



CHALMERS

Utveckling av en
Elektrisk Longboard
och en trådlös handkontroll

Kandidatarbete SSYX02-17-07

Författare:

David Tobin

Victor Brandt

Niklas Midefelt

Henrik Norbäck

Handledare:

Mario Zanon

Examinator:

Nikolce Murgovski

Institutionen för Signaler och System
Chalmers tekniska högskola
Göteborg, 2017

Abstract

An electric longboard has been repaired and further developed with the purpose of serving as an everyday means of transport in an urban environment. To support the user, a handheld controller was developed that can display useful information such as the current speed and battery levels in both the controller and the board. The report focuses mostly on the product and not as much the field of use, thus guiding how the longboard went from broken to finished product by explaining choices and construction in detail. The finished product has two powerful motors that help keep the speed at 20 km/h even in uphill runs. These are powered with batteries capable of trips for up to 50 km. An advanced speed control unit safely regulates the motor speed by providing a smooth response from the driver. The control system is equipped with regenerative braking that charges the batteries at the same time as the board is slowed down. A two way communication is established between the board and controller where the speed and battery level of the board is sent to the handheld controller, and signals for gas and horn are sent to the board. The controller and the component box are custom made by 3D printing. The electric longboard may be used in a similar manner to a bicycle since it is built to meet the conditions of the Traffic Administration.

Sammandrag

En elektrisk longboard har reparerats och vidareutvecklats med syftet att fungera som ett alldagligt transportmedel i stadsmiljö. För att underlätta för användaren utvecklades även en handkontroll med en skärm som kan visa användbar information som aktuell hastighet och batterinivå i både kontroll och bräda. Rapporten fokuserar mest på produkten och inte lika mycket på användningsområdet och kommer därmed vägleda i hur longboarden gick från trasig till färdig produkt genom att förklara val och konstruktion i detalj. Den färdiga produkten har två kraftiga motorer som ser till att hålla farten uppe i 20 km/h, även i uppförsbackar. Dessa försörjs med batterier redo att användas i en sträcka upp till 50 km. Ett avancerat styrsystem reglerar motorernas hastighet på ett säkert sätt genom att ge mjuk respons från föraren. Styrsystemet är utrustat med regenerativ bromsning som laddar upp batterierna på samma gång som brädan saktas in. En tvåvägs-kommunikation upprättas mellan brädan och handkontrollen där brädans hastighet och batterinivå skickas till kontrollen och signaler för gas och tuta skickas ner till brädan. Handkontrollen och lådor för brädans komponenter specialtillverkades genom 3D-printing. Den elektriska longboarden får köras på motsvarande sätt som en cykel eftersom den är byggd för att uppfylla Trafikverkets villkor.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Disposition	2
2	Problemställning	3
2.1	Förutsättningar	3
2.2	Problem och uppgift	3
2.3	Avgränsningar	5
3	Metod	6
3.1	Felsökning	6
3.2	Konceptframtagning	6
3.2.1	Den morfologiska matrisen	7
3.2.2	Eliminieringsmatrisen	7
3.2.3	Pughmatrisen	7
3.3	Tillverkning	8
3.4	Verifiering	8
4	Resultat av felsökning	9
4.1	Styrenheterna	9
4.2	Lampor och ljudsignal	10
4.3	Batteriet	10
5	Genomförande - Planering	11
5.1	Bräda	11
5.1.1	Iterativ process	11
5.1.2	Styrsystem	15
5.1.3	Batterier	15
5.1.4	Uppladdning	17
5.1.5	Kommunikation	17
5.1.6	Överladdningsskydd	18
5.1.7	Hastighetssensor	18
5.1.8	Komponentlåda	19
5.2	Handkontroll	22
5.2.1	Iterativ process	22

5.2.2	Skärm	26
5.2.3	Reglage och knappar	26
5.2.4	Batterier	26
5.2.5	Uppladdning	27
5.2.6	Hölje	28
5.3	Kommunikation	28
6	Genomförande - Konstruktion	30
6.1	Bräda	30
6.1.1	Styrsystem	30
6.1.2	Batterier	31
6.1.3	Uppladdning	32
6.1.4	Lampor och ljudsignal	32
6.1.5	Komponentlåda	33
6.2	Handkontroll	36
6.2.1	Skärm	37
6.2.2	Reglage och knappar	38
6.2.3	Batterier och strömförsörjning	39
6.2.4	Uppladdning	40
6.2.5	Hölje	40
6.3	Kommunikation	43
6.3.1	Trådlös	43
6.3.2	Trådbunden	44
7	Resultat	46
7.1	Batteri och laddning	46
7.2	Styrsystem	46
7.3	Komponentlådorna	46
7.4	Handkontroll	47
7.5	Kommunikation	47
7.5.1	Trådlös	47
7.5.2	Trådbunden	48
7.6	Verifiering	48
8	Diskussion	49
8.1	Komponenter som behövs	49
8.2	VESC	49
8.3	Kommunikation	49

8.3.1	Trådlös	50
8.3.2	Trådbunden	50
8.4	Handkontroll	51
8.5	Konceptets potential	51
9	Slutsats	53
A	Kravspecifikation	56
A.1	Kravspecifikation	56
B	Iterativ Process - Handkontroll	57
C	Iterativ Process - Longboard	63
D	Arduinokod	69
D.1	Arduinon i longboarden	69
D.2	Arduinon i handkontrollen	73
D.2.1	Trådlös	73
D.2.2	Trådbunden	80
E	Ritningar	85
F	Komponeter och bilder från konstruktion	89

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I dagens alltmer miljömedvetna samhälle växer frågor om miljövänligare transport. Just nu dominerar bilen i större städer men de blir svårare att framföra på grund av faktorer som mycket trafik, trängselskatt och prioriterad kommunal trafik. För korta och medellånga avstånd är cykeln ofta ett bra alternativ men nackdelen är dess storlek och otymplighet. Den är inte lätt att ta med sig in i byggnader och på spårvagnar är den till och med förbjuden.

En longboard är en variant av en skateboard som är byggd främst för transport, och inte rampåkning eller tricksande. Den är längre, bredare och har mjukare hjul för att underlätta framfart på vägar och gator. För att framföra longboarden måste resenären balansera på en fot samt sparka ifrån underlaget med den andra. Det största hindret för en longboard blir således långa distanser och uppförsbackar, då den ständiga tillförsel av energi tröttar ut användaren.

I detta projektet utvecklas en lösning av problemet genom att applicera en elektrisk drivande kraft i form av en motor. Denna styrs av användaren med hjälp av ett gasreglage i en handkontroll. Diverse elektriska komponenter som styrsystem och batterier kan monteras under brädan. För att skydda mot fysik åkomma kan de skyddas i en låda men motorernas utsatthet är svår att göra något åt. En nackdel blir därför att det inte rekommenderas att köra en elektrisk longboard vid vått eller alltför grusigt underlag.

Enligt Transportstyrelsen kan en elektrisk longboard klassificeras som "ett eldrivet fordon utan tramp- eller vevanordning som framförs av en person utan passagerare" [1]. Genom att uppfylla de kraven som ställs blir därmed fordonet lagligt att framföra på motsvarande sätt som en vanlig cykel.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att designa och konstruera ett smidigt och miljövänligt transportmedel för korta till medellånga avstånd i stadsmiljö. Detta ska gå till genom att laga en trasig elektrisk longboard, förbättra vad som är nödvändigt samt lägga till funktioner som kan underlätta för användaren.

Longboarden som används som grund är 2016 års kandidatarbete och de lämnade bräda, motorer, utväxling, elsystem, batteri och handkontroll. Vad som fungerade och vad som var trasigt var inte klargjort när brädan togs emot.

Den färdiga longboarden riktar sig till de som behöver ta sig sträckor där andra transportmedel har för stora brister. Har man skola eller en arbetsplats i staden, och inte behöver ha med mer saker än vad som får plats i en ryggsäck, kan en eldriven longboard vara en bra lösning. Eftersom det inte är ett lika vanligt transportmedel som till exempel en cykel förutsätts att användaren är tränad till att använda den samt att man har en viss känsla då den inte är lika intuitiv som en cykel.

Avslutningsvis ska en film spelas in som visar de olika funktionerna på longboarden.

1.3 Disposition

Rapporten kommer vägleda och beskriva hur projektet genomlöpte och förklarar både val av komponenter och hur de sedan förenades till en slutgiltig produkt. Rapporten är uppbyggd kronologisk för att man lätt ska kunna hitta de avsnitt man är intresserad av. Förenklat bestod projektet av fyra delar; problembeskrivning, planering, konstruktion och resultat. I de första kapitlen förklaras projektets förutsättningar, vilka problem som finns och vad som skulle göras. Sedan följer hur problemen kan lösas genom att planera alla delar och komponenter. Efter det konstrueras, programmeras och monteras lösningarna. Slutligen finns en resulterande produkt som utvärderas och diskuteras.

2 Problemställning

Här beskrivs vad utgångspunkten för projektet var, vilka problemen som behövde lösas och vilka avgränsningar som gjordes. Problemen kunde delas upp i olika delproblem och dessa sammanställdes i en kravspecifikation som finns att se i appendix A.

2.1 Förutsättningar

År 2016 byggdes en elektrisk longboard men den gick sönder nära projektets slut och lämnades kvar på institutionen för Signaler och System på Chalmers. Årets projekt har fått överta fjolårets produkt och kommer därför basera utgångspunkten i projektet på den brädan. Det var en longboard med tillhörande hjul, främre truck och en specialbyggd baktruck. Varje hjul var kopplat till en motor via en 1:5 utväxling bestående av kugghjul och kuggrem. Motorernas avstånd från trucken gick att justera för att på så sätt spänna remmen. Varje motor styrdes av en styrenhet som fick sin styrsignal från ett mottagarchip. Signalen skickades från en handkontroll som bestämdes av en styrspaks position, reglerat av användarens tumme.

Ett litium-polymer batteri stod för energikällan och var kopplad med en strömbrytare till de båda motor-styrenheterna. Lysdioder och ljudsignal var kopplat till utgångar på ett utav styrkortet. Dessutom fanns en egenbyggd signalförstärkare som var tänkt att fungera tillsammans med töjningsgivare som satt monterade på longboardens truckar. Dessa skulle känna av om en användare lutade sig framåt eller bakåt och på så sätt fungera som styrsignal.

Batteriet och all övrig elektronik var inkapslade i en 3D-printad låda av plast, fäst undertill i bakre delen av brädan. Handkontrollen var en Nyko Kama Wii Nunchuck.

2.2 Problem och uppgift

Eftersom fjolårets elektriska longboard ej var i funktionellt skick vid startpunkten av projektet måste den kontrolleras och lagas innan det går att vidareutveckla brädan. Longboarden ska fungera som ett transportmedel som kan framföras som ett motsvarande alternativ till en cykel i stadstrafik. Det är meningen att brädan lagligt ska få framföras i trafik, av klassificeringen

elcykel utan pedal enligt Trafikverkets föreskrifter TSFS 2010:144 [1]. Med detta följer krav på max märkeffekten på 250 W, en maxhastighet på 20 km/h, bromsverkan på minst 3 m/s^2 , lampor fram och bak, reflexer fram och bak och ljudsignal.

Hastighet- och bromskraven sätter främst begränsningar på motor, batteri och styrsystem. Bromsning ska ske med hjälp av motorerna och batterierna ska då kunna laddas upp, dvs. så kallad regenerativ bromsning. För att inte batterierna ska bli överladdade vid inbromsning med fulladdade batterier bör ett system byggas som leder bort den inkommande överskottsenergin om det visar sig kunna bli ett problem.

För att inte fordonets effekt ska övergå 250 W ska den strypas via begränsningar i maximal ström. Det ska då gå att justera vilket läge brädan befinner sig i, till exempel "Laglig", "Nybörjare" eller "Power", där Laglig kan vara för allmänt bruk, Nybörjare för oerfarna och Power för att användas på inhägnat område då hastighetsgränsen kan överskridas.

Styrsystemet till motorerna ska med hjälp av signaler från ett gasreglage reglera hastigheten på brädan till önskat värde. Problem som ryckig start, hjulspinn, överströmmar osv. ska hanteras i styrsystemet för att ge användaren en behaglig och säker upplevelse.

En trådlös handkontroll ska fungera som styrkontroll med ett steglöst gasreglage. Den ska även ha knappar för diverse funktioner som tuta, läge eller lampor. Det bör finnas en skärm som visar aktuell hastighet, batteriladdning för både kontroll och bräda samt diverse annat som kan vara intressant för föraren i farten. Den ska även förses med ett mekanisk dödmansgrepp, vilket även framgår i lagkraven.

Markfrigången ska ökas genom att bygga en ny låda för brädans komponenter. Denna ska även följa brädans kurvor för att ge ett bra estetiskt uttryck.

De existerande och fungerande delarna av longboarden får användas så länge de uppfyller de kraven som ställs. I övrig mån kommer införskaffning av delar ske via egen produktion eller inköp.

2.3 Avgränsningar

Utgångsläget för projektet gör att ombyggnad av den befintliga fungerande konstruktionen inte tillför projektet något av värde, och hämmar istället utvecklingsprocessen. Gruppen valde därför att avgränsa sig till att låta befintliga mekaniska komponenter vara orörd i så stor utsträckning som möjligt. Detta innebär att motorer, motorfästen, kugghjul och rem behålls helt som förra årets grupp konstruerade det då det inte finns så mycket förbättringsmöjligheter

Utöver detta avgränsar projektet sig till att utveckla longboarden ur en mekanisk och elektrisk synvinkel, vilket innebär att det inte kommer genomföras något djupare arbete av de mekaniska frågorna i bland annat områden som hållfasthet och materialval.

Projektet gavs i övrigt en budget på 5000 kr, men det fanns möjlighet att gå över den gränsen om handledare och examinator ansåg att det fanns skäligena anledningar.

3 Metod

Detta avsnitt innefattar vilka verktyg som ska användas för att arbeta med de olika faserna i projektet.

3.1 Felsökning

Felsökningen är det metodval som i grund och botten bestämmer utgångsläget för projektet. Här utfördes först grundläggande elektroniska tester på motorstyrenheter, batteri, motorer och kopplingar mellan dessa. Verktyg så som likspänningsgeneratorer, multimetrar och oscilloskop användes, men då motorerna kräver trefasström så behövdes fungerande styrenheter för att kontrollera dem.

På den maskinella delen av felsökningen undersöktes mest om rörliga delar var oskadade och att motorfästen och andra utsatta punkter samt brädan i sig var i bra skick.

3.2 Konceptframtagning

I konceptframtagningen användes ett antal olika metoder i avsikt att på ett iterativt och metodiskt sätt utvinna det koncept med de delösningar som i kombination bidrar till det i helhet bäst lämpade resultatet. Detta innebar att ett stort antal koncept först togs fram, för att sedan systematiskt elimineras på grund av olika viktade och rangordnade kriterier.

I detta projekt blev utgångspunkten ”The Value Model” [2], ur vilken matrismetoderna var de punkter som bäst lämpade sig för syftet. I detta avsnitt förklaras därför de ingående matrisernas funktion och syfte, samt vilken ingångsmässig fördel de gett projektet, och i synnerhet konceptmodellens slutgiltiga form och dess ingående funktioner. Utöver detta användes den etablerade elektriska longboardtillverkaren Boosted Boards blogg [3] som inspirationskälla och hjälp för att inte hamna i onödiga fallgropar som är svåra att undvika när ingen erfarenhet inom branchen finns.

3.2.1 Den morfologiska matrisen

Den morfologiska matrisen är startpunkten i den iterativa framtagningsprocessen som The Value Model tar upp, och som i detta fall lämpade sig bäst för det resultat som önskades samt att begränsa mängden tid som framtagningsprocessen tar.

Matrisen i sig består av de delproblem som konceptmodellen behöver lösa på de olika raderna, samt olika dellösningar på dessa problem i kolumnerna. Detta gör att antalet lösningsförslag kan bli väldigt stort när antalet delproblem och dellösningar ökar, då antalet lösningsförslag blir antalet dellösningar på varje delproblem multiplicerat med varandra, vilket gör att projektet här behövde begränsa sig till 5-10 lösningsförslag. Anledningen till detta ansågs vara att det inte gick att kombinera dellösningarna till fler funktionellt rimliga lösningsförslag än just så många, samt att tidsåtgången för att eliminera ett för stort antal koncept genom nästkommande matriser hade blivit alldeles för stor.

3.2.2 Eliminieringsmatrisen

För att inte ha kvar onödigt många av de framtagna lösningsförslagen som genererats från den morfologiska matrisen valdes därför att använda en elimineringsmatris [2], som har som syfte att ta bort de koncept som direkt är omöjliga att genomföra. Detta bedöms genom att ställa koncepten mot exempelvis kostnads- eller prestandakrav som måste uppnås, för att i det nästkommande steget inte behöva ta hänsyn till icke genomförbara koncept. Denna matris blir således som ett slags mellansteg som egentligen inte ser till att det bäst lämpade konceptet väljs, utan att arbetsgången fram till det slutgiltiga konceptet blir mer strömlinjeformad och onödiga tidskrävande steg undviks.

3.2.3 Pughmatrisen

Efter att elimineringsmatrisen utförts, fördes sedan de kvarvarande lösningsförslagen in den så kallad Pughmatrisen [2]. Denna har som syfte att jämföra lösningsförslagen mot varandra i ett antal valda punkter som påverkar både tillverkning, användning och kostnad av produkten. Då koncepten vägs mot varandra måste ett koncept vara referens i matrisen, vilket leder till att ett lika stort antal matriser som lösningsförslag krävs för att alla koncept ska

få vara referens och få en likvärdig behandling. Genom detta steg utvinns sedan det koncept som står sig bäst mot de andra lösningsförslagen, och blir därför det val som fullföljs och används i projektet.

3.3 Tillverkning

Tillverkningen av komponenterna innefattade många olika arbetsmetoder, där majoriteten bestod av virtuella typer. CAD användes flitigt i form av mjukvaran Autodesk Inventor, för att modellera upp alla komponenter. Kodning var en annan central del, vilket utfördes i Arduino som använder en typ av språket C. Utöver detta kom lödning och assemblering att bli de mest essentiella fysiska tillverkningsmetoderna, där allt löddes och alla komponenter monterades för hand.

Konsultation om tillverkningsmetoder och designparametrar tillhandagavs av de anställda i prototypplabbet. De assisterade även med den fysiska tillverkningen av de komponenter som krävde det, såsom 3D-printning. Just 3D-printing är en tillverkningsmetod som har vissa restriktioner, så som maxvinklar vid tillverkning och att materialet tenderar att krympa. Detta gjorde att konsultationen var extremt nödvändig och gav många insikter angående vikten av att testa designen för att se krympfaktorn och passform mellan utskrivna komponenter.

3.4 Verifiering

För varje ny del av produkten som utvecklas måste den testas för att säkerhetsställa att funktionerna uppfyller kraven. Funktioner som ska testas innan longboarden kan anses som klar:

- Att motorstyrningen kan styra motorerna
- Kommunikation mellan handkontroll och bräda snabb nog
- Mjuk gasrespons
- Mekanisk dödmansgrepp i handkontroll
- Fungerande elektronisk broms

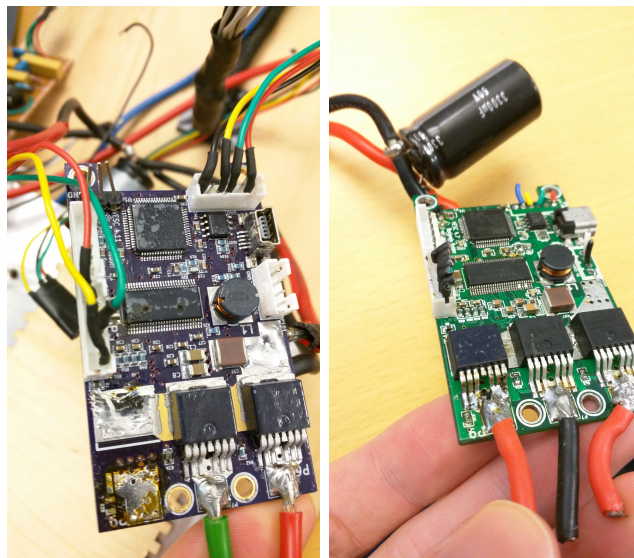
Om fler funktioner tillkommer under projektets gång kan de medföra fler test.

4 Resultat av felsökning

Projektets första uppgift är att laga det som går på den befintliga longboarden. Den information som gavs är att precis innan uppvisningen av projektet gick något snett och de mesta utav elektroniken var trasigt. Det som ska göras är därmed att börja med att felsöka det existerande och ta reda på vad som är trasigt och vad som kan återanvändas. Genom att fråga förra årets grupp framgick att det rörde sig om ett felkopplat batteri (omvända poler) som förstört det mesta.

4.1 Styrenheterna

Den mest centrala delen i brädans elsystem var styrenheterna till motorerna. Det finns två motor-styreheter, en för varje motor. De reglerade strömmen till motorerna samt spänningen till lampor och tuta. Dessa var i detta fallet enkla att felsöka trots deras komplexitet. Styrenheterna kommer att refereras till som enhet 1 samt enhet 2 då de är av olika versioner.



Figur 1: De gamla styrenheterna, enhet 1 till vänster samt enhet 2 till höger

Enhet 1 var den mest skadade enheten av de två. Av figur 1 kan det

uppmärksammas att elektroniken är helt förstörd. Inte minst på att en av transistorerna av typen "IRFS7530" saknas helt och hållet. Samt att de andra komponenterna verkar ha fått en hög ström som de ej klarat av då de är brända och spruckna. Enhet 2 verkar ha klarat sig bättre. Där har endast en transistor samt chippet mitt på enheten tagit skada. Chippet är ett "DRV8302" som är en central del av konstruktionen för att kunna styra motorerna. Ingen av enheterna ansågs dock som funktionsdugliga. För att undvika möjliga problem vid utbyte av diverse komponenter togs beslutet att det kommer investeras i nya styrenheter.

4.2 Lampor och ljudsignal

Tolv LED-lampor fanns monterade, sex fram och sex bak. Dessa testades genom att koppla upp de befintliga kretsarna till en likspänningsgenerator. Från förra årets rapport kan det avläsas att lamporna var parallellkopplade samt att de kopplades i serie med varsitt motstånd för att få rätt ström vid 5 V spänning [4]. De röda lamporna bak fungerade korrekt men av de som satt fram var två vita lampor defekta.

Enligt lagstiftningen [1] måste även en ljudsignal, tuta, vara installerad på något sätt, även denna fungerar vid 5 V spänning enligt föregående års rapport [4]. Så på samma sätt kopplades likspännings generatorn in och ljudsignalen hördes tydligt. Dock lät den mer som en larmsignal, med ett oscillerande ljud, vilket gör att den eventuellt kommer att bytas mot ett behagligare ljud.

4.3 Batteriet

De gamla batteriet verkar fortfarande fungera. Spänningen mättes upp med en multimeter till 38 V vilket stämmer bra med batteriets nominella värde på 37 V. Kvalitetsmässigt är det svårt att avgöra hur bra det fortfarande är då ett LiPo-batteri kan ta stor skada av att kortslutas [5]. För att vara på den säkra sidan kommer batteriet bytas ut. Detta gör även att räckvidden hos brädan kan ökas genom att öka kapaciteten hos de nya batterierna.

5 Genomförande - Planering

Genomförande är uppdelad i två delar; ”Planering” och ”Konstruktion”. I planeringsdelen fokuseras på kraven som ställs och hur komponenter kan uppfylla dessa. I konstruktionsdelen förklaras mer detaljerat hur själva byggandet och programmeringen gick till. Denna uppdelning gör det lättare att följa arbetets process. För att säkerhetsställa att det inte skulle uppkomma konflikter mellan de olika komponenterna var det tvunget att hela planeringsfasen var klar innan konstruktionen kunde påbörjas.

5.1 Bräda

Här skedde planeringen av brädan efter att felsökning konstaterade att nya styrenheter, ett nytt batteri, någon typ av mottagare och sändare behövde skaffas. Även något som fungerar som en mellanhand för att ta emot värden från mottagaren och skicka dem till styrenheterna behövs. Det planerades även för övriga komponenter som behövs för att uppnå kraven i kravspecifikationen.

5.1.1 Iterativ process

Den morfologiska matrisen för vidareutvecklingen av brädan började med idégenerering för potentiella lösningar till alla delproblem. Då det konceptgenereringen för longboarden endast avser vidareutveckling, var denna process lättare att inleda med, då den befintliga designen kunde användas som referens för vilka dellösningar som kunde anses vara applicerbara på delproblemen. Dessa dellösningar kombinerades sedan till 6 olika lösningsförslag, vilka benämndes efter färger för att underlätta den nästkommande matrisprocessen. De konceptförslag som valdes ut var endast en bråkdel av de möjliga kombinationer av dellösningar, men det beslutades att endast ta fram de kombinationer som ansågs vara genomförbara med dagens tekniker, och rimliga för projektets syfte.

De konceptförslag som utvanns från den morfologiska matrisen var följande (morfologiska matriser för alla nedan nämnda koncept, samt Pugh- och elimineringsmatriser hittas i Appendix B):

Koncept Rosa: Detta koncept utgår från ett motorbyte, där de befint-

liga motorerna byts mot mer effektiva motorer med lägre uteffekt, vilket både uppfyller kravet om att en laglig uteffekt ska kunna erhållas, samt att önskemålet om längre räckvidd också uppnås. Dödmansgreppet på detta koncept fås genom att montera trådtöjningsgivare på truckarna, vilket ger utslag om någon står på brädan genom att mäta hur mycket truckarna skjutas när de blir belastade med vikt. Batterierna och styrenheterna, samt de övriga ingående komponenterna i brädans elektronik placeras på bakändan av brädan, och inkapslas i ett hölje tillverkat av plast.

Koncept Brun: Uppnår önskemålet med längre räckvidd genom att utöka batterikapaciteten, som i detta fall utförs genom att öka antalet batterier. För att erhålla en laglig uteffekt valdes det här att strypa outputen från handkontrollen, vilket leder till att kravet uppfylls. Dödmansgreppet fungerar genom att placera trycksensorer mellan truckarnas fästplatta och själva brädan, vilket ger en utsignal när en person står på brädan. Detta koncept delar utöver detta upp de elektriska komponenterna på brädan, där styrenheter, sändare/mottagare och andra kretskort placeras i bakänden, samtidigt som att batterierna placeras i framänden. Höljet tillverkas av plast.

Koncept Lime: Liksom koncept brun uppnår detta koncept önskemålet om längre räckvidd genom att utöka batterikapaciteten, men istället för att öka antalet batterier så byts batteriet ut mot ett av annan typ, vilken har en högre energidensitet. För att uppnå den lagliga uteffekten så stryps outputen i styrenheternas mjukvara, vilket ger en säker begränsning av output. Liksom på koncept brun fungerar dödmansgreppet genom att placera trycksensorer på truckarnas fästplatta, men batteriplaceringen skiljer sig genom att batterierna fördelas på både bak- och framänden. All elektronik placeras i bakänden, men kåporna som täcker alla komponenter och batteriet är av aluminium.


Koncept Mörkblå: Samma koncepttyp som koncept brun, med skillnaden på materialval i höljet. I detta koncept är de tillverkade av aluminium istället för plast.

Koncept Mint: Här erhålls önskemålet om längre räckvidd genom att öka antalet batterier i konstruktionen, samtidigt som att laglig uteffekt fås genom att strypa uteffekten i styrenheterna. Dödmansgreppet utgörs här en fotosensor, som placeras på mitten av brädan där den sviktat som mest.

Detta gör att avståndet mellan brädan och marken kommer att minska när en person ställer sig på brädan, vilket leder till att fotosensorn ger utslag och dödmansgreppet aktiveras. Liksom på koncept rosa placeras här både elektroniken och batterierna i brädans bakände, men höljet i detta koncept tillverkas istället av trä.

Koncept Beige: Detta koncept är i grund och botten väldigt likt både koncept blå och brun, men skiljer sig då batteriplaceringen är fördelad på både fram- och bakänden samt att höljet är tillverkat av plåt istället för av plast eller aluminium.

Dessa koncept fördes sedan in i elimineringsmatrisen [2], där varje koncept inspekterades med avseende på ett antal olika kriterier som måste uppfyllas för att fortlöpning med det konceptet ska kunna ske. De ingående kriterierna kan ses i figur 17.

Elimineringsmatris - Longboard Vidareutveckling													
 CHALMERS		Skapad: 2017-02-19		Modifierad: 2017-02-23		Utfärdare: SSYX02-17-07		Elimineringskriterier: ● Fullfölj koncept ● Eliminera koncept (?) Sök mer information (!) Kontrollera kravspecifikation					
		1. Prestanda 2. Miljö 3. Livslängd 4. Kostnader 5. Storlek 6. Vikt 7. Material 8. Ergonomi 9. Underhåll 10. Säkerhet 11. Utseende											
Koncept	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Kommentar	Beslut
Rosa	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Motorbyte för dyrt	Eliminerad
Brun	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		Godkänd
Lime	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		Godkänd
Mörkblå	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		Godkänd
Mint	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Fotosensor inte säker nog metod	Eliminerad
Beige	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		Godkänd

Figur 2: Elimineringmatris

Här noteras det att koncept rosa inte klarade sig förbi kostnadskriteriet. Detta berodde på att konceptet involverade ett motorbyte, vilket med all annan uppgradering som också krävdes för projektets mål beslutades va-

ra för dyrt i det stora hela. Koncept mint å andra sidan uteslöts på grund av dess dödmansgrepp. Fotosensorn ansågs inte uppfylla de säkerhet- och pålitlighetskrav som krävdes för att brädan skulle kunna användas på ett säkert sätt. Övriga koncept gick igenom utan anmärkningar.

I detta läge gick de kvarvarande koncepten in i Pughmatris-processen [2], där varje individuellt koncept användes som referens och de övriga tre koncepten sedan vägdes mot detta referenskoncept i en mängd olika kriterier med antingen bättre (+), sämre (-) eller likvärdigt (s). Detta genomfördes systematiskt genom att göra en matris där referenskonceptet byttes så att alla matriser var referens en gång. Här blev koncept brun och mörkblå i särklass bäst, men så snarlika i poängskillnad att dessa matriser inte enhälligt kunde peka på att något av de två koncepten nödvändigtvis var bättre än det andra. Koncept lime stälptes av batteriplaceringen, då den blev för utrymmeskrävande och således inte överensstämde med projektets inriktning. Koncept beige hade samma nackdel, men den hade också plåt som materialet i höljet. Detta gav många nackdelar i vikt och beständighet mot väder och vind, vilket var två kriterier som var viktiga, vilket märktes i matriserna. Då materialvalet för höljet var den enda skillnaden mellan koncepten brun och mörkblå, och således grunden till dess liknande resultat i matrissystemet så beslutades det att rådfråga prototypplabbets handledare för att få ett slutgiltigt svar angående vilket materialval som var bäst lämpat för projektets ändamål och skala.

Genom diskussion med prototypplabbets handledare behandlades många förslag om material. Gruppens största farhåga med koncept brun materialval var att höljet skulle utsättas för stora spänningar när brädan används, och därför riskera att knäckas. Detta var enligt handledarna inget problem om infästningen i brädan gjordes med mellanliggande packningar som avlastar höljet genom att erbjuda flexibilitet, samt att skruvhålen gjordes avlånga för att möjliggöra en frihetsgrad i färdriktningen.

Med detta i åtanke beslutades att just koncept brun skulle bli valet i höljet, då det gav mest tillverkningsflexibilitet samt bäst totalkoncept i projektets syfte.

5.1.2 Styrssystem

För att kunna styra de borstlösa likströmsmotorer behövs ett styrsystem som ger en spänning över motorns spolar vid rätt tillfälle. För att göra detta används ett styrsystem som heter VESC, utvecklat av Benjamin Vedder [6]. Denna motorstyrning är direkt utvecklad för att användas till motorer på elektriska longboards. Detta kretskort klarar höga strömmar och har många möjligheter för anpassning efter de behov som ställs. Enligt specifikation [7] har VESC bland annat möjlighet till mjukstart, regenerativ uppladdning och anti-spinn. Med två motorer används också två styrkort och dessa kan då agera "master" och "slave". Genom att endast styra masterkortet så gör slavekortet samma sak genom en ihopkoppling av systemen. Styrsignalen till VESC:en är en PPM-signal, pulspositionsmodulerings-signal [8], som den sedan omvandlar till en PWM signal som den kan utnyttja för att styra motorerna.

5.1.3 Batterier

Av samma anledning som förra årets projekt [4] används litium-polymer, eller förkortat, LiPo-batterier. Detta beror på att energidensiteten på dessa batterier är överlägset högst i förhållande till dess kostnader [3] jämfört med andra batterityper. LiPo batterier består av celler med en nominell spänning på 3,7 V. Vid full laddning är spänningen 4,2 V.

Skillnaden mot föregående års projekt är att nu ska energikapaciteten ökas. Batteriets ska ha tio celler för en nominell spänning på 37 V, eftersom motorernas hastighet beror på spänningen och utväxlingen är anpassad för att ge en lämplig hastighet vid denna spänning. En preliminär hastighet ges med följande: ett fulladdat LiPo-batteri har spänningen $U = 42$ V, motorer på 280 kV, utväxling Vxl på 1:5 och en hjuldiameter Hd på 70 mm. Detta ger enligt formeln (utan förluster)

$$E = \frac{U \cdot kV \cdot Vxl \cdot Hd \cdot \pi \cdot 3,6}{60} [km/h] \quad (1)$$

den uträknade hastigheten

$$E = \frac{42 \cdot 280 \cdot 0.2 \cdot 0.07 \cdot \pi \cdot 3,6}{60} = 31 km/h \quad (2)$$

Lägg på approximerade förluster hos motorn på 0,1, utväxlingen 0,1 och friktion 0,03 och maxhastigheten blir då 24 km/h. För att fortfarande hålla sig inom lagen kan de sista 4 km/h begränsas elektroniskt.

Det gamla batteriet hade en kapacitet på 5000 mAh. Då räckvidden ska ökas, så att användare inte behöver ladda brädan lika ofta och kan ta sig längre per laddning, ansågs en kapacitet på runt 10000 mAh vara lämpligt. För att beräkna en preliminär räckvidd baserat på kapaciteten på det nya batteriet används resultat från fjolårets rapport. På plan mark med en konstant hastighet på 20 km/h och en sträcka på 10 km krävdes en mekanisk effekt på 154,04 W [4]. Den förbrukade kapaciteten beräknas med följande formel där P är den mekaniska effekten, η är motorns verkningsgrad, t den totala tiden för färden och U matarspänningen

$$E = \frac{P\eta t}{3600U} [Ah] \quad (3)$$

För att få ett uppskattat värde används förra årets verkningsgrad på 85 %. Då ges en förbrukad kapacitet på

$$E = \frac{154,04 \cdot 0,85 \cdot 1800}{3600 \cdot 37} = 1,77Ah \quad (4)$$

Med ett batteri på 10000 mAh ger det en sträcka på 5,6 mil.

Ett mål var även att få komponentlådan under brädan mer diskret, mindre klumpig och att öka markfrigången. De potentiella batterierna är 55 mm höga vilket tillsammans med komponentlådan (uppskattad tjocklek på lådan 10 mm) ger en tjocklek på 65 mm. I och med att batterierna är uppbyggda av celler är det möjligt att dela upp dem och fördela över en större yta under brädan. Tjockleken blir då endast uppskattad till 25-30 mm vilket är hälften så tjockt som den ursprungliga komponentlådan, som var 60 mm.

Att dela upp ett LiPo-batteri är inte helt riskfritt. Cellerna är ömtåliga och får inte bli skadade då brand kan uppstå om batteriernas innandöme blir exponerat för luft. Risken är att cellerna är limmade och för att lossa dessa behöver limmet lösas upp med thinner, terpentin eller annat lösningsmedel.

Medan detta sker ska något tunt plastföremål separera cellerna genom att sågasig igenom limmet. Vid lödning och avlödning av polernas kontakter är det viktigt att inte tillföra för mycket värme under lång tid då batterierna kan ta skada och bli obrukbara eller förlora kapacitet. En lödstation med hög effekt behövs därför. Beroende på batteristiftens material kan flussmedel behöva användas för att lodet ska fastna. Ofta är de av aluminium och då behövs zinkflussmedel för att få lodet att fästa, men ibland tillverkas stiften med en sida täckt med nickel och då behövs inget flussmedel.

5.1.4 Uppladdning

En LiPo-cell kan ta skada om den blir för högt eller lågt laddat. I och med att LiPo-batterier är uppbyggda med flera celler är de känsliga för om celler får olika laddningar. Att bara mäta spänningen mellan de två huvudpolerna säger inget om cellernas individuella spänning. Om en cell tappar i kapacitet och bara laddas upp till säg 80 % skulle de övriga 9 cellerna väga upp för detta och laddas upp till 102,2 % var. I och med denna överladdning kan de celler också förlora kapacitet vilket leder till en ytterligare försämring av det totala batteriets kapacitet. Detta förkortar livslängden och till slut blir batteriet obrukbart. Just därför är det oerhört viktigt att de individuella cellernas spänning övervakas och balanseras vid laddning. För att inte behöva köpa en dyr batteriladdare som kan hantera att ladda och balansera 10 celler valdes att bygga en egen. Detta löses genom att varje battericell får en balanseringssladd pålödd som ska kopplas till en balanseringskrets. Den ska bestå av en batteriövervakningssystem, BMS (battery monitor system) som matas med en spänning från ett spänningsaggregat kopplat till ett vanligt vägguttag på 230 V.

Uppladdningshastigheten kommer begränsas av spänningskällans maximala ström eller batteriets C-värde för uppladdning, beroende på vilken som är lägst. Med ett batteri på 10000 mAh och en laddström på 2 A tar det 5 timmar för full laddning då batteriet är tomt.

5.1.5 Kommunikation

För att kunna kommunicera mellan handkontrollen och brädan kommer en trådlös kommunikation att implementeras. Detta genom att införskaffa två mikrokontroller i form av Arduino och var sin transceiver-modul, en för

brädan och en för handkontrollen. Arduinon fungerar som en samlingsplats där den tar information, bearbetar den och skickar vidare. Den skickar bland annat PPM-signalen till VESC. Fördelen med transcievers är att samma kort kan användas till att både skicka och ta emot information. Transcievern som planeras användas heter nRF24L01+ och sänder information med 2,4 GHz frekvens vilket är inom det fria frekvensbandet. Modulen marknadsförs som effektsnål vilket kommer hjälpa till att få en längre batteritid för handkontrollen.

Det finns många andra liknande moduler som gör samma sak, till exempel xBee och ESP8266. xBee är över lag ett mer robust och bättre kort men den är många gånger dyrare. ESP8266 är ungefär lika billig men fördelen med nRF24L01+ är att den är mer använd tillsammans med Arduino och det finns många exempel på konfigurationer.

5.1.6 Överladdningsskydd

Med tanke på batteriernas känslighet för överladdning och VESC:ens förmåga att utnyttja regenerativ bromsning kan det bli problem att bromsa med helt fulladdade batterier. En lösning är att låta ett system leda om den inkommande effekten till ett effektmotstånd som omvandlar energin till värme. Det krävs dock väldigt stora effektmotstånd som kan omvandla all inkommande elektrisk energi till värmeenergi. Ett sätt att kringgå problemet är att inte ladda batteriet helt fullt eller att undvika att köra i nedförsbackar vid start.

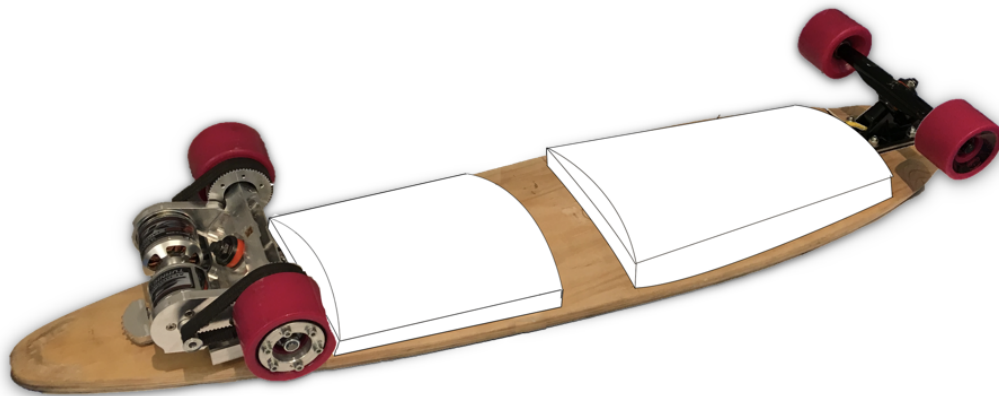
5.1.7 Hastighetssensor

Att mäta hastigheten kan göras på ett flertal sätt. Magnetsensor och HALL-sensor är två vanliga sätt att mäta rotation hos motor eller hjul som sedan kan översättas till en faktiskt hastighet på brädan. De ger en hög noggrannhet men nackdelen är att de är fysiska komponenter som behöver monteras på ett bra sätt där de inte riskerar att hamna i vägen. Ett annat sätt är genom att använda en funktion i VESC. Den kan räkna på hur många elektriska varv som den skickar ut till motorerna och det går att läsa av denna data genom VESC:ens UART-port (UART är förkortningen för universal asynchronous receiver/transmitter). Genom denna information kan en hastighet räknas fram i mjukvaran och en separat hastighetssensor blir inte nödvändig. Eftersom BLDC-motorer är synkrona bör avläsningen stämma

även vid acceleration och retardation.

5.1.8 Komponentlåda

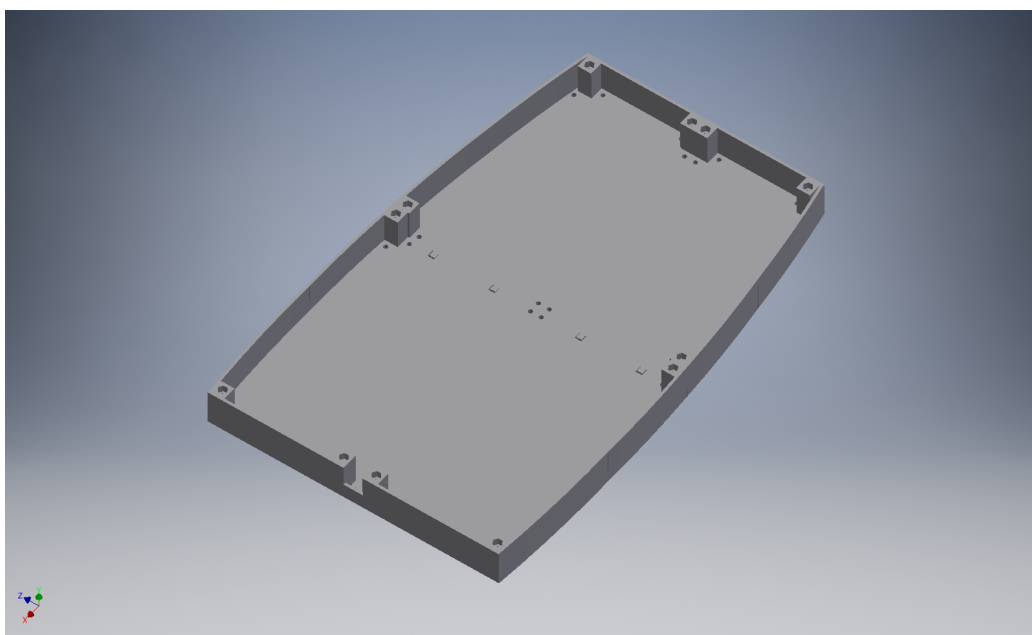
När materialvalet var färdigt för inkapslingen började designfasen. Det beslutades att separera batterierna och all övrig elektronik och fördela dessa till de två olika inkapslingarna i brädans bak- och framände. Här blev det då viktigt att fokusera på att göra en design som uppnår både de estetiska och funktionella kraven som satts på den nya inkapslingen, och samtidigt göra det möjligt att tillverka detta koncept genom 3D-printing. Efter mätning av komponenter så kom insikten i att lådorna var tvungna att delas upp i delar för att gå att tillverka, vilket ledde till några designförändringar. Detta mynnade dock ut i en design som var flexibel och som uppnådde de ställda kraven, se figur 3.



Figur 3: Första utkastet på hur de två tänkta komponentlådorna skall se ut

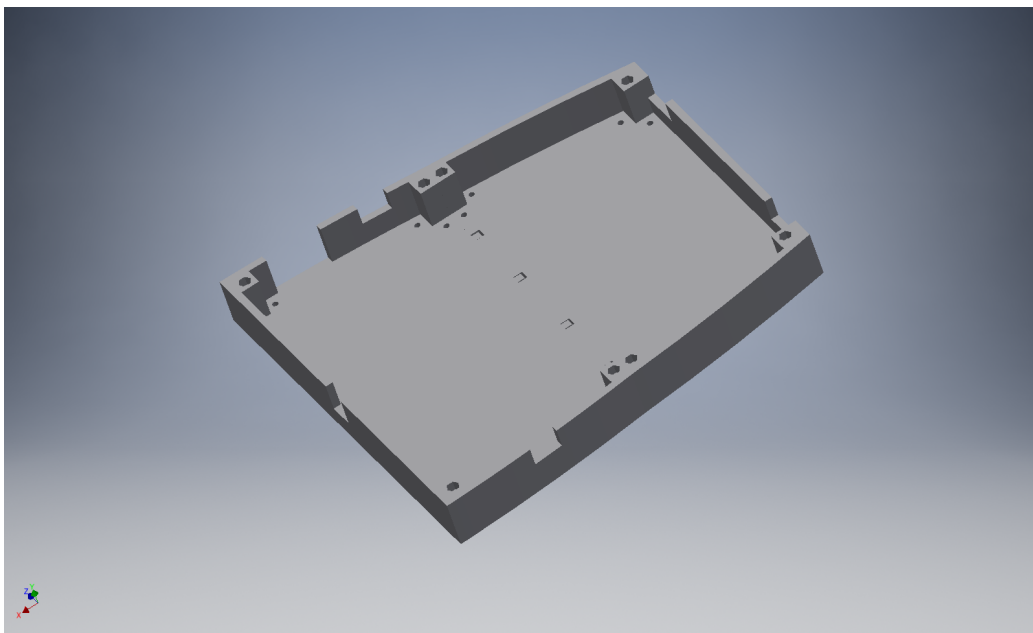
Den främre komponentlådan, vilket är den som huserar battericellerna, delades upp i 2 huvudkomponenter. Först stommen, och sedan locket. Stommen är designad att vara enkel och att kunna bidra med den nödvändiga volym som cellerna upptar, och gjordes därför som en platta med kanter, där de yttre kanterna följer brädans form. Denna platta fästs i brädan med försänkta skruvar, och då brädan är välvd på undersidan så krävs distanspackningar mellan plattan och brädan på kanterna för att spänningen som uppstår när skruvarna dras åt inte ska ge upphov till knäckkrafter. Locket designades

därefter som en välvd komponent (se figur 6 för komponentlådans lock), för att ge konstruktionen det estetiska utseende som bidrar till en till synes mer raffinerad och färdig produkt.



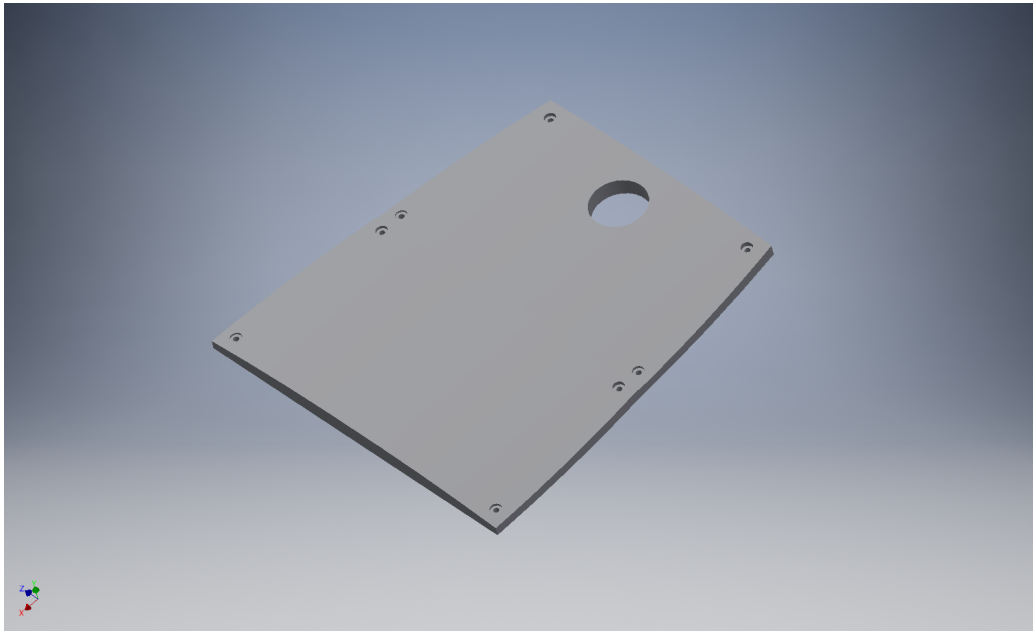
Figur 4: Batterilåda

För att klara av att tillverka dessa delar genom 3D-printing så krävdes uppdelning av alla komponenter, då skrivaren som fanns tillgänglig inte hade större kapacitet än 280x145x150 mm. Detta innebar att den främre plattan och det främre locket fick delas upp i 4 delar var, där delarna i sig designades med inbuktningar och utstickande delar för att delarna lätt skulle kunna passas ihop och sedan fixeras på lättast möjliga sätt. Detta gav också plattan extra mycket flexibilitet, vilket minskade de potentiella riskerna att den skulle knäckas vid hög belastning då sektionerna som plattan uppdelades i kunde röra sig oberoende av de andra.



Figur 5: Komponentlåda

Den bakre komponentlådan (se figur 5) utformades på samma sätt som den främre, men optimerades istället för att husera VESC-enheterna, Arduinon med tillhörande sändare samt BMS-enheten. Hål adderades även till lådans sida för att kunna placera knappar och laddportar i. Kabeldragning mellan de två lådorna skedde genom en öppning i vardera där kablarna ruttades genom en kabel-sleeve för att skydda mot stenar och liknande som kan skada kopplingen under färd. Denna komponentlådan blev därför lite mindre än den främre, men fästs på samma sätt, och dess lock utformades på samma sätt som den bakre komponentlådans.



Figur 6: Komponentlådans lock

5.2 Handkontroll

En stor del av planeringen bestod av att bestämma designen samt komponenterna för att få den förväntade funktionaliteten i handkontrollen. Hur detta gick till redovisas i följande kapitel.

5.2.1 Iterativ process

Liksom för vidareutvecklingen av brädan började här processen med idégenerering, men eftersom att handkontrollen designades och tillverkades från grunden krävdes här lite mer ingående kreativt tänkande då ingen existerande startpunkt fanns att tillgå. Tillslut hade ett accepterbart antal dellösningar på delproblemen tagits fram, och dessa sattes således in i den morfologiska matrisen [2], där de kombinationer som ansågs rimliga och genomförbara nog togs ut.

De koncept som utvanns var (morfologiska matriser för alla nedan nämnda koncept, samt Pugh- och elimineringsmatriser hittas i Appendix C):

Koncept Röd: Detta koncept utgår från att kontrollen tillverkas av ett stycke aluminium, där utrymme för alla de ingående komponenterna ges vid tillverkningen och fingergrooves ger användaren bra grepp. Här utgör en kapacitiv sensor dödmansgreppet och sitter placerad på kontrollens undersida. Gasreglaget är i detta fall ett klassiskt "RC-gasreglage", som består av en fjäderspänd hake som både kan bromsa och gasa, på undersidan av kontrollen ovanför den kapacitiva sensorn. Skärmen är placerad på kontrollens sida, och på denna visas även batteriindikatorn, och knappen till signalhornet finns också den på skärmen, vilket betyder att skärmen har touchscreenegenskaper. Knappen som cykliskt stegar igenom körlägena är dock mekanisk och sitter på kontrollens undersida. Kontrollen drivs slutligen av ett uppladdningsbart LiPo-batteri som ej behöver bytas ut.

Koncept Gul: Här grundas konstruktionen i en kontroll tillverkad av trä som formats efter handen med fingergrooves, där den sedan tillverkas i två halvor och limmas ihop. Dödmansgreppet utgörs av en avlång mekanisk fjäderladdad knapp som liknar sådana som kan hittas på handeldvapenmodellen Colt 1911 [9].



Figur 7: Dödmansgrepp på Colt 1911

Gasreglaget sitter monterat på kontrollens ovansida och består av ett fjäderladdat rullhjul som tillåter både inbromsning och acceleration med tummen. På sidan av kontrollen sitter sedan skärmen, men batteriindikatorn visas genom lampor bredvid skärmen. Skärmen är dock av touchscreen-typ då både körläget väljs och tutan aktiveras genom denna. On/off-knappen

placeras på kontrollens undersida, och kontrollen drivs av ett uppladningsbart LiPo-batteri.

Koncept Grön: Detta koncept påminner mycket om koncept gul, där de enda skillnaderna är gasreglaget och batteriindikatorn. Gasreglaget består här av ett reglage som placeras på kontrollens ovansida, där den ämnas att användas med tummen. Batteriindikatorn visas i detta fall på skärmen istället för att indikeras med lampor.

Koncept Orange: I denna version består konstruktionen av glasfiber och är helt cylindrisk, med en joystick som styr brädan på kontrollens ovansida, och där dödmansgreppet utgörs av en accelerometer inuti kontrollen som detekterar rörelse och således bedömer om någon håller i kontrollen eller inte. Skärmen är placerad på kontrollens sida, men batterinivån indikeras genom ljudsignaler när systemet aktiveras, samt när batterinivån börjar bli väldigt låg. De olika körlägena har en varsin knapp som möjliggör att byta direkt till körläget som önskas, och dessa knappar är tillsammans med tutan och av/på-knappen placerade på kontrollens ovansida. Denna modell drivs av utbytbara AAA-batterier och konstruktionen limmas ihop, men har en batterilucka som möjliggör batteribyte.

Koncept Lila: Konstruktionen är här uppbyggd av plast med fingergrooves, där dödmansgreppet är en mekanisk fjäderladdad knapp likt den i koncept gul, men den placeras här istället på kontrollens ovansida. Skärmen placeras på kontrollens ovansida och här visas batteriindikatorn. Bredvid skärmen placeras loop-knappen för körlägen, knappen för tutan samt on/off-knappen, och hela konstruktionen monteras genom att skruva ihop två halvor av plathöljet. Batteriet är av LiPo-typ och laddas genom ett uttag på kontrollens undersida.

Koncept Blå: Liknar koncept lila en hel del. Det som skiljer sig är dödmansgreppet, som här består av en kapacitiv sensor, gasreglaget, som utgörs av ett rullhjul på ovansidan av kontrollen samt att kontrollens form är mer cylindrisk och att knappen för signalhornet är placerad på kontrollens sida.

Koncept Cyan: Ett förslag bestående av en aluminiumkonstruktion som svetsas ihop, men med en lucka för att byta ut dess AAA-batterier samt en greppyta av foam-material. Dödmansgreppet består av en accelerometer, och

brädan styrs av en joystick på kontrollens ovansida. Flera lampor upplyser föraren om batterinivån, och körlägesväljaren utgörs av enskilda knappar för varje körläge på kontrollens sida. Skärmen placeras på ovansidan av kontrollen och bredvid denna sitter både knapp för signalhorn och on/off-knapp.

Koncept Grå: Likt koncept blå, men har ett antal punkter som skiljer de olika koncepten åt. Först och främst är konstruktionen uppbyggd av glasfiber, och dödmansgreppet är en mekanisk knapp på kontrollens undersida. Gasreglaget skiljer sig också, då det här sitter på undersidan och är av ”RC”-typ som förklaras i koncept röd. Batteriindikatorn utgörs av lampor, och knappen för signalhornet placeras på kontrollens ovansida.

Dessa koncept gick således in i elimineringsmatrisen [2], vilken eliminerade alla koncept utom röd, lila och blå. Koncept gul och grön eliminerades på grund av att trä som tillverkningsmaterial skulle innebära en för omständlig och krävande tillverkningsprocess, vilket inte hade gett det slutresultat som önskats under en så tidsbegränsad tillverkning. Koncept orange eliminerades istället för dess skärmlacering, då det skulle innebära att handkontrollen inte var anpassad för både höger- och vänsterhänta, och därmed inte skulle vara en produkt som skulle kunna ges ut på marknaden. Koncept cyan försvann då dess lösning för dödmansgreppet skulle innebära för många problem för att få att fungera på ett pålitligt sätt, vilket enligt kravspecifikationen (se Appendix A.1) var ett krav. Slutligen försvann också koncept grå, då dess utformning inte ansågs vara nog ergonomisk för att kunna användas under en längre tid.

Detta innebar att koncept röd, lila och blå gick in i Pugh-matrisstadiet [2]. Här blev det tydligt att koncept lila var det slutgiltiga konceptet som skulle tas från konceptstadiet till att produceras. Koncept röd hade många fördelar i sitt tillverkningsmaterial, men tappade mycket i komplexiteten att tillverka konceptmodeller och dess reparationskomplexitet. Koncept blå hade istället en väldigt liknande lösning som koncept lila, men gasreglaget blev den bestämmande faktorn. Här hade rullhjulet på koncept blå lett till en svårare lösningsgång som innebär en krångligare användning som inte ansågs lika naturlig som ”RC-gasreglaget”, och kunde således orsaka oönskade situationer pga. reflexmässiga reglageändringar. Därför valdes koncept lila som konceptet att tillverka en prototyp av.

5.2.2 Skärm

Skärmen på handkontrollen har som syfte att ge föraren information om brädans hastighet, batterinivåer i både handkontroll och bräda samt vilket körläge brädan befinner sig i. En stor del i detta är då det grafiska gränssnitt som användes för att visa denna information genom kontrollens Arduino. En skärm valdes därför utifrån kraven att den skulle vara relativt enkel och liten, för att hålla formfaktorn på handkontrollen fortsatt smidig, samt att en Arduino Nano skulle ha nog med minne för att rymma koden för att driva skärmen. Valet föll således på skärmen SH1106 med upplösningen 128x64 pixlar, som också var monokrom för enkelhetens skull. Denna skärm behöver endast 7 portar och lämnar därför tillräckligt många portar öppna för användning på Arduinon för de övriga komponenterna.

5.2.3 Reglage och knappar

Önskad hastighet eller bromsverkan reglerar föraren genom att justera en fjäderbelastad spak som sitter kopplad på en potentiometer. Önskan är att i spakens mittläget rullar brädan fritt, pressas den bakåt accelererar den och skjuts den fram bromsar den. Potentiometerens motstånd skickas in till Arduinon som tar hand om värdet så att ovan funktionalitet uppstår.

Knappar för tuta, dödmansgrepp och läge ska vara av typen momentant slutande tryckknappar medan av/på-knappen ska vara tvåläges.

5.2.4 Batterier

Av samma skäl som i brädan är LiPo-batterier lämpliga även för handkontrollen. De ska kunna ge spänning till alla komponenter under en tid som är lugnt mer än brädans maximala batteritid. Det som ska spänningsmatas är Arduinon som i sin tur matar skärm, knappar och transciever. Arduinon drivs på 5 V så det kan tyckas att det krävs minst 5 V från batterierna dvs minst 2 celler LiPo, 7,4 V. Då kan de kopplas in på Arduinons spänningsreglerande ingång, 7-12 V. Nackdelen med detta är att två celler är svårare att ladda då de behöver balanseras och tar även upp mer plats, vilket de finns begränsat av i kontrollen. Dessutom blir en cell automatiskt balancerad utav laddningschipet. Att en cell endast är på 3,7 V går att lösa genom en step-up konverterare till 5 V. Detta förutsätter att den upphöjda spänningen är tillräckligt stabil för Arduinon. Är den för ostadig kan det bli tvunget att

koppla på en kondensator eller en spänningsregulator. Detta kan mätas upp med oscilloskop. Förutom en simplare koppling medför en cell mindre utrymme. Kontrollen blir då potentiellt lättare och mindre.

Strömförbrukningen, E , ges av komponenternas respektive specifikation. Följande är deras maximala förbrukning och deras genomsnittliga förbrukning kommer vara lägre. Det behöver även tas hänsyn till step-up:ens effektivitet i procent.

- Arduino: $I_A = 19 \text{ mA}$
- Skärm: $I_S = 80 \text{ mA}$
- Transciever: $I_T = 15 \text{ mA}$
- Step-Up: $\eta = 92 \%$

Den totala strömförbrukningen per timme ges av

$$E = \frac{I_A + I_S + I_T}{\eta} [mAh] \quad (5)$$

och med värdena insatta fås

$$E = \frac{19 + 80 + 15}{0.92} = 124mAh \quad (6)$$

För att klara 10 timmar med denna strömförbrukning på 124 mAh krävs ett batteri med en kapacitet på minst 1240 mAh. Ungefär denna kapacitet bör batteriet ha.

5.2.5 Uppladdning

För att underlätta vid laddningen av handkontrollen undersöktes olika möjligheter för att ladda LiPo- batteriet som planeras att användas. Det finns många möjligheter för att ladda batteriet och ett tp4056 laddningschip valdes då det enkelt kan användas för att ladda handkontrollen med en vanlig 5 V USB-laddare genom en mini-USB-port. Laddningschippet tar en matarspänning på 5 V och matar ut 4,2 V till batteriet. Det läser också av spänningen kontinuerligt och bryter uppladdningen när batteriet blivit fulladdat. För att vara säker på att battericellen inte skadas har chippet en strömbegränsning som endast matar 1 A tills dess att batteriet uppnått maximal spänning och då bryter tillförseln av ström helt till batteriet.

5.2.6 Hölje

Konstruktionen av handkontrollens började med en design av kontrollen i helhet i CAD, där utseendet på den färdigställda kontrollen etablerades och storleken på densamma uppskaddades. Därefter delades kontrollen upp i komponenter för att underlätta tillverkning, då tillverkningen skulle ske genom att 3D-printa de olika delarna.

Efter några försök valdes det att dela upp kontrollen i 3 delar:

- Skärminkapsling
- Handtag
- Bottenplatta

Här är skärminkapslingen handkontrollens topdel som huserar skärmen samt knapparna för på/av, mode och signalhorn, och sitter som den översta delen av kontrollen. Denna fästs genom att försänka fyra M3-muttrar i dess botten och således kunna använda gängad M3-skruv för att montera ihop med handtaget.

Handtaget är sedermera handkontrollens kropp, som huserar utrymme för de elektroniska komponenterna och utgör greppyta för användaren. Den agerar även fästyta för de två reglage som finns på handtaget, gasreglaget och dödmansgreppet, vilket kommer fästas i de tjockare delarna av kontrollen för att erbjuda större hållfasthet och slitstyrka vid användning av reglagen.

Slutligen så kommer bottenplattan, som agerar som lockför handkontrollen, samt som chassi för de ingående kretskorten. Dessa har varsina öppningar som de kilas fast i för att skapa en så lätthanterlig konstruktion som möjligt samtidigt som att det ska underlätta för underhåll då alla ingående elektriska komponenter blir lätt tillgängliga när plattan monteras ur resten av kontrollen.

5.3 Kommunikation

För att kunna kommunicera mellan handkontrollen och brädan kommer en trådlös kommunikation att implementeras. Detta genom att införskaffa två mikrokontroller i form av Arduino och var sin transceiver-modul, en för

brädan och en för handkontrollen. Arduinon fungerar som en samlingsplats där den tar information, bearbetar den och skickar vidare. . Fördelen med transcievers är att samma kort kan användas till att både skicka och ta emot information. Transcievern som planeras användas heter nRF24L01+ och sänder information med 2,4 GHz frekvens vilket är inom det fria frekvensbandet. Modulen marknadsförs som effektsnål vilket kommer medför en längre batteritid för handkontrollen.

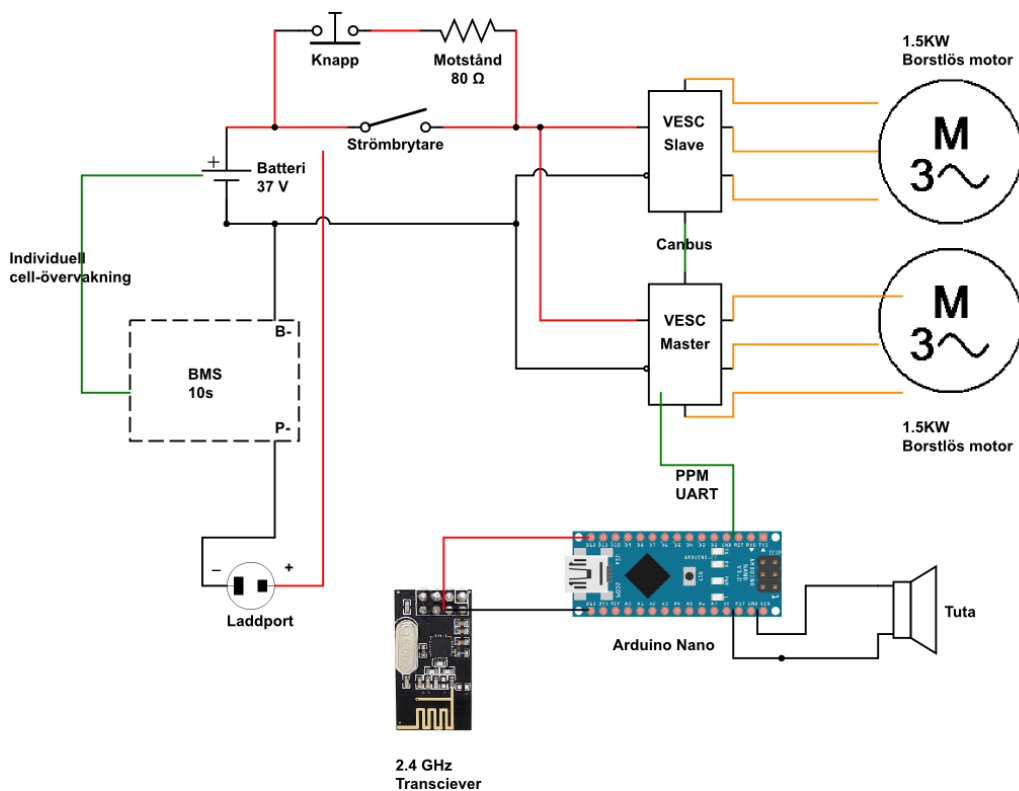
Det finns många andra liknande moduler som gör samma sak, till exempel xBee och ESP8266. xBee är över lag ett mer robust och bättre kort men den är många gånger dyrare. ESP8266 är ungefär lika billig men fördelen med nRF24L01+ är att den är mer använd tillsammans med Arduino och det finns många exempel på konfigurationer.

6 Genomförande - Konstruktion

I följande kapitel redovisas hur de tidigare planerade uppgifterna från kapitel 5 har genomförts, eventuella korrigeringar och andra lösningar.

6.1 Bräda

Konstruktion av de delar som ska sitta på brädan. För alla elektriska komponenter gjordes ett förenklat kopplingschema, se figur 8.



Figur 8: Elektriskt schema över komponenterna i brädan

6.1.1 Styrssystem

För att styra motorerna används som tidigare nämnts de elektroniska motorstyrhener vid namn VESC. Realtidsoperativsystemet ChibiOS/RT bygger

upp mjukvaran som finns i VESC. Detta operativsystem styrs utav en processor vid namn STM32F4 [6].

VESC:en kopplas till motorerna med sina tre utgående kablar. Beroende på vilka sladdar de kopplas in på hos motorn snurrar den åt olika håll. För att ändra en felaktigt rotationsriktning byts helt enkelt två godtyckliga sladdar. De får sin strömförsörjning från batteriet med en strömbrytare emellan. Båda enheterna kopplas samman via deras CAN-buss för att kunna styras tillsammans genom master-slave-konfiguration. Slavenheten utför exakt samma uppgifter som master. Den VESC som används som master är kopplad till Arduinon där den får en PPM-signal [8] som bestämmer hur mycket ström motorerna skall få. Dessutom skickar VESC:en via dess UART-port information till Arduinon där motorernas elektriska rotationshastighet samt batteriets inspänning kan mätas. På så sätt kan man mäta brädans hastighet och batteriets laddning.

VESC:en programmeras via BLDC-tool, ett verktyg speciellt byggt för att styra borstlösa DC-motorer, därav BLDC (brushless direct current). I verktyget ställs olika parametrar in för att optimera styrningen av motorerna. Bland annat är det inställt gränser för strömmar, både för motorer och batterier. Den mäter också spänningen för att kunna stänga av när spänningen blir för hög eller låg. Denna funktionalitet skyddar batterierna.

Via BLDC-tool körs motorerna med hjälp utav FOC (field-oriented controll) [10]. I detta läge får motorerna sinusformade signaler och kan utnyttja alla 3 faser. Detta läge ger en mycket smidig kontrollering samt den mest bekväma åkningen. FOC har tillgång till diverse ramp-funktioner och anti-spin för att göra åkningen mjukare.

6.1.2 Batterier

För att komma upp i en spänning på 37 V krävs som tidigare nämnt 10 LiPo celler. Då det var svårt att hitta ett batteripack med totalt 10 celler som inte kostade mer än budgeten tillät valdes att köpa ett 4 och ett 6 cells batteri, vardera på 10000 mAh. Dessa seriekopplades sedan för att addera deras spänning. Båda batterierna hade en urladdningskonstant på 10 C vilket innebär att strömmen de kan leverera är 10 gånger kapaciteten. Detta ger maxströmmen 100 A vilket är en bra marginal då de strömmar som kommer gå uppskattas till max cirka 50 A.

Isärplockningen av batterierna börjades med att klippa upp höljet. Se figur 24 i appendix G för hur det gick till. Väl innanför ytterhöljet kunde det lyckligtvis konstateras att cellerna ej var limmade utan endast ihoptejpad. Cellerna löddes om i pack om två och slutligen löddes alla fem pack ihop. Dessa placerades sedan i komponentlådan och fästes på plats med hjälp utav fästande kardborreband, se figur 9. Sladdar löddes om så att endast två grova kablar och tio balanseringskablar går ut från batterilådan till komponentlådan.

Mellan batteriet och de övriga komponenterna byggdes en av/på-annordning. I och med att styrsystemet har kraftiga kondensatorer som jämnar ut in-spänningen till dem, uppstår en gnista då batterierna kopplas på då motståndet innan kondensatorerna är uppladdade praktiskt taget är 0Ω . För att undvika detta när huvudströmbrytaren slår till kopplas en parallell knapp med en resistor i serie. Denna trycks först in i ungefär en sekund innan huvudströmbrytaren sluts för att ladda upp kondensatorerna med en begränsad ström. Skulle inte detta göras orsakar gnistan en sotfläck varje gång batterierna kopplas på vilket i längden leder till dålig kontakt och värmeutveckling. Väl inne i komponentlådan kopplades batterierna till styrenheterna och till BMS:en, se figur 8 för ett förenklat kopplingschema.

6.1.3 Uppladdning

För att enkelt kunna ansluta det externa nätaggregatet till batterierna utan att behöva öppna upp komponentlådan löddes en snabbkontakt på ingången till batteriet och balanseringskretschippet, se figur 8 för koppling. Då ett nätaggregat och en separat balanseringskret valdes att köpas blir det nu lättare att koppla in för laddning. I en dyrare batteriladdare med inbyggd balanseringskrets måste de tio sladdar som går mellan varje cell i batteriet kopplas till balanseringskretsen på laddaren, men nu räcker det med en sladd från nätaggregatet till uttaget som satts på sidan av komponentlådan.

6.1.4 Lampor och ljudsignal

Då två av sex lampor i det främre lamphuset var defekta behövdes nya lysdioder beställas. Enligt en undersökning utförd av konsumenttidningen Testfakta bör en cykelbelysning erhålla värde över 14 i ljusstyrka som mäts med

SI-enheten Candela [cd] [11]. De ursprungliga lysdioder som satt monterade hade en individuell ljusstyrka på 16 cd vilket ger en total styrka på 96 cd. De nya dioderna som köptes har en ljusstyrka på 8 cd vilket totalt ger en ljusstyrka på 48 cd. Det är mer än de 14 cd som tidningen Testfakta kommit fram till är absoluta minimum och ses då som acceptabelt.

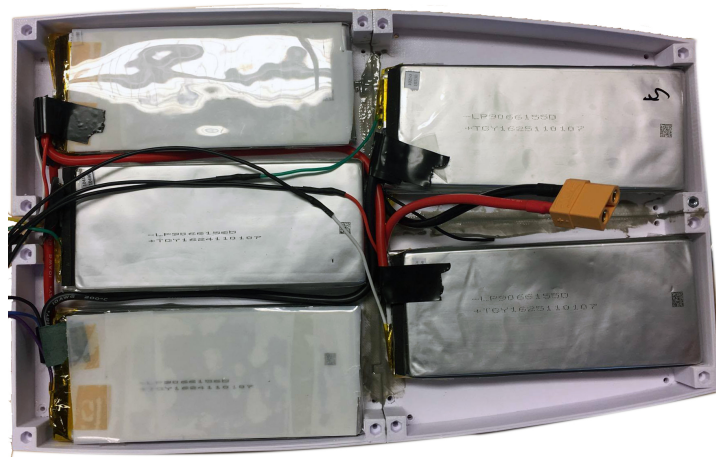
Lysdioderna kräver en matarspänning mellan 2,8-3,6 V. Då Arduinon som används för att mata spänningen till lamporna har en matarspänning på 5 V riskerar lysdioderna att ta skada. Därför kopplades ett förmodstånd på 39 Ω vilket då sänker de parallellkopplade lysdioderna till en spänning de kan hantera.

Ljudsignalen som satt på den tidigare brädan kunde tyvärr inte plockas bort från fjolårets komponentlåda och därför fick en ny summer införskaffas. Den nya ljudsignalen går att mata med en spänning mellan 4-28 V vilket gör att den går att styra med en av de 5 V digitala utgångarna på Arduinon.

6.1.5 Komponentlåda

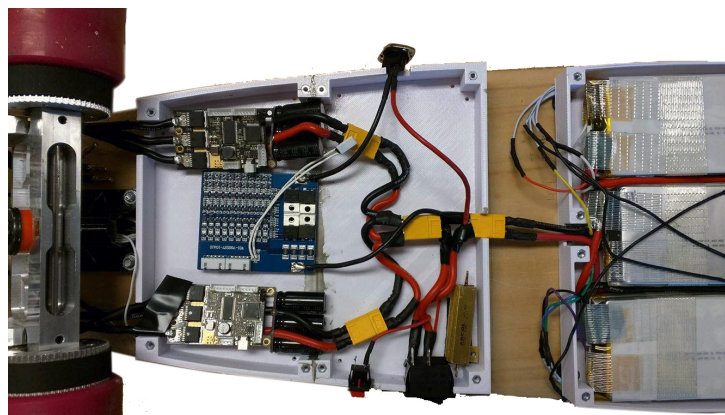
Konstruktionen av den strömlinjeformade inkapslingen av de ingående komponenterna på longboarden kommer gå till på samma sätt som för handkontrollens inkapsling. Alla komponenter som ska finnas i komponentlådan under brädan mättes upp och en första design skissades. Då lådan kommer tillverkas genom 3D-printing och alltså vara gjorda utan plast finns en risk att plasten spricker när brädan sviktar. För att förhindra eventuella sprickor i plasten delades designen utav lådan upp i två delar med en 100 mm spalt mellan den främre och bakre delen.

I den främre delen placerades battericellerna (se figur 9), där de tio cellerna staplades två på höjden i varje stapel. De då fem staplarna med batterierna placerades med fördelningen två i lådans framända och tre i dess bakända. Allt kablage drogs mellan staplarna och leddes ut genom det avsedda hålet i dess bakända.



Figur 9: Batterilayout i den främre lådan

Den bakre delen huserar istället alla ingående kretskort och reglage, vilket innefattar VESC-enheterna, BMS-enheten, Arduinon, tranciever samt av/påknapparna och laddporten. I locket till lådan monteras summern. Knapparna och laddporten sitter på lådans sidor, och inuti lådan placerades VESC-enheterna i lådans bakända, där sladdarna för trefasströmmen till motorerna leddes ut genom hål i höljet. Arduinon placerades mellan de två VESC-enheterna, och BMS:en lades i lådans framända.



Figur 10: Bild över den bakre komponentlådan där alla de kretskorts utom Arduinon ses i bild

För att fästa de båda lådorna användes gumibussningar som stöd för

att minska påverkan av vibrationer i brädan som kan orsaka sprickor i den sköra 3D-printade plasten, se figur 11. Då 3D-printningen måste ha ett plant underlag kunde inte komponentlådorna printas med en välvd undersida som följer den brädans välvda form, gummibussningarna används därför även som distanser från brädan upp till komponentlådorna, se figur 12.



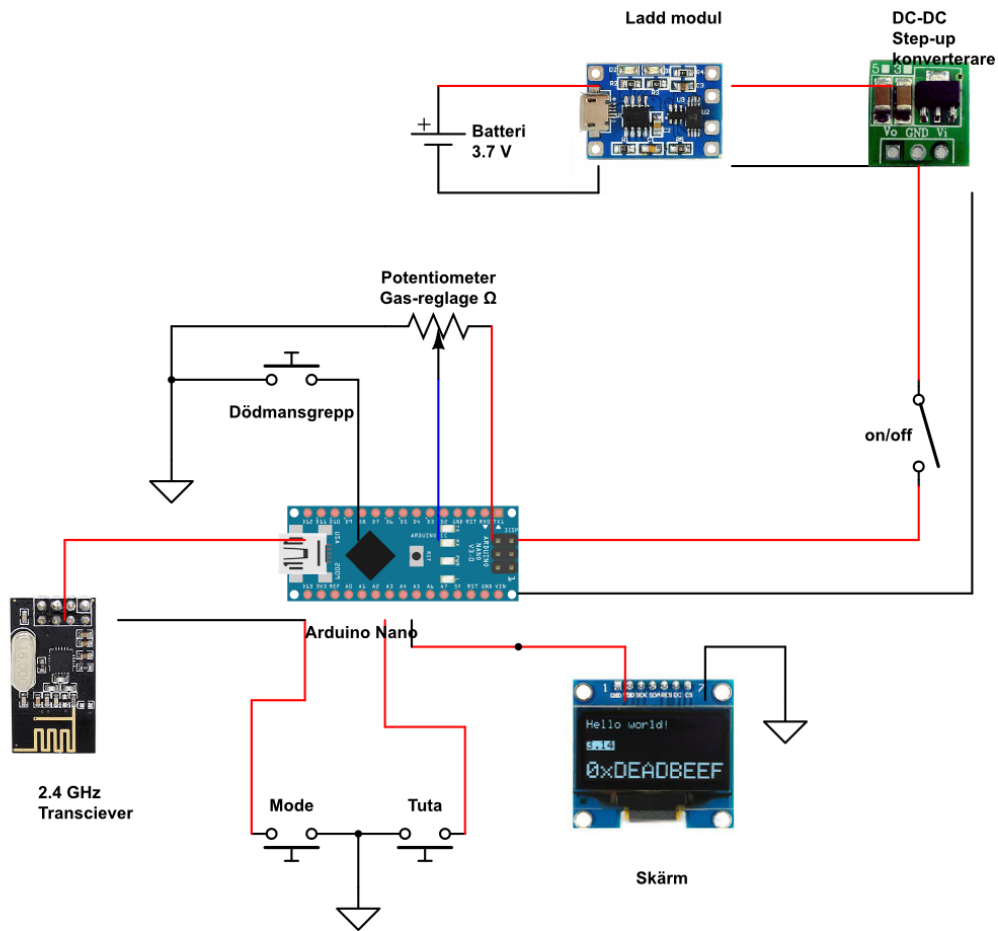
Figur 11: Gummibussningar som användes vid fästning av komponentlådorna i brädan



Figur 12: Bild över hur gummibussningarna användes vid fästning av komponentlådorna i brädan

6.2 Handkontroll

När planeringen av handkontrollen och dess komponenter var genomförd kunde tillverkningen börjas. De valda komponenterna beställdes och ett kopplingschema skapades, se figur 13.



Figur 13: Elektriskt schema över komponenterna i handkontrollen

6.2.1 Skärm

Koden för denna typ av skärm med en Arduino går att bygga upp på många olika sätt, men den minst komplexa av de metoder som fanns ansågs vara u8glib som skapats av Oliver Kraus [12]. Detta bibliotek är kompatibelt med många liknande skärmtypen som den som valdes för detta projekt, och är uppbyggt av att en layout ritas upp en gång varje gång programmet gör en loop, vilket gör att förändringar eller händelser dyker upp på skärmen näst intill omedelbart när de sker.



Figur 14: Skärmen SH1106

Layouten designades så att ca. halva skärmen tas upp av stora siffror som visar nuvarande hastighet, vilken klarar av att visa hastigheter mellan 0 och 99 km/h i heltalssteg. Den andra halvan av skärmen är uppdelad i tre sektioner där den övre visar det nuvarande körläget och den undre delen visar longboardens respektive handkontrollens batterinivåer i 4 steg. Alla värden som skärmen visar uppdateras ungefär 10 gånger per sekund, där hastighet och brädans batterinivå kommer från brädans Arduino-enhet och handkontrollens batterinivå läses av direkt av handkontrollens Arduinio-enhet. Koden för layouten finns i appendix E.2.

6.2.2 Reglage och knappar

Reglagen som finns på handkontrollen innefattar gasreglage, lägesväljarknapp, knapp för signalhorn samt dödmansgrepp-knapp och slutligen en av/på-switch. Alla dessa reglage ansågs essentiella för att kontrollen skulle ha de funktioner som krävdes samtidigt som enkelheten vid användning skulle bli maximal.

Gasreglaget består som nämnt i konceptbeskrivningarna av en vridpotentiometer som är fjäderladdad, vilket gör att den utan belastning återvänder till sitt mittenläge. Den kan således användas i två riktningar, som då resulterar i antingen gas eller broms. Värden på potentiometern går mellan cirka 70 som maximal broms till cirka 880 som maximal gas, samtidigt som mittenläget hittas på ungefär 490. Reglaget styrs sedan genom en fingerhake som förs framåt eller bakåt.

Lägesväljarknappen är i grund och botten en vanlig tryckknapp som i mjukvaran i handkontrollen kodats att loopa genom tre körlägen: Eco, Regular och Power. I dessa körlägen skalas värdet enligt en rät linje med k-värde 0,5, 0,75 eller 1. Detta innebär alltså att i läget Eco stryps det maximala värdet med en faktor 0,5 mellan 490 och 890, och detsamma sker i Regular fast med faktorn 0,75. Detta gör att handkontrollen i sig reglerar hastighetsrestrktionerna för brädan. Knappen för signalhornet är liksom lägesväljarknappen bara en vanlig tryckknapp som ger en digital signal som aktiverar summern i brädan när den hålls ned.

Knappen som utgör dödmansgreppet är även den en vanlig tryckknapp, men koden bakom knappen skiljer sig en del från de övriga knapparnas. Här har det inkorporerats en räknare som räknar när knappen inte hålls ned. När denna räknare överskrider ett visst värde så upphör kontrollen att läsa av input från gasreglaget utan skickar istället ut en signal som motsvarar en lätt bromseffekt för att bromsa in brädan. Detta är meningen att ske om föraren tappar handkontrollen. Räknaren används för att bromsinverkan inte ska vara omedelbar om handkontrollen exempelvis byter hand eller bara släpps under en kort stund. Gasreglaget ger först inverkan igen när dödmansgreppet trycks ned.

Här processeras all data i Arduino-enheten som finns i handkontrollen, men endast potentiometervärdet och signalhornsknappens läge skickas sedan ner till brädan för tolkning.

6.2.3 Batterier och strömförsörjning

För att kunna använda handkontrollen så länge som möjligt innan det måste laddas igen köptes ett batteri på 1200 mAh. Vilket minst kommer ge en användningstid på ca 9,5 h men troligtvis upp mot det dubbla då skärmen som förbrukar mer än hälften utav den uträknade totala strömförbrukningen ej drar så mycket vid användning. Specifikationen på 80 mA som skärmen kan dra är vid maximal användning, alltså när alla pixlar i hela displayen är tända, vilket skärmen ej kommer att vara. Batteriet kopplas sedan direkt in i step-up konverteraren som stegar upp spänningen i batteriet till 5 V. Parallellt med step-up enheten kopplas laddningschipet på batteriets ingångar så att man enkelt kan ladda batteriet. Det är viktigt för Arduinon att den

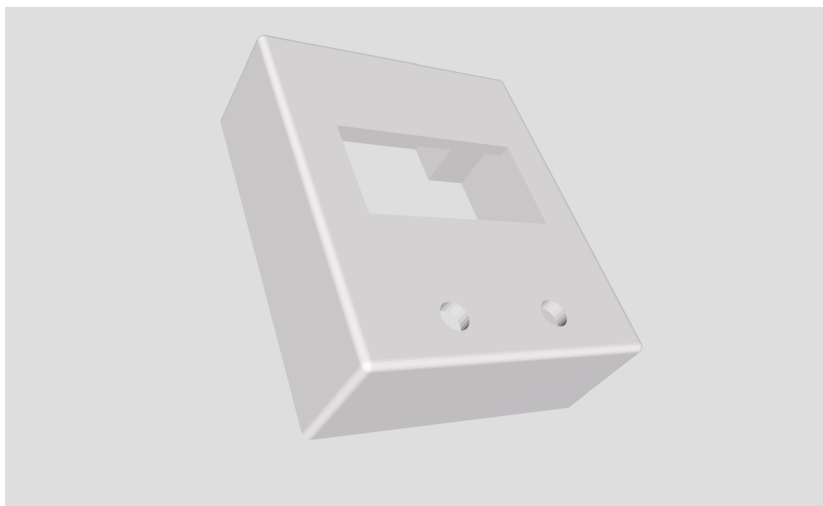
matas med stabil 5 V på dess Vin-port. Vid uppmätning av spänningen med ett oscilloskop efter step-up konverteraren ansågs den vara väldigt stabil med mycket lite variationer vid belastning. Det blir därför inga problem att mata Arduinon med den.

6.2.4 Uppladdning

För att kunna ladda handkontrollen kopplas en mini-USB kontakt in i botten på handkontrollen i de hålet som leder in till komponenterna. Då laddningschippet kräver en spänning på 5 V och laddar med en ström på 1 A krävs en adapter som konverterar vägguttagets 230 V till 5 V, 1 A. En vanlig adapter från mobilladdare har ofta just dessa egenskaper och kan därför användas vid laddning av handkontrollen. Även en vanlig USB-port från en datorn kan användas. Batteriet är specificerat till att klara en laddström på 5 C vilket motsvarar 6 A vilket är väldigt högt. Det är dock inte nödvändigt att ladda så högt och säljaren av laddchippet rekommenderade att ladda på 37 % av batteriets kapacitet. För det valda batteriet blir då önskad laddströmm 444 mA. Detta justeras på laddchippet genom att byta ut en resistor från nuvarande 1,2 k Ω till 3 k Ω [13]. Vid uppladdning lyser en röd lysdiod och när batteriet är uppladdat lyser en grön.

6.2.5 Hölje

Handkontrollens kropp valdes att tillverka genom att 3D-printa plast, då detta var ett snabbt och lättillgängligt sätt att iterera designkoncept på. Detta gav dock några restriktioner när det kom till fysisk design, vilket resulterade i att fingergroovsen som planerats inte var möjliga att utföra inom den tidsram som gavs. Dessa var endast ett estetiskt och ergonomiskt tillskott, vilket inte var ett primärt mål i projektet, och valdes därför att inte appliceras på prototypkontrollens design.



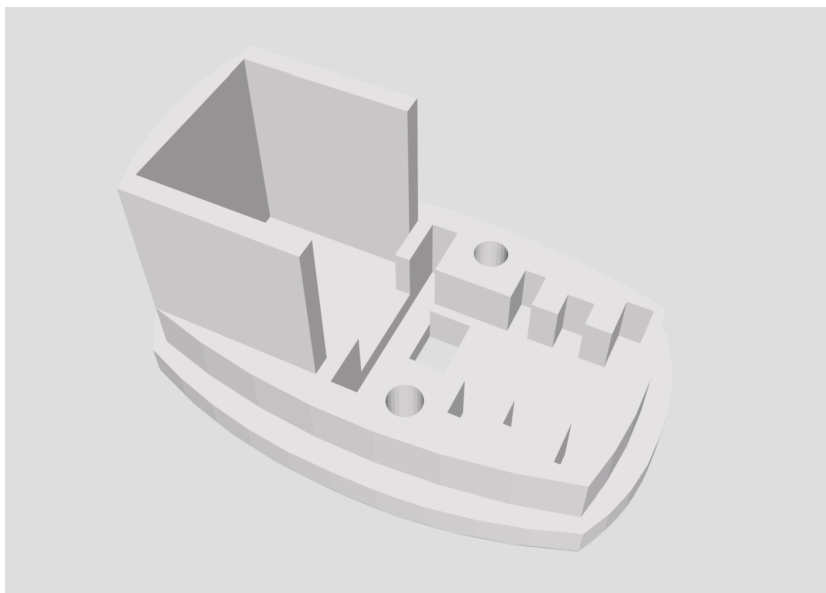
Figur 15: 3D-modell för handkontrollens skärmkapsel

För att göra omprogrammering och utbyte av komponenter så enkelt som möjligt, ansågs det som nämnt i kapitel 5 enklast att göra kontrollen i tre delar: skärmkapseln, handtaget och bottenplattan. Skärmkapseln, se figur 15, huserar just skärmen, knapparna för lägesval och signalhorn samt en av/på-switch för att koppla av eller på strömmen till kontrollens komponenter. Handtaget, se figur 16, är själva basen i hela handkontrollen, där alla komponenter fästs. I den fästs gasreglaget och dödmansgreppet samt skärmkapseln och bottenlocket. Gasreglaget sitter på den utskjutande delen på handtagets övre ände, där undersidan av den utskjutande delen är öppen för att potentiometerns fingreglage skall vara åtkomligt för användaren.



Figur 16: 3D-modell för handkontrollens handtag

Bottenplattan, se figur 17, i handkontrollen utgör handkontrollens ”central-hub” där utrymme för batteri och kretskort gjorts. Detta ansågs som det smidigaste och enklaste sättet att lätt kunna plocka ut de avancerade komponenterna och göra de ändringar som önskas utan större kraftansträngningar, istället för att exempelvis limma ihop komponenterna vilket hade försvårat detta avsevärt. Ur en prototypsynpunkt så är detta ytterst önskvärt i den mening att många justeringar kan komma att krävas för att få produkten att fungera som önskat. I botten av plattan finns ett mini-USB-uttag för att uppladdning av batteriet i handkontrollen skall kunna ske utan att komponenterna behöver tas ut ur kroppen.



Figur 17: 3D-modell för handkontrollens bottenplatta

Alla komponenter fästs i varandra med m3-skruv, då dess muttrar enkelt går att fästa i 3D-printade delar vilket bistår med fullt fungerande gängor som således utesluter behovet av limning mellan kroppens komponenter.

6.3 Kommunikation

Kommunikationen mellan handkontrollen och brädan ansågs redan från början att kunna bli en av de mest utmanande delarna i detta projekt. Efter mycket research och testande så ansågs det därför önskvärt att utforska och försöka implementera två olika sätt för handkontrollen och brädan att kommunicera. Först den ursprungligt avsedda trådlösa kommunikationen och sedan ett trådbundet alternativ. Detta för att så gott som möjligt helgardera sig mot de fel och svårigheter som trådlös tvåvägskommunikation kan innebär. Nedan följer därför en utläggning om hur dessa implementerades. Se appendix E för specifik kod som utnyttjades.

6.3.1 Trådlös

Som nämnt i kapitel 5.4 så innefattar den trådlösa kommunikationen att använda de Arduino-kompatibla enheterna nRF24L01+. Detta innebar ur

mjukvarusynpunkt att ett bibliotek vid namn RF24 [14] användes. RF24 är utformat för att etablera trådlös kontakt mellan enheter av just typen nRF24L01, som kan hittas i olika former, både med och utan extern antenn.

Proceduren för att etablera tvåvägskontakt mellan två enheter av denna typ innebär att så kallade pipelinesänvänds. Dessa kan ses som enkelriktade vägar med unika adresser i koden, där en används för att skicka information från brädan till handkontrollen, och den andra för att skicka information från handkontrollen till brädan. På grund av Arduino-enheternas utformning och på sättet som kod till dessa skrivs utförs skickande och mottagande av denna information i cykler, vilket innebär att en enhet aldrig skickar samtidigt som den tar emot information. Detta har dock ingen märkbar inverkan då tiden från att information skickas från exempelvis handkontrollen till att brädan skickar tillbaka annan information sällan överskrider cirka. 30-40 ms.

Utformningen av koden blev således att när brädan startas så börjar den som mottagare, och handkontrollen som sändare. Handkontrollen skickar då en array med två värden, där det första representerar det nuvarande analoga potentiometervärdet och det andra signalhornsknappens digitala läge. Dessa skickas sedan i pipelinen från handkontrollen till brädan. Brädan har under denna tid ständigt letat efter en radiosignal i rätt pipeline, och när handkontrollens skickade information lämnats ut tar brädans tranciever upp signalen. Dess Arduino läser in denna i två variabler, behandlar dem och skickar sedan dessa till VESC-enheten respektive summern. När detta skett läser brädans Arduino in värden från VESC-enheterna via UART, och beräknar dessa till hastighet och batterispänning, och lägger in dem i en array för att på samma sätt som innan skicka upp till handkontrollen som väntar på en signal, men denna gång används den andra pipelinen. Detta sker kontinuerligt hela tiden för att cirka 25-30 gånger per sekund byta information mellan de två enheterna.

6.3.2 Trådbunden

Den trådbundna alternativlösningen skickar informationen i samma form som i det trådlösa fallet, men använder som namnet antyder istället kablar för att skicka och ta emot signaler. Det enklaste sättet att skicka och ta emot mer än ett värde via kabel var att använda sig av seriell kommunikation, vilket är industristandard i många olika applikationer, inte minst i USB-standarderna.

Eftersom att Arduino-enheterna även har inbyggt stöd för denna kommunikationstyp så bidrog det inte med några större problem vid utformningen av detta system.

För att inte försvåra mjukvarudelen alltför mycket lades lite tid för att undersöka om något färdigt protokoll gick att använda för denna seriella kommunikation, och valet föll efter en tid på biblioteket EasyTransfer som utvecklats av Bill Porter [15], då denna metod inte kräver någon kodning för att skicka information byte för byte, utan fokus ligger endast på vad som skall skickas. Att koppla TX-porten (transfer) på handkontrollens Arduino-enhet till RX-porten (recieve) på brädans och vice versa, samt koppla Arduino-enheternas jord till varandra är det enda som behövs för att kunna dela information i arrays med fördefinierade storlekar med varandra. Detta utförs cykliskt där en enhet skickar sin data och sedan tar emot data från den andra enheten.

7 Resultat

Det övergripande resultatet är en fungerande elektrisk longboard som uppfyller de kravspecifikationer som sattes under projektets planeringsstadiet. Här nedan redovisas delresultat som åstadkommit och en del utav de problem som uppstått och lösts under projektet.

7.1 Batteri och laddning

Batteriets ombyggnad blev lyckad då de fortfarande fungerar precis som innan de byggdes om. Passformen i lådorna blev också som önskat. Målet att öka kapaciteten är avklarat då de nya batterierna har en dubbelt så stor kapacitet jämfört med föregående årets.

7.2 Styrsystem

Efter att VESC:en var anpassade för motorerna och alla parametrar optimerade betedde sig motorerna väldigt bra. Det fanns inte längre någon risk att ramla av på grund av ryck när förändring i gasreglaget skedde hastigt. Då en ramp-funktion applicerades i styrenheternas inställningar blev både acceleration och inbromsningar väldigt kontrollerade och säkra.

7.3 Komponentlådorna

Den nya designen på de båda komponentlådorna blev som planerat. De blev både lägre och rymligare än fjolårets komponentlåda då större del av undersidan på longboarden utnyttjades. De båda lådorna blev också mer strömlinjeformade. Battericellerna fick plats precis som det var tänkt i den främre komponentlådan. Även alla kretskort, strömknappar och andra komponenter som inte är batterier fick plats som tänkt, se appendix E och F för ritningar och bilder.

Skuvhålerna för infästning i brädan gav visade dock på små designbrister, där skruvar för detta syfte inte redan valts, och således blev både positionerna och dimensionerna på dessa inte helt optimerade, och krävde därför mindre modifieringar så som uppborring av hålen i efterhand.

7.4 Handkontroll

Den specialtillverkade handkontrollen blev på många sätt lyckad, med ingående funktioner och användbarheter så som en skärm med bra information och en anpassad formfaktor för att bekvämt kunna greppa om kontrollen. Gasreglaget och dödmansgreppet blev efter lite modifikation av designen lätta att manövrera vilket möjliggör en komfortabel åktur. En sida var tvungen att fixas till genom att fila ner plasten då den tog i gasreglaget vid inbromsning. Annars var det inga problem med komponenternas passform.

7.5 Kommunikation

Kommunikation mellan de olika systemen uppnåddes med varierande resultat. Eftersom den trådlösa varianten inte fungerade till en början utvecklades också en trådbunden variant för att försäkra sig om att det i alla fall fanns ett fungerande styrsystem.

7.5.1 Trådlös

Den trådlösa kommunikationen mellan handkontrollen och brädan fungerade okej efter kodning, men de tester som utförts med testkoder hade fungerat mycket bättre och säkrare. Vid testerna uppstod aldrig problem med överföring så som att värden missades eller att försöken att hitta och hämta värden timrade ut, men så var inte fallet när den trådlösa kommunikationen applicerades i den övriga koden för handkontrollen och longboarden.

När koden inkorporerades i hela kontroll-bräda-systemet så började problem med överföringen ske, där de båda enheterna inte fick något konsekvent flöde av mottagna värden. Detta berodde sannolikt på att de olika Arduino-enheternas loopar hade olika loop-tider de klarade av ett varv i det kontinuerligt löpande programmet. Detta medför att longboarden var fullt möjlig att köra trådlöst, dock opålitligt. Vid testerna så fungerade det relativt bra, men det uppkom då och då ett avbrott i signalen på ungefär 0,5-1 sekunders längd vilket inte är acceptabelt men hade förmodligen kunnat fixats med utökad tid.

7.5.2 Trådbunden

Den trådbundna kommunikationen testades via Arduinos seriella portar. Detta med gott resultat, en trådbunden lösning hade varit möjlig att implementera och samtidigt fortfarande behålla den funktionalitet som var tänkt. Kablaget hade dock bidragit med problem under färd då kablarna skulle kunna fastna i föremål och således både ha sönder konstruktionen och sätta föraren i fara.

7.6 Verifiering

Här kontrolleras att de punkter från kapitel 3 - Metod som var tvungna att verifieras är uppfyllda.

- Att motorstyrningen kan styra motorerna
- Kommunikation mellan handkontroll och bräda snabb nog
- Mjuk gasrespons
- Mekanisk dödmansgrepp i handkontroll
- Fungerande elektronisk broms

Av de ovanstående krav fungerade fyra av fem som de skulle när tester genomfördes på produkten. Den punkt som inte fungerade som tänkt är kommunikation mellan handkontroll och bräda. Responstiden från handkontrollen till brädan var tyvärr inte snabb nog vilket ibland leder till stora fördröjningar, tillräckligt stora för att det ej ska vara säkert. Programmen på de två olika Arduino-enheterna är inte optimerade och därför uppstår ibland synkroniseringsproblem. Detta problem pratas mer om i diskussion under 8.3 - Kommunikation.

8 Diskussion

Resultatet samt problem under projektets gång diskuteras i detta avsnitt.

8.1 Komponenter som behövs

Den specialgjorda trucken som producerades förra året för att hålla bakhjulen på plats återanvändes i årets projekt. Detta dels för att spara in tid och dels för att den verkade robust och funktionsduglig. Att bygga en egen liknande variant kändes inte så givande för projektet och skulle ta lång tid med den kompetens som fanns. Därför ersattes den inte och det bestämdes att fokuset skulle ligga på att utveckla annat. Motorerna ersattes ej heller. Detta för att de ansågs vara mer än tillräckliga för detta projekt samt att det sparar mycket pengar.

8.2 VESC

VESC korten fungerade bra och levererade det som förväntades. Ett problem som inträffade var att ett kort slutade fungera. Ett felmeddelande pekade på ett av chippen, DRV8302, som sitter på kretskortet och är en central del för VESC:ens funktion. Detta hände plötsligt någon gång när parametrar optimerades. Det som är mest sannolikt är att det inträffat på grund utav en bugg i BLDC-tool som ökar värdet på en gräns på en strömmen som kretskort ska få i ett visst läge. Vid kontroll av värdet var det 50 när rekommenderat värde är 0,4. Denna bugg är känd i den versionen av mjukvara vår VESC har men det var inget som var tydliggjort och kunde då inte förebyggas. Ett nytt kort beställdes och fungerar nu precis som det gamla.

8.3 Kommunikation

Det som har varit det största problemet under projektets gång har varit att designa ett system som klarar av att kommunicera med varandra. De flesta problemen har förmodligen berott på att hårdvaran. Vilket var svårt att upptäcka på grund av avsaknad av återkoppling. Kretskorten hade varken lampor eller någon annan indikator på att signaler skickades. Detta medförde att den trådbundna kommunikationen utforskades, den var inte tänkt att användas från början men efter att det eventuellt inte skulle fungera uppkom behovet att skapa en trådbunden kommunikation dessutom.

8.3.1 Trådlös

De trancievers av typen nrf24l01+ som först köptes in för att sköta den trådlösa kommunikationen fick aldrig fungera. Det är oklart vad som var felet. En tidig misstanke var att det berodde på ojämn strömförsörjning till dem. Problemet försökte då lösas genom att parallellkoppla en kondensator för att få en jämnare försörjning. Problemet kvarstod dock och efter mycket felsökande och slösad tid beställdes två nya kort med samma chip men av en annan tillverkare. Fördelen här var att de kom med lysdioder som visade om de fick ström. De kom också med en adapter som reglerar strömmen och tillåter att 5 V-uttaget på Arduinon används istället för 3,3 V. Med dessa fungerade det mer eller mindre direkt precis som det var tänkt. Hårdvaruproblemet var då löst men alldeles för lång tid spenderades på detta.

Med fler olika typer av tranciever-enheter att kunna testas, och en större avlagd tid till vad som kom att bli det genomlöpande mest problematiska i detta projekt så hade den trådlösa kommunikationen kunnat uppförts på ett säkrare, mer pålitligt sätt. I efterhand så anses det vara värt att investera i pålitliga och erkänt bra enheter från början, vilket i sådana fall hade underlättat hela utvecklingsprocessen och hade inneburit att mindre tid lagts på att få icke fungerande enheter att sända och ta emot signaler.

8.3.2 Trådbunden

Det trådbunda alternativet ansågs vara en nödlösning, då grundvisionen var att handkontrollen skulle vara just trådlös. Trots detta bör det beaktas att det är en metod som är långt mycket mer pålitlig än den trådlösa kommunikationen just pga. behovet av tvåvägskommunikation och att det är Arduino-enheter som utgör båda kontaktpunkterna i systemet som konstruerats i detta arbete. Detta blir således en fråga om tidsåtgång i projektet och säkerhet, där det kan vara lämpligt att utforska hur hämmande det egentligen är med en trådubunden anslutning vid färd. Om fördelarna väger över nackdelarna skulle den trådbundna kommunikationen ge en billigare, mindre komplex lösning på samma problem. Dock är fördelarna med den trådlösa kommunikationen så fördelaktig ur ett vardagsperspektiv, samt bidrar med mer säkerhet då ingen sladd kan komma i vägen för föraren under färd. Därför anses den trådbundna kommunikationen just som en alternativ nödlösning. Även faktumet att kabeln i sig kan ge upphov till olyckor om den skulle fast-

na i föremål eller hinder är en stor nackdel, vilket ytterligare stärker beslutet om att denna typ av kommunikation just är en alternativ nödlösning.

8.4 Handkontroll

Det mest uppenbara kring konstruktionen av handkontrollen var just utrymmesallokering. Både minnesmässigt på Arduino-enheten och fysiskt att alla kretskort och reglage skulle få plats i handtaget. Designfasen blev här lite för påskyndad, och de slutgiltiga komponenterna var sent valda vilket ledde till att designen inte blev optimal och därför lämnar mycket att förbättra. Just när 3D-printing är tillverkningsmetod så är det lätt att iterera designförslag tills den önskade användbarheten uppnåtts, men detta blev svårt när projektets syfte inte var att lägga all tid på just design. Pga. detta gav det prototypkontrollen lite för små utrymmen vilket ledde till att bearbetning krävdes för att montera reglage. Detta är inte önskvärt. Med andra tillverkningsmetoder, material och ett större tidsspänn så hade detta kunnat motverkas. Fler komponenter kunde även ha tillverkats på egen hand, så som gasreglage och liknande, men även detta krävde mer tid till projektet.

När det kommer till mjukvarans utrymme så finns enorm förbättringspotential. Koden är skriven för att fungera, men ingen kraft lades på att minska plattsupptagning, vilket resulterade att vissa mer designmässiga interface-tillägg, så som en start-up screen var tvugna att slopas. Med mer resurser och ett kodspråk som gruppmedlemmarna var mer insatta i hade optimering kunna skett i ett tidigare stadie, och mer funktioner och designmässig struktur hade kunnat inkorporerats.

8.5 Konceptets potential

Konceptet blev i det stora hela lyckat, där majoriteten av funktionerna som önskades inkoopreras tillslut blev en del av slutresultatet. Frågan är dock, hur kan denna longboard jämföras med de kommersiella brädorna och vilken utvecklingspotential finns?

Detta projekt gick ut med inställningen att göra den befintliga brädan mer raffinerad, vilket kan anses ha lyckats. Det finns dock en lång väg kvar till att bli en fullfjädrad kommersiell produkt. Både materialval och komponentsäkerhet har i denna produkts fall blivit lidande av den bristfälliga

budgeten, där kompromisser att exempelvis köpa billigare moduler och att inte använda mer komplicerade, men tillika mer pålitliga och etablerade tillverkningsmetoder. Potentialen är dock stor. Ett längre tidsspann som tillåter mer design-iteration och mer utförliga tester på ingående komponenter kan komma att ge detta koncept en egen plats på marknaden där den kan bli pinonjär på informationsflöde till föraren under färd och ett kraftfullt system för en mer ringa peng än konkurrenterna.

Då personliga elektriska transportmedel är relativt nya på marknaden kan det därför ses som att detta projekt utvecklat en variation ev en existerande produkt som med rätt lansering och marknadsföring skulle kunna bidra med mer nyskapande och fler alternativa idéer för marknaden.

9 Slutsats

En elektronisk longboard har genom projektet reparerats och vidareutvecklats. Detta med syfte att konkurrera med övriga personliga transportmedel i en urban miljö, fast istället kräva mindre energi av användaren och vara mer pålitligt. Fokus har legat på att vidareutvecklingen skall föra den ursprungliga produkten från ett konceptstadie till en mer slutgiltig prototyp med en specialgjord handkontroll som kan visa all information som användaren kan tänkas behöva, samt en större batterikapacitet för att kunna användas som ett pendelalternativ i verkligheten.

Genom att kunna behålla en stabil grunddesign med de maskinellt bärande delarna välutformade och genomtänkta, gav detta projekt den friheten som krävdes för att ta det till nästa steg. Energin lades därför på ett mer elektronisk antågande där systemet förbättrades med nya styrenheter, integrerad laddning och ett informationsflöde mellan bräda och förare. Detta gav projektet styrkan av en utarbetad mekanisk grundplattform, vilket gjorde att utvecklingen kunde fokuseras på den funktionella elektroniken och design istället.

Avslutningsvis har detta projekt uppnått det resultat som söktes i stor grad, där en estetiskt och funktionellt mer raffinerad produkt utvecklats. Trots detta finns fortfarande stor utvecklingspotential inom material och säkerhet. Lådornas design kan fulländas och den trådlösa kommunikationen kan förbättras. Med ett påbörjat utvecklingsarbete så som utförts i detta projekt ger det ändå produkten en framtida potential till att bli produkt som konkurrerar på den internationella marknaden, om vidareutveckling sker.

Referenser

- [1] “Transportstyrelsens föreskrifter om ändring i föreskrifterna (tsfs 2009 : 31) om cyklar , hästfordon och sparkstöttingar ; tsfs 2010 : 144” , s. 1–8, 2010.
- [2] P. Lindstedt och J. Burenius, *The Value Model: How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value*, 1. utg. Nimba, NA, 2003.
- [3] Boosted, *Technical progress part iii: lithium battery*, 2013. URL: <https://boostedboards.com/blog/technical-progress-part-iii-lithium-battery/> (hämtad 2017-05-04).
- [4] M. Ekelund, M. Rönnfalk, N. Nilsson, J. Åström och O. Boström, “Longboard som elektriskt transportmedel ett alternativt transportmedel i den urbana miljön” , 2016.
- [5] F. Larsson och B.-E. Mellander, “Abuse by external heating, overcharge and short circuiting of commercial lithium-ion battery cells” , *Journal of the Electrochemical Society*, vol. 161, nr 10, A1611–A1617, 2014, ISSN: 0013-4651. DOI: 10.1149/2.0311410jes. URL: <http://jes.ecsdl.org/content/161/10/A1611.full>.
- [6] B. Vedder, *Vesc – open source esc*, 2016. URL: <http://vedder.se/2015/01/vesc-open-source-esc/> (hämtad 2017-02-28).
- [7] ———, *Vesc – writing custom applications*, 2016. URL: <http://vedder.se/2015/08/vesc-writing-custom-applications/> (hämtad 2017-04-03).
- [8] G. Lazaridis, *Pulse position modulation and differential ppm*, 2011. URL: http://www.pcbheaven.com/wikipages/Pulse%7B%5C_%7DPosition%7B%5C_%7DModulation/ (hämtad 2017-05-04).
- [9] S. Z, *File:flickr - ~steve z~ - colt 1911 mfg. in 1917 (2).jpg*, 2006. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flickr%7B%5C_%7D-%7B%5C_%7D%7B~%7DSteve%7B%5C_%7DZ%7B~%7D%7B%5C_%7D-%7B%5C_%7DColt%7B%5C_%7D1911%7B%5C_%7DMfg.%7B%5C_%7Din%7B%5C_%7D1917%7B%5C_%7D\(2\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flickr%7B%5C_%7D-%7B%5C_%7D%7B~%7DSteve%7B%5C_%7DZ%7B~%7D%7B%5C_%7D-%7B%5C_%7DColt%7B%5C_%7D1911%7B%5C_%7DMfg.%7B%5C_%7Din%7B%5C_%7D1917%7B%5C_%7D(2).jpg) (hämtad 2017-04-07).
- [10] R. Gabriel, W. Leonhard och C. J. Nordby, “Field-oriented control of a standard ac motor using microprocessors” , *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. IA-16, nr 2, s. 186–192, 1980, ISSN: 19399367. DOI: 10.1109/TIA.1980.4503770.

- [11] M. HANSSON, *Bästa lampan till cykelfärden*, 2013. URL: <http://www.testfakta.se/tester/sport-och-fritid/b%C3%A4sta-lampan-till-cykelf%C3%A4rden> (hämtad 2017-05-05).
- [12] Olikraus, *U8glib_arduino*, 2016. URL: https://github.com/olikraus/U8glib%7B%5C_%7DArduino (hämtad 2017-05-04).
- [13] “Tp4056 1a standalone linear li-lon battery charger with thermal regulation in sop-8”, s. 1–3,
- [14] *Driver for nrf24l01(+) 2.4ghz wireless transceiver*, 2012. URL: <http://maniacbug.github.io/RF24/index.html> (hämtad 2017-05-05).
- [15] B. Porter, *Easytransfer arduino library*, 2011. URL: <http://www.billporter.info/2011/05/30/easytransfer-arduino-library/> (hämtad 2017-05-04).

A Kravspecifikation

En kravspecifikation har tagits fram för att visa de krav och önskemål som produkten i nuläget har fått. Med reservation för ändringar.

A.1 Kravspecifikation

Kravspecifikation						
 CHALMERS		Skapad: 2017-01-31 Modifierad: Utfärdare: S5YX02-17-07				
	Kriterier	Målvärde	K/Ö	Vikt	Verifieringsmetod	Kravställare
1	Longboard					
1.1	Hastighet	20 km/h	K	5	Test	Utfärdare
1.2	Räckvidd	10 km	K	5	Test	Utfärdare
1.3	Räckvidd	20 km	Ö	3	Test	Utfärdare
1.4	Dödmansgrepp	Känner av om förare befinner sig på brädan	Ö	5	Test	Utfärdare
1.5	Förbättra design av underredet	Mer strömlinjeformat och estetiskt tilltalande	K	4	Undersökning	Utfärdare
1.6	Lampor	Enl. Trafikverket	K	5	Test	Utfärdare
1.7	Bromsverkan	3 m/s ²	K	5	Test	Utfärdare
1.8	Effekt (i ett körläge)	250 W	K	5	Test	Utfärdare
1.9	Byta batteri	Ha högre energidensitet än tidigare	Ö	3	Research	Utfärdare
2	Handkontroll					
2.1	Ergonomi	Ska kunna användas utan ansträngning i 1 h	Ö	3	Test	Utfärdare
2.2	Gas- och broms-reglage	Kan kontrollera brädan	K	5	Test	Utfärdare
2.3	Mekaniskt dödmansgrepp	Känner av om kontrollen hålls i	K	5	Test	Utfärdare
2.4	Förankring till förare	Ska ej kunna förloras vid användning	Ö	5	Test	Utfärdare
2.5	Display med instrumentpanel	Visa hastighet och trippmätare	Ö	4	Test	Utfärdare
2.6	Batteriindikator	Visa kvarvarande laddning och sträckan det motsvarar	Ö	3	Test	Utfärdare
2.7	Körlägen	Begränsa hastigheten på longboarden	Ö	4	Test	Utfärdare
2.8	Trådlös	Trådlös handkontroll	Ö	5	Test	Utfärdare
2.9	Tuta	Hörs i trafikmiljö	K	5	Test	Utfärdare

Figur 18: Kravspecifikation

B Iterativ Process - Handkontroll

Tabell 1: Koncept Blå

Koncept Blå					
	1	2	3	4	5
A	Aluminium	Plast	Trä	Glasfiber	
B	Mekanisk knapp undersida	Kapacitiv sensor undersida	Accelerometer inuti	Mekanisk knapp ovansida	
C	Joystick ovansida	"RC-gasreglage" undersida	Rullhjul ovansida	Tumreglage ovansida	
D	Sidan	Ovansidan			
E	Lampor	På skärmen	Ljudisgnaler		
F	"Loop"-knapp ovansida	"Loop"-knapp sida/undersida	Touchscreen-väljare	Enskilda knappar ovansida	Enskilda knappar sida
G	Cylindrisk	Fingergrooves	Foam-grepp	Gummi-grepp	
H	Skruva	Limma	Tillverka i helt stycke	Svetsa	
I	Utbytbara - AAA	Fast - LiPo			
J	Ovansida	Undersida			
K	Knapp ovansida	Knapp sida	Touchscreen-knapp		

Tabell 2: Koncept Cyan

Koncept Cyan					
	1	2	3	4	5
A	Aluminium	Plast	Trä	Glasfiber	
B	Mekanisk knapp undersida	Kapacitiv sensor undersida	Accelerometer inuti	Mekanisk knapp ovansida	
C	Joystick ovansida	"RC-gasreglage" undersida	Rullhjul ovansida	Tumreglage ovansida	
D	Sidan	Ovansidan			
E	Lampor	På skärmen	Ljudisgnaler		
F	"Loop"-knapp ovansida	"Loop"-knapp sida/undersida	Touchscreen-väljare	Enskilda knappar ovansida	Enskilda knappar sida
G	Cylindrisk	Fingergrooves	Foam-grepp	Gummi-grepp	
H	Skruva	Limma	Tillverka i helt stycke	Svetsa	
I	Utbytbara - AAA	Fast - LiPo			
J	Ovansida	Undersida			
K	Knapp ovansida	Knapp sida	Touchscreen-knapp		

Tabell 3: Koncept Grå

Koncept Grå					
	1	2	3	4	5
A	Aluminium	Plast	Trä	Glasfiber	
B	Mekanisk knapp undersida	Kapacitiv sensor undersida	Accelerometer inuti	Mekanisk knapp ovansida	
C	Joystick ovansida	"RC-gasreglage" undersida	Rullhjul ovansida	Tumreglage ovansida	
D	Sidan	Ovansidan			
E	Lampor	På skärmen	Ljudisgnaler		
F	"Loop"-knapp ovansida	"Loop"-knapp sida/undersida	Touchscreen-väljare	Enskilda knappar ovansida	Enskilda knappar sida
G	Cylindrisk	Fingergrooves	Foam-grepp	Gummi-grepp	
H	Skruva	Limma	Tillverka i helt stycke	Svetsa	
I	Utbytbara - AAA	Fast - LiPo			
J	Ovansida	Undersida			
K	Knapp ovansida	Knapp sida	Touchscreen-knapp		

Tabell 4: Koncept Grön

Koncept Grön					
	1	2	3	4	5
A	Aluminium	Plast	Trä	Glasfiber	
B	Mekanisk knapp undersida	Kapacitiv sensor undersida	Accelerometer inuti	Mekanisk knapp ovsida	
C	Joystick ovsida	"RC-gasreglage" undersida	Rullhjul ovsida	Tumreglage ovsida	
D	Sidan	Ovsidan			
E	Lampor	På skärmen	Ljudisgnaler		
F	"Loop"-knapp ovsida	"Loop"-knapp sida/undersida	Touchscreen-väljare	Enskilda knappar ovsida	Enskilda knappar sida
G	Cylindrisk	Fingergrooves	Foam-grepp	Gummi-grepp	
H	Skruva	Limma	Tillverka i helt stycke	Svetsa	
I	Utbytbara - AAA	Fast - LiPo			
J	Ovsida	Undersida			
K	Knapp ovsida	Knapp sida	Touchscreen-knapp		

Tabell 5: Koncept Gul

Koncept Gul					
	1	2	3	4	5
A	Aluminium	Plast	Trä	Glasfiber	
B	Mekanisk knapp undersida	Kapacitiv sensor undersida	Accelerometer inuti	Mekanisk knapp ovsida	
C	Joystick ovsida	"RC-gasreglage" undersida	Rullhjul ovsida	Tumreglage ovsida	
D	Sidan	Ovsidan			
E	Lampor	På skärmen	Ljudisgnaler		
F	"Loop"-knapp ovsida	"Loop"-knapp sida/undersida	Touchscreen-väljare	Enskilda knappar ovsida	Enskilda knappar sida
G	Cylindrisk	Fingergrooves	Foam-grepp	Gummi-grepp	
H	Skruva	Limma	Tillverka i helt stycke	Svetsa	
I	Utbytbara - AAA	Fast - LiPo			
J	Ovsida	Undersida			
K	Knapp ovsida	Knapp sida	Touchscreen-knapp		

Tabell 6: Koncept Lila

Koncept Lila					
	1	2	3	4	5
A	Aluminium	Plast	Trä	Glasfiber	
B	Mekanisk knapp undersida	Kapacitiv sensor undersida	Accelerometer inuti	Mekanisk knapp ovsida	
C	Joystick ovsida	"RC-gasreglage" undersida	Rullhjul ovsida	Tumreglage ovsida	
D	Sidan	Ovsidan			
E	Lampor	På skärmen	Ljudisgnaler		
F	"Loop"-knapp ovsida	"Loop"-knapp sida/undersida	Touchscreen-väljare	Enskilda knappar ovsida	Enskilda knappar sida
G	Cylindrisk	Fingergrooves	Foam-grepp	Gummi-grepp	
H	Skruva	Limma	Tillverka i helt stycke	Svetsa	
I	Utbytbara - AAA	Fast - LiPo			
J	Ovsida	Undersida			
K	Knapp ovsida	Knapp sida	Touchscreen-knapp		


Tabell 7: Koncept Orange

Koncept Orange					
	1	2	3	4	5
A	Aluminium	Plast	Trä	Glasfiber	
B	Mekanisk knapp undersida	Kapacitiv sensor undersida	Accelerometer inuti	Mekanisk knapp ovsida	
C	Joystick ovsida	"RC-gasreglage" undersida	Rullhjul ovsida	Tumreglage ovsida	
D	Sidan	Ovsidan			
E	Lampor	På skärmen	Ljudisgnaler		
F	"Loop"-knapp ovsida	"Loop"-knapp sida/undersida	Touchscreen-väljare	Enskilda knappar ovsida	Enskilda knappar sida
G	Cylindrisk	Fingergrooves	Foam-grepp	Gummi-grepp	
H	Skruva	Limma	Tillverka i helt stycke	Svetsa	
I	Utbytbara - AAA	Fast - LiPo			
J	Ovsida	Undersida			
K	Knapp ovsida	Knapp sida	Touchscreen-knapp		


Tabell 8: Koncept Röd

Koncept Röd					
	1	2	3	4	5
A	Aluminium	Plast	Trä	Glasfiber	
B	Mekanisk knapp undersida	Kapacitiv sensor undersida	Accelerometer inuti	Mekanisk knapp ovsida	
C	Joystick ovsida	"RC-gasreglage" undersida	Rullhjul ovsida	Tumreglage ovsida	
D	Sidan	Ovsidan			
E	Lampor	På skärmen	Ljudisgnaler		
F	"Loop"-knapp ovsida	"Loop"-knapp sida/undersida	Touchscreen-väljare	Enskilda knappar ovsida	Enskilda knappar sida
G	Cylindrisk	Fingergrooves	Foam-grepp	Gummi-grepp	
H	Skruva	Limma	Tillverka i helt stycke	Svetsa	
I	Utbytbara - AAA	Fast - LiPo			
J	Ovsida	Undersida			
K	Knapp ovsida	Knapp sida	Touchscreen-knapp		


Tabell 9: Pughmatris Koncept Blå

Pughs konceptsvalsmatris - Handkontroll - Blå				
 CHALMERS		Skapad: 2017-02-10 Modifierad: 2017-02-19 Utfärdare: SSYX02-17-0		
		Koncept		
Kostnads/ komplexitetsdrivare	Antal komponenter	+	s	
	Materialmängd	-	-	
	Produktionssteg	+	s	
	Reparationskomplexitet	-	s	
Kundvärdet	Användarvänlighet	s	s	
	Användarvänlig skötsel	s	s	
	Användarvänlig medförel	s	s	
	Pålitlighet	-	s	
Funktionellt	Antal funktioner	s	s	
	Räckvidd	s	s	
	Utrymmesallokering	s	s	
	Vikt	-	s	
	Antal interaktioner mellan funktioner/komponenter	+	s	
Robusthet	Beständighet vatten	+	s	
	Beständighet temperaturskillnader	+	s	
	Hållbarhet smuts	+	s	
	Hållbarhet skjuvningar	+	s	
	Hållbarhet stötar	+	s	
Risker	Tekniska risker	-	s	
	Kommersiella risker	-	s	
	Haveri	s	s	
	Ekonomisk risk	-	s	
	Innovationsnivå	+	s	
Externa/interna krav	Räckvidd	s	s	
	Funktionerade dödmansgrepp	s	s	
	Miljövänlig	s	s	
	Tid det tar att producera koncept	-	s	
	Kostnad att producera koncept	-	s	
	Utnyttjande av existerande resurser	-	s	
	Resistens mot existerande patent/andra rättigheter	s	+	
Affären	Svårighetsgrad att utveckla de olika koncepten	-	+	
	Kommersiell livslängd	+	s	
	Kostnad material	-	s	
	Kostnad maskinella uppgraderingar	-	+	
Resultat	Kostnad elektriska uppgraderingar	s	s	
	Antal "+"	10	3	
	Antal "s"	12	31	
	Antal "-"	13	1	
	Total	-3	2	


Tabell 10: Pughmatris Koncept Lila

Pughs konceptsvalsmatris - Handkontroll - Lila				
 CHALMERS		Skapad: 2017-02-10 Modifierad: 2017-02-19 Utfärdare: SSYX02-17-0		
		Koncept		
Kostnads/ komplexitetsdrivare	Antal komponenter	+	REFERENS	-
	Materialmängd	+		s
	Produktionssteg	-		+
	Reparationskomplexitet	-		-
Kundvärdet	Användarvänlighet	s		s
	Användarvänlig skötsel	s		s
	Användarvänlig medförel	s		s
	Pålitlighet	-		s
Funktionellt	Antal funktioner	s		s
	Räckvidd	s		s
	Utrymmesallokering	s		s
	Vikt	-		s
	Antal interaktioner mellan funktioner/komponenter	+		-
Robusthet	Beständighet vatten	+		s
	Beständighet temperaturskillnader	+		s
	Hållbarhet smuts	+		s
	Hållbarhet skjuvningar	+		s
	Hållbarhet stötar	+		s
Risker	Tekniska risker	-		-
	Kommersiella risker	s		s
	Haveri	s		s
	Ekonomisk risk	-		s
	Innovationsnivå	s		s
Externa/interna krav	Räckvidd	s		s
	Funktionerna dödsgrepp	s		s
	Miljövänlig	s		s
	Tid det tar att producera koncept	-		-
	Kostnad att producera koncept	-		s
	Utnyttjande av existerande resurser	s		s
	Resistens mot existerande patent/andra rättigheter	s		-
	Svårighetsgrad att utveckla de olika koncepten	-		-
Affären	Kommersiell livslängd	s		s
	Kostnad material	-		s
	Kostnad maskinella uppgraderingar	-		s
	Kostnad elektriska uppgraderingar	s		s
Resultat	Antal "+"	8		1
	Antal "s"	16		27
	Antal "-"	11		7
	Total	61	-3	

Tabell 11: Pughmatris Koncept Röd

Pughs konceptsvalsmatris - Handkontroll - Röd				
 CHALMERS		Skapad: 2017-02-10 Modifierad: 2017-02-19 Utfärdare: SSYX02-17-0		
		Koncept		
		REFERENS		
Kostnads/ komplexitetsdrivare	Antal komponenter		-	-
	Materialmängd		+	+
	Produktionssteg		-	-
	Reparationskomplexitet		+	+
Kundvärdet	Användarvänlighet		-	S
	Användarvänlig skötsel		+	-
	Användarvänlig medförel		S	S
	Pålitlighet		+	S
Funktionellt	Antal funktioner		S	S
	Räckvidd		S	S
	Utrymmesallokering		+	S
	Vikt		+	+
	Antal interaktioner mellan funktioner/komponenter		-	S
Robusthet	Beständighet vatten		-	-
	Beständighet temperaturskillnader		-	-
	Hållbarhet smuts		-	-
	Hållbarhet skjuvningar		-	-
	Hållbarhet stötar		-	-
Risker	Tekniska risker		+	S
	Kommersiella risker		+	S
	Haveri		+	S
	Ekonomisk risk		+	S
	Innovationsnivå		-	S
Externa/interna krav	Räckvidd		S	S
	Funktionerna dödsgrepp		S	S
	Miljövärlig		-	-
	Tid det tar att producera koncept		+	+
	Kostnad att producera koncept		+	+
	Utnyttjande av existerande resurser		S	-
	Resistens mot existerande patent/andra rättigheter		S	-
Svårighetsgrad att utveckla de olika koncepten		+	S	
Affären	Kommersiell livslängd		-	S
	Kostnad material		+	+
	Kostnad maskinella uppgraderingar		+	S
	Kostnad elektriska uppdateringar		S	S
Resultat	Antal "+"		15	6
	Antal "s"		8	18
	Antal "-"	62	12	11
	Total		3	-5

Tabell 12: Elimineringssmatris

Elimineringssmatris - Handkontroll													
 CHALMERS		Skapad: 2017-02-19 Modifierad: Utfärdare: SSYK02-17-07									Elimineringsskriterier: ● Fullfölj koncept ● Eliminera koncept (?) Sök mer information (!) Kontrollera kravspecifikation		
		1. Prestanda 2. Miljö 3. Livslängd 4. Kostnader 5. Storlek 6. Vikt 7. Material 8. Ergonomi 9. Underhåll 10. Säkerhet 11. Utseende											
Koncept	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Kommentar	Beslut
Röd	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		Godkänd
Gul	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Material för komplext att arbeta med	Eliminerad
Grön	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Material för komplext att arbeta med	Eliminerad
Orange	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Inte anpassad för vänsterhänta	Eliminerad
Lila	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		Godkänd
Blå	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		Godkänd
Cyan	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Dödmansgreppet inte nog pålitligt	Eliminerad
Grå	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	Inte nog anpassad för handen	Eliminerad

C Iterativ Process - Longboard

Tabell 13: Koncept Beige

Delfunktioner	Koncept Beige					
	1	2	3	4	5	6
A	Effektiva motorer	Öka batterikapaciteten - Fler Batterier	Öka batterikapaciteten - Högre energidensitet			
B	Byta motorer	Strypa uteffekten i styrenheterna	Strypa outputen i handkontrollen			
C	Trycksensorer	Trådtöjningsgivare	Fotosensor			
D	Bakände	Framände	Bak- och framände			
E	Bakände	Framände				
F	Kolfiber	Aluminium	Trä	Glasfiber	Plåt	Plast

Tabell 14: Koncept Brun

Delfunktioner	Koncept Brun					
	1	2	3	4	5	6
A	Effektiva motorer	Öka batterikapaciteten - Fler Batterier	Öka batterikapaciteten - Högre energidensitet			
B	Byta motorer	Strypa uteffekten i styrenheterna	Strypa outputen i handkontrollen			
C	Trycksensorer	Trådtöjningsgivare	Fotosensor			
D	Bakände	Framände	Bak- och framände			
E	Bakände	Framände				
F	Kolfiber	Aluminium	Trä	Glasfiber	Plåt	Plast

Tabell 15: Koncept Lime

Delfunktioner	Koncept Lime					
	1	2	3	4	5	6
A	Effektivare motorer	Öka batterikapaciteten - Fler Batterier	Öka batterikapaciteten - Högre energidensitet			
B	Byta motorer	Strypa uteffekten i styrenheterna	Strypa outputen i handkontrollen			
C	Trycksensorer	Trådtöjningsgivare	Fotosensor			
D	Bakände	Framände	Bak- och framände			
E	Bakände	Framände				
F	Kolfiber	Aluminium	Trä	Glasfiber	Plåt	Plast

Tabell 16: Koncept Mint

Delfunktioner	Koncept Mint					
	1	2	3	4	5	6
A	Effektivare motorer	Öka batterikapaciteten - Fler Batterier	Öka batterikapaciteten - Högre energidensitet			
B	Byta motorer	Strypa uteffekten i styrenheterna	Strypa outputen i handkontrollen			
C	Trycksensorer	Trådtöjningsgivare	Fotosensor			
D	Bakände	Framände	Bak- och framände			
E	Bakände	Framände				
F	Kolfiber	Aluminium	Trä	Glasfiber	Plåt	Plast


Tabell 17: Koncept Mörkblå

Delfunktioner	Koncept Mörkblå					
	1	2	3	4	5	6
A	Effektivare motorer	Öka batterikapaciteten - Fler Batterier	Öka batterikapaciteten - Högre energidensitet			
B	Byta motorer	Strypa uteffekten i styrenheterna	Strypa outputen i handkontrollen			
C	Trycksensorer	Trådtöjningsgivare	Fotosensor			
D	Bakände	Framände	Bak- och framände			
E	Bakände	Framände				
F	Kolfiber	Aluminium	Trä	Glasfiber	Plåt	Plast

Tabell 18: Koncept Rosa

Delfunktioner	Koncept Rosa					
	1	2	3	4	5	6
A	Effektivare motorer	Öka batterikapaciteten - Fler Batterier	Öka batterikapaciteten - Högre energidensitet			
B	Byta motorer	Strypa uteffekten i styrenheterna	Strypa outputen i handkontrollen			
C	Trycksensorer	Trådtöjningsgivare	Fotosensor			
D	Bakände	Framände	Bak- och framände			
E	Bakände	Framände				
F	Kolfiber	Aluminium	Trä	Glasfiber	Plåt	Plast


Tabell 19: Pughmatris Koncept Beige

Pughs konceptsvalsmatris - Longboard Vidareutveckling - Beige					
 CHALMERS		Skapad: 2017-02-10 Modifierad: 2017-02-23 Utfärdare: SSYX02-17-07			
		Koncept			
Kostnads/ komplexitetsdrivare	Antal komponenter	s	s	s	REFERENS
	Materialmängd	s	s	s	
	Produktionssteg	+	s	s	
	Reparationskomplexitet	s	s	s	
Kundvärdet	Användarvänlighet	s	-	s	
	Användarvänlig skötsel	s	s	s	
	Användarvänlig medförsel	s	s	s	
	Pålitlighet	+	+	+	
Funktionellt	Antal funktioner	s	-	s	
	Räckvidd	s	s	s	
	Utrymmesallokering	+	s	+	
	Vikt	+	+	+	
	Antal interaktioner mellan funktioner/komponenter	+	+	+	
Robusthet	Beständighet vatten	-	s	s	
	Beständighet temperaturskillnader	-	s	s	
	Hållbarhet smuts	-	s	s	
	Hållbarhet skjuvningar	-	s	s	
	Hållbarhet stötar	-	s	s	
Risker	Tekniska risker	+	+	+	
	Kommersiella risker	s	s	s	
	Haveri	+	+	+	
	Ekonomisk risk	s	s	s	
	Innovationsnivå	s	-	s	
Externa/interna krav	Räckvidd	s	s	s	
	Funktionerna dödsgrepp	s	s	s	
	Miljövänlig	s	s	s	
	Tid det tar att producera koncept	+	s	s	
	Kostnad att producera koncept	+	s	s	
	Utnyttjande av existerande resurser	s	s	s	
	Resistens mot existerande patent/andra rättigheter	s	s	s	
Svårighetsgrad att utveckla de olika koncepten	+	s	s		
Affären	Kommersiell livslängd	s	-	s	
	Kostnad material	+	-	-	
	Kostnad maskinella uppgraderingar	s	s	s	
	Kostnad elektriska uppdateringar	s	s	s	
Resultat	Antal "+"	11	5	6	
	Antal "s"	19	25	28	
	Antal "-"	5	5	1	
	Total	6	0	5	

Tabell 20: Pughmatris Koncept Mörkblå

		Koncept			
Kostnads/ komplexitetsdrivare	Antal komponenter	s	+	REFERENS	s
	Materialmängd	s	s		s
	Produktionssteg	+	s		s
	Reparationskomplexitet	s	s		-
Kundvärdet	Användarvänlighet	s	-		s
	Användarvänlig skötsel	-	s		s
	Användarvänlig medförel	s	s		s
	Pålitlighet	s	s		-
Funktionellt	Antal funktioner	s	-		s
	Räckvidd	s	s		s
	Utrymmesallokering	s	-		-
	Vikt	+	s		-
	Antal interaktioner mellan funktioner/komponenter	s	-		-
Robusthet	Beständighet vatten	-	s		-
	Beständighet temperaturskillnader	-	s		s
	Hållbarhet smuts	-	s		s
	Hållbarhet skjuvningar	-	s		s
	Hållbarhet stötar	-	s		s
Risker	Tekniska risker	s	s		-
	Kommersiella risker	s	s		s
	Haveri	s	s		-
	Ekonomisk risk	s	s		s
	Innovationsnivå	s	-		s
Externa/interna krav	Räckvidd	s	s		s
	Funktionerna dödmansgrepp	s	s		s
	Miljövämlig	s	s		s
	Tid det tar att producera koncept	+	s		s
	Kostnad att producera koncept	+	s		+
	Utnyttjande av existerande resurser	s	s		s
	Resistens mot existerande patent/andra rättigheter	s	s		s
Affären	Svårighetsgrad att utveckla de olika koncepten	+	s		s
	Kommersiell livslängd	s	s		-
	Kostnad material	+	s		+
	Kostnad maskinella uppgraderingar	s	s		s
Resultat	Kostnad elektriska uppdateringar	s	s		s
	Antal "+"	6	1		2
	Antal "s"	23	29		24
	Antal "-"	6	4		9
	Total	0	-3	↓	-7

Tabell 21: Pughmatris Koncept Brun

Pughs konceptsvalsmatris - Longboard Vidareutveckling - Brun					
 CHALMERS		Skapad: 2017-02-10 Modifierad: 2017-02-23 Utfärdare: SSYX02-17-07			
		Koncept			
		REFERENS			
Kostnads/ komplexitetsdrivare	Antal komponenter		+	S	S
	Materialmängd		+	S	S
	Produktionssteg		-	-	-
	Reparationskomplexitet		S	S	-
Kundvärdet	Användarvänlighet		-	S	S
	Användarvänlig skötsel		+	+	-
	Användarvänlig medförel		S	S	S
	Pålitlighet		S	S	-
Funktionellt	Antal funktioner		-	S	S
	Räckvidd		-	S	S
	Utrymmesallokering		+	S	+
	Vikt		-	-	-
	Antal interaktioner mellan funktioner/komponenter		S	S	-
Robusthet	Beständighet vatten		+	+	-
	Beständighet temperaturskillnader		+	+	+
	Hållbarhet smuts		+	+	+
	Hållbarhet skjuvningar		+	+	+
	Hållbarhet stötar		+	+	+
Risker	Tekniska risker		-	S	-
	Kommersiella risker		-	S	S
	Haveri		S	S	S
	Ekonomisk risk		S	S	S
	Innovationsnivå		S	S	S
Externa/interna krav	Räckvidd		S	S	S
	Funktionerna dödsmansgrepp		S	S	+
	Miljövänlig		S	S	S
	Tid det tar att producera koncept		-	-	-
	Kostnad att producera koncept		-	-	-
	Utnyttjande av existerande resurser		S	S	-
	Resistens mot existerande patent/andra rättigheter		S	S	S
	Svårighetsgrad att utveckla de olika koncepten		-	-	-
Affären	Kommersiell livslängd		S	S	S
	Kostnad material		-	-	-
	Kostnad maskinella uppdateringar		S	S	S
	Kostnad elektriska uppdateringar		S	S	+
Resultat	Antal "+"		9	6	7
	Antal "s"		15	23	15
	Antal "-"		11	6	13
	Total		-2	0	-6

Tabell 22: Pughmatris Koncept Lime

		Koncept			
			REFERENS		
Kostnads/ komplexitetsdrivare	Antal komponenter	-		-	-
	Materialmängd	s		s	s
	Produktionssteg	+		-	-
	Reparationskomplexitet	+		+	s
Kundvärdet	Användarvänlighet	+		+	+
	Användarvänlig skötsel	s		s	s
	Användarvänlig medförel	s		s	s
	Pålitlighet	s		s	-
Funktionellt	Antal funktioner	+		+	+
	Räckvidd	s		s	s
	Utrymmesallokering	+		+	s
	Vikt	+		s	-
	Antal interaktioner mellan funktioner/komponenter	+		+	-
Robusthet	Beständighet vatten	-		s	-
	Beständighet temperaturskillnader	-		s	s
	Hållbarhet smuts	-		s	s
	Hållbarhet skjuvningar	-		s	s
	Hållbarhet stötar	-		s	s
Risker	Tekniska risker	-		-	-
	Kommersiella risker	s		s	s
	Haveri	s		s	-
	Ekonomisk risk	s		s	s
	Innovationsnivå	-		-	-
Externa/interna krav	Räckvidd	s		s	s
	Funktionerade dödmansgrepp	s		s	s
	Miljövänlig	s		s	s
	Tid det tar att producera koncept	+		s	s
	Kostnad att producera koncept	+		s	s
	Utnyttjande av existerande resurser	s		s	s
	Resistens mot existerande patent/andra rättigheter	s		s	s
Affären	Svårighetsgrad att utveckla de olika koncepten	+		s	s
	Kommersiell livslängd	+		+	+
	Kostnad material	+		s	+
	Kostnad maskinella uppgraderingar	s		s	s
	Kostnad elektriska uppdateringar	s		s	s
Resultat	Antal "+"	12		6	4
	Antal "s"	15		25	22
	Antal "-"	8		4	9
	Total	4		2	-5

D Arduinokod

Nedanför presenteras koden som utnyttjats för att kunna styra samt kommunicera mellan våra komponenter med hjälp av 2 arduinos.

D.1 Arduinon i longboarden

```
1 #include <Servo.h>
2 #include <SPI.h>
3 #include "arduino.h"
4 #include "VescUart.h"
5 #include "buffer.h"
6 #include "printf.h"
7 #include "crc.h"
8 #include <SPI.h>
9 #include "nRF24L01.h"
10 #include "RF24.h"
11 #include "printf.h"
12
13 Servo esc;
14
15 int escPin = 9;
16 int minPulseRate = 1000;
17 int maxPulseRate = 2000;
18 int throttleChangeDelay = 0;
19 int potentiometerValue = 495;
20 int ppmValue;
21 struct bldcMeasure measuredValues;
22
23 /***** RADIO */
24 /* Hardware configuration: Set up nRF24L01 radio on SPI bus plus
   pins 7 & 8 */
25 RF24 radio(9,10);
26 /* Vilka adresser som den jobbar p , kan heta vad som helst */
27 byte pipes[][6] = { "cont01", "bord01" };
28
29 typedef struct {
30     int wheel_speed;
31     double board_bat;
32     bool trans;
33 }
34 tD;
35 tD txdata;
36
```

```

37 typedef struct {
38     int pot_data;
39     int horn_data;
40     bool trans;
41 }
42 rD;
43 rD rxdata;
44
45 void setup() {
46     Serial.begin(115200);
47
48     /****** Electrical speed controll */
49
50     // Attach the the servo to the correct pin and set the pulse
51     // range
52     esc.attach(escPin, minPulseRate, maxPulseRate);
53     // Write a minimum value (most ESCs require this correct
54     // startup)
55     /****** Radio */
56     radio.begin();
57     radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH);
58     radio.setRetries(6, 15);
59     radio.openReadingPipe(1, pipes[1]);
60     radio.openWritingPipe(pipes[0]);
61     radio.startListening();
62     radio.setDataRate(RF24_1MBPS);
63 }
64
65 void loop() {
66     rxdata.trans = false;
67     txdata.trans = true;
68     if(radio.available()){
69         Serial.print("Data tillg nglig");
70
71         bool done = false;
72
73         while(!done){
74             radio.read(&rxdata, sizeof(rxdata));
75
76             if(rxdata.trans==true){
77                 done = true;
78             }
79

```

```

80     Serial.print("Mottog v rden: ");
81     Serial.print(rxdata.pot_data);
82     Serial.print(", ");
83     Serial.print(rxdata.horn_data);
84     Serial.println("");
85     delay(20);
86 }
87
88 radio.stopListening();
89
90
91 radio.write(&txdata, sizeof(txdata));
92
93 radio.startListening();
94
95 }
96
97 potentiometerValue = rxdata.pot_data;
98 Serial.print(potentiometerValue);
99 Serial.print(" ");
100
101 ppmValue = potentiometerToPPM(potentiometerValue);
102 int throttle = normalizeThrottle(ppmValue);
103 changeThrottle(ppmValue);
104
105 if (VescUartGetValue(measuredValues)) {
106     txdata.wheel_speed = kph(measuredValues.rpm);
107     txdata.board_bat = measuredValues.inpVoltage;
108 }
109 else
110 {
111     Serial.println("Failed to get data!");
112 }
113
114 txdata.wheel_speed = kph(measuredValues.rpm);
115 txdata.board_bat = measuredValues.inpVoltage;
116
117 }
118 int kph(int erpm){
119     int kph;
120     int rpm;
121     rpm = erpm/(5 * 6);
122     kph = (rpm*2*3.14*0.07*3.6)/60;
123     return kph;
124 }

```

```

125
126 void changeThrottle(int throttle) {
127     readThrottle(throttle);
128     esc.write(throttle);
129 }
130
131 void readThrottle(int throttle) {
132
133     Serial.print("Current throttle is: ");
134     Serial.print(throttle);
135     Serial.println(" ");
136
137 }
138
139 // Ensure the throttle value is between 0 - 180
140 int normalizeThrottle(int value) {
141     if( value < 0 )
142         return 0;
143     if( value > 180 )
144         return 180;
145     return value;
146 }
147
148
149 int potentiometerToPPM(int potentiometer){
150
151     int maxValue = 890;
152     int minValue = 71;
153     double temp;
154     int ppm;
155
156     if(potentiometer > 490 && potentiometer < 510){
157         ppm = 90;
158         return ppm;
159     }
160     else{
161         if(potentiometer < 490){
162             temp = 490 - minValue;
163             temp = (potentiometer - minValue) / temp; //Ger ett
164             procentv rde:
165             ppm = (1-temp)*90 + 90; //Procent gas * 90, sen + 90 f r
166             att vi vill ka fram t.
167             return ppm;
168         }
169     }

```

```

168     else { // potentiometer > 510
169         temp = maxValue - 510;
170         temp = (maxValue - potentiometer)/temp;
171         ppm = temp*90; //Vi vill ligga p  andra sidan skalan
           0-89, 1 = max break
172         return ppm;
173     }
174 }
175 }

```

Listing 1: Kod longboard

D.2 Arduinon i handkontrollen

D.2.1 Trådlös

```

1 #include <U8glib.h>
2 #include <SPI.h>
3 #include "nRF24L01.h"
4 #include "RF24.h"
5 #include "printf.h"
6
7 RF24 radio(9,10);
8
9 byte pipes[][6] = { "cont01", "bord01" };
10
11
12 #define modeIn 7
13 #define hornIn 17
14 #define gripIn A0
15 #define gasIn A5
16 #define battContIn A1
17 #define clk 2
18 #define mosi 3
19 #define cs 6
20 #define dc 5
21 #define res 4
22
23 int kph;
24 int LB_battery = 4;
25 int C_battery = 4;
26 int drive_mode = 2;
27 int gripButtonState = 0;
28 int hornButtonState = 0;
29 int modeButtonState = 0;
30 int gripCounter = 0;

```

```

31 int gripCounterBreak = 30; //Timer f r d mansgrepp , 10
    motsvarar ungef r 1 sekund
32 int gasOutValue;
33 double k = 1;
34 double m = 0;
35 int zeroGas = 500; // Gasreglagetets mittl ge , kan beh va
    justeras
36 double battContValue;
37 double battBoardValue;
38 double battBoard;
39
40 typedef struct{
41     int pot_data;
42     int horn_data;
43     bool trans;
44 }
45 tD;
46 tD txdata;
47
48 typedef struct{
49     int wheel_speed;
50     double board_bat;
51     bool trans;
52 }
53 rD;
54 rD rxdata;
55
56
57 // V ljer r tt sk rmmodell.
58 U8GLIB_SH1106_128X64 u8g(cclk , mosi , cs , dc , res);
59
60 void draw_layout(void){
61     // Skriv "Speed" och "Mode"
62     u8g.setFont(u8g_font_timR10);
63     u8g.drawStr(20, 12, "Speed");
64     u8g.drawStr(75, 12, "Mode:");
65
66     // Skriv vilket k r l ge br dan befinner sig i
67     u8g.setFont(u8g_font_timB10);
68     if(drive_mode == 0){
69         u8g.drawStr(115, 12, "P");
70     }
71     else if(drive_mode == 1){
72         u8g.drawStr(115, 12, "R");
73     }

```

```

74     else if(drive_mode == 2){
75         u8g.drawStr(115, 12, "E");
76     }
77
78     // Ange Longboard och Control f r att visa batteriniv
79     u8g.setFont(u8g_font_helvB10);
80     u8g.drawStr(80, 30, "L");
81     u8g.drawStr(109, 30, "C");
82
83     // Sektioneringar med linjer
84     u8g.drawLine(0,16,127,16);
85     u8g.drawLine(70,0,70,63);
86     u8g.drawLine(99,16,99,63);
87
88     // Skriv ut nuvarande hastighet
89     u8g.setFont(u8g_font_fur42n);
90     u8g.setPrintPos(5,62);
91     u8g.print(kph);
92
93     // Rita ut batteri f r Longboard
94     

---


95     if(LB_battery == 4){
96         u8g.drawRect(75,40,20,5,1);
97         u8g.drawRect(75,47,20,5,1);
98         u8g.drawRect(75,54,20,5,1);
99         u8g.drawRect(80,33,10,5,1);
100    }
101    else if(LB_battery == 3){
102        u8g.drawRect(75,40,20,5,1);
103        u8g.drawRect(75,47,20,5,1);
104        u8g.drawRect(75,54,20,5,1);
105    }
106    else if(LB_battery == 2){
107        u8g.drawRect(75,47,20,5,1);
108        u8g.drawRect(75,54,20,5,1);
109    }
110    else if(LB_battery == 1){
111        u8g.drawRect(75,54,20,5,1);
112    }
113
114    // Rita ut batteri f r Handkontroll
115    

---


116    if(C_battery == 4){
117        u8g.drawRect(104,40,20,5,1);
118        u8g.drawRect(104,47,20,5,1);

```

```

117   u8g.drawRBox(104,54,20,5,1);
118   u8g.drawRBox(109,33,10,5,1);
119   }
120   else if(C_battery == 3){
121   u8g.drawRBox(104,40,20,5,1);
122   u8g.drawRBox(104,47,20,5,1);
123   u8g.drawRBox(104,54,20,5,1);
124   }
125   else if(C_battery == 2){
126   u8g.drawRBox(104,47,20,5,1);
127   u8g.drawRBox(104,54,20,5,1);
128   }
129   else if(C_battery == 1){
130   u8g.drawRBox(104,54,20,5,1);
131   }
132
133
134 }
135
136
137 void setup() {
138   Serial.begin(115200);
139   u8g.setColorIndex(1); // Instructs the display to draw with a
140   pixel on.
141   pinMode(modeIn, INPUT);
142   pinMode(hornIn, INPUT);
143   pinMode(gripIn, INPUT);
144   pinMode(gasIn, INPUT);
145
146   radio.begin(); // B rja anv nda tranciever
147   radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH); // L g styrka kr vs bara d
148   str ckan mellan enheterna r kort
149   radio.setRetries(2, 15);
150   radio.setDataRate(RF24_1MBPS);
151
152   radio.openWritingPipe(pipes[1]); // Pipeline f r att skriva
153   v rden till br dan
154   radio.openReadingPipe(1, pipes[0]); // Pipeline f r att l sa
155   v rden fr n br dan
156
157   radio.startListening(); // B rja lyssna
158 }
159
160 void loop() {

```

```

158 // GUI Uppritning


---


159 u8g.firstPage();
160 do {
161     draw_layout();
162 } while( u8g.nextPage() );
163
164 rxdata.trans = false;
165 txdata.trans = true;
166
167 // Avlsning av v rden fr n kontrollen


---


168 modeButtonState = digitalRead(modeIn);
169 hornButtonState = digitalRead(hornIn);
170 gripButtonState = digitalRead(gripIn);
171 //gripButtonState = HIGH; //d dman tillf lligt 1
172 //gasOutValue = analogRead(gasIn);
173 gasOutValue = 495;
174
175 // Insignaler fr n br dan


---


176
177 txdata.pot_data = gasOutValue;
178 txdata.horn_data = hornButtonState;
179
180 radio.stopListening();
181 Serial.print("Skickar...");
182
183 radio.write( &txdata, sizeof(txdata) );
184 double timer = millis();
185
186 radio.startListening();
187
188 bool timeout = false;
189 uint8_t pipe_num;
190 while ( ! radio.available(&pipe_num) && ! timeout ){
191     if (millis() - timer > 250){
192         timeout = true;
193     }
194 }
195
196
197 if(!timeout) {
198
199     bool done = false;

```

```

200
201
202     while (!done){
203         radio.read(&rxdata, sizeof(rxdata));
204
205         if (rxdata.trans==true){
206             done = true;
207         }
208     }
209     Serial.print(rxdata.wheel_speed);
210     Serial.print(", ");
211     Serial.print(rxdata.board_bat);
212 }
213 else {
214     Serial.println("Timed out");
215 }
216 Serial.println("");
217 kph = rxdata.wheel_speed;
218 battBoard = rxdata.board_bat;
219
220
221
222 // D dmansgrepp


---


223 if (gripButtonState == LOW && gripCounter >= gripCounterBreak){
224     gasOutValue = zeroGas - 30; //D r 30 ska vara ett v rde
225     som medf r en liten inbromsning
226 }
227 else if (gripButtonState == LOW && gripCounter <
228     gripCounterBreak){
229     gripCounter = gripCounter+1;
230 }
231 else{
232     gripCounter = 0;
233 }
234 // Mode


---


235 if (gasOutValue < 40 + zeroGas){ // F r bara byta mode om du
236     inte gasar
237     if (drive_mode == 0 && modeButtonState == HIGH){
238         drive_mode = 1;
239         k = 0.75;
240     }
241     else if (drive_mode == 1 && modeButtonState == HIGH){

```

```

239     drive_mode = 2;
240     k = 0.5;
241 }
242 else if(drive_mode == 2 && modeButtonState == HIGH){
243     drive_mode = 0;
244     k = 1;
245 }
246 m = zeroGas-k*zeroGas;
247 }
248
249 // Gas


---


250 if(gasOutValue >= zeroGas){
251     gasOutValue = k*gasOutValue+m;
252 }
253
254 // ndra batteriindikator f r handkontrollen


---


255 battContValue = map(analogRead(battContIn), 1, 1023, 1, 5); //
    dessa v rden kan justeras beroende p vad som anses vara
    urladdat. Kan ven f r ndras under drift vilket f sv rar
    det hela.
256 battContValue = 3;
257 if( battContValue > 4.05){
258     C_battery = 4;
259 }
260 else if( battContValue > 3.90){
261     C_battery = 3;
262 }
263 else if( battContValue > 3.75){
264     C_battery = 2;
265 }
266 else if( battContValue > 3.60){
267     C_battery = 1;
268 }
269 else {
270     C_battery = 0;
271 }
272 // ndra batteriindikator f r longboarden


---


273 battBoardValue = battBoard;
274 if( battBoardValue > 40.5){
275     LB_battery = 4;
276 }

```

```

277     else if( battBoardValue > 39.0){
278         LB_battery = 3;
279     }
280     else if( battBoardValue > 37.5){
281         LB_battery = 2;
282     }
283     else if( battContValue > 36.0){
284         LB_battery = 1;
285     }
286     else {
287         LB_battery = 0;
288     }
289
290
291
292 // Anti-loop -----
293 while(modeButtonState == HIGH){
294     modeButtonState = digitalRead(modeIn);
295 }
296 }

```

Listing 2: Kod handkontroll trådlös

D.2.2 Trådbunden

```

1 #include <U8glib.h>
2 #include <EasyTransfer.h>
3
4 EasyTransfer ETin, ETout;
5
6 #define modeIn 7
7 #define hornIn 17
8 #define gripIn A0
9 #define gasIn A5
10 #define battContIn A1
11 #define clk 2
12 #define mosi 3
13 #define cs 6
14 #define dc 5
15 #define res 4
16
17 int kph;
18 int LB_battery = 4;
19 int C_battery = 4;
20 int drive_mode = 2;
21 int gripButtonState = 0;

```

```

22 int hornButtonState = 0;
23 int modeButtonState = 0;
24 int gripCounter = 0;
25 int gripCounterBreak = 30; //Timer f r d dmansgrepp , 10
    motsvarar ungef r 1 sekund
26 int gasOutValue;
27 double k = 1;
28 double m = 0;
29 int zeroGas = 500; // Gasreglagetts mittl ge , kan beh va
    justeras
30 double battContValue;
31 double battBoardValue;
32 double battBoard;
33 struct SEND_DATA_STRUCTURE{
34     int pot_data;
35     int horn_data;
36 };
37 struct RECEIVE_DATA_STRUCTURE{
38     int wheel_speed;
39     double board_bat;
40 };
41
42 SEND_DATA_STRUCTURE txdata;
43 RECEIVE_DATA_STRUCTURE rxdata;
44
45
46 // V ljer r tt sk rmmodell.
47 U8GLIB_SH1106_128X64 u8g(clok , mosi , cs , dc , res);
48
49
50
51 void setup() {
52     Serial.begin(9600);
53     u8g.setColorIndex(1); // Instructs the display to draw with a
        pixel on.
54     pinMode(modeIn , INPUT);
55     pinMode(hornIn , INPUT);
56     pinMode(gripIn , INPUT);
57     pinMode(gasIn , INPUT);
58     // pinMode(hornOut , OUTPUT);
59     // pinMode(gasOut , OUTPUT);
60     ETin.begin(details(rxdata) , &Serial);
61     ETout.begin(details(txdata) , &Serial);
62 }
63

```

```

64 void loop() {
65
66 // GUI Uppritning


---


67 // if(millis() < 3000){
68 //   u8g.firstPage();
69 //   do {
70 //     draw_splash_text();
71 //   } while( u8g.nextPage() );
72 // }
73 // else{
74   u8g.firstPage();
75   do {
76     draw_layout();
77   } while( u8g.nextPage() );
78 // }
79
80
81 // Avlsning av v rden fr n kontrollen


---


82 modeButtonState = digitalRead(modeIn);
83 hornButtonState = digitalRead(hornIn);
84 gripButtonState = digitalRead(gripIn);
85 //gripButtonState = HIGH; //d dman tillf lligt 1
86 gasOutValue = analogRead(gasIn);
87
88 // Insignaler fr n br dan


---


89 // For-loop f r att l ta enheten f rs ka ta emot en signal
90 // mer frekvent
91 // n den skickar ut en signal. Detta pga. de sm
92 // skillnaderna i klock-
93 // frekvenser i de tv Arduino-enheterna.
94 for(int i = 0; i < 5; i++){
95   // Om data finns att ta emot s l ses v rdena av och
96   // s tts in i de
97   // r tta variablerna.
98   if(ETin.receiveData()){
99     kph = rxdata.wheel_speed;
100    battBoard = rxdata.board_bat;
101    delay(10);
102  }
103 }
104
105 // D dman grepp

```

```

103  if(gripButtonState == LOW && gripCounter >= gripCounterBreak){
104      gasOutValue = zeroGas - 30; //D r 30 ska vara ett v rde
      som medf r en liten inbromsning
105  }
106  else if(gripButtonState == LOW && gripCounter <
      gripCounterBreak){
107      gripCounter = gripCounter+1;
108  }
109  else{
110      gripCounter = 0;
111  }
112  // Mode

113  if(gasOutValue < 40 + zeroGas){ // F r bara byta mode om du
      inte gasar
114      if(drive_mode == 0 && modeButtonState == HIGH){
115          drive_mode = 1;
116          k = 0.75;
117      }
118      else if(drive_mode == 1 && modeButtonState == HIGH){
119          drive_mode = 2;
120          k = 0.5;
121      }
122      else if(drive_mode == 2 && modeButtonState == HIGH){
123          drive_mode = 0;
124          k = 1;
125      }
126      m = zeroGas-k*zeroGas;
127  }
128
129  // Gas

130  if(gasOutValue >= zeroGas){
131      gasOutValue = k*gasOutValue+m;
132  }
133
134  // ndra batteriindikator f r handkontrollen

135  battContValue = map(analogRead(battContIn), 1, 1023, 1, 5); //
      dessa v rden kan justeras beroende p vad som anses vara
      urladdat. Kan ven f r ndras under drift vilket f sv rar
      det hela.

```

```

136 battContValue = 3;
137 if( battContValue > 4.05){
138     C_battery = 4;
139 }
140 else if( battContValue > 3.90){
141     C_battery = 3;
142 }
143 else if( battContValue > 3.75){
144     C_battery = 2;
145 }
146 else if( battContValue > 3.60){
147     C_battery = 1;
148 }
149 else {
150     C_battery = 0;
151 }
152 // ndra batteriindikator f r longboarden


---


153 battBoardValue = map(battBoard, 1, 1023, 1, 42); // dessa
    v rden kan justeras beroende p vad som anses vara urladdat
    . Kan ven f r ndras under drift vilket f sv rar det
    hela.
154 if( battBoardValue > 40.5){
155     LB_battery = 4;
156 }
157 else if( battBoardValue > 39.0){
158     LB_battery = 3;
159 }
160 else if( battBoardValue > 37.5){
161     LB_battery = 2;
162 }
163 else if( battContValue > 36.0){
164     LB_battery = 1;
165 }
166 else {
167     LB_battery = 0;
168 }
169
170 txdata.pot_data = gasOutValue;
171 txdata.horn_data = hornButtonState;
172 ETout.sendData();
173 Serial.print(rxdata.wheel_speed);
174 Serial.println(rxdata.board_bat);
175
176 // digitalWrite(hornOut, hornButtonState);

```

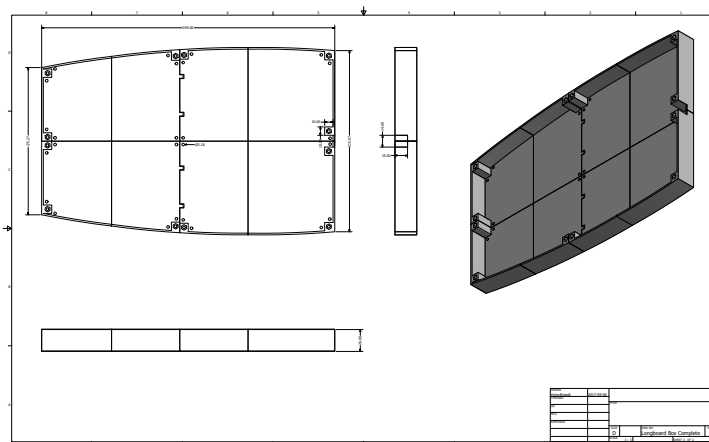
```

177 // analogWrite(gasOut , gasOutValue);
178
179 // Anti-loop
180 while(modeButtonState == HIGH){
181     modeButtonState = digitalRead(modeIn);
182 }
183 }

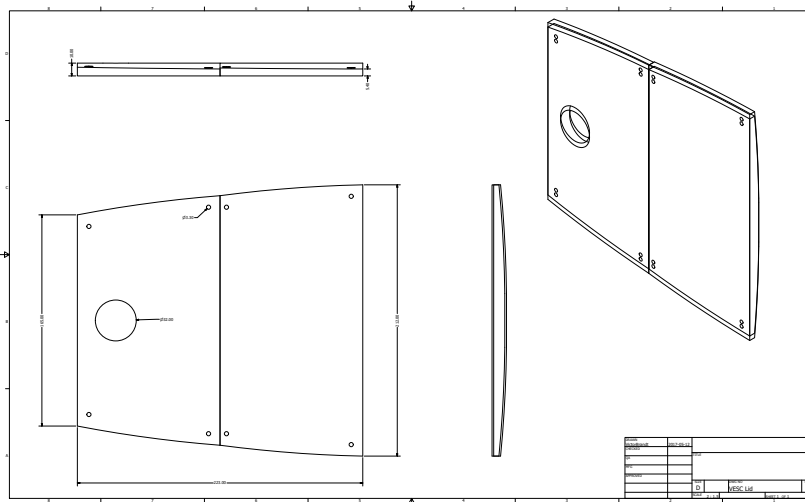
```

Listing 3: Kod handkontroll trådbunden

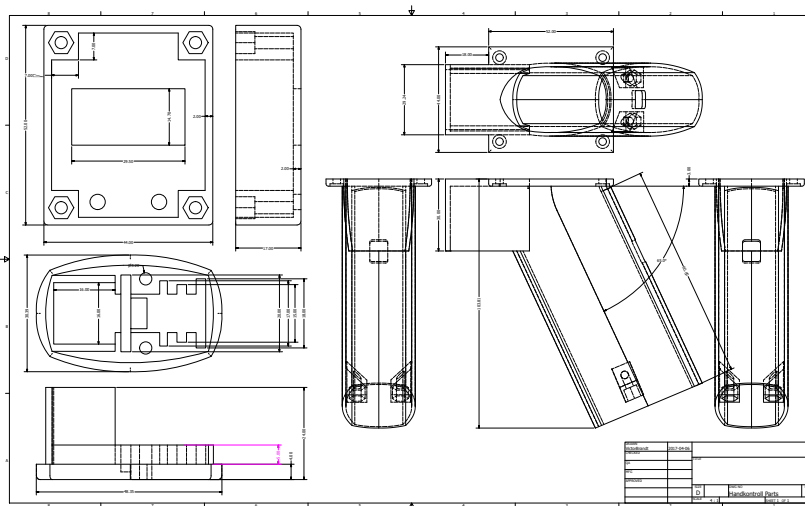
E Ritningar



Figur 19: Ritning av batterilådan



Figur 22: Ritning av lock till komponentlådan

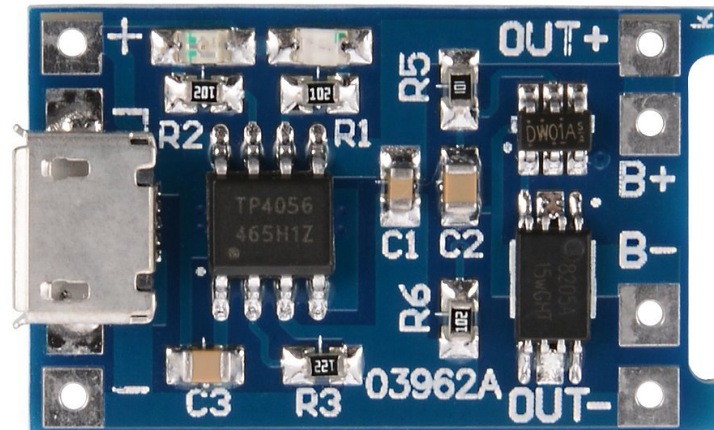


Figur 23: Ritning av handkontrolldelar

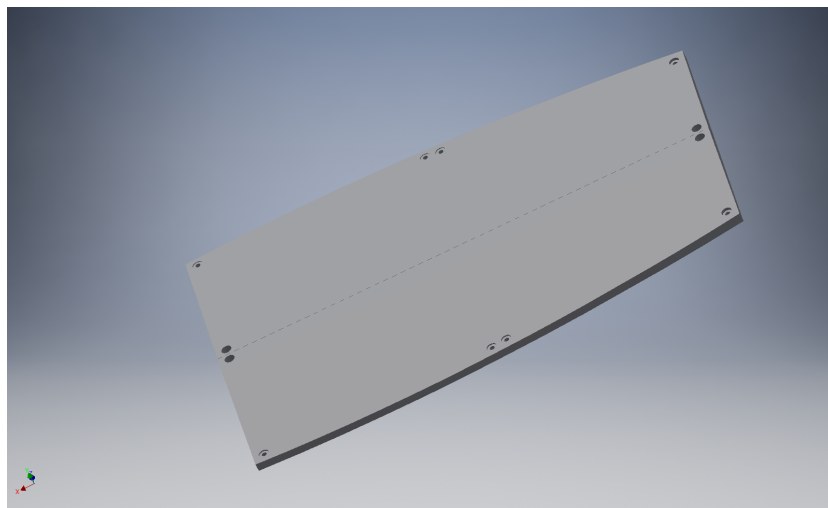


Figur 24: Batteriet under dekonstruktion

F Komponenter och bilder från konstruktion



Figur 25: Laddningschip TP4056



Figur 26: Batterilådans lock