

Underskrifter

Dato for aflevering: 28/05-2015

Gruppemedlemmer:

Kristian Boye Jakobsen (KB) 201370738

Lukas Hedegaard Jensen (LH) 201370768

Poul Overgaard (PO) 201370794

Jeppe Hofni (JH) 201370801

Mick Kirkegaard (MK) 201370970

Felix Blix Everberg (FB) 201371008

Vejleder: Arne Justesen

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1 Termliste	5
Kapitel 2 Kravspecifikation	7
2.1 Indledning	7
2.2 Use cases	9
2.3 Aktører	9
2.4 Fully dressed use cases	10
2.5 Ikke-funktionelle krav	13
2.6 Web-skitser	14
2.7 E-mail beskeder	16
Kapitel 3 Overordnet	17
3.1 Systemarkitektur	17
3.1.1 Domænemodel	17
3.1.2 System-states	18
3.1.3 BDD	19
3.1.4 IBD	19
3.2 Signalbeskrivelse	20
3.2.1 Allokering af logiske funktionaliteter	21
3.3 Grænseflader	22
3.3.1 Grænseflade mellem Intelligent Lydmonitor og Controller	22
3.3.2 Grænseflade mellem Vuggesystem og Controller	22
3.3.3 Grænseflade mellem Controllers servere og ekstern internet enhed	23
Kapitel 4 Controller	25
4.1 Systemarkitektur	25
4.1.1 Hardware arkitektur	25
4.1.2 Signal	26
4.2 Design	27
4.2.1 Softwaredesign	27
4.3 Implementering	36
4.4 Modultest	36
Kapitel 5 Intelligent lydmonitor	37
5.1 Forundersøgelse	37
5.1.1 Metode	37
5.1.2 Situationer	38
5.1.3 Analyser	38
5.1.4 Konklusion	41
5.2 Systemarkitektur	42
5.2.1 Hardware arkitektur	43

5.2.2 Software arkitektur	44
5.3 Design	48
5.3.1 Mikrofon preamp	48
5.4 Implementering	52
5.5 Modultest	52
Kapitel 6 Vuggesystem	53
6.1 Systemarkitektur	53
6.1.1 Hardware arkitektur	53
6.1.2 Grænsefladebeskrivelse	56
6.1.3 Software arkitektur	59
6.2 Design	62
6.3 Implementering	62
6.4 Modultest	62
Kapitel 7 Integrationstest	63
Kapitel 8 Accepttestspezifikation	65
Kapitel 9 Bilag (CD-indhold)	71

Termliste 1

AASH Antal af samtidige hændelser

Baby Aktøren som står for at generere lyd til systemet

Baby Watch Navnet på systemet

BABYCON niveau En skala for babys humørtilstand (1, 2 og 3)

BABYCON3: Rolig Lyden indikerer at baby sover

BABYCON2: Urolig Lyden indikerer at baby er vågen

BABYCON1: Alarmrende Lyden indikerer at baby er i en tilstand der kræver tilsyn

Babypasser Brugeren som ønsker at benytte systemet

Betjeningspanel Et panel bestående af to knapper(En ON/OFF-knap og en Manuelstart-knap) og tre LED'er(En ON/OFF-LED, en).

Intelligent lydmonitor Del af system som står for indsamling/behandling af lyd

Manuel start Knap med funktion der manuelt starter vuggemekanismen

Monitorerings-tilstand En tilstand hvor der systemet kører efter hensigten

Passiv monitorering Dækker over en tilstand hvor der vuges manuelt og monitoreres for BABYCON1

Putte-tilstand En tilstand hvor barnevognen vugger uden at blive styret af lydinput

SPL Sound Preasure Level (dB)

Undtagelses-tilstand Dækker over tilstanden hvor barnevogn stopper og går i BABYCON1

Vugge-indsving Skal forstås som at når barnevognen begynder en vugning så skal vuggesystemet give det en blid opstart

Wi-Fi-LED Diode der lyser når WiFi forbindelsen er afbrudt

Kravspecifikation 2

2.1 Indledning

Formålet med projektet er at lave en prototype af en intelligent babymonitor til barnevogne med dertilhørende vuggesystem, statushjemmeside og e-mail notifikation.

Systemet har tre tilstande; en putte-tilstand, hvor barnet lægges til at sove, en monitorerings-tilstand og en undtagelses-tilstand. I **putte-tilstanden**, skal systemet vugge babyen i et fastsat tidsinterval, hvorefter monitoreringen overtager. I **monitorerings-tilstanden** styres barnevognens vuggefunktion på baggrund af analysen af den aktuelle baby-lydoptagelse. I **undtagelses-tilstanden** låses systemet. Barnevognen skal ikke vuges. En e-mail afsendes til den registrerede babypasser, og en alarmlyd afspilles på statushjemmeside indtil systemet resettes manuelt ude ved barnevognen.

Statushjemmesiden opdateres løbende på baggrund babyens tilstand. Tilstanden bliver på hjemmesiden kategoriseret i tre konditioner vist via en BABYCON statusbar:

- **BABYCON3**

På dette niveau kategoriseres lydsignalet fra babyen som roligt. Derfor skal barnevognen ikke vuges. Systemet indsamler lyd og afventer en ændring i lydsignalet, som vil medføre en ændring i BABYCON niveau.

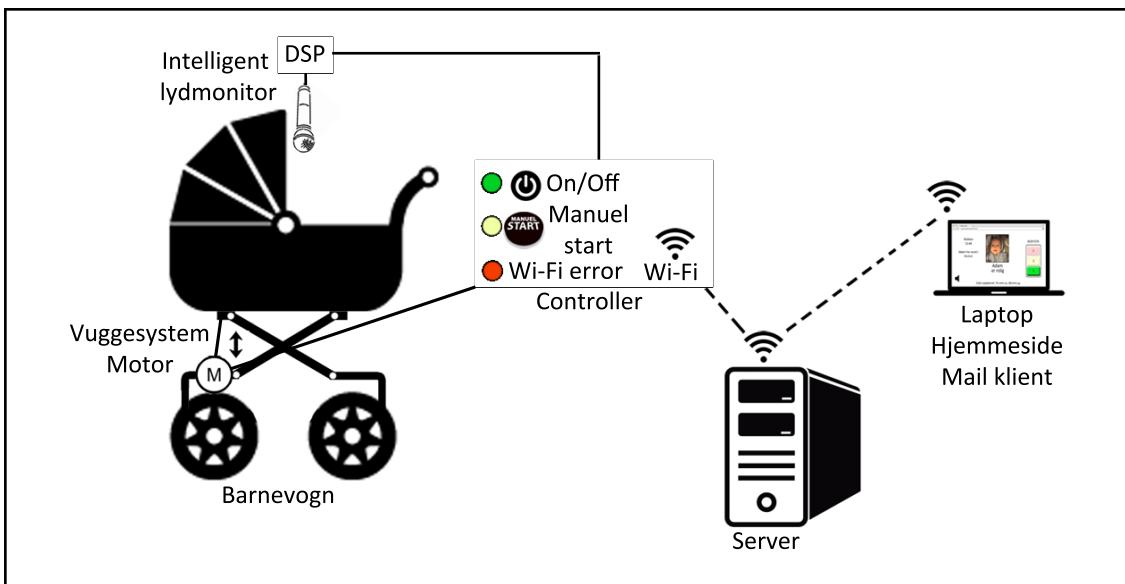
- **BABYCON2**

På dette niveau kategoriseres lydsignalet fra barnet som uroligt. Heraf skal barnevognen vugge gennem en sekvens af tre forskellige vugge-tilstande. Hvis babyen bliver beroliget af en bestemt vuggetilstand, detekteres dette af den intelligente lydmonitor. Dette vil medføre en ændring til BABYCON3. Hvis babyen afgiver en alarmerende lyd, vil det medføre en ændring til BABYCON1.

- **BABYCON1**

På dette niveau kategoriseres lydsignalet fra barnet som alarmerende. Undtagelses-tilstanden aktiveres.

Systemtegning



Figur 2.1. Skitse af systemet Baby Watch

Figur 2.1 illustrerer systemet. Barnevognen er udstyret med en controller som står for at styre de andre delsystem. På controlleren sidder et brugerpanel som sørger for at babypasseren fysisk kan interagere med systemet via knapper og LED'er. Den intelligente lydmonitor består af en mikrofon og en digital signal processer (DSP), som sender informationer til controlleren om babyens tilstand ud fra en processering af babyens lyde; herunder pitch og power. Vuggesystemet består af en motor og et selvregulerende system, som sørger for, at barnet altid vugges ud fra et vandret niveau. Vuggesystemet opererer med tre vuggetilstande (med hver deres frekvens og amplitude) på baggrund af kontolsignalet fra controlleren. Controlleren indholder også en http server med statushjemmesiden og en e-mail client. Controlleren har forbindelse via Wi-Fi til internettet. Babypasseren kan opøge information om babyens tilstand på statushjemmesiden og modtager e-mails når systemet detekterer, at babyen er i en alarmerende tilstand eller hvis der opstår fejl i systemet.

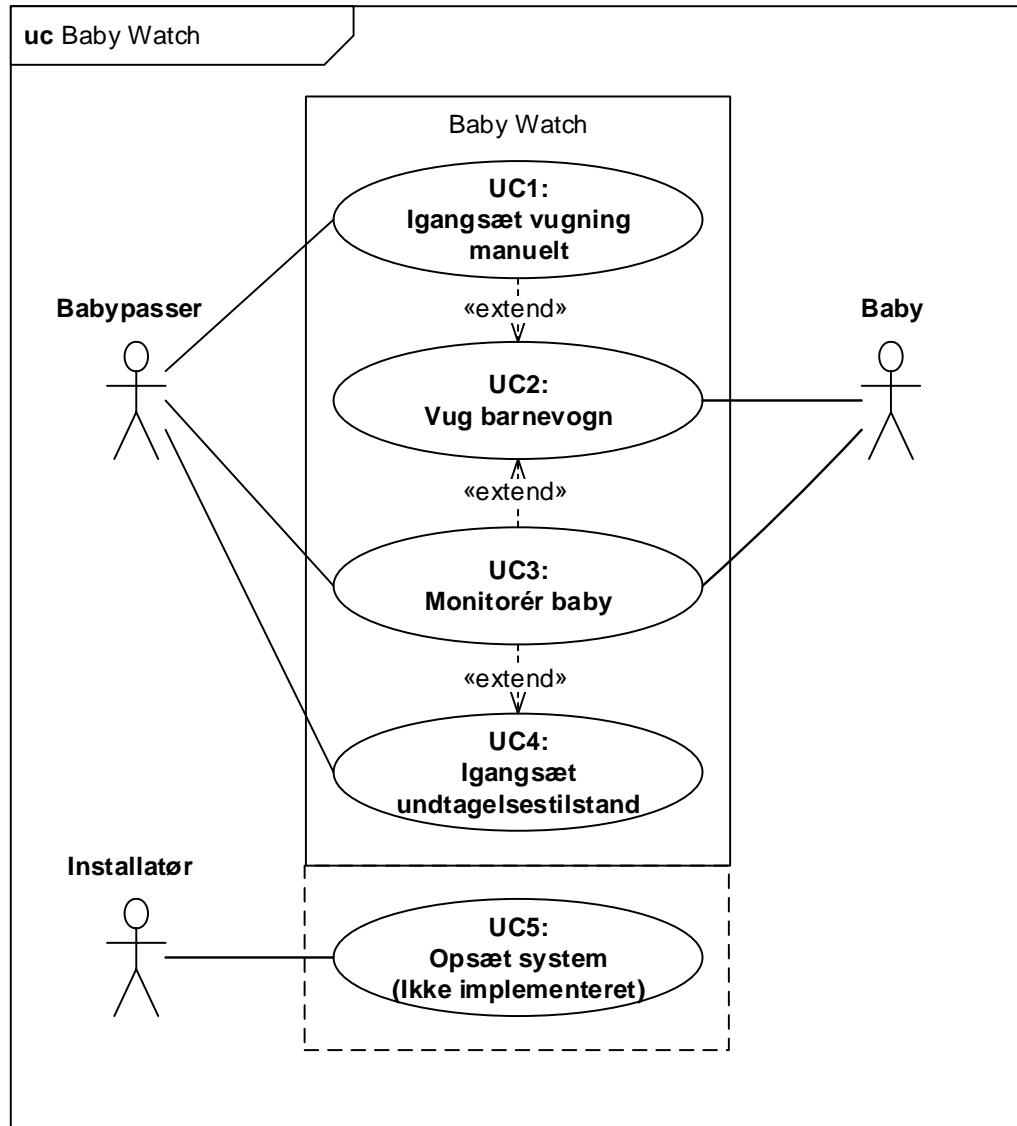


Figur 2.2. Forklaring af controllerens knapper og lysdioder

2.2 Use cases

I dette afsnit specificeres brugssituationer for systemet Baby Watch.

Kravspecifikationen er udfærdiget med basis i en use case-baseret tilgang. Den indeholder en beskrivelse over relevante aktører for systemet samt fully dressed use cases.



Figur 2.3. Usecase diagram for Baby Watch

Usecase diagrammet giver et overblik aktørerne og deres rolle i use cases.

2.3 Aktører

Aktør navn	Beskrivelse
Babypasser	En person som ønsker at benytte systemet til at berolige Baby til at falde i søvn samt monitorerer Babys tilstand elektronisk
Baby	Spædbarn som monitoreres og beroliges af system
Installatør	Tekniker, der opsætter systemet (optræder i den ikke-implementerede UC5)

2.4 Fully dressed use cases

UC1: Igangsæt vugning manuelt	
Mål	At igangsætte vugning af barnevogn manuelt
Initialisering	Babypasser
Aktører og Stakeholders	Babypasser(Primær)
Referencer	UC2, UC3, UC4
AASH	1
Efterfølgende tilstand	UC3: Monitorér baby igangsat
Hovedforløb	<ol style="list-style-type: none"> 1. Babypasser igangsætter manuel vugning ved tryk på "Manuel start"-knap på Baby Watch brugerpanel 2. Systemet starter vugning jf. UC2 3. Efter 2 minutter igangsætter systemet passiv monitorering af baby jf. UC3 4. Efter 5 minutter igangsætter systemet automatisk monitorering af baby jf. UC3 [Und: 4.a Alarmerende baby detekteret indenfor 5 min]
Undtagelser	<p>4.a Alarmerende baby detekteret indenfor 5 min</p> <ul style="list-style-type: none"> • Systemet igangsætter undtagelsestilstand jf. UC4

UC2: Vug barnevogn	
Mål	At vugge barnevognen i et tidsinterval
Initialisering	UC1, UC3
Aktører og Stakeholders	Baby(Sekundær)
Referencer	UC1, UC3, UC4
AASH	1
Efterfølgende tilstand	Barnvognen er i stilstand
Hovedforløb	<ol style="list-style-type: none"> 1. Systemet igangsætter vugge-indsvingning 2. Systemet følger prædefineret vuggesekvens jf. ikke-funktionelle krav (2.5) [Und: 2.a Fejl i vuggesystem] 3. Fra UC3 eller UC4 gives besked om stop af vugning 4. Systemet dæmper vugning til stilstand i vandret
Undtagelser	<p>2.a Fejl i vuggesystem</p> <ul style="list-style-type: none"> • Afsend Fejl i vuggesystem e-mail • Systemet stopper vugning • Systemet stopper monitorering • Systemet afventer genstart

UC3: Monitorér baby	
Mål	Analysere babytilstand og ager på baggrund af denne
Initialisering	UC1
Aktører og Stakeholders	Baby(Primær), Babypasser(Sekundær)
Referencer	UC1, UC2, UC4
AASH	1
Efterfølgende tilstand	Monitorér baby fortsættes
Hovedforløb	<ol style="list-style-type: none"> 1. Systemet optager lyd i tidsintervaller af 10 sekunder 2. Systemet analyserer indsamlet lyd 3. Systemet opdaterer BABYCON tilstand på baggrund af analyse 4. Systemet igangsætter vugning jf. UC2 (analyse viser BABYCON2) <ul style="list-style-type: none"> [Und: 4.a Vugning allerede igang (forrige analyse viste BABYCON2)] [Und: 4.b Analyse viser BABYCON3 (forrige analyse viste BABYCON2)] [Und: 4.c Analyse viser BABYCON3 (forrige analyse viste BABYCON3)] [Und: 4.d Analyse viser BABYCON1] 5. Systemet opdaterer BABYCON tilstand på hjemmeside <ul style="list-style-type: none"> [Und: 5.a Ingen netværksforbindelse] 6. Genstart UC3
Undtagelser	<p>4.a Vugning allerede igang (forrige analyse viste BABYCON2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Systemet fortsætter til punkt 5 <p>4.b Analyse viser BABYCON3 (forrige analyse viste BABYCON2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Systemet stopper vugning jf. UC2 punkt 3 <p>4.c Analyse viser BABYCON3 (forrige analyse viste BABYCON3)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Systemet fortsætter til punkt 5 <p>4.d Analyse viser BABYCON1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Systemet går i undtagelsestilstand jf. UC4 <p>5.a Ingen netværksforbindelse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi-LED lyser

UC4: Igangsæt undtagelsestilstand	
Mål	At stoppe vugning og alarmere Babypasser
Initialisering	UC2, UC3
Aktører og Stakeholders	Babypasser(Sekundær)
Referencer	UC2, UC3, UC5
AASH	1
Efterfølgende tilstand	Vugning indstillet, e-mail afsendt og hjemmeside opdateret
Hovedforløb	<ol style="list-style-type: none"> 1. Systemet stopper vugning jf. UC2 punkt 3 2. Systemet opdaterer hjemmeside til BABYCON1 [Und: 2.a Ingen netværksforbindelse] 3. System afsender e-mail til Babypasser [Und: 3.a Ingen netværksforbindelse] 4. System afventer genstart fra Babypasser
Undtagelser	<p>2.a Ingen netværksforbindelse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi-LED lyser <p>3.a Ingen netværksforbindelse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi-LED lyser

2.5 Ikke-funktionelle krav

Mikrofon

For at kunne opfange et tilstrækkeligt signal til analyse af babyens gråd, skal systemets mikrofon opfylde følgende krav:

- Mikrofonen skal have en max SPL rating på min. 120 dB.¹
- Mikrofonen skal have en jævn frekvens respons på maksimalt +/- 5 dB fra 40 Hz til 10 kHz

Vuggemekanisme

Nivellering:

- Vuggesystemet skal kunne nivellere planet, hvorpå babyen ligger, til vandret position indenfor 2°.
- Barnevognens understel må stå på et plan med op til 5° hældning.
- Når systemet er tændt, men ikke skal vugge, nivelleres planet, hvorpå babyen ligger, automatisk til vandret.

Ved vugning jf. UC2 gennemgår vugningen af barnet. Systemets vugge mekanisme skal overholde følgende krav for at sikre en blid vugning:

¹FIXME indsæt reference til studie om gråd volumen

- Vuggen skal kunne vippe planet, hvorpå babyen ligger, med op til 10° i hver retning fra dets vandrette udgangspunkt, med en fejlmargin på 2° .
- Vuggen skal kunne variere frekvensen hvormed der vugges fra 0 Hz til 2 Hz, med en fejlmargin på 0,2 Hz.
- Vuggen skal vende tilbage til vandret indenfor en vinkel på 2° når systemet lukkes ned.
- Vuggen skal have en begrænsning på vinkelfrekvensen ved 80° s^{-1} , med en fejlmargin på 10 %.
- Vuggens vinkel acceleration skal være begrænset ved 20° s^{-2} , med en fejlmargin på 10 %.

Vuggetilstande: Ved vugning jf. UC2 gennemgår vugningen af barnet en sekvens af tre vuggetilstande med et interval på 2 min.

1. Vugning foregår med en frekvens på 0,5 Hz og en amplitude på $10^\circ +/ - 2^\circ$
2. Vugning foregår med en frekvens på 1 Hz og en amplitude på $6^\circ +/ - 2^\circ$
3. Vugning foregår med en frekvens på 2 Hz og en amplitude på $4^\circ +/ - 2^\circ$

Baby status

For at sikre at vurderingen af babyens status er pålidelig, samt rettidigt tilgængelig for brugeren skal systemet overholde følgende:

- Systemets BABYCON-statusbar(se illustration nedenfor) skal opdateres minimum hvert 10. sekund.
- Statushjemmesiden skal være opdateret senest 5 sekunder efter controlleren har opdateret babystatus.
- Når BABYCON-statusbaren opdateres til BABYCON1 niveau skal hjemmesiden afspillede en alarmlyd og BABYCON-statusbarens røde felt skal blinket med 2 Hz interval

2.6 Web-skitser

De følgende figurer 2.4 , 2.5 samt 2.6 skitser statushjemmesidens udseende. Hjemmesiden viser aktuel tid, samlet tid som barnet har været i ro, et billede af barnet med tilhørende navn og besked, BABYCON skala fra 1-3 og information omkring hvornår hjemmesiden sidst er opdateret.



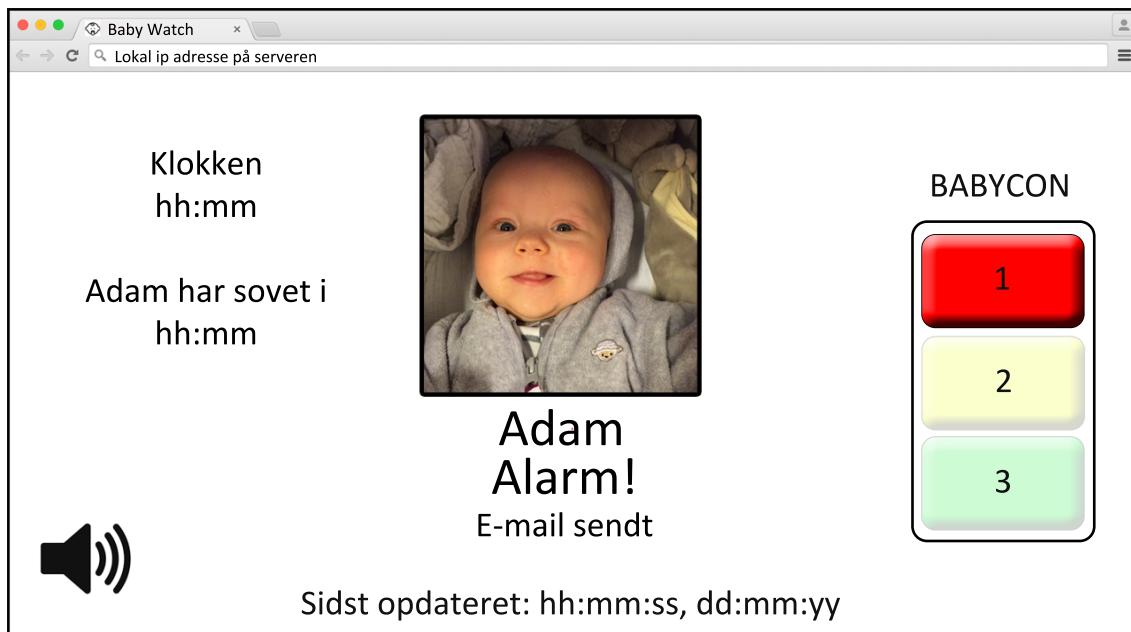
Figur 2.4. BABYCON3

Figur 2.4 illustrerer hjemmesiden når BABYCON niveauet er 3, det niveau hvor Babyen er rolig.



Figur 2.5. BABYCON2

Figur 2.5 illustrerer hjemmesiden når BABYCON niveauet er 2, det niveau hvor Babyen er urolig, men ikke nok til at udløse alarm til Babypasser.



Figur 2.6. BABYCON1

Figur 2.6 illustrerer hjemmesiden når BABYCON niveauet er 1. BABYCON1 er niveauet hvor Babyen er alarmerende utilfreds. Babypasseren modtager en e-mail og skal selv trøste Baby. På dette niveau skal hjemmesiden afspille en alarmlyd og det BABYCON røde felt skal blinke.

2.7 E-mail beskeder

BabyWatch: Alarm!

Emne: BabyWatch: Alarm!

Tekst: Baby Watch har registreret en alarmerende baby (Vugning er stoppet)

BabyWatch: Fejl!

Emne: BabyWatch: Fejl!

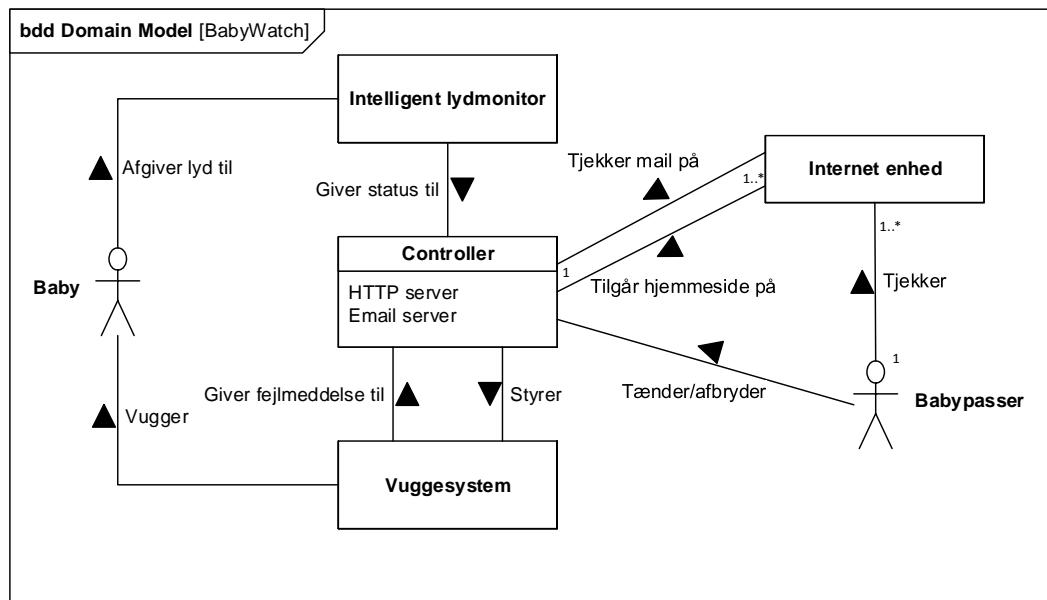
Tekst: Fejl i vuggesystem, afventer genstart.

Overordnet 3

3.1 Systemarkitektur

Det følgende afsnit beskriver den overordnede systemarkitektur for Baby Watch. Afsnittet består af forskellige diagrammer og tabeller med tilhørende forklaringer. Diagrammerne er opbygget efter SysML standarden.

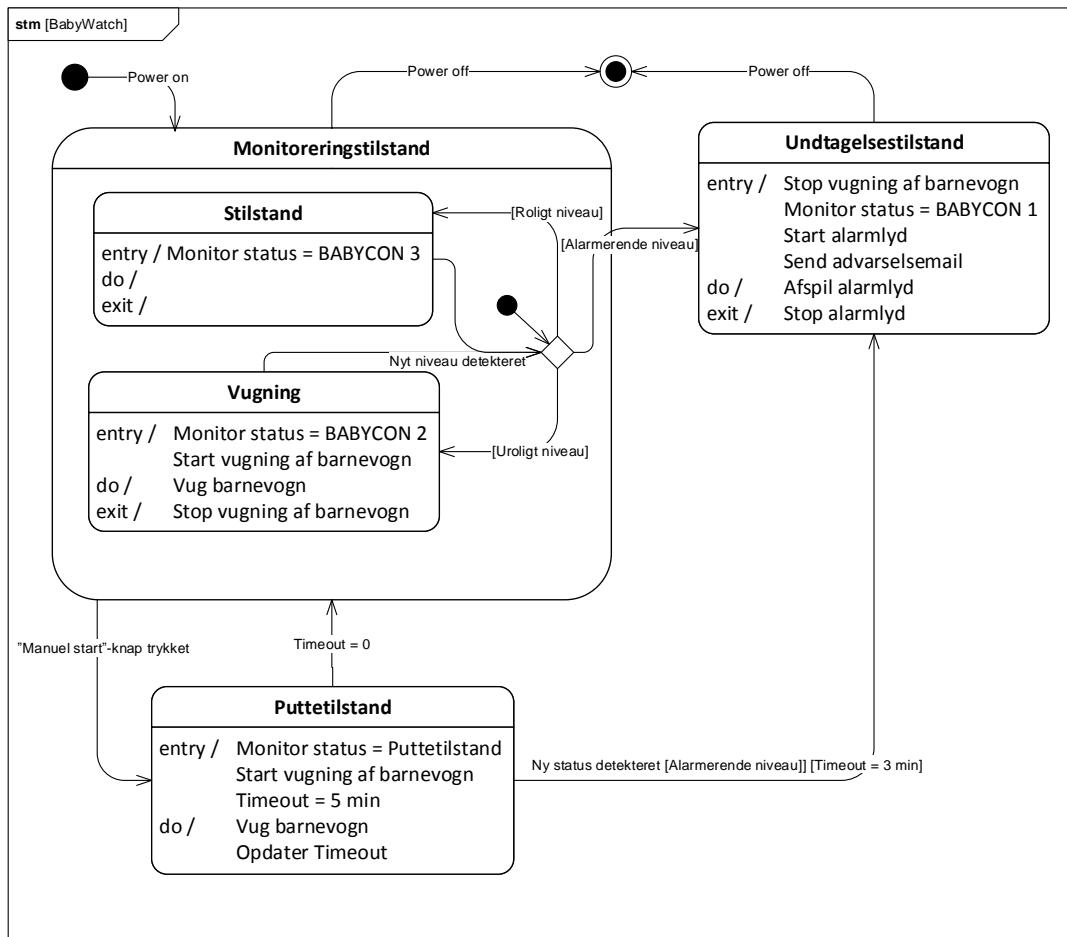
3.1.1 Domænemodel



Figur 3.1. Domænemodel for Baby Watch

Figur 3.1 viser domænemodellen for Baby Watch. Modellen beskriver systemets funktionalitet og indbyrdes sammenhæng. Multipliceter på 1 til 1 er udeladt i diagrammet. Babypasseren kan tjekke status på flere enheder (antal simultane enheder begrænses af HTTP serverens kapacitet). Systemet er som udgangspunkt kun designet til én baby og multipliciteten for denne er derfor også 1 til 1.

3.1.2 System-states



Figur 3.2. Overordnede states for systemet

Systemets har tre overordnede states: Monitoringstilstand, Puttetilstand og Undtagelsestilstand.

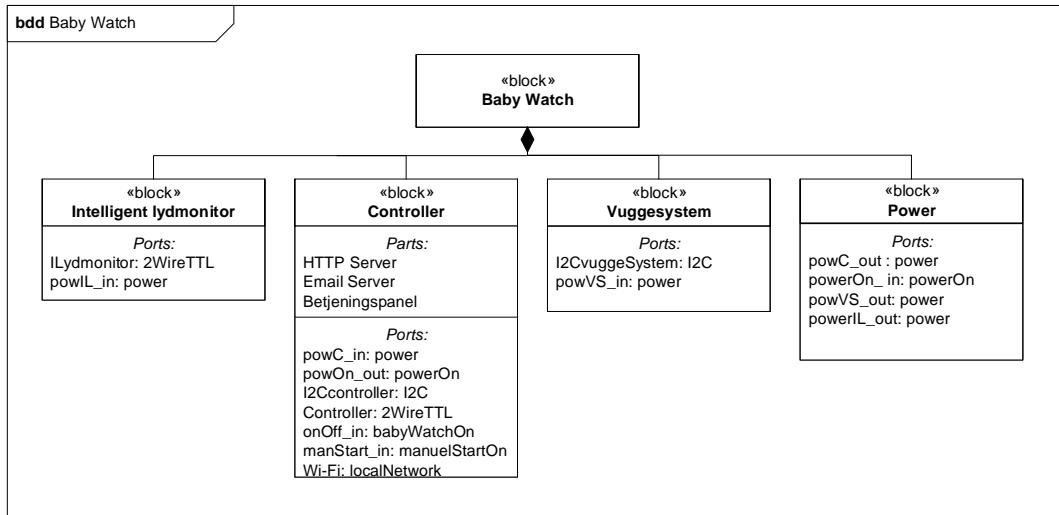
Monitoreringstilstand har to substates:

- **Stilstand**, der indikerer BABYCON3 niveau med rolig baby. Vuggesystemet er for denne tilstand inaktivt
- **Vugning**, der indikerer BABYCON2 niveau med urolig baby og hvori barnevognen vugger automatisk.

Puttetilstand igangsættes manuelt af babypasseren. Her sættes barnevognen til at vugge i 5 minutter, hvorefter systemet går i Monitoringstilstand. Efter to minutter afbryder en måling af barneaktivitet svarende til BABYCON1 også puttetilstand. Systemet går herefter i undtagelsestilstand.

Undtagelsestilstand indikerer BABYCON1 niveau med højeste alarmberedskab. Her stoppes barnevogens vuggefunktion, der sendes en advarselsemail til Babypasser og hjemmeside opdateres til BABYCON1, som igangsætter afspilning af en alarmlyd.

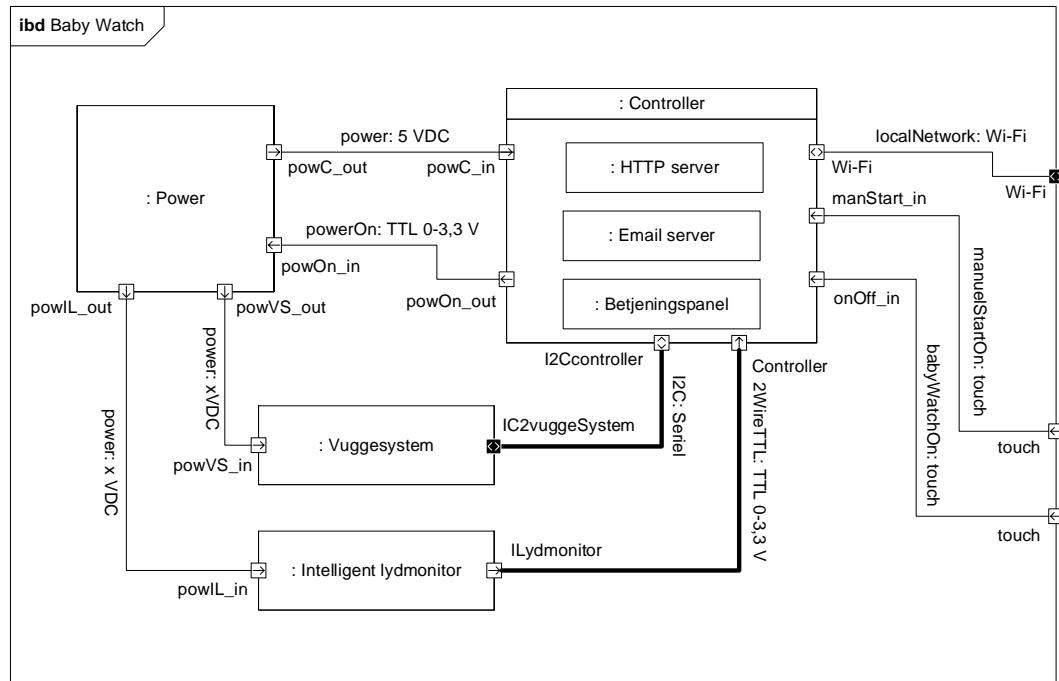
3.1.3 BDD



Figur 3.3. Overordnet BDD for Baby Watch

Figur 3.3 viser det overordnede BDD for Baby Watch systemet. Som figuren viser, består systemet af en intelligent lydmonitor, et vuggesystem, en power blok, samt en controller, der indeholder en HTTP server, en Email server samt et betjeningspanel.

3.1.4 IBD



Figur 3.4. Overordnet IBD for Baby Watch

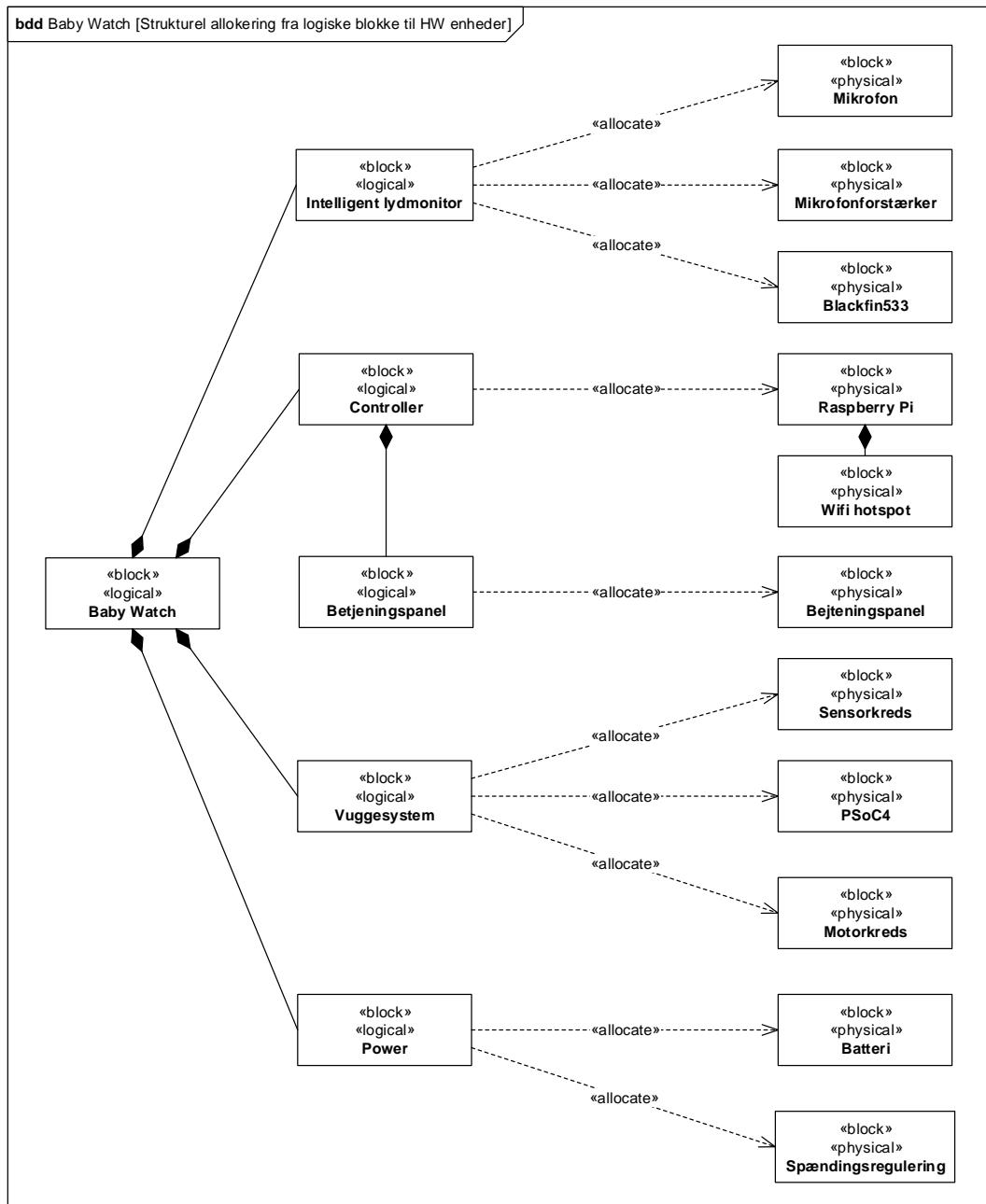
Figur 3.4 viser det overordnede IBD for Baby Watch systemet. Figuren viser de interne forbindelser for blokkene i figur 3.3. For yderlige specifikation af porte og signaler se signalbeskrivelsen 3.2.

3.2 Signalbeskrivelse

Følgende viser signaltabellen for det overordnede system med forbindelser, portnavne og en beskrivende kommentar.

Signal-navn	Type	Port 1	Port 2	Kommentar
manuelStartOn	touch	Babypasser (touch)	Controller (manStart_in)	Babypasser der laver et tryk på knappen
babyWatchOn	touch	Babypasser (touch)	Controller (onOff_in)	Babypasser der laver et tryk på knappen
power	5 VDC	Power (powC_out)	Controller (powC_in)	5 V forsyning til controller
power	x VDC	Power (powVS_out)	Vuggesystem (powVS_in)	x V forsyning til Vuggesystem
power	x VDC	Power (powIL_out)	Int. lydmonitor (powIL_in)	x V forsyning til Vuggesystem
powerOn	TTL 0-3,3 VDC	Controller (powOn_out)	Power (powOn_in)	Benyttes til at tænde og slukket for strømforsyningen
I2C	Seriell	Controller (I2CController)	Vuggesystem (I2Cvuggesystem)	Seriell kommunikation
2WireTTL	TTL 0-3,3 VDC	Int. lydmonitor (ILydmonitor)	Controller (Controller)	Dobbelt ledet TTL signal til identifikation af BABYCON niveau
localNetwork	Wi-Fi	Controller (Wi-Fi)	Baby Watch (Wi-Fi)	Lokal trådløs lan forbindelse

3.2.1 Allokering af logiske funktionaliteter



Figur 3.5. Allokeringsdiagram for Baby Watch

Figur 3.5 viser allokeringen af systemets logiske blokke til specifikke HW-enheder.

Således allokeres Intelligent Lydmonitor som en mikrofon, en mikrofonforstærker og et Blackfin533 til optagelse, analyse og kommunikation. Controller allokeres som en Raspberry Pi med tilhørende Wi-Fi modul. Controllerens HTTP- og Email- server er således også allokteret på Raspberry Pi'en. Controllerens betjeningspanel allokeres som et fysisk betjeningspanel. Vuggesystem allokeres som en sensorkreds, en motorkreds og en PSoC4 til regulering og kommunikation med Controller. Power allokeres som et forsyningsbatteri

samt spændingsregulerende kreds.

3.3 Grænseflader

I dette afsnit beskrives specifikke hardware grænseflader og protokoller for kommunikation mellem systemets moduler. Disse grænseflader er således modul-udviklernes kontrakt for fyldestgørelse af modulets funktionalitet.

3.3.1 Grænseflade mellem Intelligent Lydmonitor og Controller

Kommunikationen mellem Intelligent Lydmonitor og Controller foregår via 2 signal ledere, der forbindes til 2 GPIO'er på Controller. Den intelligente Lydmonitor opdaterer via denne forbindelse BABYCON niveauet.

Kommunikationsprotokol

Tabellerne 3.2 til 3.5 viser kommunikationsprotokollen for 2WireTTL forbindelsen mellem Intelligent Lydmonitor og Controller. De 2 GPIO porte på controlleren repræsenteres af hhv MSB og LSB, som mest og mindst betydende bit af 2WireTTL forbindelsen, som skal være aktiv-høj.

Tabel 3.2. BABYCON1

	2WireTTL_MSБ	2WireTTL_LSB
Bit værdi	0	1
	2WireTTL_MSБ	2WireTTL_LSB

Tabel 3.3. BABYCON2

	2WireTTL_MSБ	2WireTTL_LSB
Bit værdi	1	0
	2WireTTL_MSБ	2WireTTL_LSB

Tabel 3.4. BABYCON3

	2WireTTL_MSБ	2WireTTL_LSB
Bit værdi	1	1
	2WireTTL_MSБ	2WireTTL_LSB

Tabel 3.5. Fejl fra Intelligent Lydmonitor

	2WireTTL_MSБ	2WireTTL_LSB
Bit værdi	0	0
	2WireTTL_MSБ	2WireTTL_LSB

2WireTTL forbindelsen har som ovenstående tabeller 3.2 til 3.5 viser 4 kombinationsmuligheder. 3 af dem til de 3 BABYCON niveauer, samt en til fejlindikation fra den Intelligente Lydmonitors side.

3.3.2 Grænseflade mellem Vuggesystem og Controller

Kommunikationen mellem Vuggesystemet og Controllen foregår via I2C. Der benyttes 5 skifteredistre til kommunikationen, disse registre beskrives i kommunikationsprotokollen herunder.

Kommunikationsprotokol

3.3.3 Grænseflade mellem Controllers servere og ekstern internet enhed

Fysiske porte

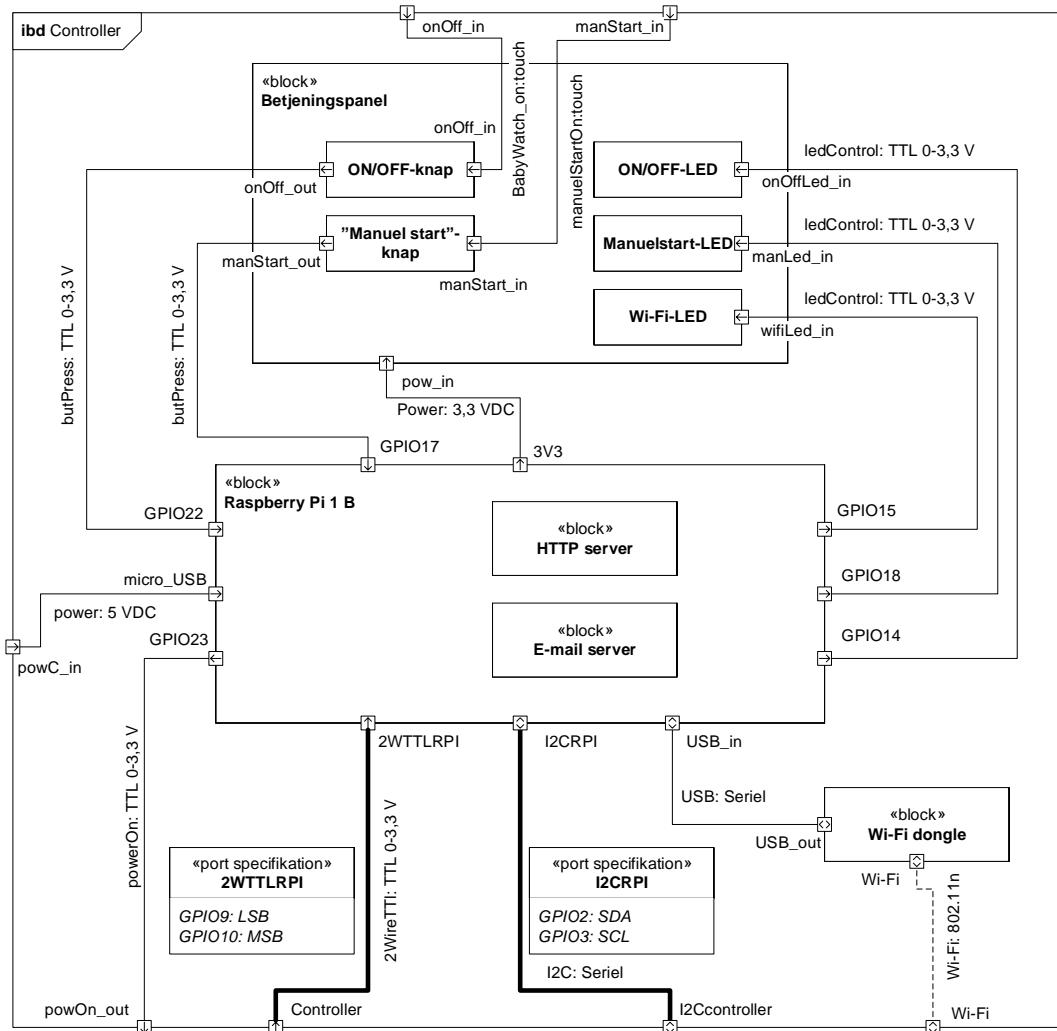
Kommunikationsprotokol

Controller 4

4.1 Systemarkitektur

I dette afsnit beskrives systemarkitekturen for Controller.

4.1.1 Hardware arkitektur



Figur 4.1. IBD diagram for Controller

Controlleren består af 2 dele

Raspberry Pi Linux baseret computer der styrer hele systemet.

Betjeningspanel Panel med 3 lysdioder og 2 trykknapper til brugerinteraktion.

4.1.2 Signal

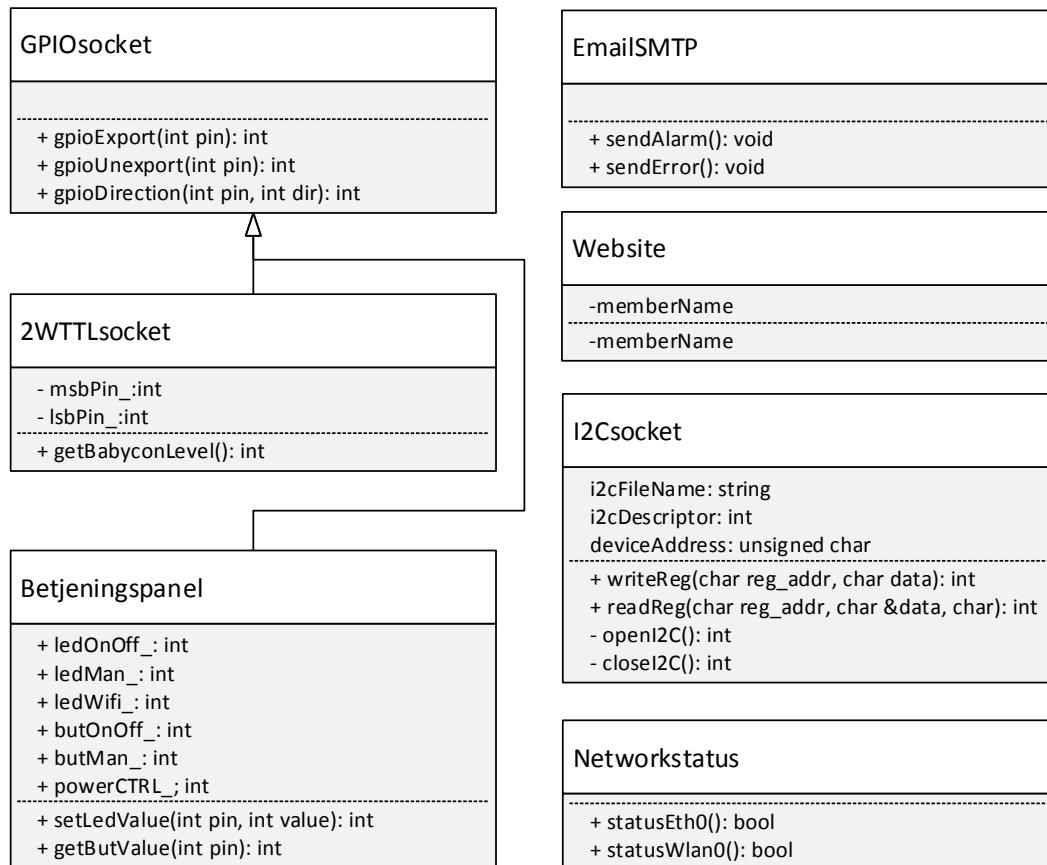
Signal-navn	Type	Port 1	Port 2	Kommentar
manStartOn	touch	Betjeningspanel (manStart_in)	Babypasser (touch)	Babypasser der laver et tryk på knappen
babyWatchOn	touch	Betjeningspanel (onOff_in)	Babypasser (touch)	Babypasser der laver et tryk på knappen
power	5 VDC	RasberryPi (micro_USB)	Controller (powC_in)	5 V forsyning til controller
power	53,3 VDC	RasberryPi (3V3)	Betjeningspanel (pow_in)	3,3 V forsyning til Betjeningspanel
powerOn	TTL 0-3,3 VDC	RasberryPi (GPIO23)	Controller (powOn_out)	Benyttes til at tænde og slukket for strømforsyningen
2WireTTL	TTL 0-3,3 VDC	RasberryPi (2WTTLRPI) GPIO9: LSB GPIO10: MSB	Controller (I2CController)	Seriell kommunikation
I2C	Seriell	RasberryPi (I2CRPI) GPIO2: SDA GPIO3: SCL	Controller (Controller)	BABYCON niveau
USB	Seriell	RasberryPi (USB_in)	Wi-Fi dongle (USB_out)	Seriell kommunikation for Wi-Fi forbindelse
ledControl	TTL 0-3,3 VDC	RaspberryPi (GPIO14) RaspberryPi (GPIO15) RaspberryPi (GPIO18)	Betjeningspanel (onOffLed_in) Betjeningspanel (manLed_in) Betjeningspanel (wifiLed_in)	Logisk signal til at styre LED på Betjeningspanel
butPress	TTL 0-3,3 VDC	RaspberryPi (GPIO17) RaspberryPi (GPIO22)	Betjeningspanel (onOff_out) Betjeningspanel (manStart_out)	Logisk signal til kontrol af knapper på betjeningspanel

4.2 Design

4.2.1 Softwaredesign

I dette afsnit beskrives hvordan Controllerens software er designet med klassediagrammer

Klassebeskrivelser



Figur 4.2. Oversigt over klassediagrammerne for Controller

Betjeningspanel

Ansvar: At styre forbindelserne til det hardwarenære på den fysiske controller boks

```
int setLedValue( int pin , int value )
```

Parametre: Modtager et GPIO pin-nummer og en værdi 0 for ON og 1 for OFF

Returværdi: 0 ved succes. Minus værdi ved fejl

Beskrivelse: Bruges til at tænde og slukke for LED dioderne på controller

```
int getButValue( int pin ) const
```

Parametre: Modtager et GPIO pin-nummer

Returværdi: Status på knaptryk

Beskrivelse: Bruges til at læse fra trykknapper på controller

```
int ledOnOff_
```

Beskrivelse: Attribut til at holde GPIO nummer for On/Off LED

```
int ledMan_
```

Beskrivelse: Attribut til at holde GPIO nummer for Manuelstart LED

```
int ledWifi_
```

Beskrivelse: Attribut til at holde GPIO nummer for Netværksstatus LED

```
int butOnOff_
```

Beskrivelse: Attribut til at holde GPIO nummer for On/Off knappen

```
int butMan_
```

Beskrivelse: Attribut til at holde GPIO nummer for "Manuelstart"-knap

EmailSMTP

Ansvar: At sende Alarm og Fejl emails til Babypasser direkte fra main programmet

```
void sendError()
```

Parametre: Ingen

Returværdi: Ingen

Beskrivelse: Sender en Email med en fejlmeddeelse til Babypasser

```
void sendAlarm()
```

Parametre: Ingen

Returværdi: Ingen

Beskrivelse: Sender en Email med en alarm besked til Babypasser

GPIOsocket

Ansvar: At oprette et GPIO filarkiv

```
int gpioExport( int pin )
```

Parametre: GPIO pin nummer

Returværdi: 0 ved succes. Minus værdi ved fejl

Beskrivelse: Opretter et fil arkiv for det modtagne pin-nummer

```
int gpioUnexport( int pin )
```

Parametre: GPIO pin nummer

Returværdi: 0 ved succes. Minus værdi ved fejl

Beskrivelse: Fjerner filarkivet for det modtagne pin-nummer

```
int gpioDirection( int pin , int dir )
```

Parametre: GPIO pin nummer og pin retning

Returværdi: 0 ved succes. Minus værdi ved fejl

Beskrivelse: Sætter retningen for GPIO pin, INPUT(0) eller OUTPUT(1)

I2Csocket

Ansvar: At kommunikere over I2C

```
int writeReg( unsigned char reg_addr , unsigned char data )
```

Parametre: Register adresse og data til skrivning

Returværdi: 0 ved succes. Minus værdi ved fejl

Beskrivelse: Skriver data til et register på en given enhed

```
int readReg( unsigned char reg_addr , unsigned char &data )
```

Parametre: Register adresse og en data adresse til at gemme læst data i

Returværdi: 0 ved succes. Minus værdi ved fejl

Beskrivelse: Læser data fra et register på en given enhed

```
int openI2C()
```

Parametre: Ingen

Returværdi: 0 ved succes. Minus værdi ved fejl

Beskrivelse: Åbner I2C forbindelsen til en enhed i constructor

```
int closeI2C()
```

Parametre: Ingen

Returværdi: 0 ved succes. Minus værdi ved fejl

Beskrivelse: Lukker I2C forbindelsen til en enhed i destructor

```
std::string i2cFileName
```

Beskrivelse: Enhedsnavn på Raspberry Pi ”/dev/i2c-0” eller ”/dev/i2c-1”

```
int i2cDescriptor
```

Beskrivelse: Fil descriptor til åbning af I2C forbindelsen

```
unsigned char deviceAddress
```

Beskrivelse: Attribut til at holde Enheds adressen på den enhed der skal kommunikeres med

Networkstatus

Ansvar: At aflæse om der er forbindelse til et netværk

`bool statusEth0()`

Parametre: Ingen

Returværdi: True ved forbindelse ellers false

Beskrivelse: Læser på ”operstate” for Eth0 forbindelsen på Raspberry Pi og returnere om den er oppe eller nede

`bool statusWlan0()`

Parametre: Ingen

Returværdi: True ved forbindelse ellers false

Beskrivelse: Læser på ”operstate” for Wlan0 forbindelsen på Raspberry Pi og returnere om den er oppe eller nede

TWTLLsocket

Ansvar: At aflæse status fra Lydmonitoreringen

`int getPinValue(int pin) const`

Parametre: GPIO pin nummer

Returværdi: Pin værdi

Beskrivelse: Bruges til læsning af MSB og LSB bit fra den Intelligente Lydmonitor

`int getBabyconLevel(void)`

Parametre: Ingen

Returværdi: BABYCON niveau 0, 1, 2 eller 3

Beskrivelse: Udlæsning af BABYCON niveau

`int msbPin_`

Beskrivelse: Attribut til at holde GPIO nummer for MSB-bit

`int lsbPin_`

Beskrivelse: Attribut til at holde GPIO nummer for LSB-bit

Website

Ansvar: Til opdatering af hjemmeside

Hardwaredesign

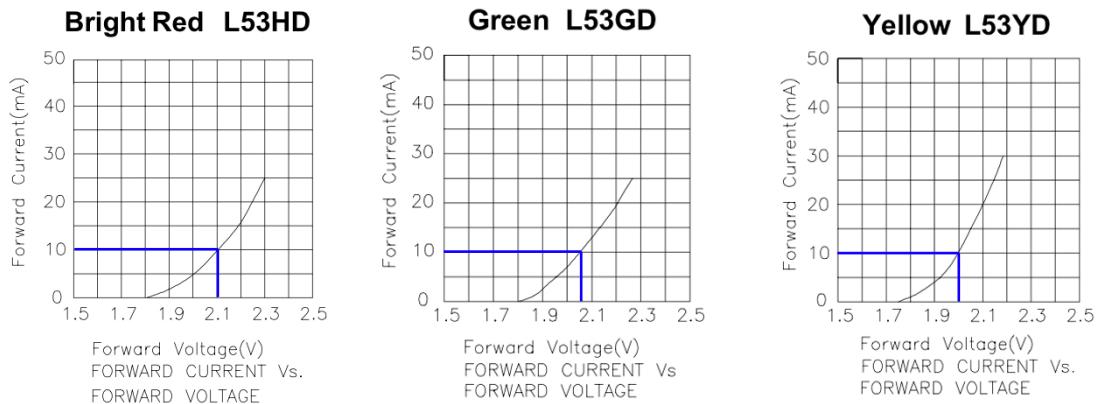
Controlleren består af et betjeningspanel samt en raspberry pi der kontrollerer betjeningspanelet og styrer forbindelserne til hhv. den Intelligente Lydmonitor og Vuggesystemet.

Betjeningspanelet består som beskrevet af 3 lysdioder. Én grøn, én gul og én rød der hhv. indikerer at Baby Watch er tændt/slukket, at "Manuel start" er aktiveret/deaktiveret samt Wi-Fi status. Ydermere består betjeningspanelet af 2 knapper, én til at tænde/slukke for Baby Watch systemet og én til at aktivere Manuel start.

Lysdioder

Der benyttes 5mm dioder fra komponentrummet:

- Grøn 5mm LED: KINGBRIGHT L-53 GD
- Gul 5mm LED: KINGBRIGHT L-53 YD
- Rød 5mm LED: KINGBRIGHT L-53 HD



Figur 4.3. Udsnit af datablad for KINGBRIGHT L53 HD, GD og YD

Ud fra figur 4.3 ses strømmen som funktion af spaendingen over dioderne. Den indtegnete blå linje på hver af 3 kurver angiver spaendingsfaldet over hver diode når strømmen er sat til 10 mA. Ud fra aflæsning på kurverne beregnes for modstandene for dioderne

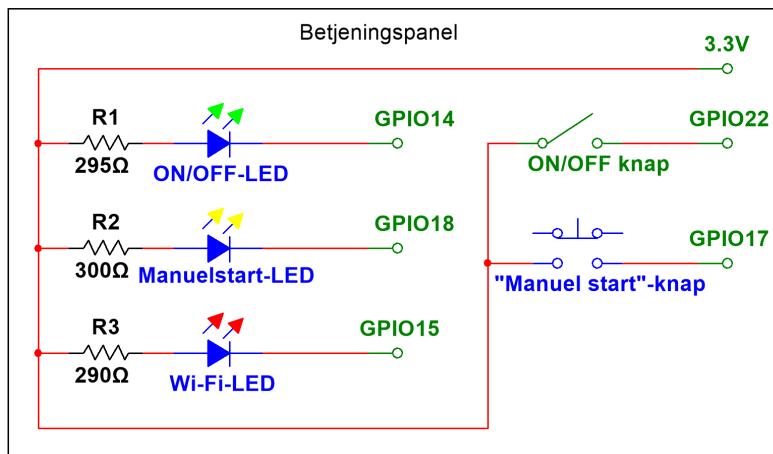
$$R_{L53HD(RED)} = \frac{5V - 2,1V}{10mA} = \frac{2,9V}{10mA} = 290\Omega$$

$$R_{L53GD(GREEN)} = \frac{5V - 2,05V}{10mA} = \frac{2,95V}{10mA} = 295\Omega$$

$$R_{L53YD(YELLOW)} = \frac{5V - 2V}{10mA} = \frac{3V}{10mA} = 300\Omega$$

Figur 4.4. For modstandsberinger for de 3 dioder

Ud fra modstandsberingerne i figur 4.4 er kredsløbsdiagrammet, se figur ??, opbygget. De to knapper for ON/OFF samt Manuel start er medtaget sammen med deres GPIO porte på Raspberry Pi model b.



Figur 4.5. Kredsløbsdiagram for Controller

Tabellen herunder angiver opsætningen af GPIOerne på Raspberry Pi'en for at ovenstående diagram kan fungere.

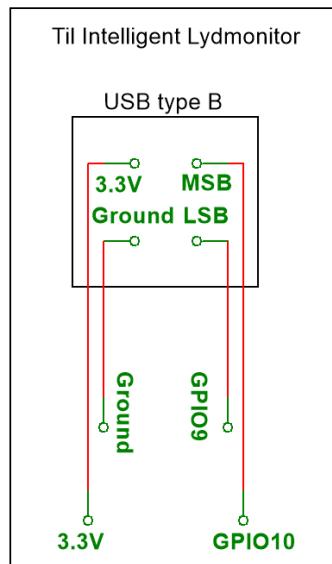
GPIO	Opsætning	Kommentar
GPIO14	Indgang sættes aktiv-lav	Styrer ON/OFF-LED
GPIO18	Indgang sættes aktiv-lav	Styrer Manuelstart-LED
GPIO15	Indgang sættes aktiv-lav	Styrer Wi-Fi-LED
GPIO22	Indgang sættes aktiv-høj, med intern pull-down modstand	Tænd/sluk signal for Baby Watch
GPIO17	Indgang sættes aktiv-høj, med intern pull-down modstand	Aktivering af "Manuel-start"

Kommunikation til/fra Intelligent Lydmonitor og Vuggesystem

Kommunikation med Intelligent Lydmonitor Kommunikationen med den Intelligent Lydmonitor foregår som beskrevet i systemarkitekturen med 2 signalledere (2WireTTL). Herved opnås der fire kombinationsmuligheder, en for hvert BABYCON niveau samt en til indikation af fejl.

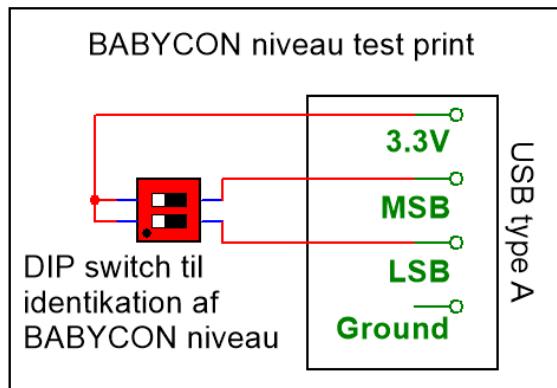
GPIO9 og GPIO10 benyttes til denne to ledet forbindelse til Intelligent Lydmonitor, hvor GPIO9 er LSB delen og GPIO10 er MSB delen.

Til den fysiske forbindelse designes der efter at benytte et USB kabel. Controllerens del af forbindelsen er et USB hun type B stik. Se figur 4.6



Figur 4.6. USB type B for kommunikation med Intelligent Lydmonitor

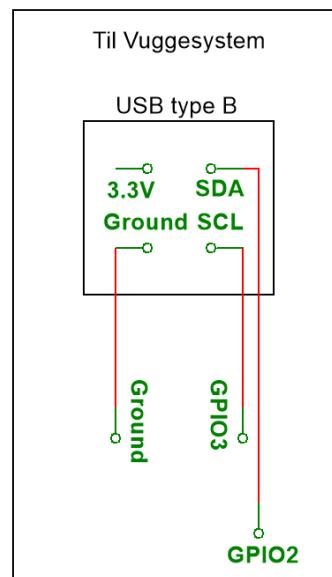
Der designes desuden et testprint se figur 4.7



Figur 4.7. Testprint med dipswitch til at angive BABYCON niveau

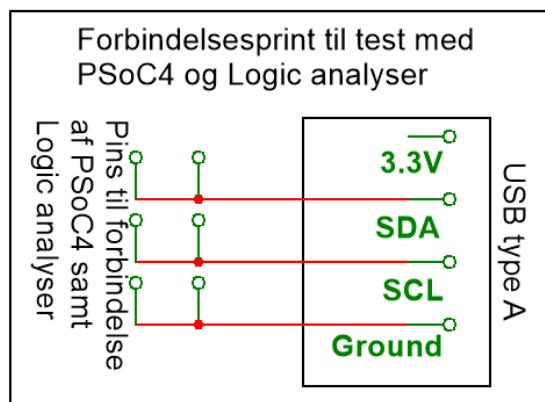
Kommunikation med Vuggesystem

I2C forbindelsen består som beskrevet af en clock (SCL) og en datalinje (SDA) samt en fælles ground forbindelse. Ligeledes med med kommunikationen til den Intelligente Lydmonitor benyttes et USB type B stik.



Figur 4.8. USB type B for kommunikation med Vuggesystem

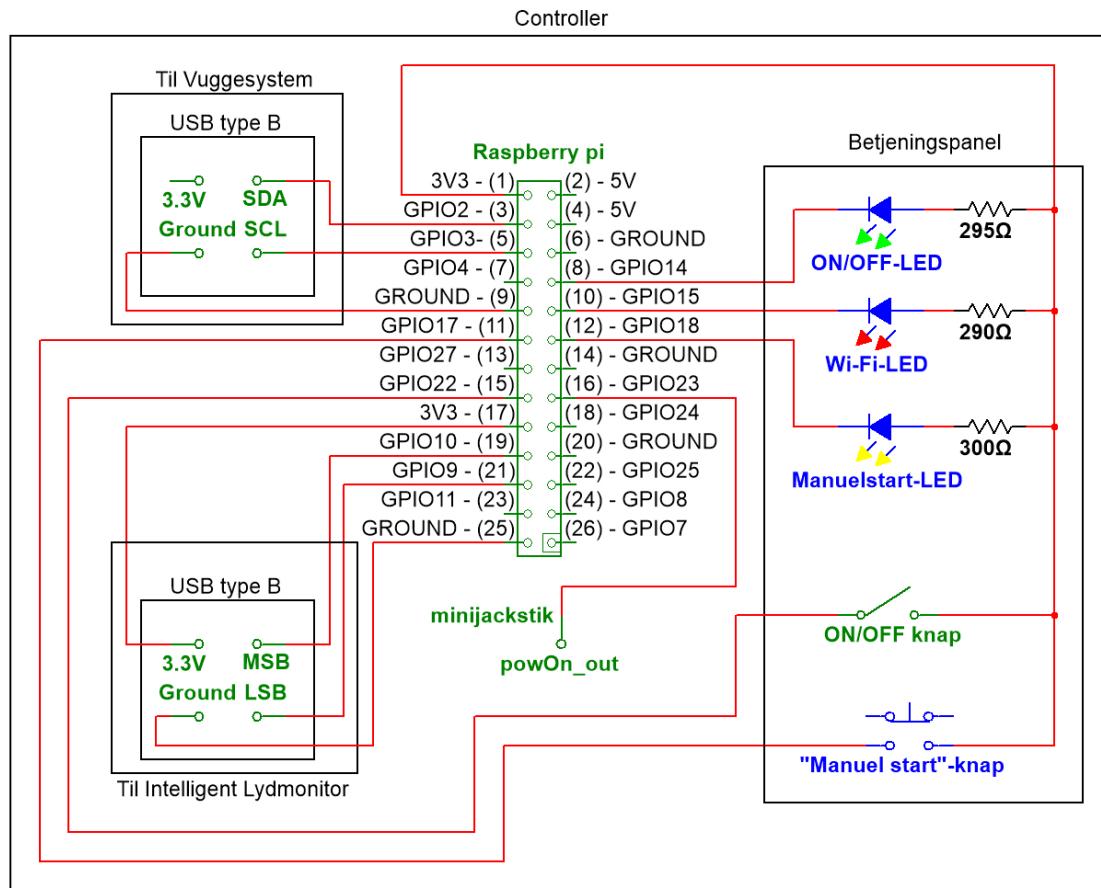
Der designes et testprint således at controlleren kan testes med et simpelt PSoC4 program og datakommunikationen kan verificeres vha. en Logic Analyser.



Figur 4.9. Testprint til I₂C forbindelsen, med pins til PSoC4 samt Logic Analyser

Samlet HW-design af Controller

4.10

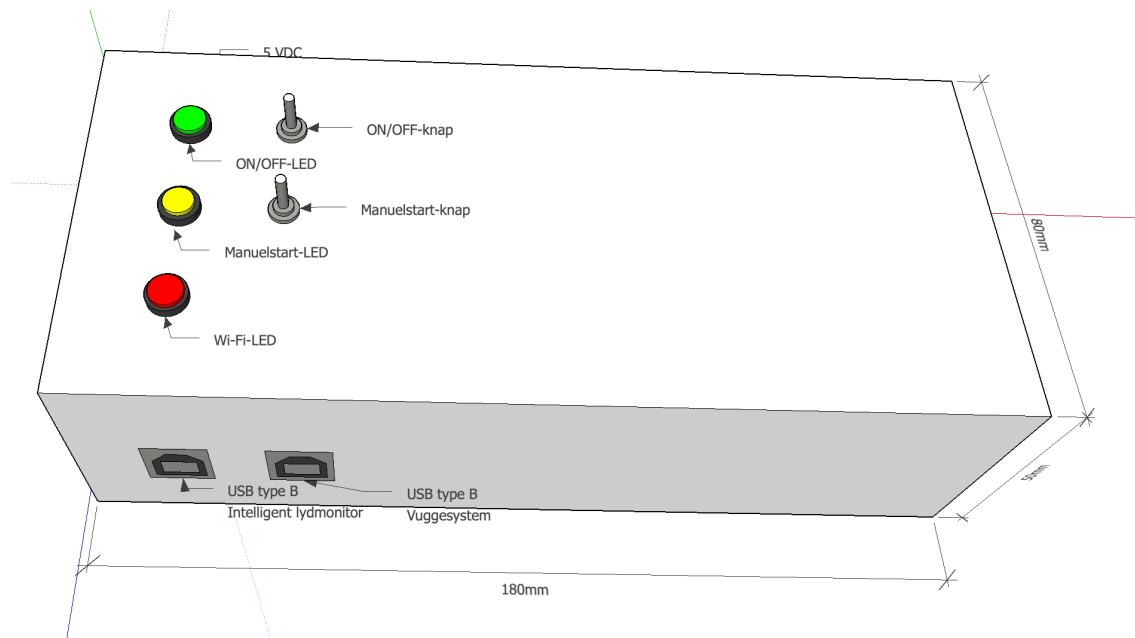


Figur 4.10. Samlet kredsløbsdiagram for Controller

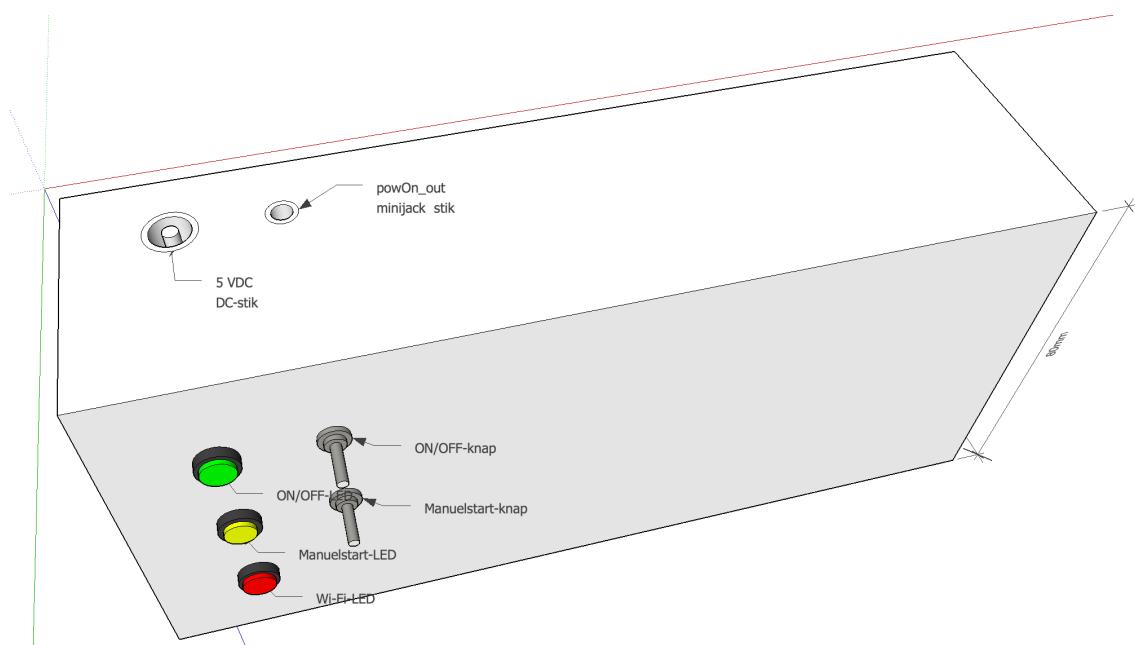
Fysisk design af Controller

Der designes en kasse på 18x8x5 cm hvori Raspberry Pi og Betjeningspanelets kredsløb skjules i. Babypasseren skal herved kun ha adgang til de tre LED dioder, de to kontakter, de 2 USB type B stik til kommunikation med hhv. Intelligent Lydmonitor og Vuggesystem, 5 VDC forsyningen af controlleren samt et minijackstik som er det signal der står for at styre forsyningen.

Figurene 4.11 og 4.12 viser kassen, med tilhørende LEDs, kontakter, stik samt mål på selve kassen.



Figur 4.11. Arbejdstegning - Betjeningspanel og USB stik



Figur 4.12. Arbejdstegning - Betjeningspanel og forsyningsstik

4.3 Implementering

4.4 Modultest

Intelligent lydmonitor

5

5.1 Forundersøgelse

I dette afsnit undersøges og analyseres udvalgte lyde fra babygråd og typisk omgivelsesstøj såsom billarm og fuglefløjte.

5.1.1 Metode

Der findes optagelser af de udvalgte lyde i formatet .wav. Lydene analyseres i Matlab med hensyn til:

- Generelt frekvensindhold
- Dominant tone
- Grad af tonalitet

Disse parametre analyseres med redskaberne Short-Time DFT, en max-funktion, Tonal Power Spectrum, samt en smoothing-funktion.

Short-Time DFT

FFT af kortere optagelsessegmenter. Produktet af dette, kan plottes som et spektrogram, der således viser optagelsens frekvensindhold som variation af tiden.

Max

Matlabs funktion "max", finder den højeste værdi i matrixen. I denne analyse, vil den benyttes på FFT'en af de enkelte optagelsessegmenter (Short-Time DFT'ens output).

Tonal Power Spectrum

Tonal Power Spectrum benyttes til beregne tonaliteten i optagelsen, og er altså et udtryk for forholdet mellem dominante toner og det samlede energiindhold.

$$v_{Tpr} = \frac{E_T(n)}{\sum_{i=0}^{K/2-1} |X(k,n)|^2}$$

Hvor nævneren er det totale spektrale energiindhold og tælleren, E_T , er det tonale indhold. Det tonale indhold beregnes ved at tage FFT'en af de enkelte optagelsessegmenter (Short-Time DFT'ens output) og summere alle de bins, der:

- Er lokalt maximum: $|X(k-1, n)|^2 \leq |X(k, n)|^2 \leq |X(k+1, n)|^2$ og
- Ligger over en forudbestemt grænseværdi G_T .

Resultatet af vil ligge mellem $0 \leq v_{Tpr} \leq 1$

Smoothing

Til at udjævne analysesignalene benyttes matlabs "smooth"funktion. Default filteret, moving average, benyttes.

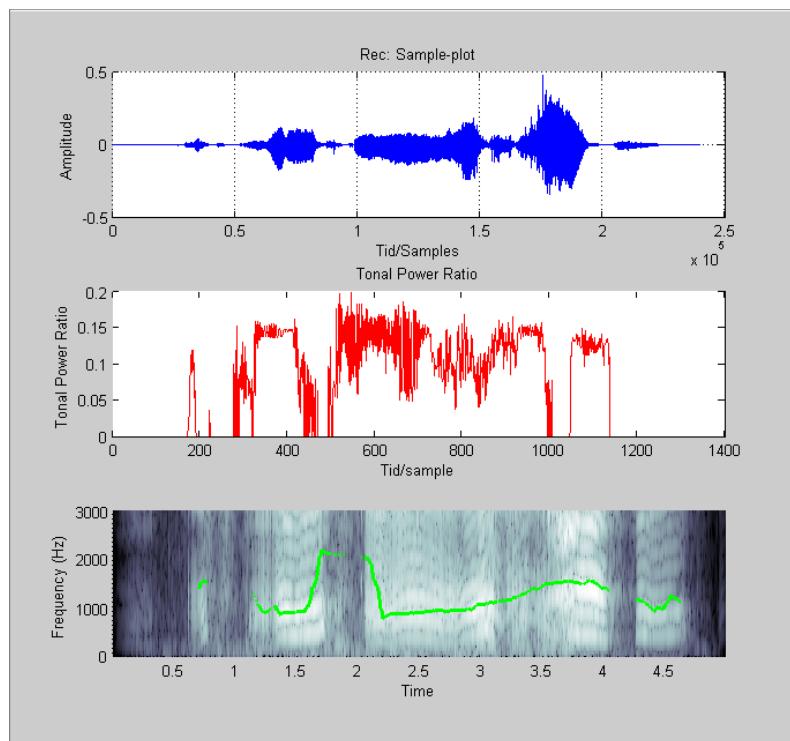
5.1.2 Situationer

Der udføres analyser på lyd-optagelser af følgende situationer:

- Højlydt babygråd
- Moderat babygråd
- Fugleflojt
- Trafik

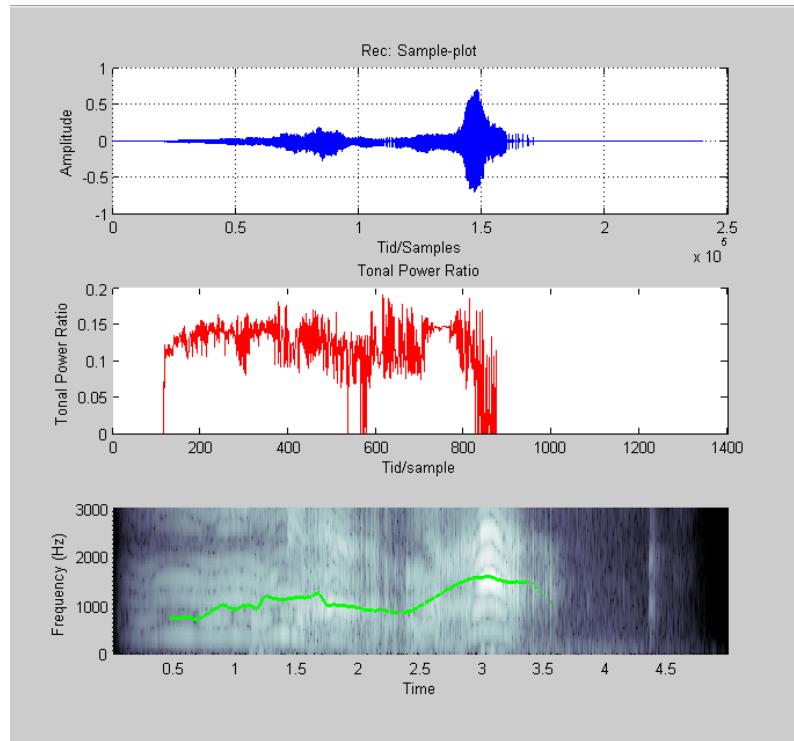
5.1.3 Analyser

Højlydt babygråd



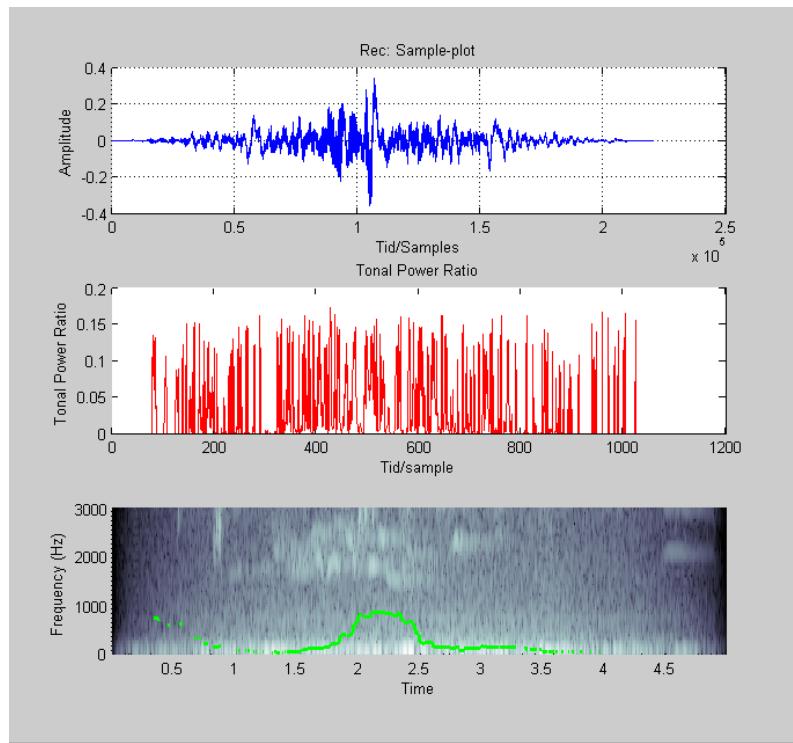
Figur 5.1. Analyseresultat af optagelsen Højlydt babygråd

Karakteristisk ved Højlydt babygråd er at dele af Tonal Power Ratio (TPR) ligger over en værdi på 0.5. Herudover ses det på spektrogrammet at frekvenserne ligger over de 1000Hz og helt op til 2000Hz.

Moderat babygråd

Figur 5.2. Analyseresultat af optagelsen Moderat babygråd

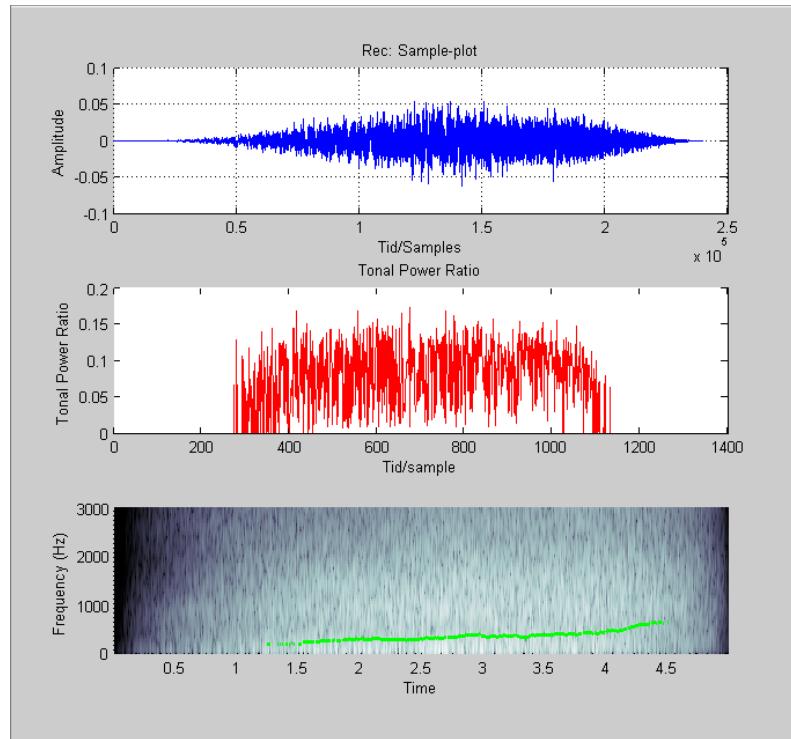
For Moderat babygråd viser det sig ligeledes at store dele af TPR ligger over en værdi på 0.5. Af spektrogrammet fremgår det at frekvenserne ligger lig omkring de 1000Hz.

Fuglefløjt

Figur 5.3. Analyseresultat af optagelsen Fuglefløjt

Ved Fuglefløjt ses det at TPR ligger langt under en værdi på 0.5. På spektrogrammet ses det at frekvenserne ligger lavt, under 1000Hz.

Trafikstøj



Figur 5.4. Analyseresultat af optagelsen Trafikstøj babygråd

For Trafikstøj gælder det at TPR ligger under en værdi på 0.5. Af spektrogrammet fremgår det at frekvenserne ligger lavt som ved Fuglefløjt, under 1000Hz.

Matlabs funktion til at finde maksimum-værdien for et array er benyttet til at finde den højeste værdi af TPR for de forskellige situationer. Resultaterne kan ses i tabellen herunder.

Situation	maxTPR
Højlydt babygråd	0.6697
Moderat babygråd	0.6884
Fuglefløjt	0.2911
Trafikstøj	0.4995

5.1.4 Konklusion

Konklusionen er at babygråd har en Tonal Power Ratio over eller lige omkring 0.5, hvorimod støjsignalerne har en Tonal Power Ratio som ligger under 0.5. Det er altså muligt at kende forskel på babygråden og støjsignalerne ved at kigge på TPR. For herefter at kende forskel på Højlydt babygråd og Moderat babygråd, skal vi kigge på frekvensindholdet. Findes frekvenser i området omkring 2000Hz har vi at gøre med Højlydt babygråd og ellers er det Moderat babygråd.

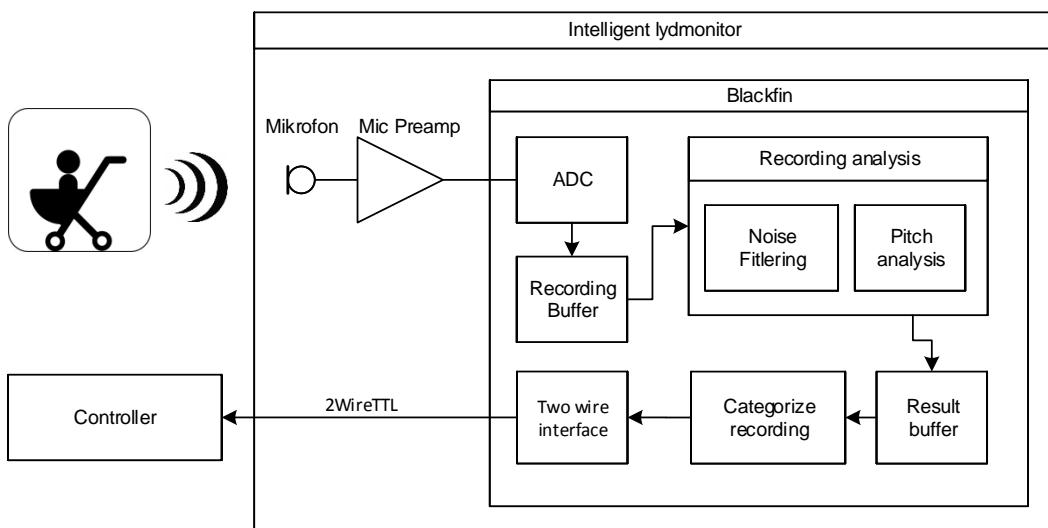
5.2 Systemarkitektur

I dette afsnit beskrives systemarkitekturen for den intelligente lydmonitor.

Overordnet virkemåde

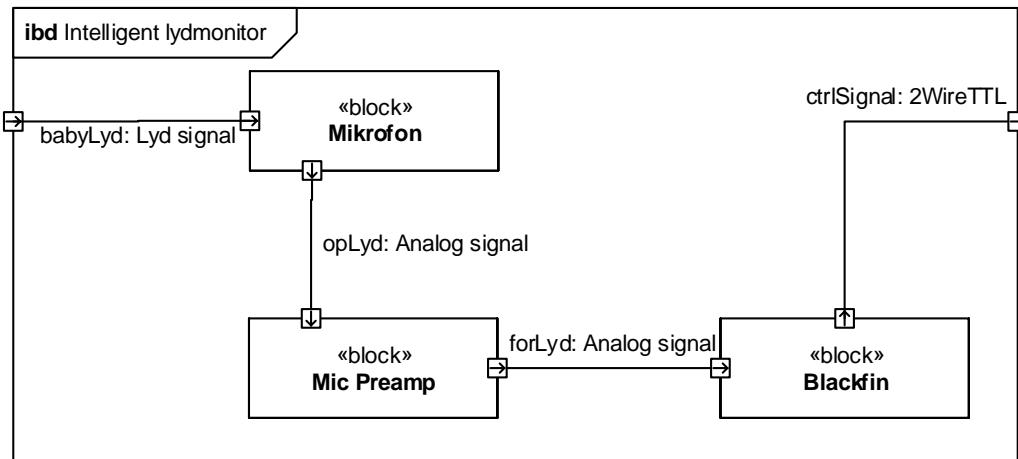
Overordnet skal den intelligente lydmonitor fungere som følger:

- Babyens gråd detekteres med en mikrofon og forstærkes med en mikrofonforstærker inden det analoge signal konverteres til diskrete samples med Blackfin's ADC
- Den diskrete sample-sekvens i bufferen analyseres med hensyn til power og frekvensindhold og resultatet heraf gemmes i endnu en buffer med analyseresultater
- Disse analyseresultater kategoriseres som tre BABYCON-states, som beskrevet i 2.1 (OBS: Find enighed om kategorisering)
- Kategoriseringsresultatet sendes til Controller via to signalledere.



Figur 5.5. Overordnet virkemåde for Intelligent Lydmonitor

5.2.1 Hardware arkitektur



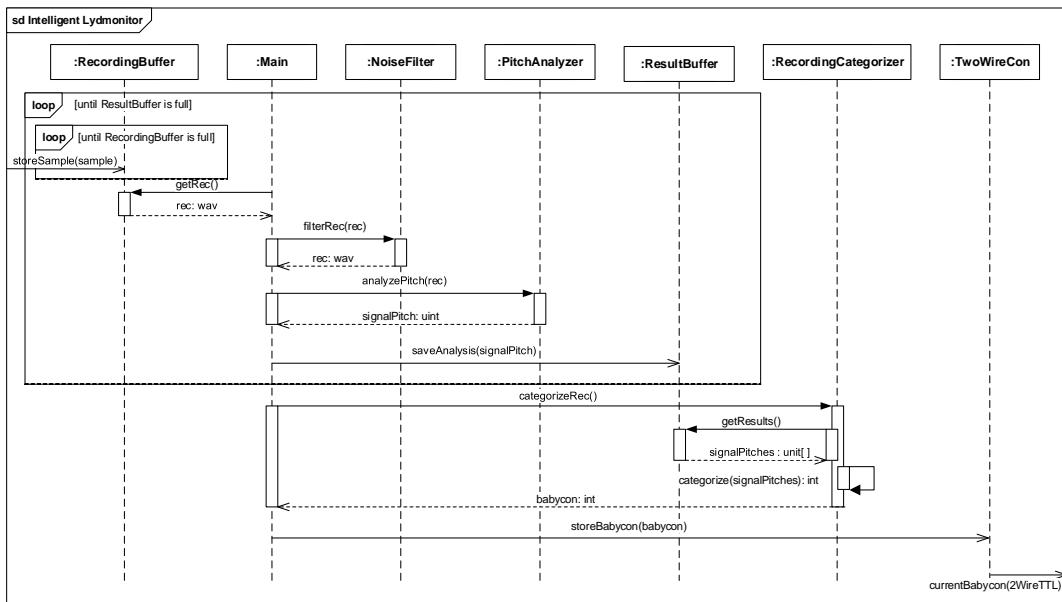
Figur 5.6. IBD for Intelligent Lydmonitor

Intelligent Lydmonitor består af tre dele:

- **Mikrofon** optager signalet **babyLyd**, som er lyden Baby producerer.
- **Mic Preamp** modtager og forstærker signalet **opLyd** fra Mikrofon, hvilket er den lyd Mikrofon har optaget.
- **Blackfin** modtager forstærket lyd, **forLyd**, fra Mic Preamp. Blackfin analyserer lyden og kategoriserer denne, inden den via to signalledere sender kategoriseringen til Controller.

5.2.2 Software arkitektur

Sekvensdiagram



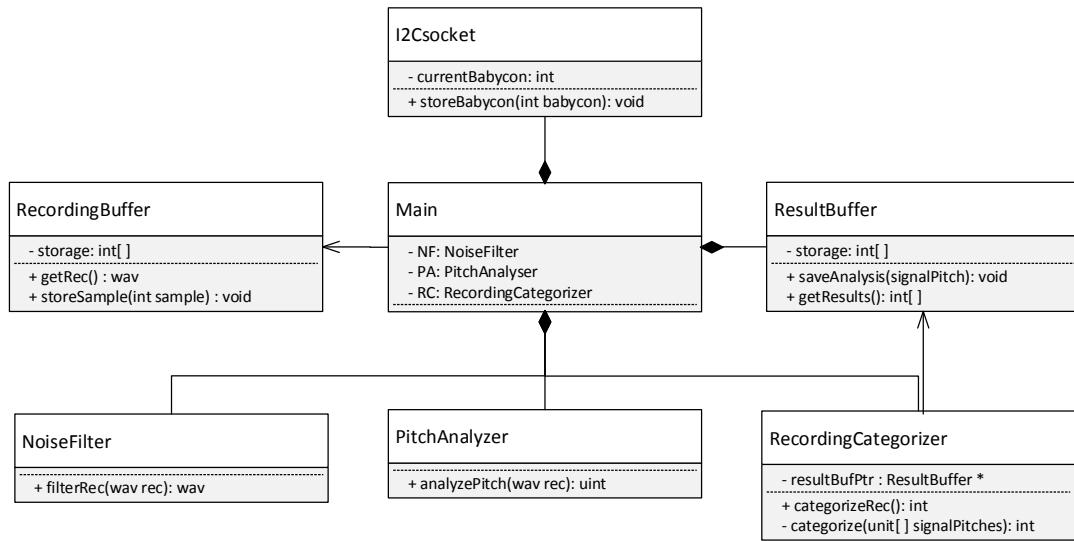
Figur 5.7. SD for Intelligent Lydmonitor

Som det ses i sekvensdiagrammet, er der opstillet nogle klasser for Intelligent Lydmonitor. Diagrammet viser hvordan- og i hvilken rækkefølge de forskellige klasser interagerer med hinanden.

RecordingBuffer er en buffer hvor de diskrete lydsamples gemmes. **Main** er hovedklassen som styrer de andre klasser. Main benytter først funktionen `getRec()` til at hente en optagelse fra RecordingBuffer. Herefter sendes optagelsen til klassen **NoiseFilter** med funktionen `filterRec()`. I NoiseFilter fratiltreres støj og den støjfrie samplesekvens returneres til Main. Med funktionen `analyzePitch()` sendes den filtrerede samplesekvens til klassen **PitchAnalyzer** som analyserer sekvensen for dominerende toneindhold. Resultatet returneres til Main og sendes herfra til en buffer kaldet **ResultBuffer** hvor det gemmes. Dette gentages indtil ResultBuffer er fyldt.

Når ResultBuffer er fyldt igangsætter Main en kategorisering af resultaterne med funktionen `categorizeRec()`. Klassen **RecordingCategorizer** henter med funktionen `getResults()` et array med resultaterne fra ResultBuffer. Herefter kategoriserer RecordingCategorizer resultaterne, kategorien sendes så til Main. Main sender med `sendMsg()` kategorien til klassen **I2Csocket** som er klassen der håndterer den videre forsendelse af kategorien.

Klassediagram



Figur 5.8. UML for Intelligent Lydmonitor

Klasser og deres tilhørende funktioner samt parametre er specificeret i ovenstående UML for Intelligent Lydmonitor.

Funktionsbeskrivelse

Main

Main indeholder ingen funktioner.

RecordingBuffer

Funktion	void storeSample(int sample)
Beskrivelse	Gemmer diskret sample i RecordingBuffer
Parametre	int Sample: Diskret værdi som repræsenterer det momentane spændingsniveau på Blackfin 533 ADC indgang
Returværdi	Ingen

Funktion	wav getRec(void)
Beskrivelse	Returnerer indhold af RecordingBuffer som wav-fil
Parametre	Ingen
Returværdi	wav

NoiseFilter

Funktion	wav filterRec(wav rec)
Beskrivelse	Frafiltrerer støj fra optagelse
Parametre	wav rec: Ufiltreret optagelse
Returværdi	wav: Filtreret optagelse

PitchAnalyzer

Funktion	uint signalPitch analyzePitch(wav rec)
Beskrivelse	Analyserer optagelse for dominant tone
Parametre	wav rec: Optagelse
Returværdi	uint: Dominant tone i Hz

ResultBuffer

Funktion	void saveAnalysis(uint signalPitch)
Beskrivelse	Gemmer signalPitch i ResultBuffer
Parametre	uint signalPitch: Dominant tone i Hz
Returværdi	Ingen

Funktion	uint[] getResults(void)
Beskrivelse	Returnerer indhold af ResultBuffer som et array
Parametre	Ingen
Returværdi	uint[]: array af analyseresultater

RecordingCategorizer

Funktion	int categorizeRec(void)
Beskrivelse	Henter signalPitches fra ResultBuffer og kalder funktionen categorize()
Parametre	Ingen
Returværdi	int: Værdi svarende til BABYCON-niveau, 1-3

Funktion	int categorize(uint[] signalPitches)
Beskrivelse	Returnerer kategorisering af resultater
Parametre	uint[] signalPitches: Array af signalPitches
Returværdi	int: Værdi svarende til BABYCON-niveau, 1-3

I2Csocket

Funktion	void storeBabycon(int babycon)
Beskrivelse	Gemmer det kategoriserede BABYCON-niveau
Parametre	int babycon: Nuværende BABYCON-niveau
Returværdi	Ingen

5.3 Design

5.3.1 Mikrofon preamp

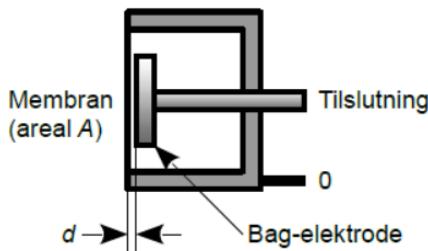
Mikrofon

Som mikrofon er valgt en MCE-100 elektret mikrofon. Et udpluk af specifikationer ses herunder:

- Frequency range: 50 Hz to 10 kHz
- Sensitivity: 5,6 mV / Pa / 1 kHz
- Output impedans: 2 kOhm
- Power Supply: 1.5 to 10 V dc, 5 mA

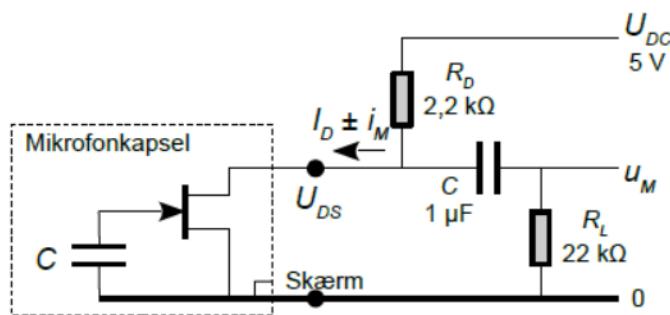
Se datablad (INDSÆT REFERENCE TIL Pro-MCE-100-datasheet) for komplet specifikation.

En elektret mikrofon er en videreudvikling af kondensatormikrofonen, hvor bagelektroden har en "indefrosset"ladning i materialet. Kapaciteten i mikrofonen (ca. 10 pF) ændres ved trykvariationer idet afstanden mellem membranen og bagelektroden varieres.



Figur 5.9. Tegning af elektrektrostatisk mikrofon. Kilde: Analogteknik

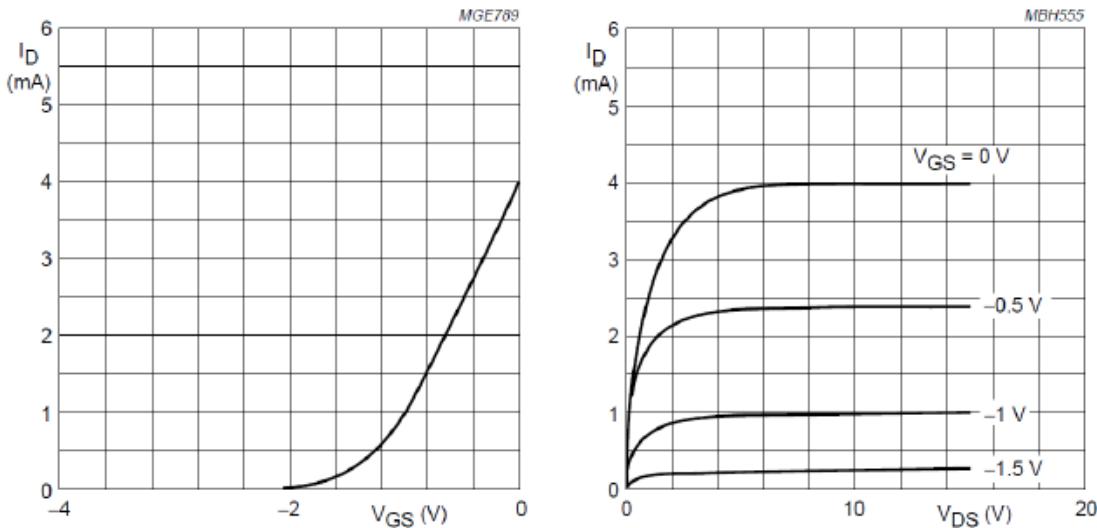
Dog har kablingen mellem mikrofonen og forstærkeren en betydelig kapacitet, så mikrofonpakken er implementeret med en indbygget JFET som buffer, som det ses af figuren herunder:



Figur 5.10. Elektret forsyningskredsløb. Kilde: Analogteknik

Forsyningen til mikrofonen trækkes fra Blackfin 533, og er således $U_{cc} = 5$ V. Vi ved fra databladet for mikrofonen, at den trækker 5mA og at modstanden $R_d = 2$ kOhm (opgivet som "Output Impedance").

Dette giver et spændingsfald på 1 V over R_d og dermed 4 V over den i mikrofonkapslen indbyggede JFET. I dette område af U_{DS} vil transistoren have en strømbegrænsnende virkning og kan derfor bruges som en tilnærmedesvis lineær strømkilde.



Figur 5.11. Karakteristik for JFET'en BF245A. Kilde: Analogteknik

I punktet på højre side af kondensatoren C, vil strømmen DC-strømmen være sorteret fra og den af mikrofonen modulerede AC-strøm, i_m , vil være at finde. Af databladet ved vi, at mikrofonens sensitivitet er $S = 5,6 \text{ mV/Pa}$, og i_m vi således være givet ved:

$$i_M = \frac{S}{R_D} \cdot p$$

Hvor p er lydniveau (Pa)

Spændingen i dette punkt, u_M , er givet ved parallelværdien mellem de to modstande og i_m .

$$u_M = (R_D || R_L) \cdot i_M$$

PreAmp

Det er PreAmpens opgave at omdanne modulationsstrømmen i_m til en line level spænding for Blackfin's ADC

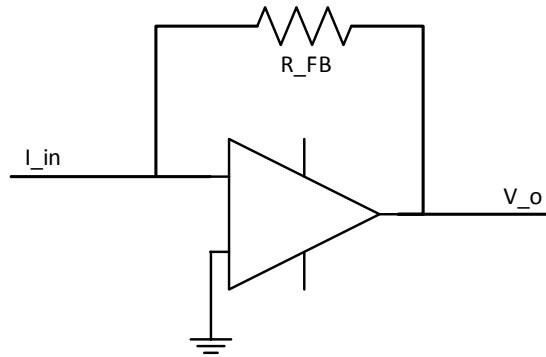
Blackfin ADC'en tager et line-level input på +/- 1,65 V. Det ønskes at udnytte det maksimale dynamiske område uden at lade signalet klippe. Det regnes med at mikrofonen ikke udsættes for mere end 2 Pa ved almindelig brug. Den maksimale strøm-amplitude bliver derfor:

$$i_M = \frac{5,6 \text{ mV/Pa}}{2k\Omega} \cdot 2 \text{ Pa} = 5,6 \mu\text{A}$$

Dette signal skal forstærkes med en TIA op til det ønskede line level på 1,65 V. Den ønskede forstærkning, G , bliver således:

$$G = \frac{1,65V}{5,6\mu A} = 2,89 \cdot 10^5 \frac{V}{A}$$

Der benyttes en transimpedansforstærker til at realisere denne forstærkning.



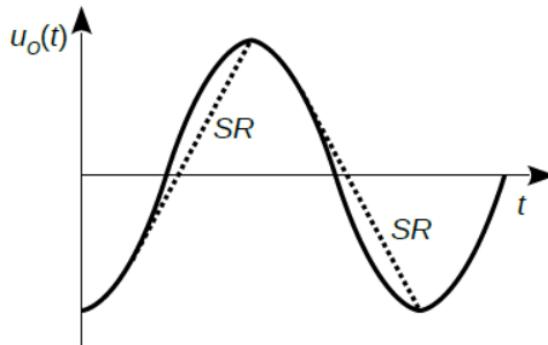
Figur 5.12. Transimpedansforstærker: $V_o = R_{FB} \cdot I_{in}$

Den ønskede transimpedansforstærkning er givet direkte ved værdien af feedbackmodstanden, R_{FB} .

$$R_{FB} = \frac{V_o}{I_{in}} = G = 289 k\Omega$$

Valg af OpAmp

Da kredsen skal bruges til lydbehandling, er forstærkerens *Slew Rate* specifikation vigtig. Operationsforstærkerens interne kondensator, C_c , udgør en begrænsning for hvor hurtigt udgangen kan flytte sig, og for lydbehandling skal denne være så høj som muligt.



Figur 5.13. Illustration af OpAmp parameteren "Slew Rate". Kilde: Analogteknik

En forstærkers slew rate er givet ved:

$$SR = \left[\frac{du}{dt} \right]_{MAX} \Rightarrow SR = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot U_M$$

Hvor f er højeste arbejdsfrekvens og U_M er udgangsspændingens amplitude. For vores applikation har vi en $U_M = 1.65$ V, og som båndbredde, f , der vælges en konservativ værdi på 20 kHz, i det tilfælde, at kredsen senere bruges med en bedre mikrofon. Dette giver følgende SR:

$$SR = 2 \cdot \pi \cdot 20kHz \cdot 1,65V = 0,2MV/s$$

Ved denne SR påkræves dog et meget kraftigt indgangssignal, der også vil resultere i høj forvrængning. For at sikre en forvrængning på under 1% bør $u_M < 20mV$.

$$u_M = (2k\Omega || 22k\Omega) \cdot 5,6A = 10,3mV$$

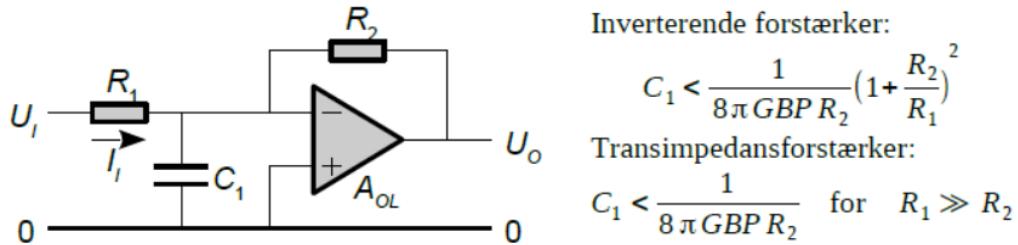
Dette krav er altså opfyldt.

Ved en grænse på 20mV vil 20 % af differentialtrinnets udstyringsmulighed på $\pm I_E$ udnyttes. Den påkrævede SR vil derfor være 5 gange den hidtil beregnede, altså 1MV/s.

Dette betyder altså at vi kan nøjes med at bruge en billig operationsforstærker uden større krav til SR, såsom en OpAms fra den i lydbehandling almindeligt anvendte TL071-serie ville give ($SR = 13MV/s$).

Stabilitet

Der er en betydelig kapacitet på forstærkerens indgang idet mikrofonen er koblet med et coax-kabel.

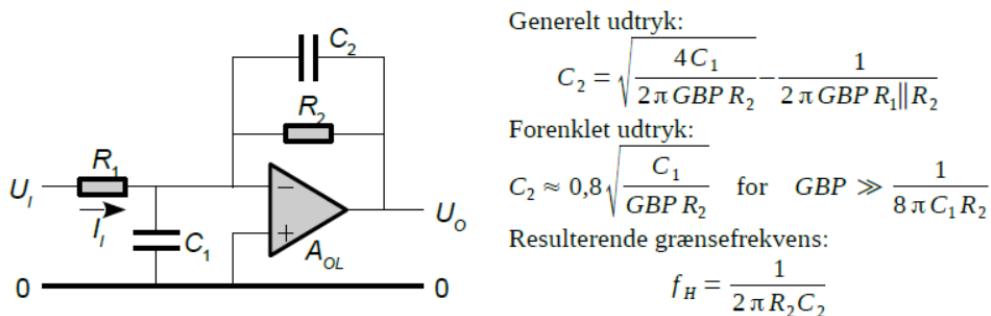


Figur 5.14. OpAmp med kapacitiv belastning på indgangen. Kilde: Analogteknik

Mikrofonen er kobles med ca. 1m coax kabel med kapaciteten 100pF/m. Dette giver altså en C_1 på 100 pF. Der regnes med en typisk GBP på 9MHz. Der testes for nødvendighed af tilbagekobling:

$$C_1 < \frac{1}{8\pi \cdot GBP \cdot R_2} \implies 100pF < \frac{1}{8\pi \cdot 9MHz \cdot 28,9k\Omega} \implies 100 \cdot 10^{-12} < 153 \cdot 10^{-15}$$

Det er altså nødvendigt at sætte en kondensator i tilbagekoblingen, som illustreret i 5.15.



Figur 5.15. OpAmp med kapacitiv belastning på indgangen og stabiliserende kondensator i tilbagekoblingen. Kilde: Analogteknik

Feedback kondensatoren beregnes som følger:

$$C_2 \approx 0,8 \sqrt{\frac{C_1}{GBP \cdot R_2}} \implies C_2 = 0,8 \sqrt{\frac{100pF}{9MHz \cdot 28,9k\Omega}} = 15,7pF$$

Der benyttes en 18 pF kondensator. Den *resulterende grænsefrekvens* bliver således:

$$f_H = \frac{1}{2\pi \cdot R_2 \cdot C_2} \implies f_H = \frac{1}{2\pi \cdot 28,9k\Omega \cdot 18pF} = 305,95kHz$$

Dette begrænser altså ikke signalets båndbredde.

5.4 Implementering

5.5 Modultest

Vuggesystem 6

6.1 Systemarkitektur

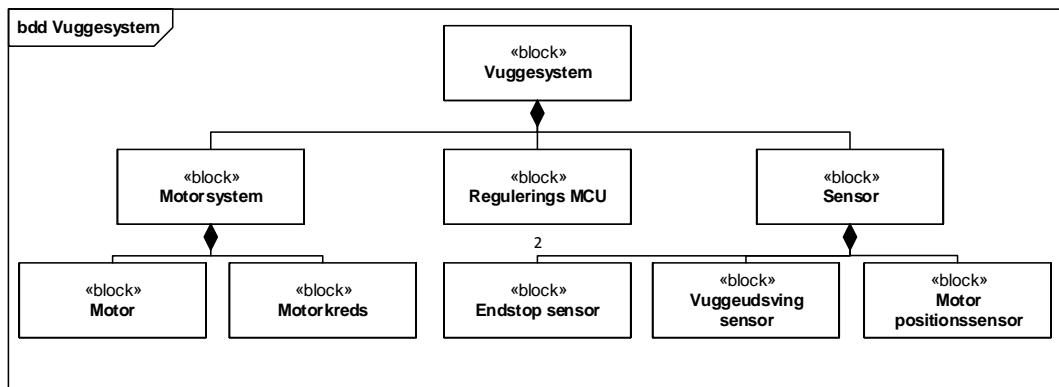
I dette afsnit beskrives systemarkitekturen for vuggesystemet.

Overordnet virkemåde

Vuggesystemet fungerer overordnet som følger:

- Vuggesystemets Regulerings MCU står for at vugge barnevognens kurv med en bestemt vuggefrekvens og et bestemt vinkeludsving. Dette sker på baggrund af værdier for disse modtaget fra Controller
- Regulerings MCU'en regulerer vuggesystemet således at vugningen altid foregår ud fra en vandret akse samt at de modtagne værdier for vuggefrekvensen og vinkeludsvinget overholdes
- Kommunikation mellem Regulerings MCU og Controlleren foregår via I2C protokollen

6.1.1 Hardware arkitektur



Figur 6.1. BDD for Vuggesystem

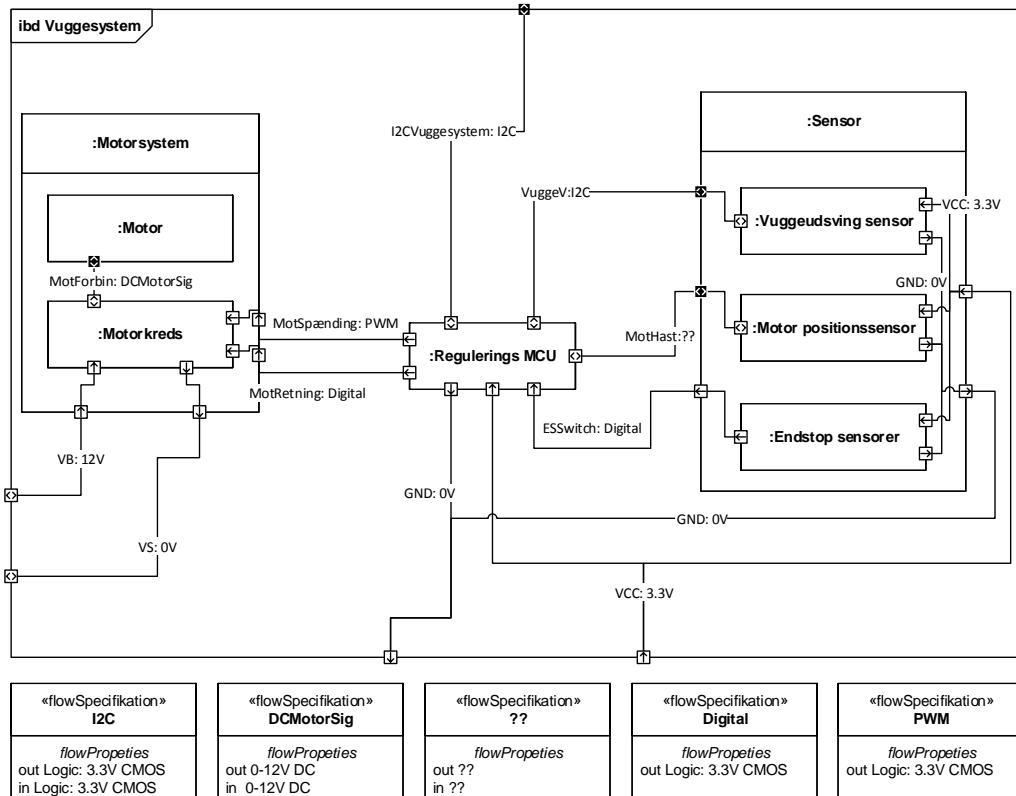
Vuggesystemet består af tre dele

Motorsystem block: Består af en motor til at drive vuggebevægelsen samt en motorkreds til strømstyringen af motoren. Motorkredsen sørger for at motorens ankerspænding styres vha dutycycle på et PWM-signal og retningen på motoren styres af et logisk signal.

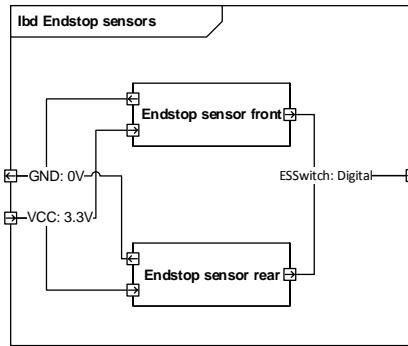
Regulerings MCU block: Styringsenheden for vuggesystemet. Denne sørger for reguleringen af vuggesystemet samt kommunikationen til og fra controlleren.

Sensor block: Består af fire sensorer; to Endstop sensorer som mäter om barnevognens kurv har nået den mekaniske vuggegrænse, Vuggeudsving sensor mäter kurvens absolute vinkel i forhold til tyngdefelt og Motor positionssensoren mäter motorens position.

Følgende beskriver vuggesystemets kobling og grænseflade.

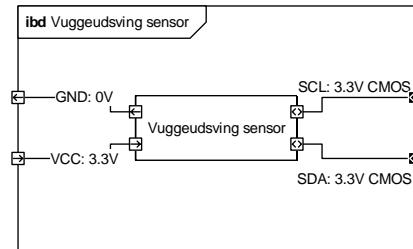


Figur 6.2. IBD for Vuggesystem



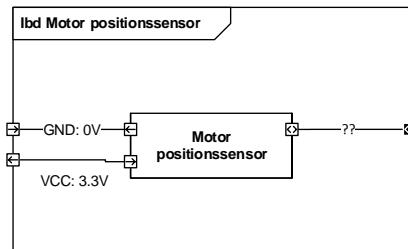
Figur 6.3. IBD for Endstop sensorer

Endstop sensorer består af to ens sensorer, hhv. **Endstop sensor front**, placeret til at detekterer hvis barnevognskurven når den mekaniske vuggegrænse ved fremad vuggeretning, og **Endstop sensor rear**, placeret til at detekterer hvis barnevognskurven når den mekaniske vuggegrænse ved bagud vuggeretning. Sensorerne giver det samme signal uanset om detekteringen sker i front eller bag.



Figur 6.4. IBD for Vuggeudsving sensor

Vuggeudsving sensor er placeret så den mäter barnevognskurvens plan i forhold til jordens tyngdefelt.



Figur 6.5. IBD for Motor positionssensor

Motor positionssensor giver et frekvenssignal relativ til motorens nuværende hastighed.

6.1.2 Grænsefladebeskrivelse

Herunder findes en beskrivelse af grænsefladen både til denne del af systemet, samt de interne forbindelser.

I2C beskrivelse

Forbindelserne ud og ind af dette delsystem er samlet i en I2C bus, som er beskrevet her:

Tabel 6.1: Specifikation af I2C grænseflade

I2C Adresse: 0b1111000X (Write: 0xF0, Read: 0xF1)				
I2C Frekvens: 100kHz				
Reg#	Navn	Type	Beskrivelse	Startværdi

fortsættes på næste side ->

Tabel 6.1 → fortsat fra forrige side

Reg#	Navn	Type	Beskrivelse	Startværdi
0x00	ID	R	Indeholder et id som kan benyttes til at identificere denne enhed, eller til at teste forbindelsen til denne.	0xFB
0x01	Status	R	Indeholder en bitsekvens som indikerer systemets status. Registeret indeholder følgende: [ERR STALL END_STP SD_RDY X X X X]	0b0000XXXX
	ERR		Indikerer at der er opstået en fejl i systemet. Kendes årsagen til fejlen indikeres denne i STALL og END_STP	
	STALL		Indikerer at systemet har været ude af stand til at drive motoren, formegentlig pga for stor belastning	
	END_STP		Indikerer at vuggen har ramt en af sine mekaniske yderpositioner, og vuggesystemet er deaktivert indtil der er blevet genstartet.	
	SD_RDY		Indikerer at systemet er klar til at få afbrudt strømmen	
0x02	ON_OFF	(R/W)	Dette register benyttes til at tænde og slukke for systemet. Skrives et nul til dette register begynder systemet at lukke ned. Strømmen til systemet bør ikke afbrydes før SD_RDY i status registeret er skiftet til et. Hvis systemet er tændt indeholder registeret en værdi forskellig fra 0.	0xFF
0x03	Frekvens	R/W	Værdien i dette register styrer frekvensen hvormed der vugges. Område: 0 Hz = 2,550 Hz, 1 LSB = 10 mHz.	0x00
0x04	Vinkeludsving	R/W	Værdien i dette register kontrollerer størrelsen af vuggens udsving i grader. Område: +/- 12,75°, 1 LSB = 0,05°.	0x00

Signalbeskrivelse

Tabel 6.2: Signalbeskrivelse

Signal	Type	Kommentar
VB	12V DC	Dette signal kommer direkte fra systemets batteri.
VS	0V DC	Dette er batteriforsyningens retur
VCC	3.3V DC	Dette er forsyningen til PSoC og andet logik.
GND	0V stel	Stelforbindelse til PSoC og andet logik
MotRetning	Digital	HIGH = CW, LOW = CCW
MotSpænding	PWM	PWM som styrer motor spændingen ved VB * %dc. PWM signalet 0-3.3V CMOS med f = [???
VuggeV	I2C	Angiver vinklen af vuggen relativt til tyngdefeltet.
MotHast	??	Angiver hastigheden af motoren
ESSwitch	Digital	Endstop status, ES-for OR ES-bag, HIGH = ikke ramt LOW = ramt.
I2CVuggesystem	I2C	Styresignal til vuggesystemet
MotForbind	DCMotorSig	Motor tilkobling

6.1.3 Software arkitektur

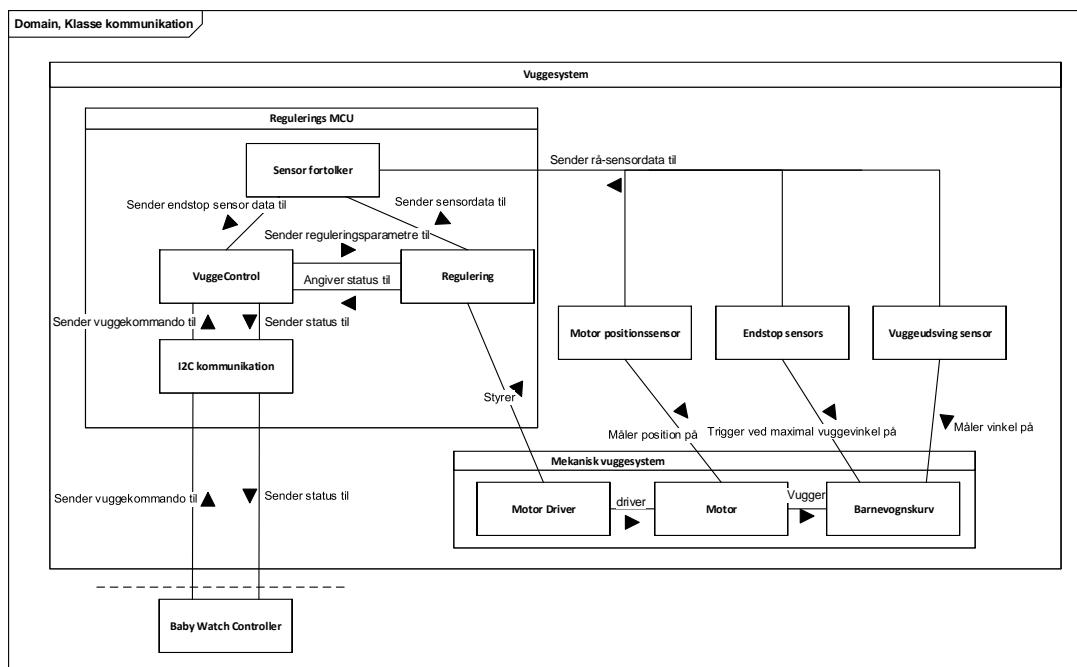
I følgende afsnit beskrives softwarearkitekturen for Vuggesystem delen af Baby Watch. Softwarearkitekturen er udarbejdet på baggrund af projektformuleringen og kravspecifikationen.

Softwarearkitekturen for Vuggesystemet består af:

- Identifikation af problemer, klasser og metoder med udgangspunkt i en domænemodel for system og dets softwaremoduler
- Oprettelse af skelet for videre implementering af Vuggesystemets SW vha. et sekvensdiagram for program-flow

Det er valgt at lave applikationsmodeller for modulerne/modulgrupperne internt frem for direkte Use Case baseret. Applikationsmodellen indeholder således funktionaliteter for op til flere Use Cases, men kun afgrænset til Vuggesystemet.

Domænemodel



Figur 6.6. Domain kommunikations model for Vuggesystem

Figur 6.6 viser en domænemodel for kommunikationen mellem systemets interne SW-moduler. Blokken Baby Watch Controller tilhører ikke Vuggesystemet, men er sat på for at identificere udadgående grænseflader derfor er denne markeret bag en stiplet linje.

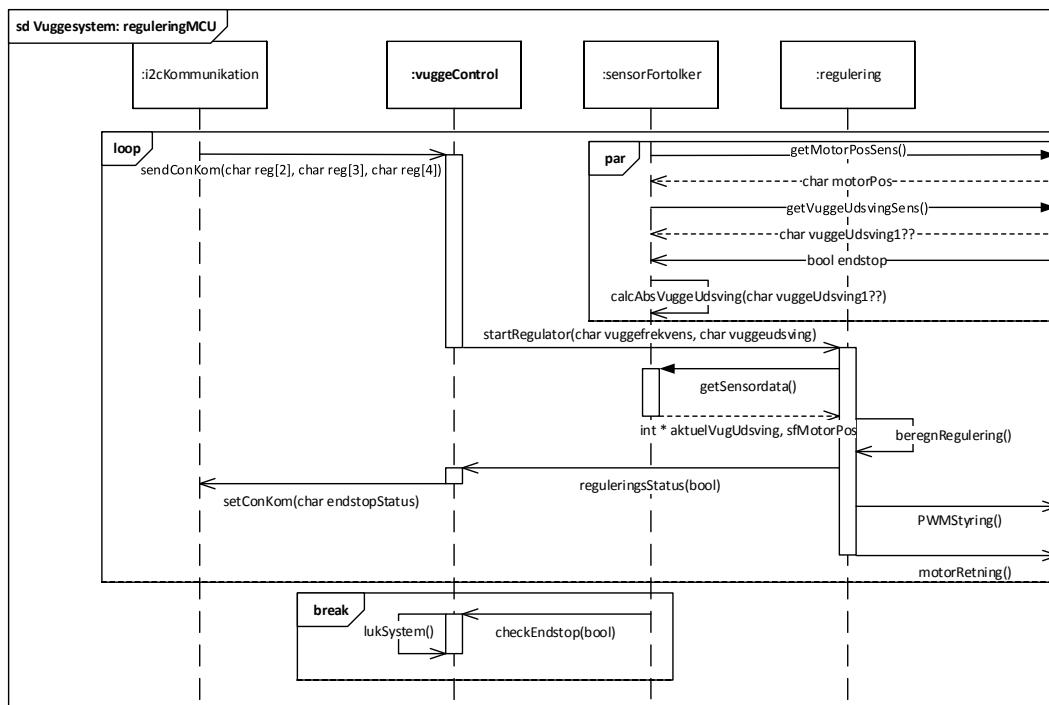
Klasseidentifikation

På baggrund af domænemodellen for softwaremoduler, identificeres følgende klasser for Vuggesystemet: Vuggesystemet sørger for at vugge barnevognskurven med en bestemt vuggefrekvens og vuggeudsving angivet af Baby Watchs Controller. Denne vugning reguleres ud fra sensorinput der angiver; den absolutte vinkel for vuggeudsvinget i forhold til tyngdefeltet, kurvens position og om det yderste vuggeudsving er overskredet. Vuggesystemet skal også give besked til den overordnede Baby Watch Controller om eventuelle fejl i denne regulering.

- Regulerings MCU - klassenavn: **vuggeControl** er Vuggesystems control-klasse.
- I2C kommunikation - klassenavn: **i2cKommunikation** står for I2C interfacet ud til Baby Watchs Controller.
- Motorregulering - klassenavn: **regulering** står for beregningerne til reguleringen af motoren der trækker vugningen af barnevognenskurv
- Sensor Fortolker - klassenavn: **sensorFortolker** står for at behandle sensorinput fra Motor positionssensor, Endstop sensors og Vuggeudsving sensor

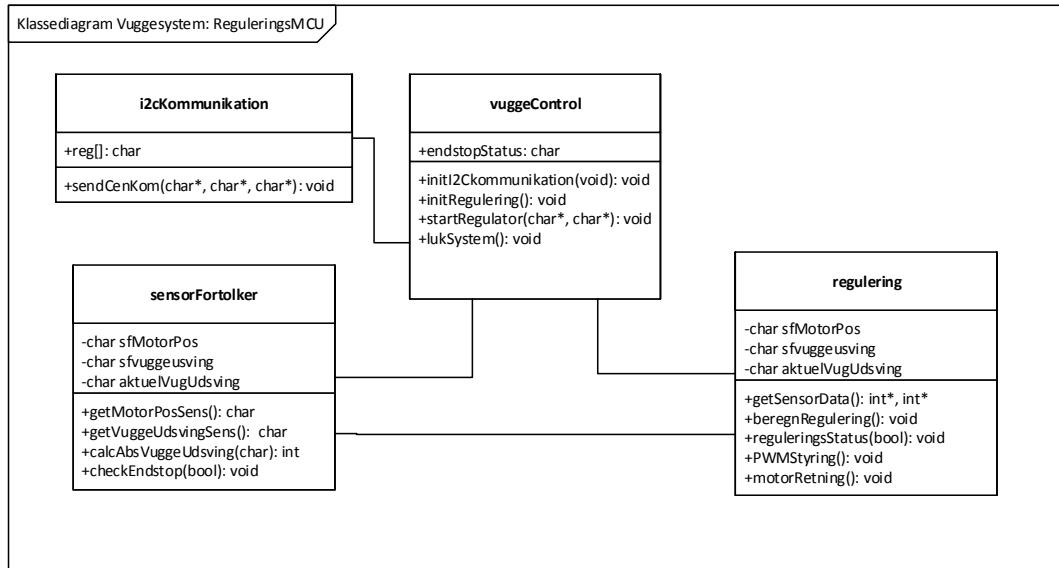
Følgende sekvensdiagram og klassediagram identificerer programflow og funktioner for **Regulerings MCU** blokken

Sekvensdiagram



Figur 6.7. Sekvensdiagram for Regulerings MCU

Klassediagram



Figur 6.8. Klassediagram for Regulerings MCU

Funktionsbeskrivelser

vuggeControl

Funktion	IKKE FÆRDIG
Beskrivelse	Gemmer diskret sample i RecordingBuffer
Parametre	int Sample: Diskret værdi som repræsenterer det momentane spændingsniveau på Blackfin 533 ADC indgang
Returværdi	Ingen

i2cKommunikation

Funktion	void sendConKom(char* reg[2], char* reg[3], char* reg[4])
Beskrivelse	Sender tre char pointere der peger på registrene reg[2], reg[3] og reg[4] til vuggeControl klassen
Parametre	char * reg[2]: peger på ????, char * reg[3]: peger på ??? og char * reg[4]: peger på ????
Returværdi	Ingen

regulerering

Funktion	IKKE FÆRDIG
Beskrivelse	Gemmer diskret sample i RecordingBuffer
Parametre	int Sample: Diskret værdi som repræsenterer det momentane spændingsniveau på Blackfin 533 ADC indgang
Returværdi	Ingen

sensorFortolker

Funktion	char getMotorPosSens(void)
Beskrivelse	Returnerer den nyeste motorposition fra motorpositionssensoren.
Parametre	Ingen
Returværdi	char: Den nyeste position angivet i værdi fra 0-255

Funktion	char getVuggeUdsving(void)
Beskrivelse	Returnerer den nyeste måling fra Vuggeudsvingssensoren.
Parametre	Ingen
Returværdi	char: Den nyeste måling fra Vuggeudsvingssensoren angivet i ??? accelerometer og gyroskop ???

Funktion	int calcAbsVuggeUdsving(char udsving)
Beskrivelse	Udfra acceletermeter- og gyroskopmålingerne beregnes og returneres den absolutte vinkel for barnevognskurven.
Parametre	char: Udsving er målinger fra Vuggeudsvingssensoren
Returværdi	int: Den absolutte vinkel for barnevognskurven

Funktion	void checkEndstop(bool)
Beskrivelse	Tjekker endstop sensorernes værdi.
Parametre	Ingen
Returværdi	wav

6.2 Design

6.3 Implementering

6.4 Modultest

Integrationstest 7

Accepttestspezifikation

8

Use case 1

UC1: Igangsæt vugning manuelt				
	Test	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt/ Kommentar
1	Tænd system. Tryk på "Manuel start"-knap	Visuel: Vugning starter på niveau jf. ikke-funktionelle krav i 5 min og stopper vugning		
2	Tænd system. Tryk på "Manuel start"-knap. Påvirk systemet med alarmerende lyd efter 1 min herefter med 1 min interval tre gange	Visuel: Vugning stopper efter påvirkning med alarmerende lyd efter 2. minut, alarmerende e-mail modtages og hjemmeside er opdateret til BABYCON1		
3	Tænd system. Tryk på "Manuel start"-knap. Påvirk system med lyden urolig efter 5 min.	Visuel: Vugning starter på niveau jf. ikke-funktionelle krav i 5 min og fortsætter vugning under monitorerings-tilstand		

Use case 2

UC2: Vug barnevogn				
	Test	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt/ Kommentar
1	Tænd system. Påvirk systemet med lyden urolig i 3 min.	Visuel: Barnevognen vugger med en frekvens jf. ikke-funktionelle krav i 3 minutter og stopper derefter og hjemmesiden opdateres til BABYCON3		
2	Tænd system. Påvirk systemet med lyden urolig i 1 min. herefter med lyden alarmerende i 1 min.	Visuel: Barnevognen vugger med en frekvens jf. ikke-funktionelle krav i 1 minutter og går derefter i undtagelses-tilstand. Alarmerende e-mail modtages og hjemmesiden opdateres til BABYCON1		
3	Tænd system. Tryk på "Manuel start"-knap, vent 30 sekunder og overbelast barnevogn jf. ikke-funktionelle krav	Visuel: Overbelastnings e-mail modtages. Systemet går i undtagelses-tilstand		

Use case 3

Use case 3 testes i en sekvens fra start til slut.

UC3: Monitorér baby				
	Test	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt/ Kommentar
1	Systemet tændes. Ingen lyd afspilles	Visuel: Barnevognen vugges ikke. Hjemmeside er opdateret til niveau BABYCON3		

...fortsat fra forrige side

	Test	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt/ Kommentar
2	Der afspilles lyden urolig	Visuel: Barnevognen vugges jævnfør de ikke funktionelle krav. Hjemmeside er opdateret til niveau BABYCON2		
3	Der afspilles lyde der afviger meget fra babylyde	Visuel: Barnevognen vugger ikke. Hjemmeside er opdateret til niveau BABYCON3		
4	Der afspilles lyden alarmerende	Visuel: Barnevognen vugger ikke. Hjemmeside er opdateret til niveau BABYCON1. Alarmerende e-mail modtages		
5	Netværksforbindelse afbrydes	Visuel: Wi-Fi-LED lyser		

Use case 4

UC4: Igangsæt undtagelsestilstand				
	Test	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt/ Kommentar
1	Tænd system. Påvirke system med alarmerende lyd	Visuel: Vugning er stoppet. Alarmerende e-mail modtages hvert 20. sekund. Hjemmeside er opdateret til BABYCON1		
2	Tænd system. Tryk på "Manuel start"-knap. Netværksforbindelse afbrydes	Visuel: Vugning er stoppet. Wi-Fi-LED lyser		
3	Tænd system. Påvirke system med urolig lyd. Afvent 30 sekunder. Netværksforbindelse afbrydes	Visuel: Vugning er stoppet. Wi-Fi-LED lyser		

...fortsat fra forrige side

	Test	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt/ Kommentar
4	Tænd system, bring system i undtagelses-tilstand med alarmrende lyd. Genstart system. Afspil urolig lyd.	Visuel: Barnevogn vugger jf. UC2. Hjemmeside opdateret til BABYCON2.		

Ikke-funktionelle krav

	Test	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt/ Kommentar
Mikrofon:				
1	Mikrofonens parametre undersøges gennem producentens dokumentation.	De anførte mikrofon parametre er i overensstemmelse med kravene	Skriv her	Skriv her
Vuggesystem:				
1	Vuggens vinkel måles med et digitalt vaterpas når vuggen er i højeste vugge niveau (aktiveret med manuel vuggestart), og det samlede udsving udregnes ud fra den største og mindste målte vinkel.	Det målte vinkel udsving ligger mellem 36° og 44°.	Skriv her	Skriv her
2	Vuggen indstilles til at vippe med hhv. 0.5, 1, 1.5, og 2 Hz, og der tælles hvor mange udsving vuggen gør over en periode på 30 sekunder.	Det samlede antal udsving for de 4 optællinger ligger inden for 10 % af hhv. 15, 30, 45, og 60.	Skriv her	Skriv her
3	Vuggen slukkes mens vuggen er nær ved fuldt udsving, og vinklen af vuggen måles når vuggen er faldet til ro.	Den målte vinkel skal være mellem -5° og 5°.	Skriv her	Skriv her

...fortsat fra forrige side

	Test	Forventet Resultat	Resultat	Godkendt / Kommentar
4	FIXME: Test af begrænsning i vinkelfrekvens, og vinkelacceleration er svær at udtænke. TODO: snak med Carl	Skriv her	Skriv her	Skriv her
	Baby status			
1	Systemet konfigureres til at skrive til en log ved opdatering af baby status, og får lov at køre i 1 min. Mens systemet kører overvåges hjemmesiden, og opdateringstidspunkterne noteres. Til sidst sammenholdes loggen med de noterede tider, og forsinkelsen beregnes som differencen fra opdatering af babystatus, til opdatering af hjemmesiden.	Den længste pause mellem to opdateringer af baby status, og den største forsinkelse til opdatering af hjemmesiden er under 5 s.	Skriv her	Skriv her

Bilag (CD-indhold)

9
