

Tehnika in konstruktorstvo

Ureja: **Matjaž Vidmar, S53MV**, Sergeja Mašere 21, 5000 Nova Gorica, Telefon doma: 065 26-717

NIZKOŠUMNI ANTENSKI PREDOJAČEVALNIK ZA 144 MHz

Dragoslav Dobričić, YU1AW (prevod in priredba S53MV)

1. Povzetek

V članku so, poleg problemov kompenzacije različnih vrst tranzistorjev, opisani tudi rezultati računalniške analize nizkošumnega ojačevalnika z GaAsFET-om, ki ga je razvil Rainer DJ9BV (7). Prevod istega članka je bil objavljen tudi v časopisu Radioamater (8). Raziskani so vzroki samoosciliranja ojačevalnika okoli 7GHz, kar se je dogajalo pri številnih zgrajenih primerkih. V nadaljevanju članka je predlagana drugačna rešitev in opisana celotna gradnja takšnega novega ojačevalnika.

2. Uvod

S pojavom malošumnih GaAsFET polprevodnikov in še posebno s hitrim upadanjem cene teh sestavnih delov so se odprle izredne možnosti izdelave zelo kvalitetnih in zelo nizkošumnih antenskih predojačevalcev za VHF, UHF in SHF področja. Edina slabost teh izrednih polprevodnikov je bila njihova pogojna stabilnost na frekvencah pod nekoliko GHz. To dejstvo je na določen način oviralo izkoriščanje izrednih nizkošumnih lastnosti, posebno na nižjih radiomaterskih področjih, zaradi težnje k samoosciliranju. V zadnjem desetletju je bilo vloženo dosti truda, da se premaga problem pogojne stabilnosti in se konstruira predojačevalnik, ki bi bil brez-pogojno stabilen, kar bi omogočilo popolno izkoriščanje izjemnih šumnih in drugih lastnosti GaAsFET polprevodnikov.

3. Kratka zgodovina

Konec osemdesetih let sem s ciljem zmanjšanja izgub in izboljšanja šumnega števila predlagal uporabo vijačnega rezonatorja (helix) na vhodu predojačevalnika za 2m področje (1), (2). Opisana rešitev se je dobro uveljavila in danes predstavlja standardno vhodno vezje resnih nizkošumnih predojačevalcev.

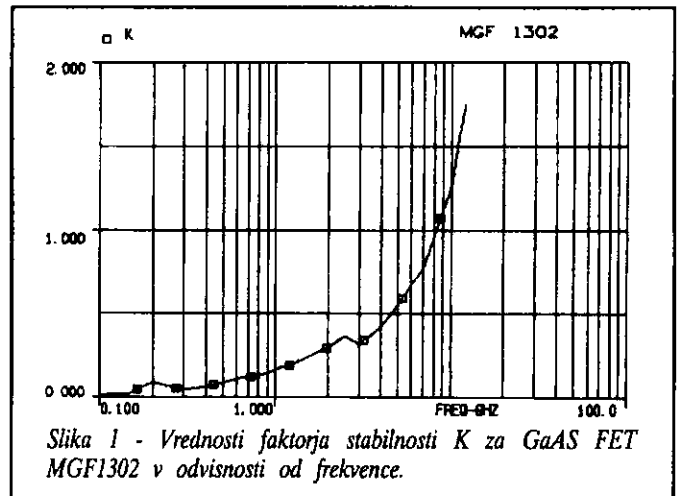
Čez nekaj let sem, s ciljem doseganja brez-pogojne stabilnosti, predlagal tehniko stabilizacije ojačevalnika. Tranzistorju sem dodal korekcijski element tako, da skupno vezje tranzistorja in dodatnega elementa izpolnjuje pogoj brez-pogojne stabilnosti (3), (4), (5). Brez-pogojna stabilnost pomeni, da ojačevalnik v nobenem slučaju ne samooscilira, ne glede na notranjo impedanco izvora in ne glede na impedanco bremena.

Tranzistor in dodatni element lahko opišemo s S-parametri novega "tranzistorja", ki je brez-pogojno stabilen. Brez-pogojna stabilnost zahteva, da sta oba parametra S11 in S22 po velikosti manjša od enote (v logaritemskih enotah manjša od 0dB) in da je faktor stabilnosti K večji od 1. Tedanja generacija GaAsFET tranzistorjev (MGF1200) je omogočala doseganje brez-pogojne stabilnosti s primerno preračunanim uporom, vezanim zaporedno s ponornim tranzistorja.

4. Nova generacija tranzistorjev

Novejši tranzistorji, še posebno MGF1302, ki so se odlično izkazali pri doseganju zelo nizkih vrednosti šuma na nižjih frekvencah področjih, s takšnim enostavnim postopkom žal ne omogočajo gradnje brez-pogojno stabilnih ojačevalnikov. Zaporedni upor, ki daje brez-pogojno stabilnost za MGF1200, omogoča le pogojno stabilnost ojačevalnika z MGF1302, kar je natančno opisano v (6).

Nekoliko nepričakovano ima MGF1302 faktor $K > 1$ šele pri frekvencah nad 8GHz, kot je to prikazano na sliki 1. Razlike med S-parametri različnih GaAsFET-ov so sicer majhne, vendar zadosti velike, da stabilizacija s samim uporom pri novejših tranzistorjih ne deluje več. Od tod tudi moja napačna ocena, da bo predojačevalnik



Slika 1 - Vrednosti faktorja stabilnosti K za GaAs FET MGF1302 v odvisnosti od frekvence.

za 2m brez-pogojno stabilen z vsemi tranzistorji. Tako je naprimer ojačevalnik iz (3), (4), (5) brez-pogojno stabilen s starim tranzistorjem MGF1200, z novejšim MGF1302 pa isti ojačevalnik z istimi vrednostmi vseh ostalih sestavnih delov ni več brez-pogojno stabilen (6).

Preračunavanje vrednosti sestavnih delov za novejši tranzistor MGF1302 ($R_d=1.5\Omega$, $L_d=9nH$, $C_d=180pF$ in $C_o=150pF$) daje ugodnejše vrednosti koeficienta stabilnosti $K=0.9-1.1$ v pasu 100-200MHz. V celotnem pasu 50MHz do 12GHz dajejo nove vrednosti elementov $S_{11}<0dB$ in $S_{22}<0dB$, vendar žal še vedno ne povsem brez-pogojne stabilnosti. Največjo težavo predstavlja padec koeficienta stabilnosti $K<1$ v področju 8-10GHz. Novejši tranzistorji torej zahtevajo drugačne rešitve za doseganje brez-pogojne stabilnosti!

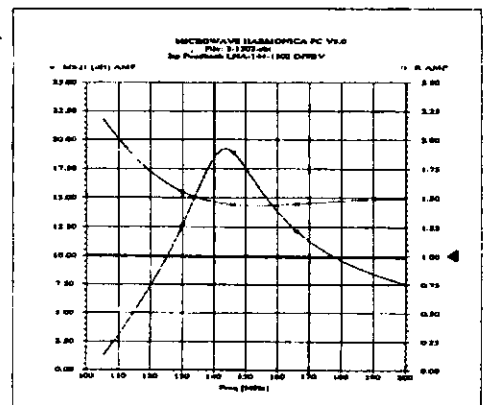
5. Poskus rešitve s povratno vezavo v izvoru

V naslednjih letih so posamezni avtorji poskusili opisano kompenzacijo razširiti ali zamenjati, da bi dosegli brez-pogojno stabilnost tudi z MGF1302. Eno takšnih rešitev je predlagal Rainer DJ9BV (7), (8) z uvedbo negativne povratne vezave v izvoru tranzistorja s

Technical Reports: Unconditionally Stable LNA for 144MHz by DJ9BV

Simulation of Stability Options by MICROWAVE HARMONICA V5.0

Figure 3:
Simulated K-
Factor and
Gain - Final
Design



Slika 2 - Originalni rezultati simulacije faktorja K in ojačenja, objavljeni v članku DJ9BV

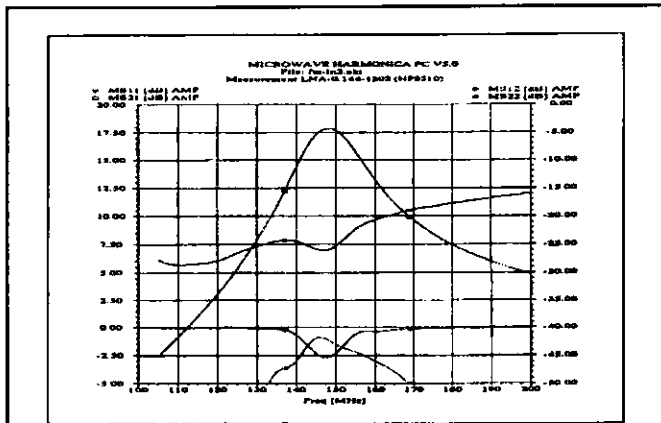
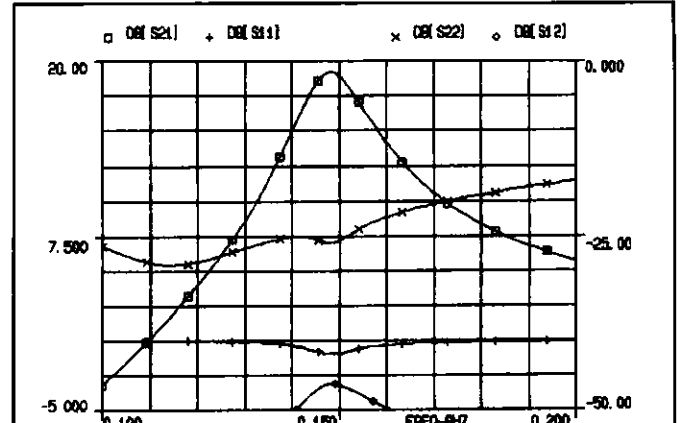


Figure 11: Measured S-parameters of LNA-144-1302

Slika 3 - Originalni rezultati meritve S-parametrov ojačevalnika objavljenega v članku DJ9BV.



Slika 5 - Rezultati računalniške simulacije S-parametrov DJ9BV ojačevalnika po načrtu v članku. Primerjaj s sliko 3!

pomočjo točno izračunane induktivnosti. Induktivnost je bila v praksi izvedena kot 4mm dolgi izvodi ohišja tranzistorja (v prevodu Milovana YU1AU (8) 2mm!?).

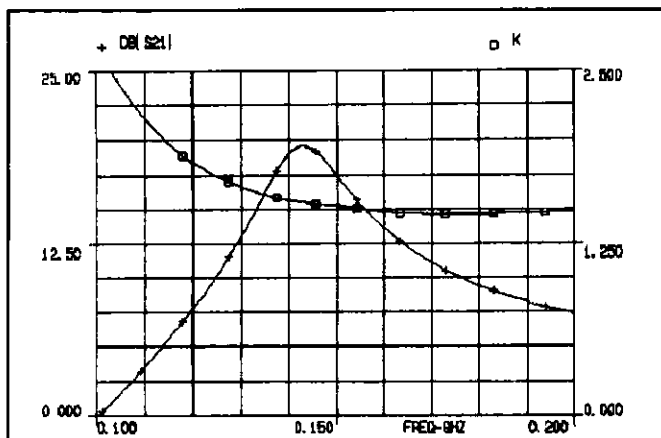
Avtor DJ9BV je uporabil računalnik za simulacijo in točen izračun sestavnih delov, da bi dosegel brezpogojno stabilnost, kar je razvidno iz objavljenih slik v članku (slika 2 in slika 3). Na žalost so že po par mesecih v naslednji številki istega časopisa (9) opisane težave s samooscilacijami okoli 7GHz pri večjem številu izdelanih primerkov. Kot rešitev se v (9) predlagajo vgradnja mikrovalovnega absorberja (črne antistatične pene) v vhodnem rezonatorju in še neke druge spremembe.

Ker sem se tudi sam vrsto let ukvarjal z istim problemom, me je zelo zanimalo, da sam analiziram in simuliram razloge, zaradi katerih je ta navidez logična in radikalna rešitev priznanega avtorja samo delno rešila problem stabilnosti nizkošumnih GaAsFET predojačevalnikov.

6. Analiza predojačevalnika

V ta namen sem uporabil računalnik s profesionalnim programom za simulacijo električnih vezij. Najprej sem napravil simulacijo predlagane rešitve, kot je to narisano na električnem načrtu v članku (7), (8) in dobil povsem iste rezultate, kot jih je izmeril in objavil avtor. Na prvi pogled izgleda vse v redu.

Na slikah 4 in 5 so prikazani rezultati računalniške simulacije na tak način, da jih lahko neposredno primerjamo z objavljenimi rezultati meritev v (7), (8) na slikah 2 in 3. Iz priloženih slik se jasno vidi, da je simulacija precej natančna, saj so simulirane vrednosti zelo blizu vrednostim, ki so bile izmerjene v praksi. Na ta način sem tudi preveril točnost in verodostojnost simulacije.



Slika 4 - Rezultati računalniške simulacije faktorja K in ojačenja DJ9BV ojačevalnika po načrtu v članku. Primerjaj s sliko 2!

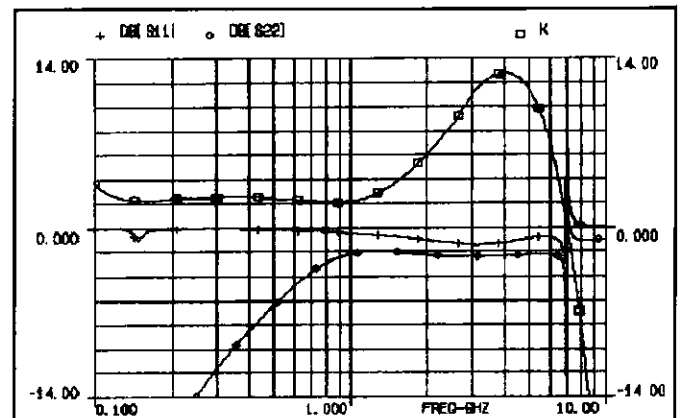
Ko si predlagano rešitev bolj natančno ogledamo, se pokaže, da dobimo zaradi dodatnih parazitnih induktivnosti in kapacitivnosti tiskanega vezja (se pravi elementov, ki jih simulacija ni upoštevala) vezje (Clapp) oscilatorja v frekvenčnem pasu 7-8GHz. Če pazljuje pogledamo faktor stabilnosti K za predojačevalnik s tiskanim vezjem, opazimo, da faktor K hitro upada pod enoto v frekvenčnem pasu 7-8GHz, kar v praksi ustreza opaženim samooscilacijam (slika 6).

Očitno je uvedba induktivne povratne vezave v izvoru dvorezen meč. Po eni strani z lahkoto dosežemo $K > 1$ na nižjih frekvencah pod približno 3GHz. Po drugi strani se isto vezje približuje vezju oscilatorja v frekvenčnem pasu 6-10GHz! Razen tega dodatek zaporednega upora R_d v ponoru, kar zvišuje faktor stabilnosti K na nizkih frekvencah, hkrati zelo poslabša razmere na visokih frekvencah. Kritični parameter postane kapacitivnost ponora proti masi, sama dolžina žice ponora pa ima ključno vlogo pri določanju frekvence nihanja.

7. Ojačevalnik postane oscilator

Z uvedbo tiskanega vezja s parazitno kapacitivnostjo otočka okoli 0.3pF, kamor se zacini izvod ponora, in parazitnimi induktivnostmi žice ponora ter zaporednega upora R_d (skupaj okoli 3-4mm), dobimo klasično vezje oscilatorja, ki zelo dobro niha na frekvencah okoli 7GHz. Celo tako majhne vrednosti parazitnih induktivnosti in kapacitivnosti naredijo oscilator na 7GHz zaradi induktivnosti v izvoru, ki je povezan na maso preko 4mm dolgih žičnih izvodov. Faktor stabilnosti K upade pod enoto, velikosti parametrov S11 in S22 pa presežejo vrednost 0dB, kar iz ojačevalnika naredi oscilator (glej sliko 6).

Proti nihanju na 7GHz nobena kompenzacija v izvoru ne pomaga. Celo obratno, najboljši rezultat dobimo brez vsakršne



Slika 6 - Rezultati računalniške simulacije S-parametrov in faktorja K DJ9BV predojačevalnika s tiskanim vezjem.

povratne vezave v izvoru, se pravi z zmanjšanjem dolžine izvodov izvora iz 4mm na manj kot 0.5mm. S tem dosežemo $K > 1$ na 8GHz in $K = 0.9-1.1$ v pasu 140-150MHz. To je tudi razloga potrebe po mikrovalovnem absorberju v vhodnem rezonatorju, ki ga je avtor DJ9BV predlagal kot rešitev za preprečevanje samooscilacij (7), (8), (9).

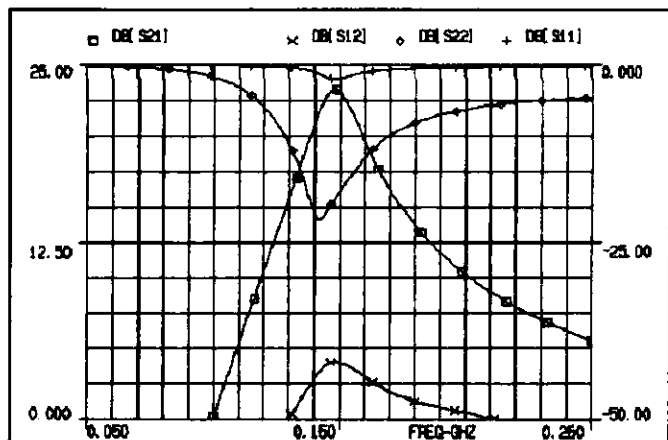
Vprašanje brezpogojne stabilnosti torej ostaja odprto za novejša vrste nizkošumnih tranzistorjev, ki jih že več kot desetletje dobimo na tržišču. V tem članku zato predlagam ne samo drugačno rešitev, pač pa tudi drugačen pristop k gradnji takšnih in podobnih ojačevalnikov, da bi nekako rešili problem brezpogojne stabilnosti.

8. Rešitev s kapacitivno obremenitvijo ponora

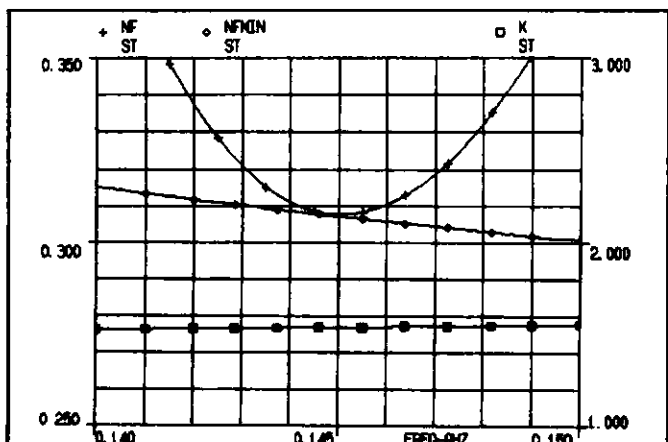
Z analizo S-parametrov in faktorja stabilnosti K tranzistorja MGF1302 kot funkcije frekvence sem opazil, da bi razmeroma enostavna kompenzacija s kapacitivno obremenitvijo ponora in zaporednim uporom na izhodu lahko zelo dobro rešila problem stabilnosti. Celoten problem brezpogojne stabilnosti se namreč pretvori na problem doseganja $K > 1$ v dveh razmeroma oddajenih področjih 100-200MHz in 6-10GHz.

Čeprav prvi problem ($K > 1$ v pasu 100-200MHz) izgleda pomembnejši, je v resnici dosti enostavnejši in se ga da rešiti na več različnih načinov, od katerih ima vsak svoje dobre in slabe strani. Dosti težji problem predstavlja rešitev stabilnosti v področju 6-10GHz, saj je zelo težko nadzirati vse parazitne kapacitivnosti in induktivnosti, ki pri praktični izvedbi naredijo iz ojačevalnika oscilator!

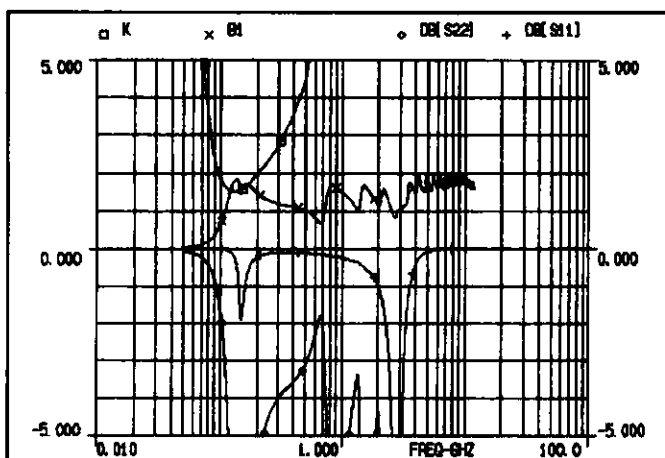
Nasplošno iz omenjene analize izhaja prepričanje, da se mora katerakoli rešitev predojačevalnika z GaAsFET-om resno ukvarjati s parazitnimi elementi, ki lahko privedejo do samoosciliranja ojače-



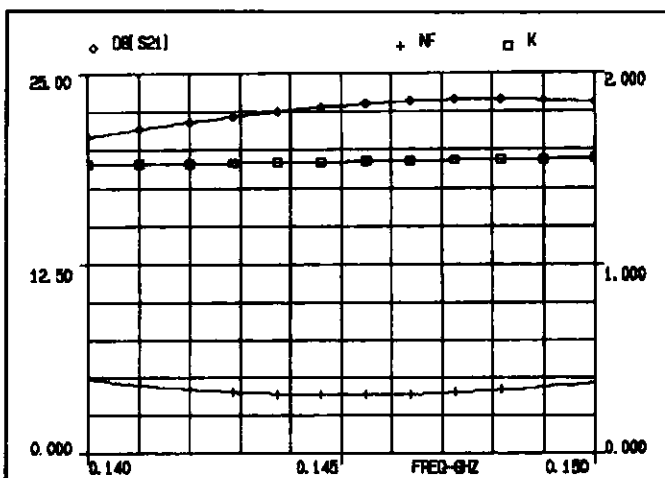
Slika 7 - Rezultati računalniške simulacije S-parametrov novega YUIAW ojačevalnika.



Slika 8 - Vrednosti faktorja stabilnosti K in šumnega števila novega YUIAW ojačevalnika.



Slika 9 - Vrednosti faktorjev stabilnosti K in B1 ter velikosti parametrov S21 in S22 za novi YUIAW ojačevalnik od 0.05GHz do 12GHz.



Slika 10 - Vrednosti ojačenja, šumnega števila in faktorja stabilnosti K novega YUIAW ojačevalnika.

valnika na SHF. Med paraziti so vsekakor najpomembnejši: dolžini izvodov izvora in ponora, in če sta ti dve dolžini preveliki, parazitna kapacitivnost ponora proti masi!

Z uporabo natančne računalniške simulacije je preizkušena kapacitivno-uporovna kompenzacija v ponoru tranzistorja, s ciljem izdelave brezpogojno stabilnega ojačevalnika z GaAsFET-om MGF1302. Kapacitivna obremenitev ponora zvišuje K na nizkih frekvencah in hkrati izloča problem vpliva parazitnih kapacitivnosti, ampak hkrati zahteva zelo kratke žične izvode izvora in ponora, manj kot 1mm!

Z drugimi besedami, pri gradnji ojačevalnika moramo strogo upoštevati vsa pravila gradnje SHF naprav, ker gre za problem stabilnosti na zelo visokih frekvencah okoli desetine GHz! Če želimo brezpogojno stabilnost v celotnem področju delovanja GaAsFET-a, moramo graditi ojačevalnike z upoštevanjem vseh pravil gradnje za tako visoke frekvence, kot so 10GHz ali 12GHz, ne glede na to, da bomo ojačevalnik uporabljali "samo" na 144MHz! Kdor teh pravil ne upošteva, ne more računati na optimalne lastnosti, kar se tiče šuma, niti na brezpogojno stabilnost svojega nemarno zgrajenega ojačevalnika.

Okoli "predelanega" tranzistorja s kapacitivno-uporovno kompenzacijo v ponoru nato načrtujemo ojačevalnik. Izhodno impedanco prilagodimo z LC vezjem, ki hkrati dovaja napajalno napetost ponoru ter enosmerno razklaplja izhod. Vhodni krog je narejen z vijačnim rezonatorjem s kapacitivnim sklopom na anteno, da so izgube čimmanjše in ne kazijo šumnega števila, kot je to prikazano v (1), (2). Na ta način dobimo enostavno konfiguracijo z vsemi odlikami dobro prilagojenega nizkošumnega ojačevalnika.

Zato da bi preprečil možnost velikih odstopanj kvalitete izdelanih ojačevalnikov, sem se odločil, da ojačevalnik z izjemo vhodnega kroga izdelam na tiskanem vezju v mikrotrakasti tehniki s SMD sestavnimi deli. Da bi dosegel optimalne rezultate in visoko ponovljivost gradnje, sem optimiziral vrednosti vseh sestavnih delov in njihovih možnih statističnih odstopanj z računalniško simulacijo.

Slike 7, 8, 9 in 10 prikazujejo simulirane lastnosti predlagane rešitve. Potrebni in zadostni pogoji za brezpogojno stabilnost: $K > 1$ in $B1 > 0$ kot tudi $S11 < 0\text{dB}$ in $S22 < 0\text{dB}$ so izpolnjeni v celotnem pasu od 50MHz do 12GHz, v katerem sem razpolagal z natančnimi S-parametri za ta tip tranzistorja (glej sliko 9). Dobljene vrednosti ojačenja in izhodne prilagoditve so celo nekoliko boljše od prejšnjih rešitev.

Vhodna prilagoditev je za najmanjši šum, kar ne daje največjega ojačenja in se običajno uporablja v nizkošumnih ojačevalnikih. Zaradi tega je vhodna prilagoditev komaj okoli $S11 = -2\text{dB}$. Dobljeno šumno število je praktično minimalno možno za ta tip tranzistorja (slika 8), kar skupno z opisanimi faktorji stabilnosti kaže na kvaliteto predlagane rešitve.

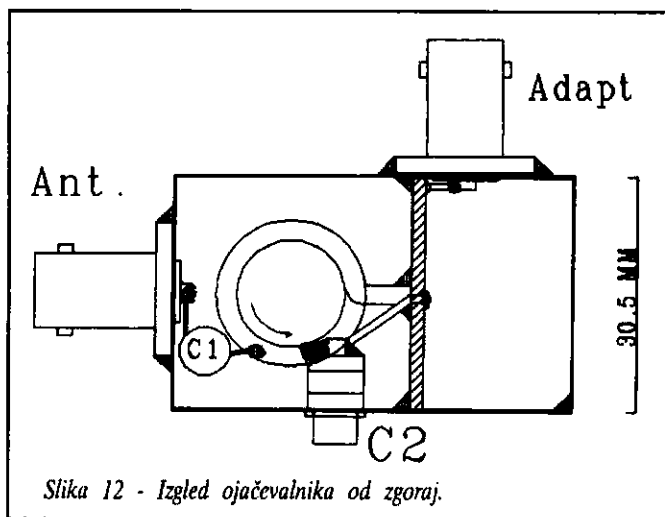
9. Praktična izvedba in rezultati

Podobno prejšnjim mehanskim rešitvam je tudi tokrat uporabljena škatlica iz tanke posrebrene bakrene ali medeninate pločevine s pregrado v sredini. Posebnost nove škatlice je v tem, da je pregrada kar tiskano vezje, ki deli vhodno vezje od izhoda.

Škatlica je tako načrtovana (slika 15), da so pokrovi nad in pod vijajnim rezonatorjem, kar zmanjšuje njihov vpliv na lastnosti in predvsem na izgube rezonatorja. Razen tega takšna rešitev dopušča, da se pokrov odstrani in se pri tem ojačevalnik kaj dosti ne razglasi. V nasprotju bi postavljanje pokrovov vzdolž osi rezonatorja zahtevalo zelo dober stik pokrova s škatlico vzdolž vseh robov. Če takšen pokrov ne bi imel dobrega stika, bi takoj povečal izgube in poslabšal šumno število ojačevalnika.

Po drugi strani vgradnja tiskane ploščice kot pregrade, ki je s svojo maso (celotna spodnja stran tiskanine je masa) po celi dolžini zacinjena na škatlico, omogoča stabilno delovanje ojačevalnika. Tuljavo vijajnega rezonatorja moramo naviti v označeni smeri! Napačna smer navijanja pomeni težave pri vgradnji sestavnih delov v prostoru vhodnega kroga, potrebo, da se skrajša zadnji ovoj in menja razporeditev delov. Vse to poruši skrbno optimizirane parametre vhodnega vezja, kar se bo zagotovo poznalo tudi na lastnostih ojačevalnika.

Tuljava vijajnega rezonatorja, gledano od zgoraj, mora biti navita tako, da se od spodnjega konca, ki je ozemljen, proti gornjemu koncu, ki je vezan za trimmer kondenzator, žica uvija v nasprotni smeri vrtenja urinih kazalcev (glej sliko 11 in 12). Sklop antene z rezonatorjem je namerno izveden s fiksnim kondenzatorjem, da bi se preprečilo napačno uglaševanje "na uho", ki vodi k največjemu ojačenju namesto k minimalnemu šumu, kar je razloženo v (1), (2), (3), (4) in (5).

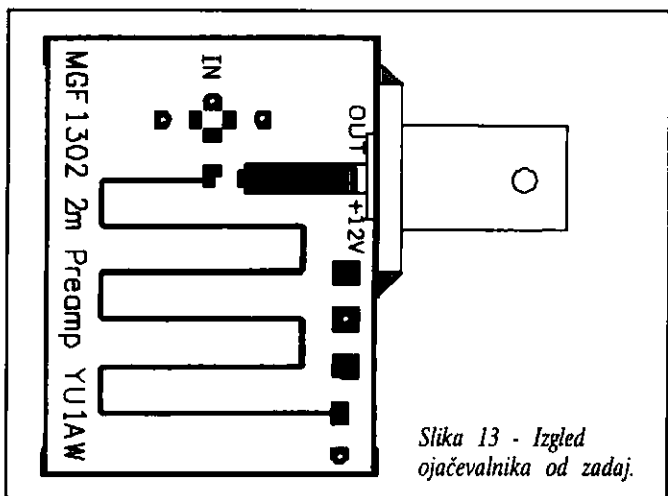


Slika 12 - Izgled ojačevalnika od zgoraj.

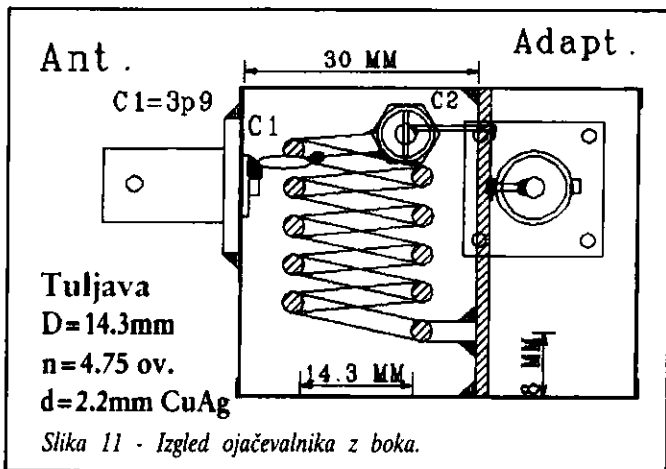
Keramični disk kondenzator z žičnimi izvodi ima sicer nekoliko manjši Q od "Tekelec" trimera, ampak njegov vpliv na šum je še vedno majhen. "Tekelec" trimmer, s katerim bi lahko nadomestili fiksni kondenzator, bi omogočal natančno uglaševanje s pomočjo šumnega izvora. Po želji lahko torej fiksni kondenzator zamenjamo z enakim trimmerjem, kot je uporabljen za uglaševanje rezonatorja, Tekelec 5200 (1-5pF) ali podoben.

Tok skozi tranzistor nastavimo z enim od SMD uporov v izvoru. Lahko bi vgradili tudi trimmer potenciometer. Ker pa se tok skozi tranzistor nastavlja enkrat za vselej, je bolj pametno vgraditi fiksen upor, da se izognemo slabim lastnostim trimmerjev.

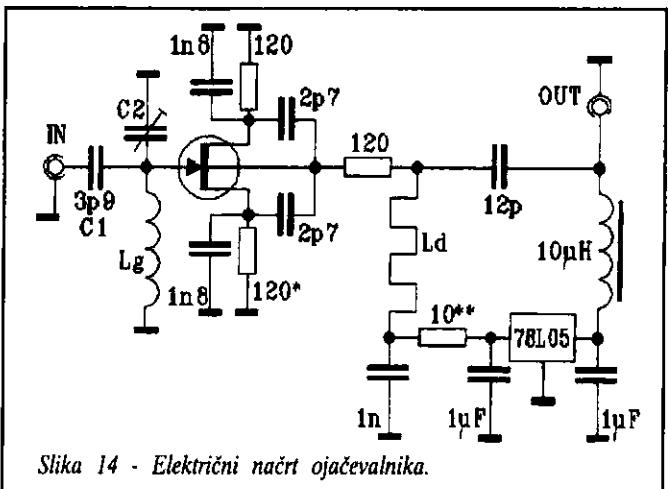
Električni načrt ojačevalnika je prikazan na sliki 14.



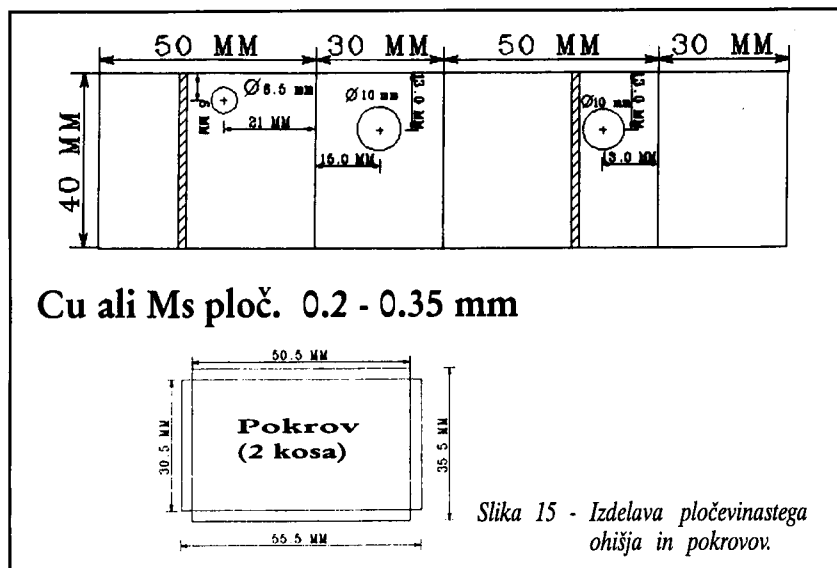
Slika 13 - Izgled ojačevalnika od zadaj.



Slika 11 - Izgled ojačevalnika z boka.

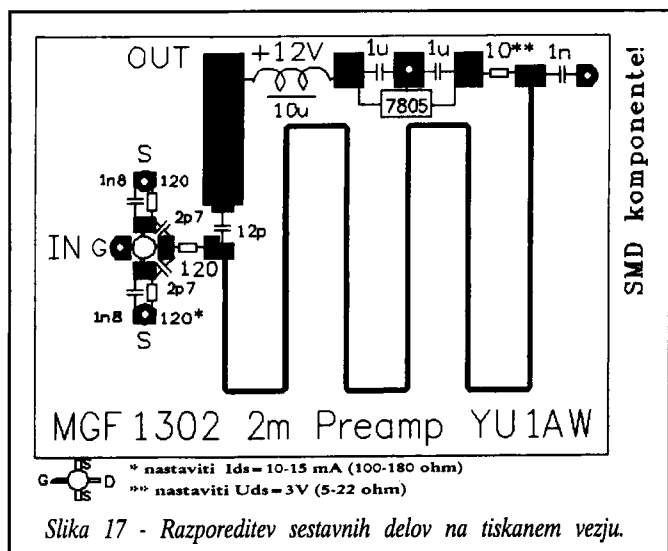
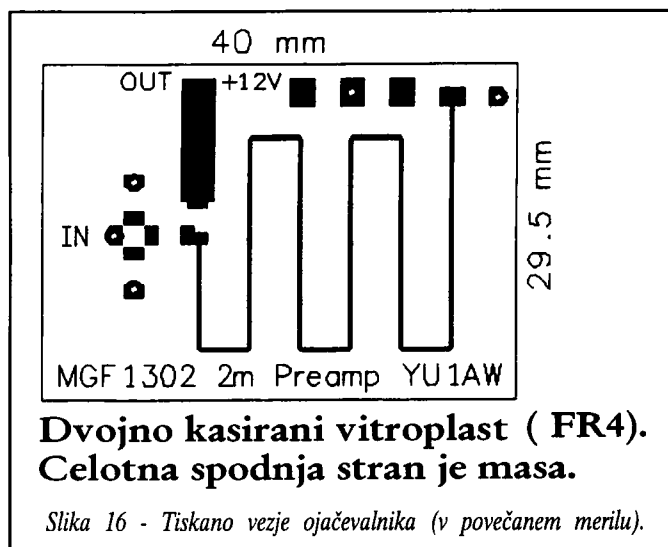


Slika 14 - Električni načrt ojačevalnika.



10. Sestavljanje in uglaševanje

Na sliki 16 je prikazana gornja stran tiskanega vezja v povečanem merilu, spodnja stran pa ni jedkana. Razporeditev in vrednosti sestavnih delov so prikazane na sliki 17. Točke, označene z očesci, prevrtamo in v vse, razen vrat tranzistorja, zacimimo košček žice, kot je to prikazano na sliki 18.



Najprej vgradimo na tiskano vezje vse sestavne dele razen kondenzatorjev 2.7pF! Te kondenzatorje vgradimo šele potem, ko nastavimo tok skozi tranzistor, se pravi po menjavi upora Rs. Vsi sestavni deli razen stabilizatorja 7805, feritne dušilke 10uH (lahko je VK200, se pravi ferit s šestimi luknjicami) in tantalovih kondenzatorjev 1uF/25V so SMD tipa, se pravi za površinsko vgradnjo.

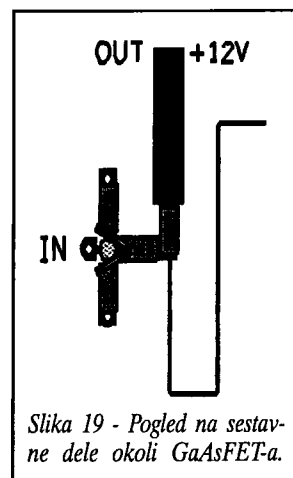
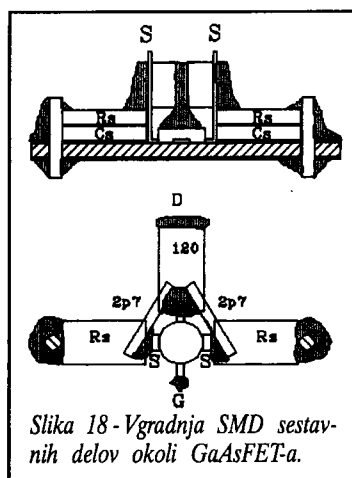
Nato preverimo, da pri gradnji nismo naredili napak, začasno spojimo vrata tranzistorja na maso ter priključimo napajanje. Če je vse prav vezano, bi morala biti tok Id in napetost Uds na tranzistorju že blizu željene delovne točke. Če je to potrebno, lahko tok ponora Id popravimo z zamenjavo upornosti v izvoru. Če je tok prevelik, moramo en upor (redko oba) v izvoru povečati. Če je tok premajhen, moramo zmanjšati upor ali mu vzporedno vezati še enega.

Tok ponora moramo nastaviti na vrednost med 10mA in 20mA. Točna vrednost ni kritična: spodnja vrednost daje malo manjši šum, gornja vrednost malo večjo odpornost na močne signale. Ko nastavimo tok Id, moramo preveriti napetost Uds (pozor, izvor ni vezan na maso!), ki mora biti v mejah 2.7 do 3.2V. Če napetost ni v teh mejah, potem moramo spremeniti vrednost upora 10ohm v napajanju. V nobenem slučaju ne smemo menjati vrednosti upora 120ohm v ponoru, ker ima ta upor nalogo stabilizacije in lahko njegova zamenjava privede do samoosciliranja!

Zelo pomembno je, da se na koncu kondenzatorji 2.7pF za kompenzacijo tranzistorja, vezani med ponor in oba izvoda izvora, zacimijo po sliki 19, se pravi v pokončnem položaju. V ta namen bi lahko uporabili tudi keramične disk kondenzatorje brez žičnih izvodov iste vrednosti kapacitivnosti. Tudi takšne kondenzatorje bi vgradili pokončno, ampak zasukane za 90 stopinj glede na SMD kondenzatorje. Tudi za blokiranje izvora lahko uporabimo disk kondenzatorje brez žičnih izvodov, ki jih seveda vgradimo nad upora Rs in to po zaključenem nastavljanju delovne točke!

Dokončano tiskano ploščico vstavimo in zacimimo v pločevinasto škatlico. Spodnja stran ploščice ni jedkana, da deluje kot ravnina mase za mikrotrakasto vezje in hkrati kot kovinska pregrada, ki jo moramo dobro zaciniti vzdolž robov na pločevinasto škatlico. Luknjico za vrata tranzistorja povrtamo z večjim svedom, da odstranimo kolobar mase okoli luknjice. Vrata tranzistorja nato spojimo s tuljavo vijahnega rezonatorja s koščkom pocinjene bakrene žice 0.5-0.6mm (izvod upora, kondenzatorja ipd).

Ko je ploščica zacinjena, vgradimo tuljavo vijahnega rezonatorja. Na koncu čim krajše spojimo vrata tranzistorja (IN) ter izhodni BNC konektor na ploščico (OUT). Ko je vse spojeno in preverjeno, ponovno vključimo ojačevalnik in premerimo napetosti in tokove.



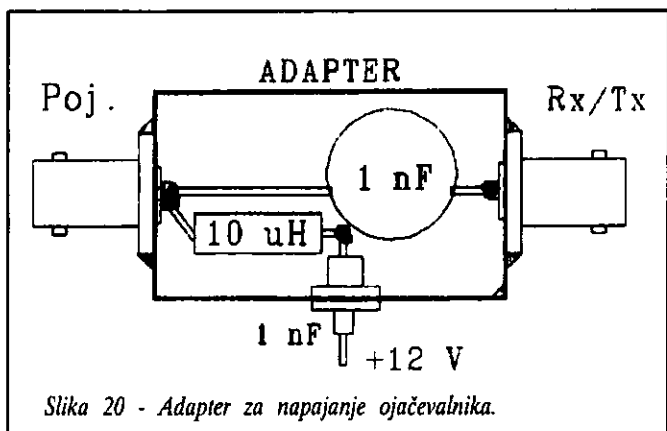
Ojačevalnik potem spojimo med anteno in sprejemnik in s trimerjem nastavimo vhodni rezonator na največje ojačenje, se pravi največjo jakost nekega šibkega signala. Ojačevalnik je načrtovan tako, da bi se to moralo zgoditi pri zelo majhni kapacitivnosti trimerja (okoli 1pF). S tem je celotno uglaševanje zaključeno in ojačevalnik mora doseči objavljene karakteristike.

11. Adapter za napajanje

Mesto ojačevalnika je seveda čim bližje anteni. Da bi ojačevalnik pravilno napajali po koaksialnem kablu, na katerega je potem vezan sprejemnik, potrebujemo še adapter s slike 20. Adapter ima nalogo, da vstavi enosmerno napajanje v koaksialni kabel, ki sicer prenaša visokofrekvenčni signal od predojačevalnika pri anteni do sprejemnika. Adapter seveda vgradimo pri sprejemniku. V adapterju ni kritičnih sestavnih delov in pazimo le na to, da pri izdelavi ne naredimo kratkega stika.

Na sami anteni moramo seveda vgraditi koaksialni rele za prekop sprejem/oddaja oziroma prekop antene med oddajnikom in predojačevalnikom. Za povezavo oddajnika do releja in za povezavo ojačevalnika do sprejemnika uporabimo dva ločena kabla. Sprejemni kabel je lahko tanjši, saj zaradi predojačevalnika izgube niso tako pomembne.

Radijska postaja naj ima ločena vhod sprejemnika in izhod oddajnika, sicer potrebujemo še en koaksialni rele. Koaksialni rele v anteni je smiselno vezati tako, da je v svojem mirovnem položaju (brez napajanja) na oddaji! To se pravi ravno obratno od tistega, kar je običajno. Razlog je v zaščiti predojačevalnika od atmosferskih razelektritev, ko je postaja izključena! Ta ukrep vam lahko



Slika 20 - Adapter za napajanje ojačevalnika.

prihrani precej truda in denarja za nove GaAsFET-e. Samo pove-zovanje relejev in zaporedje preklapljanja je seveda posebna tema, ki presega okvir tega članka.

12. Zaključek

Na osnovi opisane analize sem razvil in izdelal ojačevalnik, ki dosega odlično šumno število ob brezpogojni stabilnosti. Ojačevalnik se je izkazal tudi ponovljiv v večjem številu izdelanih primerkov.

Po drugi strani moram ponovno poudariti, da je pri gradnji tega ojačevalnika nujno spoštovati vsa pravila gradnje SHF ojačevalnikov za 10GHz in več, če želimo dobiti res vrhunski predojačevalec za 144MHz. Razlog je v temu, da GaAsFET-i zlahka samooscilirajo na frekvencah deset in več GHz! Uporaba predpisanega tiskanega vezja in SMD sestavnih delov sicer že sama po sebi vsiljuje pravilno gradnjo ojačevalnika, tako da so vsaj grobe napake malo verjetne. Če se bo graditelj držal danih navodil, enostavno mora dobiti vrhunski ojačevalnik!

Na koncu bi se zahvalil Žarku Resanoviću, YU1MK, in Selimirju Pašiču, YU1EO, za pomoč pri izdelavi tiskanih vezij, škatlice in praktične izdelave tega ojačevalnika. Žarko je napravil tudi fotografije izdelanega ojačevalnika.

Reference:

- (1) Dragoslav Dobričić, YU1AW: "Pretpojačavači za 144 MHz za helikoidnim rezonatorima", Radioamater 3/1987, strani 66-70.
- (2) Dragoslav Dobričić, YU1AW: "Rauscharmer 144-MHz-Vorverstaerker mit Helix-Kreisen", UKW-Berichte 3/1987, strani 154-163.
- (3) Dragoslav Dobričić, YU1AW: "Bezuslovno stabilni nizkošumni GaAs FET pretpojačavači", (I del) Radioamater 4/1989, strani 102-104, (II del) Radioamater 5/1989, strani 139-142.
- (4) Dragoslav Dobričić, YU1AW: "Absolut stabile, rauscharme Ga-As-FET-Vorverstaerker, 1. Teil", UKW-Berichte 2/1990, strani 118-126.
- (5) Dragoslav Dobričić, YU1AW: "Absolut stabile, rauscharme Ga-As-FET-Vorverstaerker, Abschliessender 2. Teil", UKW-Berichte 3/1990, strani 138-146.
- (6) Rainer Bertelsmeier, DJ9BV: "144MHz Preamps: A Review", DUBUS 4/1992, strani 29-44.
- (7) Rainer Bertelsmeier, DJ9BV: "Unconditionally Stable LNA for 144 MHz", DUBUS 1/1993, strani 12-24.
- (8) Rainer Bertelsmeier, DJ9BV (prevod Milovan Marković, YU1AU): "Pretpojačavač za 144 MHz", Radioamater 11/97, strani 8-10.
- (9) Rainer Bertelsmeier, DJ9BV: "Tips for the LNA-144-1302", DUBUS 2/1993, stran 53.

PREDELAVA MARKER-FREKVENCMETRA

Matjaž Vidmar, 5S3MV

Pri marker-frekvencmetru za spektralni analizator (glej CQ ZRS 2/99) sem opazil, da se na LCD-ju včasih pojavijo čudne kvake. Še posebno takrat, ko preskakuje med sosednjima vrednostima več števil na izpisu. Dodatni poskusi so tudi pokazali, da rezultat ni enak pri različnih vezjih ICM7224...

Vzrok sem našel v tem, da se ICM7224 ne obnaša povsem tako, kot je to zapisano v knjigi proizvajalca. Vhod /STORE je pri resničnem čipu izgleda vezan tudi s COUNT in /COUNT-INHIBIT. Rešitev problema pri frekvencmetru iz CQ ZRS 2/99 je v dodatni zakasnitvi signala /STORE. Zakasnitev je lahko preprosto dodaten kondenzator vsaj 4.7nF iz žice /STORE na maso.

Priporočam pa naslednjo predelavo (glej sliko 4 na strani 30, CQ ZRS 2/99):

Dodati kondenzator 15nF med nožici 8 in 9 vezja 74HC4538, ki proizvaja impulz /STORE (to je tisti 74HC4538, ki ima pod sabo žični mostiček na ploščici).

Pri istem vezju nato zamenjati še kondenzator 330pF med nožicama 14 in 15 istega 74HC4538 z višjo vrednostjo 3.3nF. Impulz /STORE bo tako 10-krat daljši in izbira kondenzatorja za dodatno zakasnitev ne bo več kritična.