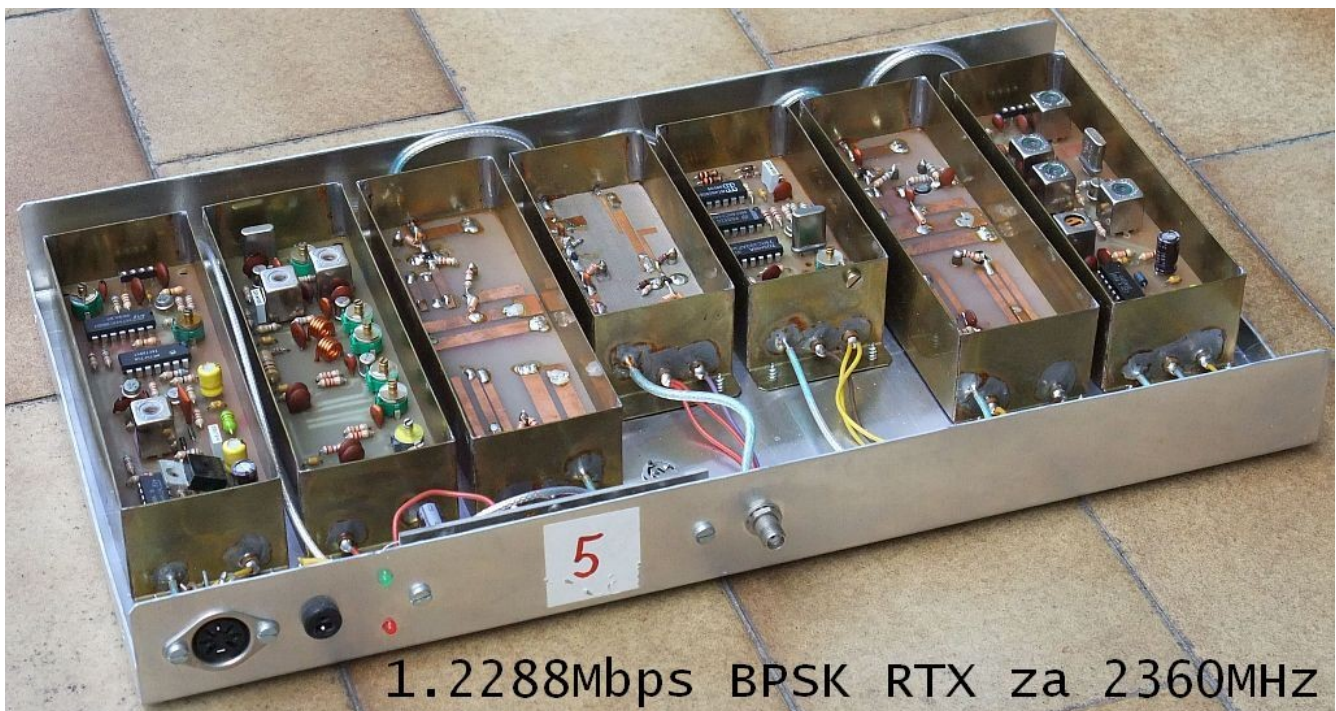


Obnova BPSK radijskih postaj za 13cm in 23cm

Matjaž Vidmar, S53MV

1. Stare BPSK radijske postaje

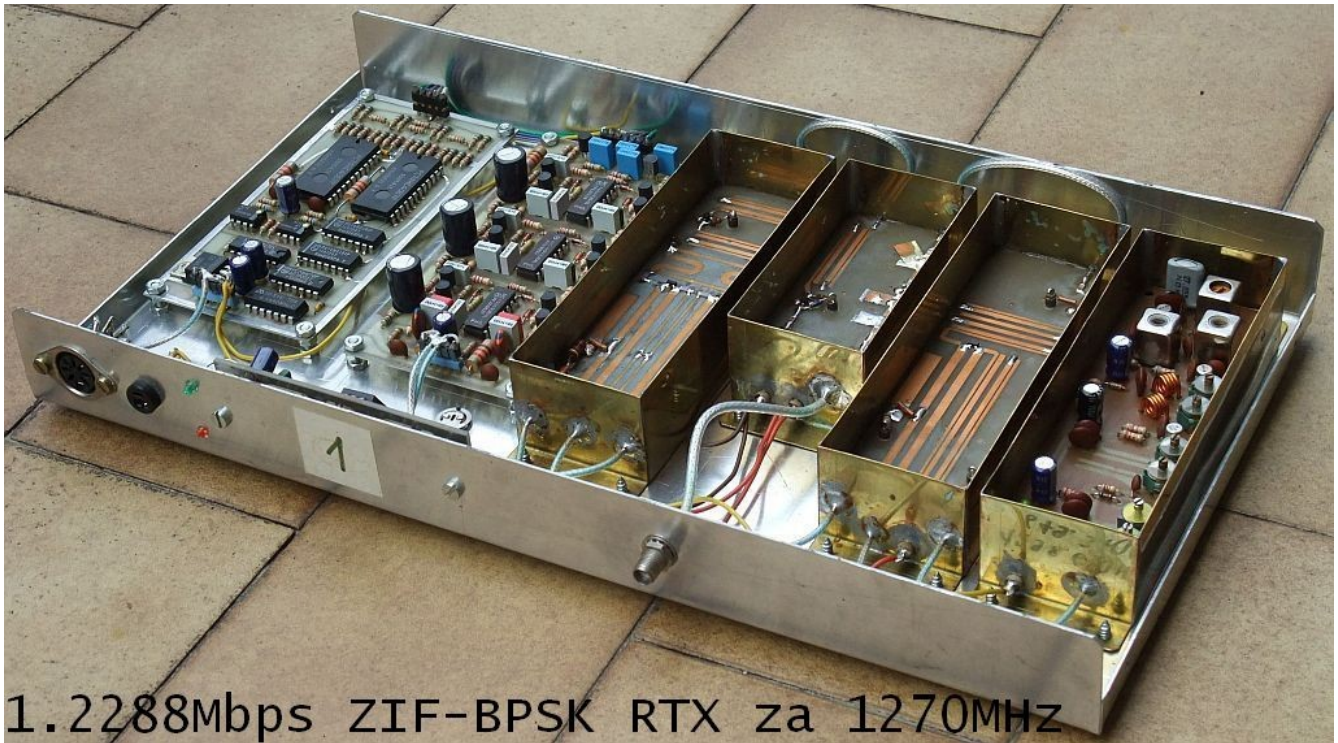
Prve megabitne BPSK radijske postaje [1] so leta 1995 predstavljale pomembno prelomnico, tedaj visoko hitrost prenosa in hkrati učinkovito modulacijo. Zanesljivost delovanja je bila prva zahteva, zato pri gradnji teh postaj nisem varčeval niti s polprevodniki niti z oklapljanjem:



1.2288Mbps BPSK RTX za 2360MHz

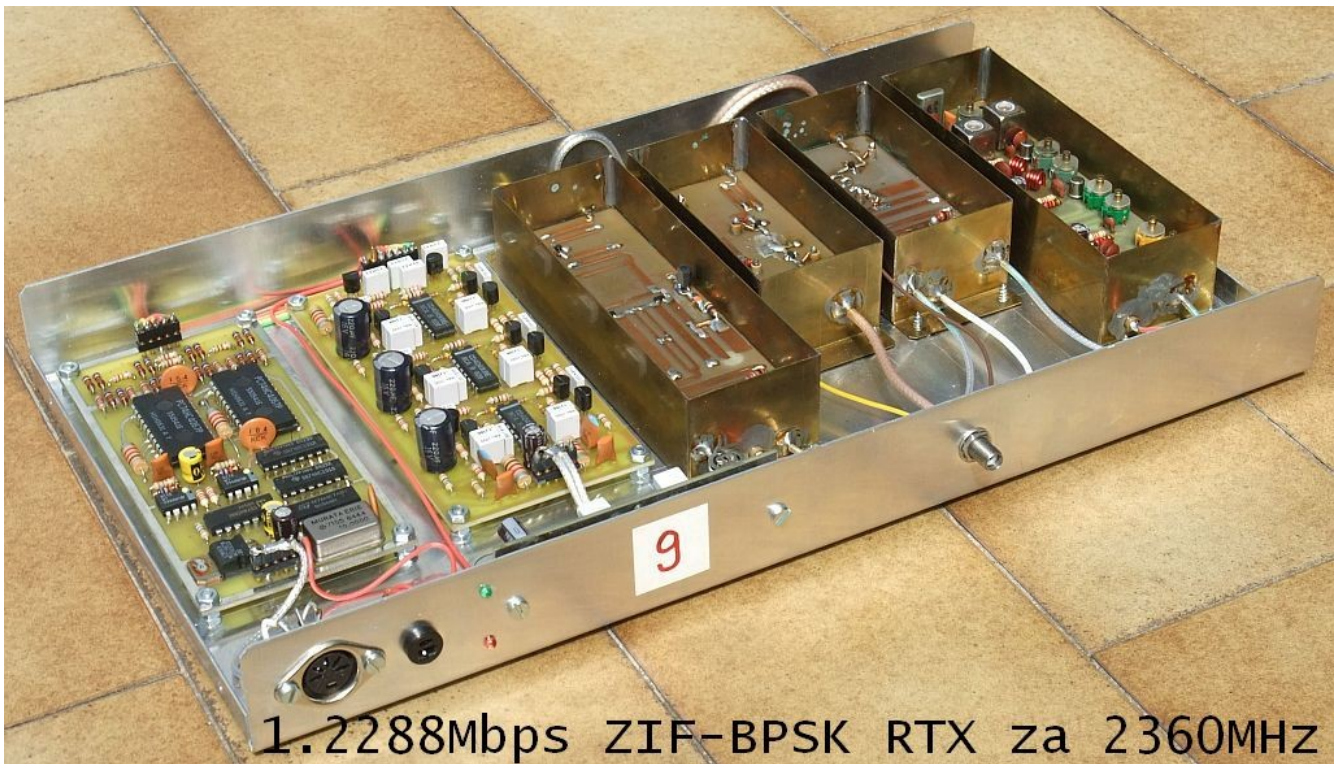
Prvotne BPSK radijske postaje [1] kljub številnim izboljšavam [2] predstavljajo danes ozko grlo omrežja. Preklopni čas na oddajo določa zagon kristalnega oscilatorja na dobro milisekundo, kar je zanemarljivo malo za stare AX.25 Supervozlje, ampak grozljivo počasno za sodobne ATNCje in EATNCje. Predelava celotne medfrekvence sprejemnika z dvojnimi mešanjem na višje bitne hitrosti ni preprosta. Prvotne BPSK radijske postaje je še vedno smiselno vzdrževati in uporabljati za manj zahtevne zveze.

Na srečo postaje z ničelno medfrekvenco (ZIF) [3], [4] takšnih omejitev ne poznajo in jih lahko v celoti posodobimo na raven opreme NBP. Članki o megabitnih BPSK radijskih postajah so sicer zbrani v knjigi "Digitalni mostovi" [5], ki je dostopna v obliki PDF na spletu. Prva ZIF-BPSK radijska postaja za frekvenčno področje 1270MHz [3] je bila namenjena uporabnikom:



1.2288Mbps ZIF-BPSK RTX za 1270MHz

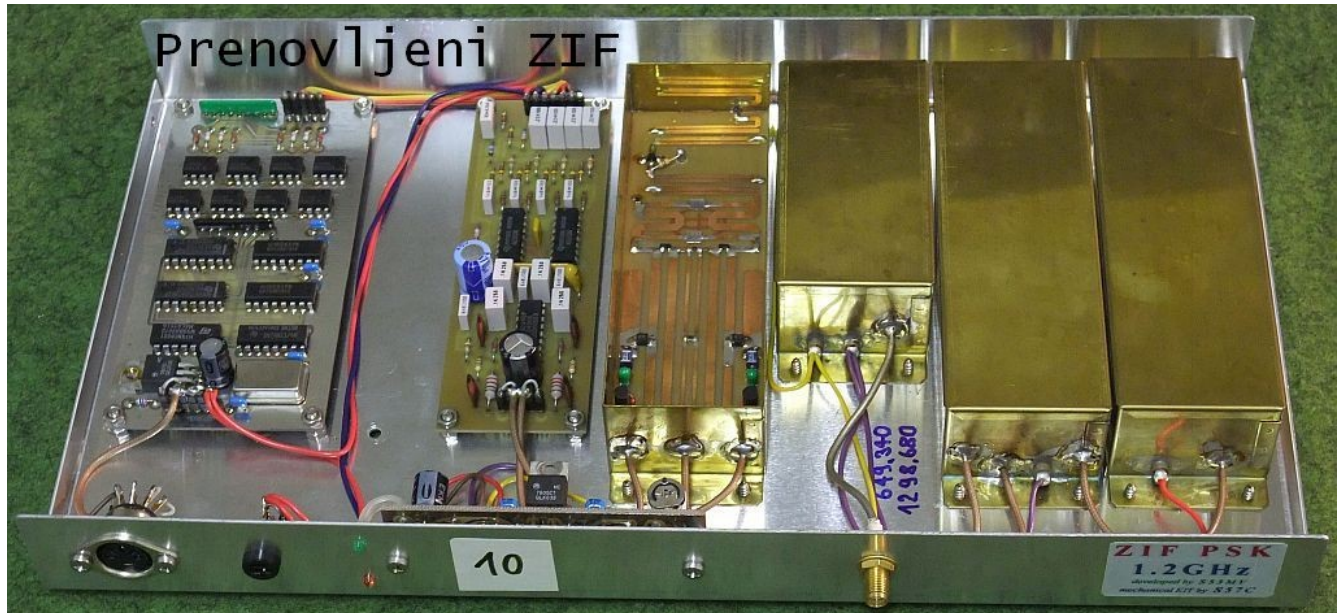
Sledila ji je ZIF-BPSK radijska postaja za 2360MHz [4] kot izboljšava in zamenjava že tedaj zastarelih prvotnih BPSK [1]:



1.2288Mbps ZIF-BPSK RTX za 2360MHz

Prvotna ničelna medfrekvenca je imela številne gradnike, kar 14 tranzistorjev BF199, 12 diod in še tri integrirana vezja. Costas-ov demodulator je vseboval dva CMOS analogna preklopnika 74HC4067, ki sta se izkazala težko dobavljiva. Osnovna zamisel izboljššanega BPSK

demodulatorja [6] je bila premakniti A/D pretvorbo proti vhodnim sponkam sprejemnika. Preklopniki so v novem demodulatorju digitalni (74HC151). Zahtevano ojačanje ničelne medfrekvence je nižje, kar poenostavlja gradnjo. Novi demodulator in medfrekvenca sta bila načrtovana tako, da lahko neposredno zamenjata stari enoti v BPSK postaji z ničelno medfrekvenco:



Kaj od navedenega je smiselno uporabiti v prenovljenem omrežju za packet radio? WBFM postaje za 70cm in 23cm so odslužile. Primerna oprema za NBP preko WBFM postaj sicer obstaja (MATNC), vendar je hitrost prenosa komaj kakšne 3kbyte/s. Bolj smiselno je izkoristiti antene, pripadajoče inštalacije kablov in antenskih sit za nove megabitne BPSK radijske postaje za 70cm [7] oziroma 23cm [3].

Vse megabitne BPSK radijske postaje so danes še vedno uporabne tudi za NBP. Moči oddajnikov in dobitki anten v pasovih 13cm (2.3GHz) in 23cm (1.2GHz) bi največkrat omogočali kaj več kot 1.2288Mbps. Predelava starih BPSK postaj [1], [2] za drugačno bitno hitrost je silno nerodna. Višjo bitno hitrost je dosti lažje nastaviti v ZIF radijski postaji [3], [4], še posebno z izboljšanim demodulatorjem [6]. EATNC sicer zmora vsaj 2Mbps, ATNC pa vsaj 2.5Mbps s smiselno rezervo.

Vse stare megabitne BPSK radijske postaje potrebujejo obnovo po desetih, petnajstih in več letih neprekinjenega delovanja. Najprej je smiselno odpraviti znane starostne težave BPSK postaj: elektrolitski kondenzatorji, določeni trimmerji, nekatere množilne stopnje, hladni spoji pri CLY2 ipd. Nato je smiselno odpraviti nekaj načrtovalskih napak v ničelni medfrekvenci, ki s počasnimi AX.25 Supervozlji sploh niso bile opazne. Končno je smiselno predelati vse ZIF radijske postaje za bitno hitrost 2Mbps, čeprav jih bomo uporabljali vsaj na začetku samo za 1.2288Mbps.

2. Elektrolitski kondenzatorji in trimerji

Vsi elektrolitski kondenzatorji se v nekaj letih izsušijo in njihova kapacitivnost upade na skoraj nič. Koliko let je potrebno za odpoved elektrolitskega kondenzatorja, je odvisno od mnogih dejavnikov: vrsta elektrolita, kakovost tesnjenja ohišja, temperatura okolice kondenzatorja in še v največji meri kakovost izdelave kondenzatorja. Končno tesnjenje ohišja pogosto pokvarimo graditelji sami z nasilnim oblikovanjem priključkov ob vgradnji.

Po enem desetletju delovanja je smiselno zamenjati prav vse elektrolitske kondenzatorje brez milosti v katerikoli napravi, ker si s tem prihranimo najbolj čudne napake in odpovedi v prihodnjih letih. Vse megabitne BPSK radijske postaje imajo sicer predimenzionirano filtriranje napajanja, zato odpoved enega samega elektrolitskega kondenzatorja ponavadi sploh ni opazna. Končno, marsikateri merilnik kapacitivnosti sploh ne zna ugotoviti, da je zaporedna upornost izsušenega elektrolitskega kondenzatorja že narasla preko vsake smiselne meje. Vsebina vrečke na sliki ogabno smrdi od izhlapelega (strupenega) elektrolita:



kako naj ravnamo pri zamenjavi elektrolitskih kondenzatorjev? Če se le da, elektrolitski kondenzator zamenjamo s tantalovim ali

keramičnim. Keramični kondenzatorji so omejeni na nižje vrednosti. Tantalovi kondenzatorji radi prebijejo ob napetostnih konicah. Tantalove kondenzatorje moramo zato izbirati za vsaj dvakratno napetost od nazivne delovne napetosti v vezju zaradi prenihaja ob vklopu. Praktično to pomeni, da tantalove kondenzatorje vgrajujemo samo za napetostnimi regulatorji na vodilih +8V, +5V ali manj.

V vezja, ki se napajajo neposredno s +12V, bo najverjetneje treba vgraditi čisto navadne aluminijeve elektrolitske kondenzatorje. Če gre verjeti oznakam na ohišjih kondenzatorjev, naj bi kondenzator z elektrolitom z vreliščem 105°C trajal dlje od tistega z vreliščem samo 85°C. V napravah pogosto najdemo povsem brezhibne elektrolite za 85°C, čeprav imajo 30 ali 40 let. Potem pa prinesemo iz trgovine čisto nov elektrolit za 105°C s kristalčki umazanije na gumijastem tesnilu. Kaj pomeni oznaka 105°C za brezvestnega trgovca z daljnega vzhoda, ne vem...

Pri vgradnji novih keramičnih, tantalovih in aluminijevih elektrolitskih kondenzatorjev seveda pazimo, da novega kondenzatorja ne poškodujemo z oblikovanjem priključkov. Sumljive gradnike, na primer elektrolite z umazanijo na tesnilu, takoj zavržemo! Elektrolitskih kondenzatorjev ne menjamo na hribu, pač pa radijsko postajo odnesemo domov. Doma v opremljeni delavnici najprej v miru zamenjamo vse sumljive gradnike in nato radijsko postajo temeljito premerimo in preizkusimo.

Vsi blokirni kondenzatorji na napajanju BPSK radijskih postaj so načrtovani z obilno rezervo. Elektrolitski kondenzator za 100 μ F lahko torej zamenjamo z 68 μ F ali celo samo 47 μ F, če razpolagamo s primernim keramičnim, tantalovim ali kakovostnim aluminijevim elektrolitom za nižjo vrednost. Višje vrednosti 150 μ F ali 220 μ F naj ne bi imele nobenega kvarnega vpliva.

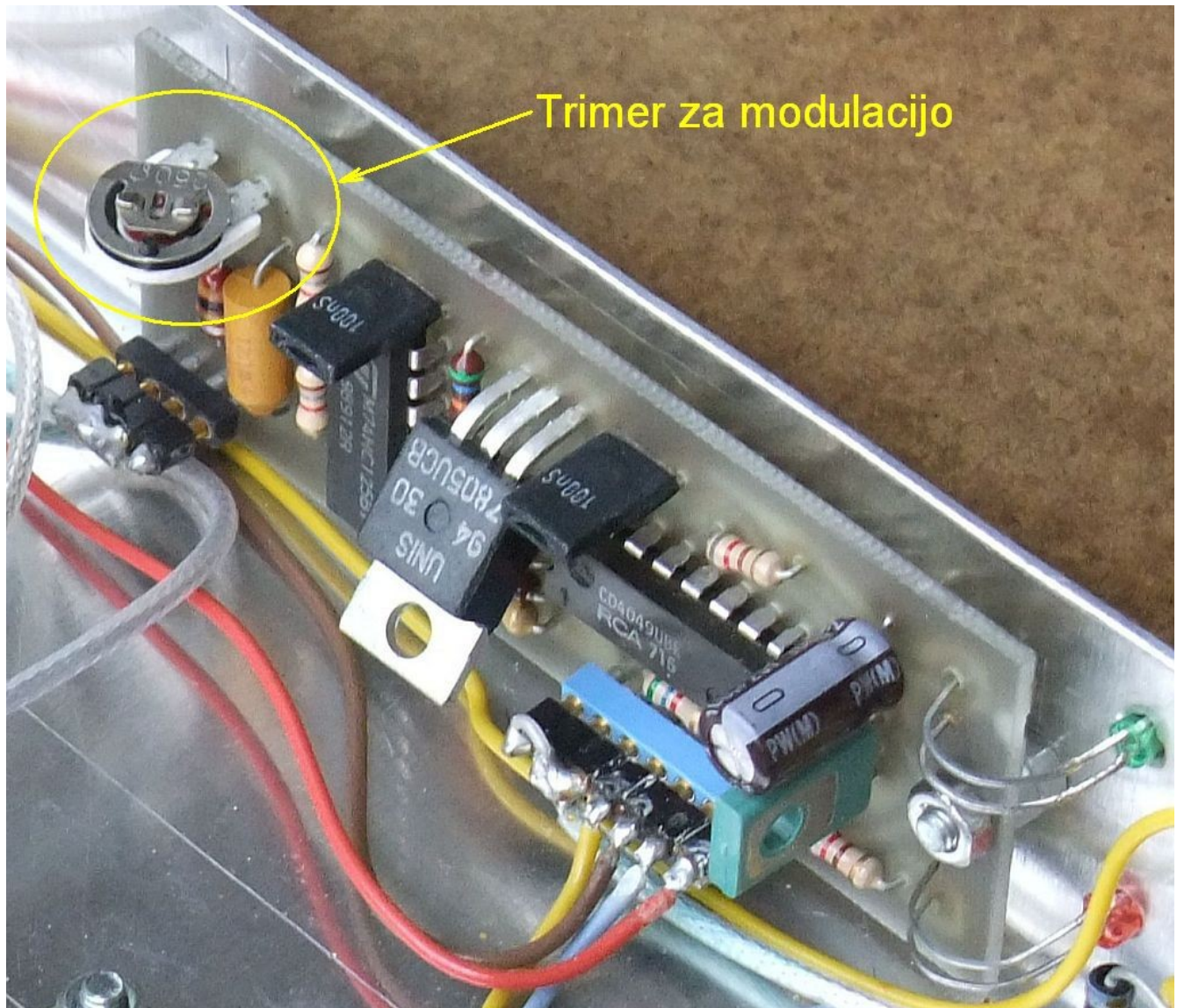
Drseči električni kontakti so pogosto vzrok nezanesljivega delovanja oziroma odpovedi naprave. Pri vseh radijskih postajah v packet-radio omrežju so se odlično izkazali folijski kapacitivni trimerji proizvajalca Philips in njihovi ponaredki. Folijski trimerji niso nikoli odpovedali, da le niso bili mehansko oziroma toplotno poškodovani. Uporabo nezanesljivih keramičnih kapacitivnih trimerjev sem sicer odsvetoval že v izvornih člankih o gradnji radijskih postaj.

Kar nekaj odpovedi oziroma prekinjajočega delovanja je povzročil edini uporovni trimer 220 Ω za jakost BPSK modulacije v oddajniku katerekoli inačice opisanih BPSK radijskih postaj. Trimer za modulacijo je vgrajen v enoti preklopa sprejem/oddaja. Ko drsnik tega trimerja izgubi stik, upade izhodna moč oddajnika na nič, torej popolna odpoved oddajnika. V desetletje starih radijskih postajah priporočam vnaprejšnjo zamenjavo tega trimerja že iz previdnosti.

Nov trimer naj bo čimbolj kakovostne izdelave. Pri tem je popolnoma vseeno, ali smo našli nadomestni trimer z nazivno upornostjo 200 Ω ali 250 Ω . Mogoče ni tako slaba rešitev zamenjati trimer z dvema običajnim uporoma vrednosti 100 Ω oziroma 120 Ω , saj je nastavitev tega trimerja zelo "široka" in skoraj vedno v sredini ali malo čez. Pri vgradnji seveda pazimo, da trimerja ne

poškodujemo. Poškodovan trimer seveda takoj zamenjamo.

Kakovosten trimer je izdelan na keramični podlagi in ima grafiten drsnik:



Še boljša rešitev bi bil popolnoma zaprt trimer, da umazanija ne more pod drsnik. Žal notranjosti takšnega trimerja ne moremo preveriti. Pri kateremkoli trimmerju hitro opazimo nezanesljiv stik drsnika, ko trimer vrtimo. Tak trimer moramo obvezno zamenjati.

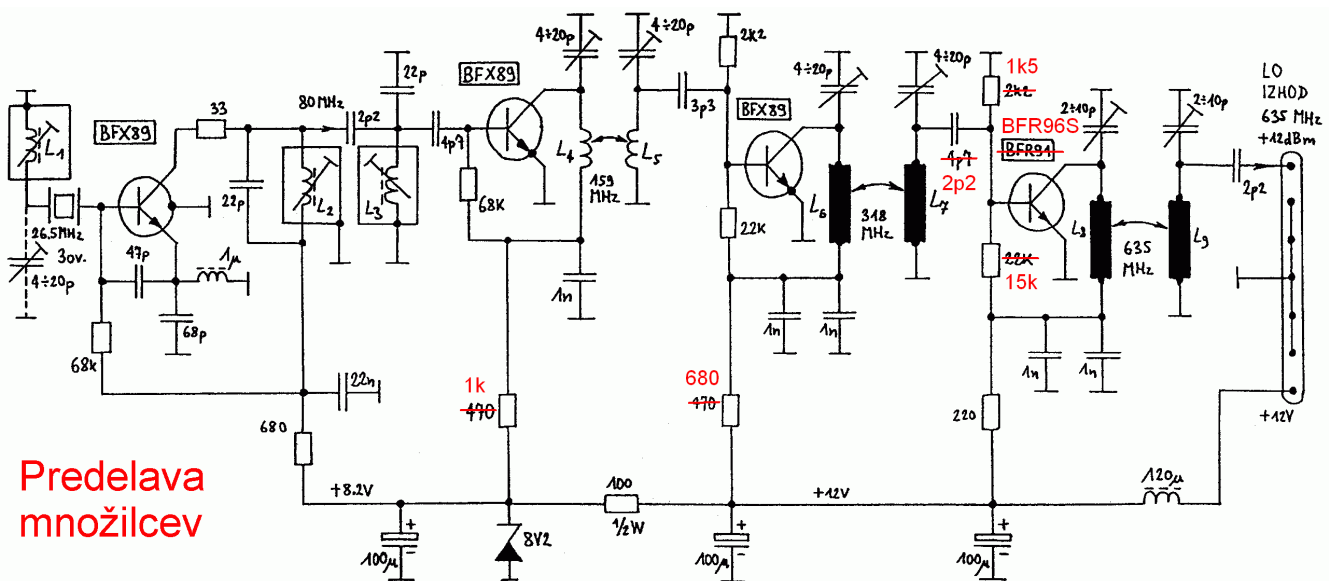
3. Množilne stopnje

Vse opisane BPSK radijske postaje [1], [3], [4], [7] vsebujejo množilne stopnje z visokofrekvenčnimi silicijevimi NPN bipolarnimi tranzistorji. Takšni tranzistorji imajo emitor dopiran z arzenom (As). Spoj baza-emitor je občutljiv na previsoko zaporno napetost, ki dolgotrajno povzroči počasno odpoved tranzistorja. Zaporna napetost na spoju BE je potrebna v množilnih stopnjah, da tranzistor privedemo v nelinearno delovanje za ustvarjanje harmonikov.

Kdaj bo prišlo do takšne počasne odpovedi, ki znižuje tokovno ojačanje tranzistorja vse do nič, je težko napovedati. Poškodba je površinski pojav nečistoč na čipu tranzistorja in je odvisna od tehnologije proizvajalca. Tranzistorji nekaterih proizvajalcev s slabo tehnologijo: Telefunken (TFK), RIZ, Ei Niš crknejo zelo hitro. Tranzistorji velikih proizvajalcev Motorola, Philips, Siemens so bistveno bolj trdoživi.

Vse opisane BPSK radijske postaje [1], [3], [4] so se v dolgotrajnem delovanju izkazale zelo zanesljive, kar se tiče odpovedi množilnih stopenj, da so le vgrajeni kakovostni polprevodniki. Vseh odpovedi se žal ne da preprečiti. Če v verigo množilnih stopenj vgradimo tranzistorje z večjim ojačanjem od predvidenega, bo zelo verjetno zadnja stopnja prekrmljenja in bo v dolgotrajnem delovanju zadnji tranzistor odpovedal.

V BPSK postaji za 23cm z ničelno medfrekvenco lahko pride do odpovedi tranzistorja BFR91 v zadnji množilni stopnji. Protiukrep je preprost: spremenimo vrednosti nekaj gradnikov v verigi množilnih stopenj na povsem enak način, kot je to že narejeno v inačici ZIF-BPSK radijske postaje za 13cm:

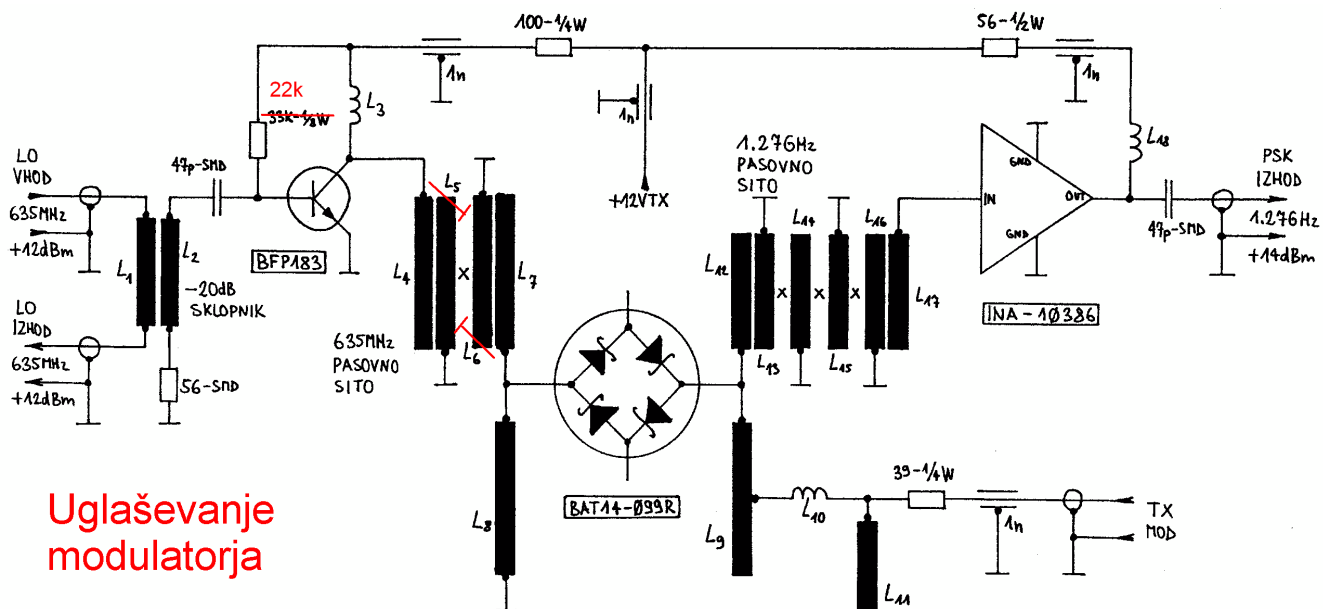


Prvi in drugi množilni stopnji s tranzistorjema BFX89 povečamo upor v napajanju na 1k Ω oziroma 680 Ω , da znižamo krmilno moč zadnji množilni stopnji. Z istim namenom znižamo sklopni kondenzator na samo 2.2pF. V zadnji množilni stopnji znižamo vrednosti uporov za

delovno točko na $1.5k\Omega$ oziroma $15k\Omega$. Zamenjava BFR91 z močnejšim BFR96S ne pomaga kaj dosti, saj ima BFR96S povsem enake prebojne napetosti kot šibkejši BFR91.

Preizkus predelane množilne verige je preprost: povprečna napetost na bazi BFR91 oziroma BFR96S, merjena preko primerne VF dušilke, naj ne bi bila negativna.

Bolj redek pojav v ZIF-BPSK radijski postaji za 23cm je nezadostno krmiljenje modulatorja. V tem primeru pomaga uglaševanje resonatorjev L5 in L6 ter znižanje vrednosti upora za delovno točko BFP183 na samo $22k\Omega$:



Uglaševanje modulatorja

Bolj pogosta težava iste radijske postaje je nezadostno krmiljenje izhodne stopnje oddajnika. Če MMIC ojačevalnika INA-10386 nismo poškodovali pri spajkanju, je lahko vzrok nezadostnega krmiljenja tudi napačna dolžina povezovalnega kabelčka do izhodne stopnje.

4. Izhodne stopnje oddajnikov

Vse opisane BPSK radijske postaje za 23cm [3] in 13cm [1], [4] uporabljajo v izhodni stopnji oddajnika močnostni GaASFET v dualnem "B" razredu. Postaje za 23cm uporabljajo tranzistor CLY5, postaje za 13cm pa nekoliko šibkejši CLY2. Takšen način delovanja ustreza fiziki uporabljenih polprevodnikov: velik tok, a zelo nizka napetost brez krmiljenja ter napetostna omejitev ob prekrmljenju.

Dualnega "B" razreda v drugih radioamaterskih gradnjah še nisem zasledil. Niti radioamaterji s pomanjkljivim znanjem niso razumeli delovanja izhodnih stopenj BPSK postaj. Ker dualni "B" razred ustreza fiziki delovanja tranzistorjev, ni v 15 letih neprekinjenega delovanja na planinskih postojankah v vseh možnih razmerah, razglašeni antenskih sitih, poplavljenih kablji in konektorjih, mokrih in poledenelih antenah ter udarih strele, odpovedal niti en sam GaASFET CLY2 oziroma CLY5!

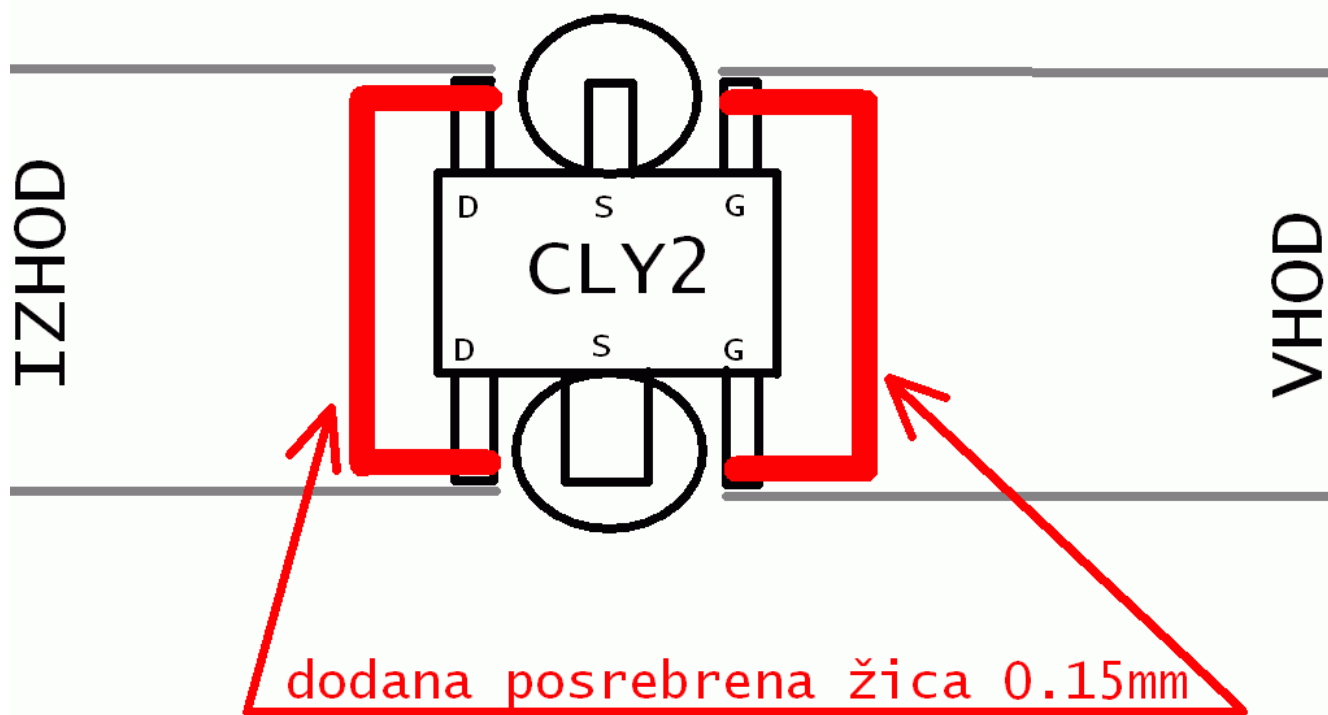
Ne-Brezhibni Protokol učinkoviteje izkorišča radijski kanal kot stari AX.25. SuperVozelj je redko pogljal odstotek oddaje (PTT) preko 20%. (E)ATNC z NBP gladko požene odstotek oddaje (PTT) preko 80%! Posledično se tudi izhodna stopnja oddajnika bolj segreva. Hlajenje tranzistorjev CLY2 oziroma CLY5 je v vsakem primeru zadostno. V inačici za 23cm s tranzistorjem CLY5 priporočam vgradnjo večjih (močnejših) uporov za omejitev toka izhodne stopnje (dva 33Ω vzporedno).

V prvotnih BPSK postajah za 13cm [1] je z leti pričela nihati izhodna moč oddajnika. Vzrok je popokan cin na priključkih izhodnega tranzistorja CLY2 zaradi premajhnih spajkalnih očes na tiskanem vezju iz teflonskega laminata, ki ima velik toplotni raztezek. Ker ima CLY2 po dva priključka za vsako elektrodo G, S in D, prekinitev povezave do enega priključka pomeni le neprilagoditev impedance in upad izhodne moči za 3dB do 5dB.

Opisana napaka se ni še nikoli pojavila v ZIF-BPSK postajah za 23cm [3] oziroma 13cm [4]. V ZIF postajah so spajkalna očesa večja na podlagi FR4, ki ima toplotni raztezek bolj usklajen z ohišjem tranzistorja CLY5 oziroma CLY2. Popravila oziroma spremembe izhodnih stopenj ZIF-BPSK postaj torej niso potrebni.

Protiukrep v prvotnih BPSK postajah za 13cm [1] je preprost: vseh šest priključkov tranzistorja CLY2 ponovno zacimo. Boljši protiukrep je dodatek dveh "Ujev" iz tanke posrebrene žice premera 0.15mm na obeh straneh tranzistorja, da priključke vrat (G) in ponora (D) zacimo tudi od zgoraj:

Vgradnja CLY2



Vgradnja CLY2



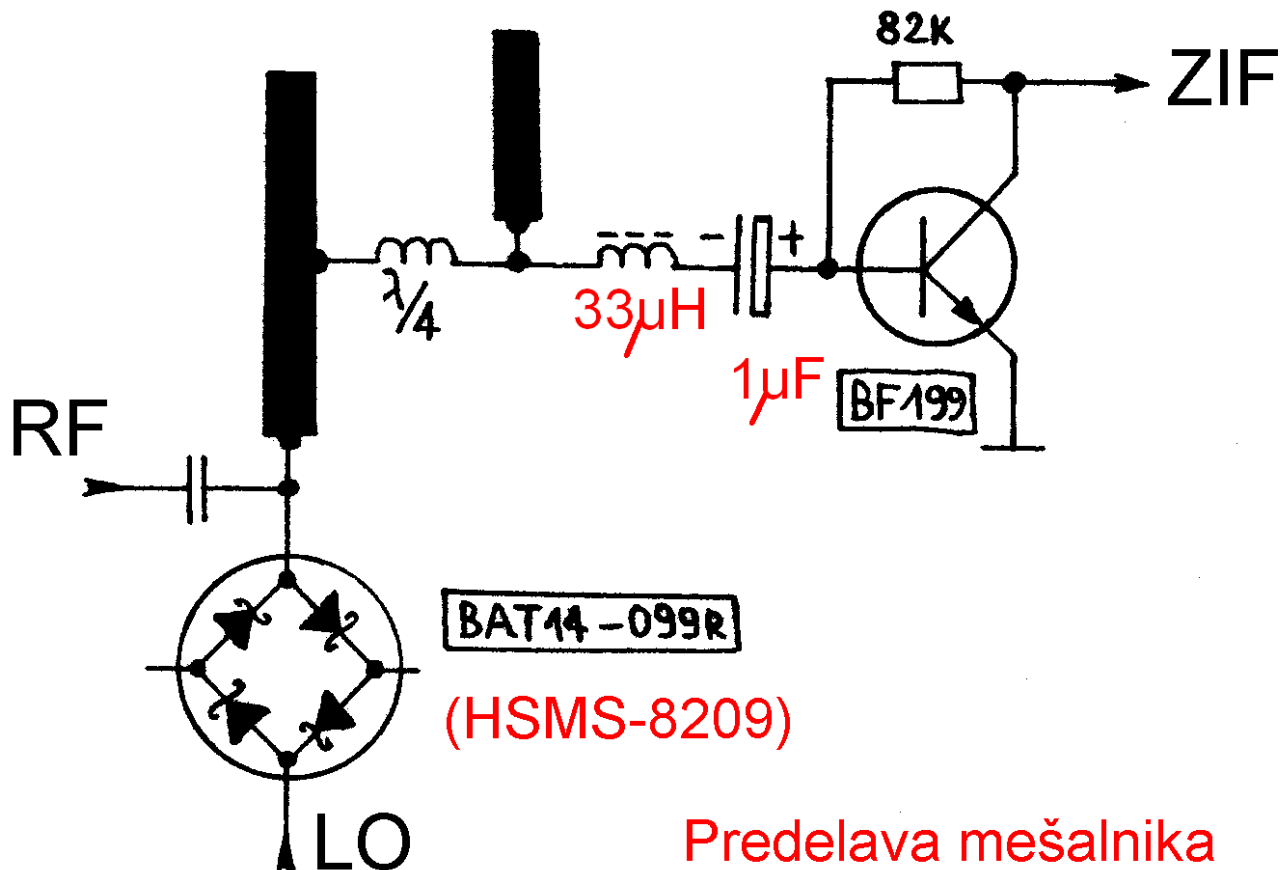
Po predelavi izhodno stopnjo najprej premerimo z ohm-metrom in nato napravimo celovit visokofrekvenčni preizkus oddajnika!

5. kvadrturni mešalnik

Kvadrturni mešalnik sprejemnika je od prvotne inačice [3] doživel več predelav. V prvi inačici so bile vgrajene le visokofrekvenčne $\lambda/4$ dušilke. Prva predelava [4] je bila zamenjava druge dušilke s $47\mu\text{H}$ kot prvim medfrekvenčnim sitom, kar povečuje odpornost sprejemnika na oddaljene motnje. Druga predelava [6] je bilo zmanjšanje vrednosti tantalovega sklopnega kondenzatorja iz $4.7\mu\text{F}$ na samo $1\mu\text{F}$, da se pospeši preklon oddaja/sprejem.

Kar se tiče vzdrževanja, lahko $\lambda/4$ dušilke zamenjamo s SMD dušilkami 100nH v inačici za 23cm oziroma 33nH v inačici za 13cm . Najbližja zamenjava za nedobavljive diode BAT14-099R na bi bila Avago HSMS-8209. Višja bitna hitrost 2Mbps zahteva zamenjavo dušilke $47\mu\text{H}$ z nižjo vrednostjo $33\mu\text{H}$. Priporočam vgradnji čim manjše SMD dušilke, ker je ravno ta dušilka pogosto vzrok vdora motenj stikalnih napajalnikov v ničelno medfrekvenco sprejemnika preko magnetnega sklopa.

Dokončni načrt vsakega od dveh mešalnikov sprejemnika v kvadraturi naj bi bil naslednji:



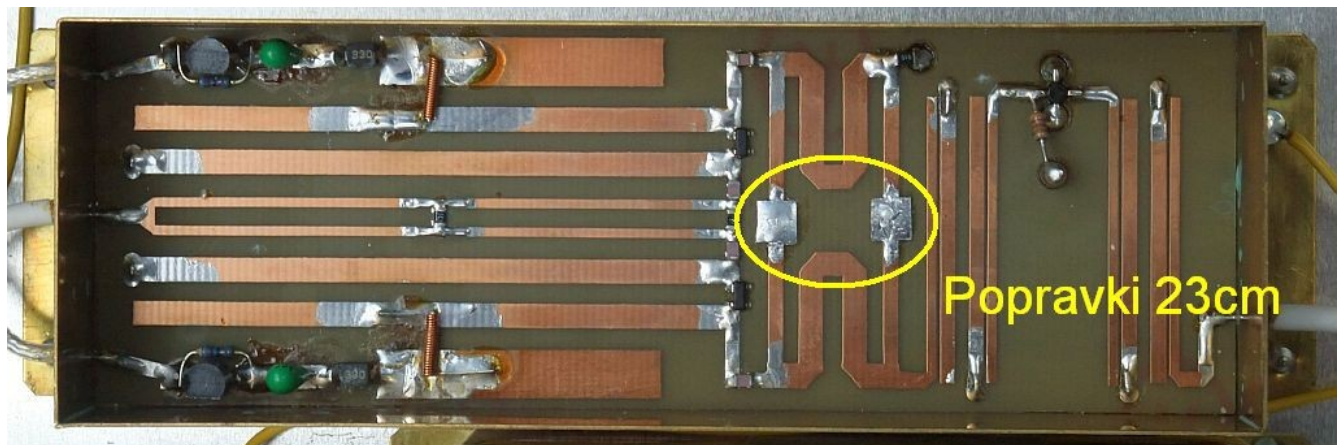
V katerikoli radijski postaji z ničelno medfrekvenco je pomembna natančna kvadratura obeh medfrekvenčnih poti "I" in "Q", to se pravi čimbolj enako ojačanje in čimbolj natančen fazni zasuk 90° . Kvadraturu megabitne BPSK postaje preverimo tako, da na vhod

priključimo sinusni izvor signala z odmikom okoli 100kHz glede na nazivno frekvenco nosilca. Na primer nastavimo merilni izvor na 2360.1MHz za radijsko postajo za 2360MHz. Z osciloskopom potem pomerimo amplitudi obeh medfrekvenčnih signalov ter izmerimo medsebojni fazni zamik.

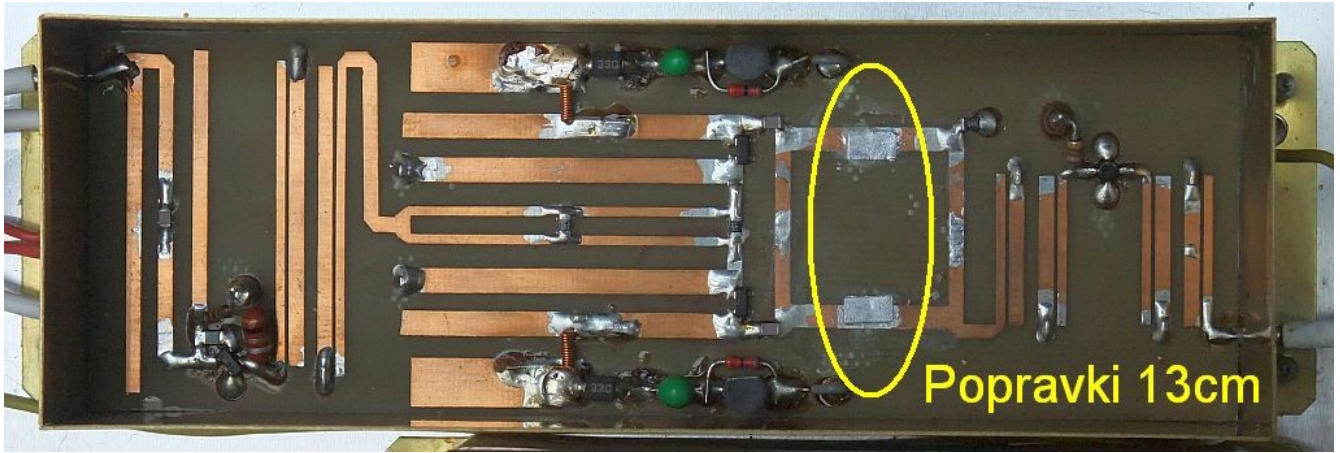
Harmonski mešalniki s četverčki BAT14-099R [3], [4] so sicer slabši mešalniki od HEMTov na osnovni frekvenci [7], [8]. Za razliko od HEMTov so diodni mešalniki zelo ponovljivi in diode običajno niso vzrok nesimetrije, da le niso poškodovane. Natančnost kvadrature je seveda odvisna tudi od točnosti delilnega razmerja in faznega zasuka mikrotrakastega vezja kvadraturenega mešalnika.

Meritve so pokazale, da že majhne spremembe podlage iz laminata FR4 vnesejo velike nesimetrije. Kvadraturu mešalnika je smiselno popraviti, če je razlika jakosti "I" in "Q" vej večja od 1dB oziroma če fazni zasuk odstopa za več kot $\pm 10^\circ$ od nazivnih 90° . V radijskih postajah z ničelno medfrekvenco [3] in [4] lahko netočnost kvadrature popravimo z dodajanjem majhnih koščkov pocinjene bakrene folije na kvadraturni hibrid, ki deli visokofrekvenčni signal na oba mešalnika.

Tiskano vezje kvadraturenega mešalnika ZIF-BPSK radijske postaje za pas 23cm izgleda dela boljše na gornjem koncu pasu okoli 1300MHz. Popravki torej niso vedno potrebni! Če izmerimo nesimetrijo, običajno na nižjih frekvencah okoli 1270MHz, dodamo dva koščka pocinjene bakrene folije na prečni veji kvadraturenega hibrida:



Tiskano vezje kvadraturenega mešalnika ZIF-BPSK radijske postaje za pas 13cm je izgleda kar dobro zadeto na nazivno frekvenco 2360MHz. Kvadraturni hibrid lahko potrebuje manjše popravke (koščki pocinjene folije), če so sploh potrebni, na vzdolžnih vejah:



Popravki 13cm

6. Medfrekvenca in demodulator

Prvotne megabitne BPSK radijske postaje za 13cm [1], [2] vsebujejo medfrekvenco z dvojnimi mešanjem na 75MHz in 10MHz ter BPSK demodulator s kvadriranjem za izločanje nosilca na 10MHz. Demodulator s kvadriranjem bi brez težav deloval tudi pri višjih bitnih hitrostih do vsaj 2Mbps. Predelava za višjo bitno hitrost zahteva spremembe številnih nihajnih krogov, kar pomeni previjanje številnih medfrekvenčnih transformatorjev.

Oddajnik prvotne megabitne BPSK radijske postaje za 13cm [1], [2] deluje brezhibno tudi na 2Mbps in več. Omejitev je razmeroma velik (več kot milisekunda) čas preklopa sprejem/oddaja, potreben za vnhajanje kristalnega oscilatorja oddajnika. Hitrejši čas preklopa bi lahko dosegli le s stalnim delovanjem kristalnega oscilatorja, preklapljanjem množilnih stopenj in zadostnim oklapljanjem, da sam oscilator ne moti sprejema. Ker zahtevane predelave niso preproste, je prvotne BPSK radijske postaje smiselno uporabljati le za 1.2288Mbps oziroma upokojiti.

Vse megabitne BPSK postaje z ničelno medfrekvenco [3], [4], [6], [7], [8] so načrtovane tako, da jih je možno posodabljati. Omenjene postaje vsebujejo tri različne medfrekvenčne verige:
(1) prva inačica (1996) [3] z ojačevalniki BF199 in analognimi stikali 74HC4067 v Costas-ovi zanki,
(2) izboljšani demodulator (2001) [6] z ojačevalniki NE592 in digitalno Costas-ovo zanko iz vezij 74HCxxx ter
(3) SMD inačica (2011) [7] z ojačevalniki NE592 in digitalno Costas-ovo zanko v programirljivi logiki.

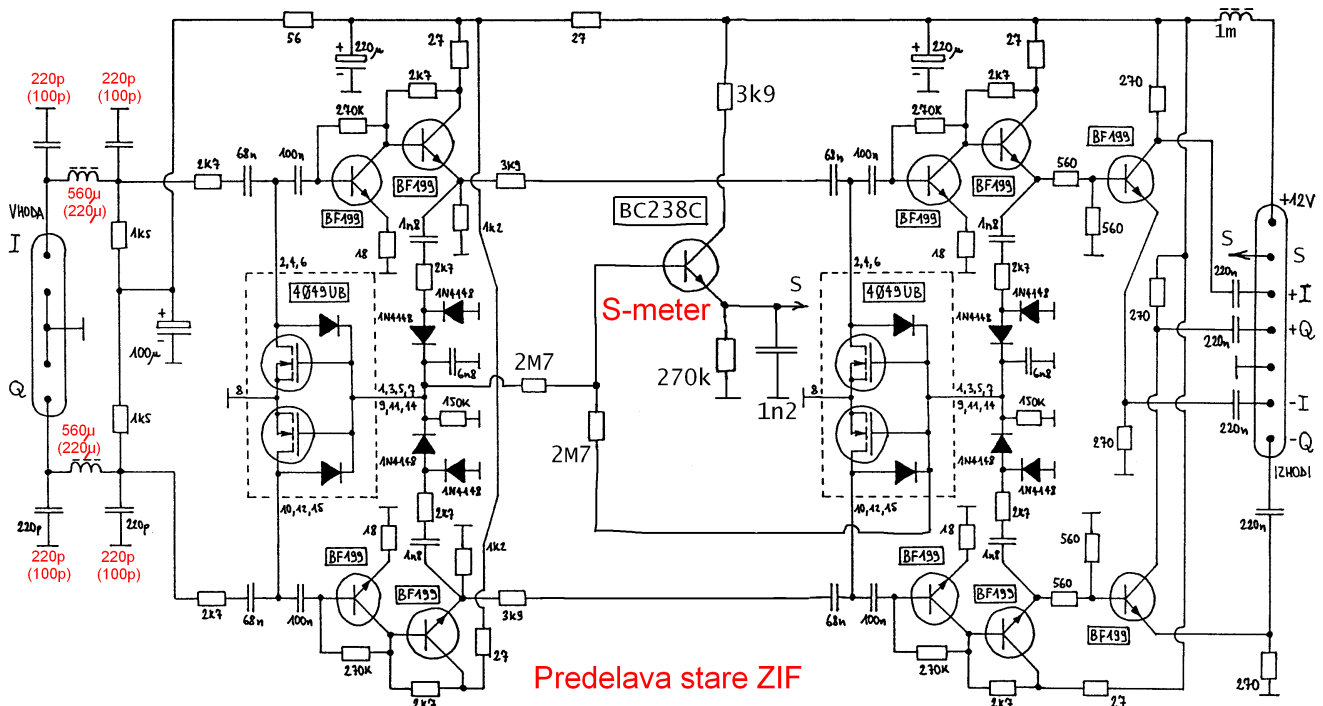
Medfrekvenčna veriga iz leta 1996 vsebuje tri dvokanalne ojačevalne stopnje s tranzistorji BF199. Vsi praktični poskusi so pokazali, da je najmanj ena dvokanalna ojačevalna stopnja povsem odveč! Nepotrebna ojačevalna stopnja sicer omejuje pasovno širino ter vnaša popačenje, torej je tudi škodljiva.

V stari ničelni medfrekvenci [3] v vsakem primeru izločimo eno dvojno ojačevalno stopnjo. Najbolj smiselno je izločiti srednjo stopnjo tako, da previdno odspajkamo vse gradnike. Prvo stopnjo povežemo neposredno na zadnjo stopnjo z vgradnjo dveh novih uporov 3.9k Ω z dolgimi žičnimi izvodi. Izločimo tudi pripadajoči elektrolitski kondenzator 220 μ F in upor 27 Ω na napajanju. Izločeni upor premostimo, da prva stopnja še vedno dobi napajanje.

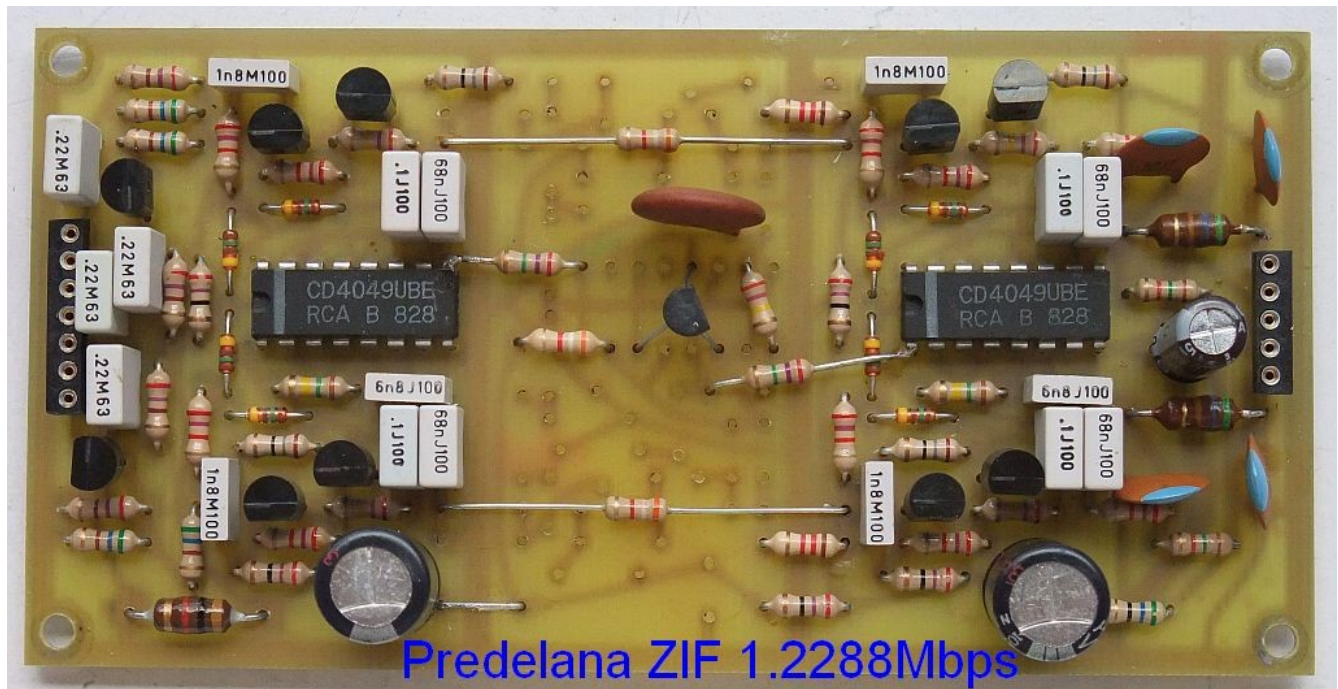
Sproščeno površino tiskanega vezja skrbno očistimo in na njej dogradimo preprosto vezje za S-meter. Povprečne napetosti obeh detektorjev samodejnega nastavljanja ojačanja (AGC) preko dveh uporov 2.7M Ω ojača emitorski sledilnik BC238C. Izhod sledilnika je preko žičnega mostička povezan na prost kontakt vtičnice.

Izhod za S-meter oziroma merilnik jakosti sprejetega signala je zelo koristen pri uglaševanju radijske postaje oziroma pri iskanju napak in motenj v radijskem omrežju. Prvotna ZIF-BPSK radijska postaja je bila sploh edina, ki takšnega izhoda ni imela...

Končno je smiselno prilagoditi vhodno nizkoprepustno sito, ki določa selektivnost radijske postaje. Vrednosti 220pF-560μH-220pF so primerne za filtriran 1.2288Mbps BPSK, ki ga uporabljamo na 70cm. Vrednosti v oklepajih 100pF-220μH-100pF so primerne za nefiltriran 2Mbps BPSK na 23cm in 13cm:



Gornja stran tiskanine predelana ZIF verige za filtriran BPSK 1.2288Mbps izgleda takole:

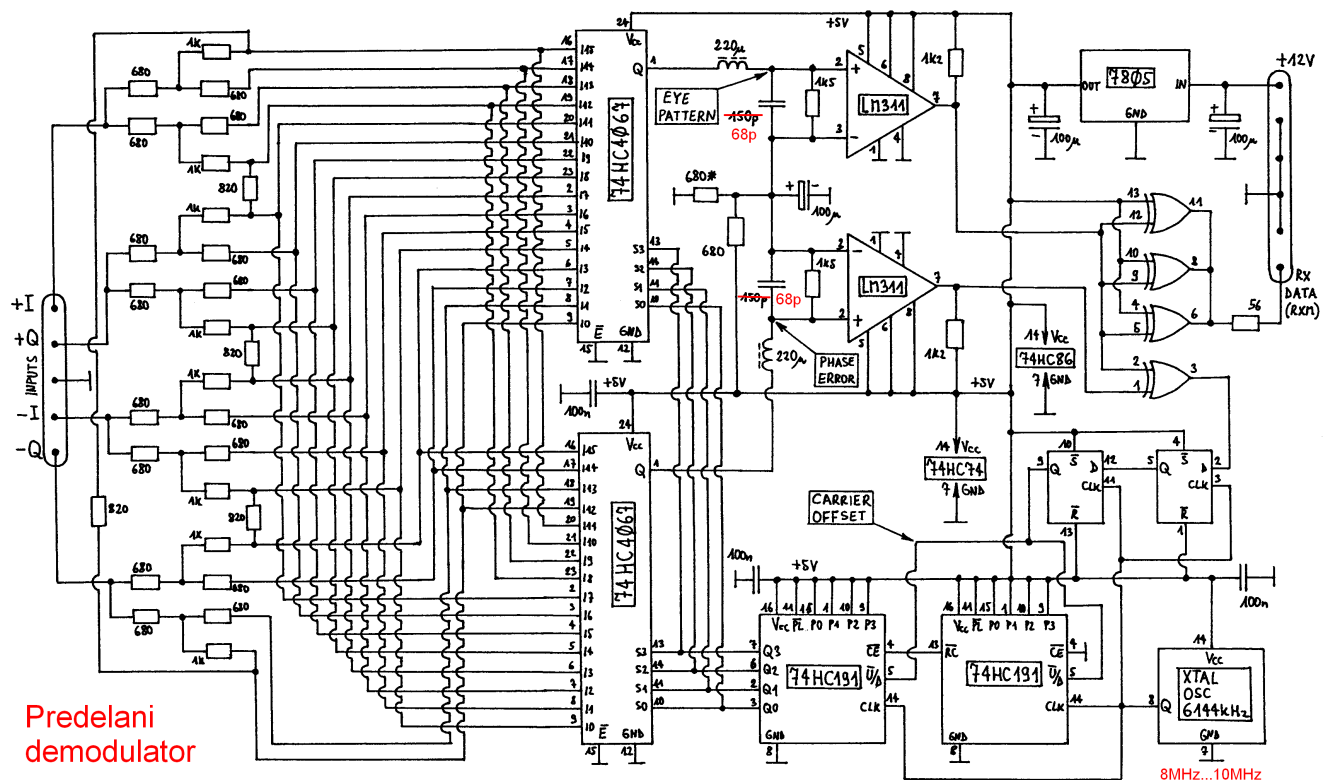


Na spodnji strani tiskanine je treba prekiniti povezavo

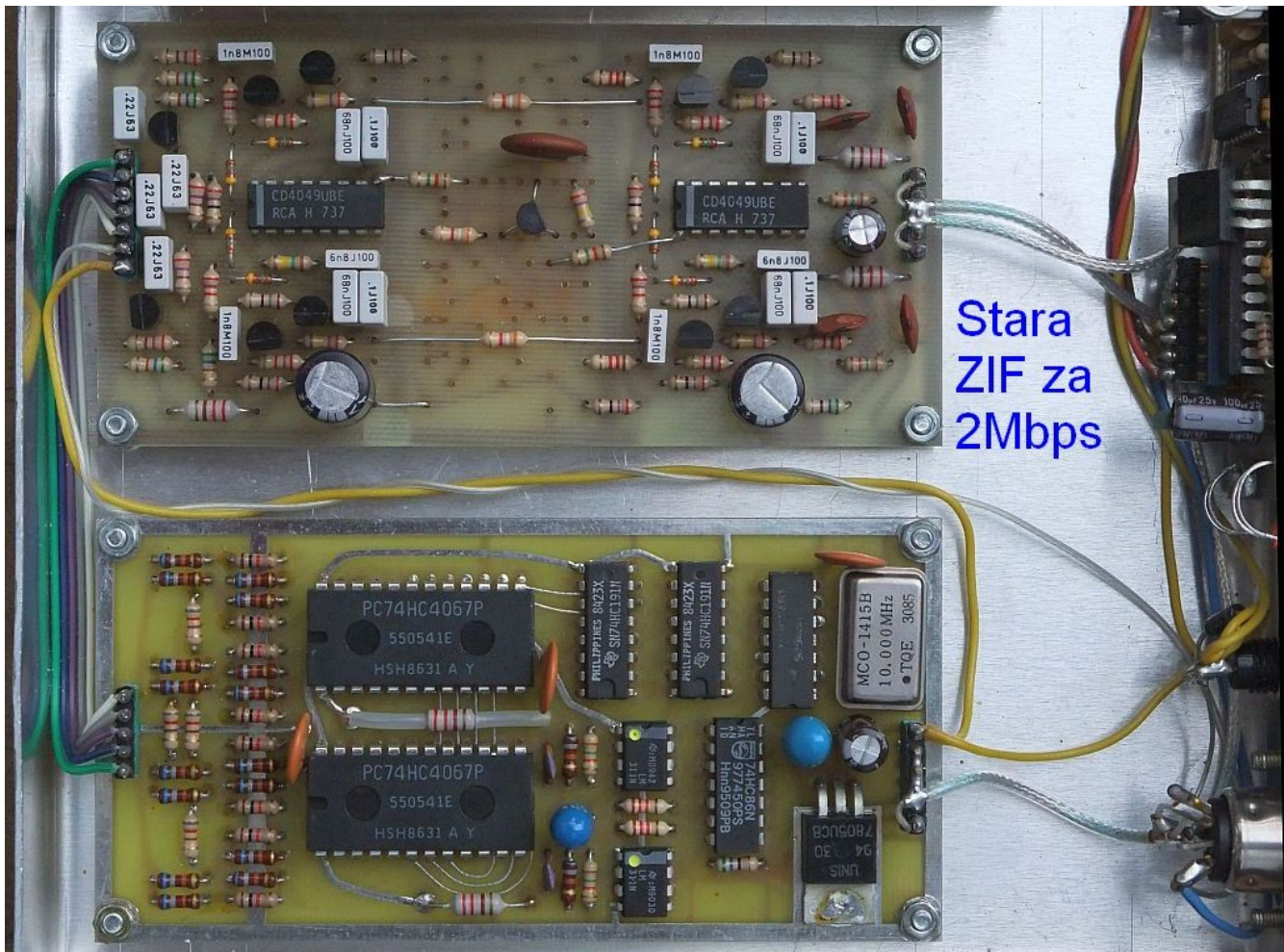
neizkoriščenega kontakta vtičnice na maso in zaciniti mostiček iz izolirane žice na izhod vezja za S-meter:



Posodobljena stara ZIF veriga se je izkazala povsem enakovredna novjšim inačicam za vse različice 1.2288Mbps BPSK. 2Mbps BPSK zahteva še predelavo Costas-ovega demodulatorja z analognimi preklopniki 74HC4067:



Glavna predelava je znižanje vrednosti kondenzatorjev v nizkoprepustnih sitih, ki dušijo preklopne konice 74HC4067, iz 150pF na samo 68pF. Frekvenčno področje uklenitve demodulatorja lahko razširimo z izbiro višje taktne frekvence vezja. Oscilator za 10MHz dopušča napako frekvence nosilca do +/-39kHz:

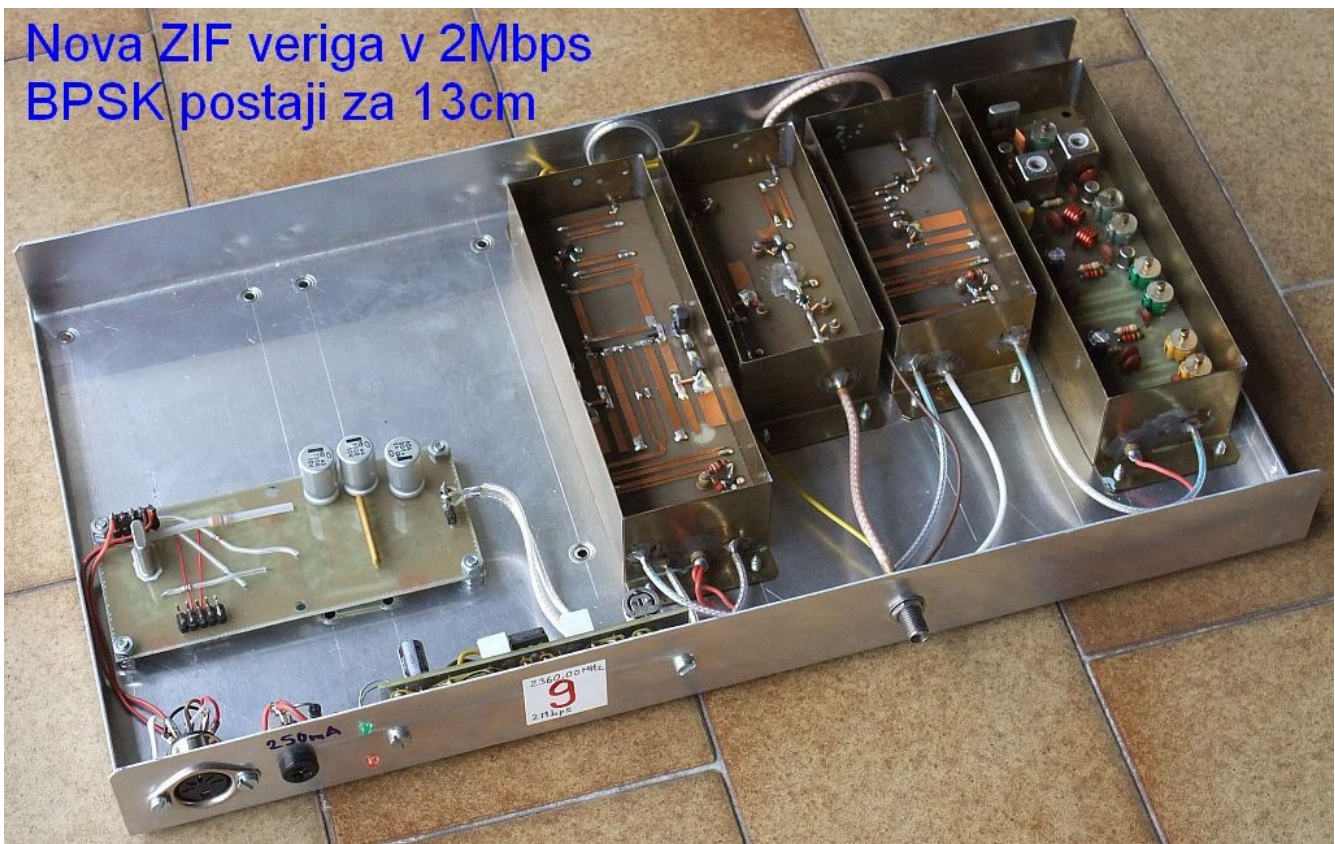
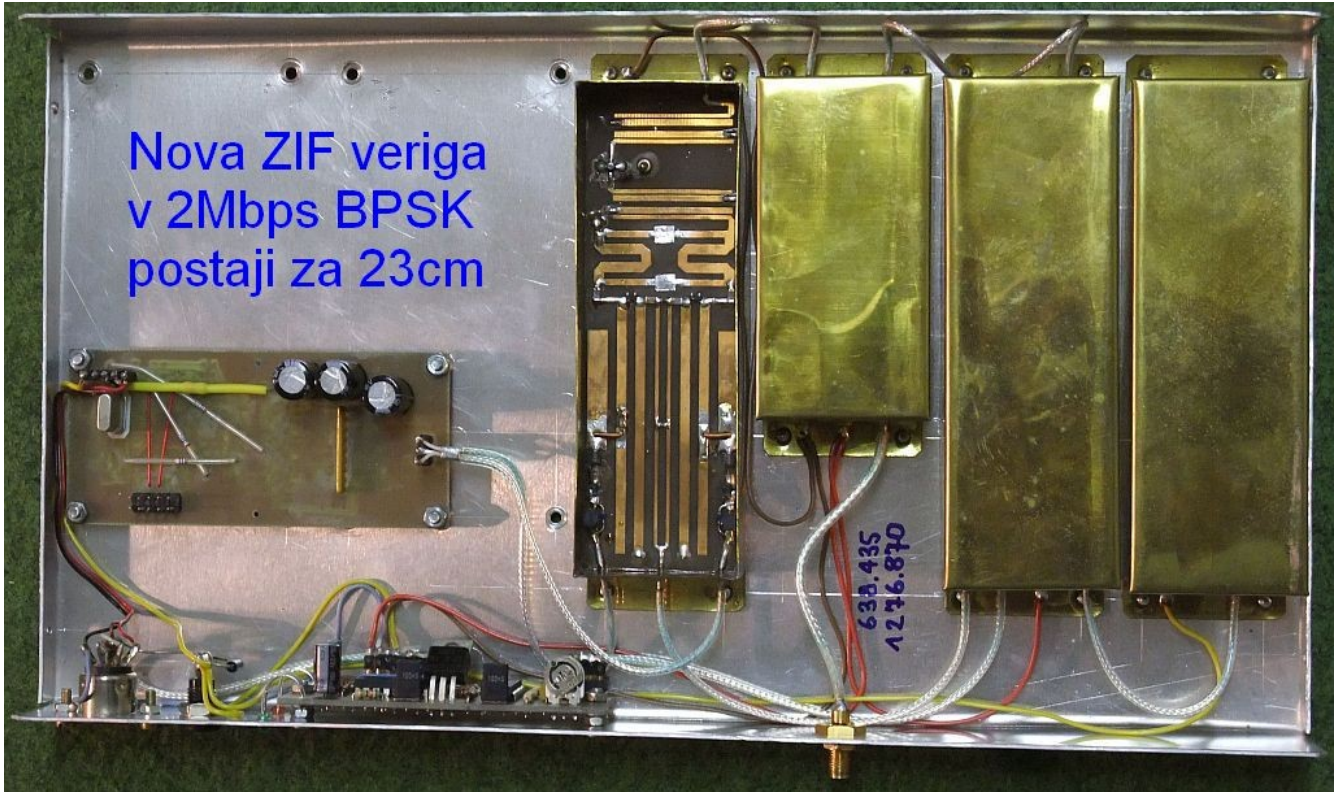


Žal se omejitve pasovne širine ojačevalnikov s tranzistorji BF199 že pozna pri nefiltrirani 2Mbps BPSK. Občutljivost sprejemnika s skrbno posodobljeno staro ZIF verigo je še vedno 2dB do 3dB slabša od občutljivosti sprejemnikov z NE592 v ničelni medfrekvenci. Staro ZIF verigo je torej smiselno uporabljati za 2Mbps BPSK le na kratkih zvezah z močnimi signali, malo motnjami in brez popačenja odbitih valov.

Vrhunsko 2Mbps BPSK postajo za 23cm ali 13cm dobimo tako, da staro ZIF verigo v celoti zamenjamo z novo ZIF verigo, izdelano v SMD tehniki [8]. Za nefiltriran 2Mbps BPSK na 23cm in 13cm priporočam nizkoprepustna sita 100pF-220pF-100pF, kristal za 14.3MHz in DPLL/256 (program "bpsk" za Altera EPM3032ATC44), kar dopušča napako frekvence nosilca vse do +/-55kHz.

Nova ZIF veriga je eno samo tiskano vezje z izmerami 45mmX100mm, torej precej manjša od svojih predhodnikov. V ohišju predelane ZIF-BPSK radijske postaje torej ostane precej prostora ter luknje

pritrdilnih vijakov obeh tiskanih vezij stare ZIF verige:



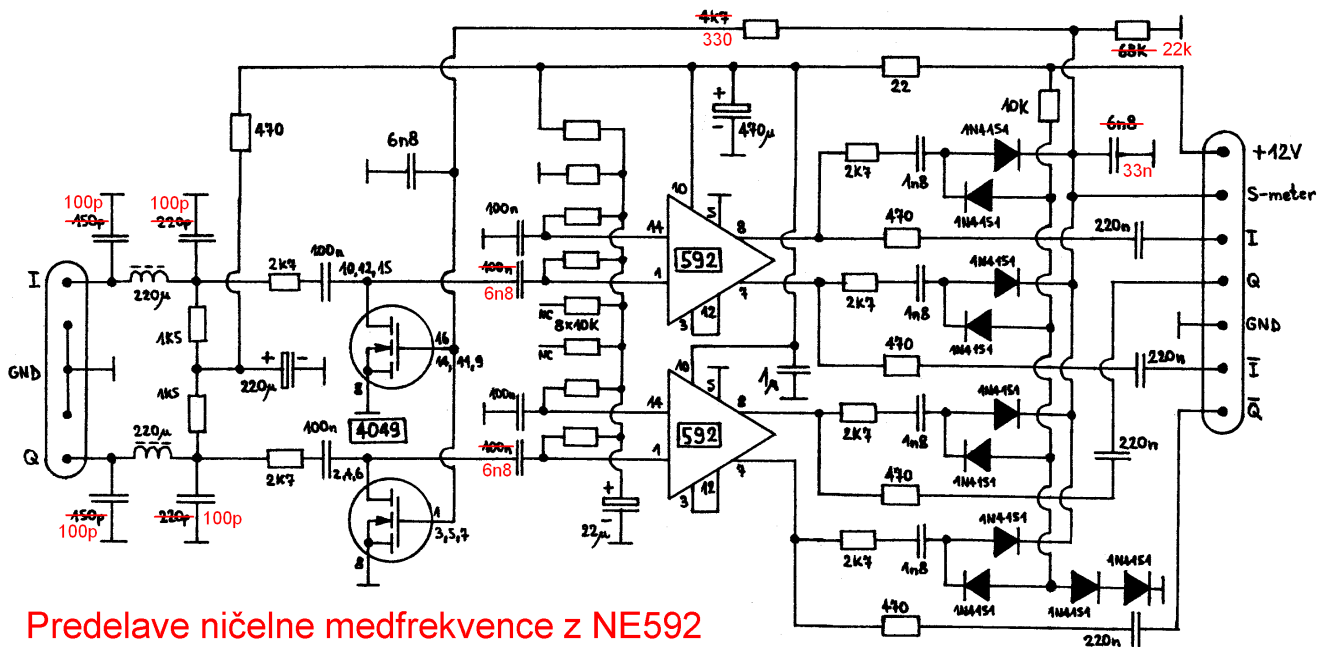
Staro ZIF verigo lahko "recikliramo" v 1.228Mbps BPSK radijski

postaji za 70cm [7]. Filtrirana BPSK zahteva ožje frekvenčno področje uklenitve demodulatorja. Nižja taktna frekvenca oscilatorja za 3.6864MHz dopušča napako frekvence nosilca do +/-14kHz:



Ničelna medfrekvenca BPSK radijskih postaj za 23cm [3] in 13cm [4] ima običajno dobro simetrijo, vključno z izboljšano inačico [6]. Simetrijo medfrekvence le preverimo, saj lahko vedno naletimo na pokvarjen gradnik. Predelave niti fino nastavljanje simetrije v medfrekvenčnih verigah z vezjem 4049UB v samodejnem nastavljanju ojačanja (AGC) niso potrebni. Težave s simetrijo povzročata edino 74HC4066 v SMD inačici ničelne medfrekvence [8].

ZIF-BPSK radijske postaje z izboljšanim demodulatorjem [6] so takoj uporabne že takšne kot so, torej nepredelane, za hitrost 2Mbps. Nizkoprepustni siti v novi ničelni medfrekvenci z vezji NE592 [6] sta sicer nekoliko preširoki za 1.2288Mbps in nekoliko preozki za 2Mbps. Hkrati s predelavo nizkoprepustnih sit je smiselno popraviti načrtovalsko napako v samodejnem nastavljanju ojačanja (AGC):



Predelave ničelne medfrekvence z NE592

Za nefiltriran 2Mbps BPSK se je najbolje izkazalo nizkoprepustno sito 100pF-220μH-100pF. Povratna vezava samodejnega nastavljanja ojačanja (AGC) je bila pri močnih signalih nestabilna in je potrebovala preveč časa za vnihanje. Predlagani popravki zagotavljajo stabilno delovanje tudi z močnejšimi signali in hkrati omogočajo krajšo sinhronizacijsko glavo paketov (TXdelay). Končno je dvignjena spodnja frekvenčna meja s kondenzatorji 6.8nF namesto prvotnih 100nF, kar prav tako omogoča dodatno skrajšanje sinhronizacijske glave:



Predelana ZIF

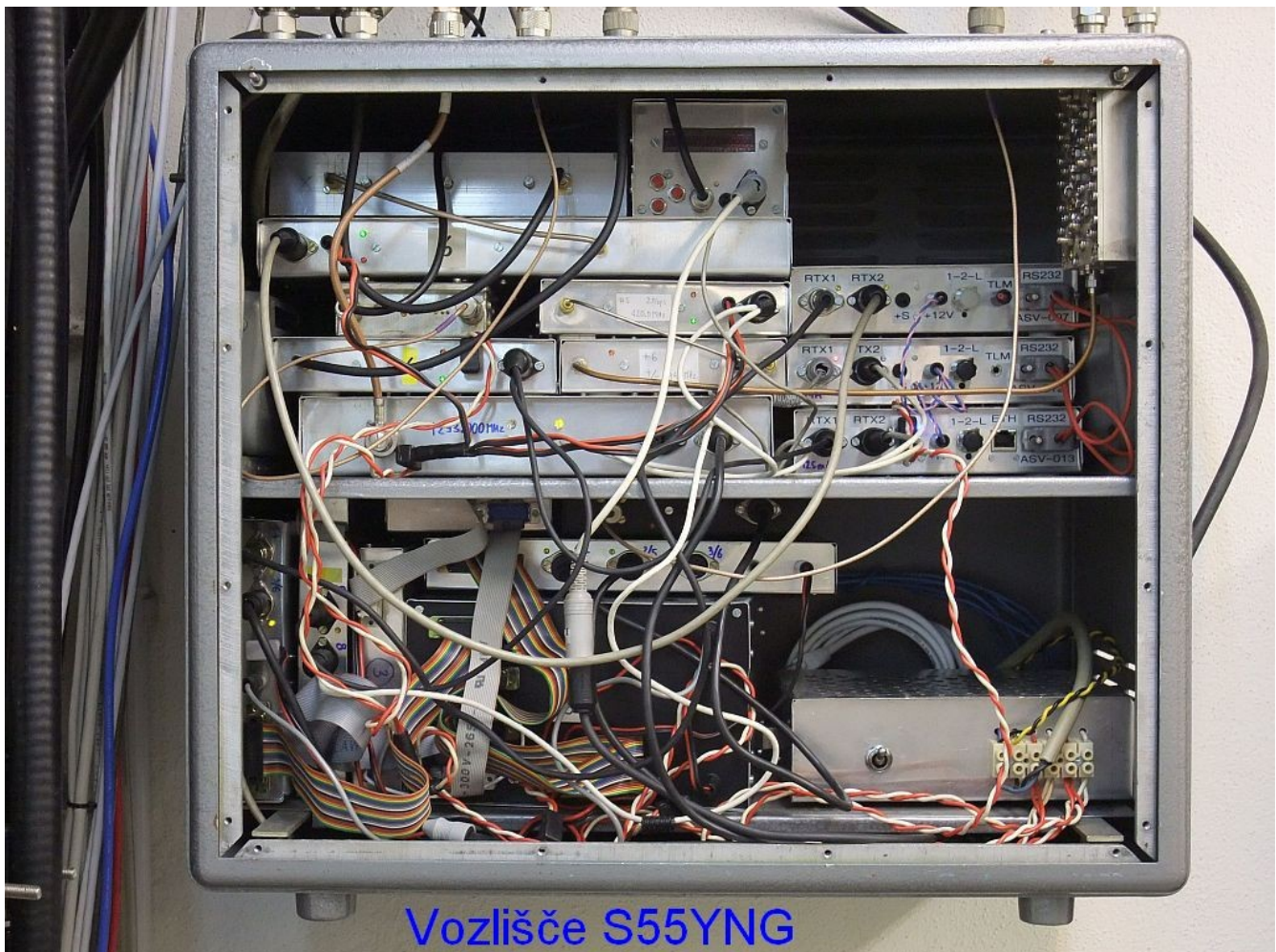
Digitalni Costas-ov BPSK demodulator z vezji 74HCxxx in osmimi LM311 ne potrebuje nobenih predelav. Zelo podobno vezje je v najnovejši SMD inačici ZIF-BPSK verige vpisano v programirljivo logiko Altera EPM3032ATC44.

7. Posodobitev packet-radio omrežja

Posodobitev packet-radio omrežja bi pravzaprav morala biti tema naslednjega članka. V tem članku se bom omejil na radijske postaje, ki naj bi jih v bodočnosti uporabljali na naših planinskih postojankah in tudi doma. NBP se je v nekaj letih preizkušanja izkazal veliko učinkovitejši od AX.25, ampak tudi zahtevnejši do uporabljenih radijskih postaj.

Verjetno nič novega v radioamaterskem področju 2m. Tu so edini preostali signali, ki jih lahko slišimo ob vsaki uri dneva v sicer mrtvem frekvenčnem pasu, APRS okvirji na 144.800MHz, 1200bps, AFSK/NBFM s starinskim modemom Bell-202. Ozkopasovne FM radijske postaje torej ostanejo na hribih in jih uporabljamo za APRS sprejem.

V pasu 70cm grejo v pokoj stare 70cm WBFM. Majhna zmogljivost zveze in znane težave teh postaj z antenskimi siti in impedanco antene nasploh so zadosten razlog za upokožitev. Obstoječo antensko inštalacijo izkoristimo za nove 70cm BPSK [7], ki so se jasno izkazale z zmogljivostjo in dometom zvez. Obojestranske motnje z drugimi uporabniki so se v nekaj letih preizkušanja izkazale za zelo redek pojav. Profesionalci zaenkrat še ne "pritiskajo" na pas 70cm.



V pasu 23cm se poslavljajo naše najstarejše WBFM postaje, potem ko so četrto stoletje delovale v omrežju! Na 23cm ostanejo zaenkrat na razpolago samo ZIF-BPSK, stare [3] in posodobljene. BPSK je danes še vedno učinkovita modulacija za radioamaterske omejitve moči, velikosti anten in zahteve po dometu zvez. Obojestranske motnje z drugimi uporabniki so zelo redke, največkrat z ATV. Profesionalna grožnja na 23cm je evropski satelitski navigacijski sistem Galileo.

V pasu 13cm trenutno sobivajo tri različne vrste radijskih postaj: prvotne BPSK [1], [2], izvorne in predelane ZIF-BPSK [4] ter najnovejši BPSK transverterji z medfrekvenco 420MHz. Pri hitrosti prenosa 1.2288Mbps so vse tri vrste radijskih postaj popolnoma združljive na 2.36GHz. Predelane ZIF-BPSK sicer povsem pošteno zmorejo 2Mbps. BPSK transverterji za 13cm so bili načrtovani za 2Mbps in naj bi zmogli še dosti več z drugačnimi medfrekvencami.

Obojestranske motnje z drugimi uporabniki so v pasu 13m zelo redke, največkrat profesionalni analogni TV linki. Potem ko je WiMAX propadel, predstavljajo profesionalno grožnjo na 13cm najnovejši mobilni telefoni LTE. Mogoče se bo treba preseliti v ISM pas nad 2400MHz, kjer nas čakajo vse možne motnje WiFi naprav, tujih in tudi naših!

Selitev frekvenc na 23cm in 13cm pomeni zamenjavo kristalnih oscilatorjev in množilnih verig s frekvenčnim sintetizatorjem. PLL sintetizator ni prav enostavno vgraditi v BPSK radijsko postajo z ničelno medfrekvenco, ker ob nezadostnem oklapljanju izhod oddajnika frekvenčno modulira VCO sintetizatorja. Rezultat je popačen signal, ki se ga na sprejemni strani ne da več demodulirati. Po nekaj poskusih sem zamislil o PLL sintetizatorju pred poldrugim desetletjem opustil.

Profesionalci so medtem našli obvoz: ulomkovna fazno-sklenjena zanka ali "fractional PLL". Ulomkovni PLL sicer ne proizvaja spektralno najbolj čistega signala, ampak za podatkovno zvezo zadošča. Po drugi strani je primerjalna frekvenca ulomkovnega PLLja zadosti visoka, da izhod oddajnika ne more frekvenčno modulirati sintetizatorja. Ulomkovni PLL torej omogoča znaten prihranek pri oklapljanju oddajnika in celo integracijo celotnega oddajnika na en sam polprevodniški čip.

Ulomkovni PLL je danes običajen gradnik WiFi in drugih radijskih postaj za podatkovne zveze. Če bomo morali seliti naše omrežje na drugačne frekvence v pasovih 23cm in 13cm, bo enota z ulomkovnim PLLjem verjetno zamenjala kristalni oscilator in množilce ter ponovno podaljšala življenjsko dobo ZIF-BPSK radijskih postaj.

8. Literatura:

[1] Matjaž Vidmar: "13cm PSK radijska postaja za hitri packet-radio", strani 18-31/4-95, CQ ZRS, ISSN 1318-5799.

[2] Matjaž Vidmar: "Popravki, predelave in preizkus 13cm PSK radijske postaje", strani 22-23/5-95, CQ ZRS, ISSN 1318-5799.

[3] Matjaž Vidmar: "Uporabniška 23cm PSK radijska postaja za 1.2Mbit/s", strani 23-37/2-96, CQ ZRS, ISSN 1318-5799.

[4] Matjaž Vidmar: "PSK radijska postaja za 13cm z ničelno medfrekvenco", strani 27-31/6-98, CQ ZRS, ISSN 1318-5799.

[5] 8. Jani Kovač (urednik), Štefan Barbarič, Draskovits Gabor, Jože Herman, Tomi Kacin, Marko Kovačevič, Mijo Kovačevič, Primož Lemut, Franci Mermal, Sine Mermal, Iztok Saje, Darko Volk: Projekt "Digitalni mostovi - hitri packet-radio", financiran s strani Evropske Unije, Program PHARE, 338 strani, COBISS-ID 45381121.

[6] Matjaž Vidmar: "Izboljšani PSK demodulator za 1.2Mbit/s PSK RTX", strani 29-33/5-01, CQ ZRS, ISSN 1318-5799.

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

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

* * * * *