

BPSK transverter za 3405MHz

Matjaž Vidmar, S53MV

1. Gradniki 10Mbps omrežja NBPv2

Z računalniške strani RATNC oziroma SATNC omogočata gradnjo učinkovitega 10Mbps packet-radio omrežja s protokolom NBPv2. Na radijski strani primanjkuje primernih radijskih postaj. Edina učinkovita rešitev je BPSK transverter za 2360MHz [1] s pripadajočo medfrekvenco [5], predelano za 10Mbps.

Stare BPSK postaje za 13cm in 23cm sicer lahko posodobimo [2], a jim primanjkuje moči na oddaji, niti predelava na 10Mbps ni enostavna. Preproste UWB FM radijske postaje za 5.8GHz [3] so bile že od vsega začetka načrtovane za 10Mbps, a le za zveze kratkega dometa, primerljive ceneni WiFi opremi.

Izbira primerne radioamaterskega frekvenčnega pasu ni preprosta. Frekvenčni pas 23cm (1.24GHz do 1.3GHz) ogroža satelitski navigacijski sistem Galileo, sicer je že danes zaseden z amatersko televizijo. Frekvenčni pas 13cm ga v spodnjem delu 2.3GHz do 2.4GHz ogrožajo novi mobilni telefoni LTE, gornji del 2.4GHz do 2.45GHz je itak prezaseden z WiFi.

Radioamaterski frekvenčni pas 9cm pade v področje 3.3GHz do 3.7GHz, ki je uradno namenjeno za javni brezžični internet WiMAX. WiMAX je zaenkrat končal kot tržna polomija. Frekvenčni pas 9cm so pri nas zasedli mali privatniki s pri nas nedovoljenimi WiFi napravami. V Sloveniji je radioamaterjem dodeljeno samo 10MHz od 3.4GHz do 3.41GHz, v nekaterih drugih državah pa celih 75MHz od 3.4GHz do 3.475GHz.

Na višjih frekvenčnih pasovih 6cm (5.7GHz), 3cm (10GHz) itd postaja gradnja primernih radijskih postaj zahtevnejša, močnostni gradniki za oddajnike pa čedalje težje dobavljivi. Kljub prenosni hitrosti 10Mbps postane omejujoča stabilnost frekvence oddajnika oziroma sprejemnika. Debeli koaksialni kabli z malo izgubami postanejo na višjih frekvencah neuporabni zaradi pojava višjih valovodnih rodov. Frekvenčna meja za kabel 7/8" je samo 4GHz!

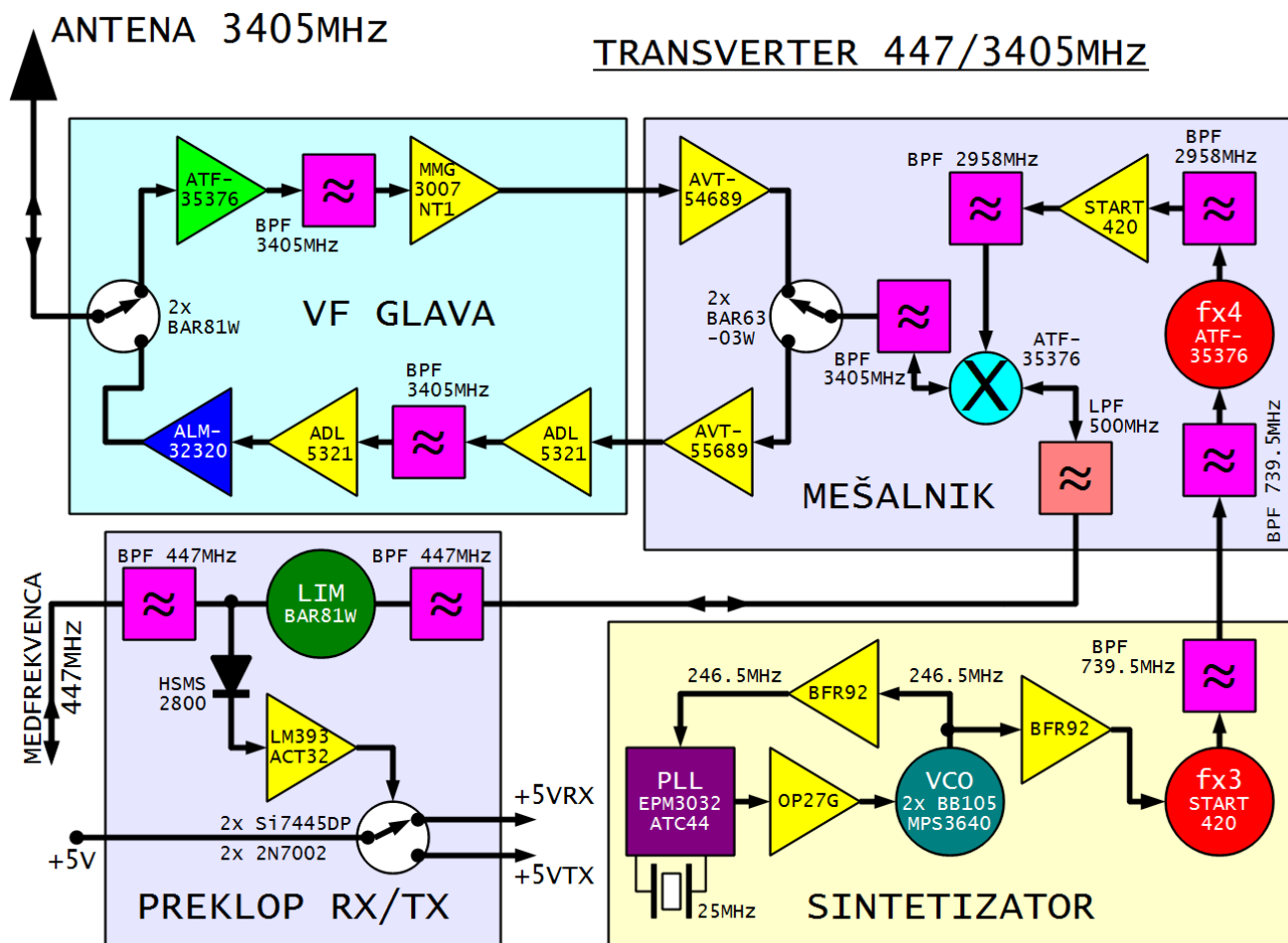
Smiselna odločitev je razvoj celotne radijske postaje oziroma transverterja za frekvenčni pas 9cm. Takšna radijska postaja oziroma transverter izkorišča podobne gradnike kot postaje in transverterji za 13cm, se pravi zanesljive in cenene polprevodniške gradnike omrežij mobilne telefonije. V razpoložljivih 10MHz pasovne širine se da vsaj v teoriji stlačiti tudi 10Mbps BPSK na osrednji frekvenci 3405MHz.

Osnovna zamisel tega članka je razvoj transverterja za 3405MHz v podobni tehnologiji, s podobnimi gradniki in z izkoriščanjem razvoja njegovega predhodnika za 2360MHz:



Transverterja za 2360MHz in 3405MHz se razlikujeta le v manjših podrobnostih. Oba imata medfrekvenco v pasu 400MHz. Če naj se ne motita med sabo, niti z radioamaterskimi postajami v pasu 430MHz, je potrebna skrbna izbira medfrekvenc obeh transverterjev. Transverter za 2360MHz ima medfrekvenco nekoliko nižje na 412MHz. Obratno ima transverter za 3405MHz medfrekvenco nekoliko višje na 447MHz. Oboje v izogibanju medsebojnih motenj v istem packet-radio vozlišču!

Osnovni načrt transverterja za 9cm, ki je namenjen uporabi kot zunanja enota za 3405MHz, se kaj dosti ne razlikuje od njegovega predhodnika za 2360MHz:



Sodobne gradnike in pripadajoča načela gradnje sem skušal uporabiti tudi v opisani visokofrekvenčni zunanji enoti za 3405MHz. Skupni HEMT mešalnik ATF-35376 za sprejem in oddajo v opisanem BPSK transverterju izkorišča isti lokalni oscilator. Tudi frekvenčna pasovna sita na visokofrekvenčni in medfrekvenčni strani so skupna. Razlika je seveda v smeri ojačanja signalov.

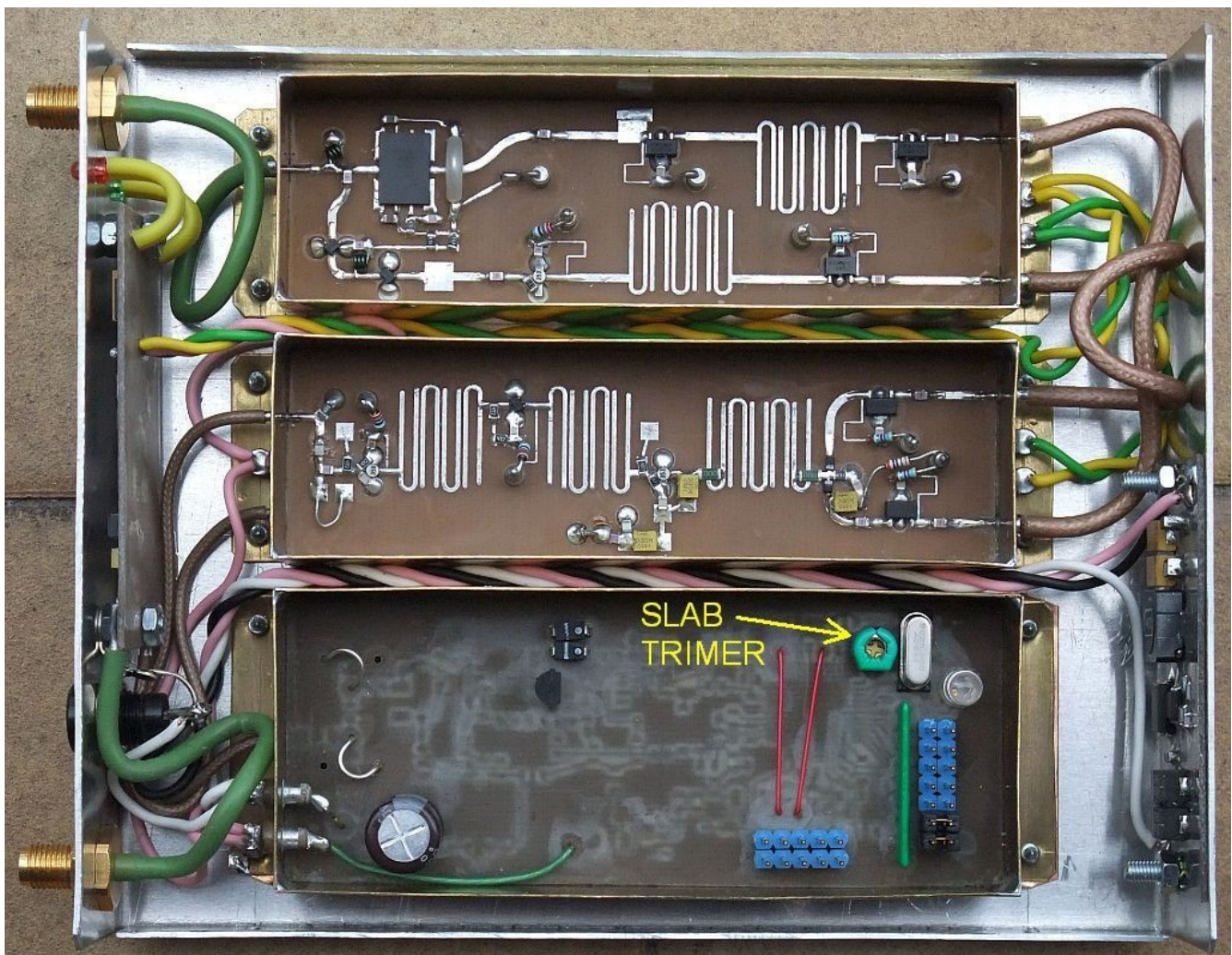
Sprejemnik potrebuje nizkošumni ojačevalnik. V prvi stopnji je HEMT ATF-35376 še vedno najboljša izbira, sledi veriga dveh MMICjev: MMG3007NT1 in AVT-54689. Oddajna veriga za 3.4GHz vsebuje en MMIC več kot inačica za 2.3GHz: AVT-55689 in dva ADL5321 zaporedno. Oddajna veriga se zaključuje z močnostnim ojačevalnikom ALM-32320. Preklapljanje visokofrekvenčnih signalov je povsod izvedeno s silicijevimi PIN diodami: dve BAR81W pri anteni in dve BAR63-03W pri mešalniku.

Kot lokalni oscilator sem uporabil zasnovano PLL sintetizatorja, ki sem ga razvil in temeljito preizkusil v BPSK radijski postaji za 430MHz [4]. Vezje sintetizatorja je predelano na višjo izhodno frekvenco 739.5MHz tako, da se frekvenca VCOja 246.5MHz množi x3. Sintetizatorju sledi še množilnik x4 (ATF-35376, START420 in pripadajoča sita), ki proizvaja lokalni oscilator za mešanje 2958MHz.

Samodejni preklop sprejem/oddaja transverterja za 3405MHz je popolnoma enak vezju v transverterju za 2360MHz [1] z izjemo višje medfrekvence 447MHz. Preklop na oddajo proži oddajni signal medfrekvence. Jakost medfrekvenčnega krmiljenja prilagaja mešalniku omejevalnik s PIN diodo (BAR81W), kar je preprosta in učinkovita rešitev za nefiltriran BPSK signal s skoraj konstantno ovojnico.

Celotno vezje BPSK transverterja za 3405MHz vsebuje pet enot. Mešalnik in visokofrekvenčna glava sta izdelana kot mikrotrakasta vezja na dvostranskem FR4 debeline 0.6mm. Sintetizator, preklop RX/TX in stikalni napajalnik, ki ni prikazan na osnovnem načrtu, so izdelani na treh običajnih enostranskih tiskanih vezjih.

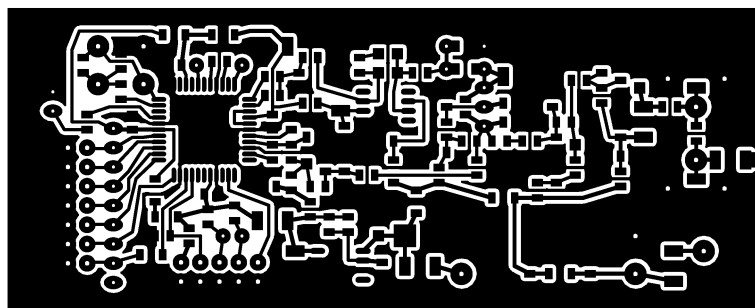
Pozor na nekvalitetne gradnike! Slab trimer je povzročil tako veliko odstopanje frekvence, da je prišlo do izpada zveze s prvim prototipom transverterja za 3405MHz:



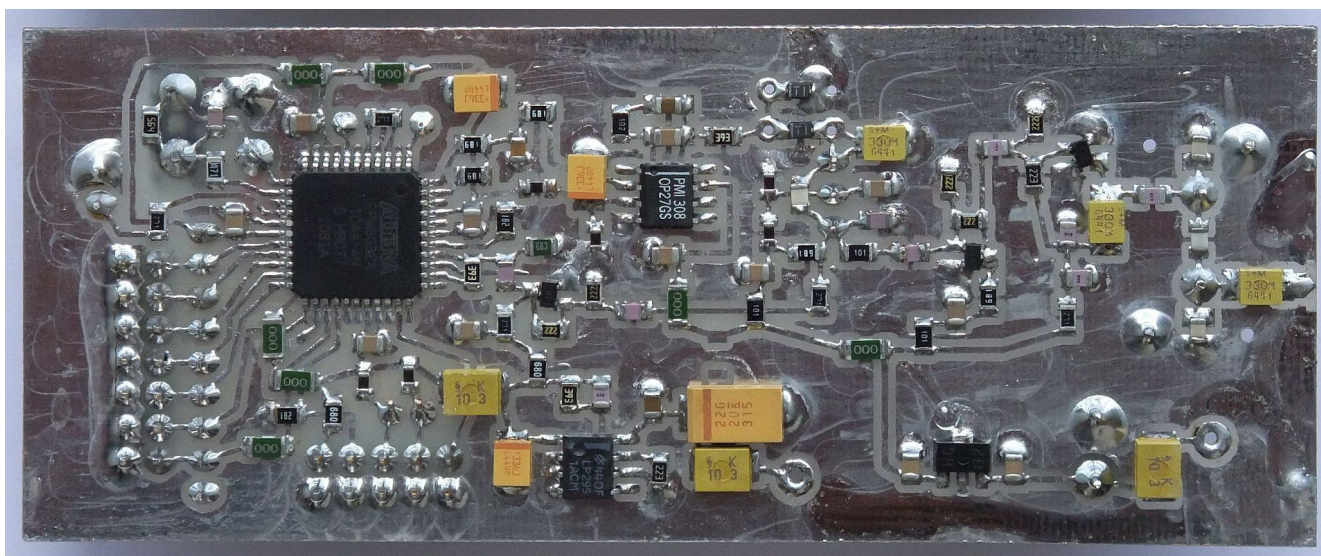
Ojačanje sprejemne verige BPSK transverterja za 3405MHz se giblje okoli 25dB vključno z izgubami antenskega preklopa, izgubami številnih pasovnih sit, slabljenjem mešalnika in izgubami omejevalnika na izhodu 447MHz. Oddajnik proizvede na antenskem priključku okoli 2.5W (+34dBm) moči na 3405MHz. Pri tem potrebuje krmiljenje z močjo med 20mw (+13dBm) in 200mw (+23dBm) na

medfrekvenci 447MHz.

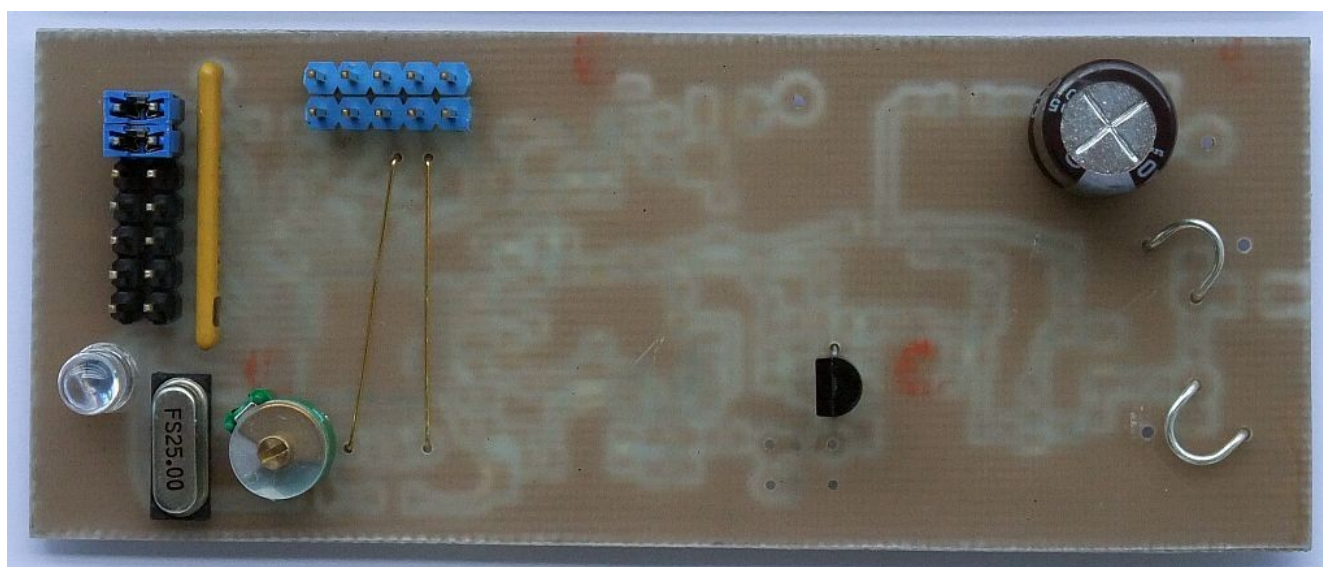
Zunanje napajanje BPSK transverterja je nazivno +12V. Večina vezij v notranjosti se napaja s +5V iz stikalnega napajalnika. Edino del frekvenčnega sintetizatorja potrebuje +8V iz lastnega napajalnika. Skupna poraba celotnega transverterja za 3405MHz znaša okoli 180mA na sprejemu in okoli 850mA na oddaji s polno močjo.



Večina gradnikov je SMD na spodnji strani tiskanine. START420 (BFP420) se kljub štirim priključkom da zaciniti na isto tiskanino:

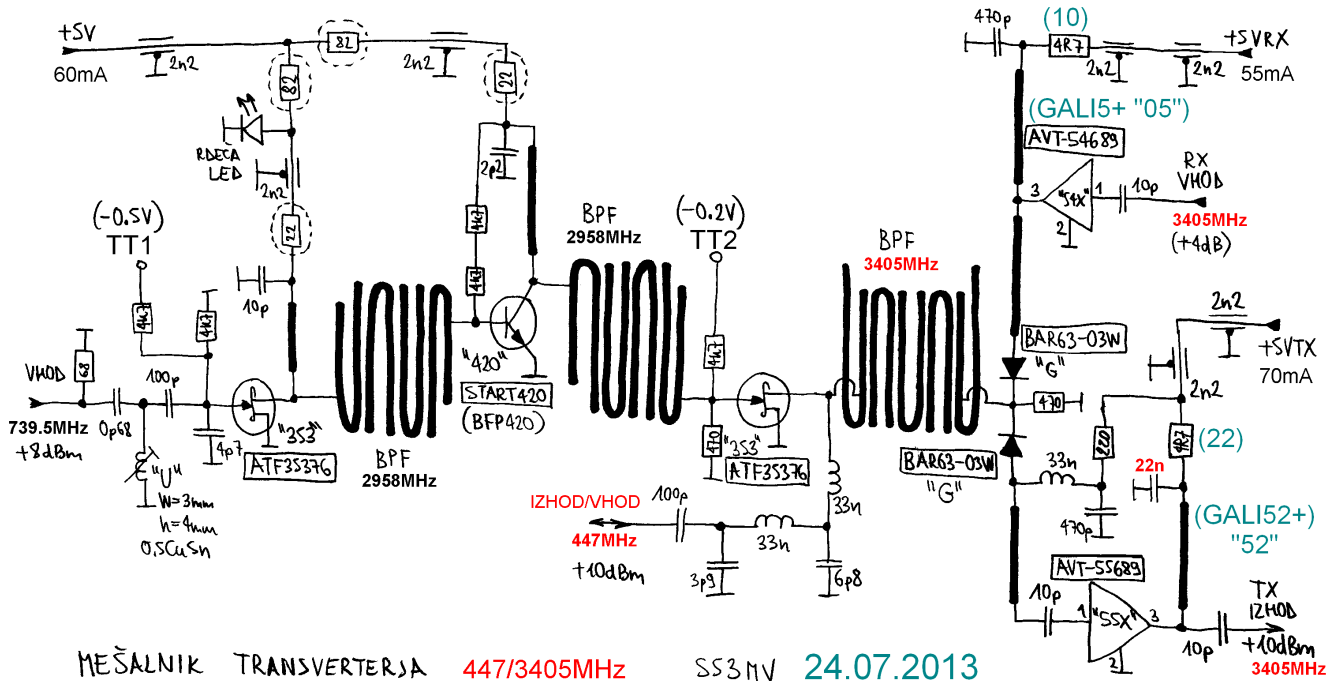


Na gornji strani tiskanine je poleg drugih gradnikov vgrajen kakovosten folijski trimer pri kristalu:



3. Mešalnik transverterja 447MHz/3405MHz

Srce transverterja je mešalnik. Za mešanje iz 447MHz na 3405MHz na oddaji oziroma obratno na sprejemu potrebujemo lokalni oscilator 2958MHz. Enota mešalnika vsebuje množilnik iz 739.5MHz na 2958MHz, skupni mešalnik za sprejem in oddajo, pripadajoča pasovna sita ter po eno visokofrekvenčno stopnjo sprejemnika (zadnja) in oddajnika (prva):



Kot množilnik x4 je uporabljen HEMT ATF-35376. Pred množilnik je vgrajeno še dodatno pasovno sito za 739.5MHz, ki dodatno očisti izhod potrojevalnika. Isto sito poskrbi tudi za impedančno prilagoditev, da množilnik x4 vedno dobi zadostno krmiljenje ne glede na vgrajeni HEMT. Napetost na TT1 mora biti vsaj -0.5V za delovanje množilnika x4, običajno doseže -0.8V.

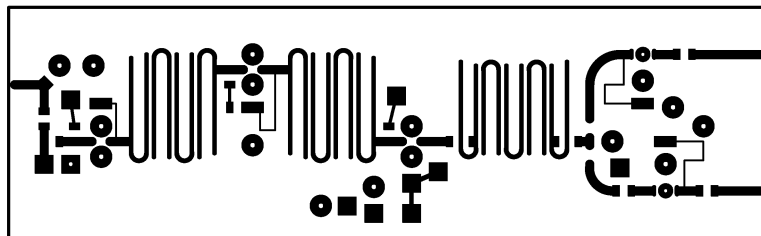
Sledita dve pasovni siti na 2958MHz. Ker znaša vstavitevno slabljenje vsakega sita posebej okoli 5dB, je potrebna še ojačevalna stopnja s tranzistorjem START420. Obe pasovni siti za 2958MHz sta načrtovani za nesimetričen odziv, da čimbolj dušita neželjeni peti harmonik lokalnega oscilatorja na 3697.5MHz. Signal lokalnega oscilatorja na 2958MHz mora biti zadosti močen (okoli 3mW ali +5dBm), da krmili HEMT mešalnika v nelinearno področje delovanja, kar preverimo kot negativno napetost na TT2.

Mešalnik s HEMTOM ATF-35376 je popolnoma pasiven, to se pravi brez enosmernega napajanja! HEMT se obnaša kot krmiljeno stikalo. Medfrekvenco 447MHz izlušči preprosto nizkoprepustno sito s SMD tuljavami in kondenzatorji. Visokofrekvenčni signal na 3405MHz izlušči pasovno sito, ki je namenoma načrtovano za nesimetrični odziv tako, da čimbolj duši signal lokalnega oscilatorja na 2958MHz. Žal takšno sito zahteva dva SMD mostička velikosti 1206 na

tiskanini!

Zadnja ojačevalna stopnja sprejemnika je izvedena z InGaP MMIC ojačevalnikom AVT-54689, ki daje dobrih 14dB ojačanja. Podoben, a nekoliko močnejši MMIC ojačevalnik AVT-55689 je uporabljen v prvi stopnji oddajne verige in daje na svojem izhodu okoli 10mw (+10dBm).

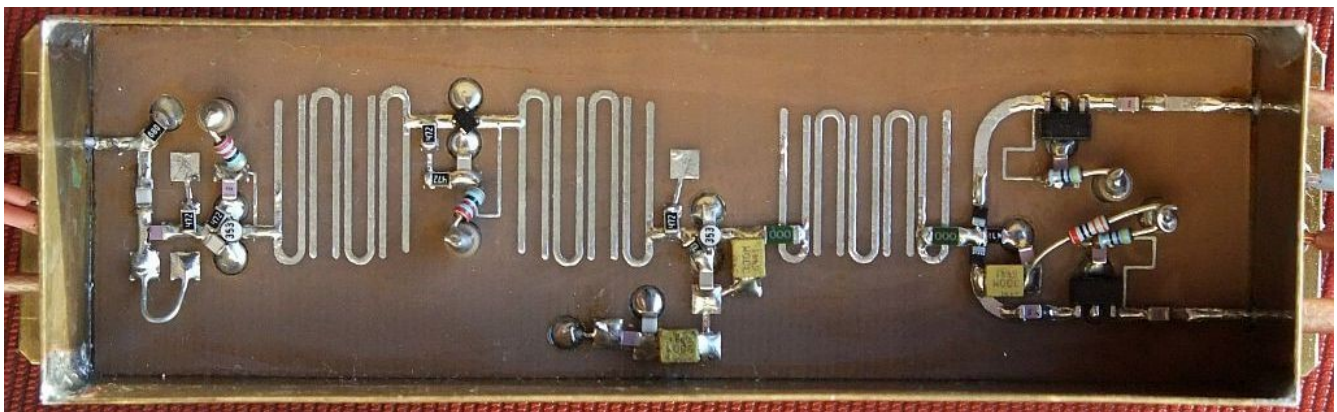
Preklop sprejem/oddaja je izveden z dvema PIN diodama BAR63-03W. Ojačanja sprejemne in oddajne verige sta sicer dovolj visoki, da preklopnik niti ni nujno potreben, še posebno v primeru uporabe GALI52+ v sprejemniku oziroma GALI5+ v oddajniku. Zadoščala bi vzporedna vezava izhoda sprejemne verige in vhoda oddajne verige preko primernega sklopnika.



Mešalnik transverterja 447MHz/3405MHz je izveden v tehniki mikrotrakastih vodov na podlagi FR4 nazivne debeline 0.6mm z izmerami 30mmX100mm. Prikazana je samo gornja stran tiskanega vezja, saj spodnja stran ni jedkana. Uporabljeni laminat je imel nanos bakra 17.5 μ m na obeh straneh. Izmerjena debelina golega laminata je malo večja od 550 μ m.

Razen uporabljenega laminata je ponovljivost še najbolj odvisna od izvedbe povezav na maso na drugi strani tiskanine. Vsa mikrovalovna pasovna sita so zato namenoma načrtovana tako, da takšnih "via" povezav nimajo! Izjema je tuljava sita za 739.5MHz, ki ima en priključek na masi. Tuljavo "U" uglasimo tako, da jo ukrivimo proti tiskanemu vezju.

SMD upori, kondenzatorji in polprevodniki so ozemljeni preko izvrtin premera 2mm oziroma 3.2mm. Na strani mase izvrtine najprej prekrijemo z 0.1mm debelo, pocinjeno bakreno pločevino. Luknjice nato napolnimo s cinom. Šele nazadnje zacimo SMD gradnik.



ATF-35376 lahko zamenjamo s katerikoli HEMT-om, ki ima I_{dss} med 20mA in 30mA. Uporabni so skoraj vsi HEMT-ji iz starih SAT-TV konverterjev, tudi v plastičnih ohišjih. Edino najstarejši GaAsFET-ji (predhodniki HEMT-ov) imajo previsok I_{dss} . Pravilno raven signalov pomerimo kot enosmerno napetost na obeh testnih točkah, saj mora za nelinearno delovanje HEMT-a Schottky spoj GS (vrata-izvor) tudi usmerjati.

START420 je samo ponaredek bolj znanega tranzistorja BFP420. Oba MMIC ojačevalnika lahko zamenjamo s številnimi drugimi podobnimi izdelki v enakem ohišju SOT-89. Pri MMIC ojačevalnikih pazimo na pravilen delovni tok in pravilno napajalno napetost, kar nastavimo z zaporednim uporom na napajanju. Inačica na spodnji sliki je s HEMT-ji ATF-35076 (višji I_{dss}) in ojačevalniki GALI (večje ojačanje):



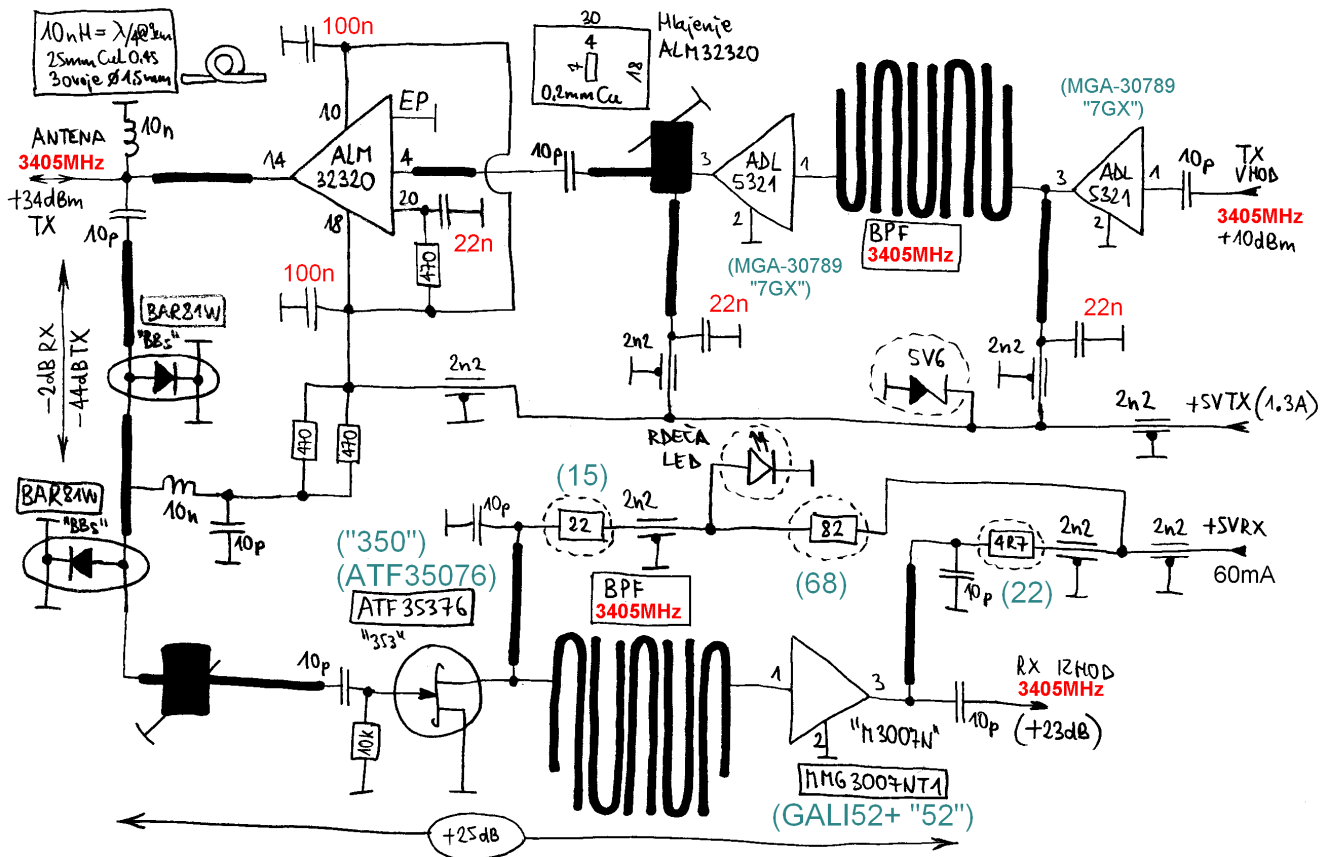
Ko smo preverili delovanje množilne verige in mešalnika, mikrotrakasto vezje vgradimo v okvir iz medeninaste pločevine. Ravnina mase mikrotrakastega vezja bo delovala tudi kot spodnja stranica oklopa. Gornji oklop bo dodaten pokrovček iz tanke bakrene pločevine. Oblika mešalnika je namenoma podolgovata, da se izognemo resonancam ohišja.



Pri tem pazimo na pravilno spajkanje kondenzatorjev skoznikov in teflonskih koaksialnih kabelčkov. Nepravilna oziroma nemarna vgradnja kabelčkov zagotavlja nedelovanje transverterja!

4. visokofrekvenčna glava transverterja za 3405MHz

visokofrekvenčna glava vsebuje tri oddajne ojačevalne stopnje z vezji ADL5321 (dva zaporedno) in ALM-32320, dve sprejemni ojačevalni stopnji s polprevodniki ATF-35376 in MMG3007NT1, dve pasovni siti za 3405MHz ter antenski preklopnik z dvema PIN diodama BAR81W:



VF GLAVA TRANSVERTERJA 3.4GHz S53MV 24.07.2013

Prvi ADL5321 ojača oddajni signal na dobrih 100mw. Sledi pasovno sito za 3405MHz, ki vnaša okoli 5dB izgub v prepustnem pasu. Drugi ADL5321 ojača oddajni signal na dobrih 300mw. ADL5321 so močnostni MMIC ojačevalniki v tehnologiji HBT v razredu "AB", zato mirovni tok okoli 90mA s krmiljenjem narašča! Ojačanje za majhne signale presega 10dB. Vhod ADL5321 je prilagojen na 50Ω, izhodna impedanca pa je zaradi višje moči nujno nižja. Popolnoma enake rezultate so dali ojačevalniki MGA-30789 v tehnologiji E-HEMT.

V izhodni stopnji oddajnika je uporabljeno hibridno vezje ALM-32320. V svoji notranjosti ALM-32320 vsebuje vzporedno vezavo dveh močnostnih E-HEMTov, vezja za prilagoditev vhodne in izhodne impedance na 50Ω ter vezje za nastavitve delovne točke obeh močnostnih tranzistorjev. ALM-32320 proizvede na svojem izhodu 3W pri ojačanju dobrih 10dB na frekvenci 3405MHz.

Glavna prednost ALM-32320 pred posameznimi močnostnimi tranzistorji, monolitnimi in drugimi hibridnimi močnostnimi ojačevalniki za 3.4GHz je razmeroma veliko ohišje. Ohišje ALM-32320 lahko odvaža več kot 8W toplote! Ohišja vseh drugih polprevodnikov so dosti manjša. Obljubljeno moč sicer lahko proizvedejo, vendar ne za dolgo časa, saj so namenjeni le pulznemu delovanju oziroma delovanju v časovnem multipleksu. Po drugi strani je ALM-32320 povsem brezskrbno 100% časa na oddaji!

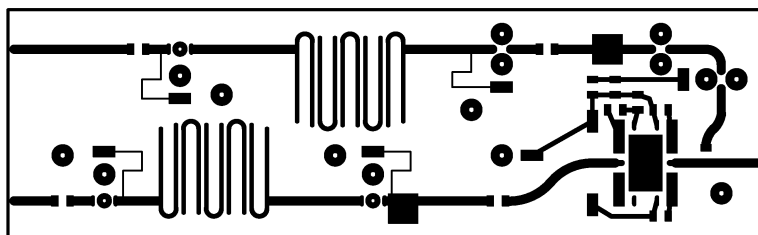
ALM-32320 se običajno uporablja v razredu "A" zaradi zahtev profesionalcev za visoko linearnost. V opisanem transverterju je delovna točka ALM-32320 postavljena v razred "AB" z uporom 470Ω na priključku 20, kar znižuje mirovni tok na dobrih 300mA in zmanjšuje segrevanje celotnega transverterja. Delovna točka "AB" pomeni spremenljivo porabo izhodne stopnje, kar zahteva učinkovito blokiranje napajanja z dvema kondenzatorjema 100nF in zaščitno zener diodo 5V6.

ALM-32320 je hkrati tudi del antenskega preklopnika. Na sprejemu je izhodna impedanca ALM-32320 v odsotnosti napajanja povsem jalova. Mikrotrakasti vod primerne dolžine preslika to impedanco v odprte sponke na spojišču sprejemnika. Obratno je treba na oddaji še vedno zaščititi vhod sprejemnika pred močjo oddajnika. Z upoštevanjem izgub vseh gradnikov in tiskanega vezja ostane okoli 2.5W moči na antenskem priključku.

Zaščita sprejemnika je izvedena z zaporedno vezavo dveh kratkostičnih PIN diod BAR81W. Na oddaji ti dve diodi zadušita 3.4GHz signal oddajnika za 44dB oziroma ostane okoli 0.1mW na vhodu sprejemnika. Vhodni HEMT sprejemnika naj bi prenesel do 10mW brez poškodb. Žal celotno antensko stikalo vnese 0.5dB izgub na oddaji in 2dB izgub na sprejemu vključno s tiskanim vezjem. V resničnem svetu brez slabljenja ne gre, niti antenska stikala v drugih tehnologijah niso kaj bistveno drugačna!

Sprejemni ojačevalnik za 3.4GHz ima v prvi stopnji HEMT ATF-35376 in v drugi stopnji InGaP MMIC ojačevalnik MMG3007NT1 povsem enako kot v inačici za 2.3GHz. Vsaka stopnja sprejemne verige daje okoli 15dB ojačanja. Vključno z vstavitvenim slabljenjem pasovnega sita med obema stopnjama znaša ojačanje celotne verige okoli 25dB.

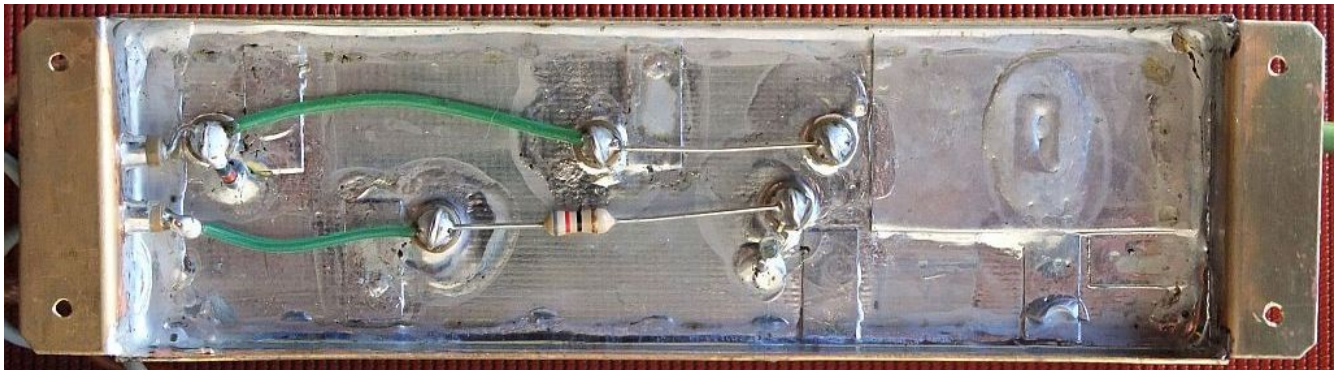
HEMT z višjim I_{dss} (ATF-35076 ipd) lahko zahteva nižje vrednosti uporov v napajanju. Upore izberemo tako, da bo napetost U_{ds} vsaj 1V. V drugo stopnjo lahko vgradimo drugačen MMIC. GALI52+ daje nekaj več ojačanja, ima večjo porabo od MMG3007NT1 in zahteva višjo vrednost upora v napajanju.



visokofrekvenčna glava je izdelana na mikrotrakastem tiskanem vezju z izmerami 30mmX100mm. Podlaga je enaka kot v mešalniku: FR4 debeline 0.6mm z dvostranskim nanosom bakra 17.5 μ m. Malosignalni polprevodniki in pasivni SMD gradniki so ozemljeni enako kot v mešalniku skozi izvrtine premera 2mm ali 3.2mm in 0.1mm debelo pocinjeno bakreno pločevino na drugi strani. ALM-32320 potrebuje še zračni mostiček za napajanje. Inačica na spodnji sliki ima dva MMIC ojačevalnika MGA-30789 v oddajni verigi:



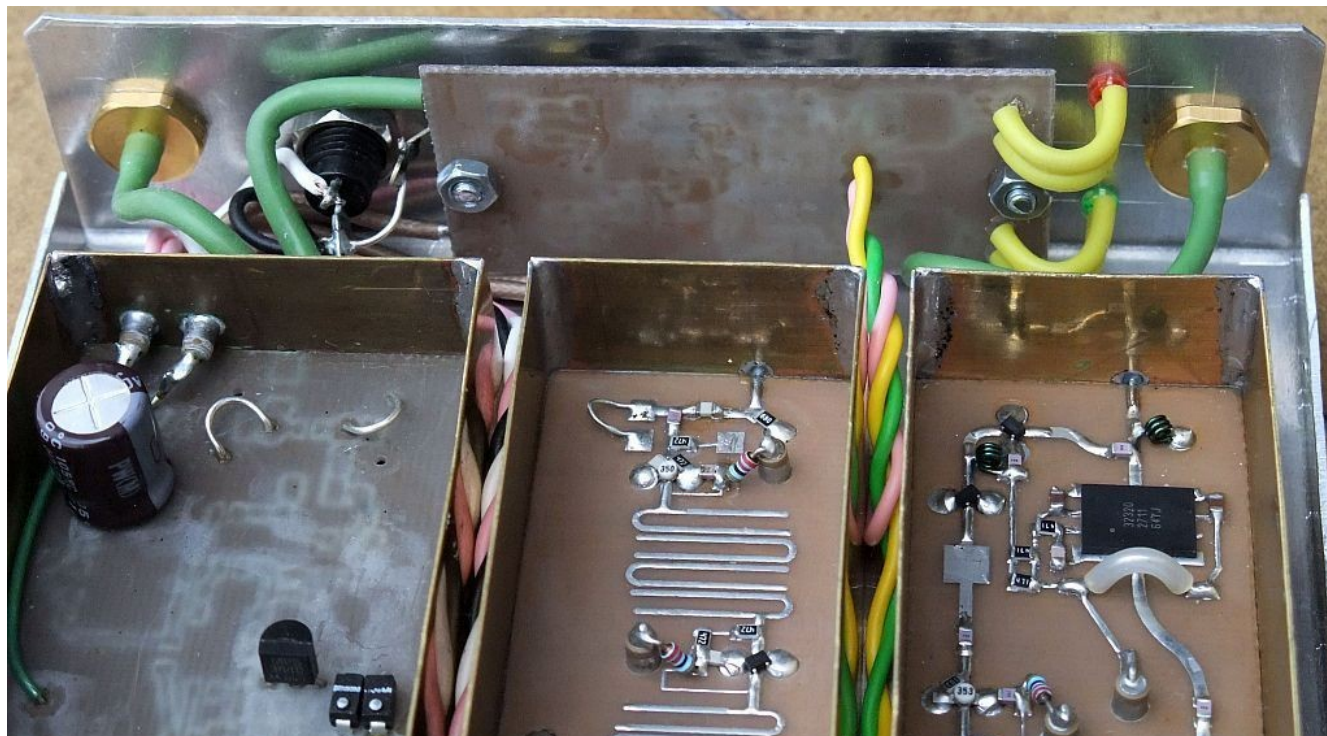
Vgradnja ALM-32320 je bolj zahtevna zaradi hlajenja. V tiskanem vezju je treba najprej izrezkati označeno pravokotno odprtino. Nato na strani mase tiskanega vezja zacinjimo košček 18mmX30mm pocinjene bakrene pločevine debeline 0.2mm, ki ima prav tako izrezano pravokotno odprtino. Potem natančno nastavimo ALM-32320 in zacinjimo obrobne priključke s pomočjo obilice stearina. Z ohm-metrom obvezno preverimo spoje na ALM-32320! Končno zapolnimo pravokotno luknjo pod ALM-32320 s cinom:



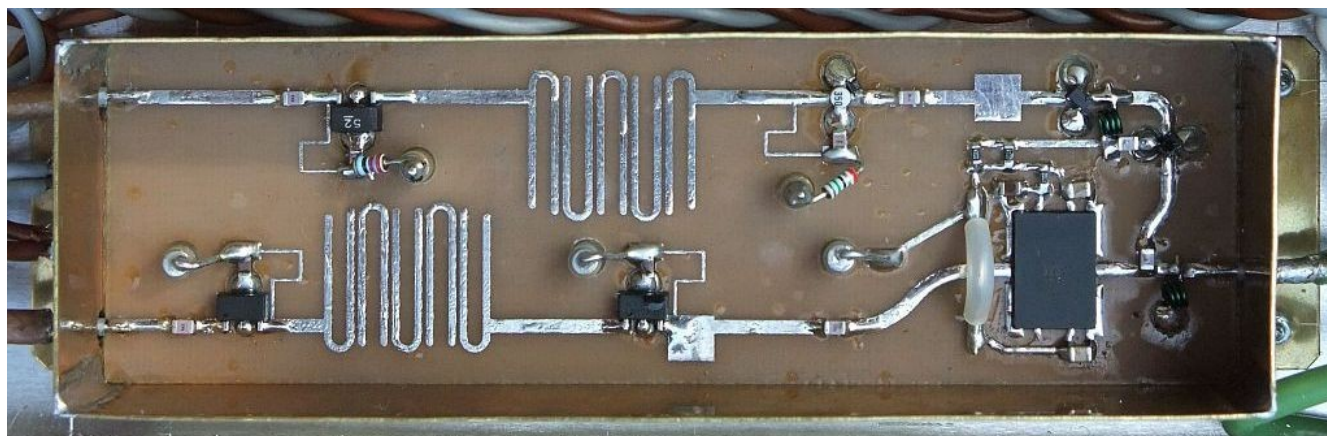
Preverjeno (enosmerno in visokofrekvenčno) mikrotrakasto vezje vgradimo v okvir iz medeninaste pločevine. Ravnina mase mikrotrakastega vezja bo delovala tudi kot spodnja stranica oklopa. Gornji oklop bo dodaten pokrovček iz tanke bakrene pločevine. Tudi oblika visokofrekvenčne glave je namenoma podolgovata, da se izognemo resonancam ohišja. Na spodnji strani ne pozabiti na zener diodo 5V6 za zaščito polprevodnikov oddajnika!

Antenski preklopnik potrebuje dve dobri dušilki približno 10nH s čim manjšimi izgubami. Za 3.4GHz tu nisem uspel najti tovarniško izdelanih dušilk z majhnimi izgubami. Dušilke sem izdelal sam, vsako iz približno 25mm ($\lambda/4$) žice CuL 0.45mm. Iz CuL žice sem navil

zračno tuljavo dobrih treh ovojev na notranji polmer 1.5mm, da od žice ostaneta ravna pocinjena priključka dolžine približno 2mm. Vse doma izdelane tuljave v sintetizatorju, mešalniku in visokofrekvenčni glavi so najboljše razvidne na spodnji sliki:

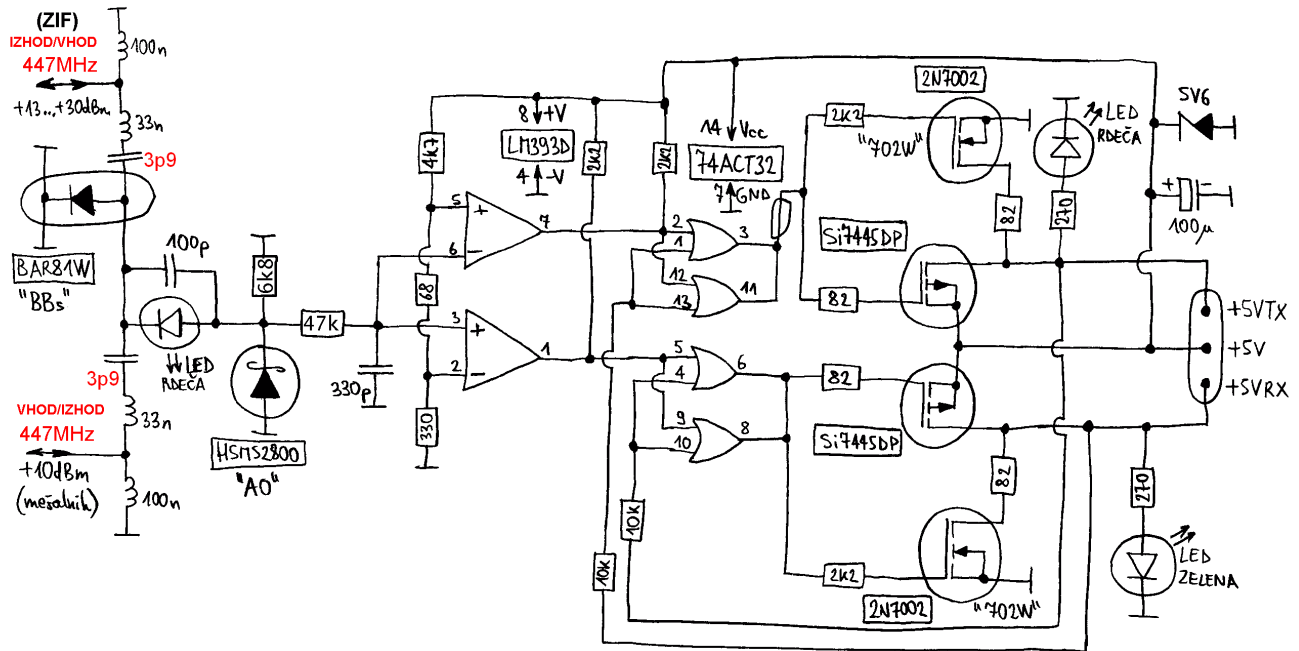


Vgradnja ATF35076 oziroma drugih HEMTov iz starih SAT-TV konverterjev ter MMIC ojačevalnika GALI52+ zahteva drugačne upore na napajanju. V vezjih transverterja za 3.4GHz samoosciliranja MMIC ojačevalnikov GALI52+ nisem opazil. Inačica na spodnji sliki sicer ima dva MMIC ojačevalnika ADL5321 v oddajni verigi:



5. Gradnja BPSK transverterja za 3405MHz

BPSK transverter za 3405MHz vsebuje še dve enoti, ki se bistveno ne razlikujeta od enakovrednih enot v transverterju za 2360MHz [1]. Enota omejevalnik in preklop sprejem/oddaja, to se pravi vmesnik med medfrekvenco in transverterjem, zahteva le predelavo sit na višjo medfrekvenco 447MHz:



Omejevalnik + preklop RX/TX S53MV 11.11.2012

Sprememba vrednosti dveh SMD kondenzatorjev na fotografiji enote omejevalnik in preklop sprejem/oddaja za transverter 447/3405MHz sploh ni vidna:

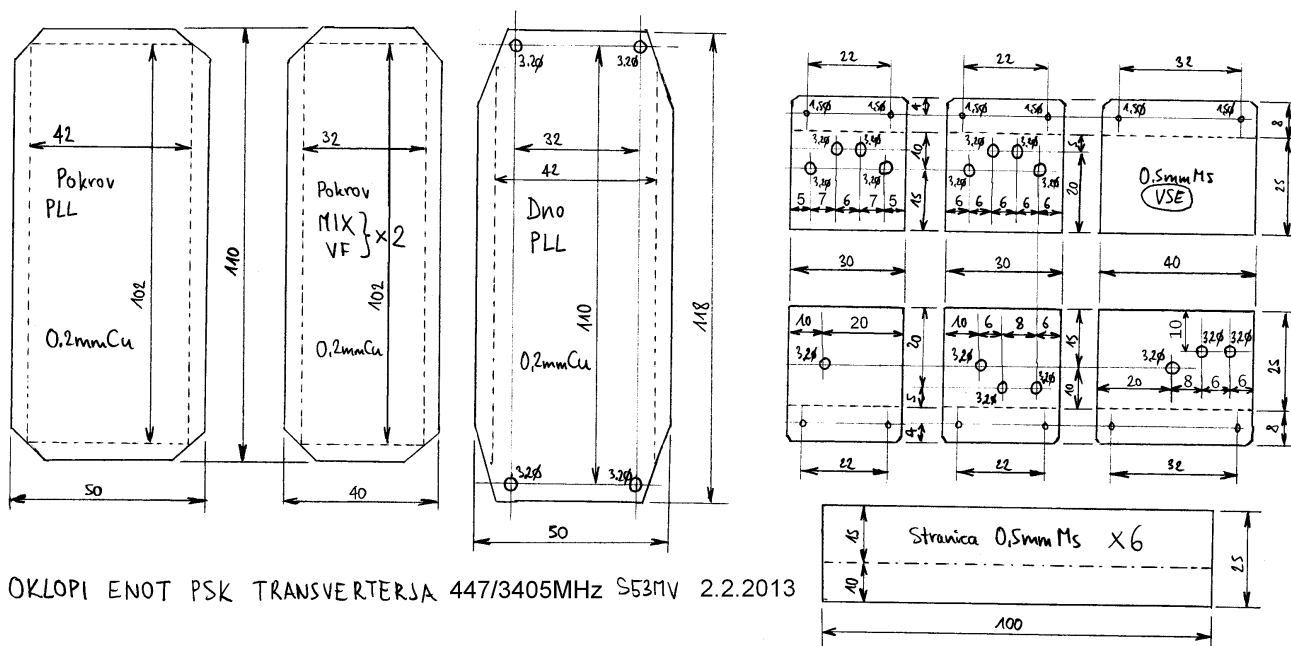


Stikalni napajalnik za +5V transverterja za 3405MHz z AOZ1014 (AOZ1017) je popolnoma enak napajalniku transverterja za 2360MHz [1]. Poraba transverterja za 3405MHz je celo nekoliko višja od inačice za 2360MHz, zato je visok izkoristek stikalnega napajalnika še kako pomemben. Uporaba linearnega regulatorja 7805 ipd ne pride v poštev zaradi segrevanja! Tudi v transverterju za 3405MHz je stikalni napajalnik privit na zadnjo steno ohišja:



Tri visokofrekvenčne enote transverterja za 3405MHz: sintetizator, mešalnik in visokofrekvenčna glava, so vgrajene v okvirje iz 0.5mm debele medeninaste pločevine. Sintetizator ima dodatno dva pokrova iz tanke bakrene pločevine debeline 0.2mm,

ostali dve enoti pa le zgornji pokrov:

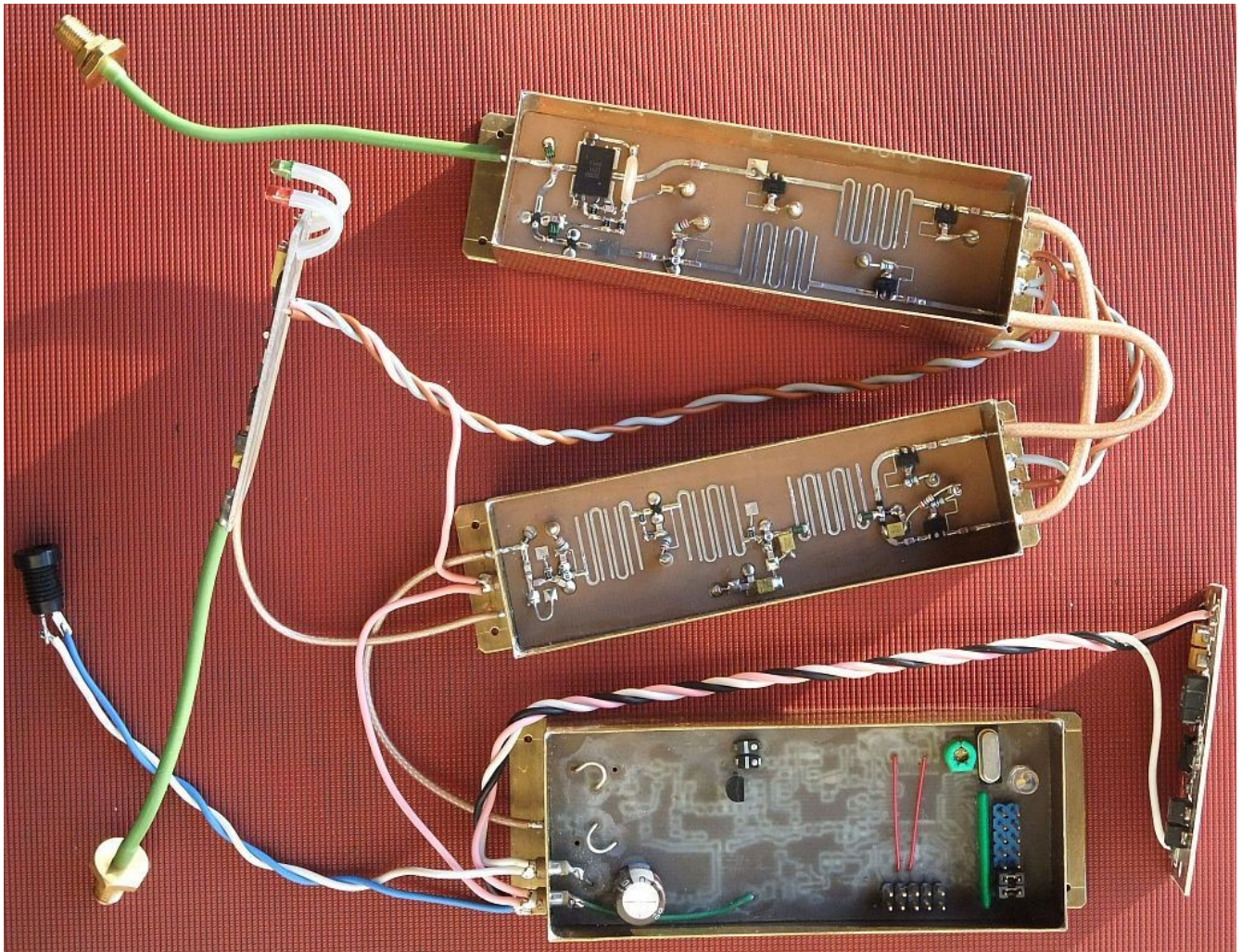


Oklopljene enote so namenoma podolgovate oblike, da notranje resonance kovinskih škatlic niso škodljive. Mikrovalovni absorber torej ni potreben v nobeni škatlici. Vse povezave so preko teflonskih kabelčkov oziroma kondenzatorjev skoznikov na ozkih straneh oklopljenih enot.

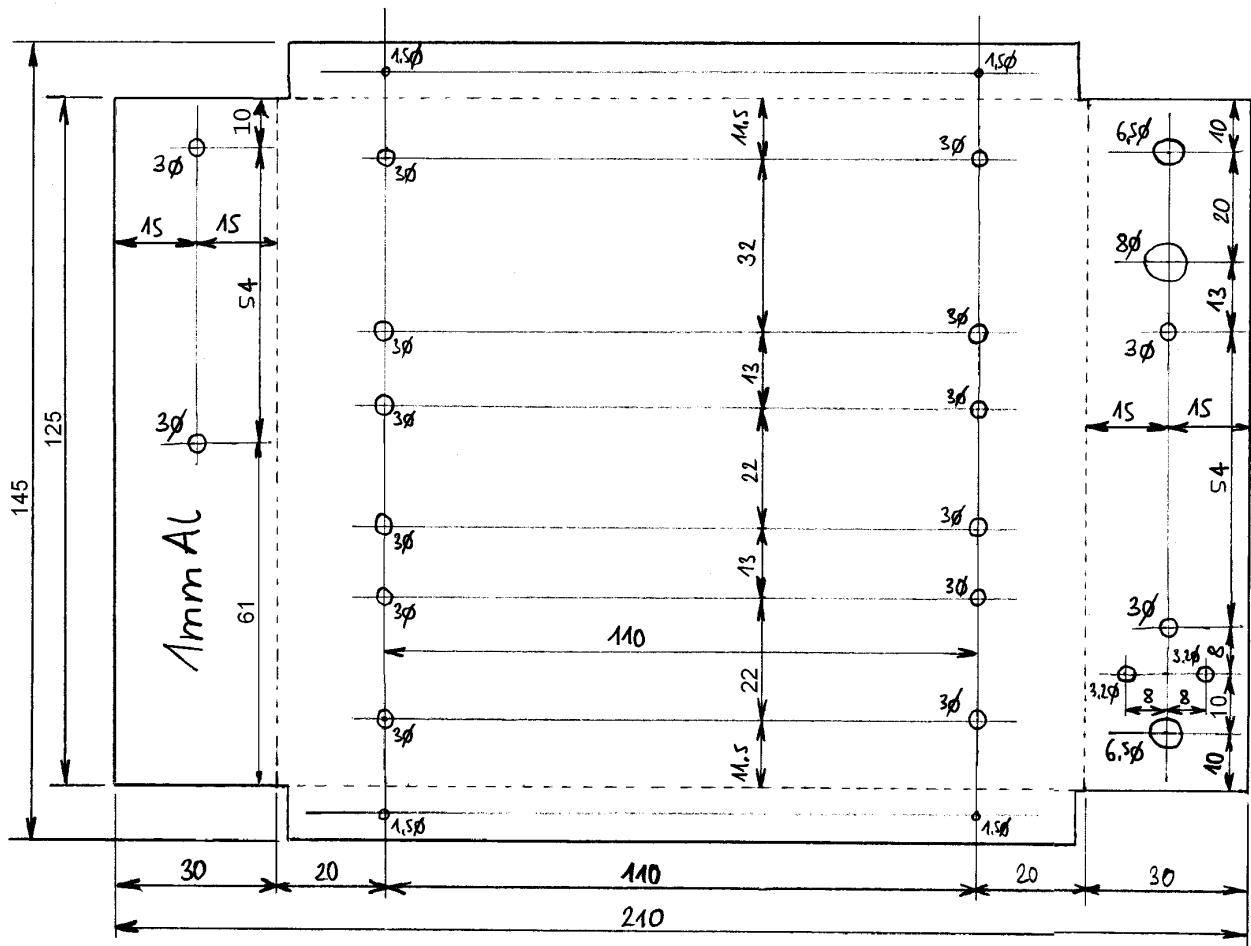
Stikalni napajalnik preizkusimo ločeno od ostalih enot! Nepravilno delovanje stikalnega napajalnika ima lahko katastrofalne posledice za visokofrekvenčna vezja!

Sintetizator lahko preverimo neodvisno od ostalih enot. Prav tako lahko neodvisno od ostalih enot preverimo delovanje preklopa RX/TX. Nato povežemo mešalnik in takoj preverimo delovanje verige lokalnega oscilatorja na obeh testnih točkah. Vsi trije nihajni krogi na 739.5MHz se uglašujejo z ukrivljanjem "U" tuljav proti ravnini mase tiskanega vezja. Končno preverimo delovanje enote mešalnika na sprejemu in na oddaji.

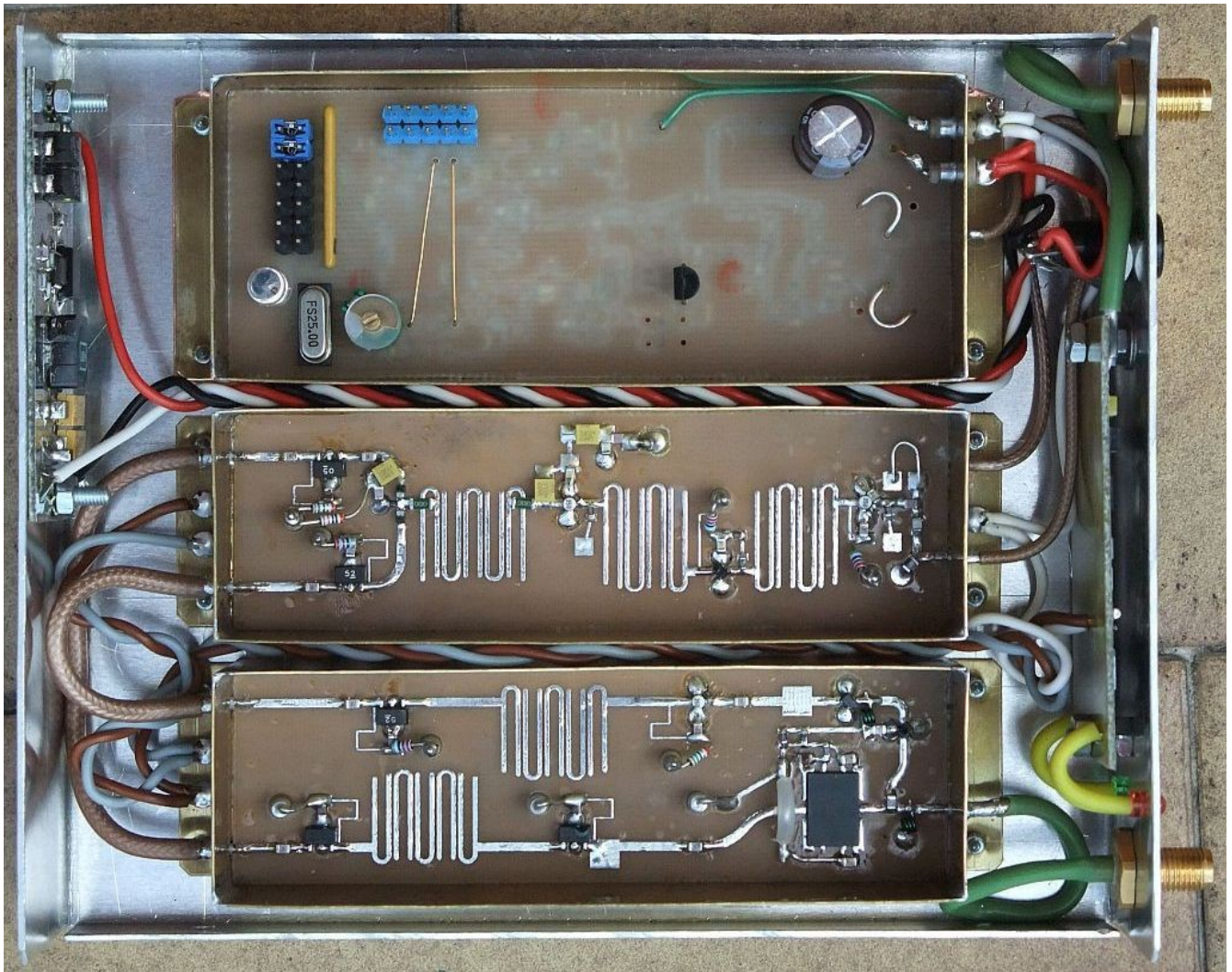
Nazadnje priključimo še četrto visokofrekvenčno enoto, visokofrekvenčno glavo, da s pomočjo dveh laboratorijskih napajalnikov za +5V in +12V oziroma izdelanega stikalnega napajalnika za +5V preizkusimo delovanje celotnega transverterja. Visokofrekvenčna glava naj ne bi potrebovala nobenega uglaševanja. Poraba visokofrekvenčne glave na oddaji (napajanje +5V TX) bi morala biti okoli 1.2A pri polni izhodni moči oziroma okoli 500mA brez medfrekvenčnega krmiljenja:



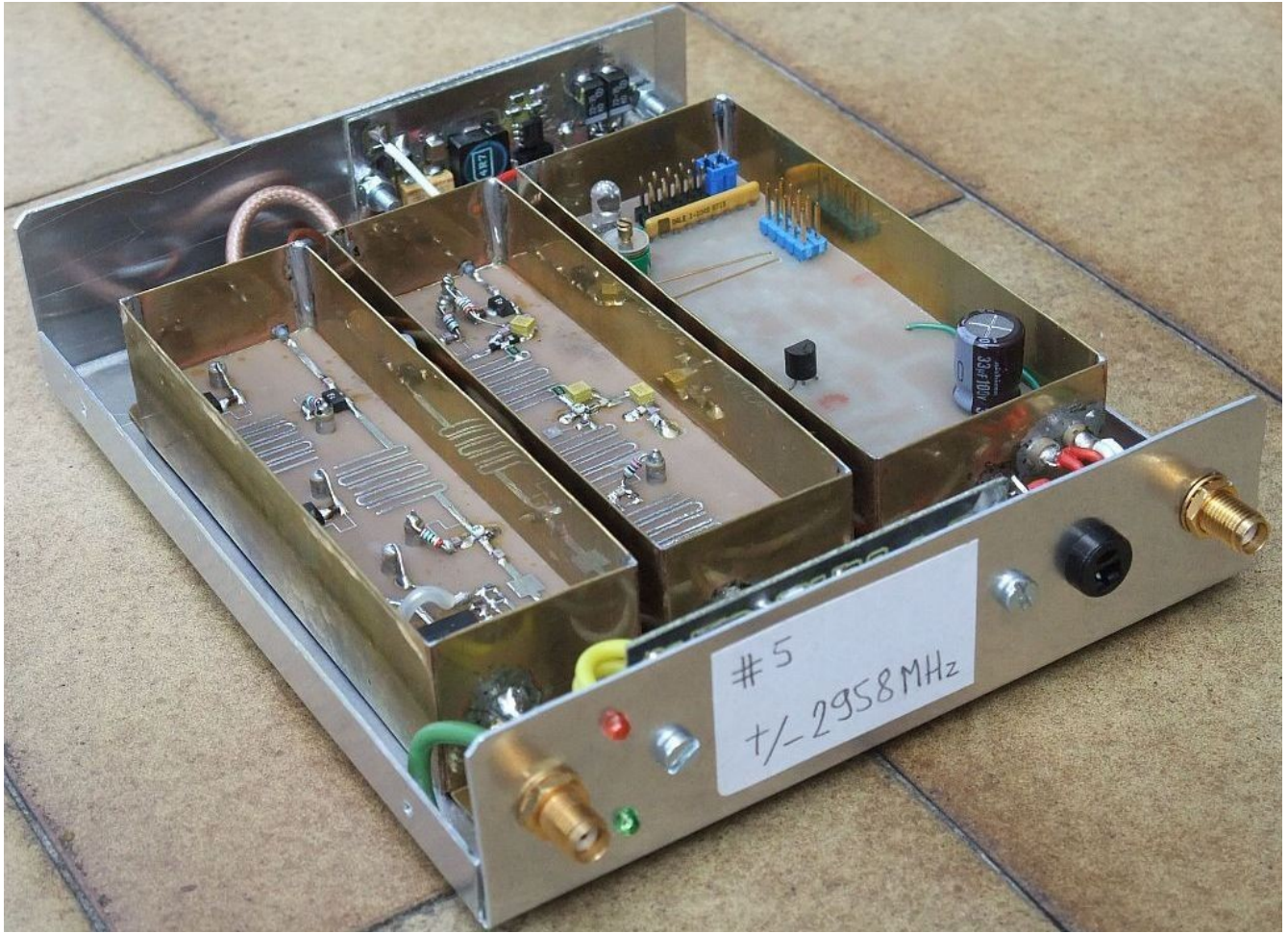
Vse enote transverterja vgradimo v škatlo iz dveh "Ujev": 1mm aluminijeva pločevina za dno in 0.6mm aluminijeva pločevina za pokrov. Dno škatle naj ima širino 125mm, globino 150mm in višino 30mm kot v prototipu:



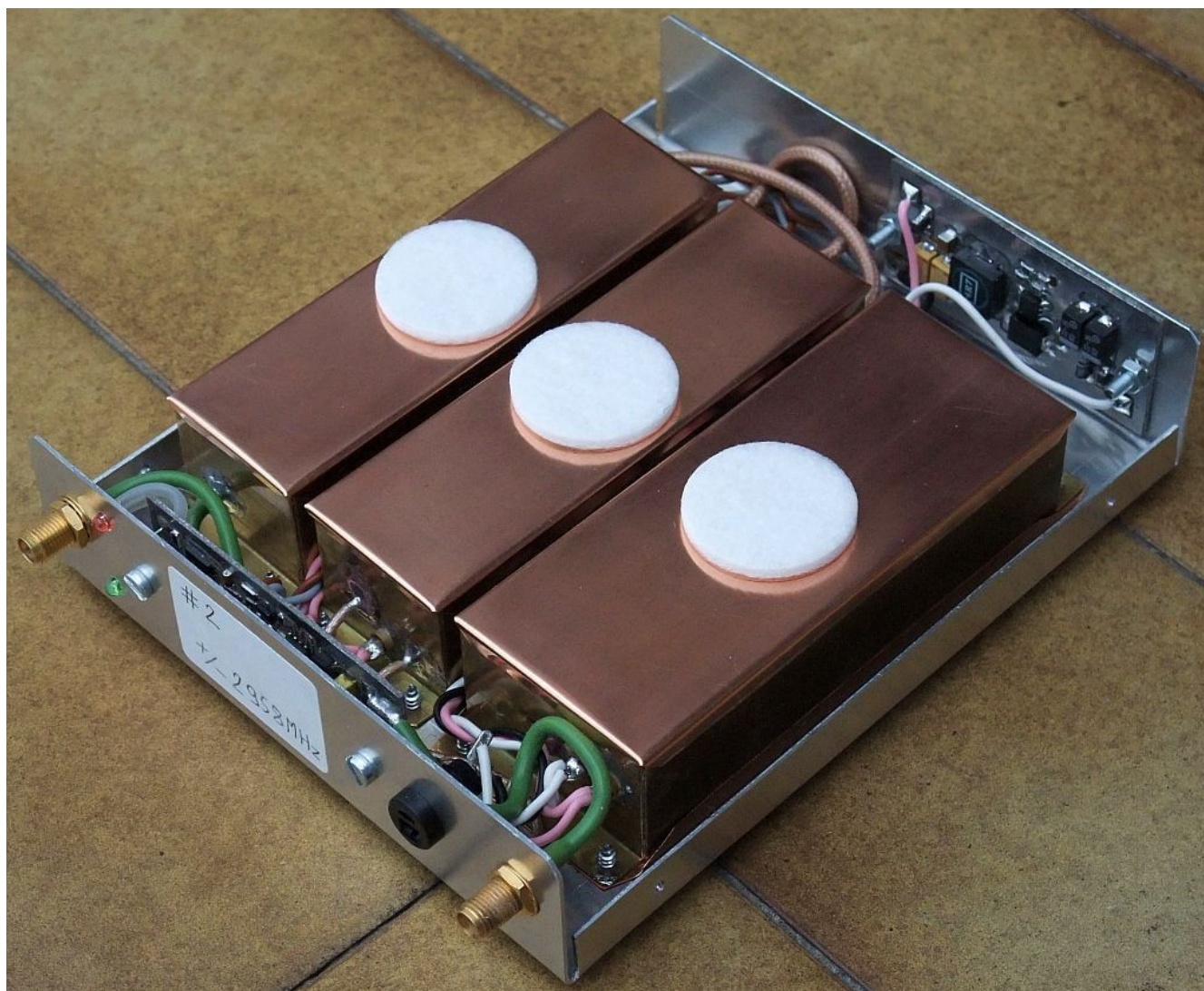
DNO ŠKATLE PSK TRANSVERTERJA 447/3405MHZ S53MV 4.2.2013



Na prednjo ploščo so nameščene vse tri vtičnice: antena, napajanje in medfrekvenca ter tiskano vezje preklopa RX/TX:



Na bakrene pokrove škatlic sintetizatorja, mešalnika in visokofrekvenčne glave so nameščeni samolepljivi filci, da pokrov škatle iz 0.6mm debele aluminijeve pločevine zadrži tudi male bakrene pokrovčke na svojih mestih:



6. Poskusi z BPSK transverterji za 3405MHz

Transverter za frekvenčni pas 9cm je bil v začetku mišljen za delovanje na 3408MHz z bitno hitrostjo 2Mbps in medfrekvenco 450MHz. Prve meritve dometa sem opravil na radijski poti od doma (S53MV) do lovke koč nad Renčami (S55YFH), razdalja približno 10km brez vidljivosti (krošnje dreves) februarja 2013.

Na isti radijski poti sem pred letom imel postavljeno tudi WiFi zvezo na 5.7GHz z Ubiquiti NanoBridge s paraboličnim zrcalom premera 25cm, ki je pozimi izpadala in poleti dokončno odpovedala tudi pri najnižji hitrosti 3Mbps s FEC (Forward Error Correction). BPSK transverter in NBP oprema za 2Mbps deluje v istih pogojih povsem zanesljivo z GP anteno in celo 13dB rezerve do 13dBi antene (skupina štirih flik) na drugem koncu zveze:



Z razvojem RATNC za 10Mbps NBPv2 in kmalu za njim še SATNC je postala gradnja vzporednega 2Mbps omrežja na 3408MHz nesmiselna. Medfrekvenčne postaje sem predelal za 10Mbps in 447MHz in s transverterji za frekvenčni pas 9cm sem se lotil prvih poskusov prenosa 10Mbps v resničnem packet-radio omrežju. Poskusi na 10Mbps in primerjave z 2Mbps na isti radijski poti so odkrili številne pomanjkljivosti medfrekvenčnih postaj in tudi transverterjev.

Transverterji za 2360MHz in za 3405MHz so potrebovali boljše blokiranje napajanja končnih stopenj oddajnika za delovanje pri 10Mbps. Glavni krivec frekvenčne nestabilnosti so bili slabi trimerji pri kristalu frekvenčnega sintetizatorja. Prav zanimivo, sami kristali za 25MHz, sicer velikoserijski izdelek za Ethernet, so se izkazali zelo stabilni.

Pred objavo članka sem skušal transverterje za 3405MHz temeljito preizkusiti. Skupno sem izdelal pet prototipov. Zadnji je z MMIC ojačevalniki GALI, ki imajo še preveč ojačanja. Še največ težav s ponovljivostjo gradnje je bilo s HEMT-i iz različnih izvorov, kjer dva nista med sabo enaka, pač pa imata hudo različna Idss.

Končni preizkus je 10Mbps zveza S55YFH-S55YST na 3405MHz na oddaljenosti 48km. Kratki okvirji pridejo skozi s 13dBi skupino na tovski koči nad Renčami in GP anteno na Kobariškem Stolu:



Žal večja antena na izpostavljenem Kobariškem Stolu ne prinese zanesljive zveze. Vzrok so verjetno paketne motnje v frekvenčnem pasu 3.4GHz, mogoče poskusno WiMAX omrežje, še bolj verjetno cenene WiFi naprave tudi za ta frekvenčni pas. Mogoče bi se z drugačno polarizacijo anten lahko izognil vsaj delu motenj? V dolini motenj še nisem opazil, tu 10Mbps na 3405MHz dela brezhibno!

7. Literatura:

[1] Matjaž Vidmar: "BPSK transverter za 2360MHz", strani 3-32, Elektronik.si #19, ISSN 1855-6868.

[2] Matjaž Vidmar: "Obnova BPSK radijskih postaj za 13cm in 23cm", strani 3-24, Elektronik.si #20, ISSN 1855-6868.

[3] Matjaž Vidmar: "A short-range UWBFM transceiver for 5.8GHz",
<http://www.s5tech.net/s53mv/nbp/ax25/Uwbfm5.pdf> in
<http://www.s5tech.net/s53mv/nbp/ax25/Uwbfm5.zip>

[4] Matjaž Vidmar: "Megabitna BPSK radijska postaja za 430MHz", strani 3-31, Elektronik.si #14, ISSN 1855-6868.

[5] Matjaž Vidmar: "Mala BPSK radijska postaja za 420MHz", strani 3-27, Elektronik.si #18, ISSN 1855-6868.

* * * * *