

PIRITA MAJANDUSGÜMNAASIUM

Karl Miikael Peetsalu

**PUIDUST MAITSEAINETE ALUS
JA ILMATEATE KESKUS**

Praktiline töö

Juhendaja: Paul Binsol

Tallinn 2018

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3
1. ÜLEVAADE	4
1.1. Abimaterjalid	4
1.2. Sarnased lahendused	4
2. MAITSEAINETE ALUS	5
2.1. Mudelleerimine	5
2.2. Puidu töötlemine	6
2.3. Freesimine	6
3. ILMATEATE KESKUS	8
3.1. Esimene prototüüp	8
3.2. Teine prototüüp	10
3.3. Kasutajaliides	10
3.4. Wemose programmeerimine	11
3.5. Komplekteerimine	12
4. TULEMUS	14
4.1. Probleemid	14
4.2. Valmis seade	15
KOKKUVÕTE	16
KASUTATUD KIRJANDUS	17
LISAD	19
Lisa 1. Kase plaadi lõikamine saepingil	19
Lisa 2. Saetud tükid enne liimimist Autori erakogu	19
Lisa 3. Esimene tükk kuivamas	20
Lisa 4. Külgede lihvimine	20
Lisa 5. Kolmas tükk kinnitatud CNC freespingile	21
Lisa 6. Aukude freesimine ülafreesiga	21
Lisa 7. Augu seina murdumine	22
Lisa 8. Nextioni demo katsetamine	22
Lisa 9. Wemos ja Nextion testimisel	23
Lisa 10. Juhtmete jootmine	23
Lisa 11. Ekraani serv teibitud	24
SUMMARY	25

SISSEJUHATUS

Elektroonika integreeritus meie igapäevaelus kasutatavates seadmetes järjest kasvab. Mitmesugused seadmed on ühendatud internetiga, mis on kuidagi praktiliselt ära kasutatud. Praktilises töös ehitatakse puidust alus, mille sees on ekraan, mis kuvab internetist saadud ilmaandmeid. Teema sai valitud suurest huvist mikrokontrollerite ja nende laialdasest kasutusvõimalustest.

Töö jaotus on neljas osas: sarnastest lahendustest, aluse valmistamine CNC freespingil (k.a. raalprojekteerimine), mikrokontrolleri ja ekraani programmeerimine ning tulemuste esitamine. Alus on mõeldud kasutamiseks köögis, kus söögi tegemise ajal saab maitseainetega ülevaatlikult toimetada, paigutades need aluses olevatesse aukudesse või tasandile. Ilmateade on kogu aeg nähtav ja annab kiire pilgu praegustele ja tulevatele ilmaoludele.

Eesmärk oli oma teadmisi laiendada tehnika valdkonnas, nimelt kuidas kasutada professionaalsemaid masinaid puidu töötlemisel ning kuidas ühendada puit elektroonikaga. Lisadena on jäädvustatud hetked töö läbiviimisest. Tahan tänada juhendajat Paul Binsoli abi eest praktilise töö valmistamisel.

1. ÜLEVAADE

1.1. Abimaterjalid

CNC freespink kasutades puidust esemete valmistamise töökäiguga tutvusin läbi Jeremy Cooki kirjutatud artikli¹. Ta annab ülevaate levinumatest programmidest, mudeli valmistamisel ja freespingi juhtimisel. Mudeli kujundamiseks kasutatud programm Solid Edge tundma õppimisel oli abiks Kristjan Pihlo bakalaureusetöö Raalprojekteerimise tarkvara Solid Edge modelleerimisjuhend iseseisvaks tööks². CNC masinjuhtimistarkvara NcCad mõistmiseks kasutati õppematerjali “CNC pink. NcCad ja NX : õpilase raamat”, milles viidakse läbi automudeli valmistamine³.

1.2. Sarnased lahendused

Internetist sellist maitseainete alust või riulit, kus ekraan küljes, ei leitud. Järgnevalt kirjeldatakse, milliseid Arduinol või sarnasel platvormil ehitatud ilmateadete keskuseid on varem loodud.

Marc-Olivier Schwartz tegi projekti WiFi Weather Station. Ta kasutab mikrontrrollerina TI CC3000, mis saadab kohalikult mõõdetud andmed arvuti peal töötavale veebiserverile. Andmeid on võimalik jälgida teistelt interneti ühendusega seadmetelt. Projektiga saab tutvuda aadressil <https://learn.adafruit.com/wifi-weather-station-arduino-cc3000/>.

Noe ja Pedro Ruiz on koostanud projekti nimega ESP8266 WiFi Weather Station with Color TFT Display. Mikrokontrollerina kasutavad nad Adafruit Feather HUZZAH ESP8266, mille programmeeris Daniel Eichhorn. Weather Undergroundi (edaspidi wunderground) ilmaportaalist saadud ilmaandmed kuvatakse 2,4 tollisel värvilisel ekraanil. Lisaks kasutatakse 3D printerit ümbrise valmistamiseks. Projekt on kättesaadav aadressil <https://learn.adafruit.com/wifi-weather-station-with-tft-display/>.

¹ Software Advice for Anyone Thinking About a CNC Router: <https://hackaday.com/2013/12/23/software-advice-for-anyone-thinking-about-a-cnc-router/>

² Kristjan Pihlo bakalaureusetöö: http://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/2886/Kristjan_Pihlo_BA2016.pdf?

³ CNC pink. NcCad ja NX : õpilase raamat: <http://www.digar.ee/arhiiv/nlib-digar:103648>

2. MAITSEAINETE ALUS

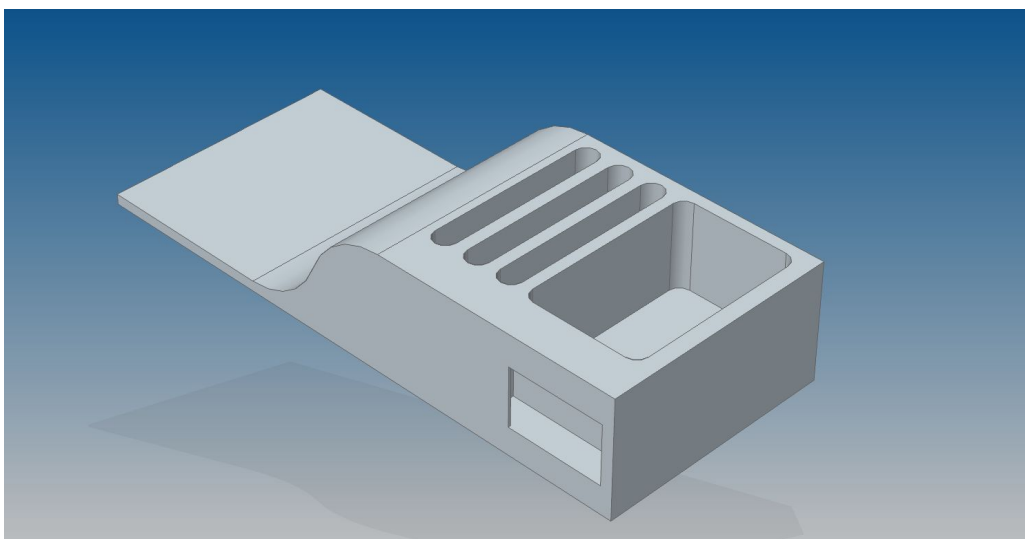
2.1. Mudelleerimine

Esimene samm mis tahes esemete valmimise juures on kujunduse loomine. Visandite kujutamiseks kasutati paberit ja pliiatsit ning disaini kinnistumisel mindi üle digitaalsele kujundusele. Visandid saadi kergelt digitaalsesse vormi viia kasutades Solid Edge tarkvara. Graafikaprogramm Solid Edge kujutab endast automatiseeritud joonestusprogrammi, mis võimaldab joonestada 2D projekteerimise keskkonnas tasapinnalisi kujutisi [3D keskkonnas mitme dimensioonilisi kujutisi], panna mõõtmeid joonistele, märkida pinnakaredusi ja muid tehnilisi andmeid. Seega asendab see töökeskkond pliiatsi ja muude joonestusvahenditega detailide ja koostude tööjooniste valmistamist paberil.⁴

Solid Edge viiest erinevast töökeskkonnast kasutasin kahte:

- detaili modelleerimise keskkond (detaili keskkond) (ISO Part Environment), kus detailist tehakse 3D-mudel;
- projekteerimise keskkond (ISO Draft Environment), kus detailist tehakse 2D joonis.⁵

3D-mudeli valmistamine oli aega nõudev protsess, sest Solid Edge polnud ma varem kasutanud. Programmi tundma õppimine algas katsetamise teel. Pärast joonestustööriistadega tutvumist, alustasin mudeli koostamist.



Joonis 1. 3D-mudel.

⁴ CAD projekteerimine. Ülevaade Solid Edge programmist, joonestamine 2D keskkonnas 2012. Õpiobjektist. - Jaak-Evald Särak: <http://eprints.tktk.ee/170/2/joonestamine2Ds/index.html> (13.11.2017)

⁵ CAD projekteerimine. Ülevaade Solid Edge programmist, joonestamine 2D keskkonnas 2012. Solid Edge'i ülevaade. - Jaak-Evald Särak: <http://eprints.tktk.ee/170/2/joonestamine2Ds/index.html> (13.11.2017)

2.2. Puidu töötlemine

Materjaliks oli plaanis soetada tükk väärispuitu. Autor sirvis erinevaid puidupoode ning tutvus hindadega. Enne poodi sõitmist, märkas autor kodus üht peaaegu ruutmeetri suurust kase liimpuidust plaati. Mõõtmiste ja arvutuste järel oli kindel, et poodi enam vaja minna polnud.

Plaadi lõikamiseks sai kasutatud saepinki (Lisa 1). Saeti välja parajad tükid ning asetati sobivalt, et tekiks tapp (Lisa 2). Tükid liimiti kasutades PVA liimi (Lisa 3). Kuivama asetati kahes tükis, vastasel juhul ei mahuks tükk hiljem freespingi alla.

Teise tüki esiküljest saeti lintsaega 25mm liist (kolmas tükk), mille sisse saaks freesida ekraani ja juhtme jaoks augu. Kõigi kolme osa küljed lihviti ühtlaseks lintlihvi ja äärte lihvimiseks kasutati taldlihvi (Lisa 4).



Joonis 2. Esimesse tükki saeti lintsaega kumerus.

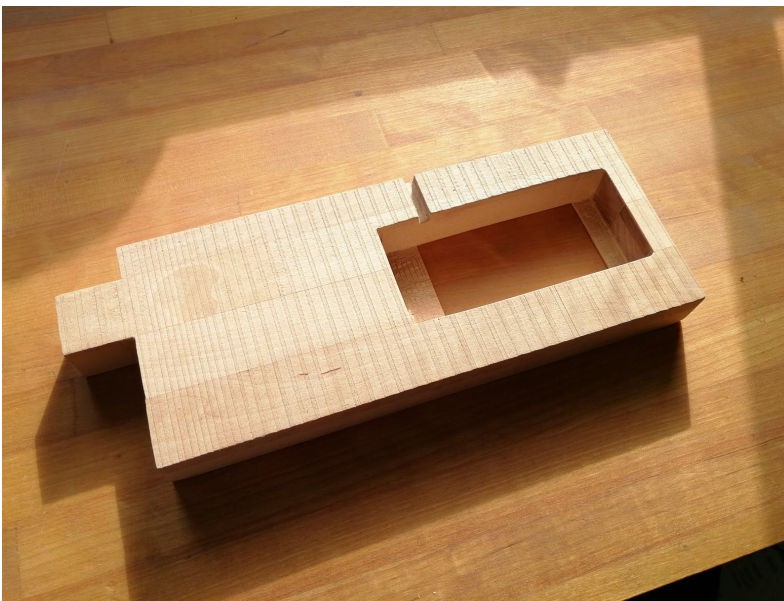
2.3. Freesimine

Kolmas tükk valmis tervenisti CNC freespingil (Lisa 5). Selleks tuli kahe mõõtmeline joonis importida NcCad raalprojekteerimise programmi. Joonis ei olnud NcCadis täielik. 2012. aasta programm NcCad ei saanud aru uuema programmi Solid Edge ovaalsetest kujunditest. Piirjooned tuli lõpuks ikkagi sisestada kasutades NcCadi kujundustööriistu. Igale kontuurile tuli sisestada parameetrid: kas freesitakse mööda kontuuri või lõigatakse kinnine kontuur seest

tühjaks, freesi ettenihke kiirus, freesi lõiketera läbimõõt, lõikamise sammu sügavus. Enne masina käima panemist simuleeriti freesimine NcCadi abil, et päris freesimise ajal ei ilmneks probleeme. Kogu osa valmis freesingil 4-5 tunniga. Teise osa freesimise juures selgus, et see on CNC freespingi jaoks liiga kõrge, mis tõttu sai freesida vaid 10mm sügavused augud. Hiljem lõpetati aukude freesimine ülafreesiga (Lisa 6). See on käsitsi hoitav frees, mida nihutades saab auke freesida. Kasutati küll piirajat, kuid vähene kogemus ning mõni oksakoht viskas freesi jõuga edasi, tekitades mittevajalikud sisselõiked augu seintes. Kolmanda kitsa ava sein murdus peaaegu tervenisti, mistõttu eemaldati sein ning ühendati suure avaga (Lisa 7).



Joonis 3. Teine tükk pooleldi freesitud

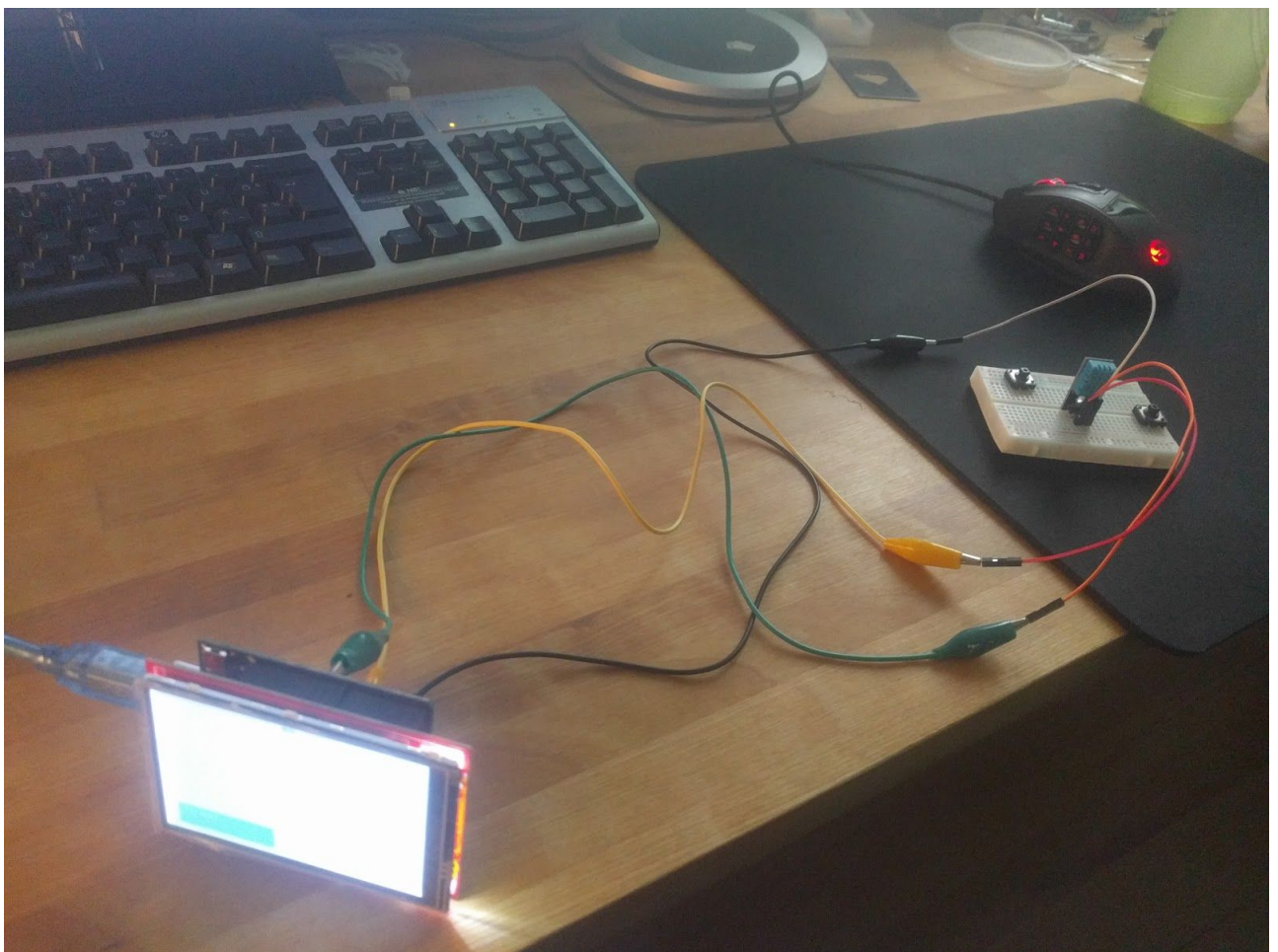


Joonis 4. Kolmas tükk.

3. ILMATEATE KESKUS

3.1. Esimene prototüüp

Esmane katsetamine tehnika osas algas DHT11 (temperatuuri ja niiskuse sensor) ja TFT LCD (ekraan) laiendusplaadiga. Idee arduinot kasutada oli algusest peale ning ainuke mikrokontroller mis autoril juba olemas, oli Arduino Uno. Need kolm komponenti ühendati kaablite ja prototüüpimisplaadi abil (joonis 5).



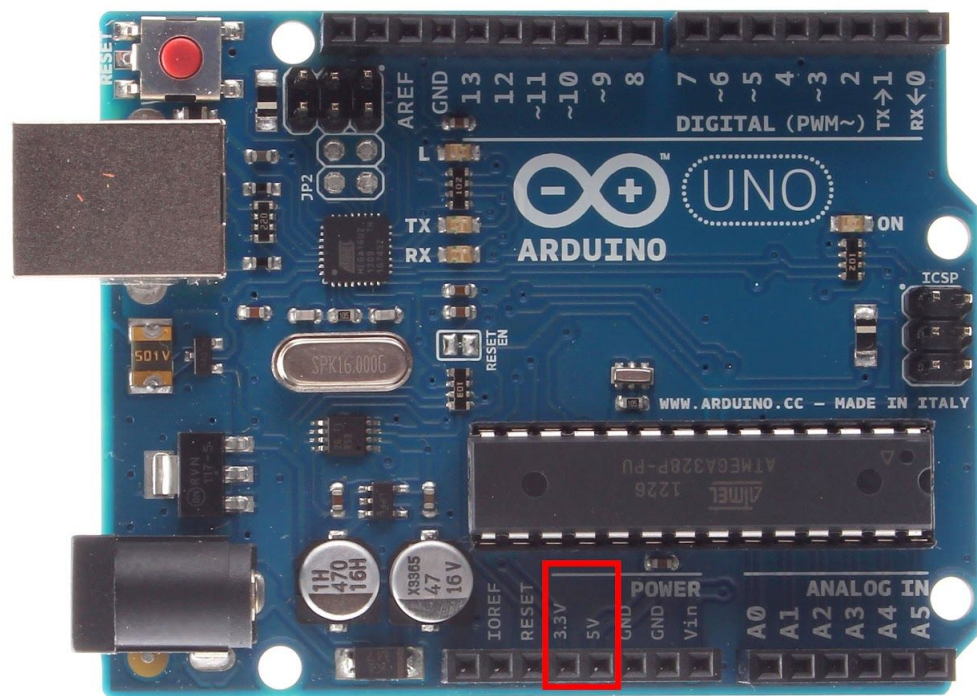
Joonis 5. Ekraan ühendatud arduino Uno ja temperatuuri ja niiskuse sensoriga

Algeline kood kuvas DHT sensori andmeid ekraanil. Lisati juurde integraalskeem ESP8266 moodul, et Arduino internetiga ühendada. ESP vajab voltuks 3.3V, mille sain kenasti Arduino pealt, ilma volu regulaatorit ehitamata. ESP-ga kommuniqueeriti AT (*attention*, e.k. tähelepanu)

käskude abil. Neid käske kasutades ei pea mikrokontrollerit programmeerima, kuid saab ikka võrguühendusi luua. Prototüüp toimis järgnevalt:

1. Kui WiFi ühendus puudub, loob ühenduse.
2. Alustab TCP ühenduse serveriga
3. Seadistab andemete mahu, mis saadetakse.
4. Saadab ilmajaama rakendusliidesele taotluse andmete alla laadimiseks.
5. Lõikab vajalikud andmed JSON (*JavaScript Object Notation*, e.k. JavaScript andmevahetusvorming) jadast välja ning salvestab need.
6. Kuvab temperatuuri ja ilmastikutingimused ekraanil.

Ühel õhtul ühendati kogemata ESP 3.3V asemel 5V viigu otsa. Viigud on Uno peal kõrvuti (joonis 6), mis nõuab tähelepanelikkust, et mitte valet kasutada. 5V on ESP jaoks palju ning tegi mooduli kasutuskõlbmatuks.



Joonis 6. Arduino Uno

3.2. Teine prototüüp

Täiesti nullist alustades, valiti seekord ekraan, mis on rohkem tuntud - Nextion 3.2" TFT. See ühendati Wemos D1 Mini-ga, mis asendab Arduino Uno. Wemos on arendusplaat, mis põhineb ESP8266. Autori jaoks tegi see asjad lihtsamaks, kuna likvideeris vajaduse osta eraldi mikrokontroller ja WiFi moodul. Samuti tuleb kasuks plaadi väike suurus hiljem, kogu riistvara maitseainete aluse sisse paigutamise juures. Samuti hülgasin DHT sensori, kuna ei näinud vajadust toa niiskustaset ja temperatuuri kuvada.

USART'i (*Universal Synchronous/Asynchronous Receiver Transmitter*, e.k. universaalne sünkroon/asünkroonne vastuvõtja saatja) kasutatakse mikrokontrollerite omavaheliseks andmesideks ja ühenduseks muude väliste seadmetega (näiteks arvutiga)⁶. Esimene kood, mille Wemosi peale laaditi, pidi teksti läbi Serial Monitori arvutil kuvama. Peale demo läbi vaatamist ja näidete testimist (Lisa 8), sai autor aru, et UART ühendus on juba kasutuses ekraani ja Wemosi vahelises ühenduses. ESP moodulitel on lisa UART ühendus, kuid sellel on vaba ainult edastamise ots. Teksti ESP-le tagastada pole vaja, seega probleeme ei teki. Kasutati Wemosi D4 ja RX (*receive*, e.k. vastuvõtma) viike, et suhelda Nextioniga. TX (*transmission*, e.k. edastamine) viik jäi vabaks, et kuvada tekst arvutis.

3.3. Kasutajaliides

Nextion reklaamib enda ekraane, kui veatu inimese masina liidese (HMI) lahendusena⁷. Vigu on selles süsteemis rohkelt, eriti just nende tarkvaras. Nextion editor on programm, mis küll võimaldab kasutajaliidese tunduvalt kiiremini valmis teha, kuid on kummaliselt algeline. Nextion editori kasutades saab kasutajaliidese komponendid kursoriga õigesse asendisse liigutada, mis garanteerib väiksema ajakulu programmeerimisele⁸.

Kasutajaliidese komponendid on teksti ja pildi väljad, mille sisu hakkab kontrollima Wemos. Komponendid paigutati sobivalt ekraanile. Paigutust oli lihtne kontrollida ja muuta tänu Nextion editori simulaatorile, mis kuvab kasutajaliidese just nii nagu see ekraanil välja nägema hakkab. Kasutajaliidese ekraani peale laadimiseks kompileerib Nextion editor projekti TFT-failiks. Fail

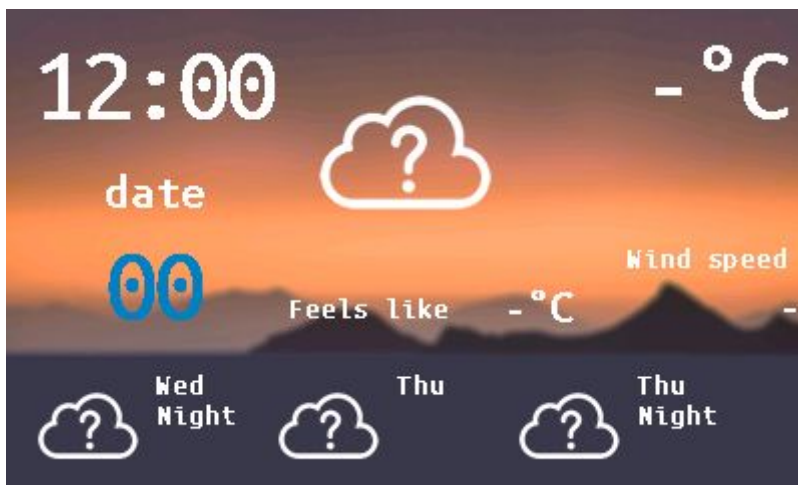
⁶ USART - järjestikühenduse liides: <https://www.robotiklubi.ee/juhendid/avr-cpp-lib/uart>

⁷ ITEAD: Nextion NX4024T032: <https://www.itead.cc/nextion-nx4024t032.html>

⁸ ITEAD Wiki: Nextion HMI Solution: https://www.itead.cc/wiki/Nextion_HMI_Solution

tuleb tõsta SD-kaardile, mis omakorda tuleb sisestada ekraani SD-kaardi pesasse. Fail installeeritakse ning peale ekraani taaskäivitamist ilmub kasutajaliides ekraanile.

Algusest peale oli autoril kavatsus ilmateate taustale mõni pilt kuvada. Selle jaoks on vaja kasutada ilmaandmeid visualiseerivate ikoonide juures läbipaistvat tausta. Peagi avastas autor, et läbipaistva taustaga pilte ei kuva Nextion korrektselt. Taust ei ole mitte läbipaistev, vaid muutub sinakaks tooniks, mis ei sobi kokku kasutajaliidese kujundusega. Probleemi lahendamiseks töötleti iga ilmaolu kirjeldava ikooni kohta pilt, kus samal taustal on erinev ikoon. Vastavalt ilmaoludele, muutub ekraanil kogu taust. Silmaga tausta muutumist näha ei ole. Ilmaprognoosi jaoks oli vaja kolme ikooni, erinevatel kohtadel, mistõttu oleks piltide töötlemine veelgi mahukam. Sobivate piltide õigele kohale asetamiseks tuleks lisaks kirjutada algoritm. Sel põhjusel määrati ilmaprognoosi sektsioonile ühevärviline taust, sama värvi töödeldi ka ikoonide taust. Piltide töötlemiseks kasutas autor programmi Photoshop. Ikoonide autor on Ashley Jageri ning sorteeritud mugavaks kasutamiseks Peter Schmalfeldti poolt⁹.



Joonis 7. Kasutajaliidese simulatsioon

3.4. Wemose programmeerimine

Esialgu prooviti kasutada ITEAD-i ametliku Nextion teeki, kuid seda oli autoril keeruline järgida. Iga kasutaja nupuvajutus tuli siduda konkreetse funktsiooniga. Sellist viisi programmeerimine oli autorile võõras, seega võttis ta kasutusele hoopis Bentley Born-i poolt koostatud Arduino-Nextion teeki¹⁰, mis on lihtsasti implementeeritav. Autoril oli abiks Bentley kirjutatud õpetus¹¹, mille läbi sirvimise järel asuti kohe programmeerima.

⁹ Ilmaolu ikoonid: <https://github.com/manifestinteractive/weather-underground-icons>

¹⁰ Arduino-Nextion teek: <https://github.com/bbornr/nextion>

¹¹ Arduino-Nextion õpetus: <http://openhardware.gridshield.net/home/nextion-lcd-getting-started-for-arduino>

Põhielementide sildid (temperatuur, õhuniiskus ja kuupäev) olid juba ekraanile laaditud. Sildid täideti oma seadistatud väärtustega, et aru saada kas uus teek töötab (Lisa 9). Hiljem lisati tuule kiiruse, tajutava temperatuuri ja kellaaja sildid.

Järgmisel päeval alustati ilmajaama andmete hankimisega. See töö oli autoril juba eelmises prototüübis tehtud, kuid JSON vormis andmetest vajaliku välja lõikamine ei olnud veel täiuslik. Ilmajaama andmed saadakse wundergroundi veebiportaali rakendusliidese abil. Autor otsustas kasutada Daniel Eichhorni poolt koostatud esp8266-weather-station teeki¹². See sisaldab funktsioone, mille abil on märkimisväärselt lihtsam ilmaandmed salvestada. Teek on mõeldud kasutamiseks NodeMCU arendusplaadi ja OLED ekraaniga, kuid töötab suurepäraselt ka minu valitud riistvaraga. Teegis on kaasatud Fabrice Weinbergi NTPClient, mis kasutab NTP (Network Time Protocol) servereid kellaaja saamiseks.

Kellaaja seadistamiseks mikrokontrolleritel on mitu võimalust. Kõige lihtsam neist on kasutajal manuaalselt läbi kasutajaliidese aeg seadistada. Võimalus on ühendada RTC (*real-time clock*, e.k. reaajakell) moodul, mis väikese patarei abil kellaega, kuupäeva, kuud ja aastat n-ö loeb. Need võivad osutada ebatäpselt, tihti isegi paar sekundit päevas. Kõige täpsem ja mugavam on kellaag saada internetist. NTP serverite asemel on võimalik näiteks mõne veebilehe HTTP kuupäeva päisest kellaag eraldada..

3.5. Komplekteerimine

Suuremad tükid liimiti omavahel kokku. Ekraani liist ühendati tüübliga, mis jätab liistu eemaldatavaks, lubamaks juurdepääsu elektroonikale. See võimaldab teha tarkvara uuendusi tulevikus. Välis küljed lakiti.

Elektroonika alusesse mahutamiseks, lõigati Wemose ja Nextioni vahelised juhtmed poole lühemaks ja joodeti Wemose külge (Lisa 10). Esimest korda ekraani aluse sisse pannes ja sisse lülitades märkas autor, et ekraani paremalt küljelt kumab taustavalgustus läbi. Selle probleemi lahendamiseks kateti ekraani serv elektriteibiga (Lisa 11). Ekraan mahub tihedalt sobivasse auku, lisakinnitusena kasutati kahepoolset teipi.

¹² Esp8266-weather-station teek: <https://github.com/squix78/esp8266-weather-station>

Wundergroundi rakendusliidese kasutustingimused nõuavad wundergroundi logo näitamist andmete kuvamise juures¹³. Ekraan on väike, kogu pind kasutuses, mistõttu asetati logo ekraani kõrvale, prinditud kujul.

¹³ Weather API: Introduction: <https://www.wunderground.com/weather/api/d/docs?MR=1>

4. TULEMUS

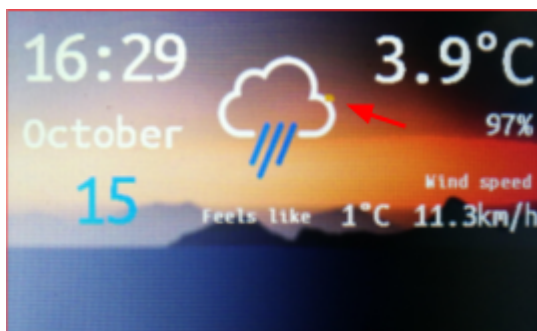
4.1. Probleemid

Kogu projekt osutus kavandatust oluliselt pikemaks. Viimaste nädalatel oli keeruline juhendajaga ühtivat aega leida. Ei osanud arvestada jooniste vanasse raalprojekteerimise programmi importimisel tekkinud probleemidega. Lisaks võttis aega uute masinatega kohanemine. Töö valmis siiski 3D-mudelile vastavalt, vaid murdunud seina tõttu on üks auk vähem.

Programmeerimise osas võttis mõttetult kaua aega pisikeste probleemide parandamine, mida kohe ei näinud, ehk tarkvara silumine. Näiteks ilmaprognoosi ikoonide nimistus oli kõikidel nimedel .png laiend, mis oli üleliigne, kuna kasutasin enda kirjutatud programmi, et ikoonide nimed kaustast nimistusse kopeerida. Ilma selle programmita oleks pidanud ükshaaval nimesid ümber kopeerima, kuid programm kopeeris kõik nimed korraga. Ajasääst oli petlik, sest laiendi eemaldamise peale ei tulnud ma mitu päeva.

Teine näide on järjekorde tähelepanu viga. Arvutid alustavad lugemist 0-st, ilmaprognoosi siltide nummardus algas aga 1-st. Algoritm, mis uuendab ilmaprognoosi andmeid, uuendas esmaspäeva teisipäeva andmetega, teisipäeva kolmapäeva omadega jne.

Kõige suurem probleem, millele ei leidnud lahendust lausa nädalaid. Seisnes kollases punktis ekraani keskel (vt joonis 8). Nimelt ma ei saanud aru kust see sinna tekib, rääkimata selle eemaldamisest. Selgus, et temperatuuri teksti taust oli määratud pildiks, kus paistis päikeselise ilmaolu ikooni kollast. Probleemi lahendamiseks lisasin koodi rea, mis vahetab teksti tausta vastavalt aktiivsele taustapildile.



Joonis 8. Mittevajalik kollane punkt

4.2. Valmis seade

Toite ühendamisel hakkab Wemos WiFi-võrguga ühendust looma. 10 sekundi möödudes edastatakse ekraanile teade, et ühendus nurjus ning seade taaskäivitub. WiFi-võrgu ühenduse saamisel kuvatakse ilmaandmed, kuupäev kellaaeg ekraanil. Iga sekundi järel uuendatakse kellaaega ja iga 10 sekundi järel ilmaandmeid.

Tarkvara uuendustega on võimalik lisada seadete ekraan, kus kasutaja saab valida millise WiFi-võrguga ühendus luua. Lisaks võimalus vahetada taustapilti ning valida Eesti keele ja Inglise keele vahel. Esimeses uuenduses võiks kindlasti olla lahendus probleemile, mis juhtub kui interneti ühendus kaob.



Joonis 9. Valmis produkt

Wemose lähtekood, Solid Edge 3D-mudel ja kasutajaliidese projekti failid on kättesaadaval aadressil: <https://github.com/Lybrica/Spice-Rack-Weather-Station>

KOKKUVÕTE

Töö käigus esines rohkelt probleeme, mis kõik leidsid lahenduse. Uued teadmised omandati kasutatud professionaalsemate puidutöötlemisseadmete tarvikute ja kasutamise osas. Selgus, et sügavate aukude freesimine nõuab mahukalt aega, sest kogu sügavust ei saa korraga freesida.

Sarnaste projektide tegemisel saavad algajad, kes on teemast huvitatud, tööd kasutada juhendmaterjalina. Töö läbi lugemisel, saab tutvuda oskustega, mida tuleb omandada ning autori tehtud vigadega, et neid vältida.

Töö läbiviimisel omandati põhilised teadmised Solid Edgega raalprojekteerimises. Programmeerimise osas saadi selgeks JSON formaadis andmete hankimine. Lisaks õpiti Nextion Editori kasutades kasutajaliideste loomist. Autor jäi praktilise töö tulemusega rahule, välja arvatud freesiga kogemata rikutud kohad.

KASUTATUD KIRJANDUS

Cook, Jeremy 2013. Software Advice for Anyone Thinking About a CNC Router. - Hackaday.com

<https://hackaday.com/2013/12/23/software-advice-for-anyone-thinking-about-a-cnc-router/>

(22.05.2017)

Pihlo, Kristjan. 2016. Raalprojekteerimise tarkvara Solid Edge modelleerimisjuhend iseseisvaks tööks. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikool, tehnika ja tehnoloogia õppekava.

http://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/2886/Kristjan_Pihlo_BA2016.pdf

(01.01.2018)

ITEAD. Nextion NX4024T032 - Generic 3.2" HMI TFT Intelligent LCD Touch Display Module.

<https://www.itead.cc/nextion-nx4024t032.html> (02.02.2018)

ITEAD Wiki. Nextion HMI Solution.

https://www.itead.cc/wiki/Nextion_HMI_Solution (02.02.2018)

Kivi, Kalle, Lüiste, Aivar, Lips, Aron, Hunt, Tea, Annuka, Harri, Letunovitš, Sergei 2011.

CNC pink. NcCad ja NX : õpilase raamat. Tallinn: Tiigrihüppe Sihtasutus

<http://www.digar.ee/arhiiv/nlib-digar:103648> (10.02.2018)

Särak, Jaak-Evald 2012. CAD projekteerimine. Ülevaade Solid Edge programmist, joonestamine 2D keskkonnas. - Eprints.tktk.ee

<http://eprints.tktk.ee/170/2/joonestamine2Ds/index.html> (13.11.2017)

TTÜ Robotiklubi. 2009. USART - järjestikühenduse liides.

https://www.robotiklubi.ee/juhendid/avr-cpp-lib/usart#usart_-_jaerjestikuehenduse_liides

(08.03.2018)

Weather Underground. Weather API: Introduction.

<https://www.wunderground.com/weather/api/d/docs?MR=1> (08.03.2018)

LISAD

Lisa 1. Kase plaadi lõikamine saepingil



Autori erakogu

Lisa 2. Saetud tükid enne liimimist Autori erakogu



Autori erakogu

Lisa 3. Esimene tükk kuivamas



Autori erakogu

Lisa 4. Külgede lihvimine



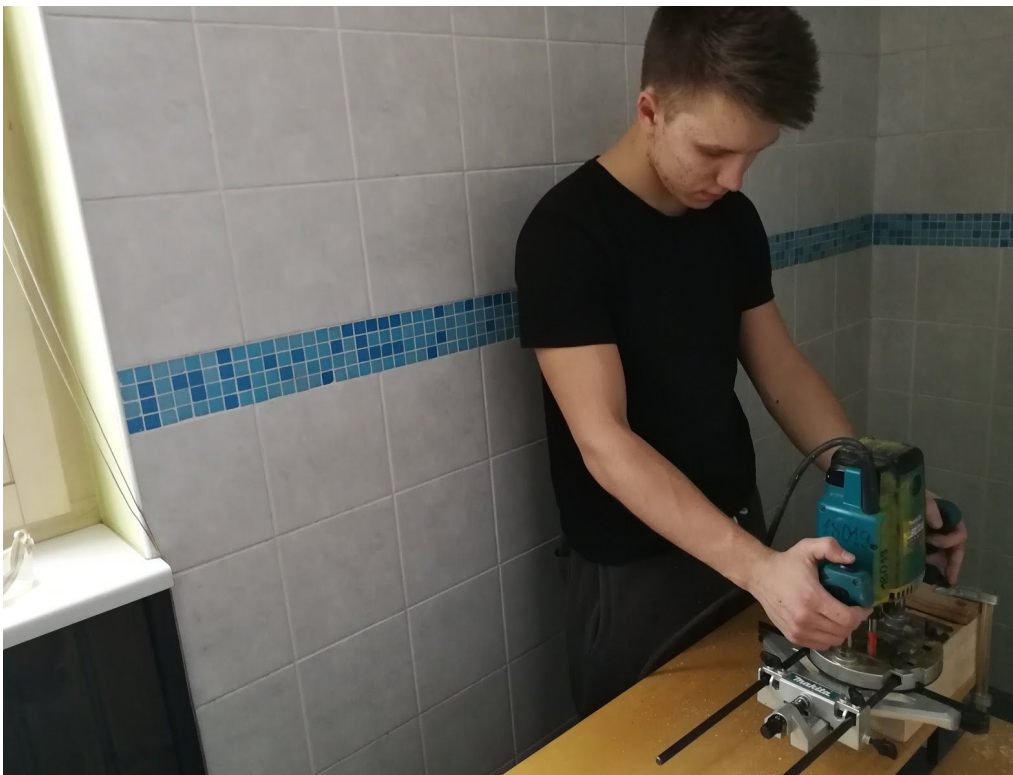
Autori erakogu

Lisa 5. Kolmas tükk kinnitatud CNC freespingile



Autori erakogu

Lisa 6. Aukude freesimine ülafreesiga



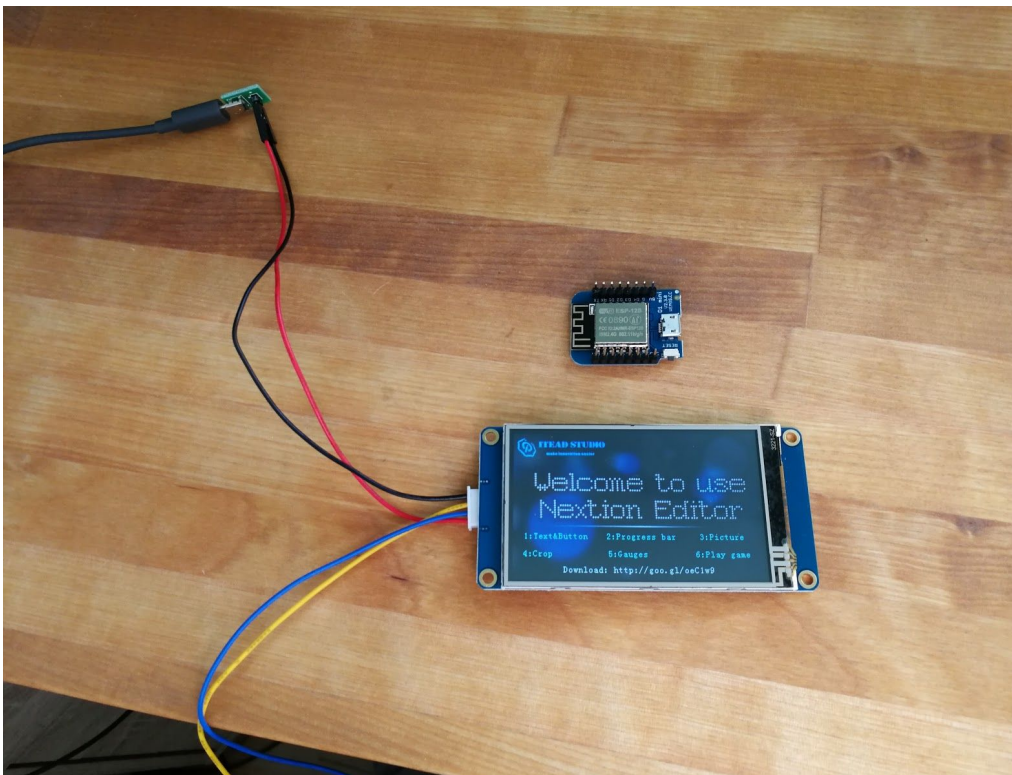
Autori erakogu

Lisa 7. Augu seina murdumine



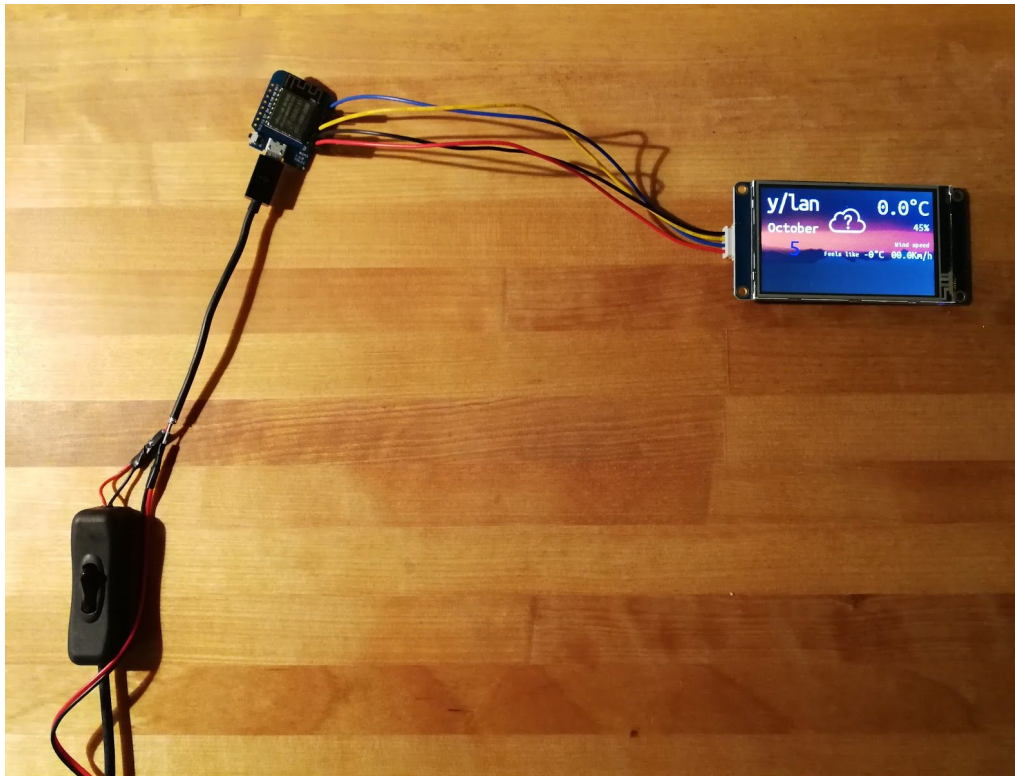
Autori erakogu

Lisa 8. Nextioni demo katsetamine



Autori erakogu

Lisa 9. Wemos ja Nextion testimisel



Autori erakogu

Lisa 10. Juhtmete jootmine



Autori erakogu

Lisa 11. Ekraani serv teibitud



Autori erakogu

SUMMARY

This paper describes the process of creating a spice rack with a screen that displays the current weather conditions and forecast. The practical framework consists of two parts: building the wooden spice rack and programming the microcontroller. The spice rack was milled using a CNC mill and a plunge router. Project was completed as modeled, except with one less hole in it, because it was ruined accidentally when using the plunge router.

It turned out to be much more difficult to build the spice rack than expected, especially using the plunge router. The author had many small issues, which were difficult to notice, with programming the weather station. Eliminating those software bugs turned out to be tricky.

The author learned to use professional wood processing equipment. In software, the author learned to create user interfaces with Nextion Editor, retrieve data in JSON format and how to use a CAD (computer-aided design) program Solid Edge to make a 3D model of the spice rack.