

---

---

# Udvikling af aktivitetsmåler

## Projektrapport 4. semester

---

AALBORG UNIVERSITET, 01/02/16 - 26/05/2016

SKREVET AF  
GRUPPE 403



**AALBORG UNIVERSITET**

*Gruppemedlemmer:*

Cecilie Sophie Rosenkrantz Topp, Frederik Skou Nielsen, Josefine Dam Gade  
Line Sofie Hald, Morten Skaarup Larsen, Rana Haddang

---



AALBORG UNIVERSITET

STUDENTERRAPPORT

Sundhedsteknologi

Fredrik Bajers Vej 7

9220 Aalborg

<http://smh.aau.dk>

**Titel:** Udvikling af aktivitetsmåler

**Tema:** Behandling af fysiologiske signaler

**Projektperiode:** D. 01/02/2016 - 27/05/2016

**Projektgruppe:** 403

**Deltagere:**

**Synopsis:**

Cecilie Sophie Rosenkrantz Topp

Frederik Skou Nielsen

Josefine Dam Gade

Line Sofie Hald

Morten Skaarup Larsen

Rana Haddang

**Vejleder:** Sabata Gervasio

**Oplagstal:**

**Sideantal:**

**Bilagsantal og -art:**

**Afsluttet den** 27. maj 2016

# **Forord og læsevejledning**

---

Forord

Læsevejledning

# **Indholdsfortegnelse**

---

<b>Kapitel 1 Introduktion</b>	<b>1</b>
1.1 Indledning . . . . .	1
1.2 Initierende problemstilling . . . . .	2
<b>Kapitel 2 Problemanalyse</b>	<b>3</b>
2.1 Effekt af fysisk aktivitet for børn . . . . .	3
2.2 Udsat aldersgruppe for inaktivitet . . . . .	6
2.3 Motivationsfaktor til øget fysisk aktivitet . . . . .	7
2.4 Aktivitetsmålere til børn . . . . .	8
2.5 Problemformulering . . . . .	14
<b>Kapitel 3 Problemløsning</b>	<b>15</b>
3.1 Løsningsstrategi . . . . .	15
3.2 Funktionelle krav . . . . .	15
3.3 Bevægelsesanalyse . . . . .	17
3.4 Brugersikkerhed . . . . .	22
3.5 Hardware teori . . . . .	22
3.6 Software Teori . . . . .	25
3.7 Opsamling af pilotforsøg . . . . .	35
3.8 Kravspecifikationer . . . . .	35
<b>Kapitel 4 Design</b>	<b>38</b>
4.1 LSM9DS1 . . . . .	38
<b>Litteratur</b>	<b>40</b>
<b>Bilag A Pilotforsøg</b>	<b>48</b>
A.1 Formål . . . . .	48
A.2 Metode . . . . .	48
A.3 Fremgangsmåde . . . . .	49
A.4 Databehandling . . . . .	51
A.5 Fortolkning af databehandling . . . . .	60
A.6 Konklusion . . . . .	61

*Dette kapitel belyser de samfundsmæssige problemstillinger, som forekommer i forbindelse med fysisk inaktive børn. De opstillede problemstillinger vil danne grundlag for et initierende problem, som yderligere undersøges i problemanalysen.*

## 1.1 Indledning

Fysisk inaktivitet er et problem i det danske samfund, da 45 % af danske børn i alderen 11-15 år er fysisk inaktive. Desuden påpeger studier, at menneskets fysiske aktivitetsniveau er faldende med alderen. Der kan opstå en række helbredsmæssige konsekvenser som følge af et lavt fysisk aktivitetsniveau. [1] Dette har resulteret i, at fysisk inaktivitet er relateret til 4.500 dødsfald årligt i Danmark. Endvidere er det påvist, at fysisk inaktive danskere ofte lever 5-6 år mindre end fysisk aktive personer. [2] Dermed bør fysisk aktive vaner inkorporeres i barndommen for at afhjælpe problemet tidligst muligt. Overvægt kan være en af de helbredsmæssige konsekvenser som resultat af fysisk inaktivitet. Overvægtige børn har i højere grad end normalvægtige børn risiko for at udvikle livsstilssygdomme, såsom type-2-diabetes og hjertekarsygdomme. Ydermere har undersøgelser vist, at overvægtige børn har 70 % risiko for at forblive overvægtige som voksne, hvormed risikoen for livsstilsygdomme forstørres. [3] Overvægt og særligt fysisk inaktivitet har desuden en stor betydning for barnets psykiske velvære. Danske børn har det seneste årti haft en faldende vurdering af deres livstilstfredshed, hvilket blandt andet kommer til udtryk på baggrund af deres vurdering af fysiske fremtonen og formåen [4, 5].

Fysisk inaktivitet kan medføre konsekvenser for samfundet. Dette er et resultat af, at flere børn bliver inaktive, hvormed en stigning i antallet af overvægtige børn kan forekomme. I takt med at størstedelen af de overvægtige børn forbliver overvægtige som voksne, antages det, at tilfælde af livsstilssygdomme i relation med inaktivitet og overvægt vil stige. En stigning af livsstilssygdomme vil medføre et merforbrug på 3,1 milliarder kroner, hvorfor inaktive børn er et problem for det danske sundhedsvæsen. [2]

I sammenhæng med udviklingen af moderne teknologi og af elektroniske spil foretrækker mange børn stillesiddende aktiviteter fremfor fysiske aktiviteter [4]. Dette har medført konsensus om, at teknologiens udvikling er en af hovedårsagerne til, at fysisk inaktivitet er en stigende tendens hos børn [6]. Særligt børn i den tidlige pubertet har fået et øget tidsforbrug i forbindelse med stillesiddende aktiviteter. En undersøgelse har vist, at 15% af danske 11-årige i år 2000 brugte mere end fire timer dagligt på elektroniske spil. I år 2014 var der sket en fordobling af dette tal, hvor 30% af danske 11-årige brugte mere end fire timer dagligt på elektroniske spil. [4]

Der forekommer en tydelig sammenhæng mellem fysisk inaktivitet og teknologiens udvikling. Dette kan være som følge af børns psykiske tilstand, idet særligt børn i den tidlige pubertetsalder finder spil og leg interessant [7]. Spil og leg kan dermed i forbindelse med teknologi være motiverende for børn, som skal udføre en aktivitet. En sammenkobling af disse motiverende elementer og fysisk aktivitet har eksempelvis firmaet PlayWare implementeret på

en række legepladser. PlayWare indeholder intelligent teknologi, som motiverer børn til at få et øget fysisk aktivitetsniveau. Denne sammenkobling af teknologi, leg og fysisk aktivitet, som PlayWare benytter, har resulteret i et øget fysisk aktivitetsniveau, idet teknologien initierede en række fysiske aktiviteter hos børnene [8].

## 1.2 Initierende problemstilling

Fysisk inaktivitet blandt danske børn er et stort problem, hvilket blandt andet kommer til udtryk ved følgesygdommene heraf. Disse indbefatter fysiske såvel som psykiske konsekvenser for den pågældende person. Ydermere medfører disse helbredsmæssige konsekvenser et årligt merforbrug på 3,1 milliarder kroner for det danske sundhedsvæsen. Der er dermed et behov for at sænke antallet af fysisk inaktive børn med henhold til helbredsmæssige og økonomiske parametre. Studier har vist, at børn kan få et øget aktivitetsniveau ved en kombination af teknologi og fysisk aktivitet. Det er derfor væsentligt at undersøge:

*Hvilke teknologiske muligheder findes der for at motivere fysisk inaktive børn til et øget fysisk aktivitetsniveau?*

For at kunne løse den initierende problemstilling, analyseres en række aspekter af problemet. Dette gøres med henblik på at belyse problemet fra flere vinkler, hvorefter en problemformulering kan opstilles.

I dette kapitel beskrives fysiologisk inaktivitet og aktivitet samt dets indvirkning på kroppen. Derudover defineres en målgruppe for projektet, hvilket gør, at denne målgruppens motivationsfaktorer kan forklares. Dette giver nogle succeskriterier til aktivitetsmålere, der benyttes til at udvælge og analysere eksisterende aktivitetsmålere.

## 2.1 Effekt af fysisk aktivitet for børn

*I afsnittet beskrives, hvilke fysiologiske konsekvenser der er forbundet med inaktivitet og aktivitet. Det blyses hvilke forskelle der er på inaktivitet og overvægt, og hvilken der på længere sigt kan have de største fysiologiske konsekvenser. Derudover beskrives intensiteten af en fysisk aktivitet, og i hvilken grad den kognitive respons afhænger af fysisk aktivitet.*

### 2.1.1 Fysiologisk risici ved inaktivitet

Hvis et individ udfører mindre end 2,5 times fysisk aktivitet om ugen med moderat intensitet, defineres vedkommende som værende fysisk inaktiv. Moderat intensitet defineres som aktivitet hvor personen skal opnå 64-74% af maxpuls<sup>1</sup>. [6] Overvægt og inaktivitet hænger ofte sammen, idet inaktivitet har en stor sammenhæng med overvægt. Grundlæggende opstår overvægt som resultat af et større kalorieindtag i forhold til ligevegtsindtag. [9] Definitionen for overvægt er blandt andet defineret igennem body mass index (BMI), hvilket er forholdet mellem en persons vægt og højde [10]. Der findes en specifik BMI oversigt for henholdsvis piger og drenge i aldersgruppen 2-20 år, hvor grænseområder er fast defineret for begge køn. Der er ikke signifikant forskel på denne BMI oversigt imellem kønnene, men derimod afhænger grænseområderne for BMI oversigten af alderen. [11]

Fysisk inaktivitet og overvægt er ikke det samme, hvorfra de helbredsmæssige konsekvenser tilsvarende ikke er ens. Det er derfor muligt at være overvægtig men samtidig have en aktiv livsstil. [6] Undersøgelser viser, at en overvægtig men aktiv person kan have samme metabolske sundhed som en normalvægtig. En overvægtig person kan igennem en aktiv livsstil nedsætte insulinresistens, højt kolesterol og højt bloktryk, selvom vedkommende forbliver overvægtig. [12, 13]

Fysisk inaktivitet kan lede til flere af de store folkesygdomme som hjertekarsygdomme, diabetes, osteoporose og psykiske lidelser. Menneskekroppen er ikke skabt til at være inaktiv, og derfor vil kroppen reagere kraftigt på det. Eksempelvis kan kroppen begynde at nedbryde knoglerne indefra, således det fysiske aktivitetsniveau får betydningen for knoglernes samlede

<sup>1</sup> FiXme Note: Moderat intensitet svarer til 40-59% af den maksimale iltoptagelse, eller 40-59% af pulsreserven (maxpuls – hvilepuls), eller 64-74% af maxpuls eller 12-13 RPE (rate of perceived exertion, Borgskala) og er yderligere defineret som fysisk aktivitet, hvor man bliver lettere forpustet men hvor samtale er mulig

vægt, da der ikke er behov for store og stærke knogler, hvis de ikke benyttes tilstrækkeligt. [6, 14, 15]

Ifølge et longitudinelt studie fra Holland, hvor børn og unge blev fulgt over en 15-årig periode, har inaktivitet hos børn før puberteten alvorlige konsekvenser. Studiet konkluderede, at inaktivitet før puberteten medfører stor risiko for knoglefrakturer og mulig immobilitet herfra. Dette er et resultat af, at fysisk aktivitet i barndom og ungdom er stærkt relateret til knoglemineraltætheden i ryggen og hoften. [16] I et andet studie med 2.429 børn i alderen 5-14 år blev det konkluderet, at fysisk inaktive børn havde mere end dobbelt så stor risiko for høfeber end aktive børn [17]. Inaktivitet i barndommen kan altså være særligt skadeligt, da det medfører kroniske konsekvenser.

Fysisk inaktivitet kan føre til overvægt, hvormed overvægt ligeledes kan medføre en række helbredsmæssige konsekvenser for den pågældende person. Overvægt øger risikoen for forhøjet kolesterol, forhøjet blodtryk og diabetes og følgesygdomme heraf som slagtilfælde og nyresygdomme. Det er dokumenteret, at der er større risiko for tidlig død, jo tidligere den pågældende person pådrager sig overvægt. Det er derfor essentielt at øge børns aktivitetsniveau og dermed mindske risikoen for inaktivitet i kombination med overvægt. [9] Derudover ses der, at overvægtige børn ofte lider af psykologiske og sociale problemer, hvilket kombineret med overvægten kan have en negativ indvirkning på barnets fremtid i forhold til uddannelse og socioøkonomiske status [10].

Det tyder på, at inaktivitet er mere skadeligt end overvægt, hvis de sammenlignes som inaktiv normalvægtig mod aktiv overvægtig. Inaktivitet kombineret med overvægt øger risikoen for diverse sygdomme, men en normalvægtig inaktiv person er i større risiko for tidlig dødsfald end en overvægt aktiv person. I et 12-års studie lavet over 334.161 europæiske deltagere blev fysisk aktivitet, BMI og taljemål holdt op mod dødeligheden iblandt deltagerne. Igennem studiet konkluderes det, at dobbelt så mange vil dø af inaktivitet i forhold til overvægt. Det antydes igennem dette, at inaktivitet er en større risikofaktor i sammenhæng med dødelighed. [18]

### 2.1.2 Fysiologisk udbytte ved aktivitet

Fysisk aktivitet er defineret som enhver bevægelse, hvor skeletmuskler skal kontrahere og derved forbrænde energi. Der er forskellige former for fysisk aktivitet, som har forskellige intensitetsniveauer. [19] Ifølge Sundhedsstyrelsen skal et barn i alderen 5-17 år være fysisk aktiv i mindst 60 minutter om dagen med moderat til høj intensitet. Derudover anbefales det, at børn i denne alder skal indgå i en aktivitet i 30 minutter med høj intensitet tre gange om ugen. Det vil dermed være fordelagtigt for barnets helbreds niveau at følge disse anbefalinger. [20]

Fysisk aktivitet kan mindske risikoen for flere kroniske sygdomme såsom overvægt, diabetes og hjertekarsygdomme. Eksempelvis kan overvægt både forbygges og afhjælpes af fysisk aktivitet. Ydermere er fysisk aktivitet et forebyggende samt udviklende element for børns led, knogler og muskler. Eksempelvis dannes der mere synovialvæske ved fysisk aktiviteter, hvorved bevægelse af led faciliteres. Knogler vedligeholdes desuden af fysisk aktivitet, hvorved det kan undgås, at knoglens densitet mindskes som beskrevet i afsnit 2.1.1. Ydermere udvikles og vedligeholdes muskler ligeledes af fysisk aktivitet, som følge af den belastning en fysisk aktivitet påfører muskelfibrene. [19, 21, 22, 23, 24]

Kroppens reaktion på fysisk aktivitet afhænger blandt andet af aktivitetens krav til kroppen<sup>2</sup> og intensiteten heraf. Eksempelvis tyder studier på, at fysisk aktivitet har en positiv indvirkning på børns kognition. [25] Ydermere vil en anstrengende fysisk aktivitet få hjertet til at slå hurtigt, hvilket medfører en øget puls, hvormed ilt og næringsstoffer hurtigere sendes rundt i kroppen [26]. Blodkar vil desuden blive udspilet, således blodet i større grad kan komme til hudoverfladen og afgive den varme, som blodet fører væk fra de aktive muskler. Der sker altså en stigning i pulsen og blodtrykket, og denne stigning afhænger af den pågældende aktivitets påvirkning på kroppen. [15, 27, 28]

### Aktivitet og intensitet

Der er en tydelig sammenhæng mellem puls og kroppens reaktion på den fysiske aktivitet, da den maksimale puls for et individ og intensiteten af den fysiske aktivitet har en lineær sammenhæng. Den maksimale puls kan bestemmes for en person ved at trække personens alder fra 220 [29].

Ifølge flere studier hænger procenten af den maksimale puls sammen med henholdsvis antallet af forbrændte kalorier, hvorvidt den aerobe udholdenhed trænes, forbedring af den anaerobe tolerance eller forbedring den kardiovaskulære ydeevne<sup>3</sup>. I sammenhæng med fysisk aktivitet og udførelse kræver kroppen adenosintrifosfat (ATP). Dette molekyle er energi bærende og nedbrydes konstant for energiudvinding. Anaerobe forhold forekommer, når der ikke er en tilstrækkelig mængde ilt til stede i kroppen, hvorfor denne proces er den første, som indtræder under fysisk aktivitet. ATP kan gendannes anaerobt ved spaltning af kreatinfosfat eller kulhydrater under dannelse af mælkesyre. [30, 15, 31] Under aerobic forhold kan ATP gendannes i store mængder igennem den oxidative fosforylering. Denne proces indtræder og dominerer efter 15-20 minutters fysisk aktivitet. [15, 31]

Pulsen er sigende for aktivitetens intensitetsniveau samt den effekt, som aktiviteten kan påføre personen. Et højere intensitetsniveau resulterer i en højere puls og dermed hårdere fysisk aktivitet. Denne sammenhæng mellem intensitetszoner, maxpuls, varighed samt udbytte inddeltes i fem zoner og ses på tabel 2.1. [32, 33]

Zoner	Procent af maxpuls [%]	Aktivitetens Varighed [min]	Fysisk udbytte
5 - Maksimum	90-100	0-2	Træner det neuromuskulære system og øger maksimal sprinthastighed.
4 - Hård	80-90	2-10	Forbedrer den anaerobe tolerance og øger højhastigheds udholdenhed.
3 - Moderat	70-80	10-40	Øger aerob power og forbedrer blodcirculationen.
2 - Let	60-70	40-80	Forbedrer den aerobe udholdenhed, styrker kroppen til høj intens arbejde og øger fedtmætabolismen.
1 - Meget let	50-60	20-40	Hjælper og øger hastigheden af genopbygningen af musklerne efter hårdt.

**Tabel 2.1:** I tabellen ses fem intensitetszoner, som bestemmes ud fra maxpuls. Der angives en varighed for optimal udbytte inden for hver intensitetszone, som hver har forskelligt fysisk udbytte. (Modificeret) [33]

Pulsen er en sigende faktor for aktivitetens fokus. Dette medfører, at pulsen er bestemmende for intensiteten, varigheden og udbyttet. Intensiteten kan også bestemmes ud fra maksimal iltoptagelse, som er en betegnelse for, hvor meget ilt der optages i minuttet. Derudover kan

<sup>2</sup>FiXme Note: Skal muskelgrupper fremskynde en position som ved svømning og derved være udholdende eller skal muskelgrupper løfte en vægt som ved vægtløftning og derfor være eksplosiv men knap så udholdende

<sup>3</sup>FiXme Note: hvilket gør, at man kan sprinte længere / er hurtigere, fordi der kommer mere ilt rundt i kroppen

det bestemmes ud fra Borg skalaen, som er en subjektiv vurdering af hvor hård en given aktivitet er. [6]

### Aktivitet og kognitiv respons

Fysisk aktivitet bidrager med et positivt udbytte vedrørende encephalons kognitive funktioner. Eksempelvis øges de kognitive funktioner som indlæring, hukommelse og koncentration. [28, 34, 35]. Måden hvorpå fysisk aktivitet gavner encephalons kognitive funktioner er øget aktivitet i hippocampus, som er lokaliseret i det limbiske system i encephalon. Dette område i encephalon processerer hukommelse, indlæring og navigation, hvilket resulterer i, at øget fysisk aktivitet forbedrer evnen heraf. Ved en længerevarende træningsperiode vil der ske en ændring i encephalons plasticitet, hvormed encephalon adapterer sig til det ændrede aktivitetsniveau. Den tilpasser sig til at dyrke mere motion, hvormed områder for eksempelvis indlæring og hukommelse vokser ligesom en muskel, der bruges mere. Blodkarrene i encephalon<sup>4</sup> udvides som følge af det øgede aktivitetsniveau på samme vis som i resten af kroppen, hvilket også er nævnt i afsnit 2.1.2. Dette medfører, at der kan tilføres flere næringsstoffer og mere energi. [23]

Den fysiske aktivitets effekt på encephalons kognitive funktioner er dog ikke permanente og aftager langsomt efter aktiviteten er opholdt. Efter fysisk aktivitet i 11-20 minutter vil de øgede kognitive funktioner for børn vare op til 50 minutter, mens de hos voksne vil vare 25 til 45 minutter.<sup>5</sup> [23, 35] Ydermere tyder studier på, at fysisk aktivitet kan have en længerevarende positiv effekt på børns kognition. Dette kommer eksempelvis til udtryk ved, at længerevarende træningsperioder kan bidrage til en positiv virkning på matematiske færdigheder [34, 25].

## 2.2 Udsat aldersgruppe for inaktivitet

*Dette afsnit præciserer en målgruppe ud fra forbrugsudviklingen af teknologiske apparater. Derudover undersøges hvordan børns vaner udvikles, hvormed en aldersgruppe der er modtagelig over for nye vaner kan vælges.*

Den teknologiske udvikling har stor betydning for den stigende andel af inaktive danske børn [6]. Ifølge Sundhedsstyrelsen var 45% af danske unge i alderen 11–15 årige fysisk inaktive i 2006 [1]. Derudover mener Sundhedsstyrelsen, at børn og unge bliver mindre aktive med alderen. Dette kan have en sammenhæng med, at tilstedeværelsen af teknologi for børn ligeledes stiger med alderen. I 2013 havde 3% af børn i alderen 5-8 år teknologiske apparater med i skole hver dag. Dette tal var i 2014 steget til 33% for samme aldersgruppe. Denne tendens, hvor teknologiske apparater medbringes dagligt, stiger med alderen, da 87% af børn i aldersgruppen 9-12 år dagligt medbragt teknologiske apparater i 2014. [1, 36]

Børns vaner i forhold til fysiske aktivitetsniveau dannes i barndommen og den tidlige pubertetsalder, hvilket er defineret som cirka 8-12 år afhængig af køn. I denne aldersgruppe har autoritære roller, såsom forældre og lærere, fortsat en stærk påvirkning med henhold til at inkorporere vaner hos børnene. [37, 7, 38]

---

<sup>4</sup>FiXme Note: hippocampus, cortex og cerebellum påvirkes mest - altså mere end de andre

<sup>5</sup>FiXme Note: Der findes ikke noget grundlag for, hvorfor voksne har kortere kognitiv effekt af fysisk aktivitet end voksne. Det vurderes ud fra litteraturen, at den "voksne" aldersgruppe dækker over en bred alder - altså også ældre. Det kan tænkes, at disse ældre ikke har lige så stor effekt af fysisk aktivitet som "unge voksne", hvorfor gennemsnittet sættes ned.

Det anses som nødvendigt, at børn vænnes til at være fysisk aktive i en tidlig alder, da vaner bringes med videre til voksenlivet. Hvis ikke børnene får tilegnet sig en fysisk livsstil, vil børnene vænnes til en stillesiddende adfærd [38, 39, 40]. Endvidere påpeger studier, at det kan være fordelagtigt at give børn gode vaner før puberteten. Dette skyldtes en række fysiske og psykiske faktorer, som børnene undergår i puberteten. Gode vaner, som en fysisk aktiv livsstil, skal dermed videreføres til børnene forinden folkeskolens udskoling. [38, 37, 40]

Der ønskes at reducere antallet af inaktive børn, hvormed der med fordel kan appelleres til børn inden pubertetsaleden. Når børnene aktiveres i denne aldersgruppe, er chancen større for videreførelse af de tilegnede vaner. For at aktivere børnene kan det med fordel gøres gennem teknologi, da børnene i stigende grad benytter det. Dette kan have en betydning for den stigende andel af inaktive børn. Der ønskes dermed at optimere aktivitetsniveauet for børn i alderen 9-12 år<sup>6</sup>, da det er denne aldersgruppe, som især bruger teknologien i for høj en grad.

Dermed er målgruppen for dette projekt defineret som børn i aldersgruppen 9-12 år.

## 2.3 Motivationsfaktor til øget fysisk aktivitet

*Dette afsnit beskriver, hvad der kan motivere den valgte aldersgruppe til øget fysisk aktivitet. Dette gøres med henblik på at have et optimalt grundlag til at designe et motiverende apparat til denne aldersgruppe.*

Motivation er menneskets drivkraft i forhold til opførsel og udførslen af handlinger [41]. Fysisk aktivitet bliver udført på baggrund af den enkelte persons motivation til en aktivitet. Motivationen til en given aktivitet kan deles op i to overordnede typer af motivation: Intrinsisk og ekstrinsisk. Den intrinsiske motivation omhandler individets egen drivkraft til at udføre en opgave. Denne type motivation fokuserer på individets holdning til aktiviteten, og hvordan aktiviteten kan opfylde de personlige behov. Den intrinsiske motivation er derfor karakteriseret af interessen og glæden ved en aktivitet. Den ekstrinsiske motivation omhandler en ekstern påvirkning af et individ. Denne type motivation kan eksempelvis være forældres forventninger til et barns skolekarakterer eller sportsaktiviteter. Barnet udfører aktiviteten på baggrund af en ekstern motivation, som kan risikere at blive udført med frygten for at fejle. Ekstrinsisk motivation fokuserer derfor på effekten af en aktivitet udført med en ekstern motivation. [42]

Motiverende faktorer kan være aldersmæssigt betinget, hvorfor børn og voksne motiveres forskelligt. Dette kommer blandt andet som følge af det psykologiske stadie, som børn befinner sig i [41]. Børn handler instinktivt og impulsivt, hvormed de kan have svært ved at fastholde deres koncentration på en given aktivitet. Derfor er det essentielt, at børnene har en motivationsfaktor, som giver dem glæde og lysten til at udføre en aktivitet. [41]

For børn er det væsentligt, at en aktivitet opleves sjovt, anerkendende og har sociale dimensioner. Der kan midlertid opstå problemer ved fysiske gruppeaktiviteter, da børnene kan være forhindret i at møde til de givne tidspunkter. Besværligheden ved tidsplanlægning kan gøre, at flere børn fravælger gruppeaktiviteter. Det kan dermed være fordelagtigt, hvis en fysisk gruppeaktivitet ikke involverer et fysisk fremmøde eller skal foregå på et bestemt tidspunkt. [7, 43]

<sup>6</sup>FiXme Note: Vi har valgt 9-12 år istedet for 8-12 år, fordi vi ønsker "overlappet" imellem den tidlige pubertetsalder og aldersgruppen for dem, som bruger teknologi mest.

Måden, hvorpå børn motiveres til og gennem fysisk aktivitet, er forskellig, alt efter hvilken aldersgruppe de befinder sig i. Børn i den valgte målgruppe, altså i alderen 9-12 år, motiveres særligt gennem leg, hvor det er essentielt, at alle deltagere oplever succes gennem aktiviteten. Børn i denne alder motiveres endvidere intrinsisk gennem en positiv tilgang, hvor der særligt fokuseres på de ting, som lykkedes. [7] Dermed giver frivillig fysisk aktivitet med intrinsisk motivation det bedste udbytte for børn [42]. Konkurrencer vil ofte være en del af sociale fysiske aktiviteter, idet børnene sammenligner sig med andre. Disse konkurrencer kan medføre nederlag og dårlige oplevelser for det enkelte barn. Det er dog essentielt at bibeholde barnets gode oplevelse ved den fysiske aktivitet. Konkurrencer skal derfor holdes på et plan, hvor det ikke er en begrænsende faktor for barnet. Overordnet skal der appelleres til børnene i denne aldersgruppe gennem fairplay og positiv syn på aktiviteterne. [7]

Sociale sammenhænge, forældrenes støtte og leg igennem fysiske aktiviteter er de væsentligste ekstrinsiske motivationsfaktorer for børn, som skal øge aktivitetsniveauet. Generelt virker intrinsisk motivation bedre end ekstrinsisk motivation. Hvis barnet ikke selv har lysten og interessen i fysisk aktivitet, vil eksempelvis forældres opfordring ikke gøre en forskel. [42, 44] En fysisk aktivitet, som giver børn naturlig tilfredsstillelse og glæde, kan medføre et fremtidigt øget aktivitetsniveau for barnet [43].

## 2.4 Aktivitetsmålere til børn

*Dette afsnit omhandler optimale egenskaber for en aktivitetsmåler samt funktionaliteten af nuværende aktivitetsmålere til børn. På baggrund af dette analyseret en række nuværende teknologier, samt vurderes med henblik på at kunne designe en teknologi der opfylder succeskriterier på bedst mulig vis.*

### 2.4.1 Aktivitetsmålere

Aktivitetsmålere kan benyttes af alle aldersgrupper til at registrere det fysiske aktivitetsniveau. Den kan registrere data for en bestemt dag eller over en længere periode. Aktivitetsmålere benytter en eller flere sensorer til at registrere det fysiske aktivitetsniveau. Eksempelvis kan et pedometer, accelerometer eller gyroskop findes i en aktivitetsmåler. Et pedometer kan bestemme antal skridt via en svigende pendul hammer i et kredsløb. Mere moderne pedometre benytter accelerometere, der vinkelret på hinanden kan detektere skridt. Et accelerometer mäter acceleration i  $m/s^2$  eller g-kræfter, hvilket er et udtryk for tyngdepåvirkningen af sensoren under bevægelse. Et gyroskop mäter vinkelhastighed i  $^{\circ}/s$  eller omdrejninger pr sekund. Dette kan anvendes til at bestemme orientering eller balanceinformation. [45, 46, 47]

Et fælles formål for aktivitetsmålerne er dermed at bestemme det fysiske aktivitetsniveau gennem en række analoge og digitale elementer. De digitale elementer benyttes til at bestemme og visualisere sensorens opsamlede data. Dermed er de digitale elementer blandt andet bestemmende for den brugerflade, som er tilhørende den pågældende aktivitetsmåler. En aktivitetsmåler, som er specifikt designet til børn, har muligvis en brugerflade, som involverer spil og leg for at motivere barnet til øget fysisk aktivitet.

### 2.4.2 Succeskriterier for aktivitetsmålere

Flere producenter har benyttet teknologi, som et led i at motivere børn til et mere aktivt liv gennem spil og leg ved hjælp af aktivitetsmålere. Børnene har i mange tilfælde mulighed for

at spille alene eller sammen med andre. [48, 49] En teknologi, som motiverer børn til en aktiv livsstil, har potentielt flere samfundsøkonomiske og sundhedsmæssige fordele, idet en aktiv livsstil blandt andet er forebyggende for diverse følgesygdomme, som beskrevet i afsnit 2.1.1.

Aktivitetsmålere til børn bør tage højde for en række essentielle kriterier, som blandt andet indebærer, at alt barnets daglig aktivitet registreres. Dermed skal systemet registrere og gemme al aktivitet igennem et barn hverdag, hvilket indebærer både skoleaktiviteter såvel som fritidsaktiviteter. I og med at fysisk aktivitet registreres vil der dannes en mere realistisk gengivelse af barnets aktivitetsniveau.

Et studie har undersøgt, hvilke børneidrætter der er de 10 mest populære blandt børn i aldersgruppen 7-15 år. Det fremgår af dette studie, at 7 ud af de 10 mest populære børneidrætter involverer gang eller løb [50]. Desuden fremgår det af flere studier, at cykling er en af de hyppigst benyttede transportmidler for børn i alderen 10-15 år [51, 52]. På baggrund af dette skal en aktivitetsmåler kunne registrere gang, løb og cykling for dermed at kunne bestemme barnets samlede fysiske aktivitetsniveau i løbet af en dag. Ydermere skal aktivitetsmåleren kunne skelne mellem disse aktivitetsformer. Denne automatiske genkendelse kan udformes ved brug af flere forskellige sensorer. Herved kan aktivitetsmåleren opnå en stor brugervenlighed, idet barnet ikke selv skal indtaste, hvilken type aktivitet der vil blive udført. Intensiteten af en given fysisk aktivitet kan bestemmes af en persons puls, som det fremgår i afsnit afsnit 2.1.2. Det vil derfor være fordelagtigt, hvis aktivitetsmåleren kan bestemme barnets puls og herigennem kategorisere intensiteten samt den fysiske effekt af aktiviteten.

Målgruppen for den tilsigtede aktivitetsmåler er børn i aldersgruppen 9-12 år. Det er påvist, at børn i denne aldersgruppe motiveres bedst gennem frivillig fysisk aktivitet med intrinsisk motivation som leg og spil. Aktivitetsmåleren skal derfor kunne benytte sig af en type motivation, som henvender sig til målgruppens behov.

Aktivitetsmålerens placering og påmontering skal desuden være komfortabel. Aktivitetsmåleren må ikke fratauge eller hindre barnets psykiske eller fysiske udfoldelse i forbindelse med afbenyttelse.

Den optimale aktivitetsmåler skal dermed kunne:

- Registrere gang.
- Registrere løb.
- Registrere cykling.
- Registrere aktivitetens intensitet.
- Motivere både fysisk inaktive og fysisk aktive børn.
- Monteres og placeres på komfortabel vis.

### Afgrænsning af aktivitetsmålere

Der er udvalgt fire aktivitetsmålere til videre analyse, som alle har samme formål; at motiver børn til et øget fysisk aktivitetsniveau. De udvalgte aktivitetsmålere henvender sig alle til børn i målgruppen 9-12 år og har derfor på forskellig vis udformet en brugerflade, som er motiverende for målgruppen. Ydermere er aktivitetsmålerne trådløse og tilbyder en brugerflade gennem trådløs overførsel i form af en hjemmeside og/eller app.

De udvalgte aktivitetsmålere vil blive analyseret og vurderet på baggrund af ovenstående succeskriterier.

### 2.4.3 UNICEF kid power band

UNICEF Kid Power Band er en aktivitetsmåler, som appellerer til børn ved at hjælpe andre børn i ressoucefattige lande, hvoraf sloganet til aktivitetsmåleren lyder: "Vær aktiv. Red liv". Aktivitetsmåleren, der er udformet som et armbånd, fremgår af figur 2.1. Aktivitetsmåleren benytter et pedometer og et accelerometer til at registrere barnets fysiske aktivitet. Det opsamlede data overføres trådløst til en app, som kan hentes ned på enheder med bluetooth. [49, 53]



*Figur 2.1: På figuren ses UNICEF kid power band. [54]*

Børnene kan optjene point ved at være fysisk aktive. Der optjenes point efter, hvor fysisk aktive børnene er. Pointene omregnes til en sum penge, som sponsoreres af fans, firmaer og forældre. Pengene, som børnene optjener igennem fysisk aktivitet, bliver doneret til ressoucefattige lande, som er en del af UNICEFs tiltag. Børnene har mulighed for at vælge mellem en række udvalgte lande gennem missioner. Disse missioner skal lære børnene om samfundet i det pågældende land og give dermed børnene indsigt i, hvor betydningsfuld deres hjælp er. Børnene har gennemført en mission, når de har været tilstrækkeligt fysisk aktive til at optjene samtlige tilgængelige point. Alle resultater samles i en app, hvor børnene har mulighed for at følge med i progressionen for dem selv samt deres venner samt for de missioner, som de deltager i. Aktivitetsmåleren har en indkøbspris på 280 kr. [49, 53]

#### Vurdering af succeskriterier

Aktivitetsmåleren's funktion er at tælle skridt, hvilket registreres under løb og gang, men der skelnes ikke mellem aktiviteterne. Idet armene ikke bevæges ved cykling, er denne aktivitetsform ikke mulig for måleren at registrere. Aktivitetsmåleren kan ikke registrere intensiteten af den målte aktivitet, idet der kun måles på, hvor energisk armen bevæges under en given øvelse og ikke puls, iloptagelse eller anstrengelse. Aktivitetsmåleren er designet som et armbånd med en justerbar rem, hvilket gør at den kan monteres og placeres på komfortabel vis. [53]

Børnene udfører de fysiske aktiviteter sammen med andre børn med henblik på at hjælpe børn i ressoucefattige lande. Aktivitetsmåleren motiverer børnene på intrinsisk vis ved hjælp af de sociale aspekter, som ligger til grund for aktivitetsmålerens brugerflade. [49]

UNICEF Kid Power Band opfylder to ud af seks succeskriterier, mens det delvist opfylder to succeskriterier.

#### 2.4.4 The Sqord Booster

The Sqord Booster er en aktivitetsmåler, som appellerer til børn i alderen 8-14 år gennem konkurrence og fællesskab. Aktivitetsmåleres motiverer børn igennem spil, hvor alt udført aktivitet gemmes i en avatar. Denne avatar designer børnene selv på en hjemmeside, hvor de også kan kommunikere med deres venner. Forældrene har mulighed for at oprette et forældrelogin til siden, så de ligeledes kan følge med i deres børns aktivitet. Aktivitetsmåleren er designet til at blive brugt i grupper men er ikke betinget af fysisk tilstedeværelse, da online gruppekommunikation også er muligt. [55] Børnene kan enten konkurrere mod hinanden eller arbejde sammen som et hold. Det er også muligt at benytte aktivitetsmåleren individuelt, da barnet kan følge sin og andres udvikling. Hermed kan der opstå interne konkurrencer i forbindelse med barnets formåen. [55, 56]

Børnene optjener point ved at deltage i forskellige konkurrencer, hvor deres aktivitet måles gennem et tre-akse accelerometer. Det opsamlede data overføres trådløst til en app, som kan hentes ned på enheder med bluetooth low energy. Aktivitetsmåleren placeres oftest om håndleddet som et armbånd, hvilket kan ses på figur 2.2. Aktivitetsmåleren kan også placeres i en lomme eller bundet til skoen angiveligt uden indflydelse på målingerne, som sensorerne udfører. [55]



*Figur 2.2: På figuren ses The Sqord Booster sat i et armbånd. [57]*

The Sqord Booster tilgodeser alle præstationer, idet alle får en medalje ved at have deltaget i en given aktivitet. Vinderen får imidlertid flere point end de andre deltagere. Spillet er designet således, at alle har mulighed for at vinde. Dette er muligt, da der i det enkelte spil vurderes ud fra børnenes individuelle form igennem tidligere præstationer. [55]

The Sqord Booster har endvidere en indkøbspris på 230 kr [55].

#### Vurdering af succeskriterier

Aktivitetsmåleren registrerer børnenes aktivitet ved gang og løb men kan ikke skelne mellem aktiviteterne og der registreres ikke cykling. Der måles ikke intensitet af det udførte arbejde, da dette ikke kan lade sig gøre ved hjælp af et accelerometer.

Børnene bliver aktiveret socialt, da hjemmesiden er en blanding mellem et chatforum og en oversigt over præstationer. Derudover har børnene mulighed for at konkurrere med og mod hinanden. The Sqord Booster henvender sig både til inaktive og aktive børn, da alle har mulighed for at vinde. Aktivitetsmåleren er mulig at placere flere steder, hvormed børnene har mulighed for at vælge en placering, hvor det er til mindst gene. [55, 56]<sup>7</sup>

<sup>7</sup> FiXme Note: Derudover er det designet efter målgruppen, hvormed aktivitetsmåleren både kan modstå stød og tåle at komme i vand.

The Sqord Booster opfylder to ud af seks succeskriterier, mens det delvist opfylder to succeskriterier.

#### 2.4.5 Nabi Compete

Nabi Compete er en aktivitetsmåler, som appellerer til børn over seks år gennem deres madvaner og samvær med andre. Der er muligt for børnene at konkurrerer individuelt, men hovedformålet er at konkurrere andre som et hold. Konkurrencerne kan bestå i at løbe en bestemt rute, som børnene selv kan designe og tegne ind. Desuden kan børnene vælge en fødevare i brugerfladen, som kan informere børnene om, hvor meget fysisk aktivitet der kræves for at forbrænde denne fødevare. Herved kan der opstå konkurrence i at forbrænde flest kalorier eller løbe længst.<sup>8</sup> Gennem konkurrencerne optjenes der point, som kan bruges til at købe et virtuelt dyr, der udvikles ved hjælp af point. Aktiviteten måles gennem et tre-akse accelerometer, som sidder i et armbånd, hvilket kan ses på figur 2.3. Dataet synkroniseres til en app gennem bluetooth, hvor der kan gemmes data i op til 90 dage. Barnet og forældrene har dermed mulighed for at følge med i barnets progression. Nabi Compete har endvidere en indkøbspris på 190 kr [48, 58].



*Figur 2.3: På figuren ses Nabi Compete. [59]*

#### Vurdering af succeskriterier

Aktivitetsmåleren registrerer gang og løb, men det er ikke muligt at skelne mellem aktivitetsformerne. Der registreres heriblandt ikke cykling eller intensitet. Børnene aktiveres socialt, da appen er designet med mulighed for at konkurrere mod hinanden eller arbejde sammen i hold. Derudover har børnene mulighed for at se, hvor mange kalorier de har forbrændt. Aktivitetsmåleren er designet som et armbånd med en justerbar rem, hvilket gør at den kan monteres og placeres på komfortabel vis. [48, 58]<sup>9</sup>

Nabi Compete opfylder to ud af seks succeskriterier, mens det delvist opfylder to succeskriterier.

#### 2.4.6 Ibitz

Ibitz er en aktivitetsmåler, som appellerer til børn over fem år gennem udfordringer i samarbejde med forældrene. Ibitz har generelle udfordringer inkorporeret, men designet opfordrer især til, at forældrene skal sætte målene for børnene. Forældrene har mulighed

<sup>8</sup>FiXme Note: Derudover lærer børnene om kalorier og distance ved at bruge appen, hvor det er muligt at følge med i progressionen.

<sup>9</sup>FiXme Note: Derudover er den designet således at den kan tåle sved og regn, hvilket gør at børnene kan bruge det i al slags vejr.

for at lave en række opgaver til deres børn, som de vurderer er passende i forhold til barnets aktivitetsniveau.

Disse udfordringer kan indebære, hvor meget tid børnene skal bruge på en aktivitet. Ved at gennemføre udfordringerne, kan børnene optjene point, der kan bruges på to forskellige elektroniske spil.

Aktivitetsmåleren består af et pedometer, som mäter skridt, der trådløst synkroniseres med en app via bluetooth. Appen gemmer aktiviteterne i 30 dage, hvorved barnet og forældrene har mulighed for at følge med i progressionen. Aktivitetsmåleren monteres ved en klemme, som det fremgår af figur 2.4, og har endvidere en indkøbspris på 165 kr. [60]



*Figur 2.4: På figuren ses Ibitz klemmen.[60]*

#### Vurdering af succeskriterier

Aktivitetsmåleren registrer gang og løb, men der er ikke muligt at skelne mellem aktivitetsformerne eller registrere intensitet samt cykling. Børnene bliver delvist aktiveret socialt, hvor det primært er sammen med familien. Derudover aktiveres børnene ved at tjene point til forskellige spil, som oftest spilles sammen med andre børn. Aktivitetsmåleren monteres uden gene, da børnene selv kan vælge mellem at montere den på buksen eller skoen.<sup>10</sup>

Ibitz opfylder to ud af seks succeskriterier, mens det delvist opfylder to succeskriterier.

#### 2.4.7 Samlet vurdering af de udvalgte aktivitetsmålere

Ovenstående analyse og vurdering af de udvalgte aktivitetsmålere viser, at ingen af aktivitetsmålere opfylder alle de opstillede succeskriterier.

Fælles for aktivitetsmålerne er, at alle kan registrere løb og gang, men de kan ikke automatisk adskille disse aktivitetsformer. Yderligere var ingen af aktivitetsmålerne i stand til at registrere intensitet eller cykling. Det er vurderet, at alle aktivitetsmålerne har en motiverende elementer således, at disse henvender sig til både fysisk aktive og inaktive børn. Desuden kan alle aktivitetsmålerne monteres og placeres på komfortabel vis, således børnene ikke oplever gener ved at benytte dem. Indkøbsprisen for den enkelte aktivitetsmåler fremgår af nedenstående tabel. Denne pris vil kunne benyttes til at vurdere og sammenligne effektiviteten og prisen for de udvalgte aktivitetsmålere.

<sup>10</sup>FiXme Note: Derudover kan den tåle vand, hvorved børn også kan bruge den i regnvejr

Krav	Unicef Kid Power Band	Sqord Booster	Nabi Compete	Ibitz
Registrere gang	(x)	(x)	(x)	(x)
Registrere løb	(x)	(x)	(x)	(x)
Registrere cykling				
Registrere intensitet				
Motivere inaktive såvel som aktive børn	x	x	x	x
Monteres uden gene	x	x	x	x
Pris	280 kr.	230 kr.	190 kr.	165 kr.

**Tabel 2.2:** Tabellen viser en oversigt over de fire aktivitetsmålere, samt hvorvidt de lever op til succeskriterierne. (x) betyder, at de delvist lever op til succeskriterierne. x betyder, at de lever op til succeskriterierne

For at optimere de aktivitetsmålere, der benyttes i dag, vurderes det, at de skal være i stand til at skelne mellem gang, løb og cykling. Barnet kan derved både få overblik over dagens totale fysiske aktivitetsniveau, da al aktivitet herigennem bør registreres. Derudover vurderes det, at det vil være optimalt, hvis intensiteten af den fysiske aktivitet kan registreres ved hjælp af puls. Denne er sigende for det fysiologiske udbytte af den givne aktivitet, hvilket kan ses på tabel 2.1 i afsnit 2.1.2.

Aktivitetsmåleren skal aktivere børnene socialt sammen med andre børn. Derudover skal aktiviteterne foregå igennem leg eller spil, som både skal være baseret på konkurrence mod andre eller sammenspil i hold.

## 2.5 Problemformulering

Projektets definerede målgruppe er fysisk inaktive børn i aldersgruppen 9-12 år. Disse børn er utsatte for fysisk inaktivitet, hvilket i Danmark er et stigende problem. Fysisk inaktivitet har en bred række helbredsmæssige konsekvenser. Eksempelvis overvægt, som kombineret med fysisk inaktivitet, forværret barnets helbredsmæssige tilstand. Øget fysisk aktivitet afhjælper fysisk inaktivitet direkte men har også andre åbenlyse fordele. Et øget aktivitetsniveau kan afhjælpe og forebygge overvægt og kan derudover bidrage til en øget kognitiv respons. Børn motiveres til handling forskelligt, og den valgte aldersgruppe motiveres særligt igennem spil og leg. Denne aldersgruppe benytter sig desuden af teknologiske apparater i høj grad. Eksisterende teknologiske apparater benytter i dag disse motiverende faktorer til at opnå et øget aktivitetsniveau. Disse eksisterende aktivitetsmålere opfylder dog ikke alle essentielle succeskriterier, hvilket danner grundlag for forbedring. Det vil dermed være essentielt at undersøge:

*Hvordan kan en aktivitetsmåler udvikles således, at den har potentialet til at reducere antallet af fysisk inaktive børn i aldersgruppen 9-12 år?*

I forbindelse med løsning af problemformuleringen, udarbejdes en løsningsstrategi om hvorledes problemet vil blive løst. Hertil opstilles en række funktionelle krav, som systemet skal overholde for at kunne løse problemet. Efterfølgende beskrives analog og digital teori som er grundlæggende for senere at kunne designe systemet.

## 3.1 Løsningsstrategi

For at løse det omtalte problem i afsnit 2.5 udarbejdes en aktivitetsmåler, som kan detektere og adskille aktivitetsformerne gang, løb og cykling, samt registrere intensitet. Grunden til at disse aktivitetsformer adskilles, er grundet kroppens fysiologiske udbytte som er afhængig af aktiviteten, intensiteten samt varigheden, som beskrevet i afsnit 2.1.2. Dette gøres således at aktivitetsmåleren har potentialet til at reducere antallet af fysisk inaktive børn i aldersgruppen 9-12 år.

Sensorerne, accelerometer og gyroskop, skal i denne forbindelse undersøges i forhold til hvilke, der er ideelle at benytte. Derudover skal der udarbejdes en bevægelsesanalyse for de aktuelle aktiviteter, således forskellige bevægelsesmønstre kan beskrives med henblik på at kunne adskille disse gennem algoritmer i software. Aktivitetsmåleren skal derudover kunne registrere intensiteten af den givne aktivitet, da det fysiologiske udbytte afhænger af intensiteten. Børnene skal derfor motiveres til at være aktive med et højere intensitetsniveau for at opnå det største udbytte af deres præstation, hvorfor præstationen skal visualiseres gennem en brugerflade, hvorved de kan følge deres progression.

## 3.2 Funktionelle krav

*For at sikre systemets funktionalitet i forhold til disse løsningsønsker, opstilles en række funktionelle krav for hele systemet og senere en kravspecifikationer for hver blok, som vil ligge til grund for design, implementering og test. Der opstilles et blokdiagram, for at give et overblik kravene til systemet.*

Formålet med systemet er, at udvikle en aktivitetsmåler som har potentialet til at reducere antallet af inaktive børn i aldersgruppen 9-12 år. Dette gøres med henblik på at ændre den teknologiske udviklings påvirkning af børnens aktivitetsvaner fra inaktivitet til aktivitet. Der ønskes et system som detekterer aktiviteterne gang, løb og cykling, da disse er gængse aktiviteter i et barns hverdag. Detekteringen af disse aktiviteter kan ske gennem et accelerometer og et gyroskop, hvorefter systemet, gennem algoritmer, skal kunne adskille gang, løb og cykling. Intensiteten af aktiviteterne registreres igennem puls, da dette giver en indikation af det fysiologiske udbytte, barnet får ud af en given aktivitet. Det vil være væsentligt at sammenholde puls og tid, da det anbefales at børn skal være aktive 30 minutter med høj intensitet mindst tre gange om ugen. Derudover er barnets kognitive funktion, som følge af fysisk aktivitet i 11-20 minutter, øget i 50 minutter.

For at systemet har en motiverende effekt på børn, skal der være en brugerflade som børnene finder interessant. Denne skal visuelt give feedback på dagens samlede præstationer samt progressionen i aktivitetsniveauet.

Systemet skal detektere børns aktivitet igennem en hel dag, uden at være til gene, hvormed det skal fungere uafhængigt af andre systemer. Det skal derfor være et trådløst system, som kan sende data til en ekstern enhed og er batteridrevet med mindst en dags levetid. Derudover skal det være elektrisk sikkert, således at barnet ikke kan komme til skade som følge af aktivitetsmålerens design.

På baggrund af ovenstående, udformes de funktionelle krav således at systemet skal:

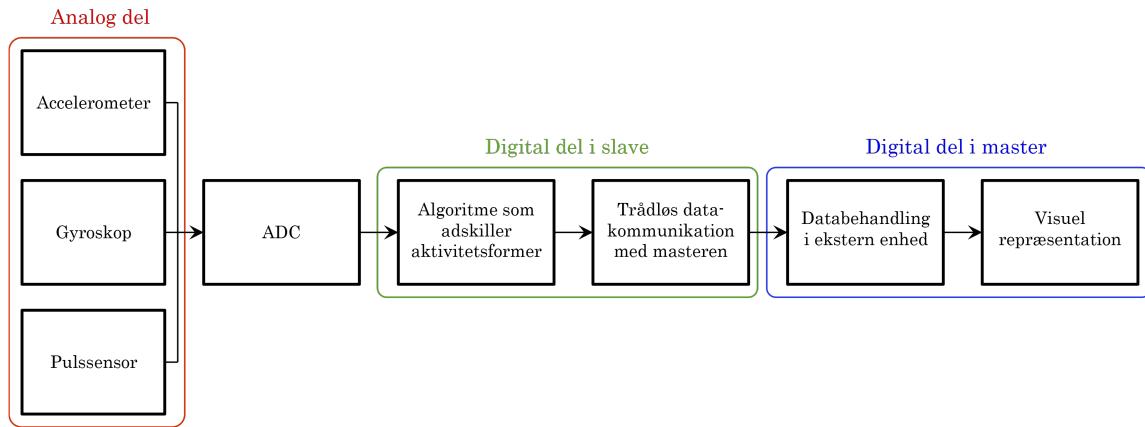
- Gennem sensorer kunne detektere aktiviteterne gang, løb og cykling.
- Gennem algoritmer i softwaren kunne adskille gang, løb og cykling.
- Kunne registrere intensiteten af de givne aktiviteter igennem puls.
- Være komfortabelt, hvorfor det trådløst skal kunne videresende signaler til en ekstern enhed og være batteridrevet over en hel dag.
- Være elektrisk sikkert for brugeren.
- I den eksterne enhed, behandle og repræsentere signalerne visuelt som intensiteten af en aktivitet i forhold til tid.
- Motivere børn i aldersgruppen 9-12 år.

### 3.2.1 Blokdiagram

Ud fra de kravene til systemet, udformes et blokdiagram, som illustreres på figur 3.1. På denne fremgår rækkefølgen af blokkene samt om de er analoge eller digitale.

Den analoge del, som er omringet af en rød firkant på figur 3.1, består af inputs fra de tre analoge<sup>1</sup> sensorer; accelerometer, gyroskop og pulssensor. Disse analoge inputs konverteres fra analoge til digitale signaler gennem en ADC. Herefter skal signalerne i den digitale del i slaven adskilles så der kan registreres hvor vidt barnet går, løber eller cykler. Gennem trådløs kommunikation mellem de to digitale dele, overføres data til mater, hvor det behandles. Sidst visualiseres dataet, så børnene kan se i hvor lang tid de har udførst en given aktivitet.

<sup>1</sup>FiXme Note: var de ikke digitale



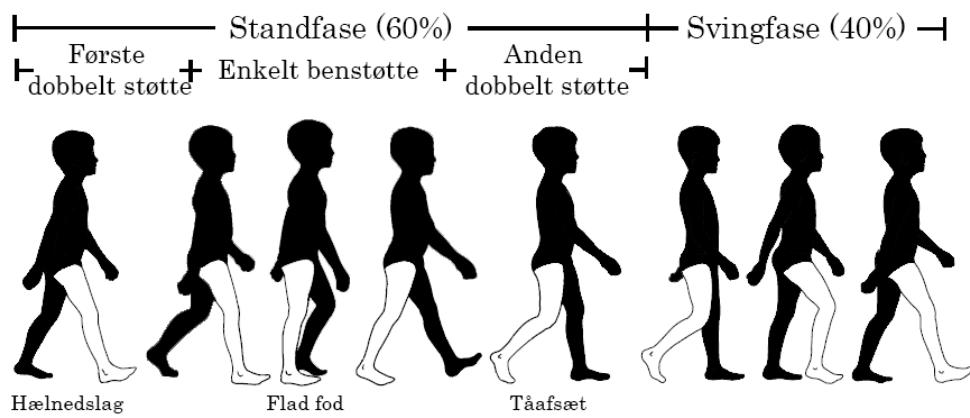
**Figur 3.1:** Blokdiagram for systemet, som opdeles i den analoge del, og de to digitale dele. Den analoge del er omkranset med en rød firkant, slaven er omkranset med en grøn firkant og masteren er omkranset med en blå firkant.

### 3.3 Bevægelsesanalyse

Følgende afsnit indeholder bevægelsesanalyser for gang, løb og cykling. Dette med henblik på at finde karakteristika for de tre aktivitetsformer og hvorledes deres forskelle senere vil kunne være behjælpelige i forbindelse med detektering af de enkelte aktiviteter. Der vil derfor afslutningsvist være en sammenligning af karakteristika for de tre aktivitetsformer.

#### 3.3.1 Gang

Gang er en fysisk aktivitet kendtegnet ved altid at have mindst en fod i jorden. Aktiviteten betegnes som en cyklus, som set på figur 3.2, da den samme række bevægelser gentages for at udføre aktiviteten. Bevægelserne er identiske for højre og venstre ben, men forskudt med en halv cyklus, hvorfor bevægelsen kun vil blive beskrevet for højre ben. [61, 62]



**Figur 3.2:** På figuren ses en gangcyklus opdelt i standfase og svingfase. [61] (Modificeret)

Nedenstående beskrivelse af én gangcyklus foretages med udgangspunkt i figur 3.2. En gangcyklus inddeltes i to faser, standfasen og svingfasen. Standfasen har en varighed

svarende til cirka 60% af én gangcyklus, og påbegyndes idet den højre hæl opnår kontakt med underlaget. Efter dette placeres fodden fladt på underlaget hvorefter der opstår et hælslip med den højre fod. Samtidig med dette skabes en berøring af den venstre fod på underlaget, som støtte i bevægelsen. Standfasen afsluttes med en fleksion af anklen og dermed et afsæt fra tærne på højre fod.[61, 62]

Den højre fod, og det højre ben, er dermed i svingfasen, som udgør cirka 40% af én gangcyklus. Svingfasen påbegyndes med en acceleration af fodden og benet, når fodden ikke længere har kontakt med underlaget i standfasen. Den højre fod svinges fremad, hvorefter et såkaldt midtsving forekommer, som er når højre fod er lige under kroppen. Afsluttende for svingfasen er der en deacceleration. Denne fase involverer benets muskulatur som sænker hastigheden af benets og fodens fremadgående bevægelse, således kroppen er klar til det kommende hælnedslag i standfasen. Herefter gentages cyklusen for venstre ben.[61, 62]

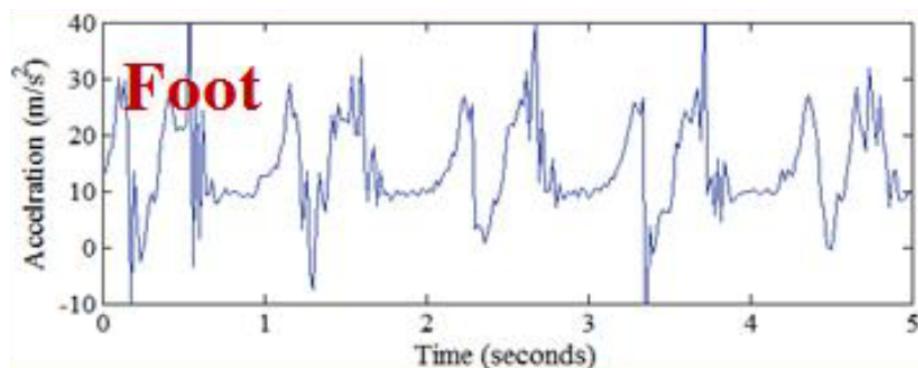
De to faser beskrives altså i retningerne af henholdsvis x- og y-aksen. figur ?? viser den kraftpåvirkning som eksempelvis forekommer ved et hælnedslag i begge akser.

#### FIGUR

Figuren illustrerer den resulterende krafts retning, i forbindelse med et hælnedslag. Yderligere fremgår det, at vinklen mellem den resulterende kraft og y-aksen er mindre, end vinklen mellem x-aksen og den resulterende kraft. Dermed er kraftpåvirkningen, i forbindelse med eksempelvis et hælnedslag, størst i y-aksens retning og dermed mest karakteristisk.

Det beskrevne tilfælde for kraftpåvirkning i y-aksen i forbindelse med hælnedslag, er yderligere gældende for hele gangcyklussens faser. [63, 64, 65]

Hælnedslag og tåafsæt vil ydermere være særligt fremtrædende på y-aksen for et accelerometer, hvilket fremgår af figur 3.3.

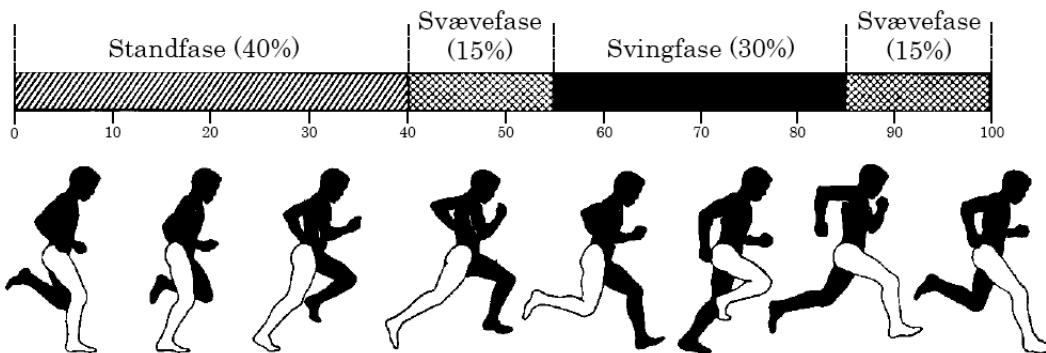


**Figur 3.3: ANDET BILLEDE! BRUG DET FRA VORES EGET PILOTFORSØG OG TEGN PILE PÅ SOM VISER HÆLNEDSLAG OG TÅAFSÆT [65] (Modificeret)**

Figuren illustrerer en kraftpåvirkning i y-aksens retning ved de påførte faser. Der forekommer dermed to karakteristiske peaks ved y-aksen, henholdsvis for hælnedslag og tåafsæt. Disse peaks vil derfor være fordelagtige at benytte til at undersøge accelerometerets data fra y-aksen, men henhold til hvorvidt sensoren har detekteret en gang-cyklus.

### 3.3.2 Løb

Løb er en aktivitet karakteriseret ved, at én fod rører jorden ad gangen. Det er en hurtigere version af gang, og beskrives ligeledes som en cyklus, blot med fire faser, som det ses på figur 3.4: standfasen, den første svævefase, svingfasen og den anden svævefase. [66, 67]



**Figur 3.4:** På figuren ses en løbecyklus opdelt i standfase, svingfase og to svævefaser. [66] (Modificeret)

2

Nedenstående beskrivelse er med udgangspunkt i ovenstående figur.

På samme vis som ved gangcyklussen, begynder løbecyklussen idet højre hæl rammer jorden. Dette er begyndelsen af den første fase, standfasen, som udgør 40% af løbecyklussen. Herefter fortsætter fodden til midtstand, hvor fodden er fladt placeret på jorden, og afslutningsvis udføres et accelererende afsæt med tærne, hvilket leder op til den næste fase, den første svævefase. [66, 67]

De to svævefaser, som går igen to gange i løbecyklussen, er identiske og udgør hver især 15% af cyklussen. Disse er karakteriseret ved at begge ben er løftet fra jorden. [66, 67]

Mellem de to svævefaser, er svingfasen, som udgør 30% af løbecyklussen. Denne fase begynder idet tåafsstøttet har løftet fodden fra jorden. Foden hæves og knæet føres frem, hvorefter hælen igen sænkes, dette sker mens den venstre fod udfører standfasen, hvorved denne fase er støttet af en fod i jorden. Efter denne fase udføres anden svævefase før en ny cyklus kan påbegyndes. [66, 67]

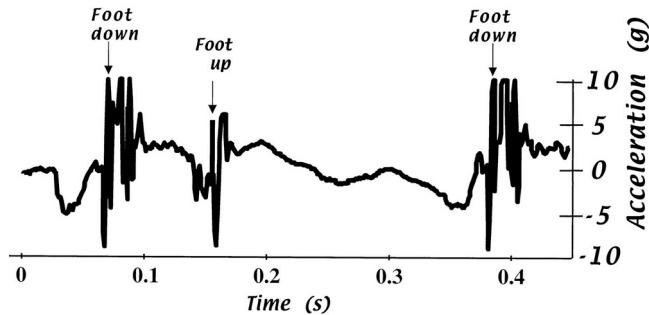
Ved løb rører kun én fod jorden ad gangen, hvilket resulterer i at der er et større stress på leddene ved løb i forhold til gang. Eksempelvis vil en person på 68 kilogram have et stress på sin fod på 35 kilogram/meter ved gang, mens det ved løb vil være et stress på 110.000 kilogram/meter, hvormed kraftpåvirkningen vil være større ved løb.[66] Dette suppleres af kraftpåvirkningen i de forskellige retninger under løb, hvor faserne, ligeledes som ved gang, domineres forskelligt af kraftpåvirkning i x- og y-aksens retning.

Standfasens hælnedslag og tåafsstøttet er særligt karakteristisk grundet sin kraftpåvirkning i vertikal retning, på samme vis som ved gang, dog er kraftpåvirkningen større ved løb, da denne fase ikke er understøttet af venstre fod. Kraftpåvirkning i den vertikale retning er yderligere illustreret på figur 3.5.

Kraftpåvirkningen i x-aksens retning for denne fase er af mindre betydning, da fodden sættes i

<sup>2</sup>FiXme Note: Opg: SKAL MODIFICERES

jorden og løftes op igen.<sup>3</sup> Modsat har svingfasen størst kraftpåvirkning i x-aksens retning, på samme vis som ved gang, dog med større kraftpåvirkning, da accelerationen fremad af knæ og fod er større ved løb.[63]



*Figur 3.5: [68] (Modificeret)*

4

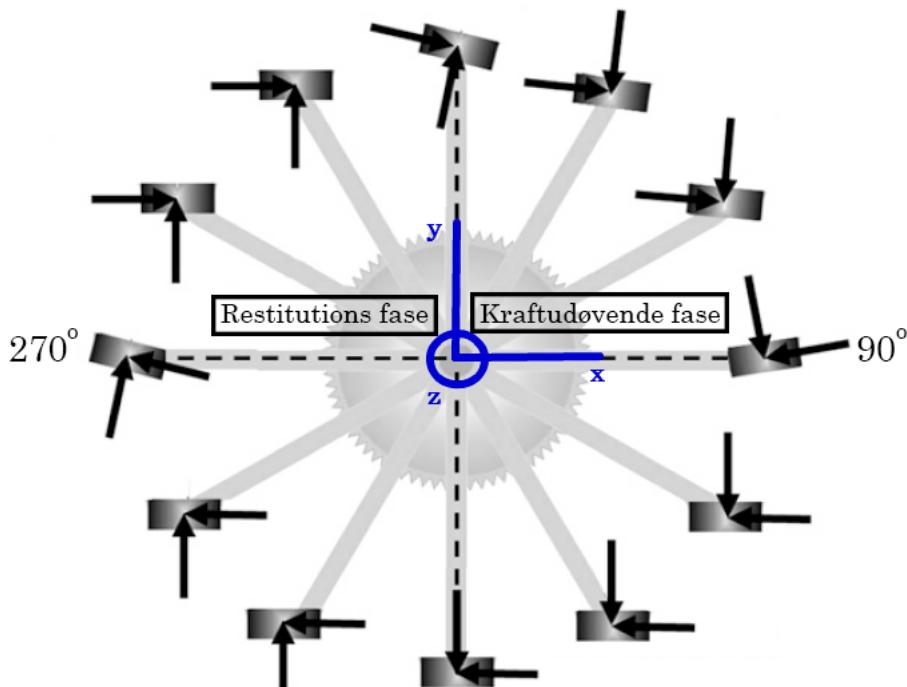
### 3.3.3 Cykling

Cykling er en aktivitetsform som udnytter kraftoverførslen mellem en person og en cykel. For at opnå en fremdrift af cyklen, benytter personen hovedsageligt en statisk position af overkroppen, hvorimod de nedre lemmer udfører kraftudviklingen. [69]

Kraftoverførslen forekommer idet personen belaster cyklens pedaler, som er påsat cyklens krank. De roterende bevægelser med de nedre ekstremiteter, skaber en fremdrift i hele systemet. Bevægelserne er opdelt i to lange faser, henholdsvis en kraftudøvende- og en restituerende fase, hvilket fremgår af figur 3.6.

<sup>3</sup>FjXme Note: Denne er større ved løb end gang, da hæl-nedslaget, som det ses på fig:loebecyklus, er mere skræt på/har en mindre vinkel i forhold til jordoverfladen.

<sup>4</sup>FjXme Note: Opg: SKAL MODIFICERES



**Figur 3.6:** På figuren ses cyklussen for cykling, som er opdelt to faser, en kraftudøvende- og en restituerende fase. [69] (Modificeret)

5

Det fremgår af ovenstående figur, at cykling er en bevægelse af de nedre ekstremiteter, som udføres i både x- og y-aksen. Der er dog tale om en cirkulær bevægelse om z-aksen.

Idet cykling udføres i en cirkulær bevægelse vil det være muligt at bestemme det antal grader som benet har roteret om den pågældende akse. Derfor har en række studier ligeledes beskrevet, at cykling kan detekteres af et gyroskop som dermed mäter ændringen i vinkler som benet har bevæget sig rundt om én akse. Dermed vil gyroskopets output, under ideelle forhold, være tilsvarende en sinus kurve for en cyklus for cykling. [70, 71] Denne type signal er yderligere illustreret på figur ??, hvor signalet er optaget omkring z-aksen med et gyroskop.

### 3.3.4 Karakteristika for de tre aktivitetsformer

En gangcyklus og løbecyklus er blandt andet karakteriseret ved at have en kraftpåvirkning i den vertikale retning ved hælnedslag og tåafslæt. Ydermere er der dog forskel på varigheden af henholdsvis stand- og svingfasen for de to aktiviteter. Dette skyldes, at standfasen reduceres i varighed for løb i forhold til gang.

Et accelerometer som kan bestemme kraftpåvirkningen i den vertikale retning vil derfor være fordelagtigt at benytte. [72, 63]

En cykelcyklus har dog ikke nogen væsentlig acceleration i vertikal eller horisontal retning, hvormed et accelerometer ikke er optimalt til detektion af cykling. Ved en cykelcyklus benyttes der cirkulære bevægelser om én akse, hvormed de cirkulære bevægelser vil

<sup>5</sup>FiXme Note: Opg: SKAL MODIFICERES.

repræsentere den i ændring i vinkler som forekommer. Derfor vil et gyropskop være fordelagtigt at benytte til detekteringen af cykling. [70, 71]

### 3.4 Brugersikkerhed

*Nedenstående afsnit beskriver hvilke risici der kan forekomme når en bruger tilkobles elektronisk udstyr. Metoder hvorpå de omtalte risici kan forebygges beskrives således en brugersikker teknologi kan udvikles.*

Medikoteknisk udstyr er tilsluttet en spændingsforsyning i form af eksempelvis strømnettet eller et batteri. Der indgår derfor en spæning i det elektroniske kredsløb, og dermed også en elektrisk strøm, som kan være farlig for brugeren. En elektrisk fare kan opstå når brugeren er tilkoblet det medikotekniske udstyr, som kan give en risiko for lækstrømme, som fører til makro- og mikroshock. Makroshock er defineret som en elektrisk strøm oven på huden, som løber igennem den tilsluttede person. Skader her fra er sjældent dødelige skader såsom muskelkontraktioner. Mikroshock er defineret som elektrisk strøm, som løber igennem en persons væv, deriblandt hjertet. Skader fra mikroshok kan være store vævsskader samt dødelige elektriske påvirkninger af personen. Mikroshok medfører dermed oftest en større potentiel fare end makroshock. [73]

Det er væsentligt, at det elektroniske udstyr involverer sikkerhedsmæssige elementer således risikoen for lækstrømme sækkes. Isolation benyttes til at isolere brugeren fra elektriske spændingskilder i det medikotekniske udstyr. Ydermere benyttes jording som en sikkerhedsforanstaltning, idet alle aktive komponenter føres til samme jord. Ved at forbinde alle komponenter til samme nulpunkt, vil eventuelle lækstrømme løbe denne vej og dermed væk fra brugeren. [73]

Systemet skal være mobilt som det fremgår af afsnit 2.4.2, hvorfor systemet er spændingsforsynt med et batteri. Ved at bruge et batteri tilføres en lav spæning, hvormed strømmen også begrænses. Dette skaber færre risici ved at benytte systemet. Benyttelse af batterier medfører dog også sikkerhedsmæssige farer, hvis et batteri ikke bruges efter dets forskrevne regler. Ved fejlbrug kan brugeren risikere at batteriet ødelægges, hvilket bland andet kan medføre forbrændinger eller andre skader på huden, da materialet inden i kan være giftigt.

### 3.5 Hardware teori

*Følgende afsnit omhandler de teoretiske aspekter af systemets hardware. Blandt andet beskrives systemets sensorerne, accelerometer og gyroskop. Disse sensorer beskrives med henblik på at kunne kan detekttere de ønskede aktiviteter. Sensorerne beskrives overordnet for at danne en forståelse for deres virkemåde og hvordan disse kan udnyttes.*

#### 3.5.1 Accelerometer

Et accelerometer er et elektromekanisk apparat, som anvendes til at måle accelerationskræfter, hvilket er ændringer i hastighed og position [74, 75]. Enheden for dette er  $m/s^2$  og  $g$ , hvor 1 g svarer til  $9,82 m/s^2$ . Et accelerometer mäter dermed egenaccelerationen af et givent objekt. <sup>6</sup>[45, 75]

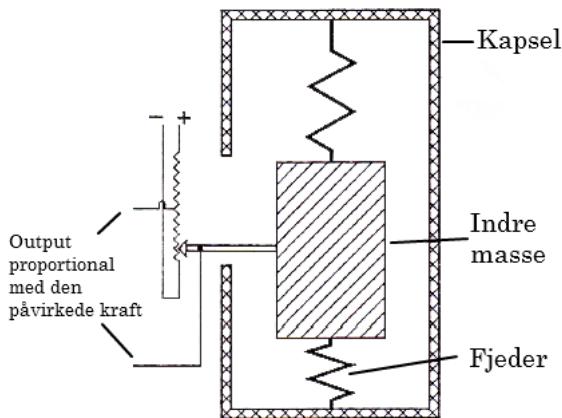
---

<sup>6</sup>FiXme Note: En g-kraft på jorden svarer til tyngdekraften på  $9,82 m/s^2$ , men varierer med elevation. Wiki har en god forklaring af dette, hvis man stadig er i tvivl.

Et accelerometer mäter to former for acceleration, henholdsvis statisk og dynamisk. De statiske kræfter er tyngdekraften med henhold til vinkelretningen af accelerometeret. De dynamiske kræfter beskriver retningen af accelerometerets bevægelse og dets vibrationer. [45, 74, 76]. Ydermere forefindes accelerometre med henholdsvis en, to eller tre måleakser. [75]

Accelerationen i et accelerometer beregnes ud fra Newtons anden lov,  $F = ma = mf + mg$ , hvor den totale kraft (F), er lig med den påvirkede masse (m), ganget med dets acceleration (a). Dette kan også defineres som massen (m) multipliceret med henholdsvis de eksterne kræfter (f) og tyngdekræften (g). [75, 77]

Illustrativt kan et accelerometer beskrives som en kapsel, hvori der er en indre masse spændt mellem to fjedre, hvilket illustreres på figur 3.7. Ændringen af den indre masse i den sensitive akse kan dermed beskrive accelerationen af selve accelerometeret i den pågældende akse. Hvis accelerometeret kastes op i luften, vil både kapslen og den indre masse udelukkende påvirkes af tyngdekræften, og der vil derfor ikke registeres en acceleration.[75, 77]



**Figur 3.7:** På figuren fremgår opbygningen af et accelerometer med en indre masse, fjedre og den ydre kapsel. Det ses på den indre masse, at denne er forskubbet mod bunden af kapslen, grundet en acceleration af accelerometeret. [75] (Modificeret)

Ethvert stillestående objekt påvirkes af  $+1\text{ g}$  i den positive, vertikale akse [64]. Derfor vil et stillestående accelerometer altid påvirkes af  $\pm 1\text{ g}$  på én bestemt akse afhængig af sensorens orientering. Eksempelvis, hvis accelerometeret er placeret på et bord med dets positive y-akse i vertikal retning, da vil y-aksen blive påvirket med  $+1\text{ g}$ . I dette tilfælde vil de andre akser, henholdsvis x-, og z-aksen, ikke blive påvirket af nogen kræfter, med antagelse om idelle betingelser.

Accelerometre benyttes enten i en åben eller lukket kreds. I en åben kreds fastholdes den indre masse til et nulpunkt ved at være udspændt mellem to fjedre. Ved acceleration af den ydre kapsel bevæges den indre masse væk fra nulpunktet, hvorved ændringen for et single-akse accelerometer vil være proportional med kraften, som påvirker systemet.

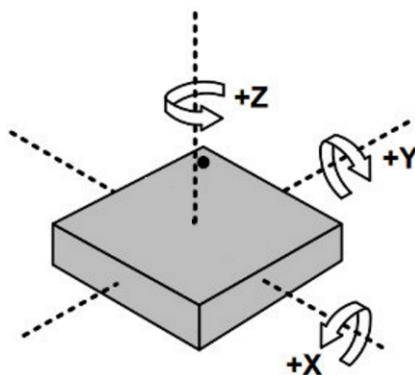
I en lukket kreds fastholdes den indre masse til et nulpunkt ved hjælp af magnetiske kræfter. Oftest påmonteres en spole på den indre masse, hvormed magnetfeltet forstærkes. Det er muligt at foretage mere præcise målinger omkring nulpunktet end ved ændringerne.

Accelerometre med den lukkede kreds er derfor mere præcis, end accelerometre med en åben kreds. [75, 77, 64]

### 3.5.2 Gyroskop

Et gyroskop er et elektromekanisk apparat, som anvendes til at måle vinkelændringer om en given akse, hvilket illustreres på figur 3.8. Enhederne for data fra et gyroskop er grader/sekund. Et gyroskop kan give information om orienteringen eller navigationen af objektet, som sensoren optager data fra. Hvis et gyroskop eksempelvis drejes én omgang om egen akse i sekundet, vil den registrere en vinkelændring på 360 grader/sekund. [47, 78]

Et gyroskop kan eksempelvis registrere vinkelhastighed ved at anvende tyngdekræften og en lille indre masse [47, 78].



**Figur 3.8:** På figuren ses et gyroskops måling af rotation omkring x-, y- og z-aksen. [47] (Modificeret)

Hvis et gyroskop eksempelvis opsamler data ved cykling, mens det er placeret på benet, vil massen blive udsat for en roterende bevægelse omkring den horisontale akse. Massen vil blive henholdsvis tungere og lettere i processen, på baggrund af de ydre påvirkende kræfter, hvorfor outputtet vil komme til udtryk som en sinus-bølge. Outputtet er afhængig af tyngdekræftens påvirkning af massen, hvorfor et varierende output kræver en bevægelse. [75, 79]

### 3.5.3 Vurdering af accelerometer og gyroskop i forhold til anvendelse

Et accelerometer bestemmer den acceleration som et objekt udsættes for ved en given kraftpåvirkning, hvormed accelerometers ouput angives i  $m/s^2$  og  $g$ . Derimod bestemmer et gyroskop vinkelændringerne som et objekt kan blive udsat for, hvoraf gyroskopers output angives i grader/sekund. Et gyroskop er, modsat et accelerometer, ikke markant påvirkeligt overfor støj og vibrationer. [74, 75, 79]

Ydermere har et accelerometer og et gyroskop den væsentlige forskel, at et gyroskop har et større strømforbrug end et accelerometer. Et gyroskop er brugbart til blandt andet detektering af gang, løb og cykling. Gyroskopet har dog et så stort strømforbrug, at et accelerometer er den oftest benyttede sensor til detektering af gang og løb med hensyn til batterilevetid. Dette fremgår yderligere af en række studier, som alle benytter accelerometer til detektering af gang og løb. [63, 45, 65]

Et accelerometeret vil derfor være fordelagtigt at benytte til en detektering af gang og løb, med hensyn til levetiden for et batteri. Dette er grundet sensorens lave strømforbrug samt

at accelerometeret kan bestemme de karakteristiske kraftpåvirkninger kroppens udsættes for ved de pågældende aktiviteter. Ydermere er et gyroskop fordelagtigt at benytte til detektering af cykling, idet denne bevægelse overordnet set er en cirkulær bevægelse omkring én akse. Betydningen heraf vil medføre at cykling tilnærmelsesvis kan afspejles som en sinus bølge med varierende frekvens, afhængigt af hastigheden.

Denne rapport vil derfor gøre brug af et accelerometer til detekning af gang og løb, samt et gyroskop til detektering af cykling. Accelerometeret og gyroskopet bruger desuden ikke lige meget strøm, da accelerometeret bruger  $600\mu\text{A}$  mens gyroskopet bruger  $4\text{mA}$ . Denne store forskel i forbrug gør det også fordelagtigt, at gyroskopet kun skal tændes når der skal detekteres cykling.

### 3.5.4 Pulssensorer

Kroppens puls kan detekteres på en række forskellige måder, eksempelvis elektrisk eller optisk. Elektriske pulssensorer, mäter pulsen ved hjælp af en elektrisk kontaktflade mellem sensor og person, hvilket skabes ved hjælp af elektroder. Pulsen detekteres af de elektriske pulssensorer, som forskelle i den elektriske ladning. Udfaldet af målingerne kan være afvigende, da individuelle faktorer såsom en personens blod, svedniveau eller hufedt er en afgørende faktor. For at minimere disse udfald kræves der en god elektronisk kontakt, heraf er præparerering af huden nødvendig. Denne type plusmåling kræver en placering ved hjertets afledninger<sup>7</sup>. [80] Optiske pulssensorer registrerer puls ved hjælp af lysindhold. En LED udsender en lyskilde som passerer huden og en blodåre, hvoraf en mængde af dette lys absorberes af hæmoglobin i blodet. Efterfulgt af dette opfanger en fotodiode mængden af det resterende lys. Størrelsen af dette lys er den bestemmende faktor vedrørende mængden af blod i blodåren, og er heraf omvendt proportionalt. Pulssensoren udsender positive udsalg på signalet, desto mere blod der registreres. Denne type sensor placeres derfor over en blodåre.[80, 81]

## 3.6 Software Teori

*I dette afsnit beskrives den benyttede microcontroller, CY8CKIT-043 PSoC 4 M, og dennes egenskaber. Dette gøres med henblik på at opnå forståelse for dens muligheder, og hvordan disse kan benyttes til udvikling af systemet.*

*Rapportens mikrokontroller enhed er udlånt af Aalborg Universitet og er af typen CY8CKIT-043 PSoC 4 M.*

### 3.6.1 Mikrokontroller

En mikrokontroller enhed (MCU) er et elektrisk system, som kan kontrollere elektronisk udstyr ved hjælp af indkorporeret softwaredesign. En MCU er dermed en mindre computer, der forefindes i elektroniske enheder. Eksempelvis er mikrokontrollere at finde i fjernsyn, mobiltelefoner og printere. [82, 83]

Mikrokontrollere kan være bestående af en eller flere mikroprocessorer, hukommelse samt programmerbare in- og output-enheder. Dette giver brugeren af mikrokontrolleren mulighed for at programmere enheden således, at denne kan kontrollere henholdsvis in- eller output-enheder. [82, 83]

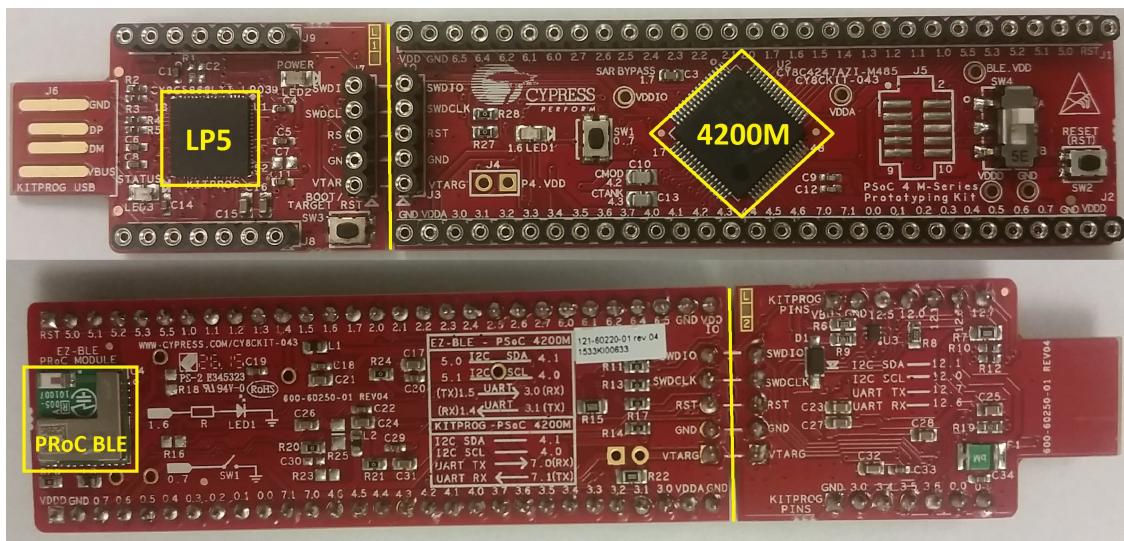
<sup>7</sup>FiXme Note: Kig her for at se hjertets afledninger: <https://www.sundhed.dk/borger/sygdomme-aa/hjerte-og-blodkar/illustrationer/tegning/placering-af-ekg-elektroder/>

### 3.6.2 CY8CKIT-043 PSoC 4-M

Rapportens system vil gøre brug af den tilgængelige mikrokontroller CY8CKIT-043 Programmable System on Chip (PSoC) 4 M-Series Prototyping Kit og programmet PSoC Creator 3.3.

CY8CKIT-043 PSoC 4 M-Series Prototyping Kit er en mikrokontroller som indeholder tre mikroprocessorer: to Programmable System-on-Chips (PSoC) og en Programmable Radio-on-Chip (PRoC), hvilket ses på figur 3.9. Den første PSoC, LP5, på MCU sidder på KitProg boardet, som er den del af MCUen hvor USB er placeret. LP5 kan indeholde software, der kan indlæses på en computer ved hjælp af USB stikket. Den bruges til at programmere og debug softwaren på target boardet af MCUen, hvorfor denne del kan knækkes af resten af stikket og fungere selvstændigt. Dette kræver dog, at softwaren først er programmeret på den anden mikroprocessor, som er PSoC 4200M. Denne mikroprocessor fungerer som hovedcomputeren. Denne kan eksempelvis kodes til en høj ydeevne af analog til digital konvertering (ADC) ved brug af sin 12-bits SAR ADC.

På undersiden af mikrokontrolleren er der placeret en PRoC med Bluetooth Low Energy (BLE). Denne PRoC har ikke samme antal muligheder for afbenyttelse i forhold til PSoC 4200M, idet BLE er mere pladskrævende end PSoC 4200M. [84, 85, 86]



**Figur 3.9:** MCUen, CY8CKIT-043 PSoC 4 M-Series Prototyping Kit, er vist på forsiden og undersiden. MCUs PSoC, LP5 og 4200M, samt PRoC BLE er markeret med gul. Kontaktene helt til højre på forsiden af target boardet, skal trykkes ned for, at PRoC programmeres på istedet for PSoC 4200M. [84, 85]

For at opsamle data benyttes to MCUs, hvoraf den ene fungerer som GAP central og den anden som GAP peripheral. GAP central er tilkoblet en ekstern enhed, såsom en computer, gennem USB samtidig med at GAP peripheral er placeret på det objekt som data skal opsamles fra. Dataoverførslen mellem disse to enheder, vil derfor foregå gennem brug af Bluetooth. I dette tilfælde benyttes en MCU fra Cypress, hvormed GAP central og GAP peripheral om-tales som henholdsvis GAP central og GAP peripheral [87].

Kommunikationen mellem en master og en slave i et integreret system kan lade sig gøre ved

brug af enten Serial Peripheral Interface (SPI) eller Inter-Integrated Circuit (I<sup>2</sup>C) interface. Disse interface er kommunikationsprotokoller som benyttes internt i eksempelvis MCUer, til at kommunikation mellem mikroprocessorer. Mellem mikroprocessorerne forefindes dermed serielle porte med to ledninger til at sende data (TX) og modtage data (RX). [85]

SPI er en kommunikationsprotokol som blandt andet benyttes til full-duplex kommunikation, hvilket giver mulighed for henholdsvis at sende og modtage data. En SPI bus involverer én master og et givent antal slaver. SPI busser benytter derfor 4 ledninger til at skabe forbindelser mellem disse enheder. I tilfælde af, at der er benyttes flere slaver til én master, da er det påkrævet at alle slaver har hver sin chip select. SPI er dog en hurtig kommunikationsprotokol, på trods af sine pladskrævende elementer ved et større antal slaver tilkoblet. [85, 88]

Yderligere forefindes I<sup>2</sup>C, som ligeledes er en computerbus dataprotokol. Masteren i systemet kontrollerer I<sup>2</sup>C bussen og sender kommandoer til slaven. Både masteren og slaven kan sende og modtage data, men masteren kontrollerer, hvornår dette kan finde sted.

I<sup>2</sup>C kan, modsat SPI, involverer flere mestre til kommunikation med et givent antal slaver. Ydermere er I<sup>2</sup>C en mere kompleks kommunikationsprotokol, men samtidig mindre pladskrævende end SPI. Dette skyldtes, at I<sup>2</sup>C blot kræver 2 ledninger, hvor I<sup>2</sup>C kræver 4 ledninger til at skabe forbindelse mellem master og slave. [85, 88]

En MCU kræver en ekstern strømkilde for at kunne fungere. Ved forbindelse med en USB port adapteres spændingsforsyningen til 5V, men det er yderligere muligt at tilkoble en spænding til MCUs lav-volt applikation, hvilket gør den trådløs.

Den benyttede MCU påkræver en spændingstilkobling i området 1,71 V til 5,50 V, når MCUs ikke er tilkoblet en USB port. Dermed skal VDD tilsluttes dette spændingsinterval fra en reguleret spændingsforsyning, for at overholde MCUs arbejdsområde. [85, 89]

Programmet PSoC Creator kan designe hardware og software til MCUs. Dette program benyttes til at designe og kode MCUs, hvorved softwaren kan tilpasses de fysiske komponenter i C kodning. [85]

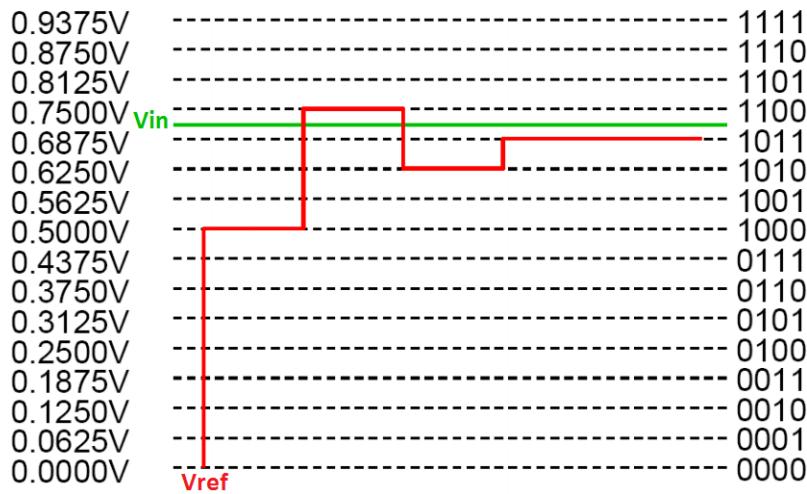
Når MCUs er tilsluttet computeren og debugger ved brug af PSoC creator, kan MATLAB fungere som et grafisk bruger interface (GUI). Dette muliggør realtime visualisering af den data, som eksempelvis en GAP central MCU modtager fra en GAP peripheral MCU.[85, 88]

### 3.6.3 ADC

En analog-til-digital konverter benyttes, når et analog signal skal konverteres til digital data, som kan bearbejdes eller visualiseres af en digital enhed. Samplingsfrekvensen og opløsningen for ADCen er afgørende for, hvor repræsentativt det analoge signal bliver gengivet i den digitaliserede udgave. Ifølge Nyquists teori skal samplingsfrekvensen være mindst det dobbelte af den højeste frekvens i signalet, for at sikre en repræsentativ gengivelse af det analoge signal. Der findes flere forskellige typer ADC, som for eksempel digital ramp ADC, sigma delta ADC og successive approximation (SAR) ADC. En digital ramp ADC tæller op fra 0 V for at finde det rette niveau for inputspændingen fra signalet. Når den rammer signalets spænding, overføres denne værdi til et digitalt output, referencespændingen nulstilles og tæller forfra igen. En sigma delta ADC oversampler og besidder kun en 1 bits konverter. Den foretager en sammenligning af en reference værdi med inputspændingen, som enten giver 0 eller 1 som output. Alle disse værdier indsendes til et digitalt filter, der indsætter antallet af digitale ettaller og derved konverterer til et digitalt signal. Forskellen herimellem er altså metoden for

konverteringen. [90, 91]

I mikrokontrolleren findes en 12 bits 1 mega sample per sekund (Msps) SAR ADC. I en SAR ADC kommer signalet ind i en komparator, der har en spændingsværdi og sammenligne med (Vref). Først sammenlignes inputsignalet med Vref, som indstilles til at være halvdelen af arbejdsmrådet. Komparatoren vil vurdere, om signalet er større eller mindre end denne værdi. Herved findes det mest betydende tal, hvorefter processen med halvering af Vref, som lægges til eller trækkes fra, og vurdering herudfra fortsætter indtil de 12 bits er fundet. Derved er den analoge data konverteret til binære tal. Hvis en SAR ADC har for mange bits, bliver disse inddelingstrin så små, at det kan være støj, som afgør bits trinet. [90, 91] Et eksempel på en SAR ADC's virkemåde ses på figur 3.10



**Figur 3.10:** På figuren ses en 4 bits SAR ADC's virkemåde. Vin har i dette tilfælde en fast værdi, men kan skifte mange gange i sekundet. Om ADC'en kan opfange dette afhænger af samplingshastigheden og antallet af bits. Vref indstilles til halvdelen af arbejdsmrådet på 1 V. Her vurderer komparatoren, at inputsignalet er større end Vref, hvorfor første betydnende tal er 1. Derefter lægges en fjerdedel af arbejdsmrådet til Vref og komparatoren vurderer igen. Dette fortsætter til alle fire bits er fundet, og det analoge signalet er derved konverteret til digitalt.

Mikrokontrollerens 12 bits ADC kan inddøle det analoge signal i  $2^{12} = 4096$  spændingsniveauer og skal bruge 18 clocks for at fuldføre en 12 bits konvertering af data med samplingsfrekvens på 18.000.000 Hz, hvilket er dens maksimale samplingsfrekvens. Den understøtter både single ended og differential inputs og kan skanne alle 16 kanaler automatisk. [89, 90]

### 3.6.4 Interrupts

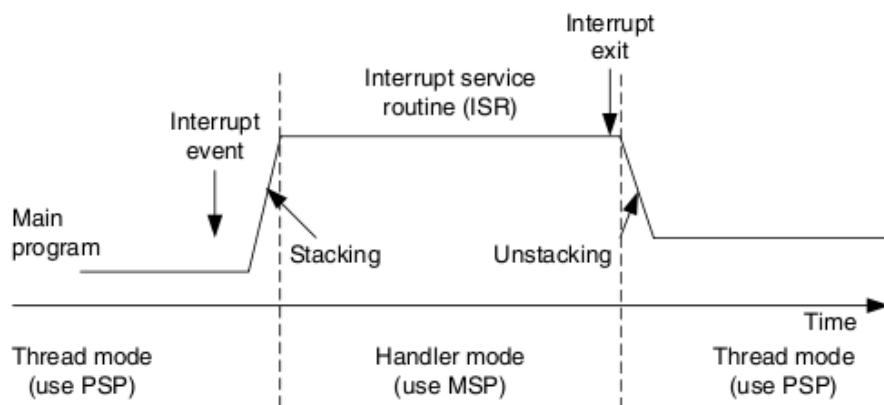
Interrupt er en funktion, som kan afbryde CPU'ens main fil ved at løfte et ben højt, hvis en bestemt hændelse sker eller en timer har talt op til et bestemt niveau. Dette kan være behjælpeligt for CPU'en, da den herved ikke skal tjekke konstant for, om en bestemt hændelse sker. [92]

I en aktivitetsmåler kan interrupts blandt andet benyttes til at aktivitere gyroskopet til detektion af cykling. Hvis denne aktivitetsform ikke finder sted, lægges benet for funktionen ned igen og aktivitetsmåleren fortsætter som ellers.

En PSoC 4 besidder 32 interrupt linjer, IRQ[0] til og med IRQ[31], som kan prioriteres efter fire niveauer. Når et interrupt finder sted, vil CPU'en modtage en specifik funktion, som kaldes

Interrupt Service Routine (ISR). Denne skal sørge for, at interruptets kode overståes hurtigst muligt, hvorved mainprogrammet ikke afbrydes konstant. Interruptets kode bliver eksekveret, hvorefter main filen fortsættes. [92]

Inden et interrupt er mainen i tread mode, hvilket ses på figur 3.11. Når interruptet finder sted, vil en pind gå høj, og processoren vil overføre information til den nuværende stack. Dette kaldes for stacking, hvilket får main filen til at gå i handler mode. Her skifter pointeren også stilling, hvorfor den går fra Main Stack Pointer (MSP) til Process Stack Pointer (PSP). Dette betyder, at den pågældende funktion gemmes og sættes på pause. Det er derved muligt at vende tilbage til præcis samme sted i processen efter interruptet. ISR kører sit program, hvorefter pinden lægges ned igen og unstacking foregår. Main filen går igen i tread mode, pointeren skifter til MSP og hovedarbejdet fortsættes. Alt dette ses på figur 3.11. [92, 83]



**Figur 3.11:** På figuren ses et overblik over, hvad der sker når et interrupt afbryder CPU'ens main. [83]

I en ARM Cortex-M0 kan en høj prioritet afbryde en lav prioritet. Hver gang et interrupt finder sted, er der risiko for et stack overflow. Dette hænder, hvis afbrydelserne fortsætter i uendelighed, og det ikke er muligt at finde ud af, hvor i prosessen interruptet skal vende tilbage til. Igennem unstacking genskabes de registre fra, hvor afbrydelsen oprindeligt fandt sted. [92]

Der findes forskellige slags interrupts, som blandt andet kan finde sted på grund af manuel udløsning eller algoritmer. Næsten alle interrupts er programmerbare i PSoC 4 udstyr. Der findes dog fem interrupts, som ikke kan ignoreres og kaldes exceptions. Disse er prioriteret højere end alle andre interrupts, da de beskytter og sikre mod fejl. <sup>8</sup>[92]

### 3.6.5 Clocks

Clocks er et kredsløb, som benyttes til at synkronisere for eksempel rækkefølgen af funktioner eller indstilling af to signaler. Det kan siges, at en clock kontrollerer tiden for et program. En clock udsender ved hjælp af oscillatorer en række impulser, der skifter mellem værdierne 0 og 1 og har præcis pulsbredde og interval mellem hinanden. Tidsintervallet imellem henholdsvis to pulsers stigning fra 0 til 1 eller fald fra 1 til 0 kaldes clock cycle time, og pulsfrekvensen indstilles herefter. Pulsfrekvensen styres ofte kontrolleret af en crystal oscillator, da dette gør frekvensen mere præcis. [83]

<sup>8</sup>FiXme Note: Watch Dog timeren genstarter og har aller højest prioritet af alle interrupts

En clock er et helt grundlæggende element i mikrokontrollere. Den kan eksempelvis bruges til at lave interrupts på bestemte tidspunkter, hvis der er behov for, at en funktion skal køres igennem på bestemte tidspunkter<sup>9</sup>. Derudover kan en clock for eksempel benyttes som måleenhed for funktioners varighed. Derved opnås bevidsthed om, hvornår to funktioner skal påbegyndes, hvis de har forskellige clock cykler men skal være afsluttet samtidig. [83]

Clock systemet for PSoC 4200M består af en Watch Crystal Oscillator (WCO), der kører med 32 kHz. Derudover findes en internal main oscillator (IMO), som kører med 24 MHz men kan fungere fra 3 til 48 MHz, og en internal low-speed oscillator (ILO), der nominalt kører med 32 kHz. IMO er den primære kilde til intern clocking inden i PSoC 4200M i aktiv tilstand, hvorimod ILO kan generere clocks under deep sleep mode. WCO kan både benyttes under aktiv og deep sleep mode. Denne oscillator kan desuden benyttes som en real-time clock, hvilket holder styr på den aktuelle tid.<sup>10</sup> [89]

### 3.6.6 Mikrokontrollerens target CPU

Mikroprocessoren, 4200M, er target CPU'en på CY8CKIT-043 PSoC 4 M-Series Prototyping Kit. Denne mikroprocessor indeholder den kodning som foretages i PSoC Creator, og er dermed indeholdende de instruktionerne som skal eksekveres når systemet er funktionelt. Mikroprocessoren, 4200M, besidder ydermere en ARM cortex-M0 processer.

Mikroprocessoren er baseret på Instruction Set Architecture (ISA). ISA er bindeleddet mellem MCUens hardware og software, hvormed C kodningen af softwaren muliggør at instruktioner kan blive udført i forbindelse med MCUens hardware. ISA's kategorier kan blandt andet være Reduced Instruction Set Computer (RISC) eller Complex Instruction Set Computer (CISC). [86, 89, 93]

Den benyttede MCUs mikroprocessor, 4200M, er af kategorien RISC. RISC processorer benytter simple instruktioner, som kan blive eksekveret under én clock cycle. Derimod kræver dette mere RAM kapacitet, fordi hver opgave hentes ned, processeres over flere omgange og gemmes indtil de er eksekveret. Denne metode tillader dog pipelining, hvilket gør at flere instruktioner kan køre samtidig. En CISC baseret computer vil derimod udføre opgaver med så få linjer som muligt. Processorens hardware vil dermed være opbygget til at forstå og udføre komplekse instruktioner, hvilket kræver flere transistorer end RISC metoden.<sup>11</sup> Sammenlignet er RISC processen hurtigere end CISC, men CISC computere kan udføre flere komplekse instruktioner på færre linjer end RISC. [86, 89, 93]

CPU'en i Cortex-M0 er en del af det 32-bit MCU delsystem, som optimerer energibesparende drift ved hjælp af clock gating<sup>12</sup>. CPU'en har en flash hukommelse på 128 kB og en 16 kB RAM af typen SRAM. Algoritmen og dermed programmet for MCUen gemmes i flash hukommelsen, da RAM hukommelsen kræver konstant strøm og slettes dermed, hvis strømtilførslen til MCUen slukkes. [89]

<sup>9</sup>FiXme Note: Når gyroskopet skal vækkes op hvert tiende skund

<sup>10</sup>FiXme Note: Når vi ved, om vi skal bruge clocks, og i så fald hvilke, kan disse eventuelt blive beskrevet her.

<sup>11</sup>FiXme Note: fetch - decode - execute. Mere laves samtidig

<sup>12</sup>FiXme Note: Clock gating saves power by adding more logic to a circuit to prune the clock tree. Pruning the clock disables portions of the circuitry so that the flip-flops in them do not have to switch states. Switching states consumes power. When not being switched, the switching power consumption goes to zero, and only leakage currents are incurred

### 3.6.7 Trådløs kommunikation via Bluetooth Low Energy

Klassisk Bluetooth er fordelagtigt at benytte, hvis der ønskes trådløs kommunikation eller trådløse enheder. PRoC'ens CPU på CY8CKIT-043 PSoC 4 M-Series Prototyping Kit er EZ\_BLE PRoC Module, som besidder en ARM cortex-M0 processer. Denne CPU har en 2,4 GHz BLE radio, som understøtter en datahastighed på 1 Mbps, med en chip antenne, der kan transmittere data ved radiofrekvens mellem 2,4-2,5 GHz. [94, 95]

Bluetooth er en radiobølge teknologi, som hovedsageligt er designet til trådløs kommunikation imellem enheder. Der findes Bluetooth Smart enheder, som kun understøtter BLE, og Bluetooth Smart Ready enheder, der understøtter både klassisk Bluetooth og BLE. Radiobølgerne bliver sendt og modtaget i bånd af 79 forskellige frekvenser, som kaldes kanaler. Bølgerne bliver modifieret af enheden, således de opfattes som et signal. Når to enheder forbindes med hinanden, danner de et netværk kaldet en piconet. Enheden, som skaber forbindelsen, vil automatisk være masteren og kan for eksempel kontrollere afsendelsen af data fra slaven samt styre varigheden af forbindelsen. Tilsammen vælger masteren og slaven en tilfældig kanal, men for at mindske risikoen for interferens fra andre enheder skifter de to kanal op til tusinde gange i sekundet. [96, 97]

BLE er en videreudvikling og kaldes også Bluetooth version 4.0. BLE kræver mindre strøm for at fungere, fordi enheden er i sleep mode størstedelen af tiden. Når data skal sendes, vil den aktivere og overføre så hurtigt som muligt for igen at deaktivere og gå i sleep mode. Dette opnås ved, at BLE kun benytter 40 forskellige kanaler, hvor nogle for eksempel er specielt dedikeret til at skabe forbindelse<sup>13</sup> mellem enheder, og andre kanaler dedikeres til at sende data. Derved sikres en driftscyklus<sup>14</sup> som er tæt på nul. Et BLE modul kan dog ikke skifte undervejs mellem master og slave rollen, hvilket betyder, at når en forbindelse er skabt, vil der være en fast master og en fast slave. Dette simplificerer designet yderligere, hvorved der ligeledes spares strøm. [98]

### 3.6.8 Universal Asynchronous Receiver Transmitter

En UART er en enhed der implementerer seriell data, og det er dermed et led mellem et parallelt og et serielt interface, der både modtager data(RX) og sender data(TX). Dataen sendes som bit, og kan både sendes serielt eller parallelt. [99, 100]

Parallelt bliver flere bit overført på samme tid, hvormed et 8-bit system er nødsaget til at have 8 ledninger, hvor der i den ene ende er en RX kobling og den anden er TX kobling. [99] Den serielle kommunikation foregår asynkront, og kan foregå med en ledning, da kun en bit overføres af gangen. Oftest benyttes den serielle kommunikation, da denne ikke kræver så mange ledninger. Det er nødvendigt at sætte en baudrate<sup>15</sup>, da TX sender i forhold til denne og RX sampler i forhold til den forventede baudrate. Det modtagne data gemmes ofte i en buffer, som efterfølgende videregives i form af first-in-first-out (FIFO). [99]

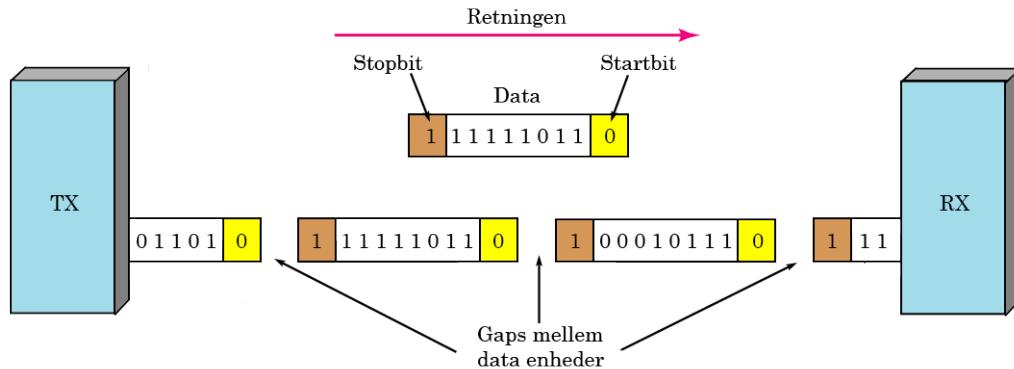
Overførsel af data sker asynkront, som det ses på figur 3.12. Ved denne kommunikationsform opererer RX og TX ved to forskellige clocks. For at kunne lave dataen synkront, sættes der et startbit og et stopbit, og alt udenfor disse overføres ikke, hvilket er illustreret på figur 3.12. UARTens opgave er at læse data fra FIFO parallel data, som laves om til seriell data. Dette

<sup>13</sup>FiXme Note: 3 kanaler - klassisk bluetooth har 32

<sup>14</sup>FiXme Note: ratio mellem enheden er slukket og tændt

<sup>15</sup>FiXme Note: baudrate = Hvor hurtigt der sendes data (bits per sekund[bps])

data kan så sendes til andre enheder. Når RX i en anden enhed modtager et startbit, laves data om fra seriel til parallel data, hvorefter data kan skrives til modtager-FIFO.[99, 100]



**Figur 3.12:** På figuren ses asynkron dataoverførsel.[101]

Nogle enheder indeholder mere end en seriell-linje, og disse enheder fungerer enten som fullduplex eller halv-duplex. De enheder der er fuld-duplex, kan både sende og modtage data på samme tid. Ved halv-duplex, skal dette foregå på skift.[99, 100]

### 3.6.9 Power mode for PSoC 4 moduler

Alle PSoC 4 moduler besidder fem forskellige power modes: active, sleep, deep-sleep, hibernate og stop. Strømforbruget samt tiden det tager at vågne op fra denne tilstand ses i tabel 3.1. [102]

Power Mode	Strømområde (Vdd = 3,3V til 5,0V)	Opvågningstid for PSoC 4200M
Active	1,3mA til 14 mA	-
Sleep	1,0mA til 3mA	0
Deep-sleep	1,3 $\mu$ A til 15 $\mu$ A	25 $\mu$ s
Hibernate	150 nA til 1 $\mu$ A	0,7 ms
Stop	20 nA til 80 nA	2 ms

**Tabel 3.1:** I tabellen ses strømforbruget samt opvågningstiden for PSoC 4200M, som er den valgte mikrokontrollers target processor. (Modificeret) [102]

Det kan ses på tabel 3.1, at mikroprocessorenens strømforbrug afhænger af, hvor meget af indholdet i mikroprocessoren der gøres utilgængeligt. Det kan derfor være fordelagtigt at køre i en lav strømforbrugende tilstand, hvis der benyttes et batteri til at forsyne MCU'en. En kort oversigt over aktiv og inaktiv indhold i mikroprocessoren ses i tabel 3.2. [102]

Subsystem	Active	Sleep	Deep-sleep	Hibernate	Stop
CPU	Aktiv	Tilbageholdt	Tilbageholdt	Deaktiv	Deaktiv
RAM	Aktiv	Aktiv	Tilbageholdt	Tilbageholdt	Deaktiv
I <sup>2</sup> C slave	Aktiv	Aktiv	Aktiv	Deaktiv	Deaktiv
Høj-hastigheds clock	Aktiv	Aktiv	Deaktiv	Deaktiv	Deaktiv
ADC	Aktiv	Aktiv	Deaktiv	Deaktiv	Deaktiv
Low-power komparatorer	Aktiv	Aktiv	Aktiv	Aktiv	Deaktiv
Generel-purposede input/output (GPIO)	Aktiv	Aktiv	Aktiv	Aktiv	Frossen

**Tabel 3.2:** I tabellen ses hvilke subsystemer, der er henholdsvis tændt, tilbageholdt slukket eller frossen under de fem forskellige power modes. Hvis en funktion tilbageholdes, fungerer dens centrale konfiguration ikke, men alle eksterne funktioner er aktive. Når GPIO er frossen, er alle pins låst og kan derfor ikke modtage input- eller sende outputinformation. (Modificeret) [102]

I sleep mode tilbageholdes CPU'en, hvilket betyder at den venter på ethvert interrupt eller manuel genstart for at vågne op. RAM'en bevares, men CPU'en skriver eller læser ikke fra den, hvorfor den altså ikke kører sine instruktioner.<sup>16</sup> Denne tilstand er fordelagtig til at reducere strømforbruget mellem hændelser som for eksempel ADC konvertering. [102]

Under deep-sleep er højfrekvense clocks deaktiveret, og da ADC'en kræver sådanne clocks, er denne ligeledes inaktiv under denne tilstand. Operationssystemet I<sup>2</sup>C er aktiv, hvorfor mikroprocessoren fortsat kan fungere som slave. Denne tilstand kræver specifikke interrupts for at vågne, som for eksempel et I<sup>2</sup>C eller GPIO interrupt. Deep-sleep mode kan benyttes, hvis høj performance analoge eller digitale enheder ikke kræves for funktionen. [102]

Når mikroprocessoren er i hibernate mode, er alle clocks og eksterne enheder deaktivert. Ram'en gemmes men når et specifikt interrupt vækker mikroprocessoren, nulstilles og genstarter hele enheden. Denne tilstand kan vælges, hvis der kun er behov for periodiske opvågninger, og enheden skal bruge under  $1\mu A$  strøm. [102]

Stop mode er den laveste strømforbrugende tilstand. Her modtager mikroprocessoren strøm, som bevarer logiske tilstande, men alt andet er deaktivert. Kun én dedikeret pin kan vække enheden fra denne stop mode, hvorefter den nulstilles og genstarter. Stop mode kan benyttes, når enheden ikke skal slukkes helt og skal være i stand til at tænde igennem for eksempel en trykknap med input i den dedikerede pin. [102]

### 3.6.10 Digitale filtre

Digitale filtre benyttes grundlæggende af to grunde; til at adskille signaler og til at genskabe signaler. Signaladskillelse benyttes til at adskille signaler fra hinanden, hvilket ofte er i forbindelse med filtrere støj fra det ønskede signal.<sup>17</sup> Signalgenskabelse benyttes hvis signalet er blevet beskadiget eller forvrænget.<sup>18</sup> [103]

<sup>16</sup>FiXme Note: Den sover ikke helt eller er ikke helt inaktiv - man kan sige, at den sover meget let, for den er til dels inaktiv, men den vækkes meget let.

<sup>17</sup>FiXme Note: eksempelvis ved ekg eller hjertelyd, hvor vejtrækning og andre kropssignaler/lyde skal fjernes

<sup>18</sup>FiXme Note: eksempelvis ved rystelser hvis måleudstyret er dårligt eller hvis ikke vi får sat den ordentlig fast på forsøgspersonen.

Ethvert lineært filter har en impulsrespons, steprespons og en frekvensrespons. Disse responser indeholder information om filteret på forskellig vis, og udgør tilsammen information om hvordan filteret vil agerer i forskellige situationer.<sup>19</sup> [103]

Et filter designes ud fra dets responser. Den mest ligetil metode er, at summere signalets inputs med filterets impulsrespons, denne metode kaldes filter kernen eller Finite Impulse Response filtre (FIR). En anden metode er at benytte tidligere outputværdier sammen med inputtet, hvilket kaldes et rekursivt filter. For at finde impulsresponsen for et rekursivt filter, indsættes en impuls, hvor impulsresponsen er det output, der fås. Denne impulsresponser er en sum af sinuser som eksponentielt falder i amplitude, hvilket resulterer i at impulsresponsen bliver uendelig lang, hvorfor denne filtertype også kaldes Infinite Impulse Response filter (IIR). [103, 104]

Andre metoder at designe et filter er ud fra dets steprespons eller frekvensrespons sammenholdt med filterets impulsrespons. Stepresponsen er integralet af impulsresponsen, en anden metode at finde stepresponsen på er, ved at indsætte en stepbølge i filteret, hvorefter outputtet vil være stepresponsen. Frekvensresponsen kan findes ved at finde diskret Fourier transformationen (DFT) eller Fast Fourier transformationen (FFT) af impulsresponsen. [103]

### **Finite Impulse Response filtre**

FIR filtre er, som tidligere nævnt, defineret som digitale filtre med et endeligt antal impulsresponser. Dette vil sige at filteret har en impulsrespons med et endeligt antal ikke-nulværdier<sup>20</sup>, dermed kan filteret designes stabilt og med en lineær fase. [104]

Det fremgår af den generelle formel for FIR filtre, **ligning (3.1)**, at filteret benytter tidligere og nutidige inputs, hvilket gør at det har et endeligt antal impulsresponser.

$$Y[n] = \sum_{m=0}^M b_m X[n-m] \quad (3.1)$$

FIR filtre inddeltes i fire typer impulsrespons funktioner. Type 1 har en lige orden og ulige længde, hvilket betyder at den er centreret omkring den midterste impuls. Denne type er symmetrisk, hvilket vil sige at hele impulsresponsen ligger på den samme side af x-aksen. Type 2 har en ligeledes symmetrisk, men har en ulige orden og lige længde, hvilket resulterer i at den er centreret mellem de to midterste impulser. Type 3 har en lige orden og ulige længde, på samme vis som type 1, men er asymmetrisk, hvilket i modsætning til type 1 og 2, gør at impulsresponsen ligger på begge sider af x-aksen. Type 4 har, ligeledes med type 2, en ulige orden og lige længde, men er ligeledes med type 3 asymmetrisk. [104]

De forskellige impulsrespons funktioner benyttes til valg af filtertype, hvor de egner sig til forskellige konfigurationer, alt efter om der ønskes et lavpas-, højpas-, båndpas- eller båndstopfilter. [104]

FIR filtre opträder ligeledes som forskellige konfigurationer, heriblandt Parks-McClellan algoritmen, frekvens sampling, window type og moving average. [104]

### **Infinite Impulse Response filtre**

Som tidligere nævnt, er IIR filtre defineret som digitale filtre med uendelig mange impulsresponser. Dette har i modsætning til FIR filtre en impulsrespons med uendeligt mange

<sup>19</sup>FiXme Note: hvis en af disse er oplyst eller defineret for filteret, kan de to andre udregnes matematisk.

<sup>20</sup>FiXme Note: nonzeros

nulværdier<sup>21</sup>, hvilket gør at filterets impulsresponsen falder eksponentielt i amplitude og resulterer i en uendelig respons. Dette gør at filteret kun tilnærmedesvis kan designes med en lineær fase, hvorfor det kan risikere at være ustabilt. Idet IIR filtre benytter tidlige outputs, er det et feedback filter, hvorfor dette er udregningseffektivt.<sup>22</sup> [104]

Af den generelle formel for IIR filtre, **ligning (3.2)**, fremgår det, at filteret benytter tidlige og nutidige inputs men også tidlige outputs, hvormed det får uendligt mange impulsresponser.

$$Y[n] = \sum_{k=1}^k a_k Y[n-k] + \sum_{m=0}^m b_m X[n-m] \quad (3.2)$$

IIR filtre optræder som forskellige filterkonfigurationer, heriblandt Butterworth, Chebyshev og elliptisk. Disse kan alle benyttes til lavpas-, højpas-, båndpas- eller båndstopfilter, og designes ud fra krav om ripples, linearitet, dæmpningsgrad og faseskydelse. [104]

## 3.7 Opsamling af pilotforsøg

Igennem pilotforsøget, som ses i appendix A, undersøges aktiviteterne gang, løb og cykling. Dette blev udført med henblik på at kunne besvare dets tilhørende formål.

Resultatet af pilotforsøget medførte at de undersøgte bevægelsers karakteristika blev tydeliggjort. Dette resulterede i, at den optimale placering af en eventuel aktivitetsmåler blev bestemt. Placeringen omkring den laterale malleolus medførte signalamplituder, som hverken overskred tilgængelige arbejdsområder for henholdsvis accelerometer eller gyroskop og føltes ikke ubekvem. Signalerne blev ydermere undersøgt med henblik på dets frekvensområde, hvorfaf samplingsfrekvensen for det endelige system blev bestemt. Signalerne blev tilmed filtreret således adskillelse af gang, løb og cyklings karakteristika blev muliggjort. En mulig adskillelse heraf danner grundlag for udviklingen af systemets algoritmer.

## 3.8 Kravspecifikationer

*For at et samlet system skal kunne fungere, er der behov for krav til hver del. Dermed sikres det, at hver enhed kan kommunikerer og fungere efter hensigten. I det følgende afsnit opstilles krav samt tolerancer hertil for hver del i det samlede system.*

Formålet med aktivitetsmåleren er at kunne registrere og adskille aktivitetsformerne gang, løb og cykling. Aktivitetsmåleren vil dermed indeholde hardware og software, som tilsammen kan opsamle analoge signaler og udføre digital signalbehandling herpå. Det samlede system skal have et potentiale til at opfylde de funktionelle krav for systemet, beskrevet i afsnit 3.2. Endvidere vil nedenstående kravspecifikationer tage udgangspunkt i de opnåede resultater fra de udførte pilotforsøg, som er beskrevet i appendix A.

### 3.8.1 Krav til hardware

Aktivitetsmålerens hardware består af to sensorer, spændingsforsyning og en ADC. Disse elementer benyttes til en signalopsamling, hvorfaf signalet efterfølgende bliver behandlet af aktivitetsmålerens software.

<sup>21</sup>FiXme Note: zeros

<sup>22</sup>FiXme Note: nemmere at udregne

## Spændingsforsyning

Det samlede system skal benytte elektroniske komponenter, hvorfor en spændingsforsyning er nødvendig. Spændingsforsyningen skal tage hensyn til mobilitet samt brugersikkerhed.

### Krav til spændingsforsyning

Spændingsforsyningen skal:

- Levere mindst 1,71 V og maks 5,5 V<sup>23</sup>. Der accepteres ikke en spænding under minimumsgrænsen eller over maksimumsgrænsen.
- Muliggøre spændingsopsætning af systemet udenom elnettet og være elektrisk sikkert.
- Være mobil.

## Accelerometer

Et accelerometer kræver en given spænding for at kunne optage data. Accelerometret i LSM9DS1 kræver 3,3 V for at være operativt. Pilotforsøget viste en maksimal acceleration på 25,7 peak-to-peak g. Denne maksimale acceleration antages derfor som værende den største acceleration, som accelerometret vil blive påvirket af som prototype. Dette skyldes, at pilotforsøget er udført på en forsøgspopulation ( $n=4$ ) med voksne mennesker. Det antages derfor, at den gennemsnitlige vægt er større end målgruppens.

### Krav til accelerometer

Accelerometeret skal:

- Være operativ ved 3,3 V fra MCU'ens VDD output spænding.<sup>24</sup> Der accepteres en afvigelse på +5%.
- Have et arbejdsområde på mindst 25,7 peak-to-peak g.

## Gyroskop

Et gyroskop kræver en given spænding for at kunne optage data. Gyroskopet i LSM9DS1 kræver 3,3 V for at være operativt. Det maksimale arbejdsområde for gyroskopet blev undersøgt i pilotforsøget, der udledte  $\pm 160$  dps som maksimalværdierne. Dette blev bestemt for en given frekvens ved cykling, hvorfor gyroskopet bør have et større arbejdsområde for at tage forbehold for en højere frekvens.

### Krav til gyroskop

Gyroskopet skal:

- Være operativ ved 3,3 V fra MCU'ens VDD output spænding.<sup>25</sup> Der accepteres en afvigelse på +5%.
- Have et arbejdsområde på mindst  $\pm 160$  dps.

<sup>23</sup>FiXme Note: Alle mikroprocessorer kræver 1,71-5,5 V for at kunne fungere, selvom der står 3,3-5,5 V i databladet for mikroprocessoren.

<sup>24</sup>FiXme Note: Outputspændingen fra MCU'en er omkring 4.8V, men det afhænger måske er, hvilken spænding den får tilført? Ellers skal det reguleres med potentiometer

<sup>25</sup>FiXme Note: Outputspændingen fra MCU'en er omkring 4.8V, men det afhænger måske er, hvilken spænding den får tilført? Ellers skal det reguleres med potentiometer

## Pulsmåler

En pulsmåler kræver en given spænding for at kunne optage data. Sensoren skal være i stand til at optage data ved tilførslen af en DC spænding med baggrund i spændingsforsyningens krav. Yderligere skal pulsmåleren kunne opfange brugerens puls, med henblik på at bestemme intensiteten af den pågældende aktivitet.

### Krav til pulsmåler

Pulsmåleren skal:

- Være operativ mellem 3 V og 5 V. Der accepteres ikke, at pulsmåleren modtager en spænding under minimumsgrænsen eller over maksimumsgrænsen.
- Kunne opfange brugerens puls under fysisk aktivitet.

## ADC

Accelerometret i LSM9DS1 skal benyttes til at opfange gang, mens gyroskopet i LSM9DS1 skal benyttes til at opfange cykling. For at begge sensorer skal være i stand til dette, er det essentielt at vide det analoge signals frekvensområde. Pilotforsøget viste, at frekvensområdet for signalet ved gang og løb er 45 Hz, når det optages af et accelerometer. Ifølge Nyquist skal aktivitetsmålerens ADC derfor have en samlingshastighed, der er dobbelt så stor som det maksimale frekvensområde, men i praksis 10 gange større. Derfor skal ADC'en sample besidde en samplingshastighed på mindst 450 Hz for accelerometret. Det kan dog være fordelagtig at oversample. Dette giver mindre støj på signalet, da Nyquist frekvensen derved rykkes og fjerner aliasing.

Frekvensområdet for signalet under cykling ved benyttelse af gyroskop blev under pilotforsøget undersøgt. Det fremgik heraf, at det maksimale frekvensområde var 6 Hz. Derfor skal ADC'en sample gyroskopets data med mindst 60 Hz.

### Krav til ADC

ADC'en skal:

- Sample accelerometerets output med mindst 450 Hz.
- Sample gyroskopets output med mindst 60 Hz.
- Repræsentere det analoge signal med maksimalt 5% afvigelse.

### 3.8.2 Krav til software

Notes: - Trådløs overførsel af data - BLE - Mellem GAP Central og GAP Peripheral - Algoritmedesign - Aktivitet - Detektere gang - (Detektere skridt) - Detektere løb - (Detektere skridt) - Detektere cykling - Detektere puls - Adskillese af ovenstående - Digital filtrering - Strømbesparelse - Lowpower mode - Gyroskop vs. accelerometer - MATLAB GUI - Afspejling af en eventuel motiverende faktor, - Vise data fra en hel dag.

Aktivitetsmålerens software skal:

- Anvende digitale filtre til filtrering.
- Detektere og adskille aktiviteterne; gang, løb og cykling.
- Trådløs overførsel.
- Gemme en hel dags aktiviteter.

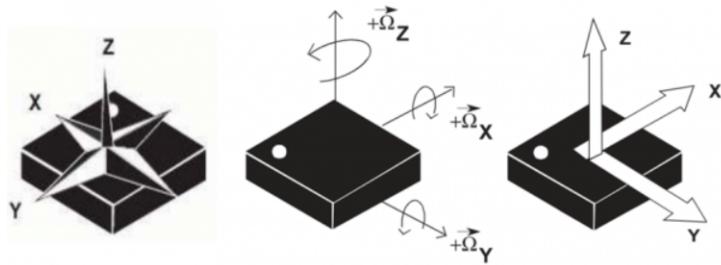
# Design

# 4

## 4.1 LSM9DS1

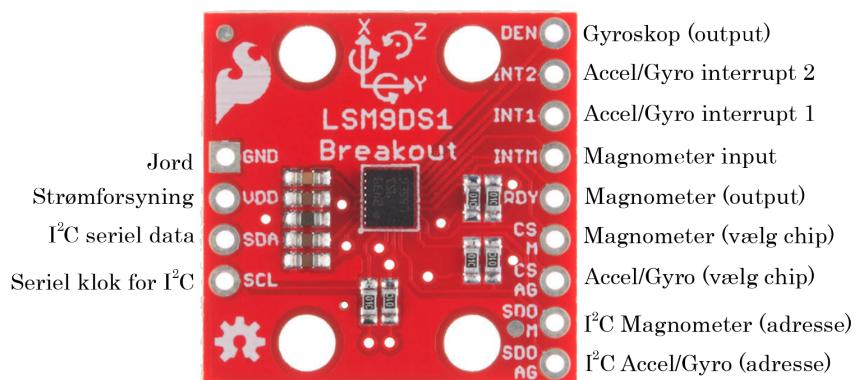
Der benyttes et integrated circuit (IC) af typen LSM9DS1, som både indeholder magnometer, gyroskop og accelerometer, hvoraf magnometret ikke benyttes. Det er muligt at indstille accelerometeret til  $\pm 1$ ,  $\pm 4$ ,  $\pm 8$  eller  $\pm 16$  g, og gyroskopet kan indstilles til  $\pm 245$ ,  $\pm 500$  eller  $\pm 2000$  grader per sekund. [101]

LSM9DS1 har ni frihedsgrader, hvilket betyder, at den mäter i x-, y- og z-aksen for både magnometret, gyroskopet og accelerometeret, som kan ses på figur 4.1. [101]



*Figur 4.1: På figuren ses akserne fra LSM9DS1. Til venstre ses magnometret, hvis akser er drejet én omgang i forhold til de to andre sensorer. I midten ses gyroskopet med sine roterende akser og til højre ses accelerometerets akser.[101]*

Accelerometeret kan både bruges med en SPI og en I<sup>2</sup>C styrefunktion, og mikrokontrolleren besidder begge. Der ønskes at benytte I<sup>2</sup>C funktionen, da IC'en både skal sende og modtage data.<sup>1</sup> For at benytte I<sup>2</sup>C funktionen sættes pin CS\_AG høj, og de fire pins SDO og CS benyttes ikke. Alle pins kan ses på figur 4.2



*Figur 4.2: På figuren ses udgangene fra IC'en.[101]*

<sup>1</sup>Fixme Note: Modtage om gyroskopet skal tændes eller slukkes.

I LSM9DS1 bruger gyroskopet 4 mA og accelerometeret bruger  $600\mu$  A. Det er derfor væsentligt, at gyroskopet bruges minimalt, når systemet skal være batteridrevet. Det er muligt enten at slukke begge sensorer, at benytte accelerometeret alene eller benytte både accelerometeret og gyroskopet sammen, hvor de har samme mængde output af data. Der kan yderligere spares strøm ved brug af gyroskopet, hvis der vælges en lavere samplerate. Gyroskopet har tre forskellige power modes: slukket, low power og normal power. For at gyroskopet kan være i low power, skal outputtet af data være på 14,9-119 Hz. Hvis outputsignalet er over dette, vil gyroskopet automatisk gå i normal power.

# Litteratur

---

- [1] Sundhedsstyrelsen. Fysisk aktivitet og evidens: Livsstilssygdomme, folkesygdomme og risikofaktorer mv. *Sundhedsstyrelsen*, 2006. URL <https://sundhedsstyrelsen.dk/da/udgivelser/2006/~/media/05FBAED642E444D482D4126D94826B60.ashx>.
- [2] Knud Juel, Jan Sørensen, and Henrik Brønnum-Hansen. *Risikofaktorer og folkesundhed i Danmark*. Statens Institut for Folkesundhed, 2006.
- [3] J. J. Reilly. Obesity in childhood and adolescence: evidence based clinical and public health perspectives. *Postgraduate Medical Journal*, 2006. doi: 10.1136/pgmj.2005.043836. URL <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2563774/>.
- [4] Syddansk Universitet. *Skolebørnsundersøgelsen 2014*. Statens Institut for Folkesundhed, 1. udgave edition, 2014.
- [5] Syddansk Universitet Statens Institut for Folkesundhed. *Folkesundhedsrapporten Danmark 2007*. Statens Institut for Folkesundhed, Syddansk Universitet, 2007.
- [6] Bente Kiens, Nina Beyer, Søren Brage, Lars Hyldstrup, Laila Susanne Ottesen, Kristian Overgaard, Bente Klarlund Pedersen, and Puggaard Lis. Fysisk inaktivitet – konsekvenser og sammenhænge. *Motions- og Ernæringsrådet, Sundhedsstyrelsen*, 2007. URL [https://sundhedsstyrelsen.dk/publ/mer/2007/Fysisk\\_inaktivitet-konsekvenser\\_og\\_sammenhaenge2007.pdf](https://sundhedsstyrelsen.dk/publ/mer/2007/Fysisk_inaktivitet-konsekvenser_og_sammenhaenge2007.pdf).
- [7] Mads Winsløv Wied, Peter Raffalt, and Sven Brix. *Aldersrelateret træning for børn og unge*. Danmarks Idræts-Forbund.
- [8] Ditte Rishøj. Børns leg har ændret sig. *Samvirke*, Marts 2010. URL <http://samvirke.dk/sundhed/artikler/boerns-leg-aendret.html>.
- [9] Marion Nestle. Obesity. *AccessScience*, 2014. URL <http://www.accessscience.com.zorac.aub.aau.dk/content/obesity/463300>.
- [10] Britannica Academic. Obesity, 2016. URL <http://academic.eb.com.zorac.aub.aau.dk/EBchecked/topic/423747/obesity>.
- [11] Centers for Disease Control and Prevention. About child and teen bmi, Maj 2015. URL [http://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/childrens\\_bmi/about\\_childrens\\_bmi.html](http://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/childrens_bmi/about_childrens_bmi.html).
- [12] Kate Lunau. Fat but fit. *Business Source Premier*, Maclean's 125:51–54, 2012. URL <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=4&sid=97370da7-1ec1-4280-ab32-1f3c8796913b%40sessionmgr102&hid=115&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3Qtbg12ZQ%3d%3d#AN=82205734&db=buh>.

- [13] G. Marcelino, J. Melich-Cerveira, F. Paccaud, and P. Marques-Vidal. Obese and fit adolescents have lower blood pressure levels than obese and unfit counterparts. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2012. URL <http://search.proquest.com/docview/1220795167?accountid=8144>.
- [14] Prakash Reshma. Physical inactivity a leading cause of disease and disability, warns who. *World Health Organization*, 2002. URL <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/release23/en/>.
- [15] Frederic H. Martini, Judi L. Nath, and Edwin F. Bartholomew. *Fundamentals of Anatomy & Physiology*. Pearson, 2012.
- [16] H. C. G. Kemper, J. W. R. Twisk, W. Van Mechelen, G. B. Post, J. C. Rpss, and P. Lips. A fifteen-year longitudinal study in young adults on the relation of physical activity and fitness with the development of the bone mass: The amsterdam growth and health longitudinal study. *Elsevier*, 2000. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S8756-3282\(00\)00397-5](http://dx.doi.org/10.1016/S8756-3282(00)00397-5).
- [17] Y. Kohlhammer, A. Zutavern, P. Rzehak, G. Woelke, and J. Heinrich. Influence of physical inactivity on the prevalence of hay fever. *Allergy*, 2006. doi: [10.1111/j.1398-9995.2006.01131.x](https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2006.01131.x).
- [18] Ulf et. al. Ekelund. Physical activity and all-cause mortality across levels of overall and abdominal adiposity in european men and women: the european prospective investigation into cancer and nutrition study. *the American Society for Nutrition*, 2015. doi: [10.3945/ajcn.114.100065](https://doi.org/10.3945/ajcn.114.100065).
- [19] Britannica Academic. Physical activity, Februar 2016. URL <http://academic.eb.com.zorac.aub.aau.dk/EBchecked/topic/458617/physical-activity>.
- [20] Sundhedsstyrelsen. 60 minutter om dagen ved moderat til høj intensitet, 2016. URL <https://sundhedsstyrelsen.dk/da/sundhed-og-livsstil/fysisk-aktivitet/anbefalinger/5-17-aar>.
- [21] Everett L. Smith and Catherine Gilligan. Physical activity effects on bone metabolism. *Calcified Tissue International*, 1991. doi: [49:\\$50-\\$54](https://doi.org/10.1007/BF02675004).
- [22] Britannica Academic. Exercise, 2016. URL <http://academic.eb.com.zorac.aub.aau.dk/EBchecked/topic/197976/exercise>.
- [23] Carl W. Cotman, Nicole C. Berchtold, and Lori-Ann Christie. Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *ScienceDirect*, 2007. doi: [10.1016/j.tins.2007.06.011](https://doi.org/10.1016/j.tins.2007.06.011).
- [24] CenterforDiseaseControlandPrevention. The benefits of physical activity, 2015. URL <http://www.cdc.gov/physicalactivity/basics/pa-health/index.htm#ControlWeight>.
- [25] Benjamin A. Sibley and Jennifer L. Etnier. The relationship between physical activity and cognition in children: A meta-analysis. *Pediatric Exercise Science*, 2003.

- [26] Hjerteforeningen. Fakta om kondition og puls, 2016. URL [https://www.hjerteforeningen.dk/files/Motion/Faktaark\\_om\\_konditioin\\_og\\_puls.pdf](https://www.hjerteforeningen.dk/files/Motion/Faktaark_om_konditioin_og_puls.pdf).
- [27] Cindy L Stanfield. *Human Physiology*. Pearson, 2013.
- [28] Nicole C. Berchtold. Exercise and cognitive functioning. *AccessScience*, 2010. doi: 1097-8542.YB100072.
- [29] Kenneth H. Cooper and Steven N. Blair. Exercise, heart related physical fitness, 2005. URL <http://academic.eb.com.zorac.aau.dk/EBchecked/topic/197976/exercise/25984/Health-related-physical-fitness>.
- [30] Britannica Academic. Adenosintriphosphat, 2016. URL <http://academic.eb.com.zorac.aau.dk/EBchecked/topic/5722/adenosine-triphosphate>.
- [31] Jette Engelbreth, Claus Estrup, Rasmus Pöckel, Allen Sig, and Jan Kahr Sørensen. *Idræt C. Systime*, 2010.
- [32] Tony Leyland. The myth of the fat-burning zone, Februar 2007. URL [http://norcalwaterpolo.com/downloads/54\\_07\\_Myth\\_Fat\\_Burn\\_Zone.pdf](http://norcalwaterpolo.com/downloads/54_07_Myth_Fat_Burn_Zone.pdf).
- [33] The myth of losing weight in fat burning zones, November 2015. URL <http://www.heartratejournal.com/the-myth-of-losing-weight-in-fat-burning-zones/>.
- [34] Anna Bugge, Jesper von Seelen, Mia Herskind, Charlotte Svendler, Anne Kær Thorsen, Jørn Dam, Jakob Tarp, Mona Have Sørensen, Line Grønholt Olesen, and Karsten Froberg. *Forsøg med Læring i Bevægelse*. Institut for Idræt og Biomekanik, Syddansk Universitet, 2015.
- [35] Mirko Schmidt, Fabienne Egger, and Achim Conzelmann. Delayed positive effects of an acute bout of coordinative exercise on children's attention. *Perceptual & Motor Skills*, 2015. doi: 10.2466/22.06.PMS.121c22x1.
- [36] GjensidigeForsikring. Antallet af smartphones og tablets i skolen stiger og stiger, 2014. URL [https://www.gjensidige.dk/om-os/presse/pressearkiv/\\_attachment/55079?\\_ts=147c4e28b98](https://www.gjensidige.dk/om-os/presse/pressearkiv/_attachment/55079?_ts=147c4e28b98).
- [37] James F. Sallis, Bruce G. Simons-Morton, and Elaine et al. J. Stone. Determinants of physical activity and interventions in youth. *Medicine and science in sports and exercise*, 1992.
- [38] Aleta L. Meyer and Thomas P. Gullotta. *Physical Activity Across the Lifespan*. Springer, 2012. doi: 10.1007/978-1-4614-3606-5.
- [39] Søren Nabe-Nielsen and Indenrigs og Sundhedsministeriet et al. Alle børn i bevægelse - ideér til initiativer. *Kræftens bekæmpelse*, 2005.
- [40] Stef P. J. Kremers and Johannes Brug. Habit strength of physical activity and sedentary behavior among children and adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 2008.
- [41] NOVA. *Psychology of Motivation*. Nova Science Pub Inc, 2007.

- [42] Simon J. Sebire, Russell Jago, Kenneth R. Fox, Mark J. Edwards, and Janice L. Thompson. Testing a self-determination theory model of children's physical activity motivation: a cross-sectional study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2013. doi: 10.1186/1479-5868-10-111.
- [43] A. Q. Romani. Hvad forårsager overvægt og inaktivitet blandt skoleelever?: Redegørelse for forløb og test af resultater af projekt 3a, 2013. URL <http://vbn.aau.dk/da/publications/hvad-foraarsager-overvaegt-og-inaktivitet-blandt-skoleelever%2853e453bf-9442-40d1-93ec-9b2a337d1d36%29.html>.
- [44] J. Wesley McWhorter. The obese child: Motivation as a tool for exercise. *Journal of Pediatric Health Care Home*, 2003. doi: 10.1067.
- [45] Sparkfun. Accelerometer basics, 2016. URL <https://learn.sparkfun.com/tutorials/accelerometer-basics>.
- [46] Chris Woodford. Pedometers, 2016. URL <http://www.explainthatstuff.com/how-pedometers-work.html>.
- [47] Sparkfun. Gyroscope, 2016. URL [https://learn.sparkfun.com/tutorials/gyroscope?\\_ga=1.56105961.31162899.1455182882](https://learn.sparkfun.com/tutorials/gyroscope?_ga=1.56105961.31162899.1455182882).
- [48] inc. Fuhu. Nabi compete, 2015. URL <https://www.nabitablet.com/wearables/compete>.
- [49] UNICEF Kid Power. Unicef kid power, 2015. URL <http://schools.unicefkidpower.org/about/>.
- [50] Trygve Laub Asperhøj. Danskernes motions- og sportsvaner 2011. *Idrættens analyseinstitut*, 2013.
- [51] DTU transport. Transportvaneundersøgelsen, 2014.
- [52] COWI. Evaluering af abc med fokus på samfundsøkonomiske effekter. *Cyklist forbundet*, (1. udgave), 2015. URL [http://www.abc-abc.dk/Lærer/~/media/ABC2013/Presse/COWI\\_Evaluering%20af%20ABC%20-%2031052013.ashx](http://www.abc-abc.dk/Lærer/~/media/ABC2013/Presse/COWI_Evaluering%20af%20ABC%20-%2031052013.ashx).
- [53] UNICEF Kid Power. Kid power band manual (kid power band 2.0), 10 2015. URL <http://support.schools.unicefkidpower.org/hc/en-us/articles/206611105-Kid-Power-Band-Manual-Kid-Power-Band-2-0->.
- [54] Unicef kid power band - blue, 2016. URL [http://intl.target.com/p/unicef-kid-power-band-blue/-/A-50078493#prodSlot=\\_1\\_1](http://intl.target.com/p/unicef-kid-power-band-blue/-/A-50078493#prodSlot=_1_1).
- [55] Sqord. Parents & families, 2015. URL <http://www.sqord.com/parents.php>.
- [56] Sqord. Schools, teams, and youth organizations, 2015. URL <http://www.sqord.com/groups.php>.
- [57] Replacement booster, 2016. URL <https://sqord.myshopify.com/>.

- [58] inc. Fuhu. Tech specs, 2015. URL <https://www.nabitablet.com/wearables/compete/specs>.
- [59] Sarah Perez. Nabi compete is a new fitness tracker designed for kids, 2015 . URL <http://techcrunch.com/2015/11/10/nabi-compete-is-a-new-fitness-tracker-designed-for-kids/>.
- [60] Ibitz. Ibitz features, 02 2016. URL <http://ibitz.com/features/>.
- [61] Christopher L. Vaughan, Brian L. Davis, and Jeremy C. O'Connor. *Dynamics of human gait*. Kiboho Publishers, Cape Town, South Africa, 2. udgave edition, 1992.
- [62] Michael W. Whittle. *Gait analysis - An introduction*. Butterworth Heineman, 4. udgave edition, 1990.
- [63] Jan Rueterbories, Erika G. Spaich, Birgit Larsen, and Ole K. Andersen. Methods for gait event detection and analysis in ambulatory systems. *Elsevier*, 2010. doi: 10.1016/j.medengphy.2010.03.007.
- [64] Raymond A. Serway and John W. Jewett. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. Brooks/Cole cengage learning, ottende udgave edition, 2010.
- [65] Ian Cleland and Basel et al. Kikhia. Optimal placement of accelerometers for the detection of everyday activities. *Sensors*, 2013. doi: 10.3390/s130709183.
- [66] Robert S. Adelaar. The practical biomechanics of running. *The American Journal of Sports Medicine*, 1986.
- [67] Tom F. Novacheck. The biomechanics of running. *Elsevier Science B.V.*, 1998. doi: 0966-6362:98:\$19.00.
- [68] Peter G. Weyand and Mauren et al. Kelly. Ambulatory estimates of maximal aerobic power from foot -ground contact times and heart rates in running humans. *American Physiological Society*, 2001. URL <http://jap.physiology.org/content/91/1/451>.
- [69] Springer. *Biomechanics of cycling*. Springer, 2014.
- [70] Stephen J. Cockcroft. An evaluation of inertial motion capture technology for use in the analysis and optimization of road cycling kinematics. *Stellenbosch University*, 2011.
- [71] Raluca Marin-Perianu and Miah et al. Marin-Perianu. A performance analysis of a wireless body-area network monitoring system for professional cycling. *Springer*, 2013. doi: 10.1007/s00779-011-0486-x.
- [72] Cynthia R. Lee and Claire T. Farley. Determinants of the center of mass trajectory in human walking and running. *The Journal of Experimental Biology*, 1998.
- [73] John G. Webster. *Medical Instrumentation, Application and Design*. John Willey and Sons, 4 edition, 2011. doi: 978-0471676003.
- [74] Ryan Goodrich. Accelerometers: What they are & how they work. *Livescience*, 2013. URL <http://www.livescience.com/40102-accelerometers.html>.

- [75] D.H Titterton and J.L. Weston. *Strapdown Inertial Navigation Technology*. The Institution of Electrical Engineers, 2004.
- [76] Demension Engineering. A beginners guide to accelerometers. URL <http://www.dimensionengineering.com/info/accelerometers>.
- [77] Britannica Academic. Accelerometer, 2016. URL <http://academic.eb.com/EBchecked/topic/2859/accelerometer>.
- [78] Neil Barbour. Gyroscope. *McGraw-Hill Education*, 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.1036/1097-8542.304100>.
- [79] H. J. Luinge and P.H Veltink. Measuring orientation of human body segments using miniature gyroscopes and accelerometers. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 2005. URL <http://link.springer.com/article/10.1007/BF02345966>.
- [80] Chee Teck Phua, Gaëlle Lissorgues, and Bruno Mercier. *Non-invasive Acquisition of Blood Pulse Using Magnetic Disturbance Technique*. Springer Berlin Heidelberg, 2009. URL [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-92841-6\\_193](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-92841-6_193).
- [81] K. Srinivas, L. Ram Gopal Reddy, and R. Srinivas. *Estimation of heart rate variability from peripheral pulse wave using PPG sensor*. Springer Berlin Heidelberg, 2006. URL [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-68017-8\\_83](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-68017-8_83).
- [82] Center for Scienceuddannelse. Prosesstyring i teknologi - microcontrollerens historie. URL <http://iftek.dk/>.
- [83] Andrew S. Tanenbaum. *Structured computer organization*. Pearson, 2006.
- [84] CYPRESS. Cy8ckit-043 psoc® 4 m-series prototyping kit, 2016. URL <http://www.cypress.com/documentation/development-kitsboards/cy8ckit-043-psoc-4-m-series-prototyping-kit>.
- [85] Cypress Semiconductor. *PSoC® 4 M-Series Prototyping Kit Guide*, 2016. URL <http://www.cypress.com/file/193101/download>.
- [86] CYPRESS. 32-bit arm® cortex®-m0 psoc® 4200 programmable digital, 2016. URL <http://www.cypress.com/products/32-bit-arm-cortex-m0-psoc-4200-programmable-digital>.
- [87] Gagan Luthra. Ble peripheral and broadcaster - changing gap roles, 2015. URL <http://www.cypress.com/blog/100-projects-100-days/project-007-ble-peripheral-and-broadcaster-changing-gap-roles>.
- [88] Sparkfun. I2c, 2016. URL <https://learn.sparkfun.com/tutorials/i2c>.
- [89] Cypress Semiconductor. *PSoC® 4: PSoC 4200M Family Datasheet*, 2016. URL [http://www.mouser.com/ds/2/100/PSoC\\_4\\_PSoC\\_4200M\\_Family\\_Datasheet%20-535434.pdf](http://www.mouser.com/ds/2/100/PSoC_4_PSoC_4200M_Family_Datasheet%20-535434.pdf).
- [90] James Moore and George Zouridakis. *Biomedical technology and devices*. CRC Press LLC, 2004.

- [91] Daniel H. Sheingold. Analog-to-digital converter. *AccessScience*, 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.1036/1097-8542.031800>.
- [92] Rajiv Badiger. *PSoC® 4 Interrupts*. Cypress, 2016. URL <http://www.cypress.com/file/127121/download>.
- [93] Manoj Kumar Yadav and Mohit Rohilla. Difference between risc and cisc architecture, 2016. URL <http://www.firmcodes.com/difference-risc-sics-architecture/>.
- [94] Cypress Semiconductor. *CYBLE-022001-00 EZ-BLE PRoC Module*, 2016. URL <http://www.cypress.com/file/140791/download>.
- [95] Cypress Semiconductor. *CYBL10X6X Family Datasheet PRoC BLE*, 2016. URL <http://www.cypress.com/file/139841/download>.
- [96] CYPRESS. *Customer Training Workshop: Introduction to BLE System Design*, 2016. URL [https://www.ieee.li/pdf/viewgraphs/introduction\\_to\\_ble\\_system\\_design.pdf](https://www.ieee.li/pdf/viewgraphs/introduction_to_ble_system_design.pdf).
- [97] Martin Sauter. *From GSM to LTE*. John Wiley & Sons, 2011.
- [98] Naresh Gupta. *Inside Bluetooth Low Energy*. Artech House, 2013. URL ISBN:978-1608075799.
- [99] Jimb0. Serial communication, 2016. URL <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-communication>.
- [100] He Chun-zhi, Xia Yin-shui, and Wang Lun-yao. A universal asynchronous receiver transmitter design. *Institute of Circuits and Systems*, 2011.
- [101] Jimb0. Lsm9ds1 breakout hookup guide, 2016. URL <https://learn.sparkfun.com/tutorials/lsm9ds1-breakout-hookup-guide#lsm9ds1-overview>.
- [102] C. Semiconductor. *PSoC 4 Low-Power Modes and Power Reduction Techniques*, 2016. URL <http://www.cypress.com/file/121271/download>.
- [103] Steven W. Smith. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*. California Technical Publishing, 1997.
- [104] Dick Blandford and John Parr. *Introduction to Digital Signal Processing*. Pearson, 2013.
- [105] Jan Rueterbories, Erika G. Spaich, Birgit Larsen, and Ole K. Andersen. Methods for gait event detection and analysis in ambulatory systems. *Medical Engineering & Physics*, 2010.
- [106] Anatomia perna, Marts 2016. URL <https://www.pinterest.com/arturrebelo3/anatomia-perna/>.
- [107] Shimmer3, Marts 2016. URL <http://www.shimmersensing.com/shop/shimmer3>.
- [108] Patientinformationen. Hjerterehabilitering i terapien. *Sygehus Sønderjylland*, 2013.

- [109] Lisa Miles. *Physical activity and health*. British Nutrition Foundation: Nutrition Bulletin, 2007. URL [https://www.nutrition.org.uk/attachments/101\\_Physical%20activity%20and%20health.pdf](https://www.nutrition.org.uk/attachments/101_Physical%20activity%20and%20health.pdf).

## A.1 Formål

Pilotforsøget udføres med henblik på at kunne lave algoritmer ud fra målinger med et accelerometer og gyroskop, som adskiller de tre forskellige aktivitetsformer gang, løb og cykling. Det undersøges derudover hvilke af accelerometerets akser der er essentielle at lave algoritmer ud fra. Ydermere undersøges signalernes frekvens for at undgå aliasing i det endelige system og for at kende nyquistfrekvensen. Sidst undersøges hvilken indflydelse placering af sensoren har på signalets udformning. Dette gøres så det endelige systems signal ikke går i mætning på grund af stor kraftpåvirkning, og for at undersøge om signalerne kan adskilles uanset hvilken af de tre placeringer der vælges.

Til opsamling af data, anvendes en Shimmer 3. Dette er en enhed, som indeholder flere sensorer, hvor der til forsøget benyttes et accelerometer og et gyroskop.

Formålet med pilotforsøget er dermed:

- At undersøge hvordan signalerne for gang, løb og cykling adskilles fra hinanden.
- At undersøge hvilken betydning placering af sensorerne har for signalets udformning ved de tre aktivitetsformer gang, løb og cykling.
- At bestemme frekvensområdet for signalerne.
- At bestemme amplitude for signalerne

## A.2 Metode

Til forsøget medtages kun forsøgspersoner, som ikke lider af gener der forhindrer dem i at udføre aktiviteterne gang, løb og cykling. Er en person skadet eller syg, eksluderes denne dermed fra forsøget. Der udføres kun forsøg på gruppemedlemmer, og det er derfor ikke muligt at udføre forsøget på en person fra målgruppen, som er på 8-12 år. Resultaterne kan dermed variere i forhold til målgruppen, da disses vægt og højde vil varierer fra forsøgspersonerne.

Forsøget vil tage udgangspunkt i tre forudbestemte placeringer på underbenet af enheden, Shimmer3. Disse placeringer er udvalgt på baggrund af bevægelsesanalysen, hvor det ses at de største bevægelser optræder her i forbindelse med gang, løb og cykling. Accelerometet registrerer position og acceleration, og det forventes derfor at den største forskel vil kunne ses ved disse placeringer, da det især er denne del af benet, der bevæges under gang og løb. I databehandlingen behandles kun data fra accelerometerets x- og y-akse, da det kun er placering B der påvirkes af z-aksen ved aktiviteten gang, hvormed det formodes at samme påvirkning gælder for løb[105]. Ud fra bevægelsesanalysen i afsnit 3.3, udledes det ligeledes at alle tre aktiviteter primært er i disse to retninger.

### A.2.1 Materialer

- Løbebånd med justerbar hastighed og sikkerhedsbæresele.

- Motionscykel.
- Shimmer3 sensor med tilhørende holder og strap.
- Sportstape.
- Computer med følgende software:
  - Labview.
  - Shimmer sensing.

## A.3 Fremgangsmåde

Forsøgets fremgangsmåde i to dele. Første del indeholder en opsætning af Shimmer3, mens den anden del er fremgangsmåden for optagelse af data fra forsøget.

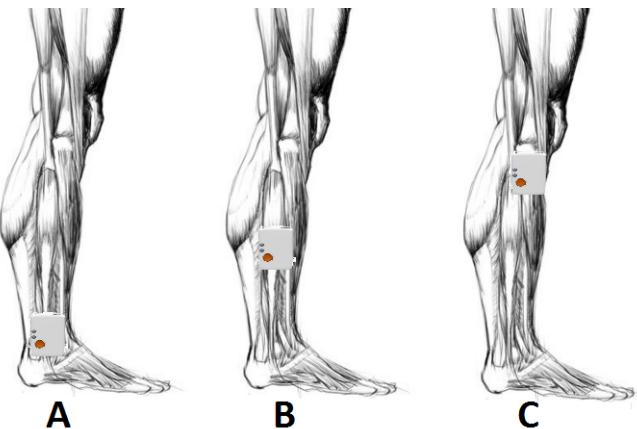
### Opsætning af Shimmer3 SUB

Før forsøgene kan udføres skal Shimmer forbindes korrekt med computeren, og indstilles til at bruge de sensorer der ønskes i pilotforsøget.

- Shimmer forbindes til programmet Labview gennem bluetooth.
- Shimmer indeholder en række sensorer, hvoraf følgende skal aktiveres:
  - Widerange Accelerometer.
  - Gyroscope.
- De maksimale arbejdsmråder på  $\pm 16$  g og  $\pm 2000$  dps vælges, da signalets amplitude endnu er ukendt.
- Samplingsfrekvensen indstilles på 512 Hz, da signalets frekvens er ukendt, og denne samplingsfrekvens er den maksimale der kan vælges, når både gyroskopet og accelerometeret er i brug.
- Det er nu muligt at starte stream, og derefter realtime.

### A.3.1 Udførsel af forsøget

Forsøget udføres på fire forsøgspersoner, som alle skal udføre aktiviteterne gang, løb, hastigheds stigning og cykling. Den nedenstående beskrivelse af forsøgets fremgangsmåde er gældende for én af de forudbestemte placeringer af Shimmer3 på forsøgspersonens højre ben. Alle fire aktiviteter udføres før placeringen ændres, dog benyttes den samme fremgangsmåde til de resterende to placeringer. De tre placeringer kan ses på figur A.1



**Figur A.1:** På figuren ses, hvor sensoren skal placeres under pilotforsøget. Placering A: proximalt for den laterale malleolus. Placering B: medialt på den laterale side af tibia. Placering C: distalt for patella på den laterale side. (Modificeret fra [106, 107])

Inden forsøget skal forsøgspersonen fastspændes i en sikkerhedssele, så der ikke opstår skader hvis personen snubler på løbebåndet. Derudover skal forsøgspersonen inden hver måling fortælle hvor på borgskalaen denne befinder sig og er det under 11 kan målingen påbegyndes. Denne værdi er valgt for at forsøgspersonen ikke allerede har det som om kroppen er i gang med træning, og det dermed sikres at alle forsøgspersoner har samme startbetingelser for alle forsøg. Borgskalaen der benyttes til pilotforsøget kan ses på figur A.2.

Borg-trin	Oplevelse	Træningseffekt
6	Hvile	Ingen ☺
7		
8	Det føles meget let Svært at mærke forskel på niveauerne	Opvarmning / nedvarmning
9		
10		
11		
12	Du kan mærke at du træner - men det er slet ikke hårdt	Sundhedseffekt - men kræver lang tid
13		
14	Snakkegrænsen Du kan snakke, men sætninger bliver afbrudt af åndedrag	Kondition og sundhed for de fleste
15		
16	Kraftigt forpustet Du puster kraftigt og kan kun svare med enkelte ord	Effektiv kondition - men hård træning
17		
18	Udmattelse	Præstations- og sprintevne
19	Få minutter eller sekunder til at du må stoppe	
20		

**Figur A.2:** På figuren ses borgskalaen, som er den der benyttes inden forsøgsstarten. (Modificeret)[108])

Første måling er gang, hvor et middel gangtempo på 4,8 km/t er valgt[109].

- Der foretages en baseline på 10 sekunder, hvor forsøgspersonen skal stå oprejst med ret ryg og fødderne placeret parallelt og kigge ligefrem ved baseline målingen.
- Løbebåndet indstilles til 4,8 km/t, hvor forsøgspersonen går på løbebåndet indtil en konstant hastighed på løbebåndet opnås.
- Målingen på 45 sekunder igangsættes.

Anden måling er løb, et middel løbetempo på 11,3 km/t er valgt[109].

- Der foretages en baseline på 10 sekunder, hvor forsøgspersonen skal stå oprejst med ret ryg og fødderne placeret parallelt og kigge ligefrem ved baseline målingen.
- Løbebåndet indstilles til 11,3 km/t, hvor forsøgspersonen løber på løbebåndet indtil en konstant hastighed på løbebåndet opnås.
- Målingen på 45 sekunder igangsættes.

Tredje måling foretages på løbebåndet, hvor forsøgspersonen gradvist skal stige i tempo under hele forsøget. Der noteres under forsøget hvornår forsøgspersonen skifter fra gang til løb.

- Der foretages en baseline på 10 sekunder, hvor forsøgspersonen skal stå oprejst med ret ryg og fødderne placeret parallelt og kigge ligefrem ved baseline målingen.
- Målingen igangsættes.
- Løbebåndet indstilles til 2 km/t, hvor forsøgspersonen skal gå i 20 sekunder.
- Hastigheden stiger herefter med 2 km/t for hvert 20. sekund, indtil forsøgspersonen har opnået maksimal hastighed, eller løbebåndets maksimale hastighed.
- Målingen stoppes.

Sidste måling er cykling, hvor et cykeltempo på 20,9 km/t er valgt, hvilket er et højt cykeltempo[109]. Tempoet er dog underordnet, da der kun ønskes at se på forskellen i selve bevægelsen fra de andre aktivitetsformer.

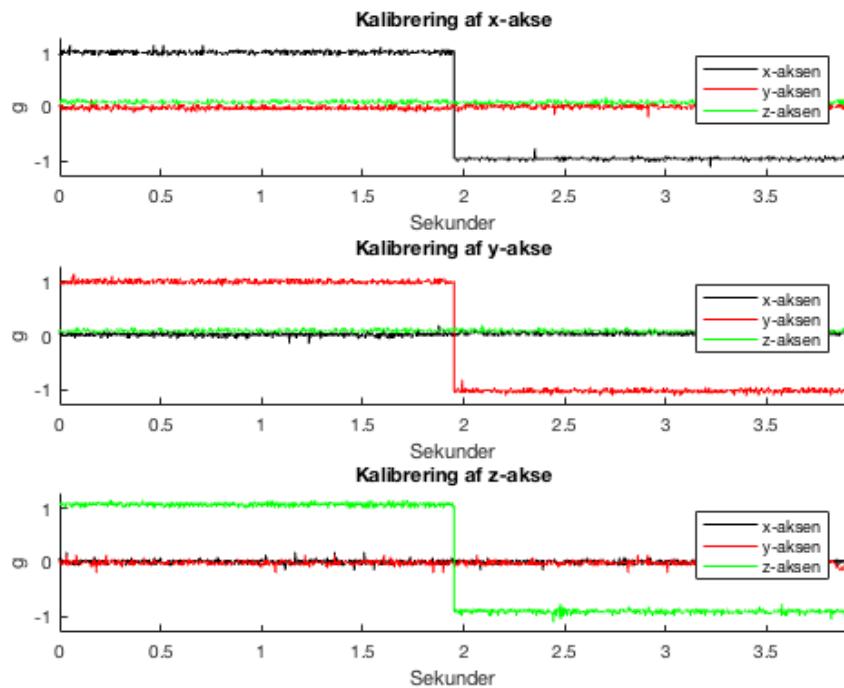
- Der foretages en baseline på 10 sekunder, hvor forsøgspersonen skal sidde i en naturlig cykelposition på motionscyklen med begge fødder på pedalerne, hvoraf den højre pedal skal være helt i bund. Denne position er valgt, da den er mulig at lave tilnærmedesvis ens for alle forsøgspersoner, hvormed de får den samme baseline.
- Forsøgspersonen træder i pedalerne indtil denne opnår en konstant hastighed på 20,9 km/t ved en belastning på 35 W. Dermed sikres det at alle forsøgspersoner bruger den samme belastning gennem forsøget.
- Målingen på 45 sekunder igangsættes.

## A.4 Databehandling

### A.4.1 Kalibrering af Shimmer

Forud for pilotforsøgets målinger blev Shimmer kalibreret og testet. For at undersøge hvorvidt kalibreringen af Shimmer fungerede optimalt, blev der opsamlet data til at be-, eller afkræfte dette. Data fra de tre akser, x, y og z blev behandlet.

Når Shimmer er placeret i en kalibreringsboks på et bord med henblik på en respektiv akse, bør accelerometeret blive påvirket med  $\pm 1g$ , mens de resterende akser ikke bør påvirkes.



**Figur A.3:** På figuren ses kalibreringsdataene tilhørende accelerometerets x, y og z-akse.

For hver akse blev den gennemsnitlige værdi for henholdsvis den positive- og negative akse beregnet. Dette resulterede i at x-aksen gennemsnitlig afveg henholdsvis 3,5% i den negative akse og -2,2% i den positive akse. y-aksen afveg gennemsnitligt -2,6% i den negative akse og -0,6% i den positive akse. z-aksen afveg gennemsnitligt med 8,8% i den negative akse og 8,0% i den positive akse.

#### A.4.2 Baseline af gang, løb og cykling

Forud for hver enkelt måling blev der foretaget en baselinemåling som indikation for hvorvidt Shimmer fungerede forud for aktiviteten. Dataene skal afspejle en tilnærmelsesvis fuldstændig tyngdekraftpåvirkning på accelerometerets y-akse, som resultat af Shimmers placering på benet.

Forsøgsperson	Placering A, y-akse [g]	Placering B, y-akse [g]	Placering C, y-akse [g]
F1	0,98	0,99	0,97
F2	1	0,99	0,96
F3	0,98	0,98	0,98
F4	0,97	0,99	0,95

**Tabel A.1:** I tabellen ses de gennemsnitlige baselineresultater fra accelerometerets y-akse forud for gang.

Forsøgsperson	Placering A, y-akse [g]	Placering B, y-akse [g]	Placering C, y-akse [g]
F1	0,99	0,99	0,97
F2	0,99	0,99	0,96
F3	0,97	0,98	0,98
F4	0,97	0,99	0,95

**Tabel A.2:** I tabellen ses de gennemsnitlige baselineresultater fra accelerometerets y-akse forud for løb.

Ved cykling benyttes gyroskopets data, da cykling detekteres som en roterende bevægelse omkring z-aksen. Enheden af dataet heraf er grader per sekund (dps), og dermed bør baselineresultaterne ligge omkring nul.

Forsøgsperson	Placering A, z-akse [dps]	Placering B, z-akse [dps]	Placering C, z-akse [dps]
F1	-0,98	-0,83	-0,87
F2	-0,90	-0,79	-0,77
F3	-0,68	-0,58	-0,99
F4	-0,89	-0,92	-0,85

**Tabel A.3:** I tabellen ses de gennemsnitlige baselineresultater fra gyroskopets z-akse forud for cykling.

#### A.4.3 Minimum og maksimum g-påvirkning under gang, løb og hastighed

Dataene fra aktiviteterne, gang, løb og hastigheds stigning blev alle behandlet med henblik på bestemmelse af den maksimale g påvirkning heraf. Dette blev bestemt af minimum og maksimum påvirkning, for alle aktiviteter samt placeringer. Dataene blev kun behandlet med henblik på accelerometerets y-akse, som resultat af afsnit 3.3.

Gang:

Forsøgsperson	Baseline neutral	Minimum og maksimum:		
		Placering A [g]	Placering B [g]	Placering C [g]
F1	(x), (x), (x)	0,09 ; 2,51	0,00 ; 2,32	-2,51 ; 3,33
F2	(x), (x), (x)	-0,19 ; 3,19	-0,43 ; 3,04	-0,97 ; 2,84
F3	(x), (x), (x)	-0,24 ; 3,52	-0,39 ; 3,38	-0,20 ; 2,51
F4	(x), (x), (x)	-0,04 ; 2,84	-0,29 ; 3,62	-0,50 ; 3,52

**Tabel A.4:** I tabellen ses minimum og maksimum resultaterne fra accelerometerets y-akse som resultat af gang. Minimum og maksimum er fundet for både placering A, B og C. Baseline neutral (x) indikerer at baselinemålingen var som forventet forud for målingen.

Løb:

Forsøgsperson	Baseline neutral	Minimum og maksimum: Placering A [g]	Minimum og maksimum: Placering B [g]	Minimum og maksimum: Placering C [g]
F1	(x), (x), (x)	-2,03 ; 8,59	-2,80 ; 5,07	-4,10 ; 3,33
F2	(x), (x), (x)	-0,97 ; 5,35	-2,51 ; 6,13	-4,44 ; 6,52
F3	(x), (x), (x)	-2,12 ; 5,55	-1,83 ; 5,60	-2,46 ; 5,60
F4	(x), (x), (x)	-3,48 ; 6,42	-4,63 ; 6,76	-3,52 ; 8,30

**Tabel A.5:** I tabellen ses minimum og maksimum resultaterne fra accelerometerets y-akse som resultat af løb. Minimum og maksimum er fundet for både placering A, B og C. Baseline neutral (x) indikerer at baselinemålingen var som forventet forud for målingen.

Hastigheds stigning:

Forsøgsperson	Baseline neutral	Minimum og maksimum: Placering A [g]	Minimum og maksimum: Placering B [g]	Minimum og maksimum: Placering C [g]
F1	(x), (x), (x)	-3,04 ; 8,20	-4,59 ; 6,28	-6,66 ; 7,10
F2	(x), (x), (x)	-3,19 ; 10,96	-3,19 ; 10,48	-7,58 ; 9,61
F3	(x), (x), (x)	-4,92 ; 10,48	-4,92 ; 13,13	-4,63 ; 9,70
F4	(x), (x), (x)	-8,83 ; 16,95	-8,83 ; 16,32	-8,01 ; 15,35

**Tabel A.6:** I tabellen ses minimum og maksimum resultaterne fra accelerometerets y-akse som resultat af hastigheds stigning. Minimum og maksimum er fundet for både placering A, B og C. Baseline neutral (x) indikerer at baselinemålingen var som forventet forud for målingen.

Denne databehandling vil senere i afsnittet vedrørende fortolkning af databehandlingen resultere i at placering A opfylder kravene hertil. I takt med at kravene opfyldes vil dette medfører, at den resterende databehandling blot tager udgangspunkt i placering A.

#### A.4.4 Maksimal omdrejninger per sekund under cykling

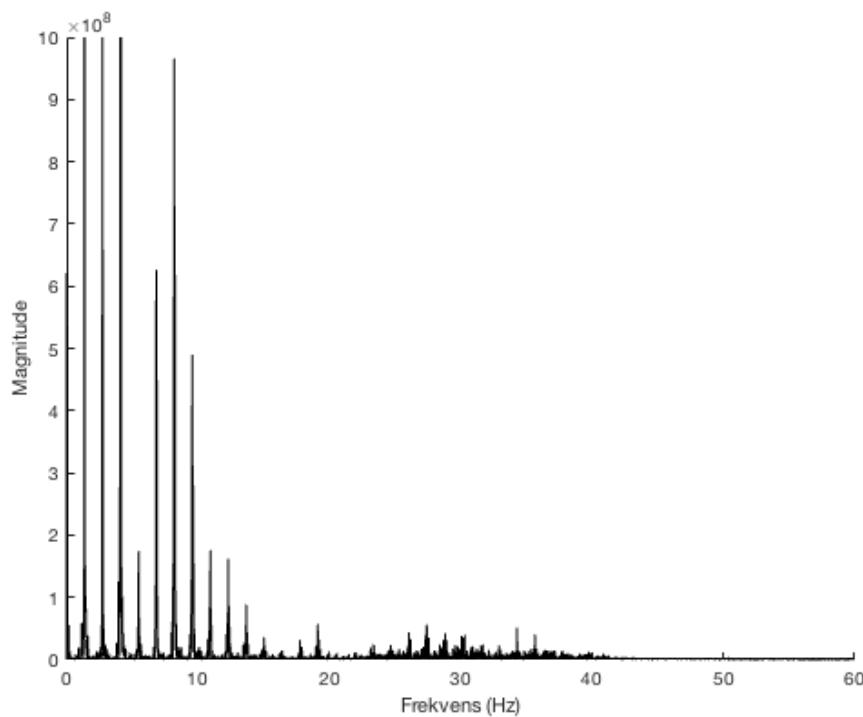
Dataene fra aktiviteten, cykling, blev behandlet med henblik på bestemmelse af den maksimale amplitude fra gyroskopet. Dette blev bestemt ved at beregne den maksimale peak-to-peak, under udførelsen af cykling. Dataene blev kun behandlet med henblik på gyroskopets z-akse, som resultat af afsnit 3.3.

Forsøgsperson	Baseline neutral	Peak-to-Peak [dps]
F1	(x)	235,4
F2	(x)	216,5
F3	(x)	305,3
F4	(x)	320,4

**Tabel A.7:** I tabellen ses de maksimale peak-to-peak resultater fra gyroskopets z-akse som resultat af cykling. Baseline neutral (x) indikerer at baselinemålingen var som forventet forud for målingen.

#### A.4.5 Frekvensindhold af gang, løb og cykling

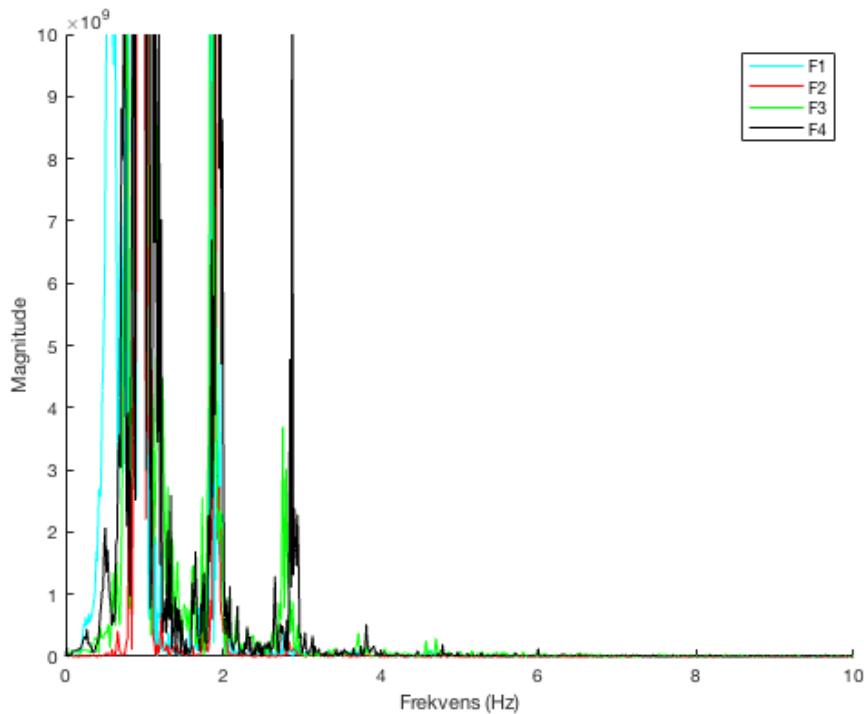
Dataene fra aktiviteterne, gang og løb blev behandlet for at bestemme signalernes frekvensindhold. Resultatet af dette muliggør bestemmelsen af samplingsfrekvensen vedrørende accelerometeret og gyroskopet. Der blev foretaget en frekvensdomæne analyse, hvilket muliggør visualisering af signalets magnitude ved forskellige frekvenser, hvoraf energien af signalet kommer til udtryk.



**Figur A.4:** På figuren ses frekvensdomænet af aktiviteten løb for forsøgsperson 1. Den fuldstændige magnitude for de lave frekvenser vises ikke til fulde. Hvis dette skulle være tilfældet ville de mindste magnituder på figuren blive udskalleret.

Frekvensdomæneanalysen vises kun for løb af F1 da frekvensspektrummet var størst heraf. Dette gøres da systemets samplingsfrekvens bestemmes i forhold til den højest målte frekvens.

Dataene fra aktiviteten, cykling blev behandlet for at bestemme signalernes frekvensindhold, med henblik på bestemmelsen af samplingsfrekvensen vedrørende gyroskopet.

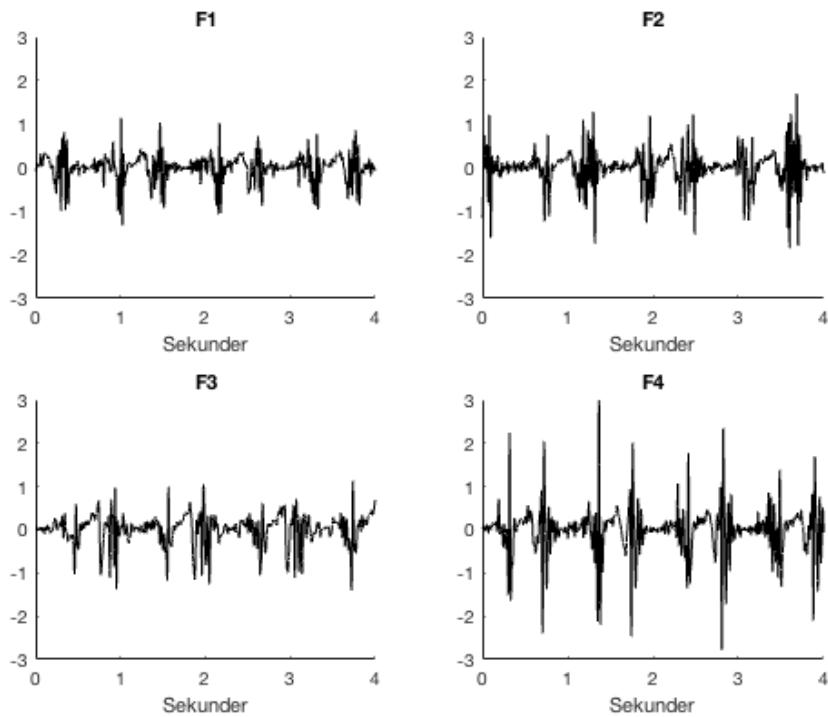


**Figur A.5:** På figuren ses frekvensdomænet af aktiviteten cykling for alle forsøgspersoner. Den fuldstændige magnitude for de lave frekvenser vises ikke til fulde. Hvis dette skulle være tilfældet ville de mindste magnituder på figuren blive udskalleret.

#### A.4.6 Accelerometer karakteristika vedrørende gang og løb

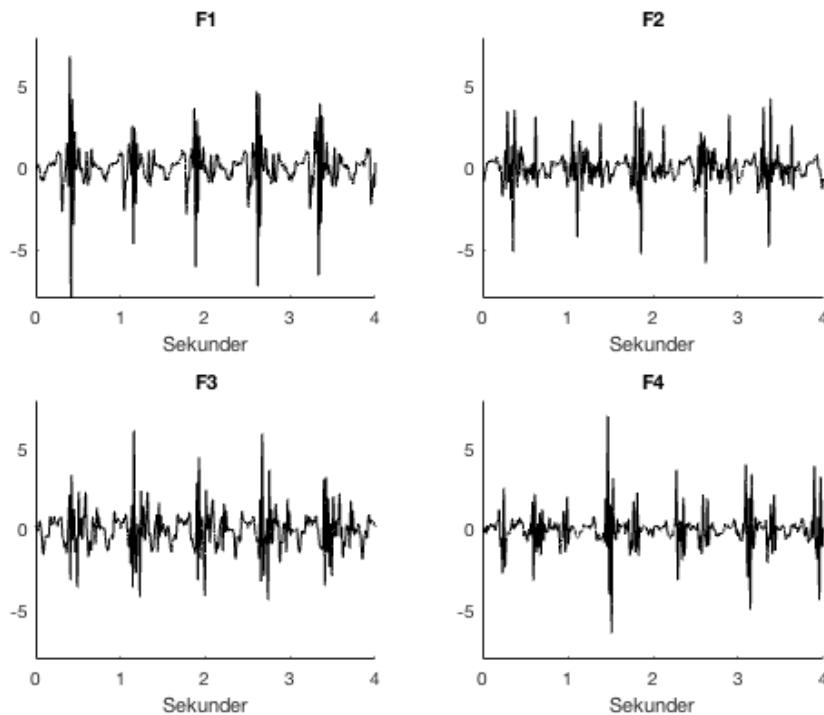
Dataene fra aktiviteten gang og løb blev behandlet med henblik på bestemmelse af signalets karakteristika. Dette blev udført ved at sammensætte forsøgspersonernes data, således en sammenligning og senere algoritmedesign blev muliggjort. Dataene fra accelerometerets y-akse blev for alle forsøgspersoner lavpas filtreret ved 45 Hz og differentieret. Resultatet af at differentiere dataene er, at områderne med størst hældningskoefficient kommer til udtryk, hvoraf hælnedslag og tåafsæt bør fremhæves.

*Gang:*



**Figur A.6:** På figuren ses det filtrerede og differentierede data fra aktiviteten gang for alle forsøgspersoner.

Løb:

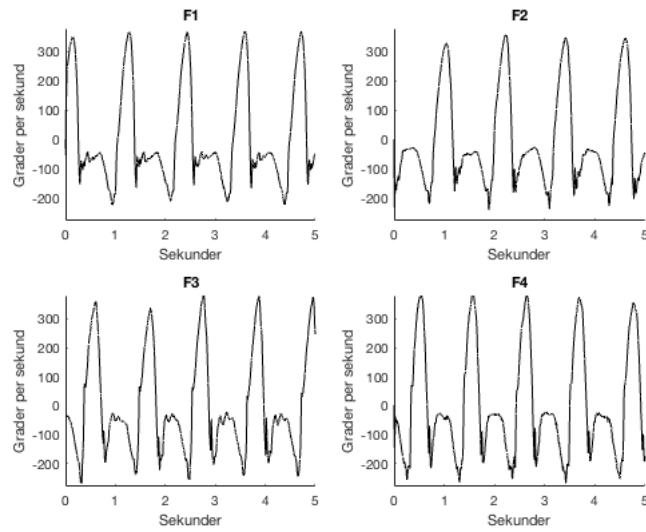


**Figur A.7:** På figuren ses det filtrerede differentierede data fra aktiviteten løb for alle forsøgspersoner.

#### A.4.7 Gyroskop karakteristika vedrørende gang, løb og cykling

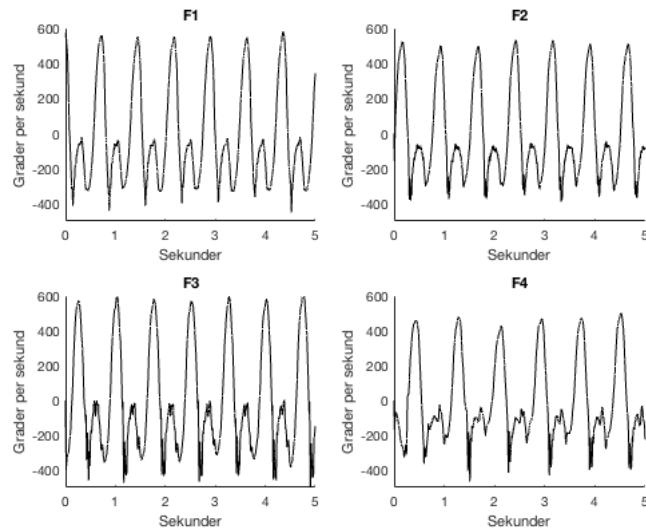
Dataene fra aktiviteterne gang, løb og cykling, blev behandlet med henblik på bestemmelse af signalets karakteristika. Dette blev udført ved at sammensætte forsøgspersonernes data, således en sammenligning blev muliggjort. Aktiviteterne gang og løb blev behandlet for at sikre dette ikke havde samme karakteristika som cykling, med henblik på algoritmedesign. Dataene blev kun behandlet med henblik på gyroskopets z-akse, som resultat af afsnit 3.3.

Gang:



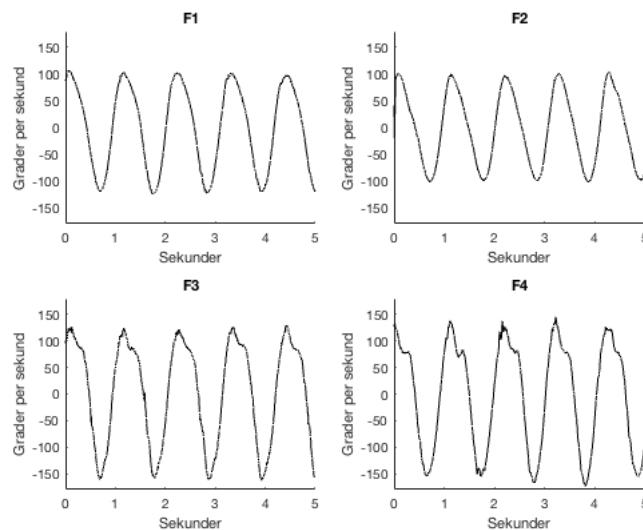
**Figur A.8:** På figuren ses dataene fra gang ved 4,8 km/t fra de fire forsøgspersoner. Dataene er fra gyroskopets z-akse.

Løb:



**Figur A.9:** På figuren ses dataene fra løb ved 11,3 km/t fra de fire forsøgspersoner. Dataene er fra gyroskopets z-akse.

Cykling:



**Figur A.10:** På figuren ses dataene fra cykling ved 20,9 km/t fra de fire forsøgspersoner. Dataene er fra gyroskopets z-akse.

## A.5 Fortolkning af databehandling

### A.5.1 Kalibrering af Shimmer

Resultatet af databehandlingen bevirkede at kalibreringen af Shimmer antages at være tilstrækkelig. Dette antages at være tilstrækkeligt, da y-aksen afviger med henholdsvis -2,6% i den negative akse og -0,6% i den positive akse, fra den teoretiske værdi. En eventuel fejlkilde til at denne fejlmargin forekom, kunne være at bordet hvorop Shimmer var placeret, ikke var i vatter.

### A.5.2 Baseline af gang, løb og cykling

Baselinemålingerne for henholdsvis gang og løb resulterede i en enslignende påvirkning. Som forventet var g påvirkningen ikke 1 g, hvilket kan være et resultat af at Shimmer ikke er placeret ortogonalt på y-aksen, på benet. I og med Shimmer ikke var placeret ortogonalt på benet, kan der være opstået en lille hældning, hvorfor y-aksen ikke påvirkes med præcist 1 g. Resultaterne fra disse målinger indikerer at Shimmer har optaget data som stemmer overens med antagelsen om den tilnærmedesvise påvirkning på 1 g.

Resultaterne fra baselinemålingerne vedrørende cykling ligger som forventet omkring nul, hvilket er et resultat af at Shimmer ikke er blevet påvirket i z-aksen i nogen væsentlig grad, da benet ikke bevæges. Resultaterne af disse målinger indikerer at Shimmer har optaget data som stemmer overens med antagelsen om den tilnærmedesvise påvirkning på 0 dps.

### A.5.3 Maksimal g-påvirkning under gang, løb og hastighed

Resultatet af databehandlingen vedrørende de tre aktiviteter med henblik på bestemmelsen af den maksimale g påvirkning, medførte at hastighedsaktiviteten havde den største påvirkning. Resultaterne fra placering A, B eller C fra F1, F2, F4 overskridt ikke  $\pm 16g$ , hvorfra den mest fordelagtige placering vælges. Med baggrund i afsnit 2.4.2 og afsnit 3.2 skal placeringen ikke

være til gene for barnet, den skal altså nemt af-, og påmonteres, hvoraf placering A er valgt. Dette medfører at den videre resultatbehandling udelukkende tager udgangspunkt i placering A.

#### A.5.4 Maksimal omdrejninger per sekund under cykling

Resultatet af databehandlingen vedrørende maksimal omdrejninger ved cykling resulterede i et spænd mellem 216,5 dps og 320,4 dps. Dette kan være et resultat af at forsøgspersonerne ikke har holdt samme hastighed, hvoraf en pludselig acceleration kan betyde en ændring som ikke er relateret til cykling ved 20,9 km/t. I takt med at der maksimalt blev registreret 320,4 dps, er dette medbestemmende vedrørende valg af et endeligt gyroskop. Et gyroskop til det endelige system skal heraf have et arbejdsområde som er væsentligt større end 320,4 dps.

#### A.5.5 Frekvens indhold af løb og cykling

Databehandlingen af frekvensindholdet fra gang og løb medførte at det største frekvensspektrum lå mellem 0 og 45Hz. Dette medfører at samplingsfrekvensen vedrørende data fra accelerometeret kan bestemmes.

Databehandling af frekvensindholdet fra cykling medførte at det største frekvensspektrum lå mellem 0 og 6 Hz. Dette medfører at samplingsfrekvensen vedrørende data fra gyroskopets kan bestemmes.

#### A.5.6 Accelerometer karakteristika vedrørende gang og løb

Databehandlingen vedrørende accelerometerets karakteristika af gang og løb resulterede i en sammenligning af dataene. Dataene fra gang viser to events hvor peaks fremstår. Disse har en relativ kort afstand til hinanden, efterfulgt af en længere pause. Heraf antages det at de to events er henholdsvis hælnedslag og tåafsæt. Ligeledes for løb var der forskellige events, dog forekom der et harmonisk peak som var betydeligt større end de andre events. Dette antages dermed for at være hælnedslag fra løb. Yderligere behandling af aktiviteternes data med anerkendte algoritmer kan være nødvendig, men databehandlingen medførte at gang og løbs karakteristika kan bestemmes og heraf adskilles. Dette er muligt idet varigheden mellem de antagede hælnedslag forekommer  $\approx 0,43$  sekunder hurtigere ved løb end ved gang.

#### A.5.7 Gyroskop karakteristika vedrørende gang, løb og cykling

Databehandlingen af gyroskopets karakteristika vedrørende gang, løb og cykling resulterede i en sammenligning heraf. Resultatet af dette tyder på, at data fra et gyroskops z-akse tilhørende cykling, tilnærmelsesvis kan afspejles som en sinus-bølge, samt at gang og løb antageligvis ikke kan forveksles heraf. Dette muliggør algoritmedesign med henblik på detektering af cykling. Det kan antages at resultater fra cykling ved forskellige hastigheder vil påvirke signalet i en grad hvor frekvens og amplitude ændres.

### A.6 Konklusion

Pilotforsøget undersøgte aktiviteterne gang, løb og cykling i en biomekanisk sammenhæng. Det kan konkluderes, at de optagede data fra Shimmer3 var valide og dermed repræsentative

fra de optagede forsøg.

På baggrund af forsøgets udførsel og dertilhørende databehandling, kunne det bestemmes at placering A, er den optimale placering med hensyn til projektets formål. Placeringen af systemet vil derfor være fordelagtigt ved laterale malleous.

Aktiviteterne gang, løb og cykling blev behandlet således at en mulig adskillelse heraf blev muliggjort. Det konkluderes med baggrund i databehandlingen, at signalerne er mulige at adskille ved undersøgelse af signalernes udformning for de pågældende aktiviteter. Resultatet af behandlingen af gang, løb og cykling, medførte ydermere at det endelige system skal benytte et accelerometer med et arbejdsområde på  $\pm 16$  g til detektering af gang og løb. Yderligere fremgik det, at et gyroskop med et arbejdsområde der er væsentligt større end 320 dps skal benyttes til detektering af cykling.

Frekvensområdet for aktiviteterne blev undersøgt, hvormed det kan konkluderes at gang og løb skal samples med 60 Hz i det endelig system, samt cykling skal samples med 450 Hz i systemet.