Update of electrical installation in Volvo FM/FMX Crew Cab

Computer Science & Engineering,

Degree project 15hp

Jakob Ehrinton & Elias Vähäkangas

Halmstad, 2023-06-19

HÖGSKOLAN
I HALMSTAD

Förord

Detta examensarbete är en del av Mekatronik-ingenjörsprogrammet på Högskolan i Halmstad med fokus på konstruktion och elektronisk utveckling.

Arbetet utfördes under våren 2023 på Volvo Trucks Special Vehicles Department i Göteborg.

Vi vill tacka Volvo Trucks och Joacim Vernersson som har gjort detta examensarbete möjligt. Joacim har varit en förstående och inspirerande handledare med stort visat intresse för tekniken. Hans Lemner och Mattias Sjödins kunskap kring ämnet har varit till stor hjälp och tiden som vi fått hjälp av er uppskattas enormt.

Vi vill även tacka vår handledare Håkan Pettersson för hans vägledning och uppmärksamhet under arbetets gång.

Halmstad, Juni 2023
Jakob Ehrinton & Elias Vähäkangas

Sammanfattning

I dagens samhälle anses teknologi som inte har integrerad appstyrning eller digital styrning vara gammal. Faktum är att den teknologiska tillväxten av nya funktioner och innovationer har växt exponentiellt under de senaste 100 åren. Den hastiga utvecklingen gör det svårt för tillverkare av större produkter och maskiner att hänga med, både på grund av tidsåtgång samt av ekonomiska skäl [29].

Syftet med examensarbetet var att utvärdera fördelarna med att digitalisera elsystemet i ett fordon, samt ta fram en demorigg med tillhörande el-arkitektur som visar möjligheterna hos sådana system. Under arbetets gång visade sig de stora fördelarna med en digitalisering vara att fel och störningar minskade medan flexibilitet och kommunikationsförmåga ökade.

Slutligen presenterades en fullt fungerande lösning som var skräddarsydd för att möta kraven på Volvo Trucks, med mål att implementeras i nästa version av manskapshytten. Logiken bakom styrningen funktionskontrollerades i en demo-rigg som inkluderade samtliga komponenter från hytten. Projektet påvisade en stor minskning av kablage med möjlighet att styra komponenterna med hög precision genom pulsbreddsmodulerade signaler och transistorer.

Abstract

In today's society, technology that does not have integrated app control or digital control is considered outdated. In fact, the technological growth of new features and innovations has grown exponentially over the past 100 years. This rapid development makes it difficult for manufacturers of larger products and machinery to keep up, both due to time constraints and economic reasons [29].

The purpose of the thesis was to evaluate the benefits of digitalizing the electrical system in a vehicle, as well as developing a demorig with accompanying electrical architecture that demonstrates its feasibility. During the course of the work, it became clear that the major benefits of digitalization were a reduction in errors and malfunctions, while increasing flexibility and communication capabilities.

Finally, a fully functional solution was presented that was tailored to meet the requirements of Volvo Trucks, with the goal of being implemented in the next version of their Crew Cab. The logic behind the system was functionally tested in a demo rig that included all components from the cab. The project demonstrated a significant reduction in cabling with the ability to control components with high precision through pulse width modulation signals and transistors.

Innehåll

1. Introduktion 1
1.1 Teknisk problemformulering 2
1.2 Syfte och Mål 2
2. Bakgrund 3
2.1 State of the art 3
2.2 Nuvarande elinstallation 5
2.3 Övergång från analogt till digitalt system 6
2.4 Introduktion till styrdon (Elektronisk kontrollmodul) 7
2.5 Transistorer 8
2.6 Pulsbreddsmodulering 9
2.7 Local interconnect network & Controller area network 11
2.8 Läsning av CAN-meddelanden 13
2.9 Trådlös kommunikation 14
2.10 Villkorsstyrd programmering 14
2.11 Maskinkod / Assemblerkod 15
3. Metod 17
3.1 Förstudier och nätverkstopologi 17
3.2 Installation och förändringar 19
3.3 Utvärdering av funktioner och placering av styrdon 20
3.4 Stuart Pugh - analys 21
3.5 Val av styrdon 23
3.6 Kopplings- /Flödesscheman 23
3.7 Programmering 23
3.8 Montering av demo-rigg 24
3.9 Utvärdering mot mål och krav 26
4. Resultat 27
4.1 Val av kontrollmodul 27
4.2 Felsökningsförmåga 27
4.3 Flödesscheman och nätverkstopologi 28
4.3.1 Från SVECUn till interiörbelysning 29
4.3.2 Från dörrkontakt till PDM/DDM 29

4.3.3 Från SVECUn till insteg....30
4.3.4 Översikt av kontrollmodul....30
4.3.5 Placering i nätverkstopologi....31
4.4 Nya funktioner i systemet....31
4.5 Demo-riggen....32
4.6 Lägen på ljusreglage....32
4.6.1 Läge 1 – Belysning avstängd....33
4.6.2 Läge 2 – Röd dimbar belysning....33
4.6.3 Läge 3 – Vit dimbar belysning....34
4.6.4 Läge 4 – Full ljusstyrka....34
5. Diskussion....35
5.1 Resultat i förhållande till krav och mål....35
5.1.1 Teoretiska resultat....35
5.1.2 Praktiska resultat....36
5.2 Framtidsmöjligheter....37
5.3 Miljöpåverkan....37
6. Slutsats....39
7. Referenser....41
8. Bilagor....45
Bilaga A - Elschema....45
Bilaga B – Python Kod....46
Bilaga C....51

1. Introduktion

Den accelererande utvecklingen av mjukvara och hårdvara för moderna fordon och transportalternativ återspeglar den ökande takten av teknisk innovation [30]. För att fortsatt vara konkurrenskraftig och uppnå de ständigt förändrade kraven måste tillverkare i branschen succesivt utveckla digitala lösningar för funktioner som traditionellt varit kontrollerade av analoga styrsystem. En digitalisering av ett fordons elsystem har flera fördelar, inklusive bättre prestanda och pålitlighet [31]. Digitala styrsystem ger precis kontroll över fordonets funktioner, och har till skillnad från analoga system inga rörliga delar. Detta leder till att risken för fel samt störningar i systemet minskar. Mjukvarustyrda system har även möjlighet att ge exakt information om fel i bilens funktioner, vilket skulle kunna möjliggöra diagnostisering på distans och således och minska kostnaden för reparationer och underhåll [31]. Dessutom krävs färre kablar då olika funktioner kan styras genom samma kabel, till exempel LIN eller CAN-Bus. Denna typ av styrning ger i sin tur en ökad flexibilitet då systemen kan uppgraderas och utvecklas utan att designa om elsystemet. Detta examensarbete kommer utvärdera och applicera dessa fördelar i en utveckling av elsystemet i Volvo Trucks manskapshytt, ”Crew cab”.

Figur 1: Översiktbild på Volvo Trucks FMX med manskapshytt markerad med blå rektangel.

1.1 Teknisk problemformulering

Manskapshytten som är markerad med en blå rektangel i Figur 1 är en del av Volvo Trucks brandbil och är en extra hytt med diverse modifikationer som placerats bakom den främre hytten för att ge plats för manskap och utrustning. Det nuvarande elsystemet i hytten konstruerades med avsikt att snabbt få bilen i produktion och använder sig av analoga relän, sensorer, dioder och knappar för att utföra fler än 12 olika funktioner. I efterhand har stora nackdelar med nuvarande installation påvisats. Kabelhärvor har levererats felaktiga från extern leverantör, bakspänningar förhindras med dioder och felsökning av systemet är komplicerat då det inte kan kommunicera med diagnostikverktyg.

1.2 Syfte och Mål

Syftet med examensarbete är att utvärdera fördelarna med att digitalisera elsystemet i manskapshytten.

Projektet har två separata mål, varav det ena är praktiskt och det andra teoretiskt. Det praktiska målet ska generera ett mätbart resultat. Det är att bygga en demorigg som innehåller samtliga elektriska komponenter från manskapshytten. Den ska påvisa att det är möjligt att styra dessa komponenter på ett smidigare och mer precist sätt än tidigare. Till exempel finns en önskan från Volvo om dimbara komponenter och implementering av ett ljusvred som är placerat vid förarplatsen. Ljusvredet sitter i lastbilarna redan idag men kontrollerar endast den främre hyttens belysning via CAN-bus. I demoriggen kommer modern mjukvarustyrning att implementeras med målet att använda en av Volvos redan utvecklade styrdon som grund. Det gör det enklare för Volvo att i framtiden implementera vår lösning. Om ett problem uppstår som förhindrar projektet att bli klart kommer styrningen av demoriggen baseras på en mikrokontroller som med hjälp av Python-programmering efterliknar Volvos styrdon exklusive CAN-bus kompatibilitet.

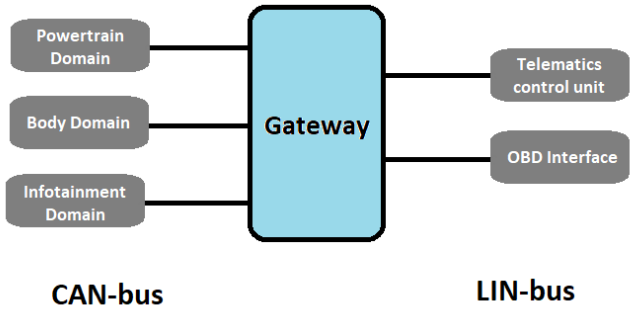
Det teoretiska målet är att baserat på nuvarande el-scheman konstruera nya flödesscheman för det uppdaterade elsystemet. Flödesscheman ska delas in i relevanta komponentgrupper och slutligen summeras och ge en översikt av in och utgångar från Volvos styrdon. Detta resultat ska sedan kompletteras med ett förslag över placeringen av elsystemet i Volvos CAN- och LIN-bus arkitektur med tillhörande motiveringar kring valet.

Utöver dessa mål finns det krav på systemet från Volvo Trucks. Det första kravet är att kablageåtgången jämfört med nuvarande elsystem ska reduceras. Det andra är att installationen av elsystemet i hytten ska effektiviseras och det tredje är att det ska finnas utrymme för vidareutveckling.

2. Bakgrund

2.1 State of the art

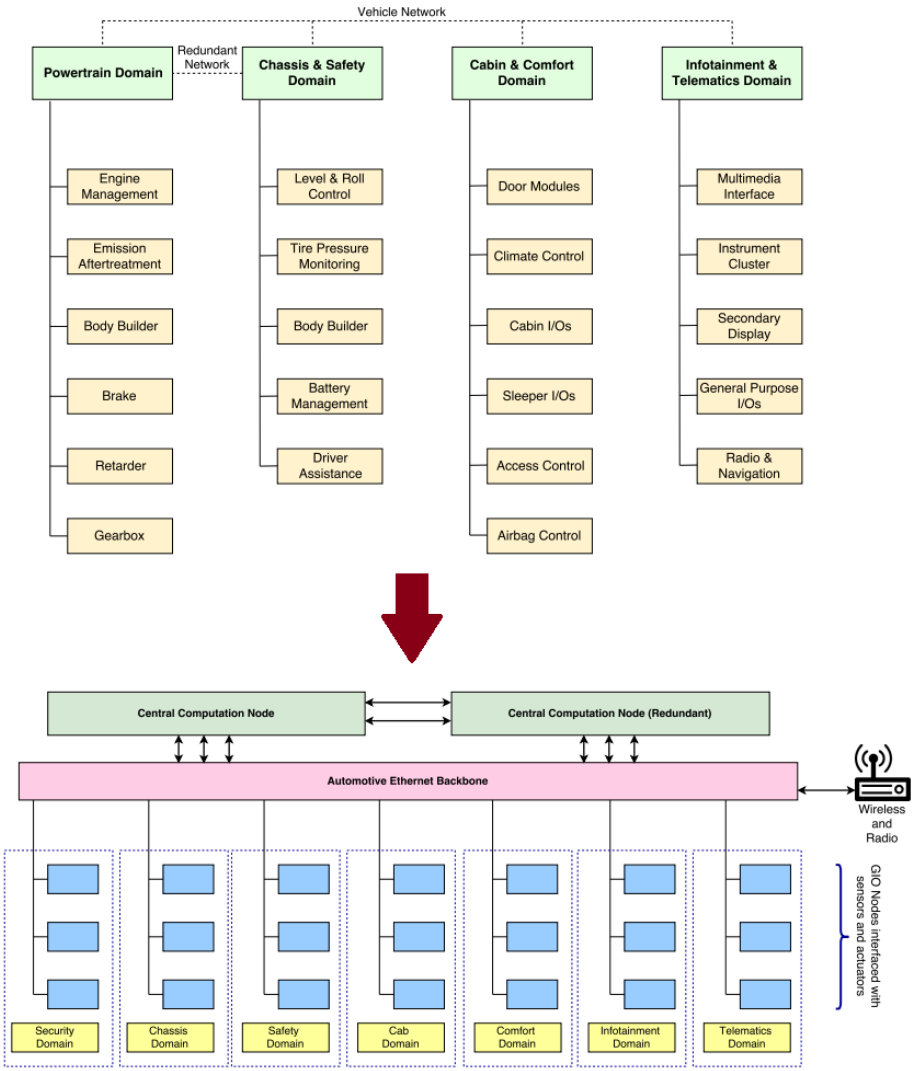
Digitaliseringen inom fordonsindustrin har ökat i snabb takt under de senaste åren. Ett av målen med digitalisering är att förbättra prestanda och pålitlighet, samt att minska kostnader för underhåll och reparationer. Flera tekniker och lösningar har utvecklats för att uppnå dessa mål.
För att öka effektiviteten inom fordonstillverkning har modern mjukvara använts för att styra och övervaka fordonens funktioner. Ett exempel på en digital styrningsteknik är att implementera "gateways" (Figur 2) som används för att sammanlänka moduler på olika nätverk i fordonet. En "gateway" kan användas som en bro mellan databussar såsom LIN och CAN bus. Den stora skillnaden mellan de två är att LIN-bus använder sig av enkelriktad signalöverföring, medan CAN-bus har differentiell. I figur 2 nedan illustreras centralt en gateway med moduler anslutna på höger och vänster sida. För att förklara funktionen kan vi anta att modulerna Powertrain, Body och Infotainment Domain till vänster är CAN-BUS moduler som skickar information till gateway. Medan Telematics control unit och OBD Interface är LIN-BUS baserade. Gatewayen gör det då möjligt för modulerna att kommunicera med varandra även om de talar olika
språk [2].



Figur 2: Central modul kallad ”gateway” med fler moduler anslutna till den

Enligt en studie från Kungliga Tekniska Högskolan har digitalisering av elsystem i fordon potentialen att öka effektiviteten och förbättra prestandan [3]. Abhineet Singh Tomars forskning bekräftade dels påståendet att en digital lösning för elsystemet förbättrar fordonets prestanda i olika aspekter, dels att den generella byggnadsstrukturen för de digitaliserade elsystem som implementeras idag kan förbättras. Han menar att nästa steg är att gå ifrån den standardiserade så kallade E/E arkitekturen i den övre delen av figur 3. Med E/E arkitektur processeras data av flera kontrollmoduler som sedan skickar relevant information till varandra, oftast via kommunikationsprotokoll. Det finns ingen huvuddator, utan hela systemet bygger på kommunikation mellan

många små kontrollmoduler. I stället ska systemet vara uppbyggt av noder som samlar rå-data som skickas till ”Central Computation Node” för tolkningar, beräkningar och beslutsfattning. Den stora fördelen med en sådan lösning är att färre meddelanden och gateways behövs för att processera information och all data blir tillgänglig på samma punkt. I Figur 3 nedan illustreras Singh Tomars önskade lösning.



Figur 3: I den övre bilden syns strukturen på ett E/E system (Tomar 2017:7) [3]. I den nedre bilden visas en potentiell framtida lösning (Tomar 2017:30) [3].

Arkitekturbilden för vårt projekt baseras på den äldre E/E arkitekturen eftersom vidare utveckling av det nuvarande systemet blir mycket enklare att implementera i resten av lastbilen om grundstrukturen behålls. Manskapshytten är i sin helhet en enda stor påbyggnadsmodul. Det är därför viktigt att elsystemet som konstrueras för den är kompatibelt med det resterande elsystemet i lastbilen. Projektet kan därav inte implementera en metod liknande den i [3] eftersom det skulle innebära en omstrukturering av hela fordonet. Ett av projektets krav är också att använda ett av de digitala styrdonen som redan finns på Volvo Trucks för att göra projektet tids- och

kostnadseffektivt. Det kan anses vara bekymmersamt att företag fortsätter att omfamna föråldrade idéer och metoder, vilket begränsar förmågan att anpassa sig till förändringar och ligga i framkant i utvecklingen. I åtanke bör vara att projektet utförs på avdelningen för Specialfordon och att den tekniska utvecklingen på Volvokoncernen i sin helhet ligger i framkant och att en övergång till ett smartare elsystem för övriga delen av lastbilen förhoppningsvis implementeras när tekniken för autonoma fordon utvecklats vidare. Fördelen med att utveckla specialfordon på Volvo är att tillgång på olika moduler är stor. Om inte Volvo Trucks har ett styrdon som klarar av att utföra de funktioner som tillkommer vid digitalisering av elsystemet så kan vi till exempel med enkelhet kika på eventuella lösningar hos Volvo Buss.

Fördelarna att gå ifrån ett helt analogt system till ett E/E system är stora. En analog styrning/signal använder sig av en mätbar kontinuerlig elektrisk signal för att trigga nästa event. När det kommer till styrning i fordon så är detta oftast en ström eller spänning. En digital styrning/signal representerar i stället data i form av sekvenser med diskreta signalnivåer som kan jämföras med varandra. Några fördelar med att använda sig av digital styrning är att denna är mindre utsatt för brus, förvrängningar, störningar samt att den är mer flexibel eftersom operationer kan bli justerade via programmerbara system. Digitala system är mer precisa, och sannolikheten för att ett fel uppstår kan reduceras genom användning av feldetekteringskoder. Effekterna av eventuella fel kan vidare reduceras genom implementering av korrigeringskoder [1]. För projektet utgör hanteringen av CAN och LIN-busmeddelanden den största delen. Den digitala styrningen sker sedan genom pulsbreddsmodulering för att exempelvis dimma belysning och aktivera fysiska utgångar som antingen bryter mot jord eller +24VDC när en operation utförs.

2.2 Nuvarande elinstallation

I den nuvarande installationen av elsystemet i manskapshytten används analoga reläer, sensorer, dioder och knappar för att utföra samtliga funktioner. De ingående komponenterna är kopplade på ett sätt som medför vissa nackdelar, såsom problem med felaktiga kabelhärvor från extern leverantör och svårigheter att diagnostisera systemet eftersom det inte kan kommunicera med diagnostikverktyg. Vid studier av dessa elscheman blev det även uppenbart att den stora användningen av dioder för att förhindra bakspänningar på sikt är ohållbar. Problemen med bakspänningar upptäcktes när manskapshytten först lanserades. Det största problemet var att lamporna till instegen på utsidan av lastbilen gav ifrån sig ett svagt men konstant sken när lastbilen var avstängd. Problemet eliminerades då på snabbaste och billigaste sätt genom att montera dioder som endast tillåter att ström flyter åt

ett håll. Det kompletta elsystemet delas schematiskt in i olika kretsar så som innerbelysning, fotsteg, och dörrinterface. Kablaget till hytten kommer in i det främre nedre högra hörnet av hytten. Härifrån dras kablaget ut till respektive komponent med relaterad funktion. Funktionerna inkluderar elstyrda fönster, centrallås, interiörlampor, hyttlås-sensorer, utfällbara fotsteg, parkeringsvärmare, AC-enhet samt extra kablage för påbyggare som kallas ”bodybuilder” kablage. I Bilaga A - Figur 1 syns ett exempel på hur elscheman som vi studerat ser ut.

2.3 Övergång från analogt till digitalt system

Övergången till digitala elsystem kräver omvandling av analoga signaler till digitala signaler. Detta görs genom användning av en analog-digital-omvandlare (ADC). Uppgiften för en ADC är att omvandla analoga signaler så de kan bearbetas av digitala system. Detta är nödvändigt då digitala system arbetar med binära tal som endast kan anta två värden, 0 eller 1. ADC konverterar signalerna genom att mäta en spänningsnivå och sedan representera den som en binär kod.

Två olika exempel av ADC är 12- och 18-bitars. En 12-bitars ADC kan representera en analog signal med en upplösning av 4,096 nivåer (12^2), medan en 18-bitars kan representera med 262,144 nivåer (2^18). Alltså ger en 18-bitars ADC högre upplösning och mer exakt konvertering av en analog signal till en digital signal än en 12-bitars ADC. Det ger dock högre krav på precision och noggrannhet i hela konverteringsprocessen. Parametrar som spänningsreferenser, klockfrekvens och analog förstärkning avgör om en 12 eller 18-bitars ADC är mest lämplig [28].

En av de största utmaningarna vid digitalisering är de högre initiala kostnaderna. Digitala system är mer avancerade och teknikintensiva, vilket leder till högre kostnader för inköp av utrustning och installation. Ofta krävas ytterligare investeringar i personal och utbildning för att kunna hantera den nya teknologin. Investeringen i övergången bör däremot på sikt betala av sig i form av färre reparationer och mindre arbetstid. Utvecklaren måste dock säkerställa att de befintliga systemen kan fungera tillsammans med de nya digitala systemen såvida inte hela systemet byts ut. Detta är särskilt komplicerat hos exempelvis Volvo då det finns specifika gränssnitt som inte fungerar med moduler från extern leverantör.

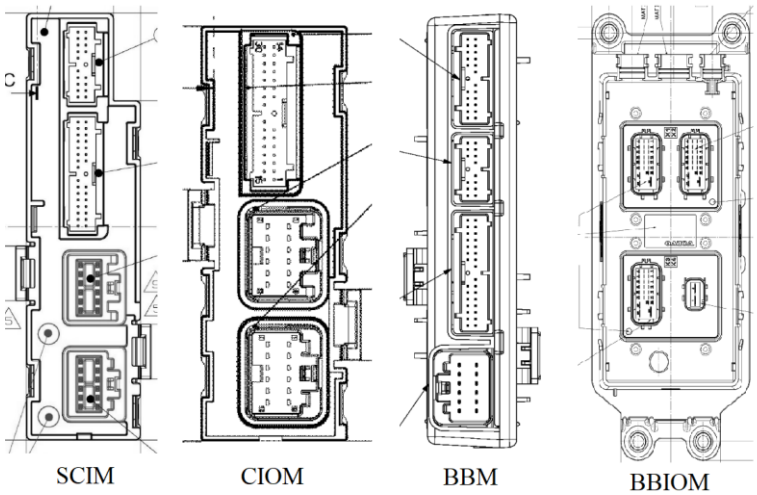
En framtida möjlighet med digitala elsystem i manskapshytten är OTA-uppdateringar (over-the-air). Det är inget nytt och biltillverkare världen över har implementerat det som en del av serviceplanen. Tekniken gör det möjligt att uppdatera fordonets system på distans genom att ladda ner och installera

programvaruuppdateringar från en central server [27]. Detta minskar behovet av att transportera fordonet till verkstad och kan spara tid och pengar för både fordonsägaren och tillverkaren.

2.4 Introduktion till styrdon (Elektronisk kontrollmodul)

Vid digitalisering av ett elektriskt system, behövs en elektronisk kontrollmodul som fungerar som en dator och tar emot insignaler från databussar samt olika sensorer och knappar i fordonet, i fallet med manskapshytten kommer dessa insignaler mestadels från dörrmoduler, centrallås, och ljusreglage. Information mottages i form av analoga signaler och LIN-/CAN-meddelanden. Skillnaden mellan dessa bussar diskuteras i ett senare kapitel.

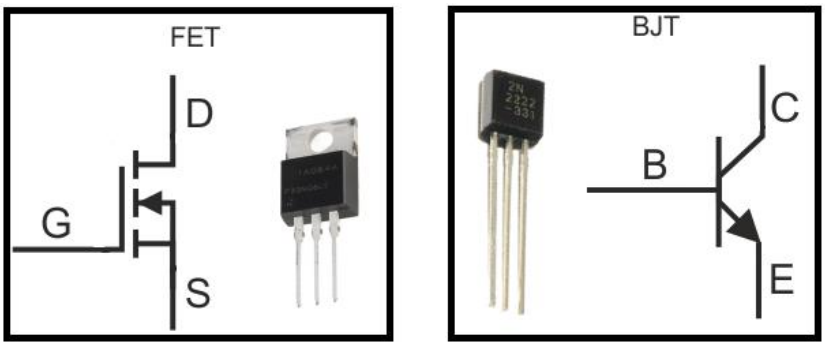
Beroende på uppgift kan den elektriska kontrollmodulen reglera spänningar samt frekvenser på olika utgångar för att skapa ett önskvärt resultat. Volvo har flera olika elektriska kontrollmoduler som uppfyller olika kriterier. Några av dessa kontrollmoduler inkluderar BBM (Boby-builder Module), BBIOM (Body-builder Input/Output Module), CIOM (Central Input/Output Module), SCIM (Security & Cab Interface Module) som syns i Figur 4. Kriterierna som projektet utvärderar är pris, antal in-/utgångar, tillgänglighet för CAN-/LIN-bus, storlek, hur enkel modulen är att implementera i lastbilen samt hur modulen programmeras. Dessa ställs i förhållande till varandra i en djupgående analys för att motivera vilken kontrollmodul som ska användas.



Figur 4: Översiktsbild av kontaktstycken samt formfaktor för olika kontrollmoduler som används av Volvo.

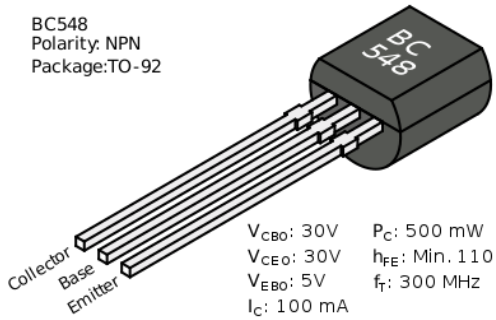
2.5 Transistorer

Transistorer anses ofta vara en av de viktigaste uppfinningarna inom elektroniken [16]. De är en typ av halvledarkomponenter som används för att kontrollera och förstärka elektriska signaler. En bipolär transistor (Bipolar Junction Transistor, BJT) består av tre halvledarskikt med olika dopningsprofiler. I de flesta transistorer används dopade kiselkristaller för att tillverka de olika lagren som kallas emitter, bas och kollektor.
Under examensarbetets gång och vid monteringen av demo-riggen utvärderades olika BJTs för att ersätta nuvarande relän i det analoga elsystemet. Anledningen till att BJTs används istället för unipolära fälteffekttransistorer (Field-effect Transistors, FETs), är att de historiskt använts när man har ett behov av att förstärka strömmen eller när man behöver en hög frekvensrespons [32]. Detta projekt behöver båda delar för att kunna styra en utgång med kraftig PWM-signal. Fälteffekttransistorer används när man söker en hög ingångsimpedans i samband med en låg ingångskapacitans. Denna typ av transistorer används oftast i högfrekventa applikationer som oscilloskopförstärkare, mixrar och detektorer. I Figur 5 illustreras skillnaden på de två olika typerna av transistorer.



Figur 5: Illustration av formfaktor och skillnad på intern elektronisk design mellan BJ- och FE-Transistorer.

Det finns två huvudtyper av bipolära transistorer, NPN (Figur 6) och PNP. I en NPN-transistor är emittern negativt-högdopad, basen positivt-dopad och kollektorn negativt-dopad. I en PNP-transistor är det tvärt om. NPN-transistorer är de vanligaste förekommande i styrdon som är placerade i fordon och används ofta i förstärkarkretsar. PNP-transistorer används vanligtvis där negativa spänningar är vanliga, som i strömförsörjningssystem. Transistorn fungerar genom att en svag ström till basen resulterar i en stark emitter-kollektorström, se Figur 6. Detta gör att transistorn fungerar som en ”fjärrstyrd” brytare som släpper fram en förstärkt ström. I och med att transistorn har en reaktionstid på endast nanosekunder kan den även användas som oscillator i en mängd olika syften. Transistorer är på grund av dessa fördelar vanligt förekommande när man skapar logiska kretsar i digital elektronik. Den har tre funktioner i ett paket, brytare, förstärkare och oscillator [14].



Figur 6: Bild på en NPN-transistor med namngivna pins (Inductiveload 2018) [17].

Jämfört med relän, som elsystemet använder sig av idag, så erbjuder transistorer flera fördelar. De är mindre och billigare, har nästan inget slitage, har inga rörliga delar, och kräver mycket mindre energi för att fylla sin funktion. Dessutom kan de arbeta vid mycket högre frekvenser och med snabbare svarstider än ett relä. Även om transistorn i sin helhet har stora fördelar finns det tillfällen där ett traditionellt relä kan vara att föredra. Till exempel kan ett relä hantera avsevärt högre strömstyrkor än transistorer och är mindre känsliga för höga temperaturer. Relän är också mer tillförlitliga i miljöer med höga nivåer av elektromagnetisk störning eller vibrationer. Dessa aspekter är viktiga att ta hänsyn till vid konstruktion av hårt utsatta elektroniska kretsar [15]. Men eftersom lösningen projektet syftar till sitter implementerad i en lastbil så finns det inte någon anledning att utvärdera saken vidare. Den elektriska kontrollmodulen som implementeras kommer inte vara den svaga länken i konstruktionen då ett flertal redan finns uppkopplade i lastbilen. I allmänhet är transistorer mer lämpliga än relän för de flesta tillämpningar inom elektronik.

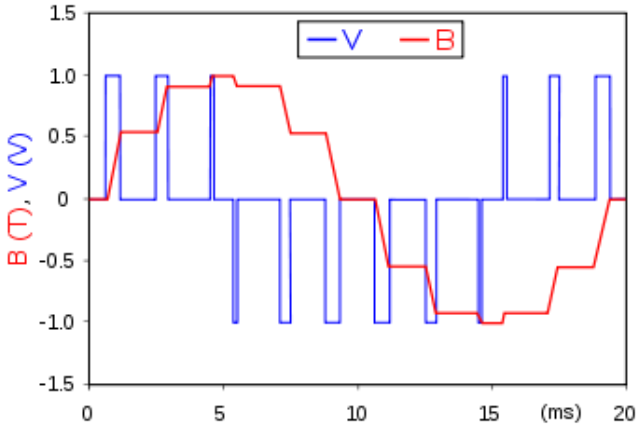
2.6 Pulsbreddsmodulering

Pulsbreddsmodulering (PWM) är en teknik som används för att reglera effektflödet till en last genom att variera bredden på en pulserande signal, där den största bredden på 100% duty cycle, i praktiken innebär en likströmssignal. PWM-signalen består alltså av pulser som representerar tiden som en viss effekt levereras till den anslutna lasten, med pauser som representerar tiden då ingen effekt levereras till lasten. Bredden på pulserna styr mängden effekt som levereras till lasten inom ett visst tidsintervall, eftersom den genomsnittliga effekten är proportionell mot bredden på pulserna. Om pulserna har stor bredd, kommer mer effekt att levereras till lasten. Om pulserna har liten bredd, kommer mindre effekt att levereras till lasten. På så sätt kan man reglera effekten i realtid. Hur mycket effekt som avges från en PWM signal bestäms alltså av dess ”duty”. En ”duty” på 75% ger en signal som är hög 75% av tiden och låg 25% av tiden, se Figur 7. Genom att låta signalen pulsera med väldigt hög frekvens med exempelvis en

LED-lampa som last, så lyser den följaktligen med 70% ljusstyrka. För det mänskliga ögat är lampan endast dimmad och lyser med ett fast sken. Vi uppfattar inte ”blinkandet” eftersom ögat endast uppfattar optiska modulationsfrekvenser under c.a. 50 Hz och den höga frekvens som LED-lampan pulserar med vanligtvis ligger på över 1000Hz [26]. Om man däremot riktar en mobilkamera som har en fast uppdateringsfrekvens mot exempelvis en modern bil med PWM-styrd ljusstyrka på parkeringsljusen, så kan man se ett blinkande fenomen som kan göra det svårt att ta en skarp bild.

Figur 7: Illustration av PWM-signal vid varierande duty (50, 75 och 25%).

För att generera en PWM-signal används en signalgenerator, antingen implementerad i en mjukvara eller placerad i extern modul, som genererar en pulserande signal med en fast periodtid. Bredden på pulserna i signalen styrs av en modulerande signal som bestämmer när och hur länge pulserna ska vara höga. Moduleringssignalen kan antingen genereras analogt eller digitalt, beroende på tillämpningen. I detta projekt genereras samtliga PWM signaler digitalt och signalgeneratorerna är implementerade i mjukvaran för de olika elektroniska styrdonen. PWM används inom system som kräver effektreglering, såsom motorstyrning, LED-belysning, och solcellsladdare. Inom motorstyrning används PWM för att reglera motorhastigheten på borstade DC-motorer (Figur 8) genom att variera mängden effekt som levereras till motorn. Inom LED-belysning används PWM för att reglera ljusstyrkan genom att variera mängden effekt som levereras till LED-lampan och inom solcellsladdare används det för att reglera laddningsströmmen från solpanelen till batteriet [24].



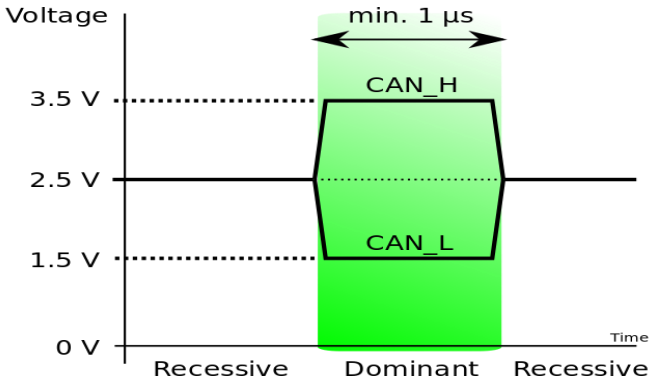
Figur 8: Blå linje är utgående PWM-signal. Röd linje är resulterande vinkelhastighet på utgående skaft från en DC motor under samma tid (Zureks 2007) [33].

För projektets demo-rigg implementeras PWM i MicroPython. För att använda funktionen importeras biblioteken Time och Machine. Dessa bibliotek ger, i samband med varandra, möjlighet att generera PWM-signaler genom att använda GPIO-pinnarna på en Raspberry Pi Pico. I metod-delen av rapporten presenteras tillvägagångssättet som implementerats i projektet.

2.7 Local interconnect network & Controller area network

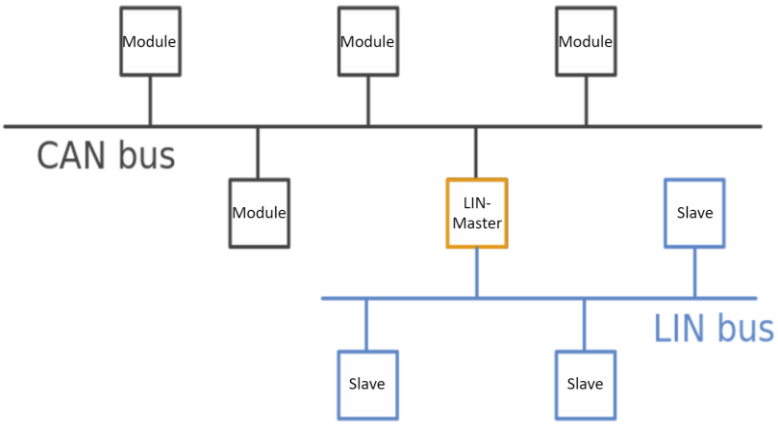
LIN-bus och CAN-bus är båda vanliga protokoll som används för kommunikation mellan olika enheter i fordons- och industriella system. Valet av vilket av dessa två bussprotokoll som är bäst beror på de specifika kraven och begränsningarna i det tillämpade systemet. Både LIN (Local Interconnect Network) samt CAN (Controller Area Network) fungerar som ett enkelt lokalt datornätverk där funktioner kan styras genom att sammanbinda sensorer och ställdon med en styrenhet eller dator. Skillnaden mellan LIN och CAN är på vilket sätt kommunikationen sker mellan styrenheter. Inom LIN existerar det en hierarki där det finns en ”master” och en/flera ”slaves”. Här utses en nod till ”master” som därmed initierar all kommunikation, resterande noder blir ”slaves” som lyssnar på meddelanden och besvarar endast meddelanden ifall det gäller den specifika ”slave” noden [4]. I CAN finns det ingen hierarki utan flera noder kan skicka, samt ta emot meddelanden samtidigt. På grund av dessa faktorer så använder LIN enbart en ledare medan CAN använder sig av flera [5]. Detta leder till att CAN stöder högre datahastigheter (upp till 1 Mbit/s vid 40m) än LIN (upp till 0,0196 Mbit/s vid 40m) och har också fler funktioner, så som felhantering och diagnostik [6]. CAN-bus använder differentiell signalöverföring, vilket innebär att det finns två signalledningar varav ena är *High* och den andra är *Low*, dessa två signalledningar representeras som CAN_H och CAN_L. Då dessa linjer bär motsatta signaler som skapas av en differentiell sändare ska skillnaden på signalerna bli noll om dessa summeras, se Figur 9. Detta medför att meddelanden kan

kontrolleras av mottagaren, och således ignorera meddelanden om de är påverkade av störningar, elektromagnetiska fält eller brus. [7].



Figur 9: Illustrerar amplituden av CAN_H och CAN_L. Bilden visar att de är inverser av varandra och att den summerade signalen således kan jämföras mot ett referenstal (Plupp 2013) [34].

LIN-bus använder en enkelriktad signalöverföring, vilket innebär att det bara finns en signalledning som bär informationen. Detta eftersom det inte finns några differentiella signaler, till skillnad från ett signalpar som behöver tvinnas samman för CAN-bus. Figur 10 nedan visar ett exempel på struktureringen av modulnätverk i ett fordon. Den svarta CAN-bus delen är hämtad från Volvos Backbone nätverk. Det blå LIN-busnätverket i figuren kopplas samman med hjälp av en modul som utses till LIN-master, där LIN-master är den elektroniska kontrollmodul som skall utvecklas och programmeras i detta examensprojekt. LIN-masters uppgift är att ta initiativ till all kommunikation på LIN-busnätverket. LIN-master sitter sedan ansluten till Backbone och blir ansvarig för att skicka vidare information från LIN-busnätverket till resterande delar av bilen och vice versa. Till exempel skickas information till mätarhuset på CAN-bus från dörrmodulerna som sitter på LIN-bus.



Figur 10: Illustration av ett CAN-busnätverk som kopplas samman med LIN-bus med hjälp av en gateway (LIN-master).

2.8 Läsning av CAN-meddelanden

CAN protokollet baseras på två typer av meddelanden, CAN base frame samt CAN extended frame. Skillnaden mellan de två typerna är längden på identifieraren. Identifieraren är en del av meddelandets Header och består av 11 eller 29 bitar beroende på om det är base eller extended frame [8].
Ett meddelande är uppdelat efter specifika regler som gäller för CAN-bus protokollet. Som illustreras i Figur 11 så börjar meddelandet vid SOF (start of frame), och följs sedan av ett ”Arbitration”-fält. Detta innehåller meddelandets ID och berättar om meddelandet är på extended eller base frame. RTR-delen (Remote Transmission Request) används för att utföra asynkron dataöverföring mellan två enheter på bussen, där mottagaren initierar önskan om att ta emot data. När en enhet vill skicka data till en annan enhet på bussen, skickar den ett meddelande som innehåller datan på max 8 bits som ska skickas (Data Field). Om mottagaren är redo att ta emot data, skickar den en ACK-bekräftelse och tar emot datan. Om mottagaren däremot inte är redo att ta emot data, kan den i stället skicka ett RTR-meddelande till avsändaren för att signalera att den vill ta emot data vid ett senare tillfälle. RTR-meddelandet innehåller i dessa fall samma identifierare som i det ursprungliga meddelandet, men utan själva datan från ”Data field”. När avsändaren tar emot RTR-meddelandet, avbryter den meddelandet och ersätter datan med nollor. Därefter skickar den ett nytt meddelande med samma identifierare som innehåller datan som mottagaren har efterfrågat. Mottagaren tar emot datan och skickar en ACK-bekräftelse.
Varje CAN-meddelande innehåller också ett unikt CRC-fält, Cyclic redundancy check. Detta genereras av en algoritm som beräknar en unik checksumma för datan som skickas. Denna används för att upptäcka och korrigera fel som kan uppstå vid dataöverföringen [9].

Figur 11: Skillnad på CAN base frame och CAN extended frame (Wei Lun Ng 2010:3) [8].

2.9 Trådlös kommunikation

I dagsläget så använder Volvo enbart trådlös kommunikation för en funktion, vilket är centrallåsets kommunikation med nyckeln. Att implementera trådlös dataöverföring är attraktivt i bemärkelsen att priserna för sändare och mottagare med tiden har reducerats till samma nivå som den trådade motsvarigheten, samt att en viktreduktion i form av mindre kablage inom fordon är eftertraktad. Enligt David Lara (Sr. Staff Field Applications Engineer at Renesas Electronics) och Donovan Porter (systems manager at Texas Instruments) kommer nuvarande typ av trådlös överföring inte att standardiseras inom snar framtid [10]. Detta beror framför allt på en bristande pålitlighet vid påfrestande situationer. Faktorer som störningar, distans och modulation är exempel på saker som kan störa eller slå ut systemet helt [11]. Dessa går att reducera och motverka, dock inte till den grad att det blir driftsäkrare och mer kostnadseffektivt än en traditionell trådad installation. För Volvos brandbilar med manskapshytt (Crew cab) så leder dessa resonemang till slutsatsen att vidare utveckling ska baseras på trådad kommunikation. Pålitlighet är första prioritet och eftersom hytten är en påbyggnadsmodul för tidigare installerad kabelhärva och chassi så skulle övergången till trådlös kommunikation vara både onödigt komplicerad och dyr. Av de elektroniska kontrollmodulerna erbjuder SCIM-boxen trådlös dataöverföring mellan fjärrnyckel och modul. Funktioner som inte är direkt sammanlänkade med projektets mål kan dra nytta av att funktionen finns. Till exempel skulle en specialanpassad nyckel kunna konstrueras för att styra extra funktioner på de lediga utgångarna av styrdonet efter kundens önskemål. Det är i slutändan upp till Volvo att utvärdera om en sådan lösning är ekonomiskt försvarbar samt om intresset finns.

2.10 Villkorsstyrd programmering

Villkorsstyrd programmering, även känd som if-then-else-programmering, är en grundläggande del av datorprogrammering som används för att köra en kod beroende på om en viss typ av villkor uppfylls eller inte. Detta koncept kan struktureras för att fatta beslut inom programmen, såsom en viss beräkning eller output baserad på den data som programmet bearbetar.

I programmering, är ett villkor en utvärdering som resulterar i ett sant eller falskt svar. För bearbetningen används en villkorskontroll för att kontrollera om villkoret är sant eller falskt, och beroende på resultatet av testet, kan en annan del av koden köras eller avbrytas, se Bilaga C – Figur 3. Detta möjliggör en enkel och logisk struktur i programkoden [12].

I de flesta moderna programmeringsspråk (Java, Python, C++, och många fler) används nyckelordet "if" för att definiera en villkorskontroll. Detta följs sedan av ett uttryck som innehåller det villkor som ska testas. Om villkoret är sant, kommer koden fortsatt att köras. Om villkoret är falskt, kan på förhand

alternativa specificerade vägar tas, vilket definieras med nyckelorden "else", "else if" och ”break” [13].
Denna typ av programmering utgör en vital del i konstruktionen av manskapshyttens nya funktioner. Det förekommer i form av if-else-satser där systemet läser av ifall en aktivitet/händelse har uppstått och därefter utför en efterfrågad handling. Ett exempel på detta kan vara att en dörr öppnas, systemet läser av att dörren är öppen och tänder en innerlampa. Detta är ett system som alltid läser av samtliga funktioner för att förhindra till exempel att lampan fortsätter att lysa efter det att dörren stängts igen.

2.11 Maskinkod / Assemblerkod

De elektroniska styrdonen från Volvo kör inget programmeringsspråk på högnivå. Samtlig programmering utförs i maskinkod (se Figur 12). Maskinkod är binär och är den kod som en datorprocessor läser för att genomföra olika instruktioner. Denna kod är på så kallad grundnivå och baseras inte på något annat språk, tvärtom så baseras alla språk i grunden på maskinkod. Den är ofta svår att läsa, men är avgörande för att datorer ska kunna utföra uppgifter på ett effektivt sätt. En av de viktigaste aspekterna av maskinkod är dess förmåga att implementera kontrollstrukturer, som if-satser [18]. If-satser är som tidigare nämnts en typ av kontrollstruktur som är enkel att förstå i högnivåspråk som Java och Python. Men när de ska implementeras i maskinkod blir det mer komplicerat eftersom koden är mycket mer direkt och detaljerad än ett högnivåspråk. För att implementera if-satser i maskinkod jämför datorprocessorn två tal och bestämmer sedan vilket som är större eller mindre än det andra. Detta görs med instruktionerna CMP och J(XX), där CMP jämför två tal och J(XX) utför en viss handling baserat på resultatet av CMP. Till exempel kan JMP (Jump) instruktionen hoppa till en annan plats i kodsekvensen om ett specifikt villkor är sant [19]. Det finns olika varianter av J(XX)-funktioner beroende på vilket villkor som ska utvärderas. Till exempel används JNE (Jump if not equal) för att hoppa om två tal är olika, och JE (Jump if equal) används för att hoppa om två tal är lika. Andra exempel på J(XX)-funktioner inkluderar JG (Jump if greater than) och JL (Jump if less than).

```
MOV AX, 5     ; Flytta värdet 5 till register AX
MOV BX, 7     ; Flytta värdet 7 till register BX
CMP AX, BX    ; Jämför AX och BX
JG label      ; Hoppa till label om AX > BX
; Koden fortsätter här om AX <= BX
label:
; Koden fortsätter här om AX > BX
```

Figur 12: Exempel på maskinkod. I koden är funktionen av varje rad beskriven efter ”;”.

3. Metod

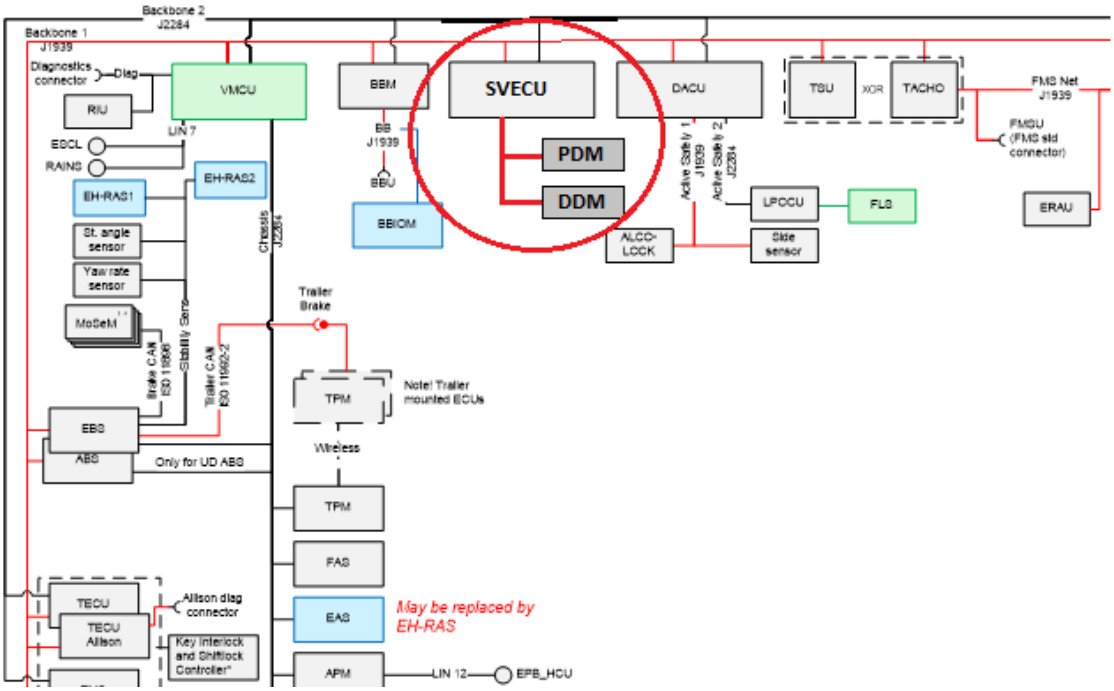
3.1 Förstudier och nätverkstopologi

Arbetet startades med att studera och förstå det befintliga analoga elsystemet i manskapshytten. Dess struktur och funktioner analyserades tillsammans med elektriska komponenter och kablage. I teorin och med systemets uppbyggnad var det svårt att se det befintliga systemets begränsningar och svårigheter. Fokuset skiftades då mot att identifiera de utmaningar som skulle komma i samband med att integrera nya digitala komponenter på bilens CAN-busnätverk. Ett problem som missades under förstudien men som diskuterades under möten med Volvo var hur de bakre dörrmodulerna skulle anslutas till nätverket för att inte förväxlas med de främre. Dörrmodulen som syns i Figur 13 är en kontrollenhet som är placerad i respektive dörr. Beroende på om den sitter i passagerardörr eller förardörr så heter den antingen PDM (passenger door module) eller DDM (driver door module). Genom dessa kontrolleras sidospeglar, fönsterhissar och meddelanden med information om dörrens status kan utläsas. Det blev därför den viktigaste enheten att implementera när systemet omkonstruerades.

Figur 13: Bild på Passenger Door Module för att ge uppfattning om formfaktor.

Vanligtvis finns det bara en DDM och en PDM. Problemet är att Crew Cab bilarna har fyra dörrar. Alla DDM och PDM är identiska och klassas som en generisk enhet som levereras av extern leverantör. Om en förändring skulle göras i mjukvaran för att ge de bakre modulerna ett annat ID, och därmed möjlighet att skicka urskiljbara CAN-meddelanden, skulle det bli för dyrt. Kostnaden för ändringen uppskattades till cirka 10 miljoner SEK under första året. Lösningen som presenterades för Volvo blev att enligt arkitekturbilden i figur 14 ansluta nuvarande DDM och PDM på ett separat undernätverk till den nya kontrollmodulen. Kontrollmodulen kan då tolka meddelanden från de två modulerna som höger och vänster dörr, och i sin tur skicka modifierade meddelanden på bilens sammankopplade CAN-busnätverk om det rör höger eller vänster bakdörr.

Kontrollmodulens placering i nätverkstopologin inspirerad av den nuvarande placeringen av BBM (Body-Builder Module). BBM är en liknande kontrollmodul som sitter placerad bakom hytten ute på chassit för att styra externa funktioner på lastbilen. Denna är ansluten till både Backbone 1 och 2 (se Figur 14) och kan således hämta och skicka information till alla enheter i fordonet. Detta är positivt ur två perspektiv. Dels att det är en extra säkerhet då den inte tappar all funktionalitet om den ena anslutningen skulle skadas eller försvinna, dels att det inte finns några framtida restriktioner som begränsar vilken information BBM kan komma åt. Då driftsäkerhet och framtidsutveckling är av högsta prioritet för det nya elsystemet i manskapshytten valde vi tillsammans med Volvo att ansluta kontrollmodulen på samma sätt som BBM. Utvecklare på företaget bekräftade även att det är möjligt att modifiera meddelanden som passerar genom kontrollmodulen med maskinkod och därav kommer den illustrerade lösningen i figur 15 att fungera.



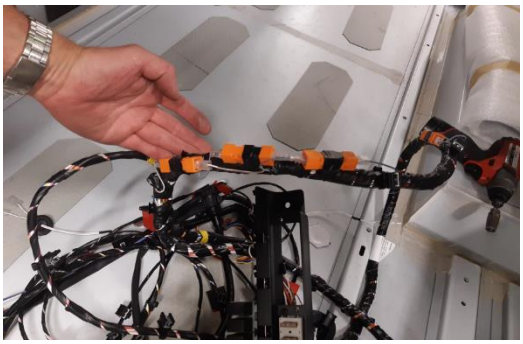
Figur 14: Illustrerar bussätverkstopologi för Volvo Trucks där Backbone 1 och 2 är två separata CAN-busnätverk. Den inringade "SVECU" med anslutna dörrmoduler är kontrollmodulen som projektet utvärderar.

3.2 Installation och förändringar

För att forma en bättre uppfattning om den fysiska installationen av det nuvarande elsystemet och hur det monteras i lastbilen gjordes ett besök på Volvo trucks produktionsanläggning. En intervju med två anställda montörer på företaget genomfördes där vi lyssnade till vad de tycker är det största problemet. Man pekade på att kablaget var otympligt och att funktionskontrollen efter installation kunde vara krånglig. En stark önskan om en möjlighet att utföra digitala funktionskontroller framfördes. Vid besöket gjordes också en studie av installationen, komponenter, kablage och strömförsörjningssystem, vilket gav en större förståelse för de krav som ställs på elektriska system i en lastbil.

Tillsammans med anställda på SVD – Special Vehicles Development, gjorde vi en sammanställning en de problem och hinder som fanns med det befintliga analoga elsystemet. Användningen av specialtillverkade kabelmattor till dörrarna som använde sig av dioder (se Figur 16) för att förhindra bakspänningar var det största problemet. Dessa var ett ständigt problem då det ofta blev glapp och man inte kunde felsöka var i hytten problemet uppstått eftersom systemet var analogt. Detta ledde i sin tur till att man vid reparation av dessa fel i många fall fick plocka bort stora delar av interiören på hytten. Det andra stora problemet var de extra switcharna som var placerade på hytten mellan kaross och dörr (se Figur 15). Dessa behövde på grund av dess låga profil kompletteras med ett gummistopp på insidan av dörrkarmen då belysning i hytten annars flimrar och insteget fälls in och ut sporadiskt vid dåligt väglag. Det tredje stora problemet var att elsystemet inte var integrerat via CAN-bus med övriga elsystemet i lastbilen och kunde därför inte kommunicera med bilen eller dörrmoduler.

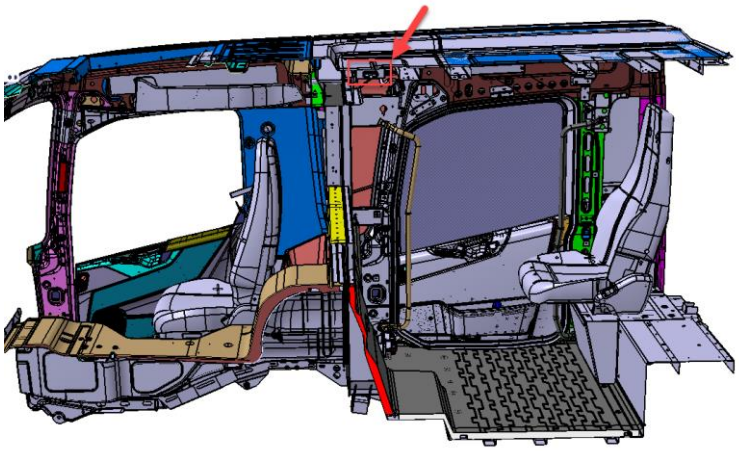
Figur 15: Blå ring markerar placering av extra brytare för avkänning av dörrstatus i det gamla elsystemet



Figur 16: Orangea dioder i kabelhärva för att förhindra bakspänningar

3.3 Utvärdering av funktioner och placering av styrdon

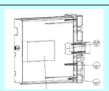
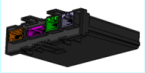
Det fanns ett behov av att utvärdera de funktioner som fanns i manskapshytten. Majoriteten skulle implementeras i den elektroniska kontrollmodulen och således konverteras till digital styrning. Endast ett fåtal skulle lämnas kvar med samma konstruktion och arkitekturbild som nuvarande, till exempel skulle kablage för extern påbyggare och konstantström till AC samt dieselvärmare förbli oförändrat. Utöver de funktioner som finns idag togs det hänsyn till vidareutveckling. Den elektroniska kontrollmodulen skulle med avsikt erbjuda fler ut/ingångar än nödvändigt för att säkra elsystemet för framtida påbyggnad. Detta för att inte behöva utesluta funktioner innan systemet i sin helhet implementeras i faceliften av manskapshytten. Med CAD-bilder av hytten skulle även en lämplig placering av kontrollmodulen utses. Mest utrymme fanns uppe i taket i mitten av manskapshytten. Andra placeringar så som i nedre del av B-stolpe och under manskapsbänkar utvärderades också, men dessa placeringar ansågs inte vara lika effektiva. En placering vid B-stolpen skulle kräva att en stor del av interiören behövs plockas ner för eventuella framtida ändringar. Medan en placering under bänkarna för manskapet gick bort helt då hytten i vissa fall säljs utan bänkar efter kundens önskemål. Modulen bör därav placeras centralt i främre delen av hyttens tak (se Figur 17), då det redan finns ett stort utrymme för montering av tillbehör från tredjepartsmontör.



Figur 17: Bild från sidan med manskapshytten delad på mitten. Markering med pil för placering av kontrollmodulen

3.4 Stuart Pugh - analys

För att utvärdera de elektroniska kontrollmodulerna fanns ett behov av en analys av vad som skiljer dem åt. Bland de jämförande kriterierna var antalet in- och utgångar, kostnad, integrationsmöjligheter med flera. Kontrollmodulerna som utvärderades var BBM (Body-builder Module), BBIOM (Body-builder Input/Output Module), CIOM (Central Input/Output Module), SCIM (Security & Cab Interface Module, TDECU (Technology Develompent Eletrical Controller Unit) och Muxlab. För att jämföra modulerna, och deras för- och nackdelar, upprättades en Pugh-analys som är en typ av matris utvecklad av Stuart Pugh som var chef för designavdelningen och professor vid University of Strathclyde i Glasgow [36]. Volvo AB använder sig av PUGH-analyser dagligen för att motivera olika satsningar och utvecklingsvägar.

			Alternative concepts					
Project:	CrewCab electrical update							
Vehicle Type:	FM/FMX		1. BBM	2. BBIOM	3. CIOM	4. SCIM	5. TDECU	6. MUXLAB
Date:	w2313							
System and Area for selection	Electrical							
Criteria No	Criteria	Criteria Weight						
1	Inputs	1	5,0	4,0	4,0	4,0	3,5	4,5
2	Outputs	1	5,0	4,0	3,0	3,0	3,5	4,0
3	CAN-BUS	1	2,0	1,0	4,0	4,5	5,0	4,0
4	Software Development	2	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0
5	Volvo Integration	2	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	0,0
6	Size	1,5	3,0	1,0	4,0	4,5	3,0	4,0
7	Installation	1	3,0	1,0	4,0	4,0	3,5	4,5
8	Cost	2	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	1,0
9	PWM	1	2,0	5,0	3,0	3,0	4,5	4,0
	Total Score:		43,5	36,5	44,0	47,3	42,5	39,0
	Comments:				Fasas ut		Ej tillgänglig ännu.	

Figur 18: Pugh-analys av styrdon med resultat

I Figur 18 visas den slutgiltiga analysen för utvärderingen av kontrollmodulerna. Det oranga fältet längst till vänster innehåller nio utvalda kriterier som styrdonen jämförs mot. Dessa består av:

Inputs – Poängsättningen baseras på antalet ingångar som finns tillgängliga för varje kontrollmodul. Kriteriet är med för att säkerställa att en kontrollmodul uppfyller kravet om minsta antal ingångar. En nolla i betyg betyder att antalet ingångar är mindre än minimikravet och resulterar i direkt diskvalificering av kontrollmodulen. Om en kontrollmodul precis uppfyller minimikravet blir poängen 1. Poängsättningen ökar sedan gradvis upp till 5 beroende på hur många inputs kontrollmodulen erbjuder.

Outputs – Samma som inputs.

CAN-BUS – Kriteriet är med för att säkerställa att varje kontrollmodul erbjuder minst två CAN-gränssnitt. Därefter följer poängsättningen samma tillvägagångssätt som Inputs/Outputs dock med antal CAN-busgränssnitt i stället.

Software Development – Kriteriet är med i analysen för att få en överblick över hur enkel varje kontrollmodul är att programmera. Efter att kontrollmoduler från JOAB valdes att inte inkluderas i analysen på grund av bristfällig information kring dem blev kriteriet överflödigt då det endast är Muxlab som inte är en Volvo modul. Poängsättningen baseras på hur lätt kontrollmodulen kan programmeras både före och efter installation. Högre poäng indikerar enklare utveckling.

Volvo Integration - Poängsättningen baseras på hur lätt det är att integrera kontrollmodulerna i Volvos CAN- och LIN-bus nätverkstopologi. Liknande Software Development blev även detta kriterium överflödigt av samma anledning. Som kan ses har modulerna 1–4 fem poäng. Detta på grund av att dessa kontrollmoduler är tillverkade av Volvo och används i andra system. Modulerna 5–6 var således i princip de enda som utvärderades mer djupgående.

Size - Poängsättningen baseras på storleken på kontrollmodulerna. I kapitel 3.3 av rapporten, figur 17 visas framtida placering av kontrollmodulen. Kriteriet är huvudsakligen med i analysen för att påbyggare som i efterhand installerar sina bakre skåp till brandbilen vanligtvis placerar sina kontrollpaneler i panelen som sitter framför utrymmet. Det var därför viktigt att ta hänsyn till hur stor den nya kontrollmodulen är. Högre poäng betyder att modulen är mindre

Installation - Poängsättningen baseras på hur effektivt kontrollmodulen kan installeras vid montering av manskapshytten. Kriteriet påverkas mycket av Size men var av en lägre vikt. Högre poäng betyder kortare installationstid.

Cost - Poängsättningen baseras på kostnaden av kontrollmodulerna. Kriteriet är med för att kunna motivera till ekonomiavdelningen varför Special Vehicles Development vill satsa på en viss kontrollmodul. Med hjälp av Cost och övriga kriterier kan ett eventuellt högre pris motiveras med hjälp av varandra där ekonomiavdelningen annars vill ha den billigaste modulen. Högre poäng betyder att kontrollmodulen är billigare.

PWM - Poängsättningen baseras på hur många utgångar av kontrollmodulen som kan konfigureras med PWM. Kriteriet är med för att ge en överblick kring möjligheterna för varje kontrollmodul att kontrollera belysning och eventuellt andra framtida behov mer precist. En önskan från Volvo var att kunna dimma innerbelysningen. Minsta antal tillåtna PWM-utgångar var därför satt till 4 för att täcka kravet. Därefter följer poängsättningen samma tillvägagångssätt som Inputs-kriteriet.

Till höger om kriterierna finns det kriterievikt. Detta är ett tal som multipliceras med poängen som varje kontrollmodul fått för det specifika kriteriet. Kriterievikterna baserades på vad Volvo ansåg vara de viktigaste punkterna vid utvecklingen av det nya systemet. Vi kom tillsammans överens om att kriterium 4,5,6 och 8 var viktigare än de övriga och satte således en större vikt vid dessa.

Efter att resultatet för samtliga kontrollmoduler summerats kunde vi av analysen dra slutsatsen att valet av styrdon stod mellan CIOM, SCIM och TDECU eftersom dessa hade högst poäng. BBM verkade också vid en första anblick vara en bra kandidat men förlorade på grund av sin storlek.

3.5 Val av styrdon

Efter att ha vägt in alla faktorer och stämt av resultatet från PUGH-analysen med Volvo kunde slutsatsen dras att SCIM-boxen var det bästa alternativet. Den valdes eftersom TDECU modulen inte är tillgänglig under projektets gång och att CIOM modulen fasas ut i samband med att Volvo implementerar sin nya nätverksarkitektur. När kontrollmodulen kopplas upp och läggs till i nätverksarkitekturen så behöver den ett eget namn. Vi fick fria händer att välja ett namn bestående av 2 till 5 bokstäver. Kontrollmodulen som valts och designats i projektet fick då namnet SVECU, som är en förkortning för Special Vehicles Electronic Control Unit.

3.6 Kopplings- /Flödesscheman

Funktionsflöden till och från SVECU ritades i Microsoft Viso med antal ledare och funktionsspecifikation för samtliga komponenter anslutna till styrdonet. Med alla delar av elsystemet täckta summerades samtliga in- och utgångar som behövdes och ett förslag på hur elsystemet skulle kopplas upp för att fylla samtliga funktioner med så liten kabelåtgång som möjligt presenterades för Volvo. Den nya lösningen exkluderar de specialbeställda kabelhärvorna för bakdörrarna och även samtliga dioder i elsystemet. Kabelmattor från främre dörrar monteras även i bakdörrarna för att spara kablage och minska antal delar som tillverkas av extern leverantör

3.7 Programmering

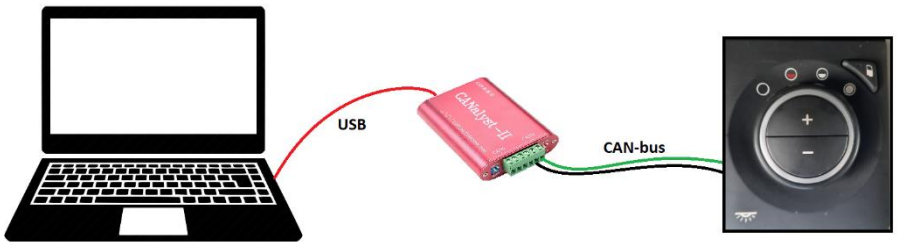
I förhoppning om att få en SCIM omprogrammerad till en SVECU för att testa lösningen kontaktades Volvo. Det visade sig att samtliga styrdon programmerades med maskinkod. Detta innebar att processen att få omprogrammeringen slutförd skulle ta flera månader. Verktygen som krävdes för att utföra jobbet själva gick inte att få tag på. Demoriggen som skulle presentera resultatet för arbetet och även visas upp på Utexpo på Högskolan började därför konstrueras med en alternativ lösning där en Raspberry Pi Pico fick agera som SVECU.

3.8 Montering av demo-rigg

Demoriggen monterades ihop enligt de kopplingsscheman som föreslagits med samtliga elektroniska komponenter från manskapshytten. inklusive Belysta takhandtag från Rosenbauer, läslampor, dörrpaneler med tillhörande belysning och ljusreglage (Figur 19). Funktionen hos samtliga komponenter kontrollerades med en drivspänning motsvarande elsystemet i en brandbil (24V DC). På grund av att demoriggen konstrueras med en Raspberry Pi som kontrollenhet blev CAN-buskommunikation mellan ljusvred och Raspberry Pi inte implementerat.

Figur 19: Demorigg med läslampor, ljusreglage, rosenbauerhandtag, golvbelysning och varningslampa markerat.

Med en CAN-busmodul till mikrokontrollen skulle det vara enkelt att skapa ett eget nätverk och således behålla en central del av arbetet även i riggen. Men efter diskussioner med utvecklare på Volvo och egna djupgående undersökningar valdes en annan väg. Vi drog slutsatsen att det största problemet med att implementera ljusvredet via CAN var att aktivera det och få det att inleda en kommunikation. Utan att sitta i en lastbil med rätt moduler på samma nätverk skickades inga CAN meddelanden. Detta konstaterades med hjälp av en CAN-bus analyserare [35] ansluten till CAN-gränssnittet på vredet, se Figur 20 nedan.

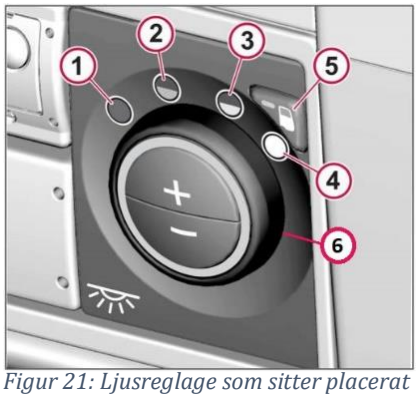


Figur 20: Koppling av CAN-analyserare för avlyssning av ljusvredet.

Den alternativa vägen för att lösa problemet syns i Bilaga C (figur 1 och 2) och var att öppna upp ljusvredet och löda om komponenterna. Separata ledare löddes fast för de fyra kritiska switcharna i ljusvredet (plus, minus och rotation) samt separat strömförsörjning till de fyra lägesindikatorerna (1–4 i figur 21). Med dessa kunde ett antal GPIO-pins användas för att läsa av och illuminera ljusvredet på samma sätt som om det skulle suttit i en lastbil.

Koden som presenteras i Bilaga B utfördes i programmet Thonny som är en integrerad utvecklingsmiljö för Python [25]. Samtliga inputs och outputs från riggen blev konfigurerade till Raspberryns GPIO-pins. För att ge Picon en uppgift, exempelvis när en dörr är öppen, konfigurerades den valda GPIO-pinnen med en pull-up resistor vilket gör att spänningen stabiliseras när dörren är stängd. Detta för att det inte skulle finnas någon risk att läsa felaktiga värden som kan förkomma när en pin inte läser något specifikt värde. När dörren öppnas sluts kretsen mot jord och Raspberry Pi läser ingången som en nolla (0). Eftersom koden körs i en oändlig ”While True:” loop itererar den kontinuerligt över koden och kontrollerar ett antal if-satser. Om ett specificerat villkor var sant eller falskt och utför den därefter specificerad uppgift omgående.

För ljusreglaget i Figur 21 behövde en specialanpassad logik implementeras i koden. För att välja vilket ljusläge demoriggen skulle vara i kodades en counter. Vredet (6) fungerar genom att en intern brytare i ljusvredet trycks ner före en annan när ringen roteras. Om brytarna sluter mot jord i ordningen 1–2 så ökas countern med 1, och om raspberryn läser brytarna i ordningen 2–1 minskar countern. Med ökad specifierad debounce tid för brytarna som förhindrar att de läses mer än en gång per rotation kunde då lampor 1 till 4 i figur 21 användas för att indikera vilket läge programmet befann sig i. I läge 1 är all belysning släckt, i läge 2 är belysningen röd och dimbar, i läge 3 är belysningen vit och dimbar och i läge 4 är all belysning tänd med full styrka.



Figur 21: Ljusreglage som sitter placerat i främre hytt

Alla utgångar från Raspberryn som styr LED-lamporna kopplades genom transistorer för att möjliggöra PWM styrning på varje pin. Vid olika lägen på reglaget skulle de antingen ha en duty cycle på 100%, 0% eller ett värde där emellan som bestäms av plus- och minusknapparna, eftersom de dimbara lägena skulle vara justerbara. För att skapa vitt ljus av rött, grönt och blått sätts PWM duty cycle för dessa kanaler till 100%. Slutligen simuleras CAN- och LIN-busmeddelanden med en 0,96-tums OLED SSD1306 skärm. Denna visar en förenklad version av CAN-BUS meddelandet som sänds på Backbone nätverken i lastbilen vid respektive funktion. Målet med denna var att visualisera för användaren av demoriggen att SVECU som styr komponenterna utväxlar information med övriga delar av fordonet.

3.9 Utvärdering mot mål och krav

För att utvärdera resultaten av arbetet mot de krav och mål som projektet ställdes mot kommer arbetet att förbli uppdelat. Det är viktigt att inte blanda ihop den teoretiska delen med den praktiska eftersom de syftar till två olika saker. Den teoretiska delen fokuserar på att ta fram ett framtida koncept för hur elsystemet ska kopplas och vart det ska anslutas i nätverkstopologin. Resultatet av den teoretiska delen är mätbart utifrån resursåtgång, komplexitet, framtidsutveckling och förenklad installation samt underhåll. Det finns dock inga beprövade fysiska resultat utan lösningen kan endast presenteras för Volvo som ett möjligt koncept med tillhörande slutsatser.

Den praktiska delen av projektet har tydliga mätbara resultat. Som nämns i 3.8 monterades demoriggen i största möjliga mån efter de flödesscheman som ritats som en del av det teoretiska arbetet. Med undantag för implementation av CAN-bus. För att utvärdera och analysera demoriggen utifrån ett verklighetstroget perspektiv som beaktar att funktionaliteten av demoriggen är ett Proof-of-Concept och inte en faktisk installation kommer resultatet baseras på och slutsatser dras från följande frågor:

1. Är det möjligt att nyttja funktionslogiken i det främre ljusvredet?
2. Finns det en tydlig prestandaökning, och i så fall vilken?
3. Följer demoriggens konstruktion de krav som Volvo ställt?
4. Finns det utrymme för nya framtida funktioner, och vilka är dom?
5. Kan ingående komponenter från manskapshytten fortsättningsvis användas?
6. Är funktionslogiken effektiv och översättningsbar till maskinkod?

4. Resultat

4.1 Val av kontrollmodul

SCIM överträffade de andra alternativen vad gäller flera viktiga parametrar i Pugh-analysen och valdes därför att i ett framtida stadie programmeras om till en SVECU. Vid den praktiska och konfigurationen av demoriggen där funktionen av SVECU efterliknas med en Raspberry Pi Pico överskrids därför inte antalet in och utgångar som denna kontrollmodul har. Trots att SCIM inte har flest antal utgångar, visar den stor potential för framtida utbyggnad med många CAN-BUS interfaces jämfört med övriga styrdon. SCIM fick också betyget 4.0 i antal ingångar och slogs endast av den otympliga BBM modulen som hade flest, men i ett mycket större fysiskt format. SCIM vann i avseendet på storlek där den var minst i testet och därför enkel att montera i manskapshytten. Detta är viktigt eftersom det sparar utrymme och således gör installationen utav andra enheter som tredjeparts-påbyggare lättare. SCIM har även en inbyggd mottagare för trådlös kommunikation som kan användas i framtiden för vidareutveckling i framtiden. Den trådlösa aspekten i samband med ett flertal lediga in-/utgångar samt ett extra CAN-busgränssnitt säkerställer att valet av kontrollmodul uppfyller målen om vidare framtidsutvecklingsmöjligheter för elsystemet.

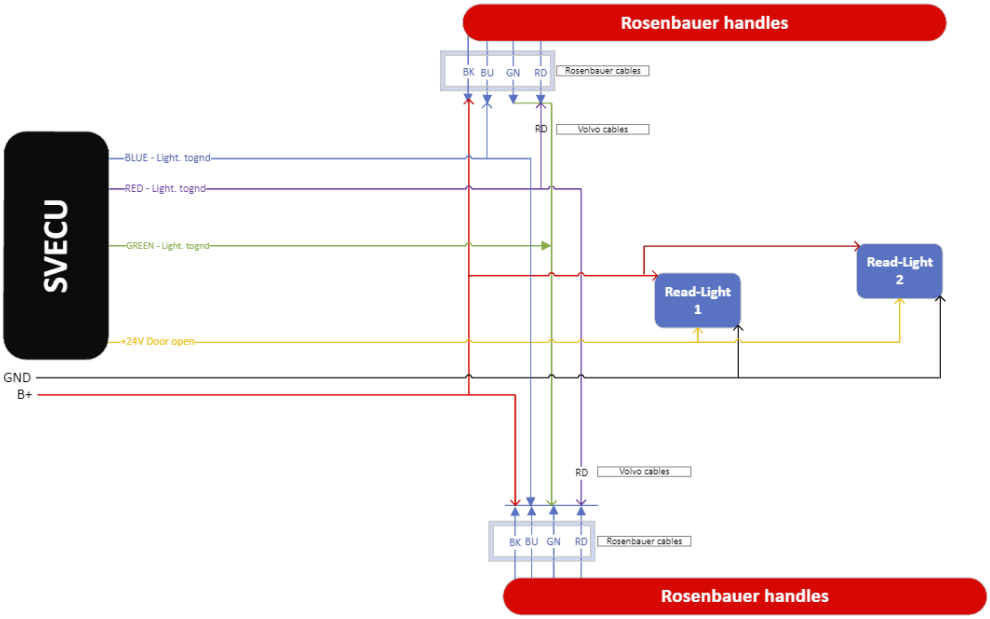
4.2 Felsökningsförmåga

Studien av elsystemet visade att det var möjligt att återanvända ett flertal redan digitaliserade komponenter från lastbilen. Således minskar andelen produkter som köps in från extern leverantör. Som tidigare nämnt i kapitel 3.5 så är SVECU identisk med SCIM modulen som i sin tur kommer ersätta den nuvarande CIOM modulen i lastbilarna. Då CIOM modulen redan är monterad i lastbilen och ansluten i nätverkstopologin enligt samma metod som vi presenterat för SVECU i kapitel 3.1 (Figur 14), drar vi slutsatsen att funktionskontroller och felsökning kommer att vara möjlig. Den kommer kunna utföras enligt samma metod som redan görs med CIOM modulen, med hjälp av dator och ett auktoriserat program för Volvo Trucks. Detta resultat uppfyller således kravet och målen om att erbjuda möjlighet till en effektivare installation och felsökningsförmåga.

4.3 Flödesscheman och nätverkstopologi

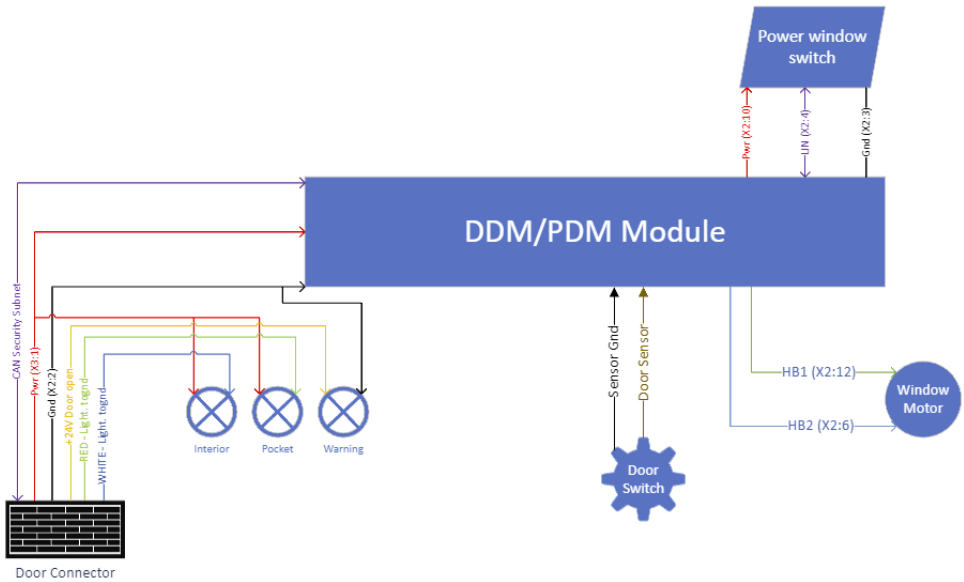
Utifrån det nuvarande elsystemet, som studerades i kapitel 2.2 och 3.3, sammanställdes de funktioner som skulle användas i den framtida systemet. Antal in-/utgångar samt antal ledare för respektive funktion togs från nuvarande el-scheman. Med mål och krav att skapa flödesscheman som inte genererar några bakspänningar i samband med en reducerad kablagemängd skapades tre olika funktionsgrupper som presenteras i 4.3.1 till 4.3.3. Inga ledare förutom jord och +24V kombinerades för att styra mer än en funktion. I Figur 22 ska till exempel läslamporna tändas samtidigt som Rosenbauer-handtagen när vit belysning aktiveras eller en dörr öppnas, men de ansluts fortfarande på två separata utgångar från SVECUn. Således finns det ingen risk att en bakspänning kan flöda till exempelvis läslamporna när en funktion som endast ska tända Rosenbauer-handtagen är aktiv eller vice versa. Detta resonemang applicerades även på dörrgruppen som också baserades på kablaget från en främre dörr för att minska antalet olika komponenter i lastbilen. När elsystemet hade kopplats upp i sin helhet enligt summeringen i Figur 25 under 4.3.4 verifierades det med spänningsprovare att inga bakspänningar fanns i demoriggen vid aktivering av enskilda funktioner. Således eliminerar nedan presenterade flödesdiagram problemet med bakspänningar som i sin tur tar bort behovet av dioder. Baserat på problemen med nuvarande installation dras slutsatsen att livslängden för elinstallationen ökar utan dioder och att mängden specialbeställt kablage från extern leverantör minskas, både för kablage i hytten men främst på grund av att kabelhärvan från främre dörr även används bak. Resultatet gällande flödesscheman uppfyller således Volvos krav på minskad resursåtgång och komplexitet. Uppkoppling och placering av SVECU i nätverkstopologin för lastbilen förklaras och motiveras i kapitel 3.1. Resultatet presenteras i Figur 26 under 4.3.5.

4.3.1 Från SVECUn till interiörbelysning



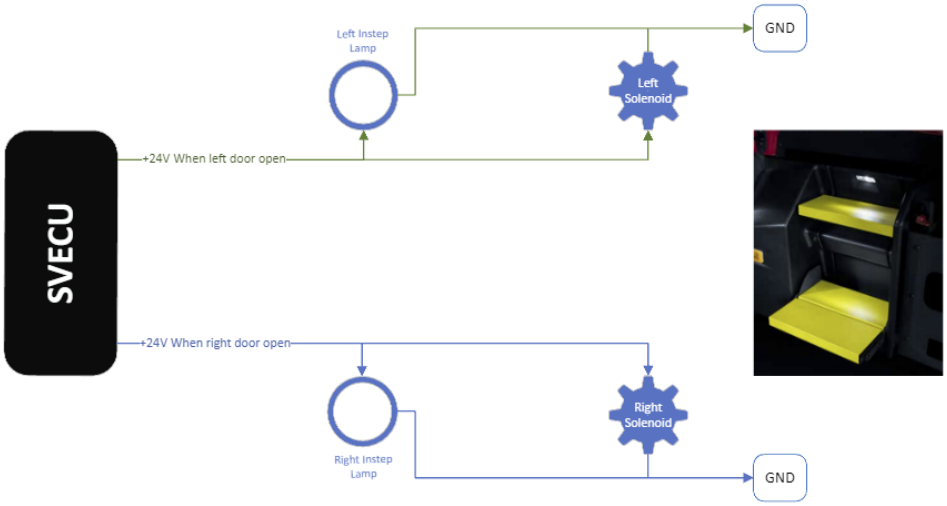
Figur 22: Nödvändigt kablage från SVECUn till belysning i hytten

4.3.2 Från dörrkontakt till PDM/DDM



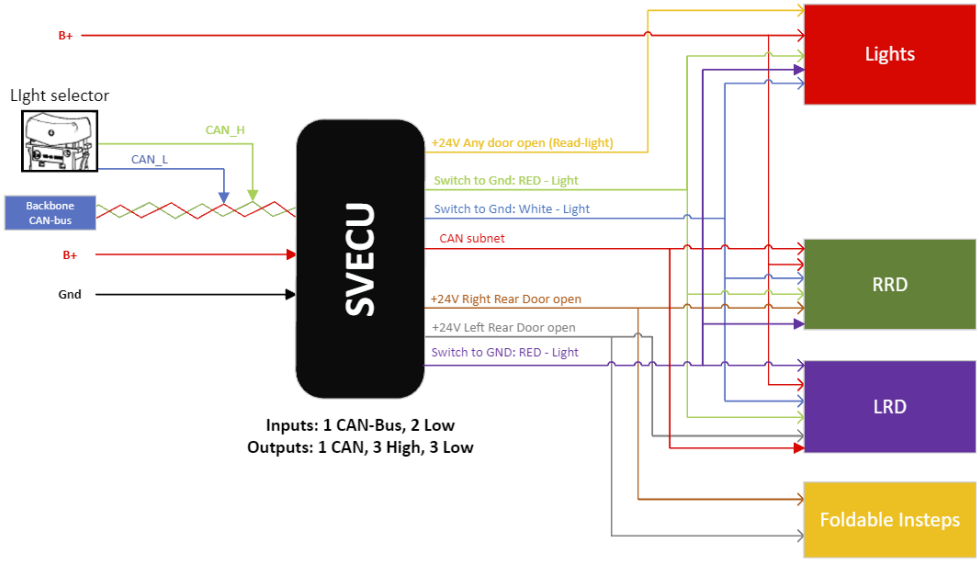
Figur 23: Nödvändigt kablage från SVECUn till dörrar

4.3.3 Från SVECUn till insteg



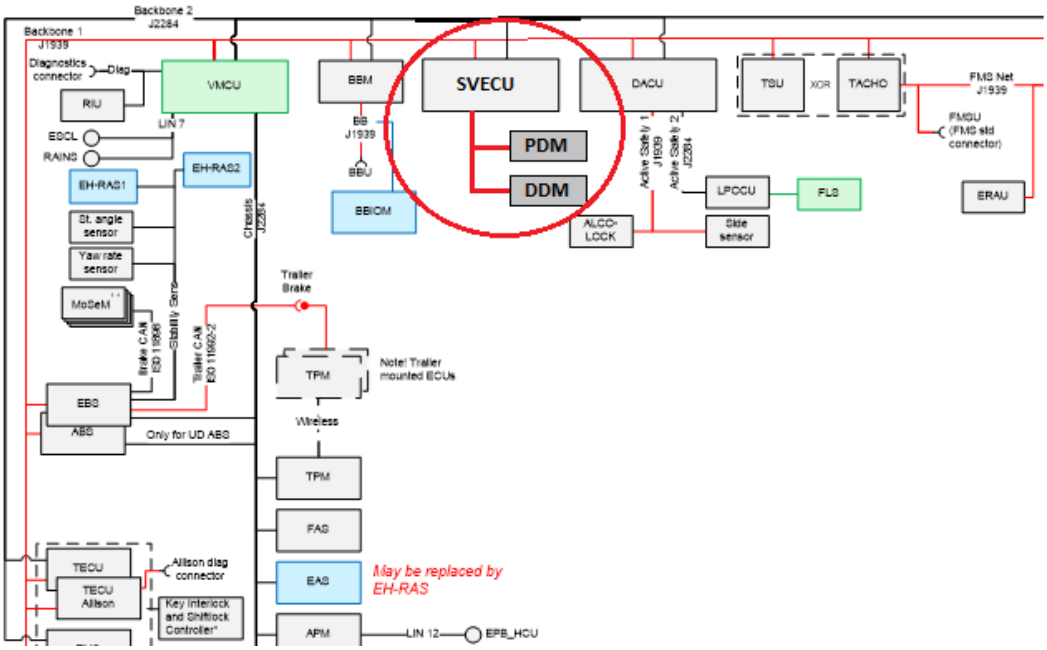
Figur 24: Nödvändigt kablage från SVECUn till insteg

4.3.4 Översikt av kontrollmodul



Figur 25: Översiktsbild på samtligt nödvändigt kablage

4.3.5 Placering i nätverkstopologi



Figur 26: Placering av SVECUn i nätverkstopologi

4.4 Nya funktioner i systemet

Med hjälp av pulsbreddsmodulering lyckades vi implementera ett flertal funktioner som inte var möjliga med det tidigare analoga elsystemet.

1. Samtlig belysning, förutom varningslamporna i dörrarna, är dimbar. Det var en önskvärd funktion som främst ger större kontroll över fordonet under mörka förhållanden, samtidigt som det blir säkrare då mörkerseendet inte påverkas lika mycket.

2. Läslamporna tänds i samband med att Rosenbauer handtagen lyser vitt. Funktionen har tidigare inte varit önskvärd på grund av lampornas placering och saknad dimbarhet.

3. Implementering av ljusvredet som sitter placerat vid föraren i den främre hytten. Tidigare fanns endast en switch som styrde belysningen i manskapshytten. Denna switch kunde endast sätta belysningen i full vit eller röd ljusstyrka. Genom nya elsystemets integrering av CAN-bus kommer SVECUn att tolka meddelanden skickade från reglaget i främre hytten och justera ljusstyrkan i manskapshytten med pulsbreddsmodulering för att ge en enhetlig belysning fram och bak. I riggen visualiseras reglagets funktion tillsammans med ett imiterat CAN-bus meddelande på skärmen för att demonstrera funktionen.

4. Utöver tidigare nämnda funktioner finns det lediga ut- och ingångar på SVECU som kan användas till valfri funktion så som övervakning av säkerhetsbälteslås.

4.5 Demo-riggen

Riggen som byggts baserat på de flödesscheman i som presenterats i resultat 4.3. Den visualiserar möjligheterna med det digitala systemets och implementerar samtliga elektriska komponenter från manskapshytten. Den har två switchar som simulerar dörrsensorer för höger och vänster dörr, två extra led-dioder som indikerar utfällt fotsteg för höger respektive vänster sida och innehar samtlig intern belysning. För att visualisera vilka av funktionerna som skulle associeras med CAN-busnätverket ifall riggen skulle byggts baserat på en SVECU som huvuddator, visar en display ett meddelande när dessa funktioner är aktiva. I meddelandet framgår det om meddelandet i det riktiga systemet skulle skickats från eller tagits emot av SVECUn. Meddelandet berättar exempelvis värdet på aktuell ljusstyrka eller om en dörr är öppen. Även om äkta CAN-busimplementation inte är en del av demoriggen är resultatet av systemet fortfarande att betrakta som digitalt. Detta eftersom Raspberry Pi Picon som styr funktionerna i riggen gör det genom att läsa ingångar och aktivera utgångar efter specificerade kriterier. Utöver digitaliseringen implementerar demoriggen även samtliga nya funktioner från kapitel 4.4 som inte tidigare fanns.

4.6 Lägen på ljusreglage

Ljusreglaget fungerar enligt logiken som presenterats i kapitel 3.8. Genom att rotera ringen försätts koden i olika lägen som korresponderar till olika funktioner. I 4.6.1 till 4.6.4 följer samtliga lägen som ljusreglaget kan anta. I figurerna till vänster visas reglaget med en av fyra lampor illuminerade. Den illuminerade symbolen indikerar vilket läge systemet är i. Till höger visas bilder på demo-riggen med visuell status på belysning.

4.6.1 Läge 1 – Belysning avstängd

Läge 1 är det som är aktiverat från början när samtliga dörrar är stängda och tändningen är påslagen. All belysning är avstängd men läslamporna i hytten kan fortfarande startas manuellt av manskapet.

Figur 27: Ljusreglage i läge 1

Figur 28: PWM på 0% duty vilket ger avstängd belysning

4.6.2 Läge 2 – Röd dimbar belysning

I läge 2 kan föraren av lastbilen, likt funktionen i dagens främre hytt, med hjälp av ljusvredet justera den röda belysningen. Läget tänder den röda belysningen i Rosenbauer handtagen och dörrsidorna. Ljusstyrkan kan sedan regleras med plus- och minusknapparna som justerar PWM signalen i 10 steg från 10% till 100% duty.

Figur 29: Ljusreglage i läge 2, Ljusstyrkan kan justeras med plus och minus

Figur 30: PWM duty justeras med reglage och är på bilden 50%. Röd interiörbelysning aktiverad

4.6.3 Läge 3 – Vit dimbar belysning

I detta läge fungerar dimningsfunktionen likadant som i Läge 2, förutom att belysningen är vit. Läslamporna tänds också eftersom det är en av de nya funktionerna i systemet som motiveras i kapitel 4.4.

Figur 31: Ljusreglage i läge 3, Ljusstyrkan kan justeras med plus och minus

Figur 32: PWM duty justeras med reglage och är på bilden 38%, vit interiörbelysning aktiverad

4.6.4 Läge 4 – Full ljusstyrka

Läge 4 kan aktiveras både automatiskt och manuellt. Läget aktiveras automatiskt när någon dörr i fordonet öppnas och det kan då utav säkerhetsskäl inte stängas av genom att vrida på reglaget. Reglaget återgår till tidigare läge när samtliga dörrar i fordonet är stängda. I de fall som fordonet automatiskt aktiverar läget tänds även den röda varningslampan i Figur 35 för den eller de dörrar som är öppna. I riggen simuleras en automatisk aktivering genom att trycka på någon av knapparna som imiterar dörrsensorer.

Figur 33: Ljusreglage i läge 4, Ljusstyrka kan ej justeras

Figur 34: Samtlig belysning aktiverad. PWM duty på 100%

Figur 35: Röd varningslampa tänd i dörrpanel. Denna syns på utsidan av fordonet för att markera fordonets bredd.

5. Diskussion

5.1 Resultat i förhållande till krav och mål

5.1.1 Teoretiska resultat

De teoretiska resultaten diskuteras utefter de slutsatser som kan dras från flödesscheman, nätverkstopologi samt PUGH-analysen.

1. Resultatet i 4.1 uppfyller det teoretiska kravet om utrymme för framtida utveckling. Det motiveras av att SCIM erbjuder trådlös kommunikation och har flera lediga in och utgångar.

2. Resultatet i 4.2 uppfyller det teoretiska kravet om effektivare installation och felsökningsförmåga. Från resultatet kan slutsatser och liknelser med CIOM modulen som redan finns i lastbilen dras för det nya elsystemet.

3. Resultatet i 4.3 uppfyller dels det teoretiska målet om att presentera ett möjligt koncept för hur komponenterna i elsystemet kan anslutas till SVECUn, dels hur denna kan placeras i nätverkstopologin för lastbilen. Resultaten presenteras i form av flödesscheman och ger således en tydlig bild över konceptet. Utefter flödesscheman dras sedan slutsatsen att lösningen även ger en reducerad kablagemängd och komplexitet för systemet.

Från resultaten dras även slutsatsen att implementation av en nätverkstopologi liknande den som Abhineet Singh Tomar presenterar i sin masteruppsats ”*Modern Electrical/Electronic Infrastructure for Commerical Trucks”* [3] inte skulle bidra till en ökad utvecklingsförmåga. Tomars lösning skulle dock vara effektiv om resterande elsystem i lastbilen skulle uppdateras. För SVD skulle övergången bli för dyr och processen att implementera den typen av struktur endast i manskapshytten skulle bli för lång. På längre sikt ser vi inte heller några fördelar att göra det då resterande nätverkstopologi och elsystem i lastbilen inte skulle vara kompatibla med lösningen. Den elektriska installationen i hytten är inte tillräckligt avancerad för att överskrida kapaciteten av vad som är möjligt med nuvarande E/E arkitektur. Det motiverar vi med tanke på att även autonoma fordon i dagsläget inte lyckats överskrida kapaciteten av ett E/E system.

5.1.2 Praktiska resultat

De praktiska resultaten diskuteras baserat på slutsatser som kan dras från demoriggens funktioner och prestanda vid användning. Dock baseras även vissa slutsatser delvis på teoretiska delar eftersom demoriggen är byggd efter de flödesscheman som presenterats i 4.3. Nedan besvaras frågor 1 till 6 från kapitel 3.9.

Är det möjligt att nyttja funktionslogiken i det främre ljusvredet?
Ja. Med Python-koden imiteras samma funktion som om ljusvredet vore integrerat med CAN-bus. Demoriggen visar att elsystemet och presenterade flödesscheman kan följa logiken som finns i den främre hytten och att elsystemet således kan kontrolleras av ljusvredet för att skapa en enhetlig belysning i lastbilen.

Finns det en tydlig prestandaökning, och i så fall vilken?
I avseende reaktionstid för systemet syns ingen tydlig förbättring. Däremot kan en prestandaökning motiveras med resultaten i 4.4 och att inga bakspänningar uppkommer vid aktivering av separata funktioner.

Följer demoriggens konstruktion de krav som Volvo ställt?
Ja. Inga problem stöttes på under montering som gav upphov till att planera om och konstruera demoriggen på ett sätt som skulle avvika från flödesscheman och/eller komponenter.

Finns det utrymme för framtida funktioner, och vilka är dom?
Ja. Några exempel diskuteras i kapitel 5.1.

Kan ingående komponenter från manskapshytten fortsättningsvis användas?
Ja. Med ett mål att reducera mängden specialbeställt kablage var det också viktigt att nuvarande komponenterna från manskapshytten även kunde användas i den uppdaterade versionen. Demoriggen visade att samtliga nuvarande komponenter var dimbara via pulsbreddsmodulering. Slutsatsen drogs då att dessa komponenter kan återanvändas och kommer inte att vara en begränsning för vidare utveckling av systemet.

Är funktionslogiken effektiv och översättningsbar till maskinkod?
Logiken i sin helhet är effektiv och översättningsbar då den bygger på liknande if-satser som nuvarande kontrollmoduler baseras på. Den är dock inte effektiv när den körs i Python. En brytning mot jord från till exempel rotationsfunktionen på ljusvredet som förklaras i kapitel 3.8 registreras inte alltid då den ibland kan sluta mot jord under en för kort tid. Det beror på att Raspberryn hela tiden kör koden uppifrån och ner i en oändlig loop och kan således missa ett event om den inte hinner köra hela koden. Problemet finns inte vid en verklig installation då koden i kontrollmodulerna är händelsebaserad och inte följer ett sekventiellt flöde som till exempel en while-loop gör.

5.2 Framtidsmöjligheter

Ett flertal lediga in- och utgångar på SVECUn lämnar rum för ytterligare utveckling innan systemet ska lanseras. Volvo bör utföra en undersökning mot de största kunderna där önskemål kring framtida funktioner samlas in och utvärderas. Under projektet diskuterades bland annat övervakning av säkerhetsbälten för manskapet. Denna funktion implementeras förslagsvis på ledigt CAN-interface med en extra modul som samtliga bälteslås kopplas till. En annan möjlighet är att integrera sensorer i systemet för att skapa en mer omfattande och automatiserad lösning. Genom att integrera sensorer kan systemet övervaka och styra funktioner i manskapshytten baserat på dess omgivning, så som temperatur, luftkvalitet, ljus och hastighet.

5.3 Miljöpåverkan

Genom att övergå till att använda Volvo-tillverkade komponenter i stället för externa leverantörer har vi implementerat en teknisk förändring som har resulterat i en reduktion av kabellängden med cirka 40 meter (bestående av 0,75 och 1 mm² kopparledare) för manskapshytten. Denna förändring har positiva effekter ur både en ekonomisk och en hållbarhetsmässig synvinkel.
Två ekonomiska fördelar är minskade kostnader och en ökad effektivitet i produktionen genom att använda fler standardiserade komponenter. Genom att minska mängden material som krävs för att tillverka fordonet och minska antalet leverantörer minskar även kostnaderna för inköp, lagerhållning och transporter. Detta kan i sin tur öka lönsamheten och konkurrenskraften för manskapshytten på marknaden.

Projektet ger en reducerad miljöpåverkan genom att presentera en lösning som minskar behovet av transport och avfallshantering relaterade till kablage och andra komponenter från externa leverantörer. Detta minskar de totala utsläppen från produktionen och bidrar till en hållbar produktion. Det främjar även hållbarhet genom att minska den totala mängden avfall som genereras och minskar mängden energi som krävs för att producera specialbeställt kablage och komponenter.

Ytterligare studier behövs för att undersöka hur denna tekniska förändring förändrar den totala miljöpåverkan för fordonstillverkningen, inklusive eventuella fördelar eller nackdelar som kan uppstå under olika produktionssteg.

6. Slutsats

Vi har med godtyckliga resultat presenterat ett koncept för hur ett nytt digitalt styrsystem för funktioner i manskapshytten till Volvo Trucks FM samt FMX lastbil kan konstrueras. Resultatet inkluderar el-scheman som visar de olika funktionerna i systemet, samt hårdvara och programmering för en demo-rigg som demonstrerar det nya systemet. Demo-riggen ger en tydlig och konkret bild av hur systemet fungerar i praktiken och visar upp dess viktigaste funktioner på ett lättförståeligt sätt.

Digitaliseringen har resulterat i en reduktion av kablage som beställs av extern leverantör. Funktionaliteten av elsystemet kan ökas genom implementation av CAN-/LIN-bus och pulsbreddsmodulering. Pålitligheten har ökat med hjälp av transistorer och i samband med elimineringen av dioder för att förhindra bakspänningar. Användbarheten är bättre med funktioner som dimbar belysning. Digitaliseringen kommer även förenkla diagnostisering av fordonet då systemet använder sig av aktuella komponenter som har standardiserats inom Volvo för digitala system. Med åtanke av den fortsatt ökade utvecklingen av fordonet har även potentialen för trådlösa löningar som ett framtida alternativ i systemet implementerats.

Projektet syftade till en typ av digitalisering som är särskilt relevant för tillverkare av stora maskiner eller fordon som är avsedda att vara i produktion under en längre tid. Dessa fordon är ofta baserade på en grundläggande el-arkitektur som planeras att användas i ungefär 10 år. Genom att implementera en modulär digitalisering kan tillverkare minska kostnaderna och samtidigt möjliggöra framtida tekniska förbättringar och innovationer. Detta bidrar till ökad konkurrenskraft och hållbarhet inom branschen, samtidigt som det kan resultera i förbättrade produkter och en mer tillfredsställande kundupplevelse. Genom att ge utrymme för framtida funktioner i styrsystemet kan tillverkare också minska risken för att deras produkter blir föråldrade eller omoderna, vilket kan leda till ökad försäljning och livstid på produkten.

7. Referenser

1. Monolithic Power Systems. Analog vs. Digital Signals: Uses, Advantages and Disadvantages | Article | MPS [Internet]. [cited 2023 Mar 5]. www.monolithicpower.com. 2022. Available from: https://www.monolithicpower.com/en/analog-vs-digital-signal

2. S. B. Oh, M. J. Lee and J. W. Jeon, "Efficient Data Communication Automotive Gateway System for CAN-Ethernet Networks," *2023 17th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM)*, Seoul, Korea, Republic of, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/IMCOM56909.2023.10035629.

3. Singh Tomar A. Modern Electrical/Electronic Infrastructure for Commercial Trucks Generic Input/Output nodes for sensors and actuators in Commercial Trucks [Report]. [cited 2023 Mar 6]. Available from: https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1166949/FULLTEXT01.pdf

4. Local Interconnect Network [Internet]. Wikipedia. 2021 [cited 2023 Mar 6]. Available from: https://sv.wikipedia.org/wiki/Local_Interconnect_Network

5. Controller Area Network [Internet]. Wikipedia. 2021 [cited 2023 Mar 6]. Available from: https://sv.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network

6. Admin. Can vs LIN bus interfaces in automotive electronics [Internet]. Do It Easy With ScienceProg. 2011 [cited 2023 Mar 6]. Available from: https://scienceprog.com/can-and-lin-bus-interfaces-in-automotive-electronics/

7. YunxiaJiang, BingruLiang and XianghuaRen, "Design and implementation of CAN-bus experimental system," *Proceedings of 2011 6th International Forum on Strategic Technology*, Harbin, China, 2011, pp. 655-659, doi: 10.1109/IFOST.2011.6021111. [cited 2023 Mar 6].

8. Lun, Wei & Ng, Chee Kyun & Mohd Ali, Borhanuddin & Ali, Nor & Noordin, Fakhrul & Rokhani, F.Z.. (2010). Review of Researches in Controller Area Networks Evolution and Applications. Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network. 30. 10.7125/APAN.30.3. [cited 2023 Mar 6].

9. Datakommunikation i fordon Björn Saete Datateknik Jonas Sjöquist 790211–6677 Datavetenskap [Internet]. [cited 2023 Mar 6]. Available from: https://www.cse.chalmers.se/~tsigas/Courses/DCDSeminar/2005/Rapport.pdf

10. Lara D, Porter D. Cable replacement using wireless technologies in automotive [Internet]. [cited 2023 Mar 7]. Available from: https://www.ti.com/lit/ml/slyp670/slyp670.pdf?ts=1677580186502&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F

11. M. Herlich and C. Maier, "Measuring and Monitoring Reliability of Wireless Networks," in IEEE Communications Magazine, vol. 59, no. 1, pp. 76-81, January 2021, doi: 10.1109/MCOM.001.2000250.

12. Conditional (computer programming) [Internet]. Wikipedia. 2022. [cited 2023 May 4]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Conditional_(computer_programming)

13. Abdulhafiz S.D. What are conditional statements in programming? [Internet]. Educative: Interactive Courses for Software Developers. [cited 2023 May 4]. Available from: https://www.educative.io/answers/what-are-conditional-statements-in-programming

14. Wilson R. How does a transistor work? Basics tutorial. Electronics Notes. [cited 2023 May 7]. Available from: https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/transistor/how-does-a-transistors-works-basics-tutorial.php

15. S. M. Sze, Kwok K. Ng, Physics of Semiconductor Devices, Wiley, 2006, pp. 366-367.

16. Wikipedia Contributors. Transistor [Internet]. Wikipedia. Wikimedia Foundation; 2019 [cited 2023 Jun 4]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor

17. commons.wikimedia.org/wiki/User:Inductiveload, CC BY-SA 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>, via Wikimedia Commons

18. UKEssays. Machine language [Internet]. November 2018. [Accessed 7 May 2023]; Available from: https://www.ukessays.com/essays/information-technology/machine-language.php?vref=1.

19. IBM. Examples of coded machine instructions [Internet]. IBM z/OS V2.1 library; 2013 [cited 2023 May 7]. Available from: https://www.ibm.com/docs/en/zos/2.1.0?topic=statements-examples-coded-machine-instructions

20. Patil, R. D., & Patil, S. V. (2014). Implementation of pulse width modulation using raspberry pi. International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering, 2(7), 2238-2242.

21. raspberry-gpio-python / Wiki / PWM [Internet]. sourceforge.net. (2023). [cited 2023 May 4]. Available from: https://sourceforge.net/p/raspberry-gpio-python/wiki/PWM/

22. Wikipedia Contributors. Pulse-width modulation [Internet]. Wikipedia. Wikimedia Foundation; 2019. [cited 2023 May 4]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation

23. The Use of CAN Bus Message Electrical Signatures for Automotive Reverse Engineering % Warwick Control Technologies [Internet]. https://www.warwickcontrol.com/. [cited 2023 May 3]. Available from: https://www.warwickcontrol.com/press-release/the-use-of-can-bus-message-electrical-signatures-for-automotive-reverse-engineering/

24. Liao M. Pulse width modulation for power converters: principles and practice. John Wiley & Sons; 2018. Available from: https://www.academia.edu/35683664/Pulse_Width_Modulation_For_Power_Converters

25. Thonny, Python IDE for beginners [Internet]. Thonny.org. 2018. [cited 2023 May 4]. Available from: https://thonny.org/

26. Human Eye FPS: How Much Can We See and Process Visually? Healthline [Internet]. [cited 2023 May 4]; Available from: https://www.healthline.com/health/human-eye-fps#:~:text=In%20the%20past%2C%20experts%20maintained

27. H. Kexun, W. Changyuan, H. Yanyan and F. Xiyu, "Research on cyber security Technology and Test Method of OTA for Intelligent Connected Vehicle," 2020 International Conference on Big Data, Artificial Intelligence and Internet of Things Engineering (ICBAIE), Fuzhou, China, 2020, pp. 194-198, doi: 10.1109/ICBAIE49996.2020.00048.

28. Electronics Tutorials. Analogue to Digital Converter (ADC) Basics [Internet]. Basic Electronics Tutorials. 2020. [cited 2023 May 3]. Available from: https://www.electronics-tutorials.ws/combination/analogue-to-digital-converter.html

29. B. *Allenby, "The challenge of emerging technologies,"* 2009 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology, *Tempe, AZ, USA, 2009, pp. 1-3, doi: 10.1109/ISSST.2009.5156703.*

30. ST Microelectronics: Apparna trängs i hypervisorn – men håller avstånd [Internet]. etn.se. [cited 2023 Jun 1]. Available from: https://etn.se/index.php/technical-papers/79-technical-papers/70087-st-microelectronics-apparna-trangs-i-hypervisorn-men-haller-avstand.html

31. The five advantages of digitalisation [Internet]. mantruckandbus.com. [cited 2023 Jun 1]. Available from: https://www.mantruckandbus.com/en/innovation/the-five-advantages-of-digitalisation.html

32. What is a Field Effect Transistor (FET)? - Fusion 360 Blog [Internet]. Fusion 360 Blog. 2020. [cited 2023 Jun 1]. Available from: https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/what-is-field-effect-transistor-fet/

33. Zureks (2007) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PWM,_3-level.svg), „PWM, 3-level“, https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode

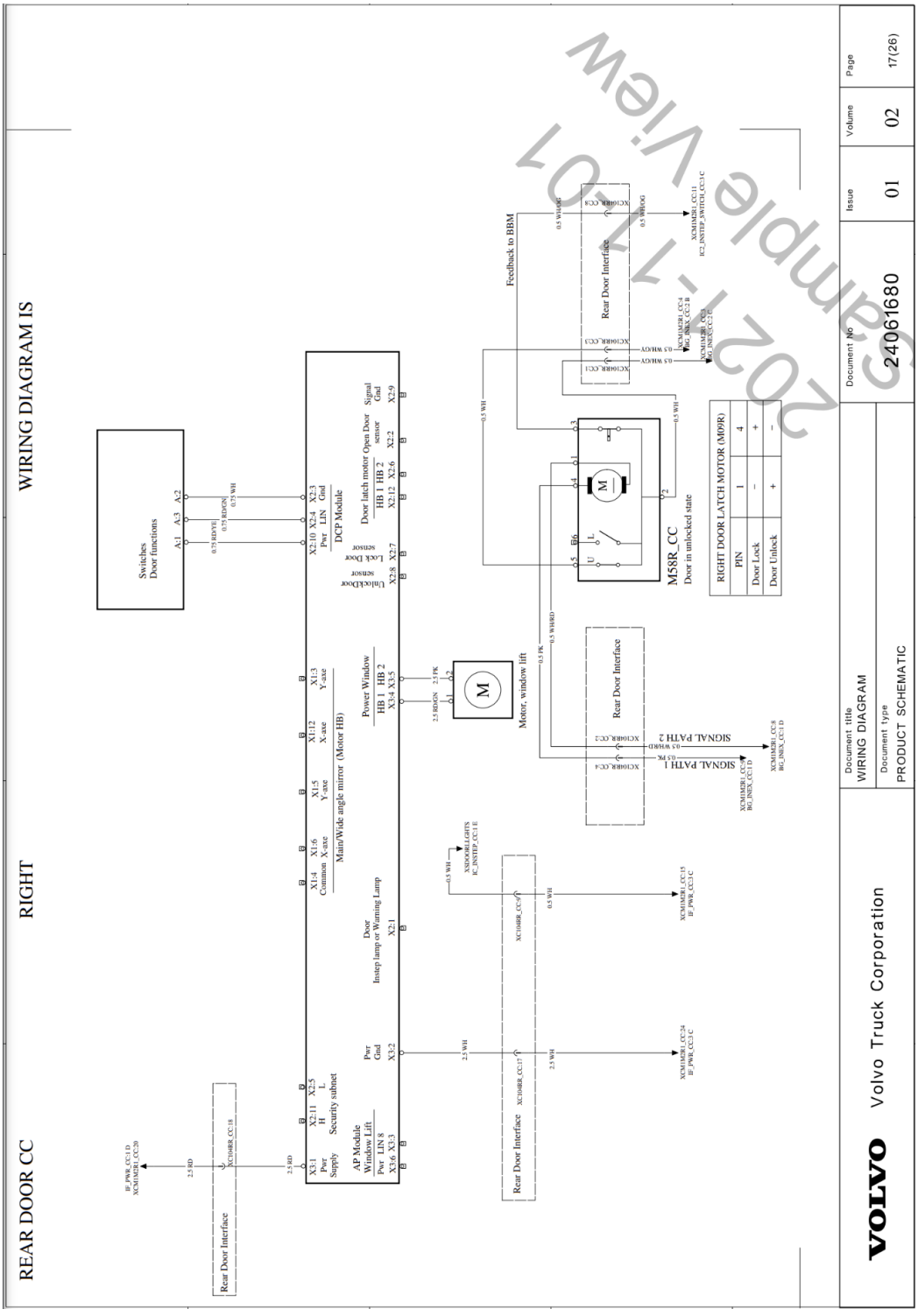
34. Plupp (2013) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Canbus_levels.svg), „Canbus levels“, https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode

35. CAN BUS Analyzer User’s Guide [Internet]. [cited 2023 Jun 1]. Available from: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51848B.pdf

36. Hessing T. Pugh Analysis | What you need to know for a Six Sigma certification exam [Internet]. Six Sigma Study Guide. 2014. [cited 2023 May 30]. Available from: https://sixsigmastudyguide.com/pugh-analysis/

8. Bilagor

Bilaga A - Elschema



Figur 1: Ett exempel på elschema som under projektet erhållits av Volvo. På bilden syns kopplingen för en bakre dörr.

Bilaga B – Python Kod

```
import machine
import time
from machine import Pin, I2C, ADC, PWM
from ssd1306 import SSD1306_I2C

i2c=I2C(0,sda=Pin(0), scl=Pin(1), freq=400000)
oled = SSD1306_I2C(128, 64, i2c)

# initialize pins in Rotary Panel as input pins with internal pull-up resistors
pwm_minus_pin = machine.Pin(6, machine.Pin.IN, machine.Pin.PULL_UP)
pwm_plus_pin = machine.Pin(4, machine.Pin.IN, machine.Pin.PULL_UP)
rotary_1_pin = machine.Pin(3, machine.Pin.IN, machine.Pin.PULL_UP)
rotary_2_pin = machine.Pin(8, machine.Pin.IN, machine.Pin.PULL_UP)

# set up the GPIO pins for LED in Panel
led1 = machine.Pin(16, machine.Pin.OUT)
led2 = machine.Pin(10, machine.Pin.OUT)
led3 = machine.Pin(11, machine.Pin.OUT)
led4 = machine.Pin(17, machine.Pin.OUT)

# set up PWM for LED in Rotary Panel
pwm1 = machine.PWM(led1)
pwm2 = machine.PWM(led2)
pwm3 = machine.PWM(led3)
pwm4 = machine.PWM(led4)

# set up the GPIO pins for Rosenbauer Handles
red = machine.Pin(12, machine.Pin.OUT)
green = machine.Pin(15, machine.Pin.OUT)
blue = machine.Pin(7, machine.Pin.OUT)

# set up PWM object for Rosenbauer Handles
pwmred = machine.PWM(red)
pwmgreen = machine.PWM(green)
pwmblue = machine.PWM(blue)

#GPIO Pins for doorpanels
door = machine.Pin(14, machine.Pin.OUT)
doorrelay = machine.Pin(18, machine.Pin.OUT)

# set up PWM for LED in doorpanels
pwmdoor = machine.PWM(door)

#set up gpio pins for read lights
read = machine.Pin(13, machine.Pin.OUT)

#set up pwm control for read lights
pwmread = machine.PWM(read)

#Set up GPIO pins for Right door
RIGHTDOORBUTTON = machine.Pin(2, machine.Pin.IN, machine.Pin.PULL_UP)
rightdoorbuttonlight = machine.Pin(20, machine.Pin.OUT)

#Set up GPIO pins for Left door
LEFTDOORBUTTON = machine.Pin(5, machine.Pin.IN, machine.Pin.PULL_UP)
leftdoorbuttonlight = machine.Pin(27, machine.Pin.OUT)

#Set up GPIO pins for Warning lamps
warningright = machine.Pin(19, machine.Pin.OUT)
warningleft = machine.Pin(28, machine.Pin.OUT)
```

```
count = 1
REDPWM = int(65530/2)
WHITEPWM = int(65530/2)
WHITEFULLPWM = int(65530)

uart = machine.UART(1, baudrate=115200)

while True:

    REDDUTY = str(REDPWM)
    WHITEDUTY = str(WHITEPWM)

    if count == 1 and LEFTDOORBUTTON.value() == 1 and RIGHTDOORBUTTON.value() == 1:
        pwm1.duty_u16(58982)

        pwmred.duty_u16(0)

        pwmblue.duty_u16(0)

        pwmgreen.duty_u16(0)

        pwmdoor.duty_u16(0)

        pwmread.duty_u16(0)

        warningleft.value(0)
        warningright.value(0)

        oled.fill(0)
        oled.show()


    else:
        pwm1.duty_u16(0)

   if count == 2 and LEFTDOORBUTTON.value() == 1 and RIGHTDOORBUTTON.value() == 1:
       pwm2.duty_u16(58982)

       pwmred.duty_u16(REDPWM)

       pwmdoor.duty_u16(REDPWM)

       pwmblue.duty_u16(0)

       pwmgreen.duty_u16(0)

       doorrelay.value(1)

       pwmread.duty_u16(0)

       warningleft.value(0)
       warningright.value(0)

       oled.fill(0)
       oled.text("CAN-BUS MESSAGE", 4, 4)
       oled.text("__________________", 2, 7)
       oled.text("RECIEVING--------", 2, 25)
       oled.text("RED.VAL = " + REDDUTY, 4, 40)
       oled.text("-----------------", 2, 55)
       oled.show()


       if pwm_plus_pin.value() == 0 and REDPWM < 65530:
           REDPWM = REDPWM + 6553
           print("REDPWM is", REDPWM)
           time.sleep(0.3)

       if pwm_minus_pin.value() == 0 and REDPWM > 6553:
           REDPWM = REDPWM - 6553
           print("REDPWM is", REDPWM)
           time.sleep(0.3)
   else:
       pwm2.duty_u16(0)
```

```
if count == 3 and LEFTDOORBUTTON.value() == 1 and RIGHTDOORBUTTON.value() == 1:
    pwm3.duty_u16(58982)

    pwmred.duty_u16(WHITEPWM)

    pwmblue.duty_u16(WHITEPWM)

    pwmgreen.duty_u16(WHITEPWM)

    pwmdoor.duty_u16(WHITEPWM)

    doorrelay.value(0)

    pwmread.duty_u16(WHITEPWM)

    warningleft.value(0)
    warningright.value(0)

    oled.fill(0)
    oled.text("CAN-BUS MESSAGE", 4, 4)
    oled.text("_________________", 2, 7)
    oled.text("RECIEVING--------", 2, 25)
    oled.text("WHITE.VAL=" + WHITEDUTY, 4, 40)
    oled.text("-----------------", 2, 55)
    oled.show()


    if pwm_plus_pin.value() == 0 and WHITEPWM < 65530:
        WHITEPWM = WHITEPWM + 6553
        print("WHITEPWM is", WHITEPWM)
        time.sleep(0.3)
    elif pwm_minus_pin.value() == 0 and WHITEPWM > 6553:
        WHITEPWM = WHITEPWM - 6553
        print("WHITEPWM is", WHITEPWM)
        time.sleep(0.3)
else:
    pwm3.duty_u16(0)


if count == 4 and LEFTDOORBUTTON.value() == 1 and RIGHTDOORBUTTON.value() == 1:
    pwm4.duty_u16(58982)

    pwmred.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    pwmblue.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    pwmgreen.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    doorrelay.value(0)

    pwmdoor.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    pwmread.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    warningleft.value(0)
    warningright.value(0)

    oled.fill(0)
    oled.text("CAN-BUS MESSAGE", 4, 4)
    oled.text("_________________", 2, 7)
    oled.text("RECIEVING--------", 2, 25)
    oled.text("WHITE.VAL=65530", 4, 40)
    oled.text("-----------------", 2, 55)
    oled.show()

else:
    pwm4.duty_u16(0)
```

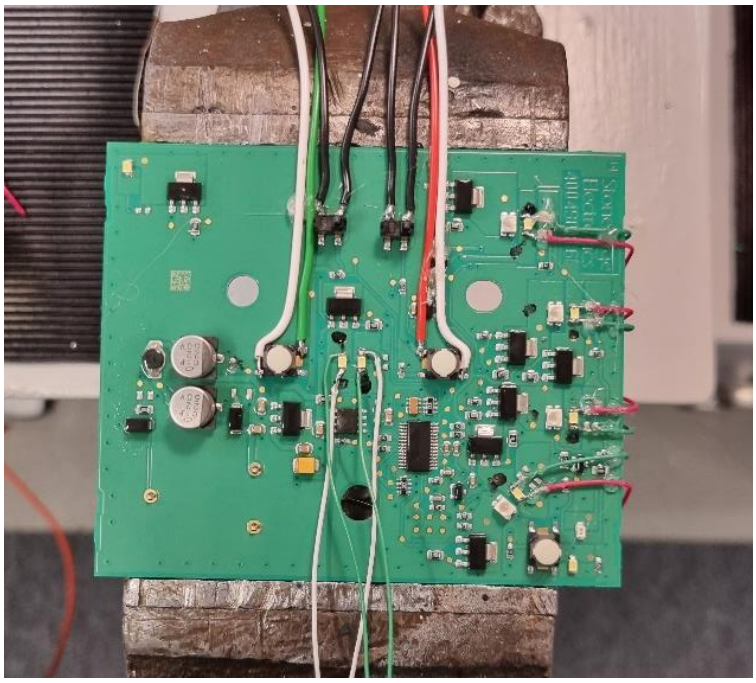
```
if LEFTDOORBUTTON.value() == 0 and RIGHTDOORBUTTON.value() == 1:
    pwm4.duty_u16(58982)

    pwmred.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    pwmblue.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    pwmgreen.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    doorrelay.value(0)

    pwmdoor.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    pwmread.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    warningleft.value(1)

    leftdoorbuttonlight.value(1)

    oled.fill(0)
    oled.text("CAN-BUS MESSAGE", 4, 4)
    oled.text("_________________", 2, 7)
    oled.text("SENDING----------", 2, 25)
    oled.text("LEFT DOOR OPEN", 10, 40)
    oled.text("-----------------", 2, 55)
    oled.show()

else:
    leftdoorbuttonlight.value(0)
    warningleft.value(0)
```

```
if RIGHTDOORBUTTON.value() == 0 and LEFTDOORBUTTON.value() == 1:
    pwm4.duty_u16(58982)

    pwmred.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    pwmblue.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    pwmgreen.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    doorrelay.value(0)

    pwmdoor.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    pwmread.duty_u16(WHITEFULLPWM)

    warningright.value(1)

    rightdoorbuttonlight.value(1)

    oled.fill(0)
    oled.text("CAN-BUS MESSAGE", 4, 4)
    oled.text("_________________", 2, 7)
    oled.text("SENDING----------", 2, 25)
    oled.text("RIGHT DOOR OPEN", 6, 40)
    oled.text("-----------------", 2, 55)
    oled.show()

else:
    rightdoorbuttonlight.value(0)
    warningright.value(0)
```

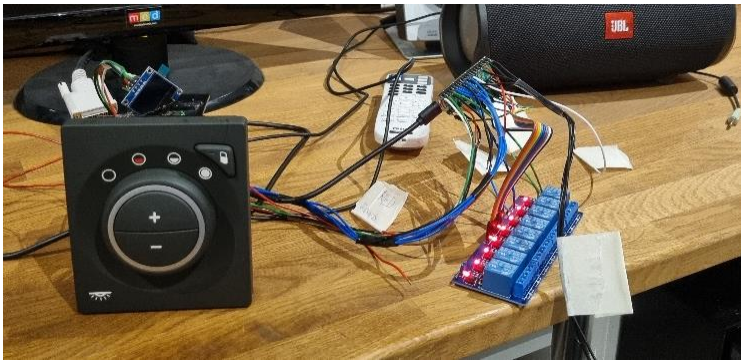
```
 if RIGHTDOORBUTTON.value() == 0 and LEFTDOORBUTTON.value() == 0:
     pwm4.duty_u16(58982)

     pwmred.duty_u16(WHITEFULLPWM)

     pwmblue.duty_u16(WHITEFULLPWM)

     pwmgreen.duty_u16(WHITEFULLPWM)

     doorrelay.value(0)

     pwmdoor.duty_u16(WHITEFULLPWM)

     pwmread.duty_u16(WHITEFULLPWM)

     warningright.value(1)

     warningleft.value(1)

     rightdoorbuttonlight.value(1)

     leftdoorbuttonlight.value(1)

     oled.fill(0)
     oled.text("CAN-BUS MESSAGE", 4, 4)
     oled.text("_________________", 2, 7)
     oled.text("SENDING----------", 2, 25)
     oled.text("BOTH DOORS OPEN", 6, 40)
     oled.text("-----------------", 2, 55)
     oled.show()
```

```
if rotary_1_pin.value() == 1 and count > 1:
    print("Rotary 1 button pressed!")
    time.sleep(0.1)  # add a short delay to debounce the button
    count -=1
    rotary_2_pin.value(0)
    print("Button pressed! Count is now:", count)
    rotary_2_pin = machine.Pin(8, machine.Pin.IN, machine.Pin.PULL_UP)

if rotary_1_pin.value() == 1 and count == 1:
    rotary_2_pin.value(0)
    time.sleep(0.2)
    rotary_2_pin = machine.Pin(8, machine.Pin.IN, machine.Pin.PULL_UP)

if rotary_2_pin.value() == 1 and count < 4:
    print("Rotary 2 button pressed!")
    time.sleep(0.1)  # add a short delay to debounce the button
    count +=1
    rotary_1_pin.value(0)
    print("Button pressed! Count is now:", count)
    rotary_1_pin = machine.Pin(3, machine.Pin.IN, machine.Pin.PULL_UP)

if rotary_2_pin.value() == 1 and count == 4:
    rotary_1_pin.value(0)
    time.sleep(0.2)
    rotary_1_pin = machine.Pin(3, machine.Pin.IN, machine.Pin.PULL_UP)
```

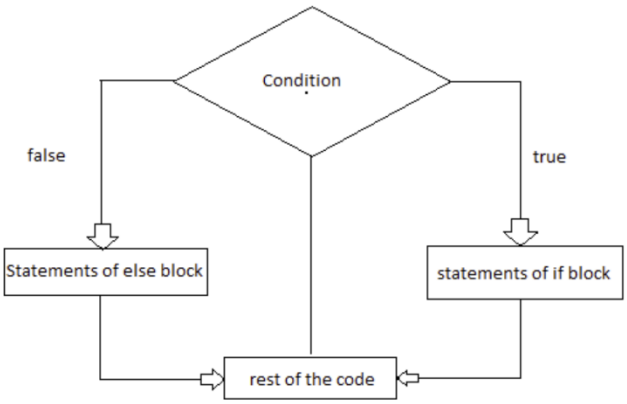
Bilaga C



Figur 1: Bild på omlödningen på kretskortet för ljusvredet



Figur 2: Bild på ljusvred anslutet till Raspberry Pi med flera ledare



Figur 3: Flödesschema för villkorsstyrd programmering.