

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

Uroš Končnik

Kodna ključavnica s serijskim RF prenosom

Seminarska naloga

pri predmetu
Elektronska vezja

V Ljubljani, junij 2005

1	UVOD	3
2	OPIS DELOVANJA VEZJA	4
2.1	ODDAJNA ENOTA	5
2.1.1	<i>Tipkovnica</i>	5
2.1.2	<i>LED osvetlitev tipkovnice</i>	5
2.1.3	<i>Komunikacija z uporabnikom</i>	5
2.1.4	<i>RF oddajnik</i>	5
2.1.5	<i>Napajanje tipkovnice in reset vezje</i>	5
2.1.6	<i>Ostalo</i>	6
2.2	RELE ENOTA	6
2.2.1	<i>Napajalnik</i>	6
2.2.2	<i>RF sprejemnik</i>	6
2.2.3	<i>Rele</i>	6
2.2.4	<i>Ostalo</i>	6
2.3	PROGRAMSKA KODA	7
2.4	FUNKCIONALNOST NA RAVNI UPORABNIKA	7
2.5	ANALIZA DELOVANJA	7
2.6	IZMERJENE KARAKTERISTIKE	7
3	ZAKLJUČEK	8
3.1	TESTIRANJE DELOVANJA	8
3.2	MOŽNE RAZŠIRITVE	8
3.3	TEŽAVE IN POMANJKLJIVOSTI	8
4	VIRI	9
4.1	PRILOGE	9

1 Uvod

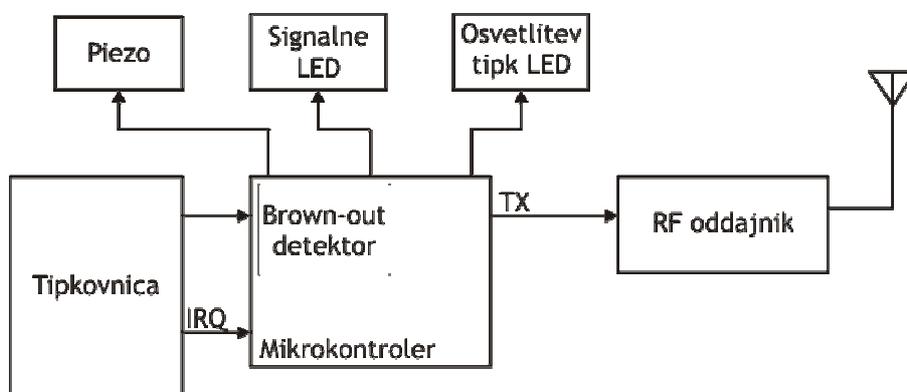
Temo te seminarske naloge sem si izbral čisto iz domačih potreb. Gre za odpiranje vhodnih vrat hiše, ki se na zunaj odpirajo samo s ključem. Zaradi možnih nevšečnosti, ki jih lahko povzroči kratek izhod iz hiše v kombinaciji z ravno pravim preprihom, ki zapre vrata in te tako pusti pred vrati lastne hiše, sem se odločil, da temu naredim konec.

Treba bo narediti tipkovnico, ki bo reagirala na pravo kodo in odprla vrata s pomočjo notranje enote. Cela naprava bo morala biti kar se da zaščiten pred nepridipravi in robustna. Za lažjo montažo in drugih omejitev pa bo najboljše, če bo komunikacija brezžična in sicer RF, ker je med enotama ovira (zid), tako da IR povezava odpade.

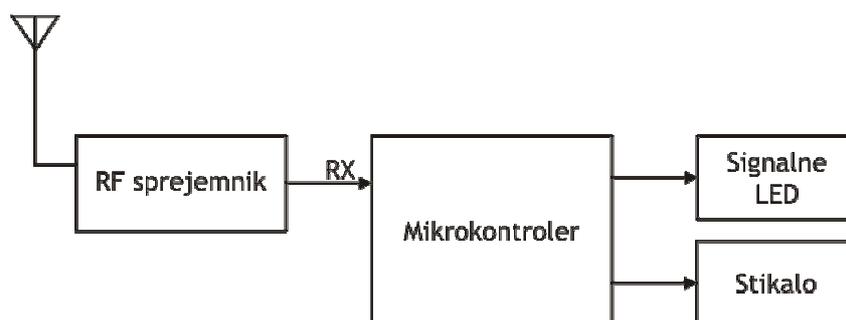
2 Opis delovanja vezja

Naprava je sestavljena iz dveh delov, tipkovnice in enote, ki skrbi za odpiranje (proženje releja). Med njima poteka serijska komunikacija, kar pomeni, da vsaka enota potrebuje svoj mikrokontroler. Ker zaradi (lastnih) finančnih omejitev projekta RF komunikacija poteka kot simplex, tj. samo v eno smer, bo glavna enota oddajnik (tipkovnica), sprejemnik pa bo pomožna enota.

Mikrokontroler v tipkovnici skrbi za branje tipkovnice, preverjanje kode, vnos nove kode in generiranje (kodiranje) RF signala. Sprejemnik pa je preprost, saj samo dekodira sprejet signal in sproži rele za določen čas.



Slika 1: Blokovna shema oddajne enote (tipkovnice)



Slika 2: Blokovna shema sprejemne enote

2.1 Oddajna enota

Tipkovnica in oddajna enota sta nameščeni na istem tiskanem vezju, saj vse opravlja en mikrokontroler. Vse oznake v sledečih poglavjih se nanašajo na shemo 1.

2.1.1 Tipkovnica

Tipkovnica je priključena standardno kot matrica 3x4 za 12 tipk. Posebnost je le, da so vrstice preko zapornih diod vezane na vhod zunanje prekinitve. S tem dosežemo, da tipkovnica prebudi mikrokontroler iz spanja. Vezje deluje na baterije in mora biti kar se da varčno z energijo, tako da MCU ves čas spi, razen ob pritisku na tipko, ko izvede potrebno kodo in zopet zaspi. Tipkovnico sestavljajo tipke S1..S12 ter diode D1..D4 (glej shemo).

2.1.2 LED osvetlitev tipkovnice

Tipkovnica ima tudi osvetlitev, ki je preprosto realizirana s NPN tranzistorjem, ki ga krmili pin MCU. Osvetlitev predstavljajo upori R8..R14, diode LED3..LED8 ter tranzistor Q6.

2.1.3 Komunikacija z uporabnikom

Komunikacija se vrši preko dveh LED, ene rdeče in ene zelene (LED1 in LED2), ki sta vezane preko dveh omejitvenih uporov (R2 in R6) na napajanje. Krmilimo ju s PD5 in PD3. Poleg LED signalizacije naprava omogoča tudi zvočno signalizacijo preko piezo piskača PB1, ki je preko tranzistorja Q5 in upora R7 vezan na pin PD6.

2.1.4 RF oddajnik

Oddajnik je kupljen kot sestavljen modul, ki deluje na ASK modulaciji na frekvenci 433.92 Mhz. Proizvajalec modulov je podjetje Laipac, modul pa nosi oznako TLP434A. Ima 4 pine: GND, Data In, Vcc, ANT. Na Data In pin modula iz UARTA(TXD pin) pripeljemo signal, ki ga modul primerno modulira in pošlje kot RF signal preko antene na ANT priključku. Vsi ostali podatki so v prilogi na koncu gradiva.

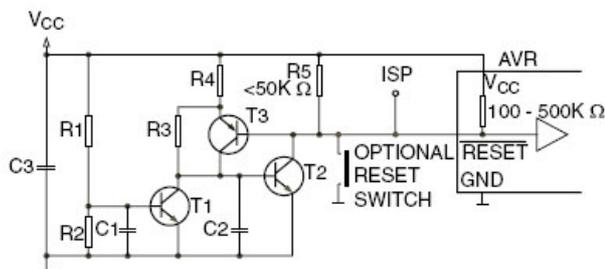
2.1.5 Napajanje tipkovnice in reset vezje

Napajanje je baterija in sicer 4 baterije velikosti AAA, ki dajo skupno 6 V napajalne napetosti. AT90S2313 ima minimalno napajalno napetost deklarirano na 4 V.

Pod to napetostjo pa MCU ne ugasne, ampak se lahko pojavijo nepredvideni efekti, ki zadevajo predvsem vpis v EEPROM. To pa lahko uniči mikrokontroler ali pa vsaj prekine potek software-a in naprava neha delovati. Da se zavarujemo pred tem fenomenom, je treba poskrbeti, da se bo MCU pod določeno Vcc napetostjo resetiral in ostal v resetu. Za to na poskrbi t.i. BOD (brown-out detector) vezje, ki ga imajo novejši mikrokontrolerji že integriranega, AT90S2313 pa še ne.

Zaradi slabe založenosti naših trgovin nisem uspel dobiti 4 V reset control vezja. Zato sem bil prisiljen v lastno izdelavo z diskretnimi elementi. V shemi ga sestavljajo tranzistorji Q1, Q3 in Q4 in upori R1, R2_*, R3 in R4. Vezje je povzeto

po Atmel application note-u št. 180 (http://www.atmel.com/dyn/resource/s/prod_documents/DOC1051.PDF) in deluje za napetost 4.2V (izračun po formuli iz application note). Vezje je bilo izmerjeno in delovanje ustreza izračunu.



2.1.6 Ostalo

Na vezju je še konektor, ki omogoča programiranje mikrokontrolerja po standardu ISP10, kvarčni oscilator X1, ki deluje na 3.6864 Mhz s pripadajočima kondenzatorjema C3 in C4 ter elektrolitski kondenzator C7 za morebitne krajše izpade napajanja.

2.2 Rele enota

2.2.1 Napajalnik

Napajanje rele enote je mišljeno iz 12V transformatorja, ki se uporablja tudi za elektromagnetni odpiralnik vrat, zato vsebuje usmernik (diode D2..D5), gladilni kondenzator C6, filterski kondenzator C3 in napetostni stabilizator za 5V(IC2).

2.2.2 RF sprejemnik

Sprejemnik je od istega proizvajalca kot oddajnik, tj. Laipac. Razumljivo deluje na isti frekvenci 433.92 Mhz. Oznaka sprejemnika je RLP434A. Izhod Data Out vrača serijsko bite po CMOS napetostnih standardih in je tako primeren za direktno vezavo v MCU. Vsi ostali podatki o sprejemniku so v prilogi na koncu gradiva.

2.2.3 Rele

Rele krmilimo preko NPN tranzistorja T1 in upora R3 iz PB2 pina MCU. Tuljavica pri releju reagira na napetosti od 12-22V, zato s tranzistorjem preklapljam nestabilizirano napetost 16V. Dioda D1 skrbi za napetostne špice, ki jih povzroča induktivnost tuljavice v releju ob preklopu.

2.2.4 Ostalo

Na PB0 pin je z uporom R4 priključena LED2. Vezje je narejeno še za možno razširitev na še eno LED (LED1). V tem primeru bi se LED1 in LED2 krmilili z enim pinom s pomočjo tri-state logike.

Tudi na ta AT90S2323 je priključen kvarc X1 enake frekvence 3.6864Mhz. Reset pri tem vezju ni kritičen in je vezan preko pull-up upora R1 na napajanje.

2.3 Programska koda

Celotna programska oprema projekta je bila napisana v zbirnem jeziku v programskem okolju Atmel AVR Studio 4. Opis programske kode ni podan v tej seminarski, je pa na voljo za ogled.

2.4 Funkcionalnost na ravni uporabnika

Za lažje razumevanje je najprej potrebno opisati funkcije in delovanje same naprave.

Osnovna funkcija je vnos kode, ki ne potrebuje po končanem vnosu potrditve, ampak naprava sama zazna končanje kode. Ponuja signalizacijo s piski, ki se da izklopiti/vklopiti z dvema zaporednima pritiskoma na tipko P in z dvema LED (zelena in rdeča). Če se vnos prekine, se po cca. 3 sekundah naprava resetira in vnos je treba ponoviti od začetka. Po petih napačnih vnosih se naprava blokira in ne pusti več vnašanja kod. Odklep je možen z vnosom servisne kode. Poleg tega ponuja tudi osvetlitev tipkovnice, ki se vklopi/izklopi s pritiskom na tipko L.

Naprava ima tudi servisni način, kjer se lahko programira novo kodo. Vstop v ta način se izvede s pritiskom na tipko P in vnosom posebne servisne kode (PUK). Pravilen vstop v servisni način se signalizira z obema LED, ki svetita istočasno. V tem načinu se vtiska nova koda, vpis v EEPROM pa se potrdi s pritiskom na tipko P oz. prekliče s pritiskom na tipko L.

2.5 Analiza delovanja

Vežje je skoraj v celoti digitalno, tako da je delovanje povsem v skladu s pričakovanji in izračuni. Edini »analogni« del vezja je brown-out detektor, ki pa je bil pred končno izdelavo v SMD tehniki preizkušen na proto-plošči.

2.6 Izmerjene karakteristike

Oddajna enota (napetosti in tokovi so enosmerne vrednosti)			
Napajalna napetost (4 baterijske celice AAA):		4.2 - 6	V
Reset napetost (brown-out detektor):		4.2	V
Tok: (max. vrednost) (U _{cc} =6V)	Mirovanje:	<1	μA
	Delovanje (LED osvetljava):	56	mA
	Delovanje (brez osvetljave):	13	mA

Sprejemna enota (napetosti in tokovi so efektivne vrednosti za 50Hz)			
Napajalna napetost (izmenična):		12	~V
Domet sprejemnika (40 cm antena):		~10	m
Čas sklenjenih kontaktov:		~1.5	s
Tok:	Mirovanje:	21.5	mA
	Delovanje:	50	mA

3 Zaključek

Izdelava tega projekta je v začetku potekala kar hitro, vendar se je razvoj malo upočasnjal, ko je bilo treba ugotoviti nek pameten način kodiranja. Še največ težav je povzročala RF komunikacija, saj za razliko od žičnate povezave modul kar naprej nekaj sprejema. Največji izziv je bil, kako s programsko opremo filtrirati sprejem, da bo vezje reagiralo samo na en značilen paket podatkov. Programska oprema za sprejemnik je tako doživela en popolnoma nov začetek in drugačen pristop k reševanju.

3.1 Testiranje delovanja

Zanesljivost sprejemnika je bila preizkušena s približno 18-urnim neprestanim delovanjem. Sprejemnik je uspešno filtriral RF sprejete bajte in ni nikoli pomotoma prožil releja, kar bi bilo hudo neprimerno za delovanje in funkcionalnost kodne ključavnice. Sprejemno vezje brez antene sprejema iz razdalje do dveh metrov. Ob primerni dodani anteni se doomet poveča na cca. 10m z ovirami (preizkušeno).

3.2 Možne razširitve

Vezje ponuja še veliko možnosti za razširitve. AT90S2313 v tipkovnici je trenutno cca. 50 % zaseden, AT90S2323 v rele enoti pa okoli 40%. Trije bajti namenjeni za ukaz omogočajo veliko različnih možnosti uporabe. Programsko opremo bi se z malo modifikacije dalo prilagoditi, da bi sprejemala več kod od večih uporabnikov. Trenutna oblika sprejemnega vezja je namenjena enemu releju in ima možnost vgradnje tihega alarma(preko LED oz. krmilnega CMOS signala), ki pa trenutno ni realiziran v programski kodi. Alarm bi se lahko sprožil v primeru zaklepa tipkovnice ob večkratnem napačnem vnosu kode. Še dodaten varnostni ukrep bi bil, da bi kodirali vsebino EEPROMa.

3.3 Težave in pomanjkljivosti

Edina varnostna slabost vezja trenutno je t.i. fingerprint toka, ki omogoča s primerno opremo, da zunanji detektor zazna potek programske kode za napačen vnos preko porabe MCU in prekine napajanje še preden se poveča LOCK števec v EEPROMu. V tem primeru bi se dalo kodo vnašati v nedogled. Dekodiranje serijskega prenosa je mogoče samo z disasemblerjem programske opreme. Prav tako mikrokontrolerja še nista zaklenjena za branje. Ker bo naprava montirana in uporabljena za vstop v hišo, bo šel razvoj programske opreme v smer reševanja teh problemov.

V nadaljevanju sledi še spisek virov, kosovnica, elektronska shema ter slika obeh tiskanih vezij skupaj z montažnima shemama. Elektronski shemi in tiskani vezji sta bili narejeni v programskem paketu EAGLE.

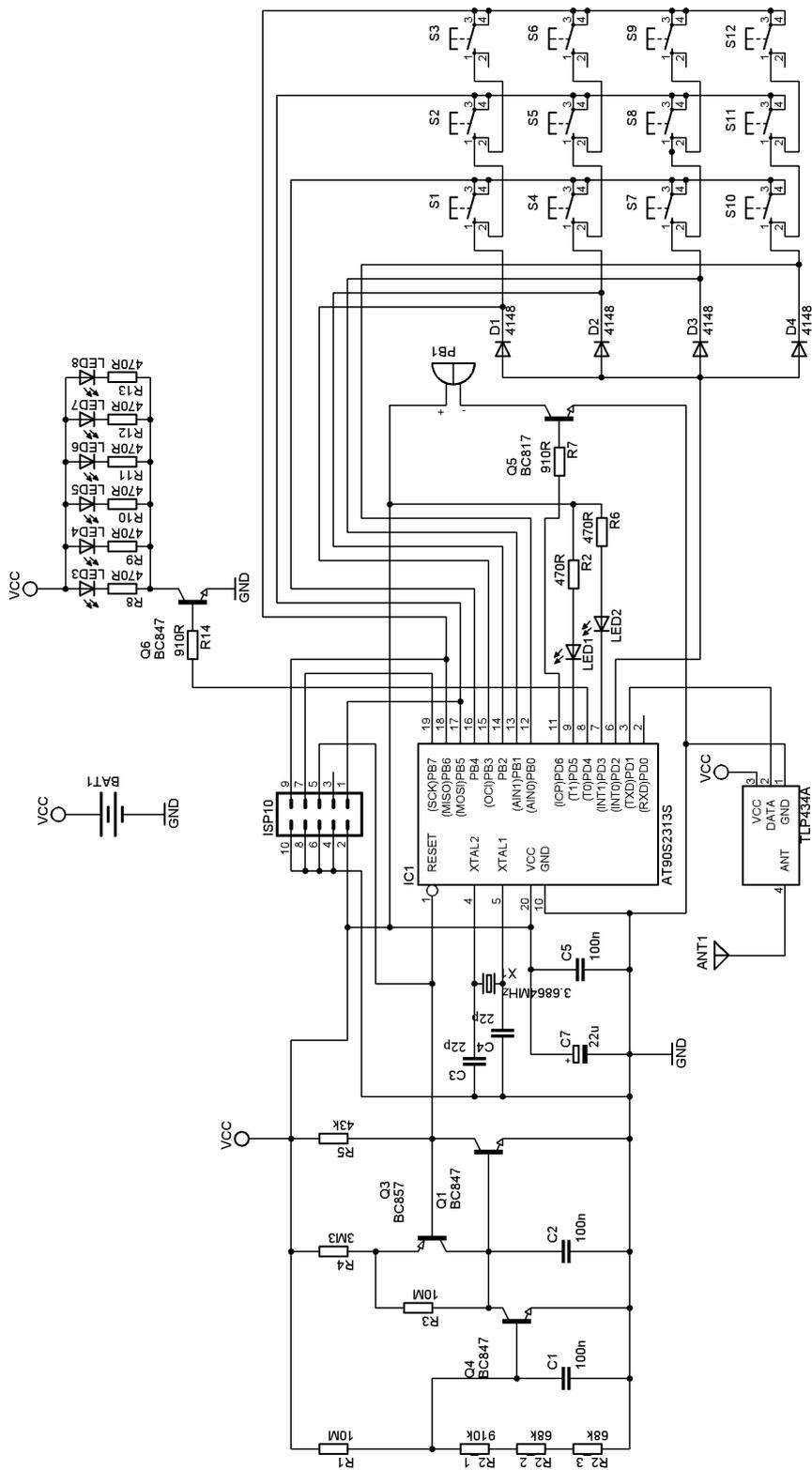
4 Viri

- Atmel AVR AT90S2313 Datasheet PDF:
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/DOC0839.PDF
- Atmel AVR AT90S2323 Datasheet PDF:
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/DOC0839.PDF
- Atmel Application Note AVR180:
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/DOC1051.PDF
- Atmel Application Note AVR304:
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/DOC0941.PDF
- Atmel AVR Instruction Set:
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/DOC0856.PDF
- Laipac TLP434A & RLP434A RF ASK Hybrid Modules Datasheet:
<http://www.laipac.com/Downloads/Easy/TLPRLP434A.pdf>

4.1 Priloge

- dokumentacija Laipac RF modulov
- skrajšana oblika dokumentacije obeh mikrokontrolerjev
- shematska načrta obeh vezij
- kosovnice
- montažna shema, tiskano vezje

Priloga 1: Shema oddajnega dela:



Kosovnice

Kosovnica za tipkovnico/oddajno enoto

oznaka	Opis	ohišje	kom
BAT1	Nosilec 4AAA baterij		1
C1, C2, C5	100nF	SMD1206	3
C3, C4	22pF	SMD1206	2
C7 oz. C6	22uF, 6.3V	elektrolit	1
D1..D4	4148	Mini-melf	4
IC1	AT90S2313	SMD SOIC20	1
ISP10	2x5 pin letvica	MA05-2	1
LED1	Rdeča LED	SMD1206	1
LED2	Zelena LED	SMD1206	1
LED3..LED8	Rumena LED	SMD1206	6
PB1	Pasivni piezo	5V	1
Q1, Q4	NPN BC847	SOT23	1
Q3	PNP BC857	SOT23	1
Q5, Q6	NPN BC817	SOT23	1
R1, R3	10M	SMD1206	2
R2, R6, R8..R13	470R	SMD1206	8
R2_1	910k	SMD1206	1
R2_2, R2_3	68k	SMD1206	2
R4	3M3	SMD1206	1
R5	43k	SMD1206	1
R7, R14	910R	SMD1206	2
S1..S12	Tipka	12x12mm	12
TLP434A	LAIPAC 433.92Mhz transmitter	TLP434A	1
X1	3.6864 MHZ	HC49U	1

Tabela 1: Kosovnica za tipkovnico/oddajno enoto

Kosovnica za rele enoto/sprejemnik

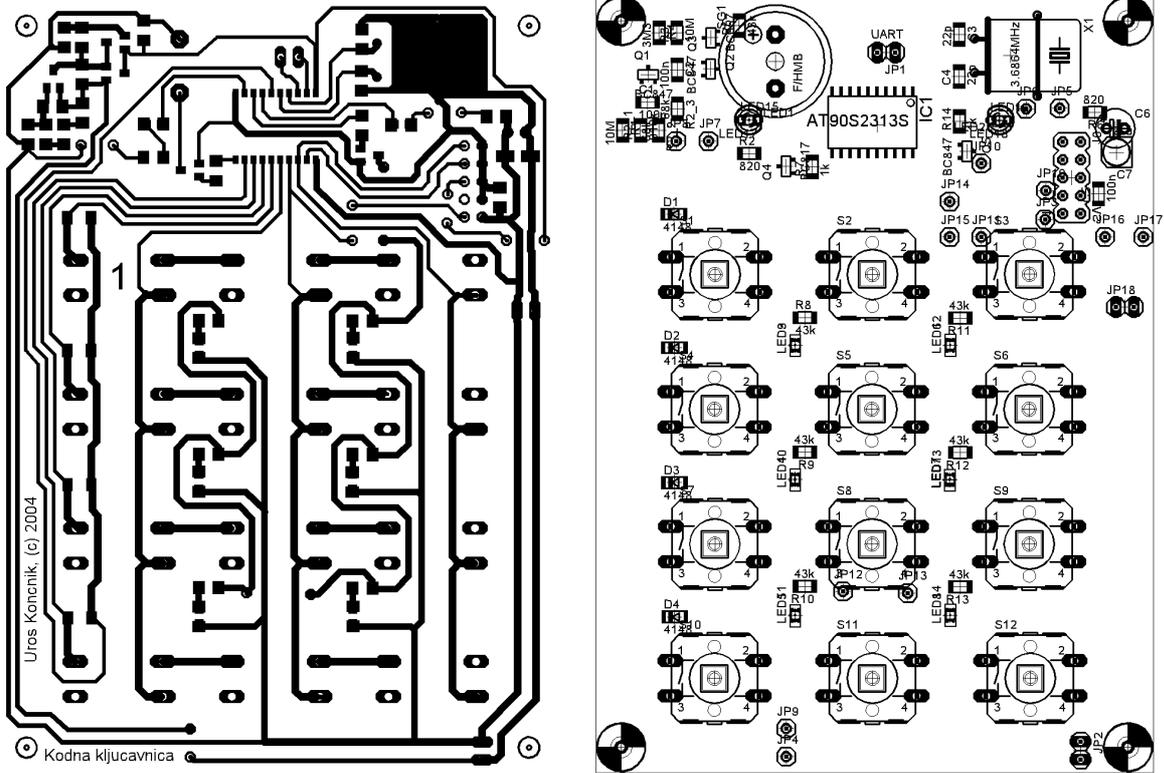
oznaka	opis	ohišje	kom
C1, C2	18pF	SMD1206	2
C3, C4	100n	SMD1206	2
C6	100u, 25 v	elektrolit	1
D1..D5	1N4148	Mini-melf	5
IC1	AT90S2323	DIL08	1
IC2	7805	TO220	1
LED2	Zelena LED	LED 3MM	1
Q1	3.6864 MHZ	HC49S	1
R1	43k	SMD1206	1
R3	910R	SMD1206	1
R4	470R	SMD1206	1
T1	BC817	SOT23	1
Rele1	Iskra TRK1203		1
RLP434A	LAIPAC 433.92Mhz receiver	RLP434A	1

Tabela 2: Kosovnica za rele enoto/sprejemnik

Tiskana vezja in montažne sheme

Opomba: Vse slike so gledane s strani bakra. Trough-hole elementi so montirani na strani brez bakra z izjemo tipk pri tipkovnici.

Tipkovnica/oddajnik



Oddajni modul je montiran naknadno na UART konektor (glej pinout oddajnika v prilogi).

Rele enota/sprejemnik

