

Front-End prijemnika milimetarskog linka u opsegu oko 60 GHz

Aleksandar Nešić, Ivana Radnović i Milan Šunjevarić

Sadržaj — U radu je prikazan koncept, projektovanje i rešenje integracije front-end-a prijemnika na milimetarskom opsegu, između 50 i 75 GHz. Iz antene i filtera, odnosno dipleksera, preko prelaza talasovod – mikrostrip, se dovodi signal na ulaz front-end-a. Nakon mešanja sa signalom lokalnog oscilatora dobijenim učetrostručavanjem, dobijamo MF signal na opsegu oko 15 GHz. Prikazan je nov metod integracije kod koga se povezivanje pojedinih, uglavnom aktivnih, kao i pasivnih komponenata ne vrši na konvencionalan način sa prelazima na mikrostrip strukturu, već direktnim povezivanjem pedova na čipovima izmedju svih kola u front-end-u prijemnika. Projektovani faktor šuma front-end-a sa propusnim opsegom od 1GHz je bolji od 5 dB (u opsegu između 50 i 75 GHz), a ukupno pojačanje bez MF pojačavača je 12 dB.

Ključne reči — front-end prijemnika, integracija pasivnih i aktivnih kola na milimetarskom opsegu, prijemnici na milimetarskom opsegu, montaža otvorenih čipova na milimetarskom opsegu.

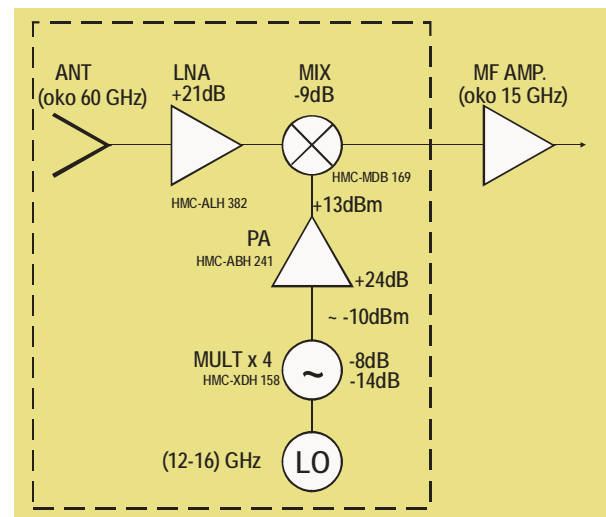
I. UVOD

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 prijemnika. U radu ćemo izložiti rešenja front-end-a na opsegu između 50 i 75 GHz koji predstavlja ključnu jedinicu prijemnika. Signal iz antene, odnosno ulaznog filtera, minimalnog nivoa oko -70 dBm se dovodi na ulaz niskošumnog integrisanog pojačavača front-end-a prijemnika. Na izlazu front end-a, posle konverzije, se dobija signal na međufrekvenciji od oko 15 GHz, pojačan 12 dB. Signal lokalnog oscilatora nivoa +13 dBm, koji se

dovodi na konvertor, se dobija učetrostručavanjem i pojačanjem signala iz sintezatora.

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 prijemnika milimetarskog linka na opsegu oko 60 GHz.

II. KONCEPT

Front-end prijemnika sadrži sledeće jedinice:

- Prelaz simetrični (balansirani) mikrostrip - talasovod WR-15.
- Bal-un (prelaz simetrični-nesimetrični mikrostrip)

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

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

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

- Niskošumni pojačavač (LNA) HMC-ALH 382 u formi otvorenog čipa,
- Mešač HMC-MDB 169 u formi otvorenog čipa,
- Učetrostručivač HMC-XDH 158 u formi otvorenog čipa,
- Pojačavač snage lokalnog oscilatora HMC-ABH 241 u formi otvorenog čipa.

Signal na međufrekvenciji je u okolini 15 GHz, pa LO, u tom slučaju (da bi se obuhvatili svi podopsezi), treba da bude između 42 GHz i 49 GHz, odnosno signal iz sintezatora između 10.5 GHz i 12.25 GHz.. Princip generisanja signala LO je isti kao i kod predajnika: signal iz sintezatora, nivoa između +4dBm i +7dBm, se dovodi na učetrostručivač HMC-XDH 158, na čijem izlazu se dobija signal nivoa između -8 dBm i -14 dBm (uzimajući u obzir i tolerancije karakteristika učetrostručivača). Pošto je za regularan rad odabranog konvertora na dole HMC-MDB 169 potreban nivo +13dBm, između učetrostručivača i konvertora se nalazi pojačavač HMC-ABH 241 (sa pojačanjem od 24 dB). Signal iz antene se dovodi na niskošumni pojačavač (LNA) HMC-ALH 382, čiji je faktor šuma 4dB, a pojačanje 21 dB, zatim na konvertor na dole HMC-MDB 169, na koji se dovodi i signal iz LO. Hardverski deo koncepta obuhvata potpunu integraciju celog front-end-a prijemnika. Signal iz sintezatora se dovodi preko SMA priključnice na mikrostrip traku sa koje se bondovanjem povezuje sa učetrostručivačem (HMC-XDH 158), pojačavačem (HMC-ABH 241) i dalje sa konvertorom na dole HMC-MDB 169). Signal iz antene se preko bal-un-a (prelaza sa talasovodne strukture na mikrostrip strukturu) vodi na niskošumni pojačavač (HMC-ALH 382), tj. mikrostrip traka se bondovanjem povezuje sa ulazom ovog kola, a zatim se na isti način izlazni signal iz niskošumnog pojačavača vodi na RF ulaz odabranog konvertora na dole. Sa izlaza konvertora se MF signal dovodi na MF pojačavač i dalje na izlaznu SMA priključnicu front-end-a prijemnika. Kompletan front-end prijemnika 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 gate-ove i drain-ove 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 prijemnika.

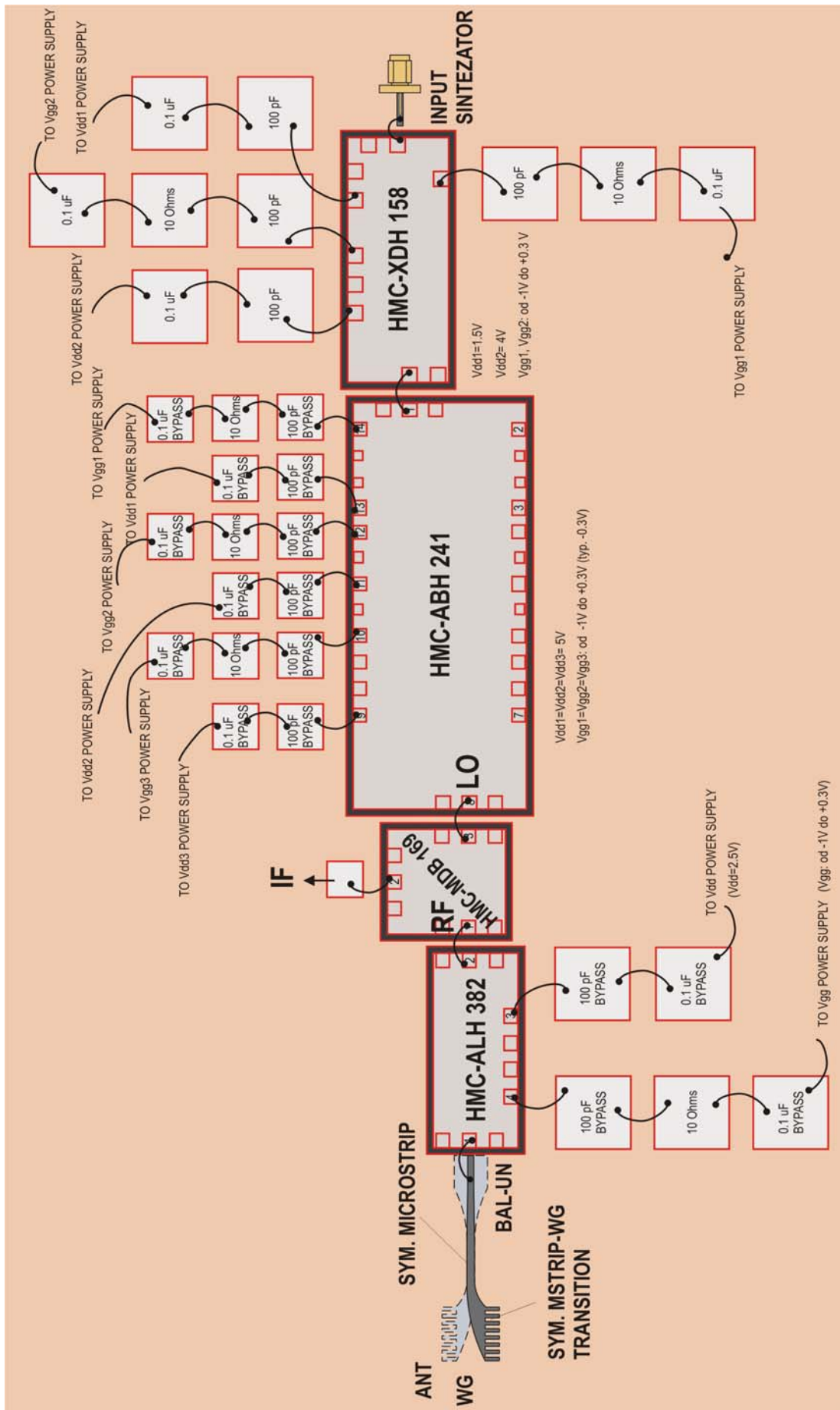
III. PLAN REALIZACIJE I OČEKIVANE TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

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 prijemnika 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 PRIJEMNIKA MILIMETRASKOG LINKA NA OKO 60 GHz

RF ulaz:	(50-75) GHz
Propusni opseg:	1 GHz
Faktor šuma:	5 dB
Tip priključnice:	talasovod WR-15
Ulaz subharmonijskog lokalnog oscilatora:	12-16 GHz, nivo: max 7 dBm
Koaksijalni konektor:	SMA
Izlaz front-end-a:	oko 15 GHz
Koaksijalni konektor:	SMA



Sl. 2. Montažna shema front-end-a prijemnika milimetraskog linka na opsegu oko 60 GHz.

Prikazan je projekat front-end-a prijemnika radio-linka na milimetarskom opsegu oko 60 GHz. Prag ulaznog nivoa prijemnika je oko -70 dBm. Izlazni signal, na međufrekvenciji od oko 15 GHz, je pojačan 12 dB. Korišćeni su otvoreni čipovi najnovije generacije i 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 pozlaćenju mesinganoj podlozi, sa prelazom mikrostrip-talaso vod, su (40x20) mm. Opisani koncept se direktno može primeniti i na front-end prijemnika 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
- [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 receiver front-end operating in the frequency range from 50 GHz to 75 GHz. The signal is brought from the antenna, filters (diplexers) and through waveguide-microstrip transition to the front-end's input. After mixing with the local oscillator signal multiplied by four, the MF signal around 15 GHz is generated. 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 noise figure of the receiver front-end with a bandwidth of 1 GHz is better than 5 dB in the range (50-75) GHz while total gain without MF amplifier is 12 dB.

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

Aleksandar Nešić, Ivana Radnović,
and Milan Šunjevarić