

Professional Drone, Hybrid Power Pack - Timebox 8

Team 2

9. maj 2019

Deltagere:

Stud. nr: 201602094	Navn: Søren Holm Korsgaard
Stud.nr.: 201607563	Navn: Jacob Gustafsson
Stud.nr.: 20084327	Navn: Simon Rasmussen
Stud.nr.: 201704483	Navn: Thomas Dueholm Jensen

Indhold

1 Strategy and planning (Jacob)	1
1.1 Spændingsregulator	1
1.2 Aktiv ensretter	1
1.3 Motorstyring	1
2 Spændingsregulator (Jacob)	2
2.1 Analysen	2
2.2 Interface - Analyse og Design	2
2.3 Test af systemerne	3
2.4 Endeligt valg af system	7
2.5 Design - Endeligt system	8
3 PCB – Aktiv ensretter (Søren & Thomas)	9
3.1 Designovervejelser	9
3.2 Eagle schematic	9
4 Motorstyring (Simon)	12
5 Deployment (Alle)	16

1 Strategy and planning (Jacob)

I forbindelse med Timebox nr. 8 er arbejdet fortsat med spændingsregulator, aktiv ensretter og PID-regulering. Gruppen er stadig betinget af, at vi ikke har fået klarhed for Jonas' videre deltagelse. I forbindelse hermed er Development Plan blevet opdateret, og gjort mere overskuelig, da tidligere uger er blevet fjernet. Development plan kan ses herunder.

		TB7	TB8	TB9	TB10	
Arbejde	Tid i timer	Uge 12-13	Uge 14-15	Uge 16-17	Uge 18-19	Uge 21-22
Aktiv ensretter						
Design/konstruktion af teststand	5	T S				
Nedskaleret realisering	6	T S				
Simulering	3	T S				
Design af PCB	10		T S			
Test af PCB	2			TS		
Interface med generator/drone batteri	8				TS	
Motorstyring						
Design af teststande	5	SI				
Udførsel af tests – PID koefficienter	5		SI			
Simulink – simulering og tuning	3			SI		
Implementering af PID regulering	10				SI	
Spændingsregulator færdig			JG			
Interface færdig				JG		
Ladestyring		53				
Analyse af ladestyring		15				
Interface til ladestyring		10				
Programmering af ladestyring		25				
Test af ladestyring		3				

Figur 1: Development plan

Som det ses af planen er der stadig dele af projektet, som ikke er færdiggjort, med hvilket arbejdet fortsætter i næste timebox.

1.1 Spændingsregulator

Jf. Development Planen skal spændingsregulatoren være færdig i denne uge, hvilket også er tilfældet. Derfor deployes den færdige spændingsregulator i timebox 8.

1.2 Aktiv ensretter

Den aktive ensretter er også færdig og loddet på print. Denne deployes i denne timebox.

1.3 Motorstyring

Til motorstyringen er der i denne timebox målinger analyseret og der er udledt overføringsfunktion.

2 Spændingsregulator (Jacob)

Spændingsregulatoren gøres færdig i denne timebox. Heraf følger endeligt valg af spændingsregulatoren, samt opsætning af PCB og endelig test af den færdige løsning.

2.1 Analysen

Spændingsregulatoren skal levere strøm til vores logiske kredsløb.

2.1.1 Kravspecifikation

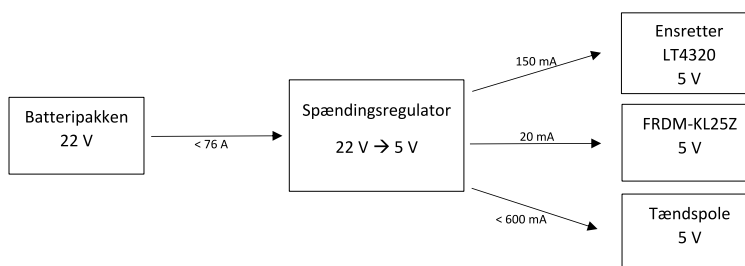
Uniquituos

- Skal regulere en spænding fra 22 V til 5 V
- Skal kunne håndtere strømme på 1 A
- Driftssikker, også ved påvirkning af varme - 2 P
- Skal være den billigste, brugbare løsning - 2 P
- Minimal ripple på output - 1 P
- Minimal størrelse og vægt - 1 P
- Skal være vejrbestandig

For at kunne bestemme, hvilken spændingsregulator der bruges, er kravene delt op. De 2 øverste skal være opfyldt, før at systemet kan komme i betragtning. De 3 mellemstående tildeles point efter vigtigheden, og det nederste krav klares udenom systemet i begge tilfælde.

2.2 Interface - Analyse og Design

Spændingsregulatoren bliver et system placeret mellem batteripakken og de logiske kredsløb samt som forsyningsspænding til visse IC-kredse på ensretteren samt tændspolen.



Figur 2: Diagram over hvilken sammenhæng spændingsregulatoren skal fungere i.

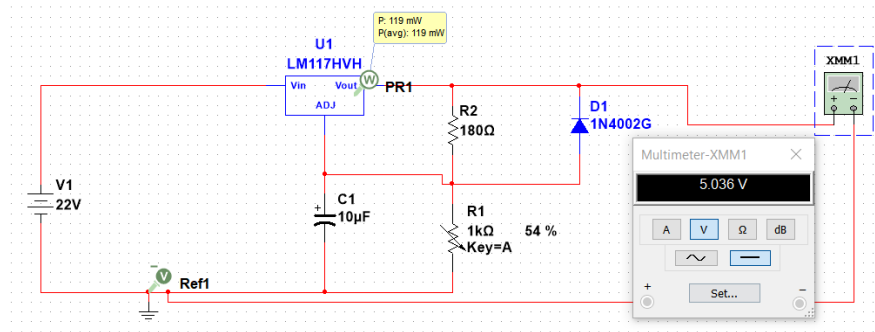
Herover vises et diagram over, hvilken sammenhæng spændingsregulatoren skal fungere i. Påtrykt er også de strømme, som der bliver trukket fra spændingsregulatoren. Da regulatoren er forbundet med batteripakken, har den op til 76 A til rådighed. De maksimale strømme summeret, giver et strømbehov på 769 mA RMS. Derfor har vi valgt, at spændingsregulatoren skal kunne håndtere 1 A RMS. Alle 3 systemer, som kobles op til spændingsregulatoren, skal bruge en forsyning på mellem 3,3 V og 5 V. For at sikre en minimal resistans til og fra systemet bruges 1 mm² ledere til og fra systemet. Af nomogrammet fra baadteknik.dk aflæses, at 20 W kan distribueres op til cirka 4 meter med en leder af denne tykkelse. Da vores afstande er meget mindre, er vi sikre på at denne ledningstykkelser er tilstrækkelig.

2.3 Test af systemerne

2.3.1 LM-317

Design og simulering

Systemet der baseres på en LM-317T er vist herunder. Her ses også resultatet af simuleringen.



Figur 3: Systemet der baseres på en LM-317T

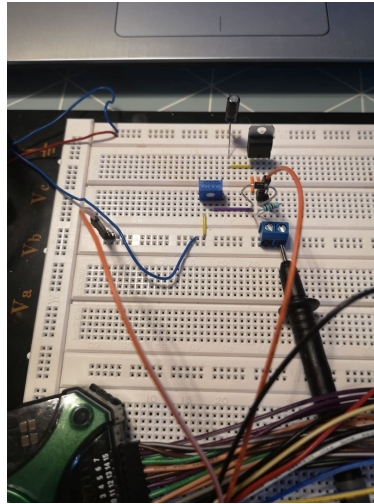
Prisen for systemet her er listet nedenfor. Komponenter der allerede findes i EL-LAB er listet til 0 kr.

Komponent	Pris i DKR
LM317-T (erstatte LM117-HVH)	0,-
Kondensator	0,-
Variabel modstand	0,-
Modstand	0,-
Diode	0,-
IALT	0,-

Tabel 1: Komponenter

Realisering

Realiseringen af systemet sker i første omgang på breadboard, hvor det er nemt at lave ændringer til systemet. Som det ses af billedet, er størrelsen meget beskeden. Komponenterne vil endda kunne samles yderligere, når printet skal designes, ligesom klemmen til multimeteret kan udelades. På det andet billede ses systemet under påvirkning af varme. Varmen blev primært tilført LM317-T, men også modstandene blev udsat for varme.

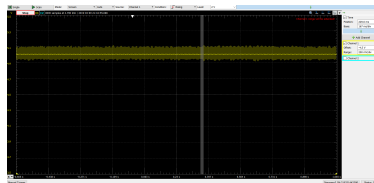


Figur 4: Realisering af systemet

Testresultater

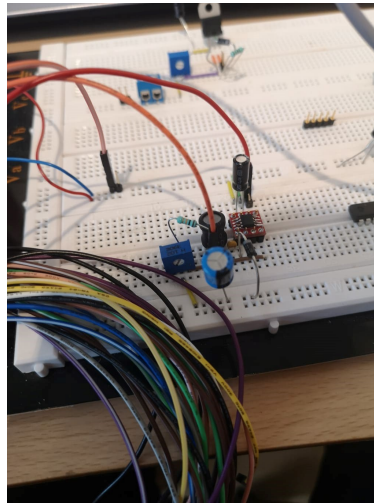
Hernæst følger resultaterne fra testen af LM317-T .

Det første billede viser outputtet under almindelige forhold.



Figur 5

Som det tydeligt ses af det zoomede billede, ligger vores output på de ønskede 5 V. Ved at påsætte en målemodstand på outputtet blev der målt en strøm på 1,07 A, hvilket er tilstrækkeligt i vores tilfælde. Ifølge datasheetet kan LM317-T håndtere op til 1,5 A.



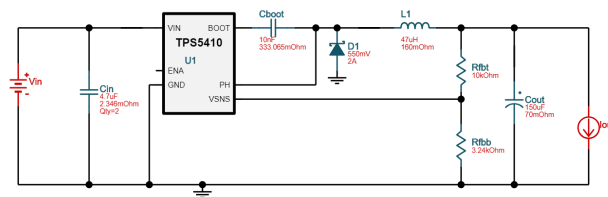
Figur 6

Efter at udsætte systemet for varme, ændrede outputtet sig en smule. Det største udsving ses, når det er LM317-T der udsættes for lighteren. Her ses outputtet efter 30 sekunders påvirkning. Vi kan altså konkludere, at spændingen ikke engang falder 0,1 V. Efter testen måles modstanden på den variable modstand til 538 ohm.

2.3.2 TPS5410

Design og simulering

Systemet der baseres på en TPS5410 BUCK-converter ses herunder. Designet er udarbejdet med onlineværktøjet WEBENCH fra Texas Instruments.



Figur 7

Da TPS5410 ikke findes i Multisim, har det ikke været muligt at lave en simulering af systemet.

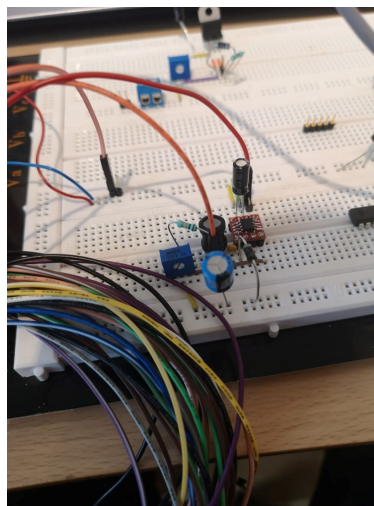
Prisen for systemet er listet nedenfor. Ligesom i ovenstående tilfælde vil komponenter der allerede findes i EL-LAB være angivet til DKR 0,-.

Komponent	Pris i DKR
TPS5410	21,36
Kondensator	0,-
Modstande	0,-
Diode	30,28 (minimumskøb = 10 stk.)
Spole	42,16
Adapter (SMD→ DIL8)	21,-
IALT	0,-

Tabel 2: Kompenenter

Realisering

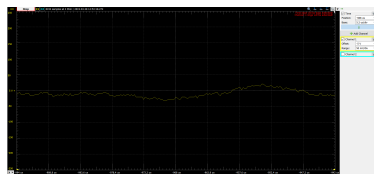
Herunder ses realiseringen af systemet. Som det ses, fylder systemet her heller ikke ret meget. Ligesom i foregående tilfælde, blev systemet her udsat for varme.



Figur 8

Testresultater

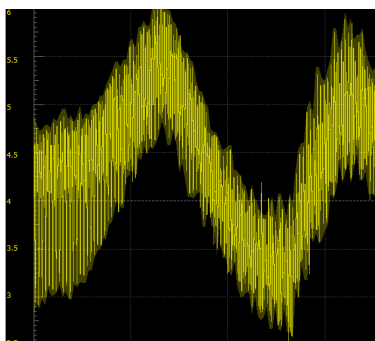
Herunder ses resultater for testen. Først under almindelige omstændigheder.



Figur 9

Som det ses, leveres en spænding omkring de 5 V. Denne spænding er acceptabel, om end vi ser en lille smule ripple. Denne kan skyldes den måde BUCK-konverteren virker på. Filteret der sidder efter konverteren, kan afvige en smule i praksis fra de teoretiske værdier. Det er dog stadig vigtigt at understrege, at dette output er acceptabelt. Strømmen måles til 1,3 A med loadmodstand.

Efter påvirkning af varme ændrede outputtet sig imidlertid ret dramatisk. Dette kan skyldes, at både dioden og TPS5410 er påvirkelige af varme, ligesom den induktive reaktans påvirkes i spolen. Her ses outputtet efter varmpåvirkningen har stået på i 30 sekunder. Som det ses af billedet, ændrer outputtet sig væsentligt! For at være sikker på, at komponenterne ikke var brændt af ved påvirkningen fra lighteren, køres en test cirka 15 minutter efter, hvor outputtet igen var standardiseret.



Figur 10

2.4 Endeligt valg af system

På baggrund af netop gennemgaaede test, vægtes systemerne mod hinanden på baggrund af det opstillede pointsystem. I første instans kan vi konkludere, at begge systemer er brugbare. De kan begge levere den ønskede strøm og spænding, og ripple på begge systemer er acceptabel. I skemaet herunder ses pointfordelingen imellem systemerne.

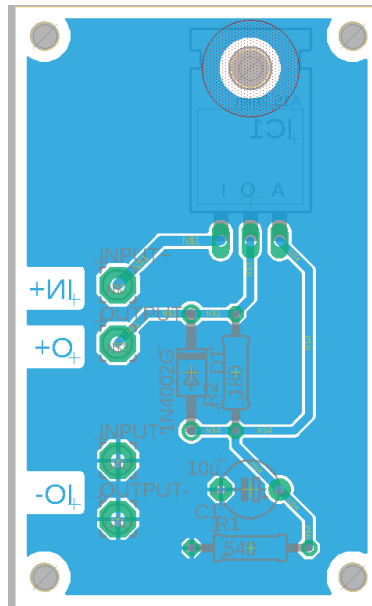
Komponent	TPS5410	LM317-T
Varmepåvirkning	0	2
Billigste løsning	0	2
Minimal ripple	0	1
Minimal størrelse	1	0
Ialt	1	5

Tabel 3

På baggrund af de opsatte kriterier vælges en spændingsregulator baseret på en LM317-T.

2.5 Design - Endeligt system

Det endelige system har vi valgt at designe på PCB. Dette gøres fordi, at det er nemt at skrue ind i en vandtæt boks, så systemet ligger beskyttet og på denne måde møder vores sidste krav om at være vejrbestandigt. PCB-printet er designet i EAGLE, og er endt ud med designet som ses her ved siden af. Banerne er valgt til en tykkelse på 0,8 mm, hvilket sikrer, at modstanden ikke bliver for høj taget strømstyrken i betragtning. Ulempen ved baner i den tykkelse er, at det øger risikoen for støj. Derfor har det også været vigtigt, at der ikke var nogle knæk på banerne, ligesom der er udlagt groundplane over resten af pladen. Dioden er ligeledes placeret et stykke fra IC'en, så de mest varmefølsomme komponenter ikke er placeret for tæt. Især da LM317-T også udstråler en anelse varme i drift. Der afsættes mellem 150 og 200 mW i LM317-T.



Figur 11

3 PCB – Aktiv ensretter (Søren & Thomas)

I timebox 7 blev en nedskaleret version af kredsløbet til den aktive ensretter simuleret, bygget og testet på breadboard. Testen viste, at det valgte kredsløb fungerede efter hensigten, hvorfor der i denne timebox arbejdes videre med at designe et PCB print til den endelige version af ensretter-kredsløbet. PCB printet er designet med programmet, Eagle, og selve printet konstrueres af Jens Mortensen fra AU Herning ud fra .brd filen.

3.1 Designovervejelser

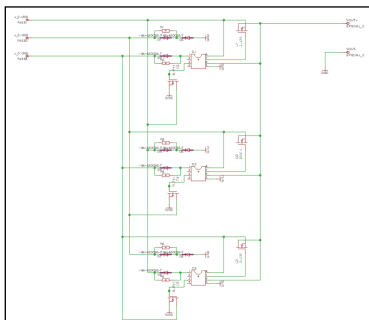
Den største udfordring i forhold til designet af PCB printet er umiddelbart den relative store strøm (op til 80 A peak), der i perioder vil komme til at løbe fra generatorens tre faser og ind i de tre MOSFETS, samt den lige så store strøm fra de øvrige tre MOSFETS til outputtet af kredsløbet. Der er med de konstruktionsmuligheder, som AU Herning stiller til rådighed, en begrænsning for maksimal bane bredde på printet, hvorfor det er besluttet at lave de førnævnte baner så korte og brede som mulige og så efterfølgende forstærke disse med evt. et stykke afklippet kobber, der bliver forbundet med de relevante MOSFETS. Banerne kan også yderligere forstærkes med et tykt lag tin efter konstruktionen af printet. Dette vil der blive taget hånd om, når komponenterne bliver loddet på printet (formentlig i timebox 9).

De øvrige baner på printet vil blive udført i en bredde på 0.6096 mm.

Det er også diskuteret, hvordan de tre faser fra generatoren samt Vout og stel til outputtet skal kobles til printet, da de tilgængelige connectors i el-lab ikke umiddelbart kan håndtere den store strøm. For at være sikre på, at koblingen ikke bliver overophedet, er det besluttet at forbinde disse terminaler med en 3.5 mm bolt med passende spændeskiver og kabesko. Disse loddes sammen for at skabe en tilstrækkelig forbindelse med banerne.

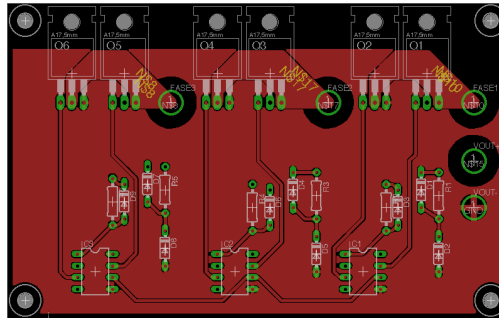
3.2 Eagle schematic

Den indledende del af designet af printet bestod af at lave et schematic tilsvarende kredsløbet benyttet til simuleringen og realiseringen i forrige timebox. Nedenstående figur viser et skærbillede af det endelige schematic fra Eagle.

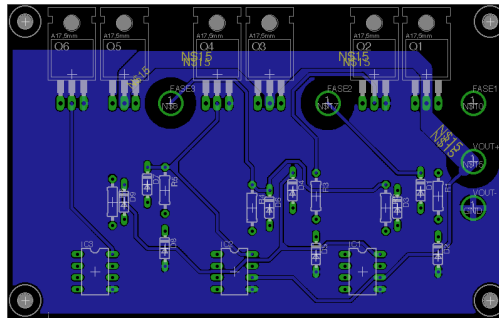


Figur 12: Eagle schematic fra programmet, Eagle.

Næste del var at placere komponenter og trække baner i board delen af programmet, Eagle. Designet blev lavet på et tosidet print, således det var muligt at trække samtlige baner uden stort besvær. Nedenstående figurer viser et skærbillede af top og bund laget fra designet.

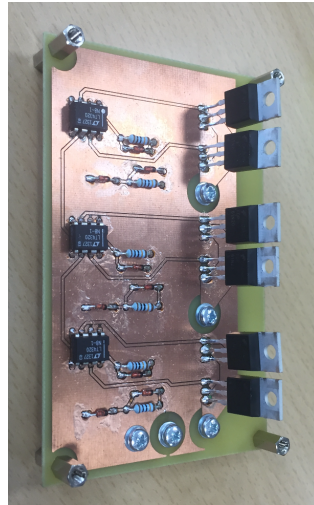


Figur 13: Board designet fra Eagle, Top lag.

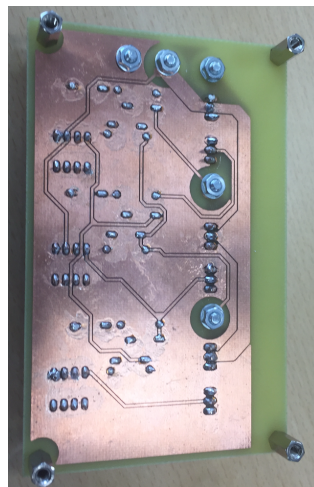


Figur 14: Board designet fra Eagle, Bund lag.

På nedenstående figurer ses resultat af det færdigkonstruerede print.



Figur 15: PCB, Top lag.



Figur 16: PCB, Bund lag.

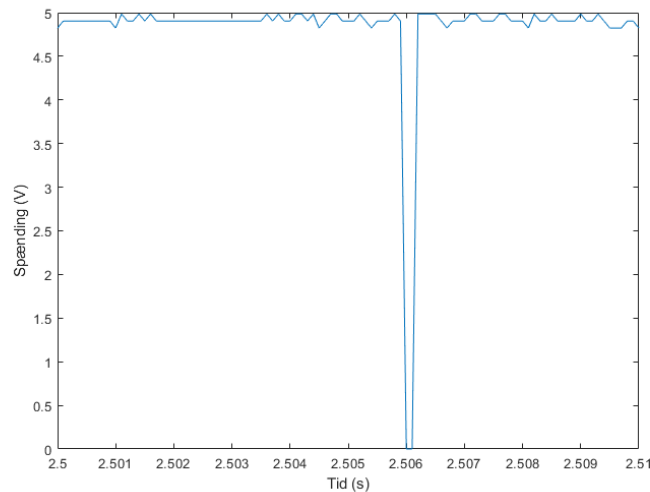
4 Motorstyring (Simon)

Der er tidligere blevet lavet målinger ved steprespons af forbrændingsmotor. Der er målinger af Hall-sensorens spænding, servomotoren der styre spjældets spænding, samt et tidsmål. Nedenfor ses et udsnit af de 50000 målinger:

second	Volt	Volt1
-1	0.2152060000000000	4.984924600000000
-0.9999000000000000	0.2152060000000000	4.904522600000000
-0.9998000000000000	0.1348040000000000	4.904522600000000
-0.9997000000000000	0.2152060000000000	4.984924600000000
-0.9996000000000000	0.2152060000000000	4.904522600000000
-0.9995000000000000	0.2152060000000000	4.904522600000000
-0.9994000000000000	0.2152060000000000	4.904522600000000
-0.9993000000000000	0.2152060000000000	4.824120600000000
-0.9992000000000000	0.2152060000000000	4.904522600000000

Tabel 4

Der fokuseres spændingsmålet Volt1 fra Hall-sensoren. Når data plottes for et kort tidsrum ses støj omkring 5 volt



Figur 17

Data processeres nu med følgende Matlab-script:

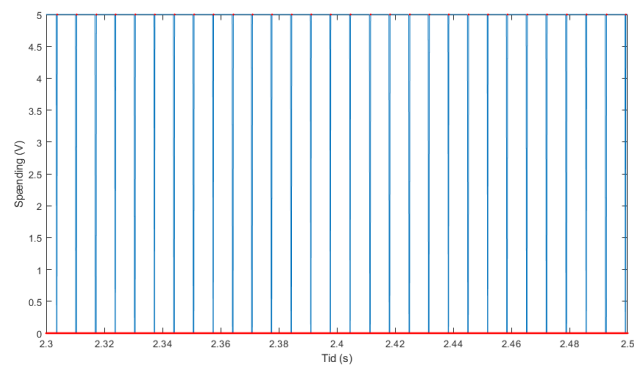
```
1 close all
2 data = stepdata5;
3 t = data.second;
4 v = data.Volt1;
5 border1 = 4.5;
6 border2 = 0.1;
7 v2 = data.Volt;
8 b = 0;
9 stop = 0;
```

```

10 tp = [];
11 tpt = [];
12 vpt0 = [];
13 i = 1;
14 nyv = [];
15 while (i <= length(t))
16     if (v(i)>border1)
17         vn = 5;
18     else
19         vn = 0;
20     end
21     nyv = [nyv vn];
22     i = i + 1;
23 end
24 i = 1;
25
26
27 while (i < length(t))
28     if ((nyv(i+1)>border1 & nyv(i)<border2) & b == 0)
29         t1 = t(i+1);
30         stop = 1;
31         b = 1;
32     end
33     i = i + 1;
34     vpt0 = [vpt0 0];
35     while (stop ~= 2 & b == 1 & i < length(t))
36         if (stop == 1)
37             while (stop ~= 2 & i < length(t))
38                 if (nyv(i+1)>border1 & nyv(i)<border2)
39                     t2 = t(i+1);
40                     stop = 2;
41                 end
42                 i = i + 1;
43                 vpt0 = [vpt0 0];
44             end
45         end
46         if (stop == 2)
47             period = t2-t1;
48             tpt = [tpt t2];
49             vpt0(i) = nyv(i);
50             tp = [tp period];
51             t1 = t2;
52             stop = 1;
53         end
54     end
55 end

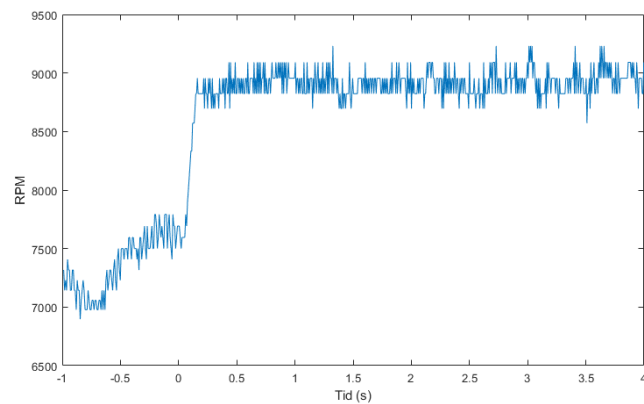
```

I scriptet fortolkes spænding over 4,5 V som 5 V. Markering af periodegrænser ved 5 Volt kan ses her (de røde prikker øverst):



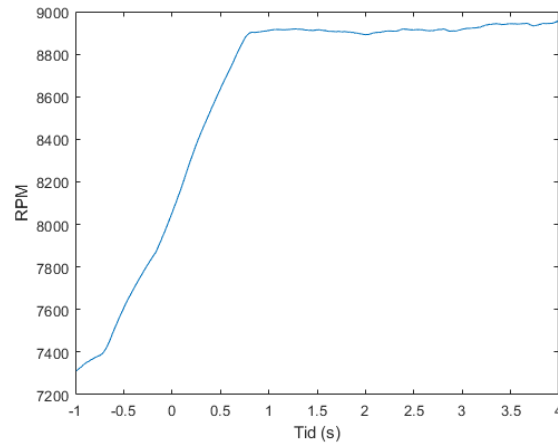
Figur 18

Herudover udregnes tiden for hver omdrejningsperiode og gemmes i vektoren "tp". Ved plot af tp udregnet som rpm og plottet overfor tid fås:



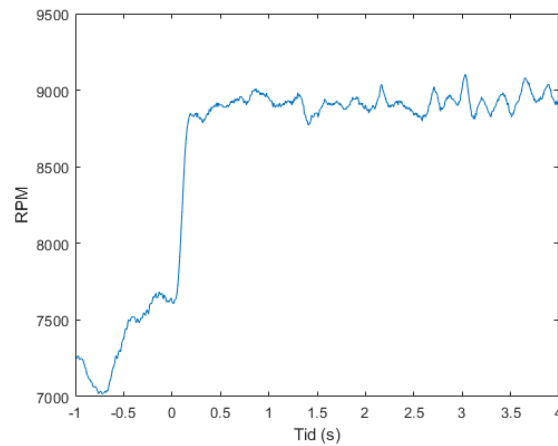
Figur 19

Scopet der har målt data gemmer også data op til stepresponset. Stepresponset ses ved tiden 0. Ved at applicere et midlingsfilter på 200 fås et indtryk af et steady-state niveau ved 8900, med start fra 7600, dvs 1300.



Figur 20

Ved at applicere et midlingsfilter på 10 fås et indtryk af en 1. grads overføringsfunktion.



Figur 21

Det måles at steady-state er opnået ved 0,19 sekunder. Dvs. $0,81 = 5\tau \Leftrightarrow \frac{0,19}{5} = \tau = 0,04$. Hermed kan overføringsfunktionen sættes som

$$G(s) = \frac{1300}{0,04s + 1} \quad (1)$$

5 Deployment (Alle)

I denne timebox deployes valg af LM317-T til og design af spændingsregulator. Herudover deployes PCB design af den aktive ensretter og fund af overføringsfunktion for motorstyring. Hermed godkender kunderne, Morten Oppbrud Jakobsen og Jan Møller Nielsen, ovenstående i timebox 8.

Mandag den 13/5-2019

Morten Opprud Jakobsen

Jan Møller Nielsen