

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za elektrotehniko



# DALJINSKI RF/IR UPRAVLJALEC RELEJEV

SEMINARSKA NALOGA  
*pri predmetu*

ELEKTRONSKA VEZJA

Mitja Nevečny  
64020101

Ljubljana, februar 2010

**KAZALO**

<b>1. UVOD</b> .....	<b>3</b>
<b>2. SHEMATSKI PRIKAZ</b> .....	<b>4</b>
<b>3. OPIS DELOVANJA ODDAJNIKA</b> .....	<b>4</b>
3.1 AMPLITUDNA MODULACIJA .....	6
3.2 RF ODDAJNI MODUL .....	8
3.3 IR ODDAJNIK - FOTODIODA.....	9
<b>4. OPIS DELOVANJA SPREJEMNIKA</b> .....	<b>12</b>
4.1 RF SPREJEMNI MODUL.....	13
4.2 IR SPREJEMNIK - FOTODETEKTOR .....	14
<b>5. PODROBNEJŠI OPIS VEZIJ</b> .....	<b>15</b>
5.1 ODDAJNIK .....	15
5.2 SPREJEMNIK.....	17
<b>6. PROBLEMI IN REŠITVE</b> .....	<b>18</b>
<b>7. MERITVE</b> .....	<b>19</b>
<b>8. ZAKLJUČEK</b> .....	<b>20</b>
<b>9. VIRI</b> .....	<b>21</b>
<b>10. KOSOVNICA</b> .....	<b>22</b>
10.1 ODDAJNIK .....	22
10.2 SPREJEMNIK.....	22
<b>11. VEZJE</b> .....	<b>23</b>
11.1 SHEMA IN TISKANO VEZJE ODDAJNIKA.....	23
11.2 SHEMA IN TISKANO VEZJE SPREJEMNIKA .....	25

## 1. UVOD

Že nekaj časa sem razmišljal, da bi sam izdelal napravo za daljinsko upravljanje stikal, v našem primeru relejev, s katerimi bi lahko vklopil/izklopil razne naprave in krmilil smer vrtenja manjših elektromotorjev. Ker se mi je zadeva zdela uporabna in mi je predstavljala moj prvi pravi elektrotehniški izziv, sem se lotil dela, začel brati in iskati razne rešitve.

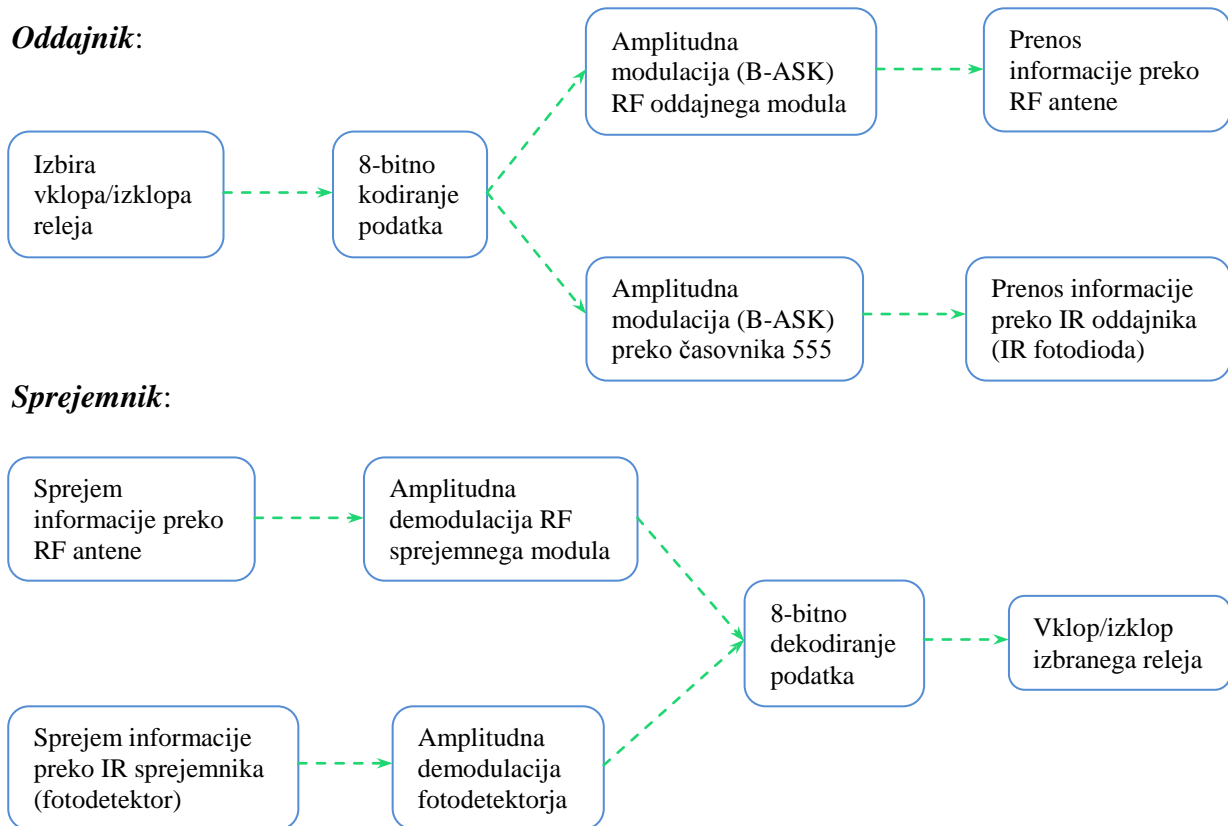
V začetni fazi iskanja po gradivih sem naletel na radijske frekvence (RF), ki imajo to lepo lastnost, da dosegajo velike razdalje in niso omejene s t.i. »line of sight« oziroma direktno linijo med oddajnikom in sprejemnikom. Torej je mogoče poslati podatke od oddajnika do sprejemnika tudi, če so med njima kakšne ovire (npr. predelne stene v stanovanju ipd.), saj je absorpcija valov majhna.

Ker je izdelava takega vezja s pomočjo čipov proizvajalca Holtek ter z že izdelanimi RF sprejemnimi in oddajnimi moduli preveč enostavna, sem želel zadevo še nekoliko dopolniti. Na misel mi je prišlo, da bi se lahko poigral še z infrardečim (IR) valovanjem in si pri tem širil vpogled v ta brezžični svet.

Dandanes imajo vsi daljinski upravljalniki, ki jih imamo doma za TV, radio in razne multimedijske naprave, opravka s prenosom podatkov preko IR svetlobe (valovanja). In ker je tak prenos tako razširjen v vsakodnevni rabi, se mi je zdelo prav, da vsaj še nekoliko spoznam tudi to področje.

Tako sem v svoji seminarski nalogi združil oba zgoraj naštetata sklopa in nastal je končni izdelek, ki ga bom poskusil v nadaljevanju predstaviti in opisati.

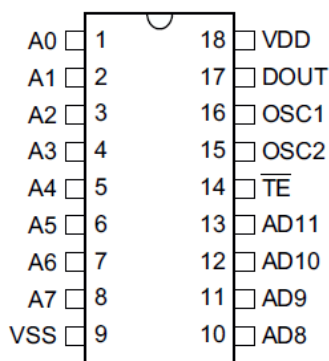
### 2. SHEMATSKI PRIKAZ



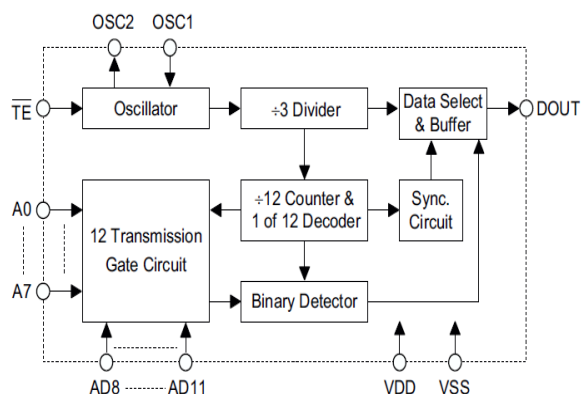
### 3. OPIS DELOVANJA ODDAJNIKA

Za začetek bom poskusil opisati delovanje oddajnika (daljinskega upravljalca) za vsak posamezen podsklop, tako za IR kot tudi za RF.

Veliko olajšanje pri sami izdelavi in osrčje oddajnika mi je zagotovil čip HT12E, proizvajalca Holtek, ki je namensko izdelan za razne alarmne sisteme (protipožarne, protidimne, protivlomne, ...), za upravljalce garažnih vrat in za ostale daljinsko vodene sisteme.



Slika 1: Razpored pinov HT12E

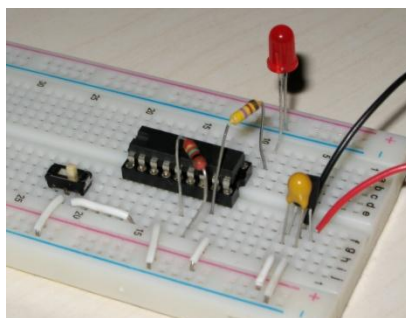


Slika 2: Blok diagram HT12E

Čip je izveden minimalistično tako, da zadostuje za njegovo delovanje majhno število zunanjih elementov.

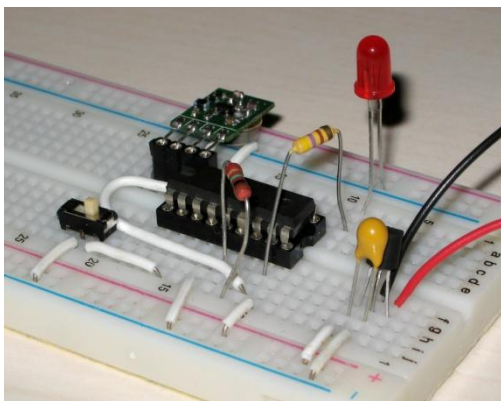
Na naslovih A0 do A7 izberemo »ime« oddajnika oziroma njegovo kodirno masko, ki se mora ujemati tudi s sprejemnikom, da bo signal pravilno dekodiran. Na dodatnih štirih podatkovnih naslovih AD8 do AD11 pa so tipke (ali pa lahko služijo kot dodatni adresni naslovi za večbitno kodiranje), s katerimi sporočamo vklop/izklop relejev na sprejemniku. Velika prednost je tudi integriran oscilator, pri katerem pa lahko izbiramo frekvenco samo z enim zunanjim uporom. Na koncu pa s signalom  $\overline{TE}$  (Transmission Enable) izvedemo pošiljanje podatka.

V začetnih korakih na testni plošči, ko sem prvič preizkušal delovanje svojega čipa, sem potreboval le napetostni regulator (+5V), en kondenzator, par uporčkov, LED diodo in tipko. Na spodnji sliki je prikazana postavitev elementov, ki so zadostovali, da sem zadevo testiral.

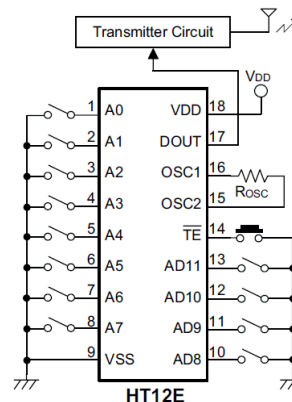


Slika 3: Testiranje delovanja HT12E

Adresne naslove A0 do A8, tako kot tudi podatkovno-adresne naslove AD8 do AD11, sem pustil odprte (»plavajoče«), naslov AD10 sem dal na mini stikalo, s katerim sem kasneje izvajal vklop/izklop releja na sprejemniku.  $\overline{TE}$  sem povezal na maso in tako neprestano izvajal pošiljanje podatka. LED lučka mi je služila zgolj zato, da sem videl če  $\overline{TE}$  deluje, nato sem tekom projekta priklopil še RF (slika 4) oziroma IR oddajnik (slika 19).



Slika 4: Priklop RF modula TWS-434 na HT12E



Slika 5: Tipična priključitev

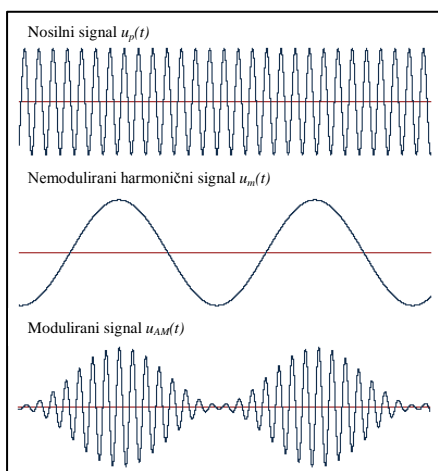
Zgornji RF modul TLP-434A deluje na principu digitalne amplitudne modulacije (B-ASK) pri frekvenci 433.92 MHz, s hitrostjo prenosa podatkov 8Kbps. Dobra lastnost je ta, da deluje v velikem napajalnem razponu, med 3V in 12V. Tako lahko po želji nastavljam njegov doseg, kajti če bo večja napetost, bo njegova oddajna moč večja, vendar se bo to poznalo tudi pri večji porabi baterijskih akumulatorjev. Zato sem se v svojem projektu zadovoljil s 5V napajanjem, ki za moje zahteve služi čisto v redu.

### 3.1 AMPLITUDNA MODULACIJA

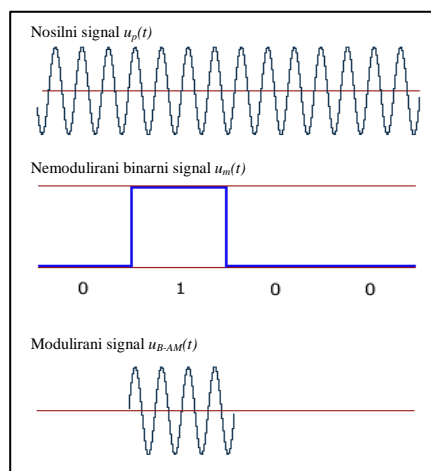
Kratica ASK je angleški sinonim za amplitudno modulacijo, ki pomeni »Amplitude Shift Keying« oziroma s slovenskim izrazom: modulacija z amplitudnim pomikom.

Ta vrsta modulacije je najpreprostejša, saj za kodiranje signala potrebujemo samo en signal, ki ima dovolj visoko nosilno frekvenco, da dobimo ovojnico originalnega signala. Ta nam služi, da lahko na sprejemniku signal dekodiramo.

Z amplitudno modulacijo želimo doseči, da se ohrani samo frekvenčna komponenta, ki jo ima signal katerega moduliramo in odstranimo nizkofrekvenčne komponente (ki so posledica lezenja napetosti) in visokofrekvenčne komponente (ki so posledica šuma). Na spodnjih slikah sta prikazani modulaciji analognega in digitalnega signala.



Slika 6: Modulacija analognega signala - ASK



Slika 7: Modulacija digitalnega signala – binarni ASK (B-ASK)

Poglejmo analogno modulacijo v matematični obliki. Imejmo signal  $u_m(t)$ , ki ga želimo modulirati

$$u_m(t) = U_{mm} \cos \omega_m t$$

in signal  $u_p(t)$  z nosilno frekvenco, ki je vsaj 2x višja od najvišje frekvence v signalu  $u_m(t)$

$$u_p(t) = U_{pm} \cos \omega_p t$$

potem dobimo modulirani signal  $u_{AM}(t)$ , ki ima obliko

$$u_{AM}(t) = [U_{pm} + k_a u_m(t)] \cos \omega_p t, \quad k_a = \text{faktor proporcionalnosti}$$

Faza modulacijskega signala ne vpliva na proces modulacije amplitude, zato je kar enaka nič ( $\varphi = 0$ ). Amplituda moduliranega signala pa se spreminja po sinusni funkciji okoli srednje vrednosti amplitude modulacijskega signala  $U_{pm}$  z amplitudo  $k_a U_{mm}$ .

Frekvenčni spekter analogno moduliranega signala je sestavljen iz frekvenčne komponente dominantnega modulacijskega signala in dveh bočnih komponent moduliranega signala, kar podaja naslednja enačba:

$$u_{AM}(t) = U_{pm} \left[ \cos 2\pi f_p t + \frac{m_a}{2} \cos 2\pi (f_p - f_m) t + \frac{m_a}{2} \cos 2\pi (f_p + f_m) t \right]$$

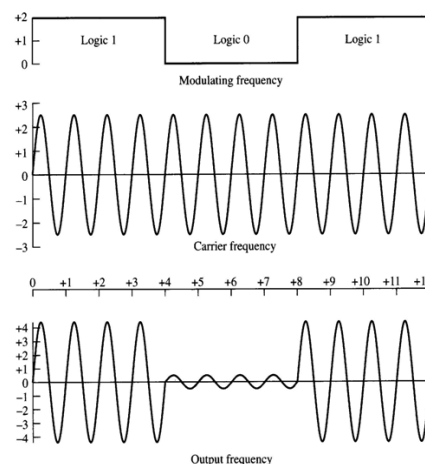
Spektralna učinkovitost ASK izven osnovnega pasu je za polovico manjša, ker prenašamo oba bočna pasova.

Poglejmo si sedaj še digitalno amplitudno modulacijo (**B-ASK** = **Binary ASK**, lahko mu pa rečemo tudi **OOK** = »**On Off Keying**«), ki je za to seminarsko nalogo bolj pomembna, saj nam čip HT12E generira podatkovni signal v obliki pravokotnih impulzov. Ker imamo v tem primeru podatek v disketni binarni sekvenci, so lahko vrednosti le '0' ali '1'. Torej bo amplitudna modulacija igrala svojo vlogo le v primeru, ko bo signal, ki ga moduliramo različen od nič (množenje signala z nič nam da 0), kar je prikazano na sliki 8. Če torej pravokotni signal zapišemo kot vsoto  $n$  sinusnih signalov v obliki vrste, dobimo:

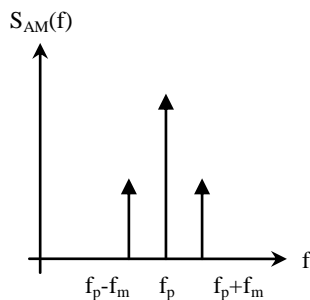
$$u(t) = \frac{4A}{\pi} \left[ \cos \omega_1 t - \frac{1}{3} \cos 3\omega_1 t + \frac{1}{5} \cos 5\omega_1 t - \frac{1}{7} \cos 7\omega_1 t + \dots \right]$$

Vidimo lahko, da signal vsebuje množico lihih večkratnikov osnovne frekvence signala. Omeniti pa velja tudi to, da se zaradi hitrih preskokov iz logične '0' v '1' in obratno, kjer režemo modulirani signal, pasovna širina po nepotrebnem povečuje. Zato, da se to ne zgodi, je včasih bolje signal pred modulacijo poslati skozi pasovno prepustni filter, ki omili prehode (naredi »round off«).

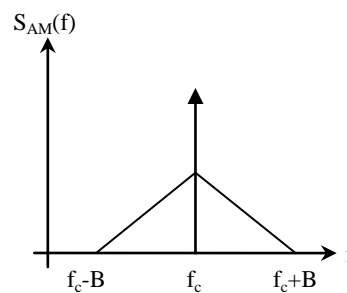
Poteki spektralnih komponent za analogno in digitalno amplitudno modulirani signal, bi bili naslednji:



Slika 8: »On Off Keying«



Slika 9: Spekter analognega moduliranega signala



Slika 10: Spekter digitalnega moduliranega signala

Na koncu le povzemimo nekaj prednosti in slabosti zgoraj opisane amplitudne modulacije.  
Prednosti:

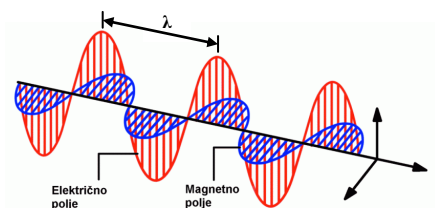
- enostavnost moduliranja
- za demodulacijo je potrebno minimalno vezje (dioda, upor in kondenzator) - slika 27
- amplituda nosilca je sorazmerna modulačijskemu signalu
- neodvisnost faze na modulacijo amplitude
- frekvenčni pas, ki ga potrebujemo za prenos je ozek

Slabosti:

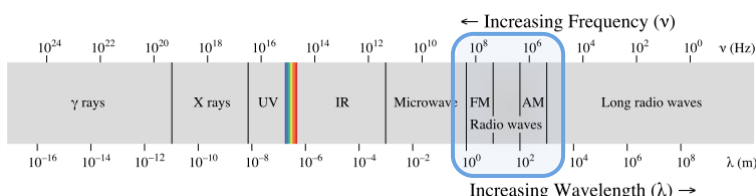
- na kvaliteto močno vpliva šum in nelinearno popačenje
- veliko moči se porabi za prenos informacije (sama moč informacije se nahaja na bočnih pasovih in predstavlja kakšnih 17% celotne moči)

### 3.2 RF ODDAJNI MODUL

Radijske frekvence so elektromagnetni valovi, ki jih lahko obravnavamo v velikem frekvenčnem razponu; od par kHz pa tja do nekaj GHz. Torej v razponu valovnih dolžin manj od metra do okoli 50 km. Na spodnji sliki je z modrim okvirjem označeno radijsko področje, ki se najbolj pogosto uporablja pri prenašanju podatkov (amplitudna in frekvenčna modulacija).



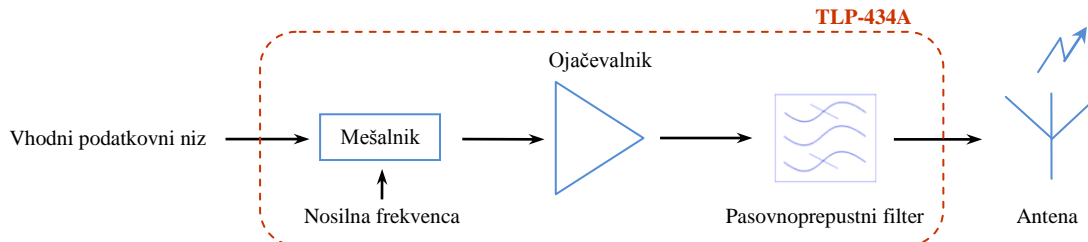
Slika 11: Elektromagnetni val



Slika 12: Elektromagnetni spekter

Pri izdelavi vezja mi je sestavljen RF modul močno olajšal delo, saj bi se za njegovo izdelavo, kjer bi moral ustvariti ASK modulacijo s frekvenco 433,92 MHz, kar pošteno namučil in bi potreboval bistveno več časa, da realiziram končni izdelek.

RF modul deluje tako, da serijsko binarno kodo, ki jo prejme od čipa HT12E ustrezno amplitudno modulira in jo preko tuljavne antene pošlje kot bitstream do sprejemnika. Holtekov čip je tako dobro prilagojen na RF module, da je potreba po dodatni vmesni logiki odveč.



Slika 13: Blok diagram RF modula TLP-434A

Dejanska izvedba vezja TLP-434A proizvajalca Laipac:



Slika 14: RF oddajnik TLP-434A

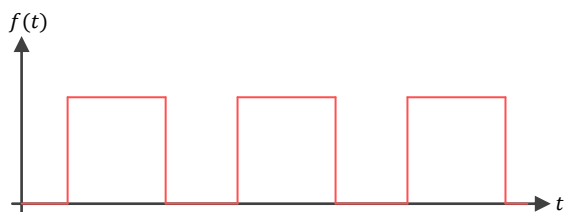
- pin 1: GND
- pin 2: DATA IN (podatkovni vhod)
- pin 3: VCC
- pin 4: ANT (antena - RF izhod)



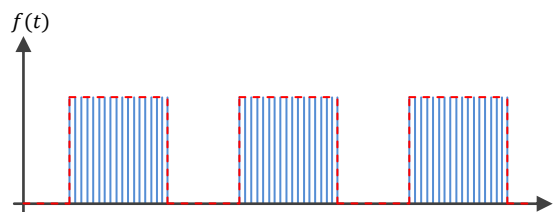
### 3.3 IR ODDAJNIK - FOTODIODA

Kot sem že omenil, sem v svoji seminarski nalogi, poleg RF oddajanja uporabil še IR vmesnik. Ker je bil čip HT12E narejen pretežno za RF module, sem moral vezje nekako dopolniti, da bo mogoče pošiljati signale preko IR fotodiode tako, da jih bo IR sprejemnik (fotodetektor) lahko pravilno »razumel«. Le-ta prejeti signal obdeluje z demulacijsko frekvenco 38 kHz, zato sem moral signal v oddajniku pred pošiljanjem modulirati.

V ta namen sem si pomagal s časovnikom SE555N, ki služi kot B-ASK modulator tako, da digitalno sekvenco originalnega signala razreže na manjše pravokotne impulze, ki imajo »duty cycle« približno 50% in se ponavljajo vsakih 26.3 $\mu$ s oziroma s frekvenco 38kHz.



Slika 15: Izhodni (binarni) signal HT12E

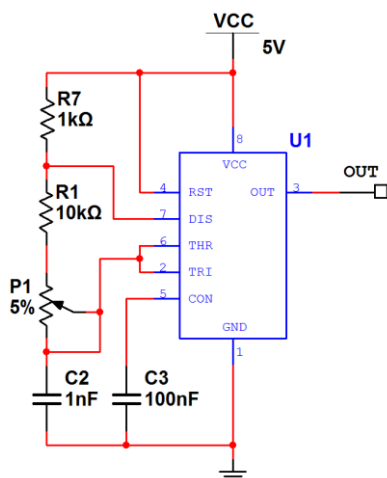


Slika 16: Moduliran signal na izhodu RF modula – 38 kHz

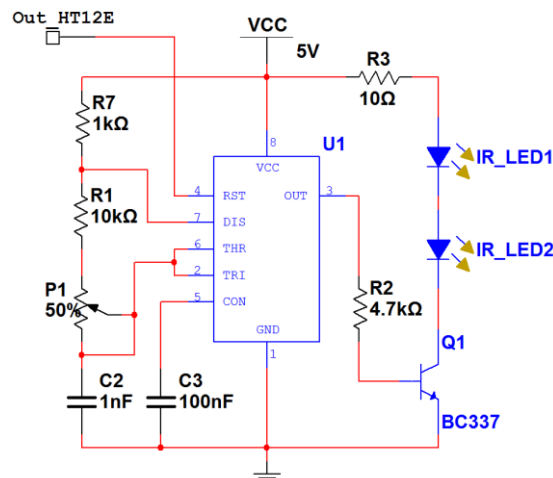
Modulator sem realiziral s časovnikom SE555N, ki sem ga zvezal kot astabilni multivibrator (slika 17). Da bi pa dobil B-ASK signal na izhodu, sem moral na reset (RST) pin časovnika pripeljati izhodni signal (OUT) čipa HT12E, ki je vso zadevo krmilil.

Vse lepo in prav, vendar zadeva ni nikakor želela funkcionirati. Po dolgem času buljenja v vezje in preverjanja vseh povezav nisem našel vzroka zakaj vezje ni hotelo »zaživeti«. Ker nisem imel osciloskopa, da bi preveril ali sta »duty cycle« in frekvenca mojega oscilatorja pravilna ali pa sem morda še kje naredil kakšno napako, sem se spomnil na program Multisim od National Instruments (NI), kjer sem vezje preizkusil. Ugotovil sem, da vezje deluje tako kot sem že na začetku predvidel. V tem trenutku pa sem pomislil, da je težava morda ta, da je signal zrcaljen.

In res, ko sem dodal še tranzistor Q1, kot je prikazano na sliki 18, ki deluje kot negator signala, sem si končno lahko oddahnil. Sprejemnik je uspešno zaznal oddajnik in vezje je zaživel.



Slika 17: 555 kot astabilni multivibrator s frekvenco 38 kHz



Slika 18: Modulator pri pošiljanju signala preko IR diod

Oddajanje signala preko IR valovanja ima nekaj prednosti a kar nekaj slabosti, še posebno v primerjavi z RF.

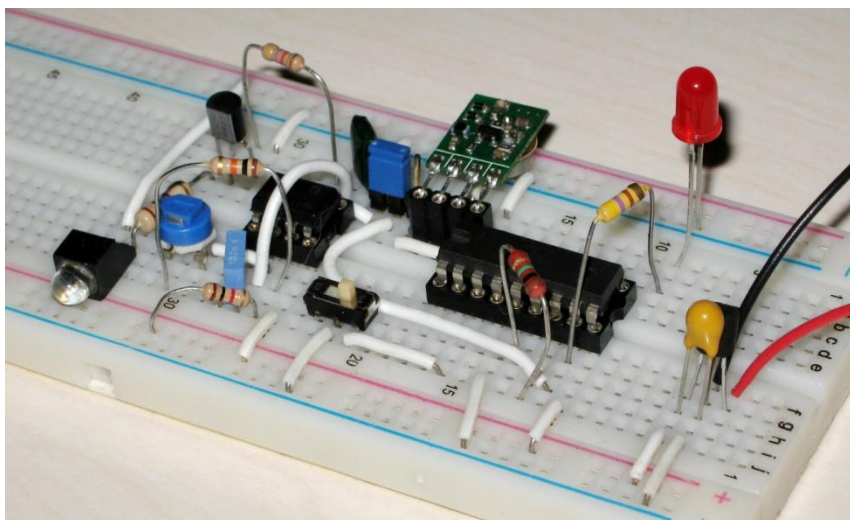
Prednosti IR pred RF:

- cenejša izdelava
- manj kompleksno vezje (hitra implementacija)
- ker ni antene, je vezje bolj kompaktno

Slabosti IR pred RF:

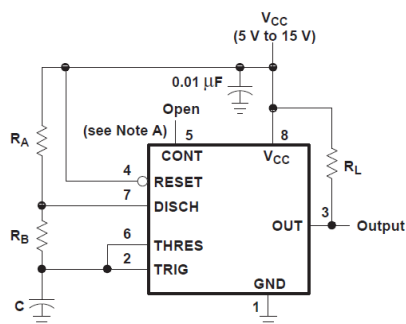
- IR doseg je bistveno krajše razdalje (par metrov, RF pa nekaj deset do sto metrov)
- pojavlja se občutljivost na sončno svetlobo in svetlobo halogenskih žarnic
- potrebna je čista linija (brez ovir) med oddajnikom in sprejemnikom (»line of sight«)
- namestitev sprejemnika mora biti skrbno načrtovana (čim manj preprek)
- enostranska komunikacija med oddajnikom in sprejemnikom
- večja poraba moči

Končano oddajniško vezje z IR in RF načinom je prikazano na sliki 19. Način oddajanja signala (RF ali IR) izberemo z modrim selektivnim jumperjem (na sliki 19 blizu RF modula). Z mini stikalom pa določimo vklop ali izklop drugega releja (naslov AD10) na sprejemni strani.



Slika 19: Dokončan testni RF/IR oddajnik

Za ustrezno izbiro upornosti in kapacitivnosti astabilnega dela vezja sem si pomagal s kataložkimi podatki časovnika SE555N.



Slika 20: Vezje za astabilno operacijo

Izračun upornosti in kapacitivnosti s pomočjo kataloških podatkov:

$$f = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C} = 38 \text{ kHz}$$

Pri tem sem si izbral kapacitivnost  $C = 1\text{nF}$ .

Izrazimo skupno upornost in jo poračunamo:

$$R_A + 2R_B = \frac{1.44}{38 \text{ kHz} \cdot 1\text{nF}} = 37894,7\text{k}\Omega$$

Za »duty cycle« približno 50% mora biti  $R_A$  čim manjši in  $R_B$  čim večji:

$$D_{\%} = \left(1 - \frac{R_B}{R_A + 2R_B}\right) \cdot 100\% \cong 50\%$$

Izbral sem upornost  $R_A = 1\text{k}\Omega$  in poračunal  $R_B$ :

$$R_B = \frac{37894,7\text{k}\Omega - R_A}{2} = 18447,35\text{k}\Omega$$

Upornost  $R_B$  sem zaokrožil na  $20\text{k}\Omega$ . Realiziral sem jo tako, da sem jo sestavil iz zaporedne vezave upornosti  $R_B'$  in  $R_P$ .

$$R_B = R_B' + R_P = 20\text{k}\Omega$$

Pri tem predstavlja  $R_B'$  fiksno upornost z vrednostjo  $10\text{k}\Omega$ ,  $R_P$  pa nastavljivo linearno upornost (s pomočjo potenciometra) z maksimalno vrednostjo  $10\text{k}\Omega$ . Za  $R_P$  torej velja:

$$R_P = R_B - R_B' = 18447,35\text{k}\Omega - 10\text{k}\Omega \approx 8500\text{k}\Omega$$

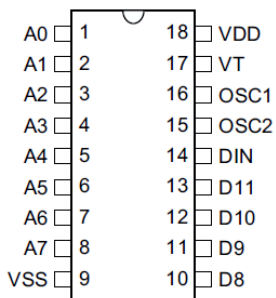
Če zdaj poračunamo  $D_{\%}$ , vidimo, da dobimo:

$$D_{\%} = \left(1 - \frac{18447,35\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega + 2 \cdot 18447,35\text{k}\Omega}\right) \cdot 100\% \cong 51,3\%$$

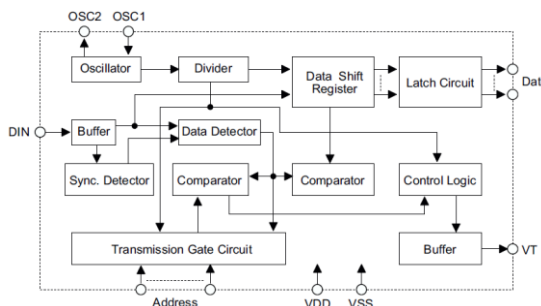
Rezultat, ki ga dobimo je dovolj dober, da vezje pravilno deluje.

### 4. OPIS DELOVANJA SPREJEMNIKA

Tako kot je enkoder čip HT12E v oddajniku predstavljal osrčje vezja, igra pri sprejemniku to vlogo njegov dekodler – HT12D.



Slika 21: Razporeditev pinov HT12D



Slika 22: Blok diagram HT12D

Čip je tudi tokrat realiziran tako, da zadostuje za njegovo delovanje majhno število zunanjih elementov.

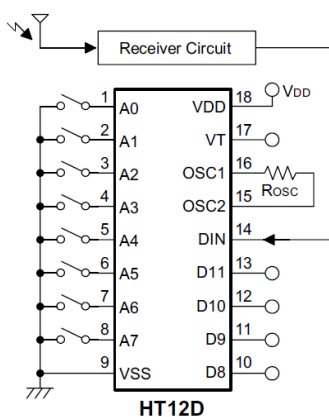
Na vhodni pin DIN pripeljemo demoduliran signal, ki ga posreduje RF ali IR sprejemnik. Da bo signal pravilno dekodiran moramo na naslovih od A0 do A7 nastaviti isti adresni naslov (dekodirno masko) kot ga ima oddajnik. Z izhodnimi pini D8 do D11 pa nato upravljamo stanje relejev.

Tudi v tem čipu je oscilator integriran, kjer mu z zunanjim uporom določamo frekvenco branja prejetega signala. V kataloških podatkih čipa je zapisano, da mora biti za popolno rekonstrukcijo signala frekvenca branja dovolj visoka; predpisana je vrednost, ki jo določa enačba:

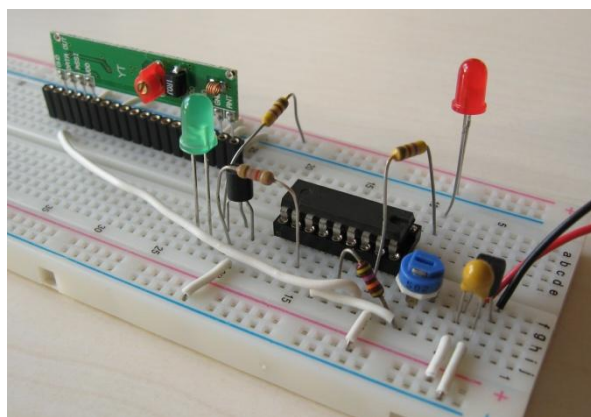
$$f_{OSC_{Dekoder}} \cong 50 \cdot f_{OSC_{Enkoder}}$$

Tako kot je pomembno delovanje dekoderja, je v predhodni fazi pomembno pravilno demoduliranje originalnega signala, za katerega poskrbita RF modul RLP-434 in IR sprejemnik TSOP34838, ki je izdelan v integrirani obliki.

Ko sem imel delujoči oddajnik, sem realiziral še sprejemnik, kateremu sem na izhod D10 priklopil diodo in gledal ali se odziva na oddajnikovo tipko AD10.



Slika 23: Razporeditev pinov HT12D



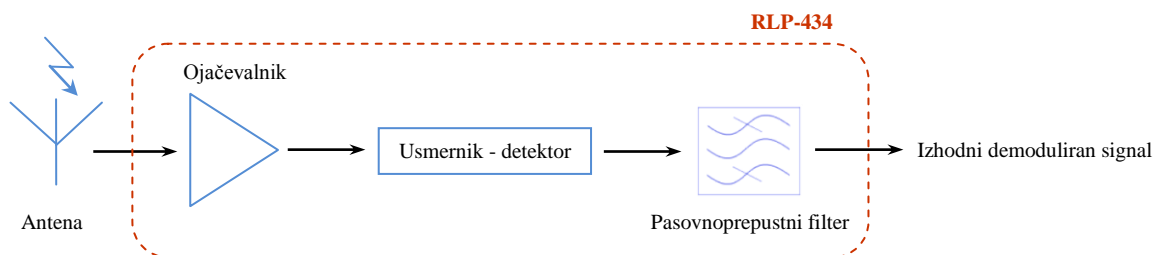
Slika 24: Sprejemnik z RF modulom

### 4.1 RF SPREJEMNI MODUL

Naloga tega modula je ta, da prejeti signal preko antene, ki mu ga je poslal oddajnik, ustrezno rekonstruira z metodo demodulacije. Za to delo skrbi modul RLP-434, proizvajalca Laipac.

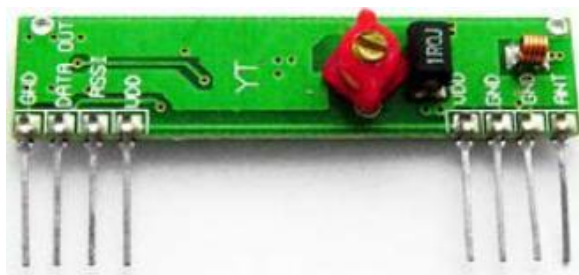
Na hitro bom navedel postopek demodulacije, saj gre le za inverzni postopek modulacije.

Imamo torej ovojnico originalnega signala, ki ga prenašamo z neko višjo frekvenco do sprejemnika. Signal nato ojačimo in ga usmerimo, da dobimo samo en del ovojnice (npr. zgornji) in nazadnje filtriramo s pasovnoprepustnim filtrom. Dobljeni izhodni serijski signal še pošljemo na DIN podatkovni vhod HT12D, kjer čip izvede ukaz.



Slika 25: Blok diagram RF modula

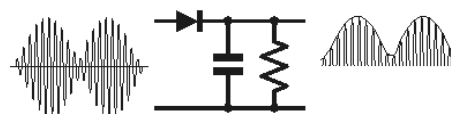
Dejanska izvedba vezja RLP-434:



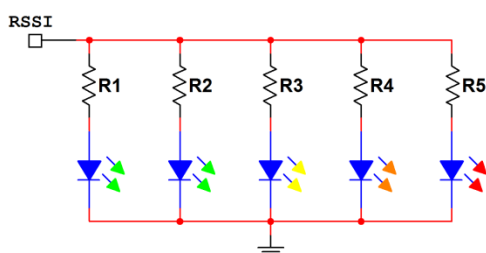
Slika 26: RF sprejemnik RLP-434

- pin 1: GND
- pin 2: DATA OUT (podatkovni izhod)
- pin 3: RSSI (Receiver Signal Strength Indicator)
- pin 4: VDD
- pin 5: VDD
- pin 6: GND
- pin 7: GND
- pin 8: ANT (antena - RF vhod)

Na sprejemnem modulu RLP-434 imamo na pinu 3 RSSI izhod, s katerim lahko preko diod ali kakšnega drugega indikatorja (bargraph...) prikažemo moč prejetja signala. Ko sem imel vezje še na testni plošči (»breadboard«), sem RSSI izhod peljal na 5 vzporedno vezanih LED diod, ki so imele različne upornosti in opazoval osvetlitev med pošiljanjem podatka. Ko sta bila sprejemnik in oddajnik blizu, so vse LED diode gorele, z oddaljevanjem pa so diode začele ugašati.



Slika 27: Osnovni princip demodulacije



Slika 28: LED indikator;  $R1 = \max$ ,  $R5 = \min$

Tega dela nisem realiziral na tiskanini, ker je bila že prevelika in bi z dodatnimi elementi postala le še bolj obsežna. Je pa lahko dober pripomoček za ocenjevanje ali merjenje kakovosti signala pri različnih razdaljah.

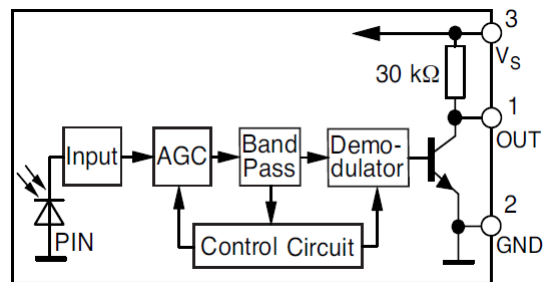
## 4.2 IR SPREJEMNIK – FOTODETEKTOR

Na sprejemni strani sem kot fotodetektor izbral miniaturni sprejemnik TSOP34838 (slika 29) proizvajalca Vishay, ki ima nosilno frekvenco 38 kHz. Ena izmed boljnjih lastnosti TSOP34838 je ta, da je bolj odporen na zunanje motnje, kar je dandanes še posebno dobrodošla lastnost.

Bistvo fotodetektorja predstavlja PIN dioda, ki omogoča zajem IR signala in demodulator. Delovanje je prikazano v blok shemi na sliki 28.

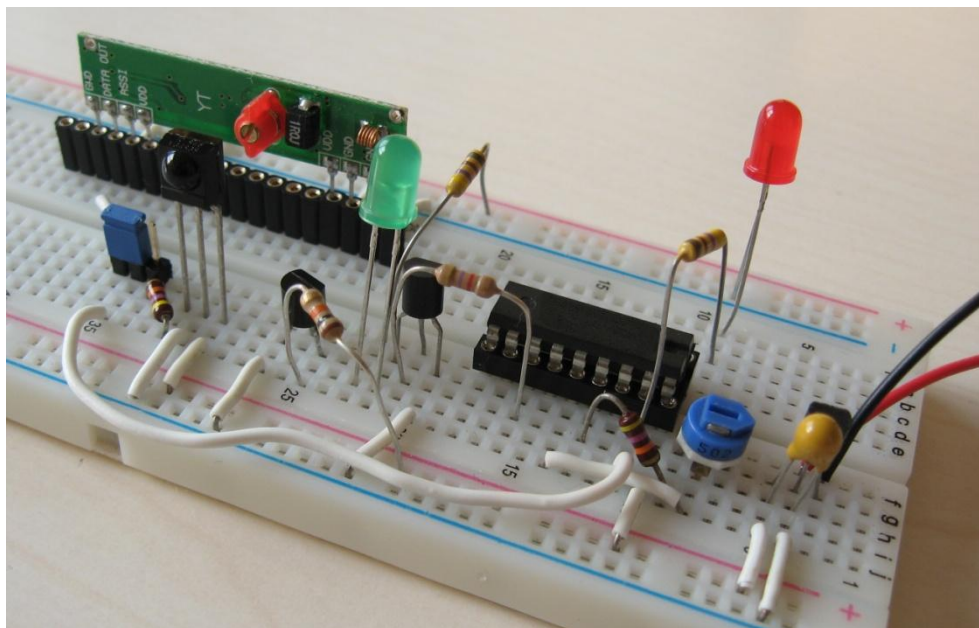


Slika 29: IR sprejemnik TSOP34838



Slika 30: Blok shema TSOP34838

Izhod fotodetektorja je imel vlogo krmiljenja NPN tranzistorja, ki je služil kot pull-down napetosti na pinu DIN, čipa HT12D.

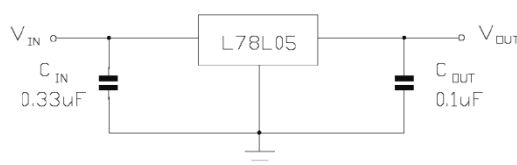


Slika 31: Dokončan testni RF/IR sprejemnik

## 5. PODROBNEJŠI OPIS VEZIJ

### 5.1 ODDAJNIK

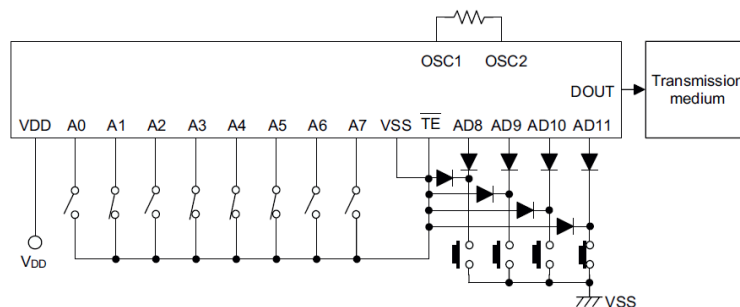
Za napajanje oddajnika skrbi 12V akumulatorska baterija A23. Takoj za njo sem postavil zaščitno diodo, da zavarujem vezje v primeru, če bi slučajno vstavil baterijo z napačnimi polaritetami. Ker ima zaščitna dioda padec napetosti približno 0,7V, nisem želel zamenjati baterije A23 za dve 3V bateriji, saj bi bila napetost na napetostnem regulatorju L78L05 premajhna. Vloga pozitivnega napetostnega regulatorja L78L05 je ta, da na izhodu vzdržuje konstantno napetost 5V. Tako sem lahko enakomerno napajal celotno vezje, vključno z vsemi čipi in oddajniki. Na izhodno stran so dodani stabilizacijski kondenzatorji, ki zgladijo napetost v primeru kakšnih sunkov.



Slika 32: Pozitivni napetostni regulator L78L05

Ker sem delovanje določenih delov vezja že predhodno opisal (RF in IR oddajni del), se bom raje osredotočil na ostale sklope.

Da ne bom ponovno razlagal delovanje čipa HT12E, bom samo dodal nekaj besed. V datasheet-u je opredeljeno, da je dobro, če so adresno/naslovni pini od AD8 do AD11 in pin  $\overline{TE}$  (Transmission Enable) zaščiteni z diodami, zato sem jih tudi dodal. Ker so interno vezani na pull-up upor, so lahko vezani le na manjšo napetost od VCC (lahko so lebdeči ali vezani na GND).

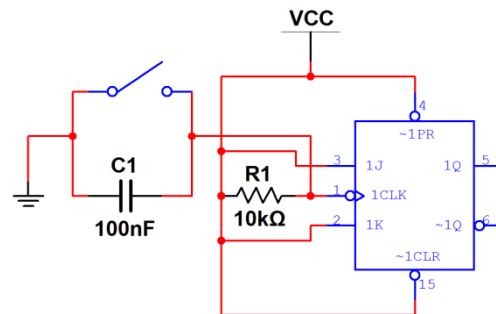


Slika 33: Osnovna aplikacija HT12E

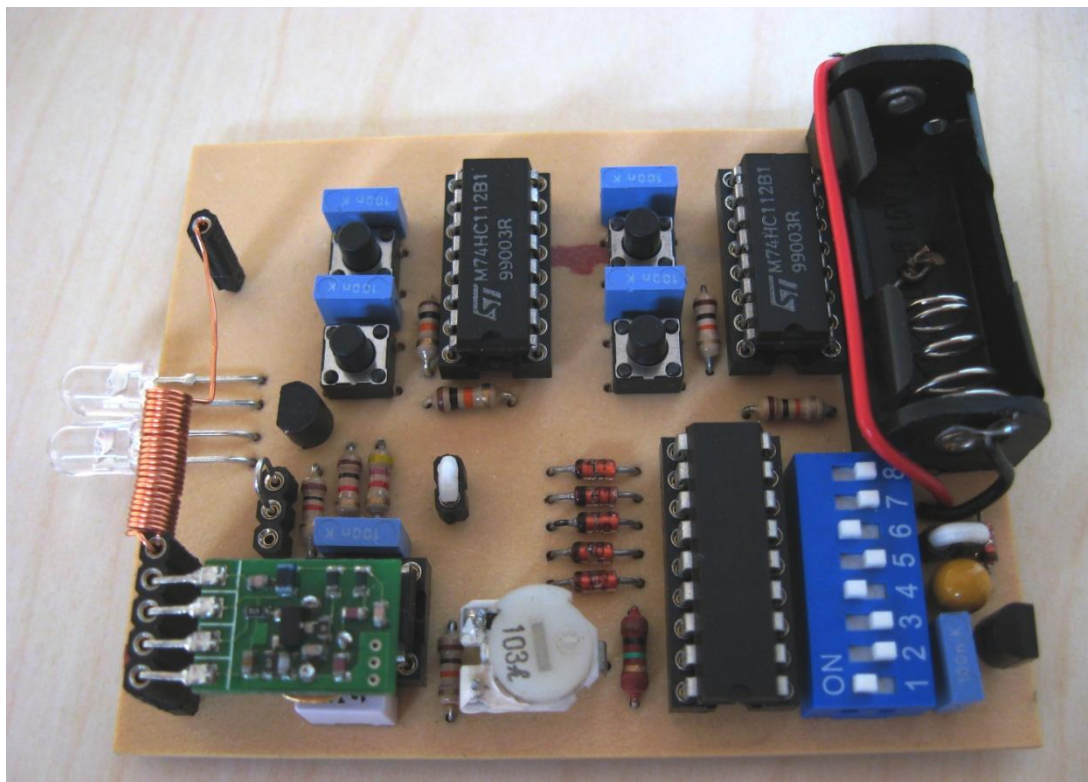
Izhodni pin DOUT sem vezal na selektivni jumper, s katerim nastavljam način oddajanja (RF ali IR). Ker sem potek izvajanja pošiljanja signala preko različnih medijev že opisal, bom to sedaj preskočil.

Za začetek prenosa poskrbi pin  $\overline{TE}$ , ki mora biti vezan na maso. V ta namen sem dodal še dva pina, na katera mislim priklopiti še eno tipko. To pa zato, da  $\overline{TE}$  ne bi neprestano oddajal signal, ampak samo takrat, ko si mi to zaželim. Tako dodatno podaljšamo življenjsko dobo baterije.

Vsak naslovni pin od AD8 do AD11 sem vezal na svojo tipko, s katero opravljamo funkcijo vklopa/izklopa releja na sprejemni strani. Da bi lahko shranili stanje tipke kot stikalo (On ali Off), sem moral uporabiti še dva čipa 74HC112. To sta dvojna JK flip-flopa (FF), ki sem ju zvezal tako, da delujeta kot T (toggle) FF. Izhode obeh 74HC112 sem povezal preko prej omejenih zaščitnih diod na adresno/naslovene pine AD8-AD11. Ker so diode reverzno polarizirane, ko je stanje T FF na logični 1, ni toka v pine AD8-AD11 in zato ni nevarnosti uničenja čipa. Stanje ostane shranjeno (logična 0 ali 1) vse dokler imata čipa napajanje VCC.



Slika 34: JK flip-flop kot stikalo



Slika 35: Realiziran oddajnik



## 5.2 SPREJEMNIK

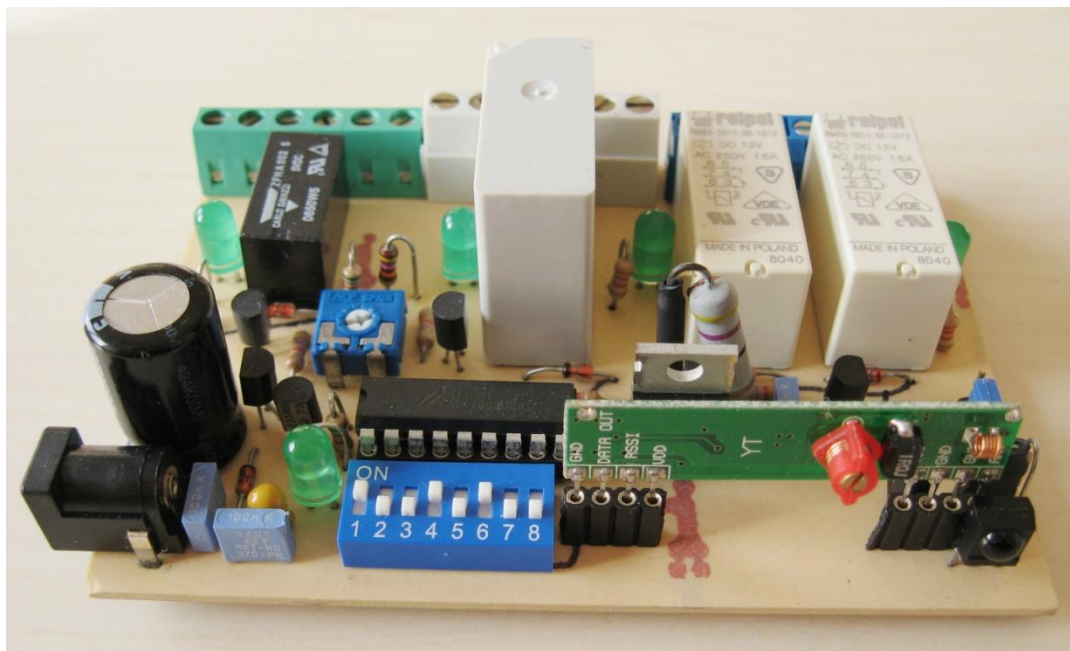
Za napajanje sprejemnega vezja poskrbimo z zunanjim napajalnim virom, ki poskrbi za 15V enosmerne napetosti. Lahko izberemo tudi višjo vhodno napetost, vendar bi se to manifestiralo le v nepotrebnih izgubah. Možno je izbrati tudi manjšo napetost, vendar ne manj od 12,7V. To pa zato, ker v vezju nastopa pozitivni 12V napetostni regulator L78L12, torej potrebuje minimalno 12V vhodne napetosti povišane za njegov minimalni padec 0,7V (zaradi *pn* spojev).

L78L12 mi omogoča krmiljenje treh relejev. Dva imata nazivno napetost 12V, eden pa 6V. S tem regulatorjem bi lahko verjetno napajal celotno vezje, pa ga nisem želel preobremenjevati, da se ne bi potem skozenj pretakali veliki tokovi in se po nepotrebem pregreval. Razbremenil sem ga tako, da sem v istem vezju dodal še 5V pozitivni napetostni regulator, ki mi služi za napajanje preostalega dela sprejemnika (t.j RF in IR sprejemnik, integrirano logiko HT12D in rele z nazivno napetostjo 5V).

Pri relejih je vzporedno vezana zaščitna dioda nujno potrebna. Ta prepreči nastanek prevelike inducirane napetosti zaradi navitja v releju in posledično uničenje tranzistorja, ki ga krmili. K vsakemu releju sem dodal po eno svetlečo LED diodo, ki služi kot indikator sklenjenih relejev.

Osrednje intergirano vezje HT12D sem tudi že opisal, zato mu bom posvetil le še nekaj stavkov. Omenil sem, da mora biti dekodirna frekvenca dekoderja približno enaka 50-kratni kodirni frekvenci enkoderja. Da se ne bi mučil z določenim uporom fiksne vrednosti, sem si olajšal nastavitve tako, da sem ga zamenjal z nastavljivim uporom (potenciometrom). Izkoristil sem tudi izhod VT (Valid Transmission) za prikazovanje uspešnega prenosa podatkov, s pomočjo LED diode. Če LED gori, se izvede vklop/izklop releja.

V vezju je selektivni jumper, s katerim izbiramo kateri sprejemni modul (RF ali IR) bo vklopljen.



Slika 36: Realiziran sprejemnik

## 6. PROBLEMI IN REŠITVE

Pri načrtovanju vezja sem bil kar nekajkrat v zagati in nemalokrat sem izgubil ure, da bi našel pravo rešitev. Naštel bom nekaj problemov in (možne) rešitve.

Med bolj motečimi problemi so bile tipke. Na začetku sem jih imel kar osem, torej dve tipki za en rele, kar je bilo zelo moteče (in nefunkcionalno). Nisem želel enofunkcijskih tipk, ki bi izvajala samo ON ali OFF operacijo, zato sem si zamislil uporabo T flip-flopa kot pomnilnik stanja oziroma kot ON/OFF stikalo. Tako sem se elegantno znebil štirih nepotrebnih tipk in ostalim štirim dodal večjo funkcionalnost. Malo več dela sem imel pri povezovanju večjega števila linij (zaradi uporabe dveh 16-pinskih JK FF - 74HC112) na PCB-ju, saj sem želel imeti enostransko vezje, a z veliko truda mi je tudi to uspelo realizirati.

Pri tipkah mi je nagajal še en problem, ki je zelo nepriljubljen v elektrotehniko, to je tako imenovani »voltage bounce« tipk oziroma preskoki napetosti pri pritisku tipke. V literaturi sem opazil vrsto rešitev in izbral tisto, ki na PCB plošči zasede najmanj prostora in najmanjše število elementov, hkrati pa dobro opravlja svoje delo. Za odpravo omenjenega problema sem k tipki vzporedno vezal kondenzator  $C = 100\text{nF}$  in nato zaporedno vezal upor  $R = 10\text{k}\Omega$  (slika 37). Časovna konstanta  $\tau$  je ravno prav velika, da preskoke izničimo in dovolj majhna, da lahko s tipko izvajamo dokaj hitre preklope izhodnih relejev.

Izračun konstante  $\tau$ :

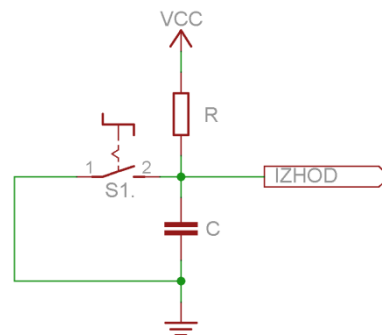
$$\tau = R \cdot C = 10\text{k}\Omega \cdot 100\text{nF} = 1\text{s}$$

Na oddajniku imam še vedno težave s signalom  $\overline{\text{TE}}$ , kajti ga z izdelanim vezjem ne morem prožiti skupaj s pritiskom ene izmed štirih tipk, ampak ga moram posebej. To ni ravno ugodno in mislim v prihodnosti to težavo rešiti.

Izdelano vezje je morda nekoliko preveliko, ker sem uporabil stara DIL ohišja integriranih vezij, ki so v primerjavi z današnjimi (SMD) tehnologijami močno predimenzionirana. Po drugi strani pa je bilo zato sestavljanje vezja toliko bolj enostavno.

Sprejemniku bi lahko dodal še kakšen ojačevalnik k RF in IR modulu ter tako povečal doseg signala na večjo razdaljo. Tega v vezje nisem vključil, ker je bilo tudi to vezje že preveliko in mi programski paket EAGLE (freeware različica) ni dovolil večje površine tiskanine. Sicer pa je vezje mišljeno za domačo uporabo, tako da nimam nobene potrebe po doseganju velikih razdalj.

Nekoliko bolj me moti dejstvo, da celoten projekt temelji na dveh čipih (HT12D, HT12E), ki za prenos in sprejem podatkov uporabljata fiksno kodirno in dekodirno kodo. Zato takšnega sistema ne bi želel uporabiti za krmiljenje garažnih vrat ali podobnih varnostnih aplikacij, ker bi se lahko kodo posnelo in repliciralo. Da bi se temu izognil in povečal varnost, sem želel že na začetku projekta realizirati psevdonaključni generator števil, ki bi z vsakim pritiskom na tipko zamenjal adresne naslove A0 do A7 tako na enkoderju kot tudi na dekoderju. Zadevo sem opustil in bi jo rad v prihodnje nadgradil z uporabo kakšnega mikroprocesorja, s katerim je lažje izvesti kakšen večopravilni sistem.



Slika 37: »Debounce« vezje

## 7. MERITVE

Ker je sprejemnik preko adapterja (iz omrežne izmenične napetosti  $U_{ef} = 230V$  na 15V enosmerne) fiksno na napajanju, se v meritve nisem podrobneje poglobljal. Zanimala me je predvsem tokovna poraba oddajnika, saj je zelo pomembno koliko časa bo baterija vzdržala svojo napetost, da bo vezje še pravilno delovalo.

Med izdelovanjem sem neprestano uporabljal eno in isto baterijo ter ugotovil, da vezje preneha pošiljati prave signale v trenutku, ko napetost baterije pade pod približno 9,5V. Glede napetosti bi to moralo zadostovati, vendar je bila očitno tokovna obremenitev prevelika. Ob pritisku na katerokoli tipko je napetost še bolj padla, kar je znak, da ni več zmožna posredovati potrebnega toka v vezje.

Nekateri izsledki so podani v spodnji tabeli. Izraz  $\overline{TE} = 1$  pomeni, da je prenos informacije preko RF/IR onemogočen ( $\overline{TE} = 0$  pomeni, da je prenos omogočen), izraz **Button = 0** pomeni, da nobena tipka za vklop/izkop ni pritisnjena (**Button = 1** pomeni, da je ena tipka pritisnjena):

	RF: $I_{RF}$ [mA]	IR: $I_{IR}$ [mA]
<b><math>\overline{TE} = 1</math>, Button = 0</b>	2,93	9,82
<b><math>\overline{TE} = 1</math>, Button = 1</b>	3,43	10,32
<b><math>\overline{TE} = 0</math>, Button = 0</b>	4,75 – 5,30	9,45 – 9,50
<b><math>\overline{TE} = 0</math>, Button = 1</b>	5,25 – 5,78	9,90 – 10,00

Tabela 1: Vrednosti tokov pri različnih parametrih

Iz zgornje tabele je takoj razvidno, da ima IR del vezja bistveno večjo tokovno porabo. Temu sledi, da je tudi potrošena moč veliko večja. Izračun minimalne in maksimalne porabljene moči na bateriji pri posameznem oddajnem mediju:

- RF:
  - min:  $P_{bat_{min}} = U_{bat} \cdot I_{RF_{min}} = 12V \cdot 2,93mA = 35,16mW$
  - max:  $P_{bat_{max}} = U_{bat} \cdot I_{RF_{max}} = 12V \cdot 5,78mA = 69,36mW$
- IR:
  - min:  $P_{bat_{min}} = U_{bat} \cdot I_{IR_{min}} = 12V \cdot 9,45mA = 113,4mW$
  - max:  $P_{bat_{max}} = U_{bat} \cdot I_{IR_{max}} = 12V \cdot 10,32mA = 123,84mW$

Opazna je velika razlika v porabi moči med obema sistemoma. IR porabi v mirovanju skoraj štirikrat več in pri pošiljanju signala skoraj dvakrat več moči kot RF del vezja.

## 8. ZAKLJUČEK

Ker je to moj prvi elektrotehniški izdelek in deluje kot sem si zamislil, sem nad doseženim zelo zadovoljen. Od same ideje do končne realizacije sem se skozi probleme veliko naučil in vem, da mi bo pridobljeno znanje še kako prav prišlo v prihodnje.

Zahvalil bi se rad še Laboratoriju za fotovoltaiiko in optoelektroniko, kjer so si vzeli čas in mi izdelali rezkano vezje.

## 9. VIRI

BOHM, Andrej. *Elektronika v domači delavnici 2*. Ljubljana. 2008.

KOCIJANČIČ, Slavko. *Elektronika 2*. Ljubljana. 2005.

AMON, Slavko. *Elektronske komponente, 1. izd.* Ljubljana. 1992.

### INTERNETNI VIRI:

[http://www.laipac.com/easy\\_434a\\_eng.htm](http://www.laipac.com/easy_434a_eng.htm)

<http://my.ece.ucsb.edu/bobsclass/2C/Labs/Lab%204x/Lab%204%20-%202C%202009.pdf>

[http://www.lkn.fe.uni-lj.si/vaje/gtk/GRADIVO/GTK\\_2\\_3.pdf](http://www.lkn.fe.uni-lj.si/vaje/gtk/GRADIVO/GTK_2_3.pdf)

<http://www.ele.uri.edu/Courses/ele436/labs/ASKnFSK.pdf>

[http://mitjab.homelinux.net:8080/~mitjab/Sola/VAJE/RKIM\\_ustni\\_in\\_pisni/Rokopis%20avdi\\_tornih%20vaj%20%28INF%29/modulacije.pdf](http://mitjab.homelinux.net:8080/~mitjab/Sola/VAJE/RKIM_ustni_in_pisni/Rokopis%20avdi_tornih%20vaj%20%28INF%29/modulacije.pdf)

[http://enel.ucalgary.ca/People/Sesay/ENEL\\_471/Amplitude\\_Modulation.pdf](http://enel.ucalgary.ca/People/Sesay/ENEL_471/Amplitude_Modulation.pdf)

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5965-7160E.pdf>

<http://www.complextoreal.com/chapters/>

<http://www.sbprojects.com/knowledge/ir/ir.htm>

[http://wireless.ictp.it/school\\_2006/lectures/Struzak/ChanModBas-ebook.pdf](http://wireless.ictp.it/school_2006/lectures/Struzak/ChanModBas-ebook.pdf)

<http://multyremotes.com/>

<http://www.cse.iitm.ac.in/~cs240/Mar12th.pdf>

[http://www.relic.9cy.com/Remote/Remote\\_control.html](http://www.relic.9cy.com/Remote/Remote_control.html)

<http://www.rentron.com/>

<http://www.robotroom.com>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Amplitude-shift\\_keying](http://en.wikipedia.org/wiki/Amplitude-shift_keying)

[http://www.pctechguide.com/61SerialComms\\_Modulation.htm](http://www.pctechguide.com/61SerialComms_Modulation.htm)

[http://e-learning.mfu.ac.th/mflu/1502231/main2/c1/AM\\_1.htm](http://e-learning.mfu.ac.th/mflu/1502231/main2/c1/AM_1.htm)

<http://cbdd.wsu.edu/kewlcontent/cdoutput/TR502/page47.htm>

## 10. KOSOVNICA

### 10.1 ODDAJNIK

B1	baterija 12V
C1	22,5 $\mu$ F (tantal)
C2	1nF
C3 – C8	100 nF
D1 – D6	1N4148
D7, D8	TSHA5201
J1, J2	jumper/tipka
J3	jumper/stikalo
P1	10 k $\Omega$
R1-R5	10 k $\Omega$
Q1	BC337

R6	1 M $\Omega$
R7	1 k $\Omega$
R8	4,7 k $\Omega$
R9	10 $\Omega$ (optional)
S1	8 DIP switch
S2-S5	micro switch
U1	HT12E
U2	SE555N
U3,U4	74112N
U5	LM78L05
U6	TLP 434A

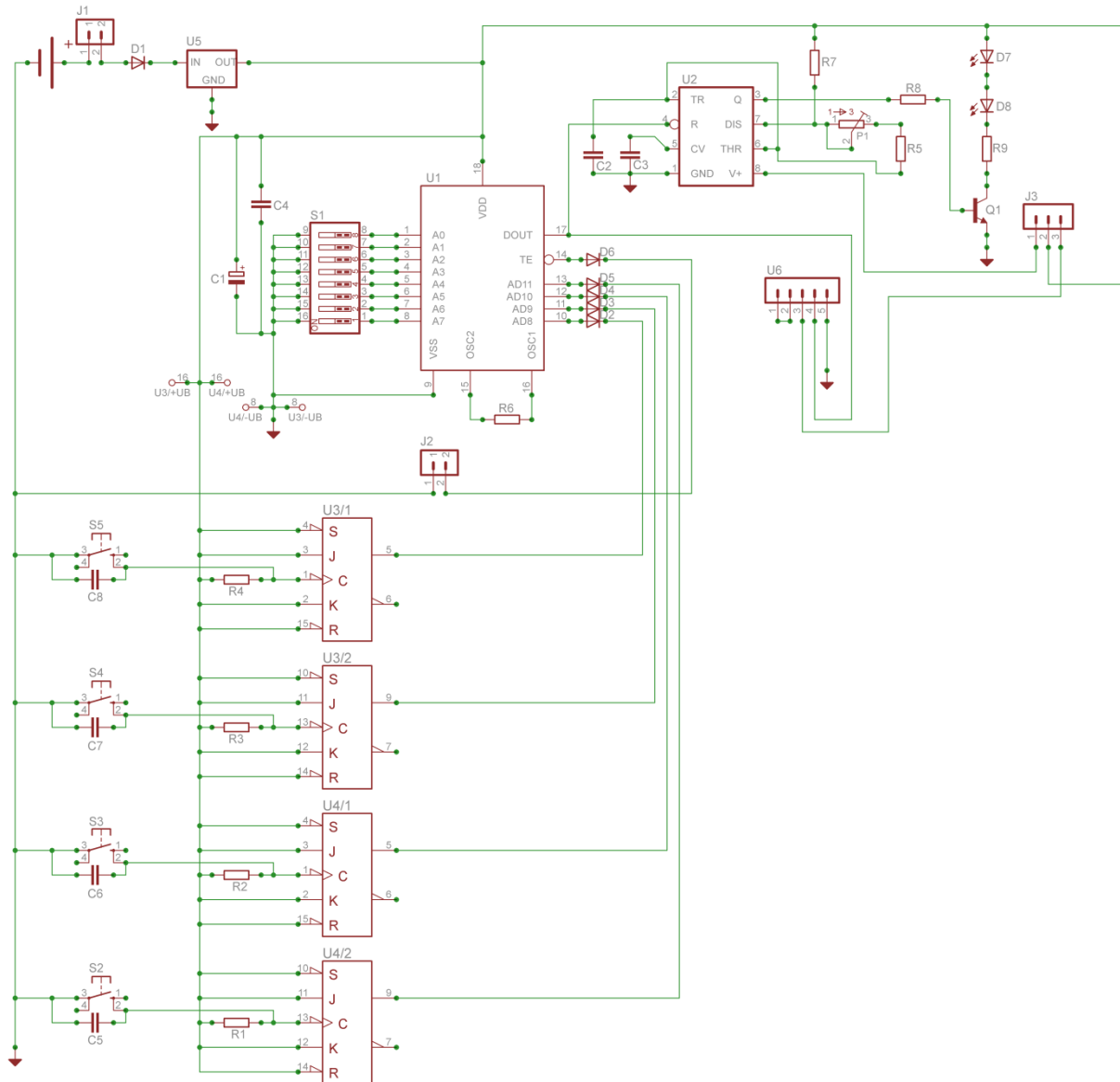
### 10.2 SPREJEMNIK

C1	470 $\mu$ F (elektrolit)
C2, C4, C6	100 nF
C3, C5	4,7 $\mu$ F (tantal)
D1 – D5	1N4148
D6 – D10	LTL-4236N
J1	DCJ121
JP1	jumper
K1, K2	RM85-2011-35-1012 (DC 12V)
K3	TRM3013 (DC 6V)
K4	ZFHA0025 (DC 5V)
PI	110 k $\Omega$
Q1 – Q6	BC337
R1, R2	2,2 k $\Omega$

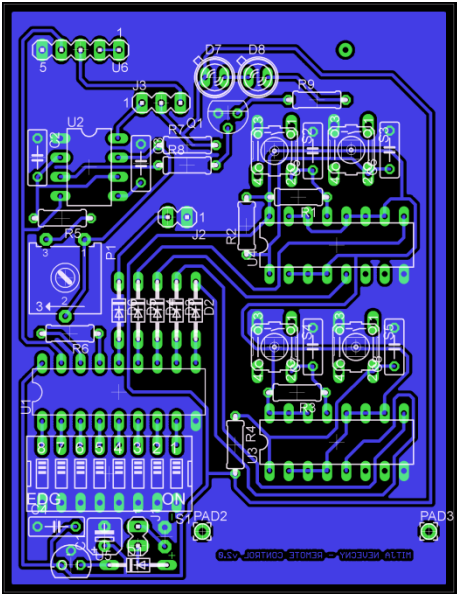
R3	560 $\Omega$
R4, R12	1 k $\Omega$
R5	47 $\Omega$
R6 – R10	4,7 k $\Omega$
R11	6,8 k $\Omega$
R13	2 k $\Omega$
R 14	10 k $\Omega$
S1	8 DIP switch
U1	HT12D
U2	RLP 434
U3	TSOP34838
U4	L78L05
U5	L78L12

## 11. VEZJE

### 11.1 SHEMA IN TISKANO VEZJE ODDAJNIKA



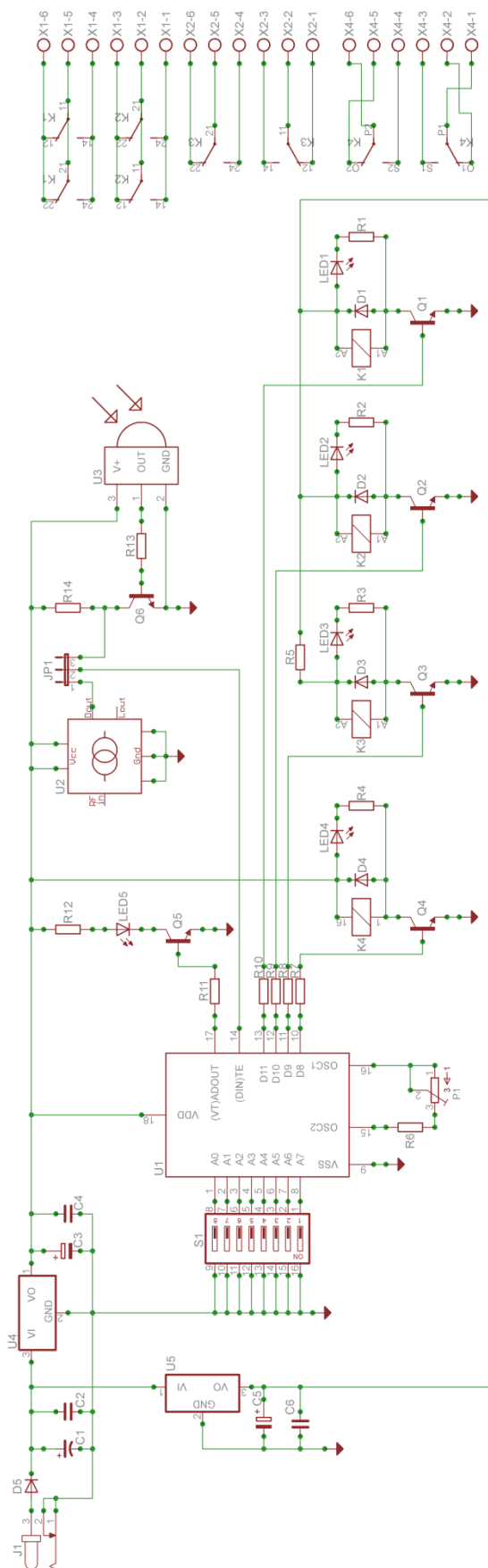
Slika 38: Shema oddajnega vezja



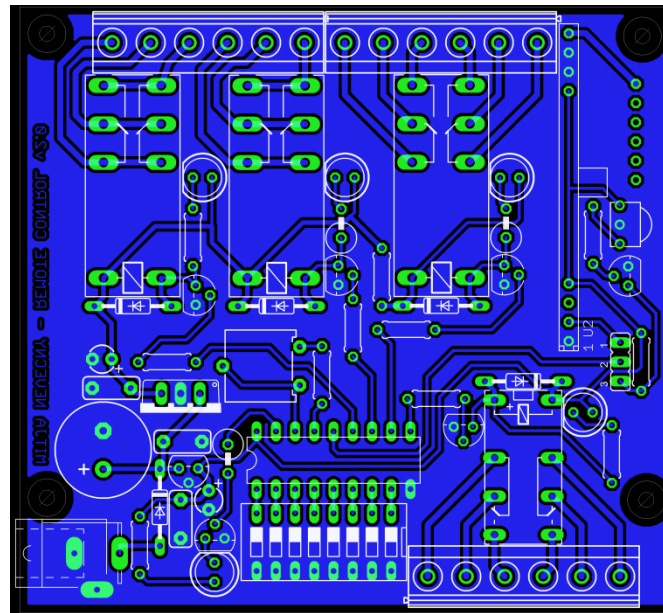
Slika 41: Vezje oddajnika



11.2 SHEMA IN TISKANO VEZJE SPREJEMNIKA



Slika 40: Shema sprejemnega vezja



Slika 41: Vezje sprejemika