

RTV KLUB MURSKA SOBOTA

DIGITALNI MOSTOVI

"HITRI PACKET RADIO"

Murska Sobota, september 2000

Širokopasovna 23cm FM postaja

Matjaž Vidmar, S53MV

1. Uvod

Širokopasovna 23cm FM postaja, opisana v tem članku, je namenjena predvsem za zveze med vozlišči packet-radio omrežja. Takšne postaje smo začeli uvajati v slovensko packet-radio omrežje že pred dobrimi štirimi leti in jih danes uporabljamo na skoraj vseh pretvornikih po hribih in BBSjih v dolini.

Širokopasovne 23cm FM postaje so omogočile dosti večjo učinkovitost packet-radio omrežja, hkrati pa so se pojavile tudi nekatere težave izvirnega načrta te postaje. Te težave smo sproti odpravljali in v izvirnem načrtu se je nabralo veliko število sprememb in popravkov.

Namen tega članka je zato dvojen. Prvič, popravljeni in izboljšani načrt postaje je treba končno objaviti v slovenskem radioamaterskem glasilu, saj je rezultat večletnega dela skupine slovenskih radioamaterjev. Drugič, vse več radioamaterjev si tudi pri nas želi malo hitrejših packet-radio zvez, kar z japonskim gumi-toki-vokijem ne gre. Večina teh se bo verjetno odločila za gradnjo eno-

stavnejše 70cm širokopasovne postaje, a žal je pri nas 70cm frekvenčno področje precej moteno, predvsem v zahodnem delu Slovenije, in ponekod bo treba kar na 23cm.

Ker je 23cm postaja verjetno zanimiva le za ožji krog bralcev, bom ta opis postaje skrčil na najmanjšo možno mero. Objavlil bom predvsem načrte, izpustil pa bom natančna navodila za gradnjo takšne postaje. Opis gradnje vezij v mikrotrakasti tehniki je bil na primer že objavljen v mojem članku o transverterju za 23cm v časopisu "Radioamater" 2/84, 3/84, 4/84 in 3/85, v skripti seminarja ZRS za 23cm in 13cm frekvenčna področja (1986) in v mojih člankih o transverterjih za 23cm in 13cm v "UKW-Berichte" 1/86 in 2/86.

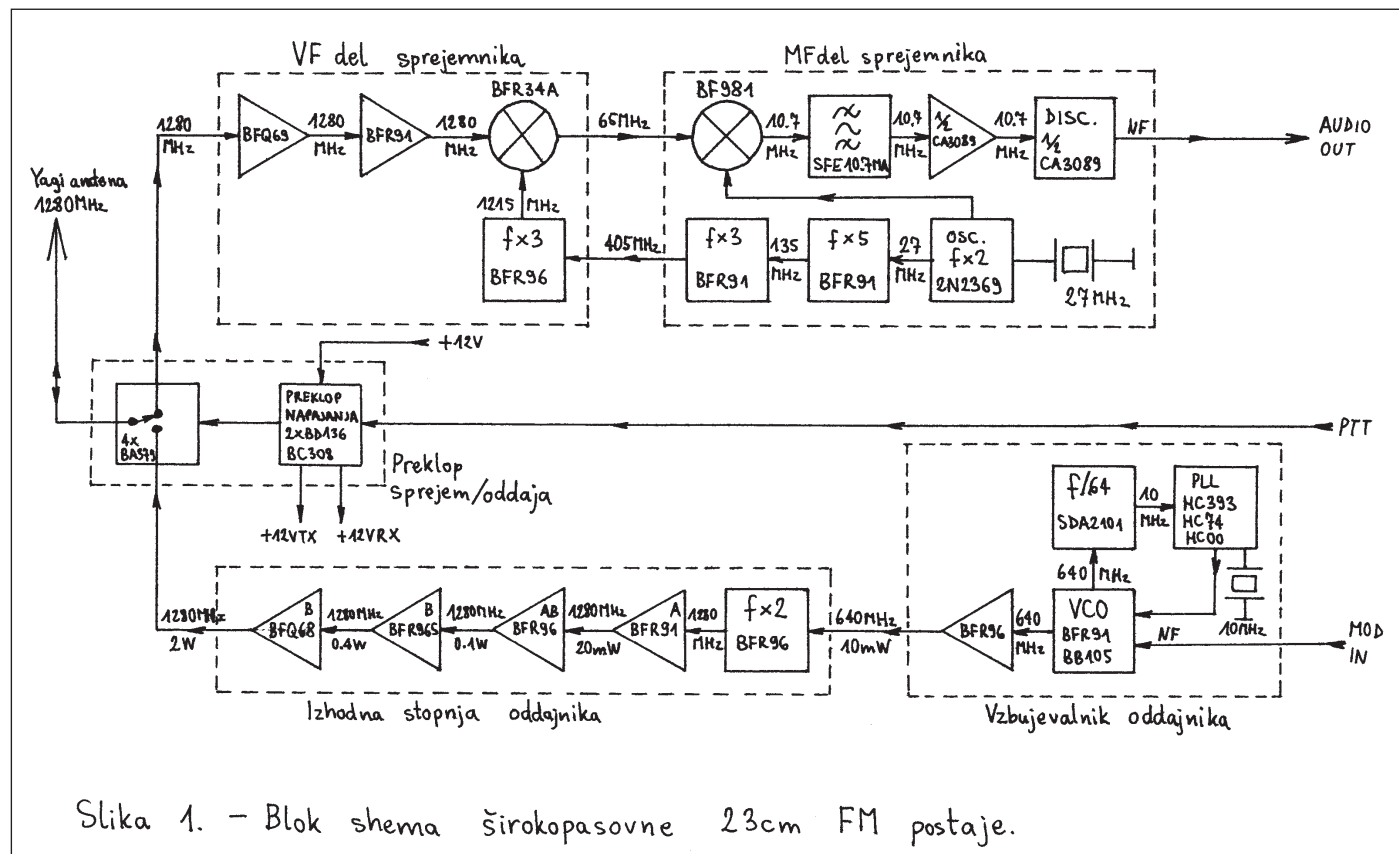
Blok shema širokopasovne 23cm FM postaje je prikazana na Sliki 1. Postaja vsebuje neodvisna sprejemnik in oddajnik ter vezja za preklop sprejem/oddaja. Nadaljna razdelitev na module, obkrožene s črtkano črto, ustreza tehniki gradnje posameznih sklopov: običajna enostranska tiskana vezja ali pa dvostranska mikrotrakasta vezja. Mikrotrakasta

vezja omogočajo predvsem enostavnejšo gradnjo in uglaševanje postaje, saj je večje število sestavnih delov: tuljav, kondenzatorjev, rezonatorjev, izdelanih na samem tiskanem vezju in s tem hkrati že približno uglašeni na željeno frekvenco.

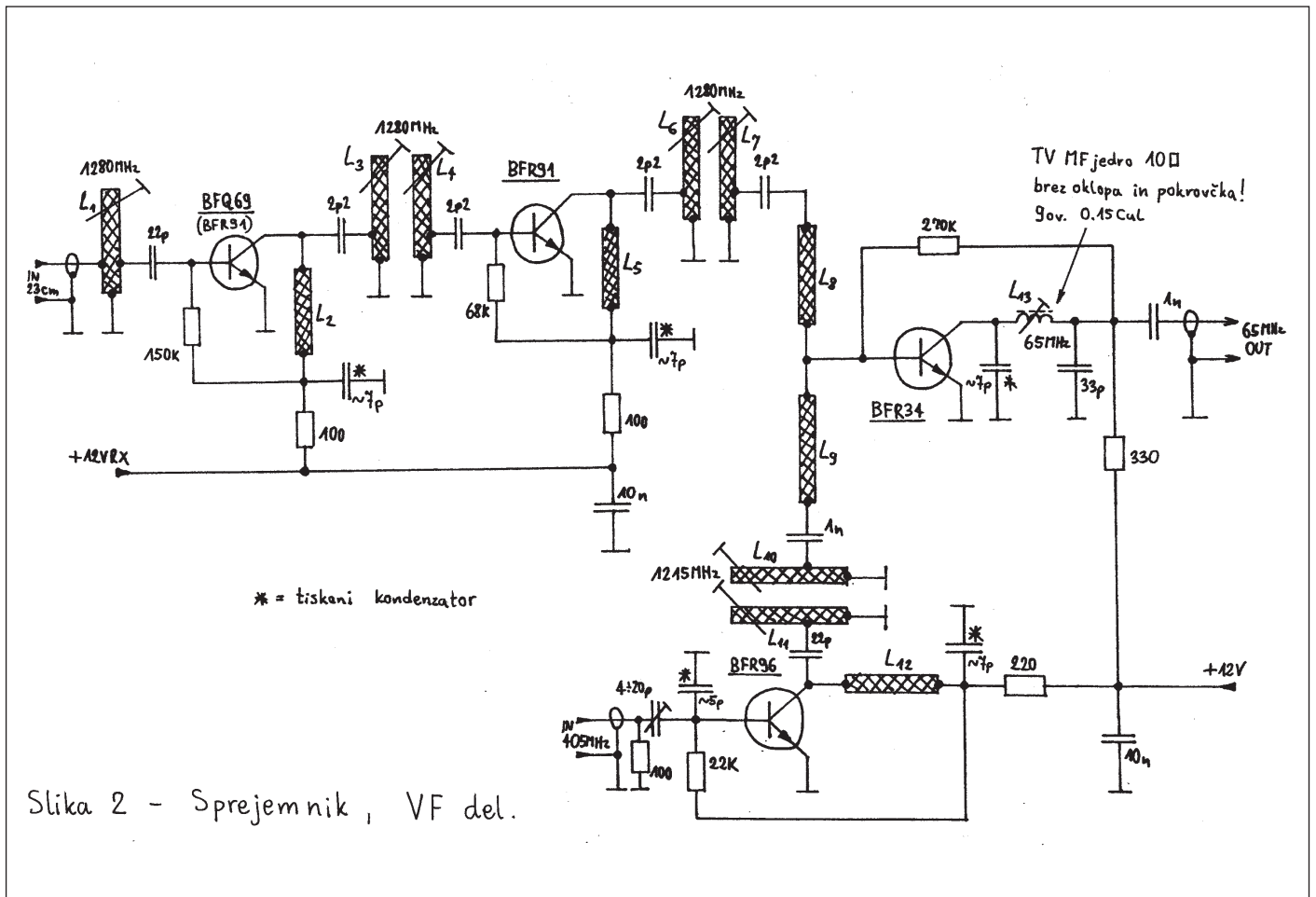
2. Sprejemnik

Sprejemnik je superheterodinski z dvojnimi mešanjem, z medfrekvenčama 65MHz in 10.7MHz. Oba signala za mešanje se dobita z množenjem frekvence istega kristalnega oscilatorja, zaradi enostavnosti in zato, da je motilnih produktov mešanja manj! Sprejemnik je zaradi različne tehnike gradnje razdeljen v dva modula.

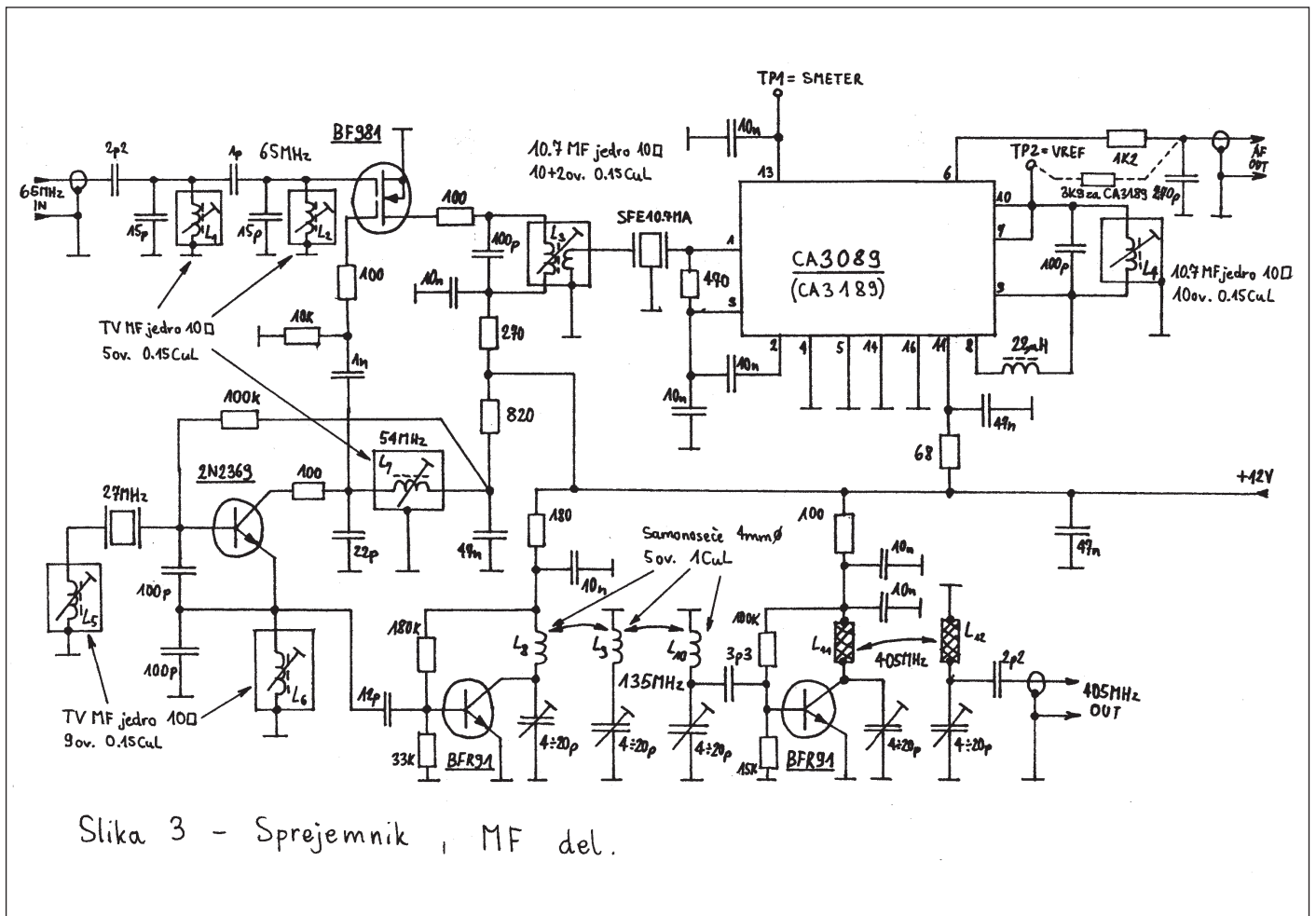
Visokofrekvenčni modul, prikazan na Sliki 2., vsebuje visokofrekvenčne ojačevalne stopnje na vhodni frekvenci 1280MHz, prvo mešanje na 65MHz in zadnjo množilno stopnjo lokalnega oscilatorja 405/1215MHz. Vsa ta vezja imajo večino tuljav, kondenzatorjev in rezonančnih vodov natisanih na dvostranskem ti-



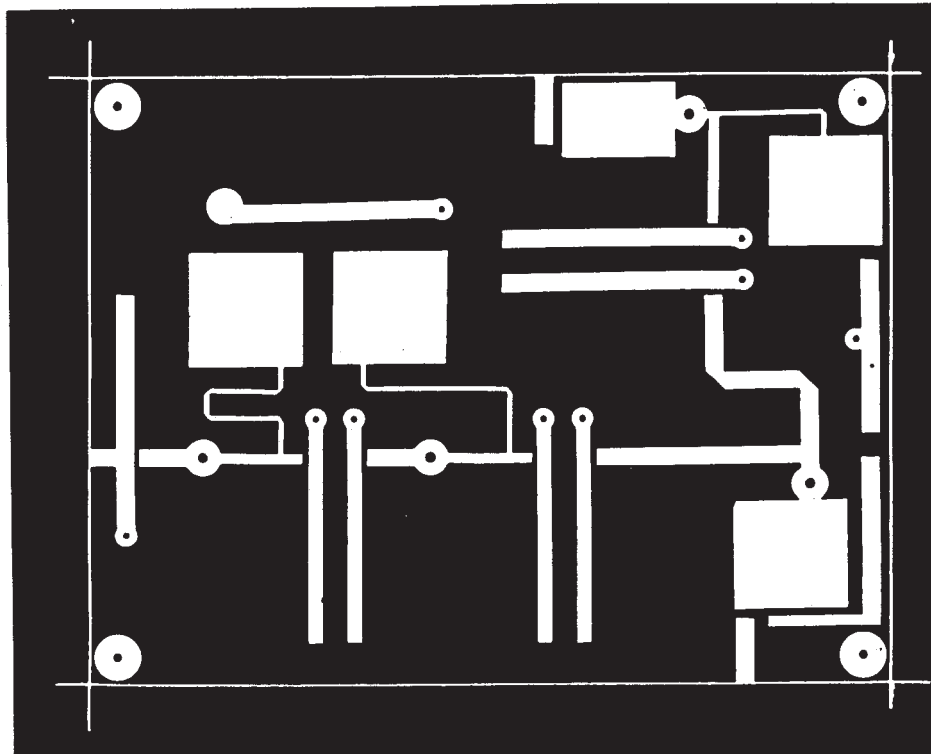
Slika 1. - Blok shema širokopasovne 23cm FM postaje.



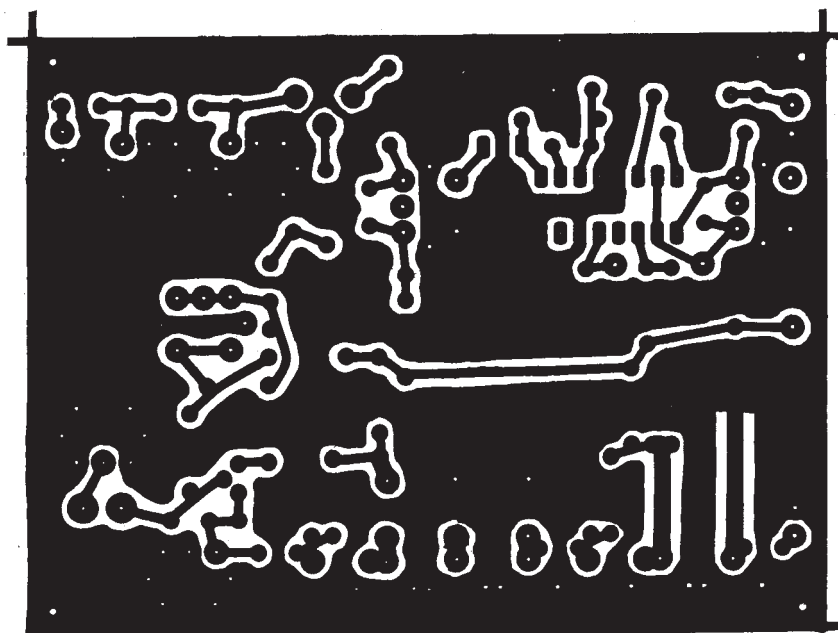
Slika 2 - Sprejemnik, VF del.



Slika 3 - Sprejemnik, MF del.



Slika 4. - VF ploščica sprejemnika, dvostranska, pogled od zgoraj, spodnja stran ni jedkana!



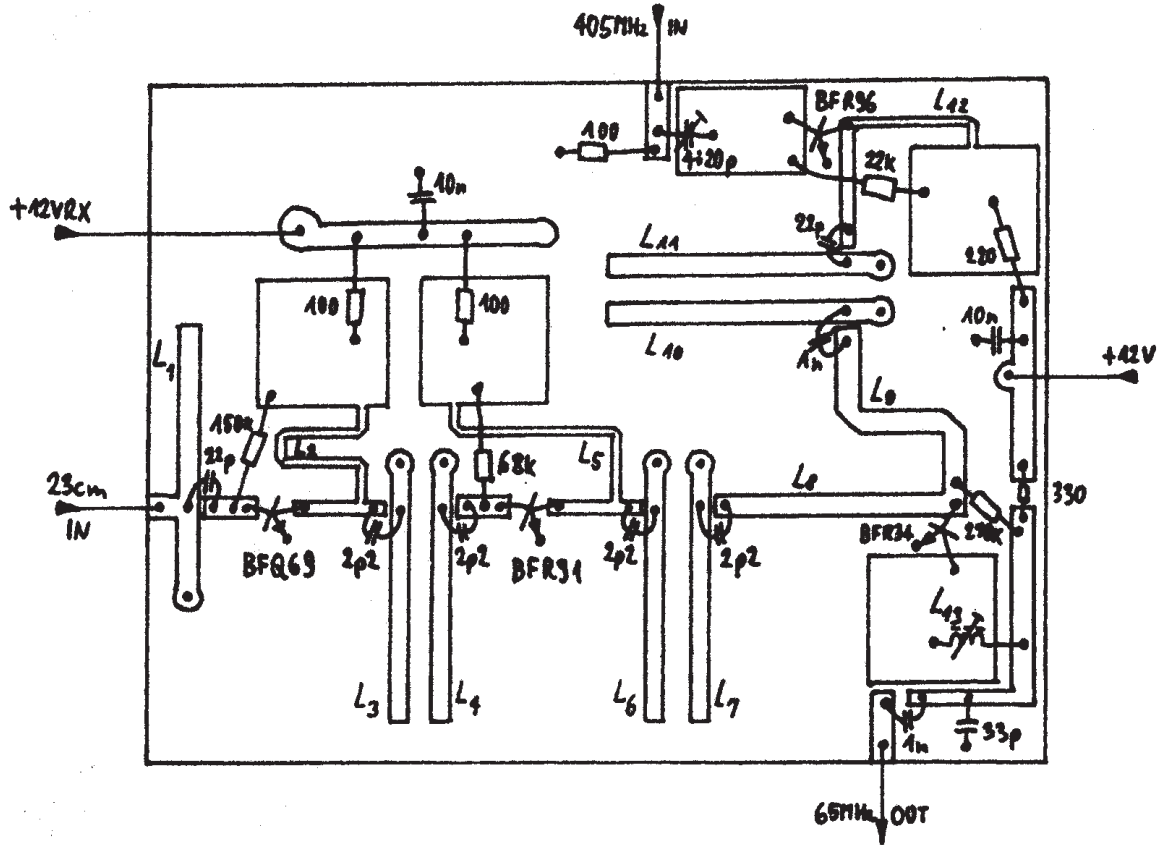
Slika 5. - MF ploščica sprejemnika, enostranska, pogled od spodaj.

skanem vezju. Vezje je izvedeno v mikrotrakasti tehniki in ta izraz pomeni, da ena stran tiskanine ni jedkana in deluje kot ravnina mase za izjedkano vezje na drugi strani tiskanine. V opisani 23cm WBFM postaji je uporabljeno kar tiskano vezje sprejemnega konverterja iz transverterja 144/1296MHz z manjšimi predelavami, saj je odstopanje frekvenc na 23cm minimalno.

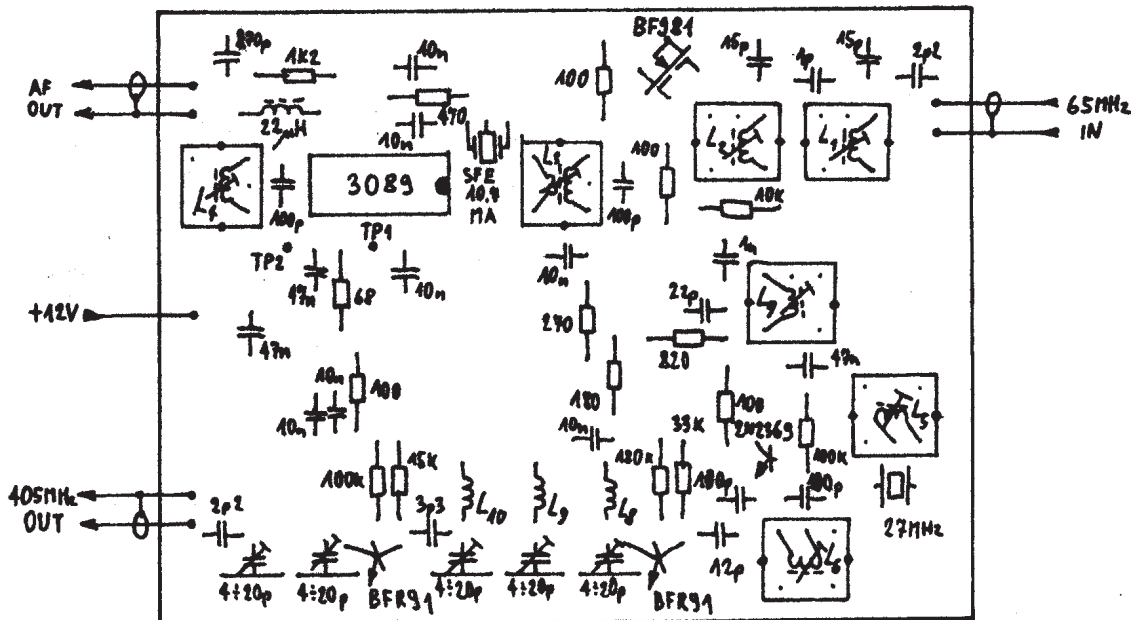
Medfrekvenčni modul sprejemnika,

prikazan na Sliki 3., vsebuje drugo mešanje na medfrekvenco 10.7MHz, keramični filter, ojačevalnik z omejevanjem in FM diskriminatorjem, kristalni oscilator v področju 27MHz ter ustrezne množilne stopnje. Frekvenca kristala se množi 2x (54MHz) za drugo mešanje in 45x za prvo mešanje v korakih 5x (135MHz), 3x (405MHz) in končno še 3x (1215 MHz) v visokofrekvenčnem modulu sprejemnika.

Tiskani vezji sprejemnika sta prikazani na Slikah 4. in 5. Pri tem je treba paziti, da je tiskano vezje visokofrekvenčnega dela dvostransko in da druga stran ni jedkana. Tiskano vezje medfrekvenčnega dela je enostavno enostransko vezje. Dimenzije obeh ploščic so sicer enake, 105mm x80mm. Ustrezna razporeditev sestavnih delov je prikazana na Slikah 6. in 7.



Slika 6 - Razporeditev sestavnih delov sprejemnika, VF ploščica.



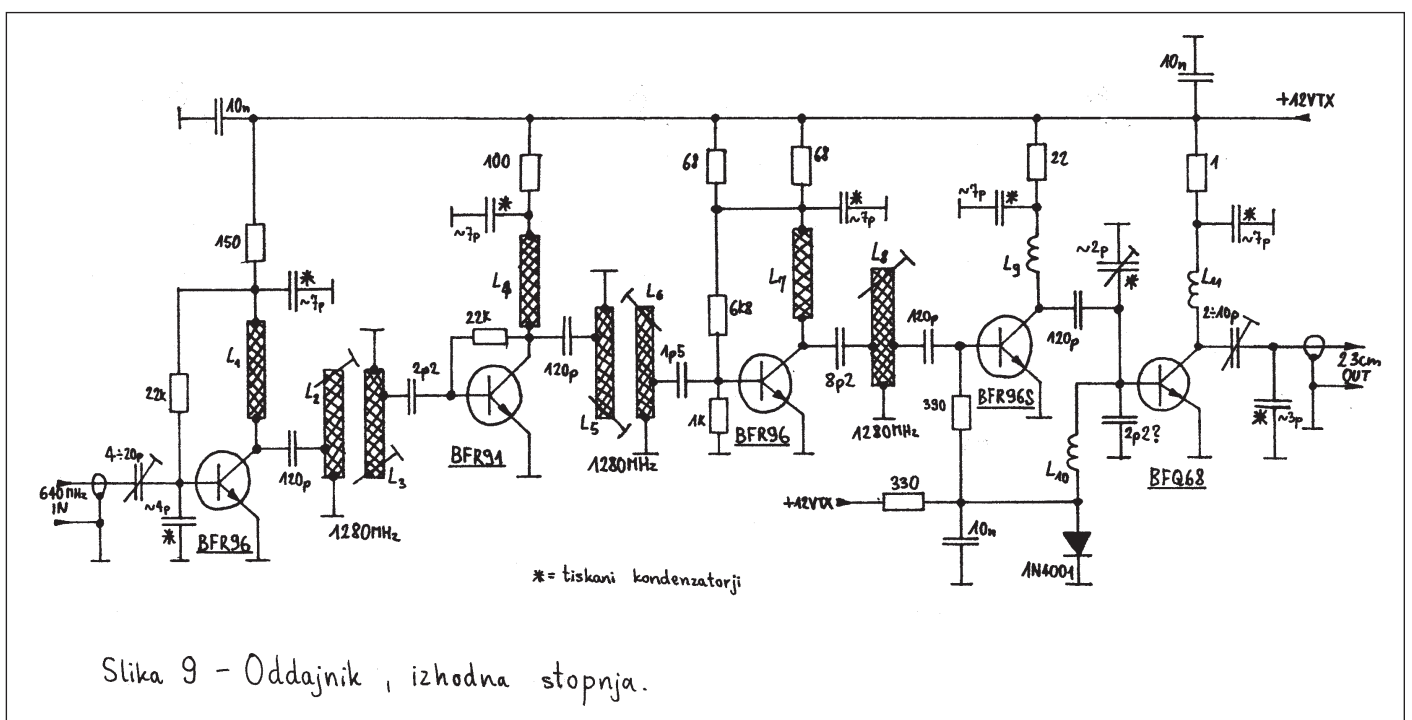
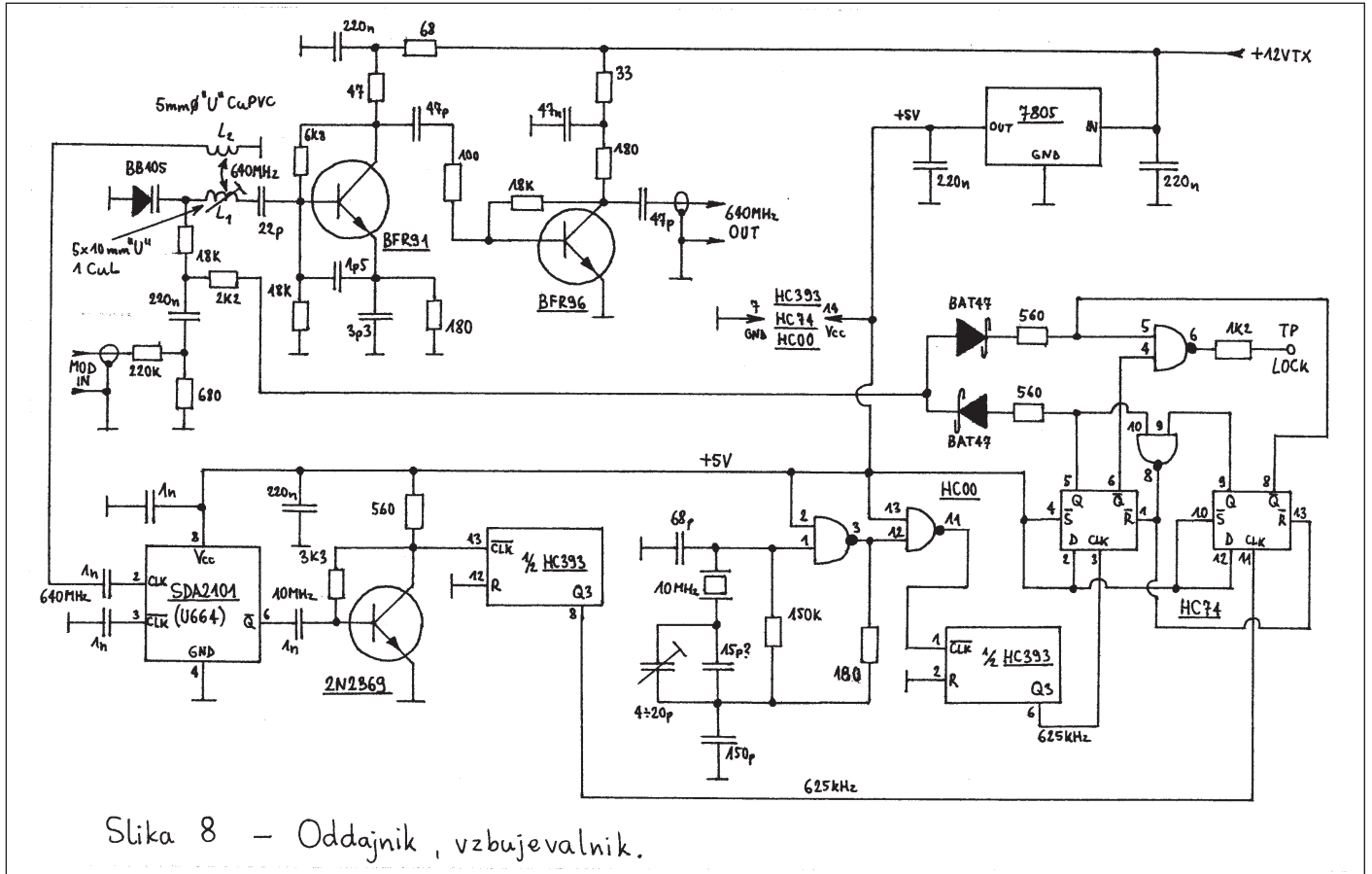
Slika 7 - Razporeditev sestavnih delov sprejemnika, MF ploščica.

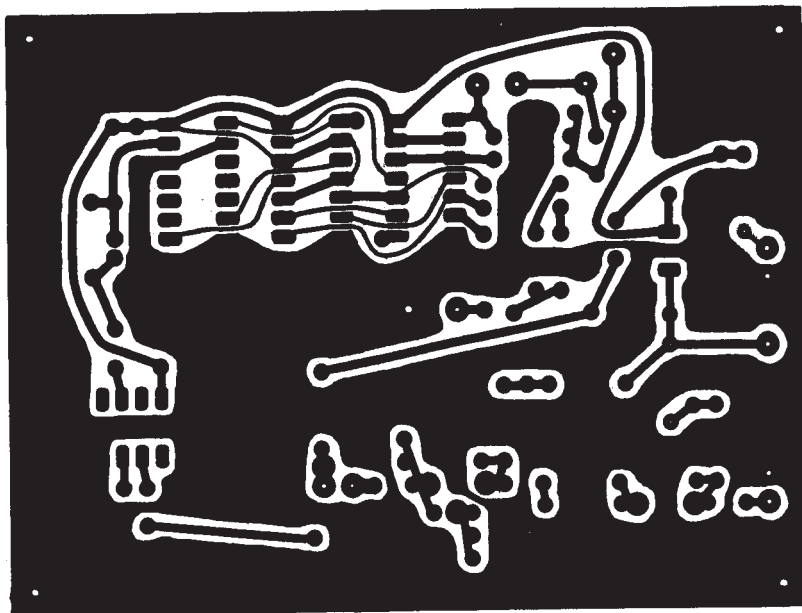
Od začetnega prototipa postaje je tudi sprejemnik doživel nekaj sprememb. Zaradi čim krajšega časa preklopa sprejem/oddaja in nazaj je večina stopenj sprejemnika stalno priključenih na napajalno napetost +12V. Izjema sta le visokofrekvenčni ojačevalni stopnji, ki se napajata z napetostjo +12VRX samo na sprejemu. Na oddaji sta ti dve stopnji

izključeni, ostanek sprejemnika pa omogoča enostavno kontrolo modulacije. Najnovejša sprememba je še zmanjšanje kondenzatorja na NF izhodu sprejemnika na samo 270pF, kar naj bi zmanjšalo popačenje signala modema.

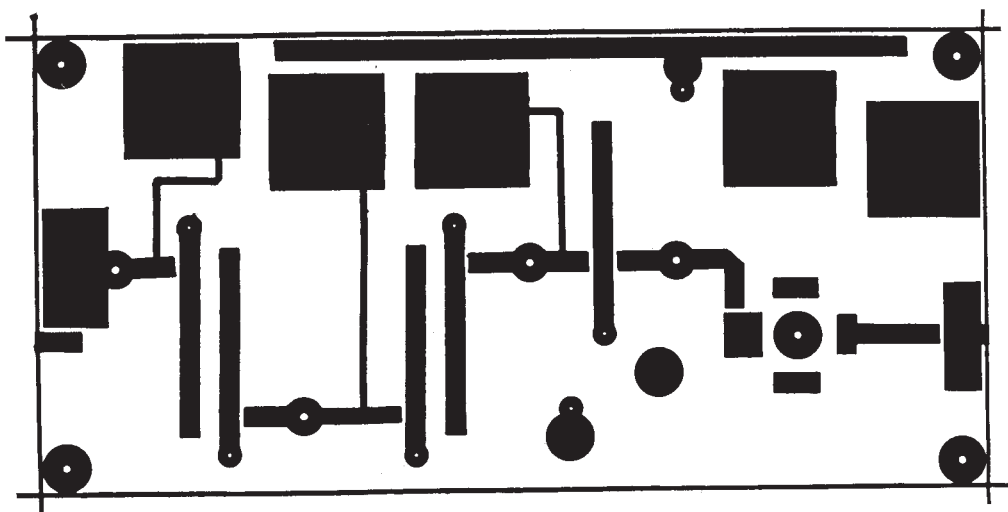
3. Oddajnik

Prvotni oddajnik je vseboval frekvenčno moduliran kristalni oscilator na 10MHz, ki mu je sledila veriga sedmih množilnih (podvojevalnih) stopenj do 1280MHz, za temi pa še štiri ojačevalne stopnje na končni frekvenci. Takšna zasnova oddajnika je povsem zadovoljiva za prenos go-





Slika 10. - Tiskano vezje vzbujevalnika oddajnika, enostransko, pogled od spodaj.



Slika 11. - Tiskano vezje izhodne stopnje oddajnika, dvostransko, pogled od zgoraj, spodnja stran ni jedkana!

vornih signalov ali digitalnih signalov pri majhnih hitrostih prenosa (1200 bps ali manj). Za hitrejši prenos digitalnih signalov žal skriva zahrbtno napako: parazitne overtone rezone kristala popačijo modulacijo samo pri čisto določenih bitnih vzorcih, ampak to je dovolj, da se packet-radio zveza poruši.

Opisano napako sem iskal dolgo časa. Rešitev je v obliki novega vzbujevalnika za oddajnik s PLL zanko in oscilatorjem na polovici delovne frekvence (640MHz). Pri tem ostane modul z izhodno stopnjo oddajnika, ki vsebuje drage sestavne dele in tudi zadnjo množilno stopnjo, povsem nespremenjen. S primerno izbiro mo-

dulov deljenja PLL zanke se da nastaviti željene lastnosti modulatorja in čas vnihanja zanke, se pravi čas preklopa sprejem/oddaja, neodvisno od uporabljenih sestavnih delov, predvsem kristala.

Načrt novega vzbujevalnika za oddajnik je prikazan na Sliki 8. in vsebuje naslednje stopnje: VCO na 640MHz, ločilni ojačevalnik, referenčni kristalni oscilator, delilnike za frekvenco VCOja in referenčno frekvenco ter frekvenčno/fazni primerjalnik. Modulacijski signal se enostavno prišteje signalu napake PLL zanke, ki potem krmili VCO. Moduli deljenja so izbrani 1024 za frekvenco VCOja in 16 za referenco,

kar omogoča uporabo enakega kristala za 10MHz kot v starem vzbujevalniku ter vnihanje zanke v približno 4ms. Moduli deljenja in časovna konstanta PLL zanke so tako izbrani, da ne motijo modulacije z Manchester signalom pri 38.4kbps.

Izhodna stopnja oddajnika, prikazana na Sliki 9., vsebuje frekvenčno množilno (podvojevalno) stopnjo ter štiri ojačevalne stopnje. Podvojevalna stopnja ni odveč tudi z novim vzbujevalnikom, saj delovanje VCOja na polovici izhodne frekvence zagotavlja manjši neželjen povratni vpliv impedance antene na VCO.

Tiskani vezji oddajnika sta prikazani na Slikah 10. in 11. Tiskano

vezje vzbujevalnika je enostransko in ima enake dimenzije ploščice, 105 mmx80mm, kot stari vzbujevalnik, zaradi čim enostavnejše zamenjave v obstoječih postajah. Razlika je le v pritrditvi ploščice: novi vzbujevalnik potrebuje še dodatni peti vijak sredi ploščice, sicer bi digitalna vezja nekoliko motila VCO.

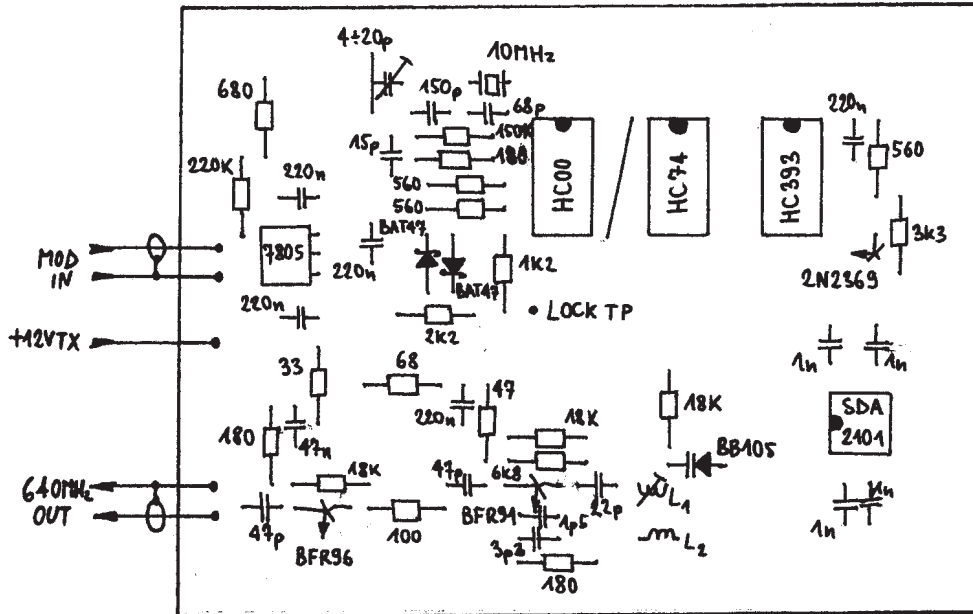
Tiskano vezje izhodne stopnje je dvostransko, dimenzij 125mmx

60mm, in druga stran ni jedkana. Razporeditev sestavnih delov oddajnika na obeh ploščicah je prikazana na Slikah 12. in 13. Glede na izvorni načrt je spremenjen še upor v bazi krmilne stopnje (BFR96S) in sicer z vrednosti 680ohm na samo 390ohm. To sicer malenkost zmanjša ojačenje in izhodno moč oddajnika, ampak hkrati prepreči uničenje tranzistorja BFR96S.

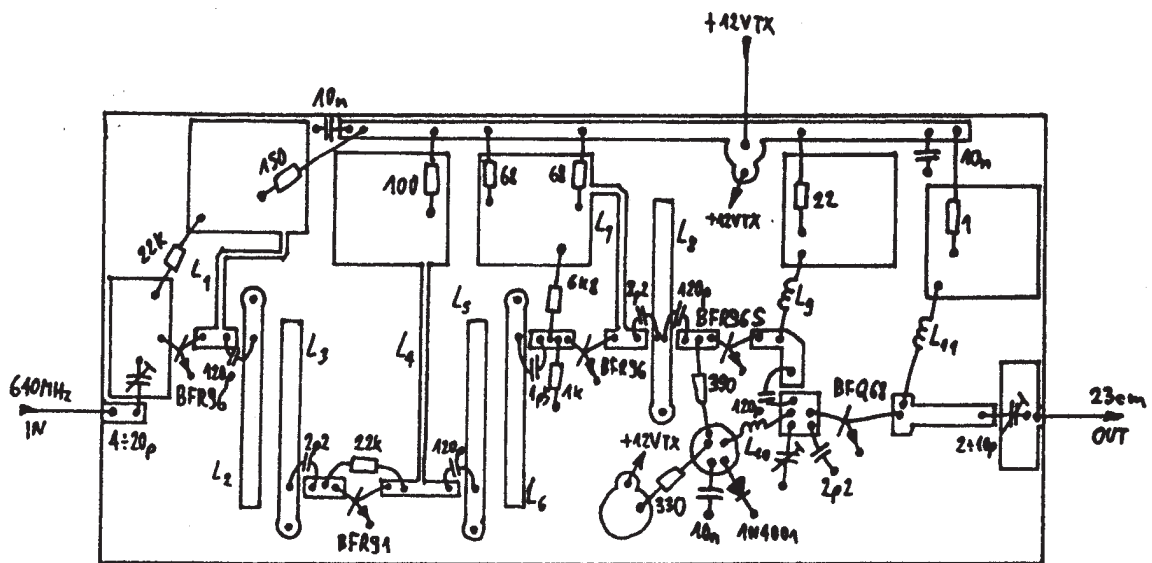
4. Preklop sprejem/oddaja

Packet-radio zahteva hitre in zelo pogoste preklope sprejem/oddaja in nazaj, zato pride v poštev le popolnoma elektronski preklopnik za anteno in za napajanje sprejemnika in oddajnika. Električni načrt preklopnikov je prikazan na Sliki 14.

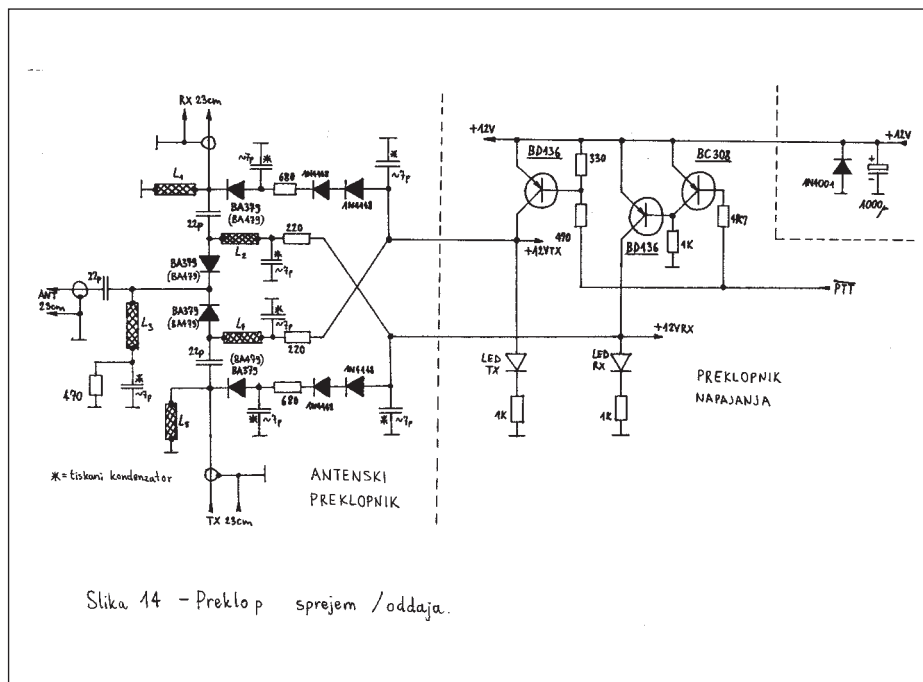
Antenski del preklopnika je zgrajen na svojem tiskanem vezju v mikro-



Slika 12 - Razporeditev sestavnih delov oddajnika, vzbujevalnik.



Slika 13 - Razporeditev sestavnih delov oddajnika, izhodna stopnja.



trakasti tehniki in je popolnoma enak tistemu iz transverterja za 23cm, krmlili pa ga preklopnik napajanja z napetostima +12V_{TX} in +12V_{RX}. Pri tem je PTT signal standardno definiran kot stikalo, ki na oddaji sklene PTT vhod na maso.

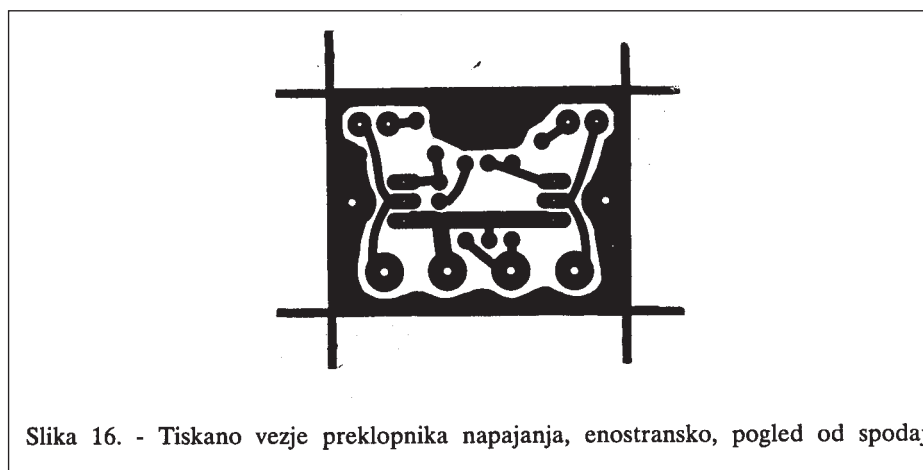
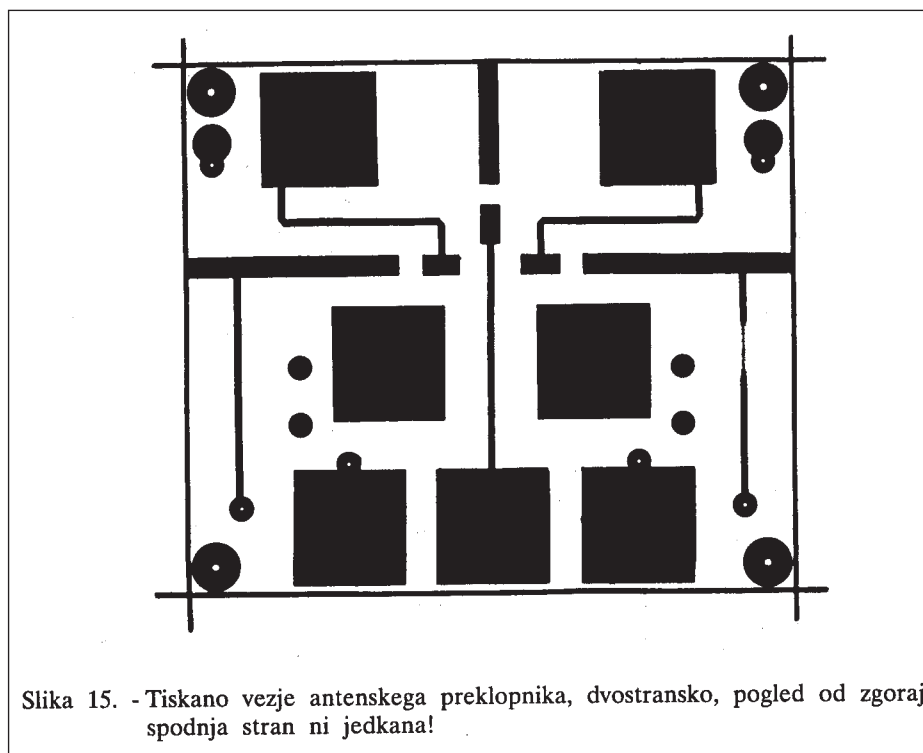
Tiskani vezji preklopa sprejem/oddaja sta prikazani na Slikah 15. in 16. Pri tem je treba paziti, da je tiskano vezje antenskega preklopnika, dimenzij 80mmx70mm, dvostransko in da druga stran ni jedkana. Tiskano vezje preklopnika napajanja, dimenzij 40mmx30mm, je enostavna enostranska ploščica. Ustrezna razporeditev sestavnih delov je prikazana na Slikah 17. in 18., elektrolit 1000uF in zaščitna dioda 1N4001 pa sta vgrajena kar na vtičnico za napajanje.

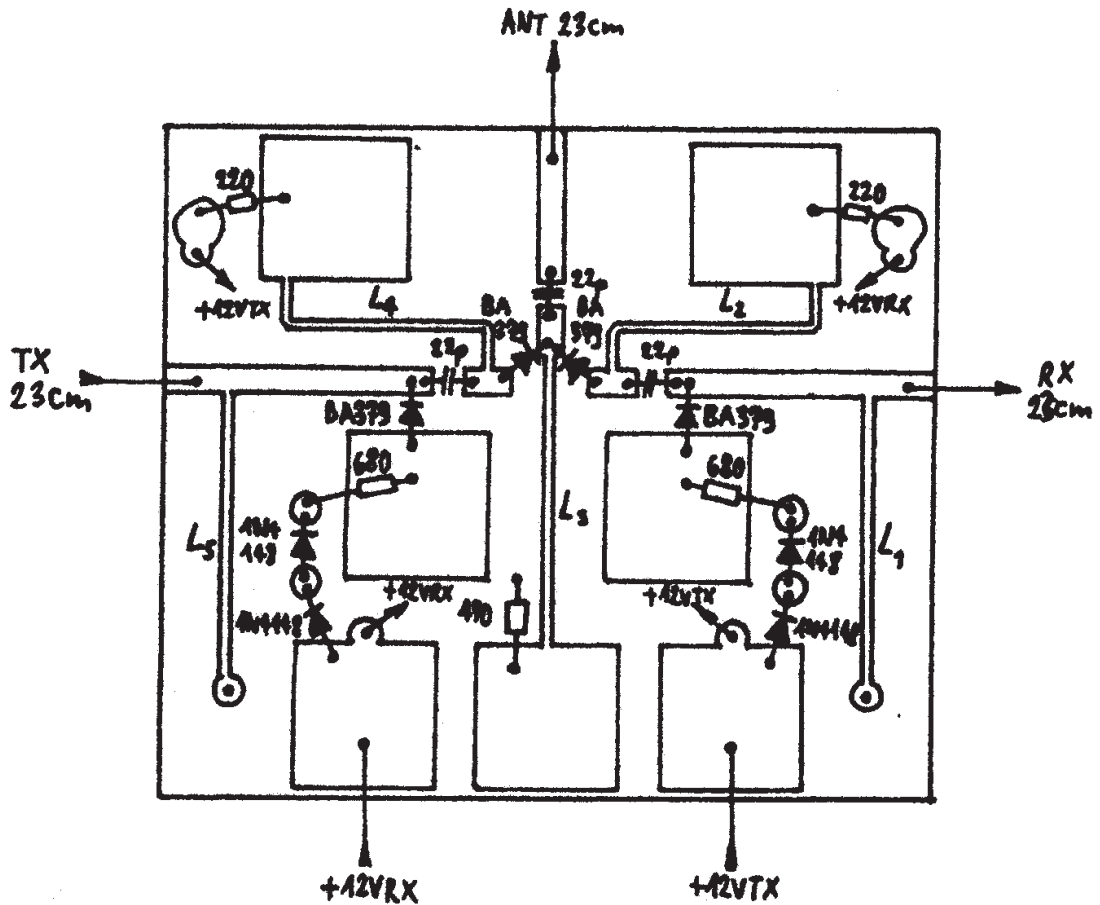
5. Gradnja postaje

23cm radijska postaja ni nizkofrekvenčni ojačevalnik niti mikroracunalski, zato je treba pri gradnji upoštevati nekaj dodatnih, pa čeprav enostavnih pravil za gradnjo visokofrekvenčnih naprav. Razen tega opisana vezja v mikrotrakasti tehniki niso povsem oklopljena, kljub ravnini mase na tiskanem vezju. Pri nerodni razmestitvi modulov v škatli lahko pride do nezaželenih sklopov ali celo rezonanc kovinske škatle.

Škatla naj bo zato rajši večja kot manjša, saj se v večji škatli da še kaj popraviti, premakniti ali dograditi dodatno pregrado, v manjši pa to ne gre. Priporočena škatla je prikazana na Sliki 19. in naj ima dimenzije vsaj 280mm(širina) x220mm(globina)x45mm(višina). Še boljša rešitev bi bila škatla z dvema prekatoma, v enem prekatu naj bi bila vsa mikrotrakasta vezja, v drugem pa vsa običajna tiskana vezja.

Pri vgradnji ploščic v škatlo običajno povzroči še največ težav nepravilno spajanje koaksialnih kablov in vtičnic, še posebno njihovih okloпов. V 23cm frekvenčnem področju je četrt valovne dolžine manj kot 6cm, že nekaj mm žice zato predstavlja znatno parazitno induktivnost. Parazitna induktivnost je še posebno škodljiva pri ozemljitvah okloпов kablov, zato je nujno spajati vse koaksialne kable tako, kot je to narisano na Sliki 20. Ker se pri tem dielektrik kabla precej segreje, priporočam uporabo teflonskih koaksialnih kablov za notranje povezave, na primer RG-188.





Slika 17 - Razporeditev sestavnih delov v antenskega preklopnika.

Za pravilno delovanje oddajnika je tudi pomembna pravilna vgradnja izhodnega tranzistorja BFQ68. Tranzistor ima sicer izoliran vijak za pritrditev na hladilno rebro, vendar pa tečejo po tem vijaku vseeno veliki visokofrekvenčni tokovi zaradi parazitne kapacitivnosti vijaka do elektrod tranzistorja. Zato je nujno

vgraditi izhodni tranzistor natančno tako, kot je to narisano na Sliki 21.

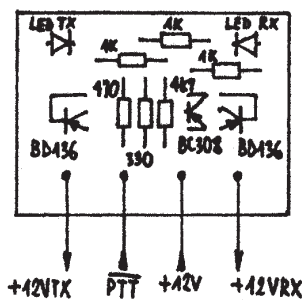
6. Yagi antena za 23cm

V 23cm frekvenčnem področju je smiselna uporaba usmerjenih anten z opisano postajo. No, na srečo so tudi

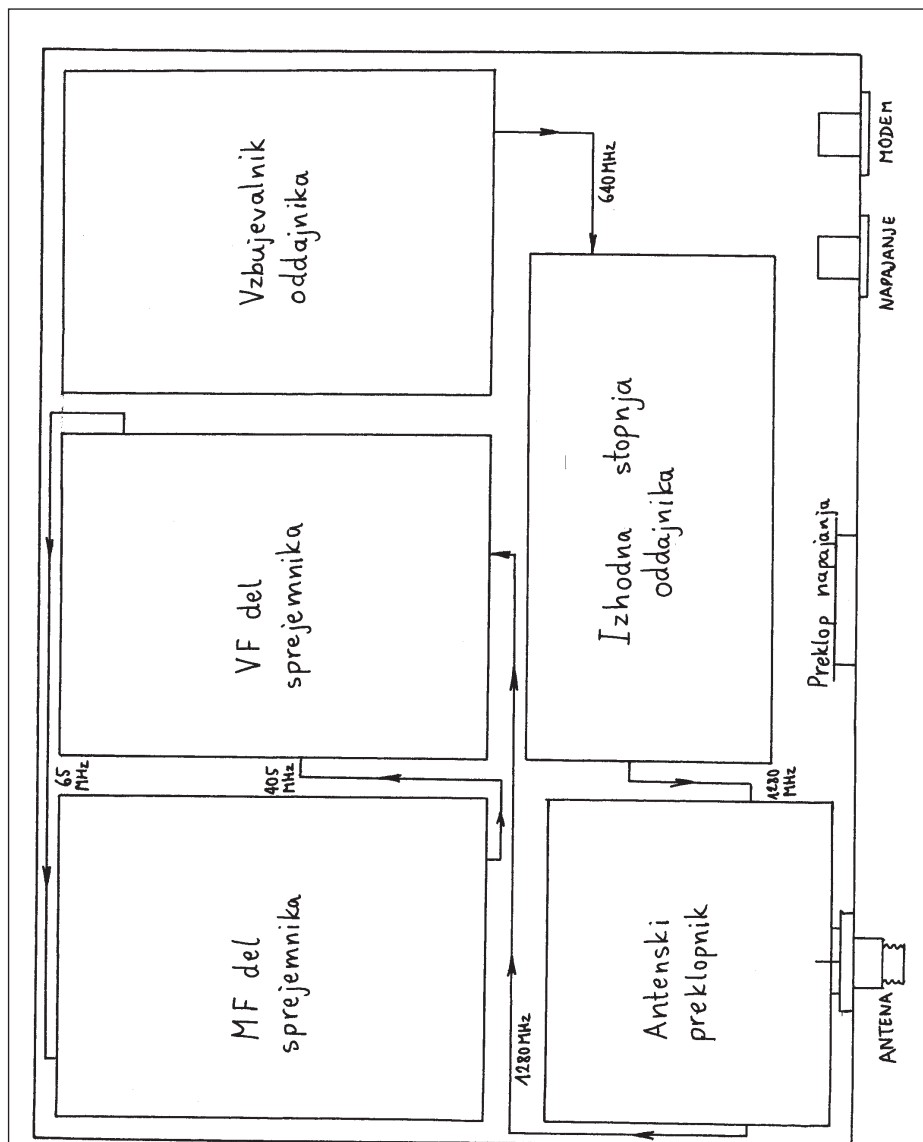
enostavne usmerjene antene v tem frekvenčnem področju majhne in enostavne za gradnjo, možna izbira vrste antene pa je kar pestra. V sedanjem packet-radio omrežju v Sloveniji uporabljamo kar nekaj različnih vrst anten na 23cm, vendar povsod s horizontalno linearno polarizacijo.

Za izdelavo je verjetno še najenostavnejša Yagi antena, prikazana na Sliki 22. Ta je izračunana po NBS tabelah, ki so bile pred leti objavljene skoraj po vseh radioamaterskih časopisih, vključno z beograjskim "Radioamaterjem". Pri izdelavi je treba seveda paziti na točne dimenzije, tudi na premer palčk in na presek nosilca. Antena sicer lahko dela tudi s palčkami drugačnega premera ali drugačnim nosilcem, vendar je potem treba preračunati nove dolžine palčk!

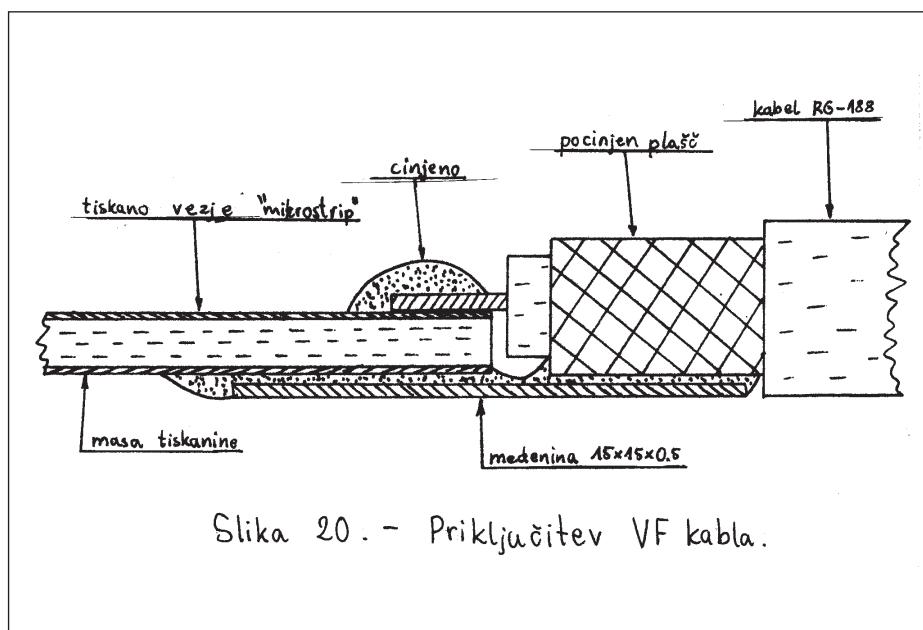
Zaviti dipol je napajan z enostavnim polvalovnim transformatorjem iz poltrdega teflonskega kabla UT-141. To sicer ni najboljša rešitev,



Slika 18 - Razporeditev sestavnih delov preklopnika napajanja.



Slika 19. - Razporeditev moulov postaje v ohišju.



Slika 20. - Priključitev VF kabla.

ker je impedanca zavitega dipola manjša od 200ohm in prilagoditev na 50ohmski kabel ni najboljša. Poltrdi kabelček je zacinjjen v bakren blok, ki je potem na eni strani pritrjen na nosilec antene, na drugi pa nosi ženski N-konektor UG58.

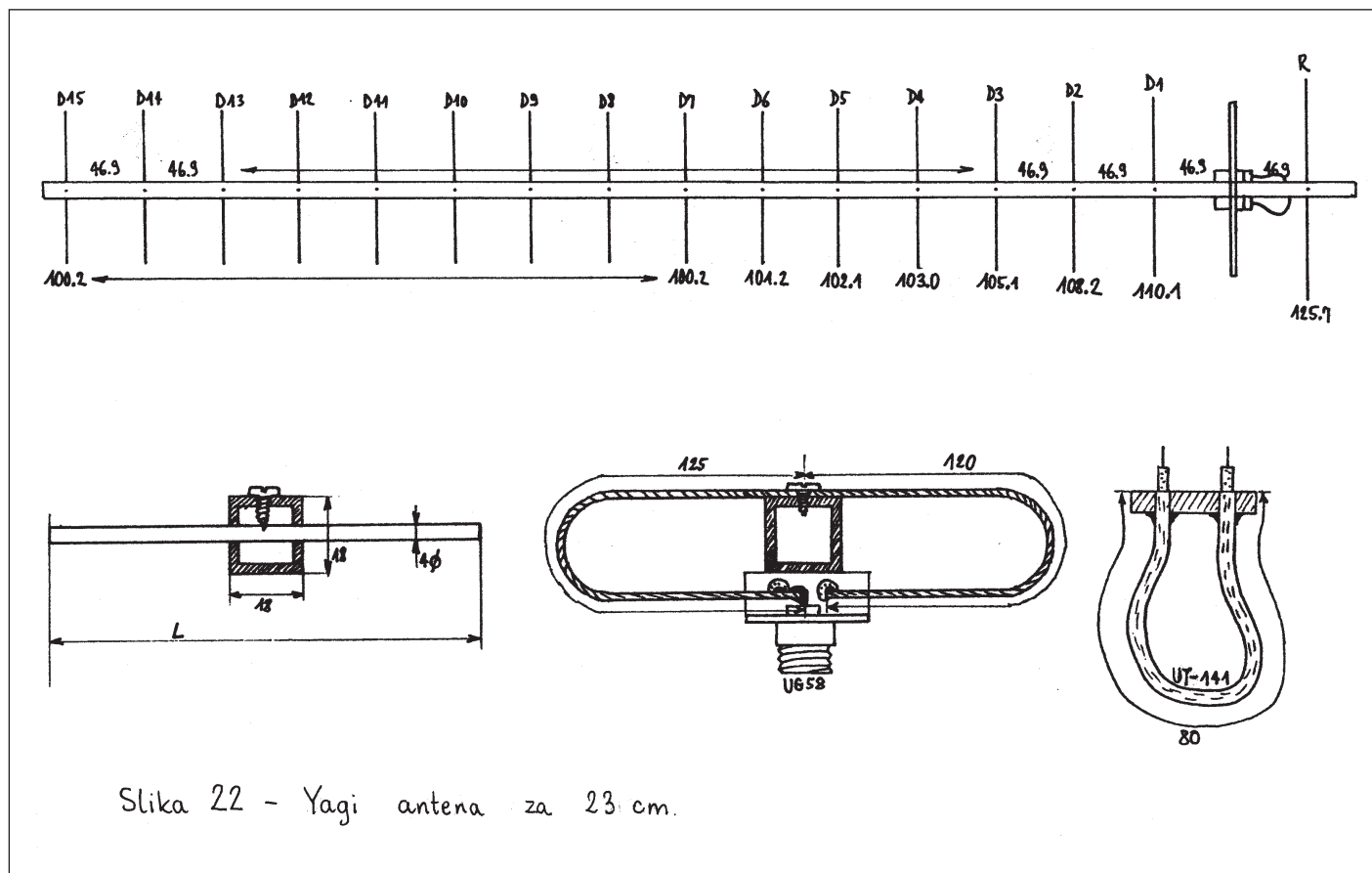
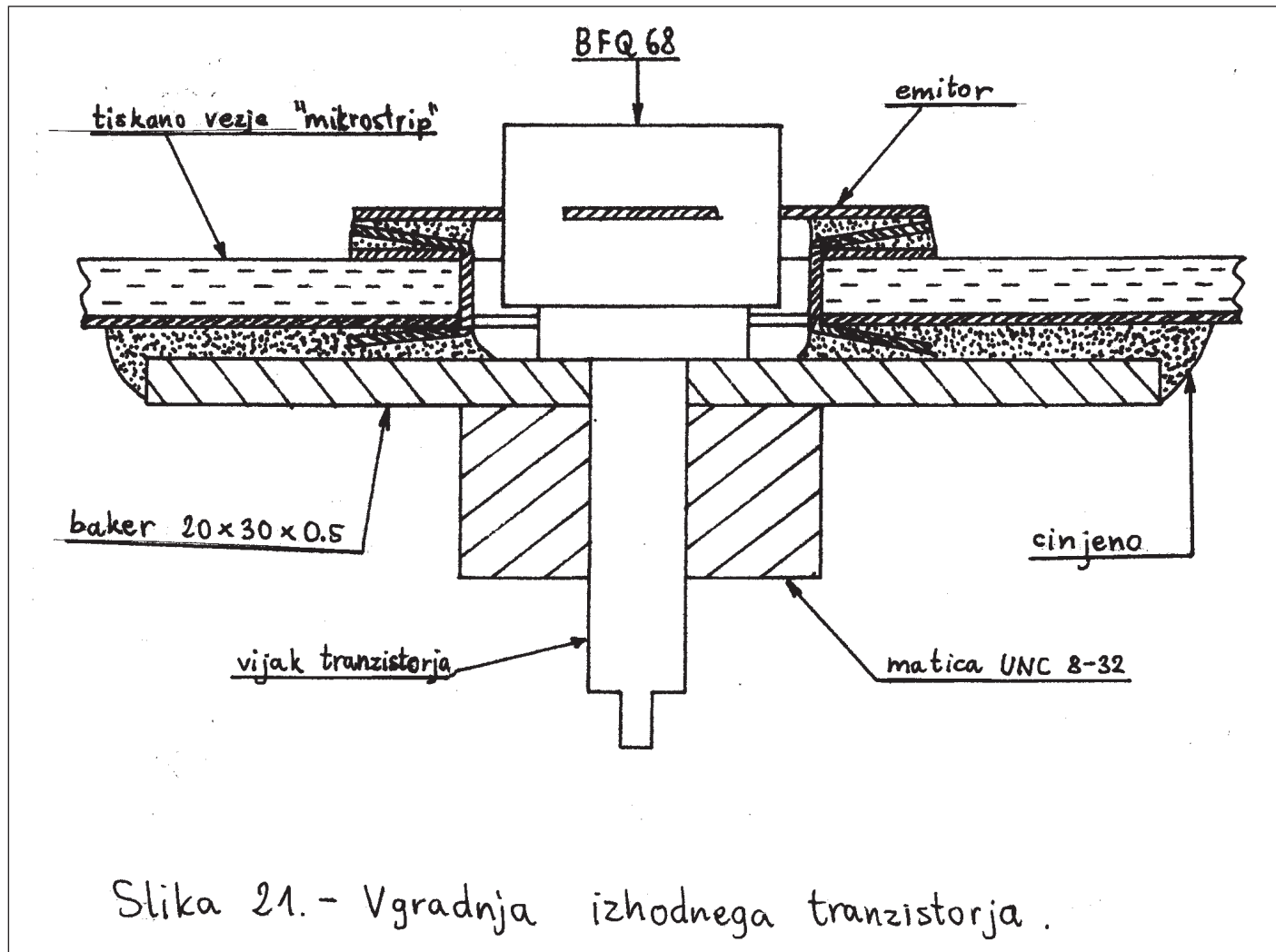
Vse dimenzije na Sliki 22 so mišljene v milimetrih. Objemka za pritržitev na drog sicer ni narisana, jo je pa edino smiselno vgraditi za reflektorjem. Razdalje med elementi Yagi antene za 23cm so tako majhne, da bi objemka kjerkoli drugje hudo motila delovanje antene.

Slaba lastnost katerekoli Yagi antene na tako visokih frekvencah je ta, da je občutljiva na sneg: če je antena polna snega, se popolnoma poruši smerni diagram in ojačenje pade. Vgradnja Yagi antene v plastično škatlo tudi ne pride v poštev brez izdatnega preračunavanja in meritev, ker kakršnakoli dielektrična škatla pomakne rezonanco antene navzdol. V naših podnebni razmerah to pomeni, da bo na nadmorski višini 1000m Yagi antena neuporabna nekaj dni na leto, na večjih višinah pa tudi dosti dlje! Visoko v hribih je zato bolj smiselno uporabljati drugačne antene.

7. Uglješevanje in preizkus postaje

Uglješevanje postaje začnemo s sprejemnikom, bolj točno z uglješevanjem verige množilnih stopenj lokalnega oscilatorja. Frekvenco preverimo z digitalnim frekvencmetrom z induktivno sondo (majhno zankico na koncu koaksialnega kabla), ki jo približamo ustreznim tuljavam oziroma rezonančnim vodom. Nivoje signalov preverimo tako, da izmerimo enosmerno napetost na bazah tranzistorjev v množilnih stopnjah. Ta je brez signala okoli 0.7V, s signalom pa zaradi usmerniškega pojava upade in lahko postane tudi negativna.

Enosmerno napetost na bazah tranzistorjev seveda merimo preko VF dušilke ali upora, da ne motimo delovanja VF vezja. Napetost na bazi pravilno delujoče množilne stopnje naj bo okoli 0.0V, na bazi mešalnika pa okoli 0.4V. Pri tem je treba paziti na najnižje in najvišje dopustne nivoje signalov. Mešalnik potrebuje vsaj 100mV signala, se pravi vsaj 0.1V padca napetosti na bazi tranzistorja, ko vključimo verigo množilnih stopenj. Previsok nivo signalov je tudi zelo škodljiv: če postane baza tranzistorja negativna, lahko to po-



vzroči počasno okvaro tranzistorja. Tak tranzistor ne crkne takoj, pač pa čez teden ali celo mesec dni, in to je lahko zelo zahrbtnen vzrok okvare radijske postaje!

Ko je veriga množilnih stopenj sprejemnika uglašena, nastavimo še ostale nihajne kroge. Ker so mikrotrakasti rezonatorji na tiskanem vezju že nastavljeni zelo blizu željene frekvence, zadošča kot izvor signala kar šumni generator z zener diodo, nihajne kroge in rezonatorje pa nastavimo na maksimum na S-metru. Na 1280Mhz in na 10.7MHz ne moremo zgrešiti, paziti pa je treba na 65MHz, saj lahko tu kroge napačno uglasimo na 70MHz, kar da s tretjim harmonikom kristala (81MHz) tudi 10.7MHz. Končno nastavimo še diskriminator na sredino S-krivulje, se pravi enosmerno napetost približno 5.5V na neobremenjenem NF izhodu.

V oddajniku je treba najprej preizkusiti in nastaviti vzbujevalnik. Frekvenčno področje VCOja nastavimo tako, da stisnemo ali razširimo žično zanko L1, za popravo večjega odstopanja pa tudi skrajšamo ali zdaljšamo zanko. Nastavitev L1 ustreza takrat, ko znaša krmilna napetost za varikap diodo BB105 okoli 2.5V pri ujeti PLL zanki. Nazadnje nastavimo še točno frekenco kristalnega oscilatorja z ustreznim trimerjem in po potrebi zamenjamo ali izločimo kondenzator 15pF vzporedno s trimerjem.

V izhodni stopnji oddajnika so vsi rezonančni vodi nastavljeni na nekoliko višjo frekvenco in jih je treba pri uglaševanju podaljšati s koščki tanke bakrene pločevine. Potrebna

kapacitivnost v bazi izhodnega tranzistorja zavisi tudi od toleranc tranzistorja in se lahko s pravim BFQ68 giblje v razponu od 1pF pa vse do preko 4pF. Pri tem najprej poiščemo grobo vrednost potrebne kapacitivnosti in pricininimo nekoliko manjši kondenzator naravnost na trakaste priključke tranzistorja BFQ68, za fino nastavitvev pa dodamo koščke tanke bakrene pločevine.

Izhodna moč oddajnika se s pravim BFQ68 suče med 1.5W in 2W pri 12.6V napajanju. Pravim BFQ68 zato, ker je na tržišču danes skoraj lažje najti ponarejene oddajniške tranzistorje, ki seveda nikoli ne dajo predpisane izhodne moči. Pravi BFQ68 je vgrajen v ohišje iz bele keramike s širokimi pozlačenimi trakastimi izvodi, ponarejeni tranzistorji pa so običajno v sivih plastičnih ohišjih z ozkimi trakastimi izvodi, razen nove "oznake" pa so lepo vidni sledovi brisanja in včasih celo ostanki stare, resnične oznake tranzistorja.

Po žalostnih izkušnjah slovenskih radioamaterjev izvira večina ponarejenih tranzistorjev iz trgovine "Holzinger" na Schillerstrasse v Muenchnu, pa tudi italijanski trgovci niso od muh. Razen ponarejenih izhodnih tranzistorjev so se pojavili tudi drugi ponarejeni sestavni deli, na primer tranzistorji BFQ69 in PIN diode BA379 ali BA479, zato previdnost ni nikoli odveč, nakup teh sestavnih delov po pošti pa od srca odsvetujem! Seveda je lahko vzrok premajhne moči oddajnika tudi neumen, na primer slabi tranzistorji BD136 v preklopniku napajanja. Dober BD136 ima v nasičenju padec

napetosti okoli 0.2V, "EiNiš" BD136 pa več kot 1V!

Na koncu je treba preizkusiti zgrajeno postajo v celoti. Na primer, kaj se zgodi s sprejemnikom in kaj z oddajnikom, ko na ohišje postaje privijemo pokrov? Če smo nesrečno zadeli "pravo" dimenzijo škatle, bo ta rezonančna ravno na delovni frekvenci naše postaje in oddajnik ali sprejemnik ali oba bosta ponorela, ko namestimo pokrov na škatlo. Proti rezonancam škatle pomagajo dodatne notranje pregrade in oklopi ter mikrovalovni absorber, ki ga zalepimo na pokrov škatle. Kot absorber lahko uporabimo črno plastično "antistatično" peno, ki se uporablja za zabadanje integriranih vezij.

Končno je treba pri postaji preizkusiti še modulacijo in čas vnihanja oddajnika tako, da oddajnik krmilimo z izvorom packet-radio signala in opazujemo rezultat na izhodu sprejemnika z osciloskopom. Po vseh teh preizkusih je seveda pametno pustiti postajo vključeno in jo uporabljati doma vsaj kakšen teden, še boljše mesec, preden gre na hrib.

Domet širokopasovnih 23cm radijskih postaj z opisanimi antenami in 38.4kbps Manchester modemi znaša okoli 1000km v praznem prostoru. Od tega je treba seveda odšteti izgube v antenskih kabljih pri resnični inštalaciji in določeno rezervo signala (10dB), kar da uporaben domet v pogojih optične vidljivosti okoli 100km in ta podatek se je v praksi izkazal verodostojen (zveza Krvavec - Slavnik).