

# Solar-Powered Solar Tracker

## Introducere

Proiectul presupune crearea unui brat dotat cu un panou solar si baterie, care urmareste cea mai puternica sursa de lumina pentru a genera energie. Ar trebui sa fie complet autonom, si chiar sa produca (ideal) un exces de energie ce este stocata in baterie si poate fi folosita pentru a incarca alte lucruri, spre exemplu un telefon (in cel mai bun caz) sau alti senzori/alte microcontrollere pentru alte scopuri.

## Descriere generală

Ne vom folosi de niste piese relativ comune pentru partea de tracking efectiv. Patru fotorezistoare (cuplate cu rezistente) indica directia celei mai apropiate surse de lumina. Semnalele acestora ajuta microcontroller-ul sa stie in ce directie sa miste servo-urile, astfel incat sa potriveasca senzorii (si deci si panoul) in directia luminii.

Pe partea de baterie, output-ul de la panoul solar este dus printr-un convertor step-down pentru a incarca o baterie, apoi din aceasta baterie se sustrage curent printr-un alt convertor step-up pentru a alimenta partea de tracker.

Un alt step-up este folosit pentru a pune la dispozitie energia din baterie pentru un USB la care se pot conecta alte dispozitive pentru alimentare.



## Hardware Design

Pentru lista de piese electrice avem urmatoarele:

- 1x Arduino Uno (se poate si Nano) ([Schema](#))
- 2x [Servo 90G 180](#) ([Schema](#))
- 4x [LDR \(fotorezistor\)](#)
- 4x Rezistenta 10k
- 1x [Panou Solar 10W](#)
- 1x [CN3791 MPPT](#) ([Datasheet](#)) - transforma energia din panoul solar (dupa step-down la limita sa) in energie pentru baterie
- 2x [LM2596 Step-Down DC-DC](#) ([Datasheet](#)) - scade tensiunea de la panou la 9V (pentru MPPT), respectiv 5V (pentru USB)
- 1x [Mini Step-Up](#) - aduce tensiunea din baterie la 5V pentru placuta si senzori

- 1x Acumulator Li-Polymer 500mAh
- 1x USB Port



### Pini folositi Arduino UNO:

- PB1 (PWM) - Controleaza servo-ul vertical pentru a asigura prima axa de miscare
- PB2 (PWM) - Controleaza servo-ul orizontal pentru a asigura a doua axa de miscare
- PC0 (Analog) - Citeste tensiunea de la LDR-ul Bottom-Left
- PC1 (Analog) - Citeste tensiunea de la LDR-ul Top-Left
- PC2 (Analog) - Citeste tensiunea de la LDR-ul Top-Right
- PC3 (Analog) - Citeste tensiunea de la LDR-ul Bottom-Right
- 5V - Asigura alimentarea placii de la si pentru restul sistemului
- GND - Asigura un ground comun pentru placa si restul sistemului

### Capacitate / Consum:

Dat fiind faptul ca sistemul ar trebui sa functioneze in mod autonom, preferam ca si consumul sistemului sa fie unul minim. In acest moment, cei mai mari consumatori sunt cele doua servo-uri, care impreuna pot consuma pana la 1.6A la un moment-dat.

Pentru a pastra o autonomie maxima si spike-uri reduse, servo-urile vor fi folosite alternativ. Acest comportament va fi descris in partea de software.

Presupunem ca dorim o autonomie de aproximativ 8 ore de utilizare (cam cat este soarele afara). Avand in vedere ca soarele nu se misca atat de rapid, putem limita perioada de reglaj o data la aproximativ 10 secunde, unde servo-urile se vor regla cate 1 secunda fiecare.

$$\begin{aligned} \text{8 ore} &= 8 \times 60 \times 60 = 28,800 \text{ secunde} \\ \text{Numar cicluri de reglaj} &= \frac{28,800}{10} = 2,880 \text{ cicluri} \\ \text{Durata totala activare servo-uri} &= 2,880 \times 2 \text{ s} = 5,760 \text{ secunde} = 1,6 \text{ ore} \\ \text{Consum total intr-o zi} &= 1,6 \text{ ore} \times 0,8 \text{ A} = \boxed{1,28 \text{ Ah/zi}} \end{aligned}$$

Pe partea de generare, panoul solar genereaza 0.6A @ 18V, adica ~2A @ 5V ce acopera consumul sistemului (si reincarca bateria dupa ce se descarca peste noapte) si mentine un exces de energie ce poate fi livrat catre USB si folosit pentru incarcarea altor dispozitive.

### Functionare:

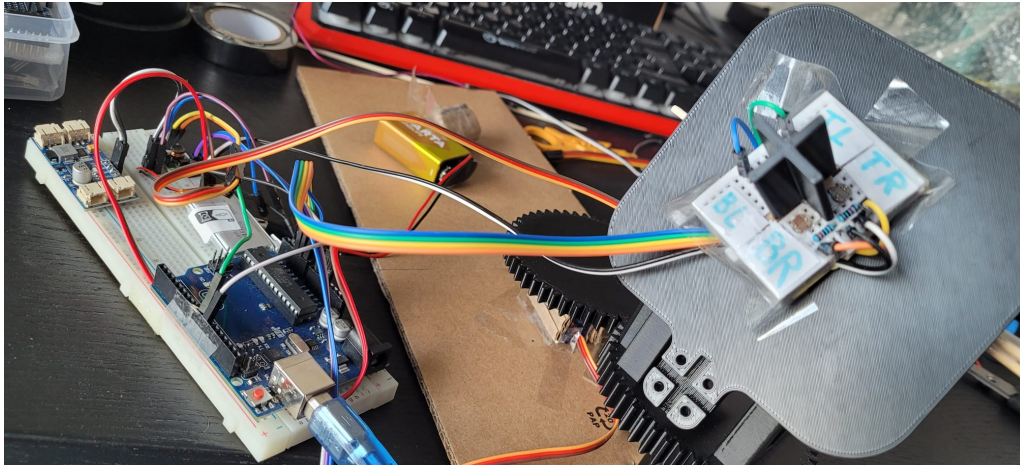
Vertical Tracking: <https://youtube.com/shorts/u4yYX83uTCU>

Dual Axis Tracking: <https://youtube.com/shorts/HjnJQubxL1o>

Functionarea de mai sus este intr-un mod low-power deoarece Arduino Uno poate trimite doar 400mA prin pinul de 5V si nu alimenteaza corespunzator servo-urile.

Din nefericire daca se misca prea repede pe acest suport provizoriu, este posibil sa sara putin. Voi avea un alt suport pentru stabilitate, iar pentru miscarea panoului solar (care e mult mai mare) miscarea orizontala va fii limitata la ~15 grade.

## Stadiul actual (neincluzand panoul solar):



## Software Design

**Mediul de dezvoltare:** Arduino IDE v2

### Biblioteci folosite:

- **Servo.h** - Folosit initial pentru controlarea servo-urilor
- **avr/sleep.h** - Folosit pentru evitarea busy-waiting
- **avr/wdt.h** - Folosit pentru WatchDog Timer
- **avr/power.h** - Folosit pentru debugging/initial pentru functii high-level de power management

### Descriere algorithm:

Partea de software a tracker-ului este relativ simpla. Aceasta este impartita in doua lucruri principale: senzorii de lumina (light-dependent resistors) si servo-urile ce modifica pozitia senzorilor (si deci a panoului) pe cele doua axe.

Intr-un ciclu de reglare tensiunile de la senzori sunt masurate cu ADC de catre microcontroller pentru a observa nivelele de lumina detectate de fiecare. In cazul in care vreunul din senzori are o lumina mai puternica, semnalul acestuia creste, indicand faptul ca ar trebui mutat panoul in acea directie. Aceasta mutare se face in doi pasi, mai intai orizontal, apoi vertical (sau invers).

Dat fiind ca soarele nu se misca foarte rapid, putem regla frecventa acestor cicluri de reglare, sensibilitatea senzorilor (adica cat de mare trebuie sa fie diferenta intre senzori pentru a se face vreo miscare) si pasul servo-urilor, intrucat cu o frecventa mai joasa am dori un pas mai mare.

In afara acestor cicluri de reglare nu dorim sa consumam multa electricitate, deci oprim ADC-ul si il repornim abia la trezire (cu un pic de asteptare pentru a se stabili).

Additional, am adaugat si un contor ce se ocupa de numararea ciclurilor "activi". Intrucat stim in mod aproximativ ca soarele este cel mai puternic pe o perioada de ~8 ore, putem limita ciclurile de reglare la aceasta perioada. Un contor este folosit pentru a tine cont de numarul de activari a soft-ului, iar dupa ce o perioada de **(ACTIVE\_HOURS \* 3600) / WDT\_INTERVAL\_SEC** a trecut (unde WDT\_INTERVAL\_SEC este 8 si ACTIVE\_HOURS este 8) putem sari peste ciclurile de reglare. Dupa ce o alta perioada (24h - restul) a trecut, putem reveni la activarea ciclurilor de reglare.

Acest contor se incrementeaza la fiecare wake-up din sleep.

### Elementul de noutate:

- Ciclul de reglare infrecvent (si reglabil) ofera autonomie marita, reglabil in functie de nevoi sau locatie
- Consumul este mai departe redus prin folosirea alternanta a servo-urilor

### Justificarea laboratoarelor folosite:

- **Timer/Intreruperi** - Pentru a nu face busy-waiting (si deci a irosi energie) se folosesc intreruperi pentru activarea ciclurilor
- **PWM** - PWM este folosit pentru controlarea servo-urilor in timpul unui ciclu de reglare
- **ADC** - Tensiunea de pe pinii A0-A3 sunt cititi pentru a observa lumina detectata pe fiecare senzor de lumina
- **UART** - Folosit doar pentru debugging

### Descrierea codului aplicatiei:

- In functia setup()
  - - Servo-urile sunt resetate la pozitiile initiale (90 grade)
  - - Intreruperile ar trebui activate (sunt deja)
- In updateServo(bool horizontalUpdate)
  - - Tensiunile de pe pinii A0-A3 sunt citite pentru a afla diferenta de lumina dintre senzori
  - - Este calculata media fiecarei fete
  - - In functie de *horizontalUpdate* urmeaza sa se verifice diferenta pentru servo-ul orizontal sau vertical
  - - Daca este diferenta suficient de mare (fata de o toleranta prestabilita) servo-ul respectiv se misca
- In loop()
  - - Incrementare activeCycleCount
  - - Verificare activeCycleCount
  - -  $< \text{ACTIVE\_LIMIT} \Rightarrow$  Ciclu de reglare
  - -  $> \text{ACTIVE\_LIMIT}$  si  $< \text{SLEEP\_LIMIT} \Rightarrow$  hibernare
  - -  $\geq \text{SLEEP\_LIMIT} \Rightarrow$  reset la 0
  - - [Info] Tensiunile citite si pozitiile inregistrate sunt scrise pe terminal
  - - Sleep, urmand ca dupa 8 secunde sa reinceapa loop-ul

### Optimizari:

Data fiind perioada de operare, servo-urile pot fi restranse sa se miste doar intr-o raza de cateva zeci de grade daca este necesar.

Ciclul de reglare este impartit in doua sub-cicluri independente (vertical si orizontal) care se alterneaza.

Pasul este de asemenea reglat dinamic in functie de diferenta inregistrata intre senzori. Desi nu am implementat, ar putea fi afectata pe viitor si de catre perioada dintre cicluri.

Pin-ul A4 ar putea fi folosit pentru citirea nivelului bateriei, desi nu ar fi folositor in timp ce aceasta este incarcata deoarece MPPT-ul aduce tensiunea la 4.2V cat timp este in functionare panoul solar. - Acest lucru pica mai mult pe partea de hardware.

**Source Code:** [Github](#)

## Rezultate Obținute

Panoul solar reuseste sa alimenteze porturile USB cu un amperaj corespunzator incarcarii telefoanelor sau bateriilor externe (~2A) intr-un timp relativ scurt.

### Powerbank Charging Demo

Miscarea maxima pe verticala a panoului a trebuit reglata si limitata deoarece nu am luat in calcul diferenta in forta supusa servo-ului atunci cand panoul este la un unghi mai extrem. Daca reusesc sa obtin servo-uri mai puternice intre timp le voi inlocui pe cele existente actual.

## Concluzii

Desi proiectul se descurca bine in mediul "de laborator", ar trebui sa ofer mai multa atentie pachetului din jur pentru a-l face usor de manevrat si protejat impotriva vremii. Marimea panoului face aceasta protectie sa necesite o suprafata destul de mare, ceea ce ma impiedica (din motive de cost) sa il incastrez cu materiale mai interesante decat o cutie de carton.

Voi continua sa folosesc panoul pe post de sursa de energie pentru incarcator de baterii/powerbank. Deoarece spatiul este restrictiv si nu este nevoie de miscare in interior, restul de sistem va fi dezbinat si folosit ulterior in alte proiecte.

## Download

O arhivă (sau mai multe dacă este cazul) cu fișierele obținute în urma realizării proiectului: surse, scheme, etc. Un fișier README, un ChangeLog, un script de compilare și copiere automată pe uC crează întotdeauna o impresie bună .

Fișierele se încarcă pe wiki folosind facilitatea **Add Images or other files**. Namespace-ul în care se încarcă fișierele este de tipul **:pm:prj20??:c?** sau **:pm:prj20??:c?:nume\_student** (dacă este cazul).  
**Exemplu:** Dumitru Alin, 331CC → **:pm:prj2009:cc:dumitru\_alin**.

## Jurnal

- 22 Mai - Am adunat toate piesele printate 3D pentru structura.
- 24 Mai - Avand in vedere prognoza meteo pentru urmatoarea saptamana am procurat un proiector de lumina LED 150W pentru a putea face demo la incarcare live.

10-DAY WEATHER FORECAST

|                       |                                                                                                    |                                                                                                                                                         |      |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>TODAY</b><br>24/05 |  <b>20° 12°</b>   | <b>Cloudy with thunderstorms</b><br> Night: Occasional rain            | 100% |
| <b>SUN</b><br>25/05   |  <b>14° 11°</b>   | <b>Cool with periods of rain</b><br> Cloudy with showers               | 98%  |
| <b>MON</b><br>26/05   |  <b>16° 11°</b>   | <b>A few afternoon showers</b><br> A few showers early; cloudy         | 90%  |
| <b>TUE</b><br>27/05   |  <b>19° 11°</b>   | <b>Spells of rain</b><br> Rain tapering off                            | 63%  |
| <b>WED</b><br>28/05   |  <b>22° 12°</b>   | <b>Variable cloudiness</b><br> Partly cloudy                           | 25%  |
| <b>THU</b><br>29/05   |  <b>22° 13°</b>   | <b>Partly sunny, a few showers</b><br> Partly cloudy                   | 61%  |
| <b>FRI</b><br>30/05   |  <b>20° 13°</b>   | <b>An a.m. shower, then t-storms</b><br> The odd shower in the evening | 76%  |
| <b>SAT</b><br>31/05   |  <b>22° 13°</b>   | <b>Cloudy with scattered showers</b><br> Periods of rain               | 69%  |
| <b>SUN</b><br>01/06   |  <b>22° 12°</b> | <b>Periods of rain</b><br> Spells of rain early; cloudy              | 60%  |



- 25 Mai - Partea software a fost mai mult sau mai putin finalizata.
- 26 Mai - Am observat o mica problema in cadrul structurii, si anume ca servo-urile nu suporta greutatea adunata a tuturor componentelor atunci cand sunt laolalta si la unghiuri >20 grade. Astfel a trebuit sa modific una din piesele de structura, sa o reprintez, si apoi sa pun servo-uri mai puternice [MG996 \(Datasheet\)](#) capabile de a suporta greutatea impreunata chiar si la unghiuri extreme.



- 28 Mai - Am procurat piesa nou-printata. Din pacate am uitat sa extind si gaurile pentru acces usor la gauri pentru insurubare. I could snap off the leg... nah, I'd tape.





- 29 Mai - Am modificat codul pentru a lua in calcul raza mai mica de miscare (90 grade in loc de 180) a servo-urilor noi.

## Bibliografie/Resurse

### Resurse Hardware

Dat fiind ca nu doresc sa pun multa presiune pe servo-uri am cautat un design de structura care sa limiteze forta ajunsa pe acestea. Am ajuns eventual la design-ul [Dual Axis Solar Tracker de OpenSourceClassroom](#), urmand sa printez o parte din aceste piese 3D.

### Resurse Software

Pentru a ma informa mai bine despre cum sa scad consumul placutei (si deci a creste autonomia) am urmat exemplele de aici: <https://www.gammon.com.au/power> - in particular "Sketch H" (Waking from sleep with a timer); alaturi de mai multe postari de pe [forumul Arduino](#).

[Export to PDF](#)

From:  
<http://ocw.cs.pub.ro/courses/> - **CS Open CourseWare**

Permanent link:  
[http://ocw.cs.pub.ro/courses/pm/prj2025/avaduva/robert\\_andrei.tache](http://ocw.cs.pub.ro/courses/pm/prj2025/avaduva/robert_andrei.tache)



Last update: **2025/05/30 12:34**