

Elektronisk styret ovn

Teknisk Rapport - 23.01.2020

af **gruppe 14**



s181519 Jørgen Drelicharz Greve



s176347 Alexander Bille



s181554 Kim Holmberg Christensen

62733 Projektarbejde i Elektroteknik

Resume

Ovnens beskrevet i denne rapport er tiltænkt som et aggregat til at stressteste elektroniske komponenter over et temperaturspænd på 40°C til 100°C.

Designet består af en ovn med, en MOSFET IRF-530 der står for opvarmningen, en blæser der står for afkøling og en temperatur sensor LM-35 der måler den aktuelle temperatur. Derudover en tilstandsstyring, der sørger for at skifte mellem at varme/køle eller holde den ønskede temperatur i 60 sekunder. Et setpunkt skal konvertere output, fra tilstandsstyringen til en skala passende til temperatursensoren. Den analoge styring afgør om den skal køles eller varmes og sender signal til et afvigelsesdisplay, der indikerer om temperaturen er for høj eller lav. Hele systemet forsynes af et spændingsregulerende kredsløb, der leverer den ønskede spænding til de enkelte dele af kredsløbet. Sidst sikrer et sikringskredsløb at ovnen ikke overstiger 120°C.

Der blev opnået følgende resultater for ovnen; Den er i stand til at holde temperaturperioderne i 60 sekunder, temperaturen er stabil med en nøjagtighed på 2,6°C, gennemsnitlig opvarmningshastighed var 0,49°C/s og den gennemsnitlige afkølingshastighed var 0.44°C/s.

Indholdsfortegnelse

1 INTRODUKTION	3
2 OVNANALYSE	4
3 DESIGN.....	10
4 DRIVER.....	13
5 TILSTANDSSTYRING	17
6 AFVIGELSESDISPLAY.....	24
7 SPÆNDINGSREGULATOR.....	28
8 ANALOG STYRING	32
9 SETPUNKT	36
10 SYSTEMTEST	39
11 KONKLUSION.....	42
12 KILDER OG APPENDIKS.....	44

1 Introduktion

Dette kapitel er forfattet af hele gruppen

1.1 Indledning

Denne rapport er den tekniske dokumentation for en elektronisk styret ovn. Ovnene er beregnet til stress-test af mindre kredsløb eller enkeltkomponenter.

Ovnene veksler mellem tre forskellige temperaturer i en fast sekvens. Hver temperatur fastholdes i en bestemt periode. Opvarmning sker med en bestemt hastighed.

1.2 Kravspecifikation

1. Systemet skal kunne styre en stress ovn gennem en cyklus af forskellige temperaturer.
2. Temperatur-cyklussen består af følgende temperaturer i rækkefølge: 40°C, 100°C, 70°C. Cyklussen gentages indtil systemet afbrydes.
3. Hver temperatur holdes stabilt i en periode på 60 s $\pm$ 2 s.
4. Hvert temperaturniveau har en absolut nøjagtighed på $\pm$ 3°C og en maksimal afvigelse fra gennemsnittet på $\pm$ 1°C.
5. Tilstanden vises med tre lysdioder - én for hver temperatur.
6. Afvigelsen fra den ønskede temperatur vises på en række med 13 lysdioder, hvor hvert trin svarer til 0.5°C og den midterste lysdiode angiver den ønskede temperatur. Afvigelser større end 3°C vises med de yderste lysdioder.
7. Opvarmningen fra en temperatur til en højere temperatur sker med en hastighed på 0.5°C/s målt ved 100°C.
8. Nedkølingen fra en temperatur til en lavere temperatur sker med en hastighed på 0,4°C/s målt ved 100°C.
9. En temperatursikring afbryder for opvarmningen hvis temperaturen ved en fejl overstiger 120°C. Fejlen markeres ved en tændt lysdiode. Systemet kan ikke varme igen før det er blevet resat.
10. Systemet bliver resat til start-tilstanden når strømforsyningen afbrydes og tændes igen.

2 Ovnanalyse

Ansvarlig: Kim

2.1 Indledning

Ovnanalysen er foretaget, for at komme nærmere en matematisk fremstilling af hvordan et opvarmningsforløb vil udvikle sig. De søgte konstanter er R_{th} , der er den termiske modstand der går fra ovnen til den omkringliggende luft, emissivitet og effektivt areal for det varmetab, der vil stråle ud fra ovnen. Desuden skal C_{th} fastslås, denne konstant er varmekapaciteten for ovnen. Sidst vil det estimeres hvilken effekt, der kræves for at opnå den ønskede temperaturstigning.

2.2 Kravspecifikation

Kravene til beregningerne er:

- At nærne os en matematisk model for hvordan et opvarmningsforløb ser ud.
- At anslå hvor stor en effekt der skal afsættes i ovnen for at den kan holde en opvarmningshastighed på 0,5°C pr. sekund.

2.3 Bestemmelse af ovnparametre

Da steady-state målinger, grundet støj, ikke kunne gennemføres præcist på et oscilloskop er målingerne foretaget ved hjælp af et multimeter og det var derfor heller ikke muligt at eksportere en csv fil til grafisk fremstilling af forløbene.

For at bestemme ovnparametrene blev der gennemført to steady-state målinger ud fra følgende formel:

$$P_{el} = \frac{T_{ss} - T_a}{R_{th}} + A \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_{ss} - T_a)^4 \quad (1)$$

Hvor:

P_{el} er den effekt der tilføres MOSFET transistoren.

T_{ss} er steady state temperaturen.

R_{th} er den termiske modstand ved konvektion.

T_a er rumtemperaturen.

ε er emissivitet.

A er det effektive overfladeareal.

σ er Stefan-Boltzmanns konstant.

Forsøget skulle fastslå R_{th} og $A\varepsilon$ (En samlet konstant) ud fra to ligninger med to ubekendte. De to steady state målinger blev gennemført med $P_{el} = 4W$ og $P_{el} = 10W$. Resultaterne så således ud:

$$T_{a10W} = 298.25K$$

$$T_{a4W} = 298.25K$$

$$T_{ss10W} = 379.15K$$

$$T_{ss4W} = 329.75K$$

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} W \cdot m^{-2} K^{-4}$$

Ved indsættelse af parametrene i ligning (1) for hvert gennemløb og efterfølgende løsning af de to ligninger med to ubekendte (R_{th} og $A\varepsilon$):

$$R_{th} = 7.16 \frac{K}{W}$$

$$A\varepsilon = -0.0017$$

Da det effektive strålingsareal (A) skal være en positiv værdi og laveste værdi for emissivitet (ε) er 0, vurderedes steady state målingerne som ikke værende præcise nok.

Derfor vil A, i stedet for det effektive strålingsareal, være overfladearealet på aluminiumspladen og emissivitet blev vurderet til at være 0.2 (Ud fra den betragtning at, et perfekt spejlglat legeme er 0 og ovnens plade havde et mindre antal ridser).

Med disse anslåede værdier:

$$A = 2.8 \cdot 10^3 m^2$$

$$\varepsilon = 0.2$$

Kunne R_{th} findes ved en enkelt steady-state måling, hvor $P_{el} = 10W$:

$$P_{el} = \frac{T_{ss} - T_a}{R_{th}} + A \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_{ss} - T_a)^4$$

$$P_{el} = 10W$$

$$T_{a10W} = 298.25K$$

$$T_{ss10W} = 379.15K$$

$$R_{th} = 8.43 \frac{K}{W}$$

2.4 Bestemmelse af varmekapacitet

Indledningsvist blev C_{th} udregnet efter følgende formel:

$$C_{th} = m \cdot c_{Al}$$

$$m = 36g \rightarrow 36 \cdot 10^{-3} kg$$

$$c_{Al} = 900 \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$C_{th} = 32.40 \frac{J}{K}$$

Da der er monteret komponenter på ovnen, vurderedes det, at det var sandsynligt at en teoretisk udregning af C_{th} kunne være misvisende i forhold til de faktiske betingelser. Derfor valgtes det at, C_{th} kunne beregnes ved hjælp af de allerede fundne konstanter.

Hvis ovnen bliver tilført en kendt effekt (26W i vores tilfælde), kan termisk varmekapacitet findes således:

- Begyndelses temperatur registreres (*Starttemp*)
- Ovnen tilføres effekt, samtidig med at en tidsmåling startes, vi lod målingen køre i 20 sekunder.
- Når tiden er gået, registreres sluttemperatur (*Sluttemp*)

Nu kan hældningen på temperaturstigningen findes ved:

$$a = \frac{Sluttemp - Starttemp}{Tidslut - Tidstart}$$

$$Starttemp = 23.8^{\circ}\text{C} \rightarrow 296.95\text{K}$$

$$Sluttemp = 35.5^{\circ}\text{C} \rightarrow 308.65\text{K}$$

$$Tidstart = 0$$

$$Tidslut = 20$$

$$a = 0.585 \frac{\text{K}}{\text{s}}$$

Ved hjælp af ligningen:

$$\frac{d}{dt}T_{ovn}(t) = \frac{1}{C_{th}} \cdot (P_{el} - \frac{Sluttemp - Starttemp}{R_{th}} - A \cdot \varepsilon \cdot \sigma (Sluttemp^4 - Starttemp^4))$$

Kan C_{th} nu bestemmes da de andre værdier nu er kendte.

$$\frac{d}{dt}T_{ovn}(t) = a = 0.585 \frac{\text{K}}{\text{s}}$$

$$A = 2.8 \cdot 10^3 \text{m}^2$$

$$Sluttemp = 35.5^{\circ}\text{C} \rightarrow 308.65\text{K}$$

$$\varepsilon = 0.2$$

$$P_{el} = 30\text{W}$$

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-4}$$

$$Starttemp = 23.8^{\circ}\text{C}$$

$$\rightarrow 296.95\text{K}$$

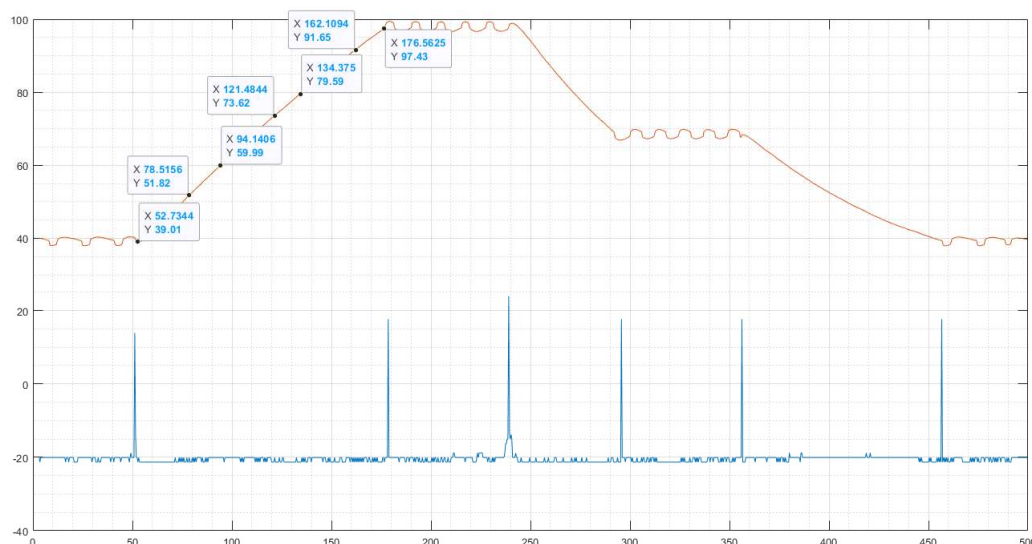
$$C_{th} = 48.84 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Da det vurderes at den nye værdi for C_{th} er mere nøjagtig, vil denne bruges for efterfølgende udregninger.

2.5 Simuleret model

Her vil det forsøges, ved hjælp af taylorpolynomier at nærme sig den udvikling ovnens temperatur har, når den bliver tilført en konstant effekt.

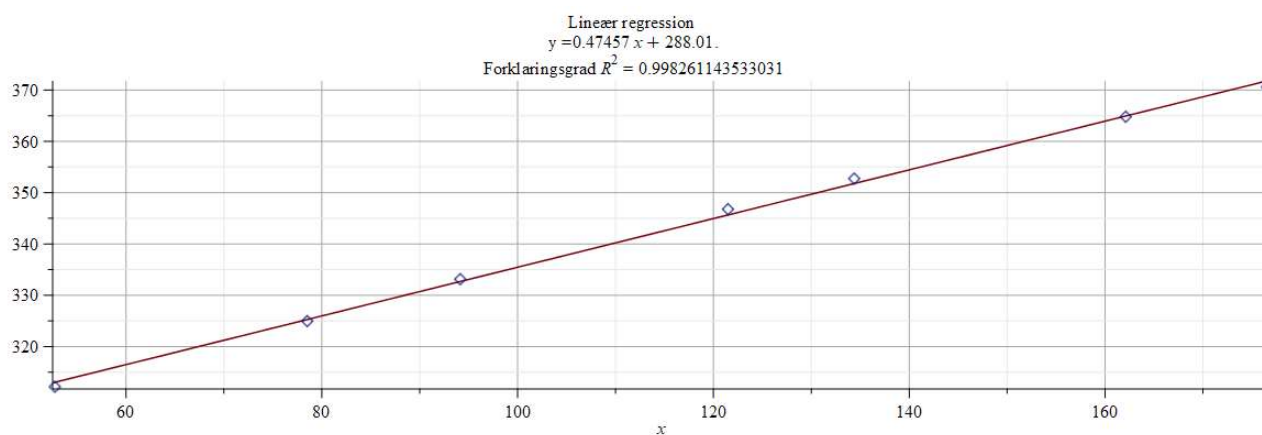
Først en graf over et helt opvarmningsforløb for ovnen:



Figur 5.1

Figur 5.1 viser et helt opvarmningsforløb for ovnen, med tid på x-aksen og temperatur i celsius på y-aksen.

Der laves en lineærregression af opvarmningen fra 40°C til 100°C, hvor de markerede punkter på grafen vil bruges:



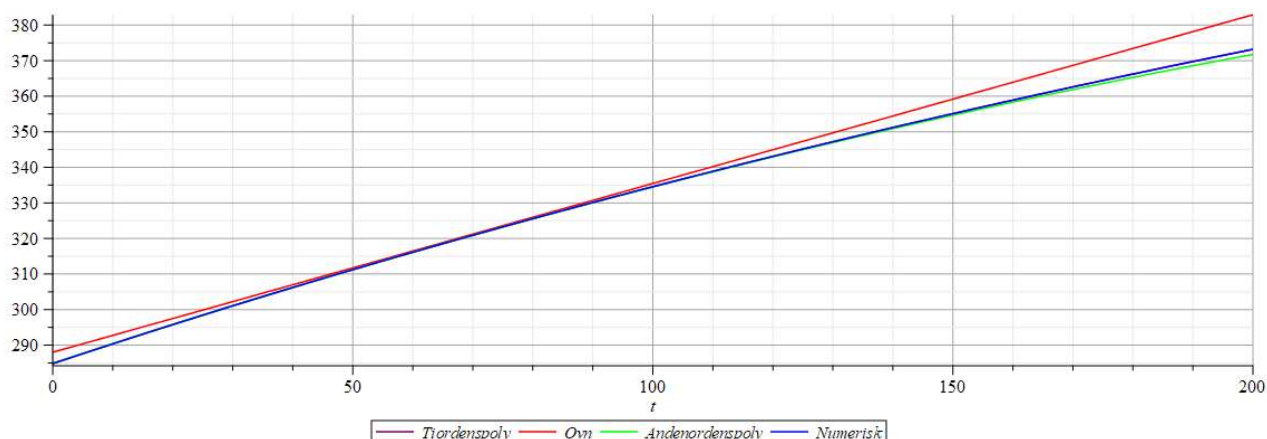
Figur 5.2

Figur 5.2 viser den grafiske fremstilling af den lineære regression, bemærk forklaringsgraden der er tæt på 1 hvilket indikerer af regressionen er en god tilnærmelse til opvarmningsforløbet. Desuden skal det også bemærkes at temperaturen, y-aksen, nu vises i kelvin.

Ved hjælp af taylorpolynomier af anden orden, tiende orden og en numerisk løsning, af ligningen:

$$C_{th} \cdot \frac{d}{dt} T_{ovn}(t) = P_{el} - \frac{T_{ovn}(t) - T_a}{R_{th}} - A \cdot \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_{ovn}(t)^4 - T_a^4)$$

Vil en tilnærmelse til opvarmningen forsøges.



Figur 5.3

Figur 5.3 viser taylorpolynomier af anden, tiende orden samt en numerisk løsning af ovenstående ligning.

Her ses det at under opvarmningsforløbet følger alle tre taylorpolynomier nogenlunde. Ved forsøg med at ændre konstanterne C_{th} , R_{th} og ϵ viste det sig at C_{th} havde den største indvirkning på hvordan polynomierne fulgte ovns faktiske udvikling, en højere værdi gjorde at polynomierne ikke fulgte hinanden og bøjede af hurtigere og en lavere værdi resulterede også i at polynomierne ikke fulgte den grafiske fremstilling af ovns udvikling.

Derfor vurderes det at de fundne værdier er brugbare til at forudsige ovns temperaturgradient til et givent tidspunkt.

Taylorpolynomierne følger dog kun ovns faktiske opvarmningshastighed fra 50 sekunder inde i forløbet til 100 sekunder inde, derefter begynder de af vige af.

2.6 Effekt til opvarmning

Jævnfør kravspecifikation skal der være en temperaturgradient på $0,5^\circ\text{C/s}$. Derfor udregnes der her hvor meget effekt der skal afsættes i ovnen. Det blev gjort på følgende måde:

Ved hjælp af ligningen:

$$\frac{d}{dt} T_{ovn}(t) = \frac{1}{C_{th}} \cdot \left(P_{el} - \frac{\text{Sluttemp} - \text{Starttemp}}{R_{th}} - A \cdot \epsilon \cdot \sigma (\text{Sluttemp}^4 - \text{Starttemp}^4) \right)$$

Kan P_{el} findes ved at indsætte den ønskede temperaturgradient som:

$$\frac{d}{dt} T_{ovn}(t) = 0.5 \frac{^\circ\text{C}}{\text{s}} \rightarrow 0.5 \frac{\text{K}}{\text{s}}$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}T_{ovn}(t) &= 0.5 \frac{K}{s} & A &= 2.8 \cdot 10^3 m^2 & Sluttemp &= 35.5^\circ C \\ & & & & &\rightarrow 308.65 K \\ \varepsilon &= 0.2 & C_{th} &= 48.84 \frac{J}{K} & \sigma &= 5.67 \cdot 10^{-8} W \cdot m^{-2} K^{-4} & Starttemp &= 23.8^\circ C \\ & & & & & & &\rightarrow 296.95 K \end{aligned}$$

$$P_{el} = 25.84 W$$

Det vil sige at, hvis ovnen tilføres en effekt på 25.84W vil den ønskede temperaturgradient kunne opnås. Det blev testet med en opvarmning fra stuetemperatur til 100°C for at udregne hældningen på stigningen:

$$a = \frac{Sluttemp - Starttemp}{Tidslut - Tidstart}$$

$$Starttemp = 298.27 K$$

$$Sluttemp = 373.33 K$$

$$Starttid = 0 s$$

$$Sluttid = 152 s$$

$$a = 0.49 \frac{K}{s}$$

Hvilket vurderes at være tilfredsstillende i forhold til vores produktspecifikation.

2.7 Delkonklusion

At finde R_{th} og $A\epsilon$ ved hjælp af to steady-state målinger viste sig at være en kompliceret fremgangsmåde. Det lykkedes ikke at få nogle brugbare resultater, på trods af meget påpasselighed. Derfor vurderes det at en matematisk model for at nærme sig værdierne er væsentligt nemmere, selvom det sandsynligvis ville give mere præcise målinger såfremt det lykkedes at foretage succesfulde steady state målinger.

Simuleringen viste at det var muligt at få en tilnærmelse af et opvarmningsforløb, men der er afvigelser i forhold til virkeligheden, dog vurderes det at de fundne konstanter er fundet med god nøjagtighed, da effekt til opvarmning faktisk giver en reel opvarmningshastighed, der er meget tæt på den beregnede hastighed.

3 Design

Ansvarlig: Alexander Bille

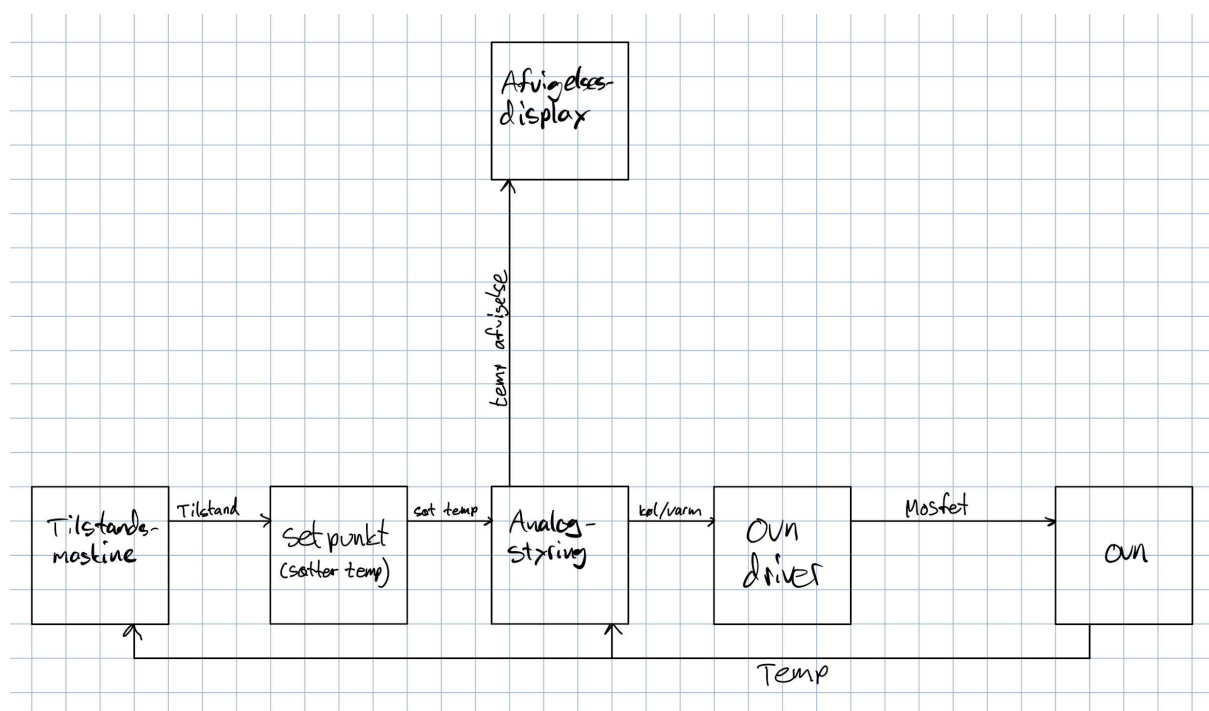
3.1 Indledning

Til at designe et samlet system, som dette hvor flere arbejder på hver deres modul, vil uden tvivl skabe sine egne problemer der skal løses undervejs. Til dette afsnit vil der redegøres for designprocessen, fra det oprindelige design til det endelige design ved brug af diagrammer og en forklarende tekst.

3.2 Overblik og design

3.2.1 Oprindeligt Design

Ved projektstart blev der valgt hvilke kravspecifikationer, der var muligt at nå inden for tidsrammen og blokdiagrammet i figur 3.1, blev til det design der skulle startes ud fra i grove træk og arbejdsfordelingen kunne baseres ud fra diagrammet i figur 3.1.

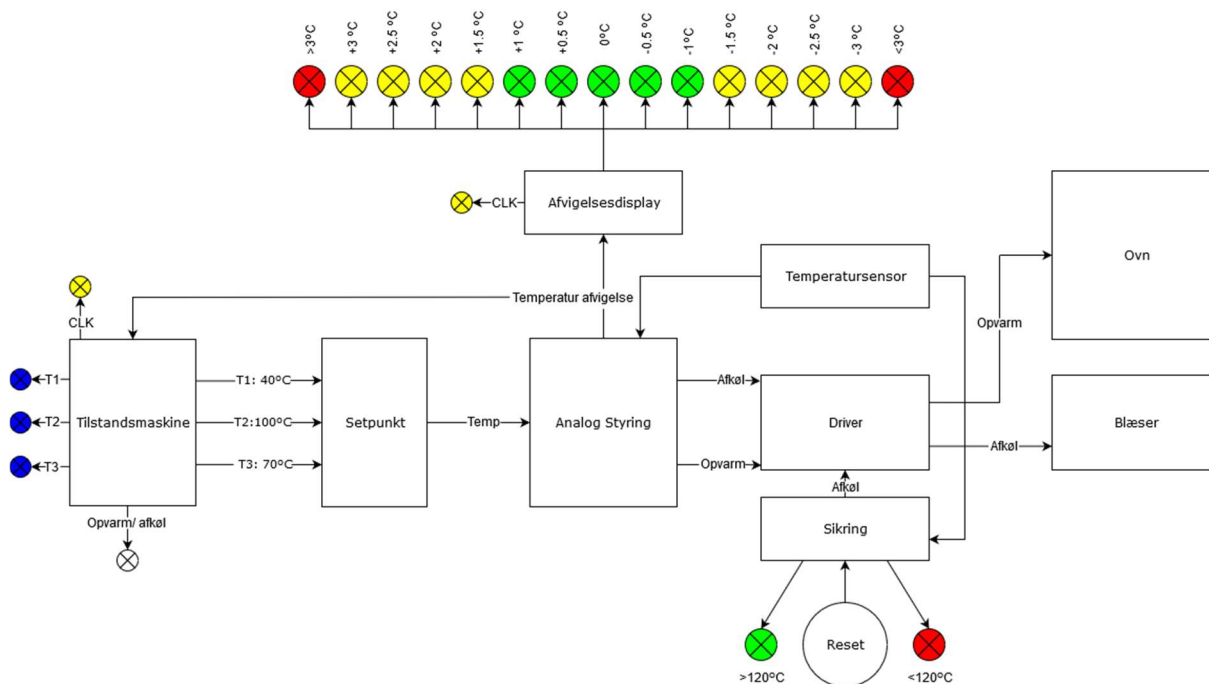


Figur 3.1

Diagrammet viser fra tilstandsmaskinen vil sende et signal til setpunkt, som holder informationen om hvilken temperatur der skal opnås. Setpunkt sender den ønskede temperatur videre til den analoge styring i form af en fastsat spænding og den analoge styring vil så sammenligne den ønskede temperatur med den nuværende fra sensoren på ovnen. De sammenlignede spændinger vil da give en afvigelse af den fastsatte temperatur, denne afvigelse sendes til afvigelsesdisplayet som ved hjælp af nogle forskelligt farvede dioder vil repræsentere hvor langt eller tæt på den specificerede temperatur kredsløbet er. Alt efter om den analoge styring får en afvigelse som ligger under eller over den ønskede temperatur, vil den sende et lavt eller højt signal til ovndriveren, om den skal varme eller køle ovnen. Tilstandsmaskinen vil også modtage den nuværende temperatur og stemmer den overens med tilstandens temperatur, vil tilstanden skiftes til at holde temperaturen i

60 sekunder. Dette gentager sig indtil vi har holdt de tre temperaturer som blev fastsat i kravspecifikationerne.

3.2.1 Endeligt Design



Figur 3.2 - Design diagram

Figur 3.2 er et blokdiagram over det endelige design, som viser de mest væsentlige forbindelser mellem de forskellige delkredsløb. Her følger så en forklaring af hver del kredsløb:

Tilstandsmaskinen

Tilstandsmaskinen bestemmer rækkefølgen af temperatur tilstande ovnen skal gennemløbe og hvor længe temperaturen skal fastholdes. Når tilstandsmaskinen får en afvigelse på $\pm 1^\circ\text{C}$ fra den analoge styring, vil en 5 sekunders timer starte, kan temperaturen ikke holdes på de $\pm 1^\circ\text{C}$ i 5 sekunder genstartes timeren. Er temperaturen holdt i 5 sekunder, vil tilstanden skifte til at holde temperaturen i 60 sekunder og vil derefter gå videre til næste tilstand, hvor en ny timer starter og overholdes forholdet i 5 sekunder, holdes den fastsatte temperatur osv.

Setpunkt

Setpunkt modtager et logisk højt signal fra tilstandsmaskinen, til hver sin indgang i modstandskredsløbet. De forskellige indgange er sat op i en spændingsdelers, som skaber en specifik spænding til de forskelligt fastsatte temperaturer og vil ved hjælp af spændingsfølgeren, holde den spænding der repræsenterer temperaturen, som skal opretholdes i perioden. Den holdte spænding bliver sendt videre til den analoge styring.

Analog Styring

Den analoge styring får et spændingssignal fra setpunkt del kredsløbet, som sammenlignes ved hjælp af en differensforstærker og en komparator om den ønskede temperatur er opnået. Signalet med afvigelsen sendes videre til afvigelsesdisplayet og komparatoren sender et lavt eller højt signal til driveren, om driveren skal afkøle eller opvarme ovnen.

Afvigelsesdisplay

Afvigelsesdisplayet har til opgave at vise afvigelsen af temperaturen fra den ønskede, som leveres af den analoge styring. Dette gøres ved at vise afvigelsen i intervaller, ved hjælp af forskelligt farvede LED dioder, hvor intervallerne mellem hver af de grønne og gule dioder har intervaller $0,5^{\circ}\text{C}$ per diode, alt efter om afvigelsen er over eller under den ønskede temperatur på dioderne og den midterste grønne diode indikerer at temperaturen ikke afviger. Afviger temperaturen med mere end $\pm 3^{\circ}\text{C}$ tændes den yderste røde diode, igen efter om afvigelsen er under eller over den ønskede temperatur.

Driver og sikring

Driveren sørger for, at ovnen bliver forsynet med den ønskede effekt, når den får et lavt signal fra den analoge styring. Driveren vil da slukke for forsyningen af effekten til ovnen, hvis der skulle komme et højt signal fra den analoge styring og tænde for blæseren til nedkølingen. Der er i driveren lavet en logik, som kan tage højde for opvarmning og nedkøling fra den analoge styring og fra sikringskredsløbet. Sikringskredsløbet er opbygget af en komparator, der giver et højt signal hvis signalet fra temperatursensoren er mindre end $1,2\text{V}$ eller 120°C , idet spændingen fra temperatursensoren svarer til $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$. Skulle temperaturen gå hen og overstige de 120°C , vil komparatoren sende et højt signal ud til driveren, som vil slukke den grønne diode og tænde den røde diode, for at indikerer at sikringen er blevet aktiveret.

3.3 Delkonklusion

Dette design har fastlagt de nødvendige krav mellem de enkelte delkredsløb i opstillingen, dette har sikret at hovedkravene til ovnen er blevet opfyldt.

Designet kunne forbedres ved at have lavet hele opsætningen på veroboard eller endda et PCB-print, for at minimere støj fra breadboards. På breadboards kunne vi også have brugt decoupling, ved hjælp af nogle kondensatorer, som den nemmeste forbedring til designet. Designet er sårbart over for meget små spændingsændringer til de forskellige ønskede temperaturer, som har plads til forbedring.

4 Driver

Ansvarlig: Alexander Bille

4.1 Indledning

Driverens funktion er at styre hvor stor en effekt ovnen skal opvarmes ved, så det stemmer overens med kravspecifikationen på $0,5^{\circ}\text{C/s}$.

4.2 Kravspecifikation

4.2.1 Signaler ind:

1. Heat in, digital: 0V tænd og 5V sluk til aktivering af opvarmning.
2. Fan in, digital: 5V tænd og 0V sluk til aktivering af køling.
3. Sensor in, analog: $<120\text{mV}$ aktiveres varmesikring.

4.2.2 Signaler ud:

1. Ingen signaler går ud af driveren.

4.2.3 Funktionskrav:

1. Opvarmning sker ved $0,5^{\circ}\text{C/s}$.
2. overstiger temperaturen 120°C skal en sikrings kreds aktiveres og ovnen slås fra.

4.3 Designovervejelser

Driver kredsen er lavet på et PCB-print, den kunne eventuelt også været lavet på et veroboard. Driver kredsen er valgt at lave på et PCB-print, da et breadboard ikke kan håndtere den store strøm der er nødvendigt for opvarmning af ovnen og, som en læringsproces i at designe et PCB-print. Der er valgt at lave en sikrings kreds på driveren, som er drevet af en SR-latch, der ikke kan slås fra af kredsløbet uden et input signal fra en knap eller ved at genstarte systemet. Driveren har fået to logik kredse, hvis funktioner er at ovnen skal slukke ved for høj varme, selvom tilstandsmaskinen giver signal til opvarmning. Den anden logik kreds er så brugt på SR-latchen, som begge kan ses på figur 4.1. Afkølingen tænder hvis den får et signal fra sikringskredsløbet eller den analoge styring.

4.5 Beregninger

Ved test af en ønsket opvarmningshastighed, som beskrevet i kravspecifikationerne på 0,5 °C/s, kunne det udledes at den ønskede effekt er ca. 26 Watt.

$$\begin{aligned}
 R_2 &= 0.1 \, \Omega, R_4 = 200 \, \Omega, V_t = 5 \, \text{V}, P_{\text{IRF530}} = 25.84 \, \text{W}, V_{\text{IRF530}} = 17 \, \text{V} \\
 V_{\text{ref}} &= V_S = I_{\text{IRF530}} \cdot R_2 \\
 \frac{P_{\text{IRF530}}}{V_{\text{IRF530}}} &= I_{\text{IRF530}} \Leftrightarrow I_{\text{IRF530}} = 1.52 \, \text{A} \\
 V_{\text{ref}} &= V_S = 152 \, \text{mV} \\
 V_{\text{ref}} &= V_t \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \Leftrightarrow R_3 = \frac{V_t \cdot R_4}{V_{\text{ref}}} - R_4 \Leftrightarrow R_3 = 6379 \, \Omega
 \end{aligned}$$

Ved beregningerne er modstanden R_3 og den tilførte strøm til MOSFET IRF530 blevet beregnet. Modstanden R_3 er ikke en standard værdi, men modstanden på de 6379 Ω har kunnet tilnærmes ved at måle modstande ved hjælp af multimeteret. En resistor blev fundet på 6379 Ω ved at udnytte afvigelsen fra produktionen, som er blevet præciseret ned til 1:10000.

Til komparatoren fastsættes en spænding på 1.2V der svarer til 120°C, som komparatoren bruger til at give et lavt signal så længe temperatursensoren er under 1.2V og et højt signal hvis spændingen fra temperatursensoren er over 120°C. Til at få spændingen på 1.2V til komparatoren bruges en spændingsdeler, som udregnes ved at vælge en spænding for $R_7 = 10\text{K}\Omega$ og udlede R_6 modstanden:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{out}} &= 1.2 \, \text{V}, R_7 = 10 \, \text{K}\Omega, V_{\text{in}} = 5 \, \text{V} \\
 V_{\text{out}} &= V_{\text{in}} \cdot \frac{R_7}{R_6 + R_7} \Leftrightarrow R_6 = \frac{V_{\text{in}} R_7}{V_{\text{out}}} - R_7 \Leftrightarrow R_6 = 31.67 \, \text{K}\Omega
 \end{aligned}$$

Modstanden på de 31.67K Ω har kunnet tilnærmes ved at måle modstande ved hjælp af multimeteret. En resistor blev fundet på 31.67K Ω ved at udnytte afvigelsen fra produktionen, som er blevet præciseret ned til 1:10000.

Til ned afkølingshastigheden passede det ud fra vores målinger forholdsvis tæt på de 0,4°C/s, som specifikationskravet ønskede. Målingerne her viser ud fra 4 måle perioder for at finde afkølingsgennemsnittet.

$$\begin{aligned}
 T_{\text{start}, 1} &= 99.19^\circ \text{C}, T_{\text{slut}, 1} = 69.14^\circ \text{C}, & t_{\text{start}, 1} &= 277.73 \, \text{s}, t_{\text{slut}, 1} = 328.91 \, \text{s}, \\
 T_{\text{start}, 2} &= 69.66^\circ \text{C}, T_{\text{slut}, 2} = 39.45^\circ \text{C}, & t_{\text{start}, 2} &= 392.19 \, \text{s}, t_{\text{slut}, 2} = 493.18 \, \text{s}, \\
 T_{\text{start}, 3} &= 98.75^\circ \text{C}, T_{\text{slut}, 3} = 69.16^\circ \text{C}, & t_{\text{start}, 3} &= 738.29 \, \text{s}, t_{\text{slut}, 3} = 788.29 \, \text{s}, \\
 T_{\text{start}, 4} &= 67.78^\circ \text{C}, T_{\text{slut}, 4} = 39.39^\circ \text{C}, & t_{\text{start}, 4} &= 855.87 \, \text{s}, t_{\text{slut}, 4} = 953.13 \, \text{s}
 \end{aligned}$$

Med målingerne ovenfor, kan der findes afkølingshastigheden for de forskellige perioder.

$$n = \frac{T_{\text{slut}} - T_{\text{start}}}{t_{\text{slut}} - t_{\text{start}}}$$

$$n_1 = -0.59^\circ \text{C/s}, n_2 = -0.30^\circ \text{C/s}, n_3 = -0.59^\circ \text{C/s}, n_4 = 0.29^\circ \text{C/s}$$

Efter afølingshastighederne er fastsat ved at finde hældningen imellem punkterne, da hastigheden for afkølingen er fastsat, kan gennemsnittet nemt bestemmes ved:

$$n_{\text{gennemsnit}} = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + n_4}{4}$$

$$n_{\text{gennemsnit}} = -0.44^{\circ}\text{C/s}$$

4.6 Test

Kredsløbet er testet for sig selv og sammen med resten af del kredsløbene. Ved testen for sig selv har driveren givet den ønskede opvarmning ved de ca. 26W, er der blevet opnået den ønskede opvarmningshastighed på ca. 0,5 °C/s og en nedkøling på ca. 0,4°C. Sikringen har slået til ved ca. 1.2V, ved isoleret test

I testen med alle del kredsløbene har driveren kunne levere den ønskede opvarmningshastighed og i gennemsnit opnået en nedkølingshastighed på ca. 0,44°C, som er tæt på den ønskede nedkøling. Effekten der bruges til ovnen når opvarmning er krævet, er også overholdt på de ca. 26W. Test af sikring sammen med alle del kredsløb har vist at aktiverer sikring ved 120°C.

4.7 Delkonklusion

Efter testning af kredsløbet kan det ses at kravene er opfyldt, idet driveren opfylder specifikationskravene, som blev opstillet af gruppen. Da størstedelen af designet endte på et PCB-print og ud fra målingerne kan det konkluderes at støj ikke har været et stort problem for driveren. Hvis driveren skulle præciseres bedre, kunne det gøres ved at lave en decoupling på IC-kredsene, for at minimere støjen.

5 Tilstandsstyring

Ansvarlig: *Jørgen Drelicharz Greve*

5.1 Indledning

Tilstandsstyringen bestemmer i hvilken rækkefølge ovnen skal gennemløbe de fastsatte temperaturer og hvor længe temperaturen skal holdes i de enkelte tilstande. Tilstandsstyringen sørger også for at der ikke skiftes tilstand før temperaturen er stabil.

5.2 Kravspecifikation

Tilstandsstyringen skal sørge for at ovnen gennemløber seks tilstande; A, B, C, D, E og F, hvor A og B er henholdsvis opvarmning til og stabilisering af temperatur 1. C og D er henholdsvis opvarmning til og stabilisering af temperatur 2. E og F er henholdsvis opvarmning til og stabilisering af temperatur 3. Ydermere sørger tilstandsstyringen ved hjælp af en timer for at holde ovnen i tilstand B, D og F i 60 sekunder hver især.

Tilstandene vises med 6 dioder svarende til A, B, C, D, E og F.

5.2.1 Signaler ind:

Signal fra afvigelsesdisplayet om at temperaturen er inden for $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ fra den ønskede temperatur (signalet kommer i form af enten højt eller lavt fra output Y5, Y6 og Y7 på 74HC154 dekoderen. Signalet bliver sammenlignet i en XOR-gate og giver derfor kun et højt signal videre fra XOR-gaten når et af signalerne fra de tre outputs er højt)

5.2.2 Signaler ud:

Tilstandsstyringen sender et højt signal til setpunkt når tilstand B, D og F er nået og holder signalet i 60 sekunder.

5.2.3 Funktionskrav:

Skift af tilstand fra A til B, C til D eller E til F må først ske når temperaturen er stabil ($\pm 1^{\circ}\text{C}$). Skift af tilstand fra B til C, D til E og F til A må først ske når der er gået 60 sekunder fra skift til den pågældende tilstand.

5.3 Designovervejelser

Valget af et counter IC med "manuel" aktivering af tælle tilstand som tilstandsmaskine skete ud fra devisen om at simpelt er oftest bedst og det bliver ikke

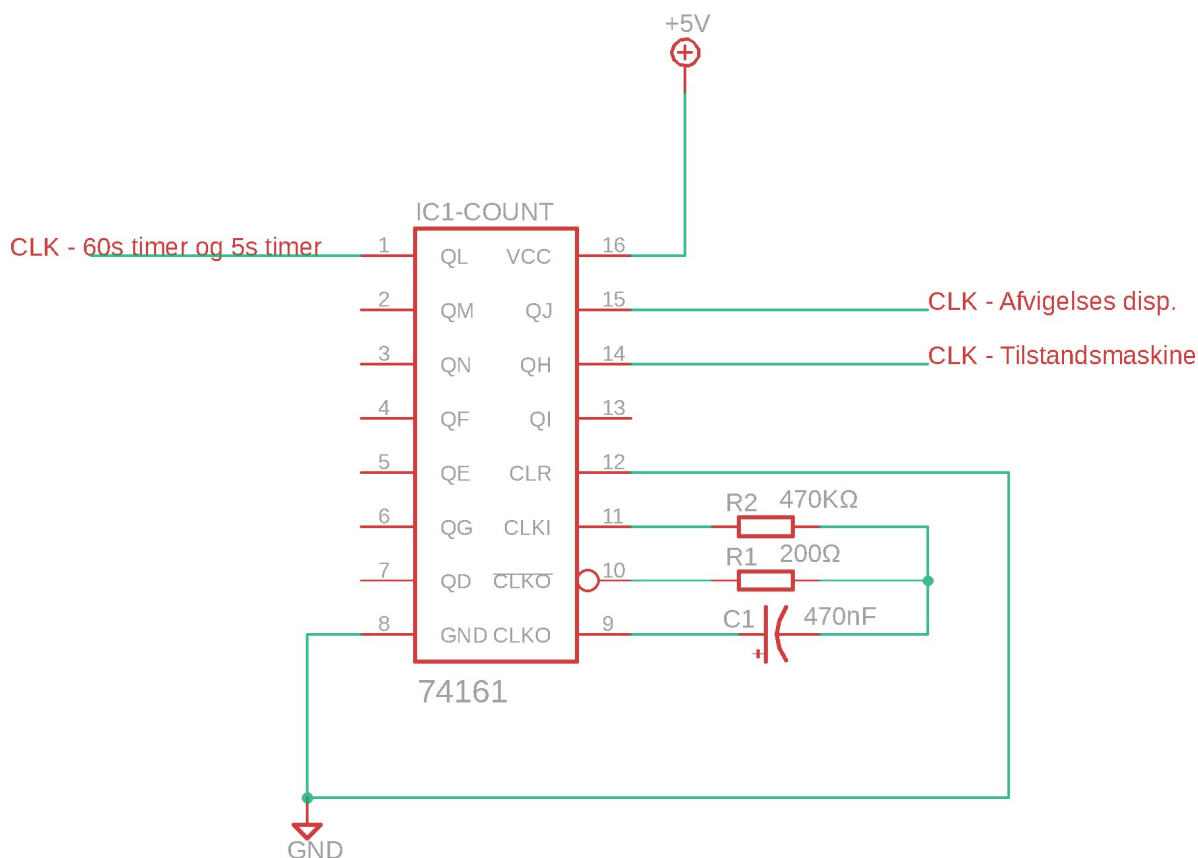
meget mere simpelt end at skifte tilstand når der bliver talt én op og starte forfra når næste tal sender signal til reset benet.

For at sikre at temperaturen er stabil er der indsat en 5 sekunders tids forsinkelse ved hjælp af en CD4040B counter der sammen med 74HC86 XOR-gate sørger for at temperaturen er inden for $\pm 0,5^\circ\text{C}$ før der fortsættes til en "hold temperaturen" tilstand. Derved undgås for store temperaturudsving i starten af de tre tilstande hvor temperaturen skal være stabil.

5.4 Diagram og funktion

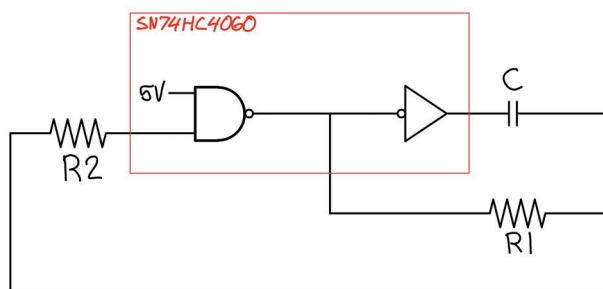
Tilstandsstyringen kan underopdeles i fire forskellige kredsløb. Clock signal, tilstandsmaskine, 60 sekunders timer og 5 sekunders timer.

5.4.1 Clock signal



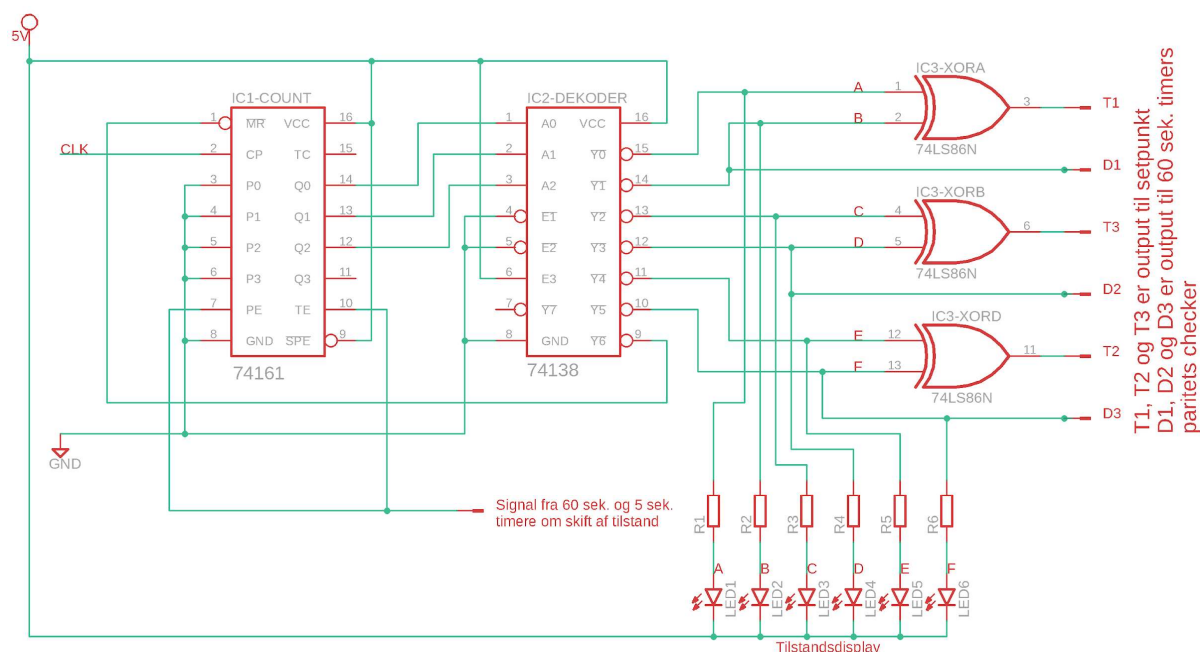
Figur 5.1 - clock generator

Clock signal generatoren består af en counter/oscillator, to modstande og en kondensator. Den virker ved at kondensatoren bliver ladet op og når den er fuldt opladet sender ladningen videre, det bevirker at der igen er 5V på begge indgange i NAND-gaten, der derfor leverer det inverterede videre til R1 og inverteren. Inverteren inverterer så signalet og kondensatoren lader op på ny. Se figur 5.2.



Figur 5.2

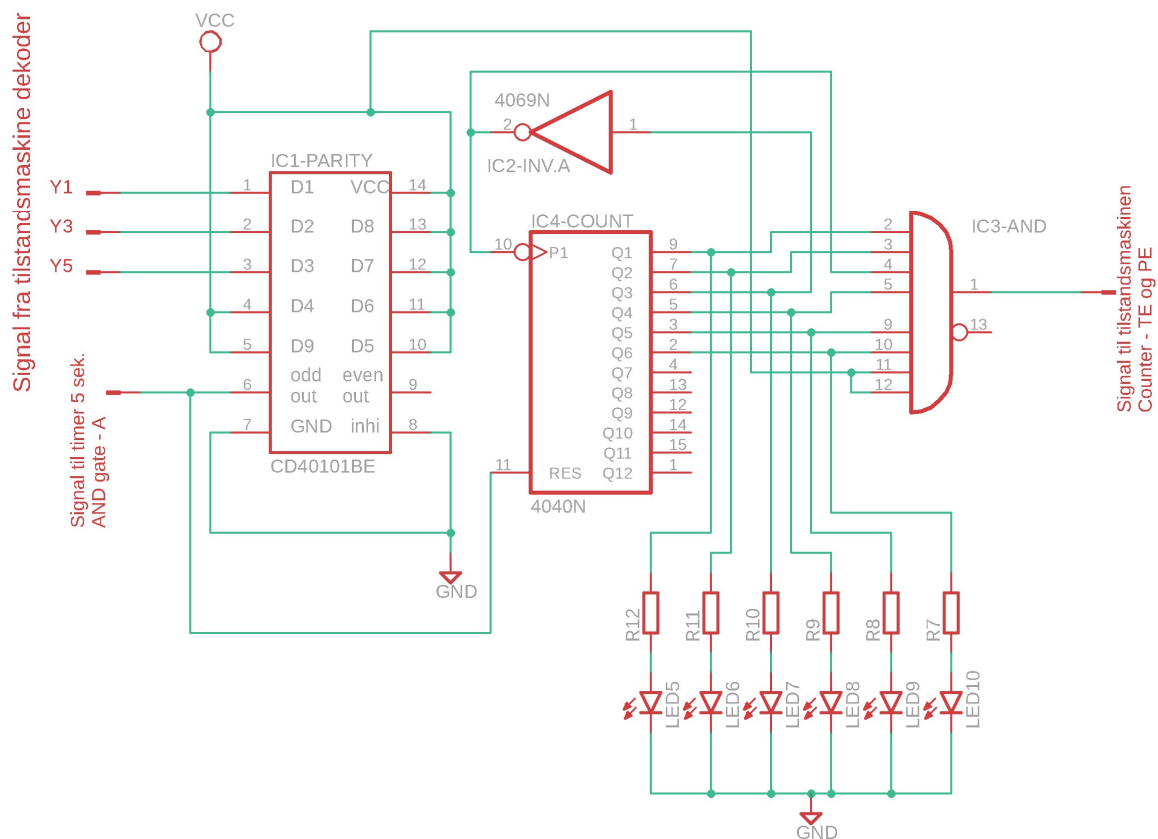
Tilstandsmaskine



Figur 5.3 - tilstandsmaskine

Tilstandsmaskinen består af en counter, dekoder og en XOR-gate. Den virker ved at counteren tæller en op på et opadgående clock signal når den får et højt signal på PE og TE. Den sender dermed et binært tal til dekoderen som "oversætter" det til et lavt signal ud på den tilsvarende udgang. Når der kommer et lavt signal ud på dekoderens pin 9, svarende til tallet 6 bliver der sendt et lavt signal til counterens master reset som så nulstiller counteren og der startes forfra. Derved gennemgås der 6 tilstande inden der nulstilles. Da setpunkt kredsløbet har brug for 5V til hver af de tre forskellige temperaturer er der benyttet en XOR-gate til at levere 5V til setpunkt når tilstandsmaskinen er i tilstand A eller B, C eller D og E eller F. Tilstand AB giver spænding til sepunkts T1, CD til setpunkts T2 og EF til setpunkts T3.

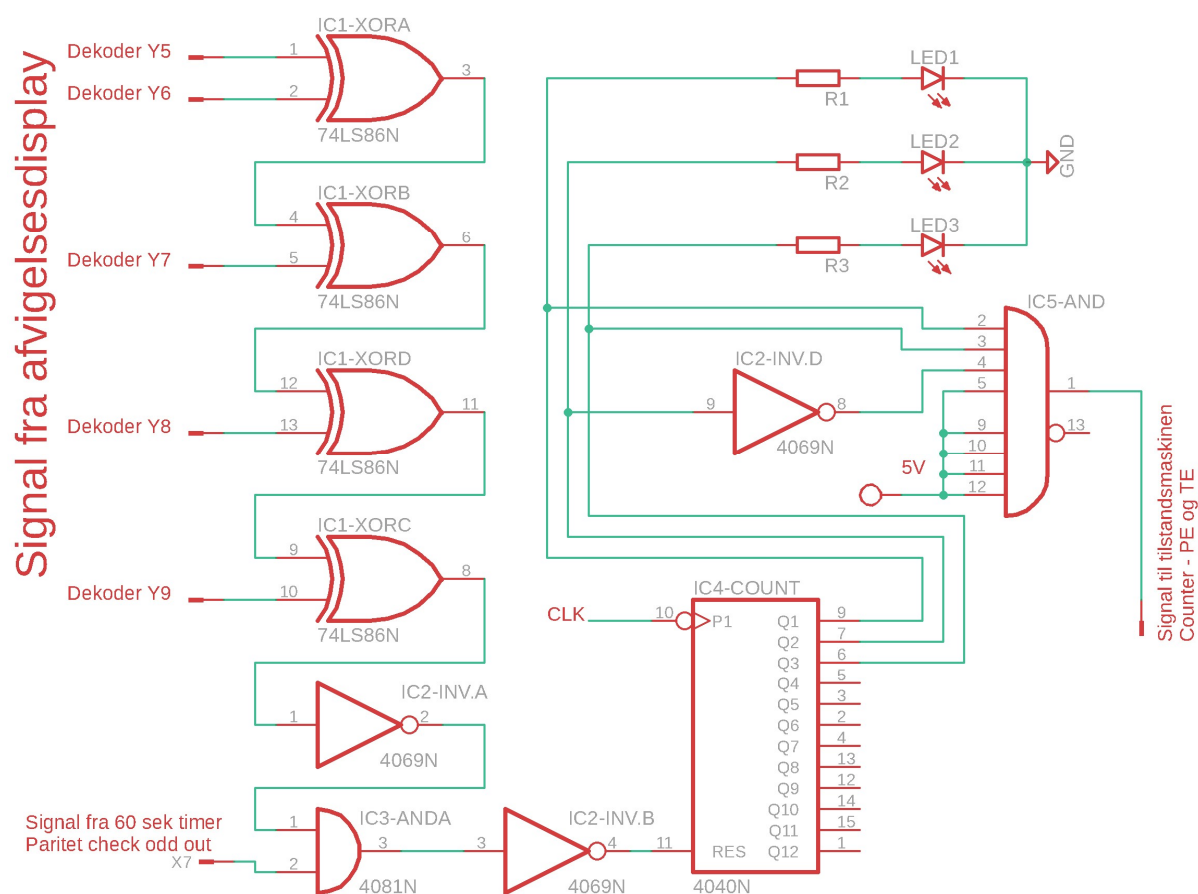
60 sekunders timer



Figur 5.4 - 60 sekunders timer

60 sekunders timeren består af en counter, inverter, AND gate og en paritets checker. Den virker ved at paritets checkeren får et lavt signal fra tilstandsmaskinen i tilstand B, D eller F (tilstandsmaskinens dekoders output Y1, Y3 og Y5) således at når systemet er i en af de tilstande sender paritets checkeren et lavt signal til counterens reset hvilket gør at counteren går i gang med tælle til 59, svarende til 60 sekunder ved ét opadgående clock signal pr. sekund. I tilstandene A, C og E får counteren et højt signal på reset, derved forbliver counteren passiv i disse tilstande. Paritets checkeren sender ligeledes et signal til AND gaten i 5 sekunders timeren. Signalet fortæller om systemet er i tilstand ACE eller BDF som forklaret ovenfor. Inverteren bruges til at inverttere nullet i det binære tal 59 (111011) til et et tal således at AND gaten sender et højt signal til tilstandsmaskinens PE og TE indgange når den får et højt signal fra udgang Q1 - Q6 på counteren svarende til tilstandsskift fra hold temperatur til opvarm/afkøl til næste temperatur.

5 sekunders timer



Figur 5.5 - 5 sekunders timer

5 sekunders timeren består af en counter, inverter, 2 AND gates og en XOR-gate. Den virker ved at XOR-gaten sender et lavt signal til inverteren når den får et lavt signal fra afvigelsesdisplayets udgang Y6, Y7 eller Y8 svarende til at temperaturen er som ønsket $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Inverteren inverterer signalet til et højt signal og sender det til den ene AND gate som når den samtidigt modtager et højt signal fra 60 sekunders timeren, sender et højt signal der bliver inverteret i inverteren inden det sendes videre til counterens reset og derved begynder counteren at tælle binært til 5 (101) hvor den bliver nulstillet. Timeren er målt til at holde sig inden for 5 sekunder ± 1 sekund hvilket er tilfredsstillende i forhold til timerens funktion. Den anden AND gate sender et højt signal til tilstandsmaskinens PE og TE indgange når den modtager et højt signal fra counterens Q1 - Q3 udgange hvor Q2 bliver inverteret undervejs. Dette signal fortæller systemet at der skal fortsættes til en "hold temperaturen" tilstand svarende til tilstand B, D eller F.

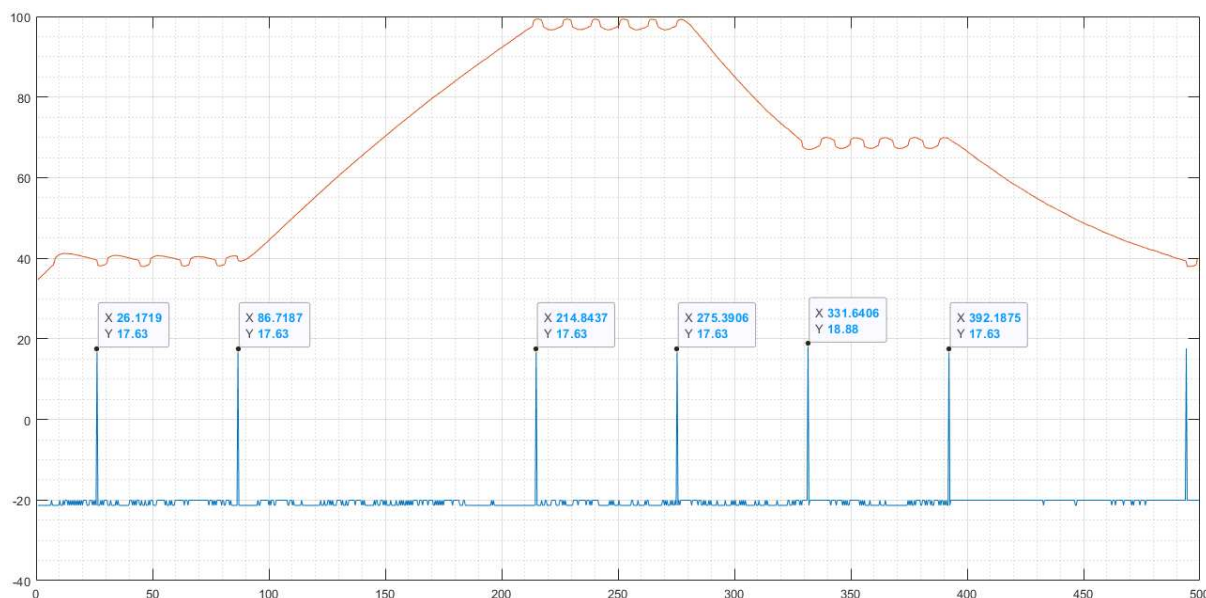
5.5 Beregninger

Clock frekvensen udregnes ved følgende formel som findes i databladet for SN74HC4060 på side 6.

$$f = \frac{1}{2 \cdot R1 \cdot C \cdot \left(\frac{0,405 \cdot R2}{R1 + R2} + 0,693 \right)}$$

Når formelen benyttes med de anvendte komponenter, fås en frekvens på 4845 Hz. Denne frekvens skaleres i 4060 chippen således at man får forskellige frekvenser ud alt efter hvilket ben på chippen der benyttes som udgang.

5.6 Test



Figur 5.6 - koordinatsystem over temperatur og tid

Y-aksen viser temperatur og X-aksen viser tid i sekunder.

Koordinatsystemet viser at tilstandsstyringen virker som ønsket. Den rødlige graf viser temperaturen med de seks tilstande startende med tilstand B fra ca. 0 - 90 sekunder, tilstand C fra ca. 90 - 210 sekunder, tilstand D fra ca. 210 - 280 sekunder, tilstand E fra ca. 280 - 330 sekunder, tilstand F fra ca. 330 - 390 sekunder og til sidst tilstand A fra ca. 390 - 500 sekunder.

Den blå graf viser hvornår der skiftes til de forskellige tilstande. Årsagen til at der er forskel på hvornår temperaturkurven og tilstandskurven viser skift af tilstand er 5 sekunders timeren som sørger for at temperaturen er stabil i ca. 5 sekunder før der skiftes til næste holdetilstand. Tiderne for de forskellige holdetilstande kan ses i nedenstående skema:

Tilstand:	Tilstand start: (s)	Tilstand slut: (s)	Tid: (s)
B	26,1719	86,7187	60,5468
D	214,8437	275,3906	60,5469
F	331,6406	392,1875	60,5469

5.7 Delkonklusion

Kravet om fastholdelse af temperaturen i 60 sekunder $\pm$ 2 sekunder er opfyldt da man ud fra målingerne kan se at tiden på intet tidspunkt overskrider 58 eller 62 sekunder.

Kravet om visning af tilstand med LED er opfyldt som det ses på figur 5.3 under tilstandsdisplay dog med den tilføjelse at der vises seks tilstande hvor A/B, C/D, E/F viser henholdsvis opvarmning til og fastholdelse af temperatur.

6 Afvigelsesdisplay

Ansvarlig: *Jørgen Drelicharz Greve*

6.1 Indledning

Afvigelsesdisplayet angiver afvigelsen fra den ønskede temperatur ved brug af 15 LED. I midten er der 5 grønne dioder der indikerer at temperaturen er inden for $\pm 1^{\circ}\text{C}$, på hver side af de 5 grønne dioder er der 4 gule dioder der angiver at temperaturen er $\pm 1,5 - 3^{\circ}\text{C}$ fra den ønskede temperatur og yderst i begge ender er der en rød diode der indikerer at temperaturen er mere end 3°C fra målet.

6.2 Kravspecifikation

Afvigelsesdisplayet skal angive afvigelsen i $0,5^{\circ}\text{C}$ intervaller indtil $\pm 3^{\circ}\text{C}$ fra den ønskede temperatur. Hvis temperaturen afviger med mere end 3°C fra den ønskede temperatur angives det med de to yderste dioder.

6.2.1 Signaler ind:

Spændingen fra D udgangen på den analoge styring angiver om temperaturen afviger fra den ønskede temperatur. Når afvigelsesdisplayet modtager 2,5 V som er offset i den analoge styring, svarer det til at temperaturen er som ønsket.

6.2.2 Signaler ud:

Ved lavt signal på en af Y5 - Y9 udgangene fra 74HC154 dekodere sendes der et signal til tilstandsstyringen om at temperaturen er som ønsket.

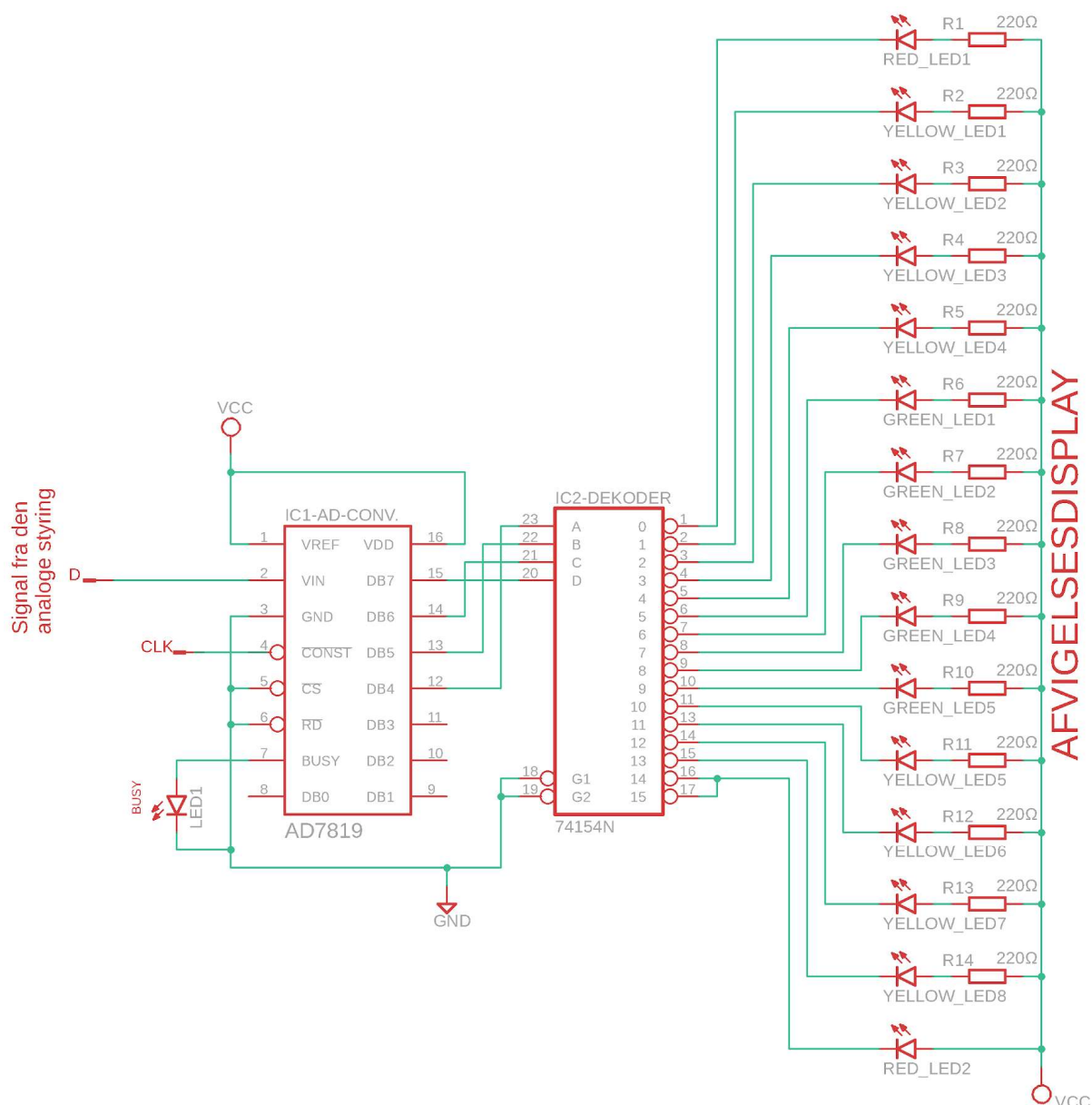
6.2.3 Funktionskrav:

Tilstandsstyringen må kun fortsætte til en holde tilstand når temperaturen er stabil, dvs. lavt signal på en af Y5 - Y9 udgangene fra 74HC154 dekodere

6.3 Designovervejelser

Afvigelsesdisplayet er udført med i alt 15 LED hvor der er $0,5^{\circ}\text{C}$ spring mellem hver diode for at få en fornuftig opløsning på displayet.

6.4 Diagram og funktion



Figur 6.1 - Afvigelsesdisplay

Afvigelsesdisplayet består af en analog til digital konverter, en dekoder og 15 LED til selve displayet. Det fungerer ved at AD konverteren modtager et signal fra den analoge styrings D udgang. Signalet bliver omdannet til et binært tal som sendes til dekoderen. Dekoderen laver det binære tal om til et lavt signal på den tilsvarende udgang og derved vil den tilsluttede LED lyse. Når signalet der kommer fra den analoge styrings D udgang er 2,5V vil den midterste grønne diode lyse og derved indikere at temperaturen er som ønsket. Er der en større eller mindre spændingsforskel vil displayet afvige tilsvarende.

6.5 Beregninger

Da temperatursensoren giver en spændingsforskel på 10 mV / °C og det ønskede temperaturspring mellem hver LED på afvigelsesdisplayet er på 0,5 °C giver det et spring mellem hver LED på 5 mV.

Da V_{ref} på AD-konverteren er sat til 5V vil hele skalaen på afvigelsesdisplayet gå fra 0V - 5V og da der er 16 udgange på dekoderen, divideres spændingen med antal udgange for at få spændingsforskellen pr. trin hvilket giver 0,3125V pr. trin.

For at signalet der kommer, fra den analoge styring skal passe til 0,3125V pr. trin skal det forstærkes. Den forstærkning beregnes ved at dividere spænding pr. trin med spændingsforskellen pr. 0,5 °C hvilket giver en forstærkning på 62,5.

6.6 Test

Da afvigelsesdisplayet afgiver signal til 5 sekunders timeren for korrekt temperatur, kan man konkludere at afvigelsesdisplayet virker efter hensigten da systemet ellers ikke ville kunne køre en cyklus. Dette ses også på fig. 5.6 hvor overgangen mellem opvarmning og hold temperatur sker, først når temperaturen har stabiliseret sig inden for de fem grønne LED får systemet lov til at fortsætte til næste tilstand.

Spændingsforskellen mellem hvert trin er blevet målt og ligger på ca. 0,31 som det også er beregnet til at skulle være se nedenstående tabel.

LED	SPÆNDING
	4,30V
	4,00V
	3,69V
	3,38V
	3,07V
	2,76V
	2,45V
	2,14V
	1,83V
	1,52V
	1,21V
	0,90V
	0,60V
	0,30V
	0,00V

For at finde ud af om afvigelser større end 3°C vises udenfor den øverste gule del af skalaen trækkes spændingen for den øverste gule LED fra spændingen for den midterste grønne LED fra hinanden og resultatet divideres med 0,31V. Det giver 6 halve grader celsius svarende til 3°C. Ligeledes kan det vises med den nederste gule del af skalaen og det giver 2,97°C.

6.7 Delkonklusion

Displayet overholder ikke helt specifikationskravet om en række med 13 dioder da det er blevet udført med 15 dioder, men argumenterne for højere opløsning af displayet og bedre udnyttelse af dekodekens kapacitet godtgør denne udvidelse.

Kravet om 0,5 °C spring pr. LED på displayet er overholdt da der er målt 0,31V spændingsforskel mellem hver LED.

Det er ikke blevet målt om den midterste LED angiver den ønskede temperatur, men som beskrevet under punkt 6,6 Test fungerer displayet indenfor specifikationerne og det må derfor antages at være i orden.

Kravet om visning af afvigelser større end 3 °C med de yderste dioder er også overholdt da der fra den midterste grønne LED og ud til den øverste gule LED er målt og beregnet præcis 3 °C mens den fra midten og ned næsten rammer kravet med kun 0,03 °C afvigelse.

7 Spændingsregulator

Ansvarlig: Alexander Bille

7.1 Indledning

Spændingsregulator har til funktion at leverer de forskellige spændinger, som de forskellige kredsløb skal forsynes med.

7.2 Kravspecifikation

Spændingsregulator skal kunne levere spændinger, som IC-chips typisk bruger. Der var på forhånd valgt at forsyningen skal kunne levere de mest typiske spændinger der skal bruges, som er 5V, 9V og 12V.

7.2.1 Signaler ind:

1. Der går ingen signaler ind.

7.2.2 Signaler ud:

1. Der går ingen signaler ud.

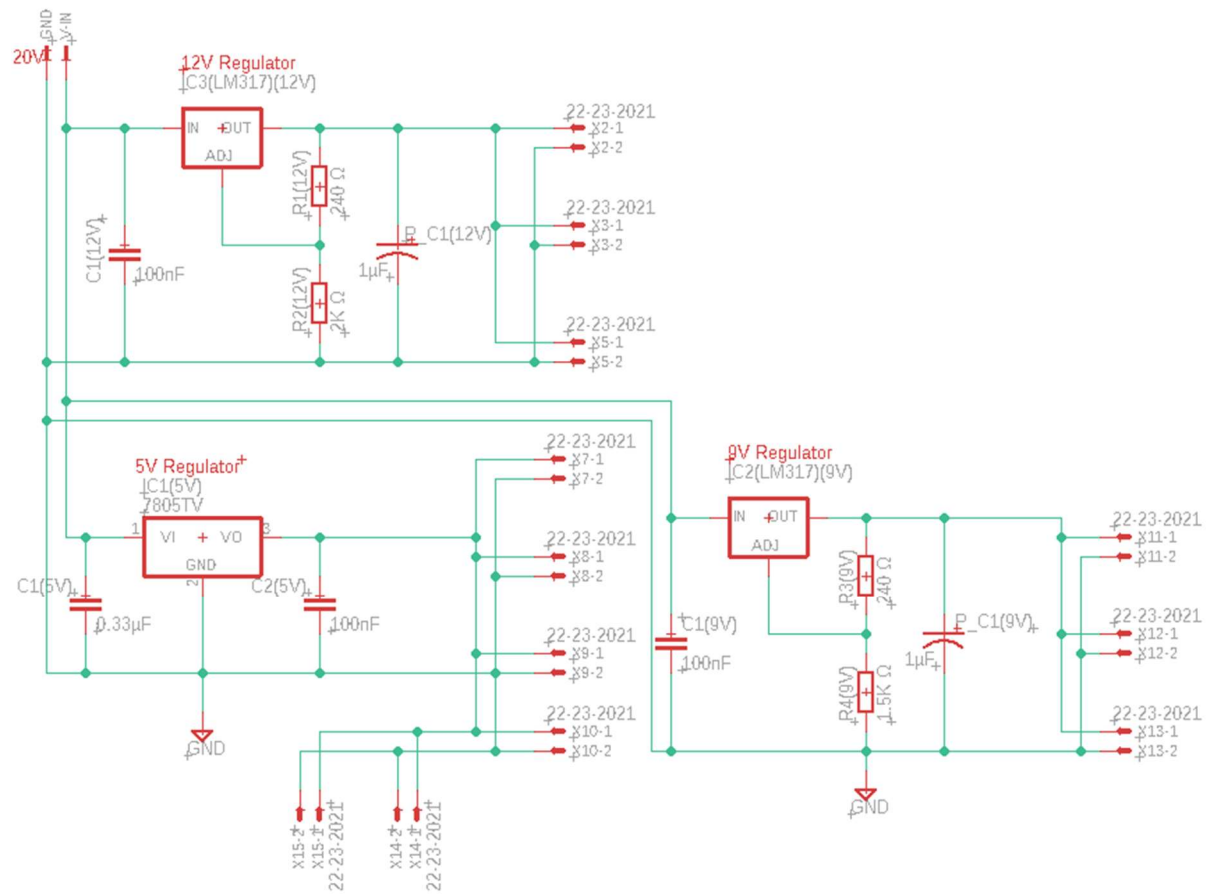
7.2.3 Funktionskrav:

1. Spændingsregulator kredsen skal kunne levere de tre ønskede spændinger, ved at være forsynet med en fast spænding på 20V.

7.3 Designovervejelser

Til design af spændingsregulator kredsløbene, blev det lavet på et PCB-print, da de er mere holdbare og præcise end breadboard. PCB-print blev valgt frem for veroboard, da driveren alligevel blev bestilt til projektet og da det er et kredsløb der ikke krævede lang tid at designe, kunne det stadig nå at blive designet inden for tidsrammen der var afsat. Der blev valgt et antal udgange der maks kunne forventes at skulle bruges til de respektive spændingskrav. Til 5V kredsen bruges LM7805, som fast laver 5V, da den er en lineær spændingsregulator. Til 9V og 12V kredsene vil der bruges LM317, som kan indstilles til den ønskede spænding ved at udregne modstandene, som kan udregnes ved ligningen for Ikke-inverterende forstærker til LM317.

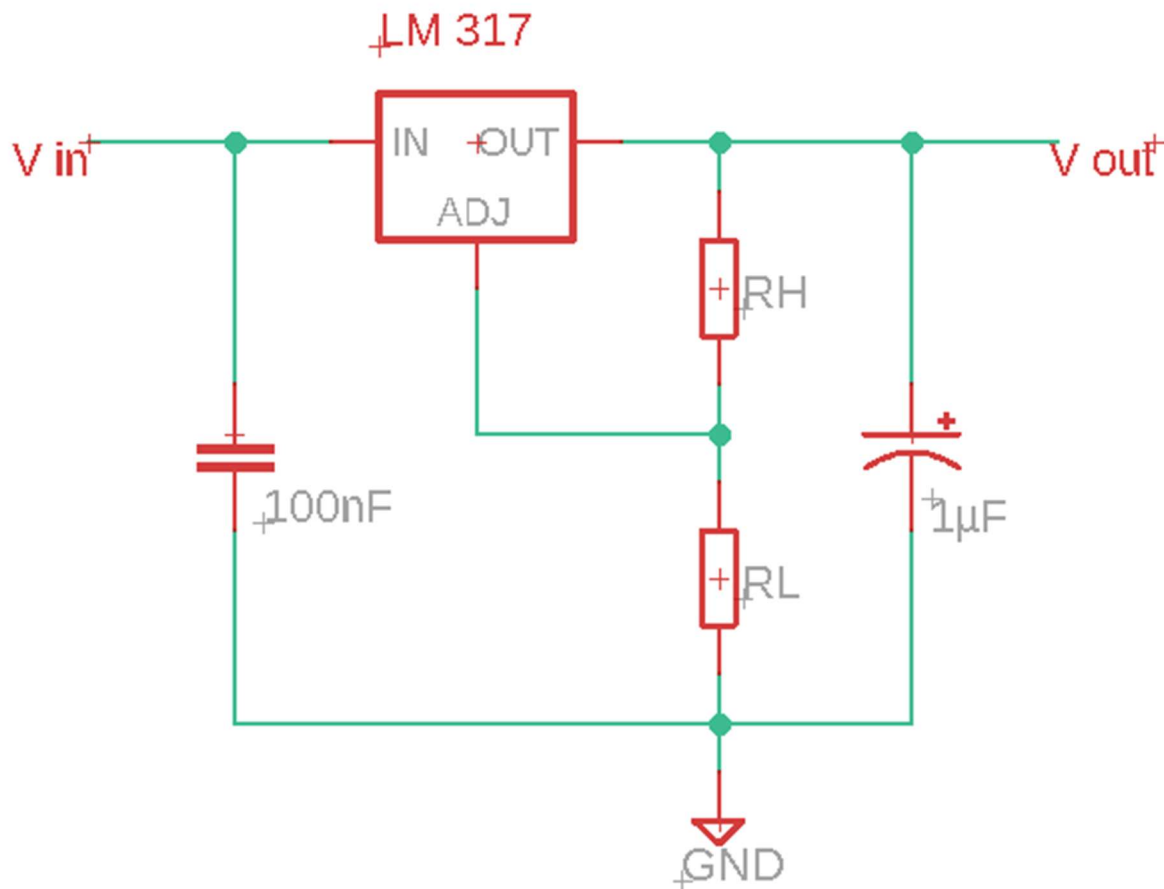
7.4 Diagram og funktion



Figur 7.1 - Spændingsregulator kredsløb

Spændingsregulator kredsene bliver forsynet med 20V fra laboratoriets strømforsyning og de forskellige regulatorkredsløb har Molex stik til forsyning.

7.5 Beregninger



Figur 7.2 - LM317 generelt kredsløb

For at beregne den ønskede spændingsregulering for LM317, bruges ligningen for en ikke-inverterende forstærker hvor V_{in} er udskiftet med $V_{ref} = 1,25V$ og for at løse en ligning med en ubekendt vælges en modstandsværdi for $R_H = 240\Omega$. V_{out} er den ønskede reguleret spænding, opsætningen kan ses på figur 7.2

Modstanden R_L for 9V regulering udledes ved:

$$V_{ref} = 1.25 \text{ V}, R_H = 240 \Omega, V_{out} = 9 \text{ V}$$

$$V_{out} = V_{ref} \cdot \left(1 + \frac{R_L}{R_H} \right) \Leftrightarrow R_H = \frac{V_{ref} \cdot R_L}{V_{out} - V_{ref}}$$

$$R_L = 1.5 \text{ K}\Omega$$

Modstanden R_L for 12V regulering udledes ved:

$$V_{\text{ref}} = 1.25 \text{ V}, R_H = 240 \Omega, V_{\text{out}} = 12 \text{ V}$$

$$V_{\text{out}} = V_{\text{ref}} \cdot \left(1 + \frac{R_L}{R_H} \right) \Leftrightarrow R_H = \frac{V_{\text{ref}} \cdot R_L}{V_{\text{out}} - V_{\text{ref}}}$$

$$R_L = 2 \text{ K}\Omega$$

7.6 Test

Kredsløbet er testet for sig selv og sammen med resten af del kredsløbene. Ved testen for sig selv har spændingsregulator kredsen leveret de ønskede spændinger på 5.06V, 8.96V og 11.68V. Ved testen sammen med del kredsløbene har kredsløbet kunne forsyne de ønskede spændinger. 5V kredsen er målt til 5,07V, 9V kredsen er målt til 8,96V og 12V kredsen er målt til 11,68V. Målingerne viser at kredsen virker som ønsket.

7.7 Delkonklusion

Efter testning af kredsløbet kan det ses at kravene er opfyldt, idet at spændingsregulator kredsene leverer tæt på den ønskede spænding, som er rigeligt til forsyningen af de forskellige delkredsløb og da del kredsløbene virker efter hensigten, er de forsynet efter kravspecifikationen. Kredsløbet kunne forbedres ved at have designet det senere i processen, når man ved med sikkerhed hvilke spændinger der skal bruges og hvor mange Molex stik der skulle til for at forsyne de forskellige delkredsløb. Man havde heller ikke spildt tid på at lave en 9V regulering, da ingen af del kredsløbene bliver forsynet med 9V, ved at designe den senere i forløbet.

8 Analog styring

Ansvarlig: Kim Christensen

8.1 Indledning

Den analoge styring skal sammenligne den ønskede temperatur med den aktuelle temperatur og derefter enten sende signal til driveren for at køle eller varme ovnen. Derudover skal den kunne forstærke temperaturforskellen for at sende dette til afvigelsesdisplayet.

8.2 Kravspecifikation

Den analoge styring skal kunne finde forskellen mellem målt temperatur og ønsket temperatur, forstærke signalet og enten sende det videre til afvigelsesdisplay, eller afgøre om det er større eller lavere end offset, for at styre opvarmning/køling af ovnen.

8.2.1 Signaler ind:

1. Fra set-punkt modtager den analoge styring 0,4V, 1V og 0,7V svarende til henholdsvis 40°C, 100°C og 70°C. Dette signal kommer ind på indgang A.
2. Fra temperatursensoren modtager den analoge styring spændinger svarende til 10mV/°C. Dette signal kommer ind på indgang B.
3. Et offset på 2,5V skal til indgang C.

8.2.2 Signaler ud:

1. Differencen mellem den målte temperatur og den ønskede temperatur.
2. Hvis målt temperatur > ønsket temperatur skal udgang E have et højt signal (5V).
3. Hvis målt temperatur < ønsket temperatur skal udgang E have et lavt signal (0V).

8.2.3 Funktionskrav:

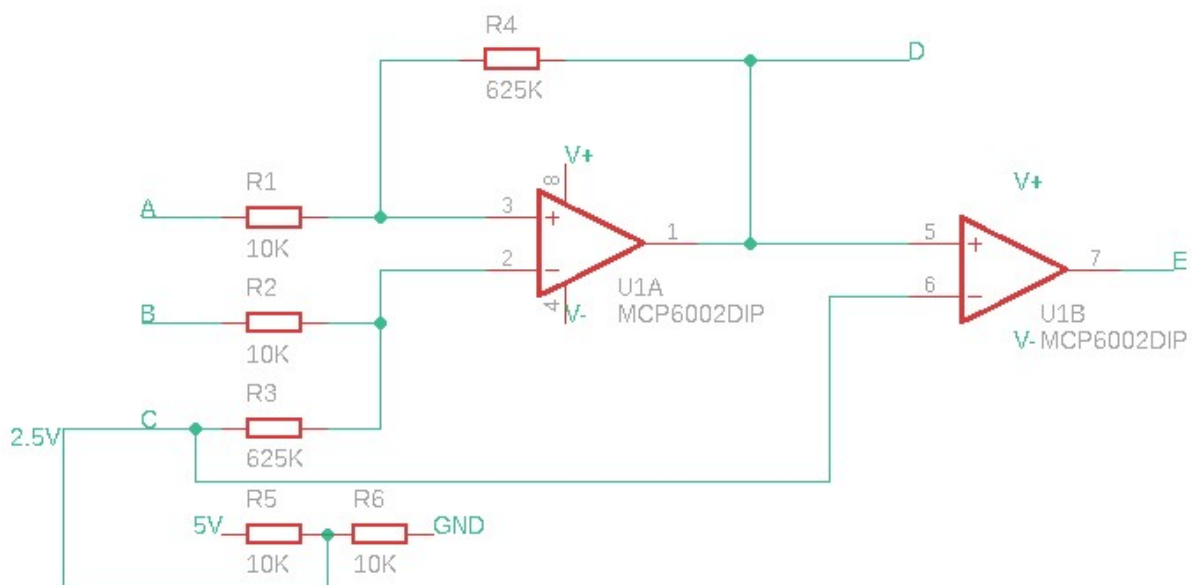
1. Differencen mellem den målte temperatur og den ønskede temperatur skal forstærkes 62,50 gange.
2. Hvis ovnen er for varm, skal ovnen køle, højt signal (5V) fra udgang E.
3. Hvis ovnen er for kold, skal ovnen varme, lavt signal (0V) fra udgang E.

8.3 Designovervejelser

For at få den ønskede spænding på udgang D blev det, ved hjælp af beregning, besluttet at der skulle være en forstærkning på 62.5 på differencen mellem den målte temperatur og den ønskede temperatur.

Derudover blev et offset fastslået til 2.5V for at have et analogt nulpunkt i midten af forsyningsspændingen. Offset blev frembragt vha. to serieforbundne ens modstande opsat som en spændingsdeler.

8.4 Diagram og funktion



Figur 8.1

Figur 8.1 viser den analoge styring. Til styringen er der brugt en MCP6002 operationsforstærker. U1A er koblet som en differensforstærker, denne finder forskellen mellem indgang A og B. Indgang A er den ønskede temperatur, indgang B er den målte temperatur, indgang C er offset og udgang D går til afvigelsesdisplayet.

Offset er sat ved hjælp af to ens modstande opsat som en spændingsdel, der halverer de 5V.

Hvis $A < B$ vil udgang $D > \text{offset}$, hvis $A > B$ vil udgang $D < \text{offset}$ og hvis $A = B$ vil udgang $D = \text{offset}$. Altså Afvigelsesdisplayet vil henholdsvis indikere at ovnen er for varm, for kolde eller har ramt den ønskede temperatur.

Den anden operationsforstærker har ikke tilbagekobling, hvorfor den fungerer som en komparator. Den skal sørge for at ovnen varmer og køler når det kræves. Så når U1As udgang $> \text{offset}$ vil komparatoren gå høj og sende signal om at ovnen skal køles, når U1As udgang $< \text{offset}$ vil komparatoren gå lav og sende signal om at ovnen skal varme.

8.5 Beregninger

8.5.1 Differensforstærker:

Differensforstærkerens V_{out} kan findes ved følgende formel:

$$D = B \cdot \left(\frac{R_4 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot (R_3 + R_4)} \right) - A \cdot \left(\frac{R_2}{R_1} \right) + C$$

Men da $R_1 = R_3$ og $R_2 = R_4$ kan formelen skrives således:

$$D = \frac{R_2}{R_1} \cdot (B - A) + C$$

C adderes til ligningen da offset skal medregnes.

8.5.2 Skalering af forstærkning:

Afvigelsesdisplayet skal have en forskel på 0.5°C pr. diode, hvilket svarer til 5mV .

$$0.5^\circ\text{C pr. trin} = 5\text{mV pr. trin}$$

Dekoderen har 16 udgange, derfor skal de 5V divideres med antallet af udgange, for at dele 5V ud på hvert af de 16 trin. I vores tilfælde: 0.3125V pr. trin.

Endelig kan forstærkningen udregnes ved:

$$\frac{0.3125\text{V}}{5\text{mV}} = 62.5 = \frac{R_2}{R_1}$$

Derfor bliver $R_2 = 625\text{K}$ og $R_1 = 10\text{K}$.

8.6 Test

Ved test af den analoge styring viste det sig at, det var svært at forudsige hvilken

spænding udgang D ville sende videre til afvigelsesdisplayet. Ved forudgående udregninger af D hvor A og B begge blev målt til den ønskede værdi, var der en afvigelse på 0.2V-0.3V. Ved forsøg med hvor $A=B$ forventedes det at $D=C=2.5V$, men her var $D=2.2V$. Til gengæld viste det sig at i sidstnævnte tilfælde at afvigelsesdisplayet indikerede at den ønskede temperatur var opnået.

Ved yderligere målinger viste komparatoren sig at fungere som ønsket. Ved for lave temperaturer var $E=0V$ (Ovnen varmer) og ved for høje temperaturer var $E=5V$ (Ovnen køler).

8.7 Delkonklusion

Den analoge styrings opbygning var simpel at gå til, dog var det en udfordring faktisk at teste om styringen virkede som ønsket. Udgang E var stabil og sendte de signaler ud der kunne forventes. Dog var det en større udfordring at få de matematiske udregninger til at stemme overens med de faktiske målinger, der blev målt på udgang D på trods af at målingerne blev foretaget ved hjælp af to strømforsyninger der leverede en forholdsvis stabil spænding på indgang A og B.

Ved test opvarmningsforløb viste det sig dog at ovnen var i stand til at fastholde en stabil temperatur, under de $3^{\circ}C$, der var fastlagt i kravsspecifikationen, men det kan ikke udelukkes at den gennemsnitlige temperatur ville afvige mindre, hvis det var lykkedes at finde kilden til de afvigende spændinger i den analoge styring.

9 Setpunkt

Ansvarlig: Kim Christensen

9.1 Indledning

Set-punkt skal modtage høje signaler (5V) fra tilstandsstyringen og omdanne dette til en spænding der svarer til den ønskede temperatur for hvilken tilstand der er aktiv.

9.2 Kravspecifikation

For at overholde specifikationskravet om at holde temperaturniveauet på $\pm 3^\circ\text{C}$ skal set-punkt være i stand til at omdanne 5V til en spænding svarende til den ønskede temperatur.

9.2.1 Signaler ind:

1. Set-punkt modtager et højt signal fra tilstandsstyringens tilstand, på henholdsvis indgang T1, T2 og T3:
2. A eller B for en ønsket temperatur på 40°C .
3. C eller D for en ønsket temperatur på 100°C .
4. E eller F for en ønsket temperatur på 70°C .

9.2.2 Signaler ud:

1. T1 får et højt signal skal $V_{\text{out}} = 0.40\text{V}$
2. T2 får et højt signal skal $V_{\text{out}} = 1.0\text{V}$
3. T3 får et højt signal skal $V_{\text{out}} = 0.70\text{V}$
4. V_{out} skal føres videre til den analoge styrings A-indgang.

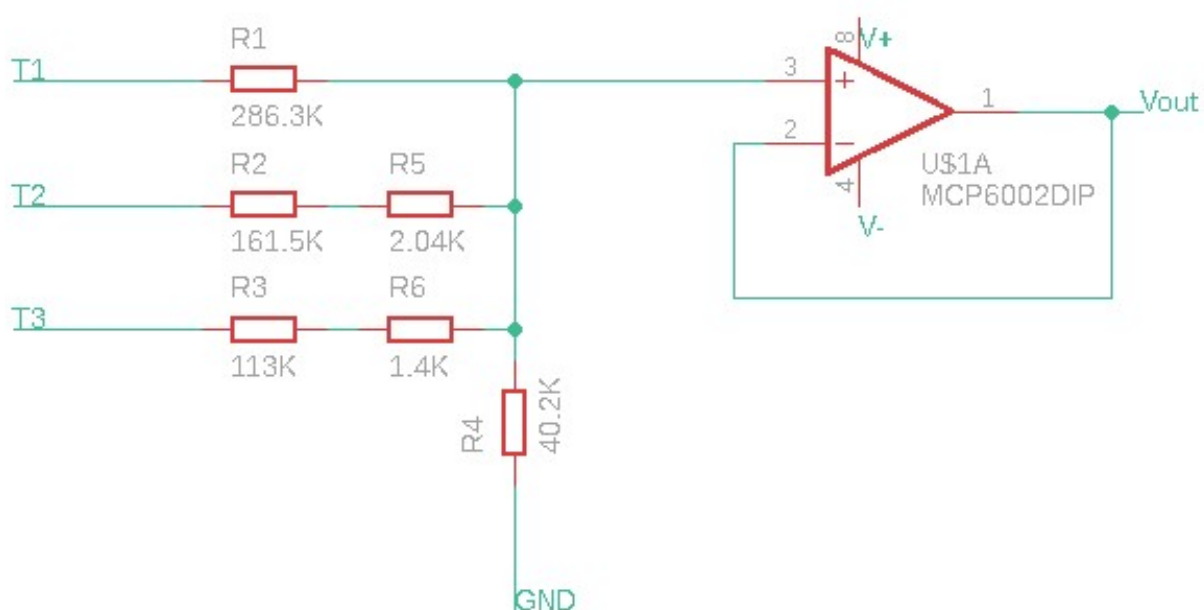
9.2.3 Funktionskrav:

1. Når T1 får et højt signal skal $V_{\text{out}} = 0,40\text{V}$, hvilket svarer til den ønskede temperatur på 40°C
2. Når T2 får et højt signal skal $V_{\text{out}} = 1.00\text{V}$, hvilket svarer til den ønskede temperatur på 100°C
3. Når T3 får et højt signal skal $V_{\text{out}} = 0.70\text{V}$, hvilket svarer til den ønskede temperatur på 70°C

9.3 Designovervejelser

Grunden til at der blev valgt et modstandsnetværk til set-punkt, var at tilstandsstyringen sender et stabilt højt signal når de tre forskellige tilstande er aktive, derfor vurderedes det at modstandsnetværket ville være en simpel løsning, så længe inputspændingen er meget tæt på 5V.

9.4 Diagram og funktion



Figur 9.1

Figur 9.1 viser set-punktkredsløbet. En MCP6002 operationsforstærker, koblet med negativt tilbageløb, sørger for at $V_{in} = V_{out}$.

T1 skal forbindes til tilstandsstyringens A og B udgang, T2 til C og D og T3 til E og F. For at få modstande der var så tæt på de udregnede værdier, blev modstandene R2 og R3 begge fremstillet ved at lodde to modstande sammen:

$$R2 = R2 + R6 = 163.5K$$

$$R3 = R3 + R7 = 114.4K$$

9.5 Beregninger

For at finde de modstande der skulle bruges, kan V_{out} udregnes som en spændingsdeler hvor modstandene der ikke er forbundet til den tilstand man ønsker at udregne, er parallelforbundne. For R4 kan der frit vælges en modstand, her blev der valgt en på 40K.

$T1 = 4.96V, T2 = T3 = 0V$ $V_{out} = 0.40V$ $V_{out} = \frac{T1 \cdot \frac{1}{\frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{R4}}}{R1 + \frac{1}{\frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{R4}}}$	$T2 = 4.96V, T1 = T3 = 0V$ $V_{out} = 1.00V$ $V_{out} = \frac{T2 \cdot \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{R4}}}{R2 + \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{R4}}}$	$T3 = 4.96V, T1 = T2 = 0V$ $V_{out} = 0.70V$ $V_{out} = \frac{T3 \cdot \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R4}}}{R3 + \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R4}}}$
--	--	--

Skriv ligningen her.

Ved løsning af de tre ligninger var de tre modstande:

$R1 = 286K$	$R2 = 114.4K$	$R3 = 163.4K$
-------------	---------------	---------------

9.6 Test

Set-punkt for de tre tilstande T1, T2 og T3 hvor det ønskede V_{out} henholdsvis er 0.400V, 1.00V og 0.700V. Da modstandsnetværket skal have en spænding der ligger meget tæt på den der bliver brugt til udregningerne for at kunne være præcis, rettede vi vores inputspænding til 4.96V da dette stemte mere overens med den faktiske spænding tilstandsmaskinen leverede.

Her er resultaterne af vores målinger:

$T1 = 4.96V$ $V_{out} = 0.396V$	$T2 = 5.00V$ $V_{out} = 0.992V$	$T3 = 4.96V$ $V_{out} = 0.703V$
------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

9.7 Delkonklusion

Set-punkt opfylder kravene stillet hertil, dette gælder så længe at input spændingen kendes meget præcist. Hvis spændingen for eksempel afviger med 10mV vil der være en afvigelse på 1°C i forhold til den ønskede outputværdi. Hvis man konstaterer upræcise temperaturniveauer, vil det derfor være muligt at input til set-punkt ikke leverer den ønskede spænding hertil. Det er desuden også vigtigt at der kun er spænding på én af indgangene (T1, T2, T3) ad gangen, da der i sådan et tilfælde også kan forekomme markant forkerte outputværdier, hvilket resulterer i at ovnen ikke overholder temperaturkravene der er stillet i kravsspecifikationen.

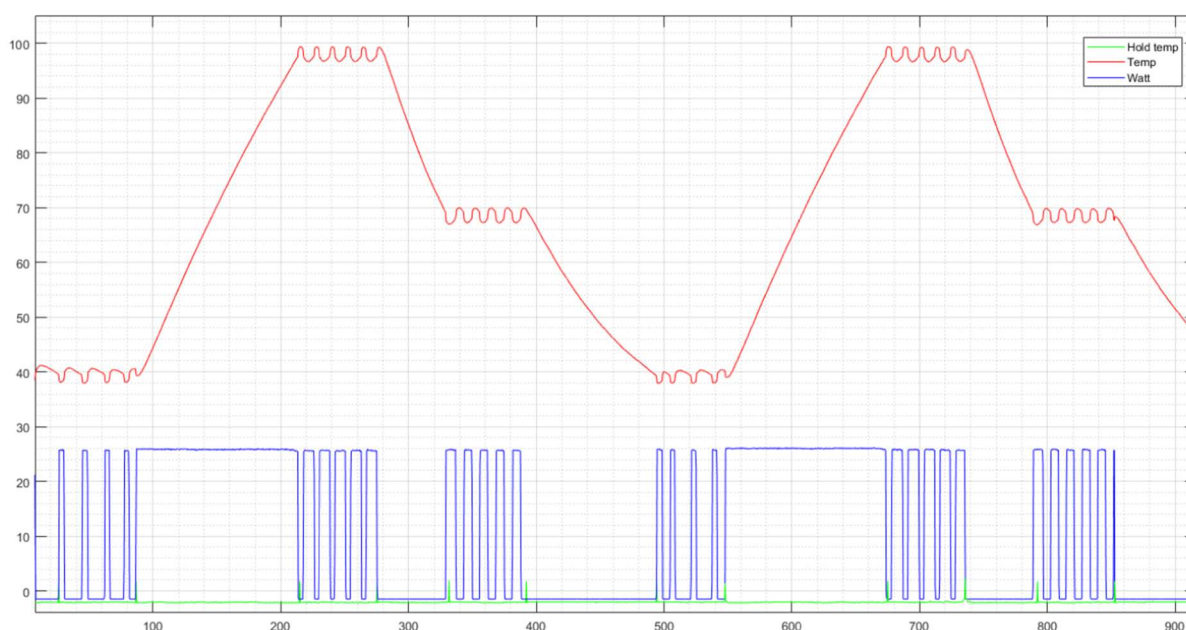
10 Systemtest

Ansvarlig: Alexander Bille

10.1 Indledning

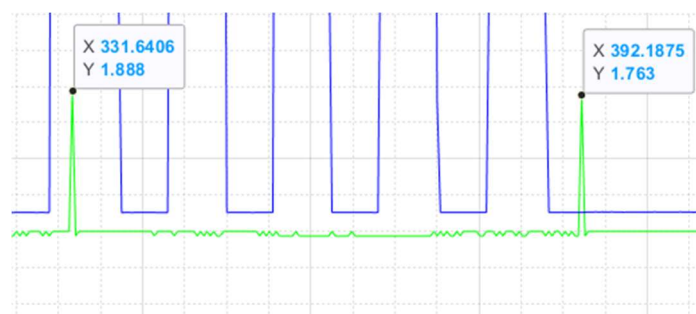
Systemtesten er lavet ved at gennemløbe opvarmnings/ afkølings sekvenserne, og måle om det stemmer overens med specifikationskravene, som blev specificeret i starten af projektet.

10.2 Målinger



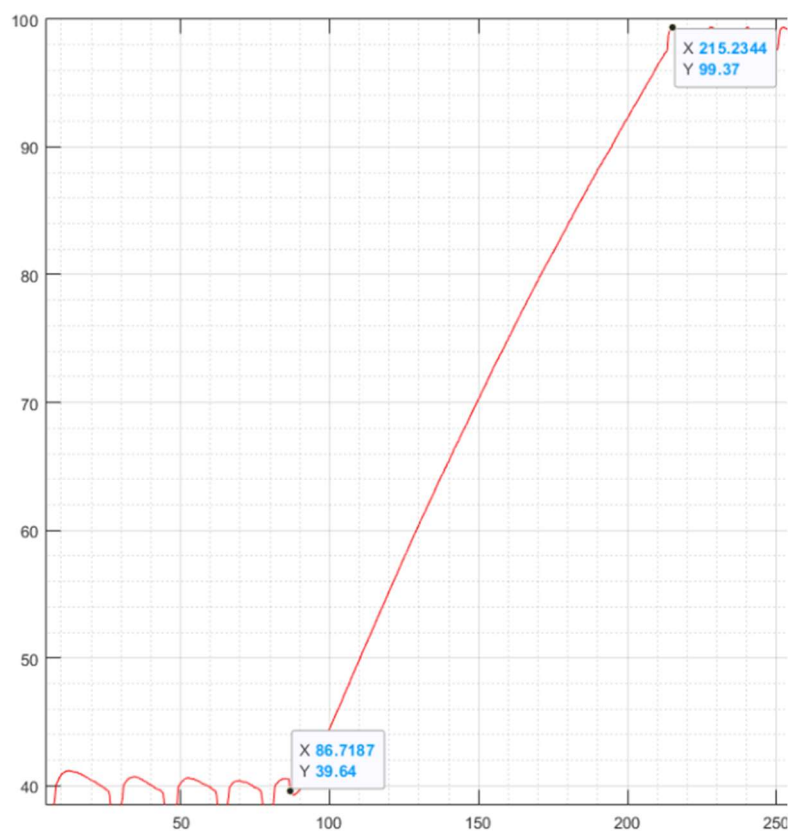
Figur 10.1 - Graf over 2 gennemløb af tilstandsstyring

Igennem testen har ovnen holdt temperaturen indenfor kravene, som også kan ses på figur 10.1 af 2 gennemløb af sekvenserne.



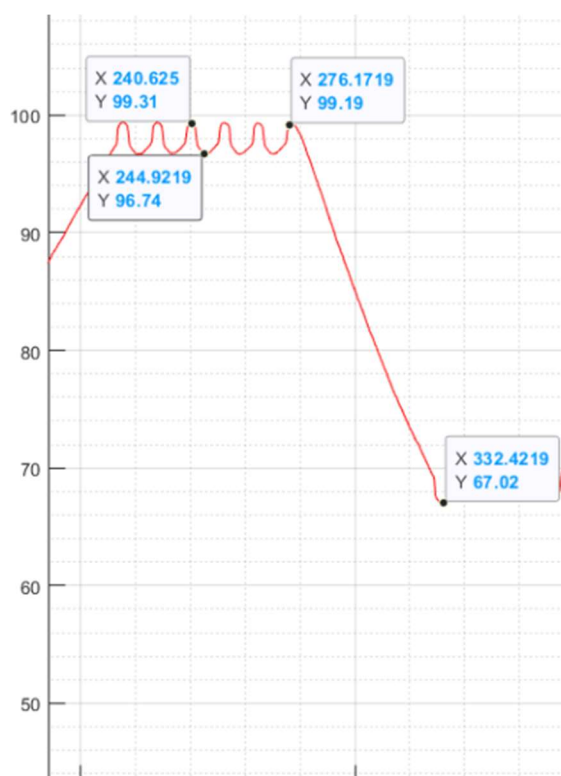
Figur 10.2 - Holde periode 60 sekunder

På figur 10.2 kan der ses tiden mellem start og slut af perioden, hvor temperaturen skal holdes i 60 sekunder.



Figur 10.3 - Temperaturhældning

På figur 10.3 kan der ses opvarmningshastigheden mellem første og anden periode af sekvensen. Temperaturgradienten ligger i den målte periode på ca. $0,46^{\circ}\text{C/s}$.



Figur 10.4 - nedkølingshældning

På figur 10.4 kan man se temperaturgradienten for nedkøling, hvor nedkølingen i gennemsnit er på ca. $0,44^{\circ}\text{C/s}$. Øverst på grafen i figur 10.4 kan ses hvor godt den holder temperaturen i en holde periode, hvor den største afvigelse er på $\pm 2,57^{\circ}\text{C}$ og den gennemsnitlige temperatur for holde perioderne er på: $39,35^{\circ}\text{C}$, $98,03^{\circ}\text{C}$ og $68,62^{\circ}\text{C}$, som giver et gennemsnit fra holde perioderne på $\pm 2^{\circ}\text{C}$, der er over det ønskede gennemsnit på $\pm 1^{\circ}\text{C}$

10.3 Vurdering/delkonklusion

Systemtesten har eftervist at kredsløbet virker efter designet og kravene.

Det kan ses i figur 10.1 at temperaturen bliver holdt tæt på temperaturerne, der blev fastsat i kravspecifikationen, dog er 100°C perioden en anelse under på godt en grad. Den periode er dog den eneste hvor holde temperaturens maksimum afviger med ca. 1°C . Da temperaturperioderne overholder kravet om en maksimal afvigelse på $\pm 3^{\circ}\text{C}$, hvor den største afvigelse der er målt, er på $2,57^{\circ}\text{C}$, kravet må siges at være overholdt. Kravet for gennemsnit er så ikke overholdt på de $\pm 1^{\circ}\text{C}$, den afvigelse er blevet set til at opstår i setpunktet da meget små ændringer i spændingen, kan betyde store ændringer for hvilken holdt temperatur det bliver. Opvarmningshastigheden er ved et gennemsnit målt til de ca. $0,49^{\circ}\text{C/s}$, som er blevet beregnet i ovenanalysen, som er tæt på den ønskede opvarmningshastighed på $0,5^{\circ}\text{C/s}$. Hvor nedkølingshastigheden er fundet i kapitel 4 til at være $-0,44^{\circ}\text{C/s}$, som er tåleligt inden for kravet om $0,4^{\circ}\text{C/s}$.

Dette viser da at ovnen virker og specifikationskravene også er overholdt, men der er plads til forbedring.

11 Konklusion

Dette kapitel er forfattet af Jørgen Drelicharz Greve, Alexander Bille og Kim Christensen

11.1 Konklusion af projektforsløb

Projektet er generelt gået uden gnidninger, hvert gruppemedlem har arbejdet selvstændigt med de opgaver der blev stillet under udarbejdelsen af projektplanen. Der er dog forekommet mindre ændringer i forhold til uddelegering af arbejdsopgaver efterhånden som arbejdet skred frem.

Tidsplanen er nogenlunde blevet overholdt, selvom det var svært fra start at vurdere hvor tidskrævende de forskellige arbejdsopgaver reelt var.

Der har været godt samarbejde gennem projektet og der har været god sparring internt i gruppen.

11.2 Teknisk konklusion

Systemet har vist at det kan håndtere at gennemføre en cyklus af forskellige temperaturer dog med mindre afvigelser i forhold til kravene som beskrevet nedenfor.

Som specificeret kunne systemet opretholde en nogenlunde stabil temperatur på 40°C, 100°C og 70°C.

Perioderne hvor temperaturen holdes stabilt skal være af en varighed på 60 sekunder +/- 2 sekunder hvilket er overholdt med en afvigelse på 0,54 sekund.

I hold perioderne var ovnen i stand til at holde temperaturerne med en maksimal afvigelse på 2,57°C. En gennemsnitlig måling af temperaturen i hold perioderne viste at; på 40°C var gennemsnitstemperaturen 39,35°C, ved 100°C var gennemsnitstemperaturen 98,03°C og ved 70 grader var gennemsnitstemperaturen 68,62°C. Derfor må det konkluderes at vi ikke har været i stand til at holde os indenfor 1°C i gennemsnit. Hvis for eksempel set-punktets input spænding har varieret under

Tilstandene for tilstandsstyringen var der lavet et valg til mængden af dioderne, ved at have én diode for hver af de 6 tilstande. I stedet for de 3 lysdioder fra specifikationskravene, var det mere sigende hvis der også var en indikator for opvarm/ afkølingsperioderne.

Afvigelsesdisplayet er blevet udvidet fra 13 til 15 LED for at give bedre opløsning i displayet og for at udnytte kapaciteten i dekoderen bedre. Displayet indikerer at temperaturen er inden for målet +/- 1°C ved hjælp af de grønne dioder, inden for målet +/- 1,5 - 3°C ved hjælp af de gule dioder og mere end 3°C fra målet med de røde dioder.

Opvarmningshastigheden er blevet fundet til at have et gennemsnit på 0,49°C/s, som tilnærmelsesvis er tæt på specifikationskravet om 0,5°C/s.

Nedkølingshastigheden er blevet fundet til at have et gennemsnit på $0,44^{\circ}\text{C/s}$, som afviger en smule fra den ønskede, men stadig er tilnærmelsesvis tæt på kravet om $0,4^{\circ}\text{C/s}$.

Temperatursikringen sammenligner temperatursensorens output med en spænding 1.2V , der repræsenterer 120°C ved $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$. Da temperatursensoren målte en spænding på 1.2V aktiverede sikringen i test.

Del kredsløbene startede i deres starttilstande ved afbrydelse af strømmen, som betyder at hele kredsløbet er resat.

11.3 Forslag til forbedringer

Hvis I har forslag til forbedringer, som I ikke nåede at implementere, så er her stedet at komme med dem, eventuelt opsummeret fra tidligere kapitler.

12 Kilder og Appendiks

12.1 Kilde- og litteraturfortegnelse

Kursusvejledning: 62733 Projektarbejde i Elektroteknik, 2020.

Hambley: Electrical Engineering - 4th Edition by Allan R. Hambley.

Komparator opsætning: <https://en.wikipedia.org/wiki/Comparator>

Voltage Regulator opsætning: <https://en.wikipedia.org/wiki/LM317>

Spændingsdeler opsætning: <https://da.wikipedia.org/wiki/Sp%C3%A6ndingsdeler>

Formel til taylorpolynomier:

<https://cn.inside.dtu.dk/cnnet/filessharing/download/70c7c952-08fd-4fba-8c29-b64f711648b9>

Datasheets:

AD7819: <http://electronix.org.ru/datasheet/AnalogDevices/AD7819.pdf>

CD4040: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4024b.pdf>

CD4068: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4068b.pdf>

CD4069: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4069ub.pdf>

CD4081: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4081b.pdf>

CD74HC154: <http://www.ti.com/lit/ds/schs152d/schs152d.pdf>

CD74HC161: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd74hc161.pdf>

CD74HC138: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd74hc138.pdf>

LM35: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

LM317: <http://www.ti.com/lit/ds/slvs044x/slvs044x.pdf>

LM7805: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf>

MCP6002: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21733j.pdf>

IC 7402: <http://www.clannad.co.uk/datasheets/datasheet1/74LS02.PDF>

IC 7432: <http://ee-classes.usc.edu/ee459/library/datasheets/DM74LS32.pdf>

SN74HC86: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn54hc86.pdf>

SN74HC4060: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74hc4060.pdf>

BC547: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/BC546.pdf>

IRF 530: <https://www.vishay.com/docs/91019/91019.pdf>

1N4148 Diode: <https://www.vishay.com/docs/81857/1n4148.pdf>