



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Miikka Lehto

Interaktiivinen audiovisuaalinen installaatio

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikka

Insinöörityö

27.11.2019

Tekijä Otsikko	Miikka Lehto Interaktiivinen audiovisuaalinen installaatio
Sivumäärä Aika	34 sivua 27.11.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	tieto- ja viestintäteknikka
Ammatillinen pääaine	mediateknikka
Ohjaaja	yliopettaja Jarkko Vuori
<p>Insinööriyö käsittelee tietokoneella toteutettavan interaktiivisen audiovisuaalisen teoksen luomiseen käytettäviä metodeja ja teknologioita. Työn tavoitteena oli luoda interaktiivinen audiovisuaalinen installaatio ja selvittää hyödynnettävien teknologioiden toimivuutta osana teosta.</p> <p>Työssä kartoitettiin audiovisuaalisia teoksia ja niistä löytyviä ominaisuuksia ja vertailtiin ilmaisten ja maksullisten ohjelmistojen tarjoamia mahdollisuuksia. Lisäksi selvitettiin erilaisien antureiden roolia teoksen ja käyttäjän välisessä vuorovaikutuksessa.</p> <p>Installaatio toteutettiin käyttämällä kolmea eri anturityyppiä, Arduino-mikroprosessorilautaa ja Pure Data -ohjelmointia. Anturit liitettiin Arduino-lautaan, josta niiden antamat arvot välitettiin tietokoneelle Pure Data -ohjelmistolle. Pure Datassa antureiden arvoja käyttämällä luotiin reagoivaa ääntä ja grafiikkaa takaisin käyttäjälle.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena oli antureilla ohjattava audiovisuaalinen installaatiokokonaisuus, jonka grafiikka projisoitiin näyttelytilassa valkokankaalle. Installaatio oli esillä kahdessa taidetapahtumassa, jossa yleisö pääsi kokeilemaan sitä. Yleisön antaman palautteen perusteella todettiin, että teos oli uudenlainen ja kiehtova. Anturit ohjainina mahdollistivat mieleenpainuvan kokemuksen monelle installaatiota kokeilleelle. Etäisyysanturit nousivat esiin installaation kiinnostavimpana aspektina, joten niihin tullaan keskittymään tarkemmin työn mahdollisessa jatkokehityksessä.</p>	
Avainsanat	anturit, ääni, grafiikka, installaatiot

Author Title	Miikka Lehto Interactive Audiovisual Installation
Number of Pages Date	34 pages 27 November 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information and Communication Technology
Professional Major	Media Technology
Instructor	Jarkko Vuori, Principle Lecturer
<p>This thesis comprises methods and technologies regarding the creation of an interactive audiovisual installation. The goal of this final year project was to create such an installation and to find out the effectiveness of the technologies used in its creation.</p> <p>Similar audiovisual works were researched in order to find out suitable technical aspects for the project. The possibilities provided by free and paid software were compared as well. In addition, the roles of various sensors in the interaction between the installation and the user were discussed.</p> <p>The installation was realised using three types of sensors, an Arduino microcontroller board and Pure Data programming. The sensors were attached to the Arduino and from there the values given by the sensors were transmitted to a computer running Pure Data software. In Pure Data, the sensor values were used in creating sound and graphics as a reaction back to the user.</p> <p>The result of the project was a sensor-controlled audiovisual installation whose graphics were projected on a screen in the exhibition space. The installation was on display in two different art events where audiences got to try it out. Based on feedback from the audience, the installation was novel and intriguing. Sensors as control methods provided a memorable experience to many who interacted with the work. Distance sensors stood out as the most interesting aspect of the installation and thus they will be focused on should the project be developed further.</p>	
Keywords	sensors, sound, graphics, installations

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Audiovisuaalisia teoksia	1
2.1	Onyx Ashanti / Beatjazz	1
2.2	Ryoji Ikeda / Test Pattern	3
2.3	Lev Sergeyevich Termen / Theremin	4
2.4	Teoksista tehdyt havainnot	5
2.5	Projektin suunta	6
3	Anturit ohjaimina	7
3.1	Arduinon rooli	7
3.2	Erilaiset anturit	9
3.3	Arduino ja anturit projektissa	10
4	DSP ja visualisointi	15
4.1	Pure Data -ohjelmointi	16
4.2	GEM-grafiikkalisäosa	18
4.3	Ohjelmistoverailua	19
4.4	Multimedian ohjelmointi projektissa	21
4.4.1	Kontrollitaulu	21
4.4.2	Äänitaulu	23
4.4.3	Grafiikkataulu	27
5	Installaatio	30
5.1	Laitteiston kokoaminen	30
5.2	Installaatio tapahtumissa	32
6	Pohdintaa	33
	Lähteet	35

1 Johdanto

Insinööriyössä tutkitaan tietokoneella toteutettavan interaktiivisen installaation mahdollisia toteutusmenetelmiä. Työssä perehdytään aiheeseen liittyviin teoksiin ja niiden ominaisuuksiin ja toteutetaan havaintoja apuna käyttäen installaatio. Toteutettavassa teoksessa käytetään Arduino-mikroprosessorilautaa ja antureita, Pure Data -ohjelmointia sekä projisointia.

Tavoitteena on kartoittaa audiovisuaalisten installaatioiden tilannetta, tutkia työssä käytettäviä teknologioita ja luoda jotakin uutta tutkimuksen pohjalta.

2 Audiovisuaalisia teoksia

Erilaisia audiovisuaalisia teoksia on valtava määrä esimerkiksi internetissä. Projektia kehitettäessä on tärkeää tehdä tutkimusta siitä, mitä kaikkea on tehty ja mitä on mahdollista tehdä. Tutkimalla erilaisia teoksia voidaan löytää sekä taiteellista inspiraatiota että teknisiä oivalluksia. Teosten teknisiä ominaisuuksia vertailemalla on mahdollista kartoittaa, millaiset lähestymistavat ovat sopivia omaan projektiin.

Tässä luvussa esitellään joitakin aiheeseen liittyviä taiteilijoita ja heidän teoksiaan. Tarkoituksena on tarkastella teosten ominaisuuksia ja tuoda niistä jonkinlaisia näkökulmia omaan työhön.

2.1 Onyx Ashanti / Beatjazz

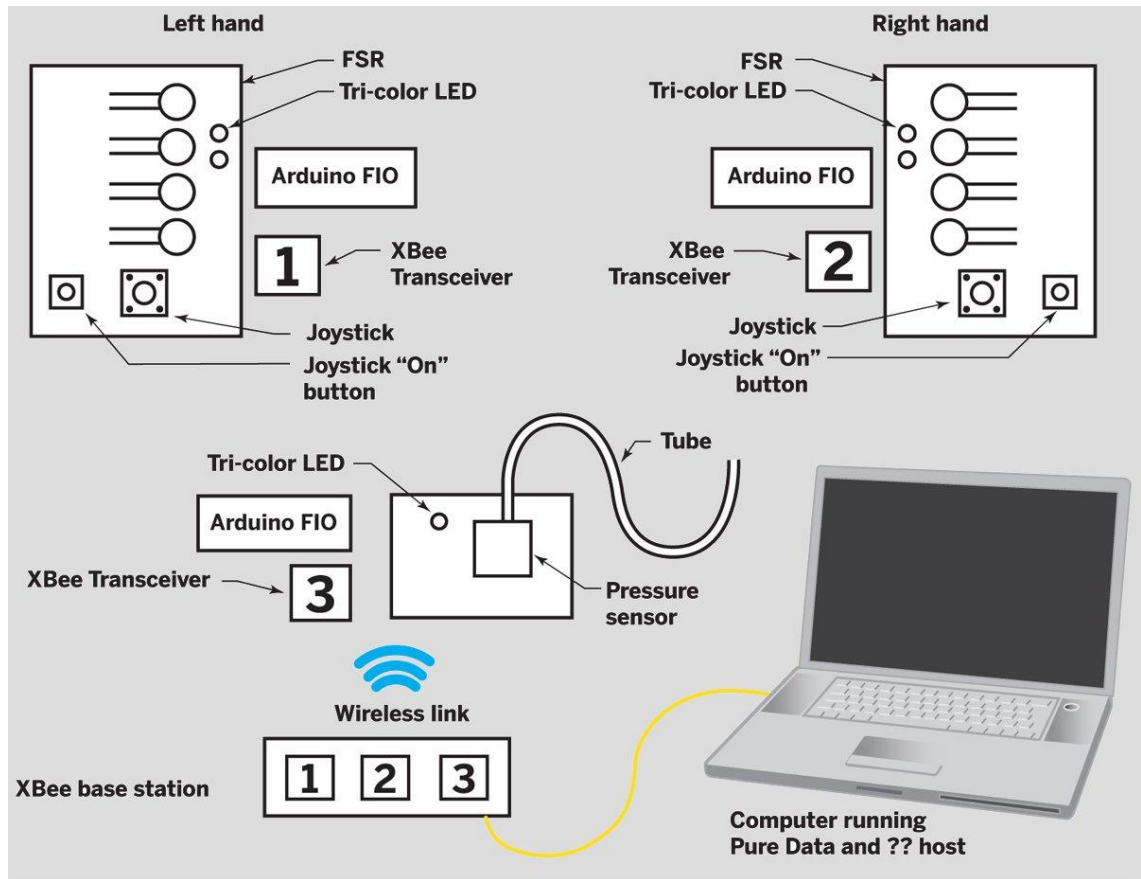
Yhdysvaltalainen Onyx Ashanti toimii muun muassa muusikkona, ohjelmoijana, suunnittelijana ja keksijänä. Hänen työstämänsä Beatjazz-projekti on oiva esimerkki interaktiivisen käyttöliittymän ja musiikillisen ilmaisun yhdistämisestä. Beatjazz on vuonna 2011 alkunsa saanut, jatkuvasti kehittyvä projekti, ja Ashanti työskentelee sen parissa edelleen ahkerasti. Projekti on avoin kaikille, eli kuka tahansa voi perehtyä Ashantin työhön ja luoda oman versionsa Beatjazz-järjestelmästä.

Lähtökohtana Ashanti halusi luoda soittimen, joka ei rajoittaisi hänen liikkumistaan soittaessa, ja samalla yhdistää omat liikkeensä syntyvään musiikkiin. Beatjazz-kokonaisuuteen kuuluu käsiin puettavat ohjaimet, puhallusta mittaava suuohjain sekä tietokoneella käynnissä oleva Pure Data -ohjelmisto, joka muuntaa näistä ohjaimista saatua dataa musiikiksi (kuva 1). Yhdessä käsiohjaimet ja suuohjain muodostavat saksofonia muistuttavan kokonaisuuden, joka on kuitenkin liikkuvuudeltaan vapaampi ja soitettavuudeltaan moniulotteisempi. (1.)



Kuva 1. Onyx Ashanti soittamassa Beatjazz-soitintaan kadulla (2).

Kuvan 2 lohkokaaviossa on havainnollistettuna Beatjazz-järjestelmän arkkitehtuuri. Molemmissa käsissä on käsien asentoa ja liikettä mittaavat kiihtyvyyssanturit, sormien painalluksia mittaavat paineherkkyyssanturit sekä peukaloilla ohjattavat sauvaohjaimet. Suuohjaimessa on letku, joka ohjautuu paineherkkyyssanturiin. Käsiohjaimissa ja suuohjaimessa on kaikissa Arduino Fio -mikroprosessorilaudat sekä XBee-radiomodulit, joiden kautta tieto antureista kulkee langattomasti tietokoneelle. (3.) Tietokoneella anturidataa vastaanottaa Pure Data -ohjelmisto, jonka Ashanti on ohjelmoinut tuottamaan ääniä eleiden perusteella.



Kuva 2. Beatjazz-järjestelmän kytkentäkaavio, josta ilmenee kokonaisuuden arkkitehtuuri (4).

Antureiden ja tietokoneen välinen kommunikaatio on vahvasti esillä Beatjazzissa. Anturit ja Arduino ovatkin erinomainen tapa toteuttaa vuorovaikutteisuutta tekniseen taideteokseen. Ashanti on projektissaan pyrkinyt myös ekonomisesti mahdollisimman vapaaseen toteutukseen. Hän käyttää ilmaista Pure Data -ohjelmistoa äänen ohjelmoimiseen ja rakentaa alusta asti itse omat ohjaimensa.

2.2 Ryoji Ikeda / Test Pattern

Japanilainen Ryoji Ikeda tunnetaan kokeellisesta elektronisesta musiikistaan ja projisoituista installaatioistaan. Ikedan minimalistiset ja matemaattiset teokset muodostuvat äänen, valon ja ohjelmoinnin yhdistelmästä. Suurimmassa osassa teoksistaan Ikeda vastaa konsepteista ja sävellyksistä. Teosten grafiikan ja ohjelmoinnin on usein tehnyt Tomonaga Tokuyama. (5.)

Test Pattern on Ryoji Ikedan vuonna 2008 aloittama taideprojekti, jossa käännetään erilaisia datatyyppejä reaaliajassa binääriluvuiksi ja viivakoodikuvioiksi. Ikeda tutkii projektissaan laitteiden suorituskyvyn ja ihmisen tarkkaavaisuuden suhdetta. Projekti ilmenee nopeasti liikkuvina audiovisuaalisina installaatioina, joita on ollut esillä ympäri maailman. Teknisesti installaatiot koostuvat tietokoneesta, kaiuttimista ja DLP-projektoreista. (6.)

Ikedan installaatioissa ilmenee onnistunut tilan haltuunotto projisoinnin avulla. Heijastamalla grafiikkaa suurelle pinta-alalle saadaan yksinkertaisestakin kuvioinnista luotua vaikuttava ja massiivinen ilmiö. Projisointi mahdollistaa myös tietynlaisen osallistumisen teokseen; kokija voi halutessaan kulkea ja oleskella heijastetun grafiikan seassa (kuva 3).



Kuva 3. Ryoji Ikedan Test Pattern -installaatio kutsuu vierailijoita olemaan osana kokonaisuutta (7).

2.3 Lev Sergejevich Termen / Theremin

Lev Sergejevich Termen (tunnetaan myös nimellä Léon Theremin) oli venäläinen tiedemies ja keksijä, joka kehitti ensimmäisenä syntetisaattorina pidetyn theremin-soittimen vuonna 1920. (8.)

Theremin on elektroninen soitin, jota ohjataan ilman fyysistä kosketusta (kuva 4). Se koostuu kahdesta antennista, jotka aistivat soittajan käsien sijainnin. Käsillään soittaja voi hallita äänenvoimakkuutta ja -taajuutta eli sävelkorkeutta (9). Theremin on yksi vanhimmista elektronisista soittimista ja erinomainen esimerkki robotiikan ja musiikin yhdistämisestä.



Kuva 4. Thereminin keksijä Lev Sergeyevich Termen soittamassa keksintöään (10).

Theremiä on käytetty paljon muun muassa vanhojen scifi-elokuvien ääniefektien luomiseen. Laitteen synteettinen äänimaailma ja kosketukseton soitettavuus tekevät soittokokemuksesta kiehtovan, ja theremin säilyttää asemansa erikoisena ja uniikkina soittimena vielä tänäkin päivänä.

2.4 Teoksista tehdyt havainnot

Aiheeseen liittyvä tutkimus ja perehtyminen on tärkeää, sillä sen perusteella voidaan havaita testatusti toimivia teknologioita ja työtapoja, joita soveltaa omaan työhön. Luvuissa 2.1–2.3 käsitellyistä kolmesta tutkimuskohteesta löytyy selkeitä piirteitä, jotka tekevät niistä erityisiä ja joista voidaan ottaa inspiraatiota omaan tekemiseen.

Onyx Ashantin Beatjazz esittelee keinon luoda interaktiivista ja teknisesti vakuuttavaa taidetta ilman suuria rahallisia vaatimuksia. Arduinon ja anturit saa hankittua melko halvalla, ja ne toimivat tee-se-itse-projektissa mainiona pohjana interaktiivisuudelle. Lisäksi Ashantin käyttämä ilmainen Pure Data -ohjelmisto on monipuolinen väline multimedian ohjelmoimiseen, minkä vuoksi se soveltuu omaan projektiin mainiosti.

Ryoji Ikedan Test Pattern -työssä projektin käyttö tehostaa sekä työn vuorovaikutteisuutta että mahtipontisuutta. Videotykki hankintana ei välttämättä mahdu oman projektin kehitysvaiheen budjettiin, mutta työtä on mahdollista kehittää ilman tykkiäkin. Sen voi ottaa käyttöön vasta esitysvaiheessa, mikäli sellainen mahdollisuus on. Lisäksi Test Patternin tyyppisestä graafisesta minimalismista voi olla hyötyä kokeilevassa projektissa. Yksinkertaisen kuvioinnin toteuttaminen on ajallisesti nopeampaa kuin yksityiskohtaisen grafiikan, jolloin työskentelyaika jää enemmän teknisten ominaisuuksien hiomiseen. Minimalistista grafiikkaa on myös helpompaa muunnella ja vaihtaa eri vaiheissa, jos sen hetkinen visuaalisuus ei miellytä.

Lev Sergejevich Termenin theremin-soittimen kosketukseton etäisyysohjaus on mielenkiintoinen interaktion tapa, jollaista ei kovin usein näe taidemaailmassa. Etäisyysohjauksen käsittävä järjestelmä on mahdollista toteuttaa thereminin antennitekniikan ohella myös Arduinon liitettävillä etäisyysantureilla, joten tämä interaktion tyyppi voidaan suunnitella luontevasti mukaan projektiin. Myös thereminin syntetisoidusta äänimaailmasta saa ajatuksia oman työn toteuttamiseen. Pure Data -ohjelmistossa on mahdollista syntetisoida ääntä, jolloin ääni ei perustu reaali maailman äänten tallentamiseen ja toistamiseen, vaan ääni luodaan suoraan ohjelmistossa matemaattisin keinoin. Tällä tavalla voidaan luoda digitaalisesti samanhenkistä äänimaailmaa kuin analogisessa thereminissä.

2.5 Projektin suunta

Teoksista tehtyjen havaintojen perusteella projektin rakenne rupeaa hahmottumaan. Suunnitelmana on projisoitu audiovisuaalinen installaatio, jossa interaktio toteutetaan antureilla ja ääni ja grafiikka Pure Data -multimediaohjelmoinnilla. Installaation toteutukseen sisältyy

- kolme eri anturityyppiä
- Arduino UNO
- tietokone ja Pure Data -ohjelmisto
- digitaalisesti syntetisoitu ääni
- minimalistinen grafiikka
- äänentoisto ja grafiikan projisointi.

Installaation eri tekniset osa-alueet käsitellään luvuissa 3–4. Ensimmäisenä tarkastellaan antureita ja Arduinoa.

3 Anturit ohjaimina

Antureilla on tässä interaktiivisessa installaatiossa tärkeä rooli, sillä ne luovat perustan yleisön ja teoksen eli ihmisen ja koneen väliselle vuorovaikutukselle. Antureiden avulla voidaan aistia erilaisia fyysisiä vuorovaikutustapoja, joita on mahdollista välittää eteenpäin tietokoneelle tulkittavaksi.

3.1 Arduinon rooli

Antureiden ja tietokoneen välisenä viestinvälittäjänä toimii Arduino-mikroprosessorilauta, johon anturit kytketään ja joka ohjaa niiden toimintaa. Arduino on avoimen lähdekoodin ja laitteiston elektroniikka-alusta. Siihen kuuluvat laitteistopuolelta Arduinon erilaiset mikroprosessorilaudat ja ohjelmistopuolelta C-kieleen perustuva Arduinon ohjelmointikieli sekä Processing-ohjelmointiympäristöön perustuva Arduino Software (IDE) -ohjelmointiympäristö (11).

Arduino soveltuu erityisen hyvin ideoiden kokeiluun helppokäyttöisyytensä ja laajan käyttäjyhteisönsä vuoksi. Arduino-perheen suosituin lauta on Arduino UNO (kuva 5), jota myös pidetään parhaana lähtökohtana robotiikan ja siihen liittyvän koodauksen opiskelemaan. Arduino UNO -laudassa on ATmega328P-mikrokontrolleri, jossa on 32 kilotavua flash-muistia. (12.)



Kuva 5. Virallinen Arduino UNO -mikrokontrolleri (13).

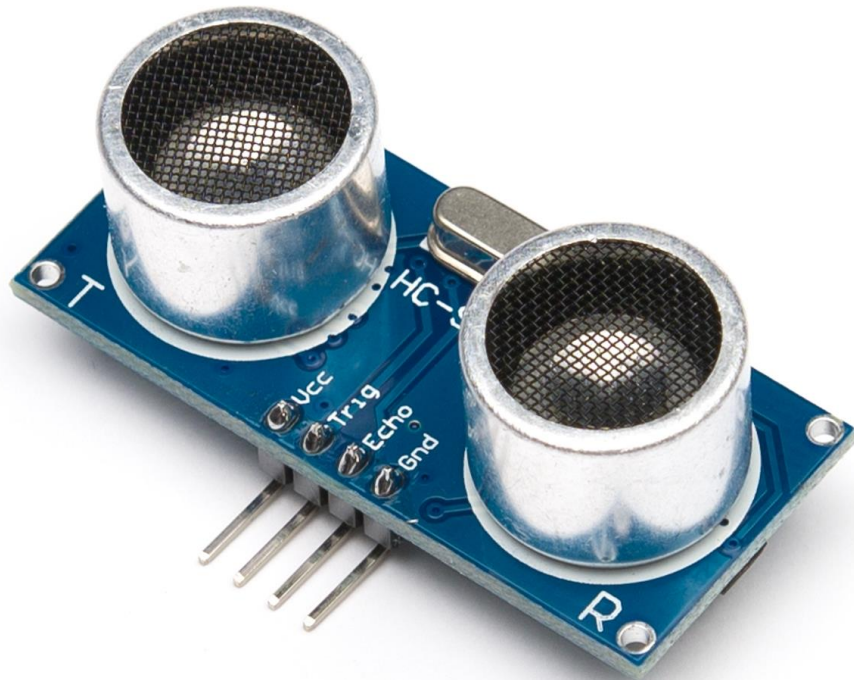
Arduinoa ohjelmoidaan sen omassa ohjelmointiympäristössä. Tuotettu koodi ladataan Arduino-lautaan USB-väylän kautta, minkä jälkeen se toimii laudalla niin kauan, kuin lautaan on kytketty virta. Lautaan voidaan kytkeä monenlaisia komponentteja, kuten antureita, joita voidaan hallita koodin avulla. Arduinosta pystytään lähettämään viestejä sekä suoraa anturidataa USB-väylän kautta tietokoneelle, jossa dataa voidaan hyödyntää ohjelmistoissa eri tavoin.

Arduinon laitteisto on avoin ja vapaasti käytettävissä, eli kuka tahansa voi laillisesti valmistaa ja myydä samanlaisia tuotteita. Virallisten Arduino-lautojen lisäksi on vastaavia lautoja halvemmalla hinnalla lukuisilta eri valmistajilta, joten laudan hankkimiseen ei vaadita suurta sijoitusta.

3.2 Erilaiset anturit

Teoksen ja ihmisen väliseen interaktioon tarvitaan antureita, joilla teos voi aistia ihmisen tuottamat vuorovaikutukset. On olemassa valtava määrä erilaisia, eri tarkoituksiin soveltuvia antureita, joilla voidaan mitata esimerkiksi kiihtyvyyttä, valoa, asentoa, etäisyyttä (kuva 6) ja paljon muuta.

Projektia suunniteltaessa on mahdollista käyttää hyvinkin paljon mielikuvitusta. Toteutusta voi miettiä antureiden ominaisuuksien näkökulmasta pohtimalla, mitä kaikkea jollakin anturilla voi aistia. Vastaavasti projektia voi suunnitella myös interaktion näkökulmasta, jolloin mietitään, millaisia antureita tarvitaan jonkin halutun interaktiivisen toiminnallisuuden mahdollistamiseen.



Kuva 6. Ultrasonic Distance Sensor eli ultraäänien avulla toimiva etäisyysanturi (14).

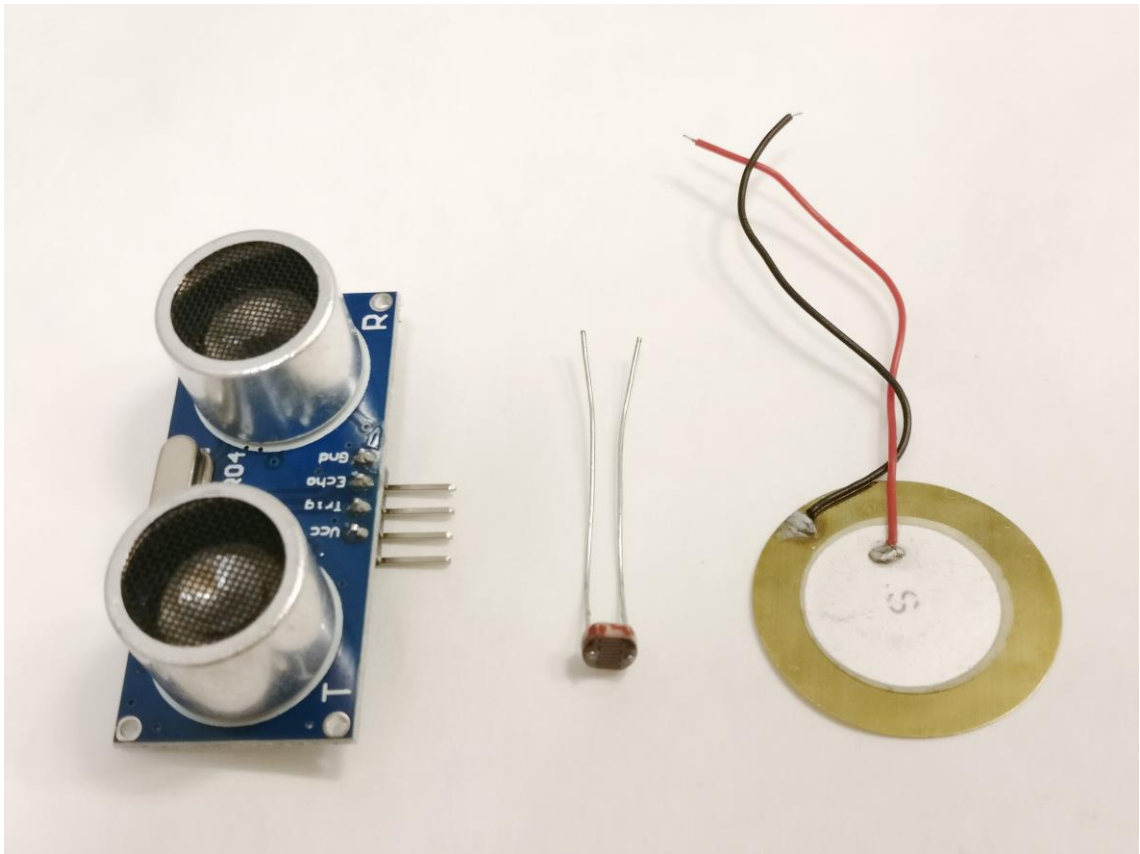
Antureita käytettäessä on tärkeää antaa käyttäjälle visuaalista palautetta niiden toiminnasta. Tämä pätee etenkin silloin, kun kyseessä on musiikillinen projekti, sillä käyttäjän voi olla vaikeaa aistia tekemänsä interaktion vaikutus ääneen pelkän kuulon perusteella.

Visuaalinen palaute luo tarkoituksenmukaisuuden tunnetta ja parantaa käyttäjien tarkkuutta antureiden käytössä. (15.)

Toinen huomioitava seikka antureita määritettäessä on viive. Jotta antureiden käyttö olisi mahdollisimman responsiivista, tulee anturin havainnoinnin ja ohjelmiston reagoinnin välinen viive minimoida. Arduinon koodissa voidaan määrittellä Arduinon ja tietokoneen välinen siirtonopeus, ja sitä nostamalla voidaan joissakin tapauksissa vähentää ohjauksessa ilmenevää viivettä. Myös koodin optimoimisella voidaan vaikuttaa viiveen määrään huomattavasti, joten koodi kannattaa hioa mahdollisimman tehokkaaksi.

3.3 Arduino ja anturit projektissa

Päädyin lopullisessa projektissa käsittelemään etäisyyttä, valoa ja tärähdystä, koska ne antavat hyvät lähtökohdat vuorovaikutteisuudelle ja niitä on suhteellisen helppoa hallita selkeästi ja tarkasti sopivilla anturityypeillä (kuva 7). Ohjauksen sujuvuus edellyttää kuitenkin, että esitystila on näille elementeille sopiva. Oikeanlaisen esitystilan valitsemisesta ja valmistelusta kerrotaan lisää luvussa 5.



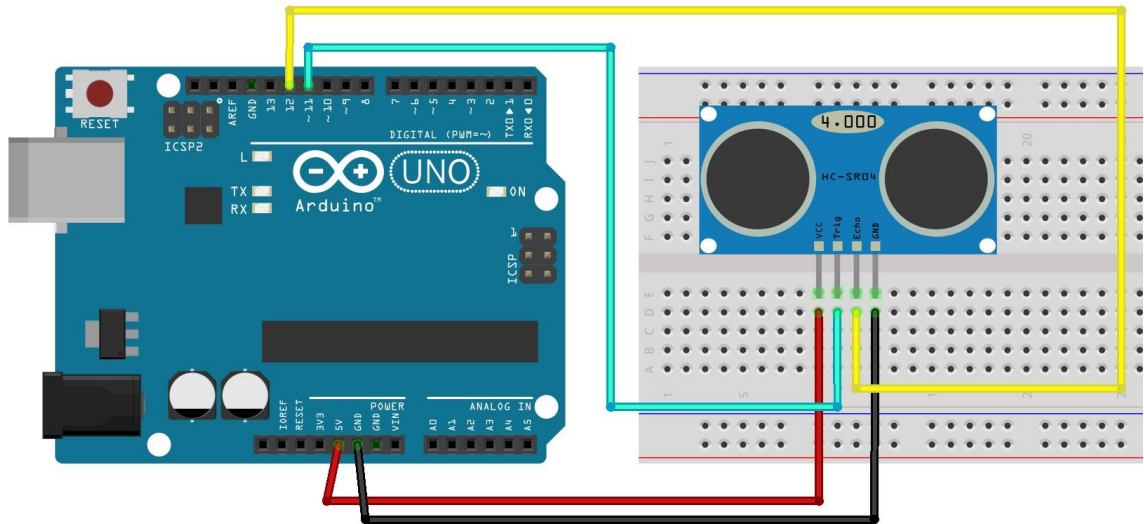
Kuva 7. Projektin valikoituneet anturityypit vasemmalta oikealle: etäisyysanturi, valovastus ja pietsoelementti.

Etäisyyttä mitataan HR-SR04 -mallisella ultraäänietäisyysanturilla (kuva 6). Anturi lähettää ja vastaanottaa ultraääntä. Jos anturin aistialueen sisällä on objekti, anturin lähettämä ultraääniaalto kimpoaa siitä takaisin anturiin. Ultraääniaallon edestakaisin kulke-
man matkan kestosta voidaan päätellä objektin etäisyys.

Ultraäänietäisyysanturissa on jännite- ja maadoituspinnan lisäksi Trig- ja Echo-pinnit, jotka kytketään joihinkin Arduinon digitaalisiin pinneihin (kuva 8). Trig-pinni määritetään lähettämään ultraääni ja mikäli ääniaalto kimpoaa takaisin jostakin objektista, Echo-pinni vastaanottaa sen ja kertoo kuluneen ajan. Kulunut aika voidaan muuntaa etäisyydeksi käyttämällä kaavaa

$$s = t * 0,034 / 2 \quad (1)$$

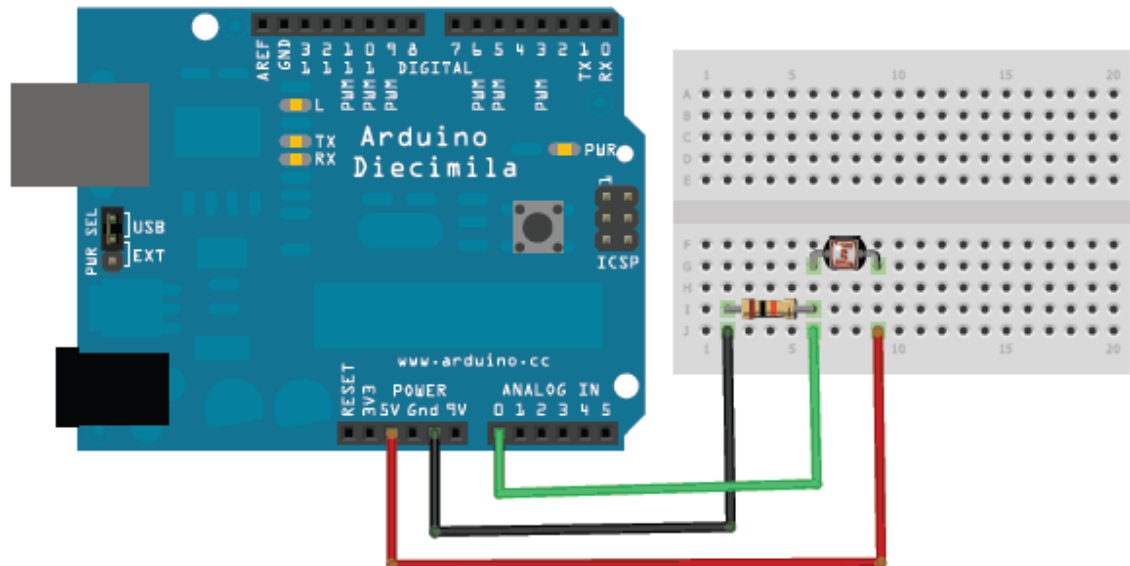
Kaavassa s on etäisyys senttimetreinä ja t on kulunut aika mikrosekunteina. Kaavan kerroin perustuu siihen, että äänennopeus on 340 m/s eli 0,034 cm/ μ s. Kerroin jaetaan kahdella, sillä ääniaalto kulkee etäisyyden kahdesti, ensin lähtiessä ja sitten takaisin tullessaan törmättyään objektiin. (16.)



Kuva 8. HC-SR04-etäisyysanturin kytkentä Arduinoon (17).

Valoisuuden mittaaminen toteutetaan analogisilla valovastuksilla. Valovastuksen resistanssi eli sähköinen vastus suurenee sitä mukaa, mitä pimeämpää on. Vastaavasti resistanssi pienenee, kun valon intensiteetti kasvaa. Valon määrä saadaan siis selville käänteisesti valovastuksen resistanssin määrästä. (18.)

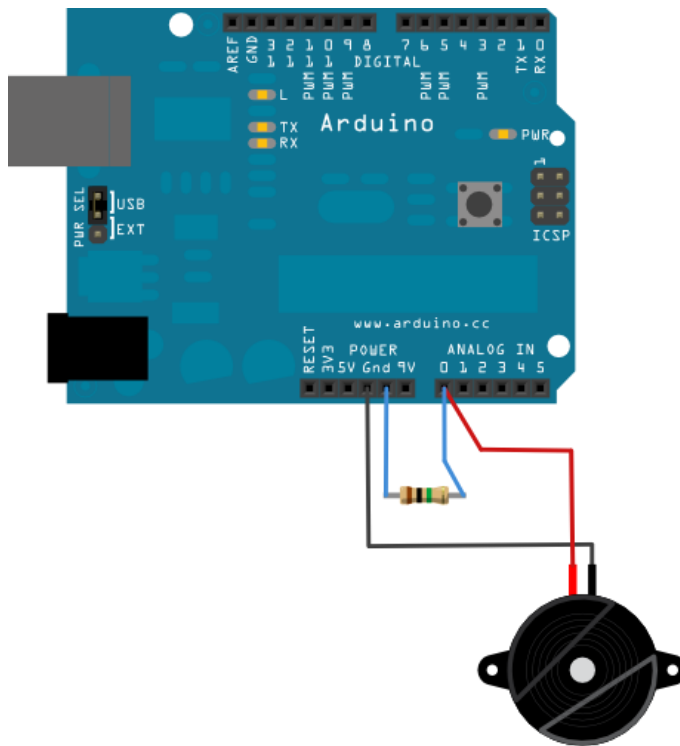
Valovastuksen toinen pää kytketään jännitteeseen ja toinen johonkin Arduinon analogiseen pinniin niin, että välissä on maadoitukseen kytketty resistori (kuva 9). Tätä valovastuksen ja staattisen resistorin kytkentätyyppiä kutsutaan jännitteenjakajaksi. Jännitteenjakajan avulla luodaan muuttuva jännite, jota Arduinon A/D-muunnin (analogia-digitaalimuunnin) pystyy lukemaan. (19.)



Kuva 9. Valovastuksen kytkentä Arduinoon (20).

Tärähdystä havaitaan projektissa pietsoelementillä. Pietso on komponentti, jota käytetään laajasti esimerkiksi akustisen kitaran mikrofonina. Sillä voidaan muuntaa mekaanista energiaa sähköenergiaksi ja päinvastoin. Kun pietso värähtää, se tuottaa värähdyksen voimakkuuden mukaan tietyn määrän jännitettä, joka on mitattavissa Arduinolla. (21.)

Pietson musta johto kytketään maadoitukseen ja punainen johto johonkin Arduinon analogiseen pinniin (kuva 10). Pietsoelementtiä kytkettäessä on tärkeää ottaa huomioon sen tuottama suuri jännite. Jotta Arduinon analogipinni ei vahingoitu, pietsoon kytketään rinnan 1 MΩ:n resistori, joka alentaa jännitteen määrän turvalliselle tasolle. (22.)



Kuva 10. Pietsoelementin kytkentä Arduinoon (22).

Kun anturit on kytketty Arduinoon, ne täytyy ohjelmoida toimimaan oikein, jotta niistä saadaan luettua haluttua dataa. Digitaalinen etäisyysanturi on projektissa käytetyistä kolmesta anturityypistä monimutkaisinta ohjelmoida, mutta sekään ei vaadi montaa riviä koodia.

Esimerkkikoodin 1 ensimmäisessä osassa Trig-pinni laitetaan lähettämään ultraääntä 10 mikrosekunnin ajaksi. Toisessa osassa luetaan ensin takaisin kimmonneen ultraäänen matkan kesto Echo-pinnistä käyttämällä pulseIn()-funktiota ja sitten muunnetaan se etäisyydeksi kaavan 1 mukaisella laskutoimituksella. Kolmannessa osassa kirjoitetaan serial-viesti tietokoneelle tulkittavaksi. Ensin kirjoitetaan viestiin tunniste, jotta myöhemässä vaiheessa tiedetään, mikä parametri on kyseessä, ja sitten lisätään tunnisteeseen perään saadun etäisyyden arvo.

```
digitalWrite(trigPin1, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin1, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin1, LOW);

duration = pulseIn(echoPin1, HIGH);
distance1 = duration * 0.034 / 2;

Serial.print("distance1 ");
Serial.println(distance1);
```

Esimerkkikoodi 1. Etäisyysantureiden operoimiseen käytetty koodilogiikka yksinkertaisessa muodossa.

Projektin analogisten antureiden eli valovastusten ja pietsoelementtien ohjelmoiminen on huomattavasti yksinkertaisempaa. Molempia esimerkkikoodin 2 analogisia anturityyppejä operoidaan samalla tavalla. Valovastusten ja pietsoelementtien arvot luetaan analogRead()-funktioilla ja lähetetään sitten eteenpäin serial-viesteinä samalla logiikalla kuin etäisyyden arvo esimerkkikoodissa 1.

```
light1 = analogRead(lightPin1);
Serial.print("light1 ");
Serial.println(light1);

piezo1 = analogRead(piezoPin1);
Serial.print("piezo1 ");
Serial.println(piezo1);
```

Esimerkkikoodi 2. Valovastusten ja pietsoelementtien arvojen lukemiseen ja lähettämiseen käytetty koodi.

Arduino ja anturit yhdessä muodostavat installaation interaktiivisen ohjausmenetelmän. Antureista saatua dataa lähetetään jatkuvasti serial-viesteinä Arduinosta USB-väylän kautta tietokoneelle, ja tietokoneella viestejä vastaanottaa Pure Data -ohjelmisto.

4 DSP ja visualisointi

DSP (digital signal processing) eli digitaalinen signaalinkäsittely tarkoittaa digitaalimuodossa olevien näytteistettyjen signaalien käsittelyä ja muovaamista matemaattisilla menetelmillä. Signaalinkäsittelyä käytetään laajasti monilla eri aloilla, kuten tietoliikenteessä, lääketieteessä, kuvankäsittelyssä ja äänituotannossa.

Digitaaliset ja analogiset signaalit eroavat toisistaan siten, että analogiset signaalit ovat jatkuva-aikaisia ja digitaaliset signaalit ovat diskreettejä eli näytteistettyjä. Jatkuva-aikaisuus tarkoittaa, että signaalilla on ääretön määrä arvoja tietyllä aikavälillä. Näytteistetyllä signaalilla taas on äärellinen, näytteenottotaajuuden määrittämä määrä arvoja tietyllä aikavälillä. (23.)

Tyypillisessä signaalinkäsittelyprosessissa työvaiheita on kolme. Ensin jatkuva-aikainen analoginen signaali muunnetaan diskreettiaikaiseen digitaaliseen muotoon. Seuraavaksi tälle digitaaliselle signaalille suoritetaan haluttuja toimenpiteitä suodattamalla sitä. Lopuksi digitaalinen signaali muunnetaan takaisin analogiseksi. Suodattamisen tavoitteena on yleensä tehdä käsittelystä signaalista hyödyllisempi esimerkiksi poistamalla siitä kohinaa tai korostamalla joitakin signaalin piirteitä. (24.)

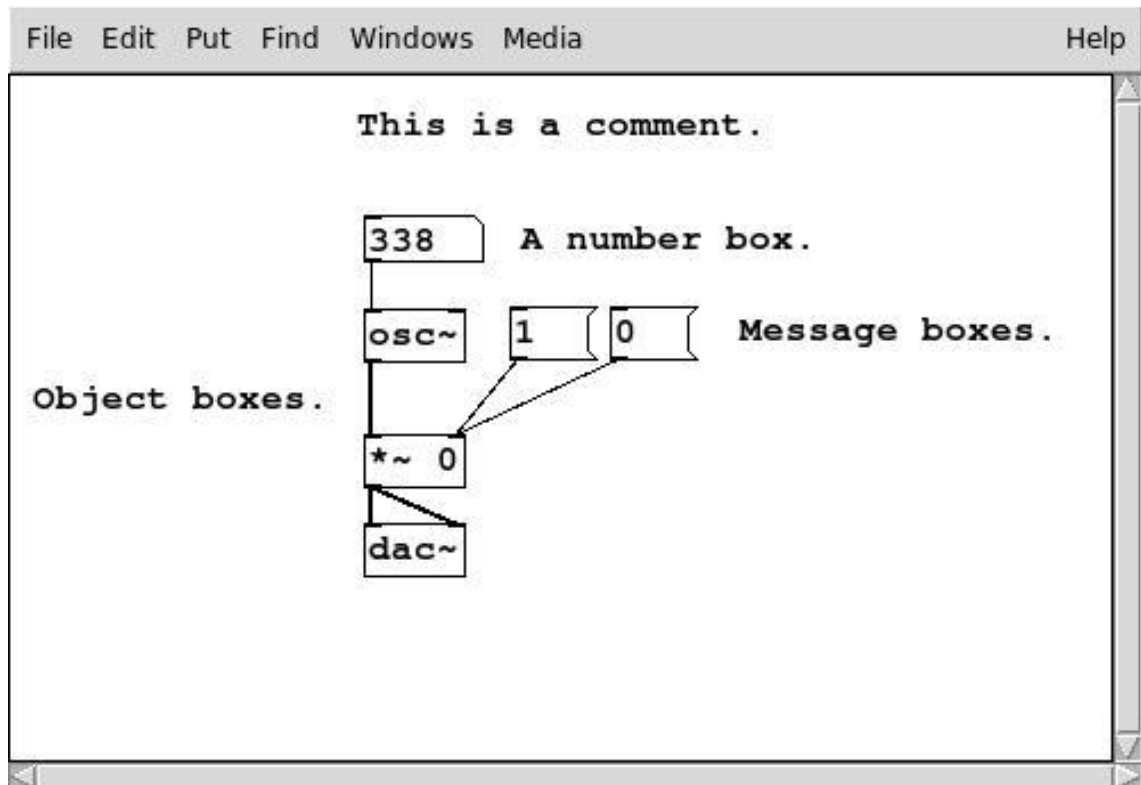
Digitaalisella signaalinkäsittelyllä voidaan luoda ja muokata äänisignaaleja monipuolisesti ja matemaattisesti. DSP sopii siis hyvin tällaiseen installaatioprojektiin, sillä anturit antavat lukuarvoja, joita voidaan soveltaa erinomaisesti erilaisiin signaalinkäsittelyprosesseihin. Projektissa äänisignaali luodaan digitaalisesti ja muunnetaan signaaliketjun päässä analogiseksi eli kaiuttimista kuuluviksi ääniaalloiksi.

4.1 Pure Data -ohjelmointi

Pure Data eli Pd on multimedian käsittelyyn erikoistunut avoimen lähdekoodin visuaalinen ohjelmointikieli, jonka on kehittänyt yhdysvaltalainen Miller Puckette. Pure Datalla pystyy muun muassa prosessoimaan ja generoimaan ääntä ja grafiikkaa sekä käsittelemään sensoridataa. Pd soveltuu hyvin niin multimediaohjelmoinnin perusteiden opetteluun kuin myös vaativampien ja monimutkaisempien projektien toteuttamiseen. (25.)

Pure Datan visuaalinen käyttöliittymä on melko yksinkertainen. Siihen kuuluu työalueelle eli Pd-taululle lisättäviä elementtejä, joita yhdistellään toisiinsa graafisesti viivoilla (kuva 11). Elementeillä voi olla sekä sisään- että ulostuloja. Sisääntulot ovat elementin yläreunassa ja ulostulot alareunassa. Erilaisia elementtityyppejä ovat

- objektilaatikko
- viestilaatikko
- numerolaatikko
- symbolilaatikko (ei kuvassa)
- kommentti.



Kuva 11. Pure Datan käyttöliittymää havainnollistava yksinkertainen Pd-taulu (26).

Kuvan 11 Pd-taulussa numerolaatikko antaa arvon 338 sen alla olevalle oskillaattoriobjektille. Objekti tulkitsee arvon hertseinä ja luo siniaallon 338 Hz:n värähtelytaajuudella. Oskillaattoriobjektista seuraava objektilaatikko kertoo luodun signaalin vahvuuden 0:lla eli vaimentaa sen täysin.

Oikealla olevia viestilaatikoita laukaisemalla voidaan muuttaa signaalin kerroin 1:ksi tai takaisin 0:ksi. Signaalin kertoimen ollessa 1 signaali värähtelee normaalilla voimakkuudella. Esimerkin viestilaatikoita voidaan laukaista painamalla niitä. Viestilaatikoita on myös mahdollista laukaista tuomalla niiden sisääntuloon laukaisin jostain muualta.

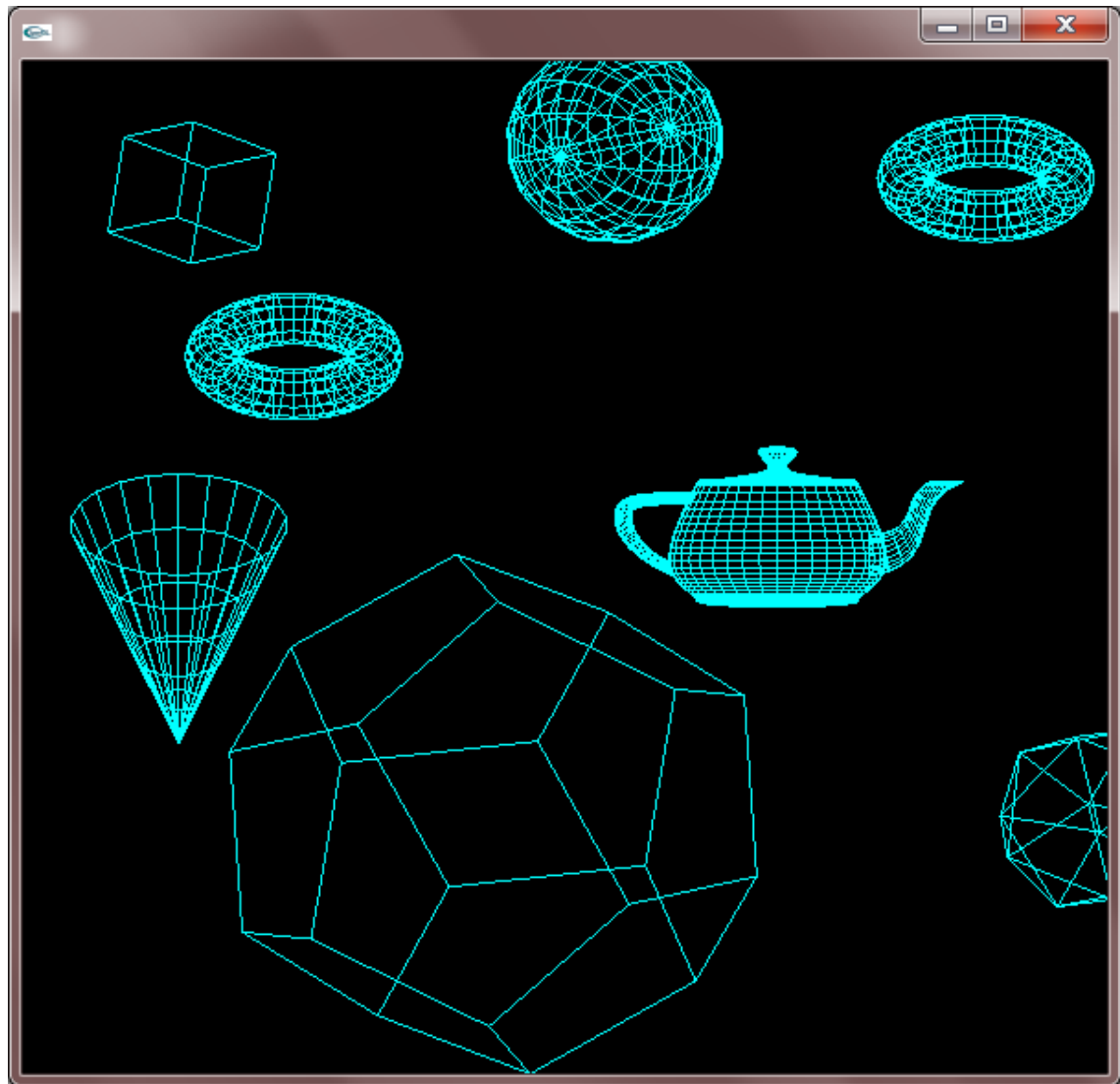
Kuvan alin ja signaaliketjun viimeinen objektilaatikko DAC (Digital to Analog Converter, suomeksi D/A-muunnin eli digitaal-analogiamuunnin) muuntaa digitaalisen signaalin analogiseksi eli kuuluvaksi ääneksi. DAC-objektilla on kaksi sisääntulokanavaa, ja luotu signaali viedään näihin molempiin, jolloin ääni toistetaan stereona. (26.)

Tässä installaatioprojektissa käytössä oli Pure Datan paranneltu versio Purr Data, joka tarjoaa lisäominaisuuksia alkuperäiseen ohjelmistoon. Siinä on päivitetty, sujuvampi käyttöliittymä, suuri määrä lisäosia ja Help Browser -kirjasto, joka toimii erinomaisesti materiaalina Pd-ohjelmoinnin ja digitaalisen signaalinkäsittelyn opetteluun (27).

4.2 GEM-grafiikkalisäosa

GEM (Graphics Environment for Multimedia) on Pure Datan lisäosa, jolla pystytään tuottamaan OpenGL-grafiikkaa reaaliajassa (28). OpenGL on maailman laajimmin käytetty grafiikkaohjelmointirajapinta, jonka avulla on mahdollista luoda korkealaatuista grafiikkaa lukuisiin eri käyttötarkoituksiin (29).

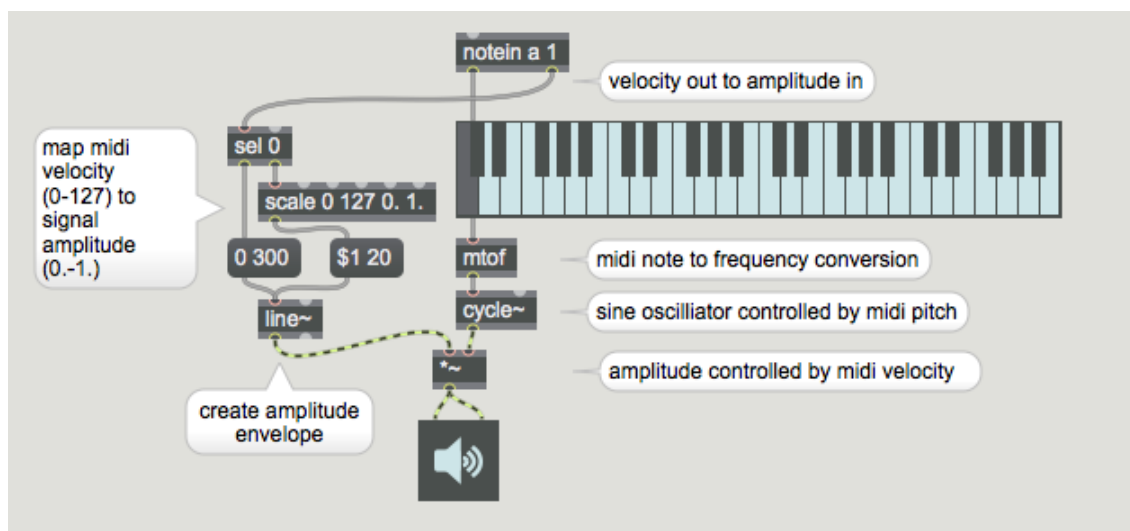
Installaatioprojektin graafinen osuus toteutettiin käyttämällä GEM-lisäosaa ja OpenGL:n geometrisiä 3D-objekteja (kuva 12). Näillä työkaluilla saatiin aikaan minimalistinen ja responsiivinen grafiikka, jota on nopeaa luoda ja muokata. Kuten luvussa 3.2 mainittiin, on tärkeää antaa antureiden toiminnasta visuaalista palautetta käyttäjälle. GEM-lisäosalla tämä onnistuu sujuvasti ja luotettavasti ilman suuria tehovaatimuksia tietokoneelta.



Kuva 12. Esimerkkejä OpenGL-grafiikkakirjaston geometrisistä objekteista (30).

4.3 Ohjelmistoverailua

Pure Datan kaupallinen vastine on Cycling '74 -yrityksen kehittämä Max/MSP-ohjelmisto. Maxin on alun perin luonut Pure Datan kehittänyt Miller Puckette, ja ohjelmistojen välillä on paljon yhtäläisyyksiä niin graafisesti kuin toiminnallisestikin (kuva 13).



Kuva 13. Max/MSP-ohjelmiston visuaalinen käyttöliittymä (31).

Suurin ero ohjelmistojen välillä lienee se, että Maxia kehitetään jatkuvasti ammattimaisella tasolla, kun taas Pure Data on enemmän käyttäjäyhteisön yhdessä kehittämä kokonaisuus. Maxin käytettävyys on sulavampaa ja luotettavampaa Pure Dataan verrattuna, ja Cycling '74 -yhtiö tarjoaa ohjelmiston käyttöön myös asiantuntevaa tukea (32). Siinä missä jonkin toiminnallisuuden toteuttamiseen saattaa Maxissa mennä vain hetki, voi Pure Dataa käytettäessä joutua etsimään keinoja ympäri internetin keskustelupalstoja monta tuntia.

Max/MSP:n uusin versio on Max 8, jonka pysyvä lisenssi maksaa 399 dollaria. Tarjolla on myös väliaikainen lisenssi, jonka pystyy hankkimaan 99 dollarin vuosihintaan tai 9,99 dollarin kuukausihintaan. (33.)

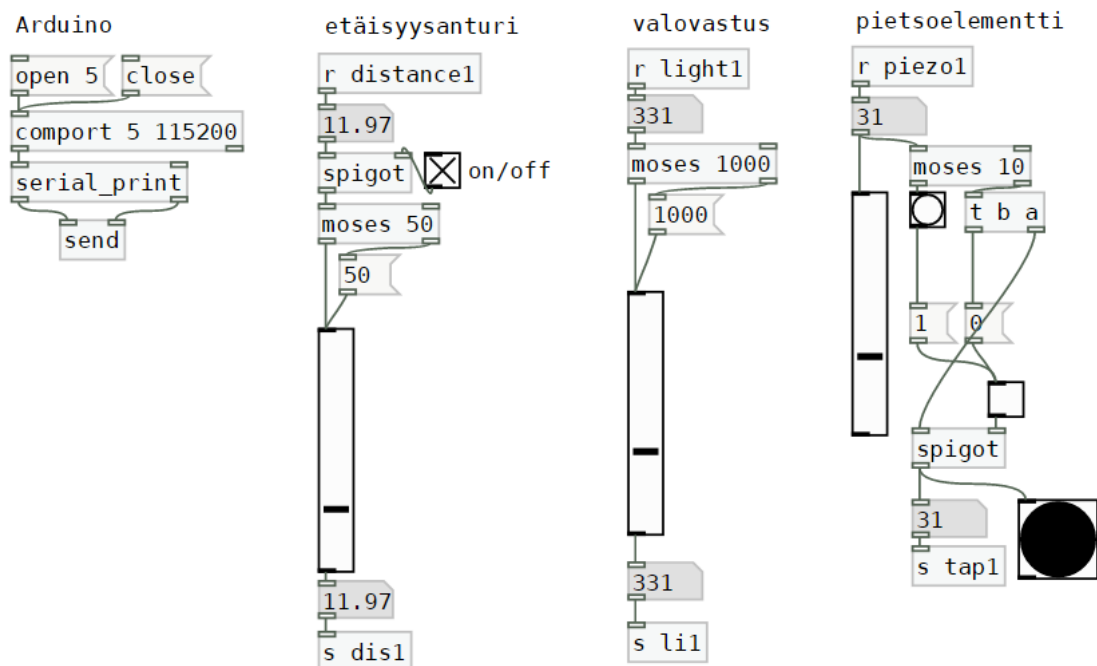
Vertailun perusteella Max olisi optimaalinen työkalu tämänkaltaiseen installaatioprojektiin, mutta Pure Data toimii hyvänä vaihtoehtona hinnakkaalle Maxille. Ohjelmistojen samankaltaisuus mahdollistaa osittain myös Maxin käyttöönoton myöhemmin; vaikka tiedostot eivät olekaan yhteensopivia, Pure Datan ohjelmointilogiikkaa pystyy soveltamaan Maxilla työskentelyyn mainiosti.

4.4 Multimedian ohjelmointi projektissa

Arduinon välittämät, anturidataa sisältävät serial-viestit voidaan vastaanottaa ja tulkita Pure Datassa. Viestien perusteella on mahdollista tuottaa äänellisiä ja kuvallisia reaktioita takaisin käyttäjälle hyödyntämällä signaalinkäsittelyä ja GEM-grafiikkakirjastoa. Installaatioprojektin Pd-osuudessa on kolme eri taulua, joista ensimmäisessä hallitaan teoksen kontrolleja eli Arduinosta saatavaa sensoridataa. Toisessa taulussa luodaan ja prosessoidaan ääntä ensimmäisen taulun kontrollien perusteella. Kolmas taulu on grafiikan luontia varten, ja sekin saa ohjeensa ensimmäiseltä kontrollitaululta.

4.4.1 Kontrollitaulu

Kontrollitaulun toimintaa havainnollistava kuva 14 sisältää neljä eri osaa, jotka kommunikoivat keskenään. Arduino on kytketty tietokoneeseen USB-Serial-adapterilla, jonka ajuri luo virtuaalisen COM-portin tietokoneelle Arduinoa varten (34). Taulun Arduino-osassa avataan ensin se COM-portti, johon Arduino on kytketty. Kun portti on auki, serial_print-objekti lukee Arduinon lähettämät serial-viestit ja lähettää ne eteenpäin Pure Datan sisällä.



Kuva 14. Installaatioprojektin kontrollitaulu vastaanottaa Arduinon lähettämät serial-viestit ja ohjaa ne asetusten kautta eteenpäin.

Kontrollitaulun etäisyysanturi-, valovastus- ja pietsoelementtiosat vastaanottavat Arduino-osan välittämät viestit eli antureiden antamat arvot r- eli receive-objekteilla. Osat vastaanottavat tietyt, niille tarkoitetut viestit Arduinon koodissa määriteltujen tunnisteiden perusteella.

Arvot suodatetaan kussakin osassa projektiin sopiviksi. Etäisyysanturin maksimietäisyys määritettiin 50 senttimetriin moses-objektilla. Anturi voidaan kytkeä päälle ja pois spigot-objektiin kytketyllä kytkimellä, mikä mahdollistaa senhetkisen etäisyyden arvon lukituksen. Valovastuksen maksimiarvo säädettiin sopivaksi valoisuuteen nähden myös moses-objektia käyttäen. Pietsoelementti ohjelmoitiin välittämään arvoja vain, kun tärähdysen voimakkuus ylittää arvon 10.

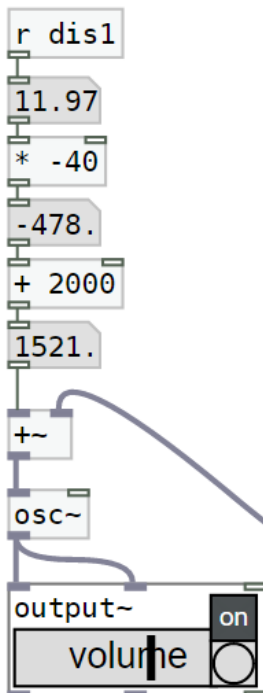
Arvoja suodattamalla voidaan varmistaa, että anturidata on projektin ja ohjausmenetelmien toiminnan kannalta optimaalista. Kun arvot on suodatettu, ne lähetetään eteenpäin ääni- ja grafiikkatauluille.

4.4.2 Äänitaulu

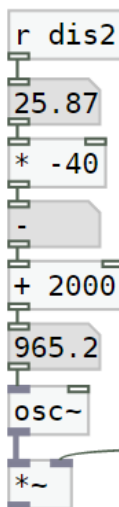
Installaatioprojektin äänimaailma luotiin käyttämällä FM-synteesiä eli taajuusmodulaatioon perustuvaa syntetisointitekniikkaa. FM-synteesissä yksinkertaisen aaltosignaalin eli niin sanotun kanta-aallon taajuutta moduloidaan toisella signaalilla, jolloin syntyvän äänisignaalin sävy muuttuu. (35.)

Äänitaulun FM-synteesissä (kuva 15) etäisyysantureiden 1–3 arvot skaalattiin suuremmiksi niin, että jokaisen maksimiarvo oli 2000. Samalla arvot käännettiin niin, että etäisyyden pienentyessä lopullinen arvo kasvaa. Ensimmäisen etäisyysanturin arvoa käytettiin määrittämään FM-synteesin kanta-aallon taajuus hertseinä, jolloin sen maksimivärihtelytaajuus oli 2000 Hz. Toisen anturin lukema määrittä kanta-aaltoa moduloivan aallon taajuuden hertseinä ja kolmannen anturin arvo moduloivan aallon voimakkuuden vaihtelutaajuuden hertseinä. Signaaliketjun lopussa on output-objekti, joka muuntaa digitaalisen signaalin analogiseksi ääneksi.

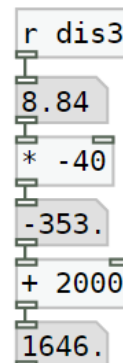
kanta-aallon taajuus



modulaatiotaajuus



modulaation voimakkuus

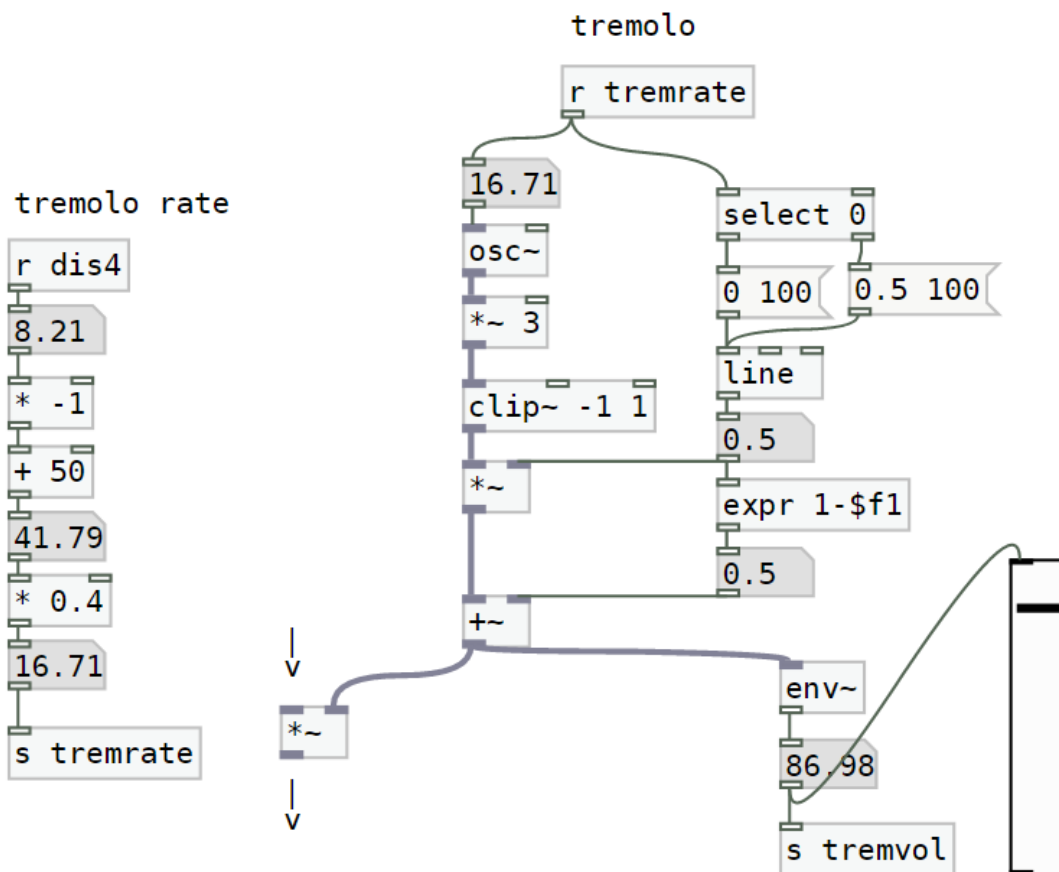


Kuva 15. Äänitaulussa luotiin projektiin ääntä käyttämällä etäisyysantureilla ohjattavaa FM-synteesiä.

FM-synteesiä hyödyntämällä saatiin projektiin antureilla ohjailtava jatkuva äänimaailma. Syntesoinnin jälkeen ennen output-objektia signaali kulkee vielä erilaisten ohjailtavien efektien läpi, joilla äänestä saadaan monipuolisempi ja dynaamisempi.

Yksi projektissa käytetyistä ääniefekteistä on tremolo, joka muuttaa signaalin voimakkuutta edestakaisin. Tremolo luotiin liittämällä matalataajuinen oskillaattori eli LFO (engl. low-frequency oscillator) signaalin voimakkuuteen. LFO:n taajuutta muuttamalla voidaan hallita tremolon taajuutta eli värähtelynopeutta. (36.)

Projektissa käytetyssä tremolossa on kuvan 16 mukaisesti kaksi osaa. Vasemmanpuoleinen tremolo rate -osa määrittää tremolon taajuuden, ja sitä ohjaa etäisyysanturi 4. Anturin antama etäisyys skaalataan pienemmäksi niin, että maksimiarvo on 20, jolloin se on sopivan matala LFO:ta varten. Arvo muutetaan myös käänteiseksi samalla tavalla kuin FM-synteesin arvot, eli kun etäisyys pienenee, tremolon värähtelynopeus kasvaa.



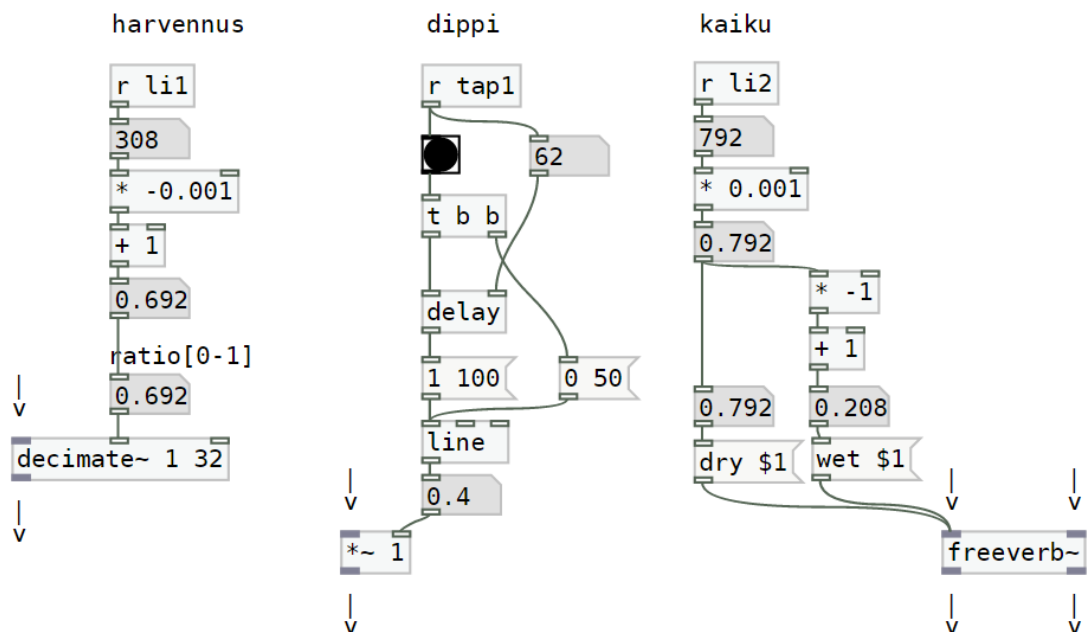
Kuva 16. Äänitaulun tremolo-efektin nopeutta ohjataan neljännellä etäisyysanturilla. Nuolet osoittavat pääsignaalin reitin efektin läpi.

Tremolo rate -osassa muunnettu arvo ohjataan seuraavaksi oikeanpuoleiseen tremolo-osaan, jossa se syötetään oskillaattoriin värähtelytaajuudeksi. Tämä oskillaattori toimii LFO:na ja ohjaa tremolo-efektin. Oskillaattorin signaali kerrotaan kolmella ja leikataan sitten signaalin normaalille voimakkuusvälille $-1-1$. Tällä tavoin signaalista saadaan kulkikkaampi, jolloin tremolon tuottama ääniefekti on selkeämpi. Jotta signaali voi toimia pääsignaalin voimakkuuden säätimenä, se täytyy muuntaa värähtelemään voimakkuusvälillä $0-1$. Muunnos toteutetaan kertomalla ensin signaali puolella ja sitten lisäämällä siihen puolikas. Tremolo-osion oikeanpuoleinen select 0 -objektilla alkava koodiketju varmistaa, että pääsignaali soi normaalilla voimakkuudella tremolon värähtelynopeuden ollessa nolla.

Tremolon valmis signaali ohjataan kahteen paikkaan. Vasemmalla puolella se laitetaan pääsignaalin voimakkuuskertoimeksi, jolloin efekti on käytössä pääsignaalissa. Oikealla

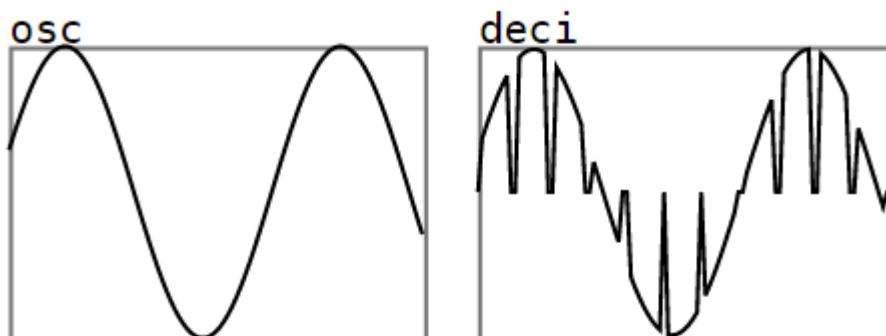
puolella env-objekti muuntaa signaalia muuttuvaksi lukuarvoksi välillä 0–100, ja tätä arvoa lähetetään s tremvol -objektilla grafiikkataulun käyttöön.

Projektin muut ääniefektit ovat nimiltään harvennus, dippi ja kaiku (kuva 17). Harvennus ja kaiku toteutettiin syöttämällä sopiviksi muunneltuja valovastusten arvoja Pure Datan valmiisiin decimate- ja freeverb-lisäosiin. Dippi-efekti luotiin pietsoelementin tärähdyksiin reagointia varten.



Kuva 17. Projektin muut ääniefektit äänitaulussa ovat harvennus, dippi ja kaiku. Nuolet osoittavat pääsignaalin reitin efektien läpi.

Harvennus-efekti vastaanottaa ensimmäisen valovastuksen arvon, skaalaa sen välille 0–1 ja muuntaa sen käänteiseksi. Muunneltu arvo syötetään decimate-objektin ratio-kohtaan, joka määrittelee näytteenottotaajuuden prosessoidulle signaalille. Mitä suurempi valo kohdistuu valovastukseen, sitä harvemmaksi käsitellyn signaalin näytteenottotaajuus muuttuu. Näytteenottotaajuuden harventaminen rikkoo ääniaaltoa (kuva 18). Ilmiö kuuluu äänisignaalin rosoisuutena ja säröisyytenä.



Kuva 18. Normaali siniaalto (osc) ja harvennettu siniaalto (deci) vierekkäin.

Dippi-efekti vastaanottaa pietsoelementin tärähdyksen voimakkuuden. Kun pietso tärähdyttää, prosessoitu signaali vaimenee tietyksi ajaksi. Vaimennuksen keston määrittelee pietson tärähdyksen voimakkuus.

Kaiku-efekti vastaanottaa toisen valovastuksen arvon ja skaalaa sen välille 0–1. Arvosta luodaan myös käänteinen arvo, joka laskee valon määrän kasvaessa. Näitä kahta arvoa, joiden summa on aina 1, käytetään määrittämään kaiun määrä suhteessa normaaliin signaaliin. Mitä vähemmän valovastukseen kohdistuu valoa, sitä enemmän kaikua prosessoituun signaaliin sekoittuu.

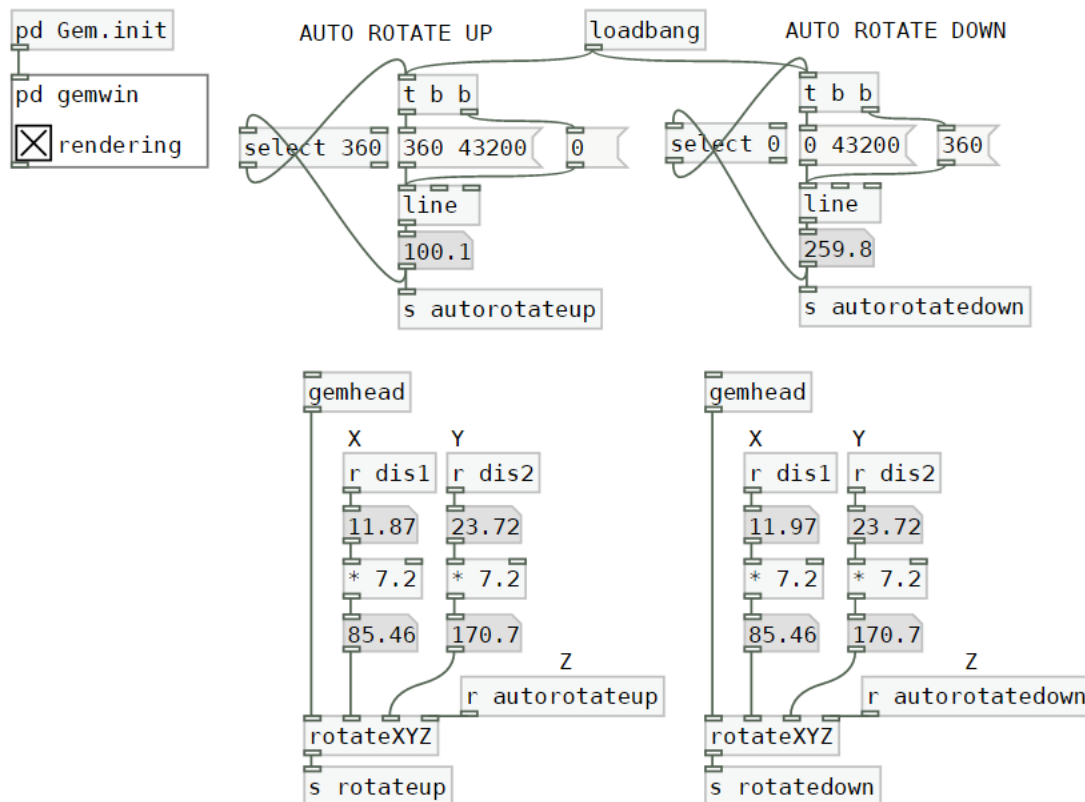
Kun syntetisoitua signaalia prosessoitiin antureilla ohjattavilla efekteillä, saatiin projektiin entistä enemmän mielenkiintoa niin äänimaiseman kuin interaktiivisuudenkin kannalta. Kun kokonaisuuteen lisättiin vielä responsiivinen grafiikka, oli audiovisuaalinen elämys valmis.

4.4.3 Grafiikkataulu

Installaatioprojektin grafiikkataulu vastaa visuaalisen ulosannin luomisesta projektissa. Grafiikkataulussa määritetään, mitä objekteja grafiikkaikkunaan luodaan ja millaisilla parametreilla varustettuna. Työssä säädettäviä parametreja olivat objektin asento eli kierto XYZ-akselilla, koko, väri, piirtotyyli ja lohkojen määrä.

GEM-grafiikkakirjasto käynnistetään kuvan 19 pd Gem.init -objektilla, joka yhdistetään grafiikkaikkunan luovaan pd gemwin -objektiin. Näiden objektien vieressä on AUTO

ROTATE UP- ja AUTO ROTATE DOWN -koodiketjut, jotka tuottavat lineaarista arvoa välillä 0–360. Arvot vastaavat asteita, eli ne kulkevat täyden kierroksen akselin ympäri. Toinen arvoista liikkuu ylöspäin ja toinen alaspäin, ja kun arvot kulkevat akselin ympäri, kierrokset alkavat alusta.

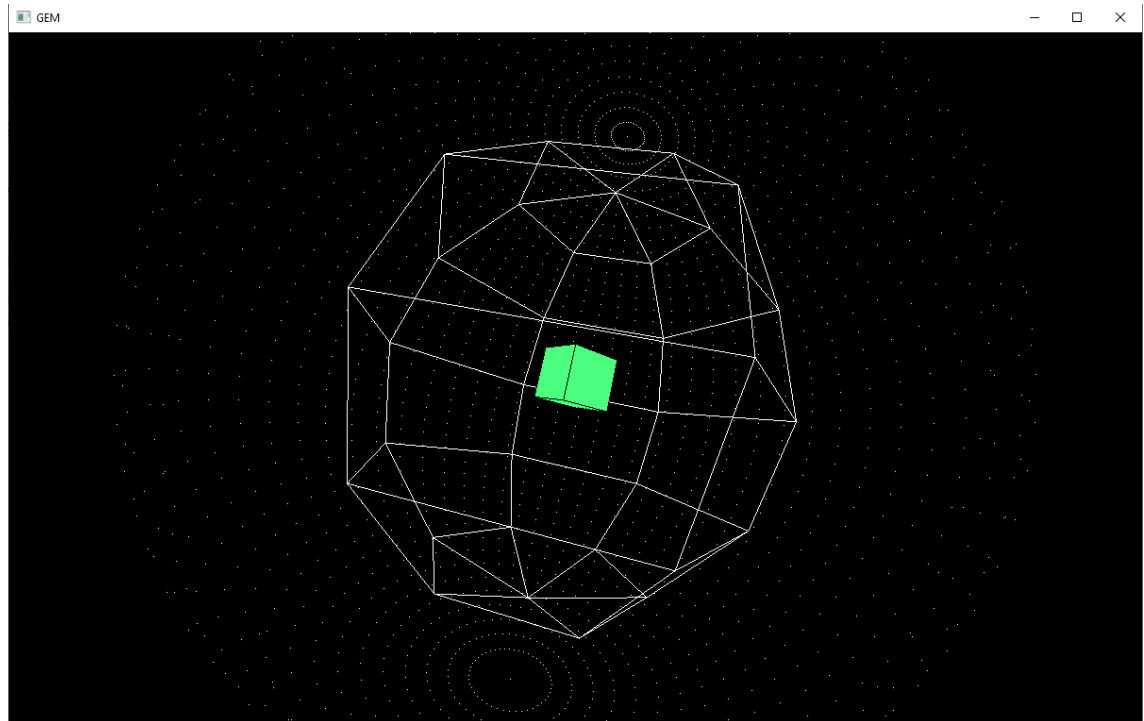


Kuva 19. Grafiikkataulun osa, jossa käynnistetään GEM-grafiikkakirjasto ja määritellään tuotettavien 3D-objektien kierrot XYZ-akselilla.

Arvot viedään niiden alla oleviin, gemhead-objekteihin kytkettyihin rotateXYZ-objekteihin Z-akseleiksi. RotateXYZ-objektit hallitsevat 3D-grafiikan kiertoa. Kumpikin rotateXYZ-objekti saa X- ja Y-arvonsa kahdesta ensimmäisestä etäisyysanturista, joiden arvot skaalataan välille 0–360. Z-akseleillaan eri suuntiin pyörivät ohjausarvot lähetetään eteenpäin 3D-objekteille vastaanotettaviksi.

Grafiikkataulussa piirrettiin neljä 3D-objektia: kuutio, kuution ääriviiva, pisteillä piirretty pallo ja viivoilla piirretty pallo. 3D-objektien määrittelyt näkyvät kuvassa 20, jossa on lisäksi myös osio kuution värin määrittämiselle. Objekteista kuutio ääriviivoineen ja pisteillä piirretty pallo saavat kuvan 19 kiertoarvoista arvon rotatedown, kun taas viivoilla

atmosfäärimäinen pallo, jonka lohkojen, eli tässä tapauksessa pisteiden, määrä vaihtelee. Objektit pyörivät hitaasti Z-akselia ympäri eri suuntiin ja X- ja Y-akselilla etäisyysohjauksen mukaisesti.



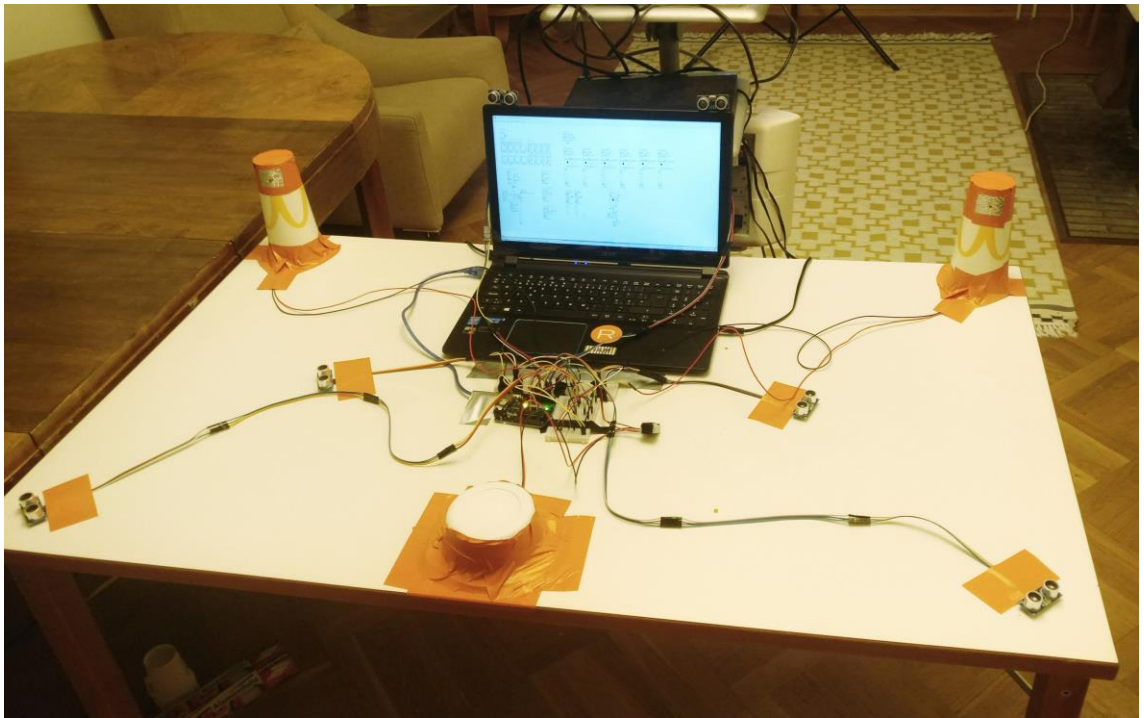
Kuva 21. Grafiikkataulussa luotu GEM-grafiikkaikkuna, johon 3D-objektit piirretään.

5 Installaatio

Koodin ohella on tärkeää muistaa myös installaation onnistuneisuuteen vaikuttavat fyysiset tekijät. Kun teos laitetaan esille, sen kannattaa olla johdonmukaisesti aseteltu ja optimoitu näyttelytilaan, jotta siitä saadaan mahdollisimman paljon irti.

5.1 Laitteiston kokoaminen

Ohjausmenetelmien asettelu (kuva 22) tulee tehdä selkeäksi, jotta yleisön on helppoa kokeilla installaation ohjaamista. Tietokone ja Arduino on asetettu keskelle pöytää, ja anturit on aseteltu niiden ympärille sopivin välimatkoin toisistaan.



Kuva 22. Installaatioprojektin anturiohjainten asettelu on tärkeää näyttelytilanteessa.

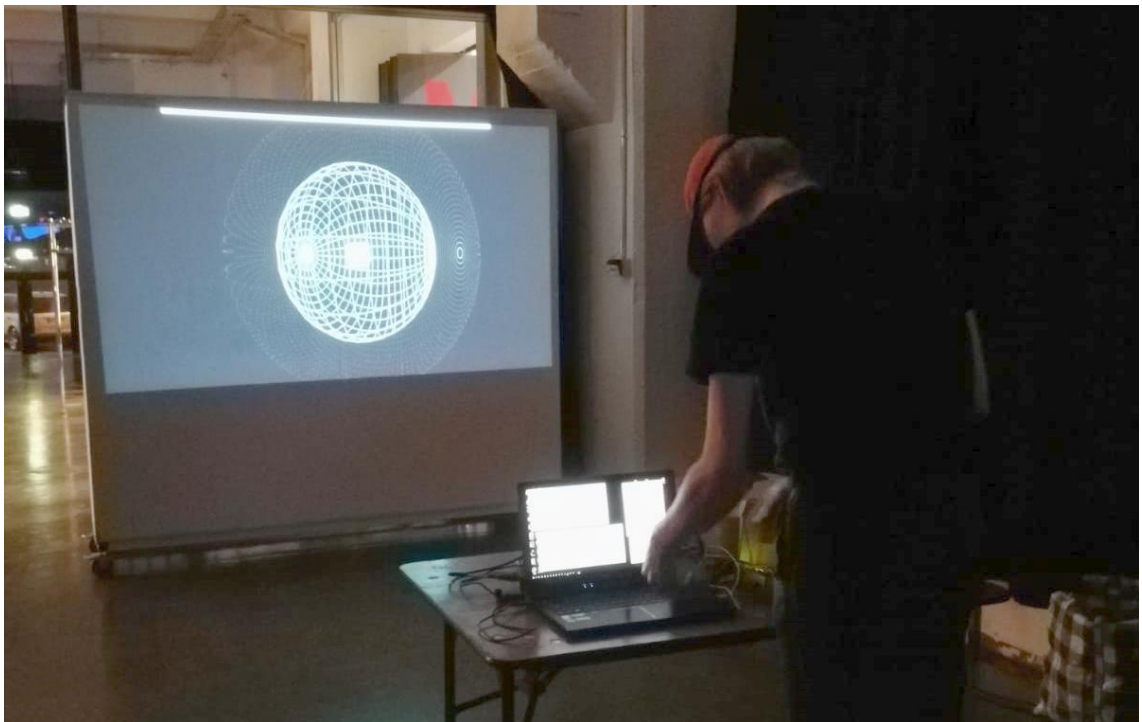
Jokainen anturi on kiinnitetty oranssilla teipillä, joka toimii merkinä interaktiiviselle osalle. Valovastukset on asetettu pöydän takakulmiin pahvimukeista tehtyihin telineisiin, jotta niihin on helppoa heijastaa valoa taskulampulla. Pietsoelementti on teipattu edessä keskellä olevan muovirasian pohjan toiselle puolelle. Muovirasia toimii rumpumaisena elementtinä, jota on mielekästä naputella. Etäisyysanturit ovat tarpeeksi etäällä toisistaan, jotta niitä voi käyttää tarkasti yksitellen.

Installaation grafiikka muuttuu vaikuttavammaksi, kun se projisoidaan videotykillä suuralle pinnalle. Jotta projisointi näyttää mahdollisimman hyvältä, tulee installaatiotila saada mahdollisimman pimeäksi. Myös valovastukset toimivat paremmin pimeässä tilassa. Jos installaatiotilassa on ikkunoita, kannattaa varata niitä varten pimennysverhot, mikäli sellaisten kiinnitys on mahdollista. Jättämällä tyhjää tilaa projektorin ja projisointipinnan väliin voidaan myös luoda tila yleisölle heijastuksen sekaan, jossa voi asettua osaksi teosta.

5.2 Installaatio tapahtumissa

Insinööriyönä tehty installaatio on ollut esillä kahdessa eri taidetapahtumassa. Tammi-kuussa 2019 oli Lux Helsingin aikana Bring Your Own Beamer -niminen projisointitapahtuma Kaapelitehtaalla, jossa teoksen varhainen vaihe oli esillä. Lokakuussa 2019 olin mukana järjestämässä Pop up -installaatioiltaa Kaffila Bokvillanissa Helsingin Arabiassa, jolloin uudempi versio työstä pääsi yleisön koettavaksi.

Ensimmäisessä tapahtumassa (kuva 23) käytössäni oli vanha projektori ja pieni matkakaiutin. Tapahtuman esitystila oli jaettu ja melko meluisa ja valoisa, joten installaatio ei paremman kaluston ja ympäristön puutteessa päässyt täysin oikeuksiinsa. Näistä seikoista huolimatta esitys oli kuitenkin onnistunut ja ihmiset olivat kiinnostuneita työstä.



Kuva 23. Installaatio esillä Bring Your Own Beamer -tapahtumassa Helsingin Kaapelitehtaalla.

Toisessa tapahtumassa (kuva 24) sain kokonaisen huoneen omaan käyttöni, mikä mahdollisti äänieristetyn ja pimeän ympäristön työlle. Kalustupuolelta sain paikan päältä lainaksi DLP-teräväpiirtoprojektorin, valkokankaan ja laadukkaat kaiuttimet. Työ oli myös kehittynyt tässä vaiheessa monipuolisemmaksi eri anturityyppien ja uusien

ominaisuuksien ansiosta. Kokonaisuudessaan toinen esityskerta oli huomattavasti onnistuneempi kuin ensimmäinen. Installaatio veti yleisöä puoleensa ja sai paljon hyvää palautetta.



Kuva 24. Installaatio esillä Pop up -installaatioillassa Kaffila Bokvillanissa Helsingin Arabiassa.

Esitysvaiheen suunnittelulla ja tilanteeseen varautumisella on suuri merkitys teoksen toimivuuden kannalta. On suositeltavaa pitää kirjaa tarvittavista laitteista ja muista esineistä sekä tilan ominaisuuksista ja vaatimuksista, jotta esityshetkellä kaikki tarvittava on otettu huomioon ja esitys voi sujua mutkattomasti.

6 Pohdintaa

Tapahtumissa saaduista kommentteista huomasi, että antureilla ohjattavat installaatiot kiehtovat yleisöä. Tällaisilla epätavallisilla ohjausmenetelmillä voidaan luoda aivan uudenlaisia kokemuksia taiteen parissa monille ihmisille. Erityisesti etäisyysanturit ohjaimina herättivät kokijoissa suurta mielenkiintoa.

Työn toteuttamisen jälkeen on aika miettiä, mitä tehdä seuraavaksi. Projektilla on suurta potentiaalia jatkokehitykseen Pure Datan monipuolisuuden ja erilaisten antureiden

tarjonnan kirjon ansiosta. On myös tärkeää hioa projektin mahdolliset ongelmakohdat kuntoon ennen suurempaa laajentamista.

Yleisön reaktioita ja kommentteja kannattaa huomioida, sillä ne antavat vihiä siitä, miten työtä kannattaisi mahdollisesti jatkokehittää. Etäisyysantureiden herättämä mielenkiinto takaa ainakin sen, että ne tulevat olemaan keskeisessä osassa installaation ohjauksessa tulevaisuudessakin. Projektin seuraavassa versiossa etäisyyttä voitaisiin esimerkiksi havaita useammasta kulmasta ja laajemmalla alueella, kuten eri puolilta kokonaista huonetta, jolloin installaation tilakäsitys muuttuisi huoneenlaajuiseksi.

Uusia ideoita syntyy jatkuvasti projektia toteutettaessa. Jatkokehityksen sijaan voi vaihtoehtoisesti lähteä toteuttamaan jotakin aivan uutta projektia ja hyödyntää opittuja taitoja eri näkökulmasta. Uutena projektina voisi aloittaa vaikka uudenlaisen musiikkiohjaimen kehittämisen antureita käyttäen tai monipuolisen musiikkivisualisointiohjelmiston toteuttamisen esiintyville muusikoille. Anturiteknologian ja multimediaohjelmoinnin tarjoamat mahdollisuudet ovat luovuuden salliessa rajattomat.

Lähteet

- 1 Let Your Geek Shine: Onyx Ashanti. Verkkoaineisto. SparkFun. <<https://www.sparkfun.com/onyx>>. Luettu 27.11.2019.
- 2 Onyx Ashanti; The Transformative Power of Street Tech. 2015. Verkkoaineisto. The Busking Project. <https://busk.co/blog/wp-content/uploads/2015/01/1907347_10154225974070704_1946488005052502334_n.jpg>. Luettu 27.11.2019.
- 3 Case Study: Onyx Ashanti. Verkkoaineisto. SparkFun. <http://cdn.sparkfun.com/Homepage/onyx_casestudy.pdf>. Luettu 27.11.2019.
- 4 Clark, Clayton. 2014. Beatjazz Controller. Verkkoaineisto. Makezine. <<https://i0.wp.com/cdn.makezine.com/uploads/2013/12/beatjazz-2.jpg>>. Luettu 27.11.2019.
- 5 Works. Verkkoaineisto. Ryoji Ikeda. <<http://www.ryojiikeda.com/archive/works/>>. Luettu 27.11.2019.
- 6 Gosling, Emily. 2019. Ryoji Ikeda's Test Pattern Proves the Beauty in the Brutal. Verkkoaineisto. Elephant.art. <<https://elephant.art/ryoji-ikeda-test-pattern/>>. Luettu 27.11.2019.
- 7 Test Pattern. Verkkoaineisto. Ryoji Ikeda. <http://data.tomonaga.webfactional.com/static/ri_web/work/IMG_9731.jpg>. Luettu 27.11.2019.
- 8 Leon Theremin. Verkkoaineisto. Encyclopedia Britannica. <<https://www.britannica.com/biography/Leon-Theremin>>. Luettu 27.11.2019.
- 9 Campbell, Allan. 2015. Not just a sci-fi gimmick: The serious side of the theremin. Verkkoaineisto. BBC. <<http://www.bbc.co.uk/programmes/articles/3wkSK-zhzs6wzJzFQhHCjrj/not-just-a-sci-fi-gimmick-the-serious-side-of-the-theremin>>. Luettu 27.11.2019.
- 10 What is a theremin? 2015. Verkkoaineisto. BBC. <<https://ichef.bbci.co.uk/images/ic/1200x675/p01f73n5.jpg>>. Luettu 27.11.2019.
- 11 What is Arduino? Verkkoaineisto. Arduino. <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Luettu 27.11.2019.
- 12 Arduino UNO Rev3. Verkkoaineisto. Arduino. <<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>>. Luettu 27.11.2019.

- 13 Arduino Uno – R3. 2018. Verkkoaineisto. SparkFun. <<https://cdn.sparkfun.com//assets/parts/6/8/1/6/11224-04.jpg>>. Luettu 27.11.2019.
- 14 Ultrasonic Distance Sensor HC-SR04. 2018. Verkkoaineisto. Little Bird. <https://cdn.littlebird.com.au/images/files/000/100/146/large/LB-LR0230_Ultrasonic_Distance_Sensor_HC-SR04.jpg?1539043415>. Luettu 27.11.2019.
- 15 Marshall, Mark T. & Wanderley, Marcelo M. 2006. Evaluation of Sensors as Input Devices for Computer Music Interfaces. Raportti. McGill University. Springer Link -tietokanta.
- 16 Ultrasonic Sensor HC-SR04 and Arduino Tutorial. 2015. Verkkoaineisto. How to Mechantronics. <<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/ultrasonic-sensor-hc-sr04/>>. Luettu 27.11.2019.
- 17 Complete Guide for Ultrasonic Sensor HC-SR04 with Arduino. Verkkoaineisto. Random Nerd Tutorials. <<https://i2.wp.com/randomnerdtutorials.com/wp-content/uploads/2013/11/ultrasonic-sensor-with-arduino-hc-sr04.jpg?ssl=1>>. Luettu 27.11.2019.
- 18 Photo Resistor. Verkkoaineisto. EETech Media. <<http://www.resistor-guide.com/photoresistor/>>. Luettu 27.11.2019.
- 19 Photocell Hookup Guide. 2016. Verkkoaineisto. SparkFun. <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/photocell-hookup-guide/all>>. Luettu 27.11.2019.
- 20 Using a Photocell. 2012. Verkkoaineisto. Adafruit. <https://cdn-learn.adafruit.com/assets/assets/000/000/459/medium800/light_cdspull-downdiag.gif?1447975687>. Luettu 27.11.2019.
- 21 Introduction to Piezo Transducers. Verkkoaineisto. Piezo.com. <<https://piezo.com/pages/introduction-to-piezos>>. Luettu 27.11.2019.
- 22 Knock. 2015. Verkkoaineisto. Arduino. <<https://www.arduino.cc/en/tutorial/knock>>. Luettu 27.11.2019.
- 23 Digital Signal Processing - Signals-Definition. Verkkoaineisto. Tutorialspoint. <https://www.tutorialspoint.com/digital_signal_processing/dsp_signals_definition.htm>. Luettu 27.11.2019.
- 24 Huttunen, Heikki. 2003. Signaalinkäsittelyn perusteet. Opetusmoniste. Tampereen teknillinen yliopisto.
- 25 Pure Data. Verkkoaineisto. IEM. <<https://puredata.info/>>. Luettu 27.11.2019.

- 26 Phillips, Dave. 2012. A Pure Data Miscellany. Verkkoaineisto. Linux Journal. <https://nnc3.com/mags/LJ_1994-2014/LJ/217/11231.html>. Luettu 27.11.2019.
- 27 Graef, Albert. purr-data. Verkkoaineisto. GitHub Pages. <<https://agraef.github.io/purr-data/>>. Luettu 27.11.2019.
- 28 Gem. Verkkoaineisto. IEM. <<https://puredata.info/downloads/gem/>>. Luettu 27.11.2019.
- 29 OpenGL Overview. Verkkoaineisto. The Khronos Group. <<https://www.khronos.org/opengl/>>. Luettu 27.11.2019.
- 30 Dibujar al dar clic secundario con el Mouse. 2014. Verkkoaineisto. Blogspot. <<https://smalgraficacion2.blogspot.com/>>. Luettu 27.11.2019.
- 31 Signal processing in Max. Verkkoaineisto. Cycling '74. <<https://docs.cycling74.com/max7/tutorials/images/mspintro02.png>>. Luettu 27.11.2019.
- 32 Information and Contact. Verkkoaineisto. Cycling '74. <<https://cycling74.com/company>>. Luettu 27.11.2019.
- 33 Shop. Verkkoaineisto. Cycling '74. <<https://cycling74.com/shop>>. Luettu 27.11.2019.
- 34 Determining the COM Port of a USB to Serial Adapter. Verkkoaineisto. User-Voice. <<https://tnp.uservoice.com/knowledgebase/articles/172101-determining-the-com-port-of-a-usb-to-serial-adapte>>. Luettu 27.11.2019.
- 35 Sound Design Basics: FM Synthesis. Verkkoaineisto. Cymatics.fm. <<https://cymatics.fm/blogs/production/fm-synthesis>>. Luettu 27.11.2019.
- 36 Pearsall, Ken. 2018. Effects Guide: Get to Know Tremolo. Verkkoaineisto. Fender. <<https://www.fender.com/articles/tech-talk/pedal-board-primer-get-to-know-tremolo>>. Luettu 27.11.2019.