

Projektdokumentation
AU2
Den intelligente bil
Gruppe 1

4. Semesterprojekt E4PRJ4
Ingeniørhøjskolen, Aarhus Universitet
Vejleder: Arne Justesen

19. november 2015

Navn	Studienummer	Underskrift
Kristian Thomsen	201311478	
Philip Krogh-Pedersen	201311473	
Lasse Barner Sivertsen	201371048	
Henrik Bagger Jensen	201304157	
Kenn Hedegaard Eskildsen	201370904	
Karsten Schou Nielsen	201370045	
Jesper Pedersen	201370530	

Indhold

Indhold	iii
1 Projektformulering	1
1.1 Problemformulering	2
1.2 Projektbeskrivelse	2
1.3 Ordforklaring	3
2 Kravspecifikation	5
2.1 Systemoversigt	6
2.2 Aktør-kontekstdiagram	9
2.3 Aktørbeskrivelser	9
2.4 Funktionelle krav	10
2.5 Ikke-funktionelle krav	10
2.6 Use Cases	11
2.6.1 Use Case beskrivelser - Initiering og Formål	12
2.6.2 Fully Dressed Use Cases	14
3 Systemarkitektur	27
3.1 Indledning	27
3.2 BDD for AU2	28
3.3 Bil	29
3.3.1 Diagrammer for bil	29
3.3.2 Fremdrift	35
3.3.3 Styretøj	37
3.3.4 Pi	38
3.3.5 Sensorer	40
3.3.6 MPU-6050 Accelerometer/Gyroskop	41
3.4 PC	43
3.4.1 BDD for PC	43
3.4.2 IBD for PC	44
3.4.3 Signalbeskrivelse for PC	44
3.5 Protokolbeskrivelse	46
3.5.1 Kamera	46
3.5.2 GUI	46
4 Hardwaredesign	49
4.1 Strømforsyning	49
5 Softwaredesign	51
5.1 Bil	51
5.1.1 Klassediagram	51
5.1.2 Sekvensdiagrammer	53
5.1.3 Klassebeskrivelser	61
6 Accepttest	63
6.1 Funktionelle Krav	64
6.2 Ikke-funktionelle krav	78

1 Projektformulering

Version

Dato	Version	Initialer	Ændring
29. September	1	Alle	Første udkast.
26. Oktober	2	PKP, KT og JEP	Mindre rettelser efter review
29. Oktober	3	PHP, KE	mindre rettelser efter vejledermøde
12. November	4	KSN og HBJ	Rettelser til usecases og PC protokol
13. November	5	KSN	Rettelser til PC protokol

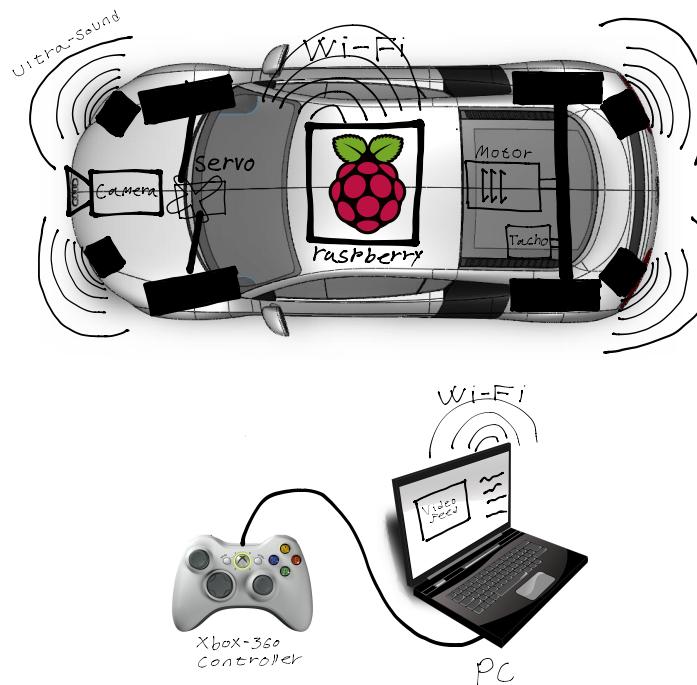
1.1 Problemformulering

Ifølge Niklas Alexander Chimirri, forsker inden for områder som barndom, psykologi og teknologi ved Roskilde Universitet, er leg en vigtig del af børns opvækst. Det er essentielt for deres fremtid da det gør børnene sociale, robuste, kreative og ikke mindst nysgerrige. Med til at skabe rammerne for børns leg er legetøj, og i dagens Danmark er det vigtigt at børn har mulighed for at anvende den teknologi der er til rådighed. Dette bekræftes i en artikel der er udgivet på Roskilde Universitets hjemmeside i november 2014. Han konkluderer at der er for stor forskel imellem den virkelighed børnene møder i, og uden for børnehaven ift. den teknologi der i dag er til rådighed.

1.2 Projektbeskrivelse

Projektet skal bidrage til eller i det mindste sætte fokus på, at det er vigtigt at børn har muligheden for at lege... og gerne med moderne teknologi. Derfor omhandler projektet design og implementering af en fjernstyret bil. Det skal ikke være en almindelig fjernstyret bil - den skal være intelligent og den får navnet "AU2". En skitse af bilen er vist på figur 1.

Den intelligente del består af sensorer samt en kommunikationsenheder, som gør det muligt at styre bilen over et trådløst netværk. Brugeren har hermed mulighed for at navigere bilen ved at betragte en computerskærm, der viser et live-stream med video fra et kamera monteret på bilen. Er bilen inden for synsfeltet kan den selvfølgelig også styres ved at se direkte på den. For at undvige forhindringer på kørebanen, implementeres et anti-kollisionssystem bestående af afstandssensorer på bilen, placeret sådan at de kan detektere om bilen nærmer sig en forhindring. Således kan bilen selv kan standse eller undvige, hvis den nærmer sig en forhindring hastigt. Anti-kollisionssystemet har til formål at forhindre en evt. kollision og derved beskadigelse af bilen eller dens omgivelser.



Figur 1: Rigt billede af systemet i sin helhed

1.3 Ordforklaring

System

Det totale system indeholder bil, software på PC og kommunikation mellem Bil og PC.

HID (Human Interface Device)

Et interface som en bruger anvender til at interagere med en computer fx. tastetur og mus. I dette projekt anvendes desuden en Xbox-360 controller, med følgende funktionalitet:

- Right Trigger (RT)
- Left Trigger (LT)
- Flere knapper her.

Hovedvindue

Hovedvinduet i software på PC indeholder videostream, status på bilen samt muligheder for at konfigurere og kalibrere systemet.

Bil

Med bil menes den hardware der fysisk er placeret på bilen, dette være sig bla. bilens controllerenhed, her et Raspberry Pi 2 board, afstandssensorer, tachometer samt accelerometer.

Pi (Raspberry Pi 2 B)

En Raspberry Pi er en single board computer i kreditkortstørrelse. Den anvendes i dette system som en controller til at styre bilen med.

Wi-Fi netværk

Trådløst netværk af standarden "IEEE 802.11", som Bil og PC kommunikerer over. Dette netværk sættes op lokalt til brug udelukkende for kommunikationen imellem Bil og PC.

AKS (Anti-kollisionssystem)

Et system på bilen bestående af fire afstandssensorer, samt signalbehandling- og reguleringssoftware som er i stand til at forhindre en kollision ved at overtage styring fra Bruger i tilfælde af forestående kollision. Der differentieres mellem "Undvig forhindring" og "Tænd/Sluk AKS".

- Tænd/Sluk bruges i forbindelse med at koble AKS til eller fra, således at bilen ikke vil undgå en kollision hvis AKS er slukket, men vil undgå en kollision hvis AKS er tændt.
- Undvig forhindring bruges i forbindelse med en forestående kollision. Her overtager AKS styring af bilen indtil forhindringen er undveget.

Afstandssensorer

Afstandssensorerne er de 4 ultralydssensorer der er påmonteret bilen. Disse kan herefter benævnes som følgende:

- Front Left (FL)
- Front Right (FR)
- Rear Left (RL)
- Rear Right (RR)

UC (Use Case)

En use case er en standard for et brugsmønster til at afdække funktionalitet for et system.

G(tyngdeacceleration)

G er tyngdeaccelerationen og har enheden m/s^2 . $1G = 9.81m/s^2$

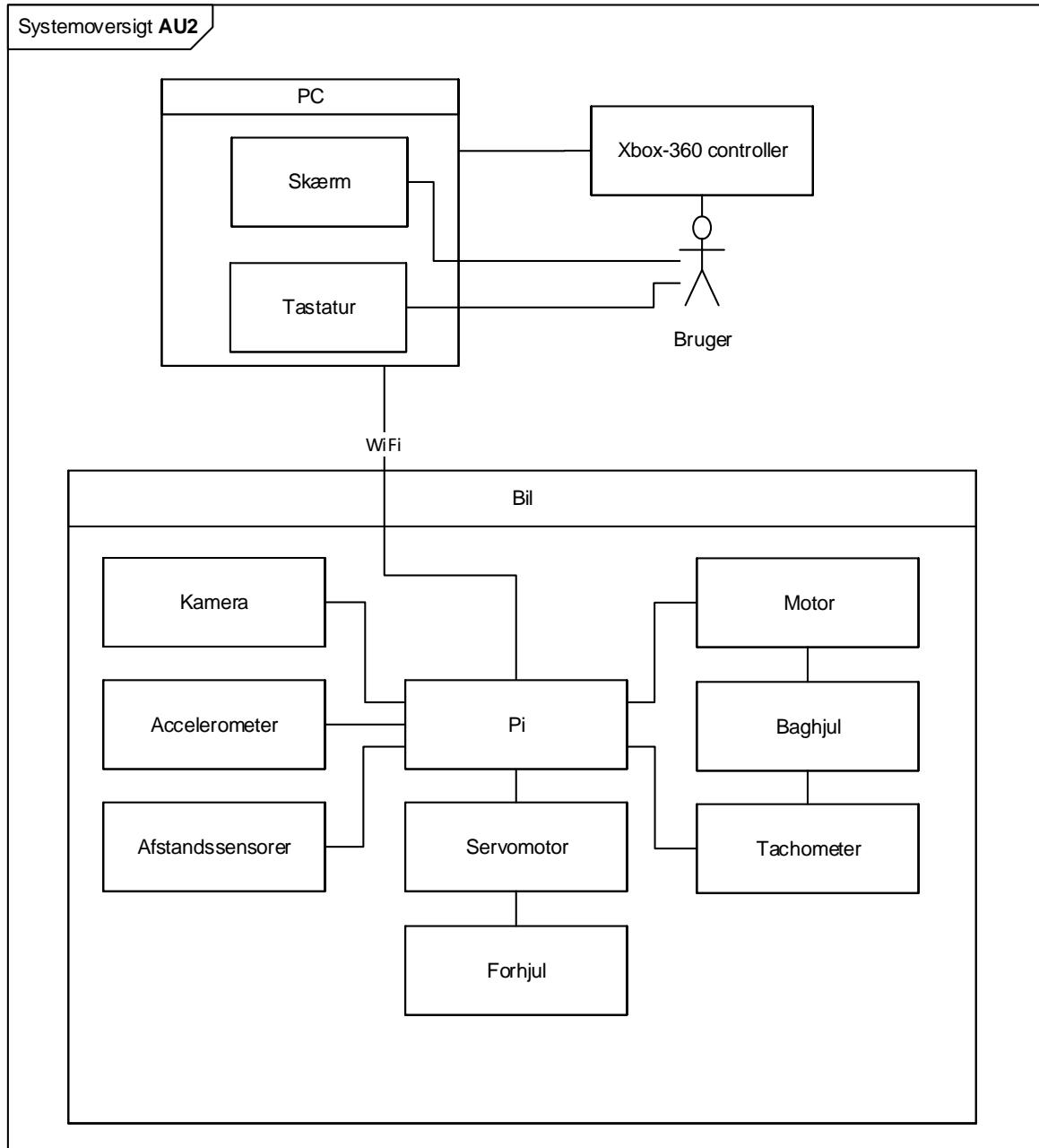
2 Kravspecifikation

Version

Dato	Version	Initialer	Ændring
29. september	1	Alle	Første udkast.
26. oktober	2	PKP, KT og JEP	Mindre rettelser efter review.
9. november	3	PKP	Rettelser til UC3.
12. november	4	KSN og HBJ	Rettelser til usecases og accepttest

2.1 Systemoversigt

På figur 2 ses den overordnede systemoversigt med kommunikationsveje og mekaniske forbindelser. Diagrammet skal give læseren et hurtigt overblik over det samlede system. I afsnittet beskrives blokke og kommunikationsveje mere detaljeret. Under figur 2 er blokkene kort beskrevet.



Figur 2: Overordnet systemoversigt

Pi

Systemets kerne er et Raspberry Pi 2 board. Pi'en står for at processere data fra afstandssensorene, og håndtere streaming af video. Derudover afvikles regulering til motor, samt styring af servo også fra Pi'en.

Servomotor

Servomotor har til opgave at omsætte signal fra Pi'en til mekanisk styring af bilens forhjul.

Afstandssensor

Bilens 2 fremadrettet og 2 bagudrettet afstandssensorer har til formål at indsamle data om eventuelle forhindringer i bilen kørebane.

Accelerometer

Der er påmonteret et accelerometer der anvendes til regulering af hastighed.

Kamera

Bilens kamera streamer video til PC'ens skærm så Bruger har mulighed for at navigere på baggrund af visuel feedback

PC

PC afvikler den software hvorigennem bilen kontrolleres, konfigureres og kalibreres. Det er ligeledes via computeren at Bruger får visuel feedback fra bilens kamera.

Xbox-360 Controller

Til at kontrollere bilen, benyttes en Xbox-360 controller. vha. en række trykknapper og styrepinde kan bilens hastighed, såvel som retning bestemmes.

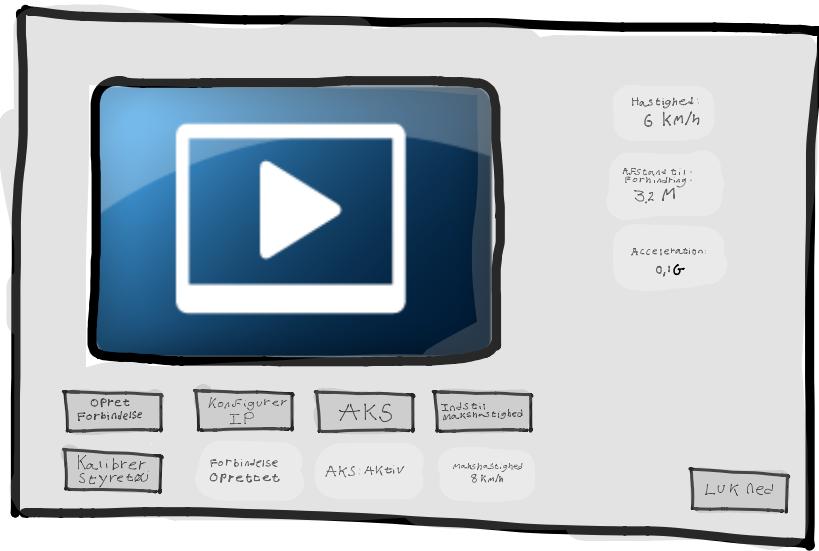
Motor

Motoren omsætter data, herunder regulering fra Pi'en til mekanisk styring af bilens hastighed.

Tachometer

Motorens omdrejningshastighed kan via tachometeret aflæses og herefter benyttes til databehandling og regulering.

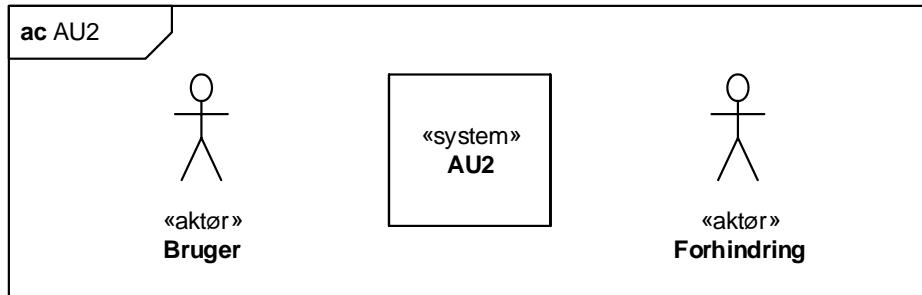
I figur 3 vises en skitse af hovedmenuen i softwaren på PC.



Figur 3: Skitse af hovedmenu

2.2 Aktør-kontekstdiagram

På figur 4 ses aktørkontekstdiagram over systemet.



Figur 4: Aktør kontekst diagram for AU2.

2.3 Aktørbeskrivelser

Som figur 4 viser, er der 2 aktører til systemet. *Bruger* og *Forhindring*.

Bruger - Primær Aktør

Brugeren vil typisk være et barn med alder over 8 år, men kan også være en voksen med interesse for fjernstyrede biler.

Bruger kan:

- Starte og stoppe systemet
- Styre bilen over et Wi-Fi netværk.
- Konfigure og kalibrere system.

Forhindring - Sekundær Aktør

Forhindring er objekter i det miljø bilen kører i, og som dermed er risiko for at bilen kan kolidere med.

2.4 Funktionelle krav

Ambitionen for dette projekt er som absolut minimum at realisere nedenstående punkter under ”*skal*”. Det forventes desuden at punkterne under ”*bør*” realiseres, men de har lavere prioritet. Punkterne under ”*kan*” forventes ikke realiseret, og punkterne under ”*vil ikke...*” realiseres med sikkerhed ikke. Sidstnævnte punkter kan ses som udviklingsmuligheder i forhold til senere versioner af systemet.

Systemet...

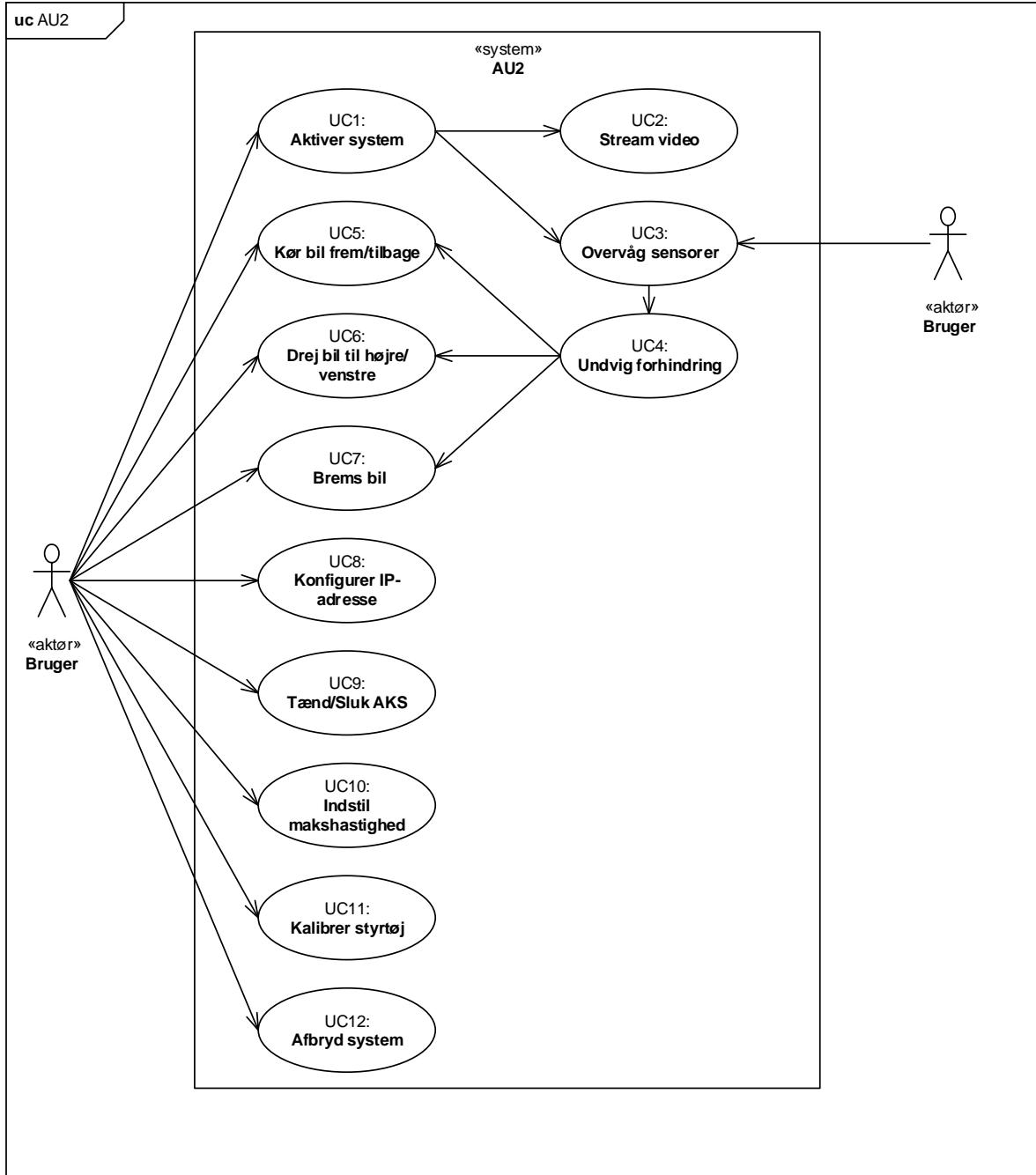
1. ... *Skal* kunne køre frem og tilbage.
2. ... *Skal* kunne dreje.
3. ... *Skal* kunne regulere hastigheden på bilen.
4. ... *Skal* give Bruger mulighed for at begrænse maksimumshastighed.
5. ... *Skal* give Bruger mulighed for manuel styring via Xbox-360 controller af hastighed og retning.
6. ... *Skal* via Wi-Fi netværk kunne kommunikere mellem bil og PC.
7. ... *Skal* kunne identificere forhindringer foran og bag bilen.
8. ... *Skal* indeholde et anti-kollisionssystem baseret på afstandssensorer.
9. ... *Skal* via. anti-kollisionssystem kunne undvige og/eller stoppe før kollision.
10. ... *Skal* indeholde et kamera til at streame video.
11. ... *Bør* give Bruger mulighed for at aktivere/deaktivere anti-kollisionssystemet på bilen.
12. ... *Bør* have bremselflys, som aktiveres når bilen bremser.

2.5 Ikke-funktionelle krav

1. Bilens maksimumshastighed uden begrænsning er $10km/t \pm 1km/t$
2. Bilens bremselængde ved maksimumshastighed uden begrænsning må ikke overstige 1 m.
3. Bilen skal kunne accelerere fra $0km/t$ til maksimumshastighed uden begrænsning på højest 6 s.
4. Forsinkelse fra brugerinput til at bilen reagerer må ikke overstige 50ms.
5. Afstandssensorerne skal kunne identificere en forhindring i form af et kvadrat med en sidelængde på $S = \sqrt{K \times L}$, hvor $K = 0.015m$ og L er afstanden og det gælder at $0.20m < L < 6.00m$. Kvadratet skal være vinkelret på bilen, således at fladen på kvadratet vender direkte mod bilen. På afstande over 6m er det ikke et krav at systemet kan detektere forhindringen.
6. Mister bilen forbindelsen med PC i mere end 50ms, standser bilen automatisk.
7. Kameraet skal minimum have en opdateringshastighed på 15 billeder i sekundet.
8. Systemet skal vise video-stream med en oplosning på 640×480 pixels i hovedvinduet.
9. PC skal som minimum sende kommandoer til bilen 60 gange i sekundet.
10. HID skal bestå af en Xbox-360 controller, tastatur og mus.

2.6 Use Cases

På figur 5 ses use case diagram over de funktionelle krav.



Figur 5: Use case diagram for AU2.

2.6.1 Use Case beskrivelser - Initiering og Formål

UC1: Aktiver system

Initieres af: Bruger

Denne UC giver Bruger mulighed for at aktivere systemet. Bruger åbner software på PC, og sætter bilens "ON/OFF"-knap til "ON" for at tilslutte batteriet. Herefter konfigureres bilen, UC2 + UC3 initieres og PC'en viser hovedvinduet.

UC2: Stream Video

Initieres af: UC1: Aktiver system

Denne UC initierer videotostream fra kameraet, og forbindelsen over Wi-Fi netværket oprettes.

UC3: Overvåg sensorer

Initieres af: UC1: Aktiver system

Denne UC initierer overvågning af bilens sensorer, herunder, de 4 afstandssensorer, tachometer, samt accelerometer. Use casen kører kontinuerligt og henter løbende data fra sensorerne.

UC4: Undvig forhindring

Initieres af: UC3: Overvåg sensorer

Denne UC har til formål at lade AKS overtage styring af bilen under kørsel hvis en forhindring detekteres enten foran eller bagved bilen. Når forhindringen er undveget overgives styringen igen til Bruger.

UC5: Kør bil frem/tilbage

Initieres af: Bruger

Denne UC har til formål at give Bruger mulighed for at ændre hastighed på bilen via de trykfølsomme "LT" og "RT"-knapper på Xbox-360 controlleren. Bruger trykker på "LT" og bilen kører fremad, eller Bruger trykker på "RT" og bilen bakker.

UC6: Drej bil til højre/venstre

Initieres af: Bruger

Denne UC har til formål at lade Bruger ændre bilens retning. Bruger benytter venstre styrepind på Xbox-360 controlleren. Føres styrepinden til venstre, drejer bilens forhjul til venstre. Føres styrepinden til højre, drejer bilens forhjul til højre. Det har ingen betydning hvis styrepinden samtidig føres lidt opad eller nedad.

UC7: Brems bil

Initieres af: Bruger

Denne UC har til formål at lade Bruger sænke bilens hastighed. Bruger trykker "X" på Xbox-360 controlleren, jo længere tid knappen holdes nede jo mere sænkes bilens hastighed. Deaccelerationen er konstant.

UC8: Konfigurer IP-adresse

Initieres af: Bruger

Denne UC har til formål at lade Bruger konfigurere PC'ens IP-adresse således at der kan opnås forbindelse til bilen.

UC9: Tænd/sluk AKS

Initieres af: Bruger

Denne UC har til formål at give Bruger mulighed for at vælge om AKS skal være tændt eller slukket. Bruger kan via "Hovedvindue" på PC'en vælge status for AKS.

UC10: Indstil makshastighed

Initieres af: Bruger

Denne UC har til formål at give Bruger mulighed for at indstille en maksimumshastighed på bilen. Hastigheden indstilles via PC'ens "Hovedvindue".

UC11: Kalibrer styretøj

Initieres af: Bruger

Denne UC har til formål at give Bruger mulighed for at kalibrere bilens styretøj, så den kører ligeud når styrepinden ikke påvirkes. Bruger indtaster via menuen "Kalibrer styretøj" en værdi der angiver center for styretøjet.

UC12: Afbryd system

Initieres af: Bruger

Denne UC har til formål at lade Bruger afbryde hele systemet. Bruger afslutter software på PC, og sætte bilen "ON/OFF"-knap til "OFF" for at afbryde forbindelse til batteriet.

2.6.2 Fully Dressed Use Cases

Use Case 1: Aktiver system

Navn:	UC1: Aktiver system
Mål:	At aktivere system
Initiering:	Bruger
Aktører:	Bruger
Reference:	UC2: Stream video, UC3: Overvåg sensor, UC8: Konfigurer system
Antal samtidige forekomster:	Én
Forudsætning:	Netværksforbindelse er opsat og fungerende
Resultat:	Bil er initieret, PC viser Hovedvindue, UC2 og UC3 er initieret
Hovedscenarie:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bilens "ON/OFF"-switch sættes til "ON". 2. Bruger starter software på PC. 3. Hovedvindue fremkommer på skærmen. 4. Bruger trykker på "Opret forbindelse" 5. PC opretter forbindelse til bilen. <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 5.a : Forbindelse kan ikke oprettes] 6. UC2: Stream video initieres af System. <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 6.a : Initiering af UC2 fejler] 7. UC3: Overvåg sensorer initieres af System. <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 7.a : Initiering af UC3 fejler] 8. PC prompter "Forbindelse oprettet" 9. UC1 afsluttes
Udvidelser:	<p>[Ext 5.a : Forbindelse kan ikke oprettes]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. System prompter "Forbindelse kan ikke oprettes". 2. UC8: Konfigurer IP. 3. Systemet fortsætter fra punkt 3 i hovedscenariet. <p>[Ext 6.a : Initiering af UC2 fejler]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. System prompter "Videostream kan ikke oprettes". 2. UC1 fortsætter fra punkt 3. <p>[Ext 7.a : Initiering af UC3 fejler]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. System prompter "Initiering af sensorer fejlet". 2. UC1 fortsætter fra punkt 3.

Tabel 1: UC1: Aktiver system

Use Case 2: Stream Video

Navn:	UC2: Stream video
Mål:	At starte videostreamen
Initiering:	UC1: Aktiver system
Aktører:	Ingen
Reference:	UC1
Antal samtidige forekomster:	Én
Forudsætning:	UC1 frem til punkt 6 er fuldført
Resultat:	Videostream er initieret og kørende
Hovedscenarie:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bilen initierer kameraet. <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 1.a: Initiering af kamera fejler] 2. Bilen streamer video fra kamera til PC via Wi-Fi netværket.
Udvidelser:	<p>[Ext 1.a : Initiering af kamera fejler]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. System prompter PC med "Kamera-initiering fejlet". 2. UC2 afsluttes.

Tabel 2: UC2: Stream video

Use Case 3: Overvåg sensor

Navn:	UC3: Overvåg sensorer
Mål:	At overvåge sensorer
Initiering:	UC1: Aktiver system
Aktører:	Ingen
Reference:	UC1, UC4: Undvig forhindring, UC9: Tænd/sluk AKS
Antal samtidige forekomster:	Én
Forudsætning:	UC1 frem til punkt 7 er fuldført
Resultat:	Sensorer overvåges løbende
Hovedscenarie:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bilen initierer tachometer <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 1.a: Initiering af tachometer fejler] 2. Bilen initierer accelerometer <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 2.a: Initiering af accelerometer fejler] 3. Bilen initierer afstandssensorer. <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 3.a: Initiering af afstandssensorer fejler] 4. Bilen overvåger sensorer. 5. UC4: Undvig forhindring initieres af System <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 5.a: AKS er slukket via UC9: Tænd/sluk AKS] 6. Bilen modtager data fra PC. 7. Bilen sender sensor data til PC.
Udvidelser:	<p>[Ext 1.a : Initiering af tachometer fejler]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Systemet prompter PC med "tachometer-initiering fejlet". 2. UC2 afsluttes. <p>[Ext 2.a : Initiering af accelerometer fejler]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Systemet prompter PC med "accelerometer-initiering fejlet". 2. UC2 afsluttes. <p>[Ext 3.a : Initiering af afstandssensorer fejler]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Systemet prompter PC med "afstandssensor-initiering fejlet". 2. UC2 afsluttes. <p>[Ext 5.a : AKS er slukket via UC9: Tænd/sluk AKS]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Use casen fortsætter fra punkt 6.

Tabel 3: UC3: Overvåg sensorer

Use Case 4: Undvig forhindring

Navn:	UC4: Undvig forhindring
Mål:	At bilen undviger en evt. kollision med en forhindring.
Initering:	UC3: Overvåg sensor
Aktører:	Forhindring
Reference:	UC3, UC6: Drej bil til højre/venstre, UC7: Brems bil
Antal samtidige forekomster:	Én
Forudsætning:	UC1 er gennemført, UC3 er gennemført, bilen er på vej mod en forhindring.
Resultat:	UC5, UC6 og/eller UC7 gennemføres og UC3 fortsætter.
Hovedscenarie:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bilen analyserer indsamlet data fra afstandssensorer, kører den fremad analyseres de forreste sensorer ditto bagud. 2. AKS overtager styring fra Bruger midlertidigt. 3. <ul style="list-style-type: none"> • [ALT a: UC6: Drej bil til højre/venstre aktiveres, hvis en enkelt sensor registrerer en forhindring] • [ALT b: UC7: Brems bil aktiveres hvis begge sensorer registrerer en forhindring] 4. Bilen giver igen styring tilbage til brugeren. 5. UC4 afsluttes.
Udvidelser:	

Tabel 4: UC4: Undvig forhindring

Use Case 5: Kør bil frem/tilbage

Navn:	UC5: Kør bil frem/tilbage
Mål:	At få bilen til at køre frem eller tilbage.
Initiering:	Bruger
Reference:	Ingen
Antal samtidige forekomster:	Én
Forudsætning:	UC1: Aktiver system er fuldført og systemet er operationelt.
Resultat:	Bilens hastighed er ændret.
Hovedscenarie:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruger ændrer position af RT på Xbox-360 controlleren. <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 1.a: Bruger ændrer position af LT.] 2. Controllerens input streames til bilen. 3. Bilen ændrer fremadgående hastighed i henhold til brugerens input. Et hårdere tryk resulterer i en højere hastighed og et lettere tryk resulterer i en lavere hastighed. 4. UC5 afsluttes.
Udvidelser:	<p>[Ext 1.a : Bruger ændrer position af LT.]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Controllerens input streames til bilen. 2. Bilen ændrer bagudgående hastighed i henhold til brugerens input. Et hårdere tryk resulterer i en højere hastighed og et lettere tryk resulterer i en lavere hastighed. 3. Systemet fortsætter fra punkt 4 i hovedscenariet.

Tabel 5: UC5: Kør bil frem/tilbage

Use Case 6: Drej bil til højre/venstre

Navn:	UC6: Drej til højre/venstre
Mål:	At få bilen til at dreje mod højre eller venstre
Initiering:	Bruger
Aktører:	Bruger
Reference:	UC3
Antal samtidige forekomster:	Én
Forudsætning:	UC1: Aktiver system er fuldført og systemet er operationelt
Resultat:	Retningen på bilens forhjul er ændret
Hovedscenarie:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruger ændrer position på den venstre styrepind på xbox-360 controlleren. <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 1.a: AKS bliver anvendt.] 2. Controllerens input streames til bilen. 3. Bilen behandler input fra Bruger, hvis styrepinden føres til venstre drejes forhjulene til venstre, hvis styrepinden føres til højre drejes forhjulene ligeledes til højre. 4. UC6 afsluttes.
Udvidelser:	<p>[Ext 1.a : AKS bliver anvendt.]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bilen analyserer input fra UC3. 2. Bilen drejer til højre, hvis sensor FL registrerer en forhindrer, ditto venstre og FR. 3. Bilen undviger forhindringen. 4. Systemet fortsætter fra punkt 3 i hovedscenariet.

Tabel 6: UC6: Drej til højre/venstre

Use Case 7: Brems bil

Navn:	UC7: Brems bil
Mål:	At få bilen til at bremse
Initiering:	Bruger
Aktører:	Bruger
Reference:	UC3
Antal samtidige forekomster:	Én
Forudsætning:	UC1: Aktiver system er fuldført og systemet er operationelt
Resultat:	hastigheden på bilen er sænket
Hovedscenarie:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruger trykker på "X" knappen på Xbox-360 controlleren. <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 1.a: AKS er anvendt.] 2. Controllerens input streames til bilen. 3. Bilen tjekker input, hvis bremsekmando modtages sænker bilen hastigheden. 4. UC7 afsluttes.
Udvidelser:	<p>[Ext 1.a : AKS er anvendt]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Systemet initierer UC4 2. Systemet fortsætter fra punkt 3 i hovedscenariet

Tabel 7: UC7: Brems bil

Use Case 8: Konfigurer IP-adresse

Navn:	UC8: Konfigurer IP-adresse
Mål:	At konfigurere bilens IP-adresse til PC'en
Initering:	Bruger
Aktører:	Bruger
Reference:	Ingen
Antal samtidige forekomster:	Én
Forudsætning:	UC1: Aktiver system er udført til punkt 3, bilen og PC er på samme netværk, systemet viser "Hovedvindue" samt at systemet er operationelt
Resultat:	IP adressen på bilen er indstillet
Hovedscenarie:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruger trykker på "Konfigurer IP". 2. Konfigurationssmenuen for IP-adressen vises, og der er mulighed for at indtaste en IP-adresse. 3. Bruger indtaster bilens IP-adresse. 4. Bruger trykker "Gem" og system viser "Hovedvindue". 5. Bruger trykker på "Opret forbindelse". 6. Hovedvindue viser "Forbindelse oprettet". <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 6.a Hovedvindue viser "Forbindelse ikke oprettet"]. 7. UC8 afsluttet.
Udvidelser:	[Ext 6.a Hovedvindue viser "Forbindelse ikke oprettet"] <ol style="list-style-type: none"> 1. Bruger gentager fra punkt 2 i hovedscenarie.

Tabel 8: UC8: Konfigurer IP-adresse

Use Case 9: Tænd/sluk AKS

Navn:	UC9: Tænd/sluk AKS
Mål:	At tænde eller slukke for AKS på bilen
Initiering:	Bruger
Aktører:	Bruger
Reference:	UC11: Kalibrer styretøj
Antal samtidige forekomster:	Én
Forudsætning:	UC1: Aktiver system er udført, bilen og PC er på samme netværk, at systemet viser "Hovedvindue" samt at systemet er operationelt
Resultat:	AKS status ændret
Hovedscenarie:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruger trykker på "AKS-On". <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 1.a: Knappens tekst er "AKS-Off"] 2. Systemet opdater AKS-status 3. System ændre knappen til "AKS-Off"
Udvidelser:	<p>[Ext 1.a: Knappens tekst er "AKS-Off"]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Systemet opdater AKS-status 2. System ændre knappen til "AKS-On"

Tabel 9: UC9: Tænd/sluk AKS

Use Case 10: Indstil makshastighed

Navn:	UC10: Indstil makshastighed
Mål:	At konfigurere bilens makshastighed
Initering:	Bruger
Aktører:	Bruger
Reference:	UC8: Konfigurer IP-adresse
Antal samtidige forekomster:	Én
Forudsætning:	UC1: Aktiver system er udført, bilen og PC er på samme netværk, at systemet viser "Hovedvindue" samt at systemet er operationelt
Resultat:	
Hovedscenarie:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruger trykker på "Indstil makshastighed". 2. Systemet præsenterer menu makshastighed med mulighed for indtastning af makshastighed fra 1-10 km/t. 3. Menuen indikerer bilens nuværende makshastighed. 4. Bruger indtaster bilens nye makshastighed. 5. Bruger trykker på "Opdater". 6. "Hovedvindue" viser den nye værdi som makshastighed. <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 1. "Hovedvindue" viser ikke den nye makshastighed]
Udvidelser:	<p>[Ext 1. Menuen indikerer ikke den nye makshastighed]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bruger går til UC8

Tabel 10: UC10: Indstil makshastighed

Use Case 11: Kalibrer styretøj

Navn:	UC11: Kalibrer styretøj
Mål:	At kalibrere systemet så bilen kører ligeud når brugeren slipper styrepinden på Xbox-360 controlleren
Initiering:	Bruger
Aktører:	Bruger
Reference:	Ingen
Antal samtidige forekomster:	Én
Forudsætning:	UC1: Aktiver system er udført, bilen og PC er på samme netværk, at systemet viser "Hovedmenu", at systemet er operationelt samt bilen holder stille
Resultat:	Bilens styretøj er kalibreret
Hovedscenarie:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruger vælger "Kalibrer styretøj". 2. Systemet viser menu for Kalibrering med mulighed for indtastning af værdi mellem -50 og 50, hvor -50 svarer til fuldt udslag til venstre og 50 vil fuldt udslag til højre. 3. Bruger indtaster værdi. 4. Bruger trykker på "Gem". 5. Forhjulene drejer en absolut værdi mod enten, højre eller venstre: positiv værdi oversætte til højre, og negativ værdi oversættes venstre. 6. Systemet returnerer til "Hovedvindue"
Udvidelser:	

Tabel 11: UC11: Kalibrer styretøj

Use Case 12: Afbryd system

Navn:	UC12: Afbryd system
Mål:	At lukke systemet ned
Initering:	Bruger
Aktører:	Bruger
Reference:	Ingen
Antal samtidige forekomster:	Én
Forudsætning:	UC1: Aktiver system er udført, bilen og PC er på samme netværk, at systemet viser "Hovedvindue" samt at systemet er operationelt
Resultat:	Systemet er lukket sikkert ned og forsyning til batteriet er afbrudt
Hovedscenarie:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruger lukker ned for softwaren på PC'en. <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 1.a Bilen er løbet tør før strøm] 2. GUI'en sender shutdown kommando til bilen. 3. GUI'en modtager ACK fra bilen. <ul style="list-style-type: none"> • [Ext 3.a GUI'en modtager NACK] 4. Bruger skubber kontakten "ON/OFF" på undersiden af bilen til position "OFF". 5. Strømmen til bilen afbrydes.
Udvidelser:	<p>[Ext 1.a Bilen er løbet tør før strøm]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. GUI'en lukker korrekt ned. 2. Use Case 12 fortsætter fra punkt 3 i hovedscenariet. <p>[Ext 3.a GUI'en modtager NACK]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. GUI'en viser en advarsel med at bilen ikke kunne lukkes sikkert ned. 2. Usecasen gentages fra punkt 1.

Tabel 12: UC12: Afbryd system

3 Systemarkitektur

Version

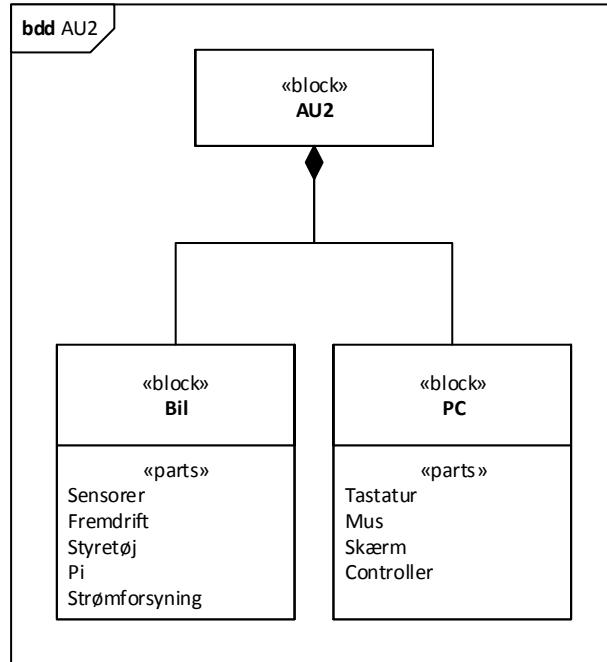
Dato	Version	Initialer	Ændring
26. oktober	2	Alle	Første udkast
29. oktober	3	Alle	Rettelser fra vejleder
	4		

3.1 Indledning

Følgende afsnit beskriver arkitekturen for hardware- og software delene af projektet. BDD og IBD er lavet mhp. forståelse og indblik i systemet, således alle grænseflader og interne dele af systemet bliver forklaret. Til hvert diagram vil der være en kort forklaring, som beskriver det yderligere.

3.2 BDD for AU2

På figur 6 ses det overordnede blokdiagram for AU2. Der vises tilhørsforhold og sammenhæng med det samlede system, som senere biver uddybet mere.



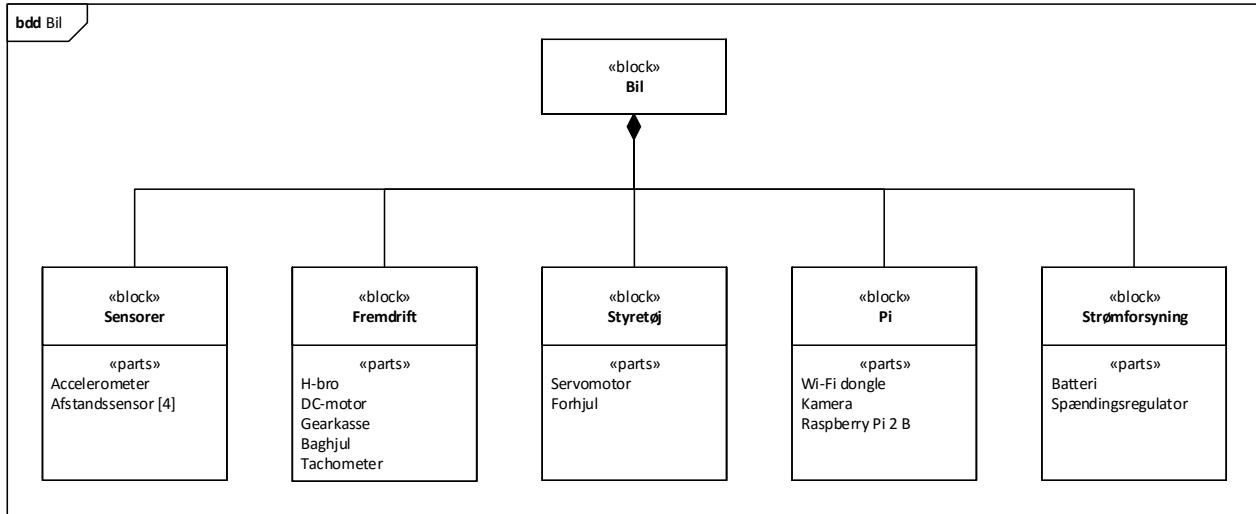
Figur 6: Overordnet BDD for AU2

3.3 Bil

3.3.1 Diagrammer for bil

BDD for bil

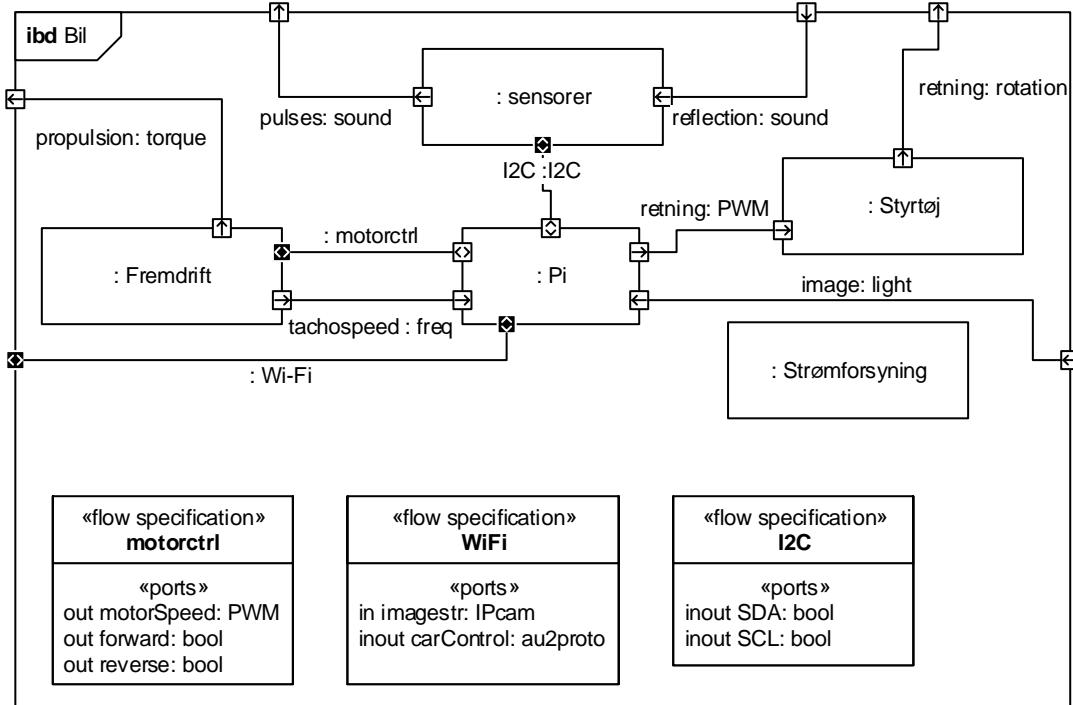
Dette diagram viser blokken bil fra figur 6. Blokken 'bil' skal forstås som alle mekaniske og elektriske som er fastgjort på køretøjet. Således er



Figur 7: BDD for bil

IBD for signaler i bil

På figur 8 ses de interne forbindelser for figur 7. Diagrammet skaber et overblik over hvilke signaler der sendes og modtages. Bemærk at alle forsyningerne ikke er taget med på diagrammet, men istedet er lavet i et diagram for sig. Forsyningerne kan ses på figur 9.



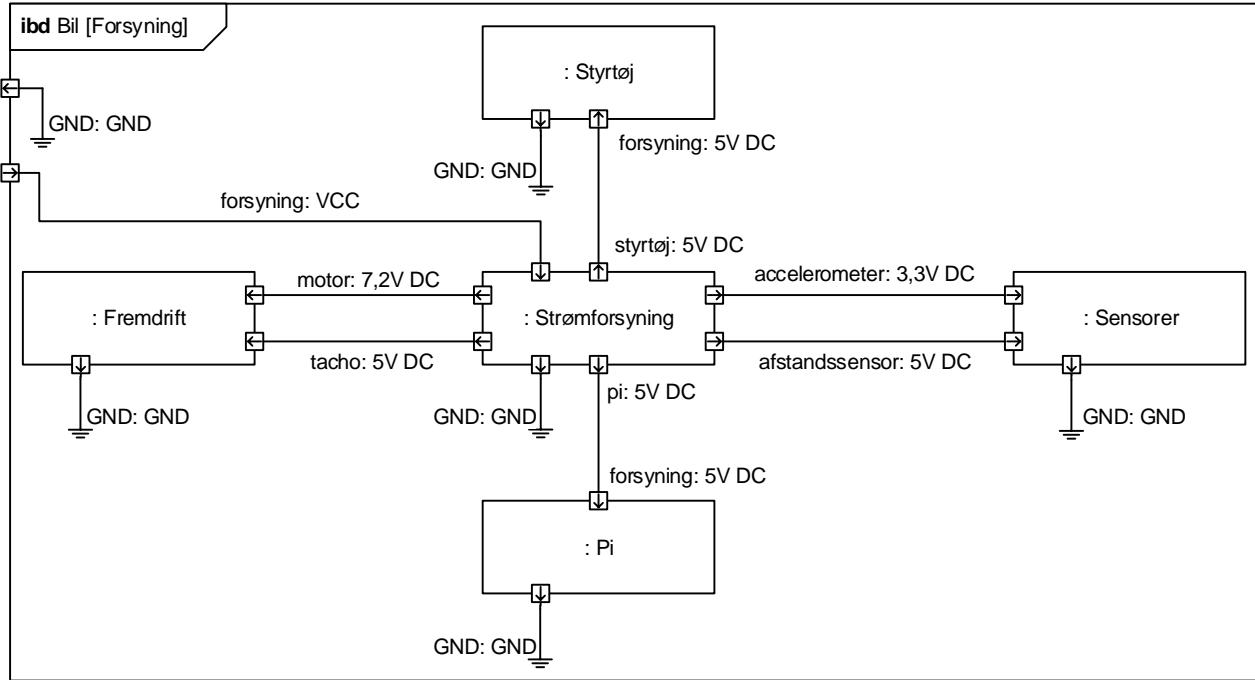
Figur 8: IBD for bil

Signalbeskrivelser for bilens signaler

Signal (navn: type)	Funktion	Tolerancer	Kommentarer
Propulsion: torque	Baghjulenes torque til underlaget.		
motorSpeed: PWM	Et PWM signal der bestemmer motorhastigheden.	Frekvens: 30kHz +/- 1kHz 0-5V +/- 0.2V	Logisk signal: Lav = 0V +/- 0.2V Høj = 5V +/- 0.2V
forward: bool	Kontrolsignal til H-bro.	0-5V ± 0.2V	Lav = 0V +/- 0.2V 'idle' Høj = 5V +/- 0.2V 'frem'
reverse: bool	Kontrolsignal til H-bro.	0-5V ± 0.2V	Lav = 0V +/- 0.2V 'idle' Høj = 5V +/- 0.2V 'tilbage'
tachoSpeed: freq	Digitalt signal med varierende frekvens afhængig af baghjulenes omdrehningshastighed.		Vejledende: 64Hz = 10Km/t Logisk signal: Lav = 0V +/- 0.2V Høj = 5V +/- 0.2V
Inout SDA: bool	I ² C dataline til sensorer herunder accelerometer og afstandssensorer.	0-5V ± 0.5V	Logisk signal: Lav = 0V ± 0.5V Høj = 7.2V ± 0.5V
Inout SCL: bool	I ² C clockline til sensorer herunder accelerometer og afstandssensorer.	0-5V ± 0.5V	Logisk signal: Lav = 0V ± 0.5V Høj = 7.2V ± 0.5V
Pulses: sound	Ultralydsbølger afsendt af sensor.	Jfv. Datablad (henvisning kommer senere)	
reflection: sound	Refleksionsbølge af udsendte ultralydsbølger.	Jfv. Datablad (henvisning kommer senere)	
retning: PWM	PWM signal der vha pulsbredden angiver hvilken retning servomotoren skal dreje og dermed hvilken retning bilen skal dreje.	Pulsbredde: 0.5ms – 2.5ms Freq = 360Hz 0.5ms = 18% Duty cycle (Venstre) 2.5ms = 90% Duty cycle (Højre)	
retning: rotation	Får bilen til at dreje.	30 grader til hhv. venstre og højre ± 5 grader	
imagestr: IPcam	Karsten... Hej		
carControl: au2proto	Få fingeren ud.		

Forsyninger

Diagrammet på figur 9 tilsvarer direkte figur 8, blot med beskrivelsen af forsyning. Dette giver forbedret overblik da de to diagrammer sat sammen bliver uoverskueligt.



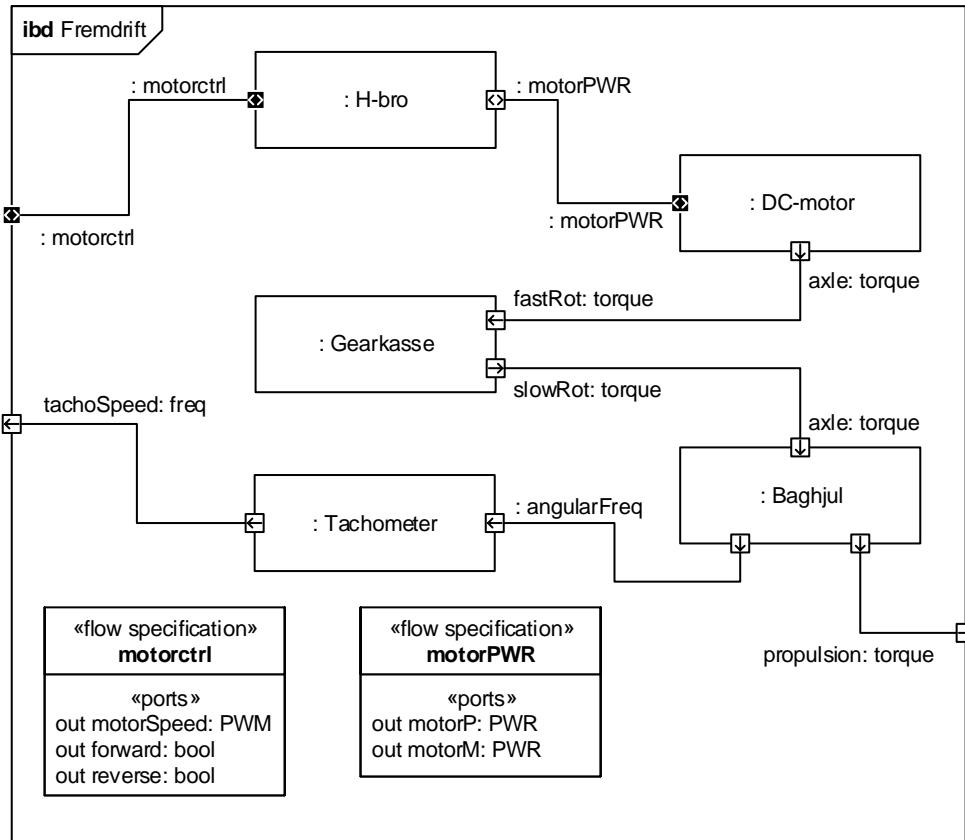
Figur 9: IBD for bilens forsyninger

Signalbeskrivelse for bilens forsyning

Signal (navn: type)	Funktion	Tolerancer	Kommentarer
forsyning: VCC	Forsyningsspænding fra det tilkoblede batteri.	7.2V DC \pm 1V max. 20A	Aflæst på batteriet.
GND: GND	Reference.	0V	
styrtøj: 7.2V DC	Forsyningsspænding til styrtøj herunder servomotor.	7.2V DC \pm 0,5V max 400 mA	Fundet i databladet for servoen [4].
accelerometer: 3.3V DC	Forsyningsspænding til accelerometeret.	3.3V DC \pm 0.2V max 8 mA	Fundet i databladet for servoen [5].
afstandssensor: 5V DC	Individuel forsyningsspænding til afstandssensorerne.	5V DC \pm 0.5V max 400 mA	Fundet i databladet for sensorerne [3].
PI: 5V DC	Individuel forsyningsspænding til Pi.	5V DC \pm 0.5V max 1.8A	Aflæst i FAQ for Pi [2].
Tacho: 5V DC	Individuel forsyningsspænding til tachometeret.	5V DC \pm 0.5V max 8 mA	Aflæst i datablad for sensor [6].
motor: 7.2V DC	Individuel forsyningsspænding til motoren.	7.2V DC \pm 1V max 2A	Udregnet ud fra stall-test i laboratoriet.

3.3.2 Fremdrift

Bilens fremdrift forårsages af motoren samt tilhørende elektronik, hvilket er beskrevet på figur 10. Det skal igen noteres at forsyningen til H-broen ikke er på diagrammet, men findes på figur 9. Motoren trækker altså ikke sin strøm fra signalet motorCtrl.



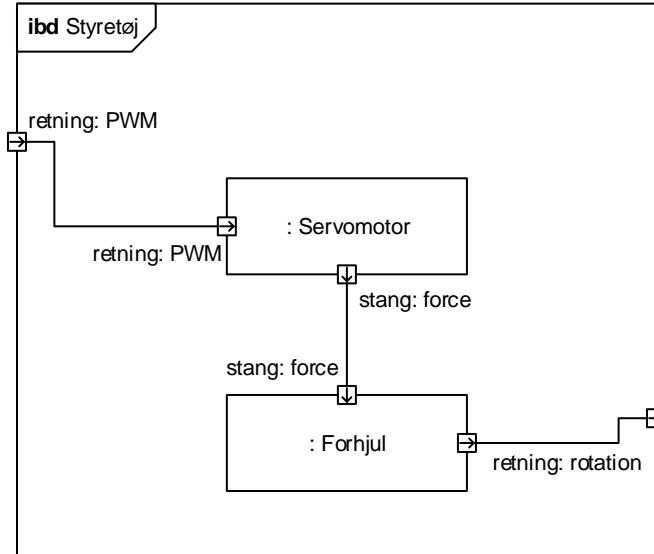
Figur 10: IBD for blokken fremdrift

Signalbeskrivelse for fremdrift

Signal (navn: type)	Funktion	Tolerancer	Kommentarer
motorSpeed: PWM	Et PWM signal der bestemmer motorhastigheden.	Frekvens: 30kHz +/- 1kHz 0-5V +/- 0.2V	Logisk signal: Lav = 0V +/- 0.2V Høj = 5V +/- 0.2V
forward: bool	Kontrolsignal til H-bro.	0-5V ± 0.2V	Lav = 0V +/- 0.2V 'idle' Høj = 5V +/- 0.2V 'frem'
reverse: bool	Kontrolsignal til H-bro.	0-5V ± 0.2V	Lav = 0V +/- 0.2V 'idle' Høj = 5V +/- 0.2V 'tilbage'
motorP: PWR	Et PWM med frekvens som motorSpeed, dog med mulighed for højere effekt. Dette signal forsyner motoren.	Frekvens: 30kHz +/- 1kHz 0-7,2V +/- 0.5V	Logisk signal: Lav = 0V +/- 0.5V Høj = 7,2V +/- 0.5V
motorM: PWR	Reference til motorP.	0V ± 0.5V	
fastRot: torque	Kraft der overføres fra motor til gearkasse via drivaksel.	-	
slowRot: torque	Kraft der overføres fra gearkasse til baghjul via drivaksel.	-	
: angularFreq	Hjulenes omdrejningshastighed.	-	
tachoSpeed: freq	Digitalt signal med varierende frekvens afhængig af baghjulenes omdrejningshastighed.	-	Vejledende: 64Hz = 10Km/t Logisk signal: Lav = 0V +/- 0.2V Høj = 5V +/- 0.2V
Propulsion: torque	Baghjulenes torque til underlaget.	-	

3.3.3 Styretøj

De interne signaler for blokken styretøj er beskrevet nedenfor i figur 11.



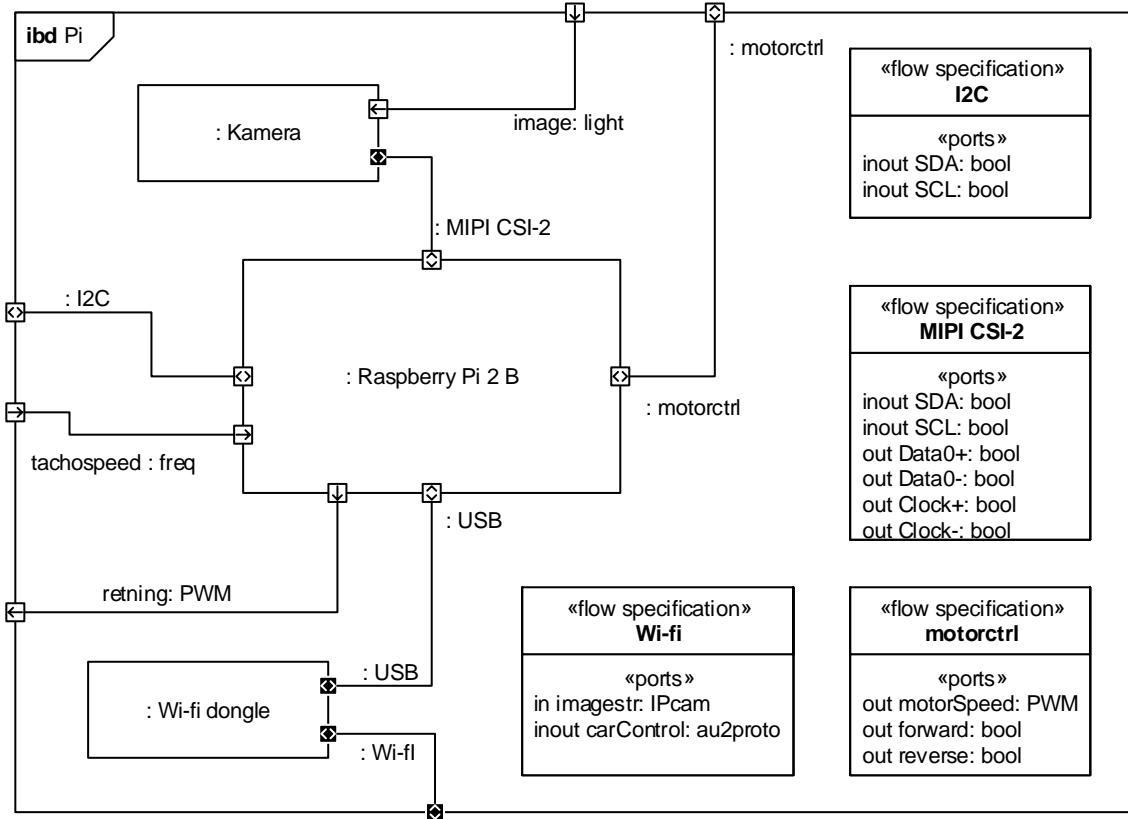
Figur 11: IBD for blokken styretøj

signalbeskrivelse for styretøj

Signal (navn: type)	Funktion	Tolerancer	Kommentarer
retning: PWM	PWM signal der vha pulsbredden angiver hvilken retning servomotoren skal dreje og dermed hvilken retning bilen skal dreje.	Pulsbredde: 0.5ms – 2.5ms Freq = 360Hz 0.5ms = 18% Duty cycle (Venstre) 2.5ms = 90% Duty cycle (Højre)	
stang: force	Skal overføre kraften fra servomotoren til forhjulene. Dette sker via en stang.	-	
retning: rotation	Får bilen til at dreje.	30 grader til hhv. venstre og højre \pm 5 grader	

3.3.4 Pi

Her beskrives intern kommunikation for controlleren PI i systemet.



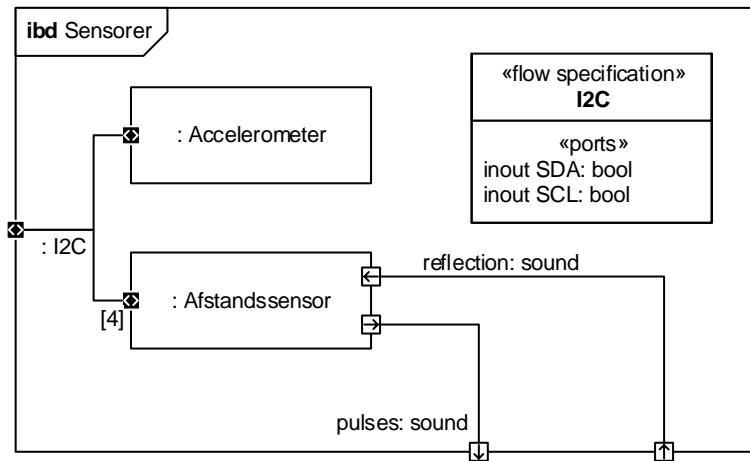
Figur 12: IBD for blokken PI

Signalbeskrivelse for Pi

Signal (navn: type)	Funktion	Tolerancer	Kommentarer
SDA: bool	I2C dataline til sensorer herunder accelerometer og afstandssensorer	0-5V±0.5V	Logisk signal: Lav= 0V±0.5V Høj= 7.2V±0.5V
SCL: bool	I2C clockline til sensorer herunder accelerometer og afstandssensorer	0-5V±0.5V	Logisk signal: Lav= 0V±0.5V Høj= 7.2V±0.5V
Image: light	Lysindfald til kamera-sensor	-	-
motorSpeed: PWM	Et PWM signal der bestemmer motorhastigheden.	Frekvens: 30kHz±1kHz 0-5V±0.2V	Logisk signal: Lav= 0V±0.2V Høj= 5V±0.2V
forward: bool	Kontrolsignal til H-bro	0-5V±0.2V	Logisk signal: Lav= 0V±0.2V "idle" Høj= 5V±0.2V "forward"
reverse: bool	Kontrolsignal til H-bro	0-5V±0.2V	Logisk signal: Lav= 0V±0.2V "idle" Høj= 5V±0.2V "back"
:USB	Serielforbindelse mellem Wi-fi dongle og Pi	VBUS = 5V±0.2V D- = 5V±0.2V D+ = 5V±0.2V GND = 0V	VBUS for Low-power port: Diff "1" (D+)-(D-) > 200 mV og D+>VIH (min) Diff "0" (D-)-(D+) > 200 mV og D->VIH (min)
imagestr: IPcam	Karsten... Dette er dit job	-	-
carControl: au2proto	Få fingeren ud Karsten.	-	-
: MIPI CSI-2	Camera serial interface	-	Se reference: [1]

3.3.5 Sensorer

På figur 13 ses de interne signaler for blokken Sensorer.



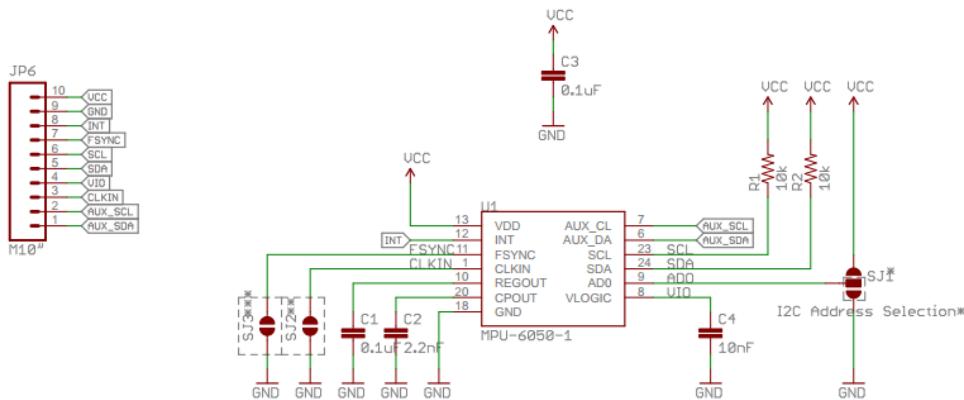
Figur 13: IBD for blokken sensorer

signalbeskrivelse for sensorer

Signal (navn: type)	Funktion	Tolerancer	Kommentarer
Inout SDA: bool	I ² C dataline til sensorer herunder accelerometer og afstandssensorer.	0-5V ± 0.5V	Logisk signal: Lav = 0V ± 0.5V Høj = 7.2V ± 0.5V
Inout SCL: bool	I ² C clockline til sensorer herunder accelerometer og afstandssensorer.	0-5V ± 0.5V	Logisk signal: Lav = 0V ± 0.5V Høj = 7.2V ± 0.5V
Pulses: sound	Ultralydssbølger afsendt af sensor.	Jfv. Datablad (henvisning kommer senere)	
reflection: sound	Refleksionsbølge af udsendte ultralydssbølger.	Jfv. Datablad (henvisning kommer senere)	

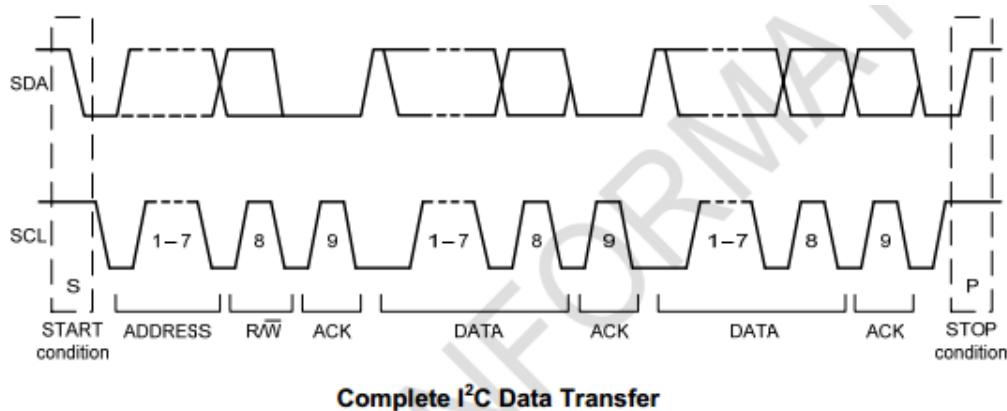
3.3.6 MPU-6050 Accelerometer/Gyroskop

MPU-6050 er en kombination af et accelerometer, et gyroskop, begge med 3 akser og et termometer. Det betyder for systemet at det er i stand til at registrere en ændring i acceleration og/eller orientering i alle retninger. Sensoren er blevet valgt til projektet på baggrund af et I²C interface, som derved kan tilkobles en samlet bus sammen med andre sensorer på bilen. Udover dette giver det konstruerede breakoutboard mulighed for nem tilslutning, men fortsat lille størrelse på sensoren. Sensoren fungerer altid som en slave med adressen 0b110100X, hvor X bliver bestemt af det logiske niveau på pin AD0, der som standard er lav.



Figur 14: MPU-6050 diagram

Diagrammet for sensoren er vist i figur 14. Maksimal bushastighed for MPU-6050 er 400kHz, men da der er andre sensorer som arbejder langsommere end MPU-6050 i systemet, passer den fint ind. Accelerometeret er en MEMS-type, hvor der er bygget mikroskopiske kondensatorer ind i chippen, som kan fjedre og bevæge sig, hvilket registreres som en ændring i kapacitans. Denne ændring kan omregnes til nogle brugbare værdier, og kan herfra anvendes til bl.a. retningsbestemmelse. Der er i alt 7 16-bits registre i sensoren, som hver især er tilknyttet til en ADC på hver akse, med undtagelse af register nr. 7, som er tilknyttet termometeret. Protokollen for kommunikation med sensoren ser således ud:



Figur 15: I²C protokol for MPU-6050

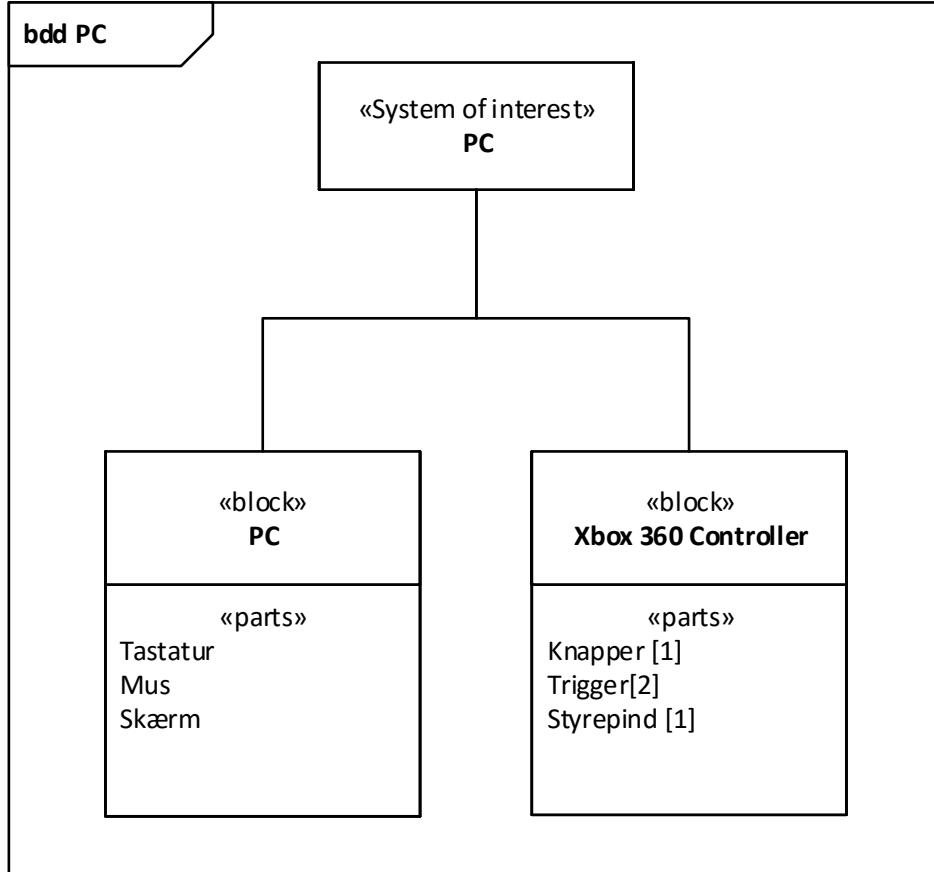
Som det ses i figur 15, starter masteren med at sætte en startsekvens ud på SDA (HIGH-to-LOW),

mens SCL er høj. Herefter betragtes bussen som optaget, indtil der bliver sendt en stopsekvens på SDA (LOW-to-HIGH) af masteren, mens SCL ligeledes er høj. Efter startsekvensen bliver der sendt en 7-bits adresse og en R/W bit. Data der bliver transmitteret over I²C bliver sendt i pakker af 8 bits. Når der først er sendt en startsekvens, er der ingen begrænsning på hvor meget data der må sendes, udover at der efter hver pakke, skal registreres en acknowledge. MPU-6050 indeholder desuden en DMP (Digital Motion Processor), som har til opgave at håndtere noget af dataprocesseringen fra selve MPU-6050.

3.4 PC

3.4.1 BDD for PC

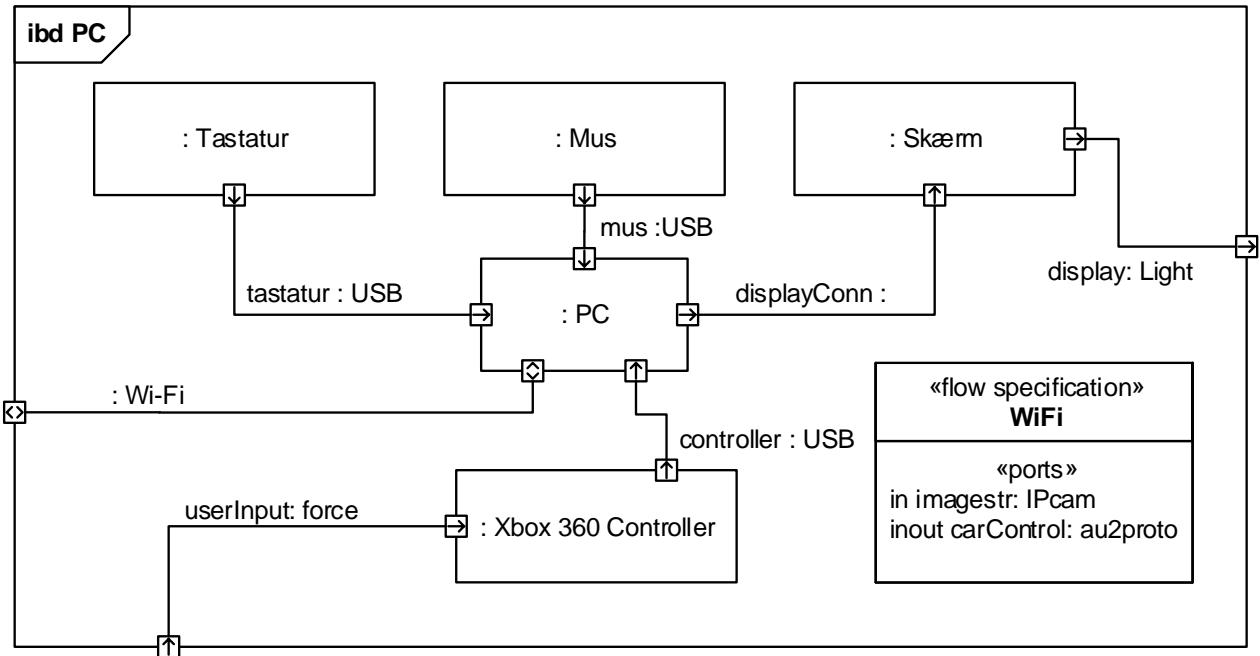
På figur 16 ses et overordnet blokdiagram for PC'en og dens interagerende dele.



Figur 16: BDD for PC kontekst

3.4.2 IBD for PC

På figur 17 ses alle interne signaler og en yderligere specificering af blokdiagrammet for pc på figur 16



Figur 17: IBD for blokken PC

3.4.3 Signalbeskrivelse for PC

Signal (navn: type)	Funktion	Tolerancer	Kommentarer
imagestr: IPcam	TODO Karsten		
carControl: au2proto	TODO Karsten		
tastatur: USB	Seriellkommunikation fra tastetur til PC	VBUS = 5V min. 4.40V max 5.25V GND = 0V D- = 5V +/- 0.2V D+ = 5V +/- 0.2V	VBUS for Low power port: Diff "1" $(D+) - (D-) > 200$ mV and D+ > VIH (min) Diff "0" $(D-) - (D+) > 200$ mV and D- > VIH (min)
mus: USB	Seriellkommunikation fra mus til PC	VBUS = 5V min. 4.40V max 5.25V GND = 0V D- = 5V +/- 0.2V D+ = 5V +/- 0.2V	VBUS for Low power port: Diff "1" $(D+) - (D-) > 200$ mV and D+ > VIH (min) Diff "0" $(D-) - (D+) > 200$ mV and D- > VIH (min)
displayConn:			
controller: USB	Seriellkommunikation fra Controller til PC	VBUS = 5V min. 4.40V max 5.25V GND = 0V D- = 5V +/- 0.2V D+ = 5V +/- 0.2V	VBUS for Low power port: Diff "1" $(D+) - (D-) > 200$ mV and D+ > VIH (min) Diff "0" $(D-) - (D+) > 200$ mV and D- > VIH (min)
userInput: force	Mekanisk input fra brugeren.		Dette input dækker over alle tryk/træk på Xbox 360 Controllerens knapper/styrelinde/triggers.
display: Light	Lys fra skærmen		Brugeren aflæser systemets interface via denne port.

3.5 Protokolbeskrivelse

3.5.1 Kamera

Kameraet er påmonteret Pi'en og der er installeret en virtuel driver kaldet uv4l. uv4l er en overbygning på den generelle driver således programmet motion kan finde kamaret i /dev/video0. Motion har den fordel at det kan sætte et IP videostream op hvorved Pi'en kan stremme videodata den vej igennem. På PC'en modtages videoen igennem GUI'en ved hjælp af opensource biblioteker fra VLC media player. Herved laves der en socket til at modtage videoen i. Adressen hvor i video stream modtages er Pi'ens Ip-adresse port 8081.

Kommando	Svar	Beskrivelse	Bitmønstre
openPlayer	Kontinuert stream fra motion	Motion streamer video data til PC'en	UDP socket forbindelse

Tabel 13: Kamera Protokol

Motion streamer video ligeså snart der er tændt for bilen. Der er derfor ikke nogen direkte kommunikation mellem PC'en og Pi'en igennem Kameraprotokollen.

3.5.2 GUI

PC'en og bilen kommunikerer igennem to TCP forbindelser. Xbox360 Controlleren har en TCP forbindelse hvor controller data bliver sendt kontinuert. GUI'en har en anden TCP forbindelse hvor data også udveksles kontinuert. Data består af makshastighed, afstand til forhindring, AKS-status, styretøj, acceleration og hastighed på bilen. TCP forbindelse til GUI'en sker på Pi'ens Ip-adresse port 1234 og controlleren har port 1235. I tabel 15 ses sekvensen over hver byte i GUI protokollen. Her er beskrevet hvilket bytenummer hver data byte har, samt enheden er. DB1 er fx. Hastighed som sendes i enheden $(\text{km}/\text{h}) \times 10$. Dette gøres for at vi derfor på PC siden kan modtage hastigheden fra 0-255 km/h. Når kommandoen shutDown sendes benytter den sig af samme protokol. Indholdet at bytes er i rækkefølgen "dwnnow"

Kommando	Svar	Beskrivelse	Bitmønstre
getData	sendStatus	GUI'en udveksler dens data med bilens	Ved getData sendes data som char array i rækkefølgen: makshastighed(km/h), hastighed((km/h) $\times 10$), afstand(m $\times 10$), acceleration(g $\times 10$), AKS-status(1/0) og styretøj(-50..50).
shutDown	shuttingDown	GUI'en sender besked til bilen om at den skal lukke dens software ned	shutDown sendes som en string "dwnnow" bilen sender "dwnnow" tilbage som ACK. Alt andet tolkes som NACK

Tabel 14: GUI Protokol

	DB0	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5
Datatype	Makshastighed	Hastighed	Afstand	Acceleration	AKS-status	Styretøj
Enhed	km/h	(km/h)×10	m	G×10	0..1	-50..50

Tabel 15: GUI byte protokol

	DB0	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5
Datatype	Shutdown	Shutdown	Shutdown	Shutdown	Shutdown	Shutdown
Enhed	'd'	'w'	'n'	'n'	'o'	'w'

Tabel 16: GUI shutdown protokol

På tabel 17 ses protokollen over Xbox360-controlleren.

Kommando	Svar	Beskrivelse	Bitmønstre
controllerFrem	<i>Intet svar</i>	Bruger har trykket på RT på controlleren	Unsigned char fra 0-255 afhængig af hvor hårdt der trykkes på knappen
controllerTilbage	<i>Intet svar</i>	Bruger har trykket på LT på controlleren	Unsigned char fra 0-255 afhængig af hvor hårdt der trykkes på knappen
controllerDrej	<i>Intet svar</i>	Bruger har ændret positionen af venstre styrepind, til højre eller venstre, på controlleren	Char fra -127 til 127 afhængig af positionen af styrepinden
controllerStop	<i>Intet svar</i>	Bruger har trykket på X på controlleren	Char værdi 1

Tabel 17: Xbox360-controller Protokol

	DB0	DB1	DB2	DB3
Datatype	Frem	Tilbage	Drej	Stop
Enhed	0-255 unsigned char	0-255 unsigned char	(-127)-127 char	0..1 char

Tabel 18: Xbox360-controller Protokol byte mønster

4 Hardwaredesign

4.1 Strømforsyning

For at dimensionere strømforsyningen er der i første omgang udarbejdet et estimat for hvor meget strøm de forskellige blokke i bilen forbruger. Resultater af disse udregninger er indsat i tabel 3.3.1 på side 34.

Strømforsyningen er som udgangspunkt designet som en buck converter. Til at realisere dette formål er en TI LM26003 taget i brug som central enhed. I databladet REF for LM26003 fremgår et typisk design, som stemmer godt overens med behovene for dette projekt.

Til selve dimensioneringen af kredsløbet er fremgangsmåden, der fremkommer i databladets punkt 9.2.1 fulgt. Der er lavet en mindre modifikation ift. 4.1, "Typical Application", for at give strømforsyningen en 3V udgang.

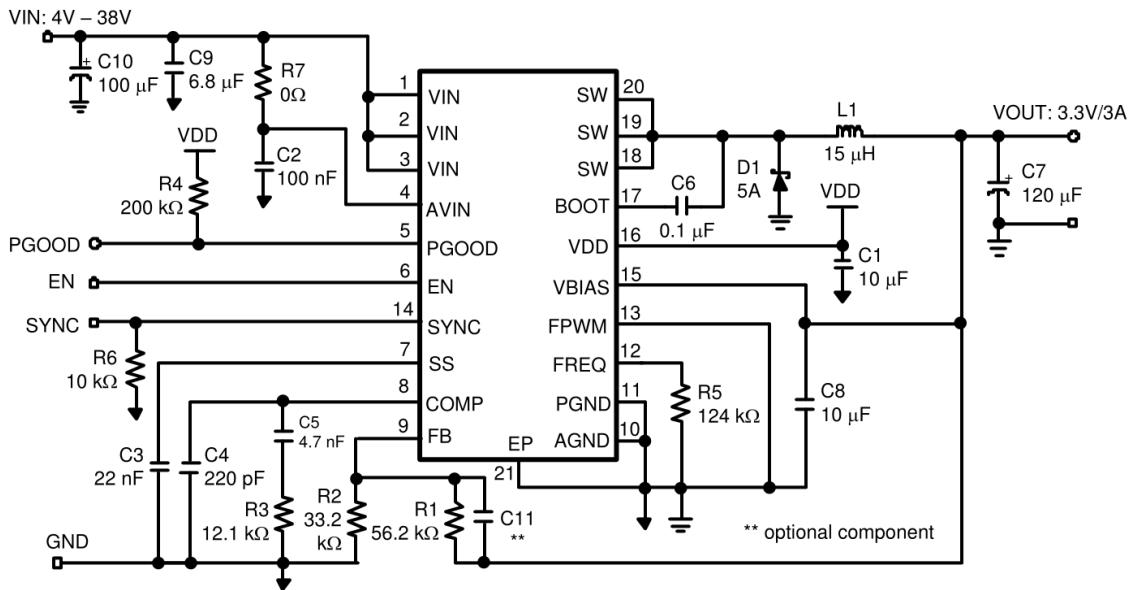


Figure 16. Example Circuit 3A, 300 kHz

Figur 18: Typisk kredsløb fra databladet for LM26003

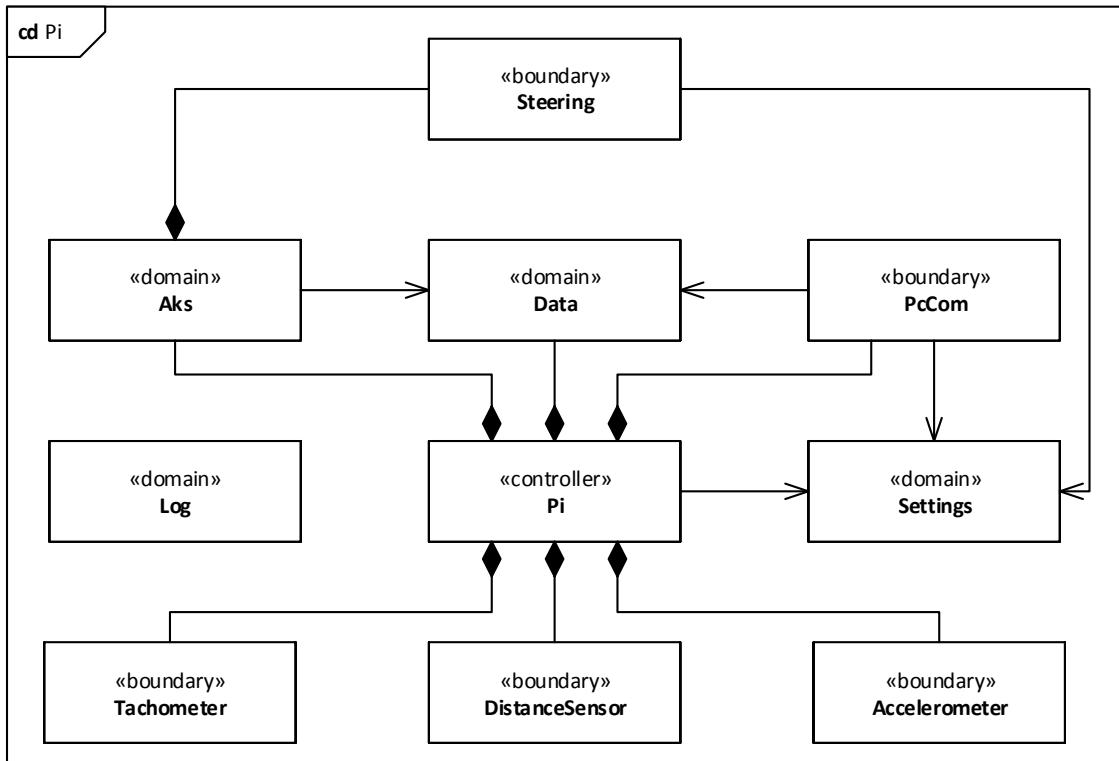
Der er dog i forbindelse med udgangstrinnet lavet en modifikation ift. "Typical Application", som indebærer en 3V udgang. I forbindelse med L1 er der på samme kerne viklet viklinger på for at danne en transformer, hvorved en 3V udgang lavet. Denne rettes ud med en diode og en kondensator.

5 Softwaredesign

5.1 Bil

5.1.1 Klassediagram

I dette afsnit beskrives det overordnede design på den software der kommer til at ligge på Pi. På figur 19 ses et klassediagram der opdeler funktionaliteten i klasser.



Figur 19: Klasse diagram over Pi

Controller-klasse: Pi

Controller-klassen Pi indeholder main funktionen og har derfor ansvaret for at styre slagets gang. Klassen skal derfor iværksætte initialisering af alle de klasser som den har ejerskab over. En af klassen ansvarsområder er at indsamle data fra sensorerne, og dette gøres ved at starte en særskilt tråd til dette. Denne tråd skal også sørge for at iværksætte Aks-klassen hver gang nye data er indsamlet.

Domain-klasse: Aks

Domain-klassen analyserer indkomne sensordata og i tilfælde at bilen er ved at køre ind i en forhindring, blokeres brugerinput og der styres udenom eller bremses.

Domain-klasse: Data

Denne klasse har til formål at indsamle alle sensordata i en datastruktur. Disse data gemmes i memory kan ikke overstige en defineret størrelse. Brugerinput gemmes ikke i denne klasse.

Domain-klasse: Log

Denne klasse har til formål at gemme samtlige systemhændelser i den fil, så kilden til eventuelle programcrash kan identificeres. Alle klasser på Pi har en reference til denne log, så de hver i sær kan skrive til den. På figur 19 er der undladt at lave pile fra alle klasser til denne, da dette vil gøre diagrammet uoverskueligt.

Domain-klasse: Settings

Settings er datastruktur der indeholder indstillinger for maksimal hastighed, AKS status, og styretøjets kalibrering. Indstillingerne er gemt i en fil som kan tilgås af Pi-klassen og Steering-klassen.

Boundary-klasse: PcCom

Boundary-klassen PcCom håndterer kommunikationen imellem PC og Bil. Denne kommunikation sker vha. UDP via Wi-Fi.

Boundary-klasse: Steering

I denne klasse styres bilens aktuatorer. Dette er altså en driver til både motoren der skaber fremdrift og servo-motoren der styrer forhjulene. Klassen tager ligeledes højde for brugers indstillinger.

Boundary-klasse: Tachometer

Denne klasse håndterer kommunikationen til bilens tachometer og konverterer sensordata til brugbar hastigheds måling.

Boundary-klasse: DistanceSensor

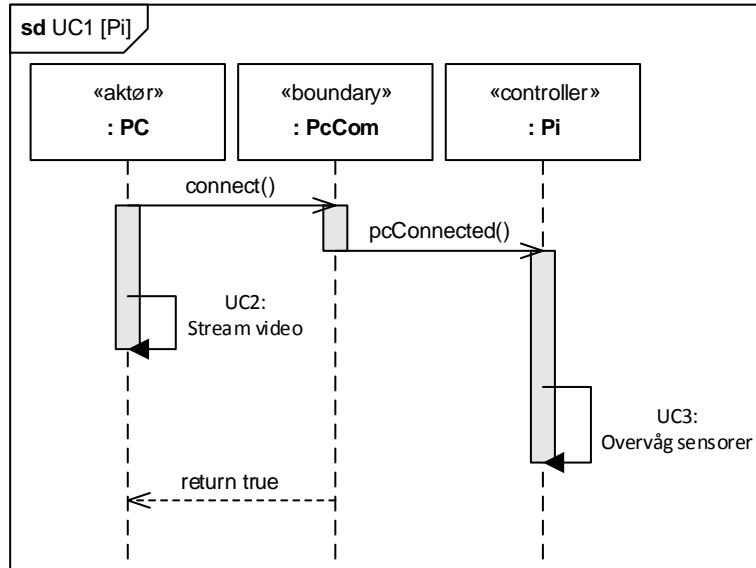
Denne klasse håndterer kommunikationen til bilens afstandssensorer og konverterer sensordata til brugbar distancemålinger. Klassen håndterer alle fire sensorer.

Boundary-klasse: Accelerometer

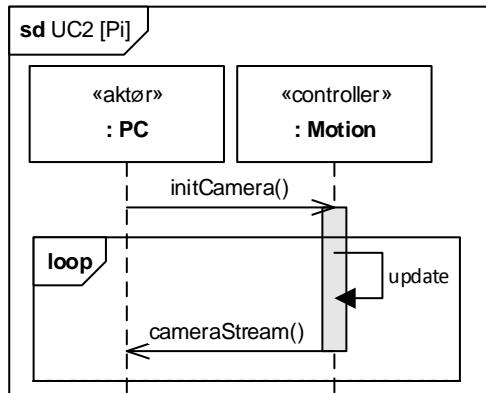
Denne klasse håndterer kommunikationen til bilens accelerometer og konverterer sensordata til brugbar g-måling.

5.1.2 Sekvensdiagrammer

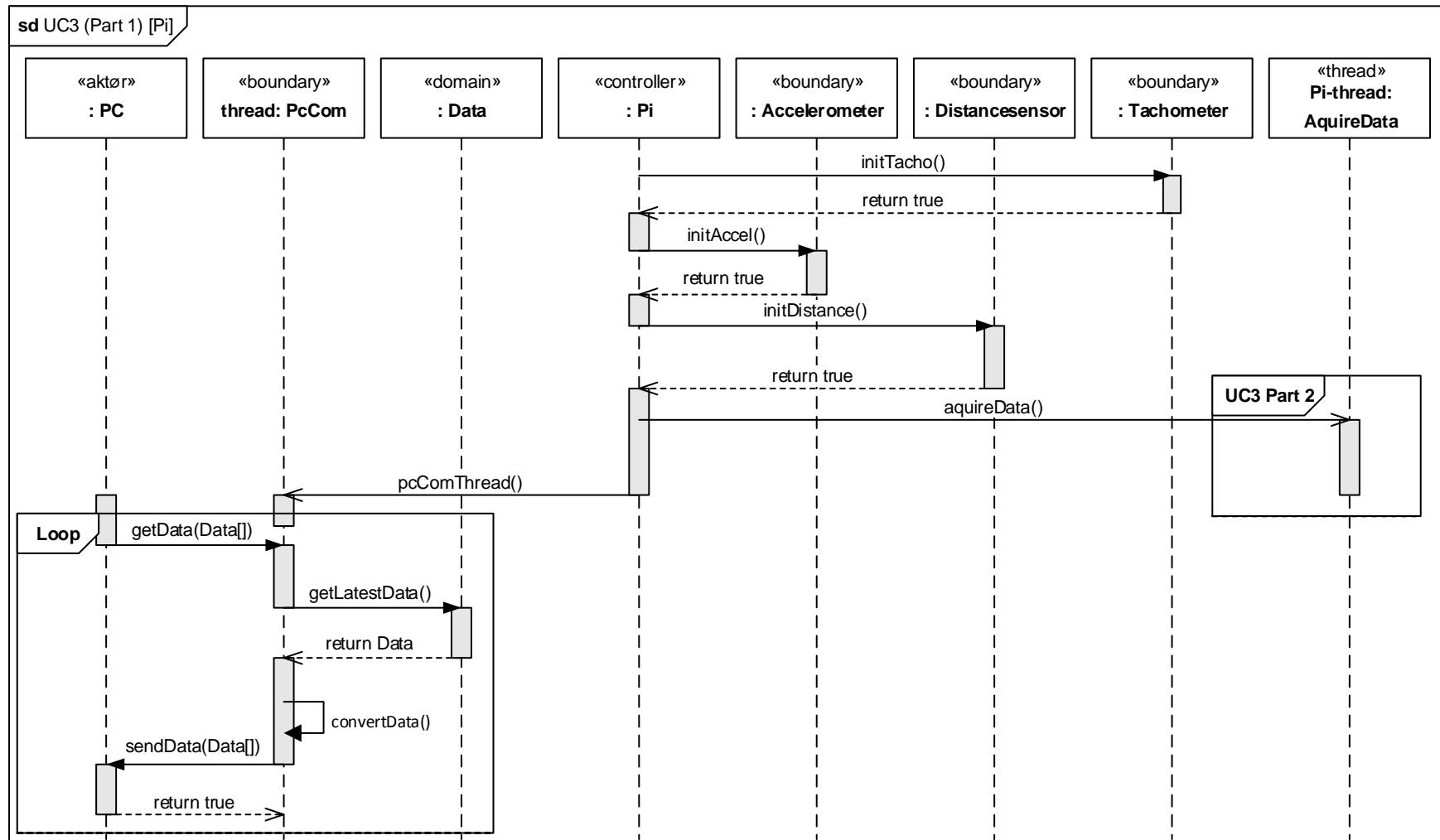
Herunder er udarbejdet sekvensdiagrammer for den funktionalitet som Pi blokken på bilen skal have. Der er tage udgangspunkt i de tidligere fremstillede use cases. Sekvensdiagrammer for UC8 og UC12 er udeladt, da disse kun indeholder handlinger over interaktion imellem bruger og PC.



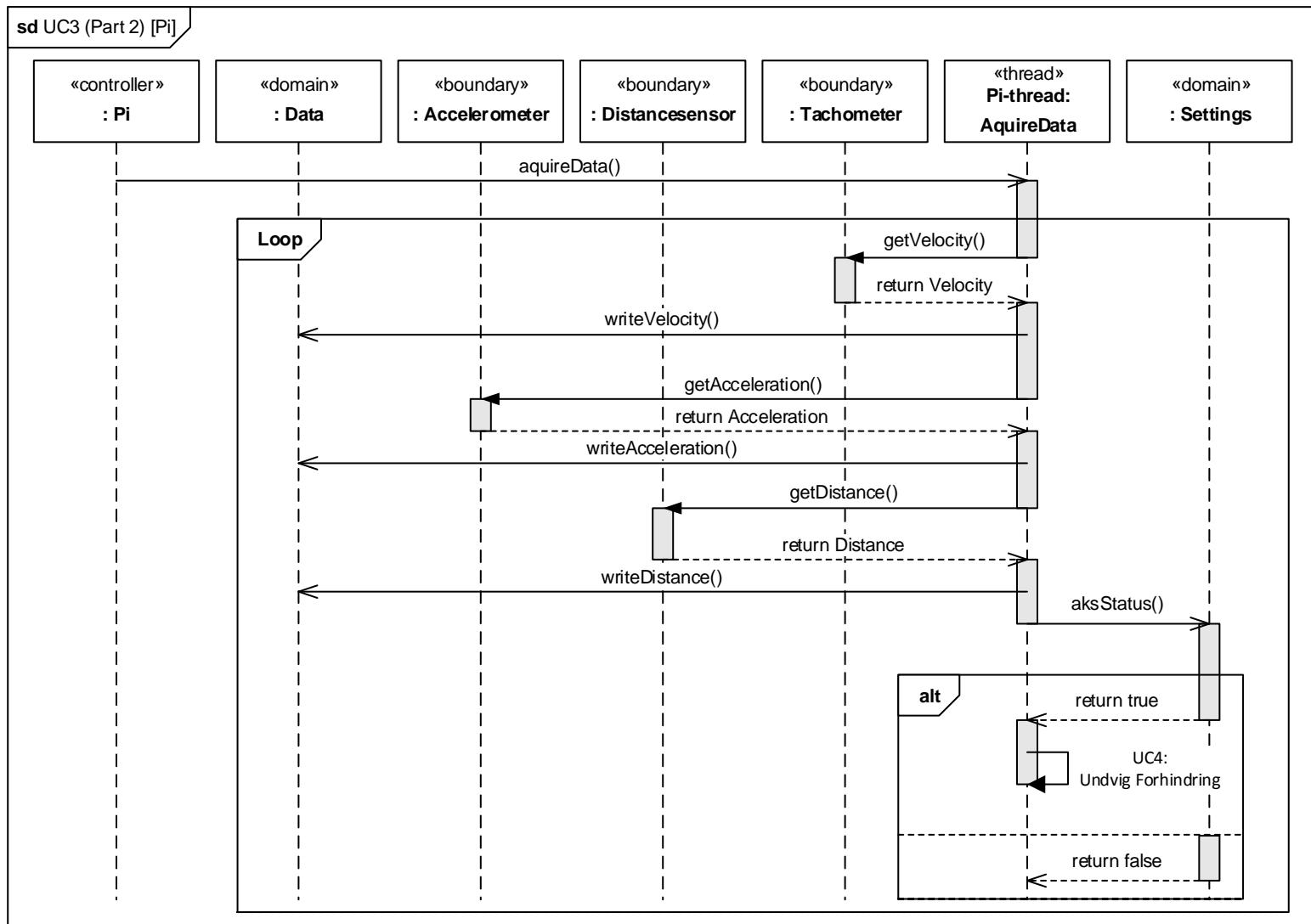
Figur 20: Sekvensdiagram over bilens funktionalitet i UC1: Aktiver system



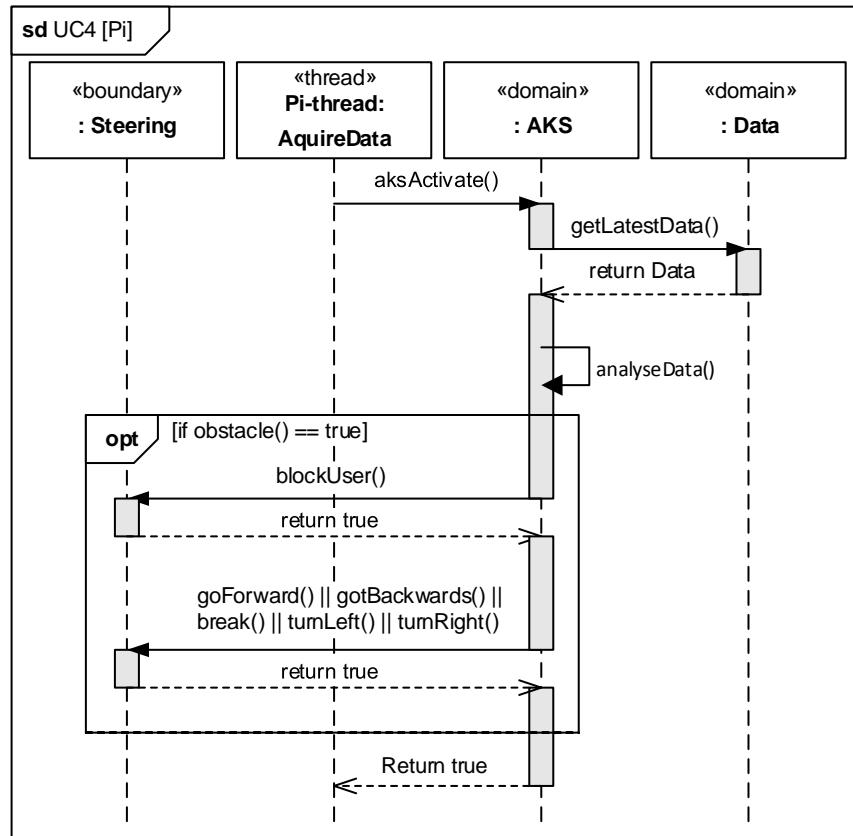
Figur 21: Sekvensdiagram over bilens funktionalitet i UC2: Stream video



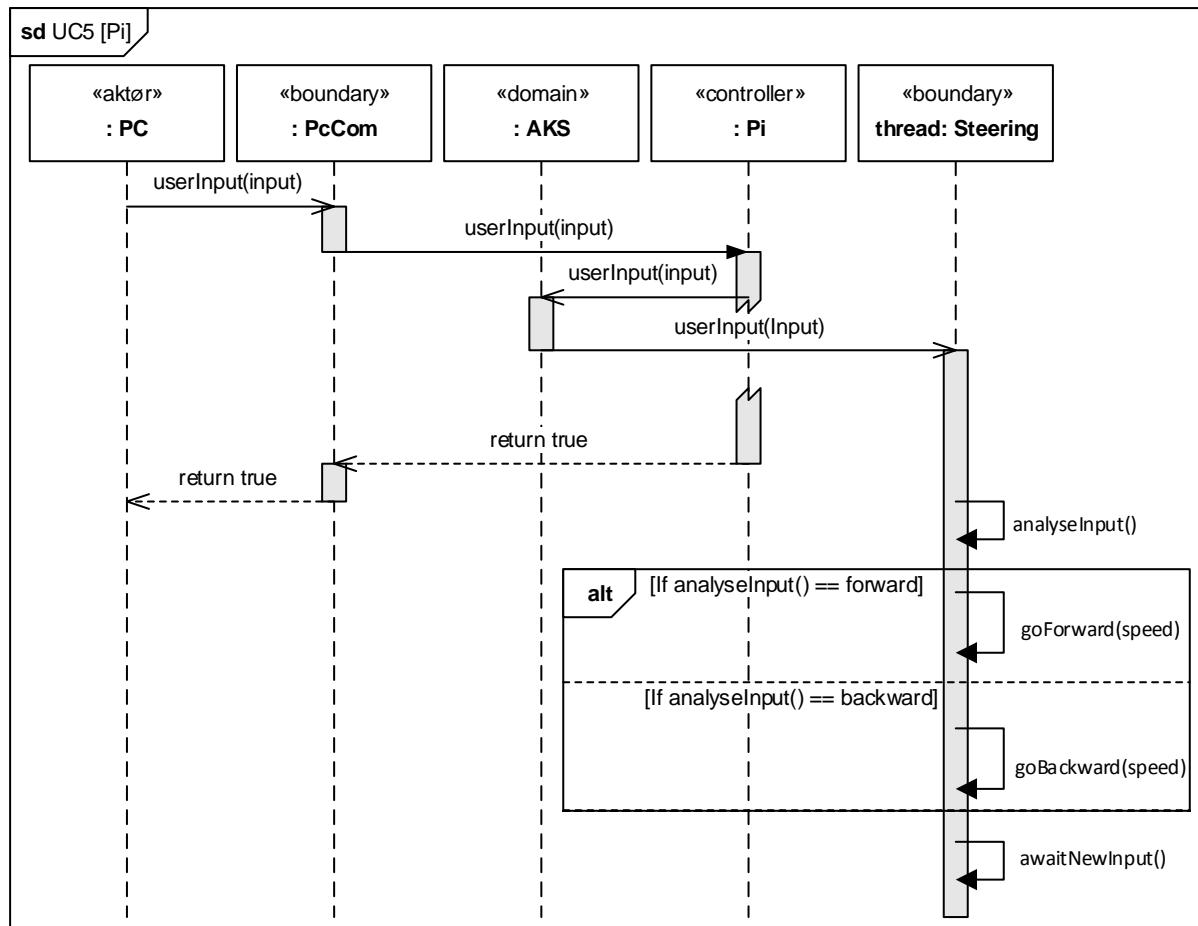
Figur 22: Sekvensdiagram over bilens funktionalitet i UC3: Overvåg sensorer - Del 1



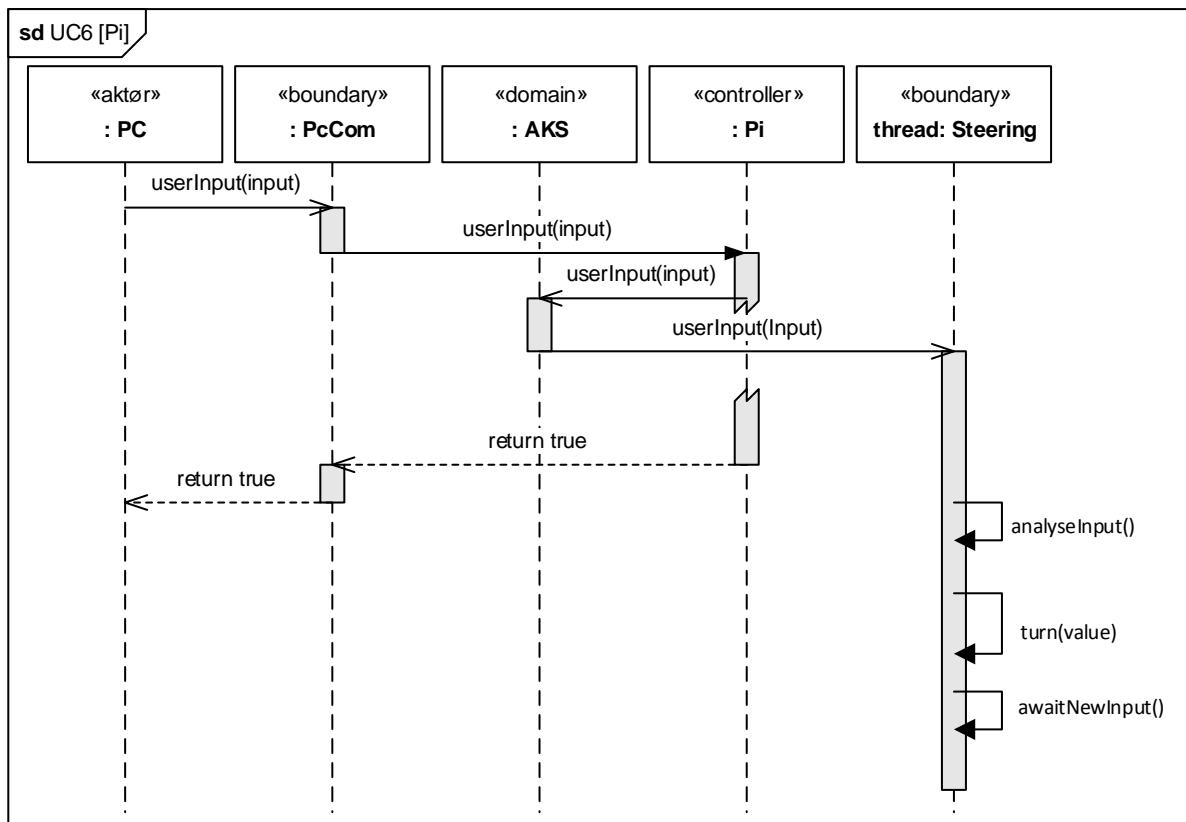
Figur 23: Sekvensdiagram over bilens funktionalitet i UC3: Overvåg sensorer - Del 2



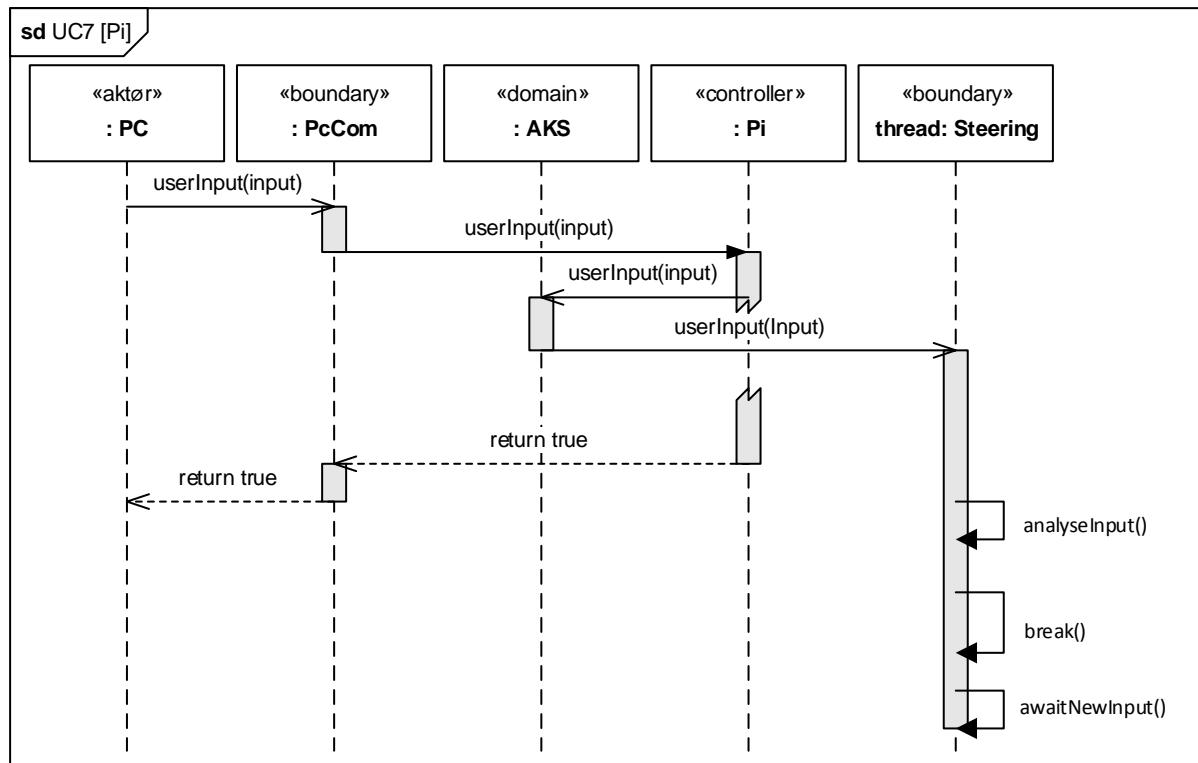
Figur 24: Sekvensdiagram over bilens funktionalitet i UC4: Undvig forhindring



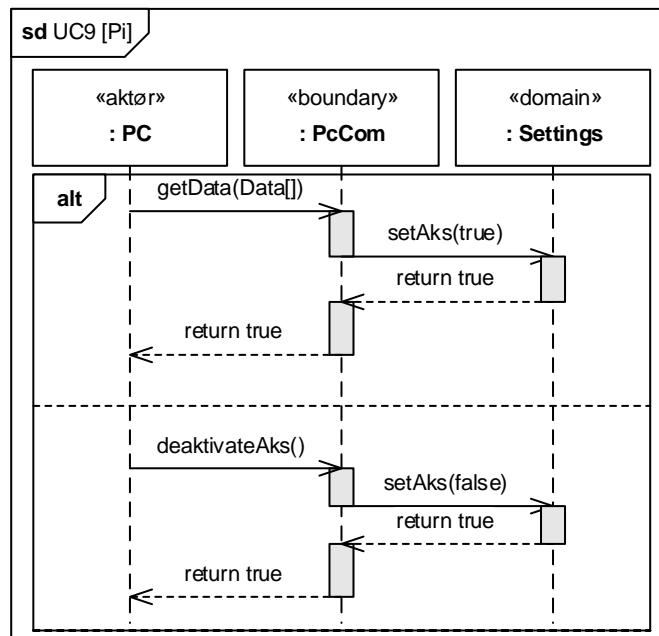
Figur 25: Sekvensdiagram over bilens funktionalitet i UC5: Kør bil frem/tilbage



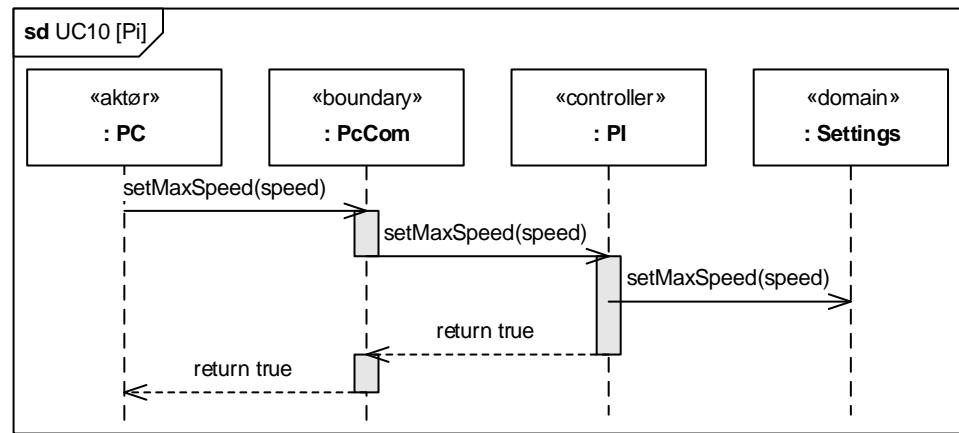
Figur 26: Sekvensdiagram over bilens funktionalitet i UC6: Drej til højre/venstre



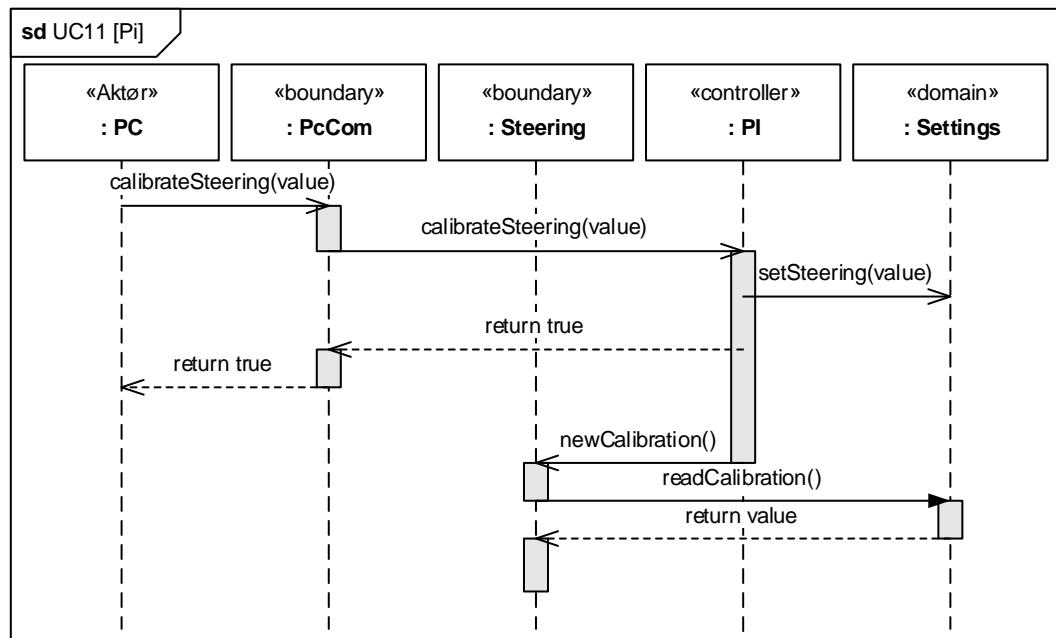
Figur 27: Sekvensdiagram over bilens funktionalitet i UC7: Brems bil



Figur 28: Sekvensdiagram over bilens funktionalitet i UC9: Tænd/sluk AKS



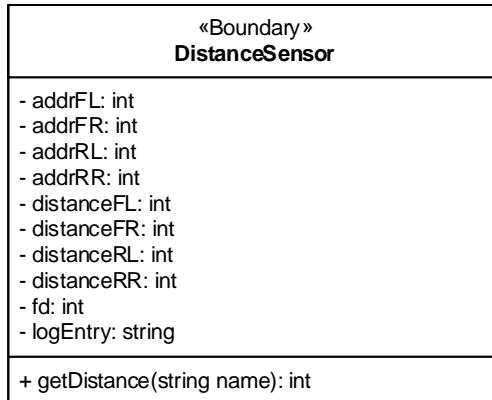
Figur 29: Sekvensdiagram over bilens funktionalitet i UC10: Indstil makshastighed



Figur 30: Sekvensdiagram over bilens funktionalitet i UC11: Kalibrer styretøj

5.1.3 Klassebeskrivelser

Boundary-klasse: Distancesensor



Figur 31: Klassebeskrivelse af boundary-klassen DistanceSensor

Attributter

Navn	Type	Beskrivelse
addrFL	int	Adresse til forreste venstre afstandssensor.
addrFR	int	Adresse til forreste højre afstandssensor.
addrRL	int	Adresse til bagerste venstre afstandssensor.
addrRR	int	Adresse til bagerste højre afstandssensor.
distanceFL	int	Midlertidig variabel der indeholder afstanden fra forreste venstre afstandssensor.
distanceFR	int	Midlertidig variabel der indeholder afstanden fra forreste højre afstandssensor.
distanceRL	int	Midlertidig variabel der indeholder afstanden fra bagerste venstre afstandssensor.
distanceRR	int	Midlertidig variabel der indeholder afstanden fra bagerste højre afstandssensor.
fd	int	Variabel der anvendes som reference til i2c-bussen som sensorerne er tilkoblet
logEntry	string	Variabel der indeholder reference til loggen.

Tabel 19: Attributter for klassen DistanceSensor

Metoder

Prototype	<code>int getDistance(string name)</code>
Parametre	<code>name</code> Navnet på den sensor som der skal læses fra. Kan en af fire muligheder "FL", "FR", "RL" og "RR".
Returværdi	<code>int</code> Afstanden for til nærmeste sensor for den pågældende sensor. Tallet er angivet i cm.
Beskrivelse	Metoden læser afstanden som en afstandssensor befinner sig fra en forhindring.

Tabel 20: Metodebeskrivelse for `getDistance`

6 Accepttest

Version

Dato	Version	Initialer	Ændring
29. september	1	Alle	Første udkast.
26. oktober	2	PKP, KT og JEP	Mindre rettelser efter review
	3		
	4		

6.1 Funktionelle Krav

Fremgangsmåden for test af funktionelle krav er generelt taget udgangspunkt i Use Cases. I tabel 21 er vist en matrise der sammenholder Use Cases med funktionelle krav, der sikrer at alle krav bliver testet ved test af Use Cases. Der henvises til kravnumre i afsnit 2.4 på side 10.

Krav	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
UC1						X				X		
UC2										X		
UC3							X					
UC4	X	X	X				X	X	X			
UC5	X		X		X							
UC6		X			X							
UC7			X								X	
UC8						X						
UC9											X	
UC10			X	X								
UC11		X										
UC12												

Tabel 21: Use Case-krav matrise

Use Case 1: Aktiver system

Use case under test		UC1: Aktiver system		
Scenarie		Hovedscenarie		
Forudsætning		Netværksforbindelse er opsat og fungerende		
Step	Handling	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt / Kommentar
1.1	Bruger sætter bilens "ON/OFF"-switch til "ON".	Visuel test: Lampe på bilens strømforsyning lyser.		
1.2	Bruger starter software på PC.	Visuel test: Hovedvinduet vises på skærmen.		
1.3	Bruger trykker på "Opret forbindelse".	Visuel test: Hovedvindue viser "Forbindelse oprettet".		
1.4	Bruger observerer hovedvinduet.	Visuel test: Videostream vises i hovedvinduet.		
1.5	Bruger observerer hovedvinduet.	Visuel test: Bilens aktuelle hastighed vises i hovedvinduet.		

1.6	Bruger observerer hovedvinduet.	Visuel test: Bilens aktuelle tyngdeacceleration vises i hovedvinduet.		
1.7	Bruger observerer hovedvinduet.	Visuel test: Data fra bilens afstandssensorer vises i hovedvinduet.		

Tabel 22: Accepttest for UC1: Aktiver system

Use Case 2: Stream Video

Use case under test		UC2: Stream Video		
Scenarie		Hovedscenarie		
Forudsætning		UC1 frem til punkt 5 er fuldført		
Step	Handling	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt / Kommentar
2.1	Bruger åbner AU2 softwaren på PC'en og trykker "Opret forbindelse".	Visuel test: Der vises et live-feed fra bilens kamera.		
2.2	Bruger har Wireshark åbent på samme computer. Wireshark er opsat til at overvåge det pågældende netværk.	Visuel test: I Wireshark observeres der for overføring af pakker fra bilens IP-adresse til computerens IP-adresse.		

Tabel 23: Accepttest for UC2: Stream Video

Use Case 3: Overvåg sensorer

Use case under test		UC3: Overvåg sensor		
Scenarie		Hovedscenarie		
Forudsætning		UC1 frem til punkt 6 er fuldført		
Step	Handling	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt / Kommentar
3.1	Bruger åbner programmet PUTTY.EXE og indtaster ssh -l pi IP_ADDRESS -p 22.	Visuel test: Terminalen spørger om et password”.		
3.2	Bruger indtaster 1234.	Visuel test: Terminalen viser pi@raspberry \$.		
3.3	Bruger indtaster nano /etc/var/log/au2log	Visuel test: Log filen viser Accelerometer initialisering.. Done. Tachometer initialisering.. Done. Distancesensors initialisering.. Done.		
3.4	Bruger kører en tur med bilen og observerer hovedmenu i softwaren på PC.	Visuel test: Bruger observerer at data for bilens hastighed, afstand til forhindring og acceleration fremgår af brugerfladen.		

Tabel 24: Accepttest for UC3: Overvåg sensor

Use Case 4: Undvig forhindring

Use case under test		UC4: Undvig forhindring		
Scenarie		Hovedscenarie		
Forudsætning		UC1 er gennemført, UC3 er gennemført.		
Step	Handling	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt / Kommentar
4.1	Bruger styrer bilen fremad mod en forhindring på min. (30cm × 30cm) vinkelret på bilens kørebane vha. Xbox-360 controlleren, således at bilen er umiddelbart til venstre for objektet.	Visuel test: Bruger observerer at bilen ændrer kurs til højre på trods af brugerinput.		
4.2	Bruger tester om det er muligt at styre bilen igen med Xbox-360 controlleren.	Visuel test: Bruger observerer at bilen reagerer på brugerinput.		
4.3	Bruger styrer bilen fremad mod en forhindring på (30cm × 30cm) vinkelret på bilens kørebane vha. Xbox-360 controlleren, således at bilen er umiddelbart til højre for objektet.	Visuel test: Bruger observerer at bilen ændrer kurs til venstre på trods af brugerinput.		
4.4	Bruger styrer bilen fremad mod en forhindring på (30cm × 30cm) vinkelret på bilens kørebane vha. Xbox-360 controlleren, således at bilen har retning lige mod objektet.	Visuel test: Bruger observerer at bilen standser på trods af brugerinput.		

4.5	Bruger bakker mod en forhindring på (30cm × 30cm) vinkelret på bilens kørebane vha. Xbox-360 controlleren, således at bilen er umiddelbart til venstre for objektet.	Visuel test: Bruger observerer at bilen ændrer kurs til venstre på trods af brugerinput.		
4.6	Bruger bakker bilen mod en forhindring på (30cm × 30cm) vinkelret på bilens kørebane vha. Xbox-360 controlleren, således at bilen er umiddelbart til højre for objektet.	Visuel test: Bruger observerer at bilen ændrer kurs til højre på trods af brugerinput.		
4.7	Bruger bakker bilen mod en forhindring på (30cm × 30cm) vinkelret på bilens kørebane vha. Xbox-360 controlleren, således at bilen har retning lige mod objektet.	Visuel test: Bruger observerer at bilen standser på trods af brugerinput.		

Tabel 25: Accepttest for UC4: Undvig forhindring

Use Case 5: Kør bil frem/tilbage

Use case under test		UC5: Kør bil frem/tilbage		
Scenarie		Hovedscenarie		
Forudsætning		UC1: Aktiver system er fuldført og systemet er operationelt.		
Step	Handling	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt / Kommentar
5.1	Bruger holder "RT" på Xbox-360 controlleren halvt nede.	Visuel test: Bruger observerer at bilen accelererer fremad til halv makshastighed og holder denne.		
5.2	Bruger holder "RT" på Xbox-360 controlleren helt nede.	Visuel test: Bruger observerer at bilen accelererer fremad til makshastighed og holder denne.		
5.3	Bruger holder "RL" på Xbox-360 controlleren halvt nede.	Visuel test: Bruger observerer at bilen accelererer bagud til halvdelen af makshastighed og holder denne.		
5.4	Bruger holder "RL" på Xbox-360 controlleren helt nede.	Visuel test: Bruger observerer at bilen accelererer bagud til makshastighed og holder denne.		

Tabel 26: Accepttest for UC5: Kør bil frem/tilbage

Use Case 6: Drej bil til højre/venstre

Use case under test		UC6: Drej bil til højre/venstre		
Scenarie		Hovedscenarie		
Forudsætning		UC1: Aktiver system er fuldført og systemet er operationelt		
Step	Handling	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt / Kommentar
6.1	Bruger ændrer position af den venstre styrepind på Xbox360-controlleren til venstre yderposition.	Visuel test: Bilens forhjul drejer 30° til venstre i forhold til center.		
6.2	Bruger ændrer position af den venstre styrepind på Xbox360-controlleren halvvejs til venstre yderposition.	Visuel test: Bilens forhjul drejer 15° til venstre fra center.		
6.3	Bruger ændrer position af den venstre styrepind på Xbox360-controlleren til højre yderposition.	Visuel test: Bilens forhjul drejer 30° til højre fra center.		
6.4	Bruger ændrer position af den venstre styrepind på Xbox360-controlleren halvvejs til højre yderposition.	Visuel test: Bilens forhjul drejer 15° til højre fra center.		
6.5	Bruger ændrer position af den venstre styrepind på Xbox360-controlleren til center mellem højre og venstre yderposition.	Visuel test: Bilens forhjul går tilbage til center.		

Tabel 27: Accepttest for UC6: Drej bil til højre/venstre

Use Case 7: Brems bil

Use case under test		UC7: Brems Bil		
Scenarie		Hovedscenarie		
Forudsætning		UC1: Aktiver system er fuldført og systemet er operationelt.		
Step	Handling	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt / Kommentar
7.1	Bruger trykker på "X" knappen på Xbox-360 controlleren.	Visuel test: Bruger observerer at bilens hastighed sænkes hvis i fart, ellers tændes bilens bremselflys blot.		

Tabel 28: Accepttest for UC7: Brems Bil

Use Case 8: Konfigurer IP-adresse

Use case under test		UC8: Konfigurer IP-adresse		
Scenarie		Hovedscenarie		
Forudsætning		UC1: Aktiver system er udført, bilen og PC er på samme netværk, at systemet viser "Hovedvindue" samt at systemet er operationelt.		
Step	Handling	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt / Kommentar
8.1	Bruger trykker på "Konfigurer IP".	Visuel test: Konfigurations menuen for IP-adressen vises, og der er mulighed for at indtaste en IP-adresse.		
8.2	Bruger indtaster bilens IP-adresse. Og trykker "Gem".	Visuel test: Systemet viser "Hovedvindue".		
8.3	Bruger trykker på "Opret forbindelse".	Visuel test: Hovedmenuen viser et videobillede samt opdater variablerne Hastighed, Afstand, Acceleration og Makshastighed.		

Tabel 29: Accepttest for UC8: Konfigurer IP-adresse

Use Case 9: Tænd/Sluk AKS

Use case under test		UC9: Tænd/sluk AKS		
Scenarie		Hovedscenarie		
Forudsætning		UC1: Aktiver system er udført, bilen og PC er på samme netværk, at systemet viser "Hoved vindue" samt at systemet er operationelt.		
Step	Handling	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt / Kommentar
9.1	Bruger trykker på "AKS-On".	Visuel test: Knappen ændres til "AKS-Off".		
9.2	Bruger trykker på "AKS-Off".	Visuel test: Knappen ændres til "AKS-On".		

Tabel 30: Accepttest for UC9: Tænd/sluk AKS

Use Case 10: Indstil maksimalhastighed

Use case under test		UC10: Indstil makshastighed		
Scenarie		Hovedscenarie		
Forudsætning		UC1: Aktiver system er udført, bilen og PC er på samme netværk, at systemet viser "Hovedvindue" samt at systemet er operationelt.		
Step	Handling	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt / Kommentar
10.1	Bruger trykker på "Indstil makshastighed".	Visuel test: Hovedvindue viser menu med mulighed for at indtaste makshastighed fra 1-10 km/t.		
10.2	Menuen viser bilens nuværende makshastighed.	Den nuværende makshastighed vises.		
10.3	Bruger indtaster bilens ønskede makshastighed.	Menuen viser den ønskede makshastighed.		
10.4	Bruger trykker på "Ok".	Systemet viser den nye makshastighed.		
10.5	Bruger holder "RT" inde på Xbox 360 controlleren.	Bilen accelererer til den angivne maksimalhastighed.		

Tabel 31: Accepttest for UC10: Indstil makshastighed

Use Case 11: Kalibrer styrtøj

Use case under test		UC11: Kalibrer styretøj		
Scenarie		Hovedscenarie		
Forudsætning		UC1: Aktiver system er udført, bilen og PC er på samme netværk, at systemet viser "Hovedmenu", at systemet er operationelt samt bilen holder stille		
Step	Handling	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt / Kommentar
11.1	Bruger vælger "Kalibrer styretøj"	Visuel test: Menu med mulighed for kalibrering fremkommer.		
11.2	Bruger indtaster en værdi mellem 50 og -50 for kalibrering.	Den ønskede værdi vises.		
11.3	Bruger trykker på "Ok".	Forhjulene drejer en absolut værdi mod enten højre eller venstre: positiv værdi giver udslag til højre, og negativ værdi giver udslag venstre.		
11.5	Systemet returnerer til "Hovedvindue"	Visuel test: "Hovedvindue" fremkommer		

Tabel 32: Accepttest for UC11: Kalibrer styretøj

Use Case 12: Afbryd system

Use case under test		UC12: Afbryd system		
Scenarie		Hovedscenarie		
Forudsætning		UC1: Aktiver system er fuldført, bilen holder stille og systemet er operationelt		
Step	Handling	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt / Kommentar
12.1	Bruger trykker på ”Luk ned”.	Visuel test: Hovedvinduet forsvinder fra skærmen.		
12.2	Bruger venter på at lampen på strømforsyningen slukker	Visuel test: Lampe på strømforsyning slukker.		
12.3	Bruger skubber kontakten ”ON/OFF” på undersiden af bilen til position ”OFF”	Visuel test: Knappen står i position OFF.		

Tabel 33: Accepttest for UC12: Afbryd system

6.2 Ikke-funktionelle krav

Krav	Test	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt/ kommentar
1.	Der udmåles en strækning, på en vandret overflade, på 10 meter. Bilen startes således at maksimumshastighed er nået når den passerer startpunktet for den udmålte strækning. Der tages tid på bilen fra startpunkt til slutpunkt af strækningen. Herefter omregnes disse data til en hastighed.	Der måles en maksimumshastighed på 10 km/t \pm 10%.		
2.	Der udmåles en strækning, på en vandret overflade, på 1 meter. Bilen startes således at maksimumshastighed er nået når den passerer startpunktet for den opmålte strækning. Bilen sættes til at bremse indtil at bilen er i stilstand. Der observeres om bilen er kommet ud over slutpunkt for den udmålte strækning.	Bil er i stilstand inden for den udmalte stræknings start- og slutpunkt.		

3.	Bilen sættes til at accelerere ligeud på en vandret overflade. Der tages tid fra start af bilens acceleration. Ved 6 sekunders mærket tages der to billeder af bilen med et kamera med en maks. lukketid på $1/100s$. Disse billeder bruges til at finde hastigheden af bilen, ved at aflæse længden bilen har flyttet sig og dividere det med tiden der er gået mellem de to billeder.	De beregnede data viser at bilen har nået maksimumhastighed på $10 \text{ km/t} \pm 10\%$.		
4.	Bruger trykker på "B"-knappen på Xbox-360 controlleren. Der måles en tid fra tryk på knap til test-LED på bilen lyser.	Den målte tid overstiger ikke $50ms$.		
5.	Der placeres en genstand der opfylder givne krav for forhindring ($30cm \times 30cm$) i afstanden $6m$ fra sensoren og der måles om sensoren detekterer pågældene genstand.	Der observeres at sensoren detekterer genstanden.		
6.	Bruger slukker for program på PC.	Der observeres at bilens bremse-LED lyser indenfor $50ms$.		
7.	Datablad for kamera aflæses.	Kameraet er detekteret til at have en opdateringshastighed på minimum 15 billeder i sekundet.		

8.	Der tages et screenshot af hovedvinduet. Selve videofeedet beskæres i mspaint.exe og måles.	Den målte oplosning er 640×480 pixels.		
9.	Wireshark anvendes til at aflæse antal kommandoer sendt per sekund.	Den aflæste mængde kommandoer er minimum 60.		
10.	Bruger kigger på HID.	HID består af Xbox-360 controller og tastatur.		

Tabel 34: Ikke funktionelle krav

Litteraturliste

- [1] Mipi Alliance: *Kamera interface standard.*
<http://mipi.org/specifications/camera-interface>. 2015.
- [2] RASPBERRY PI FOUNDATION: *Anbefalet PSU størrelse.*
<https://www.raspberrypi.org/help/faqs/#powerReqs>. 2015.
- [3] MaxBotix: *I2CXL-MaxSonar-EZ0 datablad.*
http://www.maxbotix.com/Ultrasonic_Sensors/MB1202.htm. 2015.
- [4] Corona: *CS238MG Metal Gear Servo datablad.*
<http://kurser.oha.dk/eit/eit-lab/embeddedStock/Datasheet/CS238MG.pdf>. 2015.
- [5] InvenSense: *MPU-6050 accelerometer datablad.*
<http://43zrtwysvxb2gf29r5o0athu.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf>. 2015.
- [6] SIEMENS: *TLE4905L Hall Switch til tachometer.*
<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/45868/SIEMENS/TLE4905L.html>. 2015.

