

Srednja škola Pere Zečevića

Odžak

ZAVRŠNI RAD

Zanimanje: **TEHNIČAR RAČUNARSTVA EU VET**

Tema: **Automatski solarni sustav**

Mentor:

Ivica Gudelj

Kandidat:

Ilija Jazvić, IV. d

Odžak, travanj 2020. godine

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ISKORIŠTAVANJE SOLARNE ENERGIJE	2
3. FOTONAPONSKE ČELIJE.....	3
3.1. Princip rada fotonaponskih ćelija	3
4. SOLARNI SUSTAVI.....	4
4.1. Komponente solarnih sustava.....	5
4.1.1. Solarne baterije	5
4.1.2. Regulator punjena.....	5
4.1.3. DC/AC pretvarač.....	6
5. AUTOMATSKI SOLARNI SUSTAVI	7
5.1. Vrste sustava za praćenje.....	7
5.2. Vrste pogona	8
6. IZRADA AUTOMATSKOG SOLARNOG SUSTAVA.....	9
6.1. Komponente	9
6.1.1. Arduino Uno	9
6.1.2. Servo motori.....	10
6.1.3. Svjetlosni senzori	10
6.1.4. Solarni panel	11
6.1.5. Breadboard	11
6.2. Izrada makete za praćenje sunca	11
6.3. Princip rada.....	12
7. SCHEME	14
8. KOD	15
9. TROŠKOVNIK.....	17
10. ZAKLJUČAK	18
11. LITERATURA.....	19

1. UVOD

Sunčeva energija je najvažniji, najčišći i najrasprostranjeniji oblik energije na zemlji o kojoj ovisi svako živo biće. Kroz povijest smo naučili kako iskoristiti sunčevu energiju u svoje svrhe npr. da je pretvorimo u toplinsku energiju ili neku drugu energiju. No danas, u modernije doba, sunčevu energiju koristimo i za pretvaranje u električnu energiju uz pomoć fotoćelija.

Električnu energiju smo dobivali uz pomoć vjetra i vode te na dosta zagađeniji način, uz pomoć fosilnih goriva. Dobivanje el energije uz pomoć fosilnih goriva dolazi do važnog ekološkog problema jer plinovi koji nastaju tim procesom utječu na okoliš. Rješenje tog problema je proizvodnja električne energije uz pomoć sunčeve energije ili drugih obnovljivih izvora energije. Korištenjem Sunčeve energije smanjuje se potreba za fosilnim gorivima, kao i onečišćenje okoliša prouzročeno njihovim izgaranjem. Tehnologija korištenja Sunčeve energije ne proizvodi stakleničke plinove koji uzrokuju globalno zatopljenje i ne proizvodi radioaktivni otpad. Za razliku od fosilnih goriva, sunčeva energija je dostupna u gotovo neograničenoj količini, ne proizvodi štetne ugljične emisije i uz to je besplatan izvor energije.

Pretvorba sunčeve energije tj. solarne energije u električnu je riješena uz pomoć fotonaponskih ćelija odnosno solarnih ćelija i to tako da sunčeva svjetlost djeluje na solarnu ćeliju koja proizvodi električnu energiju. Prednosti ovog sustava su mnogobrojne. Sunčeve ćelije izravno pretvaraju Sunčevu energiju u električnu bez pokretnih mehaničkih dijelova, trebaju minimalno održavanje uz radni vijek od dvadesetak godina. Međutim mana ovog sustava je nepotpuna iskoristivost solarne energije, jer ona ne djeluje stalno na solarne panele i time dolazi do gubitka energije. Zbog toga se nastoji podići stupanj iskoristivosti solarnih panela koji danas iznose tek oko 20 %. Jedan od načina povećanja efikasnosti solarnih panela je montiranje panela na tzv. solarne trackere odnosno automatski sustavi za praćenje položaja Sunca. Solarni trackeri imaju zadatak da zakreću solarne panele i usmjeravaju ih direktno na Sunce. Paneli koji su montirani na solarne trackere mogu povećati proizvodnju električne energije od 25% do 40% ovisno o zemljopisnoj širini na kojoj se nalaze.

Osnovna ideja ovog završnog rada je opis i izrada makete ovog automatskog sustava praćenja sunca s dodatnim dijelovima uz pomoć Arduino Uno razvojne platforme i Arduino razvojnog programskog okruženja.

2. ISKORIŠTAVANJE SOLARNE ENERGIJE

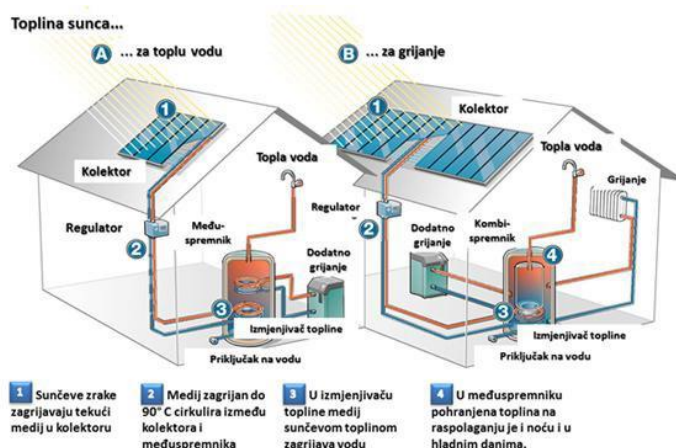
Važnost pretvorbe energije Sunčeva zračenja u korisne oblike rješava mnoge probleme energetske krize. Činjenica je da su drugi izvori energije ograničeni i iscrpivi, a i uzrok su emisije ugljikova dioksida, koji doprinose klimatskim promjenama. Upravo zbog ovih spoznaja ljudi se okreću obnovljivim izvorima energije, a jedan od njih je Sunce.

Stvarno iskoristivo, upotrebljivo zračenje Sunca, ovisi i o zemljopisnom položaju i vremenu izloženosti, podrazumijevajući i godišnja doba i doba dana. Daljnji faktori su vlažnost zraka i količina oblaka, takozvano zasjenjenje. Kod iskorištavanja solarne energije razlikuje se aktivni i pasivni načini iskorištavanja solarne energije.

Aktivno iskorištavanje solarne energije

Aktivno iskorištavanje energije Sunca dobijemo tako da Sunčevu energiju pomoću raznih modula pretvaramo u električnu energiju ili neku drugu. U brojnim slučajevima, potrebna je opskrba električnom energijom na mjestima gdje nije izgrađena električna mreža. U ovim slučajevima nameću se kao rješenje fotonaponski sustavi. Osnovni principi aktivnog iskorištavanja energije Sunca su:

- **Solarni kolektori** – pripremanje vruće vode i zagrijavanje prostorija.
- **Fotonaponske ćelije** – direktna pretvorba Sunčeve energije u električnu energiju.
- **Fokusiranje Sunčeve energije** – upotreba u velikim energetskim postrojenjima.



Slika 2. Način korištenja solarnih kolektora

Pasivno iskorištavanje solarne energije

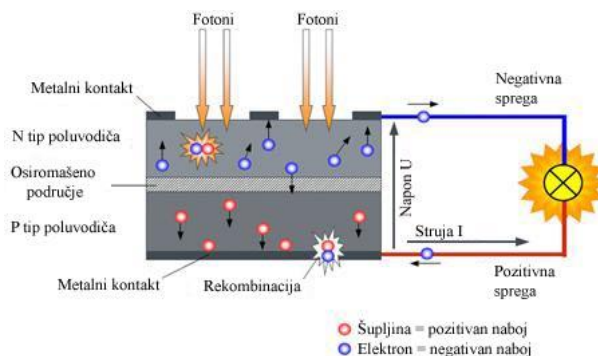
Pasivno korištenje energije Sunca primjenjuje se prvenstveno u zgradarstvu. Tu podrazumijevamo orijentaciju zgrada, višeslojne fasade i sl. Tako izgrađena zgrada troši značajno manje energije za grijanje u odnosu na klasično građene zgrade. Osnovno je kod planiranja tih zgrada da su prostorije u kojima se najviše boravi orijentirane prema jugu. Prostorije koje je potrebno manje grijati, orijentiraju se na sjevernu stranu građevine.

3. FOTONAPONSKE ČELIJE

Fotonaponske ćelije ili solarne ćelije su poluvodički elementi koji direktno pretvaraju energiju sunčeva zračenja u električnu energiju, a funkcioniraju kao ekološki izuzetno prihvatljiv izvor električne struje. Sama solarna ćelija jest sastavljena od velikog broja elektronskih komponenti i specijalnih poluvodički materija, kao što je silicij.

3.1. Princip rada fotonaponskih ćelija

Princip rada fotonaponskih ćelija temelji se na fotonaponskom efektu. Kad se sunčevo zračenje apsorbira u fotonaponskoj ćeliji na njezinim krajevima se pojavljuje napon tako da se ćelija obasjana sunčevim zračenjem može koristiti kao izvor električne energije. Kod praćenja apsorpcije i emisije sunčeva zračenja (elektromagnetskih valova) zračenje se može promatrati kao snop čestica, tzv. fotona. Kontakt na P-dijelu postaje pozitivan, a na N-dijelu negativan. Ako su kontakti ćelije spojeni s vanjskim trošilom poteći će električna struja. U silicijevoj su fotonaponskoj ćeliji na površini pločice P-tipa razlite primjese (npr. fosfora) tako da na tankom površinskom sloju nastane područje N-tipa poluvodiča. Na prednjoj površini ćelije nalazi se metalna rešetka koja ne zauzima puno prostora tako da gotovo i ne utječe na apsorpciju sunčeva zračenja, a stražnja strana ćelije pokrivena je metalnim kontaktom. Fotonaponska ćelija postaje poluvodička dioda, odnosno PN-spoj kada se na njezinim krajevima pojavljuje napon i ponaša se kao ispravljački uređaj koji propušta struju samo u jednom smjeru.



Slika 3.1. Princip rada fotonaponskih ćelija

4. SOLARNI SUSTAVI

Solarni sustavi ili fotonaponski sustavi predstavljaju integriran skup fotonaponskih modula i ostalih komponenata, projektovan tako da primarnu Sunčevu direktno pretvara u električnu energiju kojom se osigurava rad potrošača, samostalno ili zajedno sa rezervnim izvorom.

Fotonaponski moduli mogu biti postavljeni pod fiksnim kutom ili mogu pratiti kretanje Sunca. Solani moduli su najčešće postavljeni pod fiksnim kutom (većinom na krovu objekta). Pošto su fiksno postavljeni, moduli će apsorbirati manje sunčevog zračenja nego u sustavu koji prati kretanje Sunca, što predstavlja manu fiksno postavljenih sustava. Zavisno o načinu rada, razlikujemo off-grid i on-grid fotonaponske sustave.

Off-grid sustavi

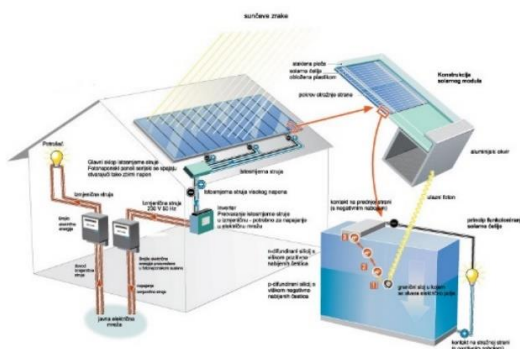
Off-grid sustavi su samostalni sustavi koji za svoj rad ne zahtevaju priključak na gradsku električnu mrežu. Kada kod njihove primjene električnu energiju treba isporučivati tokom noći nužan je akumulator koji služi pohranu električne energije. Tom se sklopu mora dodati regulator punjenja baterije, te DC/AC pretvarač koji omogućuje korištenje uređaja kao što su frižideri, televizori, računari, usisivači i drugi potrošači. Takvi sustavi su pogodni za osiguravanje električne energije za udaljene potrošače te za brojne pojedinačne objekte različitih namjena (uređaji za signalizaciju i upozorenje, rasvjetu itd).



Slika 4. Off-grid solarni sustav

On-grid sustavi

On-grid sustavi su mrežni ili dodatni sustavi koji zahtijevaju priključak na električnu mrežu. Mrežni fotonaponski sustavi koriste javnu mrežu kao spremnik i ne trebaju akumulator, već viškove električne energije danju predaju mreži, a noću i u uvjetima manje insolacije iz mreže se pokrivaju manjkovi.



Slika 4.2. Princip rada on-grid solarnih sustava

4.1. Komponente solarnih sustava

Promatraju li se zasebno, moduli ne čine cijeli fotonaponski sustav. Da bi se električna energija proizvedena fotonaponskim modulima isporučila krajnjem potrošaču, potrebne su komponente koje reguliraju, pohranjuju te isporučuju električnu energiju. Te komponente su: regulatori punjenja, pretvarači istosmjerne (DC) struje u izmjeničnu (AC) struju te baterije. Dakle, fotonaponski moduli zajedno sa navedenim komponentama tvore fotonaponski sustav.

4.1.1. Solarne baterije

Proizvedena energija tijekom dana je često potrebna tek u večernjim satima, tako da je potrebno skladištenje te energije. Isto tako solarna baterija može da premosti duži period lošeg vremena tj. vrijeme tokom kojeg akumulator preuzima kompletnu opskrbu sustava, bez punjenja.

Na tržištu postoje dva tipa akumulatora koji se koriste za ovu svrhu. Starter akumulator ili auto akumulator. Odlikuju se velikom snagom u početnom stadiumu opterećenja, ali imaju manji broj ciklusa punjenja i pražnjenja tokom vijeka trajanja. Solarni se akumulatori odlikuju jednakom snagom za cijelo vrijeme opterećenja, te većim brojem ciklusa punjenja i pražnjenja. Ako se solarni sustav koristi za povremeno korištenje tada se preporučuju starter akumulatori, dok se za svakodnevno korištenje svakako preporučuju solarni akumulatori.



Slika 4.1.1. Solarna baterija

4.1.2. Regulator punjenja

Za pouzdano opskrbu potrošača i kućanskih aparata energijom iz solarnih sustava potrebno je koristiti regulator punjenja i to na mjestu između solarnog panela i akumulatora. To je uređaj čiji je osnovni zadatak da kontrolira punjenje akumulatora pazeći da ne dođe do prepunjenosti akumulatora. Sistemski napon u solarnim sustavima je 12, 24, 48, 60 V. Napon sa solarnih panela treba uskladiti s naponom solarnog akumulatora.

Regulator punjenja mjeri napon akumulatora i štiti ga od preopterećenja ili putem pravovremenog isključenja ili putem kratkog spoja fotonaponskog generatora. Prilikom dostizanja dozvoljenog pražnjenja akumulatora regulira se krajnji napon pražnjenja, tako da regulator odvaja potrošače od akumulatora, uglavnom preko releja, da bi se akumulator zaštitio od dubokog pražnjenja.

Moderni regulatori imaju mikroprocesor i logičke regulatore. Oni fleksibilno reagiraju na stanja u fotonaponskom sustavu, mogu prepoznati napunjenost akumulatora i da se usklade s raspoloživim kapacitetom, starošću i temperaturom akumulatora. Osim toga opremljeni su i s displejima za prikazivanje najvažnijih električnih veličina.



Slika 4.1.2. Regulator punjena 12/24 V i 10 A

4.1.3. DC/AC pretvarač

Da bi se u solarnom sustavu mogli opskrbiti energijom standardni kućanski aparati koriste se izmjenični pretvarači (inverteri). DC/AC pretvarač je elektronski uređaj koji služi za pretvaranje istosmjernog napona sa solarne baterije od 12 ili 24 V u izmjenični napon od 220 V, 50 Hz. Izlazna snaga invertera treba da odgovara najmanjoj potrebnoj snazi svih uređaja koje opskrbljuje, uz sigurnosnu rezervu. Maksimalna snaga treba da je dva do tri puta veća od potrebne radi kratkotrajnog preopterećenja i velikih struja pri uključanju uređaja s elektromotorom.

Dobar inverter ima malu težinu, veliku efikasnost, LCD displej za sve važnije parametre na izlazu, priključak za PC tako da računalo može memorirati i obrađivati podatke iz sustava. Na tržištu se mogu pronaći i inverteri koji u jednom uređaju sadrže sinusni izmjenični pretvarač i solarni regulator punjena sa zaštitom od dubokog pražnjenja. Tako je znatno pojednostavljena instalacija i kabliranje solarnog sistema.



Slika 4.1.3. DC/AC inverter

5. AUTOMATSKI SOLARNI SUSTAVI

Solarni sustavi za praćenje položaja Sunca je sustav sa solarnim panelima koji su postavljeni na trackere kako bi učinkovitost prikupljanja Sunčeve energije bila što veća. Elektromotori osiguravaju da su solarni paneli uvijek postavljeni u optimalnom položaju u odnosu na Sunčeve zrake i upravo zbog toga njihova je efikasnost veća u odnosu na fiksne solarne sustave. Neka istraživanja su ustanovila razliku i do 45% u korist sistema s praćenjem Sunca u odnosu na sisteme s fiksnim nagibom. Osnovni dijelovi sustava za praćenja položaja Sunca su upravljačka elektronika, senzori za detektiranje pozicije sunca, motori koji zakreću fotonaponske panele i mehanička nosiva konstrukcija.

Zakretanje fotonaponskih panela može se bazirati na osnovi podataka dobivenih iz optičkih senzora koji se koriste za detekciju položaja Sunca ili na geografskom položaju fotonaponskih panela. Kako bi se takvim sustavom moglo upravljati i kontrolirati potrebno je imati adekvatno korisničko sučelje. Danas se standardno grade sustavi koji se povezuju s Internetom.

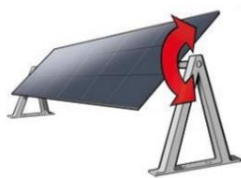
5.1. Vrste sustava za praćenje

Sustavi za praćenje sa horizontalnom osi rotacije

Jednoosni horizontalni sustavi su sastavljeni od duge horizontalne cijevi orijentirane u liniji sjever-jug, koju podupiru stupovi ili okviri na postoljima. Paneli se montiraju na cijev i uz rotaciju cijevi oko svoje osi se postiže efekt praćenja prividnog kretanja Sunca. Značajnu produktivnost postižu za vrijeme proljeća i ljeta kada je put Sunca visoko na nebu, dok je ta produktivnost smanjena zimi i pri pozicioniranju na visokim zemljopisnim širinama. Osnovna prednost ovih sustava za praćenje je čvrstoća potporne strukture i jednostavni mehanizam.

Sustavi za praćenje sa vertikalnom osi rotacije

Jednoosni sustav za praćenje može biti konstruiran da se vrti samo po vertikalnoj osi, s panelima postavljenim vertikalno ili pod kutom. Za razliku od horizontalnih jednoosnih sustava, pogodni su na visokim zemljopisnim širinama, gdje kut prividnog kretanja Sunca nije posebno visok, ali prednjače za dugih ljetnih dana, kada Sunce putuje po dugom luku.



Slike 5.1. Jednoosni vertikalni sustav

Dvoosni sustavi

Dvoosni sustavi imaju dva pogona, jedan za praćenje po horizontalnoj liniji, a drugi po kutnoj visini Sunca, što znači više proizvedene energije. Automatska regulacija može biti izvedena više ili manje sofisticirano (programirano pomicanje solarnih panela kroz godinu, ugrađeni senzori), te također postoji mogućnost ugradnje zaštite od nepovoljnih vremenskih uvjeta. Važno

je napomenuti da jednoosni sustav za praćenje povećava godišnju proizvodnju za otprilike 30 %, a dvoosni sustav za praćenje dodatnih 6 % .



Slika 5.1.2. Dvoosni sustav

5.2. Vrste pogona

Aktivni sustavi za praćenje

Kod aktivnog praćenja, položaj Sunca na nebu tijekom dana se prati kontinualno pomoću odgovarajućih senzora. Takav senzor aktivira motor solarnog sistema u trenutku kada izmjerena veličina izađe izvan podešenih vrijednosti i. podešava solarni panel normalno u odnosu na Sunčeve zrake. Ovaj način je pouzdan izuzev za vrijeme visoke oblačnosti ili kada se na neki drugi način izazove pojava sjenke na solarnom panelu. Mana ovog načina je što on ostvaruje značajnu potrošnju električne energije iz vlastitog napajanja. Servo pogoni koji se koriste u ovom slučaju troše električnu energiju čak i kada okretni sistem miruje (mora se osigurati moment odnosno odgovarajuća struja pogonskih motora).

Pasivni sustavi za praćenje

Najjednostavniji sistem za pasivno praćenje je zasnovan na ručnom podešavanju nagiba solarnog panela prema Suncu. Podešavanje nagiba standardno se vrši četiri ili u nekim slučajevima, dva puta u toku godine. Sistem ne zahtjeva nikakvu potrošnju energije. Sistem je jeftin i ne zahtjeva neki veći materijalni izdatak. Potrebno je jedino osigurati jednostavan ručni zakretni mehanizam s mogućnošću fiksiranja u nekoliko položaja. Za ovaj sistem se koristi metalni ram u obliku mreže. Solarni paneli mogu biti prikačeni tako da budu fiksirani ili da se njihov ugao može prilagođavati.

Kronološki sustavi za praćenje

Kronološki sustavi za praćenje položaja Sunca rade tako što se okreću istom brzinom kao i Zemlja, ali u suprotnom smjeru. Kronološki sustav za praćenje položaja Sunca vrlo je detaljan sustav, a ujedno i vrlo jednostavan. Metoda upravljanja može biti vrlo jednostavna, poput zupčanika koji se vrti na vrlo malim prosječnim brzinama vrtnje od jednog okreta Zemlje oko Sunca dnevno (15° na sat). Kronološki sustav za praćenje bi se u teoriji mogao u potpunosti rotirati ako postoji dovoljno prostora ili se sistem može vraćati u početno stanje svaki dan.. Ovakav način pozicioniranja ne zavisi od oblačnosti jer se zna položaj Sunca u svakom trenutku.

6. IZRADA AUTOMATSKOG SOLARNOG SUSTAVA

Praktični dio ovog završnog rada je izrada makete sa mogućnošću praćenja položaja Sunca. Sustav je baziran na Arduino platformi. Sustav će pratiti položaj sunca uz pomoć dva servo motora od kojih jedan služi za horizontalno praćenje, a drugi za vertikalno praćenje. Ti servo motor rotiraju sustav prema najvećem izvoru svjetlosti. Senzori koji očitavaju jačinu i smjer svjetlosti su fotootpornici. Svaki fotootpornik ima svoj položaj, odnosno raspoređeni su tako da najpreciznije određuju položaj sunca. Cilj završnog rada je napraviti maketu kako bi cijeli sustav pravilno djelovao i kako bi pratio položaj sunca, stoga fotootpornici moraju biti pravilno i na određen način odvojeni kako bi dobili najtočnije informacije položaja sunca i time pozicionirali solarni panel ka suncu.

6.1. Komponente

Prilikom izrade ovog završnog rada koristi se Arduino Uno razvojna platforma, dva servo motora SG90, četiri fotootpornika, solarni panel (6 V), otpornici od 1 k Ω , eksperimentalna pločica sa žicama koja će samo poslužiti svrsi da se spoje komponente i modul bez ikakvog lemljenja i drvene ploče za izradu makete s mogućnošću praćenja položaja Sunca. Arduino Uno je vrlo jednostavan za korištenje i programiranje, upravo zbog toga je idealan za ovaj završni rad. Kućište na kojem će se nalaziti maketa napravljeno je od različitih vrsta drvenih ploča jer materijal kao što je drvo nije prezahtjevno za obradu. Dva servo motora, horizontalni i vertikalni, brinu o pokretljivosti cijele makete. Kao senzori osvjetljenja tu su 4 fotootpornika koji su smješteni kod solarnog panela. Na određeni su način odvojeni kako bi cijeli sustav pravilno funkcionirao.

6.1.1. Arduino Uno

Arduino platforma je skup elektroničkih i softverskih komponenti koje se mogu jednostavno povezivati u složenije cjeline s ciljem izrade različitih elektroničkih sklopova. Na Arduino pločici nalazi se mikrokontroler koji je srce Arduina. Mikrokontroler je integrirani sklop koji služi za komunikaciju s računalom. Osim njega na pločici se nalaze i elektronički dijelovi koji omogućavaju rad samog mikrokontrolera (stabilizatori napona, kvarcni oscilator za generiranje frekvencije takta). Arduino ima 14 digitalnih i 6 analognih pinova koji služe za spajanje raznih elemenata. Arduino radi na naponskoj razni od 5 V. Prilikom spajanja vanjskih elemenata, kako bi se izbjegla oštećenja, treba paziti da naponska razina ne prelazi radnu naponsku razinu. Preko USB se učitava programski dio s računala na Arduino, a sam programski kod piše se u Arduino IDE programskom sučelju.



Slika 6.1.1. Arduino Uno

6.1.2. Servo motori

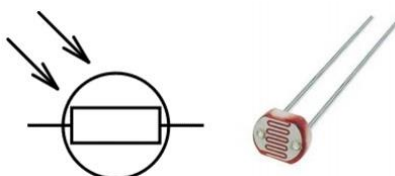
U izradi ovog završnog rada korištena su dva servo motora SG90. Jedan servo motor koristi se za horizontalno praćenje položaja sunca, a drugi za vertikalno praćenje položaja sunca. Ovaj servo motor ima veliku prednost u odnosu na druge vrste elektromotora. Malih je dimenzija, te mu se može zadavati kut za koji će se okretati i brzina okretanja. Servo motor SG90 ima tri priključka: uzemljenje (GND), priključak za napon (Vcc) i priključak za upravljački signal. Česta pojava su vibracije izazvane padovima napona na servo motoru kod uključivanja samog motora, a mogu se izbjeći stabilnim napajanjem.

Dimenzije	23x12x29 mm
Masa	9g
Napon	3.0-6 V
Radna brzina	60° za 0.12s
Analogni zakretni moment	1kg/cm kod 4.8 V
Raspon temperature	-30 do +60

Tablica 6.1.2. Karakteristike servo motora

6.1.3. Svjetlosni senzori

Senzori svjetlosti na ovoj maketi nalaze se na drvenoj podlozi gdje je predviđeno mjesto i za solarni panel. Oni su smješteni u centru drvene podloge i između njih su mali drveni stubovi koji služe za pravljenje sjene na fotootpornike, odnosno tako će se solarni panel preciznije pozicionirati ka suncu. Fotootpornik je otpornik, čiji se električni otpor smanjuje s povećanjem intenziteta ulazne svjetlosti. Ako svjetlost s dovoljno velikom frekvencijom padne na fotootpornik poluvodič će upiti fotone svjetlosti i izbaciti elektrone koji stvaraju električnu struju u zatvorenom strujnom krugu. Kada fotoni padaju, tj. kada svjetlost pada na fotootpornik, elektroni iz valentnog pojasa od poluvodičkog materijala prelaze u vodljivi pojas. Kako bi elektroni mogli prijeći u vodljivi pojas, fotoni koji padaju na fotootpornik moraju imati veću energiju od elektrona u valentnom pojasu. Što više svjetlosti s dovoljno jakom energijom pada na fotootpornik, to više elektrona prelazi u vodljivi pojas, što rezultira većim brojem nosioca naboja. Rezultat svega toga je da sve više struje prolazi kroz uređaj kada je krug zatvoren i time se smanjuje otpor samog fotootpornika.



Slika 6.1.3. Simbol i izgled fotootpornika

6.1.4. Solarni panel

Solarne ćelije su tanki poluvodički uređaji koji pretvaraju Sunčevu energiju izravno u električnu pomoću fotoelektričnog efekta. Princip rada, povijest i struktura solarnih ćelija objašnjen je u prijašnjem dijelu ovog završnog rada. Oni se mogu koristiti za detekciju svjetlosti ili nekog drugog elektromagnetskog zračenja u blizini vidljivog spektra, kao na primjer detektori infracrvenog svjetla, ili mjerenje jačine svjetlosti.

Solarni panel u ovom završnom radu smješten je na prethodno izrađenom drvenom postolju koje je predviđeno za njega, a iznad solarnog panela smješteni su ranije spomenuti fotootpornici. Karakteristike solarnog panela: dimenzija: 80 x 55 mm, radni napon: 6 V, izlazna snaga: 0,6 W, radna struja: 100 mA.

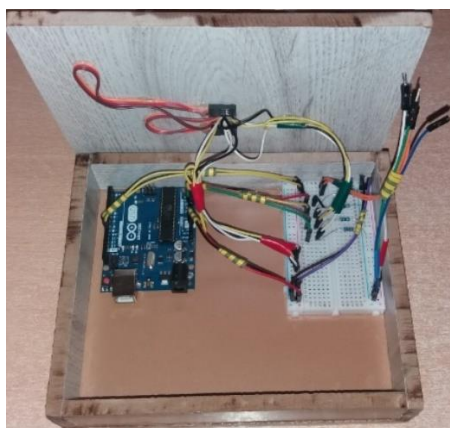
6.1.5. Breadboard

Breadboard ili eksperimentalna pločica je komad opreme koji je vrlo bitan za rad s elektronikom. Omogućava spajanje komponenti i modula bez ikakve potrebe za lemljenjem i na taj se način omogućava jednostavno i brzo testiranje. Veličina eksperimentalne pločice za ovaj završni rad je 8,5 x 5,5 x 0,85 cm.

6.2. Izrada makete za praćenje sunca

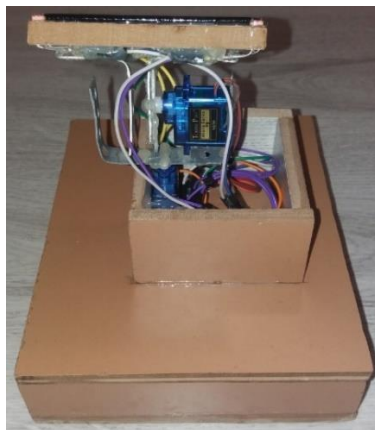
Za izradu makete na kojem će se nalaziti sustav korištene su drvene ploče različitih dimenzija. Prvo je izrađeno kućište u kojem se nalaze svi kablovi, breadboard, napajanje i Arduino. Na sredini kućišta izbušena je rupa za kablove i napravljeno je malo kućište za kablove i za horizontalni servo. Maketa je dimenzije 15cm x 18cm i visine 17cm.

Za izradu postolja na kojem je smješten solarni panel i četiri fotootpornika korištena je drvena pločica dimenzije 8,5cm x 7cm. Zatim se izbuše rupe za montiranje solarnog panela i za fotootpornike. Četiri fotootpornika se postavljaju iznad rubova solarnog panela. Fotootpornici se nakon postavljanja učvrste vrućim ljepilom da ne bi tijekom okretanja makete ispali van. Nakon toga se spaja Data zica odnosno žica preko koje će fotootpornik davati podatke o svjetlosti ka Arduino, i VCC žica za fotootpornike koji se dalje vezu na breadboardu gdje se nalaze otpornici i uzemljenje.



Slika 6.2.1. Povezivanje svih elemenata preko breadboarda

Zatim se izrađena prva metalna trakica koja se vrućim ljepilom učvrsti na sredinu podnožja za solarni panel. Kroz nju su provučene žice i učvršćuje servo motor koji je vertikalno postavljen. Na nju je također učvršćena i druga metalna trakica koja na sebi ima pričvršćen servo motor koji je postavljen horizontalno. Nakon toga su metalne trakice i servo motori montirani na kućište i spremni su za okretanje.



Slika 6.2.2. Metalne trakice i servo motori

Gotov izgled makete je prikazan na sljedećoj slici.



Slika 6.2.3. Konačan izgled automatskog solarnog sustava

6.3. Princip rada

Maketa s mogućnošću praćenja položaja Sunca radi na principu da se okreće pomoću horizontalnog i vertikalnog servo motora prema najvećem izvoru svjetlosti. Izvor svjetlosti može biti prirodan (Sunce) ili umjetan (žarulja, svjetiljke, itd.). Za demonstraciju ovog završnog rada, ove makete za praćenje položaja Sunca poslužit će svjetiljka na mobilnom uređaju. Okretanje mobilnog uređaj u raznim smjerovima dat će uvid u pravilan rad makete i solarni panel pratit će svjetlo na njemu.

Sustav funkcionira tako da se najprije snimaju analogne vrijednosti svakog fotootpornika, zatim se računa prosjek između njih i nakon toga uspoređuju se vrijednosti gornjeg i donjeg, te lijevog i desnog fotootpornika.


```

// Snimanje analognih vrijednosti svakog fotootpornika

int GLijevo = analogRead(ldrGLijevo); // Analogna vrijednost gore lijevog fotootpornika
int GDesno = analogRead(ldrGDesno); // Analogna vrijednost gore desnog fotootpornika
int DLijevo = analogRead(ldrDLijevo); // Analogna vrijednost dolje lijevog fotootpornika
int DDesno = analogRead(ldrDDesno); // Analogna vrijednost dolje desnog fotootpornika

// Izračun prosjeka između fotootpornika //

int prosjekGore = (GLijevo + GDesno) / 2; // Prosjek između gornjih fotootpornika
int prosjekDolje = (DLijevo + DDesno) / 2; // Prosjek između donjih fotootpornika
int prosjekLijevo = (GLijevo + DLijevo) / 2; // Prosjek između lijevih fotootpornika
int prosjekDesno = (GDesno + DDesno) / 2; // Prosjek između desnih fotootpornika

```

Slika 6.3. Snimanje vrijednosti i izračun prosjeka

Od 62. linije koda gleda se vrijednost između gornjeg i donjeg fotootpornika i ako je vrijednost gornjeg manja od vrijednosti donjeg vertikalni servo motor se pomiče za 1° prema dolje. Zatim se gleda vrijednost donjeg i gornjeg fotootpornika i ako je vrijednost donjeg manje od vrijednosti gornjeg vertikalni se servo motor pomiče za 1° prema gore.

Linije koda od 56 i 57 osiguravaju da se ne prelazi zadani limit vertikalnog servo motora, a linija koda 58 označava čekanje od 10ms (0.01s).

```

53 if (prosjekGore < prosjekDolje){ // Ako je vrijednost gornjeg fotootpornika manja od vrijednosti donjeg fotootpornika
54   servovertikal.write(ServoVerti +1); // Pomak vertikalnog servo motora za 1° prema dolje
55
56   if (ServoVerti > ServoVertiLimitHigh){
57     ServoVerti = ServoVertiLimitHigh;}
58   delay(10);}
59
60 else if (prosjekDolje < prosjekGore){ // Ako je vrijednost donjeg fotootpornika manja od vrijednosti gornjeg fotootpornika
61   servovertikal.write(ServoVerti -1); // Pomak vertikalnog servo motora za 1° prema gore
62
63   if (ServoVerti < ServoVertiLimitLow){
64     ServoVerti = ServoVertiLimitLow;}
65   delay(10);}
66
67 else{
68   servovertikal.write(ServoVerti);}

```

Slika 6.3.1. Pomak vertikalnog servo motora

Nakon toga gleda se vrijednosti između lijevih i desnih fotootpornika. Prvo se gleda vrijednosti između lijevog i desnog fotootpornika i ako je vrijednost lijevog veća od vrijednosti desnog horizontalni se servo motor pomiče za 1° u lijevo. I na kraju se gleda vrijednost između desnog i lijevog fotootpornika i ako je vrijednost desnog veća od vrijednosti lijevog horizontalni se servo motor pomiče u desnu stranu za 1°.

Linije koda od 73 i 74 osiguravaju da se ne prelazi zadani limit horizontalni servo motora, a linija koda 75 označava čekanje od 10ms (0.01s).

```

70 if (prosjekLijevo > prosjekDesno){ // Ako je vrijednost lijevog fotootpornika veća od vrijednosti desnog fotootpornika
71   servohorizontal.write(ServoHoriz +1); // Pomak horizontalnog servo motora za 1° u lijevo
72
73   if (ServoHoriz > ServoHorizLimitHigh){
74     ServoHoriz = ServoHorizLimitHigh;}
75   delay(10);}
76
77 else if (prosjekDesno > prosjekLijevo){ // Ako je vrijednost desnog fotootpornika veća od vrijednosti lijevog fotootpornika
78   servohorizontal.write(ServoHoriz -1); // Pomak horizontalnog servo motora za 1° u desno
79
80   if (ServoHoriz < ServoHorizLimitLow){
81     ServoHoriz = ServoHorizLimitLow;}
82   delay(10);}
83
84 else{
85   servohorizontal.write(ServoHoriz);}

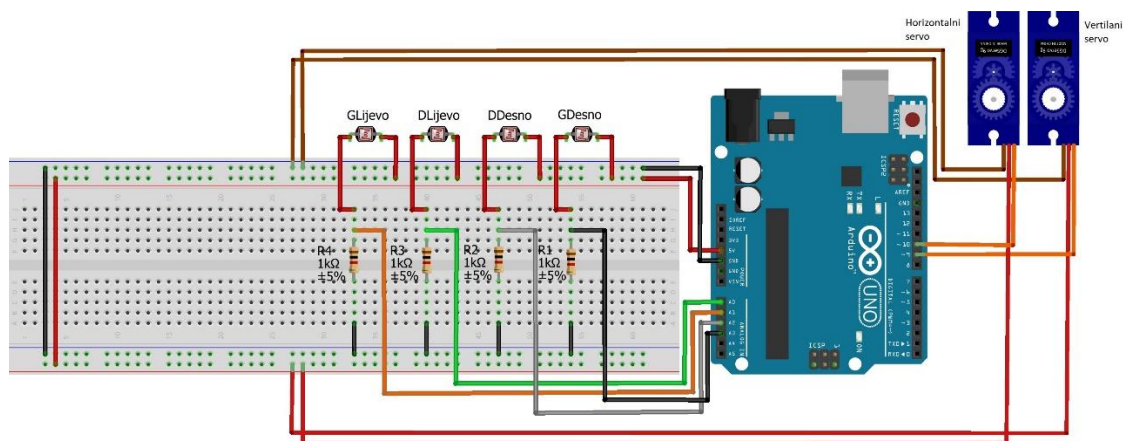
```

Slika 6.3.2. Pomak horizontalnog servo motora

7. SHEME

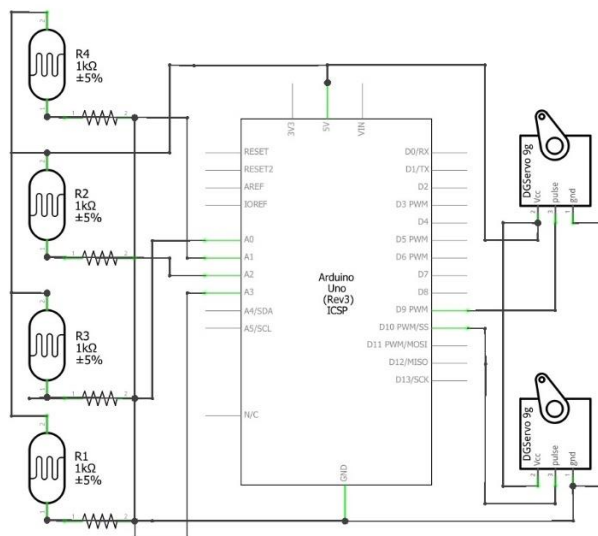
Breadboard shema

Za izradu breadboard sheme ovog završnog rada korišten je Fritzing. Fritzing omogućuje izradu breadboard sheme te mnogo drugih vrsta shema kao npr. električna shema, PCB sheme. Fritzing sadržava sve potrebne elemente za izradu sustava za praćenje položaja Sunca. Elementi za korištenje breadboard sheme elektronike su: horizontalni i vertikalni servo motor, četiri fotootpornika (LDR1, LDR2, LDR3, LDR4), četiri otpornika (R1, R2, R3, R4), eksperimentalna pločica, Arduino Uno i žice za povezivanje.



Slika 7.1. Breadboard shema

Elektronska shema



Slika 7.2. Elektroshema

8. KOD

```
// Ilija Jazvić //
// Završni rad //
// Automatski solarni sustav //
// Srednja škola Pere Zečevića //

#include <Servo.h> // Uključivanje knjižnice za servo motor SG90
Servo servohorizontal; // Definiranje granica horizontalnog servo motora
int ServoHoriz = 0; // Inicijalizacija varijable ServoHoriz i postavljanje na 0° (početni položaj)
int ServoHorizLimitHigh = 100; // Definiranje gornje granice horizontalnog servo motora, 160°
int ServoHorizLimitLow = 40; // Definiranje donje granice horizontalnog servo motora, 20°

Servo servovertikal; // Definiranje granica vertikalnog servo motora
int ServoVerti = 0; // Inicijalizacija varijable ServoVerti i postavljanje na 0° (početni položaj)
int ServoVertiLimitHigh = 110; // Definiranje gornje granice vertikalnog servo motora, 160°
int ServoVertiLimitLow = 20; // Definiranje donje granice vertikalnog servo motora, 20°

// Definiranje fotootpornika (LDRs)
int ldrGLijevo = 1; // Gore lijevi fotootpornik
int ldrGDesno = 3; // Gore desni fotootpornik
int ldrDLijevo = 0; // Dolje lijevi fotootpornik
int ldrDDesno = 2; // Dolje desni fotootpornik

void setup(){
  servohorizontal.attach(10); // Spajanje horizontalnog servo motora SG90 na Arduino Uno, pin 10
  servohorizontal.write(0); // Postavljanje početnog položaja horizontalnog servo motora, 90°
  servovertikal.attach(9); // Spajanje vertikalnog servo motora SG90 na Arduino Uno, pin 9
  servovertikal.write(0); // Postavljanje početnog položaja vertikalnog servo motora, 90°
  delay(100);}

void loop(){
  ServoHoriz = servohorizontal.read();
  ServoVerti = servovertikal.read();

  // Snimanje analognih vrijednosti svakog fotootpornika
  int GLijevo = analogRead(ldrGLijevo); // Analogna vrijednost gore lijevog fotootpornika
  int GDesno = analogRead(ldrGDesno); // Analogna vrijednost gore desnog fotootpornika
```

```

int DLijevo = analogRead(ldrDLijevo); // Analogna vrijednost dolje lijevog fotootpornika
int DDesno = analogRead(ldrDDesno); // Analogna vrijednost dolje desnog fotootpornika

// Izračun prosjeka između fotootpornika //
int prosjekGore = (GLijevo + GDesno) / 2; // Prosjek između gornjih fotootpornika
int prosjekDolje = (DLijevo + DDesno) / 2; // Prosjek između donjih fotootpornika
int prosjekLijevo = (GLijevo + DLijevo) / 2; // Prosjek između lijevih fotootpornika
int prosjekDesno = (GDesno + DDesno) / 2; // Prosjek između desnih fotootpornika

if (prosjekGore < prosjekDolje){ // Ako je vrijednost gornjeg fotootpornika manja od vrijednosti donjeg fotootpornika
    servovertikal.write(ServoVerti +1); // Pomak vertikalnog servo motora za 1° prema dolje
    if (ServoVerti > ServoVertiLimitHigh){
        ServoVerti = ServoVertiLimitHigh;}
    delay(10);}
else if (prosjekDolje < prosjekGore){ // Ako je vrijednost donjeg fotootpornika manja od vrijednosti gornjeg fotootpornika
    servovertikal.write(ServoVerti -1); // Pomak vertikalnog servo motora za 1° prema gore
    if (ServoVerti < ServoVertiLimitLow){
        ServoVerti = ServoVertiLimitLow;}
    delay(10);}
else{
    servovertikal.write(ServoVerti);}
if (prosjekLijevo > prosjekDesno){ // Ako je vrijednost lijevog fotootpornika veća od vrijednosti desnog fotootpornika
    servohorizontal.write(ServoHoriz +1); // Pomak horizontalnog servo motora za 1° u lijevo
    if (ServoHoriz > ServoHorizLimitHigh){
        ServoHoriz = ServoHorizLimitHigh;}
    delay(10);}
else if (prosjekDesno > prosjekLijevo){ // Ako je vrijednost desnog fotootpornika veća od vrijednosti lijevog fotootpornika
    servohorizontal.write(ServoHoriz -1); // Pomak horizontalnog servo motora za 1° u desno
    if (ServoHoriz < ServoHorizLimitLow){
        ServoHoriz = ServoHorizLimitLow;}
    delay(10);}
else{
    servohorizontal.write(ServoHoriz);}
delay(50); // Čekanje od 50ms (0.05s) do ponovnog pokretanja petlje loop}
// Kraj //

```

9. TROŠKOVNIK

Redni broj	Naziv	Opis	Jedinica mjere	Količina	Cijena
1.	Arduino Uno	Mikrokontroler	kom	1	20 KM
2.	Servo SG90	Komponenta	kom	2	12 KM
3.	Fotootpornik	Senzor	kom	4	2 KM
4.	Otpornik	Komponenta	kom	4	1 KM
5.	Breadboard	Komponenta	kom	1	8 KM
6.	Žice	Vodič	paket	1	5 KM
				Ukupna cijena:	48 KM

10. ZAKLJUČAK

Besplatan izvor energije kao u proizvodnji rezultira time da su obnovljivi izvori energije u današnje vrijeme sve važniji izvori u elektroenergetskom sustavu. Obnovljiv izvor energije s najviše potencijala i s najvećom iskoristivošću je Sunce. Da bi se taj obnovljiv izvor energije dao iskoristiti i da bi ljudi imali koristi od Sunca potrebne su solarne elektrane koje efikasno pretvaraju Sunčevu energiju u električnu.

Količina sunčevog zračenja koje upada na solarne panele mijenja se tijekom dana, mjeseca i godine. Ono također ovisi o položaju promatranog mjesta te o klimatskim uvjetima. Promjene Sunčevog zračenja koje se dešavaju tijekom dana vezane su za gibanje Zemlje oko Sunca i samim time zrake Sunca ne padaju izravno na solarne panele. Sustav koji kontinuirano prati prividan položaj Sunca omogućava najbolju iskoristivost Sunčeve energije i postavlja solarni panel pod kutom koji omogućuje njegov puni potencijal. Različiti tipovi solarnih elektrana mogu se podijeliti prema vrsti postavljanja solarnih panela. Solarne elektrane s fiksno postavljenim solarnim panelima znatno su neefikasnije i proizvode manje električne energije od solarnih elektrana sa sustavima za praćenje položaja Sunca. Idealan položaj solarnih panela bilo kod sustava za praćenje položaja Sunca ili kod solarnih panela koji su na fiksnoj konstrukciji podrazumijeva onaj položaj pri kojemu je količina Sunčevog zračenja koja dopijeva do solarnog panela najveća moguća.

Što se tiče ekonomske isplativosti i investicije u sustave za praćenje, to ovisi o svakom slučaju zasebno. Ako nema odgovarajuće lokacije za solarne elektrane ili je prostor pogodan za instalaciju elektrane ograničen, sustav za praćenje položaja Sunca je najbolje i najidealnije rješenje.

S izvršenim testiranjima dobiveni su rezultati koji potvrđuju pravilan rad makete s praćenjem položaja Sunca. Maketu nije bio problem izraditi, nije bilo velikih problema kao i kod pisanja koda koji je dosta jednostavan i smatram ga dosta razumljivim.

11. LITERATURA

- <https://telemax.ba/sve-prednosti-solarne-energije/>
- https://hr.wikipedia.org/wiki/Sun%C4%8Deva_energija
- <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=58784>
- <https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:283/preview>
- <https://www.ieee.hr/download/repository/DR08ICvrk.pdf>
- <https://zir.nsk.hr/islandora/object/etfos%3A545/datastream/PDF/view>
- <https://repozitorij.vus.hr/islandora/object/vus%3A313/datastream/PDF/view>
- <https://www.solarno.hr/katalog/proizvod/PRINCIPRAD/princip-rada-solarne-opreme>
- <https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A1391/datastream/PDF/view>
- <http://www.solarno.hr/katalog/proizvod/TEKST5/sunceva-energija-solarna-energija>
- <https://regulator.hr/savjeti/kako-funkcioniraju-solarni-sustavi-i-isplate-li-se/>
- file:///C:/Users/Administrator/Downloads/DANISUNCA2017_Kula_DrZeljkoDespotovic.pdf
- <https://www.obnovljivi.com/energija-sunca/51-iskoristavanje-energije-sunca-u-energetici>
- <http://ekologija.ba/wp-content/uploads/2017/05/Solarni-kolektori-i-fotonaponski-sistemi.pdf>
- <https://www.unizd.hr/Portals/6/nastavnici/Sanja%20Lozic/OPK%205%20%20Sun%C4%8Deva%20energija.pdf>

Postoji gotov proizvod koji je funkcionalan.