

Projektrapport DAT290

Radiostyrd Bil, Grupp 07

*Joakim Junttila, Johanna Gudmandsen, Gustav Holst,
Henrik Klein Moberg, Anders Berggren Sjöblom,
Stanisław Zwierzchowski, Carl Lundgren*

DATUM

	Namn	Datum
Granskad	NAMN	DATUM
Godkänd	NAMN	DATUM

Innehåll

1	Introduktion	3
1.1	Syfte	3
1.2	Mål	3
1.3	Arbetsmetod	4
1.3.1	Projektledning	4
1.3.2	Uppmätning av styrsignaler	4
1.3.3	Konfiguration av ny mottagare	4
1.3.4	Konfiguration av ny sändare	5
1.3.5	Kommunikation mellan sändare och mottagare	6
1.3.6	Komplettering med applikation som sändare	6
2	Teknisk beskrivning	7
2.1	Teknisk bakgrund	7
2.1.1	Styrsignaler	7
2.2	Systemöversikt	7
2.2.1	Styrning från MD407 till MD407	7
2.2.2	Styrning från Androidapplikation till MD407	8
2.3	Delsystem	8
2.3.1	Specifikation av nya styrsignaler	8
2.3.2	Sändare: Androidapplikation via Bluetooth	9
2.3.3	Sändare: MD407-enhet via Bluetootch	9
2.3.4	Mottagare: MD407-enhet	9
3	Resultat	11
3.1	Sändande MD407	11
3.2	Sändande Androidapplikation	11
3.3	Mottagande MD407	11
3.4	Länk mellan ny sändare och mottagare	12
3.5	Kontrollapplikation	12
3.5.1	Verifikation	12
3.6	Verifikation av projektplan	12
4	Slutsats och diskussion	13

Ordlista

RF-moduler - Radiofrekvensmoduler. Är antingen sändare eller mottagare och möjliggör för radiofrekvensiell överföring av bytes [1].

PWM-signaler - PWM eller Pulse Width Modulation är en moduleringssteknik som mest används för att styra mängden elektrisk ström som förs till exempelvis en motor [2].

Potentiometer - En elektrisk komponent som med hjälp av ett variabelt motstånd kan begränsa spänning [3].

ADC - Analog to digital converter, översätter analoga värden i enheten Volt till digitala värden [4].

Avståndsmätare - Mer specifikt, HC-SR04, mäter avstånd från ett objekt med hjälp av ultraljud och dess eko [5].

ARM - En processorarkitektur [6].

UART - Universal Asynchronous Receiver/Transmitter [6].

GPIO - General-purpose input/output [6].

1 Introduktion

Radiostyrda bilar började produceras på mitten av 60-talet [7]. Under åren har de både tävlats med samt varit en väletablerad leksak. Trots att den genomgått mindre justeringar har den radiostyrda bilens uppbyggnad i det stora hela förblivit densamma.

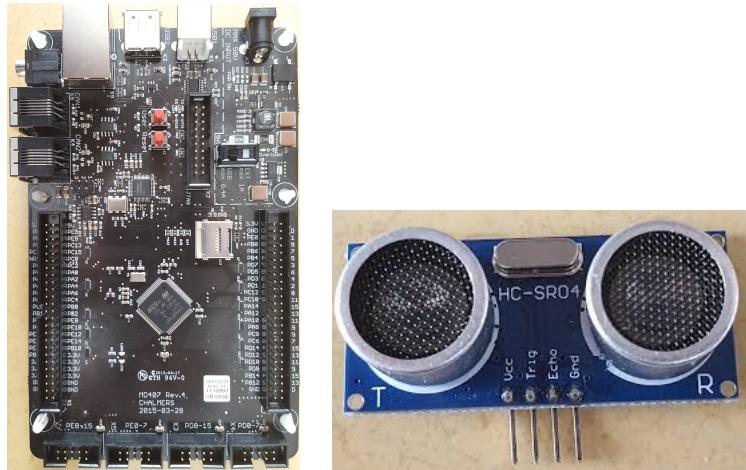
1.1 Syfte

Syftet med detta projekt är att uppdatera den klassiska radiostyrda bilen genom att ersätta befintlig sändare samt mottagare i en radiostyrd bil med nya datorer och även möjliggöra styrning från en Androidtelefon. Avsikten är även att implementera en kontrollapplikation som ska kunna stoppa bilen från att kollidera. Följden av detta blir en produkt mer anpassad till aktuell teknik och det erhålls på så sätt en mer modern teknisk produkt.

1.2 Mål

Målen nedan beskriver konkret vad som uppnås med projektet.

- Den befintliga sändaren samt mottagaren som finns i handkontrollen respektive bilens elektronik byts ut mot ARM-baserade system (se Figur 1). Dessa ska vid färdig produkt kontrolleras via Bluetooth.
- En kontrollapplikation implementeras. Med hjälp av en avståndsmätare (se Figur 1) är avsikten att bilen ska kunna köra rakt fram i högsta möjliga hastighet och på ett avstånd av maximalt 1 cm från en vägg självständigt bromsa in helt utan att kollidera. Kontrollapplikationen styrs via Bluetooth.
- Styrning via mobilapplikation realiseras. Bilen kan manövreras genom ett Andriodsystem via Bluetooth.



Figur 1: *MD407, en ARM-dator(vänster), Avståndsmätare(höger).*

1.3 Arbetsmetod

Nedan ges en detaljerad förklaring till hur projektet utförts.

1.3.1 Projektledning

Projektet utförs med vissa hjälpmittel. Ett versionshanteringssystem, Git, används för att enkelt kunna lagra filer mellan olika datorer. Applikationen Slack utnyttjas för att möjliggöra för strukturerad kommunikation och utöver detta sker möten en gång i veckan för att varje projektgruppsmedlem ska veta vad som sker. Koden till programmen är för samtliga komponenter förutom Androidapplikationen skriven i C med utvecklingsmiljön Codelite. Applikationen är istället utvecklad i Java genom Eclipse och överförd till Android Studio, en utvecklingsmiljö för Andriod.

1.3.2 Uppmätning av styrsignaler

Projektet inleds med att mäta upp befintliga styrsignaler. För att kunna återskapa signalerna som skickas från den ursprungliga mottagaren till bilens styrelektronik kopplas ett kretskort, Adapter Maverick, till bilens egna kontrollenhet, MRX-242. Kretskortet har möjlighet att separera mottagarens signaler och kopplat till ett oscilloskop går det att urskilja specifika signaler så de tydligt kan mätas upp. Signalerna är av typen PWM och deras värde bestäms av medelspänningen.

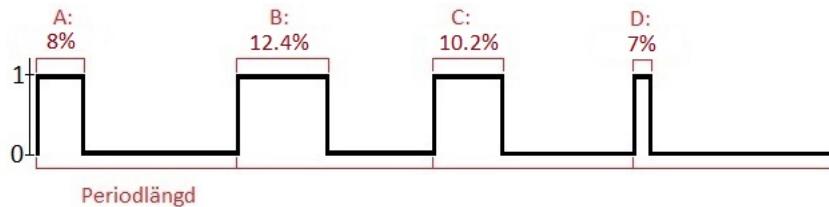
1.3.3 Konfiguration av ny mottagare

En MD407-enhet ersätter mottagaren i bilen. Kanalerna CH3 och CH4 på det integrerade timer-kretskortet, TIM2, konfigureras för att hanteras av portarna PA2 respektive PA3 i C-koden. Koden, utvecklad i Codelite, initierar CH3 till att reglera motorstyrningen och CH4 till att kontrollera rattutslagen. Följden av detta blir att portarna PA2 och PA3 i den ersättande mottagaren kopplas direkt till bilens styrelektronik, en kabel till motorn och en till styrservot.

Information tas emot genom en mottagande modul. När mottagarmodulen erhåller ett meddelande triggas en funktion i koden. Denna ska undersöka vilket kommando som ska utföras samt till vilken grad detta skall göras enligt bitarnas anvisningar i Figur 2. Värdet 1 eller 2 på kommandobitarna leder till att bilens motor eller styrservo påverkas i angiven ordning. Tar mottagaren exempelvis emot kommandot att bilen ska ändra motorhastigheten skickas denna information till motorns styrelektronik. Den nya hastigheten beror på storleken av värdet. Värdet på meddelandet från sändaren skickas som en PWM-signal till den begärda styrelektroniken i bilen som fångar upp dessa under en period(se exempel i Figur 3), uppfattar värdet och agerar. Detta arbete har förenklats med hjälp av kodbibliotek från STMicroelectronics som innehåller funktioner för att initiera PWM-genererande. Observera att bilen endast svarar korrekt på värden där PWM-signalen är hög under ungefär 8%-12.4% av perioden, en högre eller lägre andel än detta kan få elektroniken att överbelastas. Värden i meddelanden mellan RF-modulerna kan antas från 0-63, utifrån 6 bitar, och TIM2 konfigureras därför till att addera en offset av 110 innan PWM-signalen skickas till styrelektroniken för att möjliggöra för korrekt avläsning.



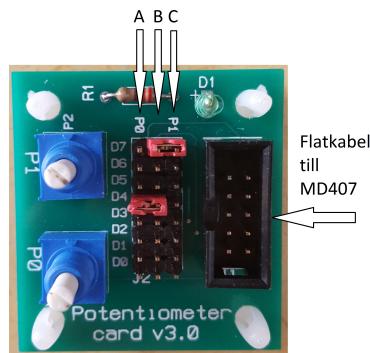
Figur 2: Specifikationer av byten som seriellt skickas från sändare till mottagare.



Figur 3: Exempel på möjliga PWM-signaler. Om byten indikerar att motorn ska påverkas kommer den i fall A och B köra i högsta fart baklänges respektive framåt. I fall C hamnar bilen i neutralt läge och står då stilla. Signalen i fall D tolkas ej av bilens styrelektronik då det ligger utanför dess avläsningsintervall.

1.3.4 Konfiguration av ny sändare

En datorenhet, MD407, ersätter sändaren. Potentiometern kopplas enligt anvisningar från Figur 4 och även sedan till MD407 via en flatkabel för strömförsörjning enligt tidigare nämnd figur. Kablarna som kopplas till datorenheten sätts på PC1-porten och PC2-porten på MD407 i angiven ordning från figuren. De reglerar hastigheten respektive rattutslaget. Initiering av detta skrivs i C med utvecklingsmiljön Codelite.

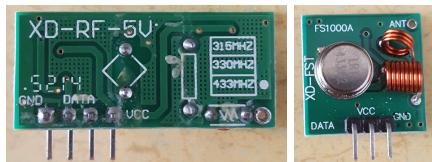


Figur 4: En potentiometer. A, B och C representerar kolumner. B leder ström och kopplas till A respektive C med kort kabel såsom bilden visar. För att få värden till datorenheten kopplas även en kabel från A, rad 1, och C, rad 4, till MD407

1.3.5 Kommunikation mellan sändare och mottagare

Båda datorenheterna kopplas först samman med RF-moduler. Med hjälp av programmet ETERM kan USART genom USB koppla två bärbara datorer till sändare och mottagare för att ladda upp kompilerad C-kod till MD407-enheterna som då kan utföra operationer utifrån koden. PA0-porten på sändaren initieras till kretskortet UART4 som i sin tur kopplas till en RF-sändare på DATA-pinnen. UART4 kan då skicka data via PA0 till RF-modulen. En identisk procedur görs på mottagaren men på PB11-porten med kretskortet USART3 och en RF-mottagare. Resterande inkopplingar av RF-modulerna görs enligt Figur 5. Koden påbörjar därefter att seriellt skicka bytes med information från sändarens potentiometer till mottagarens enhet för avläsning. Viktigt är att koden initierar bytes att skickas från sändaren ungefär 100 gånger i sekunden för att minska störningar och få värdeövergångarna att bli så jämma som möjligt. Stöd från hjälpfunktioner i bibliotek möjliggör för att kunna skriva till PA0-porten och läsa från PB11-porten. Koden är utvecklad i Codelite.

En Bluetooth-modul ersätter RF-modulerna. För att kunna möjliggöra meddelanden över Bluetooth kopplas en sådan modul in efter det är verifierat att systemet fungerar med de radiofrekvensiella modulerna. Kablar kopplas till samma portar som RF-modulerna och konfigureras sedan till master respektive slave genom AT-kommandon till modulerna separat. Detta motsvarar sändande respektive mottagande modul. Den sändande modulen paras med den mottagande när de båda har ström och möjliggör då för seriell sändning av bytes mellan dem. Konfigurationerna för master och slave sparas och behöver därför ej göras om vid nästa uppstart.



Figur 5: 4-pin RF-sändaren (vänster) och 3-pin RF-mottagare (höger). GND kopplas till datorenheternas GPIO-portar för jord och VCC till deras 5V-portar.

1.3.6 Komplettering med applikation som sändare

Mobilapplikationen ska vara funktionell på en Androidtelefon och kopplas till den radiostyrda bilen via Bluetooth. Två applikationer konstrueras separat; en GUI, grafiskt användargränssnitt, med olika reglage för att styra hastighet och riktning, samt en applikation som kontrollerar Bluetooth. Sedan sammanställs dessa till en applikation för att genom den kunna koppla sin Bluetooth-modul med MD407-mottagaren och på så vis skicka värden till bilen.

2 Teknisk beskrivning

I denna sektion förklaras den tekniska delen av projektet. En bakgrund beskriver hur systemet fungerade utsprungligen. Detta följs av en översiktlig text över det ersättande systemet samt en del med mer detaljerande beskrivning över de separata delsystemen.

2.1 Teknisk bakgrund

För att kunna kontrollera en radiobil används en RF-sändare och en RF-mottagare [8]. Radiosignaler skickas från RF-sändaren och avkodas av RF-mottagaren i radiobilens, de kommunicerar över 2.4GHz-bandet. Dessa omvandlas då till elektromekaniska signaler som antingen kontrollerar bilens hastighet eller riktning. Samtidigt med detta styrs även bilens hastighet, framåt eller bakåt, av motorns kraftutslag, medan riktningen beror på hjulens gradförskjutning. Bilens styrenhet omvandlar radiosignaler som sedan kontrollerar bilens rörelse.

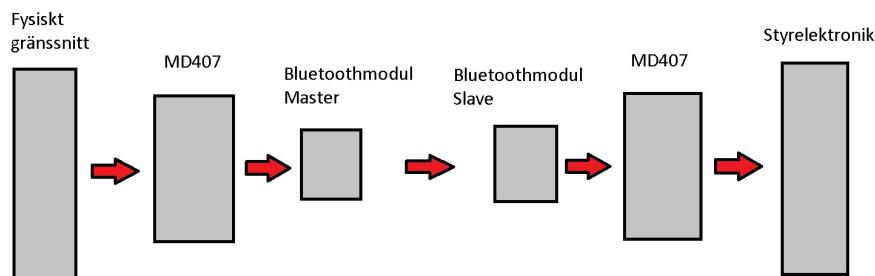
2.1.1 Styrsignaler

Bilens styrsignaler kontrolleras av en kontrollenhets, MRX-242 [9]. Enheten fungerar simultant som radiomottagare och styrsignalsgenerator. Den genererar signaler till båda motorerna i bilen via tre kablar. I mening att replikera dessa finns även tillgång till ett ytterligare kopplingsblock.

2.2 Systemöversikt

Systemet har två huvuddelar, en MD407-enhet samt en Androidapplikation som båda kan agera handkontroll, och en MD407-enhet som genererar signaler till motorerna.

2.2.1 Styrning från MD407 till MD407

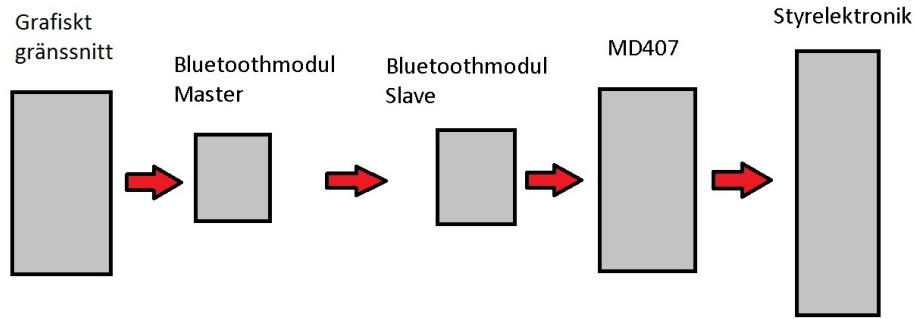


Figur 6: En översikt över systemet i blockformat med MD407 till MD407.
Pilarna indikerar flödet av information, analogt eller digitalt.

Enligt Figur 6 erhålls en överblick över hur systemet fungerar. Den sändande datorenheten MD407 får information från en potentiometer och skickar dessa

värden via Bluetooth till den mottagande MD407-enheten som tar emot värdena och överlämnar dessa till bilens styrelektronik som agerar efter dem.

2.2.2 Styrning från Androidapplikation till MD407



Figur 7: En översikt över systemet i blockformat med Androidapplikation till MD407. Pilarna indikerar flödet av information, analogt eller digitalt.

Figur 7 visar en sammanfattning över systemet med en applikation som sändare. Observera att skillnaden mellan den tidigare styrningen är att Androidapplikationen skickar bytes genom sin integrerade Bluetooth-modul till mottagarens inkopplade. På samma sätt som tidigare analyseras sedan värdena och skickas till bilen.

2.3 Delsystem

Denna del av texten beskriver detaljerat hur systemets delsystem fungerar.

2.3.1 Specifikation av nya styrsignaler

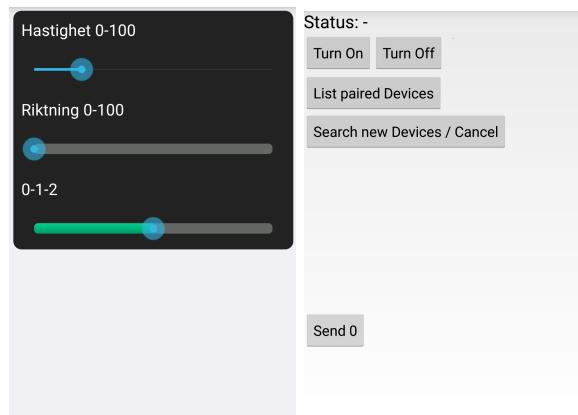
Bilen uppfattar PWM-signaler 72 gånger i sekunden. De ursprungliga signalerna skickas på en frekvens av 72Hz, i mening att replikera dessa ges TIM2s räknare en frekvens av 100kHz. Ett antal klockcykler divideras med denna frekvens och kvoten ska då hamna nära 1/72. Antalet klockcykler är således bestämda till 1388. Resultatet av detta är att de nya PWM-signalerna skickas 72 gånger i sekunden till bilen som styrelektroniken läser av.

PWM-signalerna kan endast avläsas korrekt av styrelektroniken på specifika värden. I varje period under en PWM-signal kan spänningen antingen vara 0, låg, eller 1, hög. Det som bilens styrelektronik svarar på är hur stor del av perioden signalen är hög (se Figur 3), alternativt hur stor del av signalen som sänder 3.4V. Medelspänningen vid styrning och hastighet när styrningen är maximalt åt vänster respektive höger och hastigheten är maximalt bakåt respektive framåt går från 269mV till 423mV. Bilen når således högsta möjliga vänsterlutning samt fart bakåt vid 269mV, neutralt läge vid 348mV och maximal högerlutning samt fart framåt vid 423mV. Genom att dividera dessa värden enskilt med den maximala spänningen, som kan skickas från pinnarna på MD407, och sedan

multiplicera med perioden, erhålls det värde bilens styrelektronik läser av. Detta resulterar i att bilden lyssnar på värden mellan 110-173 klockcykler under en period av 1388 klockcykler, det vill säga en andel av ungefär 8%-12.4% av hög signal. Detta styrs i bilen med hjälp av datorenhetens tidsmekanismer och dess standardbibliotek.

2.3.2 Sändare: Androidapplikation via Bluetooth

Androidapplikationen agerar som handkontroll. Denna skickar bytes seriellt till bilens dator via en Bluetooth-länk. Detta följer samma protokoll som tidigare nämnts där de 2 mest signifikanta bitarna i varje byte bestämmer vilken sorts signal som ska ändras och de resterande bitarna bestämmer med vilket värde detta ska ske. Mobilapplikationen har på skärmen virtuella reglage (se Figur 8) som ska emulera ordinarie handkontrollens analoga funktion så att exempelvis hastighetsövergången är så jämn som möjligt.



Figur 8: *Applikationens virtuella reglage (höger) samt applikationens Bluetooth-gränssnitt (vänster).*

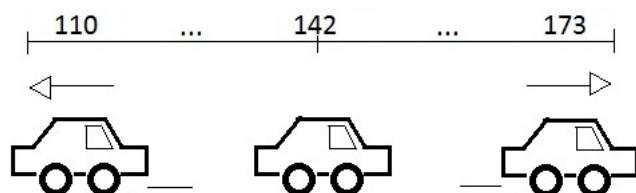
2.3.3 Sändare: MD407-enhet via Blluetooth

Den sändande datorenheten MD407 skickar värden från potentiometern till den mottagande enheten. Sändaren försörjer dess inkopplade potentiometer med ström och läser konstant av PC1-porten och PC2-porten som i metoden nämndes vara kopplade till potentiometerns utmatningar. På datorenheten finns en integrerad ADC, vilken tar emot värdena från potentiometerns utmatningar och översätter dessa till digitala värden. Resultatet skickas seriellt i bytes från sändarens Bluetooth-modul och avläses i mottagarens.

2.3.4 Mottagare: MD407-enhet

Signalerna som sändaren skickar hanteras av mottagarens datorenhet. När programmet på denna dator påbörjas måste datorn initialt skicka PWM-signaler som motsvarar neutralt läge för drivmotorn i en kort stund innan övriga signaler kan sändas. Efter detta kan mottagaren ta emot bytes från sändaren genom sin Blluetooth-mottagare, samt skicka PWM-signaler till bilens styrelektronik.

Byten analyseras då i mening att skicka en PWM-signal till korrekt elektronik i bilen. Som tidigare nämnts har de 6 minst signifikanta bitarna ett värde mellan 0-63 när mottagaren får dem. Till detta adderas en offset av 110 vilket gör att värdet istället kommer befina sig i intervallet 110-173. Detta värde motsvarar andelen av perioden 1388 där PWM-signalen till bilens styrelektronik kommer vara hög, som i sin tur motsvarar en viss medelspänning bilens styrelektronik direkt agerar på. Bilen svarar därefter med korrekt funktionalitet. Syftar kommandot exempelvis på motorn (se Figur 9) kommer bilen åka i högsta möjliga hastighet bakåt vid värdet 110. Farten minskar sen vid högre värden och bilen når neutralt läge vid 142. Värden över detta upp till 173 får bilen att öka farten. Uppfattar bilen värden utanför detta intervall kan en överbelastning av bilens elektronik ske.



Figur 9: Bilen uppnår maximal fart bakåt vid ett värde av 110 och minskar hastigheten tills den når stillastående läge, värde 142. Sedan börjar den accelerera tills den når sin maximala hastighet framåt vid värde 173.

3 Resultat

Den resulterande produkten har under projektets tid nått verifikationspunkter. Dessa finns beskrivna nedan och även om de uppnåtts eller ej. För att kunna fastställa hur bra det ersättande systemet fungerar jämförs signalerna till bilen kontinuerligt så att det hela tiden skickas samma signaler som i det ursprungliga systemet. Verifikationspunkter anges nedan och resultatet beskrivs efteråt.

3.1 Sändande MD407

Den sändande datorenheten MD407 verifieras på följande punkter:

- Potentiometerns signal skickar rätt värden.
- Md407-enhetens ADC ger digitala värden i korrekt intervall.

Resultatet av detta är ett fullt fungerande system. Datorenheten får värden från potentiometern och dessa översätts korrekt till digitala värden som sedan kan skickas från sändaren.

3.2 Sändande Androidapplikation

Följande punkter har verifierat att Andriodapplikationen fungerar enligt specifikation:

- Kan skicka värden till den mottagande enheten som ger korrekt följd.
- Kontrollapplikationen startas och utförs när detta begärs.

3.3 Mottagande MD407

Den mottagande MD407-enheten har verifierats enligt följande punkter:

- Kan ta emot värden från sändande enhet.
- Skickar rätt PWM-signal till styrellektronik.
- Har den ursprungliga bilens funktionaliteter.

Genom projektet har styrsignaler konstant mätts upp. PWM-signalerna till styrellektroniken i bilen har under varje tillfälle mätts upp med hjälp av oscilloskop. Detta för att kunna urskilja vilka signaler bilen uppfattar, samt verifiera att värdena är korrekta.

Resultatet är ett fungerande system. Värden tas emot till den ottagande enheten via inkopplad mottagar-modul. Enligt oscilloskop ses att värdena till bilens styrellektronik är korrekta. Samtliga möjliga funktioner i det ursprungliga systemet har verifierats och fungerar som tidigare. Det vill säga hastigheten framåt och bakåt samt rattutslagen åt vänster och höger har testats korrekta.

3.4 Länk mellan ny sändare och mottagare

Informationsflödet mellan datorenheterna har testats i tre nivåer kontinuerligt under projektets gång:

- Kommunikation är möjligt via direktkopplad kabel.
- Information kan sändas via RF-moduler.
- Sändaren kan skicka information till mottagaren via Bluetooth.

Vid slutfört projekt kunde alla punkter uppfyllas. Bilens ersättande mottagare kan kommunicera med sändaren via en direktkopplad kabel, RF-modul och Bluetooth-modul. Under projektet har alla dessa tre steg följts upp för att ständigt veta att de fortfarande fungerar korrekt. När något ej fungerat i flödet efter eller innan länkarna mellan mottagare och sändare har kommunikationen gått ner en nivå för att kunna säkerställa vad felet är.

3.5 Kontrollapplikation

3.5.1 Verifikation

Nedanstående punkter användes för att testa kontrollapplikationen.

- Stannar enligt specifikationer maximalt 1 cm från ett hinder.
- Fungerar från sändande MD407-enhet.
- Fungerar från sändande Andriodapplikation.

3.6 Verifikation av projektplan

Mindre förändringar har under projektets gång skett. Då ersättandet av kontrollen samt mottagaren varit mer komplicerade än projektgruppen tidigare trott tog denna procedur 3 veckor längre tid än väntat. Detta problem har dock inte stört den slutgiltiga produkten då de övriga delsystemen har kunnat konstrueras parallellt, något som ej syns i projektplanen.

4 Slutsats och diskussion

Referenser

- [1] T. Agarwal. (2013) Rf-module - transmitter & receiver. [Online]. Available: <https://www.elprocus.com/rf-module-transmitter-receiver/> [Hämtad 161007]
- [2] Avayan. (2009) Understanding pwm. [Online]. Available: <http://ebldc.com/?p=48> [Hämtad 161007]
- [3] D. C. Cooper. (2009) Potentiometers explored - construction & working principles. [Online]. Available: <http://www.brighthubengineering.com/commercial-electrical-applications/47625-potentiometers-explored-construction-and-working-principles/> [Hämtad 161007]
- [4] G. Torres. (2006) How analog-to-digital converter (adc) works. [Online]. Available: <http://www.hardwaresecrets.com/how-analog-to-digital-converter-adc-works/> [Hämtad 161007]
- [5] aselectro. (2013) Arduino - ultrasonic sensor for distance measurement. [Online]. Available: <https://alselectro.wordpress.com/2013/03/08/arduino-ultrasonic-sensor-for-distance-measurement/> [Hämtad 161007]
- [6] F. Östman. (2014) Md407 - en arm-baserad laborationsdator för utbildning, examensarbete inom högskoleinjengörsprogrammet, institution för data- och informationsteknik, chalmers tekniska högskola, göteborg ,sverige. [Online]. Available: http://www.cse.chalmers.se/edu/resources/mop/documents/MD407_beskrivning.pdf [Hämtad 161008]
- [7] R. C. Tips. (2009) History and evolution of rc cars. [Online]. Available: <http://www.rccartips.com/rc-history.htm> [Hämtad 160921]
- [8] J. Tyson. (2000) How radio controlled toys work. [Online]. Available: <http://electronics.howstuffworks.com/rc-toy.htm> [Hämtad 160922]
- [9] D. of Computer Science and C. Engineering. (2016) Dat290 data-teknisk projekt projektdirektiv 2 radiostyrd bil. [Online]. Available: <https://pingpong.chalmers.se/courseId/6953/node.do?id=3156906&ts=1472211610029&u=1787919969> [Hämtad: 160922]