

Novembris 30, 2019

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003

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 „ Ūdens kvalitātes monitoringa un
dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes
kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde
akvakultūras objektu produktivitātes
paaugstināšanai” Nr. 18-00-F02201-000003

Atskaite par projekta uzdevumiem 1.1. - 1.4.

2019

Satura radītājs

1.	Sistēmas arhitektūras, shēmtehnisko un programmatisko risinājumu izstrāde	3
U1.1.	Sistēmas aparatūras daļas arhitektūras izstrāde	3
1.1.1.	Sistēmas kopējā arhitektūra	3
1.1.2.	Sistēmas tehnisko parametru apkopojums	5
1.1.3.	Sistēmas aparatūras daļas arhitektūra	7
U1.2.	Bezvadu sakaru realizācijas iespēju izpēte	10
U1.3.	Shēmtehnisko risinājumu izstrāde	21
1.3.1.	Sensoru ieejas	22
1.3.2.	LoRa radio	24
1.3.3.	GPS	25
1.3.4.	Mikrokontrolieris	25
1.3.1.	Barošana	26
U1.4.	Sistēmas programmatūras daļas arhitektūras izstrāde	28
1.4.1.	Sistēmas mezgli, to programmatūra un interfeisi	28
1.4.2.	DB struktūra	30
1.4.3.	web-aplikācijas GUI skice	42
Pielikumi U1.3.	Shēmtehnisko risinājumu izstrāde	43

1. Sistēmas arhitektūras, shēmtehnisko un programmatisko risinājumu izstrāde

Dotās darba pakas ietvaros tiek veikta sistēmas modulārās arhitektūras izstrāde, definējot pamata prasības attiecībā uz katra moduļa ieejas/izejas datiem, to apstrādi, apmaiņas protokolu realizācijas iespējām. Arhitektūras līmeņa modelis iekļauj sevī bezvadu sensoru tīkla mezgla detalizētu parametru aprakstu: datu apmaiņas principus un potenciālos protokolus, radiofrekvences (RF) daļu, barošanas daļu, iespējamo interfeisu ar ūdens kvalitātes parametru nolasīšanas devējiem; datu virzošai vārtējai izvērsto prasību izpēti; programmatūras daļas aprakstu. Balstoties uz sistēmas modeli tiek izstrādāti pirmās sistēmas realizācijas shēmtehniskie un programmatiskie risinājumi. Darba pakas izstrādes rezultāti daļēji balstās uz izstrādāto moduļu modelēšanas rezultātiem, izmantojot specializētās programmatūras (sistēmas līmeņa modelēšanai un shēmu līmeņa modelēšanai). Modelēšanas dati ļaus novērtēt izstrādātās sistēmas moduļus ar paaugstinātiem ekspluatācijas riskiem, kam jāpievērš īpaša uzmanība prototipa izstrādes stadijā.

U1.1. Sistēmas aparatūras daļas arhitektūras izstrāde

Dotā darba uzdevuma ietvaros tiek realizēta sistēmas detalizētās arhitektūras izstrāde, nosakot nepieciešamos sistēmas moduļus, mijiedarbību starp tiem. Tiek veikta sistēmas līmeņa modelēšana, identificēti iespējamās darbības problēmas. Modelēšanas rezultāti ļauj veikt augstā līmeņa konceptuālās sistēmas optimizēšanu, nodrošinot specifikācijai atbilstošo moduļu funkcionālos parametrus.

1.1.1. Sistēmas kopējā arhitektūra

Sistēmas pamatā ir zvaigznes tipa arhitektūra, kas nosaka viena centrmezgla esamību, caur kuru visi savāktie dati tiek nosūtīti uz serveri (mākonī). Dotā arhitektūra atvieglo sistēmas ierīkošanu, nodrošina paaugstinātu drošības pakāpi, kā arī ļauj izslēgt sarežģītu datu apmaiņas protokolu izmantošanu, kas savukārt nosaka atsevišķo mezglu zemo enerģētisko patēriņu.

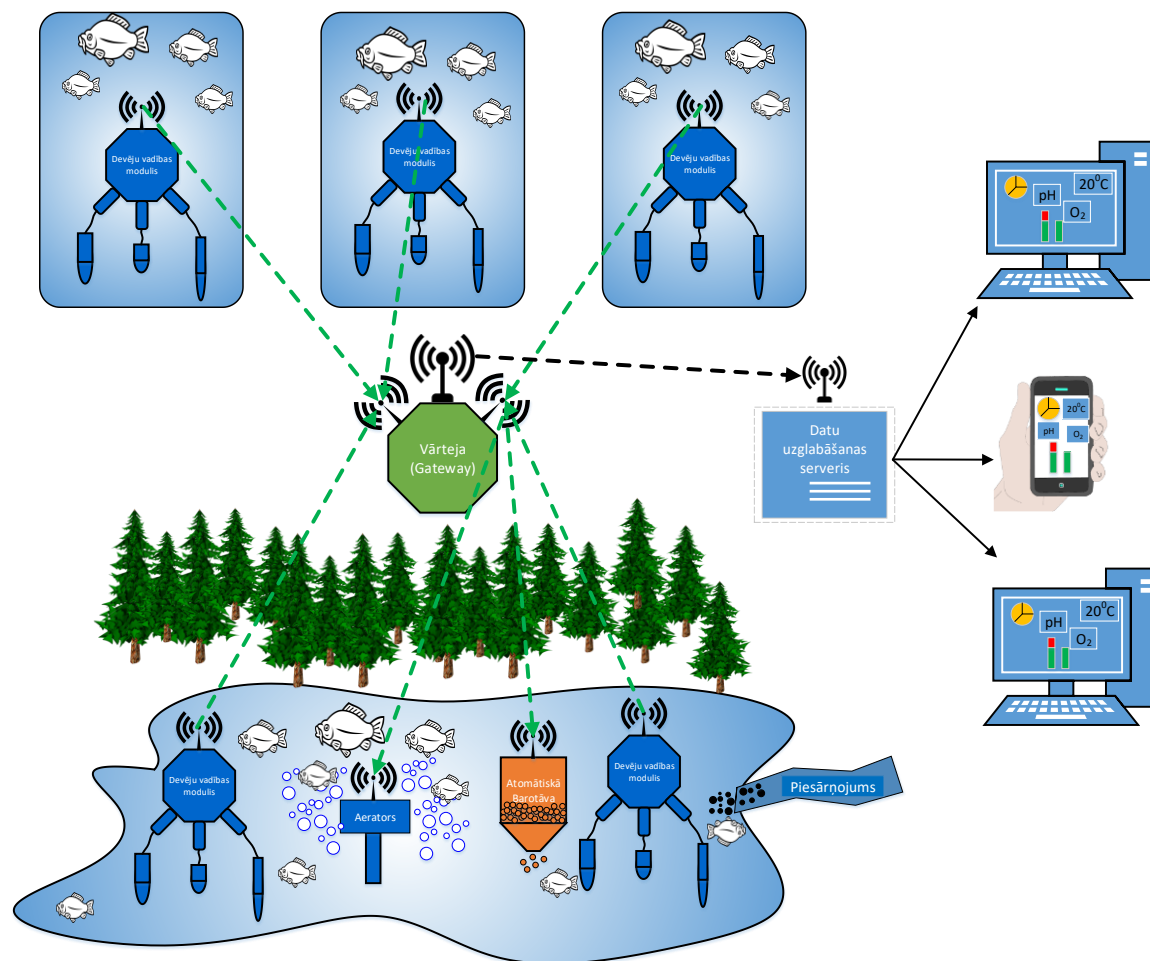
No servera puses tiek nodrošināta zvaigzne- zvaigzne arhitektūra, kas paredz daudzu koncentratoru savākto datu nogādi vienā serverī.

Katrs sistēmas mezgls sastāv no vadības procesora, kā arī nolasāmo datu apstrādes moduļa, kuram tiek pieslēgti attiecīgie devēji. Tiek nodrošināta iespēja izmantot dažāda tipa devēju kombinācijas, atbilstoši atsevišķo mezglu funkcionālai noīmei sistēmā. Devēju izvietošanas vieta un dziļums tiek noteikta sistēmas ierīkošanas fāzē, atbilstoši konkrētā akvakultūras objekta īpatnībām (platībai, dziļumam, ieplūdes/izplūdes kanālu novietojumam u.c. parametriem).

Sistēmā tiek nodrošināta divvirzienu datu apmaiņa starp koncentratoru un mezgliem, kas ļauj ne tikai veikt attiecīgo devēju datu nolasīšanu un nosūtīšanu aplikāciju serverī, bet arī veikt dažādu mezglu uzstādījumu koriģēšanu atbilstoši lietotāju prasībām (ļaujot, piemēram, izmainīt datu nolasīšanas biežumu) vai arī vadoties no raidāmo signālu efektivitātes viedokļa, veicot atbilstošo raidītāju jaudas pieskaņošanu minimālā enerģijas patēriņa nodrošināšanai. Tāpat divpusējā datu apmaiņa ļauj vadīt dažāda tipa saimniecībā izmantojamās sistēmas – aeratorus, barotavas, sūkņus utt.

Novembris 30, 2019

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**



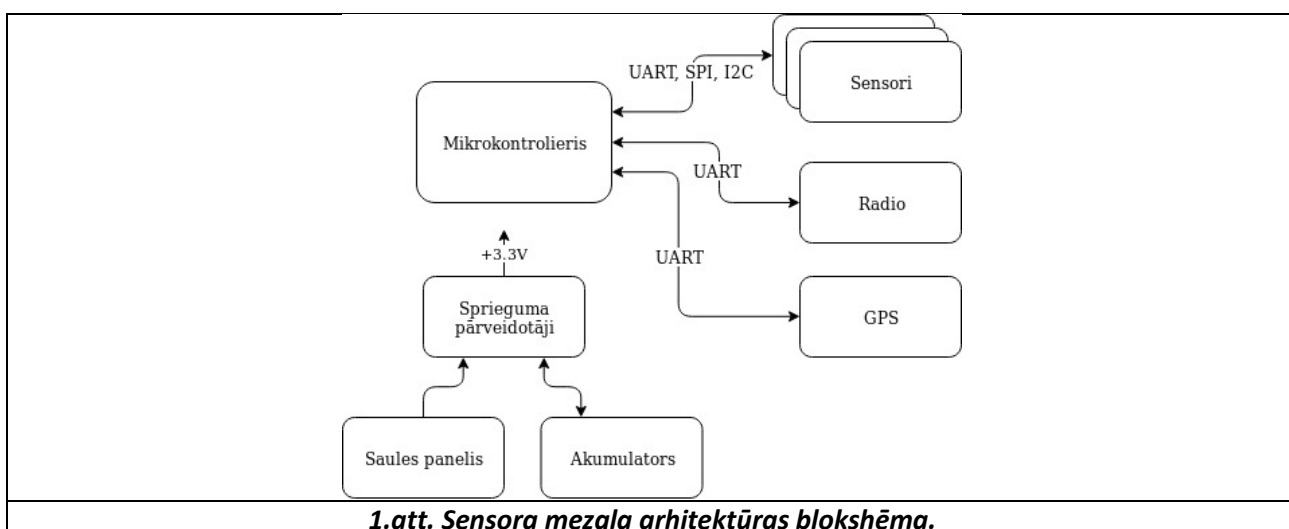
1.1.2. Sistēmas tehnisko parametru apkopojums

Sistēmas parametrs	Vērtībā/ Piezīmes
Barošana	
Centrmezgla barošana	Darba spriegums 5 - 12V; Iespējamais pieslēgums pie 220V; Autonomās darbības laiks pēc pamata barošanas atslēgšanas vismaz 72 stundas; Alternatīvo barošanas avotu pieslēgšanas iespēja.
Sensoru mezglu barošana	Darba spriegums 5 - 12V; Autonomās darbības laiks ar uzstādītu pamata barošanas elementu vismaz 1 mēnesis; Alternatīvo barošanas avotu pieslēgšanas iespēja.
Transīveru moduļi un centrmezgls	
Datu pārraides rādiuss	Līdz 10-15 km
Frekvenču joslas Darbcikla koeficienti Raidītāju jaudas	Datu pārraidei tiks izmantotas ISM frekvenču josla 865MHz-870MHz, kurai nav nepieciešams iegādāties licences
Globālā pozicionēšana	Globālās pozicionēšanas iespējas ar precizitāti vismaz +/-3m.
Pārraidāmo datu drošība	Vismaz 128 bitu datu šifrēšana no raidītāja līdz aplikāciju serverim.
Centrmezgla maksimālais pieslēdzamo mezglu skaits	Vismaz 40.
Mērāmie ūdens kvalitātes parametri	
Izšķīdušais skābeklis	Nepieciešamības gadījumā mērāmo parametru klāsts var tikt mainīts/paplašināts atkarībā no sadarbības partnera ieteikumiem un konkrētā pielietojuma: piemēram, plūsmas ātruma, duļķainības, līmeņu starpības mērījumi. Tāpat tiek paredzēts nodrošināt iespēju veikt dažu parametru mērījumus dažādos dziļumos.
pH līmenis	
Ūdens temperatūra	
Slāpeklis	
Vadītspēja	
Oksidēšanas- reducēšanas potenciāls	
Programmatūra	
Pamata raksturojumi un iespējas	- Datu glabāšanas un vizualizācija serverī (mākonī); - Pieklūšanas iespējas no datora vai viedtālruņa; - Kooperatīvās datu apstrādes iespējas, meklējot sakarības starp realizētiem apsaimniekošanas pasākumiem un ūdens kvalitātes rādītājiem. - Apsaimniekošanas datu ievadīšanas, glabāšanas un tālākās izmantošanas iespējas: saimniecības reģistrs, zivju krājumu un mirstības reģistrs, barošanas reģistrs, mēslošanas/kalķošanas reģistrs, ražošanas bilances reģistrs,

	- Datu bāzes izmantošana ar dažādu zivju sugu audzēšanai optimālo parametru glabāšanu; - Algoritmiskā bāze sakarību atrašanai starp dažādiem ūdens kvalitātes parametriem; - Nepieļaujamu/kritisku ūdens parametru vērtību prognozēšanas algoritmi ar atbilstošiem lietotāju brīdinājumiem; - Iespēja nodrošināt konkrēto dīksaimniecību pārvaldības datu daļēju/pilnu koplietošanu ar mērķi dalīties ar labās prakses piemēriem; - Iespēja veikt vairāku dīksaimniecību datu statistisku apstrādi, kā arī piesaisti devēju ģeogrāfiskiem novietojumiem ar mērķi lokalizēt noteiktu apgabalu potenciālās/esošās problēmas un rast to parādīšanas iemeslus, novērst cēloņus.
Citi parametri	
Iekārtu vadības mezgli	Nodrošina iespēju vadīt aeratoru, sūkni vai automātisko barotavu. Procesu automatizācijas iespējas, izmantojot ieslēgšanu atbilstoši pārvaldības plānam vai arī no atgriezeniskas saites signāliem no ūdens kvalitātes radītāju parametru mērījumiem.
Darba temperatūru diapazons	Vismaz no 0°C līdz +50°C.
Mitrumizturība	Vismaz IP67.
Aptuvena prognozējamā sistēmas gala cena	
Vārteja (Centrmezgls) Mērījumu mezgls Vadības mezgls Programmatūra, pielietojuma serveris	Viena vārteja (centrmezgls) ar autonomās barošanas funkcionalitāti, iespēju apstrādāt līdz 100 mezgliem, darbības rādiusu ap 10-15km- ap 2000 EUR. Katrs mērījumu mezgls ar devējiem (cena atšķirsies atkarībā no pielietojamo devēju kombinācijas)- ap 500-1800 EUR. Vadības mezgls (cena atšķirsies atkarībā no vadāmās iekārtas tipa)- ap 300-500 EUR. Programmatūra un pielietojuma serveris nāk komplektā ar aparatūras daļu.
Alternatīvas	Jāpiezīmē, ka Latvijā strauji attīstās IoT infrastruktūra un sistēmas cenu varēs manāmi reducēt (zudīs nepieciešamība pēc centrmezglu izvietojumiem) apgabalos, kuros būs pieejams tālo sakaru centrmezglu tīkls, ko tuvākā gada laikā piedāvās, piemēram, Lattelecom.
Piezīmes	Norādītās cenas ir aptuvenas un var mainīties projekta realizācijas gaitā, izstrādājot konkrētu prototipu.

1.1.3. Sistēmas aparatūras daļas arhitektūra

Augsta līmeņa sistēmas arhitektūras shēma redzama 1. attēlā, kurā parādīti visi galvenie ierīces funkcionālie bloki. Galvenās ierīces daļas ir dažādu sensoru un devēju bloks, kā arī bezvadu datu pārraides bloks. Lai nodrošinātu papildus drošību un izsekojamību, ierīcei jāspēj informēt par savu atrašanās vietu, tāpēc paredzēta GPS lokalizācija. Visu savstarpējo sistēmu koordinēšanai vajadzīgs mikrokontrolieris. Ierīci ar enerģiju nodrošina pietiekami akumulators kam papildus paredzēts izmantot nelielas jaudas saules paneli sistēmas darbības laika paildzināšanai.



1.att. Sensora mezgla arhitektūras blokshēma.

1.1.4. Ierīcē izmantojamie sensori

Zivsaimniecībā ir lietderīgi zināt zivju dīķu ūdens kvalitāti, ko var raksturot ar dažādiem parametriem, piemēram:

- Temperatūra;
- Duļķainība;
- Izšķīdušā skābekļa daudzums;
- Amonija savienojumu koncentrācija un citi.

Katram parametra noteikšanai nepieciešams savs atsevišķs devējs un sava elektriskā shēma, kas devēju spēj nolasīt. Galvenokārt pieejami divi dažādi devēju tipi - analogi un digitāli. Analogajiem gandrīz vienmēr izejas signālu nepieciešams pārveidot, pirms to ir iespējams nolasīt ar kontrolieri. Digitālos lielākoties kontrolieris nolasīt spēj, ja tam ir piemērots darba sprieguma līmenis. Projekta mērķis ir atbalstīt pēc iespējas dažādas sensoru kombinācijas, jo ne visās vietās, kur sistēma tiks uzstādīta, būs aktuāli visi iespējamie ūdens kvalitātes parametri. Tāpēc sistēmas izstrādes gaitā tika izlemts, ka nepieciešams nevis integrēt konkrētus sensorus tajā, bet gan izveidot vairākas universālas pieslēgvietas, kam vajadzības gadījumā var pievienot nelielu papildu moduli, kas veiks sensora datu digitalizēšanu.

Lai varētu pievienot pēc iespējas dažādākus moduļus, katrai ieejai izvirzīta prasība nodrošināt barošanas spriegumu. Lai atvieglotu ierīces izstrādi, pirmajam prototipam par sensoru barošanas spriegumu izvēlēts tipisks mikrokontroliera barošanas spriegums 3.3V. Savukārt, lai pasargātu centrālo mezglu no bojājumiem, visām ieejām jānodrošina pārsprieguma un īsslēguma aizsardzība, jo ierīce paredzēta ekspluatācijai ūdens tuvumā industriālā vidē, kur pastāv kabeļu bojājumu un mitruma riski.

Viena no kompānijām, kas piedāvā sensorus gandrīz visu nepieciešamo parametru noteikšanai ir *Atlas Scientific*. Papildus pašiem parametru devējiem tiek piedāvāti arī moduļi, kas analoģo signālu pārveido ciparu formā un padara viegli nolasāmu UART vai I2C protokolos. Citu kompāniju ražotie devēju digitālie pārveidotāji mēdz izmantot SPI protokolu, vai arī izdot analoģu sprieguma vērtību, impulsa platuma modulētu vai mainīgas frekvences signālu. Tāpēc mērījumu stacijai uzdots atbalstīt arī šāda tipa signālus. Ierīces minimālais atbalstāmais interfeisu kopums noteikts tabulā.

Protokols	Vajadzīgais pievadu skaits
UART	6
I2C	1
SPI	1
Analogās ieejas	4

1.1.5. Barošana un sprieguma pārveidotāji

Zivju dīķos, kur paredzēts ierīci izmantot, parasti nav pieejams tīkla spriegums, tāpēc ierīci jāaprīko ar bateriju. Lai ierīce nebūtu bieži jāapkalpo, tikai, lai uzlādētu akumulatoru, tiek uzstādīts mērķis sasniegt 3 mēnešu darbības laiku ar vienu akumulatora uzlādi.

Tirgū plaši pieejami 18650 tipa litija jonu akumulatori, kuru tipiskais darba spriegums ir 3.7V un tipiska ietilpība ir 2500mAh. Tālāk var veikt aprēķinu, lai uzzinātu, kāda ir maksimālā pieļaujamā strāva ierīces miega režīmā, jo tās ir atkarīgas no nepieciešamo mērījumu skaita dienā, viena mērījuma ilguma un patērētās strāvas viena mērījuma laikā.

3 mēnešos ir aptuveni 90 diennaktis, jeb 2160 stundas. Tipiskā 18650 baterijā ir $3.7 \cdot 2500 = 9.25\text{Wh}$ enerģijas. Tas nozīmē, ka ierīce vidēji drīkst patērēt $9.25 / 2160 = 4.28\text{mW}$ enerģijas, lai sasniegtu 3 mēnešu darbības laiku, pieņemot, ka iespējams realizēt 100% no baterijas ietilpības.

Ja pieņem, ka viena mērījuma ilgums ir 4 sekundes, mērījuma laikā ierīce tērē 100mA pie 3.3V barošanas sprieguma un diennaktī nepieciešams veikt 1000 mērījumus, var aprēķināt, ka no visa laika aptuveni 95% ierīce pavadīs miega režīmā. Tas savukārt nozīmē, ka miega režīma maksimālā pieļaujamā strāva ir 0.22mA. Šādu rezultātu visnotaļ viegli var sasniegt ar tipisku modernu mikrokontrolieri un atsevišķām atslēdzamām barošanas līnijām dažādiem ierīces blokiem. Aprēķina soļi apkopoti tabulā.

Novembris 30, 2019

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīķsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Parametrs	Daudzums	Mērvienība
Akumulatora <i>ietilpība</i>	2500	mAh
Akumulatora <i>nominālais</i> spriegums	3.7	V
Akumulatora enerģētiskā ietilpība	9250	mWh
Minimālais ierīces darbības laiks ar vienu uzlādi	3	mēneši
Minimālais ierīces darbības laiks	2160	stundas
Mērījumu skaits diennaktī	1000	
Viena mērījuma ilgums	4	s
Ierīces aktīvā režīma strāva	100	mA
Ierīces darba spriegums	3.3	V
Kopējais mērījumu ilgums dienā	4000	s
Daļa no laika, ko ierīce pavada aktīvajā režīmā	4.63%	
Daļa no laika, ko ierīce pavada miega režīmā	95.37%	
Maksimālā vidējā ierīces jauda	4.28	mW
Maksimālā ierīces vidējā strāva	1.30	mA
Ierīces maksimālā miega režīma strāva	0.22	mA

U1.2. Bezvadu sakaru realizācijas iespēju izpēte

1.2.1. Darba uzdevums un tehniskās prasības

Darba uzdevuma ietvaros tiek veikta eksistējošo bezvadu sakaru sistēmu analīze projekta ietvaros risināmo uzdevumu kontekstā. Tiek identificēti optimālie datu apmaiņas protokoli, kas nodrošinās nepieciešamo radio sakaru darbības rādiusu, datu nolasīšanas, vadības un diagnostikas interfeisu ar sistēmas ietvaros iekļaujamiem devējiem un citām iekārtām. Tiks identificētas potenciālas trokšņu noturības problēmas pret iespējamiem interferences avotiem.

Darba ietvaros nepieciešams izvēlēties piemērotāko komunikāciju protokolu, kas ļautu veikt datu attālinātu nolasīšanu no ūdens kvalitātes devējiem, kā arī realizēt iespējamās atgriezeniskās saites izveidi ar mērķi vadīt dīkšsaimniecībās izmantojamās iekārtas (aeratorus vai automātiskās barotavas).

Pārraidēšanas protokoliem jānodrošina iespēja darboties brīvā frekvenču diapazonā – ISM band- 865MHz-870 MHz, kuram nav nepieciešams iegādāties licences, bet pastāv noteikti ierobežojumi uz izmantojamo iekārtu darbības koeficientiem, kā arī raidītājam jaudām. Eksistējošo normatīvo aktu ietvaros, iekļaujoties maksimālo atļauto jaudu diapazonā, protokolam jānodrošina iespēja apmainīties ar datiem vismaz 10-15km attālumā tiešās redzamības apstākļos (t.i. līdz 3-4 km ar dažāda tipa šķēršļiem).

Neskatoties uz to ka pārraidāmie dati nesatur kādu sensitīvu informāciju, pārraidēšanas laikā ir jānodrošina vismaz 129 bitu datu šifrēšana visā pārraidēšanas posmā no raidītāja līdz pielietojuma serverim. T.i. tiek nodrošināta datu aizsardzība gan aparātūras (fiziskā) līmenī, gan arī programmatūras līmenī.

Datu savākšanai tiek paredzēts izmantot centrmezglus, kas jābūt spējīgiem apstrādāt un pārvirzīt datus no vismaz 40 pieslēgtiem raidītājmezgliem, kas dod zināmu rezervi, paredzot no vairākiem mezgliem nosūtīto datu kolīzijas.

1.2.2. Zemās jaudas teritoriālo tīklu tehnoloģijas

Balstoties uz darba uzdevumā definētām specifikācijām, par piemērotāko tehnoloģisko risinājumu grupu, tiek uzskatīta LPWAN (Low Power Wide Area Network)- zemas jaudas teritoriālie tīkli, kas ļauj nodrošināt bezvadu sakarus ar sensoriem dažu kilometru rādiusā no bāzes stacijas, pārklāt un pārraudzīt lielu teritoriju ar salīdzinoši nelielu staciju skaitu.

LPWAN pamatīpašības:

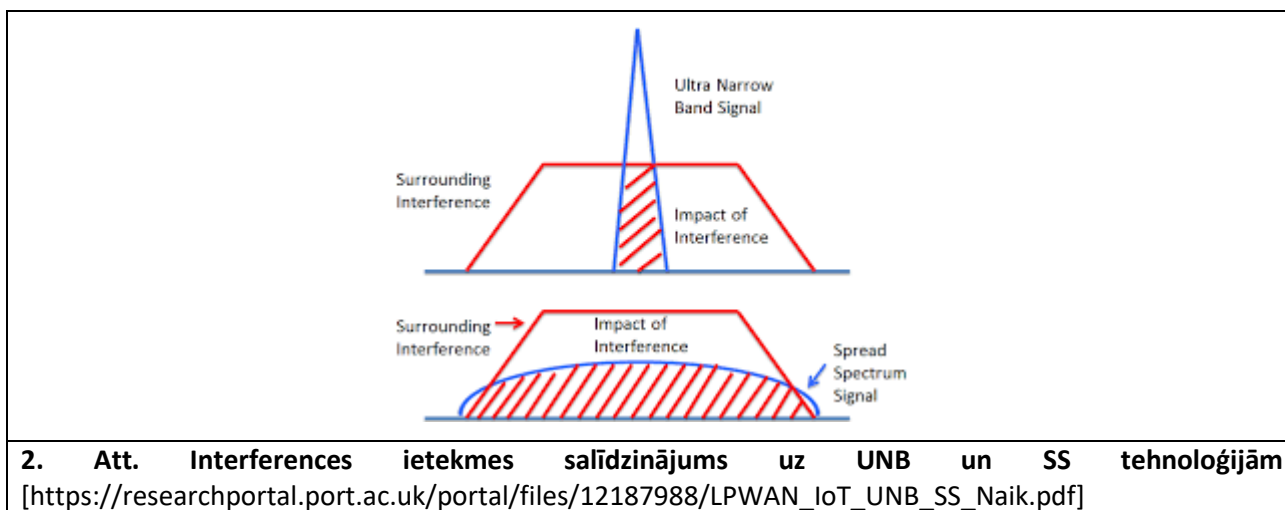
- Liels attālums (parasti tie ir daži kilometri pilsētā un daži desmiti kilometri laukos);
- Zema jauda (dažu sensora mezglu autonomās darbības ilgums var sasniegt 10 gadus no vienas CR2032 litija jonu baterijas);
- Zema cena (aptuveni daži dolāri par sensora mezglu);

- Zems pārraides ātrums (vidēji dažī desmiti kilobiti sekundē).

Lieli sakaru attālumi tiek panākti ar sub-GHz frekvenču izmantošanu (garākiem elektromagnētiskiem viļņiem ir zemāka atmosfēras viļņa pretestība, ka arī tie ir mazāk pakļauti dispersijai) un šaurjoslas pārraidi (šaurākā frekvenču joslā trokšņu spektrālais blīvums ir mazāks). Turklāt, zems pārraides ātrums ļauj katram pārvadītam bitam vai simbolam pievadīt lielāku enerģiju, kas uzlabo simbola enerģijas un trokšņa spektrālā blīvuma attiecību.

Jaudas patēriņa samazinājums tiek nodrošināts pateicoties vienkāršotai, darbcikla koeficientu saskaņotas ierobežošanas, vienkāršas fiziskās piekļuves vadības (MAC) un maksimālas raidītāja tehnoloģisko risinājumu vienkāršošanas. Viena no svarīgākām LPWAN īpašībām ir zems pārraides ātrums, kas izriet no pamatsakarības starp iespējamo pārraides attālumu, raidītāja jaudu un gala iekārtas cenu. Izvēlēta pielietojuma, jānodrošina ūdens kvalitātes devēju datu pārsūtīšanu uz pielietojuma serveri, kas neprasa lielu pārraides ātrumu izmantošanu, līdz ar to ļauj nodrošināt lielāku noturību pret trokšņiem un pārraides attālumu. Dažas populārākas LPWAN tehnoloģijas (piemēram – LoRa) ļauj realizēt adaptīvus risinājumus, kuru ietvaros tīkla serveris, balstoties uz RSSI līmeņiem veic raidītāju parametru pieskaņošanu reāliem pārraides apstākļiem, nodrošinot optimālu kompromisu starp pārraides jaudu un attālumu (Adaptive Spreading Factor).

No pārraides tehnoloģiju viedokļa, LPWAN tehnoloģijas tiek iedalītas ultrašaurjoslas (Ultrawide Band-UNB) un spektra paplašināšanas (Spreading Factor- SF) tehnoloģijās- skat 2. att..



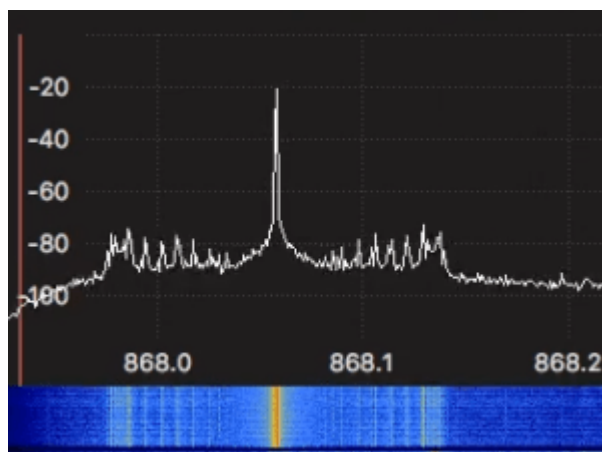
UNB saspiež pārvadāmo signālu ļoti šaurā frekvenču joslā. Trokšņu līmenis attiecībā pret signāla līmeni ir ļoti zems. Kopējā frekvenču joslā viens kanāls aizņem maz vietas, kas ļauj nodrošināt lielu daudzumu vienlaicīgu savienojumu atvēlētajā frekvenču apgabalā. Signāla apstrāde sensora mezglā ir vienkāršota, bet pārraide ir salīdzinoši lēna, manāmi pakļauta šaurjoslas interferencei.

SS, savukārt, paplašina signāla spektru, pārveidojot to plašākā frekvenču joslā, sadalot pa frekvencēm sākotnējo signāla jaudu. Signāla līmenis var būt zemāks par trokšņu līmeni, tas ir maz pakļauts interferencei un to ir grūti noslāpēt vai uztvert ārpus sistēmas. Kopējā frekvenču joslā viens kanāls aizņem manāmu spektra daļu, kas ierobežo vienlaicīgo frekvenču kanālu skaitu, salīdzinot ar UNB. Bet vienu frekvenču diapazonu vienā laikā var izmantot vairāki lietotāji, dažos gadījumos pat neradot trokšņus, lietotāju atdalīšanai pielietojot laukdali (TDMA), koddali (CDMA) vai arī ortogonālu kanālu sadalījumu.

Neeksistē vienota LPWAN standarta un daudzas esošās tehnoloģijas piedāvā dažādus risinājumus, kuru iespējas, vairāk vai mazāk, pielāgotas noteiktām praktiskām vajadzībām. Tālāk tiek veikts eksistējošo LPWAN tehnoloģiju pārskats un salīdzinošā analīze.

1.2.3. SigFox tehnoloģija

SigFox ir UNB tehnoloģija, kas tika izstrādāta un pieder Francijas telekomunikācijas uzņēmumam *SigFox*. Aktuāla, plaši izmantojama LPWAN tehnoloģija. Paredzēta pārraidei reģionālās sub-GHz ISM frekvencēs- Eiropā izmanto frekvences no 868.180 MHz līdz 868.220 MHz, kur ietilpst 400 kanālu, no kuriem 40 ir rezervēti, tātad kopā ir 360 pārraides kanāli. Datu pārraidei, sensora mezgls pārraida vienu ziņojumu vairākas reizes (parasti 3 reizes) pa dažādiem, nejauši izvēlētiem frekvenču kanāliem (FHSS metode), tādējādi palielinot varbūtību, ka ziņojums tiks veiksmīgi uztverts bāzes stacijā. Pastāv atsevišķs kanāls datu lejupielādei uz sensora mezglu, bet tas netiek izmantots ziņojumu saņemšanas apstiprinājumam, lai ietaupīt enerģiju. Neskatoties uz augstu noturību pret trokšņiem, pakļauts šaurjoslas interferencei. Fiziskās piekļuves vadība tiek realizēta ar klasisko ALOHA protokolu.



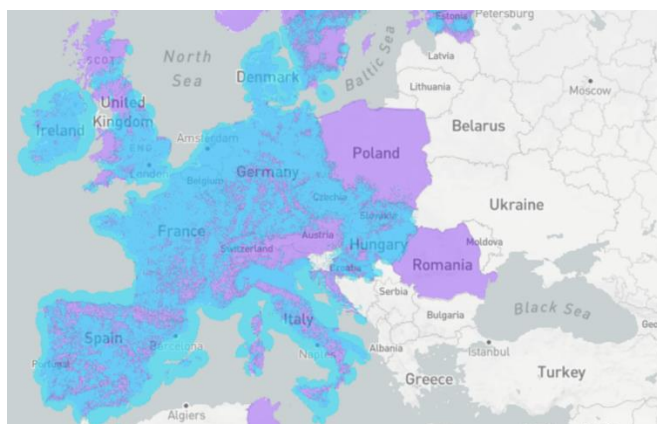
3. Att. SigFox signāla spektrs un udenskritums (waterfall), kas norāda uz ultra-šaurā signāla dabu
[<https://i2.wp.com/www.disk91.com/wp-content/uploads/2017/01/sigfoxcapture.png?resize=300%2C223&ssl=1>]

Augšupielāde notiek pa 100 Hz kanālu izmantojot DBPSK modulāciju ar ātrumu līdz 100 bitu sekundē. SigFox ir laba spektrāla efektivitāte un frekvenču kanāla joslā ir ļoti zems trokšņu spektrālais blīvums – tas nodrošina augstu uztvērēja jūtīgumu (līdz -134 dBm). Pastāv ierobežojums uz atļauto ziņojumu skaitu: 140 12-baitu ziņojumi dienā.

Lejupielādes kanāls ir 600 Hz plats ar ātrumu 600 bitu sekundē un GFSK modulāciju. Lejupielādes kanāli atrodas 1 MHz augstāk par augšupielādes kanāliem, nodrošinot divvirzienu sakarus. Pieļautais ierobežojums lejupielādei ir 4 8-baitu ziņojumi no bāzes stacijas dienā.

Aptuvenais pārklājums SigFox ir līdz 10 km pilsētas teritorijā un līdz 50 km ārpus pilsētas.

Saskaņā ar aktuālo informāciju SigFox pārklājums Latvijā vēl nav pieejams, līdz ar to šī tipa tehnoloģisko risinājumu, neskatoties uz tā atbilstību projekta specifikācijai, nevar pielietot plānotās sistēmas realizācijai.



4. Att. SigFox pārklājums Eiropā

[<https://iotfactory.eu/wp-content/uploads/2019/07/sigfox-lpwan-coverage-europe-july-2019-1024x651.png>]

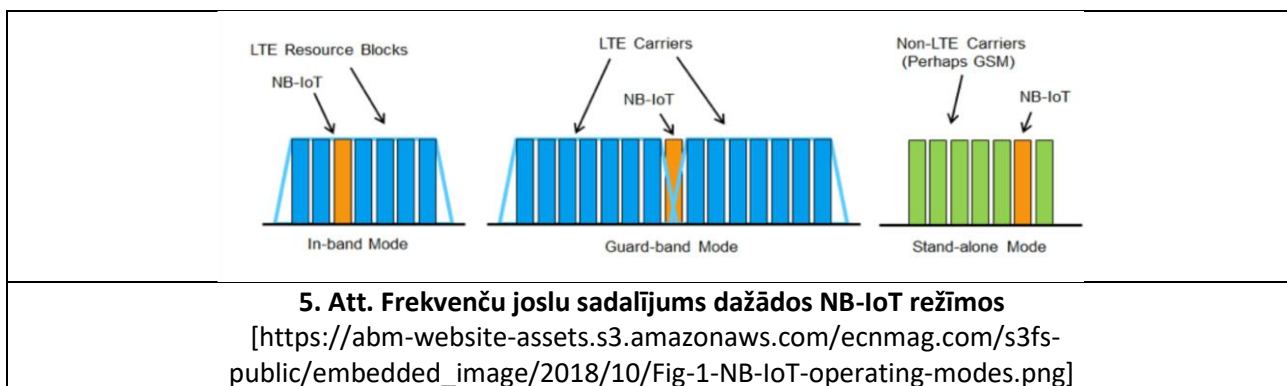
1.2.4. Telensa tehnoloģija

Telensa ir UNB tehnoloģija, kas orientēta uz gudro pilsētu pielietojumiem (apgaismojums, autostāvvietas un tml.). Paredzēts pārraidei reģionālās sub-GHz ISM frekvencēs. Telensa izmanto patentētu UNB 2-FSK modulāciju. Pārraides ātrums augšupielādei ir ap 62.5 bitu sekundē, lejupielādei – ap 500 bitu sekundē. Izmanto FEC. Pārraides attālums pilsētas apstākļos ir aptuveni 3 km, lauku teritorijās– līdz 20 km.

U1.2.5. NB-IoT tehnoloģija

Strauji attīstāms šaurjoslas LPWAN standarts (to izstrādā 3GPP), kas ir orientēts uz IoT. Paredzēts pārraidei iekš-LTE frekvenču diapazonā, izmantojot esošās LTE bāzes stacijas, ka arī GSM frekvencēs un patstāvīgā frekvenču joslā, ar 180 vai 200 kHz joslas platumu. Spēj nodrošināt simtiem tūkstošu savienojumu DP1 Sistēmas arhitektūras, shēmtehnisko un programmatisko risinājumu izstrāde 1.-7.mēn.

skaitu vienai bāzes stacijai. Neliels trūkums ir tas, ka katram lietotājam (sensoru mezglam) nepieciešams unikāls SIM modulis. Augšupielādei NB-IoT izmanto SC-FDMA metodi ar BPSK vai QPSK modulāciju, pārraidot ar ātrumu līdz 250 kilobitiem sekundē daudz-toņu režīmā vai līdz 20 kilobitiem sekundē viena toņa režīmā. Lejupielādei tiek lietota OFDMA metode ar BPSK, QPSK vai 8PSK modulāciju, pārraidot ar ātrumu līdz 250 kilobitiem sekundē. Pārraidē attālums ārpus pilsētas var sasniegt līdz 15 km.



Lielākais trūkums ir tas, ka tehnoloģijas attīstībā netiek plānots pāriet uz ISM joslu izmantošanu, kas ļaujot saglabāt nepieciešamo QS līmeni, liedz iespēju lietotājiem un arī privātiem izstrādātājiem izmantot savus centrmezglus, dibinot no operatoriem neatkarīgus tīklus. Otrs trūkums- diezgan augsts enerģijas patēriņš, salīdzinot ar citām tehnoloģijām šajā tirgus segmentā. Liels patērētās enerģijas daudzums tiek izskaidrots ar nepieciešamību mezglam pastāvīgi uzturēt sakarus ar bāzes stacijām pat laikā, kad nenotiek lietderīgo datu pārraide.

U1.2.6. LTE-M tehnoloģija

LTE-M vai LTE Category M1; eMTC; LTE-MTC (*Machine-Type Communication*). Viens no LTE standarta attīstības posmiem, ko izstrādā 3GPP, orientēts uz tieši LPWAN tīklu M2M un IoT pielietojumiem. Strādā tikai LTE frekvenču diapazonā, var izmantot esošās bāzes stacijas. Samērā liels joslas platums – 1.4 MHz.

Pārraidei uz- no mezgliem izmanto SC-FDMA fiziskās piekļuves vadību ar dažādām modulācijas iespējām: BPSK, QPSK, 16QAM un 64QAM ar pārraidē ātrumiem līdz 1 Megabitam sekundē. Pārraidē attālums ārpus pilsētas līdz 10-11 km.

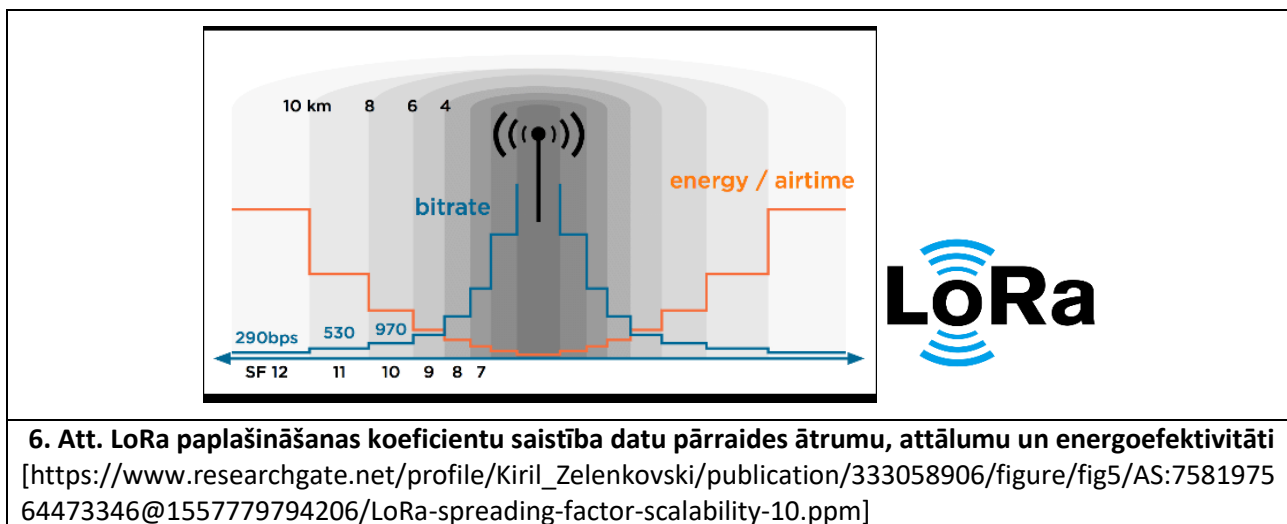
U1.2.7. RPMA tehnoloģija

RPMA ir *Ingenio* patentēta izkļaidētā spektra tehnoloģija, kura tiek plaši izmantota IoT un M2M komunikācijās. Paredzēta pārraidei globāli pieejamā 2.4 GHz frekvenču joslā, kas atbrīvo no nepieciešamības pielāgot ierīces konkrēta darba reģiona ISM frekvencēm, ka arī pieļauj pārraidīt ar lielāku jaudu, nekā sub-GHz ISM. RPMA izmanto DSSS – sākotnējais ciparsignāls tiek pārveidots par pseidogadījumskaitļu secību, kuru izmanto nesējfrekvences modulācijai. RPMA ir speciāla CDMA variācija – simbolu pārraide laika logos notiek ar gadījuma rakstura aizturi un ar vienādiem Golda kodiem. Šīs modulācijas priekšrocība ir spēja apstrādāt

vairākus signālus kanālā vienā laika intervālā, ar nejaušu piekļuves secību, kas samazina savstarpējās pārklāšanās ietekmi. RPMA uztvērēja jūtīgums var sasniegt -145 dBm. Energoefektivitātei un radītās starpkanālu interferences mazināšanai raidītāji spēj regulēt signāla jaudu tā, lai nodrošinātu saziņu tikai ar vistuvāko bāzes staciju. Augšupielādei izmanto RPMA-DSSS modulāciju, pārraidot ap 156 kb/s, lejupielādei- CDMA ar pārraides ātrumu ap 624 kb/s. Joslas platums: 1 MHz. Droša tehnoloģija ar lielu pārklājumu un kapacitāti, kas var sasniegt 2 miljonus ierīču uz vienu bāzes staciju (pie augšupielādes). Pārklājums ir 15 km pilsētā un līdz 500 km tiešās redzamības apstākļos.

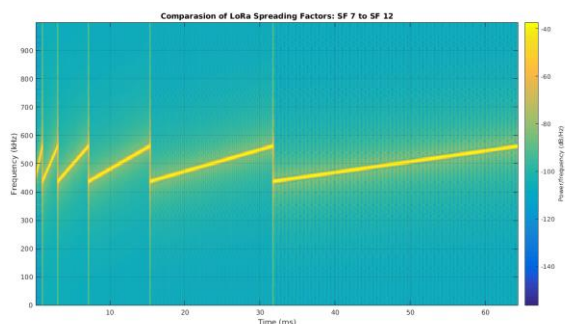
U1.2.8. LoRa un LoRaWAN tehnoloģija

Viena no populārākām šaurjoslas sakaru tehnoloģijām, kas plaši tiek izmantota LPWAN un IoT. LoRa (*Long Range*) ir *Semtech* patentēta tehnoloģija fiziskam līmenim, savukārt LoRaWAN ir atvērts standarts (ko izstrādā *LoRa Alliance*), kas nosaka LoRa realizāciju MAC līmenī. Paredzēts pārraidei reģionālās sub-GHz ISM frekvencēs. Izmanto patentētu Chir-Spread-Spectrum divvirzienu komunikācijas tehnoloģiju, kas paplašina ieejas signāla spektru. Eiropā LoRa darbība paredzēta frekvencēs no 863 MHz līdz 870 MHz. Joslas platums var būt dažāds, jo tehnoloģija paredz vairākus spektra paplašināšanas koeficientus (SF), starp 7 un 12, kuri regulē balansu starp datu pārraides ātrumu, attālumu un joslas platumu. Lielāks paplašināšanas koeficients nozīmē zemāku pārraides ātrumu un lielāku iespējamu pārraides attālumu. Tipiski izmantojamie joslas platumi ir 125, 250 un 500 kHz. Pārraides ātrumi variējas no 300 bitiem sekundē līdz 50 kilobitiem sekundē.



Fiziskā piekļuve (MAC) tiek vadīta ar klasisko ALOHA protokolu, kas, paredz nesinhronizētu datu pārraidi. Tas ir viens no visvienkāršākajiem piekļuves protokoliem bezvadu sakaros. Tā trūkumi tiek apieti ar to, ka, īsi pirms datu pārraides, sensoru mezgls klausās kanālu dažas sekundes, lai novērtētu, vai tas ir aizņemts, un veic pārraidi uz centrmezglu tikai ja kanāls ir brīvs – tas ievērojami samazina varbūtību, ka centrmezglā notiks divu ziņojumu kolīzija.

LoRa izmantotā CSS pārraidei tiek izmantota lineāri mainīga frekvence kanāla joslā, savukārt simboli tiek atdalīti ar frekvences lēcienveida izmaiņām. Tehnoloģija paredz iespēju vienlaicīgi operēt ar kanāliem, kuru spektra paplašināšanas koeficienti (SF) ir atšķirīgi, kas palielina maksimālo savienojumu skaitu, jo kanāli ar dažādiem SF ir ortogonāli, nosakot ļoti mazu starpkānu interferenci. LoRa tehnoloģijā tiek pielietota arī izmanto kodēšanu ar turpvērstu kļūdu labošanas algoritmu (FEC), kas ļauj palielināt uztvērēja kopējo jūtīgumu (ap -137 dBm). Diezgan laba noturība pret šaurjoslas interferenci un vairākceļu izplatīšanos.



7. Att. LoRa izmantotais Chirp Spread Spectrum pie dažādiem paplašināšanas koeficientiem
[https://4.bp.blogspot.com/-c4caXVo-zul/WGTx7K0etbl/AAAAAAAAAGXU/nyvUa81OLloTGopjDO3gnrHyCgslyVktgCLcB/s1600/SF_Comparasion_7_12.png]

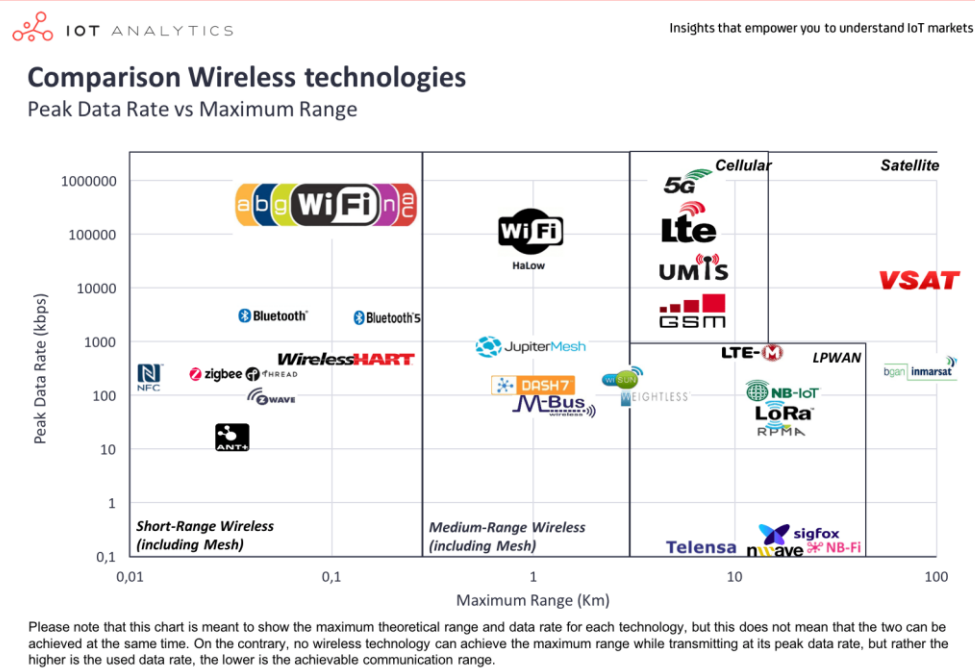
Pārraidītie ziņojumi tiek uztverti ar visām vārtējām pārraides apgabalā, kas realizē *star-of-stars* topoloģiju, ļaujot palielināt ziņojuma saņemšanas varbūtību, kā arī sniedzot iespēju lokalizēt raidošo ierīci, gadījumā, ja tiek nodrošināta vārteju sinhronizācija. LoRa pārklājums pilsētā - līdz 5 km, līdz 20 km lauku teritorijā un virs 700km tiešās redzamības apstākļos.

1.2.9. LPWAN tehnoloģiju salīdzināšana

Darbā [1] tiek veikta apskatāmo tehnoloģiju salīdzinošā analīze, kas ļauj novērtēt katras tehnoloģijas realizēšanas un pielietošanas īpatnības.

Apskatītās LPWAN tehnoloģijas piedāvā plašu iespēju klāstu dažādām liela attāluma bezvadu sensoru tīklu vajadzībām. Apskatīto tehnoloģiju parametri ir apkopoti tabulā. LPWAN risinājumi ir salīdzināti pēc darba frekvencēm, joslas platuma, kanālu skaita, daudzpiekļuves metodēm, modulācijām, pārraides ātruma, jaudas, ziņojuma izmēra, latentuma, MAC un pielietojamās šifrēšanas.

Drošas, garantētas ziņojumu pārraides ziņā, NB-IoT un LTE-M ir ievērojama priekšrocība salīdzinot ar citām tehnoloģijām, jo tie izmanto licencētu, regulētu spektru un LTE-bāzētu sinhronizāciju; bet LTE frekvences pieder lieliem telekomunikāciju uzņēmumiem, ar kuriem jāslēdz līgumi, lai apkalpotu uz šīm tehnoloģiju standartu pamata uzbūvētus sensoru tīklus.



8. Att. Dažādu LPWAN tehnoloģisko risinājumu salīdzinājums pēc pārraides datu ātruma un pārraides attālumiem

[<https://iot-analytics.com/wp/wp-content/uploads/2018/10/iot-connectivity-overview-min.png>]

RPMA un SigFox ir labi piemērotas lielu platību (vairāki desmiti vai simti tūkstoši kvadrātkilometru) tīkla izveidei, bet Latvijā līdz šodienai šo tehnoloģiju pārstāvji nav nodrošinājuši pārklājumu.

Visātrāko pārraidi spēj nodrošināt LTE-M un Weightless-W, bet vislēnāko – SigFox un Telensa.

Secinājums:

LoRa ir tehnoloģija, kas ir vislabāk piemērota privātā (vai publiskā) lokālā tīkla izveidei, kas izmanto ISM frekvenču joslas, nodrošina augstu datu drošumu un projekta specifikācijai atbilstošu pārklājumu.

Novembris 30, 2019

**Projekts „ Īdens kvalitātes monitoringa un dīksaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Tehnoloģija vai standarts	LoRa	SigFox	RPMA	Telensa	NB-IoT	LTE-M
Darba frekvences	ISM EU 868, 433 US 915 Azija 430	ISM EU 868 US 902	2,4 GHz ISM	ISM EU 868- 869.6/433 US 915-923 Azija 430	LTE, GSM ~700, 800, 900, 1700, ^6-10-15-20 MHz	LTE 1.8-2.7 GHz
DL joslas platums	125, 250 500 kHz	600 Hz	1 MHz	Lit-rā nav atrasts	180-200 kHz	1.4 MHz
UL joslas platums	125, 250, 500 kHz	100 Hz	1 MHz	Lit-rā nav atrasts	180-200 kHz	
Kanālu skaits	UL 10 EU, 64+8 DL 8 US	360 EU 2000 US	4, 8 US (40)	Vairāki	36	Lit-rā nav atrasts
Daudzpiekļuve DL	CSS	UNB/ FHSS	RPMA	UNB FHSS	OFDMA 15kHz subcar	OFDMA
Daudzpiekļuve UL					FDMA/SC-FDMA Single/mult 3.75/ 15 kHz (48/12)	SC-FDMA
DL modulācija	LoRa; FSK	GFSK	CDMA	2FSK	BPSK, QPSK	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
UL modulācija		DBPSK	RPMA-DSSS		BPSK, QPSK, 8PSK	
DL ātrums	300 bps – 50 kbps	600 bps	19.5 / 624 kbps	500 bps	160-250 kbps	HD: 300 kbps FD: 800 kbps
UL ātrums		100 bps	78 / 156 kbps	62.5 bps	160-250 kbps(multi-tone) 20 kbps(single- tone)	HD: 375 kbps FD: 1 Mbps
Attālums (pilsēta/lauki)	5/20 km	10/50 km	15/500(line of sight) km	3/20 km	.../15km /20-25km	.../11 km
Sistēmas kapacitāte	40k	50k	500k	5k/base station 500k/server	50k	100k
Jūtība dBm	UL -137 DL -132	UL -134 DL -129	UL -145 DL -133	UL -125 DL -135	-141	-135
TX Jauda dBm	UL 14 DL 21	UL 14EU 20US DL 21EU 30US	UL 23 DL 21,30	UL 14-20 DL 26 EU 33 US	23	20
TX Jaudas opc.	5	1	Lit-rā nav atrasts	Lit-rā nav atrasts	Vairāki (3 klases)	Vairāki
Ziņojuma izmērs	līdz 250B	12B UL 8B DL	10KB	65KB	13B	Lit-rā nav atrasts
Latentums	1ms - 10ms	1ms - 30ms	10s	Lit-rā nav atrasts	4s - 10s	10 ms - 15ms
MAC	ALOHA	ALOHA	RPMA-DSSS	Lit-rā nav atrasts	LTE, SC-FDMA	LTE, SC-FDMA
Šifrēšana	AES 128	nav	AES 256	Lit-rā nav atrasts	AES 128	AES 128

Izmantotā literatūra

1. Filip Čapligns, Employment of Chaotic Oscillator in High Range Wireless Sensor Networks, bakalaura darbs.
2. L. Krupka, L. Vojtech, M. Neruda, “The Issue of LPWAN Technology Coexistence in IoT Environment,” *Mechatronics - Mechatronika (ME)*, 2016 17th Int. Conf. Mechatronics - Mechatronika, pp. 1–8, 2016.
3. M. Lauridsen, B. Vejlgaard, I. Z. Kovacs, H. Nguyen, P. Mogensen, “Interference measurements in the European 868 MHz ISM band with focus on LoRa and SigFox,” *BT - 2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, pp. 1–6, 2017.
4. H. Wang, A. O. Fapojuwo, “A Survey of Enabling Technologies of Low Power and Long Range Machine-to-Machine Communications,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 19, no. 4, pp. 2621–2639, 2017.
5. G. Margelis, R. Piechocki, D. Kaleshi, P. Thomas, “Low Throughput Networks for the IoT: Lessons learned from industrial implementations,” *IEEE World Forum Internet Things, WF-IoT 2015 - Proc.*, pp. 181–186, 2015.
6. Semtech Corporation, “LoRa™ Modulation Basics - AN1200.22,” *Revis. 2, May 2015*, no. May, pp. 1–26, 2015.
7. X. Ouyang, O. A. Dobre, Y. L. Guan, J. Zhao, “Chirp Spread Spectrum Toward the Nyquist Signaling Rate – Orthogonality Condition and Applications,” *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 24, no. 10, pp. 1488–1492, 2017.
8. M. Lauridsen, H. Nguyen, B. Vejlgaard, I. Z. Kovacs, P. Mogensen, M. Sorensen, “Coverage Comparison of GPRS, NB-IoT, LoRa, and SigFox in a 7800 km Area,” *IEEE Veh. Technol. Conf.*, vol. 2017–June, pp. 2–6, 2017.
9. J. Petäjärvi, K. Mikhaylov, R. Yasmin, M. Hämäläinen, J. Linatti, “Evaluation of LoRa LPWAN Technology for Indoor Remote Health and Wellbeing Monitoring,” *Int. J. Wirel. Inf. Networks*, vol. 24, no. 2, pp. 153–165, 2017.
10. J. P. Bardyn, T. Melly, O. Seller, N. Sornin, “IoT: The era of LPWAN is starting now,” *Eur. Solid-State Circuits Conf.*, vol. 2016–October, pp. 25–30, 2016.
11. A. Pötsch, F. Haslhofer, “Practical limitations for deployment of LoRa gateways,” *2017 IEEE Int. Work. Meas. Networking, M N 2017 - Proc.*, pp. 1–6, 2017.
12. U. Raza, P. Kulkarni, M. Sooriyabandara, “Low Power Wide Area Networks: An Overview,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 19, no. 2, pp. 855–873, 2017.
13. M. Knight, B. Seeber, “Decoding LoRa: Realizing a Modern LPWAN with SDR,” *Proc. of the 6th GNU Radio Conference*, vol. 1, pp. 1–5, 2016.
14. N. Naik, “LPWAN Technologies for IoT Systems : Choice Between Ultra Narrow Band and Spread Spectrum,” *2018 IEEE Int. Syst. Eng. Symp.*, pp. 1–8, 2018.
15. N. I. Osman, E. B. Abbas, “Simulation and Modelling of LoRa and Sigfox Low Power Wide Area Network Technologies,” *2018 Int. Conf. Comput. Control. Electr. Electron. Eng.*, pp. 1–5, 2018.
16. H. Mroue, A. Nasser, S. Hamrioui, B. Parrein, E. Motta-Cruz, G. Rouyer, “MAC layer-based evaluation of IoT technologies: LoRa, SigFox and NB-IoT,” *2018 IEEE Middle East North Africa Commun. Conf. MENACOMM 2018*, pp. 1–5, 2018.

17. K. Mekki, E. Bajic, F. Chaxel, F. Meyer, “Overview of Cellular LPWAN Technologies for IoT Deployment: Sigfox, LoRaWAN, and NB-IoT,” *2018 IEEE Int. Conf. Pervasive Comput. Commun. Work. PerCom Work. 2018*, pp. 197–202, 2018.
18. A. Ikpehai *et al.*, “Low-Power Wide Area Network Technologies For Internet of Things : A Comparative Review,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 6, no. 2, pp. 2225–2240, 2018.
19. A. Dvornikov, P. Abramov, S. Efremov, L. Voskov, “QoS Metrics Measurement in Long Range IoT Networks,” *Proc. - 2017 IEEE 19th Conf. Bus. Informatics, CBI 2017*, vol. 2, pp. 15–20, 2017.
20. [A. Lavric, V. Popa, “A LoRaWAN: Long Range Wide Area Networks study,” *2017 11th Int. Conf. Electromechanical Power Syst. SIELMEN 2017 - Proc.*, vol. 2017–Janua, pp. 417–420, 2017.
21. A. Lavric, V. Popa, “Internet of Things and LoRa™ Low-Power Wide-Area Networks: A survey,” *ISSCS 2017 - Int. Symp. Signals, Circuits Syst.*, pp. 1–5, 2017.
22. Z. Li, S. Zozor, J. M. Drossier, N. Varsier, Q. Lampin, “2D time-frequency interference modelling using stochastic geometry for performance evaluation in Low-Power Wide-Area Networks,” *IEEE Int. Conf. Commun.*, pp. 1–8, 2017.
23. B. Vejlggaard, M. Lauridsen, H. Nguyen, I. Z. Kovacs, P. Mogensen, M. Sørensen, “Interference impact on coverage and capacity for low power wide area IoT networks,” *IEEE Wirel. Commun. Netw. Conf. WCNC*, pp. 1–6, 2017.

U1.3. Shēmtehnisko risinājumu izstrāde

Balstoties uz izstrādāto sistēmas globālo arhitektūru un definēto modulāro komponentu parametriem, tiek izstrādāti visu komponentu shēmtehniskie risinājumi, kas nodrošinās darbību projektā paredzamo parametru pieļaujamo vērtību diapazonā. Risinājumi balstīties uz moderniem izstrādes rīkiem un integrālo komponentu izmantošanu, lai paaugstinātu atsevišķo moduļu un arī visas sistēmas drošību.

Par ierīces darba spriegumu izvēlēti 3.3V, jo ar šādu spriegumu mūsdienās darbojas vairums mikroshēmu. Alternatīvas ir 5V vai zemāki sprieguma līmeņi, piemēram, 2.5V un 1.8V. Lai gan iespējams ietaupīt enerģiju izvēloties mazāku barošanas spriegumu, pēc aprēķina iepriekšējā nodaļā maksimālajā enerģijas patēriņā iespējams iekļauties arī ar 3.3V barošanu.

Pēc iespējas mazāka enerģijas patēriņa nodrošināšanai, katra shēmas bloka barošanas līnijai ir jābūt elektriski atslēdzamai un pasargātai no īsslēguma. Pirmo prasību var vienkārši apmierināt ar P-tipa lauktranzistoru, tomēr tādā gadījumā vajadzīgs rezistors, lai ierīces ieslēgšanās brīdī garantētu augstu sprieguma līmeni uz tranzistora aizvaru. Pretējā gadījumā visu ierīces bloku vienlaicīga ieslēgšana var radīt pārāk lielu strāvas pīķi.

Kā alternatīvu tranzistoriem var izmantot speciālas mikroshēmas - Slodzes Slēdžus, piemēram, MIC209x no *Microchip*. Šādiem slēdžiem bieži iebūvētas papildus funkcijas, piemēram, maksimālās strāvas ierobežošana (*Overcurrent Protection*), pārāk zema sprieguma atslēgšana (*Under-Voltage Lockout*), kontrolētas strāvas ieslēgšana (*Soft Start*) un citas. MIC209x. sērijas mikroshēma pieejama divās versijās - ar 50mA un 100mA maksimālās strāvas aizsardzības vērtībām, tā paredzēta augšējā pleca slēgšanas režīmam (*High-Side switching*). Diagnostikai MIC209x sērijas mikroshēmām ir atvērtā kolektora izvads, kas tiek aktivizēt pārāk lielas strāvas gadījumā. Ierīcē katrs funkcionālais bloks ir atslēdzams ar šādu mikroshēmu un visi diagnostikas izvadi savienoti kopā. Lai noteiktu precīzu kļūdas atrašanās vietu iegultajā programmatūrā iespējams izveidot algoritmu, kas pēc kārtas pa vienai ieslēdz jaudas slēdžus un detektē brīdi, kurā tiek aktivizēts diagnostikas izvads.

Prototipēšanas atvieglošanai svarīgākajos shēmas mezglos ievietoti testa punkti 9. Attēls.

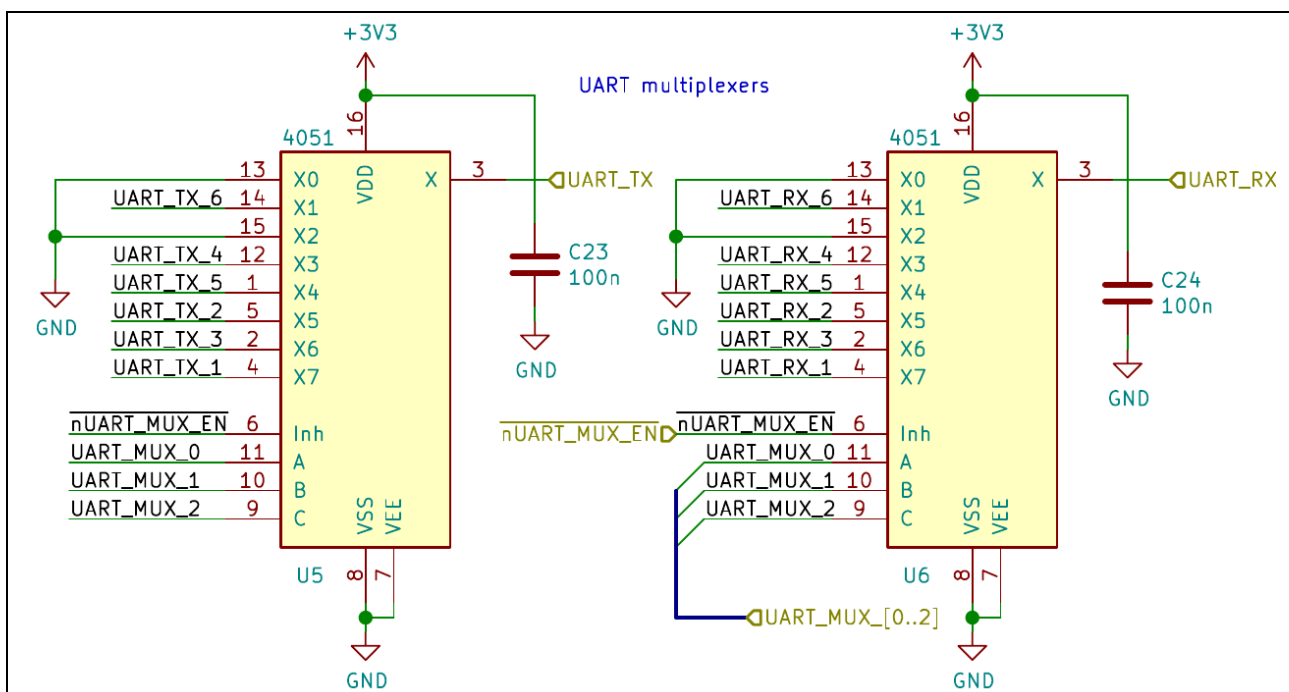


9. Att. Prototipēšanas testa punkti

1.3.1. Sensoru ieejas

Ierīcei jāspēj nodrošināt saziņu ar vismaz 6 dažādiem sensoriem caur UART protokolu. Šim protokolam nepieciešams izmantot atsevišķas datu līnijas saziņai ar katru sensoru. Nav daudz mikrokontrolieru, kam būtu tik daudz UART perifērijas ierīces, kā arī, pievienojot katru sensoru pie mikrokontroliera atsevišķi, tiktu aizņemts liels izvadu skaits. Tā kā ar visiem sensoriem nav nepieciešams sazināties reizē, var izmantot UART multiplekseri. Lai to paveiktu, vajadzīgs divpusējs multiplekseris ar vismaz 6 ieejām uz vienu izeju. Viens variants ir CD4051 no *Texas Instruments*. Šī mikroshēma spēj veikt divpusēju multipleksēšanu ar attiecību 8 pret 1. Ierīces 6 UART līnijām vajadzīgas divas šādas mikroshēmas - viena TX un otra RX līnijām (10. Attēls). Mikroshēmas vadībai vajadzīgas 4 signālu līnijas, no kurām 3 ir bināri kodētai multipleksa izejas izvēlei un viena atļaujošā ieeja. Tā kā vienmēr abām mikroshēmām tiks izvēlēta viena un tā pati izeja, gan izvēles, gan atļaujošās līnijas var savienot kopā.

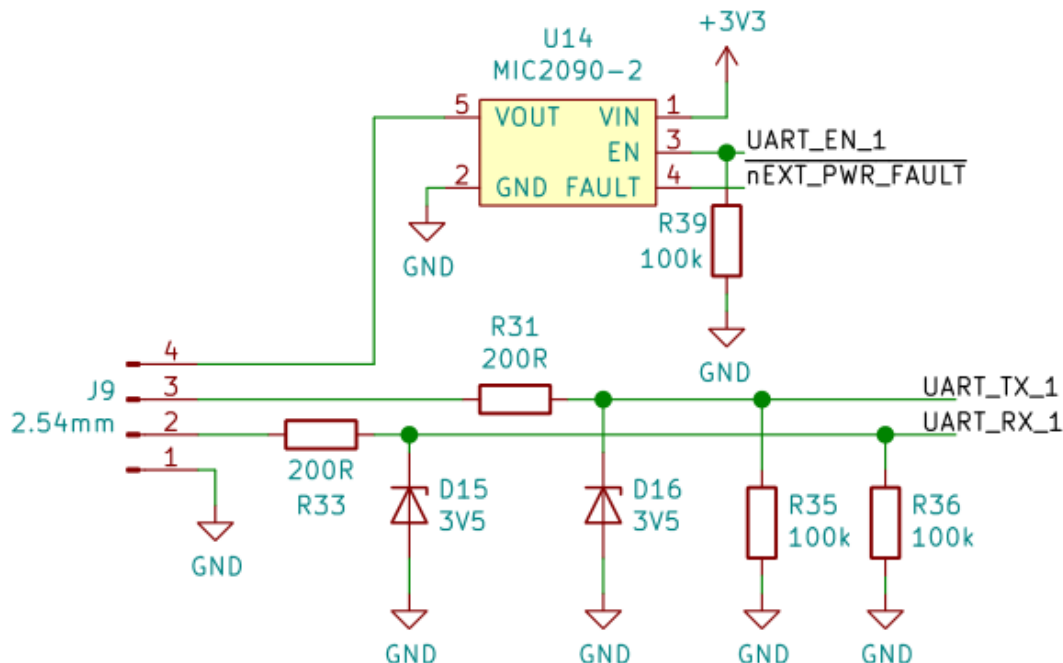
Pēc CD4051 datu lapas, mikroshēmas tipiskais strāvas patēriņš ir zem $1\mu A$. Lai samazinātu mikroshēmas patērēto enerģijas daudzumu, neizmantojot izejas ir jāpieslēdz vai nu pie *VDD* vai *GND* barošanas līnijām. To visvienkāršāk realizēt ar lielas pretestības rezistoru ($\sim 100\ k\Omega$), 10. attēlā R35 un R36.



10. Att. UART multiplekseri.

Lai pasargātu datu līnijas no pārsprieguma, katrai datu līnijai uzstādīta Zēnera diode ar nominālu 3.5V un virknes pretestību 200 Ω strāvas ierobežošanai caur to, 11. Attēlā D15, D16, R31 un R33. Tāda pat aizsardzība projektēta arī SPI, I2C un analogajām datu līnijām. Tā kā I2C un SPI ir tikai pa vienam, tie tiek pievienoti mikrokontrolierim bez papildus multipleksēšanas, līdz ar to nav nepieciešami rezistori datu līniju nulles sprieguma garantēšanai. Tā kā I2C datu līnijas ir atvērtā kolektora tipa, tām nepieciešams rezistors, kas tās savieno ar augstu sprieguma līmeni. Lai izvairītos no potenciālas noplūdes strāvas caur I2C sensora mikroshēmas izvadu aizsardzības diodēm, šie rezistori pievienoti mikrokontroliera izvadam, nevis barošanas līnijai. Tas ļauj atslēgt barošanu arī datu līnijām, kad I2C sensors netiek izmantots.

Savienojumam tiek izmantoti *Molex KK 254* vai *Multicomp MC34* tipa konektori 12. Attēlā, plastmasas ieliktņiem, kas nodrošina pareizu konektora orientāciju. Šo konektoru izvadu attālums ir 2.54 mm jeb 0.1', kas ir ļoti piemērots attālums prototipēšanai.



11. Att. UART multiplexeri.



12. Att. Molex KK 254 sērijas konektors.

1.3.2. LoRa radio

LoRa radio ir patentēta tehnoloģija un mikroshēmas, kas realizē protokola fizisko slāni piedāvā tikai *Semtech* kompānija un dažas citas, kas no *Semtech* iegādājušās tiesības uz LoRa intelektuālo īpašumu. Tādas mikroshēmas ir, piemēram SX1272 un SX1261. Lai izstrādātu spiesto plati ar šo mikroshēmu, jāievēro virkne prasību gan pašai platei, gan komponentu pielaidēm, fiziskajiem izmēriem un novietojumam uz plates. Lai atvieglotu projektēšanu un programmatūras izstrādi, ierīcē tiek izmantots gatavs LoRa modulis, kurā iebūvēta DP1 Sistēmas arhitektūras, shēmatēhnisko un programmatisko risinājumu izstrāde 1.-7.mēn.

LoRa mikroshēma, vajadzīgās pasīvās komponentes un kalibrēts oscilators, kā arī mikrokontrolieris ar LoRaWAN programmatūru. Tirgū pieejami vairāki šādi moduļi, piemēram, CMWX1ZZABZ no *Murata*, vai RN2903 no *Microchip*. Tā kā RTU ETF jau ir pieredze ar RN2903 moduli, ierīcei tika izvēlēts tieši šis modulis. Tas ar mikrokontrolieri sazinās caur UART protokolu.

Tāpat kā citiem ierīces funkcionālajiem blokiem, arī šim barošanas spriegums tiek padots caur MIC2091 jaudas slēdzi. Barošanas spriegums tiek papildus filtrēts ar ferītu, kura pretestība pārsniedz vairākus kilo-omus LoRa darbības frekvencē. Antenas izvads tiek padots uz SMA konektoru ārējai antenai caur PI tipa salāgošanas tīklu, ko vajadzības gadījumā var izmatot.

1.3.3. GPS

Līdzīgi kā ar LoRa radio, arī GPS tiek izmantots gatavs modulis, konkrēti TESEO-LIV3F no *ST Microelectronics*, jo tam ir pieejama laba dokumentācija un tam ir zema cena. Arī šeit tiek izmantota MIC2091 mikroshēma barošanas atslēgšanai. GPS uzstāda īpašas prasības pret barošanas spriegumu, tāpēc tiek izmantots gan ferīts, gan vairāku nominālu kondensatori ar atšķirīgām pārejas frekvencēm. Papildus trokšņu slāpēšanai tiek izmantoti datu lapā rekomendēti RC filtri uz UART datu līnijām. Ierīcei tika izvēlēta ārējā antena ar iebūvētu signāla pastiprinātāju. Tas nozīmē, ka uz plates vajadzīgs tikai vēl viens jaudas slēdzis antenas barošanas sprieguma padošanai caur induktoru. Arī GPS antenas līnija aprīkota ar PI tipa salāgošanas tīklu un SMA tipa konektoru.

1.3.4. Mikrokontrolieris

Ierīcē tika izmantots STM32 sērijas mikrokontrolieris, jo tiem ir relatīvi zema cena, pieejami dažādas veiktspējas mikrokontrolieri ar vienādu izvadu izvietojumu un autoram ir pieredze gan spiesto plašu, gan iegultās programmatūras izstrādē šai platformai.

Pirmā prototipa veiksmīgai izstrādei tika uzstādītas sekojošas prasības mikrokontrolierim:

Parametrs	Vērtība
Programmatūras atmiņas izmērs	Vismaz 64 kB
Operatīvās atmiņas izmērs	Vismaz 32 kB
Izvalu skaits	Vismaz 36
Perifērijas ierīces	Vismaz 4xUART, 1xI2C un 1xSPI
Papildus	Peldošā punkta operāciju akselerators
Mikroshēmas korpuss	SOIC, TSSOP vsi QFP (iespējams pielodēt ar lodāmuru)

Uzdotajām prasībām atbilst praktiski visi STM32L4 sērijas mikrokontrolieri, tika izvēlēts STM32L412, jo tam ir pieejams izstrādes komplekts STM32L412-NUCLEO. Mikrokontrolierim pievienoti divi oscilatori – 16 MHz procesora takts frekvencei un 32.768 kHz pulkstenim. Izstrādei paredzēts konektors ar standarta Cortex-Debug 10 izvietojumu un 2.54 mm izvalu attālumiem, kā arī UART ports, divas gaismas diodes un divas spiedpogas. Filtrējošie kondensatori pievienoti pēc datu lapas rekomendācijām.

1.3.1. Barošana

Ierīci paredzēts apgādāt ar vienu litija akumulatoru un papildus saules paneli. *Texas Instruments* piedāvā mikroshēmu sēriju BQ255xx, kam ir baterijas uzlādes ar pārsprieguma aizsardzību, saules paneļa maksimālā jaudas punkta sekošanas un izejas efektīva sprieguma pārveidotāja funkcijas. Ierīcē tika izvēlēta BQ25570 mikroshēma, kas ļauj sasniegt vairāk kā 90% sprieguma pārveidošanas efektivitāti. Ierīcē tika realizēta datu lapā parādītā rekomendētā shēma un vajadzīgās rezistoru vērtības spriegumu iestatīšanai tika aprēķinātas ar *Texas Instruments* piedāvāto izklājlapas kalkulatoru izmantojot sekojošas parametru vērtības:

Parametrs	Vērtība
Baterijas maksimālā uzlādes sprieguma vērtība	4.2 V
Pārāk zema baterijas sprieguma atslēgšanas vērtība	3 V
Minimālais baterijas spriegums, pie kura ierīce atsāk strādāt	3.7V
Ierīces darba spriegums (Buck pārveidotāja izejas spriegums)	3.3V
Saules paneļa maksimālā jaudas punkta vērtība	~0.8

Izmantotā literatūra

1. MIC209x jaudas slēdža datu lapa.
http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MIC2090_1.pdf
2. CD4051 multiplexera datu lapa.
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiNt8DZyrLIAhVaAxAIHVDtD_4QFjAAegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.ti.com%2Fflit%2Fgpn%2FCD4051B&usg=AOvVaw08wCp8-fU2MIQTlv6CoAOj]
3. Molex KK 254 konektoru ražotāja interneta vietne.
https://www.molex.com/molex/products/family?key=kk_254_rpc_connector_system&channel=PROD_UCTS&chanName=family&pageTitle=Introduction&utm_source=dpb&utm_medium=lit&utm_campaign=general&WT.mc_id=A03294
4. SX1261 LoRa mikroshēmas datu lapa.
https://semtech.my.salesforce.com/sfc/p/#E0000000JelG/a/2R000000HT7B/4cQ1B3JG0iKR09DGRkiVuxclfwB.3tfSUcGr.S_dPd4
5. Murata CMWX1ZZABZ LoRa moduļa datu lapa.
https://wireless.murata.com/pub/RFM/data/type_abz.pdf
6. Microchip RN2903 LoRa moduļa datu lapa.
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/RN2903-LoRa-Technology-Transceiver-Module-Data-Sheet-DS50002390H.pdf>
7. TESEO-LIV3F GPS uztvērēja datu lapa. <https://www.st.com/resource/en/datasheet/teseo-liv3f.pdf>

8. Cortex-Debug konektoru specifikācija.
http://infocenter.arm.com/help/topic/com.arm.doc.fags/attached/13634/cortex_debug_connectors.pdf
9. BQ25570 sprieguma pārveidotāja datu lapa. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq25570.pdf>
10. BQ25570 sprieguma pārveidotāja rezistoru aprēķina izklājlapa. <http://www.ti.com/lit/zip/sluc484>

U1.4. Sistēmas programmatūras daļas arhitektūras izstrāde

Uzdevuma ietvaros tiek izstrādāta sistēmas programmatūras arhitektūra. Tiek definēti programmatūras sadarbības interfeisi ar aparatūras daļu, nepieciešamās izvēlnes un to mijiedarbība, atsevišķo komponentu izstrādes process un izmantojamie programmatūras rīki. Arī programmatūras arhitektūras uzbūves pamatā būs modulārais princips, ļaujot nodrošināt vienkāršotu vienības testu realizāciju sistēmas atklūdošanai, kā arī lokanu pieeju sistēmas funkcionalitātes paplašināšanai, minimizējot ietekmi uz jau realizētām funkcijām.

1.4.1. Sistēmas mezgli, to programmatūra un interfeisi

Sistēmas programmatūras galvenais mezgls visas informācijas apkopošanai un uzglabāšanai būs strukturētas vaicājumvalodas (SQL) tipa normalizētā datu bāze (DB). DB aizpildīšana ir paredzēta pamatā divos veidos – caur lietotāja grafisko interfeisu (GUI), kas tiks realizēts kā web-aplikācija, un ar LoRa vārteju ziņu apstrādes servisu. Ir paredzēts arī serviss ziņojumu sūtīšanai no GUI uz LoRa vārtejām.

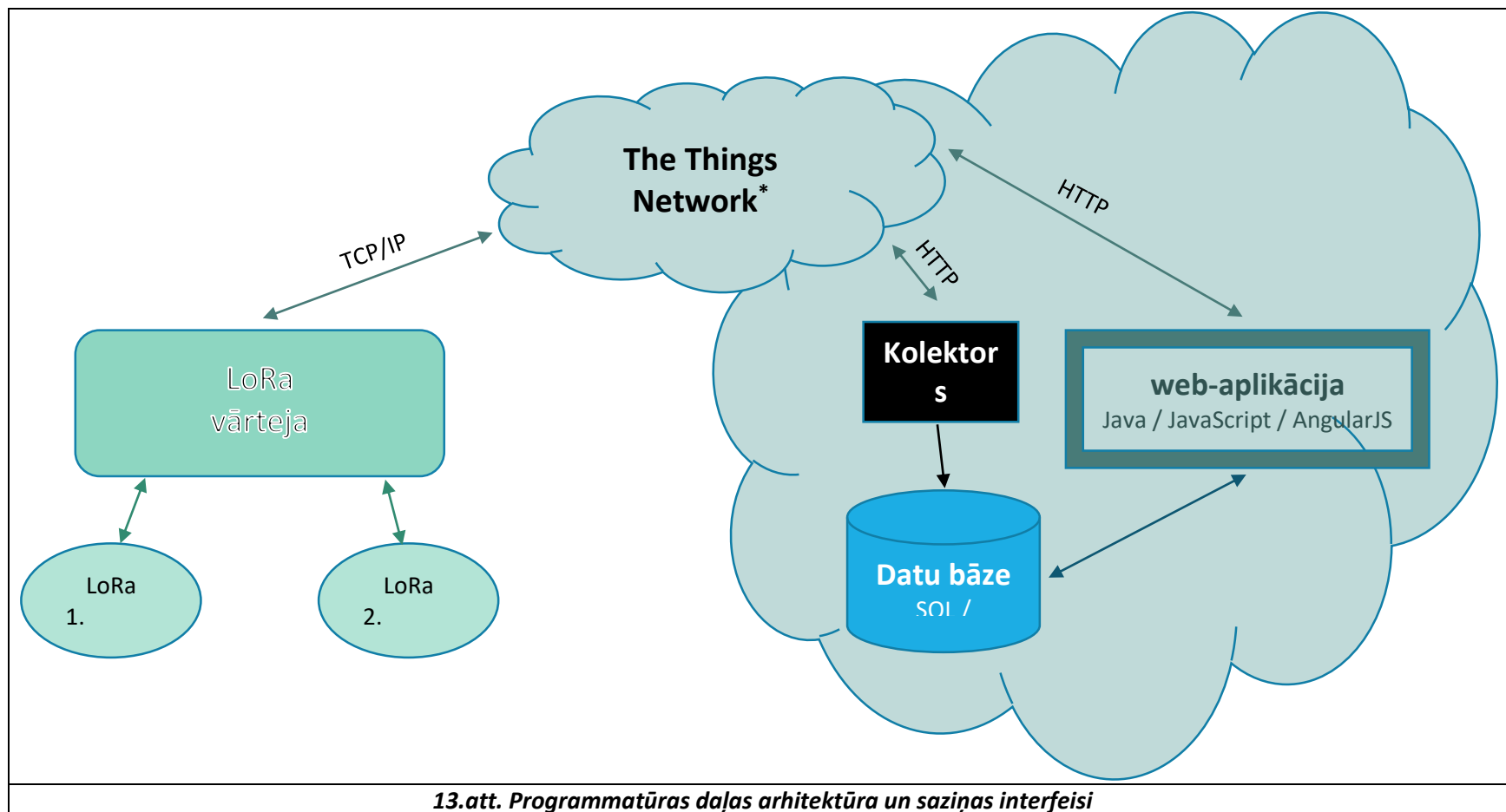
Sākotnējā posmā dati no un uz LoRa vārtejām tiks sūtīti caur <https://www.thethingsnetwork.org/> vietni, attiecīgi savienojumam ar sistēmas DB izmantojot to lietojumprogrammas interfeisu (API).

LoRa vārteju ziņojumu sagatavošanas un apstrādes servisu moduļu realizācijas valoda ir Python. Ziņojumu izsūtīšanai un saņemšanai tiks izmantots pārraides vadības protokols/interneta protokols (TCP/IP).

Piekļuve DB notiks, izmantojot divu līmeņu pārbaudi - DB servera lietotāja autentifikācija un iekārtas vides piekļuves vadības adreses (MAC) pārbaude.

Visu ar sistēmas datu bāzi saistīto darbību izsekošanai ir nepieciešams lai ir ieslēgts FULL recovery model režīms – <http://www.sqlshack.com/reading-sql-server-transaction-log/>.

web-aplikācijas realizācijas valoda tiek plānota PHP valoda.



1.4.2. DB struktūra

DB saturēs divu veidu tabulas – klasifikatorus un datu tabulas, saglabātās procedūras, funkcijas un triggerus.

Klasifikatoru tabulas

Šajā sadaļā tiks uzskaitītas un aprakstītas sistēmas stāvokļu klasifikatoru visas plānojamās tabulas, kā arī to plānojamā atrašanās GUI un procedūras un funkcijas tabulu satura modificēšanai. Sistēmas turpmākās realizācijas gaitā tabulu skaits un saturs var tikt modificēts.

Sistēmas lietotāji

DB līmenis c_Users tabula			GUI līmenis “Lietotāji” logs
lauks	datu tips	Apraksts	redzams Admin lietotājiem
Id	int	PK* (FK** tabulām: d_Reservoirs, d_Nodes, d_Sensors, d_Plants, d_Species, d_Diseases, d_Feeding, d_Feeders, d_Aerators, d_Manipulations, d_Measurements, d_Alarms)	
Login	varchar(15)	DB lietotāja vārds	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
Name	varchar(20)	Personas vārds	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
Surname	varchar(20)	Personas uzvārds	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
Email	varchar(25)	Personas e-pasts	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
Created	datetime	Pievienošanās datums	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
Admin	Bool	Administrators	Opciju pogas, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
Guard	bool	Uzraugs	
User	bool	Lietotājs	
Gate	bool	Vārteja	

*PK – primārā atslēga (angl. Primary Key)

**FK – atsaucē atslēga (angl. Foreign Key)

Novembris 30, 2019

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Piekļuves darba stacijas un iekārtas

DB līmenis c_Devices tabula			GUI līmenis “Iekārtas” logs
lauks	datu tips	Apraksts	redzams Admin lietotājiem
Id	int	PK	
Title	varchar(20)	Iekārtas nosaukums	Tiešās ievades lauks
MAC	varchar(17)	Iekārtas MAC adrese	Tiešās ievades lauks ar masku (__-__-__-__-__-__)
Type	int	Iekārtas tips	Nolaižamais kombinētais lodziņš: LoRa vārteja (1) Personālais dators (2) Planšetdators (3) Mobilais telefons (4)

LoRa mezglu tipi

DB līmenis c_Nodes tabula			GUI līmenis “LoRa mezglu tipi” logs
lauks	datu tips	apraksts	redzams Admin lietotājiem
Id	int	PK (FK tabulām: c_Photos, d_Nodes)	
Title	varchar(20)	Mezglā tipa nosaukums	Tiešās ievades lauks
Description	varchar(1000)	Mezglā tipa apraksts	Tiešās ievades lauks
			Bilžu pievienošanas un attēlošanas rīks*

*Bilžu uzglabāšanas vieta – c_Photos tabula

Devēju tipi

DB līmenis c_Sensors tabula			GUI līmenis “Devēju tipi” logs
lauks	datu tips	apraksts	redzams Admin lietotājiem
Id	int	PK (FK tabulām: c_Photos, d_Sensors)	
Title	varchar(20)	Devēja tipa nosaukums	Tiešās ievades lauks
Description	varchar(1000)	Devēja tipa apraksts	Tiešās ievades lauks
Temperature	bool	Temperatūra	Izvēles rūtiņas
Humidity	bool	Mitrums	
*	*	*	
			Bilžu pievienošanas un attēlošanas rīks**

* Izstrādes gaitā tiks papildināts

**Bilžu uzglabāšanas vieta – c_Photos tabula

Novembris 30, 2019

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīķsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Ūdenstilpju tipi

DB līmenis c_Reservoirs tabula			GUI līmenis “Ūdenstilpju tipi” logs redzams Admin lietotājiem
lauks	datu tips	apraksts	
Id	int	PK (FK tabulām: d_Reservoirs)	
Title	varchar(20)	Ūdenstilpju tipa nosaukums	Tiešās ievades lauks

Augu sugas

DB līmenis c_Plants tabula			GUI līmenis “Augu sugas” logs redzams Admin lietotājiem
lauks	datu tips	apraksts	
Id	int	PK (FK tabulām: c_Photos, d_Plants)	
Title	varchar(20)	Augu sugas nosaukums	Tiešās ievades lauks
			Bilžu pievienošanas un attēlošanas rīks* + bildes komentārs

*Bilžu uzglabāšanas vieta – c_Photos tabula

Zivju sugas

DB līmenis c_Species tabula			GUI līmenis “Zivju sugas” logs redzams Admin lietotājiem
lauks	datu tips	apraksts	
Id	int	PK (FK tabulām: c_Photos, d_Species)	
Title	varchar(20)	Zivju sugas nosaukums	Tiešās ievades lauks
			Bilžu pievienošanas un attēlošanas rīks* + bildes komentārs

*Bilžu uzglabāšanas vieta – c_Photos tabula

Novembris 30, 2019

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīķsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Zivju slimību un traumu veidi

DB līmenis c_Diseases tabula			GUI līmenis “Zivju slimību un traumu veidi” logs redzams Admin lietotājiem
lauks	datu tips	apraksts	
Id	int	PK (FK tabulām: c_Photos, d_Diseases)	
Title	varchar(20)	Zivju slimības nosaukums	Tiešās ievades lauks Bilžu pievienošanas un attēlošanas rīks* + bildes komentārs

*Bilžu uzglabāšanas vieta – c_Photos tabula

Barības veidi

DB līmenis c_Food tabula			GUI līmenis “Barības veidi” logs redzams Admin lietotājiem
lauks	datu tips	apraksts	
Id	int	PK (FK tabulām: c_Photos, d_Feeding)	
Title	varchar(20)	Barības veida nosaukums	Tiešās ievades lauks Bilžu pievienošanas un attēlošanas rīks* + bildes komentārs

*Bilžu uzglabāšanas vieta – c_Photos tabula

Barotavu tipi

DB līmenis c_Feeders tabula			GUI līmenis “Barotavu tipi” logs redzams Admin lietotājiem
lauks	datu tips	apraksts	
Id	int	PK (FK tabulām: c_Photos, d_Feeders)	
Title	varchar(20)	Barotavas tipa nosaukums	Tiešās ievades lauks Bilžu pievienošanas un attēlošanas rīks* + bildes komentārs

*Bilžu uzglabāšanas vieta – c_Photos tabula

Aeratoru tipi

DB līmenis c_Aerators tabula			GUI līmenis “Aeratoru tipi” logs redzams Admin lietotājiem
lauks	datu tips	apraksts	
Id	int	PK (FK tabulām: c_Photos, d_Aerators)	
Title	varchar(20)	Aeratora tipa nosaukums	Tiešās ievades lauks Bilžu pievienošanas un attēlošanas rīks* + bildes komentārs

*Bilžu uzglabāšanas vieta – c_Photos tabula

Klasifikatoru ierakstu bildes un to apraksti

DB līmenis c_Photos tabula		
lauks	datu tips	apraksts
Id	int	PK
Type	int	Klasifikatora tips: 1 – LoRa mezgli 2 – Devēji 3 – Augu sugas 4 – Zivju sugas 5 – Zivju slimību veidi 6 – Barības veidi 7 – Barotavu tipi 8 – Aeratoru tipi
fkObject	int	FK Klasifikatora ieraksta Id
Description	varchar(1000)	Bildes komentārs
Photo	blob	Bilde

Manipulāciju veidi

DB līmenis c_Manipulations tabula			GUI līmenis “Manipulāciju veidi” logs redzams Admin lietotājiem
Lauks	datu tips	apraksts	
Id	int	PK (FK tabulām: d_Manipulations)	
Title	varchar(20)	Manipulācijas apraksts	Tiešās ievades lauks
Type	int	Manipulācijas objekts	Nolaižamais kombinētais lodziņš: Ūdens (1)

Novembris 30, 2019

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

			Zivis (2) Augi (3)
--	--	--	-----------------------

Procedūras klasifikatoru tabulu satura modificēšanai

ManageClassifier

Sistēmas turpmākās realizācijas gaitā procedūru skaits un saturs var tikt modificēts.

U1.4.2.3. Datu tabulas

Šajā sadaļā tiks uzskaitītas un aprakstītas sistēmas stāvokļu datu visas plānojamās tabulas, kā arī to plānojamā atrašanās GUI un procedūras un funkcijas tabulu satura modificēšanai. Sistēmas turpmākās realizācijas gaitā tabulu skaits un saturs var tikt modificēts.

Ūdenstilpes

DB līmenis d_Reservoirs tabula			GUI līmenis “Ūdenstilpes” logs
lauks	datu tips	apraksts	redzams Admin, Guard lietotājiem
Id	int	PK (FK tabulām: d_Photos, d_Nodes, d_Plants, d_Species, d_Feeders, d_Aerators, d_Manipulations, d_Alarms)	
Title	varchar(30)	Ūdenstilpes nosaukums	Tiešās ievades lauks
fkReservoirType	int	Ūdenstilpes tips (FK no c_Reservoirs tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
GPS_N	varchar(11)	Ūdenstilpes nosacītā centra koordinātas (ziemeļu platums) Latvijas koordinātu sistēmā LKS-92*	Tiešās ievades lauks ar masku (__° __' __. __")**
GPS_E	varchar(11)	Ūdenstilpes nosacītā centra koordinātas (austrumu garums) Latvijas koordinātu sistēmā LKS-92*	Tiešās ievades lauks ar masku (__° __' __. __")**
Area	float	Ūdenstilpes virsmas laukums	Tiešās ievades lauks, m ²
Depth	float	Ūdenstilpes dziļums	Tiešās ievades lauks, m
Created	datetime	Ieraksta pievienošanas datums	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama

Novembris 30, 2019

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīķsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

fkUser	int	Ieraksta pievienošanas lietotāja Id (FK no c_Users tabulas)	Teksta lauks (atbilstošā lietotāja vārds un uzvārds), modificēšana GUI līmenī nav iespējama
			Bilžu pievienošanas un attēlošanas rīks*** + bildes komentārs

*Dati saskaņā ar – [Noteikumi par ūdenstilpju klasifikatoru](#)

**Atrašanas vietas attēlošanas rīks (sistēmas izstrādes posmā) – [Get Latitude and Longitude](#)

***Bilžu uzglabāšanas vieta – d_Photos tabula

LoRa mezgli

DB līmenis d_Nodes tabula			GUI līmenis “LoRa mezgli” logs redzams Admin, Guard lietotājiem
Lauks	datu tips	apraksts	
Id	int	PK (FK tabulām: d_Sensors)	
Title	varchar(20)	LoRa mezgla nosaukums	Tiešās ievades lauks
fkNodeType	int	LoRa mezgla tips (FK no c_Nodes tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
fkReservoir	int	Piederība ūdenstilpei (FK no d_Reservoirs tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
Created	datetime	Ieraksta pievienošanas datums	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
fkUser	int	Ieraksta pievienošanas lietotāja Id (FK no c_Users tabulas)	Teksta lauks (atbilstošā lietotāja vārds un uzvārds), modificēšana GUI līmenī nav iespējama

Devēji

DB līmenis d_Sensors tabula			GUI līmenis “Devēji” logs redzams Admin, Guard lietotājiem
lauks	datu tips	apraksts	
Id	int	PK (FK tabulām: d_Measurements)	
Title	varchar(20)	Devēja nosaukums	Tiešās ievades lauks
fkSensorType	int	Devēja tips (FK no c_Sensors tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
fkNode	int	Piederība LoRa mezglam (FK no d_Nodes tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš

Novembris 30, 2019

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Created	datetime	Ieraksta datums	pievienošanas	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
fkUser	int	Ieraksta lietotāja Id (FK no c_Users tabulas)	pievienošanas	Teksta lauks (atbilstošā lietotāja vārds un uzvārds), modificēšana GUI līmenī nav iespējama

Augi

DB līmenis d_Plants tabula			GUI līmenis “Augi” logs
lauks	datu tips	apraksts	
Id	int	PK (FK tabulām: d_Manipulations)	redzams Admin, Guard lietotājiem
fkPlantType	int	Augu sugas veids (FK no c_Plants tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
fkReservoir	int	Piederība ūdenstilpei (FK no d_Reservoirs tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
Created	datetime	Ieraksta datums pievienošanas	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
fkUser	int	Ieraksta lietotāja Id pievienošanas (FK no c_Users tabulas)	Teksta lauks (atbilstošā lietotāja vārds un uzvārds), modificēšana GUI līmenī nav iespējama

Zivis

DB līmenis d_Species tabula			GUI līmenis “Zivis” logs
lauks	datu tips	apraksts	
			redzams Admin , Guard lietotājiem
Id	int	PK (FK tabulām: d_Diseases, d_Manipulations)	
fkSpecieType	int	Zivju sugas veids (FK no c_Species tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
fkReservoir	int	Piederība ūdenstilpei (FK no d_Reservoirs tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
Created	datetime	Ieraksta datums pievienošanas	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
fkUser	int	Ieraksta lietotāja Id pievienošanas (FK no c_Users tabulas)	Teksta lauks (atbilstošā lietotāja vārds un uzvārds), modificēšana GUI līmenī nav iespējama

Novembris 30, 2019

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Zivju slimības un traumas

DB līmenis d_Diseases tabula			GUI līmenis “Zivju slimības un traumas” logs
lauks	datu tips	apraksts	redzams Admin, Guard lietotājiem
Id	int	PK (FK tabulām: d_Photos)	
fkDiseaseType	int	Slimības veids (FK no c_Diseases tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
fkSpecie	int	Noteiktā zivis ar slimību no noteiktās ūdenstilpes (FK no d_Species tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
Created	datetime	Ieraksta pievienošanas datums	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
fkUser	int	Ieraksta pievienošanas lietotāja Id (FK no c_Users tabulas)	Teksta lauks (atbilstošā lietotāja vārds un uzvārds), modificēšana GUI līmenī nav iespējama
			Bilžu pievienošanas un attēlošanas rīks* + bildes komentārs

*Bilžu uzglabāšanas vieta – d_Photos tabula

Barotavas

DB līmenis d_Feeders tabula			GUI līmenis “Barotavas” logs
lauks	datu tips	apraksts	redzams Admin, Guard lietotājiem
Id	int	PK (FK tabulām: d_Feeding)	
Title	varchar(20)	Barotavas nosaukums	Tiešās ievades lauks
fkFeederType	int	Barotavas tips (FK no c_Feeders tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
fkReservoir	int	Piederība ūdenstilpei (FK no d_Reservoirs tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
Created	datetime	Ieraksta pievienošanas datums	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
fkUser	int	Ieraksta pievienošanas lietotāja Id (FK no c_Users tabulas)	Teksta lauks (atbilstošā lietotāja vārds un uzvārds), modificēšana GUI līmenī nav iespējama

Aeratori

DB līmenis d_Aerators tabula			GUI līmenis “Aeratori” logs
lauks	datu tips	apraksts	redzams Admin, Guard lietotājiem
Id	int	PK	
Title	varchar(20)	Aeratora nosaukums	Tiešās ievades lauks
fkAeratorType	int	Aeratora tips (FK no c_Aerators tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
fkReservoir	int	Piederība ūdenstilpei (FK no d_Reservoirs tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
Created	datetime	Ieraksta pievienošanas datums	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
fkUser	int	Ieraksta pievienošanas lietotāja Id (FK no c_Users tabulas)	Teksta lauks (atbilstošā lietotāja vārds un uzvārds), modificēšana GUI līmenī nav iespējama

Barošana

DB līmenis d_Feeding tabula			GUI līmenis “Barošana” logs
lauks	datu tips	apraksts	redzams Admin, Guard, User lietotājiem
Id	int	PK (FK tabulām: d_Photos)	
fkFeeder	int	Barotava (FK no d_Feeders tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
fkFood	int	Barības veids (FK no c_Food tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
Weight	float	Svars	Tiešās ievades lauks, kg
Amount	int	Daudzums	Tiešās ievades lauks, sk
Created	datetime	Ieraksta pievienošanas datums	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
fkUser	int	Ieraksta pievienošanas lietotāja Id (FK no c_Users tabulas)	Teksta lauks (atbilstošā lietotāja vārds un uzvārds), modificēšana GUI līmenī nav iespējama
			Bilžu pievienošanas un attēlošanas rīks* + bildes komentārs

*Bilžu uzglabāšanas vieta – d_Photos tabula

Datu ierakstu bildes un to apraksti

DB līmenis d_Photos tabula		
lauks	datu tips	apraksts
Id	int	PK
Type	int	Datu ieraksta tips: 1 – Ūdenstilpes 2 – Slimības 3 – Barība 4 – Trauksmes
fkObject	int	FK Datu ieraksta Id
Description	varchar(1000)	Bildes komentārs
Photo	blob	Bilde

Manipulācijas

DB līmenis d_Manipulations tabula			GUI līmenis “Manipulācijas” logs
lauks	datu tips	apraksts	redzams Admin lietotājiem
Id	int	PK	
fkManipType	int	Manipulācijas veids (FK no c_Manipulations tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
fkObject	int	Manipulācijas objekta ieraksta Id (FK no d_Reservoirs, d_Plants, d_Species)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
Weight	float	Svars	Tiešās ievades lauks, kg
Amount	int	Daudzums	Tiešās ievades lauks, sk
Created	datetime	Ieraksta pievienošanas datums	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
fkUser	int	Ieraksta pievienošanas lietotāja Id (FK no c_Users tabulas)	Teksta lauks (atbilstošā lietotāja vārds un uzvārds), modificēšana GUI līmenī nav iespējama

Novembris 30, 2019

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Mērījumi

DB līmenis d_Measurements tabula			GUI līmenis “Mērījumi” logs
lauks	datu tips	apraksts	
Id	int	PK	redzams Admin lietotājiem
fkSensor	int	Sensors (FK no d_Sensors tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš*
ValueF	float	Mērījums, reāls skaitlis	Tiešās ievades lauks*
ValueI	int	Mērījums, vesels skaitlis	Tiešās ievades lauks*
Measured	datetime	Mērījuma veikšanas datums	Kalendāra lauks ar laiku*
Created	datetime	Ieraksta pievienošanas datums	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
fkUser	int	Ieraksta pievienošanas lietotāja Id (FK no c_Users tabulas)	Teksta lauks (atbilstošā lietotāja vārds un uzvārds), modificēšana GUI līmenī nav iespējama

*Aizpildīšana pārsvarā tiks veikta automatizēti, apstrādājot LoRa vārteju ziņojumus

Trauksmes

DB līmenis d_Alarms tabula			GUI līmenis “Trauksmes” logs
lauks	datu tips	apraksts	
Id	int	PK	redzams Admin lietotājiem
fkReservoir	int	Piederība ūdenstilpei (FK no d_Reservoirs tabulas)	Nolaižamais kombinētais lodziņš
Description	varchar(1000)	Trauksmes apraksts	Tiešās ievades lauks
Detected	datetime	Trauksmes datums	Kalendāra lauks ar laiku
Created	datetime	Ieraksta pievienošanas datums	Teksta lauks, modificēšana GUI līmenī nav iespējama
fkUser	int	Ieraksta pievienošanas lietotāja Id (FK no c_Users tabulas)	Teksta lauks (atbilstošā lietotāja vārds un uzvārds), modificēšana GUI līmenī nav iespējama
			Bilžu pievienošanas un attēlošanas rīks* + bildes komentārs

*Bilžu uzglabāšanas vieta – d_Photos tabula

Novembris 30, 2019

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Procedūras datu tabulu saturs modificēšanai

ManageNode, ManageSensor, ManageReservoir, ManagePlant, ManageSpecie, ManageDisease, ManageFeeder, ManageAerator, ManageFeeding, ManagePhoto, ManageManipulation, ManageMeasurement, ManageAlarm

Sistēmas turpmākās realizācijas gaitā procedūru skaits un saturs var tikt modificēts.

1.4.3. web-aplikācijas GUI skice

Klasifikatori

Ūdenstilpes

Papes ezers

Reiņu ezers

Morku dīķis

Ērgļu dīķis

Statistika

Augi

Zivis

Zivju slimības un traumas

Barošana

Manipulācijas

Mērījumi

Trauksmes

Barotavas

Aeratori

LoRa mezgli

Devēji

Morku dīķis

(56.55, 21.43) Lat & Long Map

The latitude 56.55 and longitude 21.43 shown on map.



▪ Dīķis

Laukums 10000 m2

Dziļums 5m

Attēli:

Pievienots:

01.09.2019 10:00

Administrators

Novembris 30, 2019

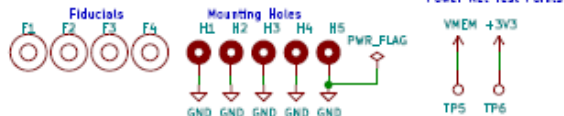
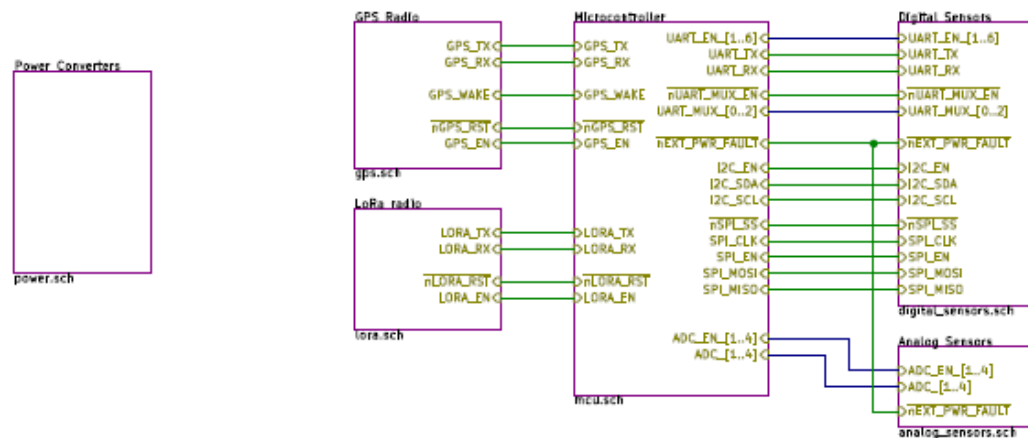
**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīķsaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**

Pielikumi U1.3. Shēmtehnisko risinājumu izstrāde

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003

Novembris 30, 2019

IoT Water Quality Measurement System

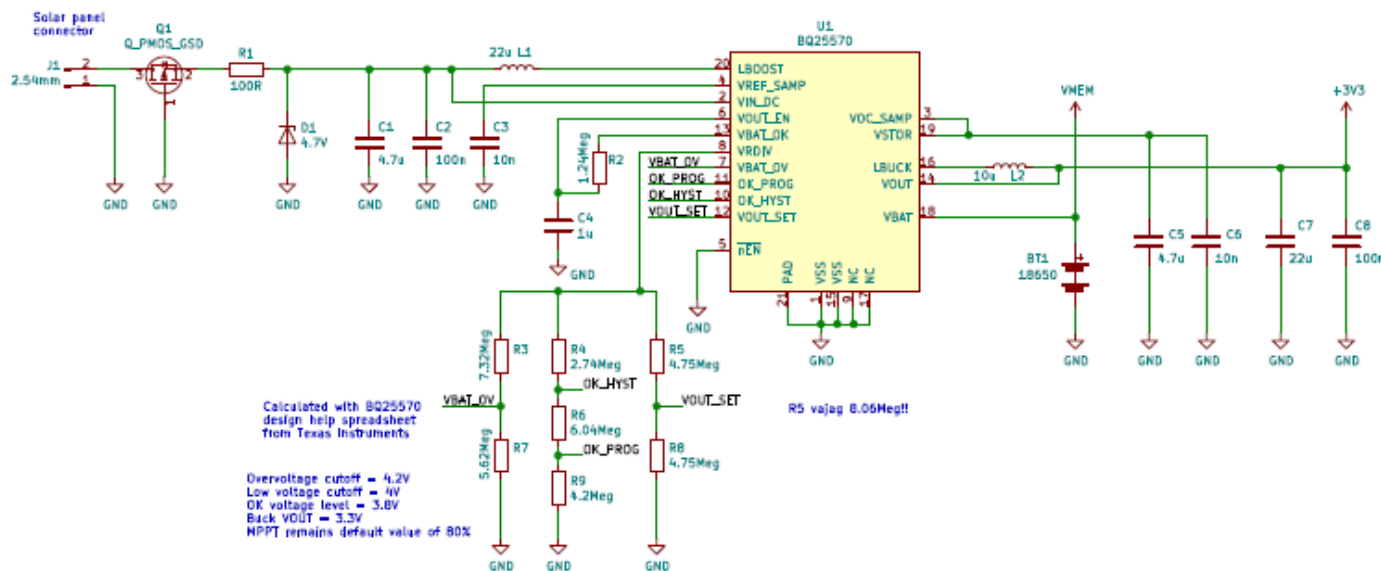


RTU
Sheet: /
File: WaterProject.sch
Title: IoT Water Quality measurement system
Size: A4
Kicad E.D.A. kicad 5.1.2-f72e74a84ubuntu18.10.1
Rev: v1.0
Id: 1/7

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīksaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003

Novembris 30, 2019

Power Converter



RTU

Sheet: /Power Converters/

File: power.sch

Title: IoT Water Quality measurement system

Size: A4

KiCad E.D.A. KiCad 5.1.2-f72e74a84ubuntu18.10.1

Rev: v1.0

Id: 2/7

**Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003**



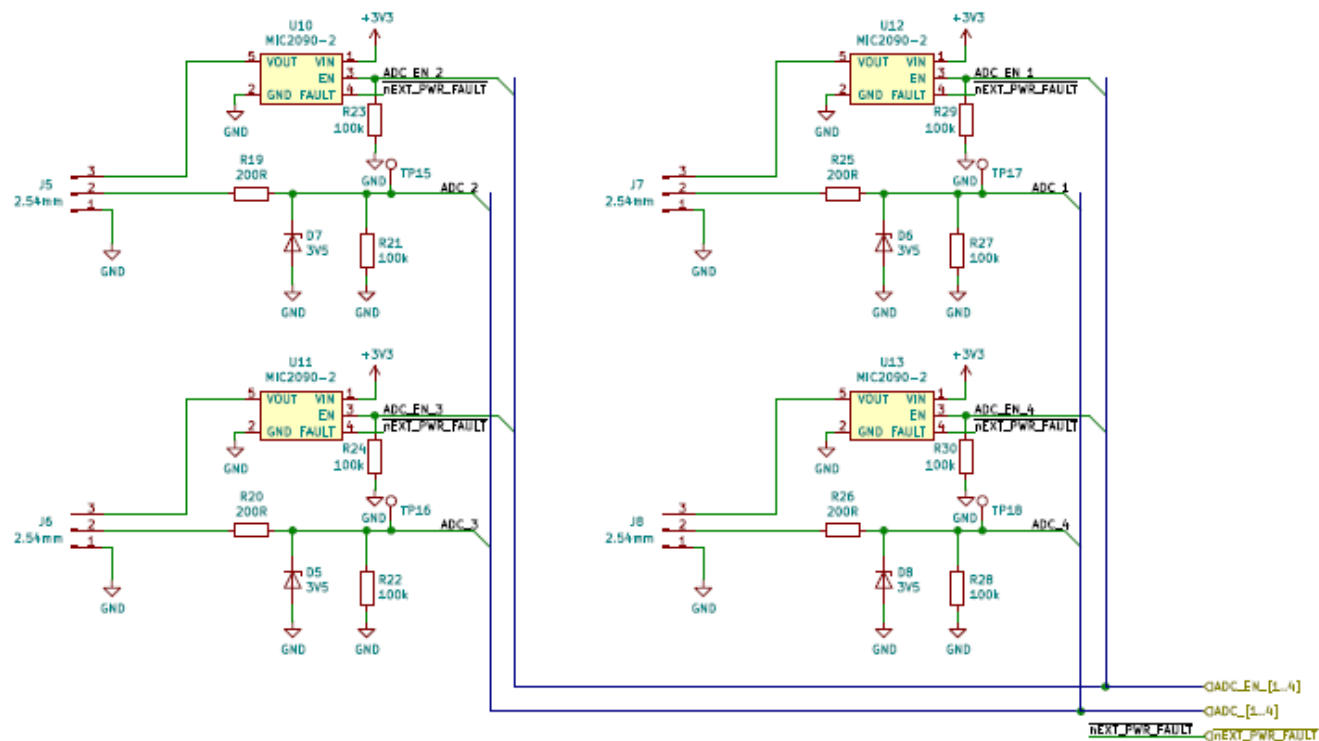


Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīkšaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kiberfizikālās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003

Novembris 30, 2019

NOTE: Pulldown resistors on load switch EN pin are to prevent floating EN pin during MCU startup. It must be tested, if they are needed.

ADC Channels
0-3.3V Input, 3.3V 50mA max supply voltage

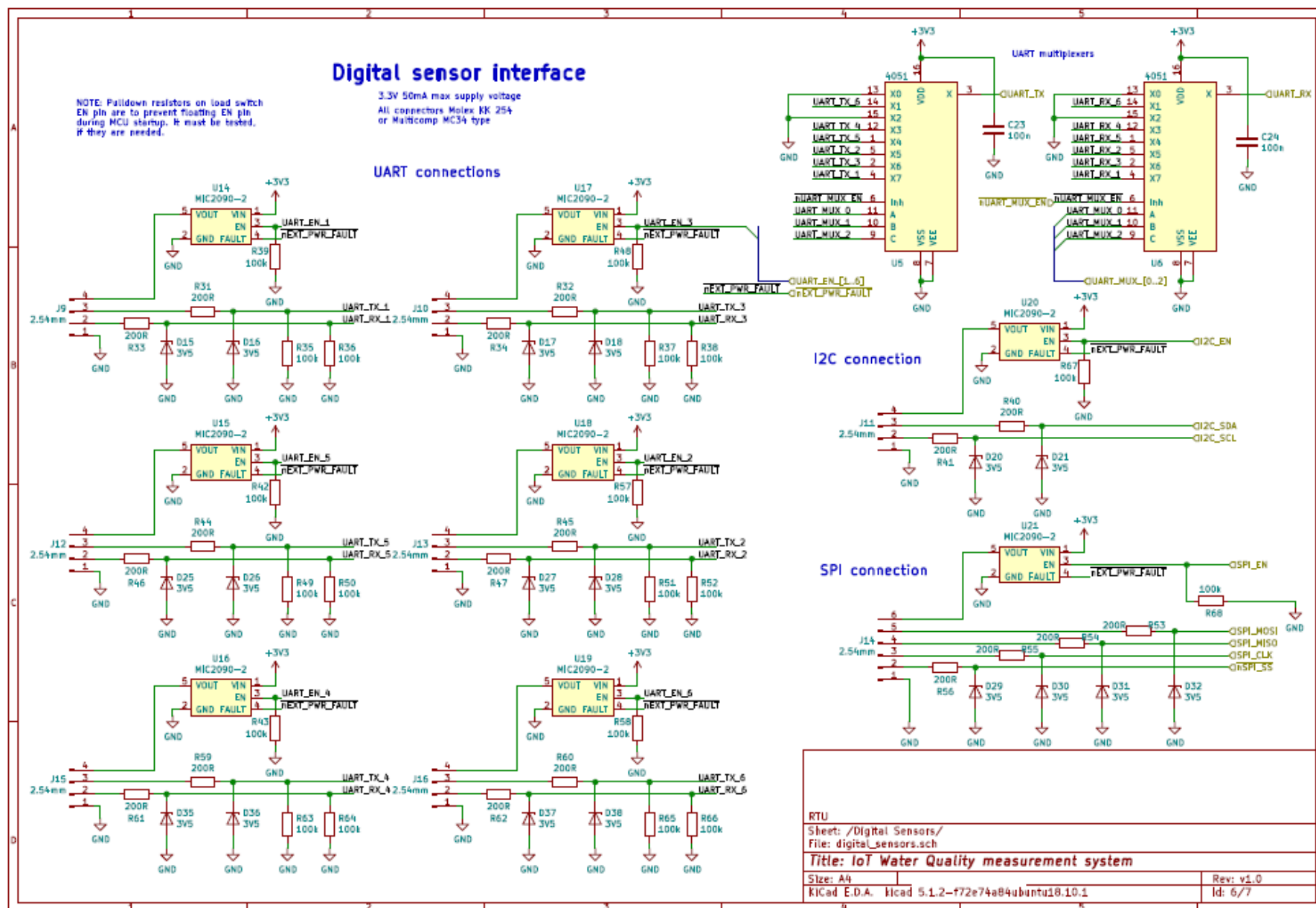


RTU
Sheet: /Analog Sensors/
File: analog_sensors.sch
Title: IoT Water Quality measurement system

Size: A4
Kicad E.D.A. Hcad 5.1.2-f72e74a84ubuntu18.10.1
Rev: v1.0
Id: 5/7

Projekts „ Ūdens kvalitātes monitoringa un dīksaimniecību pārvaldības jaunās paaudzes kibernetiskās infrastruktūras izstrāde akvakultūras objektu produktivitātes paaugstināšanai”
Nr. 18-00-F02201-000003

Novembris 30, 2019



Novembris 30, 2019

