Biotehnoloģiju laboratorijas uzraudzības un automatizēšanas sistēmas tehniskais apraksts.

IEVADS

Veicot biotehnoloģiju laboratorijas apsekošanu, tika konstatēts, ka ta tai nepieciešamā automatizācijas sistēma sastāv no trim idejiski atšķirīgām daļām:

- Mikrostādu audzēšanas-pavairošanas laboratorijas datu bāze,
- Sakņu aplaistīšanas sistēmas,
- Uzpludināmo galdu sistēmas.

Pirmā daļa ir saistītā ar datu bāzes veidošanu mikrostādu klasifikācijai, otrā un trešā ar monitoringa un izpildes sistēmām. Idejiski otro un trešo sistēmas varētu apvienot kopā, vienā sistēmā. Apvienošanas scenāriji, savienošanas interfeisi, tehniskie risinājumi būs aprakstīti atskaites ceturtajā nodaļā. Piektajā nodaļā tiks aprakstīts pirmais ierīces eksperimentālais prototips.

1 MIKROSTĀDU AUDZĒŠANAS-PAVAIROŠANAS LABORATORIJAS DATU BĀZE

1.1 SITUĀCIJAS ANALĪZE

Audzējot un pavairojot mikrostādus, ir nepieciešama sistēma, kas varētu fiksēt darbības, kas tiktu veikti ar mikrostādiem, kā arī atgādināt par nepieciešamām darbībām ar kādu noteiktu mikrostādu grupu. Mikrostādi tiek ievietoti mēģenēs, speciālajā barības želejā. Mēģeņu forma ir dažāda, atkarībā no mikrostādu veida. Pēc noteiktā laika ar tiem ir jāveic noteiktas darbības, proti:

- barības želejas papildināšanu;
- mikrostādu pavairošanu, sagriežot to daļās;
- mikrostādu apsekošana (vai neveidojas pelējums un citas kaites).

Pagaidām ir neliels mikrostādu skaits bet ir paredzams, ka tas būs lielāks. Katra darbība, kas ir veikta ar mikrostādiem, tiek fiksēta speciālā žurnālā ar pildspalvu. Nepieciešamas darbības, kas būtu jāveic ar tiem, pēc noteiktā intervālā arī tiek fiksētas. Reģistrēšanas process ir neērts, un to automatizācija būtiski atvieglotu darbu, it īpaši augot mikrostādu skaitam, kā tas ir paredzēts. Līdz ar to tika prasīts veidot sistēmu, kas izmantotu QR kodus un lasītāju, un būtiski atvieglotu reģistrācijas procesus un varētu atgādināt par veicamajām darbībām.

1.2 IESPĒJAMIE TEHNISKIE RISINĀJUMI MIKROSTĀDU AUDZĒŠANAS-PAVAIROŠANAS DATU BĀZEI

Šajā apakšnodaļā tiks izklāstīti iespējamie reģistrācijas sistēmas risinājumi. Pirmajā punktā būs vispārīgs sistēmas apraksts. Otrajā punktā būs apsvērumi par risinājuma lietojamību. Trešajā būs apsvērtas iespējamās sistēmas arhitektūras.

1.2.1 Nepieciešamā sistēmas funkcionalitāte un to izmantošanas scenāriji.

Vienkārša nosacīta sistēma varētu sastāvēt no bar-kodu lasītāja un datora/mikrokontroliera/servera/viedtālruņa un failā, kurā glabātos veikta darbību datu bāze. Detalizētāk tas būs izklāstīts zemāk.

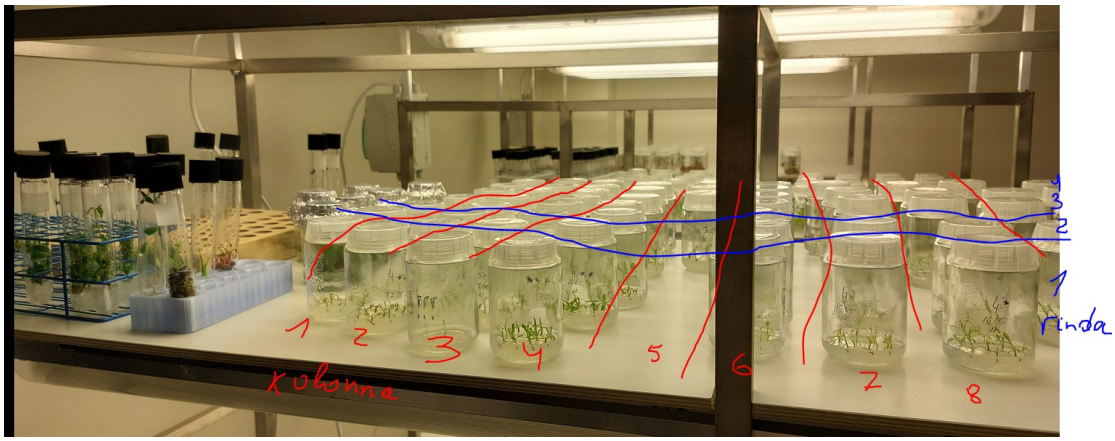
Visvienkāršākais (no aparatūras pieejamības viedokļa) bar-koda lasītājs ir viedtālrunis. Veidot lokālo datu bāzi uz viena mobila telefona būtu neparocīgi, līdz ar to iedomāsimies, ka mums ir serveris, ar kuru mobilais telefons sazinās ar interneta palīdzību. Protams, bez aparatūras vajadzīga arī nepieciešamā programmatūra, bet pirms veidot programmatūru ir jāapzinās to nepieciešamā funkcionalitāte. Iespējamo sistēmas funkcionalitāti aprakstīsim šajā punktā, lietojot hipotētisko mobila telefona-servera arhitektūru.

Lietojot viedtālruņi, tam pašam būtu jāinicializē savienojums ar serveri, piemēram, nospiežot attiecīgo pogu aplikācijā – *savienoties ar serveri*. Tad, kad ir nodibināts savienojums ar serveri, serveris var sūtīt paziņojumus. Šajos paziņojumos serveris paziņo, kādas darbības ar

mikrostādiem ir jāveic: kādus mikrostādus vajag pārstādīt, kādus pavairot, kādiem jāpieliek barošanas substrāts u.c.

1.1.attēlā ir parādīts plaukts ar mēģenēm. Tajā atrodas relatīvi daudz mēģenes, līdz ar to, lai varētu atrast, kādu konkrētu mēģeni būtu parocīgi ieviest kādu mēģeņu adresēšanas sistēmu. Tas varētu būt sekojoša: kāda telpā, kāda skapī, kāda plauktā, kāda rindā, kāda kolonnā atrodas stādi. Piemēram, ja mikrostādi atrodas 207. telpā, 2.skapī, 1.plauktā, 6.rindā, 8. kolonnā, tad tas viss izskatītos kā: 207-2-1-6-8. Tā kā plauktā mēs redzam divu veidu mēģenes, tad droši vien adresi var papildināt ar mēģenes tipu, ko apzīmēsim ar burtu, piemēram A un B. Tad adrese varētu izskatīties 207-2-1-6-8-B.

Rindu un kolonnu apzīmējumam ir jābūt uz plaukta vai plaukta malas, ja tas ir iespējams. Adrese, varētu būt iekodētā bar-kodā (tiks lietots QR kods), jo galvenais, lai zinātu kur likt doto mēģeni, lai vēlāk tā viegli būtu atrodamā. Iespējams, mēģenes QR koda izskats ir parādīts uz 1.2.att. Galvenais, lai bez QR koda arī būtu cilvēku lasāma adrese, lai varētu saprast kur to likt.



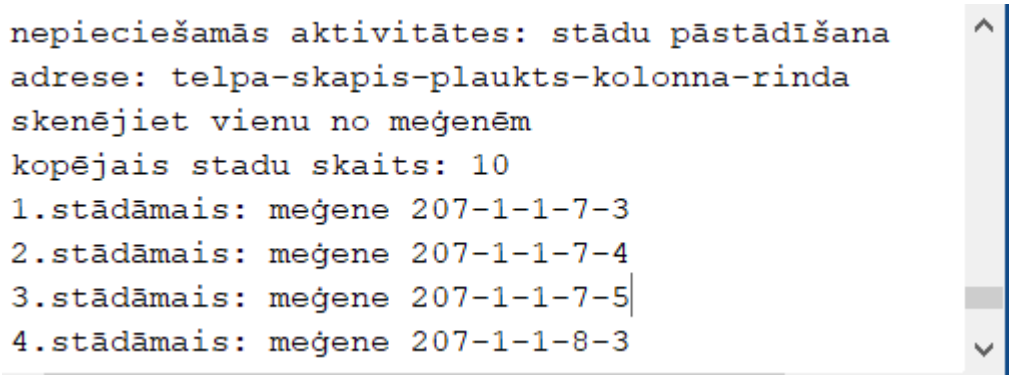
1.1.att. Adresācijas sistēmas piemērs. Adresācijas sistēmā tiek adresēts skapja numurs, plaukta numurs, rindas un kolonnas numurs. Katrai mēģenei ir jāatrodas pēc savas adreses.

207-2-1-6-8-B

207-2-1-6-8-B

1.2. Att. iespējamā uzlīme uz mēģenes [https://barcode.tec-it.com/en/MobileQRCode?data=207-2-1-6-8-B&eclevel=L]

Pēc savienošanas ar serveri tiek iegūts pašlaik veicams aktivitāšu saraksts., kas ir attēlots 1.3.attēlā. Tajā sarakstā tiek attēlotas mēģeņu adreses, kuriem ir nepieciešama aktivitāte.



1.3. att. iespējamais interfeiss, pēc pogas "saslēgties ar serveri" nospiešanas.

Tad jau scenārijs ir paņemt vienu no pieminētajām mēģenēm un veikt darbības – šoreiz pārstādīšana. Tātad paņemam pirmo, vai jebkādu citi, no pieminētajām mēģenēm.

Noskenējam to. Sistēma pārbaudīs, vai esat paņēmuši pareizo mēģeni, ja mēģene būs nepareiza, sistēma parādīs paziņojumu, ka mēģene ir nepareiza un parādīs attiecīgo paziņojumu. Ja mēģene ir pareiza, sistēma parādīs, kādas darbības ir jāveic ar to 1.4.att.

```
Ir noskenēta meģene 207-1-1-7-3
pareizi - nepieciešamās aktivitātes: stādu pārstādīšana
tajā ir 6 stadi - 5 stadiem veiksim pārstādīšanu
secīgi skenējiet 5 jaunās meģenes, kurās tiks veikta pāstādīšana
tas ir aktīvs līdz nospiedīsiet pārtraukt
----------
|pātraukt|
----------
```

1.4.att. Interfeiss pēc nepieciešamās mēģenes neskenēšanas.

Piemēram, pārstādīšanas scenārijā, sistēma prasīs skenēt mēģenes, kuros tiks likts viss. Ir paredzēts, ka brīvas mēģenes ir uzreiz ar uzlīmēm. Tomēr, iespējams, ka sistēma var drukāt nepieciešamas uzlīmes no jauna, pareizai mēģeņu novietošanai. 1.5.att. Ir pāradīts ekrāna izskats pēc jaunās mēģenes neskenēšanās, tajā tiek pārstādīts viens no mikrostādiem.

```
Notiek stadu pārstādīšana no mēģenes 207-2-1-7-3 uz:
Ir noskenēta meģene 207-2-1-1-1
---------------------------------
|labot pēdējas meģenes skanējumu|
---------------------------------
------------------------
|visi stadi pārstādīti|
------------------------
skenējiet nākamo jauno meģeni
```

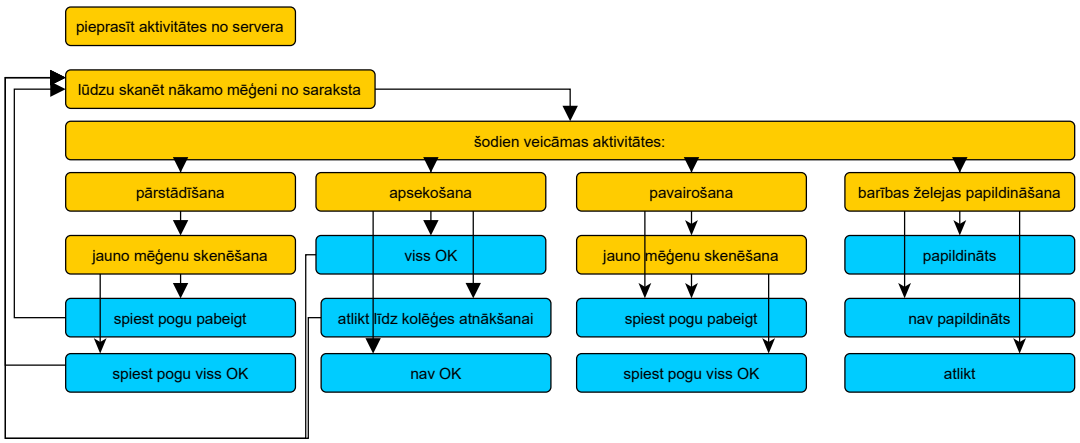
1.5.att. Interfeiss, veicot pārstādīšanas process uz jauno mēģeni 207-2-1-1-1

Pārstādot visās mēģenēs (iespējams arī paredzēt ka, kāda pārstādīšana neizdevās), tiek pāradīts visa procesa apkopojums 1.6.att.

```
6 Stadu pārstādīšana no mēģenes 207-2-1-7-3 ir pabeigta:
tika izvēlētas meģenes:
1.  207-2-1-1-1 izdevās
2.  207-2-1-1-2 izdevās
3.  207-2-1-1-3 izdevās
4.  207-2-1-1-4 izdevās
5.  207-2-1-7-3 izdevās
6.  ---------- neizdevās
----------------------
|turpināt aktivitaates|
----------------------
------------------
|pārskenēt meģenes|
------------------
```

1.6.att. Apkopojuma interfeiss pēc pārstādīšanas veikšanas

1.7.attēlā ir parādīta provizoriskā kopējā sistēmas funkcionalitāte. Ir paredzēts arī pārtraukt kādu darbību, piemēram, ja beidzās mēģenes, vai kā citādi.



1.7.att. Visas aktivitātes, un darbības kas ir paredzētas.

1.2.2 Pārdomas par risinājuma lietojamību

Viss tas jauninājums ir domāts, lai atvieglotu un paātrinātu darbību ar mikrostādu vēstures reģistrēšanu, kas līdz šim bija veicama papīra kladē un aizņēma lielāko daļu no laika.

Bet, lai programmatūras ieviešana tiešam samazināja to laiku ir jāņem vērā sekojoši faktori:

- Programmatūru no lietotāja puses, būtu jāveido maksimāli vienkāršu, lai nebūtu jāveic, liekas darbības, jāspiež liekas pogas, piemēram, pogu "*apstiprināt*", vai jāmeklē kāds punkts izvēlnē u.t.l.
- Vēl, no praktiskā viedokļa varētu apsvērt, vai mobila telefona sensoru ekrāna lietošana šajā situācijā ir parocīga, iespējams, ir kādi ierobežojumi, piemēram, cimdi, netīras rokas, sterilitātes saglabāšanas nosacījumi u.c. traucējošas darbības. Tad iespējams, parocīgāk būtu tomēr atsevišķs bezvadu QR kodu lasītājs, kuram būtu fiziskā poga – "*nolasīt*", ko varētu spaidīt arī ar netīrām rokām 1.8.att.

1.8.att. QR kode lasītājs.

- Tad spaidīšanu un telefona virtuālām pogām varētu aizvietot (vai nodublēt) ar QR koda uzlīmēm "pārstādīšana pabeigta", "OK" u.c., ko varētu arī skenēt ar QR koda lasītāju. Tad jau dominējošā mobila telefona loma, šī uzdevuma risinājumam varētu arī nebūt tik acīmredzama, līdz ar apskatīsim arī alternatīvas.

1.2.3 Iespējamās sistēmas arhitektūras

Šajā punktā uzskaitīsim Iespējamās sistēmas arhitektūras, proti:

- Viedtālrunis
- viedtālrunis – serveris
- Dators
- Dators-serveris
- Bar-koda lasītājs-ekrāns-mikrokontrolieris-serveris

Katru no arhitektūrām apskatīsim sīkāk sekojošos apakšpunktos.

Piezīme. Ar apzīmējumu "viedtālrunis" ir domāts uz Android operacionālās sistēmas balstīts viedtālrunis, bet tā vietā tikpat labi varētu būt uz Android operacionālas sistēmas balstīta planšete.

1.2.3.1 Viedtālruņa-balstītas arhitektūras

Šajā apakšpunktā sīkāk pievērsīsimies šādam arhitektūrām:

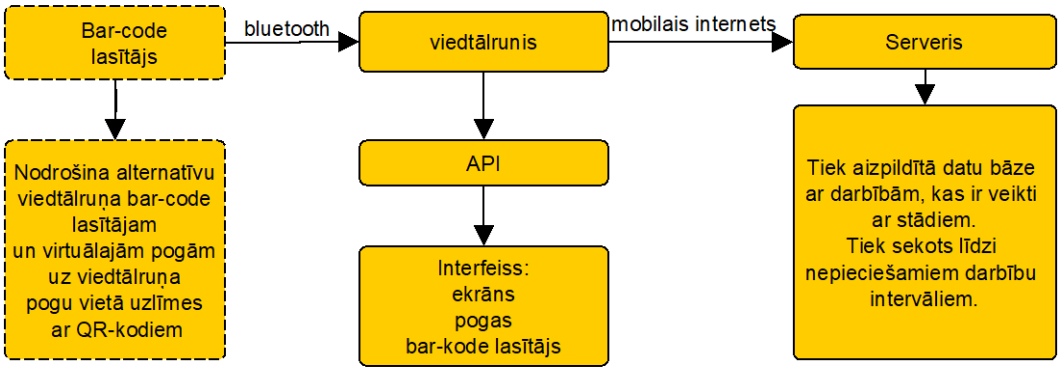
- viedtālrunis,
- viedtālrunis – serveris.

Šajās arhitektūras viedtālruņa loma ir gan informācijas izvade (ekrāns), gan arī informācijas nolasīšanas (bar-koda lasītājs), un informācijas ievads (interfeisa pogas). Vienkāršākajā aplikācijā datu bāze varētu glabāties tieši viedtālruņa, sarežģītākā - uz atsevišķa servera.

Pirmais variants neļauj mainīt viedtālruņus, jo visa informācija glabājas pašā viedtālrunī.

Otrajā variantā visa informācija tiek glabāta uz servera, līdz ar to šis variants ļauj mainīt viedtālruņus, kā arī aplūkošana varētu notiek, izmantojot atsevišķo datoru. Tas variants izskatās visai veiksmīgs, un tā arhitektūra ir parādītā 1.9.att.

Opcionāla bar-koda lasītāja izmantošana, kas opcionāli varētu tikt pievienots pie mobila telefona caur bluetooth varētu skanēšanas procesu padarīt vienkāršāk. Bar-koda lasītāju varētu izmantot ne tikai skanēšanai, bet arī lai veiktu virtuālo pogu nospiešanu, aizvietojot pogas ar sagatavotajiem QR-kodiem.



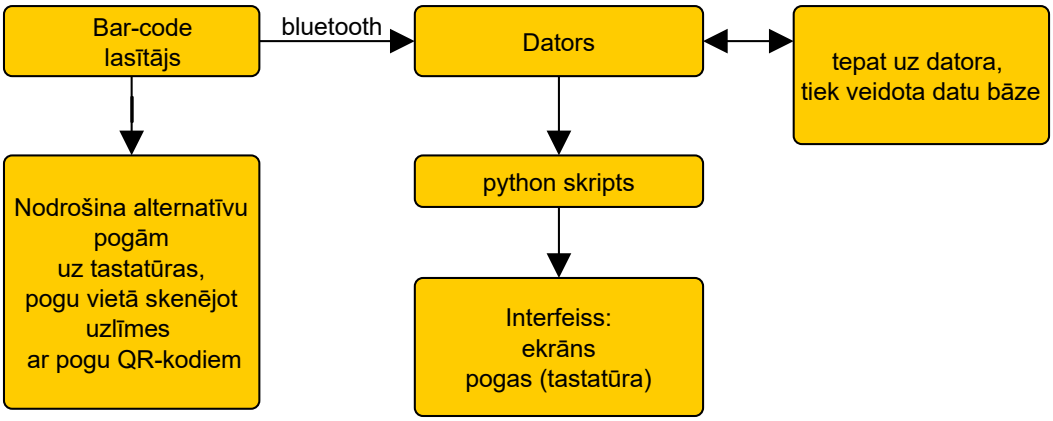
1.9.att. Viedtālruņa balstītā arhitektūra

1.2.3.2 Datora balstīta arhitektūra

Šajā apakšpunktā apskatīsim šādas arhitektūras:

- Dators
- Dators-serveris

Tā kā sistēmā parādās bar-kodu lasītājs, tad pazūd viedtālruņa noteicošā lomā, šajā sistēma, un varam viedtālruņa vietā izmantot datoru. 1.10.att. Pirmais scenārijs izmanto stacionāro datoru, un varētu būt parocīgs, ja visas darbības ar stādiem ir veiktas vienā vietā, piem. uz viena galda. Ja turpat ir uzstādīts dators, tastatūra un monitors, tad viss izskatās ļoti parocīgi. Datu bāze tajā gadījumā varētu glabāties turpat uz datora, vai arī varētu veidot atsevišķu serveri, uz kurā tā glabātos. Tā kā ekrāna izmēri atļauj, pogas kas varētu spiest, varētu būt nodublētas arī kā QR-kodi uzreiz uz ekrāna, lai tos varētu nospiest, izmantojot bar-kodu lasītāju. Alternatīvais risinājums būtu pielietot tastatūras pogas.



1.10.att. Datora – balstītā arhitektūra.

Ja tomēr mums ir vajadzīgs kāds, ar darba galdu nesaistīts un vairāk mobils pielietojums, tad varētu iedomāties arī portatīvo datoru, bet tajā gadījumā datu-bāze varētu būt veidota tomēr uz atsevišķa datora.

1.2.3.3 Mikrokontroliera – balstīts risinājums

Šajā risinājumā viedtālruņa/datora lomu pārņemtu mikrokontrolieris ar atsevišķi pieslēgto ekrānu, un pieslēgto bar-koda lasītāju. Tas risinājums ir nedaudz specifisks, līdz ar to tālāk neapskatīsim.

1.2.4 QR-kodā iekodētā informācija

Šajā punktā varam apsvērt domu, kādu informāciju vajadzētu iekodēt QR-kodā. Īstenībā QR-kodam ir jābūt kādam unikālam identifikatoram, kas viennozīmīgi identificētu dotos mikrostādus.

Visvienkāršāk mikrostādus identificēt piešķirot tam ciparus 1,2,3,4… Bet tad mums būs lielas grūtības tos atrast. Līdz ar to mēs varam labāk lietot adrešu sistēmu, kurā tiks iekodēts telpas numurs, skapja numurs, plaukta numurs, rindas un kolonnas numurs,, ka tas bija minēts iepriekš (punkts 1.2.1. vai 1.2.att.). Bet tomēr laika perspektīvā vienā mēnesī vieni stādi stāvēs uz viena plauktā, tad citā mēnesī otrie. Līdz ar to vajadzētu kādu papildus identifikatoru, kas ļautu viennozīmīgi noteikt kādu stādu bez minētās pārklāšanās. Iespējami, ka tas varētu būt mikrostāda iestādīšanas datums, piemēram 2023-08-04 (te vēl vajadzētu apvērt domu, vai tas identifikators mainītos pavairojot mikrostādus). Tad kopā ar mēģenes adresi tas viennozīmīgi adresētu mikrostādus, kas atrodas šajā mēģenē. (bet īstenībā nevarētu izšķirt katru no tiem). Tad to visu mēs liktu uz QR koda, vai arī tikai datu bāzē.

Bet no citas puses, lai nevajadzētu pārlieku daudz reizēs pārlīmēt uzlīmes, uz uzlīmēm varētu atstāt tika mēģenes adresi, bet datumu iekodēt datu bāzē pie ierakstu veikšanas. Tad datu bāzē glabās pilnīgo informāciju par mikrostādiem, bet uzlīmes tikai atrašanas koordinātes, bet, liekot to kopā ar skenēšanas laiku, varētu atjaunot iestādīšanas laiku.

1.2.5 Python

Python programmēšanas valoda ir samērā jauna, tomēr tā būtu ļoti parocīga, gan rakstot servera aplikāciju, gan arī veidojot mobilo aplikāciju, līdz ar to visas aprakstītās aktivitātes varētu tikt rakstītas, izmantojot šo valodu.

1.3 PIEMEKLĒTAS KOMPONENTES

Dotajā arhitektūrā pagaidu komponenšu specifikācija varētu būt šāda:

- Android-balstīts viedtālrunis, vai planšete, kas ir aprīkots ar kameru un ļauj nolasīt QR kodus, un ir aprīkota ar Bluetooth interfeisu, ar simkarti un mobilo internetu.
- Otrā pieminētā komponente ir bezvadu Bluetooth QR kodu lasītājs
- Serveris, uz kura var palaist Python servera programmu
- Python serveris (uzrakstītā programma), kas darbojas uz servera un kurai ir atvērts ports.
- Aplikācija (uzrakstītā programma), kas darbojas uz viedtālruņa

2 SAKŅU APLAISTĪŠANAS SISTĒMAS (AEROPONIKAS SISTĒMAS)

2.1 SITUĀCIJAS ANALĪZE UN PROBLĒMAS DEFINĒJUMS

Sakņu aplaistīšanas sistēmā ūdens cirkulē slēgtajā sistēmā. No ūdens rezervuārā (plastmasas spaiņa) ūdens tiek izsūknēts ar sūkni, tad tas tiek sazarots pa vairākām ūdens padeves caurulēm līdz laistīšanas sprauslām. No sprauslas ūdens tiek izsmidzināts slēgtajā konteinerā (to sauksim par laistīšanas konteineri), kurā, no augšpuses ir iesprausti augi, tātad to iekšpusē atrodas to saknes. Izsmidzināšanas rezultātā ūdens mikroskopisko pilienu veidā tiek uz saknēm. Laistīšanas konteinera apakšpusē atrodas atvērums, ar pieslēgto cauruli pa kuru ūdens notek atpakaļ uz ūdens rezervuāru. Sūknis pēc noteiktā laika ieslēdzas – nodrošināt laistīšanu, tad izslēdzas. Problēma ir noteikt, vai notiek laistīšana, jo mēdz būs kādi neparedzami apstākļi, kuru rezultātā, laistīšana vairs nenotiek, un augi iet bojā. Viens no iemesliem ir ūdens izbeigšanas konteinerā, otrs – elektrības zudums, trešais - laistīšanas sistēmas problēma. Nākamajā apakšnodaļā (2.2) tiks aprakstīti iespējamie risinājumi, lai monitorētu aprakstītos iemeslus. Apakšnodaļā 2.3 būs aprakstīta komponenšu piemeklēšana, bet 2.4. eksperimentālā pārbaude.

2.2 PROBLĒMAS MONITORĒŠANAS VEIDI

Te var izdalīt trīs problēmas,

- Ūdens līmeņa monitorēšana laistīšanas konteinerā;
- Elektrības sprieguma monitorēšana sūkņa pieslēguma vietā;
- Laistīšanas monitorēšana.

Principiāli varētu ierobežoties tikai ar pēdējo problēmu, monitorējot laistīšanu, bet pirmās un otrās problēmas papildu monitorēšana ļauj laikus brīdināt par sistēmas traucējumiem, kā arī par to iemesliem.

2.2.1 Ūdens līmeņa monitorēšana ūdens rezervuārā

Šajā problēmā ir ūdens rezervuārs, kurā tiek ieliets noteikts ūdens daudzums. Tad laistīšanas rezultātā ūdens daudzums, pakāpeniski samazināts (daļa ūdens tiek uzsūkta ar saknēm, cita daļa iztvaiko u.t.l.), līdz tas kļūst mazāks par noteiktu minimālo līmeni. Tad ir jāsignalizē. Ūdens rezervuārs ir plastmasas, bet ūdens nav tikai tīrs ūdens, tajā ir izšķīdinātas barības vielas. Līdz ar vispiemērotākais šķiet bezkontakta ūdens sensors, proti, kapacitatīvais ūdens sensors, piestiprināts ārpusē pie ūdens konteinera malas. Ierobežojumi – rezervuārs nedrīkst būt no vadoša materiāla, proti, tas nedrīkst būt metālisks. Ūdens līmeņa monitorēšana var laikus novērst ūdens līmeņa samazināšanos, un laikus to papildināt.

2.2.2 Elektrības Sprieguma monitorēšana sūkņa pieslēguma vietā

Sarunās ar pasūtītāju noskaidrojam, ka sprieguma atslēgšana ir ļoti iespējama. Līdz ar to varētu monitorēt šo parametru. Proti, šis monitorēšanas veids ļaus ātrāk atklāt problēmu. Protams, var arī visu atstāt laistīšanas sistēmai, un atklāt, kad nevarēs iedarbināt laistīšanas sistēmu, bet pirmajā kārtā par elektrības zudumu ir jāpaziņo ātrāk, kamēr vēl nav nosēdies rezerves akumulators. Otram kārtam sensora esamība ļaus vienkārši noteikt, vai tā ir kāda

elektrības lokālā problēma, drošinātāja problēma, ko varēs novērst relatīvi vienkārši, vai arī ir jāsauc palīgā kvalificētais personāls.

2.2.3 Laistīšanas sistēmas monitorings

Laistīšanas sistēmas monitorings ir nedaudz komplekss. Proti, var uzstādīt vienu vai vairākus sensorus, kas tiešajā vai netiešajā veidā sekotu sistēmas darbībai, un avārijas rezultātā paziņotu par sistēmas kļūdu. Vairāku sensoru pielietošana ļautu palielināt atklāšanas varbūtību un samazināt liekās trauksmes iespējamību. Ne visu sensoru pielietošana būtu parocīga, jo dažiem sensoriem būs nepieciešama lielākā vai mazāka apkope. Tabulā 2.1. apkoposim tiešos un netiešos monitorēšanas sensorus un tiem nepieciešamo apkopi.

Tabula 2.1. Tiešs vai netiešs aplaistīšanas sistēmas novērošanas sensori un to apkope.

• sūkņa darbības monitorings, sekojot līdzi sūkņa efektīvai patērējamai strāvai	Apkope nav nepieciešama, bet mazāk informatīva
• Tiešā veidā sekot mitrumam laistīšanas konteinerī	Iespējams, degradējot mitruma sensoram ir jāveic tā nomaiņa
• Tiešā veidā monitorēt šļakatas laistīšanas konteinerī	Iespējams, ka uz sensora veidosies nogulsnes, un tas pēc laika nedarbosies
• Tiešā veidā monitorēt "miglas" esamību (laistot rodas migla) izmantojot miglas sensorus	Laistīšanas konteinera sieniņām caur kuriem skatās sensors ir jābūt caurspīdīgiem, bez nogulsnēm, tātad nepieciešamas iknedēļas laistīšanas konteinera tīrīšana.
• Monitorēt spiedienu, ūdensplūsmu izmantojot spiediena un plūsmas sensorus.	Apkope nav nepieciešama, bet mazāk informatīva

Sekojošajās apakšpunktos sīkāk aprakstīsim katra pieminētā parametra monitorēšanu, to priekšrocības un trūkumus.

2.2.3.1 Ūdens padeves sūkņa strāvas monitorēšana

Ūdens padeves sūkņa strāvas monitorēšana nes sevi vairāk informācijas, nekā sprieguma monitorēšana. Teorētiski no strāvas var izgūt informāciju, vai sūknis darbojas, vai ir ūdens, vai sprauslas nav aizsprostotas, un vai nav pārrāvumu ūdens padeves sistēmā. Sūkņa darbošanās/nedarbošanās parādās ar noteikto strāvas daudzumu, ja beidzies ūdens vai pārrāvums ūdens sistēmā, tas noteikti atspoguļosies ar patērētās strāvas samazinājumu, bet sprauslas aizsprostojums ar strāvas palielinājumu. Bet tas viss prasa eksperimentālo pieskaņošanu, kā arī eksperimentu, vai to visu varēs atklāt. Un iespējams, ka tā kā sūknis, kas tiek pielietots nodrošina konstanto spiedienu, aizverot ūdens padeves vārstu, ūdens iztrūkums varētu novest pie sūkņa nepārtrauktās darbības.

2.2.3.2 Šļakatu monitorēšana

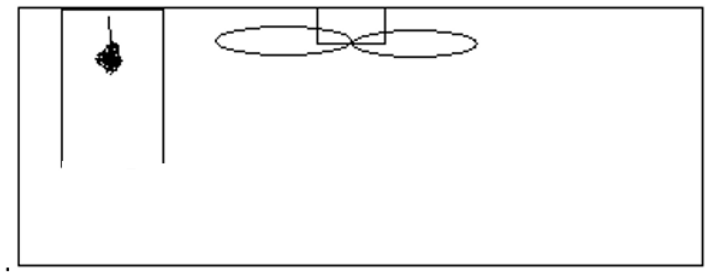
Līdzīgi, kā tiek aplaistītas saknes varētu paredzēt, kā ir aplaistīti sensori. Bet te ir vairāki bet. Ir paredzēts, ka uz sensora veidosies nogulsnes, kas vēlāk novedīs pie sensora degradācijas, līdz ar to šis monitorēšanas veids netiek apskatīts.

2.2.3.3 Mitruma monitorēšana

Vienā no versijām, kā monitorēt vai notiek laistīšana būtu mitruma monitorings laistīšanas konteinerā iekšā, ievietojot tur mitruma sensoru. Teorētiski tas monitorings izskatītos šādi: ja relatīvais mitrums (RH) ir tuvs 100% tad laistīšana notiek, ja mitrums ir zemāks, teiksim 80% tad laistīšana pašlaik nenotiek. Arī tika izteikta vēlme piesaistīt sūkņa darbību pie mitruma līmeņa, kas ir laistīšanas konteinerā. Proti darbināt sūkni tikai tad, kad mitrums nokrīt zem 80%. Bet te ir virkne problēmu. Pirmkārt lielākā daļa mitruma sensoru neļauj darboties 80-100% RH diapazonā, jo ir paredzēti 0-80% diapazonam. Pat tiem, kuriem tas ir atļauts, ir rakstīts, ka tas noved pie sistemātiskās mitruma mērīšanas kļūdas, vai sensora degradācijas, kā arī kā ir nepieciešami periodi ārpus tā intervāla, lai sensors atjaunotos. Vēl daļa no sensoru nepieļauj kondensāta rašanas uz sensora.

Otram kārtam nav skaidrs, vai vispār mitruma līmenis svārstās tajās robežās, jo laistīšanas laikā tiek izsmidzināti palieli ūdeņs pilieni, bet pēc laistīšanas beigām daļa ūdens paliek laistīšanas konteinerī. Līdz ar to kaut kāda mērā mitruma sensors ir jāaizsargā no ūdens pilieniem. To var izdarīt ievietojot sensoru no augšas un uzliekot tam sānu sieniņas, atstājot atvērumu apakšā. Tāda gadījumā ūdens pilieni tieša veidā nevarēs nokļūt uz mitruma sensora 2.1.att. Attēlā ir parādīts laistīšanas konteiners. Centrālajā daļā ir laistīšanas sprauslas, bet mitruma sensors parādīts pa kreisi, tam apkārt ir sieniņas, lai ūdens tieša veidā netiktu uz sensoru.

Ņemot vērā šos apsvērumus, noteikti ir vajadzīga eksperimentālā pārbaude, vai varēs izveidot strādājošo sistēmu, kas būtu balstīta uz mitruma sensora palīdzību.



2.1.att. Laistīšanas konteiners. Skats no sāniem. Pa kreisi ir parādīts mitruma sensors, centrā ir laistīšanas sprauslas. Mitruma sensoru no sāniem vajadzētu aizsargāt no tiešā ūdens iedarbības

2.2.3.4 Miglas sensori

Laistīšanas rezultātā rezervuārā rodas kaut kas līdzīgs miglai. Miglas sensoru uzdevums ir gluži tas pats, saprast, vai laistīšanas sistēma funkcionē. Bet te galvenais ir saprast, vai sprauslas nav aizkaļķojušās un labi smidzina ūdeni. Sprauslu aizkaļķošana varētu novest pie sekojošajiem scenārijiem:

Pilnīgs sprauslas apkaļķojums – ūdens plūsma caur sprauslu nenotiek;

Nepilnīgs sprauslas apkaļķojums – ūdens tek cauri sprauslai, bet netiek pareizi smidzināts.

Pirmā scenārija rezultātā notiek sekojošais: ūdens netiek padots, un to var redzēt caur ūdens plūsmas sensoriem vai sekojot līdzi motora strāvai. Otro scenāriju varēs atklāt tikai ar miglas sensoriem.

Diemžēl miglas sensoru pielietošana ir vairāk nekā eksperimentālā lieta, jo līdz šim nav bijis ziņu par to izmantošanu laistīšanas monitorēšanai, kā arī paši sensori nemaz nav izplatīti. Līdz ar to arī lietošana ir hipotētiska, un to vajadzētu vēl pārbaudīt, jo traucējošie faktori varētu būt: sieniņu kondensāts, u.t.t.

Šajā apakšpunktā ir izteiktā hipotēze, ka ar miglas sensoru varētu sekot līdzi vai notiek laistīšana. Miglas sensors tiek piestiprināts pie laistīšanas konteinera ārsieniņas. Būtu vēlama, bet nav obligāta pretējas sieniņas pārklāšana ar IR gaismas necaurlaidīgo materiālu. Sienai, kur ir piestiprināti miglas sensori, ir jābūt gaismas caurlaidīgai, un tā nedrīkst pārklāties ar nogulsnēm un aļģēm. Tātad ir vajadzīga šīs vietas tīrīšana. Pēc uzstādīšanas ir vajadzīga konfigurēšana, atkarībā no fiziskiem kastes izmēriem. Ir nepieciešamā eksperimentālā pārbaude. Uz šo atskaites uzrakstīšanas brīdi var teikt, ka sensors ir eksperimentāli pārbaudīts, un ar to iegūtie rezultāti ir aprakstīti zemāk, apakšnodaļā eksperimentālā pārbaude. Kā izrādījās, tad sensors ir pilnībā lietojams.

2.2.3.5 Līmeņa sensori izplūdes caurulē

Vēl viena hipotēze varētu būt – novērot laistīšanas konteinera izplūdes vārstu, ar kādu bezkontakta līmeņa sensoru. Laistīšanas rezultāta rodas ūdens, kas noplūst caur izplūdes vārstu. Ir nepieciešamā eksperimentālā pārbaude.

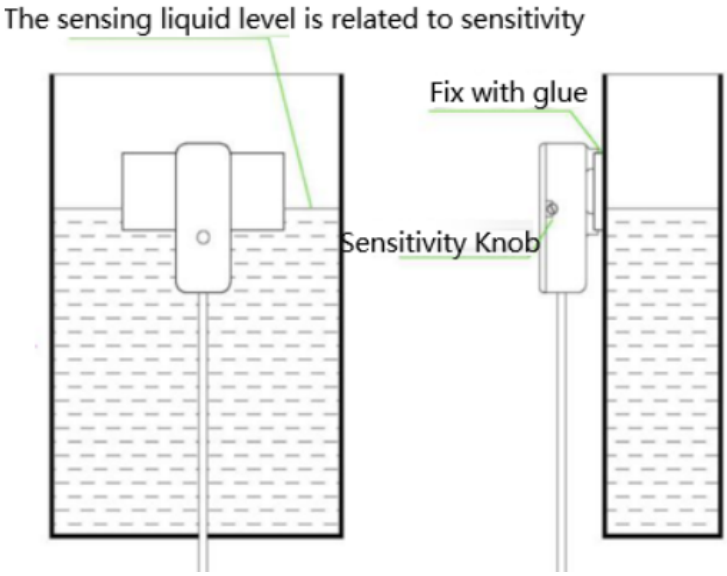
2.3 KOMPONENŠU PIEMEKLĒŠANA

2.3.1 Ūdens līmeņa sensori

Pēc darbības principa ūdens līmeņa sensorus var sadalīt sekojošās grupās:

- Pludiņa tipa sensori -
    - Vienlīmeņa,
    - Daudzlīmeņu,
    - Lineāri;
- Bezkontakta tipa sensori -
    - Ultraskaņas tipa sensori,
    - Kapacitatīvie sensori;
- Kontakta tipa sensori -
    - Optiskie,
    - Pjezoelektriskie,
    - Radara tipa devēji,
    - Spiediena tipa,
    - Optiskas šķiedras.

Kā viens no piemērotajiem sensoriem izskatās IP65 kapacitatīvais sensors [1], ko uzstādīt plastmasas ūdens rezervuārā sānis no ārpuses, tuvu kritiskam ūdens līmenim (2.2.att). Izmaksas ir ~$10.68 [2].



2.2.att. Sensora piestiprināšana no ārpuses. Att. paņemts no [https://wiki.dfrobot.com/Non_Contact_Capacitive_Liquid_Level_Sensor_SKU_SEN0368]

2.3.2 Sprieguma monitorēšana

Sprieguma monitorēšana notiek sekojoši: mikrokontrolieris barojas no barošanas avota, kas ir pieslēgts tai pašai līnijai, ka ūdens sūknis. Ja pazūd spriegums, kontrolierim tiek nodrošinātā rezerves barošana, no akumulatora. Akumulatora nodrošinātais spriegums ir nedaudz zemāks. Ieejas spriegums tiek mērīts ar mikrokontroliera analogo ieeju.

Tajā brīdī kontrolieris konstatē barošanas sprieguma kritumu un paziņo par pazušanu.

2.3.3 Strāvas monitorēšana

Par strāvas monitorēšanas sensoru varēs spriest, veicot strāvas mērījumus dotam sūknim. Dotais sūknis ir paredzēts 3A strāvai, līdz ar to ir jāņem sensors, kas nodrošina doto strāvu, ar rezervi. Otrai – jābūt galvaniskai atsaitei starp izmērīto strāvu un sensora izeju. Kā vienu no sensoriem var pieminēt ACS712 kurš nodrošina galvanisko atsaiti, un paredzēts strāvas mērīšanai -30 ... +30 A diapazonā. Tas nodrošina sprieguma izeju, ko var pieslēgt pie mikrokontroliera analogai ieejai.

2.3.4 Mitrumu sensoru veidi

Mitruma sensorus pēc darbības principa var sadalīt: kapacitatīvajos un rezistīvajos. Vispārīgs mitruma sensors ir paredzēts mērīšanai 20-80%RH diapazonā. Lielākoties kondensācijas nosacījumi ir nepieļaujami, bet dažiem sensoriem, piem. [3] ražotājs rekomendē pielietot aizsargmembrānu, lai tos varētu lietot arī pie kondensācijas izkrišanas. Citiem sensoriem ir minēts, kā pēc lietošanas 100% mitrumā sensoram ir novērojama straujākā novecošanās, vai arī tas noved pie sistemātiskās kļūdas.

Tomēr apskatot, lētākus sensorus (pēc [4]), dažiem tādas tādu piezīmju nav, pat minēts, ka var iegremdēt ūdenī, līdz ar to ir vērts pamēģināt arī tos sensorus. Tie sensori, kā arī daži sensori ar aizsargmembrānu ir apkopoti 2.2.tabulā.

Tabula 2.2. Mitruma sensoru apkopojums

Nosaukums / Ražotājs	Tehnoloģija, pielietojums izeja	Lietošanas piezīmēs	Cena, sensora veids (korpusā)
SYH-2R SAMYOUNG	Rezistīvais mitruma sensors	Piezīmēts, ka šis ir pārklāts ar polimēru, kas ļauj to izmantot biežas kondensācijas rezultātā	korpusā 1.40 USD
SY-DS-1 Series SY-DS-1N SY-DS-1L SAMYOUNG	Rasas sensors	ir domāts kā rasas sensors, ir specifikācija, kas notiek pie kondensēšanas, vairs nekas nav specificēts 10k 80% RH 100k 93%RH 200k 98%RH	korpusā 1.90 USD
SHTC3		Straujākā novecošana, ja lieto pie 100%	2.26 USD
SHT4xI-Analog		Straujākā novecošana, ja lieto pie 100% Sistemātiskā nolasīšanas kļūda	3.76 USD
HS1101LF	Kapacitatīvais sensors, Analogā kapacitatīvā izeja		Korpusā , bet līdz kontrolierim ir vajadzīga papildus plate 3USD
HTU21D TE Connectivity		Bez aizsargājošās membrānas	
HTU21DF TE Connectivity	I2C izeja	Minēts atgūšanas laiks = 10s pēc 150h maksimālā mitrumā. Ar aizsargājošo membrānu IP67 Minēts arī sildītājs, iebūvēts sensorā.	4.14USD SMD, Versija ar plati maksā 12 UDS
EZO-HUM-P Atlas scientific	[5], IP67 UART I2C	Minēts, kā ir iespējams lietot 0-100% diapazonā, drīkst lietot kondensāta kondensēšanas apstākļos, Minēts kalpošanas laiks 10 gadi	39.99 USD Korpusā
RC-SPC1K		Kapacitatīvais lietus sensors ar sildītāju	9.92 USD Korpusā
TH06		I2C mitruma sensors 0-100%, nedrīkst lietot kondensāta kondensēšanas apstākļos	Uz plates 7 USD
HIH6021-021-001 Honeywell,	I2C	I2C mitruma sensors, drīkst lietot kondensāta kondensēšanas apstākļos	14.24USD Korpusā

EZO-HUM-P ir industriālais sensors, aprīkots ar korpusu, vadu, un pēc dokumentācijas tam ir pieļaujams 0-100% RH diapazons. Bet būtu vērts apskatīties arī lētākas alternatīvas, nolūkā saprast, vai der arī lētākas alternatīvas. Dažiem sensoriem, kas ir SMD izpildījumā, ir tomēr nepieciešama plate, kur to lodēt, bez kuras pielietošana būtu apgrūtināta, bet sensoriem, kuriem kājas ir, THD izpildījumā var izmantot sensoru bez korpusa, tikai jāpieliek vads, kuru var pielodēt tieši pie sensoru kājām. Kapacitatīviem sensoriem papildu būs nepieciešama plate, kas to pārveidos mikrokontrolierim saprotamā signālā.

2.3.4.1 Miglas sensori

Miglas sensori nav visai izplatīti, un ir sastopami tikai industriāla pielietojuma sensori, ar neskaidru cenu [6]. Bet zinātniskajā rakstā [7] tiek pieminēta miglas sensora uzbūve izmantojot IR balstīto tāluma mērītāju. Tur bija pieminēts VCNL-4200 sensors, kā arī papildus infrasarkanā gaismas diode. VCNL-4200 sensors, un to prototipēšanas plate ir minēta tabulā 2.3.

Tabula 2.3. VCNL-4200 sensoru cena uz prototipēšanas plates un atsevišķi

Nosaukums	Piezīme	Avots	Cena
VCNL-4200	SMD Sensors	digikey.com	$ 3.17
VCNL-4200-SB	Plate, kur ir ielodēts SMD sensors, ar nepieciešamām ārējām komponentēm I2C izeja	digikey.com	$ 13.43

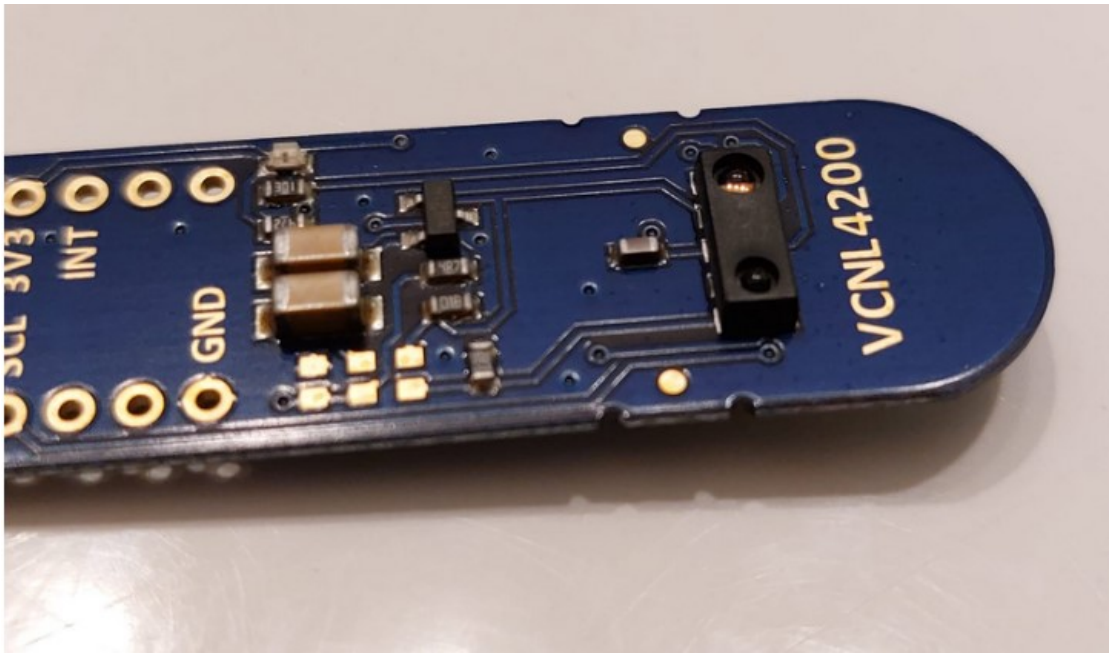
Šī sensora eksperimentālā pārbaude būs aprakstītā nākamajā nodaļā.

2.4 EKSPERIMENTĀLĀ PĀRBAUDE

Šajā apakšnodaļā tiks aprakstīti eksperimenti, saistīti ar šajā nodaļā aprakstītajiem uzdevumiem.

2.4.1 Miglas sensoru izmantošana laistīšanas monitorēšanai

Darbības princips ir sekojošs – tiek izstarota IR gaisma, kas atstarojas no šķēršļa un nāk atpakaļ. Mērot laika izstarotā un uztvertā laika starpību, tiek aprēķināts attālums. Ja ceļā ir migla, tad attālums samazinās, jo IR gaisma, atstarojas no miglas.

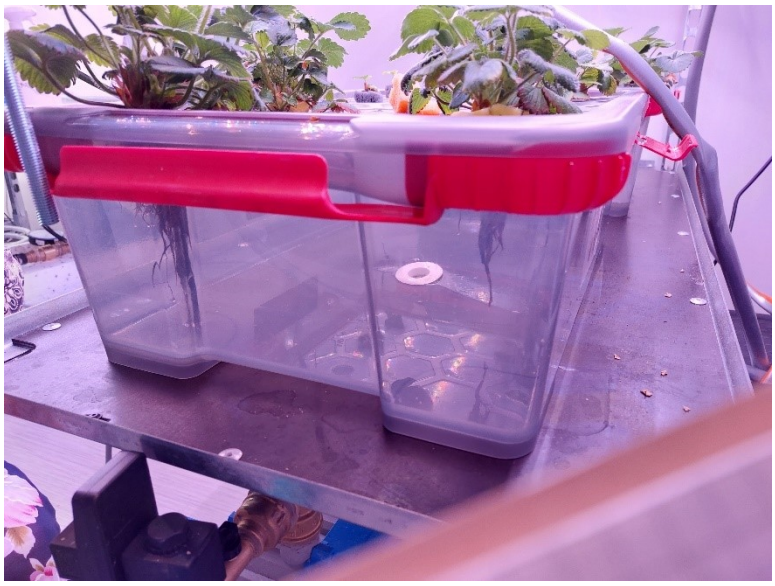


2.3.att. VCNL 4200 sensora izskats uz VCNL-4200-SB prototipēšanas plates. Ir redzama raidošā un uztverošā IR diodes

Šajā sadaļā tika izmēģināts VCNL-4200 sensors (turpmāk miglas sensors), izmantojot VCNL-4200-SB plati (2.3.att.) un Sensor Xplorer I2C 2 USB pārveidotāju, kā rezultātā rezultātus varēja skatīties uz datora.

2.4.1.1 Pirmais eksperiments. Zemeņu aplaistīšanas monitorēšana ar miglas sensoru

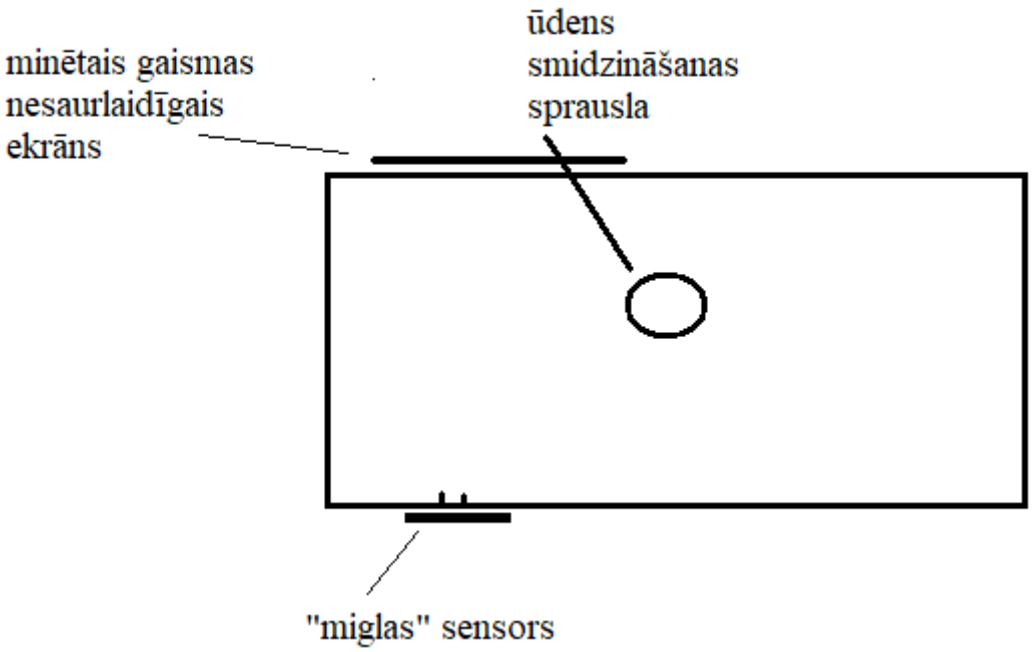
Eksperimenta mērķis ir noskaidrot, vai ar miglas sensoru varēs noteikt vai notiek laistīšana zemeņu audzēšanas konteinerā (laistīšanas konteiners) 2.4.att.



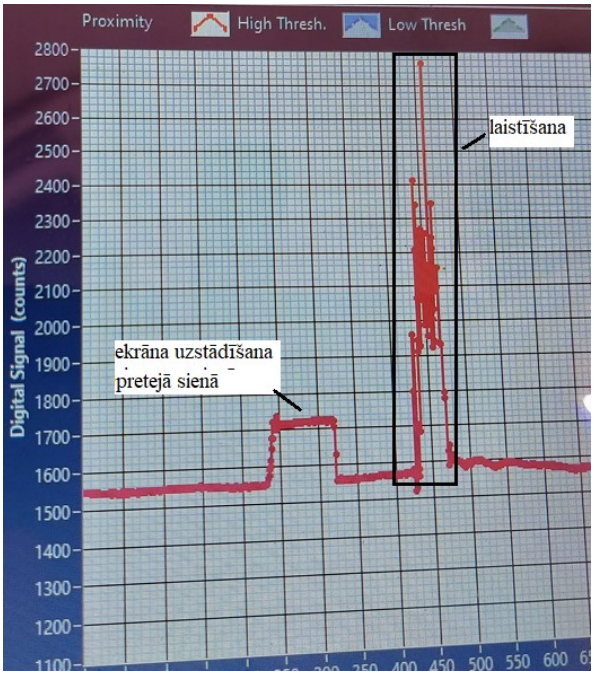
2.4. Att.. "Zemeņu audzēšanas konteiners" (laistīšanas konteiners)

Eksperimenta norise shematiski ir parādīta 2.5.att. Ūdens tiek padots no augšas un tiek izsmidzināts visā konteinera iekšienē. Ūdens pilieni ir palieli.

Sensors tiek piestiprināts ārpusē pie konteinera sāniem. Iedarbināts. Tad tika novietots necaurlaidīgs ekrāns pie pretējas sienas. Tad tas tika novākts un ieslēgta laistīšanas iekārta. Ūdens pilieni bija diezgan palieli. Signāls, kas tika iegūts no sensora, ir attēlots uz grafika 2.6.att. Ir skaidri detektējams laistīšanas momenta sākums un beigas. Tādas secinājums būtu, ka ar doto sensoru varētu monitorēt aplaistīšanu.



2.5.att. Eksperimenta norise, skats uz "Zemeņu aplaistīšanas konteineru no augšas": pie rezervuāra sāniem tika piestiprināts "miglas" sensors. Eksperimenta gaitā tika novietots gaismas necaurlaidīgais ekrāns, novākts, tad ieslēgta ūdens smidzināšanas sprausla. Pilieni bija diezgan palieli.

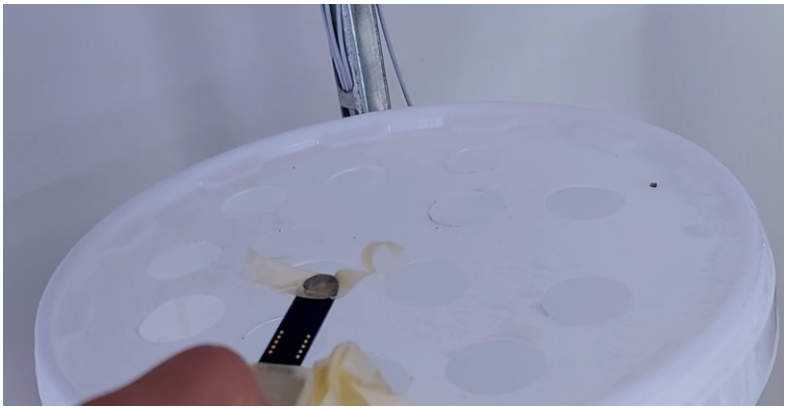


2.6.Att. Pirmā eksperimenta rezultāti. Zemeņu aplaistīšanas monitorēšana ar miglas sensoru

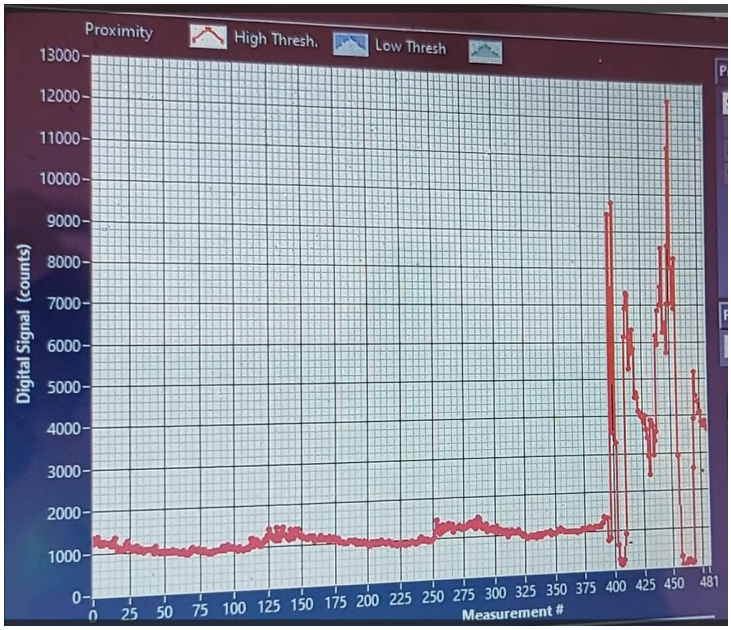
2.4.1.2 Eksperiments 2. Kartupeļu aplaistīšanas monitorēšana ar miglas sensoru

Kartupeļus audzē lielajos baltajos spaiņos, kas ir parādīti 2.7.att. Apakšējā spainī ir ūdens rezervuārs, un no tā vāka uz augšu tiek smidzināts ūdens. Rezultātā augšējais spainis ir pilns ar ūdens miglu. Migla šajā eksperimenta ir ļoti smalka. Sensors ir novietots pie augšējā spaiņa vāka, ar skatienu uz miglu (uz leju) 2.8.att. Ir parādīti laistīšanas testa rezultāti 2.9.att.. Ir skaidri redzamas izmaiņas laistīšanas momentā, sākot no 400. nolases.

2.7.Att. 1. Attēlā ir redzami balti kartupeļu audzēšanas spaini. Apakšējā spaiņa augšdaļā ir novietota sprausla, kas skatās uz augšu, un smidzina ūdensmiglu augšējā spainī. Sensors bija novietots pie atveres augšēja spaiņa vāka. Migla bija ļoti smalka.



2.8.Att. Sensora novietošana pie augšēja spaiņa atveres.



2.9. att. "Kartupeļu laistīšanas testa" rezultāti. Aplaistīšana notika, sākot ar 400.nolasi. Laistīšanas iekārta bija ieslēgta un izslēgta vairākkārtīgi.

Secinājumi: ar miglas sensoru var sekot līdzi aplaistīšanai laistīšanas konteinerī.

2.4.2 Eksperimenti ar mitruma sensoriem

Lai pārliecinātos par iespējām monitorēt laistīšanu, izmantojot mitruma sensoru, kā arī par to vai citu sensoru pielietošanu, tika izvēlēti divi sensori: SYH-2R un SY-DS-1 (sk.2.2.tabulu).

Tā kā sensoriem ir vienkāršā analogā izeja, eksperimentos ar ciparu multimetru tika mērīta sensoru pretestība.

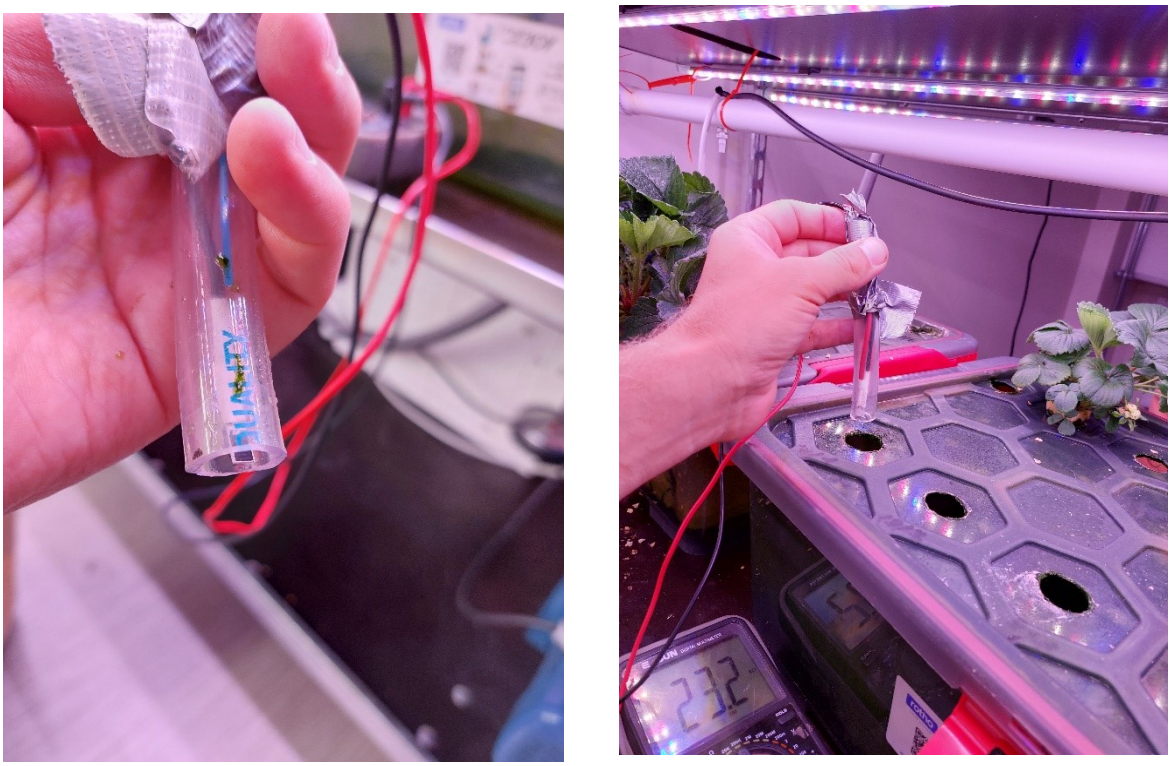
2.4.2.1 Eksperimenti ar SYH-2R sensoru

SYH-2R sensors uzreiz nedarbojas, diemžēl nebija iespējas nopirkt citu ekvivalentu.

2.4.2.2 Eksperimenti ar SY-DS-1 sensoru

SY-DS-1 sensoram tika pielodēti vadi, un tas tika pieslēgts multimetram. Lai pasargātu sensoru no tiešiem ūdens pilieniem, tas tika ievietots plastikāta caurulē 2.10.att. Tika veikti

trīs eksperimenti, kuri atšķīrās ar sensoru novietojumu caurulē. Novietojums caurulē ir apkopots tabulā 2.4.



2.10.att.Sensora novietošana a) ir parādīts novietojums 2.eksperimentu sērijai b) sensors tiek ievietots laistīšanas konteinerī.

Tabula 2.4. Atšķirīgs sensoru novietojums eksperimentos ar mitrumu sensoriem

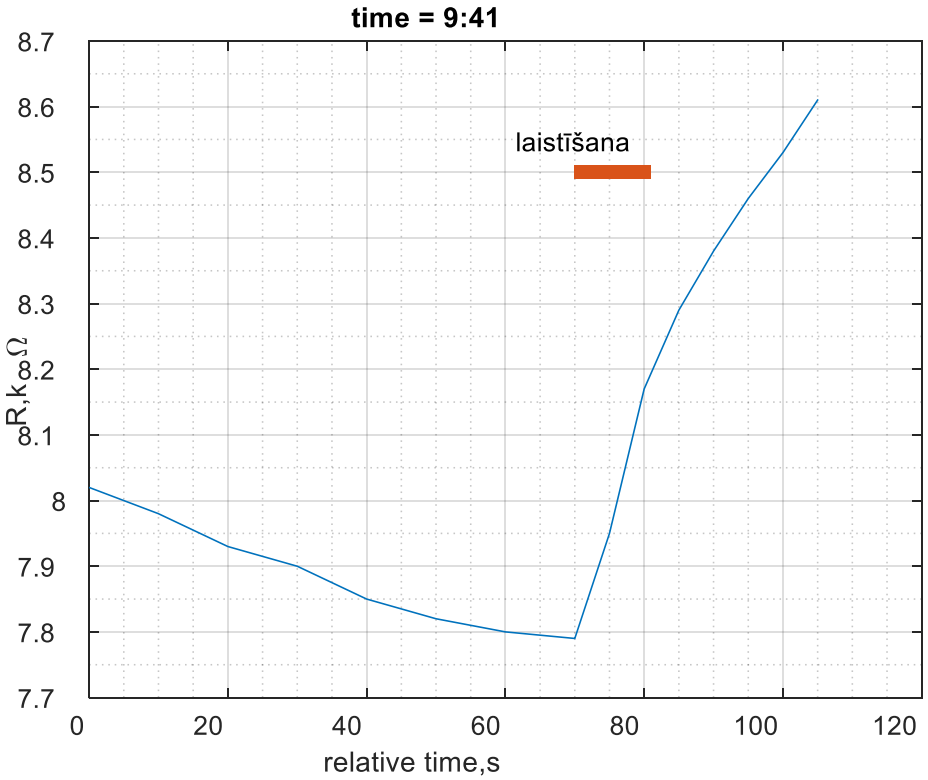
Eksperimentu sērijas nosaukums	Sensora novietojums
Eksperiments 1	Sensors tiek novietots nelielajā caurulītē, 0.5 cm no malas
Eksperiments 2	Sensors tika novietots nelielajā caurulītē, tieši gar malu 2.10.att.
Eksperiments 3	Sensors tika novietots bez caurulītes, sensora virsma ir pozicionēta ar skatu no laistīšanas iekārtas.

Diemžēl dati, kas tika iegūti eksperimentos, ir visai neviennozīmīgi, ko var saistīt ar mitruma kondensēšanos uz paša sensora. Turklāt novietojot sensoru rādījumu maiņa pēc novietošanas konteinerī.

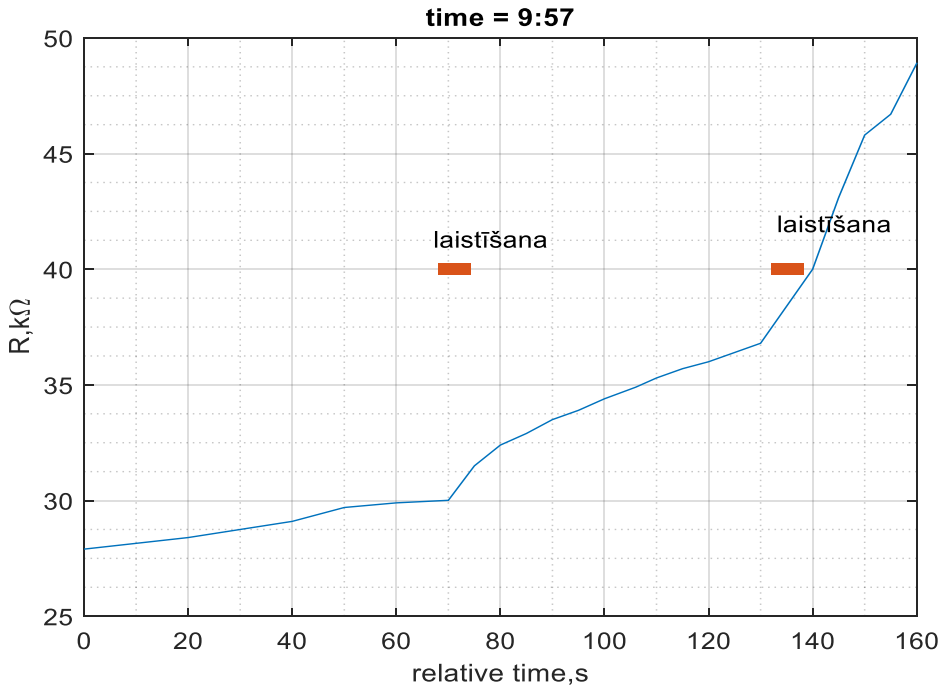
Veicot pirmo eksperimentu sēriju, ievietojot sensoru laistīšanas konteinerā, uzreiz tika novērota mitruma augšana. Pēc aplaistīšanas mitruma augšana palielinājās 2.11.att. Līdzīgs rezultāts tika novērots arī atkārtojot eksperimentu 2.12.att.

Veicot eksperimentus 2,3 palielinājās iespēja tiešai sensora aplaistīšanai, tika novērota arī pretestības samazināšana tieši aplaistīšanas brīdī 2.13.att.

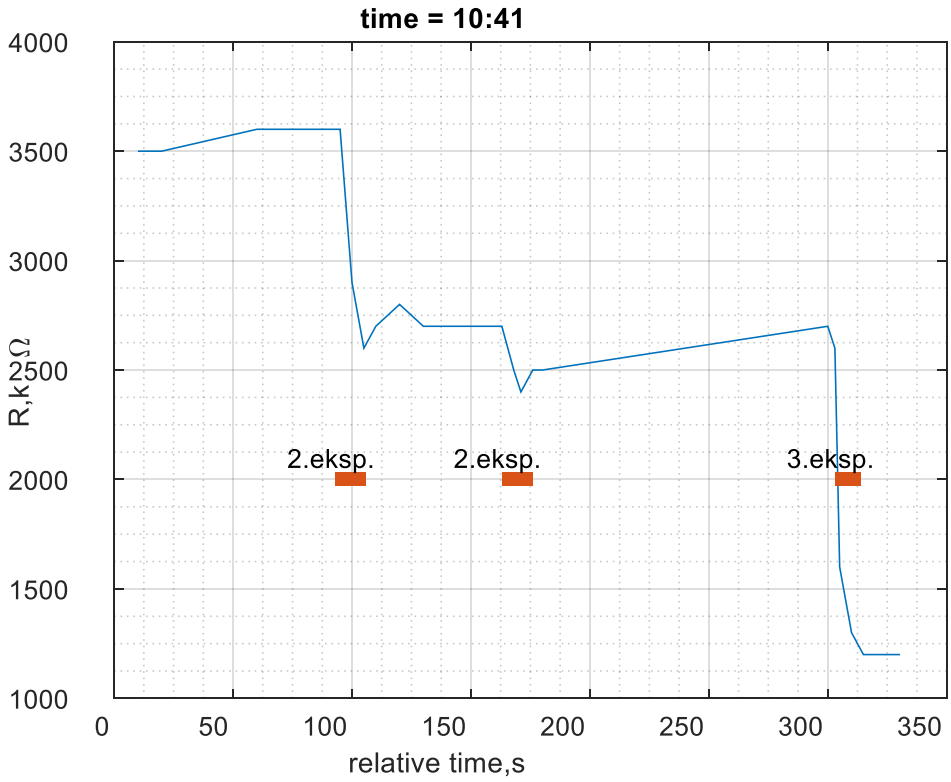
Secinājums – apskatītais mitruma sensors neder mitruma novērošanai laistīšanas konteinerā, un jāveic eksperimenti ar vairāk piemērotiem sensoriem.



2.11.att. Eksperimenta rezultāti. 1. eksperiments. (zilā līnija – pretestība mitruma sensora izejā, sarkanā līnija ilustrē intervālus, kuros notika laistīšana.)



2.12.att. Eksperimenta rezultāti. 1.Eksperiments. Atkārtojums (zilā līnija – pretestība mitruma sensora izejā, sarkanā līnija ilustrē intervālus, kuros notika laistīšana.)



2.13.att. Eksperimenta rezultāti. 2.,3.,eksperimenti. (zilā līnija – pretestība mitruma sensora izejā, sarkanā līnija ilustrē intervālus, kuros notika laistīšana.)

2.5 Turpmākā sistēmas attīstība

Turpmāk attīstot sistēmu, mikrokontroliera daļa varētu pārņemt apgaismojuma regulatora funkciju. Mikrokontrolierī ir iebūvētais kalendārs, līdz ar to būtu iespējams mainīt apgaismojuma ieslēgšanas/izslēgšanas intervālus, atkarībā no gadalaika.

Ūdens sūkņa vadības pārņemšana – uzstādot releju, ūdens sūkņa darbību var pilnībā pārņemt mikrokontrolieris.

Vēl viena iespēja, uzstādot ūdens padeves vārstus ar vienu cirkulācijas sūkni aplaistīt vairākus objektus, katram izmantojot savus laistīšanas/pauzes intervālus.

2.6 Literatūra

[1] https://wiki.dfrobot.com/Non_Contact_Capacitive_Liquid_Level_Sensor_SKU_SEN0368

[2] https://www.digikey.com/en/products/detail/dfrobot/SEN0368/13280136?s=N4IgTCBcDaIM4FMB2AGAzANgBwgLoF8g

[3] HIH6130 un HIH6131 https://www.tme.eu/Document/e0c25eb45c795bc83c72ebd84cc7b529/HIH-6130-6131.pdf

[4] https://www.tme.eu/en/katalog/humidity-sensors_100525/?productListOrderBy=1000014

[5] https://atlas-scientific.com/probes/humidity-probe/

[6] https://www.opticalsensors.se/miniofs.html

[7] Detecting the Presence of Fog Using Low-cost Proximity Sensors //2020 - Volume 20

Volume 20, Issue 5, May 2020, 25 April 2020 . Link: https://aaqr.org/articles/aaqr-19-11-oa-0612

3 UZPLUDINĀMO GALDU SISTĒMAS

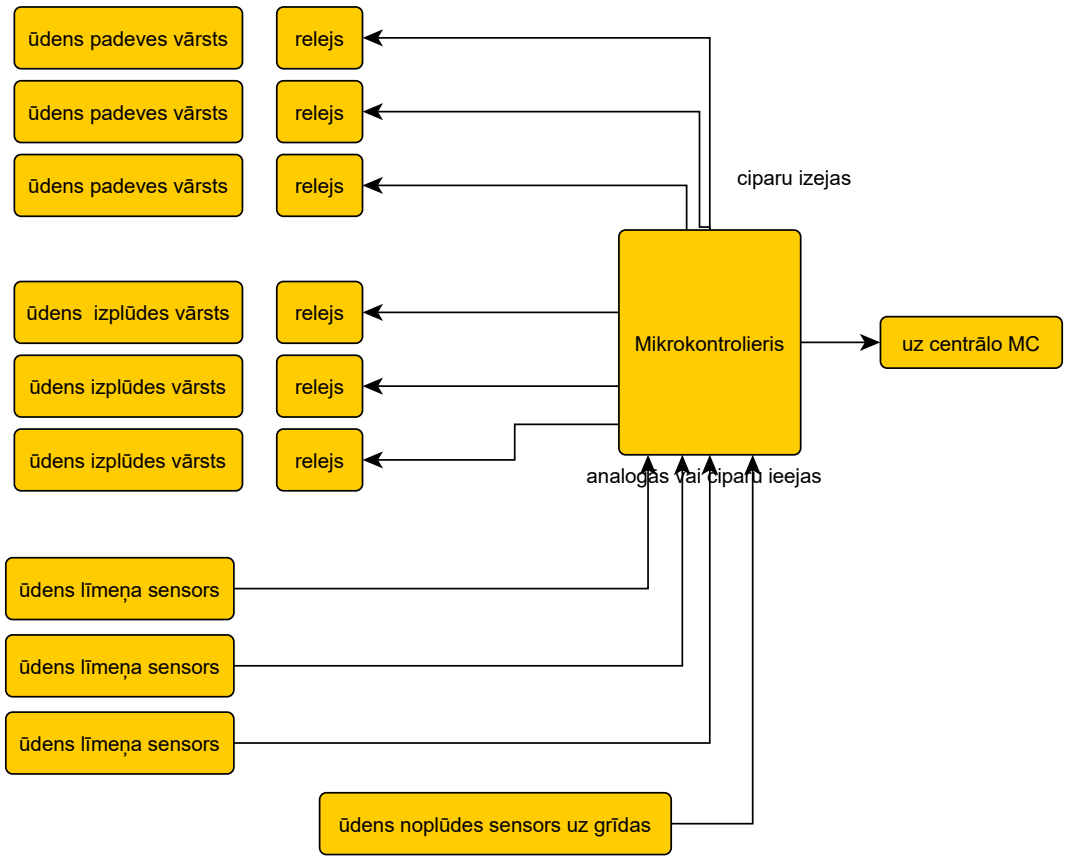
3.1 SITUĀCIJAS ANALĪZE

Zemenes tiek audzētas podos, ievietotas uzpludināmo galdu sistēmā 3.1.att. Momentā kad notiek laistīšana 3-5cm dziļš uzpludināmais galds tiek piepildīts ar ūdeni, zemenes uzņemt nepieciešamo ūdens daudzumu, tad ūdens tiek nolaists. Ūdens padeve notiek no centrālās ūdens padeves sistēmas, līdz ar to nav jādarbina sūkņi, bet tikai ūdens padeves vārsti, ūdens padevei un ūdens nolaišanai. Teorētiski ir iespējams arī kādas caurules plīsums, līdz ar to varētu paredzēt arī ūdens sensorus uz grīdas.

Līdz ar to varam definēt šīs nodaļas mērķus – piemeklēt vajadzīgo ūdens līmeņa sensoru, piemeklēt ūdens padeves un ūdens nolaišanas vārstus.

3.1.att. Uzpludināmais galds

3.2 SISTĒMAS IZSKATS



3.2.att. Uzpludināmo galdu sistēmas automatizācijas sistēmas izskats.

3.2.attēlā ir parādīts hipotētiskais sistēmas izskats, uzpludināmo galdu sistēmas automatizācijai. Uzpludināšanu un ūdens izlaišanu vada mikrokontrolieris. Līdzīgi to varēs vadīt ar podziņām, vai arī ar SMS.

Darbības scenārijs ir sekojošs: tiek aizvērts ūdens izplūdes vārsts, kāda no uzpludināmajiem galdiem. Tiek atvērts ūdens padeves vārsts. Ūdens sāk pieplūst, un atkarībā no uzstādījumiem mikrokontrolieris atvērs vajadzīgu ūdens padeves vārstu, un, kad uzpludināmais galds ir piepildīts ar ūdeni (pēc ūdens līmeņa sensora), aizvērs to. Paralēli tiek kontrolēts arī laiks, lai izķertu iespējamību, ka ūdens izplūdes vārsts nav aizvērts. Pēc noteiktā laika spriegums no izplūdes vārsta tiek noņemts un izplūdes vārsts atveras. Elektrība tiek patērētā tikai laistīšanas momentā, kā arī ūdens turēšanas momentā galdā. Tiek fiksēts ūdens līmenis, un, ja tas nekritās, tiek ziņots par kļūdu izplūdes mehānismā.

Gadījumā ja tiek konstatēta ūdens noplūde - tiek ziņots par ūdens noplūdi. Lai nodrošinātu nepieciešamo strāvu, vārstu darbībai tiek pielietoti releji. Iespējams, tos aizvietot ar elektroniskajiem draiveriem.

3.3 SENSORU UN KOMPONENŠU IZVĒLE

3.3.1 Ūdens līmeņa sensori un avārijas noplūdes sensori

Kā ūdens līmeņa sensoru var izvēlēties sensoru, kas nostrādā pie relatīvi zema līmeņa, jo uzpludināšanas galds ir tikai 30-50mm dziļš. Tā kā plauktiņiem ir metāliskie elementi,

kapacitatīvā sensora pielietojums līmeņa noteikšanai varētu nebūt piemērots. Izskatās kā lētākie un vairāk piemēroti šim uzdevumam ir pludiņa tipa sensori, kas nostrādā pie ūdens līmeņa izmaiņas 3.3.att.

Tie ir pieejami **digikey** un **mouser** detaļu katalogos [1], [2] un maksā ap 5-15 Euro, atkarībā no pasūtīšanas daudzuma.

3.3.att. Pludiņa tipa sensors

Kā alternatīvu var minēt optiskos līmeņu sensorus [3], izskatās arī piemēroti, bet spriežot pēc mouser datiem, tā cena ir pārāk dārga (~48Euro par sensoru). Problēma ar tiem varētu būt saistīta ar ūdens nogulsnēm uz optiskās sistēmas. Vēl viena alternatīva galda pieplūdes monitorēšanai būtu ūdens noplūdes sensori [4], bet vairākkārtīgi piepildot galdu ar ūdeni uz tiem varētu veidoties nogulsnes, līdz ar to tie vairāk ir piemēroti novietošanai uz grīdai – kā avārijas noplūdes sensori.

3.3.2 Ūdens padeves un ūdens izlaišanas vārsti

Vārsts, kas padot ūdeni, lielāko laika daudzumu stāv aizvērts. Līdz ar to šeit lietderīgi izmantot normāli aizvērtus vārstus (normally closed valves). Padodot spriegumu uz tiem un nodrošinot minimālo spiedienu, tie tiek atvērti vaļā. Tabulā ir apkopoti lētākie risinājumi.

3.1. Tabula. Vārsti ūdens padevei

Nosaukums, ražotājs	Raksturojošie parametri	cena	Literatūras avots
Plastic Water Solenoid Valve - 12V - 1/2" Adafruit	0.02 Mpa - 0.8 Mpa, 12v, ½", Life: 50 000 000 Cycles, Jābūt minimālam spiedienam lai atvērtu vārstu	$10	[5]
1597-1478-ND Solenoid Valve One-Way Panel Mnt Seeed Technology Co., Ltd	0,02-0,8MPa, Life: 200 000 Cycles, Jābūt minimālam spiedienam lai atvērtu vārstu	$8.5	[6]
Solenoid Valve Oneway Free Hang SparkFun Electronics	Life: 1,000,000 Cycles 0.02 Mpa - 0.8 Mpa; ¾", Minimālais spiediens ir 3PSI	$10	[7]
FIT0498-ND DFRobot	0.02 Mpa - 0.8 Mpa, Life:200 000 cycles	$10	[8]

Lai izlaistu ūdeni no uzpludināmā galda tie paši vārsti nederēs, jo netiks nodrošināts minimālais spiediens, lai atvērtu vārstu, kā arī izplūdes process ir ilgāks. Līdz ar to būs nepieciešami vārsti, kas ir normāli atvērti (normally closed valves). Bet šeit ūdens iespējams, ka būs ar zemes piejaukumiem, līdz ar to nav skaidrs, kā darbosies dotā komponente, ir jāveic eksperimenti, vai arī iespējams, jāņem lielākā diametra vārsts.

3.2. tabula. Vārsti ūdens nolaišanai

Nosaukums, ražotājs	Raksturojošie parametri	Cena	literatūra
G1&2 Electric Solenoid Valve (Normally Open) Seeed Technology Co., Ltd	½”	~10$	[9]

3.4 LITERATŪRA

[1] https://www.digikey.com/en/products/filter/float-level-sensors/521?s=N4IgTCBcDaIKwE4BsBmADAAhAXQDQiSlAEsATKEAWgEY00R8AHAFwoZGYE9GBTCgQwDOAYxABfMUA

[2] https://lv.mouser.com/c/sensors/liquid-level-sensors/?sort=pricing

[3] https://lv.mouser.com/c/sensors/liquid-level-sensors/?description%2Ffunction=Optical%20liquid%20level%20sensor

[4] https://lv.mouser.com/new/dfrobot/dfrobot-water-leak-detector/

https://lv.mouser.com/pdfDocs/Product-Overview-DFRobot-SEN0454.pdf

[5] https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Adafruit%20PDFs/997_Web.pdf

[6] https://www.digikey.com/en/products/detail/seeed-technology-co-ltd/111990004/5488162

[7] https://www.digikey.com/en/products/detail/sparkfun-electronics/ROB-10456/5684378

[8] https://www.digikey.com/en/products/detail/dfrobot/FIT0498/7597207

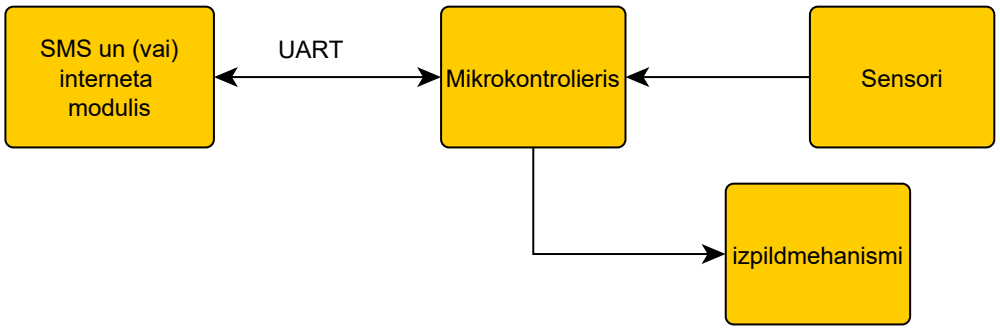
[9] https://www.seeedstudio.com/G1-2-Electric-Solenoid-Valve-Normally-Ope-p-1298.html

4 APSVĒRUMI PAR SISTĒMU INTEGRĀCIJĀM

4.1 SISTĒMAS INTEGRĀCIJAS NEPIECIEŠAMĪBA

Visu sistēmu, kas ir aprakstīta nodaļās 2,3 var attēlot ar vispārīgo blokshēmu, kas ir parādītā 4.1.attēlā. Proti, sistēmas pamatā ir mikrokontrolieris, tam ir pieslēgti vairāki sensori, tas vada vārstus vai motoru, un pēc nepieciešamības sūta ziņojumus par stāvokli. Teorētiski tas tā ir, bet ko darīt, ja laboratorijas atrodas dažādās telpās? Viena no iespējām katrā telpā ierīkot savu nesaistītu sistēmu, bet problēma ir tur, ka viena no sistēmas komponentēm ir GSM modulis, kas var sūtīt SMS, kas ziņos par iespējamām problēmām. Tā kā modulim ir vajadzīga sim karte, būs neracionāli turēt vairākas šādas sistēmas. Līdz ar to ir nepieciešams apskatīt iespējamo sistēmu apvienošanu.

Līdz ar to, nākamajā apakšnodaļā apskatīsim interfeisus, kas ļauj savienot sensorus un mikrokontrolieri.



4.1.att. Vienkāršākā sistēmas arhitektūra vienai telpai.

4.2 INTERFEISI

4.2.1 Pieslēgšanas interfeisu apkopojums

Šajā apakšnodaļā apskatīsim sensoru pieslēgšanas interfeisus. No katra sensora ir elektriskais signāls, kas ir jānovadā līdz apstrādes mezglam (mikrokontrolierim).

Sensori pēc pielietotā izejas interfeisa var būt:

- Analogie
  - Analogie (sprieguma),
  - Analogie (strāvas),
- Ciparu:
  - I2C,
  - SPI,
  - UART,
  - 1-wire,
  - u.c.

Daži interfeisi ļauj pieslēgt vairākus sensorus ar vieniem un tiem pašiem vadiem, citu interfeisu sensoriem katram sensoram būs nepieciešami atsevišķi vadi.

Analogais signāls parasti ir spriegums, un tas tiek pieslēgts mikrokontroliera analogam ieejām. Problēmas lietojot analogo signālu – pie nepiemērotā vada varētu būt problēmas ar sprieguma līmeni un nepareizu nolasījumu. Ārējie trokšņi varētu inducēties vadā, it īpaši garākajos vados un ietekmēt mērījumu rezultātus. Sensora atvienošanas gadījumā to nevarēs noteikt. Katram sensoram ir vajadzīga sava analogā sprieguma ieeja, kas parasti ir iebūvētā mikrokontrolierī.

Analogais strāvas signāls – šis ir interfeiss, kuram par pamatu tiek pārraidīta strāva 4-20mA robežās. Interfeisa priekšrocība ir tā – kā tam piemīt imunitāte pret trokšņiem un vads, pa kuru pārvada signālu varētu būt ļoti garš 500m un vairāk, kam pie vada pārrāvuma uzreiz tiek noteikts vada pārrāvums, jo strāva nokritās līdz 0, līdz ar to analogā signāla interfeiss izskatās ļoti drošs. Analogie strāvas signāli ir pielietoti piem. industriālajos prototipēšanas platēs (kitos), piem. [1]. Katram sensoram ir nepieciešamā atsevišķā mikrokontroliera analogā sprieguma ieeja un pretestība.

Ciparu signāls – ciparu signālam piemīt imunitāte pret trokšņiem. Ir vairāki interfeisi, kas tiek izmantoti priekš šī interfeisa. Atkarībā no pielietotā interfeisa var izdalīt:

I2C ir vispārizplatītā kopne. Tai ir vairākas priekšrocības. Sensori ir aprīkoti ar I2C kopni ir plaši izplātīti. I2C interfeiss ļauj pieslēgt vienlaicīgi vairākus sensorus vienai kopnei. Bet tai ir arī ierobežojumi attiecībā un pieslēgto kapacitāti, kas nozīmē sensoru skaitu ierobežojumu un kopēja garuma kopnes ierobežojumu. Bet ir risinājumi, kā to var uzlabot, kas ir izklāstīti zemāk.

CAN kopne izskatās vairāk piemērotā, kad ir runa par lielākajiem attālumiem. Bet problēma ir ierobežotā sensoru pieejamība. Ir relatīvi šaurs sensoru klāsts, kas ir aprīkots ar CAN kopni, un cenu ziņā tie būs dārgāki.

SPI kopne: bez kopējam kopnes vadiem ierīcei ir nepieciešams vēl viens atsevišķais, tad to neapskatīsim.

UART – asinhronais vienkāršākais interfeiss, lai savienotu divas ierīces. Bet katram mikrokontrolierim ir ierobežots UART pieslēguma vietu skaits (parasti 1-3).

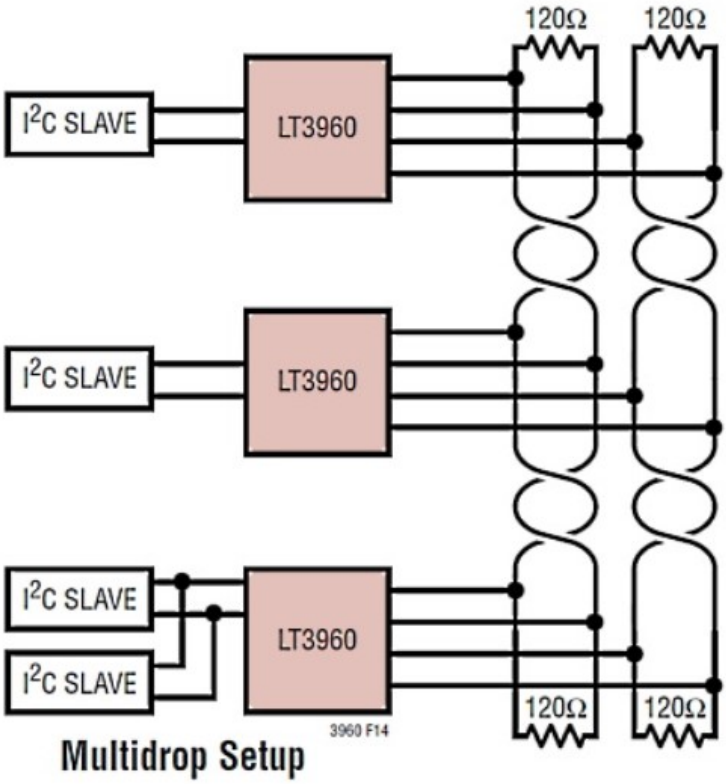
Ciparu interfeisi ar to priekšrocībām un trūkumiem ir apkopoti 4.1.tabulā:

Tabula 4.1. Ciparu interfeisi un to parametri

Protokols	Viena/vairākas ierīces?	Vadu skaits	Kā izvēlas konkrēto ierīci	interfeisa attāluma Ierobežojumi	Iespējas	Interfeisa trūkumi
I2C	Viena kopne – vairākas ierīces	2 vadu kopne SCL SDA And also GND	Identifikators ziņojumā (Adrese)	Kopējā kapacitāte (ierobežo vada garumu) Garums līdz 8m	Lietot citas mikroshēmas, TCA9803 TCA9517 Vietā P82B96 P82B715 4000pf un 3000 pf	Ierobežots attālums
SPI	Viena kopne – vairākas ierīces	3-vadu kopne: SCLK MOSI MISO	SS vads	Līdz 10m		Ierobežots attālums
CAN	Viena kopne – vairākas ierīces	2 vadu kopne CAN_L CAN_H (GND)	Identifikators ziņojumā	100m 500kbit/s 200m 250kbit/s 500m 125kbit/s 6km 10kbit/s		Parasti, ka sensori ir dārgi, ir tikai ierobežots sensoru klāsts
RS232, UART	Viena kopne – viena ierīce	RX,TX,GND	----	15m		Mikrokontrolierī parasti ir limitēts UART pieslēguma vietu skaits.
RS485		2 vadi	ID in message	1200 m		
1-wire	Līdz 20 ierīcēm	1 vads (DQ) VDD,GND	Identifikators ziņojumā	100m,300m		

4.2.2 I2C Kopnes uzlabošana

I2C kopnei piemīt ierobežojums, kas neļauj veidot vadu garāku par 8m. Bet, lai varētu tomēr ar I2C kopni savienot divus kontrolierus un attālumu vairāk par 8m, ir jālieto speciālās mikroshēmas, proti LT3960. LT3960, pārvērš I2C fiziskos signāla līmeņus CAN protokolā. CAN protokols nav CAN protokols tiešā nozīmē, tam nevar pieslēgt CAN atbalstāmus sensorus, tomēr to var lietot, lai būtiski palielināt attālumu. Tam var pieslēgt vienu vai vairākus I2C sensorus, lietojot LT3960 čipus. Kabelis ir parastais LAN cat5 kabelis. Lietošanas scenārijs ir parādīts 4.2. attēlā. Proti aiz LT3960 varētu būs vairāki I2C čipi. Cenas ziņā viens LT3960 čips maksas ap 5.85 euro.



4.2.att. I2C interfeisa darbības attāluma palielināšana ar LT3960 čipu. (Att. paņemts no [2])

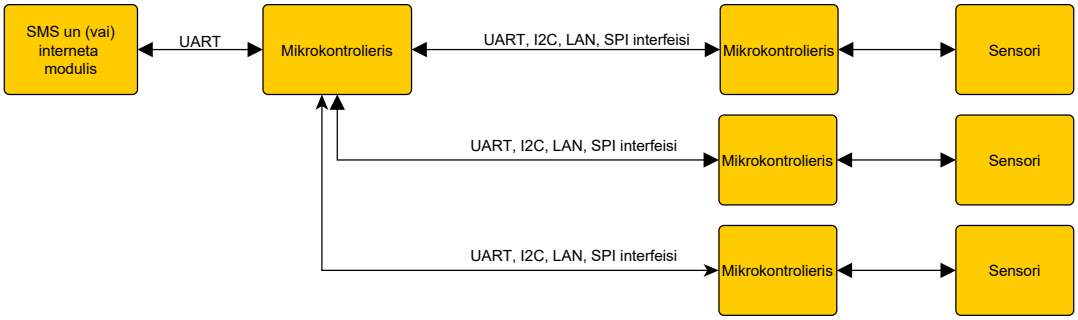
4.3 APSVĒRUMI PAR ARHITEKTŪRU

Mēģināsim aptvert, kādai ir jābūt arhitektūrai. No vienas puses būtu ļoti parocīgi pielietot vienotu I2C interfeisu un visus sensorus pieslēgt vienai kopnei (divdzīslu vadam (vītais pāris)), pagarinot kopni starp telpām, kā bija aprakstīts iepriekš. Bet šim risinājumam ir arī otrā puse, pie liela sensoru daudzuma viena sensora bojājums var traucēt vai nobloķēt komunikāciju ar citiem sensoriem. Ja bojājumam ir nepastāvīgs raksturs, to bojājumu būs ļoti grūti atrast.

Tad, lai izslēgtu aprakstīto risku, labākais risinājums būtu izmantot mikrokontroliera atsevišķas ieejas katra sensora pieslēgšanai. Tāda gadījumā viena sensora bojājums nevarētu traucēt komunikāciju ar citiem sensoriem. Risinājuma trūkums būtu pārlieku liels vadu skaits.

Lai otro risinājumu pielaikotu vairāku telpu gadījumam, būtu nepieciešams pārāk liels vadu skaits, kā arī mikrokontrolierim varētu pietrūkst pieslēguma vietu.

Līdz ar to tiks pielietotā cita arhitektūra. Katrā telpā tiks novietots atsevišķs mikrokontrolieris, kas vadīs sistēmu lokāli. Bet tie visi būs savienoti ar centrālo mikrokontrolieri, kas būs savienots ar GSM moduli 4.3.att.



4.3.att. Izvēlētā arhitektūra: katrā telpā atrodas sensori un atsevišķais mikrokontrolieris. Sakaru (GSM) modulis atrodas atsevišķi ar savu mikrokontrolieri.

Katrā laboratorijā mikrokontrolieri apkopo sensoru informāciju, un nepieciešamības gadījumā sūta ziņas to centrālajam mikrokontrolierim, kas nepieciešamības gadījumā var sūtīt pieprasījumu sakaru modulim sūtīt SMS.

Sakariem starp mikrokontrolierim varētu izmantot UART, I2C vai SPI interfeisus, parasti tie ir iebūvētie mikrokontrolierī. Tiem būtu jāvelk atsevišķi vadi. Varētu izmantot arī esošo interneta pieslēgumu, bet tad elektrības pazušanas gadījumā, ja internets vairs, nedarbosies sistēma nevarēs sūtīt brīdinājuma SMS, līdz ar to tas risinājums nederēs.

4.4 Watch-Dog timeris

Katrā mikrokontrolierī ir iebūvēts tā saucamais watch-dog timeris. Tas ir nepieciešams, lai monitorētu sistēmu, un brīdī ja sistēma tiek uzkarinātā un vairāk nedarbojas pārstartēt sistēmu. Varētu būt ārējais vai iekšējais watch-dog taimeris. Ārējā watch dog taimera pielietošana ir drošāka.

4.5 Sensoru tipi un to darbināšanas scenāriji

Atkarībā no sensoru uzdevuma šajā projektā, tos nosacīti varētu sadalīt

- Novērošanas sensori,
- Pārbaudes sensori,
- Funkcionēšanas sensori,
- Avārijas sensori.

Novērošanas sensori tikai veic sistēmas novērošanu, un neveic nekādas citas darbības. Radījumi no tiem sensoriem tiek nofiksēti speciālajā datu bāzē, bet paši par sevi izmaiņas sensoru novērošanā neizraisa nekādas sekas. Īstenība šajā atskaitē novērošanas sensori nemaz nav pieminēti, jo pasūtītājam tie jau, ir to apkopojums [3].

Pārbaudes sensori. Informācijas no šiem sensoriem ļauj iegūt informāciju, vai viss strādā korekti, un, ja tā nav tad, tiek sūtītā SMS, par to ka kaut kas netiek darbināta kāda releja, apstādināts motors u.t.t.

Funkcionēšanas sensori. Tie ir nepieciešami, lai sistēma funkcionētu. Piemēram, kad ūdens tiek iepildīts uzpludināmajā galdā, lai izslēgtu ūdens padevi.

Avārijas sensori. Kad notiek nepieciešamais notikums (piemēram, ir pārrauta kāda ūdens padeves caurule, un ūdens iekļūst laboratorijā), tad vajag uzreiz ziņot par notikumu, un darbināt avārijas novēršanas mehānismus, ja tādi ir (piemēram, jāizslēdz ūdens padeve).

Dažiem sensoriem varētu būt dažāds novērošanas intervāls. Piem. novērošanas sensoriem tas intervāls varētu būt brīvs, piem. monitorēt apkārtējā gaisa temperatūru ik pēc katras stundas.

Pārbaudes sensoriem to intervālu vajadzētu sinhronizēt ar pumpja ieslēgšanu. Jo, piemēram, skatīties, vai mums viss tiek korekti laistīts, (ir migla laistīšanas konteinerī) ir jēga, tikai tad, ja motors ir ieslēgts.

Ir arī cits pārbaudes sensoru ieslēgšanas scenārijs – nepārtraukts. Tajā gadījumā viss tiek monitorēts nepārtraukti, un ja noteiktā intervālā neparādās kādas izmaiņas, tad ir skaidrs, ka notiek problēma.

Avārijas sensori ir, vai nu monitorēti nepārtraukti, vai arī paši var iniciēt monitorēšanas sākumu. Vai arī (ja specifika to pieļauj) tiek darbināti ik pēc kāda intervāla.

Funkcionēšanas sensori tiek darbināti kopā ar kādu izpildmehānismu, kuru darbību tie novēro, piemēram uzpludināmo galdu ūdens līmeni ir jēga mērīt, ieslēdzot ūdens padevi.

4.6 LITERATŪRA

[1] https://atlas-scientific.com/kits/its-waterfeature-8/

[2] https://blog.adafruit.com/2021/07/08/eye-on-npi-analog-devices-lt3960-i2c-to-can-physical-transceiver-eyeonnpi-digikley-digikey-adafruit/

[3] Tehniskās specifikācijas 1.daļa. “Hidroponikas, aeroponikas un uzpludināmo galdu sistēmas. ” 2.pielikums iepirkumam ID Nr. BDV 2022/5

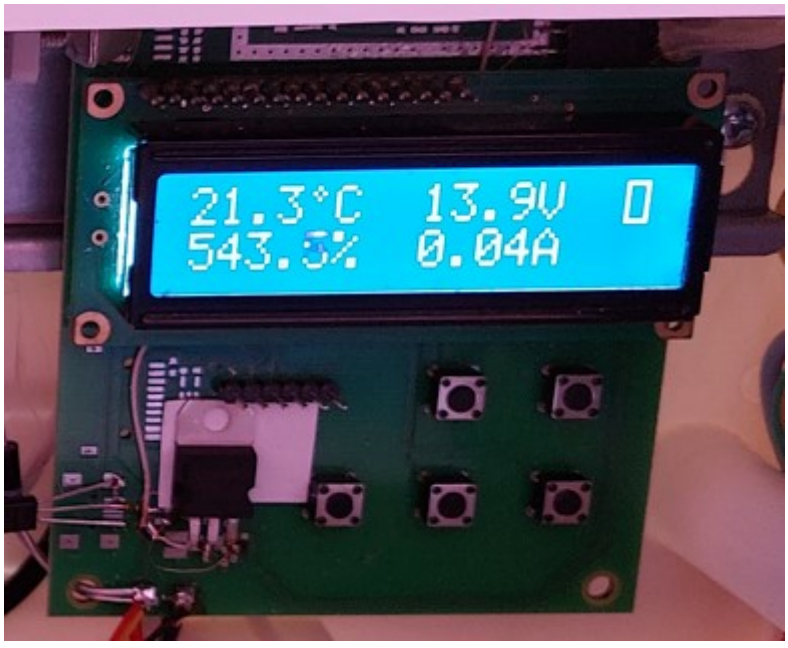
5 EKSPERIMENTĀLĀS IERĪCES APRAKSTS

Projekta ietvaros tika izgatavotā eksperimentālā ierīce. Esošajā versija seko sprieguma esamībai/neesamībai uz pumpja un pumpja patērētai strāvas efektīvai vērtībai.

5.1 IERĪCES IZSKATS UN BLOKSHĒMA

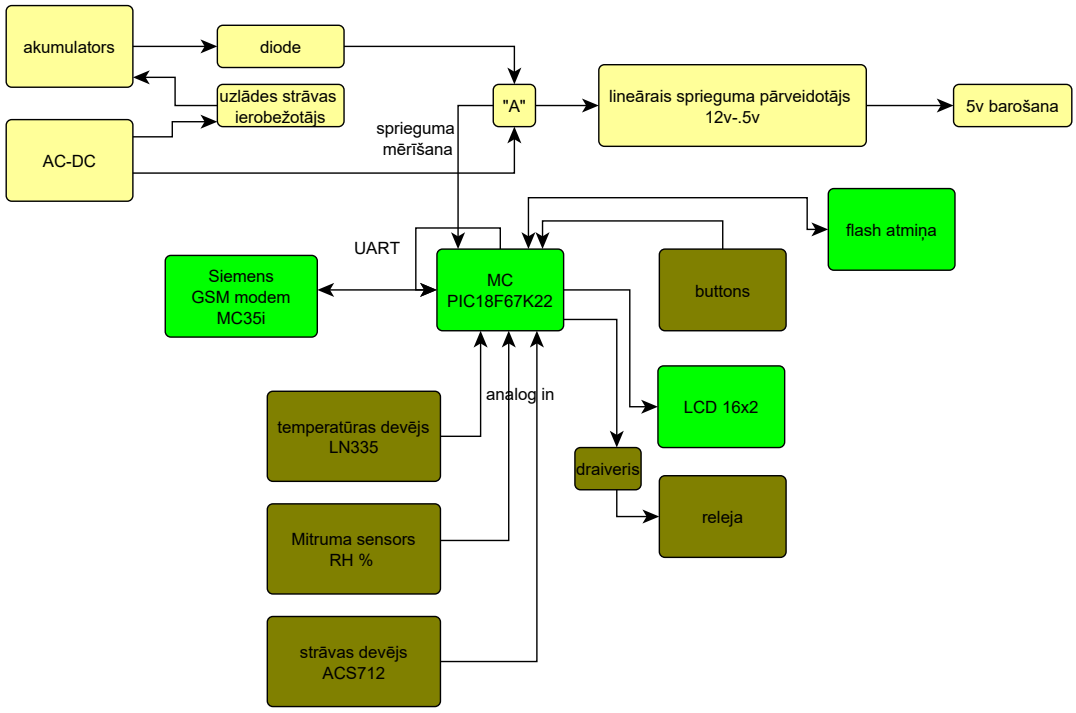
5.1.att. izveidotās ierīce izskats

5.1.attēlā ir parādītā izveidotā ierīce. Ierīcei sānis ir rozetes pumpja pieslēgšanai. Displejs un pogas atrodas ierīces iekšienē.



5.2.att. Ierīces galvenā plate ar mikrokontrolieri, pogām un displeju.

Pogas ļauj pārslēgties starp ekrāniem, kā arī mainīt uzstādījumus. Ne visas pogas ir funkcionālas, tās ir rezervētas nākamajām ierīču versijām. Ierīces blokshēma ir parādīta 5.3.att.



5.3.att. Izgatavotās ierīces blokshēma

Ierīces pamata ir mikrokontrolieris (MC), SMS modems un flash atmiņa, lai glabātu uzstādījumus. Mikrokontrolieris ir savienots ar vārākajiem perifērijas iekārtam – nepieciešamajām sensoriem – strāvas, temperatūras, mitruma noteikšanai. Mikrokontrolieris ar GSM modemu apmainās ar komandām, SMS aizsūtīšanai un saņemšanai (tos sauc par AT komandām), izmantojot UART interfeisu. Mērot spriegumu un strāvu, mikrokontrolieris pieņem lēmumus, vai viss notiek pareizi, vai arī ir kaut kas noticis un ir jāziņo par avārijas stāvokli. Sprieguma pazušanas gadījumā tiek paziņots par sprieguma pazušanu. Tāpat tiek novērotā tipiskā patēriņa strāva, un ja strāva iziet no nepieciešamā diapazonā tad tiek paziņots, kā strāva ir ārpus pieļaujamā diapazona. Tiek monitorēts arī strāvas stāvoklis, brīdī kad pumpim ir jābūt izslēgtam, un gadījumā, ja strāva ir lielākā par 1A, tiek ziņots par kļūdu relejā.

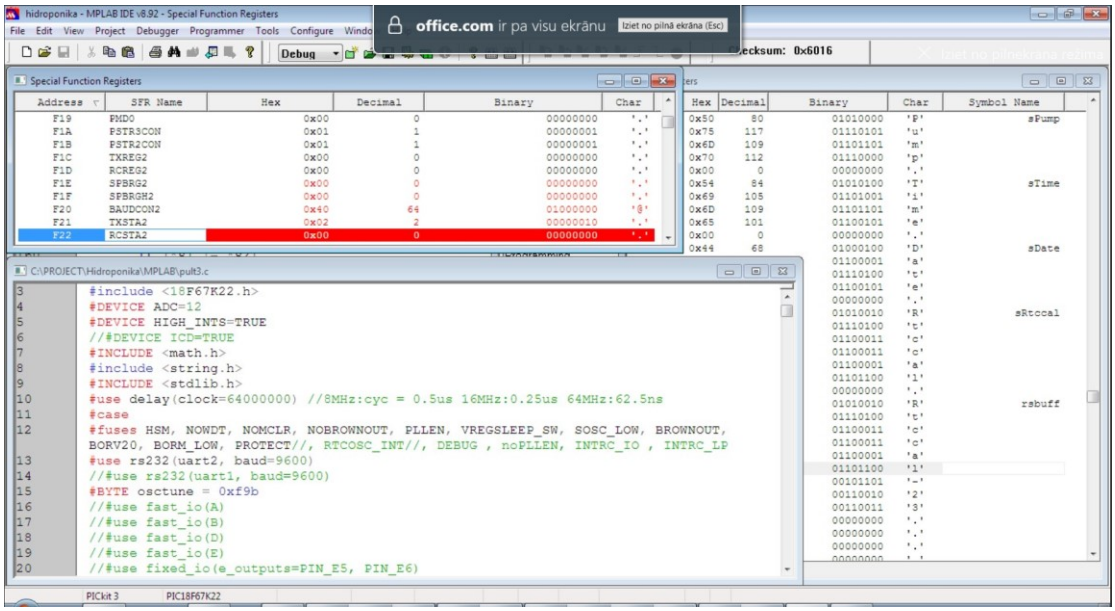
Mikrokontroliera un perifērijas barošanai ir nepieciešams 5v spriegums. Tīkla spriegums ar barošanas bloku (AC-DC) tiek transformēts, nodrošinot 13v punktā “A”. Spriegums no punkta “A” tiek padots uz lineāro sprieguma pārveidotāju, kas pārveido tos par 5v, kas ir nepieciešami mikrokontroliera barošanai. Tam pašam “A” punktam, caur Šotki diodi tiek pieslēgts rezerves akumulators ar spriegumu 12v. Tā kā spriegums uz akumulatora ir mazāks nekā 13v, Šotki diode būs aizvērta, un akumulators būs atslēgts no ķēdes. Gadījumā ja pazūd tīkla spriegums, spriegums (13v) punktā “A” pazūd, bet, atveroties Šotki diodei, notiek rezerves barošana caur akumulatoru. Tajā gadījumā spriegums punktā “A” būs 11.7v (12v uz akumulatora mīnusa 0.3v, kas nokrīt uz Šotki diodes). Mikrokontrolieris seko spriegumam punktā “A” ar mikrokontroliera analogās sprieguma ieejas palīdzību (ar sprieguma dalītāju

pielāgots mikrokontroliera mērīšanas diapazonam), un tiklīdz ir fiksēts aprakstītais sprieguma līmeņa kritums tiek izveidotā un aizsūtītā ziņa par sprieguma pazušanu.

Strāvas monitorēšana. Lai monitorētu strāvu, kas plūst caur elektrisko pumpi, tiek izmantots galvaniski atsaistītais ACS712 strāvas devējs. Galvaniska atsaite ir nepieciešamā, lai mikrokontroliera shēma, kas ir zema sprieguma, būtu galvaniski atsaistīta no tīkla sprieguma, jo tiks izmērīta tīkla strāva.

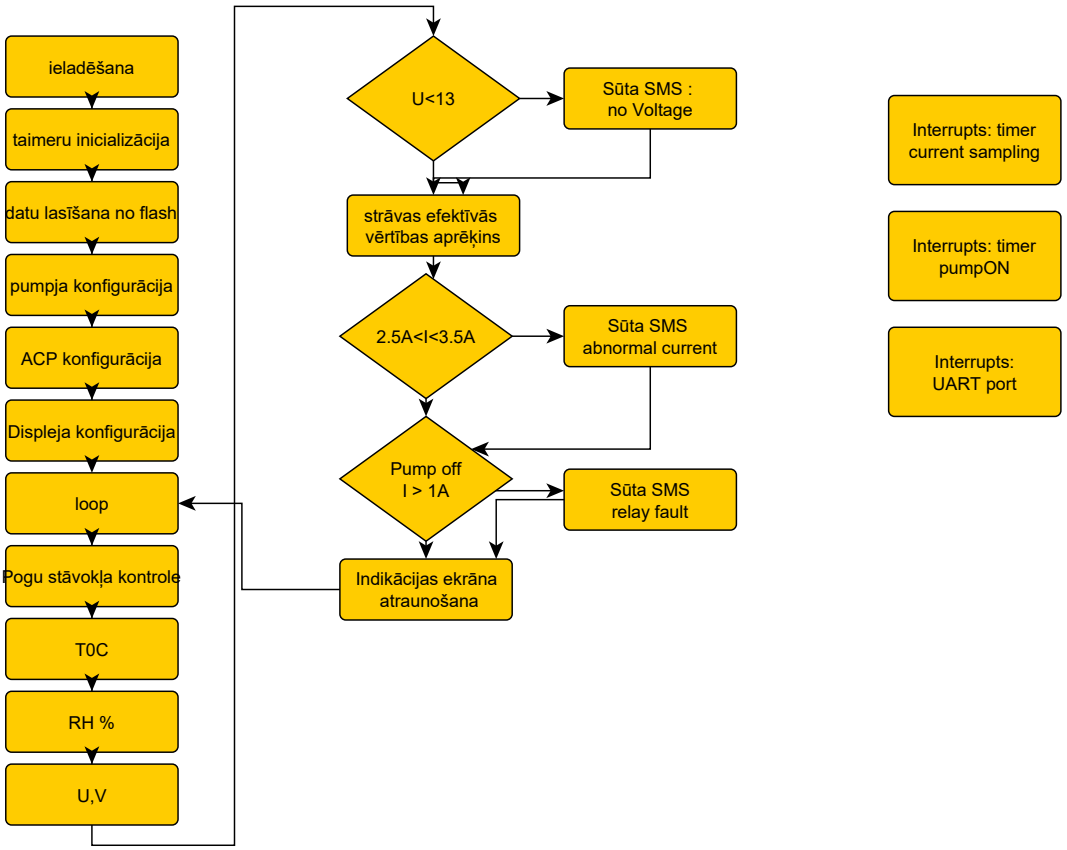
5.2 PROGRAMMATŪRAS DAĻA

Programmatūra tika rakstīta izmantojot MPLAB X IDE Integrālo izstrādes vidi 5.4.att.



5.4. "Ekrāna šāviņš"(print screen) no programmēšanas vides.

Vienkāršots funkcionālais programmatūras darbības algoritms ir parādīts 5.5.attēlā. Ieslēgšanas momentā tiek veikta datu nolasīšana no flash atmiņas, kurā glabājas laistīšanas pumpja uzstādījumi, kā arī inicializācija. Tad periodiski tiek veikta pogu stāvokļa kontrole, apkārtējas vides temperatūras un mitruma nomērīšana. Tiek monitorēts spriegums ("A" punkta) un izrēķinātā strāvas efektīva vērtība. Ja tiek konstatēta vērtības ārpus pieļaujamā strāvas diapazonā, tiek sūtīts SMS paziņojums. Parādās arī pārtraukumi, lai nolasītu strāvas momentānās vērtības.



5.5. att. Ierīces programmatūras daļas funkcionālais darbības algoritms

5.3 SMS KOMANDAS

Ierīces galvenās funkcionalitātes tiek pārslēgtas, izmantojot SMS sūtīšanu, uz ierīces numuru. SMS var sūtīt reģistrētie lietotāji. Lietotāju var piederēt divām grupām:

- Lietotāju grupas lietotāji,
- Administratoru grupas lietotāji.

Atkarībā no grupas lietotājiem būs pieejamās tās vai citas komandas. Tabulā 5.1. ir lietotāju komandu apkopojums, bet tabulā 5.2. ir administratoru komandu apkopojums.

Tabula 5.1. Lietotāju grupai pieejamās komandas:

Komanda	Apraksts	Komandas piemērs
Report	Sūta atskaiti par pašreizējo situāciju	
Pumpon[0-255]	ar šo komandu tiek uzstādīts pumpja strādāšanas ilgums, sekundēs	**Pumpon45** tiek nodrošinātā pumpja darbība 45s pēc ieslēgšanās. Pumpja strādāšanas ilgums tiek nodrošināts 0-255 intervālā, veselajos sekundēs.
Pumpoff[0-255]	– ar šo komandu tiek uzstādīts pumpja pauzes intervāls, minūtēs	**Pumpoff5** – tiek nodrošināta pauze starp ieslēgšanas reizēm 5 min. Pauzes intervāls tiek uzdots veselajos skaitļos 0-255 intervālā, veselajās minūtēs

Tabula 5.2. Administratorā grupas pieejamās komandas

UserXXXXXXXX	– tiek uzstādīts papildus telefona numurs	User2934567 – telefona numurs 2934567 tiks pielikts lietotāja grupai

5.4 SMS ZIŅOJUMI

Gadījumā ja kaut kas notiek nepareizi, atnāk SMS ziņojums, kas signalizē par kļūdu.

5.4.1 Elektrības ziņojumi

Ja spriegums elektrības padeves punktā nokrīt zem 13 v, tas notiek, ja mikrokontrolieris pāriet uz rezerves barošanu, spriegumam, sprieguma padeves punktā krītot zem 12 v. Kā rezultātā, ja spriegums līmenis nokrīt zem 13v notiek vienreizējā SMS sūtīšana, ar tekstu NoElectricity. Ierīces rezerves barošana nodrošina tikai tās ierīces rezerves barošanu, pumpji, un pārejas lietas nedarbosies.

5.4.2 Pumpja ziņojumi

Ja strāva lielāka par 3.5A un mazāka par 2.5 A – ziņojums – “abnormal current”.

Strāva tiek mērītā ar nelielu aizturi pēc palaišanas momenta.

5.4.3 Releja ziņojumi

Ja strāva lielākā par 1A momentā kad pumpim ir, jābūt izslēgtam – paradās ziņojums “Relay Error”.

5.5 FUNKCIONĒŠANA GALVENO PARAMETRU MĒRĪŠANA

5.5.1 Efektīvās strāvas noteikšana

Strāva tiek mērītā tīklā, kurā ir maiņspriegums, līdz ar to tiek attēlota efektīvā strāvas vērtība. Mērīšana notiek ar ACS712 mikroshēmu, kas balstās uz Holla efektu (strāva, kas plūst rada magnētisko lauku, kura intensitāte tiek mērītā). Līdz ar to izmērīts strāvas signāls ir galvaniski atsaistīts no mērāmā signāla, kas ir ļoti svarīgi, lai nodrošinātu ierīces drošību. Ar doto mikroshēmu tiek nomērītā momentānā vērtība.

Tā kā sprieguma frekvence ir 50Hz, tad to periods sastāda 1/50Hz = 20ms.

20ms laikā tiek veiktas 100 nolases x_i, kas tiek ierakstītas masīvā, kas tiek izmantots lai rēķinātu strāvu. Strāva tiek izrēķinātā pēc sekojošās formulas:

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{100}\left(\frac{\left(\frac{xi}{2^{12}} - 2.5\right)}{0.185\,V/A}\right)^2}{100}}$$

Kur: 0-5 mikrokontrolierī iebūvētā ACP sprieguma jutības diapazons,

0.185 V/A – mikroshēmas jutības diapazons (uz katru A strāvas izejā ir 0.185V),

2.5 – vidus punkts – 0 strāva,

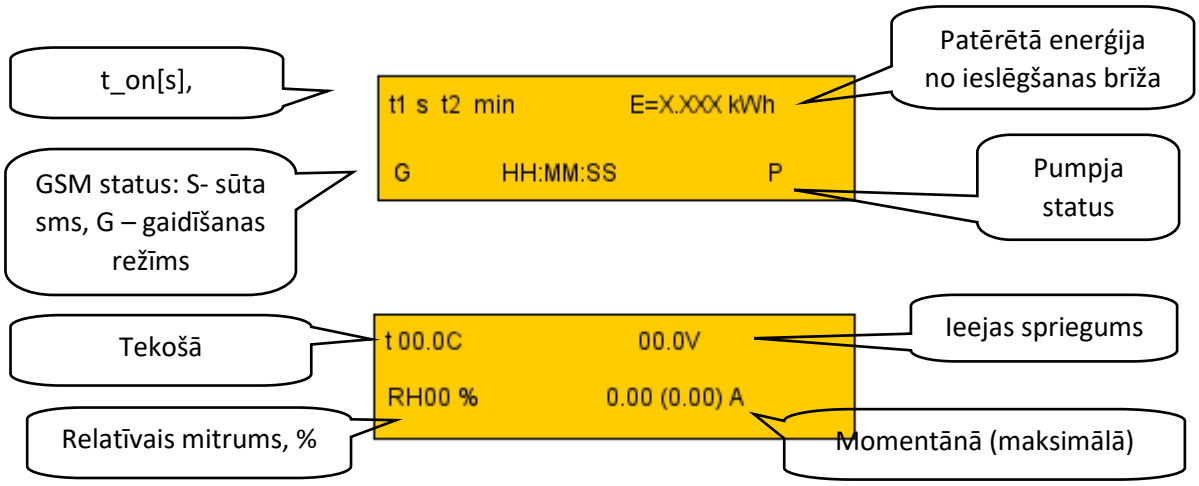
2^12 – maksimālā vērība pie 5 v.

5.5.2 Ieejas sprieguma noteikšana

Ieejas sprieguma noteikšana tika aprakstīta 5.1. apakšnodaļā.

5.6 UZ EKRĀNA PARĀDĀMĀ INFORMĀCIJA

Ierīces funkcionēšana gaitā uz ekrāna tiek parādīta galvenā informācija. Informāciju var pārslēgt starp ekrāniem 1 un 2. 5.6. attēlā ir parādīti abu ekrāni shematiskie attēli un uz tiem attēlojamā informācija, 5.7. attēlā ir parādīta 2.ekrāna fotogrāfija. Visi parametri tiek atkārtoti un atšifrēti 5.3. tabulā.



5.6. att. Ekrāna 1. un 2. izskats un to atšifrējums

5.7.att. Ekrāna 2.izskata fotogrāfija

Ekrānam varētu būt sekojošie skati:

5.3.tabula. Informācija, kas tiek attēlota uz ekrāna

T_on, t_off	Pumpja strādāšanas laika intervāla ilgums, s Pumpja pauzes laika intervāla ilgums (min).
GSM statuss	S – kad sūta SMS, G – kad ir gaidīšanas režīmā (pārējais laiks)
Patērētā enerģija	Rada, cik pumpis patērēja no tā ieslēgšanas brīža.
Pumpja statuss	Parādās burts P – ja pumpis ir ieslēgts, nekā nav, ja pumpis ir izslēgts
HH:MM:SS	Pašreizējais laiks
T 00.0 C	Pašreizējā temperatūra
RH 00 %	Relatīvais mitrums (5.7. attēlā nebija vēl uzstādīts)
00.0 V	Ieejas spriegums
0.00 (0.00)A	Momentānā strāva, ko patērē pumpis dotā momentā (Maksimālā strāva no pumpja ieslēgšanas brīža (izlaižot sākuma momentu).)

5.7 KOMPONENŠU SARAKSTS

Šajā sadaļā apkoposim komponenšu sarakstu un to izmaksas, kas tika izmantota eksperimentālai ierīcei.

Tos apkoposim 5.4.tabulā.

5.4.tabula Komponentes, kas bija izmantotas eksperimentālai ierīcei

Komponents nosaukums, kas bija pielietots 5.3. attēlā	Pielietotās komponentes nosaukums	Orientējošā pārdošanas vieta, cena
AC-DC	EBD2412	Ormix.lv, 9.5 Euro
Diode	Sb560-3g	Ormix.lv, 0.4 EUR
Uzlādes strāvas ierobežotājs	Rezistors, 4.7 omi	Ormix.lv, 0.1 EUR
Siemens GSM modems	MC35i	30 EUR
Lineārais sprieguma pārveidotājs	78L05 LM7805	0.5 EUR
Mikrokontrolieris	PIC18F67K22	Tme.eu, 5EUR
Flash atmiņa	Iebūvētā mikrokontrolierī	--
Draiveris	Tranzistors Bc817	Ormix.lv, 0.1 EUR
LCD	RC1602B-BIW-ESX	Tme.eu, 6.56EUR
Releja	Rm85-2011-35-1012 12v 16A 250vac	Ormix.lv, 2.5 EUR
Strāvas devējs	ACS712	Tme.eu, 5EUR
Akumulators	VRLA MB 1.3-12	Ormix.lv, 7.5 EUR
korpuss	ETI12-mod/IP40	Depo, 11.50 EUR
Ierīces plate	Paštaisīta	Orientējošā izgatavošanas cena, 20 EUR
Mitruma sensors	Netika uzstādīts	
Temperatūras devējs	LM335	Ormix.lv, 0.6 EUR

5.8 TESTĒŠANA

Izgatavotā eksperimentālā ierīce tika uzstādītā telpā, kur tiek aplaistītas saknes (akvaponikas laboratorijā). Izstrādes procesā tika modernizētas programmatūras versijas, pieliktā jaunā funkcionalitātē.

Ierīce pārņēma arī sūkņa vadību. Testēšana notika sākot ar augusta mēnesī.

Sākot testēšanu, tika pilnveidota prototipa programmatūra, kas ir parādīts 5.5.tabulā.

5.5. tabula. Programmatūras uzlabojumi, kopš testēšanas sākuma

Uzlabojumi	Versija
Laika uzstādīšana izmantojot SMS ziņu Pulksteņa sinhronizēšana ar GSM, izmantojot ienākošās SMS ziņas; Pieliktā ūdens sūkņa vadība; Pielikts klāt sūkņa patērētās enerģijas uzskaites mehānisms;	V1.0 (šis prototips bija testēts laboratorijā)
Atklājas problēmas ar UART bufera pārpildīšanu – uzlabota pārtraukuma apstrāde;	V1.1 (šis prototips tika testēts laboratorijā)
Pielikta iespēja vadīt apgaismojumu pēc algoritma 12 stundas deg/12 stundas nedeg	Sagatavots priekš nākamā prototipa versijas

5.9 SECINĀJUMI

Izgatavotais prototips strādā un ir derīgs izmantošanai akvaponikas laboratorijā. Prototips arī nodrošina sūkņa ieslēgšanu, izslēgšanu. Prototips ir vairāk nekā mēnesi testēts akvaponikas laboratorijā. Turpmākajā attīstības stadijā prototips varētu pārņemt arī apgaismojuma darbību.