



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Samuli Jaakkola

PYÖRIVÄ LED-NÄYTTÖ

Tekniikka
2020

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Samuli Jaakkola
Opinnäytetyön nimi	Pyörivä LED-näyttö
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	30
Ohjaaja	Santiago Chavez

Opinnäytetyö toteutettiin Vaasan ammattikorkeakoululle ja tarkoituksena oli suunnitella ja koota pyörivä Led-näyttö. Kyseinen laite tuo pyöriessään esille jonkin halutun kuvion, kellonajan tai kirjaimen. Valitsin tähän työhön kirjaimien näyttämisen.

Työssä käytetään hyväksi Arduinon monipuolisuutta ja sen helppokäyttöisyyttä. Arduinon käyttöjännite on sopivan pieni tähän projektiin. Arduinossa hyödynnetään C-kieltä sen omalla ohjelmistolla.

Työn lopussa sain toimivan laitteen, joka pystyi näyttämään sanan pyöriessään. Pääsin omaan ratkaisuun, joka ei ollut liian mutkikas, mutta eteenpäin vietävissä. Tätä on mahdollista jatkaa eteenpäin omalla ajalla.

ABSTRACT

Author	Samuli Jaakkola
Title	Spinning LED screen
Year	2020
Language	Finnish
Pages	30
Name of Supervisor	Santiago Chavez

This thesis was made to Vaasa university of applied science and the subject was self-selected. The purpose of this project was to design and build own rotating LED-display. This specific device when rotating displays desired pattern, current time or letter. I chose to display letters in this project.

In this project I am utilizing Arduino board because it is versatile and easy to use. Also, Arduino has low power consumption and highly usable application for programming it. Arduino can be programmed with C or C++ language. I am using C-language in this project.

Outcome of this project was desired and success. I was able to build functioning device which was able to show desired word.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

TERMEJÄ

1	JOHDANTO	8
2	TAUSTAA.....	9
2.1	Aiheen valinta	9
2.2	Hahmotelma.....	10
2.2.1	Arduinon tausta.....	10
2.2.2	LED.....	14
2.2.3	Moottori.....	14
3	SPESIFIKAATIO.....	15
3.1	Arduino.....	16
3.2	Vastukset	16
3.3	HL149.12.10-moottori.....	17
4	TOTEUTUS.....	20
4.1	Piirikaavio ja piirilevy	20
4.2	Koodi	22
5	TESTAUS	26
6	JÄLKIMIETTEET	29
	LÄHTEET	30

LIITTEET

KUVALUETTELO

Kuva 1. Karkea kuvitelma työstä.....	10
Kuva 2. Arduinon verkkokauppa.....	11
Kuva 3. Arduino Uno.....	12
Kuva 4. Arduino Uno ja sen liittimet.....	12
Kuva 5. Atmega168 Pin Mapping.....	13
Kuva 6. Moottori.....	17
Kuva 7. Hakkuriteholähde.....	18
Kuva 8. Hakkuriteholähteen kiinnitys moottoriin.....	18
Kuva 9. Kiinnitetty virta moottorille.....	19
Kuva 10. Kytkäkaavio.....	20
Kuva 11. Yläpuoli.....	21
Kuva 12. Alapuoli.....	21
Kuva 13. Ledien määrittäminen.....	23
Kuva 14. pinMode.....	23
Kuva 15. Main loop.....	24
Kuva 16. Ohjeet A-kirjaimelle.....	24
Kuva 17. Käskyt ledeille.....	25
Kuva 18. Ensimmäinen prototyyppi.....	26
Kuva 19. Lopullinen laite.....	27
Kuva 20. Laite alhaaltapäin.....	28

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Tarvittavat materiaalit	15
Taulukko 2. Koodin kulku	22

TERMEJÄ**DigitalWrite()**

Funktio, jolla annetaan digitaaliselle pinnille korkea tai pieni arvo. (ON/OFF)

Pinmode()

Käsky, jolla konfiguroidaan tietty pinni toimimaan sisääntulona tai ulostulona.

If-else

Komento koodille valitsemaan kahdesta eri vaihtoehdosta.

Void-funktio

Funktio. Ei odotetusti palauta mitään.

1 JOHDANTO

Tämä työ on tehty Vaasan ammattikorkeakoululle omana projektina. Työn tarkoituksena oli luoda jotakin omaa ja erikoista itselle. Kyseinen työ ei suoraan tuo mitään hyötyä jokapäiväiseen elämiseen, mutta se tuo jotakin erikoista siihen. Työn periaatteena on luoda pyörivä LED-näyttö, jota pyöritetään moottorin avulla. Tämä mahdollistaa erilaisten kuvioiden, tekstin tai kellonajan pyöriessään. Tässä työssä keskitytään kirjaimien näyttämiseen. Työssä käytän Arduinoa, joka mahdollistaa LED-valojen vilkkumisen tietyllä kierrosnopeudella.

Ohjelman koodi on tehty Arduino IDE-ohjelmistolla (Integrated Development Environment), joka on ilmainen kaikille käyttöjärjestelmille. Kyseisellä ohjelmalla pystytään koodaamaan Arduinoa ja laittamaan tämä ohjelmisto Arduinoon. Arduino IDE-ohjelmisto tukee C- ja C++ kieltä. Tässä työssämme käytämme Arduino UNOa (**Kuva 3.**). Ohjelma kääntää C-koodin avr-gcc-kääntäjällä, joka kääntää ohjelman siten, että Arduinopiiri ymmärtää sitä.

2 TAUSTAA

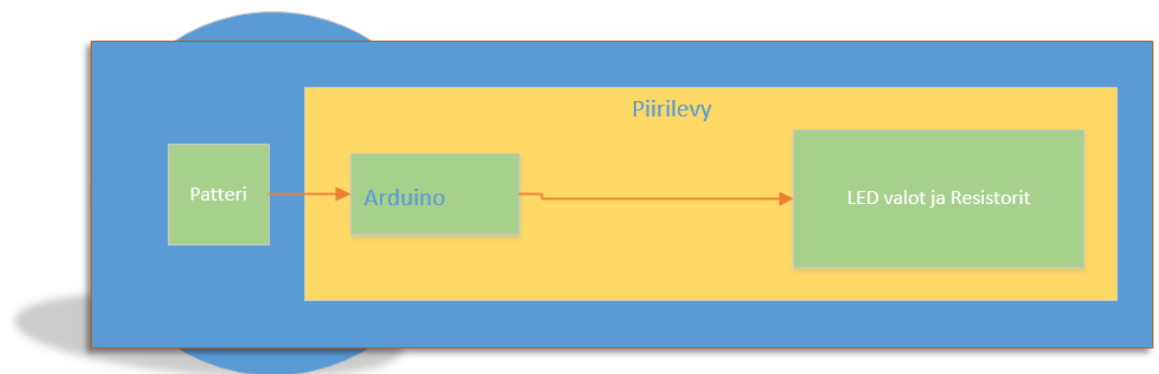
2.1 Aiheen valinta

Valitsin kyseiseen aiheeseen, koska se oli mielenkiintoinen ja mahdollisuudet erilaisiin lopputuloksiin erilaiset. Aihe rakentaa led-näyttö on nykypäiväistä, koska Arduinot ovat saavuttamassa laajempaa suosiota. Varsinaista ratkaisua ongelmaan ei etsitä tässä vaan pyritään katsomaan mihin Arduinolla pystytään. Arduinolla on mahdollista toteuttaa monia eri asioita, helpoista vaativampiin ratkaisuihin.

Tarkoituksena on antaa kuva siitä, mitä on mahdollista toteuttaa. Haluan jakaa tämän tiedon muille kiinnostuneille ja halun aloittaa oman projektin.

2.2 Hahmotelma

Hahmotelmassa on karkeasti suunniteltu kokonaisuus, jonka pohjalta on tarkoitus etsiä sopivat osat kokonaisuuteen (**Kuva 1.**). Tämä on vain yksi monista tavoista lähteä toteuttamaan kyseistä työtä. Suunnitelma kuitenkin muuttui myöhemmin sopimaan omiin tarkoituksiin paremmin. Levy, johon piirilevy oli alun perin tarkoitus sijoittaa, otin pois kun huomasin, että ilman pohjalevyäkin selviää.



Kuva 1. Karkea kuvitelma työstä.

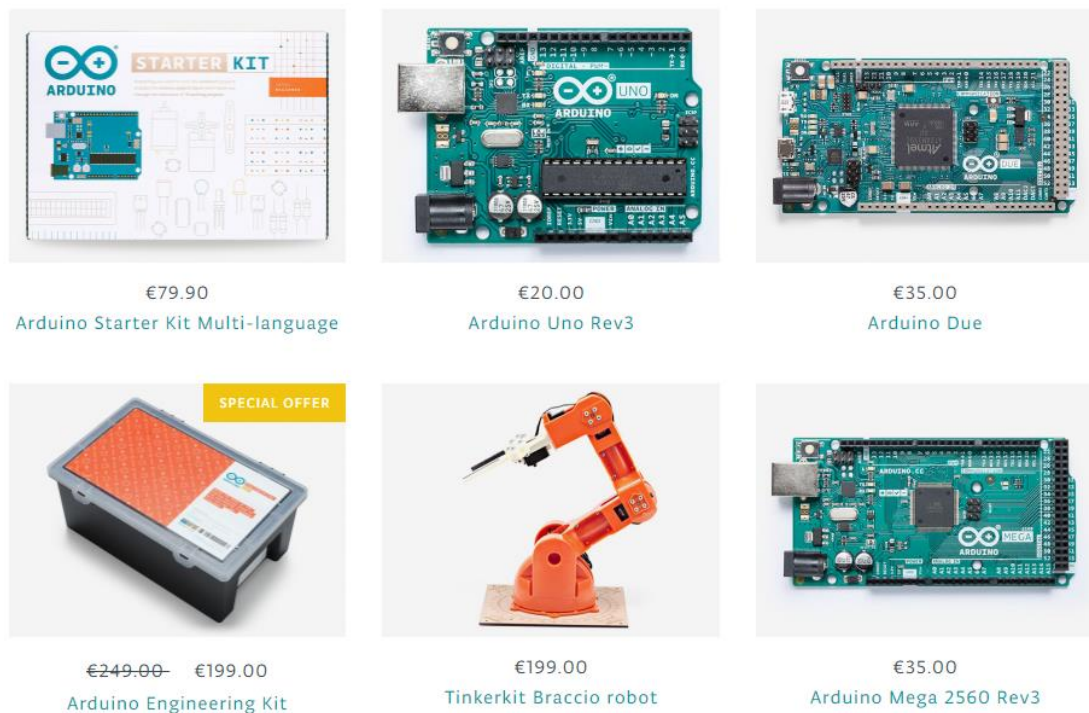
2.2.1 Arduinin tausta

Arduino kehitettiin Ivrea Interaction Design Institutessa laitteeksi, joka mahdollistaisi helpon ja halvan tavan luoda prototyyppisiä laitteita. Nämä laitteet pystyisivät kommunikoimaan ympäristön kanssa (esim. lämpötila-, kosteus- ja liikesensorit). /1/. Arduinin avulla pyrittiin tuomaan nämä lähtökohdat monille edullisesti.

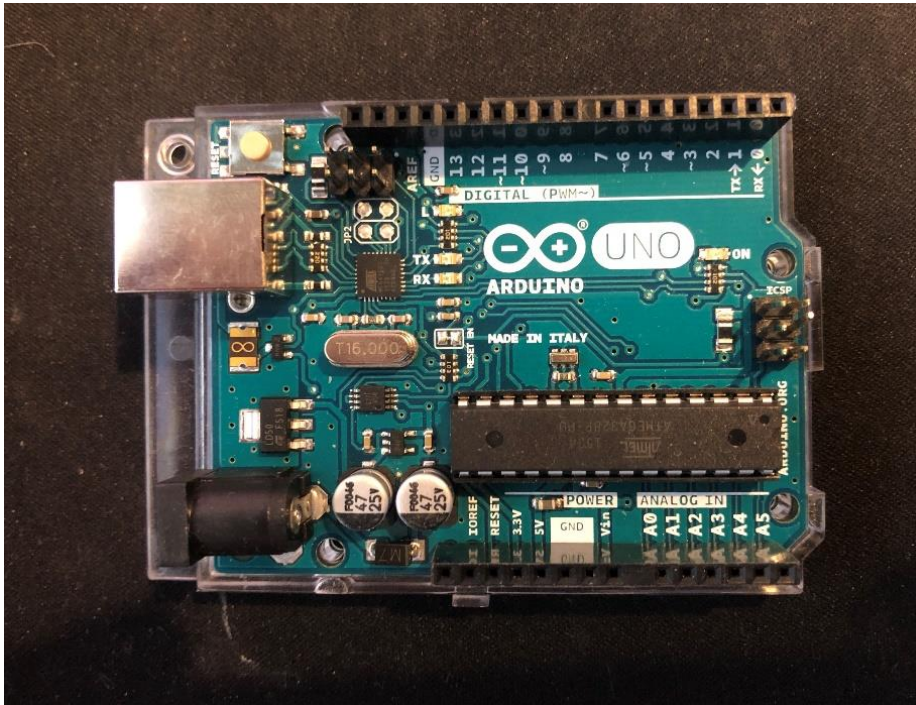
Arduino kuuluu ”avoimiin laitteistoihin” (Open source), jonka tarkoituksena on, että kaikki siihen kuuluvat osat ja ohjelmistot (mm. piirikaavio ja laiteajurit) ovat jokaiselle vapaasti saatavilla ja muunneltavissa.

Arduinosta UNOsta löytyy Atmega328-mikrokontrolleri, joka on Atmellin valmistama aivot Arduinossa (**Kuva 4.**). Uno-nimitys tulee italian kielestä ja se viittaa numeroon yksi. Tämä viittaa siihen, että tämä laite ja ohjelmisto olivat versiossa 1.0. /2/.

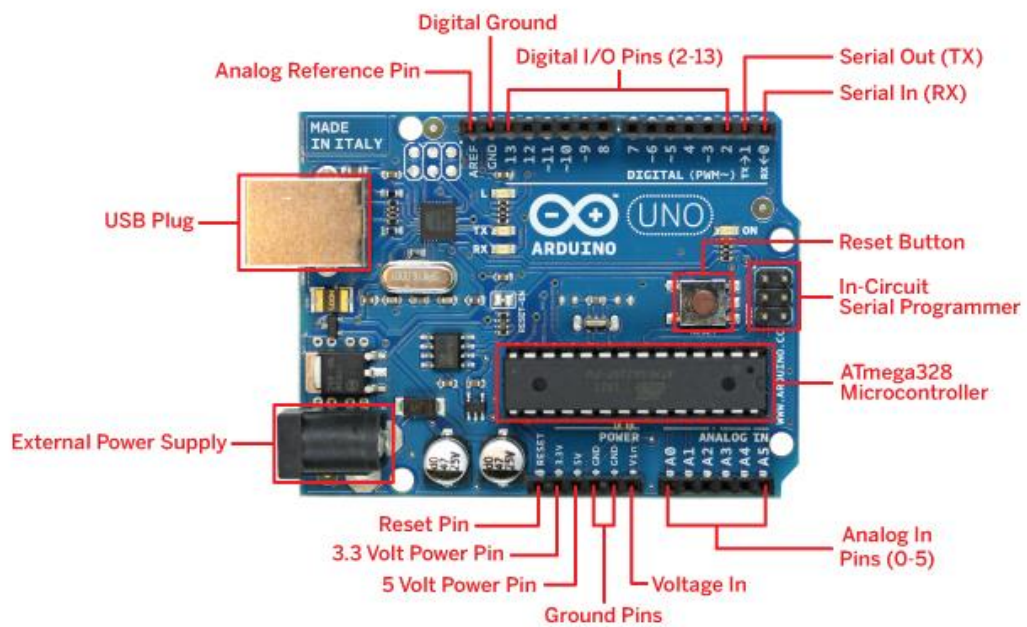
Arduinoja on monia erilaisia ja uusia versioita tulee. Arduinon omasta kaupasta löytyy pelkkä laite tai erilaisia pakkauksia, joissa on muuta tarvittavaa oheislaitetta sisällä. Muutama esimerkki verkkokaupasta kuvassa 2. /3/.



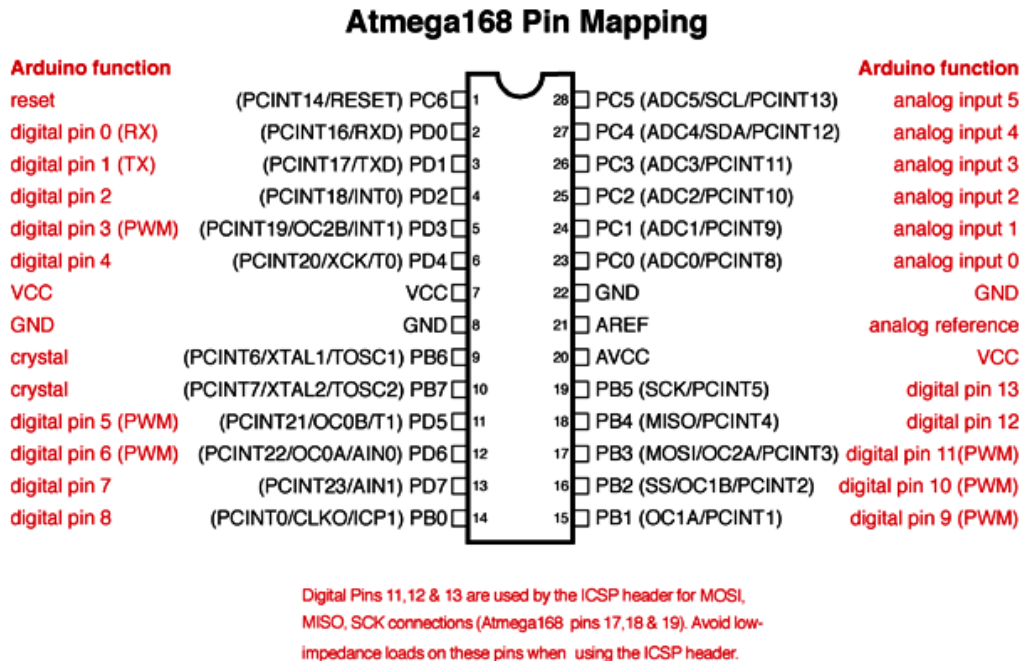
Kuva 2. Arduinon verkkokauppa.



Kuva 3. Arduino Uno.



Kuva 4. Arduino Uno ja sen liittimet.



Kuva 5. Atmega168 Pin Mapping.

Työssä käytetään Arduinoa Uno, josta löytyy Atmega328-mikrokontrolleri. Vaikka kuvassa 4 on Atmega168 pinnien kartoitus, se on identtinen Atmega328 kanssa.

Tässä Arduinossa on 14 digitaalista liitinnastaa (nastat 0 – 13), joita voidaan käyttää sekä input- että outputliittiminä. Tämä tarkoittaa, että näillä liitinnastoilla voidaan vastaanottaa signaalia tai lähettää sitä riippuen siitä, miten tämä on ohjelmoitu IDEssä.

Arduinon kuuluu myös 6 analogista input-liitinnastaa ja 6 analogista output-liitinnastaa. Nämä ovat samoja pinnejä. Erona näiden kahden välillä on se, että output-liitinnastaa ohjelmoidaan analogiseksi digitaalisista liitinnastoista. /4/

Arduino UNO käyttää EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), Flash ja SRAM-(Static random-access memory) muistia tiedon tallentamiseen. EEPROM ja Flash ovat haihtumatonta muistia, joka varmistaa tiedon pysyvyyden Arduinossa, vaikka se sammutettaisiin. SRAM on haihtuvaa muistia ja se katoaa Arduinolta, kun se sammutetaan.

2.2.2 LED

Tarkoituksena on käyttää normaalia lediä helpottamaan lopputuloksen saavuttamista, mutta on myös mahdollista käyttää RGB-ledejä, jotka tuovat mukanaan variaatiota väreihin ja erilaisia eroavaisuuksia lopputuloksiin.

Tässä tapauksessa tarkoituksena on rakentaa pyörivä näyttö asentamalla LED-valoja pyörivään propelliin tai levyyn ja asentamalla siihen moottori. Nämä mahdollistavat sen, että ledien pyöriessä näkyviin tulee esim. kellonaika, kuvio tai kirjaimia.

LEDit tullaan kiinnittämään rinnakkain tässä työssä, joten joudumme laskemaan vastuksen koon ledeille. Tämä tapahtuu kohdassa 3.2.

Työssä käytetään punaista LED-valoa, jonka aallonpituus on väliltä $610\text{nm} < \lambda < 760\text{nm}$ ja jännite on $1,63\text{V} < \Delta V < 2,03\text{V}$.

2.2.3 Moottori

Moottoria valittaessa on otettava huomioon mitä halutaan pyöriessä näkyvän. Mitä vakaampi kuva ja ”virheettömämpi” sitä voimakkaampi/tasainen moottori tarvitaan kuvan jatkuvaan näyttämiseen.

Moottorilla ei ole omaa akkua ja sitä ei kytketä paristoon. Moottori saa virtansa seinästä.

3 SPESIFIKAATIO

Tässä käyn läpi projektiin kuuluvia komponentteja ja niiden kustannuksia (**Taulukko 1.**). On kätevämpi lähteä rakentamaan laitetta, kun on ideaa mitä kokonaisuuteen kuuluu.

Taulukko 1. Tarvittavat materiaalit

	Nimi	Kappale määrä	Toiminta- alue	Hinta
1.	Arduino	1	3,3V, 5V, 7- 12V	Koululta
2.	LED	7	$1,63V < \Delta V$ $< 2,03V$	Koululta
3.	Paristoliitin	1	9V	1€
4.	Vastukset	7	330 Ω	Koululta
5.	Piirilevy	1		Koululla tehty
6.	ON/OFF-nappi	1	0,5A 0-12V	1€
7.	Paristo	1	9V	3,95€
8.	Moottori	1	12V	26,85€
9.	Säädettävä hakkuriteholähde	1	3-12Vdc	10,21€
10.	Riviliitin	4		Koululta

11.	KytKentärima	1		0,30€
-----	--------------	---	--	-------

3.1 Arduino

Tarkastellaan ensimmäisenä mikä on sopiva Arduinomalli tähän työhön. Tarkastelin eri vaihtoehtoja ja kriteerejä mitä työssä on. Isoin tekijä työssä oli se, että Arduino pystyy pyörimään pelkän pariston varassa. On hyvä myös tarkastella, että laitteesta löytyy oikea määrä digitaalisia pinnejä. Tämä mahdollistaa kaikille Ledivaloille oman paikan.

Valinnassa oli myös huomioitava Arduinon käyttöjännitteiden kestävyys. Arduinolla on omat pinnit virransyötölle. Nämä pinnit on kirjoitettu Arduinon. Arduinolle voi syöttää virtaa pinneistä 5V, 3.3V ja 7-12V. Laitteesta löytyy myös USB- ja DC-virransyöttömahdollisuudet. Nämä voi nähdä kuvasta 3.

3.2 Vastukset

Ledeille pitää selvittää oikeat vastukset. Tämä takaa LEDien toimivuuden 9 Voltilla. Ledi tarvitsee noin 1.7V jännitteen ja 20mA toimiakseen.

Laskun kaavassa käytetään Ohmin lakia

$$R = \frac{V - V_{led}}{I}, \text{ jossa } R = \text{Resistanssi } \Omega \quad (1)$$

$$U = \text{Jännite} = 9V$$

$$I = \text{Virta} = 0.02A$$

Sijoitetaan patterin jännite ja ledin virta laskukaavaan niin saadaan ledille tarvittava vastus.

$$R = \frac{9 - 1.7}{0.02}$$

$$R = 304.17 \Omega \quad (2)$$

Laskettuna ledille tarvittava vastus on 304.17 Ω , mutta tämä pyöristetään sopivampaan vastukseen 330 Ω .

3.3 HL149.12.10-moottori

Kuten aikaisemmasta kohdasta 2.2.3 todettiin, tarvitaan vakaa moottori pyörittämään piirilevyä, jossa on Arduino, paristo jne.

Moottoriksi valitsin HL149.12.10-moottori, joka kykenee pyörittämään 220-315 rpm (**Kuva 6.**). Tähän kierrosnopeuteen vaikuttaa kuormitus. Esimerkiksi kuormitettuna on 220 rpm ja ilman kuormitusta 315 rpm. Kyseessä on DC-moottori, jolle annetaan virtaa seinästä säädettävällä hakkuriteholähteellä (**Kuva 7.**). Tämän hakkuriteholähteen toiminta-alue on 3-12Vdc /8/. Tämä ei tuota ongelmia moottorin kanssa, koska tämä kyseinen moottorin käyttöjännite on 12V. Kierrosnopeutta on mahdollista muuttaa haluttuun nopeuteen hakkuriteholähteen avulla. Tässä työssä joudutaan käyttämään 12V, koska paino, joka muodostuu levyn päälle, on sen verran suuri.



Kuva 6. Moottori.



Kuva 7. Hakkuriteholähde.

Tehohakkurilähteestä jouduttiin poistamaan liitinpää, että saadaan sisältä tarvittavat + ja – navat moottoriin.



Kuva 8. Hakkuriteholähteen kiinnitys moottoriin.

Kuten kuvasta 8 näkee, johdon pääty on katkaistu hakkuriteholähteestä ja kiedottu moottorin + ja – navoille. Johdon valkoinen raita on positiivinen ja pelkkä musta on negatiivinen. Tämä korvataan myöhemmässä vaiheessa kolvaamisella, mikä varmistaa johtojen paikallaan pysyvyyden. Myös kolvatut johdot peitetään sähköteipillä, jotta ei synny kontaktia moottoria käsitellessä.

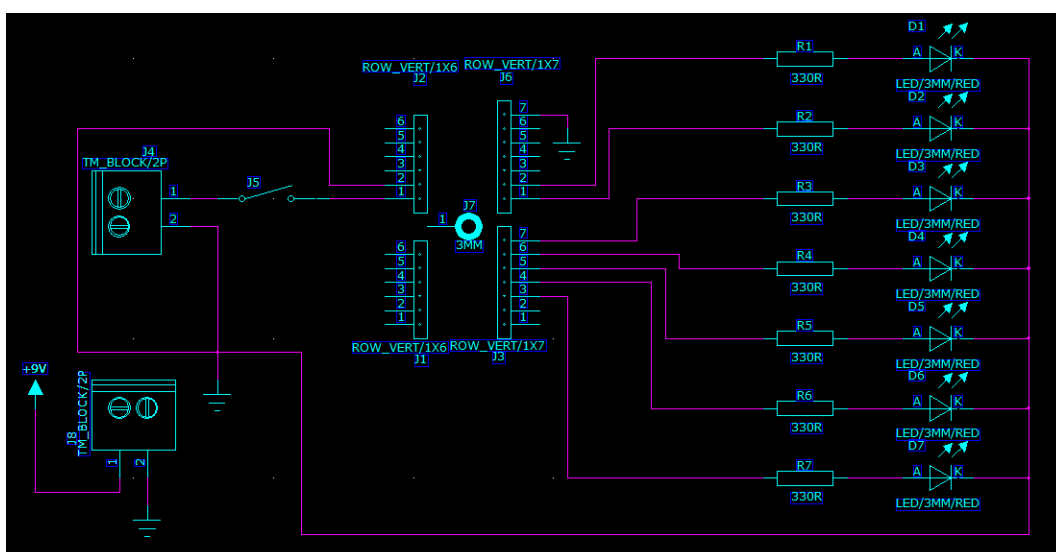


Kuva 9. Kiinnitetty virta moottorille.

4 TOTEUTUS

4.1 Piirikaavio ja piirilevy

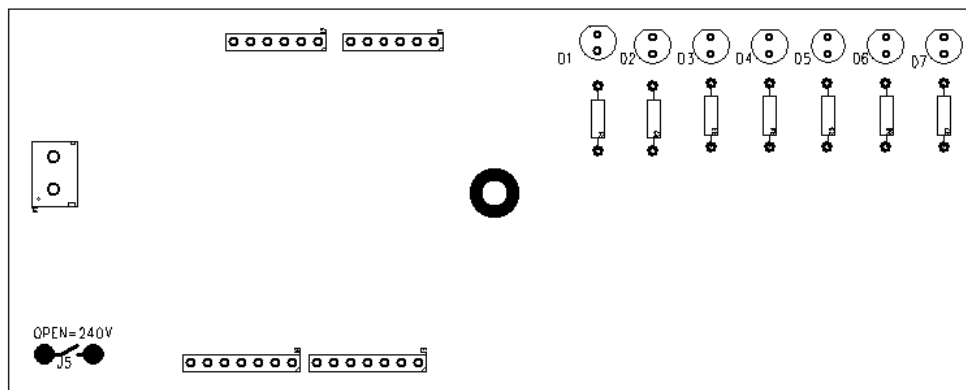
Piirilevy on suunniteltu PADS logic- ohjelmalla, jolla on mahdollista suunnitella piirilevyt ja tarkistaa niiden toimivuus ennen niiden rakentamista. Koulun omasta PADS logic-kirjastosta löytyivät tarvittavat komponentit tämän levyn suunnitteluun.



Kuva 10. Kytentäkaavio.

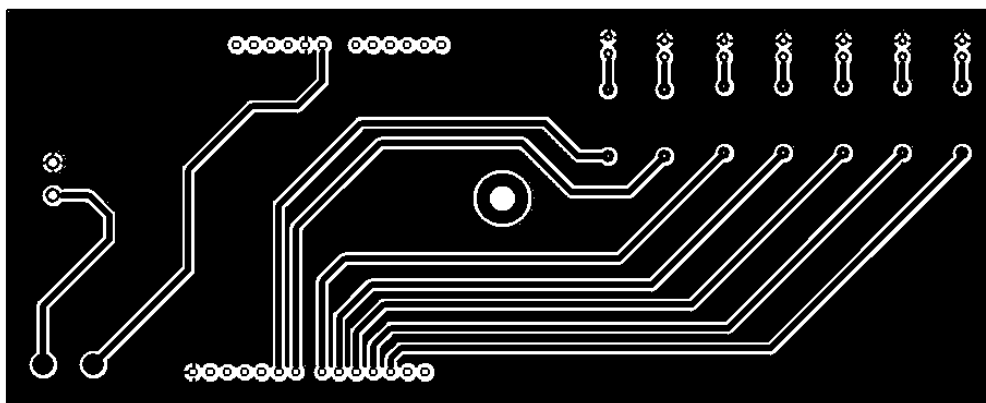
Tässä vaiheessa myös reikä lisättiin piirilevyyn mistä sitten moottori ”piikki” tulee läpi. Kuvassa 10 näkyy 3MM kokoinen reikä. Tämä on kuitenkin muokattu vastaamaan moottorin piikin reiän kokoa, joka on 4MM. Reikä on sijoitettu piirilevyn keskelle. Tällä ratkaisulla saatiin piirilevy tasapainoon.

Kun on saatu piirikaavio tehtyä PADS-logicilla, niin seuraavana on komponenttien sijoittelu haluttuun paikkaan. Omat ”oikeat” paikat tuli sijoiteltua seuraavasti. (Kuva 11.).



Kuva 11. Yläpuoli.

Kun liitetyt osat on saatu sopiville paikoille, alkaa reittien suunnittelu.



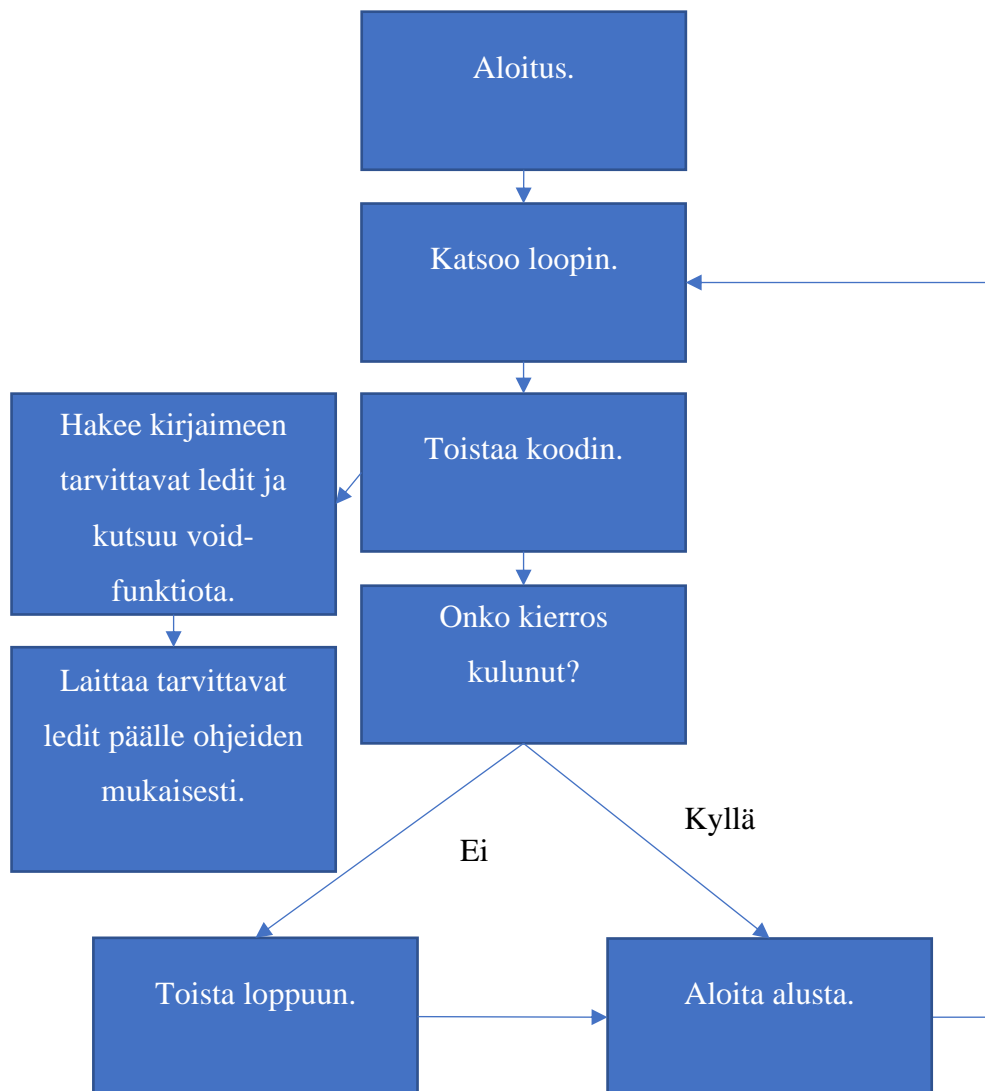
Kuva 12. Alapuoli.

Kuvasta 12 näkee virtuaalisesti kuparoidun piirilevypohjan. Kyseinen kuva kertoo myös komponenttien reitityksen piirilevyllä. Tämä tulostetaan kalvolle, joka valaistaa piirilevyn pohjaan.

4.2 Koodi

Koodi tässä projektissa on selkeä ja helposti laajennettavissa muihin kirjaimiin. Taulukosta 2 näkee lohkokaaaviona koodin kulun.

Taulukko 2. Koodin kulku



Koodissa kutsutaan ohjeita kirjaimen muodostamiseen ja tämän ohjeen sisällä kutsutaan toista funktiota, joka sitten väläyttää oikeat ledit. Nämä ovat void-

funktioita, koska mitään ei tarvitse palauttaa looppiin takaisin. Ohjelma vain jatkaa eteenpäin main looppia.

Määritellään koodissa ensimmäisenä LEDeille paikka Arduinon pinneistä (**Kuva 13.**). Tällä korvataan kaikki viittaukset LED1-LED7-pinnien numeroilla.

```
#define LED1 9 //määritellään ledit
#define LED2 8
#define LED3 7
#define LED4 6
#define LED5 5
#define LED6 4
#define LED7 3
```

Kuva 13. Ledien määrittäminen.

Pinneille pitää kertoa mikä niiden tehtävä on. Kuvassa 14 määritellään, että nämä pinnit ovat ulostuloja. Tällä pystymme kertomaan mikä pinnien tehtävä on.

```
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(LED1, OUTPUT);
  pinMode(LED2, OUTPUT);
  pinMode(LED3, OUTPUT);
  pinMode(LED4, OUTPUT);
  pinMode(LED5, OUTPUT);
  pinMode(LED6, OUTPUT);
  pinMode(LED7, OUTPUT);
}
```

Kuva 14. pinMode

Koodille on annettu ohjeet minkä ledien pitää syttyä, että saadaan oikea kirjain näkymään pyörimisen aikana.

```

void loop() {

    tj();

    A();
    A();
    M();
    U();

    tj();

}

```

Kuva 15. Main loop.

Kuvasta 15 näkee kutsut vaadittaville funktioille. Jokaisen kutsun jälkeen suoritetaan tj(); komento, joka saa ledit väläyttämään ”tyhjättään” eli toisin sanoen laitetaan kaikki pois päältä samaan aikaan. Loppuun on lisätty pieni viivästys delay-komennolla. Tämän tarkoituksena on estää koodin liian nopea toistaminen.

Kuten edellisestä voi huomata, kutsumme funktiota mistä löytyy ledeille ohjeet. Nämä ohjeet koostuvat vain ykkösistä ja nolista. Ykkösellä ledi on päällä ja nolalla ledi on pois päältä (**Kuva 16.**).

```

void A(){ //Luodaan ohjeet mitkä ledit syttyy minkäkin kirjaimen kohalla
    valaytys(0,0,0,0,0,0,0);
    valaytys(1,1,1,1,1,1,0);
    valaytys(0,0,0,1,0,0,1);
    valaytys(0,0,0,1,0,0,1);
    valaytys(0,0,0,1,0,0,1);
    valaytys(1,1,1,1,1,1,0);
    valaytys(0,0,0,0,0,0,0);
}

```

Kuva 16. Ohjeet A-kirjaimelle

Kun kirjaimen funktioita on kutsuttu, se lähettää tarvittavat ohjeet void valaytys-funktioille, jossa napataan nämä ykköset ja nollat ja sijoitetaan ne sen parametreihin.

Koodin lopussa on säännöt mitkä ledit menevät päälle ja mitkä ei. Perus If-Else-lauseilla tämä kyseinen asia toteutetaan. Kun saadut käskyt on syötetty kuvan 17 L1-L7 parametreihin, tarkastetaan menevätkö ledit päälle.


```
void valaytys(int L1,int L2,int L3,int L4,int L5,int L6, int L7){ //annetaan käskyt mitkä ledit on päällä

    if (L1==1) {digitalWrite(LED1,HIGH);} else {digitalWrite(LED1,LOW);}
    if (L2==1) {digitalWrite(LED2,HIGH);} else {digitalWrite(LED2,LOW);}
    if (L3==1) {digitalWrite(LED3,HIGH);} else {digitalWrite(LED3,LOW);}
    if (L4==1) {digitalWrite(LED4,HIGH);} else {digitalWrite(LED4,LOW);}
    if (L5==1) {digitalWrite(LED5,HIGH);} else {digitalWrite(LED5,LOW);}
    if (L6==1) {digitalWrite(LED6,HIGH);} else {digitalWrite(LED6,LOW);}
    if (L7==1) {digitalWrite(LED7,HIGH);} else {digitalWrite(LED7,LOW);}
    delay(2);
}
```

Kuva 17. Käskyt ledeille.

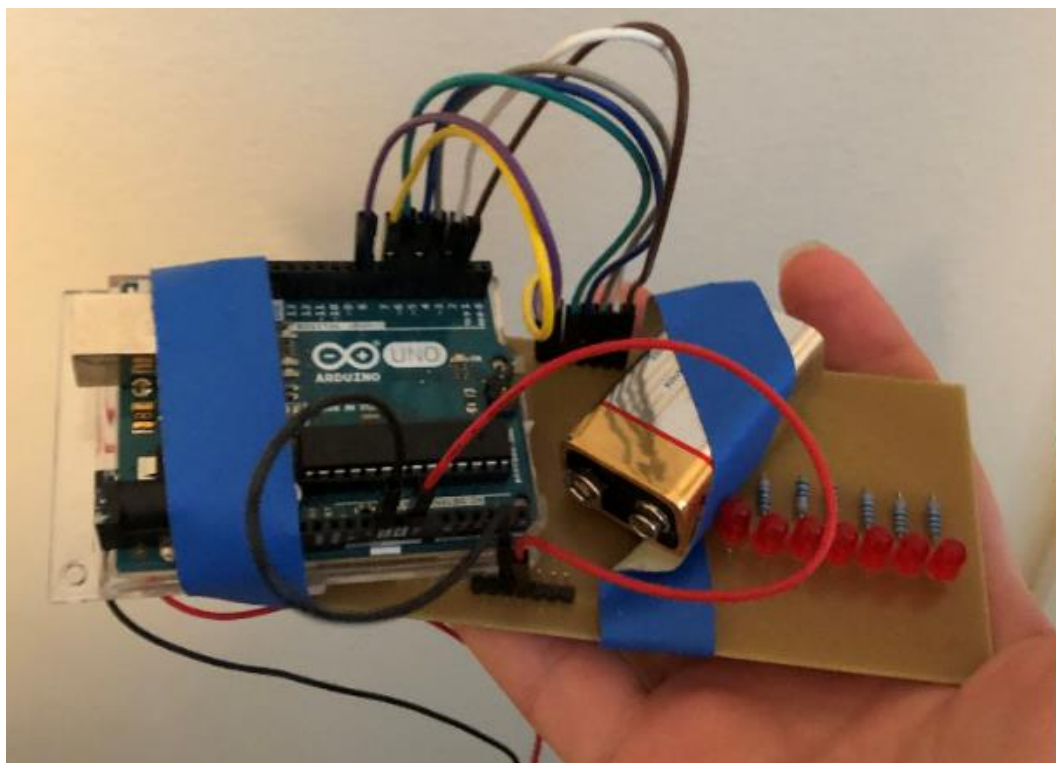
Kun kirjaimen ledit on väläytetty, annetaan sen jälkeen komento main loopissa ledeille menemään pois päältä. Tällä varmistetaan se, että kirjaimet eivät sekoitu keskenään väläytyksien aikana. Myös koodin lopussa annetaan sama käsky samoista syistä. If-ELSE-lauseella pystytään toteuttamaan kyseinen toiminto helpommin ja siistimmin kuin pelkällä digitalWrite-komennolla. IF-ELSE-lause tarkistaa mikä käsky on kirjoitettu ja toimii sen mukaisesti.

Koodiin on lisätty myös viivästystä. Tämä varmistaa kirjaimien selkeän näkyvyyden levyn pyöriessä.

5 TESTAUS

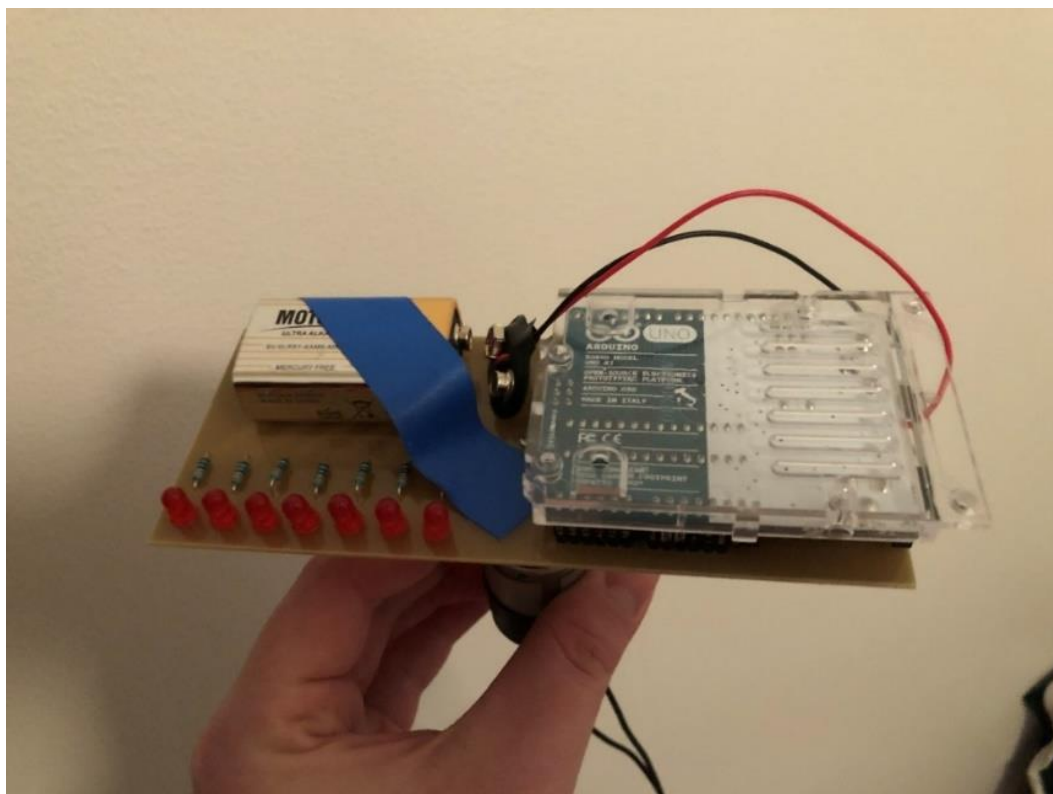
Yleismittarin avulla tarkistin levyn toimivuuden. Virta kulki paristosta loppuun asti ja ledit syttyivät. Kirjaimia saatiin näkymään ja mitään ei irronnut pyörimisen aikana.

Ensimmäisissä piirilevyissä tuli mittausvirheitä vastaan ja tämän takia Arduinoa ei voinut vain upottaa piirilevyn pinneihin. Tämä johti siihen, että jouduin käyttämään ylimääräisiä johtoja, jotta sain virran kulkemaan piirilevyn läpi (**Kuva 18**). Kyseinen virhe tuli korjattua lopullisessa piirilevyssä.



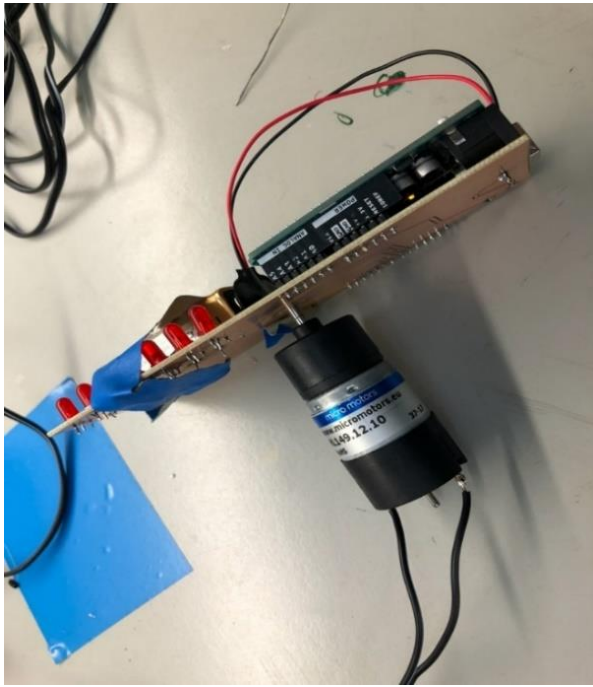
Kuva 18. Ensimmäinen prototyyppi.

Tämä prototyyppi toimi toivotusti ja parempi versio tuli tehtyä tämän pohjalta (**Kuva 19**).



Kuva 19. Lopullinen laite.

Lopputuloksena sain paljon siistimmän laitteen ilman mitään ylimääräisiä johtoja. Moottori pysyi hyvin kiinni sille suunnitellussa reiässä ja paino on tasattu sopivasti moottorin päälle.



Kuva 20. Laite alhaaltapäin.

6 JÄLKIMIETTEET

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa toimiva näyttö ledeistä, johon voi ohjelmoida kirjaimia näkyviin. Lopputyö onnistui omien näkemyksieni mukaan hyvin. Tarkoituksena oli kuitenkin luoda tästä työstä suoraviivaisempi versio. Lopputulosta on vaikea saada tallennettua kuvana, joten jouduin videoimaan tämän. /9/.

Arduinon UNO, jonka valitsin tähän työhön ei ollut paras mahdollinen ja parempia Arduinoja on olisi löytynyt tällaiseen tehtävään. Esimerkkinä Arduino Nano. Visuaalista kauneutta ja syvyyttä tähän projektiin olisi saanut vain vaihtamalla ledit RGB-LEDeihin.

Laite toimi niin kuin olin ajatellut sen toimivan ja olin tyytyväinen siihen. Tästä on hyvä jatkaa eteenpäin ja kokeilla erilaisia ratkaisuja.

LÄHTEET

- /1/ David, K. 2011. The Making of Arduino. Viitattu 11.11.2019 <https://spectrum.ieee.org/geek-life/hands-on/the-making-of-arduino>
- /2/ Arduinon verkkokauppa. Viitattu 18.11.2019 <https://store.arduino.cc/>
- /3/ Arduino Uno. Viitattu 3.12.2019 <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
- /4/ Banzi, M. & Mäenpää, Y. 2011. Arduino. Hämeenlinna. Robomaa. Viitattu 6.12.2019
- /5/ Lenore, E. 2012. Basics: Picking Resistors for LEDs. Viitattu 25.11.2019 <https://www.evilmadscientist.com/2012/resistors-for-leds/>
- /6/ Arduino Reference. Viitattu 3.1.2020 <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/digital-io/pinmode/>
- /7/ Arduino Reference. Viitattu 15.12.2019 <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/digital-io/digitalwrite/>
- /8/ Starelecin verkkokauppa. Viitattu 13.4.2020 http://www.starelec.fi/product_info.php?cPath=2682_2683_2910&products_id=20490
- /9/ Oma video. Viitattu 14.4.2020 <https://www.youtube.com/watch?v=J1-WidMK5oc>