



Jussi Mäkelä

# Sähköautokonversion vaihteenvalitsimen valmistaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

26.5.2022

# Tiivistelmä

Tekijä: Jussi Mäkelä  
Otsikko: Sähköautokonversion vaihteenvaihtimen valmistaminen  
Sivumäärä: 19 sivua  
Aika: 26.5.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Ajoneuvotekniikka  
Ammatillinen pääaine: Autosähkötekniikka  
Ohjaajat: Lehtori Sanna Heikkinen

---

Opinnäytetyön tarkoitus oli valmistaa vaihteenvaihtin, joka soveltuu sähköautokonversioon. Vaihteenvaihtin valmistettiin noudattaen Traficomien säädöksiä, jotka vaativat kuljettajalle ajosuunnan vaihtimen tilan ilmoittimen sekä ilmoittimen siitä, että vaihde eteen- tai taaksepäin on päällä, kun kuljettajan ovi avataan.

Vaihteenvaihtimessa on näyttö, joka kertoo valitun vaihteen. Vaihteenvaihtimessa on myös kytkimet vaihteille, joiden avulla kuljettaja voi vaihtaa vaihdetta. Vaihteenvaihtin lähettää jännitteen moottorinohjaimelle, joka vaihtaa oikean vaihteen sähkömoottorille. Vaihteenvaihtimessa on vaihteet eteen, vapaa ja taakse. Vaihteenvaihtimeen kuuluu summeri, joka ilmoittaa kuljettajalle, jos ovi on auki ja vaihde eteen- tai taaksepäin valittuna samaan aikaan.

Vaihteenvaihtin rakennettiin yhteen testaukseen sopivaan koteloon, koska vaihteenvaihtinta ei ollut tarkoitus kytkeä oikeaan autoon tässä opinnäytetyössä. Vaihteenvaihtin valmistettiin piirilevyille, josta lähtee johdot kytkimille, näytölle, moottorinohjaimelle sekä 12 voltin virtajärjestelmään. Piirilevyllä on Arduino-kehityskortti, joka ohjaa vaihteenvaihtinta, sekä elektroniikkapiiri, joka muuntaa jännitteen 12 V:n järjestelmästä Arduinolle 5 V:n jännitteeseen, sekä piirit, jotka muuntavat Arduinon antaman 5 V:n jännitteen takaisin 12 V:n jännitteeksi moottorinohjaimelle. Tässä opinnäytetyössä myös merkkäänisummeri kytkettiin suoraan piirilevyille.

Lisäksi opinnäytetyössä kuvataan myös vaihteenvaihtimen asentamista autoon. Lyhyesti tarkastellaan myös sen soveltuvuutta eri sähkömoottoreille ja niiden ohjaimille.

Lopputuloksena syntyi toimiva vaihteenvaihtin asennettuna testauskoteloon. Vaihteenvaihtin kytketään 12 V:n virtalähteeseen, jolloin sen toimivuus on helppo todeta kanteen asennettujen LED-valojen ja näytön avulla.

Avainsanat: Sähköautokonversio, vaihteenvaihtin, Arduino, moottorinohjain

## Abstract

Author: Jussi Mäkelä  
Title: Manufacturing a Gear Selector for an Electric Vehicle Conversion  
Number of Pages: 19 pages  
Date: 26 May 2021

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Automotive Engineering  
Professional Major: Automotive Electronics Engineering  
Supervisors: Sanna Heikkinen, Lecturer

The purpose of this thesis was to manufacture a gear selector that is suitable for electric vehicle conversions. The gear selector was manufactured following Traficom's principles that require the vehicle to indicate to driver the selected direction and to indicate if the forward or reverse gear is engaged when the driver's door is opened.

The purpose of the gear selector is to clearly inform the driver of the gear that has been engaged. The gear selector also has gearshift switches that allow the driver to shift driving direction. The gear selector sends voltage to the motor controller, which controls the correct direction of the electric motor. The gear selector has forward, neutral, and reverse gears. The gear selector includes a buzzer that notifies the driver if the door is opened while forward or reverse gear is selected at the same time.

The gear selector was built into one housing suitable for testing, because the gear selector was not intended to be installed into a real vehicle during this thesis work. The gear selector was fabricated on a single circuit board that provides wiring for the switches, monitor, motor controller, and 12-volt supply system. The circuit board has an Arduino development board that controls the gear selector, as well as electronic circuitry that converts the supply voltage from the 12V system to 5 V required by the Arduino. Another circuit converts 5 V control signals provided by the Arduino back to the 12 V voltage level to a motor controller. During this thesis work, a buzzer was also connected directly to the circuit board.

This thesis also describes the installation of the gear selector in the vehicle, although it could not be installed. The suitability for different electric motors and their controllers is also briefly reviewed.

The result of the thesis was a properly working gear selector that was installed to the testbox. The gear selector is connected to 12V voltage, and it has built-in LED-lights, which helps to confirm that it is working properly.

Keywords: Electric vehicle conversion, gear selector, Arduino, motor controller

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tavoitteet	2
2.1	Lähtökohdat	2
2.2	Traficommin säädökset	2
3	Vaihteenvälitsimen käytännöllisyys	4
3.1	Sopivuus erilaisille sähkömoottoreille	4
3.2	Asentaminen autoon	4
3.3	Kustannukset	5
4	Vaihteenvälitsimen rakenne ja toiminta	7
4.1	Vaihteenvälitsimen rakenne	7
4.2	Arduino	11
5	Vaihteenvälitsimen valmistaminen	13
5.1	Valmistamisen suunnittelu	13
5.2	Valmistamisen toteutus	14
6	Testaus	16
7	Kehitysehdotukset	17
8	Yhteenveto	18
	Lähteet	19

## Lyhenteet

OLED: Organic light-emitting diode. Hohtodiodi, jonka elektroluminesenssi-kerros on korvattu kalvolla, jossa on orgaanisia yhdisteitä.

LED: Light-emitting diode. Valodiodi.

FET: Field effect transistor. Kanavatransistori, jota pystytään ohjaamaan ulkoisella jännitteellä.

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli rakentaa helposti asennettava vaihteenvältsin tavallisille autoharrastajille, jotka haluavat muuttaa autonsa polttomoottorisesta sähkökäyttöiseksi. Kuvassa 1 on esitetty latauksessa olevia esimerkkejä sähköautoksi muunnetuista autoista (1). Vaihteenvältsin on tarkoitettu sähkömoottorin ohjaamiseen sekä kuljettajan informoimiseen. Vaihteenvältsimen tarkoitus on kertoa kuljettajalle, mikä vaihde on valittuna. Vaihtoehtoina on vaihteet eteen, taakse tai vapaalle. Vaihteenvältsin antaa myös hälytysäänen, jos kuljettajan ovi on auki silloin, kun ajovaihde on valittuna. Vaihteenvältsin ohjaa moottorinohjaimelle menevää jännitettä, joka määrittää sähkömoottorin pyörimissuunnan eli vaihteen. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan vaihteenvältsimen käytännöllisyyttä, toimintaa ja rakennetta, sekä rakennusvaiheita ja lopullista tuotetta.



Kuva 1. Latauksessa olevat sähköautot (1).

## 2 Tavoitteet

### 2.1 Lähtökohdat

Tavoitteena oli rakentaa sähköautokonversioon tarkoitettu vaihteenvälitsin, joka noudattaa Traficomien säädöksiä ja olisi mahdollisimman helppokäyttöinen tavalliselle autoharrastajalle. Myös rakennuksen ja komponenttien aiheuttamat kulut oli tarkoitus pitää alhaisina.

Tässä opinnäytetyössä rakennettua vaihteenvälitsintä ei ollut tarkoitus asentaa oikeaan autoon, joten tavoitteeksi otettiin rakentaa koko vaihteenvälitsin näyttöineen ja kytkimineen yhteen koteloon, jossa sitä on helpompi testata ja arvioida sen toimintaa.

### 2.2 Traficomien säädökset

Traficomilla on omat säädökset sähköautokonversiolle, jotka koskevat vaihteenvälitsintä. Säädöksistä löytyy myös muita sähköautokonversioon liittyviä säädöksiä, jotka tulee selvittää sähköautokonversiota tehdessä (2, s. 30–31). Tämä opinnäytetyö tehtiin säädöksen 6.1 kohtien 5, ja 6 perusteella, jotka käsittelevät vaihteiden ilmoitinta ja sen ilmoituksia.

Traficomien säädöksessä 6.1 kohdassa 5 kerrotaan, että ajoneuvo on varustettava ajosuunnan valitsimen asennon ilmoittimella kuljettajalle. Kohdassa 6 kerrotaan, että kuljettajan on saatava ajoneuvosta poistuessaan ilmoitus, jos ajoneuvo on vielä aktiivisen ajon mahdollistavassa tilassa.

Edellä mainittujen säädösten perusteella autosta tulisi löytyä ilmoitin, joka kertoo kuljettajalle valitun vaihteen. Tähän järkevin vaihtoehto on näkyvälle paikalle asennettu näyttö, josta kuljettaja näkee jatkuvasti valitun vaihteen. Toinen säädösten vaatima toiminto on ilmoitus siitä, että ajoneuvossa on vaihde päällä, kun kuljettajan ovi avataan. Tämän säädöksen täyttämiseksi voitaisiin käyttää merkkiääntä tai ilmoitusta näytöllä. Tässä opinnäytetyössä valittiin tavaksi merkkiääntä, joka soi niin pitkään, kunnes ovi suljetaan tai vaihde vaihdetaan

vapaalle. Merkkiääni sammuu myös, jos vaihteenvalitsin on kytketty paikkaan, johon ei tule virtaa sen jälkeen, kun avaimet on poistettu virtalukosta. Kun vaihteenvalitsin saa virrat takaisin, se kytkeytyy automaattisesti vapaalle vaihteelle, jolloin merkkiääntä ei tule.



### 3 Vaihteenvalitsimen käytännöllisyys

#### 3.1 Sopivuus erilaisille sähkömoottoreille

Vaihteenvalitsin on tarkoitettu pääasiassa vaihtosähkömoottoreille, sillä tassa sähkömoottorit tarvitsevat usein useampivaihteisen vaihteiston kapeamman vääntöalueen takia (3). Sopivuutta mietittäessä tarvitsee kuitenkin arvioida moottorin vääntöaluetta sekä suorituskyvyn tarvetta.

#### 3.2 Asentaminen autoon

Vaihteenvalitsimen asennukseen kuuluu koteloidun piirilevyn, vaihteen näyttävän näytön, kytkimien sekä summerin asennus. Piirilevy tulee asentaa paikkaan, jossa se ei ole tiellä, eikä alttiina suurelle kosteudelle, ellei se ole suojattuna vesitiiviillä kotelolla.

Piirilevystä tarvitsee asentaa maa- ja virtajohdot autoon 12 V:n jännitteestä. Yksi sopiva vaihtoehto tähän olisi esimerkiksi auton sulakerasia. Sen lisäksi piirilevyltä lähtee kuusi johtoa vaihteenvalitsimen kytkimille, jotka ovat maa- ja virtajohdot jokaiselle kytkimelle, sekä neljä johtoa näytölle, jotka ovat maajohto, virtajohto, serial data -johto ja serial clock -johto. Piirilevylle tarvitaan myös johdot oven mikrokytkimeltä, joka tunnistaa, onko ovi auki vai ei. Tässä prototyypissä summeri, joka ilmoittaa kuljettajalle, jos ovi on auki, on kytketty suoraan kiinni piirilevylle sekä simuloitu oven mikrokytkintä tavallisella painokytkimellä.

Todellisuudessa summerin voi kuitenkin joutua asentamaan erilleen piirilevystä, jotta se on kuljettajan kuuloetäisyydellä.

Lisäksi piirilevystä tulee asentaa vielä johdot moottorinohjaimelle. Moottorinohjaimelle lähtee johdot, joiden jännitteen perusteella moottorinohjain vaihtaa vaihteita. Moottorinohjaimia on erilaisia, joten kytkentäkaavioiden ja rakenteen tutkiminen on tarpeellista. Usein moottorinohjaimissa on jonkinlaisella kytkimellä toteutettu ajosuunnan vaihto. Kytkimen voi korvata kahdella vaihteenvalitsimelta lähtevällä johdolla, jolloin saadaan vaihteenvalitsin kytkettyä

moottorinohjaimen. Moottorinohjainta valitessa kannattaa selvittää esimerkiksi valmistajalta tai manuaalista, miten vaihteenvälitsimen voisi siihen kytkeä.

Näyttö täytyy asentaa hyvin kuljettajan näkyville ja mieluiten paikkaan, josta johdot saadaan piilotettua pois näkyvistä ja tieltä. Mahdollisia asennuspaikkoja voisivat olla esimerkiksi auton oman mittariston läheisyyteen tai samaan paikkaan kytkimien kanssa.

Kytkimet täytyy asentaa helposti saatavilla olevaan paikkaan, jossa kytkimiä ei kuitenkaan paina vahingossa. Vaihtoehdot löytyvät todennäköisesti kojelaudasta tai keskikonsolista.

Summerin asennuspaikka ei ole kovinkaan tarkka, kunhan sen antama äänimerkki kuuluu kuljettajalle selkeästi. Vaihteenvälitsimessä käytetty summeri on pienitehoinen, joten sen täytyy olla lähellä kuljettajaa, esimerkiksi kojelaudalla tai keskikonsolissa.

### 3.3 Kustannukset

Vaihteenvälitsintä tehdessä pyrittiin mataliin kustannuksiin. Kustannusten arvioiminen on tärkeä osa projektia sähköautokonversiota suunnitellessa. Komponenttien yhteishinnaksi tuli 74,41 €. Kaikkien komponenttien kustannukset on eritelty taulukossa 1. Kustannukset jäivät siis muihin sähköautokonversioon tarvittaviin osiin verrattuna pieniksi, jos tarkastellaan esimerkiksi sähkömoottorien, ohjainlaitteiden tai akustojen hintoja.

Ostopaikoiksi valikoitui Ebay ja Partco. Omien kokemusten perusteella Ebay-verkkokaupasta löytää komponentteja edullisesti, mutta toimituksissa saattaa kestää useita viikkoja. Partcon liikkeestä komponentit sai usein jo samana päivänä kotiin, joten sieltä tilaaminen oli kätevää vaihteenvälitsintä tehdessä. Opinäytetyössä käytetyt kytkimet löytyivät jo valmiiksi omasta varastosta, joten uusia ei tarvinnut tilata. Kotelo oli järkevintä 3D-tulostaa, jotta siitä saatiin juuri halutunlainen ja vaihteenvälitsimen asennus koteloon sujui helposti.

Taulukko 1. Komponenttien kustannukset.

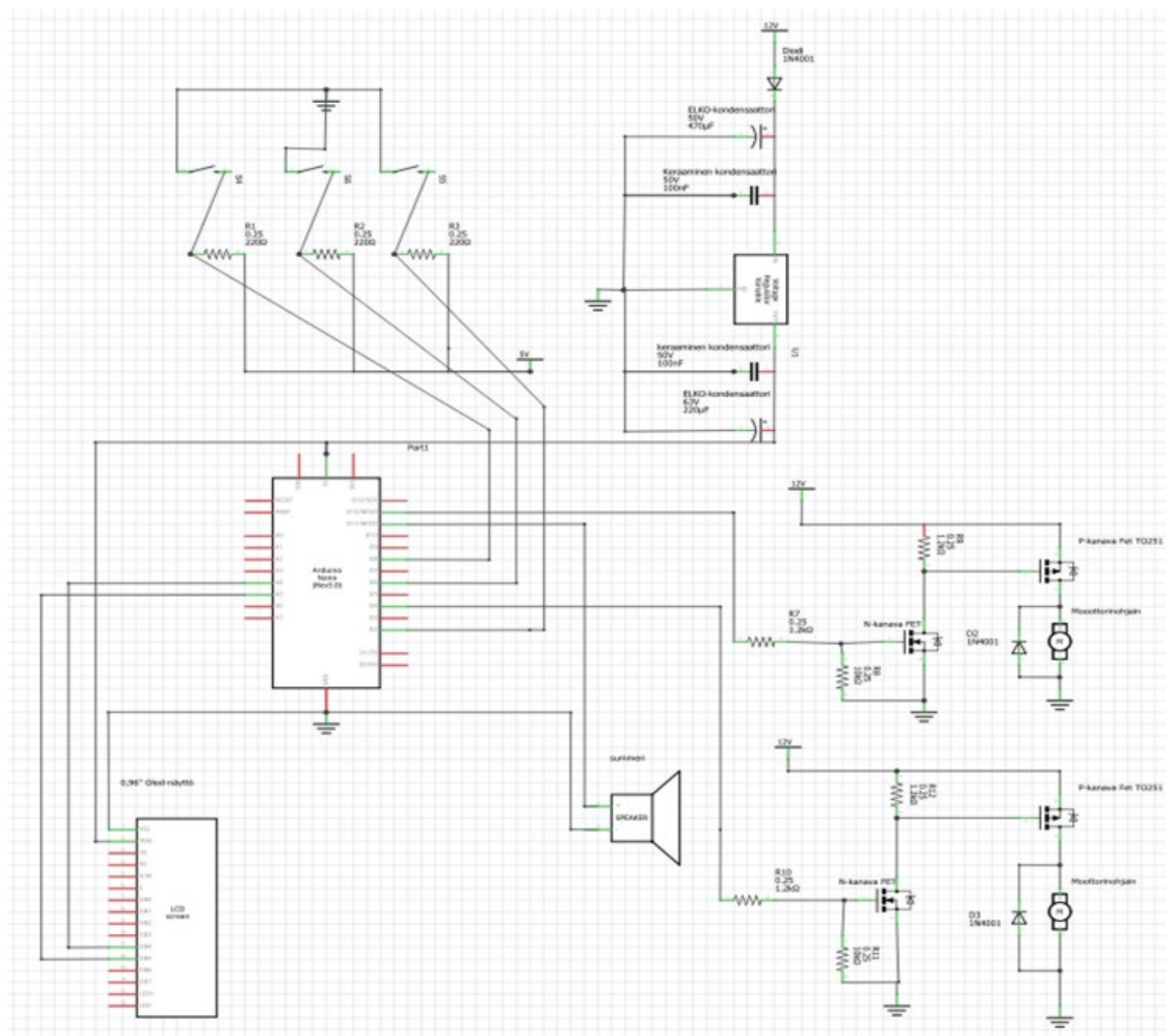
Tuote	KPL	Hinta	Ostopaikka
Arduino Nano ATmega328	3	14,95 €	Ebay
0,96" 128x64 OLED-näyttö	1	5,85 €	Ebay
KoekytKentälevy	1	7,50 €	Ebay
KytKentälevy	1	4,40 €	Partco
Merkkiäänisummeri	1	1,00 €	Partco
N-kanava MOSFET	2	1,18 €	Partco
P-kanava MOSFET	2	3,22 €	Partco
50 kohm vastus	3	0,75 €	Partco
1,2 kohm vastus	4	1,00 €	Partco
10 kohm vastus	2	0,50 €	Partco
Jänniteregulaattori TO220	1	0,54 €	Partco
1N4007 diodi	3	0,45 €	Partco
470µF ELKO-kondensaattori	1	1,84 €	Partco
220µF ELKO-kondensaattori	1	0,93 €	Partco
100nF keraaminen kondensaattori	2	0,30 €	Partco
Hyppyjohtoja/johtimia		~10€	Partco
3D-tulostettu kotelo	1	~15€	Opiskelijakollega
Kytkimet	4	~5€	Oma varasto
<b>Kokonaiskustannus</b>		<b>74,41 €</b>	

## 4 Vaihtevalitsimen rakenne ja toiminta

### 4.1 Vaihtevalitsimen rakenne

Kuvassa 2 on esitetty vaihtevalitsimen kytkentäkaavio kokonaisuudessaan. Rakenne on kuitenkin esitelty myöhemmin selvemmin pienempinä paloina (kuvat 3–5), jossa kytkentäpiirin eri osien tarkoitus on tuotu esiin.

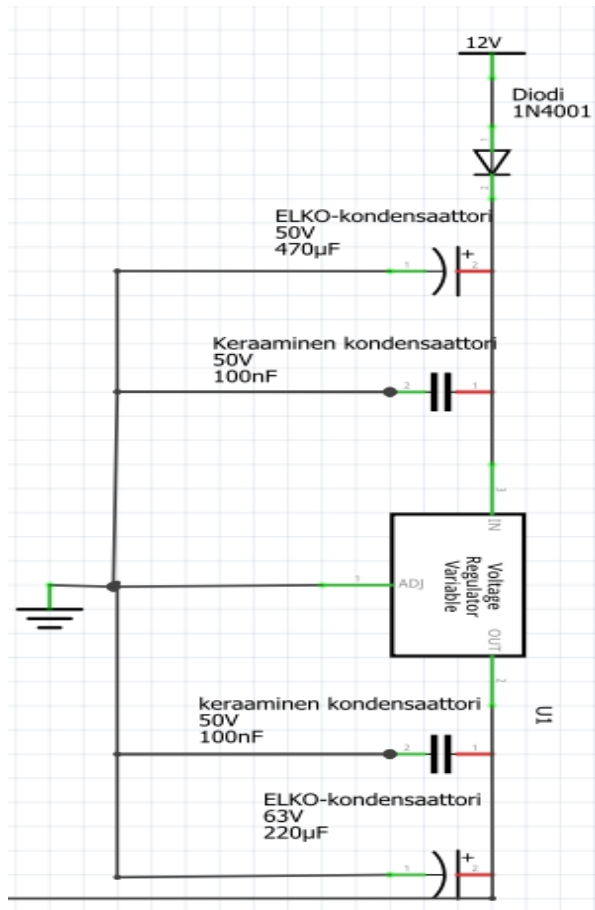
Kuva 2. Koko kytkentäkaavio.



Vaihteenvaihtajin koostuu regulointipiiristä, joka muuntaa 12 V:n jännitteen Arduinolle sopivaksi 5 V:n jännitteeksi (4), Arduinosta sekä piireistä, jotka muuntavat Arduinon antaman 5 V:n jännitteen takaisin 12 V:n jännitteeksi moottorinjaimelle (5). Vaihteenvaihtajimeen liitettiin myös neljä kytkintä, joista kolme on vaihteen valitsemiseen ja yksi simuloimaan oven avaamista. Lisäksi vaihteenvaihtajimeen liitettiin OLED-näyttö näyttämään valitun vaihteen ja sumneri ilmoittamaan, jos ovi on auki ja vaihde eteen- tai taaksepäin päällä.

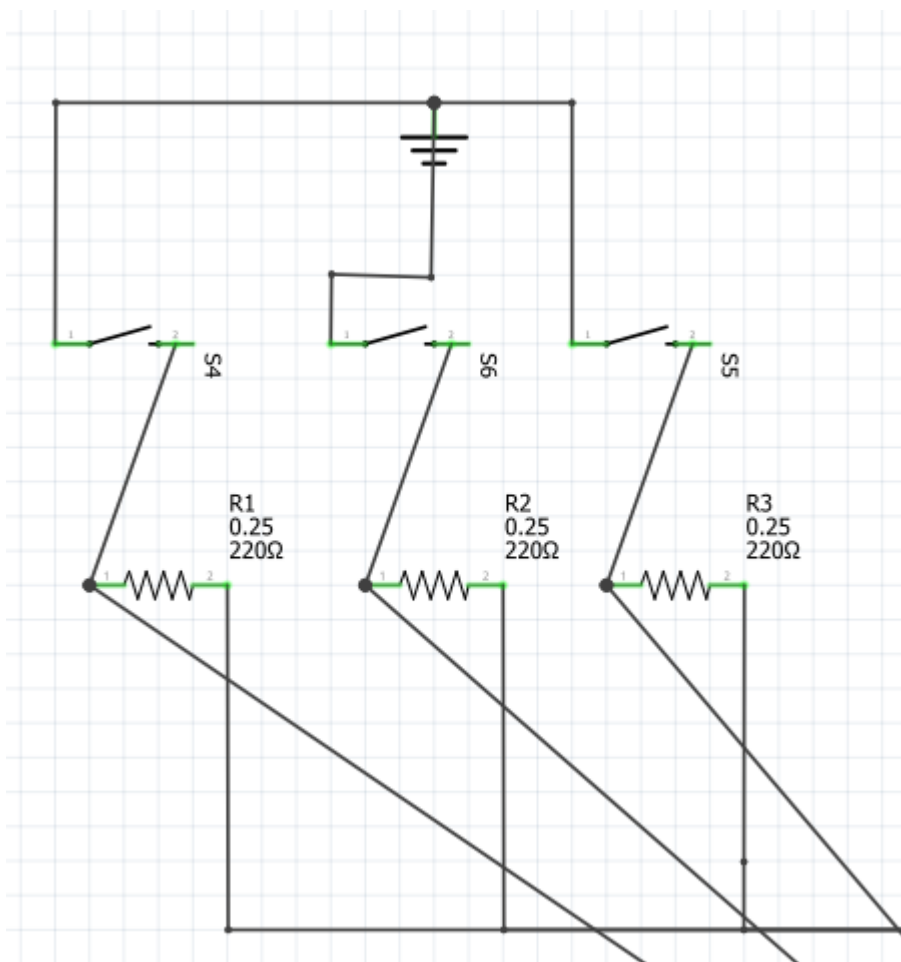
Vaihteenvaihtajimelle rakennettuun testauskoteloon asennettiin myös LED-valot vaihteille eteen- ja taaksepäin. LED-valot varmistavat vaihteenvaihtajimen toiminnan. OLED-näyttö ja sumneri asennettiin myös testauskotelon kanteen.

Kuvassa 3 esitetty regulointipiiri kytketään suoraan auton 12 V:n jännitelähteeseen, joka sitten muuntaa jännitteen Arduinolle sopivaksi 5 V:n jännitteeksi. Regulaattorin ulostulo on kytketty Arduinon 5V-pinniin ja antaa siten Arduinolle tarvittavan jännitteen ja virran. Regulointipiiri koostuu 7805-regulaattorista, 1N4007-yleisdiodista, 470  $\mu\text{F}$ :n ELKO-kondensaattorista, 220  $\mu\text{F}$ :n ELKO-kondensaattoreista sekä 100 nF:n keraamisista kondensaattoreista.



Kuva 3. Regulointipiiri

Kuvassa 4 esitetty kytkinpiiri toimii kuljettajan vaihteenvalitsimena. Piirissä on kolme kytkintä, joista kuljettaja voi valita vaihteen eteen- tai taaksepäin tai vaapaalle. Kytkinpiiri koostuu kolmesta kytkimestä sekä kolmesta alasetovastuksesta. Kytkimien toinen pää on kytketty maahan ja toinen pää vastuksen kautta 5 V:n jännitelähteeseen. Kun kytkin johtaa, on jännitehäviö vastuksen yli 5 V, ja kun kytkin ei johda, jännitehäviötä ei ole. Arduinolle menevät mittajohdot mitaavat jännitteen vaihtelua ja siten tunnistavat, kun kytkintä painetaan.

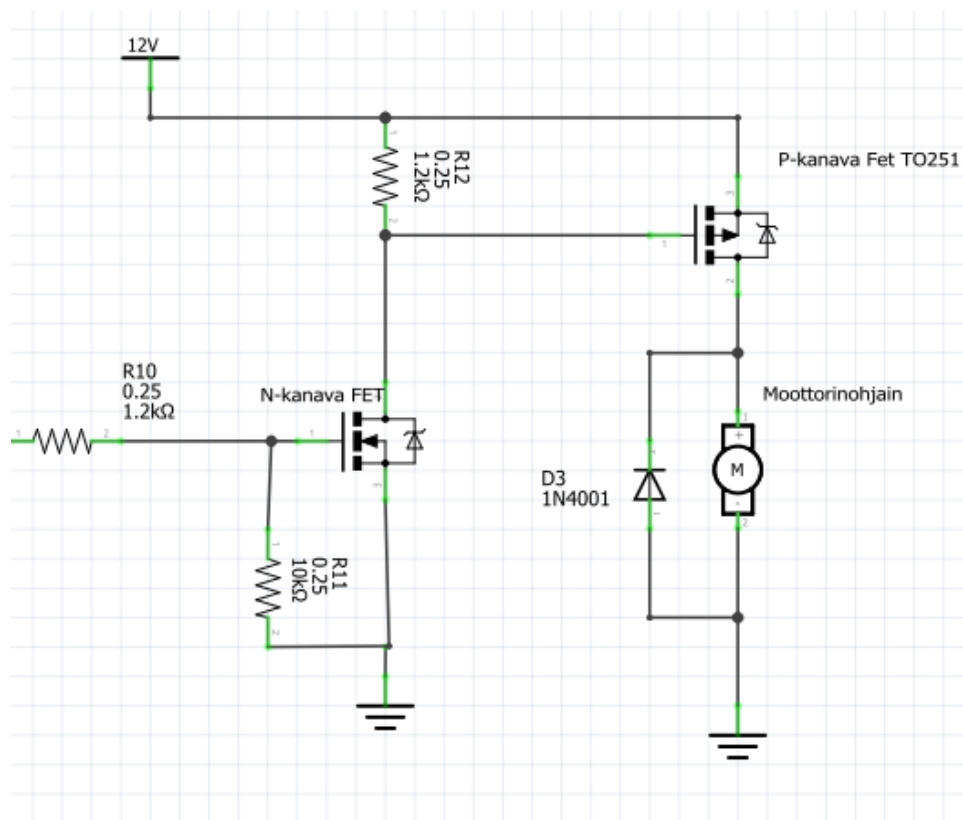


Kuva 4. Kytkimet.

Arduinon ja moottorinohjaimen väliin tuleva kuvassa 5 esitetty piiri antaa moottorinohjaimelle 12 V:n jännitteen, jolloin moottorinohjain kytkee vaihteen päälle. Piiri toimii, kun Arduino antaa 5 V:n jännitteen n-kanava fetin hilalle, ja se päästää 12 V:n jännitteen ylitseen maahan, jolloin vastuksen R12 yli on 12 V:n jännitehäviö. Tällöin p-kanava fetin hilalle ei tule jännitettä, ja silloin se päästää 12 V:n jännitteen moottorinohjaimelle. Jos Arduinolta ei tule 5 V:n jännitettä n-kanava fetin hilalle, niin p-kanava fetin hilalle tulee 12 V:n jännite eikä se päästä 12 V:n jännitettä moottorinohjaimelle.

Edellä mainittu piiri on tehty vaihteelle eteenpäin ja taaksepäin. Vapaavaihteelle ei tarvitse omaa piiriä, koska kun kytkimestä kytetään vaihde vapaalle, ei

jännitettä mene eteen- tai taaksepäin olevan vaihteen piirille, joten kumpikaan vaihde ei kytkeydy.



Kuva 5. Jännitteiden ohjauspiiri.

## 4.2 Arduino

Arduino-alustana käytettiin Arduino Nanoa. Arduinon koodi tehtiin Arduino IDE-ohjelmalla. Koodissa käytettiin hyväksi Arduino-kirjastoja. Kirjastot helpottivat yksinkertaistamaan koodia, jolloin sitä on helpompi lukea ja se oli myös helpompi tehdä.

”OneButton”-kirjasto auttoi kytkimien toiminnan koodauksessa. Jatkuvasti kierätettävään ohjelmaosuuteen void loop() tarvitaan vain yksi rivi koodia kytkintä kohden, esimerkiksi D\_painike.tick();, joka huomaa, kun kyseistä kytkintä



painetaan, ja sen jälkeen suorittaa erilliseen funktioon void DClick() tehdyn koodin. Tähän erilliseen funktioon tehty koodi kytkee vaihteen eteenpäin päälle ja poistaa muut vaihteet käytöstä. Se myös kirjoittaa OLED-näytölle kirjaimen D, joka ilmoittaa kuljettajalle, että vaihde eteenpäin on kytketty. Sama koodi on tehty jokaiselle vaihteelle.

"Wire"-kirjasto tarvitaan, jotta Arduino pystyy kommunikoimaan OLED-näytön kanssa. "AdaFruit"-kirjastot auttavat määrittämään OLED-näytölle sopivankokoisen fontin ja tekstin paikan näytöllä.

Summerille, joka ilmoittaa kuljettajalle, jos ovi on auki ja vaihde päällä, on tehty suoraan jatkuvasti kierrätettävään ohjelmaosuuteen void loop() oma koodinsa, jonka ehdoissa on, että jos kytkintä painetaan (auton ovi avataan) ja vaihde eteen- tai taaksepäin on päällä, niin summeri antaa äänimerkin, kunnes joko ovi laitetaan kiinni tai vaihde vaihdetaan vapaalle.

Lisätoimintona, jota ei alun perin suunniteltu, tuli pieni äänimerkki, jos vaihteen vaihtaa peruutusvaihteelle. Se antaa lisäselvennyksen kuljettajalle, että peruutusvaihde on kytketty päälle, sekä huomauttaa kuljettajalle äänimerkin avulla, jos peruutusvaihde on kytketty vahingossa päälle eikä kuljettaja katso näytöltä päällä olevaa vaihdetta.

Koodin heikkoutena on se, että siinä ei ole estoa vaihteen vaihtamiselle kesken ajon, ja voi aiheuttaa vaaratilanteen. Useimmissa moottorinohjaimissa kuitenkin on valmiiksi toiminto, joka estää vaihteen vaihtamisen vauhdissa.

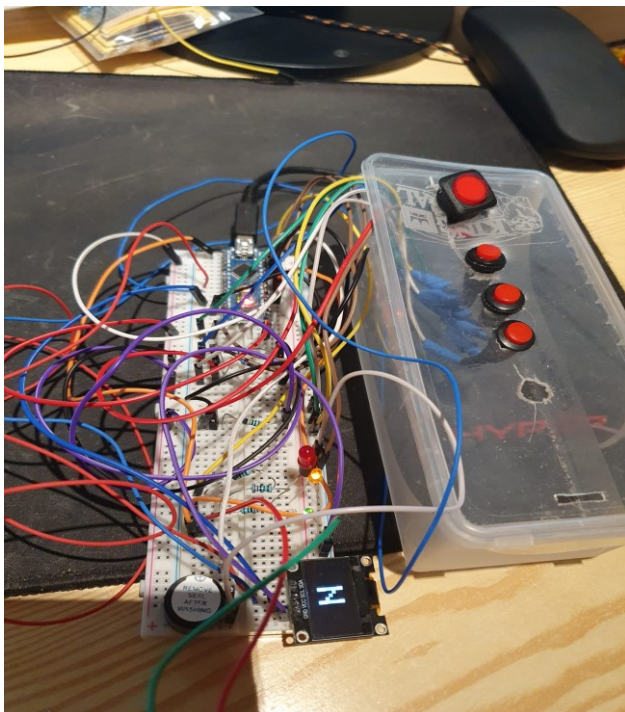
## 5 Vaihteenvalitsimen valmistaminen

### 5.1 Valmistamisen suunnittelu

Tarkoituksena oli saada Arduino ja jännitteenalennuspiiri mahdollisimman pienikokoisen suojakotelon sisään. Suojakotelosta lähtee johtimet sähkömoottorille, vaihteenosoitinnäytölle, ovikytkimelle ja -summerille sekä vaihteenvalitsinkytkimille.

Laitetta ei ollut tarkoituksena kiinnittää autoon, vaan testata sen toiminta 12 V:n akkuun kiinnittämällä ja yleismittarilla mittaamalla, joten kotelosta lähtevät johtimet jätettiin lyhyiksi helpottamaan laitteen kokoamista ja testausta sisätiloissa.

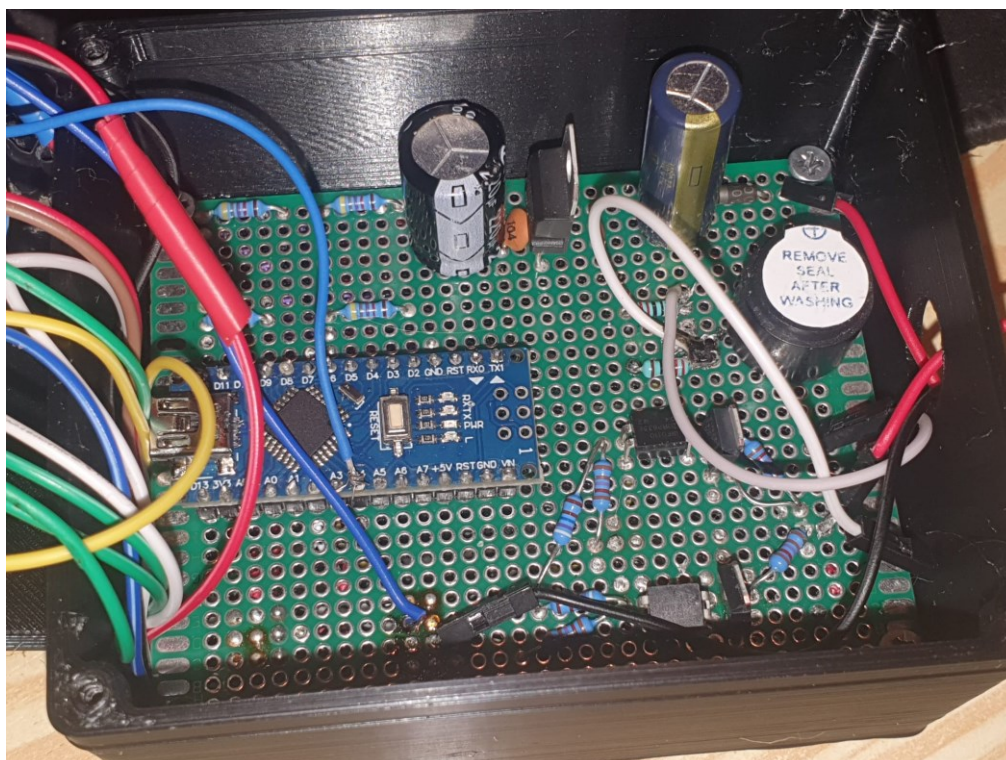
Ennen varsinaisen laitteen valmistamista, tehtiin koekytkentälevylle kokeiluversio, joka auttoi koodaamisessa sekä kytkentöjen tekemisessä, jotta kaikki saatiin toimimaan. Se toimi myös mallina varsinaista laitetta valmistessa. Koeversio on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Koekytkentälevylle tehty kokeiluversio, jossa vaihteenvalitsin ohjaa kytkimien avulla LED-valoja.

## 5.2 Valmistamisen toteutus

Vaihtevalitsin valmistettiin yhdelle 70 mm x 90 mm:n kytkentälevylle, josta lähtee tarvittavat johtimet kotelon kanteen kiinnitettäville näytölle, kytkimille ja summerille, sekä 12 V:n jännitelähteeseen kiinnitettäville virta- ja maajohdolle. Piirilevystä ei tullut ulkonäöltään täydellinen, koska kokemusta piirilevyn tekemisestä ei ollut paljoa. Osa juotoksista on rumannäköisiä mutta kuitenkin toimivia. Myös piirilevyn suunnittelussa olisi voinut paremmin huomioida etukäteen tarvittavien juotosten tekemisen. Kotelon sisään asennettu piirilevy on esitetty kuvassa 7.

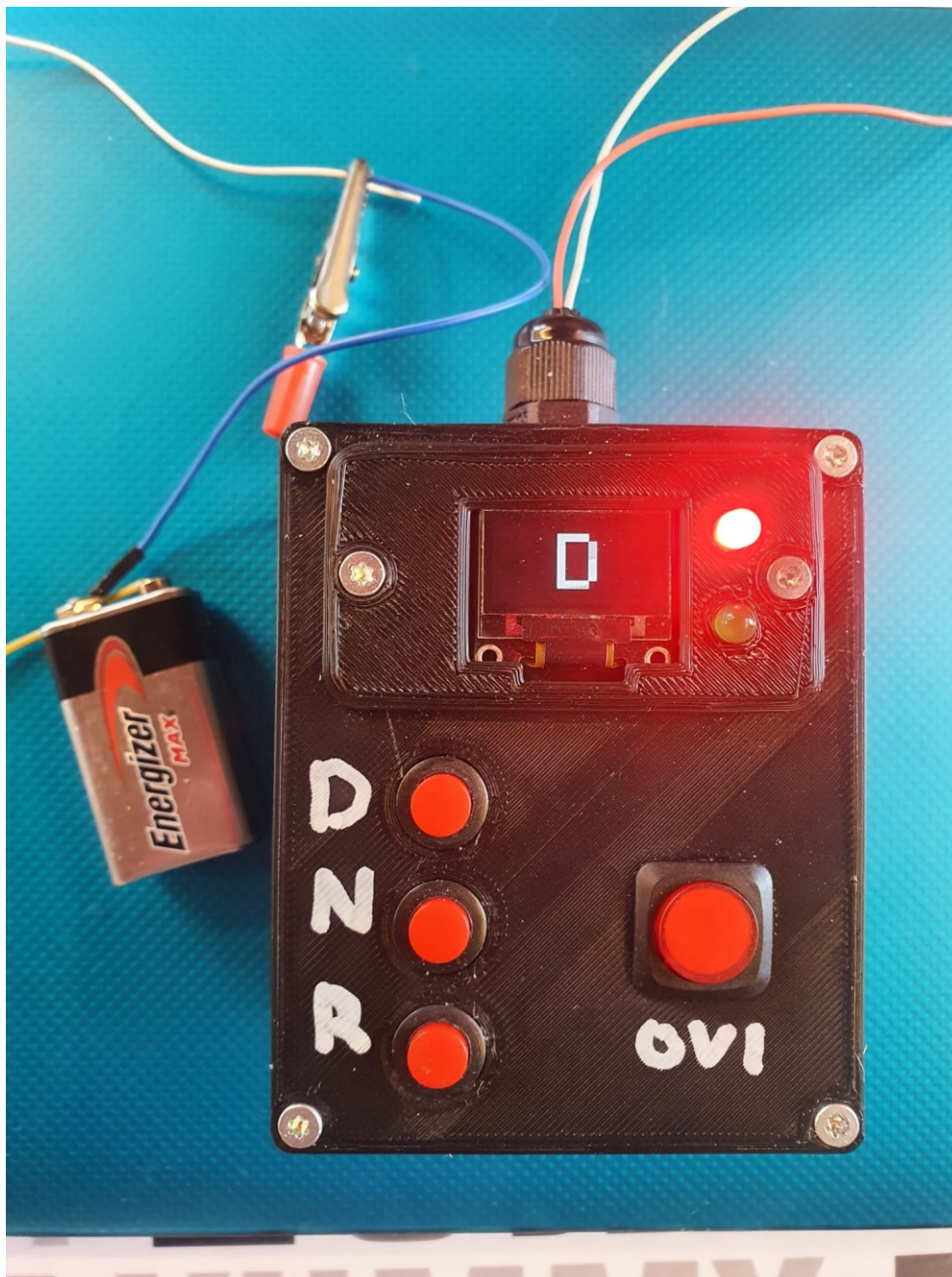


Kuva 7. Piirilevy kotelon sisällä.

Kuvassa 8 on esitetty vaihtevalitsin kokonaisuudessaan ulkoapäin. Kotelo on 92 mm pitkä, 78 mm leveä, ja 50 mm korkea. Kannessa näkyy selvästi näyttö, joka osoittaa valitun vaihteen sekä sen vieressä kaksi LED-valoa, joista



punainen kertoo, että vaihde eteenpäin on valittuna, ja vihreä, että vaihde taaksepäin on valittuna. LED-valot syttyvät vain, jos moottorinohjaimelle kytkettävät johtimet ovat oikeasti jännitteellisiä. Kannessa on myös neljä kytkintä, joista suurin simuloi oven avaamista tai sulkemista ja loput vaihtavat vaihdetta. Kotelosta ulos tulevat johdot kytketään 12 V:n jännitelähteeseen, joka antaa virran kaikelle kotelon sisällä olevalle elektroniikalle.



Kuva 8. Prototyypivaihteenvältsin toiminnassa.

## 6 Testaus

Vaihteenvaihtimekanismin toiminnan testaus toteutettiin liittämällä virta- ja maajohto 12 V:n akkuun. Kaikki muu testaukseen tarvittava oli kytketty jo kiinni testausta ennakoiden rakennettuun koteloon.

Kotelon kannessa on kytkimet vaihteen valintaan ja näyttö, joka kertoo päällä olevan vaihteen. Näytön viereen kytkettiin myös kaksi LED-valoa, jotka on kytketty johtoihin, jotka autoon asentaessa tulisi kytkeä moottorinohjaimen. Nämä LED-valot kertovat siis syttyessään sen, että jännite oikeasti kulkee haluttujen johtojen kautta moottorinohjaimelle siihen kytkettäessä. Moottorinohjaimelle kytkettävien johtojen jännite mitattiin varmistukseksi vielä yleismittarilla, jotta varmistettiin vaadittavasta 12 V:n jännitteestä.

Testauksessa todettiin, että vaihteenvaihtimekanismi toimii halutulla tavalla. Vaihteiden vaihto onnistuu, ja sen voi todeta näytöllä vaihtuvasta kirjaimesta sekä vieressä olevasta LED-valosta. Myös oven avaamista simuloiva kytkin kotelon kannessa toimii, ja sitä painettaessa vaihde päällä piirilevyllä kytketty summeri alkoi hälyttämään toivotulla tavalla.

Ainoana parannettavana asiana testauksessa todettiin, että välillä kytkintä painaessa vaihde ei välttämättä vaihdu. Jos kytkintä kuitenkin painaa rauhallisesti ja kunnolla, niin vaihde vaihtuu. Ongelma johtuu todennäköisesti kytkimien huonosta laadusta, joten autoon kytkettäessä kannattaa etsiä laadukkaat kytkimet. Laadukkaammat kytkimet kestävät myös pidempään ehjänä.

## 7 Kehitysehdotukset

Vaihteenvälitsimessä jäi vielä kehitettävää seuraavaan versioon, mutta toteutettu versio toimii sellaisenaankin hyvin. Vaihteenvälitsimessä ei ole estoa vaihteen vaihtamiselle kesken ajon. Esto vaihteen vaihtamiselle kesken ajon olisi hyvä lisä vaihteenvälitsimeen, vaikka useissa moottorinohjaimissa onkin esto jo valmiina.

Pitkäaikaisen toiminnan takaamiseksi vaihteenvälitsimeen saattaisi tarvita vielä komponentteja, jotka suojaavat piirin tärkeitä osia ja estävät liian suuren jännitteen tai virtapiikkien pääsyn vääriin paikkoihin. Esimerkiksi jos kytkimet asennetaan kauas vaihteenvälitsimestä, niin pidemmät johdot voivat ottaa enemmän häiriötä, mikä voi vaikuttaa vaihteenvälitsimen toimintaan. Esimerkiksi sisätilan puhaltimen induktori voi aiheuttaa häiriötä lähellä oleviin johtoihin.

Vaihteenvälitsimen kytkimet ovat huonolaatuisia, minkä takia ne eivät ole kovinkaan herkkiä. Tämä aiheuttaa sen, että vaihde ei välttämättä vaihdu, jos kytkintä ei paineta kunnolla. Tämä on helppo korjata vaihtamalla kytkimet parempilaatuisiksi.

KytKentälevyn kytkennät eivät ole ammattilaisen tekemiä eivätkä siis täydellisiä tai kovinkaan siistin näköisiä. Jos kytKentälevyä ei osaa tai halua rakentaa itse, niin sen voi myös tilata valmiina. Esimerkiksi Eurocircuits valmistaa piirilevyjä, mutta levyn valmistamiseen vaaditaan valmiiksi suunnitellut tiedostot levyn rakenteesta sekä komponentit rajoittuvat usein liikkeen omaan valikoimaan (6).

## 8 Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan sanoa, että tavoitteisiin päästiin. Traficomien säädösten mukaisesti valmistettiin vaihteenvältsin, johon sisältyy näyttö, josta kuljettaja näkee selkeästi päällä olevan vaihteen sekä summeri, joka ilmoittaa kuljettajalle, jos ovi on auki samaan aikaan, kun vaihde on päällä.

Kustannukset pysyivät suhteellisen matalina, ja kaikilla sähköautokonversiota harkitsevilla pitäisi riittää budjetti sijoittaa vaihteenvältsimen valmistamiseen käytettyihin osiin. Kustannukset vaihteenvältsimen valmistamiseen olivat noin 74 euroa.

Vaihteenvältsin toimii, kuten oli tarkoitettu. Haluamansa vaihteen saa valittua kytkimien avulla ja näytöltä näkee valitun vaihteen. Suojakotelon kanteen asennetuilta LED-valoilta näkee, että jännite kulkee haluttua johtoa pitkin, jos sen asentaisi moottorinohjaimeen. Myös merkkiäänisummeri toimii kuten pitääkin.

Kehitettävää vaihteenvältsimeen jäi, vaikka se todennäköisesti toimisi sellaisenaankin riittävän hyvin myös käytännössä. Ensisijaiset kehityskohteet olisivat kytkimien herkkyyden parantaminen sekä vaihteen vaihtamisen esto kesken ajon. Myös tarvetta suojauskomponenteille olisi hyvä miettiä pidempiaikaisen käytön yhteydessä sekä mahdollisten häiriöiden minimoimiseen.

## Lähteet

- 1 Briscoe, Neil. 2020. How to put an electric car on your driveway for as little as £900. Verkkoaineisto. Autocar. <<https://www.autocar.co.uk/car-news/used-cars/how-put-electric-car-your-driveway-little-£900>>. Päivitetty 1.12.2020. Luettu 28.3.2022.
- 2 2021. Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen. Verkkoaineisto. Traficom. <[https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/Auton\\_ja\\_sen\\_peravaunun\\_rakenteen\\_muuttaminen%20alkuperäinen%20294495.pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/Auton_ja_sen_peravaunun_rakenteen_muuttaminen%20alkuperäinen%20294495.pdf)>. Päivitetty 25.1.2021. Luettu 18.3.2022. s.30–31.
- 3 2017. 4 - Moottori. Verkkoaineisto. Sähköautot – Nyt!. <<http://www.sahkoautot.fi/wiki:moottori>>. Päivitetty 24.7.2017. Luettu 18.3.2022.
- 4 Nimimerkki Diy\_World. 2019. Convert 12V to 5V by using 7805 or using Resistor?. Verkkoaineisto. forum.arduino.cc. <<https://forum.arduino.cc/t/convert-12v-to-5v-by-using-7805-or-using-resistor/623870>>. Luettu 28.3.2022.
- 5 Nimimerkki JohnRob. 2017. Control RGB LEDs (common cathode) with a Mosfet or a transistor. Verkkoaineisto. forum.arduino.cc. <<https://forum.arduino.cc/t/control-rgb-leds-common-cathode-with-a-mosfet-or-a-transistor/484397>>. Luettu 28.3.2022.
- 6 About our Manufacturing Services. 2022 Verkkoaineisto. Eurocircuits GmbH. <<https://www.eurocircuits.com/about-our-manufacturing-services/>>. Luettu 28.3.2022.