

# Projektrapport DAT290

Radiostyrd Bil, Grupp 07

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

DATUM

|          | Namn | Datum |
|----------|------|-------|
| Granskad | NAMN | DATUM |
| Godkänd  | NAMN | DATUM |

# Innehåll

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introduktion</b>   | <b>3</b>  |
| 1.1      | Syfte . . . . .   | 3         |
| 1.2      | Mål . . . . .   | 3         |
| 1.3      | Arbetsmetod . . . . .                                       | 4         |
| 1.3.1    | Allmänt: Projektledning . . . . .                           | 4         |
| 1.3.2    | Allmänt: Kodning . . . . .                                  | 4         |
| 1.3.3    | Delsystem: Konstruktion av mottagare . . . . .              | 4         |
| 1.3.4    | Delsystem: Konstruktion av sändare . . . . .                | 5         |
| 1.3.5    | Delsystem: Radiolänk mellan mottagare och sändare . . . . . | 5         |
| 1.3.6    | Delsystem: Konstruktion av Androidapplikation . . . . .     | 6         |
| 1.3.7    | Delsystem: Konstruktion av kontrollapplikation . . . . .    | 6         |
| <b>2</b> | <b>Teknisk beskrivning</b>                                  | <b>7</b>  |
| 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    | Sändare: MD407 . . . . .                                    | 8         |
| 2.3.2    | Sändare: Androidapplikation . . . . .                       | 9         |
| 2.3.3    | Kontrollapplikation . . . . .                               | 9         |
| 2.3.4    | Radiolänk: Bluetooth-modul . . . . .                        | 9         |
| 2.3.5    | Mottagare: MD407 . . . . .                                  | 10        |
| 2.3.6    | Styrsignaler . . . . .                                      | 10        |
| <b>3</b> | <b>Resultat</b>   | <b>12</b> |
| 3.1      | Sändare: MD407 . . . . .                                    | 12        |
| 3.2      | Sändare: Androidapplikation . . . . .                       | 12        |
| 3.3      | Mottagare: MD407 . . . . .                                  | 12        |
| 3.4      | Radiolänk . . . . .   | 13        |
| 3.5      | Kontrollapplikation . . . . .                               | 13        |
| 3.6      | Verifikation av projektplan . . . . .                       | 13        |
| <b>4</b> | <b>Diskussion och Slutsats</b>                              | <b>14</b> |
|          | <b>Bibliography</b>   | <b>16</b> |

## Ordlista

**ADC** - Analog to digital converter, översätter analoga värden i enheten Volt till digitala värden [1].

**ARM** - En processorarkitektur [2].

**Avståndsmätare** - Mäter avstånd från ett objekt med hjälp av ultraljud och dess eko [3]. Modul som används i detta projekt är HC-SR04.

**Bluetooth-moduler** - Är antingen sändare eller mottagare och möjliggör för radiofrekvensiell överföring genom parning mellan moduler [4]. Modul som används i detta projekt är HC-05.

**GPIO** - General-purpose input/output [2].

**Oscilloskop** - Instrument som används till att mäta elektriska signaler under en viss tid [5].

**Potentiometer** - En elektrisk komponent som med hjälp av ett variabelt motstånd kan begränsa spänning [6].

**PWM-signaler** - PWM eller Pulse Width Modulation är en moduleringsteknik som mest används för att styra mängden elektrisk ström som förs till exempelvis en motor [7].

**RF-moduler** - Radiofrekvensmoduler. Är antingen sändare eller mottagare och möjliggör för radiofrekvensiell överföring [8].

**UART** - Universal Asynchronous Receiver/Transmitter [2].

**USART** - Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter [2].

# 1 Introduktion

Radiostyrda bilar började produceras på mitten av 60-talet [9]. De första radiobilarna drevs med hjälp av bensin och körde relativt långsamt. Ett drygt decennium senare ersattes motorerna med elektriska varianter och kort därefter började tävlingar hållas. Detta ledde till en väldig popularitet för radiobilens hobby och utvecklingen av den lade stor vikt vid snabbhet. Trots dessa mindre justeringar har den radiostyrda bilens uppbyggnad i det stora hela förblivit densamma.

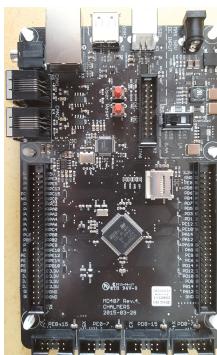
## 1.1 Syfte

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 telefonapplikation. 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

Projektets övergripande syfte bryts upp i delmål som mer detaljerade är angivna nedan.

- 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 är avsikten att bilen ska kunna köra rakt fram i högsta möjliga hastighet där bilen på ett avstånd av 1 cm från ett objekt självständigt kan bromsa in utan att kollidera. Kontrollapplikationen kan aktiveras från samtliga sändare.
- Utveckling av Androidapplikation som möjliggör att bilen kan manövreras trådlöst genom en Androidtelefon via Bluetooth.



Figur 1: *MD407, en ARM-dator.*

## **1.3 Arbetsmetod**

I detta avsnitt finns en överblick av hur projektet utförts vid olika moment. Det börjar med ett avsnitt över projektets administration och följs av en beskrivning av varje komponent som konstrueras i systemet. Dessa är angivna i ordningen de utförs.

### **1.3.1 Allmänt: Projektledning**

Dokumentation och kommunikation utförs enligt planen för projektet. 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 få aktuell information. Veckovisa meddelanden för projektets fortskridande har givits till uppdragsgivaren, detta på grund av att det ska vara enkelt att följa utvecklingen. Projekteruppen delades upp i mindre grupper där de självständigt fokuserade på första och andra målet, tredje målet, och dokumentationen.

### **1.3.2 Allmänt: Kodning**

Standarder för kodning är bestämd för underlätta implementation. Programkoder är för samtliga komponenter förutom Androidapplikationen skrivna i C med utvecklingsmiljön Codelite. För att kunna överföra kod till datorenheterna som ersätter mottagare och sändare utnyttjas programmet ETERM. En kompilerad kod exekveras då och genom direktkoppling till en port på respektive enhet kan koden sparas och senare användas. Hjälpfunktioner till all programkod har erhållts av uppdragsgivarens samt STMicroelectronics kodbibliotek. Utvecklingen av applikationen skedde istället i Java genom Eclipse och importerades sedan till Android Studio, en miljö där stöd för att skapa Androidapplikationer finns.

### **1.3.3 Delsystem: Konstruktion av mottagare**

Projektet inleds med att mäta upp befintliga styrsignaler. För att kunna återskapa signalerna som skickas från den ursprungliga mottagaren till bilens styrelektronik mättes signalerna upp med hjälp av ett oscilloskop. Det som möjliggjorde detta var ett tillhandahållit kretskort som kopplat till bilens kontrollenhet kunde separera signalerna. Bilens samtliga funktioner testades och utslagen blev de värden som användes till verifiering för korrekt replikering av styrsignaler. Signalerna är av typen PWM och både dess cykeltid och frekvens mättes upp i motorns och rattutslagens maximala lägen.

Den nya mottagaren återskapar dessa signaler. En MD407 ersätter den ursprungliga mottagaren och dess systemklocka utnyttjas för att skicka rätt styrsignaler till korrekt styrelektronik. Dessa värden testas utförtligt för att kunna säkerställa att de replikerande styrsignalerna är identiska i jämförelse med de ursprungliga.

#### 1.3.4 Delsystem: Konstruktion av sändare

En datorenhet, MD407, ersätter sändaren. Reglage för styrning implementas med hjälp av en potentiometer (se Figur XX), vilken kopplas till datorenheten. Värdena datorenheten erhåller från potentiometern översätts från analoga till digitala genom en integrerad ADC. Detta implementeras med hjälp av stödfunktioner från de tidigare nämnda kodbiblioteken.



Figur 2: En potentiometer.

#### 1.3.5 Delsystem: Radiolänk mellan mottagare och sändare

Datorenheterna kommunicerar via en radiolänk. Primärt kopplas en RF-mottagare och en RF-sändare (se Figur XX) på respektive enhet för att möjliggöra för ett informationflöde över 433MHz-bandet. När systemet fungerar med dessa ersätts de av Bluetooth-moduler (se Figur XX) som istället kommunicerar över en frekvens av 2.4GHz. Kommunikation över Bluetooth kräver initiering av roller till modulerna vilket görs genom AT-kommandon.



Figur 3: På övre raden ses en RF-mottagare samt RF-sändare (i angiven ordning) och på undre raden en Bluetooth-moduls framsida samt baksida (i angiven ordning)

Radiolänken verifieras kontinuerligt. Mottagar- och sändarmodul kopplas om vid varje tillfälle för att erhålla det konstanta flödet av verifiering. Utöver detta används ett oscilloskop för att kunna säkerställa hur kommunikationen mellan mottagar- och sändarmodul fungerar. Den kopplas då till sändaren respektive mottagaren för att testa att ett värde i sändarnoden motsvarar korrekt värde i mottagarnoden. Vid tillfällen då felökning genomförs på grund av felaktiga

signaler till mottagarmodulen har enheterna direktkopplats via en kabel för att kunna utesluta radiolänken som problem.

### 1.3.6 Delsystem: Konstruktion av Androidapplikation

Mobilapplikationen följer ett antal specifikationer. Den ska vara funktionell på en Androidtelefon och kopplas till den radiostyrda bilen via Bluetooth. Denna utökning av systemet har verifierats genom att testa att samtliga funktioner fungerar och att reglagen på applikationen ger rätt resultat hos bilens styrelektronik.

### 1.3.7 Delsystem: Konstruktion av kontrollapplikation

Kontrollapplikationen konfigureras i mottagaren. Applikationen som vid aktivering ska kunna undvika kollision möjliggörs med en avståndsmätare (se Figur XX) fastkopplad på bilen. Denna ger data till mottagaren som specificerar hur långt det är till närmsta hinder. Den känner endast av objekt maximalt 4 meter ifrån den och för att påbörja sin uppmätning behöver en puls skickas till dess Trig-port [3]. Detta genomförs med hjälp av en fördröjningsfunktion från de tillhandahållna biblioteken.



Figur 4: HC-SR04, avståndsmätaren i detta projekt.

Avståndsmätarens utdata fångas upp av en funktion. Denna konstrueras och kalibreras för att enligt målet bromsa in helt 1 cm från objektet. Kalibrering sker via testning av funktionen med olika inställningar där effektiviteten utvärderas. Utdatan från avståndsmätaren mäts även upp med hjälp av oscilloskop för att säkerställa att funktionen reagerar på rätt sätt vid olika värden.

Aktivering implementeras från två olika plattformar. Då både den sändande datorenheten och Androidapplikationen ska kunna initiera kontrollapplikationen konstrueras en möjlighet till detta på respektive system.

## 2 Teknisk beskrivning

I denna sektion förklaras den tekniska delen av projektet. En bakgrund beskriver hur systemet fungerade ursprungligen. Detta följs av en översiktlig text över det ersättande systemet samt en sektion 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 [10]. Radiosignaler skickas från RF-sändaren och avkodas av RF-mottagaren i radiobilen, de kommunicerar över 2.4GHz-bandet. Dessa omvandlas då till elektroniska signaler som antingen kontrollerar bilens hastighet eller riktning. Parallelt 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.

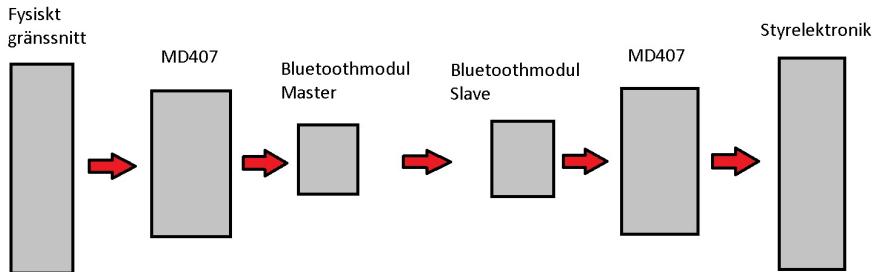
#### 2.1.1 Styrsignaler

Bilens styrsignaler kontrolleras av en kontrollenhets, MRX-242 [11]. Enheten fungerar 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 samt en Androidapplikation som båda kan agera handkontroll, och en MD407 som genererar signaler till motorerna.

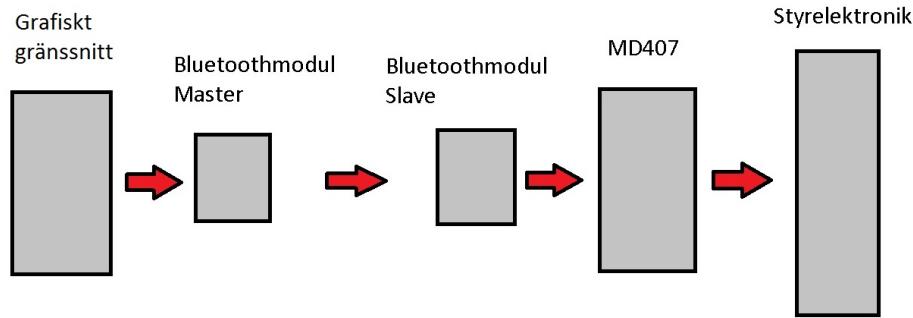
#### 2.2.1 Styrning: Från MD407 till MD407



Figur 5: 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 värdena via Bluetooth till den mottagande MD407 som tar emot värdena och överlämnar dessa till bilens styrellektronik som agerar efter dem.

### 2.2.2 Styrning: Från Androidapplikation till MD407



Figur 6: 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 elektroniken i bilen.

### 2.3 Delsystem

Denna del av texten beskriver detaljerat hur de separata systemen fungerar. Ordningen baseras på flödet av information från sändare till mottagare och fram till bilens styrellektronik.

#### 2.3.1 Sändare: MD407

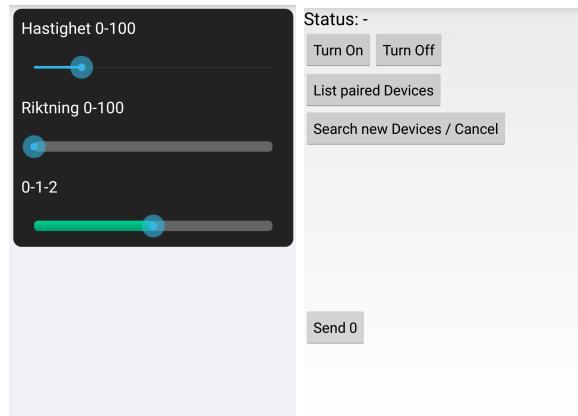
Den sändande datorenheten MD407 skickar värden från potentiometern till den mottagande enheten. Sändaren försörjer dess inkopplade potentiometer med ström och läser konstant av utmatningsportarna för denna. På datorenheten finns en integrerad ADC, vilken tar emot värdena från potentiometern och översätter dessa från analoga till digitala värden. Det 8-bitars värde som skickas mellan sändare och mottagare (se Figur XX) ställs in enligt specifikationer. Åndras exempelvis vridkontakten på potentiometern för motorn ska kommandot initieras till det värde där mottagaren i sin tur sänder informationen till motorns elektronik. De 6 minst signifika bitarna beror på värdet datorenheten erhåller från potentiometern och tillsammans med kommandot skickas det seriellt från sändarens Bluetooth-modul och avläses i mottagarens.



Figur 7: Specifikationer av byten som seriellt skickas från sändare till mottagare.

### 2.3.2 Sändare: Androidapplikation

Androidapplikationen agerar som handkontroll. 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 XX) som ska emulera ordinarie handkontrollens analoga funktion så att exempelvis hastighetsövergången är så jämn som möjligt. Denna skickar bytes seriellt till bilens dator via sin integrerade Bluetooth-modul.



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

### 2.3.3 Kontrollapplikation

Kontrollapplikationen kan aktiveras från en sändande enhet. Både MD407 som agerar sändare och Androidapplikationen har en möjlighet att starta denna.

En  $10\mu s$  hög puls triggar igång avståndsmätaren. Då detta sker får porten för eko på avståndsmätaren värdet 1 och ultraljudet skickas ut. Om ultraljudet återvänder sätts eko-porten till 0 och pulsens bredd används för att bestämma avståndet till objekten. Detta sker genom att funktionen för kontrollapplikationen inkrementerar en variabel efter varje  $\mu s$ . Detta tal dividerat med 58 ger avståndet till hindret i cm [3]. Ifall inget hinder uppmäts sänks pinnens värde till 0 efter en stund, pulsens längd tydliggör då att inget hinder finns i närheten.

Funktionen som styr kontrollapplikationen implementeras i mottagaren. Vid aktivering skickas värdet 155 till motorn och bilen fortsätter köra i den hastigheten tills variabeln som mäter  $\mu s$  uppnår värdet 8000, alternativt ungefär 138 cm, då värdet till motorn sänks till 151. Denna hastighet pågår tills bilen befinner sig  $950\mu s$  ifrån hindret, då den påbörjar motorbroms.

### 2.3.4 Radiolänk: Bluetooth-modul

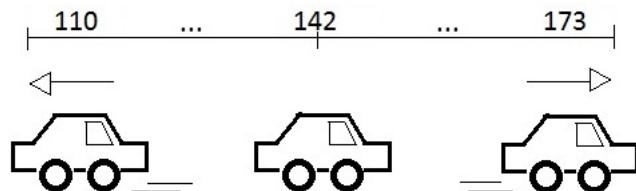
Det som möjliggör kommunikation mellan sändare och mottagare är en Bluetooth-modul. Två likadana moduler kopplas till respektive datorenhet vilka då kan sända samt ta emot data från denna. Modulerna är antingen konfigurerade till

att vara Master eller Slave. Master-modulen letar aktivt efter en Slave-modul i närheten och kommer vid upptäckt elektroniskt kopplas till den. Detta leder till att Master kan skicka data till Slave utan att riskera störningar från andra signaler.

### 2.3.5 Mottagare: MD407

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 börjar mottagaren seriellt ta emot bytes från sändaren genom sin Bluetooth-mottagare. Enheten startar även PWM-signalsgenerering till bilens styrelektronik.

Varje mottagen byte analyseras i mening att skicka en PWM-signal till korrekt elektronik i bilen. Som tidigare nämnt indikerar de 2 mest signifikanta bitarna till vilken del i styrelektroniken de resterande 6 bitarnas värde ska till. De 6 minst signifikanta bitarna kommer ha ett värde mellan 0-63 när mottagaren får dem. Till detta adderas en offset på 110 vilket gör att värdet istället befinner sig i intervallet 110-173. Syftar kommandot exempelvis på motorn (se Figur XX) 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. Detta skickas sedan som PWM-signal till bilens styrelektronik som agerar med korrekt funktionalitet. Uppfattar bilen värden utanför detta intervall kan en överbelastning av bilens elektronik ske.

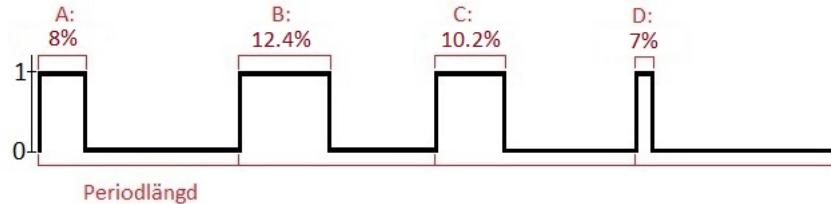


Figur 9: Illustrering av värdenas effekter på bilen.

### 2.3.6 Styrsignaler

Bilens styrelektronik erhåller PWM-signaler från mottagaren. Under en period av klockcykler skickas delvis maximal spänning och delvis ingen spänning alls. Det antal klockcykler som skickar maximal spänning motsvarar det värde mottagaren erhållt från sändaren. Det som styrelektroniken då svarar på är hur stor andel av perioden som hög spänning mäts upp (se exempel i Figur XX). Denne procentenhet motsvarar en medelspänning som bilens styrelektronik direkt reagerar på. Intervallet som elektroniken i detta projekt svarar på är en andel på ungefärligt 8%-12.4%, alternativt en medelspänning på 269mV-423mV. Det förstnämnda värdet ger den maximala vänsterlutningen eller den högsta hastigheten bakåt beroende på vilket kommando som informationen från sändaren syftar på. Bilen kommer istället nå sin maximala högerlutning respektive högsta

hastighet framåt om värdet är det sistnämnda. Intervallets mittersta värde ger ett neutralt läge i båda fallen.



Figur 10: Exempel på möjliga PWM-signaler. Om kommandot indikerar motorpåverkning kommer den i fall A och B köra i högsta fart baklänges respektive framlänges. I fall C hamnar bilen i neutralt läge och står då stilla. Signalen i fall D tolkas ej korrekt av bilens styrelektronik då det ligger utanför dess avläsningsintervall.

## 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 identiska signaler som i det ursprungliga systemet. Efter detta anges resultatet av hur väl projektplanen följts.

### 3.1 Sändare: MD407

Den sändande datorenheten MD407 verifieras på följande punkter:

- MD407 kan generera kommandosignaler.
- Potentiometern ger rätt spänning till MD407.
- MD407 ADC ger digitala värden i korrekt intervall.
- Kontrollapplikationen startas och utförs när detta begärs.

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 Sändare: 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 Mottagare: MD407

En mottagande MD407 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 Radiolänk**

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, en RF-modul och till slut en 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 mellan sändare och respons på styrsignal har kommunikationen gått ner en nivå för att lättare kunna felsöka.

### **3.5 Kontrollapplikation**

Nedanstående punkter användes för att testa kontrollapplikationen.

- Stannar enligt specifikationer maximalt 1 cm från ett hinder vid maximala hastighet.
- Fungerar från sändande MD407.
- 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 troligtvis försämrat kvalitén på kontrollapplikationen men ej Androidapplikationen då denna konstruerats parallellt med det nya systemet.

## 4 Diskussion och Slutsats

Projektet följde ej tidsmodellen som givits i planen. Ett antal felskrivanden i de tillhandahållna biblioteken ledde till extra verifikation för att kunna erhålla rätt hjälpfunktioner. Utöver detta gick bilens styr servo sönder på grund av felaktiga PWM-signaler som överbelastat systemet. Arbetet krävde därav lite mer tid när detta skedde. I det stora hela var implementationen av de ersättande mottagar- och sändarnodarna mer invecklade än vad som uppfattats vid början av projektet och detta ledde i sin tur till tid som gick till extra verifikation. Parallelt arbete utnyttjades dock, vilket gjorde att produkten trots allt blev färdig som planerat.

Kontrollapplikationen kunde ej färdigställas efter givna mål. Enligt specifikationen skulle bilen stanna högst 1 cm från närmaste hinder, men detta kunde ej uppnås med den ålagda tiden för uppgiften. Det finns flera felkällor som bidragit till svårigheter i utvecklingen. För det första har avståndsmätaren varit mer opålitlig än förväntat vilket ledde till att inkonsekventa värden togs emot. För det andra är bilens egna bromssystem svagt och det är därmed svårt att förutsäga bromssträckan. För det tredje påverkas avståndsmätaren av vibrationer från bilens motor vilket försämrar noggrannhet av mätning ytterligare. Ett par faktorer hade kunnat förbättra kontrollapplikationen om mer tid funnits. En avläsningsalgoritm som bättre filtrerar värden och mäter hastighet hade kunnat implementeras och därmed givit större kontroll över bilen. Detta skulle bidra till noggrannare mätningar och beräkning av bilens hastighet som då skulle kunna användas till att bestämma rätt hastighet och inbromsningsavstånd.

Projektgruppen vill belysa en möjlig designupgradering till handkontrollen. Delsystemen är implementerade endast genom hårdvara, ett konsumentvänligt lager finns ej. Detta möjliggör då för enorma designmöjligheter för en butiksfärdig produkt. Då bilens styrelektronik vid felaktiga PWM-signaler kan överbelastas anser projektgruppen att en maximal och minimal vridbarhet på potentiometern borde finnas. Detta är något som skulle kunna implementeras samtidigt som ett användarvänligt skal för handkontrollen konstrueras.

Med Androidapplikationen ses stora möjligheter. 2013 ägdes en smartphone av ungefär 90% av Sveriges befolkning mellan 12-45 år [12]. Telefonapplikationen vänder sig till en väldigt stor andel av folket och projektgruppen ser därför positivt på att utveckla denna. Fokuset med Androidapplikationen har varit på en hårdvarunivå och utseendet är därför inte så tilltalande. Potentialen för att vidareutveckla applikationen är således väldigt god och det blir då möjligt att fokusera på designen och implementation över flertal operativsystem. Med tanke på andelen mäniskor som skulle kunna använda denna telefonapplikation anser projektgruppen att den väger tungt för marknaden. En konsument som innehar applikationen skulle kunna koppla sin telefon via Bluetooth till sin radiobil och handkontrollen blir då inte längre en extra komponent som behöver bäras med. Samma konsument skulle även kunna styra andra radiobilar rent intuitivt, så länge denna bil har en mottagande Bluetooth-modul och likadana kommandofunktioner. Skulle detta möjliggöras kan det behövas att konstruera ett säkerhetslager så att oinbjudna parter ej kan styra bilen.

Om man ser till ett större perspektiv finns även här implementationsförslag. Kontrollapplikationen skulle i framtiden kunna spela en stor roll. Även fast koden som används i det här projektet endast fungerar med samma moduler som utnyttjats, hindrar inte det användning i större sammanhang. Det aktuella forskningsområdet, självstyrande bilar, har gjort att många frågor kring säkerhet ställts. En kontrollapplikation som vid aktivering stannar på ett visst maximalavstånd från ett hinder skulle kunna spela stor roll i passagerarnas säkerhet. Detta skulle då behöva fler, större sensorer och koden skulle behöva använda sig av mer verifierade funktioner för att kunna garantera säkerhet.

Sammanfattningsvis innehåller detta projekt en radiostyrd bil med modern teknik. Uppgradering med nya datorer reducerar utdatedad teknik och dess funktioner passar väl in med det som idag är aktuellt. Potentialen för vidareutveckling hos handkontrolen samt Androidapplikationen är väldigt god. Utöver detta finns även stora designmöjligheter för att konstruera komponenterna till mer konsumentvänliga produkter. I det större perspektivet finns idag smartphones hos en ännu större del av befolkningen än tidigare nämnt, vilket resulterar i en ännu större potentiell marknad för telefonapplikationen. Dagens teknik fokuserar även mycket på självstyrande bilar och en funktion som undviker krock kan komma att spela stor roll. Både för passagerarnas säkerhet, men även miljön runt omkring bilen där demolering undviks. Kort sagt öppnar detta projekt upp för en nyskapande radiostyrd bil där aktuell teknologi är implementerad och bilens funktioner kan i ett makropspektiv användas till många olika ändamål.

## Referenser

- [1] 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]
- [2] 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](http://www.cse.chalmers.se/edu/resources/mop/documents/MD407_beskrivning.pdf) [Hämtad 161008]
- [3] aselectro. (2013) Arduino - ultrasonic sensor for distance measurement. [Online]. Available: <https://alselectro.wordpress.com/2013/03/08/arduinoultrasonic-sensor-for-distance-measurement/> [Hämtad 161007]
- [4] I. Bluetooth SIG. (2016) Bluetooth technology basics. [Online]. Available: <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/bluetooth-technology-basics> [Hämtad 161007]
- [5] C. Woodford. (2016) Oscilloscopes. [Online]. Available: <http://www.explainthatstuff.com/howoscilloscopeswork.html> [Hämtad 161011]
- [6] 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]
- [7] Avayan. (2009) Understanding pwm. [Online]. Available: <http://ebldc.com/?p=48> [Hämtad 161007]
- [8] T. Agarwal. (2013) Rf-module - transmitter & receiver. [Online]. Available: <https://www.elprocus.com/rf-module-transmitter-receiver/> [Hämtad 161007]
- [9] R. C. Tips. (2009) History and evolution of rc cars. [Online]. Available: <http://www.rccartips.com/rc-history.htm> [Hämtad 160921]
- [10] J. Tyson. (2000) How radio controlled toys work. [Online]. Available: <http://electronics.howstuffworks.com/rc-toy.htm> [Hämtad 160922]
- [11] D. of Computer Science and C. Engineering. (2016) Dat290 datateknisk projekt projektdirektiv 2 radiostyrd bil. [Online]. Available: <https://pingpong.chalmers.se/courseId/6953/node.do?id=3156906&ts=1472211610029&u=1787919969> [Hämtad: 160922]
- [12] O. Findahl. (2013) Den mobila boomen. [Online]. Available: <http://www.soi2013.se/2-den-mobila-boomen/hur-manga-har-en-mobil-och-hur-manga-av-dem-har-en-smartmobil/> [Hämtad 161018]