



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI
FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



Automatska kontrola sistema za impulsno gasno pražnjenje

- master rad -

Mentor:

Prof. dr Zoran Mijatović

Kandidat:

Zoltan Nađ

Novi Sad, 2013

Sadržaj

1	Uvod	1
2	Opis eksperimentalne postavke	2
3	Opis kontrolne jedinice	5
3.1	Šematski prikaz	6
3.2	Prikaz štampanih ploča i raspored elemenata	18
3.2.1	Centralna jedinica	18
3.2.2	Tipovi i vrednosti komponenata centralne jedinice	20
3.2.3	Sedmosegmentni displeji	21
3.2.4	Tipovi i vrednosti komponenata sedmosegmentnog displeja	23
3.2.5	Jedinica A/D konvertera	24
3.2.6	Tipovi i vrednosti komponenata jedinice A/D konvertera	25
3.2.7	Jedinica sa relejima	26
3.2.8	Tipovi i vrednosti komponenata jedinice sa relejima	27
3.2.9	Jedinica za napajanje	28
3.2.10	Tipovi i vrednosti komponenata jedinice za napajanje	29
3.3	Visokonaponska sonda, račun i vrednosti	30
3.4	Kalibracija VN sonde	30
3.5	Dijagram toka programa mikrokontrolera	33
4	Kontrolna tabla	35
5	Uputstvo za upotrebu kontrolne jedinice	37
5.1	Greške	38
6	Računarski program za upravljanje kontrolnom jedinicom	41
6.1	Front panel	41
6.2	Padajući meni	44
6.3	Parametri serijske komunikacije	45
7	Opis rada sa računarskim programom	47
8	Zaključak	50
9	Literatura	51

1 Uvod

Zadatak ovog rada bila je konstrukcija i realizacija elektronske kontrolne jedinice za kontrolu pražnjenja pri eksperimentima sa T-cevi na Katedri za fizičku elektroniku. Novina koju ova jedinica uvodi jeste mogućnost daljinske kontrole eksperimenta pomoću računara. Kontrolna jedinica istovremeno treba da vrši akviziciju kao i obradu komunikacionih podataka, upravljanje podjedinicama, kontrolu procesa i komunikaciju sa računarom.

Kontrolna jedinica treba da objedini sledeće instrumente i jedinice:

- voltmeter – za merenje napona na visokonaponskim kondenzatorima (banka),
- komparator – koji upoređuje napon na banchi sa unapred zadatim naponom za pražnjenje,
- jedinicu za kontrolu podjedinica, kao što su: podjedinica sa malim i velikim tiratronom, podjedinica za grejanje velikog tiratrona i podjedinica sa autotransformatorom za punjenje banke,
- generator niskonaponskog signala (12V) – za okidanje malog tiratrona,
- jedinicu za komunikaciju sa računarom radi daljinske kontrole procesa.

Pri konstrukciji ove jedinice mora se voditi računa o tome, da se, prilikom pražnjenja visokonaponskih kondenzatora, javljaju jaka elektromagnetna polja. Prilikom pražnjenja banke pri naponu od 20 kV, struja pražnjenja može dostići vrednosti do 20 kA [1]. Ova jaka polja indukuju smetnje u elektronskim kolima, i zbog toga jedinica mora da bude otporna na ovakve vrste smetnji. Pri pražnjenjima, rad jedinice kao i komunikacija a PC-jem, mora da bude pouzdana. Ovo se može postići pažljivom planiranjem štampanih kola kao i odgovarajućim uzemljenjem celog sistema.

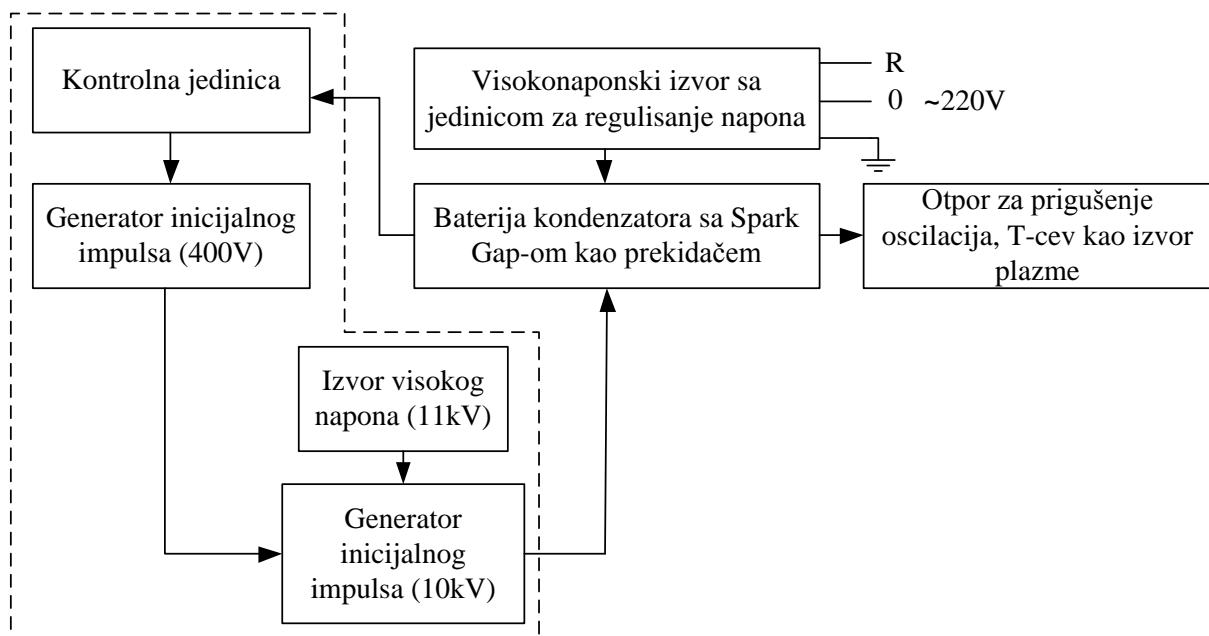
Pored realizacije kontrolne jedinice, bilo je potrebno i pisanje programa za upravljanje jedinicom pomoću računara. Pri izradi ovog softvera moralo se, takođe, voditi računa o tome da softver, pri radu, bude stabilan i pouzdan. Dalje, korišćenje softvera mora da bude lak i intuitivan.

2 Opis eksperimentalne postavke

Električni sistem se sastoji iz tri osnovna dela:

- kola za napajanje električnom energijom,
- kondenzatora, koji vrše ulogu akumulatora energije sa spark gap-om i otporom za prigušenje i
- jedinice za iniciranje pražnjenja.

Sva tri podsklopa povezana su u jednu celinu sa strukturu prikazanom na slika 1.



Slika 1.

Na slici 2. prikazana je električna šema međusobnih veza pojedinih podsklopova, pri čemu je uzemljenje u celom sistemu izvedena tako da postoji samo jedan priključak na zemlju. Ovim je izbegnuto stvaranje indukcionih parazitnih impulsata vodova. [2]

Objašnjenje podsklopova sa slike 1.

Jedinica za iniciranje pražnjenja sastoji se od:

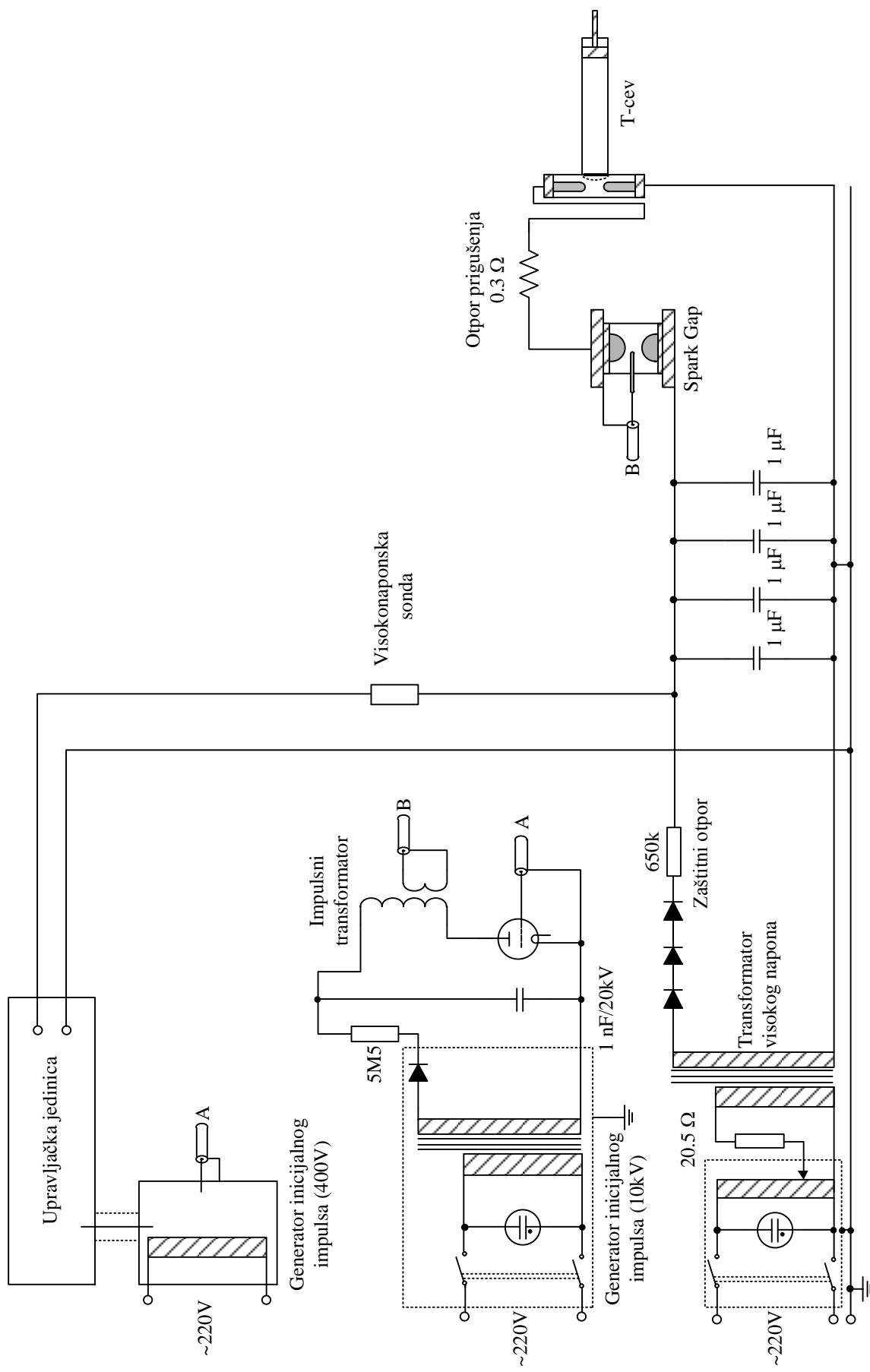
1. Kontrolne jedinice, koja je napravljena na Katedri za fizičku elektroniku, i koja nam služi za merenje napona na banchi, za komparaciju sa unapred zadatim naponom pražnjenja kao i za kontrolu pražnjenja banke. Napon na banchi meri se pomoću visokonaponske sonde koja je isto napravljena na Katedri za fizičku elektroniku.

2. Generatora inicijalnog impulsa (400 V). Glavni aktivni deo generatora su gasne tetrode punjene vodonikom – tiratroni (mali tiratron).
3. Generatora inicijalnog impulsa (10 kV). On predstavlja svojevrsni pojačavač inicijalnog impulsa sa 400 V na 10 kV. U ovaj uređaj ugrađena je specijalna vodonična gasna trioda - tiratron, oznake 8503 (FX 290) marke English Electric, maksimalnog vršnog napona 16 kV (veliki tiratron).

Baterija kondenzatora (banka) sa spark-gap-om sastoji se od četiri kondenzatora marke MAXWELL No. 32004, kapaciteta $1 \mu\text{F}$ i maksimalnog radnog napona 75 kV. Ovi kondenzatori su povezani paralelno trakastim vodovima koji istovremeno nose spark-gap. Ovako dobijena energetska jedinica može da akumulira energiju od 11200 J (pri 75 kV).

Otpornik vrednosti 0.3Ω , koji je redno vezan između baterija kondenzatora i T-cevi, služi za prigušenje (amortizaciju) oscilacija struje pražnjenja, tako da posle prigušivanja ostaje praktično samo prva poluperioda. Ovo je realizovano tako što je otpor izabran tako da RLC kolo bude u kritično prigušenom načinu ($R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$) [3], time je osigurano da se energija kondenzatora isprazni u prvoj poluperiodi, jer se tako sprečavaju inverzne struje, odnosno pojava inverznih napona koji skraćuju vreme života kondenzatora. Otpor prigušenja izrađen je cekasa, tako da ima potrebnu otpornost od 0.3Ω . Ugradnjom ovog otpora postignuto je produženje života kondenzatora za 1000%, tj. sa 50000 impulsa na 500 000 impulsa.

Kolo za napajanje električnom energijom čini visokonaponski izvor sa jedinicom za regulisanje napona. Visokonaponski izvor treba da osigura punjenje kondenzatora (banke) do napona na kojem će se vršiti pražnjenje. Banka se puni pomoću visokonaponskog transformatora pri čemu otpornik u primaru transformatora služi za ograničenje struje punjenja. Radi bržeg punjenja banke, vrednost ovog otpornika menja se pomoću komparatora na unapred zadatom naponu. Sekundar transformatora vezan je za ispravljački deo strujnog kola koji se sastoji od tri visokonaponske diode. Regulisanje napona (maksimalnog napona na banchi) vrši se autotransformatorom.



Slika 2. Šematski prikaz eksperimentalne postavke

3 Opis kontrolne jedinice

Kontrolna jedinica služi za praćenje i kontrolisanje procesa pri eksperimentima koji se izvode na Katedri za fizičku elektroniku. Izgled kontrolne jedinice može se videti na slici 3.

Ova jedinica kontroliše rad određenih podjedinica kao što je:

- jedinica za generisanje inicijalnog impulsa (400 V) (mali tiratron),
- jedinica izvora visokog napona za generator inicijalnog impulsa okidanja pražnjenja (10 kV) (veliki tiratron),
- jedinica (sa autotransformatorom) za punjenje visokonaponskih kondenzatora (banke) preko visokonaponskog transformatora.

Pored kontrole podjedinica ova kontrolna jedinica služi još i za praćenje napona na banchi, za prekidanje punjenja banke pri unapred zadatom naponu, pražnjenje banke, kao i za komunikaciju sa PC-jem radi daljinske kontrole procesa.

Kontrolna jedinica sastoji se od centralne jedinice koja sadrži kontrolere, tastere, LED-ove za indikaciju, 7 segmentne displeje za prikaz napona (napona pražnjenja i trenutnog napona banke), jedinice A/D konvertera, jedinice sa relejima za kontrolu rada spomenutih podjedinica, i od jedinice za napajanje.

Na centralnoj jedinici nalaze se dva mikrokontrolera (dalje μ C). Glavni μ C je Atmelov AT89S8252 8-bitni μ C izrađen u CMOS tehnologiji, sa 8Kb programabilne flash memorije i 2Kb EEPROM memorije. Kompatibilan je sa MCS-51 serijom μ C. Set instrukcija je kompatibilan sa industrijskim standardom 80C51. Proizvodi se u tri kućišta (DIP-40, PLCC44, TQFP44) [4]. Ovaj μ C kontroliše rad releja, stanja tastera i LED indikacije, vrši komunikaciju sa A/D konvertorom, kao i sa drugim μ C i PC-jem. Drugi μ C je Atmelov AT89C4051 μ C koji je isto 8-bitni μ C izrađen u CMOS tehnologiji, sa 4Kb programabilne flash memorije. Set instrukcija je isto kompatibilan sa industrijskim standardom 80C51, i proizvodi se u DIP-20 kućištu [5]. Ovaj μ C zadužen je za ispis vrednosti napona na kontrolnoj tabli.

Jedinica sa A/D konverterom sadrži Microchip Technology Inc-ov MCP3201 12bit-ni A/D konvertor sa sukcesivnom aproksimacijom (SAR ADC). Komunikacija sa uređajem obavlja se serijskim SPI protokolom. Konverter je sposoban uzorkovati do 100 ksps. Ovaj A/D konverter ima malu potrošnju, samo 500 nA u standby i 300 μ A pri aktivnom režimu i radi na naponima od 2,7 V do 5,5 V. Konverter je dostupan u 8-pinskim MSOP, PDIP, TSSOP i 150 mil SOIC kućištima [6]. Ova jedinica je galvanski odvojena od centralne jedinice korišćenjem brzih optokaplera tipa 6N136N. Ovo je potrebno radi zaštite centralne jedinice kao i priključenog računara od eventualnog strujnog udara.

Detaljan opis korišćenih komponenti mogu se naći na sajtu proizvođača kao i na priloženom CD-u.

Jedinica za napajanje ima dva transformatora. Veći transformator (12 V, 3,5 VA) daje napone od +12 V i +5 V. Napon od +12 V koristi se za okidanje malog tiratrona, dok se sa +5V napaja kontrolna jedinica. Ovaj jedinica ima još i dva izvoda za masu, jednu za analognu

i jednu za digitalnu masu. Odvajanje ovih masa bilo je potrebno da bi se smanjio šum u kolu. Manji transformator (6 V, 1,9 VA) daje napon od +5 V kojim se napaja jedinica sa relejima. Posebno napajanje za releje je bilo neizbežno radi smanjenja smetnji koji se javljaju prilikom pražnjenja banke usled dejstva jakog elektromagnetskog polja.



Slika 3. Kontrolna jedinica u radu

3.1 Šematski prikaz

Na slikama od 4. do 8. data je šema centralne jedinice.

Na slici 4. vidi se deo centralne jedinice koji se sastoji od μC AT89S8252. Na šemi može se videti jedan 8-bitni shift registar MC74HC595AN. Ovaj shift registar nam služi za prikazivanje stanja tastera pomoću LED indikatora. Pored njih tu je i jedan multiplexer SN74157N koji nam služi kao skretnica pri komunikaciji između AT89S8252 s jedne i AT89C4051 ili PC-ja s druge strane. Integrisano kolo SN7408N sadrži 4 logička I kola, i zajedno sa kondenzatorom C5 (2200 μ F) i otpornikom R2 (6,8 k Ω) čine kolo za kašnjenje radi eliminacije nekontrolisanog uključivanja releja pri uključivanju kontrolne jedinice. SG1 na šemi predstavlja piezo zvučnik koji nam služi za indikaciju pritisnutih tastera kao i za zvučnu signalizaciju grešaka pri radu kontrolne jedinice. Ovaj element može se isključiti pomoću jumpera BeeperJ1 i BeeperJ2. Mogu se dalje uočiti priključci za napajanje kao i priključci za USB i ADC konverter. Na priključcima +12 V i +5 V mogu se videti dva kalemata L1 i L2 koji su u stvari feritna jezgra sa provodnikom u sredini, i zajedno sa kondenzatorima C7 i C8 čine filter za eliminaciju indukovanih smetnji pri pražnjenju banke. USB priključak nam služi za posmatranje TTL signala koji idu prema PC-ju, dok nam ADC priključak služi za priključivanje jedinice sa AD konverterom.

Na slici 5. vidi se deo centralne jedinice sa AT89C4051 µC koji je zadužen za prikaz napona pražnjenja kao i trenutnog napona na banci. Vidi se i konektor za priključivanje 7 segmentnih displeja. Opis ovih displeja biće razmatran u daljem tekstu.

Na slici 6. vidi se deo centralne jedinice sa rotary encoder-om koji nam služi za podešavanje napona pražnjenja. Ovaj sklop čine integrisana kola SN74LS14N (Schmitt triger inventeri), HD74LS74A (taktovan D flip-flop) i rotary encoder. Izlazni impulsi koje daje ovaj sklop daju nam informaciju o broju koraka i o smeru okretanja rotary encoder-a. Brojanjem koraka određuje se promena vrednosti napona.

Na slici 7. vidi se deo centralne jedinice koji sadrži optokaplere za galvansko odvajanje jedinice sa relejima i izlaznog dela prema PC-ju od centralne jedinice. Korišćenjem optokaplera eliminisu se smetnje koje se indukuju u jedinici sa relejima, istovremeno se štiti računar od mogućeg strujnog udara. Za galvansko odvajanje releja koriste se obični optokapleri tipa CNY17, dok se za komunikaciju sa PC-jem koriste brzi optokapleri tipa 6N136N. Na ovoj slici se vide i konektori za priključivanje kontrolne jedinice na USB port računara i za priključivanje jedinice sa relejima.

Na slici 8. vidi se deo koji je zadužen za signal okidanja malog tiratrona. Ovaj sklop čini integrisano kolo NE555, koji radi kao monostabilni multivibrator. Izlaz ovog kola je na +12 V sve dok se ne pritisne taster za pražnjenje ili dok se ne dobije komanda za pražnjenje od glavnog µC, tada napon na izlazu pada na 0 i to stanje traje 10ms. Izgled i trajanje signala za okidanje može se videti u paragrafu GREŠKE na slici 40. Ovakav oblik signala obezbeđuje da se mali (samim tim i veliki) tiratron okine samo jednom pri pritisku tastera za pražnjenje. Dalje mogu se videti i tasteri za kontrolu rada jedinice, kao i LED-ovi za indikaciju stanja ovih tastera.

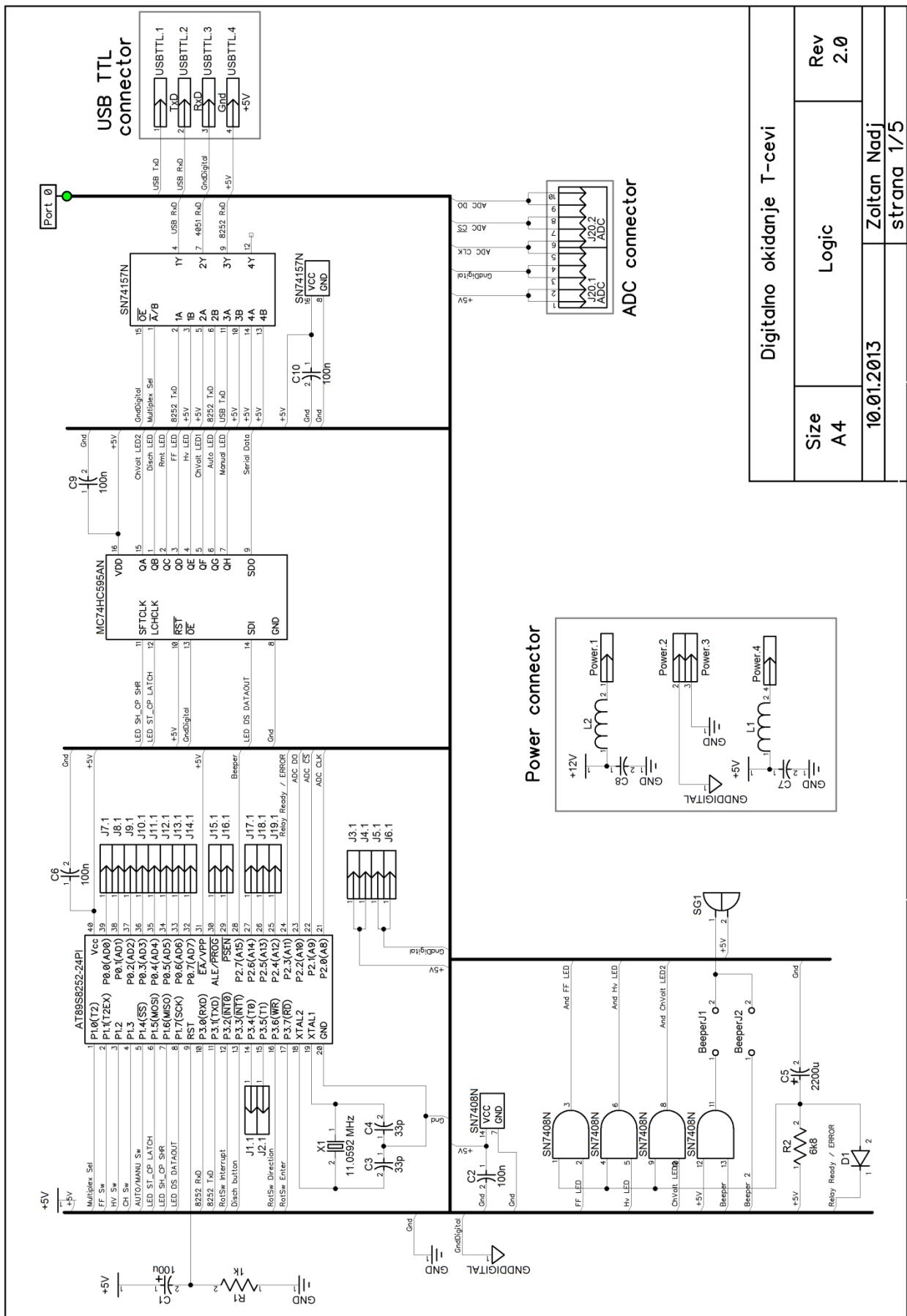
Slika 9. predstavlja jedinicu sa A/D konverterom (MCP3201) i posebnim napajanjem za ovu jedinicu. Optokapleri 6N136N kao što je ranije navedeno služe za galvansko odvajanje ove jedinice od centralne jedinice. Za stabilizaciju napona koristi se naponski regulator LM317T, koji se podešava tako da na izlazu daje 5 V. Izlazni napon se podešava pomoću potenciometra R3. TP1 i TP2 služe nam za merenje i kontrolu napona napajanja. Konstantnost i tačnost ove vrednosti od presudnog je značaja, jer pored napajanja A/D konvertera, ovaj napon predstavlja i referentni napon za A/D konverziju. Logička NE kola služe za usaglašavanje logičkih vrednosti prema ulazima µC. Potenciometar R2 nam služi za podešavanje napona na ulazu A/D konvertera, ali je isti u ovoj konfiguraciji izostavljen.

Na slici 10. može se videti jedinica za napajanje. Kao što je navedeno ova jedinica sadrži dva transformatora. Jedan za napajanje kontrolne jedinice (+5 V) i za okidanje malog tiratrona (+12 V) a drugi za napajanje jedinice sa relejima. Naponi se regulišu naponskim regulatorima LM7805CT za +5 V i LM7812CT za +12 V.

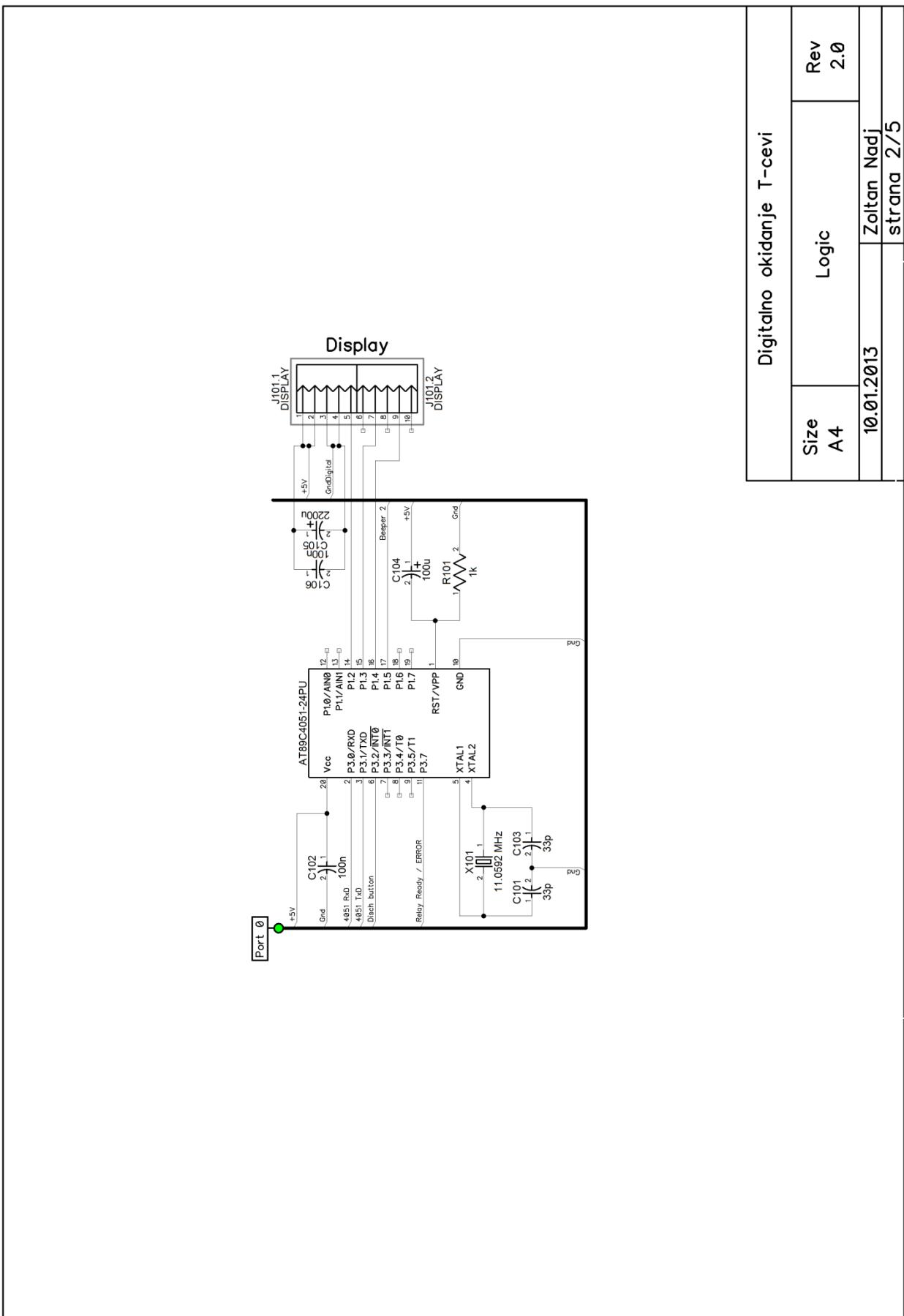
Slika 11. prikazuje jedinicu sa relejima. Releji se uključuju preko Darlington-ovog spoja BC517.

Na slici 12. predstavljen je logički deo 7 segmentnog displeja. Na kontrolnoj tabli nalaze se dva trocifarna 7 segmentna displeja, dok se treći nalazi u posebnom kućištu. Svaki displej sadrži tri 8-bitna shift registra MC74HC595AN. Ovi registri su serijski vezani jedni sa drugim. Položaj jumpera J1.1, J1.2 i J1.3 određuje da li se vrednost displeja prosleđuje ili kopira.

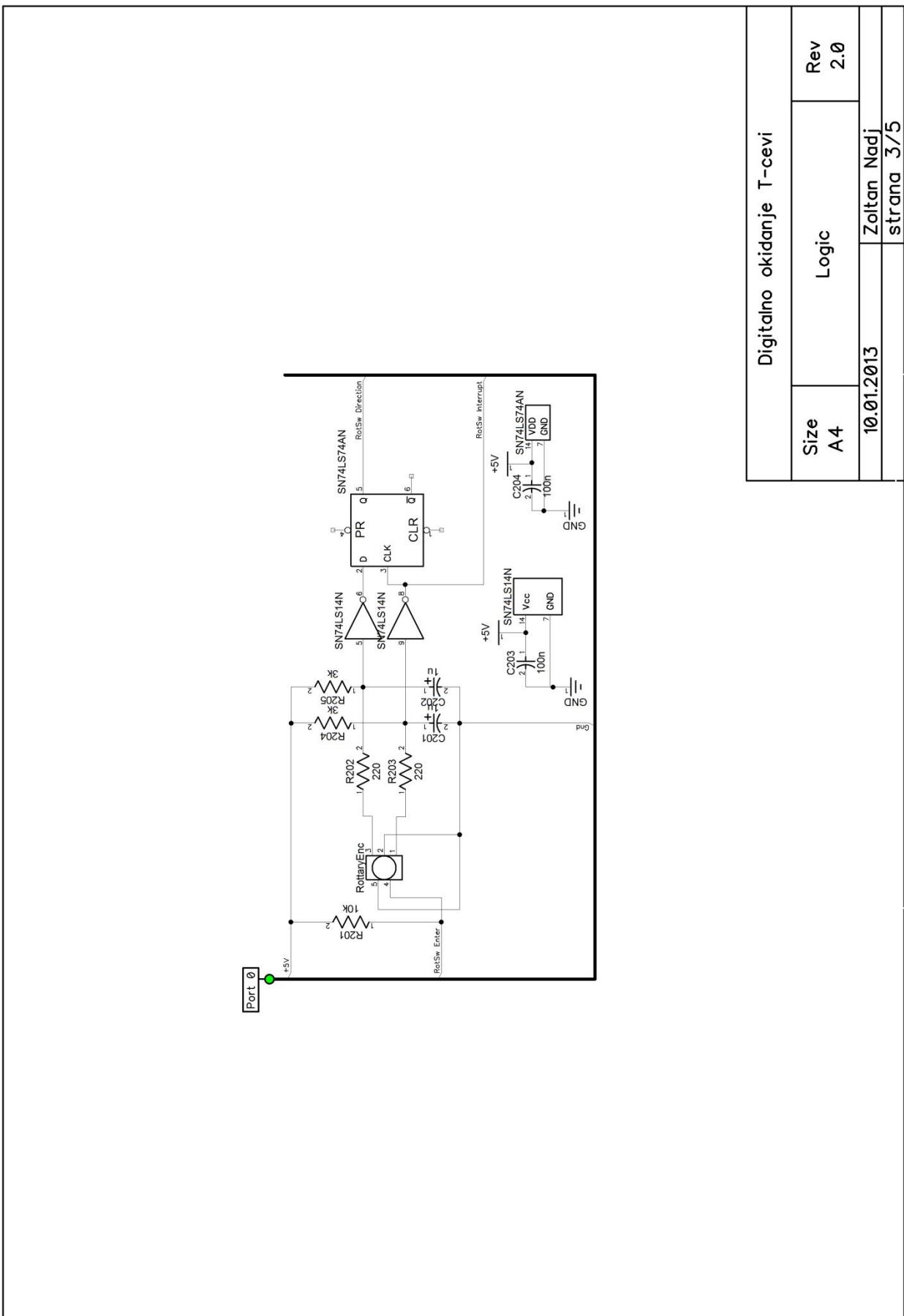
Naredna slika (slika 13.) prikazuje povezivanje 7 segmentnih displeja sa logičkim delom.



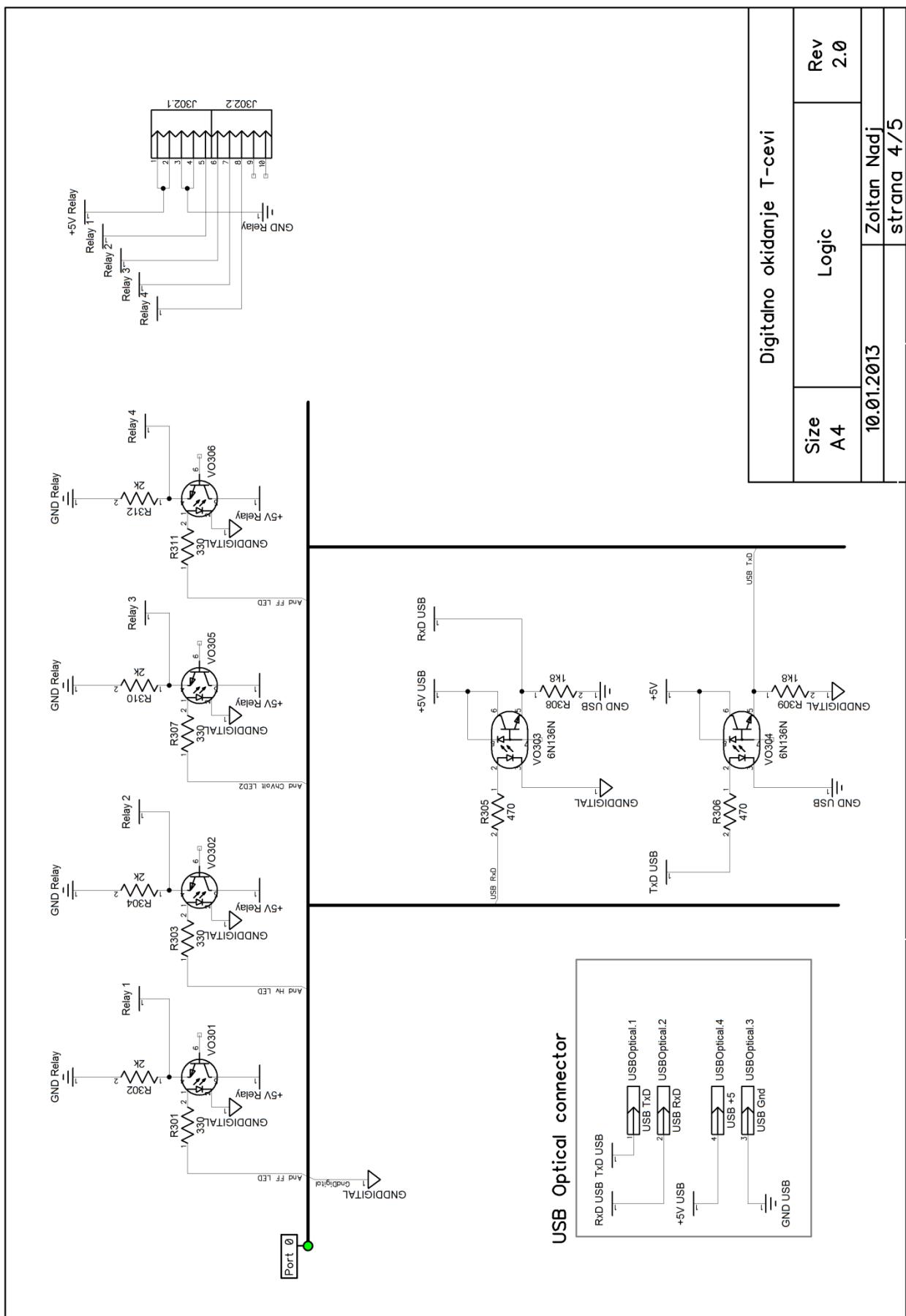
Slika 4. Deo centralne jedinice sa glavnim μC



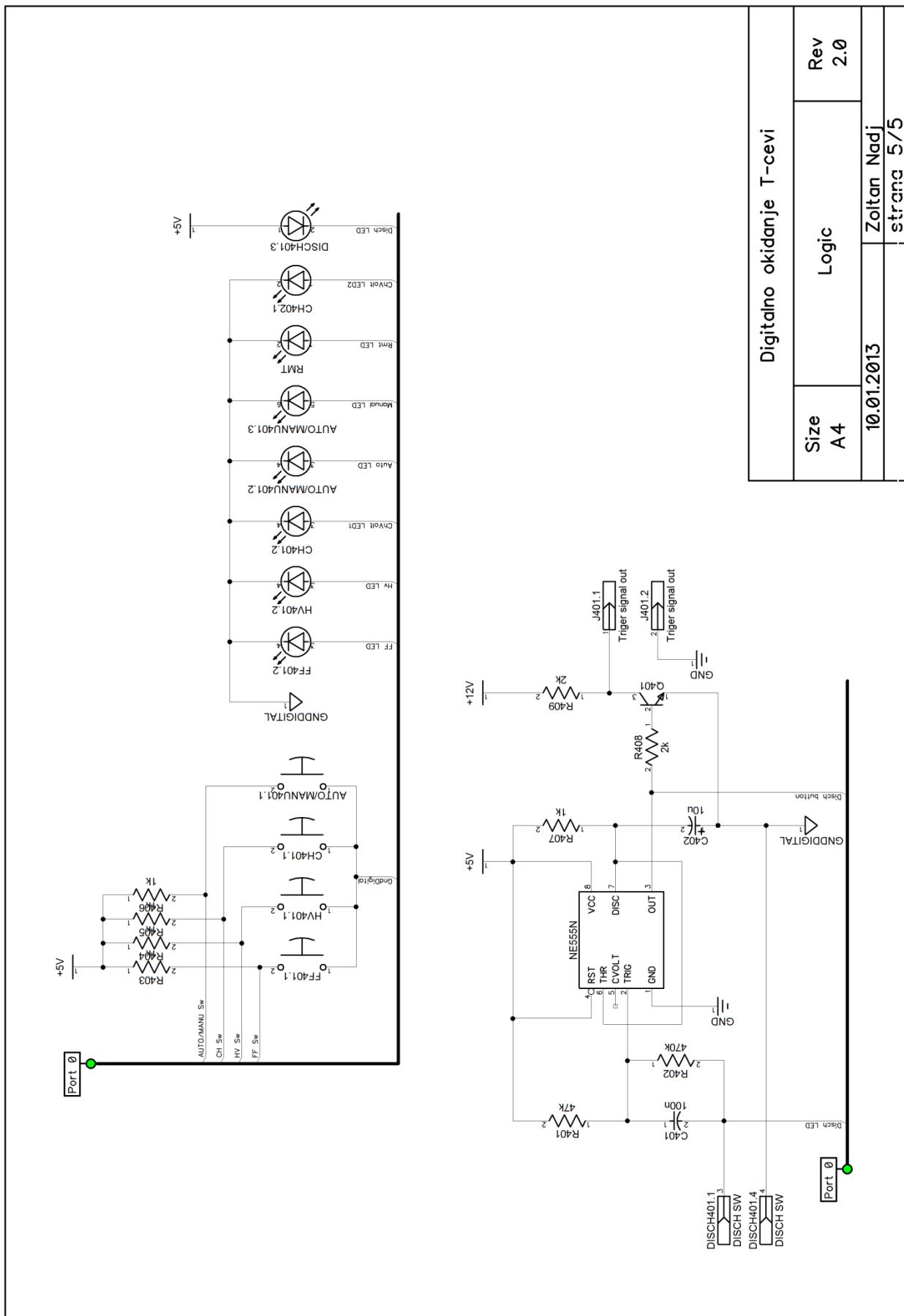
Slika 5. Deo centralne jedinice sa µC za ispis vrednosti na LE displej



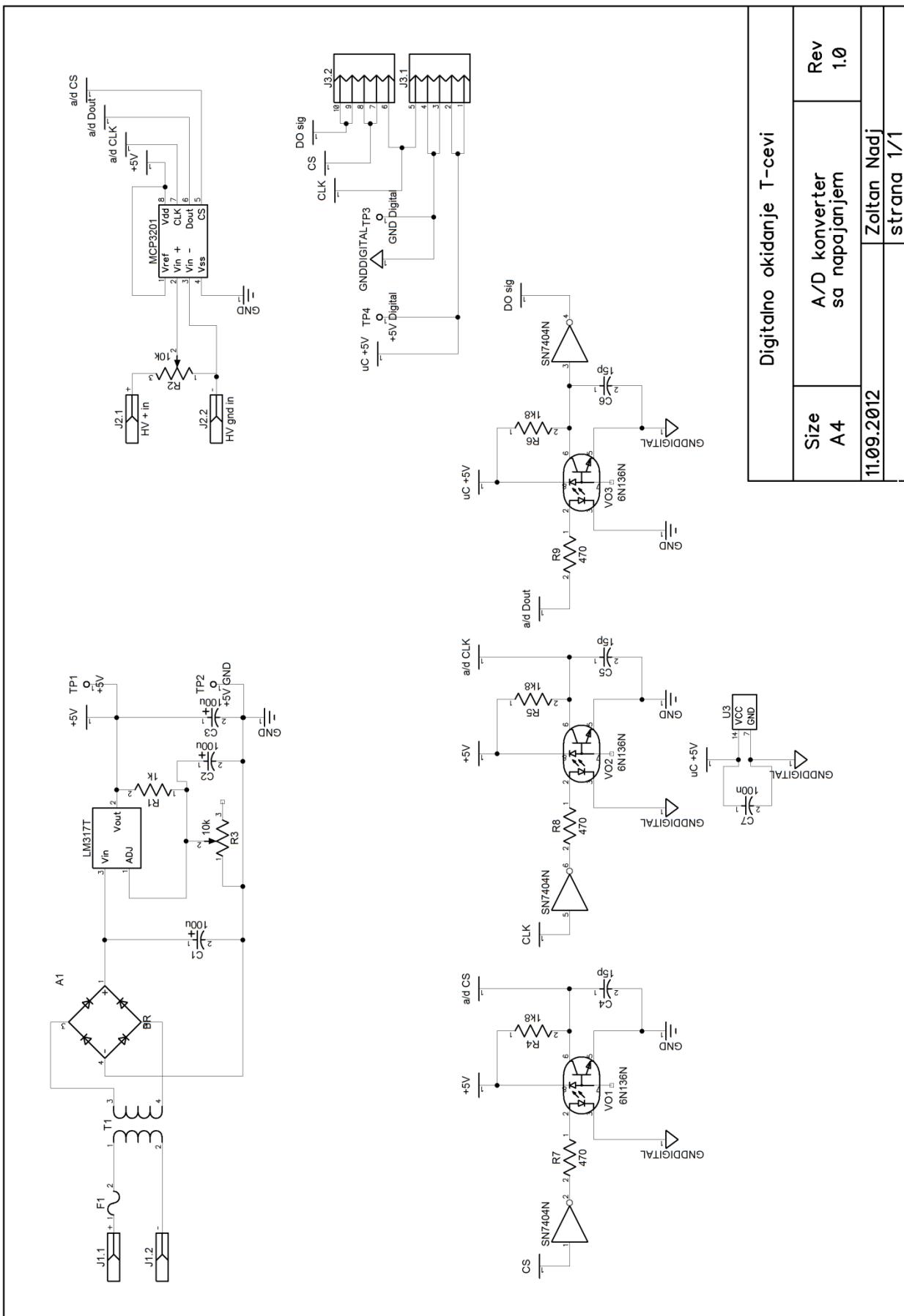
Slika 6. Deo centralne jedinice sa rotary encoder-om



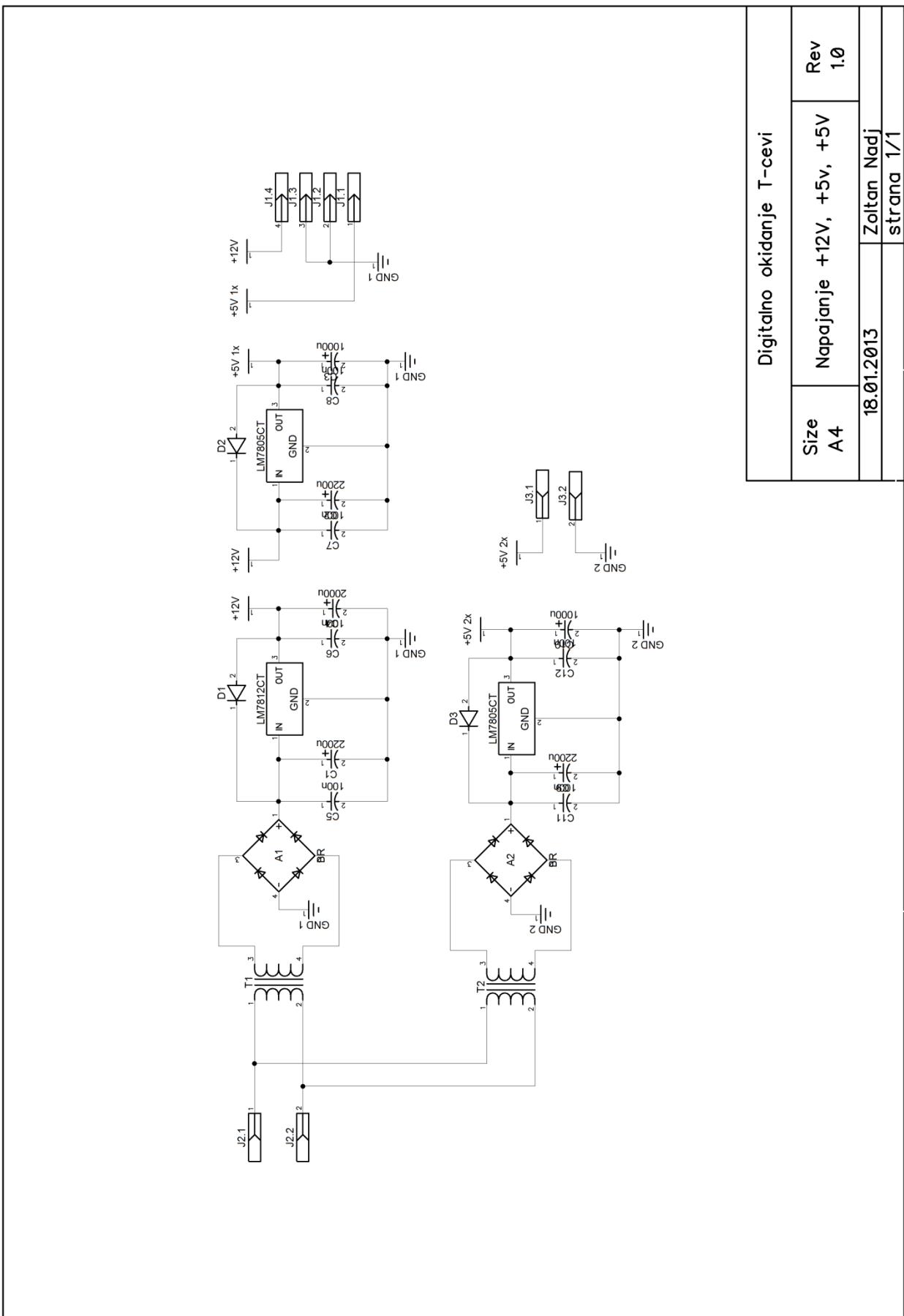
Slika 7. Deo centralne jedinice sa optokaplerima



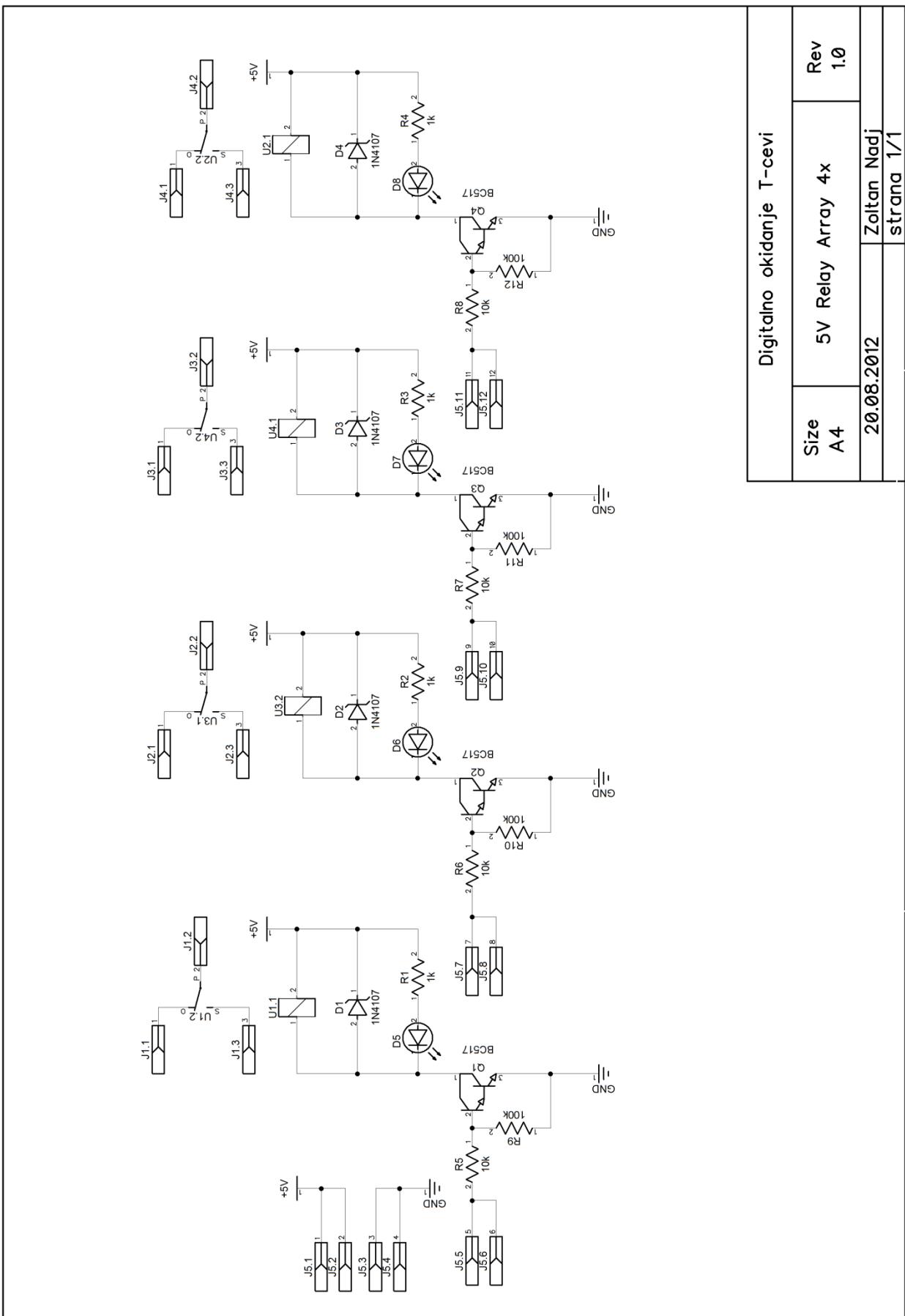
Slika 8. Deo centralne jedinice sa kolom za okidanje malog tiratroma i deo za LED indikaciju



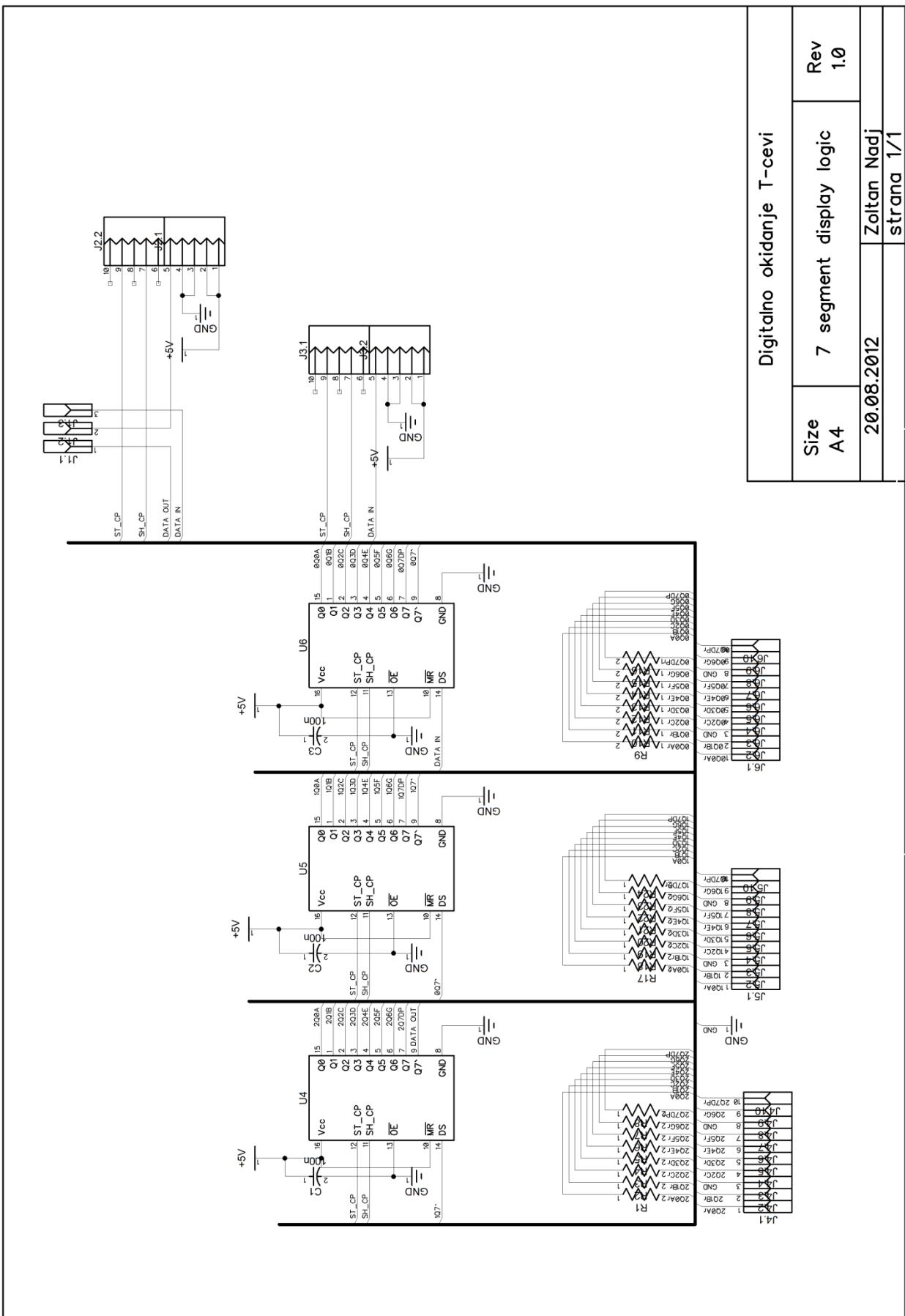
Slika 9. A/D konveter sa napajanjem



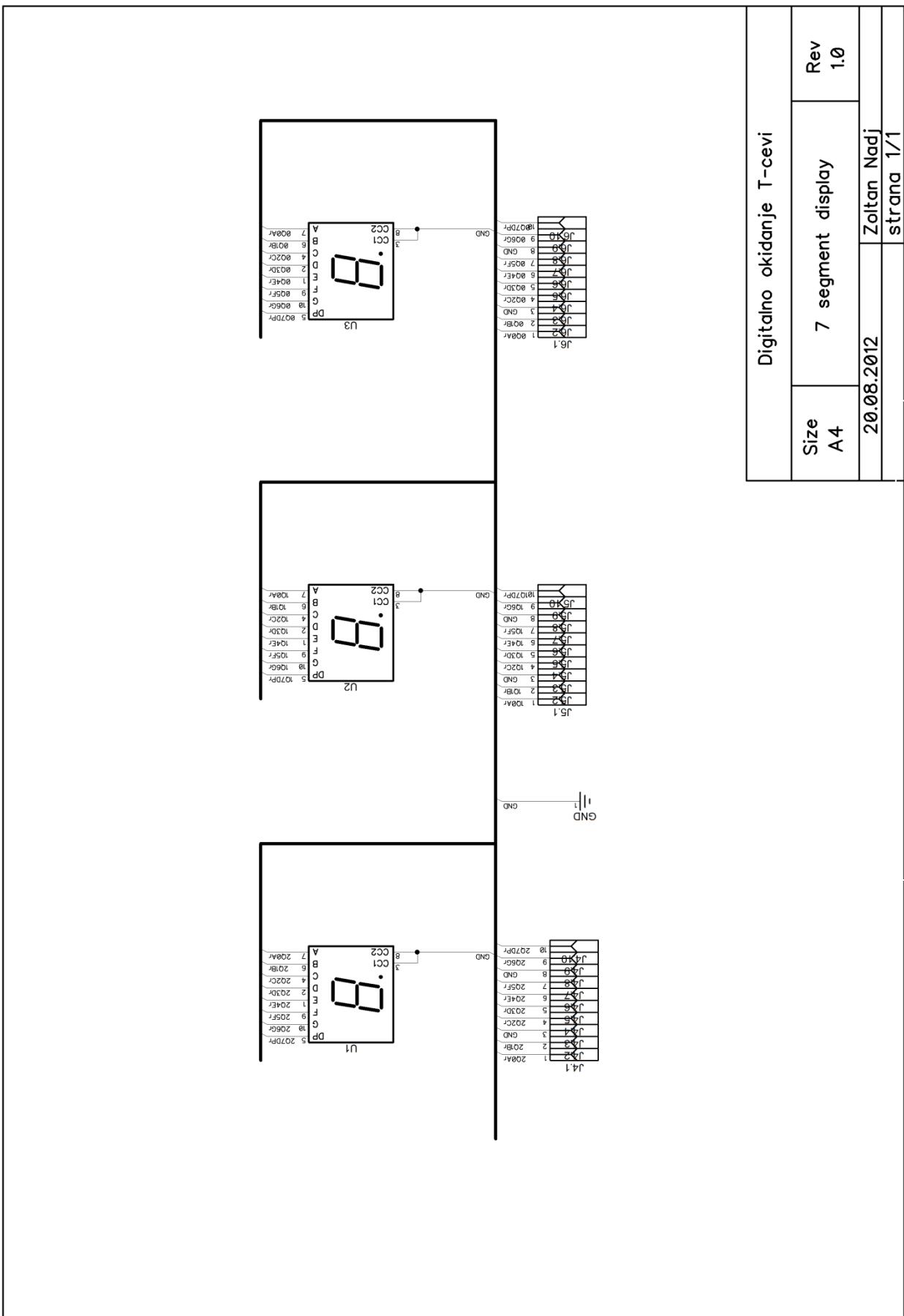
Slika 10. Napajanje za centralnu jedinicu



Slika 11. Jedinicna sa relejima



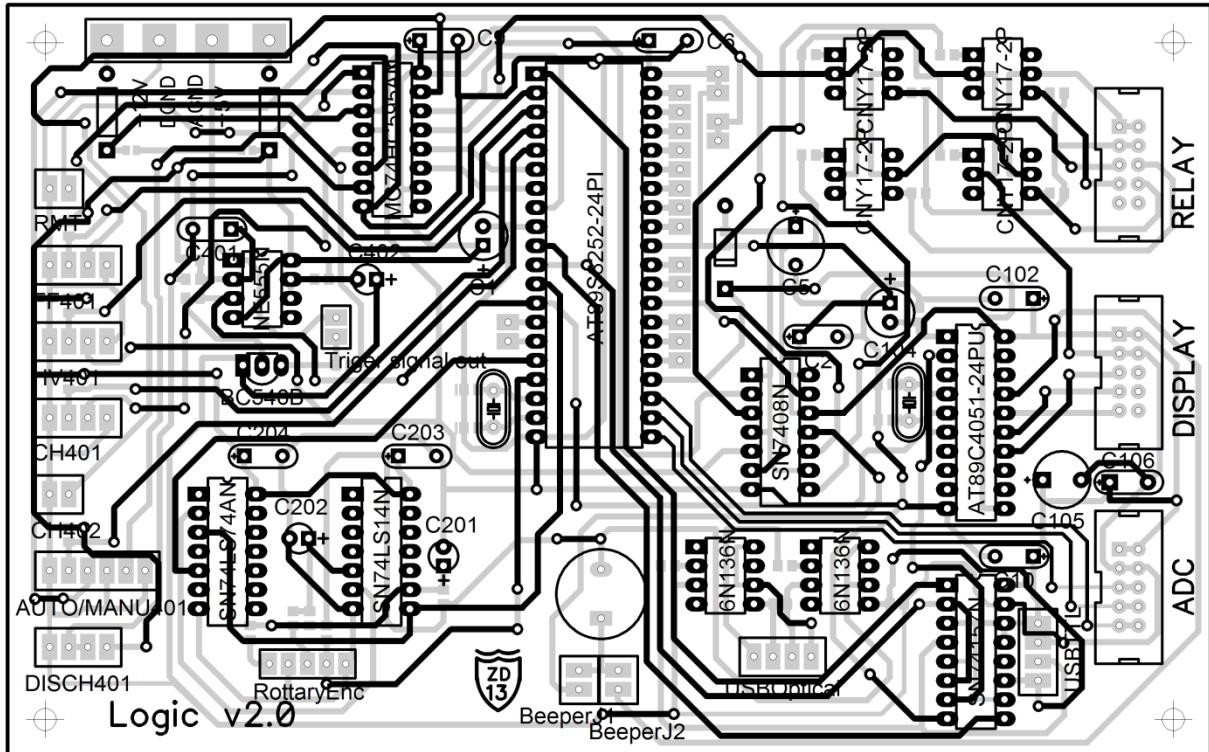
Slika 12. Logika sedmosegmentnih displeja



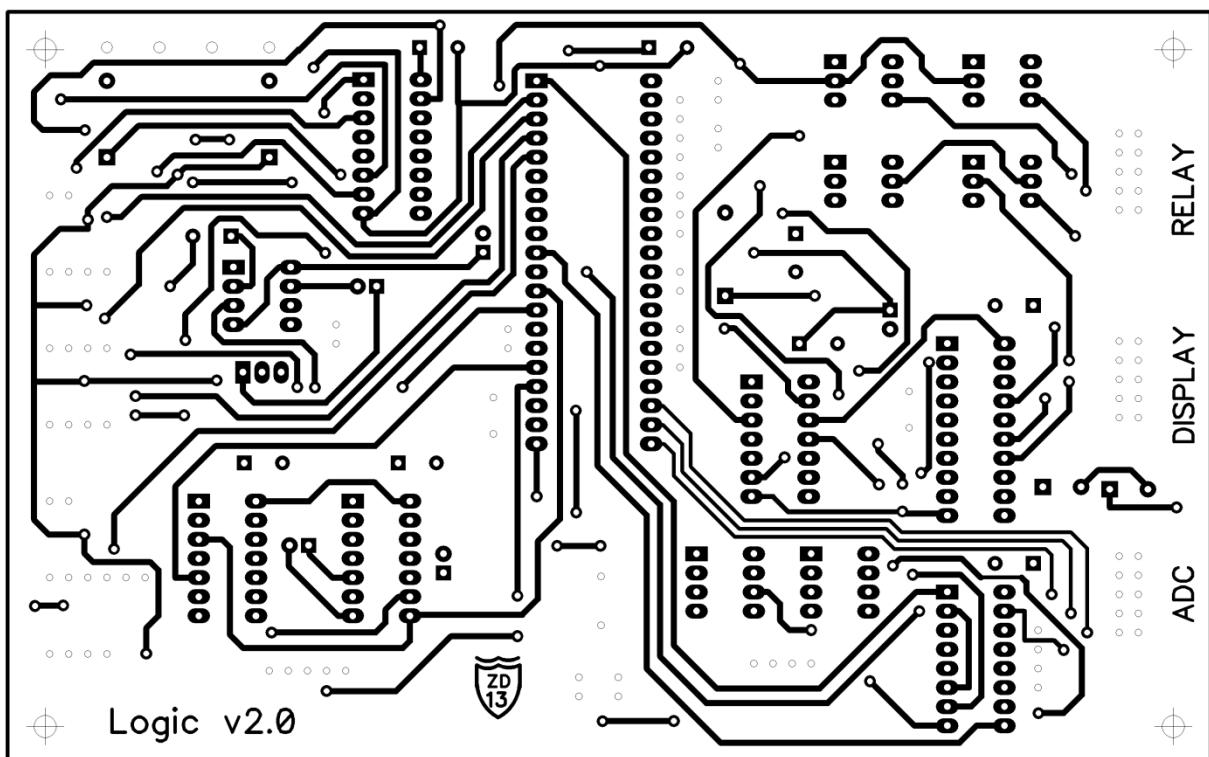
Slika 13. Sedmosegmentni displej

3.2 Prikaz štampanih ploča i raspored elemenata

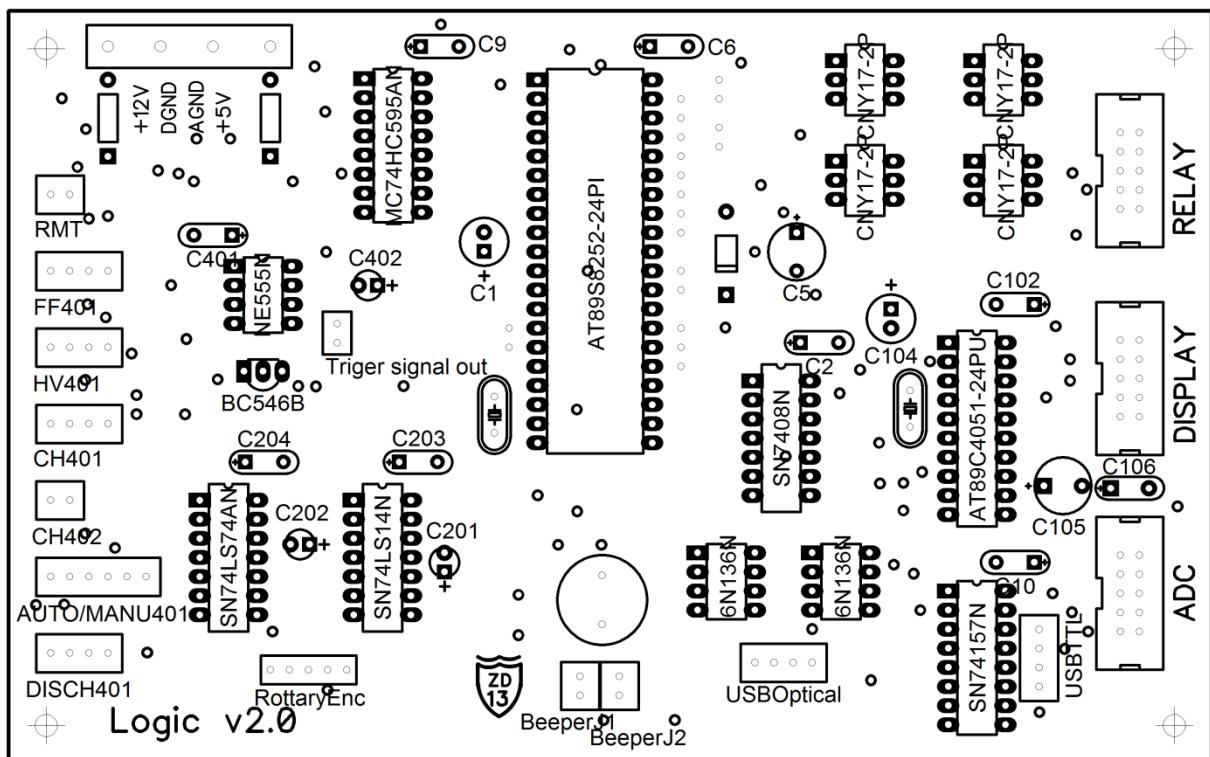
3.2.1 Centralna jedinica



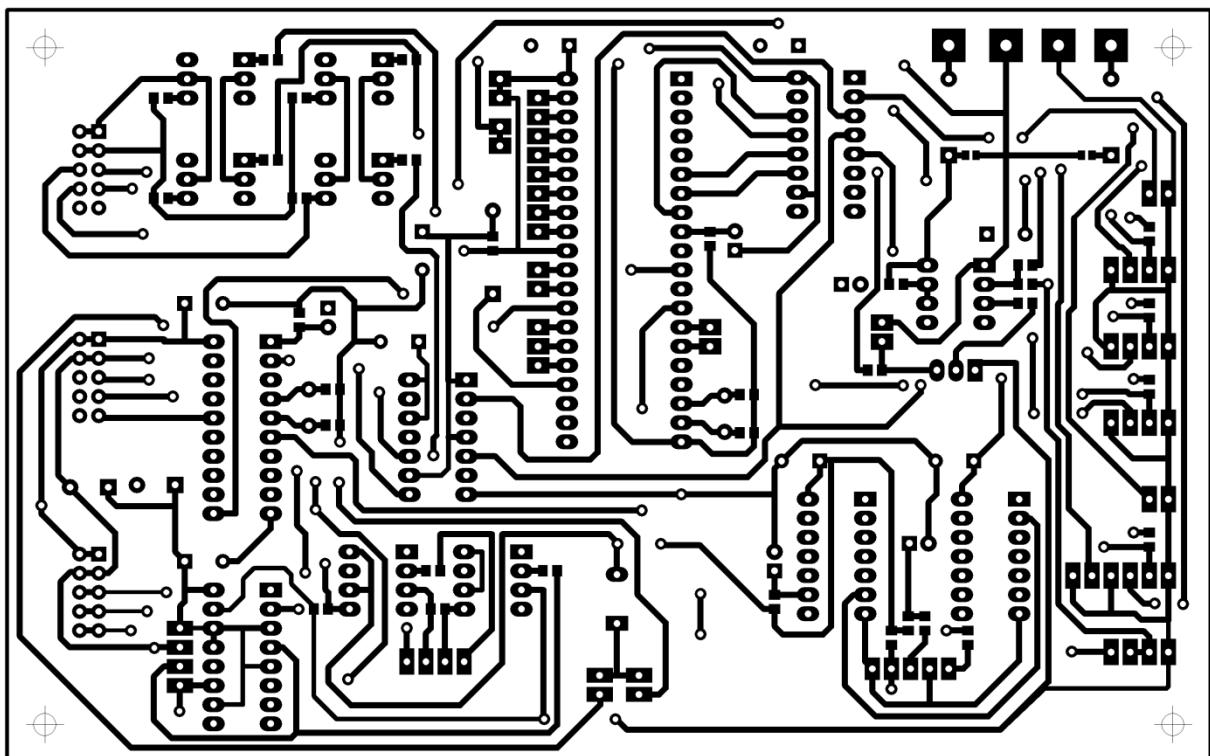
Slika 14. Štampana ploča centralne jedinice



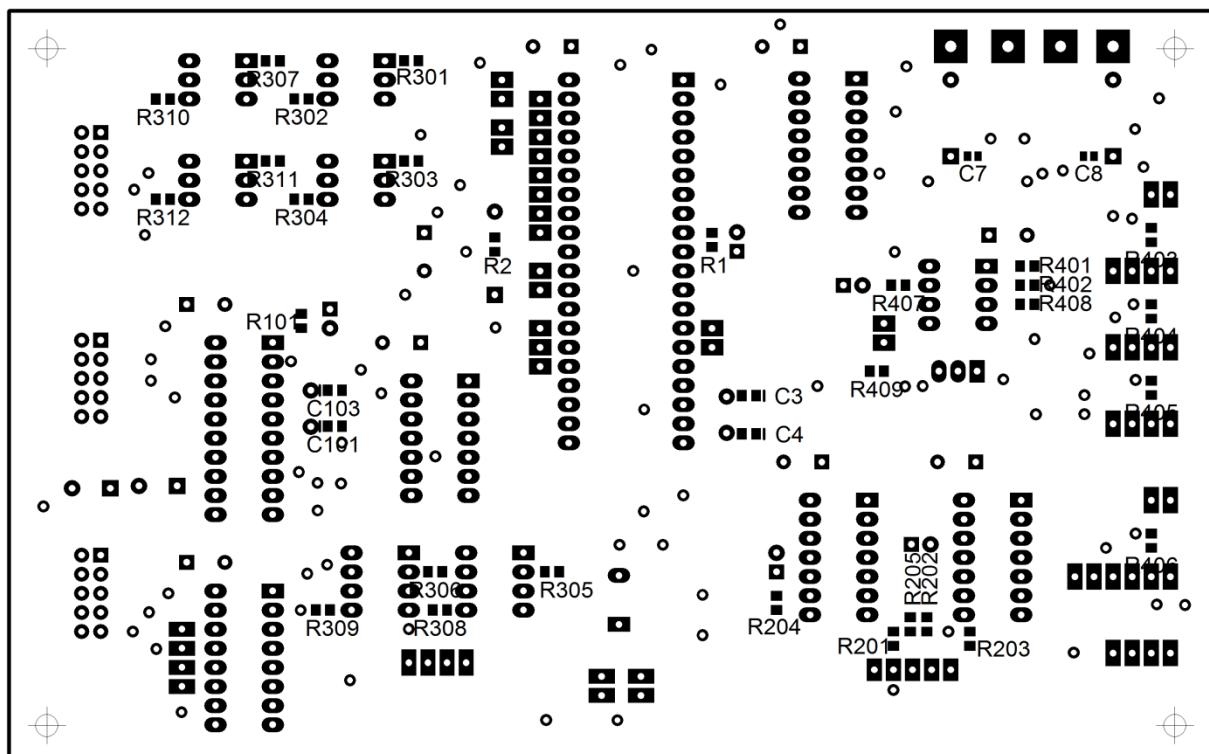
Slika 15. Gornja strana ploče



Slika 16. Raspored elemenata na gornjoj strani ploče



Slika 17. Donja strana ploče



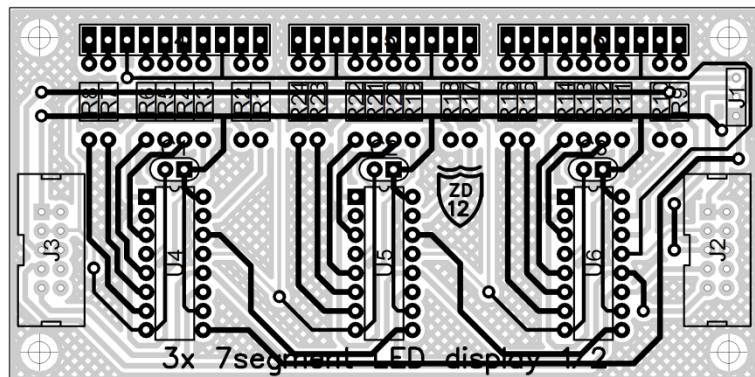
Slika 18. Raspored elemenata na donjoj strani ploče

3.2.2 Tipovi i vrednosti komponenata centralne jedinice

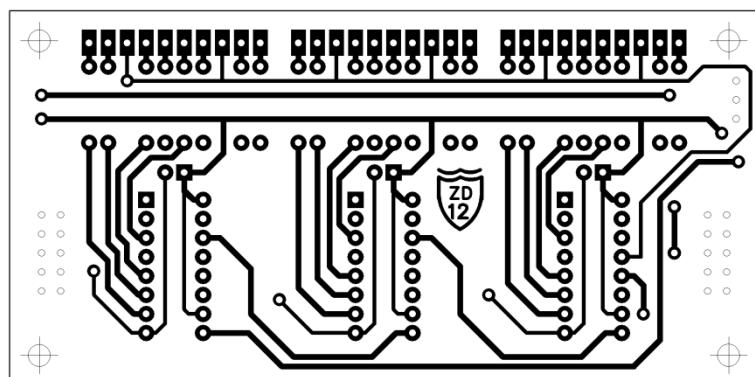
Kondenzatori (F)												
C1	100u	C6	100n	C101	33p	C106	100n	C401	100n			
C2	100n	C7	izostavljen	C102	100n	C201	1u	C402	10u			
C3	33p	C8	izostavljen	C103	33p	C202	1u					
C4	33p	C9	100n	C104	100u	C203	100n					
C5	2200u	C10	100n	C105	2200u	C204	100n					
Otpornici (Ω)												
R1	1k	R203	220	R303	330	R308	1k8	R401	47k	R406		
R2	6k8	R204	3k	R304	2k	R309	1k8	R402	470k	R407		
R101	1k	R205	3k	R305	470	R310	2k	R403	1k	R408		
R201	10k	R301	330	R306	470	R311	330	R404	1k	R409		
R202	220	R302	2k	R307	330	R312	2k	R405	1k			
Optokapleri												
VO301	CNY17-2P		VO303	6N136N		VO305	CNY17-2P					
VO302	CNY17-2P		VO304	6N136N		VO306	CNY17-2P					
Integrисana kola												
U1	SN7408N		U3	MC74HC595AN		U101	AT89C4051-24PU		U203	HD74LS74A		
U2	AT89S8252-24PI		U4	SN74157N		U202	SN74LS14N		U401	NE555N		
Ostalo												
Dioda	D1			1N4004								
Tranzistor	Q401			BC546B								
Kristali	X1			11.0592 MHz								
	X101			11.0592 MHz								
Piezo zvučnik	SG1											

Tabela 1. Komponente centralne jedinice

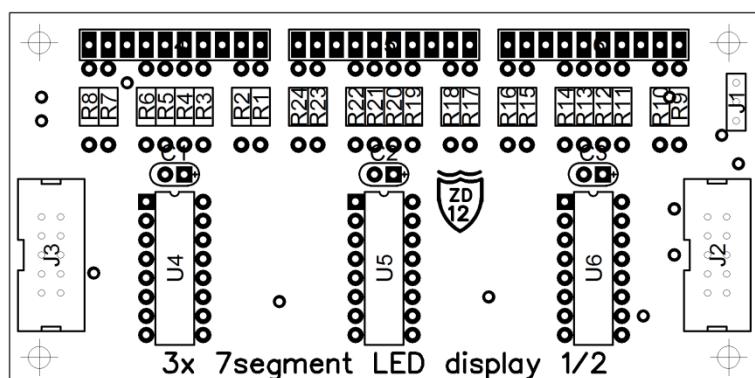
3.2.3 Sedmosegmentni displeji



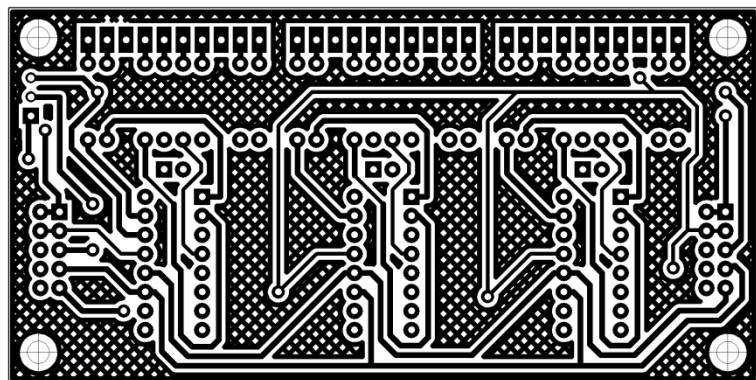
Slika 19. Štampana ploča logike sedmosegmentnog displeja



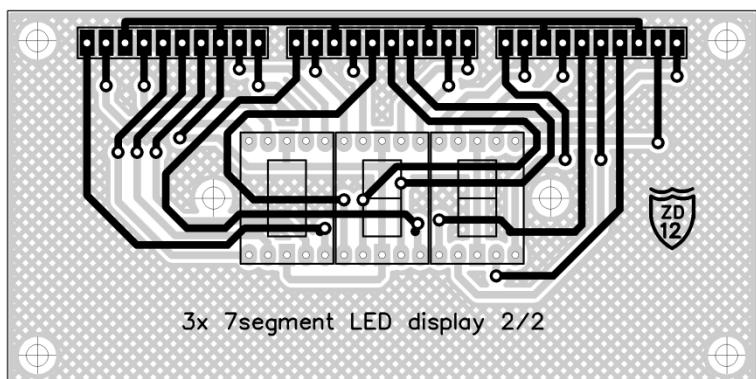
Slika 20. Gornja strana ploče



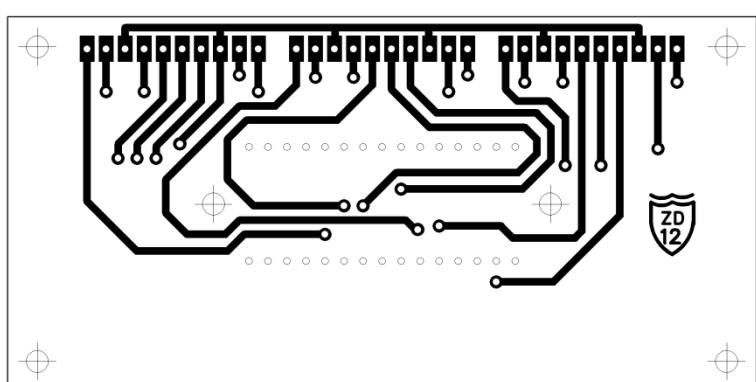
Slika 21. Raspored elemenata na gornjoj strani ploče



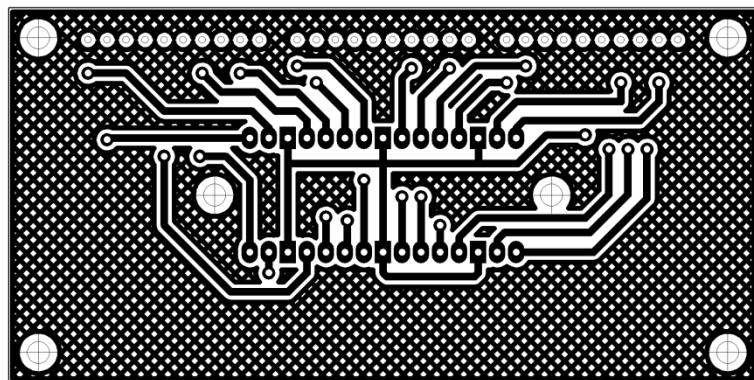
Slika 22. Donja strana ploče



Slika 23. Štampana ploča sedmosegmentnog displeja



Slika 24. Gornja strana ploče



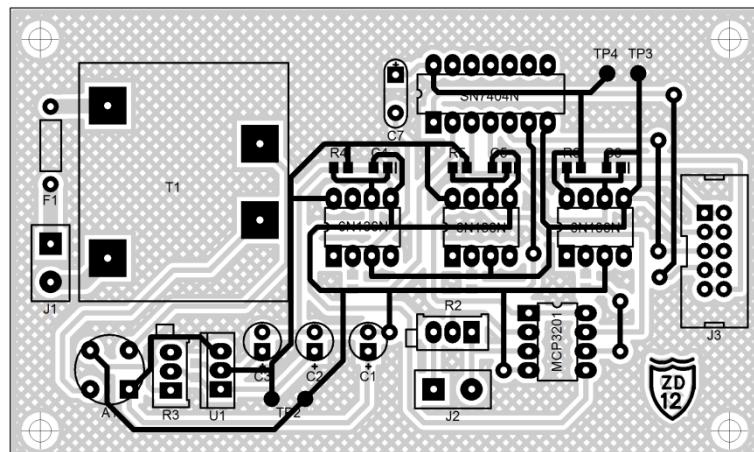
Slika 25. Donja strana ploče

3.2.4 Tipovi i vrednosti komponenata sedmosegmentnog displeja

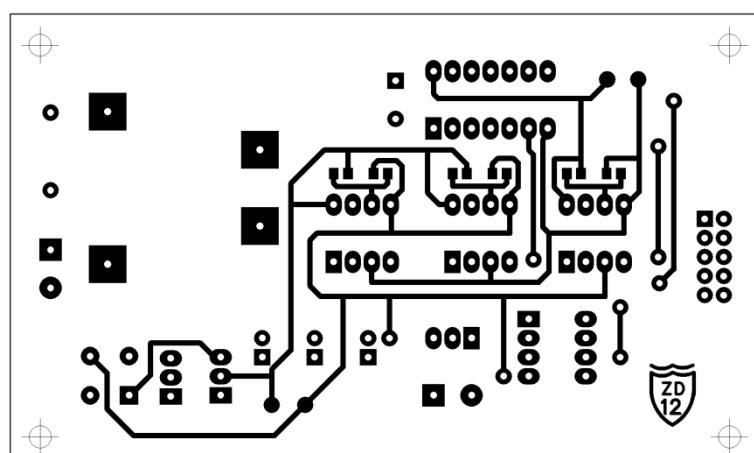
Otpornici (Ω)	
R1-R24	1K
Integrисана кола	
U4, U5, U6	MC74HC595AN
LED displej	
Sedmosegmentni displej sa zajedničkom katodom	

Tabela 2. Komponente sedmosegmentnog displeja

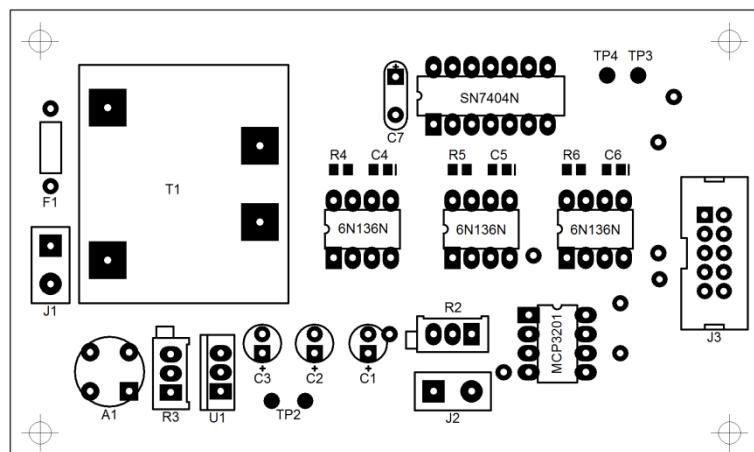
3.2.5 Jedinica A/D konvertera



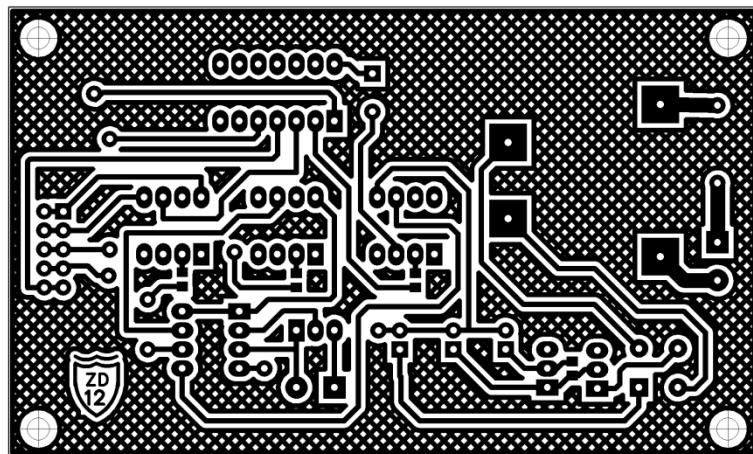
Slika 26. Štampana ploča jedinice sa A/D konverterom



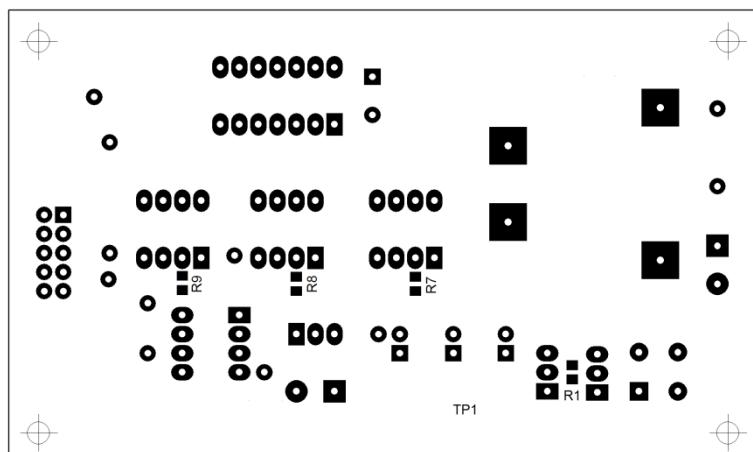
Slika 27. Gornja strana ploče



Slika 28. Raspored elemenata na gornjoj strani ploče



Slika 29. Donja strana ploče



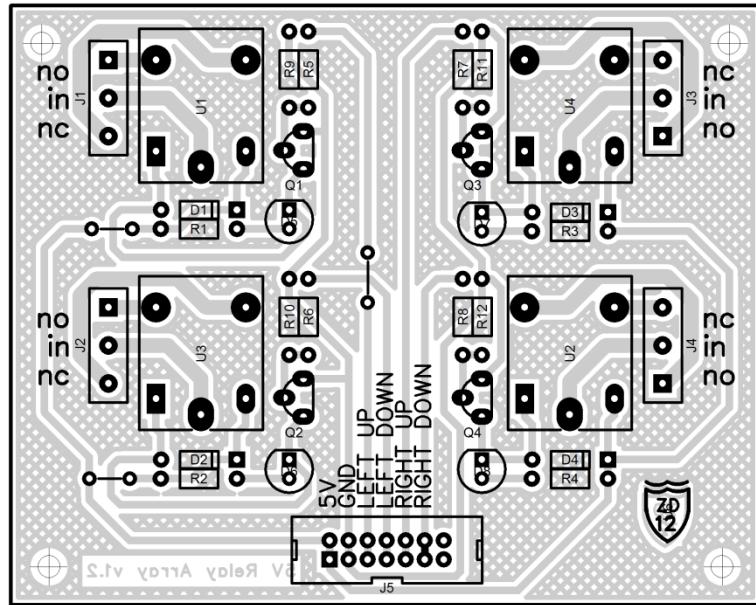
Slika 30. Raspored elemenata na donjoj strani ploče

3.2.6 Tipovi i vrednosti komponenata jedinice A/D konvertera

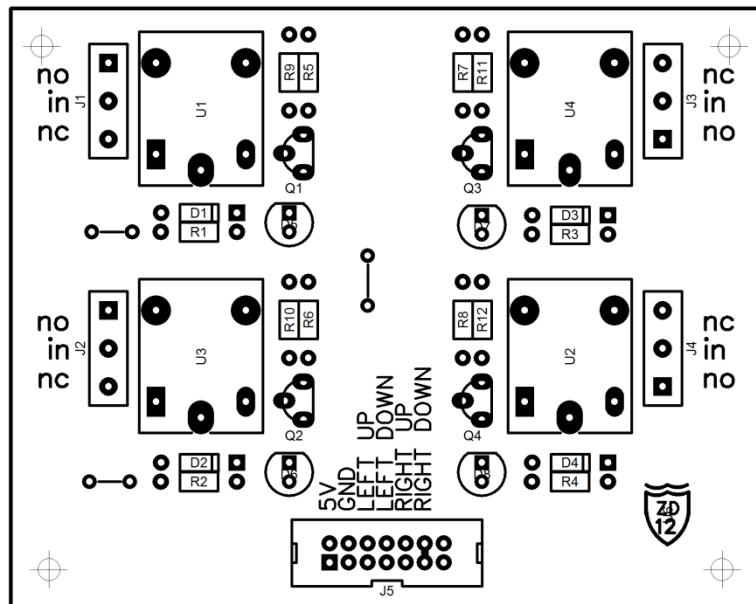
Kondenzatori (F)							
C1	100u	C3	100u	C5	15p	C7	100n
C2	100u	C4	15p	C6	15p		
Otpornici (Ω)							
R1	1k	R4	1k8	R6	1k8	R8	470
R2	10k izostavljen	R5	1k8	R7	470	R9	470
Integrисана kola							
U2	MCP3201	U3	SN7404N				
Optokapleri							
VO1	6N136N	VO2	6N136N	VO3	6N136N		
Ostalo							
U1	LM317T	A1	Gretz	T1	6V; 1,9VA		

Tabela 3. Komponente jedinice A/D konvertera

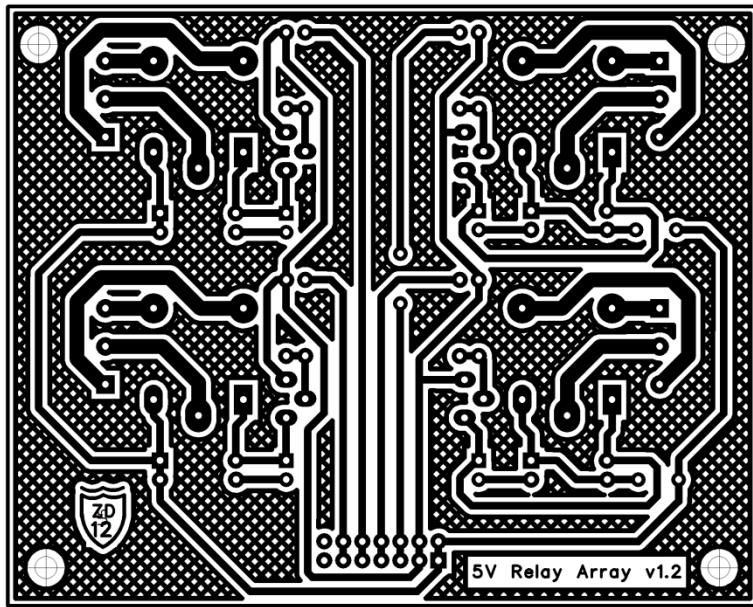
3.2.7 Jedinica sa relejima



Slika 31. Štampana ploča jedinice sa relejima



Slika 32. Raspored elemenata na gornjoj strani ploče



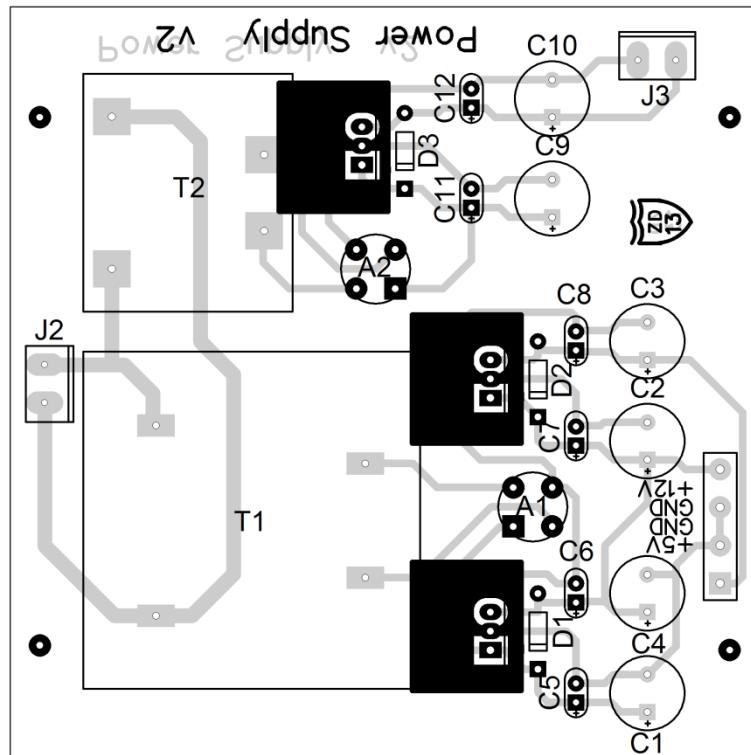
Slika 33. Donja strana ploče

3.2.8 Tipovi i vrednosti komponenata jedinice sa relejima

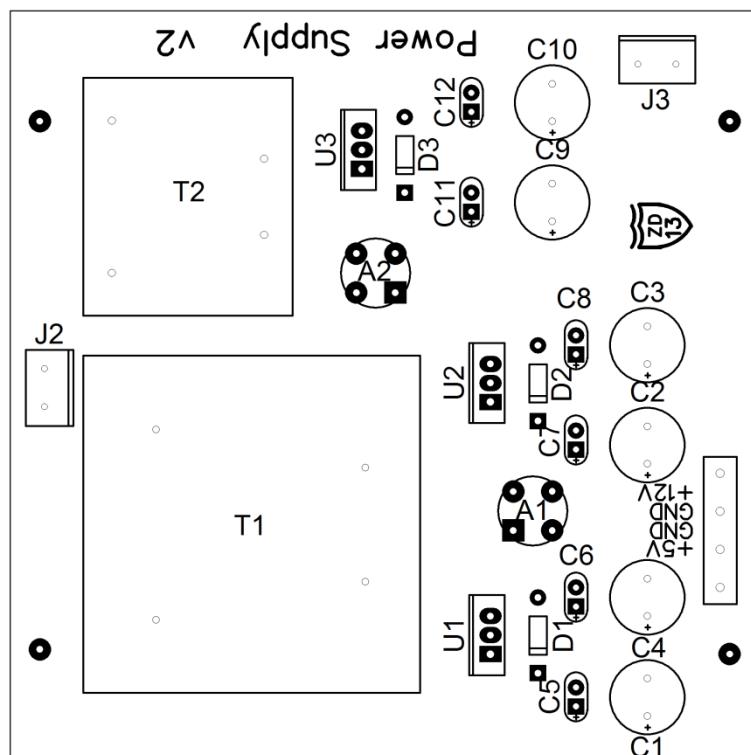
Otpornici (Ω)					
R1	10k	R5	100k	R9	1k
R2	100k	R6	1k	R10	10k
R3	1k	R7	10k	R11	100k
R4	10k	R8	100k	R12	1k
Diode					
D1	LED	D5	LED		
D2	1N4107	D6	1N4107		
D3	LED	D7	LED		
D4	1N4107	D8	1N4107		
Tranzistori					
Q1	BC517	Q3	BC517		
Q2	BC517	Q4	BC517		
Releji					
U1	5V	U3	5V		
U2	5V	U4	5V		

Tabela 4. Komponente jedinice sa relejima

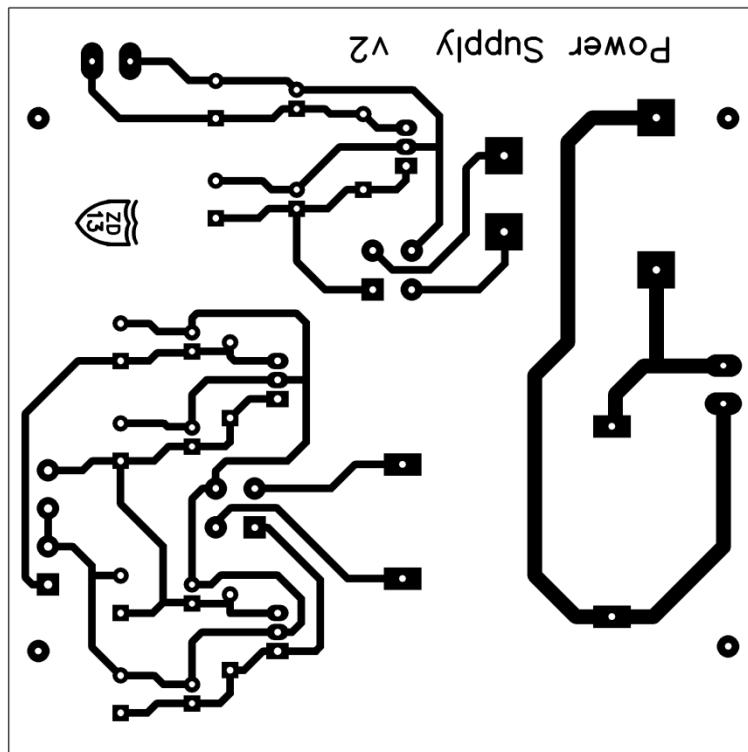
3.2.9 Jedinica za napajanje



Slika 34. Štampana ploča jedinice za napajanje



Slika 35. Raspored elemenata na gornjoj strani ploče



Slika 36. Donja strana ploče

3.2.10 Tipovi i vrednosti komponenata jedinice za napajanje

Kondenzatori (F)					
C1	2200u	C5	100n	C9	2200u
C2	2200u	C6	100n	C10	1000u
C3	1000u	C7	100n	C11	100n
C4	2000u izostavljen	C8	100n	C12	100n
Regulatori napona					
U1	LM7812CT	U2	LM7805CT	U3	LM7805CT
Diode					
D1	1N4007	D2	1N4007	D3	1N4007
Transformatori					
T1	12V; 3,5VA	T2	6V; 1,9VA		
Gretz					
A1		A2			

Tabela 5. Komponente jedinice za napajanje

3.3 Visokonaponska sonda, račun i vrednosti

Radni napon banke pri izvođenju eksperimenata je do 20 kV. Radi sigurnosti, pri računu za konstrukciju VN sonde, za ovaj napon uzeta je vrednost od 30kV. Korišćeni AD konverter (MCP3201) meri napone od 0 do 5 V. Iz ovih vrednosti se vidi da nam je potrebna visokonaponska sonda sa deljenjem napona 1:6000. Na Katedri za fizičku elektroniku napravljena je VN sonda sa datim karakteristikama. Izgled ove VN sonde može se videti na slici 37.

Pri izradi ove VN sonde korišćeno je 55 serijski vezanih otpornika, od kojih 54 ima vrednost od $330\text{ k}\Omega$, dok je otpornik, s čijeg se krajeva skida napon koji se vodi na ulaz AD konvertera, $2,7\text{ k}\Omega$.

Teorijski račun nam daje sledeće:

$$U_{in} = 6000 \cdot U_{out} \quad \text{odnos ulaznog i izlaznog napona}$$

$$U_{out} = U_{in} \cdot \frac{R_x}{R + R_x}$$

$$R + R_x = 6000 \cdot R$$

$$R = 5999 \cdot R_x$$

$$R = 54 \cdot 330\text{ k}\Omega$$

$$R_x = \frac{54 \cdot 330\text{ k}\Omega}{5999}$$

$$R_x = 2970.5\Omega$$

Kao što se može videti za nepoznati otpornik (otpornik s kojeg se skida napon za AD konverziju) dobija se vrednost od 2970Ω . Najbliža manja vrednost otpornika je 2700Ω . Ako se uzme ova vrednost, račun nam za deljenje napona daje 1:6601, pri čemu maksimalni napon na baci može da bude 33 kV, što zadovoljava potrebne kriterijume.

Ako se uzme da je ulazna impedansa kola za AD konverziju beskonačna, račun nam dalje za potrebnu snagu otpornika daje:

$$P = 0.918W$$

Korišćeni otpornici zadovoljavaju i ovaj kriterijum.

3.4 Kalibracija VN sonde

Za kalibraciju VN sonde koristili smo dva instrumenta. Jednog analognog (ISKRA UNIMER 1) i jednog digitalnog (AGILENT MULTIMETER 34405A). U prethodnoj eksperimentalnoj postavci Iskrin UNIMER 1 nam je služio za merenje napona, zajedno sa VN sondom čiji je odnos 1:1000. Naponi su podešavani na analognom instrumentu u koracima od

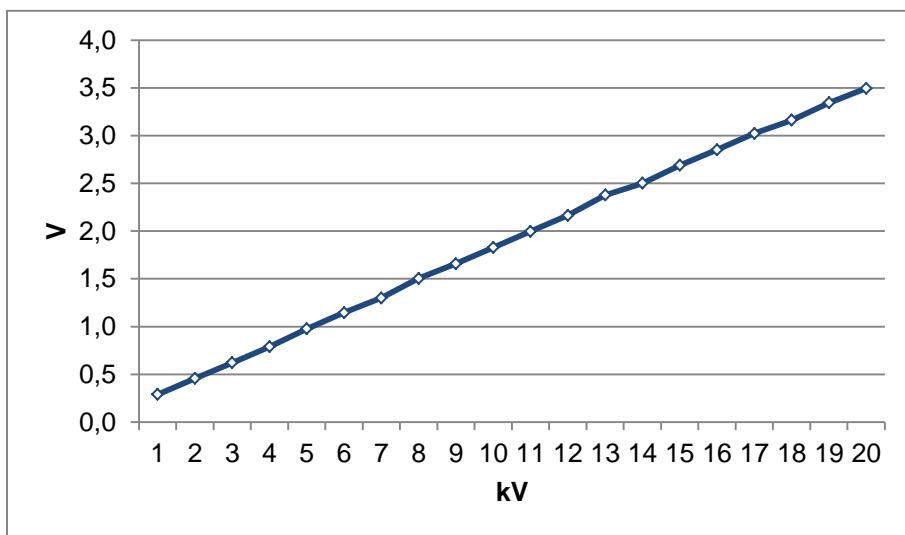


Slika 37. Izgled VN sonde

1kV, dok su vrednosti odgovarajućih napona sa naše VN sonde mereni digitalnim instrumentom. Dobijeni vrednosti mogu se videti u tabeli 6. Prva i druga kolona predstavlja date napone.

Napon meren UNIMER-om (kV)	Napon meren AGILENT-om (V)	Računat napon jednačinom (1) (kV)	Relativna greška (%)
1	0,288	0,975	2,545
2	0,456	1,963	1,894
3	0,621	2,933	2,290
4	0,788	3,912	2,258
5	0,976	5,020	0,395
6	1,145	6,013	0,222
7	1,299	6,919	1,175
8	1,504	8,124	1,525
9	1,658	9,029	0,324
10	1,827	10,023	0,227
11	1,996	11,016	0,148
12	2,165	12,010	0,082
13	2,377	13,256	1,932
14	2,501	13,985	0,106
15	2,689	15,090	0,599
16	2,852	16,049	0,303
17	3,022	17,048	0,282
18	3,162	17,871	0,721
19	3,343	18,935	0,342
20	3,495	19,829	0,864

Tabela 6. Merene i računate vrednosti napona za kalibraciju VN sonde
Zavisnost napona na VN sondi od napona na banchi data je na grafiku 1.



Grafik 1. Zavisnost napona na VN sondi od napona na banchi

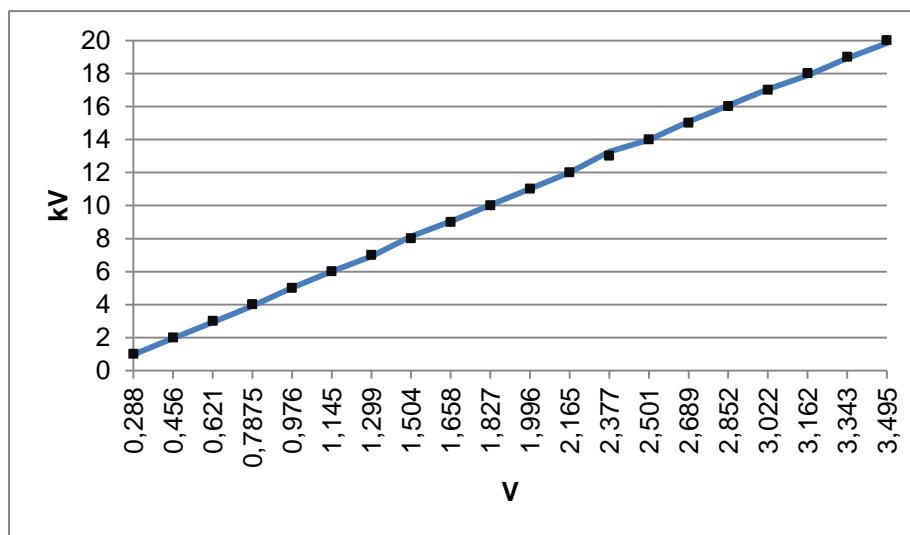
Sa ovog grafika može se videti da je ta zavisnost linearna. Linearnim fitovanjem dobija se sledeća jednačina:

$$y = -0,71794 + 5,87888x \quad (1)$$

sa koeficijentom korelacije $R^2 = 0,99973$.

Vrednosti koje se dobijaju pomoću ove jednačine predstavljeni su u trećoj koloni tabele 6.

Ako se grafički predstavi zavisnost napona na banchi od napona na VN sondi, i ako se uporedi sa vrednostima koje se mere na analognom instrumentu, može se videti da se vrednosti lepo poklapaju. Na grafiku 2. plava linija predstavlja fitovane vrednosti (vrednosti koje ispisuje upravljačka jedinica), dok su crni pravougaonici vrednosti sa analognog instrumenta.



Grafik 2. Upoređivanje merene i računate vrednosti visokog napona na banchi

3.5 Dijagram toka programa mikrokontrolera.

Kôd programa za mikrokontrolere pisan je u programskom jeziku BASIC pomoću programa BASCOM-8051. BASCOM-8051 je proizvod holandske firme MCS Electronics. BASCOM-8051 je Windows BASIC kompjajler za mikrokontrolere iz 8051 porodice. On je projektovan tako da radi na W95/W98NT/XP [7,8].

Ključne prednosti ovog kompjajlera su:

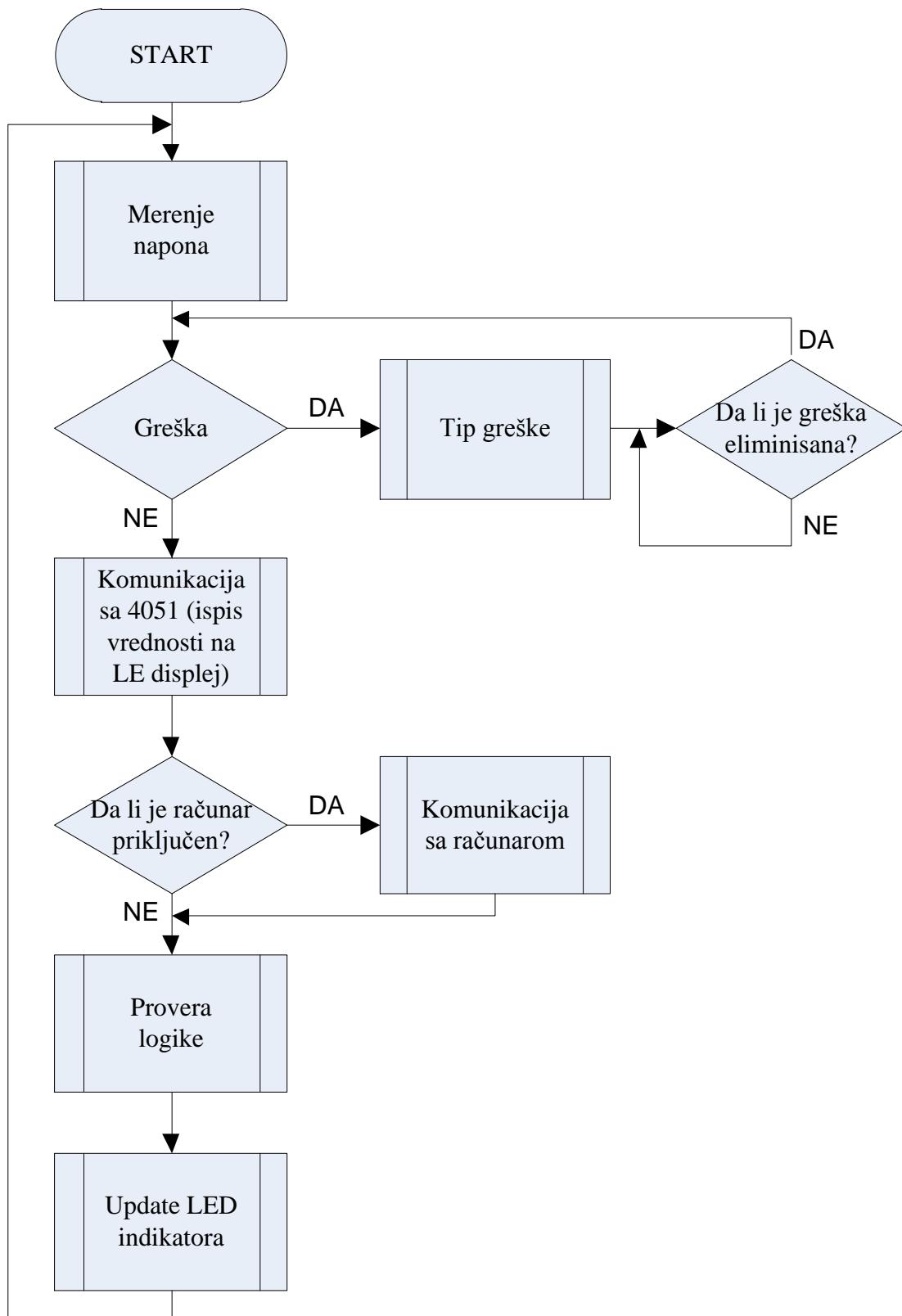
- Struktuirani BASIC sa oznakama.
- Strukturno programiranje sa IF-THEN-ELSE-END IF, DO-PETLJA, WHILE-WEND, SELECT-CASE funkcijama.
- Brzi mašinski kôd umesto interpreter kôda.
- Promenljive i oznake mogu biti dugačke do 32 znakova.
- Bit, Byte, Integer, Word, Long, Single i String promenljive.
- Napisani programi rade sa bilo kojim µC tipa 8051, kao što su: AT89C1051, AT89C2051, 8031, 8032, 8051, 8052, 80552, 80535 i 80537 µ procesori.

BASCOM-8051 obuhvata sledeće komponente razvojnog sistema :

- Editor,
- BASIC kompjajler,
- Asembler,
- Simulator,
- Terminal emulator,
- LCD dizajner,
- LIB menadžer,
- Programator (programska deo).

BASCOM-8051 kompjajler u DEMO verziji je besplatan i može se skinuti sa sajta proizvođača. Sa ovom verzijom možemo pisati programe do 2KB.

Dijagram toka programa glavnog mikrokontrolera (AT89S8252-24PI) dat je na slici 38. Listing samog kôda, kao i listing kôda kontrolera za ispis vrednosti napona na LE displejima, dat je u dodacima 1 i 2, respektivno.



Slika 38. Dijagram toka programa glavnog µC

4 Kontrolna tabla

Na kontrolnoj tabli nalazi se prekidač za uključivanje uređaja, kućište osigurača, niz tastera i LED indikatora, dva 7 segmentna displeja, dugme za podešavanje željenog napona okidanja i priključci za visokonaponsku sondu, za izlazni niskonaponski signal okidanja velikog tiratrona, za konekciju sa računarom (USB) i za spoljašnji 7 segmentni displej.

Detaljan prikaz kontrolne table, raspored kao i opis svih komponenti može se videti na slici 39. Razmotrićemo tipove i svrhu svake komponente kontrolne table.

Prekidač za uključivanje i isključivanje kontrolne jedinice označen je brojem 1.

Broj 2 označava kućište osigurača. Preporučuje se korišćenje osigurača ne jačeg od 1A.

Svaki taster na kontrolnoj tabli ima odgovarajuću LED indikaciju. Tasterima 3,4,7 (slika 39.) odgovara po jedan, dok tasterima 5 i 6 odgovaraju po dva LED indikatora. Stanje tastera određuje stanje pripadajućeg LED indikatora. Ako LED svetli taster je u uključenom, a ako je ugašen u isključenom stanju.

Stanje tastera, kao i stanje LED indikacije kontroliše stanje odgovarajuće jedinice:

- taster 3 (LED indikator 10) uključuje/isključuje jedinicu za grejanje velikog tiratrona,
- taster 4 (LED indikator 11) uključuje/isključuje visokonaponsku jedinicu velikog tiratrona,
- taster 5 (LED indikatori 12 i 13) uključuje/isključuje jedinicu zaduženu za punjenje visokonaponskih kondenzatora (banke),
- taster 6 (LED indikatori 14 i 15) služi za biranje manuelnog ili automatskog režima pražnjenja banke,
- taster 7 (LED indikator 16) služi za manuelno pražnjenje banke.

LED indikator 9 služi za indikaciju povezanosti sa PC računaram. Svetli ako se kontrola vrši sa računara. Za povezivanje sa PC-jem služi nam priključak sa brojem 21.

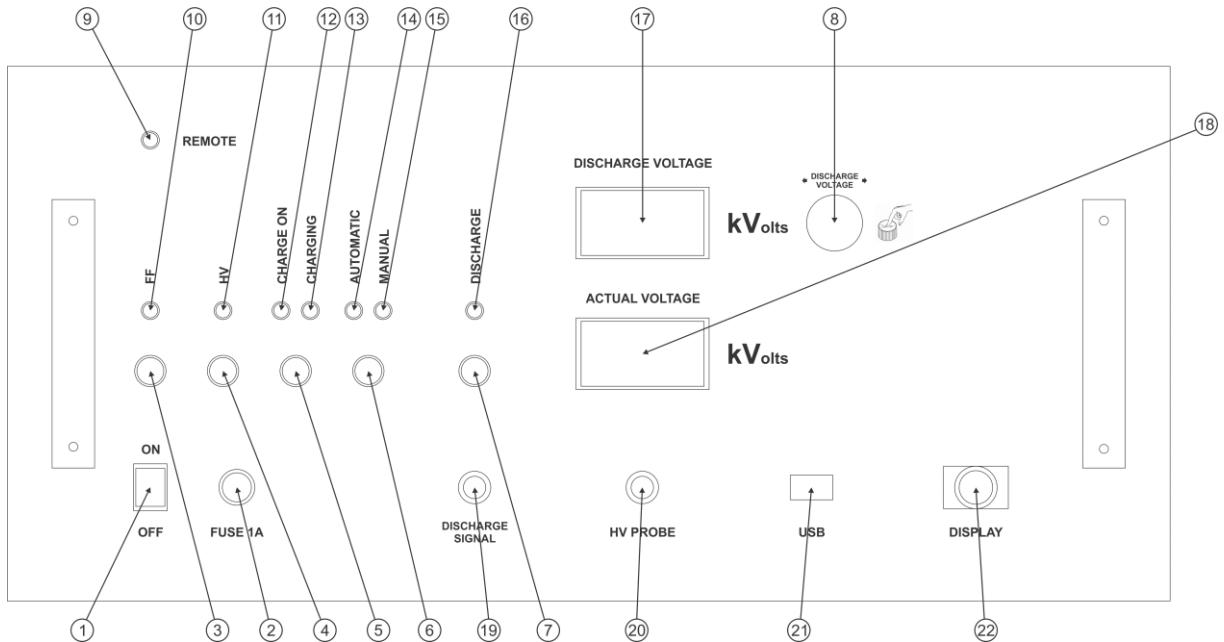
Dugme 8 služi za podešavanje željenog napona pražnjenja. Pritisom na dugme pristupamo podešavanju napona.

Sedmosegmentni LED displeji nam služe za prikazivanje napona pražnjenja (17) i trenutnog napona na banci (18).

Sa BNC priključka 19 vodi se niskonaponski (+12 V) signal na veliki tiratron koji okida isti.

BNC priključak 20 služi za povezivanje visokonaponske sonde sa upravljačkom jedinicom.

Radi lakšeg praćenja napona na banci pri ručnom pražnjenu, pomoću „pečaljke“, na priključak sa brojem 22 povezuje se spoljašnji sedmosegmentni LED displej.



Slika 39. Kontrolna tabla

1. Prekidač za uključivanje/isključivanje uređaja.
2. Osigurač 1 A.
3. Taster za uključivanje/isključivanje grejanja velikog tiratrona (ZELENO).
4. Taster za uključivanje/isključivanje visokog napona za okidanje velikog tiratrona (ZELENO).
5. Taster za uključivanje/isključivanje visokog napona za punjenje banke, taster za isključivanje alarma greške kao i za resetovanje istog (CRVENO).
6. Taster za biranje manuelnog ili automatskog režima (ZELENO).
7. Taster za pražnjenje banke (ŽUTO).
8. Dugme za podešavanje napona okidanja.
9. Indikator stanja povezanosti sa računarom (PLAVO).
10. Indikator stanja grejanja velikog tiratrona (ZELENO).
11. Indikator stanja visokog napona na velikom tiratronu (ZELENO).
12. Indikator stanja tastera za punjenje banke (ZELENO).
13. Indikator stanja punjenja banke (CRVENO).
14. Indikator automatskog režima (ZELENO).
15. Indikator manuelnog režima (ZELENO).
16. Indikator pražnjenja (ŽUTO).
17. Displej za prikazivanje napona okidanja.
18. Displej za prikazivanje trenutnog napona na baci.
19. BNC priključak signala za okidanje malog tiratrona.
20. BNC priključak sonde visokog napona.
21. PC priključak.
22. Priključak spoljašnjeg displeja za prikazivanje trenutnog napona na baci.

5 Uputstvo za upotrebu kontrolne jedinice

Pre uključivanja kontrolne jedinice treba proveriti da li su kablovi za visokonaponsku sondu i za okidanje velikog tiratrona priključeni. Ako je sve u redu, jedinica se može uključiti prekidačem (1). Nakon uključivanja treba sačekati zvučni signal (dva kratka i jedan duži ton), posle čega je uređaj spremjan za upotrebu. Ako se posle tog signala čuje kontinualan signal, pojavila se greška. Kôd greške se ispisuje na displeju (18). Kôdovi greške, njihovo značenje kao i njihova eliminacija biće detaljno opisani pod paragrafom GREŠKE.

Svaki taster na kontrolnoj tabli ima svoju funkciju kao i svoju indikaciju u vidu LE diode. Ovde ćemo detaljno objasniti ulogu i korišćene svakog tastera sa kontrolne table.

Po uključivanju napon pražnjenja banke postavlja se automatski na 20 kV. Ako se ta vrednost želi promeniti koristi se dugme (8) koji je ujedno i taster za pristupanje podešavanju napona pražnjenja. Pritiskom na ovo dugme čuje se zvučni signal, i napon okidanja se podešava obrtanjem dugmeta. Ako je podešen željeni napon ponovni pritisak na dugme označava kraj podešavanja. Ako se pri podešavanju napravi pauza ili se zaboravi pritisnuti dugme za kraj podešavanja, čuje se zvučni signal pri čemu se vrednost napona okidanja na displeju (17) treperi. Podešavanje napona pražnjenja kada se banka puni dovodi do prekida punjenja.

Tasteri (3), (4) i (5) mogu se uključivati (isključivati) samo određenim redosledom. Tasteri (4) i (5) su neaktivni sve dok je taster (3) isključen. Taster (5) je neaktivan sve dok je taster (4) isključen. Taster (3) je neaktivan sve dok je taster (4) uključen. Ovaj redosled uključivanja (isključivanja) tastera a samim tim i odgovarajućih jedinica služi za eliminaciju ljudske greške.

Taster (3) služi za uključivanje (isključivanje) grejanja velikog tiratrona. Stanje tastera prikazuje zeleni LED (10). Pritiskom na ovaj taster uključuje se tajmer, koji je podešen na 180 sekundi. Na displeju (17) ispisuje se FF radi indikacije ciklusa grejanja, dok se na displeju (18) može pratiti preostalo vreme. Ovo vreme grejanja koristi se samo jednom posle uključivanja kontrolne jedinice. Ako se kojim slučajem ukaže potreba za ponovnim ciklusom grejanja velikog tiratrona, kontrolna jedinica se mora isključiti, sačekati desetak sekundi i ponovo uključiti ili samo sačekati neko vreme. Pre isključivanja voditi računa o tome da se banka isprazni. Ako se zbog neke greške kontrolna jedinica mora isključiti, i ako nakon uključivanja nema potrebe za celim ciklusom grejanja, ovo vreme može se skratiti na 20 sekundi, ako se prilikom uključivanja drži pritisnuto crveni taster (5) ili ako se posle pokretanja ciklusa grejanja pritisne isti taj taster. Tokom trajanja ciklusa grejanja osim ovog tastera i tastera za pražnjenje banke, svi tasteri su (7) neaktivni. Posle isteka vremena grejanja velikog tiratrona čuje se zvučni signal (5 kratkih signala) i može se koristiti taster (4) za uključivanje (isključivanje) visokog napona na velikom tiratronu, stanje ovog tastera prikazuje zeleni LED (11). Taster (5) služi za uključivanje (isključivanje) jedinice sa autotransformatorom koji napaja visokonaponski transformator za punjenje banke. Stanje ovog tastera prikazuje zeleni LED (12). Crveni LED (13) služi indikaciju punjenja banke. Ovaj LED svetli sve dok je visokonaponski transformator za punjenje banke uključen. Taster

(16) služi za pražnjenje banke. Ovaj taster je aktivan sve vreme dok je kontrolna jedinica uključena.

Kontrolna jedinica može da radi u dva režima, automatskom ili manuelnom.

- **Automatski režim:**

Pri ovom režimu automatski se prati napon na banchi, i kada vrednost napona dostigne unapred zadatu vrednost napona okidanja, jedinica automatski prazni banku. Indikacija pražnjenja može se pratiti na LED-u (16). Ako je pražnjenje 5 puta neuspešno, prekida se punjenje banke (isključuje se taster 5, LED-ovi (12) i (13) se gase) i prijavljuje se greška u vidu zvučnog signala i kôda na displeju.

- **Manuelni režim:**

Pri ovom režimu banka se puni do napona pražnjenja i posle toga se punjenje prekida (gasi se LED (13) pri čemu je LED (12) i dalje upaljen pokazujući da se napajanje isključilo zbog ispunjenja uslova). Pražnjenje banke vrši se ručno pritiskom na taster (17), pri čemu se pali LED (16). Pri manuelnom režimu, kad se punjenje banke prekine, može doći do opadanja napona na banchi usled „curenja“. Dopunu banke moguće je izvršiti kratkim pritiskom na taster 5 (pali se LED (13) i banka se dopunjava do napona pražnjenja, posle čega se punjenje prekida). Duži pritisak na isti taster dovodi do prekidanja ciklusa punjenja (isključuje se taster 5 i gasi se LED12). Ako napon na banchi, nekim slučajem, pređe zadatu vrednost napona pražnjenja, punjenje banke se prekida i prijavljuje se greška u vidu zvučnog signala i kôda na displeju.

5.1 Greške

Upravljačka jedinica može da prepozna određene greške pri radu i da o tome upozori operatora u vidu kontinualnog zvučnog signala i kôda greške na displeju. Na displeju (17) ispisuje se „Err“ a na displeju (18) kôd greške. Zvučni signal može se isključiti pomoću crvenog tastera (5). Drugi pritisak na isti taster resetuje grešku, i ako je prijavljena greška eliminisana, može se nastaviti upotreba jedinice. Ako je prijavljena greška i dalje prisutna jedinica će opet upozoriti operatora. Kôd, opis i moguće rešenje greške dato je u tabeli 7.

Greška		
Kôd greške	Opis greške	Rešenje greške
001	Pri uključenju upravljačke jedinice napon na banchi nije nula.	Isprazniti banku.
002	Sonda visokog napona nije priključena na upravljačku jedinicu.	Priklučiti sondu visokog napona.
003	Neuspešno pražnjenje, banka je pod naponom.	Probati ručno pražnjenje. Ako ni tako ne uspeva proveriti kabel koji vodi do velikog tiratrona ili sam spark gap.

004	Došlo je do nedozvoljenog položaja prekidača, stanje istih je resetovano.	Početi proceduru ispočetka. Preporučuje se pražnjenje banke, isključivanje i ponovno uključivanje upravljačke jedinice.
005	Punjene banke nije moguće isključiti.	ISKLJUČITI UPRAVLJAČKU JEDINICU!!! Proveriti ispravnost releja za upravljanje visokonaponskom jedinicom.
006	Napon pražnjenja manja je od trenutnog napona na banci.	Staviti veću vrednost od napona na banci, isprazniti banku i podesiti željeni napon.
007	Štap za pražnjenje (pecaljka) banke nije sklonjena.	Skloniti štap sa banke.

Tabela 7. Kôdovi i opis grešaka

Objasnićemo detaljnije greške kao i njihovu eliminaciju.

Po uključenju kontrolna jedinica proverava ulaz visokonaponske sonde (dalje VN sonda). Ako je ulaz slobodan prijavljuje se greška nedostatka VN sonde. Ova greška može se eliminisati jednostavnim priključivanjem VN sonde na ulaz. Jedinica prepoznaće povezivanje i sama resetuje grešku.

Po uključenju ako je VN sonda povezana vrši se provera napona na banci. Ako je taj napon različit od nule, prijavljuje se greška napunjenosti banke. Ova greška se eliminiše pražnjenjem banke, kao i resetovanjem greške (taster (5)).

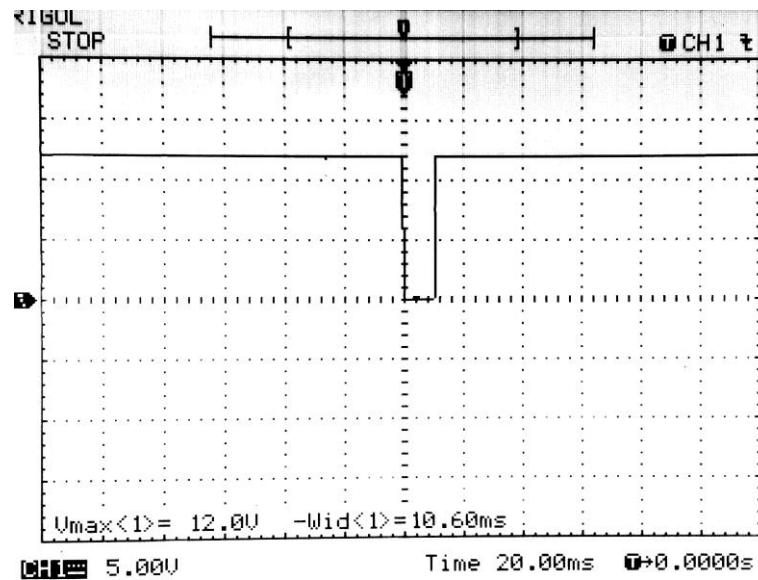
Posle uključivanja punjenja banke visokim naponom, kontrolna jedinica proverava, da li je pecaljka za pražnjenje banke skinuta sa elektrode. Ako je nekim slučajem pecaljka zaboravljena, prekida se punjenje banke i prijavljuje se greška.

Pri automatskom režimu kontrolna jedinica proverava da li se pri unapred zadatoj vrednosti napona okidanja, okidanje stvarno događa. Jedinica će probati 5 puta da isprazni banku i ako je i posle petog pokušaja napon na banci veći od zadatog napon okidanja, prijavljuje se greška neuspešnog pražnjenja banke. Rešenje ove greške može biti manuelno pražnjenje banke. Ako ni tako nije moguće treba proveriti kabel koji vodi od kontrolne jedinice do jedinice sa malim tiratrom, ako je kabel povezan proveriti signal na kablu, koji treba da ima oblik i trajanje kao što se vidi na slici 40.

Ako je i signal u redu, proveriti kabel koji vodi od jedinice sa malim do jedinice sa velikim tiratrom, kao i kabel između jedinice sa velikim tiratrom i spark gap-a ili sam spark-gap, pre čega OBAVEZNO ISPRAZNITI BANKU. Ako je problem u kablovima i ako je greška eliminisana, resetovati prijavljenu grešku pritiskom na taster (5) i nastaviti korišćenje jedinice.

Jedinica s vremena na vreme proverava stanje prekidača. Kombinacija stanja prekidača mora zadovoljavati unapred definisani kriterijum. Ako je ta kombinacija nedozvoljena, resetuje se stanje svih prekidača (svi prekidači se postavljaju u stanje 0) i prijavljuje se greška nedozvoljenog stanja prekidača. Greška se eliminiše pritiskom na taster (5). Preporučuje se pražnjenje banke, isključivanje i nakon desetak sekundi, ponovno uključivanje kontrolne jedinice radi potpune eliminacije greške. Pošto je veliki tiratron

prethodno već zgrejan, vreme grejanja istog možemo skratiti na 20 sekundi pritiskom na taster (5) pri uključivanju kontrolne jedinice. Ova greška može se pojaviti pri pražnjenju banke usled dejstva jakih elektromagnetskih polja. Pri pražnjenjima može doći do poremećaja ispisa vrednosti na displejima (17) i (18).



Slika 40. Izgled i trajanje signala za okidanje tiratrona

Pri podešavanju napona okidanja, ako je nova vrednost okidanja manja nego trenutna vrednost napona na banci prijavljuje se greška pogrešne vrednosti napona okidanja. Greška se jednostavno može eliminisati podešavanjem veće vrednosti napona okidanja od trenutne vrednosti napona na banci. Da bi se ova greška izbegla preporučuje se pre podešavanja manjih napona okidanja, pražnjenje banke.

6 Računarski program za upravljanje kontrolnom jedinicom

PC program za upravljanje kontrolnom jedinicom pisan je u programskom jeziku LabVIEW 2011. Izgled programa prikazan je na slici 41.

LabVIEW (skraćenica od Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) je platforma i razvojno okruženje za vizuelne programske jezike iz National Instruments-a. LabVIEW se obično koristi za prikupljanje podataka, kontrolu instrumenata i industrijske automatike na različitim platformama uključujući Microsoft Windows, različite tipove UNIX-a, Linux-a, i Mac OS-a. Najnovija verzija LabVIEW -a je verzija LabVIEW 2012, izdata avgusta 2012. godine. [9]

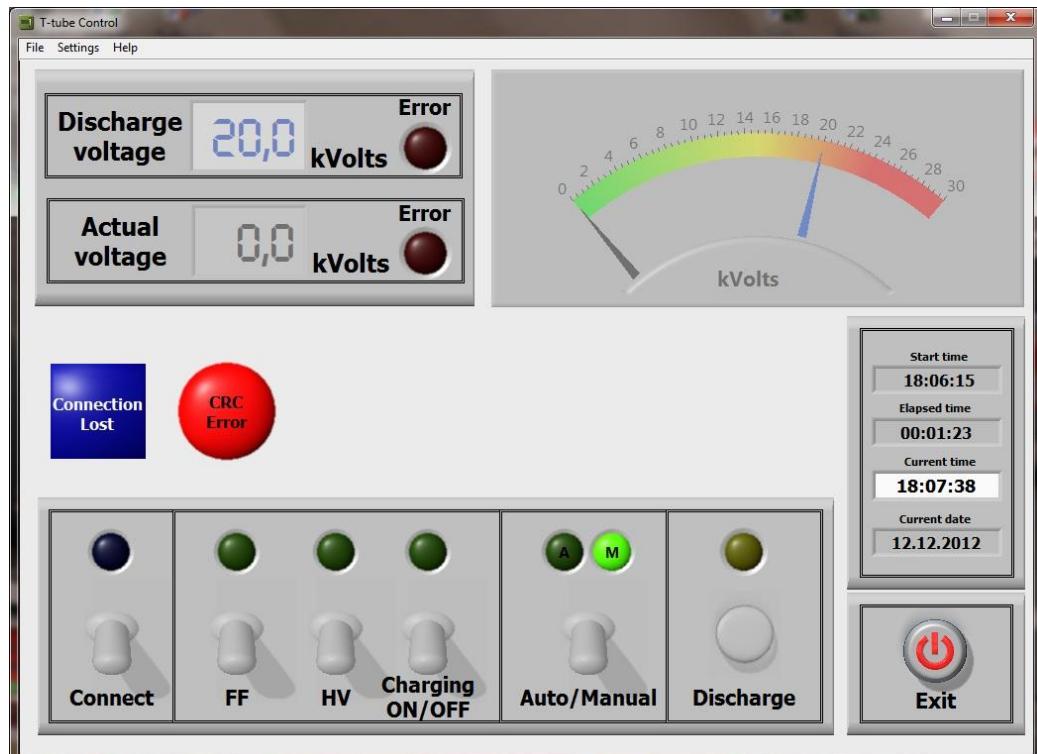
LabVIEW je programski paket posebno izrađen tako da dozvoljava brzu ugradnju kompjuterskog prikupljanja podataka i sistema za njihovu analizu koji mogu biti široko prilagođeni potrebama korisnika paketa.

LabVIEW je u potpunosti grafički program koji izgleda poput crteža elektronske šeme sa jedne strane i stila električnih mernih uređaja. To čini koncept blok dijagrama (block diagram) i prednje strane (front panel). LabVIEW je hijerarhijski program, u smislu da se bilo koji virtualni instrument (bilo koja potpuna funkcionalna celina naziva se virtualni instrument i uvek se označava sa VI) koji se programira može brzo pretvoriti u modul koji može biti podprogram drugog VI. To je u potpunosti analogno konceptu programiranja kod konvencionalnih programske jezika.

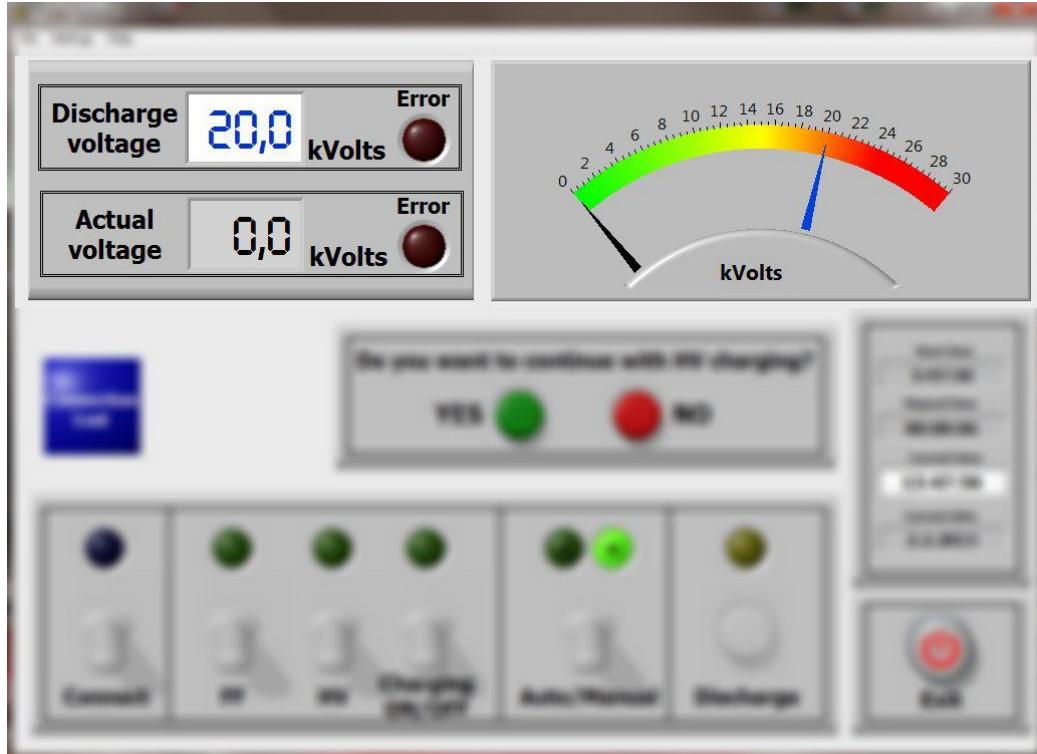
LabVIEW je dizajniran da se može proširivati. Mogu da se dodaju moduli pomoću različitih sredstava. Proizvođač merne kartice ili nekog mernog instrumenta može programirati LabVIEW driver koji se ponaša ka VI koji predstavlja mernu karticu i njenu funkcionalnost u LabVIEW okruženju. Korisnik može takođe sam napisati LabVIEW modul i koristiti ga kao VI u drugim programima.

6.1 Front panel

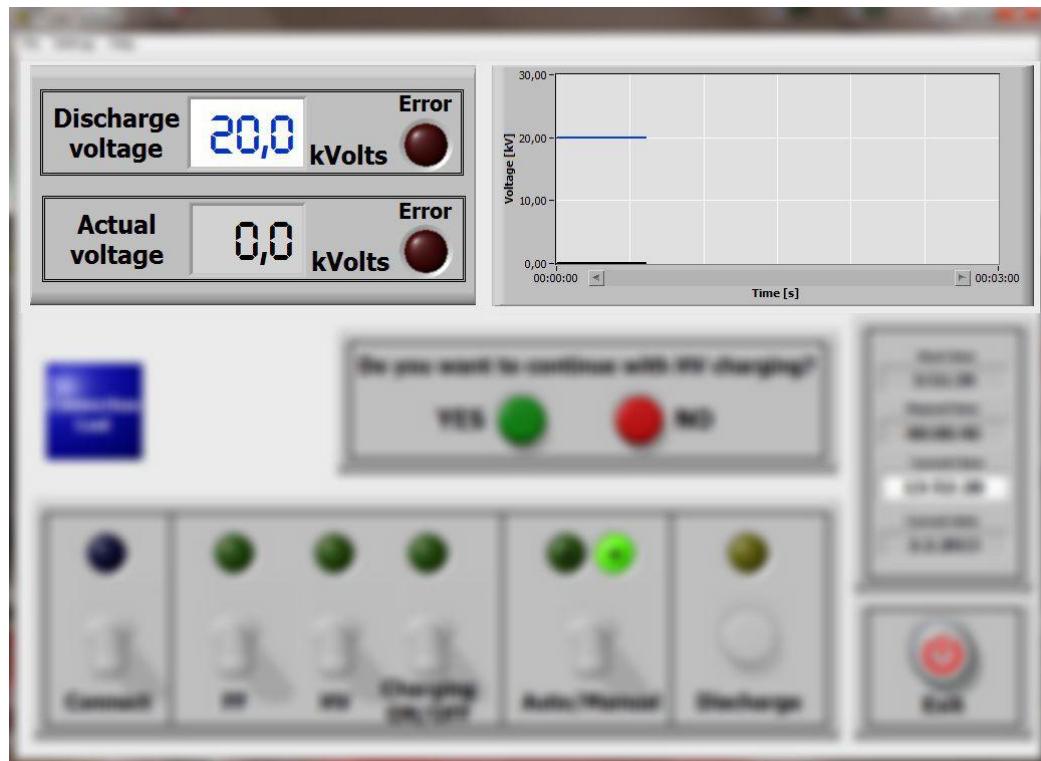
Prednja strana (front panel) programa za upravljanje kontrolnom jedinicom podeljen je na nekoliko panela, slika 41. Na gornjem panelu mogu se videti informacije o naponima, tj. o naponu okidanja (Discharge voltage) i trenutnom naponu na banchi (Actual voltage), u vidu displeja i instrumenta slika 42. Prikaz napona u vidu instrumenta može se zameniti za grafički prikaz. Taj prikaz može se videti na slici 43.



Slika 41. Front panel

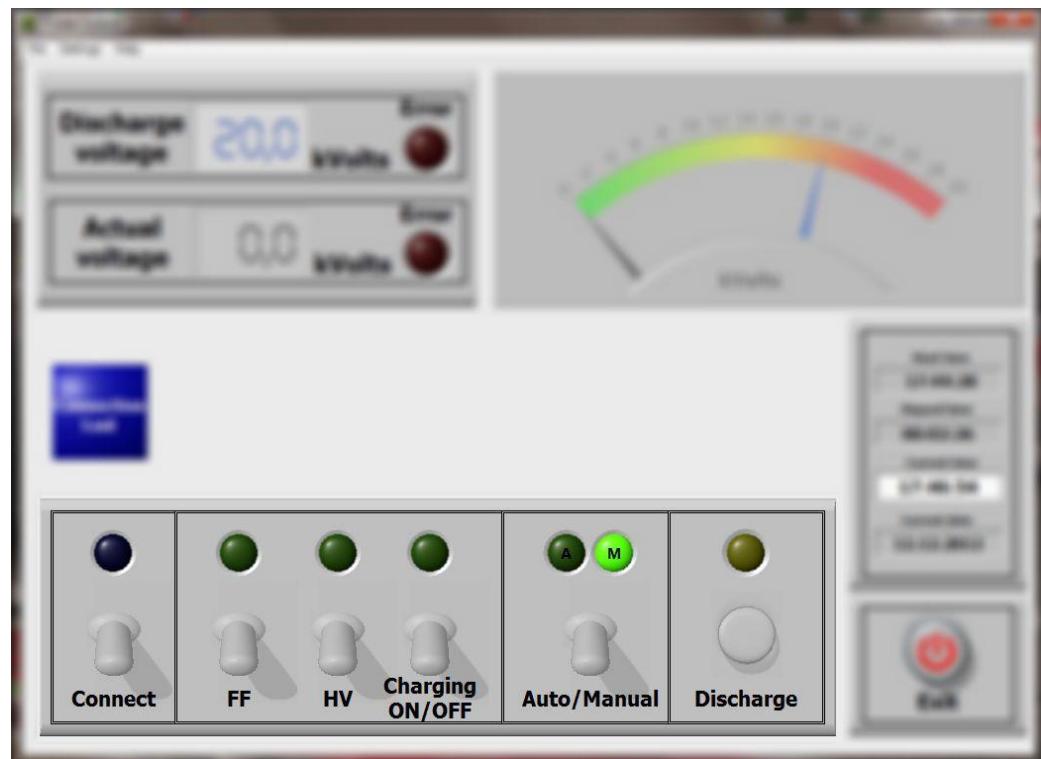


Slika 42. Prikaz vrednosti napona u vidu displeja i analognog instrumenta



Slika 43. Prikaz vrednosti napona u vidu displeja i grafikona

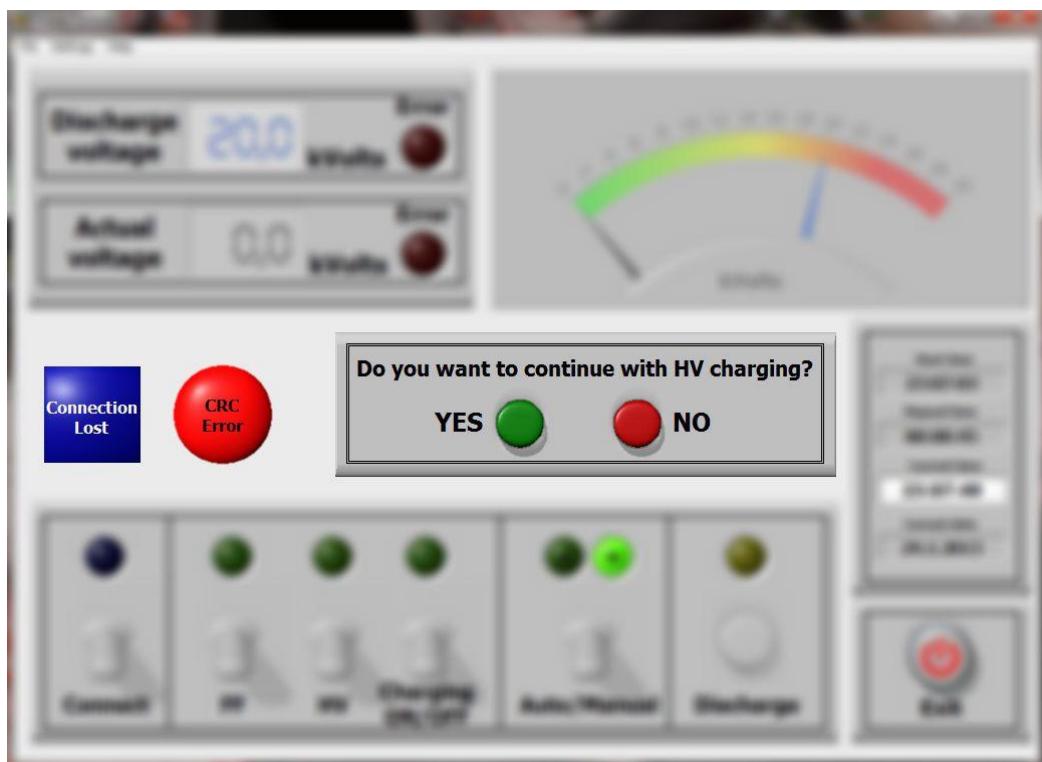
U donjem levom delu nalaze se prekidači (slika 44.) koji odgovaraju prekidačima (tasterima) na kontrolnoj tabli upravljačke jedinice.



Slika 44. Tasteri za kontrolu određenih podjedinica

U desnom delu nalazi se panel sa informacijama o vremenu kao što se može videti na slici 41. U ovom panelu može se pratiti vreme pokretanja programa, proteklo vreme od pokretanja programa, aktualno vreme i aktualan datum.

Srednji deo front panela rezervisan je za informacije o greškama kao što je prekid u komunikaciji između računara i upravljačke jedinice (Connection Lost), o greškama u prenetim podacima (CRC Error) i za panel za dopunu banke pri manuelnom režimu. Greške i panel za dopunu mogu se videti na Slici 45.



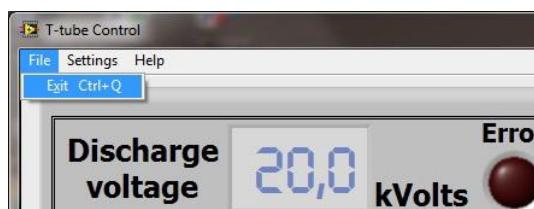
Slika 45. Obaveštenja o prekidu komunikacije, o grešci u prenetim podacima, kao i panel za dopunu banke pri manuelnom režimu

6.2 Padajući meni

U padajućem meniju moguće je birati između:

- File,
- Settings i
- Help opcije.

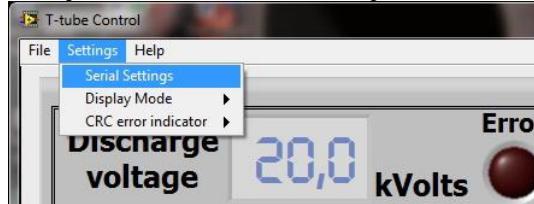
Pod opcijom File imamo Exit koji služi za prekid programa i izlaz iz istog, slika 46.



Slika 46.

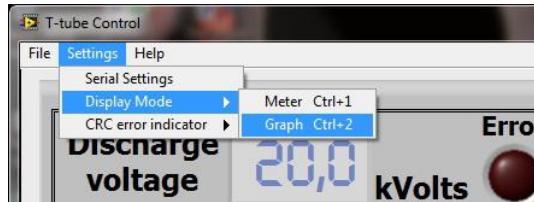
Pod opcijom Settings imamo:

- Serial Settings, koji nam služi za prikazivanje prozora za podešavanje parametara za serijsku komunikaciju. Parametri i podešavanje parametara serijske komunikacije biće razmatrani kasnije.



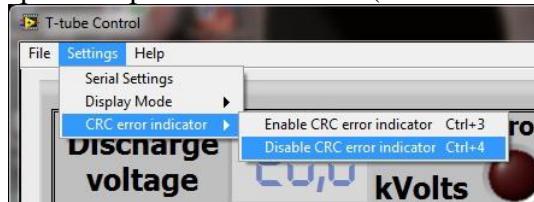
Slika 47.

- Display Mode, koji nam služi za menjanje prikaza vrednosti napona. Možemo birati između prikaza u vidu instrumenta (Meter) ili grafikona $U=f(t)$ (Graph), slika 42 i slika 43.



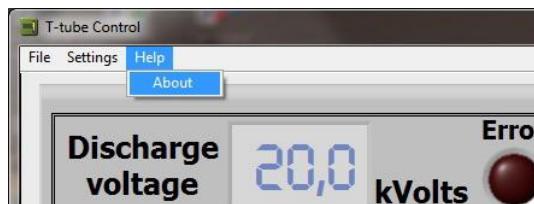
Slika 48.

- CRC error indicator, koji nam služi za prikazivanje ili sakrivanje indikatora pojave greške u prenosu podataka slika 45. (CRC ERROR).



Slika 49.

Pod opcijom Help imamo About koji nam prikazuje verziju programa, autora i godinu pisanja programa.



Slika 50.

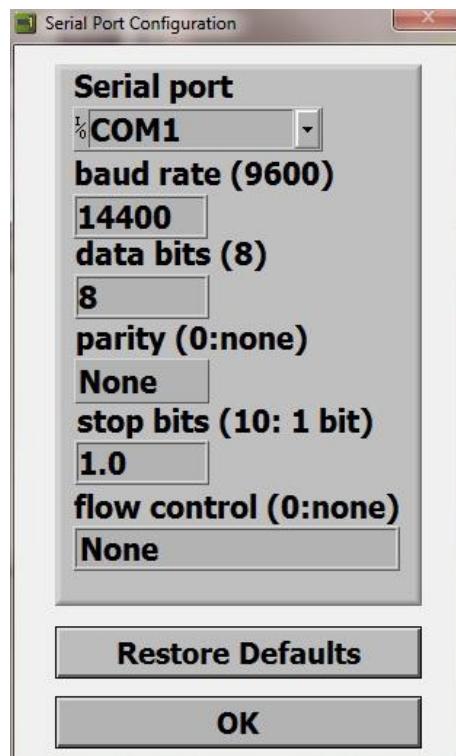
6.3 Parametri serijske komunikacije

Prozor za podešavanje parametara serijske komunikacije sa PC-jem može se videti na slici 51.

U ovom prozoru moguće je podešavati serijski port, baud rate i ostale parametre. Najvažnija su ova prava dva parametra. Serijski port se bira u zavisnosti od toga koji se port

dodeljuje kontrolnoj jedinici pri priključenju na PC. Po default-u baud rate je podešen na 14400. Menjanje ove vrednosti dovešće do gubitka komunikacije sa kontrolnom jedinicom jer su µC kontrolne jedinice podešeni su za ovu brzinu komunikacije, i mogu se menjati samo reprogramiranjem.

Podešavanja će se sačuvati i pri sledećem pokretanju programa parametri će se automatski postaviti pod uslovom da je serijski port ostao isti.



Slika 51.

Iz podešavanja se izlazi sa dugmetom OK, bez obzira da li smo uneli neke promene ili ne. Nakon izlaska iz podešavanja potrebno je sačekati sekundu, dve da program podesi nove parametre.

7 Opis rada sa računarskim programom

Rad sa ovim programom ne razlikuje se od rada na kontrolnoj tabli upravljačke jedinice.

- Pokretanje programa:

Posle pokretanja program pokušava da se poveže sa upravljačkom jedinicom.

Ako je povezivanje iz nekog razloga nemoguće, upali se signalizacija za prekid konekcije (Connection Lost), pri čemu su virtualni digitalni i analogni instrumenti, kao i svi prekidači, onemogućeni. Razlog ovog može biti, da kontrolna jedinica nije uključena, ili kabel nije povezan sa kontrolnom jedinicom ili sa PC-jem, ili je pri pokretanju, program učitao default parametre serijske komunikacije (COM1), koji ne odgovaraju stvarnim vrednostima.

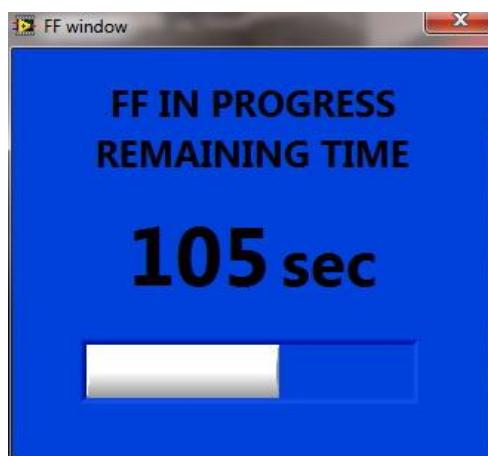
Ako je povezivanje uspešno, prekidač za daljinsku kontrolu upravljačke jedinice i virtualni digitalni i analogni instrumenti biće omogućeni i na njima će se postaviti vrednosti koje su podešene na kontrolnoj jedinici.

Da bi se komandovalo upravljačkom jedinicom, potrebno je virtualni prekidač Connect postaviti u gornji položaj.

- Uključivanje prekidača:

Redosled uključivanja prekidača prati istu logiku kao i kod upravljačke jedinice. Prekidače je moguće uključiti samo ako je uslov za taj prekidač ispunjen. Pravilan redosled uključivanja je sledeće:

1. FF – ovaj prekidač nam služi za pokretanja procesa grejanja velikog tiratrona. Na sredini ekrana pojavljuje se prozor za odbrojavanje vremena grejanja, slika 52. Dok traje ovaj proces, program se ne može kontrolisati.



Slika 52. Izgled prozora za odbrojavanje pri zagrevanju velikog tiratrona

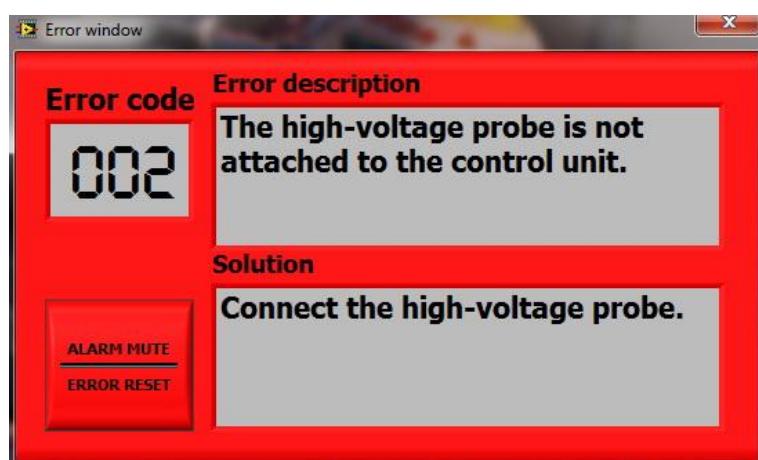
2. HV – ovaj prekidač je za uključivanje visokog napona na velikom tiratronu.
 3. Charging ON/OFF – ovaj prekidač se koristi za uključivanje punjenja banke.
- Prekidač Auto/Manual i taster Discharge:

Ovi prekidači se mogu koristiti nezavisno od drugih prekidača i ne podležu nikakvim uslovima. Prekidač Auto/Manual služi nam za biranje režima rada upravljačke jedinice, dok je Discharge taster zadužen za pražnjenje banke. Ovaj taster treba držati pritisnuto sve dok se operater ne uveri da je došlo do pražnjenja banke.

- Podešavanje napona pražnjenja:

Ovaj napon se podešava jednostavnim unosom željene vrednosti napona okidanja u dato polje. Ovaj napon ne može biti veći od 30 kV. Ako se unese veća vrednost, program automatski koriguje unetu vrednost na 30 kV, i o tome obaveštava operatera u vidu uključivanja indikatora greške koji se nalazi neposredno pored polja vrednosti napona okidanja. Ovaj indikator se pali i posle jedne sekunde se gasi.

- Isto kao i kod upravljačke jedinice i ovde možemo birati između manuelnog i automatskog režima. Ako se bira manuelni režim upravljačka jedinica će napuniti banku do želenog napona (napona pražnjenja) i prekinuti punjenje. Zbog curenja visokog napona kroz izolaciju, napon na banchi će opadati. Da bi se dopunila banka, pojaviće se, na sredini front panela, panel za dopunu banke, slika 45. Ako se bira YES upravljačka jedinica dopunjava banku, u suprotnom se isključuje punjenje banke (prekidač za Charging ON/OFF prebacuje se u isključeno stanje). Napomena: Zeleni taster treba pritisnuti i držati sve dok se dati panel ne zatvorí.
- Ako se pri radu kontrolna jedinica uoči neku grešku operater će o toj grešci biti obavešten pomoću prozora za greške. Primer tog prozora može se videti na slici 53. U ovom prozoru može se videti kód greške, opis i moguće rešenje greške. Dalje može se videti i dugme za isključivanje zvučnog signala i za resetovanje greške. Ako se ovo dugme pritisne jednom, isključuje se zvučni signal, a ako se pritisne još jednom, resetuje se greška.



Slika 53. Izgled prozora sa greškama

- Isključivanje:

Isključivanje prekidača opet prati logički niz koji mora biti ispunjen. Preporučuje se posle isključivanja prekidača HV pritisnuti dugme za pražnjenje da bi se ispraznio kondenzator visokog napona kod velikog tiratrona.

Iz programa se izlazi pomoću dugmeta Exit ili iz padajućeg menija File -> Exit.

8 **Zaključak**

Prilikom izvođenja eksperimenata, rad jedinice pokazao se pouzdan. Kao što se i očekivalo, jaka elektromagnetna polja utiču na rad jedinice. Prilikom svakog pražnjenja, na sedmosegmentnim displejima mogu se videti smetnje. Ove smetnje prestaju po završetkom pražnjenja i ne remete rad μ C-a, a samim tim i rad cele jedinice. Prilikom pražnjenja u komunikaciji sa računarcem nema smetnji. Uslov ovog je odgovarajuće širmovanje i uzemljenje kabla za komunikaciju. Rad računarskog programa pokazalo se pouzdanim.

9 Literatura

1. Gajo, T., Diplomski rad, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu (2005)
2. Elaborat o izvoru plazme, Laboratorija za fizičku elektroniku, Novi Sad, 1980
3. Malešević, B., Diplomski rad, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu, (1996)
4. www.atmel.com/Images/doc0401.pdf
5. www.atmel.com/Images/doc1001.pdf
6. ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/21290d.pdf
7. Duško Đuričin dipl.ing, MIKROELEKTRONIKA, Novembar/Decembar 2000
http://www.mikroe.com/sr/magazine/7broj/7br_PDF/br7_63-75.pdf
8. http://www.mcselec.com/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=41
9. <http://en.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

DODACI

```

Rem ****
Rem * Program kontrolne jedinice *
Rem * Autor Zoltan Nadj, 2012   *
Rem ****
$regfile = "89s8252.dat"
$crystal = 11059200
$baud = 14400
$large
$timeout
Dim X As Byte
Dim Y1 As Integer
Dim Voltage_discharge As Integer
Dim Voltage_discharge_crc As Long
Dim Voltage_truevalue As Long
Dim Voltage_max_value As Integer
Dim Voltage_max_value_crc As Long
Dim Voltage_max_timer As Byte
okidanja
Dim Voltagein As Integer
Dim Crc_data_in As Long
Dim Data_in As Integer
Dim Q As Byte
Dim A As Byte
Dim A_crc As Long
Dim Sw As Integer
Dim S As Byte
Dim Rmtcount As Byte
Dim Rotswitchenter As Bit
Dim Vcd As Byte
Dim Usec As Integer
Dim Sec As Byte
Dim Sec_crc As Long
Dim Crc As Byte
Dim Tmp_xor As Long
Dim Tmp_mod As Long
Dim Tmp_crc_1 As Long
Dim Tmp_crc_2 As Long
Dim Ffpc As Byte
Dim Error_startup_check As Bit    'ako je startup bez greske vrednost je 1
Dim Error_alarm_manu_off As Bit  'bit koji pokazuje da li je alarm manuelno iskljucen
Dim Error_code As Byte
Dim Error_timer_1 As Byte         'sluzi za vreme ispisa greske na display
Dim Ch_off_manu As Bit           'ako je pri manualnom rezimu automatski isljuceno punjenje
vrednost je 1
Dim False_disharge_count As Byte
Dim Runaway_charging_count As Byte
Dim Buzzer_manu_off As Bit       'stanje alarma, 0-isklj, 1-uklj
Dim Pc_alarm_state As Byte
Dim Pc_alarm_state_crc As Long
Dim Ff_done As Bit
Dim Hv_probe_on As Byte
Dim Sec2 As Bit
Declare Sub Adc_measure
Declare Sub Check_logic
Declare Sub Displaywrite
Declare Sub Labviewwrite
Declare Sub Adc_clock
Declare Sub Leds
Declare Sub Crc_case
Declare Sub Decrc
Declare Sub Check_startup_error
Declare Sub Check_runaway_error
Declare Sub False_disharge_error
Declare Sub Labview_error_write
Declare Sub Led_check
Declare Sub Vn_clear
Config Debounce = 30
Rem * LED VALUES IN A *
Man Alias A.0
Auto Alias A.1
Ch_volt Alias A.2
Hv Alias A.3
Ff Alias A.4
Rmt Alias A.5
Disch Alias A.6
Ch_volt_on Alias A.7
Rem *rottery switch ports*
Rot_switch_enter Alias P3.7      'pin 17
Rot_switch_direction Alias P3.6  'pin 16

```

```

Rem * INTERRUPTS FOR ROTTARY *
On Int0 Int0_int
Disable Interrupts
Set Tcon.0
Rem * SWITCHING PORTS *
Ledds Alias P1.7           'FF LED control
Ledsh Alias P1.6           'HV LED control
Ledlatch Alias P1.5
Ledds = 0 : Ledsh = 0 : Ledlatch = 0
Rem * ALARM BUZZER PORT *
Buzzer Alias P2.7          'uklj ako je 0, isklj ako je 1
Rem * Timer setup *
Config Timer0 = Timer , Gate = Internal , Mode = 2
On Timer0 Timer_0
Load Timer0 , 200
Priority Set Timer0
Rem * A/DC PORTS *
Clk Alias P2.0              'adc clock
Clk = 0
Cs Alias P2.1                'adc chip select
Cs = 1
Datai Alias P2.2             'adc data in
Datai = 1
Rem * multiplex channel for serial com *
Portselect Alias P1.0
Portselect = 1
Rem * VARIABLES *
Voltage_discharge = 200
Voltage_truevalue = 0
Rotswitchenter = 0
Voltage_max_timer = 0
A = 65
A_crc = 0
Sw = 0
Rmtcount = 0
Vcd = 1
Sec = 10
Sec_crc = 0
Ffpc = 0
Disch = 1
Error_timer_1 = 0
Ch_off_manu = 0
Error_code = 0
Error_startup_check = 0
False_disharge_count = 0
Runaway_charging_count = 0
Buzzer_manu_off = 0
Ff_done = 0
Hv_probe_on = 15
Sec2 = 0
Rem * STARTUP SOUND *
Buzzer = 0
Waitms 500
Waitms 500
Buzzer = 1
Waitms 200
Buzzer = 0
Waitms 400
Buzzer = 1
Waitms 200
Buzzer = 0
Waitms 400
Buzzer = 1
If P1.3 = 0 Then Sec2 = 1
Waitms 250
Waitms 250
Rem * KONFIGURACIJA WATCHDOG-A *
Config Watchdog = 2048          'after 1 seconds a reset will occur
Start Watchdog                  'start the WD
Main:
Do
    Call Adc_measure
    Select Case Error_code
        Case 0 :
            Call Check_startup_error
            Call Check_runaway_error
            If Error_startup_check = 1 Then
                Incr Sec
                If Sec > 9 Then

```

```

        Sec = 0
        Call Led_check
    End If
End If
Buzzer = 1
Error_timer_1 = 0
Buzzer_manu_off = 0
If Rmt = 0 Then
    Debounce P1.4 , 0 , Manautobutton , Sub
    If Rotswitchenter = 0 Then
        Debounce P1.1 , 0 , Ff_button , Sub
        If Ff = 1 Then
            Debounce P1.2 , 0 , Hv_button , Sub
            If Hv = 1 And Error_code = 0 Then
                Debounce P1.3 , 0 , Ch_voltage_button , Sub
            End If
        End If
    End If
    Debounce Rot_switch_enter , 0 , Rot_switch_enter_sub , Sub
End If
Case Else : Nop
    If Buzzer_manu_off = 0 Then Buzzer = 0
    Ch_volt = 0
    Ch_volt_on = 0
    Ch_off_manu = 0
    If Error_timer_1 > 18 Then Error_timer_1 = 0
    Incr Error_timer_1
    If Buzzer_manu_off = 0 Then
        Debounce P1.3 , 0 , Buzzer_off , Sub
    Else
        Debounce P1.3 , 0 , Error_off , Sub
    End If
    If Error_code = 6 And Rmt = 0 Then Debounce Rot_switch_enter , 0 ,
Rot_switch_enter_sub , Sub
End Select
Debounce P3.3 , 1 , Soundx , Sub
Portselect = 1
Waitms 5
Call Displaywrite
Portselect = 0
Waitms 5
Call Labviewwrite
Call Check_logic
Call Leds
If Ffp = 1 And Ff_done = 0 Then Gosub Ff_sequence
Reset Watchdog
Loop
Sub Displaywrite
    'podprogram za komunikaciju sa 4051 mC
    Select Case Error_timer_1
        Case Is < 6:
            Select Case Vcd
                Case 1 : Print "96166" ; Chr(13) ; Voltage_discharge_crc ; Chr(13) ;
Voltage_max_value_crc ; Chr(13)
                Case 2 : Print "96151" ; Chr(13) ; Sec_crc ; Chr(13)
                Case 3 : Print "96136" ; Chr(13) ; Voltage_discharge_crc ; Chr(13) ;
Voltage_max_value_crc ; Chr(13)
            End Select
        Case Is > 6:
            Select Case Error_code
                Case 0 : Print "47928" ; Chr(13)
                Case 1 : Print "47913" ; Chr(13) 'pri ukljucenju napon na banchi nije nula
                Case 2 : Print "47898" ; Chr(13) 'pri ukljucenu sondu visokog napona nije
prikljucena
                Case 3 : Print "47872" ; Chr(13) 'neuspesno praznjenje, banka je pod naponom
                Case 4 : Print "47985" ; Chr(13) 'doslo je do nedozvoljenog polozenja prekidaca,
stanje istih je resetovano
                Case 5 : Print "47970" ; Chr(13) 'nije moguce iskljuciti punjenje banke, iskljuciti
napajanje kontrolera!!
                Case 6 : Print "47955" ; Chr(13) 'napon praznjenja mali je od trenutnog napona na
banchi
                Case 7 : Print "47940" ; Chr(13) 'pecalka nije sklonjena sa banke
            End Select
        End Select
    End Sub
    Sub Labviewwrite
        'podprogram za komunikaciju sa PC
        Print "143922" '='crc 9000
        Input Crc_data_in Noecho Timeout = 750
        Call Decrc
        Select Case Data_in

```

```

Case 9000 : Rmt = 0
Crc = 5
Call Crc_case
Print A_crc
Print Voltage_max_value_crc
Print Voltage_discharge_crc
Call Labview_error_write           '=crc 7000
Rmtcount = 0
Case 9500 : Print "64183"          '=crc 4000
Input Crc_data_in Noecho Timeout = 750
Call Decrc
If Error_code <> 4 Then
  If Sw > 500 Then
    Sw = Sw - 500
    Sw.7 = 1
  Else
    Sw.7 = A.7
  End If
  If Error_code <> 0 Then Sw.2 = A.2
  A = Sw
Else
  A = 33
End If
Crc = 5
Call Crc_case
Print A_crc
If Error_code = 4 Then
  Disch = 1
Else
  Disch = Not Disch
End If
Print "32185"          '=crc 2000
Input Crc_data_in Noecho Timeout = 750
If Crc_data_in <> 0 Then
  Call Decrc
  If Voltagein <> Voltage_discharge Then Voltage_discharge = Voltagein
End If
Print Voltage_max_value_crc
If Error_code <> 0 Then
  Call Labview_error_write
End If
Rmtcount = 0
Case Else : Incr Rmtcount      'ako je Crc_data_in razlicita od 9000 ili 9500 nema
komunikacije sa PC-em
If Rmtcount > 10 Then
  Rmt = 0
  Rmtcount = 10
End If
End Select
If Error_code <> 0 Then
  Print "136184"          '=crc 8500
  Input Crc_data_in Noecho Timeout = 750
  Call Decrc
  Select Case Pc_alarm_state    'Case 136184
    Case 1 : Gosub Buzzer_off_1  'Case 136169
    Case 2 : Gosub Error_off_1  'case 136154
  End Select
Else
  Print "128179"          '=crc 8000
End If
Print "111924"          '=crc 7000
If Ff = 1 And Ffp = 0 Then Ffp = 1
If Ff = 0 And Ffp = 2 Then Ffp = 0
End Sub
Sub Labview_error_write      'podprogram za vrednosti greske koji se salju na PC
Select Case Error_code
  Case 1 : Print "128164"
  Case 2 : Print "128149"
  Case 3 : Print "128134"
  Case 4 : Print "128247"
  Case 5 : Print "128232"
  Case 6 : Print "128217"
  Case 7 : Print "128202"
End Select
End Sub
Sub Adc_measure             'podprogram za iscitanje ADC
Cs = 1
Cs = 0
For X = 2 Downto 0

```

```

        Clk = 1
        Delay
        Clk = 0
Next
For X = 11 Downto 0
    Clk = 1
    Y1.x = Data1
    Clk = 0
Next
Cs = 1
Rem * ALGORITAM ZA RACUNANJE NAPONA *
Voltage_truevalue = Y1 * 5
Voltage_truevalue = Voltage_truevalue * 58.7888
Voltage_truevalue = Voltage_truevalue - 7.1794
Voltage_truevalue = Voltage_truevalue / 4096
Voltage_truevalue = Abs(Voltage_truevalue)
Rem * ALGORITAM ZA DETEKCIJU PRAZNENJA *
Voltage_max_value = Voltage_max_value - Voltage_truevalue
If Voltage_max_value > 30 Then
    Ch_off_manu = 0
    False_disharge_count = 0
End If
Voltage_max_value = Voltage_max_value + Voltage_truevalue
Rem * ALGORITAM ZA DETEKCIJU SONDE VISOKOG NAPONA *
If Error_startup_check = 0 Then
    Select Case Hv_probe_on
        Case Is < 10 : Nop
            If Voltage_truevalue = Voltage_max_value Then
                Incr Hv_probe_on
            Else
                Hv_probe_on = 0
            End If
        Case 15 : Hv_probe_on = 5
    End Select
End If
Rem *ALGORITAM ZA PAMCENJE VREDNOSTI PRI PRAZNENJU *
Select Case Voltage_truevalue
    Case Is > Voltage_max_value : Voltage_max_value = Voltage_truevalue
    Case Is < Voltage_max_value : Nop
        If Voltage_truevalue > 20 Then          'ako je napon manji od
2kV napon na displeju prati pravu vrednost
        Incr Voltage_max_timer
        If Voltage_max_timer = 10 Then
            Voltage_max_timer = 0
            Voltage_max_value = Voltage_truevalue
        End If
        Else
            Voltage_max_timer = 0
            Voltage_max_value = Voltage_truevalue
        End If
    End Select
Crc = 1
Call Crc_case
Crc = 2
Call Crc_case
Waitms 1
End Sub
Sub Adc_clock           'podprogram za upravljanje ADC signalima
    Clk = 1
    Clk = 0
End Sub
Sub Leds:                 'podprogram za kontrolu LED indikacije
    Ledlatch = 1
    Ledlatch = 0
    For S = 0 To 7
        If A.s = 0 Then
            Ledds = 0
        Else
            Ledds = 1
        End If
        Ledsh = 1
        Ledsh = 0
    Next
    Ledlatch = 1
    Ledlatch = 0
End Sub
Ff_button:                  'podprogram za uklj/isklj FF tastera
    Gosub Soundx
    If Ff = 1 Then

```

```

        If Hv = 0 Then Ff = 0
    Else
        Ff = 1
        Ffp = 0
        Call Leds
        Waitms 5
        If Ff_done = 0 Then Gosub Ff_sequence
    End If
Return
Hv_button:                                'podprogram za uklj/isklj HV tastera
    Gosub Soundx
    If Hv = 1 And Ch_volt = 0 Then
        Hv = 0
    Else
        Hv = 1
    End If
Return
Ch_voltage_button:                         'podprogram za uklj/isklj punjenja banke
    Gosub Soundx
    Waitms 200
    If Ch_off_manu = 1 And P1.3 = 1 Then
        Ch_off_manu = 0
    Else
        If Ch_volt = 1 Then
            Ch_volt = 0
            Call Check_logic
        Else
            Ch_volt = 1
            Call Check_logic
        End If
        Ch_off_manu = 0
    End If
Return
Manautobutton:                            'podprogram za biranje rezima rada
    Gosub Soundx
    If Man = 1 Then
        A.0 = 0
        A.1 = 1
    Else
        A.0 = 1
        A.1 = 0
    End If
Return
Rot_switch_enter_sub:                     'podprogram za rotary switch
    Gosub Soundx
    Select Case Rotswitchenter:
        Case 0 : Waitms 150
            Ch_volt = 0
            Ch_volt_on = 0
            Call Leds
            Enable Interrupts
            Enable Int0
            Rotswitchenter = 1
            Vcd = 3
        Case 1 : Disable Interrupts
            Disable Int0
            Rotswitchenter = 0
            Vcd = 1
    End Select
Return
Ff_sequence:                             'podprogram za grejanje velikog tiratrona
    Vcd = 2
    Crc = 6
    If Sec2 = 1 Then
        Sec = 20
    Else
        Sec = 180
    End If
    Ch_volt_on = 0
    Call Leds
    Enable Interrupts
    Enable Timer0
    Start Timer0
Do
    Call Crc_case
    Portselect = 1
    Waitms 5
    Call Displaywrite
    Portselect = 0

```

```

    Waitms 5
    Print Sec_crc
    If P1.3 = 0 Then Sec = 255      'za prekid grejanja i nastavak programa
Loop Until Sec = 255
Disable Timer0
Disable Interrupts
Vcd = 1
Ffpc = 2
Ff_done = 1
Sec = 0
Return
Int0_int:                      'podprogram za interrupt kod podesavanja napona pomocu rotary
encoder-a
    Select Case Rot_switch_direction:
        Case 0 : Decr Voltage_discharge
            If Voltage_discharge < 0 Or Voltage_discharge = 65535 Then Voltage_discharge = 0
        Case 1 : Incr Voltage_discharge
            If Voltage_discharge > 300 Then Voltage_discharge = 300
    End Select
    If Voltage_discharge < Voltage_max_value Then Error_code = 7
    Gosub Soundx
Return
Timer_0:                         'podprogram za merenje vremena pri grejanju tiratrona
    Incr Usec
    If Usec = 4608 Then
        Usec = 0
        Decr Sec
        If Sec = 255 Then
            Stop Timer0
            Erase Usec
        End If
    End If
Return
Sub Crc_case                     'podprogram za odredjivanje koja se varijabla koduje
    Select Case Crc
        Case 1 : Tmp_crc_1 = Voltage_discharge
            Tmp_crc_1 = Tmp_crc_1 + 2000
            Gosub Crc_out_calculate
            Voltage_discharge_crc = Tmp_crc_1
        Case 2 : Tmp_crc_1 = Voltage_max_value
            Tmp_crc_1 = Tmp_crc_1 + 1000
            Gosub Crc_out_calculate
            Voltage_max_value_crc = Tmp_crc_1
        Case 5 : A_crc = A + 3000
            Tmp_crc_1 = A_crc
            Gosub Crc_out_calculate
            A_crc = Tmp_crc_1
        Case 6 : Sec_crc = Sec + 5000
            Tmp_crc_1 = Sec_crc
            Gosub Crc_out_calculate
            Sec_crc = Tmp_crc_1
    End Select
End Sub
Sub Decrc                         'podprogram za dekodovanje varijabli
    Tmp_crc_1 = Crc_data_in
    Tmp_crc_2 = Crc_data_in
    Gosub Crc_in_calculate
    If Q = Tmp_mod Then
        Data_in = Tmp_xor
    End If
    Select Case Data_in
        Case 2000 To 2999 : Voltagein = Data_in
            Voltagein = Voltagein - 2000
        Case 3000 To 3999 : Sw = Data_in
            Sw = Sw - 3000
        Case 8500 To 8999 : Pc_alarm_state = Data_in
            Pc_alarm_state = Pc_alarm_state - 8500
    End Select
End Sub
Crc_out_calculate:                'podprogram za kodovanje izlaznih varijabli
    Tmp_xor = Tmp_crc_1 Xor &B1011
    Tmp_mod = Tmp_crc_1 Mod &B1011
    Shift Tmp_xor, Left, 4
    Tmp_crc_1 = Tmp_xor + Tmp_mod
Return
Crc_in_calculate:                'podprogram za kodovanje uzlaznih varijabli
    Tmp_crc_1.0 = 0
    Tmp_crc_1.1 = 0
    Tmp_crc_1.2 = 0

```

```

Tmp_crc_1.3 = 0
Q = Tmp_crc_2 - Tmp_crc_1
Shift Tmp_crc_1, Right, 4
Tmp_xor = Tmp_crc_1 Xor &B1011
Tmp_mod = Tmp_xor Mod &B1011
Return
Soundx:
Buzzer = 0
Waitms 30
Buzzer = 1
Return
Sub Check_logic           'podprogram za logiku kontrolera
  Select Case Man
    Case 0:             'automatski rezim rada
      Select Case Ch_volt
        Case 0 : Ch_volt_on = 0
                    Ch_off_manu = 0
                    Call Check_runaway_error
        Case 1 : Ch_volt_on = 1
                    Ch_off_manu = 0
                    Call False_discharge_error
                    Call Vn_clear
      End Select
    Case 1:             'manualni rezim rada
      Select Case Ch_volt
        Case 0 : Ch_volt_on = 0
                    Ch_off_manu = 0
        Case 1 :
          If Ch_off_manu = 0 Then Ch_volt_on = 1
          If Voltage_truevalue >= Voltage_discharge Then
            Ch_volt_on = 0
            Ch_off_manu = 1
          End If
          Call Vn_clear
      End Select
    End Select
  End Sub
Sub False_discharge_error   'podprogram za brojanje neuspelih praznjenja
  If Voltage_truevalue >= Voltage_discharge And Error_code = 0 Then
    Disch = 0
    Call Leds
    Waitms 5
    Disch = 1
    Incr False_discharge_count
    If False_discharge_count = 3 Then
      False_discharge_count = 0
      Error_code = 3
      Ch_volt = 0
      Ch_volt_on = 0
      Call Leds
    End If
    Waitms 150
  End If
End Sub
Sub Check_startup_error      'podprogram za odredjivanje napona na banci i prikljucene HV sonde pri
ukljuj
  Select Case Error_startup_check
    Case 0 : Nop
      Waitms 100
      If Error_code = 0 Then
        If Voltage_truevalue > 1 And Hv_probe_on > 5 Then Error_code = 1 'Pri
ukljujenju napon na banci nije nula
        If Voltage_truevalue > 1 And Hv_probe_on < 5 Then Error_code = 2
        If Voltage_truevalue < 1 Then
          Decr Sec
          If Sec = 0 Then Error_startup_check = 1
        End If
      End If
    Case Else : Nop
  End Select
End Sub
Sub Check_runaway_error      'podprogram za odredjivanje neuspelog isklj punjenja banke (kvar
releja)
  If Ch_volt_on = 0 And Error_code = 0 Then
    If Voltage_truevalue > Voltage_discharge Then
      Incr Runaway_charging_count
      If Runaway_charging_count = 5 Then
        Runaway_charging_count = 4
        Error_code = 5
      End If
    End If
  End Sub

```

```

        End If
    End If
End If
End Sub
Sub Vn_clear
If Error_startup_check = 1 Then
    If Voltage_truevalue = 0 Then
        Incr Hv_probe_on
    Else
        Hv_probe_on = 0
    End If
End If
If Hv_probe_on = 10 Then
    Ch_volt_on = 0
    Ch_off_manu = 0
    Error_code = 7
    Call Leds
End If
End Sub
Sub Led_check           'podprogram za proveru stanja LED indikacije
If Error_code = 0 Then
    Dim Sw_pos_data As Byte
    Restore Dta
    X = 0
    Do
        Incr X
        Read Sw_pos_data
        If Sw_pos_data = A Then
            Error_code = 0
            X = 32
        Else
            Error_code = 4
        End If
    Loop Until X = 32
    If Error_code = 4 Then
        A = 1
        Disch = 1
    End If
End If
X = 0
Erase Sw_pos_data
End Sub
Buzzer_off:             'podprogram za kontrolu alarma
Gosub Soundx
Print "136169"
Buzzer_off_1:
Buzzer = 1
Buzzer_manu_off = 1
Return
Error_off:              'podprogram za kontrolu greske
Gosub Soundx
Print "136154"
Error_off_1:
Error_code = 0
Buzzer_manu_off = 0
Error_timer_1 = 100
Runaway_charging_count = 0
False_discharge_count = 0
Return
Dta:                   'tabela dozvoljenih stanja LED indikatora
Data 1 , 2 , 29 , 33 , 34 , 49 , 50 , 57 , 58 , 61
Data 65 , 66 , 81 , 82 , 89 , 90 , 93 , 97 , 98 , 113 , 114 , 121
Data 122 , 125 , 157 , 158 , 189 , 190 , 221 , 222 , 253 , 254

```



```

        Num23 = Num22 Mod 10
        Num22 = Num22 / 10
Case 6001 : Input Var1_crc Noecho           'Voltage_discharge_crc
        Input Var2_crc Noecho           'Voltage_max_value_crc
        Crc_case = 1
        Call Decrc
        Crc_case = 2
        Call Decrc
        Call Calculate_var1
        Call Calculate_var2
        Blinkcount = 0
Case 6002 : Input Var1_crc Noecho
        Crc_case = 1
        Call Decrc
        If Var1 >= 5000 And Var1 < 6000 Then
            Var1 = Var1 - 5000
            Num11 = 10
            Num12 = 14
            Num13 = 14
            Num21 = Var1 / 100
            Num22 = Var1 Mod 100
            Num23 = Num22 Mod 10
            Num22 = Num22 / 10
        End If
Case 6003 : Input Var1_crc Noecho
        Input Var2_crc Noecho
        Crc_case = 1
        Call Decrc
        Crc_case = 2
        Call Decrc
        Call Calculate_var1
        Call Calculate_var2
        If Var1_new = Var1 Then
            Incr Var1_new_count
            If Var1_new_count > 5 Then
                Var1_new_count = 5
                Incr Blinkcount
                If Blinkcount > 4 Then
                    Buzzer = 0
                    Waitms 50
                    Buzzer = 1
                    Num13 = 10
                    Num12 = 16
                    Num11 = 10
                End If
                If Blinkcount > 8 Then Blinkcount = 0
            End If
        Else
            Var1_new_count = 0
            Blinkcount = 0
        End If
        Var1_new = Var1
    End Select
    Select Case Var
        Case 3000 To 3999 :
            Latch = 1
            Latch = 0
            Num = Num23
            Call Readnumber
            Gosub Ispis
            Num = Num22
            Call Readnumber
            Gosub Ispis
            Num = Num21
            Call Readnumber
            Gosub Ispis
            Num = Num11
            Call Readnumber
            Gosub Ispis
            Num = Num12
            Call Readnumber
            Gosub Ispis
            Num = Num13
            Call Readnumber
            Gosub Ispis
            Latch = 1
            Latch = 0
        Case 6000 To 6100 :
            Latch = 1

```

```

        Latch = 0
        Num = Num23
        Call Readnumber
        If Num12 <> 14 Then
            If Num = 0 Then Num = 10
        End If
        Gosub Ispis
        Num = Num22
        If Num12 = 14 And Num21 = 0 Then
            If Num = 0 Then Num = 10
        End If
        Call Readnumber
        If Num12 <> 14 Then
            If Num < 11 Then Ax = Ax + 1
        End If
        Gosub Ispis
        Num = Num21
        If Num = 0 Then Num = 10
        Call Readnumber
        Gosub Ispis
        Num = Num21
        If Num = 0 Then Num = 10
        Call Readnumber
        If Num < 11 Then Ax = Ax + 1
        Gosub Ispis
        Num = Num13
        Call Readnumber
        Gosub Ispis
        Latch = 1
        Latch = 0
        If Var = 6002 And Var1 = 0 Then
            Buzzer = 0
            Waitms 400
            Buzzer = 1
            Waitms 200
            Buzzer = 0
            Waitms 400
            Buzzer = 1
            Waitms 200
            Buzzer = 0
            Waitms 400
            Buzzer = 1
            Waitms 200
            Buzzer = 0
            Waitms 400
            Buzzer = 1
            Waitms 200
            Buzzer = 0
            Waitms 400
            Buzzer = 1
            Waitms 200
            Buzzer = 0
            Waitms 400
            Buzzer = 1
            Waitms 200
            Buzzer = 0
            Waitms 400
            Buzzer = 1
            Waitms 200
        End If
    End Select
Loop
Sub Readnumber
Select Case Num
    Case 0 : Ax = 252
    Case 1 : Ax = 96
    Case 2 : Ax = 218
    Case 3 : Ax = 242
    Case 4 : Ax = 102
    Case 5 : Ax = 182
    Case 6 : Ax = 190
    Case 7 : Ax = 224
    Case 8 : Ax = 254
    Case 9 : Ax = 246
    Case 10 : Ax = 0
    Case 11 : Ax = 206
    Case 12 : Ax = 10
    Case 13 : Ax = 58
    Case 14 : Ax = 142
    Case 15 : Ax = 158
    Case 16 : Ax = 0
        'blank
        'letter P
        'letter r
        'letter o
        'letter F
        'letter E
End Select
End Sub
Ispis:

```

```

For Numbit = 7 DownTo 0
  If Ax.numbit = 0 Then
    Dataout = 0
  Else
    Dataout = 1
  End If
  Shr = 1
  Shr = 0
Next
Return
Sub Decrc
  Select Case Crc_case
    Case 1:
      Tmpvar1 = Var1_crc
      Tmpvar1.0 = 0
      Tmpvar1.1 = 0
      Tmpvar1.2 = 0
      Tmpvar1.3 = 0
      Q = Var1_crc - Tmpvar1
      Shift Var1_crc , Right , 4
      Var1_crc = Var1_crc Xor &B1011
      Control = Var1_crc Mod &B1011
      If Control = Q Then Var1 = Var1_crc
    Case 2:
      Tmpvar2 = Var2_crc
      Tmpvar2.0 = 0
      Tmpvar2.1 = 0
      Tmpvar2.2 = 0
      Tmpvar2.3 = 0
      Q = Var2_crc - Tmpvar2
      Shift Var2_crc , Right , 4
      Var2_crc = Var2_crc Xor &B1011
      Control = Var2_crc Mod &B1011
      If Control = Q Then Var2 = Var2_crc
    Case 3:
      Tmpvar = Var_crc
      Tmpvar.0 = 0
      Tmpvar.1 = 0
      Tmpvar.2 = 0
      Tmpvar.3 = 0
      Q = Var_crc - Tmpvar
      Shift Var_crc , Right , 4
      Var_crc = Var_crc Xor &B1011
      Control = Var_crc Mod &B1011
      If Control = Q Then Var = Var_crc
  End Select
End Sub
Sub Calculate_var1
  If Var1 >= 2000 And Var1 < 3000 Then
    Var1 = Var1 - 2000
    Num11 = Var1 / 100
    Num12 = Var1 Mod 100
    Num13 = Num12 Mod 10
    Num12 = Num12 / 10
  End If
End Sub
Sub Calculate_var2
  If Var2 >= 1000 And Var2 < 2000 Then
    Var2 = Var2 - 1000
    Num21 = Var2 / 100
    Num22 = Var2 Mod 100
    Num23 = Num22 Mod 10
    Num22 = Num22 / 10
  End If
End Sub

```

BIOGRAFIJA



Roden 15. februara 1977 godine u Bečeu. Osnovnu školu i gimnaziju opšteg smera završio u rodnom gradu. Nakon gimnazije 1996. godine upisao Prirodno-matematički Fakultet u Novom Sadu, smer Diplomirani fizičar. 2010 godine upisao master studije.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

TD

Monografska dokumentacija

Tip zapisa:

TZ

Tekstualni štampani materijal

Vrsta rada:

VR

Završni rad

Autor:

AU

Zoltan Nađ

Mentor:

MN

Prof. Dr. Zoran Mijatović

Naslov rada:

NR

Automatska kontrola sistema za impulsno gasno pražnjenje

Jezik publikacije:

JP

srpski (latinica)

Jezik izvoda:

JI

srpski/engleski

Zemlja publikovanja:

ZP

Srbija

Uže geografsko područje:

UGP

Vojvodina

Godina:

GO

2013

Izdavač:

IZ

Autorski reprint

Mesto i adresa:

MA

Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

Fizički opis rada:

FO

br poglavlja/br strana/br tebela/br slika/br grafika/br priloga

70/9/6/53/2/2

Naučna oblast:

NO

Fizika

Naučna disciplina:

ND

Fizika atoma, molekula i jonizovanog gasa

Predmetna odrednica/ ključne reči

PO

Kontrolna jedinica, Bascom, LabView, mikrokontroler

UDK

Čuva se:

ČU

Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

Važna napomena:

VN

nema

Izvod:

IZ

Datum prihvatanja teme od NN veća:

DP

Datum odbrane:

DO

Članovi komisije:

KO

Dr. Zoran Mijatović, redovni profesor

Predsednik:

Dr. Srđan Rakić, redovni profesor

član:

Dr. Igor Savić, docent

član:

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monograph publication

TR

Textual printed material

Type of record:

TR

Content code:

CC

Final paper

Author:

AU

Zoltan Nađ

Mentor/comentor:

MN

Prof. Dr. Zoran Mijatović

Title:

TI

Automated control of the system for pulsed gas discharge

LT

Serbian (Latin)

Language of abstract:

LA

English

Country of publication:

CP

Serbia

Locality of publication:

LP

Vojvodina

Publication year:

PY

2013

Publisher:

PU

Author's reprint

Publication place:

PP

Faculty of Sciences and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4,
Novi Sad

Physical description:

PD

no. chapter/no. page/no. table/no. picture/no. graphics/no. attachment
70/9/6/53/2/2

SF

Physics

Scientific discipline:

SD

Physics of Atoms, Molecules and Ionized Gases

Subject/ Key words:

SKW

Control unit, Bascom, LabView, microcontroller

UC

Holding data:

HD

Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

Note:

N

none

Abstract:

AB

Accepted by the Scientific Board:

ASB

Defended on:

DE

Thesis defend board:

DB

Dr. Zoran Mijatović, full professor

President:

Dr. Srđan Rakić, full professor

Member:

Dr. Igor Savić, assistant professor

Member: