

RTV KLUB MURSKA SOBOTA

DIGITALNI MOSTOVI

"HITRI PACKET RADIO"

Murska Sobota, september 2000

PSK radijska postaja za 13cm z ničelno medfrekvenco

Matjaž Vidmar, S53MV

1. Megabitne PSK radijske postaje

Na packet radio, predvsem pa na megabitne PSK radijske postaje, smo zadnje čase kar nekam pozabili. Razlog je preprost: s PSK radijskimi postajami smo imeli zelo malo težav in še manj okvar. Če na hribu kaj crkne, potem je to najpogosteje postaja za 2m. "Plastične" radijske postaje iz daljnega vzhoda so zato skoraj izginile iz naših vozlišč. Kjer se je le dalo, smo jih zamenjali s predelanimi profesionalnimi NBFM radijskimi postajami za 2m oziroma s samogradnjami.

Z WBFM postajami za 23cm in 70cm je težav precej manj. Stare 23cm WBFM postaje so na hribih že desetletje in jih uporabljamo le še za rezervne zveze, zato redkih okvar večina amaterjev sploh ne opazi. 70cm WBFM postaje rade podivjajo, ko so antene zasnežene. Rešitev je enostavna: zamenjava Yagi anten s takšnimi, ki delujejo brezhibno tudi takrat, ko so prekrte s plastjo snega in ledu.

Izkušnje z NBFM in WBFM postajami so prav gotovo veliko pripomogle k temu, da nismo ponovili podobnih napak pri gradnji megabitnega omrežja s PSK radijskimi

postajami. Prve PSK 1.2Mbps zveze smo postavili poleti 1995 v frekvenčnem področju 13cm. PSK radijske postaje za 13cm so imele eno samo hibo: drsenje frekvence kristalnih oscilatorjev. Napako smo odpravili z vgradnjo res kvalitetnih kristalov, kar pa se je izkazalo lažje reči kot narediti.

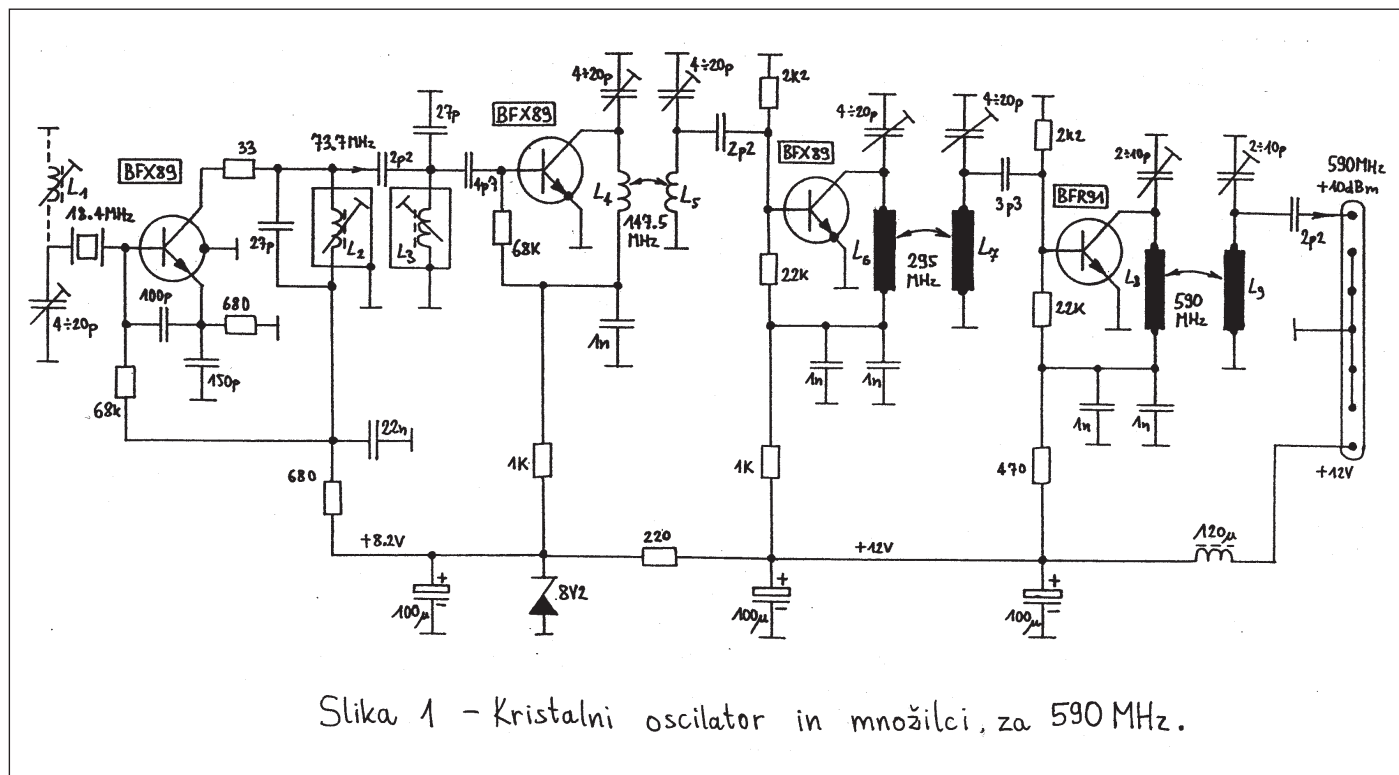
PSK radijska postaja za 13cm, opisana v CQ ZRS 4/95, se ja izkazala kot zelo zanesljiva. V treh letih delovanja ducata postaj se je pokvarila samo ena in še to je poškodovala strela preko napajanja. Uvedba megabitnih PSK postaj je seveda imela svojo ceno: 13cm PSK postaje so bile komplicirane (sprejemnik z dvojnimi mešanjem, številne množilne stopnje in PLL zanke) ter zahtevne za gradnjo (navijanje medfrekvenčnih lončkov in izdelava oklopljenih škatic) in zoprne za ugleševanje (rezanje trakcev na tiskaninah in odmerjanje dolžin povezovalnih kabelčkov med škatlicami).

Da megabitne zveze ne bi ostale omejene na nekaj glavnih vozlišč z najbolj zagretimi vzdrževalci, je bilo treba poiskati enostavnejšo rešitev za široke množice uporabnikov. Prvi poskus, PSK radijska postaja za 23cm z ničelno medfrekvenco, objavljena v

CQ ZRS 2/96, se je izkazal kot uspešnica. Poenostavljena gradnja in ugleševanje sta pritegnila številne samograditelje, ki so uspešno dokončali in oživeli večje število 23cm PSK postaj.

23cm PSK radijske postaje z ničelno medfrekvenco so se izkazale kot zelo zanesljive. Sprejemnik in oddajnik uporabljata isti kristalni oscilator, da celotna radijska postaja potrebuje en sam res kvaliteten kristal. Izbira kvalitetnih kristalov in dobrega načrta za oscilator je prav gotovo pripomogla k temu, da v dveh letih delovanja na hribih ni odpravljala še nobena 23cm PSK postaja.

PSK prenos podatkov je seveda sorodnik SSB govorne modulacije. Podobno kot PSK postajo z ničelno medfrekvenco se da izdelati tudi SSB postaje z ničelno medfrekvenco. Večina sestavnih delov je podobna, če ne celo enaka, le da SSB modulator zahteva kvadrturni mešalnik tudi v vezju oddajnika. Z uporabo tehnike ničelne medfrekvence se da izdelati enostavne SSB/CW radijske postaje za mikrovalovna področja 1.3GHz (CQ ZRS 2/97), 2.3GHz (CQ ZRS 3/97), 3.4GHz (CQ ZRS 5/98), 5.7GHz (CQ ZRS 5/97) in 10GHz (CQ ZRS 1/98).



Sestavne enote opisanih SSB/CW radijskih postaj bi seveda lahko uporabili tudi za gradnjo PSK postaj za ista frekvenčna področja. Za BPSK modulacijo seveda zadošča en sam mešalnik v oddajniku. Z dvema mešalnikoma v kvadraturi bi dobili celo QPSK modulacijo. QPSK zahteva bolj kompliciran demodulator na drugem koncu zveze z daljšim časom vnhanja, kar za naše packet-radio zveze ni najbolj primerno.

Od vseh navedenih možnosti je prav gotovo najzanimivejša BPSK radijska postaja za 13cm z ničelno medfrekvenco, ki se lahko neposredno vključi v obstoječe omrežje 13cm PSK postaj. Nove 13cm PSK postaje potrebujemo za nova vozlišča, pa tudi marsikaterega novega megabitnega uporabnika bi zaradi izbrane postavitve anten lažje dosegli na 13cm kot pa na 23cm.

Opisana 13cm PSK postaja z ničelno medfrekvenco pravzaprav potrebuje en samo novo sestavno enoto: PSK modulator za 2360MHz. Kristalni oscilator in množilci so podobni vzbujevalniku oddajnika stare 13cm PSK postaje. Visokofrekvenčna glava in sprejemni kvadrturni mešalnik iz 13cm SSB postaje potrebujeta le nekaj manjših predelav za delovanje v PSK postaji. Končno, kvadrturni medfrekvenčni ojačevalnik, Costas-ov PSK demodulator in preklon RX/TX so povsem enaki kot v PSK postaji za 23cm.

2. Kristalni oscilator in množilci

Načrt kristalnega oscilatorja in množilcev do 590MHz je prikazan na sliki 1. Po zasnovi se vezje skoraj ne razlikuje od vzbujevalnika oddajnika v stari 13cm PSK postaji. V novi 13cm PSK postaji z ničelno medfrekvenco deluje isto vezje tudi na sprejemu, zato mora biti napajalna napetost temeljito očiščena z elektrolitskimi kondenzatorji večjih vrednosti. Ker je v novi 13cm PSK postaji kristalni oscilator stalno vključen, je tudi stabilnost frekvence temu ustrezno boljša.

Kristalni oscilator uporablja kristal na osnovni rezonanci okoli 18.4MHz, kar omogoča uporabo enakih kristalov kot v oddajniku stare 13cm PSK postaje. Takšna tehnična rešitev sicer ni najboljša, saj bi bil oscilator dosti bolj stabilen, če bi uporabili overtonski kristal za 24MHz ali 37MHz. Pri uporabi overtonskega kristala je treba seveda predelati vezje oscilatorja podobno kot v PSK postaji za 23cm.

Isti tranzistor oscilatorja hkrati deluje kot prva množilna stopnja na 73.7MHz, ki ji sledi podvojevalnik na 147.5MHz. Pri uporabi kristala za 16.3MHz bi seveda preglasili prvo množilno stopnjo na 49.2MHz, da bi druga stopnja potrojila signal na 147MHz. Preostali dve množilni stopnji v vsakem slučaju podvojujeta frekvenco na 295MHz in končno 590MHz.

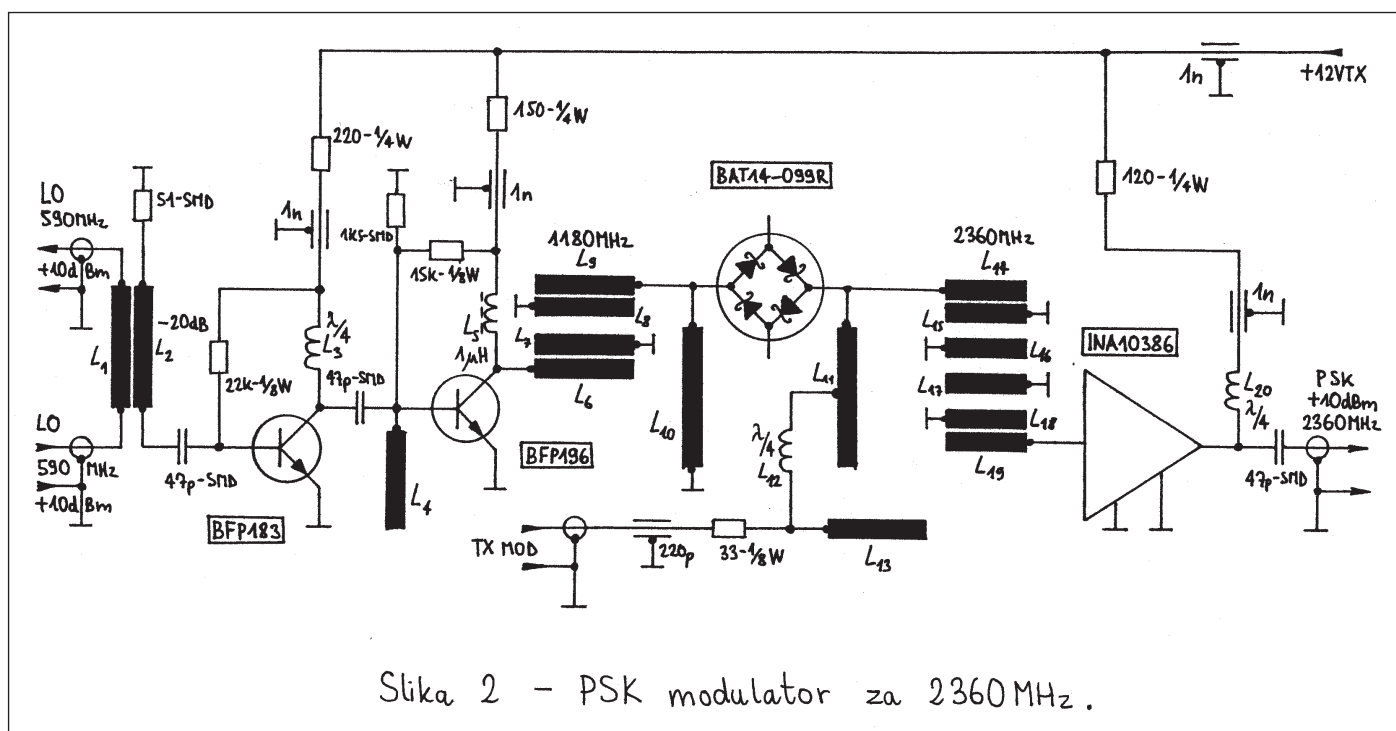
Kristalni oscilator in množilci so zgrajeni na povsem enaki tiskanini

kot vzbujevalnik stare 13cm PSK postaje oziroma veriga lokalnega oscilatorja 23cm PSK postaje. V novi 13cm PSK postaji so spremenjene vrednosti številnih uporov in kondenzatorjev. Ker je zahtevana izhodna moč nekoliko nižja (samo +10dBm), so povečane vrednosti uporov v napajanju vseh stopenj. Manjša izhodna moč dopušča tudi manjše sklopne kondenzatorje, kar zagotavlja večjo selektivnost sit in čistejši izhodni signal. Tuljave so enake kot v prejšnjih izvedbah, se pravi L2 in L3 okoli 150nH ali po 4 ovoje žice 0.25mm CuL v gornjem prekatu podstavka za TV MF transformator, L4 in L5 pa samonoseči po 4 ovoje žice 1mm CuL na notranjem premeru 4mm.

3. PSK modulator za 2360MHz

Načrt PSK modulatorja za 2360MHz je prikazan na sliki 2. Vezje vsebuje sklopnik in ojačevalno stopnjo (BFP183) za 590MHz, podvojevalnik z BFP196 na 1180MHz, harmonski mešalnik z diodnim četverčkom BAT14-099R in izhodni ojačevalnik na 2360MHz z integriranim vezjem INA10386. Vezje se razlikuje od SSB oddajnega mešalnika samo v tem, da za dvofazno BPSK modulacijo zadošča en sam mešalnik namesto dveh mešalnikov v kvadraturi za SSB (ali štirifazno QPSK).

Večji del signala lokalnega oscilatorja na 590MHz potuje skozi



Slika 2 - PSK modulator za 2360MHz.

sklopnik (L1) naprej v sprejemni kvadraturni mešalnik, ki deluje tudi na oddaji, da je preklap sprejem/oddaja in nazaj čim hitrejši. Sklopnik odvzame manjši del signala (L2) za oddajnik. Izgubo jakosti nadomesti BFP183, da izkrmili podvojevalnik z BFP196. Pasovno sito L6, L7, L8 in L9 izlušči drugi harmonik na 1180MHz za krmiljenje harmonskega mešalnika.

Harmonski mešalnik je v tem slučaju uporabljen kot BPSK modulator. Dobra simetrija četverčka BA14-099R zagotavlja simetrično BPSK modulacijo brez ostankov nosilca. Izhodni PSK signal iz mešalnika je ra-

zmeroma močen (več kot -10dBm), zato si lahko privoščimo bolj komplicirano pasovno sito L14, L15, L16, L17, L18 in L19. Ojačevalnik INA10386 daje tudi na 2.3GHz še vedno več kot 20dB ojačenja, kar zagotavlja izhodno moč 10mW (+10dBm).

PSK modulator za 2360MHz je izdelan kot mikrotrakasto vezje na dvostranskem vitroplastu FR4 debeline 0.8mm z izmerami 40mmX80mm. Gornja stran tiskanine je prikazana na sliki 3. Spodnja stran ni jedkana, da deluje kot ravnina mase za mikrotrakaste vode.

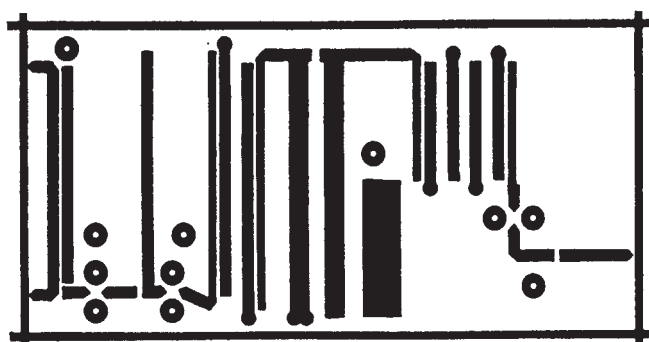
Razporeditev sestavnih delov na

obeh straneh tiskanine je prikazana na sliki 4. Četrtvalovne dušilke L3, L12 in L20 so izdelane podobno kot dušilke v SSB postaji iz žice 0.25mm CuL: L3 iz kosa žice dolžine 7cm, L12 iz kosa žice dolžine 5.5cm in L20 iz kosa žice dolžine 4cm. Oba konca žice pocinimo v dolžini približno 5mm, lakirani ostanek pa navijemo kot samonosečo tuljavo na notranji premer 1mm.

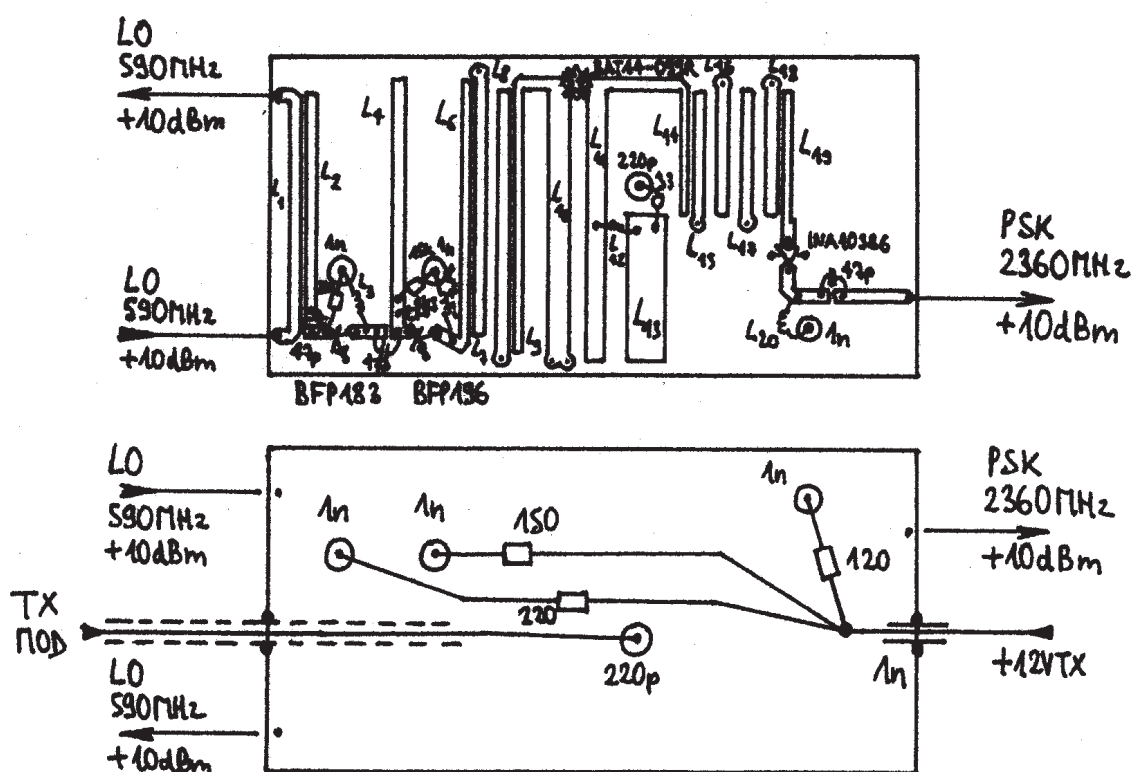
4. Visokofrekvenčna glava PSK postaje

Načrt visokofrekvenčne glave PSK postaje za 13cm je prikazan na sliki 5. Visokofrekvenčna glava vsebuje dvostopenjski oddajni ojačevalnik (BFP183 in CLY2), antenski preklapnik s PIN diodama BAR63-03W in BAR80 ter dvostopenjski sprejemni ojačevalnik (ATF35376 in BFP181).

Glavna razlika med SSB in PSK postajo je v napajanju in prednapetosti izhodnega tranzistorja CLY2. V PSK postaji za prednapetost na vratih zadošča upor 10kohm na maso. Zaščitni upor v napajanju



Slika 3 - Tiskanina PSK modulatorja.



Slika 4 - Razporeditev delov PSK modulatorja.

5. Kvadraturni I/Q mešalnik

Kvadraturni sprejemni mešalnik za 2360MHz je prikazan na sliki 6. Vežje je skoraj popolnoma enako sprejemnemu mešalniku SSB postaje in prav tako vsebuje VF ojačevalnik z integriranim vezjem INA03184, dva harmonska mešalnika z diodnima četrverčkoma BAT14-099R, dva medfrekvenčna predojačevalca (BF199) in zadnji množilnik verige lokalnega oscilatorja (BFP196).

Edina razlika med SSB in PSK izvedbo je v vrednosti dušilk L19 in L20. V SSB postaji imata ti dve dušilki induktivnost 3.3mH ali več, v PSK postaji za 1.2Mbit/s pa vgradimo dve dušilki po 47uH. Enako predelavo priporočam tudi za PSK postajo za 23cm, kjer so bile v izvornem načrtu na istem mestu le četrtvalovne dušilke. Tudi v PSK postajah seveda poiščemo za medfrekvenčna predojačevalnika dva takšna BF199, da čim manj šumita ali pokata!

Sprejemni mešalnik PSK postaje je izdelan na enaki tiskanini kot ustrezni SSB sprejemni mešalnik. Tudi razporeditev delov je ista z izjemo vrednosti dveh dušilk. Čeprav je bila tiskanina v začetku predvidena za delovanje na spodnjem delu frekvenčnega področja (okoli 2304 MHz), se je kasneje izkazalo, da ima povprečni vitroplast FR4 nekoliko

nižjo dielektričnost in večjo debelino od prototipov. Opisane tiskanine zato delujejo v celotnem frekvenčnem pasu 2300MHz do 2400MHz. Le pri uporabi tiskanin nad 2400MHz bi bilo treba malenkostno skrajšati posamezne rezonatorje mikrotrakastih sit.

6. Izdelava 13cm PSK postaje

PSK postaja za 13cm potrebuje še kvadraturni medfrekvenčni ojačevalnik, Costas-ov PSK demodulator in preklop RX/TX. Omenjene enote so lahko povsem enake tistim v sorodni PSK postaji za 23cm. Z manjšimi predelavami lahko prilagodimo omenjene enote nekoliko drugačnim razmeram delovanja v PSK postaji za 13cm.

Ker je ojačenje visokofrekvenčnega dela 13cm izvedbe nekoliko višje, bi v dvokanalnem medfrekvenčnem ojačevalniku verjetno povsem zadoštovali že dve stopnji. Tretja stopnja ponavadi popolnoma izkrmili svojo avtomatsko regulacijo ojačenja. Ker so absolutna odstopanja frekvenc kristalnih oscilatorjev višja v 13cm področju, je smiselno vgraditi taktni oscilator za višjo frekvenco v demodulator. V izvedbi za 13cm zato priporočam oscilator za 10MHz, kar pomeni največje dopustno odsto-

panje frekvence nosilca +/-39kHz.

Nova PSK postaja za 13cm je vgrajena v enako ohišje kot ostale PSK postaje: širina 320mm, globina 175 mm in višina 32mm. Razporeditev sestavnih enot 13cm PSK radijske postaje je prikazana na sliki 7. [tiri visokofrekvenčne enote so seveda vgrajene v škatlice iz 0.5mm debele medeninaste pločevine.

Uglaševanje 13cm PSK radijske postaje je v glavnem omejeno na kristalni oscilator in množilne stopnje. Polno moč oddajnika 400-500 mW bi morali doseči že s trimerjem na tiskanini preklopa v srednjem položaju. Pri vezju preklopa RX/TX seveda izmerimo napetosti. Če dobi sprejemnik znatno manj od 10V, bo treba poiskati boljši 4049UB oziroma dograditi emitorski sledilnik z dodatnim tranzistorjem.

Tudi poraba nove 13cm PSK postaje z ničelno medfrekvenco je nekoliko manjša od stare 13cm postaje. Poraba znaša pri nazivnem napajanju 12V okoli 250mA na sprejemu in naraste na 550mA na oddaji. Zasnova PSK postaje z ničelno medfrekvenco seveda zahteva skrambliranje podatkov (kar pri stari 13cm PSK postaji ni bilo nujno potrebno), da omilimo vpliv luknje v frekvenčnem odzivu ničelne medfrekvence.

