

Izrada ETF-ovog logotipa putem LED dioda

Mateja Radičević, Vuk Žutić, Vuk Maksić
Vođa tima: Milan Bjelica

Mart 2025

1 Uvod

Ideja o izradi LED transparenta proistekla je iz želje da praktično primenimo tehnička znanja stečena tokom studija i stvorimo nešto što će predstavljati naš fakultet. Ovaj projekat nije samo tehnički izazov, već i simbol zajedničkog rada i multidisciplinarne saradnje među studentima različitih smerova.

Sam projekat zahtevao je kombinaciju znanja iz više oblasti elektronike, programiranja, dizajna, ali i upravljanja resursima i timskim radom. Kroz ovaj proces naučili smo kako da teorijska znanja pretočimo u praktično rešenje i time ostavimo trajan doprinos našem fakultetu.

2 Hardversko rešenje

Sama ideja transparenta bila je realizacija pet različitih svetlosnih grupa, koje bi se u određenim intervalima povezivale na strujni izvor, čime bi se aktivirale LED diode i osvetljivale slova **E**, **T**, **Φ** i ceo logo fakulteta.

MOSFET tranzistore koristili smo kao naponski kontrolisane prekidače, čime smo omogućili upravljanje svetlosnim grupama. Otpornici su postavljeni radi zaštite od prevelikog strujnog opterećenja, dok je mikrokontroler služio kao glavni upravljački uređaj koji je kontrolisao rad celog sistema.

Takođe smo hteli da pokažemo da smo razmotrili i ideje zelene energije, te je solarni panel postavljen radi dopune našeg akumulatora kojim je napajan naš transparent.

3 Numerički proračun

Radna tačka LED postavljena je na $3V$, $20mA$. Napajanje LED svetlosnih grupa je iz izvora $5V$. Redni otpornik se proračunava tako da se za potrebnu ukupnu struju pripadajuće svetlosne grupe na njemu ostvari pad napona od $2V$. Prema proračunatoj vrednosti bira se prva najbliža vrednost raspoloživa u maloprodaji, koja uz to zadovoljava i proračunatu disipaciju ($I^2 \cdot R$).

4 Električna šema

4.1 PCB izrada

4.1.1 Uvod

Proces izrade štampane ploče hemijskim putem zasniva se na selektivnom uklanjanju bakra sa podloge korišćenjem odgovarajućeg nagrizajućeg rastvora. U ovom postupku, bakarna površina se najpre mehanički obrađuje finim abrazivnim sredstvom kako bi se uklonile nečistoće i oksidacioni slojevi, čime se poboljšava adhezija zaštitnog sredstva. Nakon toga, na površinu se nanosi zaštitni sloj u vidu alkoholnog markera, kojim se precizno označavaju provodne staze koje treba da ostanu nakon procesa jetkanja.

4.1.2 Priprema Rastvora

Priprema rastvora za jetkanje uključuje mešanje 30% vodonik-peroksida (H_2O_2) u količini od 1 do 2 dl sa koncentrovanom hlorovodoničnom kiselinom (HCl), koja omogućava efikasno rastvaranje bakra. Ova kombinacija reaguje sa bakrom, formirajući rastvoreni bakar(II)-hlorid (CuCl_2), koji se dalje rastvara u višku kiseline.

4.1.3 Nanošenje Kalaja

Nakon jetkanja, bakarna površina može biti prekrivena slojem kalaja (kositra) kako bi se poboljšala lemovost. Ovo se postiže potapanjem ploče u rastvor koji sadrži kalaj(II)-hlorid ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) i tioureu (tiokarbamid, $(\text{H}_2\text{N})\text{CSNH}_2$). Tiourea formira komplekse sa bakrom, što omogućava da se kalaj selektivno istaloži na bakarnoj površini.

4.1.4 Proces Jetkanja

Bakarna ploča se potapa u pripremljeni rastvor hlorovodonične kiseline i vodonik-peroksida i ostavlja određeni vremenski period dok se sav nezaštićeni metal ne ukloni. Tokom ovog procesa, dolazi do hemijske reakcije u kojoj vodonik-peroksid oksiduje bakar u Cu^{2+} jone, dok prisustvo hloridnih jona obezbeđuje njegovo rastvaranje u obliku CuCl_2 . Nakon završetka jetkanja, ploča se temeljno ispira vodom kako bi se uklonili ostaci hemikalija, a zatim se marker uklanja odgovarajućim rastvaračem.

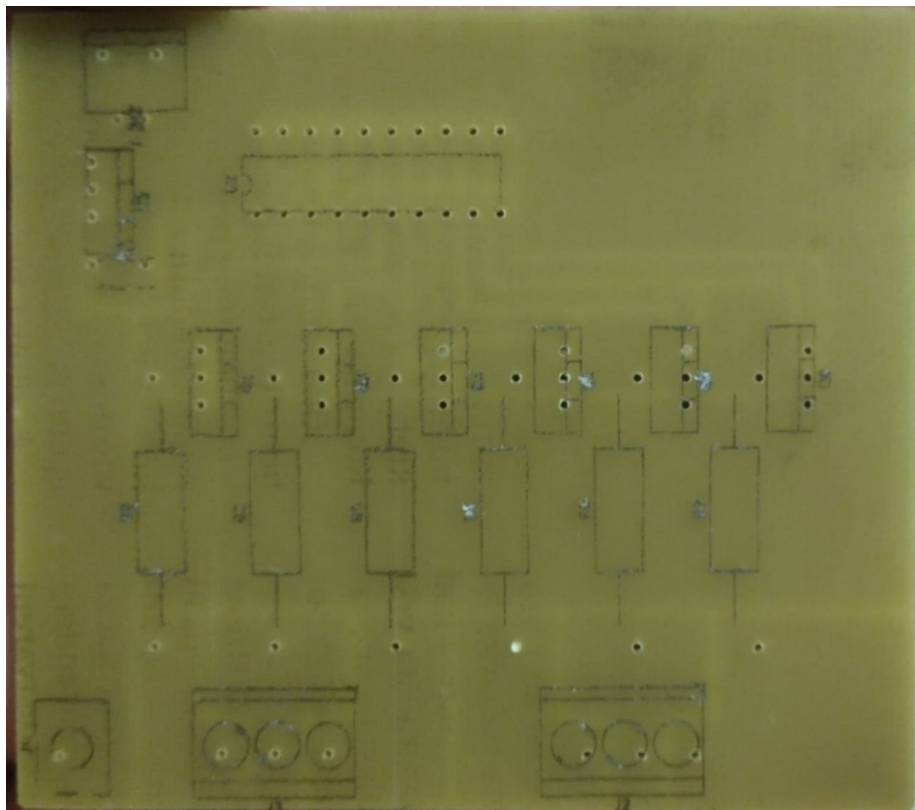
Na kraju, ostaje precizno formirana štampana ploča spremna za dalju obradu, uključujući bušenje rupa i lemljenje elektronskih komponenti.



Slika 1: Jetkanje ploče

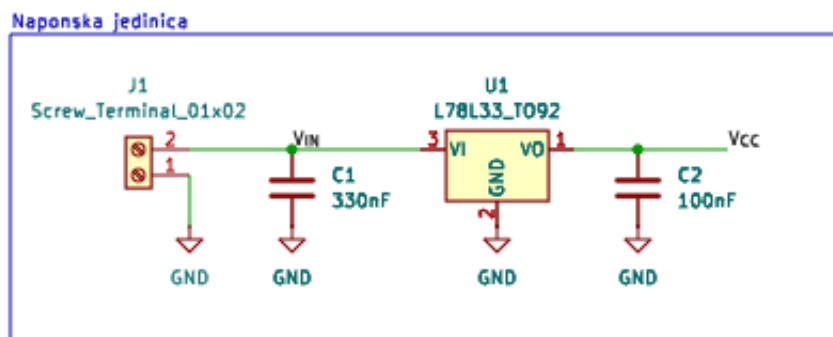
4.1.5 Zaključak

Ovaj metod omogućava izradu jednostavnih štampanih ploča u laboratorijskim ili kućnim uslovima bez potrebe za specijalizovanom opremom, čime se postiže efikasan i ekonomičan pristup razvoju elektronskih kola.

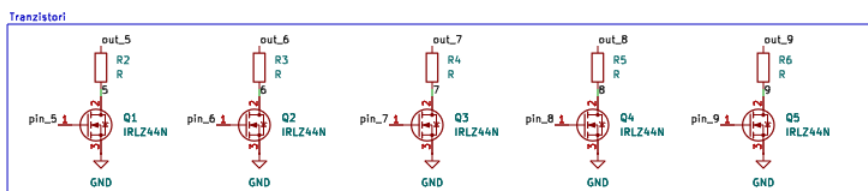


Slika 2: PCB izrada

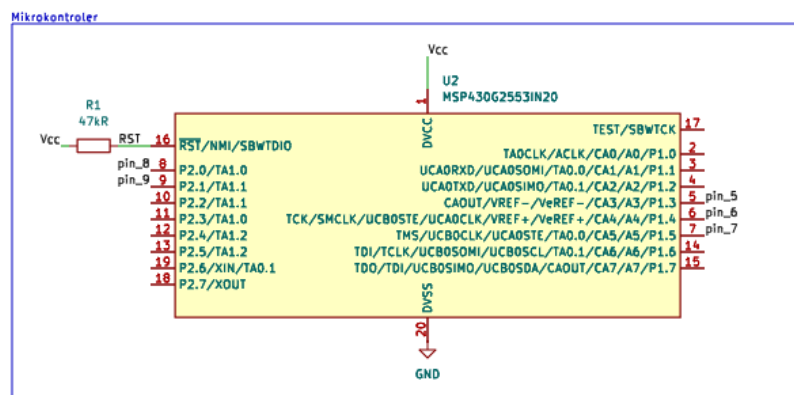
4.2 Šematski prikaz kola



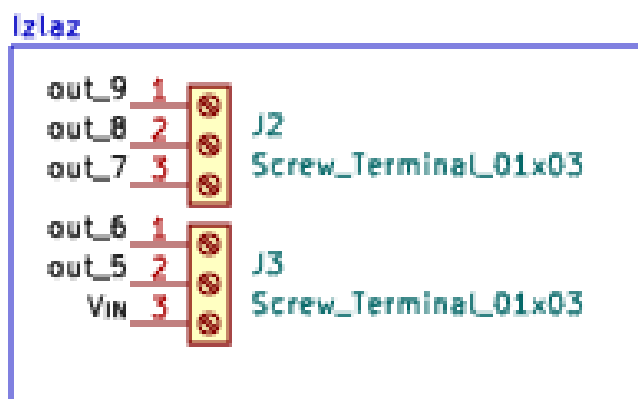
Slika 3: Naponska jedinica



Slika 4: Tranzistori



Slika 5: Mikrokontroler



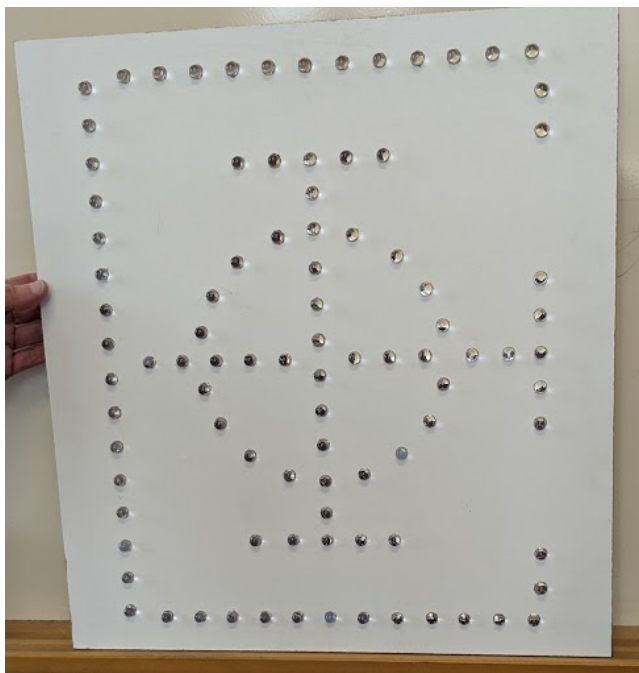
Slika 6: Izlaz

5 Lista komponenti

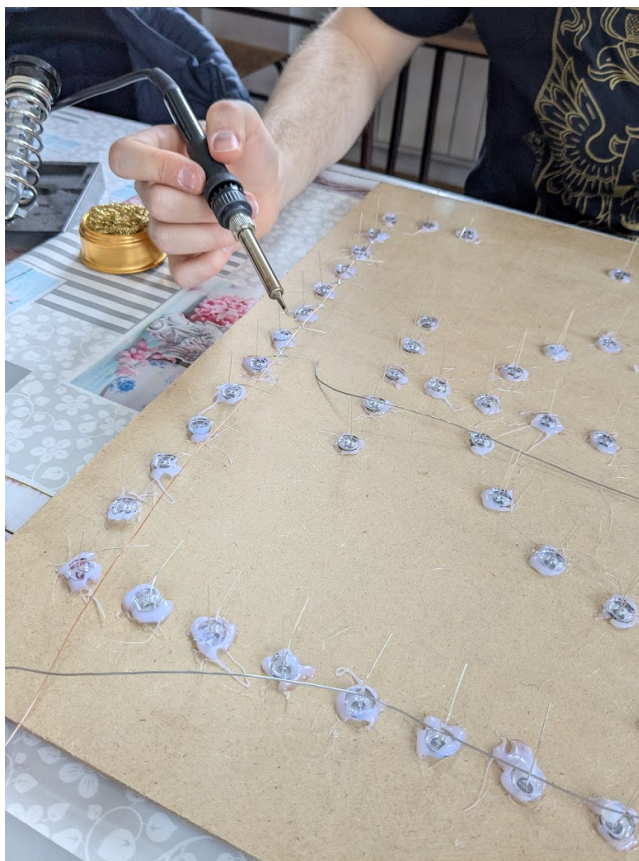
Opis	Količina
Redna stezaljka, dvopolna	1
Redna stezaljka, trolejna	2
IC podnožje 20 pina	2
LED 10 mm white	110
Kondenzator, keramički, 100 nF	2
Kondenzator, keramički, 300 nF	2
USB A	1
Vitroplast	1
IRLZ44N	6
2,2 ohm	2
10 ohm	2
22 ohm	2
6,8 ohm	2
5,6 ohm	2
47 kohm SMD	2
MSP430G2553	1
CIAK akumulator industrial 12V 7Ah	1

Tabela 1: Lista komponenti

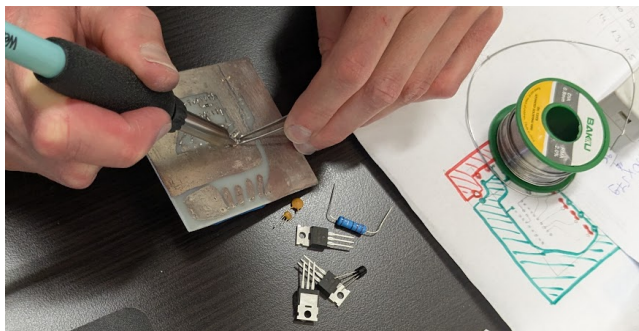
6 Faze izrade



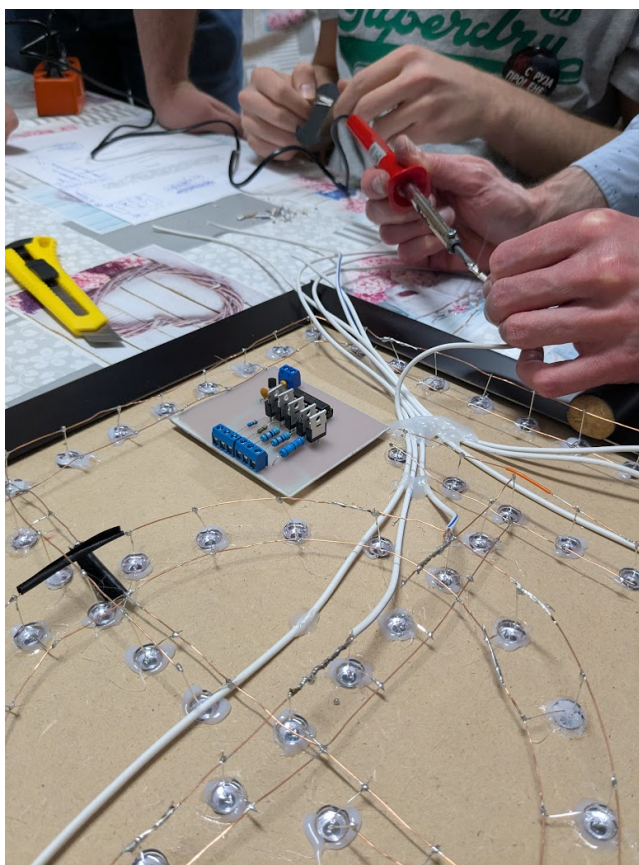
Slika 7: Lepljenje LED



Slika 8: Lemljenje svetlosnih grupa



Slika 9: Lemljenje SMD komponenti



Slika 10: Sastavljanje poledine



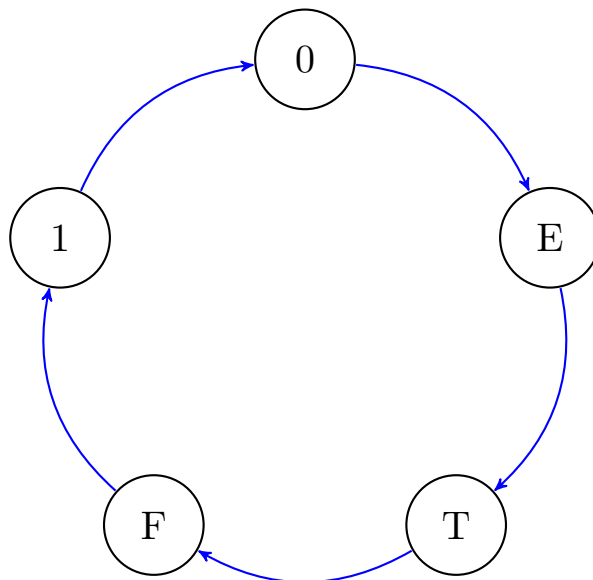
Slika 11: Isprobavanje svetlosnih grupa



Slika 12: Aktivacija celog displeja

7 Softversko rešenje

7.0.1 Dijagram stanja Mooreovog automata



Dijagram na slici prikazuje Mooreov automat koji modeluje rad mikrokontrolera u kontrolisanju LED displeja. Automat se sastoji od pet stanja: početnog stanja 0, kao i stanja **E**, **T**, **F** i završnog stanja označenog kao 1.

U početnom stanju (0) nijedna LED grupa nije aktivna. Svako sledeće stanje označava uključivanje određenih svetlosnih grupa prema unapred definisanom obrascu.

Prelaz iz 0 u **E** aktivira svetlosnu grupu za slovo „E”.

Iz **E** u **T** aktivira se slovo „T”.

Iz **T** u **F** aktivira se slovo „F”.

Iz **F** u završno stanje 1 aktivira se ceo natpis.

Nakon završnog stanja 1, automat se resetuje i vraća u početno stanje 0.

Prelazi između stanja prikazani su strelicama, a ciklični tok omogućava neprekidno ponavljanje sekvence prikazivanja svetlosnih signala.

7.0.2 Program za mikrokontroler

Ovaj program za mikrokontroler MSP430G2553 koristi tajmer kako bi sekvencijalno upravljao stanjem izlaznih pinova u unapred definisanim vremenskim intervalima. Program implementira pet stanja (0–4) koja određuju aktivaciju i isključivanje određenih pinova na portovima P1 i P2, čime se simulira svetlosni signal ili neka druga indikacija. Tajmer A0 radi u režimu "Up Mode" sa ACLK taktom podešenim na internu niskofrekventnu oscilaciju (VLO), deljenu sa 4, što omogućava periodično generisanje prekida. U prekidnoj rutini tajmera,

svako stanje postavlja određene izlaze prema unapred definisanom obrascu, nakon čega prelazi na sledeće stanje, ciklično se ponavljaajući. Ova sekvenca može biti korišćena za LED indikaciju različitih faza rada sistema.

```

1 #include <msp430g2553.h>
2 int state = 0;
3
4 int main(void) {
5     WDTCIL = WDIPW | WDIHOLD;
6     DCOCTL = 0;
7     BCSCTL1 = CALBC1_1MHZ;
8     BCSCTL3 |= LFXT1S_2;
9     DCOCTL = CALDCO_1MHZ;
10
11     P1DIR |= BIT3 + BIT4 + BIT5;
12     P2DIR |= BIT0 + BIT1;
13     P1OUT &= ~(BIT3 + BIT4 + BIT5);
14     P2OUT &= ~(BIT0 + BIT1);
15
16     TA0CCR0 |= 4000;
17     TA0CCTL0 |= CCIE;
18     TA0CTL |= TASSEL_1 + MC_1 + ID_2;
19     _BIS_SR(LPM3_bits + GIE);
20 }
21
22 #pragma vector=TIMER0_A0_VECTOR
23 __interrupt void Timer0_A0 (void) {
24     switch (state) {
25         case 0: P1OUT = 0; P2OUT = 0; break;
26         case 1: P2OUT = BIT1; break;
27         case 2: P2OUT = 0; P1OUT = BIT4 + BIT3; break;
28         case 3: P1OUT = BIT4 + BIT5; break;
29         case 4: P1OUT = BIT3 + BIT4 + BIT5; P2OUT = BIT0 +
30                 BIT1; break;
31     }
32     state = (state + 1) % 5;
33 }

```

8 MPPT

MPPT (Maximum Power Point Tracking) kontroler je napredni solarni regulator punjenja koji optimizuje pretvaranje energije iz solarnih panela u baterije. Njegova glavna funkcija je da prati i održava rad solarnih panela na njihovoj maksimalnoj tački snage (Maximum Power Point – MPP), čime se postiže maksimalna efikasnost punjenja.

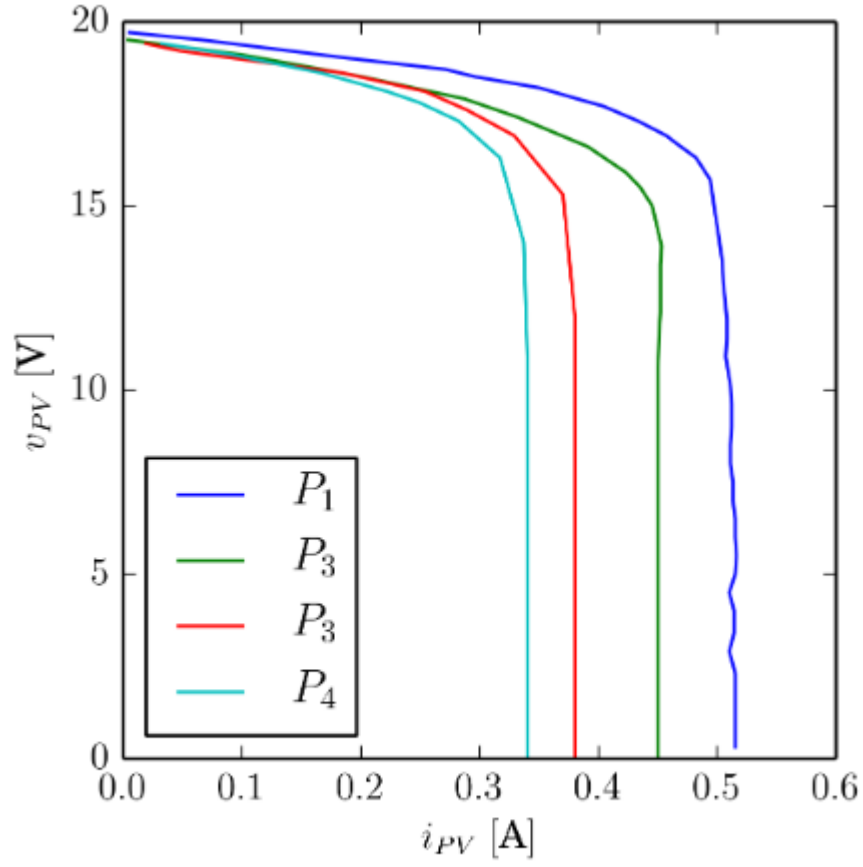
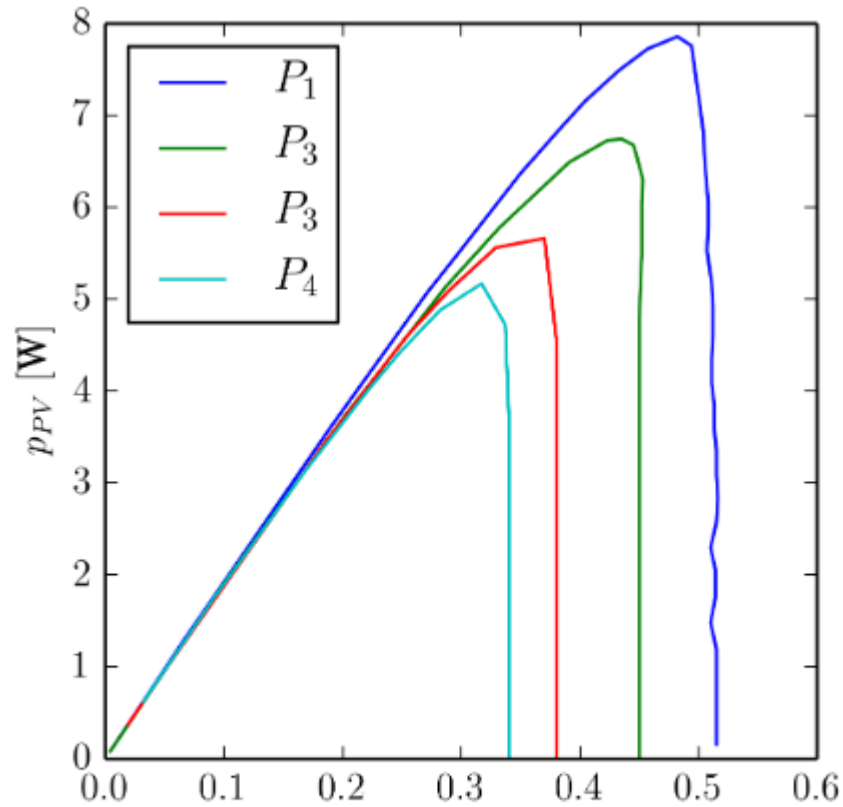


Fig. 3. The photovoltaic panel, $v_{PV}(i_{PV})$





Slika 13: Napajanje akumulatora putem solarnog panela

9 Zaključak

Ovaj projekat pokazao je kako se teorijska znanja iz elektronike, programiranja i dizajna mogu primeniti u praktičnoj realizaciji složenog sistema. Kroz proces izrade LED transparenta, stekli smo dragoceno iskustvo u radu sa mikrokontrolerima, upravljanju elektronskim komponentama i optimizaciji energetskih resursa.

Posebno smo se osvrnuli na efikasnost napajanja, koristeći akumulatorski sistem sa dopunom iz solarnog izvora, čime smo demonstrirali mogućnosti korišćenja obnovljivih izvora energije u elektronici.

Izrada štampane ploče pomoću hemijskog procesa omogućila nam je uvid u

alternativne metode proizvodnje, dok je softverska implementacija Mooreovog automata omogućila jednostavno i pouzdano upravljanje osvetljenjem displeja.

Konačni rezultat nije samo funkcionalan LED transparent već i dokaz uspješne saradnje tima studenata iz različitih oblasti, što potvrđuje važnost multidisciplinarnog pristupa u inženjerskim projektima.

10 Zahvalnica

Želimo da se zahvalim ovim putem majstorima Banetu i Neši, koji su u najkraćem roku pomogli u izradi stalka za transport i pripremi ploče za dalju izradu, kao i celom timu koji je učestvovao u projektu u bilo kojoj meri.



Slika 14: Stalak



Slika 15: Obrada ploče



Slika 16: Ceo tim