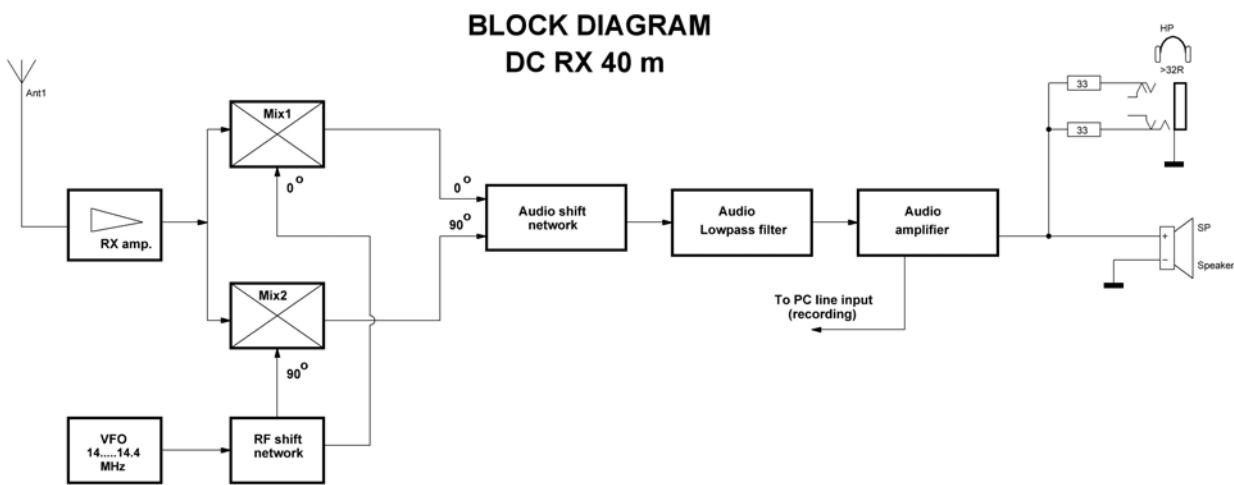


## CW/SSB prijemnik sa direktnom konverzijom

Ovaj prijemnik sa direktnom konverzijom je rezultat mnogobrojnih pokušaja da se sagradi jednostavan a dovoljno dobar prijemnik, za slušanje amaterskih stanica na 40 m bandu, kao kontrolni prijemnik za razna ispitivanja i sl. Princip rada prijemnika ove vrste zasniva se na miješanju prijemnog signala sa signalom lokalnog oscilatora, nakon čega se odmah dobija audio signal, koji se dalje obrađuje i pojačava u audio spektru. Prijemnici sa direktnom konverzijom se odlikuju svojom jednostavnošću i "čistoćom etera". Prosti prijemnici ovoga tipa međutim imaju nedostatak koji je rezultat miješanja, gdje se dobijaju dva idetntična signala na lijevom i desnom boku u odnosu na tzv. "zero beat", odnosno tačku u kojoj su izjednačene prijemna frekvencija i frekvencija lokalnog oscilatora, što prilično smeta kod slušanja, pošto se ista stanica čuje na dva mjesta, pa se dobija dojam da je band "pretrpan" stanicama.

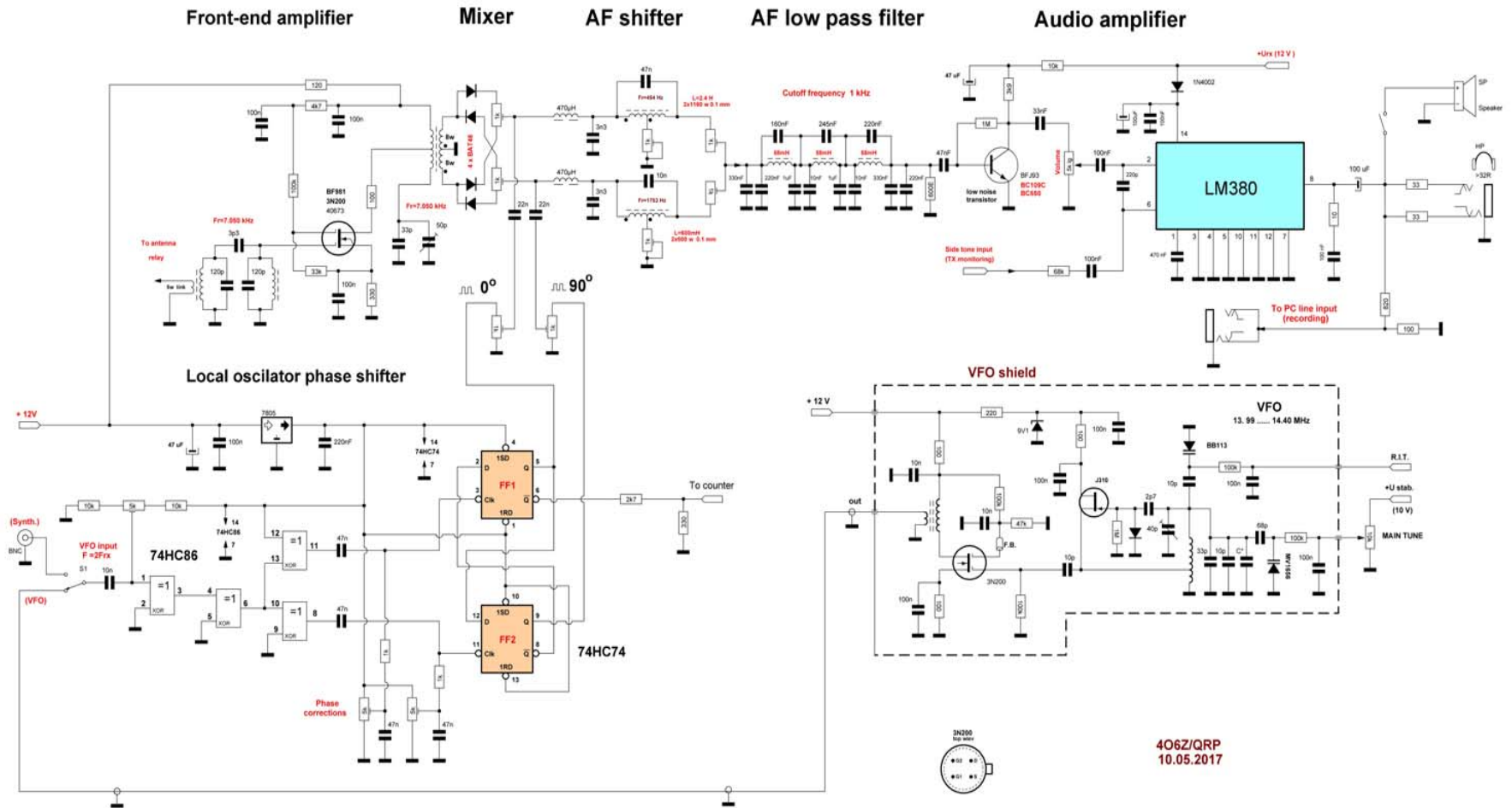
Da se prevaziđe ovaj problem, u toku evolucije prijemnika sa direktnom konverzijom, razvijena je fazna metoda potiskivanja neželjenog bočnog pojasa. Prvobitna rješenja su rezultirala skromnim rezultatima, a osnovni problem se javljao u obradi u audio spektru, gdje se traži kvalitetna i precizna mreža za pomak faze od  $90^\circ$ , što nije bilo lako postići sa običnim kondenzatorima i otpornicima. U kasnijem razdoblju, napretkom tehnologije i razvojem mreža za pomak faze u oblasti 300...3000 Hz, ostvaren je značajan napredak u razvoju DC prijemnika, tako da u današnje vrijeme možemo govoriti o potiskivanju bokova od skoro 70 dB. Na taj način su DC prijemnici tehnoloski izjednačeni sa superheterodinskim prijemnicima filterskog tipa, koji su desetljećima preovladavali. Na ovom principu se zasniva i rad SDR prijemnika gdje se potiskivanje ostvaruje hardversko-softverskim rješenjima u kompjuterima, a već se na tržištu pojavljuju i kompaktni SDR uređaji (standalone) koji nisu nužno vezani za PC.

Ovaj prijemnik je sgrađen prema metodi koju je razvio Ruski amater Vladimir Poljakov RA3AAE, a blok šema je data na slici br.1, a električna šema na sl.2.



Sl.1

# Principijelna šema prijemnika



Sl.2

Iz priloženih šema je vidljivo da se prijemnik, kao što je već rečeno, odlikuje svojom jednostavnošću i ne zahtjeva specifične komponente koje nije lako nabaviti. Ostvareno je potiskivanje neželjenog boka (u ovom slučaju USB) od oko 40 dB. Unatoč svojoj jednostavnosti potencijalni graditelj će se odmah suočiti sa problemom gradnje audio mreže za pomak faze, kojoj se mora posvetiti dužna pažnja, inače će rezultat izostati. Radi toga ćemo podrobnije opisati gradnju i podešavanje ove mreže.

Opis pojedinih sklopova prijemnika:

**Ulazni dio prijemnika** sastoji se od ulaznog bandfiltera za 40 m, VF pojačala sa MOS FET tranzistorom u čijoj drain elektrodi se također nalazi rezonantno kolo sa kojega se simetričnim linkom odvode signali na mješač.

**Mješač** predstavlja dvostruki balansni tip, na koji se dovode signali iz VF pojačala i dva signala iz lokalnog oscilatora koji su međusobno pomjereni za 90°. Kao rezultat miješanja dobivamo dva audio signala međusobno pomjerana za 90°, koji dalje odlaze u audio mrežu za pomak faze. Napominjem da ovaj mixer pogone četvrtasti signali iz lokalnog oscilatora i nema neke bitne razlike u prijemu, u odnosu na sinusne signale lokalno oscilatora.

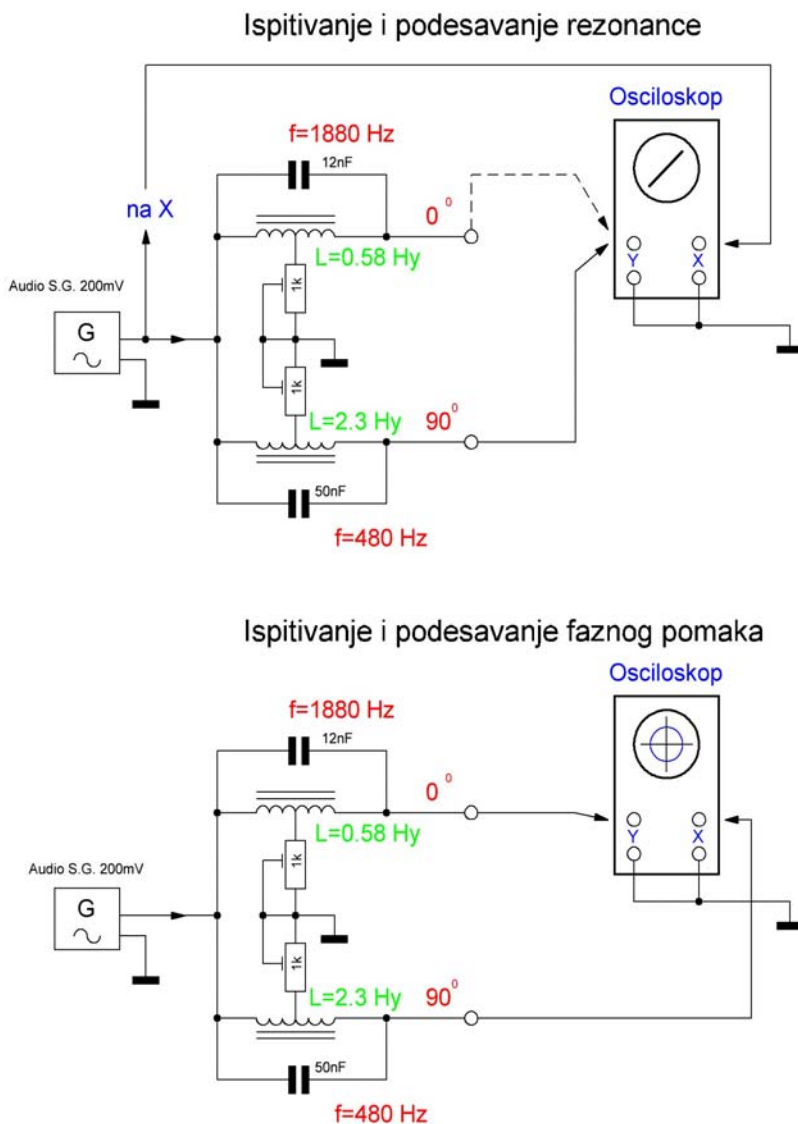
**Pomjerač faze lokalnog oscilatora.** U ovom prijemniku je ostvareno pomjeranje faze lokalnog oscilatora pomoću digitalnog dijelitelja frekvencije 74HC74, zahvaljujući čemu je ostvaren precizni pomak faze od 90°, na vema jednostavan način. Lokalni oscilator u ovom spoju treba da radi na dvostruko većoj frekvenciji od primane, znači na 14 MHz, a dijelitelj je dijeli sa dva. Budući da VFO radi na dvostruko većoj frekvenciji, nakon dijeljena sa 2, i eventualna nestabilnost VFO-a (drift) se također dijeli sa 2, što je povoljno za ukupnu stabilnost. Ukoliko bi se ovaj sklop koristio za neki drugi viši band, treba napomenuti da sa porastom frekvencije, dolazi do greške u faznom pomaku, radi čega je predviđena mogućnost korekcije faznog pomaka, promjenom prednapona (bias) na CLK ulazima flip-flopova 74HC74, pomoću trimmer potenciometara od 1 kΩ.

**Audio mreža za pomak faze.** Ovo je ključni sklop prijemnika, gdje vršimo dodatno pomjeranje faze audio signala za još 90°, i od kojega zavisi konačni rezultat. Vidjeli smo da je pomjeranje faze LO izvršeno na jednostavan i efektan način, međutim u oblasti audio spektra je to daleko teže izvesti, naročito u rasponu govornih frekvencija od 300.....3000 Hz.

Postoje dva tipa audio mreža uvjetno rečeno “analogne” i “digitalne”. U analogne mreže možemo ubrojiti polifazne RC mreže i RLC mreže, dok bi u digitalne spadale, obrada signala softverskim rješenjima i DSP-om. U ovom prijemniku je upotrebljena RLC fazna mreža koju je dao RA3AAE i to 4-tog supnja, koja omogućava potiskivanje oko 40 dB. Kao što se iz šeme prijemnika vidi, mreža se sastoji od dva rezonantna kola na frekvencijama od **454 Hz** i **1753 Hz**, sa mogućnošću podešavanja promjenjivim otpornicima. Ključni elementi ove mreže su dvije zavojnice od **600 mH** i **2.4 H**, koje sa pripadajućim paralelnim kondenzatorima daju navedene rezonantne frekvencije. Zavojnice se motaju “**bifilarno**”, znači sa dvije lak žice istovremeno, a nakon motanja se početak jedne zavojnice spaja sa krajem druge i to predstavlja srednju tačku zavojnice. Zavojnice se mogu motati na raznim tijelima, feritnim torusima, lončastim feritnim jezgrama, čak i na željeznim jezgrama od starih prenosnih tranzistorskih prijemnika. Ja sam ove zavojnice namotao na lončastim oklopljenim jezgrama iz starog telegrafskog uređaja. Potrebno je namotati nešto više namotaja, kako bi se kasnije u toku podešavanja rezonancije moglo odmotavati po potrebi. Na ovaj način je moguće sa pripadajućim kondenzatorom, veoma precizno postići rezonancu (do 1 Hz). Ovo je svakako

mukotrpan posao i zahtjeva strpljenje. Mnogi samograditelji upravo radi motanja i podešavanja ovih zavojnica, odustaju i pribjegavaju drugim metodama (polifazerima).

Kada su zavojnice konacno gotove, treba pristupiti podešavanju audio mreže u cijelini. Prvi postupak je podešavanje rezonantne frekvencije pojedinih rezonantnih kola. U tu svrhu nam je potreban audio signal generator i dvokanalni osciloskop.

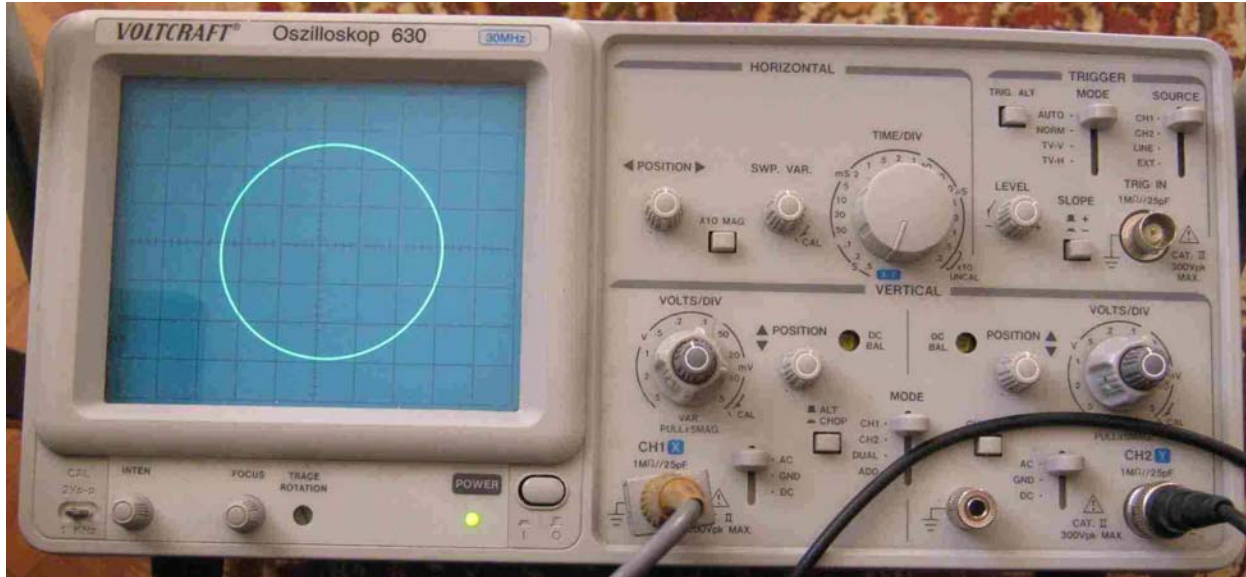


Sl.3

Na priloženoj slici vidimo spoj mreže u toku ispitivanja rezonantnih frekvencija. Signal frekvencije **454 Hz** i amplitude oko **200...300 mV** istovremeno vodimo na **X** ulaz osciloskopa i na ulaz mreže. Na Y ulaz spajamo kraj rezonantnog kola od 454 Hz. Na ekranu obično dobijamo **usku elipsu**, mijenjajući frekvenciju signal-generatora, treba da ta uska elipsa pređe u **kosu liniju**, što znaci da je kolo rezonantno na toj frekvenciji. Pročitamo frekvenciju na signal generatoru, i ukoliko se razlikuje od **454 Hz**, vršimo korekciju, bilo odmotavanjem zavoja sa zavojnice, ili promjenom vrijednosti paralelnog kondenzatora. Kad postignemo potrebnu rezonanciju, to isto vršimo na drugom rez.kolu od **1753 Hz**, na potpuno isti način. Time bi podešavanje rezonance bilo završeno i možemo preći na podešavanje faznog pomaka čitave mreže. Napominjem da u ovoj fazi trimer potencijometri **ne sudjeluju** i ne treba ih dirati.

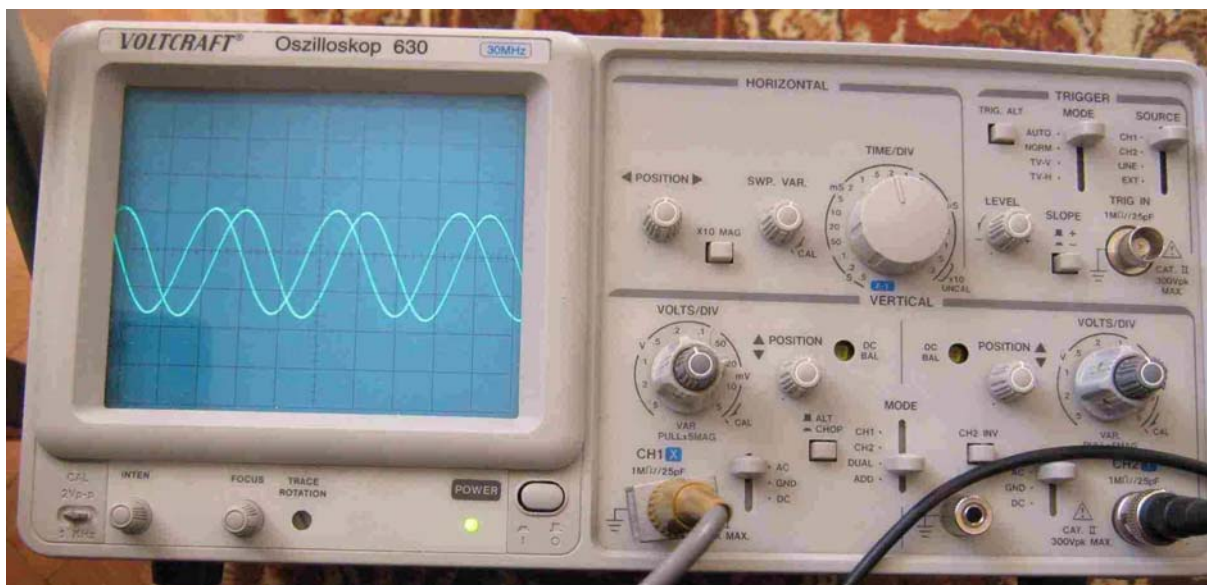
Podešavanje faznog pomaka se vrši prema šemi spajanja sa sl.3 (donja skica). Sada se XY ulazi osciloskopa spajaju na krajeve audio mreže. Pojačanja u oba kanala osciloskopa **moraju** biti jednaka. Na signal-generatoru podesimo frekvenciju 454 Hz, na osciloskopu ćemo vidjeti nepravilnu kružnicu. Mijenjajući vrijednost trimer potencijetra od 1 kΩ koji je spojen na **suprotni** rezonantni krug podešavamo pravilnu kružnicu. Zatim postavimo frekvenciju od 1753 Hz i ponovo podešavamo pravilnu kružnicu sada sa trimer potencijetrom vezanim za rez.kolo od 454 Hz.

Ovo bi trebalo pažljivo podešavati više puta. Time bi mreža za pomak faze audio spektra bila podešena. Promjenom frekvencije signal-generatora u području 300 Hz.....3000 Hz, izgled kružnice treba biti pravilan, bez deformacija, to znači da je pomak faze  $90^\circ$  sa tačnošću od oko  $1^\circ$ , što garantuje potiskivanje neželjenog boka oko 40 dB.



Sl.4

Slika 4 prikazuje izgled kružnice u XY režimu rada osciloscopa, sa malim deformitetom.



Sl.5

Slika 5 prikazuje izgled audio signala u "dual trace" režimu rada osciloscopa.

Ovako podešena audio mreža za pomak signala je sada spremna za ugradnju u prijemnik. Trimer potenciometri bi se mogli zamijeniti i fiksnim otpornicima (izmjeriti vrijednost), međutim bolje je ostaviti trimere radi kasnijeg finalnog podešavanja čitavog prijemnika.

**Audio low-pass filter**, je svakako jedan od važnijih sklopova prijemnika. On u najvećoj mjeri određuje ukupnu selektivnost prijemnika. Upotrebljen je eliptični tip filtera koji daje veliku strminu (slično kao kristalni filter), za CW prijem, prelomna frekvencija je oko 1 kHz. Za SSB prijem sam upotrebio gotov tvornički low-pass filter 3 kHz iz furde koji mi je bio pri ruci. CW filter sam napravio na osnovu simulacije u programu **Multisim 12.0** i pokazao se odličnim.

**NF pojačalo** se sastoji od pretpojačala sa jednim tranzistorom i izlaznog pojačala za zvučnik ili slušalice. Jedini zahtjev ovdje je da tranzistor bude malošuman, što zadovoljavaju tipovi navedeni na šemi. Izlazno pojačalo može biti bilo koje, ali bi trebalo izbjegavati LM386 (dosta šumi).

**VFO** je provjerena šema iz literature i radi direktno na 14 MHz (13.99...14.400). Umjesto promjenjivog kondenzatora koristi se varikap dioda (VCO), ima predviđeno podešavanje RIT. Daje dovoljan nivo za pogon VF pomjerača faze i mješača. Stabilnost je dobra ako se ugrade kvalitetni kondenzatori u osilatorskom krugu. Zavojnica je motana na torusnom jezgu Amidon T50-6 žicom CuL 0.7 mm. Kao što je već napomenuto eventualno klizanje frekvencije se dijeli faktorom 2, što se na prijemu manifestuje kao veoma stabilan oscilator. Umjesto VFO-a se može spojiti neki sintezator frekvencija (DDS), kojih danas ima u izobilju na Internet prodavnicama, što je još bolja varijanta za preciznije biranje stanica i razne druge namjene.

### **Gradnja prijemnika**

U periodu eksperimentisanja, ovaj prijemnik je građen modularno, kao prototip. Nakon toga je sagrađen kao kompaktna cjelina na jednoj štampanoj pločici, osim audio pojačala te CW i SSB filtera koji su zasebna cjelina i koji se po želji mogu preklapati, zavisno koja vrsta rada se sluša. Nema posebnih napomena u vezi gradnje, sve je vidljivo iz priloženih slika i šema. Na PCB-u je predviđeno mjesto za VFO, koji se mora oklopiti limenom kutijom sa poklopcem.

### **Finalno podešavanje prijemnika**

Kada je prijemnik konačno sastavljen, pristupa se finalnom podešavanju. Nakon prvog spajanja na pogonski napon, treba podesiti VFO da radi u datom opsegu frekvencija. Zatim treba trimer potenciometrima dozirati VF napon koji iz pomjerača faze odlazi na mješače (za početak postaviti u srednji položaj). Spojiti vanjsku antenu. U ovoj fazi bi se već trebale čuti stanice u zvučniku, Treba pronaći neku slabiju stanicu i podešavati ulazni band filter na maksimalni prijem, također i rezonantno kolo u krugu drain elektrode VF pojačala.

Kada smo dobili prijem, vršimo završno podešavanje potiskivanja boka. Za to nam je potreban izvor pilastog napona (ramp generator) koji daje amplitudu od oko 10-ak volti i sinhro signal za osciloskop. Napominjem da promjena frekvencije VFO-a kad je RIT uključen mora iznositi oko 15 kHz (za promjenu napona od 0...10 V), što kad se podijeli sa 2 daje promjenu oko 7.5 kHz, što je dovoljna devijacija za podešavanje. Sada na priključak za RIT spajamo izlaz iz ramp-generatora (vršimo voblovanje lokalnog oscilatora). Sinhro signal iz ramp generatora dovodimo na externi ulaz za trigger na osciloskopu, a na Y ulaz dovodimo audio signal iz prijemnika. Na ulaz prijemnika dovodimo stabilni signal iz nekog VF izvora, amplitude 10..50  $\mu$ V.

Podešavajući potrebne nivoe sinhro signala i audio signala, na osciloskopu dobijamo propusnu karakteristiku našeg prijemnika. Biće vidljiva oba boka i “zero beat”.

Naravno jedan od bokova će biti više istaknut, a drugi manje i imaće manju amplitudu. Sada doziranjem signala lokalnog oscilatora i trimer potenciometrima kojima je zaključena audio mreža (to su potenciometri koji su u kontaktu sa low-pass audio filterom), nastojimo da u potpunosti eliminiramo jedan od bokova (to je onaj sa manjom amplitudom). Ovo strpljivo podešavamo dok ne budemo u potpunosti zadovoljni postignutim rezultatom. Trimer potenciometri u miješaču ne utiču značajnije na potiskivanje boka, ali služe za potiskivanje AM stanica koje su velika opasnost za ovaj tip prijemnika (ja sam ih ostavio u srednjem položaju). Time bi finalno podešavanje bilo gotovo. Moram reći da ovo konačno podešavanje prijemnika predstavlja pravo zadovoljstvo i satisfakciju nakog svega što je uloženo u ovaj radio.

### **Zaključak**

Sagrađeni prijemnik je uvjetno rečeno predviđen za 40m band. Promjenom VF rezonantnih krugova u ulaznom dijelu prijemnika i frekvencije lokalnog oscilatora, ovaj prijemnik može se prilagoditi za rad na bilo kojem opsegu, a zamjena bokova vrši se jednostavnom zamjenom 0° i 90° kanala LO, ili na ulazu u audio mrežu. Za rad na višim opsezima bi trebalo umjesto 74HC74 (ovo se odnosi i na 74HC86) koristiti brža kola kao što su 74AC74 ili 74LVC74 i sl.. Kao što se vidi iz opisanog, prijemnik jeste prost, ali i zahtjeva priličan trud oko gradnje i podešavanja audio mreže za pomak faze. Gradnja ovakvog tipa prijemnika je svojevrsni izazov i prilika da se mnogo nauči o tehnici prijema, da se eksperimentise i da se prodube znanja iz oblasti elementarne radio tehnike i mjerenja u radio tehnici. Nadam se da će ovaj tekst poslužiti u edukativne svrhe mnogima koji se bave samogradnjom uređaja za osobne potrebe.

### **Izvori**

- V.Polyakov RA3AAE, radiolybitelyam o tehnike prayamog preobrazovanja
- WEB stranica CQ HAM.ru
- Časopis Radio
- ARRL, EMRFD (w7zoi i ostali autori)
- Internet

Fajlovi:

Šema u jpg formatu

PCB prijemnika u jpg formatu

PCB prijemnika u .lay formatu

Video finalnog podešavanja

Audio zapis u wav formatu

2 slike prototipa

Link na Youtube; <https://www.youtube.com/watch?v=8-u3QCmpgn0>