

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

1	Introduktion	3
1.1	Syfte	3
1.2	Mål	3
1.3	Arbetsmetod	4
1.3.1	Ersättning av mottagare	4
1.3.2	Ersättning av sändare	4
1.3.3	Fastställande av kommunikation mellan datorenheter	4
1.3.4	Komplettering med applikation som sändare	5
2	Teknisk beskrivning	6
2.1	Teknisk bakgrund	6
2.1.1	Styrsignaler	6
2.2	Systemöversikt	6
2.2.1	Styrning från MD407 till MD407	6
2.2.2	Styrning från Androidapplikation till MD407	7
2.3	Delsystem	7
2.3.1	Specifikation av nya styrsignaler	7
2.3.2	Sändare: MD407-enhet via Bluetooth	8
2.3.3	Sändare: Androidapplikation via Bluetooth	8
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	Diskussion och Slutsats	13
	Bibliography	14

Ordlista

ADC - Analog to digital converter, översätter analoga värden i enheten Volt till digitala värden [7].

ARM - En processorarkitektur [8].

Avståndsmätare - Mäter avstånd från ett objekt med hjälp av ultraljud och dess eko [4]. 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 [3]. Modul som används i detta projekt är HC-05.

GPIO - General-purpose input/output [8].

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 [1].

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 [6].

RF-moduler - Radiofrekvensmoduler. Är antingen sändare eller mottagare och möjliggör för radiofrekvensiell överföring [2].

UART - Universal Asynchronous Receiver/Transmitter [8].

USART - Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter [8].

1 Introduktion

Radiostyrda bilar började produceras på mitten av 60-talet [9]. Under åren har de både tävlats med samt blitt en väletablerad leksak. Trots att den genomgått mindre justeringar har den radiostyrda bilens uppbyggnad i det stora hela förblivit densamma.

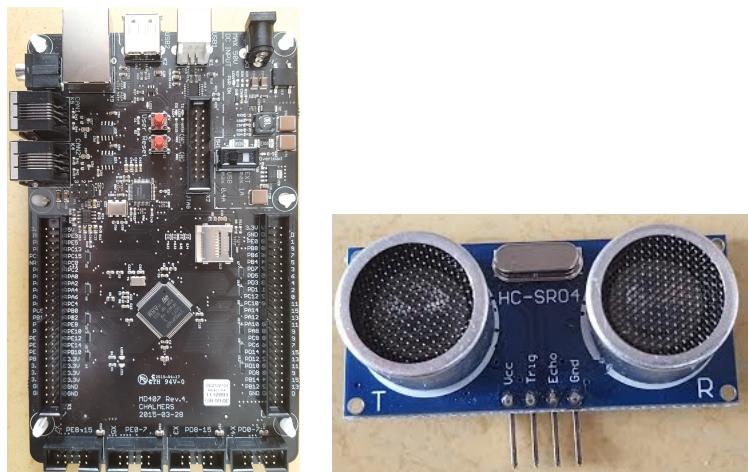
1.1 Syfte

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

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 (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 Andriodssystem via Bluetooth.



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

1.3 Arbetsmetod

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. Koder till programmen 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 ETERM. En kompilerad kod exekveras då och genom direktkoppling till en port på respektive enhet kan koden sparas. Hjälpfunktioner till koden har erhållts från datorenheternas egna programbibliotek samt STMicroelectronics.

1.3.1 Ersättning 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 tillhandahållt 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 typen PWM och både dess cykeltid och frekvens mättes upp i motorns och rattutslagens maximala lägen.

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

1.3.2 Ersättning av sändare

En datorenhet, MD407, ersätter sändaren. Reglage för styrning implementas med hjälp av en potentiometer, vilken kopplas till datorenheten. Denna är då strömförsörjande till potentiometern. Värdena datorenheten erhåller från potentiometern översätts från analoga till digitala genom en integrerad ADC. Detta implementeras med hjälp av stödfunktioner.

1.3.3 Fastställande av kommunikation mellan datorenheter

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

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 felsökning genomförts på grund av felaktiga signaler till mottagarmodulen har enheterna direktkopplats via en kabel för att lättare kunna verifiera felet.

1.3.4 Komplettering med applikation som sändare

Mobilapplikationen följer ett antal specifikationer. Den ska vara funktionell på en Androidtelefon och kopplas till den radiostyrda bilen via Bluetooth. För att möjliggöra för detta är koden utvecklad i Java genom Eclipse och har sedan överförts till Android Studio, en utvecklingsmiljö för Andriod. Detta utökning av systemet har verifierats genom att testa att samtliga funktioner fungerar och att reglagen på applikationen ger rätt resultat hos bilens styrelektronik.

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 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 radiobilens, de kommunicerar över 2.4GHz-bandet. Dessa omvandlas då till elektroniska 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.

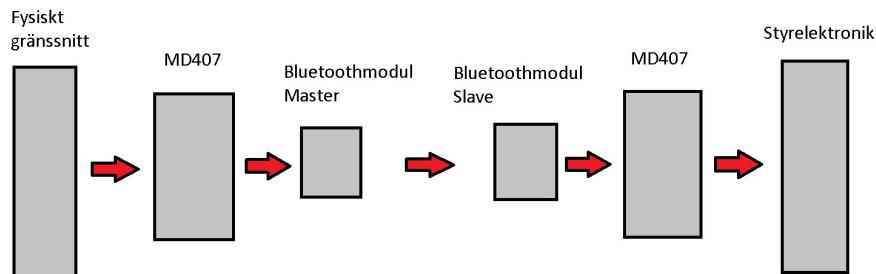
2.1.1 Styrsignaler

Bilens styrsignaler kontrolleras av en kontrollenhets enhet, 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-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

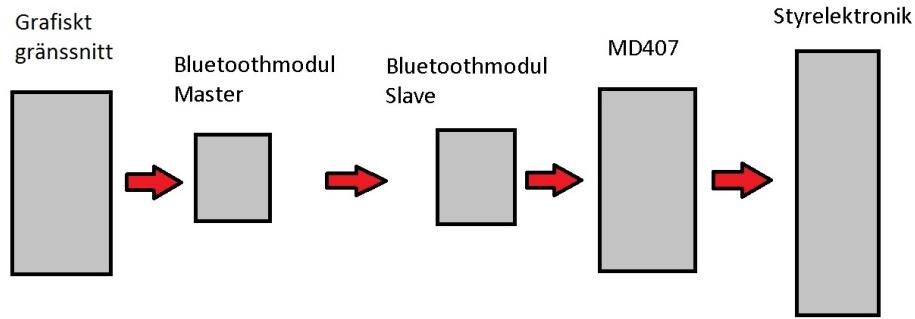


Figur 2: En översikt över systemet i blockformat med MD407 till MD407.
Pilarna indikerar flödet av information, analogt eller digitalt.

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

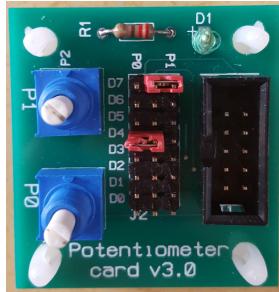
Figur 7 visar en sammanfattning över systemet med en applikation som sändare. Observera att skillnaden mellan den tidigare styrningen är att Androidapplikationen skickar bytes genom sin integrerade Bluetooth-modul till mottagarens inkopplade. På samma sätt som tidigare analyseras sedan värdena och skickas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

2.3 Delsystem

Denna del av texten beskriver detaljerat hur systemets delsystem fungerar. Dess ordning baseras på flödet av information från sändare till mottagare fram till bilens styrelektronik.

2.3.1 Sändare: MD407-enhet via Bluetooth

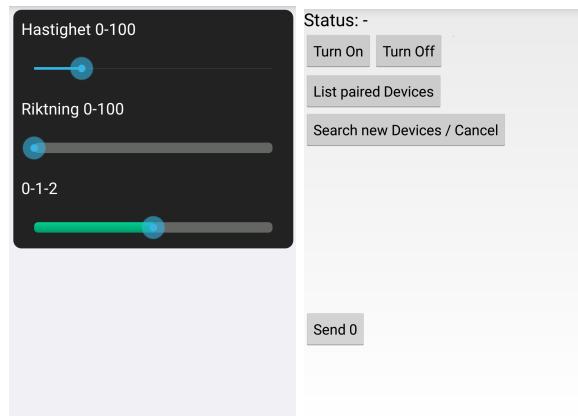
Den sändande datorenheten MD407 skickar värden från potentiometern till den mottagande enheten. Sändaren försörjer dess inkopplade potentiometer (se Figur XX) med ström och läser konstant av utmatningsportarna för denna. På datorenheten finns en integrerad ADC, vilken tar emot värdena från potentiometerns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



Figur 4: En potentiometer.

2.3.2 Sändare: Androidapplikation via Bluetooth

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.

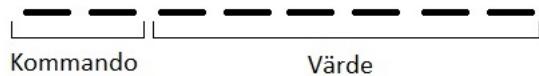


Figur 5: Applikationens virtuella reglage (höger) samt applikationens Bluetooth-gränssnitt (vänster).

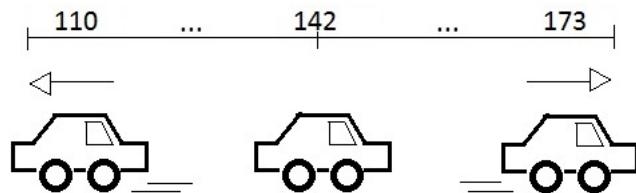
2.3.3 Mottagare: MD407-enhet

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 börjar mottagaren seriellt ta emot bytes från sändaren genom sin Bluetooth-mottagare. Mottagaren startar även PWM-signalsgenerering till bilens styrelektronik. Varje mottagen byte analyseras då i mening att skicka en PWM-signal till korrekt elektronik i bilen. I Figur XX visas specifikationen för en sådan byte. De 2 mest signifikanta bitarna indikerar 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 110 vilket gör att värdet istället kommer befina 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. Uppfattar bilen värden utanför detta intervall kan en överbelastning av bilens elektronik ske. Detta värde skickas som PWM-signal till bilens styrelektronik som agerar efter det.



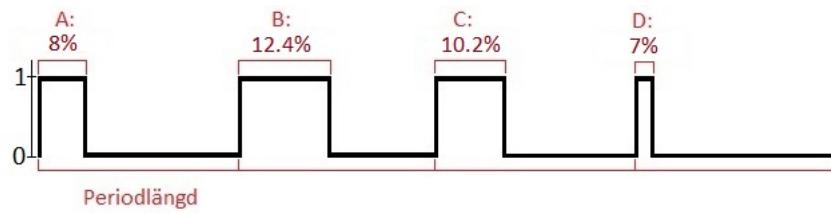
Figur 6: Specifikationer av byten som seriellt skickas från sändare till mottagare.



Figur 7: 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.

2.3.4 Specifikation av nya 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). Denna procentenhet motsvarar en medelspänning som bilens styrelektronik direkt reagerar på. Intervallet som elektroniken i detta projekt svarar på är en andel på ungefär 8%-12.4%, motsvarande 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 8: 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 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 Diskussion och Slutsats

Referenser

- [1] 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]
- [2] T. Agarwal. (2013) Rf-module - transmitter & receiver. [Online]. Available: <https://www.elprocus.com/rf-module-transmitter-receiver/> [Hämtad 161007]
- [3] I. Bluetooth SIG. (2016) Bluetooth technology basics. [Online]. Available: <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/bluetooth-technology-basics> [Hämtad 161007]
- [4] 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]
- [5] C. Woodford. (2016) Oscilloscopes. [Online]. Available: <http://www.explainthatstuff.com/howoscilloscopeswork.html> [Hämtad 161011]
- [6] Avayan. (2009) Understanding pwm. [Online]. Available: <http://ebldc.com/?p=48> [Hämtad 161007]
- [7] 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]
- [8] 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]
- [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 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]