



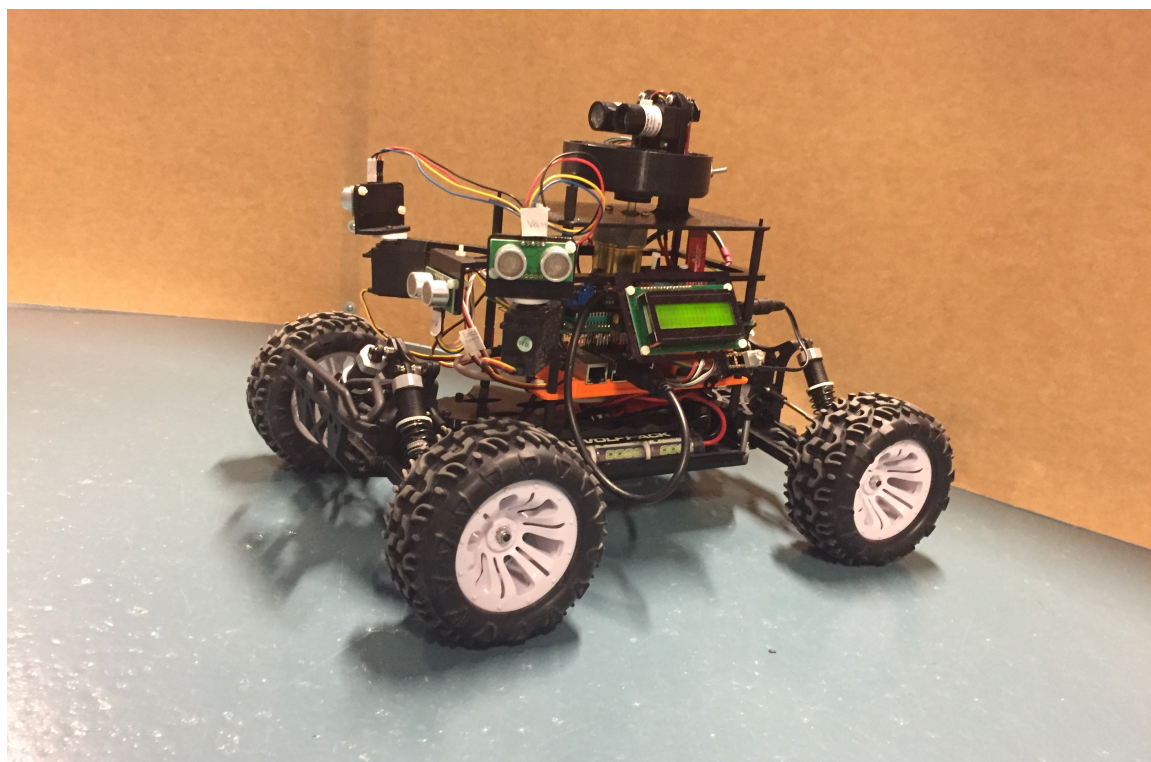
Konstruktion av en autonom tävlingsbil

Kandidatprojekt i elektronik

Tekniska högskolan vid Linköpings universitet

Christopher Albinsson
Fredrik Almin
Alexander Bärlund
Dennis Edblom
Johan Edstedt
Johannes Grundell
Maria Posluk
Petter Stenhagen

Version 1.1





Status

	Signatur	Datum
Granskad		
Godkänd		



Projektidentitet

Projektgrupp 13, 2017/VT
Tekniska högskolan vid Linköpings universitet, ISY

Projektmedlemmar			
Namn	Ansvar	Telefon	E-post
Christopher Albinsson	Mjukvara	0705265293	chral920@student.liu.se
Fredrik Almin	Projektledare	0735202300	freal458@student.liu.se
Alexander Bärlund	Bana	0761120772	aleba707@student.liu.se
Dennis Edblom	Hårdvara	0765938131	dened825@student.liu.se
Johan Edstedt	Test	0707496241	johed950@student.liu.se
Johannes Grundell	Kommunikation	0732515123	johgr505@student.liu.se
Maria Posluk	Dokument	0707188861	marpo758@student.liu.se
Petter Stenhagen	Bokning	0722534409	petst908@student.liu.se

Kund: ISY, 581 83 Linköping kundtelefon 013-281000; Fax: 013-139282

Kontaktperson hos kund: Tomas Svensson, 013-281368, Tomas.Svensson@liu.se

Kursansvarig: Tomas Svensson, 013-281368, Tomas.Svensson@liu.se

Handledare: Peter Johansson, 013-28 1345, Peter.A.Johansson@liu.se



Innehåll

1 Inledning	6
1.1 Utmaningar i projektet	6
1.2 Rapportens upplägg	7
2 Problemformulering	8
2.1 Generella krav på systemet som helhet	8
2.2 Delsystem 1 - Kommunikationsmodul	8
2.3 Delsystem 2 - Styrmodul	8
2.4 Delsystem 3 - Sensormodul	8
2.5 Delsystem 4 - Lasermodul	9
2.6 Delsystem 5 - Programvara	9
3 Kunskapsbas	10
4 Genomförande	11
5 Teknisk beskrivning	12
5.1 Sensorer	12
5.1.1 Avståndsmätning	12
5.1.2 Hinderdetektion	12
5.1.3 Övriga sensorval	12
5.2 Maskininlärning	13
5.3 Reglerteknik	13
5.4 Kommunikation	13
5.5 Programvara	13
6 Resultat	15
7 Slutsatser	16
Referenser	17
Bilagaförteckning	18

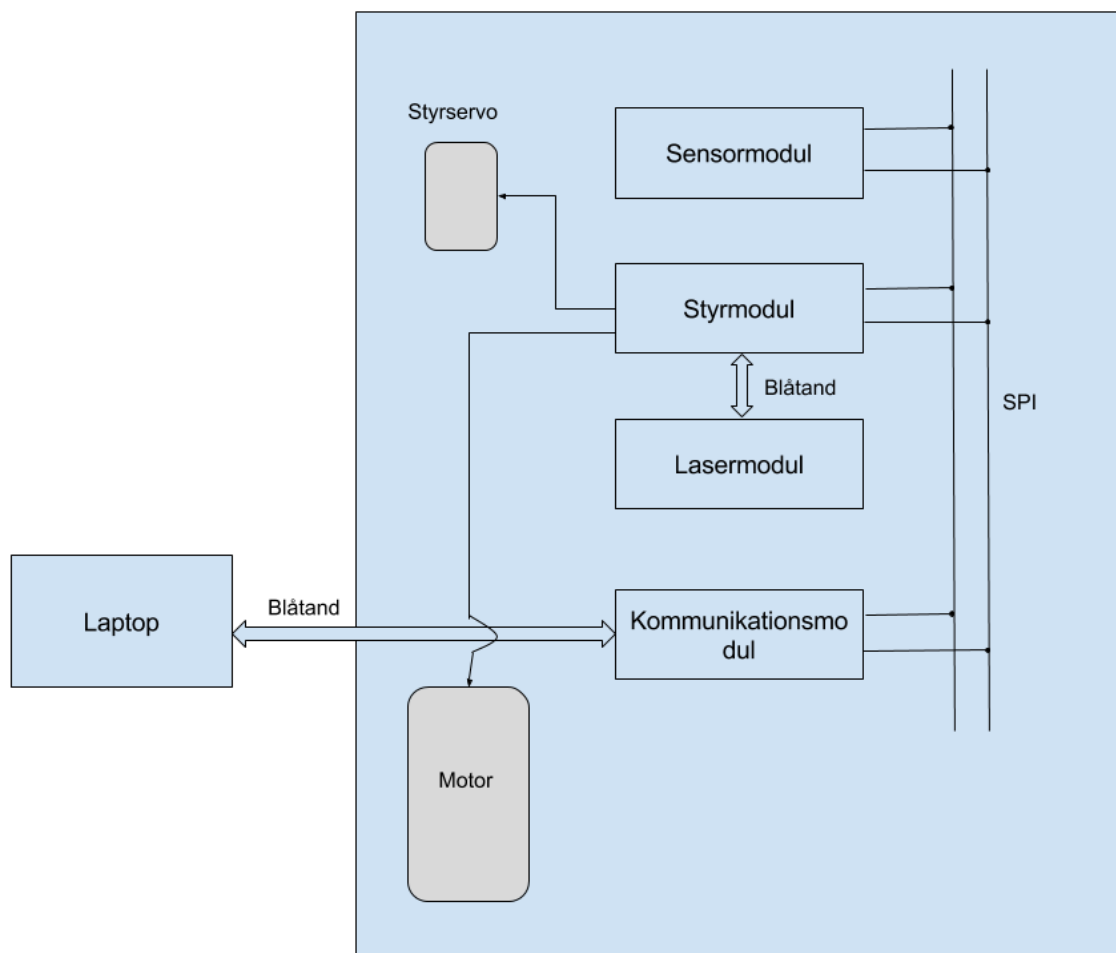


Dokumenthistorik

Version	Datum	Utförda förändringar	Utförda av	Granskad
1.1	12 juli 2019	Små korrigeringar	Grupp 13	
1.0	18 maj 2017	Första utkastet	Grupp 13	

1 Inledning

I detta kandidatprojekt vid Linköpings universitet har åtta studenter konstruerat en autonom tävlingsbil, se figur på framsidan. Uppdraget var att utveckla bilen så att den kunde köras både manuellt från en dator och autonomt i en bana specificerad enligt banspecifikationen, se appendix. Den färdiga bilen innehöll de fyra modulerna: kommunikationsmodul, styrmodul, sensormodul, lasermodul samt programvara till en dator. Därutöver fanns drivlina och styrservo monterat på bilen redan när den erhöles. I figur 1 visas en schematisk bild över systemet samt kommunikationen mellan modulerna och programvaran.



Figur 1: Ett blockschema som visar hur alla moduler kommunicerar med varandra.

1.1 Utmaningar i projektet

I projektet har det funnits flera utmaningar både vad gäller tekniken och projektmetodiken. För att börja med de tekniska var det en utmaning att få den interna kommunikationen att fungera. Att upprätta koppling, bestämma protokoll, synkronisera parterna och sen extrahera data från de inkommande paketen på mottagarsidan för alla kommunicerande parter var en stor utmaning. Även vissa sensorer vållade bekymmer och genererade under vissa förhållanden otillförlitliga värden. Vilka sensorer som ansågs lämpliga att användas avhandlas i avsnitt 5.1. Även att upptäcka och köra runt hinder samt att skapa en smidig och felfri körning var utmanande moment.

Vad gäller själva projektutvecklingen har en stor utmaning varit att balansera de mänskliga resurserna på ett smart sätt. Då alla projektmedlemmar totalt skulle lägga ner lika mycket tid någorlunda jämt



fördelat över projektets arbetsveckor, samtidigt som arbetsuppgifter behövde anpassas till medlemmarnas olika förkunskper och flaskhalsar undvikas, krävdes god intitial planering samt kontinuerlig uppdatering av densamma.

1.2 Rapportens upplägg

Denna rapport inleds med en problemformulering där de krav som bilen ska uppnå presenteras. Därefter följer kunskapsbasen som innehåller en redogörelse för den informationshämtning som genomförts i detta projekt. Sedan beskrivs genomförandet av projektet samt den tekniska beskrivningen av produkten. Till sist beskrivs resultatet och slutsatser som kan dras från genomförandet.



2 Problemformulering

Det övergripande målet med projektet var att konstruera en autonom tävlingsbil som också skulle kunna fjärrstyras. Denna bil skulle innehålla modulerna: sensormodul, styrmodul, lasermodul, kommunikationsmodul samt en programvara till dator. Att bilen är modulbaserad innebär att gränssnittet mellan modulerna är gjort på sådant sätt att enskilda moduler ska kunna bytas ut samtidigt som bilens funktioner bibehålls. Med detta som grund delades även kravspecifikationen upp på modulnivå. Därutöver fastställdes krav på bilen som helhet samt gränssnitt för kommunikationen mellan modulerna och programvaran. Kraven uppdelades i tre typer: prio 1, prio 2 samt prio 3-krav. Krav som märktes prio 1 var sådana krav som behövde uppfyllas för att projektet skulle godkännas. Funktioner som hanterar krav av prio 2- samt prio 3-typ var tänkta att implementeras ifall tid fanns kvar i projektbudgeten efter att alla prio 1-krav uppfyllts. Nedan redogörs i grova drag för prio 1-kraven på de olika modulerna samt på bilen som helhet. För en mer detaljerad beskrivning av samtliga krav på systemet, dess ingående moduler samt gränssnitten för kommunikation hänvisas läsaren till kravspecifikationen samt till projektdirektiven för den autonoma tävlingsbilen.

2.1 Generella krav på systemet som helhet

Bilen skulle utan att krocka med väggar eller stationära hinder (inklusive andra stillastående bilar) ta sig genom flera varv i en tävlingsbana. Denna banas utseende specificeras i detalj i banspecifikationen som bifogats som appendix till kravspecifikationen. Men för att ge en övergripande förståelse nämns de viktigaste aspekterna i banspecifikationen här. Banans alla passager hade en bredd på mellan 1,2 till 2 meter och den innehöll både rundade hörn med en fördefinierad innerradie på minst 0,8 meter och 90°-svängar. Inga nivåskillnader fanns i banan.

Bilen skulle kunna navigera sig runt hinder som var tillräckligt höga för att detekteras av den roterande lasern samt nödstoppa framför hinder som inte var tillräckligt höga för att detekteras av lasern.

Vid fjärrstyrning skulle bilen kunna hantera de, av användaren inmatade styrkommandona: gasa, bromsa, kör framåt, kör bakåt, sväng vänster, sväng höger samt stanna.

2.2 Delsystem 1 - Kommunikationsmodul

Kommunikationsmodulen skulle fungera som intermediär mellan styrmodulen och programvaran. Kraven på kommunikationsmodulen var därför att den bl.a. skulle kunna ta emot sensorvärden och styrbeslut från styrmodulen och sedan skicka dessa vidare till programvaran samt ta emot styrkommandon som matats in i programvaran av användaren och skicka dessa vidare till styrmodulen.

2.3 Delsystem 2 - Styrmodul

Kraven på styrmodulen var att denna vid autonom körning skulle kunna ta in sensor- samt laserdata och med hjälp av styralgoritmer ta bilen igenom den fördefinierade banan på ett tillfredställande sätt. Förutom att inte kollidera innebar detta att bilen inte fick slingra sig fram utan skulle hålla en någorlunda rak körlinje. Kraven vid fjärrstyrning var att styrmodulen skulle kunna ta in styrkommandon som matats in av användaren från kommunikationsmodulen och sedan få bilen att köra efter dessa kommandon. Därutöver fanns krav på att styrmodulen skulle kunna skicka styrbeslut och sensorvärden vidare till kommunikationsmodulen.

2.4 Delsystem 3 - Sensormodul

Kraven på sensormodulen var att den skulle kunna samla in data, såsom avstånd till väggar, från alla de sensorer som användes för att sedan bearbeta data och skicka det vidare till styrmodulen.



2.5 Delsystem 4 - Lasermodul

Lasermodulen utgjordes av en roterande laser monterad högst upp på bilen. De konstruktionsmässiga kraven på modulen var att den skulle snurra med en hastighet på minst ett varv per sekund samt vara monterad så att den utsända laserstrålen färdades parallellt med markytan. Därutöver skulle lasermodulen kunna skicka vidare de registrerade avstånden samt motsvarande vinklar till styrmodulen via blåtand.

2.6 Delsystem 5 - Programvara

Programvaran hade som huvudfunktion att vara gränssnitt mellan användare och bil. Den skulle dels visualisera bilen i sin omgivning samt visa aktuella styr- och sensorvärden, dels vara en kontrollpanel där användaren skulle kunna mata in styrkommandon och parametrar. Det fanns således krav på att programvaran skulle kunna skicka data till och från kommunikationsmodulen.



3 Kunskapsbas

För att genomföra detta projekt har framför allt datablad för sensorer, den roterande lasern, mikrokontroller, bussar samt övriga komponenter använts. Dessa har antingen återfunnits på ISY:s databladssida VanHeden [1] eller via internetsökning. Det datablad som används flitigast är det för mikrokontrollern ATmega1284p, vilken återfinns både i bilens styr-, sensor och kommunikationsmodul [2]. Därifrån har information om pin-konfigurationer, register och funktioner hämtats. Detta har möjliggjort ett effektivt utnyttjande av mikrokontrollernas funktionalitet för att få sensorer, busskommunikation samt övriga komponenter att fungera som planerat och uppnå de krav på systemet som specificerats i kravspecifikationen.

Under projektets tidiga stadium söktes mycket information på nätet via digitala bibliotek såsom IEEE Xplore [3] för att hitta artiklar och rapporter om liknande projekt och system för att ge inspiration och grund till tänkta lösningar. Vid senare programmering har referenssidor till C och Python samt färdiga bilbibliotek till dessa använts flitigt för att hitta smidiga lösningar.

Därutöver har kursmaterial, från av projektmedlemmarna tidigare lästa kurser, använts som informationsbas. Det neurala nätverk som använts för bilens hinderdetektion bygger på föreläsningsslides från kursen TBMI26 (Neuronnät och lärande system) vid Linköpings universitet.

I övrigt har den dokumentation som projektmedlemmarna själva skrivit under projektets inledande fas använts vid implementeringen. Förstudierna och den efterforskning som där gjordes har legat till god grund för de teoretiska idéer som bilen och dess funktioner vilar på. Kopplingscheman och registerspecifikation som redogjorts för i designspecifikationen har också använts vid utvecklingen av bilen. Informationen i dessa dokument vilar dock på tidigare nämnda externa källor.



4 Genomförande

Projektet har genomförts enligt LIPS-modellen, vilket innebär att alla dokument är skrivna enligt LIPS-mallarna och att det har funnits beslutspunkter under projektets gång. Vid varje beslutspunkt har beställaren eller handledaren tagit ett beslut att antingen låta projektet fortsätta eller avsluta det.

I början av projektet, förberedelsefasen, delades olika ansvar ut så att alla personer i gruppen fick ett ansvarsområde. I förberedelsefasen skrevs dessutom flera dokument för att planera hur utförandefasen skulle gå till. Systemskissen är ett av de dokument som skrevs i början av projektet. I systemskissen beskrevs produkten ganska översiktligt för att kunna identifiera olika problem och lösningar. För detaljerad information se systemskiss bifogad som appendix. Samtidigt skrevs en projektplan och tidplan där projektet planerades och delades upp i aktiviteter som skulle genomföras, se projektplanen bifogad som appendix. Därefter skrevs en designspecifikation, som i detalj beskrev produkten, med bland annat kopplingsscheman och registerspecifikationer. Designspecifikationen finns bifogad som appendix.

Efter godkänd designspecifikation inleddes utförandefasen. Under denna fas konstruerades först alla delar och moduler separat och testades innan de integrerades för att fungera tillsammans. Eftersom bilen är uppdelad i fyra moduler samt programvara och gruppen består av åtta personer delades arbetet upp mellan gruppmedlemmarna där varje person specialiserade sig på en eller två moduler. Med veckovisa gruppmöten blev alla gruppmedlemmar uppdaterade i hur de andra modulerna fungerade för tillfället. Under utförandefasen användes tidsplanen för att alla skulle veta vad som skulle göras och av vem för att underlätta arbetet och undvika dubbelarbete. Denna tidplan reviderades varje vecka på ett gruppmöte.

Den sista delen av projektet bestod av ett systemtest där bilen skulle uppfylla de krav som beskrevs i kravspecifikationen i början av projektet. Därefter skedde en utvärdering av projektet.



5 Teknisk beskrivning

Som förberedande arbete inför konstruktionen av bilen gjordes, i par om två, fyra förstudier av projektmedlemmarna. Dessa förstudier avhandlade ämnena: *sensorer*, *maskininlärning*, *reglerteknik* samt *kommunikation*. Den tekniska beskrivningen som här ges kommer därför också uppdelas under dessa rubriker med ett ytterligare avsnitt om programvaran till datorn.

5.1 Sensorer

För att konstruera en autonom bil krävdes ett antal sensorer. I förstudien om tänkbara sensorer till bilen undersöktes vilka sensorer som behövdes för att bilen skulle kunna fungera på ett sådant sätt att kraven i kravspecifikationen uppfylldes. Olika alternativ för att lösa problem som avståndsmätning till hinder och väggar, hastighet och rotation på bilen samt tejpavläsning vägdes mot varandra. Nedan redogörs kortfattat för de sensoralternativ som valdes. För grundligare information om dessa sensorer hänvisas till förstudien *En studie på tänkbara sensorer för en autonom bil*, den tekniska dokumentationen samt sensorernas datablad.

5.1.1 Avståndsmätning

Det var givet i projektdirektiven att bilen behövde en lasermodule. Lasern användes för att mäta avstånd till väggar och hinder i bilens omgivning med tre graders inkrement mellan varje uppdatering. Denna information bedömdes dock inte som tillräcklig för att enbart ligga till grund för bilens autonoma styrning. Därför krävdes även andra avståndssensorer åt sidorna för att veta var bilen befinner sig i förhållande till banans väggar samt framåt för att kunna nödstoppa vid låga hinder som inte detekteras av lasern. Alternativerna var här ultraljudssensorer eller infrarödsensorer (IR-sensorer) där valet till slut föll på ultraljud främst på grund av tron att lasern skulle interferera med IR-sensorerna. För att även kunna hantera 90°-svängar samt för att ha mer en mer framåtblickande funktion vinklades ultraljuden på sidorna framåt till viss del. Detta ledde dock till vissa felvärden då ultraljuden dåligt hanterade ytor som var långt ifrån vinkelräta mot den. Detta löstes genom en kombination av att ultraljuden fästes på separata servon för att den infallande vinkeln på ultraljudssignalen gentemot väggen skulle vara konstant även då bilen svängde samt att hänsyn även togs till laservärden.

5.1.2 Hinderdetektion

De alternativ av sensorer för hinderdetektion som begrundades var antingen att till stor del förlita sig på den roterande lasern och möjligtvis ta hjälp av ultraljuden, att fästa en svepande laser fram på bilen alternativt att använda en kamera tillsammans med bildbehandling. Som nämnts i ovanstående stycke fanns tanken att den svepande lasern eventuellt skulle interferera med den roterande lasern och valdes därför bort. Kamera och bildbehandling ansågs som ett onödigt komplicerat alternativ främst med tanke på att samtliga av banans hinder var stationära. I och med det valdes den roterande lasern som enda alternativ för hinderdetektion. Tillvägagångssättet redogörs för mer ingående i avsnittet maskininlärning 5.2.

5.1.3 Övriga sensorval

Som hastighetsmätare valdes en halleffektssensor med en tillhörande magnet som fästes på insidan av bilens ena bakdäck. Då startpunkten på banan samt 90°-svängar var tejpkodade var den initiala tanken att använda en reflexsensor av IR-typ för att räkna antal körda banvarv samt detektera när 90°-svängar uppkom. Reflexsensorn visade sig dock vara väldigt avståndskänslig, vilket föll sig olyckligt med tanke på bilens dämpning som kan orsaka avståndsskillnader mellan olika avläsningar och i förlängningen inkonsekventa utvärden från reflexsensorn. 90°-svängarna löstes istället med ultraljudssensorerna och lasern. Mätningen av antalet körda banvarv löstes med en laserdetektor som mottog en lasersignal vid banans varvningspunkt.



5.2 Maskininlärning

För att hantera hinderdetektionen användes maskininlärning. I förstudien om maskininlärning undersöktes om maskininlärning skulle användas även vid styrningen av bilen. Detta sågs dock som ett stort osäkerhetsmoment då ingen projektmedlem hade egentlig erfarenhet av maskininlärningsbaserad styrning samt att de projekt som studerats på internet hade betydligt mer sofistikerade sensorer än vad som planerats att användas i detta projekt. Därutöver fanns stor tilltro till klassisk PD-reglering för att lösa styrningsproblemet. Maskininlärning användes därför för att avgöra om det fanns ett hinder och om detta stod till vänster, mitten eller till höger i banan. Denna information skickades sedan vidare som en styrlinje till regleralgoritmen.

Maskininlärningsalgoritmen implementerades i form av ett neuralt nätverk. Algoritmen kördes en gång per varv för den roterande lasern (3 gånger per sekund) med en tidsserie av alla de senaste laservärdena inom den cirkelsektor på 180° som är vinklad framåt i banan som inparametrar. Algoritmen tränades med cirka 4500 datapunkter klassificerad data som insamlades med så många olika konstellationer av hinder- och laserplaceringar som möjligt.

För mer information se *Förstudie maskininlärning*

5.3 Reglerteknik

Klassisk reglerteknik används i bilen för att köra mitt i banan, undvika hinder, bemästra svängar samt bestämma farten. I förstudien, *Förstudie reglerteknik*, som genomfördes inför projektet diskuteras huruvida den integrerande delen i en PID-regulator behövdes för att hantera banans rundade svängar och det konstanta fel som där kan uppkomma. Slutsatsen var att den integrerade delen kunde approximeras med en konstant då osäkerhet kring hur många värden som skulle summeras in till integrationen ändå hade bidragit till brister i noggrannheten. Således drogs slutsatsen att PD-reglering skulle användas för bilens styrning. Vilken styrlinje som PD-algoritmen styr efter avgörs av maskininlärningens hinderdetektion.

Att enbart använda ultraljud och en klassiskt PD-regulator visade sig dock vara problematiskt senare i projektet och ett val att inkorporera den roterande lasern i regleringen av bilens styrning gjordes.

5.4 Kommunikation

Förstudien om kommunikation beskriver olika kommunikationsvägar, diskuterar vilka kommunikationssätt som passar bäst för bilen och behandlar för- och nackdelar med modulariserade system. Förstudiens resultat visade att seriell kommunikation är att föredra i små system eftersom det är mer användarvänligt och kräver färre portar på mikrokontroller. Förstudien visade även att direkt kommunikation är att föredra vid kommunikation mellan endast 2 parter och att busskommunikation är det smidigare alternativet vid kommunikation mellan fler än två parter. Vid busskommunikation finns det ytterligare alternativ beroende på hur många moduler som ingår i systemet. I ett system med få moduler kan en SPI-buss vara att föredra medan en I2C-buss är ett bra alternativ i ett system med många moduler. Slutligen hävdar förstudien att det ger stora fördelar inom struktur, test, utveckling och felsökning med modulariserade system.

Förstudiens resultat speglas i vårt slutförda projekt. Systemet modulariserades i modulerna styr-, sensor-, laser- och kommunikationsmodul. All kommunikation är seriell. Direkt kommunikation används mellan lasertorn och styrmodul samt mellan kommunikationsmodul och dator. Mellan modulerna på själva bilen används en SPI-buss då systemet består av få moduler.

För mer information se *Förstudie kommunikation*.

5.5 Programvara

Till bilen har även en programvara skapats. Programmet är skrivet i Python och har som syfte att från datorn kunna kontrollera bilen samt att visualisera mottagen sensordata och styrinteraktion.



Programmet har två huvudlägen: Köräge och sensoräge.

I köräget ska bilen visas i sin nuvarande omgivning. Programmet ska rita ut närliggande väggar och hinder i enlighet med mottagen data från det roterande lasertornet. Utöver det skrivs hastighet, nuvarande styrinstruktion, lastertornets vinkel, avstånd till väggar och nuvarande reglerparametrar ut på lämpliga ställen.

I sensoräget visas grafer över ultraljudsensorernas senaste värden. Graferna uppdateras i en lämplig hastighet för att inte programmets prestanda ska försämrats.

Programmet har en interface med knappar för att byta mellan kör- och sensoräge, byta mellan autonom eller manuell bilkörning, initiera bilen med valda standardreglerparametrar, knappar för att höja eller sänka specifika reglerparametrar samt en knapp för att ändra stegstorleken vid ändring av reglerparametrar.



6 Resultat

Slutresultatet på projektet blev en bil som kan köras manuellt från en dator eller autonomt. När bilen kör kan man se relevant information såsom bilens omgivning, sensorvärden och hastighet på datorn. Det går att styra bilen från en dator, både i manuellt och autonomt läge. I manuellt läge kan man ge bilen kommandona: kör rakt fram, sväng vänster, sväng höger och backa. I autonomt läge kan man starta och stoppa bilen. Det går även att ändra från autonomt till manuellt läge och vice versa från datorn. Se användarmanual för detaljerad beskrivning av hur bilen kan användas.

För att testa bilen byggdes en bana av pappväggar. Banan hade raka delar och olika slags svängar för att testa hur bilen klarar av olika slags omgivningar. I banan fanns det hinder på raksträckorna, vilka bilen skulle undvika. Bilen klarar av att köra i banan med en hastighet kring 1-2 m/s utan att krocka in i väggar och hinder.

Bilen uppfyllde inte alla krav från kravspecifikationen. De krav som inte uppfylls är listade nedan.

- "Bilen ska köra utan att kollidera med andra fordon som kör tävlingsbanan samtidigt." (Prio 3)
- "Bilen ska ha en videokamera." (Prio 2)
- "Bilens kamera ska skicka en videoström till en dator." (Prio 2)
- "Bilen ska hålla koll på sin riktning i tävlingsbanan." (Prio 3)
- "Bilen ska köra utan att kollidera med andra fordon som kör tävlingsbanan samtidigt." (Prio 3)
- "Modulen ska ha reflexsensor(er)." (Prio 2)
- "Programvaran ska grafiskt visa hur bilen har åkt det senaste varvet." (Prio 3)



7 Slutsatser

Att konstruera en autonom tävlingsbil var ett gediget arbete. Med inledande dokumentationsfas, etikmoment, förstudie, utförandefas och slutförande var projektet både utmanande och lärorikt. I dokumentationsfasen arbetade hela gruppen mycket tillsammans. I utförandefasen, som var den större delen av projektet, delades arbetet upp i mindre grupper. När utförandefasen började nå sitt slut började hela gruppen arbeta mer tillsammans igen för att integrera de olika modulerna.

I slutändan är vi väldigt nöjda med resultatet och med gruppen i sin helhet. Samarbetet har fungerat bra och sammanhållningen har varit ännu bättre. Arbetet var inte alltid så väl strukturerat som man hade kunnat önska men detta berodde mestadels på att gruppen saknade insikt i vilka uppgifter som skulle vara mer tidskrävande. För mer reflektion över genomförandet och utvärdering, se efterstudien.

Hade vi fått göra samma uppdrag igen hade vi nog strukturerat arbetet på ett annorlunda sätt. Hade man i början suttit på de kunskaper man fått under projektets gång hade man ju givetvis haft en klarare bild över vad som skulle göras. Vi skulle även ha undvikit att sätta för många personer på samma arbetsuppgift och istället samarbetat bättre för att angripa problem från olika håll. Vi hade också sett till att testa funktionalitet mellan moduler mer kontinuerligt under projektets gång. Ännu en erfarenhet var att ultraljudssensorer inte var det mest optimala valet av sensorer att reglera efter.

Om man hade fått mer tid hade det varit intressant att utveckla bilen så att den kan tävla mot en annan bil som kör samtidigt i banan. Dessutom hade man kunnat utveckla bilen så att den klarar av att köra i svårare banor samt att den regleras efter en mer optimal racinglinje. När det gäller programvaran hade man kunnat utveckla den så att kartuppritningen visar en statisk karta efter ett varv i banan och hur bilen åker runt i banan.

För att projektet skulle varit mer intressant hade vi gärna sett att resultatet sammanfaller mer med ursprungssyftet. Uppgiften var att bygga en autonom tävlingsbil men en del omständigheter gjorde att "tävlingsbiten" föll mellan stolarna. Det ursprungliga projektdirektivet bad bland annat om att bilen skulle göra depåstopp och att bilen skulle undvika andra stationära fordon (d.v.s "hinder" som är för låga för lasertornet att upptäcka). För att åstadkomma de målen skulle farten på bilen behöva sänkas rejält i och med att de sensorer som fanns tillgängliga hade begränsad räckvidd. I ett tidsbegränsat projekt som detta faller då tävlingsaspekten bort när man behöver implementera annan funktionalitet. Samtidigt som vi är väldigt nöjda med vårt slutgiltiga resultat kan man hävda att bilen vi konstruerade inte är särskilt tävlingsanpassad.



Referenser

- [1] ISY, “VanHeden,” 2016. [Online]. Available: <https://docs.isy.liu.se/bin/view/VanHeden>
- [2] Atmel, “ATmega1284P.” [Online]. Available: <https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/DataSheets/atmega1284p.pdf>
- [3] “IEEE Xplore Digital Library.” [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

Se även referenser i bilagorna.



Bilageförteckning

1. En studie på tänkbara sensorer för en autonom bil
2. Förstudie reglerteknik
3. Förstudie kommunikation
4. Maskininlärning för självkörande bilar
5. Kravspecifikation
6. Projektplan
7. Systemskiss
8. Designspecifikation
9. Användarmanual
10. Teknisk dokumentation
11. Efterstudie