

TRANSVERTER ZA 23CM V MIKROSTRIP TEHNIKI

1. Uvod

Gradnja visokofrekvenčnih vezij, posebno za frekvence nad 1GHz, prinaša običajno radioamaterju precej težav. Na prvem mestu so prav gotovo težave z nabavo materiala. Pri tem je zanimiva ugotovitev, da je visokofrekvenčne polprevodnike, to je tehnološko najzantevnejše elemente, razmeroma lahko dobiti. Dosti težje pa je najti enake trimere, primerne konektorje, "chip" kondenzatorje in ostale vr elemente, brez katerih gradnja vr vezij skoraj ni možna. Pri frekvencah nad 1GHz igrajo parazitne kapacitivnosti in induktivnosti elementov enako važno vlogo kot osnovne lastnosti posameznih elementov. Uporaba drugačnih elementov, pa čeprav istih nominalnih vrednosti, pomeni običajno projektiranje določenega vezja na novo!

Drugi problem predstavlja mehanska konstrukcija vezja samega. Večina člankov v amaterskih revijah predstavlja komplicirane mehanske konstrukcije za filtre in ostale dele vezij, pogosto tudi manjkajo vsi potrebni podatki za zanesljivo kopiranje. Dodatno težavo predstavlja vgradnja polprevodniških elementov v taka vezja: običajno je treba segreti s spajkalnikom vso konstrukcijo, izdelano iz kovin, ki dobro prevajajo toploto (bakar).

Po drugi strani tudi tržišče dograjenih aparatov ne nudi niti bogate niti kvalitetne izbire. Na tržišču aparatov za 2m področje in nižje frekvence je konkurenčni boj že izrinil proizvajalce nekvalitetnih aparatov. Na višjih frekvenčnih področjih, posebno na 23cm, pa je velika večina proizvodov namenjenih radioamaterjem običajno zelo nekvalitetne izdelave. Nazoren primer za to so sprejemni konverterji in transverterji za 23cm področje: zrcalna frekvenca je redkokdaj zadušena za več kot 10dB glede na željeno sprejemano frekvenco v radioamaterskem področju. Neslabljena zrcalna frekvenca kazi šumno število sprejemnika, razen tega pa običajno pade v frekvenčno področje okoli 1010MHz, ki ga uporabljajo radarji civilnega letalstva z impulznimi močmi do nekaj MW!

2. Zahteve za 23cm transverter

Pri gradnji transverterja za 23cm sem se odločil za čim enostavnejšo konstrukcijo. Pri načrtovanju sem upošteval naslednje zahteve:

A) Uporaba lahko dosegljivih polprevodnikov. Na tržišču je razmeroma težko najti schottky diode, varaktor diode in druge profesionalne polprevodnike. Dosti lažje je najti in tudi dosti cenejši so mikrovalovni tranzistorji v plastičnem "T" ohišju, ki se uporabljajo za TV antenske predojačevalce v VHF in UHF področju. Značilen primer je tranzistor BFR34A, ki ga tovarna Siemens proizvaja že celih 10 (deset) let, kljub temu pa do danes še ni dobil enakovrednega tekmeca, če primerjamo njegove VF performanse s ceno in razpoložljivostjo na tržišču.

B) Gradnja celega transverterja izključno v mikrostrip tehniki na cenemem laminatu: vitroplastu FR4 domače proizvodnje (Donit). Ponovljivost gradnje je zajamčena, ker so v mikrostrip tehniki izdelani vsi filtri, prilagodilni transformatorji, uglaševalni elementi, dušilke in blokirni kondenzatorji. Gradnja je znatno poenostavljena, ker je večina elementov vezja izdelana z enim samim postopkom: jedkanjem tiskanega vezja.

C) Izbira takih vezij, ki ne zahtevajo elementov z majhnimi parazitnimi induktivnostmi, kot so težko dosegljivi "chip" kondenzatorji. V transverterju so razen tiskanih kapacitivnosti v mikrostrip tehniki uporabljeni izključno navadni keramični disk kondenzatorji.

D) Vezje transverterja mora vključevati tudi vsa vezja za preklop sprejem/oddaja, tako na mikrovalovni kot na medfrekvenčni strani in na napajanju, z avtomatskim delovanjem. Samo na ta način je možno uporabljati transverter s katerokoli bazno radijsko postajo (v primeru kvara med tekmovanjem!) in poškodbe sprejemnega konverterja pri prehodu na oddajo so izključene.

E) Standardno napajanje 12VDC, minus na masi. Zaželjena je tudi čim manjša poraba zaradi možnosti baterijskega napajanja (na gorskem vrhu).

Razen teh strogih zahtev pa moramo upoštevati tudi povsem praktične pogoje. Najprimernejša medfrekvenca za 1296MHz je 144MHz. Medfrekvenca 28MHz bi zahtevala dvojno mešanje vsaj na oddaji, medfrekvenca 432MHz pa ni primerna zaradi stranskih produktov mešanja, ki se vedno pojavijo tako na oddaji kot pri sprejemu pri harmonskem odnosu 3:1

*** 3 ***

(1296MHz/432MHz in tudi 432MHz/144MHz!).

V zanteve namenoma nisem vključil občutljivosti (šumnega števila) sprejemnega konverterja in moči oddajnika. Obe sta funkciji cene tranzistorjev, ki jih nameravamo vgraditi v transverter. Z BFR34A se da na 1296MHz doseči celotno šumno število 4 do 5dB, z novejšimi ceneniimi tranzistorji v plastičnem "T" ohišju (BFQ69) pa do 3dB, kar je za zemeljske zveze tudi dovolj. Na oddajni strani lahko s ceneniim BFR96 v plastičnem "T" ohišju zanesljivo dosežemo 500mW. Močnejši tranzistorji so vsi montirani v dražje metal-keramično ohišje. Med najcenejše spada prav gotovo 2N5944, ki z dovolj vzbujanja da tudi do 3W izhodne moči na 1296MHz. Za moči do 10W se običajno uporabljajo paralelne vezave več 2N5944, za se večje moči pa linearni ojačevalci s planarnimi triodami v metal-keramični tehniki.

3. Opis načrta transverterja za 23cm

Transverter za 23cm je zgrajen na šestih tiskanih ploščicah, označenih s črtkanimi pravokotniki na blok shemi (glej slika 1.), vezje na vsaki ploščici pa predstavlja zaključeno enoto.

3.1. Generator 576MHz, kristalni oscilator in množilne stopnje

Za konverzijo na 144MHz potrebujemo stabilen signal na 1152MHz. Tega običajno dobimo z večkratnim množenjem frekvence stabilnega kristalnega oscilatorja. Navadno se uporabljajo kristali za 32MHz ali 96MHz, ker njihovi harmoniki ne padejo v področje medfrekvence 144 do 146MHz. Odločil sem se za 32MHz kristal, ker je z njim lažje zgraditi stabilen oscilator in ker sem razpolagal s kvalitetnimi 32MHz kristali (glej slika 2.). V oscilatorju je uporabljen tranzistor (T1) BF152 ($f_t=600\text{MHz}$), reakcijo dajeta kondenzatorja 47pF in 150pF. Tuljava L1 preprečuje nihanje kristala na osnovni frekvenci okoli 10.67MHz, ker kristali za 32MHz običajno nihajo na tretjem overtonu.

Nihajni krog (L2) v kolektorju T1 je uglasen na 96MHz, tretji harmonik oscilatorja. Signal na 96MHz filtrira še en nihajni krog (L3) preden pride na bazo T2 BFW92 ($f_t=2\text{GHz}$). T2 množi frekvenco s 3 in nihajni krog (L4) na kolektorju T2 je uglasen na 288MHz. Napajalna napetost oscilatorja (T1) in množilne stopnje (T2) je stabilizirana z zener diodo na 7.5V.

*** 4 ***

Signal na 288MHz filtrira še nihajni krog z L5. Nato T3 BFW92 množi frekvenco signala z 2 in dobimo frekvenco 576 MHz, na katero sta ušlašena nihajna kroga z L6 in L7. Na 576MHz dobimo približno 20mW moči.

Oscilator in množilne stopnje do 576MHz so skupne za sprejemnik in oddajnik in se stalno napajajo z +12Vstalni.

3.2. Sprejemnik, konverter

Sprejemni konverterje prikazan na sliki 3.. VF signal na 1296MHz najprej ojačita dve ojačevalni stopnji s tranzistorji T4 in T5 tipa BFR34A (ft=5GHz). Četrtvalni rezonator L8 služi za prilagoditev prve stopnje (T4) na impedanco antene in da le grobo selektivnost. Za dušenje zrcalne frekvence in drugih neželjenih signalov poskrbijo rezonatorji L11, L12, L15 in L16, linije L9 in L13 pa služijo prilagajanju impedance. Napajalno napetost privedemo opem ojačevalnim stopnjam preko četrtvalnih dušilk L10 in L14.

Tranzistorji tipa BFR34A dajo na 1.3GHz 9 do 10dB ojačenja s šumnim številom okoli 3dB. Šumno število celotnega sprejemnega konverterja je zato reda 4dB z upoštevanjem izgub v filterih in doprinosu naslednjih stopenj, predvsem mešalne stopnje.

Tudi mešalna stopnja je izvedena s tranzistorjem BFR34A (T6). Oba vhodna signala, 1296MHz in 1152MHz, privedemo na bazo T6 preko četrtvalnih linij L17 in L18. Nizkopropustni PI-filter (L24) v kolektorju T6 prilagodi izhodno impedanco mešalne stopnje na 50ohm.

Signal za mešanje na 1152MHz dovaja množilna stopnja s T7, ki deluje samo pri sprejemu. Signal na 1152MHz filtrirajo rezonatorji L19 in L20, linije L21 in L23 služijo prilagajanju impedance, preko L22 pa se dovede napajalno napetost.

3.3. Oddajnik, mixer in filter

Podvojevalna stopnja na 1152MHz na oddaji, oddejni mixer in dvostopenjski selektivni ojačevalnik so prikazani na sliki 4..

Množilna stopnja (T8) na 1152MHz je enaka ekvivalentni množilni stopnji v sprejemnem konverterju, le da deluje le na oddaji. Rezonatorji L28 in L29 filtrirajo signal na 1152MHz, ki se potem dovede

skupaj s signalom na 144MHz na bazo mešalnega tranzistorja T9.

Enofazni mixer s tranzistorjem male moči T9 BFR34A ne da niti velike izhodne moči niti ne slabi neželenih signalov na 1152MHz in na zrcalni frekvenci. Mixer z varaktorjem bi dal precej večjo izhodno moč, toda zahteva tudi močen signal na 1152MHz. V praksi to pomeni drage močnostne tranzistorje in še dražji varaktor. Dvofazni balansni tranzistorski ali diodni mixer lahko sicer dobro slabi neželeni signal na 1152MHz, konstrukcija take mešalne stopnje pa je komplicirana. Dosti bolj enostavno je filtrirati izhodni signal mixerja na 1296MHz, rezonatorji L34, L35, L38, L39 in L42 predstavljajo namreč le nekaj trakov na tiskanem vezju. Najmočnejši neželeni signal, v našem primeru na 1152MHz, pa je na izhodu selektivnega ojačevalca zadušen že za 40dB glede na željeni signal na 1296MHz.

Ojačevalni stopnji na 1296MHz (T10 in T11) sta podobno grajeni kot ojačevalne stopnje v sprejemnem konverterju. V drugi stopnji je uporabljen močnejši tranzistor (T11) BFT65 ($f_t=5\text{GHz}$), ki lahko da na izhodu tudi več kot 20mW moči. Obe ojačevalni stopnji delujeta v A klasi.

3.4. Oddajnik, močnostni ojačevalnik

Oddajni izhodni ojačevalnik, prikazan na sliki 5., je sestavljen iz treh linearnih ojačevalnih stopenj. Prva stopnja (T12) dela v AB klasi, druga (T13) in tretja (T14) pa skoraj v B klasi. Diode 1N4148 stabilizirajo delovno točko tranzistorjev v B klasi.

Močnostni tranzistorji imajo na 1.3GHz majhno ojačenje: BFR96 ($f_t=5\text{GHz}$) da 6 do 7dB ojačenja, 2N5944 pa okoli 5dB. Da pa to ojačenje v praksi tudi dosežemo, je treba skrbno prilagoditi vhodne in izhodne impedance tranzistorjev. To nalogo opravljajo linije L43, L44, L46, L48, L49, L50, L52 in L53. Najtežje je prilagoditi vhodno impedanco tranzistorja T11 2N5944. Ta tranzistor je bil projektiran za delovanje v 470MHz področju in je za to področje že notranje prilagojen. Na 1.3GHz ima vhodna impedanca močno reaktivno komponento, ki jo je treba kompenzirati z zunanjo kapacitivnostjo: linije L49 in L50.

Dušilka L51 je izvedena kot zračna tuljava, ker bi četrtvalna dušilka v mikrostrip tehniki prinesla preveč izgub. Upori 10ohm in 2.2ohm v

napajanju zadnjih dveh stopenj služijo predvsem za kontrolo toka skozi tranzistorje, da pri merjenju ni treba prekinjati napajalnih vodov.

3.5. Antenski preklopnik s PIN diodami

Za preklon antene med sprejemnikom in oddajnikom se na teh frekvencah običajno uporabljajo dragi koaksialni releji. Za preklapljanje manjših moči pa lahko preklapljanje izvedemo tudi s cenenimi PIN diodami, kot je to prikazano na sliki 6.. Žal izbira razpoložljivih tipov na tržišču ni bogata in za frekvence nad 1GHz pride v poštev le BA379, ostale cenene diode imajo daleč previsoko parazitno kapacitivnost.

Dioda BA379 se uporablja v atenuatorjih na vhodu TV tunerjev v UHF področju in ima parazitno kapacitivnost spoja samo 0.3pF. Pri 20mA enosmernega toka znaša njeno vstavitevno slabljenje okoli 0.3dB, kar pomeni da lahko z njo zanesljivo preklapljammo moči do 5W. Najbolj zanimiva lastnost diod BA379 pa je, da so dovolj počasne, da na frekvencah nad 1GHz ne potrebujejo negativne prednapetosti v izklopljenem stanju, čeprav pritismo nanje deset in več V visokofrekvenčne napetosti.

V preklopniku na sliki 6. so uporabljene štiri PIN diode. Anteno preklapljata srednji dve diodi, ostali dve PIN diodi kratkostičita nepovezana vrata preklopnika in s tem izboljšata izolacijo ter zamnjšata vstavitevno slabljenje zaradi parazitne kapacitivnosti diod. Enosmerne napetosti za preklapljanje se privedejo na diode preko četrtvalnih dusilk L55, L56, L57, L58 in L59, diode 1N4148 pa dodajo padec napetosti in s tem pospešijo preklon. Za krmiljenje preklopnika zadoščajo napajalne napetosti +12VRX in +12VTX.

3.6. VOX, preklon napajanja, 144MHz predojačevalec in atenuator

Vezje na sliki 7. združuje vse funkcije za avtomatski preklon transverterja s sprejema na oddajo: kvaliteten VF VOX, tranzistorski preklonnik napajanja, breme za oddajnik bazne dvometerske postaje, atenuator, predojačevalec in zaščito za izhod sprejemnega konverterja.

Večji del moči oddajnika bazne postaje se potroši na bremenu, sestavljenem iz 270ohm 1/2W uporov. Del signala oddajnika gre preko atenuatorja na oddajni mixer. Atenuator je dimenzioniran tako, da transverter izkrmili ze 0.5 do 1W moči na 144MHz, največja dopustna moč

*** 7 ***

za breme pa je 3W.

Del signala oddajnika bazne postaje usmeri dioda OA95, dobljena enosmerna napetost vključi T16 BC237. Ta hitro izprazni kondenzator 4.7uF skozi upor 1kohm, da je zakasnitev pri prehodu s sprejema na oddajo čim krajša. Napetost na kolektorju T16 nadzira ojačevalnik s CMOS vezjem 4049, ki potem krmili PNP preklopne tranzistorje T17 BC213 za +12VRX in T18 TIP32 za +12VTX. Ojačevalnik s 4049 ima vgrajeno histerezo, da je prehod na oddajo bolj zanesljiv. Ker je transverter predviden za SSB delovanje, je prehod nazaj na sprejem zakasnen: kondenzator 4.7uF se v odsotnosti krmilnega VF signala počasi polni preko upora 150kohm.

Predojačevalec za 144MHz je izveden z JFETom BF245C v enostavni vezavi z ozemljenimi vrati. Njegova glavna naloga je kompenzirati slabljenje, ki ga potem vnese vezje za zaščito sprejemnega konverterja in breme za oddajnik bazne postaje. Ker logika transverterja ne more v naprej vedeti, kdaj bomo preklopili bazno postajo na oddajo, mora zaščitno vezje za sprejemni konverter z diodama BA243 zdržati polno moč oddajnika bazne postaje. Po prehodu transverterja na oddajo poveča slabljenje zaščitnega vezja enosmerna prednapetost na diodah.

4. Gradnja transverterja

Transverter je zgrajen na šestih tiskanih ploščicah. Modula "Generator 576MHz, kristalni oscilator in množilne stopnje" in "VOX, preklop napajanja, 144MHz predojačevalec in atenuator" sta zgrajena v običajni tehniki na enostranskem tiskanem vezju. Kondenzator, označen z * na sliki 2., ni vgrajen, za sklop zadoščajo parazitne kapacitivnosti in induktivnosti.

Ostali štirje moduli so zgrajeni v mikrostrip tehniki: jedkamo samo vrhnjo stran tiskanega vezja, spodnje strani ne jedkamo, ker služi kot masa za celotno vezje.

Pravilna montaža elementov je prikazana na sliki 9. Tranzistorje v plastičnem "T" ohišju montiramo v izvrtine premera 6mm, izhodni oddajni tranzistor pa v izvrtino premera 10mm. Pri tem je treba paziti, da so povezave emitorjev na maso čim krajše. Kondenzatorji so vsi keramični diski, premera 5mm ali manj, montiramo jih s čim krajšimi izvodi. Trimer v izhodni stopnji oddajnika 1 do 5pF je keramični cevaste

izvedbe, trimer proti masi pa le košček bakrene pločevine.

V transverterju so uporabljeni četrtvalni rezonatorji, ustrezajoče linije morajo biti na "hladnem" koncu pravilno ozemljene, to je povezane z nejedkano drugo stranjo tiskanega vezja. Te povezave izvedemo s koščki bakrene žice premera 1mm, ki jih vstavimo v izvrtine premera 1.5mm na označenih mestih in jih priclinimo na obeh straneh. Boljša rešitev bi bila vsekakor metalizacija izvrtin.

5. Uглаševanje transverterja

Uглаševanje transverterja začnemo z uглаševanjem generatorja 576MHz. Kristalni oscilator mora takoj nihati na 32MHz, trimer v seriji s kristalom služi le za točno nastavitve frekvence. Množilne stopnje uglasujemo zaporedoma: najprej uglasimo nihajna kroga na 96MHz, potem nihajna kroga na 288MHz in nazadnje nihajna kroga na 576MHz. Nihajne kroge uglasujemo na maksimalni signal. Priporočljivo je vsakokrat prekontrolirati s frekvencometrom, ali smo na pravi frekvenci. Če ni možno doseči navedene izhodne moči (20mW) na 576MHz, poskusite zamenjati T3 z BFR34A.

Pri uглаševanju množilnih in mešalnih stopenj izkoristimo dejstvo, da spoji B-E v tranzistorjih usmerjajo prisotno VF napetost. Merjenje VF napetosti se zato prevede v merjenje enosmerne napetosti na bazi tranzistorja: brez signala je ta okoli +0.7V, ko dovedemo VF signal pa se napetost zniža in lahko postane tudi negativna. Za dobro delovanje množilnih stopenj je običajno treba -1.0V na bazi, za mešalne stopnje pa je dovolj 0.0V.

Za uглаševanje sprejemnega konverterja potrebujemo še šumni generator in sprejemnik z občutljivim S-metrom. Najprej nastavimo z raztegovanjem L24 na največji šum. Rezonatorji L8, L11, L12, L15, L16, L19 in L20 so že nastavljeni v bližino prave frekvence in potrebujejo le fino nastavitve. S približevanjem dielektrične palčke lahko ugotovimo, ali je rezonančna frekvenca prenizka ali previsoka. Predolge rezonatorje skrajšamo z ostrim nožičkom, na prekratke pa priclinimo košček žice ali bakrene pločevine. POZOR! REZONATORJE JE TREBA UGLAŠEVATI POUČASI, NIKOLI NE SMETE ODREZATI ALI DODATI VEČ KOT 1mm NAENKRAT! L19 in L20 uglasimo na maksimalni signal na 1152MHz na bazi T6. Potem priključimo na vhod šumni generator in nastavimo L11, L12, L15 in L16 na največje možno ojačenje. L8 je treba nastaviti za najboljše šumno število

konverterja, na srečo ta optimum skoraj sovpada z maksimalnim ojačenjem pri bipolarnih tranzistorjih. Po spajkanju na rezonatorjih počakajte, da se vitroplast ohladi, preden začnete z meritvami!

Na podoben način uglasimo tudi oddajni mixer in filter, samo da je treba tu tudi paziti, da selektivnega ojačevalca (L34, L35, L38, L39 in L42) ne uglasimo na 1152MHz. Če ne razpolagate s frekvencometrom za te frekvence, si lahko pomagata z Leherovim vodom. Kot vir signala na 144MHz lahko zaenkrat uporabimo grid-dip-meter, na izhod pa priključimo VF sondo.

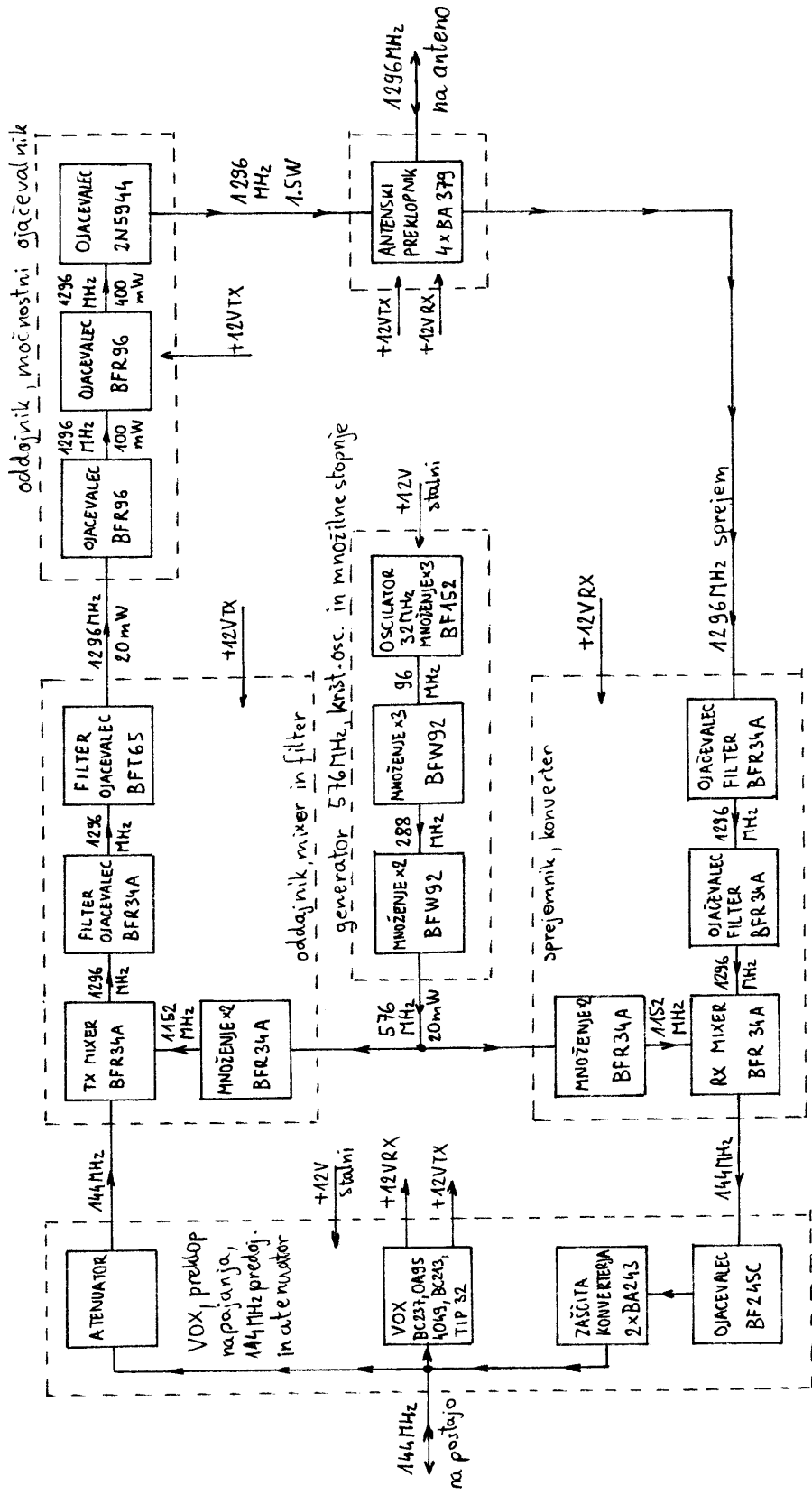
Ko je uglasjevanje oddajnega mixerja in filtra zaključeno, lahko priključimo močnostni ojačevalnik. Tudi tu uglasimo vse na maksimalni izhod. Antenski preklopnik s PIN diodami ne potrebuje uglasjevanja, edini trimmer v predojačevalcu za 144MHz pa nastavimo za maksimalno ojačenje.

Dodaten problem se lahko pojavi, ko vgradimo transverter v kovinsko škatlo. Vsaka dobro zaprta kovinska škatla se lahko obnaša kot rezonator: če pade rezonančna frekvenca blizu željenega področja 1296MHz, bo transverter samoosciliral. Ta problem lahko rešimo tako, da v škatli namestimo absorber. Primerna je črna plastična pena, ki se uporablja za pakiranje in zaščito MOS integriranih vezij. Položaj in količino pene pa je treba eksperimentalno določiti.

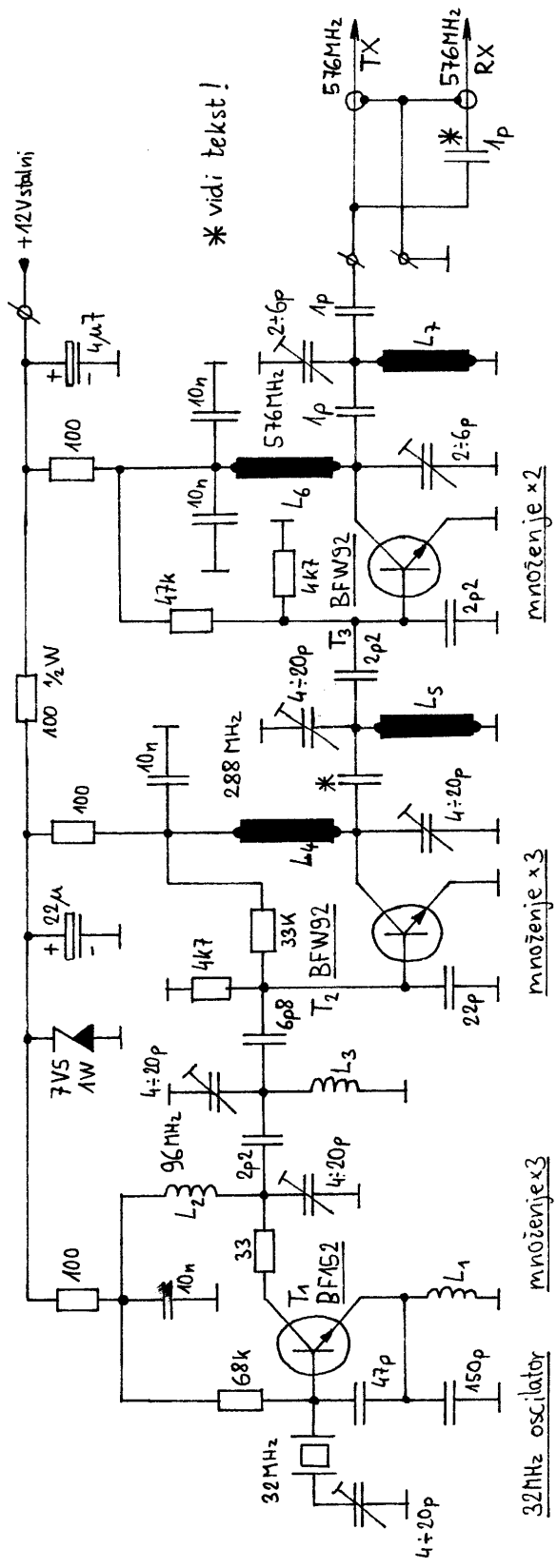
6. Zaključek

Praktični poskusi (v tekmovanjih) so potrdili dobre lastnosti opisanega transverterja: sprejemnik se je izkazal vsaj enako občutljiv kot tovarniški konverterji, predvsem pa neobčutljiv na signale izven amaterskega področja. Kljub skromni anteni (helix s 7 ovoji) je najboljši QRB zaenkrat 537km s podobno opremljeno amatersko postajo. V enaki tehniki sem zgradil tudi poskusni transverter za 13cm področje (2.4GHz), zaenkrat z 200mw izhodne moči. Tudi ta se je zaenkrat dobro izkazal, vzpostavil sem tudi nekaj zanimivih zvez (SSB), vendar s poskusi še nisem zaključil. Na 13cm področju so vsi tehnični problemi dosti težji in gradnja je za radioamaterja veliko bolj zahtevna.

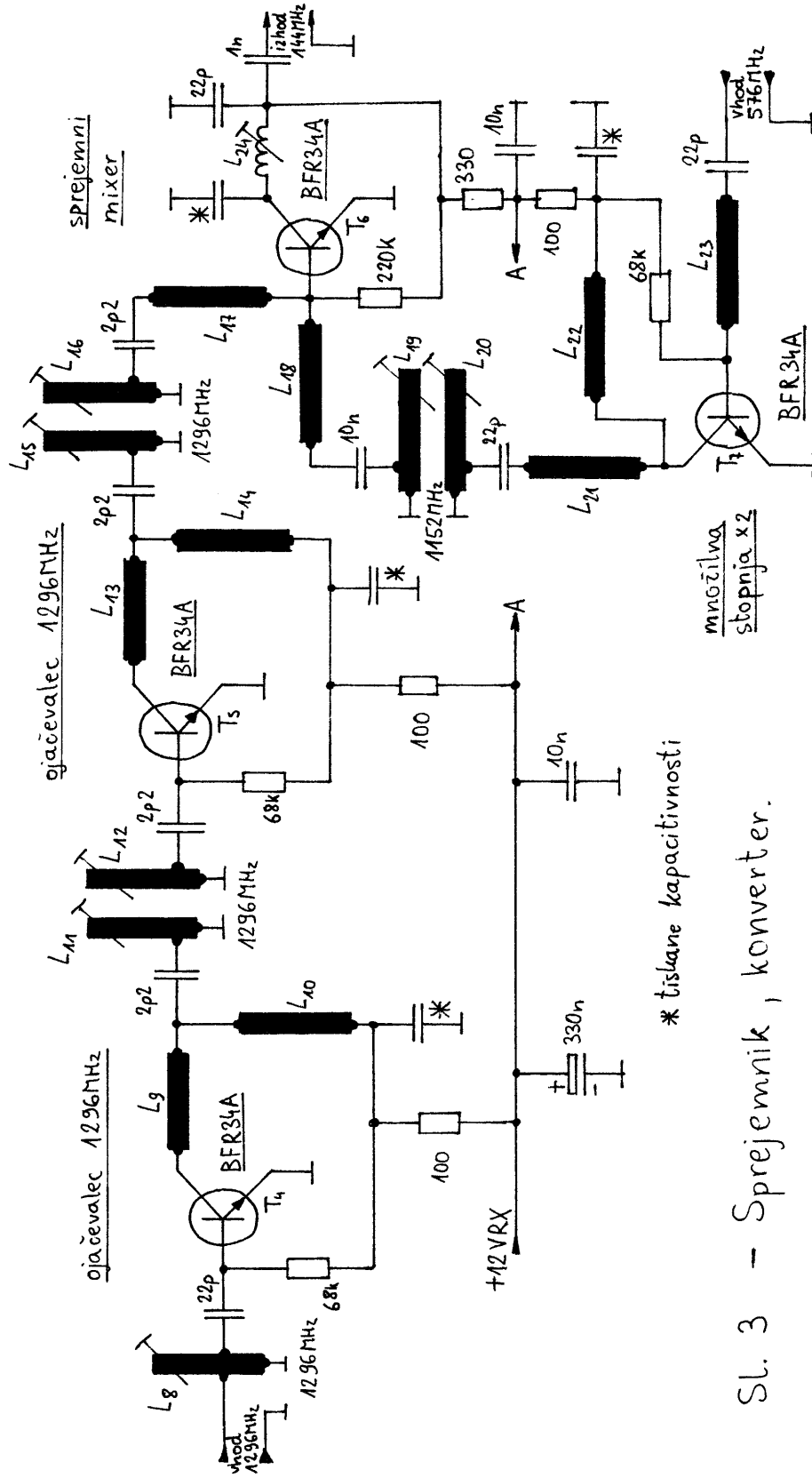
7. Priloga: 22 slik.



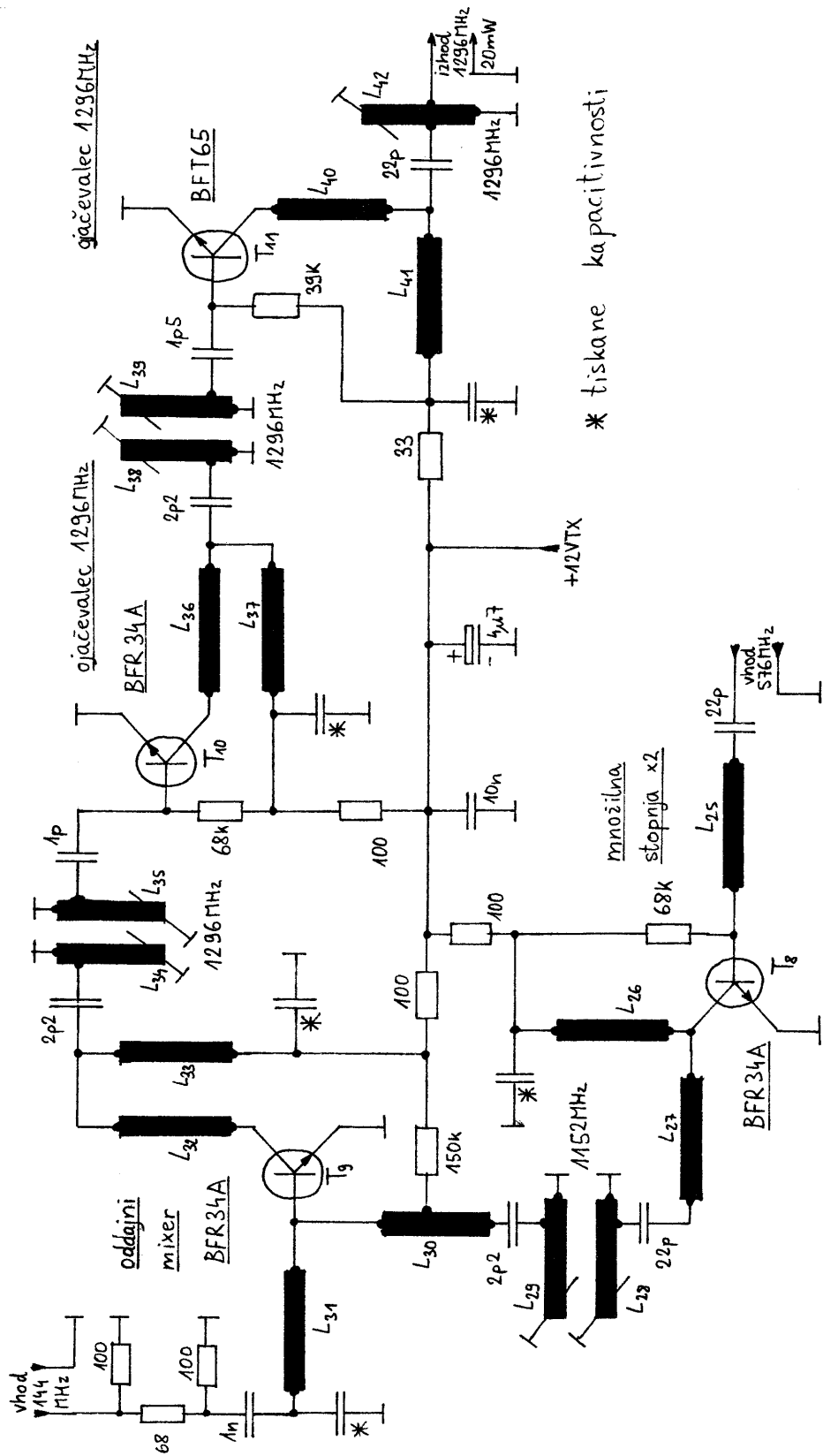
Sl. 1 - Blok shema transverterja za 1296 MHz.



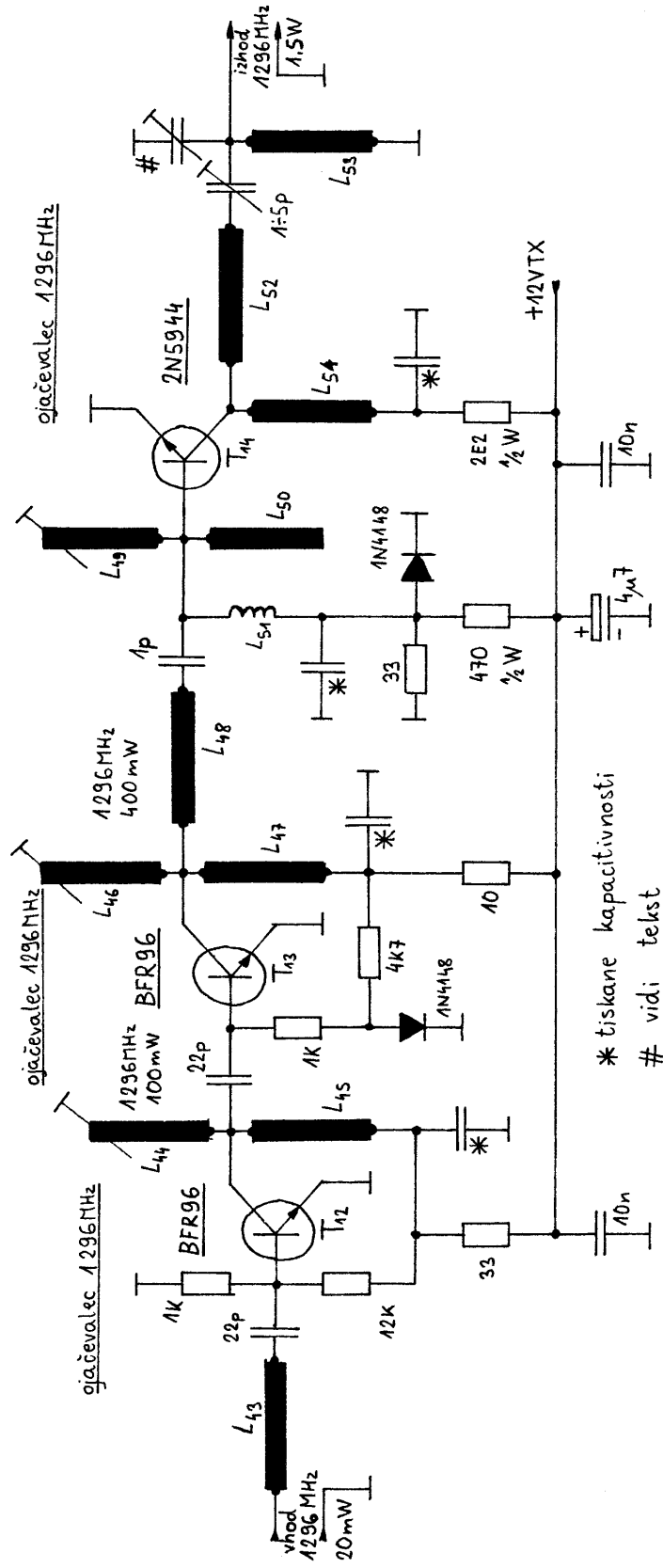
Sl. 2 - Generator 576 MHz, kristalni oscilator in množilne stopnje.



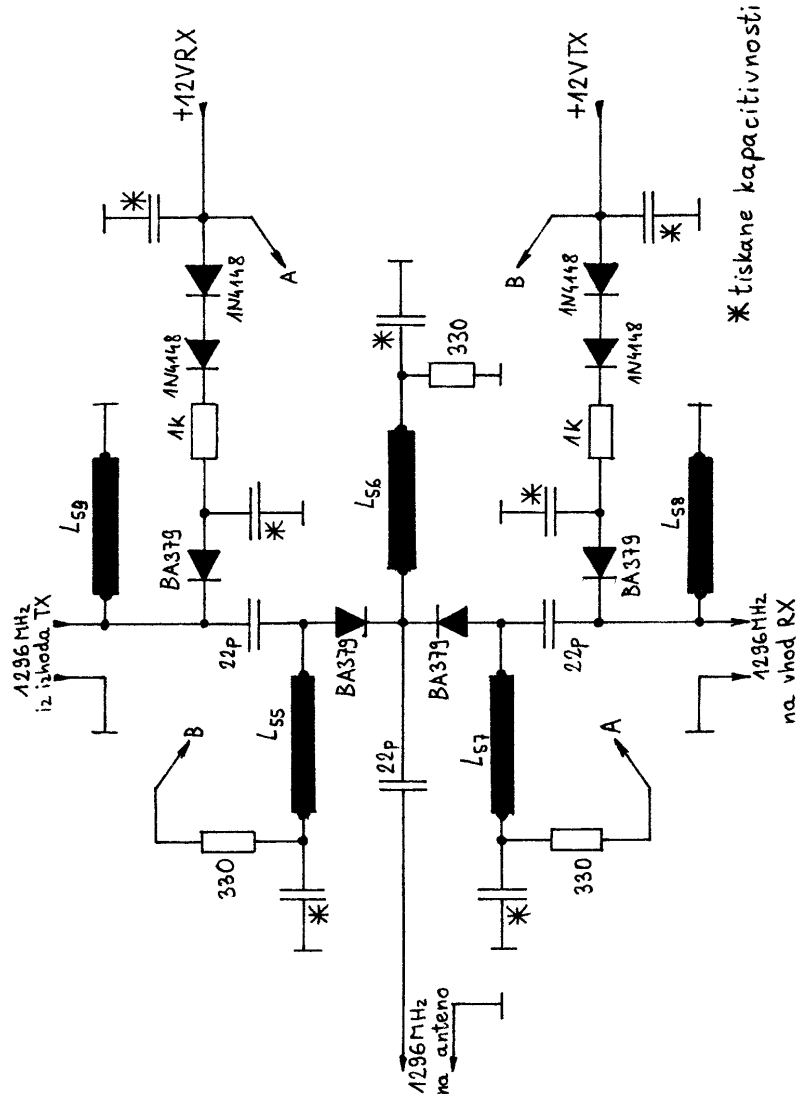
Sl. 3 - Sprejemnik, konverter.



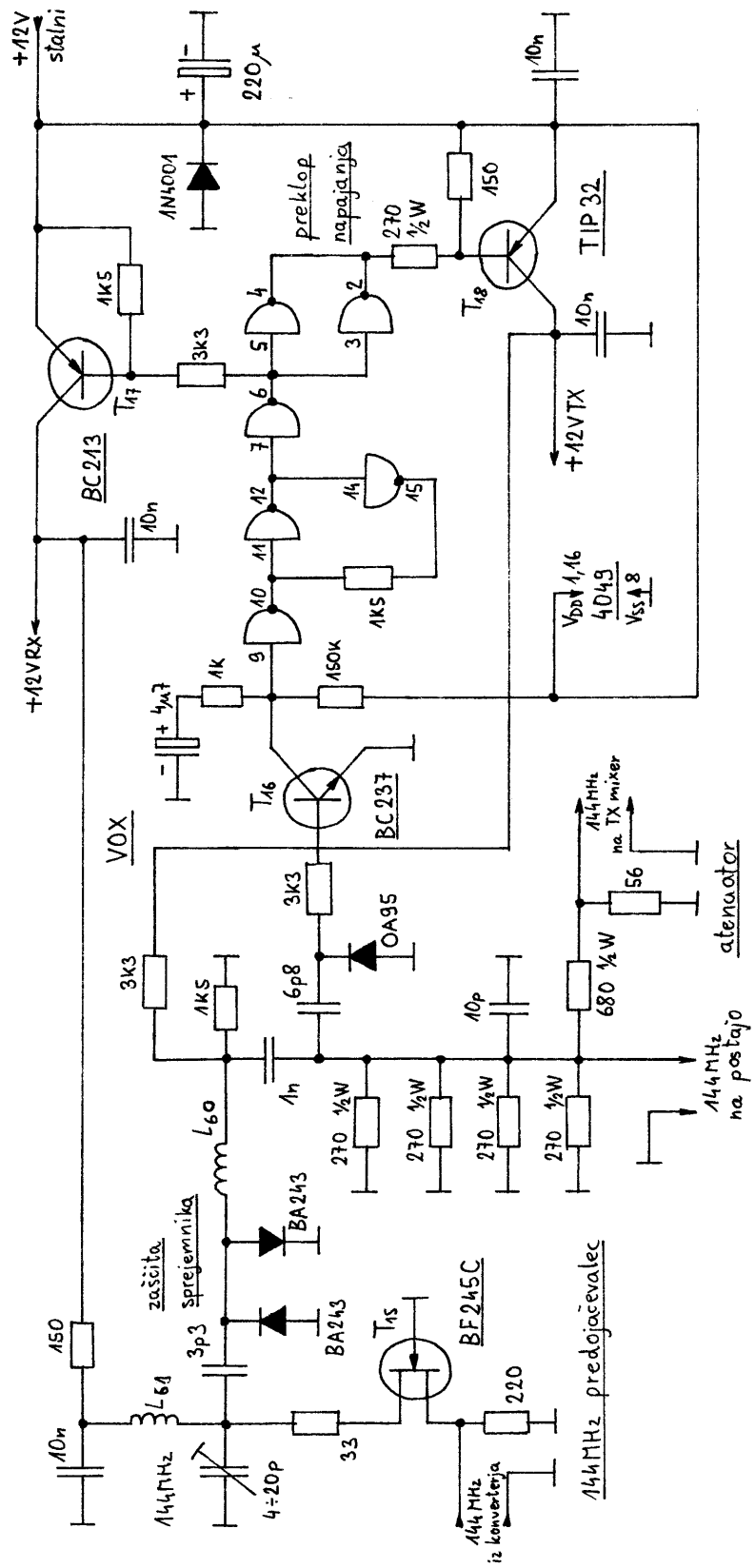
Sl. 4 - Oddajnik, mixer in filter.



Sl. 5 - Oddajnik , močostni ojačevalnik.



SL. 6 - Antenski preklopnik s PIN diodami.



Sl. 7 - VOX, preklon napajanja, 144 MHz predajočevalac in atenuator.

Tuljave - samonoseče

žica 0.7 mm ϕ CuL

L_1	10 ovojev	}	notranji ϕ je 5mm, navito ovoj do ovoja
L_2	6 ovojev		
L_3	6 ovojev		
L_{24}	7 ovojev		
L_{51}	8 ovojev	}	notranji ϕ je 3mm, dolžina 12mm
L_{60}	6 ovojev		}
L_{61}	4 ovoji		

Mikrostrip linije na 1.6 mm debelem vitoplastu

L_4, L_5, L_6, L_7 - tiskane tuljave

$L_{23}, L_{25}, L_{43}, L_{49}, L_{50}$ - tiskane kapacitivnosti

L_{52} - $Z_0 = 30\Omega$

$L_8, L_{17}, L_{18}, L_{19}, L_{20}, L_{28}, L_{29}, L_{30}, L_{42}, L_{44}, L_{46}, L_{53}$ - $Z_0 = 50\Omega$

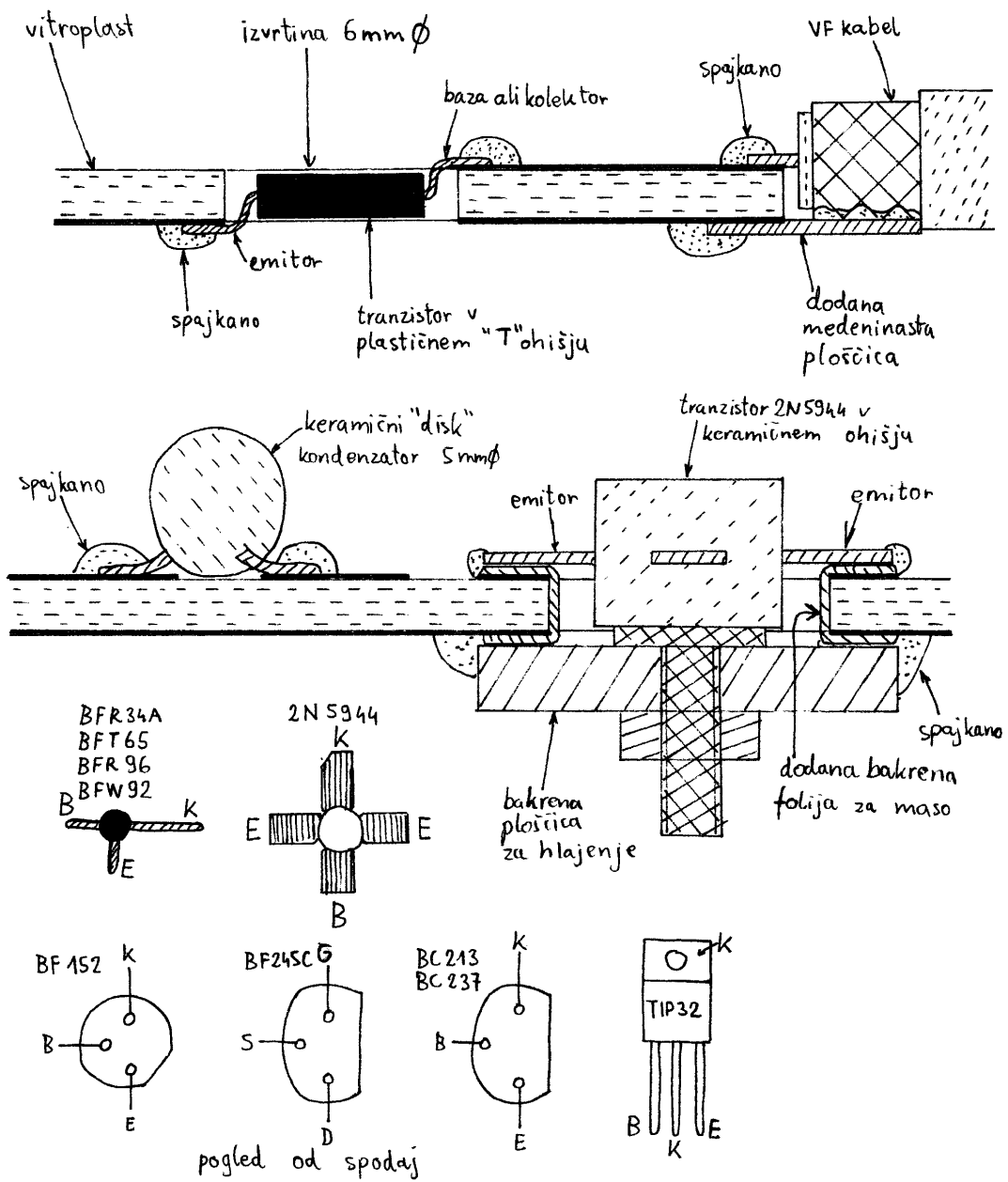
$L_{11}, L_{12}, L_{15}, L_{16}, L_{34}, L_{35}, L_{38}, L_{39}$ - $Z_0 = 60\Omega$

$L_9, L_{13}, L_{21}, L_{27}, L_{32}, L_{36}, L_{40}$ - $Z_0 = 70\Omega$

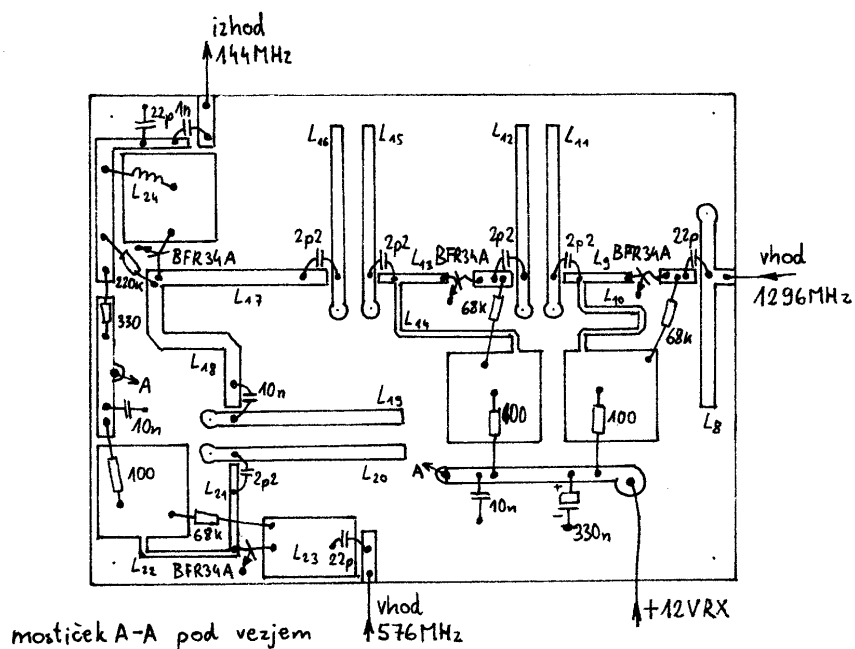
$L_{10}, L_{14}, L_{22}, L_{26}, L_{31}, L_{33}, L_{37}, L_{41}, L_{45}, L_{47}, L_{54}, L_{55}, L_{56}, L_{57}, L_{58}, L_{59}$ - $Z_0 = 100\Omega$

L_{48} - posebna oblika

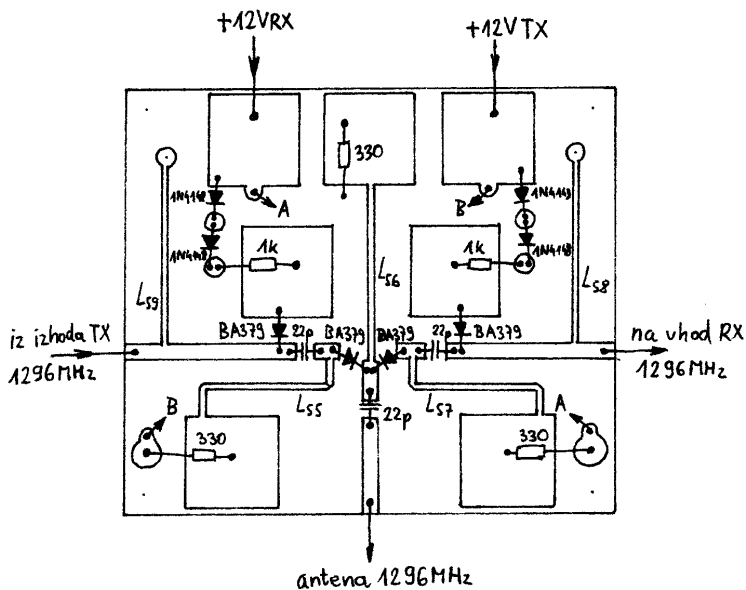
Sl. 8 - Podatki za tuljave in linije.



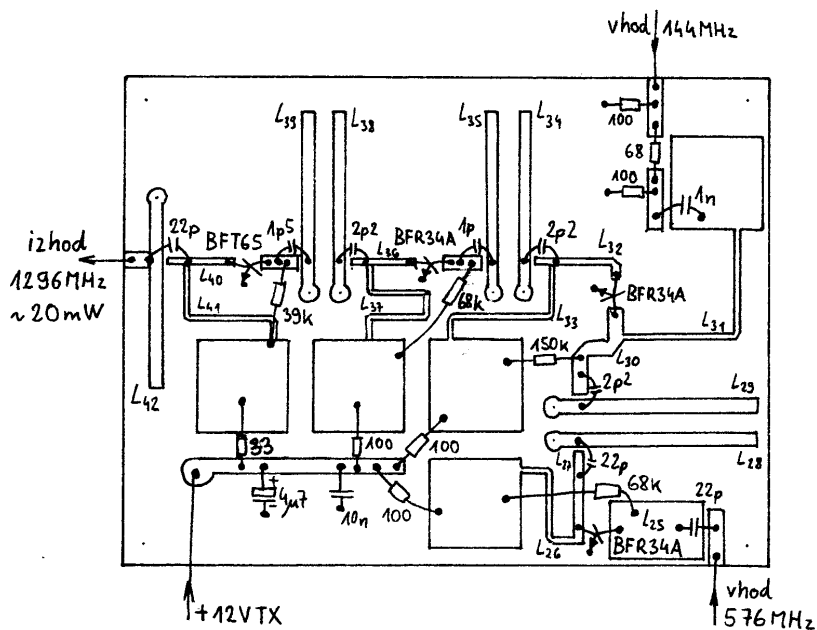
Sl. 9 - Montaža elementov.



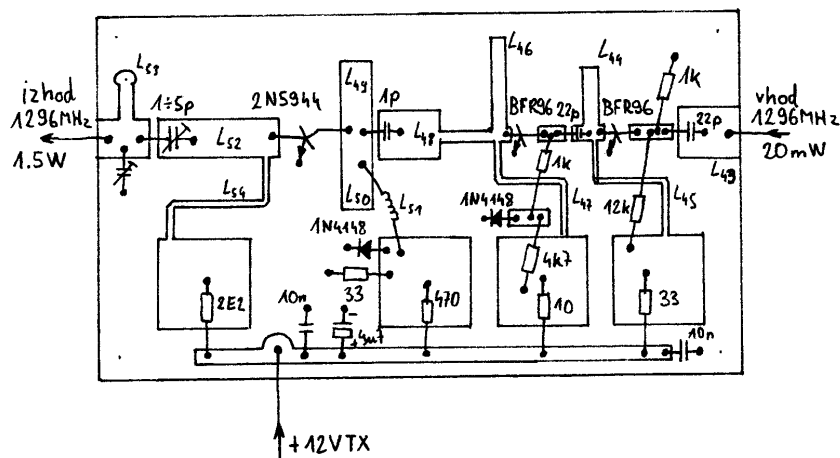
Sl. 10 - Sprejemnik, konverter.
Razporeditev elementov, pogled od zgoraj.



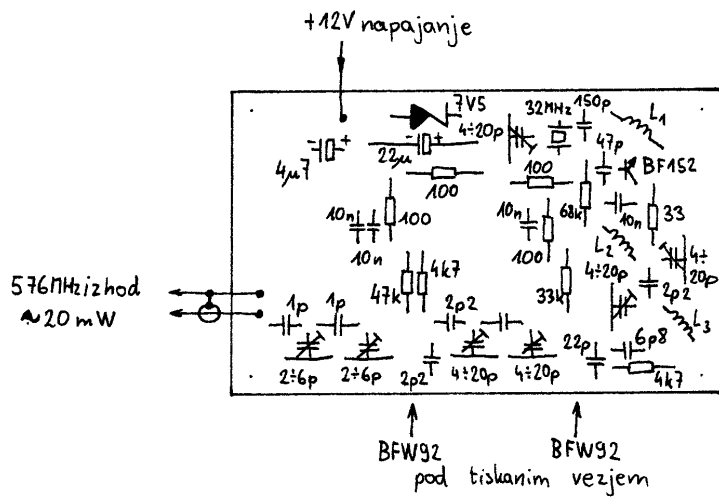
mostička A-A in B-B pod vezjem.
Sl. 11 - Antenski preklopnik s PIN diodami.
Razporeditev elementov, pogled od zgoraj.



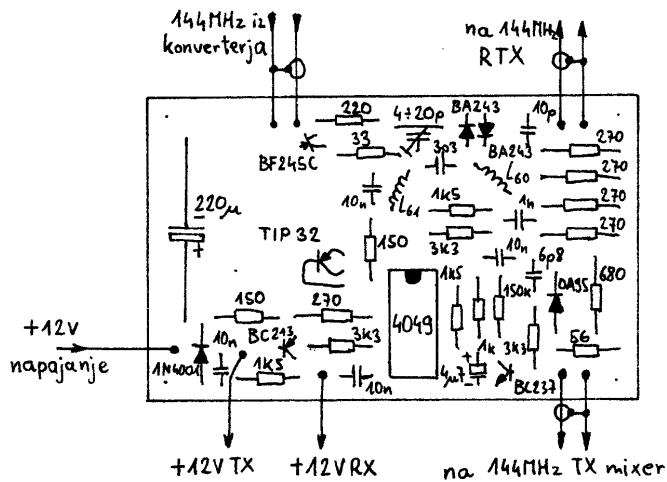
Sl. 12 - Oddajnik, mixer in filter.
Razporeditev elementov, pogled od zgoraj.



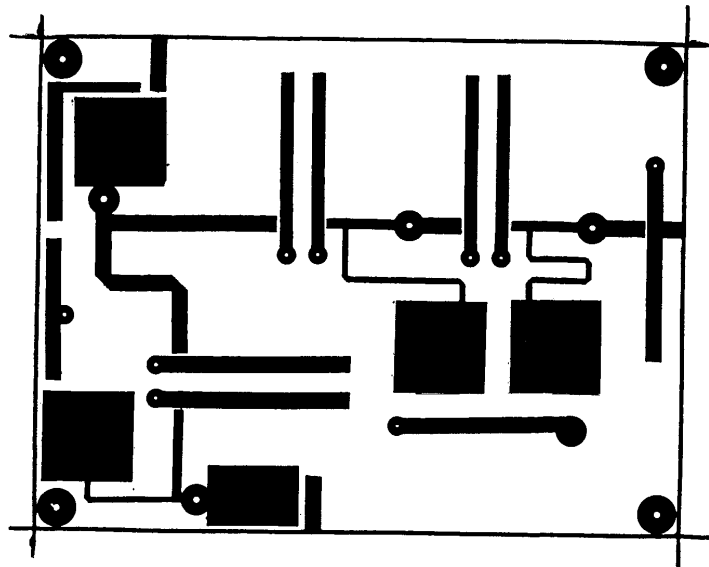
Sl. 13 - Oddajnik, močnostni ojačevalnik.
Razporeditev elementov, pogled od zgoraj.



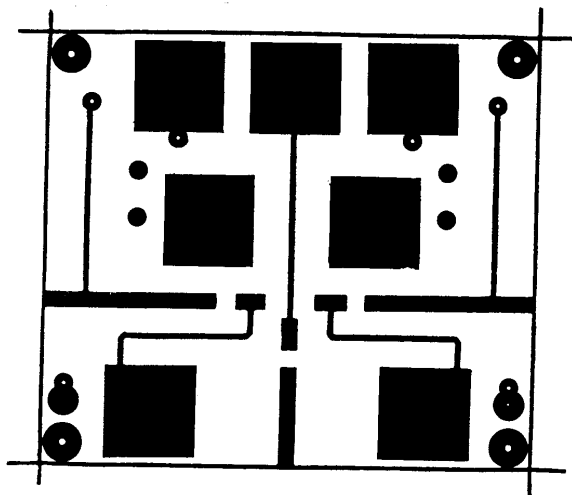
Sl. 14 - Generator 576 MHz, kristalni oscilator in množilne stopnje. Razporeditev elementov, pogled od zgoraj.



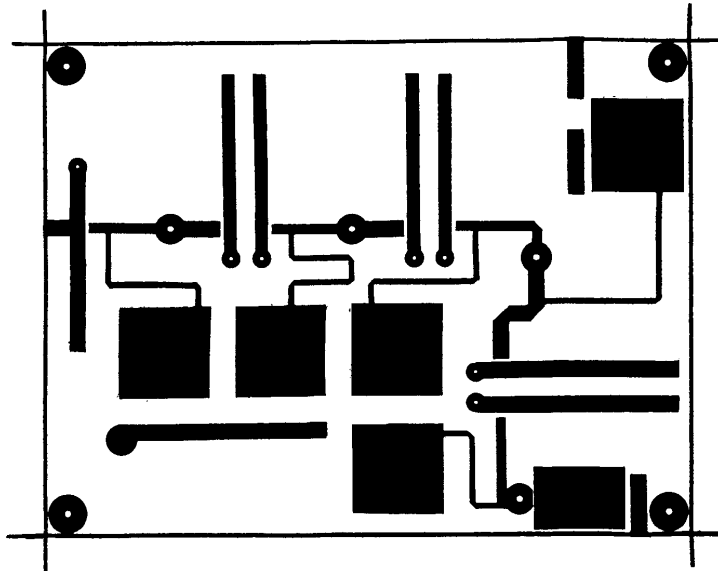
Sl. 15 - VOX, preklop napajanja in 144 MHz predajačevalec in atenuator. Razporeditev elementov, pogled od zgoraj.



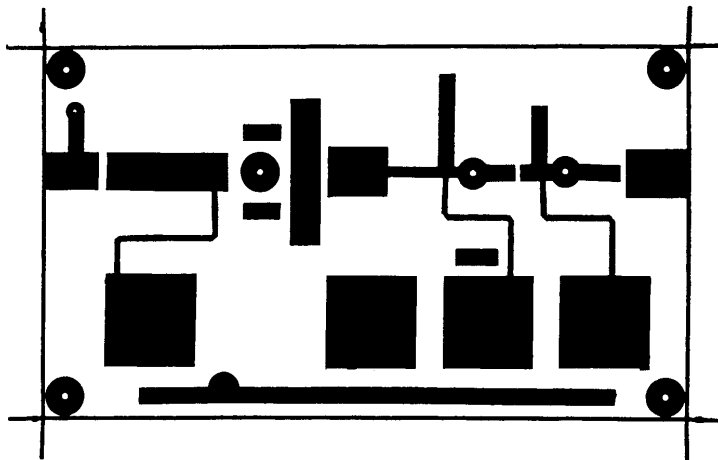
SL. 16 - Sprejemnik , konverter.
 Zgornja stran dvostranskega tiskanega vezja,
 spodnja stran ni jedkana.



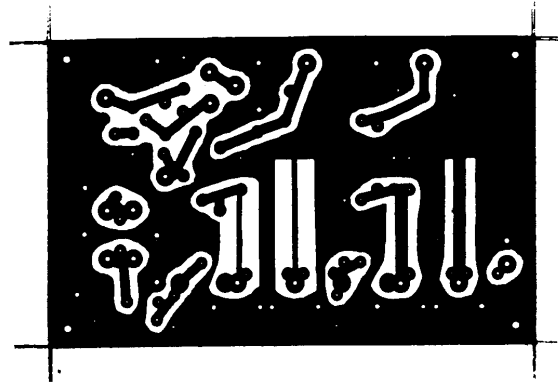
SL. 17 - Antenski preklopnik s PIN diodami.
 Zgornja stran dvostranskega tiskanega vezja,
 spodnja stran ni jedkana.



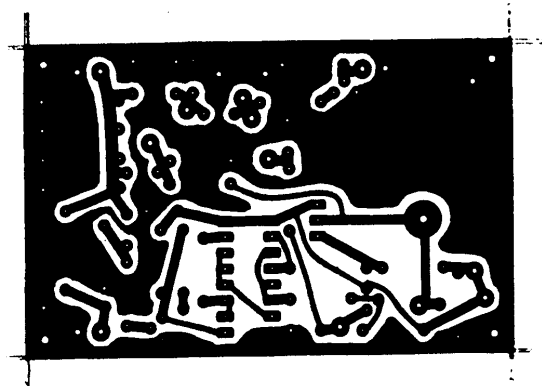
Sl. 18 - Oddajnik , mixer in filter.
 Zgornja stran dvostranskega tiskanega vezja,
 spodnja stran ni jedkana,



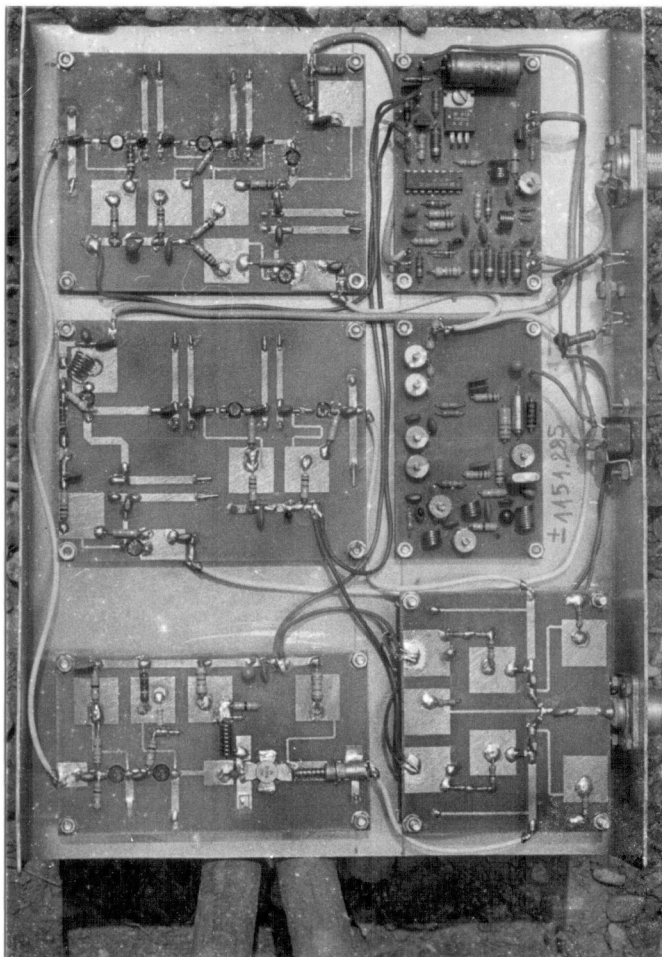
Sl. 19 - Oddajnik , močnostni ojačevalnik.
 Zgornja stran tiskanega vezja , spodnja stran
 ni jedkana.



Sl. 20 - Generator 576 MHz, kristalni oscilator in množilne stopnje. Enostransko tiskano vezje, spodnja stran.



Sl. 21 - VOX, preklon napajanja in 144MHz predojačevalec in atenuator. Enostransko tiskano vezje, spodnja stran.



SL. 22 - Fotografija transverterja za 23cm.

EKSPERIMENTI NA 13 CM

Amatersko področje 13cm (2.4GHz) se razmeroma malo uporablja v primerjavi z drugimi mikrovalovnimi amaterskimi področji, še posebno 23cm (1.3GHz) in 3cm (10GHz). Za 23cm se daje nabaviti komercialni transverterji več različnih proizvajalcev pa tudi samogradnja ni nedostopna povprečnemu UHF amaterju. Na 3cm se v glavnem uporablja širokopasovna frekvenčna modulacija in majhne moči: gradnja ali nabava enostavnih "doppler-modulov" je tudi v dosegu večine amaterjev. Na 13cm se v glavnem uporablja podobna tehnika kot na 23cm: ozkopasovni načini modulacije, običajno SSB, in linearni transverterji. Gradnja transverterja za 13cm pa je dosti bolj zahtevna od gradnje transverterja za 23cm: za vse amaterjem običajno dostopne cenene materiale (VF tranzistorje v plastičnem "T" ohišju, vitroplast laminat za mikrostrip linije, kondenzatorji, trimerji in upori običajnih dimenzij za VF tehniko) je 2.4GHz mejna frekvenca uporabe. S takimi elementi je težko doseči ponovljive rezultate, uglasovanje transverterja pa zahteva veliko potrpljenja in znanja iz mikrovalovne tehnike. Zato je transverterje za 13cm tudi težko najti na tržišču in amaterska aktivnost je na tem področju majhna.

Kljub vsem tem oviram pa je v sosednji Italiji aktivnih že več kot 10 amaterjev na 13cm področju. V glavnem uporabljajo linearne transverterje, ki jih je zgradil I2SG, strokovnjak za mikrovalovno tehniko. Transverterji pretvorijo 144MHz signal bazne postaje na 2304MHz, izhodna moč znaša okoli 500mW in šumno število sprejemnega konverterja okoli 3.5dB. Naši sosedje običajno uporabljajo parabolične antene premera 1m z horizontalno linearno polarizacijo (približno 24dBi).

Letos spomladi sem zgradil transverter v mikrostrip tehniki za 23cm (načrt bo objavljen v časopisu Radio-amater). Dobri rezultati, ki sem jih dosegel s tem transverterjem so me navdušili, da sem poskusil isto tehniko tudi na 13cm. Pri gradnji sem naletel na precej težav (glej priloženo blok-shemo), saj transverter za 13cm niti zdaleč ni enostavna preslikava 23cm verzije na višjo frekvenco: ojačenje razpoložljivih polprevodnikov je majhno, izgube

*** 2 ***

v laminatu FR4 so velike in pojavile so se tudi parazitne rezonance škatle transverterja!!!

Prve poskuse s transverterjem "v živo" sem opravil 11.08.1983. Korespondenta na 13cm IW4AHX mi je pomagal poiskati Stane 3ES. Sprva sem se zelo bal, da bo korespondent predaleč za mojih 200mW (BFR96) na oddaji, 7dB NF na sprejemu in heliks anteno z 25 ovoji (približno 17dBci). IW4AXH/6 je delal z lokatorja GD13a, to pa je več kot 250km od Nove Gorice. Zato sem se odločil, da bom poskusil s Svete Gore (GF09a, 682m a.s.l., 5km od Nove Gorice). V našem klubu (YU3DKS na KV, YU3UBC in YU3DAN na UKV) so moji poskusi vzbudili precej zanimanja, zato smo se na Sveto Goro odpravili z avtom kar v štirih: Valter 3HBW, Dolfe 3UOX in Robi op. B klase. Korespondente smo najprej poklicali na 144.390MHz: to je občajno "telefonska" frekvenca za mikrovalovne poizkuse. Moj strah je bil odveč, saj je zveza na 13cm uspela na prvi poizkus: nazaj nismo dobili odgovora samo od IW4AHX/6 ampak hkrati tudi od I3ZVN/3 in I2SG/IV3, vsi so hoteli imeti prvo zvezo z YU postajo na tem področju!!! Na 144MHz smo se z IW4AHX/6 slabo slišali s 15W, na 13cm pa mi je za mojih 200mW poslal raport 59+20dB.

Zveze s Svete Gore GF09a 11.08.1983

Postaja	Raporti		Lokator	QRB
IW4AHX/6	59	59+20	GD13a	254.4 km
I2SG/IV3	59	59+40	GF06e	47.3 km
I3ZVN/3	59	59	FF17a	186.1 km

14.08.1983 sva se z Dolfetom 3UOX odpravila na Krn GG59f (2245m a.s.l.), da bi preizkusila transverterje v kontestu. Žal sva zaradi tiskovne napake zamudila italijanski UHF-SHF kontest za natančno 24 ur in sva se morala zadovoljiti z nekaj zvezami.

Zveze s Krna GG59f 14. in 15.08.1983

Postaja	Raporti		Lokator	QRB
I2SG/IV3	59	59	GG68j	13.8 km

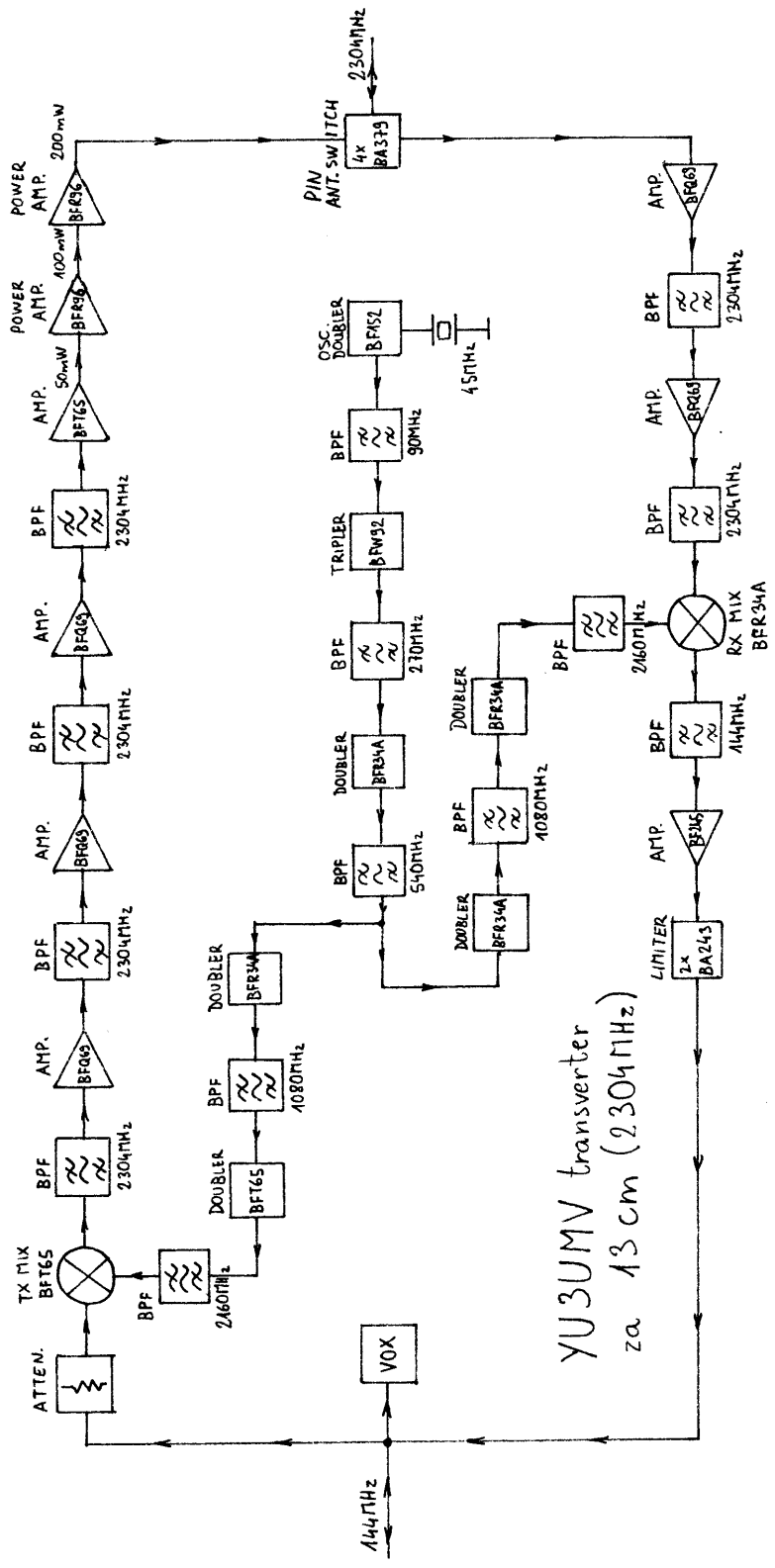
*** 3 ***

I3ZVN	55	53	FF27b	185.1 km
I4JED/4	59	59	FE47c	270.0 km
I2SG/IV3	55	55	GF06e	58.6 km

Najbolj zanimiva je vsekakor zveza preko refleksije z I3ZVN, ki je delal od doma, obkrožen z hribi. Najmočnejši signal je dobil takrat, ko je obrnil svojo parabolo skoraj za 120 stopinj glede na mojo smer! Ta rezultat tudi pove, da možnosti mikrovalovnih področij še zdaleč niso povsem izkoriščene, zveze so možne tudi v "nemogočih" okoliščinah in s smešno majhnimi močmi.

Na 13cm žal še vedno ni urejen band-plan na mednarodni ravni. V večini držav uporabljajo amaterji področje okoli 2304MHz. V Nemčiji in še nekaterih drugih zahodnoevropskih državah so bili amaterji prisiljeni se preseliti višje, okoli 2320MHz. Trenutno je pri nas predlagano področje samo 2400-2450MHz, s čimer pa se jugoslovanski radioamaterji v nobenem primeru ne moremo strinjati, saj je to področje tudi mednarodno dodeljeno za amatersko satelitsko službo. V področju 2400-2450MHz zato ne bomo našli korespondentov. Razen tega je tudi področje okoli 2304MHz trenutno neizkoriščeno: tudi iz odlične lokacije, kot je to Krn (2245m a.s.l.!) so edini sprejeti signali bili amaterskega izvora razen termičnega šuma!

Matjaž 3UMV



YU3UMV transverter
 za 13 cm (2.304 MHz)