

SPREJEM APT-WEFAX SLIKIC S SATELITA METEOSAT

=====

Matjaž Vidmar, S53MV

1. Sprejem slikic s satelita Meteosat

Sprejem šibkih signalov z umetnih satelitov je vedno predstavljal tehnični dosežek, zato je bil sprejem satelitov vedno zelo zanimiva radioamaterska dejavnost, četudi ni šlo za radioamaterske satelite. Med vsemi neamaterskimi sateliti so največ pozornosti vzbudili prav vremenski sateliti, saj se da z razmeroma skromnimi sredstvi sprejete signale predelati v zanimivo in uporabno vremensko sliko.

Za evropske radioamaterje je prav gotovo najbolj zanimiv geostacionarni vremenski satelit Meteosat, trenutno je to METEOSAT-5 ali MOP-2. Sateliti Meteosat snemajo sliko zemeljske oble v več različnih svetlobnih spektrih in to sliko najprej posredujejo upravni postaji na Zemlji. Oddaja takšne "surove" slike na frekvenci 1686.833MHz zaenkrat še ni dostopna radioamaterjem, ker bi zaradi majhne moči oddajnika na krovu satelita potrebovali anteno premera 7 do 10m.

Bolj zanimive in lažje dostopne so predelane slikice, ki jih upravne postaje na Zemlji oddajajo nazaj preko pretvornikov na satelitih Meteosat na dveh drugih kanalih v področju 1.7GHz: na 1691.000MHz in na 1694.500MHz. Slikice se oddajajo na dva različna načina: analogni APT-WEFAX in digitalni (HR). V analognem načinu slikovni signal najprej amplitudno modulira 2400Hz podnosilec, ta pa frekvenčno modulira visokofrekvenčni nosilec oddajnika. Digitalna oddaja je vrste PSK s hitrostjo prenosa 166.667kbps.

Radioamaterji se ukvarjamo s sprejemom satelitov Meteosat že od vsega začetka, od izstrelitve prvega satelita METEOSAT-1 v letu 1977. Sam sem sprejel prve slikice s satelita METEOSAT-1 konec leta 1978. Naše delo na tem področju je visoko cenjeno s strani profesionalnih lastnikov satelitov, evropske vesoljske agencije (ESA) in poznejše organizacije EUMETSAT, ki znajo ceniti radioamaterski prispevek k razvoju enostavnih, cenjenih in zanesljivih sprejemnikov za svoje satelite.

Čeprav sta radioamaterjem dostopna oba, analogni in digitalni sistem oddaje slikic, začetniku priporočam enostavnejši analogni sistem. Oprema za sprejem analognih APT-WEFAX slikic je prikazana na Sliki 1. Za sprejem teh slikic potrebujemo anteno premera nekje od 90cm do 120cm, malošumni predojačevalnik za 1.7GHz, FM sprejemnik, primeren vmesnik ter računalnik za shranjevanje in prikaz slikic. Ker potrebujemo podoben sprejemnik tudi za sprejem vremenskih satelitov v nizkih tirnicah v področju 137MHz, se za sprejem satelita Meteosat VHF sprejemniku enostavno doda ustrezen konverter za področje 1.7GHz.

Nekateri od omenjenih sestavnih delov so bili že opisani v glasilu CQ ZRS, naprimer "Dvostopenjski predojačevalec za L področje" v CQ ZRS 6/92. Vmesnik in računalnik (program) tudi omogočata bogato izbiro. Za IBM-PC računalnike obstaja bogata izbira vmesnikov in ustreznih programov, prav tako za druge znane računalnike. DSP računalnik, opisan v letnikih 91 in 92 glasila CQ ZRS, že vsebuje sam po sebi ustrezno vhodno enoto za

signal, ki prihaja iz FM sprejemnika.

V tem članku bom opisal izbiro primerne antene ter gradnjo konverterja za področje 1.7GHz. Od vseh sestavnih delov sprejemnika ostane le še VHF FM sprejemnik. Tovarniški VHF FM sprejemniki imajo danes vsi vgrajeno medfrekvenčno sito širine 15kHz, oddaja satelita Meteosat kot tudi drugih vremenskih satelitov pa je širine okoli 30kHz. Brez predelave je torej tovarniški sprejemnik skoraj neuporaben, ker zelo popači satelitski signal. Kdor se želi resno ukvarjati s sprejemom slikic z vremenskih satelitov, naj zato razmisli tudi o gradnji primerne VHF FM sprejemnika s pravim sitom v medfrekvenci!

2. Antena za sprejem satelita Meteosat

Za sprejem satelitov Meteosat je bila v radioamaterskih časopisih opisana vrsta najrazličnejših anten, od raznih izvedb Yagi anten pa vse do doma izdelanih cilindričnih in krožno simetričnih paraboličnih anten. Izvorna knjiga evropske vesoljske agencije o satelitu Meteosat sicer govori o zrcalu premera 2.5m, ki so ga pozneje zmanjšali na 1.5m za sprejem APT-WEFAX slikic. Odlični malošumni polprevodniki so sicer omogočili sprejem satelitov Meteosat s še dosti manjšimi antenami, naprimer z Yagi anteno dolžine manj kot 1m.

Skrajnosti seveda niso vedno smiselne. Glede na ceno celotne sprejemne postaje je verjetno bolj smiselno uporabiti nekoliko večjo anteno, ki omogoča dosti bolj kvaliteten sprejem slikic. Večja antena pride zelo prav v slučaju okvare oddajnikov oziroma antenskega sistema na krovu satelitov Meteosat, kar se je najprej zgodilo na satelitu METEOSAT-3 in zdaj še na trenutno aktivnem satelitu METEOSAT-5 (MOP-2). Večja antena ima tudi ožji snop sevanja in povsem prepreči motnje, ko je na isti frekvenci vključen še kakšen drug satelit vrste Meteosat.

Smiselna izbira antene je zato parabolično zrcalo premera od 90cm do 120cm. Priporočam "globoko" rotacijsko simetrično zrcalo z razmerjem f/D nekje med 0.3 in 0.4, ker je za plitva zrcala ($f/D=0.7$) senca ustreznega žarilca že prevelika. Zrcalo za 1.7GHz ne zahteva velike točnosti izdelave (okoli 1cm) in ga lahko izdelamo sami doma. Leta 1978 je bila to tudi edina rešitev, danes pa najdemo vsepovsod cenena in točna zrcala za satelitsko TV na 12GHz. Zrcalo premera 1.2m omogoča z dobrim predojačevalcem celo sprejem digitalnih slikic s satelita Meteosat in se mi zato zdi najbolj smiselna izbira.

Zrcalo seveda potrebuje primeren žarilec za frekvenčno področje 1.7GHz. Oddaje satelitov Meteosat so vse linearno polarizirane, v naših krajih je polarizacija Meteosatovih signalov skoraj vodoravna. Linearno polarizirani žarilec za 1.7GHz je prikazan na Sliki 2. Prikazani žarilec je odprt valovodni lijak krožnega prereza, po domače lonec. Dimenzije lonca so izbrane za osvetljevanje "globokega" zrcala s f/D okoli 0.3-0.4.

Elektromagnetno polje v loncu vzbudimo s paličasto antenico, ki jo naravnost pricininimo na srednjo žilo konektorja. Antenica je bakrena palčka premera 3mm in dolžine 36mm, BNC konektor UG-1094 pa pritrdimo s pomočjo dveh matic tako, da znaša celotna globina antenice 40mm.

Ker je gostota tokov na površini lonca dosti manjša kot v antenici, lahko preprosto izdelamo lonec iz pocinkane pločevine debeline 0.5mm, ki se enostavno krivi in spajka z navadnim cinom in solno kislino. Takšen lonec bo brez dodatne zaščite zdržal vse vremenske pojave, saj gleda odprtina lonca pri praktični uporabi, osvetljevanju zrcala, nekoliko navzdol.

Lonec pritrdimo v gorišče zrcala s pomočjo trinožnika, ki drži objemko z loncem. Objemka naj bo sredi lonca, nikakor pa ne ob odprtini! Objemka je potrebna zato, ker je treba lonec

še vrteti, da nastavimo najugodnejšo polarizacijo žarilca. Gorišče zrcala nastavimo tako, da ustreza faznemu središču žarilca. V sučaju lonca je to le nekaj centimetrov od odprtine navznoter, nikakor pa ne tam, kjer se nahaja paličasta antena!

S samim loncem, brez paraboličnega zrcala, lahko tudi preizkusimo občutljivost našega sprejemnika za satelit Meteosat. Kvaliteten sprejemnik bo z dobrim predojačevalcem omogočal sprejem slikic s samim loncem brez zrcala kot anteno, če odprtino lonca usmerimo proti satelitu Meteosat in izberemo pravilno polarizacijo. Razen značilnega Meteosatovega čivkanja bomo seveda slišali v sprejemniku precej šuma.

3. Konverter za 1.7GHz področje

Konverterji za sprejem satelitov Meteosat so bili med prvimi resnimi radioamaterskimi mikrovalovnimi konverterji, ko področij 23cm in 13cm sploh še poznali nismo. V amaterskih časopisih je bila opisana cela vrsta različnih konstrukcij, od začetnih nerodnih rezonatorjev s čudnimi diodami do sodobnih načrtov z GaAs tranzistorji.

V opisanem konverterju sem se odločil predvsem za enostavno izdelavo v mikrostrip tehniki na običajnem vitroplastu FR4. Po zasnovi je konverter za 1.7GHz še najbolj podoben konverterju za 2.4GHz, ki sem ga predstavil v CQ ZRS 6/93. Visokofrekvenčni del konverterja za 1.7GHz je prikazan na Sliki 3., PLL pa je le nekoliko predelan PLL iz konverterja za 2.4GHz.

Ker za dobro šumno število poskrbi že antenski predojačevalac z dvema GaAs tranzistorjema, uporablja konverter v obeh visokofrekvenčnih stopnjah kar silicijeve tranzistorje MRF571. Ti omogočajo šumno število samega konverterja 5-6dB, je pa zato gradnja in uglaševanje konverterja znatno enostavnejše. Namesto MRF571 lahko vgradimo tudi drugačne tranzistorje, v vezju delajo tudi dobri stari BFR91 z le nekoliko slabšim šumnim številom.

Glede na 2.4GHz konverter je v 1.7GHz konverterju poenostavljen tudi VCO, saj frekvenčna modulacija niti zdaleč ne zahteva tako nizkega faznega šuma kot SSB. Tudi ločilna stopnja za VCO postane nepotrebna, oscilator naravnost krmili mešalnik z dvojno diodo BAT14-099. Kar se tiče izbire mešalnih diod velja isto kot za VF tranzistorje: slabše diode bojo dale nekoliko večje šumno število, po potrebi bo treba tudi povečati jakost oscilatorja s povečanjem sklopnega kondenzatorja 1.5pF. V večini slučajev vsa ta poslabšanja z lahkoto prekrije visoko ojačenje dobrega predojačevalca.

Zaradi nižje delovne frekvence je nekoliko večje tudi tiskano vezje dimenzij 60mmX120mm, ki je prikazano na Sliki 4. Tiskanina je seveda dvostranska iz 1.6mm debelega vitroplasta, druga stran ni jedkana. Razporeditev sestavnih delov visokofrekvenčnega dela konverterja na obeh straneh tiskanine je prikazana na Sliki 5. Pred vgradnjo kateregakoli sestavnega dela je treba seveda spojiti ozemljene konce rezonatorjev na maso s koščki 1mm debele bakrene žice na označenih mestih. V konverterju za 1.7GHz so četrtvalovne dušilke narejene iz 60mm dolgih koščkov 0.15mm CuL žice, ki jo pocinimo za 5mm na vsakem koncu ter ostanek navijemo na premer 1mm.

Električni načrt PLLja za 1.7GHz konverter je prikazan na Sliki 6. Načrt je skoraj povsem enak PLLju za 13cm konverter in vezje je zgrajeno na isti tiskanini (glej CQ ZRS 6/93). Razlika je edino v frekvenci kristala (12MHz ali 6MHz) ter v spremenjenih modulih deljenja, kar dosežemo s prevezavo mostičkov na tiskanini. Na izhodu frekvenčno/faznega primerjalnika je dodana dušilka 1uH za preprečevanje motenj.

Visokofrekvenčni del in PLL morata biti seveda dobro oklopljena, da motnje iz digitalnih vezij ne končajo v sprejemniku. Vsak modul posebej je zato najprej vgrajen v

30mm visok okvir iz medeninaste pločevine, na katerega je potem privit še pokrov. Tudi dušilke 1uH namesto feritnih perlic v VF delu pomagajo odpravljati motnje PLLja.

Konverter za 1.7GHz je zasnovan tako, da naj bi bilo ugaševanja čim manj. Najprej si je seveda treba izbrati vrednost medfrekvenca za željene satelitske kanale 1691 in 1694.5MHz. Z računalniškim kvarcem za 12.000 pade medfrekvenca nekoliko visoko, 155 oziroma 158.5MHz. V prototipu sem zato uporabil kristal (neznane izvora) za 12.191MHz, ki se ga je dalo z zaporedno tuljavo navleči na 12.140MHz...

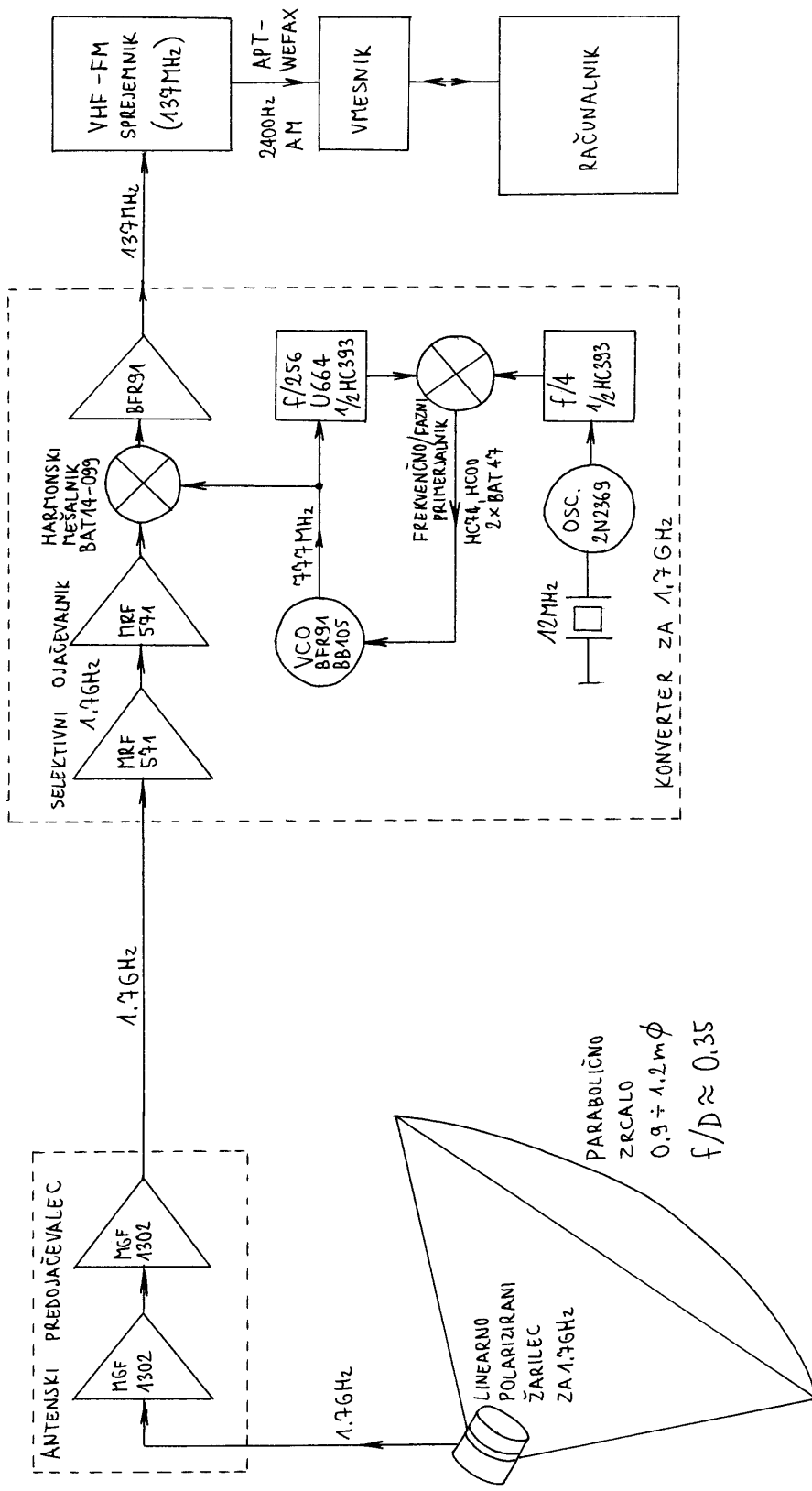
Ko kristalni oscilator niha na željeni frekvenci, je treba spraviti k življenju PLL, bolj točno VCO v visokofrekvenčnem delu. Frekvenca VCOja zavisi predvsem od tuljave L7, ki je izdelana iz koščka 0.6mm debele posrebrene žice, zvite v črko "U", dolžine 10mm in širine 5mm. Frekvenco nastavimo z mečkanjem Uja oziroma njegovim približevanjem/oddaljevanjem od ravnine mase. Ko se PLL ujame, fino nastavimo L7 tako, da znaša upravna napetost PLLCV okoli 2.5V.

Ostala vezja konverterja skoraj ne zahtevajo ugaševanja, malenkostni popravki obeh sit L2 in L3, rezonatorja v mešalniku L4 ter vhodnega kroga L1 prinesejo le še delčke decibelov. Te nastavitve lahko seveda opravimo edino s šumnim izvorom na vhodu in šumomerjem na izhodu konverterja. Pri tem odklopimo napajalno napetost +12V na vhodnem TNC konektorju, da ne poškodujemo šumnega izvora. Pri širokopasovnih sprejemnikih, kot je šumomer ali sprejemnik za digitalne Meteosatove slikice moramo seveda paziti, da slučajno ne sprejemamo ene od motenj iz nezadostno oklopljenega PLLja.

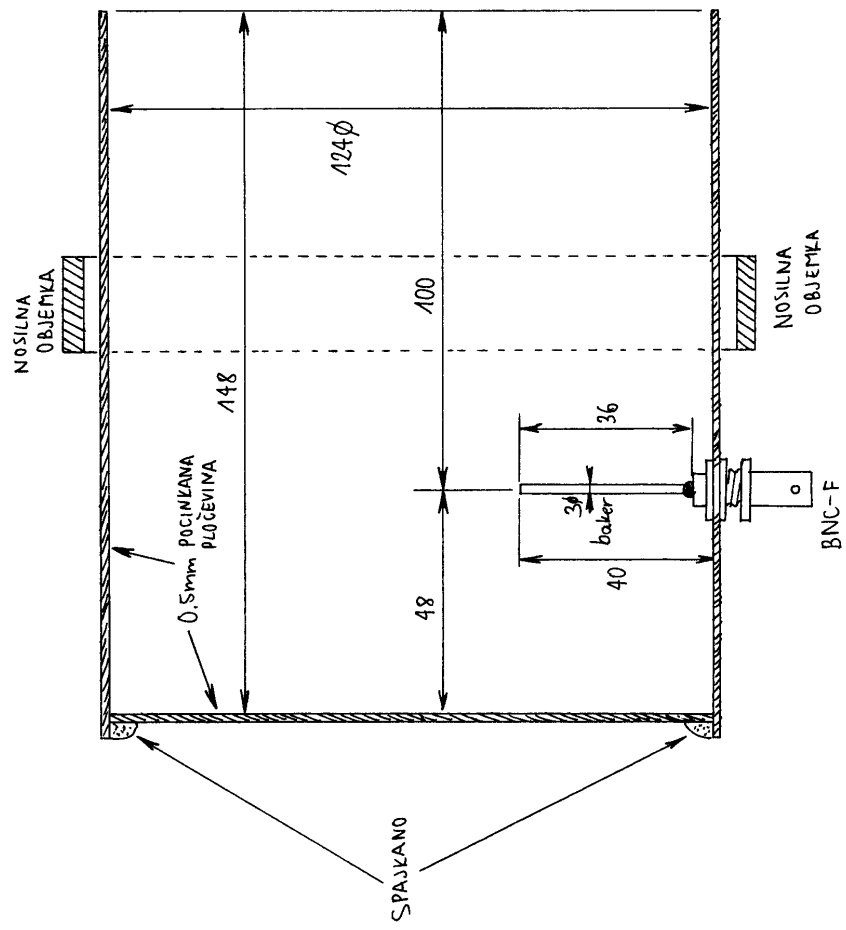
Konverter za 1.7GHz z dobrimi sestavnimi deli omogoča že sam, brez predojačevalca, sprejem APT-WEFAX slikic z anteno premera 1.2m skoraj brez šuma. Sprejem je seveda veliko boljši s predojačevalcem, ki omogoča vgradnjo konverterja v zaprtem prostoru, kjer se lahko izognemo velikim temperaturnim spremembam in s temi velikim odstopanjem frekvenca konverterja.

Seznam slik:

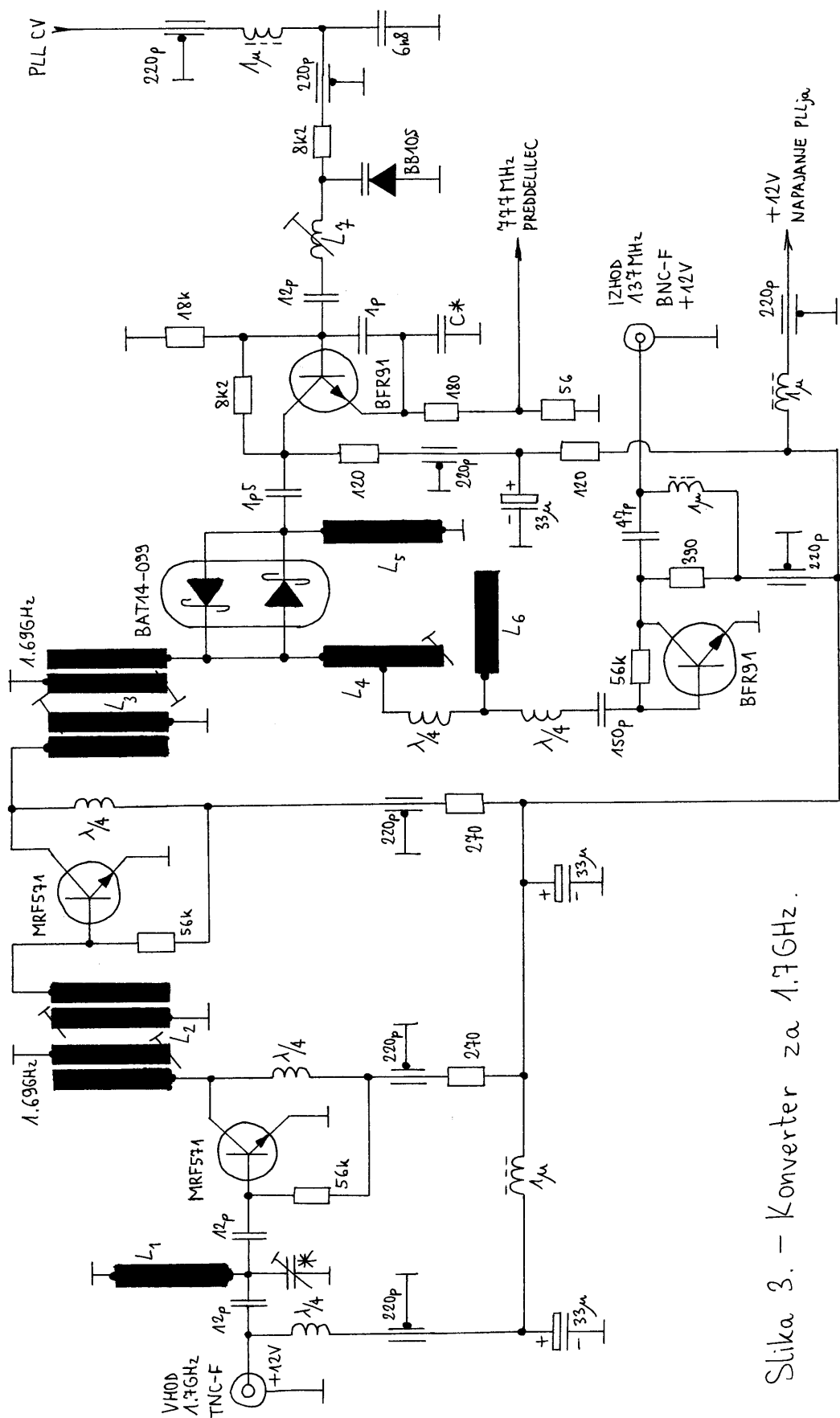
- Slika 1. - Sprejem APT-WEFAX slikic s satelita Meteosat.
- Slika 2. - Linearno polarizirani žarilec za 1.7GHz.
- Slika 3. - Konverter za 1.7GHz.
- Slika 4. - Tiskanina konverterja za 1.7GHz.
- Slika 5. - Razporeditev sestavnih delov konverterja za 1.7GHz.
- Slika 6. - PLL za 1.7GHz konverter.



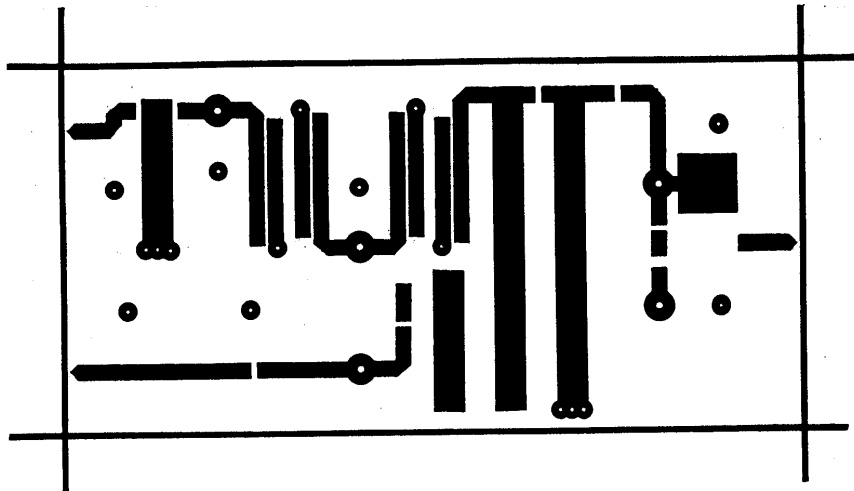
Slika 1. - Sprejem APT-WEFAX slikic s satelita Meteosat.



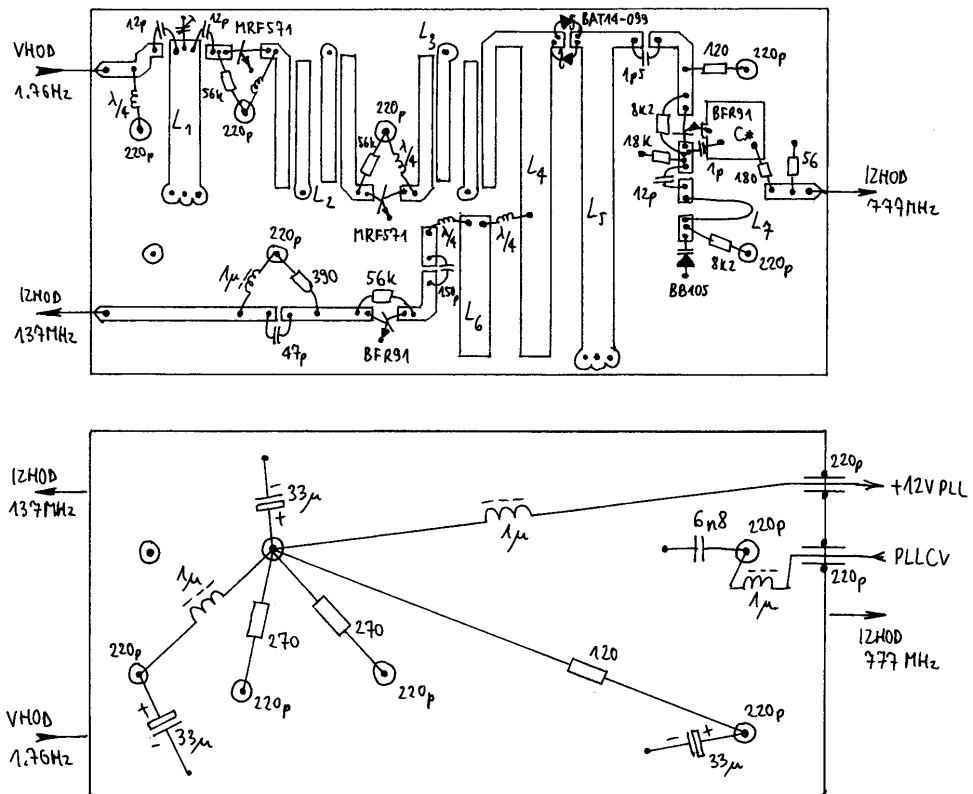
Slika 2. - Linearno polarizirani žarilec za 1.7 GHz.



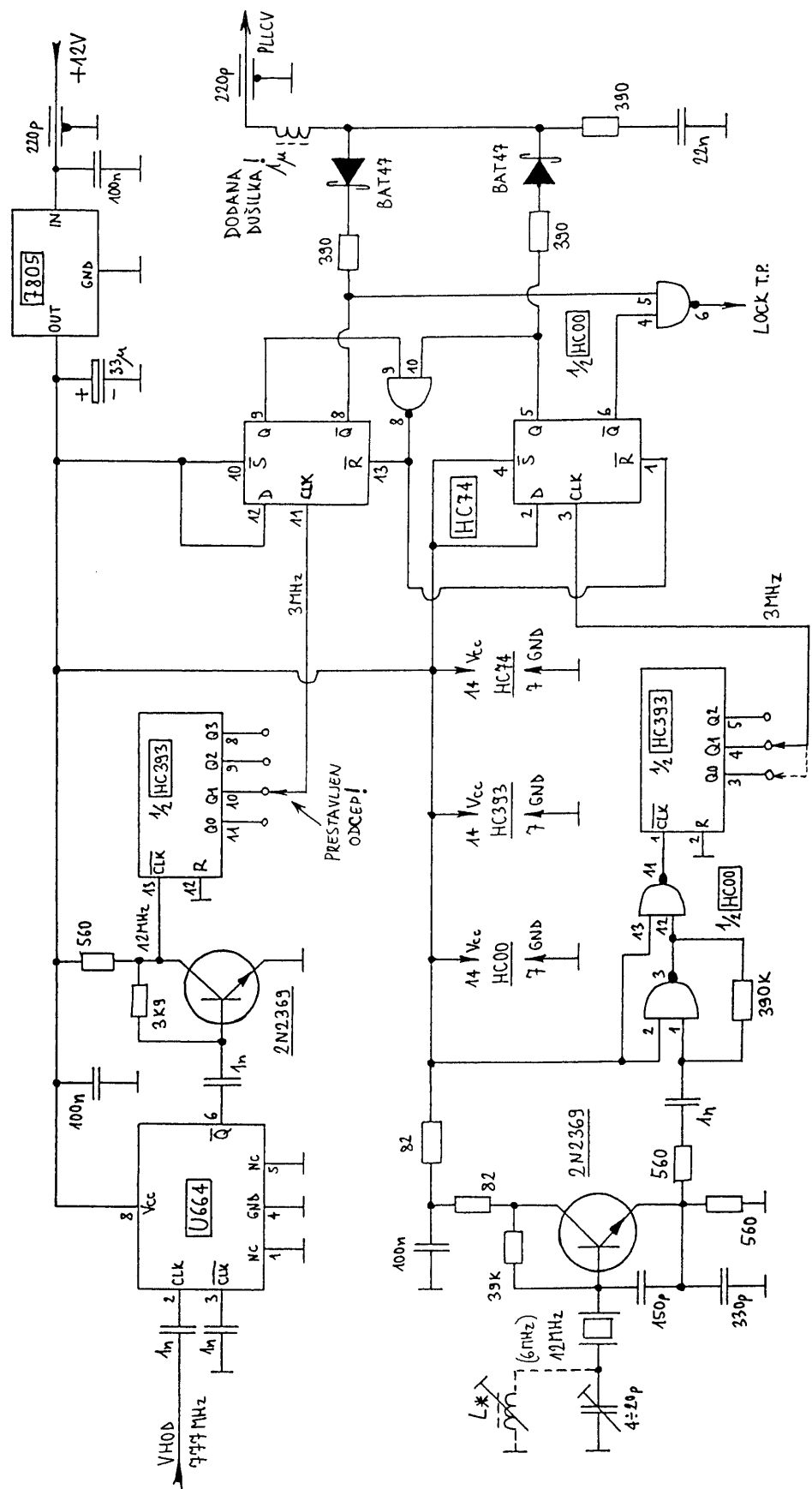
Slika 3. - Konverter za 1.7GHz.



Slika 4. - Tiskanina konverterja za 1.7GHz.



Slika 5. - Razporeditev sestavnih delov konverterja za 1.7GHz.



Slika 6. - PLL za 1.7 GHz konverter.