



Rapport solfanger Dataprojekt

Fag/emne:
Datateknikk (IELEG1002)





Sammendrag

Prosjektet gikk ut på å lage en smarthusløsning. Derfor ble det bestemt å lage en solfanger.

Solfangerens oppbygning består av en brakett som stiller seg automatisk mot solen for å få mest mulig energiutbytte. Det ble brukt ESP32 mikrokontroller til å styre 2 servomotorer. Der en servomotor styrer horisontale rotasjonen og den andre styrer vertikale vinkelen. Som en tilleggsfunksjon ble styringen programmert mot app for styring med mobil. Så man kan bruke Blynk til å velge mellom automatisk- eller manuell-styring.

Setter man den i manuell kan man styre aksene med 2 parametere inne på appen. Kommunikasjonen mellom Blynk og ESP 32'en går over Wi-fi og gjennom NTNU sin opprettede blynk-sky.

Da den står på "auto" bruker den sensorverdier fra 4 fotoresistorer til å beregne hvilke retning og vinkel som den skal stille seg til for å maksimere energiutbytte.

Ved å ha et sånt system kan man øke utbytte fra solcellene med 15-30% istedenfor å ha et vanlig fastmontert system. Selv med et styresystemet vil det være mer energieffektivt med en slik styring da styresystemet bruker lite energi i forhold til energiproduksjonsutbyttet fra solcelleanlegget.

Ulempen med å bruke et sånt system i større skala er at det blir veldig dyrt for komponenter og montering av selve styresystemet. Man vil få større utbytte av og bruke de ekstra utgiftene på flere solceller. Eneste stedene som det kan være relevant er vis man har liten plass. Fordi da kan man utnytte plassen best mulig. En annen negativ side ved et sånt system er at det ikke kan ligge like nærme bakken/taket som vanlige solceller. For da vil den ikke få noe plass å bevege seg på, derfor må den heises høyere opp og det går på bekostning av hvordan det ser ut.

De fleste delene i prosjektet ble 3D-printet i PLA plast.

Gjennomføring av prosjektet har gått bra. Alt har vært vellykket og funket som det skal. Vi mangler solcelle, men vi har lagd en inngang som måler spenningen over cella som man kan avlese inne på Blynk så det er klart til å montere solcellen.



Innhold

1. Innledning	4
2. Teori	5
2.1 Mikrokontrollerens oppbygning	5
2.2 Servo	6
2.3 Fotoristor (LDR)	7
2.4 Solcelle panel	7
2.5 Kablingsskjema	8
3. Grensesnitt (BLYNK)	9
3.1 BLYNK server	9
3.2 Funksjonalitet	9
4. 3D-printing av modell	10
5. Resultater	11
5.1. Utbytte	11
5.2. Oppkobling	11
5.3. Oppbygning	11
6. Programkoden ©	12
7. Diskusjon	13
8. Konklusjon	13



1. Innledning

Oppgaven vi har fått i datateknikk går ut på å lage en smarthusmodul ved å bruke en mikrokontroller. Prosjektet som ble valgt var å lage et system for å maksimere effektutbytte fra solceller. Prinsippet går ut på at solcellen alltid vender seg til den vinkelen og retningen der det er mest sollys, som normalt er direkte mot sola. Problemstillingen med prosjektet blir å løse hvordan et fastmontert solcellepanel kan bli erstattet med en bevegelig plate som styrer solcellen mot sollyset. Sola står ikke stille så derfor vil man kunne få maksimalt utbytte bare en begrenset tidsperiode av døgnet med fastmonterte solceller. Når solcella ikke er fastmontert i en bestemt retning kan man tilte den så den står direkte mot sola helt fra soloppgang til solnedgang for å maksimere effektutbytte.

For å unngå at man må tilte den manuelt for å maksimere utbytte ble det valgt å bruke en mikrokontroller til å styre den automatisk. Ved å bruke 2 servomotorer, den ene styrer horisontale retningen og den andre vertikale vinkelen. For at mikrokontrolleren skal vite hvor det er mest lys så benyttes 4 foto resistorer med skillevegg imellom slik at man kan bruke differansen mellom verdiene til foto resistorene for å tolke hvor det er mest lys.

Som en tilleggsfunksjon kan man bruke appen Blynk til å sette den i manuell-modus og styre den fra telefonen. Man kan velge inne på appen om den skal stå i manuell- eller automatisk-styring.

Ved å bruke et «solfanger-system» kan man få 15-30% mer effektutbytte.



2. Teori

2.1 Mikrokontrollerens oppbygning

Mikrokontroller er integrert krets med innganger og utganger som kan styre aktuatorer og avlese sensorer. I dette prosjektet ble det benyttet ESP32-DevKitC V4 som skal styre to servomotorer slik at solcellen får mest mulig sollys gjennom døgnet. 4 adskilte LDR-sensorer vil påvirkes av sollyset og regulere slik at solcellen blir vendt mot sollyset.

Som blir benyttet i prosjektet:

Analoge innganger/utganger:

De analoge inngangene brukes for å føle på lysintensiteten på hver enkelt lyssensor. LDR-sensorene endrer resistans analogt ettersom lysstyrken endres. Sensorene kobles i seriekobling med motstander for å lage en spenningsdeler, slik at det blir dannet en analog spenningsvariasjon til inngangen på mikrokontrolleren.

De analoge inngangene på mikrokontrolleren bruker en ADC (analog to digital converter) som gjør analoge spenninger til digitale verdier. ESP32-kortets analoge innganger er beregnet for 0-3.3V. Disse spenningsverdiene blir konvertert til tilsvarende 12-bit digitale verdier fra 0-4095.

De analoge utgangene på mikrokontrolleren bruker DAC (digital to analog converter) som gjør digitale tallverdier fra programkoden til analoge spenningsverdier. Utgangsspenningen varierer fra 0-3.3V som blir styrt av tilsvarende 12-bit digitale verdier fra programkoden.

PWM:

PWM står for "Pulse Width Modulation". Disse tilkoblingspunktene gir ut pulsbreddemodulerte signaler som kan bli brukt til flere komponenter. Servomotorene som benyttes får styresignalet i pulsbredde-format, der posisjonen på servomotoren endres ettersom hvor stor pulsbredden er. I programkoden blir det brukt et servo-library som gjør det enklere å programmere, og mer oversiktlig å styre servomotorene.

3V, 5V & GND:

Mikrokontrolleren har utgangsspenninger på 3,3- og 5-Volt. 5 volt spenningen blir brukt til å forsyne servomotorene, og 3,3 Volt forsyner spenningsdelingen over LDR-sensorene. Disse spenningene refereres mot felles GND, som er felles jordpunkt for alle innganger og utganger på mikrokontrolleren.

TX & RX (Blir ikke benyttet):

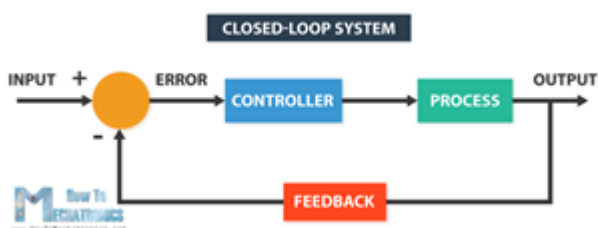
TX og RX pinnene står for transmitt-X og recieve-X og benyttes som for å lage seriellkommunikasjon. Seriekommunikasjonen bruker TTL-logic spenninger som går til digitale verdier. Disse pinnene blir ikke benyttet i dette prosjektet følges ofte med en mikrokontroller og har mange ulike bruksområder knyttet til kommunikasjon.



Figur 2.1.1. (ESP-WROOM-32)

2.2 Servo

Servomotorer benyttes i flere prosesser der man er avhengig av en presis kontroll over posisjonen på motoren. For at en servomotor skal kunne kontrollere og justere seg etter en ønsket posisjon vil det være nødvendig med tilbakemelding om nåværende posisjon. En slik feedback vil være med på å kontrollere bevegelsen til en servo. Dette systemet illustreres slik:



Figur 2.2.1(Prinsipp tegning for servo) Kilde: <https://howtomechatronics.com/how-it-works/how-servo-motors-work-how-to-control-servos-using-arduino/>

Input-verdien vil være en ønsket posisjonsverdi som blir målt mot «feedback» fra et potensiometer. Differansen mellom disse målingene vil gå til «controller» som igjen styrer prosessverdien til motoren. Servomotoren som benyttes i prosjektet bruker PWM-signaler for å justere posisjonen fra 0 til 180 grader. Pulsene fra mikrokontrolleren sendes til servomotorens integrerte kontroll-krets som styrer en DC-motor.



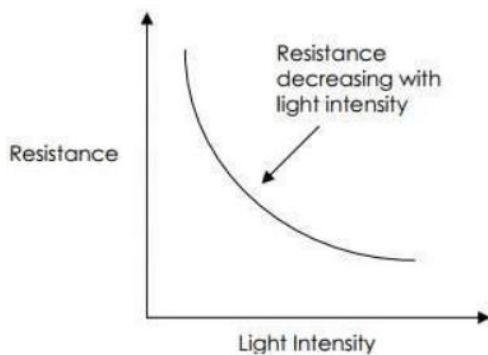
Figur 2.2.2(servo oppbygning) Kilde: <https://howtomechatronics.com/how-it-works/how-servo-motors-work-how-to-control-servos-using-arduino/>

Servomotorer som benyttes i industri vil også fungere på samme måte. Forskjellen er at de ofte er bygd med en encoder som teller pulser gjennom en perforert skive med lys og lysmottaker for feedback. Ulempen med en servomotor som bruker potensiometer til feedback vil være at de er basert på bevegelige deler som vil bli utsatt for slitasje og bli mindre presist over tid.

2.3 Fotoresistor (LDR)

En LDR-motstand lages av halvledermateriale, vanligvis silisium. Egenskapene vil da være at resistansen minker med et økende lysnivå, og øker ved synkende lysnivå. En slik sensor vil være relativt langsom, slik at raske endringer i lysnivå ikke vil registreres. Siden sensorene reagerer langsomt vil dette påvirke reguleringen som skal styre servomotorene. Det vil derfor være viktig at reguleringen ikke brukes med for store forsterkninger, men at den heller bør være litt tregere. Siden en slik solfanger skal fange sollyset stilles det heller ikke krav til at reguleringen trenger å være spesielt rask.

LDR-sensorer benyttes ofte på skumringsrele for å styre utelys. I denne oppgaven skal differansen mellom 4 LDR-sensorer styre servomotorenes posisjon. Fotoresistorer har en eksponential karakteristikk som man ser på Figur 2.3.1, men over små intervaller kan man si at den er tilnærmet lineær.



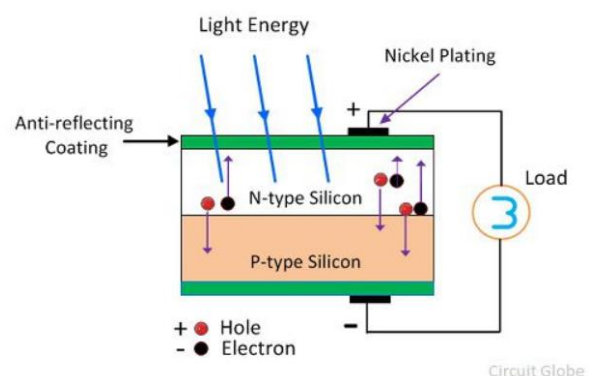
Figur 2.3.1. (LDR-karakteristikk) Kilde: <https://www.kitronik.co.uk/blog/how-an-ldr-light-dependent-resistor-works/>

2.4 Solcelle panel

Hovedkomponenten til en solcelle er silisium som i utgangspunktet er en dårlig leder. Silisium har 4 elektroner i ytterste skall, men de kan også danne krystaller der de deler på elektronene for å oppfylle oktanregelen. Slike krystaller av silisium danner et gitter fordi alle atomene har oppfylt oktanregelen. Derfor doper man det for å endre egenskapene til materialet. På toppen av solcella bruker man negativt dopet silisium, som er silisium blandet fosfor. Fordi fosfor har flere elektroner enn silisium blir det et overskudd av elektroner. Elektronene som ikke har plass i silisium-gitteret er lett for flytting.

Under så bruker man negativt dopet silisium, som er silisium blandet med bor. Fordi bor har færre elektroner enn silisium dannes det et hull i silisium gitteret.

Når lys fotonene slår løs elektroner i det P-dopede silisiumet beveger de seg raskt over til den negativt dopet siden som skaper en negativ ladning på den p-dopede siden og en positiv ladning på N-dopede siden.

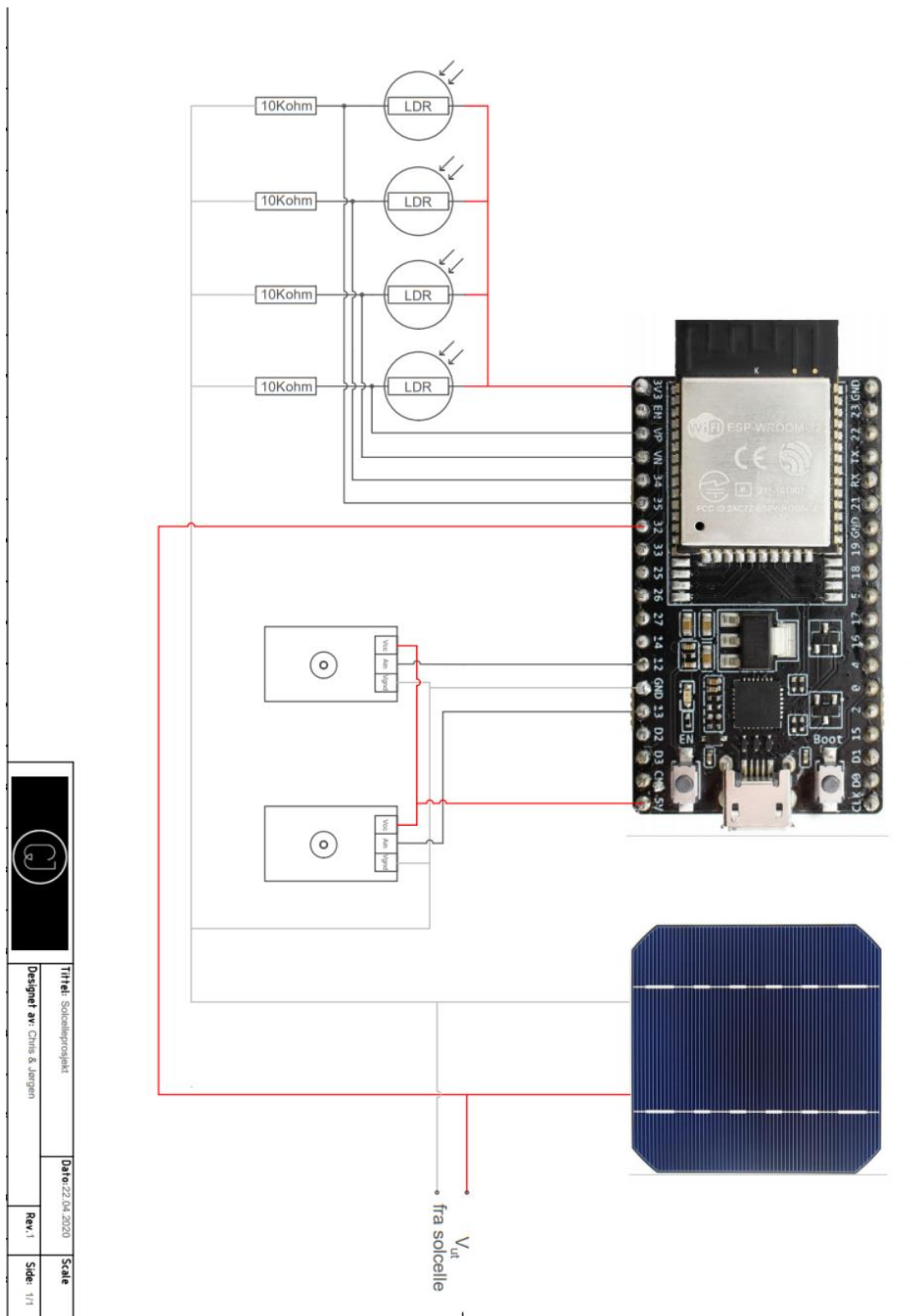


Figur 2.4.1. (Solcelle prinsipp) Kilde: <https://circuitglobe.com/photovoltaic-or-solar-cell.html>



2.5 Koblingsskjema

Dette viser koblingsskjemaet for solcelle-prosjektet:





3. Grensesnitt (BLYNK)

3.1 BLYNK server

For å koble opp appen mot mikrokontrolleren kan man benytte Blynks egne servere om man ikke har annet tilgjengelig. På NTNU ble det opprettet en sky som ble benyttet for tilkobling mellom applikasjonen til mikrokontrolleren.

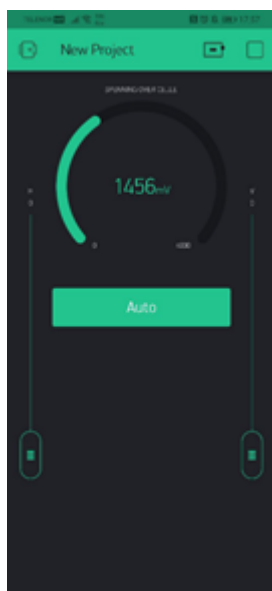
For at denne oppkoblingen skal fungere må man skrive inn ip-adresse, SSID, passord og en autoriserende nøkkel som blir generert gjennom applikasjonen inn i programkoden.

3.2 Funksjonalitet

Blynk gir muligheten til å lage oversiktlige grensesnitt som er enkle å bruke.

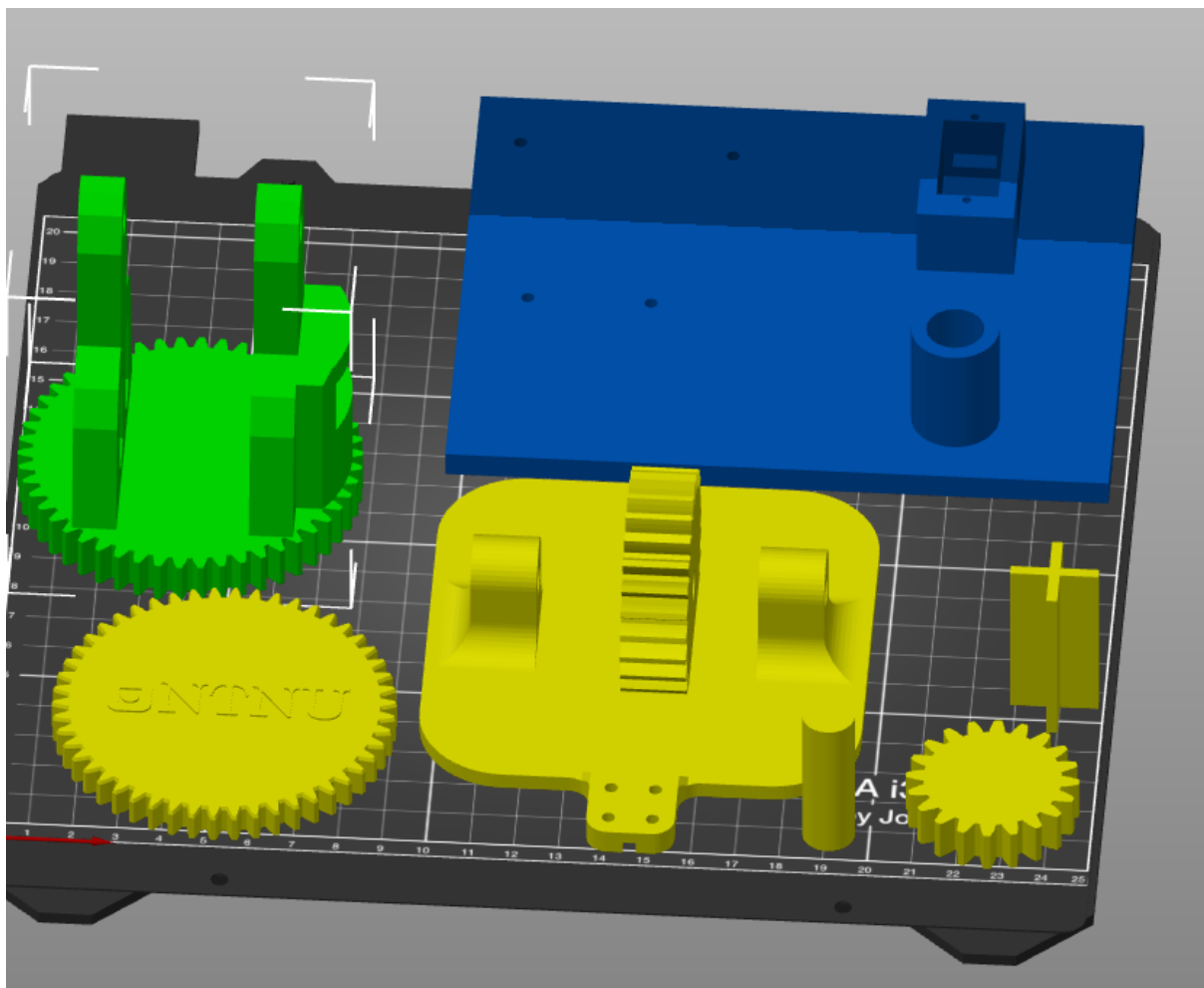
Hovedfunksjonene som ble tatt med i prosjektet var at solcelleplaten skulle kunne styres automatisk og manuelt. Om knappen i appen står i "Auto" vil servomotoren automatisk regulere seg slik at det kommer mest mulig sollys på solcellen. Dersom knappen står i "Manuell" posisjon vil det være mulighet til å styre både horisontal og vertikale servomotorene for ønsket posisjon. Posisjonen vil man kunne endre ved å justere 2 parametere, der V-parameter er for vertikale endringer og H-parameter er for horisontale endringer.

I tillegg til styringen av solcelle-platen måles også spenningen over solcellen. Denne målingen vil være interessant for å kunne se hvor mye spenning solcellen oppnår.



4. 3D-printing av modell

3D-printer er en billig måte å kunne lage mindre modeller/prototyper av større prosjekter. I dette prosjektet ble delene 3D-printet slik at ønsket funksjonalitet ble oppnådd fra solcellefølgeren. Bildene av modellene ble hentet på nettet og eksportert til filformatet til STL ("stereolithography") som leses og tegnes av 3D-printerne på laboratoriet. Det horisontale tannhjulet ble endret slik at den fikk NTNU-logoen. Ferdige modellene ser slik ut:

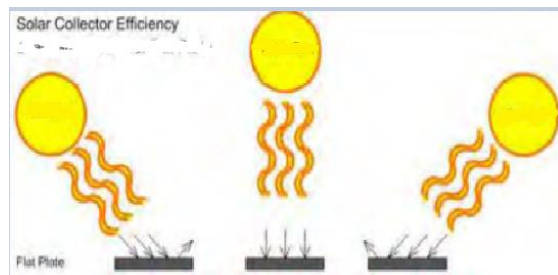


5. Resultater

5.1. Utbytte

Resultatet av oppgaven er at man kan få 15-30% mere utbytte. Fordi solstrålene treffer vinkelrett på solcella som man ser på midten av figur 4.1.1.

Systemet er blitt optimalisert slik at den beveger seg raskt til den posisjonen der den får mest sollys.

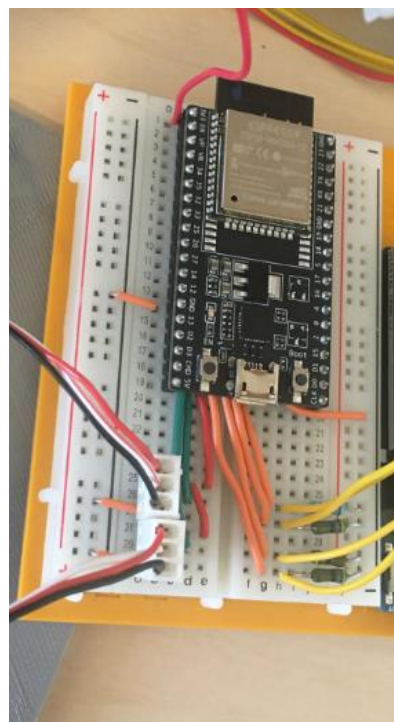


Figur 5.1.1. (Maksimere utbytte prinsipp) Kilde:

<http://biblioteket.husbanken.no/arkiv/dok/Komp/Mulighetsstudie%20for%20storutbygging%20av%20solenergi%20pa%20Landas.pdf>

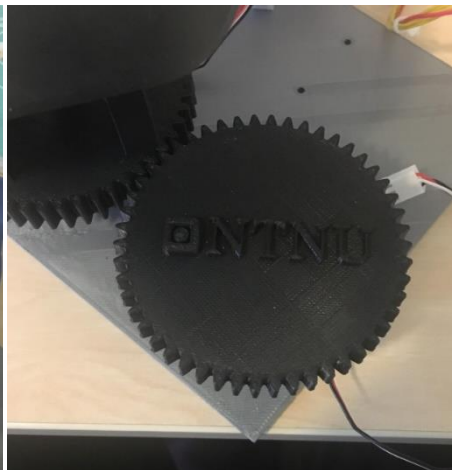
5.2. Oppkobling

Figur 5.2.1 viser oppkoblinga av ESP32. Den røde ledningen som går ut av bilde er 3,3V som går til LDR-sensorene, og de gule ledningene som kommer på høyresiden av bilde kommer fra LDR-sensorene. Det er koblet spenningsdeling over lyssensorene med seriekoblet motstander. De oransje ledningene går til de analoge inngangene. De føler på hvor mye spenning som ligger over motstanderne. De røde, hvite og svarte ledningene som går ut av bilde på venstre siden går til servomotene. Vi har koblet alle ledningene under microkontrolleren for å skjule de mest mulig og for at det skal se mest oversiktig ut.



5.3. Oppbygning

Alle plast komponentene er 3D-printet. De består av PLA, vi har funnet maler på nettet. På toppen av braketten sitter alle foto resistorene. Det er festet skillevegg imellom for å klare å skille hvem retning lyset kommer ifra.





6. Programkoden ©

```
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <Servo.h>
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

char auth[] = "ZyUQAzfIA1yZ9FledfI3syj1TSNq4f2c";
char ssid[] = "5g";
char pass[] = "ppppppppq";
int photoRes1 = 0, photoRes2 = 0, photoRes3 = 0, photoRes4 = 0, voltage = 0, manAuto = 0; // variabler
int horizZ = 50;
int verticC = 50;
int diffh = 0;
int diffv = 0;
int demping = 300;
Servo horiZ;
Servo vertiC;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass, IPAddress(129, 241, 2, 116), 8080);
  horiZ.attach(12);
  vertiC.attach(13);
  Blynk.syncVirtual(V3);
}
void loop()
{
  Blynk.run();
  photoRes1 = analogRead(36); // leser 4stk photoresistorer
  photoRes2 = analogRead(39);
  photoRes3 = analogRead(34);
  photoRes4 = analogRead(35);
  voltage = analogRead(32); // leser spenning over celler

  diffh = (((photoRes1 + photoRes2) - (photoRes3 + photoRes4)) / demping);
  diffv = (((photoRes1 + photoRes4) - (photoRes2 + photoRes3)) / demping);
  if (manAuto == 0)
  {
    horizZ = horizZ + diffh;
    verticC = verticC + diffv;
    horiZ.write(horizZ);
    vertiC.write(verticC);
    Serial.println(horizZ);
    Serial.println(verticC);
  }
  if (manAuto == 0 && horizZ < 0)
  {
    horizZ = 0;
  }
  if (manAuto == 0 && horizZ > 165)
  {
    horizZ = 165;
  }
  if (manAuto == 0 && verticC < 0)
  {
    verticC = 0;
  }
  if (manAuto == 0 && verticC > 165)
  {
    verticC = 165;
  }
}
BLYNK_WRITE(V0) //Skriver til utgang-H
{
  if (manAuto == 1)
  {
    horiZ.write(param.asInt());
    Blynk.setProperty(V0, "color", "#5FE2D1");
  }
  else
  {
    Blynk.setProperty(V0, "color", "#D3435C");
    Blynk.virtualWrite(V0, 0);
  }
}
BLYNK_WRITE(V1) //Skriver til utgang-V
{
  if (manAuto == 1)
  {
    vertiC.write(param.asInt());
    Blynk.setProperty(V1, "color", "#5FE2D1");
  }
  else
  {
    Blynk.setProperty(V1, "color", "#D3435C");
    Blynk.virtualWrite(V1, 0);
  }
}
BLYNK_READ(V2) //leser inngang og sender til app
{
  Blynk.virtualWrite(V2, voltage);
}
BLYNK_WRITE(V3) //leser inngang og sender til app
{
  manAuto = param.asInt();
}
```



7. Diskusjon

Et av de største spørsmålene vi har diskutert angående prosjektet har vært om det faktisk er lønnsomt med slike systemer. Med tanke på at servo motorene trekker strøm da det skal rotere på solcellen. Men fordi man får 15-30% mere effektutbytte så kan vi konkludere med at det er lønnsomt med et slikt system. På større anlegg kan det bli nedprioritert fordi det blir mye dyrere å bygge slike anlegg i forhold til alminnelig fastmonterte anlegg. De ekstra utgiftene med å bygge et selvstyrt anlegg kan det hende man får bedre utbytte om man bruker det på å utvide anlegget.

8. Konklusjon

Om denne solcellestyringen skal drives mest lønnsomt må funksjonaliteten benyttes også i større solcelleparker. Om solcellesystemet skal forstørres vil det også være behov for kraftigere servomotorer som styrer cellepanelene. Da vil det være viktig å ta hensyn å redusere risikoen for klemfare som kan oppstå. Spenningsnivåene på større solcelle-parker vil også være høyere enn fra miniatyrmodellen fra dette prosjektet, slik at målingene av cellene kan ikke tilkobles slik som det ble gjort i dette prosjektet. Dette vil være viktige ting å tenke på om dette skal benyttes i større anlegg.

Grensesnittet fra blynk-appen ble laget slik at den vil være mest mulig brukervennlig og enkel med ikke for mye unødvendige funksjoner. Anlegget er forventet å stå på automatisk kjøring, men muligheten for å kjøre i manuell vil være viktig om man skal utføre service på systemet.

Prosjektet har inneholdt deler fra programmering, 3d-printing og konstruering av elektrisk kretser som har gjort dette til et lærerikt og interessant prosjekt.



Kilder

<https://www.kitronik.co.uk/blog/how-an-ldr-light-dependent-resistor-works/> (fotoresistor)

<https://circuitglobe.com/photovoltaic-or-solar-cell.html> (solcelle)

<http://biblioteket.husbanken.no/arkiv/dok/Komp/Mulighetsstudie%20for%20storutbygging%20av%20solenergi%20pa%20Landas.pdf> (Prinsipp sol tracker)

<https://www.quora.com/Is-solar-tracking-always-worth-it>

<https://howtomechatronics.com/how-it-works/how-servo-motors-work-how-to-control-servos-using-arduino/>