

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za elektrotehniko

Nejc Urbajs

## **PLOSK STIKALO**

Seminarska naloga

pri predmetu  
Elektronska vezja

V Ljubljani, 26.10.2009

### **Povzetek**

Pričujoče poročilo vsebuje opis, shemo, delovanje, opis morebitnih težav in spisek nadaljnih možnosti za izboljšavo vezja, ki omogoča vklapljanje in izklapljanje omrežnih bremen moči do 1750 watov. Celotno vezje, dimenzij 95 x 65 x 40mm (dolžina x širina x višina), se priklopi na omrežje. Na vezje se nato priklopi želen porabnik, katerega se z dvakratnim ploskom vklopi ter z ponovnim dvakratnim ploskom izklopi.

## Kazalo

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>4</b>
1.1	Motivacija in funkcionalni opis vezja . . . . .	4
<b>2</b>	<b>PODROBNEJŠI PREGLED VEZJA</b>	<b>4</b>
2.1	OPIS PODSKLOPOV . . . . .	6
2.1.1	Napajalni del . . . . .	6
2.1.2	Vhodna ojačevalna stopnja . . . . .	7
2.1.3	Druga ojačevalna stopnja . . . . .	8
2.1.4	Monostabilni multivibrator . . . . .	9
2.1.5	Mikrokontroler . . . . .	10
2.1.6	Izhodna stopnja . . . . .	11
2.2	ANALIZA DELOVANJA . . . . .	12
<b>3</b>	<b>ZAKLJUČEK</b>	<b>13</b>
3.1	MOREBITNE TEŽAVE . . . . .	13
3.2	IZBOLJŠAVE . . . . .	13
3.3	SKLEPNE UGOTOVITVE . . . . .	13
<b>4</b>	<b>PRILOGE</b>	<b>14</b>
4.1	TISKANINA . . . . .	14
4.2	SPISEK ELEMENTOV . . . . .	15
4.3	PROGRAM MIKROKONTROLERJA . . . . .	16
4.4	KATALOŠKI PODATKI UPORABLJENIH ELEMENTOV	16

## 1 UVOD

### 1.1 Motivacija in funkcionalni opis vezja

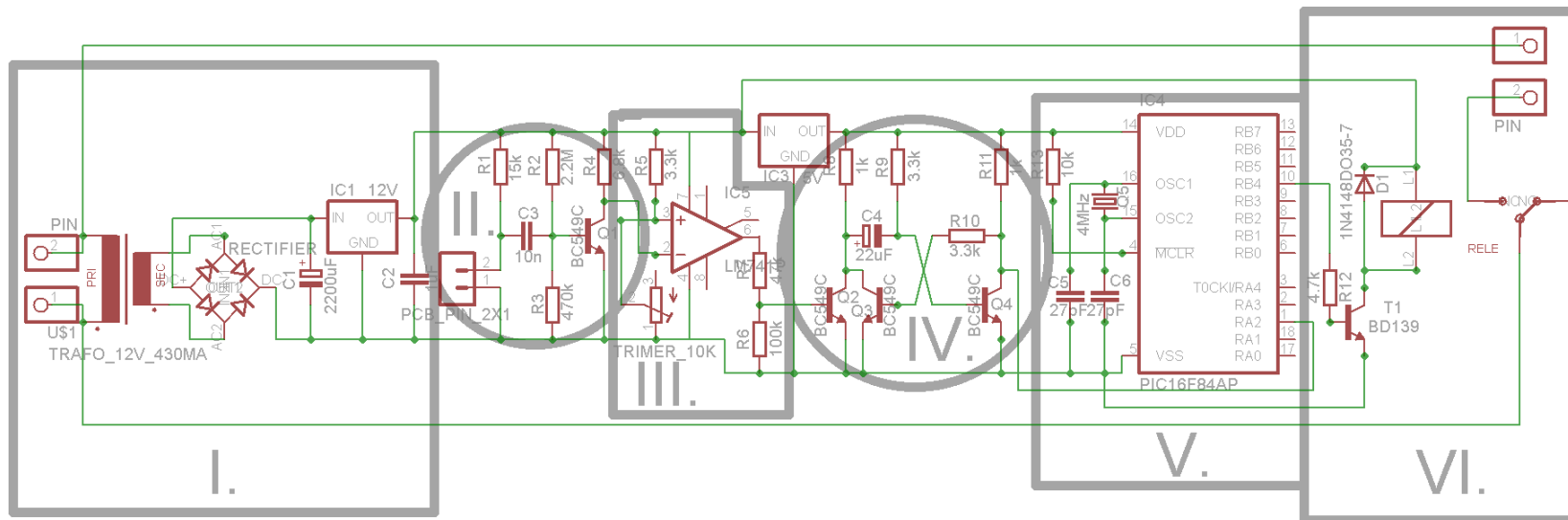
Po treh letih obiskovanja in poslušanja predavanj na Fakulteti za Elektrotehniko UL ter uspešno opravljenih izpitih je verjetno že kar skrajni čas, da si študent elektrotehnike, z vsem do sedaj pridobljenim znanjem, zada za cilj sam konstruirati in spraviti k življenju neko uporabno vezje. Želja po tem tiči v vsakem pravem bodočem elektrotehniku in ravno ta želja, skupaj z pridobljenim znanjem, ki je omogočilo njeno realizacijo, je bila glavni motivator pri izdelavi pričujočega vezja oz. projekta.

Kaj izdelati je, po odločitvi o izdelavi nečesa, seveda logično naslednje vprašanje. Sam sem si zadal cilj izdelati nekaj, kar bo impresivno tudi ne elektrotehnikom in nekaj, česar funkcionalnost bo koristila tudi ne elektrotehnikom. Funkcija plosk stikala je vklop in izklop omrežnih porabnikov do 1750 watov z dvojnimi ploskom za vklop in ponovnim dvojnimi ploskom za izklop, kar zadosti obem zastavljenim ciljem.

## 2 PODROBNEJŠI PREGLED VEZJA

Slika 2.1 prikazuje shemo vezja. Ob natančnejšem pregledu sheme je opaznih 6 podsklopov: Napajalni del, vhodni ojačevalnik, druga ojačevalna stopnja, monostabilni multivibrator, mikrokontroler z pripadajočimi elementi ter izhodna stopnja z relejem za vklop in izklop bremen. Podrobnejši opis podsklopov sledi v nadaljevanju.

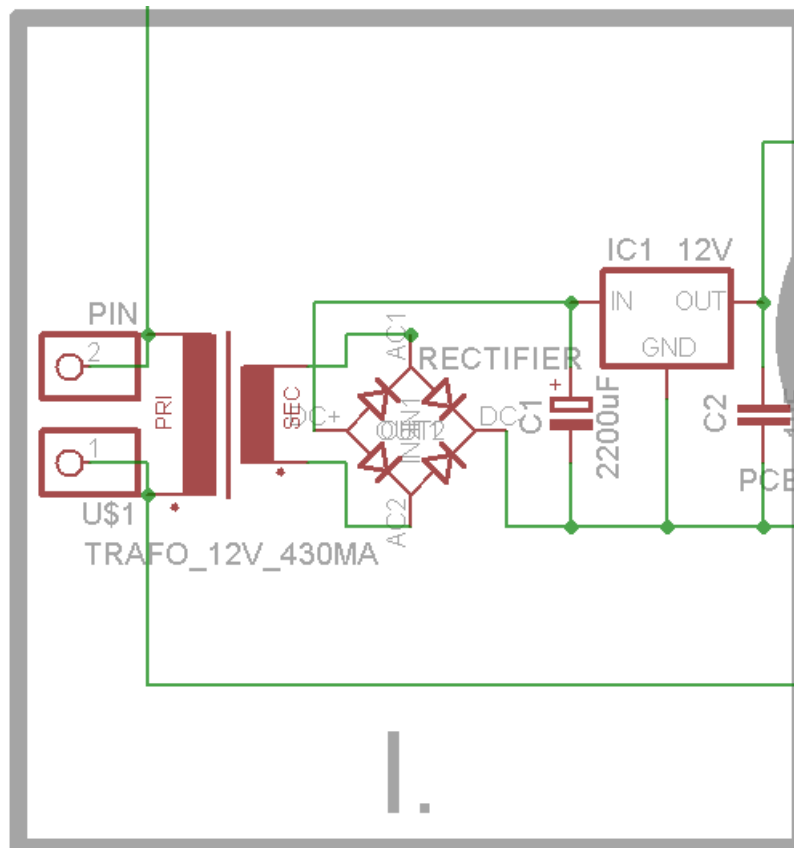
ct



Slika 2.1 - Shema vezja z označenimi podsčkli.

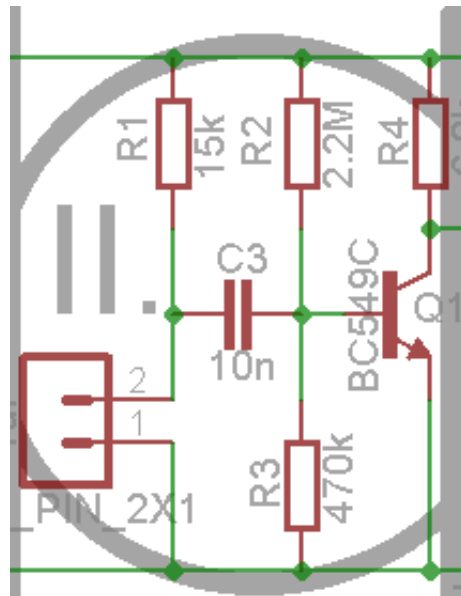
## 2.1 OPIS PODSKLOPOV

### 2.1.1 Napajalni del



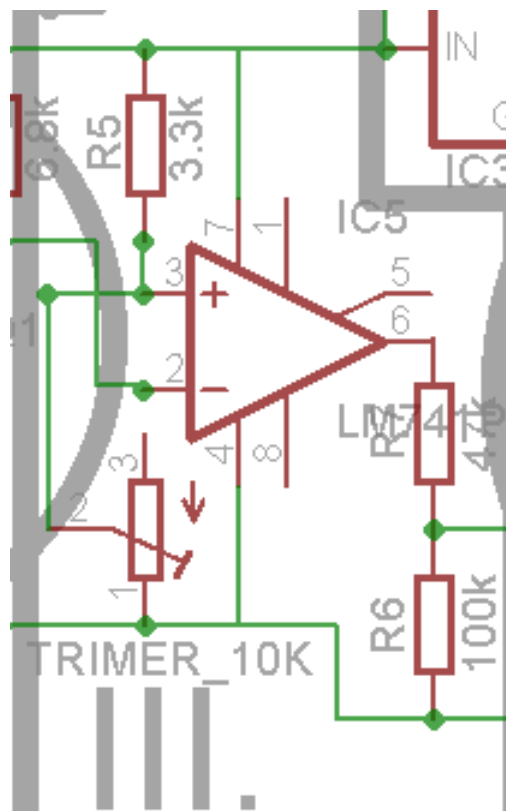
Vhodni del napajalnika predstavlja transformator vzet iz enega izmed adapterjev, ki so ležali v delavnici. Njegove specifikacije so: Primar: 230V, sekundar: 12V, tok na sekundarju: 430mA. 12 V izmenična napetost se nato polnovalno usmeri na greatzovem mostiču, ki ga v danem vezju predstavlja MOST W02M (200V 1.5A). Polnovaljno usmerjena napetost se nato delno zgladi na kondenzatorju C1 z vrednostjo  $2200\mu F$ , dokončno pa na znanem napetostnem regulatru 7812. Za odpravo morebitnih visokofrekvenčnih motenj pa je na izhodu 7812 proti masi vezan še kondenzator C2 z vrednostjo  $1\mu F$ .

### 2.1.2 Vhodna ojačevalna stopnja



Srce vhodne ojačevalne stopnje je NPN tranzistor BC549C. Z napetostnim delilnikom, ki ga sestavljata upora  $R_2$  in  $R_3$  je tranzistor Q1 na meji odprtja. Napetosti  $\frac{R_3}{R_2+R_3} \cdot 12V$  na bazi, se ob plosku superponira še napetost iz mikrofona, ki je priključen na PIN 2x1. To ima za posledico padec napetosti na kolektorju tranzistorja Q1. Kondenzator C3 blokira enosmerno napetost delovne točke, hkrati pa dopušča prehod izmenične napetosti iz mikrofona do baze tranzistorja Q1. Izhod ojačevalne stopnje je napetost kolektorja tranzistorja Q1.

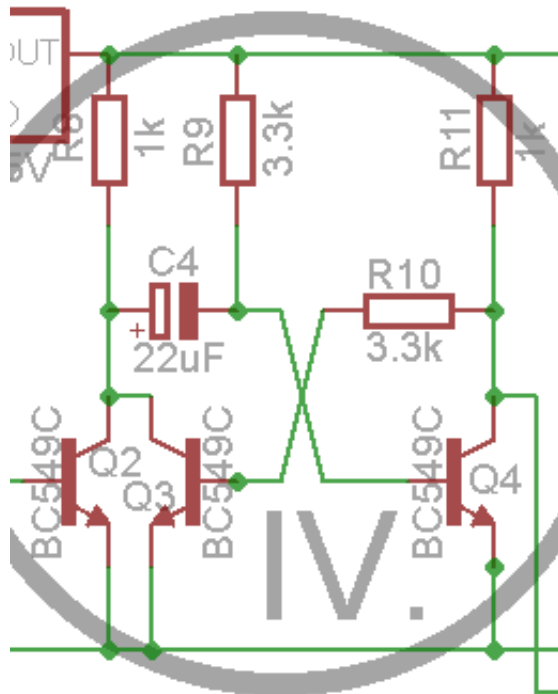
### 2.1.3 Druga ojačevalna stopnja



Jedro druge ojačevalne stopnje je znani operacijski ojačevalnik 741. Napajan je nesimetrično in sicer ima negativno sponko na masi pozitivno pa na  $+12V$ . Na invertirajoči vhod je pripeljan izhod vhodne ojačevalne stopnje, na neinvertirajočega pa napetost napetostnega delilnika, ki ga sestavljata trimer  $10k\Omega$  in upor  $R_5$  vrednosti  $3.3k\Omega$ . Z spreminjanjem upornosti trimerja nastavljamo občutljivost vezja - torej jakost signala iz mikrofona, ki povzroči preklop. Invertirajoči vhod mora biti v normalnem stanju - torej, ko je v prostoru z mikrofonom tišina, na višji napetosti kot napetost delilnika, ki je priključena na neinvertirajoči vhod. V tem primeru je izhod ojačevalnika bližje masi (za izdelano vezje je to okoli  $1V$ ). Ta izhodna napetost se na izhodnem delilniku  $R_6$  in  $R_7$  še zniža na dovolj nizko, da drži tranzistor Q2 na vhodu monostabilnega multivibratorja zaprt. Ko pa pride signal iz mikrofona, pa mora napetost na invertirajočem vhodu skočiti nad tisto na neinvertirajočem. To ima za posledico dvig izhodne napetosti (za izdelano vezje se napetost ob močnem plosku dvigne do približno  $6V$ ) in posledično tudi dvig napetosti na delilniku  $R_6$  in  $R_7$  na okoli  $4V$ , kar pa več kot zadostuje za proženje monostabilnega multivibratorja naslednje stopnje.

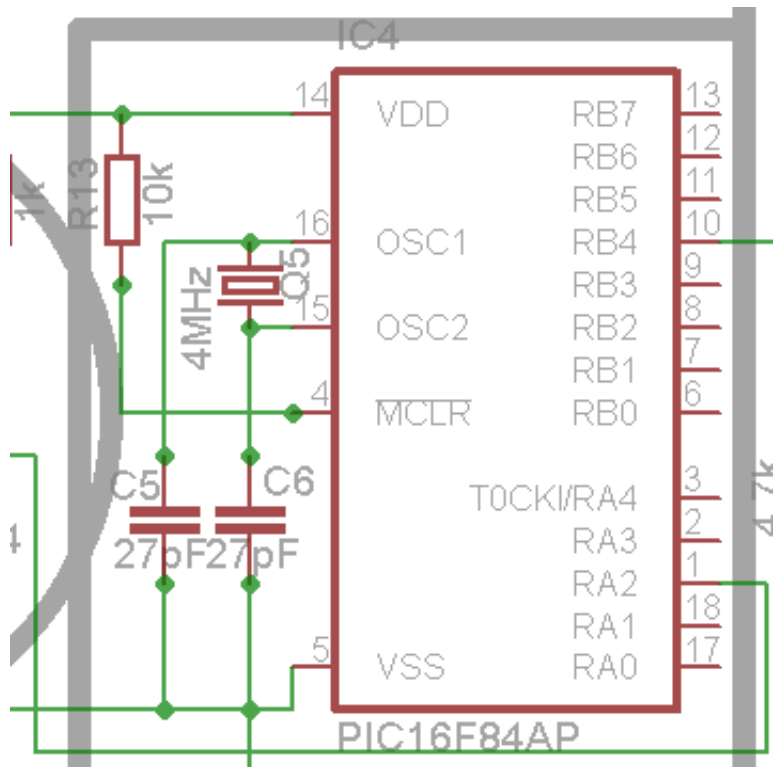


### 2.1.4 Monostabilni multivibrator



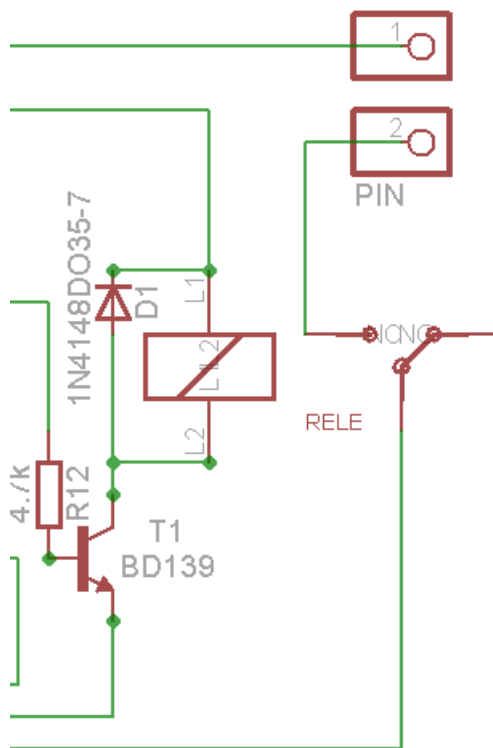
Po vklopu  $Q_2$  se napolni kondenzator  $C_4$ , ki nato skozi sebe ne spusti več nobenega toka. Posledično teče ves tok čez upor  $R_9$  v bazo tranzistorja  $Q_4$ . Ta se odpre in napetost na kolektorju pade na maso. Ker je ta napetost preko upora  $R_{10}$  pripeljana tudi na bazo tranzistorja  $Q_3$ , je le ta zaprt. Če je zaprt tudi tranzistor  $Q_2$  (kdaj se to zgodi je bilo opisano v opisu prejšnjega podsistema - druge ojačevalne stopnje), sta kolektorja obeh tranzistorjev na  $5V$ . Kondenzator je tedaj nabit na skoraj  $5V$  - dejansko je ta napetost manjša za napetostni padec  $U_{be}$ , ki je okoli  $0.6V$ . Ko pa pride iz prejšnje stopnje na bazo tranzistorja  $Q_2$  dovoljšnja napetost, da se ta tranzistor odpre, napetost na kolektorju in s tem na pozitivni sponki elektrolita  $C_4$  pade na maso. Ker pa se napetost na kondenzatorju ne more hipoma spremeniti (naboj ne more hipoma odteči ali priteči), pade negativna sponka elektrolita na  $-5V$  (oziroma približno  $-4.4V$ ). S tem se takoj zapre tranzistor  $Q_4$ . Takrat naraste kolektorska napetost na tem tranzistorju (izhod ima torej logično 1) in odpre se tranzistor  $Q_3$ . Ker je temu tako, lahko sedaj signal na bazi  $Q_2$  tudi izgine. Ker je v tej situaciji pozitivna sponka elektrolita  $C_4$  na masi, se kondenzator začne polniti preko  $R_9$  na  $5V$ . Vendar pa do tja nikoli ne prispe saj se že pri napetosti okoli  $0.7V$  odpre tranzistor  $Q_4$  in na izhodu se zopet pojavi logična ničla - stabilno stanje.

## 2.1.5 Mikrokontroler



Mikrokontroler v vezju skrbi za zaznavanje števila ploskov in proženje izhodne stopnje (napajanje releja). Uporabljen je znani PIC16F84A (nalogo bi opravil že precej manj zmogljiv mikrokontroler). Vezava na sliki je standardna za uporabljen PIC - reset pin  $\overline{MCLR}$  mora biti preko pull-up upora vezan na napajanje (+5 V), med pina  $OSC1$  in  $OSC2$  je vezan 4 MHz kristalni oscilator, ki je na obeh straneh preko 27 pF kondenzatorjev vezan tudi na maso. Tu je seveda še napajanje čipov. Za vhod v mikrokontroler je uporabljen pin  $RA2$ , kot izhod pa pin  $RB4$ . Program je preprost: mikrokontroler stalno pregleduje stanje na pinu  $RA2$ . Ob vsakem proženju monostabilnega multivibratorja se na pinu  $RA2$  pojavi logična enica in poveča notranji števec za ena. PIC nato preveri, če je števec že 2 in če je, spremeni stanje na pinu  $RB4$  in pobriše števec. Če še ni, se nadaljuje opazovanje pina  $RA2$  brez preklopa pina  $RB4$  in brez brisanja števca. Program spisan v assemblerju je priložen v prilogi.

## 2.1.6 Izhodna stopnja



VI.

Glavni del izhodne stopnje je rele 12V DC, 7A 250V. Njegova tuljava je na eni strani priključena na +12V, na drugi strani pa na kolektor tranzistorja  $T_1$ , ki je v predstavljenem vezju tranzistor BD139. Baza istega tranzistorja je vezana na izhod mikrokontrolerja. Ko ta, ob drugem plosku, na pin  $RB4$  - in s tem na bazo  $T_1$ , pripelje 5V, se  $T_1$  odpre in kolektor pade na maso. Takrat se na tuljavi releja pojavi polnih 12V in rele preklopi stikalo. Le to je na eni strani vezano direktno na omrežno napetost, na drugi pa preko, na izhodne sponke priključenega porabnika, na drugo omrežno linijo. Vzporedno k tuljavi je vezana še zaščitna hitra dioda 1N4148.

## 2.2 ANALIZA DELOVANJA

Iz opisa podsklopov si že lahko sestavimo popolno sliko delovanja vezja. Pa vendarle bo tukaj še enkrat, tokrat na enem mestu, podan podroben opis delovanja celotnega vezja.

Na omrežno napetost sta vzporedno vezana breme - preko releja, ter vezje za zaznavo ploska in proženje releja. Slednje je sestavljeno iz že opisanih sklopov in še enega napetostnega regulatorja 7805, ki do sedaj še ni bil omenjen. 7805 zniža napetost iz 12V na 5V. Na petih voltih namreč delujeta monostabilni multivibrator ter mikrokontroler PIC16F84A.

Vezje se da lepo razložiti, če se ga opazuje od leve proti desni. Napajalnik zagotovi zadostno napetost za delovanje vezja (12V). Na vhodni ojačevalni stopnji se napetost, ki jo odda mikrofonski kondenzator  $C_3$  superponira na bazno napetost zagotovljeno z napetostnim delilnikom  $R_2, R_3$ . To ima za posledico padec napetosti na kolektorju tranzistorja  $Q_1$ . Napetost pade ob močnem plosku za nekje 20mV. Ta padec povzroči, da se napetost na invertirajoči sponki operacijskega ojačevalnika 741 spusti pod napetost na neinvertirajoči sponki. To ima za posledico dvig izhodnje napetosti operacijskega ojačevalnika in prevodno polariziranost tranzistorja  $Q_2$ . Pred padcom napetosti na kolektorju  $Q_1$  je napetost na invertirajoči sponki višja od tiste na neinvertirajoči in napetost na izhodu je nizka (približno 1V). Kako močan plosk rabimo za preklon določamo z nastavljanjem upornosti na trimmerju. Če sta v "tihem stanju" napetosti na vhodu ojačevalnika blizu (mora pa biti invertirajoča sponka nad neinvertirajočo) bo že rahel plosk dovolj, da se invertirajoča sponka spusti pod neinvertirajočo in s tem poviša napetost na izhodu. Paziti pa je potrebno da sponki po napetostih nista preblizu, saj lahko napetost na izhodu raste proti 6V (sredina napajanja operacijskega ojačevalnika) ko se vhoda izenačujeta. Dovoljšnja napetost na izhodu pa že lahko povzroči prevodno polarizacijo tranzistorja  $Q_2$  v monostabilnem multivibratorju.

Ob odprtju tranzistorja  $Q_2$  se sproži monostabilni multivibrator. Delovanje slednjega je bilo že opisano v poglavju 2.1.4. Morda velja povedati še kaj glede časa logične enke na izhodu monostabilnega multivibratorja. Trajanje kvazistabilnega stanja določata upornost  $R_9$  in kapacitivnost  $C_4$ . Kondenzator se po odprtju  $Q_2$  z negativno sponko znajde na -5V (dejansko -4.4 zaradi padca  $U_{be}$ ). Takoj se začne polniti proti 5V vendar se napolni le za polovico (od -5 do 0, na poti do +5) saj se nato počasi že začne odpirati  $Q_4$ . Čas trajanja izhodnega pulza je zato  $0.693 \cdot R_9 C_4$  kjer je  $0.693 = \ln(2)$ . Za opisano vezje to znaša približno 50ms. Ker se po plosku  $Q_2$  zapre se  $C_4$  hitro napolni in monostabilni multivibrator je pripravljen na ponovno proženje.

Izhod multivibratorja je pripeljan na mikrokontroler, ki ima za vhodni pin izbran pin RA2. Opis delovanja mikrokontrolerja je podan v poglavju 2.1.5.

Tudi opis delovanja izhodne stopnje je v poglavju 2.1.6 zadovoljiv, razložiti velja le še vlogo diode 1N4148. Ob izklopu tranzistorja T1 in posledično izklopu toka skozi tuljavo releja se na tuljavi inducira relativno velika nasprotna napetost saj je prekinitev toka hitra. Da ta napetost ne bi uničila tranzistorja, je vzporedno k tuljavi vezana še hitra dioda 1N4148, ki to inducirano napetost

omeji na diodni padec približno 0.7 V.

## 3 ZAKLJUČEK

### 3.1 MOREBITNE TEŽAVE

Opisano vezje je izpostavljeno dveh potencialnim težavam.

Napajanje vezja omogoča majhen transformator 230V/12V. Ker imajo majhni transformatorji relativno velike izgube je opazno gretje omenjenega transformatorja. Opazimo pa lahko tudi, da vhodna ojačevalna stopnja nima povratne vezave v obliki emitorskega upora. Ta vezava bi namreč delno omejila temperaturno odvisnost tranzistorja Q1. Vendar pa v dozdajšnjem delovanju prototipa opisana težava ne ovira delovanja vezja.

Druga težava pa bi lahko nastopila pri priklapljanju induktivnih ali kapacitivnih bremen na izhodne sponke. Pri izklopih induktivnih bremen bi se inducirala napetost, ki bi slabo vplivala na relejske kontakte in releju bistveno zmanjšala življensko dobo. Pri kapacitivnih pa bi se napetost pojavila zaradi nakopičenega naboja. Možna in tudi običajna rešitev v takih primerih je, da se paralelno k relejskim kontaktom vežeta zaporedno vezana upor in kondenzator, ki ob izklopu releja premosti inducirano oz. nakopičeno napetost.

### 3.2 IZBOLJŠAVE

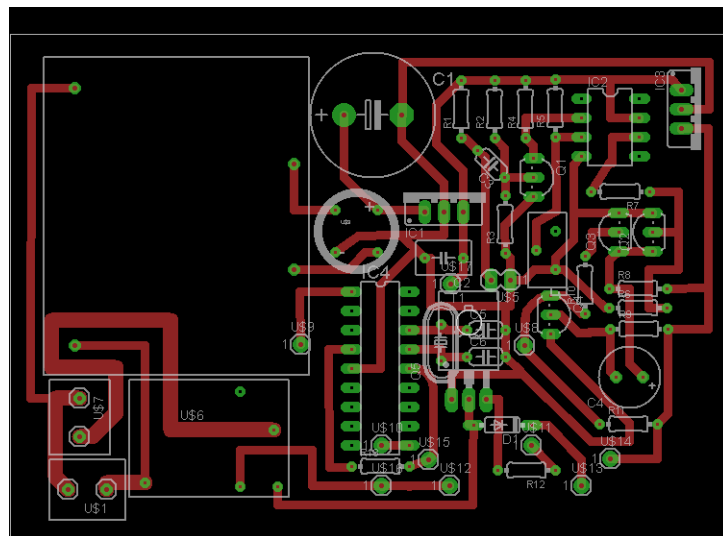
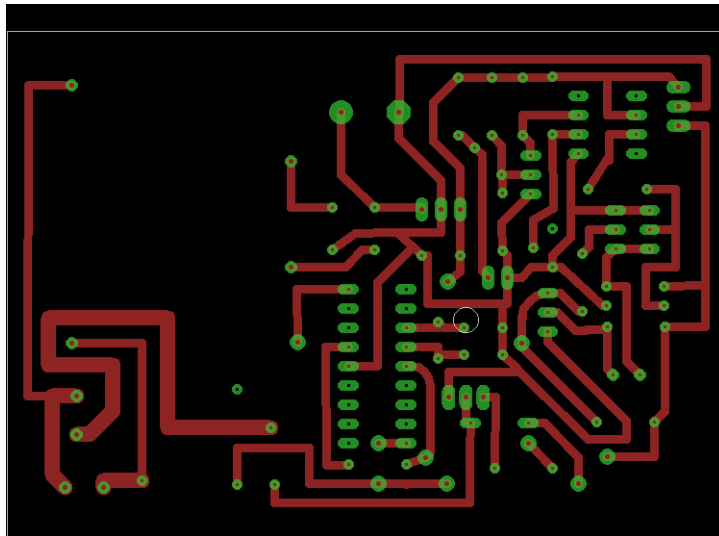
Dve možni izboljšavi predstavljenega vezja sta bili že opisani v prejšnjem poglavju. Še ena, ki se ponuja kar sama pa je uporaba manj zmogljivega mikrokontrolerja. Če najosnovnejši mikrokontroler bi zadostoval saj vidimo, da potrebujemo zgolj en vhod in en izhod. Aritmetično logična enota mikrokontrolerja mora omogočati poleg seštevanja tudi operacijo izključno-ali, kar pa v današnjih mikrokontrolerjih ni noben problem.

### 3.3 SKLEPNE UGOTOVITVE

Kot prvi projekt je opisano vezje povsem zadovoljivo. Vezje deluje in mi doma brez problemov prižiga in ugaša luč z 100W žarnico. Načrtovanja vezja sem se lotil z sestavljanjem osnovnih sklopov in nato po principu "probieren ist besser als studieren" določal vrednosti posameznih uporov in kondenzatorjev. Tako nisem porabil veliko časa za kalkulatorjem in imel delujoče vezje na protoboardu kar hitro končano. Za izdelavo sem uporabljal elemente, ki sem jih imel na zalogi, zato je zagotovo možno kje izbrati primernejše. Predvsem se to nanaša na mikrokontroler in transformator, ki sem ga izruval iz starega adapterja, ki je včasih služil napajanju električnega vlakca. Razlog za uporabo PIC16F84A namesto kakšnega preprostejšega je tudi v tem, da sem šele na začetku učenja programiranja mikrokontrolerjev in da sem si za učni pripomoček izbral omenjen PIC. Kot izhodiščni mikrokontroler za učenje je namreč izbran v mnogih knjigah in na mnogih internetnih straneh. Če se bom kdaj vrnil k izboljšavi vezja bo mikrokontroler zagotovo prva stvar, ki jo bom zamenjal.

## 4 PRILOGE

### 4.1 TISKANINA



## 4.2 SPISEK ELEMENTOV

### Partlist

Exported from plosk\_koncna.sch at 26.9.2009 11:10:17  
 EAGLE Version 5.4.0 Copyright (c) 1988-2009 CadSoft  
 Part Value Device Package Library Sheet  
 C1 2200uF CPOL-EUE7.5-16 E7,5-16 rcl 1  
 C2 1uF C-EU050-045X075 C050-045X075 rcl 1  
 C3 10n C-EU050-024X044 C050-024X044 rcl 1  
 C4 22uF CPOL-EUE3.5-8 E3,5-8 rcl 1  
 C5 27pF C-EU050-024X044 C050-024X044 rcl 1  
 C6 27pF C-EU050-024X044 C050-024X044 rcl 1  
 D1 1N4148DO35-7 1N4148DO35-7 DO35-7 diode 1  
 IC1 12V 78XXS 78XXS v-reg 1  
 IC3 5V 78XXS 78XXS v-reg 1  
 IC4 PIC16F84AP PIC16F84AP DIL18 microchip 1  
 IC5 LM741P LM741P DIL08 linear 1  
 Q1 BC549C BC549C TO92-EBC transistor-npn 1  
 Q2 BC549C BC549C TO92-EBC transistor-npn 1  
 Q3 BC549C BC549C TO92-EBC transistor-npn 1  
 Q4 BC549C BC549C TO92-EBC transistor-npn 1  
 Q5 4MHz CRYSTALHC49S HC49/S crystal 1  
 R1 15k R-EU\_0204/7 0204/7 resistor 1  
 R2 2.2M R-EU\_0204/7 0204/7 resistor 1  
 R3 470k R-EU\_0204/7 0204/7 resistor 1  
 R4 6.8k R-EU\_0204/7 0204/7 resistor 1  
 R5 3.3k R-EU\_0204/7 0204/7 resistor 1  
 R6 100k R-EU\_0204/7 0204/7 rcl 1  
 R7 47k R-EU\_0204/7 0204/7 rcl 1  
 R8 1k R-EU\_0204/7 0204/7 rcl 1  
 R9 3.3k R-EU\_0204/7 0204/7 rcl 1  
 R10 3.3k R-EU\_0204/7 0204/7 rcl 1  
 R11 1k R-EU\_0204/7 0204/7 rcl 1  
 R12 4.7k R-EU\_0204/7 0204/7 rcl 1  
 R13 10k R-EU\_0204/7 0204/7 rcl 1  
 T1 BD139 BD139 TO126 transistor 1  
 U\$1 PIN PIN PIN pin 1  
 U\$2 TRAF0\_12V\_430MA TRAF0\_12V\_430MA TRAF0\_12V\_430MA  
 trafo12V\_1 1  
 U\$3 RECTIFIER RECTIFIER RECTIFIER\_ROUND rectifier 1  
 U\$4 TRIMER\_10K TRIMER\_10K TRIMER10K trimer R 1  
 U\$5 PCB\_PIN\_2X1 PCB\_PIN\_2X1 PCB\_PIN\_2X1 PCB pin moski 2x1  
 1  
 U\$6 RELE RELE RELE rele 1  
 U\$7 PIN PIN PIN pin 1

### **4.3 PROGRAM MIKROKONTROLERJA**

### **4.4 KATALOŠKI PODATKI UPORABLJENIH ELEMENTOV**

Vsi kataloški podatki so v pdf formatu na priloženem CDju.

- PIC16F84A
- Operacijski ojačevalnik 741
- Dioda 1N4148
- Tranzistor BC549C
- Tranzistor BD139
- Napetostna regulatorja 7812 in 7805
- Rele IREL TRK 1703
- Program mikrokontrolerja