

# Kapitel 1

## Systemtest

---

Dette kapitel indeholder beskrivelse, udførsel af test samt konklusion for test af systemet med kendt input og et bruger-input.

### 1.1 Systemtest med kendt input

I dette afsnit vil det samlede system testes, således det er muligt at undersøge, om systemet behandler dette input, som det forventes. På baggrund af disse målinger er det muligt at konkludere, hvorvidt systemet virker.

#### 1.1.1 Beskrivelse

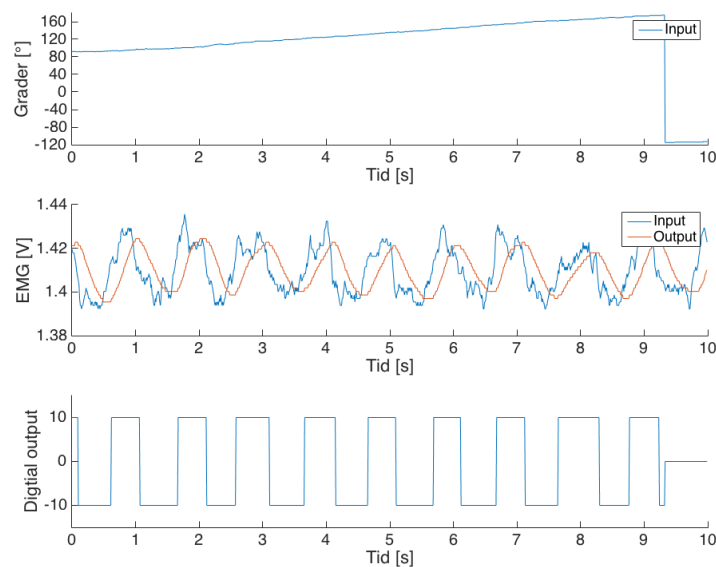
For at teste signalerne fra accelerometrene indsendes to spændinger svarende til hvert deres output. Denne varieres over tid, således spændingen svarer til samlet grader mellem  $90 - 180^\circ$ . Derudover testes det om vinklen vil falde til  $-200^\circ$  for hvert accelerometer, når spændingen svarende til  $180^\circ$  overskrides.

For at teste det samlede system med et kendt input benyttes en funktionsgenerator, således et  $500\text{ Hz}$  sinussignal med en peak-peak-amplitude på  $4\text{ mV}$  kan genereres. Sinussignalets frekvens og amplitude er nær ved, hvad der kan forventes af et filtreret EMG-signal. Outputtet fra sinussignalet er filtreret gennem det implementerede digitale lavpasfilter.

Testen foretages over 10 sekunders måling og optages via mikrokontrolleren. Ud fra disse målinger, er det muligt at teste effekten af systemets blokke, når de er sammensat ved at sammenligne input og output af det samlede sinussignal samt spændingerne for accelerometrene omregnet til en samlet vinkel. Resultaterne fra målingerne visualiseres i MATLAB.

#### 1.1.2 Resultater af test

Fra testen plottes og visualiseres systemets input af det samlede sinussignal, output fra det opsamlede digital filtrerede signal, samt spændingen fra de to accelerometre, der er omregnet til en samlet vinkel ved lineær interpolation. Derudover er det opsamlede digitale output, som er behandlet i EMG-algoritmen, plottet. Resultaterne fremgår af figur 1.1.



**Figur 1.1:** På den øverste figur illustreres den samlede vinkel over tid. Det fremgår af grafen, at vinklen er stigende fra  $90^\circ$  til  $175^\circ$ , hvorefter vinklen falder markant til  $-115^\circ$ . Dette skyldes en overskridelse af spændingen for accelerometeret svarende til  $180^\circ$ . På den midterste figur illustrerer den blå graf det opsamlede inputsignal, svarende til en sinus på  $500\text{ Hz}$  med en  $V_{pp}$  på  $4\text{ mV}$ . Den røde graf illustrerer det samlede sinussignal med et implementeret digitalt lavpasfilter, disse værdier er målt i spænding. På den nederste figur illustreres signalets digitale output. Signalet går fra  $+10$  ved stigende muskelaktivitet til  $-10$  ved en faldende muskelaktivitet. Grafen går i  $0$ , når en overskridelse af en vinkel  $180^\circ$  opnås.

På baggrund af målingerne for den øverste figur på figur 1.1 fremgår det, at en indsendt stigende spænding svarende til  $90 - 175^\circ$ , får den samlede vinkel til at stige. Ved en vinkel på  $175^\circ$  overskrider det ene accelerometer dens maks spænding, hvorfor vinklen daler markant på  $1\text{ ms}$  til  $-115^\circ$ . Dette burde ifølge den implementerede kode gå ned til en vinkel på  $-200^\circ$  ved overskridelse af ét accelerometers grænse spændinger. Vinklen som ikke når  $-400^\circ$  er en indikator for, at det ene accelerometers spænding har været indenfor dens grænser, mens det andet accelerometer har overskredet dens grænser. Hertil kan det ses, at det ene accelerometer har haft indsendt en spænding svarende til  $85^\circ$ , mens det andet accelerometer har haft en spænding der har overskredet grænsen og derfor har en vinkel på  $-200^\circ$ . Det fremgår af den midterste samt nederste figur på figur 1.1, at der ses en sammenhæng mellem det opsamlede digital filtrerede sinussignal og det opsamlede outputsignal. Ved et stigende sinussignal vil outputsignalet indikerer  $10$ , hvilket svarer til en stigning af sinussignalet. Ved fald af sinussignalet vil outputsignalet indikerer et fald og dermed ligge i  $-10$ .

På den nederste figur på figur 1.1 fremgår det, at efter outputsignalet har befundet sig i  $-10$  ved 9 sekunder, stiger outputsignalet efterfølgende til  $0$ . Dette er grundet, at de samlede grader har overskredet én eller flere grænser, og derved fungerer EMG-algoritmen ikke, hvilket illustreres med at outputsignalet går i  $0$ .

## 1.2 Systemtest med bruger-input

### 1.2.1 Beskrivelse

For at teste det samlede system med bruger-input påsættes den positive og negative elektrode på femur, og referenceelektroden påsættes anklen, som illustreret i ?? på henholdsvis ?? og ??, ud fra SENIAMs anvisninger [? ]. Huden præpareres forinden dette for således at fjerne hår og døde hudceller. De to accelerometre påsættes breadboards for at stabilisere deres placering, disse placeres henholdsvis parallelt med femur og parallelt med tibia, som illustreret på ??.

Systemet testes over 10 sekunders måling og optages via mikrokontrolleren. Der skal hertil foretages to målinger, hvor forsøgspersonen starter med at stå opejst og overskride en vinkel på  $180^\circ$  af knæet ved at overtrække knæleddet. Herefter bevæger forsøgspersonen sig langt ned i en squat-øvelse, hvorved vinklen af knæet overskrider grænsen på  $90^\circ$ . Forsøgspersonen bevæger sig herefter tilbage til udgangsposition, hvor de  $180^\circ$  overskrides ved overstræk af knæleddet. På denne måde testes det, hvorvidt om det samlede system fungerer, da en overskridelse af  $90 - 180^\circ$  vil betyde, at data ikke vil gå videre ind i EMG-algoritmen. Dette illustreres ved at det digitale output vil gå i 0. Under testen opsamles det samlede digital filtrede EMG-signal, EMG-algoritmen samt vinklen over knæet.

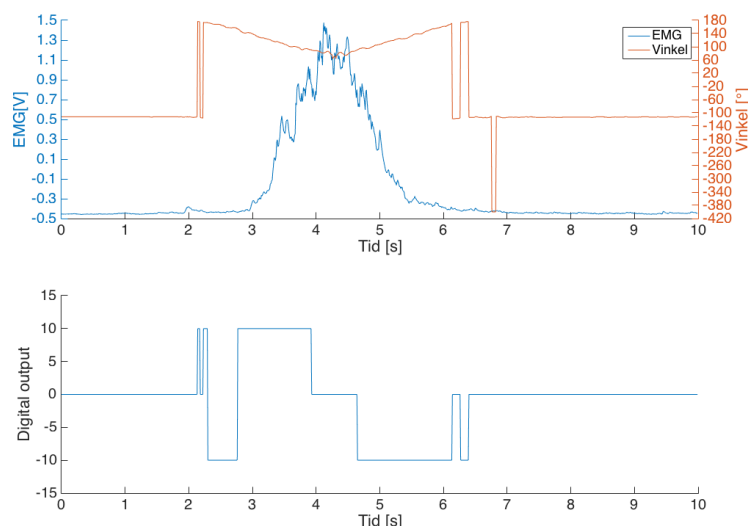
### 1.2.2 Resultater af forsøg

Af 1.2 ses en illustration af systemet påsat forsøgspersonen, hvortil mikrokontrolleren ses koblet til forsøgspersonen.



*Figur 1.2: Forsøgsopstilling til udførelse af symestemtest med bruger-input.*

På baggrund af testen er systemets input samt output plottet og visualiseret. Visualisering af de opsamlede signaler forekommer af figur 1.3.



**Figur 1.3:** På den øverste figur ses muskelaktivitet ved udførelse af en squat-øvelse samt vinklen over knæet under øvelsen. Den blå graf illustrerer det samplede digital filtrerede EMG og den røde graf illustrerer vinklen over knæet. Hertil ses der et fald til under  $-100^\circ$ , hvilket illustrerer en overskridelse af  $180^\circ$ . Den nederste figur illustrerer signalets digitale output i EMG-algoritmen. Denne visualiserer en stigning og et fald af det opsamlede EMG-signal, hvorved en stigning af muskelaktiviteten illustreres som værende +10 og et fald i muskelaktiviteten som værende -10. Ved grafen lig 0 illustreres en overskridelse af  $90 - 180^\circ$  af knæet.

Ud fra testen ses der en sammenhæng mellem muskelaktiviteten under en squat-øvelse og vinklen over knæet under øvelsen. Ved en stigning af muskelaktiviteten ses et fald i grader over knæet, hvilket ses mellem 2–4 s. Herved ses der ved fald af muskelaktiviteten en stigning af grader, hvilket ses mellem 4,5–6,5 s. Ved starten af testen overstrækker forsøgspersonen knæet, hvilket ses ved, at vinklen er  $-112^\circ$ . Grunden til denne er  $-112^\circ$  og ikke  $-400^\circ$  er, at det ene accelerometer har været indenfor græsen på  $180^\circ$  og den andet accelerometer har overskredet grænsen. Det ene accelerometer har derved haft en vinkel på  $88^\circ$ , mens det andet accelerometer har overskredet dens grænse og derfor er den samlet vinkel på  $-112^\circ$ . Det samme gør sig gældende ved slutningen af øvelsen. Ved overstrækning af knæet og dermed overskridelse af  $180^\circ$  ses EMG-algoritmen værende 0. Efter 2 s overstrækkes knæet ikke længere og graderne begynder derved at falde i takt med muskelaktiviteten stiger. Ved en stigning af muskelaktiviteten ses EMG-algoritmen ligeledes stigende. Ved 4 s er vinklen over knæet  $81^\circ$ , hvilket er en overskridelse af grænsen på  $90^\circ$ . Dette illustreres ved EMG-algoritmen går i 0. Efter 4,5 s ses en stigning af grader i takt med et fald i muskelaktiviteten. Derved ses der ligeledes et fald i EMG-algoritmen. Efter 6 s overstrækkes knæene igen, hvorefter begge accelerometre overskrider deres grænser, hvorfor grafen illustrerer  $-400^\circ$ . Herefter overstrækkes knæene fortsat, dog ligger det ene accelerometer indenfor dens grænse, hvilket forklarer vinklen på  $-112^\circ$ .

### 1.3 Konklusion af systemtest

Da det ikke er alle krav i ??, der er mulighed for at teste og dokumenterer ud fra de forsøg , der er foretaget, vurderes disse på baggrund af implementering, test og videreudvikling.

Det samlede system var batteridrevet under udførelsen af begge forsøg, hvorfor dette krav er overholdt. Derudover var det muligt at overføre de beregnede data i mikrokontrollen trådløst til en computer, hvor de efterfølgende blev visualiseret i MATLAB i realtime. På baggrund af dette vurderes det, at det er muligt at sende data trådløst fra en computer videre til et exoskelet, bygget i LEGO mindstorm NXT. Det vurderes yderligere, at systemet er sikkert i forhold til brugersikkerheden, da systemet under forsøget var batteridrevet, og derfor ikke var tilkoblet elnettet, hvormed dette mindskede muligheden for lækstrøm. På nuværende tidspunkt kan systemet opfattes som ikke værende optimalt for brugeren, da der ikke er udarbejdet en prototype. Herved er kravet om exoskelet ikke skal være til gene for brugeren ikke er opfyldt. Ved udvikling af en prototype vil der skulle tages højde dette.<sup>1</sup> På baggrund af målinger foretaget i ?? blev det påvist, at spændingsregulatoren indikerer, når systemet ikke leverer den optimale strøm til systemet, hvorved dette krav er opfyldt.

Ud fra de to forsøg med henholdsvis kendt input og bruger-input vurderes det, at systemet fungerer under kontrollerede forhold samt ved anvendelse af en bruger. Systemet kan opsamle signaler fra rectus femoris samt beregne vinklen af knæleddet, hvilket blev påvist i forsøget med brugerinput, hvor resultaterne fremgår af figur 1.3. Baseret på disse resultater vurderes det yderligere, at systemet kan følge kroppens naturlige bevægelse under udførsel af en squat-øvelse.

På baggrund af dette vurderes det at systemet overholder de overordnede krav opstillet i ??.

### 1.4 Konklusion af systemtest

Da det ikke er alle krav i ??, der er mulighed for at teste og dokumenterer ud fra de forsøg , der er foretaget, vurderes disse på baggrund af implementering, test og videreudvikling.

Det samlede system var batteridrevet under udførelsen af begge forsøg, hvorfor dette krav er overholdt. Derudover var det muligt at overføre de beregnede data i mikrokontrollen trådløst til en computer, hvor de efterfølgende blev visualiseret i MATLAB i realtime. På baggrund af dette vurderes det, at det er muligt at sende data trådløst fra en computer videre til et exoskelet, bygget i LEGO mindstorm NXT. Det vurderes yderligere, at systemet er sikkert i forhold til brugersikkerheden, da systemet under forsøget var batteridrevet, og derfor ikke var tilkoblet elnettet, hvormed dette mindskede muligheden for lækstrøm. På nuværende tidspunkt kan systemet opfattes som ikke værende optimalt for brugeren, da der ikke er udarbejdet en prototype. Herved er kravet om exoskelet ikke skal være til gene for brugeren ikke er opfyldt. Ved udvikling af en prototype vil der skulle tages højde dette.<sup>2</sup> På baggrund af målinger foretaget i ?? blev det påvist, at spændingsregulatoren indikerer, når systemet ikke leverer den optimale strøm til systemet, hvorved dette krav er opfyldt.

Ud fra de to forsøg med henholdsvis kendt input og bruger-input vurderes det, at systemet fungerer under kontrollerede forhold samt ved anvendelse af en bruger. Systemet kan opsamle

---

<sup>1</sup>FiXme Note: eventuelt en ref til perspektivering - måske et billede af hvordan vi tænker det vil kunne komme til at se ud?

<sup>2</sup>FiXme Note: eventuelt en ref til perspektivering - måske et billede af hvordan vi tænker det vil kunne komme til at se ud?

signaler fra rectus femoris samt beregne vinklen af knæleddet, hvilket blev påvist i forsøget med brugerinput, hvor resultaterne fremgår af figur 1.3. Baseret på disse resultater vurderes det yderligere, at systemet kan følge kroppens naturlige bevægelse under udførsel af en squat-øvelse.

På baggrund af dette vurderes det at systemet overholder de overordnede krav opstillet i ??.