

Fotonaponski sustav s praćenjem lokacije sunca

Glavić, Vedran

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:273263>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET

Preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike

Završni rad

FOTONAPONSKI SUSTAV S PRAĆENJEM LOKACIJE SUNCA

Rijeka, siječanj 2023.

Vedran Glavić
0069084039

SVEUČILIŠTE U RIJECI
TEHNIČKI FAKULTET

Preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike

Završni rad

FOTONAPONSKI SUSTAV S PRAĆENJEM LOKACIJE SUNCA

Mentor: Prof. dr. sc. Miroslav Vrankić

Rijeka, siječanj 2023.

Vedran Glavić
0069084039

Rijeka, 21. ožujka 2022.

Zavod: **Zavod za automatiku i elektroniku**
Predmet: **Elektronika II**
Grana: **2.03.03 elektronika**

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: **Vedran Glavić (0069084039)**
Studij: **Preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike**

Zadatak: **Fotonaponski sustav s praćenjem lokacije sunca / Photovoltaic solar tracking system**

Opis zadatka:

Opisati način rada fotonaponskih ćelija. Predložiti način implementacije sustava s fotonaponskim ćelijama koji se rotira prema suncu kako bi se postigla veća učinkovitost. Usporediti predloženu realizaciju sustava sa sličnim postojećim sustavima.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.

Vedran Glavić

Zadatak uručen pristupniku: 21. ožujka 2022.

Mentor:



Prof. dr. sc. Miroslav Vrankić

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:



Prof. dr. sc. Viktor Sučić

IZJAVA

Sukladno članku 8. Pravilnika o završnom radu, završnom ispitu i završetku preddiplomskih sveučilišnih studija/stručnih studija Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, izjavljujem da sam samostalno izradio/izradila završni rad prema zadatku preuzetom dana 21. ožujka 2022.

Rijeka, siječanj 2023.

Vedran Glavić

ZAHVALA

Želio bi se zahvaliti mentoru prof. dr. sc. Miroslavu Vrankiću na strpljivosti za vrijeme pisanja završnog rada. Također, želio bi se zahvaliti roditeljima, sestri i prijateljima koji su bili uz mene i davali mi motivaciju i podršku tijekom cijelog obrazovanja.

SADRŽAJ

| | | |
|------|---|----|
| 1 | UVOD | 3 |
| 2 | ARDUINO | 4 |
| 2.1 | Hardware | 4 |
| 2.2 | Software..... | 7 |
| 3 | SERVO MOTORI..... | 10 |
| 3.1 | Princip rada servo motora..... | 10 |
| 3.2 | AC motori..... | 11 |
| 4 | FOTOOTPORNICI..... | 14 |
| 5 | SOLARNI PANEL | 17 |
| 6 | FOTONAPONSKI SUSTAV ZA PRAĆENJE LOKACIJE SUNCA..... | 20 |
| 6.1 | Fiksni solarni paneli..... | 20 |
| 6.2 | Solarni paneli za praćenje..... | 21 |
| 7 | SHEMA SPOJA..... | 23 |
| 8 | OPIS PROGRAMSKOG KODA..... | 25 |
| 9 | ZAKLJUČAK | 29 |
| 10 | LITERATURA | 30 |
| 11 | SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI / SUMMARY AND KEYWORDS | 31 |
| 11.1 | Sažetak / Summary | 31 |
| 11.2 | Ključne riječi / Keywords..... | 31 |
| 12 | DODATAK..... | 32 |

POPIS ILUSTRACIJA

POPIS TABLICA:

| | |
|--|----|
| Tablica 2.1: Tehničke specifikacije Arduino UNO pločice [2]..... | 6 |
| Tablica 2.2: Značajke Arduina | 9 |
| Tablica 3.1: Usporedba sinkronog i asinkronog motora [7]..... | 13 |

POPIS SLIKA:

| | |
|---|----|
| Slika 2.1: Arduino Uno R3 pločica [1] | 4 |
| Slika 2.2: Shematski prikaz Arduino UNO pločice [3]..... | 7 |
| Slika 2.3: Osnovni program u Arduinu | 8 |
| Slika 3.1: Servo motor [4]..... | 10 |
| Slika 3.2: AC i DC servo motor [5] | 11 |
| Slika 3.3: Sinkroni motor [6]..... | 12 |
| Slika 3.4: Asinkroni motor [7] | 12 |
| Slika 4.1: Fotootpornik [8]..... | 14 |
| Slika 4.2: Struktura fotootpornika [9] | 15 |
| Slika 4.3: Simboli fotootpornika [10] | 15 |
| Slika 4.4: Spektralni odziv fotootpornika izrađenih od različitih materijala, s radnom temperaturom izraženom u K [11] | 16 |
| Slika 5.1: Solarni paneli za kuću [12] | 17 |
| Slika 5.2: Solarni panel na kalkulatoru [13]..... | 18 |
| Slika 5.3: Slojevi solarnog panela [14] | 19 |
| Slika 5.4: Fotonaponski efekt [15] | 19 |
| Slika 6.1: Fiksni solarni panel [16] | 20 |
| Slika 6.2: Jednoosni usmjerivač [17] | 21 |
| Slika 6.3: Dvoosni usmjerivač [17]..... | 22 |
| Slika 7.1: Shema spoja | 23 |
| Slika 8.1: Prvi dio koda..... | 25 |
| Slika 8.2: Drugi dio koda | 26 |
| Slika 8.3: Treći dio koda | 27 |
| Slika 8.4: Četvrti dio koda..... | 28 |

1 UVOD

Ideja solarnog tragača je da se okreće prema Suncu kroz cijeli dan, dok ima svjetlosti tako da može što više energije spremiti. To bi značilo da nije ovisan o samo jednom periodu u danu nego bi se on okretao cijeli dan pomoću dva servo motora u ovom radu.

Za izradu ovog projekta sam odlučio koristiti Arduino jer je open-source elektronička platforma koja se temelji na hardware-u i software-u i jednostavan je za korištenje. Prvenstveno je bio namijenjen studentima bez iskustva u elektronici i programiranju, ali se daljnjim razvojem proširio i postao neizostavni dio svakodnevnice jer je jednostavan za početnike i dovoljno fleksibilan za napredne korisnike. Postoji više vrsta arduina, ali u ovom projektu koristit ćemo Arduino Uno koji je definiran svojim oblikom i položajem ulaznih i izlaznih pinova.

2 ARDUINO

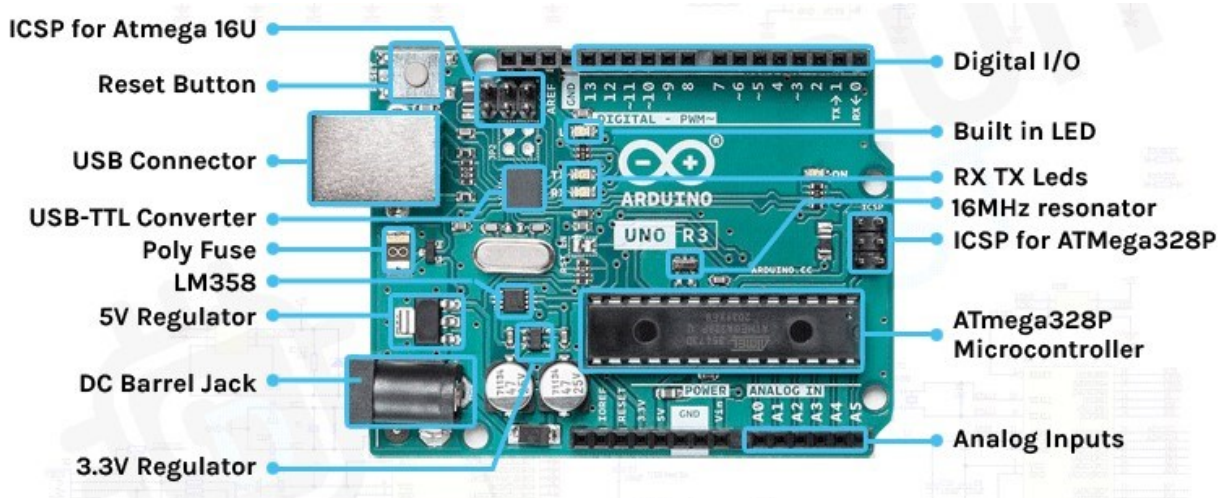
Arduino je open-source elektronička platforma koja se temelji na hardware-u i software-u i jednostavan je za korištenje. U početku je bio namjenjen prvenstveno studentima koji nisu imali iskustva u programiranju i elektronici. Daljnjim razvojem se proširio i postao neizostavni dio svakodnevnice jer je jednostavan za početnike, a dovoljno fleksibilan za napredne korisnike.

Arduino može čitati ulaze kao što je svjetlo na senzoru, prst na gumbu ili poruku na Twitteru i pretvara ih u izlaz kao aktiviranje motora, paljenje LED rasvjete ili objavljivanja nečega na internetu. Mikrokontroleru pošaljemo niz uputa pomoću programskog jezika Arduino koji je temeljen na ožičenju i Arduino software-a (IDE).

2.1 Hardware

Arduino hardware je mikrokontroler montiran na tiskanu pločicu. Sastoji se od jezgre mikrokontrolera s njegovim dopunskim komponentama i strujnog kruga koji je potreban za komunikaciju s računalom. Za potrebe komunikacije ili programiranja koristit ćemo USB u TTL pretvarač koji će biti ugrađen u Arduino pločicu.

Kad kažemo Arduino pločica najprije nam padne na pamet Arduino Uno ili Arduino Nano jer su to najpopularnije pločice. Ali postoji i mnogo drugih varijanti s potpuno drugačijim skupom značajki kao što su mikrokontroleri, broj I/O portova itd.



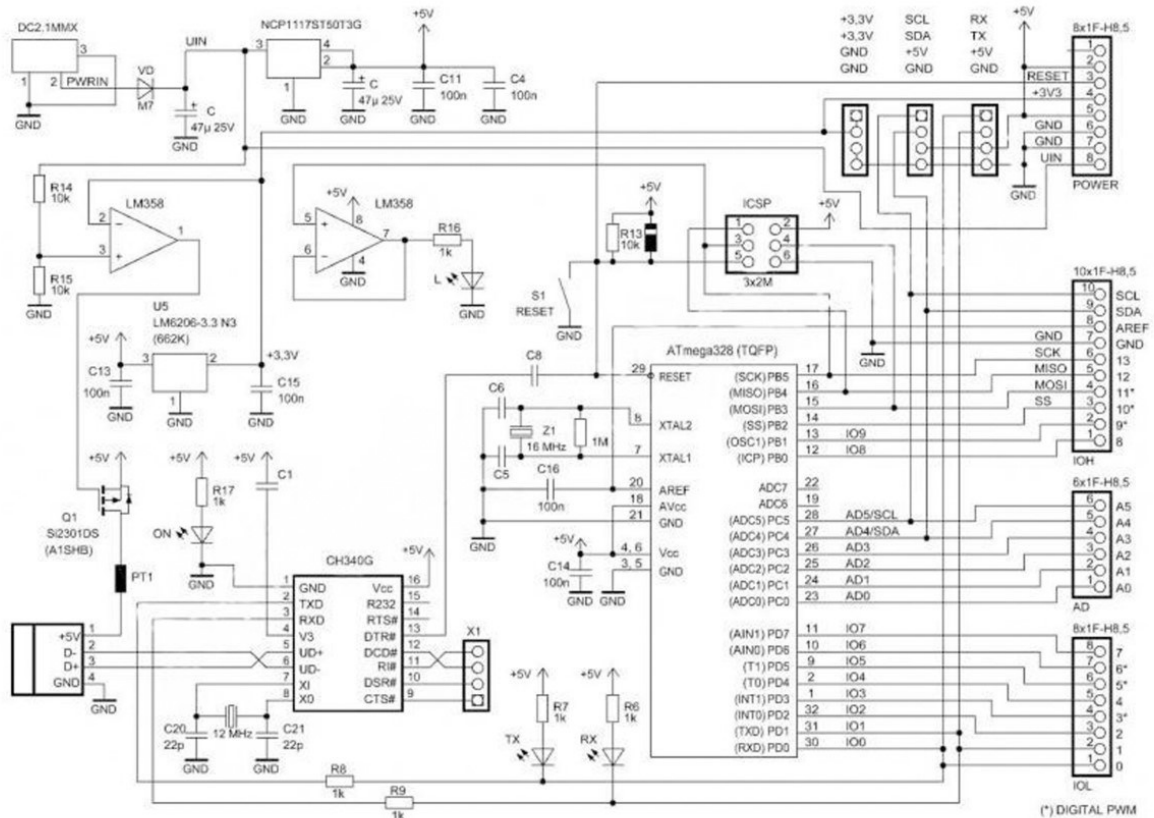
Slika 2.1: Arduino Uno R3 pločica [1]

U nastavku je objašnjen svaki pojedini dio:

- USB connector – ima dvije funkcije, jedna je za komunikaciju s računalom, te za učitavanje firmware-a u Arduino uz pomoć bootloader-a, dok je druga napajanje Arduina.
- Reset button – koristi se za resetiranje ATmega328 mikrokontrolera. Spojen je na reset pin koji je spojen sa otpornikom od 10 k Ω . Kada se stisne ovaj gumb čip se resetira.
- USB-TTL converter – za komunikaciju s računalom Arduino se oslanja na USB-TTL sučelje. ATmega16U s prilagođenim firmware-om djeluje kao čip USB-TTL sučelja.
- 16MHz resonator – mikrokontroler će raditi samo ako ima izvor takta. Koliko će instrukcija izvršiti u sekundi ovisi o frekvenciji takta. Mikrokontroleri serije ATmega mogu koristiti dvije vrste izvora takta. Jedan je interni RC oscilator koji je već ugrađen u mikrokontroler, glavni nedostatak mu je to što je njegova maksimalna frekvencija ograničena i nije točna. Zato postoji drugo rješenje korištenjem eksternog geeratora takta, gdje koristimo kvarcni kristalni oscilator ili keramički rezonator.
- LM358 – koristi se kao komparator za kontrolu ulazne snage. Kada se ulazna snaga osigurava kroz utičnicu ili Vin pin, tada će krug za kontrolu napajanja isključiti USB pin za napajanje što će zapravo zaštititi USB priključak.
- 5V i 3.3V regulator – ATmega328 i ATmega16U2 imaju maksimalni ulazni napon od 5 V, a većina modula radi na 5 V ili 3.3 V.
- Digital i analog I/O – Arduino UNO ima 6 analognih ulaza i 14 digitalnih I/O pinova. Digitalni I/O pinovi su logičke razine od 5 V, a analogne pinove možemo također koristiti kao digitalne I/O.
- LED – Arduino UNO ima 3 LED diode. Jedna se koristi kao indikator snage, a ostale dvije se koriste za prikaz aktivnosti Rx i Tx pinova. Drugi je vezan na digitalni pin 13 koji se može koristiti za testiranje Arduino pločice ili kao indikator.
- ATmega328P microcontroller – unaprijed je programiran s bootloaderom koji nam omogućava da učitamo program izravno na Arduino preko USB kabla bez potrebe za vanjskim programatorom.

Tablica 2.1: Tehničke specifikacije Arduino UNO pločice [2]

| | |
|----------------------------|---------------------------------------|
| Mikrokontroler | ATMega328P |
| Radni napon | 5 V |
| Ulazni napon (preporučeno) | 7-12 V |
| Ulazni napon (granica) | 6-20 V |
| Digitalni I/O izvodi | 14 (od kojih 6 osiguravaju PWM izlaz) |
| PWM digitalni I/O izvodi | 6 |
| Analogni ulazni izvodi | 6 |
| DC struja po I/O izvodi | 20 mA |
| DC struja za 3.3 V izvod | 50 mA |
| Flash memorija | 32 kB od čega 0.5 koristi bootloader |
| SRAM | 2 kB |
| EEPROM | 1 kB |
| Brzina sata | 16 MHz |
| Ugrađene svjetleće diode | 13 |
| Duljina | 68.6 mm |
| Širina | 53.4 mm |
| Težina | 25 g |



Slika 2.2: Shematski prikaz Arduino UNO pločice [3]

Na slici 2.2. je prikazana shema arduino pločice da vidimo kako je sve spojeno na njoj i od kojih se dijelova sastoji.

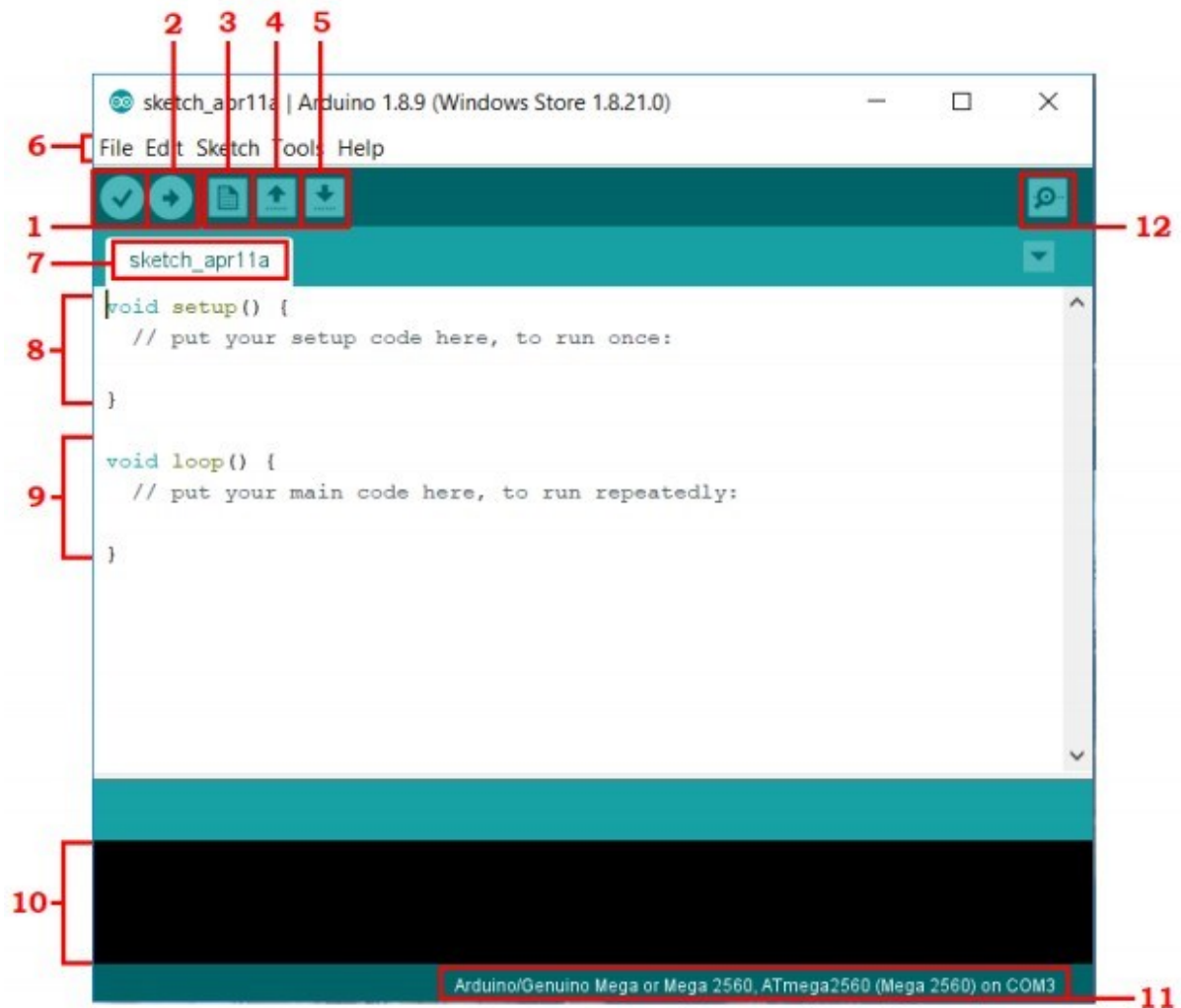
2.2 Software

Programi za Arduino hardware mogu se napisati u bilo kojem programskom jeziku s kompajlerima koji proizvode binarni strojni kod za procesor. Arduino integrirano razvojno okruženje (IDE) je višepatformska aplikacija koja se može koristiti za Microsoft, macOS i Linux., te je napisana u Java programskom jeziku. Arduino IDE podržava jezike C i C++ koristeći posebna pravila strukturiranja koda.

Skice se nazivaju programi koji su napisani pomoću Arduino software-a. Napisane su u obliku teksta i spremaju se u obliku datoteke koja ima nastavak .ino. Datoteku šaljemo na pločicu preko USB kabela i ona govori koje zadatke moramo izvršiti.

Struktura Arduino programa je jednostavna jer za najjednostavniji zadatak njemu trebaju samo dvije funkcije. Prva funkcija se naziva setup() i ona se poziva samo jednom. Koristi se za

inicijalizaciju pinova i pokretanje serijske komunikacije. Druga funkcija se naziva loop() i u nju upisujemo kod. Kada se izvrši funkcija setup() pokreće se funkcija loop(), pa se kontinuirano vrti dok se Arduino se zagasi ili resetira.



Slika 2.3: Osnovni program u Arduinu

Na slici vidimo koje alate nam Arduino sve pruža i objašnjeni su u tablici u nastavku.

Tablica 2.2: Značajke Arduina

| Broj | Objašnjenje |
|------|--|
| 1 | Provjera da li kod ima pogrešaka prilikom kompajliranja |
| 2 | Prenosi kod na pločicu |
| 3 | Stvara novu skicu spremnu za pisanje koda |
| 4 | Izbornik sa već postojećim napisanim kodovima |
| 5 | Služi za pohranu trenutnog napisanog koda |
| 6 | Traka na kojoj se nalaze izbornici sa osnovnim alatima |
| 7 | Naziv trenutne skice |
| 8 | Prostor u koji upisujemo kod koji želimo samo jedanput pokrenut |
| 9 | Prostor u koji upisujemo kod koji želimo da ga petlja ponavlja |
| 10 | Prostor u kojem nam se ispisuje da li je kod uspješno prenesen, ima li grešaka u kodu itd. |
| 11 | Naziv pločice, procesor koji koristimo i na koji port smo spojeni |
| 12 | Otvaranje Serial Monitora koji se može koristiti kao alat za otklanjanje pogrešaka |

3 SERVO MOTORI

Servo motor je rotacijski motor koji omogućava preciznu kontrolu položaja. Sastoji se od motora spojenog sa senzornom za povratnu informaciju o položaju. Ova vrsta motora se sastoji od upravljačkog kruga koji daje povratnu informaciju o trenutnom položaju osovine motora, ta povratna informacija omogućuje servo motorima da se vrte s velikom preciznošću. Ako želimo rotirati objekt pod nekim određenim kutem ili udaljenošću onda koristimo servo motore. Servo motori dolaze s rasporedom zupčanika koji nam omogućuje da dobijemo servo motor vrlo visokog momenta u malim i laganim paketima. Zbog tih značajki možemo primjetiti da se nalazi u raznim aplikacijama, npr. RC helikopteri i zrakoplovi, automobili igračke, robotika, CNC strojevi, automatizirana proizvodnja itd.

Radni mehanizam se temelji na sustavu povratne veze za kontrolu kretanja i konačnog položaja. Referentni ulazni signal se uspoređuje s referentnim izlaznim signalom, a treći signal nastao je povratnom vezom. Taj treći signal djeluje kao ulazni signal za kontrolu uređaja i prisutan je sve dok se generira povratni signal ili postoji razlika između referentnog ulaznog i referentnog izlaznog signala.



Slika 3.1: Servo motor [4]

3.1 Princip rada servo motora

Servo motor se sastoji od motora, potenciometra, sklopa zupčanika i upravljačkog kruga. Sklop zupčanika koristimo za smanjenje broja okretaja u minuti i povećanje momenta motora. U početnom položaju gumb potenciometra je takav da nema generiranog električnog signala na

izlaznom priključku potenciometra. Električni signal se sada daje drugom ulaznom priključku pojačala detektora greške. Razlika između ova dva signala biti će obrađena u mehanizmu povratne veze i izlaz će biti u obliku signala greške. Taj signal greške djeluje kao ulaz za motor i motor se počinje okretati. Kako se mijenja kutni položaj potenciometra tako se mijenja i izlazni povratni signal. Nakon nekog vremena položaj potenciometra dostigne položaj u kojem je izlaz potenciometra isti kao vanjski signal. Te u tom stanju neće biti izlaznog signala jer nema razlike između vanjskog primljenog signala i signala generiranog na potenciometru pa u ovoj situaciji motor se prestaje okretati.

Glavna razlika između AC i DC motora je u načinu upravljanja brzinom vrtnje. Kod DC motora brzina ovisi o promjenjivom naponu. Kod većine izmjeničnih motora brzina je određena frekvencijom napajanja. AC motori su jeftiniji i češće se koriste u primjenama s fiksnom brzinom, dok se DC motori najčešće koriste zbog svoje jednostavnosti kada je potrebna promjenjiva brzina.

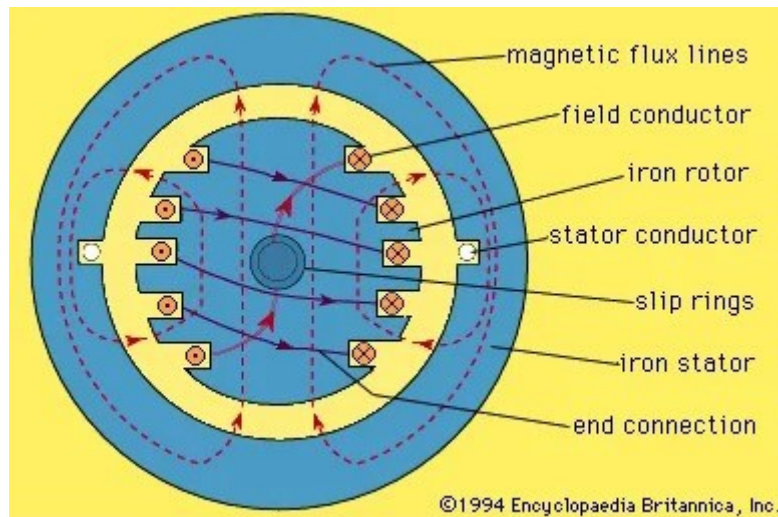


Slika 3.2: AC i DC servo motor [5]

3.2 AC motori

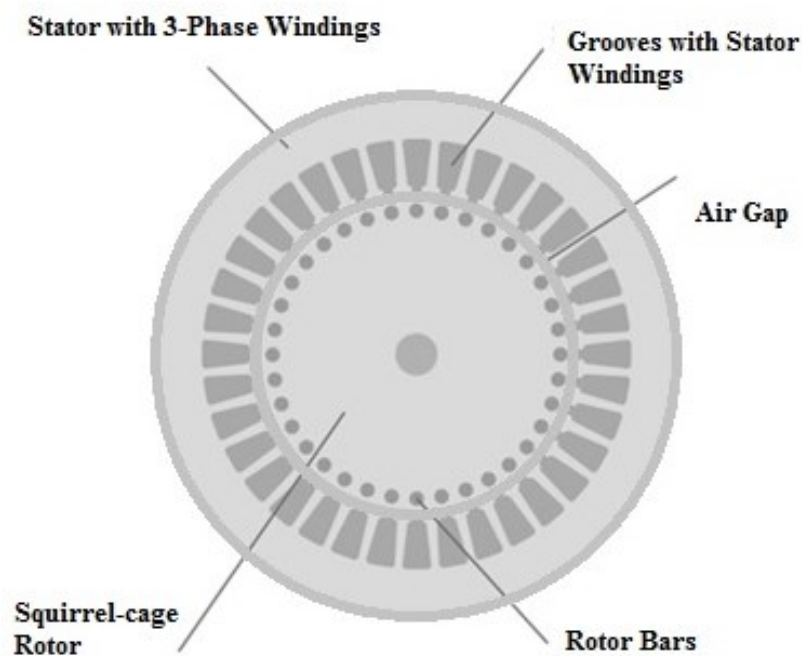
AC motor je električni motor koji se sastoji od statora sa zavojnicom koja se napaja izmjeničnom strujom. Stator je nepomični dio motora dok je rotor rotirajući dio. Mogu biti jednofazni ili trofazni s time da se trofazni motori uglavnom koriste za pretvorbu velike količine energije, dok se jednofazni koriste za male pretvorbe snaga. Postoje dvije vrste AC motora, a to su sinkroni i asinkroni (indukcijski) motori.

Sinkroni motori su motori u kojima se rotor okreće istom brzinom kao i okretno polje. Razlike u statoru nema, ali zato u rotoru ima. Rotor sadrži izolirani namot povezan preko kliznih prstenova ili na neki drugi način s izvorom istosmjerne struje. Jedina prednost sinkronih motora je ta da se magnetsko polje može proizvesti istosmjernom strujom.



Slika 3.3: Sinkroni motor [6]

Asinkroni motor je električni motor koji radi s izmjeničnom strujom. Radi na principu okretnog magnetskog polja koje stvara inducirana struja na statoru. Najčešće se koristi sa tri faze u industriji zbog niske cijene, lakog i jednostavnog održavanja. Elektromagnetsko polje može uzrokovati okretanje rotora manjom brzinom od magnetskog polja statora, razlika između brzina naziva se klizanje.



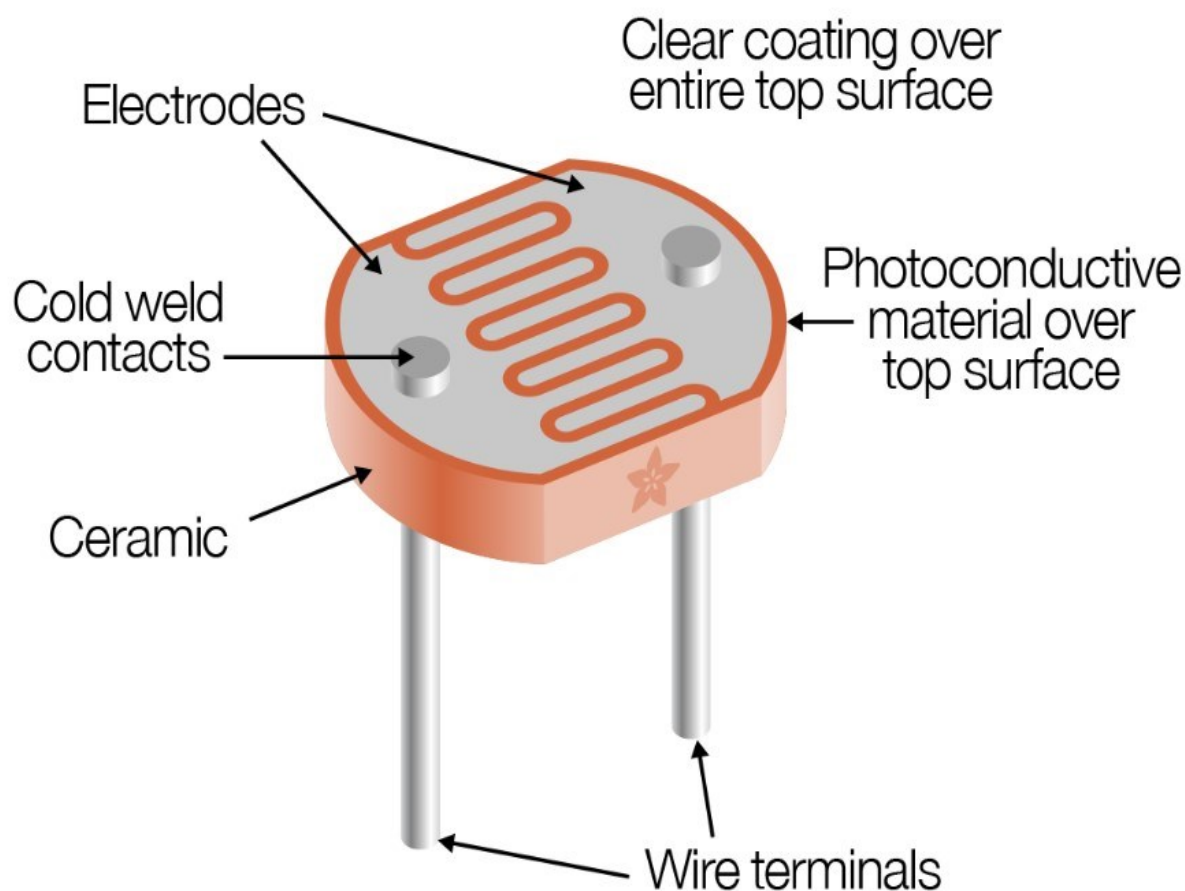
Slika 3.4: Asinkroni motor [7]

Tablica 3.1: Usporedba sinkronog i asinkronog motora [7]

| Fukcija | Sinkroni motori | Asinkroni motori |
|----------------|---|---|
| Definicija | Ovo je jedna vrsta stroja gdje je brzina rotora i brzina magnetskog polja statora jednaka | Ovo je jedna vrsta stroja gdje se rotor okreće manjom brzinom u usporedbi sa sinkronom brzinom |
| Tip | | AC indukcija je također poznata kao asinkroni motor |
| Klizanje | Vrijednost klizanja je nula | Vrijednost klizanja kod asinkronih motora nije jednaka nuli |
| Cijena | Skuplji je | Jeftiniji je |
| Učinkovitost | Visoka učinkovitost | Niska učinkovitost |
| Brzina | Brzina motora ne ovisi o opterećenju | Brzina motora se smanjuje kada se opterećenje poveća |
| Struja | Opskrba strujom može se dati rotoru u motoru | Rotor u ovom motoru ne treba struju |
| Samopokretanje | Ovaj motor se ne pokreće sam | Ovaj motor se pokreće sam |
| Moment | Jednom kada se primijenjeni napon promijeni, to neće utjecati na okretni moment ovog motora | Kad se primijenjeni napon promijeni, to će utjecati na moment ovog motora |
| Faktor snage | Faktor snage se može promijeniti kada se pobuda promijeni na temelju zaostajanja ili vođenja | Radi jednostavno pri zaostatku faktora snage |
| Primjena | Ovi motori se koriste u industriji, elektranama itd. Ovaj motor se također koristi kao regulator napona | Ovi motori su primjenjivi u ventilatorima, centrifugalnim pumpama, tvornicama papira, puhalima, dizalima, kompresorima i tvornicama tekstila itd. |

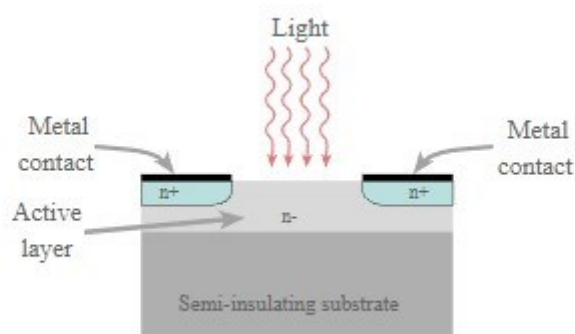
4 FOTOOTPORNICI

Fotootpornici ili otpornici ovisni o svjetlu (LDR) su poluvodičke komponente osjetljive na svjetlost koje se najčešće koriste za indicaciju prisutnosti ili odsutnosti svjetlosti ili za mjerenje inteziteta svjetlosti. U tami im otpor zna narasti do 1 M Ω , ali kad se senzor izloži svjetlosti otpor drastično padne i do nekoliko ohma, ovisno koliko je osjetljiv na svjetlost. Kako bi se povećala tamna otpornost i smanjila struja oblikuje se otporna staza u obliku cik-cak uzorka preko keramičke podloge.



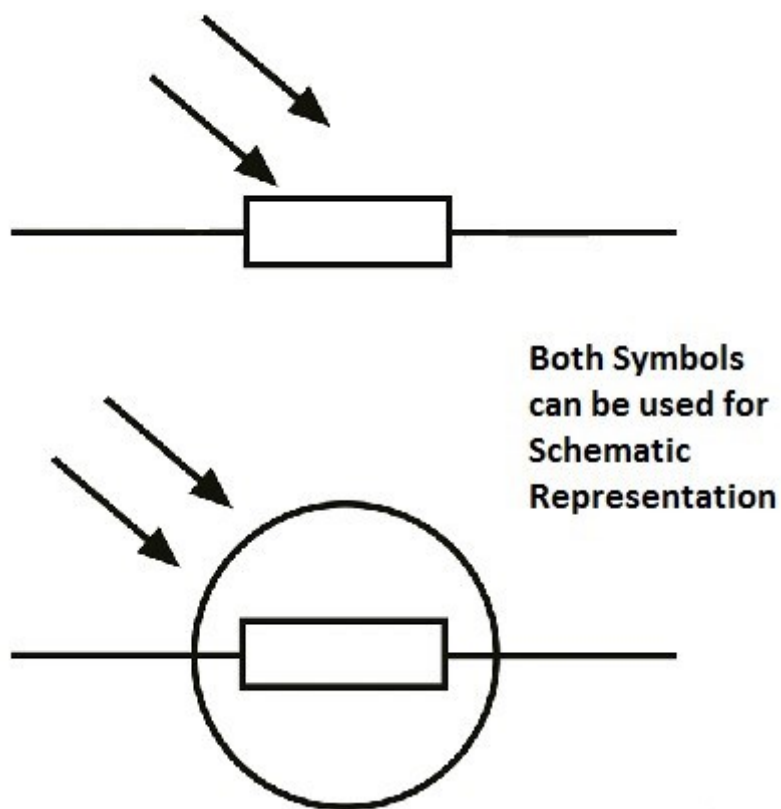
Slika 4.1: Fotootpornik [8]

Na temelju korištenih materijala mogu se podijeliti u dvije skupine intrinzične i ekstrinzične. Intrinzični fotootpornici koriste nedopirane materijale kao što su silicij ili germanij. Fotoni koji padnu na njih pobuđuju elektrone iz valentnog pojasa u vodljivi pojas, to stvara više slobodnih elektrona u materijalu koji su dostupni za prijenos struje, a samim time i smanjuju otpor. Ekstrinzični fotootpornici su izgrađeni od materijala dopiranih nečistoćama koji se još nazivaju i dopanti. Oni stvaraju novi energetska pojas iznad postojećeg valentnog pojasa gdje se nalaze elektroni.



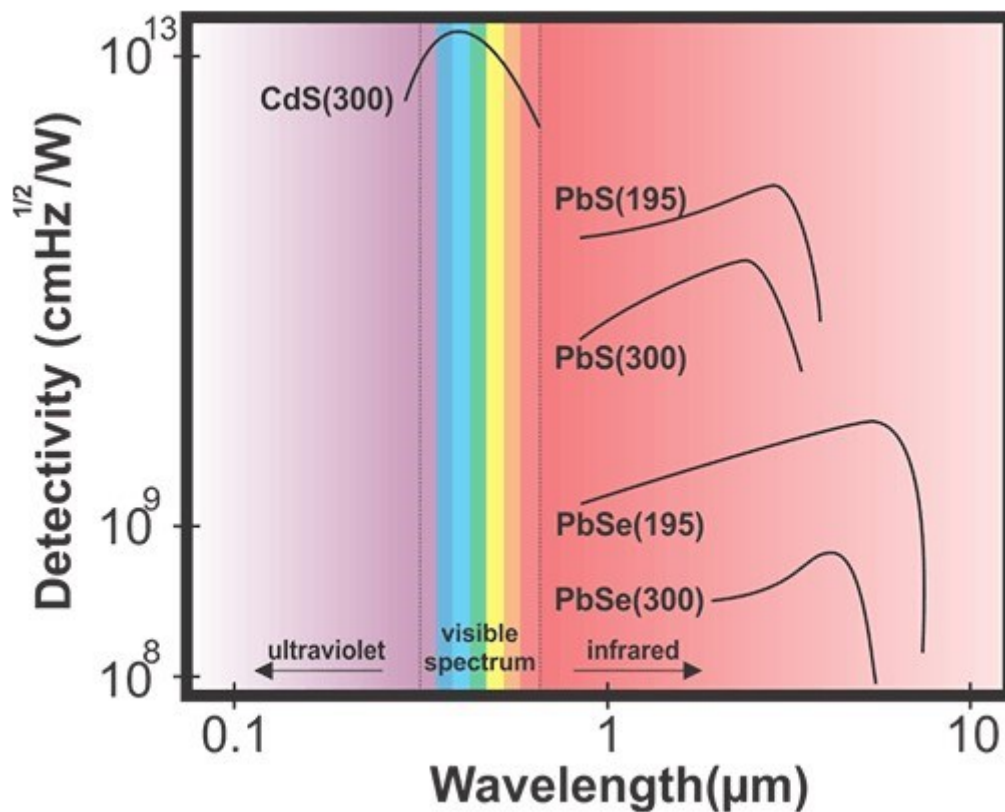
Slika 4.2: Struktura fotootpornika [9]

Foto tranzistor i foto dioda imaju veću osjetljivost u odnosu na fotootpornik. Ako se intezitet svjetlosti održava konstantnim otpor može varirati zbog promjene temperature, tako da su osjetljivi i na promjene temperature. Zbog toga svojstva fotootpornici nisu prikladni za precizna mjerenja inteziteta svjetlosti.



Slika 4.3: Simboli fotootpornika [10]

Osjetljivost fotootpornika ovisi o valnoj duljini svjetlosti. Otpornost se neće promjeniti ako se valna duljina nalazi izvan određenog napona, odnosno nije osjetljiv u tom rasponu svjetlosnih valnih duljina. Različiti materijali imaju različite karakteristike. Ekstrinzični fotootpornici dizajnirani su za veće valne duljine svjetlosti s tendencijom prema infracrvenom području. Kada radimo u infracrvenom području potrebno je paziti da se izbjegne nakupljanje topline koje bi moglo utjecati na mjerenja zbog toplinskog učinka.



Slika 4.4: Spektralni odziv fotootpornika izrađenih od različitih materijala, s radnom temperaturom izraženom u K [11]

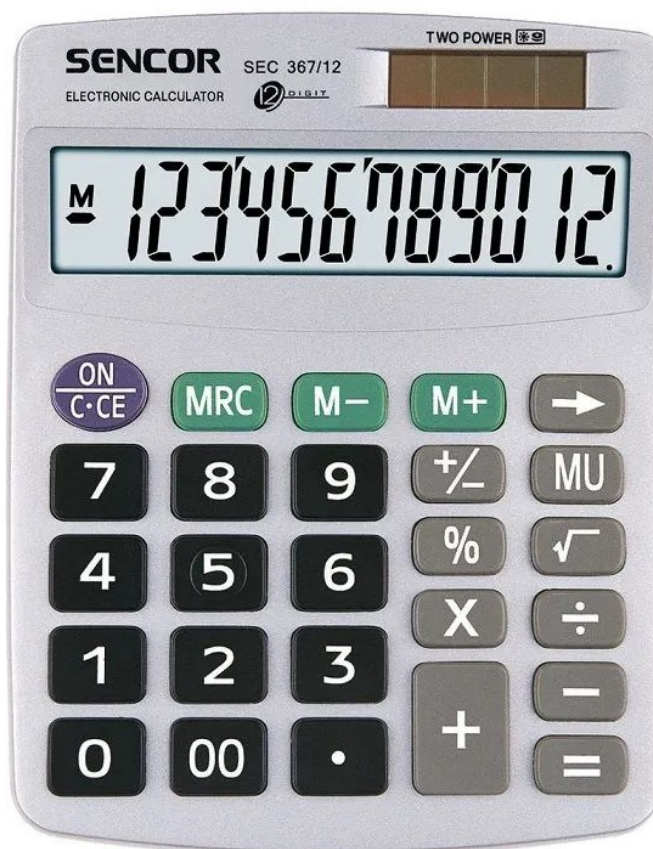
5 SOLARNI PANEL

Sami počeci solarne energije sežu više od 100 godina unatrag. Najprije se solarna energija koristila za proizvodnju pare kojim bi se kasnije pogonili strojevi. Tek kasnije je Edmond Becquerel otkrio fotonaponski efekt koji je omogućio pretvorbu sunčeve svjetlosne energije u električnu energiju. Becquerelovo otkriće je 1893. godine potaknulo Charlesa Frittsa da izumi prvu solarnu ćeliju koja je nastala prevlačenjem ploča selena s tankim slojem zlata. I tako je nastao uređaj koji je danas nama poznat kao solarni panel.

Russel Ohl je patentirao prvu silicijsku solarnu ćeliju 1941. godine, koja je dovela do proizvodnje prve solarne ploče 1954. Prvu značajniju ulogu solarni paneli su imali u svemirskim satelitima. Većina ljudi svoj prvi kontakt sa solarnim panelima imali su oko 1970-ih kada su bili ugrađeni u kalkulatore.

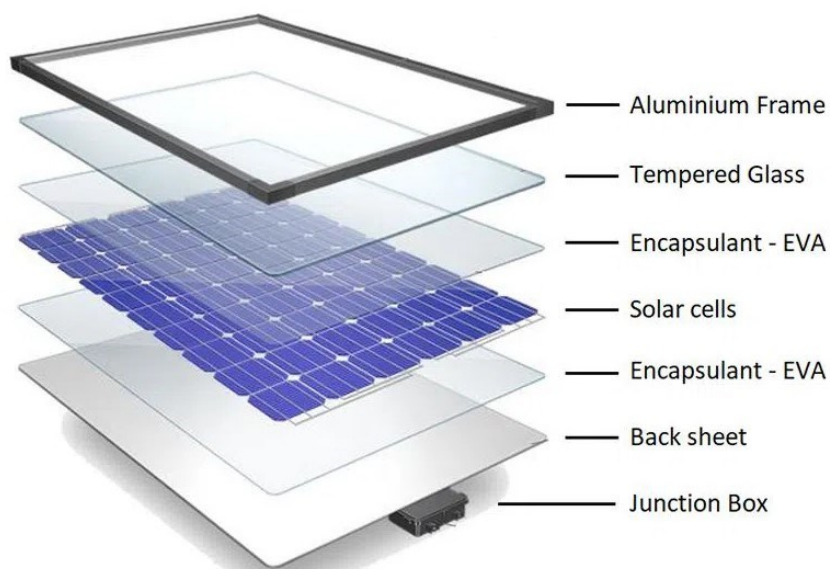


Slika 5.1: Solarni paneli za kuću [12]



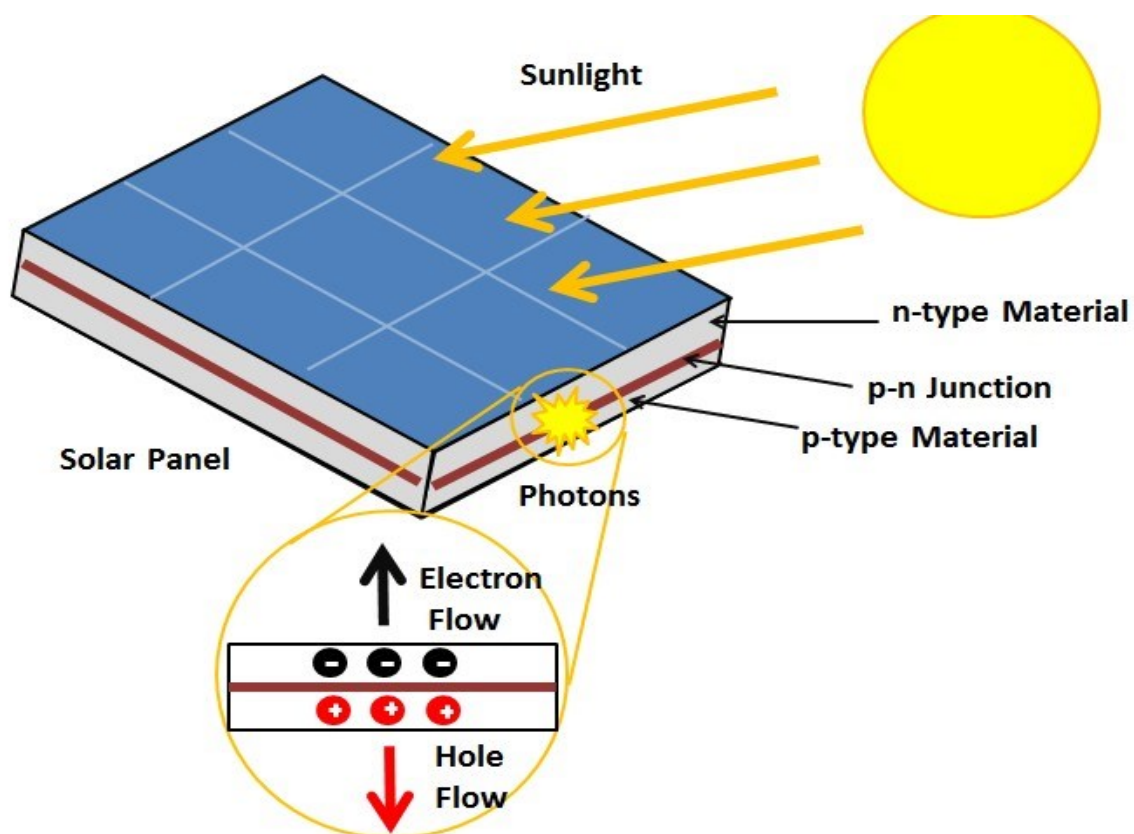
Slika 5.2: Solarni panel na kalkulatoru [13]

Solarni paneli su poznati još kao fotonaponski paneli koji hvataju obnovljivu sunčevu energiju u obliku svjetlosti i pretvaraju je u električnu energiju koja se zatim može koristiti za napajanje kućanskih potrošača. Sastoje se od nekoliko solarnih ćelija koje su sastavljene od slojeva silicija, fosfora (koji daje negativan naboj) i bora (koji daje pozitivan naboj). Paneli apsorbiraju fotone i na taj način pokreću električnu struju. Energija generirana iz fotona koji udaraju u površinu solarne ploče omogućuje elektronima da budu izbačeni iz svojih atomskih orbita i pušteni u električno polje koje generiraju solarne ćelije koje zatim povlače te slobodne elektrone u struju. Cijeli ovaj proces je poznat kao fotonaponski efekt.



Slika 5.3: Slojevi solarnog panela [14]

Na slici 5.3. vidimo od čega se sve sastoji panel i od koliko slojeva.



Slika 5.4: Fotonaponski efekt [15]

Na slici 5.4. prikazan je cijeli proces fotonaponskog efekta.

6 FOTONAPONSKI SUSTAV ZA PRAĆENJE LOKACIJE SUNCA

Današnji problemi nedostatka energije s kojima se suočava svijet je potaknulo istraživače da pronađu alternativni izvor energije koji bi nadopunio fosilno gorivo. Alternativni izvori energije uključuju sunce, nuklearnu energiju i vjetar. Solarna energija je energija koja se stvara iskorištavanjem snage sunčevog zračenja. To je najčešći izvor energije koji najmanje zagađuje klimu. Glavni problem sa solarnom energijom je njezina razriježena priroda. Čak i u najtoplijim područjima na zemlji, raspoloživi tok sunčevog zračenja rijetko prelazi 1 kW/m što je nedovoljno za tehnološko iskorištavanje. Ovaj problem se može riješiti pomoću uređaja za praćenje solarne energije koji osigurava maksimalan intezitet sunčevih zraka koji padaju na površinu ploče od izlaska do zalaska sunca. Procijenjeno je da se prinos od solarnih panela može povećati za 30 do 60 posto korištenjem sustava za praćenje umjesto stacionarnog niza.

6.1 Fiksni solarni paneli

Fiksni solarni paneli naspram solarnih panela za praćenje izazvali su mnoge rasprave. Osobe koje se okreću pouzdanoj energiji traže najbolju opciju za svoje potrebe, dom ili posao.

Fiksni solarni sustav je postavka sa solarnim panelima povezanim na jednom mjestu. Solarni paneli nisu dizajnirani da se pomiču, već ostaju nepomični i skupljaju svu sunčevu svjetlost koja dopire do ćelije. Postoje dva glavna načina da imamo fiksni solarni sistem, prvi način je tipična ugradnja na krovu kuće ili zgrade, dok je drugi način struktura na tlu sa solarnim panelima postavljenim određenim redoslijedom.

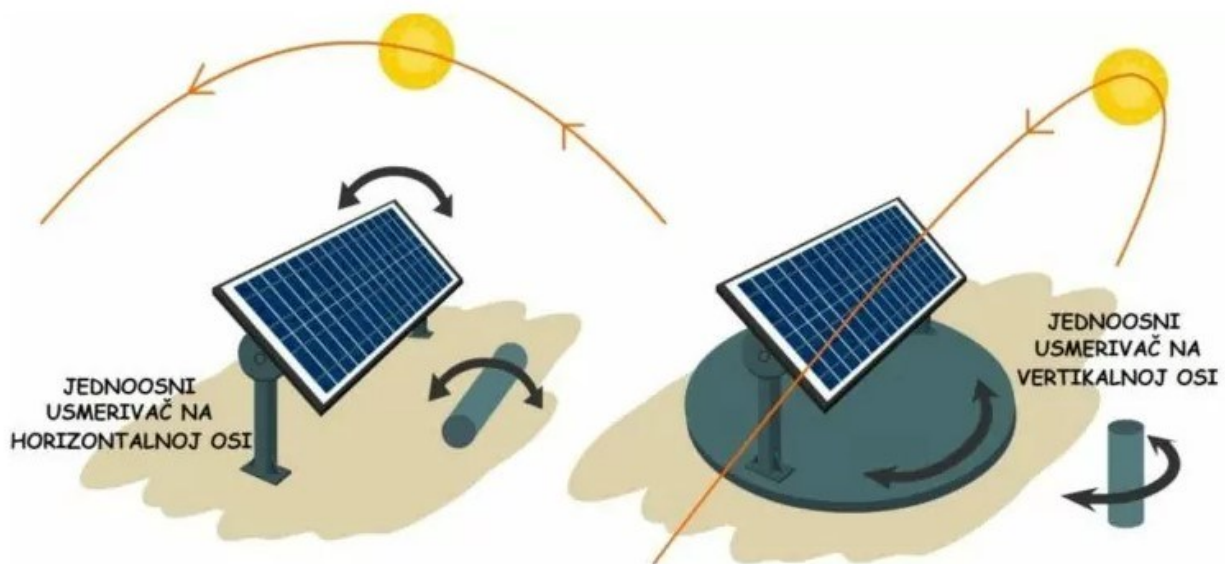


Slika 6.1: Fiksni solarni panel [16]

6.2 Solarni paneli za praćenje

Solarni sustav za praćenje omogućuje panelima da prate Sunce dok se Zemlja okreće oko svoje osi. Ova tehnologija omogućuje solarnim panelima da proizvedu više energije tijekom dana jer su paneli uvijek okrenuti prema Suncu kako bi se postigla veća učinkovitost. Sustav za praćenje zahtijeva različite postavke od fiksnih jer pokretne komponente uzrokuju pomicanje panela u različitim smjerovima. Tehnologija je novija i nastavlja se razvijati za veću produktivnost. Solarni uređaji za praćenje mogu biti pasivni, ručni ili aktivni. Ručni uređaji za praćenje zahtijevaju da ih mi ručno pomaknemo. Pasivni sustavi koriste tekućinu i toplinu što uzrokuje nagnjanje u smjeru sunca. Aktivni sustavi koriste motore i senzore za praćenje Sunca.

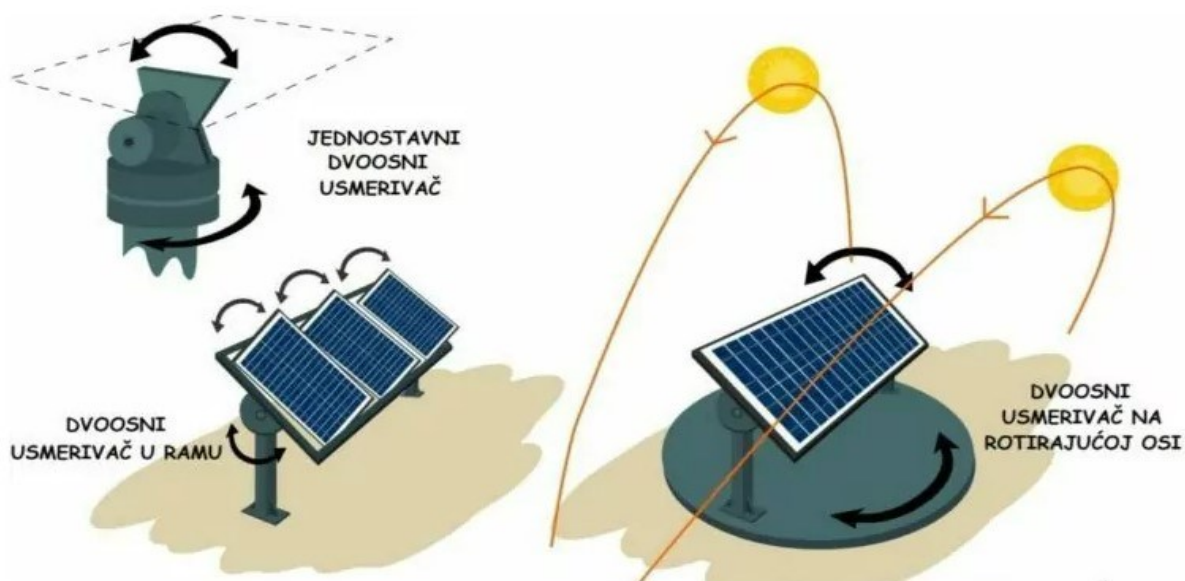
Postoje dvije glavne vrste solarnih sustava za praćenje koje se može koristiti za povećanje solarnog unosa. Jednosoni solarini uređaj za praćenje koristi jedan motor na ploči s nagnutim kutom za praćenje Sunca dok se Zemlja okreće. Os se može kretati u različitim smjerovima kako bi se povećao kontakt solarnog panela sa sunčevim zrakama. Mogućnosti postavljanja rasporeda su vodoravna od jug-sjever, vodoravna os istok-zapad i ugradnja okna pod nagibom. Na slici 6.2. prikazan je jednoosni usmjerivač.



Slika 6.2: Jednoosni usmjerivač [17]

Solarni uređaj za praćenje s dvije osi ima mogućnost rotacije u svim smjerovima, stoga prati Sunce u kojem god smjeru ono bilo ovisno o lokaciji. Sustav prati sjever-jug i istok-zapad što ga čini

boljim izborom za korištenje. Na slici 6.3. je prikazano navedeno.



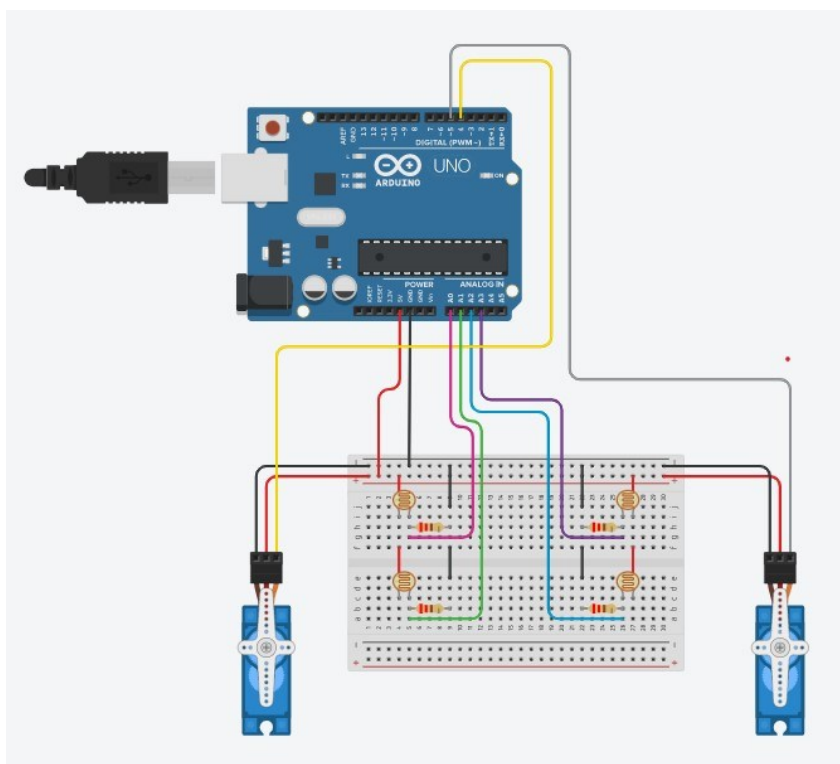
Slika 6.3: Dvoosni usmjerivač [17]

Način okretanja ovisi o kojoj se vrsti sistema radi, mogu se okretati ručno ili preko motora. U slučaju okretanja motorom postoji mogućnost da se dijelovi unutar motora slome.

7 SHEMA SPOJA

Shemu smo napravili u programu Tinkercad koji je izvrstan alat koji nam omogućava simulaciju sustava temeljenih na Arduino. Tinkercad Circuits je značajka u kojoj možemo vježbati izgradnju sklopova i programiranje. Podržani mikrokontroleri su Arduino Uno i MicroBit tako da možemo naizmjenično kodirati u blokovskim ili tekstualnim formatima. Ako želimo prakticirati oboje Tinkercad može prevesti jedan format u drugi, omogućujući nam prebacivanje između oba prikaza. Uz biblioteku primjera projekata, dostupno je više od 100 komponenti, od jednostavnog LED-a do istosmjernog motora. Ova potpuno integrirana i jedinstvena značajka lako čini Tinkercad sveobuhvatnim mjestom za jednostavnu elektromehaničku izradu prototipova. Velika prednost Tinkercad-a je ta što nije potreban vrhunski hardver ili memorija, već je dovoljno imati pristup internetu.

Ulazni pinovi su u obliku pinova s slovom A i brojem (A0, A1, A2...). Na njih spajamo žice sa sensorima. Ti pinovi su u principu mali multimetri. Oni mjere koja je vrijednost signala i onda to pretvaraju u digitalni oblik. Oni su pod brojevima 2, 3, 4 itd. Izlazni pinovi služe za aktiviranje izvršnih jedinica poput motora ili LED-ica tako što daju napon kada je uvjet u programu ispunjen. Napajanje se sastoji od pinova sa 5 i 3.3 V, i GND-a odnosno minusa ili grounda. Time napajamo shemu senzora na breadboardu ili tiskanoj pločici.



Slika 7.1: Shema spoja

Ulazni pinovi su spojeni na fotootpornike koji očitavaju iz kojeg smjera dolazi najviše svjetlosti. Zatim šalju svoje podatke nazad u Arduino koji šalje naredbu servo motorima kako da se pozicioniraju. Servo motori imaju tri žice koje su spojene na napajanje od 5 V, na GND (minus) i na izlazne pinove. Otpornici služe za smanjivanje struje da fotootpornik (LDR) ne pregori, u ovom slučaju koristili smo četiri otpornika od 220 Ω .

8 OPIS PROGRAMSKOG KODA

```
#include <Servo.h>

int ldr1 = A0;
int ldr2 = A1;
int ldr3 = A2;
int ldr4 = A3;
int pos = 90;
int pan = 90;

Servo servopos;
Servo servopan;
```

Slika 8.1: Prvi dio koda

Najprije pozovemo naredbu kojom uvozimo sve podatke potrebne za rad servo motora. Taj skup podataka se zove Library, u ovom slučaju se zove Servo.h. Zatim od `int ldr1 = A0` pa do `int ldr4=A3`, to znači da smo tim objektima (LDR) rezervirali ulazne pinove. `int pos = 90` i `int pan = 90` znači da je početna inicijalna pozicija servo motora 90 stupnjeva. `Servo servopos` i `Servo servopan` znači da stvaramo objekte za servo motore. To znači da je element naziva `servopan` ili `servopos` zapravo servo motor i da koristi naredbe iz Libraryja za servo.


```

void setup() {

    pinMode(A0, INPUT);
    pinMode(A1, INPUT);
    pinMode(A2, INPUT);
    pinMode(A3, INPUT);

    servopos.attach(4);
    servopan.attach(5);
}

void loop() {
    int ldr1=analogRead(A0);
    int ldr2=analogRead(A1);
    int ldr3=analogRead(A2);
    int ldr4=analogRead(A3);
}

```

Slika 8.2: Drugi dio koda

Unutar void setup () funkcije postavljamo osnovne postavke programa: pinMode definira je li spojeni pin ulaz ili izlaz, a attach znači da je taj pin u zagradi kontrolni ili signalni pin za servo motor. U void loop () započinjemo petlju. Od int ldr1 = analogRead(A0) i tako sve do int ldr4 = analogRead(A3) se odnosi na podatak koji se koristi u programu, zapravo očitava s ulaznog pina zapisanog u zagradi.


```
if (ldr1 > ldr4){
    pan ++;
    servopan.write(pan);
    delay(10);
}

if (ldr4 > ldr1){
    pan --;
    servopan.write(pan);
    delay(10);
}

if (ldr4 == ldr1){
    pan = 0;
    servopan.write(pan);
    delay(10);
}
```

Slika 8.3: Treći dio koda

Nakon toga slijede IF uvjeti. Sama riječ govori da je riječ o uvjetu. Taj uvjet je zapisan u zagradi, a ako se ispuni u tom slučaju se provodi dio programa ispod tog uvjeta koji je malo uvučen. Ako se ne ispuni program ili čeka da se ispuni ili ide na drugi uvjet koji će biti ispunjen i tako ispočetka.

```

if (ldr3 > ldr2){
    pos ++;
    servopos.write(pos);
    delay(10);
}

if (ldr2 > ldr3){
    pos --;
    servopos.write(pos);
    delay(10);
}

if (ldr3 == ldr2){
    pos = 0;
    servopos.write(pos);
    delay(10);
}
}

```

Slika 8.4: Četvrti dio koda

Pos ++ ili pos -- znači da se servo motor kontinuirano zakreće u jednu ili drugu stranu. Taj pos je zapravo pozicija osovine motora. Servopos.write(pos) ili servopan.write(pan) znači da servo motor krene sa rotacijom osovine. Delay je jednostavno odgoda, odnosno čekanje programa koje je potrebno da se program stabilizira ili da rezultat bude precizniji. Mjeri se u milisekundama.

To bi bilo to što se tiče dijelova programa. Preostaje objasniti kako sam sustav funkcionira. U principu se uspoređuju vrijednosti otpornika i to tako da se uspoređuju otpornici po dijagonalni, koji nisu susjedni. To bi značilo da uspoređujemo ldr1 sa ldr4 i ldr2 sa ldr3. Cilj projekta je da svi otpornici dobiju jednaku količinu svjetla, a automatski i fotonaponski panel između njih. To bi značilo da ako ldr1 ima više svjetla od ldr4, da se panel zarotira tako da imaju podjednako svjetla. A ako ldr3 ima više svjetla od ldr2 postolje se zarotira tako da opet imaju podjednako svjetla. Vrijedi i obratno.

9 ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme električna energija je postala vrlo bitna za čovječanstvo. Sve veća potražnja za električnom energijom dovodi do iscrpljivanja ugljena i fosilnih goriva dostupnih ljudima. Budući da će se fosilna goriva iscrpiti, a to što nisu čisti izvor energije još je jedan nedostatak. U ovoj eri enormne potražnje za energijom, široko istraživanje i razvoj obnovljivih izvora energije je obavezno. Korištenje solarne energije može biti u velikoj mjeri korisno. Kako bi se većina energije dobivala iz fotonaponskih ćelija, razvoj bi se trebao usredotočiti na postizanje veće učinkovitosti pomoću nizova solarnih panela. Različiti intenzitet sunčeve svjetlosti značajno doprinosi smanjenju učinkovitosti.

Korištenje solarnih panela vrlo je praktičan način proizvodnje električne energije za mnoge primjene. Kolibe, vikendice i ostali udaljeni domovi imaju dobre koristi od solarnih energetske sustava. Najveća prednost solarnih panela je ta da koriste čist i obnovljiv izvor energije. S pojavom klimatskih promjena postaje sve važnije učiniti sve što možemo kako bismo smanjili pritisak na atmosferu. Prosječna kuća ima više nego dovoljno krovne površine za neophodan broj solarnih panela za proizvodnju dovoljno solarne električne energije za opskrbu svih svojih energetske potreba. Budući da se Zemlja rotira, praćenjem će se pokušati povećati učinkovitost solarnih panela.

10 LITERATURA

- [1] <https://circuitdigest.com/article/everything-you-need-to-know-about-arduino-uno-board-hardware>
- [2] <https://ardubotics.eu/hr/arduino-plocice/1885-arduino-uno-rev3.html>
- [3] http://electronoobs.com/eng_arduino_tut31_sch3.php
- [4] <https://ardubotics.eu/en/motors-actuators/1684-towerpro-micro-servo-motor-180-degree-sg90.html>
- [5] <https://realpars.com/servo-motor/>
- [6] <https://www.britannica.com/technology/electric-motor/Synchronous-motors>
- [7] <https://www.elprocus.com/what-is-an-asynchronous-motor-construction-its-working/>
- [8] <https://learn.adafruit.com/assets/35644>
- [9] https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/resistors/light-dependent-resistor-ldr.php
- [10] <https://www.circuitstoday.com/photoresistor>
- [11] <https://eepower.com/resistor-guide/resistor-types/photo-resistor/#>
- [12] <https://hoora.hr/2018/12/20/solarni-paneli-za-kucu/>
- [13] <https://www.mall.hr/kalkulatori/sencor-dzepni-kalkulator-sec-367-12>
- [14] <https://ba.dsnsolar.com/info/the-different-materials-used-to-make-solar-pan-54367795.html>
- [15] https://energyeducation.ca/encyclopedia/Photovoltaic_effect
- [16] <http://hr.pv-mounting.com/roof-mounting-system/flat-roof-mounting-system/fixed-tilt-system.html>
- [17] <https://nasuncanojstrani.hr/oprema/napredne-tehnologije-solarne-elektrane/>

11 SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI / SUMMARY AND KEYWORDS

11.1 Sažetak / Summary

U ovom radu je predloženo rješenje kako bi se što više iskoristilo sunčeve svjetlosti koja je obnovljiv izvor energije. Za izradu je potrebno spojiti sve komponente na Arduino pločicu na kojoj se nalazi program koji daje naredbe komponentama. U komponente spadaju solarni panel, otpornici, četiri fotootpornika koji se nalaze na kutovima solarnog panela i očitavaju odakle dolazi najviše svjetlosti, te dva istosmjerna servo motora koja precizno pomiču panel tako da što više svjetlosti padne na njega. Napravljeno je vizualno rješenje u programu Tinkercad.

In this work, a solution is proposed to make the most of sunlight, which is a renewable source of energy. To make it, it is necessary to connect all the components to the Arduino board on which there is a program that gives commands to the components. The components include the solar panel, resistors, four photoresistors that are located at the corners of the solar panel and read where the most light is coming from, and two DC servo motors that precisely move the panel so that as much light as possible falls on it. A visual solution was created in the Tinkercad program.

11.2 Ključne riječi / Keywords

Arduino, solarni panel, fotootpornik, servo motori, Tinkercad

Arduino, solar panel, photoresistor, servo motors, Tinkercad

12 DODATAK

Programski kod:

```
#include <Servo.h>

int ldr1 = A0;
int ldr2 = A1;
int ldr3 = A2;
int ldr4 = A3;
int pos = 90;
int pan = 90;

Servo servopos;
Servo servopan;

void setup(){

    pinMode(A0,INPUT);
    pinMode(A1,INPUT);
    pinMode(A2,INPUT);
    pinMode(A3,INPUT);

    servopos.attach(4);
    servopan.attach(5);
}

void loop(){
    int ldr1=analogRead(A0);
    int ldr2=analogRead(A1);
    int ldr3=analogRead(A2);
```

```
int ldr4=analogRead(A3);
```

```
if (ldr1 > ldr4){  
  pan ++;  
  servopan.write(pan);  
  delay(10);  
}
```

```
if (ldr4 > ldr1){  
  pan --;  
  servopan.write(pan);  
  delay(10);  
}
```

```
if (ldr4 == ldr1){  
  pan = 0;  
  servopan.write(pan);  
  delay(10);  
}
```

```
if (ldr3 > ldr2){  
  pos ++;  
  servopos.write(pos);  
  delay(10);  
}
```

```
if (ldr2 > ldr3){  
  pos --;  
  servopos.write(pos);  
  delay(10);  
}
```

```
if (ldr3 == ldr2){  
  pos = 0;  
  servopos.write(pos);  
  delay(10);  
}  
  
}
```