

Niko Kiiskinen

USB-väyläarkkitehtuuria hyödyntävän peliohjaimen suunnittelu ja toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Tietotekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
12.3.2012

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Niko Kiiskinen USB-väyläarkkitehtuuria hyödyntävän peliohjaimen suunnittelu ja toteutus 61 sivua + 2 liitettä 12.3.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	tietotekniikka
Ohjaaja	lehtori Jukka Juslin
<p>Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella sekä koota useissa pelihalleissa taistelu-, räiskintä- ja tasohyppelypeleissä käytettyä ohjainta muistuttava peliohjain.</p> <p>Peliohjain koostuu kotelosta, yhdestä enintään kahdeksan suuntaan rekisteröivästä ohjainsauvasta, piirilevystä sekä 11 painonappulasta, joilla ohjataan pelitapahtumia. Ohjaimessa käytetyn piirilevyn nimi on Dual Strike, joka on erityisesti peliohjaimia varten suunniteltu piirilevy. Ohjaimen kotelo valmistettiin puusta sekä polykarbonaattimuovista ja se suunniteltiin AutoCAD 2012 -suunnitteluohjelmistolla. Projektissa syntyneet piirustukset ovat työn liitteinä.</p> <p>Projektista valmistuneella peliohjaimella voidaan ohjata Sony PlayStation 3 ja Microsoft Xbox -pelikonsoleja sekä tietokoneella pelattavia pelejä. Tarvittaessa ohjaimen yhteensopivuutta voidaan laajentaa myös tukemattomiin konsoleihin.</p> <p>Projektia varten tässä työssä tutkittiin sekä esiteltiin yleisin ohjainsauvallisissa peliohjaimissa käytettyjä osia sekä ohjaimen ja pelikoneen välillä käytetyn USB-väyläarkkitehtuurin toimintaa. Työssä esitellään myös ohjaimen työstö- ja kokoamisvaiheet.</p> <p>Ohjain täytti sille ennen projektin alkua asetetut tavoitteet ja se on päivittäisessä käytössä.</p>	
Avainsanat	peliohjain, USB, ohjainsauva, painike

Author Title	Niko Kiiskinen Design and implementation of a USB video game controller
Number of Pages Date	61 pages + 2 appendices 12th March 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Instructor	Jukka Juslin, Senior Lecturer
<p>The objective of this thesis was to design and assemble a game controller which mimics controllers that are used in most fighting, shooting and side-scrolling video games in amusement arcades.</p> <p>The finished controller consist of a controller box, a circuit board, an eight-way joystick and eleven pushbuttons that are used to control video games. The circuit board used in the project is called Dual Strike and it was designed especially for game controller purposes. The controller box was made from wood and polycarbonate plastic and it was designed with AutoCAD 2012 design software. Designs used in the project are attached as appendices to this thesis.</p> <p>The controller can be used to control video games on Sony PlayStation 3, Microsoft Xbox and personal computers. Compatibility of the controller can be expanded to cover also unsupported game consoles if needed.</p> <p>To ensure success of the project, the most commonly used parts and the structure of an arcade joystick, as well as Universal Serial Bus (USB) were researched and documented in this thesis. Each step of the controller's assembly phase was also described.</p> <p>The controller fulfilled the objectives that were set for it in the beginning of the project and it is now in active use.</p>	
Keywords	game controller, USB, joystick, pushbutton

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Ohjaimen rakenne	2
3	Vaatimukset	3
4	Sony PlayStation 3	3
5	USB-väyläarkkitehtuuri	5
5.1	USB:n rakenne	7
5.2	Tiedonsiirtoprotokolla	10
6	Ohjaimen osat	14
6.1	Japanilaiset mallit	16
6.2	Yhdysvaltalaiset ja eurooppalaiset mallit	16
6.3	Ohjainsauva	17
6.4	Painikkeet	26
7	Dual Strike -piirilevy	29
7.1	Toimintatilat	30
7.2	Asentaminen ohjaimeen	32
7.3	S3/S4 -liittimet	33
7.4	Atmel ATmega168 -mikrokontrolleri	34
7.5	Ohjelmisto	35
7.6	Configuration Editor -asetusohjelma	36
8	Peliohjainprojekti	41
8.1	Seimitsu LS-33 -ohjainsauva	42
8.2	Seimitsu PS-14-GN- ja PS-14-DN -painikkeet	44
8.3	Kotelon materiaali	45
8.4	Suunnittelu	46
8.5	Työstö	48
8.5.1	Kansi	49
8.5.2	Seinämät sekä tukipuut	50
8.5.3	Jälkikäsittely	52

8.5.4	Elektroniikan ja kotelon	53
8.6	Testaus ja lopputuote	55
9	Yhteenveto	56
	Lähteet	58
	Liitteet	
	Liite 1. Kotelon piirustukset	
	Liite 2. Ohjainsauvan asennus kanteen	

Lyhenteet

b	bitti, pienin mahdollinen informaation yksikkö. Bitillä on kaksi mahdollista arvoa, joita kuvaavat yleensä ykkönen ja nolla.
B	tavu, kahdeksan bitin muodostama informaation yksikkö.
Blu-ray	Optinen media, jonka kehittivät Pioneer, Sony ja Phillips teräväpiirtoelokuvia ja muita suuria datamääriä vaativia tarpeita varten.
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i> , pysyvä puoli-johdemuisti.
IL	<i>Industrial Lorenzo S.A.</i> , eurooppalainen peliohjainten osien valmistaja.
kbps	kilobittiä sekunnissa, tiedonsiirtonopeuden mittayksikkö.
MAME	<i>Multiple Arcade Machine Emulator</i> , vanhojen pelihallipelien emulointiin tarkoitettu tietokoneohjelma.
NRZI	<i>Non-Return-To-Zero Inverted</i> , binäärikoodaus.
PS3	Sony PlayStation 3 -pelikonsolin virallinen lyhennys.
RISC	<i>Reduced Instruction Set Computer</i> , tietokoneiden suorittimen suunnittelussa käytetty filosofia, jossa käskykanta on pyritty yksinkertaisina ja nopeasti suoritettavina.
S/PDIF	<i>Sony/Philips Digital Interface Format</i> , standardi digitaalisen audion siirtämiseen laitteiden välillä.
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i> , staattinen muistityyppi.
USB	<i>Universal Serial Bus</i> , tiedonsiirtoväyläarkkitehtuuri oheislaitteen liittämiseksi isäntälaitteeseen.
USB-IF	<i>USB Implementers Forum</i> , USB-väyläarkkitehtuurin kehityksestä vastaava organisaatio.
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i> , langaton lähiverkkotekniikka.

1 Johdanto

Ennen kuin maailman suurin viihdeteollisuus valtavasi ihmisten kotisohvat ja mobiililaitteet, tapahtui suuri osa videopelaamisesta pelihalleiksi kutsutuissa tiloissa [1; 2; 35]. Pelihalleissa jokainen pelikerta tuli maksaa kolikoilla ja tästä syystä kyseisiä pelejä kutsutaankin kolikkopeleiksi.

Kolikkopeleille oli ominaista, että ne olivat teknisesti paljon edellä kotikäyttöön tarkoitettuja pelilaitteita ja tästä syystä ne tarjosivat useissa tapauksissa parempia elämyksiä pelaajille. Käänte suuosiossa tapahtui 1990-luvun puolivälissä, kun tietokoneiden käyttämät komponentit kehittyivät siihen pisteeseen, että ne saattoivat haastaa kolikkopelit näyttävyydessä ja äänentoistossa toden teolla.

Suurin vaikutus pelihallien katoamiseen kaupunkien katukuvasta oli kuitenkin internetin yleistyminen, minkä johdosta pelaajien välinen kilpaileminen ja sosiaalinen kanssakäyminen voidaan hoitaa helposti verkossa. Ainoa maa, jossa pelihallit kilpailevat vielä tänäkin päivänä pelaajamäärissä kotikoneita vastaan on Japani, jossa iso osa videopelaamisesta tapahtuu vieläkin pelihalleissa ja pelejä julkaistaan pelkästään kolikkopeleinä.

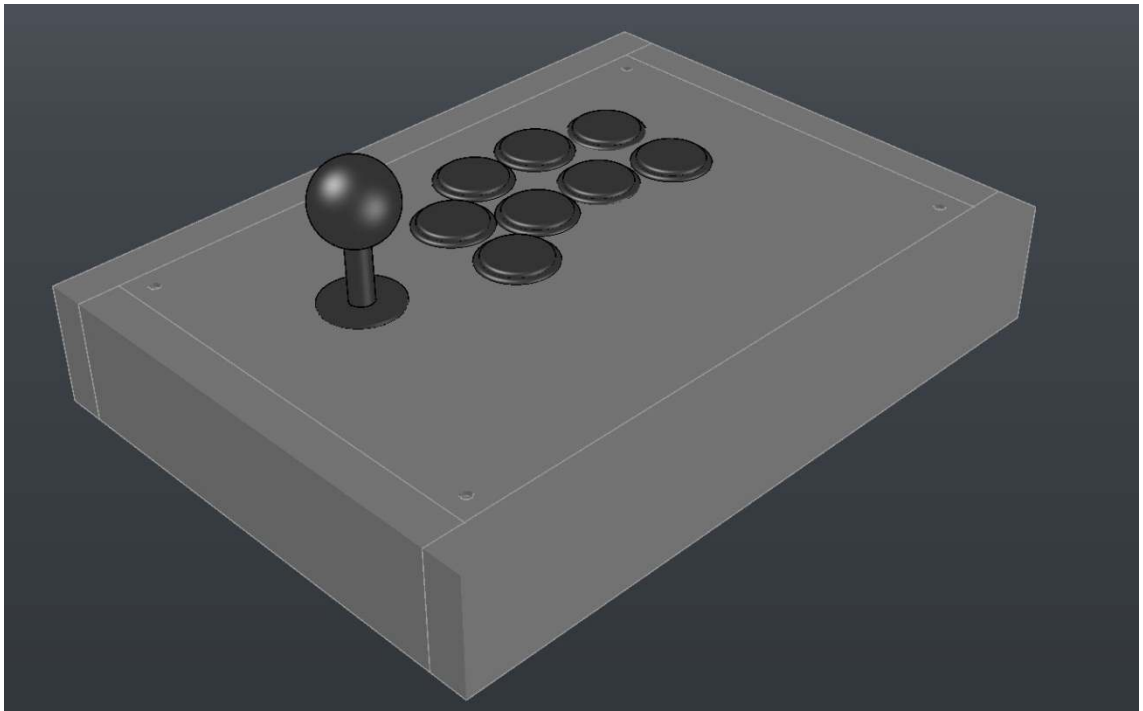
Suomessa pelihallikulttuuri ei juuri missään vaiheessa ole ottanut tuulta alleen, vaan täällä videopelaaminen on aina ollut pääsääntöisesti kotona tapahtuvaa ajanvietettä. Jos Suomessa haluaa kokeilla pelaamista kolikkopelillä, on suunnattava laivalle, huvipuistoihin tai suurimpiin kauppakeskuksiin. [35.]

Kun kotikonsoleilla ja tietokoneilla on totuttu yleensä ohjaamaan pelejä ohjaimella, joka sopii lähes peliin kun peliin, on pelihalleissa jokaista peliä varten lähes poikkeuksetta räätälöity oma ohjausmekanismi: ajopelejä pelataan yleensä ratilla ja polkimilla, tanssipelejä tanssialustalla ja pelejä, joissa tulee rummuttaa oikeaan tahtiin, pelataan usein ohjaimella, joka muistuttaa oikeita rumpuja. Tästä syystä pelaaminen kolikkopeleillä mielletään usein realistisemmaksi kuin kotona tapahtuva pelaaminen. [36.]

Tämän työn tarkoituksena on palauttaa edes hitunen pelihallien taikaa ja suunnitella sekä koota ohjainsauvallinen peliohjain, joka jäljittelee pelihalleissa taistelu-, tasohyp-

pely ja räiskintäpeleissä yleensä käytettyä ohjainmallia. Projektin lisäksi esittelen työssä myös kyseisissä ohjaimissa tyypillisesti käytettyjä osia sekä selvitän projektissa valmistuvan ohjaimen hyväksikäyttämän USB-väyläarkkitehtuurin toimintaa.

2 Ohjaimen rakenne



Kuva 1. Toteutettavan ohjaimen referenssikuva.

Projektissa toteutettavan ohjaimen rakenne voidaan pääpiirteittäin nähdä kuvassa 1. Ohjain koostuu usein neljästä seinämästä, kansilevystä sekä pohjalevystä, jotka yhdessä muodostavat ohjaimen kotelon. Tämän lisäksi ohjaimen kuuluvat ohjainsauva sekä joukko painikkeita, joiden avulla ohjataan pelitapahtumia. Kyseinen ohjainmalli oli käytössä useissa taistelu-, räiskintä- ja tasohyppelypeleissä kolikkopelihalleissa.

3 Vaatimukset

Peliohjaimelle asetettiin projektin alussa seuraavat vaatimukset:

- Ohjaimen tulee toimia Sony PlayStation 3 -pelikonsolin sekä tietokoneen kanssa ilman erityistoimenpiteitä. Ohjaimen on tuettava PlayStation 3:n "PS"-painiketta. Ohjaimen on myös mahdollisesti oltava yhteensopiva Microsoft Xbox 360 -pelikonsolin kanssa.
- Rakenteellisesti ohjaimen tulee olla laadullisesti hyvää tasoa. Siinä tulee olla korkealaatuisia osia ja kotelon tulee olla tukeva ja kestävä.
- Ohjain liitetään konsoliin tai tietokoneeseen USB-liitäntää hyväksi käyttäen.
- Ohjaimen tulee olla hinnaltaan kilpailukykyinen vastaavien kaupallisten ohjaimien kanssa.
- Ohjaimessa tulee olla vähintään kahdeksan painiketta kannessa. Näiden kahdeksan nappulan lisäksi ohjaimessa tulee olla kolme painonappulaa joko kannessa, etuseinämässä tai toisessa sivuseinämässä.
- Ohjaimessa tulee olla yksi kahdeksaa suuntaa tukeva ohjainsauva.
- Ohjaimen tulee olla kooltaan noin 30 senttimetriä leveä, 20 senttimetriä pitkä ja paksuudeltaan noin 5 senttimetriä ilman ohjainsauvaa ja painonappuloita.

4 Sony PlayStation 3

Sony PlayStation 3, tai virallisesti lyhyemmin PS3, on Sony Computer Entertainmentin suunnittelema ja valmistama pelikonsoli. Se julkaistiin Euroopassa maaliskuussa 2007, ja kuten kuvasta 2 voidaan huomata, konsolista on julkaistu kaksi eri mallia. Ensimmäinen malli sai väistyä pienemmän, hiljaisemmän ja vähävirtaisemmän "Slim-mallin" tieltä vuonna 2009. Syyskuuhun 2011 loppuun mennessä sitä on myyty yhteensä 55 miljoonaa kappaletta maailmanlaajuisesti. [3.]



Kuva 2. Vasemmalla on Sony PlayStation 3:n ensimmäinen myynnissä ollut malli ja oikealla uudempi "Slim-malli". Etualalla on Sony DualShock 3 -peliohjain. [4.]

PlayStation 3 käyttää Sonyn, Toshiba:n ja IBM:n yhdessä kehittämää Cell-suoritin, jossa on yhdeksän kolmen gigahertsin taajuudella toimivaa ydintä. Näytönohjain on konsolia varten muovattu piiri nimeltään Reality Synthesizer, ja se on Nvidian valmistama. Se on kellotaajuudeltaan 550 megahertsiä, ja siinä on 256 megatavua omaa muistia. Muistia PlayStation 3:ssa on 512 megatavua, josta puolet on Cell-prosessoria varten ja puolet varattu näytönohjaimelle. Verkkoon PS3 voidaan liittää joko langattomasti käyttäen WLAN-lähiverkkoa tai konsolin takaosassa olevan Ethernet-portin avulla.

Konsolissa on HDMI 1.3 -liitäntä digitaalista kuvan ja äänen siirtoa varten sekä liitännät S-video-, komponentti- tai komposiittikaapelille analogisen videosaunan siirtoon näyttölle. PS3:ssa on Blu-Ray-asema, ja vuodesta 2010 se on tukenut 3D-kuvaa. Ääntä varten konsolissa on myös S/PDIF-liitin.

Lisälaitteet voidaan liittää konsoliin joko käyttäen Bluetoothia tai USB 2.0 -liitäntää. PS3:n voidaan liittää useat markkinoilla olevat USB- ja Bluetooth-standardin täyttävät massamuistit, näppäimistöt, hiiret sekä muut syöttölaitteet.

Kuvan 2 etualalla näkyy vuonna 2008 Euroopassa julkaistu DualShock 3 -peliohjain, joka voidaan liittää käyttäen jompaakumpaa edellä mainittua liitäntämuotoa. Siinä on yhteensä 11 painiketta, kaksi analogitoimista ohjainsauvaa sekä ristiohjain vasemmassa reunassa. DualShock 3:ssa on myös kuusi akselinen liikkeentunnistin, jota voidaan myös käyttää pelitapahtumien ohjaamiseen.

Yksi 11:stä painikkeesta on nimeltään PS-näppäin, joka tuo näytölle kotivalikon konsolin ollessa päällä. Kotivalikosta voidaan esimerkiksi sammuttaa peli tai konsoli sekä suorittaa muita konsolin ohjaustoimenpiteitä. [5.]

5 USB-väyläarkkitehtuuri

USB, eli Universal Serial Bus, on kahden laitteen välille muodostetun sarjamuotoisen tiedonsiirron määrittelevä standardi. Sen kehitys aloitettiin vuonna 1994, kun seitsemän suurta tietotekniikkayritystä Compaq, DEC, IBM, Intel, Microsoft, NEC ja Nortel yhdistivät resurssinsa tarkoituksenaan korvata iso joukko tuolloin tietokoneista löytyneitä liitäntöjä yhdellä helppokäyttöisellä ja halvalla liitännällä.

USB:n kehitystä vauhdittamaan vuonna 1995 perustetun USB Implementers Forum -organisaation (USB-IF) ensimmäinen suuri julkistus oli USB versio 1.0 spesifikaation esittely tammikuussa 1996. USB:n läpimurtoa saatiin kuitenkin odottaa vuoteen 1998 saakka, kunnes versiota 1.0 vaivanneet ongelmat saatiin korjautuksia, ja versio 1.1 tuotiin markkinoille. Versio 1.1:n myötä USB löi itsensä läpi, ja siitä tuli kertaheitoilla yksi käytetyimmistä liitäntämuodoista lisälaitteille. [6.]

Kuvassa 3 on standardi A-tyyppin USB-liitin.



Kuva 3. USB 1.1 -liitin.

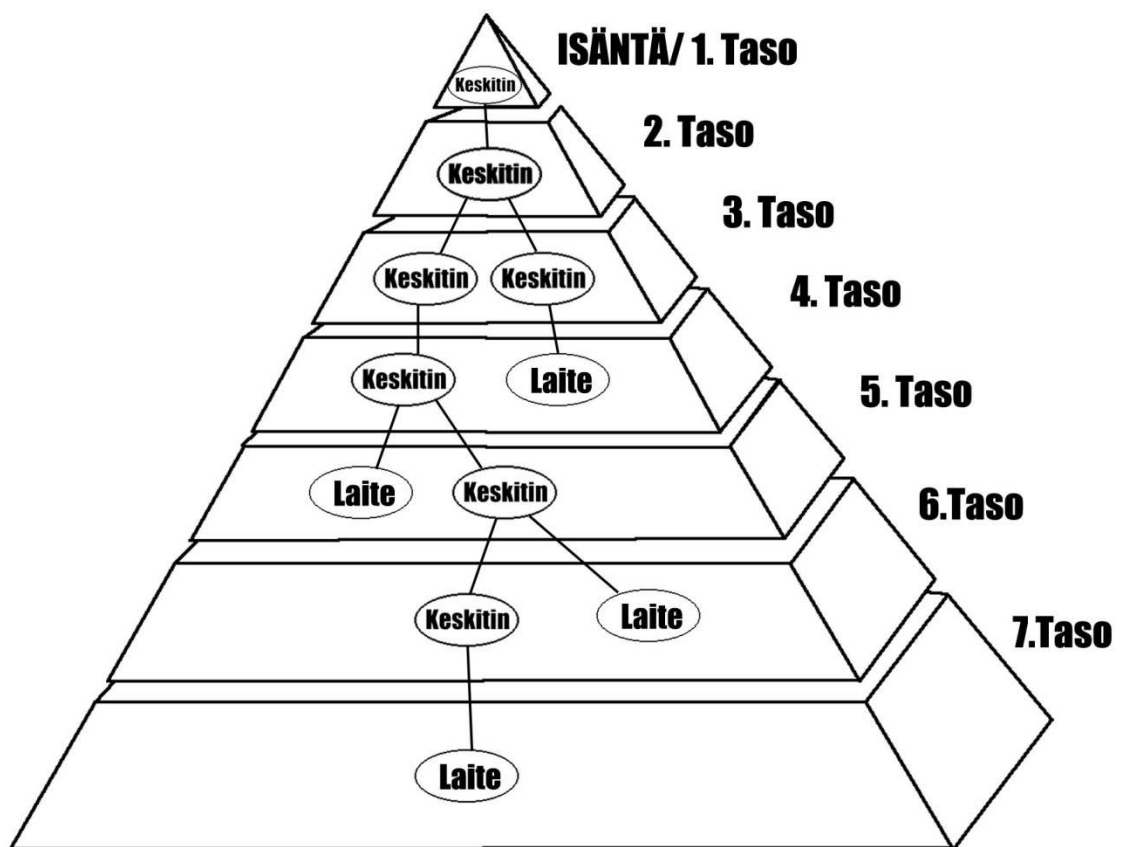
USB 1.0 ja 1.1 määrittelevät kaksi eri nopeusluokkaa tiedonsiirrolle. Hitaampi eli "Low Speed" tarjoaa nopeuden 1,5 megabittiä sekunnissa ja se on tarkoitettu pääasiassa laitteille, jotka eivät siirrä suuria määriä dataa, esimerkiksi näppäimistö tai hiiri. Nopeampi, eli "Full Speed" mahdollistaa tiedonsiirtonopeuden 12 megabittiä sekunnissa, ja se suunniteltiin palvelemaan suuria määriä tietoa siirtäviä laitteita. [6.]

Seuraava suuri askel USB:n historiassa koettiin vuonna 2000, kun versio 2.0 esiteltiin markkinoille. USB 2.0 on yhteensopiva vanhempien versioiden kanssa, ja suurin uudistus oli uusi nopeusluokka "Hi-Speed", joka mahdollistaa enimmäissiirtonopeuden 480 megabittiä sekunnissa. Toinen suuri uudistus on USB On-The-Go:ksi nimetty 2.0-spesifikaatioon lisäys, joka mahdollistaa kahden USB-laitteen kommunikoinnin keskenään ilman isäntälaitetta. USB On-The-Go mahdollistaa vaikkapa matkapuhelimella olevien kuvien tulostamisen ilman tietokonetta. [6.]

Toinen iso USB:n kehitysaskel otettiin vuonna 2008, kun USB 3.0 julkaistiin. Versio 3.0 kehitettiin pääasiassa vastaamaan kasvaneisiin nopeusvaatimuksiin. Se mahdollistaa enimmillään tiedonsiirtonopeuden 5 gigabittiä sekunnissa. Tätä neljättä nopeusluokkaa kutsutaan "SuperSpeediksi". USB 3.0 on yhteensopiva aiempien USB-standardien kanssa ja sen liitin erotellaan muista versioista sinisellä värillä. [6.]

5.1 USB:n rakenne

Väylätopologia



Kuva 4. USB-väylätopologia. [7, s. 16.]

Kuten kuvasta 4 voidaan nähdä, USB-väylätopologia koostuu isännästä, yhdestä tai useammasta keskittimestä sekä laitteista. Kuten kuvasta 4 voidaan huomata, USB-topologiassa voi olla enimmillään seitsemän tasoa, joista ylimmällä tasolla on isäntä. Isäntä on usein tietokone, mutta USB On-The-Go:n avulla se voi myös olla toinen laite.

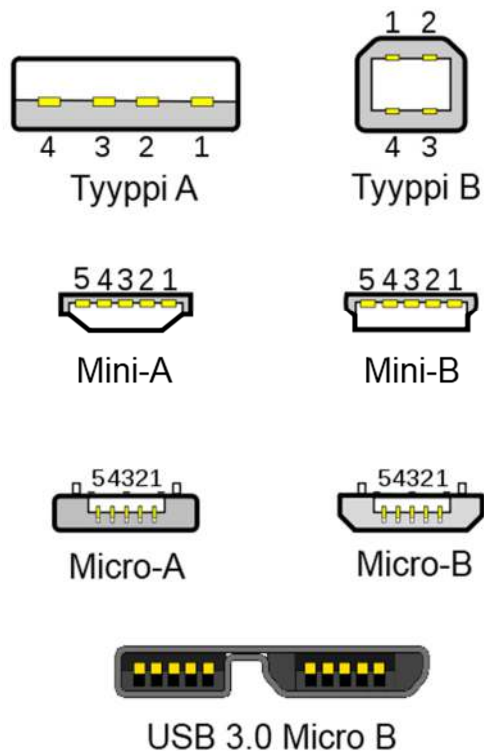
Isäntä jakaa USB-kaistan verkon laitteille aikajakoisesti laitteiden kesken, ja yhteen isäntään voidaan liittää yhteensä 127 laitetta tai keskitintä kerrallaan.

Jokaisen tason keskellä on keskitin, jonka avulla yksi portti voidaan jakaa useammalle keskittimelle tai laitteelle. Keskittimiä voidaan ketjuttaa enimmillään viisi peräjälkeen ja tasolla seitsemän voidaan käyttää ainoastaan laitteita. [7.]

Liitin

USB-liitin on pyritty suunnittelemaan helppokäyttöiseksi sekä toimintavarmaksi. Käyttöä helpottamaan USB:n standardiin on määritetty, että liittimessä pakollisena oleva USB-ikoni (kuva 3) tulee olla liittimen päällä. Jotta verkkoon ei liitettäisi kuin yksi virtaa syöttävä laite, jaotellaan liittimet A- ja B-malleihin. A-mallin liittimet käyvät ainoastaan isäntälaitteisiin ja B-mallin liittimet keskittimiin tai lisälaitteisiin.

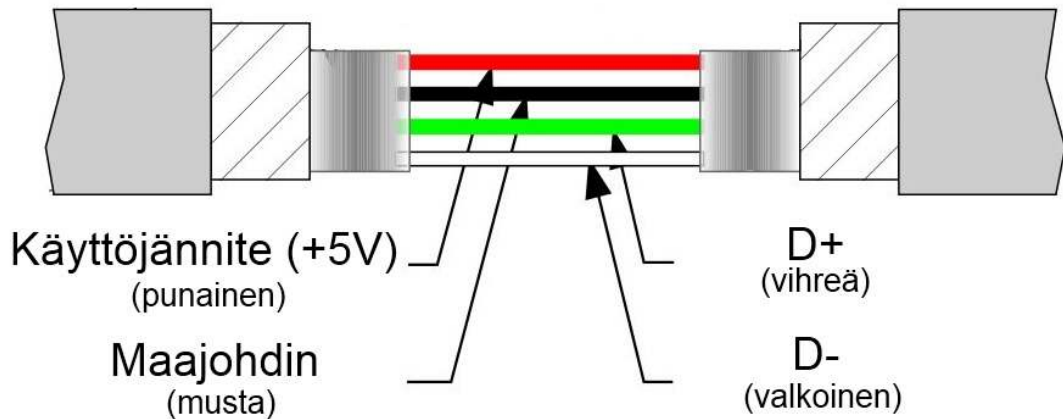
Kuva 5 esittää USB-versioiden 1.x ja 2.0 kaikki liittintyyppit sekä version 3.0 Micro-B-liittimen. Micro liittimiä käytetään laitteissa, joissa on kokorajoituksia liitännän suhteen.



Kuva 5. USB-liittintyyppit [6].

Johto

USB 1.x ja 2.0 -johdot koostuvat neljästä johtimesta, joista punainen on tarkoitettu käyttöjännitteelle (+5V) ja musta on maajohdin (GND). Signaalit kulkevat valkoisessa (D+) ja vihreässä (D-) johtimessa, jotka ovat kierretty toisten ympärille. Kuva 6 esittää USB 2.0 -kaapelin rakenteen.



Kuva 6. USB 1.x ja 2.0 versioiden kaapelin rakenne [7, s. 87].

USB 3.0 toi mukanaan viisi johdinta kokonaismäärän noustessa yhdeksään. Näistä johtimesta neljä on "SuperSpeed"-nopeusluokan signalointia varten, ja viides on lisämaadoitus. [6.]

"Low Speed" nopeusluokka tukee enimmillään kolmemetristä johtoa, kun taas "Full Speediä" käytettäessä kaapeli voi olla viisi metriä pitkä. USB 3.0 -kaapelille ei ole määritetty enimmäispituutta, mutta kaapelissa käytettävä 0,405 millimetrin paksuinen johdin rajoittaa pituuden noin kolmen metriin. [8.]

Virransyöttö

Datan lisäksi USB:n avulla voidaan antaa virtaa oheislaitteelle. USB 1.0-, 1.1- ja 2.0-standardin mukaiset portit voivat syöttää oheislaitteelle virtaa enimmillään 500 milliampeeria, ja USB 3.0 kohdalla virta-arvo on 900 milliampeeria. Jos laite vaatii enemmän virtaa toimiakseen, se on kytkettävä useampaan porttiin. [7, s. 171.]

5.2 Tiedonsiirtoprotokolla

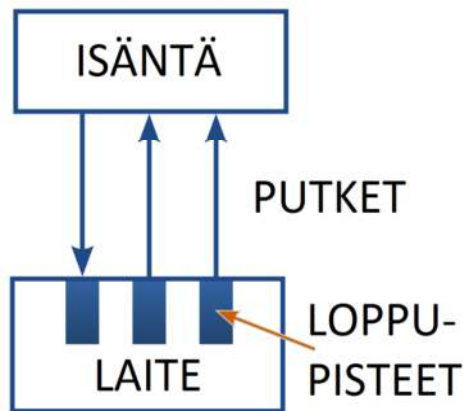
Putket ja loppupisteet

Loppupisteeksi kutsutaan laitteella sijaitsevaa sekä usein yksisuuntaista puskuria, jonka kautta tieto kulkee isännän ja laitteen välillä. Yksi loppupiste voi olla vain joko datan lähettämistä tai vastaanottamista varten. Vaikka isäntälaitte puskuroi väylällä liikkuvaa dataa omaan välimuistiinsa, ei sillä ole loppupisteitä, vaan se aloittaa ja katkaisee tiedonsiirron osapuolten välillä. [9, 40.]

Jokainen USB-väylällä käytävä tiedonsiirtotapahtuma alkaa paketilla, joka sisältää loppupisteen osoitteen. Osoite koostuu numerosta, joka on "Low Speed"-laitteilla joko "1" tai "2" ja "Full Speed"-laitteilla mikä tahansa numeroarvo 1–15. Numeron lisäksi loppupisteen osoite ilmaisee tiedon datan kulkusuunnasta, joka voi olla joko tyypiltään "IN" tai "OUT". "IN" ilmaisee loppupistettä, johon kerätään laitteelta lähtevä data ja "OUT" pistettä, johon puskuroidaan laitteelle tulevat bitit. Yhteensä laitteella voi siis olla nopeusluokasta riippuen joko 2 tai 30 loppupistettä käytössä. [9, 38].

Jotta isäntä ja laite voivat kommunikoida keskenään, on niiden välille muodostettava yhteys eli putki. Putki on looginen väylä laitteen loppupisteen ja isännän ohjelmiston välillä, jonka isäntä muodostaa laitteen yhdistyessä sen porttiin ja poistaa sen siinä vaiheessa, kun laite irrotetaan portista. Isäntä voi myös tarvittaessa lisätä tai poistaa putkia käyttäen "SETUP"-tyypin viestejä. [9, 40].

Kuva 7 havainnollistaa isännän ja laitteen välillä muodostettuja putkia sekä laitteella sijaitsevia loppupisteitä.

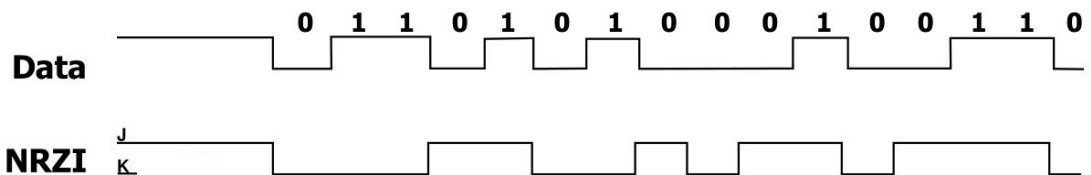


Kuva 7. USB-loppupisteet sijaitsevat laitteella ja isännän ja niiden väliin muodostetaan putket [6].

Kulkusuunta voi olla myös tyypiltään "SETUP", jota isäntä käyttää laitteen tunnistukseen sekä muihin sen ohjaustoimenpiteisiin. "SETUP"-tiedonsiirtotapahtumia varten jokaisella laitteella on oltava oletuksena konfiguroituna kaksisuuntainen loppupiste "0". [9, s. 39.]

Koodaus

Signaali siirretään käyttäen Non-Return-to-Zero Inverted (NRZI) -koodausta, jossa "1"-bitti esitetään tilamuutoksella ja "0"-bitti ilman tilamuutosta. Kuvassa 8 ylärivissä on alkuperäinen data ja alarivissä sama data koodattuna NRZI-menetelmällä. [7, s. 157.]



Kuva 8. Ylärivissä alkuperäinen data ja alarivissä sama NRZI-koodattuna [7, s. 157].

Tämän lisäksi USB:ssä käytetään myös bittitäytettä (bit stuffing), jonka tehtävänä on varmistaa se, että jokaisessa lähetettävässä seitsemän bitin joukossa on ainakin yksi

tasonvaihto "0":n ja "1":n välillä. Bittitäytettä käyttämällä voidaan varmistua siitä, että vastaanotin pysyy tahdissa lähetettävien bittien kanssa. [7, s. 157.]

Tiedonsiirtomenetelmät

USB-väylällä voidaan siirtää tietoa neljällä eri tiedonsiirtomenetelmällä. Ne ovat ohjaus (control), bulk, isokroninen (isochronous) sekä keskeytys (interrupt), ja näillä jokaiselle neljälle on omat käyttötarkoituksensa ja ominaispiirteensä. [7, s. 36.]

Ohjaus-tiedonsiirtomenetelmää käyttävät viestit, joiden tarkoituksena on selvittää laitteen toimintoja ja määrittää asetuksia sen yhdistyessä USB porttiin. Täyttääkseen USB standardin, laitteen on tuettava ohjausviestejä sekä sille tulee olla konfiguroituna loppupiste "0" niiden vastaanottamista varten. [7, s. 38.]

Bulk-menetelmää voidaan käyttää silloin, kun liikkuva data ei ole aikariippuvaista. Bulk-kidata siirretään käyttämällä väylälle vapaaksi jäävää kaistaa, ja sitä käyttävä data on aina siirtoprioriteetiltaan kaikista alhaisinta. Bulk-siirtomenetelmää käytetään esimerkiksi siirrettäessä dataa tulostimelle tai massamuistilaitteelle. [7, s. 52.]

Isokronista siirtomenetelmää käytetään, kun halutaan siirtää dataa USB-väylällä jatkuva virtana tietyllä nopeudella. Se ei tue datan uudelleen lähettämistä tiedonsiirtovirheiden sattuessa. Muun muassa mediatoistimet sekä nettikamerat käyttävät usein isokronista menetelmää tiedon siirtoon. [7, s. 44.]

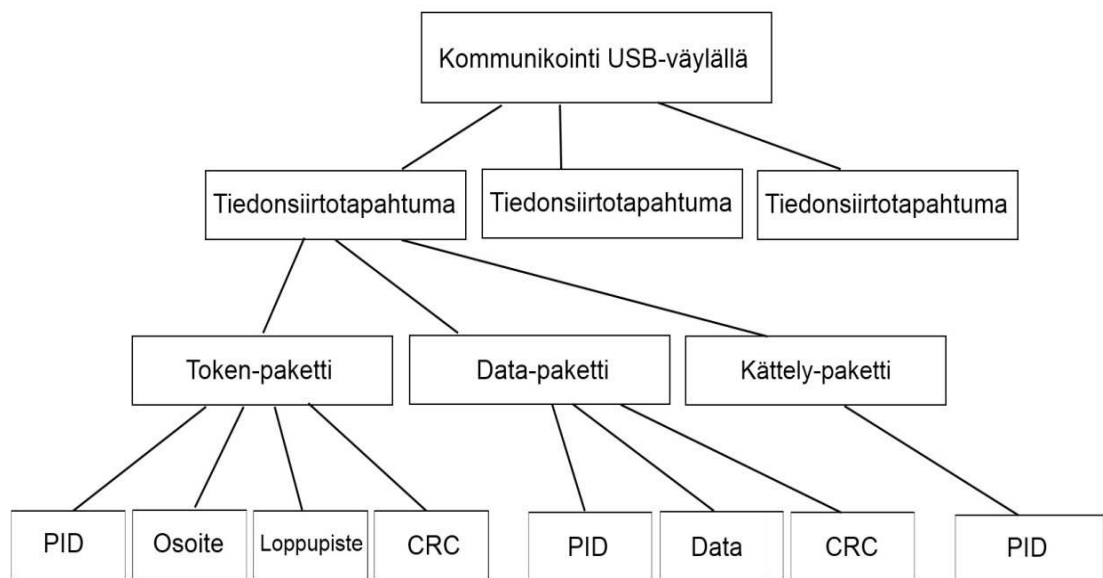
Jos laite haluaa lähettää tai vastaanottaa pieniä paketteja epäsäännöllisesti, mutta tarvitsee silti palvelua tietyin väliajoin, käytetään keskeytys-tiedonsiirtomenetelmää. Keskeytysmenetelmä takaa lähetettävälle viesteille niille luetteloinnissa sovitun palveluajan jakson putkessa sekä mahdollisuuden data uudelleenlähetykseen seuraavalla kyselykerällä tiedonsiirtovirheen sattuessa. Keskeytysmenetelmää käyttävät erilaiset osoittimet ja tietokoneen ohjauslaitteet, kuten näppäimistöt ja hiiret. [7, s. 48.]

Tiedonsiirtotapahtumat

USB-verkkoa hallitsee isäntä, joka käyttää kiertokyselymenetelmää väyläliikenteen ohjaamiseen. Se aloittaa jokaisen tiedonsiirtotapahtuman USB-väylällä data liikkuu kehyk-

sissä, jotka voivat sisältää useita tapahtumia kerrallaan. Kehys voi olla joko yhden millisekunnin kokoinen "Low Speedin" tapauksessa, kun taas "Full Speed"-nopeusluokassa se on 0,125 mikrosekuntia. [9, s. 22; 10.]

Aivan kuten kuvasta 9 voidaan nähdä, jokainen tiedonsiirtotapahtuma sisältää kolme pakettia, jotka jakautuvat tarvittaessa useammalle kehykselle. Ensimmäinen paketti, nimeltään token, ilmaisee tiedonsiirtotapahtuman tyyppin sekä suunnan. Toinen paketti sisältää lähetettävän datan ja kolmas eli kättelypaketti sisältää tiedon tiedonsiirron onnistumisesta tai epäonnistumisesta. [7, s. 195]



Kuva 9. USB-väylän tiedonsiirtotapahtuma [9, s. 44].

Näiden kolmen paketin lisäksi isäntä lähettää verkkoon Start Of Frame -paketteja, joiden avulla se synkronoi verkossa liikkuvat kehykset.

Token- ja Data-pakettien paketeissa olevaa CRC:tä eli cyclic redundancy checkiä käytetään pienien virheiden havainnoinnissa ja korjauksessa pakettien sisällä. [10.]

USB-laitteen liittäminen

Kun USB 1.x tai 2.0 laite liitetään porttiin, tunnistaa keskitin sen ja välittää tiedon uudesta laitteesta isännälle. Tämän huomattuaan isäntä lähettää keskittimelle tiedustelun portin tilasta ja saatuaan vastauksen, se odottaa 100 millisekuntia, jonka jälkeen isäntä lähettää keskittimelle kyseisen portin reset-käskyn. [7, s. 243.]

Kun laite on käynnistynyt uudelleen ja isännän ja laitteen välille syntyneen putken tukema enimmäispakettikoko on selvitetty, aloitetaan luettelointivaihe. Luettelointivaiheessa isäntä antaa ensin oheislaitteelle uniikin USB-osoitteen, johon kaikki signaali tästä eteenpäin ohjataan. Tämän jälkeen isäntä lähettää laitteelle joukon kyselyitä, joiden tarkoituksena on selvittää tietoja laitteesta ja sen ominaisuuksista. Näitä tietoja ovat muun muassa laitteen tunnus (Product ID, PID), valmistajan tiedot (Vendor ID, VID) sekä laitteen nimi. [7, s. 243.]

Jokaisella USB-laitteella tulee olla USB-väyläarkkitehtuuria kehittävän USB-IF-organisaation myöntämä Vendor ID, joka maksaa heiltä ostettuna useita tuhansia dollareita. Jotkut piiri- ja prosessorivalmistajat tarjoavat kehitystyökaluja tuotteilleen ja niiden mukana tulee myös usein Vendor ID ja Product ID käyttäjien omia projekteja varten. Product ID:n valitsee Vendor ID:n omistaja. [11.]

Luetteloinnissa selvinneiden tietojen perusteella isäntä pyrkii löytämään ja lataamaan oikeat laiteajurit kommunikointia varten. Tuotteet, joilla on identtiset VID:n ja PID:n, käyttävät samoja laiteajureita. [11.]

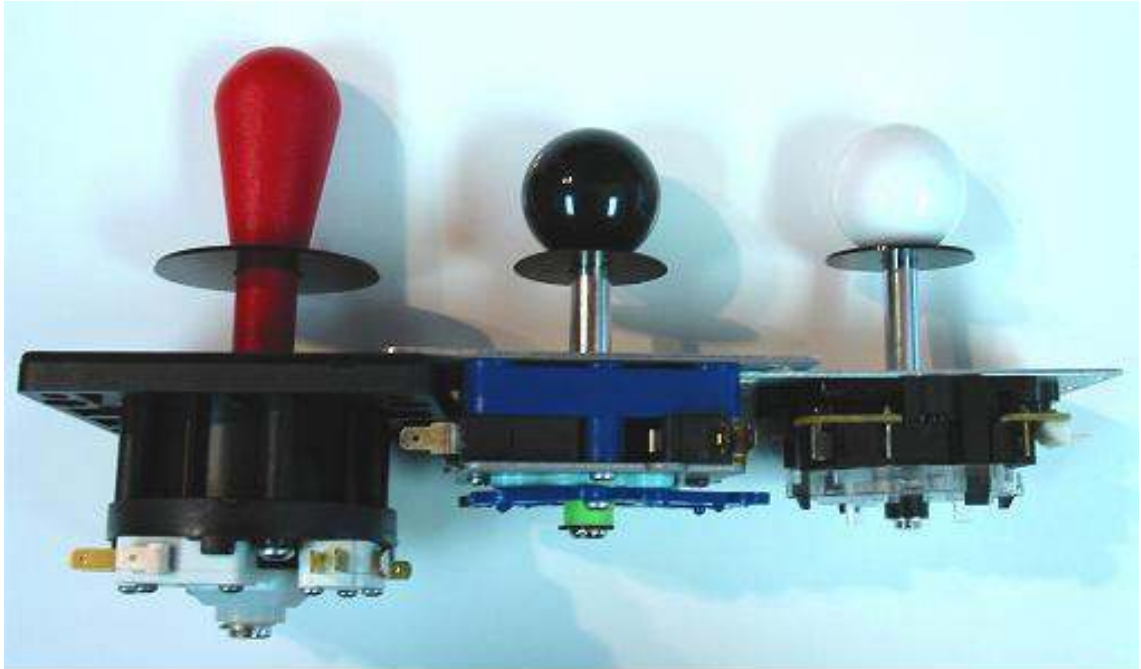
Kun laite irrotetaan portista, keskitin asettaa kyseisen portin pois toiminnasta. Tämän tapahtuman huomattuaan isäntä vapauttaa laitteelle allokoitun osoitteen ja käyttöjärjestelmä poistaa laiteajurit käytöstä. [9, s. 92.]

6 Ohjaimen osat

Arcade-peliohjainten osia valmistaa maailmassa noin kymmenkunta yritystä, joista suurimpia ovat japanilaiset Sanwa ja Seimitsu sekä yhdysvaltalainen Happ ja eurooppalai-

nen Industrias Lorenzo S.A. (IL). Näiden neljän lisäksi on joukko pieniä aasialaisia yrityksiä. [12].

Kuvan 10 ylärivistöllä on kolmen eri valmistajan ohjainsauvaa, jotka ovat vasemmalta alkaen Happ Competition, Seimitsu LS-32 ja Sanwa JLF. Alarivissä ovat Happ Horizontal-, Happ Competition-, Sanwa OBSN-30 painonappulat.



Kuva 10. Ylärivissä vasemalla on Happ Competition -pelisauva, keskellä Seimitsu LS-32 ja oikealla Sanwan JLF. Alarivissä vasemmalta alkaen ovat Happ Horizontal-, Happ Competition-, Sanwa OBSN-30 -painonappulat [12].

6.1 Japanilaiset mallit

Vuonna 1982 perustettu japanilainen elektroniikkayritys Sanwa Denshi Co. Ltd. on suurin pelihallikoneiden osien valmistaja maailmassa. Monet kolikkopelikoneet ja kalleimmat peliohjaimet käyttävät pääsääntöisesti yrityksen osia, ja usein kokemattomille kolikkopeleistä kiinnostuneille pelaajille suositellaan niiden käyttöä omissa projekteissaan [13]. Sanwan lippulaivat tuotteet ovat JLF- ja JLW-mallinimiset ohjainsauvat sekä OBSF- ja OBSN-nimiä kantavat painikkeet. [12.]

Seimitsu on toiseksi yleisin pelihalliosien valmistaja, ja sen osat muistuttavat hyvin paljon Sanwan vastaavia. Sauvamallit LS-32 sekä LS-40 ja painonappulat PS-14-G tai PS-14-GN ovat yleisimmin käytettyjä Seimitsu-osia. Seimitsun osat ovat hiukan halvempia kuin Sanwan, ja ne ovat joiltakin osin hiukan huonompilaatuisia, mutta todelliset erot näiden kahden välillä tulevat esille niiden antamasta tunteesta, eikä niinkään laadullisista tekijöistä. [14.]

Japanilaisille osille on ominaista niiden herkkyyden ja keveys. Sanwa JLF ohjainsauva vaatii noin 1,5 newtonin voiman toimiakseen, kun taas Seimitsun LS-32 kohdalla kyseinen arvo on noin 1,76 newtonia [15]. Ne saattavatkin tuntua aluksi jopa heppoisilta joidenkin mielestä, mutta niiden täsmällisyys, korkea laatu ja vaivaton käyttötuntuma ovat tehneet niistä käytetyimpiä osia pelihalleissa.

6.2 Yhdysvaltalaiset ja eurooppalaiset mallit

Yhdysvaltalainen Happ on osa vuonna 2005 muodostettua Suzo-Happ peli- ja viihde- tuotteita valmistavaa ryhmittymää ja heidän osia löytyi useista yhdysvaltalaisista pelikoneista 1980- ja 1990-luvuilta. Happ osti useat osansa tuona aikana eurooppalaiselta pelikoneiden osia valmistavalta Industrial Lorenzo S.A. (IL) -yritykseltä, ja niitä pidettiin varsinkin korkealaatuisina ja kestävinä tuotteina. [16.]

Muutama vuosi sitten Happ siirsi tuotteidensa valmistamisen omiin tiloihinsa Kiinaan. Muutoksen myötä muun muassa ohjainsauvojen mikrokytkimet ovat vaihtuneet ja useiden mielestä Happin tuotteiden laatu on laskenut valtavasti. Useat, jotka ovat aiemmin käyttäneet Happin osia ja haluavat säilyttää mahdollisimman autenttisen yhdys-

valtalaisen tuntuman omaan pelikoneeseensa, ovat siirtyneet käyttämään IL:n osia samanlaisen rakenteensa ja tuntumansa takia. [16.]

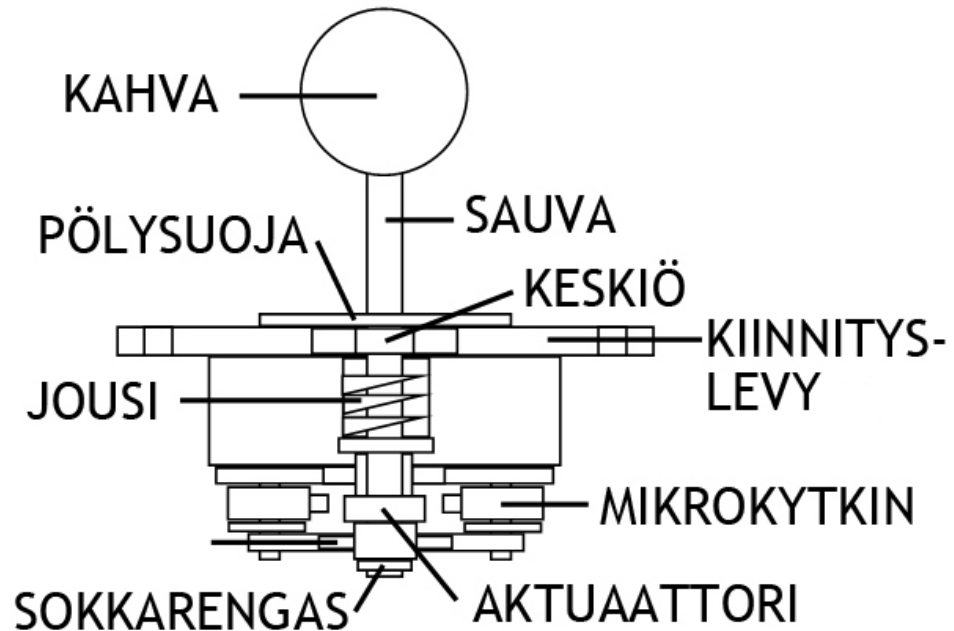
Happin ja IL:n ohjainsauvat sekä nappulat ovat pääsääntöisesti isompikokoisia kuin japanilaiset vastaavat ja ne vaativat tyyppillisesti enemmän voimaa toimiakseen. Esimerkiksi kuvassa 10 oleva Happin Competition vaatii noin 2,45 newtonin ja IL:n suosituimpiin kuuluva Eurojoystick noin 2,60 newtonin voiman rekisteröidäkseen halutun liikkeen. [15.]

Kuten kuvasta 10 voidaan huomata, ovat yhdysvaltalaiset ja eurooppalaiset ohjainsauvat pääsääntöisesti isompia ja vankkarakenteisempia kuin japanilaiset vastaavat. Tästä syystä ne ovat usein myös paljon kestävämpiä ja ne olivatkin suosittuja pelihalleissa niiden kulta-aikana. [17.]

6.3 Ohjainsauva

Ohjainsauva on luultavasti ohjaimen tärkein yksittäinen osa. Vääränlainen sauva saattaa tehdä ohjaimen käytöstä käyttäjän mielestä epätarkkaa ja turhauttavaa, kun taas oikein valittuna se voi viedä pelaamisen uudelle tasolle.

Kuva 11 esittää japanilaisen ohjainsauvan perusrakenteen. Yhdysvaltalaiset ja eurooppalaiset sauvat eroavat muutamien osien kohdalla kuvassa esitettävästä, mutta ovat pääpiirteittäin samanlaisia. [12.]



Kuva 11. Ohjainsauvan perusrakenne [12.]

Kahva

Sauvan yläpäässä on kahva, joka on japanilaisissa malleissa pääsääntöisesti pallon muotoinen ja halkaisijaltaan 30 mm, 35 mm tai 40 mm. Jos japanilaisessa sauvassa halutaan käyttää 40 mm:n palloa tai pisaran muotoista kahvaa, on käytettävä sovitinta. Sanwan ja Seimitsun kahvoissa on samat kierretiheudet, joten niitä voidaan käyttää molemmissa sauvissa. Kuvassa 12 keskellä olevat neljä kahvaa ja sovitinkappale ovat yhteensopivia vain japanilaisiin sauvoihin. [12.]



Kuva 12. Vasemmalla on Happin kahva ja sauva. Keskellä on neljä erimallista ja kokoista kahvaa Sanwan ja Seimitsun sauvoihin sekä sovitinkappale. Oikealla Sanwan kahva ja sauva yhdessä. [12]

Kuvan 12 vasemmassa laidassa on yhdysvaltalaisen Happ Competiton -ohjainsauvan sauva ja kahva. Yhdysvaltalaisissa ja eurooppalaisissa sauvoissa käytetään pääsääntöisesti pisaran muotoista kahvaa eikä niihin ole mahdollista vaihtaa pallon muotoista kahvaa ilman sauvan vaihtoa. [12.]

Sauva

Sauva valmistetaan metallista ja usein se on päällystetty kovalla muovilla. Aivan kuten kuvasta 12 voidaan huomata, yhdysvaltalaiset ja eurooppalaiset ohjainsauvat käyttävän usein paljon kookkaampia sauvoja kuin japanilaiset. Verrattain suurempi koko on seurausta niiden tarpeesta kestää suurempia voimia. [12.]

Kiinnityslevy

Kiinnityslevy on se osa sauvaa, josta sauva kiinnitetään ohjaimen kiinni. Se on usein japanilaisissa ohjaimissa erillinen, teräksestä valmistettu ja noin kaksi millia paksu levy, mutta Happin ja IL:n kohdalla se on osa ohjainsauvan keskiötä ja aina kovaa muovia. Kuvassa 13 on kaksi Sanwa JLF -ohjainsauvoihin sopivaa kiinnityslevyä. [12.]



Kuva 13. Sanwa JLF-ohjainsauvoihin sopivat tasainen kiinnityslevy JLF-P1 (vasemmalla) ja s-levy JLF-P1-S (oikealla) [12].

Kiinnityslevyt eroavat eri ohjainmallien välillä kiinnitysreikien lukumäärien ja sijaintiensa sekä mittojen perusteella, ja onkin hyvin tärkeää osata valita juuri sellainen ohjain, jonka kiinnityslevy käy haluttuun kohteeseen.

Yleisesti kiinnityslevyt ovat tasaisia levyjä, mutta jos sauva halutaan kiinnittää vaikkapa ohjaimen kannen alapinnalle, voidaan käyttää S-levyä (Kuva 13). S-levy poikkeaa tavallisesta levystä siten, että sitä on taivutettu molemmista päistä niin, että ne eivät ole samassa tasossa levyn keskiosan kanssa. [12.]

Jousi



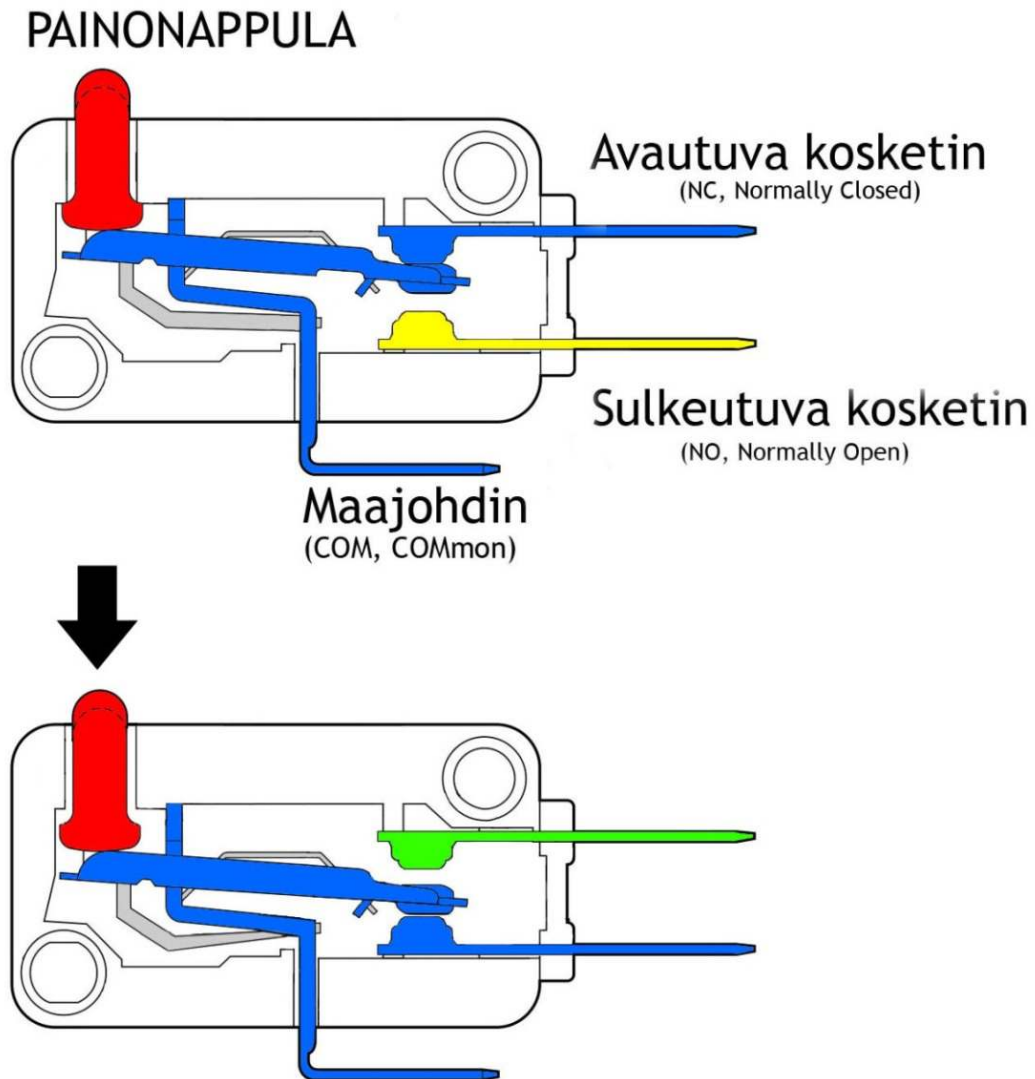
Kuva 14. Ylärivissä on jousia Happin ja IL:n ohjaimista. Alarivissä taasen on joukko japanilaisissa ohjainsauvoissa käytettäviä jousia [12].

Jousi on ohjaimen tuntuman kannalta tärkein osa koko sauvaa. Sen tehtävänä on palauttaa sauva takaisin neutraaliin asentoon, ja samalla se antaa ohjainsauvalle sen jäykkyyden. Kuten kuvasta 14 voidaan huomata, japanilaiset jouset ovat paljon pienempiä kuin yhdysvaltalaiset ja eurooppalaiset vastineensa. Pienen jousen johdosta japanilaiset ohjaimet ovat paljon löysempiä, mutta kevyen sauvan kanssa ne antavat usein hiukan selvemmän palautteen sauvan liikkeistä. Yhdysvaltalaiset ja eurooppalaiset sauvat vaativat hiukan enemmän voimaa toimiakseen, mutta palautuvat neutraalin asentoonsa herkemmin ja nopeammin. [12.]

Jousi on keskiön ohella ohjainsauvan kuluvin osa, ja paljon ohjainta käyttävät saattavat joutua vaihtamaan sen ohjaimen elinaikana muutaman kerran. Joissakin ohjainsauvoissa jousi on korvattu magneetilla. [12.]

Mikrokytkimet

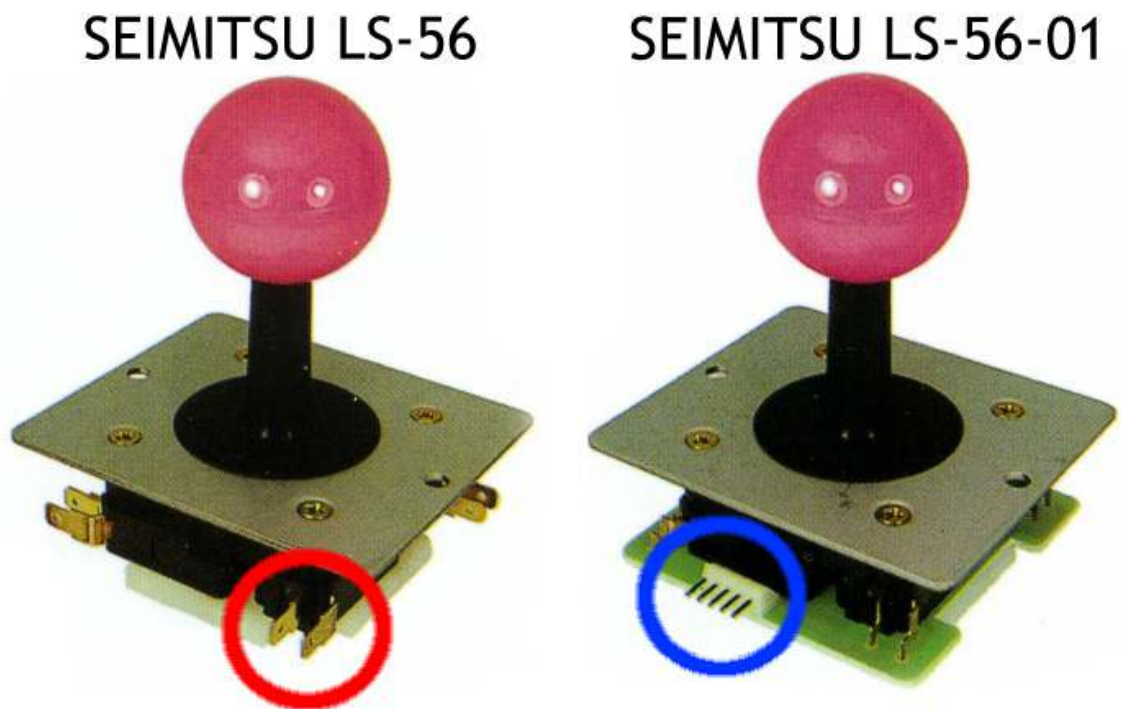
Mikrokytkimien tarkoitus on säätää virran kulkua virtapiirissä. Ohjainsauvassa on jokaiselle neljälle suunnalle oma kytkin. Kahta näistä on mahdollista painaa samanaikaisesti, joten sauvalla voidaan ohjata maksimissaan kahdeksaan eri suuntaan. Kuva 15 esittää mikrokytkimen rakenteen ja toimintaperiaatteen.



Kuva 15. Kolmiporttinen mikrokytkin. Ylemmässä kuvassa painonappula kun taas alemmassa kuvassa painonappula on painettu alas. Sininen väri kuvaa jännitteen kulkureittiä.

Peliohjaimen piirilevyn signaalilähtö liitetään mikrokytkimen keskimmaiseen eli sulkeutuvaan koskettimeen ja maadoituspisteestä kytketään johto kytkimen maajohtimeen. Kun ohjainsauvan aktuaattori painaa mikrokytkimen painike, syntyy signaalilähdön ja

maapisteen välille virtapiiri. Virtapiirin huomattessaan ohjaimen mikrokontrolleri lähettää isäntälaitteelle halutun signaalin. [18.]



Kuva 16. Vasemmalla on Seimitsun LS-56 ja oikealla LS-56-01. [19]

On myös mahdollista, että ohjainsauvan mikrokytkimet ovat liitetty yhteen omalle piirilevyille, joka on sijoitettu usein kytkinten alapuolelle. Kuvassa 16 näkyvä oikealla mikrokytkinten piirilevy liitetään koko ohjainta ohjaavaan piirilevyyn 5-pinnisellä liittimellä, jossa jokaiselle suunnalle sekä maadoitukselle on varattu omat johdot.

Sanwan JLF-ohjainmalleissa oletuksena on viisinastainen liitin, kun taas Seimitsun kohdalla vain tyyppipäätteellä "-01" olevat ohjaimet käyttävät kyseistä liittintä. [12.]

Rajoitinlevyt

Rajoitinlevyjen tehtävänä on rajoittaa sauvan liikerata halutunlaiseksi. Niillä voidaan rajata ohjaimen liikesuunnat kahdeksaan, neljään tai kahteen sekä rajoittaa liikerata ympyrän, kahdeksankulmion tai neliön muotoiseksi. Kuvassa 17 on kahdeksan erilaista rajoitinlevyä japanilaisiin ohjainsauvoihin. [12.]



Kuva 17. Vasemmalla on neljä Sanwan ja oikealla Seimitsun ohjainsauvoihin tarkoitettua rajoitinlevyä [12].

Happin ja IL:n ohjaimet eivät käytä erillisiä rajoitinlevyjä, vaan niiden liikeradat ovat aina ympyrän muotoisia [12].

Pölysuoja



Kuva 18. Seimitsu LS-33 ohjainsauvan aktuaattori (A), pölysuoja (B), rengassokka (C), ohjainsauvan hahlo (D), johon rengassokka kiinnittyy, sauva sekä jousi.

Kuvassa 18 näkyvä pölysuoja (B) on sauvan ympärille asetettava muovinen kehä, jonka tarkoituksena on estää lian ja pölyn kulkeutumisen ohjainsauvan mekanismeille ja ohjaimen sisälle [12].

Keskiö

Keskiö on kartion tai lieriön muotoinen muovikappale, ja sen tarkoituksena on varmistaa sauvan jouheva liikkuminen ja estää rajoitinlevyjen kanssa liian suuret liikeradat. Kaikissa ohjainsauvoissa ei ole erillistä keskiötä. Keskiö tulisi rasvata noin puolen vuoden välein, jotta se säilyttäisi alkuperäisen kitkattomuutensa [15].

Aktuaattori

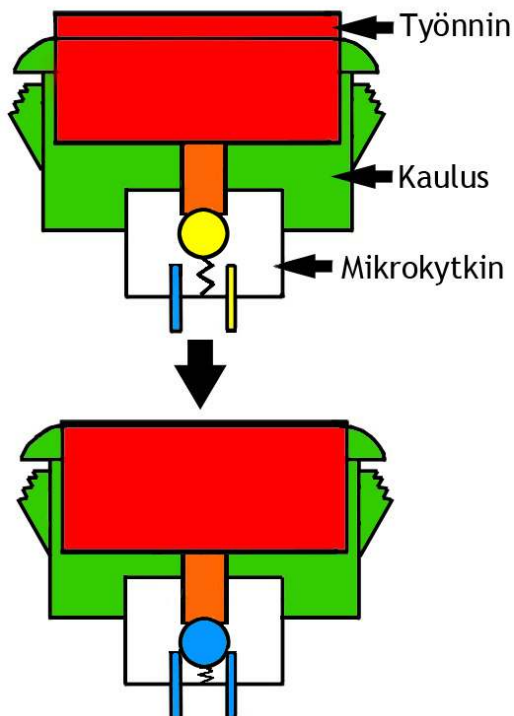
Aktuaattorin (kuva 18, A) tehtävä on varmistaa varma kosketus sauvan ja mikrokytkimen painonapin välille. Se on valmistettu muovista ja muodoltaan lieriön (Sanwa, Seimitsu) tai nelikulmion (IL, Happ) muotoinen. [12.]

Sokkarengas

Sauvan pohjimmaisena on sokkarengas (kuva 18, C), joka kiinnittyessään sauvan alareunassa sijaitsevaan hahloon (kuva 18, D), pitää aktuaattorin ja jousen (Kuvat 11 ja 14) paikallaan. Joissakin ohjaimissa sokkarengas on korvattu pultilla ja mutterilla. [12.]

6.4 Painikkeet

Painikkeen (kuva 19) rakenne on ohjainsauvojen tapaan varsin yksinkertainen. Ne on valmistettu pääosin muovista ja koostuvat kolmesta osasta: työntimestä, kauluksesta sekä mikrokytkimestä. [12.]



Kuva 19. Tavallisen japanilaisen pikakiinnitteisen painonappulan rakenteen ja toimintaperiaatteen. Sininen väri kuvaa jännitteen mahdollista kulkureittiä

Työnnin

Kun työnnin painetaan sisään, painaa se mikrokytkintä, jonka sisällä oleva metallinen, usein pallon muotoinen kappale, koskettaa kahta mikrokytkimen pohjassa olevaa liittintä. Näiden kahden liittimen välille muodostuu virtapiiri, jonka ohjaimen mikropiiri tunnistaa ja lähettää halutun signaalin isäntäkoneelle. [12.]

Mikrokytkin

Japanilaisissa painonappuloissa on usein käytössä pieni ja lähes äänetön, keskitetty mikrokytkin. Kuten kuvasta 19 voidaan huomata, niissä on tavallisesti suoraan työntimen keskellä vain yksi jousi, jonka tehtävänä on palauttaa painonappula sen normaaliin tilaan. Tästä syystä niiden vastus onkin kevyt sekä tasainen koko painomatalla, mikä tekee niistä käyviä nappuloita kaikkiin tilanteisiin. [12.]

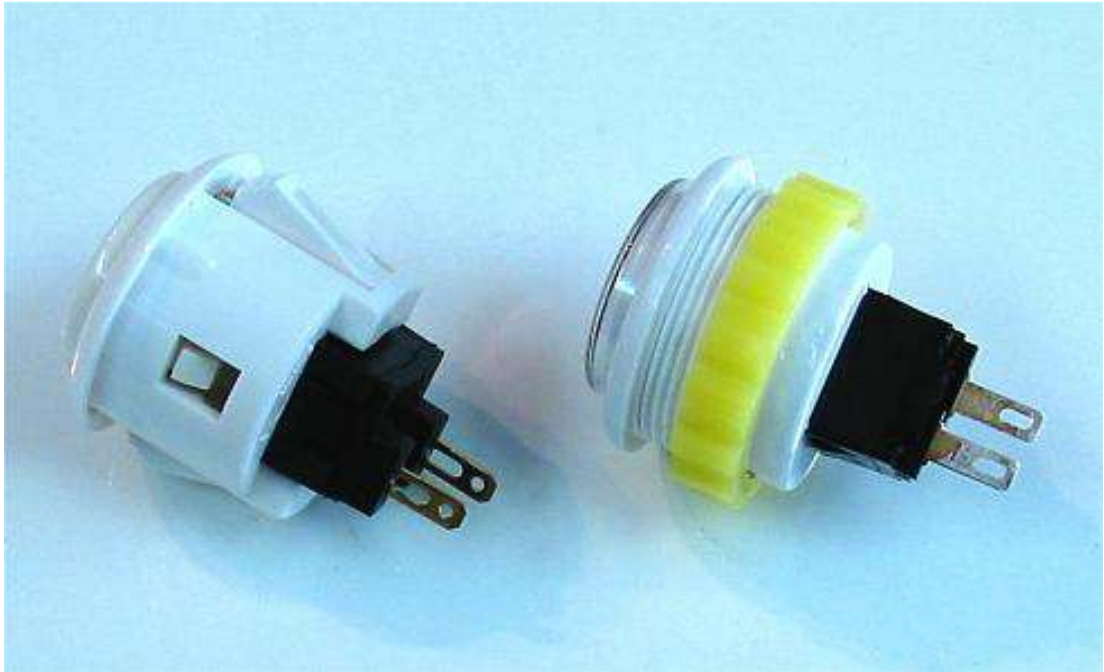
Happ ja IL käyttävät painonappuloissaan samoja mikrokytkimiä kuin ohjainsauvoissaan (Kuva 15, sivu 22) ja niiden tuntuma onkin varsin kaksijakoinen. Painalluksen alkupuolella vastus on varsin jäykkä, mutta kun kontaktipinnat mikrokytkimen sisällä ottavat yhteen, vastusta ei ole juuri laisinkaan. Epätasainen jäykkyys voi tuntua etenkin kiiwaassa painallussessiossa oudolta ja epätarkalta. Tämän lisäksi niissä on myös usein erillinen jousi antamassa lisää vastusta ja pitkäikäisyyttä nappuloille. [12.]

Johtuen käytettyjen mikrokytkinten rakenteesta japanilaiset painikkeet vaativat noin puolet pienemmän käyttövoiman toimiakseen. Suositut Sanwan 30-millimetriä halkaisijaltaan olevat painonappulat, malliltaan OBSF-30, vaativat noin 0,29 newtonin voiman ja Seimitsun vastaavilla, eli PS-14-GN:llä, samainen arvo on noin 0,49 newtonia. Käytetyimmät yhdysvaltalaiset ja eurooppalaiset painikkeet vaativat noin kaksinkertaisen voiman japanilaisiin nähden. Esimerkiksi IL:n PSL-L, joka käyttää siis samantaisia isoja ja suhteellisen kovia mikrokytkimiä, kuin on käytössä valmistajan ohjainsauvoissa, vaatii noin 0,78 newtonin voiman. [15.]

Pienten ja äänettömien kytkimien käyttäminen painikkeissa johtaa siihen, että ne eivät ole yhtä kestäviä kuin isot veljensä. Esimerkiksi edellä mainituista Sanwa OBSF-30 ja Seimitsu PS-14GN kestävätkin noin 1 000 000 painallusta, kun taas IL:n PSL-L kestänee noin 10 000 000 toistoa, eli kymmenen kertaa enemmän. Myös japanilaisilta valmistajilta

löytyy painiketta, jotka kestävät enemmän kuin 1 000 000 painallusta, mutta niissä on yleensä joko jäykemmät jouset tai useampi jousi, jolloin niiden vastus on suurempi kuin edellä mainituissa. [15.]

Kaulus

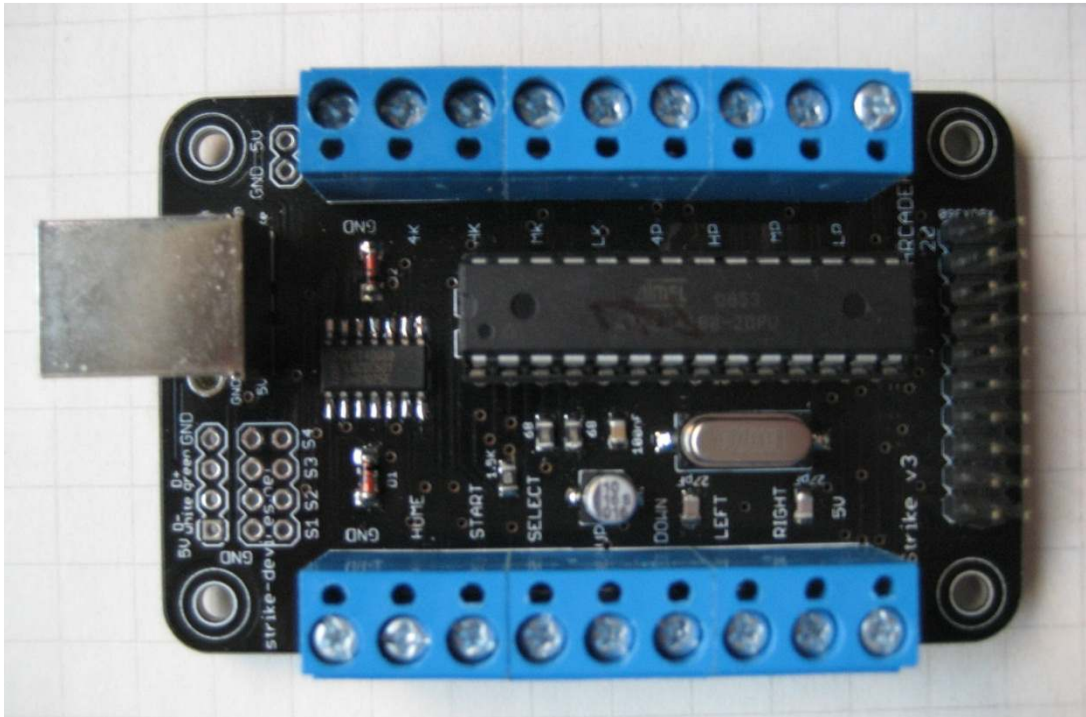


Kuva 20. Vasemmalle pikakiinnityksellinen Sanwa OBSF-24 -painonappula ja oikealla kierteellinen Seimitsun PS-14-DN [12].

Painikkeet jaotellaan kiinnitystapansa perusteella joko kierteellisiin tai pikakiinnityksellisiin painikkeisiin. Kuten kuvasta 20 voidaan huomata, kierteelliset painikkeet kiristetään ohjauspaneeliin muovisilla muttereilla, kun taas pikakiinnitysnappulat kiinnittyvät kauluksessa sijaitsevilla urallisilla ulokkeilla, jotka taipuvat sisälle, kun niitä painetaan sivulta, mutta eivät luista, jos niitä painaa päältä tai alta. Kierrekauluksiset napit käyvät paksuihin ohjauspaneeliin, kun taas pikakiinnityksellisiä voidaan käyttää vain maksimissaan neljä millimetriä paksuisiin levyihin. Happ ja IL valmistavat pelkästään kierteellisiä painikkeita, kun taas japanilaisilla valmistajilla on molemmilla kiinnitystyypeillä olevia painonappuloita. [12.]

Molemmilla painiketyypeillä on omat kannattajansa, mutta aivan kuten sauvojen kohdalla, japanilaiset painikkeet ovat paljon suositumpia paremman saatavuutensa ja monien mielestä paremman tuntumansa ansiosta. [12.]

7 Dual Strike -piirilevy



Kuva 21. Dual Strike -piirilevy.

Dual Strike on yhteisöprojektina alkunsa saanut, peliohjaimiin tarkoitettu piirilevyn ja ohjelmiston yhteenliittymä. Piirilevyn ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 2009, ja se on päivittynyt kahteen kertaan. Sen kehityksestä vastaavat Jochen Zurborg ja Michael Pohl.

Dual Strike suunniteltiin ensisijaisesti ohjainsauvallisista peliohjaimia varten, mutta se taipuu myös muun tyyppisiin peliohjainratkaisuihin. Avoimen sekä varsin helposti päivitettävän ohjelmistonsa ja sangen kattavien liitäntämahdollisuuksiensa ansiosta siihen on suhteellisen helppo liittää muita piirejä tai muokata sen toiminta vastaamaan omia käyttötarkoituksia.

Kuvassa 21 oleva Dual Strike -piirilevy ei vaadi komponenttien juottamista, vaan jokainen painike ja ohjainsauvan suunta liitetään siihen ruuviliittimillä, joita piirilevyllä on yhteensä 24 kappaletta. Näistä kaksi on maadoitusta varten ja kahdesta voidaan ottaa +5 voltia, joten yhteensä Dual Strikeen voidaan liittää 20 painiketta tai suuntaa. Piirilevyssä on USB B -tyypin liitin ohjaimen liittämiseksi isäntäkoneeseen sekä mahdollisuus liittää USB-johtimet erikseen, jos halutaan ohittaa piirin oma USB-liitin. [20, s. 1.]

Dual Strike toimii sellaisenaan tietokoneiden, Sony PlayStation 3:n sekä Microsoft Xboxin kanssa. Tämän lisäksi Dual Strikeen on mahdollisuus liittää myös sellaisen ohjaimen piirilevy, joka käyttää kommunikoinnissaan isäntälaitteen kanssa suljettua protokollaa. Tällöin Dual Strikelle peliohjaimen painikkeilta sekä ohjainsauvalta tulevat komennot voidaan ohjata liitetulle piirilevylle ja näin ohjaimen yhteensopivuutta voidaan kasvat-
taa kattamaan isompaa laitekantaa. Tämä läpikytkentämahdollisuus on implementoitu ensisijaisesti Microsoftin Xbox 360-ohjaimen piirilevyä varten, mutta sitä voidaan käyttää myös muiden oletusarvoisesti tukemattomien ohjainten kanssa. Kuvassa 21 läpivientiliitin on piirilevyn oikeassa laidassa. [20, s. 2.]

7.1 Toimintatilat

Dual Strike voi toimia viidessä eri toimintatilassa, jotka ovat PS3-peliohjain-, PC-peliohjain-, MAME-näppäimistö-, Xbox-ohjain- ja läpiliitäntä- tila. Toimintatilat voidaan kytkeä päälle tai pois Dual Strikelle tarkoitetulla Configuration Editor -työkalulla. Se voi tunnistaa käytettävän tilan automaattisesti, tai tila voidaan pakottaa painamalla tilaa vastaavaa ohjaimen painiketta samalla kun ohjain liitetään isäntälaitteeseen. [20, s. 4.]

MAME eli Multiple Arcade Machine Emulator on tietokoneohjelma, jonka tarkoituksena on emuloida vanhoja kolikkopelejä mahdollisimman tarkasti. MAME tukee useita tuhansia pelejä, ja sitä kehitetään jatkuvasti tukemaan yhä useampia pelejä. [21.]

MAME-tilassa tietokone tunnistaa Dual Striken tavallisena USB-näppäimistönä. Siinä jokainen ohjaimen nappula ja suunta emuloi näppäimiä, jotka ovat oletusarvoisesti asetettu MAME-ohjelman käyttöön. [20, s. 4.]

Oletusarvoisesti Dual Strike yrittää tunnistaa automaattisesti liitetyn isäntälaitteen. Tunnistusprosessi tunnustelee järjestyksessä PS3, PC, Xbox, läpiliitäntäpiiri, onko isäntä yksi näistä. Jos näin ei kuitenkaan ole, käyttää piiri asetustyökalussa asetettua oletustoimintatilaa. [20, s. 4.]

Käytettävä toimintatila voidaan valita myös painamalla tilalle allokoituja painikkeita ohjaimen liittyessä isäntäkoneeseen. "LK"-painike alas painettuna aktivoi PS3-tilan, "MK" MAME-tilan, "HK" PC-peliohjain -tilan, "LP" Xbox-tilan ja "MP"-painike painettuna

ohjaimen ottaa valtaansa Dual Strikeen läpiliitetty piiri. Painikeaktivointi vaatii luonnollisesti, että kyseinen tila on aktivoitu asetustyökalussa. [20, s. 6.]

Dual Strike on alun perin suunniteltu taistelupeleissä käytettäviä ohjaimia varten. Tästä syystä siitä löytyvät liitinpaikat on nimetty kyseisistä peleistä yleensä löytyvien liikkeiden mukaan.

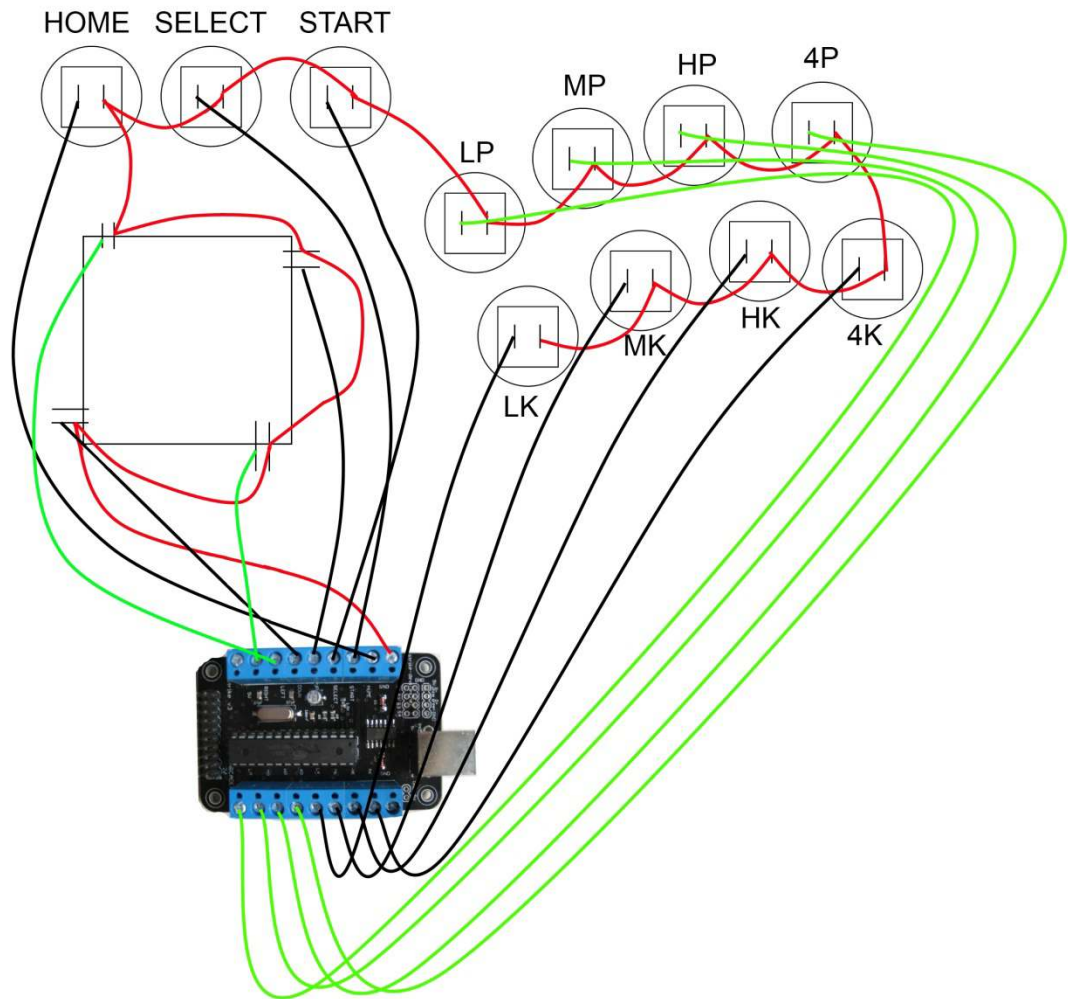
Taulukko 1. Dual Strike -piirilevyllä olevien liittimien nimet sekä niitä vastaavat nappulat eri toimintatiloissa. [20, s. 6–7, 10–11.]

Dual Strike -liittimen nimi	PS3-peliohjain	PC-peliohjain	XBox
Up (ylös)	Ristiohjain ylös	Ristiohjain ylös	Ristiohjain ylös
Right (oikealle)	Ristiohjain oikealle	Ristiohjain oikealle	Ristiohjain oikealle
Down (alas)	Ristiohjain alas	Ristiohjain alas	Ristiohjain alas
Left (vasemmalle)	Ristiohjain vasemmalle	Ristiohjain vasemmalle	Ristiohjain vasemmalle
Select	Select	11	Start
Start	Start	12	Back
Home	PS	13	
LK (Light Kick - kevyt potku)	X	1	A
MK (Medium Kick - keskitason potku)	O	2	B
HK (Heavy Kick - raskas potku)	R2	3	Valkoinen
4K (4th Kick – neljäs potku)	L2	4	RT
LP (Light Punch - kevyt lyönti)	□	5	X
MP (Medium Punch - keskitason lyönti)	△	6	Y
HP (Heavy Punch - raskas lyönti)	R1	7	Musta
4P (4th Punch – neljäs lyönti)	L1	8	LT
Toimitilan aktivointi ohjaimen liitännävaiheessa	LK	HK	LP

Taulukossa 1 ovat piirilevyiltä löytyvät liittimien nimet tummennettuina vasemmassa sarakkeessa sekä niiden selitykset. Taulukosta voidaan myös nähdä painikkeiden nimet, joita kukin Dual Striken liitäntä aktiivitasassaan emuloi eri toimintatiloissa.

Taulukon alarivissä ovat toimintatilojen manuaaliseen aktivointiin ohjaimen liitännävaiheessa vaadittavat painikkeet.

7.2 Asentaminen ohjaimiin



Kuva 22. Dual Strike asentaminen painonappuloihin sekä ohjainsauvaan [20, s. 3].

Kuten kuvasta 22 voidaan huomata, Dual Striken asentaminen peliohjaimen komponentteihin on varsin yksinkertaista. Jokaisesta toimivaksi tarkoitetusta ohjaimen osasta liitetään johto sille tarkoitettuun ruuviliittimeen. Dual Strikessä on yksi yhtenäinen maadoitus. Tästä syystä on riittävä, että ohjaimen painikkeiden sekä sauvan maapistet liitetään yhdeksi ketjuksi ja tämä ketju liitetään toisesta päästä piirilevyn toiseen maadoitettuun ruuviliittimeen.

Piirilevy on fyysisiltä mitoiltaan 75 millimetriä pitkä, 50 mm leveä ja 20 mm korkea. Sille on varattava kotelon sisällä vähintään 100x100x30 millimetriä oleva alue, jotta

johdottaminen olisi mahdollista suorittaa helposti ja se on asetettava jalustojen päälle, jottei pohja kosketa kotelon kanteen. [20, s. 3.]

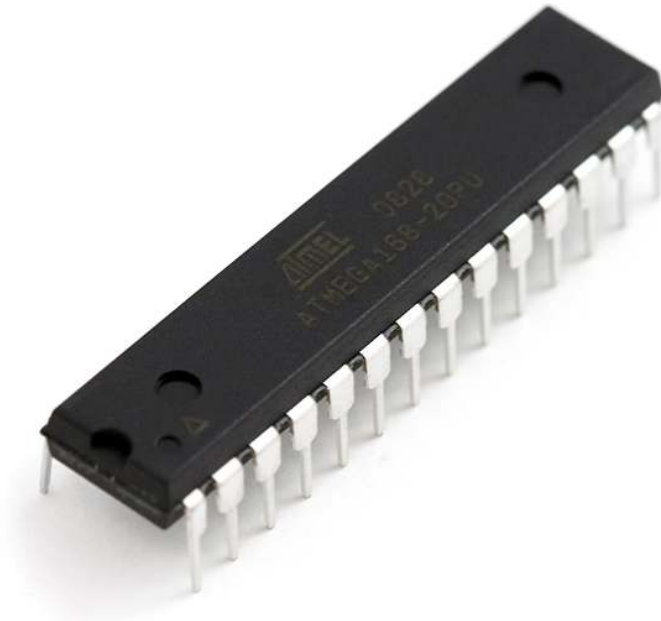
7.3 S3/S4 -liittimet

Piiriltä löytyy myös liitäntäpisteet nimeltään S3 ja S4, joita voidaan hyödyntää viidellä eri tavalla:

- Ne voidaan jättää kokonaan liittämättä, jolloin niillä ei ole mitään vaikutusta ohjaimiin.
- Ne voidaan liittää kolme liittimiseen ja -tilaiseen kytkimeen, jonka avulla voidaan valita emuloidaanko ohjainsauvalla vasenta-, oikeaa ohjainsauvaa vai risti-ohjainta. S3 tulee liittää kytkimen vasempaan liittimeen, S4 oikeaan liittimeen ja keskimäinen liitin tulee yhdistää Dual Striken maapisteeseen.
- Ne voidaan liittää läpikytketyn piirilevyn ohjainsauvan tilan valitsevaan kytkimeen. Liittäminen tulee tehdä kuten edellisessä tavassa.
- Ne voidaan liittää läpikytketyn piirilevyn nolla-aktiivisiin painikkeisiin.
- Ne voidaan liittää painikkeisiin, jotka toimivat tällöin L3 ja R3 -painikkeina PS3 tilassa.

Haluttu S3- ja S4-liittimien käyttötapa tulee valita Dual Striken asetustyökalun Hardware-välilehden alta löytyvästä S3/S4 Function -riippuvalikosta, joka voidaan nähdä kuvassa 25 (ks. 38). [20, s. 4.]

7.4 Atmel ATmega168 -mikrokontrolleri



Kuva 23. Atmel ATmega168 -mikrokontrolleri [22].

Dual Striken aivoina toimii yllä olevassa kuvassa 23 oleva Atmel ATmega168 -mikrokontrolleri. Se on 8-bittinen, RISC-arkkitehtuurin mukaisesti suunniteltu ja vähävirtainen Atmel AVR -mikrokontrolleriperheen jäsen. Siinä on 32 nastaa, 16 kilotavua ohjelmamuistia, kilotavun verran SRAM-välimuistia ja 512 tavua EEPROM-muistia asetustietojen tallentamista varten. [23, s. 17.]

ATmega168 voi toimia enimmillään 20 megahertsin kellotaajuudella, ja siinä on sisäinen RC-oskillaattori, jota voidaan käyttää kellolähteenä. Oskillaattori voidaan myös korvata erillisellä kellolähteellä ja niin on tehty Dual Striken kohdalla, jossa kellotaajuuden määrää 12 megahertsin kide. [23, s. 1.]

AVR-tuoteryhmään kuuluvia mikrokontrollereita ohjelmoidaan pääsääntöisesti C-kielillä, mutta kielenä voi olla myös Assembly, Basic tai Pascal. Perheen käskykanta on kehitetty erityisesti C-kieltä varten. Atmel tarjoaa AVR-mikrokontrollereiden ohjelmistonkehittäjille AVR Studio -sovelluksen testausta ja ohjelmien kirjoittamista varten täy-

sin maksutta. Ohjelma voidaan ladata mikrokontrollerille vaikkapa JTAG-ohjelmointilaitteella. [24.]

7.5 Ohjelmisto

Dual Striken ohjelmisto kehittyy jatkuvasti lisäten uusia ominaisuuksia ohjaimen. Ohjelmiston kehittäjät tarjoavat uusia versioita sekä päivitystyökalun niiden asentamiseksi asiakkaille täysin ilmaiseksi omasta versionhallintajärjestelmästä osoitteessa <http://svn.combo-convention.de/>. Sivustolta löytyy niin vanhat kuin vielä myös testausvaiheessa olevat versiot, sekä joukko kokeellisempia ohjelmistoja piirilevyn omistajien kokeiltavaksi.

Ohjelmiston päivitystyökalu käyttää V-USB:tä varten kehitettyä BootloadHID-ohjelmaa, jonka avulla AVR mikrokontrollereille pystytään lataamaan V-USB -päivitys USB-liittymää hyväksikäyttäen. [27.]

Dual Strike käynnistyy päivitystilaan, kun se liitetään isäntään "Start"-nappula aktivoituna. Itse päivitys tapahtuu käynnistämällä piirilevyn valmistajien tarjoamasta päivityspaketista löytyvä .bat -tiedosto. Kun päivitys on valmis, tulee Configuration Editorilla ladata oletusasetukset piirille. [20, s. 12.]

V-USB-kehysohjelmisto

Dual Striken ohjelmisto perustuu V-USB-kehysohjelmistoon, jonka avulla voidaan kontrolloida USB-liikennettä Atmel AVR -mikrokontrolleihin perustuvissa piireissä ohjelmistopohjaisesti. V-USB:n avulla voidaan luoda täysin yhteensopiva USB 1.1 low-speed-nopeusluokan laite. Sen avulla ei kuitenkaan voida suorittaa virheenkorjausta eikä se täytä USB-spesifikaation asettamia sähköisiä vaatimuksia. [25.]

V-USB:tä voidaan käyttää omissa projekteissa ilmaiseksi GNU GPL -lisenssin mukaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että projektin lähdekoodi tulee julkaista internetissä. Ilmaisen vaihtoehdon lisäksi V-USB:stä on myös mahdollisuus ostaa lisenssi, jolloin lähdekoodia ei tarvitse julkaista.

Lisenssejä myydään kolmessa eri hintaluokassa. Halvin eli Hobby-lisenssi on tarkoitettu harrastelijakäyttöön, ja se sallii viiden V-USB-laitteen valmistamisen omaan käyttöön. Toiseksi kallein lisenssi on nimeltään Entry Level, ja sen ostanut saa valmistaa 150 kaupalliseen käyttöön tarkoitettua piiriä. Kallein lisenssi on tarkoitettu yrityskäyttöön ja se kattaa noin 10 000 kaupattavaksi tarkoitettua laitetta. [26.]

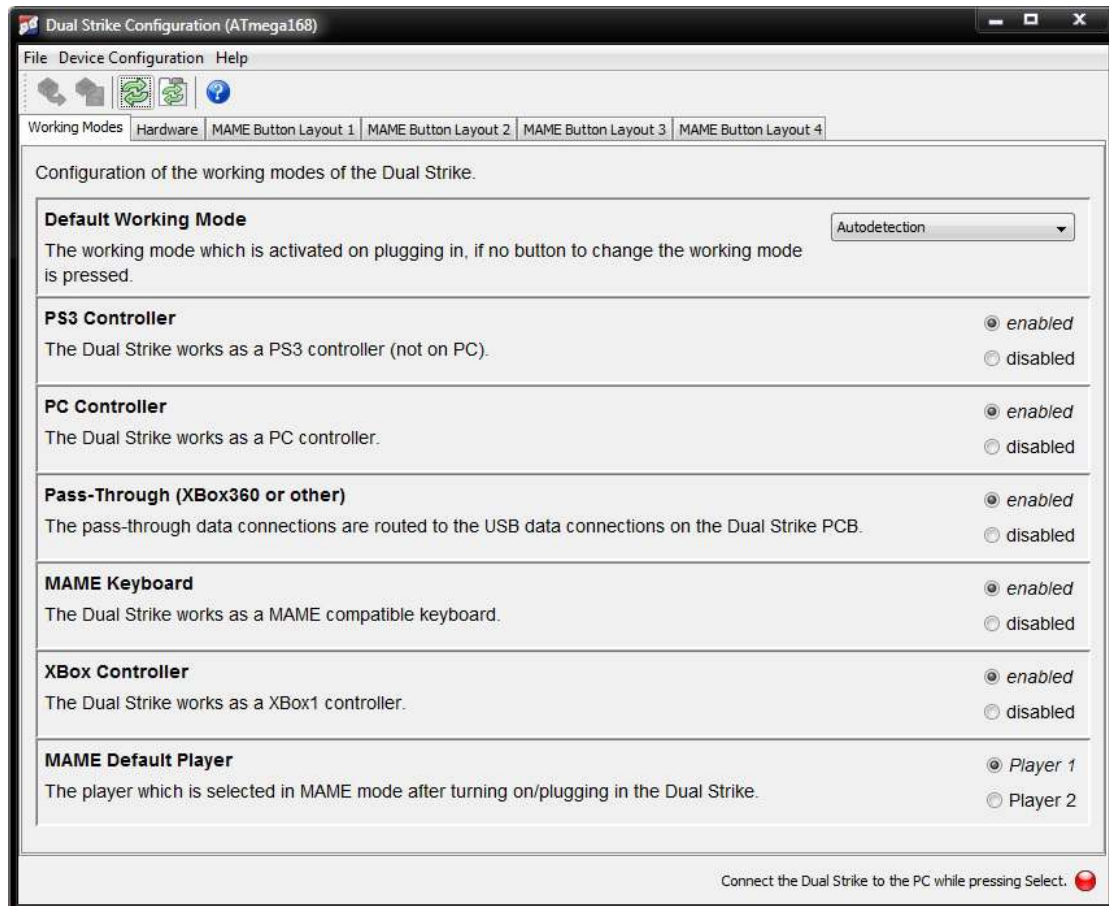
PS-painike

Tämän työn luvussa 4 mainittu PS-painike eroaa muista ohjaimesta löytyvistä nappuloista muutenkin kuin vain toiminnaltaan. Kun DualShock ohjaimen liittää tietokoneeseen, tunnistaa tietokone PS-painikkeen painikkeena 13. Jos kuitenkin PlayStationiin liittää ohjaimen, jossa on vastaava painike numero 13, ei se välttämättä toimi PS-painikkeena. Seuraamalla sellaisen kolmannen osapuolen valmistaman ohjaimen USB-liikennettä, jossa on toimiva PS3-painike, on huomattu, että luettelointivaiheen aikana ohjaimen tulee lähettää taikatavuiksi harrastelijapiireissä nimetyt kahdeksan tiettyä tavua konsolille. Kun PS3 saa kyseiset kahdeksan tavua, tunnistaa se nappula 13:n PS-painikkeeksi. Dual Strike osaa tämän, ja sen sisältämissä ohjaimissa PS-painike toimii oikein. [37.]

7.6 Configuration Editor -asetusohjelma

Dual Striken ohjelmiston asetukset on mahdollista päivittää käyttämällä piirin valmistajien tarjoamaa Configuration Editor -ohjelmaa. Se perustuu AVR-prosessorien ohjelmointia varten tehtyyn komentokehoteessa toimivaa BootloadHID-ohjelmaa ja on koodattu Javalla. Tästä syystä se vaatii, että Java Runtime Environment 6 -ajoympäristö on asennettu ohjelmaa käyttävälle koneelle. Ohjelmasta on tarjolla piirin kehittäjien toimesta Windows-käyttöjärjestelmällä toimiva versio. Muita käyttöjärjestelmiä käyttäjien tulee itse kääntää ohjelma lähdekohdista. [20, s. 6.]

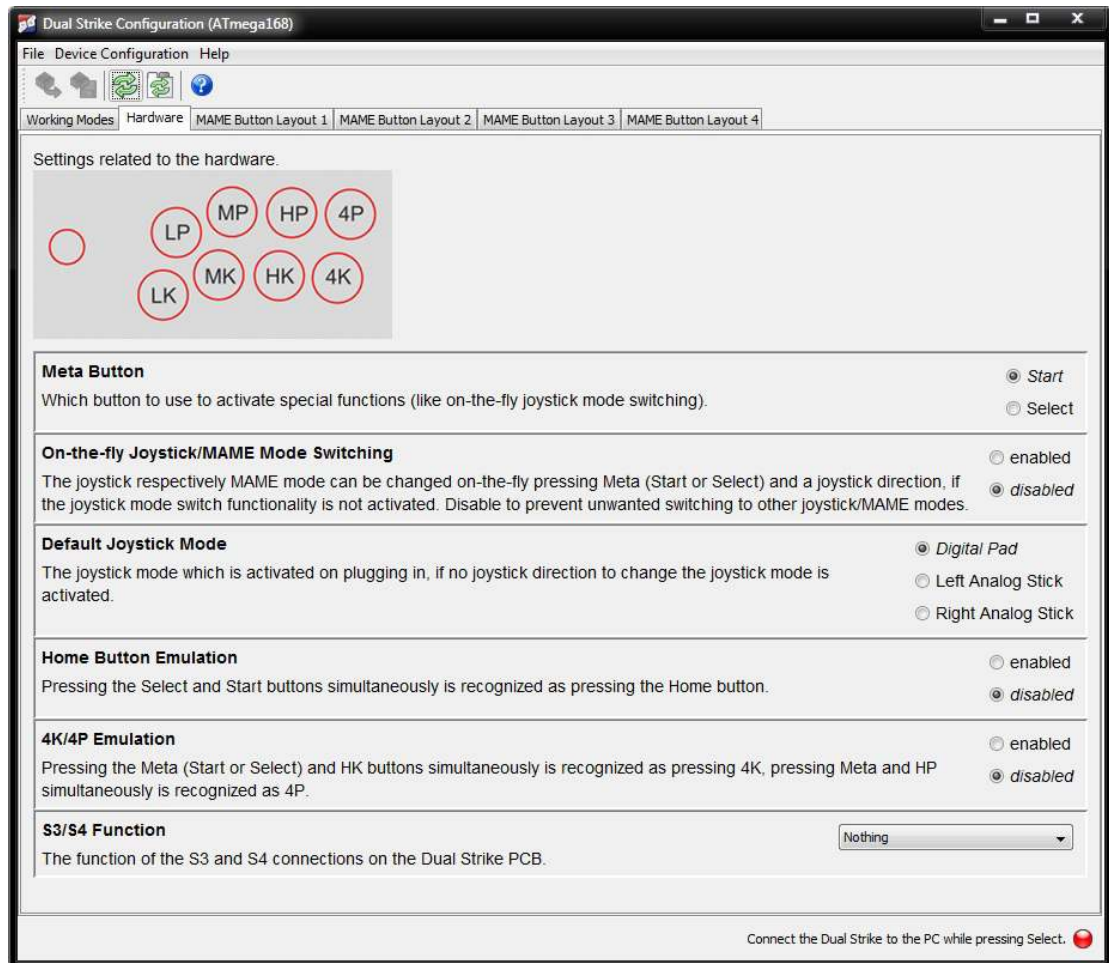
Jotta ohjelma tunnistaa liitetyn ohjaimen, on liitettäessä Dual Striken "Select" -signaalin oltava aktiivinen. Jos piiri on ohjelmoitavassa tilassa, ohjelma näyttää vasemmassa alareunassa vihreä pallon. Jos ohjelma ei tunnista piiriä, on pallo väriltään punainen ja sen vieressä on kehoitus liittää ohjain edellä esitetyllä tavalla.



Kuva 24. Dual Striken Configuration Editor -asetusohjelman aloitusikkuna.

Kuten kuvasta 24 voidaan huomata, Dual Strike Configuration Editorissa on kuusi välilehteä, joille eri valikot on lajiteltu vaikutuksiensa mukaan.

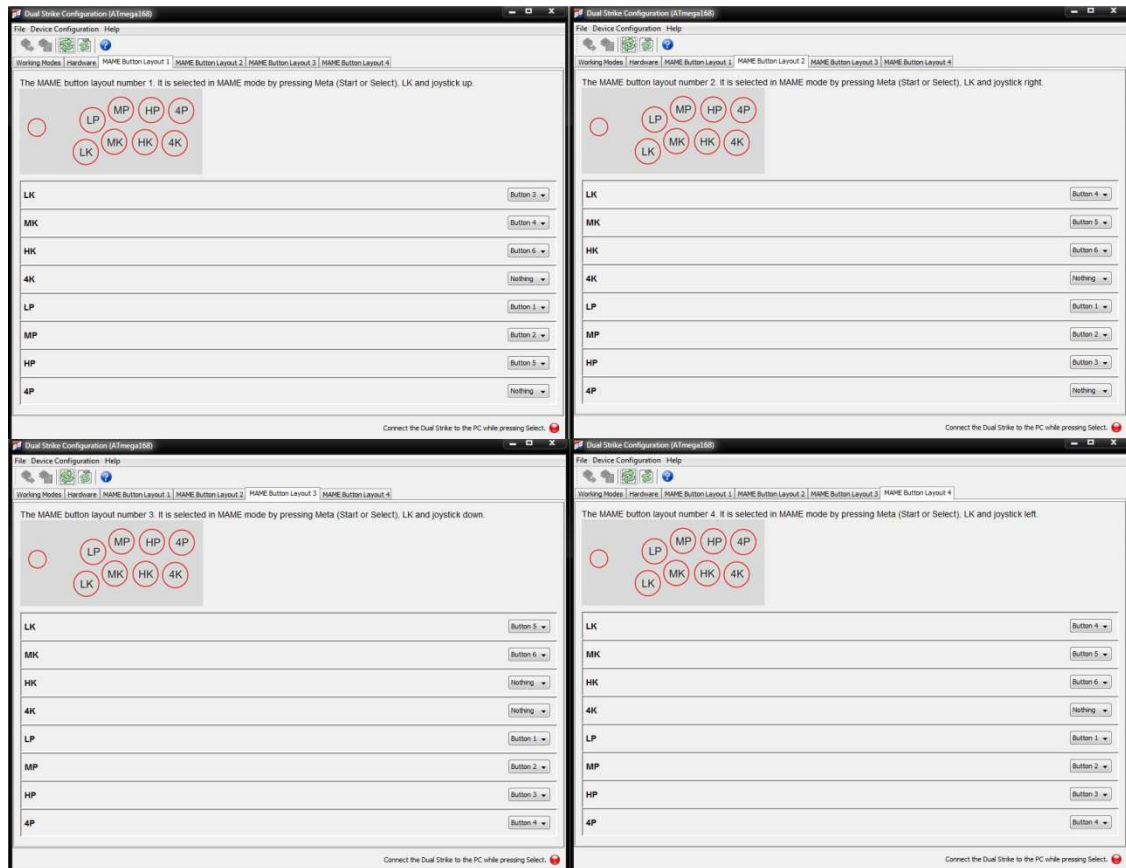
Ensimmäinen välilehti kantaa Working Modes -nimeä ja siltä voidaan määrittää, käyttääkö Dual Strike automaattista toimintatilan tunnistusta vai jotain tiettyä tilaa oletusarvoisesti. Tämän lisäksi kyseiselle välilehdelle on sijoitettu asetukset piirin toimintatilat päälle tai pois kytkemiseksi, sekä voidaan valita, toimiiko ohjain ensimmäisen vai toisen pelaajan käytössä MAME-tilassa.



Kuva 25. Dual Strike Configuration Editor -asetusohjelman Hardware-välilehti.

Kuva 25 esittää Hardware-välilehteä, jossa voidaan tehdä muutoksia Meta-painikkeen toimintoihin. Meta-painikkeen avulla voidaan vaihtaa ohjaimen toimintoja muuttaa kesken sen käytön. Sen avulla tehtävät muutokset riippuvat käytetystä toimintatilasta sekä Configuration Editorissa tehdyistä valinnoista. [20, s. 5]

Meta-painikkeeseen liittyvien asetusten lisäksi Hardware-välilehdeltä löytyy valikko, josta voidaan valita piirilevyn liitetyn ohjainsauvan käyttämä emulointitila sekä se, emuloivatko "Start"- ja "Select"-painikkeet yhdessä alas painettuina "Home"/"PS" - nappulan toimintaa. Näiden lisäksi välilehdeltä löytyy myös riippuvalikko, josta voidaan valita S3- ja S4-signaalien funktiot.



Kuva 26. Neljä lähes identtistä välilehteä MAME-profiilien painikejärjestysten valintaan.

Dual Strike tukee neljää näppäinjärjestysprofiilia MAME-tilassa. Näille neljälle profiilille on omat välilehtensä Configuration Editorissa. Kuten kuvasta 26 voidaan huomata, jokaisella välilehdellä on joukko riippuvalikoita, joista voidaan muokata kunkin profiilin painikejärjestystä. Käytettävää painikejärjestystä voidaan vaihtaa painamalla Meta- ja LK-painikkeet pohjaan sekä työntämällä ohjainsauva yhteen neljästä suunnasta.

Taulukko 2. MAME-toimitilan eri toiminnot ja niitä vastaavat nappulat Dual Strikessä. [20, s. 7-10.]

Toiminto MAME- ohjelmas- sa.	Vastaava näppäin näppäimis- tössä:		Dual Striken oletusnäppäinasetukset eri MAME profii- leissa.			
	MAME pelaaja 1	MAME pelaaja 2	MAME- profiili 1	Profiili 2	Profiili 3	Profiili 4
Ylös	Nuolinäppäin ylös	R	Up	Up	Up	Up
Oikealle	Nuolinäppäin oikealle	G	Right	Right	Right	Right
Alas	Nuolinäppäin alas	F	Down	Down	Down	Down
Vasemmalle	Nuolinäppäin vasemmalle	D	Left	Left	Left	Left
Kolikon lisäys	5	6	Select	Select	Select	Select
Start	1	2	Start	Start	Start	Start
Tau- ko/Pause	P		Home	Home	Home	Home
Nappula 1	Vasen CTRL	A	LP	LP	LP	LP
Nappula 2	Vasen ALT	S	MP	MP	MP	MP
Nappula 3	Välilyönti	Q	LK	HP	HP	HP
Nappula 4	Vasen SHIFT	W	MK	LK	4P	4P
Nappula 5	X	K	HP	MK	LK	MK
Nappula 6	Y	I	HK	HK	MK	HK
Enter	Enter		Meta+LK	Meta+LK	Meta+LK	Meta+LK
Poistu	esc-näppäin		Meta+MK	Meta+MK	Meta+MK	Meta+MK
		Profiilin aktivointi (Meta = "Start" oletuksena)	Me- ta+LP+Up	Me- ta+LP+Right	Meta+LP+Left	Me- ta+LP+Down

Taulukossa 2 ovat eri yhdistelmät, joilla voidaan aktivoida haluttu MAME profiili sekä jokaista profiilia vastaavat oletus painikejärjestykset ohjaimessa.

Välilehtien lisäksi Configuration Editorissa on rivi nappuloita, joiden avulla voidaan ladata asetukset piiriltä ohjelmaan sekä syöttää ohjelmassa aktiivisena olevat asetukset piirille. Näiden lisäksi ovat myös painikkeet, jotka palauttavat oletusasetukset yhdelle tai useammalle välilehdelle. Samat toiminnot löytyvät myös Device Configuration -riippuvalikosta.

File-riippuvalikon alta voidaan tallentaa ohjelmassa avoimena olevat asetukset erilliseen tiedostoon tietokoneelle sekä ladata asetukset tiedostosta ohjelman käytettäväksi.

Help tuo esille suppean ikkunan, jossa esitellään piiri sekä selvitetään ohjelmiston käyttämä lisenssi.

8 Peliohjainprojekti

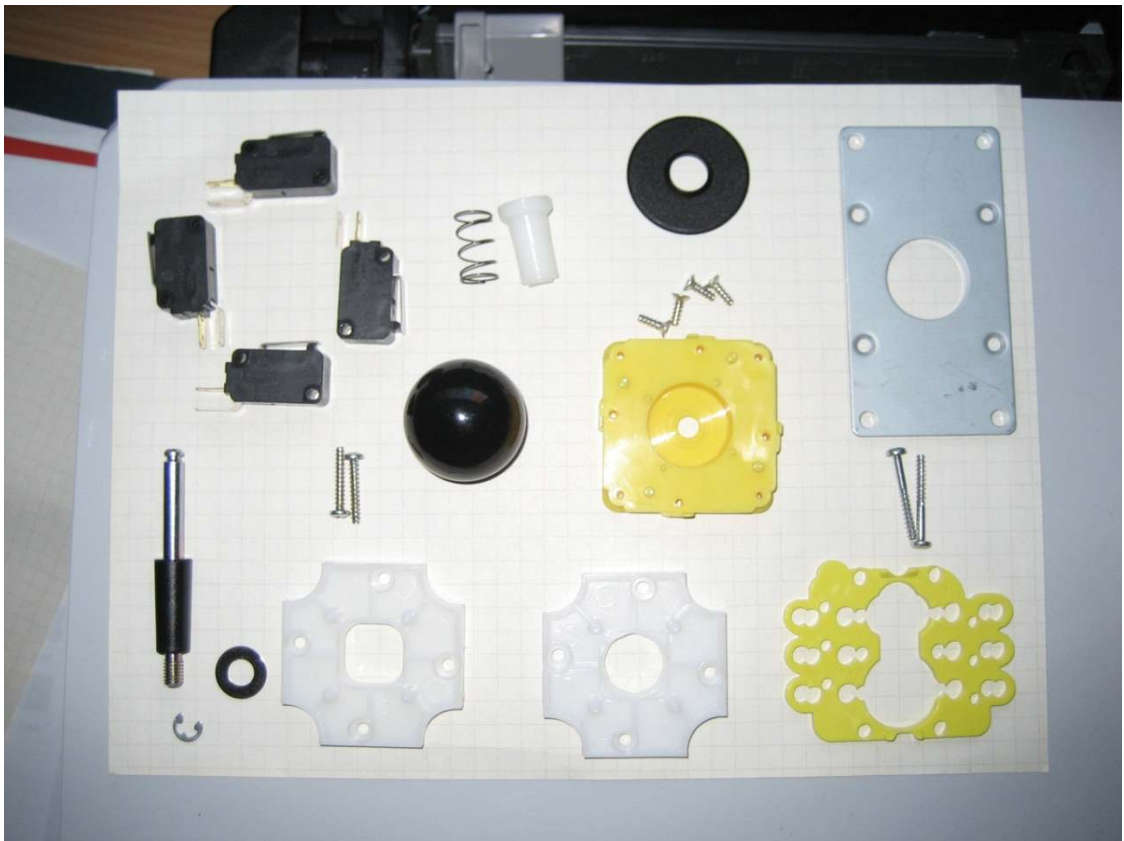
Tämän insinööriyön keskiössä oli projekti, jonka lopputuotteena syntyi luvussa 3 asetetut vaatimukset täyttävä peliohjain. Jo projektin alkuvaiheessa oli selvää, että ohjaimen osiksi valikoituu joko Sanwan tai Seimitsun valmistamat komponentit. Vertailujen ja useiden keskustelupalstojen selailun jälkeen Sanwan lippulaivamalli JLF-TP-8YT-SK sekä Seimitsun LS-33 seuloituivat esille. Molemmat ovat kestäviä sekä aloittelijaystävällisiä ohjainsauvoja, jotka soveltuvat kaikenlaisiin peleihin hyvin. Seimitsun parempi saatavuus ja hiukan alhaisempi hinta kallistivat vaakakupin sen suuntaan, ja se valikoitui lopulta projektissa käytettäväksi ohjainsauvaksi.

Koska ohjainsauvaksi valikoitui Seimitsun valmistama malli, haluttiin myös painikkeiksi heidän valmistamia tuotteita. Painikkeiden tuli olla korkealaatuisia, väriltään mustia, hinnaltaan mahdollisimman huokeita ja niiden kiinnityksen tuli olla kierteellinen. Näiden kriteerien perusteella valikoituivat 30 millimetriä halkaisijaltaan oleviksi painonappuloiksi Seimitsun PS-14-GN:t ja 24 millimetrisiksi PS-14-DN:t.

Ohjaimen piirilevyksi oli vaihtoehtona joko Toodles Cthulhu- tai Dual Strike -nimiset piirilevyt. Molemmat on tarkoitettu erityisesti peliohjainten käyttöön, ja ne molemmat täyttivät ennen projektin alkua asetetut vaatimukset. Piirien hinnoissa ei juuri ole eroja, mutta hankintahetkellä Toodles Cthulhun saatavuus oli huono ja sitä olisi joutunut odottamaan useita viikkoja, kun taas Dual Striken luvattiin olevan perillä viikon sisällä. Näiden faktojen valossa oli helppo valita piiriksi Dual Strike.

8.1 Seimitsu LS-33 -ohjainsauva

Ohjainsauvaksi valittiin kuvassa 27 osina oleva Seimitsu LS-33, joka on kooltaan pienin japanilainen sauvamalli. LS-33 ei vaadi keskiön rasvausta toimiakseen, joten ohjaimen pitäminen puhtaana on ainoa vaadittava toimenpide sen toimintakyvyn ylläpitämiseksi. Se kiinnittyy ohjaimen tasaisella asennuslevyllä ja vaatii vain noin 0,98 newtonin työntövoiman rekisteröidäkseen syötetyt komennot, joten se on kaikista eniten myytävistä ohjainsauvoista kevyin hallita. [28.]



Kuva 27. Seimitsu LS-33 ohjainsauvan eri osat.

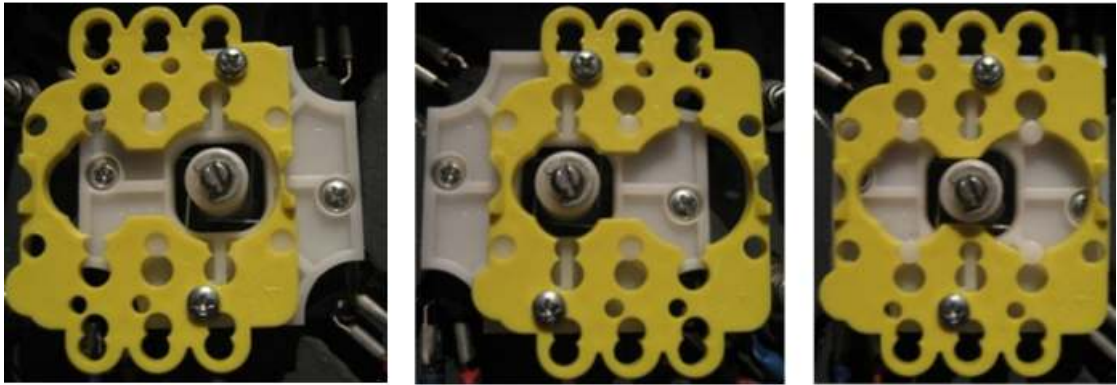
Mikrokytkimet

LS-33 käyttää Panasonicin valmistamia AM51661C5N-mikrokytkimiä. Niissä on vain sulkeutuva kosketin sekä maajohdin (ks. s. 22 kuva 15), joihin käyvät 6,35 x 0,8 millimetriset lattaliittimet liitosjohtoja varten. LS-33:ssa ei ole omaa piirilevyä mikrokytkimille, joten jokainen mikrokytkin on liitettävä erikseen ohjaimen piirilevyyn.

Rajoitinlevyt

LS-33:ssa on kaksi rajoitinlevyä. Pällimmäinen levy on tehty valkoisesta kovamuovista, ja sen tehtävä rajoittaa liikeradan neliön muotoiseksi ja ohjaimen kestävyden kannalta suotuisaksi. Samalla se myös pitää sauvan mikrokytkimet omilla paikoillaan. LS-33:n ylempi rajoitinlevy voidaan vaihtaa kahdeksankulmaiseen malliin, jolloin ohjain soveltuu paremmin erityisesti taistelupeleihin.

Vaihtamalla alemman rajoitinlevyn paikkaa rajoitinlevyllä voidaan liikerata rajoittaa kahdeksan-, neli- tai kaksisuuntaiseksi. Kuvassa 28 vasemmalla alempi rajoitinlevy on kiinnitetty ohjainsauvaan siten, että liikerata on rajoitettu kahdeksansuuntaiseksi, keskellä mahdollisia liikesuuntia on neljä ja oikealla kaksi. [28.]



Kuva 28. Seimitsu LS-33 alempi rajoitin kolmessa eri tilassa.

Asentaminen

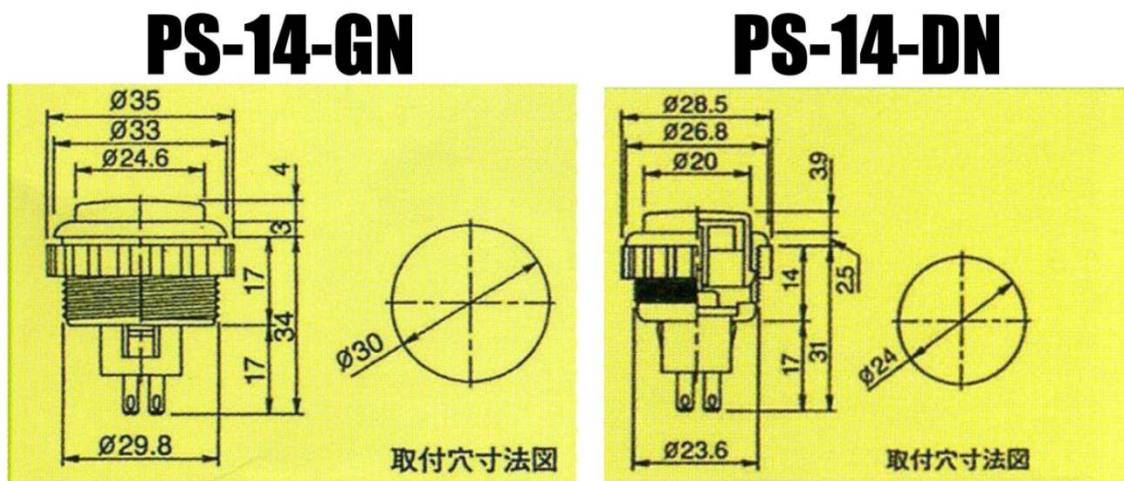
Koska LS-33:n sauvan pituus on vain 7,21 senttimetriä eikä S-asennuslevyä ole saatavilla, on se asennettava joko ohueen metallikanteen tai puuta käytettäessä, kannen yläosaan. Asennuslevy on japanilaiseen tapaan tehty metallista, ja se on yläpuolelta katsottaessa 1,6 millimetriä paksu, 5 senttimetriä leveä ja 9,5 senttimetriä korkea. Siinä on neljä 4 millimetriä halkaisijaltaan olevaa reikää koteloon kiinnittämistä varten ja neljä 2-millistä reikää, joista se kiinnittyy sauvaan kiinni. Kotelo, johon LS-33 kiinnitetään, tulee olla vähintään 3,45 senttimetriä korkea. Kuvassa 27 (ks. 42) Seimitsu LS-33 asennuslevy on sijoitettu kuvan oikeaan yläkulmaan. [28.]

8.2 Seimitsu PS-14-GN- ja PS-14-DN -painikkeet

Seimitsu PS-14-GN -painikkeet on valmistettu Japanissa ja ne ovat lähes äänettömät sekä todella tarkat käyttää. Ne vaativat 0,4903 newtonin voiman toimiakseen, niihin käyvät 2,8x0,8 millimetriset lattaliittimet, ja niiden luvataan kestävän miljoona painallusta. PS-14-GN:t käyvät hyvin niin ammunta kuin taistelupeleihin. [29.]

PS-14-GN:n varten on kiinnitettävässä materiaalissa oltava 30 millimetriä halkaisijaltaan oleva reikä. Sen kaulus on enimmillään 35 millimetriä leveä ja ohuimmillaan 29,8 millimetriä. Kiristysmutteri on 35 millimetriä halkaisijaltaan, ja yhteensä PS-14-GN:llä on korkeutta 39 millimetriä. Se voidaan asentaa pintaan, joka on paksuudeltaan enimmillään noin 8 millimetriä. Kotelon, johon kyseiset painikkeet aiotaan sijoittaa, suositellaan olevan vähintään 34 millimetriä korkea. [30.]

PS-14-DN:lle on oltava 24 millimetriä leveä reikä asennusta varten. Sen kaulus on 28,5 millimetriä leveimmillään ja ohuimmasta kohdasta 23,6 millimetriä. Kokonaiskorkeutta sillä on 3,74 senttimetriä. Välimatka DN:n kauluksen leveimmästä kohdasta liittimen alareunaan yhtä pitkä kuin GN:n, joten sitäkin käytettäessä kotelon tulee vähintään 34 millimetriä korkea. Aivan kuten isommissa GN-malleissa DN:n käyvät 2,8 x 0,8 millimetriset lattaliittimet. Kuvassa 29 vasemmalla on Seimitsu PS-14-GN:n ja oikealla PS-14-DN:n rakennekuvat. [35.]



Kuva 29. Seimitsu PS-14-GN sekä PS-14-DN -painikkeet. [19, s. 8]

8.3 Kotelon materiaali

Koska projektin kustannukset haluttiin pitää alhaisina, valittiin kotelossa käytettäväksi materiaaliksi varsin huokeaan hintaan saatava mäntyinen liimapuulevy. Liimapuulevy valmistetaan liimaamalla useita rimamaisia lamelleita tai lautoja yhteen yhdeksi yhtenäiseksi kappaleeksi. Sitä käytetään usein huonekaluissa ja muissa tarve-esineissä. Se ei ole laadultaan kaikista korkeinta puumateriaalia, mutta se on riittävä projektille asetettuihin tavoitteisiin nähden ja sitä on helppo työstää. Projektissa käytetty liimapuulevy oli mitoiltaan 200 x 1000 x 18 millimetriä eikä kotelon valmistamisen jälkeen jäänyt juurikaan ylimääräistä.

Kannen päälle sekä ohjaimen pohjalevyksi valittiin 2 millimetriä paksu, läpinäkyvä polykarbonaattimuovi, joka tarjoaa hyvän iskukestävyuden ja jota voidaan työstää varsin huoletta. Polykarbonaattia käytetään muun muassa CD-levyissä, elektroniikan komponenteissa sekä kypärissä ja se usein mielletään erehdyksellisesti PMMA-muoviksi eli kansankielellä pleksiksi. Polykarbonaattilevyt hankittiin valmiiksi leikattuina oikeisiin mittoihin. [32.]

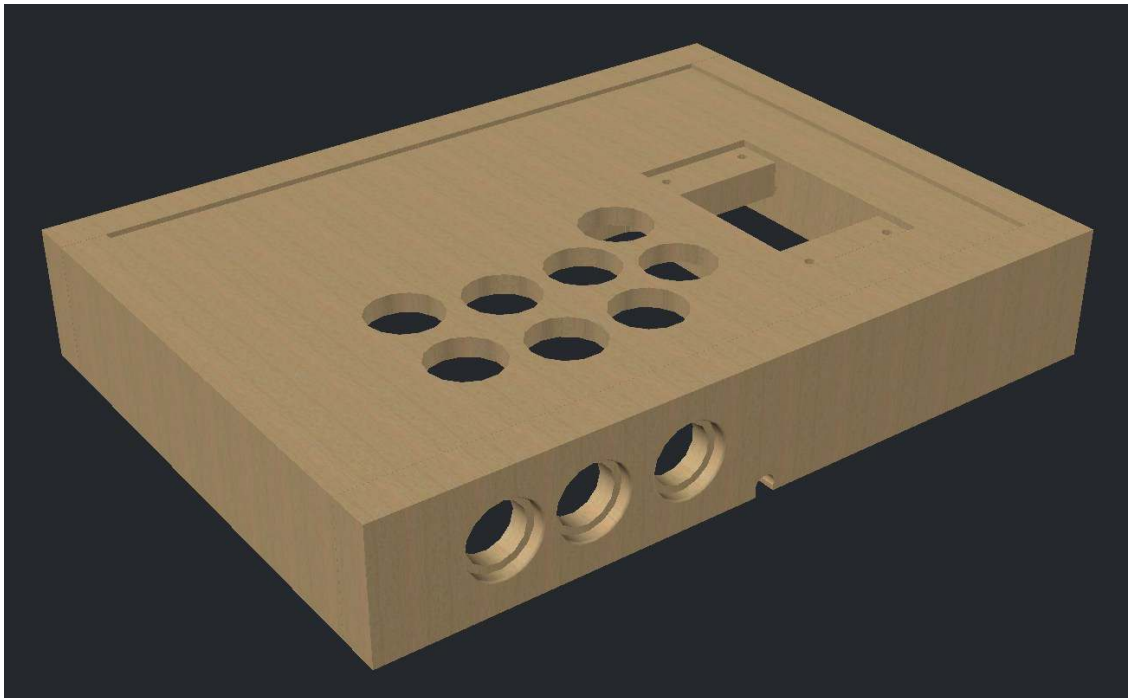
Maaliksi valittiin puu- ja metallipinnoille tarkoitettu alkydimaali, jonka luvataan kuivuvan sisätiloissa nopeasti ja joka on mahdollista levittää halutuille pinnoille siveltimellä. Se myös tarjoaa kestävä, helposti puhdistettavan ja sileän pinnan. Käytetty maali luvattiin olevan pintakuiva noin kuuden tunnin jälkeen, joten pinta pystyttiin uudelleenmaalaamaan vaikka saman päivän aikana. Läpikuiva se on seitsemän vuorokauden jälkeen. [33.]

Kotelosta haluttiin tehdä tumma, jotta siinä eivät näkyisi mahdolliset tahrat ja kolhut helposti. Väriksi ei kuitenkaan haluttu täysin mustaa, joten väriksi valikoitui lopulta tumma harmaa.

Maalin lisäksi kotelon ulkonäköön vaikuttaa kansilevyn ja sen päälle asetettavan muovilevyn väliin sijoitettava paperille tulostettu kuva, jolla pyritään tekemään ohjaimesta tyylikkäämmän näköinen ja hiukan persoonallinen.

8.4 Suunnittelu

Kotelo varten tehtiin suunnitelmapiirustukset Autodesk Autocad 2012 -suunnitteluohjelmistolla. Kotelon jokaisesta osasta tehtiin ensin yksittäiset komponentit, jotka liitettiin yhteen yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Näin voitiin varmistua jokaisen osan yhteensopivuudesta sekä pystyttiin hahmottamaan lopullisen tuotteen ulkonäköä ja huomaamaan mahdolliset virheet ja puutteet. Yksityiskohtaiset piirustukset jokaisesta kotelon osasta ovat liitteessä 1 ja alla olevassa kuvassa 30 voidaan nähdä suunnitelma kotelon puuosista valmiina.



Kuva 30. Kotelon hahmotelma suunnitteluvaiheessa.

Suunnitelma laadittiin siten, että sitä noudatettaisiin mahdollisimman tarkasti, mutta samalla kuitenkin huomioitiin käytetyn materiaalin, työkalujen sekä työstötaitojen mahdolliset vaikutukset kotelon rakenteeseen sekä muotoon. Tästä syystä suunnitelman mitoissa on muutama millimetriä toleranssia otettu huomioon.

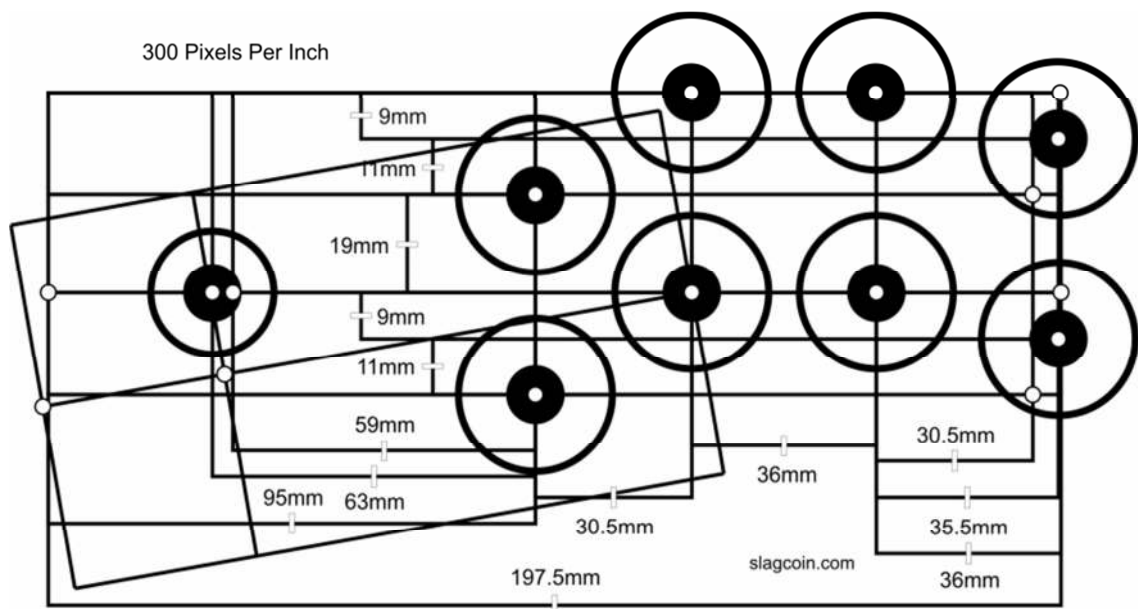
Kotelo suunniteltiin olevan ulkomitoiltaan 321 millimetriä leveä, 236 millimetriä korkea ja 55 millimetriä paksu. Kyseiset leveys ja korkeus valittiin siitä syystä, että kun seinämien paksuus on joka sivustalla 18 millimetriä, jää seinämien väliin jäävän kannen pinta-alaksi 285 x 200 millimetriä, joka on hiukan pienempi kuin ISO 216 -standardin mu-

kainen A4-paperiarkki. Näin ollen kannen ja polykarbonaattilevyn väliin tuleva kuva voitaisiin tulostaa lähes millä tahansa tulostimella ja samalla kotelosta tulee tarpeeksi iso, jotta sen sisälle mahtuu myös käytettävä piirilevy sekä muut osat ja sitä on mukava käyttää.

Kotelon paksuuteen vaikuttivat kansilevynä käytetty kaksi millimetriä paksu polykarbonaattilevy, 18 millimetriä paksu kansilevy sekä kolme painiketta, jotka asetettiin etuseinämään. Painikkeet olivat leveimmästä kohdasta 28,5 millimetriä paksuja ja jotta ne oli mahdollista asentaa koteloon, tuli niiden ympäriltä poistaa etuseinämästä muutama millimetriä puuta.

Koska kotelosta ei haluttu tehdä kovinkaan korkeaa eikä rakennusmateriaalia haluttu käyttää valtavia määriä, päätettiin kotelon kannen alareunasta painonappuloiden kohdalla poistaa pieni alue pois, jolloin kotelon korkeudesta saatettiin ottaa muutama millimetriä pois. Näin kotelon kokonaispaksuudeksi tuli 55 millimetriä.

Painonappuloiden sekä ohjainsauvan sijainneiksi kannessa valittiin kuvassa 31 nähtävä Segan kolikkopelikoneissa usein käytetty ohjainsauva- ja painikejärjestys. Se tuntui kaikista internetistä löydetyistä painikejärjestyksistä luontevimmalta.



Kuva 31. Valittu ohjainsauvan sekä painikkeiden järjestys ohjaimen kannessa. [12.]

Valitussa järjestyksessä on vaadituille kahdeksalle painikkeelle paikat sijoitettu hiukan kaarelle, jolloin ne asettuvat ergonomisesti sormien alle. Ohjainsauva on selvästi erillään niistä kuitenkin siten, ettei kotelosta tarvitse tehdä valtaisan isoa.

Kuten kuvasta 31 voidaan huomata, päätettiin etuseinämään sijoitettavat painikkeet upottaa 5 millimetriä seinämän ulkoreunan sisäpuolelle, jolloin ne eivät altistu vahinkopainalluksille. Valittu ratkaisu uskottiin myös parantavan kotelon ulkonäköä.

Yksi etuseinämän painikkeista eroteltiin puoli senttimetriä kahdesta muusta. Tämä ratkaisu haluttiin tehdä siitä syystä, että kyseinen painike eroaa merkitykseltään kahdesta muusta painikkeesta ja se haluttiin sijoittaa hiukan erilleen toisista.

8.5 Työstö

Kotelon tekeminen aloitettiin sahaamalla kansi sekä seinämät liimapuulevystä suunniteltuihin mittoihin katkaisusahalla. Koska käytettävää puumateriaalia oli rajallinen määrä, sahattiin isot osat ensin ja varmistettiin niiden oikea koko sekä yhteensopivuus keskenään ennen pienten osien valmistamista.

8.5.1 Kansi



Kuva 32. Kansilevyn sekä sen päälle tulevan polykarbonaattilevyn porausjärjestelyt.

Kannen varsinainen työstö aloitettiin asettamalla ohjainsauvan sekä painikkeiden sapluuna kannen sekä polykarbonaattilevyn väliin ja poraamalla reiät sen mukaisesti. Näin pyrittiin varmistamaan reikien olevan samoissa kohdissa kannessa ja muovilevyssä. Muovilevyn reikiin jäi porausten jäljiltä terävät reunukset, jotka leikattiin pois ohutteräisellä mattoveitsellä. Kuva 32 esittää kannen sekä muovin kohdalla käytettyä porausjärjestelyä.

Koska valituissa Seimitsun painikkeissa on kiristysvaraa vain noin 8 millimetriä ja käytetty liimapuulevy oli 18 millimetriä paksua, oli kansilevyn ja etuseinämän painikereikien ympäriltä jyrstävää kannesta noin sentin verran ja etulevystä noin viisi millimetriä kotelon sisäpuolelta. Tähän käytettiin yläjyrstintä sekä pohjaleikkuista urajyrstinterää.

Kun painikkeiden ympäriltä oli suunnitellut alueet jyrstetty, mitattiin ja porattiin ohjainsauvalle sekä sen kiinnitysruuveille paikat kannessa. Samalla oli myös jyrstävää kannen alta ohjaimen mikrokytkimille tilaa sekä alue kannen päältä, jotta ohjainsauvan kiinnityslevy sekä kiinnitysruuvit eivät osu kannen päälle tulevaan polykarbonaattilevyyn. Kaikki tämä tehtiin liitteessä 2 olevan piirustuksen mukaisesti.

8.5.2 Seinämät sekä tukipuut

Etuseinämässä sijaitsevia kolmea nappulaa varten mitattiin ja porattiin reiät 24 millimetriä halkaisijaltaan olevalla sahatërällä. Jotta nappulat saatiin upotettua elementin sisälle suunnitelman mukaiset 5 millimetriä, jyrstettiin seinämän ulkoreunalta juuri porattujen reikien ympäriltä painonappuloiden kauluksien verran pois. Jyrstinnästä jääneet terävät reunat hiottiin hiomapaperilla käyttömukavuuden takaamiseksi. Hionnassa käytettiin ensin karkeusarvon 50 hiomapaperia ja pinta viimeisteltiin 150 ja 200 arvoisilla papereilla.

Isäntälaitteeseen liitettävää USB-johtoa varten porattiin etuseinämän alareunaan reikä viisi millimetriä paksulla poranterällä. Reikää kasvatettiin hiomalla hiukan hiekkapaperilla, jolloin lovesta tuli juuri oikein kokoinen johtoa varten.

Kotelon seinämät olivat suunnitelman mukaan tarkoitus liittää yhteen pelkästään liimaa ja puristimia käyttäen, mutta koska ohjaimesta haluttiin mahdollisimman tukeva, päätettiin liitokset tehdä tappiliitoksilla.

Tappiliitoksissa liitoskohtiin porataan ensin reiät molempiin kappaleisiin. Tämän jälkeen toisen liitettävän kappaleen reikiin asetetaan puutapit sekä puuliimaa ja toinen kappale liitetään rei'istään kyseisiin puutappeihin. Liitoksen annetaan kuivua puristuksessa liiman vaatiman kuivumisajan. [34.]

Kotelon jokaiseen kulmaan tuli kaksi puutappia sekä puuliimaa ja ne kuivuivat puristuksessa noin 12 tunnin ajan. Puutappeina käytettiin neljä senttimetriä pitkiä ja senttimetrin paksuisia tappeja. Käytetty liima oli sisäkäyttöön tarkoitettua puuliimaa, joka kuivui käsiteltäväksi noin 20 minuutissa ja joka oli kokonaan kuiva vuorokauden kuluttua liimaushetkestä.



Kuva 33. Seinämät ennen liimausta.

Kuvassa 33 ovat valmiiksi jyrsityt kansi sekä etuseinä ja muut seinämät, jotka ovat valmiina liimausta varten. Kuvasta voidaan myös huomata seinämien liitoksissa käytetyt puutapit.

Jotta kantta ja pohjaa varten olevat tukipuut olisivat oikean kokoisia, mitattiin ja sahattiin ne vasta seinämien yhteenliimaamisen jälkeen. Kotelon takaosaan keskelle lisättiin yksi suunnitelmasta poikkeava tukipuu lisäämään pohjamuovin tukevuutta. Tukipuut sekä kansi liitettiin seinämiin liimalla.

8.5.3 Jälkikäsitteily



Kuva 34. Kotelon palat on liimattu yhteen ja seuraavaksi se hiotaan maalausta varten.

Kun kansi ja tukipuut olivat kuivuneet liimauksen jäljiltä, putsattiin ylimääräiset liimat ja kotelo hiottiin maalausta varten. Hionnassa käytettiin ensin karkeusarvon 50 hiomapaperia ja pinnat viimeisteltiin 150- ja 200-paperilla. Kuvassa 34 kansi sekä tukipuut on liimattu paikoilleen ja kotelo on hiontavaiheessa ennen maalaamista.

Kotelon maalaaminen suoritettiin kaksi kertaa. Maalauskerrosten välissä kotelo sai kuivua noin 12 tunnin ajan, ja maalaus suoritettiin tavallisella marketista löytyvällä, sangen huonolaatuisella, pensselillä. Maalattavaa pintaa oli niin vähän, ettei kalliisiin suteihin haluttu käyttää rahaa. Kuvassa 35 kotelo on kuivumassa toisen maalauksen jäljiltä.



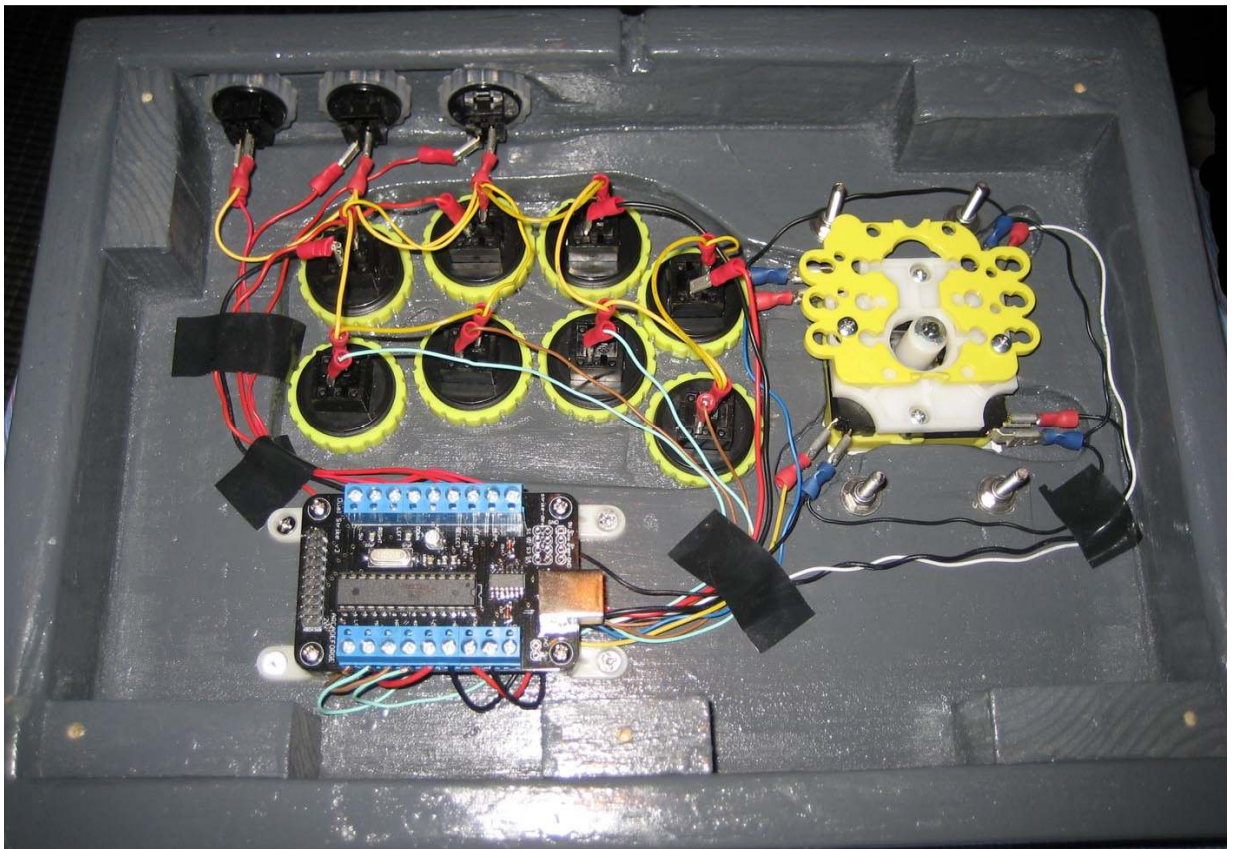
Kuva 35. Kotelon lopullinen väri selkeytyi toisen maalikerran jälkeen.

8.5.4 Elektroniikan ja kotelon

Kotelo sai kuivua maalauksen jäljiltä viikon verran, jonka jälkeen Dual Strike -piirilevy, painikkeet sekä ohjainsauva ruuvattiin koteloon kiinni johdotusta varten. Ennen painikkeiden asentamista kotelo oli kuitenkin niitä varten tehtyjen reikien kohdalta hiottava ylimääräinen maali pois. Tämä tuottikin yllättävän paljon päänvaivaa ja näin jälkikäteen ajateltuna olisi varmasti ollut parempi päällystää reiät vaikkapa teipillä maalauksen ajaksi.

Johdotuksessa käytettiin 0,5 millimetriä paksua kaapelia ja liitokset tehtiin lattaliittimillä. Tämän tyyppisiä liittimiä käytettiin sen takia, että ne on helppo irrottaa ja liittää takaisin painikkeista sekä ohjainsauvasta mahdollisten rikkoontumisten sekä muiden huoltotoimenpiteiden sattuessa.

Painonappuloihin käytettiin 2,8 x 0,8 mm kokoisia ja ohjainsauvan mikrokytkimiin 6,35 x 0,8 mm kokoisia liittimiä. Kuvassa 36 kotelion johdotus on valmis, ja se odottaa viimeistä silausta.

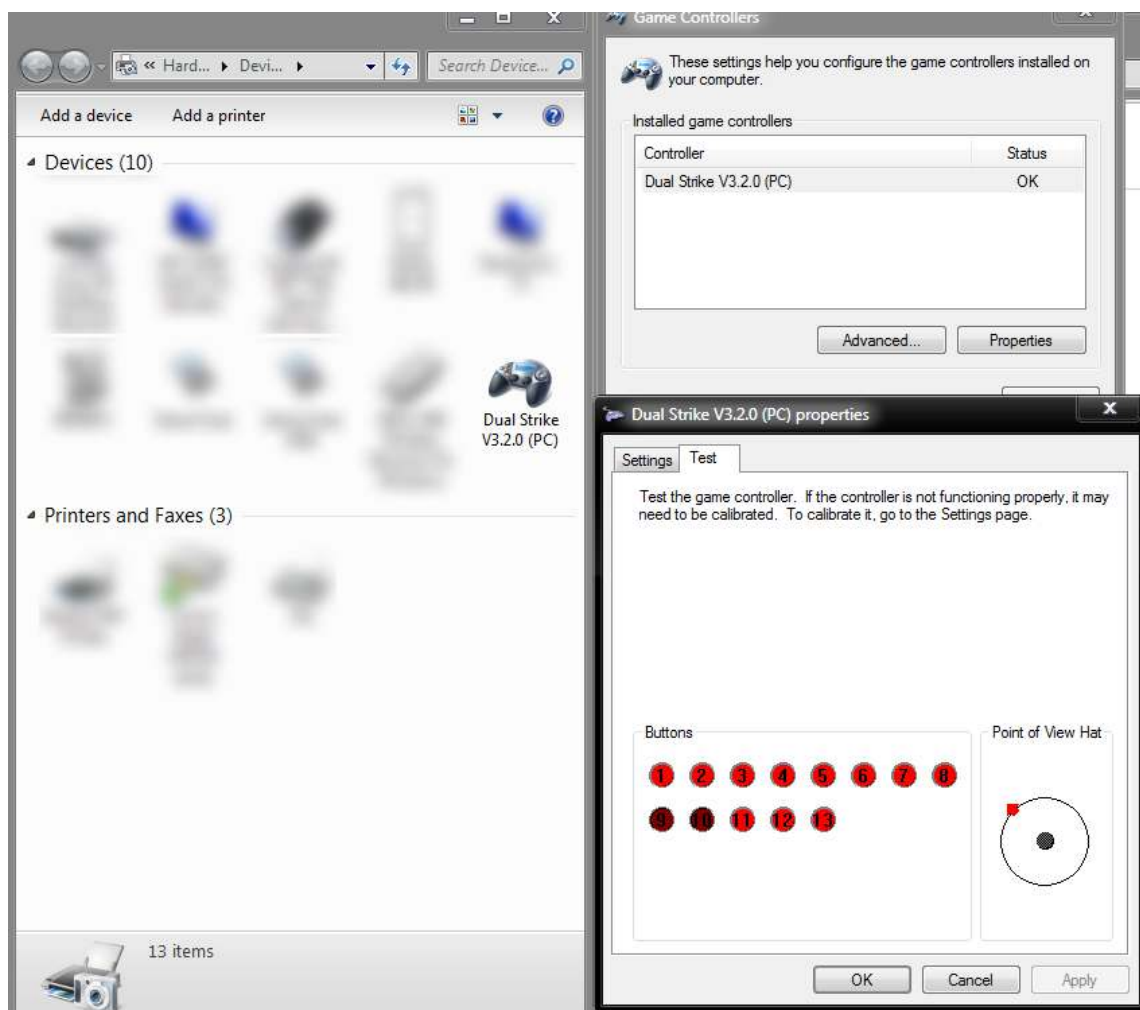


Kuva 36. Jokainen nappula sekä ohjainsauva on liitetty piirilevyyn.

Kotelo viimeisteltiin valitsemalla kannen ja polykarbonaattilevyn väliin sijoitettava, kotelion tyyliin sopiva kansipaperi. Levyt kiinnitettiin kotelioon 4,2 x 13 mm asennusruuveilla, joita varten levyihin porattiin viisi millimetriä paksulla poranterällä reiät suunniteltuihin kiinnityskohtiin. Ruuvien kiinnitystä helpottamaan myös kotelioon tehtiin reiät vastaaviin kohtiin kolmemillimetrisellä terällä.

8.6 Testaus ja lopputuote

Ohjaimen lopullinen testaus suoritettiin liittämällä se Sony PlayStation 3:n sekä tietokoneeseen, jossa käyttöjärjestelmänä oli Windows 7. PlayStationin kohdalla ohjaimen testaus suoritettiin useilla eri peleillä. Tietokoneella käytettiin kuvassa 37 nähtävää Microsoft Windows 7 -käyttöjärjestelmän mukana tulevaa Devices and Printers (Laitteet ja tulostimet) -työkalua, jolla voidaan suorittaa peliohjaimille ja muille lisälaitteille erinäisiä asetusmuutoksia ja testata laitteiden toimivuutta. Kuten kuvasta voidaan nähdä, toimii jokainen ohjaimen painike sekä sen ohjainsauva halutusti. Ohjaimen painikkeet 9 ja 10 eivät olleet käytössä testausvaiheessa, joten ne esitetään työkalussa tummina.



Kuva 37. Microsoft Windows 7 -käyttöjärjestelmän mukana tuleva työkalu, jolla voidaan suorittaa peliohjaimille ja muille lisälaitteille erinäisiä asetusmuutoksia ja testata laitteiden toimivuutta.

Testeissä varmistettiin myös ohjaimen rakenteellinen vahvuus painelemalla painikkeita ja vääntämällä ohjainsauvaa eri suuntiin normaalikäyttöä suuremmalla voimalla.



Kuva 38. Peliohjain on valmis ja odottaa kovaa käyttöä.

Kuvassa 38 on projektin lopputuotteena syntynyt peliohjain.

9 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa ohjainsauvallinen peliohjain, joka sopii etenkin taistelu- ja tasohyppelypeleihin. Projektia tukemaan tutkittiin USB-väyläarkkitehtuuria sekä selvitettiin tämäntyyppisissä ohjaimissa yleisin käytettyjä osia sekä rakennetta.

Projekti onnistui jopa yllättävän hyvin. Ohjain täyttää kaikki sille projektin alussa asetetut tavoitteet, ja se toimii niin kuin sen on tarkoituskin. Pohjalevynä käytetty 2 millimetriä paksu polykarbonaattilevy olisi voitu olla vähän paksumpi, jolloin se ei antaisi ihan niin paljoa periksi, mutta muuten ongelmia ei projektin aikana ilmennyt. Pienet mitta-

virheet sekä käytetyn puumateriaalin koostumuksesta aiheutuneet pulmat onnistuttiin ohittamaan pienillä viilauksilla varsin vaivatta.

Yksi suurimmista huolenaiheista projektin aikana olivat ohjaimen tulevat painonappulat sekä ohjainsauva. Koska valintavaiheessa ei ollut mahdollista kokeilla eri sauvoja ja painikkeita etukäteen, oli valinnassa luotettava täysin internetistä löytyviin mielipiteisiin sekä arvosteluihin ja tehtävä päätös niiden perusteella. Myös valittujen osien heppoisuus arvelutti aluksi, mutta sekin huoli on käytön myötä hävinnyt. Omien kokemusten perusteella osien valinnassa onnistuttiin.

Epäilin hiukan projektin alkuvaiheessa perusteellisten suunnitelmien tekemistä ajanhukaksi, mutta jo heti projektin ensi metreillä huomasin, kuinka tärkeitä ne oikeasti olivatkaan. Etenkin 3d-mallin rakentaminen Autocadilla auttoi ohittamaan muutaman etuseinämän painonappuloiden sijoitteluun liittyvän sudenkuopan, jotka olisivat tuottaneet suuren määrän harmaita hiuksia projektin aikana. Samalla sain päivitettyä taitoni AutoCADista uusimpaan versioon ja opin myös uusia asioita ohjelman käytöstä.

Lähteet

- 1 Baker, Liana B. 2011. Factbox: A look at the \$65 billion video games industry. Verkkodokumentti. Reuters. <<http://uk.reuters.com/article/2011/06/06/us-videogames-factbox-idUKTRE75552I20110606>>. Luettu 4.2.2012.
- 2 Verrier, Richard. 04.08.2011. Worldwide movie box-office receipts rise in 2010. Verkkodokumentti. Los Angeles Times. <<http://articles.latimes.com/2011/feb/24/business/la-fi-0224-ct-mpaa-stats-20110224>>. Luettu 4.2.2012.
- 3 PlayStation®3 Worldwide Hardware Unit Sales (Unit: million). Verkkodokumentti. <http://www.scei.co.jp/corporate/data/bizdataps3_sale_e.html>. Luettu 26.01.2012.
- 4 PlayStation 3 -pelikonsoli. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/PS3Versions.png>>. Luettu 26.01.2012.
- 5 PlayStation 3. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation_3>. Luettu 26.01.2012.
- 6 Universal Serial Bus. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://en.wikipedia.org/wiki/USB>>. Luettu 26.12.2011.
- 7 Universal Serial Bus Specification revision 2. 27.04.2000. Verkkodokumentti. USB Implementers Forum, Inc. <http://www.usb.org/developers/docs/usb_20_101111.zip>. Luettu 26.12.2011.
- 8 Axelson, Jan. USB 3.0 Developers FAQ. Verkkodokumentti. Lakeview Research. <http://www.lvr.com/usb3faq.htm#ca_maximum>. Luettu 26.12.2011.
- 9 Axelson, Jan. 2005. USB Complete: Everything You Need to Develop Custom USB Peripherals . Madison USA: Lakeview Research LLC. Luettu 26.12.2011.
- 10 USB Made Simple. Verkkodokumentti. MQP Electronics Ltd. <http://www.usbmadesimple.co.uk/ums_6.htm#frames_and_microframes>. Luettu 26.12.2011.
- 11 van Ooijen, Wouter . How to obtain an USB VID/PID for your project. Verkkodokumentti. <<http://www.voti.nl/docs/usb-pid.html>>. Luettu 26.12.2011.
- 12 slagcoin Joystick Controller page. 25.02.2009. Verkkodokumentti. <<http://www.slagcoin.com/joystick.html>>. Luettu 5.12.2011

- 13 The difference between Hori Real Arcade Pro Sticks. Verkkodokumentti.
<<http://gamers-underground.com/games-general/29505-difference-between-hori-real-arcade-pro-sticks.html>>. Luettu 10.12.2011.
- 14 The Sanwa and Seimitsu FAQ. 16.8.2008. Verkkodokumentti.
<<http://shoryuken.com/forum/index.php?threads/the-sanwa-and-seimitsu-faq.18346/>>. Luettu 7.12.2011
- 15 Arcade parts. Verkkodokumentti.
<<http://www.kowal.itcom.pl/ArcadeParts.htm>>. Luettu 7.12.2011.
- 16 I'm thinking about replacing all my P360's for IL Eurosticks on all my arcade cabinets.01.12.2011. Verkkodokumentti.
<<http://shoryuken.com/forum/index.php?threads/im-thinking-about-replacing-all-my-p360s-for-il-eurosticks-on-all-my-arcade-cabinets.150306/.150306/>>. Luettu 7.12.2011.
- 17 The IL FAQ/Information thread *Happ now is too grimey to even use Cherry switches*. Verkkodokumentti.
<<http://shoryuken.com/forum/index.php?threads/the-il-faq-information-thread-happ-now-is-too-grimey-to-even-use-cherry-switches.31835/>>. Luettu 7.12.2011.
- 18 St. Clair, John. Build Your Own Arcade Control Center FAQ. 29.07.2002. Verkkodokumentti.
<http://arcadecontrols.com/arcade_wiring.shtml#wiring_gauge>. Luettu 7.12.2011.
- 19 Seimitsu Parts Catalogue. Verkkodokumentti. Seimitsu.
<<http://www.akihabarashop.jp/catalogs/Seimitsu2010.pdf>>. Luettu 7.12.2011.
- 20 Jochen Zurborg, Michael Pohl. Dual Strike Documentation. Verkkodokumentti. Strike Devices. <http://svn.combo-convention.de/filedetails.php?rename=dualstrike&path=%2FFirmware%2FReleases%2FDual_Strike_Firmware_V3.3.1_Documentation.pdf>. Luettu 15.01.2012.
- 21 MAME . 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<<http://fi.wikipedia.org/wiki/MAME>>. Luettu 15.01.2012.
- 22 Atmel ATmega168 –mikrokontrolleri. Verkkodokumentti.
<<http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/images/products/07957-03-L.jpg>>. Luettu 15.01.2012.
- 23 Atmel ATmega168 datasheet. Verkkodokumentti. Atmel.
<<http://www.atmel.com/Images/doc2545.pdf>>. Luettu 15.01.2012.

- 24 AVR. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/AVR>>. Luettu 15.01.2012.
- 25 V-USB. Verkkodokumentti. Objective Development Software GmbH. <<http://www.obdev.at/products/vusb/index.html>>. Luettu 15.01.2012.
- 26 V-USB - Benefits over Alternative Solutions. Verkkodokumentti. Objective Development Software GmbH. <<http://www.obdev.at/products/vusb/benefits.html>>. Luettu 15.01.2012.
- 27 BootloadHID. Verkkodokumentti. Objective Development Software GmbH. <<http://www.obdev.at/products/vusb/bootloadhid.html>>. Luettu 15.01.2012.
- 28 Seimitsu LS-33. Verkkodokumentti. <http://www.kowal.itcom.pl/ArcadeParts_pliki/joySLS33.htm>. Luettu 21.01.2012.
- 29 Seimitsu PS-14 GN. Verkkodokumentti. <http://www.kowal.itcom.pl/ArcadeParts_pliki/butSPS14GN.htm>. Luettu 21.01.2012.
- 30 Seimitsu PS-14 GN -rakennekuva. Verkkodokumentti. Arcadeshop.de. <<http://www.arcadeshop.de/images/specs/arcade-pb-ps14gn-data.pdf>>. Luettu 21.01.2012.
- 31 Seimitsu PS-14 DN -rakennekuva. Verkkodokumentti. Arcadeshop.de. <<http://www.arcadeshop.de/images/specs/arcade-pb-ps14dn-data.pdf>>. Luettu 21.01.2012.
- 32 Polykarbonaatti. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Polykarbonaatti>>. Luettu 21.01.2012.
- 33 Metallipintojen teollinen maalaus. Verkkodokumentti. Tikkurila. <<http://www.digipaper.fi/coatings/33461/index.php?pgnumb=42>>. Luettu 26.01.2012.
- 34 Näin teet liitokset. Verkkodokumentti. Kohiwood. <http://www.lamboard.fi/lamboard/nikkarin_tietopankki/nain_teet_liitokset/?id=128>. Luettu 26.01.2012.
- 35 Kolikkopelit. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kolikkopeli>>. Luettu 4.2.2012.
- 36 Arcade Games. 2012. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Arcade_game>. Luettu 4.2.2012.

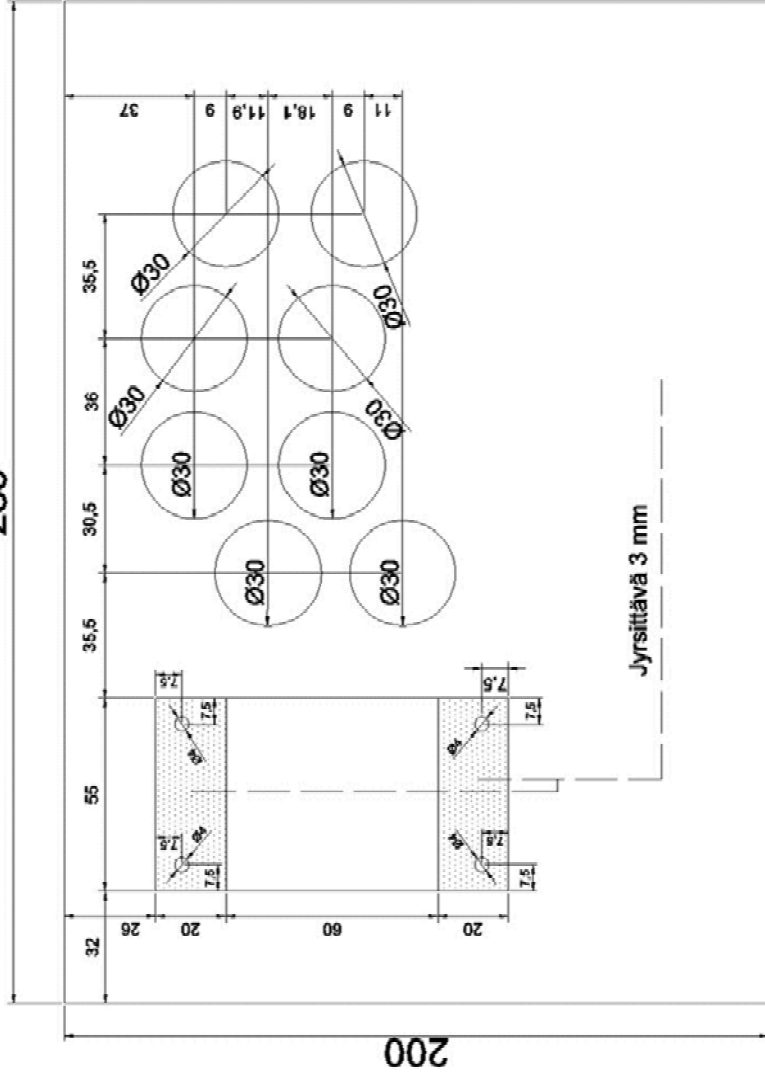
- 37 Kropf, Josh. 2010. PS3 Gamepad With Home Button. Verkkodokumentti. Slashdev. <<http://www.slashdev.ca/2010/05/25/ps3-gamepad-with-home-button/>>. Luettu 4.2.2012.

KANSI 1/2

SIVU



YLÄPUOLI
285

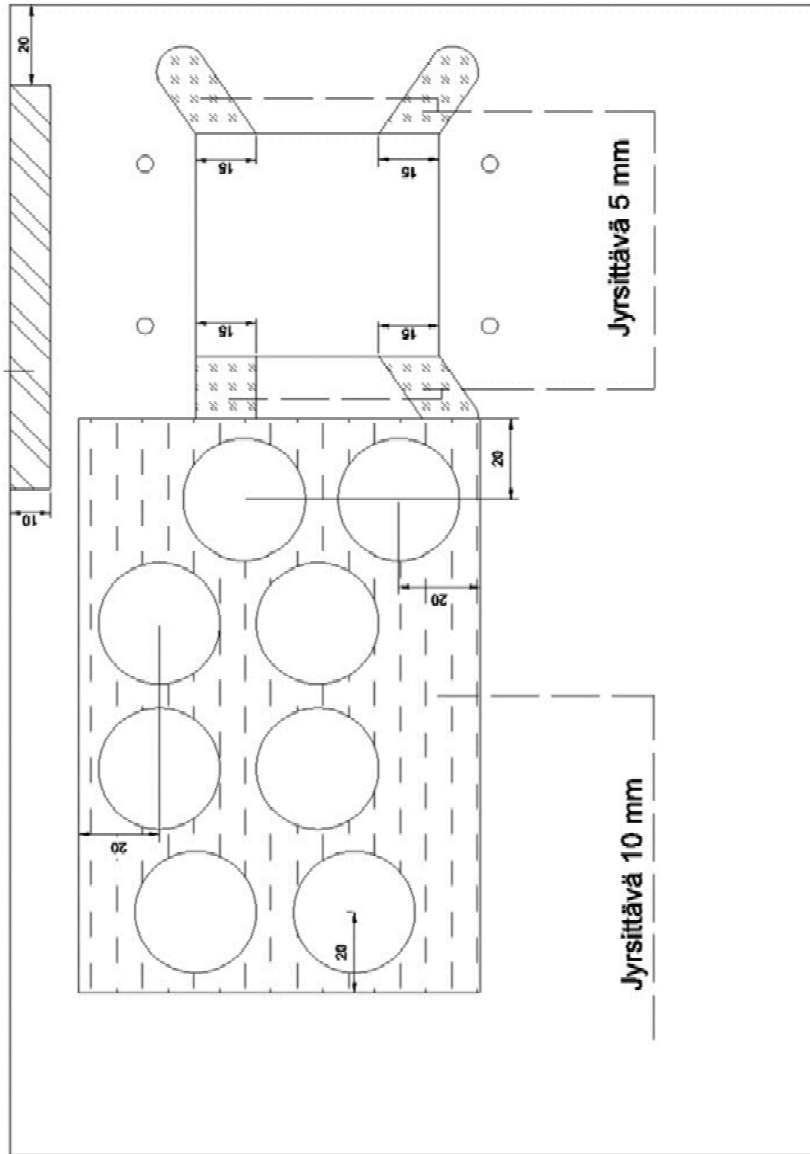


Liite 1: Kotelon piirustukset

KANSI 2/2

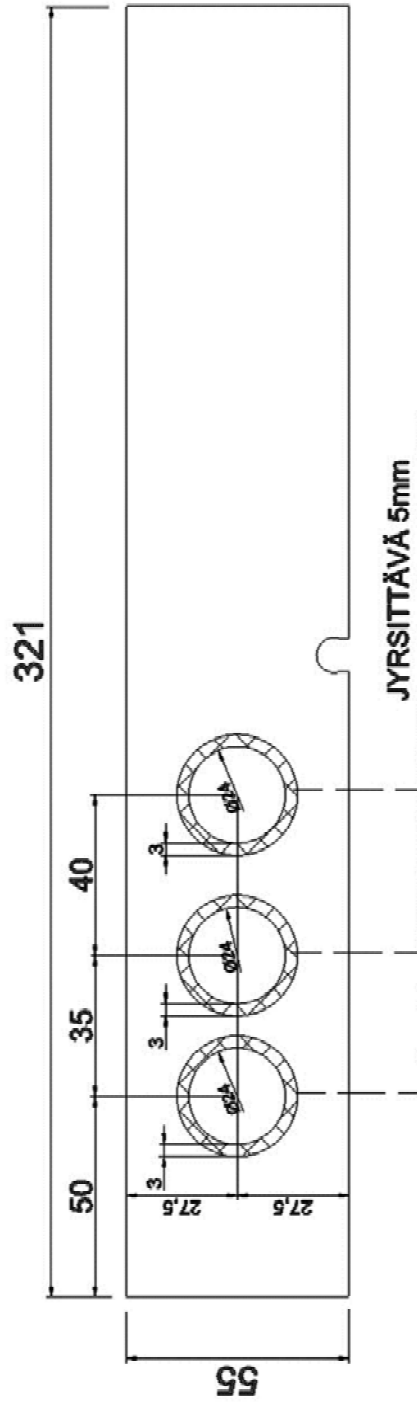
ALAPUOLI

Poistettava noin 5mm
etuseinämän
painonappuloita varten

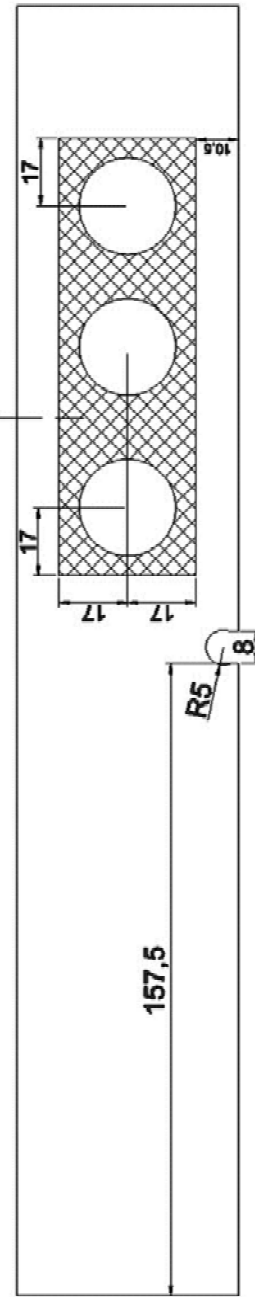


ETUSEINÄMÄ

ULKOPUOLI



SISÄPUOLI

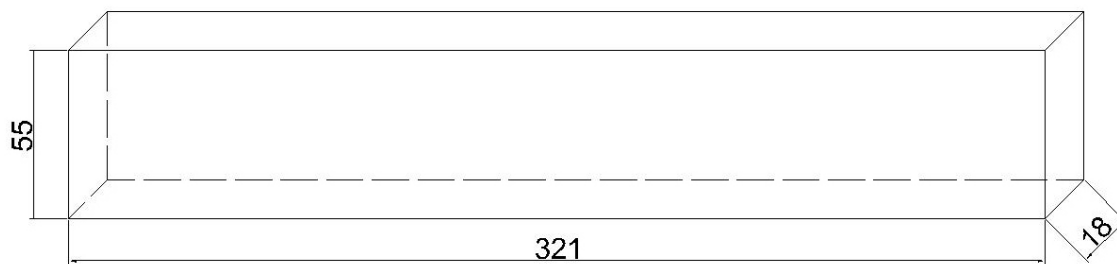


SIVU

18



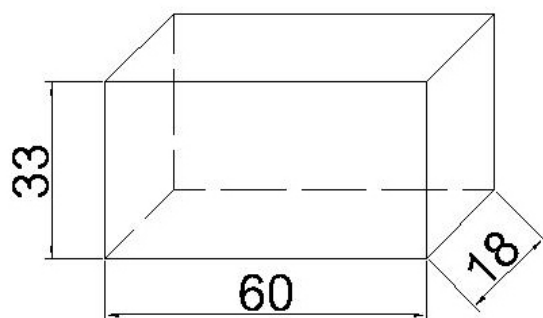
TAKASEINÄMÄ



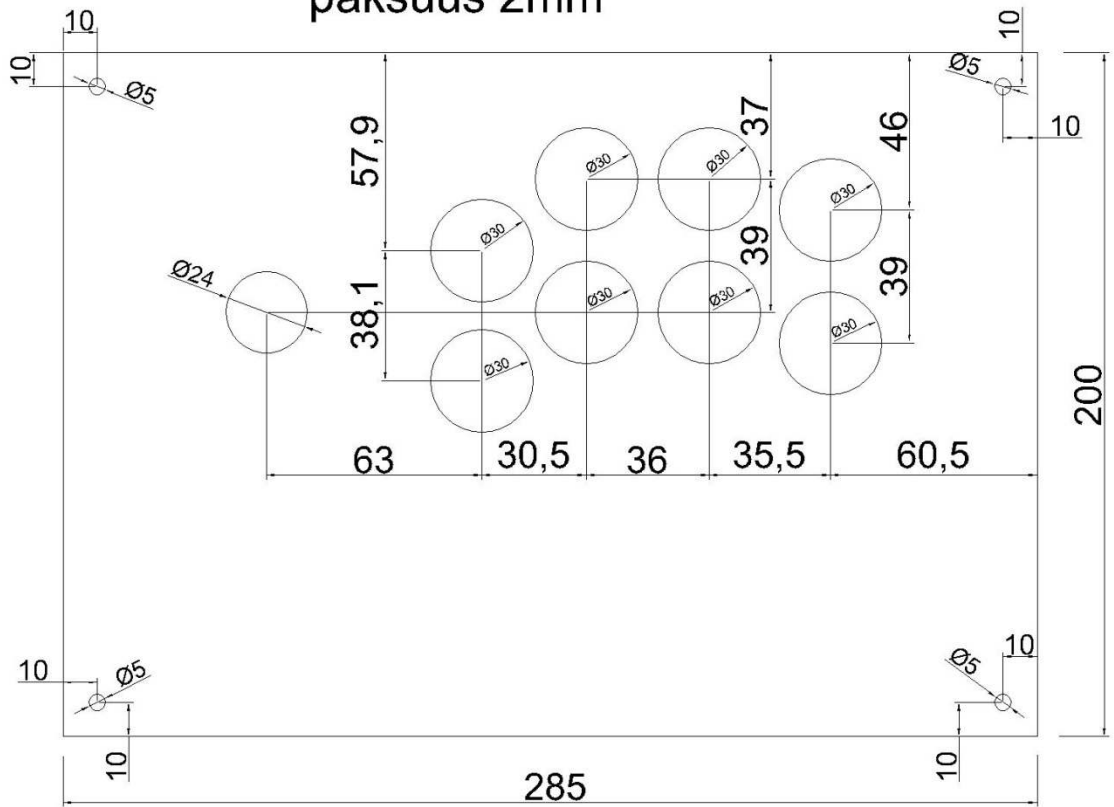
SIVUSEINÄMÄ, 2kpl



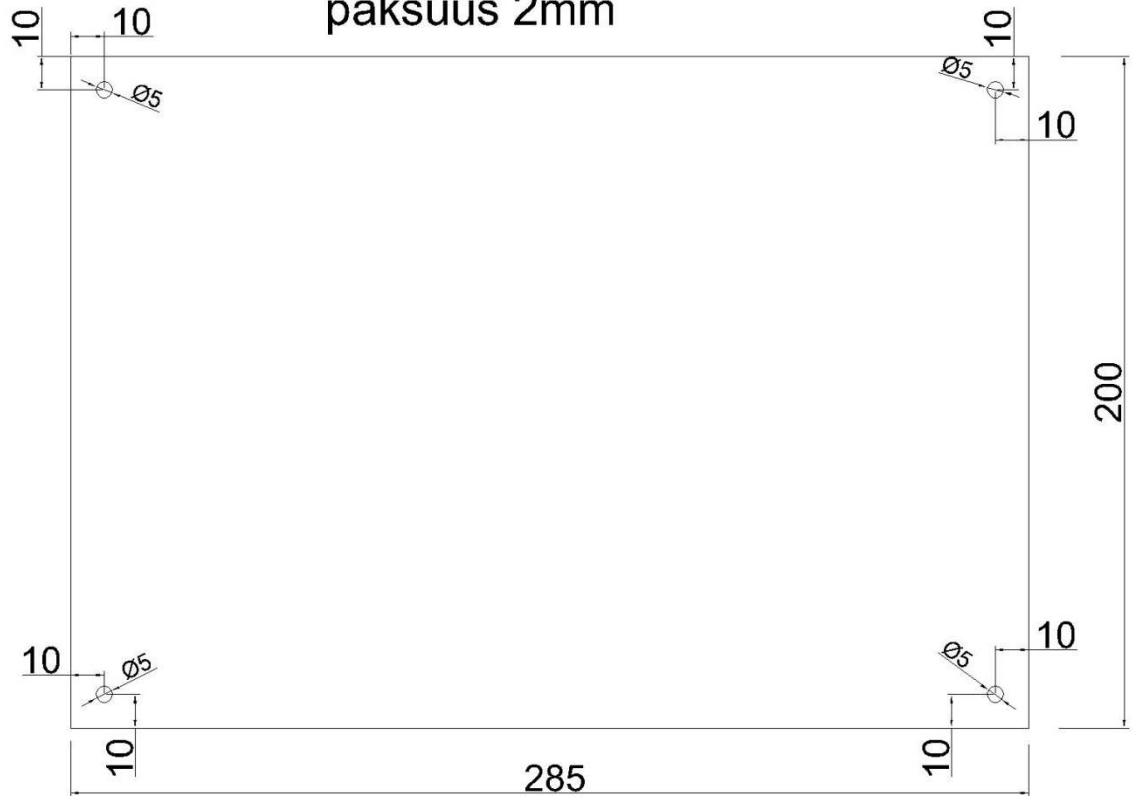
Tukipuut 4kpl



Polykarbonaattilevy, kansi paksuus 2mm



Polykarbonaattilevy, pohja paksuus 2mm



Liite 2: Ohjainsauvan asennus kanteen

