

A. Zorko

Zavod za avtomatizacijo - Ljubljana

SELEKTIVNI MALOŠUMNI TRANZISTORSKI PREDOJAČEVALNIK ZA
FREKVENČNO PODROČJE OKOLI 400 MHz

Za namenom, da povečamo domet aparaturne PDM 1/430 in PDM 1/430, ki delata na področju 370 - 430 MHz, smo se odločili za znižanje šumnega faktorja sprejemnika s pomočjo malošumnega UHF predojačevalnika. Pri tem smo si postavili naslednji cilj: šumni faktor ojačevalnika z vgrajenim filtrom ≤ 5 db po celem frekvenčnem področju, čim večje ojačenje moči ≥ 10 db, vhodna in izhodna impedanca 50 Ohm (nesimetrično), temperaturno področje $-10^{\circ} - +50^{\circ} C$.

IZVEDBA

Filter

Glavne zahteve: širina: $5 < B < 8$ MHz,
dušenje pri $f_0 + 15$ MHz > 30 db
in dušenje pri $f_0 + 70$ MHz > 60 db

Filter je izveden z dvema sklopljenima koaksialnima resonatorjema, kar zahtevata širina in strmina bokov. Sklopi so izvedeni na mestu tokovnih maximumov. S sklopom med resonatorjema se nastavlja širina pasu. Vsak resonator ima uglaševalni trimer, s katerim se brez težav ugласi. Mehko srebrenje izdatno izboljša kvaliteto resonatorjev in s tem strmino bokov in slabljenje v propustu.

Malošumni tranzistorski ojačevalnik

Šumni faktor F

$$\text{Definiran je : } F = \frac{\frac{\text{vhodna sig.moč}}{\text{vhodna sumna moč}}}{\frac{\text{izhodna sig.moč}}{\text{izhodna sumna moč}}} = \frac{\frac{P_{sv}}{P_{\bar{sv}}}}{\frac{P_{si}}{P_{\bar{si}}}} \quad (1)$$

Navadno se izraža v db

$$F = 10 \log \frac{P_{sv} \cdot P_{\bar{si}}}{P_{\bar{sv}} \cdot P_{si}} \quad [dB] \quad (2)$$

Za n - stopenjski ojačevalnik velja:

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{\prod_{k=1}^{n-1} G_k} \quad (3)$$

G_k ... ojačenje k-te stopnje.

Šumni faktor F izraža šumne lastnosti ojačevalnika in s tem posredno občutljivost. Vidimo, da šumni faktor v glavnem določa prvi člen verige ojačevalnikov, če je njegovo ojačanje dovolj veliko. Pri meritvi smo se odločili za metodo s šumnim generatorjem, ker je najbolj priročna. Po tej metodi je v enačbi (1) edina neznanca P_{sv} , na katero je umerjen šumni generator.

Optimalne šumne razmerne VF tranzistorjev.

Malošumni tranzistorji so tako specialno grajeni tranzistorji, ki imajo pri optimalni izbiri delovnih pogojev zelo nizek šumni faktor v primerjavi s povprečnimi tranzistorji. Na šumni faktor tranzistorjskega ojačevalnika vpliva:

- izbira skupne elektrode tranzistorja (skupna baza, emitor, kolektor),

- frekvenčno področje,
- delovna točka tranzistorja,
- upornost oziroma impedanca generatorja (R_g),
- temperatura okolice odnosno tranzistorja.

Šumni faktor v odvisnosti od frekvence naraste pri nizkih in pri visokih frekvencah. Uporabno področje, ki leži med spodnjo in zgornjo mejoo je seveda odvisno od tipa tranzistorja. Nekatere pogoje je mogoče določiti iz karakteristik tranzistorja, druge zopet s pomočjo meritev. V literaturi najdemo precej enačb, ki se nanašajo na šum predvsem v NF ojačevalnikih in so večinoma uporabne brez bistvenih sprememb tudi za VF tranzistorje celo v UHF področju, kar so pokazale tudi meritve. Razlika je v vplivu R_g na šumni faktor in to občutna z naraščajočo frekvenco. S pomočjo teorije malošumnih tranzistorjskih ojačevalnikov smo zaključili:

1. vezava s skupnim emitorjem je od vseh treh možnos-ti najugodnejša, kajti le v tej vezavi se potrebna generatorje-va upornost za doseg minimalnega šumnega faktorja skoraj ujema s potrebno generatorjevo upornostjo za doseg maksimalnega oja-čenja (za NF in SF skoraj idealno),

2. obstoja minimalni šumni faktor za kolektorske toko-ve med 1-3 mA (točneje se določi z meritvijo) ter čim višje V_{CE} ,

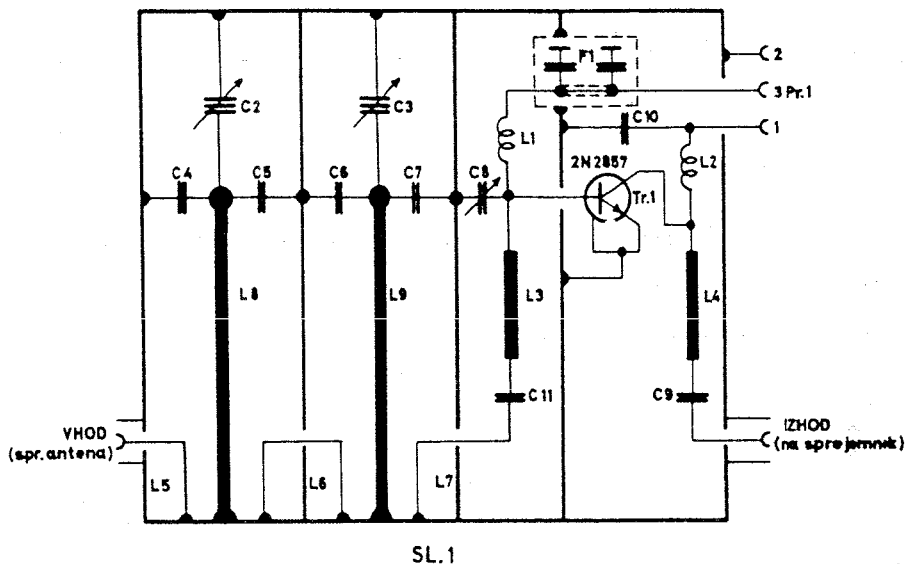
3. šumni faktor je odvisen od generatorjeve upornosti R_g (posebno še za VF tranzistorje), zato je važno, da je tran-zistorjski vhod šumno prilagojen,

4. frekvenčno področje in temperatura okolice sta že vnaprej več ali manj določena; z njima je treba računati.

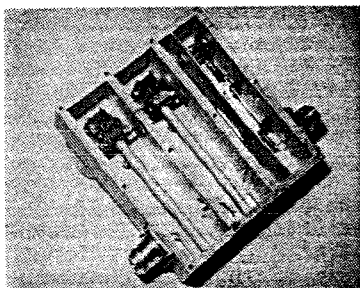
Projektiranje in realizacija

Izbrali smo UHF - malošumni tranzistor 2N2857 firme RCA, s katerim so dosegli šumni faktor okoli 3 db pri 400 MHz. Uporabili smo vezavo s skupnim emitorjem. Eksperimentalno se je najbolj izkazal režim $I_C = 2$ mA ter $U_{CE} = 10$ V. Iz karakteris-tik smo ugotovili, da znižaa šumno - optimalna generatorjeva upo-ornost okoli 100 Ohm, kar dosežemo s transformacijo L_2, C_3 iz 50 Ohm. S trimerjem C_3 je tako mogoče nastaviti optimalni šumni

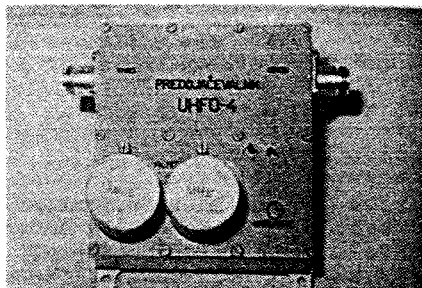
faktor. Zaradi čim večjega ojačenja moči, ki je potrebno za zmanjšanje F , je treba poskrbeti za izhodno prilagoditev (50 ohmski



izhodni kabel na visokohmski kablovski izhod). To uspešno opravlja linija L_4 . Na sliki 1 vidimo električno shemo ojačevalnika. Izgled predstopnje je na slikah 2 in 3.



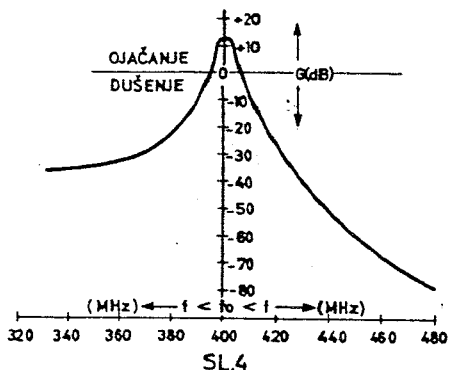
Sl. 2



Sl. 3

MERITVE IN REZULTATI

Na sliki 4 je podana karakteristika predojačevalnika pri 400 MHz; za ostale resonančne frekvence dobimo podobne rezultate. Širina propustnega



področja se menja od 5 do 8 MHz v področju 370-430 MHz. Pri najnovejšem sprejemniku PDM 1/430, ki ni uporabljal predojačevalnika, je bil šumni faktor 8,5 db. Z uporabo predojačevalnika je padel šumni faktor kombinacije na 4 db. Iz $F_{1\tilde{}} = F - F_{\tilde{}} - 1/G_1$ dobimo tako šumni faktor predojačevalnika $F_{1\tilde{}} = 3$ db.

Še večja je seveda korist pri slabših sprejemnikih, kjer lahko znižamo šumni faktor za 10 ali več db. V isti meri seveda izboljšujemo vrednost sistema in povečujemo domet zveze.

ZAKLJUČEK

Šumni faktor povprečnih sprejemnikov pri 400 MHz (8-10 db) smo uspeli zmanjšati na 4 db.

Malošumni predojačevalnik UHFO-4 je mogoče z malimi spremembami prirediti za uglaševanje po širokem frekvenčnem področju in doseči različne propustne širine. Tako prirejenega bi lahko koristno uporabili na področju televizije in merilne tehnike.

LITERATURA

1. Mirjan Gruden: Elektromagnetna nihanja in valovanja II.
2. H. Meinke, F.W. Gundlach: Radiotehniški priročnik I (Prevod v ruščini), Moskva, Leningrad, 1961.
3. H. Meinke, S.W. Gundlach: Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, Springer-Verlag, Berlin, 1956.
4. H.C. Montgomery and M.A. Clark: J. appl. Phys. 24, 1337, 1953.
5. A. van der Ziel: Note on Shot and Partition Noise in Junction Transistors, J. of appl. Phy 1954, I&VI, p. 815.
6. A. van der Ziel: Theory of shot Noise in Junction Diodes and Junction Transistors, Proc. of the IRE, Vol. 43, No. II, November 1955, pp. 1639-1646.