

GFV

Labøvelse 4 - Build a scale

Aarhus universitet - Softwareteknologi

Simon Phi Dang	Lucas Friis-Hansen	Shynthavi Prithviraj
201705957	201811527	201807198

10-11-2020

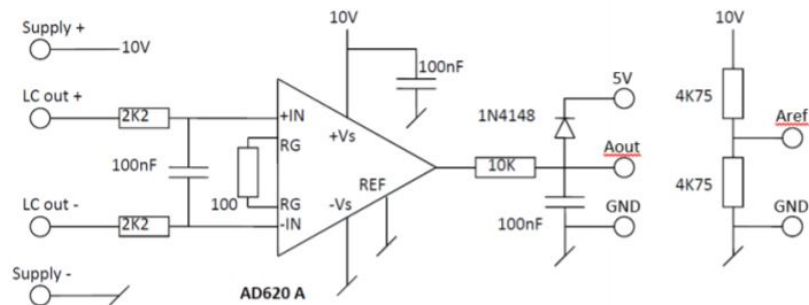
Indhold

1	Introduktion	2
2	Eksperiment 1 og 2: Implementering af digital vægt, non-linearity og sensitivitet	3
2.1	Formål	3
2.2	Design og implementering	3
2.3	Realisering	4
2.4	Resultater og Diskussion	7
2.5	Konklusion	9
3	Eksperiment 3: Præcision	9
3.1	Formål	9
3.2	Design og implementering	9
3.3	Resultat og Diskussion	11
3.4	Konklusion	11
4	Eksperiment 4: Sensitivitet overfor forstyrrelser	11
4.1	Formål	11
4.2	Realisering	12
4.3	Resultat og Diskussion	12
4.4	Konklusion	13

1 Introduktion

Dette eksperiments hovedformål er at forstå de basale principper af A/D konvertering og signalbehandling samt bruge viden om measurement teori til at undersøge præcision, følsomhed, nonlinearitet og følsomhed over for forstyrrelser. I opgaven implementeres en digital vægt ved brug af en load cell, en instrumentation amplifier og PSoC. I dette tilfælde anvendes en 1 kg load cell, som er baseret på en halv-bro strain gauge og har en rækkevidde fra 0-1 kg.

Nedenstående på figur 1 vises diagrammet for AD620. Dette konverterings kredsløb er på PCB'en og benyttes i eksperimentet til signalbehandling og til at interface mellem strain gauge og A/D konverteren på PSoC'en.



Figur 1: AD620 diagram [1]

2 Eksperiment 1 og 2: Implementering af digital vægt, non-linearity og sensitivitet

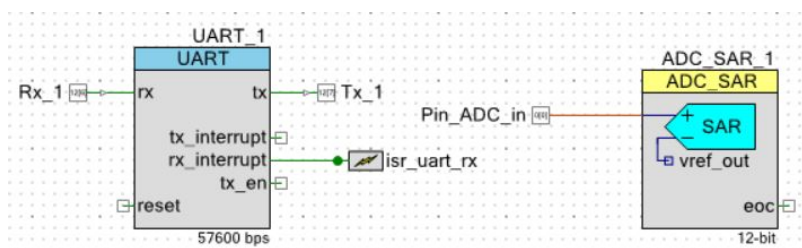
2.1 Formål

I eksperiment 1 skal der implementeres en digital vægt. PSoC'en består af en Sigma-Delta ADC og SAR ADC, hvor vi i dette tilfælde benytter SAR ADC. ADC input forbindes til Aout og ADC reference forbindes til Aref. For at beskytte input pin på PSoC'en forbindes 5V pin på PCB'en til 5V pin på PSoC'en.

I dette eksperiment skal non-lineariteten og følsomheden ligeledes bestemmes ud fra vægten. Der vil i opgaven blive beskrevet hvorledes der bliver målt. Ved hjælp af denne procedure kan non-lineariteten og følsomheden bestemmes.

2.2 Design og implementering

Til at begynde med er der blevet givet et PSoC projekt på Blackboard, som har SAR ADC konfigureret og klar til brug. Projektet vil udskrive værdien fra ADC ud til konsollen. Værdien er proportionel med spændingen ved Aout.



Figur 2: Topdesign for eksperimentet

Det program som er givet på forhånd udvides nu, så det kan beregne vægten i kg mindst en gang pr. sekund, og udskrive den målte vægt til konsollen, der er forbundet til UART på PSoC'en. Vægten skal udskrive 0kg, når der ikke er noget på den, og udskrive den korrekte værdi, når der en belastning på.

For at kunne beregne i kg skulle vægten kalibreres med kendte kg værdier, som blev udført ved hjælp af en køkkenvægt. Ved hjælp af kendte værdier som stiger i vægt kan vægtens ligning findes. Ved hjælp af den ligning kan kg vægten udregnes direkte fra ADC signal som kommer ind. Implementering

af koden for dette kan ses nedenfor på figur 3

```
22 void ADC_Measure()
23 {
24     char uartBuffer[256];
25     char uartBuffer2[256];
26
27     if (ADC_SAR_1_IsEndConversion(ADC_SAR_1_WAIT_FOR_RESULT))
28     {
29         uint16_t result = ADC_SAR_1_GetResult16();
30         snprintf(uartBuffer, sizeof(uartBuffer), "ADC result: 0x%x \r\n", result);
31         UART_1_PutString(uartBuffer);
32
33         float kg = 0.0005 * result - 0.0553;
34         snprintf(uartBuffer2, sizeof(uartBuffer2), "Kg result: %f \r\n", kg);
35         UART_1_PutString(uartBuffer2);
36     }
37 }
38
39
```

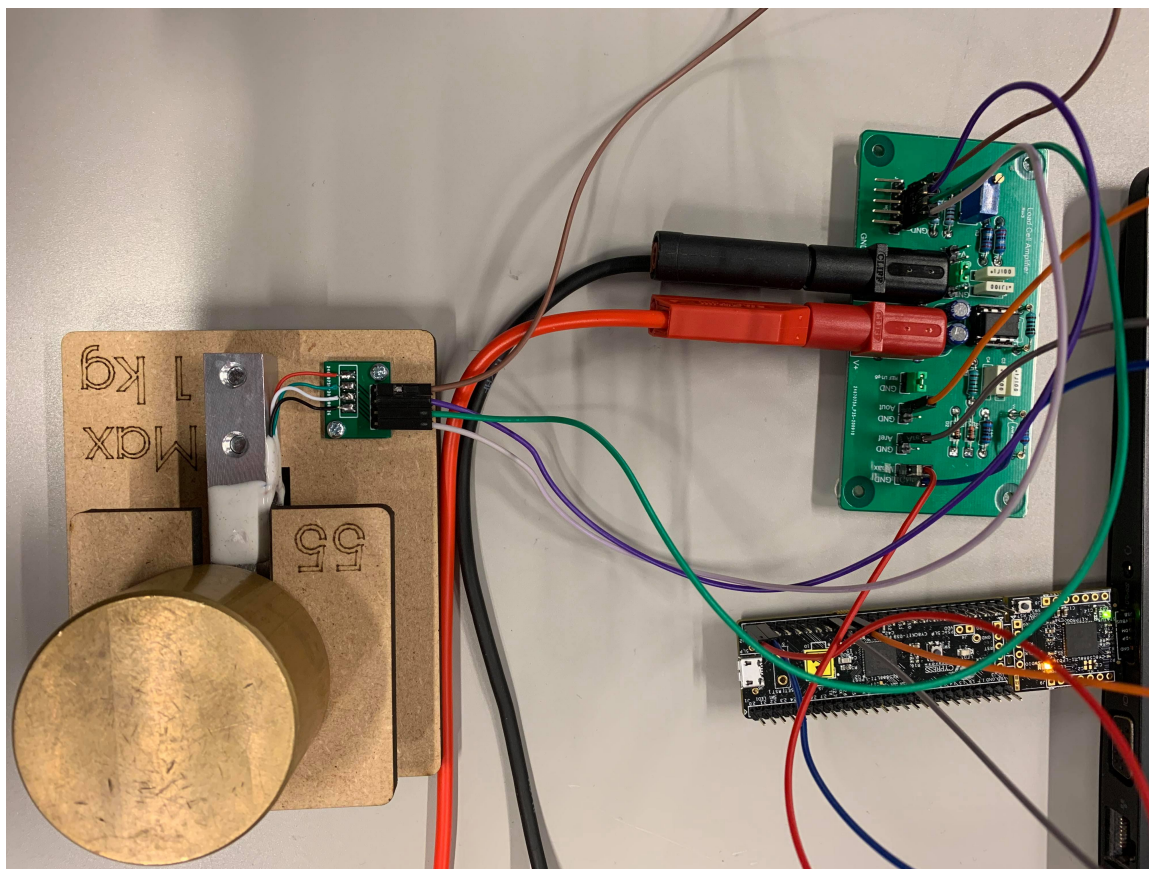
Figur 3: ADC Signal konvertering til kg vha. ligning

2.3 Realisering

Følgende komponenter er blevet anvendt til at realisere resultaterne:

- PSoC
- 1 kg load cell
- Load cell amplifier
- Analog Discovery
- Forskellige vægtværdier i form af møtrikker og kalibreringslod: [0,015 kg : 1,000 kg]

Figur 4 viser opstillingen af eksperimentet med et 0,5kg kalibreringslod. Der benyttes en plastikkop, som kan holde på møtrikkerne, når det skal sættes på vægten. Derudover anvendes en 1kg load til eksperimentets sidste måling, da denne vægt ikke kan tage mere end 1kg. PSoC'en sættes til PC'en, og forbindes til amplifieren, som er forbundet til load cell. Der bruges en strømforsyning til at forsyne amplifieren'en med 5 Volt. Derudover er der tilføjet to jumpers, som viste sig at være nødvendigt for, at kunne registrere ændringer på vægten.



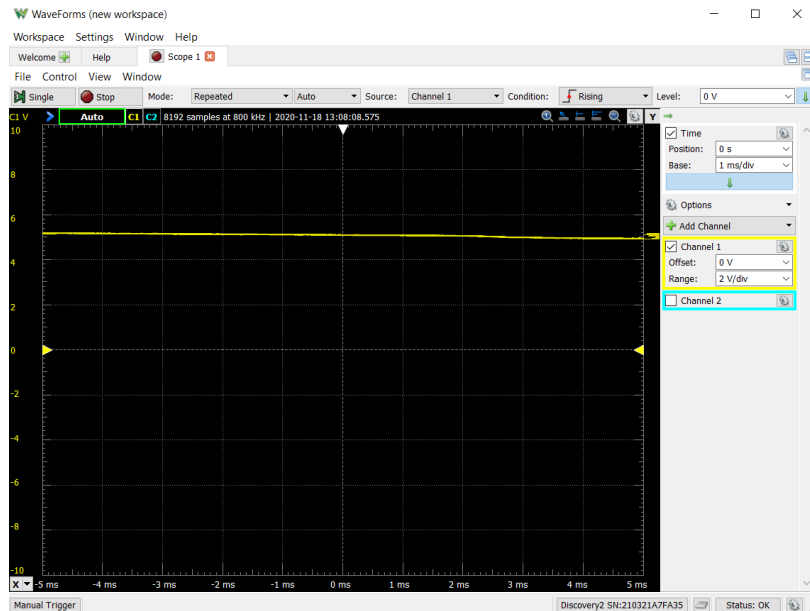
Figur 4: Opstilling af eksperimentet

Tabel 1 viser, hvad de forskellige ledninger bruges til:

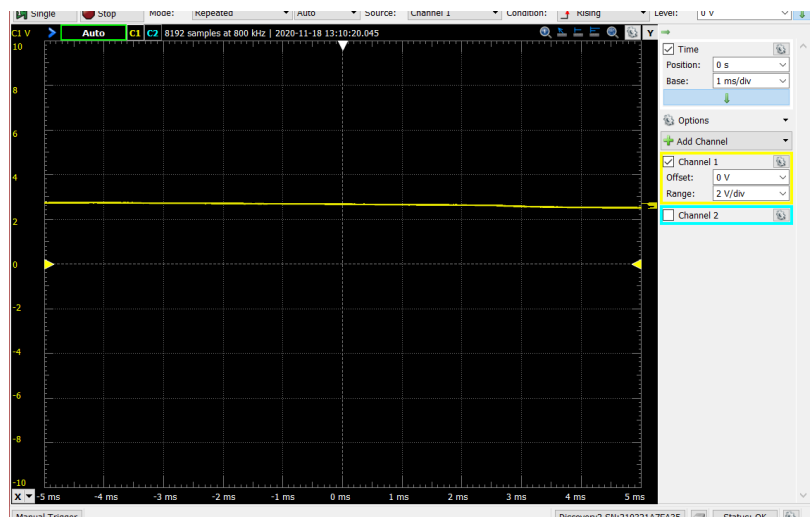
Rød	[VCC]:VCC 5V som går mellem PSoC og Load Cell Amplifier
Orange	[Aout]: Går fra Aout på Load Cell Amplifier til PsoC Analog input
Grøn	[S-]: Spændingsforskel måling
Lilla	[S+]: Spændingsforskel måling
Grå	[Ground]: Ground til load cell fra amplifieren
Brun	[VCC]: 10 Volt til Load cell
Blå	[Ground]: Ground imellem load cell amplifieren og PSoC

Tabel 1: Farvekode til Eksperiment

For at sørge for at der måles så korrekt som muligt bliver load cell amplifer og load cell kaliberet med en analog discovery, for at se volt forskellen. Efter at have indstil modstanden så der opfanges tryk ”nemt”, bliver vægte sat på for at se påvirkningen på load cellen. Disse kalibreringer kan ses nedenfor



Figur 5: Kalibrering med 1 kg

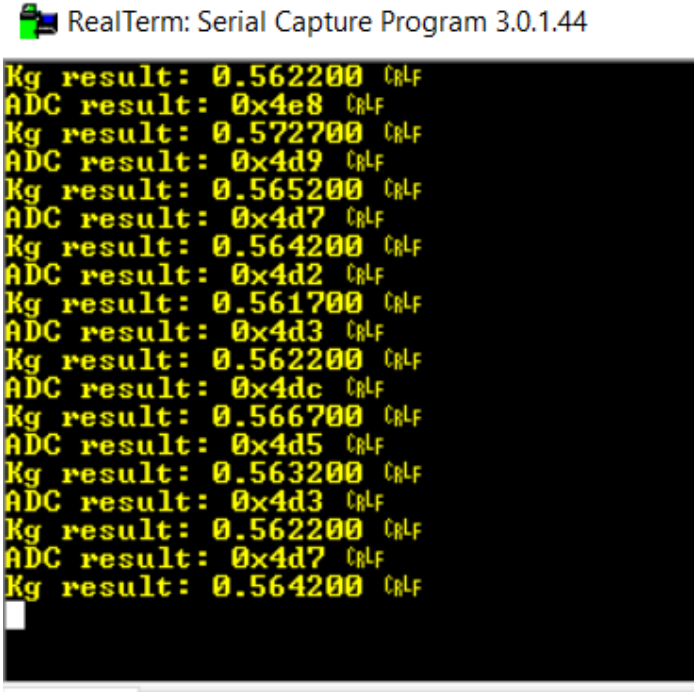


Figur 6: Kalibrering med 0.500 kg

1 kg viste at der kom en volt forskel op på 5 V, og ved 0.5 kg kom der er et volt forskel på 2.5 volt ca.

2.4 Resultater og Diskussion

Der foretages nu en måling med 10 forskellige vægte. Som det kan ses i tabel 8 startes det ud med en vægt på 0,078kg (plastikkoppen inkluderet). Vægten øges herefter med ca. 0,100kg (+/-) for hver måling, indtil vægten er oppe på 1kg. ADC værdien udskrives i hex. Denne værdi laves om til decimaltal ved hjælp af lommeregneren. Nedenstående kan ses et eksempel på måling i terminal vha. UART på figur 7.



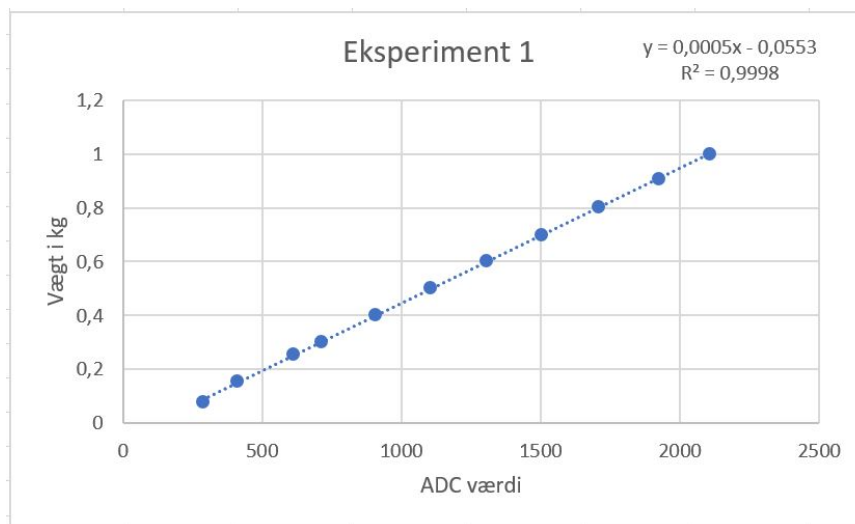
```
RealTerm: Serial Capture Program 3.0.1.44
Kg result: 0.562200 CRLF
ADC result: 0x4e8 CRLF
Kg result: 0.572700 CRLF
ADC result: 0x4d9 CRLF
Kg result: 0.565200 CRLF
ADC result: 0x4d7 CRLF
Kg result: 0.564200 CRLF
ADC result: 0x4d2 CRLF
Kg result: 0.561700 CRLF
ADC result: 0x4d3 CRLF
Kg result: 0.562200 CRLF
ADC result: 0x4dc CRLF
Kg result: 0.566700 CRLF
ADC result: 0x4d5 CRLF
Kg result: 0.563200 CRLF
ADC result: 0x4d3 CRLF
Kg result: 0.562200 CRLF
ADC result: 0x4d7 CRLF
Kg result: 0.564200 CRLF
```

Figur 7: Måling af 0.55 kg

ADC værdi	Vægt i kg
287	0,078
412	0,156
613	0,255
714	0,301
906	0,403
1106	0,502
1306	0,6
1505	0,7
1709	0,802
1925	0,905
2107	1

Figur 8: Måling 1

Der plottes nu en graf for ovenstående data, så det kan afgøres om grafen er lineær.



Figur 9: Plot af måling 1

Ud fra de realiserede resultater kan det ses, at vægten ligger i det lineære område. Det kan ses, da målingerne i figur 9 følger tendenslinjen fra start til slut. Derudover kan det også ses ved at kigge på determinationskoefficienten (R^2), som skal være så tæt på '1' som muligt før der er en vis sammenhæng mellem punkterne. Det kan ses på figur 9, at R^2 for disse målinger er 0,999, hvilket må siges at være udtryk for en stærk sammenhæng. Målingerne i figur 8 viser, at første måling,

der er registreret, er ved 0,078kg. Hvis første måling i stedet havde været lavet i området 0,015kg - 0,075kg, så kan det ske, at resultaterne havde set anderledes ud. Eksempelvis ville der kunne være målt nogle ADC-værdier, som ligger uden for den nuværende tendenslinje og linearitet. Dermed ville der også være realiseret en determinationskoefficient som ville være lavere alt efter hvor store afvigelserne havde været.

2.5 Konklusion

Den ønskede digitale vægt er blevet bygget og testet gennem forskellige vægtafmålinger. Derudover er der lavet en omskrivning fra de ADC-værdier, som PSoC'en modtog. Så der på UART'en blev udskrevet den tilførte vægt i kilogram (kg). Der har ikke været behov for at tilføje nogen vægt, før man rammer den lineære tendenslinje i følge målingerne i figur 9.

3 Eksperiment 3: Præcision

3.1 Formål

I dette eksperiment bestemmes der hvad præcisionen er for vægten, som er opbygget. Til bestemmelse af præcisionen skal der være mindst 95% confidens ved 10 målinger.

3.2 Design og implementering

Til implementeringen blev der valgt at måle på 0,300kg, hvilket bliver gjort 10 gange. Vægten på vægtsensoren bliver så vejlet af for at se hvor meget det afviger fra de 0,300kg.

```

a = [301 300.2 300.7 301.2 301.7 299.7 301.2 300.7 301.2 300.7]

mt = 300
ma = mean(a)
mi = max(a)

%systematisk fejl
Es = ma - mt
%Tilfældige fejl
Er = mi - ma

```

```

a2 = (a)';
pd = fitdist(a2,'Normal')

mu = 300.83;
s = 0.569698;

konfidens = s*1.96

A2min = min(a2)
A2max = max(a2)

x = 295:308;

y_norm = normpdf(x,mu,s);
plot(x,y_norm)

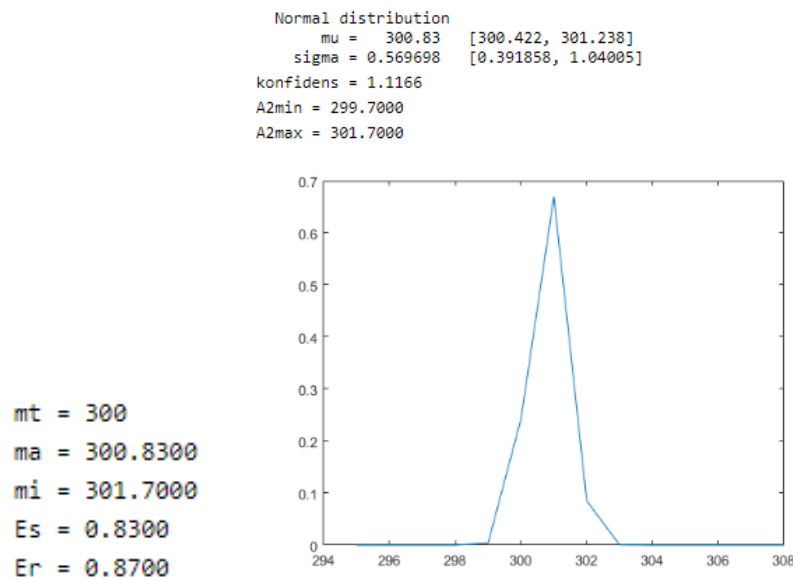
Konfidens95 = 100-konfidens

```

Figur 10: Matlabkode til udregning af precision

På figur 10 kan man se målingerne modtaget fra vægtsensoren. Disse bliver sat ind i en vector a, som der udregnes på.

3.3 Resultat og Diskussion



Figur 11: Resultater til udregning af precision

Ud fra resultaterne kan man se hvordan middelværdien af målingerne ligger på 0,3008 kg og maksimum værdien ligger på de 0.3017 kg. Man kan så ud fra dataene sige, at målingerne på vægtsensoren vil have en nøjagtighed på 95% eller $\pm 0,117$ kg.

3.4 Konklusion

Ud fra måling af den samme tilførte vægt 10 gange og beregninger, blev det fundet frem til den korrekte normalfordeling og en fin præcision med en $\pm 0,117$ kg.

4 Eksperiment 4: Sensitivitet overfor forstyrrelser

4.1 Formål

Da der gået noget tid siden Eksperiment 2 kan der undersøges om der er opstået zero-drift eller sensitivity-drift siden de første målinger. Man bestemmer så udelukket om der sket nogen ændringer pga. tiden.

4.2 Realisering

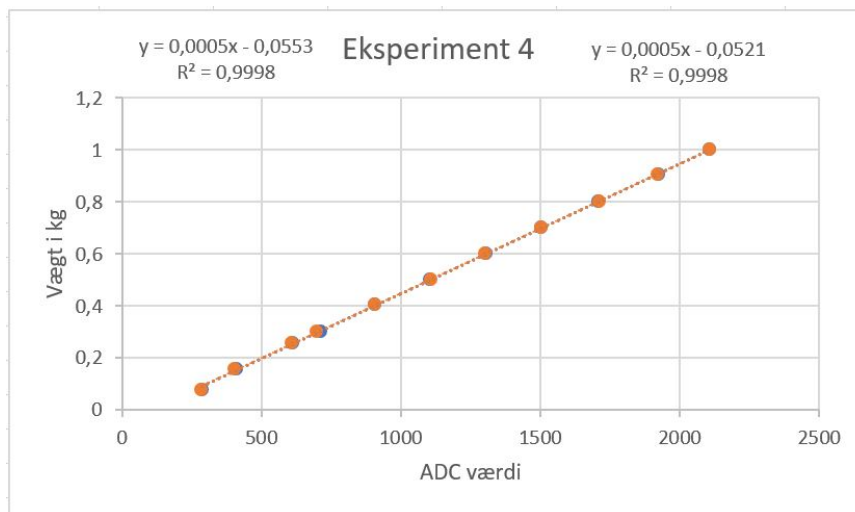
For at bestemme zero-drift og sensitivity drift bliver der udført præcis samme måling, som der blev udført i eksperiment 2. Man kan dermed se om der er nogle ændringer i afmålingerne. Samme køkkenvægt blev anvendt til at måle de kendte kiloværdier. Der har ikke været justeret på vægtsensoren siden eksperiment 2, men blot foretaget målinger på vægten.

4.3 Resultat og Diskussion

Nedenstående på tabel 12 kan det ses, at ADC værdierne er næsten det samme som for Eksperiment 2, da man har prøvet at ramme de samme vægte. Der laves nu et plot med to grafer for henholdsvis Eksperiment 2 og 4. Her ses det at graferne ligger så tæt op af hinanden at man næsten ikke kan se den bagerste. Altså betyder dette, at figur 8 og figur 12 har næsten opnået samme ADC værdier og vægten i kg.

ADC værdi	Vægt i kg
286	0,078
405	0,155
608	0,255
700	0,302
907	0,403
1107	0,502
1304	0,6
1505	0,701
1714	0,802
1921	0,905
2107	1

Figur 12: Måling 4



Figur 13: Plot af måling 4

Ved at se på grafen kan der ses på ligningerne at der ikke fremkom nogen sensitivity drift. Der var en meget minimal zero-drift som kan ses på figur 13.

4.4 Konklusion

Der blev så opnået at lave en genskabning af eksperiment 2 efter noget tid, for at undersøge om der var kommet zero-drift eller sensitiv drift. Der blev kun fundet en lille zero-drift, som opstod efter 2 timer af kørsel på vægtsensoren.

Litteratur

- [1] Labøvelsesvejledning pdf fra underviser