



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

## **Kustomoitava Human Input Device – Harjoitustyö**

Eetu Karvonen 2476742

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA

462106A Hienomekaniikka 2019

# SISÄLLYSLUETTELO

KANSILEHTI.....	1
SISÄLLYSLUETTELO.....	2
TYÖN ESITTELY.....	3
KOTELON SUUNNITTELU.....	4
3D-TULOSTAMINEN.....	7
LAITTEEN KASAUS.....	9
RISKIANALYYSI.....	12
CE-MERKINTÄ.....	13
OHJELMOINTI.....	14
HARJOITUKSEN ARVIONTI.....	17

# TYÖN ESITTELY

Harjoitustyön tarkoituksena on tehdä laite, jolla voi antaa input-komentoja tietokoneelle langattomasti. Laitteen tulisi olla kohtalaisen helposti kustomoitavissa halutun käyttötarkoituksen mukaan. Harjoitustyö sisältää laitteen suunnittelun sekä toteutuksen.

## Toteutustapa

Laitteen toiminnallisuus toteutetaan kahden Arduino Pro Micro -mikroprosessorin (jäljempänä pelkkä arduino) avulla. Toinen arduino ottaa vastaan käyttäjän antamia input-komentoja ja lähettää komennot langattoman radiolähettimen avulla. Toinen arduino puolestaan ottaa omalla radiovastaanottimellaan komennot vastaan ja välittää tiedot input-komennoista tietokoneelle USB-väylää pitkin.

Input-komentojen toiminnallisuudet ohjelmoidaan Arduino IDE-kehitysympäristön avulla.

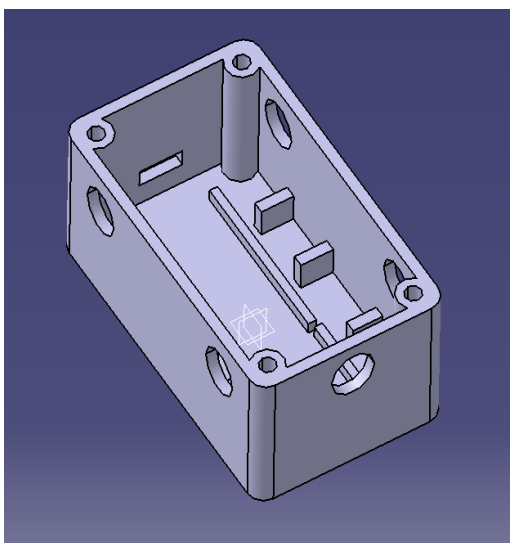
Inputeiksi valittiin painonappeja sekä joystick-tyylinen input.



Kuva 1. Hyödynnettävät komponentit: Arduino Pro Micro ATmega32U4 5V/16MHz, Joystick ohjain arduinolle tatti irroitettuna, 433MHz RF lähetin ja vastaanotin, sekä kaksi erilaista painonappia.

## KOTELON SUUNNITTELU

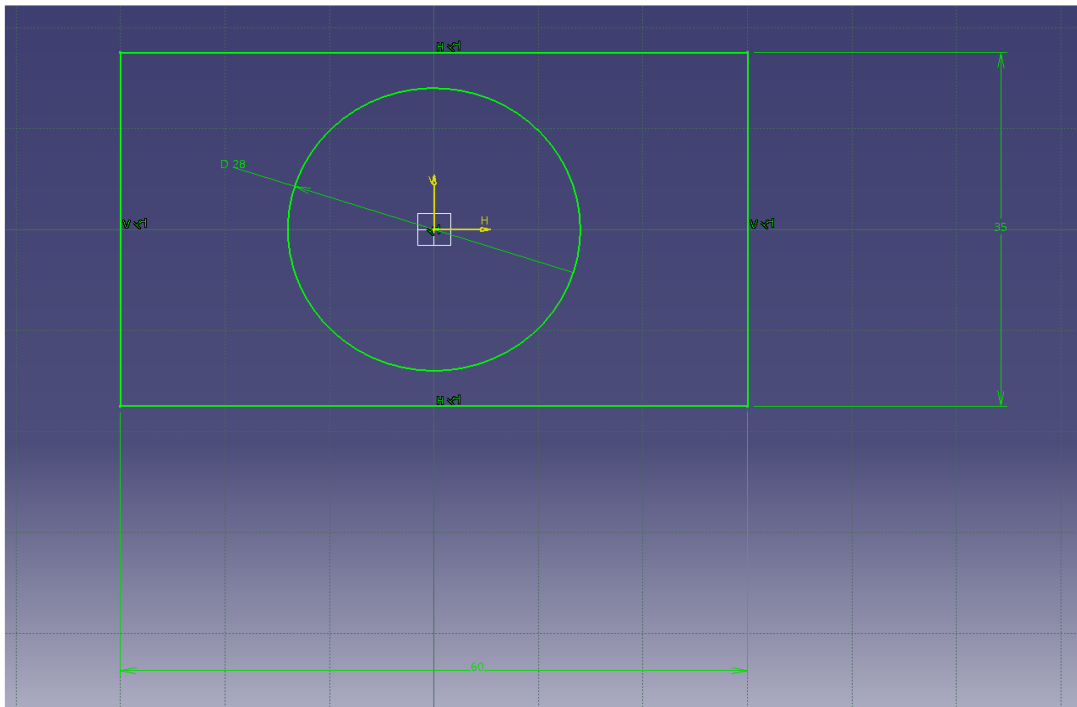
Input-komentoja vastaanottavalle arduinolla ja halutuille inpuiteille suunniteltiin kotelo käyttäen CATIA v5 CAD-suunnitteluohjelmistoa. Alku vaiheessa pohdittiin tehdäänkö kotelosta neliskulmikas vai pyöreä kellomainen kotelo. Päädyttiin tekemään neliskulmikas kotelo yksinkertaisuuden vuoksi sekä tyhjäntilan minimoimiseksi kotelossa. Kotelo koostuu itse kotelo-osasta, kotelon sulkevasta kannesta sekä joystick-ohjaimen ja arduinon väliin tulevasta välilevystä.



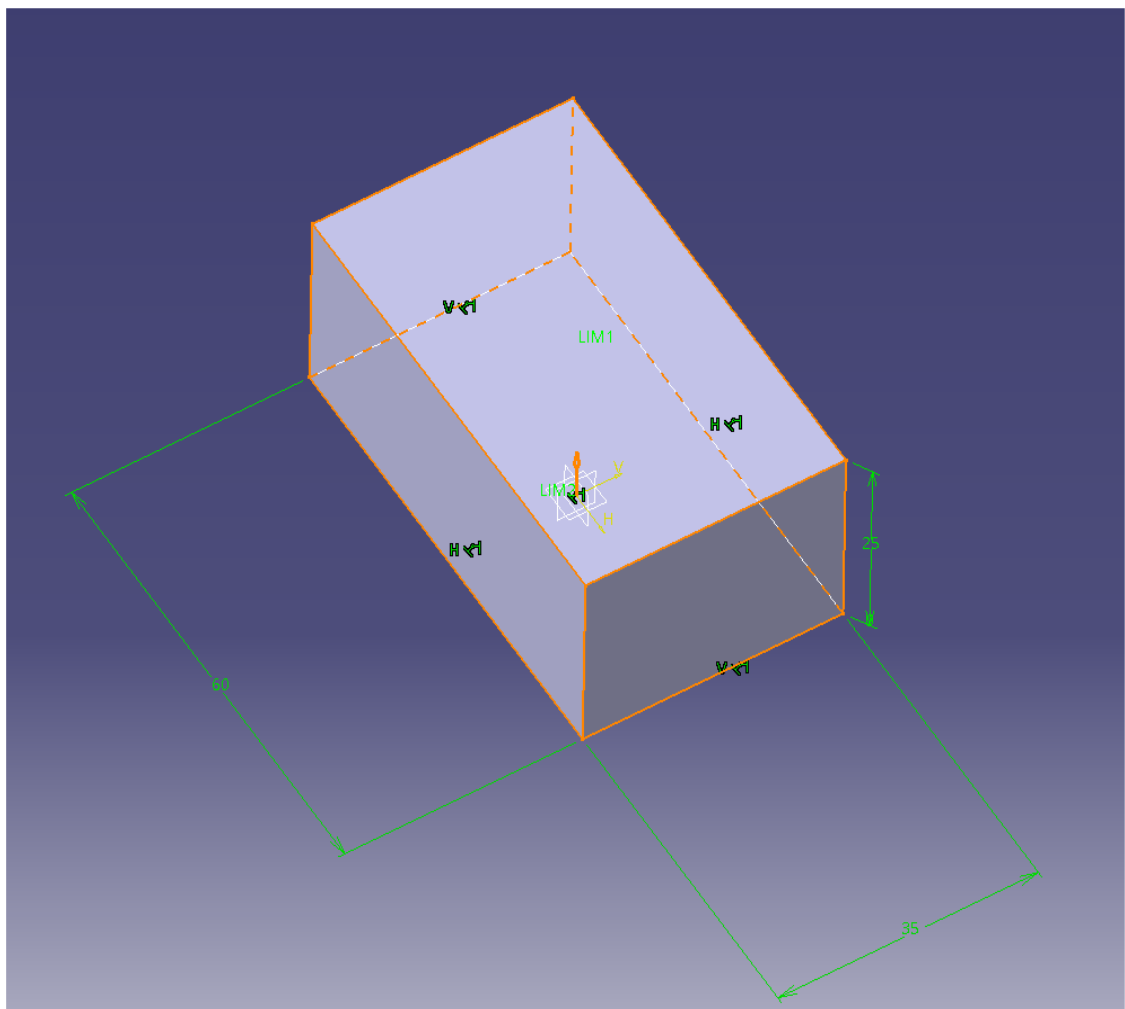
Kuva 2. CAD-kuva kotelosta

Kotelon seinämissä olevat pyöreät reiät ovat painonappeja varten. Suorakulmion muotoinen reikä puolestaan on arduinon micro-usb porttia varten. Kotelon pohjassa olevat rivat nostavat arduinon ja radiolähtetimen irti pohjasta. Reunoilla olevat rivat puolestaan ovat estämässä arduinon ja radiolähtetimen liiallista sivuttaisliikettä. Kulmissa olevat reiät ovat kannen sulkemista varten ruuvien avulla. Kotelon päämitat ovat 60x35x25 mm (pituus x syvyys x korkeus).

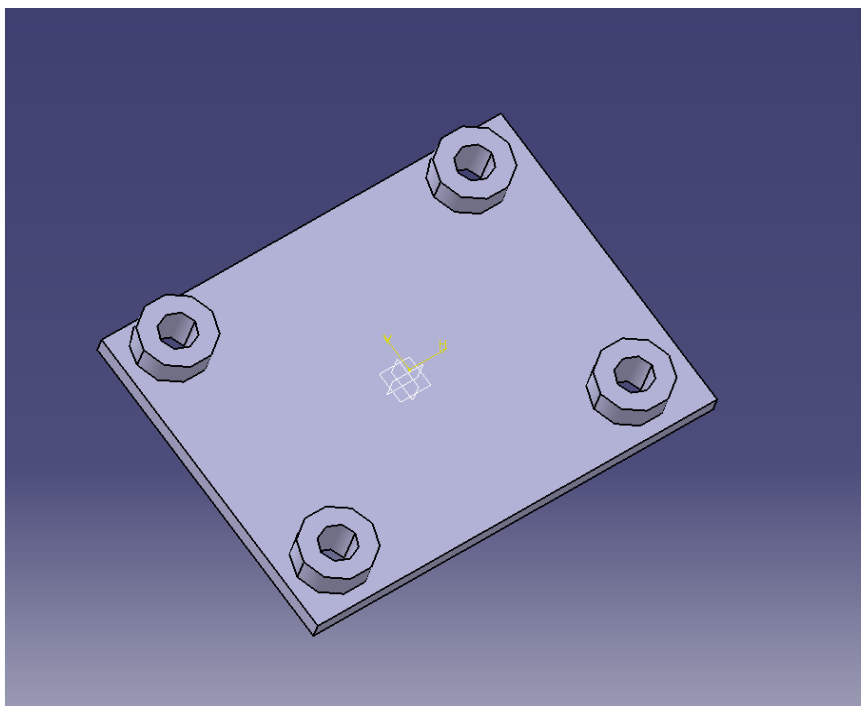




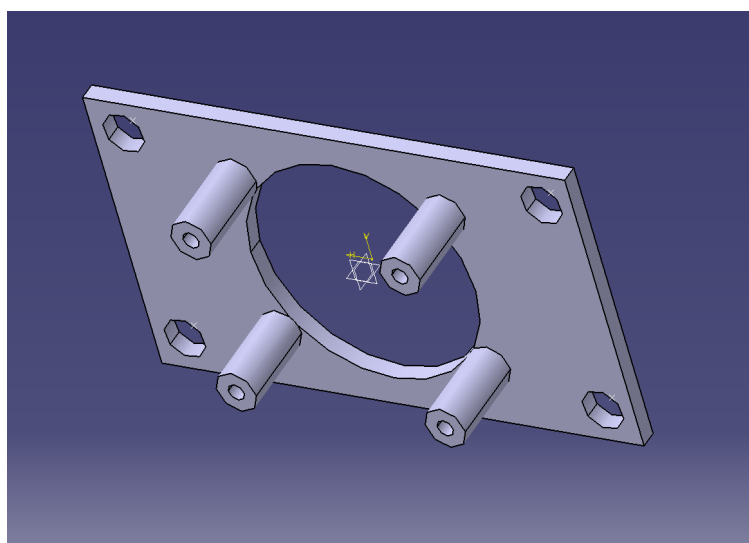
Kuva 3. Kannen CAD-sketch ja päämitat



Kuva 4. Kotelon päämitat



Kuva 5. CAD-kuva välilevystä

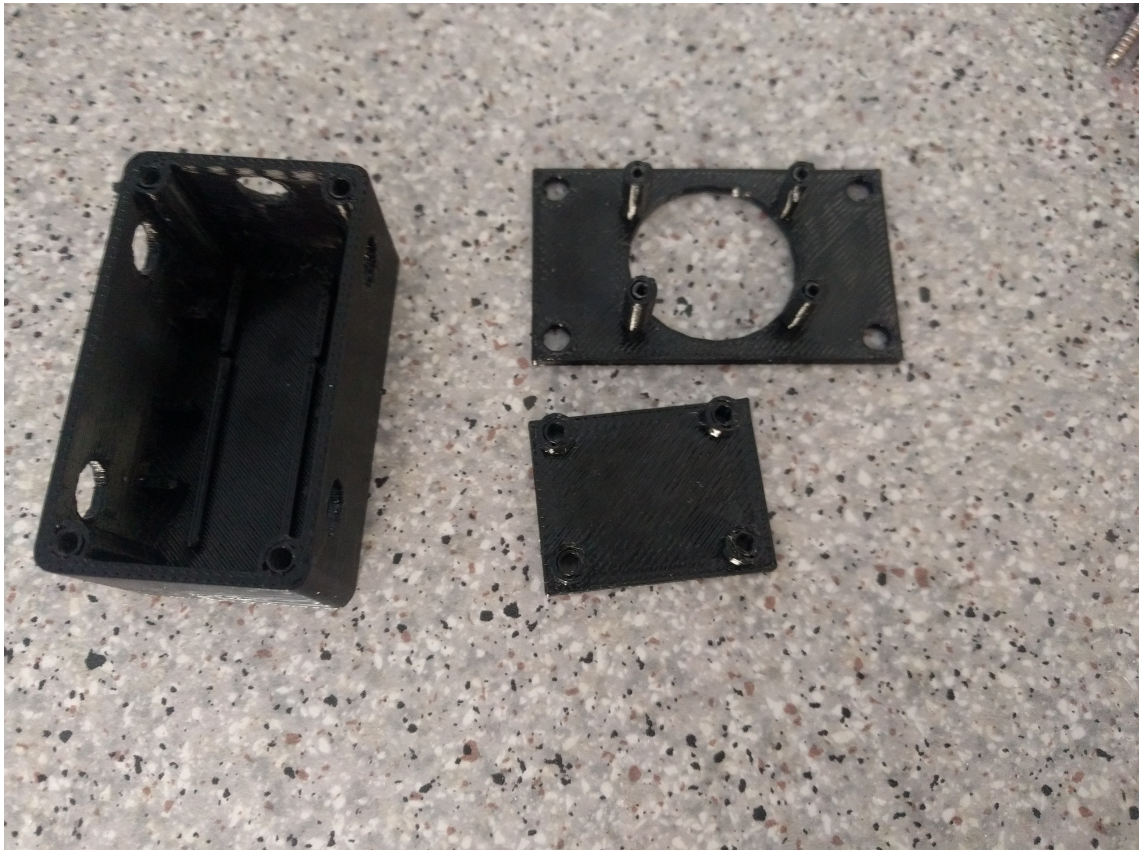


Kuva 6. CAD-kuva kotelon kannesta

Kannen tarkoitus on kotelon sulkemisen lisäksi kiinnittää joystick-piirilevy koteloon. Joystick tulee keskellä olevan ison reiän läpi. Joystickin piirilevy tulee kannen tolppien ”päälle”. Joystickin piirilevyn alle tulee vielä välilevy ja piirilevy ja välilevy kiinnitetään kanteen ruuveilla. Välilevyn tarkoitus on suojata joystickin ja alapuolella olevan arduinon kontaktilta.

## 3D-TULOSTUS

Kotelon valmistamiseen käytettiin **Stratasys Fortus 380mc** 3D-tulostinta. CAD-mallit tallennettiin STL-tiedostomuodossa, jotka ajettiin Insight ohjelmistolla 3D-tulostimelle. Materiaalina oli musta ABS-M30 muovi ja tukimateriaalina SR30. Materiaalia kului 24.6 cm<sup>3</sup> ja tukimateriaalia 11.4 cm<sup>3</sup>. Kerroksia oli yhteensä 104. Aikaa 3D-tulostamiseen kului 2h 58 min.



Kuva 7. Kotelon osat 3D-tulostettuna

### Mittojen vertailu

Osien 3D-tulostuksen jälkeen verrattiin CAD-suunnitelmien nimellismittoja osien todellisiin mittoihin. 3D-tulostin teki yllättävän tarkkaa työtä, mutta reikien tekemisessä olisi vielä parantamisen varaa. Varsinkin kotelon sivuilla olevat nappien reiät tulivat melko kulmikkaiksi. Tämä johtuu varmaan siitä, että reiät on täytynyt tehdä kerros kerrokselta tukimateriaalia hyväksi käyttäen. Reiän halkaisijan nimellimitan ollessa 8mm reiän todellinen halkaisija oli kulmikkaudesta johtuen noin 7,5-8,5mm. Laitteen toiminnan kannalta epätarkkuudella ei ole merkitystä, sillä napit saa kuitenkin kiinnitettyä hyvin.

Kannen ison reiän halkaisijan nimellismitta oli 28mm ja todellisuudessakin halkaisija on hyvin lähelle 28mm. Tämän reiän 3D-tulostin pystyikin tekemään suoraan ympyräliikkeellä, mutta pientä kulmikkuutta on silmin havaittavissa.

Kotelon päämitat ovat hyvin tarkasti oikeat. Kotelon suorat seinämät ovatkin varmasti 3D-tulostimelle helppoja tehdä tarkasti.



Kuva 8. Kotelon pohjan pituus hyvin tarkasti 60mm.

# LAITTEEN KASAUS

Kotelon 3D-tulostuksen jälkeen voitiin alkaa kasaamaan laitetta. Huomattiin, että kotelon ensimmäinen versio sisälsi suunnitteluvirheitä. Tämä olikin odotettavissa, sillä kotelon suunnitteleminen ilman fyysistä ensimmäistä versiota oli hyvin vaikeaa.

Kannen reikä joystickille tuli hieman liian pieneksi ja näin ollen rajoittaa hieman joystickin liikerataa. Kotelosta tuli muutenkin kokonaisuudessaan liian pieni. Tyhjänä kotelon osat sopivat oikein hyvin toisiinsa, mutta komponenttien kanssa kansi ei mahdu aivan täydellisesti kiinni joystickin ja välilevyn kanssa, sillä välilevy ottaa kiinni kotelon pohjalla olevaan radiolähettimeen. Lisäksi kotelon sivuilla olevat nappien reikien paikat ovat liian ahtaat eikä suunnitellut napit sovi koteloon. Kotelon päädyssä olevaan napin reikään sen sijaan nappi voidaan sijoittaa.

## **Komponenttien juottaminen**

Komponenttien juotokset suunniteltiin valmiiksi ja juotettiin paikoilleen. Arduino toimi pääasiallisena alustana, johon kaikki muut komponentit yhdistettiin johtimilla.

Arduinon VCC-pinnistä saadaan 5 voltin käyttöjännite, joten siihen pinniin juotettiin sähköjohdon välityksellä joystickin ja radiolähettimeen käyttöjännite pinnit. VCC-pinnistä otettiin myös käyttöjännite painonapeille.

Arduinon GND-pinni eli maadoituspinni yhdistettiin joystickin ja radiolähettimeen maadoituspinneihin, sekä painonappien toinen jalka yhdistettiin arduinon GND-pinneihin alavetovastuksen kautta. Alavetovastuksena toimi 11 kOhm:n metallikalvovastus, jonka tarkoitus on varmistaa, että painonapin looginen tila on 0 silloin kun nappia ei paineta. Nämä painonappien jalat jotka on yhdistetty maahan, yhdistettiin myös arduinon digitaalisiin pinneihin, joista painonappien tilat voidaan ohjelmallisesti lukea.

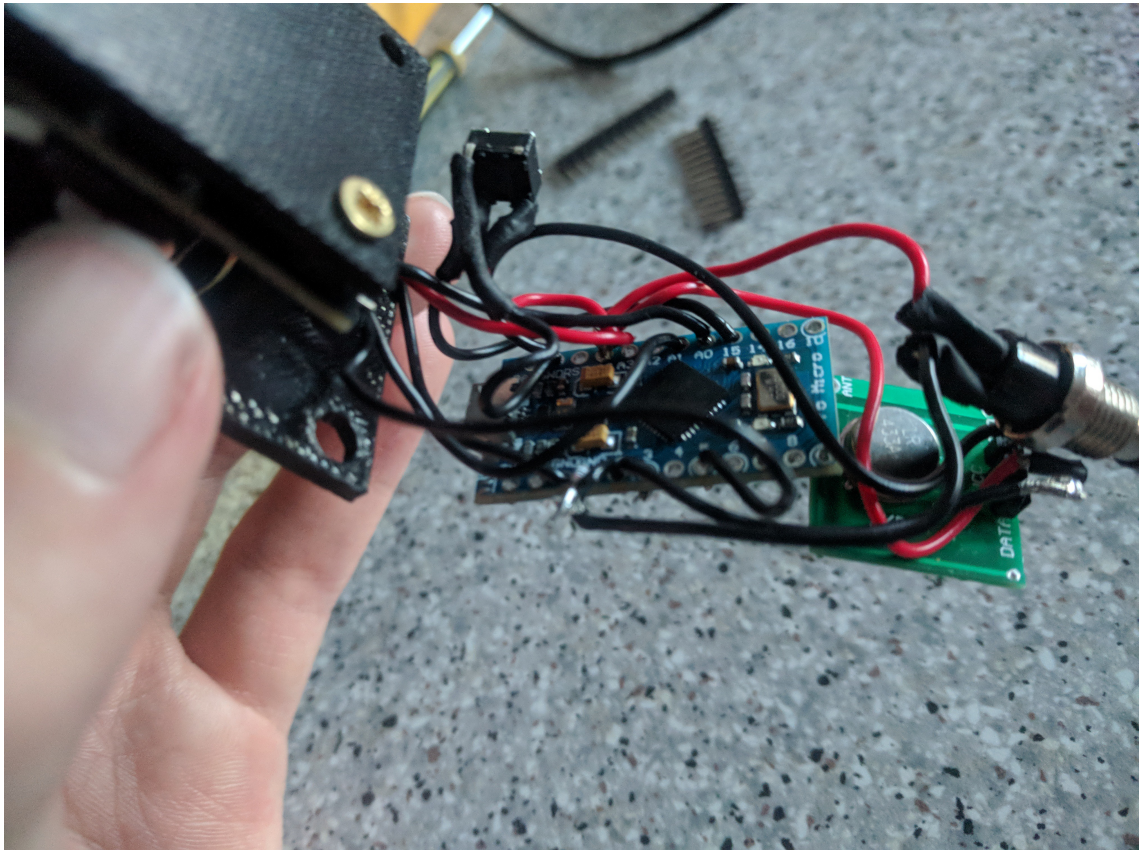
Myös radiolähettimeen data-pinni yhdistettiin arduinon digitaaliseen pinniin, jonka avulla langaton tiedonsiirto onnistuu.

Joystickin x- ja y-pinnit yhdistettiin arduinon analogisiin pinneihin, sillä joystickin asentotiedot tulevat analogisena signaalina.

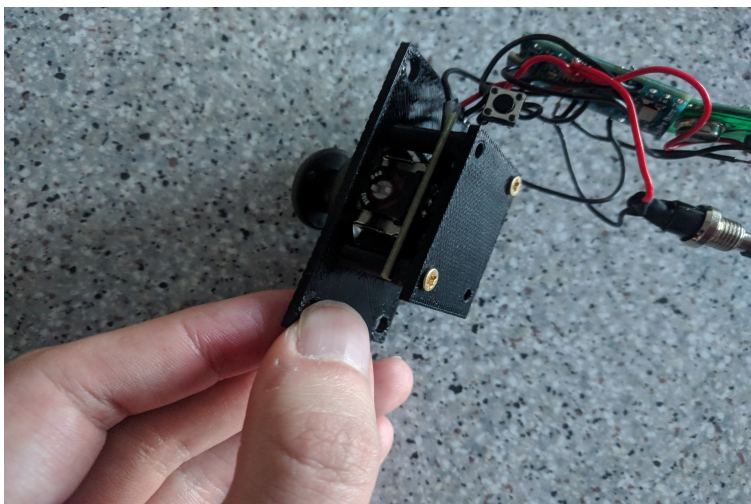


## Osien lopullinen kasaus

Komponenttien juottamisen jälkeen huomattiin, että käytetyt johdot veivät yllättävän paljon tilaa ja että kotelo on aivan liian pieni komponenttien sijoittamiseen koteloon. Muutenkin johtojen määrä laitteessa on sen verran suuri, ettei laitteen toteutusta voi pitää kovin hyvänä.

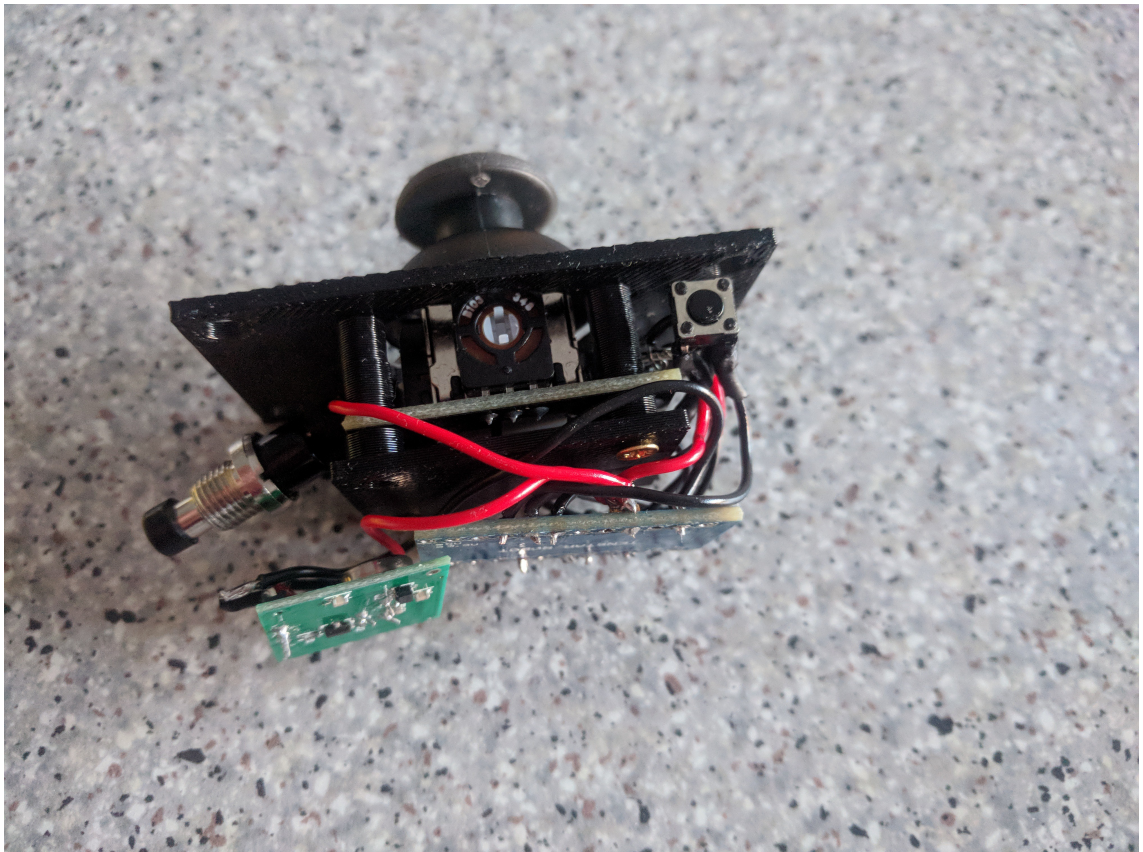


Kuva 9. Juotokset valmiina



Kuva 10. Joystick ja välilevy yhdistettynä kanteen kahdella ruuvilla





Kuva 11. Kaikki osat koteloä lukuunottamatta aseteltuna suunnilleen omille paikoilleen



Kuva 12. Laite valmiina niin hyvin kuin laitteen sai kasattua

## **Riskianalyysi**

Laitteen kasauksen jälkeen pohdittiin mitä riskejä tuoteeseen sisältyy.

Ensinnäkin kannen kulmien pyöristykset unohtuivat suunnitteluvaiheessa, joten ne ovat näin ollen hieman teräviä. Itse koteloon pyöristykset muistettiin tehdä, joten osat eivät ole siis täysin yhtenevät. Tämä on helppo korjata tuotteen seuraavaan versioon.

Toinen riski joka tulee mieleen, on jos kotelon päälle sattuu vaikka astumaan ja kotelo rikkoontuu terävästi. Tämä tosin tuntuu melko pieneltä riskiltä. Kotelo tuntuu olevan melko jäykkää tekoa ja rikkoontuminen vaatisi kohtalaisen kovaa voimaa.

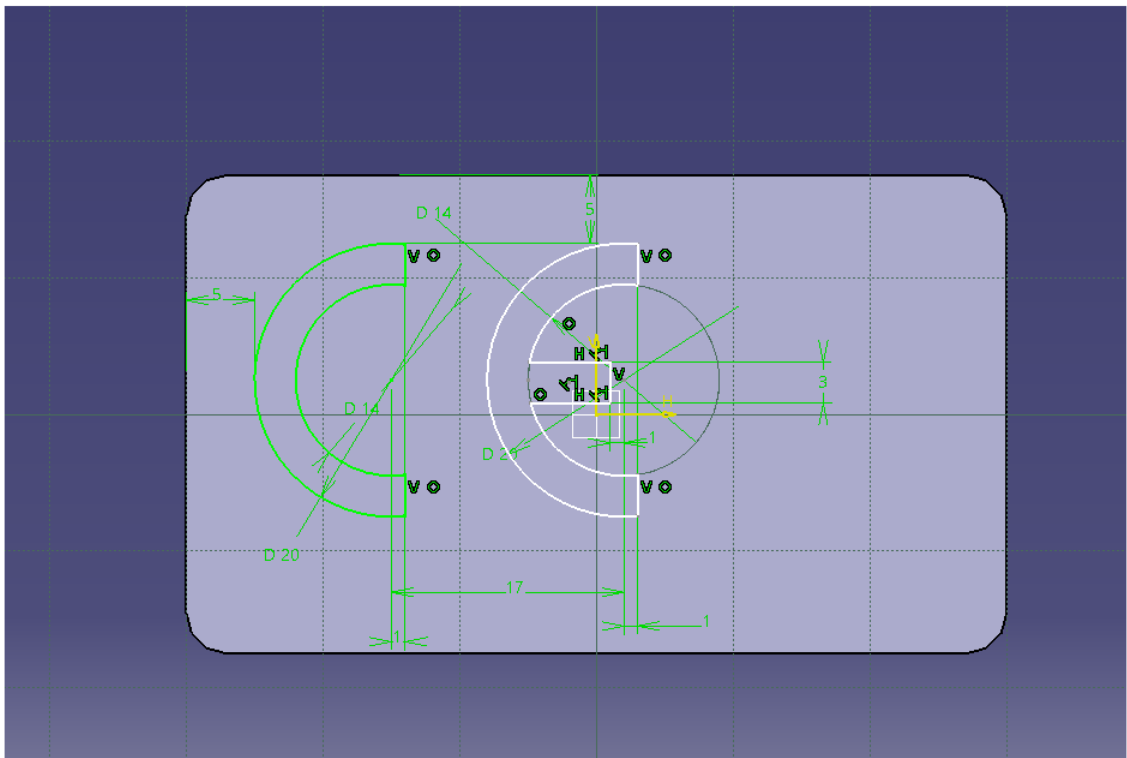
Muuten laitteeseen ei tuntuisi liittyvän juurikaan riskejä.



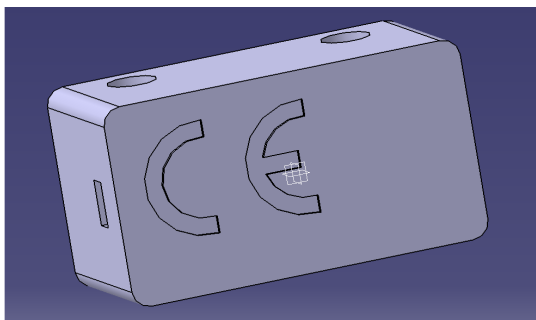
## CE-merkintä

Jotta tuotteen voisi tuoda myyntiin Euroopan markkinoille, tuotteesta tulisi löytyä CE-merkintä. CE-merkki takaa, että tuote täyttää Euroopan direktiivien vaatimukset ja on turvallinen käyttää.

CE-merkin voisi sijoittaa vaikka kotelon pohjaan tulevalla tarralla. Vaihtoehtoisesti CE-merkin voisi jo suunnitteluvaiheessa tehdä kotelon pohjaan. Tällöin CE-merkille tehtäisi CE-merkin muotoinen kolo, joka tulisi 3D-tulostettaessa esiin. Ei tosin ole täyttä varmuutta, onko tällainen menetelmä sallittu, vai pitääkö merkin olla musta valkoisella pohjalla.



Kuva 13. CE-merkki luonnos kotelon pohjassa. CE-merkin mitoitus on tarkkaa.



Kuva 14. CAD-malli kotelon pohjassa olevasta CE-merkistä

# Ohjelmointi

Arduinojen ohjelmointi tehtiin arduinon omassa kehitysympäristössä. Lähettävälle ja vastaanottavalle arduinoille tehtiin omat ohjelmat. Langattomaan tiedonsiirtoon käytettiin RadioHead kirjastoa (<https://github.com/PaulStoffregen/RadioHead>).

Ohjelmalla testattiin, että laitteen toiminnallisuus toimii, eli napin painallukset rekisteröidään ja tieto saadaan siirrettyä toiselle arduinolle ja usb-väylää pitkin tietokoneelle. Testiohjelma tulostaa napin painallukset ja joystickin asennon sarjamonitorille. Mahdolliset inputtien toiminnallisuudet voi lisätä ohjelmaan esimerkiksi käyttäen keyboard ja mouse kirjastoja.



```
Transmitter | Arduino 1.8.9
Tiedosto Muokkaa Sketsi Työkalut Apua

Transmitter$
//Transmitter, lahetin

#include <RadioHead.h>
#include <RH_ASK.h>
#include <SPI.h>

// Ajurin luonti viestin lähettämiseen
RH_ASK driver(2000, 4, 3);

//Painonappien pinni numerot
int nappi = 15;
int nappi2 = 2;

//Muuttujat painonappien tilaa varten
int val = 0;
int val2 = 0;

//Joystickin x ja y pinnit
int joyx = 0;
int joyy = 1;

//Muuttuja joystickin tilaa varten
uint8_t joystick[2];

void setup() {
  //ajurin alustus
  driver.init();

  Serial.begin(9600);
  pinMode(nappi, INPUT);
  pinMode(nappi2, INPUT);
}

void loop() {
```

```
Transmitter | Arduino 1.8.9
Tiedosto Muokkaa Sketsi Työkalut Apua

Transmitter$
void loop() {

  // Luetaan painonappien tilat
  val = digitalRead(nappi);
  val2 = digitalRead(nappi2);

  // Jos nappia painettiin, lähetetään viesti
  if (val == HIGH) {
    uint8_t nappi1[2];
    nappi1[0] = 9;
    nappi1[1] = 9;
    driver.send(nappi1, sizeof(nappi1));
    driver.waitPacketSent();
  }

  // Jos nappia2 painettiin, lähetetään viesti
  if (val2 == HIGH) {
    uint8_t nappi2[2];
    nappi2[0] = 9;
    nappi2[1] = 8;
    driver.send(nappi2, sizeof(nappi2));
    driver.waitPacketSent();
  }

  // Luetaan joystickin asento ja mapataan arvot 0-255
  joystick[0] = map(analogRead(joyx), 0, 1023, 0, 255);
  joystick[1] = map(analogRead(joyy), 0, 1023, 0, 255);

  // Lepoasennossa joystick saa arvot x=127, y=125.
  // Jos arvot poikkeavat näistä, lähetetään viesti
  if (joystick[0] != 127 || joystick[1] != 125) {
    driver.send(joystick, sizeof(joystick));
  }
}
```

Kuva 15. Lähettävän arduinon koodi



```
//receiver, vastaanotto

#include <RadioHead.h>
#include <RH_ASK.h>
#include <SPI.h>

RH_ASK driver(2000, 4, 3);

void setup() {

  driver.init();

  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  uint8_t buf[2];
  uint8_t buflen = sizeof(buf);
  if (driver.recv(buf, &buflen)) { // Jos viesti vastaanotettiin.
    if (buf[0] == 9) {
      if (buf[1] == 9) {
        Serial.println("Nappia 1 painettiin");
      } else {
        Serial.println("Nappia 2 painettiin");
      }
    } else {
      Serial.print("X: ");
      Serial.println(buf[0]);
      Serial.print("Y: ");
      Serial.println(buf[1]);
    }
  }

}
```

Kuva 16. Vastaanottavan arduinon koodi



# HARJOITUKSEN ARVIOINTI

Harjoitus oli omasta mielestäni erittäin mielenkiintoinen. Idea tällaiselle laitteelle syntyi jo ennen kurssin alkua, kun keksin, että tällaiselle laitteelle olisi itselläni käyttöä.

Laitteen toimintaperiaate toimikin aivan odotetusti, eli inputit saatiin siirrettyä langattomasti tietokoneelle, vaikkakin itse tuotteesta tuli todella karu.

Tästä harjoitustyöstä syntyikin oikeastaan vasta prototyyppi versio ja aika meinasi käydä siihenkin vähiin. Laitteen ideaa voisi kehittää ja muokata eteenpäin paremmaksi tuotteeksi.

Ensinnäkin kotelon muotoilu oli tässä versiossa aivan yksinkertainen, jonka tarkoitus oli vain saada komponentit pakettiin, jotta ideaa pystyi testaamaan. Eteenpäin kehittäessä, kotelon voisi tehdä esimerkiksi paremmin käden muotoiseksi tai vaikkapa ranteeseen kiinnitettäväksi. Paino nappien määrääkin pystyy tietysti vaikka lisäämään halutessaan tai lisäämään muun tyyppisiä inputteja.

Toinen kehittämisen paikka laitteelle on komponenttien yhteenliittäminen jotenkin paremmalla tavalla. Nyt käytetty johdoilla yhteen juottaminen oli erittäin huono toteutustapa. Parempi tapa voisi olla esimerkiksi tehdä piirilevy, johon komponentit saisi kiinteämmin liitettyä.

Kotelon suunnitteluun olisi pitänyt voida käyttää enemmän aikaa. Parempi olisi ollut, kun olisi voinut ensimmäisen kotelon jälkeen suunnitella vielä toisen, jonka suunnittelu olisi ollut varmasti jo paljon helpompaa. Valitettavasti aika ei millään tähän riittänyt.

Ensimmäinen versio ei ole ollenkaan toimiva laite, sillä laite tuli suunniteltua aivan liian pieneksi, eikä kotelo siis mahtunut edes kiinni. Yksi asia jonka tekisinkin toisin on se, että suunnittelisin ensimmäisen version reilusti isoksi, jotta kaikki osat varmasti mahtuvat kotelon sisään. Nyt ihan turhaan yritin suunnitella juuri sopivan kokoisen ja näin ollen, kun en ottanut huomioon johtojen tarvitsemaa yllättävän suurta tilaa, kotelosta tulikin aivan liian pieni.

Loppujen lopuksi olen ihan tyytyväinen saavutettuun lopputulokseen ja luultavasti yritän vapaa-ajallani kehittää laitteesta vielä toimivamman tuotteen.