

بسم الله الرحمن الرحيم

پروژه ردیاب تک محوره شرقی غربی خورشیدی HTSAT

نام ارائه دهنده: حسین جعفری

استاد راهنما: دکتر اشعریون

Micro4001_G6



1. فصل اول (شرح و تعریف پروژه) ----- صفحه 3
2. فصل دوم (معرفی عملکرد، قابلیت ها و محدودیت ها) ----- صفحه 6
3. فصل سوم (معرفی قطعات بکار رفته) ----- صفحه 10
4. فصل چهارم (طراحی سخت افزار پروژه) ----- صفحه 11
5. فصل پنجم (روش راه اندازی و استفاده از دستگاه) ----- صفحه 14
6. منابع ----- صفحه 15

فصل اول: شرح و تعریف، قابلیت ها و محدودیت ها

ردیاب خورشیدی (solar tracker) چیست؟



نیروگاه فتوولتاییک معلمان سمنان

ردیاب خورشیدی (sun tracker) در نیروگاه های خورشیدی به منظور افزایش راندمان و تولید انرژی استفاده می گردد. در این ردیاب ها، موقعیت پنل های خورشیدی تا حد امکان در راستای خورشید قرار می گیرد تا از این طریق، تابش دریافتی و در نتیجه انرژی تولیدی حداکثر گردد. در یک دسته بندی کلی ردیاب خورشیدی به دو گروه کلی تک محوره و دو محوره طبقه بندی می شوند.

ردیاب های تک محوره:

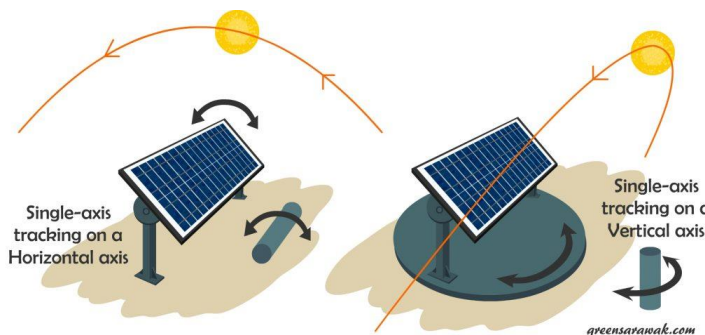


ردیاب خورشیدی تک محوره شرقی غربی

ردیاب های تک محوره تنها یک محور حرکت دارند که معمولاً با شمال و جنوب همسو هستند. این اجازه می دهد تا پانل به قوس از شرق تا غرب برسد و حجم زیادی از نور خورشید را پوشش دهد. ردیاب های تک محوره کمتر از دو محوره هزینه دارند و به طور بالقوه قابلیت اطمینان و طول عمر طولانی تری هم دارند چرا که قطعات متحرک کمتری دارند و استهلاک در آنها کمتر هست. با این حال، آن ها جذب انرژی پایین تری نسبت به ردیاب های دو محوره دارند.

ردیاب های تک محوره بر حسب محور گردش افقی یا عمودی به دو دسته HSAT ها و VSAT ها تقسیم می شوند.

پروژه من در خصوص HSAT ها یعنی ردیاب های تک محوره افقی هست که با جهت طلوع و غروب خورشید سولار پنل به گردش در میاد. HSAT ها یک گروه دیگر هم دارند



به اسم HTSAT ها (Horizontal tilted single-axis solar tracker) هستند که این نوع سولار پنل ها زاویه شمالی جنوبیشان هم به صورت دستی تنظیم شده که به علت اینکه ایران در مدار راس السرطان قرار دارد و خورشید مایل می تابد و عمود نمی شود. این نوع سولار پنل ها برای نیروگاه های خورشیدی مرکز ایران همانند نیروگاه خورشیدی یزد، بم و ... مناسب تر هستند.



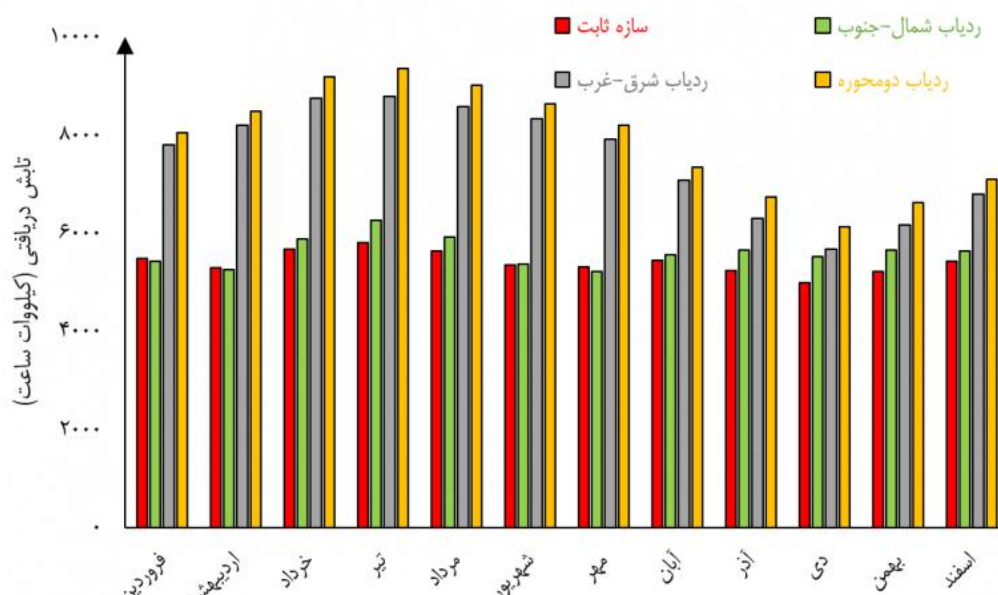
همانند این عکس که صفحه های خورشیدی در سمت شمالی جنوبی به سمت خورشید تنظیم شده اند و یک محور گردش شرقی غربی دارد.

ردیاب های دومحوره:

ردیاب های دو محوره دارای دو محور حرکت هستند که با شمال-جنوب و شرق- غرب همسو شده و به آنها بازه ی بیشتری میده که از نور خورشید پشتیبانی کنند. با تغییر فصل ها از زمستان به تابستان، مسیر خورشید که در زمستان به سمت پایین بود، اندک اندک به سمت بالا رفته و ردیاب های دو محوره قابلیت چرخش و استفاده از این نور های هدررفته را بصورت مکانیزه و بدون کمک انسان دریافت میکنند. نقطه قوت ردیاب های دومحوره توانایی آنها در به حداکثر رساندن تولید انرژی است. با این حال هزینه ، مراقبت و رسیدگی بیشتری نیاز دارند.

حال این سوال مطرح میشود که کدام یک از این دو دستگاه مناسب تر است؟

همونطور که میشه حدس زد هیچکدام از این دو دستگاه نسبت به یکدیگر ارجحیت و برتری خاصی ندارند و هر کدام از این ها میتوانند تحت سناریوهای مختلف مفید واقع شوند. شرکت ها باید عوامل مختلف مانند مکان قرارگیری سیستم، مقدار هزینه، نگهداری، کارایی و قابلیت اطمینان را در هنگام تصمیم گیری ارزیابی کنند.

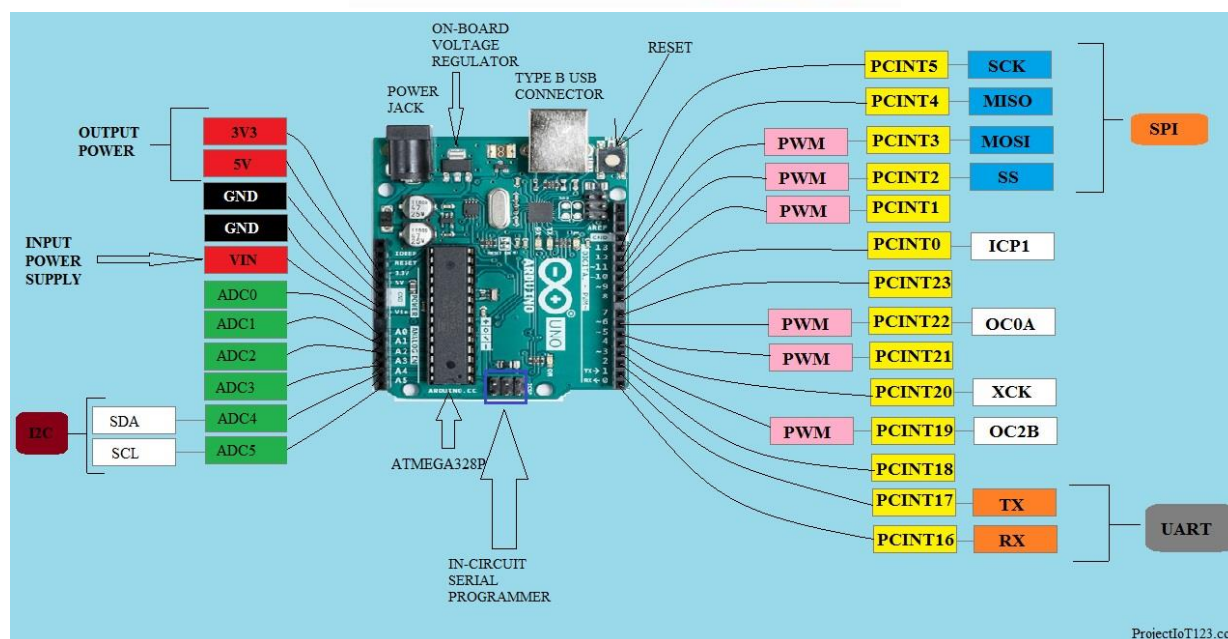


ولی با توجه به داده های بدست آمده و اینکه من بدنبال راهی مقرون بصرفه و بهینه برای نیروگاه های خورشیدی بودم برای این پروژه بدنبال کننده های خورشیدی تک محوره شرقی-غربی HTSAT را انتخاب کردم.

مدلی که من ساختم نمونه ی کوچکی از یک نیروگاه خورشیدی است که با نصب یک موتور محرک و دو حسگر حساس به نور (فتوسل)، جهت خورشید را تشخیص میدهیم و مناسب ترین زاویه برای دریافت حداکثر انرژی دریافتی، تشکیل میدهیم.

مزایای این مدل از ردياب های تک محوره میتوان به هزینه ی اندک نسبت به ردياب های دو محوره (تعداد موتور کمتر، فتوسل کمتر) و البته افزایش بازدهی و کارایی آن نسبت به سازه های ثابت یاد کرد.

1. سروو موتور sg90
2. برد آردوینو Uno
3. مقاومت نوری – LDR دو عدد
4. مقاومت 10 کیلو اهم – دو عدد
5. جامپر
6. کارتن
7. میله آهنی – هشت عدد



سروو موتور (servo motor sg90) :

سروو موتور عملگر دورانی یا عملگر خطی است که امکان کنترل دقیق موقعیت زاویه ای یا خطی، سرعت و شتاب را فراهم می‌کند.^۱ سروو موتور ها شامل یک موتور مناسب به همراه یک سنسور خاص برای بازخورد موقعیت هستند. سروو موتور ها همچنین شامل یک کنترلر تقریباً پیچیده هستند، که معمولاً خود یک واحد مجزای طراحی شده برای آنها می‌باشد.

در این پروژه از سروو موتور Sg90 استفاده شده که یکی از انواع ساده ی سروو موتور هاست.

شماتیک آن در شکل روبرو آمده است.



همانطور که مشاهده میکنید سیم قهوه ای سیم زمین (GND) ، سیم قرمز سیم ولتاژ 5 ولت

و سیم نارنجی سیم PWM می باشد.

برد اردوینو UNO :

Arduino Uno یک برد متن باز مبتنی بر میکروکنترلر

Microchip ATmega328P است و توسط

Arduino.cc ساخته شده است. این برد مجهز به

مجموعه ای از پین های ورودی / خروجی دیجیتال

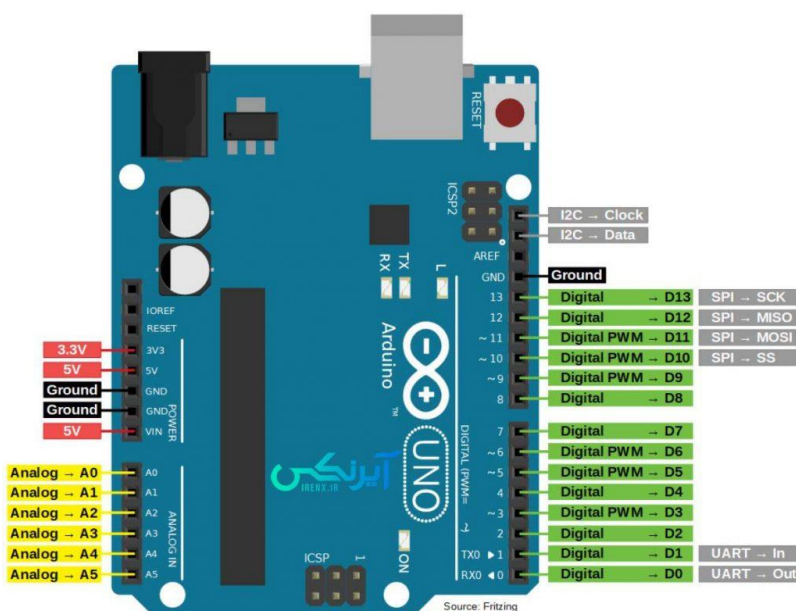
و آنالوگ است که میتواند به راحتی با شیلد های

آردوینو Uno ارتباط برقرار کند.

برد Arduino Uno R3 دارای 14 پین

ورودی / خروجی دیجیتال است که 6 پین از این

14 پین قابلیت PWM را دارند. این برد با استفاده از



نرم افزار Arduino IDE از طریق کابل USB نوع B قابل برنامه ریزی است. برد آردوینو Uno میتواند آن را از طریق کابل USB یا باتری 9 ولتی خارجی تغذیه کرد. این برد ولتاژ بین 7 تا 20 را میتواند به عنوان ورودی استفاده کند زیرا دارای یک رگولاتور داخلی برای تبدیل ولتاژ است.

کلمه “uno” به زبان ایتالیایی به معنی “یک” است و به منظور انتشار اولیه نرم افزار آردوینو انتخاب شده است. برد Uno اولین سری از سری برد های Arduino مبتنی بر USB است. میکروکنترلر ATmega328 موجود در برد با یک بوت لودر از قبل برنامه ریزی شده است که اجازه می دهد بدون استفاده از پروگرامر سخت افزاری خارجی برنامه ریزی شود. این برد در ایران به صورت آردوینو یونو و آردوینو اونو تلفظ میشود.

فتوسل (مقاومت نوری) :

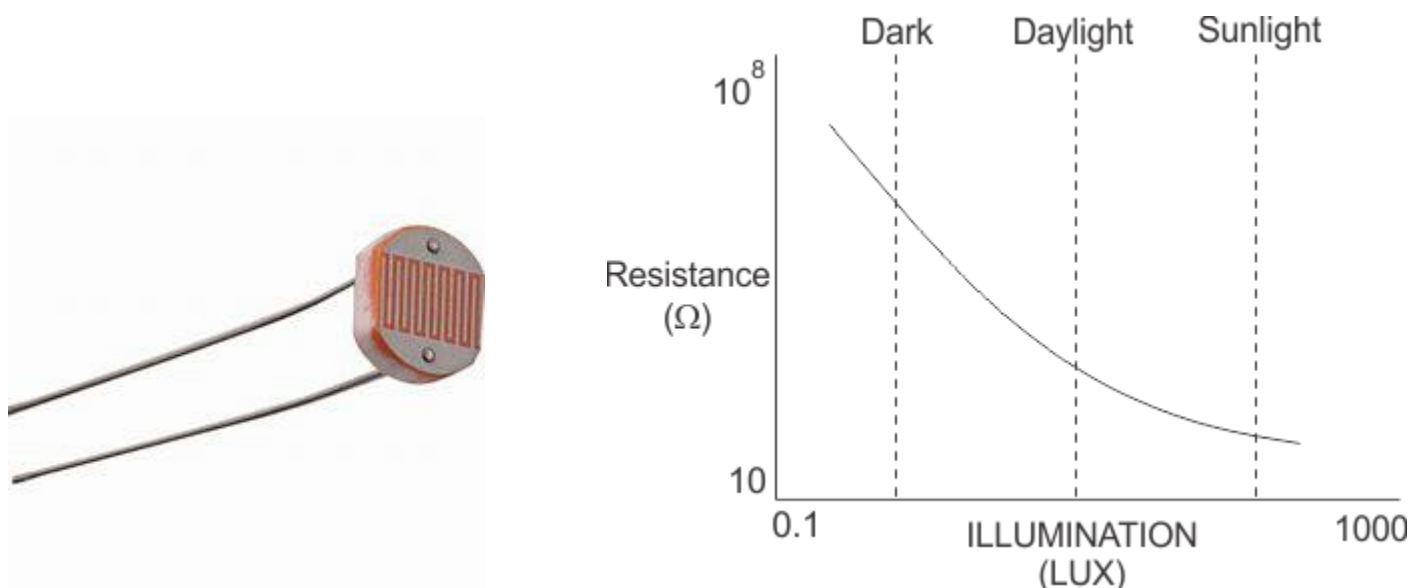
مقاومت نوری (LDR) ابزاری است که مقاومت آن تابعی از تابش الکترومغناطیسی تصادفی است. از این رو، آن ها دستگاه های حساس به نور هستند. آن ها همچنین به عنوان رسانا های نوری، سلول های رسانای نوری یا بطور ساده تر سلول های نوری نامیده می شوند LDR. مخفف Light Dependent Resistor یا همان مقاومت حساس به نور است.

آن ها از مواد نیمه هادی ساخته شده اند که مقاومت الکتریکی بالایی دارند.

طرز کار اینگونه است که هنگامی که نور در حال سقوط است، یعنی زمانی که فوتون ها بر روی دستگاه سقوط می کنند، الکترون ها در نوار ظرفیت مواد نیمه هادی به سمت نوار هدایت تحریک می شوند. این فوتون ها در نور تصادفی باید انرژی بیشتری نسبت به نوار شکاف مواد نیمه هادی داشته باشند تا الکترون ها از نوار ظرفیت به نوار هدایت بپرند.

از این رو وقتی نور با انرژی کافی به دستگاه برخورد می کند، الکترون های بیشتری از نوار هدایت تحریک می شوند که منجر به افزایش تعداد حامل بار می شود. نتیجه این فرایند بیشتر بوده و وقتی که مدار بسته می شود جریان بیشتری شروع به جاری شدن در دستگاه می کند و از این رو گفته می شود که مقاومت دستگاه کاهش یافته است. این رایج ترین اصل کار LDR است

مقاومت های نوری وسیله های وابسته به نور هستند که با تابش نور بر روی آن ها مقاومت آن ها کاهش می یابد و در تاریکی افزایش می یابد. وقتی یک مقاومت وابسته به نور در تاریکی نگه داشته شود، مقاومت آن بسیار زیاد است. این مقاومت را مقاومت تاریک می نامند. مقدار مقاومت تاریک می تواند تا 1012 اهم باشد و اگر دستگاه اجازه جذب نور را داشته باشد مقاومت آن به شدت کاهش می یابد. اگر ولتاژ ثابت به آن وارد شود و شدت نور افزایش یابد جریان شروع به افزایش می کند. شکل زیر منحنی مقاومت در برابر روشنایی را برای یک LDR خاص نشان می دهد



فتوسل ها یا LDR ها ابزار های غیرخطی هستند. حساسیت آن ها با طول موج تابش نور روی آن ها متفاوت است. برخی از سلول های نوری ممکن است به طیف خاصی از طول موج پاسخ ندهند. بر اساس ماده ای که برای سلول های مختلف استفاده می شود منحنی های واکنش طیفی متفاوت دارند.

جامپر :

نوعی سیم هست که به منظور سهولت و زیبایی در مدارهای الکتریکی بکار میرود.

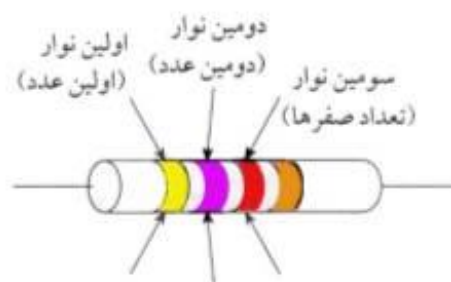
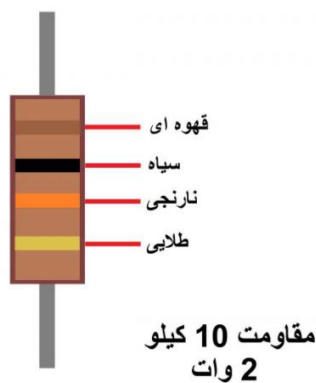


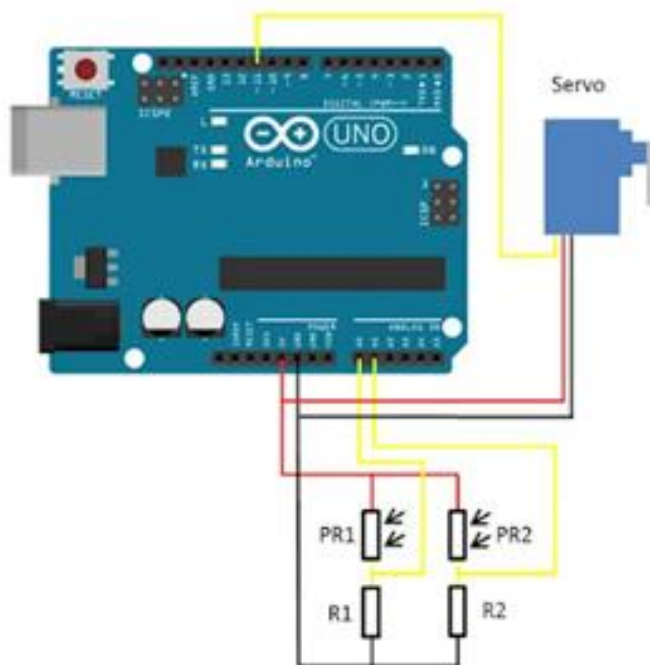
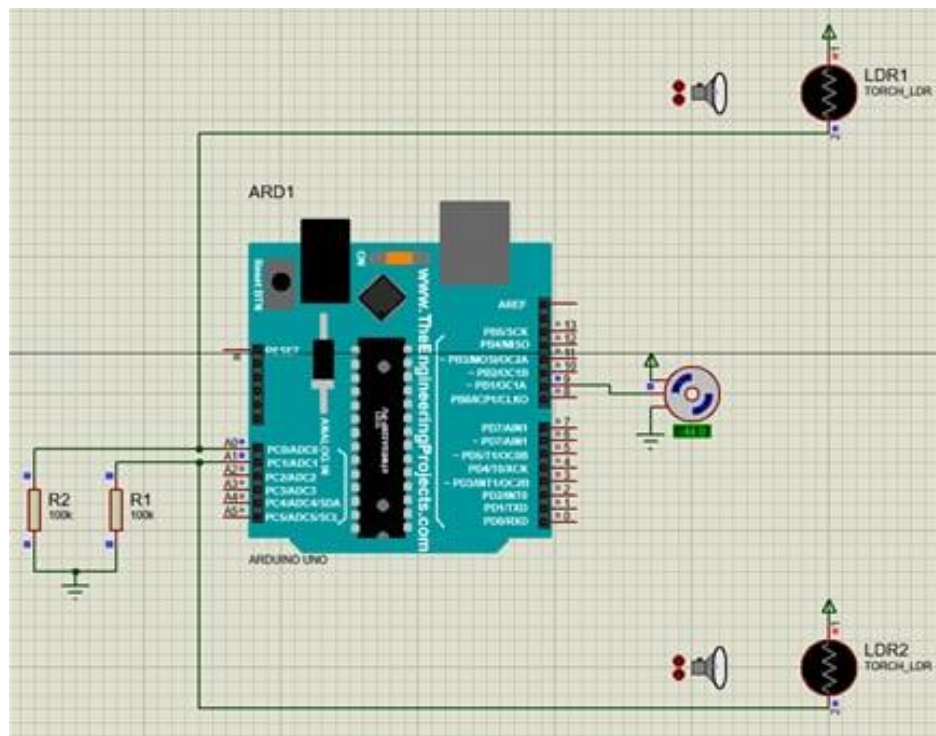
مقاومت :

ما در این پروژه یک مقاومت با اندازه ی 10 کیلو اهم (مقاومت بزرگ) در نظر گرفتیم و آنرا Pull down کردیم. با استفاده از مقاومت خوانی متوجه میشویم که مقاومت ما باید این رنگ ها را به ترتیب داشته باشد.

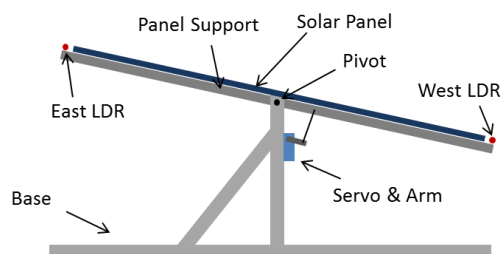
قهوه ای - سیاه - نارنجی

و میزان تلورانسش را طلایی (یعنی با میزان 5 درصد خطا) انتخاب کردیم.





برای منبع تغذیه مدار از یک آداپتور ac to DC استفاده کردیم که به مدار ما ولتاژ 9 ولت و جریان 1 آمپر میدهد. ولتاژ ورودی آردوینو Uno، 6 تا 20 ولت هست و به ما 5 ولت جهت انجام عملیات (ولتاژ خروجی 5 ولت) میدهد. مقاومت ها را Pull down کردیم و همراه با فتوسل ها به پورت A0 و A1 متصل کردیم. سروو موتورمون هم دارای 3 تا پایه بود. (signal, PWM, GND) که هر کدام از این ها را به نقطه ی مورد نظر وصل کردیم و پورت سیگنال را به پورت 9 متصل میکنیم.



فصل چهارم: کد محصول code() به همراه شرح و کامنت

در این پروژه 3 کد زده شده که 2 تا از آن ها صرفا جهت بررسی سالم بودن و تعیین تلورانس دو مقاومت نوری هستند.

ابتدا دو کد فرعی را توضیح میدهیم.

```
Sweep $  
#include <Servo.h>
```

```
Servo sg90;
```

```
int pos = 0;
```

```
void setup() {  
  sg90.attach(9);  
}
```

```
void loop() {  
  for (pos = 0; pos <= 180; pos += 1)  
  {  
    sg90.write(pos);  
    delay(15);  
  }  
  for (pos = 180; pos >= 0; pos -= 1)  
  {  
    sg90.write(pos);  
    delay(15);  
  }  
}
```

ابتدا کد sweep را توضیح میدهیم. کد sweep برای اطمینان حاصل کردن از

چرخش سروو موتور هست و با اجرای این کد به صورت پیاپی از 0 تا 180

تغییر جهت میدهد.

ابتدا کتابخانه ی سروو موتور را در اردینو include می کنیم.

سپس موتور را در زاویه 0 درجه قرار می دهیم.

2 تا حلقه براش تعریف میکنیم. یکی از 0 بیاد تا 180 و دیگری از 180 به 0

برود. و یک مکث 15 میلی ثانیه ای به مدار می دهیم که در حین انجام عملیات

به مدار فشاری وارد نکند.

```
ohm_test $
```

```
#include <Servo.h>  
Servo sg90;
```

```
void setup()  
{  
  Serial.begin(9600);  
}
```

```
void loop()  
{  
  sg90.attach(9);  
  sg90.write(90);  
  int R1 = analogRead(A0);  
  int R2 = analogRead(A1);  
  Serial.println(R1);  
  Serial.println(R2);  
  delay(3000);  
}
```

ما از کد ohm_test برای کالیبراسیون مقاومت های نوری و چک کردن سالم بودن آن ها

استفاده میکنیم.

در کالیبراسیون با اجرای این برنامه و دیتاهایی که بر روی serial monitor در حال نمایش

هست. متوجه میشویم که با توجه به میزان لوکس و پخش نور در آن نقطه، و با در نظر گرفتن

دو حالت پرنوری و کم نوری، اختلاف این مقاومت ها چه اندازه هست و با در نظر گرفتن

یک رابطه ی خطی نزدیک میزان مقاومت نوری مان را با یکدیگر تقریبا یکسان میکنیم.

در این کد دوباره ما سروو موتورمون رو تعریف میکنیم.

سپس سریال را رو نرخ 9600 میذاریم. که این یعنی به اردوینو

می گوید ارتباط سریال را در پایه های Rx و Tx با نرخ 9600

آغاز کند.

سپس پورت 9 را انتخاب میکنیم، سروو را روی 90 تنظیم

میکنیم و مقاومت های نوری را میخوانیم و آن ها را نمایش

حال نوبت به کد اصلی مان (Solar Tracker) هست.

در ابتدا متغیر ها را تعریف میکنیم. برای مثال پین مورد نظر برای موتور servo، 9 تعریف شده. مقاومت های Ldr روی پین A0 و A1 تنظیم شدند. زاویه اولیه 90 درجه فرض شده (که البته با توجه به اینکه ما در مدار راس السرطان هستیم و خورشید مایل میتابه تنظیمات این قسمت در هر منطقه فرق میکند پیشنهاد این است که روی 45 یا 135 باشد که راحت تر خورشید را پیدا کند) و مقدار اختلاف بین دو Ldr که در نظر نمیگیرد، 5 است.

```
1  #include <Servo.h>           //library servo motor ra include mikonim
2
3  Servo sg90;
4
5  int servopin=9;               //ye PWM pin migirim
6  int LDR1 = A0;                //Ldr1 be pin A0
7  int LDR2 = A1;                //Ldr2 be pin A1
8
9  int pos = 90;                 //be sorate pishfarz 90
10 int error = 5;                //mizan telorance ya khataie beine 2 Ldr
```

حال ما تنظیمات اولیه را تشکیل میدهیم.

```
12 void setup()
13 {
14     sg90.attach(servopin);
15     pinMode(LDR1, INPUT);
16     pinMode(LDR2, INPUT);
17     sg90.write(pos);           //set servo in 90 degree
18     delay(2000);
19 }
```

سپس در حلقه ی لوپ مقدار دو مقاومت را میخوانیم قدرمطلق اختلافشان را هم حساب میکنیم. اگر اختلاف از مقدار خطامون کمتر بود مدار کار خاصی انجام نمیدهد. اما اگر بیشتر بود بر حسب اینکه کدام بیشتره به سمت اون گردش می کند.

```
21 void loop()
22 {
23     int R1 = analogRead(LDR1); //Read Ldr 1 va 2
24     int R2 = analogRead(LDR2);
25
26     int diff= abs(R2 - R1);     //ghadre motlagh ekhtelaf
27
28     if(diff < error) {}         //age kochiktar az
29     else
30     {
31         if(R1 > R2) { pos = pos-1; }
32         if(R1 < R2) { pos = pos+1; }
33     }
```

در انتها به شرط هم گذاشتیم که مقدارش از 0 و 180 درجه بیشتر نشود، زیرا احتمال دارد ما در یک مکانی آلودگی نوری داشته باشیم و این باعث بوجود آمدن اختلاف دائمی بین دو ldr بشود و به یک سمت گردش کند. از آنجا که سروو موتور از 0 تا 180 را پوشش میدهد، این مقادیر در ابتدا دیده نمیشوند و سروو کاری انجام نمیدهد، هنگامی که از 360 درجه برای مثال بیشتر شد (مثلا 361) موتور سریعاً از 180 به 1 درجه جهش میکند و این باعث صدمه زدن به سولار پنل ها می شود.

```

34   if(pos>180) { pos=180; }      //in ghesmat baraie ineke
35   if(pos<0)   { pos=0; }       //dar zavaiaie bozorgtar az 180 mesl 361
36   sg90.write(pos);             //error nade va sari az 180 bar nagarde
37   delay(100);                  //ro 1 daraje

```

مکان بدست آمده را در سروو موتور قرار داده و یک مکث 100 میلی ثانیه میکنیم.

```

36   sg90.write(pos);
37   delay(100);
38 }

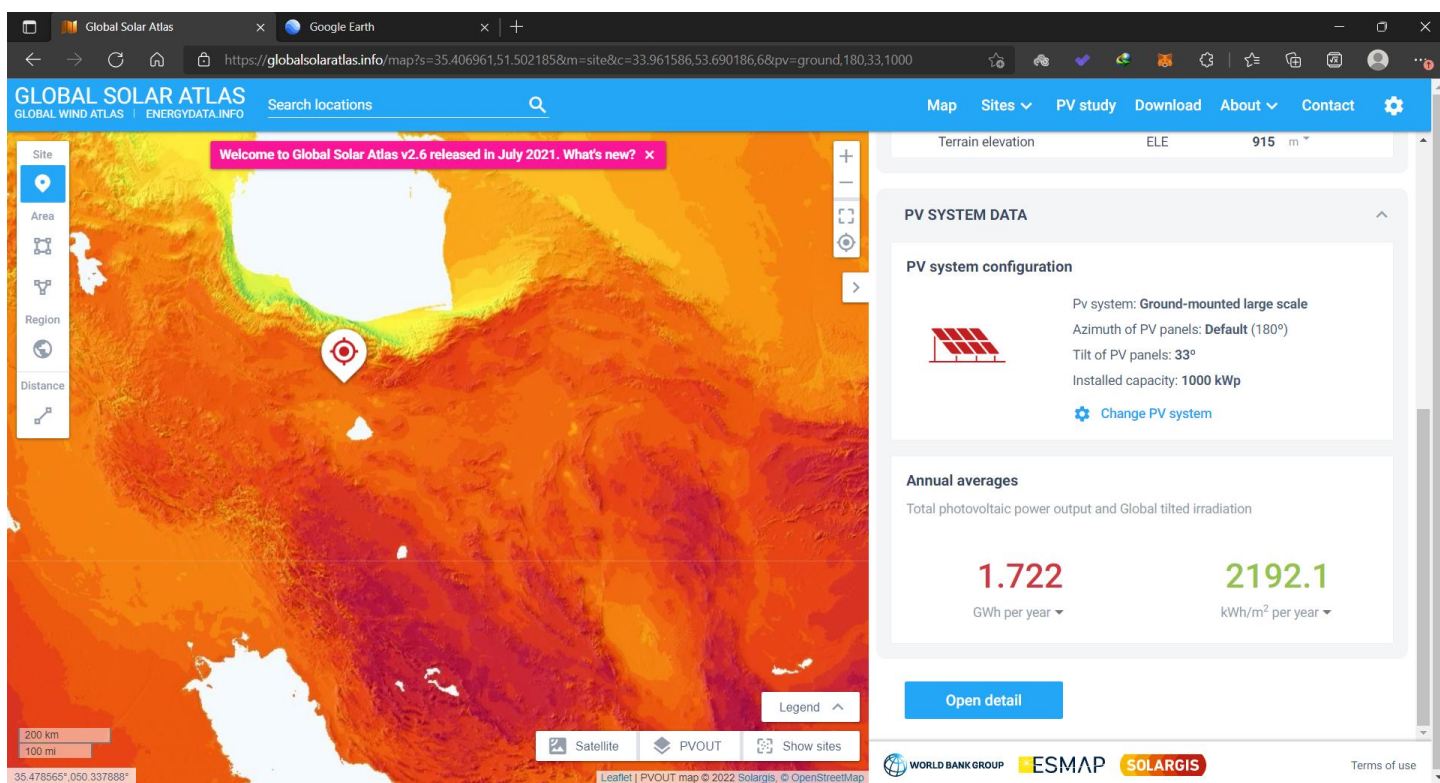
```

فصل پنجم: روش راه اندازی و استفاده از دستگاه

روش راه اندازی این دستگاه به این صورت هست که ابتدا برای تلورانس و ارور (error) و برای اطمینان بیشتر دستگاه را با استفاده از کد زیر کالیبراسیون کرده یعنی میزان تلورانس دو مقاومت نوری را (با به رابطه ی خطی نزدیک) در حالت بی نوری و پرنوری، یکسان میکنیم.

حال یک بار از 0 تا 180 موتورمان را میچرخانیم تا از سالم بودن موتور خود باخبر شویم.

سپس برای بدست آوردن زاویه شمالی جنوبی مناسب از سایت ([Global Solar Atlas](https://globalsolaratlas.info)) یا سایت های معتبر دیگر استفاده می کنیم و از انجایی که جهت شمالی جنوبی ما ثابت هست و خورشید بصورت عمود نمیتابد، ما این قسمت از تنظیمات صفحه خورشیدی را بصورت دستی تنظیم میکنیم که این روش باعث کاهش هزینه ها هم می شود.



حال کد اصلی را اپلود میکنیم و pos را روی 45 درجه یا 135 درجه (بستگی به جهت قرار سروو موتور دارد) تنظیم میکنیم و بعد ان با برخورد نور به فتوسل ها، تحریک شده و زاویه بهینه را برای مان می سازد.

1. [خواندن مقدار مقاومتها \(roshd.ir\)](http://roshd.ir)
2. [Types of Solar Trackers and their Advantages & Disadvantages - SF Magazine \(solarfeeds.com\)](http://Types of Solar Trackers and their Advantages & Disadvantages - SF Magazine (solarfeeds.com))
3. Single-Axis and Dual-Axis Tracking: Advantages and Disadvantages – Solar FlexRack
4. Solar Tracker - Single and Dual Axis Solar Tracking Systems | Solwiser
5. [ردیاب خورشیدی \(SOLAR TRACKER\) چیست؟ \(sepantadp.com\) - +Sepanta](http://ردیاب خورشیدی (SOLAR TRACKER) چیست؟ (sepantadp.com) - +Sepanta)
6. [ردیاب خورشیدی \(sun tracker\) - solar \(armaniasolar.com\)](http://ردیاب خورشیدی (sun tracker) - solar (armaniasolar.com))
7. [انواع ردیاب های خورشیدی و عملکرد آنها در سیستم های فتوولتائیک \(sunirans.ir\)](http://انواع ردیاب های خورشیدی و عملکرد آنها در سیستم های فتوولتائیک (sunirans.ir))
8. Solar Tracking System: Cost & Benefits | Electrical A2Z
9. [What Is a Solar Tracker and Is It Worth the Investment? \(solarreviews.com\)](http://What Is a Solar Tracker and Is It Worth the Investment? (solarreviews.com))
10. [What is the Best Angle for Solar Panels \(mpptsolar.com\)](http://What is the Best Angle for Solar Panels (mpptsolar.com))
11. Global Solar Atlas
12. Google Earth
13. Angle-of-Solar-Panels