

UNIVERZITET U SARAJEVU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET
ODSJEK ZA AUTOMATIKU I ELEKTRONIKU

**SISTEM ZA REGULACIJU
TEMPERATURE**

Autor:
Lamija Fazlija

Asistentica:
Mediha Zukić

June 3, 2018

Sadržaj

1 Realizacija napona napajanja	1
1.1 Uvod	1
1.2 Opis sklopa za napajanje	1
1.3 Shema sklopa i signali u karakterističnim tačkama	2
2 Relejni izlazi	7
2.1 Opis sklopa sa motorom	7
2.2 Odabir i princip rada releja	8
2.3 Realizacija sklopa	8
3 Realizacija regulatora	11
3.1 Uvod	11
3.2 Opis i princip rada sklopa	12
4 Mjerni most	15
4.1 Realizacija mjernog mosta	15
5 Konačna shema i PCB	17
5.1 Realizacija finalne sheme i PCB-a	17

Popis slika

1.1	Blok struktura	2
1.2	Shema sklopa za napajanje	3
1.3	Prikaz izlaza sa transformatora	3
1.4	Punovalno ispravljanje Gretzovim spojem	4
1.5	Prikaz filtriranog signala sa elektrolitskog kondenzatora	4
1.6	Izlazni signal(bез tereta)	5
1.7	Izlazni signal (sa teretom $R=12\Omega$)	5
2.1	Shema sklopa sa motorom	7
2.2	Izgled releja a)isključen b)uključen	8
2.3	Shema sklopa sa relejem	9
2.4	Prikaz izlaznog signala na osciloskopu (bez diode)	9
2.5	Prikaz izlaznog signala na osciloskopu (sa diodom)	9
3.1	Shema sklopa regulatora	11
3.2	Dijagram za podešavanje otpornosti	13
3.3	Histereza	13
3.4	Ulagani i izlazni signal sa osciloskopa	14
4.1	Ovisnost napona o promjeni otpornosti	16
4.2	Shema sklopa mjernog pretvarača	16
5.1	Konačna shema	17
5.2	PCB	18
5.3	Prikaz pločice sa donje strane	18
5.4	Prikaz pločice sa gornje strane	19
5.5	Maketa na kojoj je izvršeno testiranje	19

Poglavlje 1

Realizacija napona napajanja

1.1 Uvod

U ovom poglavlju ćemo prikazati način na koji smo realizovali napajanje sistema za realizaciju temperature. Osnovno od čega počinjemo i bez čega ne možemo bit će opisano u ovom poglavlju. To je realizacija napona napajanja. Naš cilj je od napona gradske mreže dobiti istosmjerni napon od $12V$.

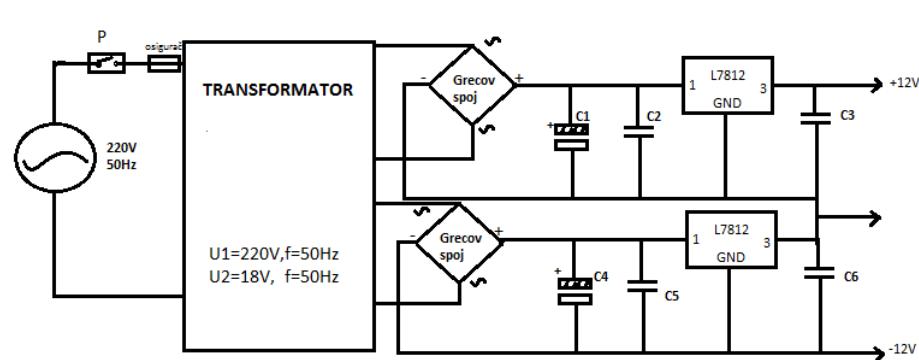
1.2 Opis sklopa za napajanje

Sklop koji smo realizovali ima zadatak da nam obezbijedi na izlazu napon od $12V$ pri dovodenju mrežnog napona na ulaz. Mi imamo mrežni napon od $220V$ efektivne vrijednosti i frekvencije $50Hz$. Da bismo zaštitali naše kolo od prevelikih struja na ulaz postavljamo jedan osigurač koji će to spriječiti. Poslije ovoga odabrali smo transformator sa jednim primarom i dva sekundara. Sekundari su galvanski razdvojeni tako da ne postoji zičana veza. Mjeranjem otpornosti smo odredili koje su nam nožice primara, a koje sekundara. Iz odnosa napona i struja primara i sekundara znamo da je otpornost primara dosta veća od otpornosti sekundara. Dakle, transformator je naš napon sa ulaza snizio na nekih $18V$ efektivne vrijednosti. Frekvencija je ostala nepromjenjena. Ovaj napon je potrebno dalje punovalno ispraviti. Ovo smo postigli dodavanjem Gretzovog spoja nakon transformatora. Kod odabira Gretzovog spoja trebamo voditi računa da inverzni napon ne bude veći nego što Gretz dozvoljava. Sve bitne nominalne vrijednosti imamo naznačene u katalozima. Napon nakon Gretzovog spoja je oko $25V$. Nakon ovoga paralelno smo dodali elektrolitski kondenzator. Kondenzator nam sada vrši filtriranje signala, jer signal nakon Gretzovog spoja je idalje pulsirajući. Kondenzator služi da akumulira električnu energiju, koju oslobađa kada opadne napon na njegovim krajevima.

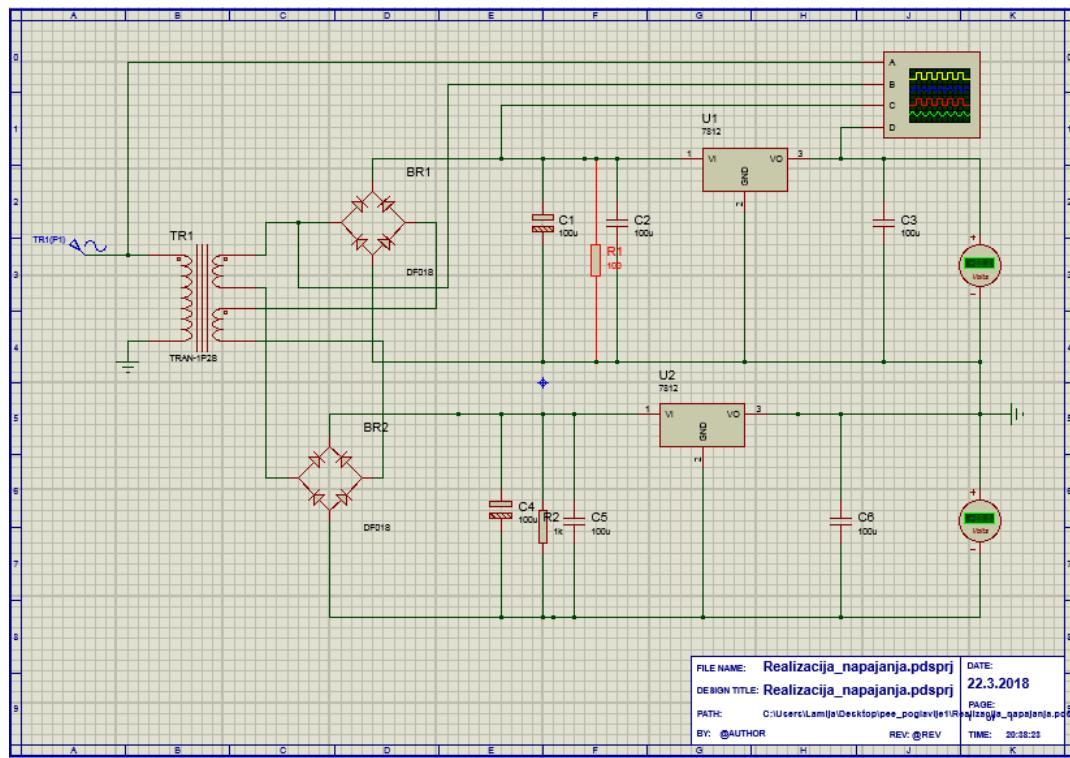
Razlika između maksimalne vrijednosti na kondenzatoru i napona kada se kondenzator ponovo počinje puniti naziva se napon ripla. Nakon svega ovoga postavili smo regulator napona L7812. Zadnje dvije cifre nam govore da će ovaj regulator držati konstantan napon na izlazu 12V bez obzira na opterećenje. Regulator ima 3 izvoda (1- ulaz, 2-masa, 3-izlaz). Na ulaz i izlaz regulatora smo dodali obične kondenzatore zbog internog rada sklopa. Ovo smo isto ponovili i za drugi sekundar tako da bismo na izlazu dobili -12V. Ovim smo ostvarili bipolarno napajanje (+12V, -12V).

1.3 Shema sklopa i signali u karakterističnim tačkama

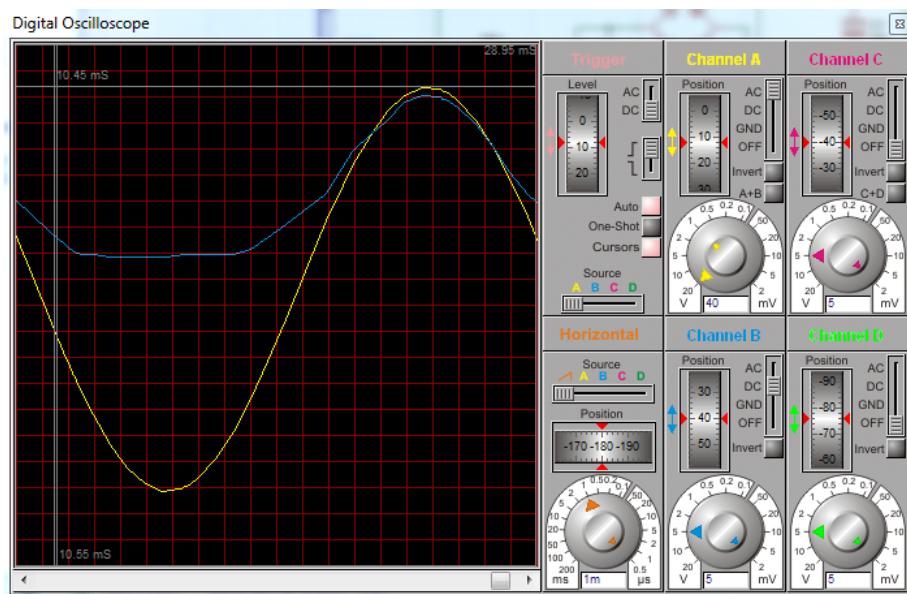
Nakon što smo sve ovo ostvarili procesom lemljenja na štampanoj pločici, snimili smo signale u karakterističnim tačkama. Tačke od interesa su nam vrijednosti napona na: sekundaru transformatora, nakon Gretzovog spoja, nakon elektrolitskog kondenzatora, izlaz sistema. Mrežni napon nismo bili u mogućnosti da snimimo osciloskopom zbog raznih okolnosti. Nakon elektrolitskog kondenzatora nismo mogli lijepo prikazati signal dok mu nismo dodali otpornik paralelno. Ovim smo formirali RC kolo, omogućili kondenzatoru adekvatno pražnjenje, što je veća otrpornost kola, veća je vremenska konstanta i imamo bolji prikaz signala (R reda 100Ω). Također, naš smo sklop spojili u programskom alatu Proteus. Vrijednosti koje smo dobijali na laboratorijskim vježbama podudarale su se sa vrijednostima iz Proteusa uz mala odstupanja.



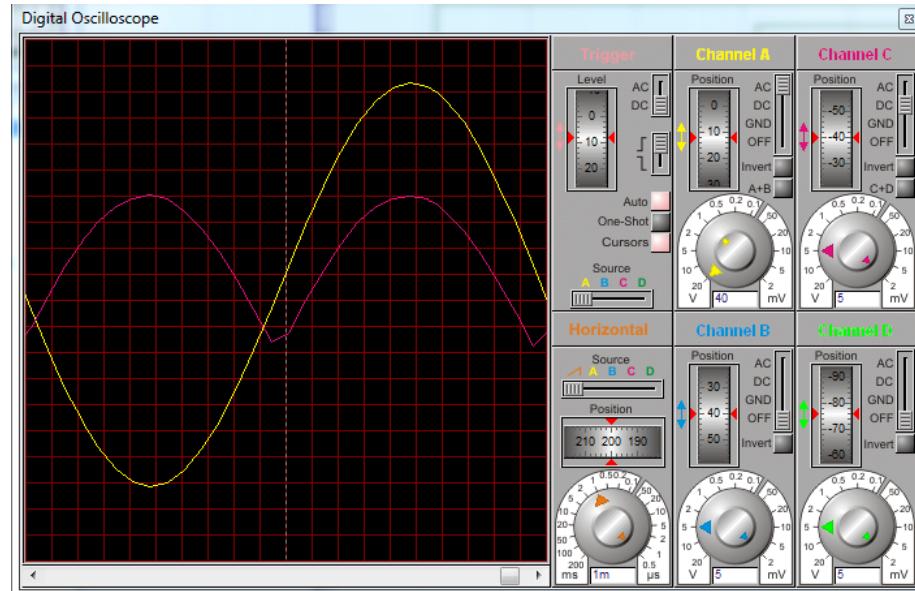
SLIKA 1.1: Blok struktura



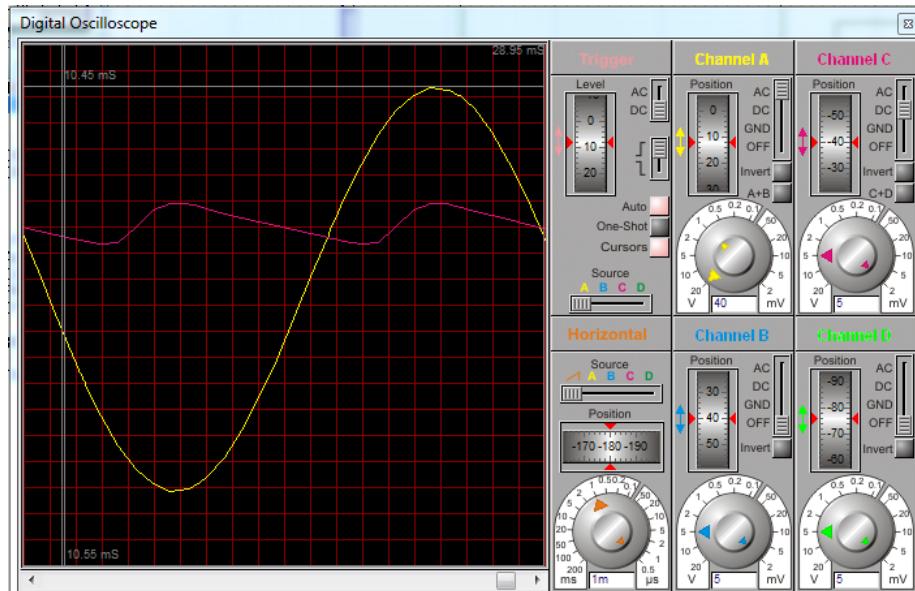
SLIKA 1.2: Shema sklopa za napajanje(Programski alat Proteus)



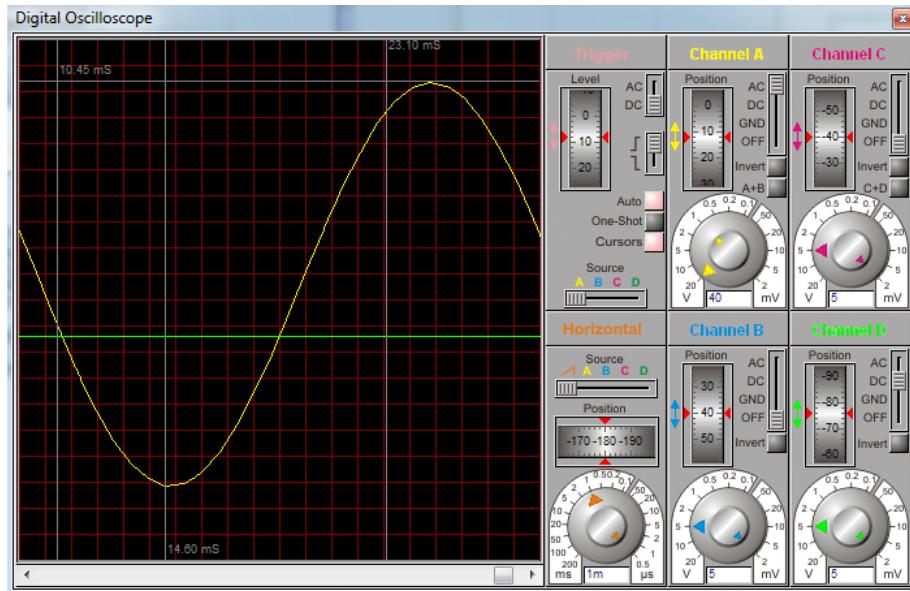
SLIKA 1.3: Prikaz izlaza sa transformatora



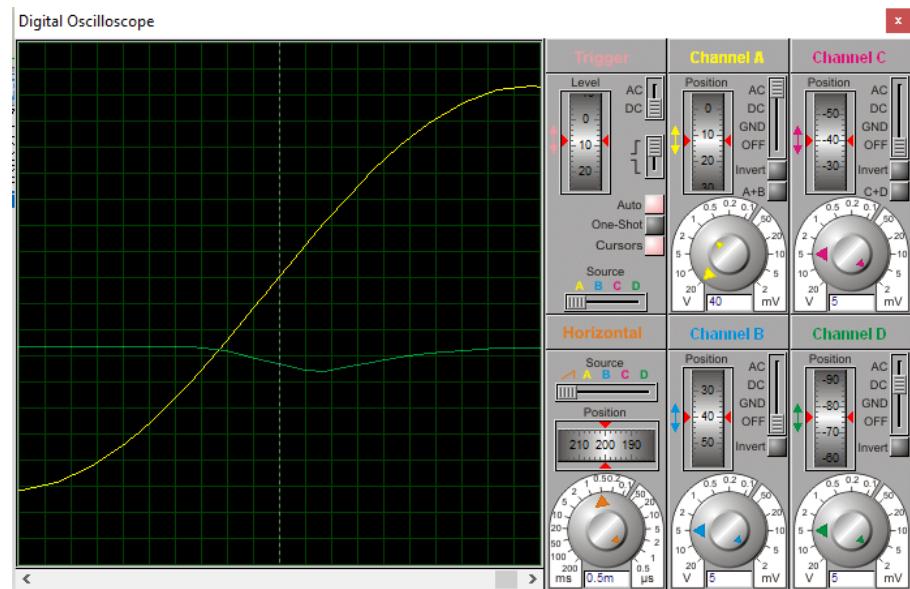
SLIKA 1.4: Punovalno ispravljanje Gretzovim spojem



SLIKA 1.5: Prikaz filtriranog signala sa elektrolitskog kondenzatora



SLIKA 1.6: Izlazni signal (bez tereta)

SLIKA 1.7: Izlazni signal (sa teretom $R=12\Omega$)

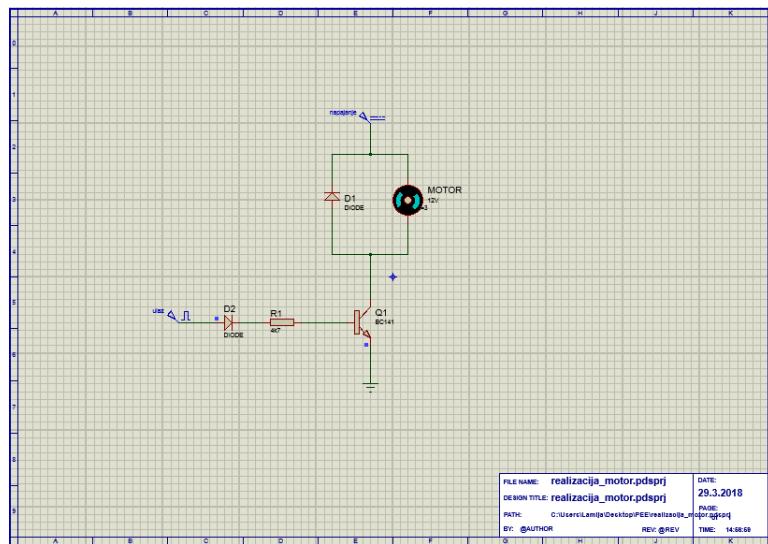
Uz svaki snimani signal na osciloskopu prikazan je i ulazni signal. Prilikom snimanja signala sa elektrolitskog kondenzatora dodali smo otpor od 100Ω kako bismo omogućili pražnjenje kondenzatora. Za optornost $R=1k\Omega$ dobili smo napon ripla u iznosu $\Delta u = 255\text{mV}$, dok smo za otpornik od 100Ω snimili napon ripla $\Delta u = 10.1\text{V}$. Zaključak je da sa povećanjem otpora izraženije su filterske karakteristike elektrolitskog kondenzatora. Ispitali smo i uticaj otpora na izlaz. Najbolji rezultat u iznosu 11.99V smo dobili za otpor $R= 100\Omega$. Sa smanjenjem vezanog otpora uočili smo smanjenje izlaznog napona te prisutna izobličenja.

Poglavlje 2

Relejni izlazi

2.1 Opis sklopa sa motorom

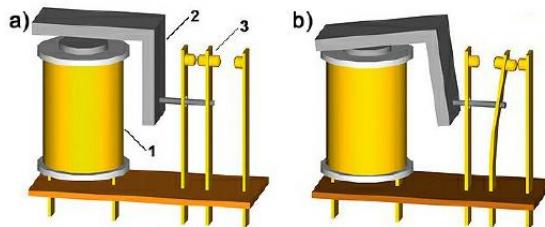
Na laboratorijskoj vježbi smo prvo realizovali sklop sa motorom, a nakon toga na mjesto motora smo postavili relaj. Motor je postavljen u kolektor tranzistora. Diodu smo neobavezno vezali paralelno motoru. Na ulaz smo dovodili povorku pravougaonih impulsa amplitude 12V. Mijenjali smo frekvenciju na ulazu i mogli smo uočiti da promjenom frekvencije ne vršimo upravljanje brzinom vrtnje motora. Motor se ponašao kao NF filter. Upravljanje brzinom se moglo izvršiti jedino širenjem trajanja impulsa (tzv. PMW modulacija)



SLIKA 2.1: Shema sklopa sa motorom

2.2 Odabir i princip rada releja

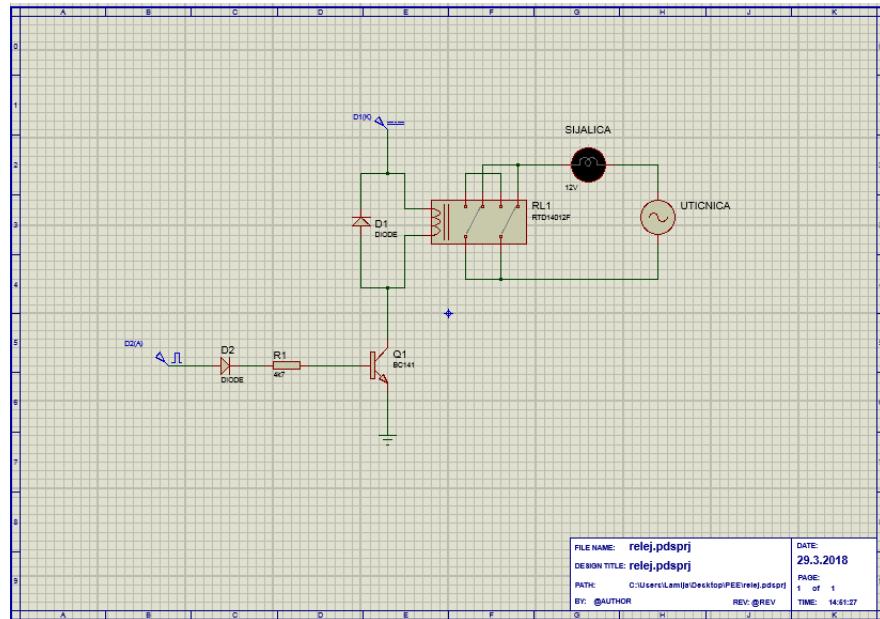
Relej je elektromagnetni prekidač pomoću kojeg možemo sa manjim naponom (reda 12V) kontrolirati protok struje većeg napona. Najčešće se koristi, jer ima karakter galvanske razdvojenosti. Odabir primara vršimo na osnovu vrste napona koji dovodimo. Neki releji se okidaju istosmjernim naponom dok neki izmjeničnim naponom. Sekundar biramo na osnovu podataka o nazivnom naponu, snazi i vrsti kontakata. Kada struja teče kroz primarno strujno kolo releja oko elektromagneta se stvara magetno polje koje privlači željeznu kotvu. Kotva na sebi nosi el.kontakte, koji onda otvaraju ili zatvaraju sekundarno strujno kolo. Električni kontakti prekidaju, ili uspostavljaju strujno kolo, u zavisnosti od tipa kontakta. Mirne i radne kontakte određujemo uz pomoć multimetra. Mirni kontakt je označen na releju kao NO(normally open) dok je radni kontakt označen kao NC(normaly closed).



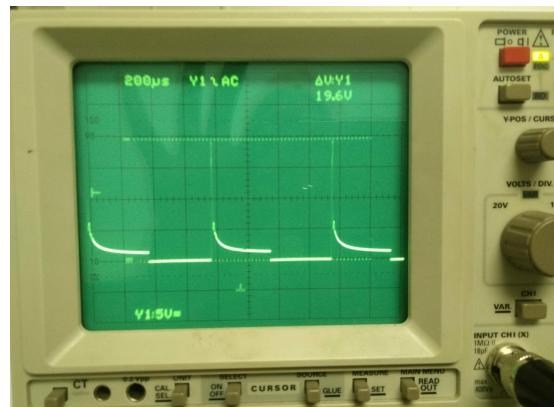
SLIKA 2.2: Izgled releja a)isključen b)uključen

2.3 Realizacija sklopa

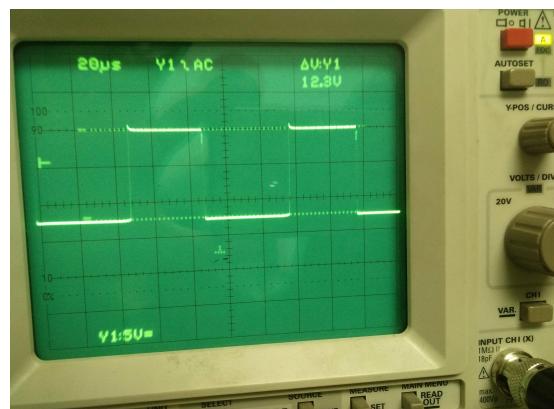
Na ulaz ovog sklopa smo postavili tranzistor kako bismo omogućili što veću struju Ib (ograničenje $Ib < 25mA$). Tranzistor treba da radi kao prekidač zato što je tada snaga najmanja. Ovim tranzistorom upravljamo tako što u njegovu bazu, tj. na otpornik R dovodimo povorku pravougaonih imuplsa amplitude 12V. Dioda spojena antiparalelno releju služi za zaštitu. Omogućava nam vraćanje energije u izvor. Kada se isključi relj na induktivitetu je akumulirana energija i potrebno je da ta energija ode negdje. Kada je tranzistor u zakočenju zavojnica se ponaša kao strujni izvor. Energija je pristuna kao posljedica kretanja struje. Bez prisustva diode napon u kolektoru Uc bi se sve povećavao do tačke probroja tranzistora. Maksimalnu frekvenciju preklapanja smo identificirali po zvuku tako što smo frekvenciju povećavali od 0Hz pa do vrijednosti na kojoj više ne čujemo preklapanje releja. Ta frekvencija koju smo očitali je frekvencija preklapanja. Kod nas je bila približno 220Hz. Iznad ove frekvencije nema smisla više ići.



SLIKA 2.3: Shema sklopa sa relejem



SLIKA 2.4: Shema sklopa sa relejem bez diode



SLIKA 2.5: Shema sklopa sa relejem sa diodom

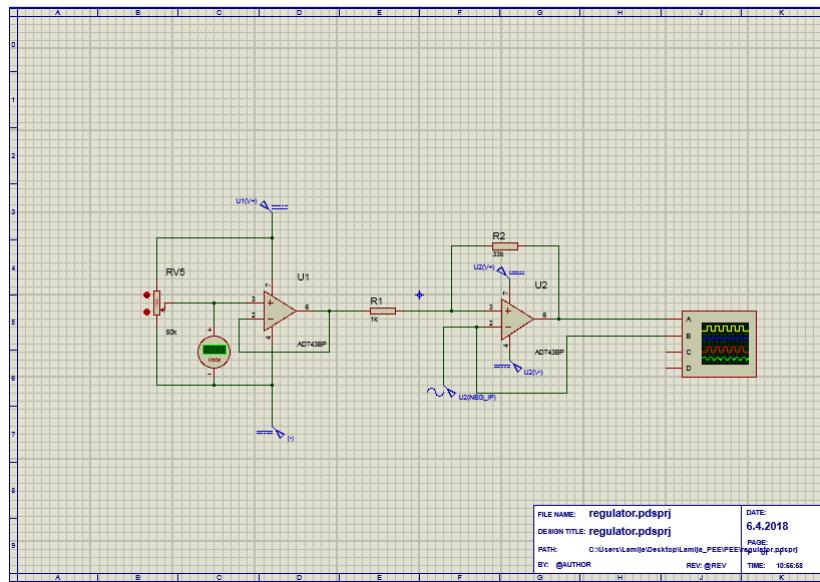
Prilikom spajanja našeg sklopa na osciloskop koristili smo desetičnu sondu. U realizaciji sklopa bez diode na izlazu smo dobili velike impluse(pikove) vrijednosti i preko 100V. Kako bismo ovo izbjegli postavili smo diodu i znatno su se ti pikovi smanjili(reda par volti).

Poglavlje 3

Realizacija regulatora

3.1 Uvod

U ovom poglavlju ćemo objasniti na koji smo način izvršili realizaciju regulatora. To smo izvršili korištenjem Schmitt-ovog triggera. On radi na bazi pozitivne povratne sprege i karakteriše ga to da proces izmjene stacionarnih stanja u mreži obavlja veoma brzo i efikasno. Kod ovog kola uočavamo jednu veoma bitnu osobinu , a to je ovisnost napona o temperaturi. Dakle, sa porastom temperature mijenja se napon i ova osobina se naziva HISTEREZA. Histereza nam služi kao dvopolozajni regulator. Ovi dvopolozajni regulatori na svom izlazu daju jedno od 2 stanja (1-logičku jedinicu-uključi, 0-logičku nulu –isključi).



SLIKA 3.1: Shema sklopa regulatora

3.2 Opis i princip rada sklopa

Na početku smo dodali potenciometar čiji je jedan kraj spojen na +12V, drugi na -12V, a klizač nam ide na + ulaz OP. Ovim potenciometrom podešavamo naš referentni napon koji dovodimo na ulazu. Za manju disipaciju potrebno je dodamo što veći otpor potenciometra (reda 50-100 k). Regenerativni princip obezbijeden je pozitivnom povratnom spregom preko otpornika R2, ostvarenom sa izlaza na neinvertorski ulaz pojačala. Na invertorski ulaz OP-a dovodimo ulazni napon. Kao ulaz dovodili smo sinusni signal. Referenti napon smo pomjeranjem klizača podešavali na 5V. Ukoliko želimo da obezbjedimo bolju stabilnost našeg sklopa na klizač potenciometra dovodimo OP realizirano kao naponsko sljedilo. Inače je poznato da naponsko sljedilo koristimo kad želimo izvršiti impedantno razdvajanje. Histereza se računa kao razlika napona gornjeg praga i napona donjeg praga. U nastavku ćemo proračunati kolo i odrediti histerezu. $\varepsilon = U_{(+)} - U_{(-)}$

Pretpostavimo $U_{ref} > 0$ i neka je $U_{izl} = +U_z$ sada se krug može opisati sa

$$U_{(-)} = U_{ul}$$

$$U_{(+)} = \frac{R2}{R1+R2} U_{ref} + \frac{R1}{R1+R2} U_z$$

$$\frac{U_{ref} - U_{(+)}}{R1} = \frac{U_{(+)} - U_z}{R2}$$

$$\varepsilon = U_{(+)} - U_{(-)} < 0$$

$$U_{(+)} = \frac{R2}{R1+R2} U_{ref} + \frac{R1}{R1+R2} U_z$$

$$U_{ul} > \frac{R2}{R1+R2} U_{ref} + \frac{R1}{R1+R2} U_z$$

$$U_{izl} = -U_z$$

$$\frac{U_{ref} - U_{(+)}}{R1} = \frac{U_{(+)} - (-U_z)}{R2}$$

$$\varepsilon = U_{(+)} - U_{(-)} > 0$$

$$U_{(-)} = U_{ul}$$

$$U_{(+)} = \frac{R2}{R1+R2} U_{ref} - \frac{R1}{R1+R2} U_z$$

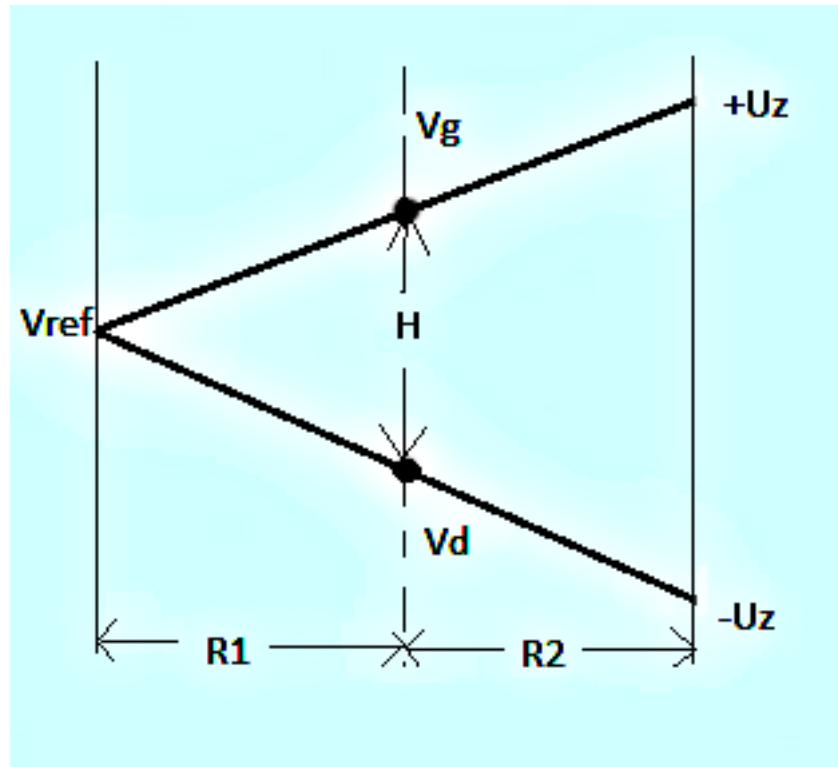
$$U_{ul} < \frac{R2}{R1+R2} U_{ref} - \frac{R1}{R1+R2} U_z$$

$$V_g = \frac{R2}{R1+R2} U_{ref} + \frac{R1}{R1+R2} U_z$$

$$V_d = \frac{R2}{R1+R2} U_{ref} - \frac{R1}{R1+R2} U_z$$

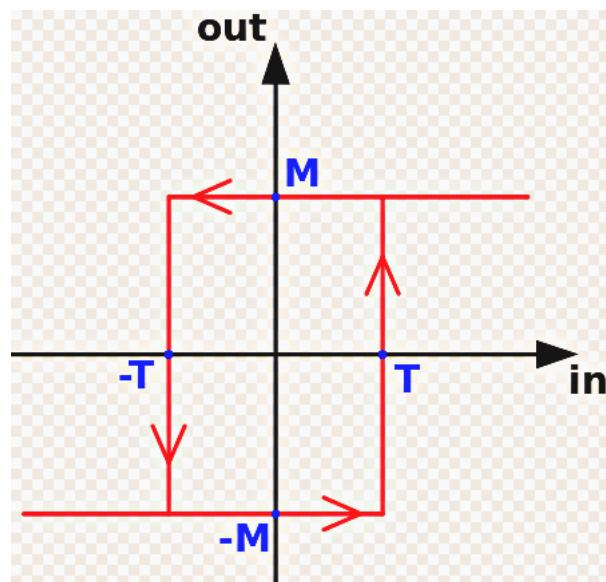
$H = \frac{2R1}{R1+R2} U_z$ Uz-napon zasićenja OP (obično 1V manje od napajanja operacionog pojačala)

Vidimo da na histerezu utiče jedino odabir otpornika R_1 i R_2 . Dijagram na narednoj slici pokazuje ustvari taj uticaj odabira otpornika na histerezu.



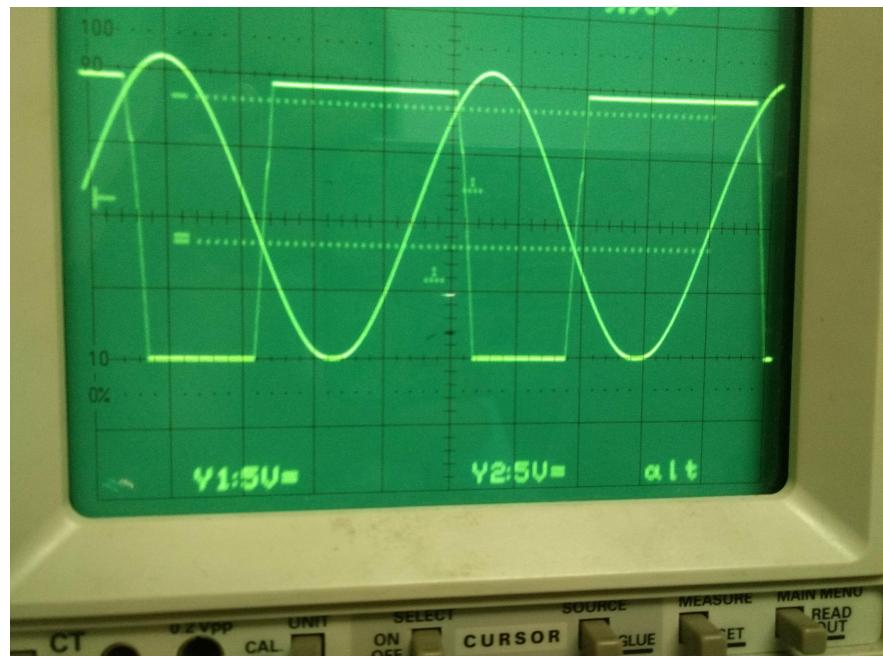
SLIKA 3.2: Dijagram za podešavanje otpornosti

Histerezu možemo predstaviti sljedećom slikom:



SLIKA 3.3: Histereza

Na slijedećoj slici je prikaz ulaznog i izlaznog signala snimljenog na osciloskopu za vrijeme laboratorijske vježbe:



SLIKA 3.4: Ulagni i izlazni signal sa osciloskopa

Poglavlje 4

Mjerni most

4.1 Realizacija mjernog mosta

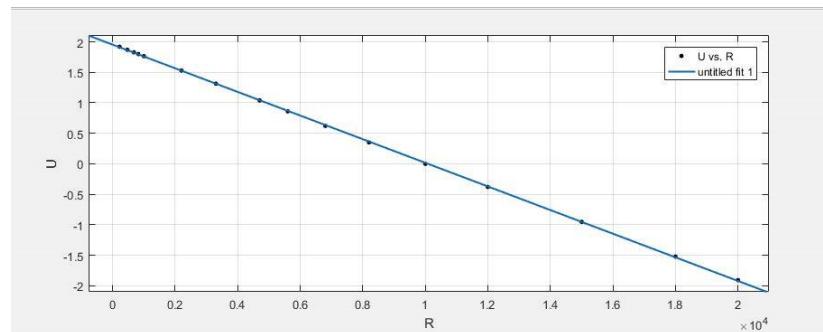
Mjerni pretvarači imaju ulogu pretvaranja neelektrične veličine u električnu. U našem slučaju mi želimo da temperaturu pretvorimo u napon. Realizaciju mjernog mosta smo izvršili uz pomoć operacionog pojačala, a glavni element nam je bio ustvari NTC termistor. NTC termistor predstavlja vrstu otpornika čija se otpornost mijenja sa temperaturom i to na takav način da otpornost opada sa porastom temperature. Preko OP realizovali smo negativnu povratnu spregu i to preko invertirajućeg ulaza smo povezali termistor na izlaz. Oponašali smo termistor tako što smo na njegovo mjesto dodavali otpornosti od reda $220 \Omega - 20k\Omega$. U Matlabu smo snimili karakteristiku koja povezuje izlazni napon i promjenu otpornosti delta R. Ta ovisnost je iskazana sljedećom relacijom (koju dobijemo kada proračunamo dati sklop):

$$U_{izl} = -\frac{U_{ref}}{2} \Delta R$$

U Matlabu smo dobili:

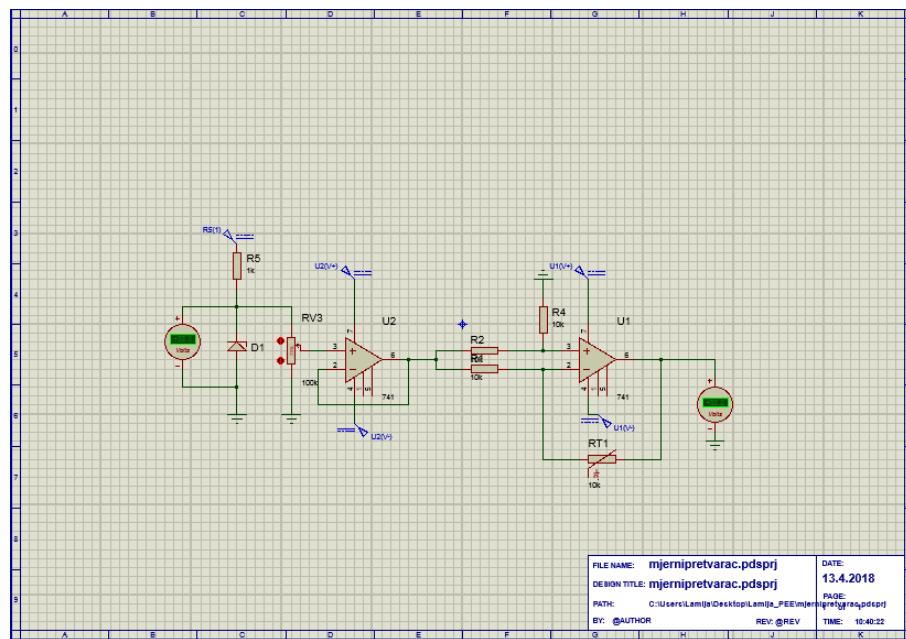
$$U_{izl} = -0.00019\Delta R + 1.954$$

Na sljedećoj slici se nalazi karakteristika koja opisuje uticaj promjene otpornosti. Zaključujemo da smanjenjem temperature, otpor raste a time se izlazni napon smanjuje.



SLIKA 4.1: Ovisnost napona o promjeni otpornosti

Operacioni pojačavač korisistimo zbog njegove dobre osobine a ta je da ima Zul veoma veliko, odnosno struju u pojačalo zanemarivo malu. Referentni napon nam je iznosio 5V, to smo postigli koristeći regulator za stabilizaciju referentnog napona. On se sastoji od Zener diode i otpornika i napona napajanja. Zener diodu smo koristili sa Zenerovim naponom od 5.1V, jer nam to treba zbog željenog referentnog napona. Na to smo vezali potenciometar. Potenciometar nam ima ulogu naponskog djeljitelja. Nakon potenciometra ide naponsko sljedilo koje ima ulogu da impedantno razdvoji ulaz od izlaza, dakle da nam što vjerodostojniji referentni napon prenese do ulaza u mjerni most.



SLIKA 4.2: Shema sklopa mjernog pretvarača

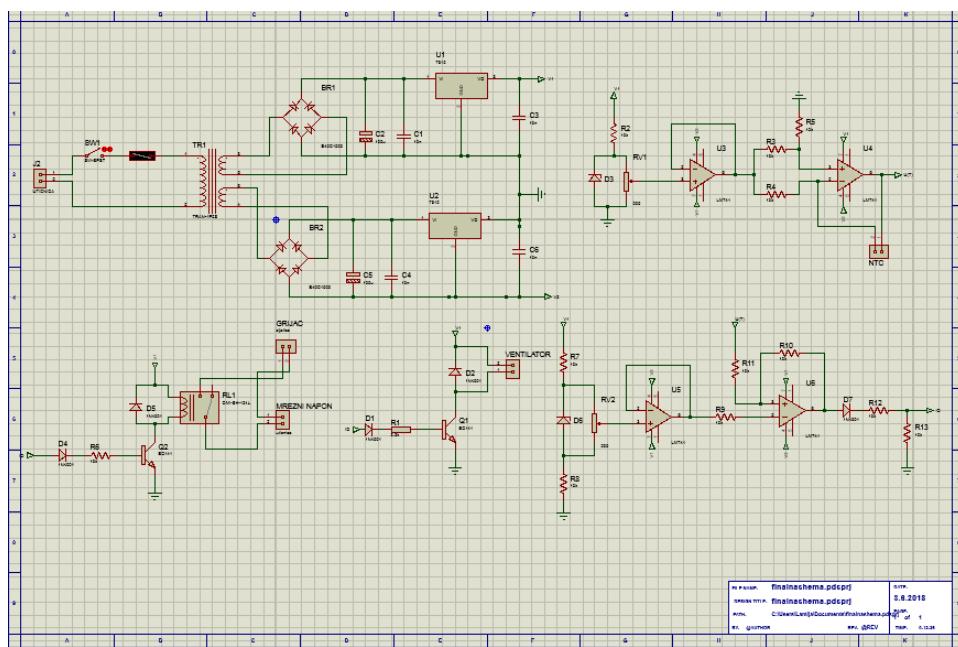
Poglavlje 5

Konačna shema i PCB

5.1 Realizacija finalne sheme i PCB-a

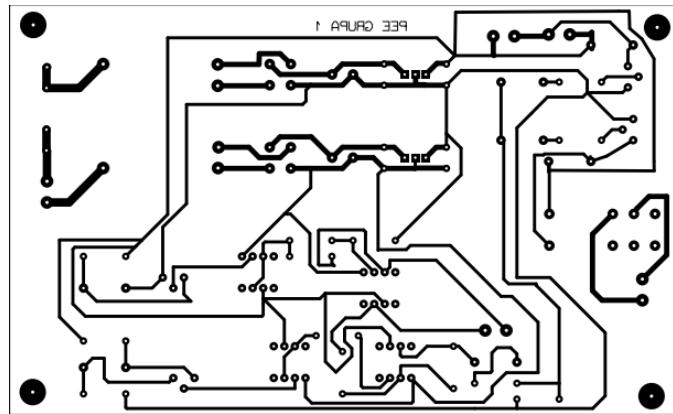
Na kraju smo na osnovu svake prethodne cjeline, koju smo detaljno testirali na laboratorijskim vježbama formirali konačnu shemu našeg sklopa za regulaciju temperature. Prvo smo to izveli u programskom paketu Proteus, nakon toga smo formirali PCB. Na osnovu PCB-a smo našu pločicu 'razvili' prateći postupak. Potom smo potrebne rupe izbušili i prebacili sve komponente (sa pločice koja nam je služila za testiranje) na konačnu pločicu Europa standarda.

U nastavku slijedi prikaz:



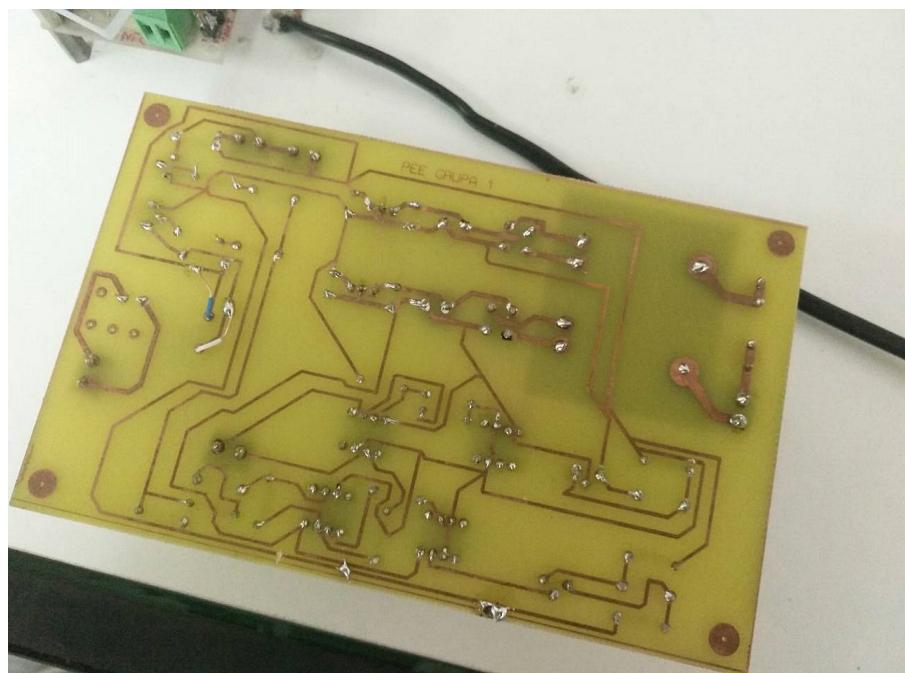
SLIKA 5.1: Konačna shema

Na osnovu ove sheme je formiran PCB prikazan na sljedećoj slici:



SLIKA 5.2: PCB

Na idućim slikama je prikazana naša pločica nakon izvršenog procesa lemljenja:



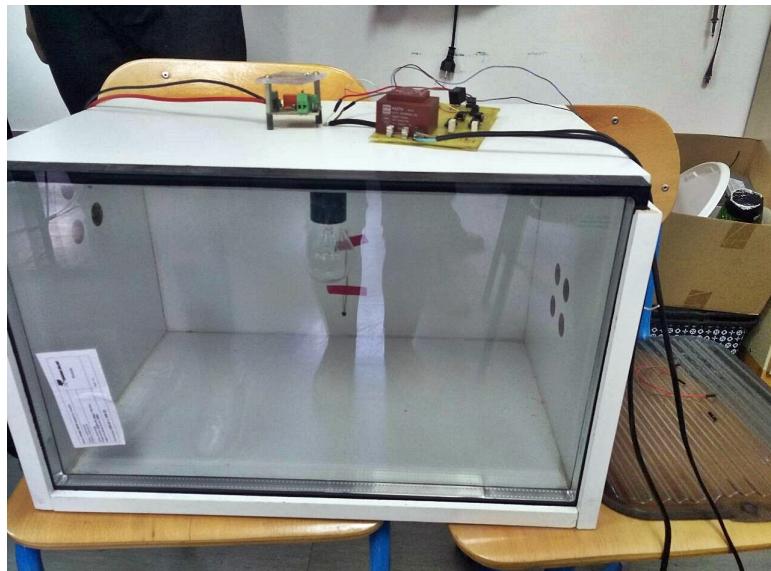
SLIKA 5.3: Prikaz pločice sa donje strane



SLIKA 5.4: Prikaz pločice sa gornje strane

Izvršni organi su nam bila dva ventilatora (koja su se palila kada bi sijalica zagrijala naš sistem) i sijalica (koja bi se palila nakon što ventilatori spuste temperaturu ispod nominalne). Sijalicu smo iskoristili kao grijач zbog toga sto se najveći dio električne energije kod sijalice pretvori u toplotnu.

Za kraj, slijedi prikaz makete na kojoj smo testirali našu pločicu:



SLIKA 5.5: Maketa na kojoj je izvršeno testiranje