

## INTEGRISANI UMNOŽAVAČ PUTA 8 ZA OPSEG 11 – 12 GHz

Predrag Manojlović, Ivana Radnović, Institut IMTEL, Beograd

**Sadržaj** – U radu je prikazana realizacija jednostavnog umnožavača učestanosti sastavljenog od savremenih MMIC komponenti. Izložen je kratak pregled metoda za frekventijsko umnožavanje, a detaljno je predstavljen odabrani dizajn i realizacija, kao i izmereni rezultati. Na ovaj način je dobijen izlazni signal visoke stabilnosti uz veoma mali nivo spurijus produkata, koji zadovoljava sve zahteve koje treba da ispuni signal lokalnog oscilatora u savremenim mikrotalasnim sistemima.

### 1. UVOD

Često korišćena metoda za generisanje signala u mikrotalasnim frekventijskim opsezima je direktno sintetisanje signala nižih učestanosti, a zatim umnožavanje množačem učestanosti u željeni frekventijski opseg. Ovaj postupak je često primenjivan zbog prednosti u pogledu mogućnosti stabilizacije frekvencije niske učestanosti koja se kasnije umnožava i na taj način generiše signal velike stabilnosti na visokoj učestanosti.

Svi tipovi oscilatora koji rade na visokim mikrotalasnim učestanostima imaju daleko manju stabilnost od, na primer, kvarcno stabilisanih oscilatora koji su umnožavani.

Signale mikrotalasnih učestanosti dobijene umnožavanjem moguće je dalje filtrirati putem pasivnih filtera ili PLL petljama i na taj način otkloniti njihov najveći nedostatak, a to je postojanje komponenta subharmonika umnožavanja. Ovakvi postupci obrade signala mikrotalasnih učestanosti se vrše u velikom broju mikrotalasnih primopredajnika koji se koriste u komercijalnim komunikacionim uređajima, vojnim komunikacionim uređajima, navigacijskim, radarskim i ostalim tipovima uređaja, a nivo složenosti zavisi od zahtevanih karakteristika za pojedini tip uređaja.

Umnožavačke sklopove je moguće grubo podeliti u dve grupe: pasivne i aktivne. Istorijski gledano, pasivni umnožavački lanci su u prethodnim generacijama uređaja daleko više bili zastupljeni, međutim razvojem modernih mikrotalasnih kola sa velikim stepenom integracije aktivni umnožavački lanci su sve zastupljeniji.

U ovom radu će biti prikazan jedan aktivni umnožavački lanac koji koristi aktivno umnožavanje. Pojavom najnovije generacije integrisanih umnožavačkih kola, stvorena je mogućnost realizacije fizički malih i po ceni jeftinih umnožavačkih lanaca koji takođe imaju i malu potrošnju.

Na blok shemi sa slici 1 je prikazana realizacija jednog takvog umnožavača puta 8 čiji će rezultati biti prikazani u radu.

### 2. OPIS RADA UMNOŽAVAČKOG LANCA

Na ulaz umnožavača se dovodi signal u opsegu  $f=(1.375-1.5)$  GHz koji treba umnožiti. Pošto je pobudni signal sinusoidalnog tipa, značajno je dovesti propisani nivo signala na ulazu u umnožavač da se umnožavač dovede u regularan

radni režim. Na ulazu umnožavačkog kola nije postavljen nikakav filter jer već samo umnožavačko kolo ima selektivnu prenosnu funkciju, ali i sklop koji generiše signal za pobudu umnožavačkog lanca ima dobro isfiltriran signal. Umnožavač je realizovan u mikrostrip tehnici i izrađuje se istim tehnološkim postupkom fotolitografije na jednom supstratu sa ostalim kolima sklopa: brančom, pojačavačkim kolima kao i filterima što u velikoj meri pojeftinjuje samu realizaciju. Inače, izlaznim filterima se potiskuje frekvencija  $f_1$ , kao i  $3f_1$ ,  $4f_1$ ,  $5f_1$ ,  $6f_1$ , što znatno olakšava rad aktivnog umnožavača HMC444 u pogledu kvaliteta spektra izlaznog signala. Umnoženi signal u opsegu 11 – 12 GHz na izlazu aktivnog umnožavača ima tipičnu snagu +4 dBm, što za predviđenu primenu nije dovoljno, pa su na samom izlazu umnožavača postavljene pojačavačke sekcije. Izlazni pojačavači su takođe monolitni integrisani pojačavači KNB300 čija širokopojasnost zadovoljava postavljeni kriterijum širine propusnog opsega. Budući da je potrebno što kvalitetnije isfiltrirati izlazni spektar, na izlazima se takođe nalaze mikrostrip filteri propusnici opsega [2] koji imaju uneseno slabljenje oko 2.5 dB. Umnožavač ima dva izlaza i signalima na njima su podjednake snage, te svaki pobuđuje drugo kolo. U stalnom radu uređaja je važno da ne dođe do međusobnog uticaja signala iz sklopova koje pobuđuje umnožavač. Da bi se postigla dovoljna izolacija, na svakom izlazu umnožavača je postavljen po jedan pojačavač.

### 3. PRIKAZ IZMERENIH REZULTATA

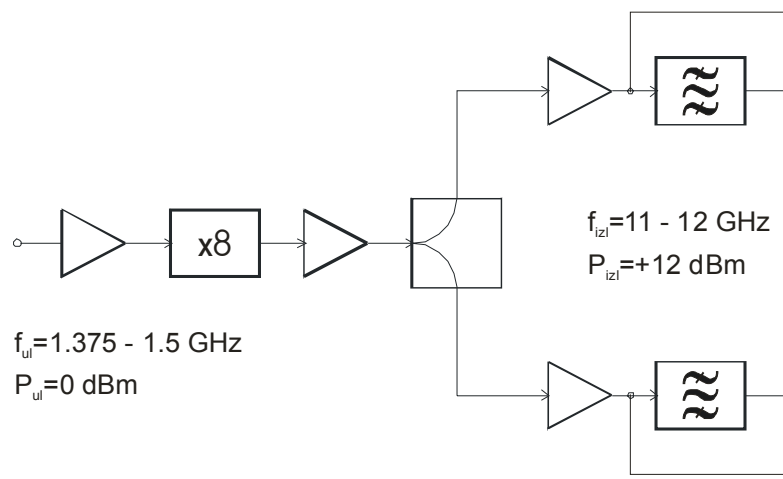
Na Sl. 2 je prikazana blok šema merenja realizovanog umnožavača. Sl.3 prikazuje spektar pobudnog signala u malom frekventijskom prozoru od 100kHz, gde je moguće videti nivo faznog šuma pobudnog signala. Budući da se radi o signalu koji je generisan faznom petljom, oblik spektra faznog šuma ima karakterističan izgled ukupnog propusnog opsega fazne petlje.

Na slici 4, takođe, prikazuje se spektar pobudnog signala, ali u znatno širem frekventijskom opsegu od DC do 10 GHz, u kome su dobro prikazani harmonici pobudnog signala. Sa slike se može uočiti da svi harmonici nemaju nizak nivo, pri čemu je najjači -4 dBc, dok su svi ostali manji.

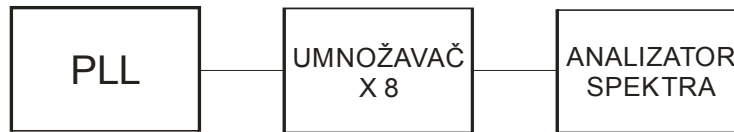
Slika 5 prikazuje spektar umnoženog signala u uskom frekventijskom opsegu. Poređenjem slike 4 sa slikom 2 može se kvantifikovati relativna degradaciju faznog šuma nastala kao posledica umnožavanja. Uočava se povećanje faznog šuma za 18-19dB, što je i očekivano.

Slike 6 i 7 prikazuju nivo subharmonika na izlazu umnožavačkog lanca. Izmereni nivo subharmonika je u očekivanim granicama.

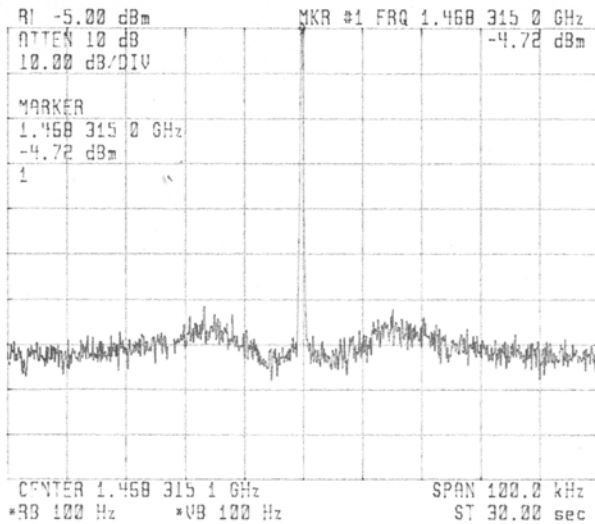
Slika 8 prikazuje izgled realizovanog umnožavača. Upotrebljen je supstrat RO4003 ( $\epsilon_r=3.38$ ,  $h=0.2$ mm). Ukupne dimenzije kola su 70x35mm. Slika 9 prikazuje integrisani umnožavački lanac sa pobudnim PLL sintezatorom u mehaničkom kućištu.



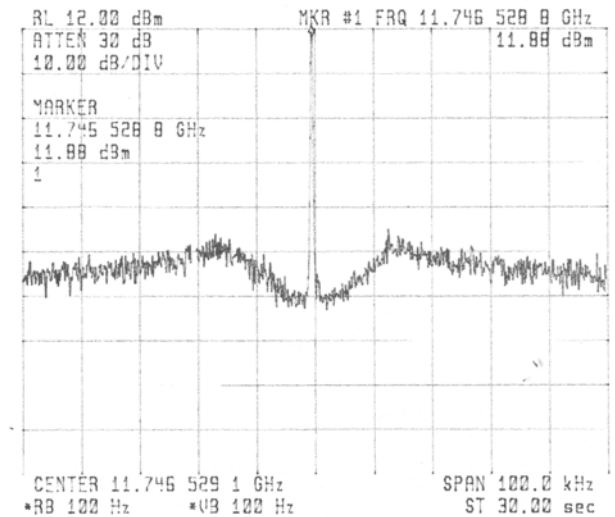
Sl. 1. Blok shema umnožavačkog lanca



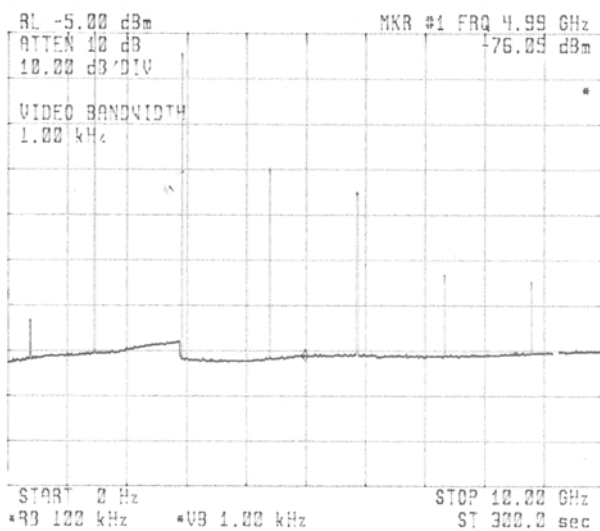
Sl. 2. Blok shema merenja



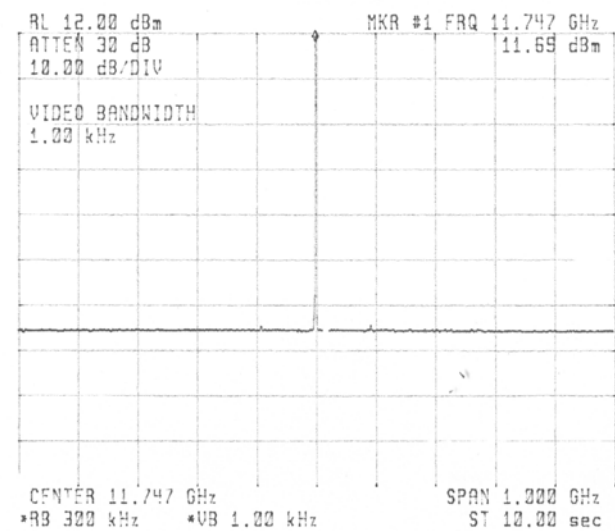
Sl. 3. Spektar signala koji pobuđuje umnožavač (uži opseg)



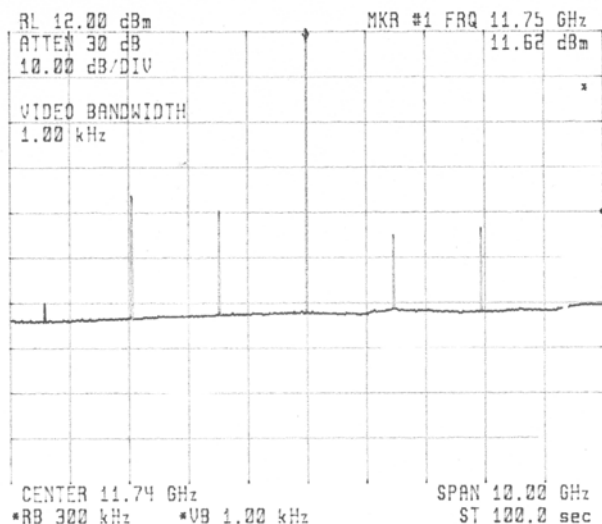
Sl. 5. Spektar signala na izlazu umnožavača (uži opseg)



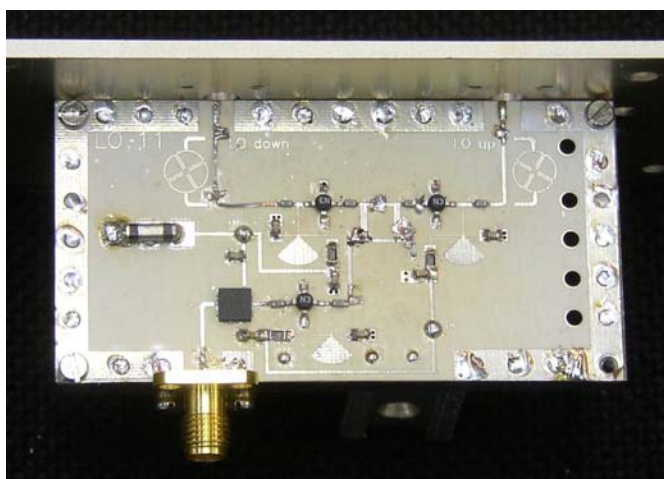
Sl. 4. Spektar signala koji pobuđuje umnožavač (širi opseg)



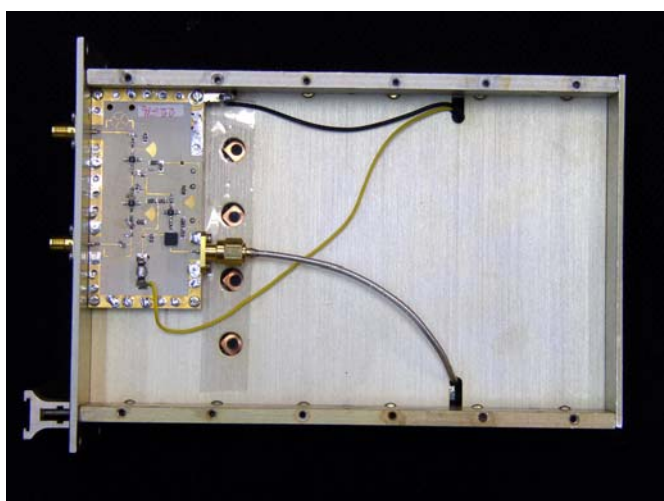
Sl. 6. Spektar signala na izlazu umnožavača (srednji opseg)



Sl. 7. Spektar signala na izlazu umnožavača (širi opseg)



Sl. 8. Fotografija realizovanog umnožavača



Sl. 9. Fotografija fizički smeštenog umnožavača u sklopu s pobudnim PLL sintezatorom

#### 4. ZAKLJUČAK

Umnožavač zadovoljava postavljene zahteve u smislu kvaliteta dobijenog signala, izolacije izlaznih portova, potrošnje, fizičkih dimenzija, temperaturne stabilnosti i cene. Realizacija štampane ploče zahteva preciznu izradu u fotolitografskom postupku sa greškom manjom od 30 $\mu$ m. Posebno je značajno voditi računa o tolerancijama širina vodova koji obrazuju štampane filtre da ne bi došlo do pomeranja centralne učestanosti propusnog opsega i/ili povećavanja unesenog slabljenja u propusnom opsegu.

Takođe je važno da se postupak pozlate sprovede po propisanoj proceduri, jer se u protivnom mogu javiti veliki gubici u propusnom opsegu filtera. Metalizacija rupa na štampanoj ploči takođe mora biti sprovedena strogo prema preporuci proizvođača integrisanih kola umnožavača i pojačavača da bi se omogućilo njihovo efikasno hlađenje i da bi se obezbedilo njihovo dobro umašenje.

#### LITERATURA

- [1] J-S. Hong, M. J. Lancaster: "Theory and Experiment of Novel Microstrip Slow-Wave Open-Loop Resonator Filters", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 45, No. 12, December 1997.
- [2] A. Nešić, S. Jovanović: "Band-pass mikrostrip filter sa kapacitivno spregnutim rezonatorima na Ku opsegu", XLVIII konferencija ETRAN-a, Zbornik radova, sveska II, Čačak, 2004, str. 273-275

**Zahvalnica:** Rad na ovom projektu delimično je finansiran sredstvima Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije.

**Abstract:** A realization of a simple frequency multiplier utilizing modern MMIC components is presented in this paper. Various basic methods of frequency multiplication are listed, while the chosen design and realization, as well as the obtained characteristics are discussed in detail. Obtained output signal has high stability and very low level of spurious products that meets all requirements for LO signals in modern microwave circuits.

#### AN INTEGRATED FREQUENCY MULTIPLIER TIMES 8 FOR THE FREQUENCY RANGE FROM 11 TO 12 GHz,

Predrag Manojlovic, Ivana Radnovic