

RTV KLUB MURSKA SOBOTA

DIGITALNI MOSTOVI

"HITRI PACKET RADIO"

Murska Sobota, september 2000

FM sprejemnik/oddajnik za VHF in UHF

Matjaž Vidmar, YT3MV

1. Uvod

Kljub nasičenemu tržišču tovarniških amaterskih postaj je izdelava sprejemnika/oddajnika še vedno zanimiva za mnoge amaterje. Tovarniške postaje so razmeroma poceni, predvsem izdelki velikoserijske proizvodnje, kot so to VHF in UHF ročne amaterske postaje. Samogradnja zato prav gotovo ni zanimiva iz čisto ekonomskih razlogov: kdor takoj potrebuje ročno FM postajo minimalnih dimenzij, si tak izdelek kupi prav tako kot vsi kupujemo druge izdelke široke potrošnje, saj nihče ne bo sestavljal televizorja ali avtomobila iz rezervnih delov!

Domača izdelava radijske postaje postane zanimiva takrat, ko že v naprej zahtevamo drugačne karakteristike izdelkov od tega, kar nam nudi kopica proizvajalcev z daljnega vzhoda. Vse sodobne tovarniške radijske postaje vsebujejo razmeroma veliko število posebnih sestavnih delov, ki so bili proizvedeni samo za dani tip postaje, ki jih ne dobimo v prosti prodaji (če ravno ne kot drage rezervne dele) in za katere so nam tehnični podatki nedostopni. Vsaka predelava take postaje je zato skoraj nemogoča, če ne zaradi drugega iz strahu, da bi kaj pokvarili! Sestavni deli prenosnih sprejemnikov/oddajnikov so razen tega postali tako majhni, da z našim grobim orodjem komaj moremo do njih, kaj šele, da bi kaj predelali ali dogradili!

Samogradnja postane zanimiva tudi takrat, ko potrebujemo več kot eno radijsko postajo oziroma naši znanci amaterji gradijo podobne postaje in lahko eden drugemu pomagamo. Izdelava sprejemnika/oddajnika pa je lahko tudi zanimiva avantura v področju elektronike in radijske tehnike, ki bo v vsakem slučaju obogatila naše znanje in dokazala sebi in drugim, da smo amaterji še vedno sposobni zgraditi lastno radijsko postajo in se zato razlikujemo od ostalih uporabnikov potrošnih dobrin!

Načrtovanje radijske postaje, ki bi bila z lahkoto ponovljiva za večino amaterjev, ni enostavna reč. Proizvajalci sestavnih delov sicer nudijo množico najrazličnejših elementov, ki krijejo skoraj vse potrebe pri načr-

tovanju sprejemnikov in oddajnikov. Žal ti sestavni deli niso dostopni radioamaterjem, tudi v dobro založenih zahodnih trgovinah ne: trgovec na debelo bo zahteval minimalno naročilo 100 ali 1000 kosov medtem ko trgovec na drobno ne more držati na zalogi tako visoko specializiranih proizvodov, kot jih mi rabimo v naših postajah!

Pri načrtovanju postaj, opisanih v tem članku, sem se držal načela, da bom uporabljal izključno sestavne dele, do katerih se da razmeroma enostavno priti: se pravi elemente, ki se vgrajujejo v izdelke široke potrošnje, kot so to televizorji ali osebni računalniki ter so in bojo zato ostali dostopni na tržišču, če ne drugače, vsaj kot rezervni deli.

V tem članku bosta opisani, predvidoma v treh nadaljevanjih, dve inačici FM sprejemnika/oddajnika: za VHF (145MHz) področje in za UHF (435MHz) področje. Obe inačici pokrijeta področje okoli 15-20MHz okoli srednje frekvence, na katero smo ju uglasili. Inačici imata večino modulov skupnih, razlika je le v visokofrekvenčnem modulu. Odgovor na vprašanje zakaj dva ločena sprejemnika/oddajnika za 2m in 70cm in ne ena sama postaja za obe področji je preprost: vse kombinirane postaje za 2m in 70cm vsebujejo bodisi dva povsem ločena sprejemnika/oddajnika za obe področji, bodisi težko sprejemljive kompromisne rešitve, ki povzročajo hude motnje med 2m in 70cm deli postaje.

V sodobni amaterski postaji je skoraj obvezna uporaba mikroročunalnika predvsem zato, ker se z mikroročunalnikom da poenostaviti marsikatero nalogo. V vseh sodobnih radijskih postajah mikroročunalnik vodi frekvenčni sintetizator, ki bi sicer zahteval kopico sestavnih delov za isto nalogo, in skrbi za prikazovanje delovne frekvence in drugih važnih podatkov na zaslonu na prednji plošči postaje. V opisani postaji mikroročunalnik skrbi še za nastavljanje elektronskih potenciometrov za glasnost in skvelč: na ta način se izognemo nezanesljivim in vedno dražjim mehanskim potenciometrom!

Večina radioamaterjev pri nas in v tujini povezuje mikroročunalnike z nepotrebno kompliciranostjo radij-

skih postaj: brez debele knjige navodil za uporabo tovarniške postaje te še prižgati več ne znamo! Po mojem je to mnenje povsem zgrešeno in je posledica neznanja, predvsem pa popolnega pomanjkanja domišljije načrtovalcev postaj z daljnega vzhoda. Z uporabo mikroročunalnika se da vendarle znatno poenostaviti rokovanje z radijsko postajo, ne pa zakomplicirati! Opisana postaja je za to lep primer: vsi ukazi se posredujejo mikroročunalniku preko samo treh tipk na prednji plošči, mikroročunalnik pa nas bo sproti obveščal, kako naj tipke uporabljamo.

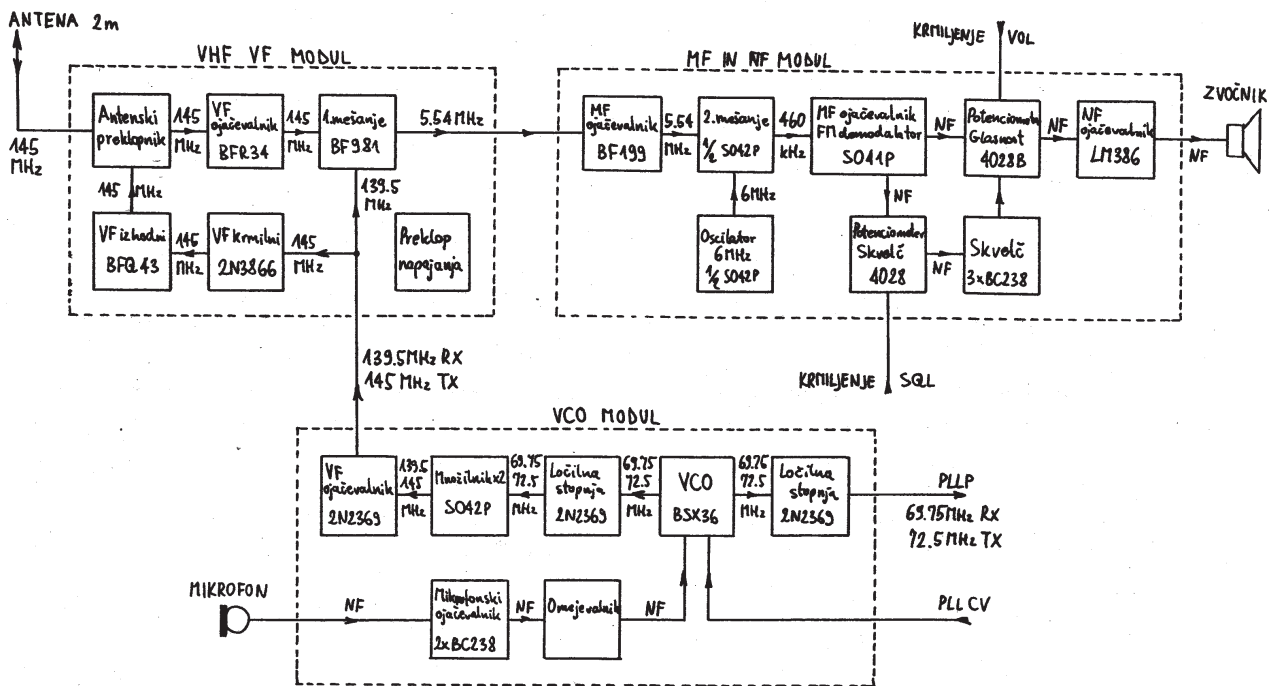
Opisane postaje so doživele v Sloveniji uspeh, ki si ga niti nisem pričakoval, ko sem jih načrtoval predvsem za lastne potrebe: v tem trenutku deluje že okoli trideset postaj za VHF in UHF, še več naših radioamaterjev pa gradi te postaje. Čeprav sem o gradnji teh postaj že napisal in objavil obširen članek v italijanski reviji "CQ-Elettronica", je slovenski opis gradnje in uglaševanja še kako potreben in to je tudi namen tega članka.

2. Blok shema

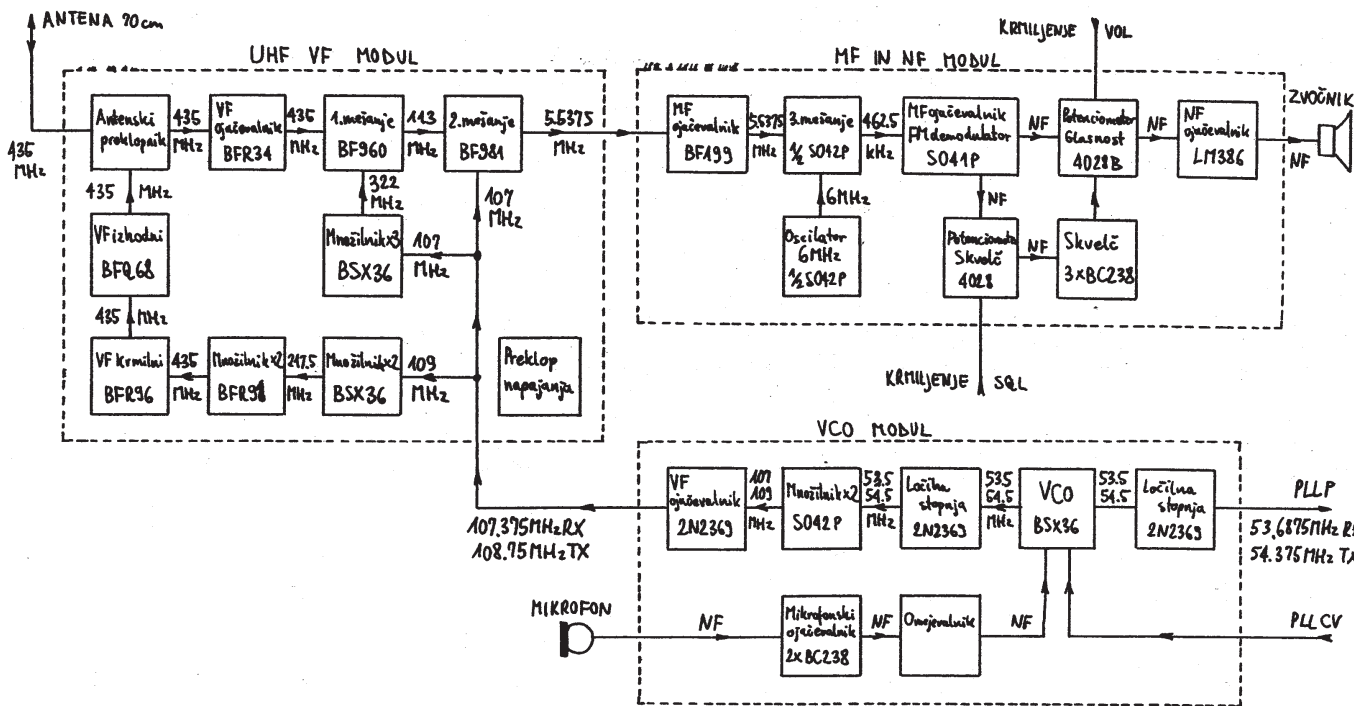
Blok shema FM sprejemnika/oddajnika je razdeljena na tri dele. Na sliki 1. je prikazana blok shema analognega dela (visokofrekvenčna in nizkofrekvenčna vezja) VHF inačice, na sliki 2. je prikazana blok shema analognega dela UHF inačice in na sliki 3. je prikazana blok shema digitalnega dela (frekvenčni sintetizator in mikroročunalnik), ki je enak za obe inačici.

VHF (2m) sprejemnik uporablja dvojno mešanje z medfrekvencama 5.54MHz in 460kHz. Sprejemnik z enojnim mešanjem bi potreboval zelo veliko ojačenje v medfrekvenci (kar vodi v težave) in drag kristalni filter. Prva medfrekvenca uporablja televizijske keramične filtre za 5.5MHz, ki so zadosti široki, da spustijo tudi 5.54MHz signal neoslabljen. Selektivnost postaje določa druga medfrekvenca s standardnimi medfrekvenčnimi transformatorji za 460kHz (455kHz).

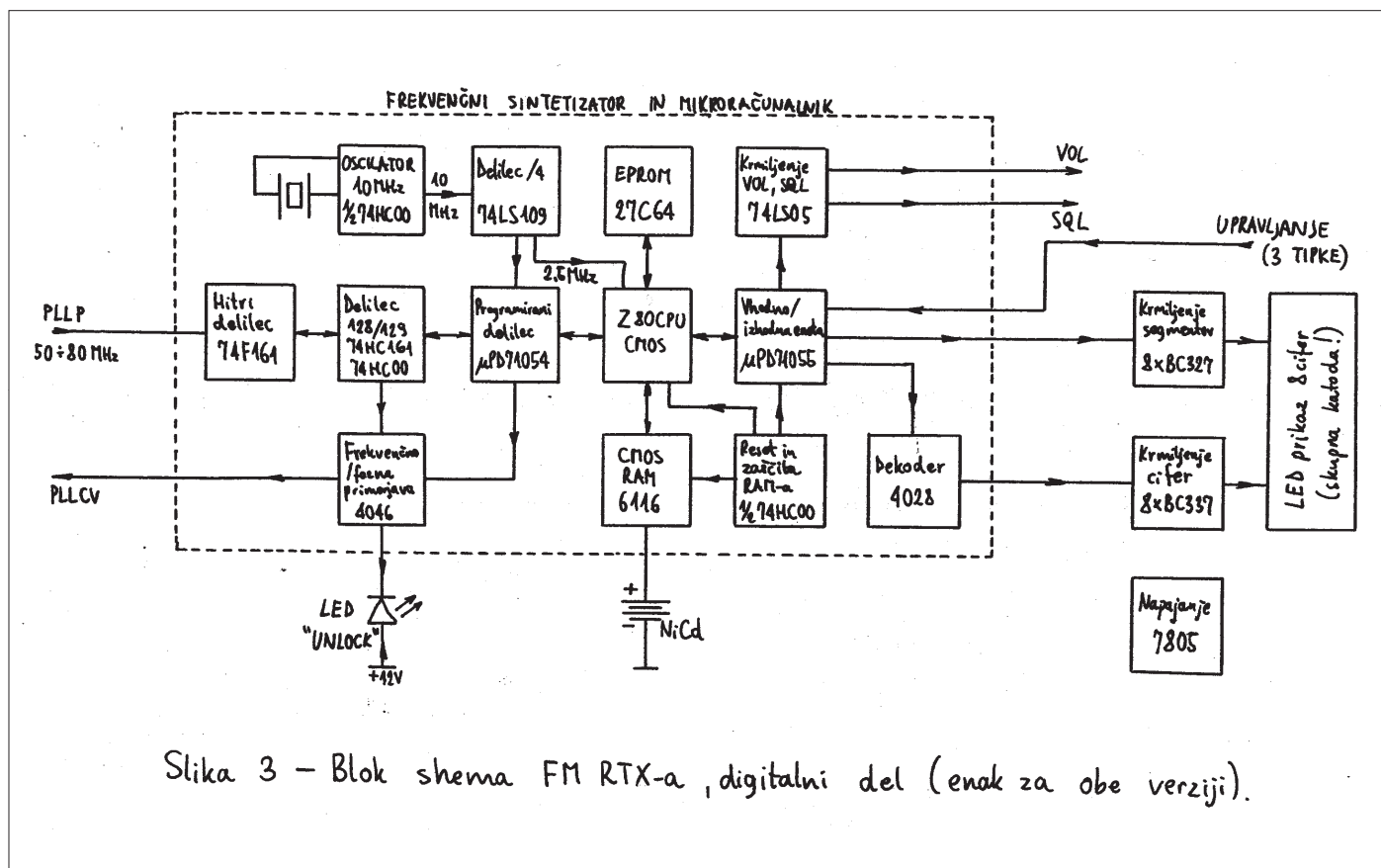
Glasnost in skvelč se nastavljata preko elektronskih potenciometrov, zgrajenih iz CMOS vezij 4028, ki



Slika 1. - Blok shema VHF FM RTX-a , analogni del.



Slika 2. - Blok shema UHF FM RTX-a , analogni del.



preklaplajo po osem fiksnih uporov. Osem stopenj omogoča zadosti fino nastavitvev glasnosti, za skvelč pa je osem stopenj še preveč. Oba potenciometra sta krmiljena naravnost z mikroročunalnikom.

Oddajnik je enostavno VCO, kateremu sledijo množilne in ojačevalne stopnje. Isti VCO se uporablja tudi kot lokalni oscilator za prvo mešanje v sprejemniku. V VHF verziji dela VCO na polovici končne frekvence v področju okoli 70 MHz in potrebuje eno množilno (podvojevalno) stopnjo. Na ta način se da v frekvenčnem sintetizatorju uporabiti cenen in dostopen delilec iz serije F hitrih TTLjev: 74F161. VCO na polovični frekvenci pa zahteva tudi manj oklapanja in manj ločilnih stopenj za izločanje škodljivih vplivov drugih delov radijske postaje, predvsem izhodne stopnje oddajnika. Prav iz tega zadnjega razloga uporablja večina tovarniških postaj, predvsem ročnih, isti koncept VCOja na polovični frekvenci.

UHF (70cm) postaja se v glavnem razlikuje v visokofrekvenčnem delu. UHF sprejemnik uporablja trojno mešanje z medfrekvenkami 113 MHz (spremenljiva), 5.5375 MHz in 462.5 kHz. Isti signal VCOja se uporablja za prvo in drugo mešanje. Na sprejemu dela VCO na približno 53.5 MHz, ki se podvojijo na 107 MHz že v

samem modulu VCOja in služijo med ostalim za drugo mešanje. Za prvo mešanje pa se 107 MHz še dodatno potroji na 322 MHz. Druga in tretja medfrekvenca uporabljata isti MF in NF modul kot v VHF sprejemniku, le da je uglasen 2.5 kHz vstran.

Na oddaji dela VCO na približno 54.5 MHz, to je eni osmini končne frekvence oddajnika. Na izhodu VCO modula dobimo 109 MHz, nakar sta potrebni še dve podvojevalni stopnji do končne frekvence 435 MHz. VCO modul UHF postaje uporablja zato isto vezje kot VCO modul VHF postaje, ki vsebuje le par sprememb: tuljave in ustrezni kondenzatorji v nihajnih krogih.

Frekvenčni sintetizator deluje podobno v obeh inačicah. Signal iz VCOja krmili najprej hitri delilec z dvojnim modulom 8/9, ta pa je naprej povezan z drugim delilcem v delilec z dvojnim modulom 128/129. Delilec z dvojnim modulom 128/129 je povezan s programiranim delilcem uPD71054 in končni rezultat vsega tega deljenja se primerja z referenčno frekvenco (2.5 kHz v VHF postaji in 1.5625 kHz v UHF postaji). Frekvenčno/fazni primerjalnik 4046 zaključuje zanko PLL frekvenčnega sintetizatorja.

Nastavljanje modulov deljenja v PLL sintetizatorju je komplicirana naloga, zato je prepuščena mikro-

računalniku. Mikroročunalnik je zasnovan na znanem mikroprocesorju Z80CPU, v postajah pa je uporabljena CMOS verzija zaradi manjše porabe. Za delovanje vsakega mikroročunalnika je nujen potreben program in ta je shranjen v EPROMu 27C64. Spremenljivke v programu, na primer delovne frekvence postaje, so seveda shranjene v CMOS RAMu 6116, ki s pomočjo male NiCd baterije obdrži svojo vsebino tudi pri ugasnjeni postaji. Čeprav je 6116 najmanjši CMOS RAM, ki se dobi na tržišču, že polovica njegove kapacitete zadošča za 256 VFOjev, z neodvisnimi sprejemnimi in oddajnimi frekvenkami!

Programirani delilec uPD71054 krmili mikroprocesor Z80CPU neposredno, vse ostale naloge pa opravlja preko vhodno/izhodne enote uPD71055: krmiljenje elektronskih potenciometrov, krmiljenje LED prikaza na prednji plošči postaje in sprejem ukazov s tipk na prednji plošči. Za napajanje mikroročunalnika skrbi 7805, ne sme pa manjkati tudi zanesljivo vezje za reset mikroročunalnika in zaščito vsebine CMOS RAMa ob vklopu/izklopu postaje.

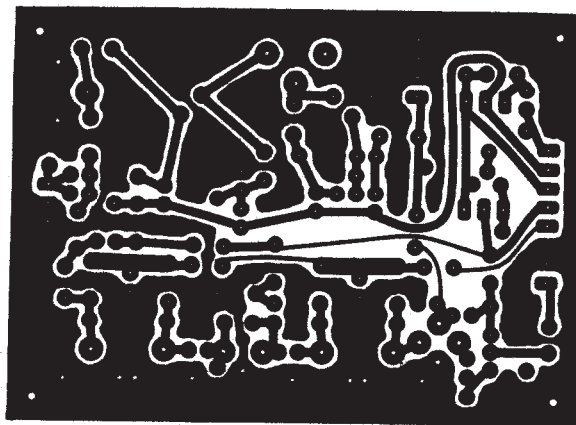
3. VHF visokofrekvenčni modul

Električni načrt VHF visokofrekvenčnega modula je prikazan na sliki 4. Modul vsebuje VF ojačevalnik in prvo mešanje sprejemnika, VF močnostni ojačevalnik oddajnika ter elektronski preklop (sprejem/oddaja) antene in napajanja.

Med anteno in prvim mešanjem sprejemnika so kar štirje nihajni krogi uglaseni z varikap diodami za dobro dušenje zrcalne frekvence in drugih motenj. Dioda 1N4148 preko BE spoja tranzistorja BFR34 ščiti isti tranzistor na oddaji pred vdorom VF energije iz oddajnika preko antenskega preklopnika s PIN diodami. Antenski preklopnik uporablja dva različna tipa PIN diod: BA379 ima majhno parazitno kapacitivnost (0.3pF) medtem ko ima BA182 majhno izgubno upornost (1ohm) pri malo večji kapacitivnosti (1.2pF).

Prvo mešanje uporablja MOSFET z dvojnimi vrati BF981. V vezju ponora MOSFETA se nahaja edini nihajni krog uglasen na prvo medfrekvenco 5.54MHz, saj selektivnost na 5.54 MHz zagotavljata dva keramična filtra v MF in NF modulu.

VHF visokofrekvenčni modul vsebuje le dvostopenjski močnostni ojačevalnik oddajnika. V krmilni stopnji dela tranzistor 2N3866 v AB razredu, v izhodni stopnji pa je uporabljen BFQ43 v B razredu. Močnostni ojačevalnik zahteva krmiljenje okoli 5mW in da na izhodu okoli 2 do 3W moči.



Slika 5.

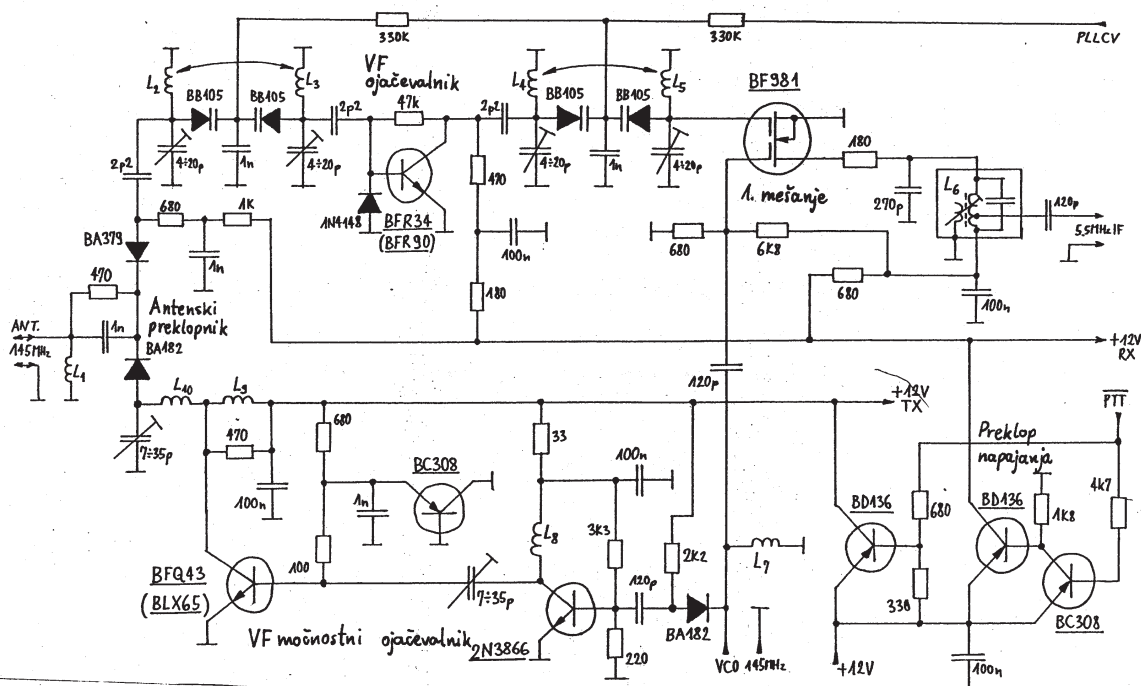
Tiskano vezje za VHF visokofrekvenčni modul (enostransko, pogled od spodaj)

Visokofrekvenčni modul vsebuje tudi vezje za preklop napajanja med sprejemom in oddajo. Preklopnik uporablja PNP tranzistorje BD136 zato, da so padci napetosti na preklopniku čim manjši. Signal za preklop sprejem/oddaja, PTT, je mišljen kot kontakt, ki se na oddaji sklene proti masi. Preklopnik se napaja s +12V (stalni) in dovaja tudi drugim modulom postaje napajalne napetosti +12VRX in +12VTX.

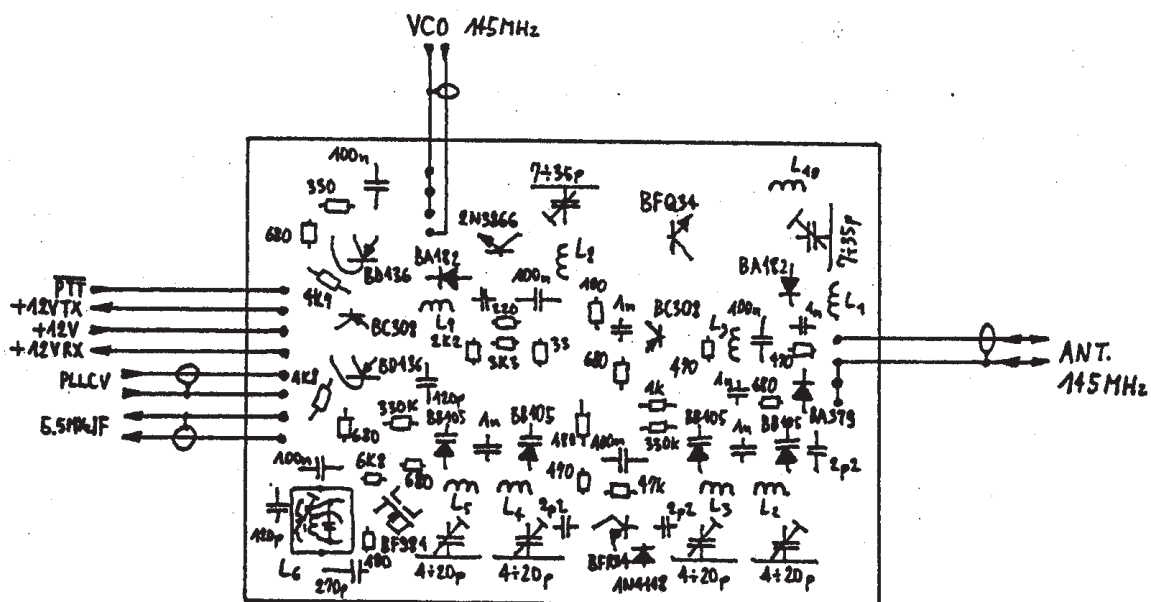
VHF visokofrekvenčni modul je zgrajen na enostranskem tiskanem vezju dimenzij 75x55mm, ki je

prikazano na sliki 5. Na sliki 6 je prikazana razporeditev sestavnih delov. Vsi upori so postavljeni pokončno (os pravokotno na ploščico). Prostor okoli izhodnega tranzistorja je namenjen malemu zvezdastemu hladilnemu telesu. Fiksni kondenzatorji so vsi keramični (disk ali večslojni) z razmakom med nožicami 2.5mm za majhne vrednosti in 5mm za 100nF. Kapacitivni trimmerji naj bodo po možnosti folijski (so dosti boljši od keramičnih), standardnega premera 7.5mm.

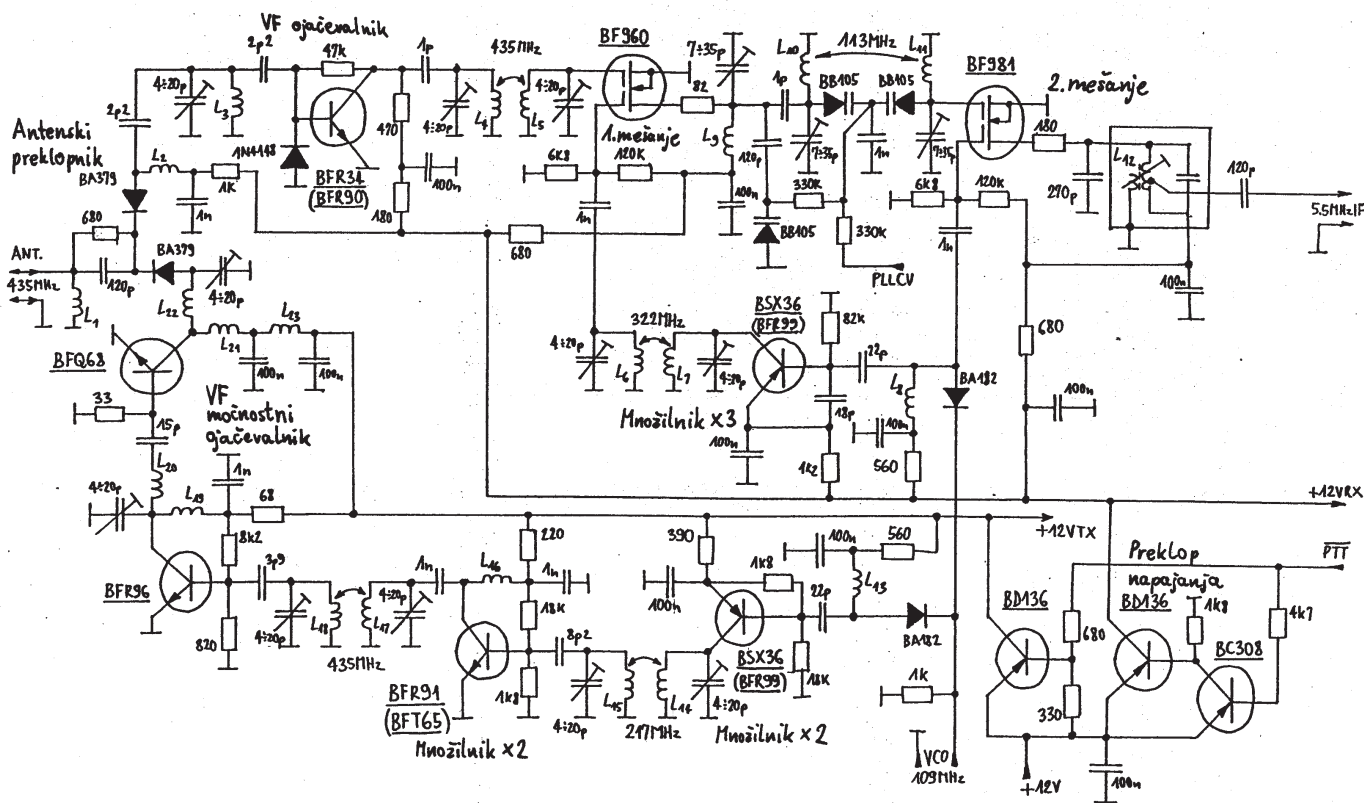
Vse tuljave razen L6 so samo-



Slika 4. - FM RTX, VHF visokofrekvenčni modul.



Slika 6. - Razporeditev sestavnih delov na ploščici VHF visokofrekvenčnega modula.



Slika 7. - FM RTX, UHF visokofrekvenčni modul.

noseče, navite brez razmaka med ovoji na notranjem premeru 4mm z lakirano bakreno žico. L2, L3, L4, L5, L8 in L10 imajo po tri ovoje in so navite z žico 0.7mm CuL. Med uglasenjem se lahko izkaže potrebno raztegniti ovoje L8 in L10. L1 in L9 imajo 7 ovojev vsaka in L7 ima 5 ovojev, vse tri pa so navite z žico 0.5mm CuL.

L6 je standardni (naviti) medfrekvenčni transformator, dimenzij 7x7mm za 10.7MHz z jedrom modre barve in notranjim kondenzatorjem okoli 100pF. Z dodatnim zunanjim kondenzatorjem 270pF se ga da uglasti na 5.54MHz. Odcep na L6 je na sredini navitja!

Pozor! V izhodni stopnji oddajnika se lahko uporabljajo različni tranzistorji, ki imajo različen razpored nožic! Stari tipi tranzistorjev, BLX65 in stara verzija BFQ43, imajo standarden razpored nožic (emitor pri zobčku in kolektor na ohišju). Novejši tranzistorji, MRF237 in nova verzija BFQ43, imajo kolektor pri zobčku in emitor na ohišju. Ker pomeni zamenjava emitorja in kolektorja razmeroma dragega izhodnega tranzistorja njegovo trenutno uničenje, previdnost ne bo odveč! Film za tiskano vezje je prilagojen stari verziji razporeda nožic, zato je treba za nove tranzistorje izvrtati nove luknje.

4. UHF visokofrekvenčni modul

Električni načrt UHF visokofrekvenčnega modula je prikazan na sliki 7. Modul vsebuje VF ojačevalnik, prvo in drugo mešanje ter množilno stopnjo x3 sprejemnika, dve množilni stopnji x2 in močnostni ojačevalnik oddajnika ter elektronski preklop (sprejem/oddaja) antene in napajanja.

V sprejemniku s trojnim mešanjem in tremi medfrekvenkami je težko preprečiti nastanek motilnih signalov iz nezaželenih mešanj. V UHF postaji pa je trojno mešanje potrebno, da dosežemo sprejemljivo dušenje zrcalne frekvence in drugih motenj. Nezaželenih produktov mešanja je znatno manj, če dve od treh frekvenc lokalnih oscilatorjev dobimo iz istega oscilatorja. V opisanem UHF sprejemniku dobimo signal za prvo in drugo mešanje iz istega VCO modula: za drugo mešanje je uporabljen kar signal VCOja tak kot je, za prvo pa njegov tretji harmonik. Slaba stran te rešitve je le v tem, da je prva

medfrekvenca nujno spremenljiva.

VF ojačevalnik sprejemnika (BFR34) je kar fiksno uglašen na 435MHz, saj je zrcalna frekvenca daleč proč. Tudi tu služi dioda 1N4148 za zaščito tranzistorja pred vdorom signala oddajnika. Množilnik x3 (BSX36 ali boljši BFR99) je tudi fiksno uglašen, ker so tudi tu neželjeni signali daleč proč.

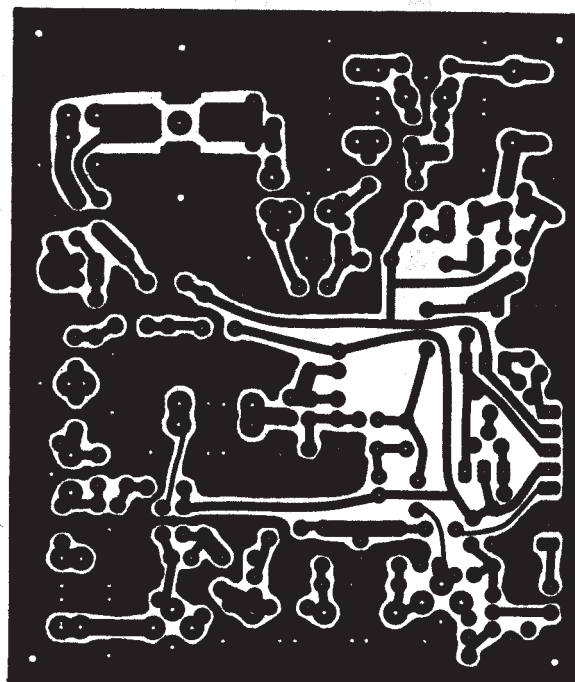
Po drugi strani pa so potrebni trije nihajni krogi, uglašeni z varikap diodami, med prvim mešanjem (BF960) in drugim mešanjem (BF981), saj je zrcalna frekvenca druge medfrekvence (5.5375MHz) zelo blizu v primerjavi z vrednostjo prve medfrekvence (okoli 113MHz). Prvo mešanje zahteva MOSFET z majhnimi parazitnimi kapacitivnostmi za UHF (BF960 ali BF980). Za drugo mešanje pa je uporaben katerikoli MOSFET BF9xx serije. Izhodno vezje na drugi medfrekvenci (L12) je popolnoma enako ustreznemu vezju v VHF visokofrekvenčnem modulu.

UHF oddajnik sestavljajo dve množilni stopnji in močnostni ojačevalnik. Prvi množilnik x2 (109MHz/217

MHz) uporablja tranzistor BSX36 (ali boljši BFR99), drugi množilnik x2 (217MHz/435MHz) pa tranzistor BFR91 (BFT65). Oba množilnika sta fiksno uglašena. Krmilni tranzistor BFR96 dela v razredu AB, izhodni tranzistor močnostnega ojačevalnika BFQ68 pa v razredu C. Žal za 70cm področje ni cenениh močnostnih tranzistorjev (v ohišju TO-39 na primer), zato sem izbral tranzistor v stripline ohišju z velikim ojačenjem, kar poenostavi načrt oddajnika. Razen tega je BFQ68 zelo razširjen tranzistor, saj se uporablja kot močnostni ojačevalnik v skupinskih in kabelskih antenskih napravah.

UHF antenski preklopnik uporablja izključno BA379 PIN diode, ker je vezje preklopnika na višjih frekvencah še bolj občutljivo na parazitne kapacitivnosti. Slabše BA182 se uporabljajo le za preklop signala VCOja na frekvencah okoli 108MHz. Preklop napajanja pa je izveden enako kot v VHF visokofrekvenčnem modulu.

UHF visokofrekvenčni modul je zgrajen na enostranskem tiskanem

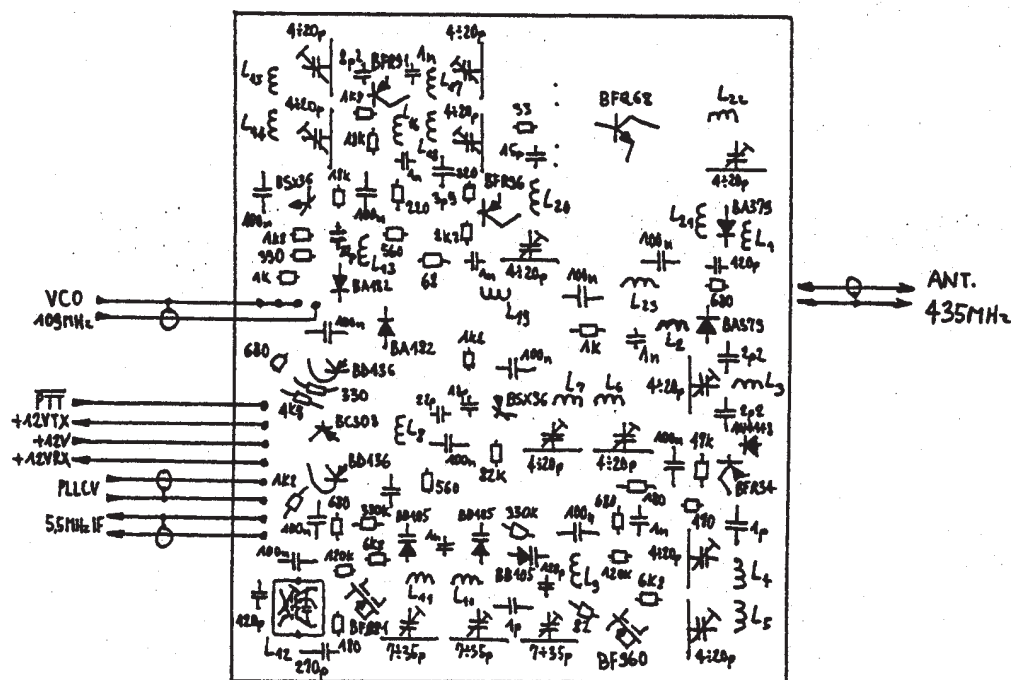


Slika 8.

Tiskano vezje za UHF

visokofrekvenčni modul

(enostransko, pogled od spodaj).



Slika 9. - Razporeditev sestavnih delov na ploščici UHF visokofrekvenčnega modula.

vezju dimenzij 90x75mm, ki je prikazano na sliki 8. Na sliki 9 je prikazana razporeditev sestavnih delov. Vsi upori so postavljeni pokončno kot v VHF visokofrekvenčnem modulu. Tudi za kondenzatorje velja isto kot v VHF modulu.

Izhodni tranzistor je pritrjen na hladilno telo iz kosa aluminijevega U-profila. Hladilno telo je pritrjeno na tiskano vezje z dvema vijakoma M3 na označenih mestih. Vijaka morata poskrbeti tudi za dober električni stik med hladilnim telesom in maso na tiskanem vezju! Izhodni tranzistor je privit na hladilno telo skozi izvrtino premera 10mm v tiskanem vezju. Na tiskanem vezju sta predvidena tudi dva kondenzatorja z baze izhodnega tranzistorja proti masi. Ta dva kondenzatorja nista potrebna za BFQ68, lahko pa bi bila potrebna za kakšen drug tip izhodnega tranzistorja.

Pozor! Oddajni tranzistorji v stripline ohišju so zelo krhki sestavni deli in zahtevajo pravilno montažo. Predvsem je treba tranzistor najprej pritrditi na hladilno telo z ustrezno matico (ameriški navoj UNC 8-32, nikakor ne evropski metrični navoj!) in šele potem prispajkati primerno skrajšane izvode, sicer ohišje tran-

zistorja iz bele keramike počí.

Vse tuljave razen L12 so samonoseče, navite brez razmaka med ovoji z lakirano bakreno žico. L3, L4, L5, L6, L7, L17, L18, L20 in L22 imajo po dva ovoja in so navite z žico 1mm CuL na notranjem premeru 3mm. L14 in L15 imajo tudi po dva ovoja a so navite z žico 0.7mm CuL na notranjem premeru 4mm. L9, L10 in L11 imajo po štiri ovoje žice 0.7mm CuL na notranjem premeru 4mm. L1, L2, L8, L13, L19, L21 in L23 imajo po pet ovojov žice 0.5mm CuL na notranjem premeru 4mm. Končno, L16 ima tri ovoje žice 0.5mm CuL na notranjem premeru 4mm.

L12 je medfrekvenčni transformator in točno ustreza L6 v VHF visokofrekvenčnem modulu.

5. VCO modul

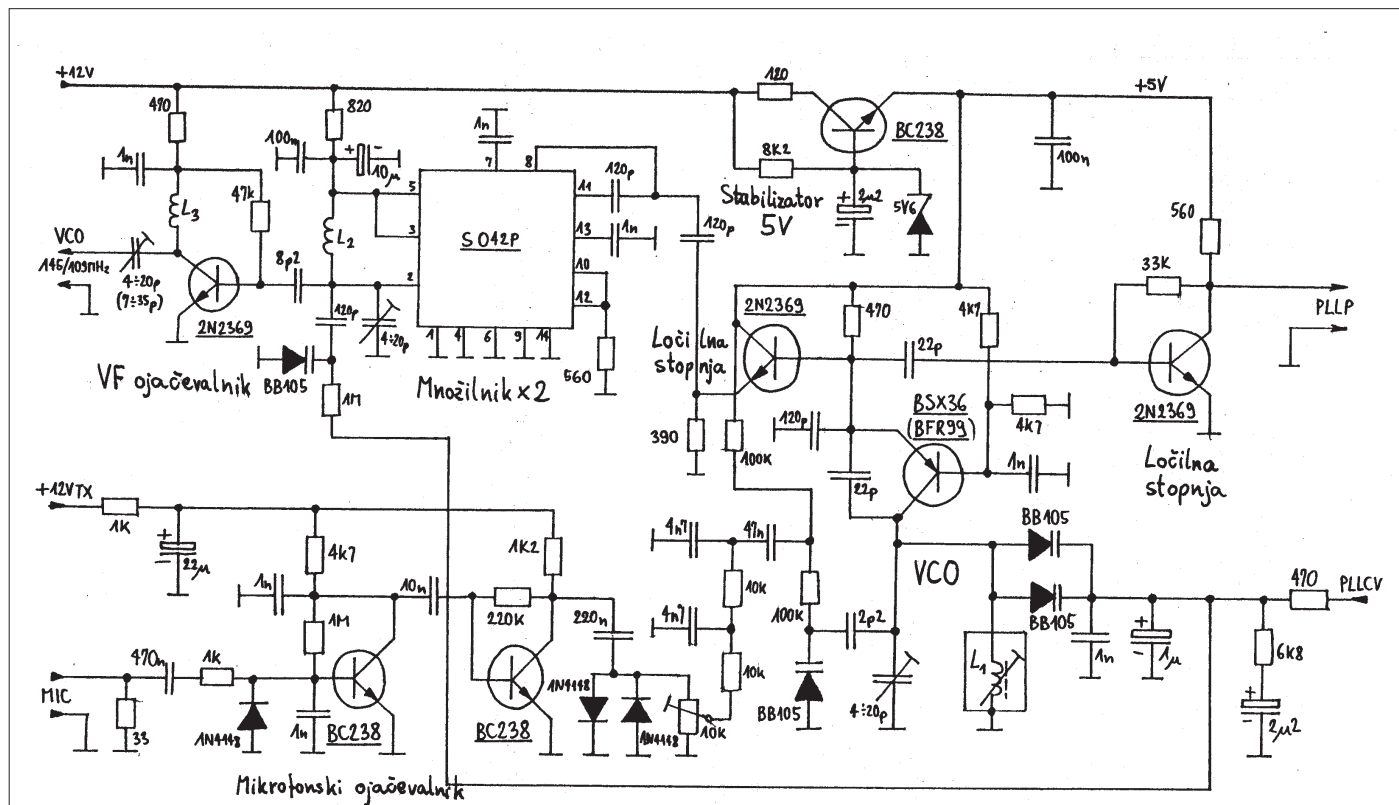
Električni načrt VCO modula je prikazan na sliki 10. Razlike med VHF in UHF inačicama so majhne: tuljave imajo različno število ovojov, razlika pa je se v kapacitivnem trimerju na izhodu. Modul vsebuje VCO, dve ločilni stopnji, frekvenčni

množilnik z ustreznim ojačevalnikom na izhodu ter mikrofonski ojačevalnik - modulator.

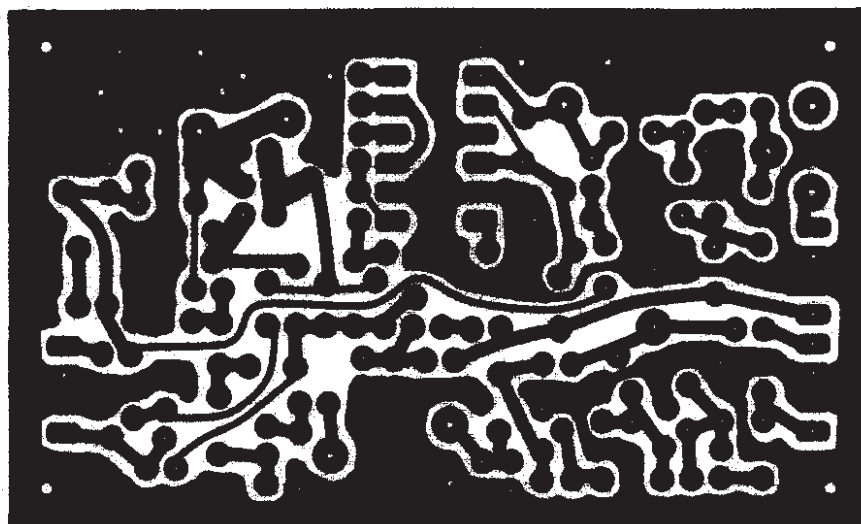
VCO je izveden s PNP tranzistorjem (BSX36): tako je lahko hladni konec tuljave L1 spojen naravnost na maso. VCO ima dva krmilna vhoda: za nastavljanje frekvence preko PLL zanke in za modulacijo. VCO ima tudi svoj lasten napetostni stabilizator za 5V: napajalna napetost VCOja mora biti dobro stabilizirana in filtrirana, da na VCOju ne dobimo se kakšne neželjene modulacije. Isto nalogo imata tudi ločilni stopnji: preprečiti neželjene vplive na VCO iz drugih vezij. Tudi ločilni stopnji uporabljata hitre preklopne tranzistorje 2N2369 ali podobne (2N2368, BSX39, 1W8723, 1W8907...).

Kot frekvenčni množilnik se uporablja mešalnik S042P. Signal VCOja je priveden na oba vhoda S042P, ki sta kar povezana vzporedno. Na izhodu množilnika je se nihajni krog, uglašen z varikap diodo, za boljše dušenje neželjenih signalov. Množilniku sledi ojačevalna stopnja (2N2369), ki ojača signal na približno 5mW na izhodu VCO modula.

Mikrofonski ojačevalnik vsebuje dve stopnji (BC238), katerima sledi

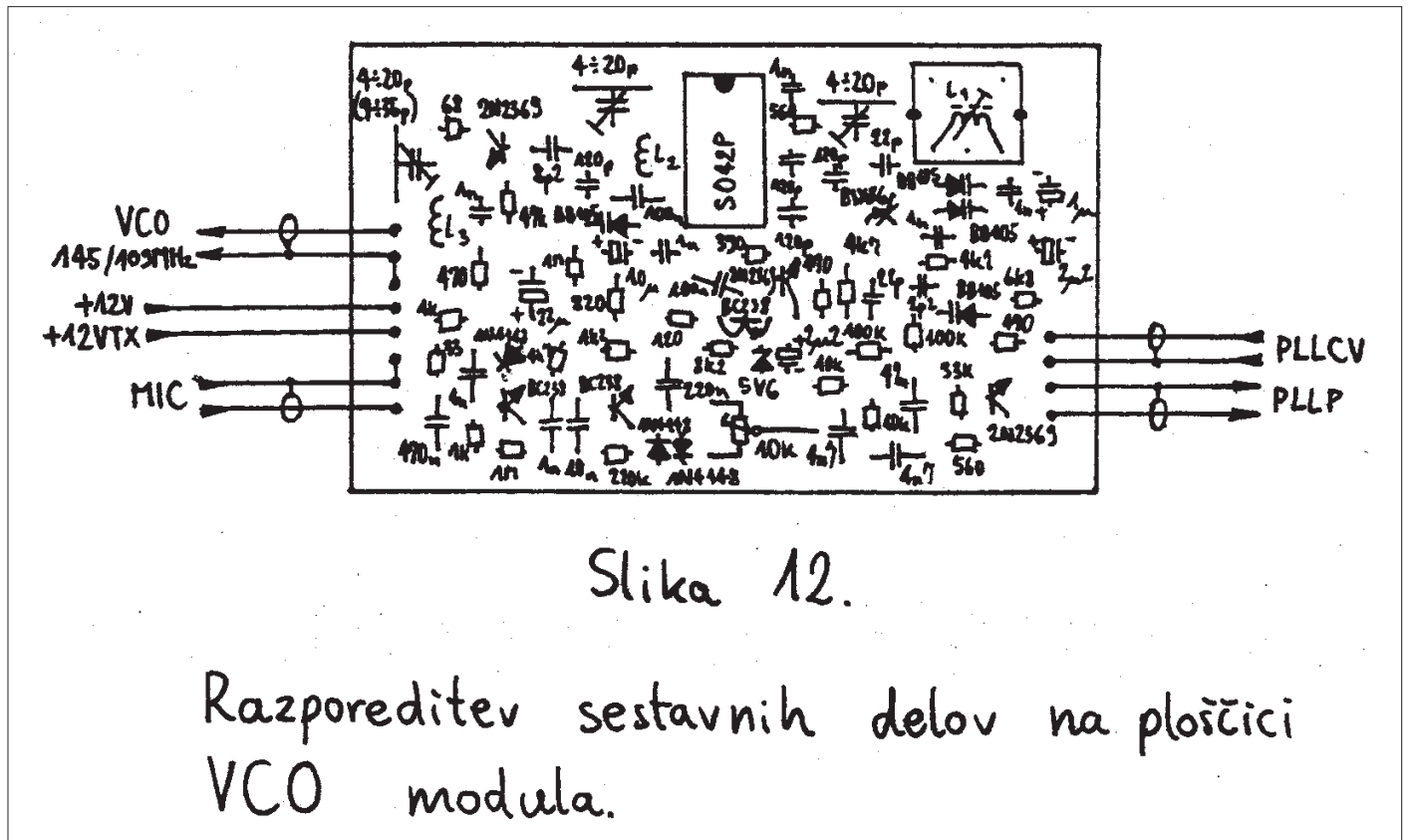


Slika 10. - FM RTX , VCO modul.



Slika 11.

Tiskano vezje za VCO modul
(enostransko , pogled od spodaj).



omejevalnik. Vhod ojačevalnika je zaščiteno tako, da se da uporabljati zvočnik tudi kot mikrofona, brez preklapljanja. Sklopni kondenzator med stopnjama je razmeroma majhen (10nF) in določa preenfazis FM modulacije. Omejevalnik na izhodu je potreben iz vsaj dveh razlogov: preprečuje motnje na sosednjih kanalih in zagotavlja pravilno delovanje skvelča našega korespondenta pri "vrhovih" modulacije. Omejevalniku sledi nizkopropustni filter, ki dodatno omejuje popačenje v "vrhovih" modulacije.

V VCO modul je vgrajen tudi nizkopropustni filter PLL zanke. V primerjavi z modulacijo je PLL zanka dosti počasnejša, medsebojni vpliv med modulatorjem in PLL-jem je zato zanemarljivo majhen, frekvenčno modulacijo pa dosežemo enostavno z dodatno varikap diodo BB105.

VCO modul je zgrajen na enostranskem tiskanem vezju dimenzij 75x45mm, ki je prikazano na sliki 11. Na sliki 12 je prikazana razporeditev sestavnih delov. Vsi upori so postavljeni pokončno kot na visokofrekvenčnih moduli.

VCO modul uporablja več različnih tipov kondenzatorjev. Vsi kondenzatorji nizkih vrednosti (do vključno 1nF) v visokofrekvenčnem delu vezja so keramični z razmakom med nožicami 2.5mm. Nepolarizirani kondenzatorji v nizkofrekvenčnem delu

(modulatorju) vrednosti od 1nF do 470nF so folijski z razmakom med nožicami 5mm. Izjema so le kondenzatorji po 100nF, ki so keramični z razmakom med nožicami 5mm. Polarizirani kondenzatorji od 1uF do 10uF morajo biti tantalovi, ker imajo le ti dosti manjše izgube od navadnih elektrolitskih kondenzatorjev. Le kondenzator za 22uF je elektrolitski (pokončna izvedba).

Na VCO modulu se nahajajo tri tuljave. Število ovojjev vsake od teh tuljav zavisi od verzije, VHF ali UHF. L1 je navita na jedru televizijskega MF transformatorja (36MHz) zunanjih dimenzij 10x10mm. V VHF inačici ima L1 2 ovoja in v UHF inačici ima L1 3 ovoje. L1 je navita s štirimi žicami 0.15mm CuL vzporedno. Navitje je zalito s kapljico voska za preprečevanje mikrofonije.

L2 in L3 sta samonoseči, obe naviti z lakirano žico brez razmaka med ovoji na notranjem polmeru 4mm. L2 je navita z žico 0.7mm CuL in ima 3 ovoje v VHF inačici in 4 ovoje v UHF inačici. L3 je navita z žico 0.5mm CuL in ima 7 ovojev v VHF inačici ter 9 ovojev v UHF inačici.

6. MF in NF modul

Električni načrt MF in NF modula je prikazan na sliki 13. Modul vsebuje ojačevalnik na 5.54MHz, me-

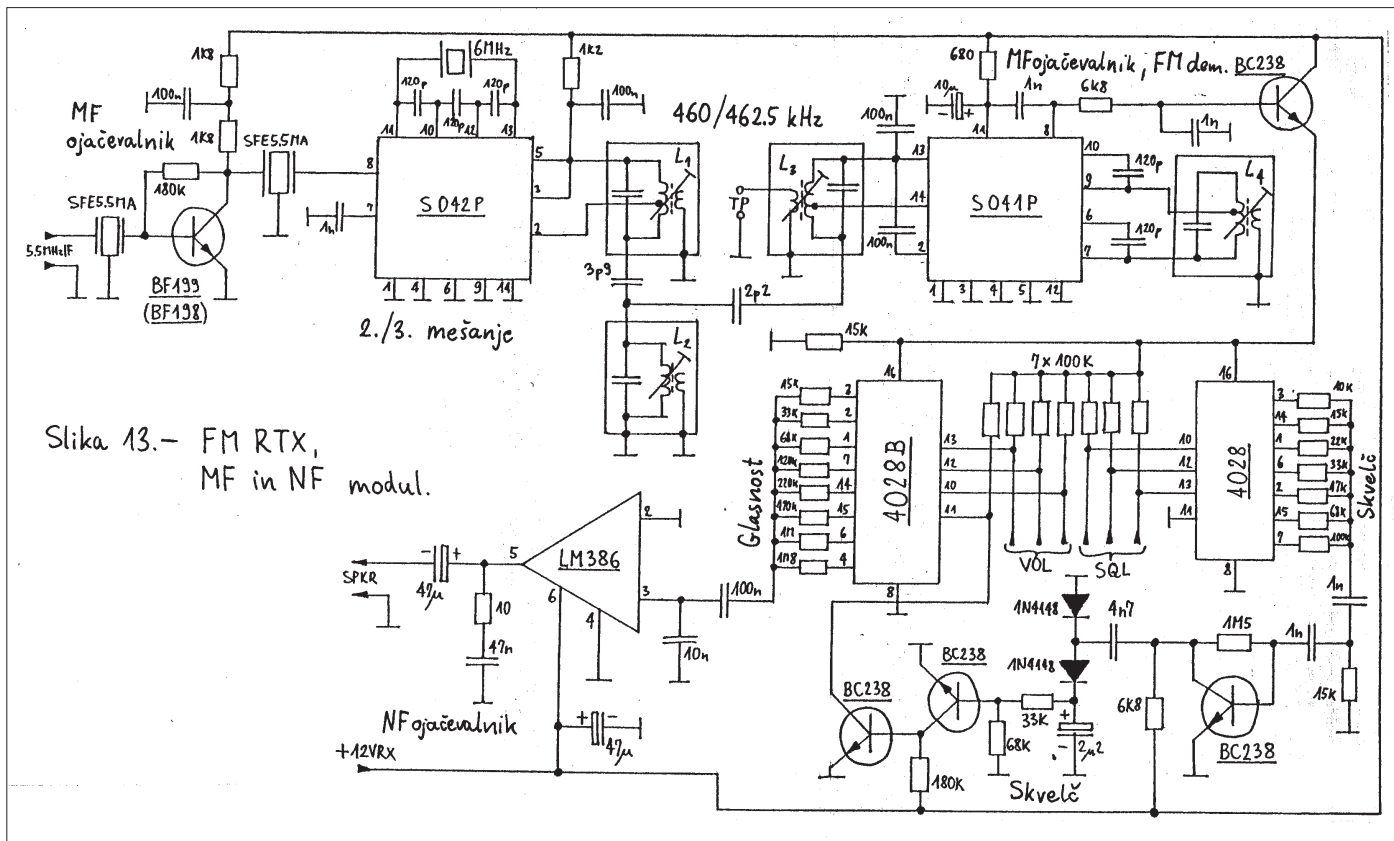
šalnik z oscilatorjem, ojačevalnik in FM diskriminator na 460kHz, dva elektronska potenciometra, vezje za skvelč in NF ojačevalnik.

Ojačevalnik na 5.54MHz uporablja en sam tranzistor BF199 (ali podoben) ter dva keramična filtra za 5.5MHz (TV ton). TV keramični filtri imajo prepustni pas širine 200kHz okoli srednje frekvence 5.5MHz, zato prepuščajo brez težav 5.54MHz ali 5.5375MHz in hkrati dobro dušijo zrcalno frekvenco 6.46MHz.

Mešalnik z oscilatorjem na 6MHz uporablja integrirano vezje S042P. Vezje S042P ima razmeroma majhno porabo, hkrati pa je tudi nivo signala njegovega notranjega oscilatorja na 6MHz zelo nizek in zato njegovi harmoniki ne motijo občutljivih vhodnih stopenj sprejemnika.

Medfrekvenčna veriga na 460kHz je zgrajena okoli integriranega vezja S041P. Selektivnost sprejemnika določajo v glavnem trije nihajni krogi med mešalnikom S042P in medfrekvenčno verigo S041P. S041P potrebuje se dodaten nihajni krog za diskriminator. Nizkofrekvenčni izhod S041P je speljan najprej na nizkopropustni filter, potem pa na emitorski sledilnik z BC238.

S042P in S041P sicer nista zadnji krik tehnike, saj uporabljata večje število zunanjih sestavnih delov kot nekatera novejša vezja. S041P tudi nima izhoda za S-meter, kar otežuje



uglaševanje sprejemnika. Novejša vezja tudi niso brez napak, saj obstaja zaradi velikega ojačenja resna nevarnost samooscilacij, pa tudi nekateri dodatki (skvelč) ne delajo najbolj zanesljivo.

Dobljeni nizkofrekvenčni signal je speljan na oba elektronska po-

tenciometra za glasnost in skvelč. Potenciometra sta izvedena s CMOS dekoderji 4028, ki krmilijo uporabno mrežo. Oba potenciometra se nastavljata v osmih korakih, ki se izbirajo preko treh vhodov za vsak dekoder 4028. Uporabna mreža potenciometra za skvelč je izbrana za

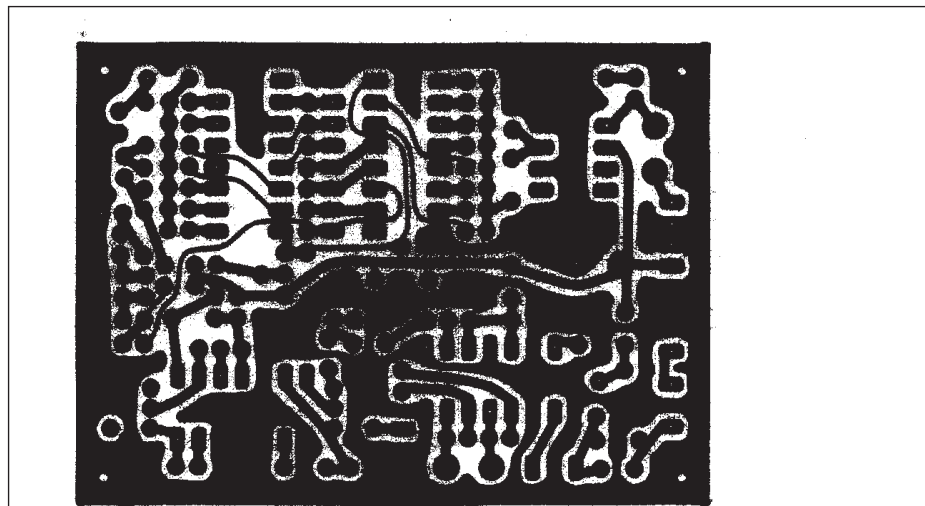
korake po 3dB, razen tega manjka en upor in ta položaj ustreza povsem izključenemu vezju za skvelč. Potenciometer za glasnost ima korake po 6dB in uporablja vseh 8 položajev.

Vezje za skvelč vsebuje ojačevalnik šuma (BC238), detektor z diodama 1N4148 in enosmerni ojačevalnik z dvema drugima BC238. Ojačevalnik šuma vsebuje visokopropustne filtre na vhodu in izhodu, saj za razliko od govornega signala vsebuje šum predvsem višje frekvenčne komponente NF spektra (okoli 10kHz). Izhod skvelča krmili potenciometer za glasnost ter izključi celotno uporabno mrežo, ko je to potrebno.

Kot nizkofrekvenčni ojačevalnik je uporabljen LM386 zaradi majhne porabe in majhnega števila potrebnih sestavnih delov.

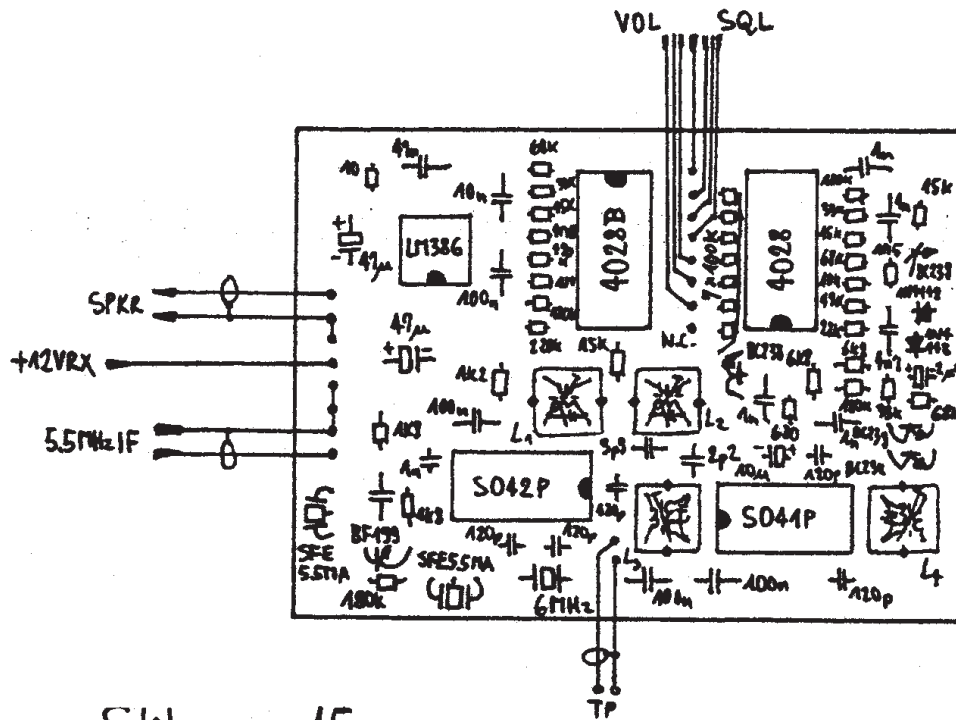
MF in NF modul je zgrajen na enostranskem tiskanem vezju dimenzij 75x55mm, ki je prikazano na sliki 14. Na sliki 15 je prikazana razporeditev sestavnih delov. Kar se izbere in vgradnje sestavnih delov tiče velja isto kot za VCO modul. Izjema je le 100nF folijski kondenzator na vhodu NF ojačevalca. Razen posamičnih uporov je uporabljena tudi uporabna mreža, ki vsebuje 7 uporov po 100kohm z enim skupnim izvedom.

V elektronskih potenciometrih in se posebno v potenciometru za glasnost je priporočljivo uporabljati samo



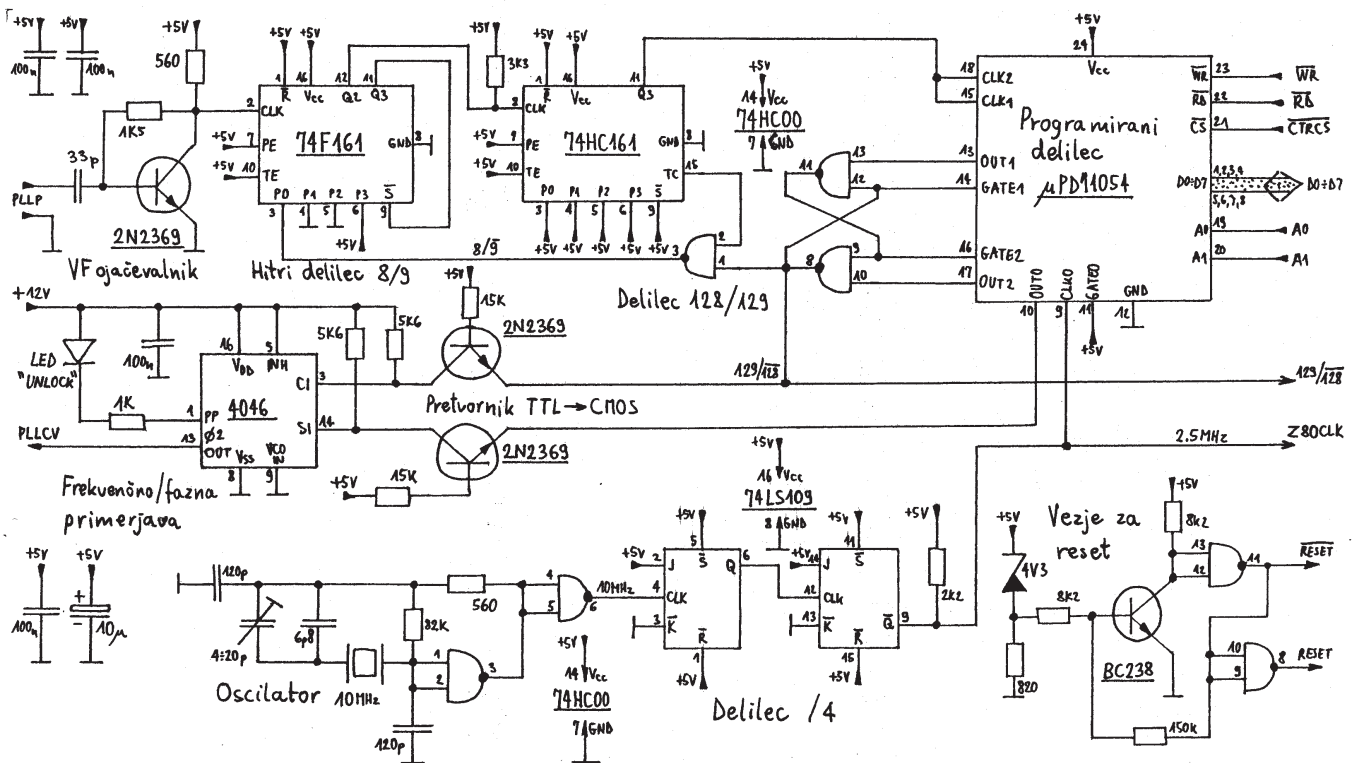
Slika 14.

Tiskano vezje za MF in NF modul (enostransko, pogled od spodaj).



Slika 15.

Razporeditev sestavnih delov na ploščici MF in NF modula.



Slika 16. - FM RTX, frekvenčni sintetizator.

novije 4028 tipa B, ker nekateri stari 4028 tipa A nimajo izhodov popolnoma dekodiranih.

L1, L2, L3 in L4 so vsi standardni medfrekvenčni transformatorji za 455kHz, zunanjih dimenzij 7x7mm, jedro bele (rumene) barve in odcep na primarju na približno polovici ovojev. Medfrekvenčni transformatorji za 455kHz se običajno dajo uglasiti v področju od 380kHz do 530kHz s samim vrtenjem jedra, zato jih ni težko uglasiti na 460 ali pa 462.5kHz.

7. Frekvenčni sintetizator in mikroračunalnik

Modul frekvenčni sintetizator/mikroračunalnik je precej obsežen, zato je njegov električni načrt razdeljen na dva dela: frekvenčni sintetizator na sliki 16 in mikroračunalnik na sliki 17.

Načrtovanje sintetizatorja zavisi predvsem od razpoložljivih sestavnih delov: hitrih delilcev (preskalerjev) in programiranih delilcev. Kot hitri delilec je uporabljen TTL delilec iz F serije in bolj natančno 74F161. 74F161 je sinhroni delilec in kot tak ni najhitrejši. Iz poskusov je ugotovljeno, da 74F161 lahko doseže 90-100MHz, medtem ko drugi delilci iz F serije delajo tudi preko 130MHz.

Za delilec z dvojnimi modulom pa je nujno potreben sinhroni delilec. Delilec z enojnim (fiksni) modulom bi namreč zahteval dodatno deljenje v PLL zanki, nižja primerjalna frekvenca pa bi znato upočasnila nastavljanje frekvence pri prehodu s sprejema na oddajo in obratno.

74F161 ima tudi prednost, da ne potrebuje drugih hitrih vezij pri delovanju kot delilec z dvojnimi modulom. Za delilec 8/9 zadošča pravilna povezava med nožicami samega 74F161. Za krmiljenje 74F161 s signalom TTL nivoja je potreben le še VF ojačevalnik z 2N2369.

Frekvenca na izhodu 74F161, predvsem pa čas za postavljanje modula deljenja so se vedno prehitri za programirane delilce, zato 74F161 krmili še dodatni delilec 74HC161. Oba delilca sta povezana z logičnimi vrati v delilec z modulom 128/129.

Programirani delilec uPD71054 (82C54) vsebuje tri delilce. Dva delilca se uporabljata skupaj s hitrim delilcem. Njihovi izhodi krmilijo RS flip-flop, ki določa kateri od obeh je v določenem trenutku aktiven oziroma s katerim modulom takrat dela hitri delilec. Tretji delilec uPD71054 se uporablja za referenčno frekvenco PLL-ja.

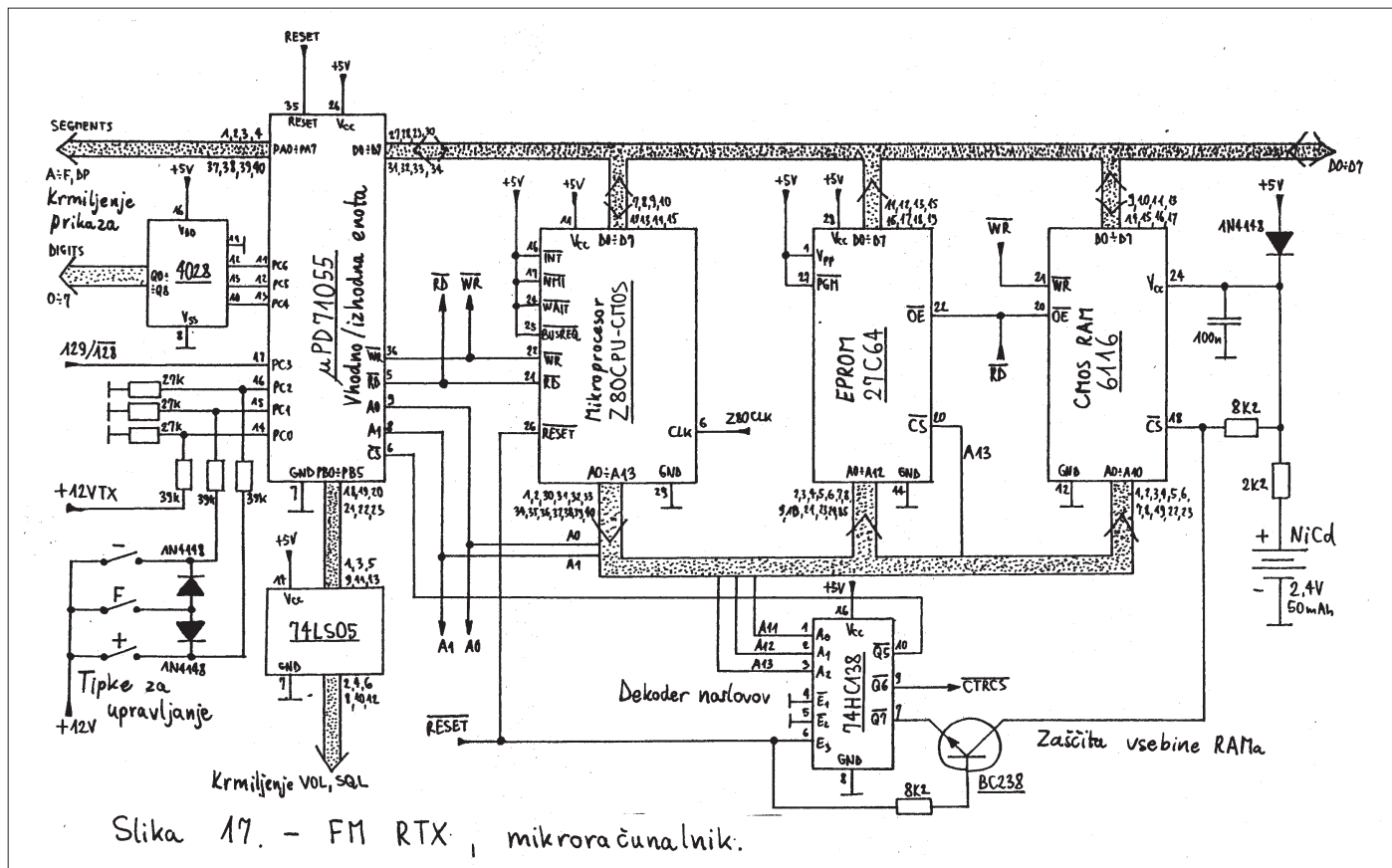
Frekvenčno/fazni primerjalnik uporablja vezje 4046, ki se napaja na 12V zaradi neposrednega krmiljenja

varikap diod. Seveda so zato potrebni pretvorniki logičnih nivojev (dva 2N2369), saj vsa ostala vezja sintetizatorja delajo na 5V. 4046 tudi krmili LED "UNLOCK".

Referenčna frekvenca PLL-ja mora biti zelo stabilna, zato se dobi z deljenjem frekvence kristalnega oscilatorja na 10MHz. Kristalni oscilator uporablja vrata iz 74HC00 in kristal za 10MHz (osnovna rezonanca, 20pF vzporedno). 10MHz naprej deli s 4 dvojni flip-flop 74LS109. Dobljeni 2.5MHz krmilijo programirani delilec in hkrati služijo kot takt za mikroprocesor.

Zanesljivost delovanja mikroračunalnika dostikrat zavisi od vezja za reset. Enostavna vezja za reset, sestavljena iz upora in kondenzatorja so pripomogla k splošno razširjenemu mnenju, da so mikroračunalniki zelo nezanesljive naprave. Seveda se da narediti, z malo truda, tudi zelo zanesljiva vezja za reset. Če uporablja mikroračunalnik kakršenkoli tip pomnilnika, vsebina katerega naj ostane nedotaknjena tudi kadar je mikroračunalnik izključen (na primer CMOS pomnilnik z malo NiCd baterijo), potem je treba vsebino pomnilnika zaščititi pred neželenim pisanjem v času reseta!

Prikazano vezje za reset nadzira napajalno napetost +5V mikroračunalnika preko zener diode 4V3.



Vežje odpusti signal za reset samo takrat, ko napajalna napetost doseže vrednost potrebno za pravilno delovanje mikroročunalnika. Na podoben način vežje takoj resetira mikroročunalnik, ko napajalna napetost pade pod predpisano minimalno vrednost in s tem prepreči, da bi računalnik uničil vsebino CMOS pomnilnika. Vsebinska CMOS pomnilnika pa je razen tega še naravnost zaščitena z reset signalom: ko je reset aktiven (nizek), s pomočjo tranzistorja BC238 prekine dostop do CS pomnilnika (nožica 18 6116). Zaščitno vežje preprečuje dostop do pomnilnika tudi pri izključenem napajanju, saj signal za reset ostane na nizkem nivoju, vsebinsko pomnilnika pa ohranja mala NiCd baterija.

Med normalnim delovanjem postaje se CMOS pomnilnik napaja preko diode s +5V, NiCd baterija pa se polni preko upora. Pri ugasnjeni postaji je poraba CMOS pomnilnika zelo majhna: celo (dober) 2200uF elektrolitski kondenzator namesto NiCd baterije bo obdržal vsebinsko pomnilnika za več ur in celo dni (v slučaju uporabe 6116L)!

Mikroprocesor Z80CPU (CMOS izvedba) se uporablja na najbolj enostaven način: oba pomnilnika (EPROM 27C64 in RAM 6116) ter obe vhodno/izhodni enoti (delilec uPD71054 in vzporedna enota uPD71055) so dodeljeni v pomnilniški naslovni prostor. Vhodno/izhodni naslovni prostor in prekinitve niso uporabljene. Izbira pomnilnikov oziroma vhodno/izhodnih enot gre preko dekoderja 74HC138, razen za EPROM 27C64, ki zna dekodirati ustrezne naslove sam.

Vse ostale funkcije postaje so izvedene preko vzporedne vhodno/izhodne enote uPD71055 (82C55). uPD71055 ima tri porte A, B in C, vsak po 8 bitov. Port A je uporabljen za krmiljenje segmentov na prikazu (7 segmentov in decimalna pika). Port B krmili elektronske potenciometre preko 74LS05 (uporablja se samo 6 od 8 razpoložljivih bitov).

Nižji štirje biti porta C so vhodi: en bit za preklon sprejem/oddaja, dva bita za ukaze s treh komandnih tipk in en bit za sinhronizacijo mikroročunalnika s frekvenčnim sintetizatorjem. Višji biti porta C krmilijo multipleks prikaza (uporabljeni so samo trije od štirih bitov) preko dekoderja 4028.

Modul frekvenčni sintetizator/mikroročunalnik ne vključuje krmilnih

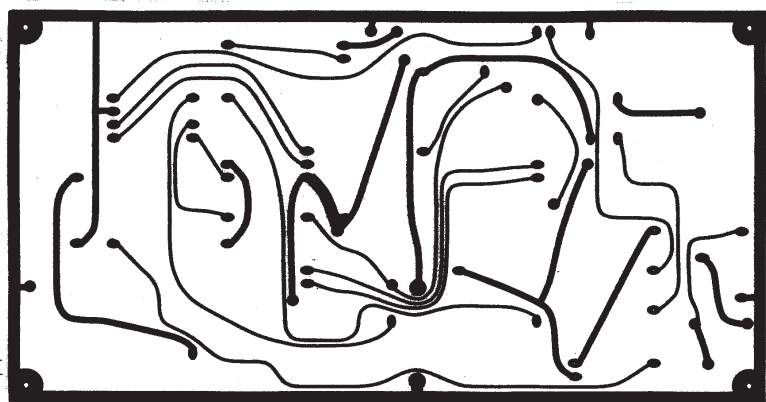
stopenj za prikaz. Na ta način se da uporabiti isti modul z več različnimi prikazovalniki: LED, fluorescentni ali drugi.

Modul frekvenčni sintetizator/mikroročunalnik je zgrajen na dvostranskem tiskanem vezju dimenzij 145x75mm, ki je prikazano na slikah 18 in 19. Na sliki 20 je prikazana razporeditev sestavnih delov. Vsi upori, kondenzatorji, diode in kristal so postavljeni vodoravno (vzporedno s ploščico). Vsi fiksni kondenzatorji so keramični, razen elektrolita 10uF.

Komplicirana integrirana vežja (mikroprocesor, pomnilniki, vhodno/izhodne enote) je priporočljivo postaviti na podnožja, še posebno če niste 100% gotovi, da so vaša vežja

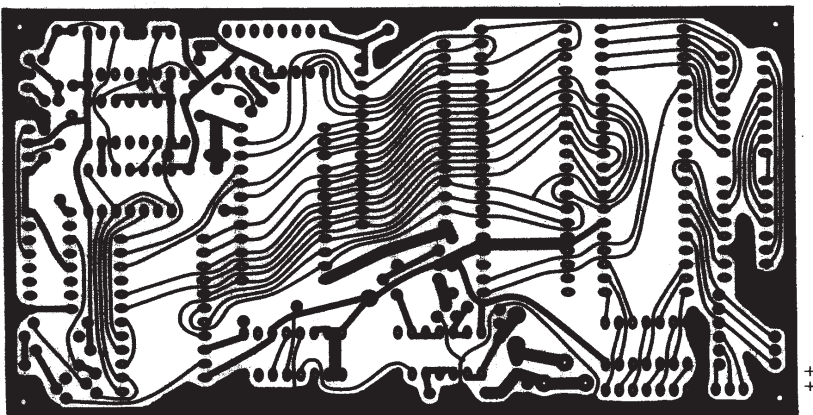
dobra. Seveda je treba uporabljati izključno kvalitetna podnožja z okroglimi kontakti in pozlačenimi vzmetmi, sicer bo z uporabo podnožij več težav kot koristi. Pri izbiri podnožij upoštevajte, da je treba spajkati kar precej povezav tudi na gornji strani ploščice, če nimate metaliziranih lukenj.

V mikroročunalniku priporočam uporabo CMOS sestavnih delov: Z80CPU-CMOS (LH5080, uPD70008), 27C64, uPD71054 (82C53, 82C54) in uPD71055 (82C55). Cena teh vežij je za približno 20% višja od starejših NMOS vežij (navaden Z80CPU, 2764, 8253 in 8255), zato pa je poraba toka več kot 10krat manjša. Vežje je bilo sicer preizkušeno tudi z



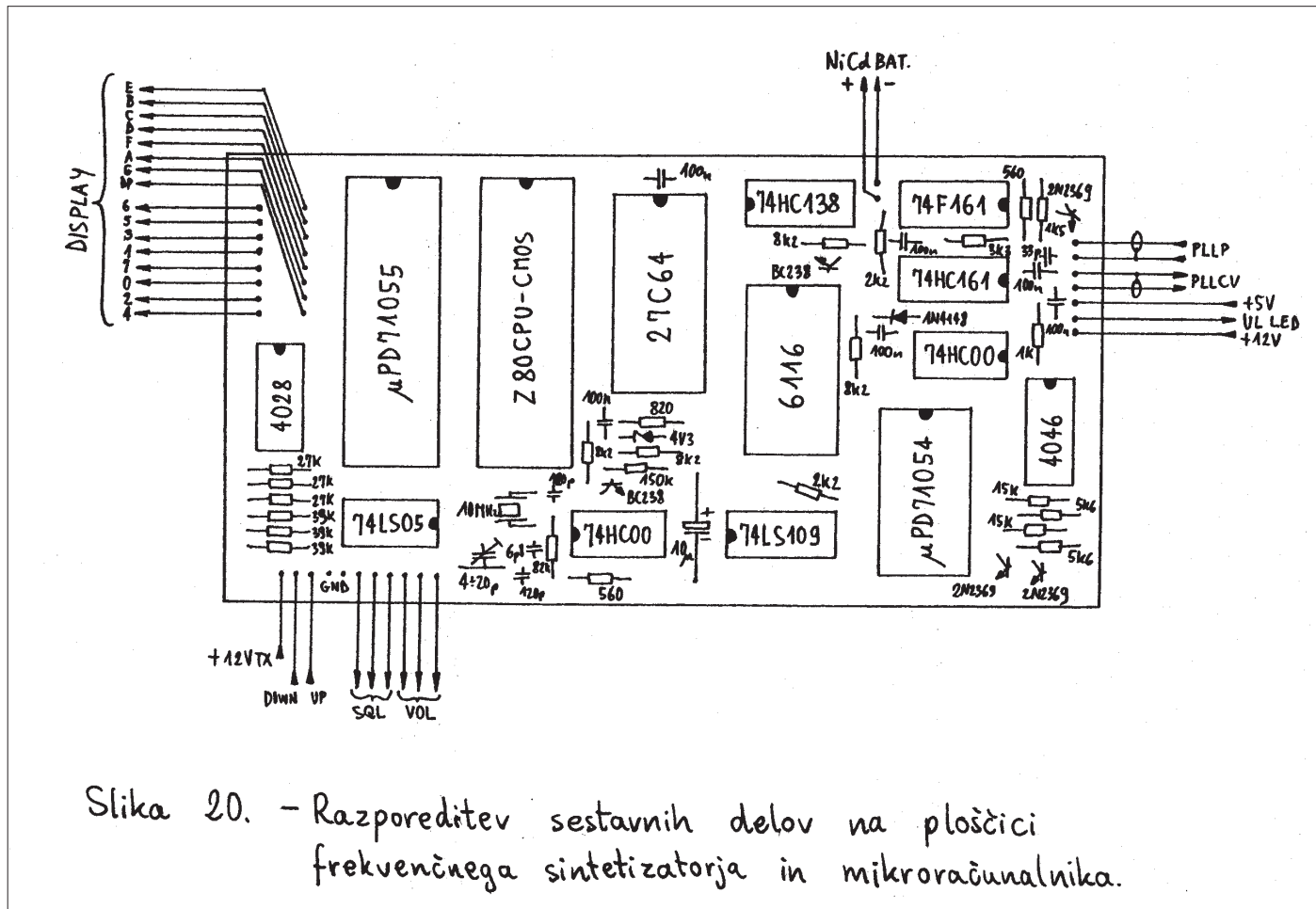
Slika 18.

• Tiskano vezje za frekvenčni sintetizator in mikroročunalnik (dvostransko, pogled od zgoraj).



Slika 19.

• Tiskano vezje za frekvenčni sintetizator in mikroročunalnik (dvostransko, pogled od spodaj).



Slika 20. - Razporeditev sestavnih delov na ploščici frekvenčnega sintetizatorja in mikroročunalnika.

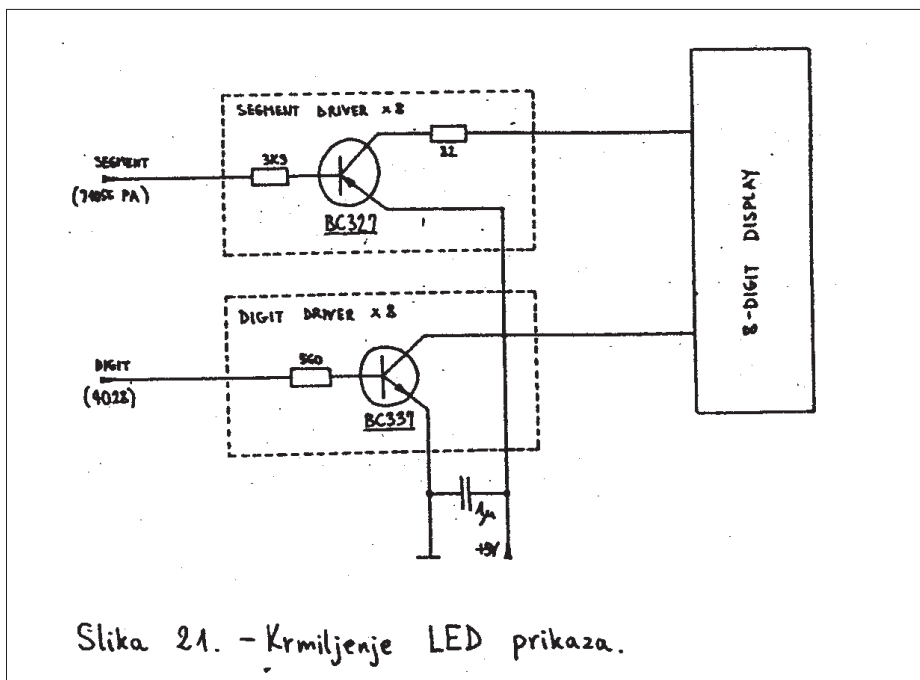
NMOS vezji in je vedno pravilno delovalo v vseh možnih kombinacijah med NMOS in CMOS vezji. NMOS vezja se zelo grejejo, segreva se tudi 5V stabilizator, poraba postaje je znatno večja (par sto mA več!).

8. Krmiljenje prikaza, napajanje in napotki za gradnjo

V prejšnjih dveh delih je bila opisana cela vrsta modulov za gradnjo sprejemnika/oddajnika. Le ti potrebujejo seveda se nekaj dodatnih vezij, predvsem modul frekvenčni sintetizator in mikroročunalnik, v celotni radijski postaji. Ta vezja niso vključena v module iz več razlogov.

Na primer, ploščica mikroročunalnika ne vsebuje stopenj za krmiljenje LED prikazovalnika enostavno zato, ker obstaja več različnih vrst takih prikazovalnikov, pa še vsak tip ima drugačne dimenzije in drugačno razmestitev nožic. Zato nima smisla izdelati filma za tiskano vezje, ustrezno vezje je bolj smiselno zgraditi na univerzalni ploščici z luknjami v standardnem rastru 2.54mm.

Vezje za krmiljenje LED prikazovalnika s skupno katodo je prikazano na sliki 21. Vezje vsebuje 8

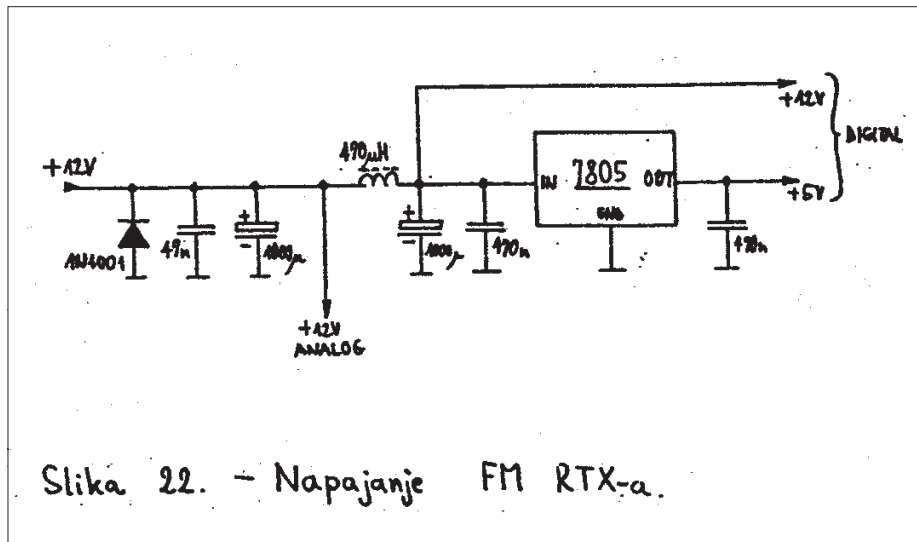


Slika 21. - Krmiljenje LED prikaza.

PNP tranzistorjev za krmiljenje 7 segmentov in decimalne pike in 8 NPN tranzistorjev za izbiranje ustrezne številke (multipleksiranje). Vsak NPN tranzistor krmili eno skupno katodo ene številke, medtem ko so anode, segmenti, povezani vzporedno med vsemi osmimi številkami. Če uporabimo LED prika-

zovalnik iz starega kalkulatorja, so vse te povezave že izvedene v notranjosti samega prikazovalnika in je treba le pogruntati (z ohmmetrom) razporeditev izvodov.

Pri uporabi LED prikazovalnika s skupno anodo je treba seveda zamenjati polaritete tranzistorjev v vezju in invertirati polariteto krmilnih



signalov. Za krmiljenje segmentov se da to izvesti z majhno spremembo v programu, za krmiljenje števil (digit) pa je treba dodati čisto hardverske inverterje na izhode 4028 oziroma zamenjati ta dekoder s takim, ki ima aktivne-nizke izhode (na primer 74HC138, toda razporeditev nožic tega vezja ne ustreza tiskanini za 4028!).

Seveda se da uporabiti tudi druge vrste prikazov. Na primer, za krmiljenje fluorescentnega prikazovalnika je treba zgraditi še mali pretvornik, ki bo dal 30 do 40V enosmerne anodne napetosti in 2 do 3V izmenične za kurjavo. V tem slučaju so vsi tranzistorji PNP, za majhne tokove a velike napetosti.

LCD prikazovalniki imajo ponavadi že vgrajen krmilnik, zato bi zahtevali večjo predelavo mikroračunalnika in ustreznega programa za krmiljenje.

Tudi napajalnik za razna vezja postaje ni zgrajen na tiskanem vezju. Napajalnik vsebuje več kondenzatorjev velikih vrednosti in 5V regulator za mikroračunalnik. Celotno vezje je prikazano na sliki 22. Veliki elektrolitski kondenzatorji in dušilka predvsem preprečujejo medsebojne motnje med analognim in digitalnim delom postaje, zato ni vseeno, kje so ti kondenzatorji postavljeni in kako dobro so ozemljeni na skupno maso (ohišje) postaje.

Tudi stabilizator 7805 (v ohišju TO-220) mora biti pritrjen na šasijo zaradi hlajenja, kondenzatorji 470nF pa morajo biti prispajkani naravnost na nožice regulatorja. Boljša, a bolj komplicirana rešitev bi bil switching napajalnik, ki bi bistveno zmanjšal porabo postaje.

Moduli postaje morajo biti vgrajeni v kovinsko ohišje, še najboljše iz nepobarvane aluminijeve pločevine

zato, da je med deli ohišja (dno, ogrodje, pokrov) zagotovljen dober električni stik. Samo tako ohišje zagotavlja ustrezno oklapanje posameznih delov postaje. Še najboljše se je obneslo ohišje z dvema prekati za analogni in digitalni del postaje. Dodatno oklapanje ni potrebno, če se držimo pravila, da mora biti med robovoma dveh sosednjih ploščic vsaj 1cm razmaka.

Z dobro izpeljanim ožičenjem se lahko izognemo tudi kondenzatorjem skoznikom. Vsi moduli postaje so povezani preko enostavnih konektorjev, narejenih iz podnožij za integrirana vezja. Seveda pridejo v poštev samo kvalitetna podnožja z okroglimi, pozlačenimi kontakti. Ženski konektor je enostavno vrsta kontaktov iz podnožja, pricinjnih na ploščico. Moški konektor je narejen iz še enega enakega podnožja: nožice se zataknejo v ženski del, v luknjice pa so pricinjene žice. VF povezave uporabljajo več sosednjih kontaktov za maso (oklop kabla) zato, da bi bila parazitna induktivnost čim manjša. Edina izjema je antenski kabel v 70cm postaji: ta je pricinjjen naravnost pod ploščico, brez konektorjev.

Zgrajena postaja zahteva seveda dosleden preizkus in uglaševanje: skoraj nikoli ne bojo vsa vezja delovala takoj! Najprej se splača preizkusiti mikroračunalnik, ki potrebuje sprogramiran EPROM z željeno inačico programa. Mikroračunalnik je zgrajen na precej "gostem" tiskanem vezju, zato bo večina napak tu kratki stiki med sosednjimi povezavami ali pa manjkajoči (hladni) spoji. Preizkusiti je treba predvsem delovanje ukazov preko tipk na prednji plošči, LED "UNLOCK" pa bo ostal prižgan, saj še nimamo VCOja in PLL

zanka ni sklenjena.

Naslednji modul, ki ga je treba priključiti, je ravno VCO. Z frekvencometrom najprej nastavimo VCO tako, da pokriva željeno frekvenčno območje. Podvojevalna stopnja in sledeča vezja uglasimo enostavno za največji izhodni signal. Če povežemo VCO z mikroračunalnikom, se mora LED "UNLOCK" POPOLNOMA ugasniti. Če LED še malo brli, oziroma če kasneje ugotovimo, da je signal VCOja frekvenčno moduliran s tonom 2.5kHz (1.5625kHz pri UHF postaji), potem imamo v nizkopropustnem filteru PLL zanke slab element (običajno elektrolitski kondenzator), ki ima prevelik izgubni tok (upornost mora biti večja od 100 Mohm!).

Oddajnik enostavno uglasimo na največjo izhodno moč. Pri uglaševanju je treba včasih tudi razvleči ovoje kakšne tuljave, da res dosežemo največjo možno moč. V UHF inačici je dobro preveriti, da so množilne stopnje res uglašene na pravi harmonik!

Sprejemnik je za uglaševanje malo bolj zahteven, predvsem zato, ker integrirano vezje S041P nima izhoda za S-meter! Če razpolagate z ustreznimi merilnimi pripomočki (spektralni analizator), potem lahko tak instrument priključite na točko "TP" pri uglaševanju medfrekvence. V nasprotnem primeru je treba nastaviti sprejemnik na šibek signal znane frekvence in poskušati izboljšati sprejem z uglaševanjem vseh nihajnih krogov. Za točno nastavitve je dobro zmanjšati ojačenje medfrekvenčnega ojačevalnika na 5.54MHz (BF199) enostavno tako, da mu prekinemo napajanje. Z zmanjšanim ojačenjem v medfrekvenci so vsa uglaševanja dosti bolj občutljiva!

Nazadnje ostanejo še fine nastavitve: točna frekvenca referenčnega oscilatorja na 10MHz, maksimalna deviacija oddajnika in diskriminator sprejemnika. Če se pisk PLLja pojavlja samo na oddaji, potem je lahko vzrok tudi nezadostno oklapanje med moduli, ki so preblizu eden drugega oziroma je ožičenje neumno speljano. V UHF inačici pomaga proti 1.5625kHz pisku (samo na oddaji) tudi 100uH dušilka v vodu PLLCV. Mikroračunalnik lahko tudi moti sprejemnik na harmonskih frekvencah svojega takta: če na 145.000 MHz oziroma 435.000MHz slišimo le zelo šibek signal, v šumu, potem je oklapanje dobro izvedeno.

9. Programi: delovanje in ukazi

Kakor vse naprave, ki vsebujejo mikroročunalnik, je tudi opisana postaja samo "mrtvo železje" brez programske opreme, v tem slučaju programa, ki ga je treba zapeči v EPROM 27C64 z ustreznim programatorjem (pekačem). Žal zaradi prostorske stiske ne morem objaviti komentiranega listinga programa: obe inačici bi zahtevali eno celo število revije samo zato. Kogar to zanima, si lahko prečita oba listinga z računalnika YT3A preko packet-radio omrežja. Tu objavljam samo heksadecimalni izpis strojne kode obeh programov in sicer na sliki 23 za VHF inačico in na sliki 24 za UHF inačico. Programa sta enake dolžine in sta si zelo podobna.

Upravljanje s postajo poteka preko samo treh tipk. Dve tipki služita za večanje (+) oziroma manjšanje (-) parametra, ki ga prikazuje LED prikazovalnik na prednji plošči postaje. Tretja tipka (F) izbira funkcijo ostalih dveh oziroma menu na prikazovalniku. Vse tri tipke imajo vgrajeno tudi funkcijo samoponavljanja če jih držimo pritisnjene. Če zaporedoma pritisnemo tipko (F), bomo na prikazovalniku videli sledeče menuje (glej tabelo A).

Seveda črke napisane s samo sedmimi segmenti številčnega LED prikazovalnika niso ravno najlepše, pa tudi besedi "squelch" manjka ena črka, ker ni zadosti znakov na razpolago.

Menu številka 1 omogoča izbiro kanala (VFOja ali memorije). Program omogoča 256 različnih kanalov, oštevilčenih od 0 do 255, z neodvisnimi sprejemnimi in oddajnimi frekvencami. Menuji 2, 3 in 4 omogočajo nastavljanje frekvence kanala, izbranega v menuju 1. Če je postaja na sprejemu, potem v menujih 2, 3 ali 4 nastavljamo hkrati in vzporedno, v enakih korakih, sprejemno in oddajno frekvenco. Ko je postaja na oddaji, pa nastavljamo samo oddajno frekvenco (na primer za delo preko repetitorja) in se takrat sprejemna frekvenca ne menja. Ob vrnitvi na sprejem postaja ohrani nastavljeno razliko sprejemne in oddajne frekvence.

Menuji 5 in 6 omogočajo nastavljanje potenciometrov za glasnost oziroma skvelč v osmih korakih, oštevilčenih od 0 do 7. Nazadnje, menu številka 7 ugasne LED prikazovalnik (za zmanjšanje porabe v slučaju baterijskega napajanja). V

VHF inačica			UHF inačica	
Menu	prikaz	funkcija	prikaz	funkcija
1	CH 000	št.kan.	CH 000	št.kan.
2	F 145.000	korak 1MHz	F 435.000	korak 1MHz
3	M 145.000	korak 100kHz	M 435.000	korak 100kHz
4	S 145.000	korak 5kHz	S 435.000	korak 12.5kHz
5	VOLUME 3	glasnost	VOLUME 3	glasnost
6	SQELCH 0	skvelč	SQELCH 0	skvelč
7		ugasnjen		ugasnjen

Tabela A

```

0000H - 1FFFH : EPROM 27C64 (8kbytes)

2000H - 27FFH : Neuporabljeno, možnost dodatkov!

2800H - 2FFFH : uPD71055 vzporedna vhodno/izhodna enota
2800H : port A : segmenti prikazovalnika
2801H : port B : glasnost in skvelč
2802H : port Č : razni vhodi in multipleks
2803H : komandni register

3000H - 37FFH : uPD71054 programirani številci
3000H : ČTR0 : referenčna frekvenca
3001H : CTR1 : modulo*129
3002H : CTR2 : modulo*128
3003H : komandni register

3800H - 3FFFH : RAM CMOS 6116 (2kbytes)

Po 3FFFH se slika ponavlja, ker A14 in A15
nista dekodirana.

Tabela B

```

menuju 7 tudi tipki (+) in (-) ne delata, vse ostale funkcije mikroročunalnika in postaje pa ostanejo nespremenjene.

Pri prvi vključitvi postaje je vsebina CMOS pomnilnika povsem naključna, zato potrebuje mikroročunalnik najprej popolni RESET za pravilno delovanje. Za izvršitev popolnega RESETa je treba držati pritisnjeno tipko (F) med vklopom postaje. Na prikazovalniku se bojo za kakšno sekundo prikazale vodoravne črtice. Tipko (F) je treba spustiti, ko črtice zamenja napis "SET Fr". Po nekaj sekundah tudi ta napis zamenja menu številka 2. RESET nastavi vse kanale, sprejemne in oddajne frekvence na 145.000MHz v VHF postaji in na 435.000MHz v UHF postaji. Glasnost se postavi na 3 in skvelč na 0 (popolnoma odprt).

Program ne vsebuje nikakršne zaščite glede frekvenc, ki jih lahko nastavimo. Na prikazovalniku VHF postaje lahko nastavimo katerokoli

število med 0 in preko 300MHz in na UHF postaji lahko nastavimo karkoli med 0 in preko 800MHz. Seveda PLL ne more delati v tako širokem frekvenčnem, tudi če bi VCO to zmožgel! Uporabljeni sestavni deli in programska oprema omogočajo uporabno območje od približno 100MHz do približno 170MHz s korakom 5kHz v VHF inačici in od približno 250MHz do približno 600MHz s korakom 12.5kHz v UHF inačici. Analogni del postaje je načrtovan za pokrivanje samo 15-20MHz široko področje v obeh inačicah.

Program je dolg malo več kot 1kilobajt, tako da je EPROM 27C64 skoraj prazen (vendar je to najmanjši CMOS EPROM na tržišču). Prostora za dodelave in izboljšave programa zato ne manjka!

Objavljeni program ima tudi majhno napako: če PTT kontakt odskakuje in napravi kopico impulzov ob vklopu, se včasih prikaže namesto sprejemne frekvence oddajna in

```

310040C34000FFFFE5F5CD8000F1E1C9DDE5CDC000DDE1C9E5F5CDF000F1E1C9
E5F5CD8001F1E1C9FDE5CDC001FDE1C9C31002FFFFFFFFFFF3E002FFFFFFFFFFF
3E813203283A07003200283E003201283E003202283E363203303E543203303E
943203303E83200303E03320030DD21003EFD210038C35002FFFFFFFFFFF
C50100C0097D6C943005252D3C2804FE8038032CD6804F84673E8085916F06FF
3A0228E608200210F706FF3A0228E608280210F77C3201307D320230C1C9FFFF
C5F501000879320228C6104F3A0600DDAE00320028DD233EE3D20FD3A070032
002810E1F1C1C9FFFFFFFFFFFDD36000DD360100C5D501C0E0116F01
130938FC01204E091ADD77020130F8116F01130938FC01D007091ADD77030138
FF116F01130938FC01C800091AC601DD770401ECFF116F01130938FC01140009
1ADD770501FEFF116F01130938FC010200091ADD7706117001444D292909197E
DD7707D1C1C9FFFFFFFFFFF7E0CB69ECCDAFA0EDEFDEFFFFFFFFFFF
DD36000DD360100DD360200DD360300DD360400216F0123D66430FBC66466DD
7405216F0123D60A30FBC60A66DD7406217001856F66DD7407C9FFFFFFFFFFF
D5E5F52600DD6E102929EB2100003A0228E601200521ACFB18021313FD19FD5E
00FD560119CFDD7E11E607DD771107070757DD7E12E607DD7712B2320128F1E1
D1C9FFFFFFFFFFFDD36000DD360100DD360200DD360300DD360400DD360500DD360600
00C93A0228E606200ADD361300DD36140218DDDBE132809DD361402DD771318
CFDD351420CADD36140CC9FFFFFFFFFFFDE50608DD360092DD2310F8DDE1DD36
143F3A0228E606FE06205CD7DD351420F1DD36000DD3601DADD3602F2DD3603
F0DD360400DD3605E2DD3606A0DD360700DD361000DD361103DD361200DD3613
00DD36141FDD3615000600110400FDE5D7FD36000FDD360187FD3602F0FD3603
71FD1910EBFDE1DD7E15FFDD7E153CFE1038023E00DD771518F0FFFFFFFFFFF
FE020672600DD6E102929EB3A0228E60128021313FDE5FD19FD6E00FD6601FD
E1DFDD3600E2F7FE0028D9FE062001C901C800FE0220030138FF2600DD6E1029
29EBFDE5FD193A0228E601200DFD6E00FD660109FD7500FD7401FD6E02FD6603
09FD7502FD7403FDE11899FE0120672600DD6E102929EB3A0228E60128021313
FDE5FD19FD6E00FD6601FDE1DFDD36006EF7FE0028D9FE062001C9011400FE02
200301E8FF2600DD6E102929EBFDE5FD193A0228E601200DFD6E00FD660109FD
7500FD7401FD6E02FD660309FD7502FD7403FDE11899FE0220672600DD6E1029
29EB3A0228E60128021313FDE5FD19FD6E00FD6601FDE1DFDD3600DAF7FE0028
D9FE062001C901100FE02200301FFFF2600DD6E102929EBFDE5FD193A0228E6
01200DFD6E00FD660109FD7500FD7401FD6E02FD660309FD7502FD7403FDE118
99FE062025DD7E10E7DD360172DD3602ECF7FE0028FDE5FD19FD6E02FD6601FD
2006DD3510DD351018DBFE032047DD7E11E7DD36007CDD36017DD36027DD36
037CDD36046EDD3605F2DD360600F7FE0028FDE5FD19FD6E02FD6603411FE02DD7E11
20023D3DFE8038023E00FE0838023E07DD771118B9FE042047DD7E12E7DD3600
DADD3601CEDD3602F2DD360370DD360472DD3605ECDD360600F7FE0028FDE5FD
2001C9DD3412FE02DD7E1220023D3DFE8038023E00FE0838023E07DD771218B9
FE052014DDE50608DD36000DD2310F8DDE1F7FE0620FBC9C9

```

Slika 23. - Heksadecimalni izpis programa za VHF RTX.

```

310040C34000FFFFE5F5CD8000F1E1C9DDE5CDC000DDE1C9E5F5CDF000F1E1C9
E5F5CD8001F1E1C9FDE5CDC001FDE1C9C31002FFFFFFFFFFF3E002FFFFFFFFFFF
3E813203283A07003200283E003201283E003202283E363203303E543203303E
943203303E83200303E03320030DD21003EFD210038C35002FFFFFFFFFFF
C50100C0097D6C943005252D3C2804FE8038032CD6804F84673E8085916F06FF
3A0228E608200210F706FF3A0228E608280210F77C3201307D320230C1C9FFFF
C5F501000879320228C6104F3A0600DDAE00320028DD233EE3D20FD3A070032
002810E1F1C1C9FFFFFFFFFFFDD36000DD360100C5D501C0E0116F01
130938FC01204E091ADD770201E0FC116F01130938FC01D003091ADD770301B0
FF116F01130938FC015000091AC601DD770401F8FF116F01130938FC01080009
1ADD7705545DCB3B2929444D29091901F6FF116F01130938FC010A00091ADD77
06117001197EDD7707D1C1C9FFFFFFFFFFF7E0CB69ECCDAFA0EDEFDEFFFFFFFFFFF
DD36000DD360100DD360200DD360300DD360400216F0123D66430FBC66466DD
7405216F0123D60A30FBC60A66DD7406217001856F66DD7407C9FFFFFFFFFFF
D5E5F52600DD6E102929EB2100003A0228E60120052145FE18021313FD19FD5E
00FD560119CFDD7E11E607DD771107070757DD7E12E607DD7712B2320128F1E1
D1C9FFFFFFFFFFFDD36000DD360100DD360200DD360300DD360400DD360500DD360600
00C93A0228E606200ADD361300DD36140218DDDBE132809DD361402DD771318
CFDD351420CADD36140CC9FFFFFFFFFFFDE50608DD360092DD2310F8DDE1DD36
143F3A0228E606FE06205CD7DD351420F1DD36000DD3601DADD3602F2DD3603
F0DD360400DD3605E2DD3606A0DD360700DD361000DD361103DD361200DD3613
00DD36141FDD3615000600110400FDE5D7FD36000FDD360187FD3602F0FD3603
87FD1910EBFDE1DD7E15FFDD7E153CFE1038023E00DD771518F0FFFFFFFFFFF
FE020672600DD6E102929EB3A0228E60128021313FDE5FD19FD6E00FD6601FD
E1DFDD3600E2F7FE0028D9FE062001C9015000FE02200301B0FF2600DD6E1029
29EBFDE5FD193A0228E601200DFD6E00FD660109FD7500FD7401FD6E02FD6603
09FD7502FD7403FDE11899FE0120672600DD6E102929EB3A0228E60128021313
FDE5FD19FD6E00FD6601FDE1DFDD36006EF7FE0028D9FE062001C9010800FE02
200301E8FF2600DD6E102929EBFDE5FD193A0228E601200DFD6E00FD660109FD
7500FD7401FD6E02FD660309FD7502FD7403FDE11899FE0220672600DD6E1029
29EB3A0228E60128021313FDE5FD19FD6E00FD6601FDE1DFDD3600DAF7FE0028
D9FE062001C901100FE02200301FFFF2600DD6E102929EBFDE5FD193A0228E6
01200DFD6E00FD660109FD7500FD7401FD6E02FD660309FD7502FD7403FDE118
99FE062025DD7E10E7DD360172DD3602ECF7FE0028FDE5FD19FD6E02FD6601FD
2006DD3510DD351018DBFE032047DD7E11E7DD36007CDD36017DD36027DD36
037CDD36046EDD3605F2DD360600F7FE0028FDE5FD19FD6E02FD6603411FE02DD7E11
20023D3DFE8038023E00FE0838023E07DD771118B9FE042047DD7E12E7DD3600
DADD3601CEDD3602F2DD360370DD360472DD3605ECDD360600F7FE0028FDE5FD
2001C9DD3412FE02DD7E1220023D3DFE8038023E00FE0838023E07DD771218B9
FE052014DDE50608DD36000DD2310F8DDE1F7FE0620FBC9C9

```

Slika 24. - Heksadecimalni izpis programa za UHF RTX.

obratno. Napaka se vidi samo na prikazu, postaja dela na pravilni frekvenci in tudi prikaz se popravi takoj, ob naslednjem preklopu sprejem/oddaja ali ob pritisku katerekoli tipke. Napako se da enostavno popraviti čisto programsko, toda to bi podaljšalo čas preklopa sprejem/oddaja in obratno, kar je pri uporabi postaje za packet-radio silno neugodno!

Nazadnje objavljam še tabelo naslovov v spominskem prostoru mikroročalnika Z80 za vse tiste, ki bi radi napisali ali dopisali svoj program (glej tabelo B).

10. Doseženi rezultati in zaključek

Opisane postaje so bile dobro preizkušene. Sam sem zgradil in natančno preizkusil tri VHF in tri UHF postaje, rezultate teh meritev pa navajam v naslednjem odstavku.

Ena najvažnejših lastnosti sprejemnika je občutljivost. Ta znaša okoli 0.5µV pri VHF inačici in okoli 0.25µV pri UHF inačici. Pri VHF postaji je danes že bolj važna selektivnost vhodnega dela, zato sem žrtvoval nekaj občutljivosti. Ker je zasedenost UHF področij zaenkrat še bistveno manjša, je pri UHF sprejemniku občutljivost dosti bolj važna. Selektivnost sprejemnika je primerna za večino namenov, seveda pa se ne da primerjati treh medfrekvenčnih transformatorjev na 460kHz s kristalnim filtrom s šestimi ali osmimi kristali v profesionalnih postajah, vsaj kar se tiče dušenja sosednjega kanala ne!

Oddajniki obeh inačic dajo od 2 do 3W izhodne moči, pač glede na tolerance uporabljenih sestavnih delov.

Pri uporabi postaj za packet-radio je važna lastnost tudi čas preklopa od sprejema na oddajo in obratno. V dobro načrtovani postaji ta čas zavisi izključno od časa vnihanja PLL zanke. Pri VHF postaji znaša čas preklopa okoli 70ms (parameter TXD 7), medtem ko je UHF postaja zaradi nižje primerjalne frekvence malo počasnejša, okoli 110ms (parameter TXD 11 pri TNCju). Vsi ti poskusi so bili seveda opravljeni s TNCji z digitalnim DCDjem, ki ne rabijo skvelca postaje. Pri vseh TNCjih, ki ne razpolagajo z digitalnim DCDjem (skoraj vsi tovarniški TNCji) je treba zakasnitvam prišteti še čas zakasnitve skvelca, ki pri opisanih postaji znaša okoli 200ms.

Seveda se da doma izdelano po-

stajo prilagoditi: časovno konstanto skvelča se da zmanjšati (za packet-radio) oziroma povečati (za navadne FM govorne zveze). Prav tako se da prilagoditi PLL zanka: objavljene vrednosti kondenzatorjev v filtru PLLja so izbrane tako, da se PLL čimprej vniha, kar je zaželjeno predvsem za packet-radio. Za govorne zveze čas vnihanja ni toliko pomemben, pač pa dosti bolj moti primerjalna frekvenca PLLja, to pa bi večji kondenzatorji v filtru bolje dušili.

Opisani visokofrekvenčni moduli pokrivajo 145MHz VHF in 435MHz UHF področje. Za 23cm področje bi postaja potrebovala malo boljši PLL, pa tudi VF modul bi bil malo bolj

kompliciran. Zato pa bi se dalo uporabiti sintetizator, mikroračunalnik in medfrekvenco tudi za 29MHz FM postajo in (upajmo kmalu dovoljeno tudi pri nas) 50MHz FM postajo. Za SSB postaje opisani PLL sintetizator ni primeren iz več razlogov.

Verjetno bo marsikdo pobrskal tudi po programu, napisal kakšen nov ukaz oziroma našel kakšno bolj duhovito rešitev od moje. V EPROMu je vsekakor se zadosti prostora za marsikaj, na primer spremenljive korake PLLja (večji koraki omogočajo hitrejše vnihanje, manjši pa finejšo nastavitev na signal poljubne frekvence). Tudi nastavljanje svetlosti in s tem porabe LED prikazovalnika se da enostavno izvesti v softveru.

Nazadnje še nasvet začetnikom: opisana postaja je velik zalogaj, zato previdnost ne bo odveč! Pri izbiri ohišja se rajši odločite za malo večje ohišje, v katerem se da v slučaju napake premakniti kakšen modul ali pa ožičenje. Ohišje mora zagotavljati dober oklop med analognim in digitalnim delom postaje, hkrati pa morajo biti vsi moduli dobro dostopni za uglaševanje in popravila.

Vsem seveda želim srečno in uspešno gradnjo!

