

Tallinna Ülikool
Digitehnoloogiaste instituut

Kasvuhoone töö automatiseerimine

Bakalaureusetöö

Autor: Sven- Kristjan Kompus

Juhendaja: Jaagup Kippar

Autor:, 2016

Juhendaja:, 2016

Instituudi direktor:, 2016

Tallinn 2016

Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev bakalaureusetöö on minu töö tulemus ja seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

.....

(kuupäev)

.....

(autor)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Sven- Kristjan Kompus (sünnikuupäev: 1. märts 1994)

1. annan Tallinna Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose “Kasvuhoone töö automatiseerimine”, mille juhendaja on Jaagup Kippar, säilitamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Ülikooli Akadeemilise Raamatukogu repositooriumis.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tallinnas, _____

allkiri ja kuupäev

Sisukord

Mõisted.....	5
Sissejuhatus.....	6
1 Kasvuhoone töö automatiseerimine.....	7
1.1 Kasvuhoone automatiseerimise vajalikkus.....	7
1.2 Automatiseeritavad protsessid kasvuhoones.....	7
1.3 Automatiseerimiseks kasutatavad seadmed.....	8
1.3.1 Seadmete kontrollerid.....	9
2 Olemasolevate lahenduste tutvustus.....	10
2.1 Arduino baasil automatiseeritud kasvuhoone.....	10
2.2 Arduino baasil automatiseeritud kasvuhoone juhtimis – ja jälgimissüsteem.....	10
3 Kasvuhoone töö automatiseerimise protsess.....	11
3.1 Kasutatud seadmete valiku põhjused ning soetamine.....	11
3.2 Konstruktsioonid ning nende loomine.....	12
3.2.1 Akna avamise konstruktsioon.....	12
3.2.2 Veehoidla ning kastmise konstruktsioon.....	15
3.3 Tarkvara loomine.....	16
3.3.1 Tarkvara üldine osa.....	16
3.3.2 Tarkvara akna avamise jaoks.....	19
3.3.3 Tarkvara kastmise jaoks.....	22
3.4 Juhtploki koostamine ning sellega seonduva loomine.....	24
3.5 Testimine ning tulemused.....	25
3.6 Seadmete paigaldamine kasvuhoonesse.....	26
Kokkuvõte.....	30
Summary.....	31
Kasutatud kirjandus.....	33
Lisad.....	35
Lisa 1. Elektriskeem.....	35

Mõisted

Library – Koodi kogumik. Lisaks lähtekoodile võib sisaldada näiteks dokumentatsiooni.

I2C (Inter-integrated Circuit) – protokoll, mis võimaldab mitmel alluvkiibil(slave chip) suhelda ühe või rohkem ülemkiibiga(master chip) (Sfuptownmaker, kuupäev puudub).

EEPROM – Mälu, mille andmed on salvestatud ka juhul, kui seade on välja lülitatud (Arduino, kuupäev puudub).

Sissejuhatus

Automaatika ning erinevate protsesside automatiseerimine on tänasel päeval meie keskkonnas küllaltki levinud ning samuti väga vajalik. Esiteks aitab see inimeste aega kokku hoida erinevate protsesside arvelt, mida on võimalik automatiseerida. Teiseks on erinevate protsesside juhtimine arvuti poolt märgatavalt täpsem.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on automatiseerida kasvuhoone erinevad tööprotsessid ning automatiseerimise käigust luua materjal, mida on võimalik kasutada ka robotika õppeaines. Teema valiku põhjuseks on esiteks autori suur huvi automatiseerimise vastu ning samuti on tavakasutaja kasvuhoone automatiseerimine vägagi mõistlik valik.

Käesolev töö on suunatud peamiselt just inimestele, kellele pakub esiteks huvi automatiseerimine, erinevate konstruktsioonide valmistamine ning nende juhtimine tarkvara abil ja samuti inimestele, kel on plaanis läbi viia kasvuhoone automatiseerimine.

Töö esimeses peatükis tuleb juttu üldiselt kasvuhoone automatiseerimisest. Räägitakse selle vajalikkusest ning erinevatest protsessidest, mida on võimalik automatiseerida. Samuti räägitakse seadmete valikust, ehk mis tüüpi seadmeid on võimalik automatiseerimisel kasutada. Lisaks tuleb juttu ka seadmete kontrolleri kasutusest.

Teises peatükis tutvustatakse lugejale juba olemasolevaid lahendusi.

Kolmandas peatükis tutvustatakse materjali, mis on loodud kasvuhoone töö automatiseerimise käigus. Lisaks on loodud materjalis välja toodud ka pildid loodud konstruktsioonidest.

1 Kasvuhoone töö automatiseerimine

Kasvuhoone tööd on masstoodangut produtseerivates kasvuhoonede kompleksides automatiseeritud juba mõningat aega. Kuna tööstuslikele seadmetele on viimastel aastatel tulnud palju soodsaid alternatiive, mida on tavakasutajal võimalik soetada ning automatiseerimisel kergesti kasutada, on kasvuhoone töö automatiseerimine küllaltki mõistlik valik

1.1 Kasvuhoone automatiseerimise vajalikkus

Kasvuhoone erinevate protsesside automatiseerimine on vajalik just põhjusel, et tingimused kasvuhoones oleks taimedele võimalikult soodsad. Kuna inimene ei ole paratamatult võimeline hoidma näiteks kasvuhoone temperatuuri ning mulla niiskustaset ühel ja samal tasemel kogu päeva vältel, on nende protsesside automatiseerimine küllaltki mõistlik valik. Samuti asuvad kasvuhooned tihti kohtades, näiteks suvilates, mida omanikud igapäevaselt ei külasta ning seetõttu ei ole taimi võimalik igapäevaselt kasta. Sellisel juhul on kasvuhoone töö automatiseerimine vägagi mõistlik valik.

1.2 Automatiseeritavad protsessid kasvuhoones

Protsesse, mida kasvuhoone töös automatiseerida, on mitmeid. Peamisteks protsessideks, mida tavakasutaja kasvuhoones on mõistlik automatiseerida, on näiteks õhutemperatuuri ning mulla niiskustaseme reguleerimine.

Taimede võimalikult efektiivseks kasvatamiseks on tähtsaks faktoriks ka taime enda temperatuuri mõõtmine ning reguleerimine. Seda põhjusel, et just taime temperatuur määrab ära taime arengukiiruse (E. Runkle, kuupäev puudub).

Samuti on tähtis õhuniiskuse reguleerimine ning hea õhuringlus kasvuhoones. Taimede tihedas lehestikus võib õhuniiskus olla lausa 20% - 40% suurem, kui selle kohal. Õhuringlus aga aitab seda niiskuse kihistumist vähendada. (J. W. Bartok, Jr., 2013) Hea õhuringlus on saavutatav näiteks ventilaatorite abil.

1.3 Automatiseerimiseks kasutatavad seadmed

Kasvuhoone töö automatiseerimiseks on vaja mitut tüüpi seadmeid. Esiteks on vajalikud andurid, mis suudavad keskkonnast võtta mingi parameetri väärtuse ning edastada selle põhjal väljundsignaali. Teiseks on vaja täitureid, ehk seadmeid, mis mingi sisendsignaali põhjal teevad määratud tegevuse. Viimaks on vaja ka juhtplokki, mille kaudu seadmete juhtimine toimub.

Andurid

Üheks kõige tähtsamaks anduriks, mida kasvuhoone töö automatiseerimisel kasutada, on temperatuuriandur. Seda just põhjusel, et õhutemperatuur on üks kõige tähtsam faktor efektiivse taimede kasvatuses juures. Taime temperatuuri mõõtmiseks on aga võimalik kasutada ka näiteks infrapuna temperatuuriandurit, mis tuleks asetada taimetele küllaltki lähedale – olenevalt anduri vaatenurgast ligikaudu 0.9 meetri (3 jala) kaugusele (E. Runkle, kuupäev puudub).

Mulla niiskustaseme mõõtmiseks leidub mitut tüüpi andureid. Esiteks takistusel põhinev andur, mille jalgadeks on kaks elektroodi. Seda tüüpi anduri poolt leitav niiskustase tulenebki kahe elektroodi vahelisest takistusest. Teiseks tüübiks on mahtuvusel põhinev mulla niiskusandur. Seda tüüpi anduril on samuti kaks elektroodi, kuid erinevalt takistusel põhinevast mulla niiskusandurist, on selle anduri elektroodid isoleeritud. Need kaks elektroodi moodustavad kondensaatori ning niiskustase mullas on leitav kondensaatori mahtuvuse järgi. (Rayshobby, 2014)

Õhuniiskuse mõõtmiseks on võimalik kasutada näiteks mahtuvusel põhinevaid õhuniiskuse andureid.

Täitureid

Täitureid kasvuhoone automatiseerimisel on mitmeid. Temperatuuri reguleerimiseks ning

õhuringluse parandamiseks on täiturina võimalik kasutada näiteks ventilaatorit, või mikromootorit, mis akent avab ja sulgeb.

Kastmise tarbeks on üheks võimaluseks kasutada veepumpa. Suurema veesurve puhul, kui vesi tuleb otse torustikust, sobib kasutuseks ka näiteks solenoidklapp. Väikese veesurve puhul ei pruugi solenoidklapp avaneda.

1.3.1 Seadmete kontrollid

Väikemat sorti kasvuhoone juhtimiseks on kontrollina mõistlik kasutada Arduino seadmeid. Kui aga on vajalik näiteks temperatuuri logida, tuleks Arduino ühendada arvutiga, et oleks võimalik andmeid Arduinost transportida. Seda seetõttu, et näiteks Arduino UNO ATmega328 mikrokontrolleril on küll 1024 baiti EEPROM'i (Arduino, kuupäev puudub), kuhu andmeid salvestada, kuid sellest mahust jääb tõenäoliselt väheks. Teiseks variandiks on kasutada kasvuhoone juhtimiseks teist sorti kontrollid, millel eksisteerib andmete salvestus võimalus ning salvestusmaht on suurem.

2 Olemasolevate lahenduste tutvustus

Käesolevas peatükis on tutvustatud paari sarnast olemasolevat lahendust ning nende kohta tehtud lühikene analüüs.

2.1 Arduino baasil automatiseeritud kasvuhoone

Pealkiri	Fully Automated Greenhouse Arduino
Autor	Drew Wilcock
Aadress	https://www.youtube.com/watch?v=V6Gtxq6MIvU

Käesoleva näite puhul on tegu Arduino baasil automatiseeritud, tavapärasest väiksemas mõõdus kasvuhoonega, mis reguleerib nii niiskust kui ka temperatuuri. Küll aga ei toimu otsest mulla niisutamist, vaid niisutatakse kasvuhoones olevat õhku. Ehk siis niiskuse reguleerimiseks kasutatakse ultraheli niisutajat. Temperatuuri reguleerimine ning õhuringlus toimuvad aga ventilaatori abil. Toidet saadakse otse toitevõrgust ning muundatakse kasutades transformaatorit.

2.2 Arduino baasil automatiseeritud kasvuhoone juhtimis – ja jälgimissüsteem

Pealkiri	Green House Monitoring using Arduino
Autor	Saddam Khan
Aadress	http://www.engineersgarage.com/contribution/green-house-monitoring-using-arduino

Käesoleva kasvuhoone puhul mõõdetakse lisaks temperatuurile ning mulla niiskustasemele ka õhuniiskust ja valgustugevust. Temperatuuri reguleerimiseks on kasutatud ventilaatorit. Õhuniiskuse reguleerimiseks on kasutatud pihusteid, mis õhku niisutavad. Nõrga valgustugevuse puhul aga lülitatakse sisse valgustus. Käesoleval juhul on kasutatud 100 vatist lambipirni. Mulla niiskustaseme reguleerimiseks on kasutatud veepumpa. Lisaks on juba mainitule integreeritud ka andmeedastus üle GSM võrgu kasutades GSM moodulit, ehk teatud juhtudel saadetakse omanikule teateid erinevate kasvuhoone parameetrite kohta.

3 Kasvuhoone töö automatiseerimise protsess

Automatiseeritavaks kasvuhooneks valis autor küllaltki tavapärase puitraamile ehitatud kasvuhoone. Algselt oli variandiks ka alumiiniumraamile ehitatud kasvuhoone, kuid puitraam osutus autori arvates paremaks valikuks just sellel põhjusel, et seadmeid on puitraamile kergem kinnitada.

Kasvuhoone töö automatiseerimise protsess koosneb mitmest erinevast faasist. Esiteks seadmete valikust, mida on kavas kasutada. Seejärel konstruktsioonide loomisest kasutades valitud seadmeid. Samuti on pühendatud üks osa juhtploki koostamisele, mis seadmete tööd juhib. Seadmete vajaduspäraseks sisse – ning väljalülitamiseks tuleb juttu ka tarkvara loomisest. Pärast seda räägitakse ka seadmete testimisest, testimise tulemustest ning lõpuks ka seadmete paigutamisest kasvuhoonesse.

3.1 Kasutatud seadmete valiku põhjused ning soetamine

Seadmete valiku tegi autor peamiselt järgmiste parameetrite järgi:

- Seadmete piisavalt soodne hind, et konkureerida turul pakutavate valmislahendustega.
- Seadmete madal tööpinge (kuni 12V) ohutu kasutamise tagamiseks.

Seadmed jagunevad lühidalt kaheks: andurid ning täiturid. Anduritena on kasutusel järgmised seadmed:

- Kaks DS18B20 temperatuuriandurit, mis mõõdavad -10°C kuni $+85^{\circ}\text{C}$ temperatuuriga keskkonnas temperatuuri ligikaudu $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ täpsusega (Maxim, kuupäev puudub).
- Kaks takistusel põhinevat mulla niiskusandurit, mis mõõdavad mulla niiskustaset vastavalt takistusele mullas. Niiskusanduril on kaks elektroodi. Kui nende kahe elektroodi vaheline takistus on suur, siis see tähendab väikest mulla niiskustaset ning väikese takistuse puhul on mulla niiskustase suur (Rayshobby, 2014).

- Kaks akna avamise konstruktsiooni külge kinnitatud MSW-1 mikrolüliti, mis vastavalt aknapositsioonile lülituvad sisse, kui aken on täielikult avatud või suletud positsioonis.

Täituritena on aga kasutusel järgmised seadmed:

- 12V tööpingega veepump. Käesolev veepump on hinnatud IP68 seadmeks. See tähendab, et esiteks on see kaitstud tolmu eest ning teiseks on see uputatav üle 1 meetri sügavusse veekogusse (DSMT, kuupäev puudub).
- 12V tööpingega mikromootor, mis töötab küllaltki madalatel pööretel, kuid see-eest on sellel küllaltki suur pöördemoment.

Lisaks on kasutatud veel mikroprotsessoril baseeruvat Arduino UNO't, mis esiteks saab anduritest vajaliku info ning teiseks annab vajadusel täituritele signaali käivitumiseks või peatumiseks.

Informatsiooni välja kuvamiseks on kasutatud ka väikesemõõdulist LCD ekraani, mis on võimeline kokku kuvama 2 * 16 sümbolit. Lisaks on ekraani küljes I2C moodul.

3.2 Konstruktsioonid ning nende loomine

Käesoleva töö käigus loodi järgmised konstruktsioonid: akna avamise konstruktsioon ning veehoidla ja kastmise konstruktsioon. Konstruktsioonide loomisel lähtus autor nii konstruktsioonide kompaktsusest kui ka nende loomise lihtsusest.

3.2.1 Akna avamise konstruktsioon

Akna avamise konstruktsioon on küllaltki sarnane tavapärasele kasvuhoone automaatsele aknaavajale, kuid erineb selle poolest, et akna avamiseks on kasutusel mikromootor tavapärase soojuspaisumist kasutava tehnoloogia asemel. Konstruktsiooni käesoleva lahenduse peamiseks põhjuseks on see, et eesmärk oli luua võimalikult kompaktne lahendus, mis on võimalikult vähe kasvuhoone seinaga suhtes väljaulatav.



Mootori konstruktsioon on ühest otsast kinnitatud akna alumise serva külge ning teisest otsast kasvahoone külge. Aknapoolse kinnituse küljes on ka mootorikorpus, mille sees istub 12V tööpingega mikromootor. Mootori võlli otsa on kinnitatud keermelatt, mille teine ots jookseb

läbi mootori konstruktsiooni küljes oleva jätkumutri. Kui mootor töötab päripäeva, siis keermelati liikumisel läbi jätkumutri aken sulgub ning kui mootor töötab vastupäeva, siis aken avaneb.

Käesoleva konstruktsiooni loomine koosnes järgmistest etappidest:

- Korpuse loomine mootorile.
- Konstruktsiooni raami loomine.
- Komponentide omavaheline ühendamine.

Mootorikorpuse loomisel on kasutatud mootorile sobiva sisemise läbimõõduga rauast toru, millest on lõigatud sobiv pikkus. Toru otsa on keevitatud tükk rauda, millesse omakorda on puuritud kolm auku: üks auk mootori võlli jaoks ning kaks auku mootori kinnitamiseks korpuse külge. Mootori korpuse tagumises otsas asetseb kolm auku. Kaks neist aukudest on keermestatud ning on vajalikud, et kinnitada korpus konstruktsiooni raami külge. Kolmandast august jookseb läbi kaabliside, mis fikseerib mootori külge tulevad juhtmed.

Konstruktsiooni raam koosneb kahest raudlati tüki paarist. Tükkide otsas on paari mõlema tüki omavaheliseks ühendamiseks liigend, mis võimaldab tükkidel omavahel liikuda ning sellel moel akent sulgeda või avada. Samuti on paari mõlema tüki teises otsas liigend – esimese tüki puhul mootori korpuse vajalikuks liikumiseks ning konstruktsiooni akna külge kinnitamiseks ja liikumiseks akna suhtes. Teise tüki puhul on liigend vajalik aga konstruktsiooni kasvuhoone külge kinnitamiseks ning konstruktsiooni liikumise võimaldamiseks kasvuhoone suhtes. Samuti on teise tüki küljes lisaks veel üks liigend, mis võimaldab ümber vajaliku telje liikuda jätkumutril.

Konstruktsiooni raami mõlemad paarid on omavahel ühendatud. Paaride omavahelise kauguse määrab ära mootorikorpuse läbimõõt koos seibidega mootorikorpuse ning raami vahel. Liigendid on tekitatud väikese läbimõõduga toru tükkidega, mille peal raami detailid omavahel liikuda saavad. Mootorikorpus ning jätkumutter kinnituvad raami külge poltidega. Kogu konstruktsioon on akna ning kasvuhoone külge kinnitatud nurgaplaatidega.

3.2.2 Veehoidla ning kastmise konstruktsioon

Veehoidla ning kastmise konstruktsioon koosneb kahest osast: veehoidla koos veepumbaga ning voolik kastmiseks. Taaskord oli konstruktsiooni üheks eesmärgiks kompaktsus. Kuna veehoidla jaoks ei olnud palju ruumi, siis sai kasutatud 20 liitrist ämbrit. Pumbana on kasutatud 12V tööpingega veepumpa, mis on iminappadega fikseeritud ämbri põhja. Vee juhtimiseks ning kastmiseks on kasutatud tavalist aiavoolikut.



Käesoleva konstruktsiooni loomine jaguneb järgmisteks etappideks:

- Veehoidla loomine.
- Voolikute vajalik modifitseerimine.

Veehoidlana on kasutatud 20 liitrist ämbrit ja selle põhja on kinnitatud veepump. Veepump on ämbri põhja kinnitatud iminappadega.

Voolikuna on kasutatud ligikaudu 19mm sisemise läbimõõduga ning 3mm seinapaksusega aiavoolikut. Voolik on jagatud kaheks ning need on omavahel ühendatud liitmikuga. Esimeses voolikus auke ei ole ning on mõeldud ainult pumba ning teise vooliku vaheliseks osaks. Teise

voolikusse on aga puuritud väikese läbimõõduga augud. Augud, mida mööda vesi voolikust välja pääseb, on voolikusse puuritud iga 100mm tagant. Et vesi ei jookseks vooliku otsast välja, on vooliku otsa asetatud veinipudeli kork, mida on samuti täiendatud voolikuklambriga. Veinipudeli korgi valiku peamiseks põhjuseks oli selle olemasolu ning väga täpne sobivus vooliku otsa.

3.3 Tarkvara loomine

Kuna Arduino programmeerimiskeel on C/C++ programmeerimiskeele funktsioonide kogum (*Arduino*, kuupäev puudub), siis on käesoleva kasvuhoone automatiseerimise jaoks kirjutatud programm C++ keeles. Programm on jagatud üldjoontes kolmeks: üldine osa, akna avamise osa ning kastmise osa.

3.3.1 Tarkvara üldine osa

Tarkvara üldine osa kirjeldab ära defineeritud Arduino UNO *pin*'id, erinevad muutujad ning samuti `setup()` ning `loop()` funktsiooni. Samuti on käesolevas peatükis ära kirjeldatud funktsioon, mis on kasutusel vaja mineva info kuvamiseks LCD ekraanile.

Kasutatud temperatuurisensoriteks on DS18B20, mis kasutab 1-Wire tehnoloogiat. Seega on kasutatud eraldi seisvat Arduino *library*'t nimetusega OneWire, mis annab ligipääsu 1-Wire tehnoloogiat kasutavatele seadmetele (PJRC, kuupäev puudub). Samuti on kasutatud Dallas Temperature *library*'t (Miles Burton, kuupäev puudub), mis muudab OneWire *library* kasutamise lihtsamaks. LCD ekraani puhul on kasutatud I2C moodulit, mistõttu on programmi loomisel kasutatud *New LiquidCrystal library*'t (F. Malpartida, 2015).

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
```

Koodinäide 1

Seejärel on ära defineeritud erinevad kasutuseks vajalikud Arduino UNO *pin*'id ning samuti erinevad muutujad.


```

#define LOWEST_TEMPERATURE 20
#define HIGHEST_TEMPERATURE 35
#define IDEAL_SOIL_MOISTURE 70

#define WINDOW_PIN_1 6
#define WINDOW_PIN_2 7

#define WATER_PUMP_PIN 5

#define WINDOW_SWITCH_PIN_1 3 //mikroluliti akna avamiseks
#define WINDOW_SWITCH_PIN_2 4 //mikroluliti akna sulgemiseks

#define TEMP_SENSOR_PIN_1 8
#define TEMP_SENSOR_PIN_2 9
#define MOISTURE_SENSOR_PIN_1 A0
#define MOISTURE_SENSOR_PIN_2 A1

float lastWindowOpenTemp;
boolean windowFullyOpen;

OneWire oneWireDev1(TEMP_SENSOR_PIN_1);
OneWire oneWireDev2(TEMP_SENSOR_PIN_2);

DallasTemperature tempSensor1(&oneWireDev1);
DallasTemperature tempSensor2(&oneWireDev2);
LiquidCrystal_I2C lcdScreen(0x3F,2,1,0,4,5,6,7) //0x3F on seadme address

```

Koodinäide 2

Setup () ning loop () funktsioonid sisaldavad järgmist:

```

void setup() {
  pinMode(WINDOW_PIN_1, OUTPUT);
  pinMode(WINDOW_PIN_2, OUTPUT);
  pinMode(WATER_PUMP_PIN, OUTPUT);
  pinMode(WINDOW_SWITCH_PIN_1, INPUT);
  pinMode(WINDOW_SWITCH_PIN_2, INPUT);
  pinMode(MOISTURE_SENSOR_PIN_1, INPUT);
  pinMode(MOISTURE_SENSOR_PIN_2, INPUT);
  lastWindowOpenTemp = LOWEST_TEMPERATURE;

```

```

tempSensor1.begin();
tempSensor2.begin();
lcdScreen.begin(16,2);
lcdScreen.setBacklightPin(3, POSITIVE);
lcdScreen.setBacklight(HIGH);
lcdScreen.home();
updateDisplayData();
windowFullyOpen = false;
closeWindow(35000); //sulgeme taelikult akna
}
void loop() {
  if(toCloseOrOpenWindow() == "open"){
    openWindow(getWindowOpenRatio());
  }
  else if(toCloseOrOpenWindow() == "close"){
    closeWindow(getWindowOpenRatio());
    windowFullyOpen = false;
  }
  else if(toCloseOrOpenWindow() == "openFully"){
    openWindow(35000);
    windowFullyOpen = true;
  }
  if(getSoilMoisture() < IDEAL_SOIL_MOISTURE){
    startWaterPump(60000);
  }
  updateDisplayData();
  delay(60000 * 15);
}

```

Koodinäide 3

Info uuendamise LCD ekraanil toimub järgmise funktsiooni abil:

```

void updateDisplayData() {
  String firstLine = "Temp: " + (String)getCurrentTemp() + char(223) + "C";
  String secondLine = "Niiskus: " + (String)getSoilMoisture() + "%";

  lcdScreen.clear();

  lcdScreen.setCursor(0,0);
  lcdScreen.print(firstLine);
}

```

```
lcdScreen.setCursor(0,1);  
lcdScreen.print(secondLine);  
}
```

Koodinäide 4

3.3.2 Tarkvara akna avamise jaoks

Akna avamine toimub vastavalt õhutemperatuurile kasvahoones. Mida kõrgem on temperatuur, seda suuremal hulgal aken avaneb. Minimaaltemperatuuriks on määratud 20 kraadi ning maksimaaltemperatuuriks 35 kraadi. See tähendab seda, et aken alustab avamist pärast seda, kui õhutemperatuur on ületanud 20 kraadi punkti. 35 kraadise õhutemperatuuri juures on aken avatud täielikult.

Temperatuuri kontrollitakse iga 15 minuti tagant. Kui temperatuuris on toimunud muutus, leiab programm, kas temperatuurimuutus on positiivne või negatiivne, ehk kas temperatuur on võrreldes eelmise korraga kõrgem või madalam.

```
String toCloseOrOpenWindow(){  
    if(getCurrentTemp() > LOWEST_TEMPERATURE && getCurrentTemp() <  
HIGHEST_TEMPERATURE){  
        if(getTempChange() > 0){  
            return "open";  
        }  
        else if(getTempChange() < 0){  
            return "close";  
        }  
    }  
    else if(getCurrentTemp() > HIGHEST_TEMPERATURE && !windowFullyOpen){  
        return "openFully";  
    }  
    else{  
        return "null";  
    }  
}
```

Koodinäide 5

Sejärel leiab programm käesoleva hetke temperatuuri ning eelneval korral salvestatud temperatuuri erinevuse.

```
float getTempChange() {
    float tempChange = getCurrentTemp() - lastWindowOpenTemp;
    return tempChange;
}
```

Koodinäide 6

Käesoleva hetke temperatuuri leidmine toimub järgmiselt:

```
float getCurrentTemp() {
    tempSensor1.requestTemperatures();
    tempSensor2.requestTemperatures();
    return (tempSensor1.getTempCByIndex(0) +
tempSensor2.getTempCByIndex(0)) / 2;
}
```

Koodinäide 7

Pärast seda arvutab programm temperatuuride erinevuse põhjal ajalise pikkuse, kui kaua tuleb akent avada või sulgeda.

```
int getWindowOpenRatio() {
    int tempChange = abs(getTempChange()) * 100;
    int tempDifference = (HIGHEST_TEMPERATURE - LOWEST_TEMPERATURE) * 100;
    float openTime = (map(tempChange, 0, tempDifference, 0, 2500000)) / 100;
    lastWindowOpenTemp = getCurrentTemp();
    return openTime;
}
```

Koodinäide 8

Vastavalt eelnevalt kirjeldatud funktsiooni tagastatud väärtusele toimub akna avamine või sulgemine mingis teatud koguses. Akna avamise funktsioon on järgmine:

```
void openWindow(int amount){
    digitalWrite(WINDOW_PIN_1, HIGH);
    digitalWrite(WINDOW_PIN_2, LOW);
    unsigned long startPoint = millis();
    unsigned long endPoint = startPoint + abs(amount);

    while(millis() < endPoint){
        if(switchPressed(1)){
            windowFullyOpen = true;
            stopWindow();
            break;
        }
    }
    stopWindow();
}
```

Koodinäide 9

Akna sulgemise funktsioon on küllaltki sarnane akna avamise funktsioonile, kuid siiski on olemas mõningad erinevused.

```
void closeWindow(int amount){
    digitalWrite(WINDOW_PIN_2, HIGH);
    digitalWrite(WINDOW_PIN_1, LOW);
    unsigned long startPoint = millis();
    unsigned long endPoint = startPoint + abs(amount);

    while(millis() < endPoint){
        if(switchPressed(2)){
            stopWindow();
            break;
        }
    }
    stopWindow();
}
```

Koodinäide 10

Akna peatamiseks on loodud järgmine funktsioon:

```
void stopWindow() {  
    digitalWrite(WINDOW_PIN_1, LOW);  
    digitalWrite(WINDOW_PIN_2, LOW);  
}
```

Koodinäide 11

Juhul, kui akna avamise või sulgemise ajal toimub mikrolüliti lülitamine, mis juhtub, kui aken jõuab kinnisesse asendisse või täielikult avatud asendisse, peatab programm akna liikumise.

```
bool switchPressed(int switchNumber) {  
    if (switchNumber == 1) {  
        if (digitalRead(WINDOW_SWITCH_PIN_1) == LOW) {  
            return true;  
        }  
    }  
    else {  
        if (digitalRead(WINDOW_SWITCH_PIN_2) == LOW) {  
            return true;  
        }  
    }  
    return false;  
}
```

Koodinäide 12

3.3.3 Tarkvara kastmise jaoks

Kastmise kestus on igakord sama – 1 minut. Selle aja jooksul peaks veepump suutma 3 meetri jagu piisavalt kasta. Soovitud mulla niiskustasemeks on määratud 70%. Mulla niiskustaseme kontroll toimub iga 15 minuti tagant. Kui niiskustase on langenud alla soovitud taseme, siis kastmine toimub, vastasel juhul mitte.

Kõige pealt leitakse mulla niiskustase.

```
int getSoilMoisture() {
    int moistureSensor1Data = map(analogRead(MOISTURE_SENSOR_PIN_1), 1, 700,
1, 100);
    int moistureSensor2Data = map(analogRead(MOISTURE_SENSOR_PIN_2), 1, 700,
1, 100);
    return (moistureSensor1Data + moistureSensor2Data) / 2;
}
```

Koodinäide 13

See, kas käesoleval korral kastmine toimub või ei toimu, oleneb mulla niiskustasemest. Veepumba töö startimine ning peatamine toimub järgmiste funktsioonide abil:

```
void startWaterPump(uint32_t runTime) {
    digitalWrite(WATER_PUMP_PIN, HIGH);
    unsigned long startPoint = millis();
    unsigned long endPoint = startPoint + runTime;

    while(millis() < endPoint);

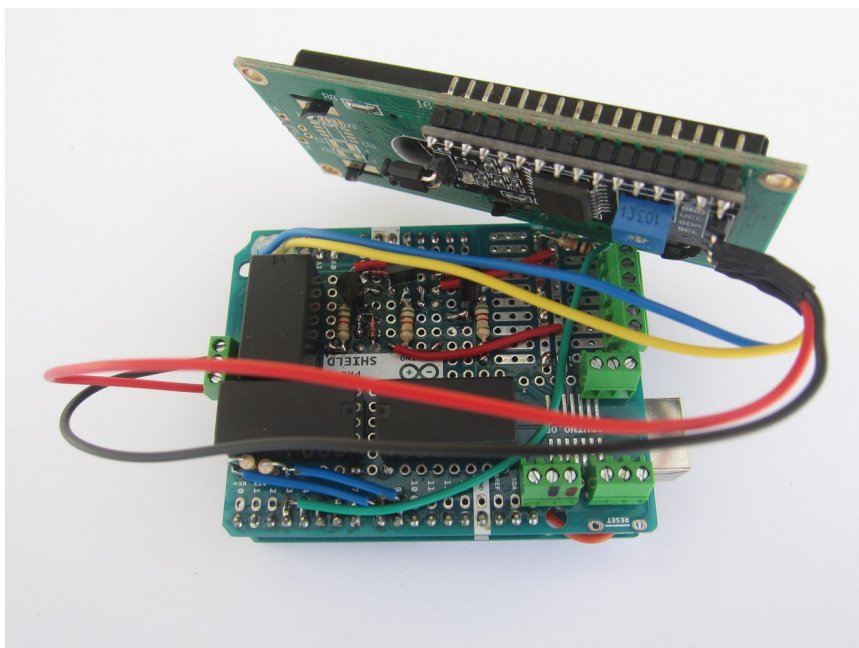
    if(getSoilMoisture() < IDEAL_SOIL_MOISTURE) {
        startWaterPump(60000);
    }
    else{
        stopWaterPump();
    }
}

void stopWaterPump() {
    digitalWrite(WATER_PUMP_PIN, LOW);
}
```

Koodinäide 14

3.4 Juhtploki koostamine ning sellega seonduva loomine

Juhtplokk hõlmab endas kõikke vajalikku seadmete juhtimiseks, kaasa arvatud Arduino UNO't. Juhtplokk on paigutatud niiskuskindlasse plastmasskarpi. Lisaks juhtplokkile asetseb karbis juhtploki kohal ka LCD ekraan, millelt on võimalik näha kasvuhoone temperatuuri ning mulla niiskustaset.



Juhtploki ning sellega seonduva loomine koosnes järgmistest etappidest:

- Vajalike kinnituste loomine juhtploki ning ekraani jaoks.
- Releeploki loomine.
- Vajalike ühenduste tegemine juhtploki külge.

Juhtploki hoiustamiseks sai valitud niiskuskindel plastmasskarp just sel põhjusel, et kasvuhoone puhul on tegemist küllaltki niiske paigaga. Plastmasskarbi põhja on kinnitatud trükkplaadi tükk, millele omakorda kinnitub nii Arduino UNO ning selle peal asetsev releeplokk. Ekraan on kinnitatud pikkade varrastega samuti trükkplaadi külge, kuid asetseb

juhtploki kohal.

Releeplokk asetseb Arduino UNO kohal ning on selle külge kinnitatud piikribadega. Releeplokk koosneb kokku kolmest RS-5 releest, millest kaks tükki lülitab sisse ning välja akna avamiseks ning sulgemiseks kasutatavat mootorit ning üks rele on kasutusel veepumba sisse ning välja lülitamiseks. Releede lülitamine toimub NPN tüüpi BC547B transistorite kaudu. Transistorite lülitamine toimub omakorda Arduino kaudu.

Sama plaadi külge ühenduvad ka kõik teised vajalikud komponendid. Nii temperatuuriandurid, mullaniiskus andurid, mikrolülitid, mootor, veepump kui ka 12V toiteallikas ühenduvad plaadi külge klemmliistude kaudu. Klemmliistude kasutuse põhjuseks on just see, et komponente on lihtne ühendada ning eemaldada. LCD ekraani puhul on aga kaks ühendust joodetud plaadi külge.

Kuna üheks eesmärgiks oli seadmete juhtploki karbi külge ühendamine ning eemaldamine võimalikult lihtsaks teha, ühenduvad nii mootor, veepump ning 5V ja 12V toiteallikas juhtploki karbi külge pistikute kaudu. Veepumba ning 12V toiteploki jaoks on kasutatud tavapäraseid 2.5mm pistikuid, mootori ning 5V toiteploki jaoks aga 2.1mm pistikuid. Lisaks on juhtploki karbis kasutatud ka ühte 2.1mm nurkpistikut, mis on kasutusel 5V toiteallika ühendamiseks Arduino UNO külge. Kaablid, mis on kasutusel temperatuuriandurite, mulla niiskusandurite ning mikrolülitite jaoks, pääsevad karpi läbi ühise karbi seinas oleva kummist toru.

3.5 Testimine ning tulemused

Testimine on üldiselt jagatud kaheks järgmiseks osaks:

- Seadmete ning tarkvara testimine iga seadme kohta eraldi
- Kogu süsteemi testimine

Esimesel puhul testitakse seadmeid eraldi. Kontrollitakse, kas seadmed töötavad nii nagu vaja pärast releebloki külge ühendamist. Samuti testitakse seadmete eraldi juhtimist loodud

tarkvara abil. Käesoleval juhul oli testimisel rõhk pandud just veepumbale ning akna avamiseks kasutatavale mootorile. Esiteks kontrolliti, kas releede lülitus toimub korrektselt. Seejärel ühendati releebloki külge nii mootor kui ka veepump ning veenduti ka nende korrektses töötamises. Samuti testiti läbi kõik kasutatavad andurid, mikrolülitid ning samuti LCD ekraan.

Tarkvara sai testitud ka andurite seadmel küljesolekuga. Testitud sai nii akna avamise osa kui ka kastmise osa. Üheks probleemiks, mis testimise käigus esile kerkis, oli see, et algus – ning lõppaeg, mis on defineeritud akna avamise ning sulgemise funktsioonis ja samuti pumba startimise funktsioonis, peavad olema defineeritud kui `unsigned long` tüüpi muutujad. Seda põhjusel, et käesolevaid muutujaid oleks võimalik võrrelda `millis()` poolt tagastatud `unsigned long` tüüpi väärtusega, sest tavalise `int` tüüpi muutuja väärtuse puhul jääb selle 16-bitisest mahust üsna ruttu väheks.

Testimise käigus selgus ka, et veenõust, kus veepump asetseb, jääb väheks. Nimelt sai esimese kastmiskorraga esmalt ligikaudu pooleldi täidetud ämber tühjaks. Sellest võib järeldada, et mõistlik on kasutada suuremat veehoidlat.

Kogu süsteemi ühtsel testimisel kasvuhooones esinesid aga mõningad tõrked ning testimisega ei jõutud lõpuni, seega ei saa täie kindlusega öelda, et loodud tarkvara töötab tervenisti korrektselt.

3.6 Seadmete paigaldamine kasvuhooonesse

Seadmete paigaldamisele eelnes eeltöö. Eeltöö käigus tuli esmalt teha vajalikud mõõtmised akna avamise konstruktsiooni kinnitamise jaoks. Teiseks tuli välja mõõta kaablite vajalikud pikkused. Kuna toitekaabel ning maandus on mitmetel komponentidel sama, siis sai selle arvelt mõningal määral kaabli kasutusmahuga kokku hoida. Samuti tuli leida sobiv paik karbi jaoks, kus asetseb juhtplokk koos ekraaniga. Käesoleval juhul sai karbile valitud niisugune asukoht, et kaablikulu oleks võimalikult väike ning, et oleks mugav ekraanilt informatsiooni lugeda.

Kaablid said kasvuhooone külge kinnitatud naelklambritega. Temperatuuriandurid said

paigutatud kasvuhoone lae alla. Niiskuseandurid aga asetused kastmisvooliku lähedale.



Veehoidla sai paigutatud osaliselt mulla sisse, voolik sai samuti paigutatud mulla sisse. Vooliku ümber sai asetatud omakorda geokangas, mis kindlustaks selle, et voolikusse ei pääse mulda.





Plastmasskarp koos juhtplokiaga sai paigutatud vineerist raami sisse.



Akna avamise konstruktsioon on ühest otsast kinnitatud kasvuhoone külge ning teisest otsast naelutusnurkadega akna raami külge.



Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli automatiseerida kasvuhoone töö ning luua automatiseerimise protsessist materjal. Alameesmärkideks oli luua akna avamise ning kastmise ja veehoidla konstruktsioon, koostada juhtplokki, luua tarkvara ning paigutada seadmed kasvuhoonesse. Eesmärgi saavutamiseks valmistas autor akna avamiseks ning kastmiseks vajalikud konstruktsioonid, Kasutades Arduino UNO't kontrollina koostas autor ka juhtplokki, mis seadmete tööd juhib ning kirjutab ka vajaliku tarkvara. Samuti toimus ka seadmete ning tarkvara testimine.

Konstruktsioonide loomisel oli eesmärgiks konstruktsioonide kompaktsus ning nende loomise lihtsus. Juhtplokki koostamisel oli samuti tähtis selle kompaktsus, sest juhtplokki hoiustamiseks oli kasutatud küllaltki väikesemõõdulist plastmasskarpi.

Tarkvara loomine oli jagatud üldiselt kolmeks osaks:

- Programmi üldine osa.
- Akna avamise osa, mis keskendus temperatuuri põhjal akna avamisele.
- Kastmise osa, mis keskendus mulla niiskustaseme põhjal kastmisele.

Testimise osas testiti nii seadmete tööd kui ka tarkvara töö korrektsust. Üldiselt oli testimine jagatud kaheks: seadmete ja tarkvara eraldi testimiseks ning kogu süsteemi testimiseks. Esimene osa möödus ilma probleemideta, kuid kogu süsteemi ühtsel testimisel tekkisid mõned tõrked ja testimisega ei jõutud lõpuni.

Konstruktsioonid paigutati ka kasvuhoonesse. Konstruktsioonide paigutamisele eelnes ka eeltöö, mille käigus tuli teha vajalikud mõõtmised. Pärast vajaliku eeltööd tehti valmis kaabeldus ning sellele järgnes seadmete kasvuhoonesse paigutamine.

Töö tulemusena sai suur osa eesmärgist täidetud ning selle loomine andis autorile suurel hulgal teadmisi ja oskusi juurde, millest on kindlasti palju abi tulevikus.

Summary

Title: Automatic Control of Greenhouse

The main goal of this thesis was to automate the work of greenhouse and create a material of the automation process. Subgoals were to create window opening and irrigation and constructions, put together the control unit, create necessary software and place all the hardware to the greenhouse. To achieve the goal, author created the constructions needed for window opening and irrigation. Using Arduino UNO as a controller, author also put together the control unit, that operates the work of the devices. Necessary software was also written. Devices and software were tested as well.

The goal when creating constructions was to keep them compact and also making them easy. Compactness was also important when putting together the control unit, because small-scale box was used to contain the control unit.

Creating software was divided into three parts:

- Overall part of the program.
- Window opening part, that was focused on window opening on the basis of temperature.
- Irrigation part, that was focused on irrigation on the basis of soil moisture.

During the testing phase, correct working of devices and software was tested. In overall the part was divided to two parts: testing devices and software separately and testing the whole system together. The first part passed without problems, but during the whole system testing part there were some problems and the testing wasn't fully done.

The constructions were also placed into the greenhouse. Before the placement of the constructions, there was also preliminary work done. During that there were needed measurements done. After preliminary work the cabling was done and after that devices were

put into the greenhouse.

As a result, large part of the goal was accomplished and creating this thesis gave author many new skills and knowledge that is certainly helpful in future.

Kasutatud kirjandus

Arduino. *FAQ*. Loetud 24. aprill 2016 aadressil

<http://www.arduino.cc/en/Main/FAQ>

Arduino. *EEPROM library*. Loetud 29. aprill 2016 aadressil

<https://www.arduino.cc/en/Reference/EEPROM>

Drew Wilcock (11. aprill, 2014). *Fully Automated Greenhouse Arduino*. Loetud 29. aprill 2016 aadressil <https://www.youtube.com/watch?v=V6Gtxq6MIvU>

DSMT. *IP Rating Chart*. Loetud 20. aprill 2016 aadressil

<http://www.dsmt.com/resources/ip-rating-chart>

E. Runkle. *Measuring Greenhouse Temperature*. Loetud 27. aprill 2016 aadressil

<http://www.gpnmag.com/article/measuring-greenhouse-temperature-0/>

F. Malpartida (13. september 2015). *New LiquidCrystal*. Loetud 26. aprill 2016 aadressil

<https://bitbucket.org/fmalpartida/new-liquidcrystal/wiki/Home>

J. W. Bartok, Jr (2013). *Reduce Greenhouse Humidity*. Loetud 27. aprill 2016 aadressil

<http://ipm.uconn.edu/documents/raw2/Reduce%20Greenhouse%20Humidity/Reduce%20Greenhouse%20Humidity.php>

Maxim. *DS18B20 datasheet*. Loetud 27. märts 2016 aadressil

<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/DS18B20.pdf>

Miles Burton. *Dallas Temperature Control Library*. Loetud 26. aprill 2016 aadressil

https://milesburton.com/Dallas_Temperature_Control_Library

PJRC. *OneWire Library*. Loetud 26. aprill 2016 aadressil

https://www.pjrc.com/teensy/td_libs_OneWire.html

Rayshobby (23. juuli 2014). *Reverse Engineer a Cheap Wireless Soil Moisture Sensor*. Loetud 20. aprill 2016 aadressil

<http://rayshobby.net/reverse-engineer-a-cheap-wireless-soil-moisture-sensor/>

Saddam Khan. *Green House Monitoring using Arduino*. Loetud 29. aprill 2016 aadressil

<http://www.engineersgarage.com/contribution/green-house-monitoring-using-arduino>

Sfuptownmaker. I2C. Loetud 29. arill 2016 aadressil <https://learn.sparkfun.com/tutorials/i2c>

Lisad

Lisa 1. Elektriskeem

Käesolev elektriskeem on loodud kasutades KiCad tarkvara, mis on leitav järgmiselt aadressilt: <http://kicad-pcb.org/>

