

How to Make a Perfect Cup of Tea?

Teknisk rapport NTNU
Trondheim, vår 2023

Iver Leirvik

Innhold

1	Introduksjon	3
2	Teori	4
3	Maskinvare	5
4	Programvare	6
5	Eksperimenter og resultater	8
5.1	Del A	8
5.2	Hva feiler målesystemet?	10
5.3	Del B	11
6	Konklusjon	13
7	Tilbakemeldinger	14
7.1	Hva ville jeg gjort annerledes?	14
7.2	Forslag til prosjektendringer	14
8	Vedlegg	16

1 Introduksjon

Målet er å lage en perfekt kopp med grønn te og bruke det man har lært i forelesninger og laber for å kunne realisere dette. Prosjektet går ut på å utvikle et temperaturmålingssystem. Dette skal muliggjøre bestemmelse av tid mellom kokepunkt og temperatur av væske når det når 80 grader celsius. Prosjektet skal realiseres med utstyr fra "lab in a bag" og labview-programvare. Til slutt skal systemet testes og vurderes.

2 Teori

Hovedkomponenten i dette prosjektet er termistoren. Termistor er en motstand som er sterkt temperaturavhengig. Den er laget av et halvledende materiale. Modellen som er en del av "lab in a bag" er en NTK termistor. Det vil si at motstanden avtar med økende temperatur. Dette fungerer ved at antall elektroner som kan lede strøm øker ved høyere temperatur. Dette blir som å få en tykkere kabel. Større tversnitt fører til lavere reistans.

Måleoppsettet til myDAQ er annerledes enn det man har jobbet med tidligere av spenningsdelere. Prosjekt 1 skiller seg ut ved at den måler spenning over begge motstandene istedenfor kun en. Det er mer presist fordi da trenger man ikke å gå ut ifra at man har en spesifikk tilførselspenning til målekretsen. Dette endrer også på funksjonen man vanligvis forbinder med en spenningsdeler:

$$V = V_{in} * R1 / (R1 + R_{termistor})$$

Etter at man har snudd på likningen og endret variabelnavnene vil den nye formelen se slik ut:

$$R_{therm} = V_{deltaPluss} / V_{deltaMinus} * R1$$

NB: Lagt ved ligger beregningene av hvordan man kommer fram til denne formelen ut ifra den mer kjente.

Den andre formelen man benytter seg av er den fra motstand til temperatur. Den er gitt ved:

$$1/T = 1/T0 + 1/B * \ln(R/R0)$$

En egenskap med denne formelen er at det er summen av komponentene som skal invert-eres, og ikke faktorene hver for seg. Hvis man ikke er klar over dette vil man få feil svar. Dette er samme prinsippet som ved beregning av totalmotstand i en parallellkobling av to eller flere motstander.

Det finnes flere forskjellige måleoppsett, men den enkleste er spenningsdeleren. Den krever kun to komponenter, og er derfor billigere. Et annet oppsett man kan bruke er wheatstone bridge. Dette er et oppsett som krever flere komponenter, men på sin side har en spesielt god fordel. Den går ut på at den beskytter mot støy i spenningskilde. Dette fungerer fordi man måler forskjellen mellom to spenningsdelere. Så når begge spenningsdelerne for eksempel får høyere spenning, vil ikke forskjellen forandres. Brokoblingen er mer sensitiv enn den enkle spenningsdeleren.

3 Maskinvare

For å bygge måloppsettet så trenger man komponenter. Det første er et sparkfun myDAQ prototyping board. Dette brettet gjør det mulig å koble direkte inn i myDAQ. Det tredje man trenger er en 10k ohm motstand samt termistoren nevnt tidligere. Det siste man trenger er ledninger. I dette prosjektet har det blitt brukt åtte ledninger.

1. Plasser 10k Ohm motstanden på brødbrettet.
2. Ta to ledninger og fest den ene i samme node som motstanden. Disse ledningene skal brukes til å koble til termistoren slik at man kan putte den i væske.
3. Koble en ledning fra 5V på brødbrettet til noden der termistoren er koblet inn. Koble også en ledning fra resistor til DGND ved siden av 5V. NB: Det skal IKKE være noden som er koblet mellom termistor og resistor. Hver av dem skal kobles i de respektive endene av komponentene.
4. Fra dette trinnet skal det legges ledninger over termistoren. Den første ledningen går fra A1 0+ til samme node som 5V.
5. Så skal det trekkes to ledninger fra a1 0- og a1 1+ til noden som termistoren og motstanden deler.
6. Den siste ledningen skal kobles fra a1 1- til samme node som DGND.

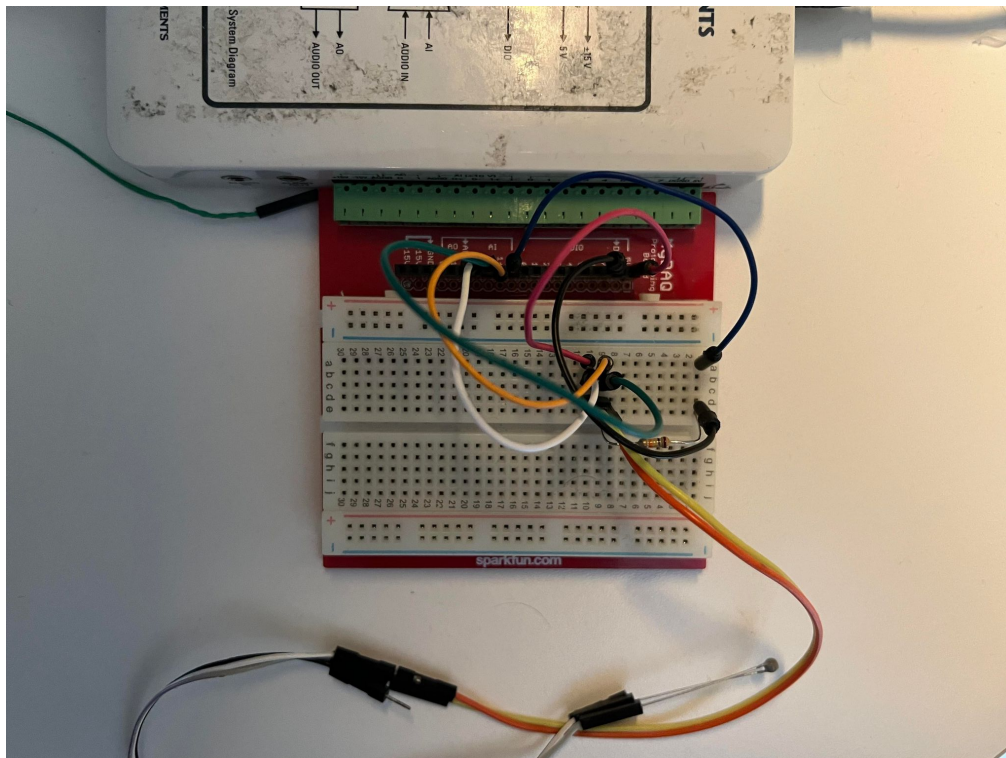


Figure 1: Bilde av Kretsen koblet til myDAQ og termistor. I dette bildet er det to ekstra ledninger til termistoren for å få lagt den i vann.

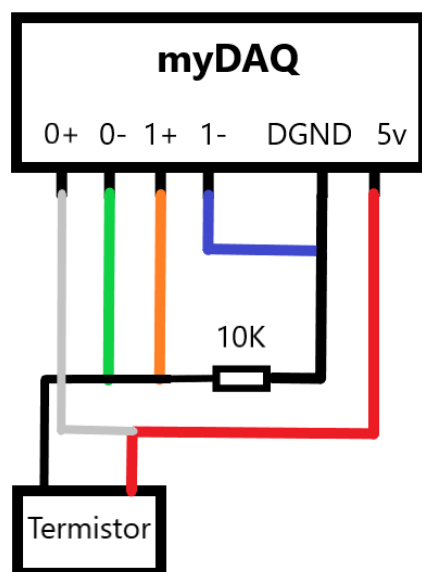


Figure 2: Koblingsskjemaet for kretsen.

4 Programvare

Programvaren har som hensikt å vise informasjonen gitt av innsamlingsenheten (myDAQ) på en forståelig måte. For å kunne oppnå dette målet er det flere ting programmet må gjøre. Det første er å ta inn data fra myDAQen. Så konvertere denne dataen fra spenning til temperatur. Det siste den må gjøre er å vise dataen på en god og strukturert måte.

Hele programmet er lagt inn i en while-løkke. Dette er for å kontinuerlig hente data fra myDAQ. Dataen hentes fra myDAQ ved hjelp av DAQ Assistant-blokken i LabVIEW. I programmet er det to subVI. Oppgavene deres er å konvertere mellom spenning til resistans og fra resistans til temperatur. I programmet blir rådata og resultat fra konverteringene vist i et grafisk brukergrensesnitt. Der blir de vist som sanntidsdata, men også over tid med graf.

I tillegg til det obligatoriske vist i youtube-spillelisten har jeg lagt til en ekstra funksjon. Jeg ønsket å kunne manipulere og fremstille dataen slik jeg er vant til. Derfor ønsket jeg å kunne legge til data i en CSV-fil. Man kan da hente opp denne dataen i Python eller MATLAB. Dette er implementert ved å formatere dataen til strenger, for så å bygge array og legge til en ny linje i filen. Jeg fikk komplikasjoner med dette på grunn av tidsaspektet. Først sendte den mange linjer til filen i løpe av kort tid, noe som ikke er hensiktsmessig i dette prosjektet. Derfor måtte jeg legge til en forsinkelse i while-løkken for at det kun skal legges til data i filen hvert sekund. Dette går utover sanntidsfunksjonen i resten av prosjektet, men det er ikke farlig for min del. Det kunne kanksje vært mulig å lage en ny nøstet while-løkke for at filen kun skal oppdateres hvert sekund, men resten av programmet fungerer i sanntid.

En annen utfordring var å finne et klokkesignal som er i forhold til programstart. Den beste løsningen jeg fant var å bruke "High Resolution Relative Seconds" for så å lage en funksjon som alltid trekker fra klokkes tid ved oppstart av programmet.

5 Eksperimenter og resultater

5.1 Del A

For å utføre del A av prosedyren hentet jeg et glass med vann som var noe Varmere enn lunkent. Deretter økte jeg lengden på ledningene til termistoren. Så skrudde jeg på programmet og lot sensoren være i luften før jeg puttet den 2cm under vann. Resultatet fra målingen var at hendelsen påvirket temperaturen som vist i det grafiske brukergrensesnittet (Se bilde under). Temperaturen økte, stabiliserte seg, for deretter å falle da sensoren ble tatt ut av vannet.

Et problem var at temperaturforandringene var minimale. Lunkent vanns skal ha en temperatur lik kroppstemperaturen. Denne er 37 grader celsius.

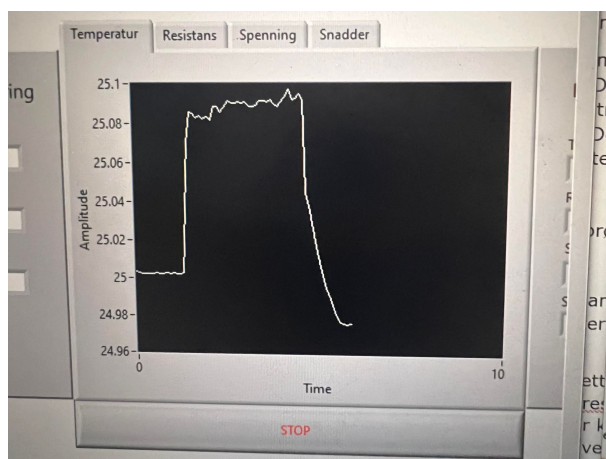


Figure 3: Måling 1, uten teip.

Neste del gikk ut på å isolere lederne. Dette gjorde jeg ved å klistre scotch-tape til hver av beinene til sensoren. Jeg prøvde å klistre det så høyt oppe på sensoren som mulig og unngå hull. (Se bilde under)

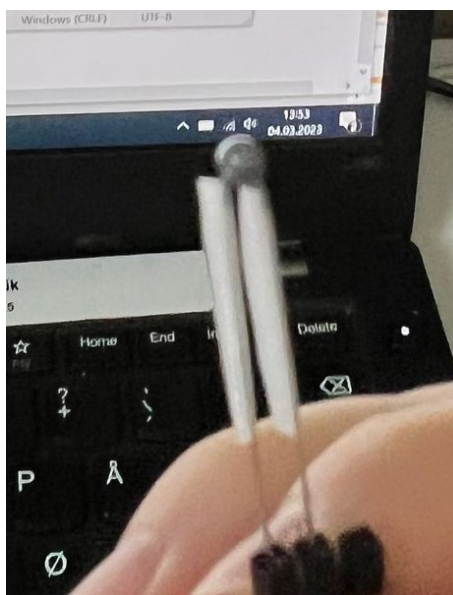


Figure 4: Termistoren med teip rundt beinene.

Så gikk jeg fremover med å repetere øvelsen. Sensoren ble holdt i luften en liten stund for så og dyppet 2cm ned i vannet, men ikke langt nok til at det ville gå over teipen. Resultatet ble noe annerledes. Temperaturen steg til en ny stabilisert verdi som var visuelt halvparten så høy. På grafen i grensesnittet kan det også se ut til å være mindre støy under denne målingen. (Se bilde under)

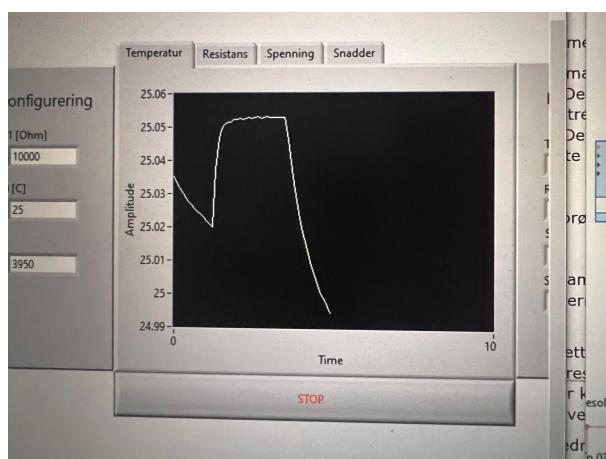


Figure 5: Måling 2, med teip rundt beinene.

Bakgrunnen for disse små, men definitive forskjellene mellom målingene vil jeg tro har med vannets konduktivitet å gjøre. Temperaturforskjellen tenker jeg kan komme av at strøm velger å gå gjennom vannet. Det fører til et lavere spenningsfall over termistoren, som igjen forårsaker resistansen til å falle. Siden termistoren er NTK, vet man at resistansen faller ved økt temperatur. Dette kan man også se i sammenheng med formelen i teori. Når spenningen over termistoren faller, vil resultatet av divisjonen føre til et lavere tall som multipliseres med den nedre motstanden R_1 . Dette betyr at R_{therm} blir lavere. Det

er derfor jeg tenker at den andre målingen er høyere enn den første. Når det kommer til hurtighet i respons og således støy er jeg noe mer usikker. Tapen introduserer enda en tregghet i oppvarmingen. Det kan også være grunnen til at støyen er lavere med tape siden den blir mindre påvirket av hånden min som beveger på seg.

5.2 Hva feiler målesystemet?

I feilsøkingen ble det meste undersøkt. Jeg har gått gjennom SubVI og oppkoblingen, men har ikke klart å finne ut av problemet. Det var først når jeg sammenlignet med noen andre sin løsning jeg forstod hva jeg hadde gjort galt. I SubVI "R TO TEMP" har jeg brukt celsius gjennomgående. Det har ikke blitt tatt hensyn til at formelen og B-verdien krever kelvin for å konvertere til celsius. En kombinasjon av youtube-materiellet og svaret man fikk fra målingen, har medført at jeg ikke har oppdaget denne feilen før helt i slutten av prosjektet. I youtube-materiellet blir det aldri brukt celsius, så når jeg kun har byttet ut alle kelvinverdier med celsius så blir det feil. Det andre er at resultatet ble 25 grader celsius. Dette har fått meg til å tro at alt fungerer som det skal da sensoren har ligget åpent i luft. Det var først da det ble testet med vann at man begynte å bli mistenksom.

Etter programmet har blitt fikset ser resultatene ut til å gi mer mening. Det er fortsatt den samme karakteristikken nevnt tidligere, men absoluttverdiene gir mer mening.

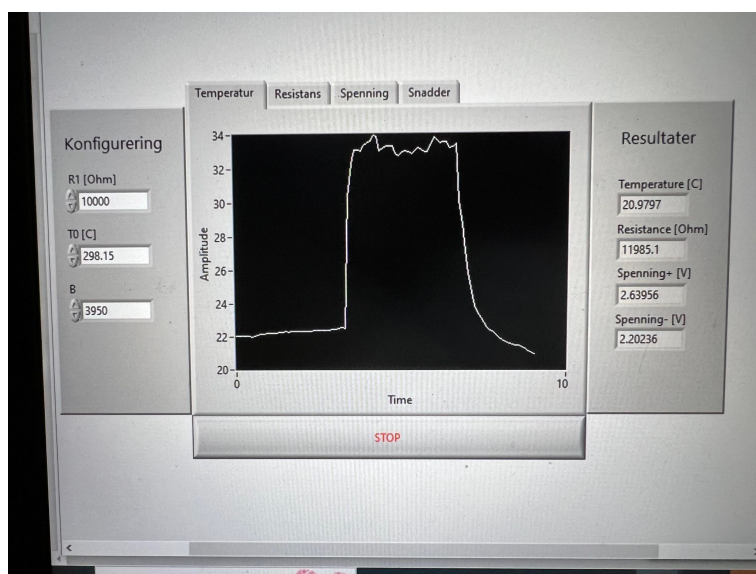


Figure 6: Korreksjonsmåling, uten teip rundt beinene.

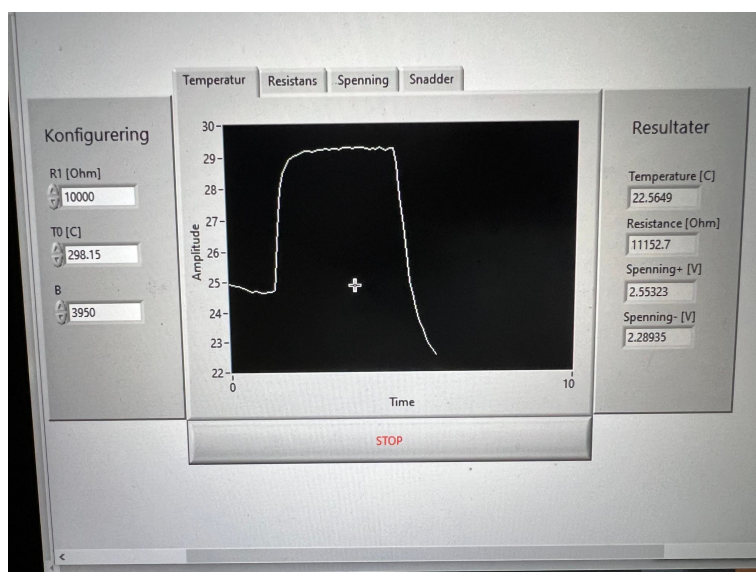


Figure 7: Korreksjonsmåling, med teip rundt beinene.

5.3 Del B

I del B lå temperaturen stasjonært på ca. 24,6 grader celsius før vannet ble tilført. Temperaturen steg raskt opp til toppunktet. Høyeste temperatur ble oppnådd 8 sekunder etter vannet ble tilført. Frem til temperaturen målte ca. 75 grader celsius falt den bort imot lineært, helt til termistoren ble tatt ut av koppen. Da falt temperaturen ulineært og brukte lengre tid på å finne en stasjonærverdi.

Jeg ble overrasket av flere ting med målingen. Det første er den største temperaturen. Termistoren mente at denne var på rundt 86 grader celsius. Dette er et godt stykke under kokepunktet, og jeg trodde at rykende nykokt vann ville vært høyere. Det andre jeg la merke til var hvor fort den falt mot målet på 75 grader celsius. Det tok kun 67 sekunder. De forskjellige formasjonene på flankene i temperatur, kan jeg se spesielt en mulig årsak til. På den positive flanken lå termistoren i vannet, mens på den negative lå den åpent i luft. Vann leder varme hurtigere enn luft.

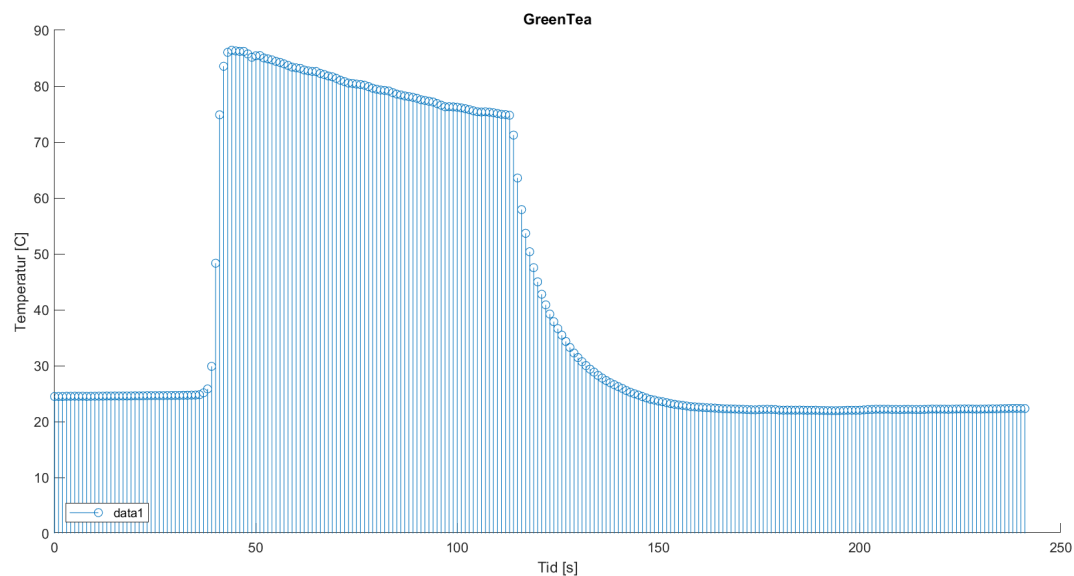


Figure 8: Del B som visst i MATLAB.



Figure 9: Bilde av målesituasjonen. Legg merke til at det ikke er en full kopp. Mengden vann kan påvirke målesituasjonen.

6 Konklusjon

Prosjektet har bydd på flere utfordringer med tanke på målinger i praksis. Den største utfordringen var at jeg hadde konstruert programmet feil ved å misforstå formelen for konvertering mellom motstand og temperatur. Dette ble ikke lettere av at resultatet opplevdes riktig ved spesialtilfellet for romtemperatur. Måleoppsettet og dens formel var ukjent ved prosjektstart. Dette var ikke en stor utfordring, men var noe man måtte løse ut matematisk for å forstå hvordan oppsettet og formelen i LabVIEW fungerte. Dette gjelder også CSV-funksjonen i programvaren. Det var en utfordring, men den kunne løses iterativt. Det måtte kun noen forskjellige ideer til før man kom til en god nok løsning. Selv om prosjektet har bydd på utfordringer, har jeg fått mer kunnskap om praktiske målinger. Både utførelse, men også feil som kan oppstå.

7 Tilbakemeldinger

7.1 Hva ville jeg gjort annerledes?

Det er en ting jeg vil gjøre annerledes neste gang. Det er å lese nøyerer gjennom ressursene som blir lagt ut med prosjektet. Hvis jeg hadde gjort en bedre jobb med det, ville det ført til at jeg hadde brukt mindre tid, som jeg kunne brukt til å implementere flere funksjoner eller fritid.

7.2 Forslag til prosjektendringer

Da jeg startet med prosjektet tenkte jeg at det var enkelt og simpelt, fordi man bare fulgte en youtubespilleliste. Etter å ha møtt på problemer i prosjektet, så skjønner jeg at det er ikke fullt så enkelt. For å gjøre prosjektet mer interessant, eller ikke virke så ledende, kunne man lagt til en deloppgave der man lager en wheatstone-målebro.

References

- [1] [Prosjekt 1 spilleliste av Dominik Osinski](#). Hentet 5. Mars 2023.
- [2] [Thermistor wikipedia](#). Hentet 5. Mars 2023.
- [3] [Datablad thermistor farnell](#). Hentet 5. Mars 2023.
- [4] [Forelesninger av Dag Roar Hjelme \(kontaktside\)](#). Hentet 5. Mars 2023.

8 Vedlegg

<https://github.com/iverleirvik/Prosjekt-1-Anvendt-instrumentering-V23.git>. Lenke til min githubside med tilhørende vedlegg og ressurser.