

RASPBERRY PI -TAULUTIETOKONE

Alakurtti Jani

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Tieto- ja viestintätekniikka
Insinööri (AMK)

2017

Tekniikan ja liikenteen ala
Tieto- ja viestintätekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Jani Alakurtti	Vuosi	2017
Ohjaaja(t)	Tauno Tepsa		
Työn nimi	Raspberry Pi -taulutietokone		
Sivu- ja liitesivumäärä	46 + 9		

Opinnäytetyön tavoitteena oli soveltaa sulautettuihin järjestelmiin ja elektroniikkaan pohjautuvia tietotekniikan insinööriopintoja, joiden pohjalta luotiin toimiva Raspberry Pi -taulutietokone. Toisena merkittävänä tavoitteena oli hyödyntää omatoimisesti aiemmin hankittua 3D-mallinnuskokemusta ja luoda taulutietokoneelle kestävä kuori. Taulutietokoneesta tehtiin monikäyttöinen tietotekninen laite, jonka avulla on vaivatonta suoritua tiedonhausta sekä muistiinpanojen luomisesta. Monikäyttöisyyttä edesauttaa taulutietokoneen 10.1 tuuman kosketusnäyttö sekä siihen liitettävät langattomat lisälaitteet, hiiri ja näppäimistö.

Minitietokoneiden, varsinkin Raspberry Pi -laitteiden nostaessa merkittävästi osuuttaan opetuskäytössä toisen sekä kolmannen asteen koulutuksessa voidaan opinnäytetyön merkitystä alalle pitää huomattavan suurena. Sillä on mahdollisuus toimia inspiraation lähteenä uusille projekteille tai ohjeena minitietokoneisiin ensimmäistä kertaa perehtyville. Opinnäytetyössä 3D-tekniikan käyttäminen kuoren ja sen lisäosien valmistuksessa antaa käsityksen sen lähes rajattomista käyttömahdollisuuksista teollisen muotoilun välineenä.

Tutkimusaineistona opinnäytetyön tekemiseen käytettiin suurimmaksi osaksi koulutuksen tuomaa tietoa sulautetuista järjestelmistä ja elektroniikasta sekä internetistä löytynyttä aineistoa komponenteista. Lapin ammattiopiston projektityöntekijän kanssa käydyn keskustelun ja häneltä saadun ohjeistuksen mukaan 3D-tulostaminen luonnistui ongelmitta.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin luotua toimintakuntoinen Raspberry Pi -taulutietokone, joka täyttää sille asetetut tavoitearvot, jotka olivat suoriutuminen tiedonhausta sekä muistiinpanojen laatiminen. Todettiin myös, että 3D-tekniikkaa apuna käyttäen on mahdollista luoda taulutietokoneelle teollisen muotoilun kriteerit täyttävät kuori ja sen lisäosat. Johtopäätöksenä opinnäytetyön suhteen todettiin, että sopiva koulutustausta sekä kiinnostus 3D-tekniikkaa kohtaan mahdollistavat rajallisellakin rahoituksella uuden ja toimivan laitteen luomisen.

Asiasanat 3D-mallinnus, 3D-tulostus, kosketusnäyttö, Raspberry Pi, taulutietokone

Technology, Communication and
Transport
Information Technology
Bachelor of Engineering

Author	Jani Alakurtti	Year	2017
Supervisor	Tauno Tepsa		
Subject of thesis	Raspberry Pi -tablet		
Number of pages	46 + 9		

The aim of this thesis was to suit studies based on embedded systems and electronics to create Raspberry Pi -tablet. Another significant aim of this thesis was to make use of earlier experience in 3D-design and -modeling to create sustainable case for tablet. Raspberry Pi -tablet is multipurpose device that can easily handle information retrieval and note-making. 10.1 inch touch screen and wireless accessories, mouse and keyboard are the basis of this multipurpose device.

Single-board computers, especially Raspberry Pi's are more often used for educational purposes in vocational schools and universities of applied sciences. Based on that it could be said this thesis is remarkable example what these kind of devices can do. Written part of thesis can be used as a guide for new Raspberry Pi -users. Used 3D-technology in make of case and it's parts could show limitless possibilities that it can generate in this industry.

Data found from internet and experience gathered from studies about embedded systems were the most used research materials. Conversation with Lapin ammattiopisto's project employee was used as the base of 3D printing.

The result of this thesis was creation of properly working Raspberry Pi -tablet. It can be used to search information and make notes even take pictures. Case made for tablet meets with industrial design criteria. With proper education and interest about 3D-technologies it is possible even with limited funding to create something new and innovative out of embedded systems.

Key words tablet, touch screen, 3D modeling, 3D printing, Raspberry Pi

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	9
2	RAKENNUSKOMPONENTIT	10
2.1	Raspberry Pi 3 Model B	10
2.2	Raspberry Pi Camera Module v1	11
2.3	Arose LP101WH4 10.1" LCD Touch Screen.....	12
2.4	HDMI/VGA/2AV LCD -näytönohjainmoduuli	14
2.5	Varta Power Pack -varavirtalähde	15
2.6	Ekulit LSM-45F -kaiutin.....	16
2.7	PAM8403-äänivahvistin	16
2.8	MicroUSB-adapterikortti.....	17
3	RAKENNUSKOMPONENTTIEN TESTAAMINEN	18
3.1	Käyttöjärjestelmän asentaminen microSDHC-muistikortille	18
3.2	Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneen käynnistäminen	19
3.3	Arose 10.1" LCD -kosketusnäytön kytkeminen	20
3.4	Raspberry Pi -kameramoduulin kytkeminen	21
3.5	Näyttönäppäimistön asentaminen Raspbian-käyttöjärjestelmälle	22
4	KUOREN SUUNNITTELEMINEN JA MALLINTAMINEN.....	24
4.1	Autodesk Fusion 360	24
4.2	Kuoren suunnitteleminen	24
4.2.1	Kuoren alaosan suunnitteleminen	25
4.2.2	Kuoren yläosan suunnitteleminen	27
4.2.3	Kuoren lisäosien suunnitteleminen.....	27
4.3	Kuoren mallintaminen	30
5	TULOSTUSPROSESSI	34
5.1	miniFactory Innovator	34
5.2	Repetier-Host for miniFactory	34
5.3	3D-tulostaminen.....	36
6	TAULUTIETOKONEEN KOKOAMINEN	38
6.1	Kuoren alaosan komponentit	38

6.2	Kuoren yläosan komponentti	39
6.3	Sähkökytkennät	40
6.4	Toimintavalmis Raspberry Pi -taulutietokone.....	41
7	POHDINTA	43
	LÄHTEET.....	45
	LIITTEET	47

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Raspberry Pi 3 Model B	10
Kuvio 2. Raspberry Pi Camera Module v1	11
Kuvio 3. Arose LP101WH4 -nestekide-kosketusnäyttö edestä	13
Kuvio 4. Arose LP101WH4 -nestekide-kosketusnäyttö takaa	13
Kuvio 5. Näytönohjainmoduulin erillinen näppäimistö	14
Kuvio 6. HDMI/VGA/2AV LCD-näytönohjainmoduuli	15
Kuvio 7. Varta Power Pack -varavirtalähde.....	15
Kuvio 8. Ekulit LMS-45F -kaiuttimet	16
Kuvio 9. PAM8403-äänivahvistin	17
Kuvio 10. MicroUSB-adapterikortti.....	17
Kuvio 11. Ilmoitus .-zip-tiedoston purkamisessa tapahtuneesta virheestä	20
Kuvio 12. Kameran Python-komentosarja.....	21
Kuvio 13. Autodesk Fusion 360 -aloitusnäkyvä	24
Kuvio 14. Kuoren alaosan mittapiirustus ylhäältä katsoen	26
Kuvio 15. Kuoren alaosan mittapiirustus edestäpäin katsoen	26
Kuvio 16. Kuoren yläosan mittapiirustus alhaalta katsoen	27
Kuvio 17. Ohjainten mittapiirustus ylhäältä katsoen.....	28
Kuvio 18. Kiinnitysosan mittapiirustus ylhäältä katsoen	29
Kuvio 19. Varavirtalähteen kiinnitysosan mittapiirustus edestäpäin katsoen	29
Kuvio 20. Telineen mittapiirustus ylhäältä katsoen	30
Kuvio 21. Kuoren alaosan ensimmäinen luonnos	31
Kuvio 22. Kuoren alaosa kolmiulotteisena	31
Kuvio 23. Kuoren alaosan viimeinen malliversio	32
Kuvio 24. Kuoren yläosan viimeinen malliversio	33
Kuvio 25. miniFactory Innovator.....	34
Kuvio 26. Teline Repetier-Hostissa tulostusvalmiina	35
Kuvio 27. Teline Slicer-työkalun jälkeen	36
Kuvio 28. Kuoren alaosa tulostumassa.....	37
Kuvio 29. Kuoren alaosa suoraan tulostimesta irrotettuna.....	37
Kuvio 30. Komponentit kiinnitettynä kuoren alaosaan.....	39
Kuvio 31. Nestekide-kosketusnäyttö kiinnitettynä kuoren yläosaan.....	39
Kuvio 32. Äänivahvistimen kytkennät.....	40

Kuvio 33. Taulutietokone sisältäpäin kaapelinhallinnan jälkeen.....	41
Kuvio 34. Raspberry Pi -taulutietokone kokonaisuudessaan	42

ALKUSANAT

Opinnäytetyön tärkeänä osa-alueena toimi kuoren ja sen lisäosien tulostaminen 3D-tekniologiaa apuna käyttäen. Haluan kiittää Lapin ammattiopistoa heidän miniFactory Innovator -3D-tulostimen käytöstä.

Erityisesti haluan kiittää Lapin ammattiopiston IT- ja sähkötiimin projektityöntekijää Meiju Sunnaria. Häneltä sain riittävän perehdytyksen 3D-tulostamisen perusteisiin.

1 JOHDANTO

Idea oman taulutietokoneen rakentamiseen sai alkunsa halusta yhdistää sulautettuihin järjestelmiin suuntautuneet tietotekniikan insinööriopintoni sekä mielenkiinto 3D-mallinnusta ja -tulostamista kohtaan. Aikaisessa vaiheessa taulutietokoneen suunnittelussa kehkeytyi halu rakentaa laitteesta toimiva ja käyttökelpoinen laite. Taulutietokoneen tulisi olla helposti mukana kuljetettava kokonaisuus, minkä avulla tiedonhankinta ja muistiinpanojen tekeminen luonnistuvat vaivatta.

Tutustuminen 3D-mallintamiseen alkoi omasta mielenkiinnosta syksyllä 2016, jolloin omatoimisesti YouTube-videopalvelusta löytyvien ohjevideoiden avulla suunnittelin auton pienoismallin Blender-grafiikkaohjelmalla. Auton pienoismalli myös tulostettiin Lapin ammattiopiston Objet Eden 3D-tulostimella. Tämän lisäksi olen suunnitellut Blender-grafiikkaohjelmalla useita muita 3D-mallinnuksia harjoitustarkoituksessa ennen taulutietokoneen kuoren ja sen lisäosien tekemistä. Suunnittelemani taulutietokoneen kuoret tulostetaan Lapin ammattiopiston ammattilaiskäyttöön tarkoitetulla miniFactory Innovator -3D-tulostimella.

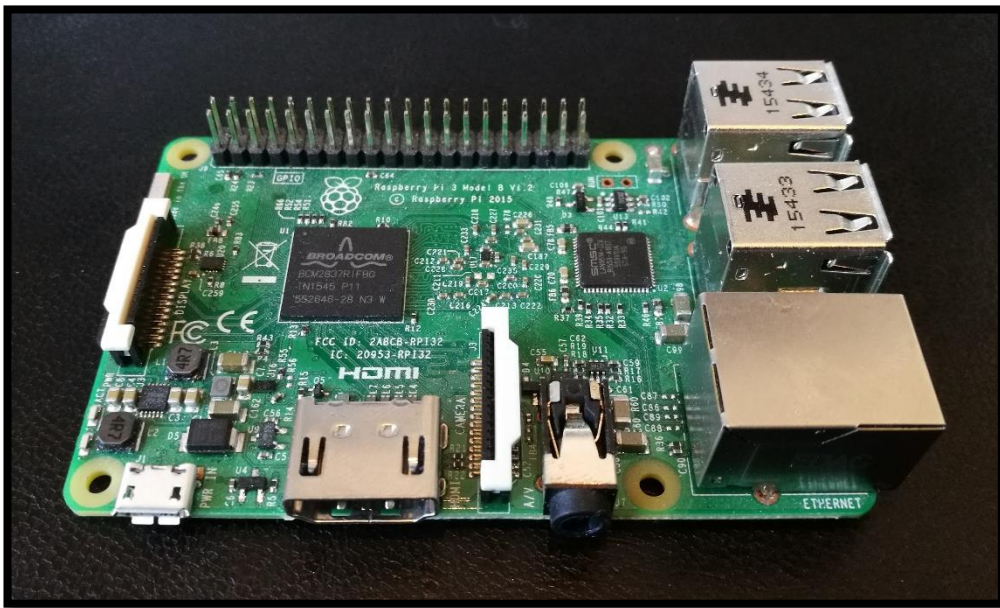
Toinen osa-alue opinnäytetyössäni on taulutietokoneen rakentaminen toimivaksi käytössä olevillani rakennuskomponenteilla. Ennen varsinaisen opinnäytetyön aloittamista tutustuin kotioloissa edeltävän sukupolven Raspberry Pi 2 Model B -minitietokoneeseen asentamalla siihen käyttöjärjestelmän ja kameran sekä 3.2 tuuman kosketusnäytön toimintakykyiseksi. Aikaisempi mielenkiinto ja kokemus kyseisiä laitteita kohtaan auttavat opinnäytetyötä varten rakennetun taulutietokoneen kokoamisessa ja mahdollisten tulevien ongelmien ratkaisemisessa.

Rajaavana tekijänä opinnäytetyössäni on rakennuskomponenttien hankkiminen omalla kustannuksella. Taulutietokoneen rakentamisessa keskitytään pääasiallisesti rakennuskomponenttien yhdistämiseen, laitteen toimintakuntoon saattamiseen sekä optimaaliseen kuorien suunnittelemiseen 3D-teknologiaa hyväksikäyttäen.

2 RAKENNUSKOMPONENTIT

2.1 Raspberry Pi 3 Model B

Taulutietokonetta ohjaa kolmannen sukupolven Raspberry Pi 3 Model B -minitietokone, joka julkaistiin markkinoille helmikuussa 2016 (Kuvio 1). Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneessa on 1,2 gigahertsin kellotaajuudella toimiva 64-bittinen ARMv8-neliydinprosessori. Kolmannen sukupolven Raspberry Pi tukee 802.11n langatonta lähiverkkotekniikkaa mahdollistaen laitteen käytettävyyden taulutietokoneen tukipilarina erinomaisesti. Yllä mainitut ominaisuudet integroidun Bluetooth 4.1 lisäksi ovat parannuksia edellisen sukupolven Raspberry Pi -minitietokoneeseen verrattuna. (Raspberry Pi Foundation 2017a.)



Kuvio 1. Raspberry Pi 3 Model B

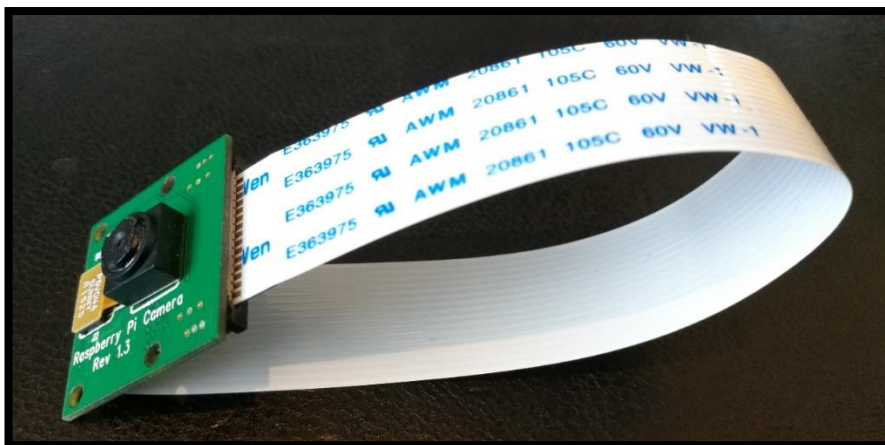
Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneessa on myös paljon samaa kuin edellisen sukupolven Raspberry Pi -laitteessa. Keskusmuistia eli käyttömuistia tehokkaassa minitietokoneessa on yksi gigabitti, joka riittää käyttöjärjestelmälle sekä suorittamaan sovellukset ja niiden vaatimat tiedot. Alustassa on paikka yhdelle uudelleen ohjelmoitavalle MicroSD-muistikortille, jota apuna käyttäen eri käyttöjärjestelmät ovat asennettavissa laitteelle. (Raspberry Pi Foundation 2017a.)

Mahdollisuuksia erilaisille liitännöille Raspberry Pi -minitietokoneessa on riittävästi, kuten HDMI- sekä Ethernet-portti. Neljä USB-porttia mahdollistavat halutessaan käyttäjälle vaivattoman tavan liittää laitteeseen sekä hiiren että näppäimistön. Laitteessa on yhdistetty 3.5 millimetrin äänen sekä komposiittivideon jakkiliitäntä mahdollisuus, esimerkiksi kuulokkeita varten. Liitäntäpaikat sekä kameralle (Camera Serial Interface) että näytölle (Display Serial Interface) löytyvät alustasta. GPIO-pinnit (General-Purpose Input/Output), joita kolmannen sukupolven Raspberry-minitietokoneessa on 40 kappaletta, mahdollistavat esimerkiksi ohjelmoitavien led-valojen liittämisen laitteeseen. (Raspberry Pi Foundation 2017a.)

Fyysisiltä mitoiltaan laitetta voidaan perustellusti kutsua minitietokoneeksi. Se on pituudeltaan 85 millimetriä ja leveydeltään 49 millimetriä. Syvyyttä Raspberry Pi 3 Model B -laitteella on vain 20 millimetriä. (Raspberry Pi Foundation 2017b, 1.)

2.2 Raspberry Pi Camera Module v1

Raspberry Pi Camera Module v1 on Raspberry Pi -säätöön ensimmäinen virallinen kameramoduuli-tuote, joka julkaistiin markkinoille vuonna 2013 (Kuvio 2). Edullinen hinta, pienikokoisuus ja tehokkuus ovat tehneet kameramoduulista suosittun Raspberry Pi -harrastajien keskuudessa, esimerkiksi turva- ja riistakameroissa. Kameramoduuli on fyysisiltä mittasuhteiltaan varsin pienikokoinen. Pituutta kameralla on 25 millimetriä, leveyttä 24 millimetriä, syvyyttä 9 millimetriä ja se painaa vain 3 grammaa. (Raspberry Pi Foundation 2017c.)



Kuvio 2. Raspberry Pi Camera Module v1

Ensimmäisen sukupolven Raspberry Pi -kameramoduulin ilmoitettu kuvatarkkuus on viisi megapikseliä, joka vastaa usean nykypäivän älypuhelimien etukameran kuvatarkkuutta. Videokuvaustiloja kameramoduulissa on kolme erilaista (1080p30, 720p60, 640 x 480p60/90), joista jokaiselle on oma käyttötarkoituksensa. Kameramoduulin sensorina toimii OmniVision OV5647. Sen resoluutio on 2592 x 1944 pikseliä ja kuva-alue 3,76 x 2,74 millimetriä. Yhden pikselin fyysiseksi kooksi on ilmoitettu 1,4 x 1,4 mikromillimetriä. Kameramoduulin signaalikohinasuhde on 36 desibeliä. (Raspberry Pi Foundation 2017d.)

Kameramoduulin ohjelmiston ominaisuuksiin kuuluu muun muassa seitsemän erilaista kuvaformaattia: JPEG, JPEG + RAW, GIF, BMP, PNG, YUV420, sekä RGB888. Videokuvaformaattina kameramoduulissa toimii H.264. Käyttäjä voi halutessaan lisätä videonsa esimerkiksi YouTube-videopalveluun ilman videoformaatin muokkaamista. Kameraohjelmistosta löytyy myös lukuisia erilaisia valmiita efektejä sekä valotus- ja mittaustiloja. Kameralla on mahdollista ottaa kuva tai video käyttäen napinpainallusta, UNIX-signaalia tai ajastinta. (Raspberry Pi Foundation 2017d.)

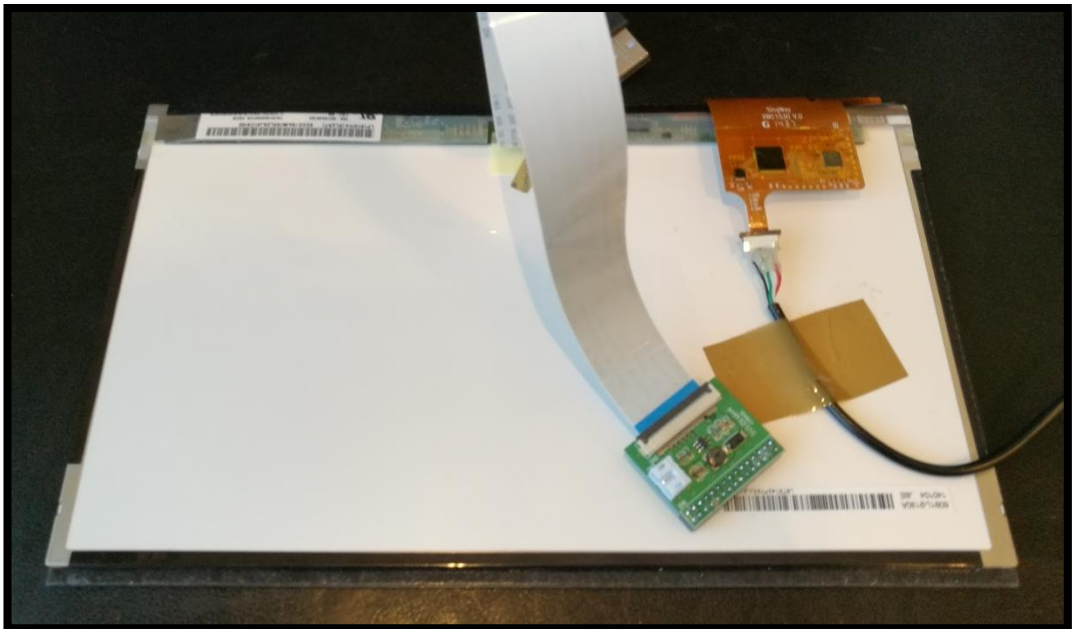
2.3 Arose LP101WH4 10.1” LCD Touch Screen

Taulutietokoneen näyttönä toimii kiiltävä- ja mattapintainen 10.1 tuuman Arose LP101WH4 -nestekide-kosketusnäyttö. Näytön kuvasuhde on 16:9 ja resoluutio 1366 x 768 pikseliä, joka on yleinen käytettävä kuvatarkkuus kannettavissa tietosekä taulutietokoneissa (Alibaba Group 2017). Pikselitiheydeksi näytölle on ilmoitettu 100 pikseliä tuumalle eli noin 39 pikseliä senttimetrille ja pikselin keskikohdan etäisyydeksi seuraavan pikselin keskikohtaan 0,0084 x 0,252 millimetriä (Kuvio 3) (Endmemo 2017).



Kuvio 3. Arose LP101WH4 -nestekide-kosketusnäyttö edestä

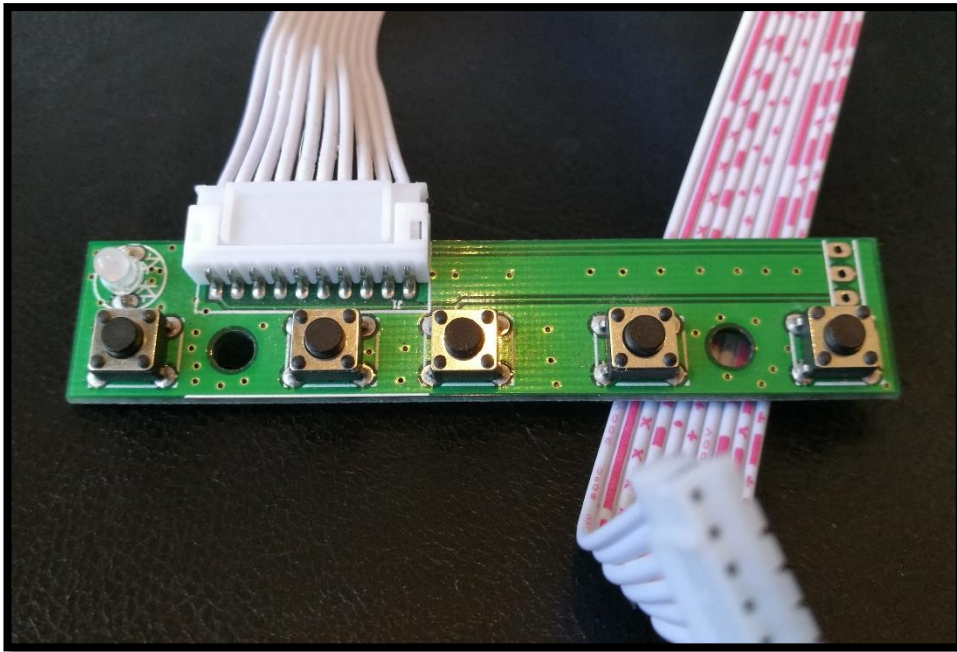
Vasteaika kosketusnäytöllä on 8 millisekuntia ja kirkkaus 300 candela neliömetriä kohden, jotka ovat riittävät lukemat taulutietokoneen näytölle. Käyttölämpötila-alueeksi näytölle on ilmoitettu $+0^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$ (Kuvio 4). (Alibaba Group 2017.)



Kuvio 4. Arose LP101WH4 -nestekide-kosketusnäyttö takaa

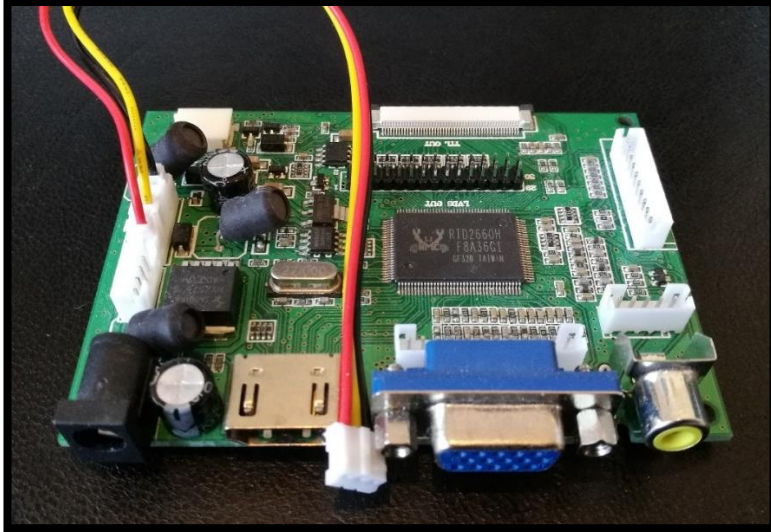
2.4 HDMI/VGA/2AV LCD -näytönohjainmoduuli

Käytössä oleva näytönohjainmoduuli on mahdollista kytkeä LCD-kosketusnäyttöön HDMI-, VGA- tai kahta AV-kytkentää apuna käyttäen. Ne voidaan valita mukana tulevan erillisen näppäimistön avulla (Kuvio 5) (Kenode Store 2017).



Kuvio 5. Näytönohjainmoduulin erillinen näppäimistö

Näytönohjainmoduuli on fyysisiltä mittasuhteiltaan vain 90 x 70 x 12 millimetriä, joten se mahtuu vaivatta 10.1 tuuman kosketusnäytön taakse yhdessä Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneen kanssa (Kuvio 6) (VS Display Technology 2017, 2). Virtalähteenä näytönohjainmoduulille on pakollista käyttää paneeliin kytkettävää 5-24 voltin tasavirtalähdettä (eBay Inc. 2017). Toimintalämpötilaksi sille on ilmoitettu +0°C - 40°C (VS Display Technology 2017, 8).



Kuvio 6. HDMI/VGA/2AV LCD-näytönohjainmoduuli

2.5 Varta Power Pack -varavirtalähde

Virtaa taulutietokoneen kosketusnäytölle ja Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneelle antaa Vartan Power Pack -sarjaan kuuluva 10400 mAh varavirtalähde. Ulostuloina varavirtalähteestä löytyvät 5 V ja 1.0 A- sekä 5 V ja 2.4 A -USB-liitännät, joiden kautta virta kulkee yhtäaikaisesti niin kosketusnäytölle kuin minitietokoneelle. Varavirtalähdettä itseään ladataan microUSB-latauskaapelin avulla. Fyysisiltä mittasuhteiltaan varavirtalähde on riittävän pienikokoinen taulutietokoneen virtalähteeksi, sillä sen mitat ovat 80 x 100 x 23 millimetriä ja painoa sillä on 241 grammaa (Kuvio 7).



Kuvio 7. Varta Power Pack -varavirtalähde

2.6 Ekulit LSM-45F -kaiutin

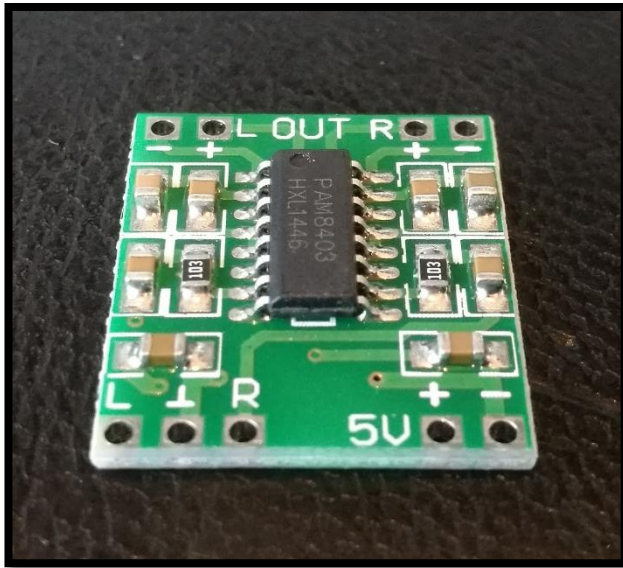
Raspberry Pi -taulutietokoneen äänen ulostulon lähteenä käytetään kahta Ekulit LSM-45F -kaiutinta, jotka sijoitetaan vertikaalisesti ylhäältä kuoren alaosaan katsottaessa molempiin yläkulmiin (Kuvio 8). Kaiutin on fyysisiltä mittasuhteiltaan 45 millimetriä halkaisijaltaan ja 17,5 millimetriä syvyydeltään. Äänenvoimakkuuden taso kaiuttimella on 83 desibeliä ja sen impedanssi kahdeksan ohmia. (Ekulit 2017, 1.)



Kuvio 8. Ekulit LMS-45F -kaiuttimet

2.7 PAM8403-äänivahvistin

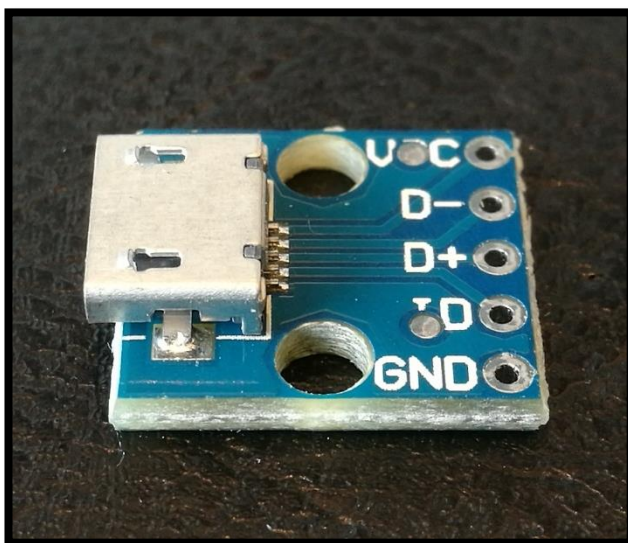
Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneen ja siihen liitettävien kahden Ekulit LSM-45F -kaiuttimen väliin kytketään PAM8403-vahvistin, jotta taulutietokoneen ääni kuuluisi paremmin. PAM8403-vahvistin on kaksikanavainen kolme wattinen luokan D äänivahvistin, joka pienen kokonsa sekä hyvän äänenlaadun vahvistamisen ansiosta soveltuu käytettäväksi taulutietokoneessa (Kuvio 9). Äänivahvistin painaa 5 grammaa ja sen mittasuhteet ovat 21 x 18 x 3 millimetriä.



Kuvio 9. PAM8403-äänivahvistin

2.8 MicroUSB-adapterikortti

Taulutietokoneen alareunaan sijoitetaan erillinen naaraspuolinen microUSB-adapterikortti, jonka avulla varavirtalähteeseen voidaan ladata lisää virtaa (Kuvio 10). Adapterikortti liitetään varavirtalähteen microUSB-porttiin uros-naaras -kaapelilla. Näin ollen suurikokoinen Varta Power Pack -varavirtalähde on mahdollista sijoittaa keskemäs taulutietokoneen pohjaa.



Kuvio 10. MicroUSB-adapterikortti

3 RAKENNUSKOMPONENTTIEN TESTAAMINEN

3.1 Käyttöjärjestelmän asentaminen microSDHC-muistikortille

Raspberry Pi 3 Model B tarvitsee käyttöjärjestelmän toimiakseen kuten muutkin tietokoneet, älypuhelimet tai taulutietokoneet. Taulutietokoneen käyttöjärjestelmää varten käytössä on Kingstonin valmistama kahdeksangigabittinen UHS-I Class 1 -nopeusluokan microSDHC -muistikortti (Verkkokauppa.com 2017). Muistikortti tukee videon sekä kuvanlaadun aina täysteräväpiirtoon (1080p) saakka (Verkkokauppa.com 2017). Lukunopeudeksi muistikortille on ilmoitettu 90 megatavua sekunnissa sekä kirjoitusnopeudeksi 20 megatavua sekunnissa, jotka ovat riittäviä lukemia Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneen käyttöjärjestelmän ja toimintojen suorittamiseen (Verkkokauppa.com 2017).

Ennen käyttöjärjestelmän asentamista oli suositeltavaa formatoida microSD-muistikortti siltä varalta, että se ei sisällä mitään ylimääräisiä tiedostoja, jotka voivat estää käyttöjärjestelmän kunnollisen toimimisen. Secure Digital -yhdistyksen verkkosivuilta ladattiin ilmainen SD Card Formatter 4.0 -tietokoneohjelma, jonka avulla muistikorttien formatointi tapahtui (SD Association 2017). SD Card Formatter 4.0 -tietokoneohjelman asentamisen jälkeen tietokoneelle, microSDHC-muistikortti asetettiin microSD-adapterin sisään. Adapteri microSDHC-muistikortti sisällään asetettiin kannettavan tietokoneen SD-muistikortin lukijaan, minkä jälkeen formatointi oli mahdollista suorittaa SD Card Formatter 4.0 -tietokoneohjelmaa apuna käyttäen.

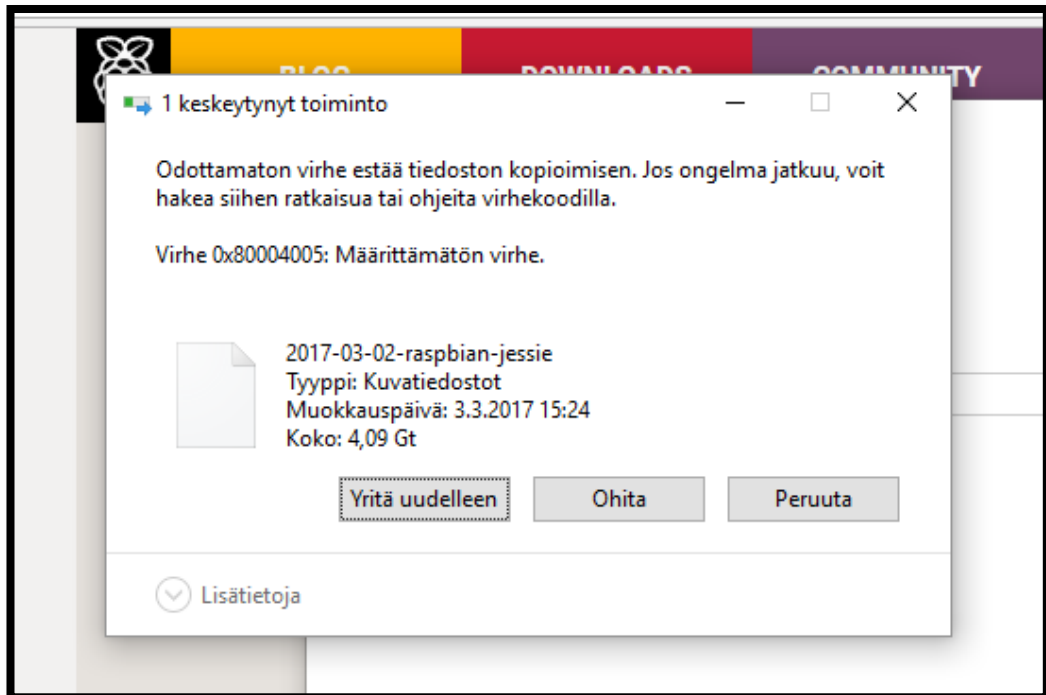
Taulutietokoneen käyttöjärjestelmänä toimii Raspbian Jessie, joka on Raspberry Pi -yhdistyksen virallisesti tukema käyttöjärjestelmä valmiiksi asennetuilla ohjelmilla opiskelemista sekä yleistä käyttämistä varten. Käyttöjärjestelmä ladattiin pakattuna .zip-tiedostokansiona tietokoneelle Raspberry Pi -yhdistyksen Downloads-verkkosivulta (Raspberry Pi Foundation 2017f). Latauksen jälkeen .zip-tiedostokansio purettiin haluttuun tiedostosijaintiin, esimerkiksi tietokoneen työpöydälle (Raspberry Pi Foundation 2017e).

Tietokoneelle ladattiin Etcher-tietokoneohjelma, jonka avulla .zip-tiedostomuodosta purettu, nyt .img-tiedostomuodossa oleva käyttöjärjestelmä pystyttiin polttamaan microSD-adapterin sisällä olevan microSDHC-muistikortin sisään (Resin.io, 2017). Adapterin oli oltava koko polttamisen ajan kannettavan tietokoneen SD-muistikortin lukijan sisällä, jotta käyttöjärjestelmä ei pääsisi vioittumaan.

3.2 Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneen käynnistäminen

Ennen laitteen käynnistämistä Raspbian Jessie -käyttöjärjestelmän sisältämä microSDHC-muistikortti asetettiin Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneen SD-muistikortille varattuun paikkaan. Näppäimistö ja hiiri kytkettiin USB-liitäntöihin ja näyttöpäätte kytkettiin HDMI-liitäntään. Tämän jälkeen laitteeseen kytkettiin virtalähde sille varattuun paikkaan, minkä jälkeen Raspberry Pi 3 Model B -minitietokone käynnistyi automaattisesti ja avasi työpöydän näyttöpäätteelle.

Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneen käynnistyksessä havaittiin ongelmia ensimmäisellä käynnistämisyrittäyksellä. Virtalähteen kytkimisen jälkeen laite käynnistyi, mutta näytölle ilmestyi pitkä lista virhekoodeja; käyttöjärjestelmä oli korruptoitunut. Ongelma on yleinen, sillä Raspberry Pi -yhdistyksen Downloads-verkkosivulla kerrotaan käyttöjärjestelmän korruptoitumisen todennäköisesti johtuvan tiedoston purkamiseen käytettävän tietokoneen sisäisen purkutyökalun olevan vanhanaikainen (Kuvio 11) (Raspberry Pi Foundation 2017f). Ongelma ratkaistiin lataamalla ja käyttämällä kolmannen osapuolen 7Zip-tietokoneohjelmaa (The Unarchiver Macintoshille) .zip-tiedoston purkamiseen (7-zip 2017).



Kuvio 11. Ilmoitus .-zip-tiedoston purkamisessa tapahtuneesta virheestä

3.3 Arose 10.1” LCD -kosketusnäytön kytkeminen

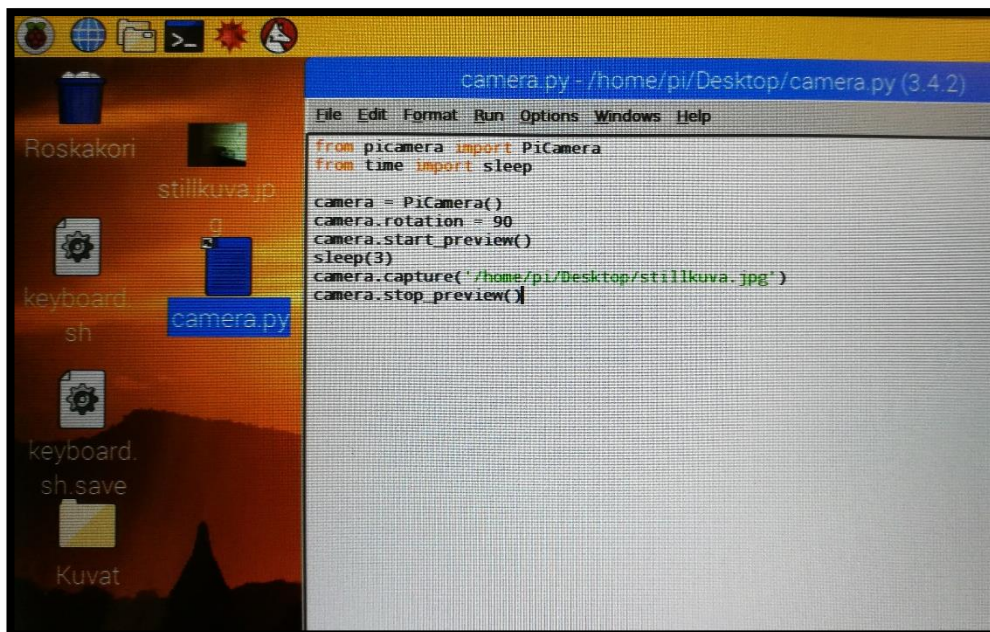
Kosketusnäytön takana olevaan liittimeen kytkettiin nauhakaapeli, jonka toinen pää kytkettiin LCD-näytönohjainmoduulin 50 pinniseen TTL-signaaliliittimen ulostuloon. Nauhakaapelin avulla kuva siirtyi LCD-näytönohjainmoduulista LCD-kosketusnäytölle. Arose 10.1” LCD -kosketusnäyttö tarvitsi vielä nelijohtimisen kytkentäkaapelin liittämisen suoraan Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneen USB-porttiin, jotta kosketusominaisuus saatiin toimimaan. LCD-näytönohjainmoduuliin kytkettiin näppäimistö näytön asetusten säätämistä varten lattakaapeliliittimeen.

LCD-näytönohjainmoduuli toimii Raspberry Pi 3 Model B-minitietokoneen ja LCD-kosketusnäytön välisenä pakollisena ohjaimena, jotta kuva on mahdollista siirtää laitteelta näyttöpäätteelle. Tarvittavien kytkentöjen jälkeen LCD-näytönohjainmoduuliin liitettiin viiden voltin tasajännitelähde, minkä jälkeen Raspberry Pi 3 Model B -minitietokone käynnistettiin ja todettiin 10.1” LCD-kosketusnäytön olevan toimintakykyinen.

3.4 Raspberry Pi -kameramoduulin kytkeminen

Raspberry Pi -taulutietokoneen takakanteen sijoitetaan Raspberry Pi Camera Module v1, Raspberry Pi -säätien virallinen kameramoduuli kuvien ja videoiden ottamista varten. Kameramoduuli kytkettiin siinä valmiiksi kiinni olevalla nauha-kaapelilla suoraan Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneeseen sille varattuun kameraporttiin. Jotta kameramoduuli oli valmis käytettäväksi, minitietokoneen asetuksista (Raspberry Pi Configuration) valittiin kameratoiminto käyttöön.

Taulutietokoneen työpöydälle luotiin Python-ohjelmointikielellä komentosarja-pikakuvake, jonka avulla kameralla on mielekkäämpää ottaa kuvia (Kuvio 12). Komentosarja käynnistettiin painamalla näppäimistön F5-painiketta tai klikkaamalla Python 3 -ohjelman Run-painiketta. Komentorivi `camera.rotation = 90` kääntää kameran kuvaa 90 astetta, jotta valmis kuva tulostuisi oikeinpäin. `Sleep(3)`-komentorivi antaa käyttäjälle kolme sekuntia aikaa komentosarjan käynnistämisen jälkeen aikaa kohdentaa kamera haluttuun kohteeseen. Kolmen sekunnin ajan kuvasta on nähtävillä myös esikatselu, jotta kohdentaminen olisi helpompaa. Kuva tallentuu työpöydälle, josta se on heti valmiina katsottavaksi. (Raspberry Pi Foundation 2017g.)



Kuvio 12. Kameran Python-komentosarja

3.5 Näyttönäppäimistön asentaminen Raspbian-käyttöjärjestelmälle

Kosketusnäytön optimaalista käyttöä varten taulutietokoneen käyttöjärjestelmälle asennettiin näyttönäppäimistö, jonka avulla esimerkiksi Googlen hakukenttään kirjoittaminen onnistuu ilman langatonta näppäimistöä. Näyttönäppäimistön asentaminen suoritettiin komentokehotteelle (Terminal) syötettävien komentorivien avulla, kuten muidenkin ohjelmien asentaminen Raspbian-käyttöjärjestelmille tapahtuu. Asentamisen yhteydessä oli huomioitava, että Raspberry Pi 3 Model B -minitietokone täytyi kytkeä internettiin joko langattomasti tai langallisesti. Näin laite kykeni löytämään tarvittavat työkalut asennuksen suorittamista varten.

Ennen jokaista uuden ohjelman asennusta Raspbian-käyttöjärjestelmälle varmistettiin, että laitteesta löytyi uusimmat päivitykset varmistaakseen tarvittavan ohjelman asentamisen onnistumisen. Komentokehotteelle syötettiin komentorivit *sudo apt-get update* sekä *sudo apt-get upgrade* erikseen, joiden molempien jälkeen aktivoitiin komennot käyttämällä Enter -näppäintä. Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneella meni joitain minuutteja internet-yhteyden laadusta riippuen hakea ja päivittää uusimmat päivitykset sekä ajurit laitteeseen. Kun käyttöjärjestelmä oli päivitetty uusimpaan versioon, syötettiin komentokehotteelle komentorivi *sudo apt-get install matchbox-keyboard*, joka asensi näyttönäppäimistön laitteeseen. Asennuksen valmistuttua minitietokone käynnistettiin uudelleen, jotta näyttönäppäimistö oli käytettävissä sekä löydettävissä Accessories-valikon takaa nimellä Keyboard. (Modmypi 2017.)

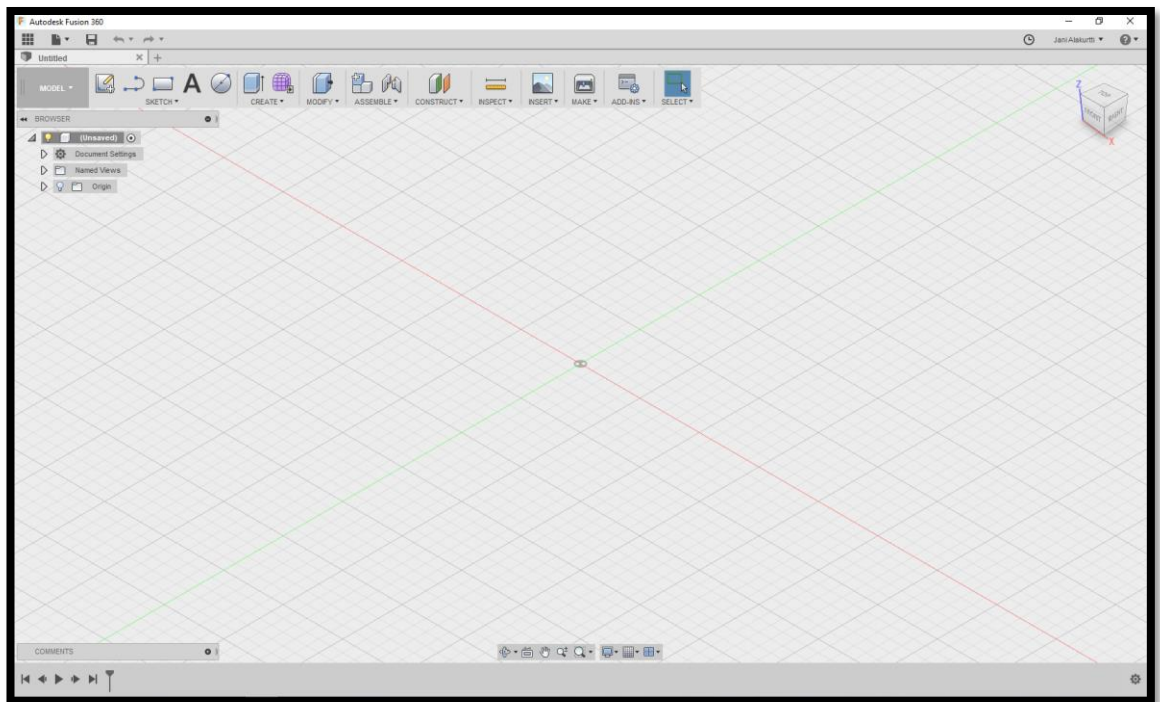
Näyttönäppäimistön käyttöönoton helpottamiseksi sille luotiin työpöydälle pikakuvake komentokehotetta apuna käyttäen. Komentokehotteelle syötettiin komentorivi *cd Desktop*, joka navigoi käyttäjän työpöydälle. Sen jälkeen aktivoitiin komentorivi *nano keyboard.sh*, joka loi kansion nimeltä *keyboard*. Juuri luotu kansio avautui komentokehotteelle, jonka sisään kirjoitettiin komennot *#!/bin/bash* ja *match-box-keyboard*. Ne toimivat käskyinä avata kansio sekä sen sisältämä tiedosto työpöydältä löytyvän pikakuvakkeen avulla. Näppäimistöä painettiin yhdistelmä Ctrl+X ja sen jälkeen näppäin Y, jotka yhdessä tallensivat ja sulkiivat luodun tiedoston. (Modmypi 2017.)

Komentokehotteen alkunäytölle kohteeseen *pi@raspberrypi* syötettiin komentorivi *chmod +x keyboard.sh*, joka mahdollisti *keyboard.sh*-kansion suorittamisen työpöydältä käsin (Modmypi 2017). Huomattiin, että tarvittavien toimenpiteiden jälkeen kansio ei ollut löydettävissä työpöydältä. Ongelman ratkaisemiseksi käynnistettiin minitietokone uudelleen, minkä jälkeen näytönäppäimistö oli avattavissa kätevästi työpöydältä löytyvän pikakuvakkeen kautta.

4 KUOREN SUUNNITTELEMINEN JA MALLINTAMINEN

4.1 Autodesk Fusion 360

Taulutietokoneen kuori, teline sekä pienet kuoreen kiinnitettävät lisäosat mallinnettiin tietokoneavusteisella Autodesk Fusion 360 -suunnitteluohjelmalla. Autodesk Fusion 360 on käytettävissä opiskelijoille ilmaiseksi kolmen vuoden lisenssillä (Autodesk Fusion 360 2017). Se on pilvipohjainen tietokoneavusteinen suunnitteluohjelma, joka on luotu erityisesti tuotekehitystä ja sen eri työvaiheita ajatellen (Kuvio 13).



Kuvio 13. Autodesk Fusion 360 -aloitusnäky

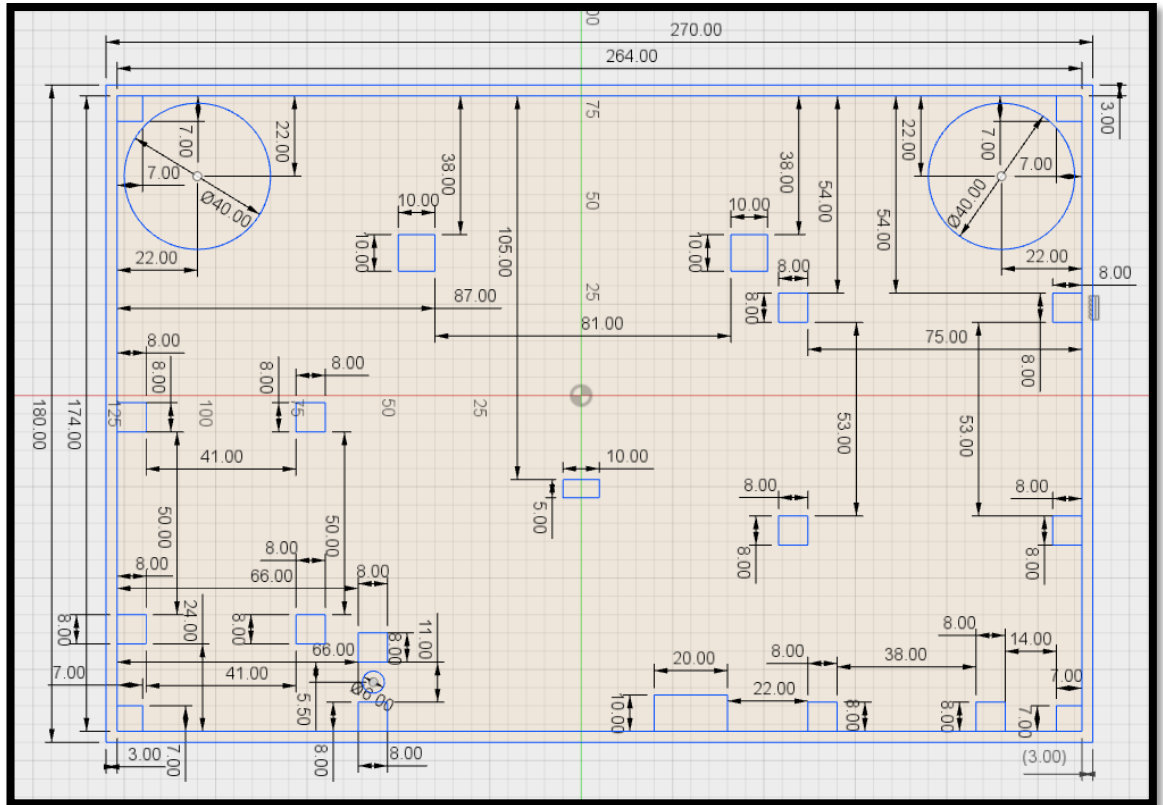
4.2 Kuoren suunnitleminen

Ennen kuoren mallintamista tehtiin suunnitelma kuorien ensimmäisestä malliversiosta, jota lähdettiin tarvittaessa muokkaamaan mallintamisen edetessä haluttuun suuntaan. Kuoresta haluttiin tehdä symmetrinen ja kaksiosainen, jotta kuorien kiinnitys voitaisiin suorittaa siten, että kiinnitysruuvien kannat jäävät taulutietokoneen takapuolelle. Kuoren kulmat ja reunat haluttiin pyöristettyinä, jotta taulutietokone saisi modernin yleisilmeen.

Raspberry Pi -taulutietokoneen kuori suunniteltiin luonnostelupaperille, jonka päälle kaikki komponentit sijoitettiin siten, että ne veivät mahdollisimman vähän tilaa. Tämä suoritettiin, jotta liitännät olisi mahdollisimman helppo toteuttaa. Komponentteja sijoittaessa merkittiin niiden tarkat sijainnit luonnostelupaperille kymmenesosamillimetrin tarkkuudella. Luonnostelupaperin pohjalta luotiin Autodesk Fusion 360 -tietokoneohjelmalla tarkemmat ja selkolukuisemmat mittakuvat, joiden avulla taulutietokoneen kuorta lähdettiin mallintamaan.

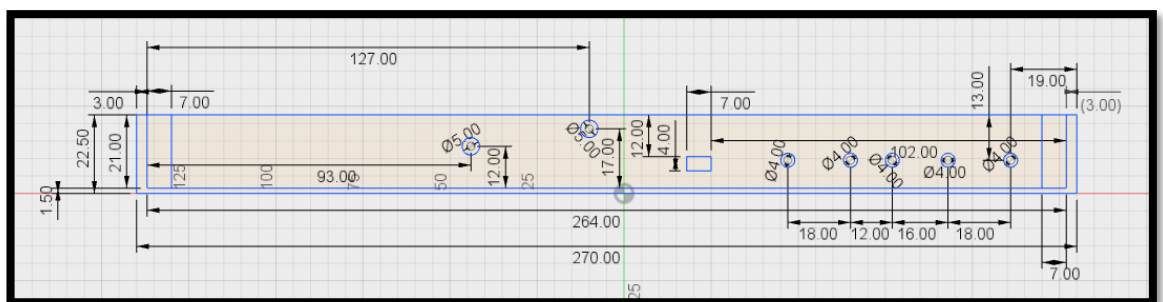
4.2.1 Kuoren alaosan suunnitteleminen

Suunnitellessa kuoren alaosaa todettiin, että toimivin ratkaisu rakentaa komponentit kuoren sisään oli asettaa painavin komponentti eli Varta Power Pack -varavirtalähde keskelle takaosaa, jotta taulutietokone saatiin mahdollisimman tasapainoiseksi. Näin ollen Raspberry Pi 3 Model B -minitietokoneen sijoituspaikaksi todettiin ylhäältä katsottuna varavirtalähteen vasen puoli mahdollisimman lähelle alareunaa, jättäen kuitenkin tilaa sen alapuolelle Raspberry Pi -kamera-moduulille. Näytönohjainmoduuli sijoitettiin varavirtalähteen oikealle puolelle vertikaalisesti keskelle liitännäpaikkojen suuntautuessa alaspäin. Kaksi kaiutinta sijoitettiin suunnitelmassa minitietokoneen ja näytönohjainmoduulin yläpuolelle mahdollisimman lähelle kuoren kulmia. Kuviossa 13 olevat minitietokoneen, näytönohjainmoduulin ja kameran kiinnityskohdat ovat kaikki korkeudeltaan viisi millimetriä Raspberry Pi -taulutietokoneen kuoren pohjasta katsottuna. Varavirtalähteen molemmilta puolilta löytyvät kiinnityskohdat ovat korkeudeltaan 15,00 millimetriä, jotta sen päälle asetettava kiinnityspala istuisi paremmin paikoilleen (Kuvio 14).



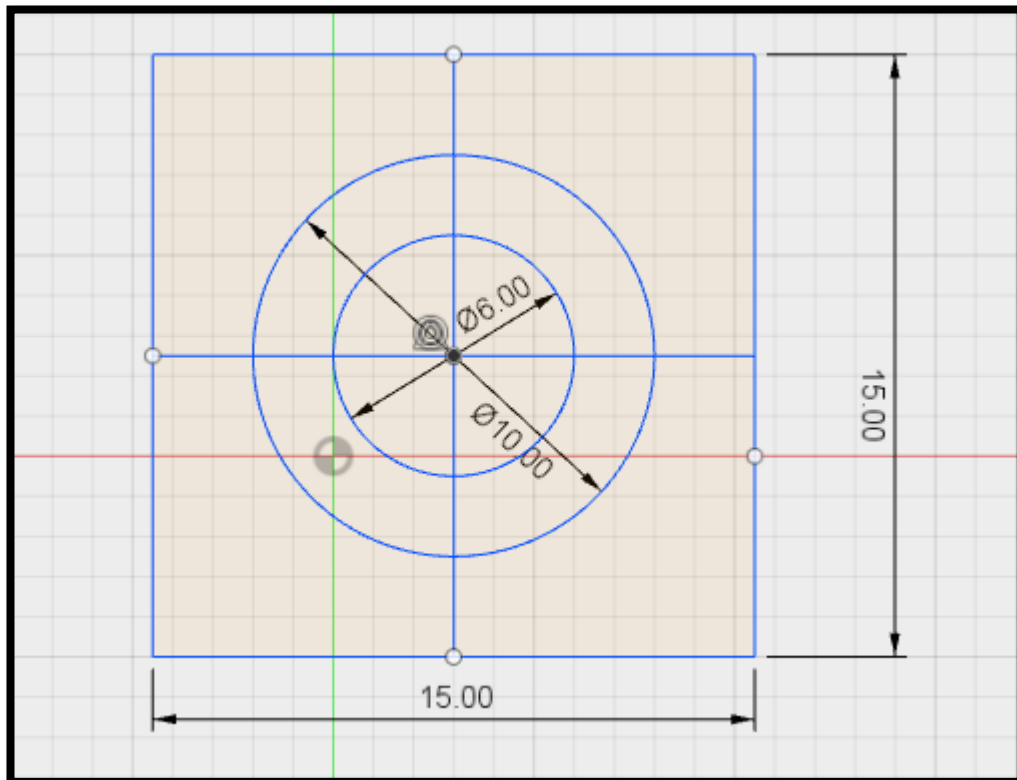
Kuvio 14. Kuoren alaosan mittapiirustus ylhäältä katsoen

Näytönohjainmoduulin erillinen näppäimistö näytön asetuksien muokkaamista varten sijoitettiin näytönohjainmoduulin alapuolelle alareunaan kiinnitettynä. Kuoren alaosan alareunaan horisontaalisesti keskikohdalle tehtiin reikä, josta voidaan katsoa palaako varavirtalähteen merkkivalo. Tästä 34,00 millimetriä vasemmalle, hieman alemmas tehtiin toinen halkaisijaltaan viisi millimetriä oleva reikä taulutietokoneen käynnistämistä varten. Kuoren korkeudelle mitat määrittivät varavirtalähde ja sen päälle asetettava kiinnityspala. Ne olivat kuoren pohjasta katsottuna taulutietokoneen sisäisten komponenttien korkein kohta (Kuvio 15).



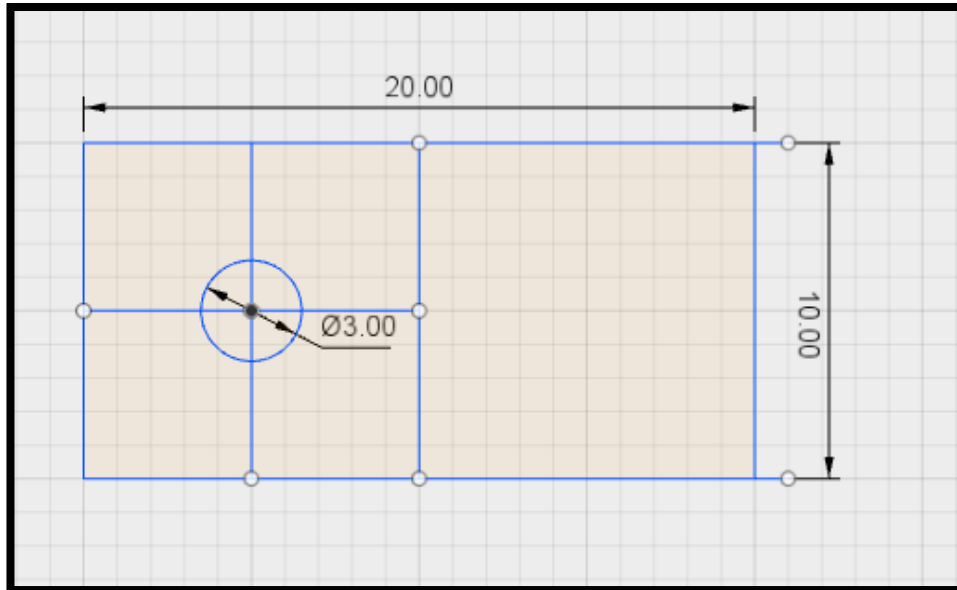
Kuvio 15. Kuoren alaosan mittapiirustus edestäpäin katsoen

keeksi kiinnitettiin suunnitelmassa kaksi samanlaista 68,00 millimetriä syvyyssuunnassa olevaa ohjainta. Horisontaalisesti kuoren alaosaan katsottaessa vasemmanpuoleisen ohjaimen tarkoituksena on estää taulutietokoneen käyttäjää koskemasta vahingossa muihin komponentteihin kuin varavirtalähteen käynnistyskytkimeen. Oikeanpuoleisen ohjaimen tarkoituksena on näyttää käyttäjälle kuoren sisältä ainoastaan varavirtalähteen valo, nähdäkseen kuluttaako varavirtalähde virtaa vai ei (Kuvio 17).



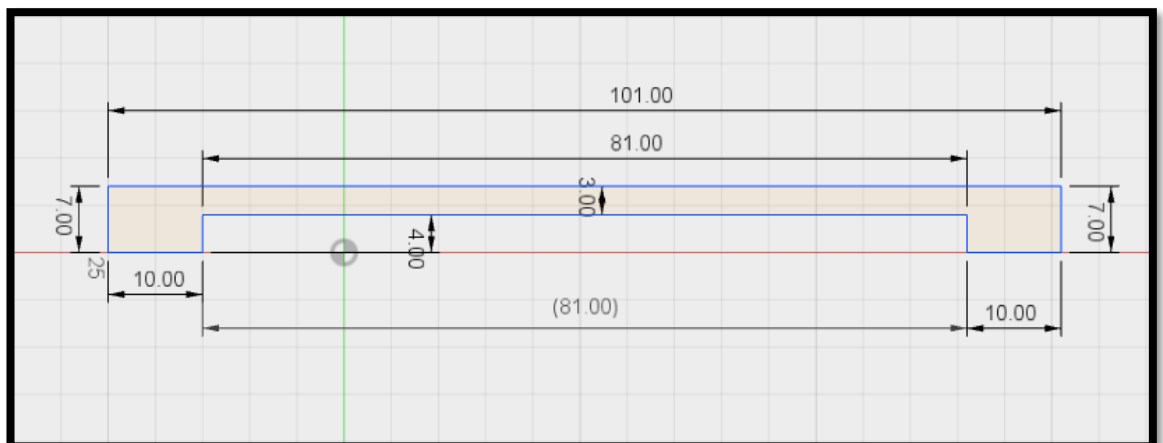
Kuvio 17. Ohjainten mittapiirustus ylhäältä katsoen

Raspberry Pi -taulutietokoneen näyttö asetettiin suunnitelmassa paikoilleen kiinnityspilareiden väliin yläkautta, kuoren yläosan ollessa pöydällä ylösalaisin. Näytölle tarvittiin kuusi kappaletta kolmen millimetrin vahvuisia kiinnitysosia, joiden avulla se oli mahdollista kiinnittää tiukasti kiinnityspilareiden väliin (Kuvio 18).



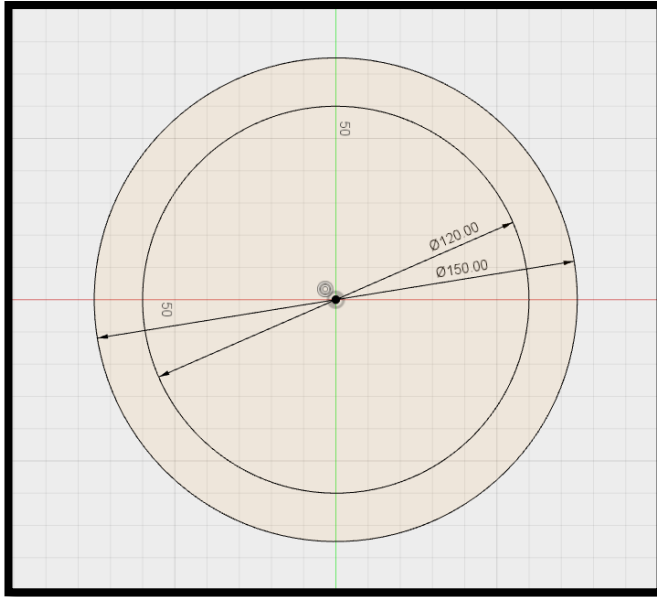
Kuvio 18. Kiinnitysosan mittapiirustus ylhäältä katsoen

Varavirtalähde sijoitettiin suunnitelmassa kuoren alaosan pohjaan, keskelle kolmen tukipilarin sekä yläseinän väliin. Kahden 15,00 millimetriä korkean tukipilarin päälle kiinnitettiin varavirtalähteen kiinnitysosa, joka lukitsee sen paikoilleen (Kuvio 19).



Kuvio 19. Varavirtalähteen kiinnitysosan mittapiirustus edestäpäin katsoen

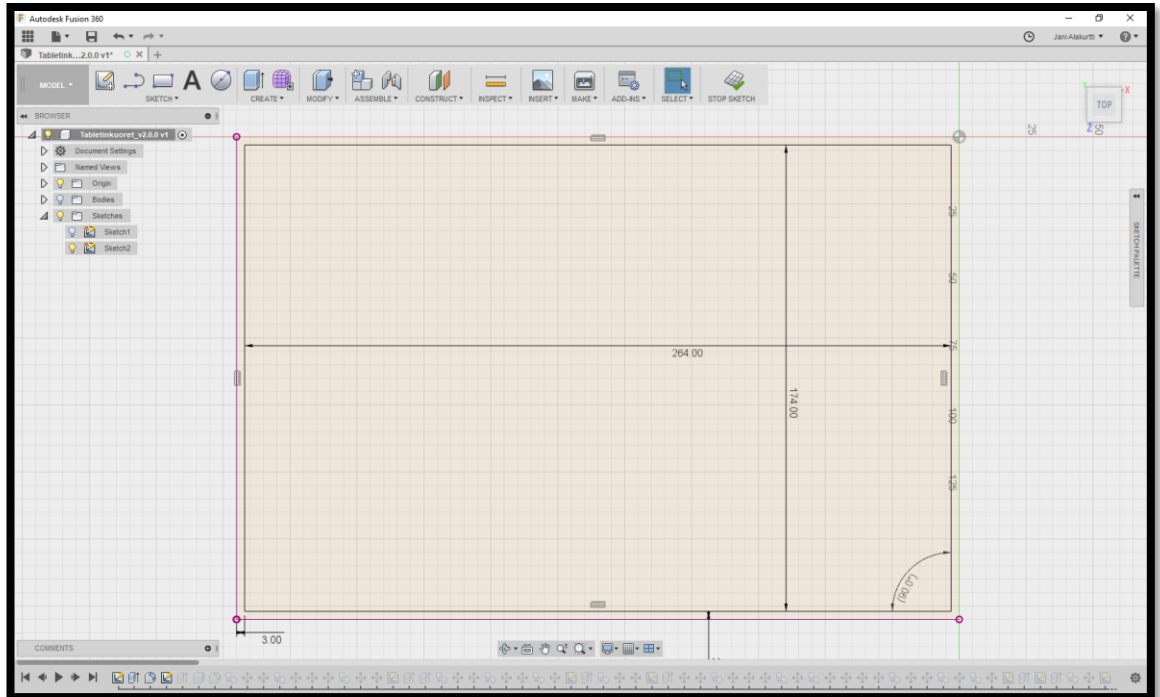
Raspberry Pi -taulutietokoneelle tehtiin oma teline, johon se voidaan asettaa kun sillä työskennellään pöydän ääressä. Taulutietokone asetetaan telineeseen ylhäältä käsin sille tehtyyn 35 asteen kulmassa olevaan syvennykseen. Telineen korkeus on 55,00 millimetriä (Kuvio 20).



Kuvio 20. Telineen mittapiirustus ylhäältä katsoen

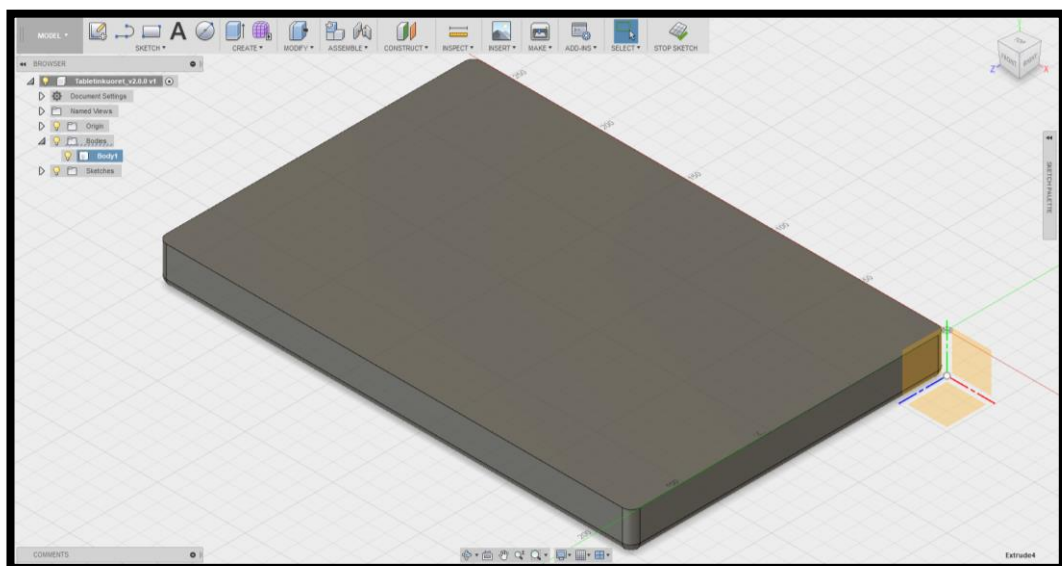
4.3 Kuoren mallintaminen

Mallintaminen tietokoneavusteisella Autodesk Fusion 360 -suunnitteluohjelmalla aloitettiin kuoren alaosasta, joka on Raspberry Pi -taulutietokonetta ajatellen kaikkein kriittisin osa, sillä suurin osa komponenteista tullaan kiinnittämään sen sisään tarkkaan valituille sijoituspaikoille. Jokaisen erillään tulostettavan osan mallintaminen tietokoneavusteisella Autodesk Fusion 360 -suunnitteluohjelmalla tapahtui samoja pääpiirteisiä linjoja noudattaen. Mallintaminen aloitettiin luomalla ensin luonnos (Sketch) mallinnettavan kappaleen ääri viivoista joko ylhäältä tai edestäpäin katsoen. Saman luonnoksen sisään oli mahdollista sekä suositeltavaa lisätä enemmän päälinjaisia mallinnettavan kappaleen ääri viivoja, joiden avulla kappaletta lähdettiin muodostamaan (Kuvio 21).



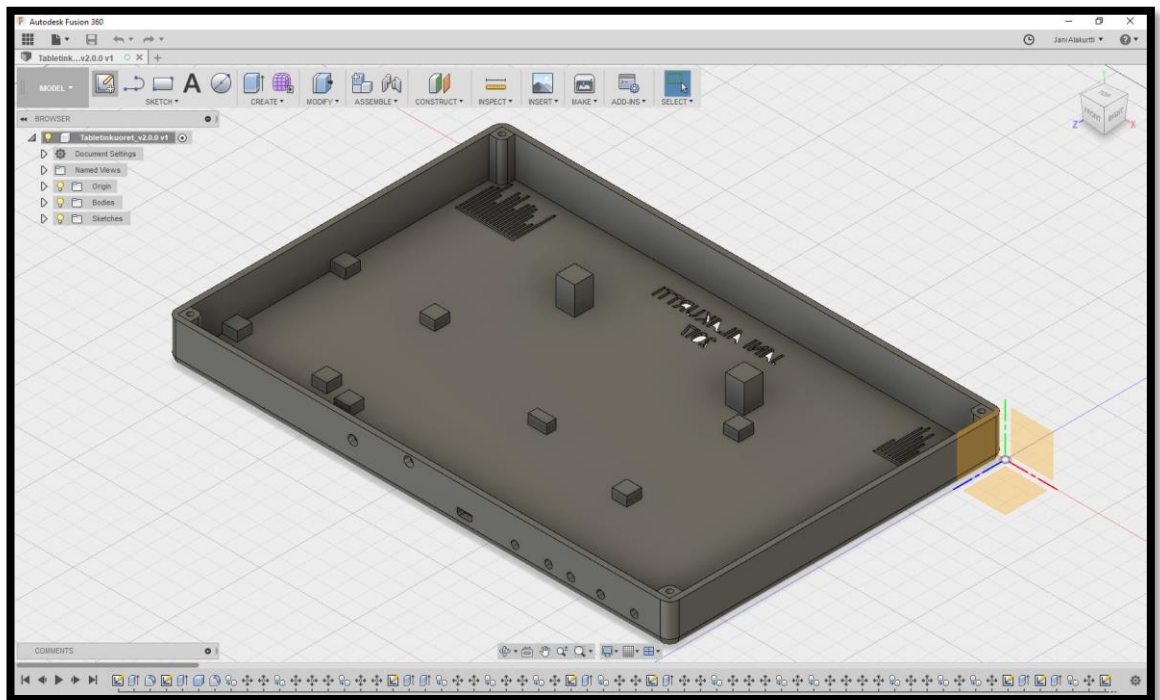
Kuvio 21. Kuoren alaosan ensimmäinen luonnos

Luonnoksen luomisen jälkeen mallinnuksessa siirryttiin itse mallinnustyökalujen käyttöön, joiden avulla kaksiulotteisesta luonnoksesta luotiin kolmiulotteinen malli. Raspberry Pi -taulutietokoneen kuoria, sen lisäosia sekä telinettä mallinnettaessa käytettiin eniten Extrude-mallinnustyökalua, jonka avulla hallittiin mallinnettavan kappaleen ulottuvuutta. Pyöristykset tarvittaviin kappaleiden osiin luotiin Fillet-mallinnustyökalun avulla (Kuvio 22).



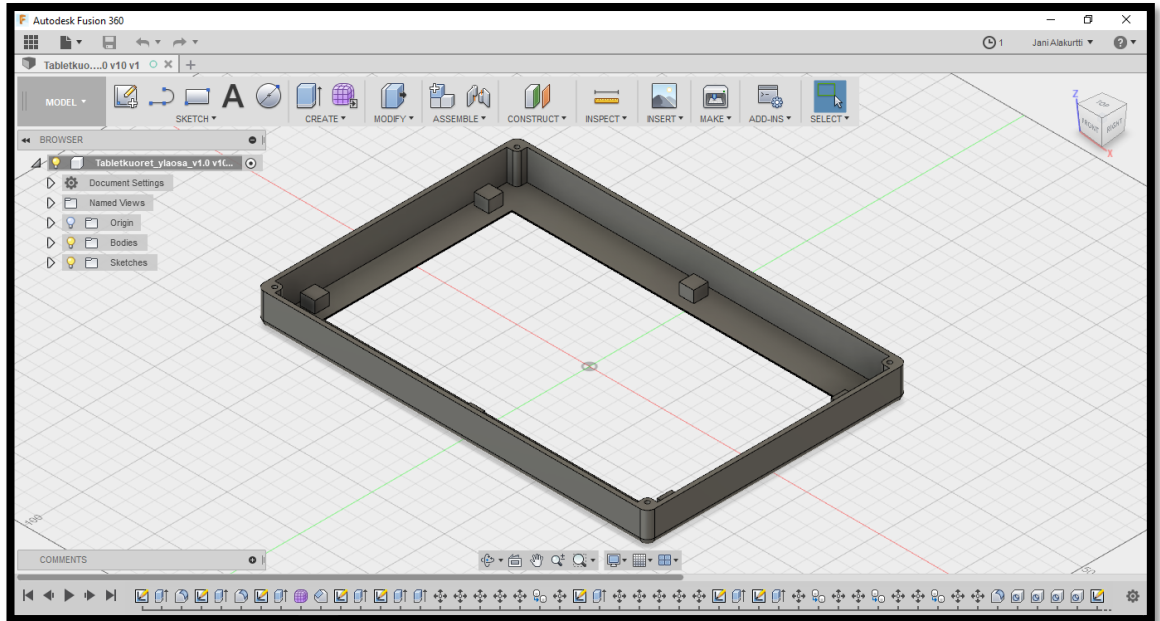
Kuvio 22. Kuoren alaosa kolmiulotteisena

Mallintamisen edetessä seurattiin alkuperäistä mittapiirustusta, jonka mukaisesti luotiin lisää luonnoksia saman tiedoston sisään. Niiden avulla mallinnettava kappale alkoi muotoutua halutun kaltaiseksi. Erillään luodut luonnokset ja niiden kolmiulotteiset mallikappaleet yhdistettiin alkuperäiseen kappaleeseen Combine-mallinnustyökalua apuna käyttäen. Sen avulla oli mahdollista luoda myös reikiä kappaleeseen, kuten kuoren alaosan nimikirjaimet sekä kaiuttimien reiät (Kuvio 23).



Kuvio 23. Kuoren alaosan viimeinen malliversio

Kuoren yläosan mallintamisen lähtökohtana käytettiin samaa luonnosta kuin kuoren alaosassa, jotta voitiin minimoida riski erikokoisen kappaleen mallintamisesta. Yläosan pyöristykset sekä kulmien ruvinreikien paikat otettiin myös suoraan kappaleen alaosan mallinnuksesta, jotta saatiin luotua identtinen vastakappale (Kuvio 24).



Kuvio 24. Kuoren yläosan viimeinen malliversio

Autodesk Fusion 360 -suunnitteluohjelmassa on sisäänrakennettuna Measure-työkalu, jonka avulla oli mahdollista mitata ja varmistaa ennen kappaleiden tulostamista, että niiden mittasuhteet ja etäisyydet olivat oikeat. Mahdollisen mallintamisvaiheessa tapahtuneen näppäilyvirheen pystyi korjaamaan siirtämällä luonnoksia ja niiden kolmiulotteisia malleja Move-mallinnustyökalun avulla vielä jälkikäteen. Mallinnettavan kappaleen ollessa valmis se tallennettiin .stl-tiedostomuodossa, jotta sitä voitiin käsitellä tulostusohjelmalla ennen tulostettavaksi siirtämistä.

5 TULOSTUSPROSESSI

5.1 miniFactory Innovator

Kuori, sen lisäosat sekä teline tulostettiin Lapin ammattiopiston 3D-tulostustilassa osoitteessa Korvanranta 50 sijaitsevalla miniFactory Innovator -3D-tulostimella (Kuvio 25). miniFactory Innovatorissa on kaksi suutinta, joilla on mahdollista tulostaa useilla eri materiaaleilla, kuten PLA-, ABS-, sekä HIPS-muoveilla. Tulostusalueen koko yhdellä suuttimella kerrallaan tulostaessa on 330 x 260 x 305 millimetriä, joka mahdollistaa kuoren ja sen lisäosien tulostamisen ilman kappaleten leikkaamista osiin. Tarkimmillaan Innovatorin suuttimien paikoitustarkkuus X- ja Y-suuntiin liikkuessa on 0.01 ja Z-suuntaan liikkuessa 0.02 millimetriä. Lämmitettävän tulostusalueen lämpötila on 125 celsiusastetta ja suuttimen korkein mahdollinen lämpötila 390 celsiusastetta. (miniFactory 2017.)

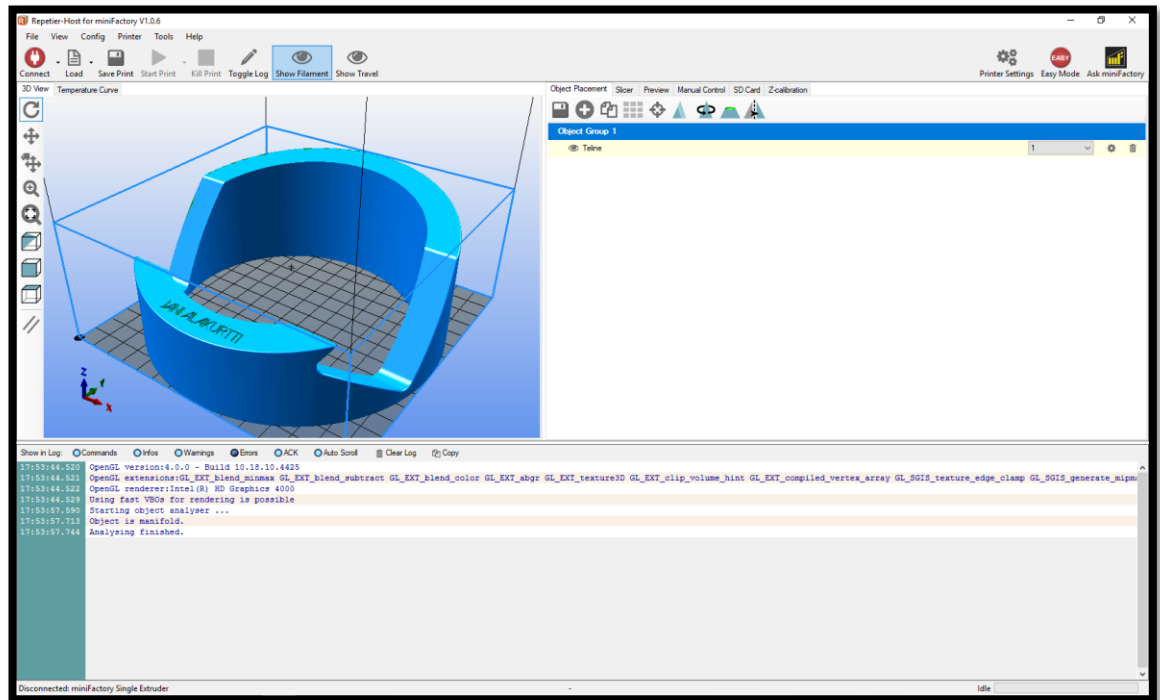


Kuvio 25. miniFactory Innovator

5.2 Repetier-Host for miniFactory

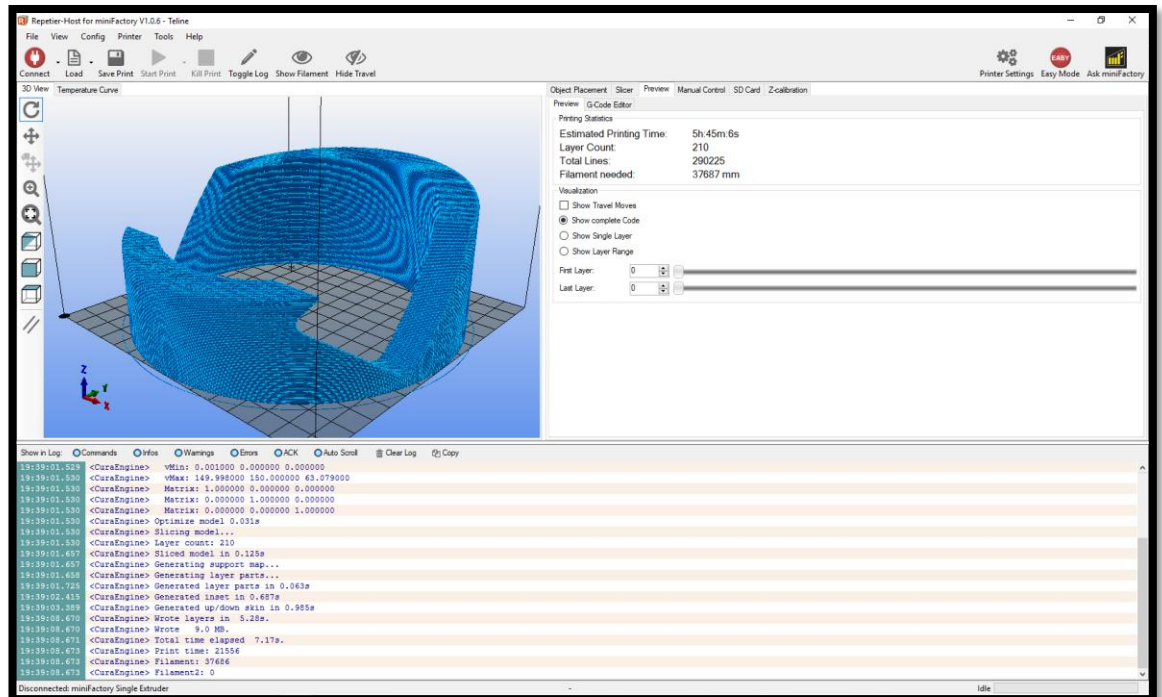
Tulostusohjelmana käytettiin miniFactoryn 3D-tulostimille räätälöityä Repetier-Host for miniFactory -tietokone-ohjelmaa, jolla voitiin manipuloida tulostettavaa

kappaletta tietokoneavusteisen suunnittelun jälkeen sekä muokata tulostusta varten tarvittavat asetukset. Tulostusprosessi aloitettiin avaamalla haluttu kappale .stl-tiedostomuodossa tulostusohjelmassa, minkä jälkeen se kertoi käyttäjälle kappaleen olevan tulostusvalmiina tai osoitti kappaleesta vikakohtan (Kuvio 26). Tarvittaessa kappale siirrettiin ohjelmassa näkymän tulostusalustan keskelle, jotta tulostin pystyi tulostamaan sen kokonaisuudessaan.



Kuvio 26. Teline Repetier-Hostissa tulostusvalmiina

Ennen kappaleen tulostamista se ajettiin Slicer-työkalun läpi, joka suoritti tulostuksen virtuaalisesti tietokoneella. Slicer-työkalulla oli mahdollista muokata kullekin kappaleelle erillisesti tarvittavia hienosäätöjä itse tulostamista varten, kuten paikoitustarkkuutta sekä tukimateriaalien tarvetta. Asetuksien ollessa kohdallaan voitiin aloittaa Slicer-työkalun suorittama ajo, joka loi kappaleesta esinäkymän (Kuvio 27). Slicer-työkalun suorittaman ajon jälkeen tulostettava kappale voitiin tallentaa USB-muistitikulle .stl-tiedostomuodossa, jonka miniFactoryn Innovator tunnistaa ja pystyy tulostamaan.

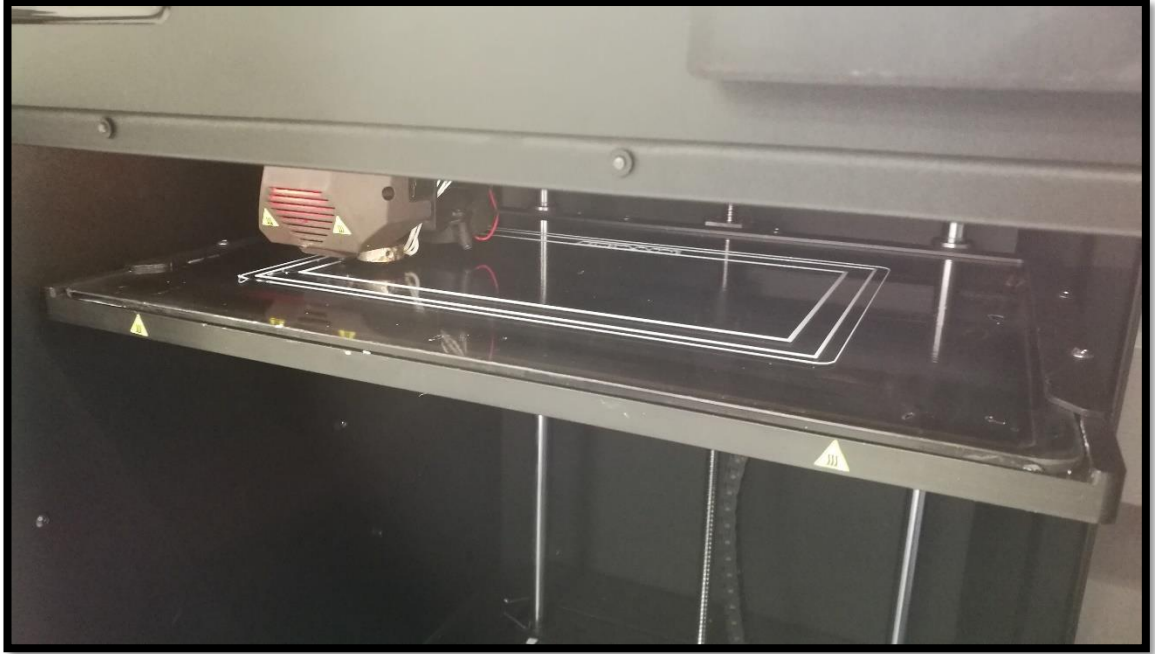


Kuvio 27. Teline Slicer-työkalan jälkeen

5.3 3D-tulostaminen

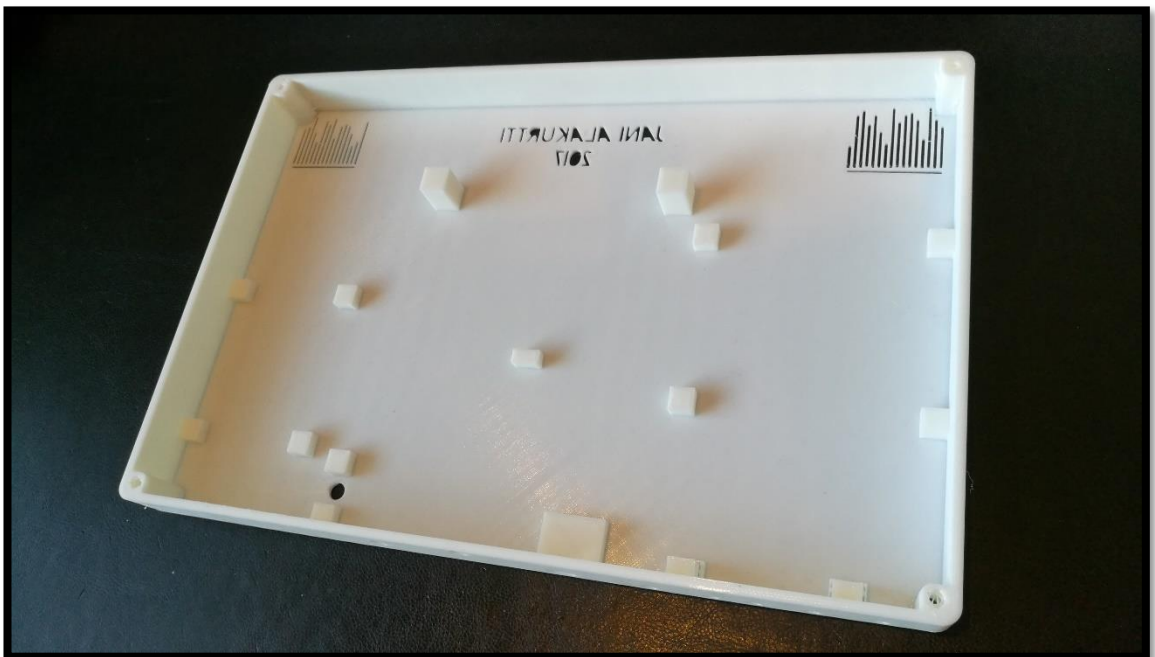
Ennen jokaisen tulostuksen käynnistämistä miniFactory Innovator -3D-tulostimen alusta kalibroitiin, jotta voitiin varmistua kappaleen kiinnittymisestä siihen kunnonla. Kalibrointi tapahtui manuaalisesti asettamalla paperiarkki jokaisen suuttimen alle kerrallaan. Samaan aikaan säädettiin suuttimen korkeutta tulostimen visuaalista ohjausnäyttöä ja ohjainpainiketta apuna käyttäen. Tulostimen alustan kalibroinnin jälkeen .stl-tiedoston sisältämä USB-muistitikku asetettiin tulostimeen. (Sunnari 2017.)

Visuaalisen ohjausnäytön avulla valittiin tulostusmateriaali, jota haluttiin käytettävän. Raspberry Pi -taulutietokoneen kuoren, lisäosien sekä telineen materiaalina käytettiin valkoista PLA-muovia sen kovuuden ja sitkeyden takia. Tulostusmateriaalin valitsemisen jälkeen USB-muistitikulta valittiin se tiedosto, joka haluttiin tulostaa. Tiedoston valitsemisen jälkeen miniFactory Innovator -3D-tulostin aloitti kappaleen tulostamisen (Kuvio 28). (Sunnari 2017.)



Kuvio 28. Kuoren alaosa tulostumassa

Raspberry Pi -taulutietokonetta varten tulostettavien kappaleiden tulostusajat vaihtelivat kahdeksasta 24 tuntiin, kuoren alaosan tarkkuutta vaativien yksityiskohtien viedessä eniten aikaa. Kappaleet irrotettiin tulostimen alustasta veistä apuna käyttäen, minkä jälkeen ne olivat käyttövalmiina tarkoituksiinsa ilman jatkokäsittelyä (Kuvio 29). Liite 1 sisältää lisää kuvia kaikista tulosteista.



Kuvio 29. Kuoren alaosa suoraan tulostimesta irrotettuna

6 TAULUTIETOKONEEN KOKOAMINEN

Raspberry Pi -taulutietokoneen kokoaminen suoritettiin kirkkaan työvalon alla. Tärkeimpinä työkaluina kokoamisessa käytettiin yleismittaria, juotoskolvia, akkuporakonetta ja ristipäämeisseliä. Kokoamisen ja sähkökytkentöjen edetessä varavirtalähde pidettiin suljettuna, jotta oli mahdollista välttyä vahingoittamasta komponentteja.

6.1 Kuoren alaosan komponentit

Raspberry Pi -taulutietokoneen kasaaminen lopulliseen käyttövalmiuteen aloitettiin kiinnittämällä komponentit kuoren alaosaan niille varattuihin kiinnistyspisteisiin (Kuvio 30). Raspberry Pi 3 Model B -minutietokone sijoitettiin sille varatulle paikalle, minkä jälkeen merkittiin kohta, johon akkuporakoneella tehtiin reikä. Minitietokone ruuvattiin pienillä ruuveilla ristipäämeisseliä apuna käyttäen valmiisiin reikien alkuihin. Samoin toimittiin näytönohjainmoduulin ja sen erillisen näppäimistön, kameran sekä microUSB-adapterin kiinnittämisen suhteen. Keskelle kuoren alaosaa sijoitettava Varta Power Pack -varavirtalähde laitettiin ensin sitä varten suunniteltujen kolmen tukipilarin väliin. Varavirtalähteen päälle asetettiin sen jälkeen kiinnitysosa, joka ruuvattiin paikalleen samoin kuin muut komponentit. Ekulit LMS-45F -kaiuttimet kiinnitettiin kuoren alaosan yläkulmiin kaksikomponenttiliimalla. Varavirtalähteen virran katkaisemista ja merkkivaloa varten tehdyt ohjaimet liimattiin niille varattuihin paikkoihin kuoren alaosan etuseinään. Minitietokoneeseen liitettiin vielä langattoman hiiren USB-vastaanotin, jotta taulutietokonetta pystytään hallitsemaan myös hiirtä apuna käyttäen.



Kuvio 30. Komponentit kiinnitettyinä kuoren alaosaan

6.2 Kuoren yläosan komponentti

Kuoren yläosaan sijoitettiin vain yksi komponentti, joka on taulutietokoneen 10.1 tuuman nestekide-kosketusnäyttö. Kuoren yläosa asetettiin pöydälle ylösalaisin, minkä jälkeen näyttö laitettiin näyttöpuoli edellä sille suunniteltujen tukipilareiden väliin. Jotta näyttö pysyisi paikallaan taulutietokonetta käytettäessä, se lukittiin paikalleen ruuvaamalla kuusi pientä kiinnitysosaa kiinni tukipilareihin (Kuvio 31). Kiinnitysosien alle liimattiin pehmusteet, jotta näytön takaosa ei pääse vaurioitumaan kuoren kiinnityksessä.

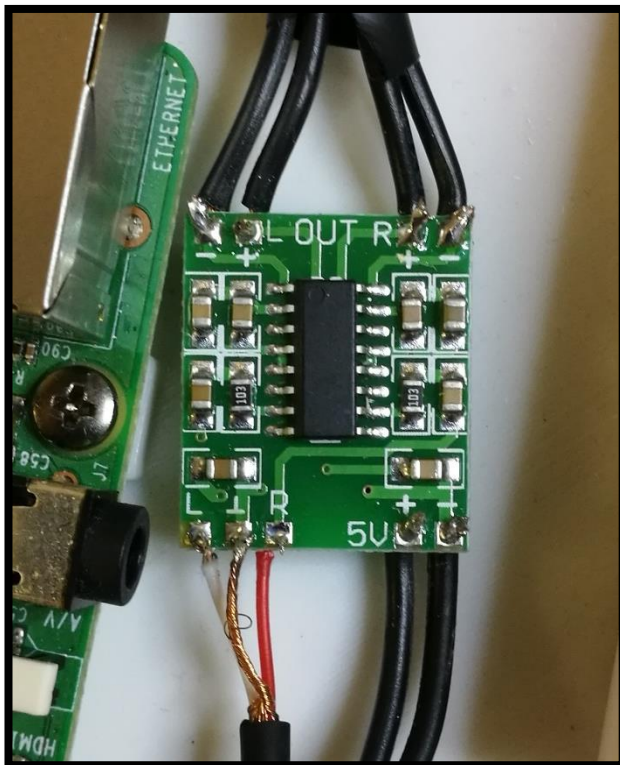


Kuvio 31. Nestekide-kosketusnäyttö kiinnitettyinä kuoren yläosaan

6.3 Sähkökytkennät

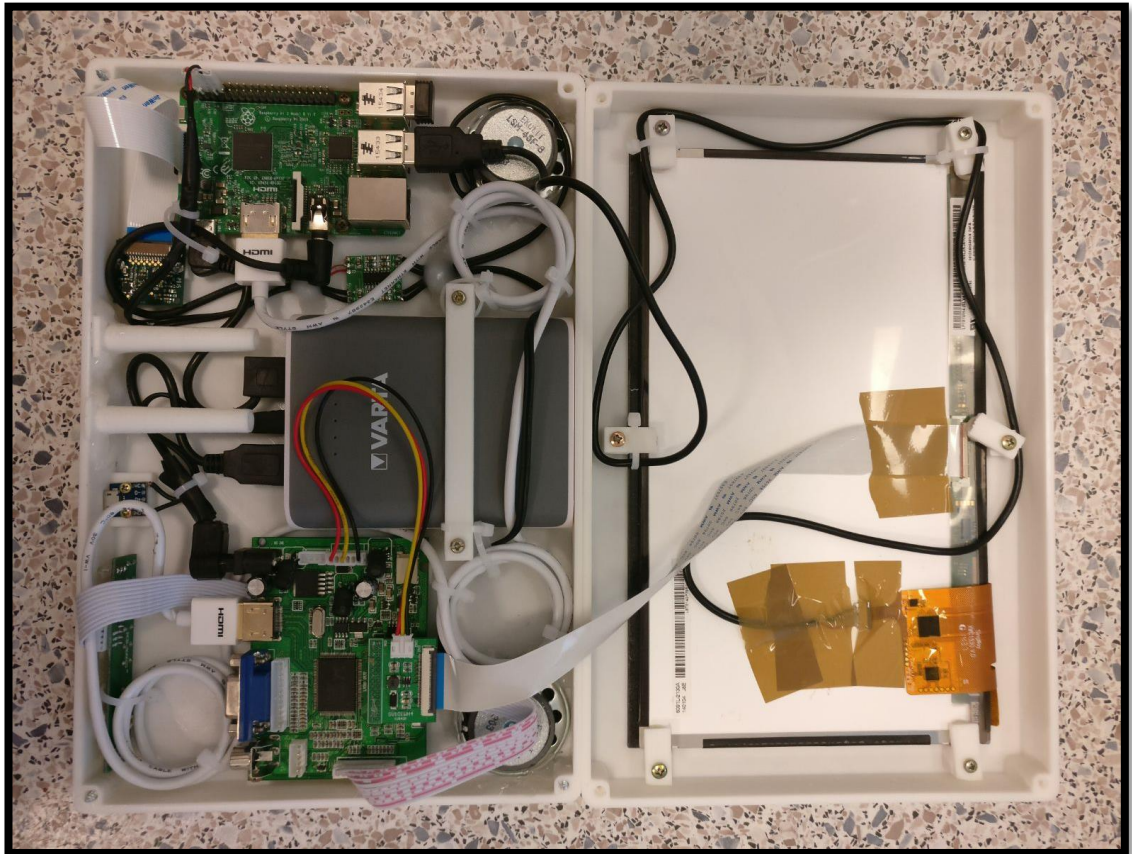
Komponenttien ollessa kiinnitettyinä paikoillensa aloitettiin niiden kytkeminen toisiinsa, jotta taulutietokoneen käynnistäminen olisi mahdollista. Ensimmäisenä kytkettiin microUSB-adaptteri varavirtalähteeseen. Kytkentä suoritettiin katkaisemalla tehdasvalmisteinen urospuolinen microUSB-kaapeli, jonka urospääty kiinnitettiin varavirtalähteeseen. Kaapelin katkaistu pääty juotettiin microUSB-adaptteriin kiinni, mahdollistaen varavirtalähteen lataamisen ilman kuoren aukaisemista. Samalla tavalla kytkettiin näyttöohjainmoduuli varavirtalähteeseen katkaisemalla tehdasvalmisteinen USB-kaapeli sekä juottamalla sen katkaistu pääty näyttöohjainmoduulin virtapistokkeeseen.

Jotta taulutietokoneen äänet toimisivat, juotettiin katkaistun tehdasvalmisteisen jakkiliittimen pääty äänivahvistimen äänituloon. Vahvistimen äänilähdöstä juotettiin parikaapeli molempien kaiuttimien äänituloihin, joka saa äänen kulkemaan minitietokoneesta kaiuttimiin. Käyttöjännite äänivahvistimelle saatiin kytkemällä minitietokoneen GPIO-pinneistä plus viisi voltia sekä miinus parikaapelilla vahvistimeen (Kuvio 32).



Kuvio 32. Äänivahvistimen kytkennät

Viimeisinä liitännöinä suoritettiin tehdasvalmisteisen microUSB-kaapelin kytkeminen varavirtalähteestä minitietokoneeseen antamaan laitteelle virtaa. Kamera-moduuli asetettiin minitietokoneeseen sille tarkoitetulle liitännäpaikalle. Näytönohjainmoduulin erillinen näppäimistö liitettiin kiinni alkuperäisen paketin mukana tullella kaapelilla. Nestekide-kosketusnäytöstä lähtevä USB-kaapeli kiinnitettiin minitietokoneen USB-porttiin, minkä välityksellä toimii sen kosketusominaisuus. Viimeisenä sähkökytkentänä Raspberry Pi -taulutietokoneen kokoamisessa suoritettiin näytön virtapiirilevyn kiinnittäminen näytönohjainmoduuliin sille varatulle paikalle. Kytkentöjen jälkeen suoritettiin kaapelinhallinta nippusiteitä apuna käyttäen, jotta johdot pysyvät paikoillaan (Kuvio 33).



Kuvio 33. Taulutietokone sisältäpäin kaapelinhallinnan jälkeen

6.4 Toimintavalmis Raspberry Pi -taulutietokone

Komponenttien kiinnittämisen sekä sähkökytkentöjen jälkeen kuoren yläosa asetettiin työpöydälle näyttöpuoli alaspäin. Kuoren alaosa käännettiin ylösalaisin ja

asetettiin yläosan päälle siten, että ruuvien reiät kohtaavat toisensa. Taulutietokone ruuvattiin yhteen kuoren alaosan pohjan kautta, minkä jälkeen se oli valmis asetettavaksi sitä varten suunniteltuun telineeseen. Lopuksi laite käynnistettiin ja siihen yhdistettiin Bluetooth-yhteyden avulla langaton näppäimistö, joka yhdessä langattoman hiiren kanssa loi taulutietokoneelle monimuotoisen käyttömahdollisuuden (Kuvio 34). Liitteessä 2 esitetään lisää kuvia valmiista taulutietokoneesta kokonaisuudessaan.



Kuvio 34. Raspberry Pi -taulutietokone kokonaisuudessaan

7 POHDINTA

Johtopäätöksenä Raspberry Pi -taulutietokone opinnäytetyöstä voidaan todeta, että laitteen kehittäminen toimintakuntoiseksi tiedonhaun sekä muistiinpanojen tekemisen välineeksi on kokonaisuudessaan onnistunut. Taulutietokonetta on vaivatonta käyttää niin kosketusnäytön kuin langattoman hiiren sekä näppäimistön avustuksella. Raspbian Jessie -käyttöjärjestelmästä löytyvien valmiiden LibreOffice- ja ohjelmointityökalujen, kuten Greenfoot Java IDE, Python 3 sekä Scratch ansiosta sillä on helppoa suorittaa muistiinpanojen laatiminen ja aloittaa omatoiminen ohjelmoinnin harjoittelu matalalla oppimiskynnyksellä. Langaton lähiverkkotekniikka mahdollistaa taulutietokoneen käytettävyyden lähes kaikkialla Suomessa, esimerkiksi jakamalla sitä omasta älypuhelimesta tai käyttämällä julkisia Wi-Fi-yhteyksiä.

Opinnäytetyön suorittaminen konkreettisen tietoteknisen laitteen luomisella voidaan pitää jälkikäteen arvokkaana kokemuksena, minkä aikana omat tietotekniset taidot kehittyivät huomattavasti. Ongelmatilanteita ratkottiin niin taulutietokoneen ohjelmointipuolen kuin 3D-mallintamisen sekä -tulostamisen suhteen. Opinnäytetyö avasi laajakatseisesti näkemystä teknologiakehittämiseen sekä teolliseen muotoiluun, joissa pyritään toiminnallisen laadun parantamiseen. Aikaisempi omatoiminen 3D-mallinnuskokemus Blender-grafiikkaohjelmasta madalsi kynnystä siirtyä käyttämään enemmän teollisen suunnittelun tarpeisiin tarkoitettua Autodesk Fusion 360 -ohjelmaa, jolla taulutietokoneen kuoren ja sen lisäosien mallintaminen toteutettiin. Sulautettuihin järjestelmiin ja elektroniikkaan suuntautuneet tietotekniikan insinööriopinnot toimivat hyvänä pohjana toteuttaa taulutietokoneen sisäisten komponenttien sähkökytkennät.

Opinnäytetyötä on mahdollista hyödyntää omiin tarpeisiin, kuten muistiinpanovälineenä ja työnhakuprosessissa todentamaan omaa tietoteknistä osaamista. Opinnäytetyön kirjallisella osuudella on mahdollisuus toimia toisen tai kolmannen asteen teknisessä koulutuksessa inspiroivana tekijänä opiskelijoille. Sitä on mahdollista hyödyntää myös ohjenuorana, kuinka rakentaa oma taulutietokone tai jokin muu Raspberry Pi -minitietokoneeseen perustuva tietotekninen laite.

Raspberry Pi -taulutietokone on opinnäytetyön valmistuessa täysin toimiva laite, jota voidaan käyttää ja hyödyntää kuten aiemmin mainittiin. Jatkokehityksen mahdollisuuksia itse laitteessa on rajattomasti niin komponenttien, ohjelmistojen toimivuuden kuin teollisen muotoilun puolella. Taulutietokoneen käytettävyyttä ajatellen tärkeimpinä ohjelmalliselta puolelta katsottuna voidaan pitää näyttönäpäämistön avautumista kirjoituskenttää koskettaessa sekä varavirtalähteen varaustilan näkymistä näytöllä. Teollinen muotoilu on mahdollista viedä pidemmälle 3D-teknologian avulla luomalla taulutietokoneelle kuoret, joissa on integroituna kosketusnäyttöä suojaava kansi ja teline. Komponenttien suhteen opinnäytetyön jatkokehitys vaatisi rahallista panostamista, jotta laitteesta voidaan rakentaa pienikokoisempi kokonaisuus.

LÄHTEET

7-zip 2017. Download. Viitattu 2.5.2017 <http://www.7-zip.org/download.html>.

Alibaba Group 2017. Product detail. Viitattu 17.4.2017 https://www.alibaba.com/product-detail/High-quality-LCD-panel-with-touch_60373083507.html.

Autodesk Fusion 360 2017. Overview. Viitattu 20.9.2017 <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>.

eBay Inc. 2017. Reversing Driver Board. Viitattu 20.4.2017 <http://www.ebay.com/itm/HDMI-VGA-2AV-Reversing-Driver-board-7inch-AT070TN90-800x480-lcd-display-/180974436891>.

Ekulit 2017. Datasheet. Viitattu 26.9.2017 <http://www.ekulit.de/wp-content/uploads/datasheets/120030%20LSM-45F-8.pdf>.

Endmemo 2017. Pixel convert. Viitattu 17.4.2017 http://www.endmemo.com/sconvert/pixel_cmppi.php.

Kenode Store 2017. Reversing Controller Board. Viitattu 20.4.2017 <http://kenode.com/hdmi-vga-2av-lcd-reversing-controller-board.html>.

miniFactory 2017. Innovator. Viitattu 26.9.2017 <http://www.minifactory.fi/3d-tuostin/innovator/>.

Modmypi 2017. Matchbox-keyboard. Viitattu 20.5.2017 <https://www.modmypi.com/blog/matchbox-keyboard-raspberry-pi-touchscreen-keyboard>.

Raspberry Pi Foundation 2017a. Raspberry Pi 3 Model B. Viitattu 12.4.2017 <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>.

Raspberry Pi Foundation 2017b. Raspberry Pi 3 Model B mekaaninen dokumentaatio. Viitattu 12.4.2017 https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/mechanical/RPI-3B-V1_2.pdf.

Raspberry Pi Foundation 2017c. Camera module. Viitattu 13.4.2017 <https://www.raspberrypi.org/products/camera-module/>.

Raspberry Pi Foundation 2017d. Camera. Viitattu 13.4.2017 <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/camera/README.md>.

Raspberry Pi Foundation 2017e. Software guide. Viitattu 2.5.2017 <https://www.raspberrypi.org/learning/software-guide/quickstart/>.

Raspberry Pi Foundation 2017f. Downloads. Viitattu 2.5.2017 <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>.

Raspberry Pi Foundation 2017g. Worksheet. Viitattu 2.10.2017
<https://www.raspberrypi.org/learning/getting-started-with-picamera/worksheet/>.

Resin.io 2017. Etcher. Viitattu 2.5.2017 <https://etcher.io/>.

SD Association 2017. SD Card Formatter. Viitattu 2.5.2017
https://www.sdcard.org/downloads/formatter_4/index.html.

Sunnari, M. 2017. Lapin ammattiopisto. Keskustelu IT- ja sähkötiimin projektityöntekijän kanssa 12.9.2017.

Verkkokauppa.com 2017. microSDHC-muistikortti. Viitattu 2.5.2017
<https://www.verkkokauppa.com/fi/product/54185/gvhnj/Kingston-8-Gt-UHS-I-1-microSDHC-muistikortti-SDHC-adapteri>.

VS Display Technology 2017. Specification. Viitattu 20.4.2017
<http://www.vslcd.com/Specification/VS-TY2662-V1.pdf>.

LIITTEET

- Liite 1. Kuvia tulostetuista kuoren osista
- Liite 2. Kuvia valmiista taulutietokoneesta

Kuvia tulostetuista kuoren osista

Liite 1 1(5)



Yllä kaksi kuvaa kuoren alaosasta ulkoapäin.



Kuva kuoren yläosasta ulkoapäin.



Kuva kuoren yläosasta sisältäpäin.



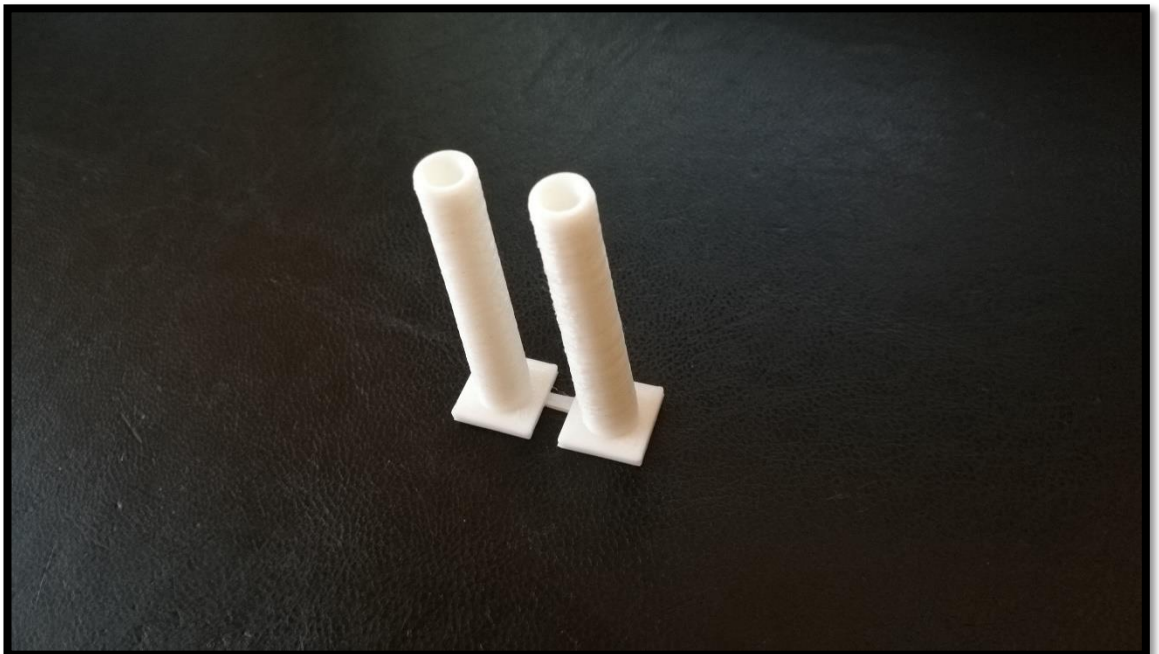
Kuva kuoren yläosasta ulkoapäin.



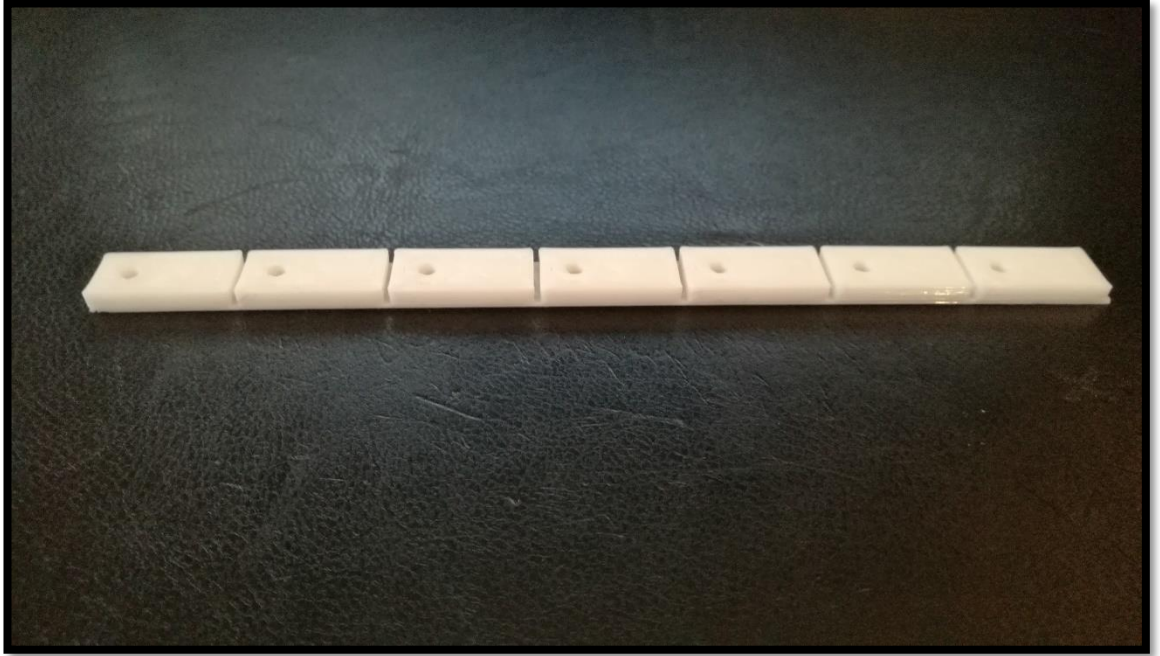
Kuva telineestä edestäpäin.



Kuva telineestä.



Kuva ohjaimista.



Kuva näytön kiinnityspaloista.

Kuvia valmiista taulutietokoneesta

Liite 2 1(3)





