



Kunnskap for en bedre verden

INSTITUTT FOR ELEKTRONISKE SYSTEMER

IELET2112 - ANVENDT INSTRUMENTERING

Project 3: Colors, an infinite space to explore

Forfatter:
Aleksander Navrud

Mai, 2023

Innholdsfortegnelse

Figurliste	iii
1 Sammendrag	1
2 Introduksjon	1
3 Terminologier	1
4 Teori	1
4.1 Fargesensor	1
4.2 TCS3200 Color Sensor	2
4.2.1 Fordeler med TCS3200	4
4.2.2 Ulemper med TCS3200	4
5 Hardware	4
5.1 Verktøy og komponenter	4
5.2 TCS3200 Pinout	5
5.3 Oppkobling	5
6 Software	6
6.1 Graphical User Interface	6
6.2 ColorMain - Hovedprogrammet	8
6.3 ColorMeasurement - Avlesning av fargefrekvensene	8
6.4 myDAQ Outputs og Inputs	9
6.4.1 Outputs	9
6.4.2 Inputs	10
6.5 ColorToRGB - Konvertering fra fargefrekvensene til RGB	11
7 Eksperimenter og Resultater	12
7.1 Måleutstyr og måleobjekter	12
7.2 Skjerming	13
7.3 Kalibrering	13
7.4 Testing av ulike objekter og farger	15
7.4.1 Fargedeklæringer	15
7.4.2 Røde genser	17
7.4.3 Røde papp	18
7.4.4 Gul matt metallplate	19

7.4.5	Oransje plastikk	20
7.4.6	Uten skjerming	21
8	Konklusjon	22
9	Tilbakemelding	22
9.1	Hva jeg har lært	22
9.2	Forslag til forandring	23
	References	24
	Vedlegg	25
A	Målingsprogram	25

Figurliste

1	TCS3200 Color Sensor	2
2	TCS3200 fargesensorchip	3
3	Sensorbrikkens 8x8 matrise med fotodioder	3
4	True/False-uttalelse	3
5	TCS3200 Funksjonelt blokkdiagram	3
6	Oversikt over TCS3200 pinout	5
7	Koblingskjema til TCS3200	6
8	Ferdigkобра krets til TCS3200	6
9	Programmets Graphical User Interface	7
10	Overlegg som forklarer brukervalgene	7
11	Hovedprogrammet	8
12	Avlesning av fargefrekvensene rød, blå, klar og grønn	8
13	True/False-uttalelse	9
14	Valg av måletype Output	9
15	Valg av fysiske kanaler Output	9
16	Line Output	10
17	Valg av måletype Input	11
18	Valg av fysiske kanaler Input	11
19	Frekvensoppsett	11
20	Konvertering fra fargefrekvensene til RGB	12
21	Skjerming til TCS3200	13
22	Måling av hvitt papirark for å finne maksimalfrekvensen	14
23	Måling av svart t-skjorte for å finne minimumsfrekvensen	14
24	GUI ved måling av Hvitt ark	14
25	GUI ved måling av Svart t-skjorte	14
26	Måling av Rosa klistrelapp	15
27	Måling av Grønn klistrelapp	15
28	Måling av Oransje klistrelapp	15
29	Måling av Gul klistrelapp	15
30	GUI ved måling av rosa klistrelapp	16
31	GUI ved måling av grønn klistrelapp	16
32	GUI ved måling av oransje klistrelapp	16
33	GUI ved måling av gul klistrelapp	17

34	Måling av Rød genser	17
35	GUI ved måling av Rød genser	18
36	Måling av Rød papp	18
37	GUI ved måling av Rød papp	19
38	Måling av Gul matt metallplate	19
39	GUI ved måling av Gul matt metallplate	20
40	Måling av Oransje plastikk	20
41	GUI ved måling av Oransje plastikk	21
42	Måling uten skjerming av Rosa klisterlapp	21
43	GUI ved måling uten skjerming av Rosa klisterlapp	22

1 Sammendrag

Gjennom dette prosjektet har det blitt utviklet et fargemålesystem som har bevist seg som et pålitelig verktøy for fargemåling. Systemet er i stand til å måle fargen til en del objekter, selv om det ble registrert enkelte utfordringer knyttet til håndtering av kontrast i farger på forskjellige materialer. Papir og papp ble identifisert som de enkleste materialene for fargemåling, mens matte metaller og tekstiler viste seg å være mer utfordrende. Til tross for antagelsen om at skjerming rundt sensoren kunne påvirke resultatene, påvirket ikke omgivelseslyset i et normalt belyst rom sensorens funksjonalitet. Likevel er det verdt å merke seg at under mer kontrollerte forhold, for eksempel i laboratorier eller utendørs, kan lysforholdene potensielt påvirke målingene.

2 Introduksjon

Formålet med dette prosjektet er å konstruere et fargemålesystem som leverer presise og konsekvente fargemålinger for en rekke objekter. I det 21. århundre, med den eksponentielle veksten i teknologi, har nøyaktig fargemåling blitt av enorm betydning i mange bransjer, inkludert men ikke begrenset til teknologi, grafisk design, og produksjon. Det finnes flere teknologiske verktøy som er utviklet for å møte dette behovet, og en av dem er TCS3200 fargesensor. Dette prosjektet vil omfatte en grundig evaluering av fordeler og begrensninger ved systemet. Dette vil inkludere testing av diverse objekter laget av ulike materialer for å evaluere systemets nøyaktighet og pålitelighet.

3 Terminologier

GUI	Graphical User Interface, er den visuelle delen av en datamaskinapplikasjon som lar brukeren interagere med systemet ved hjelp av grafiske elementer.
myDAQ	Type dataloggingenhet som brukes til å samle inn og analysere data fra ulike sensorer og kilder.
Kalibrering	Prosess med å justere, måle og korrigere en måleinstrument eller annet utstyr for å sikre at det gir nøyaktige og pålitelige resultater.
RGB	RGB står for ”Red Green Blue” og er en fargekode som brukes til å representere farger på en digital skjerm ved å blande intensiteten av de tre grunnfargene.
SubVi	Sub-Virtual Instrumen, er en underordnet virtuell instrumentblokk som kan gjenbrukes som en del av en større blokkdiagramstruktur.

4 Teori

4.1 Fargesensor

Fargesensorer er enheter som er i stand til å oppdage og skille mellom forskjellige farger. De fungerer ved å benytte lyssensitive dioder for å registrere og måle intensiteten av lys som har blitt reflektert eller overført fra et objekt. Disse målingene blir deretter behandlet og konvertert til en digital form som kan leses som en spesifikk farge (*Understanding Colour Sensors: Working Principle and Applications* 2023).

Det grunnleggende prinsippet for en fargesensors virkemåte kan sammenlignes med måten det menneskelige øyet oppfatter farge på. Menneskeøyne inneholder fotoreseptorer kalt “cones”, disse er følsomme for de tre primærfargene i lys: rødt, grønt og blått. Ved å registrere mengden av hver av disse fargene som blir reflektert fra eller overført gjennom et objekt, kan hjernen vår bestemme objektets farge (*How Does a Color Sensor Work?* 2023).

Fargesensorer opererer på en lignende måte ved å bruke fotodioder som er mottakelige for rødt, grønt og blått lys. En lyskilde belyser det ønskede objektet, og det reflekterte eller overførte lyset registreres av sensorens fotodioder. Sensoren bruker deretter denne informasjonen til å bestemme objektets farge. Enkelte fargesensorer har også mulighet til å måle intensiteten eller lysstyrken på lyset, noe som kan gi tilleggsinformasjon om objektets farge (*Understanding Colour Sensors: Working Principle and Applications* 2023). Dette kan være svært nyttig i situasjoner der objektets farge kan bli påvirket av overflateegenskapene, som for eksempel tekstur eller glans.

Fargesensorer er basert på ulike teknikker, som RGB (rød, grønn, blå) deteksjon, kolorimetri, spektralanalyse eller temperaturmåling. RGB-sensorer fungerer ved å oppdage de primære fargene - rød, grønn og blå, ved bruk av fotodioder med fargefiltre, og kombinerer denne informasjonen for å bestemme den samlede fargen (*What is a color sensor?* 2023). Fargetemperatursensorer estimerer lysfargenes temperatur ved å måle intensiteten av diverse bølgelengder (*Color temperature* 2023). Spektralsensorer benytter en mekanisme som deler innkommende lys i dets individuelle bølgelengder og måler intensiteten til hver (*HOW DOES SPECTRAL SENSING WORK? UNDERSTANDING THE BASICS OF SPECTROSCOPY AND SPECTRAL SENSORS* 2023). Kolorimetersensorer etterligner menneskeøyets fargereceptorer for å måle menneskelig oppfattet farge (*Colorimetry* 2023). Hver type sensor har distinkte fordeler og applikasjoner, basert på spesifikke behov.

Fargesensorer har et vidt spekter av bruksområder. De kan eksempelvis benyttes i kvalitetskontrollsystemer for å verifisere at produkter har den forventede fargen, i sorteringsprosesser for å automatiske klassifisering av objekter basert på farge, innen robotikk for å tillate roboter å interagere med fargefeste objekter, samt i mange andre sammenhenger der det er essensielt at den kan bestemme objektets farge (*Understanding Colour Sensors: Working Principle and Applications* 2023).

4.2 TCS3200 Color Sensor

TCS3200 er en fargesensormodul (RGB-sensor) som ofte brukes i ulike applikasjoner der fargeregistrering og deteksjon er nødvendig. Sensoren er utviklet av Texas Advanced Optoelectronic Solutions og har evnen til å måle intensiteten og frekvensen av lys som reflekteres fra et objekt, slik at den kan bestemme objektets farge.



Figure 1: TCS3200 Color Sensor
(Fermion: *TCS3200 RGB Color Sensor (Breakout)* 2023)

TCS3200-sensormodulen består av en fargesensorchip (Figure: 2) og fire hvite LED-lys (Figure: 1). Sensorbrikken inneholder en 8x8 matrise med fotodioder som er delt inn i fire grupper: 16 fotodioder med røde filter, 16 med grønne filter, 16 med blå filter og 16 med klare filter (Figure: 3). Dette arrangementet gjør at sensoren kan oppdage og måle ulike bølgelengder av lys som tilsvarer de røde, grønne, blå og klare kanalene. Hver gruppe fotodioder er dekket av sitt respektive filter

og registrerer lysintensiteten innenfor sitt bølgelengdeområde. De klare filtrene tillater sensoren å måle den totale lysintensiteten over alle bølgelengder uten spesifikk fargefiltrering (*TCS3200 Color Sensor with Arduino detailed Tutorial* 2023).



Figure 2: TCS3200 farge sensorchip
Rui and Sara 2023

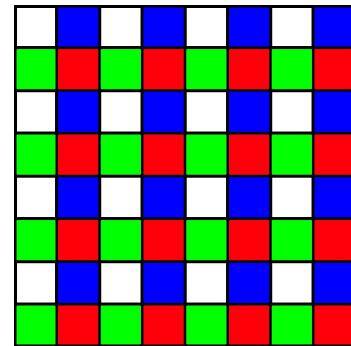


Figure 3: Sensorbrikkens 8x8 matrise med fotodioder

Brukeren har muligheten til å velge fotodiodene ved å aktivere S2- og S3-pinnene med enten en True- eller False-uttalelse. Videre kan brukeren justere sensorens utgangsfrekvens ved å aktivere S0- og S1-pinnene med samme uttalelse (Figure: ??) (*TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER* 2023). Skalering av utgangsfrekvensen er nytig når frekvensen er for høy for en enheten som leser sensorens utgangssignal.

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING (f_o)
L	L	Power down
L	H	2%
H	L	20%
H	H	100%

S2	S3	PHOTODIODE TYPE
L	L	Red
L	H	Blue
H	L	Clear (no filter)
H	H	Green

Figure 4: True/False-uttalelse
(*TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER* 2023)

Under måling av en farge, vil TCS3200-sensoren belyse målobjektet med hvitt lys som genereres av de innebygde hvite LED-ene. Det reflekterte lyset passerer gjennom filterne og treffer de tilsvarende fotodiodene. Lysets intensitet på hver fotodiode blir konvertert til en elektrisk strøm. Denne strømmen blir deretter sendt inn i en strøm-til-frekvensomformer, som omdanner den elektriske strømmen (som representerer lysintensiteten) til et firkantbølgesignal med en frekvens som er proporsjonal med lysintensiteten. Dette firkantbølgesignalet sendes videre til utgangen, som er koblet til en mikrokontroller eller annen type digital krets, hvor frekvensen kan måles (Figure: 5). Ved å måle frekvensen for hver farge, kan man deretter bestemme fargen på måleobjektet (*How does a RGB color sensor work?* 2023).

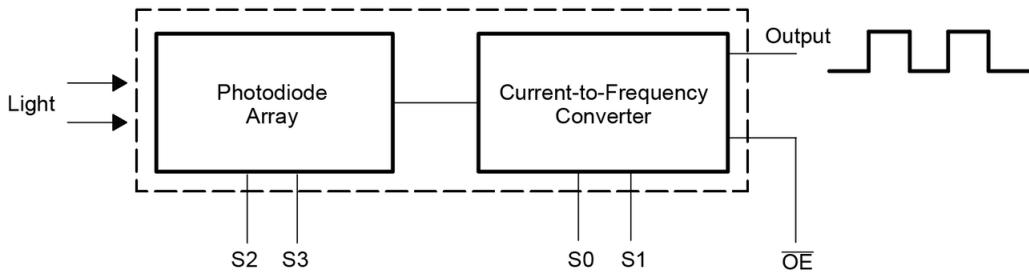


Figure 5: TCS3200 Funksjonelt blokkdiagram
(*TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER* 2023)

4.2.1 Fordeler med TCS3200

- Høy oppløsning: TCS3200-fargesensoren er utstyrt med en 8x8 matrise av fotodioder, som tilbyr høyoppløselige fargesensingsmuligheter. Sensoren gir 16 fotodioder med røde filtre, 16 med grønne filtre, 16 med blå filtre og 16 uten filter (klart). Denne variasjonen gir en høy grad av nøyaktighet og spesifisitet i fargedeteksjon (*TCS3200 Color Sensor with Arduino detailed Tutorial* 2023).
- Programmerbar farge og fullskala utgangsfrekvens: TCS3200 kan programmeres til å detektere forskjellige farger og har en utgangsfrekvens som skalerer med intensiteten til den valgte fargen (*TCS3200 Color Sensor with Arduino detailed Tutorial* 2023).
- Energibesparende: Sensoren opererer med en lav forsyningsspenning (2,7V til 5,5V) og har lavt strømforbruk, noe som gjør den ideell for bærbare applikasjoner (*TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER* 2023).
- Kostnadseffektiv: Sammenlignet med mange andre fargesensorer på markedet, tilbyr TCS3200 en god balanse mellom kostnad og ytelse (*Fermion: TCS3200 RGB Color Sensor (Breakout)* 2023).

4.2.2 Ulemper med TCS3200

- Mangel på direkte RGB-verdier: TCS3200 gir frekvensutganger som tilsvarer fargene, men gir ikke direkte RGB-verdier. Dette betyr at utgangen må konverteres og kalibreres for å få nøyaktige fargeavlesninger.
- Følsomhet for omgivelseslys: Selv om sensoren er svært følsom for synlig lys, kan dette også være en ulempe. Den kan bli påvirket av omgivelseslys, noe som potensielt kan føre til unøyaktigheter i fargeavlesningen .
- Mangel på innebygde filtre: I motsetning til noen andre sensorer, har den ikke innebygde IR-filtre. Dermed kan avlesningene bli påvirket av det omkringliggende infrarøde lyset (*TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER* 2023).
- Kompleksitet: Implementering og programmering av sensoren kan være ganske komplekst, spesielt for nybegynnere.
- Begrenset deteksjonsområde: TCS3200-fargesensoren har et begrenset deteksjonsområde, noe som betyr at den kanskje ikke nøyaktig detekterer farger fra en betydelig avstand (*TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER* 2023).
- Ingen innebygd ADC: I motsetning til noen andre sensorer, har den ikke en innebygd Analog til Digital Konverterer (ADC) (*TCS3200 – Pin Diagram, Circuit and Applications* 2023). Dette betyr at en ekstern ADC eller en mikrokontroller med en ADC er nødvendig for å lese utgangen.

5 Hardware

5.1 Verktøy og komponenter

1. Verktøy

- Datamaskin m7 Labview
- myDAQ
- Utvidelseskort med Breadboard
- USB Kabel

2. Komponenter

- 1 stk TCS3200
- 13 stk Jumper kabler

5.2 TCS3200 Pinout

TCS3200 har 10 pins, som er VDD, 2x GND, OE, LED, S0, S1, S2, S3 og OUT.

- VDD: Er strømforsyningsspinnen til fargesensoren som kan kobles til 5.5V eller 2.7V av forsyningen.
 - GND: Er jordingspinnen til fargesensormodulen.
 - OE: Er utgangsaktiviseringspinnen. Denne pinnen kontrollerer aktivering eller deaktivering av utgangene til fargesensormodulen. Når OE-pinnen er i en aktiv tilstand (lav), tillater den utgangene på modulen å levere fargeinformasjon til mikrokontrolleren eller andre enheter som er koblet til. Dette betyr at sensorens utgangssignaler er tilgjengelige for å bli lest eller behandlet.
- Når OE-pinnen er i en deaktivert tilstand (høy), vil utgangene være slått av. Dette kan være nyttig når du ønsker å midlertidig stoppe dataoverføringen fra fargesensoren til mikrokontrolleren.
- LED: Er ansvarlig for styring av LED-lysene som er innebygd i fargesensoren. Når LED-pinnen får en høy puls, blir LED-lysene aktiveret og begynner å lyse. Dette skaper en jevn og kontrollert lyskilde som rettes mot det objektet eller området som skal måles. Når LED-pinnen får en lav puls eller er deaktivert, slukkes LED-lysene, og sensoren er i en hvilemodus.
 - S0 og S1: Er inngangspinnene som styrer frekvensutgangsskalaen. Disse pinnene lar deg kontrollere sensitiviteten og dermed dynamikkområdet til sensoren. Ved å konfigurere disse pinnene kan det stilles inn en skalering på 2%, 20% eller 100%.
 - S2 og S3: er inngangspinnene som brukes til å kontrollere hvilken type lys (rødt, grønt, blått eller klart) som skal detekteres.
 - OUT: Dette er utgangspinnen til sensoren. Når sensoren oppdager en bestemt farge, endres pulsens frekvens på denne pinnen. Ved å detektere denne endringen i pulsens bredde, kan vi bestemme fargen.

(TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER
2023)

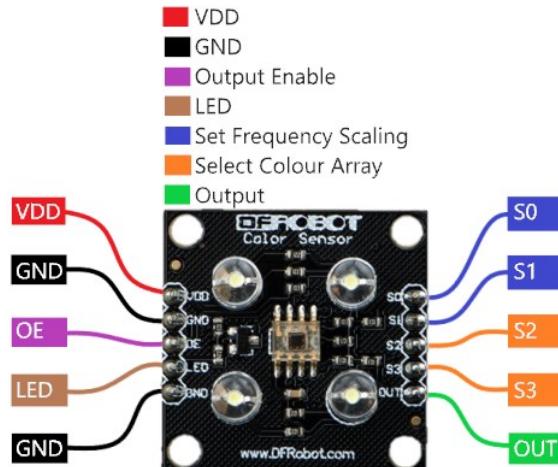


Figure 6: Oversikt over TCS3200 pinout

5.3 Oppkobling

Systemet ble tilkoblet på en strukturert og oversiktlig måte ved hjelp av samlede jumper-kabler for å oppnå forbedret oversikt over systemet. Nedenfor følger en beskrivelse av stegene som ble fulgt under oppkoblingen av systemet.

1. Koble OUT-pinnen på TCS3200 til DIO1-headeren på myDAQ.
2. Koble S0, S1, S2 og S3-pinnene på TCS3200 til en av DIO4-7-headerne på myDAQ.
3. Koble VCC- og LED-pinnene på TCS3200 til 5V-headeren på myDAQ.
4. Koble GND-pinnene på TCS3200 til DGND-headeren på myDAQ.

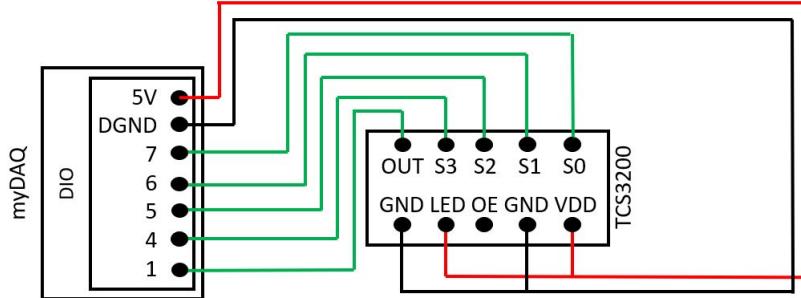


Figure 7: Koblingskjema til TCS3200

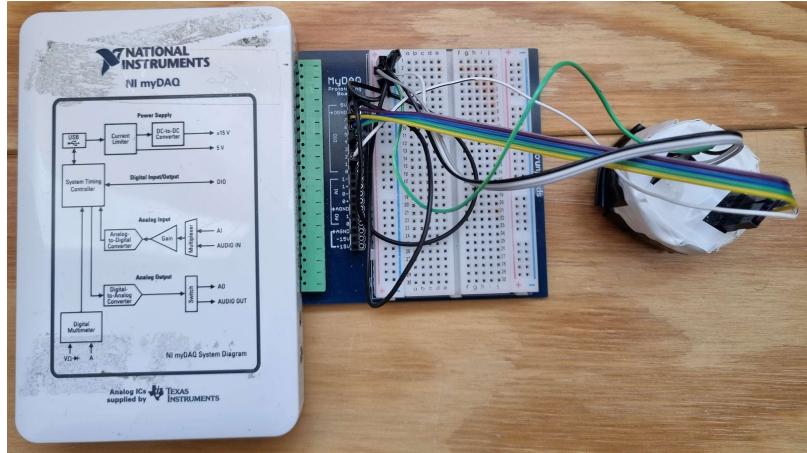


Figure 8: Ferdigkobla krets til TCS3200

6 Software

6.1 Graphical User Interface

Programvaren har en grafisk brukergrensesnitt (GUI) som er designet fra bunnen av og organisert i en logisk rekkefølge (Figure: 9). Den grafiske brukergrensesnittet er delt inn i to deler: en øvre del med utdata og en nedre del med brukervalg. I den øvre delen av GUI-en finner man en graf som viser frekvensen til de fire forskjellige fargene som sensoren måler. Til høyre for grafen vises "RGB OUTPUT", som indikerer fargen som sensoren leser etter å ha konvertert frekvensene til RGB.

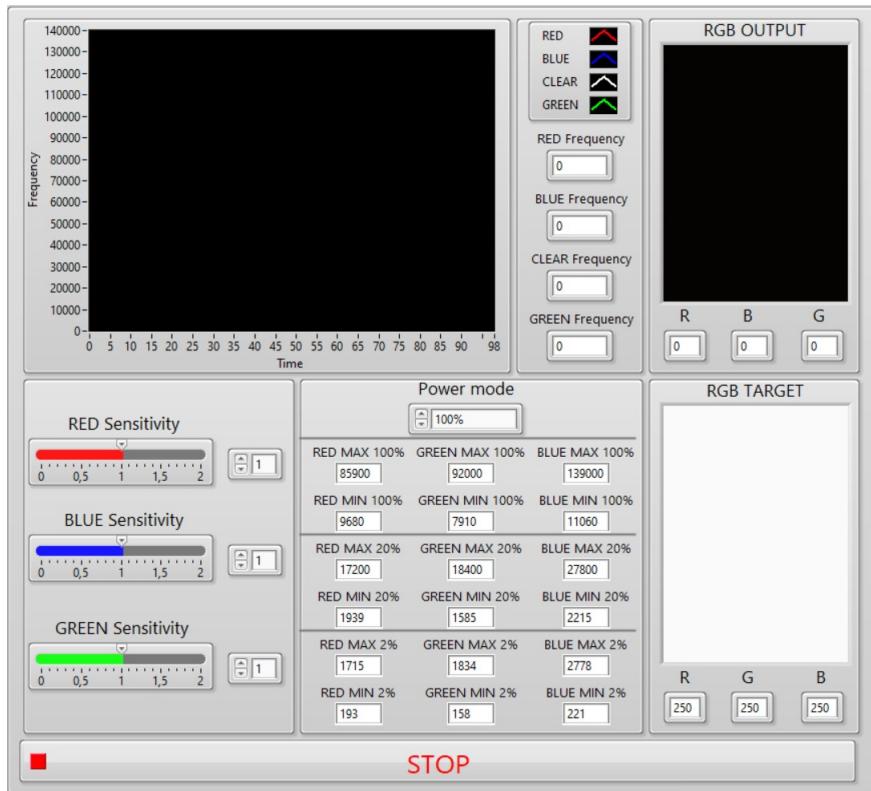


Figure 9: Programmets Graphical User Interface

I den nedre delen av GUI-en finner man "sliders" på venstre side som kan justere sensitiviteten til de forskjellige fargene. Dette er implementert for brukere som ønsker å kalibrere sensoren på en enkel og effektiv måte uten å måtte gå gjennom hele kalibreringsprosessen. I midten av GUI-en finner man "Power mode", hvor brukeren kan velge mellom fire forskjellige innstillinger som styrer skaleringen av utgangsfrekvensen "100%", "20%", "2%", og "Power down". Under "Power mode" finner man ferdige kalibreringsverdier for de forskjellige "Power modusene", som ble funnet under kalibreringen av sensoren (Seksjon: 7.3). Disse verdiene kan variere avhengig av avstanden fra sensoren til materialet, og hvilket materiale som ble brukt til å finne maks- og minfrekvensene (Seksjon: 6.5). I høyre delen av GUI-en finnes en funksjon kalt "RGB TARGET". Denne funksjonen gir brukeren muligheten til å utføre en visuell kalibrering av sensoren dersom fargen som vises i "Power OUTPUT" ikke samsvarer med den faktiske fargen som måles. I "RGB TARGET" kan brukeren velge en hvilken som helst farge fra det komplette RGB-spekteret og sammenligne den med fargen som genereres av "Power OUTPUT".

For å forbedre brukervennligheten, inneholder GUI-en en funksjon som gir forklaringer til hvert brukervalg. Dette bidrar til å øke brukerens forståelse av funksjonaliteten til de ulike grensesnittvalgene uten behov for å lese rapporten. Forklaringen vises når musepekeren beveges over den aktuelle knappen (Figure: 10).

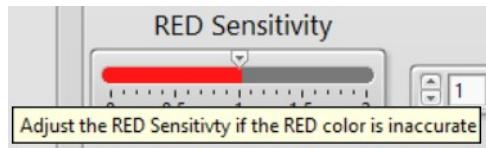


Figure 10: Overlegg som forklarer brukervalgene

6.2 ColorMain - Hovedprogrammet

I hovedprogrammet ColorMain demonstreres GUI-oppbyggingen, der den overordnede dataflyten og programflyten blir visuell (Figure: 11). Programmet har en “While-loop” som sørger for kontinuerlig kjøring. Konstruksjonen av programmet fokuserer på orden og oversikt, noe som gjør programflyten enkel å følge. Hovedprogrammet består av flere deler, som inngangs- og utgangsverdier, en Case Structure for å velge “Power mode” med spesifikke inputverdier for de forskjellige fargefrekvensene. Videre inneholder programmet en Case Structure for å tømme “RGB OUTPUT”-grafen, et visuelt kalibreringsverktøy “RGB TARGET”, sliders for justering av fargefølsomhet og to SubVIs for avlesning av fargefrekvenser og konvertering fra fargefrekvens til RGB (Seksjon: 6.3) og (Seksjon: 6.5).

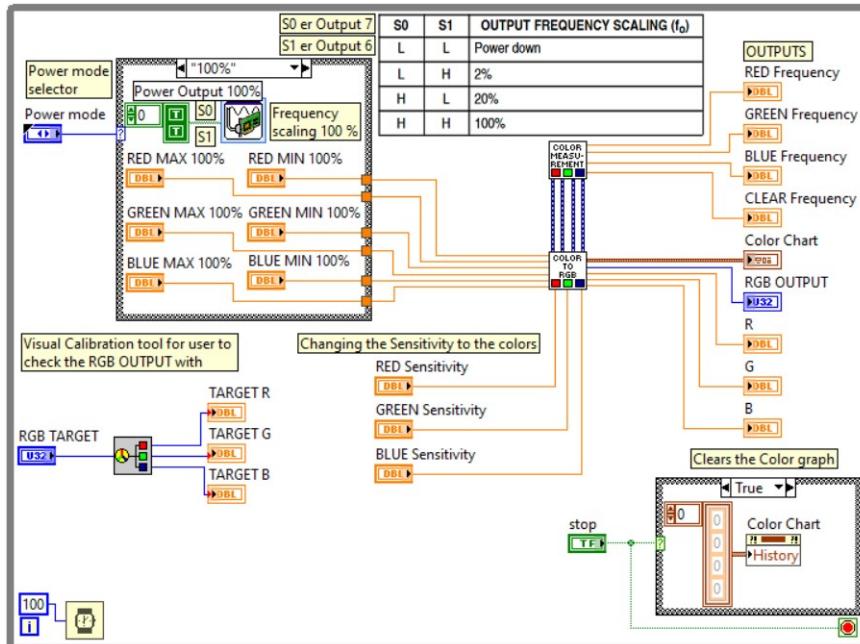


Figure 11: Hovedprogrammet

6.3 ColorMeasurement - Avlesning av fargefrekvensene

Den første Subvien som forekommer i dataflyten er “ColorMeasurement”. Denne SubVien har til formål å lese av fargefrekvensene rød, blå, klar og grønn. Avlesningen av de ulike fargene oppnås ved å sende en True/false-uttalelse til de digitale linjeutgangene S2 og S3. For å sikre at avlesningene av forskjellige fargefrekvenser utføres korrekt, benyttes en “flat sequence” rundt hele avlesningsfunksjonen. En “flat sequence” kontrollerer rekkefølgen av utførelsen i ulike deler av et program. Denne strukturen er nyttig i dette tilfellet, da det trenges at handlingene utføres i en bestemt rekkefølge for å unngå feil ved fargefrekvensavlesningen.

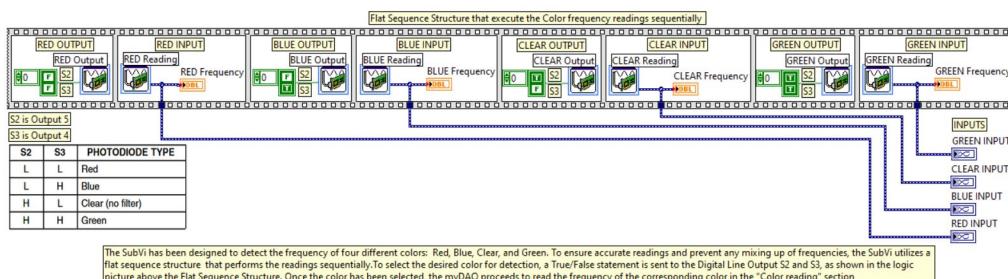


Figure 12: Avlesning av fargefrekvensene rød, blå, klar og grønn

6.4 myDAQ Outputs og Inputs

6.4.1 Outputs

For å aktivere forskjellige “Power modusene” i (Seksjon: 6.2) og fargene i (Seksjon: 6.3) må man sende en True/false-uttalelse til “Digital Line Output” for de linjeutgangene som styrer frekvensskaleringen av utgangen. I databladet (*TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER 2023*) står det angitt at S0 og S1 er linjeutgangene som styrer frekvensskaleringen, mens S2 og S3 er linjeutgangene som styrer valg av fotodiode-type. Videre inkluderes en tabell med verdier for True/false, som viser hvilken kombinasjon av S1 og S0 som må være True/false for å aktivere ønsket “Power mode”, samt hvilken kombinasjon av S2 og S3 som må være True/False for å aktivere ønsket fargeavlesning (Figure: ??). For å aktivere linjeutgangene må S0, S1, S2 og S3 kobles til ulike utganger. Koblingsskjemaet (Figure: 7) viser at S0 er koblet til Output port 7, S1 er koblet til Output 6, S2 er koblet til Output 5 og S3 er koblet til Output 4. For å aktivere “Green” i fargeavlesning, ser man at det må sendes en True-uttalelse til både “Output 5” (S2) og “Output 4” (S3).

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING (f_o)
L	L	Power down
L	H	2%
H	L	20%
H	H	100%

S2	S3	PHOTODIODE TYPE
L	L	Red
L	H	Blue
H	L	Clear (no filter)
H	H	Green

Figure 13: True/False-uttalelse
(*TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER 2023*)

(Figure: 14), (Figure: 15) og (Figure: 16) viser fremgangsmåten for hvordan man setter opp myDAQ Line Output for styring av S0 og S1, S2 og S3. Følgende steg kan benyttes som veiledning:

1. Start ved å velge “Output DAQ ASSIST” og plasser den.
2. Dobbeltklikk på ikonet for å åpne konfigurasjonsvinduet.
3. Trykk på “Generate Signals”, deretter velger du “Digital Output” (Figure: 14).
4. Så velger du “Line Output” (Figure: 15).
5. Til slutt, avhengig av hvilken av S0, S1, S2 og S3 du ønsker å styre, velg den relevante Line Outputen (Figure: 16).

I dette spesifikke eksempelet er S0 og S1 konfigurert for å styre frekvensskaleringen.

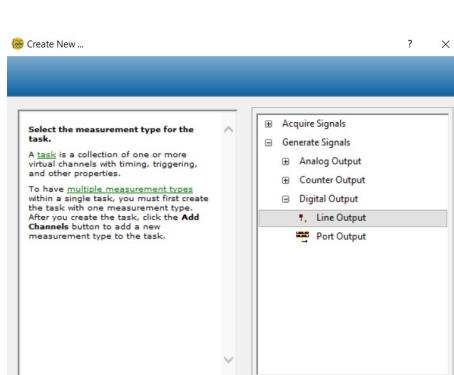


Figure 14: Valg av måletype Output

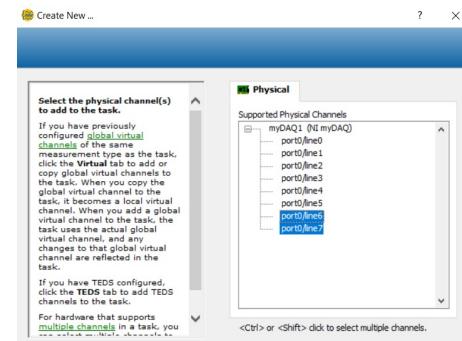


Figure 15: Valg av fysiske kanaler Out-put

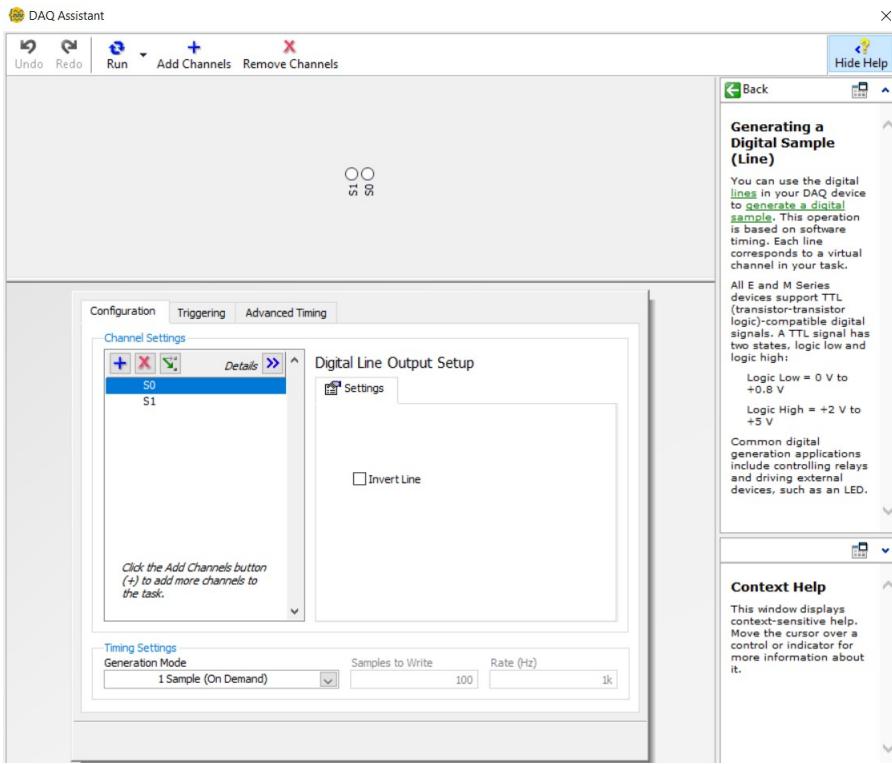


Figure 16: Line Output

6.4.2 Inputs

I (Seksjon: 6.3) når den ønskede fargen som skal måles er valgt med True/false-uttalelse, går neste steg ut på å tilnærme seg den ønskede fargefrekvensen. For å oppnå dette opprettes en "Input DAQ ASSIST" som konfigureres til å lese fra INPUT port 1. Denne porten er koblet til frekvensavlesningen som er "OUT" porten på TCS3200 (Figure: 6). Oppkoblingen til dette systemet er illustrert i (Seksjon: 5.3) (Figure: 7).

(Figure: 17), (Figure: 18) og (Figure: 19) viser fremgangsmåten for hvordan man setter opp myDAQ Frequency Setup for avlesning av frekvens. Følgende steg kan benyttes som veiledning:

1. Start ved å velge "Input DAQ ASSIST" og plasser den.
2. Dobbeltklikk på ikonet for å åpne konfigurasjonsvinduet.
3. Trykk på "Acquire Signals", deretter velg "Counter Input", så "Frequency" (Figure: 17).
4. Neste velges "ctr0" (Figure: 18).
5. Til slutt, er det nødvendig å velge input terminalen for frekvensavlesningen, og deretter justere signalets inngangsområde 19).

I dette prosjektet ble signalets inngangsområde for avlesning av frekvenser fra TCS3200 satt til å være fra 2k til 500k.

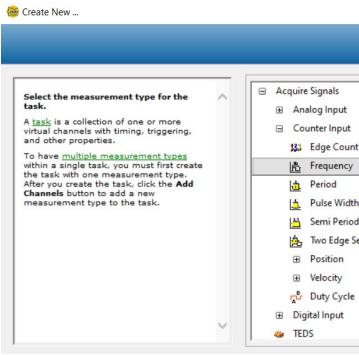


Figure 17: Valg av måltype Input

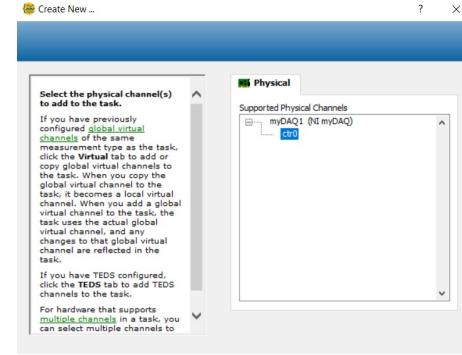


Figure 18: Valg av fysiske kanaler Input

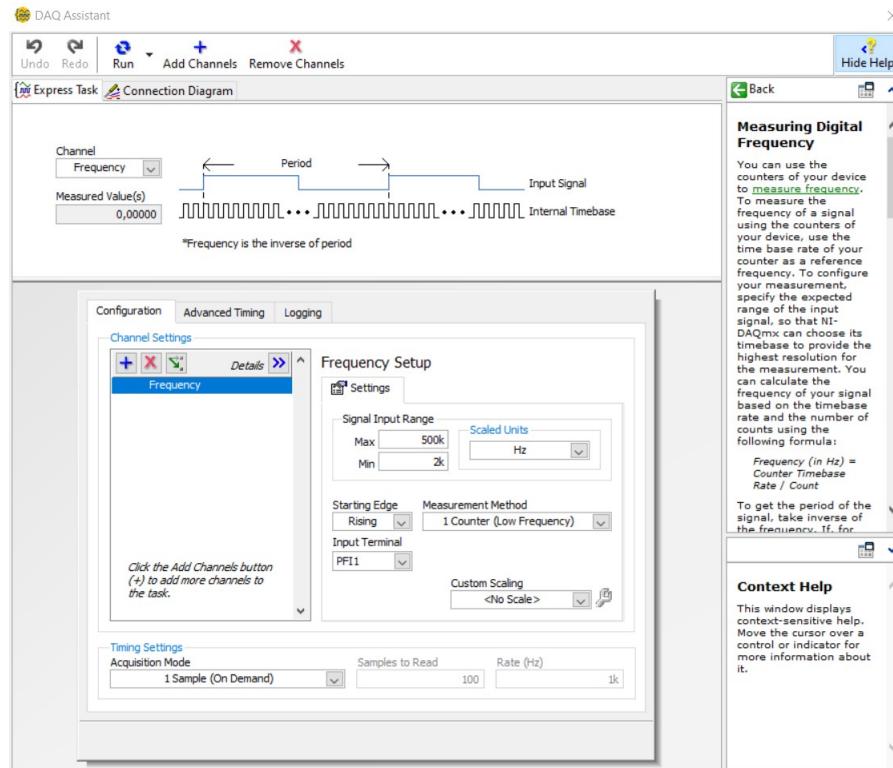


Figure 19: Frekvensoppsett

6.5 ColorToRGB - Konvertering fra fargefrekvensene til RGB

Det neste i dataflytene etter at en fargefrekvens har blitt avlest, er å konvertere den til RGB Format, det gjennomføres i Subvien "ColorToRGB". Metoden som benyttes for konverteringen er basert på map-funksjonen til Arduino (*map()* 2023). Prosessen fungerer slik at den tar inn dataen for en fargefrekvens, for eksempel rød, og subtraherer den laveste avleste frekvensen for rød (målt mot et svart materiale) fra denne verdien. Deretter blir hele uttrykket delt på den høyeste avleste frekvensen for rød (målt mot et hvitt materiale), og den laveste avleste frekvensen for rød subtraheres fra dette. For å få verdien i RGB-format multipliseres hele uttrykket med 255 (Equation: 1). Når denne konverteringen er fullført, sendes dataen til en "Color to RGB" funksjon som visualisere fargen i GUI-en. Det er også lagt til det begrenser som sier bare at verdien kan være fra 0 til 255 (RGB skalaen) og "sliders" til hver farge, som beskrevet i (Seksjon: 6.1) kan disse brukes til rask kalibrering av frekvensen for fargene.

$$\frac{Data - \text{Color frequency min}}{\text{Color frequency max} - \text{Color frequency min}} * 255 \quad (1)$$

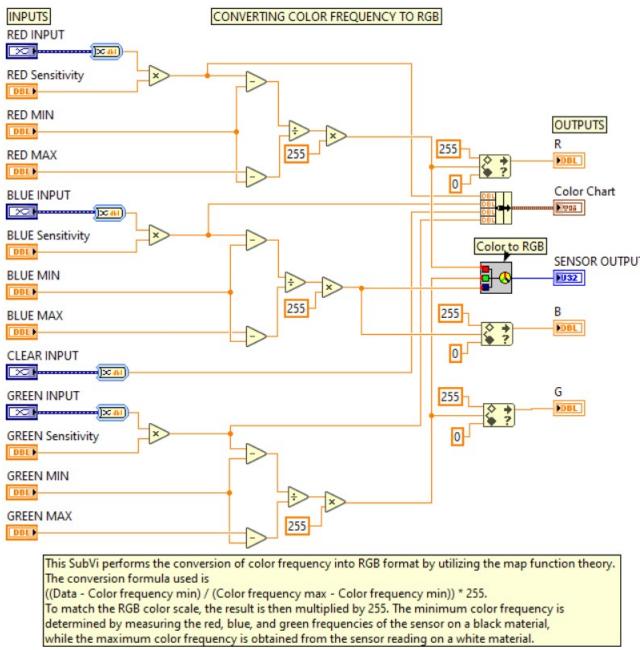


Figure 20: Konvertering fra fargefrekvensene til RGB

7 Eksperimenter og Resultater

Formålet med eksperimentene er å utforske TCS3200s evne til å måle forskjellige farger på objekter og undersøke om ulike materialer har en innvirkning på målingene.

7.1 Måleutstyr og måleobjekter

1. Måleutstyr

- El-teip
- Dorull

2. Måleobjekter

- Hvit ark
- Svart t-skjorte
- Gul, Grønn, rosa og oransje klistrelapp
- Rød genser
- Rød papp
- Gul metallplate
- Lilla bok
- Blått parfyme glass

7.2 Skjerming

TCS3200 er en fotodiod-basert enhet, noe som betyr at den er mottakelig for lys i omgivelsene. Dette kan potensielt medføre utfordringer når enheten er i et miljø med varierende lysforhold. Lys fra eksterne kilder kan forårsake gjenskinn, refleksjoner og variasjoner i lysintensitet, spesielt ved måling av objekter av forskjellige materialer. En løsning for å redusere effekten av eksternt lys er å benytte en skjerm rundt TCS3200-sensoren. Skjermen vil fungere som et beskyttende lag som sørger for at TCS3200 registrerer kun lyset fra det målte objektet og blokkerer omgivelseslys. Videre kan en slik skjerm også bidra til å beskytte sensoren mot andre miljøpåvirkninger som stov, fuktighet eller fysisk skade. Dette bidrar ikke bare til å bevare målekvaliteten, men forlenger også sensorens holdbarhet.

Skjermingen som ble benyttet i prosjektet var en dorull som ble klippet til en passende lengde, slik at fotodiodebefant seg tilstrekkelig langt unna for å kunne fange opp farger fra objektet. For å minimere innflytelsen fra omgivelseslys på målenøyaktigheten, ble innsiden av dorullen teipet med svart teip (Figure: 21).

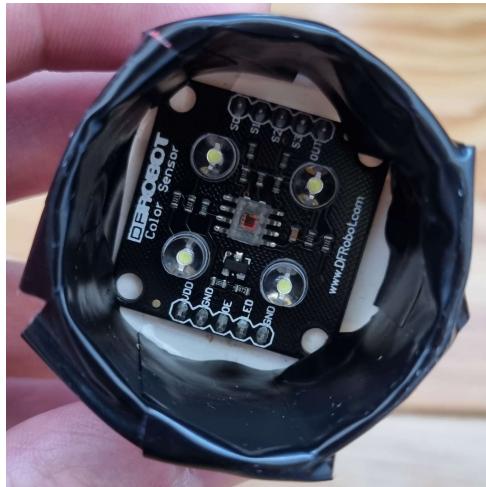


Figure 21: Skjerming til TCS3200

7.3 Kalibrering

For å gjennomføre eksperimenter på objekter av varierte materialer og farger, var kalibrering av TCS3200-sensoren et nødvendig. Kalibreringsprosessen, som beskrevet i software Seksjon: 6.5), innebar måling av maksimalfrekvens for forskjellige farger ved hjelp av et objekt med maksimal hvithet, samt måling av minimumsfrekvens ved hjelp av et objekt med maksimal svarhet. Et hvitt ark ble benyttet for å bestemme maksimalfrekvens for hver farge (Figure: 22) (Figure: 24), og en svart t-skjorte ble benyttet for å bestemme minimumsfrekvensen (Figure: 23) (Figure: 25).

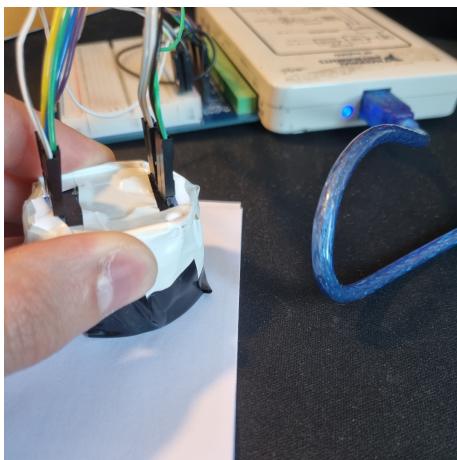


Figure 22: Måling av hvitt papirark for å finne maksimalfrekvensen

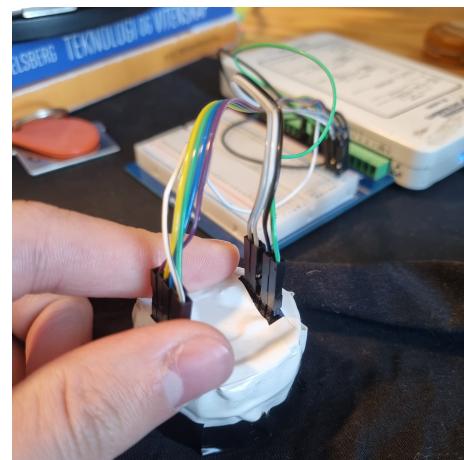


Figure 23: Måling av svart t-skjorte for å finne minimumsfrekvensen



Figure 24: GUI ved måling av Hvitt ark



Figure 25: GUI ved måling av Svart t-skjorte

Kalibreringen besto totalt av seks målinger, hvor minimums- og maksimumsfrekvens for hver farge ble identifisert for de tre ulike ”power modusene” (100%, 20% og 2%). Disse modusene styrer skaleringsfaktoren for utgangsfrekvensen, som tidligere beskrevet i teori- og softwaredelen (Seksjon: 4.2) og (Seksjon: 6.1). Kalibreringsverdiene for hver farge og modus er tilgjengelige i GUI, spesifikt i midten av den nedre delen. Etter at alle kalibreringsverdiene for de forskjellige fargene i forskjellige moduser var funnet, kunne testingen av diverse objekter med ulike materialer og farger starte.

7.4 Testing av ulike objekter og farger

For en fullstendig forståelse av TCS3200s evne til å måle farger, er det nødvendig å utføre tester på ulike objekter bestående av diverse materialer. Det skal noteres at faktorer som kalibreringsverdier og skjerming kan påvirke resultatene, noe som kan resultere i at noen objekter med bestemte farger kan være enklere å måle nøyaktig enn andre. I de følgende eksperimentene blir kalibreringsverdiene som ble funnet tidligere i rapporten benyttet (Seksjon: 6.1) (Figure: 9). Disse verdiene er kun et forslag, og det rådes til justere dem hvis de ikke viser seg å være tilstrekkelig nøyaktige.

7.4.1 Fargede klistrelapper

I det første eksperimentet ble fargen på ulike fargede klistrelapper målt. Objektet er laget av papir og har ingen gjenskinn eller refleksjoner. Fargene som ble undersøkt er rosa, grønn, oransje og gul.

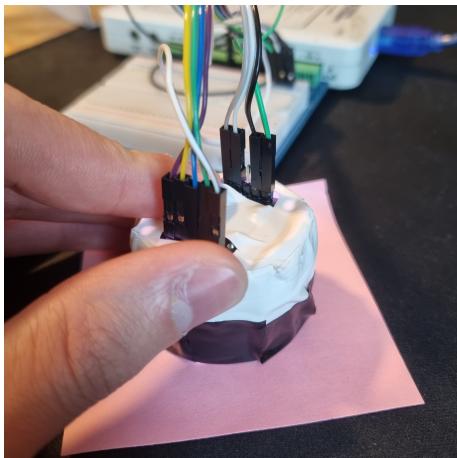


Figure 26: Måling av Rosa klistrelapp

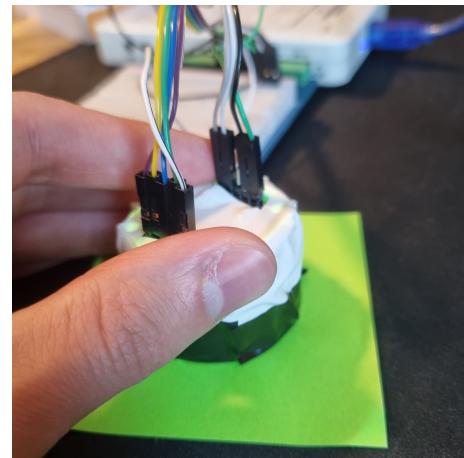


Figure 27: Måling av Grønn klistrelapp

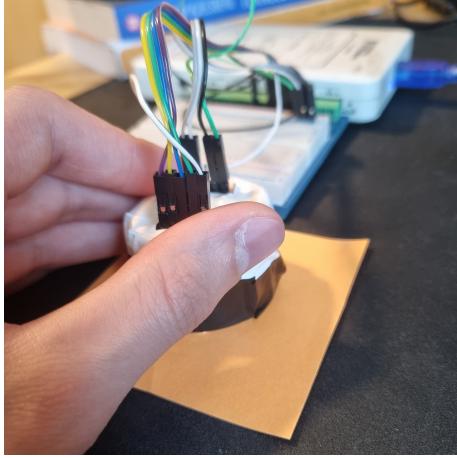


Figure 28: Måling av Oransje klistrelapp

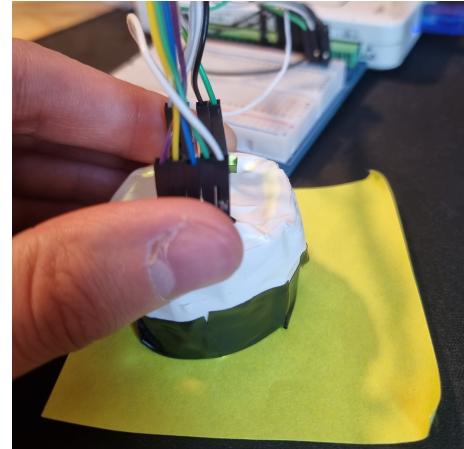


Figure 29: Måling av Gul klistrelapp

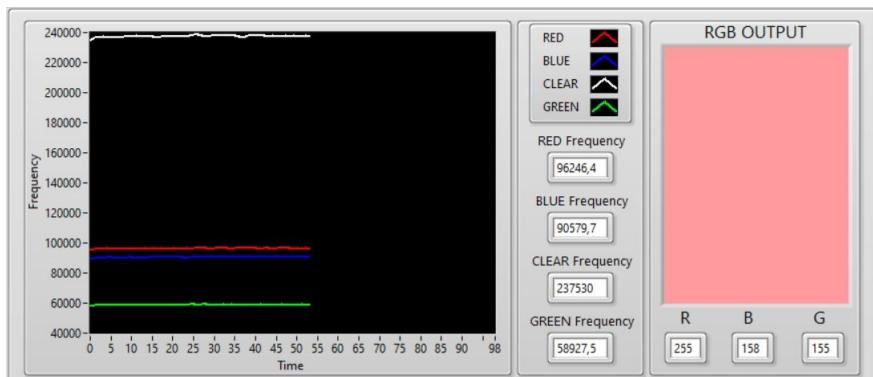


Figure 30: GUI ved måling av rosa klistrelapp

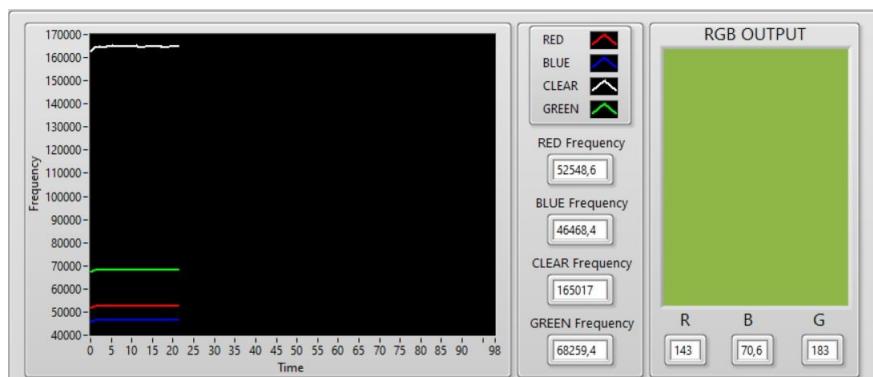


Figure 31: GUI ved måling av grønn klistrelapp

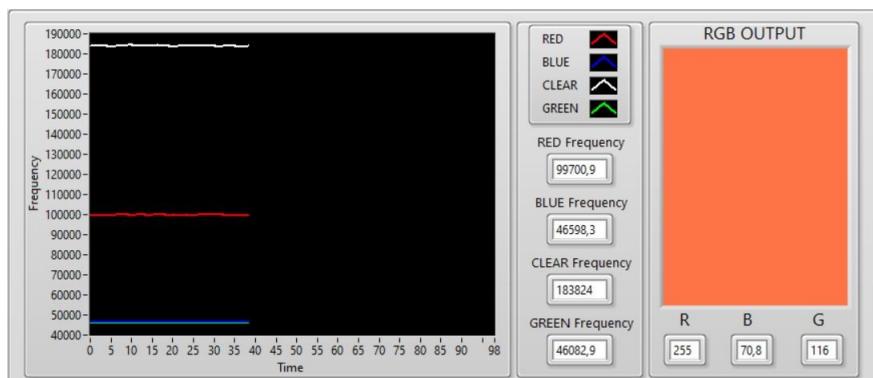


Figure 32: GUI ved måling av oransje klistrelapp



Figure 33: GUI ved måling av gul klistrelapp

I dette eksperimentet med måling av forskjellige fargekodede klistrelapper, ble det observert at kalibreringsverdiene viste seg å være svært presise. Målingene av rosa, grønn og gul lignet i stor grad det som ble vist i utgangsfargen (RGB Output). Utgangsfargen for den oransje fargen virket å avvike noe mer fra den virkelige fargen, men stemte omtrent med fargen på den oransje klistrelappen. Ved måling av dette materialet ble det merket at TCS3200 hadde bra presisjon og er i stand til å gjenskape den faktiske fargen.

7.4.2 Rød genser

Neste eksperiment hadde som formål å undersøke hvordan målingen av fargen til en rød genser ville bli oppfattet. Genserens består av en blanding av 60% bomull og 40% polyester og har ikke gjenskinn eller refleksjoner.

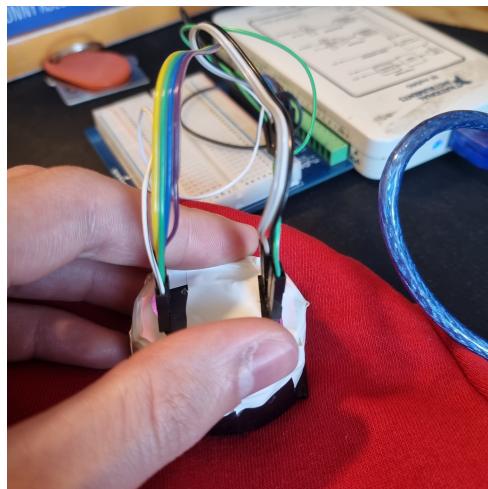


Figure 34: Måling av Rød genser

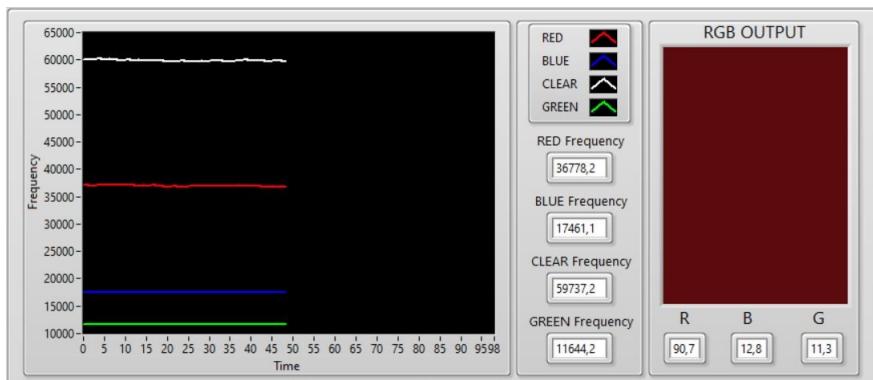


Figure 35: GUI ved måling av Rød genser

Undersøkelsen viser at genserens målte farge fremstår betydelig mørkere enn dens faktiske fargen (Figure: 34) og (Figure: 35). Dette kan være relatert til materialets egenskaper, hvor stofet til genseren kan mulig absorberer mer lys enn det reflekterer, noe som vil resulterer i en mørkere farge som vises. Sensoren er imidlertid i stand til å identifisere at genseren er rød. En mulig løsning på dette problemet kan være å justere følsomheten for de forskjellige fargene i GUI, slik at genserens farge korrekt vises i utgangsfargen.

7.4.3 Rød papp

Dette eksperimentet innebærer måling av fargen på en rød papp, objektet har litt gjenskinn og refleksjoner (Figure: 36). Basert på tidligere eksperiment med klistrelappene (Seksjon: 7.4.1) kan man anta at TCS3200 vil kunne identifisere fargen på pappen ganske nøyaktig, ettersom både papp og papir er laget av det samme materialet, nemlig treverk.

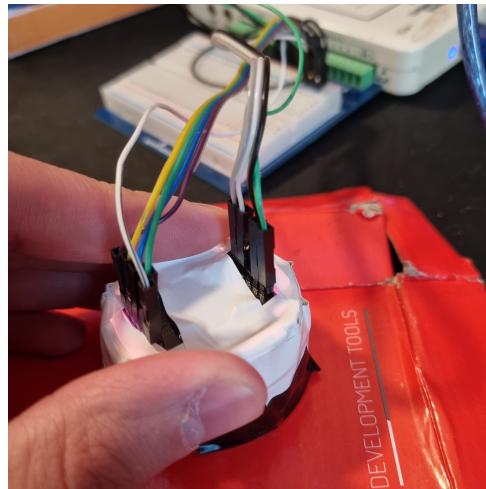


Figure 36: Måling av Rød papp

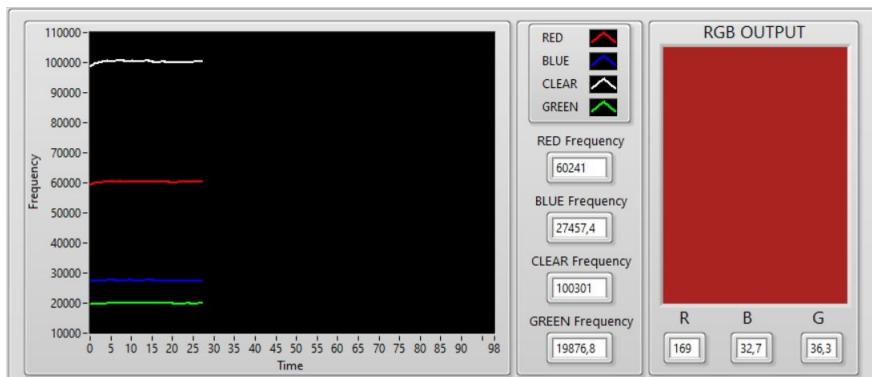


Figure 37: GUI ved måling av Rød papp

Her kan man observere at resultatet bekrefter den opprinnelige hypotesen om at TCS3200 er i stand til å identifisere fargen på den røde pappen. Utsignalfargen samsvarer veldig bra med den målte fargen på pappen (Figure: 36) og (Figure: 37). Dette antyder at papp og papir kan potensielt være det mest egnet materiale for presis fargeidentifikasjon av et objekt.

7.4.4 Gul matt metallplate

I dette eksperimentet som ble utført, undersøkte TCS3200s evne til å måle fargen på en gul matt metallplate.

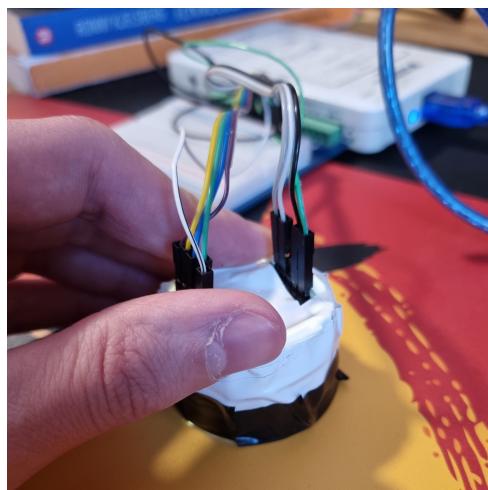


Figure 38: Måling av Gul matt metallplate

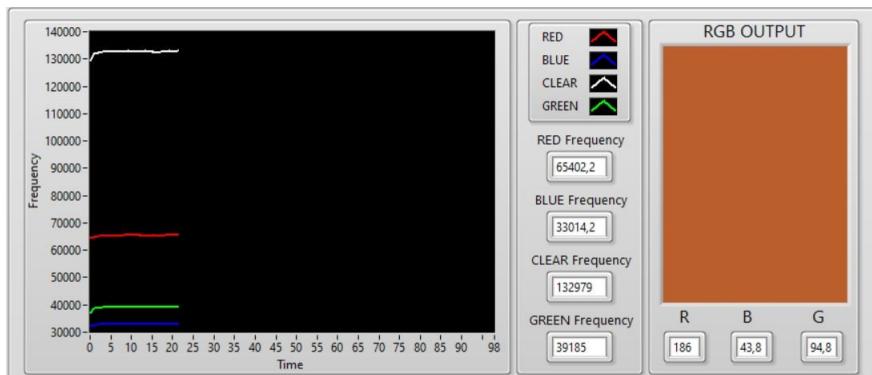


Figure 39: GUI ved måling av Gul matt metallplate

I dette eksperimentet ble det observert at fargen til den matt metallplaten ble betydelig mørkere enn den faktiske fargen. Dette kan tilsvare egenskapene til en matt overflate, som har en jevn og glansløs tekstur som absorberer lys i stedet for å reflektere det tilbake. Denne absorberende egenskapen fører til en mindre reflekterende overflate og resulterer i en dempet refleksjon av lys. Sammenliknet med en blank eller polert metallisk overflate, vil en matt overflate ha en mer dempet og mindre lysreflekterende effekt. Dermed kan dette forklare hvorfor utgangsfargen vises som betydelig mørkere enn den faktiske fargen på metallplaten.

7.4.5 Oransje plastikk

Dette eksperimentet handler om å måle fargen på oransje plastikk. Objektet har en viss grad av gjenskinn og refleksjoner.

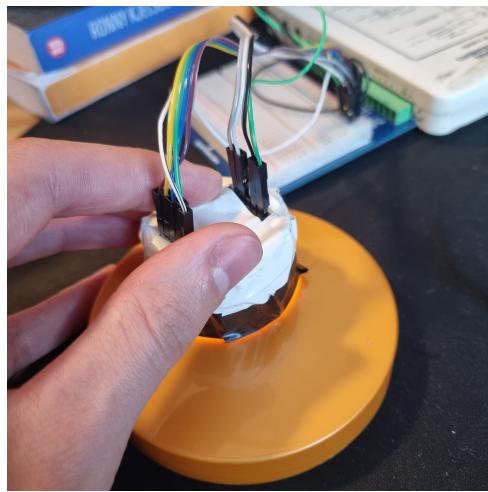


Figure 40: Måling av Oransje plastikk

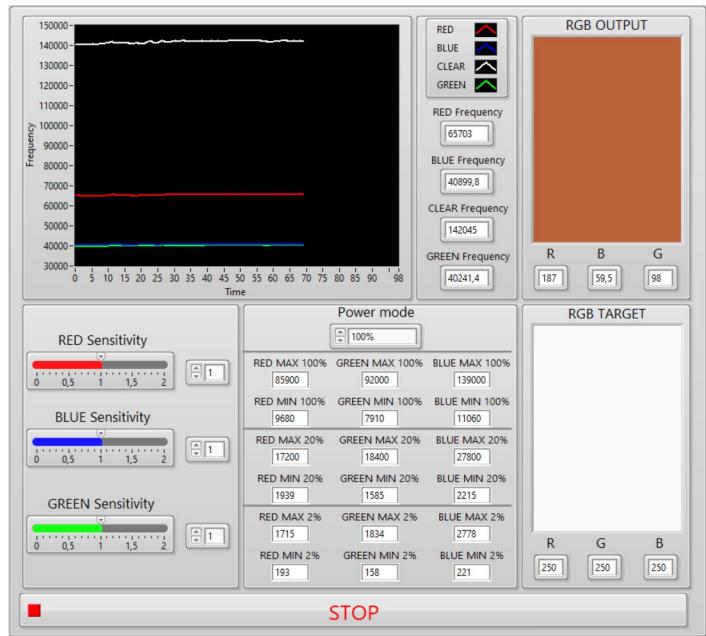


Figure 41: GUI ved måling av Oransje plastikk

Undersøkelsen indikerer at den oransje plastikken fremstår noe mørkere enn dens faktiske farge. Fra tidligere på samme måten, ble den oransje klistrelappen også oppfattet som litt mørkere enn den burde ha vært i eksperimentet (Seksjon: 7.4.1). Begge disse eksperimentene antyder en mulig unøyaktighet i kalibreringsverdiene for oransje, og det virker nødvendig å justere disse kalibreringsverdiene når det gjelder fargen oransje.

7.4.6 Uten skjerming

I det siste forsøket vil det bli gjennomført en undersøkelse av fargemålingen uten bruk av skjerming, som formål å undersøke om omgivelseslys har en innvirkning på målingene. I eksperimentet vil den rosa klistrelappen bli benyttet igjen. Det er viktig å merke seg at kalibreringsverdiene har blitt endret for å utføre måling uten skjerming.

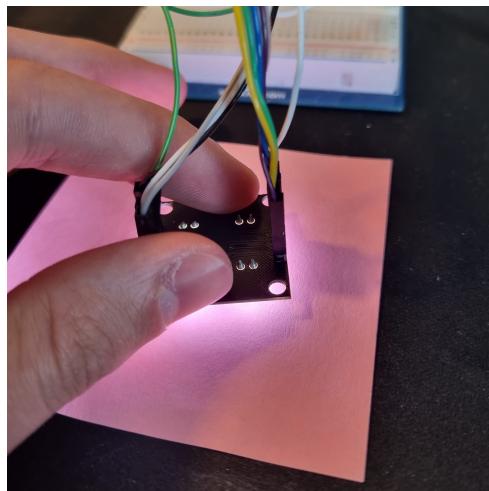


Figure 42: Måling uten skjerming av Rosa klistrelapp

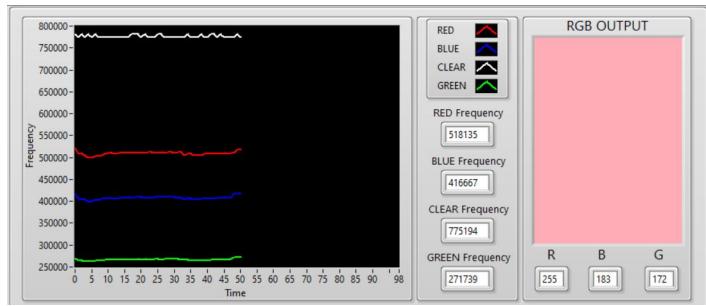


Figure 43: GUI ved måling uten skjerming av Rosa klistrelapp

Resultatene fra undersøkelsen viser at utgangsfargen samsvarer med den målte fargen, selv om det ikke ble benyttet skjerming. Dette kan skyldes at intensiteten av omgivelseslys i eksperimentområdet ikke var tilstrekkelig høy til å påvirke resultatene. Hvis eksperimentet hadde blitt utført under direkte sollys, kunne dette ha potensielt påvirket nøyaktigheten av målingene. Det kan noteres at vanlige lamper ikke vil ha en betydelig effekt på måleresultatene hvis eksperimentet utføres innendørs.

8 Konklusjon

Det konkluderes med at systemet med TCS3200 viser seg å være et pålitelig verktøy for fargemåling støttet av en rekke tester på ulike objekter med forskjellige farger og materialer. Kalibreringsverdiene viste seg å være nøyaktige, ettersom systemet i alle testene var i stand til å produsere korrekt utgangsfarge. Imidlertid ble det opplevd at systemet av og til hadde utfordringer med å håndtere kontrasten til objektet, noe som resulterte i mørkere fargegjengivelse enn det virkelige. Papir og papp viste seg å være de enkleste materialene å måle farge på, mens matte metaller og tekstiler presenterte større utfordringer. Videre ble det observert at skjerming ikke hadde store innvirkning på målingen til en farge, enn at kalibreringsverdiene måtte justeres. Det viste seg å være upåvirket av omgivelseslys i et vanlig belyst rom. Men det er mulig at det kan påvirkes i mer ekstreme miljøer som laboratorier eller utendørs.

Når det gjelder videreutviklingen av systemet, kan det være hensiktmessig å implementere en automatisk kalibreringsmodus som gir brukeren muligheten til å justere maksimal og minimal frekvens for ulike farger. Det automatiske systemet vil fungere ved at brukeren først velger om de ønsker å finne kalibreringsverdier for maksimal eller minimal frekvens. Deretter må brukeren holde sensoren nede på et materiale som tilsvarer enten den maksimale eller minimale frekvensen i 10 sekunder. Etter 10 sekunder vil systemet automatisk oppdatere disse nye verdiene inn i kalibreringstabellen.

9 Tilbakemelding

9.1 Hva jeg har lært

I løpet av dette prosjektet lært å bygge opp et avansert LabView fra bånnen av ved hjelp av teknikker og metoder som jeg har lært i løpet av semesteret. Det å kunne se at all kunnskapen jeg har tilnærmet meg komme sammen på slutten, var veldig tilfredstillende. Jeg har blitt enda flinkere på å sette opp en brukervennlig og oversiktlig GUI, og minimalisere funksjoner sånn at det blir mest mulig automatisert.

9.2 Forslag til forandring

Jeg likte veldig godt dette prosjektet og har ingen forslag til forandring.

References

- Color temperature* (2023). Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Color_temperature (visited on 13th May 2023).
- Colorimetry* (2023). ScienceDirect. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/chemical-engineering/colorimetry> (visited on 13th May 2023).
- Fermion: TCS3200 RGB Color Sensor (Breakout)* (2023). DFRobot. URL: <https://www.dfrobot.com/product-540.html> (visited on 12th May 2023).
- How Does a Color Sensor Work?* (2023). TeachEngineering. URL: https://www.teachengineering.org/content/umo_lessons/umo_sensorswork/umo_sensorswork_lesson05_presentation_v2_tedl_ev3new.pdf (visited on 13th May 2023).
- How does a RGB color sensor work?* (2023). Vidque. URL: <https://vidque.com/how-does-a-rgb-color-sensor-work/> (visited on 12th May 2023).
- HOW DOES SPECTRAL SENSING WORK? UNDERSTANDING THE BASICS OF SPECTROSCOPY AND SPECTRAL SENSORS* (2023). Specim. URL: <https://www.specim.com/technology/how-does-spectral-sensing-work/> (visited on 13th May 2023).
- map()* (2023). Arduino. URL: <https://referencearduino.cc/reference/en/language/functions/math/map/> (visited on 18th Apr. 2023).
- Rui and Sara (2023). *Guide for TCS230/TCS3200 Color Sensor with Arduino*. URL: <https://randomnerdtutorials.com/arduino-color-sensor-tcs230-tcs3200/> (visited on 12th May 2023).
- TCS3200 – Pin Diagram, Circuit and Applications* (2023). ElProCus. URL: <https://www.elprocus.com/tcs3200-pin-diagram-circuit-and-applications/> (visited on 12th May 2023).
- TCS3200 Color Sensor with Arduino detailed Tutorial* (2023). Techatronic. URL: <https://techatronic.com/tcs3200-color-sensor-with-arduino-detailed-tutorial/> (visited on 12th May 2023).
- TCS3200, TCS3210 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER* (2023). Mouser Electronics. URL: <https://www.mouser.com/catalog/specsheets/TCS3200-E11.pdf> (visited on 25th Apr. 2023).
- Understanding Colour Sensors: Working Principle and Applications* (2023). Bestech. URL: <https://www.bestechn.com.au/blogs/understanding-colour-sensors-working-principle-and-applications/> (visited on 12th May 2023).
- What is a color sensor?* (2023). Rohm Semiconductor. URL: <https://www.rohm.com/electronics-basics/sensor/color-sensor> (visited on 12th May 2023).

Vedlegg

A Målingsprogram

Programmene som ble brukt til å måle fargene er (ColorMeasurement.vi), (Color sensor - main.vi), (Power mode.ctl) og (ColorToRGB.vi).