

Navodilo za sestavljanje QUAX

krmilnika za brezkrtačne motorje

Izdelal: Primož LEMUT

Datum: 7.2.2005

Verzija: 0.3

Datum	Izdelal	Verzija	Spisek sprememb
25.1.2005	Primož LEMUT	0.1	Začetna verzija, postopek do preizkusa BEC
30.1.2005	Primož LEMUT	0.2	Dodan postopek do vgradnje mikrokrmilnika
7.2.2005	Primož LEMUT	0.3	Dodan postopek do zaključka in preizkusa

KAZALO

1.	Pred sestavljanjem.....	3
2.	Uporabljeno orodje in pripomočki	4
3.	Kosovnica.....	5
4.	Postopek sestavljanja in vmesni preizkusi	6
4.1.	Pregled in čiščenje tiskanega vezja	6
4.2.	Spajkanje uporov, kondenzatorjev, LED, diode, resonatorja in napetostnega regulatorja ..	6
4.3.	Preizkus BEC	14
4.4.	Spajkanje hrmilnih NPN tranzistorjev in preizkus napetosti vrat FET-ov.....	16
4.5.	Spajkanje primerjalnika LM339 in preizkus.....	18
4.6.	Spajkanje FET-ov in preizkus	19
4.7.	Spajkanje mikrokrmilnika	21
4.8.	Spajkanje zaključnih elementov	22
5.	Končni preizkusi	24
5.1.	Preizkus brez bremena	24
5.2.	Preizkus z malim bremenom	24
5.3.	Preizkus s polnim bremenom	25

1. Pred sestavljanjem

Za sestavljanje krmilnika za pogon brezkrtačnih modelarskih motorjev do nazivnega toka 8A se predvideva, da oseba, ki prične s sestavljanjem, pozna osnovne zakonitosti elektrotehnike ter pozna tehnologijo sestavljanja vezij z SMD elementi.

Za sestavljanje je potrebno upoštevati ukrepe, ki zagotavljajo varnost pri priključitvi virov male napetosti z visoko tokovno zmogljivostjo. Oseba, ki sestavlja, preizkuša, vgradi in uporablja izdelan krmilnik prevzame v celoti odgovornost za morebitne nastalo škodo na svojih ali tujih predmetih ter za poškodbe, zadane sebi ali tretjim osebam.

Za preprečitev uničenja elementov zaradi elektrostaticnih razelektritev (ESD) je priporočljivo upoštevati ukrepe za preprečitev ESD (materiali na tleh in delovni površini, obleka, razelektritvena priključitev delovne površine, orodja in sebe).

Pred vsakim preizkusom temeljito pregledamo vezje in se prepričamo, da smo vse elemente kvalitetno prispajkali na pravo mesto s pravo postavitvijo ter da ni morebitnih kratkih stikov med bližnjimi elementi.

2. Uporabljeno orodje in pripomočki

- Spajkalnik 25-60W, najbolje s temperaturno regulacijo in konico, primerno za spajkanje SMD elementov
- Spajka v žici, debeline največ 0.5mm, priporočena sestava Sn60PB38Cu2 ali Sn60PB38Ag2 (Stannol HS 10, Alpha-Fry Technologies FLUITIN 1532, ...)
- Odsvajkovalna pletenica 2.5mm
- Pinceta za prijemanje SMD elementov
- Denaturirani alkohol za čiščenje
- Povečevalno steklo ali laboratorijska luč s povečevalnim steklom

3. Kosovnica

ohišje	vrednost/koda	količina/ shema	pakirano v KIT	EM	Oznaka na elementu
SMD0805	100E 5%	3	4	kos	101
SMD0805	680E 5%	3	4	kos	681
SMD0805	2K2 1%	9	11	kos	2201
SMD0805	10K 1%	11	14	kos	1002
SMD0805	20K 1%	7	9	kos	2002
SMD0805	22K 1%	0	1	kos	2202
SMD0805	24K3 1%	0	1	kos	2432
SMD0805	33K 1%	0	1	kos	3302
SMD0805	36K, 1%	0	1	kos	3602
SMD0805	47K 5%	7	9	kos	4702
SMD0805	100nF 25V	2	2	kos	-
SMD-B	10uF/10V	1	1	kos	106
axial	100u/25V	1	1	kos	orig.
SMD0805	LED green KPT-2012 SGC	1	1	kos	-
SMD0805	LED red KP-2012 EC	1	1	kos	-
SOD80	BAS85	1	1	kos	-
DPAK	L4941BDT	1	1	kos	4941B
SOIC 20	AT90S2313-10SI	1	1	kos	orig.
SO8	LM339D	1	1	kos	orig.
SOT23	BC847	3	3	kos	1F
SO8	SI4425P	3	3	kos	4425
SO8	IRF7455	3	3	kos	F7455
DIL	header 20 female	0,3	0,3	kos	-
custom	CSTCC_G8M00	1	1	kos	800Ct
	TIV	1	1	kos	-
	kabelček R/C	1	1	kos	-
	termoskrčka 37 mm	0,12	0,12	m	-
	kabel 1.5mm2-rdeč	0,4	0,4	m	-
	kabel 1.5mm2-črn	0,1	0,1	m	-

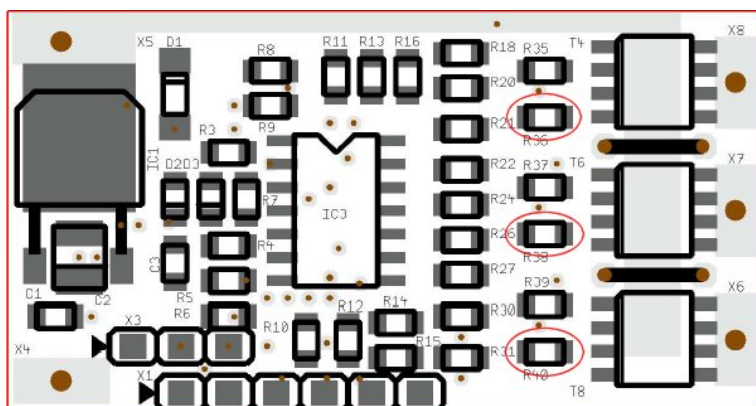
4. Postopek sestavljanja in vmesni preizkusi

4.1. Pregled in čiščenje tiskanega vezja

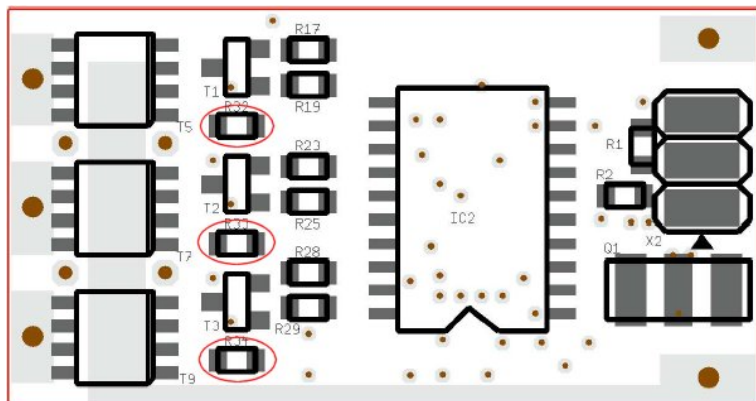
Pred začetkom sestavljanja pod povečevalnim steklom pregledamo, da ni vidnih napak (kratkih stikov ali prekinitev) na tiskanem vezju. Vezje na obeh straneh pred spajkanjem razmastimo s čistilnim alkoholom in pustimo, da se posuši. Na ta način bo spajkljivost še nekoliko izboljšana oz. zmanjšana možnost »mrzlih« spojev.

4.2. Spajkanje uporov, kondenzatorjev, LED, diode, resonatorja in napetostnega regulatorja

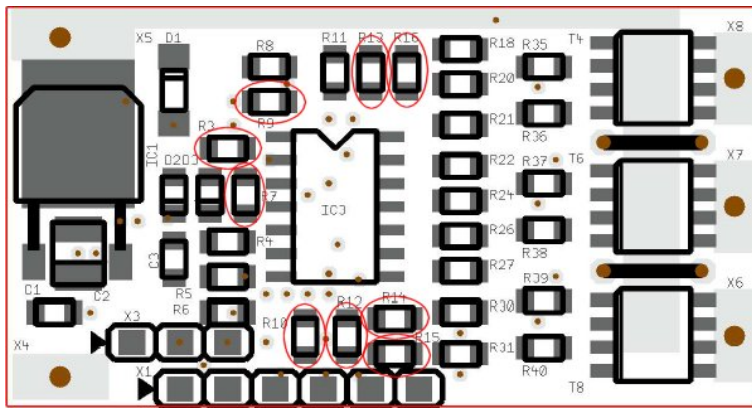
Priporočljivo je, da sestavljanje izvedemo po vrsti, kot je zapisano v tem dokumentu. Na ta način s bomo izognili nedostopnosti posameznih elementov, ki jih zakrivajo drugi elementi. Sestavljanje začnemo z najnižjimi elementi – SMD upori in kondenzatorji velikosti 0805.



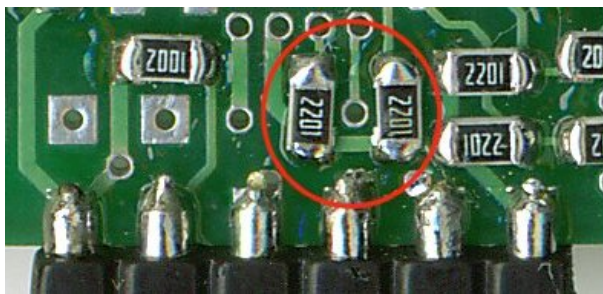
Slika 1. Postavitev uporov 100R



Slika 2. Postavitev uporov 680R na zgornji strani

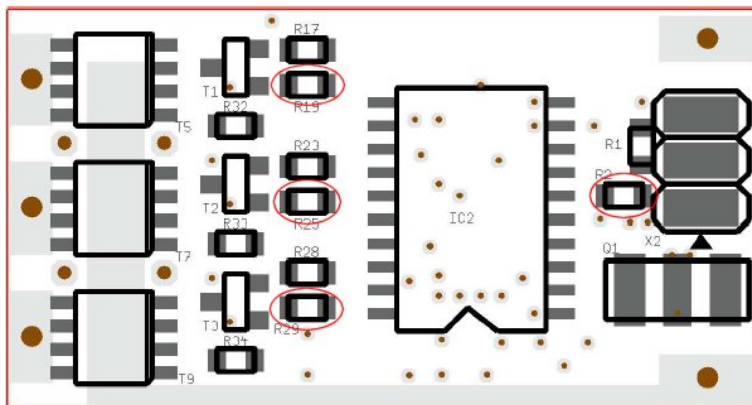


Slika 3. Postavitve uporov 2K2

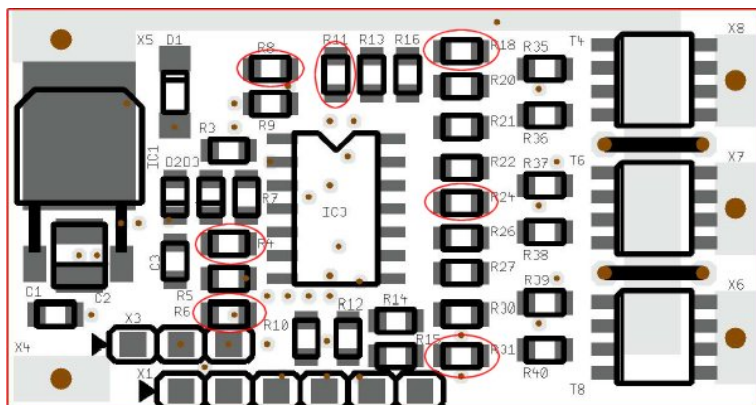


Slika 4. Via med uporoma 2K2

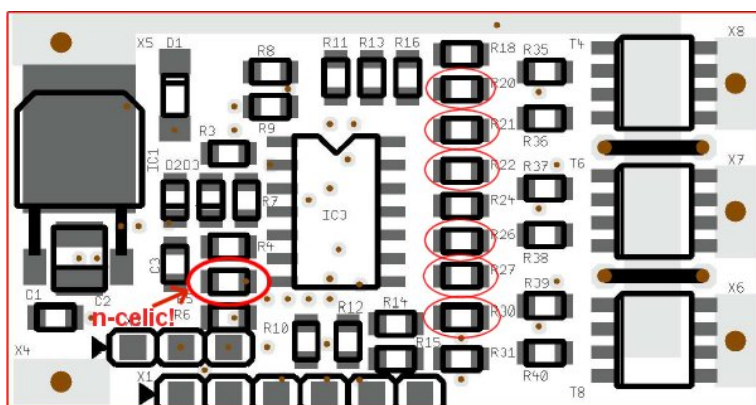
Med uporoma 2K2 se nahaja via. Pri spajkanju pazimo, da upora nimata stika z vio, zato ju malenkost razmaknemo.



Slika 5. Postavitve uporov 10K na zgornji strani



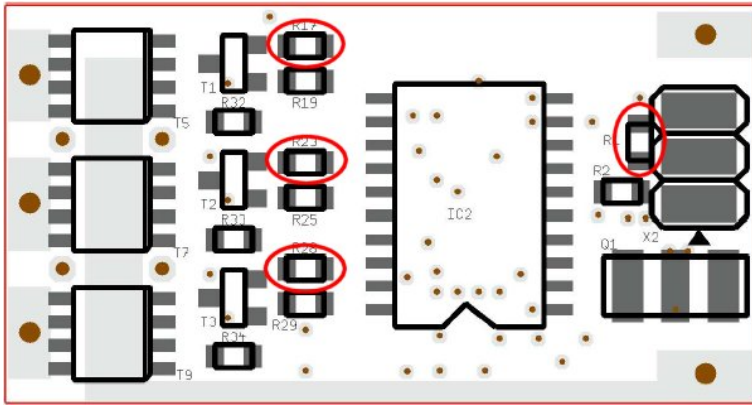
Slika 6. Postavitev uporov 10K na spodnji strani



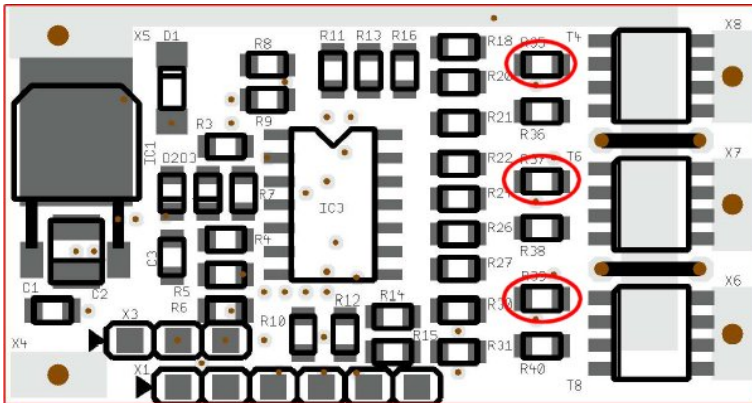
Slika 7. Postavitev uporov 20K

Vrednost elementa R5 je 20K samo v primeru, da želimo regulator uporabljati s 7 Ni-Cd ali Ni-Mh celicami. V drugih primerih vgradimo R5 po spodnji tabeli.

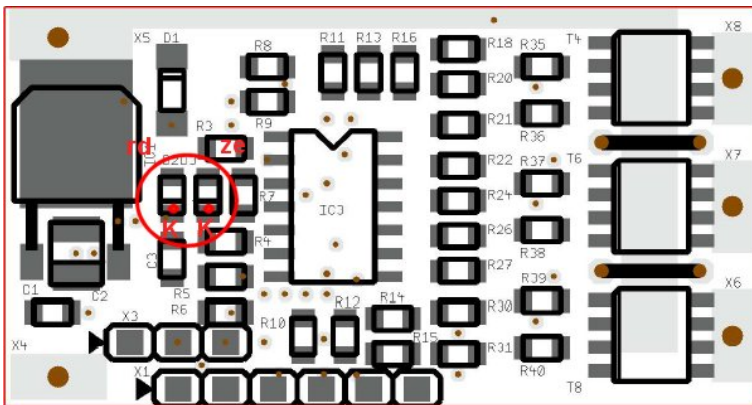
Vrsta celic	Število celic	Vrednost E96 (idealna)	Vrednost V KIT-u
Ni-Cd, Ni-Mh 0.8V/celico	7	20K0	20K0
	8	24K3	24K3
	10	33K2	33K0
Li-ion, Li-poly 2.9V/celico	2	21K0	22K0
	3	36K5	36K0



Slika 8. Postavitev uporov 47K na zgornji strani

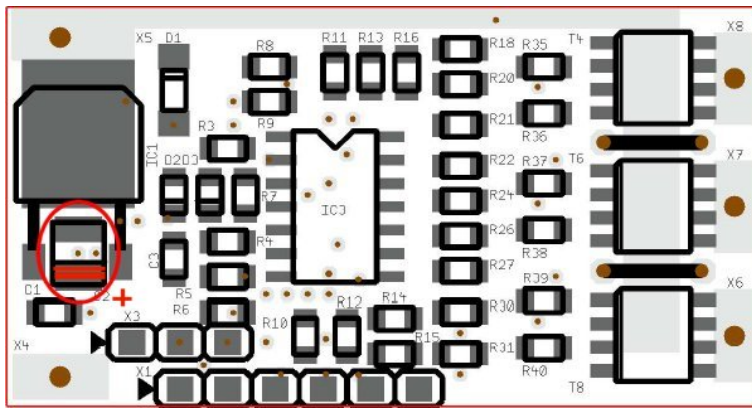


Slika 9. Postavitev uporov 47K na spodnji strani

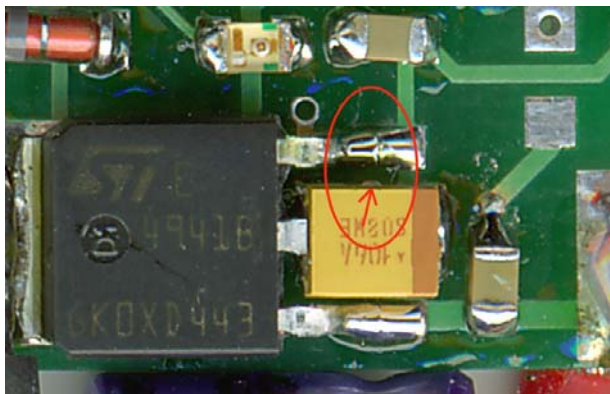


Slika 10. Postavitev LED

Pri spajkanju LED sta na elementu mali piki na strani katode. Spajkanje obeh LED spada pri sestavljanju tega krmilnika med zahtevnejše operacije.

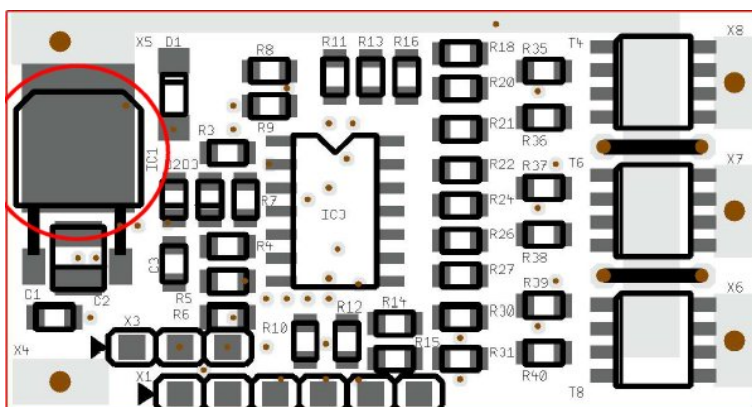


Slika 11. Postavitev tantal kondenzatorja 10uF



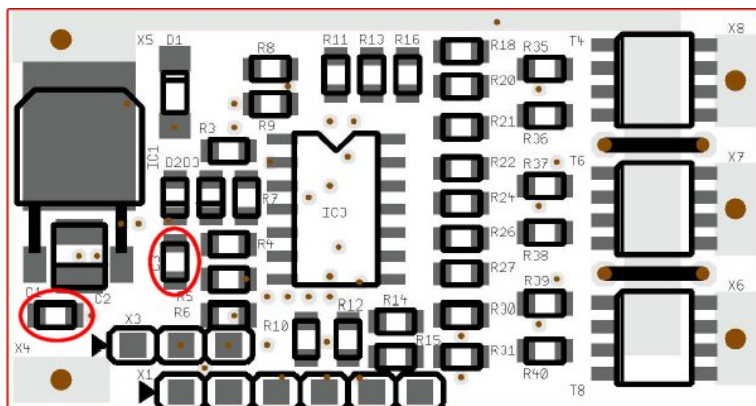
Slika 12. Via pod tantalovim kondenzatorjem

Pomembno je, da tantal kondenzator prispajkamo pred C2, C3 ter napetostnim regulatorjem. Na kondenzatorju je pozitiven pol označen s črto. Pazimo, da je kondenzator postavljen simetrično na spajkalne otočke, da ne bi povzročili stika z dvema viama, ki sta pod njim.

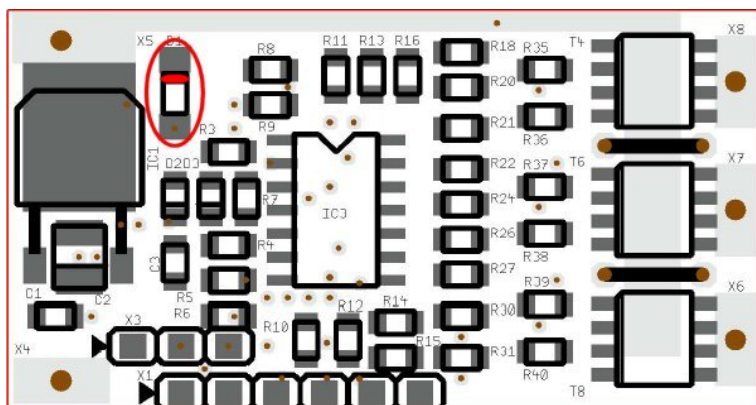


Slika 13. Postavitev napetostnega regulatorja

Napetostni regulator najlažje prispajkamo tako, da najprej prispajkamo enega od tankih priključkov in zatem velik priključek – ohišje na maso. Poskrbeti moramo za zanesljive spoje, saj je od tega elementa odvisno napajanje celotne elektronike modela. Pazimo, da pri spajkanju ohišja ne pregrejemo elementa več, kot je potrebno. Napetostni regulator se s srednjo (odrezano) nogico lahko dotika negativnega pola kondenzatorja.

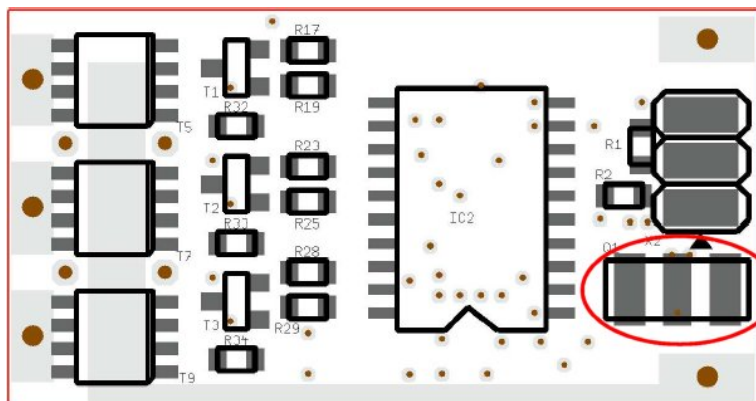


Slika 14. Postavitev kondenzatorjev 100n

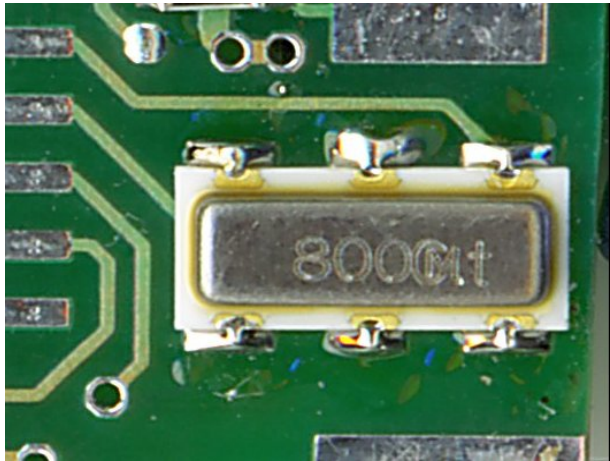


Slika 15. Postavitev BAS85

Pri diodi BAS85 je katoda označena z obročkom na valjastem ohišju, ki je postavljen, kot prikazuje slika.

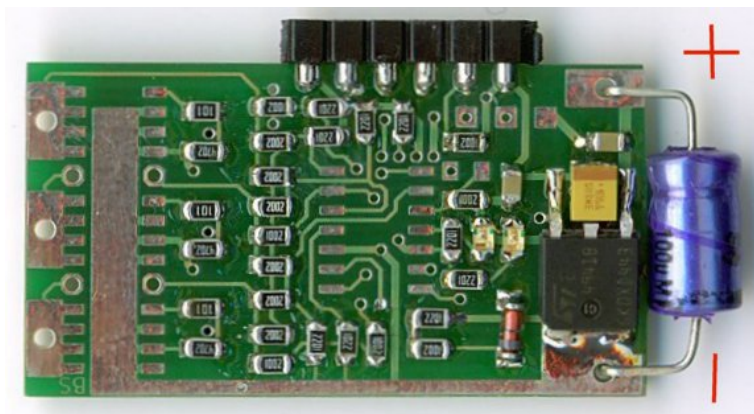


Slika 16. Postavitev keramičnega resonatorja 8MHz

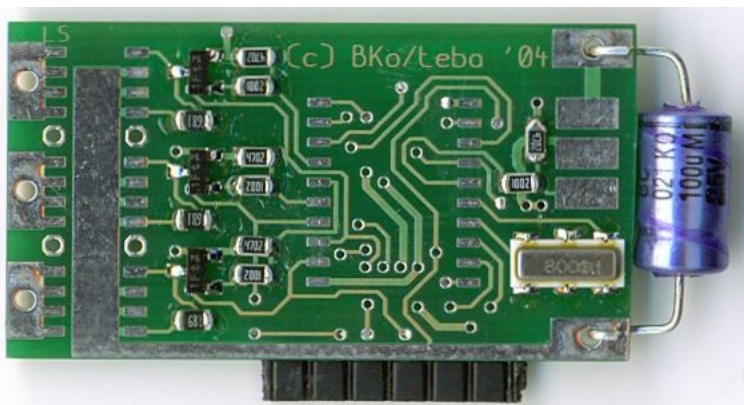


Slika 17. Spajkanje keramičnega resonatorja

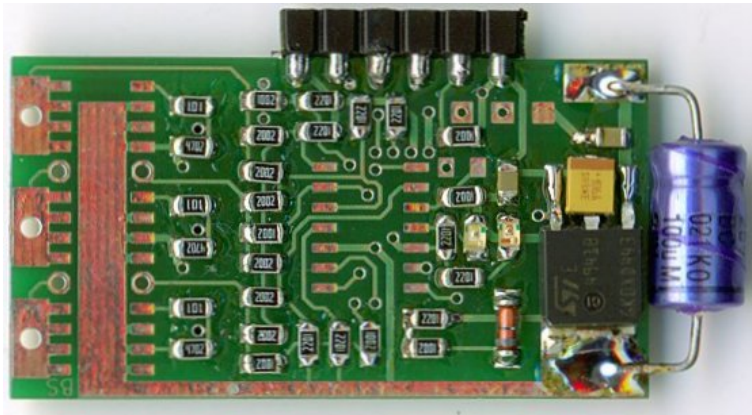
Keramičen resonator postavimo centrično na spajkalne otočke. Najprej prispajkamo eno stran skrajnega kontakta, da resonator postavimo na mesto. Za tem prispajkamo preostale kontakte. S količino spajke ni potrebno pretiravati, saj sama zleze tudi pod element.



Slika 18. Vstavitve elektrolitskega kondenzatorja 100uF

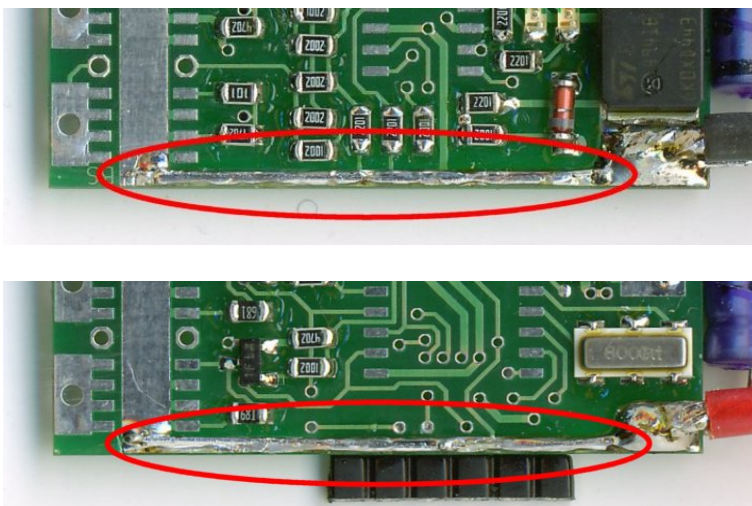


Slika 19. Zakrivitev kontaktov kondenzatorja na nasprotni strani



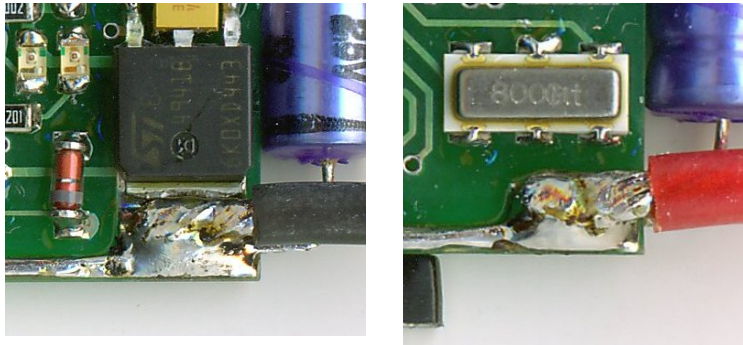
Slika 20. Prispajkan kondenzator 100uF

Kondenzator 100uF prispajkamo tako, da ga primerno zakrivimo za vstavitev skozi izvrtini (Slika 18). Vstavimo ga s strani, kjer je napetostni regulator. Priključke skrajšamo in zakrivimo ter prispajkamo. Na ta način prispajkan kondenzator poveča mehansko trdnost in električno povezavo med spodnjo in zgornjo stranjo.



Slika 21. Ojačitev močnih povezav

Na močnostni povezavi prispajkamo približno 0.5mm debelo dobro spajkljivo žico, da povečamo presek dokaj šibkih povezav. Dodano žico prispajkamo po celi dolžini. Ojačitev izvedemo pred spajkanjem napajalnih kablov. Na strani, kjer so montirani FET-I, z odpajkovalno pletenico odstranimo odvečno spajko, ki bi lahko motile postavitev FET-ov.

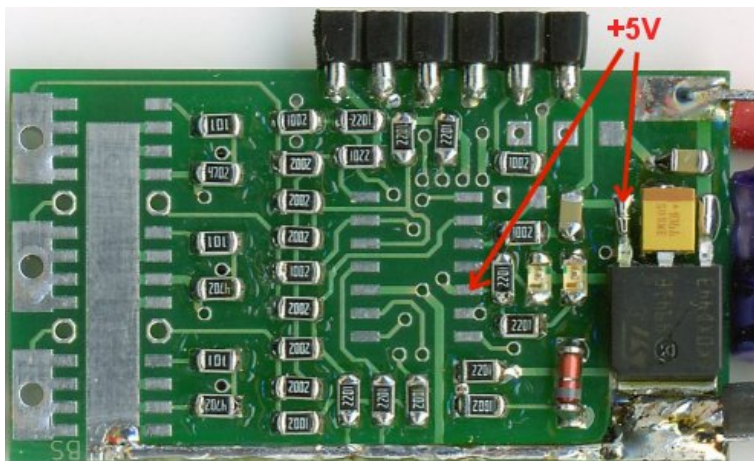


Slika 22. Prispajkani napajalni žici

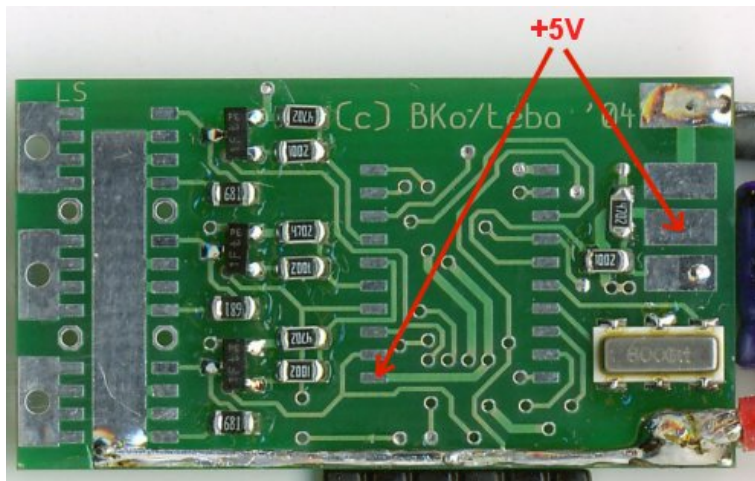
Finožično pletenico za negativen pol napajanja prispajkamo na strani napetostnega regulatorja, za pozitiven pa na nasprotni strani. Žici najprej odstranimo izolacijo in jo pospajkamo. Dolžina žice je 10cm. Uvodne preizkuse bi brez težav opravili tudi brez napajalnih žic, a je zaradi preprečitve zamenjave polaritete bolje, da žici prispajkamo že v tej fazi.

4.3. Preizkus BEC

Do te stopnje sestavljen krmilnik priključimo na nastavljen napajalnik, tokovno zaščito nastavimo na 100mA. Napetost nastavimo na najvišjo vrednost polnih celic, za katerih vrsto in število smo vgradili R5. Ta napetost ne sme presegati 15V. V krmilnik še niso vgrajeni NPN tranzistorji, FET-i, primerjalnik LM339 in mikrokrmilnik AT90S2313.



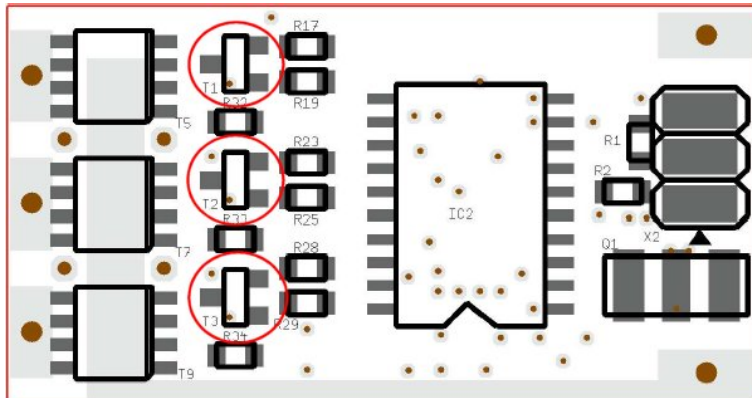
Slika 23. Meritev +5V, spodnja stran



Slika 24. Meritev +5V, zgornja stran

Med negativnim polom napajanja in izhodom regulatorja izmerimo napetost. Najbolje, da uporabimo digitalni voltmeter. Izmerjena napetost mora znašati $5.0 \pm 0.1V$. Preverimo, da je napajalna napetost prisotna tudi na nogici 3 IC3 (LM339) in nogici 20 IC2 (AT90S2313) ter na srednjem priključku za servo kabel.

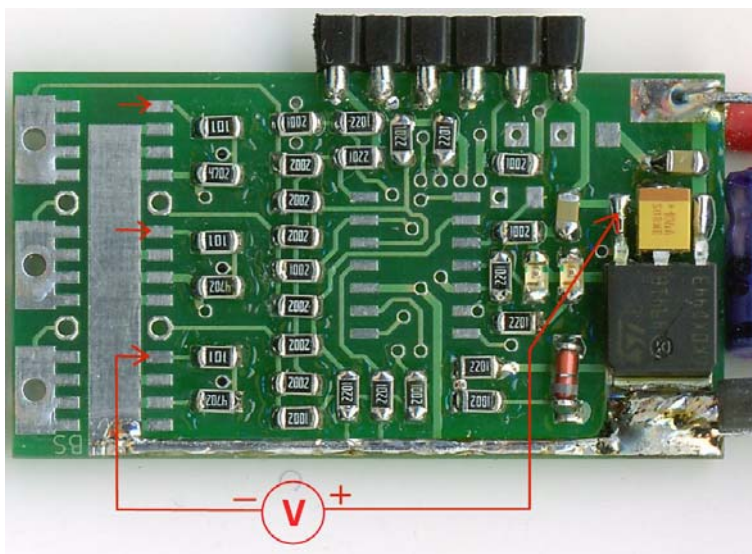
4.4. Spajkanje hrnilnih NPN tranzistorjev in preizkus napetosti vrat FET-ov



Slika 25. Postavitev tranzistorjev BC847

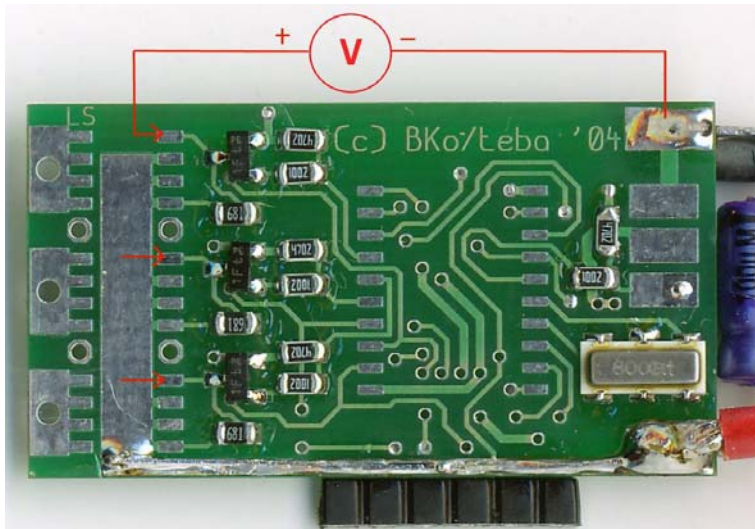
Po vgradnji NPN tranzistorjev (za krmiljenje P-kanalnih FETov) so vse napetosti na vratih FET proti njihovim izvorom enake 0 (mikrokrmilnik še ni vgrajen!) take, da FETi ne prevajajo. Napetost vrat P-kanalnih FETov merimo proti masi, N-kanalnih pa proti +5V. Preizkus napetost vrat FETov izvajamo poleg zagotovitve pravilnega delovanja mostiča tudi zaradi nalaganja novega programa v krmilnik, ko gredo izhodi mikrokrmilnika v stanje visoke impedance in morajo ostati kljub temu vsi FETi izključeni.

Do te stopnje sestavljen krmilnik priključimo na nastavljen napajalnik, tokovno zaščito nastavimo na 100mA. Napetost nastavimo na najvišjo vrednost polnih celic, za katerih vrsto in število smo vgradili R5. Ta napetost ne sme presegati 15V. V krmilnik še niso vgrajeni FET-i, primerjalnik LM339 in mikrokrmilnik AT90S2313.



Slika 26. Meritev napetosti vrat N-kanalnih FETov

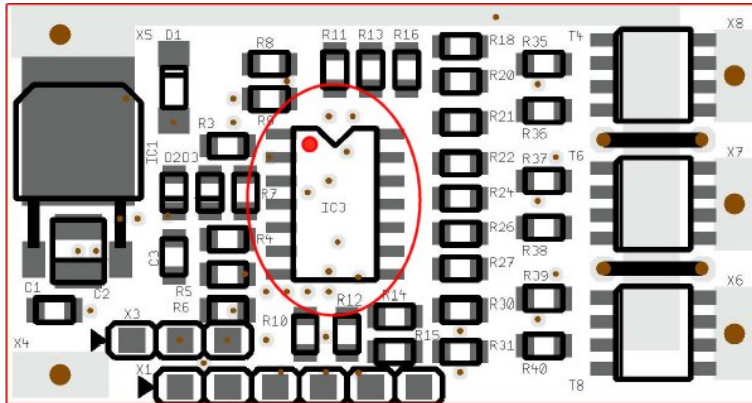
Napetost, merjena proti +5V napajanju, mora biti na vseh treh vratih N-kanalnih FETov 5V (kar je enako 0 proti masi, vendar tega ne moremo izmeriti).



Slika 27. Meritev napetosti vrat P-kanalnih FETov

Napetost, merjena proti masi, mora biti na vseh treh vratih P-kanalnih FETov enaka vhodni napajalni napetosti (kar je enako 0 proti vhodni napajalni napetosti, vendar tega ne moremo izmeriti).

4.5. Spajkanje primerjalnika LM339 in preizkus

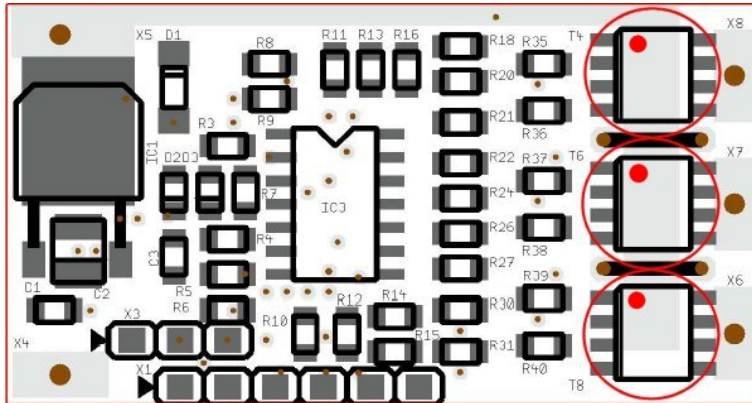


Pri spajkanju LM339 pazimo na pravilno orientacijo komponente in da ne povzročimo stika med nogicami. Če imamo na voljo tekoči fluks, ga uporabimo. V primeru, da povzročimo stik med dvema nogicama, za odstranitev uporabimo pletenico in nogice ponovno prispajkamo.

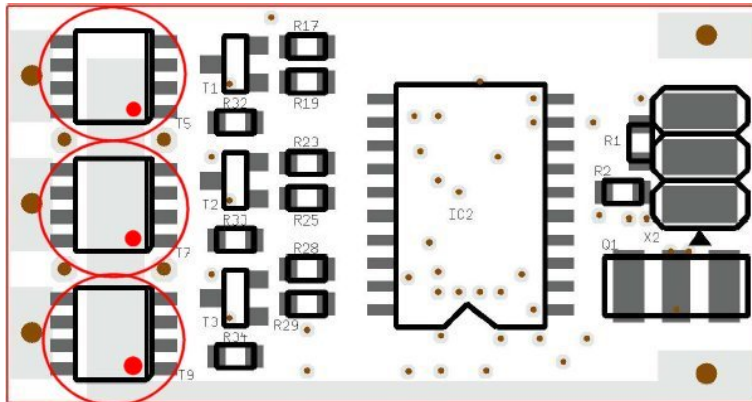
Do te stopnje sestavljen krmilnik priključimo na nastavljivi napajalnik, tokovno zaščito nastavimo na 100mA. Napetost nastavimo na najvišjo vrednost polnih celic, za katerih vrsto in število smo vgradili R5. Ta napetost ne sme presegati 15V. V krmilnik še niso vgrajeni FET-i in mikrokrmilnik AT90S2313.

Ob vklopu lahko za zelo kratek čas (100ms), ob izklopu pa običajno za daljši čas (0.5s) zagori rdeča LED. Pri najvišji napetosti celic mora biti rdeča LED ugasnjena. S počasnim nižanjem napetosti določimo vhodno napetost, pri kateri zasveti rdeča LED D2. Vzporedno merimo napetost in ugotovimo, ali izklopna napetost ustreza glede na izbran R5. V nasprotnem primeru preverimo vrednost R5 in, da znaša napetost na zeleni LED (ta vedno sveti) D3, ki služi kot referenca, približno 1.86V. Ta napetost mora biti prisotna tudi na nogici 4 LM339. Približno enaka napetost, odvisna od vhodne napetosti, mora biti prisotna na nogici 5 LM339. V primeru napake preverimo še vgradnjo LM339 ter R3 in D2 ter prisotnost +5V na nogici 3 LM339.

4.6. Spajkanje FET-ov in preizkus



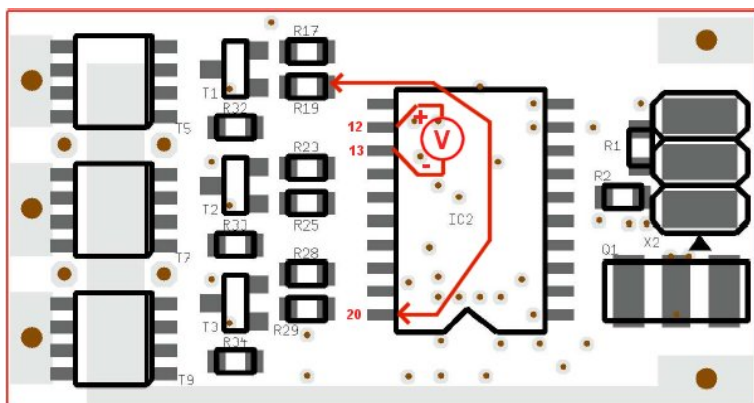
Slika 28. Spajkanje FET IRF7455



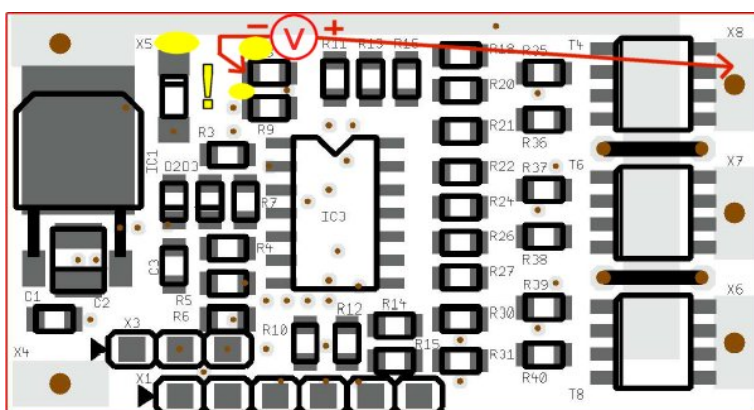
Slika 29. Spajkanje FET SI4425

Pred preizkusom pregledamo ali so vsi FETi pravilno vspajkani. Do te stopnje sestavljen krmilnik priključimo na nastavljiv napajalnik, tokovno zaščito nastavimo na 100mA. Napetost nastavimo na najvišjo vrednost polnih celic, za katerih vrsto in število smo vgradili R5. Ta napetost ne sme presegati 15V. V krmilnik še ni vgrajen mikrokrmilnik AT90S2313.

Namen tega preizkusa je samo preveriti, da niso zamenjani P in N-kanalni FETi med sabo. V primeru, da je vse v redu, se ne sme vključiti tokovna zaščita napajalnika.



Slika 30. Vkllop FETa T5 in meritev na primerjalniku znotraj IC2



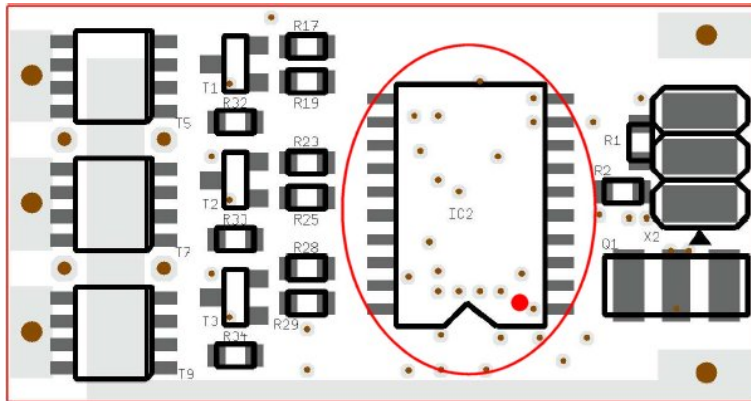
Slika 31. Meritev napetosti med T5 in D1

Za preizkus pogojev delovanja tokovne zaščite (in ne zaščite same!) vključimo FET T5 s povezavo med +5V in R17/R19 (Slika 30). Povezavo po preizkusu seveda odstranimo!

Do te stopnje sestavljen krmilnik priključimo na nastavljen napajalnik, tokovno zaščito nastavimo na 100mA. Napetost nastavimo na najvišjo vrednost polnih celic, za katerih vrsto in število smo vgradili R5. Ta napetost ne sme presežati 15V. **V krmilnik še ne sme biti prispajkan mikrokrmilnik AT90S2313.**

Med nogicama 12 in 13 (Slika 30) mikrokrmilnika izmerimo napetost, ko mora znašati 35-55mV. Ta napetost mora biti približno 18% napetosti, ki jo izmerimo med izhodom X8 (na T5) in katodo D1/R8 in je med 190 in 305mV. Pri tej meritvi je potrebno biti pazljiv, da se ne povzroči stika katode D8 na maso, ki je povsod v bližini (Slika 31, nevarna bližina označena rumeno). Kratak stik skoraj zagotovo uniči D8!

4.7. Spajkanje mikrokrmilnika

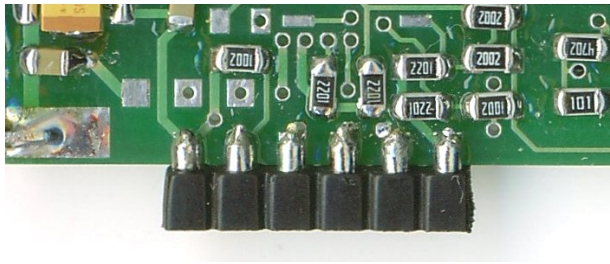


Slika 32. Spajkanje AT90S2313

Mikrokrmilnik ni posebno zahteven za spajkanje razen, da ima veliko priključnih nogic. Najprej prispajkamo eno nogico (npr. 20), zatem tej diagonalno nogico, da ga točno postavimo na mesto. Poskrbimo, da je vezje povsem pritisnjeno na tiskanino in ni »v zraku«. Za tem z dodajanjem spajke prispajkamo vse ostale nogice. Pazimo, da integriranega vezja ne pregrejemo. Če naredimo stik med dvema nogicama, uporabimo pletenico za odstranitev.

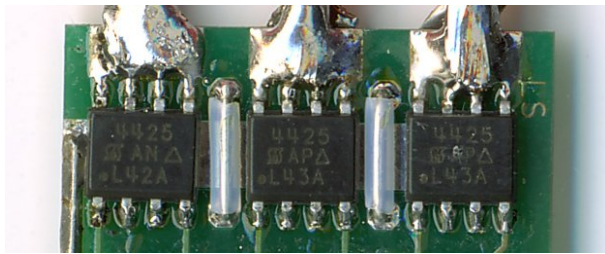
Pazimo na orientacijo integriranega vezja!

4.8. Spajkanje zaključnih elementov



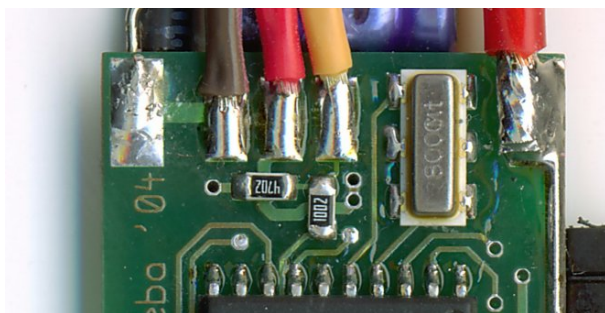
Slika 33. Spajkanje programirnega konektorja

Letvici, ki jo dobimo v kompletu, odrežemo tanjši del kontaktov tako, da ostane tankega dela čim manj. Letvico s strani prispajkamo na TIV. Najlažje je pravilnost spajkanja preveriti s programirnim kablom ali vmesnikom. Če le-tega nimamo, z ohm-metrom preverimo, da ni stikov med sosednjimi kontakti letvice in da so posamezni kontakti povezani, kot v shemi.



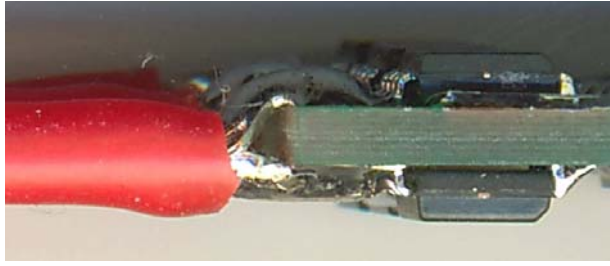
Slika 34. Prispajkani žici med FETi

Med FETi je potrebno prispajkati dve izolirani povezavi, saj dvoslojno vezje ne omogoča dovolj povezav. Zanju uporabimo 0.5mm golo žico in 5mm dolgi tanki termoskrčni cevki ali pa izolirano žico, ki se ji pri spajkanju izolacija ne topi (npr s teflonsko izolacijo ali wire-wrap žica). Paziti moramo, da ne povzročimo stika s povezavo, ki gre pod FETi. Še najbolje je žico malenkost (0.5mm) dvigniti od tiskanega vezja.



Slika 35. Prispajkan servo kabel

Servo kablji prispajkamo, kot kaže zgornja slika. Pazimo, da pregrejemo kabla, da bi se začela topiti njegova izolacija.



Slika 36. Prispajkan izhodni kabel

Izhodne kable lahko prispajkamo samo na eno stran tiskanega vezja. V tem primeru poskrbimo, da je izvrtina skozi in skozi zalita s spajko. Kabel lahko prispajkamo tudi tako, da polovico finožičnih pramenov prispajkamo na eno ali drugo stran. Če obenem poskrbimo, da je prispajkani del nižji od FETov, lahko uporabimo tudi npr. Al ploščico, da izboljšamo hlajenje FETov.

S tem je spajkanje krmilnika zaključeno, ostane le še preizkus.

5. Končni preizkusi

5.1. *Preizkus brez bremena*

Dokončan krmilnik priključimo na nastavljiv napajalnik, tokovno zaščito nastavimo na 100mA. Napetost nastavimo na najvišjo vrednost polnih celic, za katerih vrsto in število smo vgradili R5. Ta napetost ne sme presegati 15V. Pazimo, da izhodne žice niso v stiku.

Ob priklopu se ne sme zgoditi nič posebnega. Poraba krmilnika znaša brez priključenega servo testerja ali sprejemnika približno 20mA.

Na servo kabel priključimo sprejemnik ali servo tester. Le-ta mora zagotavljati področje PPM impulza od 1.1 do 1.9ms. Če je vse v redu, vidimo z osciloskopom kratkotrajne impulze na dveh izhodih, najprej ko priključimo napajanje in zatem, ko postavimo plin na minimum. Takrat gre krmilnik v stanje pripravljenosti za zagon (armed). Če zatem dodamo plin, bodo za kratek čas vidni impulzi na vseh treh izhodih. Ker ni priključenega motorja, se krmilnik čez čas ustavi.

5.2. *Preizkus z malim bremenom*

Dokončan krmilnik priključimo na nastavljiv napajalnik, tokovno zaščito nastavimo na 1A. Napetost nastavimo na najvišjo vrednost polnih celic, za katerih vrsto in število smo vgradili R5. Ta napetost ne sme presegati 15V. Pazimo, da izhodne žice niso v stiku.

Na izhod priključimo neprebit CDROM motor z originalnim magnetom brez elise.

Na servo kabel priključimo sprejemnik ali servo tester. Le-ta mora zagotavljati področje PPM impulza najmanj od 1.1 do 1.9ms. Če je vse v redu, motor ob priklopu napajalne napetosti enkrat zapiska. Ko postavimo plin na minimum, motor zapiska dvakrat. Takrat gre krmilnik v stanje pripravljenosti za zagon (armed). Če motor ne zapiska dvakrat, si pomagamo z nastavitvijo trim/subtrim, da dosežemo pravilno območje.

Če dodamo plin, se mora motor zagnati. Preverimo, da doseže najvišje možne obrate. To je takrat, kadar preklopi iz PWM delovanja v čisto komutacijo. To se sliši kot majhen »preskok« obratov.

5.3. Preizkus s polnim bremenom

Če so bili dosedanji preizkusi uspešni, dokončan krmilnik priključimo na akumulator z želenim številom celic. Za breme uporabimo npr. previt CDROM motor, ki pa ni preveč »navit« (približno 21ovojev na polu, zvezda vezava in 12kosov N48 5x5x1mm neodimskih magnetov) z eliso. Pazimo, da izhodne žice niso v stiku.

Priporočljivo je v serijo priključiti avtomatski odklopnik npr. 4 ali 6A, ki nam obenem služi tudi kot stikalo za vklop. Če uporabljamo ampermeter, pazimo, da ni upornost priključnih žic prevelika.

Motor mora normalno startati in se tekoče odzivati na nastavitev plina. Če je motor preverjeno dober (z drugim krmilnikom), ne smemo zaznati nikakršnih nepravilnosti v delovanju. Z ampermetrom preverjamo, da ne presežemo 8A.