

**RTV KLUB MURSKA SOBOTA**

# **DIGITALNI MOSTOVI**

**"HITRI PACKET RADIO"**

**Murska Sobota, september 2000**

# Širokopasovna 70cm FM postaja

Matjaž Vidmar, S53MV

## 1. Uvod

Širokopasovna FM postaja vsekakor ni namenjena za govorne radijske zveze, saj radioamaterji res ne rabimo luksuza HiFi zvoka. Namen opisane postaje je čim enostavnejša radijska postaja za packet-radio zveze. Teorija sicer pravi, da bi dosegli večji domet, manjšo občutljivost na odbite valove (refleksije) in porabili manjši frekvenčni pas z uporabo PSK ali kakšne še bolj komplicirane modulacije. Žal pa najenostavnejša PSK postaja vsebuje vsaj trikrat toliko sestavnih delov kot FM radijska postaja, gradnja in uglaševanje pa sta kar zahtevna.

PSK in druge bolj komplicirane vrste digitalnih modulacij bojo zato verjetno namenjene le satelitskim zvezam in zvezam na še višjih hitrostih med packet-radio vozlišči (1Mbps in več), kjer radioamaterji nimamo druge izbire, da bi z razpoložljivimi tehničnimi sredstvi dosegli željeni domet oziroma hitrost prenosa podatkov. Za čisto navadne uporabnike, ki se zadovoljijo s hitrostjo prenosa do okoli 100kbps in ne zahtevajo zelo velikega dometa radijske zveze, je FM radijska postaja z AFSK, Manchester ali podobnim enostavnim modenom povsem smi-

selna izbira.

Običajne radioamaterske FM postaje so prirejene predvsem za prenos govora. Širina medfrekvenčnega filtra sprejemnika znaša od 15 do 20kHz, kar dopušča hitrost prenosa podatkov do 2400bps ali 4800bps z enostavnimi modemi. Z bolj kompliciranimi modemi (K9NG, G3RUH ipd) se da doseči tudi 9600bps in mogoče še kaj več, ampak žal ne brez drugih omejitev. Na primer, G3RUH in podobni modemi zahtevajo tudi prenos zelo nizkih frekvenc zvočnega spektra, kar zahteva daljši čas preklopa sprejem/oddaja, in so zelo občutljivi na popačenja signala, kar v praksi izniči učinek večje hitrosti prenosa (dolge sinhronizacijske glave paketov, ponavljanja nepravilno sprejetih okvirjev ipd).

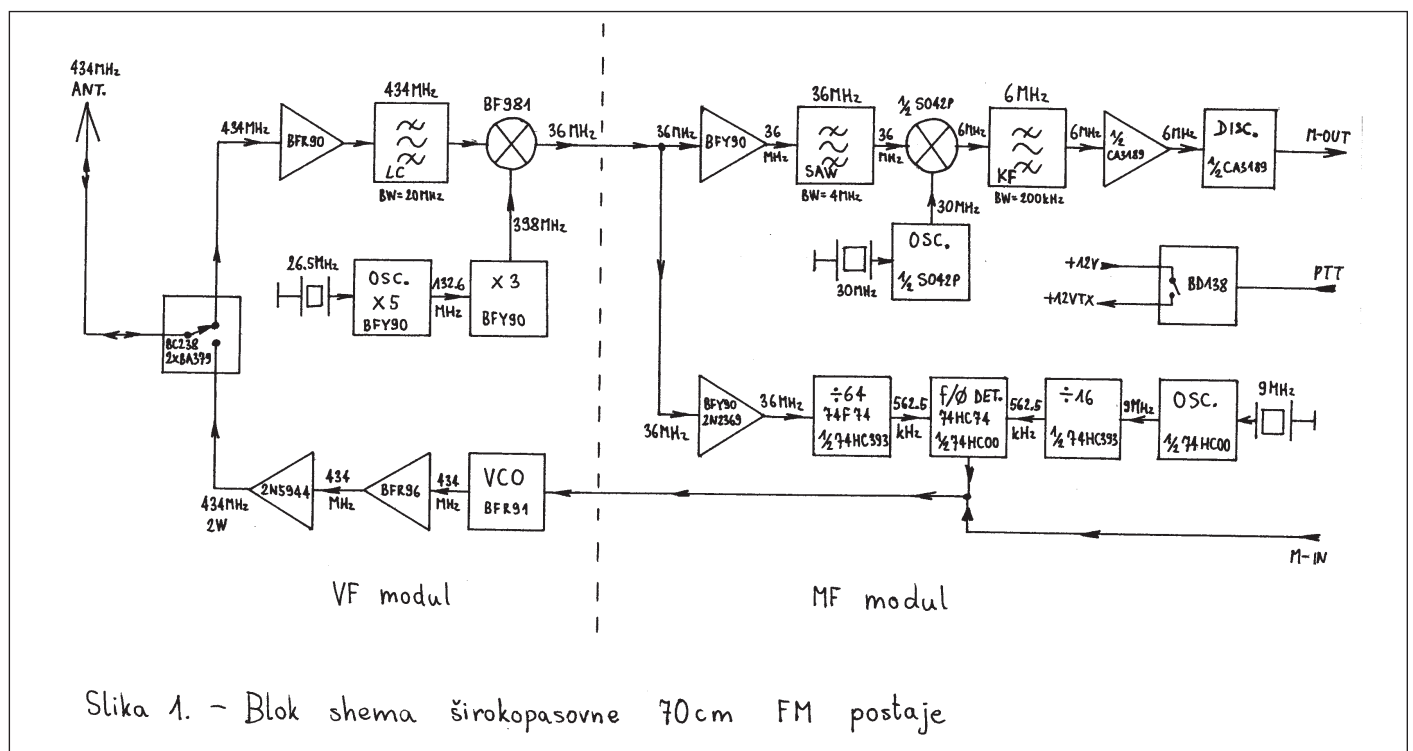
Če sami gradimo radijsko postajo, potem si lahko seveda sami izbiramo vrsto filtra, ki ga vgradimo v medfrekvenco sprejemnika. Smiselna izbira je keramični filter širine 200kHz, saj takšne filtre z lahkoto dobimo za več različnih vrednosti medfrekvence: 10.7MHz za radiodifuzne radijske sprejemnike in več različnih frekvenc (5.5MHz ipd) za ton televizijskih sprejemnikov. FM postaja širine 200kHz ima uporaben domet radijske zveze do 100km in jo z

enostavnimi modemi lahko uporabljamo do hitrosti okoli 64kbps.

Prav takšne širokopasovne FM postaje uporabljamo na 23cm področju za zveze med packet-radio vozlišči v Sloveniji, s hitrostjo prenosa 38400 bps. Ker so 23cm radijske postaje preveč komplicirane (šest tiskanih vezij z velikim številom sestavnih delov) in je njihova gradnja preveč zahtevna, smo se odločili uporabiti 70cm področje za vse navadne uporabnike, ki so se že naveličali počasnih 1200bps ali 2400bps in bi radi poskusili nekoliko hitrejši packet-radio.

Uporabniška radijska postaja naj bo predvsem čim bolj enostavna za gradnjo in uglaševanje, in takšna FM radijska postaja za 70cm je opisana v tem članku. Za packet-radio zadošča kanalna radijska postaja z enim samim kanalom, odpadejo pa tudi nekatera druga vezja, ki so običajno prisotna v FM radijskih postajah, na primer skvelč in močnostni NF ojačevalnik, ki za krmiljenje Manchester modema res nista potrebna.

Blok shema širokopasovne 70cm FM postaje je prikazana na Sliki 1. Sprejemnik je povsem običajen FM sprejemnik z dvojnimi mešanjem in vrednostni medfrekvence 36MHz in 6MHz. Za čim enostavnejše ugla-



ševanje je v prvi medfrekvenci na 36MHz uporabljen filter na površinsko zvočno valovanje (kratice SAW - Surface Acoustic Wave ali OFW - OberFlach Wellen), do pred kratkim neobičajen sestavni del, ki pa se danes na široko uporablja v vseh domačih televizijskih sprejemnikih in ga zato z lahkoto najdemo na tržišču. Širino sprejemnika seveda določa 6MHz (5.5MHz) keramični filter v drugi medfrekvenci na okoli 200kHz. Uglasovanje sprejemnika je zato omejeno na vhodne stopnje na 434MHz in na množilne stopnje oscilatorja za prvo mešanje.

Oddajnik je poenostavljen tako, da uporablja čimveč stopenj sprejemnika. Visokofrekvenčni del oddajnika vsebuje le nastavljeni oscilator (VCO) na 434MHz in dve ločilni - ojačevalni stopnji. To zadošča, da dosežemo željeno oddajno moč (okoli 2W), za stabilnost frekvence pa poskrbijo vezja sprejemnika (prvo mešanje) in enostavna PLL zanka na 36MHz. Oddajnik zato vsebuje le tri visokofrekvenčne trimerje in štiri cenena integrirana vezja vrste 74..., ki ne potrebujejo uglasovanja!

Širokopasovna 70cm postaja je namenjena za delo v simpleksu, frekvenco sprejema in oddaje pa določa en sam kristal v prvem mešanju sprejemnika. Ker uporablja ta del sprejemnika tudi PLL zanka za do-

ločanje oddajne frekvence, je z istim kristalom hkrati določena tudi oddajna frekvenca. Nadalje so frekvence mešanj preračunane tako, da se da skoraj celotno 70cm področje pokriti z razpoložljivimi "CB" kristali in tudi za druge naloge v postaji potrebujemo le "CB" ali pa "računalniške" kristale.

Preklop sprejem/oddaja je elektronski, saj so PIN diode cenejše od kateregakoli mehanskega releja, za packet-radio pa je še bolj pomembna večja hitrost delovanja elektronskega preklopnika. Opisana radijska postaja potrebuje za preklop sprejem/oddaja komaj 7 do 8 milisekund. Pri tem ostane celoten sprejemnik vključen tudi na oddaji, saj nekatere stopnje sprejemnika potrebuje tudi oddajnik.

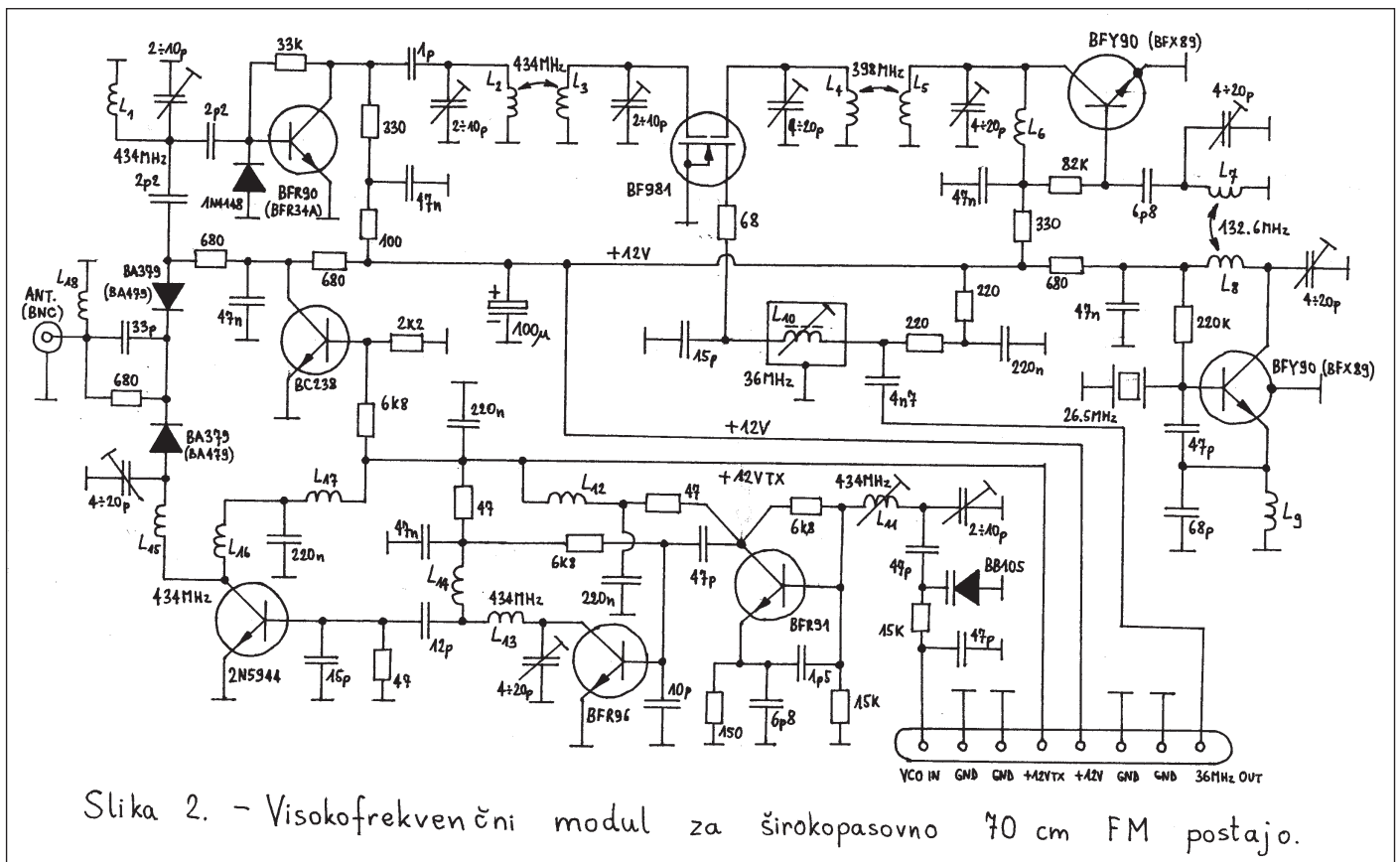
Širokopasovna 70cm FM postaja je konstrukcijsko razdeljena v dva modula: visokofrekvenčni modul in medfrekvenčni modul. Visokofrekvenčni modul vsebuje visokofrekvenčno stopnjo in prvo mešanje sprejemnika, nastavljeni oscilator in ojačevalne stopnje oddajnika ter antenski preklopnik. Medfrekvenčni modul pa vsebuje medfrekvenčne filtre, drugo mešanje in diskriminator sprejemnika ter PLL za kontrolo frekvence oddajnika. Razdelitev je smiselna zato, ker lahko opisani medfrekvenčni modul sprejemnika uporabimo tudi skupaj z drugačnim viso-

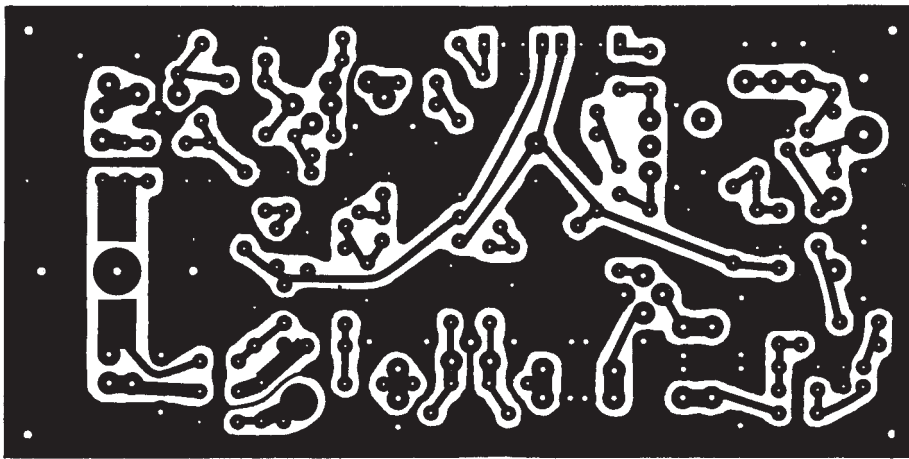
kofrekvenčnim modulom oddajnika za kakšno drugo frekvenčno področje.

## 2. Visokofrekvenčni modul

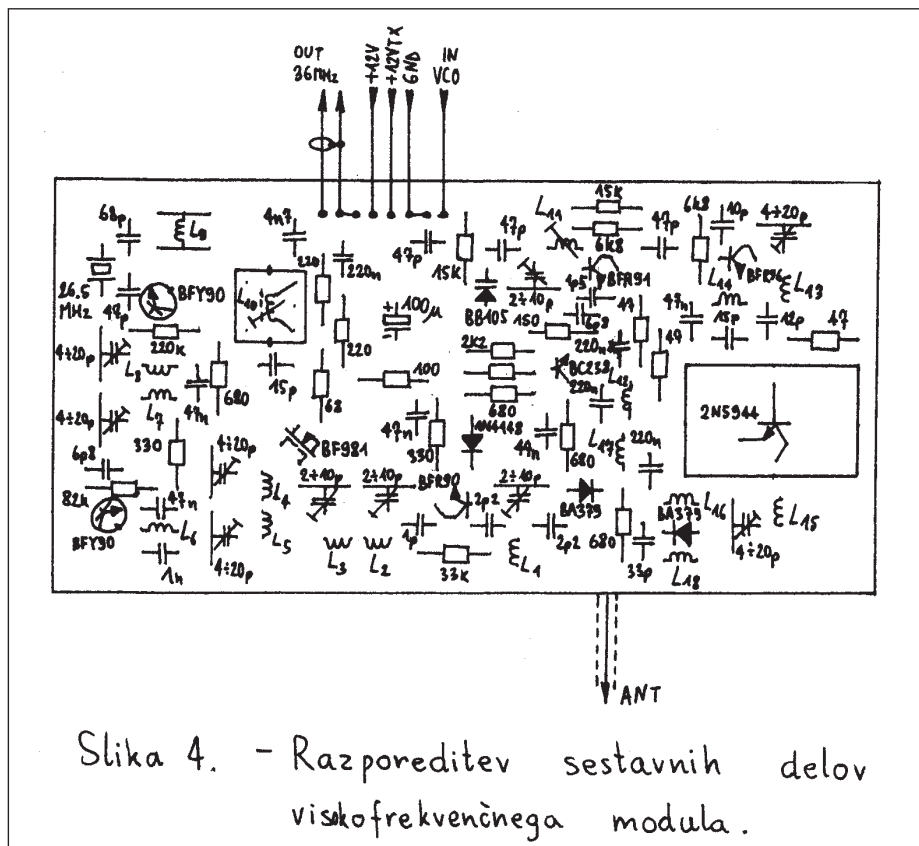
Električni načrt visokofrekvenčnega modula za 70cm področje je prikazan na Sliki 2. Sprejemni del visokofrekvenčnega modula vsebuje selektivni visokofrekvenčni ojačevalnik na 434MHz (tranzistor BFR90), mešalnik z MOSFETom BF981, kristalni oscilator na 26.5MHz in ustrezne množilne stopnje. Visokofrekvenčni ojačevalnik vsebuje tri nihajne kroge (L1, L2 in L3), ki so namenjeni predvsem dušenju zrcalne in drugih nezaželenih frekvenc. Na srečo v okolici zrcalne frekvence prvega mešanja (362MHz) običajno ni močnejših signalov. Proti prevelikim vhodnim signalom štiti tranzistor BFR90 dioda 1N4148.

Mešalnik z MOSFETom z dvojnimi vrati (BF981) je na 70cm že nekoliko nerodno vezje: na UHF področjih MOSFETi radi samooscilirajo, če so nihajni krogi v prvih vratih (L3) uglaseni skoraj na isto frekvenco kot v drugih vratih (L4). Zato v načrtu predlagam uporabo VHF MOSFETA BF981, ki se je izkazal manj podvržen takšnim težavam kot pravi UHF MOSFETi, na primer BF980.





Slika 3 - Tiskanina visokofrekvenčnega modula.



Slika 4. - Razporeditev sestavnih delov visokofrekvenčnega modula.

Verjetno je temu vzrok večje ojačenje BF980 na UHF frekvencah. Tuljava na izhodu mešalnika, L10, je potrebna predvsem za prilagoditev impedanc, saj poskrbi za selektivnost SAW filter v medfrekvenčnem modulu.

Za mešanje potrebujemo signal s frekvenco okoli 398MHz, to pa je v področju 15. harmonika "CB" kristalov. Peti harmonik kristalnega oscilatorja (132.6MHz) izluščimo z nihajnim krogoma L7 in L8 kar iz vezja samega oscilatorja, za nadaljnje množilne frekvence s 3 pa poskrbi množilna stopnja s tranzistorjem BFY90 in nihajnim krogoma L4 in L5 na 398MHz. Ker so vsi "CB"

kristali overtonski kristali, potrebuje vezje oscilatorja še tuljavo L9, da niha kristal na pravi frekvenci. Končno, zaporedno s kristalom ni nobenega trimerja ali nastavljive tuljave za točno nastavljanje frekvence kristalnega oscilatorja, ker so za 200kHz široko medfrekvenco na 70cm področju tolerance samih "CB" kristalov zadosti ozke.

Oddajni del visokofrekvenčnega modula vsebuje VCO s tranzistorjem BFR91 in varikap diodo BB105 in dve ojačevalni stopnji. VCO pokrije področje širine 20 do 25MHz okoli srednje frekvence 434MHz pri spreminjanju krmilne napetosti od 0V do +5V. Ker je zelo težko izdelati VCO,

ki ima hkrati stabilno frekvenco in veliko izhodno moč, so potrebne še dodatne ojačevalne stopnje. Ojačevalne stopnje so hkrati tudi ločilne stopnje, da impedanca antene ne vpliva preveč na frekvenco VCOja. Prva ojačevalna stopnja s tranzistorjem BFR96 dela v A razredu za čim večje ojačenje, izhodna stopnja s tranzistorjem 2N5944 pa v C razredu za boljši izkoristek.

Elektronski antenski preklopnik je izdelan s PIN diodami BA379 (ali novejšimi BA479). Za ustrezno preklapljanje napetosti na PIN diodah je potreben še tranzistor BC238. Dober antenski preklopnik ima majhne izgube in dobro dušen presluh do odklopljene veje. V opisani radijski postaji je določen presluh preklopnika koristen in celo potreben za pravilno delovanje postaje na oddaji, da delček signala na izhodu oddajnika vodimo skozi prvo mešanje sprejemnika v PLL zanko za stabilizacijo frekvence.

Visokofrekvenčni modul je izdelan na enostranskem tiskanem vezju dimenzij 60mmX120mm, ki je prikazano na Sliki 3. Ustrezna razporeditev sestavnih delov je prikazana na Sliki 4. Upori so vsi vgrajeni vodoravno, vzporedno s ploščico. Kondenzatorji imajo vsi razmak med nožicami 5mm, tisti z vrednostmi pod 10nF so vsi keramični, ostali so folijski (neinduktivni!) razen elektrolita 100uF. Tudi vse diode so vgrajene vodoravno, vzporedno s ploščico. Kapacitivni trimmerji so folijski (plastični) premera 7.5mm in sicer rumeni 2-10pF in zeleni 4-20pF.

Izhodni tranzistor 2N5944 je privit na hladilno rebro skozi izvrtino premera 10mm v tiskanem vezju. Hladilno rebro je izdelano iz kosa 30mm X60mm 0.8mm debele Al pločevine, ki jo prepognemo na tri enake dele. Pri delovanju oddajnika na tako visokih frekvencah mora biti hladilno rebro dobro ozemljeno in to po čim krajši poti, zato je privito z dvema M3 vijakoma na tiskano vezje (na označenih mestih).

Večina tuljav v visokofrekvenčnem modulu je samonosečih in so navite ovoj do ovoja. L1, L2, L3, L4, L5, L13 in L15 so nihajni krogi na 434MHz ali 398MHz in imajo po dva ovoja CuL žice premera 1mm, navite na notranjem premeru 3mm. L12, L16, L17 in L18 so visokofrekvenčne dušilke za 434MHz in imajo po 5 ovojev CuL žice premera 0.5mm, navite na notranjem premeru 4mm. L7 in L8 sta nihajna kroga na 132.6MHz in

imata po 4 ovoje CuL žice premera 0.5mm, navite na notranjem premeru 4mm. L6 in L14 imata po 3 ovoje CuL žice premera 0.5mm, navite na notranjem premeru 4mm. Končno, tuljava VCOja L11 ima dva ovoja CuL žice premera 0.5mm, navite na notranjem premeru 4mm, induktivnost pa točno nastavimo s spreminjanjem razmaka med ovojem.

L9 in L10 sta naviti na ustreznih podstavkih s CuL žico premera 0.15mm. L9 ima 40 ovojev in je navita na plastičnem podstavku premera 3.5mm brez oklopa in brez feromagnetnega jedra. L10 ima 12 ovojev in je navita na podstavku TV MF transformatorja za 36MHz s feromagnetnim vijakom, plastičnim pokrovčkom in oklopom dimenzij 10mmX10mm. 12 ovojev je porazdeljenih v gornja dva prekata podstavka, v vsak prekat po 6 ovojev.

Antenski kabel (po možnosti telefonski) je zaradi čim manjših parazitnih induktivnosti pricinjjen naravnost na tiskano vezje, vse ostale povezave visokofrekvenčnega modula pa grejo preko 8-polne vtičnice (polovica kvalitetnega podnožja za integrirana vezja z okroglimi kontakti).

### 3. Medfrekvenčni modul

Električni načrt 36MHz medfrekvenčnega modula je prikazan na Sliki 5. Medfrekvenčna veriga vsebuje ojačevalnik na 36MHz s tranzistorjem BFY90, TV SAW filter OFW367 ali podoben, drugo mešanje z integriranim vezjem S042P, keramični filter na 6MHz in končno medfrekvenčni ojačevalnik in diskriminator z integriranim vezjem CA3189.

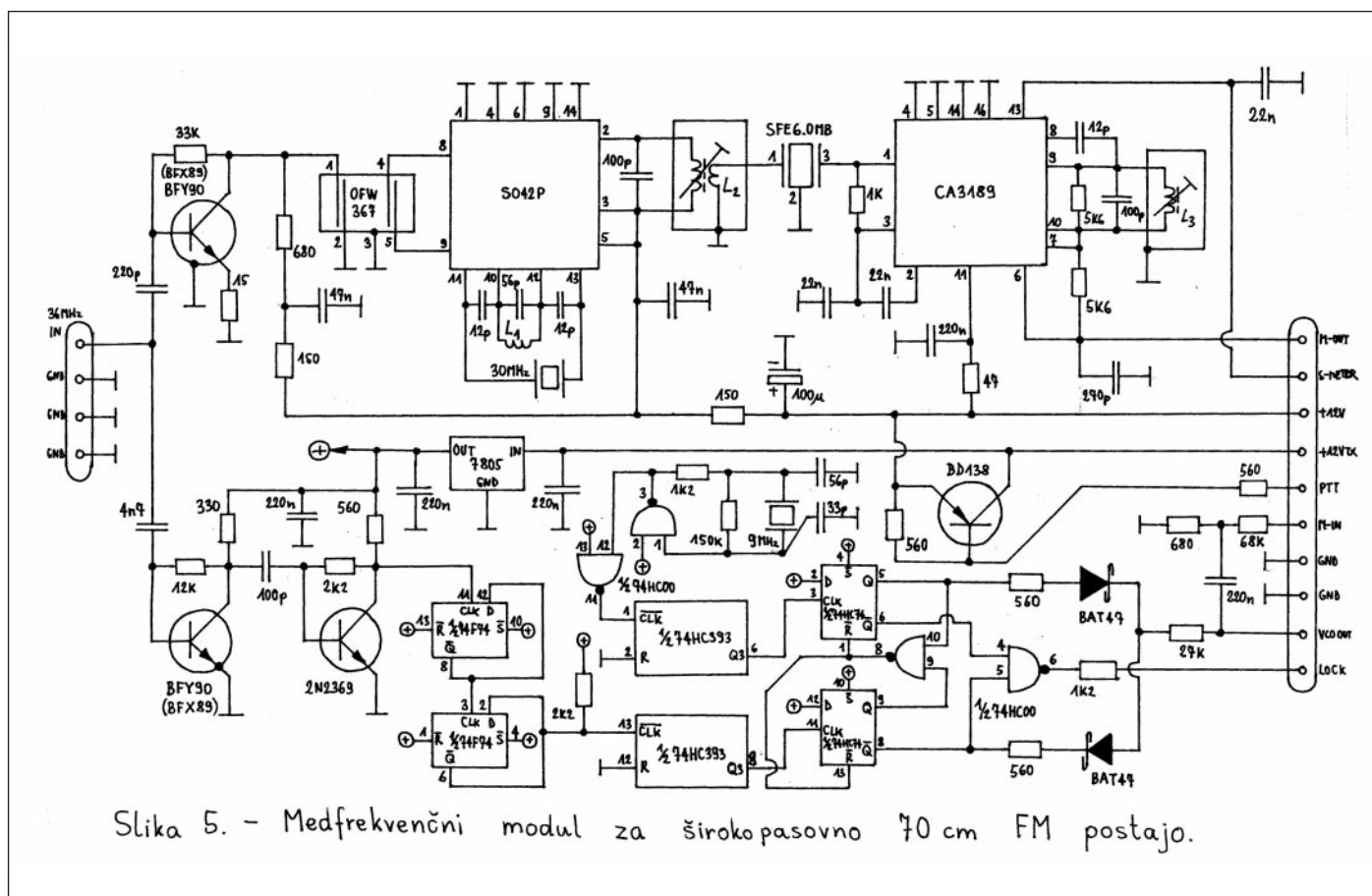
Ojačevalnik za 36MHz s tranzistorjem BFY90 je potreben predvsem za nadomestilo izgub v SAW filtru. SAW filtri, ki se uporabljajo v medfrekvenčni TV sprejemnikih, imajo običajno vstavitevno slabljenje okoli 15dB v željenem frekvenčnem pasu širine 5MHz in izredno strme boke ter visoko slabljenje izven prepustnega pasu. Zato imajo ti filtri po pet priključkov: dva simetrična vhodna priključka (nožice 1 in 2), dva simetrična izhodna priključka (nožice 4 in 5) ter oklop filtra (nožica 3), ki preprečuje nezaželjeni presluh iz vhodnih priključkov na izhodne.

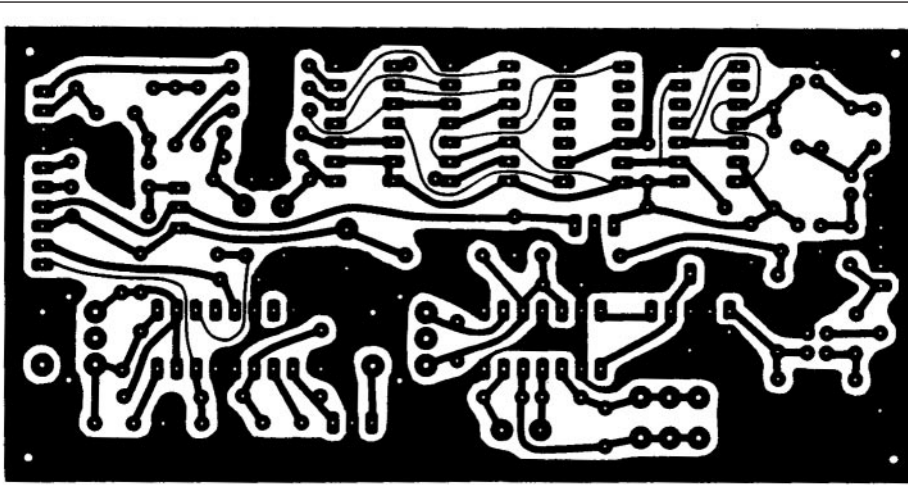
V opisani postaji prepušča televizijski SAW filter preširok frekvenčni pas, zato je njegova edina naloga dušenje zrcalne frekvenca na 24 MHz, ki se na vhodu sprejemnika preslika na 422MHz in tu upravičeno pričakujemo motnje močnih Mobi-

telovih oddajnikov! Da izboljšamo slabljenje SAW filtra izven zaželenega področja je treba predvsem preprečiti presluh iz vhodnih nožic na izhodne. To storimo tako, da filter dobro ozemljimo (nožica 3) in da vsaj na eni strani filter priključimo simetrično (na integrirano vezje S042P).

Drugo mešanje je izvedeno z integriranim vezjem S042P, ki razen kvalitetnega mešalnika vsebuje tudi oscilator. Ker so skoraj vsi 30MHz kristali overtonski kristali, je potrebna med priključki 10 in 12 vezja S042P tudi tuljava L1, da prepreči nihanje kristala na osnovni frekvenci. Visoko izhodno impedanco vezja S042P (okoli 5kohm) prilagodi na keramični filter (okoli 1kohm) medfrekvenčni transformator L2.

Pasovno širino sprejemnika določa keramični filter za 6MHz. V sprejemniku lahko namesto 6MHz (ton pri angleški TV) vgradimo tudi drugačen filter, na primer za 4.5MHz (ton pri ameriški TV), za 5.5MHz (ton pri evropski TV), za 5.74MHz (stereo ton pri evropski TV) ali 6.5MHz (ton pri satelitski TV). Vsi ti filtri imajo širino prepustnega pasu okoli 200 kHz, vsi televizijski SAW filtri pa prepuščajo vsaj pas od 33.5MHz do 38.5MHz in zajamejo vse omenjene vrednosti druge medfrekvence tudi brez spreminjanja kristala na 30MHz.





Slika 6 - Tiskanina medfrekvenčnega modula.

Integrirano vezje CA3189 vsebuje večstopenjski medfrekvenčni ojačevalnik/omejevalnik, diskriminator, detektor za S-meter in ne ravno najbolj zanesljivo vezje za skvelč, ki glede na namen sprejemnika res ni potrebno in v tem vezju ni uporabljeno. Diskriminator potrebuje en sam zunanji nihajni krog, detektor za S-meter pa je zelo koristen pri uglaševanju postaje. Od starejšega vezja CA3089 se novi CA3189 razlikuje le po tem, da potrebuje bremenski upor 5.6kohm med nožicama 6 in 10, in po drugačnem vezju za ARO sprejemnika (nožici 15 in 16), ki tu ni uporabljeno. CA3189 lahko zato zamenjamo s CA3089 v tem vezju tako, da izločimo omenjeni upor.

Medfrekvenčni modul vsebuje tudi PLL za stabilizacijo frekvence oddajnika. Medfrekvenčni signal na 36MHz se najprej ojači na TTL nivo v dvostopenjskem ojačevalniku s tranzistorjema BFY90 in 2N2369, ki krmili hitri delilnik 74F74. Vezje 74F74 lahko deli frekvence do 150 MHz, kar predstavlja znatno rezervo pri delovanju postaje.

Iz hitrega delilnika sicer dobimo signal s frekvenco 9MHz, ki ga pa ne moremo naravnost primerjati s signalom kristalnega oscilatorja na 9MHz: ojačenje takšne PLL zanke bi bilo preveliko in oddajnika ne bi mogli modulirati. Zato se oba signala, izhod hitrega delilca in izhod kristalnega oscilatorja, najprej vsak

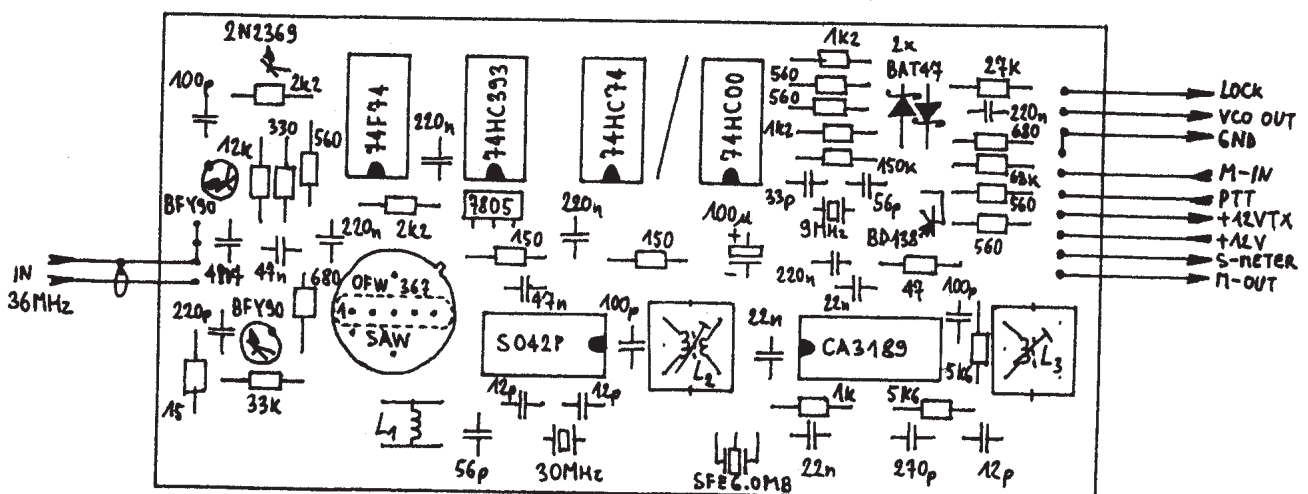
posebej delita s 16 v dveh ločenih delilcih v vezju 74HC393, da frekvenčno/fazni primerjalnik dela s signali frekvence 562.5kHz.

Frekvenčno/fazni primerjalnik je vrste "charge-pump" in je izveden z dvema D-flip-flopoma (vezje 74HC74) s povratno vezavo. Primerjalniku sledi nizkopropustno RC vezje, ki ga polnijo ali praznijo impulzi preko hitrih schottky diod BAT47. Preko nizkopropustnega RC vezja se izhodnemu signalu PLL zanke prišteje tudi modulacijski signal iz modema, njuna vsota pa krmili VCO v visokofrekvenčnem modulu postaje.

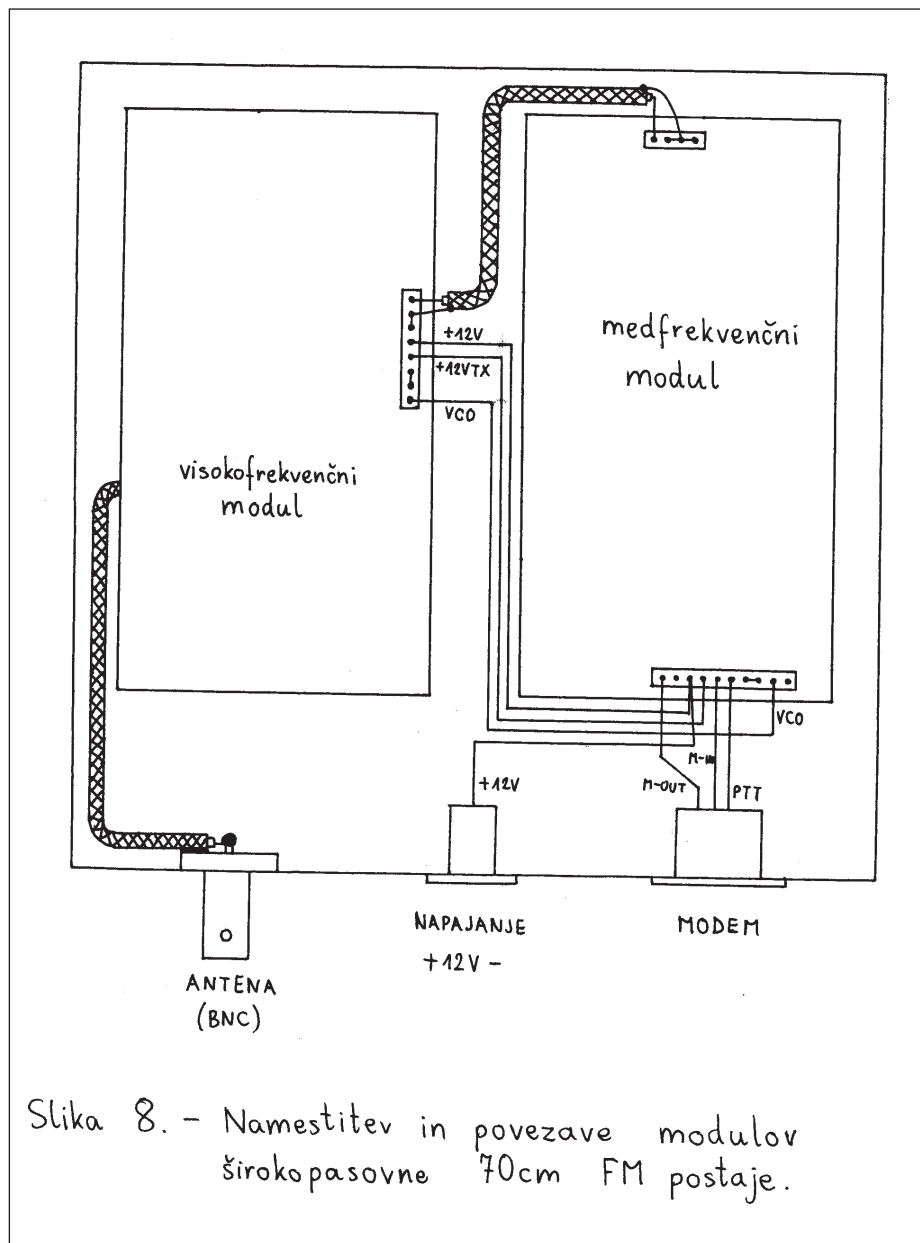
Pri predelavi postaje za medfrekvenco različno od 36MHz (na primer pri uporabi keramičnih filtrov za 5.5MHz in kristala 30MHz) je treba seveda ustrezno prilagoditi tudi frekvenco kristalnega oscilatorja na 9MHz. Na srečo je 9MHz osnovna rezonančna frekvenca "CB" kristalov, zato so tu možne številne kombinacije.

Končno vsebuje medfrekvenčni modul tudi elektronski preklop napajanja s tranzistorjem BD138: napetost +12V<sub>TX</sub> je prisotna le na oddaji, sprejemnik pa je stalno napajanje z napetostjo +12V. Ker potrebujejo 74... vezja napajalno napetost +5V, izvor +12V<sub>TX</sub> ustrezno zniža regulator 7805. Zaradi majhne porabe niti 7805 (v ohišju TO220), niti BD138 ne potrebuje hladilnih reber.

Medfrekvenčni modul je izdelan na enostranskem tiskanem vezju dimen-



Slika 7. - Razporeditev sestavnih delov medfrekvenčnega modula.

z  
ij  
6  
0

Slika 8. - Namestitvev in povezave modulov širokopasovne 70cm FM postaje.

mmX120mm, ki je prikazano na Sliki 6. Ustrezna razporeditev sestavnih delov je prikazana na Sliki 7. Upori so vsi vgrajeni vodoravno, vzporedno s ploščico. Kondenzatorji imajo vsi razmak med nožicami 5mm, tisti z vrednostmi pod 10nF so vsi keramični, ostali so folijski (neinduktivni!) razen elektrolita 100uF. Tudi obe diodi sta vgrajeni vodoravno, vzporedno s ploščico. Na ploščici medfrekvenčnega modula je tudi en žični mostiček med vezji 74HC74 in 74HC00.

Na tržišču dobimo televizijske SAW filtre v različnih ohišjih. Večina proizvajalcev vgrajuje SAW filtre v okroglo kovinsko ohišje TO8 s petimi nožicami: taksen filter je na primer Philipsov RW173 ali Plesseyev SW173. Po drugi strani pa so izgleda najbolj razširjeni Siemensovi SAW filtri v podolgovatem rjavem pla-

stičnem ohišju z značilno oznako OFW <številka>. V opisanem sprejemniku je uporaben katerikoli SAW filter, da je le narejen za 36MHz in ne za kakšno drugo vrednost medfrekvenčne (sprejemniki za satelitsko TV uporabljajo SAW filtre na 70MHz in na 480MHz). Končno, tiskano vezje je prilagojeno obem vrstam ohišij: izvrtine so za okroglo TO8 ohišje in za podolgovato Siemensovo ohišje.

S keramičnimi filtri je manj težav, saj so vsi enake oblike s tremi nožicami, vhod in izhod pa lahko med sabo zamenjamo. Kot 30MHz kristal lahko uporabimo tudi "računalniški" kristal za 10MHz, ki bo v vezju deloval na tretjem overtone nekje okoli 30MHz. Ker "računalniški" kristali niso predvideni za takšen način delovanja, je treba s frekvenčnim preveriti frekvenco oscilatorja, ki sme odstopati +/-10kHz od željene frekvence 30MHz. V obratni smeri gre

lažje: kot 9MHz kristal je običajno povsem dober overtone "CB" kristal za 27.005MHz. Za medfrekvenci 35.5MHz / 5.5MHz uporabimo kristal 26.630MHz.

Tuljava L1 ima enako nalogo in je enaka tuljavi L9 v visokofrekvenčnem modulu. Ima 40 ovojev CuL žice premera 0.15mm na plastičnem podstavku premera 3.5mm brez feromagnetnega jedra in brez oklopa. Pri merjenju frekvence 30MHz oscilatorja nanjo induktivno spojimo vhod frekvenčnega merila z nekaj ovoji PVC žice. Medfrekvenčni transformator L2 ima primar z 20 ovoji in sekundar s 6 ovoji CuL žice premera 0.15mm, navit pa je na podstavku medfrekvenčnega transformatorja za 10.7MHz s feritnim jedrom, feritno kapico v obliki vijaka za nastavljanje induktivnosti in oklopom dimenzij 10mmX10mm. L3 je navita na enakem jedru z enako žico, in ima le eno navitje z 20 ovoji. Za medfrekvenco 5.5MHz je treba naviti za L2 22 in 7 ovojev in za L3 22 ovojev.

Večina povezav medfrekvenčnega modula gre preko 10-polne vtičnice (kos kvalitetnega podnožja za integrirana vezja), le 36MHz vhod gre preko svoje 4-polne vtičnice na drugem koncu ploščice.

### 1. Sestavljanje in uglaševanje

Obe tiskani vezji opisane radijske postaje je treba vsekakor vgraditi v oklopljeno kovinsko škatlo. Priporočam škatlo iz nepobarvane Al pločevine, dimenzij 150mm(širina)X150mm(globina)X30mm(višina). Ustrezna razporeditev ploščic, vtičnic in povezav je prikazana na Sliki 8.

Za antensko vtičnico priporočam BNC (ali N) vtičnico s kvadratno prirobnico in pritrditvijo s štirimi vijaki. Pri tem je najbolj važno, da oklop kabla pricininimo na prirobnico vtičnice na enem koncu in na tiskano vezje na drugem koncu tako, kot je to prikazano na Sliki 8., da se izgonemo parazitni induktivnosti. Seveda bo takšno spajkanje oklopa prenesel le teflonski kabel (RG-188).

Za napajanje in za modem so zadosti dobre DIN vtičnice. Od vseh ostalih povezav je treba oklopiti edino še medfrekvenčni signal na 36

MHz, za kar zadošča običajni nizkofrekvenčni koaksialni kabel. Ostale povezave ne potrebujejo oklapljanja, tudi krmilna napetost za VCO ne.

Ker je delovanje opisane širokopasovne 70cm FM postaje razmeroma enostavno, ni potrebno posebej preizkušati obeh modulov, pač pa lahko postajo najprej v celoti sestavimo in potem uglašujemo. Najprej preizkusimo delovanje medfrekvenčne verige. Potem ko smo s frekvencometrom preverili delovanje 30MHz oscilatorja, uporabimo kot izvor signala grid-dip-meter na 36MHz, ki ga približamo vhodu medfrekvenčnega modula. Na izhod za S-meter priključimo voltmeter, območje 5V, in nastavimo tuljavo L2 za največji signal. Pri tem ne moremo zgrešiti, saj nam vse frekvence trdno določajo kristal, SAW in keramični filter. Potem nastavimo še tuljavo diskriminatorja L3 na sredino S-krivulje tako, da je pri krmiljenju medfrekvenčne verige s signalom točno 36MHz napetost na izhodu M-OUT med 5 in 6V.

V visokofrekvenčnem delu sprejemnika je treba najprej preveriti delovanje oscilatorja na 26.5MHz in potem uglašiti verigo množilnih stopenj. Pri tem si je treba pomagati s frekvencometrom, grid-dip-metrom ali podobnim merilnikom frekvence, saj območje regulacije trimerjev omogoča tudi uglaševanje na nezaželjene harmonike. Pri uglaševanju množenja na 132.6MHz iščemo minimum napetosti na bazi tranzistorja naslednje stopnje (seveda merimo preko VF dušilke), kjer običajno dosežemo -0.5V. Maksimum na 398MHz iščemo kot minimum napetosti na ponoru tranzistorja BF981: tu se mora enosmerna napetost znižati za vsaj 1V.

Med uglaševanjem množilnih stopenj morajo biti postavljeni trimerji v visokofrekvenčnem ojačevalniku na minimum, da slučajno ne pride do samoosciliranja mešalne stopnje. Ko so množilne stopnje uglašene, priključimo na vhod sprejemnika šumni generator z zener diodo. Odklon S-metra sprejemnika se mora povečati, s trimerji pri L1, L2, L3 in tuljavo L10 pa poiščemo maksimum na S-metru. Če začnemo z uglaševanjem pri minimalni kapacitivnosti trimerjev, se nam ne more zgoditi, da bi sprejemnik uglašili na zrcalno frekvenco na 362MHz. Končno po potrebi se popravimo nastavitve L2 in L3 v medfrekvenčnem modulu.

Šele ko sprejemnik pravilno deluje, se lahko lotimo uglaševanja od-

dajnika. Izhod priključimo na merilnik moči z umetnim bremenom, kapacitivne trimerje pa postavimo v srednji položaj. Potem vključimo oddajnik in z razmikanjem ovojev tuljave VCOja L11 poskušamo zadeti žžljeno frekvenčno področje. Če PLL pravilno deluje, se bo zanka za kontrolo frekvence ujela točno na željeno vrednost. Ostala dva trimerja v oddajniku nastavimo enostavno za maksimalno izhodno moč. Končno popravimo nastavitve L11 tako, da je v ujetem stanju zanke kontrolna napetost VCOja med 2 in 2.5V, trimer pri L11 pa uporabimo le za fine popravke.

Med uglaševanjem oddajnika ne smemo premikati nastavitve v visokofrekvenčnem delu sprejemnika, še posebno ne nastavitve tuljave L10. Ker se vhodna impedanca medfrekvenčnega modula spremeni pri prehodu na oddajo, tuljava L10 na oddaji ni več uglašena na 36MHz pač pa na nižjo frekvenco, in prav je tako! Če bi tuljavo L10 uglašili na 36MHz na oddaji, potem bi obstajala nevarnost, da se PLL zanka ujame na 416MHz namesto 434MHz, ker mešalnik z BF981 pri močnih signalih lahko deluje tudi kot podvojevalna stopnja za medfrekvenco!

V vsakem primeru je treba preveriti, da se PLL zanka vedno pravilno ujame na željeno frekvenco, tudi ob prenizki ali previsoki napetosti napajanja ipd. Kdaj se PLL zanka ujame ugotovimo tudi z voltmetrom, ki ga priključimo na izhod LOCK frekvenčno/faznega primerjalnika. VCO je verjetno najbolj kritičen sestavni del cele postaje, saj mora biti to stabilen oscilator in hkrati dati uporabno visokofrekvenčno moč na izhodu, delovanje VCOja na tako visokih frekvencah pa motijo še parazitne induktivnosti sestavnih delov, predvsem tranzistorja BFR91 in kondenzatorjev v vezju VCOja.

Na koncu je treba preveriti še to, da se slučajno ne zgodi kaj čudnega, ko zapremo pokrov škatle postaje. V škatli lahko pride do raznih rezonanc, če nam je ratalo odrezati žice za povezave na ravno najbolj nesrečno dolžino...

## 5. Zaključek

Opisana širokopasovna 70cm FM radijska postaja je primerna za delo z Manchester in drugimi enostavnimi modemi. Za delo z G3RUH modmom ni primerna, ker PLL ne

dopušča modulacije z zelo nizkimi frekvencami pod približno 3kHz, ki jih G3RUH modem tudi na hitrostih 100kbps in več nujno potrebuje. Skratka, G3RUH modem je primeren le za radijske postaje z direktno modulacijo kristalnega oscilatorja. Z radijskimi postajami, ki vsebujejo kakršenkoli frekvenčno stabiliziran oscilator s povratno zanko, PLL ali drugačno, pa G3RUH modem ne more pravilno delati.

200kHz široka FM postaja omogoča z Manchester modmom hitrosti prenosa do 64kbps. 64kbps je sicer za običajne "baud-rate" kristale nerodna številka, dosti bolj običajne hitrosti so 19.2kbps, 38.4kbps ali 76.8kbps. 76.8kbps je verjetno že preveč občutljiv na popačenja keramičnih in drugih filtrov v postaji, zato se mi zdi najbolj smiselna izbira 38.4kbps. Za 38.4kbps je treba v Manchester modemu (CQ ZRS 6/92) spremeniti naslednje:

- (1) Izločiti delilnik 4024 in povezati oscilator 2.4576MHz naravnost na taktni vhod vezja.
- (2) Zmanjšati vrednost kondenzatorja za filtriranje demoduliranega signala na 330pF (nožica 8 vezja 339, prej 4.7nF za 2400bps).
- (3) Zmanjšati vrednost kondenzatorja časovne konstante DCDja na 10 nF (nožica 11 vezja 339, prej 100nF za 2400bps).
- (4) Zmanjšati vrednost upora na MIC izhodu na 2.7kohm (prej 68kohm za 2400bps).

Ker 38.4kbps Manchester signal vsebuje frekvence do vsaj 38.4kHz, je treba paziti tudi na parazitno kapacitivnost oklopljenega kabla, ki povezuje modem z radijsko postajo. Ta kabel naj zato ne bo daljši od enega metra in, če je to večžilni oklopljeni kabel, mora imeti vsako žilo posebej oklopljeno.

Manchester modemu bomo v prihodnosti verjetno dodali še skrambler, podoben tistemu v G3RUH modemu, da bomo tako rešili problem "zataknenega okvirja", ki se sicer vedno bolj pogosto pojavlja pri višjih hitrostih. Skrambler naj bi tudi zmanjšal al motnje, ki jih širokopasovna FM postaja povzroča drugim uporabnikom 70cm področja.

Uspeh širokopasovnih 70cm FM postaj za packet-radio zavisi navsezadnje tudi od tega, če bomo uspeli najti prosti kanal na prezasedenem 70cm amaterskem področju!