

# DESIGNSPECIFIKATION

Redaktör: Martin Lundberg

Version 1.0

Grupp 6

Status

Granskad		
Godkänd		



## PROJEKTIDENTITET

Grupp 6, HT-2016  
Linköpings tekniska högskola, ISY

Namn	Ansvar	Telefon	E-post
Martin Lundberg	Projekttledare (PL)	076-2436905	marlu819@student.liu.se
Jacob Lundberg	Versionshanteringsansvarig (GIT)	073-8783350	jaclu010@student.liu.se
Johan Nilsson	Dokumentansvarig(DOK)	076-5857052	johni198@student.liu.se
Fredrik Iselius	Testansvarig (TST)	070-6956102	freis685@student.liu.se
Jonathan Johansson	Kodansvarig (KOD)	070-5746206	jonjo836@student.liu.se
Niklas Nilsson	Dokumentationsansvarig (DOC)	070-2924363	nikni459@student.liu.se

**E-postlista för hela gruppen:** [doraexplorer@liuonline.onmicrosoft.com](mailto:doraexplorer@liuonline.onmicrosoft.com)

**Kund:** Tomas Svensson, 581 83 LINKÖPING,  
kundtelefon 013-281368, fax:013-139282, [tomas.svensson@liu.se](mailto:tomas.svensson@liu.se)

**Kursansvarig:** Tomas Svensson, 3B:528 B-huset, 013-281368, [tomas.svensson@liu.se](mailto:tomas.svensson@liu.se)



## Innehåll

<a href="#">1 Inledning</a>	5
<a href="#">2 Översikt av systemet</a>	6
<a href="#">3 Huvudmodulen</a>	7
<a href="#">3.1 Kommunikation</a>	7
<a href="#">3.1.1 Bluetooth-kommunikation</a>	7
<a href="#">3.1.2 USART</a>	8
<a href="#">3.2 Beräkningar</a>	8
<a href="#">4 Styrmodulen</a>	9
<a href="#">5 Sensormodulen</a>	11
<a href="#">5.1 Roterande laser</a>	13
<a href="#">5.2 Materiel</a>	14
<a href="#">6 Hårdvara</a>	15
<a href="#">6.1 ATmega1284</a>	15
<a href="#">6.2 ATtiny2313</a>	15
<a href="#">6.3 Raspberry Pi 3 Model B</a>	15
<a href="#">6.4 Terminator Fyrhjulingsrobot</a>	15
<a href="#">6.5 Lidar Lite V2</a>	15
<a href="#">6.6 IR-sensor GP2Y0A41SK</a>	16
<a href="#">6.7 MLX90609 - Gyroscopesensor</a>	16
<a href="#">6.8 Firefly Bluetooth-modul</a>	16
<a href="#">6.9 Nokia DC-18</a>	16
<a href="#">6.10 EXO3 Extern Klocka</a>	16
<a href="#">7 Mjukvara</a>	17



<a href="#">7.1 Huvudmodulen</a>	17
<a href="#">7.2 Styrmodul</a>	18
<a href="#">7.3 Sensormodul</a>	19
<a href="#">7.4 Datorprogrammet</a>	20
<a href="#">7.4.1 Skickade instruktioner</a>	21
<a href="#">8 Tester</a>	22
<a href="#">8.1 Huvudmodul</a>	22
<a href="#">8.2 Styrmodul</a>	22
<a href="#">8.3 Sensormodul</a>	22
<a href="#">8.4 Roterande laser</a>	22
<a href="#">8.5 Bantester och övergripande systemtester</a>	22
<a href="#">Referenser</a>	23
<a href="#">Appendix</a>	24
<a href="#">Appendix A: Övergripande kopplingsschema</a>	24



## Dokumenthistorik

Version	Datum	Utförda förändringar	Utförda av	Granskad
0.1	2016-10-14	Första versionen	Grupp 6	
0.2	2016-10-28	Lade till extern klocka på AVRer i kretsscheman och kap. 6.10. Fixar enligt handledarens kommentarer.	Grupp 6	
1.0	2016-10-28	Fixade USART-koppling. Slutgiltig version.	PL	



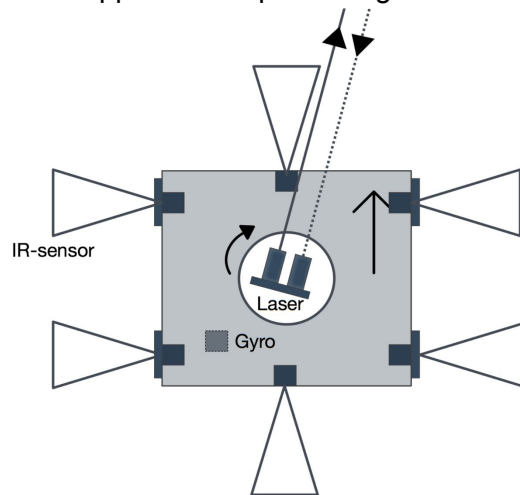
# 1 Inledning

Det här projektet går ut på att konstruera en kartrobot för kursen TSEA29 - Konstruktion med mikrodatorer vid Linköpings Universitet. Roboten skall kunna navigera i ett godtyckligt rum, samt rita upp en karta för rummet. Rummets design finns specificerat i dokumentet *Ban- och tävlingsspecifikation för kartrobotar 2016*. Det här dokumentet kommer att både översiktligt och detaljerat beskriva robotens design.



## 2 Översikt av systemet

Roboten ska vara uppbyggd av följande tre moduler: en huvudmodul, en styrmodul och en sensormodul. Dessa har olika uppgifter och ska vara en påbyggnad på den fyrhjuliga robotplattformen Terminator. Appendix A visar ett övergripande kopplingsschema för hela roboten. En och samma resetknapp används på samtliga ställen där reset-switch är utritad.



Figur 1: Skiss över hur sensorerna ska placeras

Huvudmodulen ska sköta kommunikation med de övriga modulerna samt kommunicera med en extern laptop via Bluetooth. Huvudmodulen kommer även sköta uppritningen av kartan och köra avsökningsalgoritmen.

Styrmodulen ska styra de servon som används för att föra roboten framåt och den DC-motor som används för att rotera lasersensorn (se kap. 5 Sensormodulen).

Sensormodulen ska ta data från robotens sensorer och skicka den i ett väldefinierat format (se kapitel 5. Sensormodulen) till huvudmodulen som i sin tur tolkar datan och använder den för att styra roboten och identifiera väggar. Figur 1 visar hur IR-sensorerna är placerade på roboten. Sensorerna på sidorna ska användas för att kunna köra parallellt med väggar.

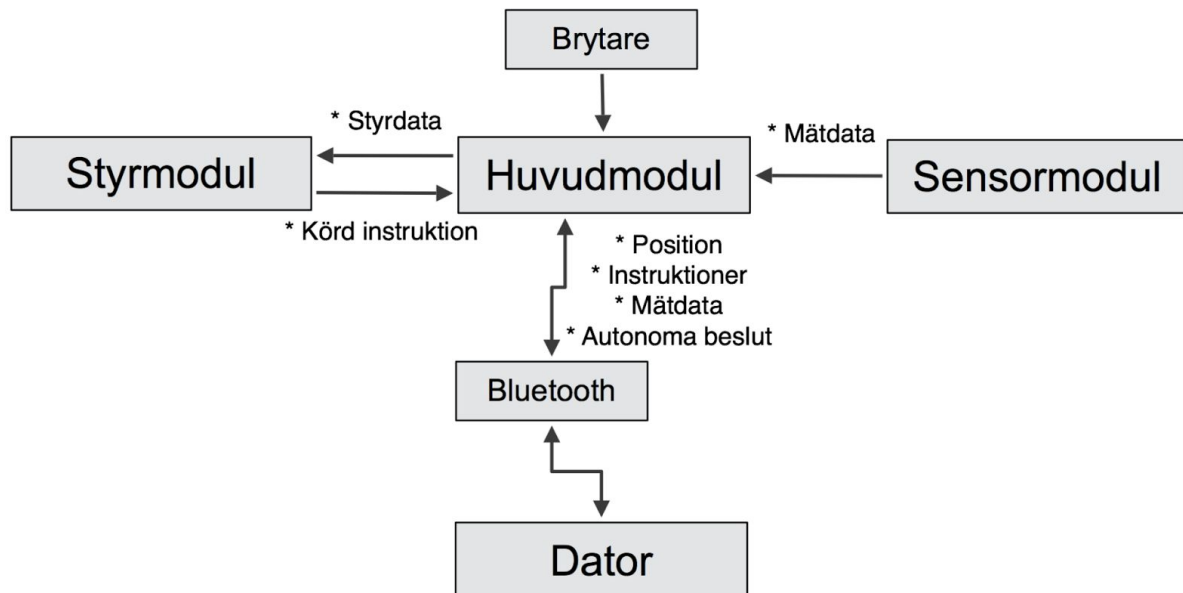
En brytare kommer att användas för att välja om roboten ska vara i autonomt eller manuellt läge. I manuellt läge styrs roboten av styrkommandon från den Bluetooth-anslutna laptopen. När autonomt läge aktiveras börjar roboten omedelbart att avsöka ett rum enligt kartläggningsalgoritmen.

Robotens bas kommer vara ett fyrhjuligt robotchassi av typen Terminator. Robotbasen har fyra stycken DC-motorer som ska styras av styrmodulen. Basen har även ett inbyggt batteri och en spänningsregulator som ska användas till strömförsörjning för hela roboten, utom lasersensormodulen som har ett separat batteri.



## 3 Huvudmodulen

Huvudmodulen kommer vara en Raspberry Pi 3 Model B. Modulens uppgift är att sköta kommunikationen mellan de olika modulerna samt att köra kartläggningsalgoritmen. Modulen ska även skicka data till en laptop via ett inbyggt Bluetooth-gränssnitt. Ett översiktligt blockschema för huvudmodulen visas i figur 2.



Figur 2: Figuren visar ett diagram över huvudmodulen och dess undermoduler.

Kommunikationen mellan de olika modulerna kommer att skötas via USART enligt ett specificerat protokoll.

### 3.1 Kommunikation

Huvudmodulen ska kommunicera med modulerna via asynkron USART med hjälp av en USB till seriell adapter (TTL-232R-5V), samt med en laptop via Bluetooth.

#### 3.1.1 Bluetooth-kommunikation

I enkortsdatoren Raspberry Pi 3 finns Bluetooth integrerat och kan enkelt installeras via ett sudo-kommando i terminalen. Data kommer skickas till en laptop, som sedan kommer att använda denna data till att rita upp en karta över rummet, visa upp felsökningsdata samt att skicka tillbaka instruktioner till roboten.





### 3.1.2 USART

Kommunikationen mellan de olika modulerna kommer att ske seriellt via asynkron USART. Parallell data kommer att omvandlas till seriell och skickas fram och tillbaka till de olika modulerna.

## 3.2 Beräkningar

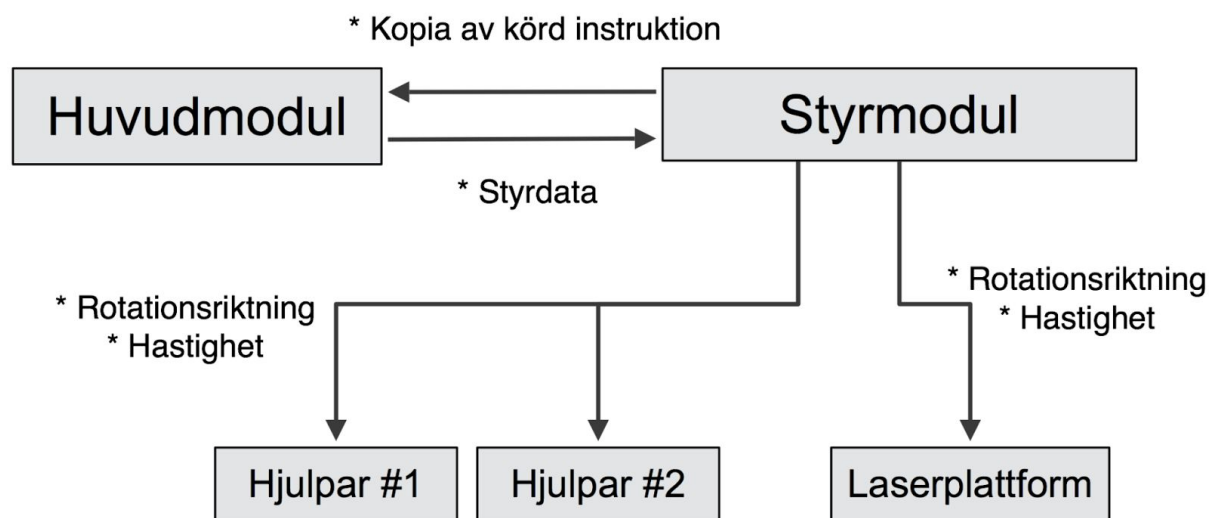
Huvudmodulen kommer att sköta majoriteten av de beräkningar som roboten kommer att göra. Detta inkluderar:

- **SLAM-algoritmer**  
*Simultaneous Localization And Mapping*
- **PID-regulator**  
Reglerteknik för att försäkra sig om rätt körriktning. Kommer användas för att köra rakt längs med en vägg.
- **Kommandon för styrmodulen**  
Huvudmodulen ska generera de kommandon som skickas till styrmodulen utifrån de beslut som tas och den input roboten får från användaren.
- **Bearbetning av sensordata**  
Huvudmodulen ska få data från sensormodulen och använda den för att fatta beslut om hur roboten ska köra och räkna ut var väggar ska placeras i kartan. Datan från gyroskopsensorn kommer att användas för att säkerställa att roboten svängt 90 grader.
- **Kartläggning av rum**  
Huvudmodulen sköter även själva kartläggningen av rummet och håller reda på var upptäckta väggar finns och vilka områden som finns kvar för roboten att undersöka.



## 4 Styrmodulen

Styrmodulen ska styra två enskilda hjulpar. Instruktioner från huvudmodulen ska tas emot, tolkas som styrsignaler som ska utföras och sedan skicka tillbaka instruktionen till huvudmodulen för eventuell felsökning. Dessa instruktioner ska bestämma riktning och hastighet. Hjulparets rotationsriktning styrs av en signal som antingen är hög eller låg och kommer att skickas från styrmodulen. Figur 3 visar ett blockschema för hur styrmodulen fungerar.



Figur 3: Figuren visar ett diagram över styrmodulen.

Styrmodulen ska även styra en DC-motor som ska rotera en plattform med en laser (se 5.1). Kommunikation mellan styr- och huvudmodul kommer att ske via asynkron USART.

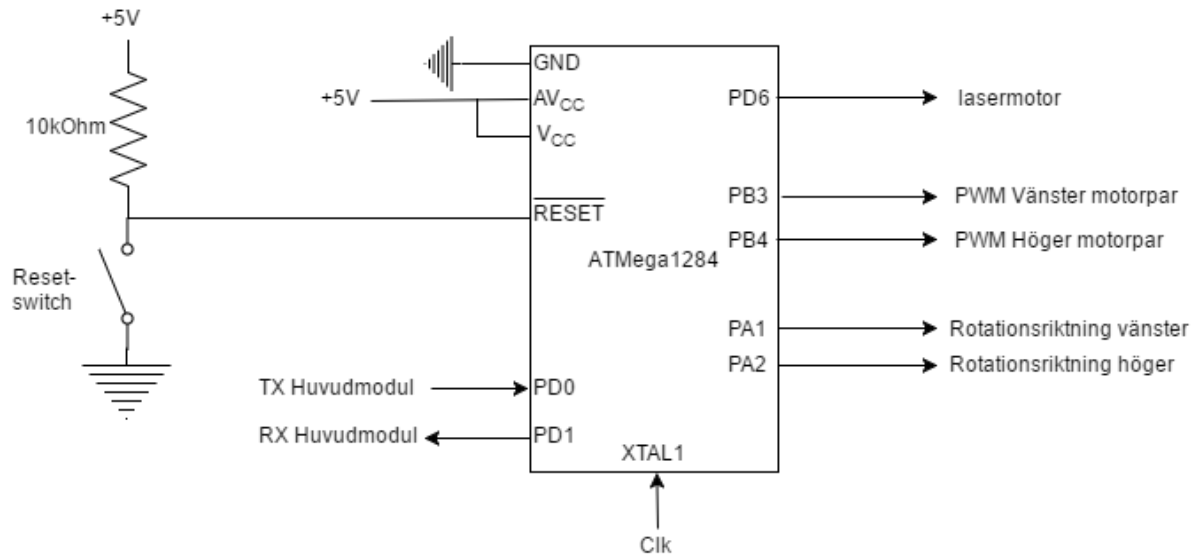
De olika DC-motorerna kommer att styras med PWM i max 1 kHz enligt AVRens datablad.

Antal	Beteckning	Typ	Datablad
1	ATmega1284	Mikroprocessor	<a href="https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/Datasheets/atmega1284p.pdf">https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/Datasheets/atmega1284p.pdf</a>
1		DC-motor	

Tabell 1: Styrmodulens komponenter.



I figur 4 nedan visas ett kopplingsschema för hur styrmodulen ska kopplas upp och vilka pinnar på mikroprocessorn som ska användas.

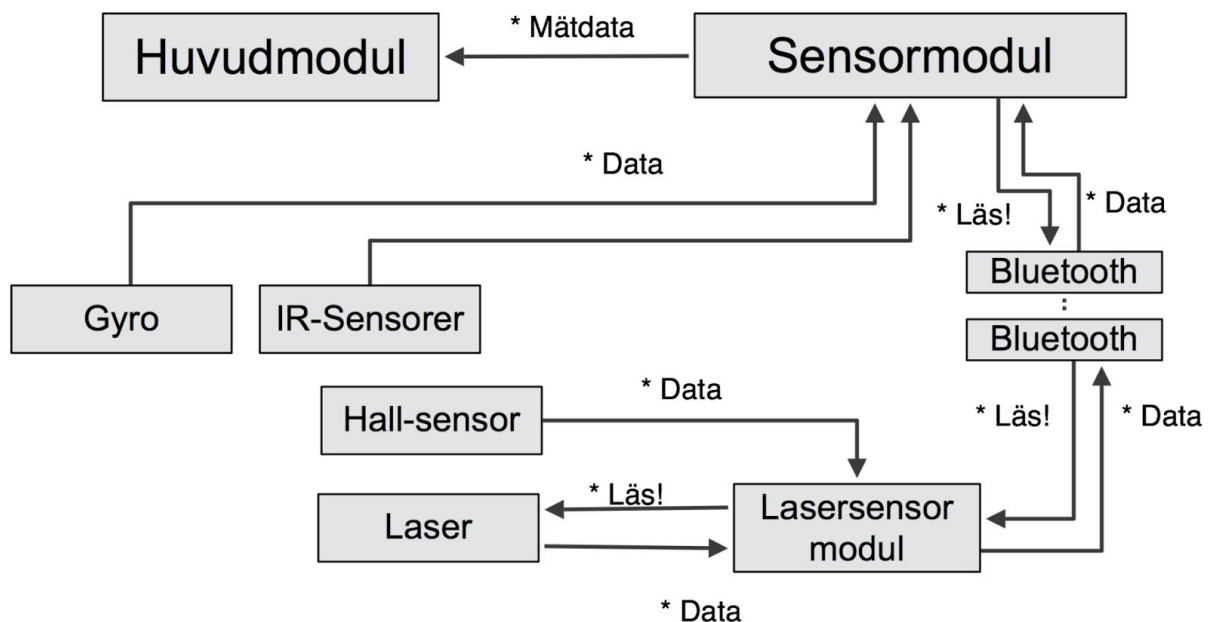


Figur 4: Kopplingsschema för styrmodulen



## 5 Sensormodulen

Sensormodulen ska ta emot sensordata från robotens olika sensorer och skicka den vidare till huvudmodulen, se figur 5.



Figur 5: Figuren visar ett diagram över sensormodulen.

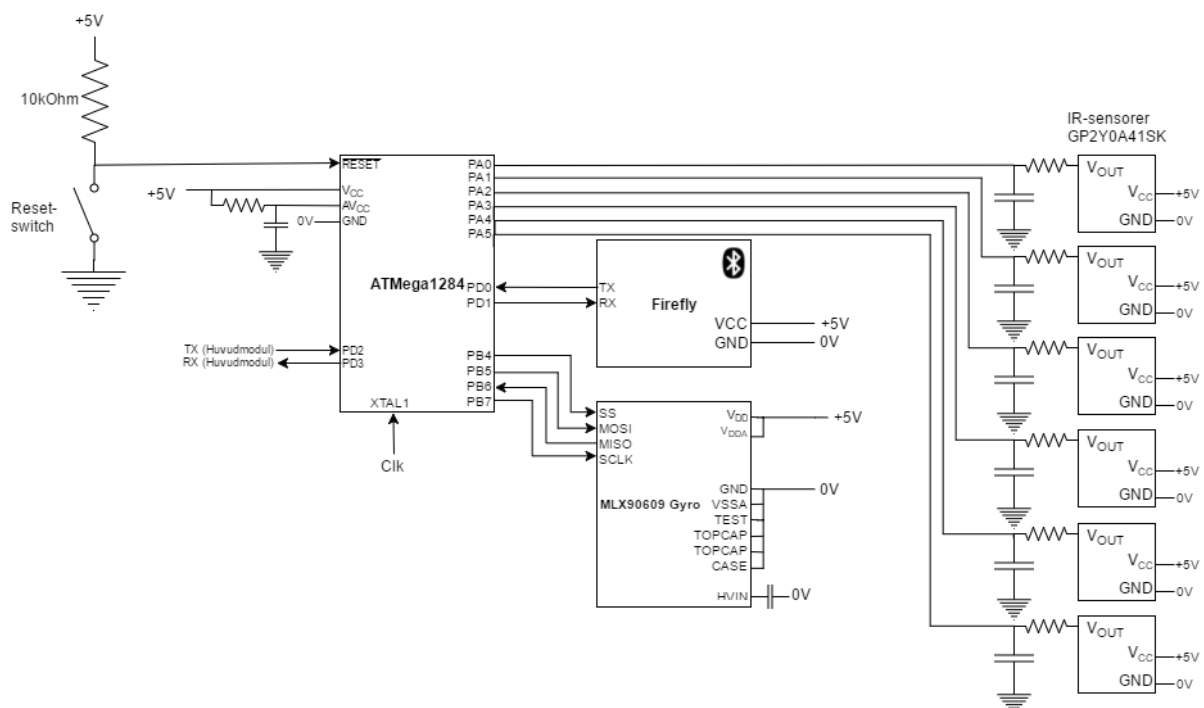
När data ska skickas från sensormodulen till huvudmodulen via USART skickas först en byte för att identifiera vilken typ av data som ska skickas. När startbyten för IR-sensorerna skickas kommer sedan datan för samtliga IR-sensorer att skickas i en viss följd. Lasers mätvärden ska skickas i en följd med ett helt varv i taget. Gyroskopsensorns data ska skickas enskilt. Alla avstånd skickas i cm.

Typ av sensor	Startbyte
IR-sensor	0101 1100
Laser	0101 1101
Gyroskopsensor	0101 1110

Tabell 2: Startbyte för olika sensorpaket.



Roboten ska vara utrustad med 6 stycken GP2Y0A41SK IR-sensorer. En riktad framåt och en bakåt. Dessa två ska användas för att täcka upp det område lasern inte klarar av och undvika kollisioner i väggar. Vänster och höger sida ska ha två stycken sensorer vardera. Deltavärdet mellan sensorparets mätvärden ska användas för att styra roboten så att den kan köra parallellt med väggar. Det ska även finnas en Lidar Lite lasersensor monterad på en roterande plattform på robotens tak (se 5.1). Även en gyroskopsensor kommer att vara monterad på roboten. Mätdata från de olika sensorerna ska tas emot av en AVR som sköter A/D-omvandlingen samt kommunikationen med huvudmodulen via asynkron USART. Figur 6 visar hur sensormodulen ska kopplas.

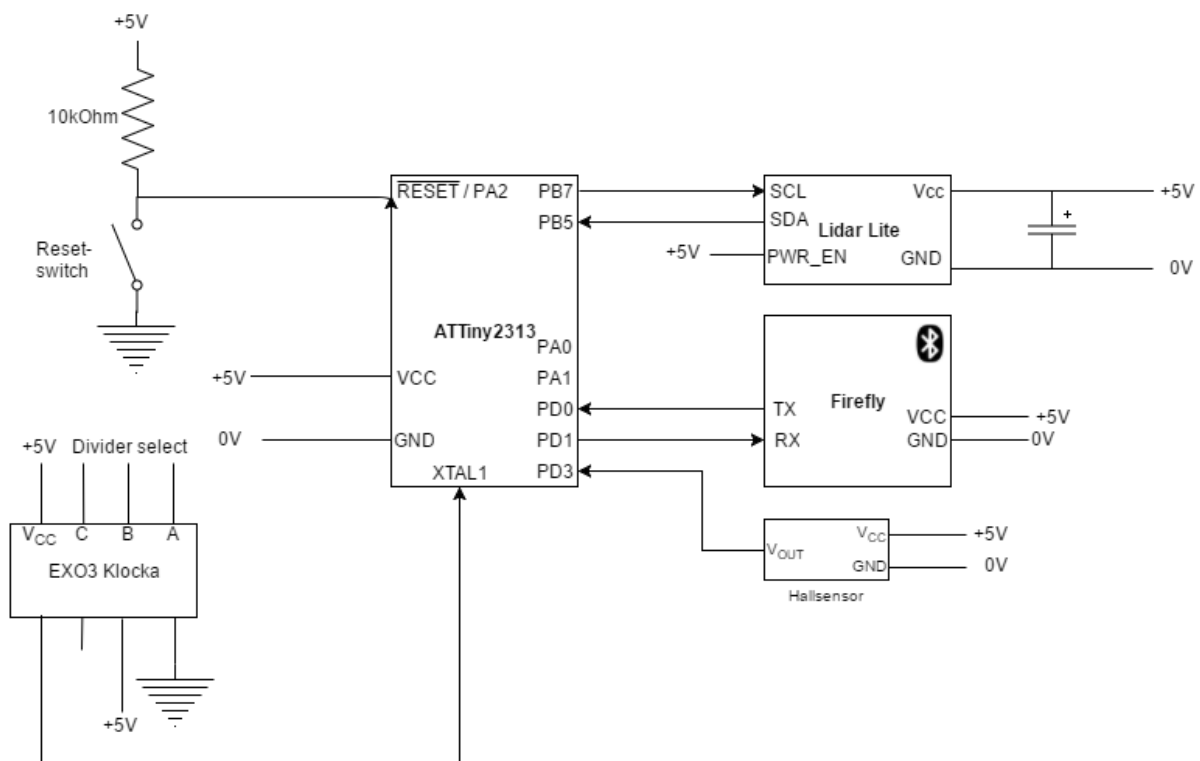


Figur 6: Kopplingsschema för sensormodulen.



## 5.1 Roterande laser

Lasersensorn ska ingå i en undermodul till sensormodulen. Denna undermodul kommer vara monterad på en roterande plattform vars rotation styrs av styrmodulen (se kap. 4 Styrmodulen). Lasermodulen ska bestå av en Lidar Lite och en AVR (ATtiny2313) för att läsa av och konvertera lasersensorns I<sup>2</sup>C-data samt skicka den via Bluetooth till sensormodulen, se Figur 7. Dessa komponenter ska drivas av en powerbank som ska vara monterad rakt ovanför rotationsaxeln för att få en så stabil rotation som möjligt.



Figur 7: Kopplingsschema för den roterande lasern.

För att veta vilken position lasern har ska en hallsensor användas. Hallsensorn ska sitta på den roterande delen. När den passerar magneten på den fasta delen, kommer den att reagera på magnetfältet och då har lasern roterat ett varv. Detta kommer att användas för att veta hur många läsningar som har gjorts på ett varv. Utifrån detta går det att få en ungefärlig riktning på lasern då en läsning gjordes och då kan avståndet till en specifik vägg bestämmas.



## 5.2 Materiel

Antal	Beteckning	Sensor	Datablad
1	ATmega1284	Mikroprocessor	<a href="https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/D ataSheets/atmega1284p.pdf">https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/D ataSheets/atmega1284p.pdf</a>
1	ATtiny2313	Mikroprocessor	<a href="http://www.atmel.com/Images/doc2543.pdf">http://www.atmel.com/Images/doc2543.pdf</a>
4-6	GP2Y0A41SK	Optisk avståndsmätare 4-30 cm	<a href="https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/D ataSheets/sharp-GP2Y0A41SK0F.pdf">https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/D ataSheets/sharp-GP2Y0A41SK0F.pdf</a>
1	Lidar Lite V2 eller Lidar Lite V3	Avståndssensor, laser	<a href="https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/D ataSheets/lidarlite2DS.pdf">https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/D ataSheets/lidarlite2DS.pdf</a>
1	MLX90609	Gyroskopsensor 300 grader/s	<a href="https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/D ataSheets/MLX90609_datasheet.pdf">https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/D ataSheets/MLX90609_datasheet.pdf</a>
2	FireFly	Bluetooth-modul	<a href="https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/D ataSheets/firefly.pdf">https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/D ataSheets/firefly.pdf</a>
1	Nokia DC-18 Batteri	Powerbank	<a href="https://www.dustin.se/product/5010756973/dc-18">https://www.dustin.se/product/5010756973/dc-18</a>
1	A3240EUA	Hallsensor	<a href="https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/D ataSheets/a3240eua.pdf">https://docs.isy.liu.se/pub/VanHeden/D ataSheets/a3240eua.pdf</a>
1	PCB-270 hål	Virkort	<a href="http://www.electrokit.com/experimentkort-breadboard-pcb-270-hal.46818">http://www.electrokit.com/experimentkort-breadboard-pcb-270-hal.46818</a>

Tabell 3: Komponenter i sensormodulen.

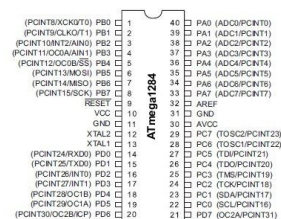


## 6 Hårdvara

Roboten består av en mängd olika delar. Det här avsnittet kommer att behandla alla tekniska detaljer för de olika delarna.

### 6.1 ATmega1284

ATmega1284 är en mikroprocessor med 40 pinnar. 32 av dessa är I/O-pinnar, vilka kan användas för kommunikation med andra enheter. Roboten kommer att använda två stycken ATmega1284; en till sensorenheten samt en till styrenheten. Figur 8 visar hur processorns pinnar är upplagda.



Figur 8: ATmega1284 pin layout

Robotens AVRer ska programmeras via ett JTAG-gränssnitt enligt dess datablad.

### 6.2 ATtiny2313

ATtiny2313 är en mikroprocessor med 20 pinnar. Av dessa är 18 stycken I/O-pinnar, vilka kan användas för kommunikation med andra enheter. Roboten kommer att använda en av dessa till lasersensormodulen (se 5.1 Roterande laser). Den är mindre än ATmega1284 och passar således bra för den roterande plattformen för att minimera upptagen yta och vikt. ATtiny2313 har den nödvändiga hårdvaran för att kunna hantera I<sup>2</sup>C, Bluetooth samt en hallsensor.

### 6.3 Raspberry Pi 3 Model B

Raspberry Pi 3 är en snabb och kraftfull enkorts dator. Datorn kommer att användas i huvudmodulen för att sköta majoriteten av robotens beräkningar. Kommunikationen med andra moduler kommer att ske via USART. Datorn har 4 stycken USB-portar vilka kan användas för detta ändamål. Datorn har även inbyggd Bluetooth vilket kommer att parkopplas med en extern laptop.

### 6.4 Terminator Fyrhjulingsrobot

Basen för roboten är en Terminator fyrhjulingsrobot. Det är en robotplattform som drivs utav fyra växlade DC-motorer och har en NiMH-batterikälla.

### 6.5 Lidar Lite V2

Lidar Lite är en lasersensor som används för avståndsbedömning. Lasern är både snabb och noggrann på medelstora avstånd, men den kan dock bli oförutsägbar på korta avstånd.





## 6.6 IR-sensor GP2Y0A41SK

Dessa IR-sensorer har en räckvidd på 4 till 30 cm, dock har de en viss osäkerhet nära ändarna på intervallet. Mätningarna ges i form av en analog signal och måste därför AD-omvandlas innan datan kan användas till beräkningar.

## 6.7 MLX90609 - Gyroskopsensor

MLX90609 är en gyroskopsensor med både digital och analog output.

## 6.8 Firefly Bluetooth-modul

Firefly är en Bluetooth-modul som ska användas för seriell kommunikation mellan sensormodulen och lasermodulen.

## 6.9 Nokia DC-18

Powerbank för drivning av Lidar Lite samt AVR på den roterande platformen. Batteriet har en output på 5 volt, vilket innebär att ingen spänningsomvandling behöver göras för att driva komponenterna.

## 6.10 EXO3 Extern Klocka

För att alla AVRer ska köras synkront på samma klocka och för att ge en exaktare klockning än processorernas inbyggda klockor kommer en EXO3 extern klocka på 16 MHz att användas. EXO3 har intern delning och kan därför dela den generade klockfrekvensen med multiplar av 2. Totalt kommer 2 stycken EXO3 att användas i systemet, en för lasermodulen och en för resten av roboten.



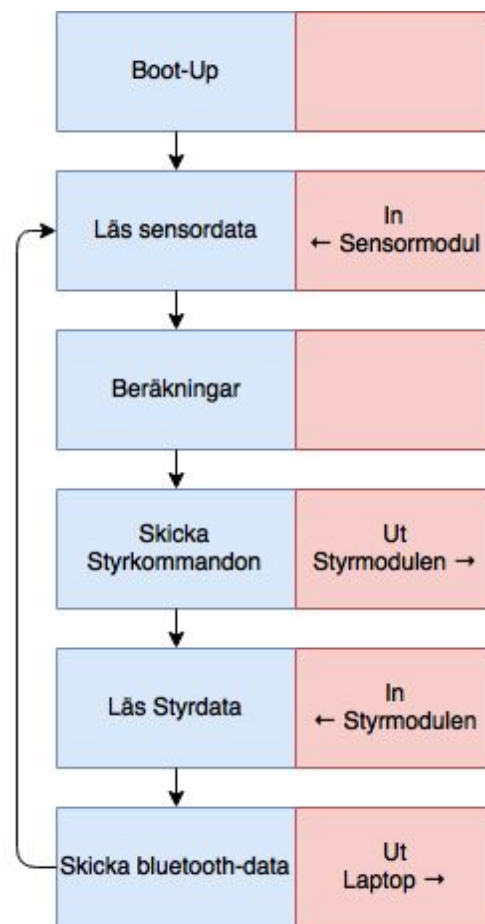
## 7 Mjukvara

I följande kapitel kommer de olika modulernas mjukvara att beskrivas med både text och bilder.

### 7.1 Huvudmodulen

Huvudmodulen är mjukvarumässig robotens mest avancerade del. Figur 9 till höger visar en grov beskrivning av den huvudloop som är tänkt att köras när roboten är i autonomt läge.

Vid boot-up skall alla register nollställas och förberedas för körning. Därefter kommer huvudmodulen att läsa sensordata. Datan kommer att skickas seriellt från sensormodulen. Datan kommer sedan att behandlas och användas till bland annat SLAM-algoritmer och en PID-regulator. Utifrån dessa beräkningar kommer sedan styrkommandon att skickas till styrmodulen. När dessa styrkommandon exekverats i styrmodulen kommer styrmodulen att skicka tillbaka styrdata. Därefter kommer all relevant data att skickas till laptopen via Bluetooth. Laptopen kommer bland annat att använda denna data till att rita upp kartan över rummet, samt att visa upp data för felsökning.

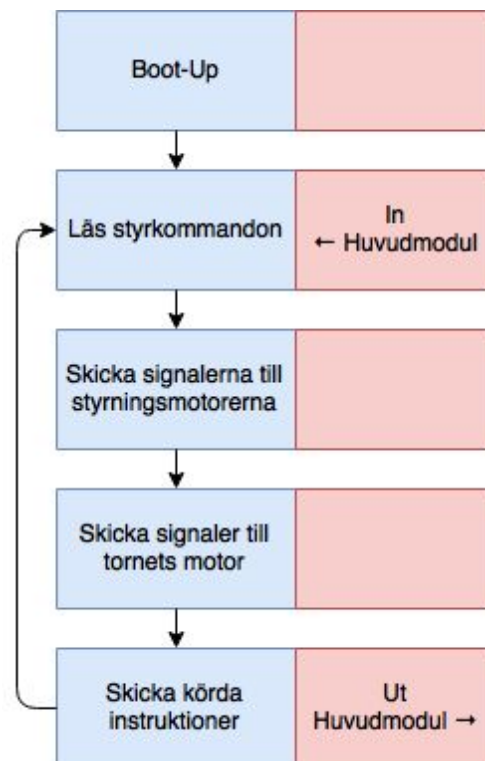


Figur 9: Figuren visar en grov beskrivning av huvudloopen för huvudmodulen i autonomt läge.



## 7.2 Styrmodul

Vid boot-up nollställs alla register och nödvändig data initialiseras. Därefter tar styrmodulen in styrkommandon från huvudmodulen och omvandlar dessa till pulsmodifierade signaler, som sedan skickas till styrningsmotorerna och tornets motor. I slutet av loopen så skickas körda instruktioner till huvudmodulen. Figur 10 visar översiktligt hur styrmodulens mjukvara ska fungera.



Figur 10: Figuren visar en grov beskrivning av huvudloopen för styrmodulen.



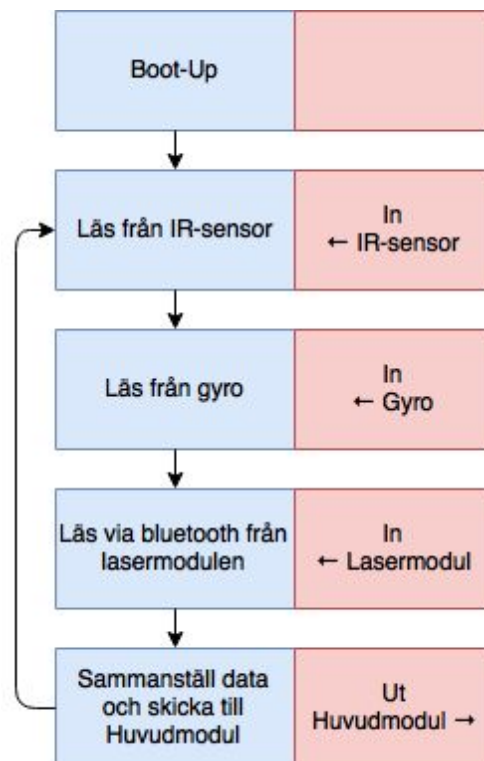
## 7.3 Sensormodul

Sensormodulen tar in och samlar all data från robotens sensorer. Till sensormodulen tillhör även lasermodulen, vilket är en separat modul som kommunicerar med sensormodulen via Bluetooth.

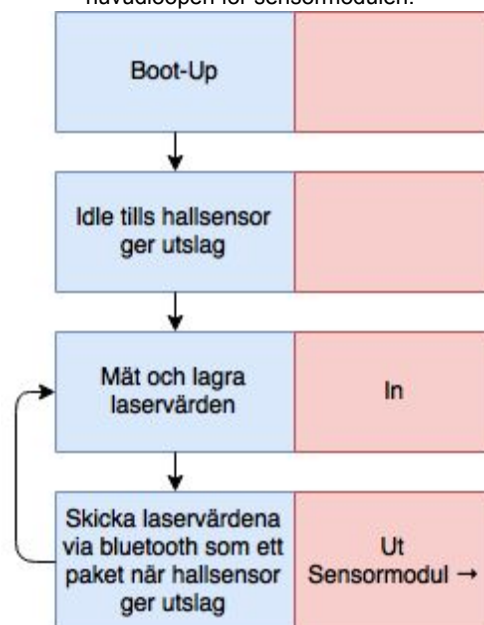
Vid boot-up nollställs alla register och nödvändig data initialiseras. Därefter läser sensormodulen av data från IR-sensorn och gyro, för att sedan läsa av mätningar från lasermodulen via bluetooth. Sedan sammanställer sensormodulen all data och skickar den seriellt till huvudmodulen. Figur 11 visar en översikt för sensormodulens program.

Lasermodulen är en separat enhet som tillhör sensormodulen. Lasermodulen hanterar insamling av data från lasern Lidar Lite v2. Modulen sammanställer ett antal mätningar mellan det att hallsensorn, som sitter monterad på modulen, gett utslag till nästa utslag. Därefter skickar modulen datapaketet till sensormodulen via Bluetooth. Detta visas översiktligt i figur 12.

Avbrott som kan användas i denna modul är ett avbrott för hallsensorn och ett avbrott från Firefly-modulen då data skickats via Bluetooth.



Figur 11: Figuren visar en grov beskrivning av huvudloopen för sensormodulen.

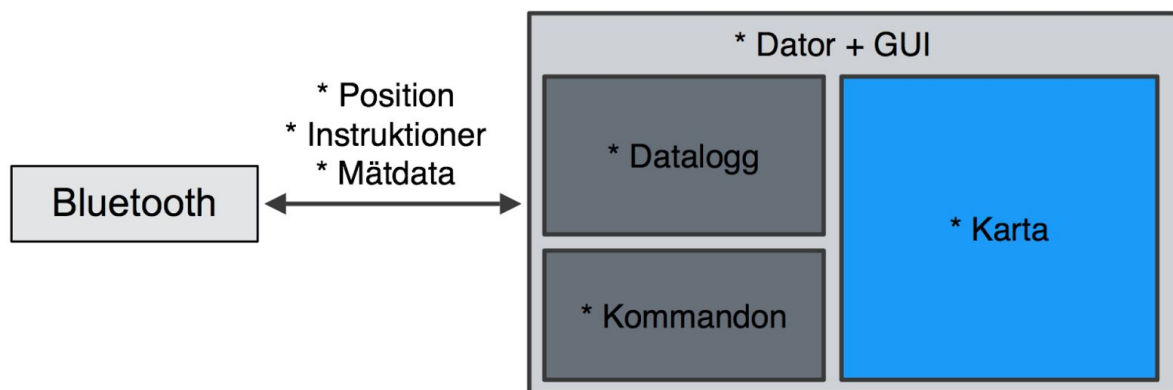


Figur 12: Figuren visar en grov beskrivning av huvudloopen för lasermodulen.



## 7.4 Datorprogrammet

På datorn som är kopplad till roboten ska ett enkelt program skrivet i Python köras. Detta program ska visa en karta över de väggar i rummet som roboten har lokaliserat. I kartan ska robotens nuvarande position markeras. Figur 13 visar en skiss över hur programmet kommer att vara upplagt. Programmet ska använda sig av paketet TkInter.

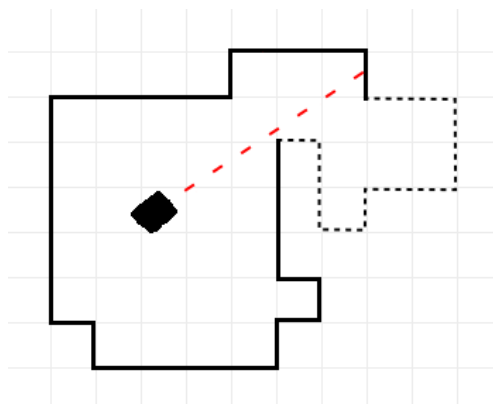


Figur 13: Visar en skiss på hur datorprogrammet kan se ut.

Programmet ska ha knappar för att kunna styra roboten när den är i manuellt läge. Dessa knappar kommer skicka instruktionerna: fram, fram vänster, fram höger, back, stopp, rotera vänster samt rotera höger.

En textruta ska visa den felsökningsdata som tas emot av roboten. Datan utgörs av sensor- och styrdata. Datan ska även skrivas till en loggfil för att kunna användas senare vid felsökning.

Kartan kommer att ritas ut på så sätt att när lasern har detekterat en vägg och räknas ut dess position, ritas denna ut i rutnätet. Figur 14 visar hur kartan kommer att byggas upp. De heldragna linjerna är funna väggar. De streckade linjerna i figuren är dock endast till för illustrering av robotens funktionalitet och kommer inte att ritas ut.





Figur 14: Exempel på hur kartan kommer se ut.

### 7.4.1 Skickade instruktioner

Följande data kommer skickas mellan huvudmodulen och den externa datorn:

Data	Beskrivning	Mottag	Skicka
Robotens position	Var roboten befinner sig i rutnätet	x	
Mätdata från sensormodulen	Sensors ID och tillhörande mätvärde	x	
Styrmodulens skickade instruktioner	Instruktioner som styrmodulen har skickat till de olika motorerna	x	
Väggarnas positioner	Var i rutnätet fastställda väggar finns	x	
Autonoma beslut	Beslut som roboten tar i autonomt läge	x	
Manuella instruktioner	Instruktioner till roboten i manuellt läge		x



## 8 Tester

I följande kapitel kommer ingående information om våra testningsrutiner för robotens olika delar att finnas.

### 8.1 Huvudmodul

Kontrollera att data kan skickas korrekt mellan huvudmodulen och de övriga modulerna. Huvudmodulen ska kunna upprätta en Bluetooth-kommunikation med en laptop.

### 8.2 Styrmodul

Kontrollera att instruktioner från huvudmodulen utförs korrekt, samt kontrollera att modulen kan styra motorerna på roboten.

### 8.3 Sensormodul

Kontrollera att paketen med sensordata som genereras blir korrekta genom att skriva ut de genererade paketen under olika förhållanden och jämföra med vad som förväntas.

Kontrollera att mätvärdena från de olika sensortyperna tolkas på ett korrekt sätt och att A/D-omvandling för de analoga sensorerna fungerar korrekt.

### 8.4 Roterande laser

Kontrollera att I<sup>2</sup>C-data från Lidar Lite tas emot i jämna intervall under ett varv så att mätvärdena fördelas jämnt på varvet.

### 8.5 Bantester och övergripande systemtester

Följand testar ska utföras på hela systemet för att se att det fungerar som tänkt:

- Verifiera att roboten stannar om den håller på att kollidera med en vägg.
- Testa att roboten återvänder till startpositionen efter slutförd kartläggning.
- Testa att roboten kan köra parallellt med en vägg på ett fixt avstånd.
- Testa att roboten kan generera en korrekt karta från ett rum.
- Testa att roboten kan navigera rätt i alla de situationer som kan uppstå enligt *Ban- och tävlings-specifikation för kartrobotar 2016*.
- Utföra upprepade tester i bana för att hitta oönskade beteenden som bara uppstår ibland.



# Referenser

## Opublicerade källor

*Ban- och tävlingsspecifikation för kartrobotar 2016*, Rebecca Lindblom, Hannes Haglund, Jacob Lundberg, Leopold Arreström, Joakim Argillander, Ermin Pitarevic.



[illegible]