

# Designspecifikation

Gustaf Sjögemark

Version 0.1

Version	Datum	Utförda förändringar	Utförd av	Granskad
0.1	2024-10-11	Första utkast	Hela gruppen	Gustaf Sjögemark

# Projektidentitet

Grupp E-post: rikag489@student.liu.se

Hemsida: gitlab.liu.se/da-proj/microcomputer-project-laboratory-d/2024/g09/docs

Beställare: Linköpings Universitet

Kund: Mattias Krysander

E-post: mattias.krysander@liu.se

Tfn: +4613282198

Handledare: Theodor Lindberg.

E-post: theodor.lindberg@liu.se

Kursansvarig: Anders Nilsson

E-post: anders.p.nilsson@liu.se

Tfn: +4613282635

# Projektdeltagare

Namn	Ansvar	E-post
Kacper Uminski	Implementationsansvarig (IMP)	kacum383@student.liu.se
Gustaf Sjögemark	Dokumentansvarig (DOK)	gussj945@student.liu.se
Samuel Tuvstedt	Projektledare (PROJ)	samtu593@student.liu.se
Rikard Ågren	Kund/Kommunikationsansvarig (KOM)	rikag489@student.liu.se
Axel Nyström	GUI/Test-ansvarig (GUI)	axeny840@student.liu.se
Alfred Sjöqvist	Organisationell Korrespondent (ORG)	alfsj019@student.liu.se

## Innehåll

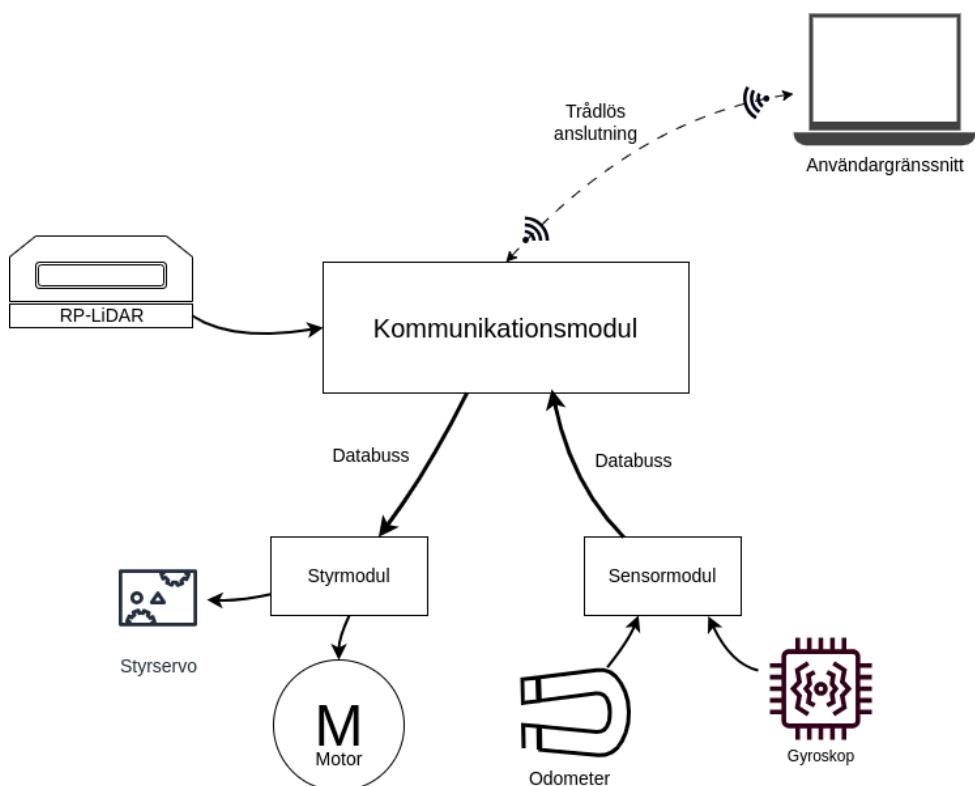
1 Inledning & sammanfattning .....	1
1.1 Systemöverblick .....	1
1.2 Sensorer .....	1
2 Sensormodul .....	3
2.1 Komponentbudget .....	3
2.2 Mjukvara .....	3
2.2.1 Pseudokod för hallsensorer .....	3
2.2.2 Pseudokod för gyrosensor .....	4
2.3 Prestandabedömning .....	4
2.4 Kopplingsschema .....	4
3 Styrmodul .....	6
3.1 Komponentbudget .....	6
3.2 Mjukvara .....	6
3.3 Prestandabedömning .....	7
4 Kommunikationsmodul .....	8
4.1 Komponentbudget .....	8
4.2 Mjukvara .....	8
4.2.1 Kartläggning .....	8
4.2.2 Styrning .....	9
4.2.3 Main-loop .....	9
4.2.4 Datastrukturer .....	9
4.3 Prestandabedömning .....	10
4.4 Kopplingsschema .....	10
5 LiDAR .....	11
5.1 Komponentbudget .....	11
5.2 Mjukvara .....	11
5.2.1 Programöversikt .....	11
5.2.2 Algoritmer .....	12
5.2.3 Datastrukturer .....	12
5.2.4 Avbrottshantering .....	12
5.3 Prestandabedömning .....	12
5.4 Signaldefinitioner .....	12
6 Användargränssnitt .....	13
6.1 Komponentbudget .....	13
6.2 Mjukvara .....	14
7 Beskrivning av kommunikationen mellan delsystemen .....	15
8 Implementationsstrategi .....	16
8.1 Dokumentation .....	16
8.2 Implementationsordning .....	16
8.3 Test .....	16
8.4 Feedback .....	16
Bibliografi .....	17

# 1 Inledning & sammanfattning

## 1.1 Systemöverblick

Systemet kan delas upp i olika delar som tillsammans skapar bilen. Användargränssnittet, sensormodulen, styrmodulen och kommunikationsmodulen. Användargränssnittet möjliggör att utvecklaren kan få information (såsom hastighet, tillryggalagd sträcka, vilket varv den befinner sig på, mm) och att styra bilen manuellt. I sensormodulen ingår flera mindre sensorer såsom hall-sensorer och gyroskop. Med hjälp av datan från dessa sensorer samt en roterande LiDAR kommer bilen kunna orientera sig och bestämma hur den ska köra den optimala vägen på banan.

Styrmodulen har i uppgift att reglera bilens riktning och fart utefter kommandon. Detta möjliggörs genom att den kontrollerar en styrservo och drivande motor. Kommunikationsmodulen står i centrum för bilens autonoma funktion och kommunikation mellan moduler. Den har i uppgift att ta in data från LiDAR, sensormodulen och användargränssnittet och baserat på den reglerar den med styrmodulen för att reglera bilen, se figur 1 för en överblick av systemet.



Figur 1: Översiktlig systemskiss med samtliga delsystem och gränssnitt.

Sensorerna som används i systemet är ett gyroskop för att mäta svängar och hall-sensorer för att mäta hastighet på de bakre hjulen. Gyroskopet placeras inuti bilen, den exakta platsen är inte relevant då gyroskopet kommer att fungera på rätt sätt så länge den sitter på bilen och inte är nära stora strömkällor. En LiDAR kommer placeras högst upp på bilen så dess vy inte obstrueras. Motor och styrservo placeras så de kan styra framhjulen och driva bakaxeln. Kommunikationsmodul, styrmodul och sensormodul placeras så de inte är i vägen för rörliga delar och så att de sitter skyddade för stötar.

## 1.2 Sensorer

Nedan är de sensorer som används i projektet listade med en kortare beskrivning.

**Odometer:** På bilens hjul sitter magneter, som blir avlästa med halleffektsensorn A1120.

**Gyroskop:** För att bilens rotation i det horrisontella planet ska kunna känna används ett gyroskop.

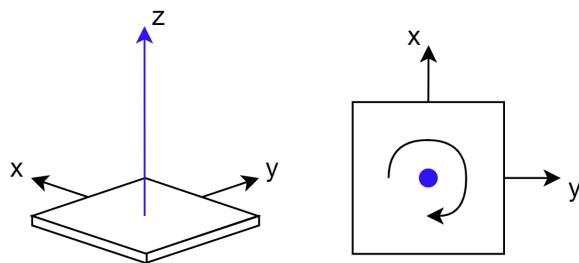
**LiDAR:** För att bilen ska kunna läsa av sin omgivning används en en LiDAR.

## 2 Sensormodul

Sensormodulens uppgift är att med input från sensorerna beräkna hastighet, färdsträcka samt riktning/rotation av de styrande framhjulen. Denna information ska sensormodulen sedan skicka till kommunikationsmodulen. Sensormodulen består av en ATmega1284p mikrokontroller[1], en 'angular rate sensor'[2] (gyroskop), samt två hallsensorer[3] (en vid vardera bakhjul).

Hallsensorernas är kopplade till AVR:ens interrupt-portar INT0 och INT1 som ligger på pinne PD2 respektive PD3 (se figur 3). Portarna är konfigurerade så att ett avbrott triggas på låg flank, vilket sker när en av magneterna i hjulen passerar en hallsensor och dess aktivt höga signal blir låg.

Gyroskop-sensorn är kopplad till en av AVR:ens portar för AD-omvandling, pinne PA0 (se figur 3). Gyro-sensorns 'OUTAR'-pinne skickar ut en analog signal som positivt stiger vid medurs rotation kring axeln normal till sensors platta yta (se figur 2). Denna signal omvandlas sedan till ett digitalt värde i AVR:en.



Figur 2: Till vänster: gyro-sensorn illustrerad i 3D.

Till höger: gyro-sensorn sedd ovanifrån. Pilen kring den blåa pricken illustrerar rotationen som sensorn känner av.

Sensormodulen har även JTAG-anslutning[4] för debugg- och programmerings-syften, samt FTDI-anslutning[5] för kommunikation med kommunikationsmodulen.

### 2.1 Komponentbudget

I tabell 1 återfinns information om vilka komponenter och hur många av vardera som behövs för att konstruera styrmodulen.

Tabell 1: Komponenter i sensormodulen.

Komponent	antal
Atmega1284P	1
Hallsensor (A1120)	2
Gyroskop (MLX90609)	1
JTAG ICE 3	1

## 2.2 Mjukvara

### 2.2.1 Pseudokod för hallsensorer

Antaganden:

- Hjulens omkrets är känd.
- En interrupt triggas när en magnet passerar en sensor.
- Tiden mellan avbrott mäts.

```

int hall_count_L //räknar antal avbrott i hall-sensor L
int hall_count_R //räknar antal avbrott i hall-sensor R
int interrupt_interval
int speed
int distance

main
    Initiera nödvändiga portar, interrupts, etc.

    while-loop med önskad frekvens:
        - beräkna färdsträcka m.h.a antal avbrott och hjulens omkrets
        (Kanske ta genomsnitt av L och R)
        idé: (antal pulser / antal magneter per hjul) * omkrets

        - beräkna hastighet m.h.a tidsintervallet mellan de två senaste avbrottet
        (genomsnitt av L och R)
        idé: hjulens omkrets / (tid mellan de två senaste avbrottet * antalet
        magneter per hjul)

        - skicka data / gör data tillgänglig för komm.-modulen

```

```

Avbrottsrutin för hallsensor: //magnet har passerat sensor
    hall_count_[L/R] ++
    beräkna tid sen senaste avbrott

```

## 2.2.2 Pseudokod för gyrosensor

```

int adc_res

main
    - Initiera nödvändiga portar, ADMUX, referensspänning, samplinghastighet?, etc.
    - gyro-sensors analoga output kan MUXas för att välja mellan
    vinkelhastighet och temperatur (se datablad!)

    while-loop med önskad frekvens:
        - starta AD-omvandling
        - beräkna rotation/riktning utifrån adc_res
        - skicka data / gör data tillgänglig för komm.-modulen

```

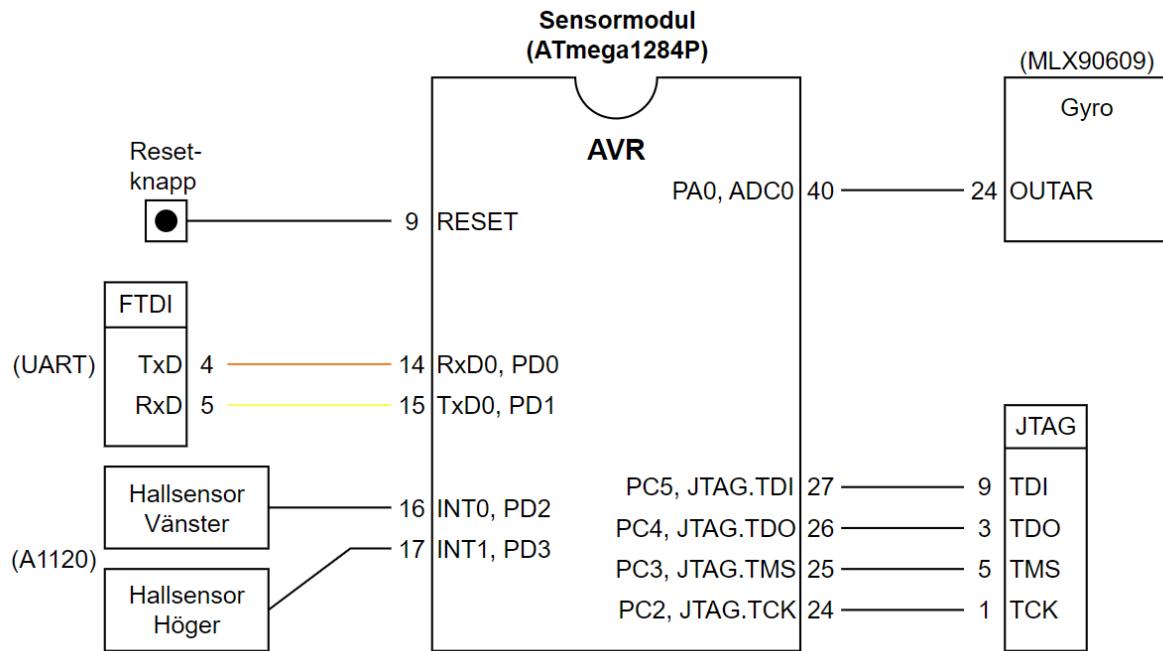
Avbrottsrutin för AD-omvandling:  
`adc_res <- "ADCH eller dylikt"` (lägg in resultatet av AD-omvandlingen i adc\_res)

## 2.3 Prestandabedömning

Minnestillgång och prestanda borde inte vara något problem.

- En 32-bitars integer för räkning av hall-sensor-avbrott.
- En 8-bitars integer för hastighet.
- En 8-bitars integer för färdsträcka.

## 2.4 Kopplingsschema



Figur 3: Kopplingsschema för sensormodulen.

### 3 Styrmodul

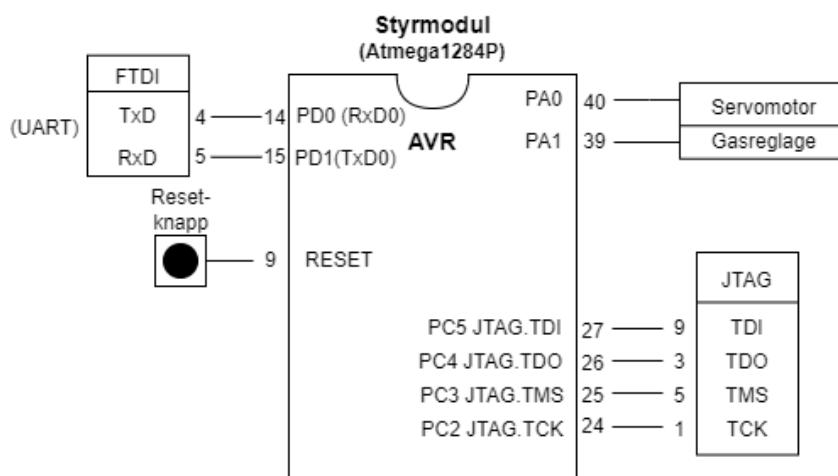
Styrmodulens uppgift är att reglera bilens styrsystem så att bilen styrs mot ett givet mål. Målet är en punkt angiven på polär form - med vinkel och avstånd från nuvarande punkt. Genom att signalera till fartreglage och styr servo styr styrmodulen bilen.

Styrmodulen ansluts till kommunikationsmodulen för att ta emot data om hur snabbt, och i vilken riktning hjulen ska snurra för att förflytta bilen i önskad riktning.

Styrmodulen har ett särskilt gasreglage som skickar elektriska pulser som ger motorn information om hur mycket gaspådrag motorn ska ge.

Genom styrservon kan styrmodulen reglera hur mycket bilen ska svänga. AVR:en kommer att skicka ut olika långa elektriska pulser som korrelerar mot olika lägen på servomotorn som i sin tur kommer att vrida på framhjulsaxeln på bilen. Se figur 4 för att få en helhetsbild hur styrmodulen interagerar med olika komponenter.

Komponenter i styrmodulen:



Figur 4: Kopplingsschema för styrmodulen.

#### 3.1 Komponentbudget

I tabell 2 återfinns information om vilka komponenter och hur många av vardera som behövs för att konstruera styrmodulen.

Tabell 2: Komponenter i styrmodulen.

Komponent	antal
Atmega1284P	1
Servomotor	1
Gasreglage	1
JTAG ICE 3	1

#### 3.2 Mjukvara

Styrmodulen kommer att få information från kommunikationsmodulen om hur mycket den ska svänga och vilket gaspådrag den ska ha. Därefter omvandlar styrmodulens AVR informationen till elektriska pulser till styrservon och gasreglaget så att detta uppnås.

Det behövs inga särskilda algoritmer då det mer komplicerade beräkningarna sker i den mer kraftfulla Raspberry Pi:n som ingår i kommunikationsmodulen.

I huvudloopen ska information om svängar och gaspådrag omarbetas till elektriska pulserna till gaspådraget och styrervot. Om bilen får informationen att den ska köra rakt fram ska exempelvis servomotorn få en impuls på 1500us som motsvarar servots utgångsläge.

### **3.3 Prestandabedömning**

Eftersom vi inte genomför några mer komplexa beräkningar på styrmodulens AVR så bör minnestillgång och prestanda inte vara något problem.

## 4 Kommunikationsmodul

Kommunikationsmodulen har gränssnitt mot samtliga andra moduler, användargränssnitt samt LiDAR. För information om koppling till LiDAR, se avsnitt 5. För koppling till övriga moduler, se avsnitt 7. I kommunikationsmodulen sköts bilens autonoma körning och det är vad som primärt beskrivs i det här kapitlet.

### 4.1 Komponentbudget

Se tabell 3 för de komponenter som behövs.

Tabell 3: Komponenter i kommunikationsmodulen.

Komponent	antal
Raspberry Pi 3B+	1
Strömförsörjning	1

### 4.2 Mjukvara

Den autonoma styralgoritmen har två huvudfaser. Den första fasen handlar om att kartlägga eller orientera sig på banan och den andra handlar om att styra bilen.

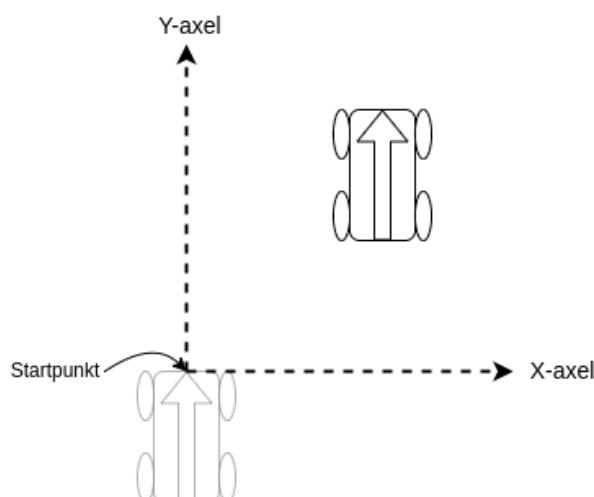
Bilen kommer ha två olika lägen för första fasen som den kan växla mellan: Kartläggning och Orientering.

I kartläggningsläget ska bilen skapa en karta "*cones\_map*" genom att, med sin egen position och data från LiDAR bestämma position på alla koner i banan. När bilen är i kartläggningsläge kommer den köra långsamt.

I orienteringsläget kommer bilen köra fortare och istället identifiera sin egen position med en kombination av sensormodul-data och genom att jämföra de konerna den ser i sin omgivning (LiDAR) med konerna i "*cones\_map*".

#### 4.2.1 Kartläggning

För att kartlägga banan kommer ett koordinatsystem upprättas med origo där bilen startar sin självkörning. Y-axeln är i riktningen rakt fram ifrån bilens startposition och X-axeln till höger om bilens startposition (se figur 5). Bilens position och riktning kommer lagras i datastrukturen "*car\_pos*" med upplösning på millimeter och tiondels grad. Koners placering kommer lagras i en datastruktur "*cones\_map*" som är en array med [*x\_pos*, *y\_pos*, *radius*] med en längd på 100 möjliga koner och upplösning på millimeter.

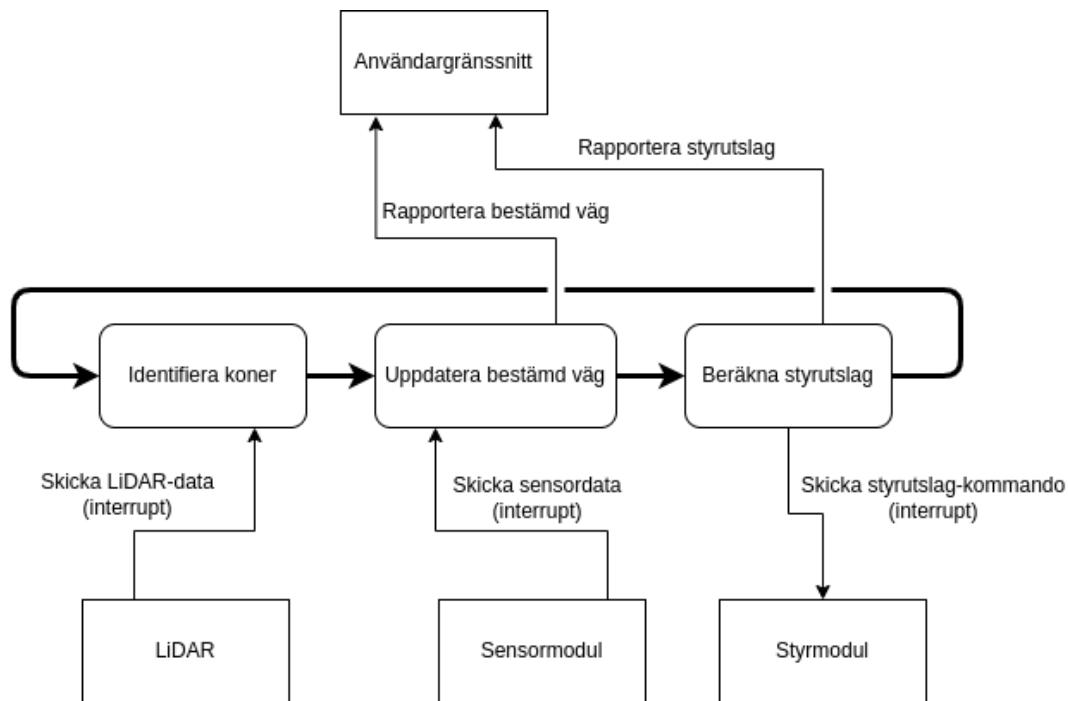


Figur 5: Visualisering av koordinatsystem.

#### 4.2.2 Styrning

Innan bilen har kartlagt banan kommer den (i kartläggningssläge) åka långsamt mellan konparen genom att sikta mot mitten av öppningen.

Bilen kommer efter att ha kartlagt banan räkna ut en optimal väg att köra med en algoritm. Den byter till orienteringsläge och ökar farten. Bilen kommer att använda en "pure pursuit"-algoritm för att hålla sig till den optimala vägen mellan konerna. Pure pursuit-algoritmen fungerar genom att "titta framåt" på en punkt i önskade körvägen och köra mot den.



Figur 6: Blockschema för mjukvara i kommunikationsmodulen.

#### 4.2.3 Main-loop

För en illustration av main-loopen i kommunikationsmodulen, se figur 6.

- **Identifiera koner:** Beroende på om bilen är i kartläggningssläge eller orienteringsläge har den här fasen olika syften:
  - **Kartläggning:** Bilen kommer kartlägga de koner den ser och matcha in dem i *"cones\_map"*. Om en kon inte fanns där innan lägger algoritmen till den. Bilen orienterar sig själv endast med sensormodulen.
  - **Orientering:** Bilen kommer bestämma sin egen position med hög presision genom att jämföra konerna som den ser med konerna i *"cones\_map"* och använda sensorerna i sensormodulen.
- **Uppdatera bestämd väg:** Med hjälp av sin position mot konerna i *"cones\_map"* beräknar bilen en rutt med styralgoritmen.
- **Beräkningar:** Beräkna styrutslag och skicka kommando till styrmmodul.

#### 4.2.4 Datastrukturer

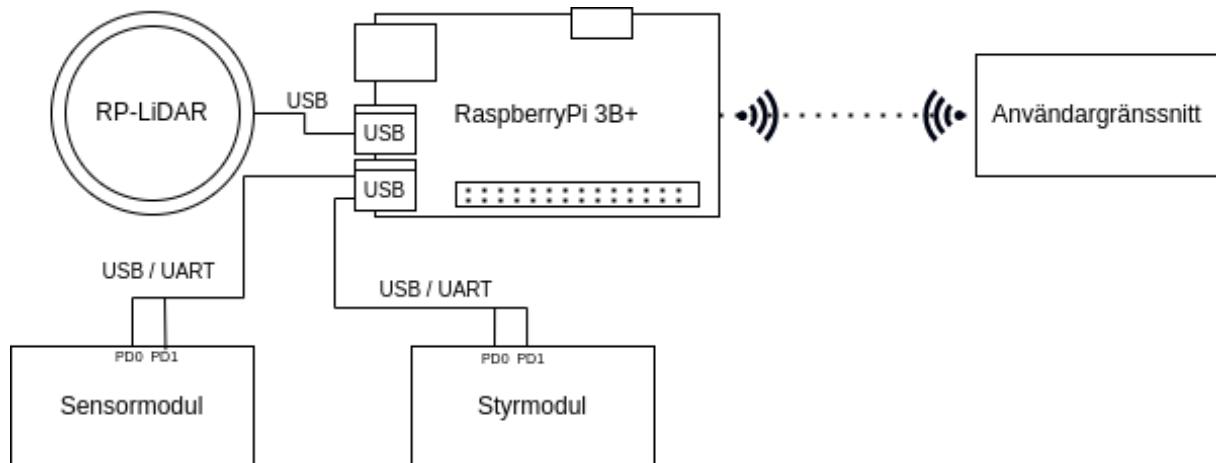
- Datan för senaste varvet av LiDAR:n kommer sparas som en lista med punkter av [avstånd,vinkel]. Varje varv mäter LiDARen 400 gånger. Både avstånd och vinkel får plats i en 32-bitars unsigned med råge vilket ger  $400 \cdot \frac{32 \cdot 2}{8} \approx 3,2 \text{ kB}$ .
- Den kartlagda banan *"cones\_map"* som kommer ha plats för 100 koner med [x\_pos, y\_pos, radius]. x\_pos, y\_pos och radius förväntas alla få plats i 32-bitars integers/unsigned vilket ger  $100 \cdot \frac{32 \cdot 3}{8} \approx 1,2 \text{ kB}$ .

### 4.3 Prestandabedömning

Mängden minne som behövs är försumbar jämfört med den 1 gigabyte som RaspberryPi3 har. Programmet för bilens autonoma körning borde inte heller vara alltför krävande för Raspberry Pi:ns processor.

### 4.4 Kopplingsschema

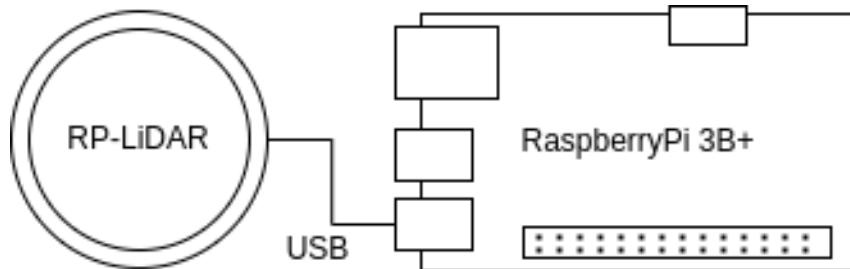
I figur 7 syns ett något avskalat kopplingsschema för alla kommunikationsmodulens gränssnitt. RP-LiDAR, styrmodul och sensormodul är kopplade på Kommunikationsmodulens (RaspberryPi 3B+) USB-portar. Användargränssnittet är kopplat med Wi-Fi eller Bluetooth till kommunikationsmodulen.



Figur 7: Kopplingsschema för kommunikationsmodulen som består av en Raspberry Pi 3B+.

## 5 LiDAR

LiDARen används för att kartlägga omgivningen och orientera bilen på banan. Kapitel 5 täcker både LiDARen i sig men också delar av kommunikationsmodulen som rör LiDARen. I figur 8 syns en uppkoppling mellan kommunikationsmodulen och LiDAR. RP-LiDARen har en USB-sladd som kopplas direkt in i en av Raspberry Pi:ens USB-portar.



Figur 8: Ritning för koppling mellan LiDAR och Kommunikationsmodulen RaspberryPi.

### 5.1 Komponentbudget

Se tabell 4 för de komponenter som behövs.

Tabell 4: Komponenter i LiDAR-delsystem.

Komponent	antal
RP-LiDAR	1

## 5.2 Mjukvara

Mjukvaran som är relaterad till modulen, d.v.s. Kartläggningsprogrammet kommer att skrivas i Python, eventuellt vissa delar i C++ som sedan körs på Raspberry Pi-processorn.

### 5.2.1 Programöversikt

Programmet är uppdelat i två olika faser och detta är de delar av faserna som är relevanta för LiDAR:ns funktion:

#### Uppstartsfas:

- Initialiseringssekvens: Initialiseringen utförs enligt protokollet från Slamtec [6] för att starta LiDAR-enheten på ett säkert sätt. Detta inkluderar att skicka korrekta kommandon för att initiera kommunikationen med RP-LiDAR:n via UART-gränssnittet
- Säkerställning: Systemet verifierar att hårdvaran är korrekt konfigurerad innan exekvering. Detta innebär kontroll av att LiDAR-enheten svarar korrekt på särskilda kommandon, exempelvis GET\_INFO och GET\_HEALTH.

#### Exekveringsfas - del av "Identifiera koner" kommunikationsmodulens huvudloop:

- Inläsning av LiDAR-data: Systemet registrerar det kontinuerliga flödet av avstånds- och vinkeldata från LiDAR-enheten. RP-LiDAR skickar data i olika format beroende på skanningsläge.
- Mottagning av positionsdata: Systemet tar emot bilens positionsförändringar (förflyttning och rotation) från kommunikationsmodulen via standardinströmmen.
- Kommunikation med processorn: Systemet skickar LiDAR-datan till processorn via standardutströmmen.
- Datajustering: Systemet justerar LiDAR-data baserat på bilens rörelse för att få en korrekt inre representation av omgivningen. Detta innebär transformation av de polära koordinaterna till ett globalt referenssystem.

- Identifiering av koner: Systemet använder en algoritm för att kunna identifiera konerna baserat på den justerade LiDAR-datan. Algoritmen baseras på klusteranalys och formigenkänning för att särskilja koner från andra objekt.
- Logging: Systemet sparar alla mottagna datapunkter och kommuniceras med den externa datorn där allting dumpas till en loggfil. Buffern rensas efter den dumpat datan.

### 5.2.2 Algoritmer

- Konidentifieringsalgoritm: Algoritm baserad på klusteranalys för att momentant kunna avgöra konernas positioner.
  - Filtrering av rådata: Eliminera brus och ogiltiga mätvärden.
  - Klustering: Dela in datapunkterna baserat på dess polära koordinater.
  - Formigenkänning: Identifiera kluster som matchar konens geometriska egenskaper.
  - Beräkning av positioner: Bestäm positionerna och radien för varje kon.
- Kartritningsalgoritm: En sammanslagning av all momentan data från konidentifieringsalgoritmen efter ett kalibreringsvarv för att rita en karta.

### 5.2.3 Datastrukturer

**"cones\_map"-array:** Lagrar alla inkommande datapunkter från LiDAR:n under en definierad tidsperiod. Storlek beror på samplingsfrekvensen men kommer att väljas så att det finns plats inom Raspberry Pi:ns tillgängliga minnesrymd. Efter att buffern dumpats till loggfilen rensas den för att frigöra minne.

### 5.2.4 Avbrottshantering

Inga hårdvaruavbrott används i Kartläggnings-programmet. All mottagning av data sker via en separat process som skriver datan till en buffert. Koden ämnar generellt sett att följa en sekventiell struktur där varje steg i huvudloopen utförs i tur och ordning. Detta minimerar behovet av komplex synkronisering och gör koden mer lättläst och underhållsvänlig.

## 5.3 Prestandabedömning

Processorn måste kunna hantera behandling och lagring av 4000 datapunkter/sekund från RP-LiDAR:n. Denna kopplas in i Raspberry Pi via kommunikationsmodulen via USB.

## 5.4 Signaldefinitioner

Se figur 9 för definitioner av alla in- och utsignaler.

Color	Signal Name	Type	Description	Min	Typical	Max
Red	VCC	Power	Total Power	4.9V	5V	5.5V
Yellow	TX	Output	Serial port output of the scanner core	0V	3.3V	3.5V
Green	RX	Input	Serial port input of the scanner core	0V	3.3V	3.5V
Black	GND	Power	GND	0V	0V	0V
Blue	MOTOCTL	Input	Scan motor /PWM Control Signal (active high, internal pull down)	0V	3.3V	5V

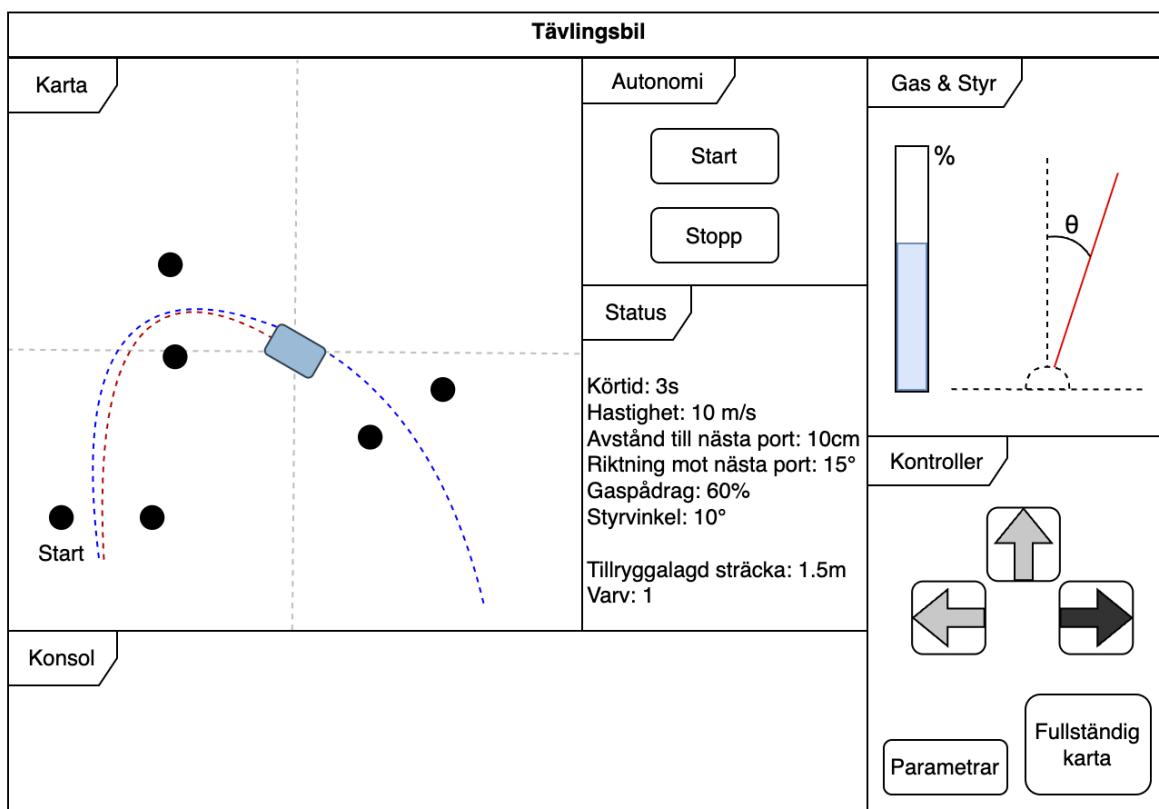
Figur 9: Signaldefinitioner till externt gränssnitt för RP-LiDAR.

## 6 Användargränssnitt

Användargränssnittet kommer vara skrivet i Python. Kommunikation mellan användargränssnitt och bilen sker via WiFi. Användargränssnittet utgör länken mellan bilen och användaren genom att visa relevant data för användaren och låta användaren styra bilen manuellt.

I användargränssnittet ska användaren kunna göra följande (se figur 10 för exempel av användargränssnittet):

- Öka gaspådrag genom att hålla ner tangenten W, svänga till vänster genom att hålla ner A och svänga till höger om användaren håller ner D. Om användaren inte håller ner W ska bilens gaspådrag minskas.
- Gränssnittet ska visa avstånd och riktning till nästa port.
- Gränssnittet visar procentuell andel av gaspådrag relativt max-gaspådrag.
- Gränssnittet visar styrvinkel.
- Gränssnittet visar den totala tiden bilen har kört banan.
- Gränssnittet visar vilket varv den befinner sig på (kartläggningsvarv eller tävlingsvarv).
- Gränssnittet har en knapp som ändrar från autonom till manuell körsättning (och vice versa).
- Bilens nuvarande hastighet i m/s.
- Gränssnittet ska visa den kartlagda banan där både den tillryggalagda vägen och den planerade vägen ritas ut.



Figur 10: Exempel på hur användargränssnittet skulle kunna se ut.

### 6.1 Komponentbudget

Se tabell 5 för komponenter relaterade till användargränssnittet

Tabell 5: Komponenter i användargränssnittet.

Komponent	antal
Bärbar dator	1

## 6.2 Mjukvara

Användargränssnittet består av två olika delar. Den ena delen visar information och den andra kan användaren interagera med.

Pseudokod till gränssnittet:

```
def on_press(key):
    match (key):
        case 'w': goFaster()
        case 'a': turnLeft()
        case 'd': turnRight()
        case _: pass

def on_release(key):
    match (key):
        case 'w': goSlow()
        case 'a': stopTurningLeft()
        case 'd': stopTurningRight();
        case _: pass
```

## 7 Beskrivning av kommunikationen mellan delsystemen

All kommunikation mellan moduler på bilen kommer ske via direkt UART. Varje ATmega1284P kommer ha en direkt seriell anslutning till Raspberry Pi:n. Relevant information kommer skickas kontinuerligt för att motverka effekterna av eventuella störningar. Båda AVR:ena kommer använda USART0 (PORTD[1:0]) för kommunikation. Raspberry Pi:n kommer att använda två adaptorer från USB till UART för att komma undan behovet av att skifta spänningar från 3.3V till 5V och tillbaka.

Raspberry Pi:n kommer även kommunicera med LiDAR:n via USB enligt [6].

Kommunikationen mellan Raspberry Pi:n och den externa datorn sker via en TCP-anslutning över wifi. Data förmedlas enbart när det behövs då TCP är felkorrigande. Istället för ett eget protokollspråk kommer språkkonstrukt serialiseras, skickas och deserialiseras. Detta kan exempelvis göras med pickle för python eller serde för rust. Ifall något sådant ej finns för det använda språket kan ett format som json användas.

## 8 Implementationsstrategi

Då detta är ett omfattande projekt är det nödvändigt att etablera strukturer och hur implementationen ska ske för att förebygga potentiella fallgropar. Detta avsnitt har i avseende att tydliggöra hur projektet är tänkt att bedrivas.

### 8.1 Dokumentation

Då stor mängd kod kommer att skrivas är det av yttersta vikt att koden är lättläst och välskriven. Därav kommer projektet använda linting i de använda språken och formatteringsverktyg.

### 8.2 Implementationsordning

Efter att bilen är ihopmonterad är det första som behövs göras att säkerställa att kommunikationen mellan modulerna fungerar. Tanken är att skriva så lite kod som möjligt till en början, men tillräckligt för att kunna se att de modulerna kan kommunicera med varandra. Eftersom all kommunikation går via kommunikationsmodulen är det nödvändigt att alla andra moduler testas med den.

När kommunikationen är etablerad ska den riktiga implementationen av modulerna påbörjas. Dvs att få in rätt data och att datan från modulerna är säker. Alltså att det inte tillkommer några störningar på vägen. Nästa steg blir att få igång manuell köring av bilen och då behöver åtminstone sensormodulen, styrmodulen, kommunikationsmodulen och användargränssnittet vara delvis implementerade. När manuell köring uppnås handlar det till stor grad om testning av de olika sensorerna för att se att den tänkta implementationen faktiskt fungerar som det är tänkt. Till sist (men detta är ett spår som har arbetats på löpande) ska den autonoma körningen implementeras med hjälp av LiDAR. LiDAREN kan testas separat för att först säkerställa att tolkningen av data fungerar och sedan för att tolka den datan för att kunna visualisera banan.

### 8.3 Test

Test av modulerna och delsystem sker löpande under utvecklingsprocessen. Till hjälp för testning av signaler mellan komponenter kommer signalanalysatoren Diligent Discovery användas [7]. Följande är tester som kommer utföras på systemet i helhet:

1. Skicka meddelanden mellan de tre modulerna på bilen.
2. Bilen kan utföra enkla körkommandon från externa datorn.
3. Köra bilen manuellt från användargränssnittet.
4. Bilen kan kartlägga omgivning och visa i användargränssnittet.
5. Bilen kan köra kalibreringsvarv.
6. Bilen kan efter kalibreringsvarv, köra tävlingsvarv.

### 8.4 Feedback

Feedback av systemet kommer att ske primärt via användargränssnittet. För de mindre modulerna (styrmodulen och sensormodulen) kan exempelvis signalanalysatoren Diligent Discovery kopplas för att ge en visuell feedback när någon signal är hög.

## Bibliografi

- [1] A. Corporation, "8-bit AVR Microcontroller with 128K Bytes In-System Programmable Flash". 09 november 2009.
- [2] Melexis, "MLX90609, Angular Rate Sensor (Standard version)". februari 2008.
- [3] L. Allegro MicroSystems, "Chopper-Stabilized Precision Hall-Effect Switches". 04 november 2016.
- [4] I. för Systemteknik, "JTAG". Åtkomstdatum: 04 oktober 2024. [Online]. Tillgänglig vid: [https://da-proj.gitlab-pages.liu.se/vanheden/page/handledningar/avr\\_jtag/](https://da-proj.gitlab-pages.liu.se/vanheden/page/handledningar/avr_jtag/)
- [5] L. Future Technology Devices International, "TTL to USB Serial Converter Range of Cables Datasheet". 23 maj 2016.
- [6] L. Shanghai Slamtec.Co., "RPLIDAR, 360 Degree Laser Range Scanner, Interface Protocol and Application Notes". 28 mars 2019.
- [7] "Digital Discovery - Getting Started Guide". Åtkomstdatum: 10 oktober 2024. [Online]. Tillgänglig vid: <https://digilent.com/reference/test-and-measurement/digital-discovery/getting-started-guide?redirect=1>