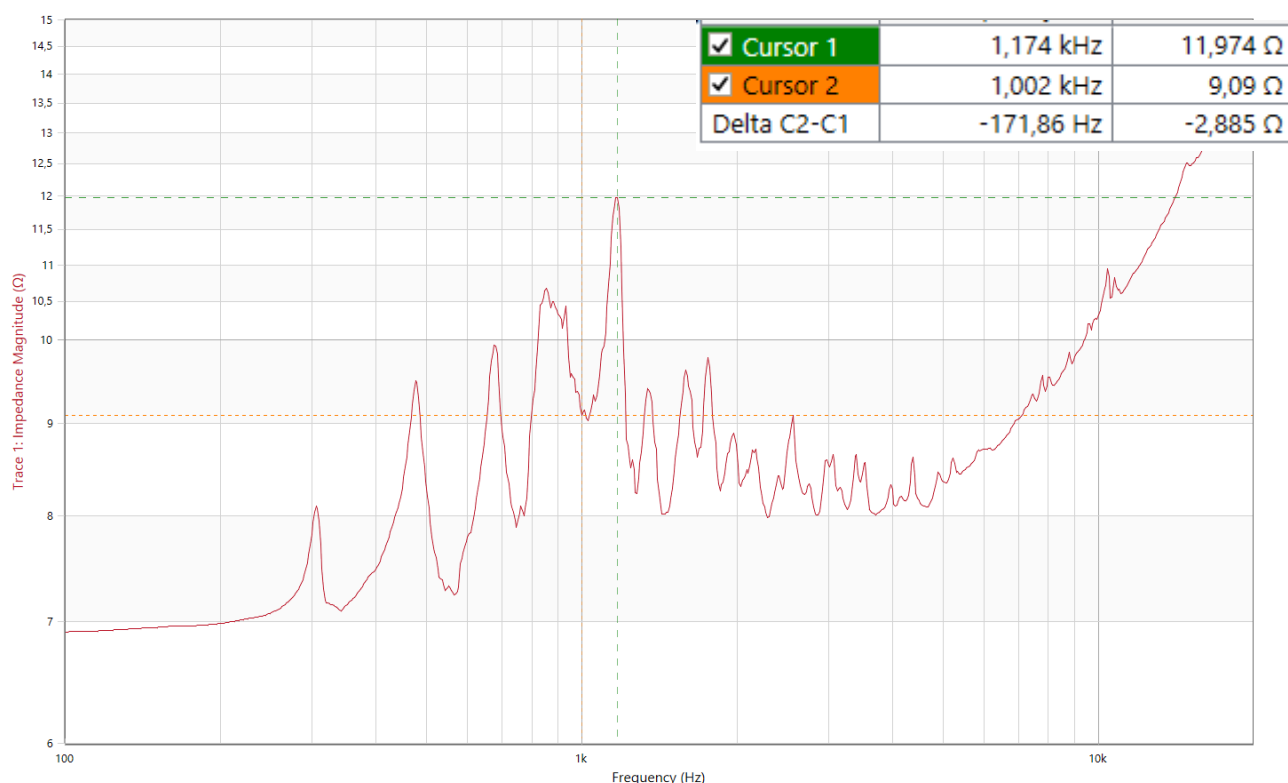
Otrs svarīgais skaļruņu parametrs ir virziendarbības diagramma, kas norāda to kā akustiskā signāla intensitāte mainās atkarībā no novērošanas virziena. Radioelektronikas akustiskā laboratorija tika iegūtas diagrammas skaļrunim, pārraidot dažādu frekvenču signālus mūs interesējošā diapazonā: 500Hz- 5kHz.



Virziena darbības diagramma rupora skaļrunim.

No grafikiem var redzēt, ka tam piemīt izteiktā virziendarbība, it īpaši pie augstākām frekvencēm, sasniedzot ap 60° pie frekvences 2kHz un tikai ap 30° pie 5kHz. Šaurā virziendarbības diagramma ļaus virzīt akustisku signālu dīķa virzienā, nepieļaujot tā lielaudas komponentu izplatīšanos uz sāniem. Līdz ar to pie iekārtas uzstādīšanas pie dīķa, būs nepieciešams ievērot skaļruņa orientāciju.

Pēdējā mērījumu sērijā ar Bodeplot 100 instrumentu tiek veikti skaļruņa impedances mērījumi atkarībā no frekvences.



Skaļruņa A impedances izmaiņa atkarībā no frekvences. Frekvenču diapazons no 100 Hz līdz 20 kHz. Ir novērojamas impedances izmaiņas ar izteiktiem maksimumiem. Lielākā izmērīta impedances vērtība ir 12 Ω pie $f = 1.17$ kHz. Augstāko frekvenču diapazonā, kurā skaļrunis tiks izmantots impedances vērtības svārstās ap 8-9 Ω, kas atbilst projektēšanas specifikācijai.

1.1.1. Akustisko signālu jaudas pastiprinātājs

Lai nodrošinātu pietiekami lielu akustisko signāla spiediena līmeni ir nepieciešams lietot pastiprinātāju. Tiks pastiprināti gan signāli, kas ies uz virszemes rupora skaļruni, gan signāli zemūdens skaļrunim.

Tehniskās prasības:

Parametrs	Vērtība, mērvienība
Elektrobarošanas spriegums	12 V DC – 42 V DC
Minimālais izejas kanālu skaits	2
Maksimāla ieejas sprieguma vērtība	3 V
Maksimāla izejas signāla jauda no 1 kanāla	60 W
Izejas signāla efektīva jauda no 1 kanāla (pie kuras tas spēj ilgstoši strādāt)	30 W
Pastiprinātāja klase	D
Lietderības koeficients	> 90 %

Šādām prasībām atbilst Wondom AA-AB33184 4-kanālu 100 W skaņas signālu jaudas pastiprinātājs, kura pamatā ir TDA7498 mikroshēma.

Ražotāja sniegta informācija par Wondom AA-AB33184:

This compact amplifier module TDA7498 in Class D is of a formidable efficiency: it delivers 4x 100W under 6 Ohm and can thus power a very wide range of speakers.

Ideal for all types of DIY projects, it will easily integrate into your audio systems thanks to its simplified implementation.

Due to its power supply range it is very convenient and can easily run on batteries. It has a Jack DC input.

Characteristics :

- Amplifier TDA7498
- Architecture Class D
- Excellent audio quality
- Active heatsink
- Line level input (2VRMS) Solder or RCA pads
- Over Current and Overtemperature Protection
- Hp protection ("plocs")
- Adjustable Gain
- Signal-to-Noise Ratio (SNR): 96dB
- Power: 100W x 4 @ 6 ohm (<10% THD + N), 70W x 4 (6 ohm, 1% THD)
- Input Impedance: 33 k ohm to 36V DC
- Frequency response: 20Hz - 22kHz to +/- 3dB
- Cut-off frequency: 360Hz
- Operating Temperature Range: 0 to 50 ° C
- Yield: 90% to 36V
- Power Requirements: 14 to 40V DC (36V recommended) via DC Jack 5.5 / 2.5mm or solder pad
- Dimensions: 122x91x35mm

Dokumentācijā ir norādīts, ka šis pastiprinātājs spēj nodrošināt 100 W lielu jaudu 6 Ω slodzē, kas pārsniedz tehniskajās prasībās norādītos datus. Šāda rezerve ir nepieciešama divu iemeslu pēc:

- ražotāji bieži uzrāda ne visai precīzus datus, kas atbilst ļoti specifiskiem testu apstākļiem;
- skaļruņu impedance var diezgan būtiski mainīties nepieciešamajā frekvenču diapazonā, ko apliecina arī mērījumu dati. Impedances izmaiņa var būtiski samazināt izejas signāla jaudu.

1.1.2. Akustisko signālu jaudas pastiprinātāja testu rezultāti

Bija nepieciešams pārbaudīt, vai ir iespējams sasniegt 30 W lielu efektīvo jaudu pastiprinātāja izejā, un pie kādiem nosacījumiem. Tika testēti 1. un 5. kanāli (numerācija ir atbilstoši platē esošai) lai varētu pārbaudīt divu skaļruņu pieslēgšanas iespējas.

Testa apstākļi:

Ir iestatīts viszemākais pastiprinājums ("Gain") abiem kanāliem: SW1: 1 = off, 2 = off; SW3: 1 = off, 2 = off.

Barošanas avota rādījumi: $V_{cc} = 36\text{ V}$, $I_{cc} = 2.06\text{ A}$

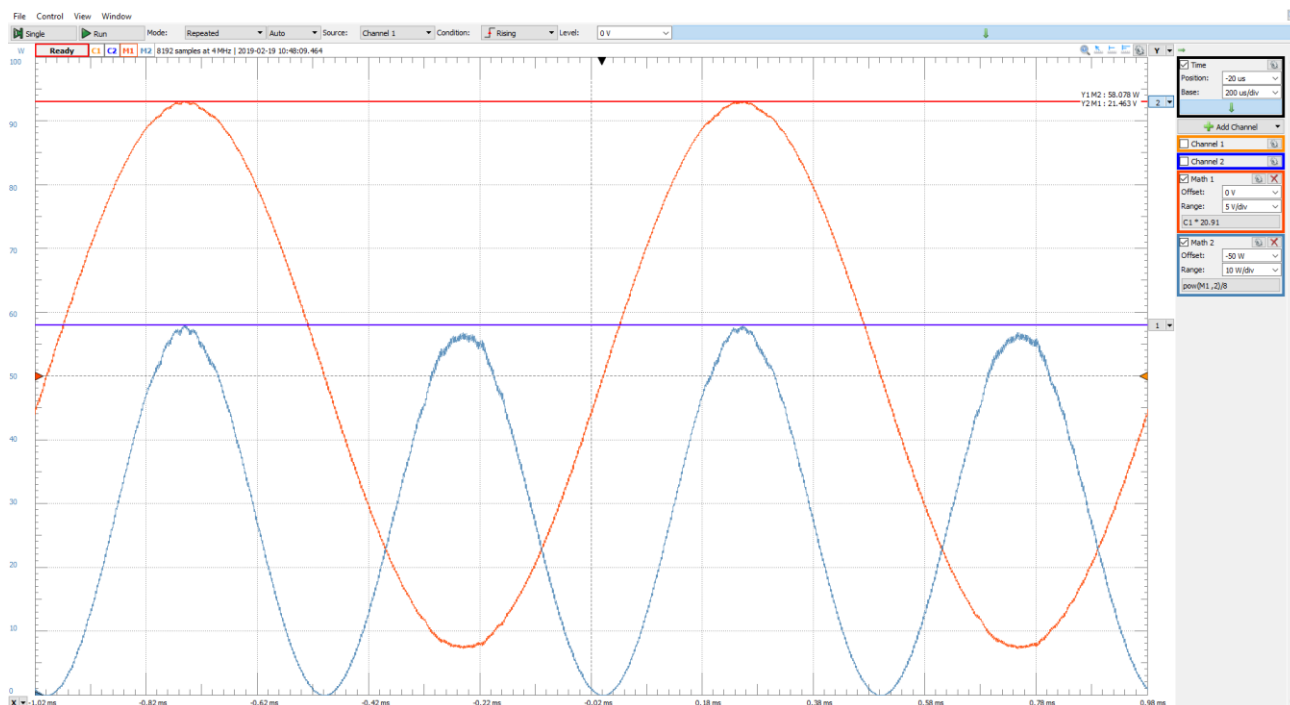
Ieejas signāla parametri: sinusoidāls signāls ar 1.17 V amplitūdu un $f = 1\text{ kHz}$. Viens un tas pats signāls tiek padots uz abiem kanāliem.

Ka slodze tika izmantoti divi lielas jaudas maiņrezistori ar 8 Ω pretestību.

Marts 29, 2019

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Izejas signāls no pirmā kanāla (CH1):



Ar sarkano krāsu tiek attēlota izejas sprieguma laika diagramma, bet ar zilo – izejas jauda. Var redzēt, ka piķa jauda sasniedz gandrīz 60 W, kas ir rupora skaļruņa maksimālā ieejas jauda. Signāls ir minimāli kropļots – ar tādu kvalitāti pilnīgi pietiks atbaidīšanas skaņu veidošanai.

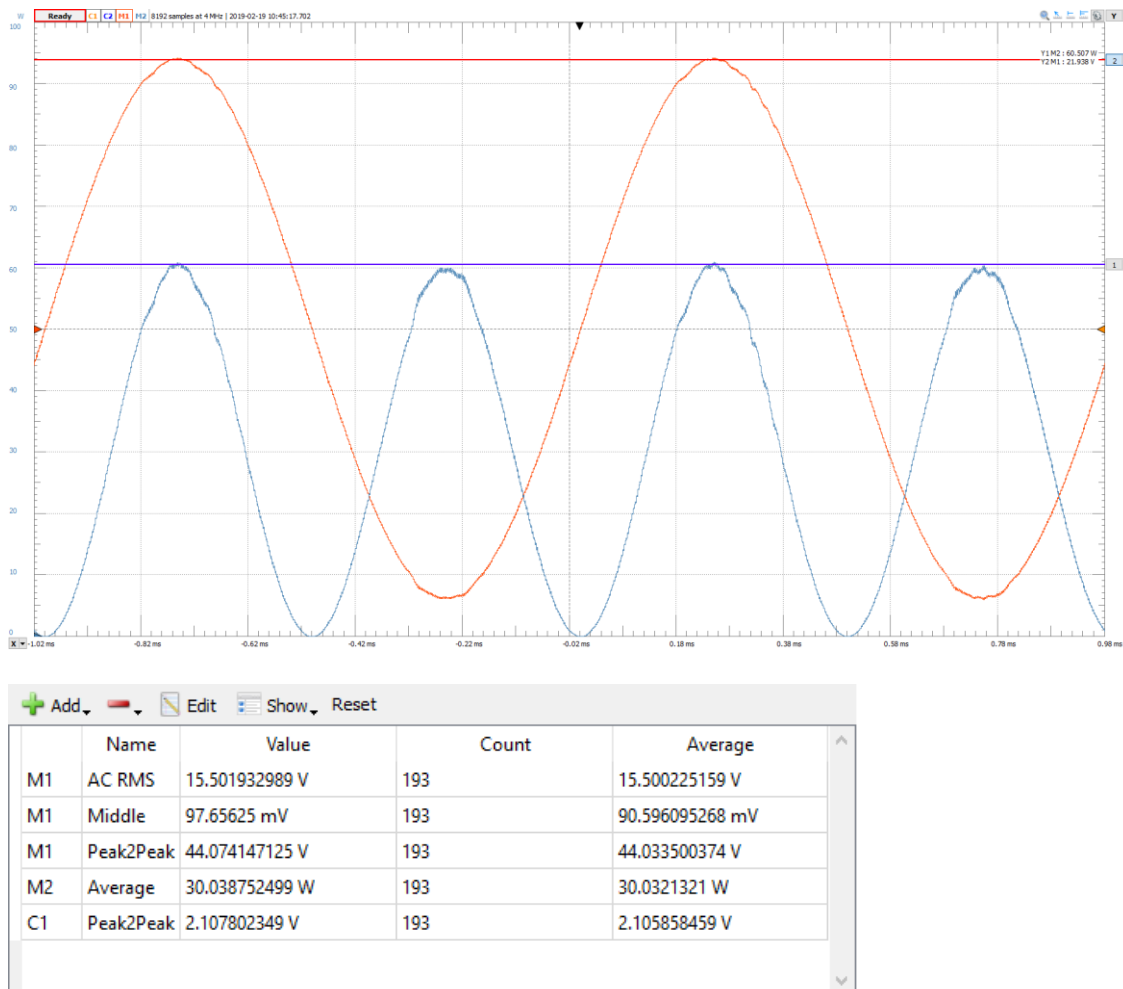
Tika piefiksēti arī citi, svarīgi signālu parametri:

	Name	Value	Count	Average
M1	AC RMS	15.087580103 V	1937	15.087932333 V
M1	Middle	157.165527344 mV	1937	125.91691379 mV
M1	Peak2Peak	42.851216352 V	1937	42.889797043 V
M2	Average	28.454510664 W	1937	28.455814864 W
C1	Peak2Peak	2.049316899 V	1937	2.051161982 V

Marts 29, 2019

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

Izejas signāls no piektā kanāla (CH5):



Rezultāti abiem kanāliem atšķiras minimāli, līdz ar to tika pārbaudīts, ka pastiprinātāju var droši izmantot divu skaļruņu signālu pastiprināšanai. Pastiprinātājam ir aktīva dzesēšanas sistēma ar ventilatoru. Testu laikā netika konstatēta pat nenožīmīgs temperatūras pieaugums.

Tika pārbaudīts arī kā uzvedas jaudas pastiprinātājs, ja barošanas spriegums ir 24 V. Šajā gadījumā, efektīvā izejas jauda krītas gandrīz uz pusi (sk. M2 Average rindu):

	Name	Value	Count	Average
M1	AC RMS	11.44198493 V	172	11.443402441 V
M1	Middle	274.658203125 mV	172	277.301877044 mV
M1	Peak2Peak	32.421562429 V	172	32.429722842 V
M2	Average	16.375163071 W	172	16.379258646 W
C1	Peak2Peak	1.55052905 V	172	1.550919313 V

Tāpēc ir nepieciešams nodrošināt pastiprinātājam 36 V DC barošanas spriegumu.

1.2. Optisko signālu ģenerēšana

Saskaņā ar AP1.3.2 atskaites datiem, kas tika iegūti, veicot optisko komponentu funkcionalitātes pārbaudi divās zivju audzētavās (ZI BIOR zivju audzētava “Tome” un tās filiāle “Dole” diķos) un Daugavas upē (zem Rīgas HES), putni nereaģē uz mazjaudas lāzeru starojumu augsta apgaismojuma apstākļos (gaišas dienas laikā). Tāpēc HAOS sistēmās izstrādē tiks izmantoti lāzeri ar starojuma jaudu ne mazāku par 500 mW.

Zaļas krāsas lāzera MGL-H-532nm-500mW ražotāja sniegtā specifikācija

Lāzera ražotāja nosaukums: Changchun New Industries Optoelectronics Tech. Co., Ltd

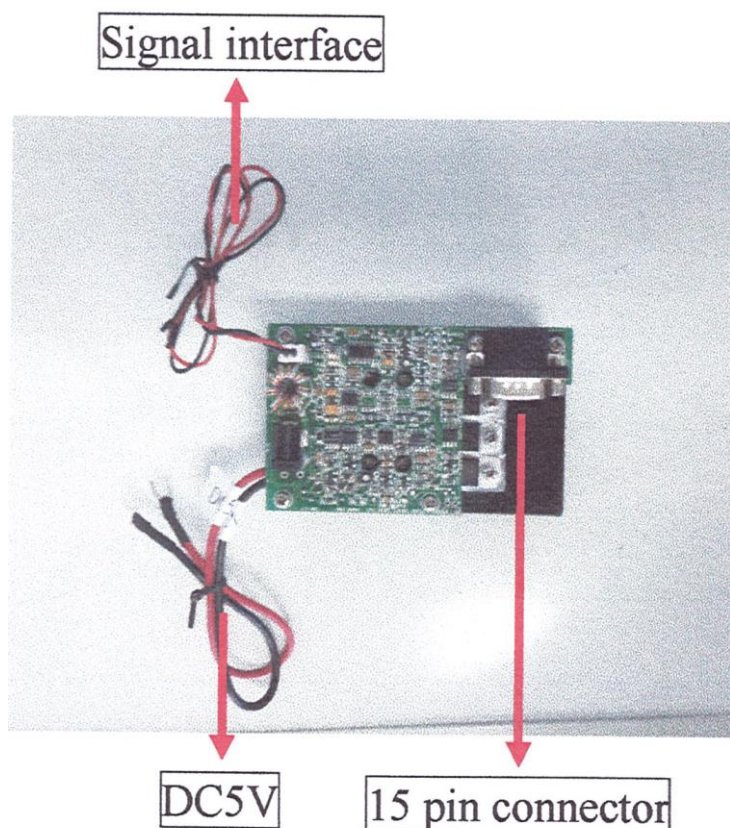
Ražotāja mājaslapa: www.cnilaser.com

Pirms izsūtīšanas lāzera ražotājs bija veicis lāzera testu. Zemāk ir pievienota testa rezultātu tabula:

Inspection reports

Items of specs	Testing	Attachments
Output Power	810mW	/
Power Stability	< 10%	/
Operating Mode	CW	/
Beam Diameter	4mm	/
Beam Divergence (full angle)	< 1mrad	/
Beam height from base	29mm	/
Warm-up Time	5mins	/
Dimensions of Laser Head	153 × 77 × 60mm ³	/
Weight of Laser Head	0.904kg	/
Power Supply	DC5V5A	/
Integrated Driver	PSU-III-OEM	/
Dimensions of Driver	100 × 62 × 56mm ³	/
Weight of Driver	0.290kg	/
Modulation	No	/

Lāzera vadības/barošanas plate ar izvadiem:



Zaļas krāsas lāzera MGL-H-532nm-500mW testēšanas dati

Testa parametri:

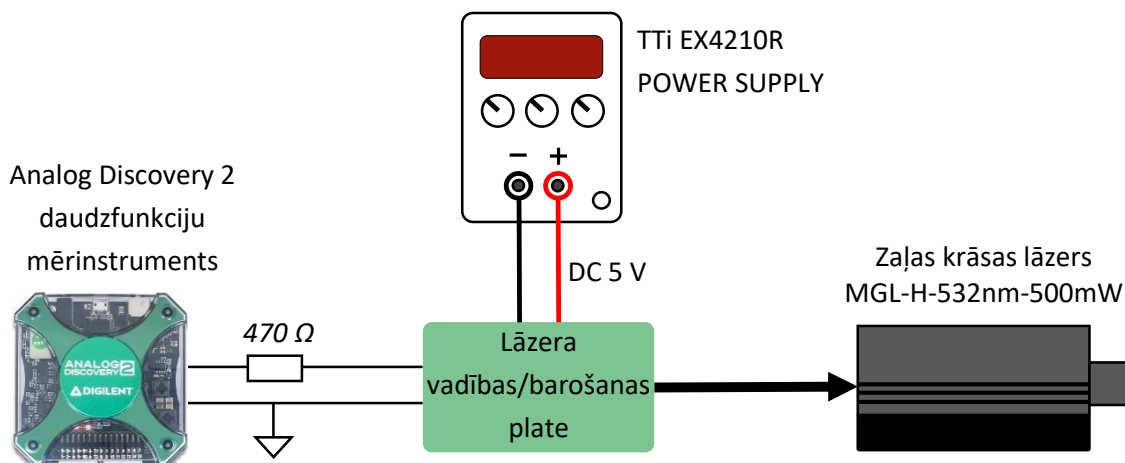
Barošanas spriegums: $U_b = 5\text{ V}$

Vadības signāla formāts: TTL

Vadības signāla frekvence: $f = 1\text{ kHz}$

Vadības signāla darbības koeficients: $D =$ tiek mainīts no 5 % līdz 100 % (pie $D = 0$ lāzera starojums ir atslēgts)

Testa slēgums:



Vadības signāla frekvences izvēles pamatojums

Saskaņā ar ražotāja sniegto informāciju vadības signāla frekvencei ir jābūt mazākai par 10 kHz.

Pie konstanta $D = 50\%$ tika pārbadīta lāzera darbība pie atšķirīgām vadības signāla frekvencēm.

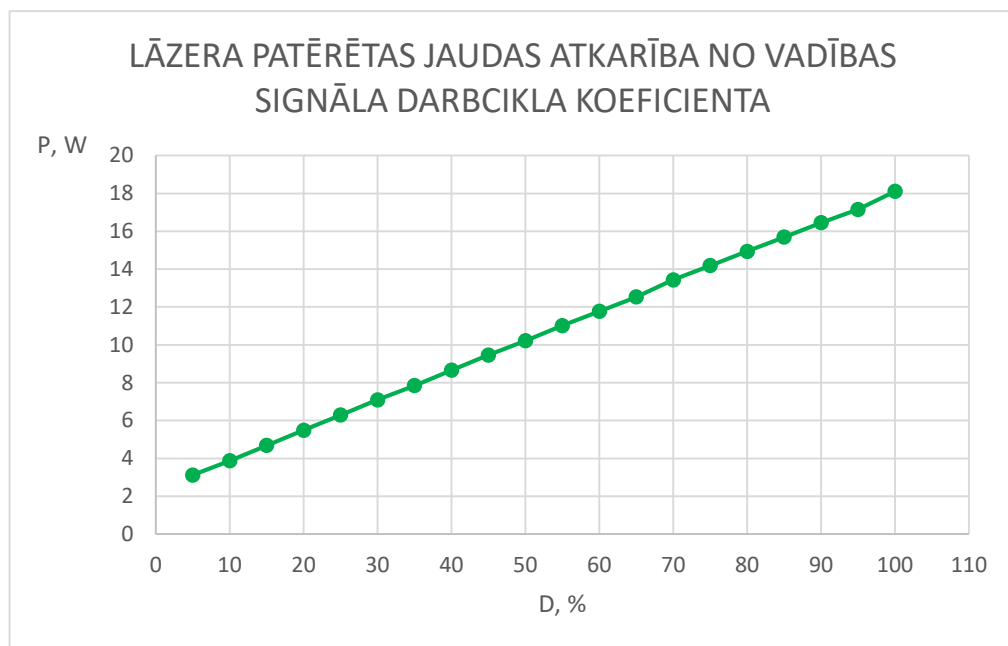
Rezultāti ir apkopoti tabulā:

f , Hz	I , A	Piezīmes
100	2 ... 2,3	novērota barošanas sprieguma un strāvas nestabilitāte
500	2,17	
1000	2,16	
2000	2,15	
5000	2,11	konstatēts akustiskais troksnis, kas nāk no lāzera barošanas/vadības plates
7000	2,09	

Saskaņā ar tabulas datiem vadības signāla frekvence var atrasties diapazonā no 500 Hz līdz 2 kHz.

Lāzera patērētās strāvas un jaudas atkarība no D:

D, %	I, A	P, W
5	0,62	3,1
10	0,77	3,9
15	0,93	4,7
20	1,09	5,5
25	1,25	6,3
30	1,41	7,1
35	1,56	7,8
40	1,72	8,7
45	1,88	9,5
50	2,03	10,2
55	2,19	11,0
60	2,34	11,8
65	2,49	12,5
70	2,67	13,4
75	2,82	14,2
80	2,97	14,9
85	3,12	15,7
90	3,27	16,4
95	3,41	17,2
100	3,6	18,1



Lāzera vadības signāla ieeja patērē 1,1 mA lielu strāvu.

Sarkanas krāsas lāzera PGL-V-H-638/ 500mW ražotāja sniegtā specifikācija

Lāzera ražotāja nosaukums: Changchun New Industries Optoelectronics Tech. Co., Ltd

Ražotāja mājaslapa: www.cnilaser.com

Pirms izsūtīšanas lāzera ražotājs bija veicis lāzera testu. Zemāk ir pievienota testa rezultātu tabula:

Model: PGL-V-H-638nm-500mW-18113238

Inspection reports

Items of specs	Testing
Output Power	516mW
Beam Expander	BEW-10X
Operating Mode	CW
Transverse Mode	Near TEM ₀₀
Beam diameter at the aperture	~5×2mm
Beam diameter at after beam expander	~4.5×1cm
Power Supply	5VDC
Integrated Driver	PSU-I-OEM
Dimensions of Driver	105×47×38mm ³
Weight of Driver	0.2kg
Modulation	NO

Sarkanas krāsas lāzera PGL-V-H-638/ 500mW testēšanas dati

Testa parametri:

Barošanas spriegums: $U_b = 5\text{ V}$

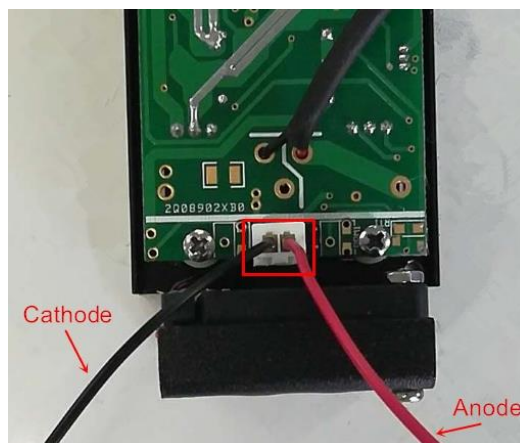
Vadības signāla formāts: TTL

Vadības signāla frekvence: $f = 1\text{ kHz}$

Vadības signāla darbības koeficients: $D =$ tiek mainīts no 5 % līdz 100 % (pie $D = 0$ lāzera starojums ir atslēgts)

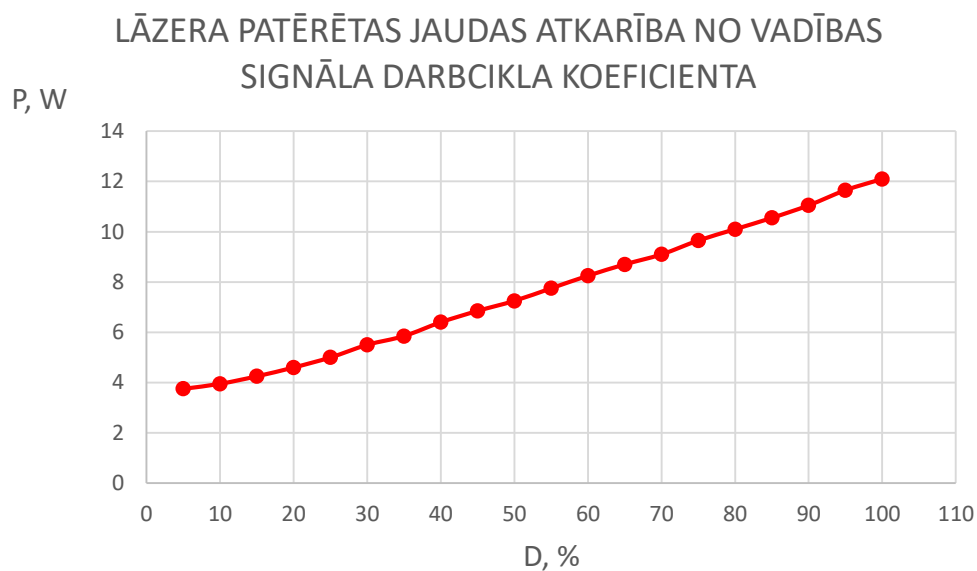
Testa slēgums ir tāds pats kā zaļas krāsas lāzera testā, kas parādīts **xx. att.**

TTL signāla pieslēgšanas vieta lāzera moduļa vadības platei:



Lāzera patērētās strāvas un jaudas atkarība no D:

D, %	I, A	P, W
5	0,75	3,75
10	0,79	3,95
15	0,85	4,25
20	0,92	4,6
25	1	5
30	1,1	5,5
35	1,17	5,85
40	1,28	6,4
45	1,37	6,85
50	1,45	7,25
55	1,55	7,75
60	1,65	8,25
65	1,74	8,7
70	1,82	9,1
75	1,93	9,65
80	2,02	10,1
85	2,11	10,55
90	2,21	11,05
95	2,33	11,65
100	2,42	12,1



Vadības signāla frekvence var atrasties diapazonā no 500 Hz līdz 2 kHz.

DP1 HAOS laboratorijas prototipa izstrāde 1.-12.mēn.

1.3. Radio komunikācijas moduļi un interfeisi

Latvijā datu pārraidei bez atļaujas var izmantot sekojošas frekvenču joslas:

- 433,05 – 434,79MHz (10mW);
- 868,0 – 870MHz (sadalīta četrās apakšjoslās; 869,4 – 869,65MHz līdz 500mW, parējās līdz 25mW);
- 2400 – 2483,5MHz (10mW).

No vienas puses lielākas frekvences izmantošana ļauj samazināt komponentu izmērus, no citas zemāka frekvence palielina izmantošanas attālumu (it īpaši, ja divi moduļi neatrodas tiešas redzamības zonā). 868MHz joslai ir vēl viena priekšrocība – raidītāja atļauta jauda ir daudz lielāka par parejām divām. Protams, moduļu izvēlei ir jāņem vērā arī citus parametrus (piem., cena, lietošanas ērtība, iespējas, pieejamība u.c.).

Saskaņā ar projekta uzdevumiem, ir nepieciešams nodrošināt drošus sakarus starp dažādiem sistēmas blokiem 1-2km attālumā.

Sākotnējos eksperimentos tika izmantotas tipiskas bezvadu moduļu antenas ar pastiprināšanas koeficientu ap 2dBi. Protams, ņemot vērā darba frekvenci.

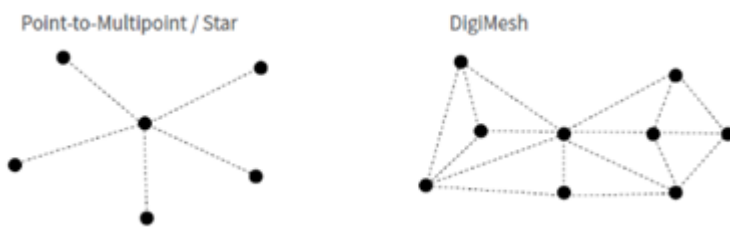


Konstruktīvi, mērījumu komplekss tika uzbūvēts kā neatkarīgie bloki ar ArduinoNANO un MAX32 vadību. Raidītāja bloks periodiski (ar intervālu 2s) sūtīja kontroliera skaitītāja lielumu. Pēc katra sūtījuma skaitītājs tika palielināts par 1. Uztvērēja bloks, saņemot kartēju ciparu, rāda to LCD ekrānā. Tika pieņemts, ka sakaru kanāls strādā, ja uztvērēja bloka displejs rāda katru ciparu pēc kārtas un bez pārtraukuma. Mērījumi notika Ķīpsalā, Elektronikas un telekomunikāciju fakultātes tuvumā. Moduļu testēšanai tika izveidotas nelielas programmas.

XBeeSX868

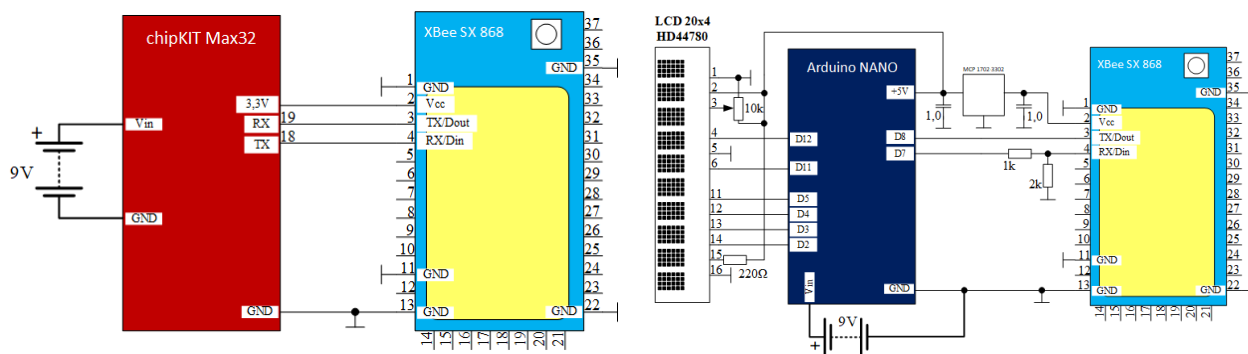
Radiofrekvenču modulis diapazonā 868MHz. Var izmantot tīkla protokolus DigiMesh (ļauj izmantot tīkla atsevišķas komponentes kā retranslatorus – tas palielina rezultējošu darba attālumu), Point-to-Multipoint un Point-to-Point.

DigiMesh tīkla īpašība ir iespēja izmantot rūterus – retranslatorus ar baterijas barošanu.



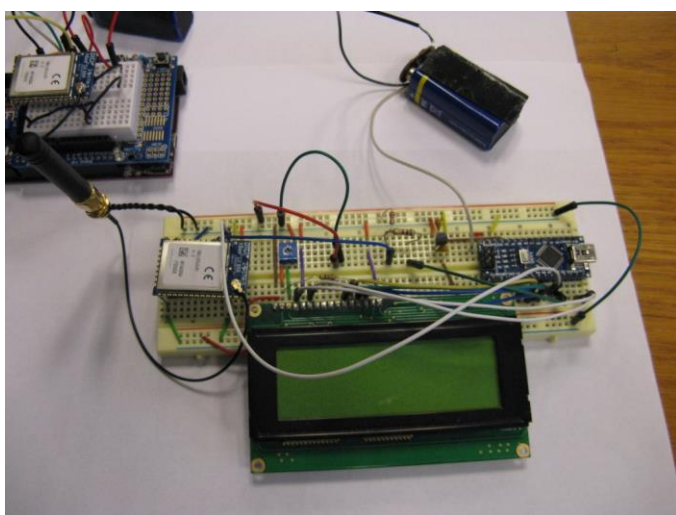
Modulis izmanto transīveri ADF7023 ar mikrokontroliera CortexM3 vadību. Datu pārraides ātrums maksimālam attālumam – 10kbps.

Pirms ieslēgšanās shēmā moduli ir nepieciešams konfigurēt ar programmas XCTU palīdzību. Lai savienotu moduli ar datoru var izmantot jebkuru USB-UART pārveidotāju ar darba spriegumu 3,3V.



Raidītāja daļa

Uztvērēja daļa



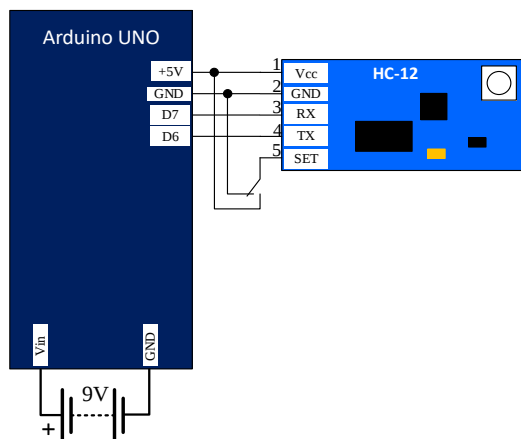
HC-12

Ļoti lēts (sk. tabulu) pusduplexais modulis ar 100 kanāliem. Parasti moduļa sastāvā transīveris Si4463 un mikrokontrolieris STM8S0003F3.

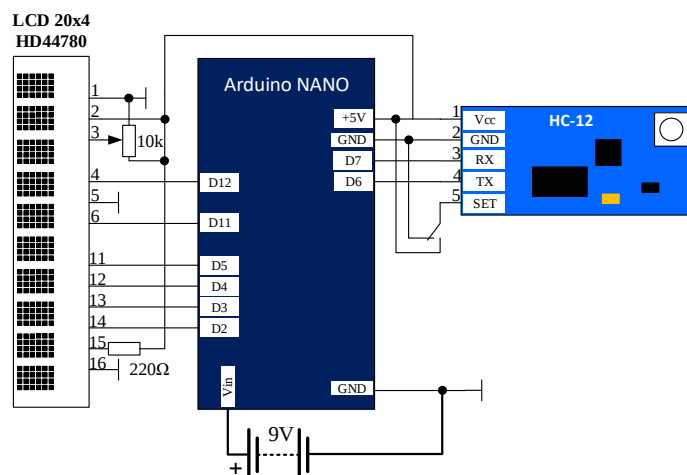
Salīdzinoši ar XBeeSX868, parametru, kurus ir iespējams mainīt ir daudz mazāk. Bet, no otras puses, tas vienkāršo moduļa izmantošanu. Nav nepieciešams izmantot speciālo datora programmu – visus parametrus var manīt ar mikrokontroliera komandām tieši ierīces darba laikā.

Ražotais deklarē distanci 1800m pilnas jaudas gadījumā (100mW). Ņemot vērā, ka Latvijā atļauta jauda šim diapazonam tikai 10mW, nav vērts gaidīt darba attālumu lielāku par dažiem simtiem metru.

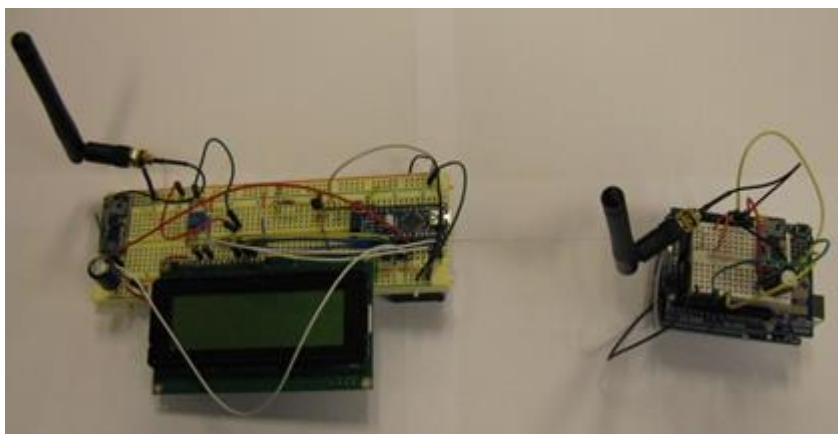
Ja kontaktu SET savienot ar zemi, tad modulis paries AT-komandu režīmā. Ja ar barošanas līniju, tad “caurspīdīgā” režīmā (būtībā UART bezvadu pagarinātājs).



Raidītāja daļa



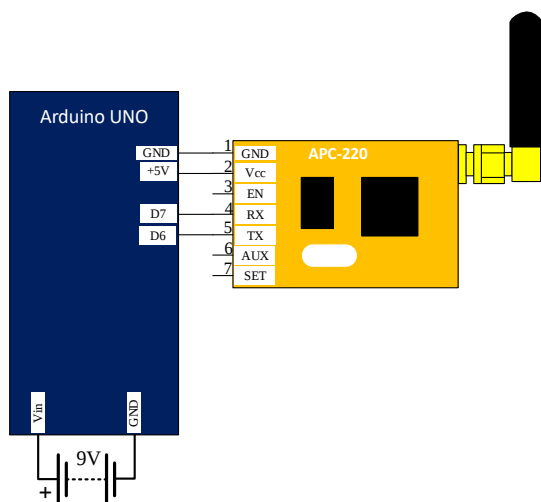
Uztvērēja daļa



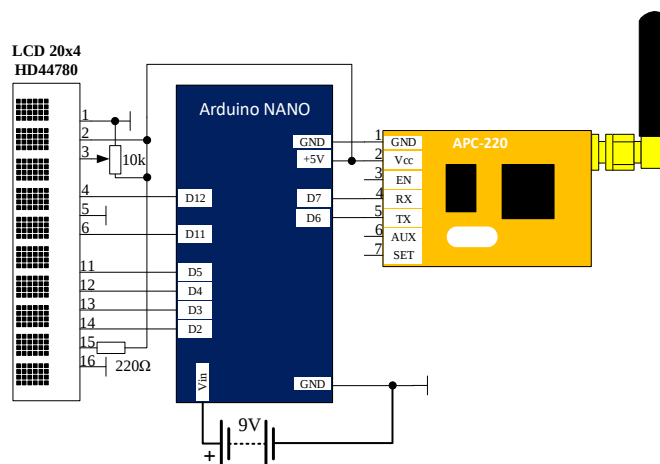
APC220

Pēc būtības tāds pats (ka hc-12) UART radioviļņu pagarinātājs.

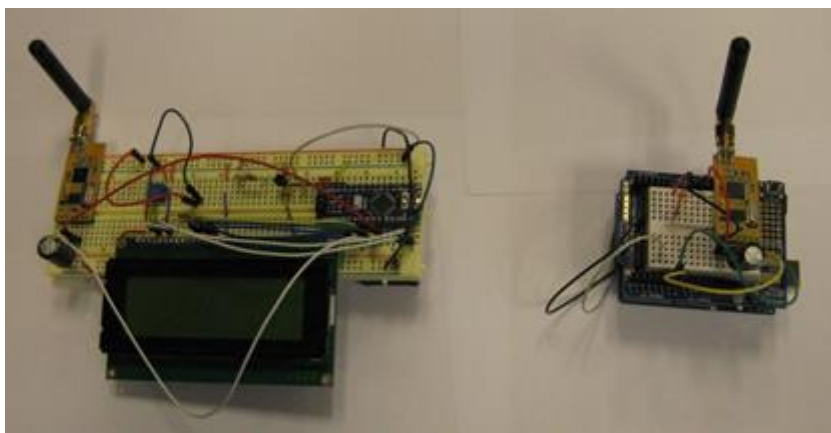
Parametru, kuru vērtības ir iespējams mainīt, arī nav daudz. Bet šeit, tomēr, arī ir vajadzīga datoru programma parametru regulēšanai. Diemžēl programmu izdevās normāli izmantot tikai ar Windows XP operētājsistēmu.



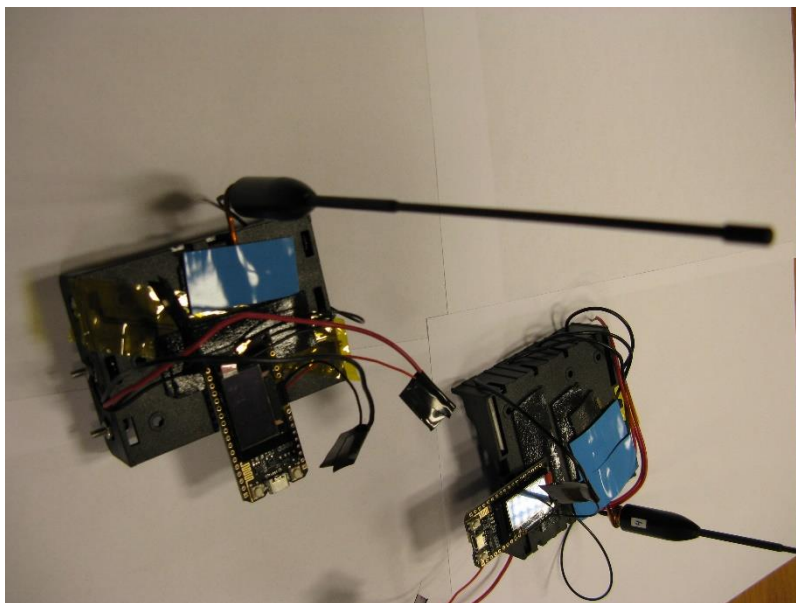
Raidītāja daļa



Uztvērēja daļa



TTGO LoRa. Antena SMA703.



Mērījumu rezultāti ir apkopoti tabulā. Va redzēt, ka manāmas priekšrocības sniedz jaunās paaudzes tālo sakaru tehnoloģija LoRa, kas nodrošināja līdz 1.7km tālos sakarus.

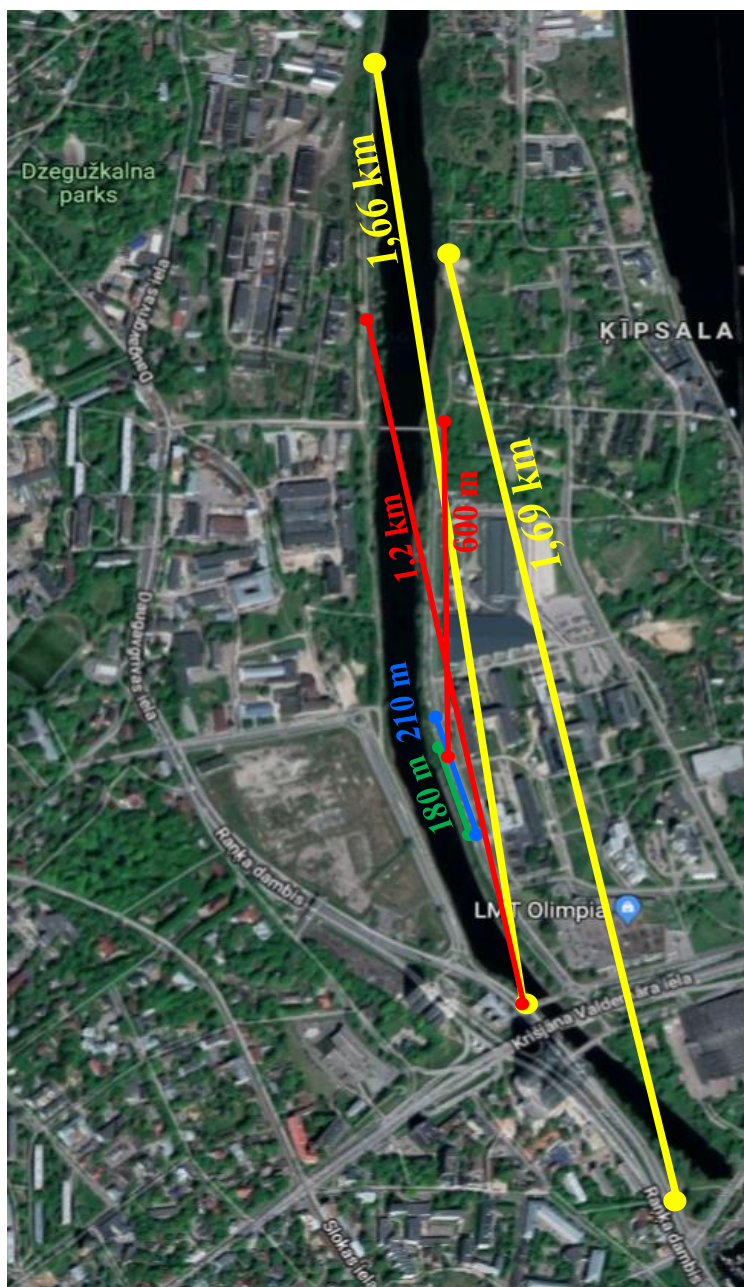
	XBeeSX868	HC-12	APC220	TTGO LoRa SX1278
Darba frekvence, MHz	863 – 870	433,4 – 473,0	431 – 478	410 - 525
Teorētiski maksimāla raidītāja jauda	32mW (15dBm)	100mW (20dBm)	20mW (13dBm)	100mW(20dBm)
Faktiskā raidītāja jauda eksperimentā, mW				10
Uztvērēja jutība, dBm	-113	-117	-113	-148
Darba spriegums, V	3,3	5	5	3,3-7
Darba attālums (dokumentācijā), m	14 500	1 800	1 200	15 000
Darba attālums (eksperimentā), m	600 (2dBi)* 1 200 (3dBi)	180 (2dBi)*	210 (2dBi)*	1 700 (2,15dBi)*
Vietnes, kur var iegādāties **, aptuvena cena	Mouser, 19EUR	Banggood, 4EUR Amazon, 8EUR GearBest, 6EUR	Mouser, 17EUR Banggood, 12EUR Amazon, 17EUR DX, 15EUR DF Robot, 20EUR	Banggood, 10EUR

* Iekavās izmantotas antenas pastiprinājums

Marts 29, 2019

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

** Tika pārbaudīti sekojošie varianti: Farnell, TME, Banggood, DigiKey, Mouser, Amazon, RS, Robotop.lv, GearBest, DF Robot, DX



TTGO LoRa SX1278 - dzeltena
XBeeSX868 - sarkana
HC-12 - zaļa
APC220 - zila

1.4. Sistēmas vadības moduļa realizācija

Lāzera stara pārvietošanas sistēma. Efektīvākai putnu atbaidīšanai ir nepieciešams, lai lāzera stars būtu kustīgs. Šīm nolūkam tika izmantots speciālā servo ierīce **YP3040**.

Ierīces pamata parametri:

- ļauj pagriezt lāzeri leņķu diapazonā no **0** līdz **355** grādiem;
- ļauj noliekt leņķu diapazonā no **10** līdz **-80** grādiem;
- barošanas spriegums ir **24AC**;
- vadība notiek izmantojot standartu **RS-485** un protokolu **Pelco-D**.



<http://www.metracom.ru/catalogue/povorotnye-ustroystva-pulny-upravleniya/axis-yp3040-pan-tilt-motor.html>

Protokols Pelco-D. Tiek izmantots virknes ports. Katrā paketē tiek sūtīti 7 baiti:

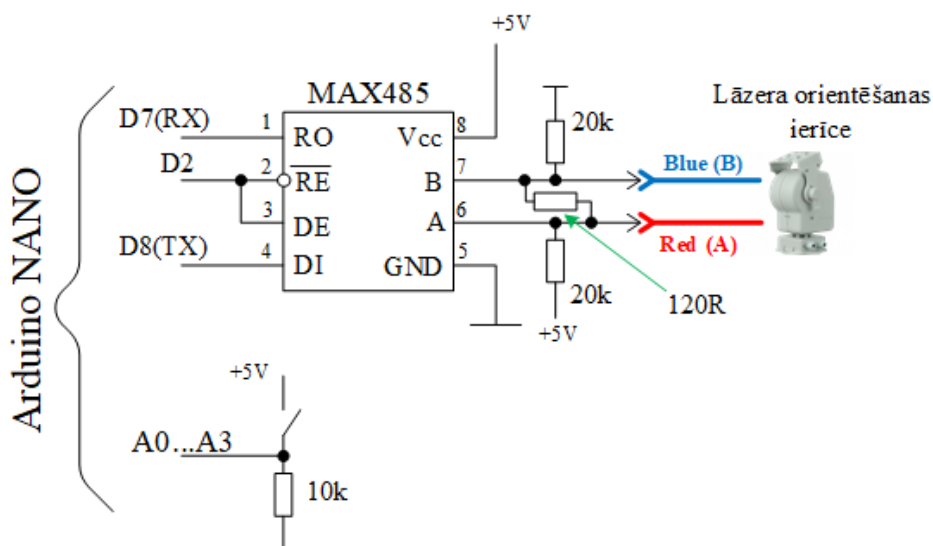
1. baits – sinhronizācija (tiek sūtīts skaitlis 0xFF);
2. baits – ierīces adrese (pēc noklusējuma – 0x01);
3. baits – pirmā komanda (piestiprinātas kameras darba parametri, tā kā mums tādas nav – 0x00);
4. baits – otrā komanda;

mūsu gadījumā

bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0	0	0	uz augšu	uz leju	pa kreisi	pa labi	0

5. baits – griešanas ātrums (0x00 – 0x3F);
6. baits – liekšanas ātrums (0x00 – 0x3F);
7. baits – kontroles summa (dalīšanas atlikums no (byte2+byte3+byte4+byte5+byte6)/256);

Izmēģinājuma maketa principiālā shēma un programmas kods tiek doti zemāk.



```
#include <SoftwareSerial.h>

int Right_Pin = A0;
int Left_Pin = A1;
int Up_Pin = A2;
int Down_Pin = A3;
int Enable_Pin = 2;

int Tx_Pin = 8;
int Rx_Pin = 7;

const int Right = B00000010; // Komandas maska
const int Left = B00000100; // Komandas maska
const int Up = B00001000; // Komandas maska
const int Down = B00010000; // Komandas maska

const int SpeedRL = 0x3F; // Griešanas ātrums
const int SpeedDU = 0x3F; // Liekšanas ātrums
const int Addr = 0x01; // Ierīces adrese

SoftwareSerial newSerial = SoftwareSerial(Rx_Pin, Tx_Pin);

int Command;

void setup()
{
  pinMode(Rx_Pin, INPUT);
  pinMode(Tx_Pin, OUTPUT);
  newSerial.begin(2400);
  Serial.begin(9600);

  pinMode(Right_Pin, INPUT);
  pinMode(Left_Pin, INPUT);
  pinMode(Up_Pin, INPUT);

```

```
pinMode(Down_Pin, INPUT);

pinMode(Enable_Pin, OUTPUT);
digitalWrite (Enable_Pin, HIGH); // Ieslēgt RS-485 draiveri

}

void SendData(byte command_2)
{
    int command_1 = 0x00;
    int CheckSum = 0;
    CheckSum = Addr + command_1 + command_2 + SpeedRL + SpeedDU;
    CheckSum %= 256;
    newSerial.write(0xFF);
    newSerial.write(Addr);
    newSerial.write(command_1);
    newSerial.write(command_2);
    newSerial.write(SpeedRL);
    newSerial.write(SpeedDU);
    newSerial.write(CheckSum);

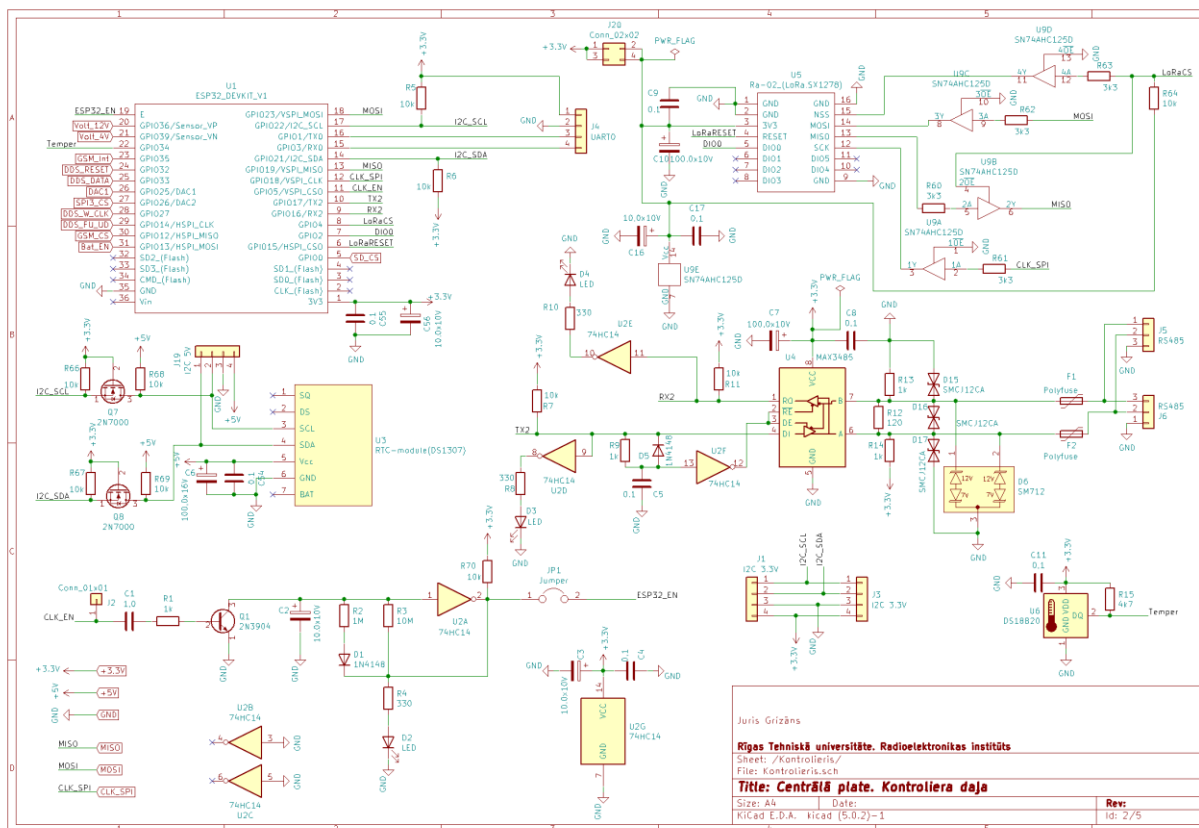
    Serial.println("ID=" + String(Addr) + " Command 1=" + String(command_1) + "
Command 2=" + String(command_2) + " Speed_G=" +String(SpeedRL) + " Speed_V="
+String(SpeedDU)+ " Sum=" + String(CheckSum));
}

void loop()
{
    delay(200);
    Command = 0;
    if (digitalRead(Right_Pin) == HIGH) Command = Command | Right;
    if (digitalRead(Left_Pin) == HIGH) Command = Command | Left;
    if (digitalRead(Up_Pin) == HIGH) Command = Command | Up;
    if (digitalRead(Down_Pin) == HIGH) Command = Command | Down;

    SendData (Command);
}
```

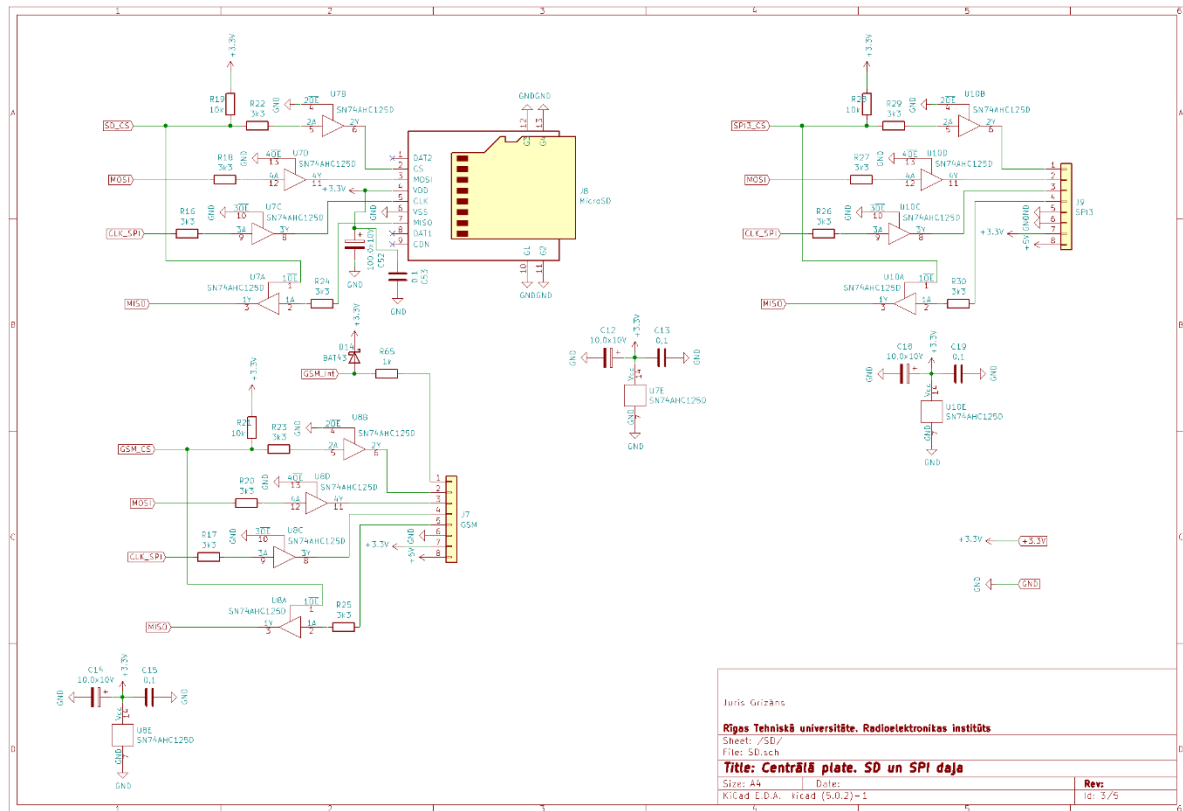
1.4.1. Vadības moduļu principiālās shēmas

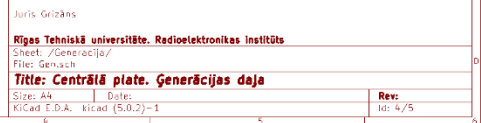
Akustisko un optisko komponentu vadībai tiek izmantots vienots vadības modulis, kura principiālās shēmas ir norādītas tālākos zīmējumos.



Marts 29, 2019

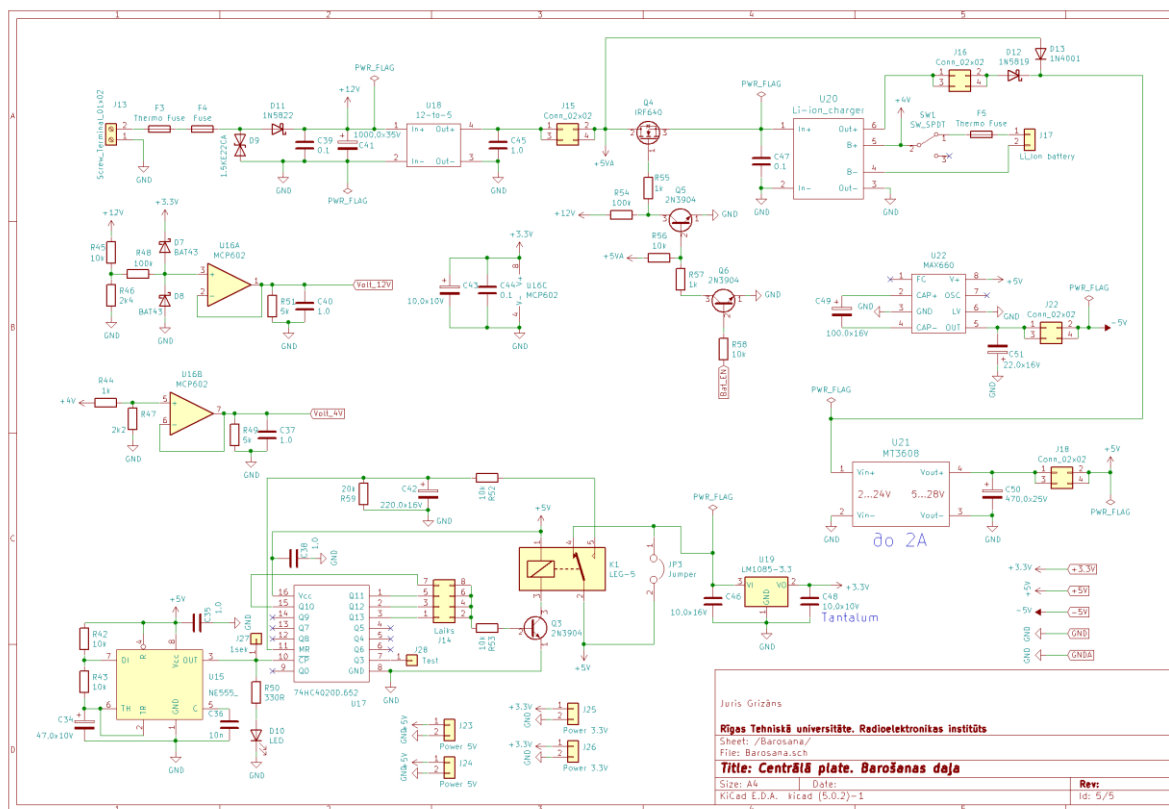
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001





Marts 29, 2019

Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001



Elementi	Parametri	Korpuss	Cena, EUR (ar PVN)			Firma
			par 1 gab.	gab. vienai platei	kopā	
C1, C4, C5, C8, C9, C11, C13, C15, C17, C19, C26, C27, C31, C32, C33, C35, C37, C38, C39, C40, C44, C45, C47, C53, C54, C55	1,0x50V; X7R	1206	0,1	26	2,6	TME
C2, C3, C12, C14, C16, C18, C25, C29, C30,	10,0x16V	Ø4x5.3mm	0,1	13	1,3	TME

C43, C46, C48, C56						
C6, C20, C49, C7, C10, C52	100,0x16V	Ø6.3x5.3mm	0,14	6	0,84	TME
C21, C22, C23, C24, C36	10nF	1206	0,48	5	2,4	TME
C28	470-510pF; X7R	1206	0,14	1	0,14	TME
C34	47,0x10V	Ø5x5.3mm	0,14	1	0,14	TME
C41	1000,0x35V	Ø12.5x20mm	0,36	1	0,36	TME
C42	220,0x16V	Ø8x10mm	0,26	1	0,26	TME
C50	470,0x25V	Ø10x16mm	0,48	1	0,48	TME
C51	22,0x16V	Ø5x5.8mm	0,22	1	0,22	TME
R1, R9, R13, R14, R33, R34, R44, R55, R57, R65	1k, ±1%	1206	0,04	10	0,4	Salvats
R2	1M; ±1%	1206	0,04	1	0,04	Salvats
R3	10M; ±1%	1206	0,04	1	0,04	Salvats
R4, R8, R10, R50	330R; ±1%	1206	0,04	4	0,16	Salvats
R5, R6, R7, R11, R19, R21, R28, R42, R43, R45, R52, R53, R56, R58, R64, R66, R67, R68, R69, R70	10k, ±1%	1206	0,04	20	0,8	Salvats
R12	120R, ±1%	1206	0,04	1	0,04	Salvats
R15	4,7k, ±1%	1206	0,05	1	0,05	Salvats
R16, R17, R18, R20, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R29, R30, R60, R61, R62, R63	3,3k, ±1%	1206	0,04	16	0,64	Salvats
R31, R32	200R, ±1%	1206	0,04	2	0,08	Salvats
R35	510R, ±1%	1206	0,04	1	0,04	Salvats
R36	3,3M, ±5%	1206	0,04	1	0,04	Salvats
R37	1,5k, ±1%	1206	0,04	1	0,04	Salvats
R38, R39, R47	2,2k, ±1%	1206	0,04	3	0,12	Salvats

R40, R41, R49, R51	5,1k, ±1%	1206	0,04	4	0,16	Salvats
R46	2,4k, ±1%	1206	0,04	1	0,04	Salvats
R48, R54	100k, ±1%	1206	0,04	2	0,08	Salvats
R59	20k, ±1%	1206	0,04	1	0,04	Salvats
RV1, RV2	1k	3/8"; 10x9.5x4.8mm	0,3	2	0,6	Salvats
D1, D5	1N4148	1206	0,07	2	0,14	Salvats
D2	LED dzeltens, 3mm, LL-304YD2Y	Ø3x6.12mm; 2.54	0,09	1	0,09	Salvats
D3	LED sarkans, 3mm, LL-304IDF	Ø3x6.12mm; 2.55	0,13	1	0,13	Salvats
D4	LED zaļš 3mm, LL-304GDF	Ø3x6.12mm; 2.56	0,09	1	0,09	Salvats
D10	LED zils 3mm, OSB4YU39B 1B	Ø3x6.12mm; 2.57	0,19	1	0,19	Salvats
D6	SM712	SOT23-3	0,63	1	0,63	TME
D7, D8, D14	BAT43	MiniMELF	0,09	3	0,27	TME
D9	1.5KE22CA	DO-15	0,18	1	0,18	TME
D11	1N5822	DO201	0,27	1	0,27	
D12	1N5819	DO41	0,09	1	0,09	TME
D13	1N4001	DO41	0,07	1	0,07	TME
D15, D16, D17	SMCJ12CA	DO214AB	0,46	3	1,38	Salvats
F1, F2	PTC fuse	-	0,16	2	0,32	TME
F3, F5	TH66°C 10A 250V			2	0	
F4	Fuse holder	5x20mm	0,34	1	0,34	Salvats
J1, J3, J19	1x04, NS25- W4P	NS25; 2,54mm	0,14	3	0,42	Salvats
J2, J27, J28	1x01		0,18	3	0,54	Salvats
J4	1x04		0,18	1	0,18	Salvats
J5	1x03, NS25- W3P	NS25; 2,54mm		1	0	Salvats
J6	1x03, screw	12.5x9x20mm	0,3	1	0,3	Salvats
J7, J9	1x08, NS25- W8P	NS25; 2,54mm	0,14	2	0,28	Salvats
J8	MicroSD	-	1,41	1	1,41	TME
J10	1x03	2.54mm	0,18	1	0,18	Salvats
J11, J12, J13	1x02, screw	12.5x9x10mm	0,23	3	0,69	Salvats
J14	2x04	2.54mm	0,18	1	0,18	Salvats
J15, J16, J18, J20, J22	2x02	2.54mm	0,18	5	0,9	Salvats

Marts 29, 2019

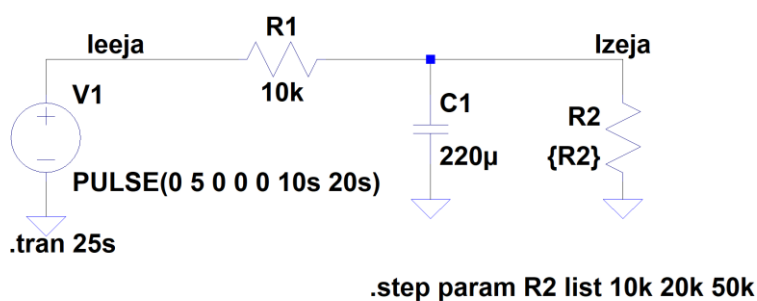
Projekts „Hibrīdās intelektuālās akustiski-optiskās sistēmas izstrāde nemedijamo un migrējošu putnu sugu nodarīto postījumu samazināšanai Latvijas akvakultūras nozarē” Nr. 17-00-F02201-000001

J17	1x02; Li-ion_charger	B2B-XH-A; 2.5mm	0,16	1	0,16	Salvats
J23, J24, J25, J26	1x02, NS25-W2P	NS25; 2,54mm	0,09	4	0,36	Salvats
JP1, JP3	1x02	2.54mm	0,18	2	0,36	Salvats
JP2	1x03	2.54mm	0,18	1	0,18	Salvats
K1	LEG-5	19.5 x 15.8 x 15mm	0,56	1	0,56	
L1, L2	10mH	Ø9.5x10.5mm	0,74	2	1,48	TME
Q1, Q3, Q5, Q6	2N3904	TO92	0,04	4	0,16	TME
Q2, Q7, Q8	2N7000	TO92	0,09	3	0,27	TME
Q4	IRF640	D2PAK	0,93	1	0,93	TME
SW1	SW_SPDT	PSB, M6, 13.2x7.9x9.5 mm	0,87	1	0,87	Salvats
U1	ESP32_DEV KIT_V1	-	9,08	1	9,08	Banggood
U2	74HC14	SO14	0,3	1	0,3	TME
U3	RTC-module(DS1307)	-	3,97	1	3,97	Banggood
U4	MAX3485	SO8	4,81	1	4,81	TME
U5	Ra-02_(LoRa,SX1278)	-	4,31	1	4,31	Banggood
U6	DS18B20	TO92	1,91	1	1,91	TME
U7, U8, U9, U10	SN74AHC125D	SO14	0,23	4	0,92	TME
U12	HC-SR08_(AD9850)	-	13,51	1	13,51	AliExpress
U13	MCP601	MCP601.54mm	0,66	1	0,66	TME
U14	AD8055	SO8	2,57	1	2,57	TME
U15	NE555	SO8	0,33	1	0,33	Salvats
U16	MCP602	SO8	0,94	1	0,94	TME
U17	SN74HC4020D	SO16	0,61	1	0,61	TME
U18	12-to-5	-	2,22	1	2,22	Banggood
U19	LM1085-3.3	TO263	3,68	1	3,68	TME
U20	Li-ion_charger	-	1,09	1	1,09	Banggood
U21	MT3608	-	0,59	1	0,59	Banggood
U22	MAX660	SO8	7,47	1	7,47	TME
Iespiestā plate			6	1	6	JLCPCB
holder 1x18-2.gab for modules	20 pin	2.54mm	0,25	4	1	Salvats

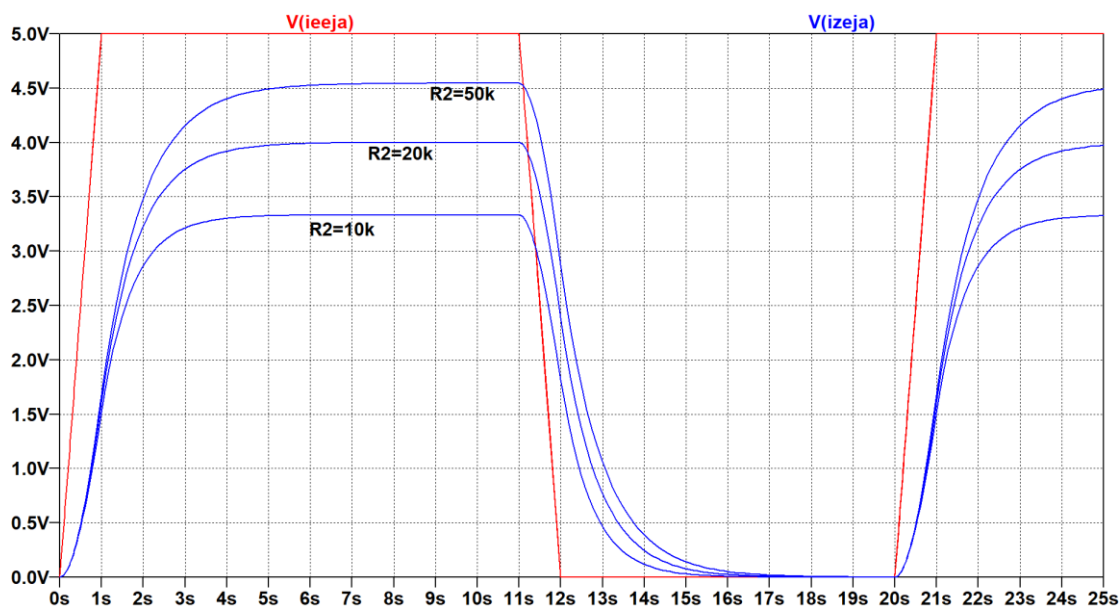
jumper contact	JUMPER-B-Z	2,54mm	0,04	7	0,28	Salvats
Kabelis 433MHz			3,63	1	3,63	Banggood
Antenna	433MHz		3,76	1	3,76	
Kopā, EUR:					100,39	

1.4.2. Vadības moduļu darbības modelēšana

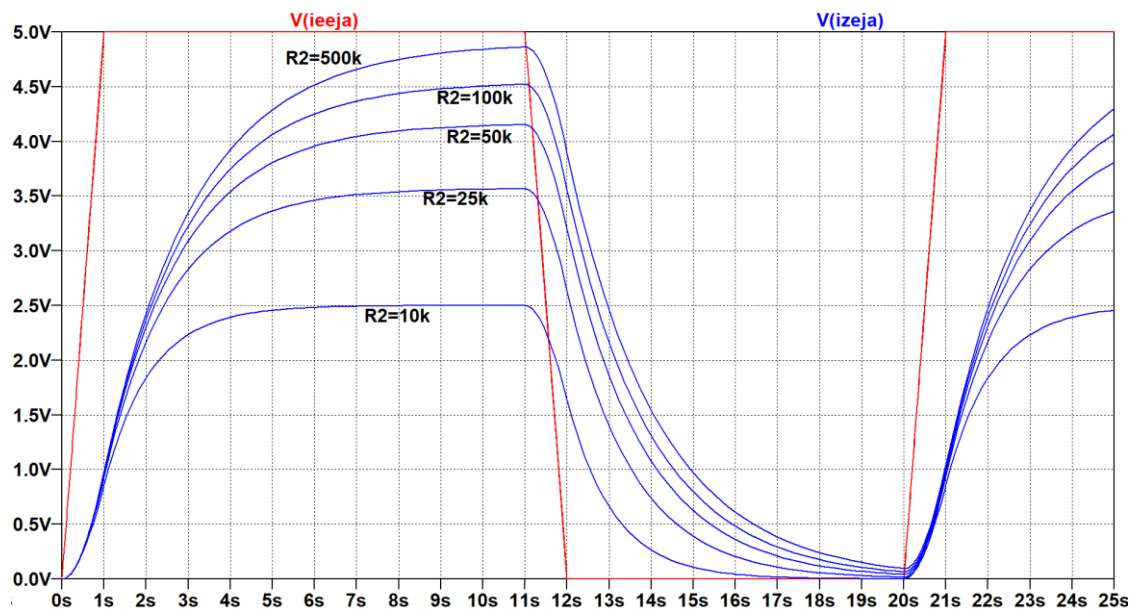
Restartēšanas moduļa laika noteikšanas elementu parametru izvēle (princiālas shēmas elementi R52, C42 un R59). Ņemot vērā loģikas spriegumu līmeņus, ir nepieciešams nodrošināt kritisko spriegumu sasniegšanu aizkavējumu. Mikroshēmas SN74HC4020 (princiālā shēmā – U17) datu lapa rada, ka loģiskā “1” minimālais spriegums ir $\approx 3,5V$, bet loģiskā “0” maksimālais spriegums ir $\approx 1,5V$.



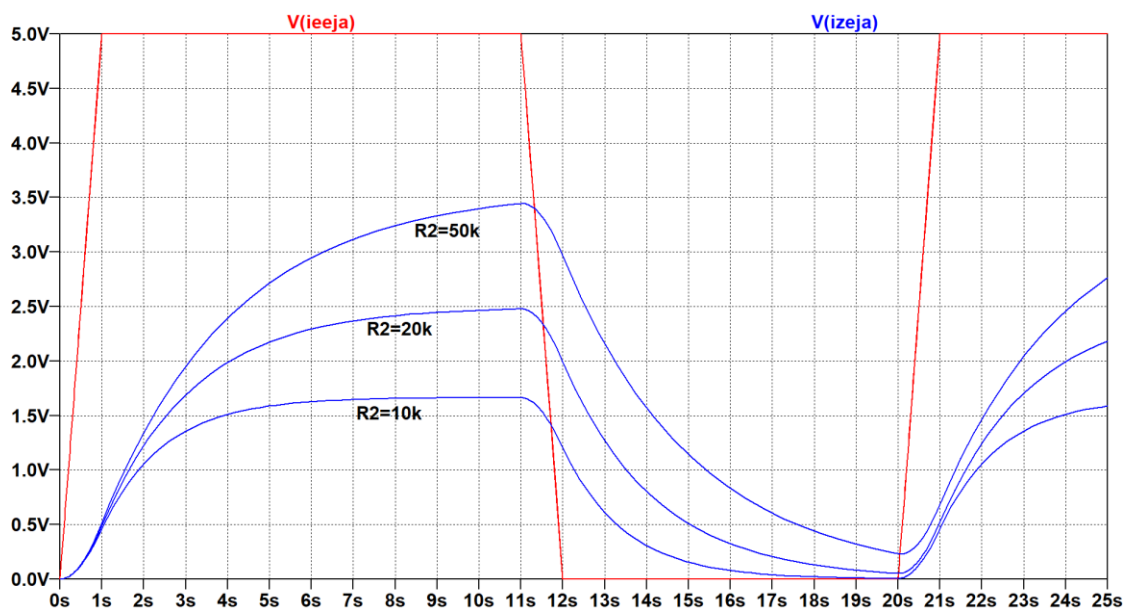
No zemāk parādītām laika diagrammām ir redzams, ka variants $R1=20k\Omega$ vispār neder, tā kā izejošais spriegums nesasnies loģiskā “1” minimālo spriegumu. Kondensatora kapacitāti palielināt nav vēlams, līdz ar to $R1=5k\Omega$ dos pārāk nelielu aizkavējumu. Ar rezistoru $R1=10k\Omega$ apmierinošu rezultātu dos $R2$ ar pretestību $25k\Omega$ un lielāk. Ņemot vērā, ka mikroshēmas ieejas pretestība ir $6M\Omega$, var izmantot $R2$ ar pretestību līdz $500k\Omega$. Piemēram, konfigurācija $R1=10k\Omega$, $R2=50k\Omega$ un $C1=220mF$ dos kopēju aizkavējumu 6,5 sekundes.



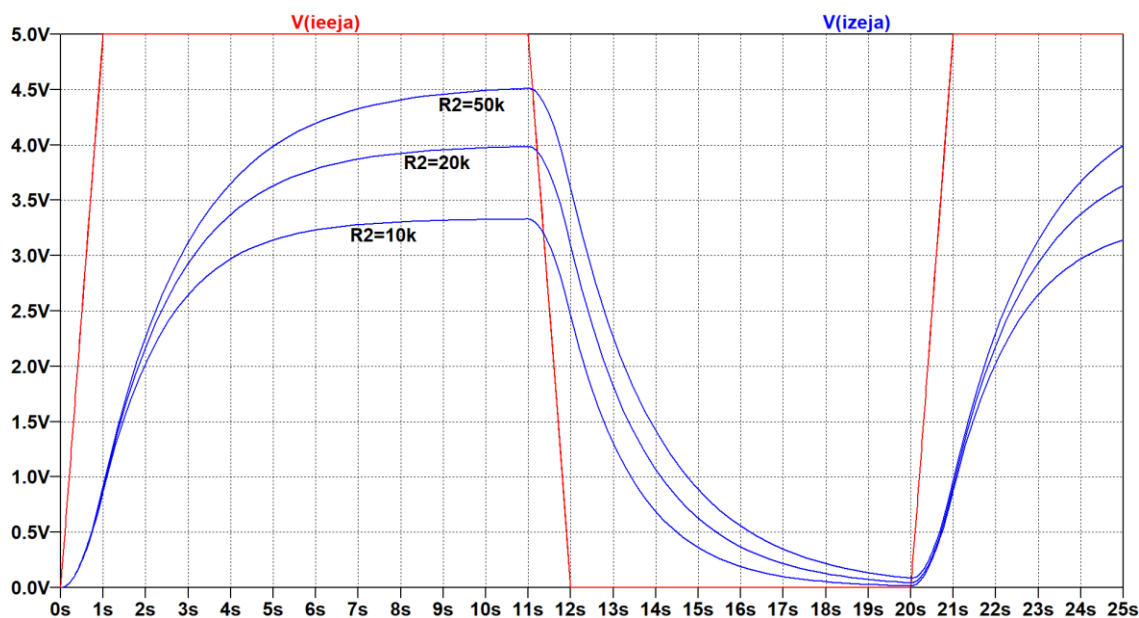
Laika diagramma shēmai ar $R1=5k\Omega$ un $C1=220\mu F$.



Laika diagramma shēmai ar $R1=10k\Omega$ un $C1=220\mu F$.

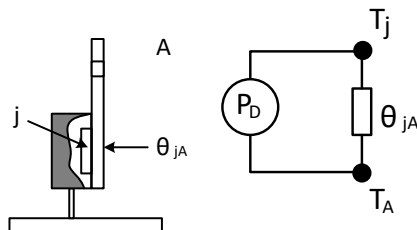


Laika diagramma shēmai ar $R1=20k\Omega$ un $C1=220\mu F$.



Laika diagramma shēmai ar $R1=5k\Omega$ un $C1=470\mu F$.

Vadības moduļa shēmā ir divi spēka elementi ar palielinātu strāvu – sprieguma stabilizators LM1085(U19) un lauka tranzistors IRF640(Q4). Tādos gadījumos ir nepieciešams temperatūras režīma aprēķins. Abiem elementiem tiek pieņemts variants bez arēja radiatora (ir jāņem vērā kristāls-vide termisku temperatūru $R_{\theta JA}$). Aprēķiniem tika pieņemts standarta modelis: $T_J = R_{\theta JA} \cdot P_D + T_A$.



Stabilizatora kristāla maksimālā temperatūra ir $T_J = 125^\circ\text{C}$, termiskā pretestība $R_{\theta JA} = 40,6^\circ\text{C}/\text{W}$ un ārējās vides temperatūra $T_A = 50^\circ\text{C}$. Ir nepieciešams aprēķināt maksimāli pieļaujamu strāvu I_D , kuru izturēs mikroshēma bez papildradiatora:

$$\text{Maksimāli iespējamā izdalītā jauda: } P_D = \frac{T_J - T_A}{R_{\theta JA}} = \frac{125 - 50}{40,6} = 1,85\text{W}.$$

$$\text{Maksimāli iespējamā izejoša strāva: } P_D = I_D \cdot (U_{ie} - U_{iz}) \Rightarrow I_D = \frac{P_D}{(U_{ie} - U_{iz})} = \frac{1,85}{5 - 3,3} = 1,09\text{A},$$

kur: U_{ie} – stabilizatora ieejas spriegums, V; U_{iz} – stabilizatora izejas spriegums, V.

Analizējot principiālu shēmu, tika prognozēts, ka reālā strāva ne pārsniegs 500mA. Katram gadījumam, projektējot plati, ir izdalīta vieta papildus radiatoram.

Tranzistora kristāla maksimālā temperatūra ir $T_J = 175^\circ\text{C}$, termiskā pretestība $R_{\theta JA} = 62^\circ\text{C}/\text{W}$, tranzistora pretestība atvērtā režīmā $R_{DS} = 0,18\Omega$ un ārējās vides temperatūra, tapāt kā iepriekšējā gadījumā, $T_A = 50^\circ\text{C}$:

$$\text{Maksimāli iespējamā izdalītā jauda: } P_D = \frac{T_J - T_A}{R_{\theta JA}} = \frac{175 - 50}{62} = 2\text{W}.$$

$$\text{Maksimāli iespējamā izejoša strāva: } P_D = I_D^2 \cdot R_{DS} \Rightarrow I_D = \sqrt{\frac{P_D}{R_{DS}}} = \frac{2}{0,18} = 3,3\text{A}.$$

Tā kā šis tranzistors komutē rezerves akumulatora lādētāja strāvu, tā ne pārsniegs 1A.

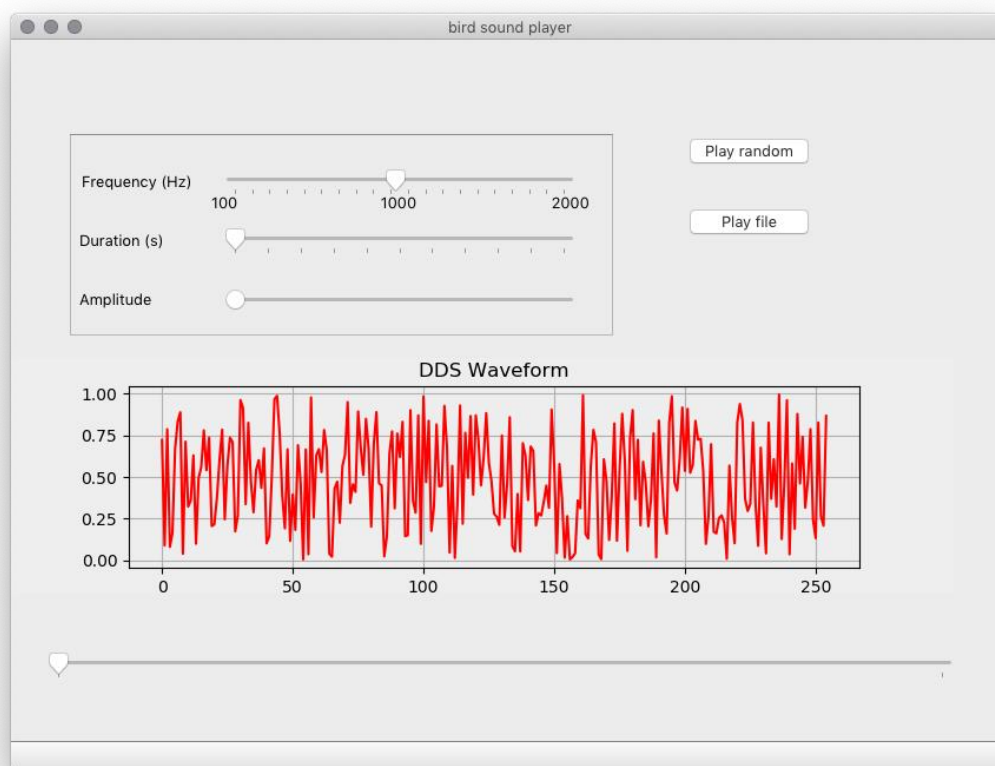
1.4.3. MATLAB interfeisa izstrāde un realizācija

Uz DDS balstīta signālu generatora programma.

Lai nodrošinātu signālu sagatavošanu un testēšanu pirms ielādes atskaņošanas iekārtā tika izveidota Python programmatūra galda datoram, kas ļauj ielādēt DDS failus no diska, rediģēt tos un atskaņot tos caur datora skaļruni. Python programma izmanto sekojošas Python bibliotēkas:

PyQt5	Grafiskais interfeiss
numpy	Darbs ar vektoriem un matricām, aprēķini.
pyaudio	Skaņas izvads
math	Aprēķini
matplotlib	grafiku attēlošana

Programmas lietotāja saskarne ir attēlota zemāk:



Python kā izstrādes platforma tika izvēlēts tāpēc ka tas ir bezmaksas rīks kuram ir radīts liels skaits bibliotēku, kas nodrošina teicamu funkcionalitāti un izstrādes elastību.

MATLAB skripts audio uz DDS konvertācijas testēšanai

Salīdzinot ar Mathworks MATLAB programmatūru Python nenodrošina tikpat plašu signālu apstrādes iespēju daudzveidību. Tamdēļ MP3 un WAV failu konvertācija uz specifisko DDS formātu tika sākumā izstrādāta MATLAB vidē, uzlabots konvertācijas algoritms un vēlāk tas tika pārnests uz Python.

Zemāk ir dots MATLAB skripta koda fragments, kas nodrošina audio failu (MP3, WAV u.c.) konvertāciju uz DDS un DDS signāla konvertāciju atpakaļ audio signālā.

```
y = audioread(filename, ([start (start+len)]*fs)+1);
y=y(:,1); %drop stereo

df=fs/bins;
maxidx = floor(10e3/df);
s = spectrogram(y,bins,overlap);
sz = size(s);
freqs=zeros(sz(2),1);
amps=zeros(sz(2),1);

dds_rate = sz(2)/len
dds_tau = 1/dds_rate;
dds_block = floor(dds_tau*fs);
syn=zeros(len*fs,1);
t=0:1/fs:dds_tau;

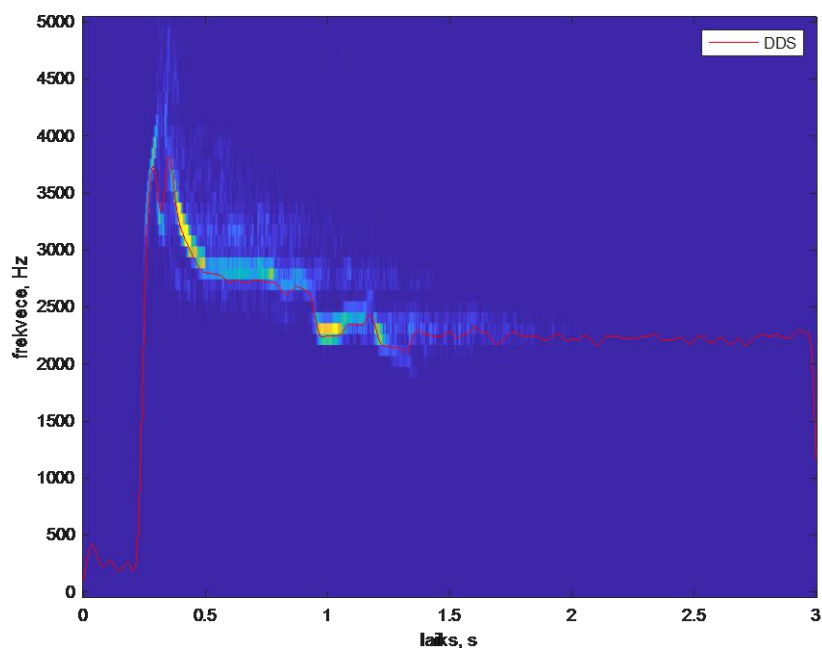
%% frequency extraction
for n=1:sz(2)
    m = max(s(:,n));
    idx = find(s(:,n)==m,1);
    if(idx>maxidx), idx=0;end
    freqs(n)=(idx-1)*df;
    amps(n)=abs(m);
end

%% frequency processing
denoise_level=min(floor(log2(sz(2))),12);
freqsd = lowpass(freqs,0.01);

%% sound generation
for n=1:sz(2)
    syn((n-1)*dds_block+1 : n*dds_block+1)= amps(n)*cos(2*pi*t*freqsd(n));
end
plot([freqs freqsd])
```

Dotais skripts ļauj novērtēt audio->DDS konvertācijas efektivitāti. Signāla konvertācija balstās uz spektrogrammas maksimumu meklēšanu katrā laika logā. Veicot eksperimentus noskaidrojās, ka vislabākos rezultātus strādājot ar dabā sastopamām dzīvnieku skaņām dod aptuveni 20ms gari segmentācijas logi, kas arī nosaka DDS diskretizācijas frekvenci. Zemāk dotajā attēlā ir dota audio faila konvertācijas uz DDS ilustrācija.

Uz spektrogrammas fona ar sarkanu līniju parādīta frekvence, kuru konkrētajā laika momentā ģenerē DDS sintezators.



Protokols un ģenerējamo signālu diapazoni

Lai glabātu un pārraidītu ierakstus DDS formātā tika izstrādāts speciāls ieraksts formāts, kas ir attēlots zemāk dotajā tabulā:

Skaņas programmas struktūra

Punkta ID	Nolašu skaits N	1.nolase			2.nolase			...	N-tā nolase			Stop baits	...
		Ilgums	Frekvence	Amplitūda	I	F	A		I	F	A		
1-255	1-65535	0.1-25.5ms ar soli 0.1 ms	0-5.12kHz ar soli 20Hz	0-2,55V ar soli 10mV	I	F	A	...	I	F	A	00	
8 biti	16 biti	8 biti	8 biti	8 biti	24 biti			...	24 biti			8 biti	

Dotais formāts ļauj glabāt DDS ierakstus gan ar regulāru gan neregulāru diskretizāciju un vienā blokā glabāt līdz $0.0255 \cdot 65535 = 1671s$ (27 minūtes) garus audio fragmentus. Katrai nolasei tiek iestādīts ilgums, amplitūda un fāze. Ieraksti tiek glabāti failos ar paplašinājumu *.dds.

DP1 HAOS laboratorijas prototipa izstrāde 1.-12.mēn.