

INSTITUTT FOR ELEKTRONISKE SYSTEMER

IELET2112 - ANVENDT INSTRUMENTERING

---

**Prosjekt 1: How to make a perfect cup of  
green tea**

---

*Author:*  
Aleksander Navrud

Mars, 2023

---

# Innholdsfortegnelse

<b>Figurliste</b>	<b>ii</b>
<b>1 Sammendrag</b>	<b>1</b>
<b>2 Introduksjon</b>	<b>1</b>
<b>3 Teori</b>	<b>1</b>
3.1 Fordeler med systemet . . . . .	2
3.2 Ulemper med systemet . . . . .	2
<b>4 Hardware</b>	<b>3</b>
4.1 myDAQ . . . . .	3
4.2 Hardware oppsett . . . . .	3
<b>5 Software</b>	<b>5</b>
5.1 Graphical User Interface . . . . .	5
5.2 Hovedprogram . . . . .	6
5.3 myDAQ modus og input . . . . .	7
5.4 Spennin til resistanse . . . . .	8
5.5 Resistanse til temperatur . . . . .	8
5.6 Timer, terskel og varsling . . . . .	9
5.6.1 Temperatur terskel . . . . .	9
5.6.2 Varslingslogikk . . . . .	10
5.6.3 myDAQ ekstern LED . . . . .	11
<b>6 Eksperimenter og Resultater</b>	<b>11</b>
6.1 Matrialer . . . . .	11
6.2 Temperaturen på springvann . . . . .	12
6.2.1 Uten Isolering . . . . .	12
6.2.2 Med Isolering . . . . .	12
6.3 Temperaturen på kokende vann . . . . .	13
<b>7 Konklusjon</b>	<b>15</b>
<b>8 Tilbakemelding</b>	<b>16</b>
8.1 Hva har jeg lært . . . . .	16
8.2 Forslag til forandring . . . . .	17

---

## Figurliste

1	Bilde av spenningsdeler . . . . .	1
2	Bilde av Steinhart-Hart ligningen . . . . .	2
3	Bilde av koblingskjema til temperaturmålersystemet . . . . .	4
4	Bilde av ferdigkobla krets . . . . .	5
5	Bilde av Graphical User Interfaceg . . . . .	6
6	Bilde av hovedprogrammet . . . . .	7
7	Bilde av myDAQ entitet . . . . .	8
8	Bilde av programmet som konverterer spenning til resistanse . . . . .	8
9	Bilde av programmet som konverterer resistanse til temperatur . . . . .	9
10	Bildet av programmet som kontrollerer timeren, temperatur terskelen og varslingslogikken når teen er klar. . . . .	9
11	Bilde av programmet som kontrollerer timeren og temperatur terskelen . . . . .	10
12	Bilde av programmet som styrer varslingslogikken når teen er klar . . . . .	11
13	Bilde av programmet som styrer den eksterne LEDen . . . . .	11
14	Bilde av GUI der vi måler temperatur i springvann uten isolering . . . . .	12
15	Bilde av GUI der vi måler temperatur i springvann med isolering . . . . .	13
16	Bilde av oppsettet under eksperimentet . . . . .	13
17	Bilde av isolerte sensoren i eksperimentet . . . . .	14
18	Bilde av GUI der måler temperaturen etter å ha helt kokende vann i koppen . . . . .	14
19	Bilde av GUI etter sensoren hadde blitt tatt ut etter å ha nådd 75°C, og timeren som ble restartet på grunn av svingingsproblemet . . . . .	15
20	Bilde av telefon tiden det tok for å oppnå den idelle temperaturen på 80°C . . . . .	15

---

# 1 Sammendrag

Gjennom dette prosjektet har det blitt utviklet et temperaturmålesystem som har vist seg å være pålitelig og nøyaktig i å overvåke temperaturen i en kopp te. Systemet ble automatisert og var i stand til å gi en varsling når ønsket temperatur ble oppnådd, noe som resulterte i en betydelig reduksjon av tidsbruk og arbeidskraft. Resultatene indikerer at dette systemet kan være nyttig for å sikre konsistens og nøyaktighet i temperaturmålingene, noe som kan ha potensial til å forbedre kvaliteten på teen.

## 2 Introduksjon

Dette prosjektet har som formål å utvikle et nøyaktig og pålitelig temperaturmålesystem for å tilberede grønn te på den optimale temperaturen på 80°C. Grønn te er kjent for sin delikate smak og aroma, og for å sikre den beste smaksopplevelsen er det viktig å tilberede teen riktig.

For tiden er det vanlig å tilberede grønn te ved å varme vannet og la det kjøle seg ned til den ønskede temperaturen, men dette tar ofte lang tid og krever manuell overvåkning. Det foreslårte temperaturmålesystemet vil kunne automatisere denne prosessen og eliminere behovet for manuell overvåkning. Dette vil være en effektiv og enkel løsning som vil spare brukerne tid og arbeidskraft. Systemet vil måle hvor lang lang tid det tar for vannet i en kopp å nå en temperatur på 80°C etter at den har nådd kokepunktet. Når koppen er klar, vil brukerne bli varslet av systemet, og de vil kunne drikke en perfekt kopp grønn te hver gang.

## 3 Teori

En termistor er en elektrisk komponent som endrer sin elektriske motstand i henhold til temperaturen. En negativ temperaturkoeffisient (NTC) termistor er en type termistor der motstanden avtar når temperaturen øker. Dette betyr at jo høyere temperaturen er, jo lavere motstand har NTC-termistoren (Wikipedia 2023a).

En spenningsdeler er en krets som deler spenningen mellom to komponenter i henhold til deres relative resistanser. Dette gjør det mulig å måle spenningsfallet over en av de to komponentene ved å koble en annen komponent, for eksempel en voltmeter, til, over en av dem (Wikipedia 2023c). I denne sammenhengen brukes spenningsdelen til å måle spenningsfallet over en NTC-termistor og en fast resistor som en del av en temperaturmålingskrets (Figure: 1).

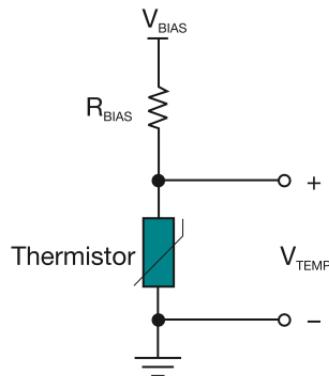


Figure 1: Bilde av spenningsdeler

Den faste resistoren og termistoren (modell: B57891M0103K000) har et forhold som er bestemt ved at når temperaturen er på 25°C har termistoren en motstand på 10k Ohm, mens resistoren

---

har en motstand på 10k Ohm til vanlig. Dette betyr at i en spenningsdeler vil dette føre til at spenningen blir gjevnes likt over begge komponentene ved 25°C. For å kalkulere temperaturen må programmet først vite resistansen til termistoren. Dette gjøres i LabView-programmet ved å analysere spenningsavlesningene og bruke forholdet mellom begge resistansene og spenningsfallene for å beregne resistansen til termistoren med formelen under til å finne den ukjente resistansen. Termistoren sin resistanse er betegnet som R og spenningen over denne er betegnet som U1. Videre er resistansen til seriemotstanden betegnet som R2 og spenningen over denne er også betegnet som U1 (Vis 2023).

$$R = U_1/U_2 * R_2 \quad (1)$$

Steinhart-Hart-ligningen er en matematisk formel som blir brukt til å beregne temperaturen basert på en gitt motstandsverdi (Figure: 2) (Wikipedia 2023b). Formelen krever tre gitte motstandsverdier ved forskjellige temperaturer for å kunne fungere korrekt. Disse tre verdiene er definert som  $R_0 = 10\text{k}\Omega$ ,  $B = 3950$  (hentet fra termistorens datablad (EPCOS 2023)) og  $T_0 = 298,15\text{K}$  (25°C).

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} \ln \frac{R}{R_0},$$

Figure 2: Bilde av Steinhart-Hart ligningen

Det er viktig å være klar over både fordeler og ulemper med spenningsdeling med termistor når man vurderer å bruke denne teknologien. Med riktig implementering og bruk av høykvalitets termistorer, kan spenningsdeling med termistor gi nøyaktige og pålitelige målinger av temperatur.

### 3.1 Fordeler med systemet

- Nøyaktighet: Systemet gir høy nøyaktighet i temperaturmålinger. Termistoren har en nøyaktighet på +/- 0,06°C. over et temperaturområde på -50 til 250°C. (EPCOS 2023).
- Stabilitet: Systemet gir stabile temperaturavlesninger over tid. De krever minimal kalibrering og gir konsistente og pålitelige avlesninger over lang tid.
- Enkel design: Spenningsdeler-oppsettet har en enkel design som kan enkelt implementeres i forskjellige applikasjoner. Dette gjør det til et praktisk alternativ for en rekke formål.
- Lineæritet: En annen fordel med s er dens lineære respons til temperaturforandringer. Dette betyr at endringen i motstand er proporsjonal med endringen i temperatur, noe som gjør den enkel å kalibrere og bruke.
- Uavhengighet: Spenningsdelings-oppkoblingen er en metode som kan fjerne behovet for å kjenne den eksakte utgangsspenningen fra myDAQ. I stedet for å måle den eksakte spenningen, må kun forholdet mellom resistorene være opplyst. Dette kan gi oss en fordel og en mer pålitelig avlesning, ettersom den faktiske utgangsspenningen som tilfører kretsen med strøm kan variere litt og kan påvirkes av faktorer som temperatur og last.
- Pålitelighet: Termistoren har en lang levetid og kan gi nøyaktige avlesninger selv i tøffe miljøer.
- Lav påvirkning på målemiljøet: Systemet har en lav innvirkning på målemiljøet, som betyr at de ikke påvirker det fysiske eller kjemiske miljøet de er plassert i. (ecstuff4u 2023) (Editorial 2023)

### 3.2 Ulemper med systemet

- Ledningsmotstand: Termistoren kan påvirkes av ledningsmotstand, noe som kan føre til feil i målingene. Dette kan reduseres ved å bruke ledninger med lav motstand.

- 
- Respons-tid: Termistoren har en relativt lang respons-tid, som kan gjøre den mindre egnet for applikasjoner der temperaturendringene skjer raskt.
  - Approksimering: Steinhart-Hart-formelen behøver at minst tre motstandsverdier ved forskjellige temperaturer er kjent. Imidlertid kan det være vanskelig å oppnå nøyaktige verdier for alle disse motstandene i praksis. Dette kan føre til at approksimasjoner må gjøres i henhold til databladet (EPCOS 2023), noe som kan redusere nøyaktigheten i avlesningene. B-parameteren på 3950K, som brukes til å beregne temperaturen, har en estimert nøyaktighet på  $\pm 3\%$ . Toleransen til serie-motstanden ha noe å si i nøyaktigheten av systemet. Dermed kan det være nødvendig å ta hensyn til disse faktorene når man vurderer nøyaktigheten og påliteligheten til et RTD-system basert på Steinhart-Hart-formelen.
  - Vibrasjonsmotstand: Termistoren kan være mindre motstandsdyktig mot vibrasjoner enn andre temperatursensorer. Dette kan føre til økt slitasje og redusert levetid for sensoren.
  - Selvoppvarming: Termistoren kan bli påvirket av selvoppvarmingseffekten når den blir brukt i applikasjoner med høye strømmer. Strømmen som passerer gjennom termistoren fører til at den genererer varme og kan påvirke målingene. I tillegg kan temperaturendringer i selve termistoren påvirke nøyaktigheten av målingene. Termistorer kan også være utsatt for temperaturdrift, som også kan påvirke nøyaktigheten av målingene.
  - Lav base motstand: Termistoren har en lav base motstand, noe som kan gjøre den mer følsom for ledningsmotstand og føre til feil i avlesningene.
  - Begrenset temperaturområde: Termistoren har en begrenset temperaturområde sammenlignet med termoelementer. Termistor modell (B57891M0103K000) (EPCOS 2023) er designet for å fungere innenfor et temperaturområde på -50 til 250°C, noe som kan begrense dens anvendelser.
  - Krever strømtilførsel: Termistoren krever ofte en ekstern strømtilførsel for å fungere, som kan være upraktisk i noen applikasjoner.  
(ecstuff4u 2023) (Editorial 2023)

## 4 Hardware

### 4.1 myDAQ

MyDAQ er en datainnsamlingsenhet utviklet av National Instruments som har mange bruksområder og kan anvendes i forskjellige applikasjoner og formål, inkludert utvikling av elektroniske kretser og produkter, testing av utstyr og systemer, undervisning og forskning. Den kan samle inn data fra ulike kilder og analysere dataene for å trekke konklusjoner og ta beslutninger. I tillegg kan MyDAQ også kontrollere forskjellige enheter som motorer, lys og varmeovner ved å sende signaler og styre disse enhetene. Enhetsensoren kan måle forskjellige ting, for eksempel temperatur, trykk, lyd og bevegelse. Ved å kombinere MyDAQ med andre NI-programvareprodukter, kan man utføre avanserte analyse- og kontrollapplikasjoner. Dermed kan MyDAQ brukes som en allsidig enhet i mange ingeniør- og vitenskapsprosjekter (Culmer and Levesley 2023).

### 4.2 Hardware oppsett

Systemet ble oppbygget av myDAQ med utvidelseskort, thermistor, LED-diode og motstander.

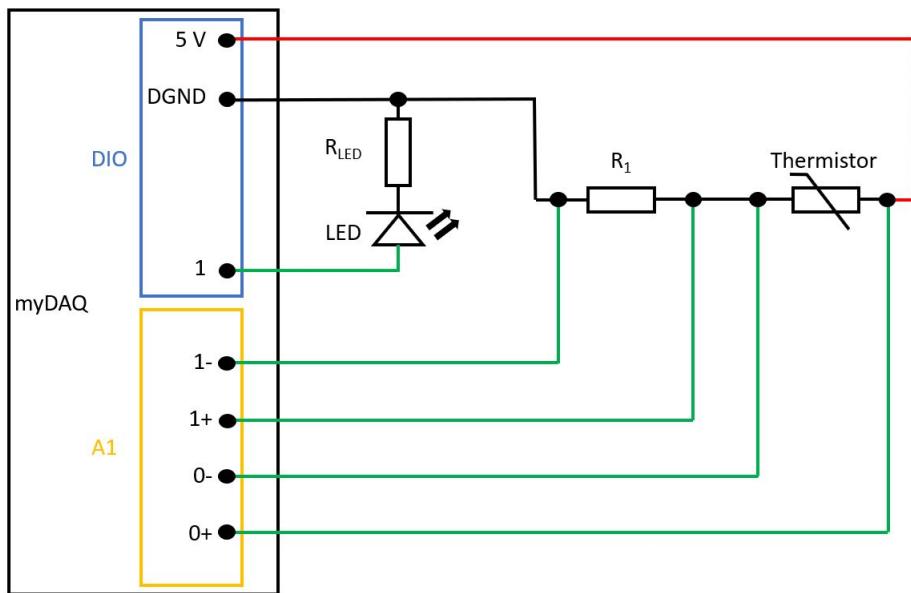


Figure 3: Bilde av koblingskjema til temperaturmålersystemet

1. Datamaskin med LabView installert.
2. myDAQ og et utvidelseskort. Utvidelseskortet muliggjør bruk av både de analoge og digitale inngangs- og utgangspinnene, samt strømforsyningen på myDAQen. For å koble opp kretsen er det montert et breadboard på utvidelseskortet.
3. Resistoren med en verdi på 10k Ohm og termistoren av typen NTC (B57891M0103K000). Plasserer dem slik at bena kobles på samme ”rad” på breadboardet sånn at de oppnår kontakt mellom dem.
4. Trekk jumper kabler til de forskjellige komponentene som er avbildet i (Figure: 3).
5. Koble opp spenningsdeler og jumper kabler for å kunne måle spenningsfallet over termistoren og resistoren, samt å gi strøm til systemet. MyDAQ-enheten inneholder to analog-til-digital konvertere (ADC-er) med både positiv og negativ referanse, bruk disse til å måle spenningsfalene over hver komponent.
6. Koble opp en LED på den digitale utgangen 1. Plasserer en 220 Ohm resistor i serie og koble resistoren til jord.

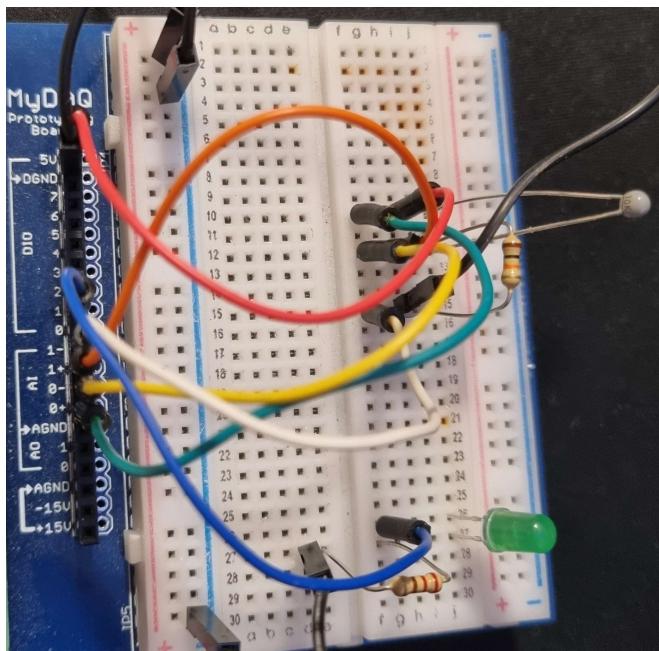


Figure 4: Bilde av ferdigkobla krets

Under utførelsen av prosjektet valgte vi å erstatte koblingspunktene til termistoren på breadboardet med to jumper kabler som ble direkte koblet til termistoren. Hensikten med dette var å unngå å ha hele temperaturmålersystemet oppned under målingen av temperaturen, og dermed redusere risikoen for skade på det elektriske systemet. For å sikre at koblingene forble stabile under temperaturmålingen, ble termistoren og koblingspunktene teipet fast.

## 5 Software

### 5.1 Graphical User Interface

Graphical User Interface (GUI) er en type grensesnitt som gjør det mulig for brukere å kommunisere med et system eller dataprogram ved å bruke grafiske elementer som knapper, ikoner og menyer.

GUI er viktig fordi det gjør programvare og datamaskiner mer brukervennlige og tilgjengelige for et vidt spekter av mennesker, uavhengig av teknisk ekspertise. Ved å bruke en GUI kan brukere enkelt navigere i programvaren ved å klikke på ikoner og navigere i en hierarkisk struktur av menyer og undermenyer, og gjennom dette utføre ønsket oppgaver på en effektiv og enkel måte.

I dette programmet har GUI blit konstruert på en oversiktlig og brukervennlig måte, der GUI er simpel og kompakt sånn at det ikke er unødvendig mye tom plass. Det grafiske har blitt satt opp på en logisk måte der man finner inngangsverdiene på venstre side, grafen i midten med de grafiske veridene under, og tilleggsfunksjonene temperatur, tiden og LEDen plassert på høyre side (Figure: 5). Programmet starter automatisk med standard tallverdier for å sikre at temperaturavlesninger kan gjøres ganske nøyaktig umiddelbart etter oppstart, forutsatt at riktige komponenter er benyttet.

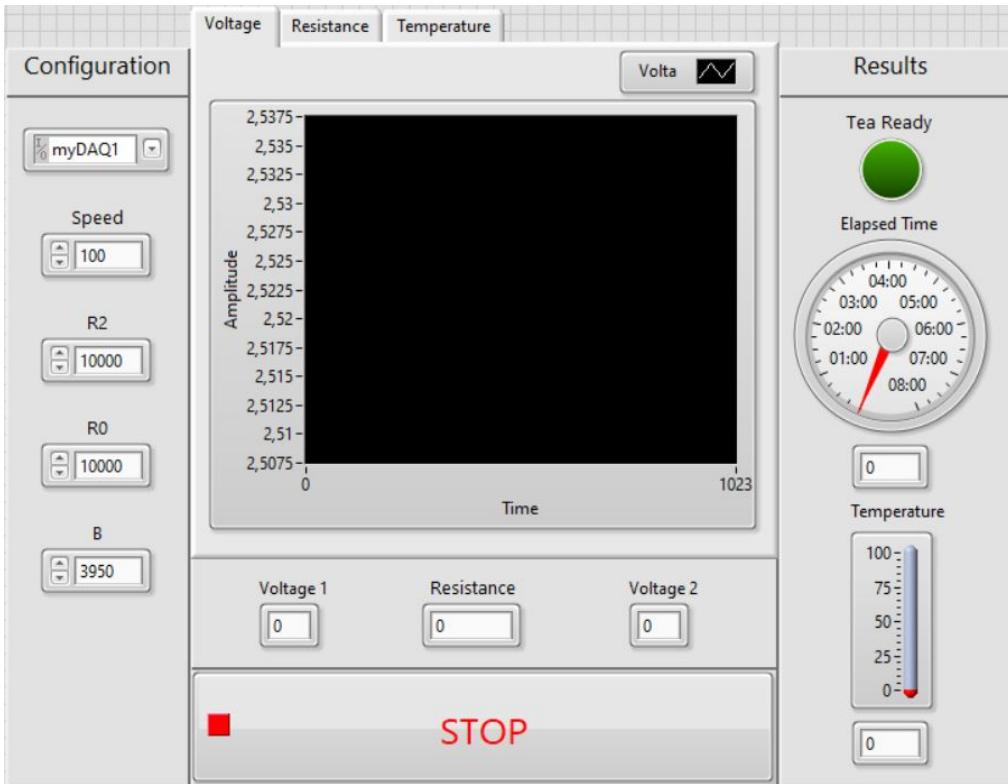


Figure 5: Bilde av Graphical User Interface

På venstresiden av GUIen er det en rekke innstillingar som er tilgjengelige for kontroll. Den første innstillingen er myDAQ inngangskontrolleren. Den andre innstillingen er hastighetskontrollen, som kan være nyttig for brukere som ønsker å få en nærmere observasjon av de tre grafene eller redusere belastningen på systemet som kjører programmet. Den tredje innstillingen gir brukerne mulighet til å justere verdiene for R<sub>2</sub>, R<sub>0</sub> og B. Disse parameterne kan brukes til å finjustere parametrene i Steinhardt-Hart-formelen (Figure: 2).

I midten av brukergrensesnittet er det en hovedgraf med tre faner som kan byttes mellom, avhengig av hvilken graf brukeren ønsker å avlese eller observere. Nedenfor grafen finner man verdiene for de tre fanene som kan byttes mellom. Under disse verdiene er det en stoppknapp som kan benyttes til å stoppe hele systemet.

På høyre side av brukergrensesnittet er det en rekke tilleggsfunksjoner som er plassert på en hensiktsmessig måte. Disse funksjonene inkluderer en klokke og en sekundviser som viser hvor lang tid det tar før teen er ideell, en termostat og en gradviser som viser temperaturen til enhver tid, samt en LED-indikator som lyser opp når teen er klar til å drikkes.

## 5.2 Hovedprogram

I hovedprogrammet ser vi hvordan GUI er bygget opp, her er den en overordnede dataflyten og programflyten blir synlig. Programmet er konstruert av flere SubVi's og disse er «moduler» eller «lag» som er tilkoblet hverandre hvor det forgår databehandling inni dem (Ambitiously 2023). Måten denne strukturen er satt opp, gjør det enkelt å forstå hvordan systemet henger i sammen og hva som går hvor. For å ta en nærmere titt på dataflyten til en SubVi kan man dobbelklikke på ikonet.

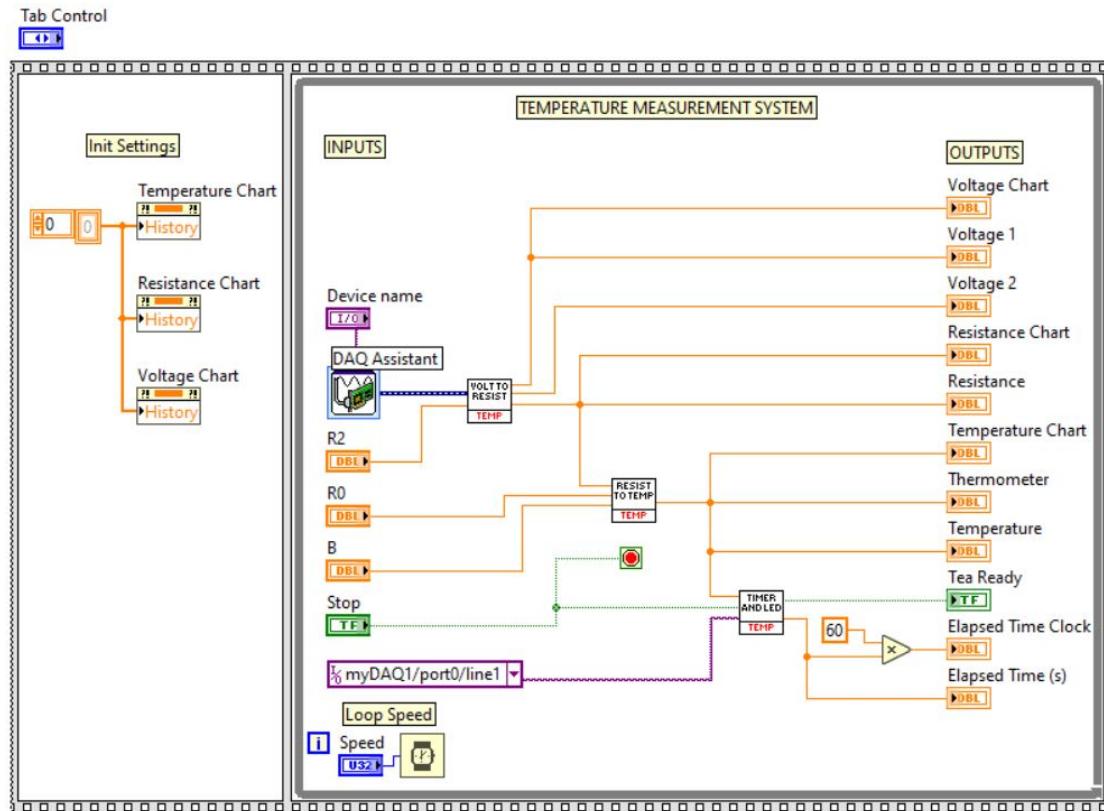


Figure 6: Bilde av hovedprogrammet

Fra (Figure: 6) ser vi at rammen rundt er delt opp i to deler. Boksen til venstre brukes til å nullstille grafene. Deretter går programmet videre inn i rammen til høyre, som inneholder en While-loop som sørger for kontinuerlig programkjøring. Programflyten i while-løkken er enkel å forstå, der dataflyten går fra myDAQ-enheten til «Spennin til resistans» konverteren, deretter til «resistans-til-temperatur» konverteren og til slutt til «timing, terskel og varslingslogikken».

### 5.3 myDAQ modus og input

Programmet starter med å sette myDAQ-enheten i riktig modus og velge korrekt inngang. «Voltage input» kanal 0 og 1, brukes til dette formålet (Figure: 7), som man kan se stemmer på koblingskjema til temperaturmålersystemet (Figure: 3).

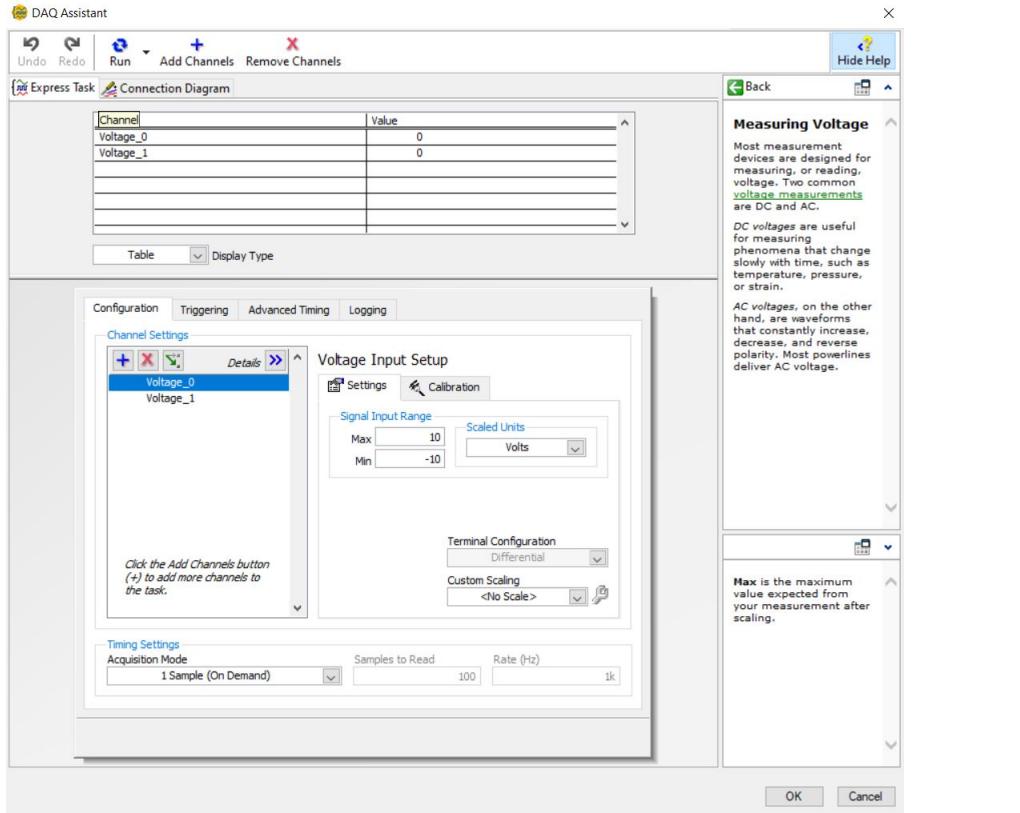


Figure 7: Bilde av myDAQ entitet

#### 5.4 Spenning til resistanse

I den beskrevne dataflyten er den første SubVi-en som vi kommer til blir en Spenning til resistanse konverterer (Figure: 8). Dette SubVi-et fungerer ved å splitte det multipleksede datasignalet opp i to deler, og omgjør deretter disse til numeriske verdier. Etter at datasignalet er delt opp, benyttes formelen for spenningsdeling for å bestemme forholdet mellom to resistanser og spenningene over dem.

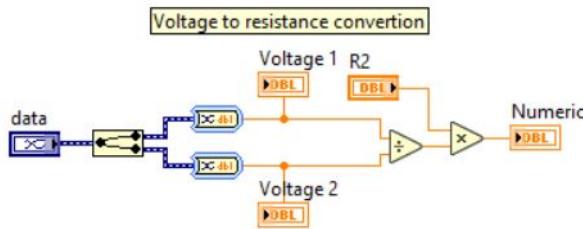


Figure 8: Bilde av programmet som konverterer spenning til resistanse

#### 5.5 Resistanse til temperatur

Den neste SubVi-en i dataflyten er en «Resistans til temperatur» konverterer. For å gjøre om resistans til temperatur benyttes Stein-Hart-formelen (Figure: 2). Hvis brukeren ønsker å forstå konseptet for utregningen, kan de følge formelen baklengs fra høyre til venstre i SubVi-en (Figure: 8). En tilleggsfunksjon som er lagt til i denne SubVi-en, er å konvertere temperaturen fra Kelvin til Celsius ved å trekke fra 273,15. Dette er gjort med den hensikt å gjøre temperaturen mer forståelig for brukeren, som er mer sannsynlig å være interessert i temperaturen i Celsius enn i Kelvin.

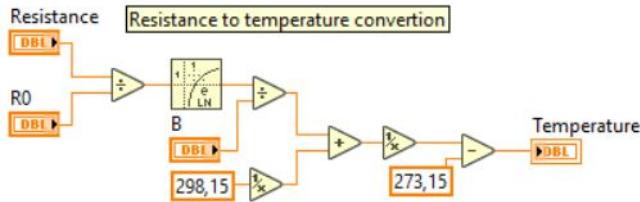
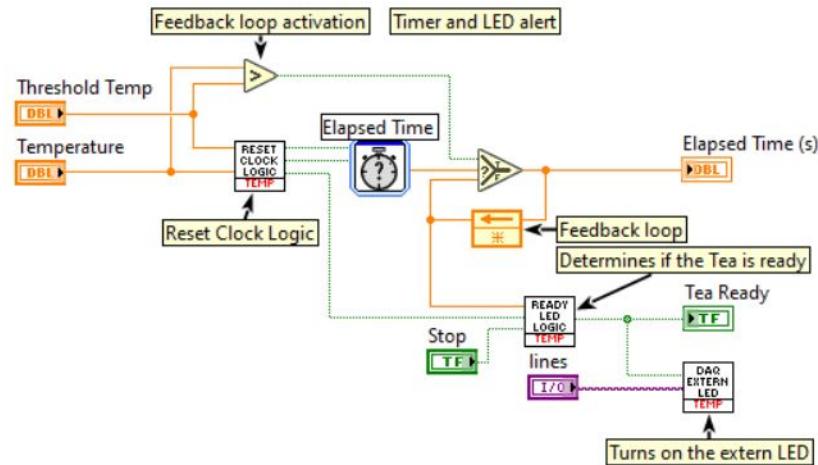


Figure 9: Bilde av programmet som konverterer resistanse til temperatur

## 5.6 Timer, terskel og varsling

I den siste SubVi-en i hoved-dataflyten finner vi en «Timer and LED alert» SubVi. Denne SubVi-en er mer kompleks enn de tidligere SubVi-ene, da den håndterer flere oppgaver og har flere SubVi-er i seg. Dette er gjort for å øke strukturen i systemet og få bedre oversikt over dataflyten (Figure: 10).



The SubVI for the timer is configured to trigger when a specific temperature threshold is reached. Ideally, this threshold should be set high enough so that only boiling water would trigger it. For instance, if the ideal temperature for tea is 80 degrees Celsius, this can be used as the threshold. Once the timer is initiated, it is assumed that the temperature of the water will start to decrease. When it reaches the threshold, the timer will signal that the tea is ready. Additionally, the time taken for the temperature to drop will be recorded and stored in the feedback loop immediately after the timer.

Figure 10: Bildet av programmet som kontrollerer timeren, temperatur terskelen og varslingslokkiken når teen er klar.

### 5.6.1 Temperatur terskel

I dette SubVi-hierarkiet kommer man først til en SubVi som er kalt «Reset Clock Logikk». Denne logikken sender signaler til to innganger på en timer-enhet, nemlig «Reset» og «Auto reset». Hensikten med denne logikken er å sjekke om temperaturen er over eller under en bestemt terskelverdi, og deretter sende signaler til inngangene på timeren for å starte klokken når temperaturen overstiger terskelverdien (Figure: 11).

The temperature logic is responsible for assessing whether the temperature has exceeded a predetermined threshold, and then relaying a boolean signal to the timing unit, which will activate accordingly. Although the logic can be complicated, the critical inputs are limited to the threshold value and temperature measurements.

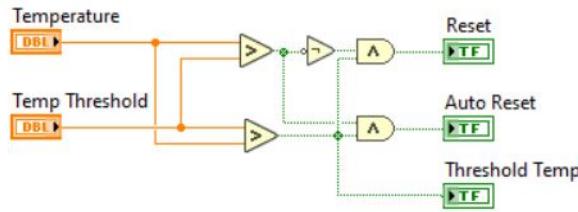


Figure 11: Bilde av programmet som kontrollerer timeren og temperatur terskelen

I dette designet er det valgt å bruke samme terskelverdi for både start- og stopptidspunkt for timeren. Årsaken til dette er at tidskonstanten til sensoren er mye kortere når kokende vann helles over den og temperaturen stiger, enn når vannet avkjøles til romtemperatur. Dette gir tilstrekkelig nøyaktighet for å registrere når det kokende vannet er til stede i koppen og timeren skal starte. Terskelverdikontrolleren er begrenset mellom 70 - 90°C, noe som er høyt nok til å utløse timeren, men samtidig lavt nok til å gi brukeren tilstrekkelig tid til å helle vann i koppen etter at vannet har blitt koka opp.

Etter at vannet har blitt helt i koppen og timeren har blitt startet, teller utgangsvariabelen «Elapsed Time» oppover. Verdien går gjennom en «Selector», hvor den vanligvis går uforstyrret videre og teller opp uten at det skjer noen spesielle hendelser. Når vanntemperaturen synker og når terskelverdien, vil statusen til den boolske «Sammenligner», som er merket som «Feedback Loop Activation» forandre seg. Statusen «True» eller «False» vil bli sendt bort til «Selectoren». Dette starter en tilbakemeldingsløkke som viser den siste klokkeverdien temperaturen nådde ter skelverdien, dette vil bli vist på klokka til brukergrensesnittet. Brukeren har da muligheten til å notere nøyaktig hvor lang tid det tok for vannet å nå ønsket temperatur. En viktig observasjon er at tilbakemeldingsløkken er aktiv helt til koppen fylles med kokende vann, før den deaktivertes når temperaturen krysser terskelverdien på vei opp. Når temperaturen senere går ned igjen, vil tilbakemeldingsløkken aktiveres på nytt. Dette betyr at verdien «0 sekunder» vil sirkulere rundt i tilbakemeldingsløkken før timeren starter.

### 5.6.2 Varslingslogikk

Denne delen av programmet fungerer som varslingslogikk og er ansvarlig for å styre aktivering av LED-lyset på brukergrensesnittet og det fysiske LED-lyset (Figure: 12). Den sjekker om verdien fra tilbakemeldingsløkken er større enn «1». Hvis denne hendelsen inntreffer, betyr det at timeren har startet og stoppet (Seksjon: 5.6.1 siste avsnitt). Logikken hindrer LED-indikatoren i å lyse før det kokende vannet har blitt tilført, og den stopper også LED-indikatoren hvis brukeren trykker på stoppknappen i grensesnittet.

The logic verifies two conditions: whether the timer is in operation and if the temperature has fallen below the threshold. If that's the scenario, we can conclude that the temperature is decreasing and if the loop is active (assuming the stop button is not pressed). As a result, the LED will illuminate.

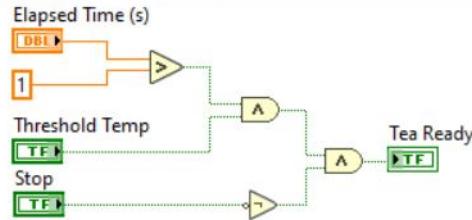


Figure 12: Bilde av programmet som styrer varslingslogikkens når teen er klar

### 5.6.3 myDAQ ekstern LED

Den siste delen av dette SubVi-hierarkiet, finner vi logikkens som skrur på den eksterne LEDen. Denne delen etablerer en digital I/O-port på mydAQ-enheten, som tillater aktivering av en fysisk LEDen (Figure: 13).

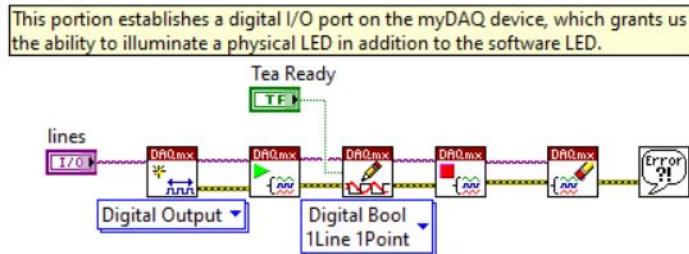


Figure 13: Bilde av programmet som styrer den eksterne LEDen

## 6 Eksperimenter og Resultater

Prosjektet har utviklet et fungerende temperaturmålersystem som inkluderer de mest grunnleggende funksjonene. Disse inkluderer en LED som signaliserer når teen klar, en klokke som tar tiden, og en termostat som viser temperaturen under tilberedningsprosessen. Anders Johnsen var en samarbeidspartner under eksperimentet, og hans deltagelse gjorde det mulig å ta bilder underveis, mens den andre holdt sensoren i ro. Anders sitt GUI ble brukt under eksperimentet, som er en forklaring på hvorfor GUI-en i «Software» (Seksjon: 5), er anderledes enn GUI-en i «Eksperimenter og resultater» (Seksjon: 6).

### 6.1 Matrialer

#### 1. Verktøy

- Datamaskin m7 Labview
- MyDAQ
- Utvidelseskort med Breadboard
- Kopp
- Vannkoker
- Jumper kabler

- USB Kabel
- El-teip

## 2. Komponenter

- 1 stk LED
- 1 stk 10k Ohm resistor
- 1 stk 220 Ohm resistor
- 1 stk B57891M0103K000 NTC-termistor

## 6.2 Temperaturen på springvann

### 6.2.1 Uten Isolering

Det første eksperimentet hadde som mål å undersøke påvirkningen av manglende isolering rundt beinene til termistoren på temperaturen til springvann. Eksperimentet ble utført ved å fylle en vask med lunkent vann og vente til termistoren hadde stabilisert seg rundt 23°C. Deretter ble termistoren senket ned i vannet og temperaturendringene ble avlest og registrert gjennom temperaturmålersystemet.

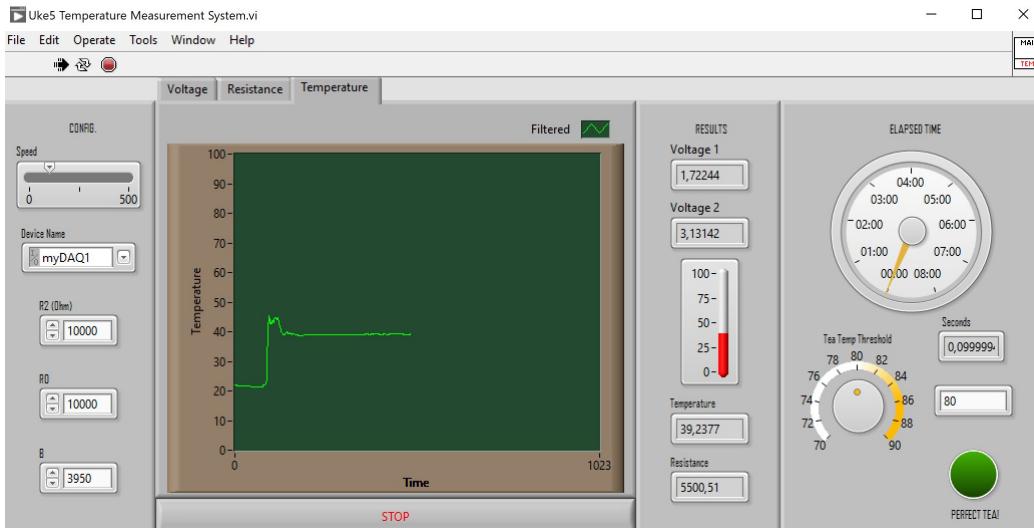


Figure 14: Bilde av GUI der vi måler temperatur i springvann uten isolering

Resultatet av eksperimentet viste at temperaturen stabiliserte seg rundt 39°C. Dette resultatet vil bli brukt til å sammenligne med neste eksperiment, der samme prosedyre vil bli fulgt, men med isolering rundt beinene til termistoren.

### 6.2.2 Med Isolering

Under isoleringsekspertementet brukte vi El-teip som isolasjonsmateriale, men det er også mulig å bruke andre materialer som limpistol, lakk og heatsink. Ved gjennomføringen av eksperimentet ble temperaturen avlest til cirka 28°C, noe som indikerer en temperaturforskjell på 10°C sammenlignet med eksperimentet uten isolering. Det er viktig å merke seg at termistoren som ble brukt er en NTC-termistor, som har en negativ temperaturkoeffisient. Dette betyr at motstanden i termistoren vil reduseres når temperaturen øker. Hvis motstanden ble kortsluttet helt, ville temperaturen øke til ekstremt høye nivåer (Wikipedia 2023a). Dette skjer når beinene til termistoren ikke er isolert, og fører til en direktestrøm som går utenom termistoren. Som et resultat opplever termistoren

en reduksjon i motstand og en ekstremt høy temperatur, noe som ikke reflekterer den faktiske temperaturen.

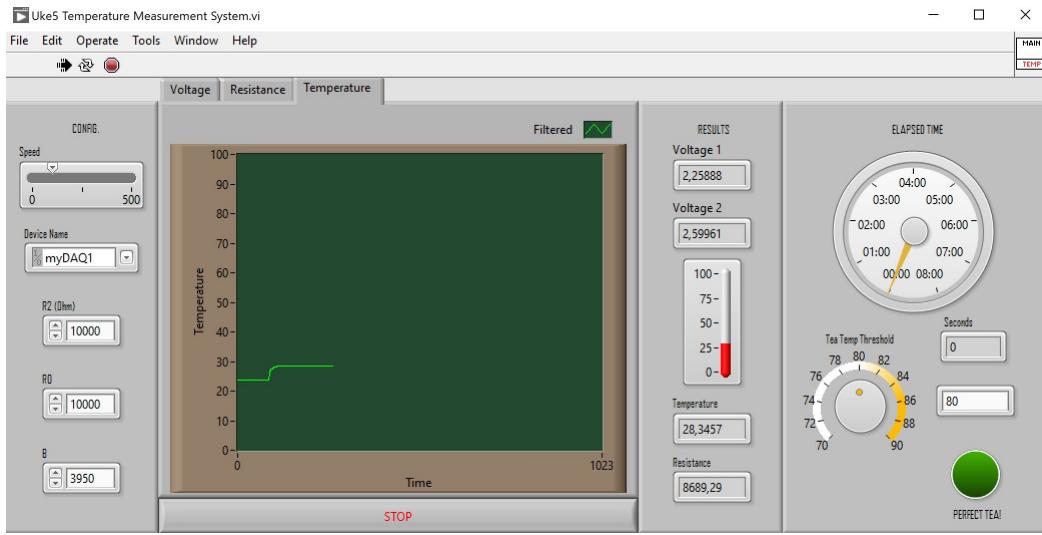


Figure 15: Bilde av GUI der vi måler temperatur i springvann med isolering

### 6.3 Temperaturen på kokende vann

I det siste eksperimentet var målet å helle kokende vann over sensoren, og måle temperaturen gjennom prosessen fra kokende vann til den nådde den idelle temperaturen på 80°C. Vannet ble kokt med en vannkoker, og beinene til termistoren ble isolert, bilde av oppsettet kan sees i (Figure: 16) og (Figure: 17). Deretter fylte vi kokende vann i en kopp, mens sensoren ble festet nede i koppen. Det ble avlest en rask forandring i temperaturen som kan se på (Figure: 18), som tyder på at systemet hadde god respond. Temperaturen nådde en topp på 95°C. Det er imidlertid verdt å merke seg at noen faktorer kan ha påvirket resultatene, inkludert vannet muligens hadde kjøt seg litt ned i det man heller det kokendevannet i koppen, og tiden det tok for grafen å reagere på endringene.



Figure 16: Bilde av oppsettet under eksperimentet



Figure 17: Bilde av isolerte sensoren i eksperimentet

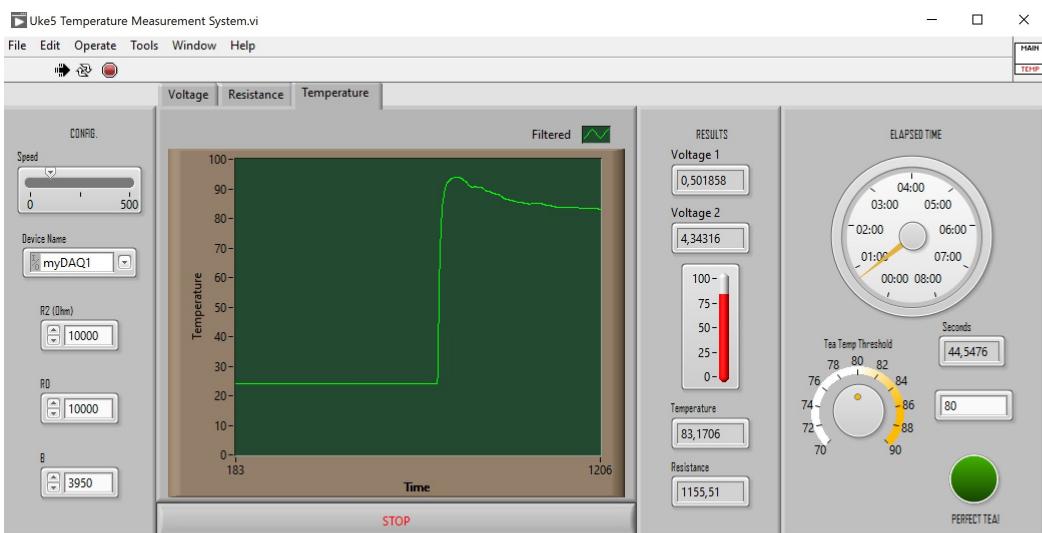


Figure 18: Bilde av GUI der måler temperaturen etter å ha helt kokende vann i koppen

Etter at temperaturen i eksperimentet nådde 95°C, ble grafen observert å gradvis synke ned til ønsket temperatur på 80°C. Imidlertid ble det oppdaget en uforutsett problemstilling da grafen viste korte svingninger opp og ned når temperaturen beveget seg nedover. Dette kunne bli et potensielt problem fordi programmet var konfigurert til å starte en timer når temperaturen nådde 80°C og stoppe den når temperaturen sank tilbake til 80°C. Hvis grafen viste små svingninger når temperaturen nådde 80°C, kunne dette føre til at programmet startet en ny timer og slettet den faktiske tiden det tok å oppnå ønsket temperatur. I testfasen oppsto ikke denne problemstillingen i motsetning til eksperimentet. Her ble den ønskede temperaturen satt til 27°C og deretter økt til 30°C ved å klemme fingeren rundt termistoren. Når termistoren ble sluppet, beveget grafen seg mye raskere nedover uten noen svingninger.

Under eksperimentet oppsto det et svingsingsproblem da temperaturen gikk under 80°C, før den igjen steg til 80°C. Dette resulterte i at timeren ble restartet, og den faktiske tiden ble derfor slettet. Temperaturen forble deretter over 80°C i 12 sekunder, før den igjen sank under 80°C med

fortsatt små svingninger. Restartingen av timeren kan observeres i (Figure: 19). For å være på den sikre siden hadde eksperimentet en timer på en telefon som kontrollerte tiden i tilfelle noe gikk galt under eksperimentet, som vist i (Figure: 20).

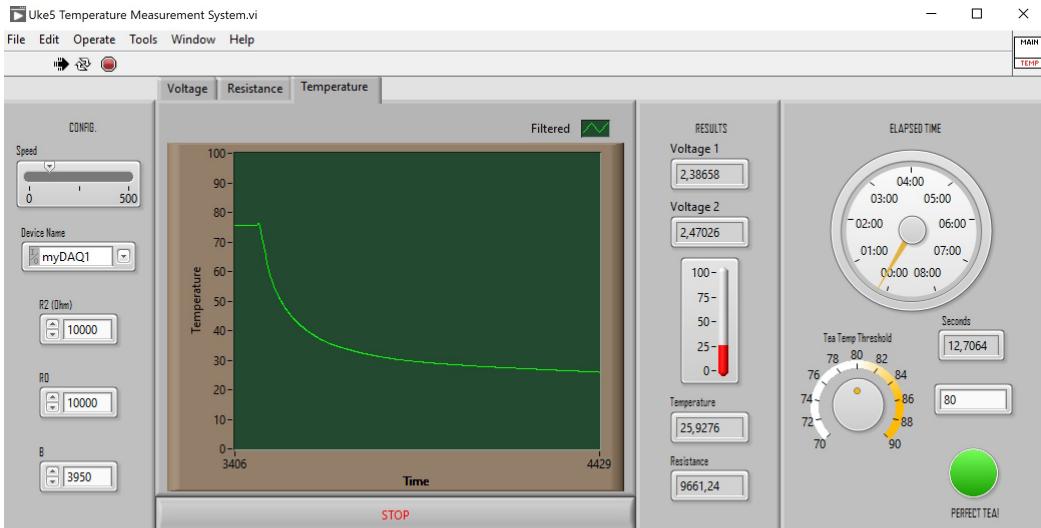


Figure 19: Bilde av GUI etter sensoren hadde blitt tatt ut etter å ha nådd 75°C, og timeren som ble restartet på grunn av svingingsproblemene

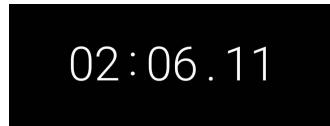


Figure 20: Bilde av telefon tiden det tok for å oppnå den ideelle temperaturen på 80°C

En del av eksperimentet involverte å fjerne sensoren og la den hvile i romtemperatur i 2 minutter etter at temperaturen hadde nådd 75°C. Fra (Figure: 19) ser vi at temperaturen synker og det kan konkluderes med at temperaturen vil etterhvert stabilisere seg på en mye lavere temperatur enn den opprinnelige temperaturen til det kokende vannet.

Når en temperatursensor tas ut av kokende vann og blir plassert i et område med romtemperatur, vil sensorens temperatur falle drastisk. Dette skjer fordi sensoren gir fra seg varmeenergi til det kjøligere omgivelsene, og dermed synker temperaturen på sensoren. En måte å forstå dette på er å tenke på hvordan varme overføres. Varme overføres fra et område med høy temperatur til et område med lavere temperatur. Når sensoren fjernes fra kokende vann, vil den fortsatt ha en høy temperatur i forhold til omgivelsene, og dermed vil varmeenergi strømme ut fra sensoren og inn i omgivelsene. Dette vil føre til at temperaturen på sensoren vil synke hurtig. En sammenligning kan være å tenke på hvordan kroppstemperaturen synker når vi går ut fra en varm innendørs atmosfære og ut i kaldt vintervær. Kroppen vår gir fra seg varmeenergi til omgivelsene, og dermed synker kroppstemperaturen.

## 7 Konklusjon

Det konkluderes med at temperaturmålesystemet har evnen til å være et pålitelig og nøyaktig til bruk av temperaturmåling til en kopp te. Systemet klarte å registrere når ønsket temperatur var oppnådd og ga en varsling, som antyder at det kan være en effektiv og pålitelig måte å overvåke temperaturen på i forskjellige applikasjoner. Likevel, det er viktig å merke seg at ytelsen til temperaturmålesystemet kan avhenge av faktorer som miljøet der det brukes, og det kan være nødvendig å ta hensyn til disse faktorene for å oppnå optimal ytelse.

---

LabVIEW er en enkel og brukervennlig programvare for å konfigurere og designe systemer uten behov for programmeringskunnskap. Dette skyldes hovedsakelig at LabVIEW benytter et grafisk programmeringsparadigme, som bruker blokker med ikoner og symboler som kan settes sammen på en intuitiv måte for å bygge funksjonalitet i systemet. Denne tilnærmingen gjør det enklere for brukere å visualisere systemet og dets funksjoner, og å gjøre endringer i systemet ved å dra og slippe ikonblokker på en grafisk brukergrensesnitt. Selv om det kan være nødvendig å ha en viss teknisk forståelse for å utnytte LabVIEW til sitt fulle potensial, gjør programvaren det mulig for enkeltpersoner og team uten programmeringsbakgrunn å bygge avanserte systemer med minimal opplæring og høy grad av fleksibilitet.

Ved videre utvikle av dette temperaturmålesystemet kan det være nødvendig å vurdere flere faktorer for å øke brukervennligheten. En mulig tilnærming som kan bli vurdert er å automatisere systemet ved å koble temperaturmåleren til et smart system. Dette vil gi brukerne mulighet til å justere innstillingen via telefonen og motta varsler når teen er klar. For å sikre at systemet fortsatt fungerer optimalt og på en sikker måte, er det viktig å vurdere faktorer som kostnad, pålitelighet og sikkerhet når man utvikler slike funksjoner.

### 1. Forbedringer

- En lydavspilling når teen er klar.
- Smart system der man kan få varsling på telefonen.
- Trådløs kobling mellom sensor og LabView.
- Konvertering mellom Kelvin, Fahrenheit og Celcius.
- Bedre isoleringsmateriale til termistoren for å unngå kortslutning mellom sensor-ben i væske.
- Benytte en større motstandsverdier for å øke toleransen for å minimalisere selvoppvarmings effekten.
- Filter for å forhindre svingsproblemene.

## 8 Tilbakemelding

### 8.1 Hva har jeg lært

I dette prosjektet har jeg oppnådd en betydelig økning i min kunnskap om LabVIEW-programmering og sensoroppsett. Jeg har lært ulike teknikker og metoder for å optimalisere programmet når det gjelder dataflyt og analysere og visualisere data fra sensoren. Dette har vært svært verdifullt for å løse forskjellige problemer i prosjektet.

En viktig del av prosjektet var å forstå koblingen av termistoren i spenningsdeler-kretsen og håndtere temperaturavhengighet i målinger. Jeg har lært om ulike fordeler og ulemper ved tilkoblingen og filtrering av viktig informasjon fra databladet for å finne relevante parameterne.

En annen viktig læring fra prosjektet er betydningen av å være kritisk og ha god forståelse når man arbeider med målefeil og unøyaktigheter. Jeg har lært å være oppmerksom på disse feilene og hvordan man kan korrigere for dem, slik at jeg kan oppnå mer pålitelige og nøyaktige resultater.

I fremtidige prosjekter har jeg som mål å forbedre min tilnærming ved å få en grundig forståelse av systemet og teorien før jeg starter på byggingen av selve systemet. Selv om det å lære å «reverse-engineering» er kunnskapsrikt, ønsker jeg å utvikle ferdighetene mine sånn at jeg kan komme med egne ideer og starte prosjekter fra bunnen av. Jeg tror en bedre forståelse av systemet jeg arbeider med, vil gjøre meg mer bevisst på mulige feilkilder og hindringer som kan oppstå i prosjektet. Dette vil igjen gjøre det lettere for meg å finne løsninger på problemer og håndtere dem på en mer effektiv måte.

---

## 8.2 Forslag til forandring

Har ingen konkret forslag til forandring, men opplevde problemer med Latex mal som ligger på BlackBoard. Malen inneholdt feil fra starten av og noen seksjoner dukket ikke opp etter å ha recompilet dokumentet, noe som førte til at jeg brukte unødvendig mye tid på å prøve å fikse feilene. Jeg valgte derfor å bruke NTNU sin standardrapportmal siden den fungerte og jeg har brukt den i prosjekter i forrige semseter, i stedet for å fikse den defekte malen.

---

## References

- Ambitiously, Engineer (2023). *Create and Configure a LabVIEW SubVI*. URL: <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA03q000000YK4VCAW&l=en-US> (visited on 3rd Mar. 2023).
- Culmer, Peter and Martin Levesley (2023). *University of Leeds Teaches First-Year Engineering Students With LabVIEW and NI myDAQ*. URL: <https://www.ni.com/en-no/innovations/case-studies/19/university-of-leeds-teaches-first-year-engineering-students-with-labview-and-ni-mydaq.html> (visited on 28th Feb. 2023).
- ecstuff4u (2023). *Advantages and disadvantages of temperature sensor — thermocouple, RTD, thermistor*. URL: <https://www.ecstuff4u.com/2020/03/advantages-disadvantages-temperature-sensor.html> (visited on 5th Mar. 2023).
- Editorial (2023). *Temperature sensors – Advantages and disadvantages*. URL: <https://roboticsbiz.com/temperature-sensors-advantages-and-disadvantages/> (visited on 5th Mar. 2023).
- EPCOS (2023). *B57891M0103K000 - Thermistor NTC 10kOhm 41.5mm, EPCOS*. URL: <https://www.elfadistrelec.no/en/thermistor-ntc-10kohm-41-5mm-epcos-b57891m0103k000/p/16029082?no-cache=true&track=true> (visited on 4th Mar. 2023).
- Vis, Peter J. (2023). *Voltage Divider Circuit Calculator - For NTC Thermistor*. URL: <https://www.petervis.com/electronics%20guides/calculators/thermistor/thermistor.html> (visited on 5th Mar. 2023).
- Wikipedia (2023a). *Thermistor*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Thermistor#NTC> (visited on 1st Mar. 2023).
- (2023b). *Thermistor*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Thermistor#Steinhart%E2%80%93Hart\\_equation](https://en.wikipedia.org/wiki/Thermistor#Steinhart%E2%80%93Hart_equation) (visited on 1st Mar. 2023).
- (2023c). *Voltage divider*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Voltage\\_divider](https://en.wikipedia.org/wiki/Voltage_divider) (visited on 5th Mar. 2023).