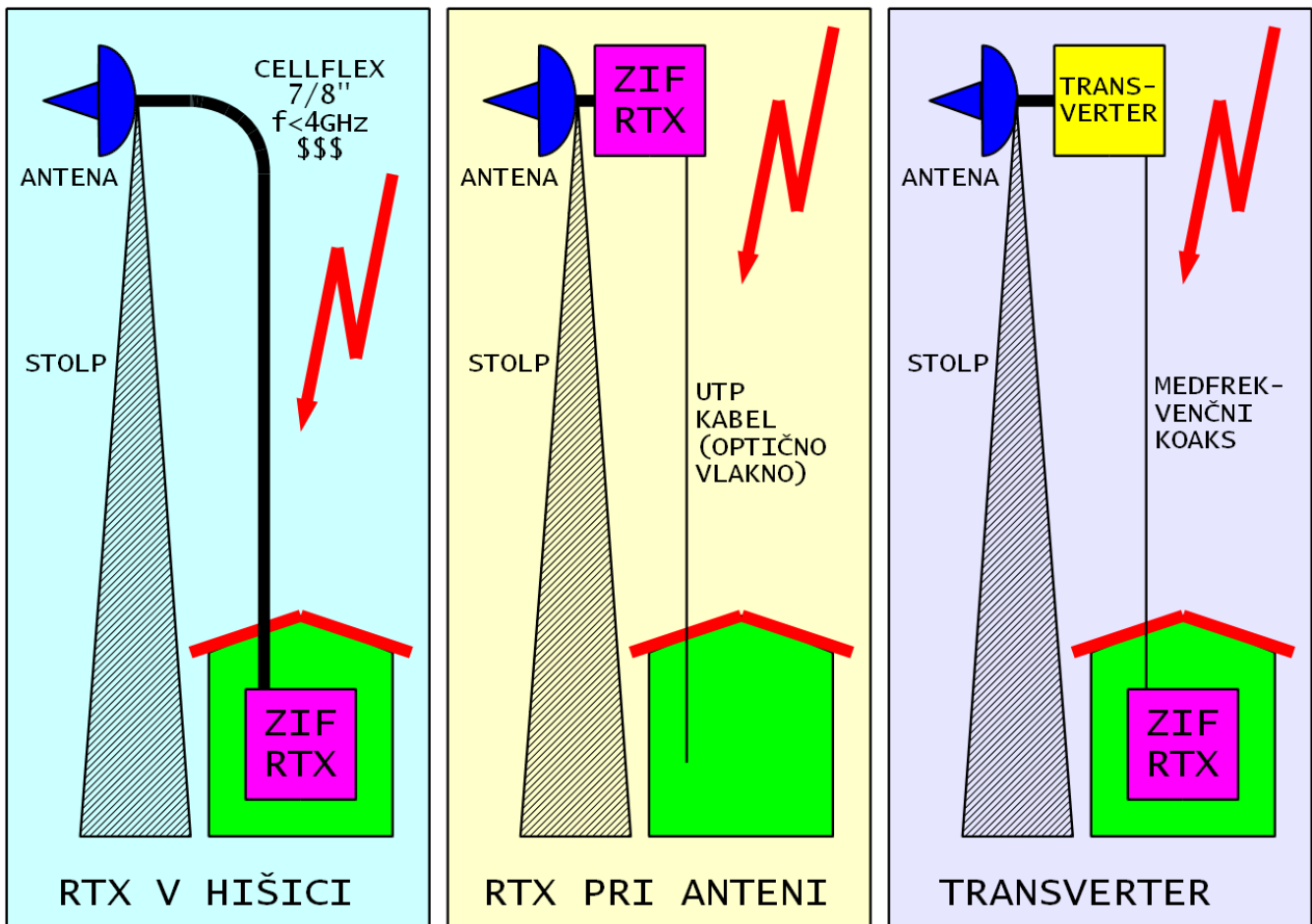


Mała BPSK radijska postaja za 420MHz

Matjaž Vidmar, S53MV

1. Ničelna medfrekvenca ali transverter?

Računalniško radijsko omrežje niso samo uporabniki in strežniki, pač pa tudi vozlišča na izpostavljenih točkah, ki so med sabo povezana z različnimi vrstami zvez. Radioamaterji smo na vrhu hriba pogosto slepi potniki v tuji hišici: planinskem domu, lovski koči, RTV postojanki ali drugi zgradbi. Tu se moramo prilagoditi zahtevam lastnika. Predvsem pa naše antene ne smejo biti prevelike, prav tako ne omara z našimi radijskimi napravami. Ker je na dobrih izpostavljenih točkah dosti različnih uporabnikov, pričakujemo tudi znatno dolžino povezovalnih kablov med antenami in omara v hišici.



IZVEDBE MIKROVALOVNE USMERJENE ZVEZE

Radioamaterji smo pred leti kar kopirali profesionalce: antena na stolp, radijska postaja v hišico, vmes pa izredno drag in okoren koaksialni kabel CELLFLEX 1/2", 7/8" ali celo debelejši. Naša inštalacija se ni torej v ničemer razlikovala od RTV ali Mobitela, tudi vsa pravila profesionalcev za zaščito pred strelo in izvedbo

ozemljitev smo vestno upoštevali.

Ker so visokofrekvenčni vodi in še posebno kakovostne pripadajoče vtičnice izredno dragi, cenena WLAN (WiFi) oprema danes vsebuje radijsko postajo neposredno v sami anteni. Visokofrekvenčni vodi od zunaj sploh niso vidni niti dostopni. Celotna naprava, antena z vgrajeno radijsko postajo, je postavljena na stolp in do nje privedemo le napajanje in podatkovne signale preko UTP ali STP kabla, še boljše preko optičnega vlakna.

Radijska postaja na stolpu je izpostavljena znatno širšemu temperaturnemu razponu, vlagi in tresljajem. Popravila oziroma uglaševanje so na stolpu skoraj nemogoči. Niti STP (oklopljeni Ethernet) kabel ni kdovekako odporen na udar strele. Končno bomo profesionalnemu lastniku težko dopovedali, zakaj se optičnega vlakna ne da ozemljiti po njegovih predpisih...

Sodobne profesionalne mikrovalovne zveze so ubrale novo pot. Cena in okornost debelih koaksialnih kablov oziroma kovinskih valovodov sta postala preveč celo za profesionalce. Sodobne mikrovalovne zveze so zato ubrale bolj komplicirano rešitev: visokofrekvenčna glava radijske postaje pri sami anteni, medfrekvenca in modem pa v hišici. Vmes razmeroma tanek, gibek in cenen medfrekvenčni koaksialni kabel.

Ker smo radioamaterji pogosto samo gostje v tuji hiši na vrhu hriba, moramo biti prilagodljivi, to se pravi uporabljati vse tri opisane rešitve. Megabitne podatkovne zveze med vozlišči omrežja bomo verjetno gradili v frekvenčnih področjih 1.3GHz, 2.3GHz, 3.4GHz in 5.7GHz, mogoče celo 10GHz. V vseh navedenih primerih je smiselna izbira medfrekvenca okoli 400MHz, ki jo po tankem in cenem koaksialnem kablu privedemo do mikrovalovnega transverterja pri anteni.

Megabitna BPSK radijska postaja za 430MHz [1], [2] torej ni uporabna samo kot gola radijska postaja v radioamaterskem pasu 70cm, pač pa je zelo smiselna izbira tudi kot medfrekvenca za krmiljenje mikrovalovnega transverterja. Za krmiljenje transverterja seveda ne potrebujemo 4W visokofrekvenčne moči, kar proizvaja oddajnik opisane postaje, niti v primeru res visokih izgub povezovalnega kabla do transverterja na antenskem stolpu. Kar bi po drugi strani želeli, so višje bitne hitrosti in hitrejši preklop sprejem/oddaja in nazaj, kar dopuščajo večje pasovne širine mikrovalovnih področij.

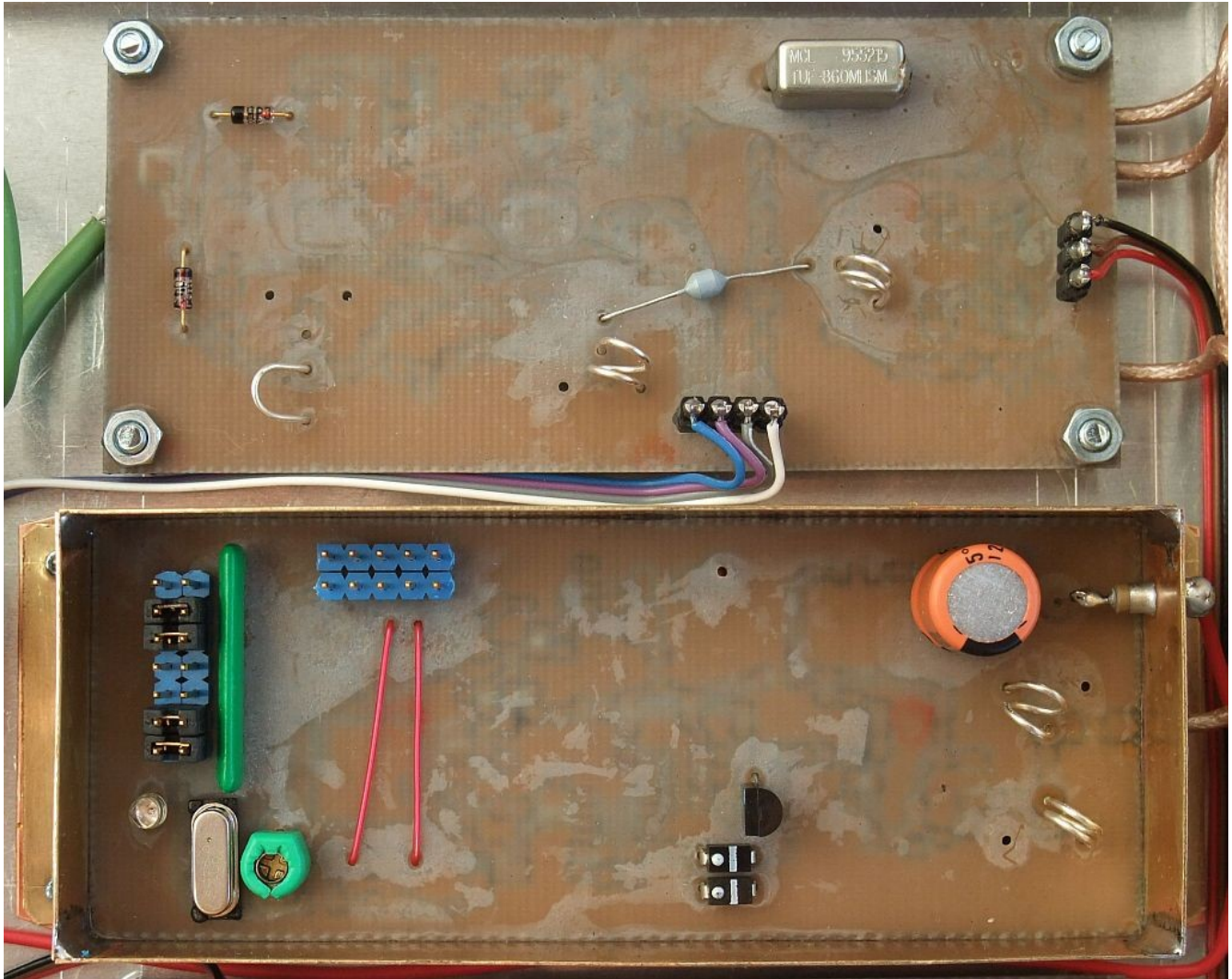
V tem članku bom opisal pomanjšano inačico BPSK radijske postaje za 420MHz, namenoma vsaj 10MHz proč od radioamaterskega pasu 70cm, da se naš 70cm in naše mikrovalovne zveze ne motijo med sabo v isti omari. Moč oddajnika je namenoma znižana na 200mW, kar zadošča za vse transverterje tudi pri izgubah povezovalnega kabla do 10dB! Zmanjšana moč predvsem preprečuje nepotrebno segrevanje medfrekvenca. Poraba pomanjšane inačice postaje na oddaji se zniža na samo 370mA, medtem ko ostane poraba na sprejemu skoraj nespremenjena okoli 240mA pri 12V.



Pomanjšana inačica je jasno preprostejša za gradnjo: v predelani visokofrekvenčni glavi ni več močnostnih tranzistorjev niti oddajnik ne potrebuje uglaševanja. PLL in ničelna medfrekvenca (Zero IF) vsebujeta načeloma nespremenjena vezja. V tem članku opisujem le manjše popravke tiskanih vezij PLLja in ZIFa, ki olajšujejo gradnjo. Za delovanje pri višjih bitnih hitrostih je treba spremeniti vrednosti gradnikov nizkoprepustnih sit v VF glavi, ZIFu in preklopu.

Končno sem v več različnih inačicah pomanjšane BPSK radijske postaje preizkusil drugačno uglaševanje visokofrekvenčnih vezij. Drage, nezanesljive in težko dobavljive trimer kondenzatorje sem v zadnji inačici poskusil zamenjati s fiksnimi SMD kondenzatorji, fiksne SMD tuljave pa s tuljavami iz posrebrene žice, ki jih uglašujemo z razmikanjem ovojev oziroma mečkanjem tuljav. Takšna predelava je natančno delo, saj je območje uglaševanja tuljav ožje od območja kapacitivnih trimerjev. Po drugi strani je končni izdelek bolj zanesljiv, saj v njemu ni vrtečih delov niti drsnih kontaktov.

V tem članku bom opisal obe inačici pomanjšane BPSK radijske postaje, s kapacitivnimi trimerji in z mečkanjem tuljav. Obe inačici sta izdelani na enakih tiskanih vezjih, kar pomeni, da se lahko graditelj zadnji trenutek premisli in kapacitivne trimerje zamenja z nastavljivimi tuljavami oziroma obratno.

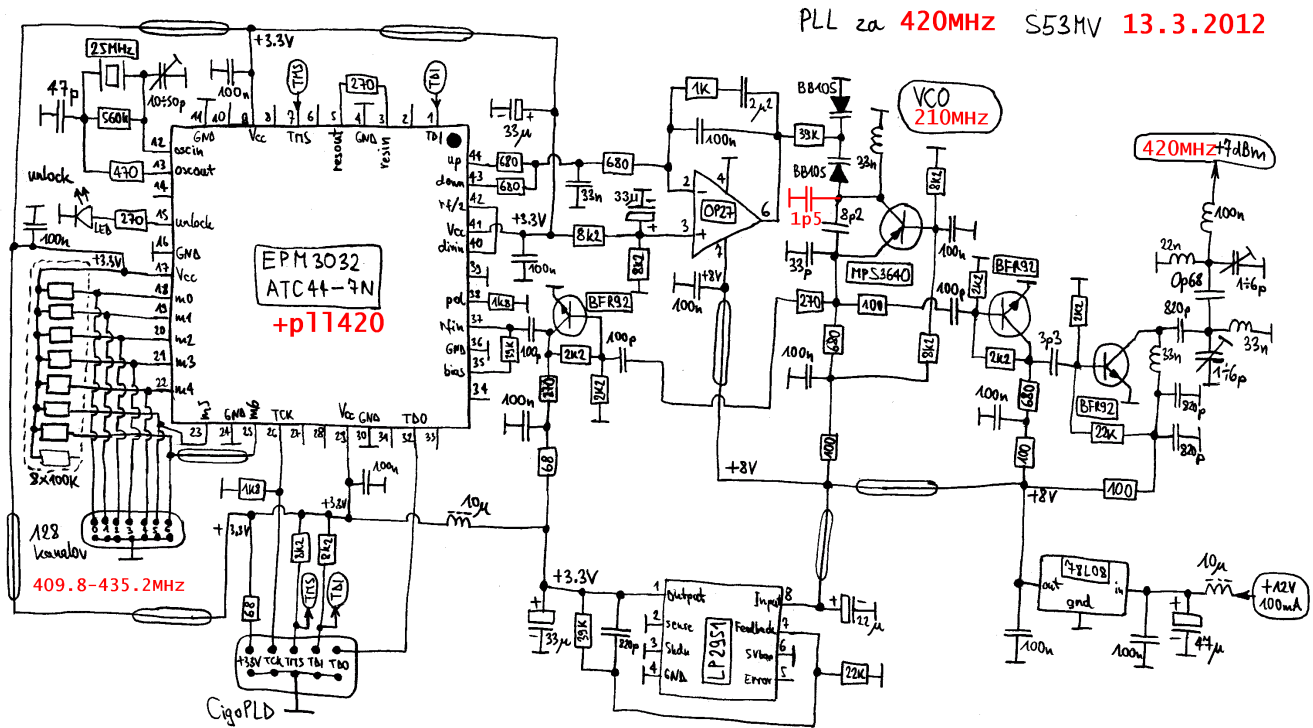


Vse nabrane izkušnje s pomanjšano inačico BPSK radijske postaje za 420MHz lahko seveda s pridom uporabimo tudi v izvorni inačici s polno močjo oddajnika 4W. V izhodni stopnji oddajnika za 4W bo verjetno težje nadomestiti trimerje s fiksnimi kondenzatorji in mečkanjem tuljav.

Nenazadnje je pomanjšana inačica BPSK radijske postaje uporabna tudi neposredno, brez transverterjev, v radioamaterskem področju 430MHz. Bolj točno, zaradi majhne oddajne moči samo 200mw jo lahko uporabljamo celo kot ISM napravo na frekvencah okoli 434MHz. Ker je razmeroma preprosta za gradnjo, je pomanjšana inačica torej primerna tudi za vse tiste, ki (še) nimajo radioamaterskega izpita niti pripadajočega dovoljenja.

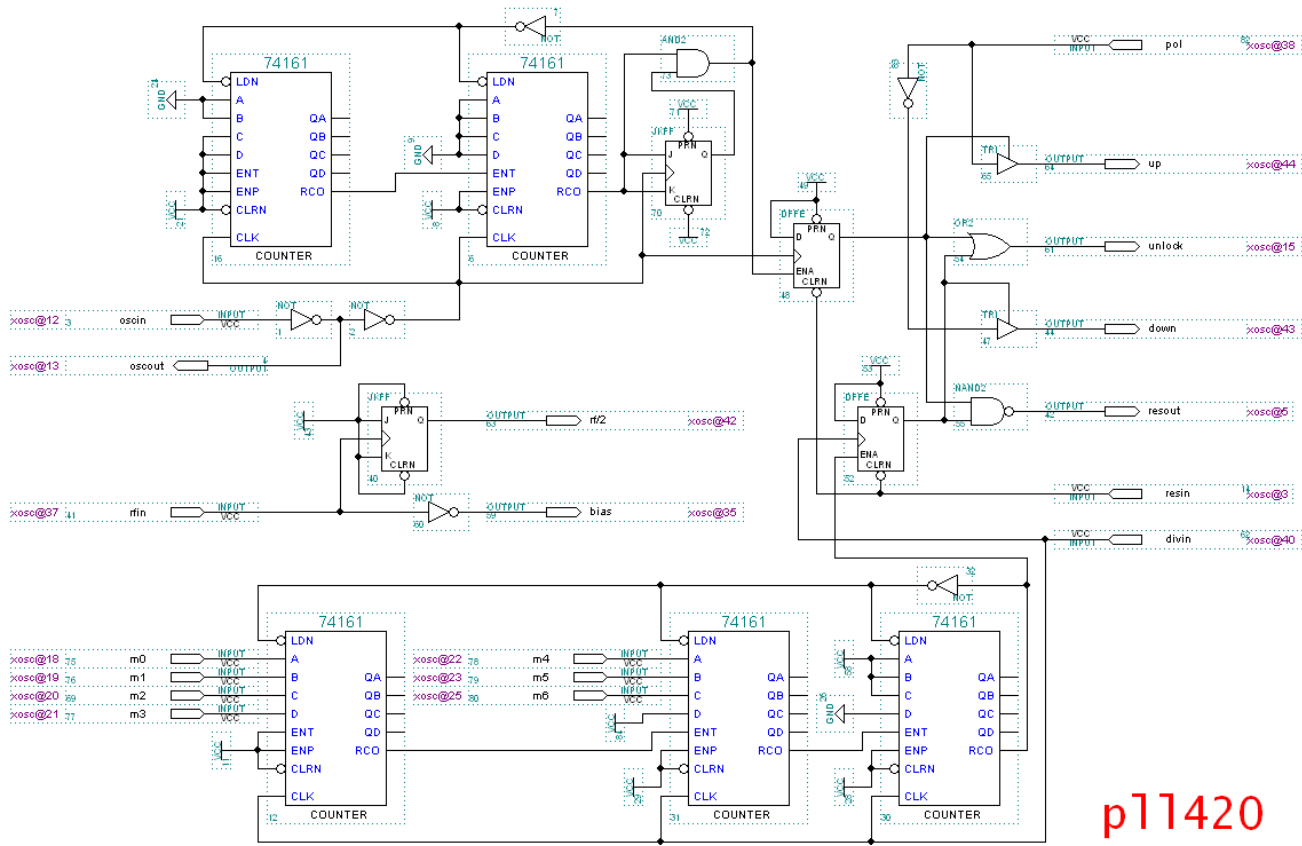
2. PLL frekvenčni sintetizator

PLL frekvenčni sintetizator je skoraj popolnoma enak tistemu v izvorni inačici BPSK radijske postaje za 430MHz. Načrt vsebuje le nekaj manjših sprememb za delovanje na nekoliko nižji frekvenci okoli 420MHz. Vse spremembe so vpisane z rdečo barvo:



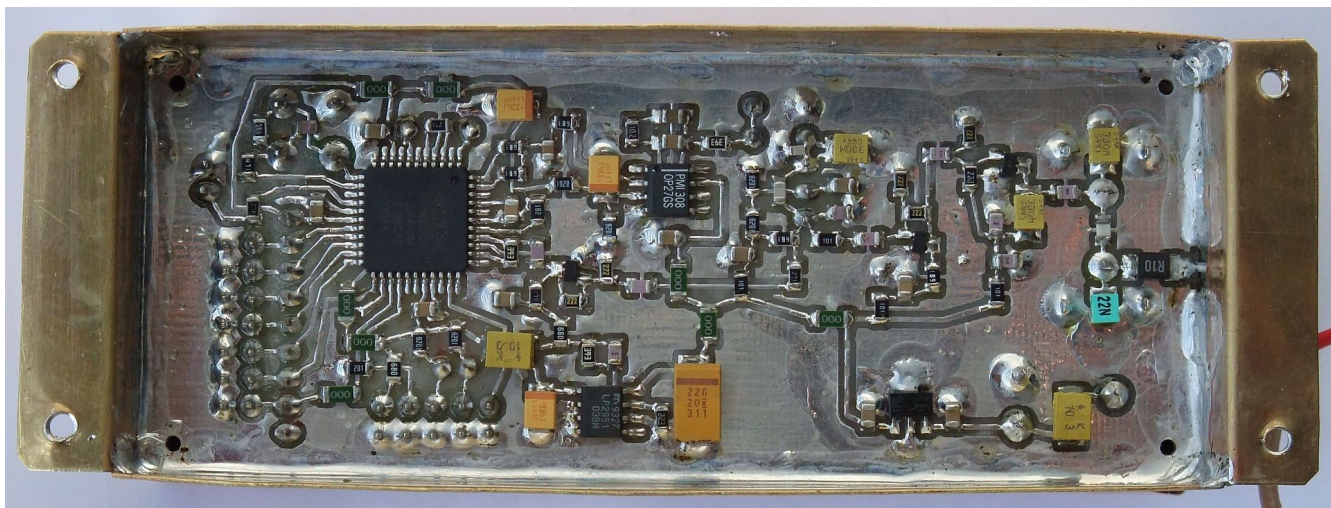
Najpomembnejša sprememba je drugačen modulo deljenja PLLja zaradi nižje frekvence delovanja. V programirljivo logiko EPM3032ATC44 torej vpišemo program "p11420" s programsko opremo proizvajalca Altera "MAX+plusII" in vmesnikom "CigoPLD", ki omogoča delovanje radijske postaje v frekvenčnem pasu od 409.8MHz do 435.2MHz. Dodatno popravimo frekvenčno območje VCOja s kondenzatorjem 1.5pF, da bo enosmerna napetost na varikap diodah čim bližja 4V pri delovanju VCOja na osrednji frekvenci 210MHz.

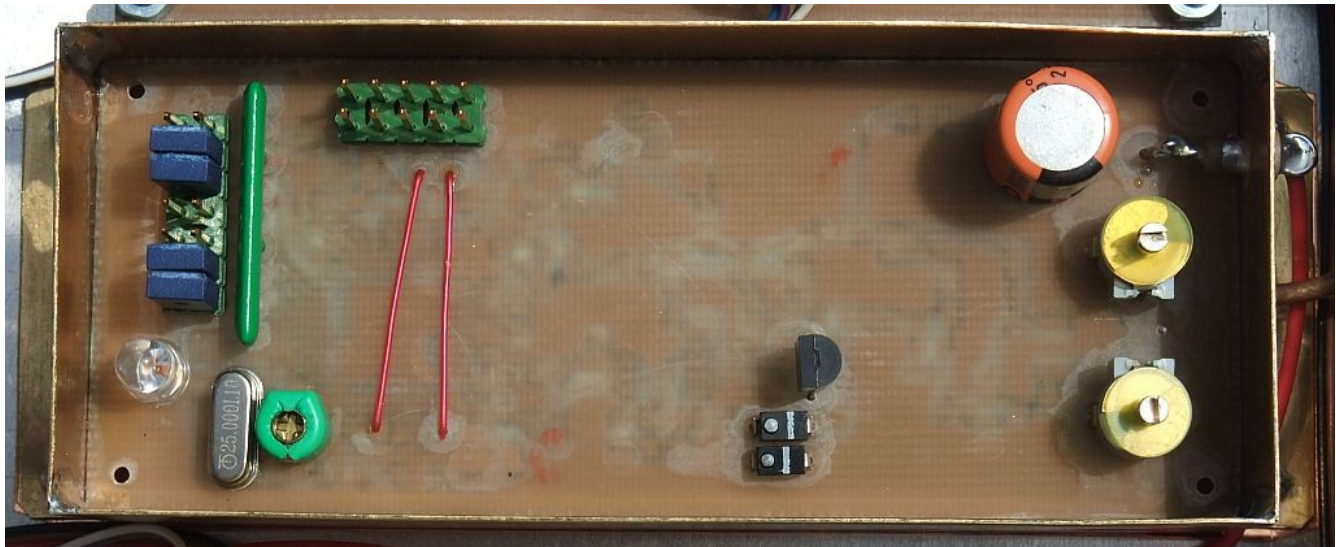
Starinske varikap diode BB105 lahko zamenjamo s katerikoli UHF varikap diodami, na primer BB221, BB505 oziroma njihovimi SMD različicami. Žal PNP tranzistor MPS3640 v oscilatorju nima preproste zamenjave, še najbližji bi mu bil BFR99. Programirljivo logiko EPM3032ATC44 priporočam vsaj različico 7ns, boljše 4ns! SMD tuljave naj imajo kvaliteto vsaj $Q=50$ na delovni frekvenci. Kapacitivni trimmerji naj bi bili folijski, ker so dosti bolj stabilni od keramičnih. Ostali gradniki naj danes ne bi povzročali težav.



p11420

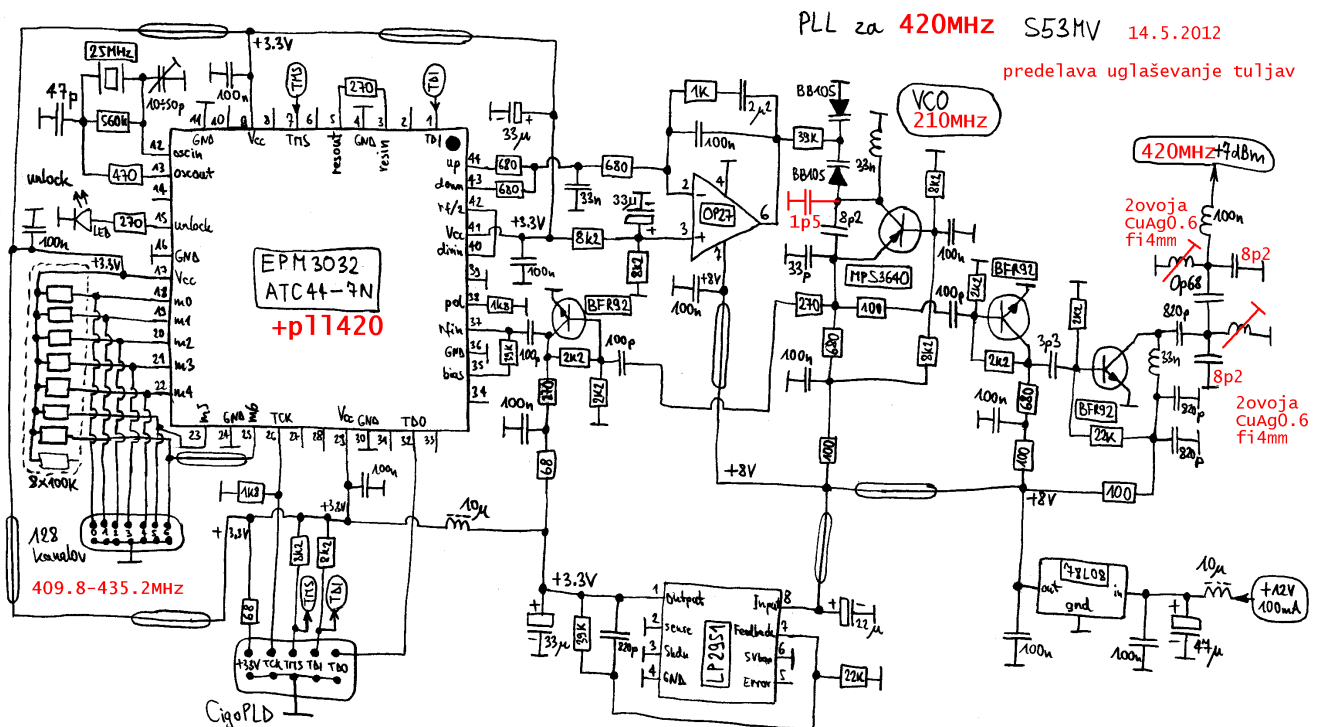
Kljub temu, da se bo pomanjšana BPSK radijska postaja za 420MHz uporabljala s transverterjem, priporočam dobro oklapljanje celotnega PLLja kot v prvotni inačici radijske postaje. Neželjena frekvenčna modulacija zaradi nezadostnega oklapljanja je zelo zahrbtna napaka, ki jo je težko odkriti in še težje zdraviti! Torej tiskano vezje zacinjimo v okvir iz 0.5mm medenine. Okvir zapremo z dvema pokrovoma, gornji in spodnji, iz 0.2mm bakra. Napajanje preko kondenzatorja skoznika. Izhod po teflonskem kabelčku do visokofrekvenčne glave.





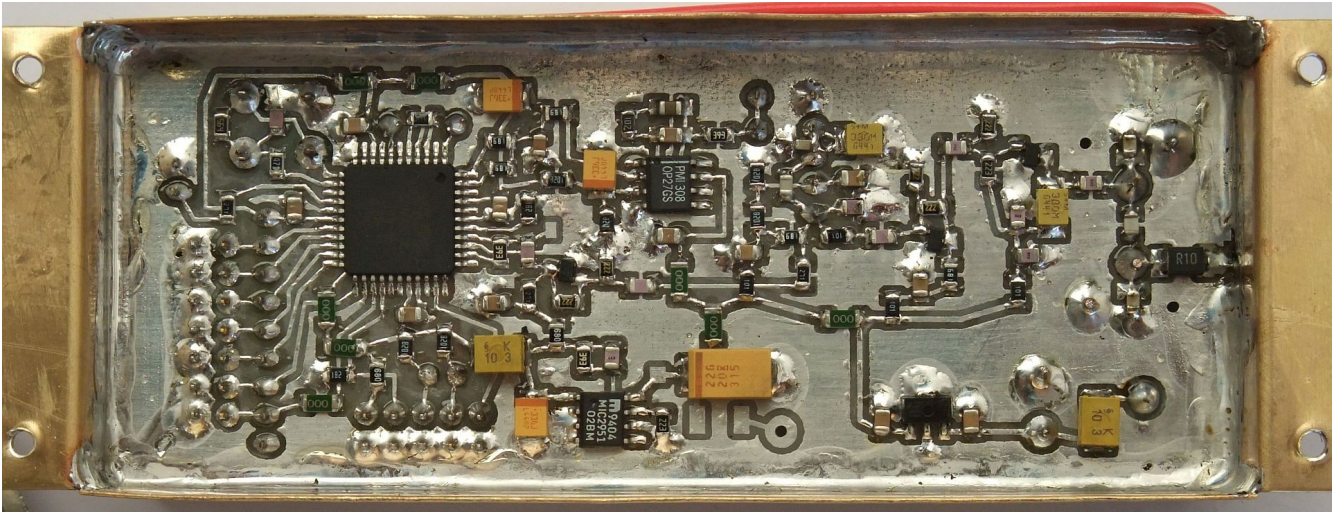
Kapacitivnega trimera pri kristalu žal ne moremo zamenjati z nastavljivo tuljavo. Na tem mestu se je zelo obnesel mali popravek tiskanega vezja: trimer in kristal sta na novi tiskanini bolj razmaknjena, da kristal ne pritiska več na ohišje trimera. Se mogoče sliši neumno, ampak z nekvalitetnimi trimeri ta preprost ukrep prepreči nepričakovane skoke frekvence.

Kapacitivna trimera v množilniku 210MHz/420MHz lahko zamenjamo s fiksnima SMD kondenzatorjema 8.2pF, obe SMD tuljavi pa z dvema zračnima tuljavama iz posrebrene žice premera 0.6mm (ena od sedmih žil srednjega vodnika koaksialnega kabla RG214). Obe tuljavi uglašujemo tako, da razmikamo ovoja.

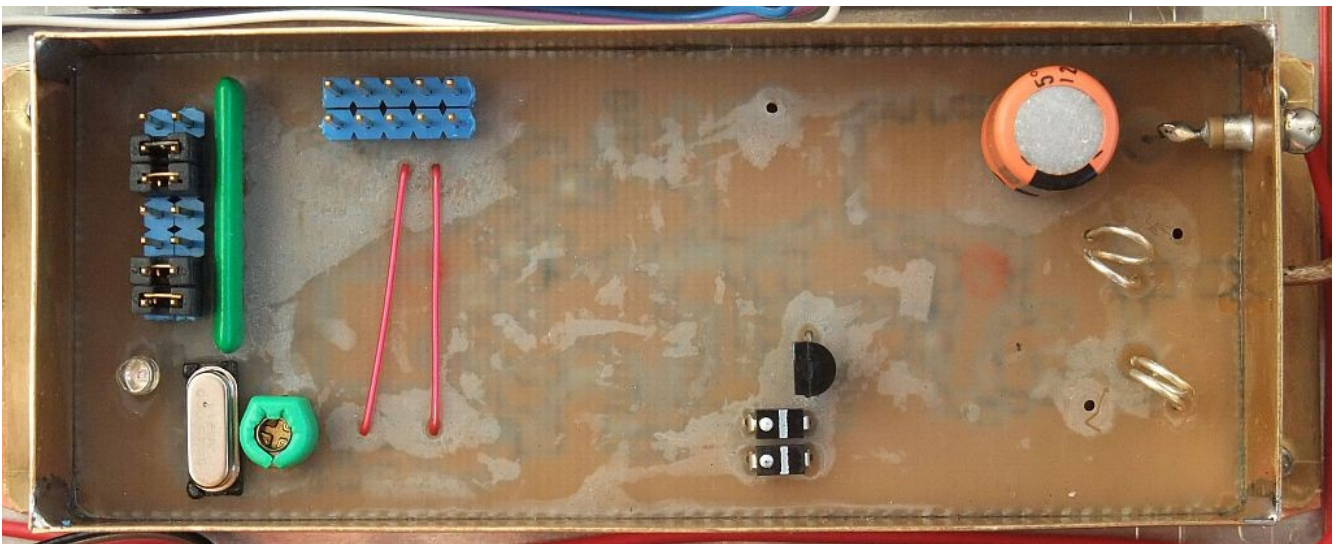


Novo enostransko tiskano vezje z enakimi izmerami 40mmX100mm

sicer nima več štirih nepotrebnih vogalnih lukenj, ima pa predvidene dodatne gradnike za PLL za transverter, ki v opisani radijski postaji niso potrebni niti niso vgrajeni. Isto tiskano vezje lahko uporabimo za postajo s kapacitivnimi trimerji kot tako z uglasenjem tuljav.



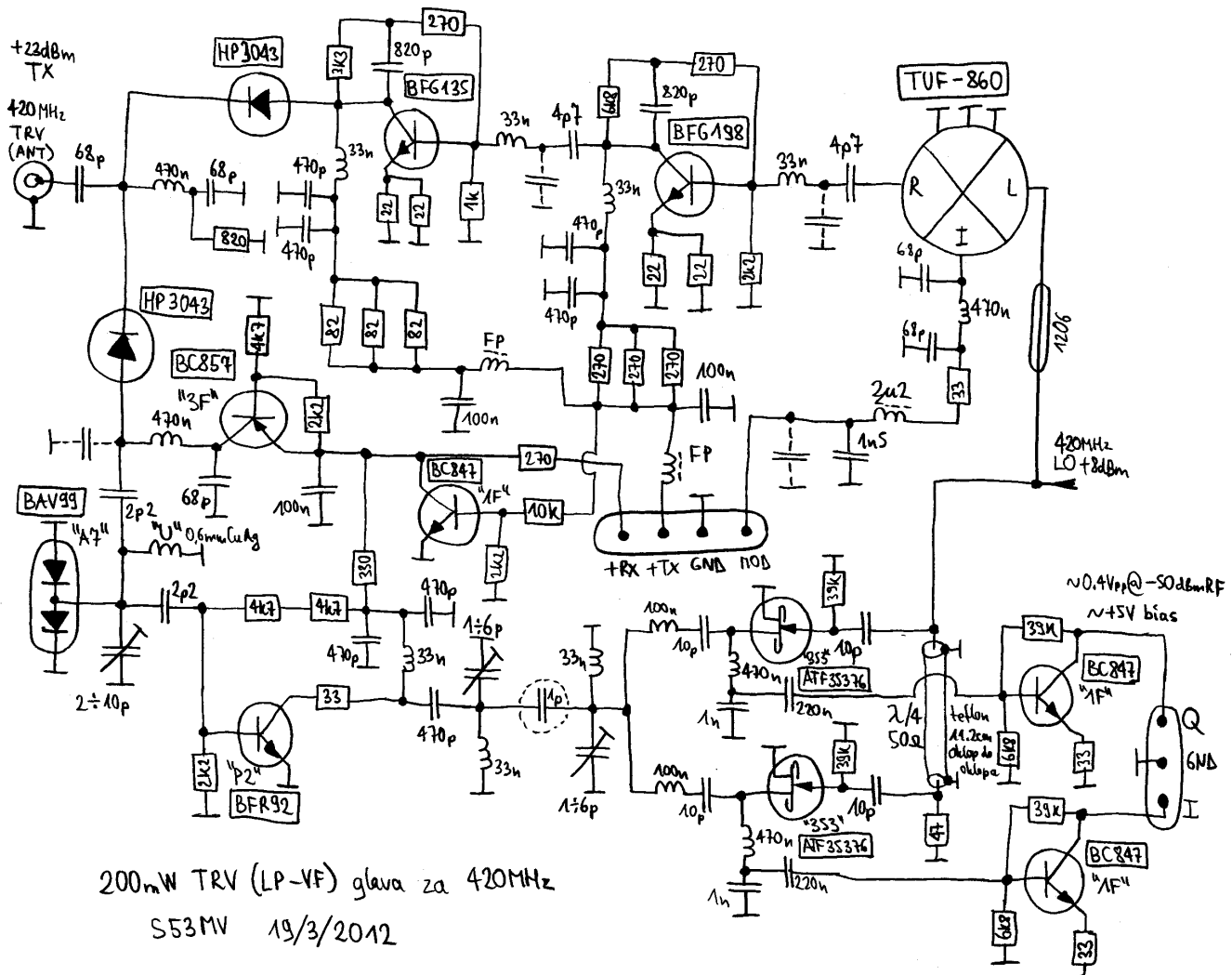
Pri izdelavi nastavljevih tuljav skrbno pazimo, da jih navijemo v isti smeri kot na slikah prototipa ter vgradimo v iste izvrtine na tiskanem vezju. Manjše spremembe nazivne induktivnosti tuljav dosežemo tudi tako, da notranji premer tuljave (nazivno 4mm) zmanjšamo na samo 3.5mm ali povečamo na 4.5mm.



Obe inačici PLL sintetizatorja, s kapacitivnimi trimerji in z raztegljivimi tuljavami, dosejata enako izhodno moč +8dBm do +9dBm na frekvenci 420MHz. V obeh inačicah znaša dušenje vhodne frekvence množilnika 210MHz okoli 50dB. Pri gradnji katerekoli inačice seveda veljajo vsa navodila iz opisa izvorne BPSK radijske postaje za 430MHz.

3. visokofrekvenčna glava pomanjšane PSK postaje

Pomanjšana visokofrekvenčna glava vsebuje preprostejši dvostopenjski močnostni visokofrekvenčni ojačevalnik oddajnika, vsa ostala vezja pa so le malenkost spremenjena glede na izvorno inačico radijske postaje s polno močjo oddajnika.

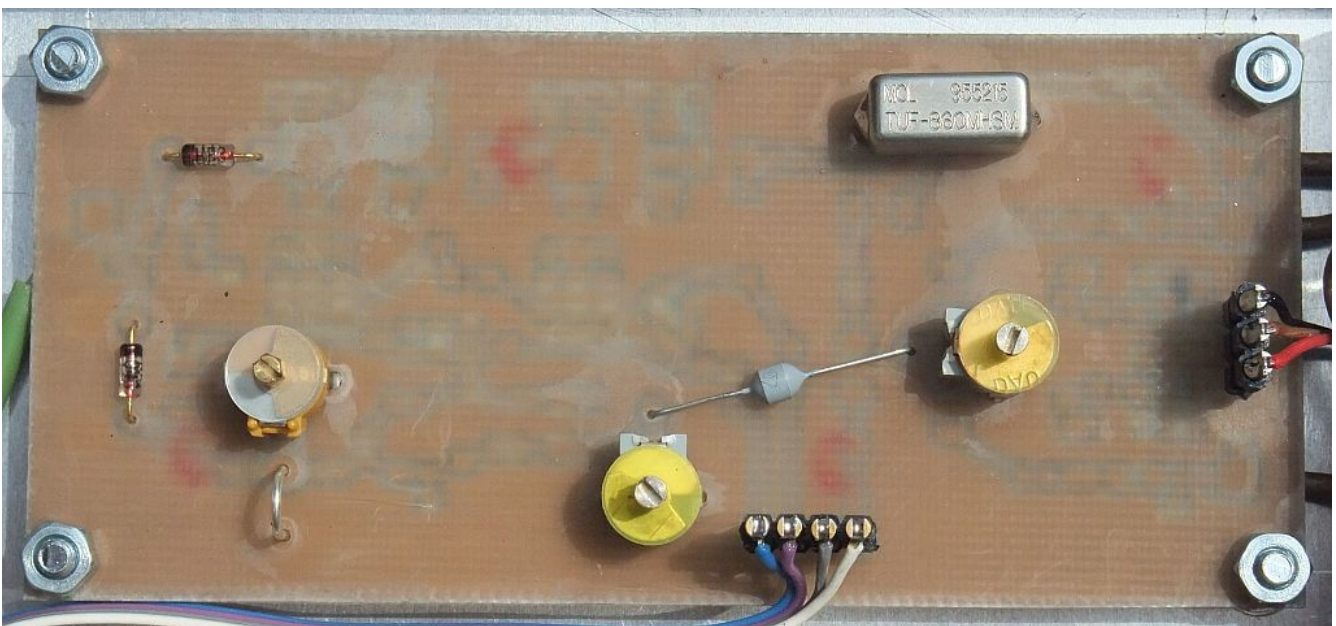
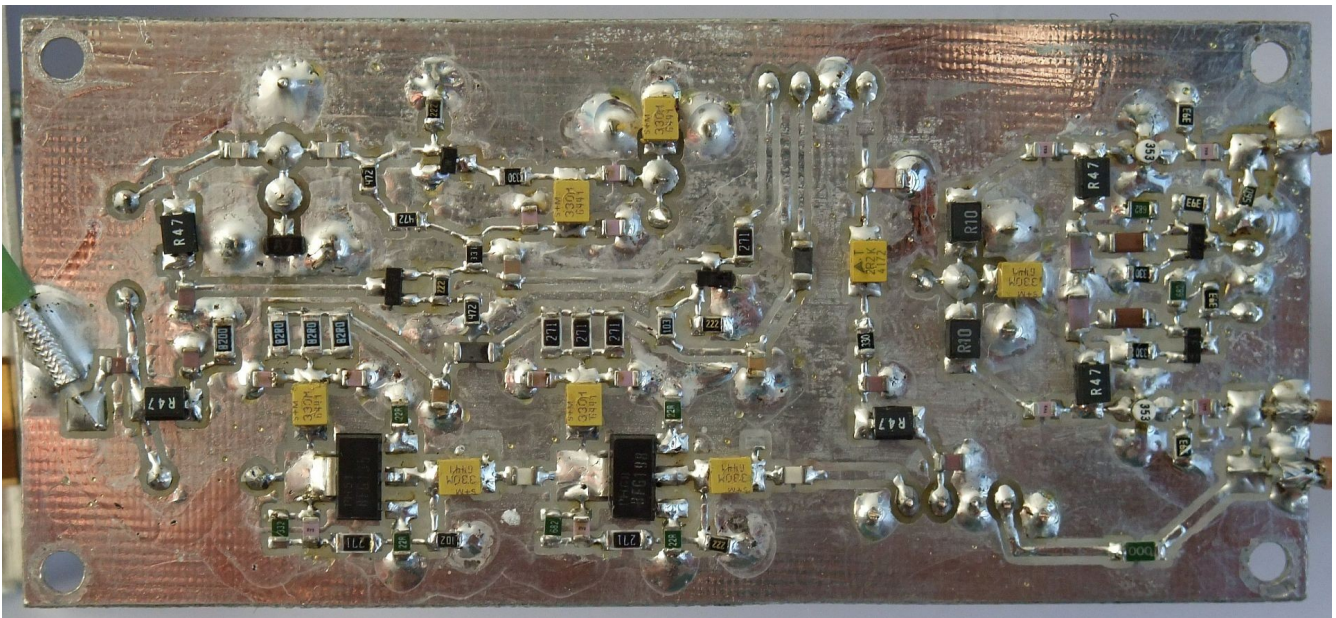


Kot BPSK modulator je tudi tu uporabljen mešalnik TUF-860, ker ima majhno vstavitveno slabljenje in deluje z razmeroma močnimi signali: dobrih 5mW iz frekvenčnega sintetizatorja. Sledita dve ojačevalni stopnji v razredu "A" s tranzistorjema BFG198 in BFG135. Vsaka stopnja ima napetostno (upor BC) in tokovno (emitorska upora) povratno vezavo. Močna povratna vezava zagotavlja stabilno delovanje tudi pri nepravilni impedanci bremena: slabo prilagojena antena oziroma vhod transverterja.

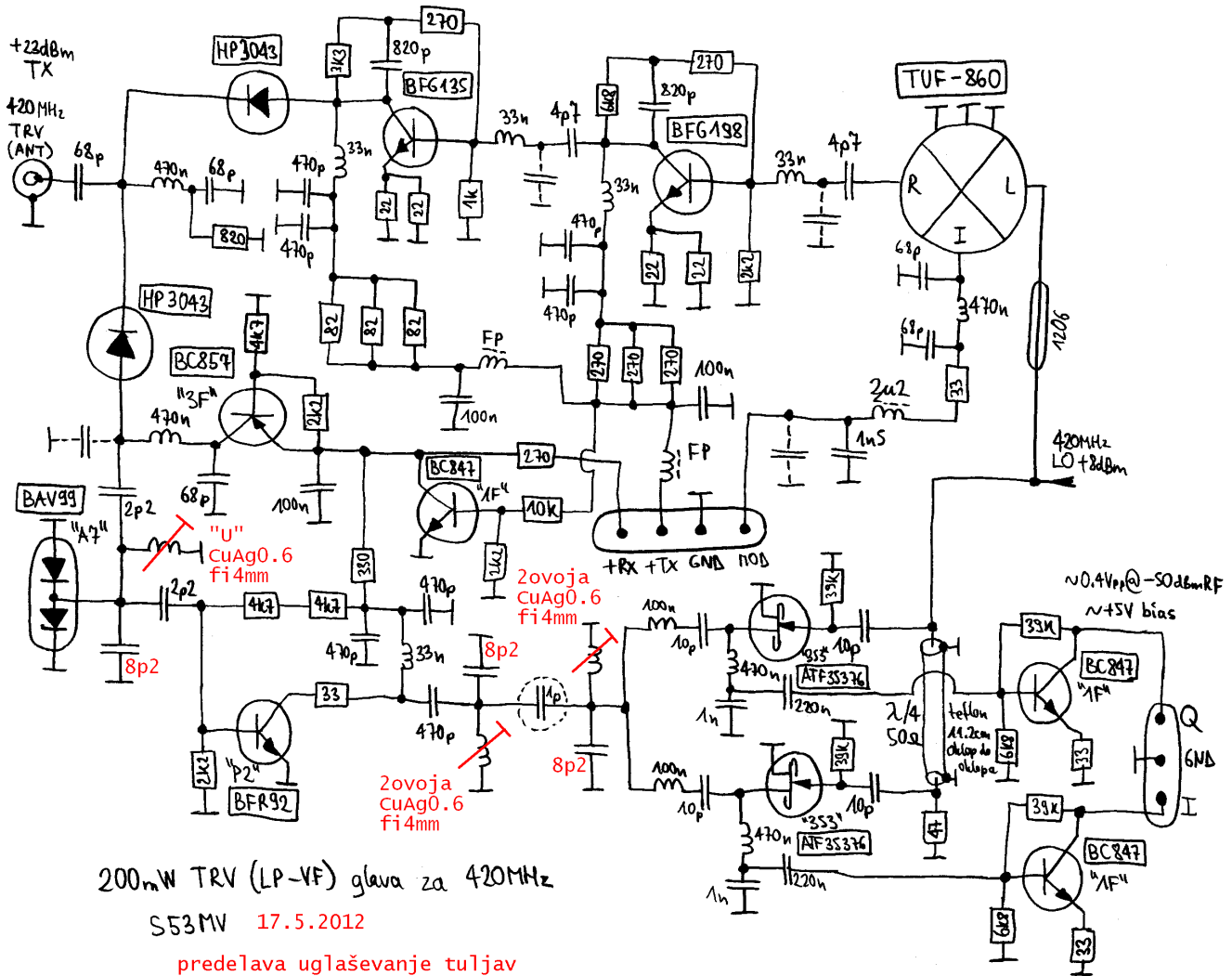
Zagotavljanje stabilnega delovanja ima svojo ceno: izhodni tranzistor BFG135 proizvaja 300mW visokofrekvenčne moči, ampak od tega se tretjina porabi na uporih povratne vezave... Sklop med stopnjami je izveden z zaporednimi nihajnimi krogi predvsem zaradi dušenja ostankov frekvence VCOja 210MHz na izhodu množilnika.

Antenski preklopnik je izveden s PIN diodama HP3043 popolnoma enako kot v inačici s polno močjo. Sprejemna veriga ima podoben električni načrt, ampak drugačne gradnike. V visokofrekvenčni ojačevalnik je vgrajen BFR92, ki daje okoli 22dB ojačanja oziroma okoli 8dB manj kot BFP420 (START420) v izvorni inačici. VF ojačanje 22dB še vedno popolnoma prekrije šum kvadraturenega mešalnika.

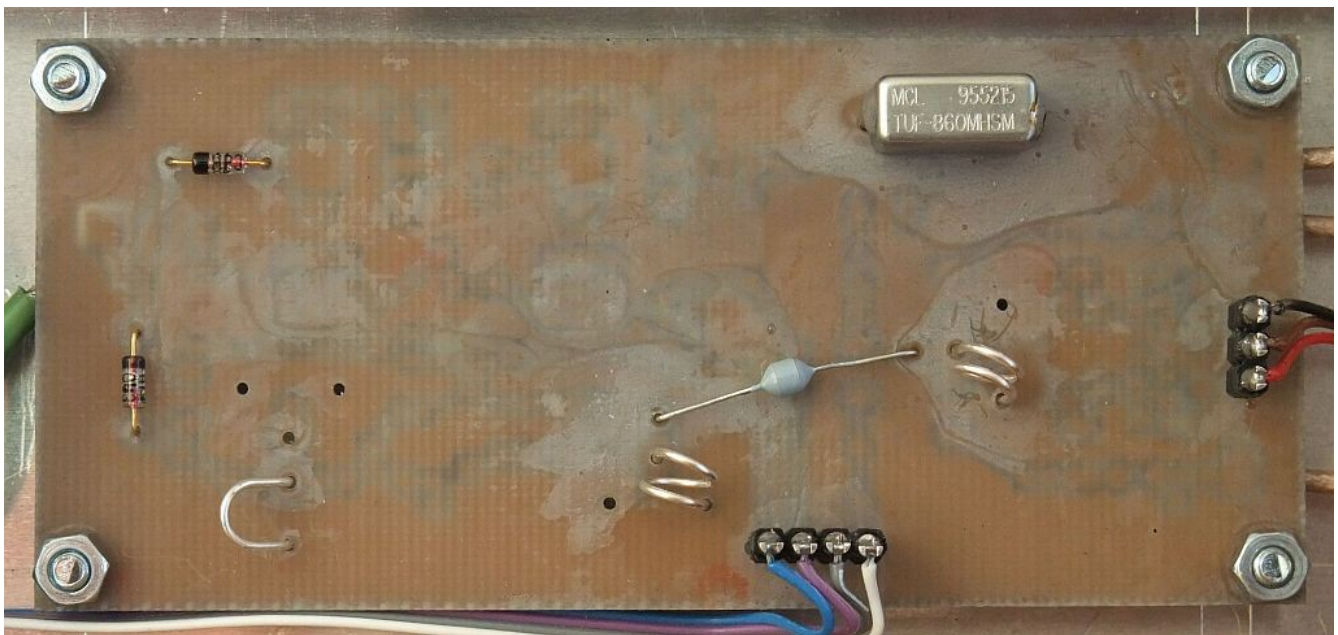
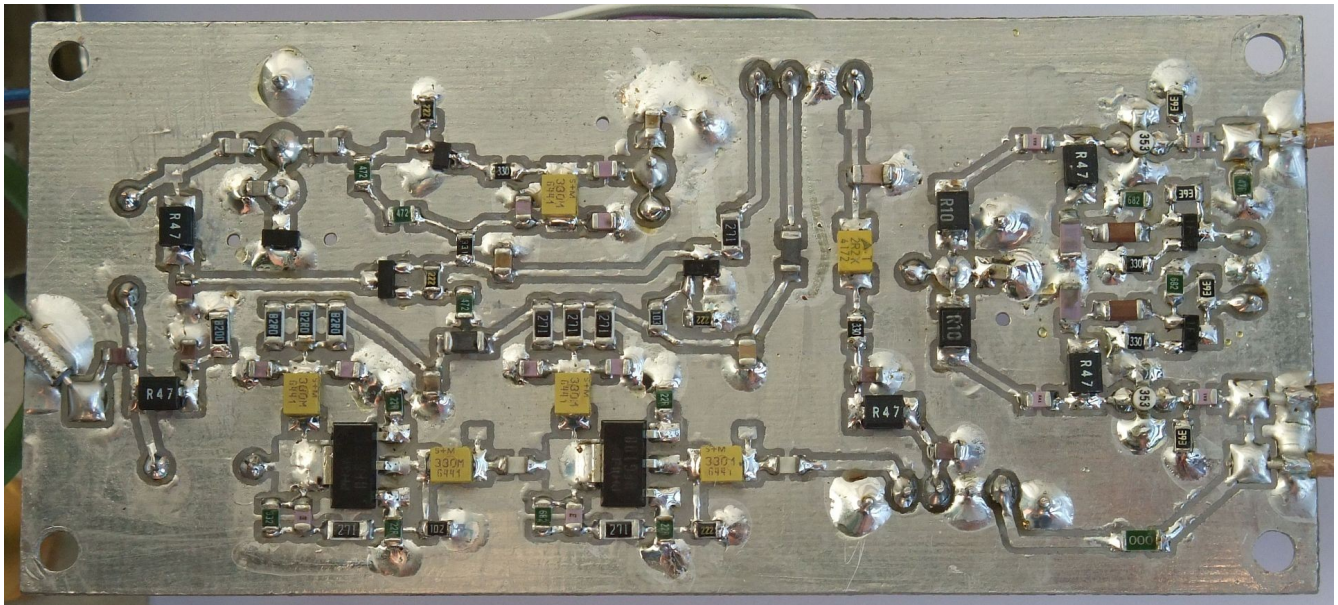
Kvadraturni mešalnik je izveden z dvema HEMToma, ki pri nekoliko nižji frekvenci (420MHz) zahtevata nekoliko daljši kos koaksialnega kabla za fazni zasuk 90° . Gradniki v medfrekvenčnem ojačevalniku (kondenzatorja 1nF namesto 2.2nF) ter nizkoprepustnem situ (kondenzator 1.5nF namesto 6.8nF ter tuljava 2.2 μ H namesto 10 μ H) pred modulatorjem so prilagojeni za nefiltrirano BPSK z bitno hitrostjo 2Mbps.



Pomanjšana visokofrekvenčna glava vsebuje samo tri kapacitivne trimerje za uglaševanje sprejemne verige. Vse tri trimerje lahko zamenjamo s fiksnimi kondenzatorji 8.2pF. Dve SMD tuljavni zamenjamo z raztegljivima tuljavama iz posrebrene žice. Prvi nihajni krog v sprejemniku lahko uglašujemo kar z upogibanjem "U-ja" iz posrebrene žice proti ravnini mase:



Inačica z uglaševanjem tuljav ima mogoče 1dB manjše ojačanje VF dela, ampak dosti večjo selektivnost od inačice s kapacitivnimi trimerji in fiksnimi SMD tuljavami. Obe inačici uporabljata isto tiskano vezje z izmerami 45mmX100mm. Pri inačici z nastavljivimi tuljavami je seveda pomembno, da zaciniimo SMD kondenzatorje 8.2pF natančno na ista mesta kot v prototipih ter navijemo tuljave v isto smer in zataknejo v iste luknje na tiskanem vezju, kot je to razvidno na fotografijah prototipov.

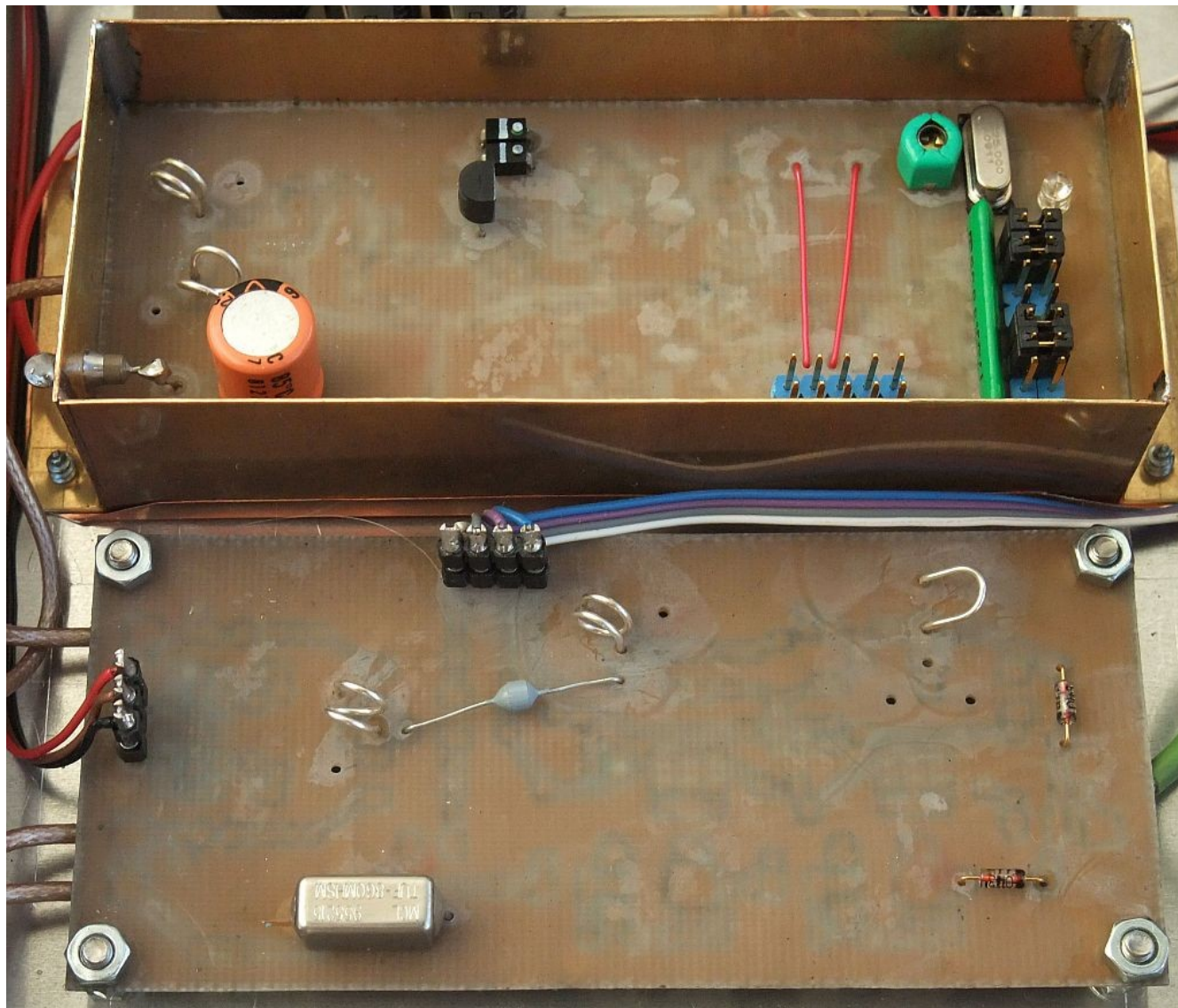


Pri gradnji katerekoli inačice visokofrekvenčne glave seveda veljajo vsa navodila iz opisa izvorne BPSK radijske postaje za 430MHz. Mešalnik TUF-860 lahko zamenjamo z drugimi mešalniki iz družine TUF oziroma v podobnem ohišju. Ohišje mešalnika dodatno ozemljimo na obeh koncih z dvema kratkima bakrenima žičkama.

Namesto hitrih PIN diod HP3043 lahko vgradimo katerekoli PIN diode, da le imajo kapacitivnost manjšo od 1pF. Torej pridejo v poštev BA182, BA482, BA592, BAR63 od hitrih PIN diod oziroma BA379, BA479, BA595, BAR64 od počasnih PIN diod. Počasne PIN diode imajo višjo upornost v prevodnem stanju, a manjšo kapacitivnost v zapornem stanju. Hitrost delovanja PIN diod v tem vezju sicer ni pomembna.

Pri izbiti HEMTov pazimo predvsem na simetrijo mešalnika, kar pomerimo z osciloskopom na obeh medfrekvenčnih izhodih, ko je na vhod sprejemnika priključen visokofrekvenčni signal generator. HEMTE

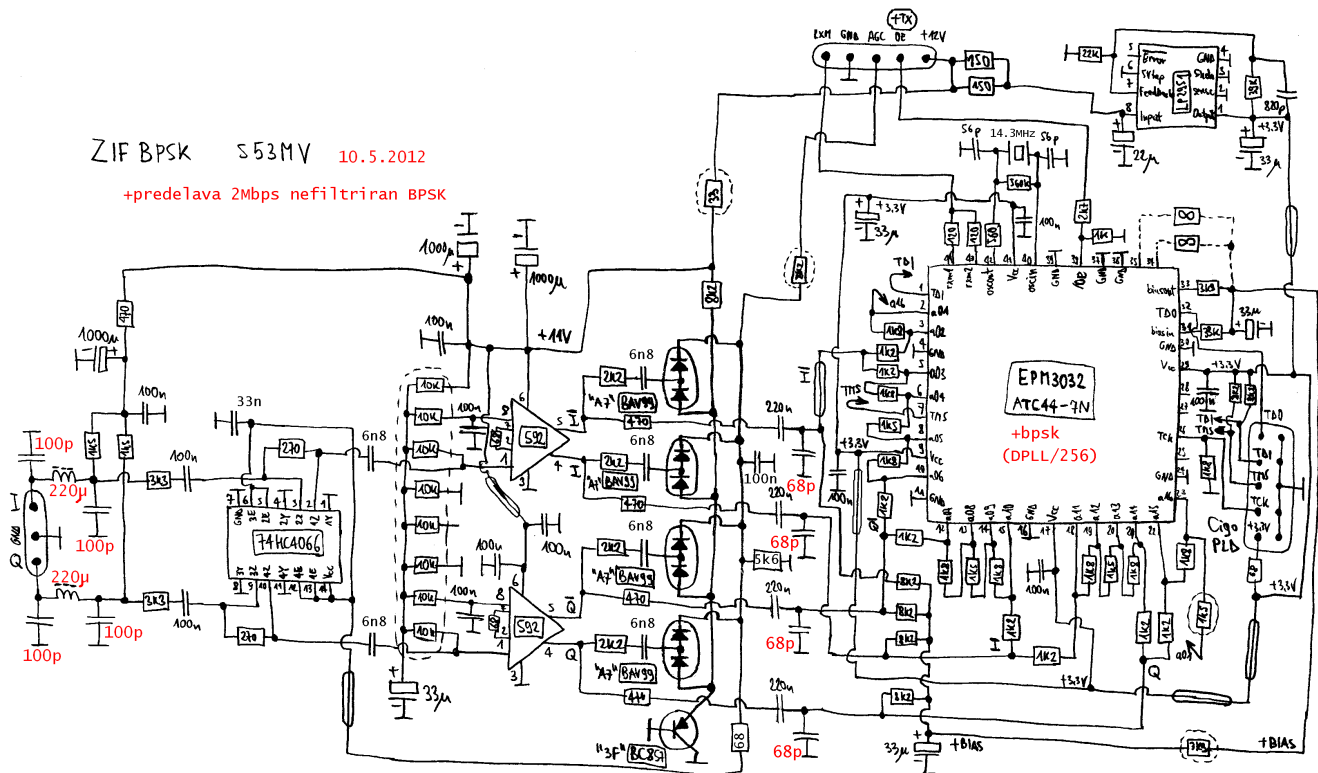
Lahko že vnaprej izberemo (uparimo) tako, da z ohmmetrom izmerimo upornost izvor-ponor, ko vrata držimo na znanem potencialu (izvor). Upornosti v velikostnem razredu 10Ω merimo pri nižjih napetostih, torej z dobrim digitalnim ohmmetrom. Nekaj nesimetrije lahko popravimo tudi z vrednostjo zaključitvenega upora za koaksialni kasnilni vod. Izkušnje pravijo, da ni dobro izven območja 47Ω do 56Ω .



Pri gradnji katerekoli inačice pazimo na pravilno spajkanje teflonskih koaksialnih kabelčkov. Nepravilna oziroma nemarna vgradnja kabelčkov zagotavlja nedelovanje radijske postaje! Končno, v inačici z nastavljanjem tuljav pazimo, da tuljave raztegujemo, mečkamo oziroma krivimo na čimbolj podoben način kot v prototipu.

4. ZIF in BPSK demodulator za 2Mbps

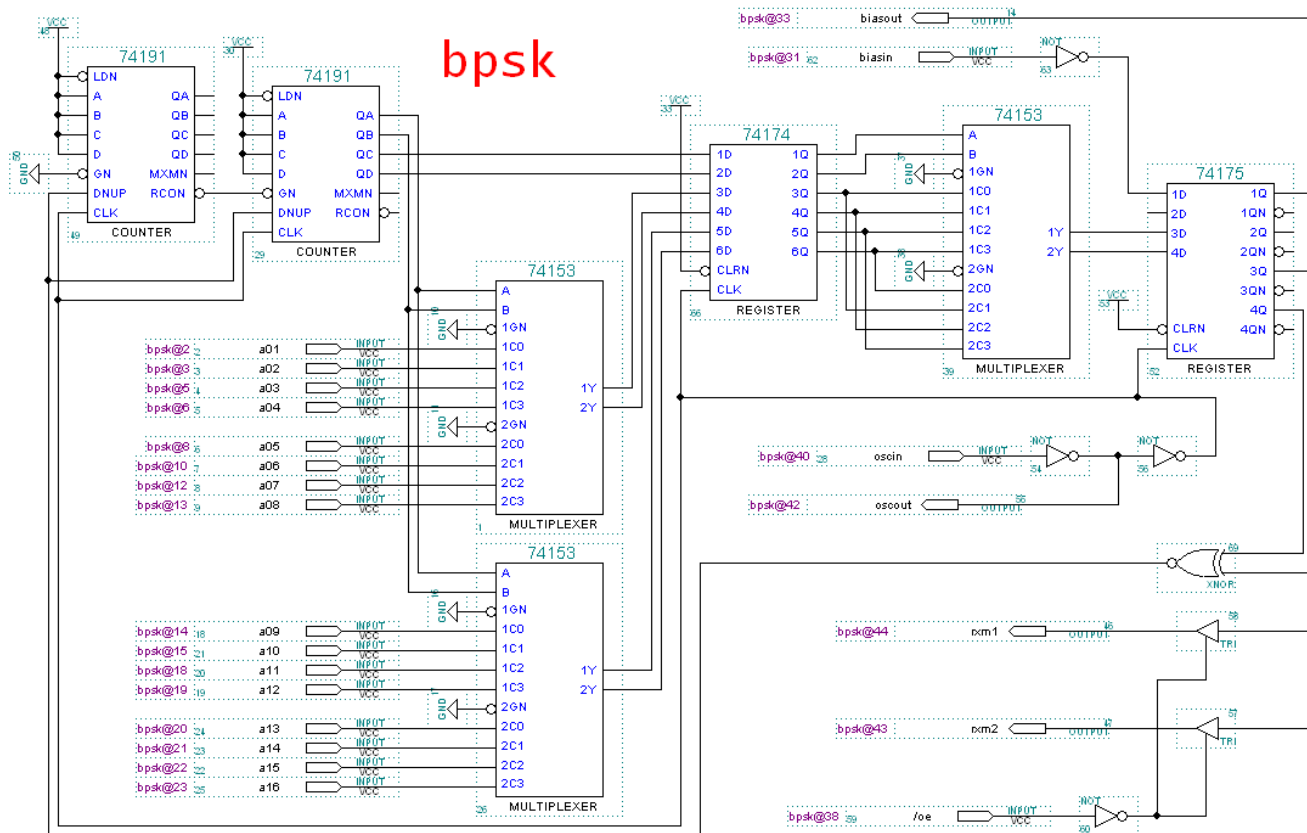
Ničelna medfrekvenca (ZIF) in BPSK demodulator sta izdelana podobno kot v izvorni BPSK postaji za 1.2288Mbps na 430MHz. Mala BPSK postaja je namenjena delu s transverterji pri bitni hitrosti 2Mbps, torej ničelna medfrekvenca potrebuje širša sita. Absolutno odstopanje frekvence nosilca je v mikrovalovnih področjih večje, kar mora upoštevati BPSK demodulator. Ustrezne predelave medfrekvence in demodulatorja so prikazane z rdečo barvo:



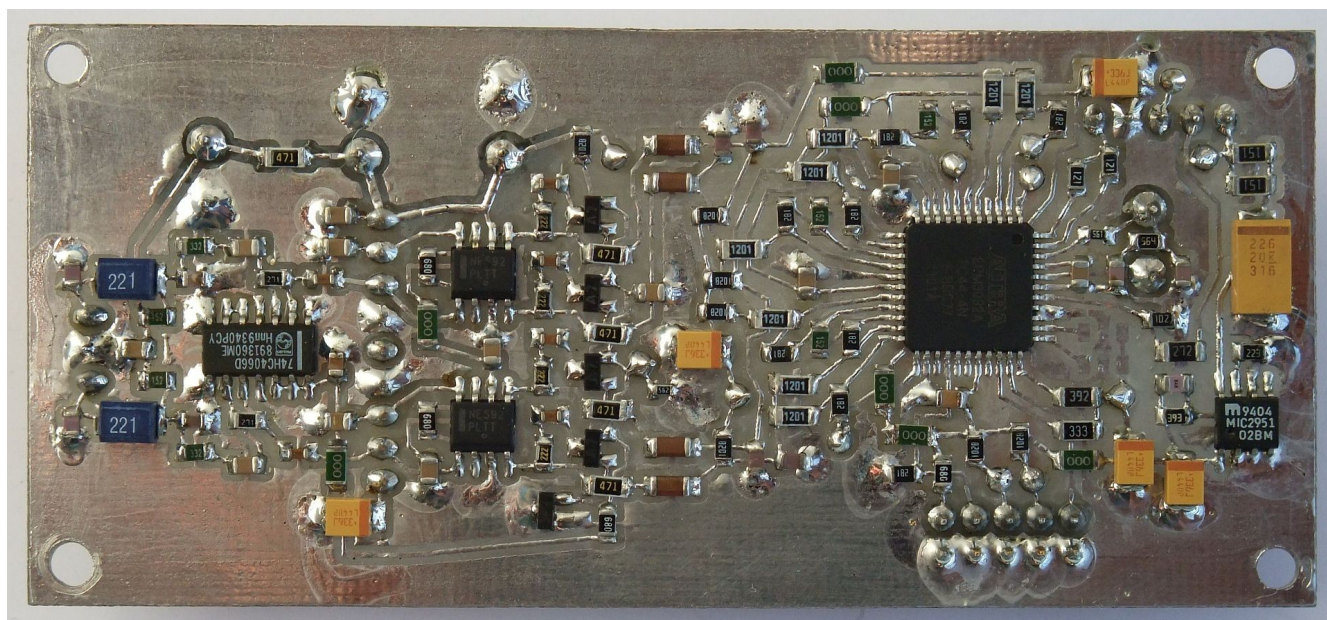
Ničelna medfrekvenca ima predvsem širše vhodno LC sito: tuljavi 220µH namesto 560µH ter kondenzatorji 100pF namesto 220pF. Poleg višje bitne hitrosti 2Mbps uporabljamo v mikrovalovnih frekvenčnih področjih nefiltriran BPSK, ki ima širši frekvenčni spekter. Podobno velja za nizkoprepustno RC sito pred demodulatorjem: 68pF namesto 220pF.

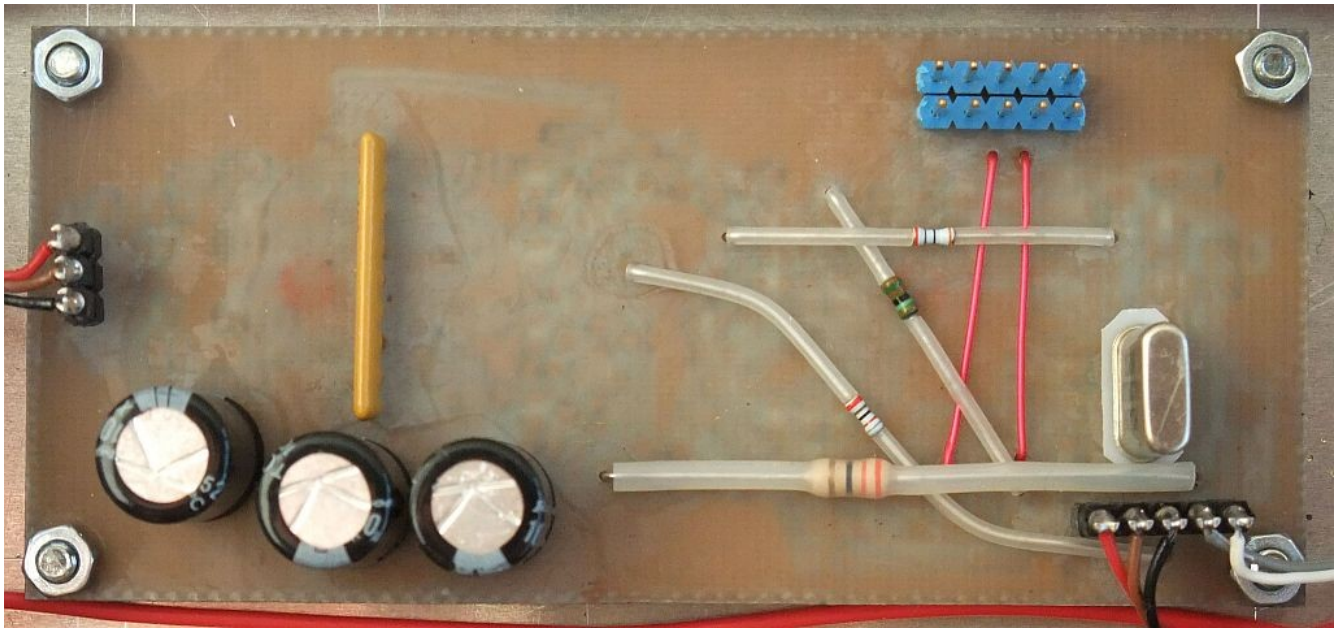
BPSK demodulator dela z istim taktom 14.3MHz kot v inačici za 1.2288Mbps, je pa v programirljivo logiko EPM3032ATC44 vpisano drugačno vezje z drugačnim programom "bpsk". Izvorna BPSK postaja za 430MHz vsebuje DPLL/1024 za filtriran BPSK 1.2288Mbps, pomanjšana inačica pa vsebuje DPLL/256 za nefiltriran BPSK 2Mbps. Pri taktni frekvenci 14.3MHz vezje DPLL/256 dopušča odstopanje frekvence nosilca vse do +/-55kHz!

Glede na razmeroma nizko taktno frekvenco lahko v demodulator vgradimo katerokoli različico programirljive logike EPM3032ATC44. V programirljivo logiko EPM3032ATC44 vpišemo program "bpsk" s programsko opremo proizvajalca Altera "MAX+plusII" in vmesnikom "CigoPLD".



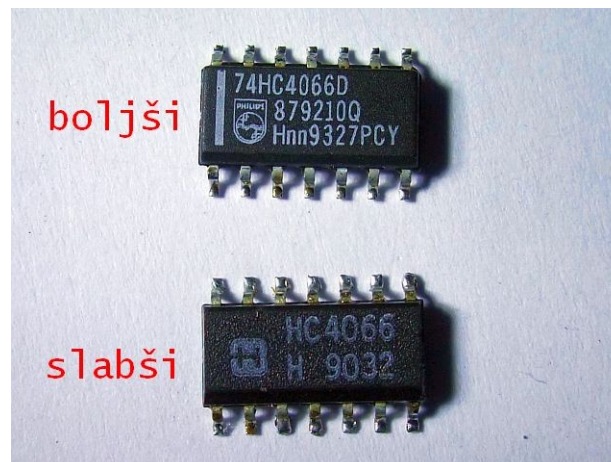
Tiskano vezje z izmerami 45mmX100mm je malenkost popravljeno: odstranjeni sta dve nepotrebni luknji ter razrešene ožine pod štirimi kondenzatorji. Električno sta sicer staro in novo tiskano vezje popolnoma enaka.





Meritve izdelanih BPSK radijskih postaj vseh različnih inačic so nakazale težavo. Sprejemniki niso bili enako občutljivi kljub temu, da je bil visokofrekvenčni del postaj izmerjeno popolnoma enak. Razlike so bile v ničelni medfrekvenci (ZIF). Pri enem sprejemniku je v določenih pogojih manjkalo kar 4dB občutljivosti!

Krivec za slabšo občutljivost je bila nesimetrija v ničelni medfrekvenci. Bolj točno integrirano vezje 74HC4066, ki je uporabljeno kot štirikratni spremenljiv upor. Pri majhnih signalih, na spodnji meji občutljivosti, je bilo vse v redu. Prav tako je bilo vse v redu s 50dB močnejšimi signali. Vmes pa je imela nesrečna postaja celo več kot 7dB nesimetrije med vejama I in Q! Vzrok: MOS tranzistorji v istem 74HC4066 so imeli različen prag.

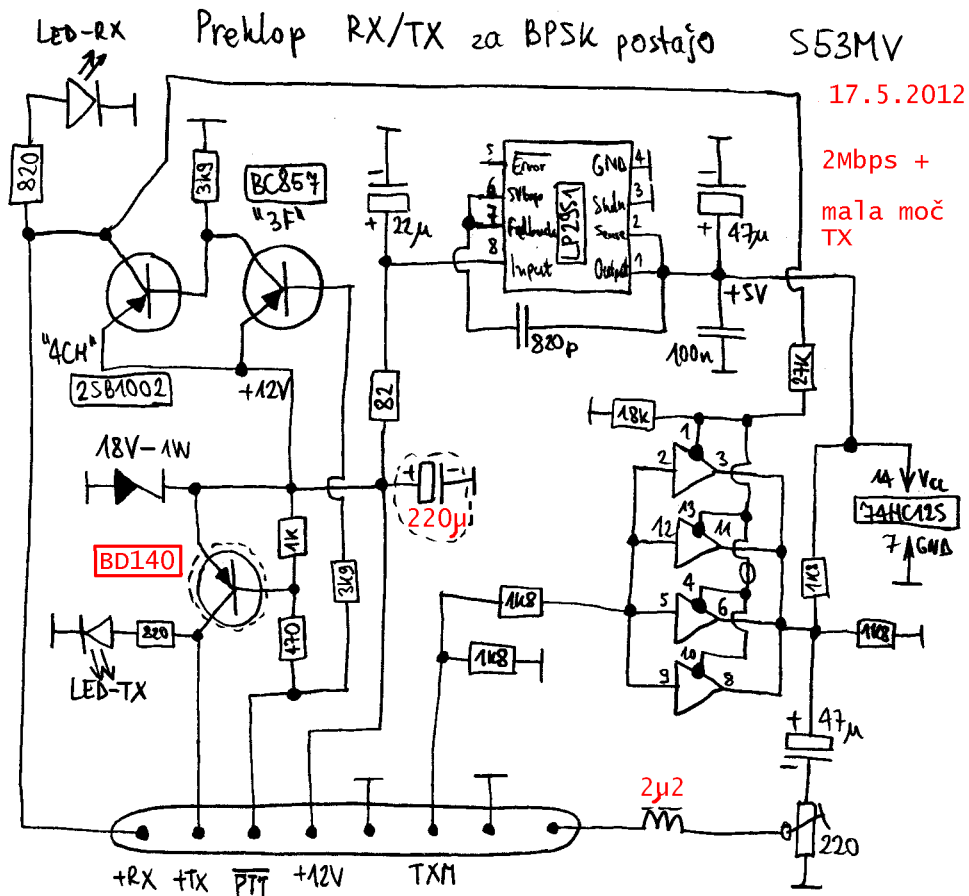


Meritve so pokazale, da so 74HC4066 proizvajalca Philips (zgoraj) v glavnem v redu, sem našel en sam sumljiv primer. Nesimetrijo so pogosteje povzročali 74HC4066 proizvajalca Harris (spodaj). Brez natančne meritve z različno močnimi signali na vhodu sprejemnika se hibe sploh ni dalo ugotoviti!

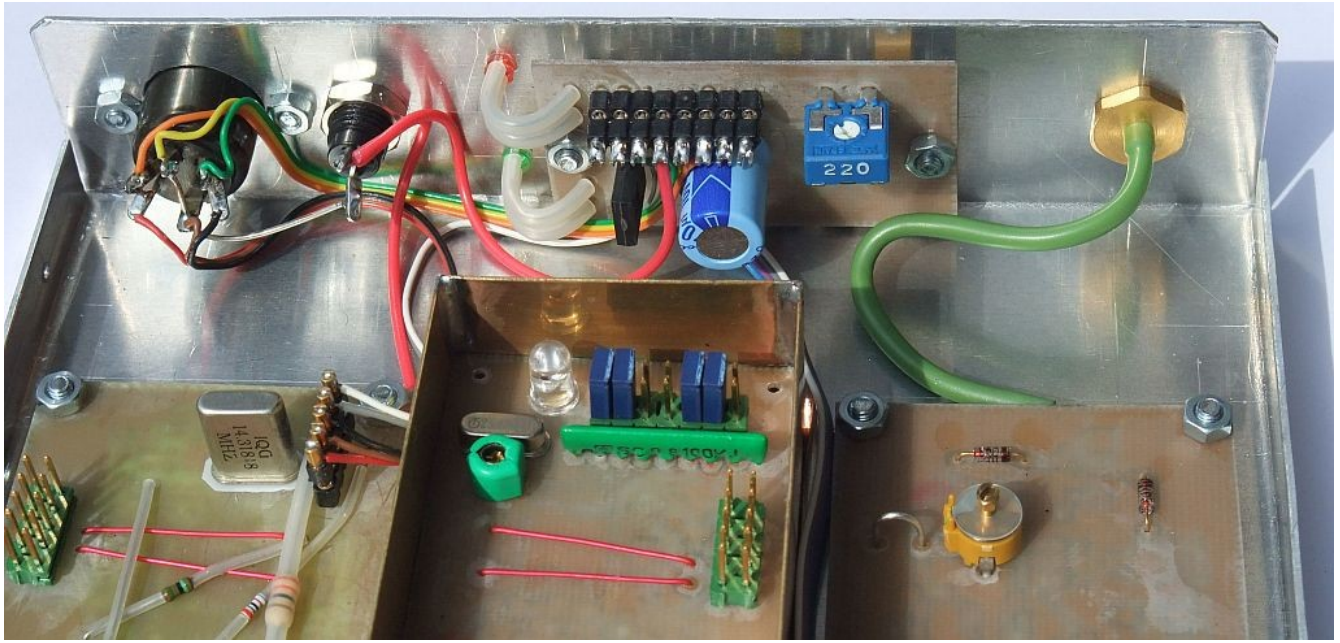
5. Prilagojen preklop sprejem/oddaja in krmilnik modulatorja

Krmilnik modulatorja vsebuje del oddajnega sita. Induktivnost tuljave je treba prilagoditi višji bitni hitrosti. Torej $2.2\mu\text{H}$ za nefiltriran 2Mbps namesto $10\mu\text{H}$ za filtriran 1.2288Mbps izvirne inačice.

Ker oddajnik pomanjšane BPSK postaje potrebuje manjši tok napajanja, lahko v preklop sprejem/oddaja vgradimo hitrejši tranzistor BD140. Spremembe so označene z rdečo barvo:



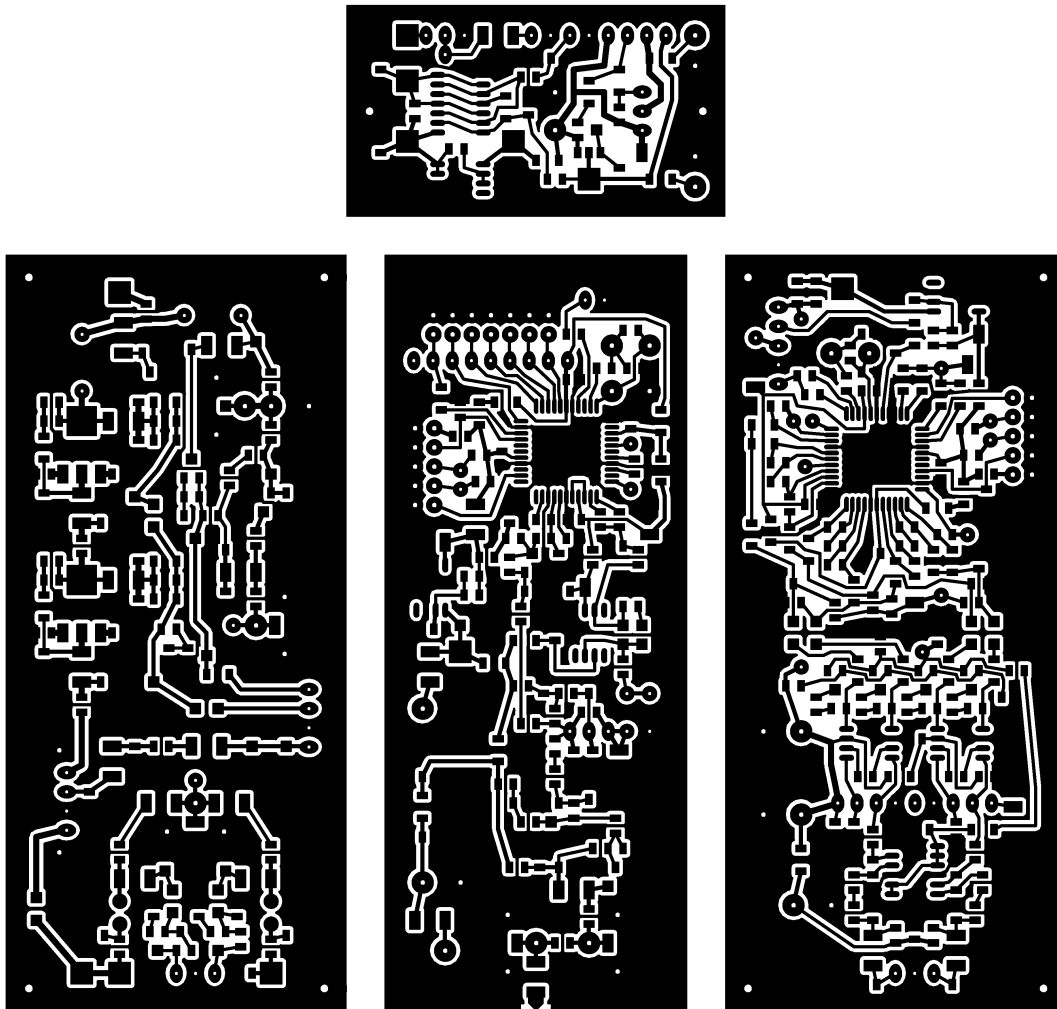
Če postajo krmilimo s 3.3V logiko: programirljivo vezje EPM3064ATC44 v (E)ATNCju, priporočam še zamenjavo 74HC125 z vezjem 74HCT125. Družina 74HCT... je namreč načrtovana prav z namenom pretvorbe logičnih nivojev iz 3.3V na 5V.



Enostransko tiskano vezje z izmerami 28mmX50mm je nespremenjeno.

6. Gradnja male BPSK radijske postaje za 420MHz

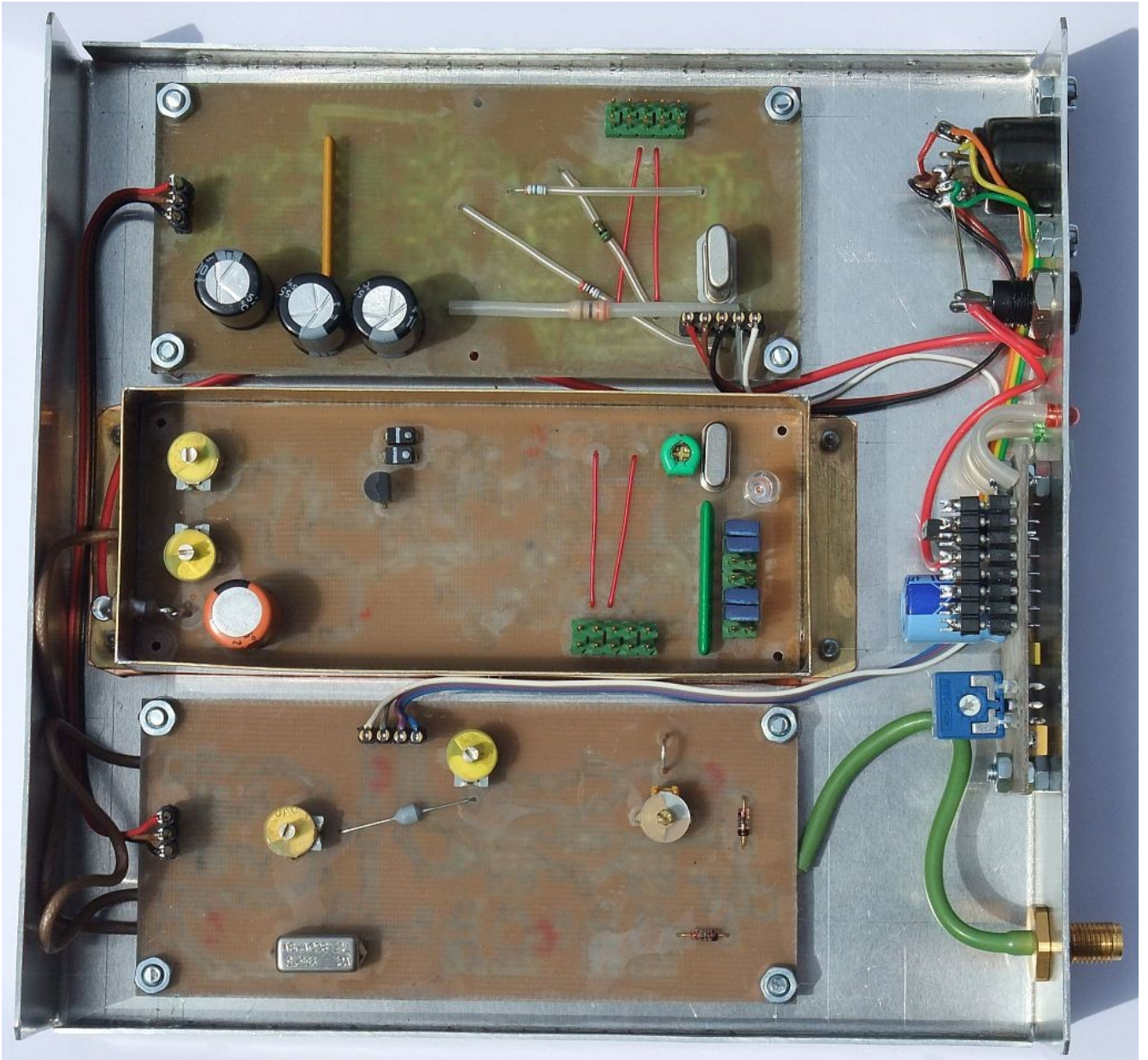
Pomanjšana BPSK radijska postaja za 420MHz je izdelana na štirih enostranskih tiskanih vezjih:

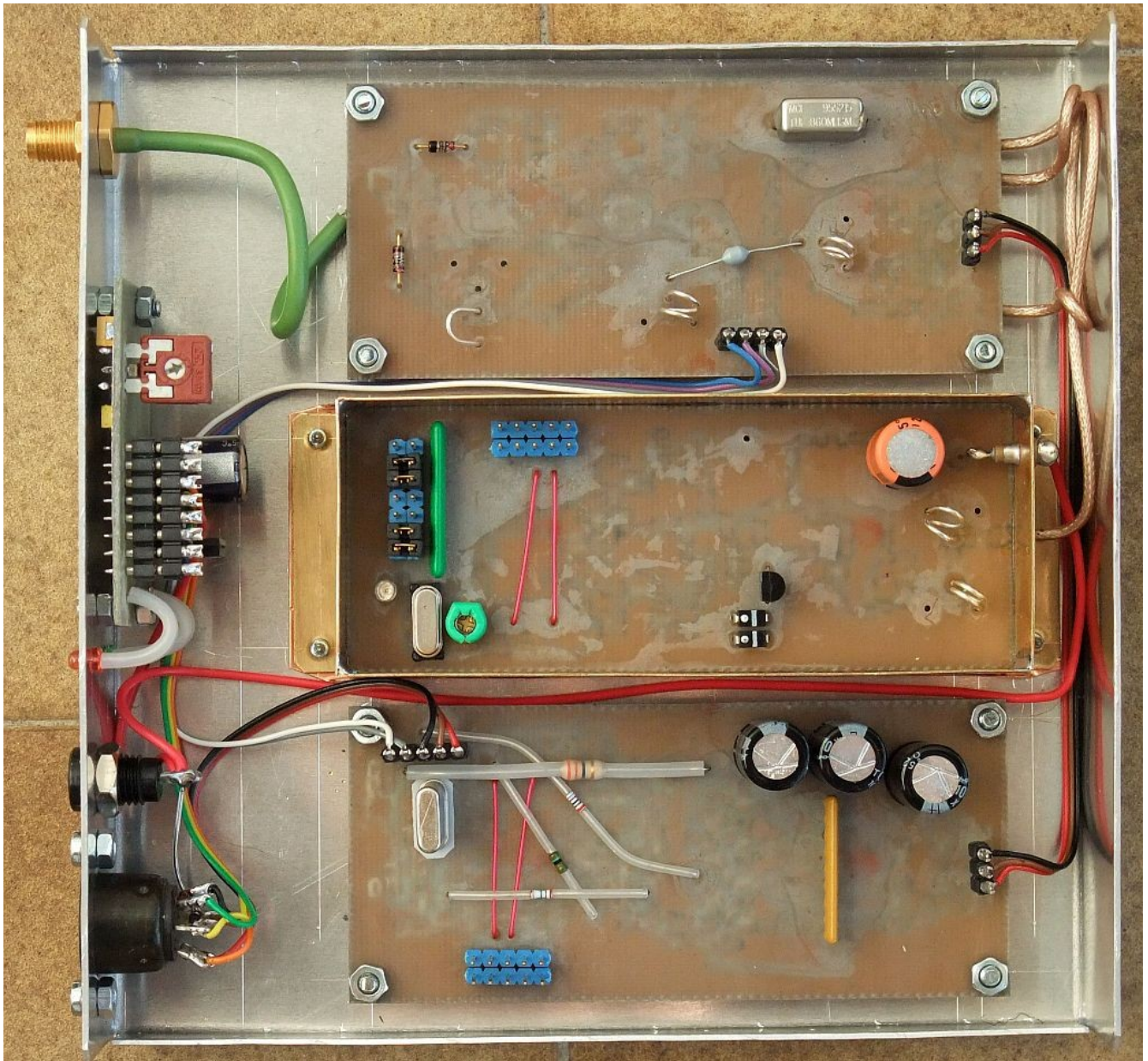


Priporočam uporabo vitroplasta FR4 debeline 1mm ali 0.8mm z bakreno folijo debeline 17 μ m na eni strani. Tiskano vezje visokofrekvenčne glave je povsem drugačno od izvirne inačice. Tiskani vezji PLLja in ZIFa vsebujeta manjše popravke. Tiskano vezje preklopa je nespremenjeno.

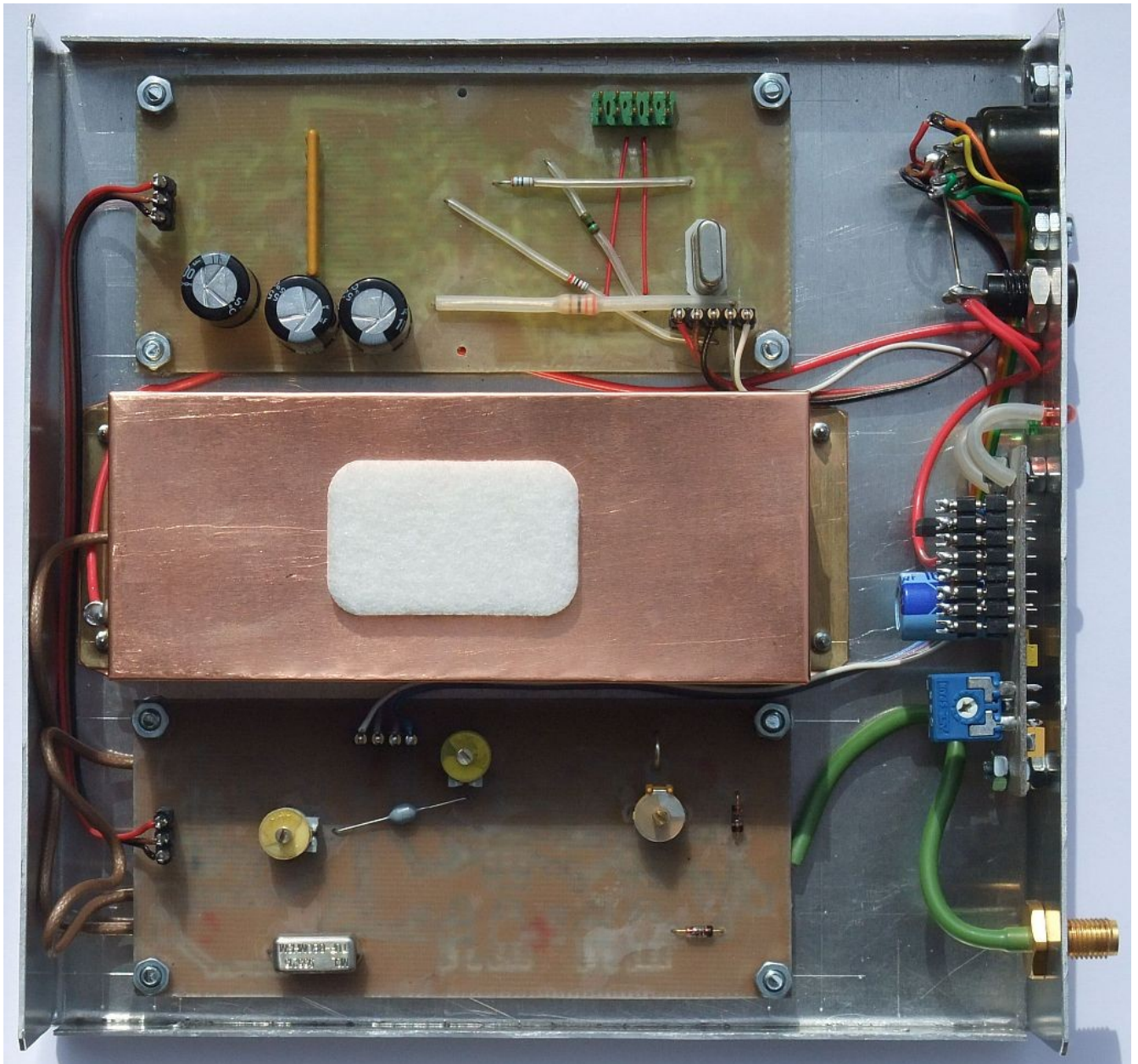
Tiskano vezje frekvenčnega sintetizatorja je zacinjeno v oklopljeno ohišje. Ostala tri tiskana vezja so pritrjena z vijaki M3X10 na dno ohišja iz 1mm debele aluminijeve pločevine. Na vsak vijak sta nameščeni dve matici M3, ki določata razdaljo med tiskanim vezjem in aluminijevo pločevino.

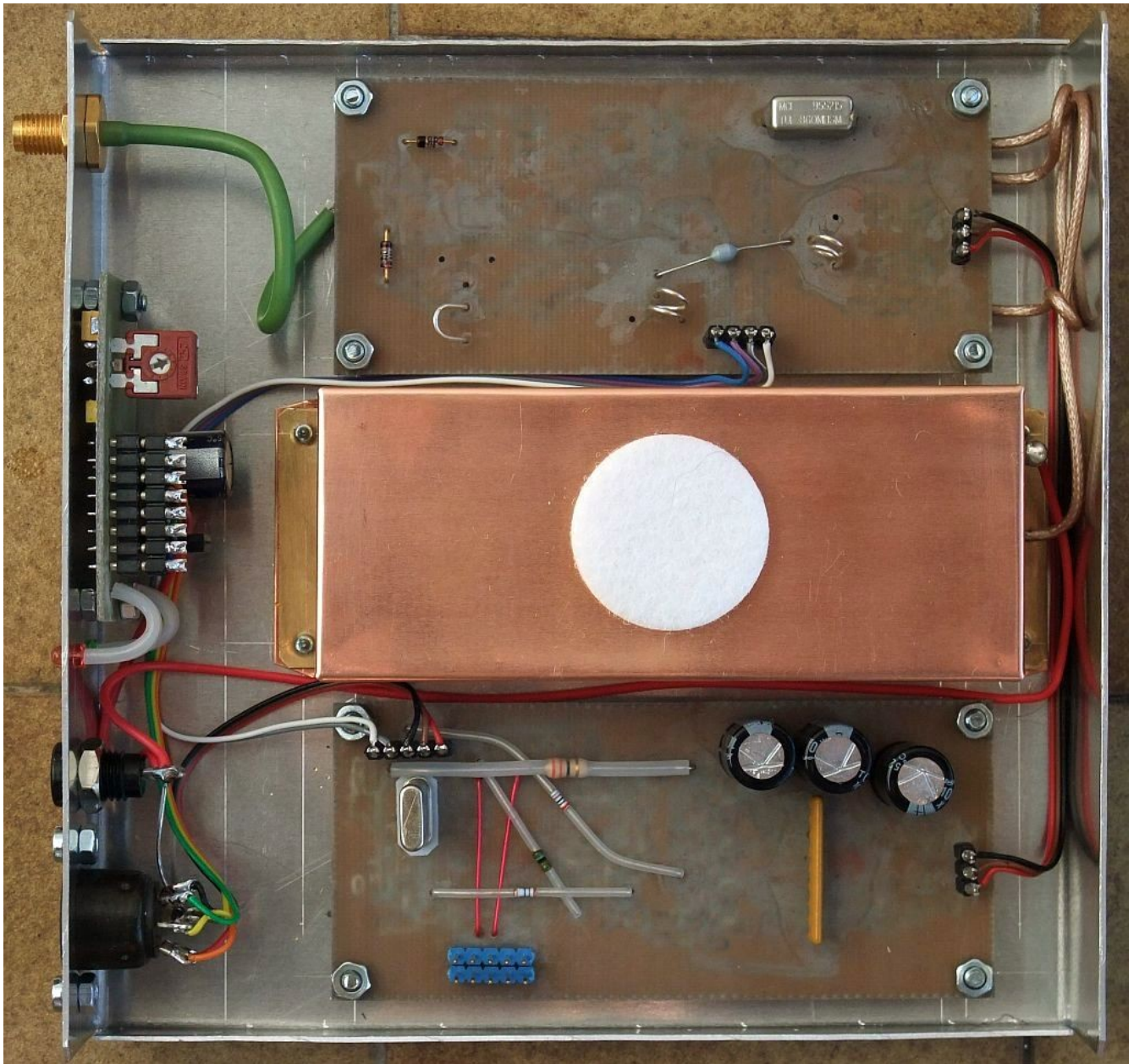
Priporočam škatlo iz dveh "Ujev": 1mm aluminijeve pločevine za dno in 0.6mm aluminijeve pločevine za pokrov. Dno škatle naj ima širino 150mm, globino 150mm in višino 30mm kot v prototipu, da se izognemo neželjenim resonancam škatle v frekvenčnem področju delovanja radijske postaje:





Na bakreni pokrov škatlice frekvenčnega sintetizatorja je nameščen samolepljiv filc, da pokrov škatle iz 0.6mm debele aluminijeve pločevine zadržuje tudi mali bakreni pokrovček na svojem mestu:





Na zadnji strani škatle ni priključkov.

7. Oživljanje in uporaba megabitnih BPSK radijskih postaj

Gradnjo BPSK radijske postaje je smiselno začeti s PLLjem oziroma drugačnim izvorom frekvence nosilca. Tu so cilji preprosti: na izhodu moramo dobiti željeno moč na željeni frekvenci. V samem PLLju preverimo, da se sploh uklene (ugasne svetleča dioda) in da je točka uklepanja čim bližje sredini področja krmilnih napetosti VCOja (v primeru opisanih 70cm BPSK postaj okoli 4V).

PLL nato vgradimo v opisano oklopljeno ohišje in ga povežemo z ostalimi gradniki radijske postaje. Kot antensko vtičnico svetujem SMA, N ali TNC priključek, ki je prirejen za vgradnjo na teflonski kabel. Računalniški BNC tu nima kaj iskati, prav tako ne ceneni kitajski ponaredek koaksialnih konektorjev.

BPSK oddajnik lahko preizkusimo le s primernim izvorom modulacijskega signala [3], [4], v skrajnem slučaju predelana bitna sinhronizacija s skramblerjem. Najprej pomerimo izhodno moč. S spektralnim analizatorjem nato preverimo jakost in simetrijo bočnih pasov modulacije ter dušenje nosilca.

BPSK sprejemnik z ničelno medfrekvenco zahteva nekaj nastavitvev in še dosti več preizkusov. Še najlažje je uglaševanje visokofrekvenčne glave na maksimum signala testnega izvora. Ničelna medfrekvenca zahteva strogo simetrijo in natančno kvadraturo, to se pravi enako močna kanala I in Q z natančnim faznim zamikom 90° .

Simetrijo oziroma kvadraturo preverimo tako, da na vhod privedemo nemoduliran (sinusni) signal na odmiku približno 100kHz od delovne frekvence postaje. Z osciloskopom potem merimo signale v obeh vejah I in Q v raznih točkah ničelne medfrekvence. Še pred signal generatorjem in osciloskopom je pametno preveriti upornosti kompliciranih vezih (venec uporov v demodulatorju) ter enosmerne delovne točke.

Nekatere napake komplicirane ničelne medfrekvence (ZIF) so lahko zahrbtni. Na primer nesimetrija zaradi defektnega 74HC4066, kjer tranzistorji v notranjosti niso enaki. ZIF veriga vsebuje štiri amplitudne detektorje za samodejno nastavljanje ojačanja (AGC). Sprejemnik lahko navidez deluje povsem pravilno, čeprav je živ samo eden od štirih detektorjev!

Pomanjšana BPSK radijska postaja je še vedno razmeroma komplicirano vezje. Torej se splača žrtvovati pol ure več doma za meritve oziroma preverjanje delovanja posameznih sklopov kot pa iskati napako na vrhu hriba! Preverjena in pravilno izdelana BPSK radijska postaja bo zanesljiv gradnik, da lahko nadaljujemo z našimi poskusi. Vsak, ki ima izkušnje s postavljanjem naprav po planinskih vrhovih, bo zagotovo tako razumel, kaj sem s tem mislil.

Kaj pa začetniki brez izkušenj, ki bi njihovo prvo, malo BPSK radijsko postajo uporabljali kot ISM napravo? Moj prvi nasvet je, da ne iščete bližnjic, pač pa se čimbolj vestno držite navodil tega članka in izvirnega opisa BPSK radijske postaje za 430MHz. Predvsem številne barvne fotografije v člankih bi morale odgovoriti na

marsikatero vprašanje. Pravilno rokovanje z nevsakdanjimi radijskimi gradniki, kot so teflonski kabelčki ali visokofrekvenčne vtičnice različnih vrst, žal daleč presega okvire tega članka.

Izdelano radijsko postajo naj bi oživel na priporočeno ISM frekvenco 434MHz, da prva ničla spektra 2Mbps BPSK modulacije pade ravno v najobčutljivejši del radioamaterskega spektra za komunikacije s šibkimi signali okoli 432MHz. Na ta način naj bi bile motnje drugim radioamaterjem najmanjše. Kaj se bo zgodilo s cenenimi ISM napravami na 433MHz, ni naša skrb.

Domet BPSK postaje je odvisen od antene, še dosti bolj pa od tega, kam je takšna antena vgrajena in kakšne ovire čakajo radijski signal na poti do sogovornika. Marsikatera odslužena UHF TV antena se obnaša prav spodobno na 434MHz. Televizijski kabel, čeprav s karakteristično impedanco 75Ω , ima v vsakem primeru dosti manj izgub od raznih staromodnih RG kablov. Razmeroma majhne izgube imajo tudi koaksialni kabli s penasto izolacijo za GSM inštalacije, žal pa nanje ne moremo vgraditi standardnih VF vtičnic.

Končno ne moremo zvaliti vsega dela na začetnike! Torej bo treba na dobro vidnih planinskih postojankah postaviti primerne vhode v omrežje, da se začetniki sploh lahko kam povežejo oziroma imajo zanesljivega sogovornika ob vsaki uri dneva.

8. Literatura:

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

[2] Matjaž Vidmar: "Megabitna BPSK radijska postaja za 430MHz", strani 31-42, CQ ZRS 5-6/2011, ISSN 1318-5799.

[3] Matjaž Vidmar: "Popravki, predelave in preizkus 13cm PSK radijske postaje", strani 22-23, CQ ZRS 5/1995, ISSN 1318-5799.

[4] Matjaž Vidmar: "Popravki, predelave in preizkus 13cm PSK radijske postaje", strani 189-191, Digitalni mostovi, COBISS-ID 44006533.

* * * * *