

Markus Pulkkinen

PELIOHJAIN

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Tietotekniikan koulutusohjelma
Kevät 2009



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Markus Pulkkinen	
Työn nimi Peliohjain	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Sulautetut järjestelmät	Ohjaaja(t) Partanen Arto Toimeksiantaja Veli-Pekka Piirainen
Aika Kevät 2009	Sivumäärä ja liitteet 24+1
Tiivistelmä <p>Kajaanin ammattikorkeakoululla on pelilaboratorio, joka tekee yhteistyötä sosiaali-, terveystyö- ja liikunta-alan koulutusohjelman kanssa. Yhteistyön seurauksena on tullut tarve suunnitella pelejä myös vanhuksille sekä potilaille, joiden motorikka on rajoittunut. Kuitenkaan tarkoitukseen sopivaa peliohjainta ei ole kaupallisesti saatavana.</p> <p>Insinööritöiden tavoitteena oli siis suunnitella ja valmistaa peliohjain vanhuksille sekä motorikkaltaan rajoittuneille. Laite tuli olla USB-liitännällä varustettu sekä toimia ilman ajurien asentamista Windows-ympäristössä. USB-liitäntä valittiin sen yleisyyden takia, jotta peliohjain ei olisi sidottu mihinkään yksittäiseen tietokoneeseen.</p> <p>Rakenteeltaan laite on erittäin helppokäyttöinen, eikä vaadi sorminäppäryyttä lainkaan. Rakenteessa painotettiin erityisesti käytettävyyttä ja tukevuutta. Laite tuli olla myös turvallinen käyttää, joten kaikki terävät reunat täytyi poistaa. Elektroniikan suunnittelussa otettiin huomioon myös mahdollinen jatkokehitys sekä lisälaitteet. Ohjelmiston pohjana käytettiin Atmel-opetuskortin näppäimistöesimerkkiä, koska tässä ohjelmassa oli USB:n ohjaus jo valmiiksi suunniteltu.</p> <p>Työ vaati elektroniikan, ohjelmoinnin ja mekaniikan tuntea, joten suunnittelu ja rakentaminen olivat monipuolista. Työn tulos oli peliohjain, joka erä selkeästi perinteisestä peliohjaimesta mutta sisältäisi lähes samat ominaisuudet. Laite on sellaisenaan valmis käytettäväksi tarkoitukseensa, mutta sarjatuotantoon se ei ilman jatkokehitystä ole soveltuva.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Näppäintö, Peliohjain, USB
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Information Technology
Author(s) Markus Pulkkinen	
Title A Game Controller	
Optional Professional Studies Embedded Systems	Instructor(s) Mr Arto Partanen
	Commissioned by Mr Veli-Pekka Piirainen
Date 31 March 2009	Total Number of Pages and Appendices 24+1
<p>Abstract</p> <p>Kajaani University of Applied Sciences has a game programming laboratory co-operating with the School of Social Services, Health and Sports. The partnership has resulted in the designing games for elderly and motorically challenged people. The problem is that current markets do not provide suitable game controllers.</p> <p>The purpose of this Bachelor's thesis was to design and implement a game controller for elderly and motorically challenged people. The appliance had to be equipped with a USB connector and it needed to work with the Windows applications without installing additional drivers. The USB interface was chosen because it is commonly used in today's PCs.</p> <p>The device is really easy to use and it can be operated even if the user has no fingers. Robustness and usability were the main attributes in the mechanical design. The device must also be safe to use. Re-development and additional accessory were taken into account in the electronic design. The program was based on an example code provided by Atmel because it had already USB functionality designed.</p> <p>In the thesis it was seen that the development of a USB game controller was not so easy. The thesis required expertise in electronics, programming, and mechanics so it was versatile. The result of the thesis was a game controller which is not a traditional joystick but includes almost the same attributes. The device is ready for use but not ready for full production without additional development.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Keyboard, Game Controller, USB.
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Työn tilaajana toimi Kajaanin ammattikorkeakoulun opettaja Veli-Pekka Piirainen. Työn alussa tuntui, että työ on yksinkertainen ja nopea tehtävä. Kuitenkin luulo osoittautui vääräksi. Työn valmistumiseen vaikutti suuresti eräät tahot, joita haluan kiittää alkusanoissa.

Kiitän heti alkajaisiksi kaikkia niitä tahoja, jotka ovat olleet tekemisissä insinöörityöni kanssa ja auttaneet ongelmatilanteissa. Erityiskiitokset menevät kumminkin kehitysinsinööri Markku Karppiselle, joka on ollut apuna lähes kaikissa insinöörityöni vaiheissa. Erikseen haluan kiittää myös Markku Heikkistä, jonka raudanlujaa ammattitaitoa tarvittiin peliohjaimen kotelon valmistuksessa ja piirtämisessä.

Haluan lisäksi kiittää insinöörityöni valvojaa Arto Partasta insinöörityöni sisällöllisestä ohjaamisesta. En halua myöskään unohtaa kielellisessä ohjauksesta Eero Soinista. Kiitokset myös Kaisu Korhoselle englanninkielisen abstraktin ohjauksesta.

Kajaanissa

Markus Pulkkinen

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 PELIOHJAIMEN TARPEIDEN MÄÄRITTELY	2
3 USB-LIITÄNTÄ	3
3.1 Yleistä	3
3.2 USB-kaapelin sähköinen rakenne ja mekaniikka	4
3.3 USB-väylän liikennöinti	5
3.4 USB:n nopeus	6
4 STANDARDINÄPPÄIMISTÖ JA USB-AJURI	7
5 ATMEL AT90USB1287-KONTROLLERI	8
5.1 Kontrollerin valinta	8
5.2 Kontrollerin tärkeimmät ominaisuudet työn kannalta	8
6 PIIRILEVY	9
6.1 Suunnittelu	9
6.2 Toiminta	11
6.3 Piirilevyn testaus	11
7 OHJELMA	12
7.1 Ohjelman suunnittelu	12
7.2 Ohjelman testaus	13
8 KOTELOINTI	14
8.1 Näppäimet	14
8.2 Kotelo	15
9 TESTAUS JA HIENOSÄÄTÖ	20
10 LOPPUPÄÄTELMÄT	21
11 YHTEENVETO	22
LÄHTEET	23

1 JOHDANTO

Kajaanin ammattikorkeakoululla on pelilaboratorio, jossa suunnitellaan ja ohjelmoidaan pelejä myös sosiaali-, terveys- ja liikunta-alan koulutusohjelman projekteihin. Insinöörityö on tehty vanhuksille ja motorisesti rajoittuneille sopivan peliohjaimen tarpeesta, jota voitaisiin käyttää Kajaanin ammattikorkeakoululla suunniteltujen pelien kanssa. Kohderyhmälle suunniteltuja peliohjaimia ei markkinoilta löydy, joten peliohjain on työnä mielekäs. Kajaanin ammattikorkeakoululla pelin ohjelmoinnista vastaava Veli-Pekka Piirainen toimii työn tilaajana.

Vanhuksille ja motorisesti rajoittuneille tarkoitettu peliohjain eroaa perinteisestä peliohjaimesta sen helppokäyttöisyyden sekä selkeyden osalta. Näppäimiä on ohjaimessa kuusi kappaletta, ja ohjain toimii standardinäppäimistön tavoin Windows-ympäristössä. Peliohjain kytketään USB-porttiin, ja se on suoraan yhteensopiva ilman ajureiden asennusta. Peliohjaimen rakenteessa on painotettu mahdollisuutta käyttää koko kämmentä napin painamisessa, ja näin ollen käyttöön ei tarvita sorminäppäryyttä. USB-liitäntä valittiin työhön sen yleisyyden vuoksi. Lisäksi uudemmissa koneissa ei enää välttämättä ole ollenkaan vanhanmallisia PS2-liittämiä.

Heti alussa oli selvää, ettei peliohjain tule muistuttamaan perinteisiä peliohjaimia, vaan kyseessä tulee olemaan lähinnä suurikokoista näppäimistöä muistuttava laite. Peliohjaimen jätettiin myös varaa jatkokehitykselle, koska se on vasta prototyyppi.

2 PELIOHJAIMEN TARPEIDEN MÄÄRITTELY

Helppokäyttöisyys

Peliohjaimen pääasialliset käyttäjät tulevat olemaan vanhukset ja motorisesti rajoittuneet, joten ohjaimen tulee olla yksinkertainen ja näppäimien sijoitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota. Näppäimiä peliohjaimessa on kuusi kappaletta, jotka vastaavat näppäimiä ylös, alas, oikealle, vasemmalle, escape sekä enter. Näppäimet ovat kooltaan ja rakenteeltaan sellaiset, joita voidaan painaa kämmenellä.

Yhteensopivuus ja liitäntä

Peliohjaimen tulee soveltua ilman mitään ohjelmistojen asentamista Windows-käyttöjärjestelmällä varustettuihin tietokoneisiin. Peliohjaimen liitännäksi on määritelty USB, joka löytyy jokaisesta nykyaikaisesta tietokoneesta.

Peliohjaimen toimintaperiaate

Peliohjaimen sydämenä toimii kontrolleri, joka pystyy ohjaamaan USB-väylää. Peliohjaimessa jokainen painike pitää vastata normaalinäppäimistön merkkiä, jotta peliohjaimella pelattavia pelejä olisi helppo luoda. Samoja pelejä tulee voida pelata myös pelata normaalilla näppäimistöllä, jotta pelien testaaminen olisi helpompaa.

Rakenne

Peliohjaimen rakenne tulee olla tukeva, ilman teräviä kulmia. Valmistusmateriaali rungossa on alumiini ja näppäimissä muovi, koska laitteen tulee kestää myös tavallista näppäimistöä voimakkaampaa käsittelyä.

3 USB-LIITÄNTÄ

3.1 Yleistä

USB eli Universal Serial Bus on nimensä mukaisesti yleisliitäntä, joka löytyy lähes kaikista oheislaitteista, esimerkiksi digitaalikameroissa, tulostimissa, kuvanlukijoissa, muistitikuissa, ulkoisissa levyasemissa, näytöissä, näppäimistöissä, hiirissä, modeemeissa ja kaiuttimissa [1]. Kuva USB-liittimestä on esitetty kuvassa 1. USB on huomattavasti kehittyneempi tapa liittää lisälaitteita tietokoneeseen kuin vanhat sarjaportti ja rinnakkaisportti. Suurimpana erona on huomattavasti suuremman nopeuden lisäksi uuden laitteen tunnistaminen heti, kun laite on liitetty USB-väylään. Laitteen liittämisen jälkeen ei teoriassa tarvitse ajureiden asentamisen jälkeen edes tietokoneen uudelleen käynnistämistä. Käytännössä on kuitenkin tapauksia, jossa USB-laite ei ole lähtenyt toimimaan heti, kun se on liitetty USB-väylään. Usein USB-laitteita halutaan liittää useita samaan koneeseen, jolloin varsinkin vanhempien koneiden kanssa tulevat ongelmaksi niiden vähäiset USB-paikat. Tämän ongelman voi ratkaista edullisilla USB-hubeilla (moniporttitoistin), joilla paikkoja saadaan nopeasti tarvittaessa lisää [2]. Kaikki USB-väylään liittyvät asiat löytyvät USB-spesifikaatioissa [3]. Tässä käydään läpi työn kannalta oleelliset asiat läpi.

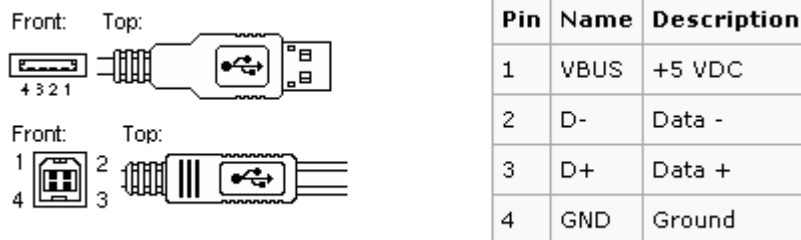


Kuva 1. USB-liitin

3.2 USB-kaapelin sähköinen rakenne ja mekaniikka

USB:ssä data liikkuu sarjamuotoisena bitti kerrallaan. Datajohtoja on kumpaankin suuntaan yksi. Valmiusjännite on 5 V, virta 500 mA. Kuvassa 2 on esitetty USB-liittimen pinnit ja niiden järjestys. [4]

USB-väylän mekaniikka on määritelty tarkasti standardissa. Liittimien osalta standardi määrittelee kaksi erilaista liittintä. A-sarjan liittimiä käytetään kiinteästi kiinni olevissa oheislaitteissa. A-sarjaa käytetäänkin yleisesti näppäimistöjen, hiirien sekä solmupisteiden johdoissa. Liitin on litteän muotoinen ja on esitetty kuvassa 2 ylempänä. B-sarjan liittimet ovat neliön muotoisia, ja niitä käytetään yleisesti modeemeissa sekä kirjoittimissa. Suorakaiteen muotoinen liitin on kuvassa 2 alempana. Erilaiset liittimet takaavat hierarkian pysyvän oikein liittäessä oheislaitteita tietokoneeseen.

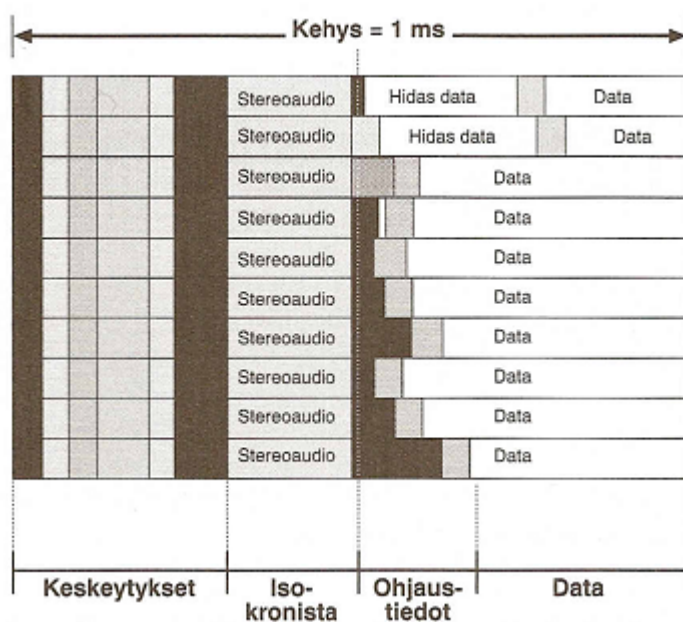


Kuva 2. USB liittimen pinnit ja niiden merkitys.

[4]

3.3 USB-väylän liikennöinti

Väylän liikennöintiä ohjaa isäntäkone, joka jakaa väylällä käytettävissä olevan ajan oheislaitteiden välillä. Väylän liikennöinti on jaettu yhden millisekunnin mittaisiin segmentteihin, jotka sisältävät datapaketteja. Datapaketin rakenne esitetään kuvassa 3. Kun dataa lähetetään isäntäkoneen ja oheislaitteen välillä, vaaditaan aina kolme datapakettia. Näistä ensimmäinen sisältää siirron tyyppin, suunnan sekä oheislaitteen osoitteen. Toisena lähetetään varsinainen datapaketti ja viimeisenä kättelypaketti, jolla varmistetaan siirron onnistuminen. [5]

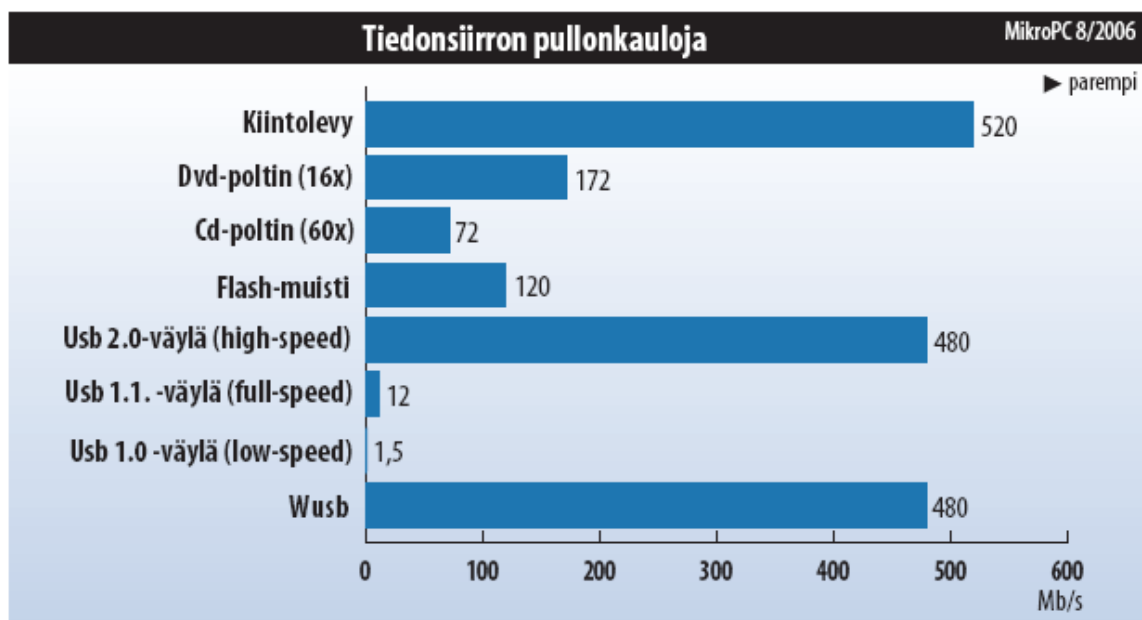


Kuva 3. Datapaketin sisältö

[5]

3.4 USB:n nopeus

Nykyisin käytössä oleva USB 2.0 on hyvinkin kilpailukykyinen verrattuna moniin muihin tiedonsiirtotapoihin. Kuvasta 4 huomataan, että helposti nopeiksi mielletävät flash-muistit eivät pysty samoihin tiedonsiirtonopeuksiin kuin 2.0 USB. Joissakin laitteissa on kuitenkin vieläkin käytössä USB 1.0, joka soveltuu laitteisiin, jotka eivät vaadi nopeaa tiedonsiirtoa. Ongelmia USB:n eri versioitten välillä tulee tilanteissa, jossa isäntälaitte ei tue nopeaa tiedonsiirtoa ja liitettävä laite ei taas tue hidasta nopeutta. Esimerkiksi muistitikun valinnassa kannattaa ottaa selvää, tukeeko muistitikku samaa nopeutta kuin isäntälaitte.



Kuva 4. Tiedonsiirtonopeuksien vertailu

[6] s.50-52

4 STANDARDINÄPPÄIMISTÖ JA USB-AJURI

USB-laite on kytketty fyysisesti isäntälaitteen isäntäohjainpiiriin USB-väylärajoituksen avulla. Isäntäohjaimen käyttöä varten täytyy olla isäntäohjainajuri (HCD), ja myös USB-laitteen puolella täytyy USB-väylärajoitukselle olla oma ajurinsa. Isäntäohjainajuri ja USB-väylärajoitus-ajuri keskustelevat loogisella tasolla keskenään. Isäntäohjainajuri tietää esimerkiksi, milloin laite on kytketty tai poistettu isäntälaitteesta. Isäntäohjainajuri huolehtii portin käyttöjännitteestä sekä väylän tilasta. Väylärajoitus-ajuri kertoo USB-ajurille laitteen tilan sekä ohjaa datasiirrot USB-kaapeliin [7].

USB-ajuri kommunikoi loogisella tasolla USB-laitteen kanssa. Kommunikointiin käytetään USB-laitteen oletuskontrolliputkea, joka on laitteen oletuspäätepiisteessä muodostettu. Kommunikoidessa käytetään standardeja USB-pyyntöjä, jotka on määritelty USB-spesifikaatiossa[10]. USB-pyyntöjen tarkoitus on kommunikoida isäntälaitteen ja USB-laitteen välillä. Pyyntöjen avulla voidaan antaa laitteelle väyläosoite, jotta laite tunnistaa sille tulevat paketit. USB-ajuri tarjoaa ylemmän tason USB-laiteajureille USB-laitteen tarvitsemia putkia funktioita varten. USB-laiteajuri pyrkii pitämään putkien tilan vapaana kommunikointia varten. USB-laiteajuri ohjaa putkien tilaa käyttäen standardeja USB-pyyntöjä. [7.]

USB-laite tarvitsee aina ohjaimen toimiakseen oikein. Tästä syystä peliohjain näkyy tietokoneelle standardinäppäimistönä. Windows sisältää standardinäppäimistön ohjaimen ja näin ollen näppäimistön liittäminen Windows-käyttöjärjestelmällä varustettuun tietokoneeseen ei vaadi ohjelmistojen asennusta [8]. USB-ajurit kommunikovat USB-laitteen funktioiden kanssa, ja kommunikointiin käytetään ajurin tarjoamia putkia. Standardirajoitukset on määritelty laiteluokan (Device Class) mukaan, joita laitteen valmistajan tulisi käyttää. Näppäimistö käyttää HID(Human Interface Device)-rajapinta spesifikaatiota. Samaa rajapintaspesifikaatiota käyttää esimerkiksi USB-hiiri sekä peliohjain. HID-rajapintaspesifikaatio on siis tarkoitettu laitteille, joita ohjaa ihminen. USB-laitteen valmistaja voi myös käyttää omaa protokollaa hakkerionnin estämiseksi tai jos sopivaa standardiprotokollaa ei ole määritelty. [9.]

5 ATMEL AT90USB1287-KONTROLLERI

5.1 Kontrollerin valinta

Insinööriyön pohjana käytettiin Atmelin valmistamaa opetuskorttia Atmel STK525 USB, jossa käytetään AT90USB1287-kontrolleria. Testatessa opetuskorttia huomattiin, että kyseinen kontrolleri sopii hyvin näppäimistön ohjaamiseen USB-portin kautta. Kontrollerin valintaan vaikutti suuresti kontrolleriin sisäänrakennettu USB-ohjausmahdollisuus. Muitakin mahdollisia kontrollereja olisi ollut mahdollisuus käyttää, mutta kyseinen kontrolleri oli ainoa, jota pystyttiin kokeilemaan USB-liitännän kautta jo ennen varsinaista työn aloittamista.

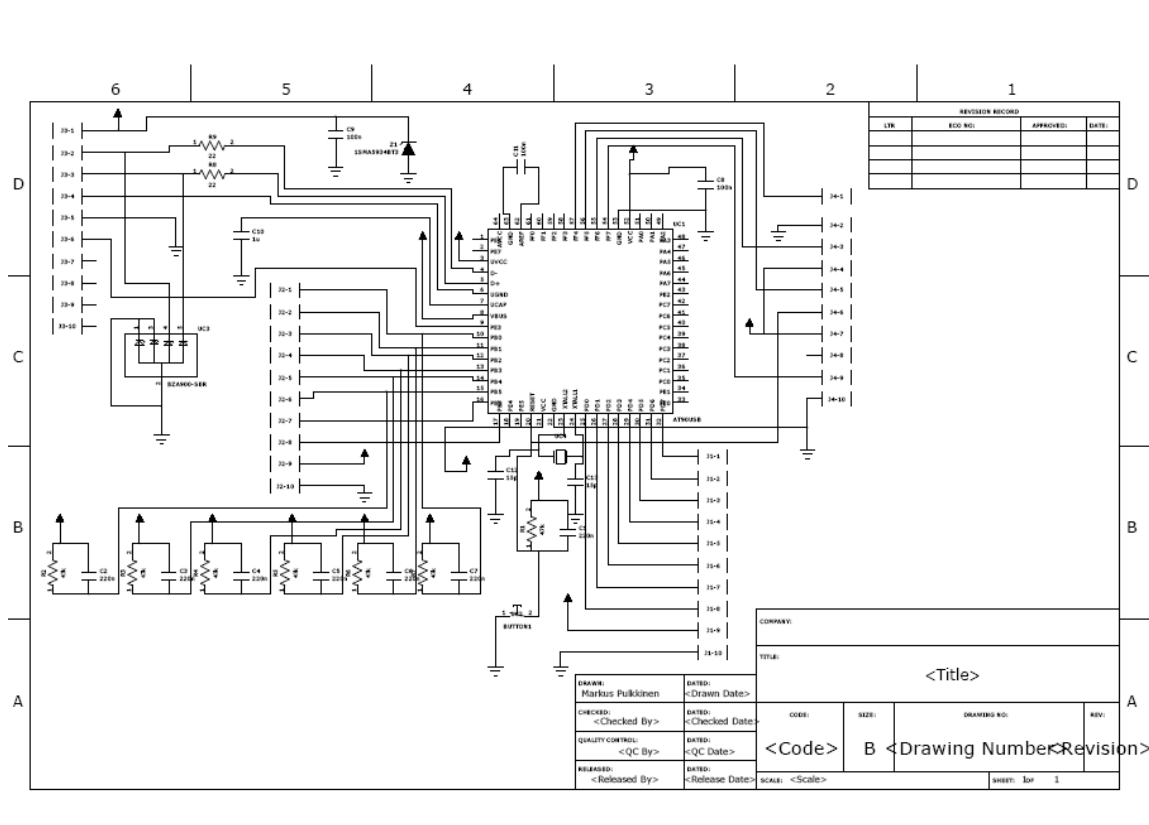
5.2 Kontrollerin tärkeimmät ominaisuudet työn kannalta

Kontrollerin pinnien väli on vain 0,8 mm, joten sen asentaminen Kajaanin ammattikorkeakoulun piirilevyjyrsimellä tuotettuun levyyn on tarkkuutta vaativaa, johtuen piirilevyjyrsimen ominaisuuksista jyrsiä tarkkuutta vaativia kohteita. Kontrollerin käyttöjännitealue on 2,7 - 5,5 V, joten kontrollerin käyttöjännitteenä voi käyttää suoraan USB:sta saatavaa 5 V:n jännitettä. Kontrollerissa on viisi porttia, joista käytössä on neljä. [10.]

6 PIIRILEVY

6.1 Suunnittelu

Kun kontrolleri oli valittu, piirilevyn suunnittelu oli seuraava askel kohti työn valmistumista. Piirilevyn suunnitteluohjelmistona käytettiin Pads-piirilevyn suunnitteluohjelmistoa. Ohjelmistolla tehtiin ensin levystä piirikaavio Pads Logic -ohjelmalla. Laitteen piirikaavio on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Piirikaavio kytkennästä

Piirikaavion jälkeen täytyi piirikaavio siirtää Pads layout ohjelmaan, jossa komponentit sijoitetaan fyysisesti niiden oikeille paikoilleen. Tässä vaiheessa myös luotiin komponentti, jotka ei ollut Padsin kirjastossa jo valmiiksi. Tämä komponentti oli kontrolleri Atmel AT90USB. Pads:n komponenttikirjastosta puuttui myös transienttisuoja BZA-900SER, mutta tämä komponentti oli käytetty jo aikaisemmin koulun projekteissa ja löytyi Tärviö projektin komponenteista. Transienttisuoja kumminkin on ohitettu hyppyjohtimella lopullisessa versiossa, koska transienttisuoja aiheutti toimintahäiriöitä. Laitteen layout on esitetty liitteessä 1.

Layout-kuvan ollessa valmis siirrettiin projekti Pads Router -ohjelmistoon, jossa vedettiin johtimet komponenttien välille. Ohjelmassa määritetään johdinleveydet sekä eristevälit. Työssä pullonkaula oli kontrollerin pinnileveydet, jotka määrittivät, kuinka leveitä johtimia ja eristevälejä voitiin käyttää. Myös valittu piirilevykoko 160 mm x 100 mm asettaa omat rajoitteensa, mutta työssäni tämä ei tullut vastaan.

Piirilevyn suunnittelun jälkeen kortti tuotettiin käyttämällä Kajaanin ammattikorkeakoululla olevaa jyrsinlaitteistoa. Valitettavasti jyrsimen kaikki ominaisuudet eivät ollut huippuluokkaa, vaan kortteja joutui jyrsimään useita, ennen jyrsitty kortti oli käyttökelpoinen. Tämä johtui jyrsin pöydän alustan epätasaisuudesta. Pöytä säädettiin useasti mikrometrillä suoraan, jonka jälkeen ongelmia aiheutti piirilevyjen kuperuus.

6.2 Toiminta

Laitteen sydämenä on kontrolleri, joka saa käyttöjännitteensä USB-liitännän 5 V:n jännitelinjasta, jonka transientteja on pyritty vähentämään kondensaattorin avulla. Kontrolleri toimii ulkoisen kiteen tuottamalla 8 Mhz:n kellotaajuudella. Portti A on USB-liittimen käytössä jonka liikenne toimii molempiin suuntiin. Tuloina ovat näppäimet, jotka on liitetty porttiin B, näppäimille on ylös- ja alaspäin suuntaiset vastukset sekä vastusten rinnalla kondensaattorit, joiden tehtävänä on poistaa näppäinten aiheuttama värähtely. Portti D on kytketty ylimääräiseen header 8-liittimeen, joka on varattu mahdollisille lisätoiminnoille. Portti C ei ole käytössä, Portti F on varattu Jtag-liittimelle, jonka kautta kontrolleri ohjelmoidaan ja laitetta testataan. Piirilevyllä on myös kytketty reset-nappi, joka mahdollistaa kontrollerin uudelleen käynnistämisen ilman, että laite täytyy irrottaa USB-liitimestä.

6.3 Piirilevyn testaus

Heti aluksi testattiin kontrollerin toimivuutta Atmel STK128USB-opetuskortille tarkoitettulla tehdasohjelmalla, jolla saatiin tulostumaan tekstiä. Kun oli varmaa, että kontrolleri sopii käytettäväksi sovelluksessani, suunniteltiin oma piirilevy. Piirilevyn testaus suoritettiin ensin silmämääräisesti etsimällä mahdollisia jyrkimessä tapahtuneita virheitä. Pienet virheet ja oikosulut korjattiin terävän veitsen avulla vetämällä johtimien reunat puhtaiksi. Kortti käytiin läpi myös resistanssimittarilla, jolla mitattiin läpivetojen johtavuus. Komponenttien asennuksen jälkeen toistettiin työvaiheet. Piirilevy ei onnistunut heti, vaan se vaati useita jyrkimisiä ennen onnistumista. Kaikkien komponenttien kiinnitys tarkastettiin suurennuslasin avulla. Myös valmistettu USB-kaapeli testattiin resistanssimittauksella. Valmis kortti testattiin ajamalla sisään Atmel-opetuskortin ohjelma, jota muokkaamalla saatiin näppäimestä ”A” tulostumaan ”Tervetuloa”-teksti Notepad Windows -ohjelmaan.

7 OHJELMA

7.1 Ohjelman suunnittelu

Ohjelman pohjana käytettiin Atmel STK525 USB-opetuskortin mukana tullutta esimerkiohjelmaa. Koodissa oli USB:n ohjaus jo tehty, joten tämä osa oli loogista siirtää ohjelmaan. Tehtäväksi jäi siis tehdä näppäimien ohjaus sekä sen ohjelman yhteensovittaminen valmiiseen koodiin. Ohjelmointityökaluna käytettiin pääasiallisesti AVR Studio -ohjelmistoa ja kortin liittäminen tapahtui Jtag ICE-laitteen avulla.

Alla on esitetty koodi, jossa näppäin A luetaan ja lähetetään tietokoneelle. Ohjelmassa siis tutkitaan B-portin 6 alinta bittiä, joihin näppäimet on liitetty. Kun näppäin on painettu, ohjelma siirtää näppäintä vastaavan merkin `usb_key`-muuttujaan ja `key_hit`-muuttuja saa arvon 1. Lähetys aloitetaan aina, kun `key_hit`-muuttuja tulee ohjelmallisesti todeksi. Kaikki muutkin merkit tutkitaan samalla lailla. Muiden kuin määriteltyjen näppäinten painaminen ei tulosta merkkejä, vaan `key_hit`-muuttuja saa arvon epätosi.

```
void kbd_test_hit(void)
{
    switch (PINB) // B-portit tutkiminen
    {
        case 0xFE: //Ensimmäinen nappi
            usb_key=HID_A; //Siirretään merkki A usb_key
            key_hit = TRUE; //Kasketaan aloittamaan lahetys
            break;
    }
}
```

Alhaalla olevaan ohjelmaan tullaan, kun USB on kirjoitusvalmis ja key_hit-muuttuja on saanut arvon 1. Tässä siis lähetetään merkki tietokoneelle.

```
while (!Is_usb_write_enabled());
    if (key_hit == TRUE)
    {
        transmit_no_key = TRUE;
        Usb_select_endpoint(EP_KBD_IN);
        Usb_write_byte(HID_MODIFIER_NONE);    // Byte0: Modifier
        Usb_write_byte(0);                    // Byte1:
Reserved
        Usb_write_byte(usb_key);              // Byte2: Keycode 0
        Usb_write_byte(0);                    // Byte2:
Keycode 1
        Usb_write_byte(0);                    // Byte2:
Keycode 2
        Usb_write_byte(0);                    // Byte2:
Keycode 3
        Usb_write_byte(0);                    // Byte2:
Keycode 4
        Usb_write_byte(0);                    // Byte2:
Keycode 5
        Usb_send_in();
        return;
    }
```

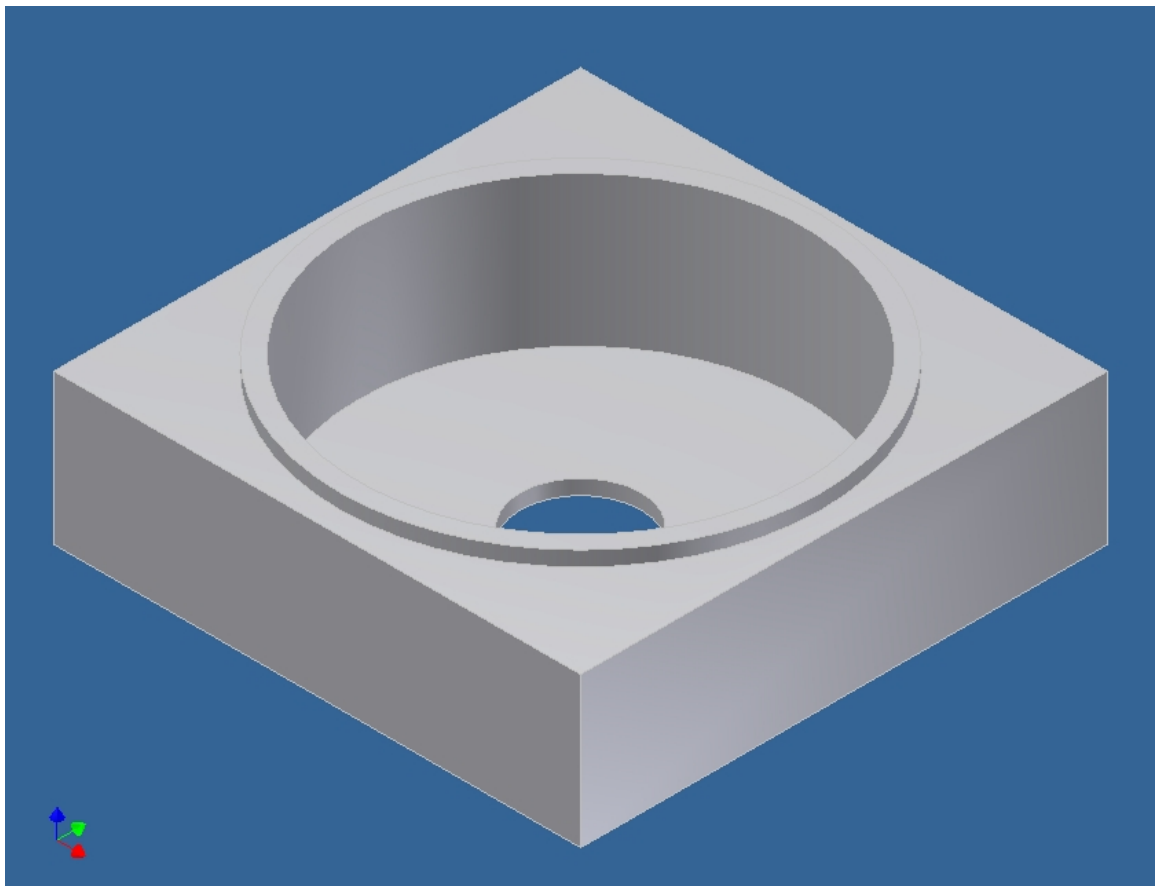
7.2 Ohjelman testaus

Ohjelma testattiin ajamalla se piirilevyllä olevaan kontrolleriin Jtag ice:n kautta. Seuraavaksi kytkettiin USB-kaapeli kiinni tietokoneeseen, ja tarkkiltiin Windows käyttöjärjestelmän Device Manager -ohjelmaa. Kun laite toimii oikein, peliohjain näkyy tietokoneelle USB-näppäimistöinä. Näppäimien toiminta testattiin kokeilemalla, tulostaako jokaisen näppäimen painaminen oikean merkin. Tässä vaiheessa ”näppäimet” olivat vielä pelkkiä johdon pätkiä. Tätä testiä varten avattiin Windows-käyttöjärjestelmän Note Pad- ohjelma. Ohjelma ei toiminut täydellisesti heti, vaan ohjelmassa oli toimintahäiriö. Tätä ongelmaa en saanut ratkaista yksin, vaan ohjelmistosuunnittelun asiantuntija Arto Partanen löysi lopulta virheen. Tämä virhe ei ollut suoraan omassa koodissani.

8 KOTELOINTI

8.1 Näppäimet

Näppäimet oli tarkoitus ostaa valmiina, mutta etsinnän tulos ei tuottanut haluttua tulosta, koska valmiit näppäimet olivat yleensä liian pieniä tai liian heiveröisen näköisiä. Tultiin tulokseen, että parhaan lopputuloksen aikaansaamiseksi näppäimet on valmistettava mekaanisilta osiltaan itse. Näppäimet valmistettiin Dimension SST 768 -pikamallinnuslaitteella ja suunniteltiin Autodesk Inventor Professional 2008-ohjelmistolla. Suurimmaksi osaksi näppäimien suunnittelusta ja valmistuksesta vastasi Markku Karppinen. Näppäimien rakenne on lähes särkymätön, koska sähköistä osaa ei voi painaa liian syvään, vaan suunniteltu mekaaninen liikevara ottaa jo aikaisemmin vastaan. Näppäimien sähköiset osat ovat kumminkin tehdastekoisia kytkimiä. Kuvassa 6 on esitetty näppäimen runko ja kuvassa 7 itse painike.



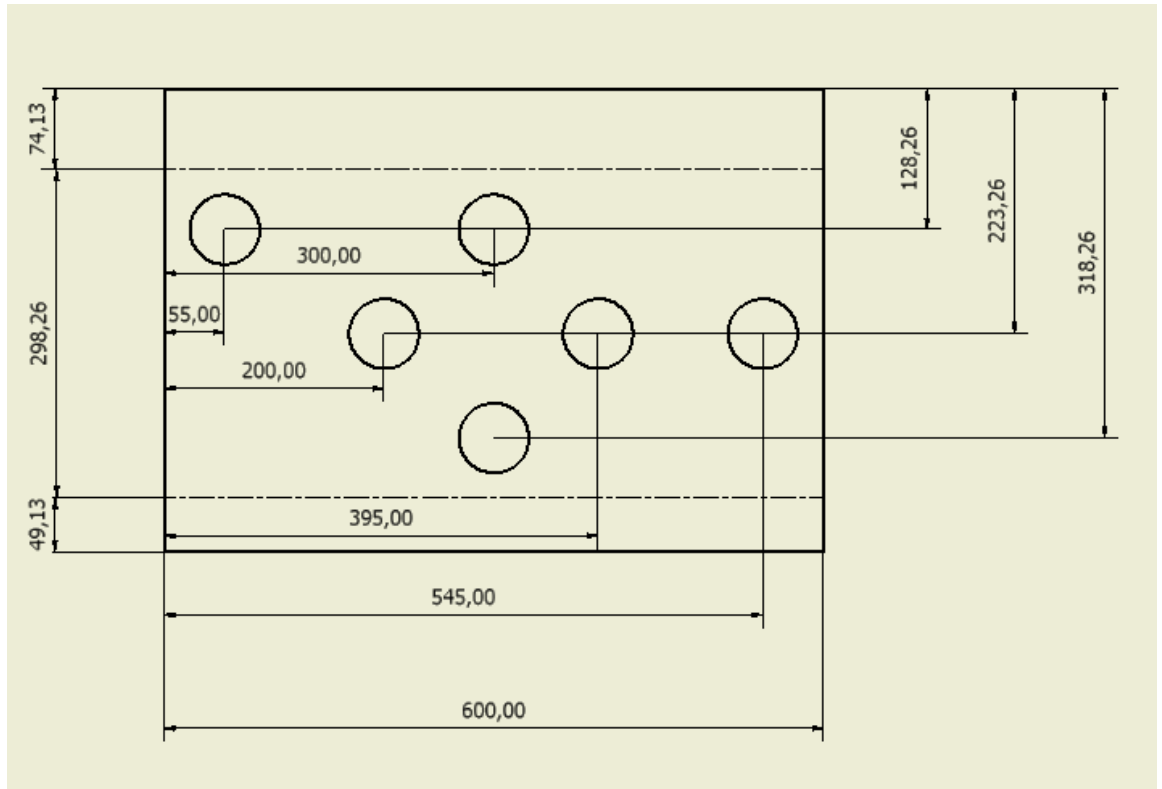
Kuva 6. Näppäimen runko



Kuva 7. Painike

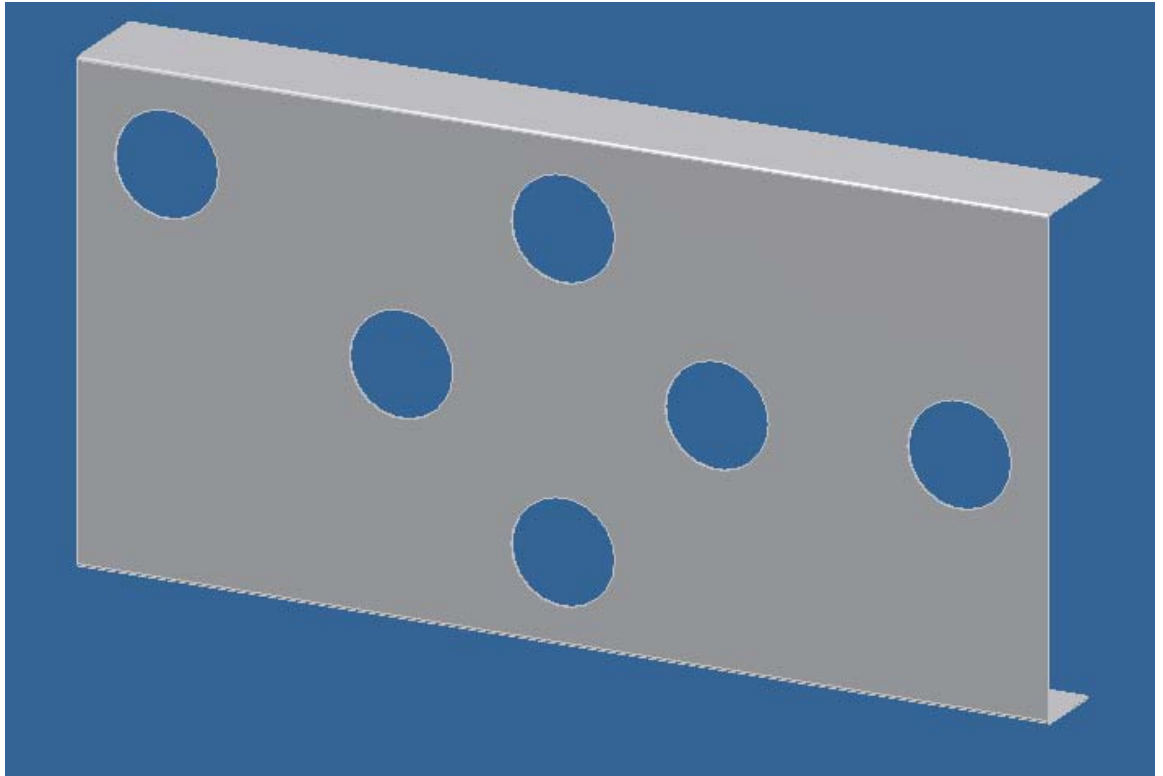
8.2 Kotelo

Kotelon suunnittelu aloitettiin vaatimuksien pohjalta. Ensin valmistettiin paperista malli, jonka avulla painikkeiden etäisyyttä päästiin muuttamaan helposti. Tämä varmisti sen, etteivät painikkeet olleet liian lähellä toisiaan kämmenillä näppäimiä käyttäessä. Paperisuunnitelman ollessa valmis alkoi kotelon suunnittelu Autodesk Inventor Professional 2008-ohjelmistolla. Reikien paikat määriteltiin paperisuunnitelman osalta, ja näppäimistön kaltevuutta pohdittiin myös suunnitelman aikana. Kotelon mitoitus on esitetty kuvassa 8. Mitoituksessa on otettu huomioon myös taivutusten vaikutus.



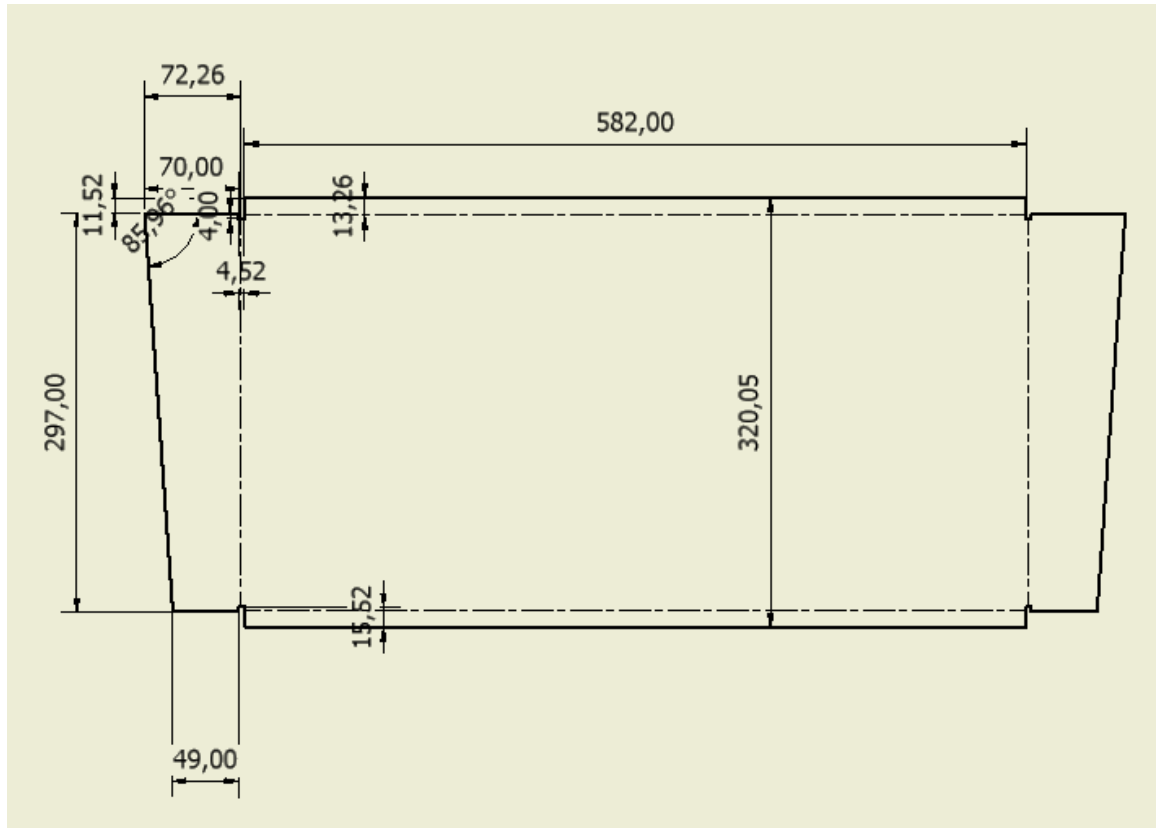
Kuva 8. Kotelon kannen mitoitus

Tämän pohjalta luotiin peltinen prototyyppi, jonka tarkoituksena oli kokeilla fyysisesti, miltä valmis tuote näyttää ja tuntuu. Peltinen prototyyppi luotiin Kajaanin ammattikorkeakoulun protopajassa kehitysinsinööri Markku Heikkisen ammattitaitoa hyväksi käyttäen. Prototyyppi kotelon kannesta on esitetty kuvassa 9. Prototyyppi oli niin hyvä, että myös lopullinen alumiinikotelo valmistettiin samanlaiseksi.



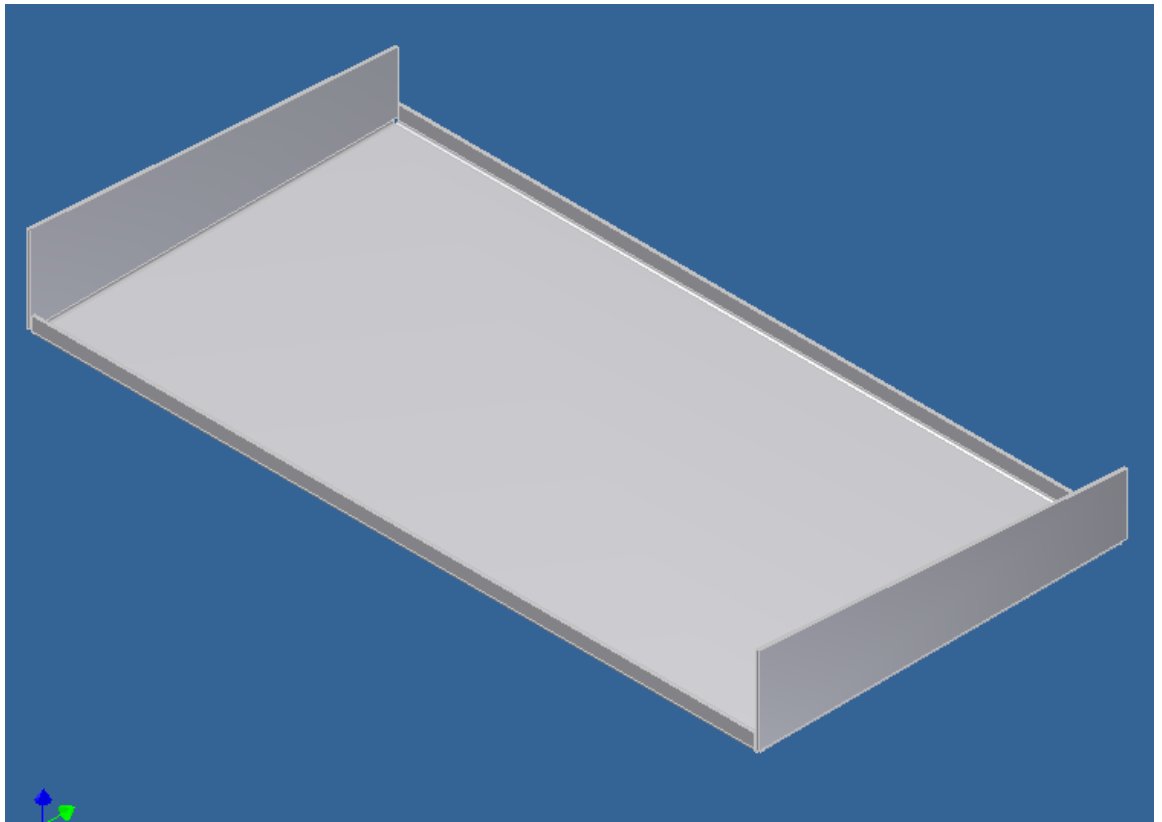
Kuva 9. Kotelon kannen suunnitelma

Prototyypin tarkoituksena oli tutkia, mitä ongelmia koteloinnissa esiintyy. Ongelmia oli kaksi: Näppäimien kiinnitys levyyn lujasti ja ilman ulospäin näkyviä kiinnityksiä ja metallin sivureunojen terävät kulmat, joita ei taivuttamalla pystynyt hävittämään. Näppäimien kiinnitys päätettiin tehdä sisäpuolelta Sikaflex-liimatiivistemassan avulla ja terävien reunojen hävittämiseksi reunoihin kiinnitettiin kuminen reunanauha. Koska myös pohja on tärkeä osa kotelon suunnittelussa, sen suunnittelu aloitettiin seuraavaksi. Pohjakappaleen terävien reunojen hävittäminen päätettiin tehdä niin, että pohjakappale tulee kotelon kannen sisään ja on 2 cm lyhempi kuin kansi. Pohjakappaleen mitoitus on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Pohjakappaleen mitoitus

Tämä mitoitus mahdollisti reunanauhan siististi laittamisen ja viimeistellymmän ulkonäön. Pohjakappaleen suunnittelu olikin yllättävästi haastavampi osuus, ja sitä varten tuli useita prototyyppejä ennen lopullisen valmistumista. Suunnitelma pohjakappaleesta on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Pohjakappaleen suunnitelma

9 TESTAUS JA HIENOSÄÄTÖ

Laitteen ollessa fyysisesti valmis testattiin kokonaisuutta. Laitteen USB-kaapeli kytkettiin tietokoneeseen ja varmistettiin, että peliohjain on tunnistettu oikein. Painikkeet ottivat tässä vaiheessa huonosti, joten näppäimet purettiin ja jokaisen näppäimen koskettimeen laitettiin tippa kuumaliimaa. Kuumaliima on myös kovettuneena hieman elastista, joten tämän ei katsottu heikentävän näppäimien kestävyyttä. Näppäimen korkeus säädettiin siten, että jokainen painike painuu kotelon kantta vasten, mutta sähköinen painike näppäimen sisällä ei pohjaa. Näppäimien sisään asennettiin kaksi jousta, jotta näppäimien toiminta olisi luotettavaa. Jokaisen näppäimen tuottama merkki tarkastettiin lopuksi Note Pad-ohjelmalla. Kotelon kaikki reunat käytiin läpi huolellisesti, jotta varmistuttiin siitä, ettei teräviä reunoja ole. Lopullisessa testissä käytettiin hieman tavallista enemmän voimaa, jotta varmistuttiin laitteen kestävydestä. Valmis laite on kytkettynä kuvassa 12.



Kuva 12. Valmis peliohjain.

10 LOPPUPÄÄTELMÄT

Työn onnistumista arvioitiin toiminnan ja mekaniikan osalta. Peliohjaimesta ei tullut varsinaisen kaunis, mutta selvästi se muistutti alkuperäistä mielikuvaa. Alumiiini on materiaalina kallis, joten muovi olisi varmasti parempi materiaali myös koteloon. Kuitenkin prototyypissä tämä ei ollut mahdollista valmistaa muovista. Näppäimet onnistuivat hienosti, mutta niiden valmistaminen pikamallinnuslaitteella on erittäin kallista, joten valmistustapa täytyisi muuttaa sarjatuotantoa ajatellen. Ohjelmistossa on paljon turhaa, ja sitä olisi voinut siistiä reilusti. Kuitenkin ohjelmisto ei työssä ollut kovinkaan suurella painotuksella, joten tämä jätettiin tarkoituksella tekemättä. Piirilevy olisi ollut mahdollista tehdä myös huomattavasti pienemmäksi, jos olisi haluttu säästää tässäkin. Haittaa tai ongelmia ei piirilevyn valittu koko tuottanut, koska peliohjaimen sisällä on reilusti tilaa. Valmistustapa jyrsimällä oli selkeästi virhe. Paras olisi ollut teettää piirilevy ulkopuolisella, jotta tarkkuus olisi ollut haluttu. Välillä työ oli kokonaan pysähdyksissä, koska ongelmien yli pääseminen oli vaikeaa. Monia asioita olisi siis jälkeinpäin voinut tehdä toisin, mutta kokonaisuutena pitää olla työhön tyytyväinen.

11 YHTEENVETO

Työssä suunniteltiin ja tehtiin USB-liitännällä varustettu peliohjain, jonka pääasiallinen käyttäjäryhmä on vanhukset ja motorisesti rajoittuneet. Työ aloitettiin tutustumalla opetuskorttiin, jossa oli USB-liitäntäinen hiiri, jonka jälkeen suunniteltiin oma piirilevy käyttäen samaa kontrolleria kuin opetuskortissa.

Peliohjain suunniteltiin näkymään tietokoneelle näppäimistönä, koska tällä tavalla peliohjain ei tarvitse ajureiden asentamista koneelle. Helppokäyttöisyyteen panostettiin, koska mahdolliset käyttäjät eivät ehkä ole kokeneita tietokoneen käyttäjiä, ja mahdollisesti aistit ovat jo heikenneet. Myös mahdolliseen jatkokehitykseen jätettiin liitäntöjä suunniteltuun piirilevyyn.

Kaikkia mielessä olleita toimintoja ei ehditty tekemään. Alussa oli suunnitelmana myös lisätä näppäimistöön valot painikkeisiin sekä miettiä lisälaitteita. Työssä meni aivan liikaa aikaa epäonnistuneisiin piirilevyihin, mikä olisi voitu välttää teettämällä kortti ulkopuolisella valmistajalla. Tämä olisi vaatinut rahallista panostusta joko itseltä tai tilaajalta, päätettiin valmistaa piirilevy ammattikorkeakoulun jyrsimellä. Jälkeenpäin ajateltuna piirilevyn valmistus olisi pitänyt suorittaa alihankintana, jotta työssä tullessiin oikeisiin ongelmiin olisi ollut riittävästi aikaa.

LÄHTEET

1. Kotimikron artikkeli USB:sta. [WWW dokumentti]

<<http://www.kotimikro.fi/Crosslink.jsp?d=422&a=2671>> (Luettu 2.3.2009)

2. Mikrobotin artikkeli USB:sta. [WWW dokumentti]

<http://koti.mbnet.fi/jjw/html/3_7_liitannat.html> (Luettu 16.3.2009)

3. Universal Serial Bus Specification. [WWW dokumentti]

<http://www.usb.org/developers/docs/usb_20_122208.zip> (Luettu 2.3.2009)

4. USB:n pinnijärjestys. [WWW dokumentti]

<http://www.hardwarebook.info/Universal_Serial_Bus_%28USB%29> (Luettu 2.2.2008)

5. Perustietoa USB-väylästä.

Lähteine O, Pietikäinen V, Kosonen H. Uusi PC-tekniikan käsikirja. viides painos.
Helsinki Media Erikoislehdet, 1997

6. MikroPC:n artikkeli USB:sta

Uski J, Usb monena versiona, MikroPC 8/2006.

7. Opinnäytetyö USB-protokollapinin toteuttaminen sulautettuun järjestelmään.

Romppainen M. Tekniikka ja liikenne. Kajaanin ammattikorkeakoulu tietotekniikan koulutusohjelma 2007.

8. Microsoftin kotisivut. [WWW dokumentti]

<<http://www.microsoft.com/en/us/default.aspx>> (Luettu 2.3.2009)

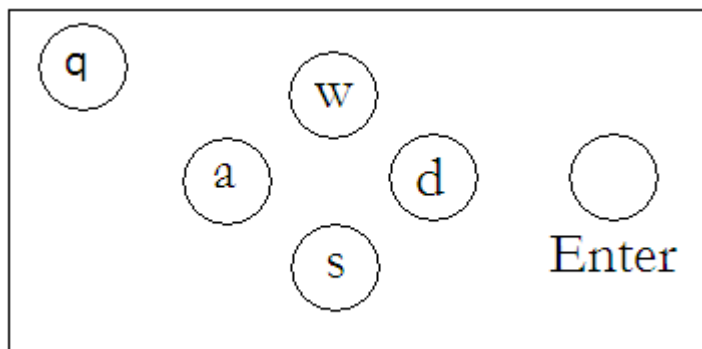
9. USB Implementers Forum. Device Class Definition for Human Interface Devices (HID). [WWW dokumentti]
<http://www.usb.org/developers/devclass_docs/HID1_11.pdf> (luettu 13.3.2009)
10. AT90USB1287 datasheet. [WWW dokumentti]
<http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc7593.pdf> (luettu 5.3.2008)

LIITTEIDEN LUETTELO

LIITE 1 KÄYTTÖOHJE PELIOHJELMOIJALLE

Käyttöohje peliohjelmoijalle

Peliohjain toimii standardinäppäimistön tavoin ja ei vaadi mitään erityistoimia ohjelmoinnin kannalta. Alla esitetyssä kuvassa 1 on esitetty kytkimiä vastaavat standardinäppäimistön merkit.



Kuva 1. Näppäimiä vastaavat näppäimistön merkit

