

# Front-End predajnika milimetarskog linka u opsegu oko 60 GHz

Aleksandar Nešić, Ivana Radnović i Milan Šunjevarić

**Sadržaj** — U radu je dat koncept, projektovanje i rešenje integracije front-end-a predajnika na milimetarskom opsegu, između 50 i 75 GHz. Modulisan signal na nivou međufrekvencije (oko 15 GHz) se dovodi na konvertor na gore i zatim na izlazni pojačavač u opsegu između 50 i 75 GHz. Signal lokalnog oscilatora za konvertor na gore se dobija učetvorostručavanjem. Sa izlaznog pojačavača se signal dovodi na mikrostrip strukturu i konačno na prelaz mikrostrip-talasovod. Prikazan je nov metod integracije kod koga se povezivanje pojedinih, uglavnom aktivnih, kao i pasivnih komponentata ne vrši na konvencionalan način sa prelazima na mikrostrip strukturu, već direktnim povezivanjem pedova na čipovima između svih kola u front-end-u predajnika. Projektovan nivo ulaznog signala (oko 15 GHz) je između 3 i 10 dBm, a izlazna snaga 15 dBm na izlazu talasovoda WR-15, u opsegu između 50 i 75 GHz.

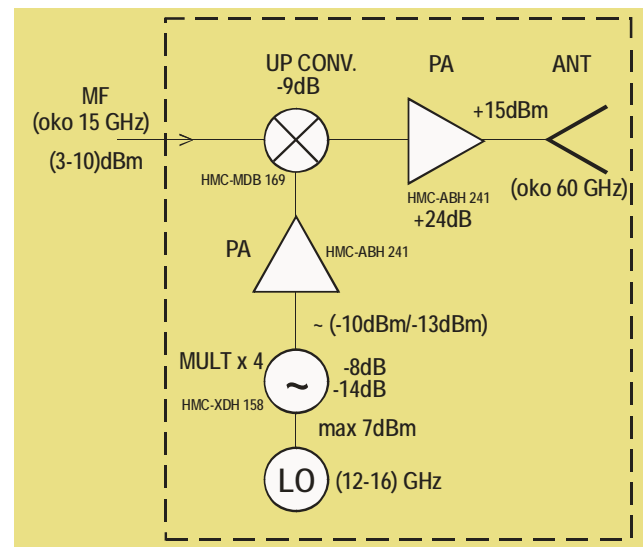
**Ključne reči** — front-end predajnika, integracija pasivnih i aktivnih kola na milimetarskom opsegu, predajnici na milimetarskom opsegu, montaža otvorenih čipova na milimetarskom opsegu.

## I. UVOD

ZA digitalni radio-prenos visokog kapaciteta (preko 500 Mb/s) se koriste linkovi na milimetarskim opsezima, najčešće oko 60 GHz i oko 80 GHz. Trenutno su u toku istraživanja iz oblasti primene milimetarskih talasa u digitalnom prenosu visokih kapaciteta u istraživačkim laboratorijama univerziteta i kompanija iz oblasti radio-komunikacija. Za sada u svetu postoji samo nekoliko proizvođača radio-linkova u gore pomenutim frekvencijskim opsezima. Takođe je u ekspanziji istraživanje poluprovodnika viših stepena integracije za pomenute frekvencijske opsege. Jednu od ključnih jedinica u ovim radio-linkovima predstavlja front-end predajnika. U radu ćemo izložiti rešenja front-end-a na opsegu između 50 i 75 GHz koji predstavlja ključnu jedinicu predajnika. Na ulaz front-end-a predajnika se dovodi modulisan signal na nivou četvrtog subharmonika (oko 15 GHz) nivoa 3-10 dBm, zatim signal takođe četvrtog subharmonika lokalnog oscilatora na frekvenciji (12-16) GHz, nivoa oko 5 dBm. Na izlazu front-end-a se dobija signal između 50 i 75 GHz,

nivoa 15 dBm. Na slici 1 je prikazana blok shema front-end-a predajnika, koji praktično predstavlja konvencionalno rešenje. Međutim, problemi simulacije, projektovanja, korišćenih tehnologija, realizacija i montaže su, zbog ekstremno malih talasnih dužina, na mikrotalasnim opsezima preko 50 GHz znatno delikatniji i teži nego na opsezima ispod 30 GHz. Zbog toga zahtevaju znatno složeniji pristup i komplikovanije tehnološke operacije montaže čipova, što dodatno komplikuje tehnološke potupke. Posebno treba istaći da u ovoj oblasti ima veoma malo iskustva i u najrazvijenijim zemljama.

Za razliku od konvencionalnih rešenja montaže otvorenih čipova gde se pedovi na čipu prvo povezuju sa mikrostripom i vode na ped sledećeg čipa, u ovom rešenju svi kontakti se realizuju direktnim međusobnim povezivanjem pedova pojedinih čipova. Na ovaj način se dobijaju tri prednosti: manji gubici zbog izostajanja mikrostrip struktura za povezivanje, veća kompaktnost i manji broj bondovanih kontakata.



Sl. 1. Blok shema front-end-a predajnika milimetarskog linka na opsegu oko 60 GHz.

## II. KONCEPT

Front-end predajnika sadrži sledeće jedinice:

- Učetvorostručivač HMC-XDH 158 u formi otvorenog čipa,
- Pojačavač snage lokalnog oscilatora HMC-ABH 241 u formi otvorenog čipa,
- Mešač HMC-MBD 169 u formi otvorenog čipa,

Aleksandar Nešić, IMTEL Komunikacije, Bulevar M. Pupina 165b, 11070 Beograd, Srbija (telefon: 381-11-311-12-15, e-mail: [aca@insimtel.com](mailto:aca@insimtel.com))

Ivana Radnović, IMTEL Komunikacije, Bulevar M. Pupina 165b, 11070 Beograd, Srbija (e-mail: [ivana@insimtel.com](mailto:ivana@insimtel.com))

Milan Šunjevarić, IMTEL Komunikacije, Bulevar M. Pupina 165b, 11070 Beograd, Srbija.

- Izlazni pojačavač snage HMC-ABH 241 u formi otvorenog čipa,
- Bal-un u tehnici mikrostripa,
- Prelaz simetrični (balansirani) mikrostrip-talaso vod,
- Talaso vod WR-15.

Odabrana je MF u okolini 15GHz. LO, u tom slučaju (da bi se obuhvatili svi podopsezi), treba da bude između 42 i 49 GHz, odnosno signal iz sintezatora između 10.5 i 12.25 GHz. Signal iz sintezatora, nivoa između +4 dBm i +7 dBm, se dovodi na četvorostručivač HMC-XDH 158, na čijem izlazu se dobija signal nivoa između -8 dBm i -14 dBm (uzimajući u obzir i tolerancije karakteristika četvorostručivača). Pošto je za regularan rad odabranog konvertora na gore HMC-MDB 169 potreban nivo +13 dBm, između četvorostručivača i konvertora se nalazi pojačavač HMC-ABH 241 (sa gain-om od 24 dB). Signal iz konvertora, čije je uneseno slabljenje -9dB, se dovodi na pojačavač HMC-ABH 241. Sa nivoom međufrekventnog signala od +3 dBm do +10 dBm će pobudni nivo pojačavača biti između -6 dBm i +1 dBm, odnosno izlazna snaga veća od +17 dBm. Hardverski deo koncepta obuhvata potpunu integraciju celog front-end-a predajnika. MF signal, kao i signal iz sintezatora se dovode preko SMA priključnica na mikrostrip trake sa koje se, bondovanjem, povezuju sa konvertorom na gore (HMC-MDB 169), odnosno četvorostručivačem (HMC-XDH 158). Izlazni signal iz pojačavača (HMC-ABH 341) se vodi na mikrostrip traku i dalje na BAL-UN, na čijem izlazu imamo simetričnu mikrostrip strukturu. U fazi istraživanja i razvoja realizovan je prelaz sa simetričnog mikrostripa na talaso vod WR-15 radi preciznih merenja, a u konačnoj realizaciji simetrični mikrostrip je integrisan sa antenom, odnosno sa antenskom napojnom mrežom na jedinstvenoj dielektričnoj podlozi. Kompletan "front end" predajnika će se realizovati na pozlaćenoj mesinganoj podlozi ukupne dužine oko 40 mm i širine oko 20 mm, koja se sa jedne strane nastavlja (u preliminarnoj verziji) na prelaz prema talasovodnoj flanši. Za bondovanje čipova (sva navedena kola su u formi čipa, jer bi na frekvencijama reda 60 GHz bilo kakva inkapsulacija čipova izazvala veliku degradaciju električnih karakteristika zbog parazitnih efekata) na podlogu (die attach) će se koristiti zlatna provodna pasta (epoxy attach).

Svi napojni vodovi za gejtove i drejnove moraju biti brižljivo blokirani u vrlo širokom frekvencijskom opsegu, radi prevencije parazitnih oscilovanja i parazitnih sprega.

Na slici 2 je prikazana montažna shema projektovanog front-end-a predajnika.

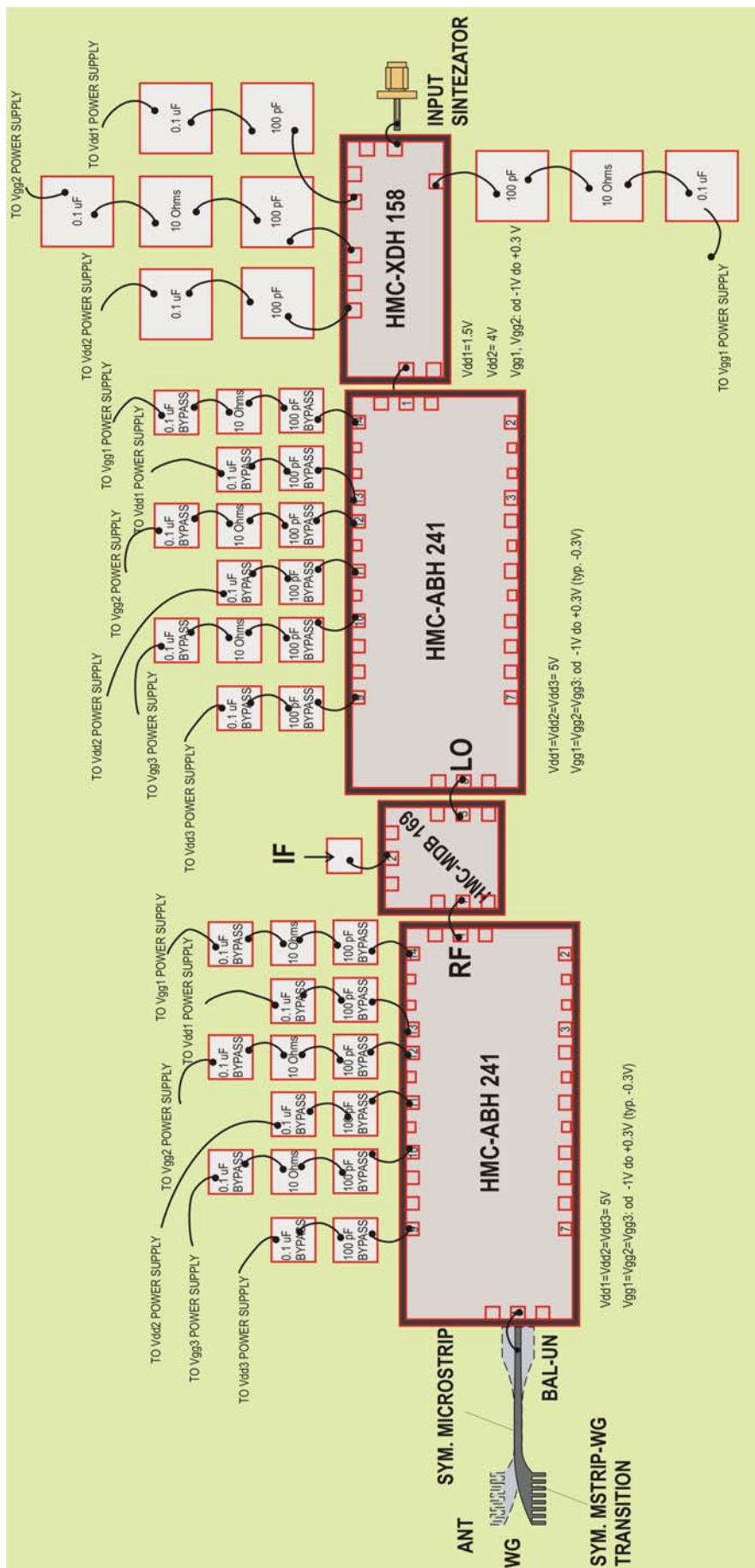
### III. PLAN REALIZACIJE I OČEKIVANE TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

Tek poslednje 2-3 godine su se na tržištu pojavile aktivne komponente relativno velikog stepena integracije koje koristimo u ovim tehničkim rešenjima. Zbog toga praktično nema informacija o sličnim primerima u svetu, sem preporuka proizvođača koje se odnose na svaku komponentu posebno.

Montaža se realizuje tehnikom bondovanja - "die" bondovanjem čipova na pozlaćenu mesinganu podlogu sa rebrima za hlađenje. U nedostatku opreme za "die" bondovanje se može koristiti provodni lepak na bazi zlata, što će biti u našem slučaju. Bondovanje, odnosno povezivanje kontakata na čipovima, treba da se obavi bonderom za traku (širina trake: 0.076 mm, debljina trake: 0.0127 mm). Zbog nedostatka ovog tipa bondera, povezivanje čipova će se obaviti na laboratorijskom modelu takođe lepljenjem lepkom na bazi zlata, zlatnom žicom. Ova metoda predstavlja improvizaciju, međutim za sada nemamo drugo rešenje. Kao što je gore rečeno, front-end predajnika predstavlja ključnu jedinicu milimetarskog linka koji je predmet ovog projekta. U Tabeli 1 su date njegove tehničke karakteristike.

TABELA 1: TEHNIČKE KARAKTERISTIKE FRONT-END-A PREDAJNIKA MILIMETRASKOG LINKA NA OKO 60 GHz

Međufrekvencijski ulaz:	oko 15 GHz, nivo: 3 dBm do 10 dBm
Koaksijalni konektor:	SMA
Ulaz subharmonijskog lokalnog oscilatora:	12-16 GHz, nivo: max 7 dBm
Koaksijalni konektor:	SMA
Izlaz front-end-a:	50-75 GHz, nivo: 15 dBm
Tip priključnice:	talaso vod WR-15



Sl. 2. Montažna shema front-end-a predajnika milimetarskog linka na opsegu oko 60 GHz.

Prikazan je projekat front-end-a predajnika radio-linka na milimetarskom opsegu oko 60 GHz, snage +15 dBm. Nivo ulaznog signala, na međufrekvenciji od oko 15 GHz je između 3 i 10 dBm. Signal lokalnog oscilatora za konverziju se dobija učetvorostručavanjem frekvencije sintezatora. U front-end-u su korišćeni otvoreni čipovi najnovije generacije visokog nivoa integracije. Za razliku od konvencionalnih metoda montaže kod kojih su otvoreni čipovi povezani preko mikrostrip vodova, koristiće se direktno povezivanje pedova otvorenih čipova, što doprinosi smanjenju gubitaka, pouzdanosti i olakšanom bondovanju. Ukupne dimenzije front-end-a koji se realizuje na pozlaćenoj mesinganoj podlozi, sa prelazom mikrostrip-talasnica, su (40x20) mm. Opisani koncept se direktno može primeniti i na front-end predajnika na frekvenciji oko 80 GHz koja je takođe vrlo pogodna za digitalne radio prenose ultra visokih kapaciteta.

## ZAHVALNICA

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta TP-11038 koje je sufinansiralo Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] [www.hittite.com](http://www.hittite.com)
- [2] Doug Lockie and Don Peck, "High-Data-Rate Millimeter-Wave Radios", IEEE Microwave Magazine, Vol.10, No. 5, August 2009, pp. 75-83.

The paper presents concept, design and a solution for integration of the millimeter-wave transmitter front-end operating in the frequency range from 50 GHz to 75 GHz. Modulated signal at the intermediate frequency (IF) of about 15 GHz is brought to the up-converter and then to the output amplifier operating in the range (50-75) GHz. Local oscillator signal for the up-converter is generated by multiplying by four. From the output amplifier the signal is lead to the microstrip structure and finally to the microstrip-waveguide transition. A new method of integration is proposed where connections between the active as well the passive components of all circuits in the transmitter front-end are accomplished by direct connecting the chip pads, without using transitions to microstrip structure between them. Projected level of the input signal (around 15 GHz) is between 3 dBm and 10 dBm and the output power at the WR-15 waveguide output is 15 dBm in the (50-75) GHz range.

**TRANSMITTER FRONT-END FOR  
MILLIMETER-WAVE LINK OPERATING AT  
60GHz RANGE**

Aleksandar Nešić, Ivana Radnović,  
and Milan Šunjevarić