

# АНАЛИЗА СОЛАРНОГ СИСТЕМА ЗА ПРАЋЕЊЕ ЗАСНОВАНОГ НА АТ328Р КОНТРОЛЕРУ

Александар М. Ранковић  
[teslaboot@gmail.com](mailto:teslaboot@gmail.com)

## **РЕЗИМЕ:**

Главна сврха овог истраживања је да се развије и процени соларни систем за праћење који може да максимизира излазну снагу соларног панела. Дизајн соларног система за праћење састоји се од неких електронских компоненти као што су АТ328Р микроконтролер, четири отпорника зависна од светлости (LDR), два серво мотора и један соларни панел. Ардуино микроконтролер делује као главни контролер целог система, отпорник зависан од светлости се користи као светлосни сензор за детекцију сунчеве светлости, док је функција серво мотора да ротира соларни панел да би се ускладио са сунчевом светлошћу. Прототип соларног система за праћење је направљен и тестиран. Добијени резултати података су табеларно приказани и поређење перформанси између статичког соларног панела и соларног система за праћење је приказано коришћењем графичке методе. Као резултат тога, соларни панели са механизмима за праћење могу генерисати више струје, напона и снаге од статичких соларних панела. Укупна ефикасност соларног панела се повећала након имплементације система за праћење.

**Кључне речи:** Соларно праћење, соларни панел, ардуино, LDR сензор.

## **ANALYSIS OF SOLAR TRACKING SYSTEM BASED ON AT328P CONTROLLER**

### **ABSTRACT:**

The main purpose of this research is to develop and evaluate a solar tracking system that can maximize the output power of the solar panel. The solar tracking system design consists of some electronic components such as AT328P microcontroller, four light dependent resistors (LDR), two servo motors and one solar panel. The Arduino microcontroller acts as the main controller of the whole system, the light dependent resistor is used as a light sensor to detect the sunlight, while the function of the servo motor is to rotate the solar panel to match the sunlight. A prototype solar tracking system has been built and tested. The obtained data results are tabulated and the performance comparison between the static solar panel and the solar tracking system is shown using a graphical method. As a result, solar panels with tracking mechanisms can generate more current, voltage and power than static solar panels. The overall efficiency of the solar panel increased after the implementation of the monitoring system.

**Keywords:** Solar tracking, solar panel, arduino, LDR sensor.

## **1. УВОД**

Сунце је један од фактора који омогућавају свим живим бићима да живе на овом свету. Због коришћења сунчевог зрачења од Сунца, соларна енергија је

обновљив извор енергије који је без загађења, еколошки прихватљив и захтева минимално одржавање међу свим обновљивим изворима. Тренутно су доступне две врсте технологија соларне енергије, а то су соларна фотонапонска и соларна термална .

Фотонапонска соларна технологија је елегантна технологија која директно претвара сунчеву светлост у електричну енергију користећи панеле направљене од полупроводничких ћелија. Заснован је на природном феномену званом фотоелектрични ефекат, који је да одређени материјали апсобоју упадно зрачење и емитују електроне да би створили електричну струју . Фотонапонски соларни панели се обично постављају на кровове кућа, као и на соларне фарме. Технологија термалне соларне енергије са друге стране централизује сунчеву светлост користећи пријемник за пренос топлоте течности као што су гас, уље или растопљена со до високе температуре. Након загревања, течност за пренос се претвара у пару, а затим се претвара у облик механичке енергије помоћу турбине. Ротацијом осовине генератора тада се производи електрична енергија. Ова технологија је погодна за оне земље са релативно високим нивоом сунчевог зрачења, као што су земље Африке. Термална соларна енергија може се користити за загревање санитарне воде и домова. У том случају део енергије се користи директно , а део складишти у спремницима.Ово је типично за наше поднебље .

Иако је последњих година дошло до значајног развоја око технологија соларне енергије, још увек има доста простора за побољшање перформанси иу аспектима дизајна и апликација. Како се положај Сунца стално мења од истока ка западу како дан напредује, стационарни соларни панели са фиксним угловима нагиба имају ограничене перформансе јер је производња енергије релативно ниска јер ове површине соларних панела нису окомите на Сунце већину време.

Због ових разлога, истраживачи су заинтересовани да развију систем за соларно праћење како би оптимизовали перформансе фотонапонског система тако што ће обезбедити да је угао нагиба соларног панела увек окомит на Сунце.

## 2. РЕАЛИЗАЦИЈА СИСТЕМА

### 2.1 Компоненте система

Овај корак укључује избор материјала и компоненти, инсталацију хардвера и дизајн прототипа. Овај пројекат се састоји од употребе неколико електронских компоненти за изградњу соларног механизма за праћење. Главне компоненте које се користе су Arduino NANO , отпорник зависан од светлости (LDR), серво мотор и соларни панел.

**Arduino NANO.** Arduino NANO је заснован на ATmega 328P микро-контролеру који може да извршава инструкције у једном тактном циклусу. Arduino NANO располаже са 14 дигиталних пинова и 6 аналогних пинова где има 6 пинова који се користе као пинови за модулацију ширине импулса (PWM) за контролу брзине мотора.

**Отпорник зависан од интензитета светлости (LDR).** Овај уређај се обично користи у дизајну електронских кола где може да открије присуство светлости. LDR се прави од полупроводничких материјала као што су кадмијум

сулфид (CdS) и олово сулфид, PbS. Ради на принципу фотопроводљивости, где ће се отпор LDR-а мењати приликом детекције светлости. Значајан пад отпора ће се десити када се ниво интензитета светлости повећа.

**Соларни панел.** Соларни панел је електрични уређај који може да претвори светлосну енергију Сунца у електричну помоћу фотонапонског ефекта. Електрични параметри као што су напон, струја и отпор ће варирати када је соларна ћелија изложена сунчевој светлости.

Табела 1: Карактеристике соларног панела

Карактеристика	Вредност
Тип	0.33W 5.5V соларни панел
Технологија израде	Поликристалне соларне ћелије
Број ћелија	10 ћелија
Максимална снага	0.33W
Напон при максималној снази	5.5V
Струја при максималној снази	80mA
Напон отвореног кола	6.28V
Димензије	60mm x 60mm x 3.0mm

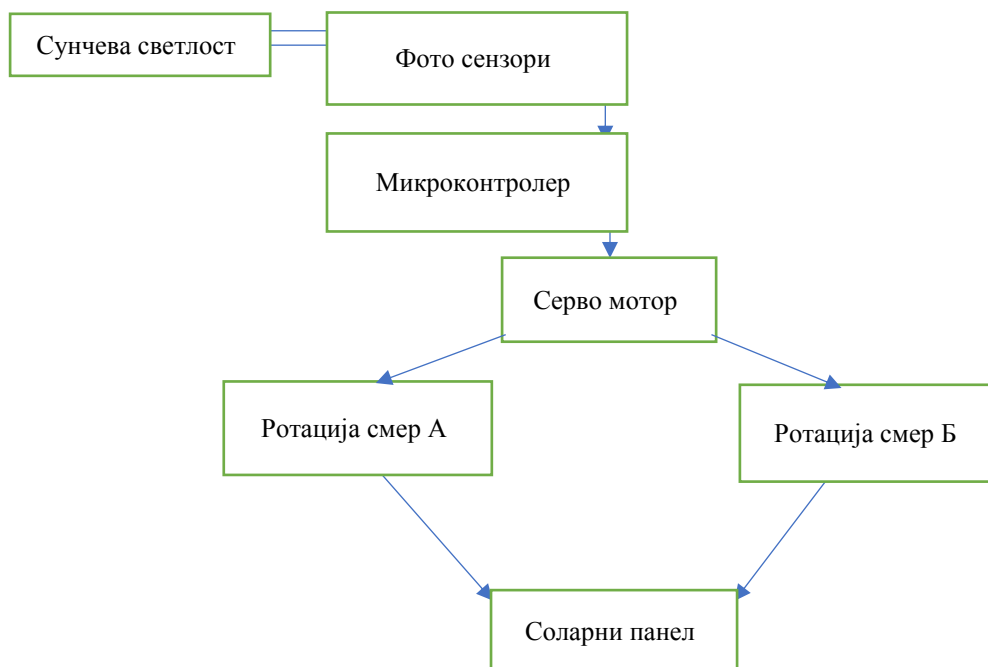
**Серво мотор.** Серво мотор је тип мотора који може да се okreће са великом прецизношћу. Састоји се од контролног кола које даје повратну информацију о тренутној позицији осовине мотора. Ова повратна информација омогућава ротацију серво мотора са великом прецизношћу. SG90 серво мотор је одабран да ради у овом пројекту јер је релативно јефтин и може се контролисати импулсном модулацијом ширине импулса (PWM) који обезбеђује микро-контролер.

Серво мотор се има 3 жице; две жице се користите за напајање, док ће се једна жица користити за сигнал који се шаље из контролне јединице мотора. Серво мотор који може да манипулише са напајањем од 5V до 6V, нормално је у стању да пружи тачан контролни угао од 45°, 90° и 180°.

## 2.2 Принцип рада

Соларни систем за праћење се ради тако што прво прима аналогне улазне вредности од LDR сензора. Улазне вредности примљене од сензора се затим обрађују од стране микроконтролера, где ће конвертовати аналогне вредности у дигиталне сигнале користећи интерни АД ковертор.

Дигитални PWM импулси се примењују за померање серво мотора и он ће променити смер соларног панела у положај где LDR прима максимални интензитет светлости. LDR сензори су постављени на четири позиције, а то су горњи леви, горњи десни, доњи леви и доњи десни. На слици 1. приказан је блок дијаграм за соларни систем за праћење.



Слика 1: Блок шема система

### 2.3. Имплементација софтвера

Након завршетка пројектовања хардвера, овај пројекат се наставља на имплементацију софтвера. Овај одељак је објаснио дизајн кола соларног система за праћење коришћењем LDR сензора за контролу ротације серво мотора. Као што је раније поменуто, ово коло се састоји од Arduino NANO микроконтролера, четири LDR-а, четири отпорника од 10 kΩ и два серво мотора.

**Алгоритам за праћење кретања Сунца.** Програм је реализован коришћењем FLProg компајлера. Након што микроконтролер прими дигиталне сигнале од АД конвертора, онда ће наставити са израчунавањем просечног напона одговарајућих LDR парова. Израчуната просечна вредност се користи за одређивање који контролни сигнал шаље серво мотору. Једначине од 1 до 4 показују формуле за прорачун које се користе.

$$Avg1 = \frac{Gornji\ levi + Gornji\ desni}{2} \quad (1)$$

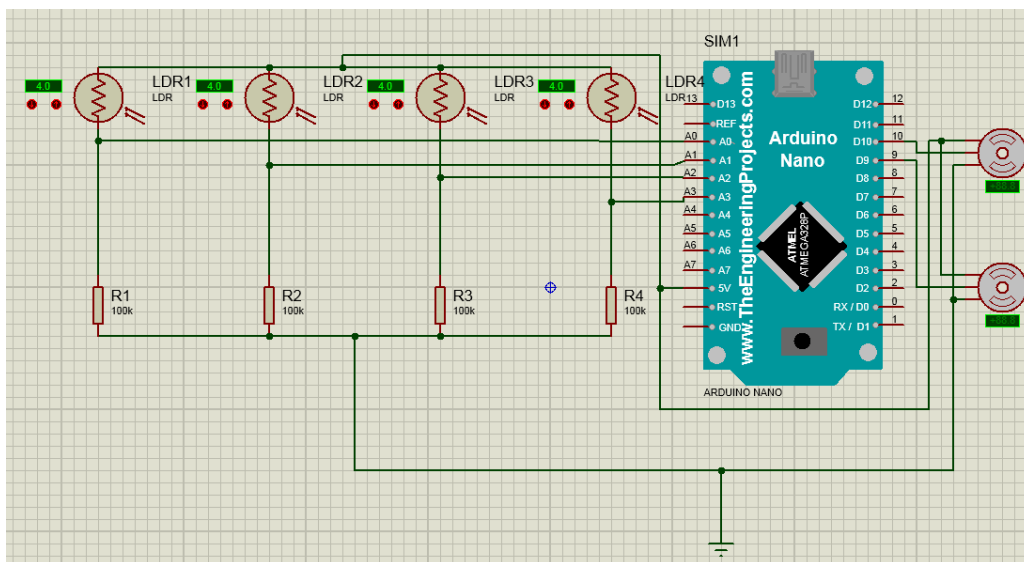
$$Avg2 = \frac{Donji\ levi + Donji\ desni}{2} \quad (2)$$

$$Avg3 = \frac{Gonji\ levi + Donji\ levi}{2} \quad (3)$$

$$Avg4 = \frac{Gornji\ desni + Dodnji\ desni}{2} \quad (4)$$

## 2.4. Експериментална поставка

У овом одељку је објашњено експериментално подешавање и математичка метода која се користи за добијање параметара соларног панела. Да би се побољшала тачност резултата, овај експеримент се одржава на отвореном, а место за експеримент мора бити широко отворено подручје. Тако не би било препрека које блокирају зрачење сунчеве светлости. Овај експеримент се спровођен од 9 до 18 часова. Да би посматрали карактеристике соларних панела у различитим периодима. Након завршетка подешавања, почињемо са прикупљањем података за анализу. Да би се разликовале карактеристике, излазна снага, сунчево зрачење и ефикасност целокупног система биће одређени у овом експерименту. Параметри соларног панела као што су напон и струја се мере помоћу дигиталних мултиметара. За електрични елемент, електрична снага се дефинише као разлика потенцијала на електричном елементу помножена протоком струје.



Слика 2.: Шема повезивања микроконтролера са сензорима и серво моторима

Дакле, снага соларних панела се одређује коришћењем једначине (5):

$$P = UI \quad (5)$$

где је  $P$  електрична снага соларног панела,  $U$  је излазни напон, а  $I$  је вредност струје. Сунчево зрачење је познато као мерење сунчеве енергије и дефинисано је као количина електромагнетног зрачења примљеног од Сунца по јединици површине. Сунчево зрачење соларног панела може се израчунати помоћу једначине 6 испод:

$$E = \frac{P}{A} \quad (6)$$

где је  $E$  сунчево зрачење,  $P$  је електрична снага соларног панела и  $A$  је површина соларног панела. Да бисмо упоредили перформансе прототипа соларног праћења са механизмом за праћење и без механизма за праћење, ефикасност целокупног система ће се израчунати помоћу једначине 7 испод

$$\eta = \frac{P_t - P_s}{P_s} \quad (7)$$

Где је  $\eta$  ефикасност целокупног система,  $P_t$  је просечна снага соларних панела са соларним системом за праћење, а  $P_s$  је просечна снага статичког панела.

## 2.5 Резултати и анализа

У овом одељку се разматрају резултати добијени из спроведених експеримената. Експерименти су урађени да упореде резултат између статичког соларног панела и соларног панела са механизмом за праћење према сунчевој светлости. Локација за експеримента је на подручју Лазаревца, који се налази на географској ширини 44.43, географској дужини 20.39. Експерименти су изведени 25. јула 2022. и 27. јула 2022. Сви подаци и резултати су узети од 09:00 до 18:00 часова и по ведром времену.

## 2.6 Резултати поређења

Овај одељак разматра резултате поређења добијених података мерењем на отвореном. Напони, струје, излазна снага, сунчево зрачење и укупна ефикасност између статичког соларног панела и соларног панела са механизмом за праћење су табеларно приказани и приказани у временском графикону. Снимљени и израчунати подаци дати су у табели 2.

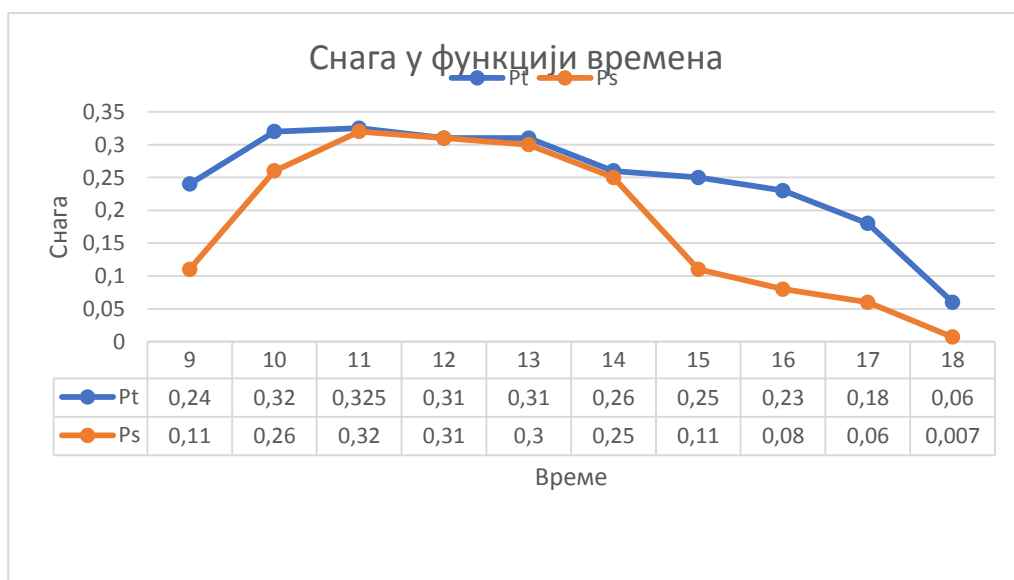
На основу упоредних графика, соларни панел са механизмом за праћење соларне енергије има веће перформансе од статичког соларног панела, док постоји слична вредност од 11ч. до 14ч. пошто су оба соларна панела позиционирана хоризонтално, окренута вертикално нагоре и примају исту количину зрачења од сунчеве светлости.

Током спровођења експеримената на отвореном, неки поремећаји ће утицати на перформансе соларног панела, један од фактора ће бити временски услови током времена за прикупљање података. Постоје различити временски услови као што су кишни дани, облачни дани и сунчани дани. Перформансе соларног панела би биле погођене облачним данима, јер ће зрачење сунчеве светлости бити блокирано облаком и соларни панел можда неће моћи директно да прими дифузно зрачење од Сунца.

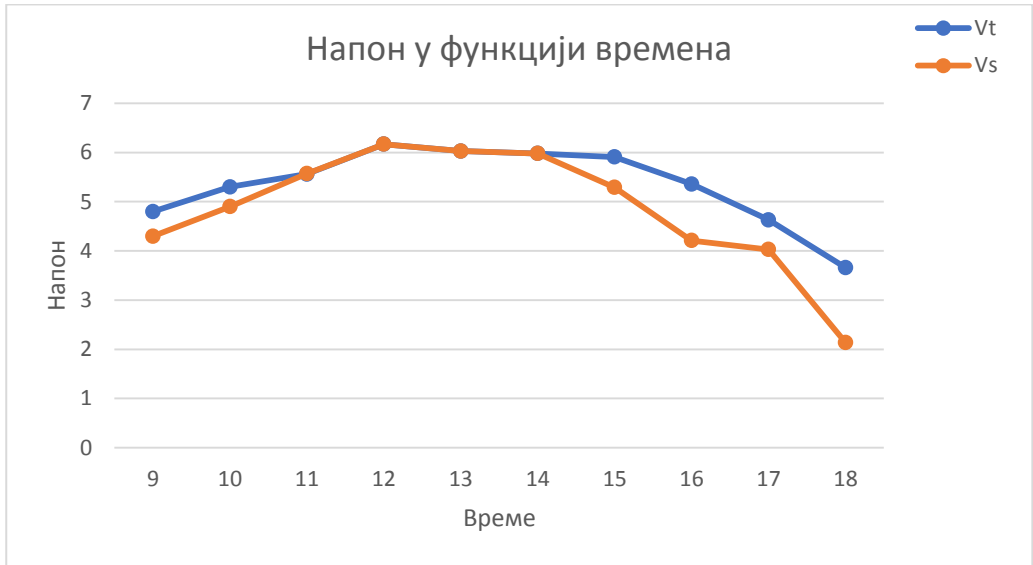
Табела 2: Поређење излазних вредности између статичког соларног панела и соларног панела са механизмом за праћење

Време (h)	Статични соларни панел				Соларни панел са системом за праћење			
	Напон (V)	Струја (A)	Снага (W)	Зрачење (W/m <sup>2</sup> )	Напон (V)	Струја (A)	Снага (W)	Зрачење (W/m <sup>2</sup> )
9.00	4.30	0.025	0.11	29.85	4.80	0.050	0.24	66.67
10.00	4.90	0.053	0.26	72.14	5.30	0.060	0.32	88.33
11.00	5.57	0.057	0.32	88.19	5.56	0.058	0.32	89.58
12.00	6.17	0.050	0.31	85.69	6.17	0.050	0.31	85.69
13.00	6.03	0.049	0.30	82.08	6.03	0.051	0.31	85.43
14.00	5.98	0.042	0.25	69.77	5.98	0.043	0.26	71.43
15.00	5.29	0.021	0.11	30.86	5.91	0.042	0.25	68.95
16.00	4.21	0.019	0.08	22.22	5.36	0.043	0.23	64.02
17.00	4.03	0.015	0.06	16.79	4.63	0.039	0.18	50.16
18.00	2.14	0.003	0.007	1.78	3.66	0.016	0.06	16.27
	Укупни рад		1.82		Укупни рад		2.47	
	Просечна снага		0.18		Просечна снага		0.25	

Слике 3. и 4. приказују нека од поређења перформанси статичког соларног панела и соларног панела са механизмом за праћење.



Слика 3: Графикон поређења излазне снаге у односу на време



Слика 4: Графикон поређења напона у односу на време

Да би се упоредиле перформансе соларних панела са механизмом за праћење и статичким соларним панелом, направљен је прототип за соларно праћење који је контролисао Ардуино. Током праћења рада система уочено је да када се панел првобитно правилно позиционира у правцу север-југ померања по истој оси у току дана су занемарљива. Из тога следи да би цео ситем мога успешно да ради и са контролом само по једној оси исток-запад.

### 3. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је направљен прототип соларног система за праћење из стварног живота коришћењем контролера базираног на Ардуину. Моделирање дизајна се односи на механичку конструкцију соларне структуре за праћење о којој се расправљало у претходним истраживањима. Прототип се састоји од контролног система са Ардуино плоче, сензора светлости од светлосног сензора, механизма ротације од серво мотора и соларног панела као главне компоненте. Да би се постигао циљ, спроводи се експеримент на отвореном за мерење параметара соларних панела и упоређивање перформанси соларних панела са механизмом за праћење и статичким соларним панелом.

На основу добијеног резултата, перформансе соларних панела су имале повећану ефикасност од 38,89% након имплементације са соларним механизмом за праћење. Доказано је да је предност механизма за соларно праћење током целог дана јер може да прати положај Сунца у поређењу са статичним соларним панелима. Ово омогућава соларном панелу да апсорбује више сунчевог зрачења за производњу електричне енергије, што резултира смањењем трошкова електричне енергије.

Остале су могућности за побољшање целог система и проширења његове употребе на соларне колекторе и њихову контролу. Такође уз помоћ других



микроконтролера могуће би било реализовати и систем за визуелизацију и праћење рада и неисправности.

#### **4. ЛИТЕРАТУРА**

- [1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_tracker](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_tracker)
- [2] <https://en.wikipedia.org/wiki/Photodetector>
- [3] <https://flprog.ru/en/>
- [4] <https://arduino.ru>
- [5] <https://www.radiokot.ru>
- [6] <http://arhiva.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/>