

Teknisk dokumentation

Redaktör: Hannes Snögren

Version 0.1

Status

Granskad		
Godkänd		

PROJEKTIDENTITET

HT2, 2014, Grupp 2
Linköpings Tekniska Högskola, ISY

Gruppdeltagare

Namn	Ansvar	Telefon	E-post
Pål Kastman	Projektledare	0703896295	palka285@student.liu.se
Hannes Snögren	Dokumentansvarig	0706265064	hansn314@student.liu.se
Alexander Yngve	Hårdvaruansvarig	0762749762	aleyn573@student.liu.se
Martin Söderén	Mjukvaruansvarig	0708163241	marso329@student.liu.se
Daniel Wassing	Leveransansvarig	0767741110	danwa223@student.liu.se
Dennis Ljung	Testansvarig	0708568148	denlj069@student.liu.se

Hemsida: <http://github.com/ultralaserdeluxe/gloria>

Kund: Tomas Svensson

Kontaktperson hos kund: Tomas Svensson

Kursansvarig: Tomas Svensson

Handledare: Peter Johansson

Innehåll

1 Inledning	1
2 Produkten	1
3 Systemet	1
4 Kommunikation	2
4.1 PC-enhet \longleftrightarrow Huvudenhet	2
4.1.1 Kommandon	2
4.2 Huvudenhet \longleftrightarrow Styrenhet	3
4.3 Instruktionslista	3
4.4 Huvudenhet \longleftrightarrow Sensorenhet	3
4.5 Instruktionslista	4
5 Teori	4
5.1 Reglering	4
5.2 Styrning av arm	4
6 PC-enhet	6
6.1 Hårdvara	7
6.2 Mjukvara	7
7 Huvudenhet	7
7.1 Hårdvara	7
7.2 Mjukvara	7
7.2.1 Maintråd	7
7.2.2 PCtråd	7
7.2.3 Sensortråd	8
7.2.4 Regulatortråd	8
8 Styrenhet	8
8.1 Hårdvara	8
8.1.1 Motorer	8
8.1.2 Robotarm	8
8.1.3 Processor	9
8.2 Mjukvara	9
9 Sensorenhet	10
9.1 Hårdvara	10
9.1.1 Reflexsensormodul	10
9.1.2 Avståndssensorer	11
9.2 Processor	11
9.3 Mjukvara	11
10 Slutsatser	12
Bilaga A Kretsscheman!	14

Dokumenthistorik

Version	Datum	Utförda förändringar	Utförda av	Granskad
0.1				

1 Inledning

Systemet Gloria är en lagerrobot som kan följa en bana, plocka upp paket vid särskilda stationer och sätta ned dem vid nästa tomma station.

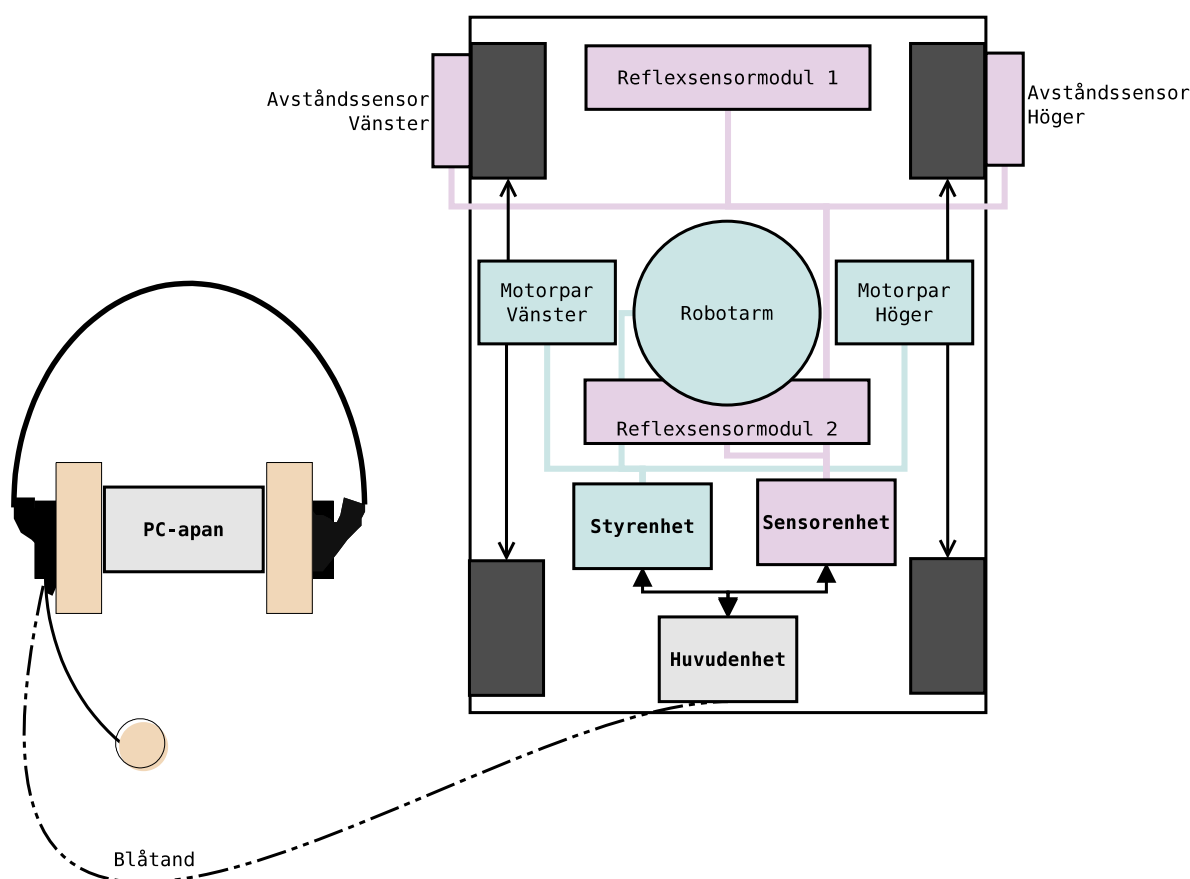
Projektet utfördes som ett moment i kursen TSEA29 vid Linköpings Universitet under HT 2014[1]. Syftet med projektet var att ge gruppmedlemmarna övning i konstruktion och utveckling med mikrodatorer och erfarenhet i att jobba enligt en projektmodell, i det här fallet LIPS.

Det här dokumentet dokumenterar hur systemet är designat och fungerar. Syftet är dels att kunden skall kunna lösa uppkomna problem eller vidareutveckla systemet och dels att utomstående part i utbildningsyfte skall kunna förstå hur systemet fungerar.

2 Produkten

Systemet Gloria är en fyrhjulig robot med en robotarm. **Den kan massor med saker och skitmycket funktionalitet**

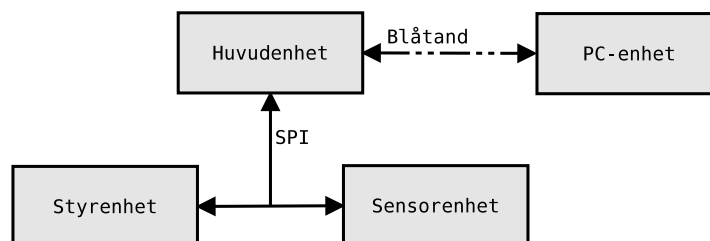
3 Systemet



Figur 1 – Översikt av systemet

4 Kommunikation

Överväger att lägga figur 2 i Systemet och protokollen under varje enhet. Alternativt Kommunikation som en subsection i Systemet.



Figur 2 – Översikt systemets kommunikationskanaler

Figur 2 ger en översikt av vilka moduler som kommunicerar med varandra och på vilket sätt detta sker. Styrenheten och Sensorenheten använder samma SPI-buss fast med olika Slave Select-pinnar. SPI-bussen körs på **20kHz**.

4.1 PCenhet \longleftrightarrow Huvudenhet

PC:n ansluter till Huvudenheten över ett Personal Area Network (PAN) via Blåtand. Alternativt kan en ethernetkabel eller ett trådlöst nätverk användas för att åstadkomma samma sak. Vi sätter sedan upp en TCP/IP-anslutning för att överföra information.

Kommunikation sker på initiativ av PCenheten. PCenheten skickar ett kommando till huvudenheten, och i det fall att det är status som begärs, svarar Huvudenheten. Kommandon ges i form av strängar, där en sträng kan innehålla godtyckligt många kommandon. Ett enskilt kommando ges på formen `kommando=argument1,argument2,...,argumentN`. Innehåller en sträng mer än ett kommando separeras varje kommando av ett semikolon.

När **status** begärs svarar huvudenheten på samma form som PCenheten med en sträng innehållandes relevant data separerade med semikolon. Tabell 1 listar vad och i vilken ordning Huvudenheten returnerar till PCenheten.

Attribut	Argument
----------	----------

Tabell 1 – Lista precis vad status returnerar.

4.1.1 Kommandon

Instruktion	Argument	Beskrivning
autoMotor	True/False	Sätter motorerna till autonomt eller manuellt läge
autoArm	True/False	Sätter armen i autonomt eller manuellt läge
hasPackage		Meddela roboten att vi har greppat ett paket
calibrateFloor		Kalibrera sensorer efter golv
calibrateTape		Kalibrera sensorer efter tejp
status		Returnera robotens status
start		Roboten påbörjar körning
armPosition	X,Y,Z,P,W,G	Förflytta armen till givna koordinater
motorSpeed	L,R	Sätt motorernas hastighet till givna hastigheter

Tabell 2 – Kommandon från PCenhet till Huvudenhet

4.2 Huvudenhet \longleftrightarrow Styrenhet

Huvudenheten kommunicerar med Styrenheten över SPI. Storleken på en instruktion är antingen fyra eller sju bytes lång. För att förebygga synkroniseringsproblem skickas först två startbytes bestående av hexadecimalt 0xff följt av längden på instruktionen (startbytesen och längdbyten räknas ej med). Därefter följer instruktionsbyten som består av två delar. De fyra högsta bitarna anger vilken instruktion som ska utföras enligt tabell 3, och de fyra lägsta vilket servo eller motorpar instruktionen rör enligt tabell 4. I fallet att instruktionen är Sätt register A till D krävs dessutom två databytes.

Illustrera exempel-kommando?

Då ett motorpar adresseras anger den minsta biten i den första databyten vilken riktning motorparet skall röra sig. 0 anger framåt, 1 bakåt **Stämmer?**. Den andra databyten anger vilken hastighet vi vill att motorerna skall röra sig i. Notera att motorernas hastighet sätts med instruktionen Sätt register A till D.

De servon vi arbetar med har en upplösning på 10 bitar både för position och hastighet. Vi måste alltså ha två databytes när vi vill ändra någon egenskap hos dessa. De två minsta bitarna i den första databyten är de två högsta bitarna och därefter följer den andra databyten.

Tabell för att illustrera bitar hit och dit?

4.3 Instruktionslista

Instruktion	Argument	Beskrivning
0000		Stoppa samtliga servon och motorer Behöver implementeras
0001	A, D	Sätt register A till D
0010	A	Utför givna kommandon för A
0011	A, D	Sätt servohastighet för A till D
0100	A	Returnera Status för A Ska det användas? Isf vad returnerar det

Tabell 3 – Kommandon från huvudenhet till styrenhet **Stämmer tabellen?**

Adress	Beskrivning
0000	Höger hjulpar
0001	Vänster hjulpar
0010	Arm axel 1
0100	Arm axel 2
0110	Arm axel 3
1000	Arm axel 4
1011	Arm axel 5 (<i>gripklo</i>)
1100	Samtliga motorer
1101	Samtliga servon
1111	Samtliga motorer och servon

Tabell 4 – Adresser för adressering till styrenhet

4.4 Huvudenhet \longleftrightarrow Sensorenhet

Huvudenheten kommunicerar med Sensorenheten över SPI. Protokollet mellan dessa moduler är väldigt primitivt då det endast finns en instruktion, Returnera sensordata för A. Instruktionen anges av de fyra högsta bitarna av instruktionsbyten enligt tabell 5. Huvudenhetens begäran är då bara på en enda databyte och Sensorenheten svarar omedelbart med de 8 mest signifikanta

bitarna för den efterfrågade sensorn. Vilken sensor som enheten returnerar data för anges av de fyra minsta bitarna i instruktionsbyten enligt tabell 6.

Illustrera bitar i instruktion

4.5 Instruktionslista

Instruktion	Argument	Beskrivning
0000	A	Returnera sensordata för A

Tabell 5 – Instruktion från huvudenhet till sensorenhet

Adress	Beskrivning
0000	Linjesensor 1
0001	Linjesensor 2
0010	Linjesensor 3
0011	Linjesensor 4
0100	Linjesensor 5
0101	Linjesensor 6
0110	Linjesensor 7
0111	Linjesensor 8
1000	Linjesensor 9
1001	Linjesensor 10
1010	Linjesensor 11
1011	Avståndssensor Höger
1100	Avståndssensor Vänster
1101	Linjesensor center Vänster
1101	Linjesensor center Höger

Tabell 6 – Adresser för instruktioner till sensorenhet

5 Teori

I projektet ingår främst två större teoretiska beräkningsmoment. Vi måste reglera utdatan till motorerna för att roboten skall följa linjen. Vidare vill vi kunna använda enklare koordinater för att tala om vart i rummet armen befinner sig, och vi behöver således kunna konvertera (x, y, z) -koordinater till vinklar för armens axlar.

5.1 Reglering

Hur tolkar vi sensordata, hur fungerar regleringen. Detta får yngve skriva Tolka sensordata Normaliserar sensordata (ger 0-1), tolkar som True om ≥ 0.8 , False om ≤ 0.3 och None för övrigt. Delar upp linjesensorn i tre fält om 3 sensorer. Om minst två av de tre vänstra och minst en av de tre mittensensorerna är true har vi en station till vänster. Motsvarande för höger.

5.2 Styrning av arm

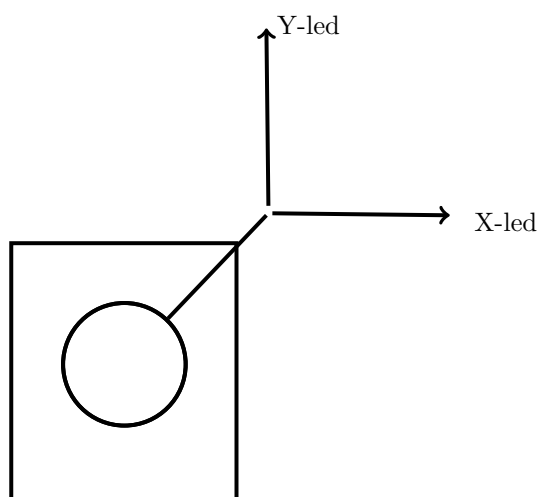
Omvandlingen från (x, y, z) -koordinater till vinklar för armens servon sker på huvudenheten. På huvudenheten finns en pythonmodul `arm.py` som implementerar beräkningarna som beskrivs nedan. Den används i tre steg.

1. Skapa en instans av `robotArm` som är en klass i `arm.py`.

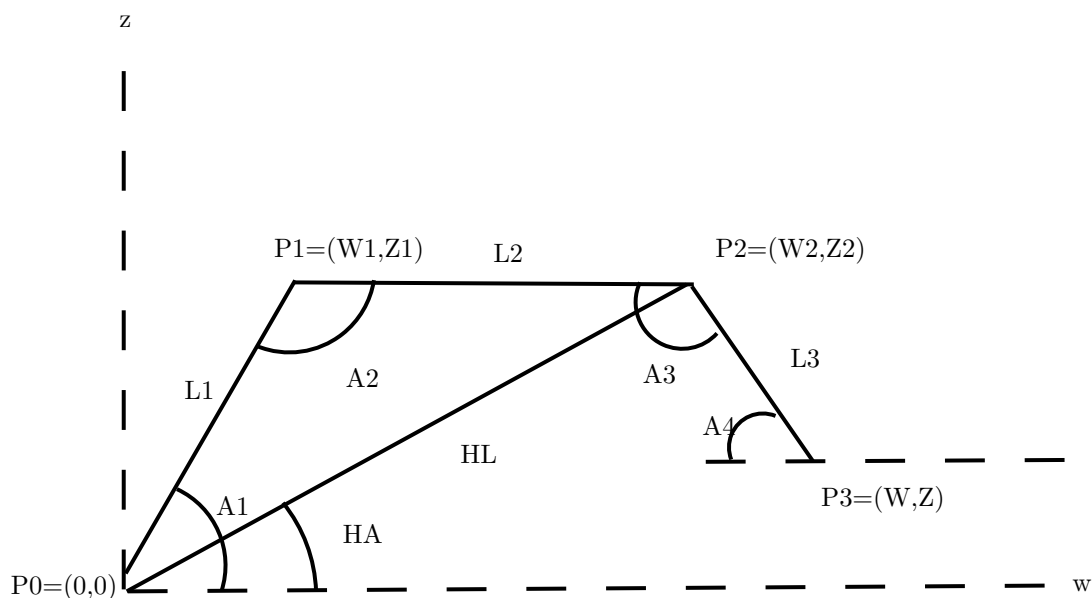
2. Använd funktionen `setAll` som tar in en lista som argument med följande innehåll `[x,y,z,gripperAngle,gripperRotationsOffset,gripper]`.
3. Använd funktionen `getServoValues` som returnerar en lista med alla servos vinklar i form av 10-bitars heltal.

GripperAngle är gripkons vinkel mot marken, gripperRotationsOffset är en offset på gripkons vinkel i förhållande till leden som gripkons är fäst i och gripper är hur mycket gripkon klämmer.

I listan som returneras är första värdet till armens bas, det andra är till A1, det tredje är till A2, det fjärde till A3, det femte till klons rotation och det sjätte till klons grepp.



Figur 3 – Armens koordinatsystem i förhållande till roboten. Upp är robotens färdriktning



Figur 4 – Armens vinklar

Omvandlingen sker på följande sätt där gripperRotationOffset och gripper ignoreras. Antag att roboten startar i $(X, Y, Z, GR) = (0, 0, 0, \pi/2)$. Där GR (GripRadian) är vilken vinkel gripkon har till z -axeln.

Vi omvandlar våra rum-koordinater till en vinkel och plankoordinater $X, Y, Z, GR \rightarrow A, W, Z, GR$. Där A är armens vinkel mot positiva x -axeln och W är armens utsträckning. **Visualisera omvandling rumkoordinater till plan**

$$A = \tan^{-1}\left(\frac{Y}{X}\right)$$

$$W = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Genom denna omvandlingen så kan vi göra om detta till ett 2-dimensionellt problem istället för ett 3-dimensionellt problem. Vi får in X, Y, Z, GR och ställer in robotens vinkel mot x -axelns positiva del och sedan ser vi till att roboten bara har rätt utsträckning och höjd.

$$P_4 = (W, Z)$$

$$P_0 = (0, 0)$$

$$W_2 = W - \cos(GR) * L_3$$

$$Z_2 = Z - \sin(GR) * L_3$$

$$H_L = \sqrt{W_2^2 + Z_2^2}$$

$$H_A = \tan^{-1}\left(\frac{Z_2}{W_2}\right)$$

Cosinussatsen ger:

$$A_1 = \cos^{-1}\left(\frac{L_1^2 + H_L^2 - L_2^2}{2 * L_1 * H_L}\right) + H_A$$

$$W_1 = \cos(A_1) * L_1$$

$$Z_1 = \sin(A_1) * L_1$$

$$A_2 = \tan^{-1}\left(\frac{Z_2 - Z_1}{W_2 - W_1}\right) - A_1$$

$$A_3 = GR - D_2 - D_3$$

Då är alla vinklar beräknade men servornas nollpunkter är inte på samma ställen som nollställena i beräkningarna ovanför. Så följande offset ställs in i grader:

- $A_0 = A_0 + 60$
- $A_1 = 240 - A_1$
- $A_2 = 240 - A_2$
- $A_3 = 150 - A_3$
- $A_4 = 240 - A_0 + \text{GripperRotationOffset}$ (klons rotation beror på basens rotation)
- A_5 har ingen offset

Dessa vinklar är nu i grader. Dessa multipliceras nu med 3.41 **Varför?** och avrundas nedåt till heltal och kan nu användas direkt av styrenheten.

6 PC-enhet

PCenheten är ett verktyg för att göra det enklare att använda GLORIA.

6.1 Hårdvara

6.2 Mjukvara

7 Huvudenhet

Vad fyller Huvudenheten för funktion?

7.1 Hårdvara

Den hårdvara som ingår i huvudenheten består av en Beagleboard-xm. På denna sitter en Blåtands-enhet av typ **Typ/modell av BT?** monterad för kommunikation med PC-enheten. Denna är ansluten till styrenheten och sensorenheten med en flatkabel som innehåller SPI-busen. **Bild på BB?**

7.2 Mjukvara

Mjukvaran är uppdelad i fyra trådar. En maintråd som har hand om all styrlogik, en pctråd som hanterar all kommunikation med PC:n, en sensortråd som kontinuerligt uppdaterar huvudenhetens sensorvärden och en regulatortråd som har hand om regleringen så roboten kan följa banan utan problem. Alla dessa kommunicerar med varandra genom ett globalt dictionary som innehåller alla olika variabler som behöver delas. Kommandon från PC:n delas mellan pctråden och maintråden genom en kö.

Schema över trådar

7.2.1 Maintråd

Hur tolkar vi sensordata? bäst om dennis skriver denna

7.2.2 PCtråd

PCtråden sätter upp en socket när den skapas och väntar på en inkommande anslutning från en PC. När den får en anslutning så väntar den på ett kommando.

Följande står redan i protokoll Kommandot kommer som en textsträng på formatet *kommando=argument1,argument2*;. Om kommandot inte har några argument så ser strängen ut på följande sätt *kommando*.

Denna sträng görs om till en lista med följande utseende : *[kommando,argument1,argument2]*.

Oftast tas flera kommandon emot samtidigt och PCtråden gör om dessa till en lista av kommandon som den går igenom och behandlar ett efter ett. Får man till exempel in två kommandon om sätta motorhastigheten så ser tillvägagångssättet ut på följande sätt:

1. `motorSpeed=speed1,speed2;motorspeed=speed3,speed4`;tas emot
2. detta görs om till `[[motorspeed],[speed1],[speed2]],[motorSpeed],[speed3],[speed4]]`
3. det första kommandot behandlas genom att argumenten omvandlas till heltal, motorernas hastighet uppdateras i dictionaryt och kommandot läggs till i kön så maintråden vet att den ska skicka ut kommandot.
4. nästa kommando behandlas på samma sätt men om `speed1=speed3` och `speed2=speed4` så ignoreras kommandot då det inte påverkar hastigheterna. **Om speed1 != speed3, skrivs speed1 över? Skickar maintråden speed3 2 ggr?**

7.2.3 Sensortråd

Sensortråden hämtar data från Sensorenheten med en given uppdateringsfrekvens. De hämtade sensorvärdena lagras i den globala datastrukturen. **Normaliserar filterar sensordata? Uppdateringsfrekvens, varför?**

7.2.4 Regulatortråd

Regulatortråden använder data från linjesensorerna för att beräkna hur roboten behöver röra sig för att följa linjen. Detta görs sedan om till motsvarande motorhastigheter och lagras i den globala datastrukturen.

Regleringen utförs i en egen tråd för att säkerställa att beräkningarna sker med jämna tidsintervall.

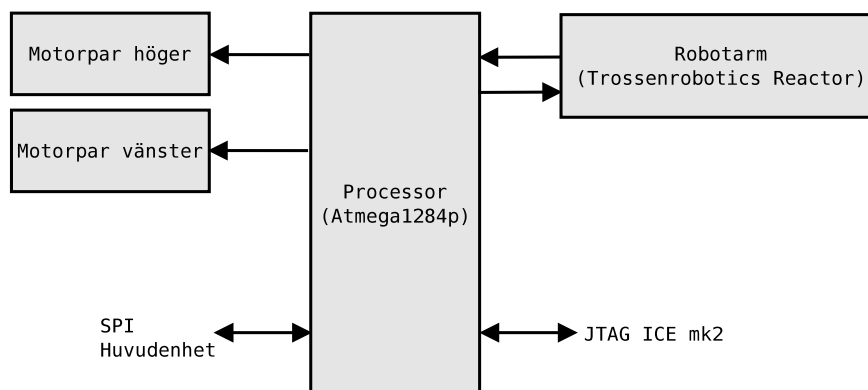
Detektion av stationer/avbrott

8 Styrenhet

Styrenheten har till uppgift att ta kommandon från huvudenheten och producera ut signaler som motorer och servon kan förstå.

8.1 Hårdvara

Styrenheten består av en Atmega1284p, en tri-state-krets[12], två motorpar och en robotarm Trossenrobotics Reactor[4]. Styrenheten är ansluten till Huvudenheten via samma **20-l-pinnarskabel** som Sensorenheten. Figur 5 illustrerar grovt hur de är ihopkopplade. **Hänvisa till kopplingschema i Bilaga**



Figur 5 – Översikt av styrenheten

8.1.1 Motorer

Systemet har sammanlagt fyra motorer, uppdelat i två motorpar. De är anslutna till Styrenheten med en 10-pinnars flatkabel. Motorparen levererades med intelligenta H-bryggor[6] och behöver förses med en PWM-signal var, som bestämmer motorernas hastighet och en riktningssignal var där 1 är i framriktningen och 0 backriktningen **Stämmer?**.

8.1.2 Robotarm

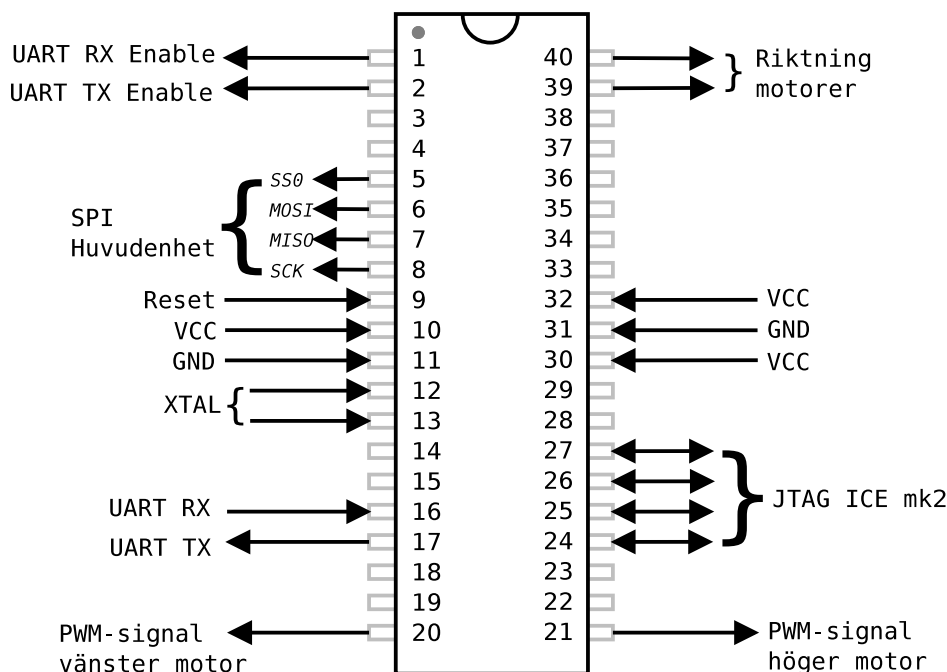
Robotarmen är en Trossenrobotics Reactor och består av åtta servon av typ AX-12a[5]. Dessa är fördelade på fem axlar och en gripklo. De kommunicerar med Styrenheten över UART med en

baudrate på 1MB/s, där både in och utsignal går via samma sladd. Denna är därför ansluten till två tristates för att förebygga att något oväntat skrivs eller läses från bussen.

Utveckla hur protokollet mot armen ser ut?

8.1.3 Processor

Styrenheten drivs av en enkretsdator av typ Atmega1284p. Den kan anslutas till en PC via JTAG för att programmeras eller felsökas. Den har en klockfrekvens på 16MHz och tar emot kommandon från Huvudenheten, tolkar dessa och ser till att motorerna och robotarmen utför det som Huvudenheten har sagt. Figur 6 visar hur enkretsdatorn är ansluten till övrig hårdvara.



Figur 6 – Schema över hur enkretssdatorn i styrenheten är ansluten till övrig hårdvara.

8.2 Mjukvara

Styrenhetens mjukvara består av två moment. För det första tas kommandon emot via SPI från huvudenheten. Vi utnyttjar att Atmega1284p har hårdvarustöd för SPI och triggar ett interrupt när en byte tas emot.

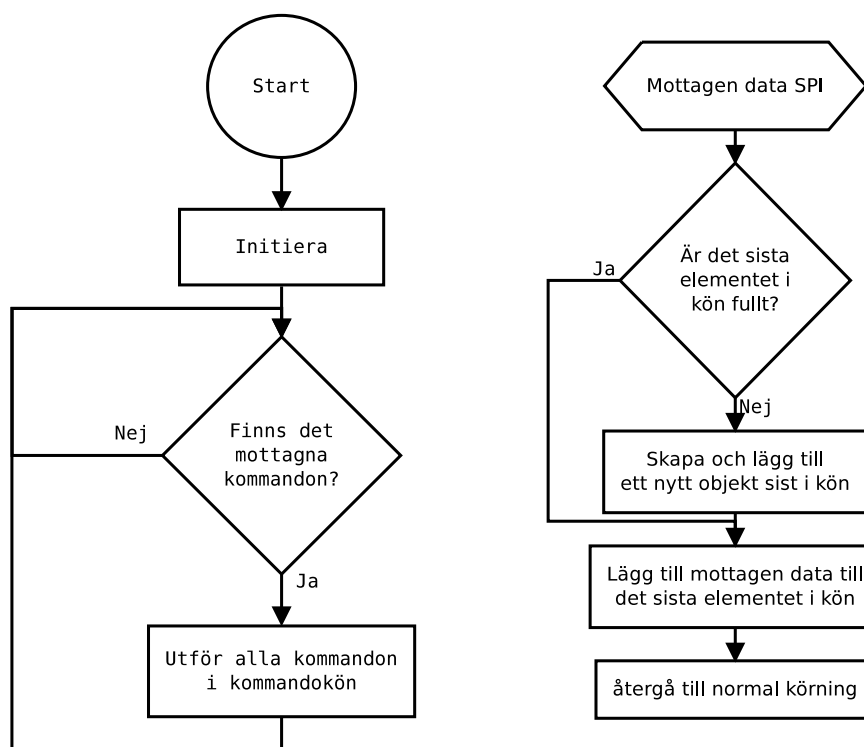
Centralt i mjukvaran är den kommandokö där mottagna databytes hamnar. Vi lägger alltid till inkomna databytes till det sista kommando-objektet i kön. Om vi får in en databyte och det sista objektet är fullt eller listan tom, skapas ett nytt kommando-objekt och läggs till kön. Vi vet att ett kommando-objekt är fullt genom att jämföra den förväntade längden (se **protokoll huvud-styr**) med hur många byte kommandot består av.

På andra sidan kommandokön har vi den del av mjukvaran som tolkar och utför inkomna kommandon. Den kollar kontinuerligt om kommandokön är tom. Är den inte det kollar vi om det första kommandoobjektet är fullt. Är det fullt mottaget tolkar vi och utför det.

Styrenheten kommunicerar med robotarmen över UART. Atmega1284p har hårdvarustöd för USART, vilket används genom att vi lägger till data till en buffert och väntar på att det skickas.

Motorernashastighet kontrolleras genom en PWM-signal till vardera motorpar. **Beskriv PWM-generator**

Styrenheten har en intern datatyp för typ av enhet den förväntas styra. Om det mottagna kommandot är ett av typen Sätt register A till D lagras detta i den adresserade hårdvarans



Figur 7 – T.v. Styrenhetens **mainloop**. T.h. Hur styrenheten hanterar avbrott över SPI.

datatyp. I det fall att det är armen som adresseras skickas den mottagna datan till rätt register med ett **WRITE**-kommando **ref datablad AX-12a**. Det innebär att armen inte realiserar de mottagna värden förrän den får ett **ACTION**-kommando. När styrenheten mottager ett **Action**-kommando från huvudenheten realiserar den tidigare mottagna kommandon för den adresserade hårdvaran. Detta görs genom att skicka **ACTION**-kommandon till armen respektive sätter de timers som styr PWM-signalerna till motorparen.

Hur sköts PWM-en?

9 Sensorenhet

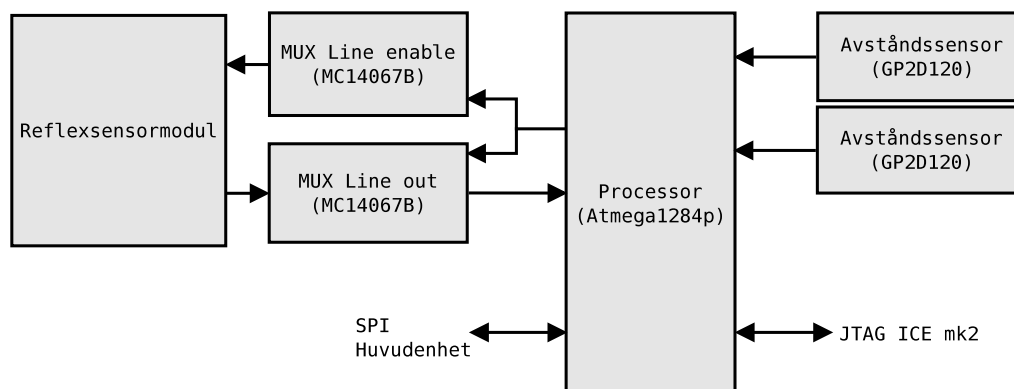
Sensenheten har till uppgift att förse huvudenheten med sensordata. Sensordatan den returnerar är obehandlad rådata.

9.1 Hårdvara

Sensenheten består av en Atmega1284p, två reflexsensormoduler och två avståndssensorer. Reflexsensormodulerna är kopplade via två 16-1 muxar till enkretsdatorn. Den ena muxen används för att styra en konstant hög enable-signal till rätt reflexsensor och den andra för att välja rätt utsignal. Båda muxarna styrs av samma styrsignal från enkretsdatorn. Avståndssensorerna är kopplade direkt till enkretsdatorn. Enkretsdatorn är ansluten till huvudenheten med en **20lol-pinnarskabel?** över vilken de kommunicerar via SPI. Figur 8 illustrerar hur enheten är organiserad i grova drag. **Hänvisa till kopplingsschema i Bilaga**

9.1.1 Reflexsensormodul

Reflexsensormodulerna består av 11 reflexsensorer var. De ansluts med en 22-pinnars flatkabel vardera där respektive kabel har en enable- och en utsignal för vardera reflexsensor enligt



Figur 8 – Översikt av sensorenheten **Lägg till Reflexsensormodul 2**

databladet[10]. De matas med 5V och ger en analog insignal mellan 0V och 5V beroende på hur mycket ljus som reflekteras. De ger låg utspänning då underlaget reflekterar mycket ljus, och hög utspänning då lite ljus reflekteras **Hade vart nice med en graf över lästa värden.**

Den ena reflexsensormodulen används för att detektera vart på banan vi är för att kunna reglera styrningen, endast de två yttersta sensorerna används på den andra modulen för att detektera när en upplösnings-/nedsättningsstation befinner sig mitt under roboten, de övriga sensorerna används inte.

9.1.2 Avståndssensorer

Avståndssensorerna är av typen GP2D120 vilken använder ljus för att detektera avståndet. Dess utsignal är en analog spänning mellan 0V och 3.2V som går hög ju närmare ett objekt befinner sig. **Hade vart nice med en graf**

Avståndssensorerna sitter på vardera sida av roboten och används för att detektera huruvida det står ett paket vid en station eller inte.

Graför över tolkad sensordata

9.2 Processor

Den centrala komponenten i Sensorenheten är enkretsdatoren Atmega1284p. Den kör en klockfrekvens på 16MHz och utför den faktiska läsningen av sensorerna och vidarebefodrar dessa värden till Huvudenheten. Figur 9 visar hur de olika enheterna är kopplade till enkretsdatoren.

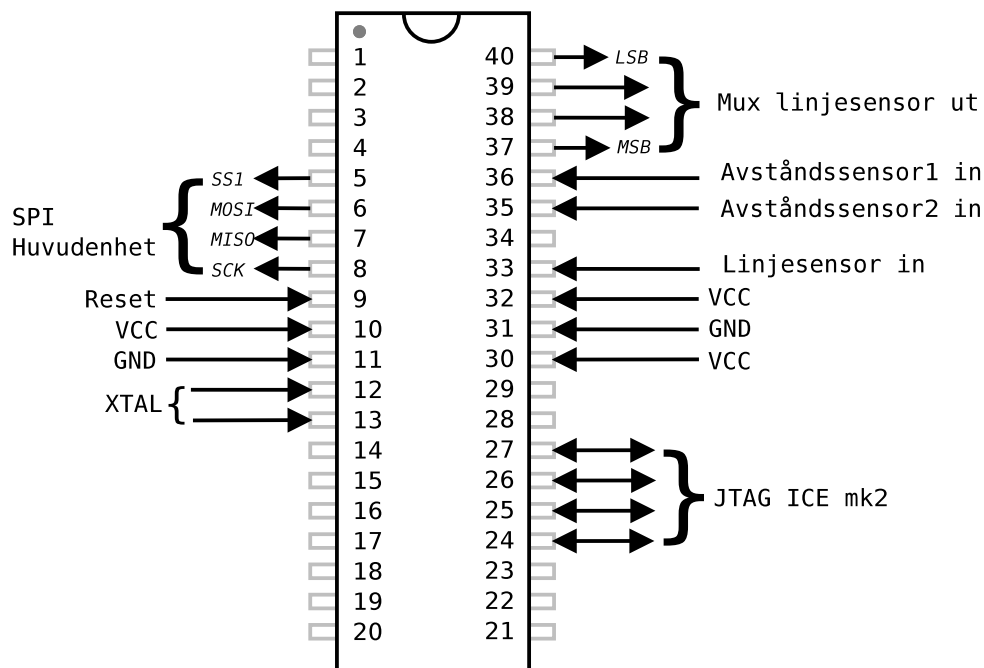
9.3 Mjukvara

All mjukvara på sensorenheten är skriven i C och finns på enkretsdatoren. Den består av två delar, illustrerat i figur 10.

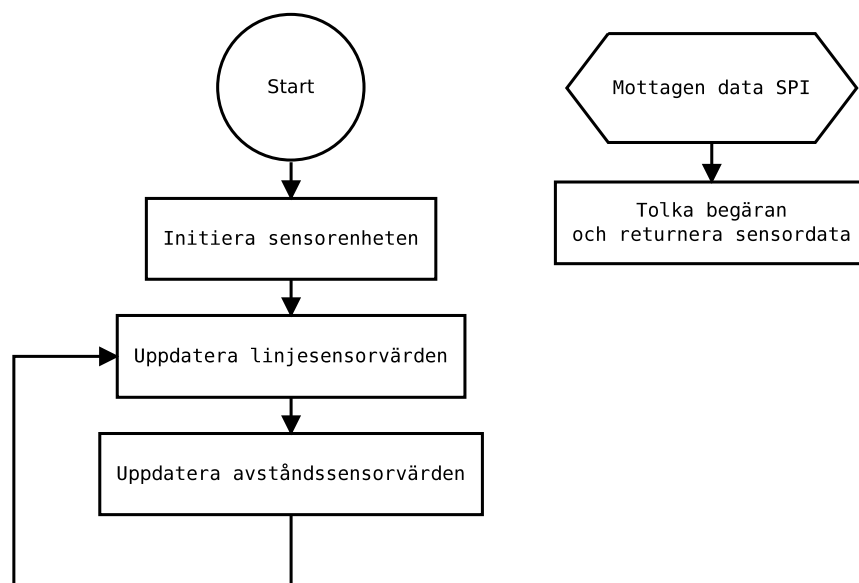
För det första körs en mainloop där sensordata kontinuerligt uppdateras. Först itererar vi igenom Reflexsensorerna genom att först styra om enable-signalen till den aktuella sensorn och därefter utföra en AD-omvandling på den signal vi får tillbaks och sedan gå till nästa. Därefter utför vi i tur och ordning en AD-omvandling på insignalerna från avståndssensorerna. Alla värden sparas i en global datastruktur.

För det andra tar sensorenheten emot begäran om sensordata från huvudenheten över SPI. När en sådan förfrågan inkommer triggas ett avbrott i vilket sensorenheten svarar med det aktuella sensorvärdet. Då inget i avläsningen av sensorerna är tidskritiskt behöver vi inte oroa oss för när dessa avbrott kommer.

Då Atmega1284p har hårdvarustöd för SPI på så sätt att den triggar ett interrupt då den har mottagit en byte. Det är i detta avbrott vi utför ovan nämnda procedur för kommunikation med huvudenheten.



Figur 9 – Schema över hur enkretssdatorn i sensorenheten är ansluten till övrig hårdvara.



Figur 10 – Till vänster sensorenhetens **huvudslina**, till höger den avbrottsrutin som körs vid mottagen data över SPI.

10 Slutsatser

Reflektion. Hur kan systemet förbättras?

Referenser

- [1] <http://www.isy.liu.se/edu/kurs/TSEA29/>, information hämtad 2014-09-**tidigt?**.
- [2] <http://www.commsys.isy.liu.se/sv/student/kurser/TATA62/lips>, information hämtad 2014-09-25.
- [3] LIPS, Studentlitteratur, Tomas Svensson, Christian Krysaner **Gör rätt**
- [4] <http://www.trossenrobotics.com/p/phantomx-ax-12-reactor-robot-arm.aspx>, information hämtad **hittepå**.
- [5] http://support.robotis.com/en/techsupport_eng.htm#product/dynamixel/ax_series/dxl_ax_actuator.htm, information hämtad 2014-10-24.
- [6] <https://docs.isy.liu.se/twiki/pub/VanHeden/DataSheets/pwm-motorstyrning.pdf>, information hämtad **hittepå**
- [7] <http://www.atmel.com/images/doc8059.pdf>, information hämtad **hittepådatum**.
- [8] http://www.sharpsma.com/webfm_send/1205, information hämtad **Hittepådatum**.
- [9] <http://www.ubuntu.com>, **Hur refererar vi ubuntu?**
- [10] <https://docs.isy.liu.se/twiki/pub/VanHeden/DataSheets/reflexsensormodul.pdf>, information hämtad **hittepådatum**.
- [11] <https://docs.isy.liu.se/twiki/pub/VanHeden/DataSheets/4067b.pdf>, information hämtad **hittepådatum**.
- [12] <https://docs.isy.liu.se/twiki/pub/VanHeden/DataSheets/sn74ls125.pdf>, information hämtad **hittepådatum**.
- [13] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/txb0104.pdf>, information hämtad **hittepådatum**.

Resurs/datablad för Beagleboard?
Datablad för kristall/oscillator
Datablad för tryckknapp

Bilaga A **Kretsscheman!**