

Мерна метода:

Метода за одређивање карактеристика широкопојасног ниско-шумног појачавача реализованог у CMOS технологији

Руководилац пројекта: проф. др Љиљана Живанов

Одговорно лице: Алена Ђугова

Аутори: Алена Ђугова, Јелена Радић, Мирјана Виденовић-Мишић, Ласло Нађ
Факултет техничких наука (ФТН), Нови Сад

Развијено: у оквиру пројекта технолошког развоја TP-32016

Година: 2014.

Примена: децембар 2014

Кратак опис

Представљена је метода за карактеризацију широкопојасног (енг. *ultra-wideband – UWB*) ниско-шумног појачавача – НШП (енг. *low noise amplifier – LNA*) реализованог у $0,18\mu\text{m}$ UMC (енг. *United Microelectronics Corporation*) CMOS (енг. *Complementary Metal–Oxide–Semiconductor*) технологији. Како интегрисано коло није упаковано у кућиште, мерење је вршено директно на силицијумској плочици (енг. *on-die measurement*). При томе су коришћене сонде произвођача *Cascade Microtech* и РФ испитна станица (енг. *RF probe station*). Мерени су параметри расејања, познатији под називом S-параметри и то улазни и излазни коефицијент рефлексије, изолација улаза од излаза кола и појачање.

Техничке карактеристике:

Мерни систем обухвата РФ испитну станицу *SUSS Microtech PM5*, одговарајући сет (DC и РФ) сонди произвођача *Cascade Microtech*, посебно направљене стабилне изворе напајања засноване на интегрисаном колу *Texas Instruments TPS79101*, калибрациони супстрат CSR-8 и векторски анализатор мрежа (енг. *Vector Network Analyzer – VNA*) *N5230A PNA-L Agilent Network Analyzer* (10 MHz – 50 GHz).

Техничке могућности:

Приказаном методом је могуће одредити карактеристике неупакованих РФ ниско-шумних појачавача, реализованих у различитим интегрисаним технологијама, предвиђеним за различите примене и рад у различитим фреквенцијским опсезима.

Реализатори:

Факултет техничких наука, Нови Сад.

Корисници:

Факултет техничких наука, Нови Сад

Подтип решења:

M85 –Нова мерна метода.

Увод

Развојем бежичних комуникација (енг. *wireless communications*) јавила се потреба са новим решењем, које не би утицало на већ постојеће ускопојасне радио-системе (енг. *narrowband systems*). Широкопојасна технологија (енг. *ultra-wideband – UWB*) успела је да одговори на овај захтев. Поред овога, UWB комуникација нуди низ предности попут велике брзине преноса података, мале потрошње (могућност реализације једноставних структура примопредајника) и мале преносне снаге (чиме је повећана безбедност комуникације и отпорност сигнала на интерференције).

2002. године Савезна комисија за комуникације (енг. *Federal Communications Commission – FCC*) је одобрила одређене фреквенцијске опсеге за комерцијалне широкопојасне апликације. Због своје заступљености у скоро свим UWB применама, опсег 3,1 – 10,6 GHz наишао је на највеће интересовање људи из индустрије и академских кругова.

Постоје различити приступи коришћења овог опсега. Код директне секвенце (енг. *direct-sequence – DS*) цео UWB фреквенцијски опсег (3,1 – 10,6 GHz) је подељен на два подопсега: нижи (3,1 – 4,85 GHz) и виши (6,2 – 9,7 GHz), док је код вишеканалног преноса са ортогоналном фреквенцијском расподелом (енг. *multiband orthogonal frequency division multiplexing – MB-OFDM*) опсег подељен на неколико подопсега од по 528 MHz. Са друге стране импулсни широкопојасни (енг. *impulse-radio ultra-wideband – IR-UWB*) приступ са комуникацију користи основни сигнал који се састоји од импулса јако кратког трајања (углавном испод 1 ns), чиме је фреквенцијски спектар UWB сигнала ширине до неколико гигахерца.

Један од најважнијих блокова бежичног примопредајника представља ниско-шумни појачавач, који се налази у пријемном делу уређаја непосредно након антене. Услед строгих ограничења које је FCC поставила на предајник по питању емисије снаге, као и додатних губитака који настају услед преноса, примљени сигнал има веома малу снагу. Због тога НШП треба да обезбеди велико напонско појачање у целом фреквенцијском опсегу од интереса, како би се улазни сигнал издигао изнад нивоа шума пријемника, низак ниво сопственог шума, како би се селективност пријемника повећала, и широкопојасно прилагођење улазне импедансе (енг. *impedance matching*), како би се спречило слабљење сигнала, односно да не би дошло до његове рефлексије на улазу и излазу кола. Поред тога, пожељно је да НШП има малу потрошњу, буде једноставне структуре и заузима малу површину, чиме би се омогућила његова ниска цена. Осим тога, пожељно је омогућити подешавање вредности карактеристичних параметара НШП, обезбеђујући на тај начин компензацију изобличења карактеристика уређаја насталих услед процесних, напонских и температурних промена (енг. *Process, Voltage and Temperature variations – PVT*).

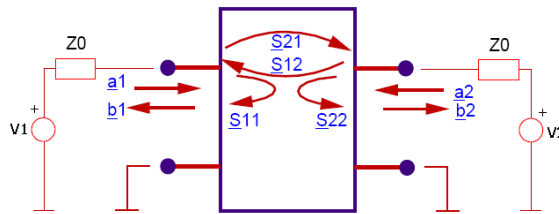
Тачност мерења карактеристика широкопојасног ниско-шумног појачавача умногоме зависи од коришћене мерне опреме и изабране мерне методе. Карактеризација интегрисаног кола пројектованог за рад на високим фреквенцијама директно на силицијумској плочици захтева посебан приступ, како је утицај околине на оваква мерења знатан.

Одређивање карактеристика ниско-шумног појачавача

Карактеристике широкопојасног ниско-шумног појачавача

Параметри расејања, познатији под називом S-параметри, спадају у групу параметара који се користе у електронским и комуникационим системима, а служе као основно средство за описивање линеарних мрежа са n-приступа које се побуђују малим сигнаlima. Преко S-параметара могуће је описати расејање и рефлексију таласа током њиховог простирања кроз посматрану мрежу, уколико се мрежа посматра као део трансмисионе линије. Електричне карактеристике мрежа и/или компоненти, као на пример појачање, губици, коефицијент рефлексије, стабилност и сл., могу се дефинисати преко S-параметара.

Иако се параметри расејања могу користити за описивање n-приступних мрежа на било ком фреквенцијском опсегу, њихова највећа примена је у мрежама које раде на високим фреквенцијама (РФ и микроталасни опсег). За сваки од ових параметара је потребно дефинисати карактеристичну импедансу трансмисионе линије (најчешће је у питању 50Ω), портове у односу на које се параметар посматра и услове чија промена може утицати на понашање мреже, као на пример промена температуре, контролног напона/струје у колу и сл. Важно је напоменути да су S-параметри бездимензионе комплексне величине које зависе од фреквенције и да се на свакој од фреквенција елементи мреже, односно S-параметри, представљају преко амплитуде и фазе. Из тог разлога, S-параметри се често називају и комплексни параметри расејања.



Слика 1. Пример мреже са два приступа.

На слици 1. приказан је пример двоприсступне мреже, са назначеним параметрима од интереса. Параметри $a_{1,2}$ и $b_{1,2}$ представљају нормализоване вредности улазних и рефлектованих напона на крајевима посматране мреже. Дефинишу се као:

$$a_{1,2} = \frac{V_{1,2} + I_{1,2}Z_0}{2\sqrt{Z_0}}, \quad (1)$$

$$b_{1,2} = \frac{V_{1,2} - I_{1,2}Z_0}{2\sqrt{Z_0}}, \quad (2)$$

где су $V_{1,2}$ и $I_{1,2}$ вредности напона и струја на улазним и излазним прикључцима, а Z_0 импеданса трансмисионих линија. На основу математичког модела приказане мреже:

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

могу се дефинисати изрази за сва четири S-параметара која се описују:

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} \Big|_{a_2 = 0} , \quad (4)$$

$$S_{22} = \frac{b_2}{a_2} \Big|_{a_1 = 0} , \quad (5)$$

$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1} \Big|_{a_2 = 0} , \quad (6)$$

$$S_{12} = \frac{b_1}{a_2} \Big|_{a_1 = 0} . \quad (7)$$

Параметри S_{11} и S_{22} описују рефлексију сигнала на његовим улазним, односним излазним приступима. Њихова амплитуда је увек мања од 1, а у идеалном случају њена вредност је 0. Преко параметара S_{12} и S_{21} описује се простирање сигнала од улазног до излазног приступа и обратно. Њихова вредност може да буде и већа од 1, а уколико је негативна долази до промене фазе сигнала.

Теорија о максималном преносу снаге говори да ће се највећа снага извора пренети у оптерећење када је његова импеданса чисто реална и једнака импеданси оптерећења. Међутим, када су у питању временски променљиви таласи, теорема говори да се максимална вредност снаге преноси у случају када је комплексна импеданса извора једнака коњуговано комплексној импеданси оптерећења. Како је имагинарни део комплексне импедансе фреквенцијски зависан, веома је тешко постићи њено прилагођење у широком фреквенцијском опсегу. Уколико се импеданса извора не подудара са импедансом оптерећења тога извора, долази до рефлексије једног дела долазећег таласа назад у извор. Уколико се као оптерећење извора веже НШП, како је његова импеданса комплексна и фреквенцијски зависна није лако реализовати широкопојасно прилагођење импедансе. Добро прилагођење улазне и излазне импедансе се постиже када су улазни и излазни коефицијент рефлексије (S_{11} и S_{22} , респективно) испод -10 dB. Такође, НШП мора обезбедити добру изолацију улаза од излаза кола (параметар S_{12}). На овај начин се сигнали рефлектовани од следећег степена, који се врате на улаз НШП, могу сматрати занемарљивим.

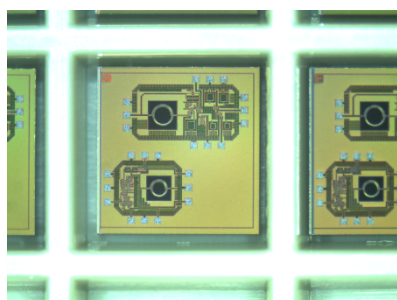
Мерење карактеристика широкопојасног ниско-шумног појачавача

Предложени широкопојасни ниско-шумни појачавач реализован је у $0,18\mu\text{m}$ UMC CMOS технологији, која има 6 металних слојева, 1 слој полисилицијума и супстрат p-типа. Напон напајања за дату технологију је $1,8\text{V}$. Ниско-шумни појачавач је фабрикован на силицијумској плочици димензија $1525 \times 1525 \mu\text{m}^2$ и није упакован у одговарајуће кућиште, слика 2(а). Поред поменутог НШП, на истој плочици произведен је и ултра-широкопојасни импулсни генератор који није овде разматран. Димензије НШП су $1,251 \times 0,729 \text{mm}^2$, док је активна површина, површина активног дела кола без приступних педова, $0,919 \times 0,384 \text{mm}^2$. Педови или приступне тачаке за мерење интегрисаног кола су реализоване у највишем металном слоју. Њихове димензије су $65 \times 65 \mu\text{m}^2$, док њихово међусобно растојање износи $65 \mu\text{m}$ у случају РФ педова (улазни и излазни педови GSG конфигурације), односно $75 \mu\text{m}$ код педова за довођење напона напајања. Распоред приступних тачака је такав да се на левој страни доводи побуда (*in*), а на десној страни се налази пед везан на излаз НШП (*out*). Горња и доња страна су резервисане за напајања (*gnd* за масу и V_{DD} за напон напајања) и управљачке сигнале (V_{bias_n} , V_{bias_sf1} , V_{bias_sf2}) који обезбеђују подешавање карактеристика НШП. На свакој

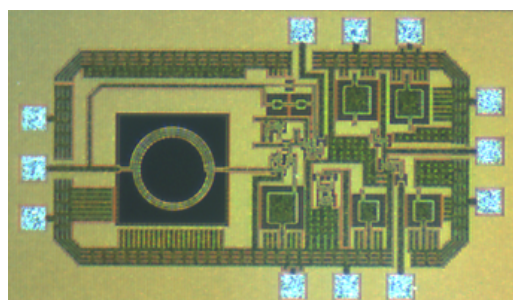
страни интегрисаног кола убачен по један пед за масу, а на горњој и доњој страни пед за напон напајања чиме је обезбеђена добра расподела напајања на чипу.

Произведен прототип је предвиђен за директно мерење на силицијумској плочици. За ту сврху је коришћена испитна станица компаније *SUSS Microtech* и то серије РМ неаутоматизованих станица. Педовима, односно мерним тачкама на интегрисаном колу је приступано помоћу одговарајућих DC и РФ сонди. У овом мерењу су коришћене две врсте сонди произвођача *Cascade Microtech*: *UNITY* за мешовите и $|Z|$ -сонде за РФ сигнале, слика 3. Уопштено *UNITY* сонда може да има од 3 до 12 ножица или иглица (енг. *multi-contact RF probe*) помоћу којих се директно приступа металним педовима интегрисаног кола.

Ознака сонде одређује број ножица (по једно слово за сваку ножицу) и врсту сигнала који се могу применити (довести или мерити). Постоје четири типа сигнала који одговарају следећим ознакама: P (енг. *power*) – напон напајања (или стабилан DC напон), L (енг. *logic*) – логички сигнал фреквенције до 500 MHz, S (енг. *signal*) – РФ сигнал фреквенције до 20 GHz и G (енг. *ground*) – маса. Сонде су са остатком мерне инструментације повезане помоћу одговарајућих каблова истог произвођача (дужине око 8" или 20 cm). Сви конектори на крајевима каблова су „женског” типа и SMA врсте у случају P или L сигнала, а 2,92mm у случају S ознаке. Потребно је напоменути да се маса експлицитно не доводи преко посебног кабла, јер цела сонда и коришћени каблови имају исту масу. Иако су све ножице (крајеви) сонди истих димензија и облика, њихова реализација зависи од ознаке, односно типа сигнала за који је предвиђена (нпр. у случају P ножице између вода и масе је убачена редна веза кондензатора од 10 nF и

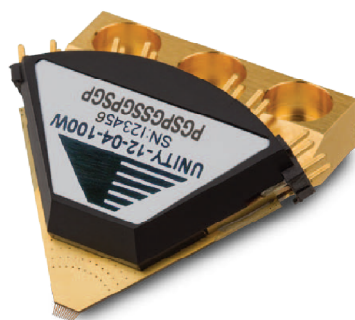


(a)

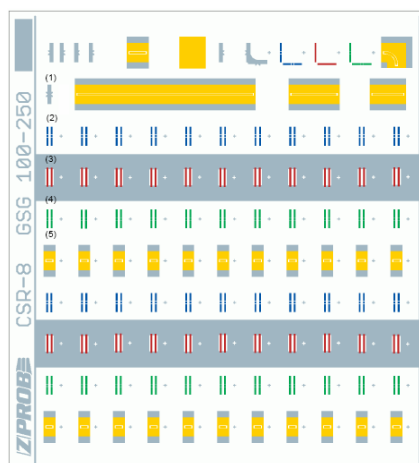


(б)

Слика 2. (a) Изглед фабрикованих интегрисаних кола на делу вејфера. (б) Увећана фотографија широкопојасног ниско-шумног појачавача.



Слика 3. Изглед сонди произвођача *Cascade Microtech* типа *UNITY* и $|Z|$ за мерење РФ активних интегрисаних кола.



Слика 4. Изглед калибрационог супстрата.

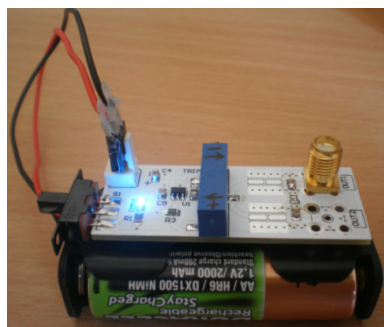
отпорника од $2,7 \Omega$). Поред броја и распореда ножица сонде се разликују и по међусобном растојању између ножица. Потребно је приметити да је ово растојање одређено размаком између центара суседних педова на интегрисаном колу које се карактерише. У приказаном примеру су коришћене *UNITY* сонде са три ножице на међусобном растојању од $140 \mu\text{m}$, и то LGL на доњој страни и PGL на горњој страни интегрисаног кола. За приступ улазном и излазном педу коришћене су РФ GSG $|Z|$ -сонде са растојањем од $125 \mu\text{m}$ између ножица. Конектор на овим сондама је „женског” типа, врсте 2,92 mm. Са овим сондама се могу мерити сигнали фреквенције до 40 GHz са веома малим слабљењем корисног сигнала (мањим од 0,8 dB).

За калибрацију сонди коришћен је комерцијални калибрациони стандард на засебном супстрату, CSR-8, намењен за GSG $|Z|$ сонде са растојањем међу ножицама од 100 до $250 \mu\text{m}$. На њему се налазе сви стандарди потребни за калибрацију, путем било које калибрационе методе. Калибрациони супстрат приказан је на слици 4. Калибрациони стандарди су подељени у 10 група (по редовима). У прва два реда се налазе стандарди за поравнавање сонди, угаони калибрациони стандарди и неколико директних, односно линијских, стандарда различите дужине линија. Преосталих осам редова садржи две исте групе од по 11 елемената, редом за стандарде отворене везе, кратке везе, оптерећења и директне везе. У приказаној мерној методи коришћена је *SOLT* (енг. *Short, Open, Load, Thru*) калибрациона метода.

Напон напајања од 1,8 V, као и управљачки сигнали су довођени са посебно направљених подешљивих, стабилних извора напајања који користе интегрисано коло *Texas Instruments TPS79101*, слика 5. Реч је о брзом РФ линеарном регулатору са јако малим шумом, великом вредношћу фактора потискивања сметњи из напона напајања (енг. *Power Supply Rejection Ratio – PSRR*) и малом минималном разликом напона на улазу и излазу (енг. *ultralow noise, high PSRR, fast RF 100-mA low-dropout linear regulator*) намењеним за ове примене (бежичне комуникације на високим учестаностима).

За мерење S-параметара коришћен је анализатор мрежа *N5230A PNA-L Agilent Network Analyzer* са фреквенцијским опсегом од 10 MHz до 50 GHz.

Одговарајуће улазне и излазне сонде повезане су са мерном инструментацијом помоћу два (серијски везана) кабла, слабљења од око 1,5 dB на фреквенцији од 3 GHz. Због



Слика 5. Изглед PCB плочице стабилног извора напајања са TI TPS79101 линеарним регулатором за напајање ниско-шумног појачавача.

недостатка адекватног извора сигнала, није постојала могућност испитивања слабења каблова на вишим учестаностима.

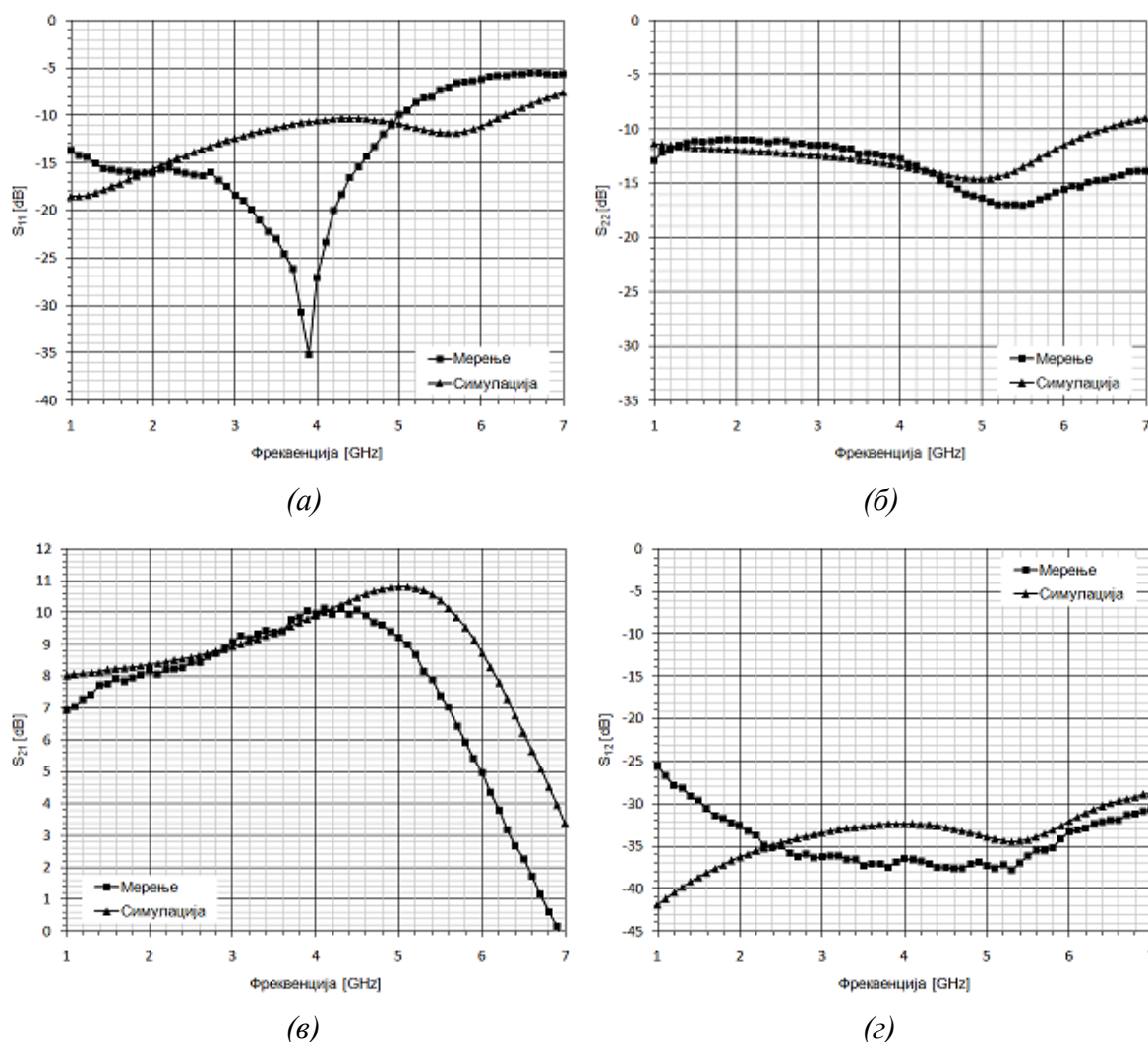
Резултати мерења

На слици 6 приказани су измерени S-параметри широкопојасног ниско-шумног појачавача заједно са S-параметрима добијеним постлејаут симулацијама. Са слике 6(а) види се да је вредност параметра S_{11} испод -10 dB у фреквенцијском осегу од 1 до 5 GHz. У целом опсегу од интереса (3,1 – 5 GHz) вредност параметара S_{22} и S_{12} остаје испод $-11,52$ dB и $-36,07$ dB, респективно. На слици 6(в) приказана је зависност параметра S_{21} од фреквенције. Од 3,1 до 5 GHz промена вредности датог параметра износи 9.7 ± 0.45 dB, док 3-dB опсег покрива фреквенције од 1,11 до 5,57 GHz.

Карактеристике НШП могу се подешавати променом вредности управљачких сигнала (V_{bias_n} , V_{bias_sf1} , V_{bias_sf2}) уколико дође до одступања њихових вредности од задатих спецификација (што није предмет приказаног техничког решења).

Потребно је нагласити да вредности мерених карактеристика доминантно зависе од квалитета контакта оствареног између врхова сонди и приступних тачака. У случају да врхови сонди не налегну добро на металне педове (сонде су под малим нагибом у односу на подлогу и постоји мала разлика у дебљини интегрисаног кола) што знатно утиче на добијене резултате. Такође, врхови или иглице сонди су јако осетљиве и у случају претераног контакта са интегрисаним колом или неким другим видом неопрезног руковања лако долази до ломљења њихових врхова (сонде су након тога неупотребљиве). Додатни проблем представљају нечистоће у виду огребаних металних делова услед механичког трошења педова приликом њихове употребе које уносе одговарајуће паразите, односно грешке у мерењима. Ово се посебно одразило приликом мерења рефлексије сигнала на улазу, односно S_{11} параметра.

Мерна метода је примењена на пет НШП како би се испитала поновљивост добијених резултата. Поклапањем резултата потврђена је поузданост приказане мерне методе.



Слика 6. Мерене и симулиране карактеристике ниско-шумног појачавача произведеног у $0,18\mu\text{m}$ UMC технологији: (а) S_{11} параметар. (б) S_{22} параметар. (в) S_{21} параметар. (г) S_{12} параметар.

Образложење

У овом техничком решењу је приказан поступак за одређивање карактеристика широкопојасног ниско-шумног појачавача реализованог у $0,18\mu\text{m}$ UMC CMOS технологији. Методом је могуће одредити S-параметре неупакованих, широкопојасних ниско-шумних појачавача различитих димензија и произведених у различитим технологијама чији је распоред приступних тачака прилагођен коришћеним сондама. У случају другачијег распореда педова, приказана метода се може применити без додатних измена у принципу и поставци мерног система уз адекватне сонде. Такође, метода се може користити и за карактеризацију НШП који раде у различитим фреквенцијским опсезима уз одговарајућу мерну инструментацију.

Мерење карактеристика широкопојасног ниско-шумног појачавача увелико зависи од мерне опреме и примењене мерне технике. Одговарајући избор мерне методе, као и правилно руковање мерном инструментацијом значајно утичу на тачност мерења. Слабљења у кабловима, конекторима, сондама и њима додељеним специфичним

кабловима доминантно утичу на разлику између очекиваних резултата (на основу симулација кола са екстрахованим утицајима паразита) и добијених мерених карактеристика. Пошто се мерење врши директно на силицијумској плочици тачност резултата зависи од квалитета контакта између врхова сонди и металних педова на интегрисаном колу.

Мерна метода за одређивање карактеристика широкопојасног ниско-шумног појачавача у CMOS технологији је развијена на Факултету техничких наука у Новом Саду, у оквиру текућег пројекта бр. TP-32016 финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Штампано 2014. године

РЕЦЕНЗИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Подаци о техничком решењу

Назив техничког решења: Метода за одређивање карактеристика широкопојасног ниско-шумног појачавача реализованог у CMOS технологији

Одговорно лице: Алена Ђугова

Аутори: Алена Ђугова, Јелена Радић, Мирјана Виденовић-Мишић, Ласло Нађ
Факултет техничких наука (ФТН), Нови Сад

Развијено: у оквиру пројекта технолошког развоја ТР-32016 (Руководилац пројекта проф. др Љиљана Живанов)

Година: 2014

Примена: децембар 2014

Реализатори: Факултет техничких наука, Нови Сад

Корисници: : Факултет техничких наука, Нови Сад

Категорија техничког решења: Ново техничко решење (мерна метода) –М85

Подаци о рецензенту

Име и презиме, звање: др Предраг Петковић, редовни професор

Ужа научна област за који је изабран у звање, датум избора у звање и назив факултета: Електроника, изабран у звање 19.06.2001. године на Електронском факултету у Нишу

Установа где је запослен: Електронски факултет, Универзитет у Нишу

Стручно мишљење рецензента

У овом техничком решењу приказан је начин за одређивање карактеристика неинкапсулираних (неупакованих) широкопојасних ниско-шумних појачавача. Предложеним методом мерени су S-параметри (параметри расејања) и то улазни и излазни коефицијент рефлексије, изолација улаза од излаза кола и појачање. Карактеризација широкопојасних ниско-шумних појачавача рађена је директно на силицијумској плочици коришћењем РФ испитне станице и специјалних сонди за приступ мерним тачкама интегрисаног кола.

Приказаним поступком могуће је карактерисати широкопојасне ниско-шумне појачаваче без кућишта, директно на силицијумској плочици. Метод се може применити за колареализована у различитим интегрисаним технологијама и то за различите примене и рад у различитим фреквенцијским опсезима. У случају широкопојасних ниско-шумних појачавача реализованих у другим технологијама (различно растојање између приступних педова) или са другачијим распоредом стопица улазних, излазних и контролних сигнала потребно је користити одговарајуће сонде за приступ мерним тачкама. Такође, метод је могуће применити и за мерење S-параметара различитих неупакованих интегрисаних кола.

Осим поступка мерења описан је и поступак анализе мерених резултата.

На основу приложене документације и у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије («Службени гласник РС», бр. 38/2008), предлажем Научно-наставном већу Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду да пријављено техничко решење под називом «Метода за одређивање карактеристика широкопојасног ниско-шумног појачавача реализованог у CMOS технологији» прихвати као:
Ново техничко решење (мерна метода) –М85

Мерна метода за одређивање карактеристика широкопојасног ниско-шумног појачавача у CMOS технологији је развијена на Факултету техничких наука у Новом Саду, у оквиру текућег пројекта бр. ТР-32016 финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Рецензент



Проф. др Предраг Петковић
Електронски факултет у Нишу
Универзитет у Нишу

РЕЦЕНЗИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Подаци о техничком решењу

Назив техничког решења: Метода за одређивање карактеристика широкопојасног ниско-шумног појачавача реализованог у CMOS технологији

Одговорно лице: Алена Ђугова

Аутори: Алена Ђугова, Јелена Радић, Мирјана Виденовић-Мишић, Ласло Нађ
Факултет техничких наука (ФТН), Нови Сад

Развијено: у оквиру пројекта технолошког развоја ТР-32016 (Руководилац пројекта проф. др Љиљана Живанов)

Година: 2014

Примена: децембар 2014

Реализатори: Факултет техничких наука, Нови Сад

Корисници: : Факултет техничких наука, Нови Сад

Категорија техничког решења: Ново техничко решење (мерна метода) –М85

Подаци о рецензенту

Име и презиме, звање: др Душан Грујић

Установа где је запослен: Lime Microsystems д.о.о. Београд

Стручно мишљење рецензента

Приказано техничко решење је метода за мерење карактеристика неупакованих широкопојасних ниско-шумних појачавача. Мерна метода се заснива на одређивању параметерара расејања директно на силицијумској плочици, употребом специјалних микроталасних сонди, како би се одредиле карактеристике интегрисаног ниско-шумног појачавача без утицаја паковања и осталих паразитних елемената. Тако одређене карактеристике се могу користити за директно проређење са резултатима симулације или за симулацију упакованог појачавача, коришћењем одговарајућег модела паковања.

Поступак мерења се такође може користити за одређивање параметерара расејања широкопојасних нискошумних појачавача у различитим технологијама и за различите стандарде, односно опсеге радних учестаности. Поред тога, мерну методу је, уз минималне или без модификације, могуће користити за одређивање параметара расејања готово било ког неупакованог линеарног интегрисаног кола у РФ или микроталасном опсегу учестаности. Осим поступка мерења описан је и поступак анализе мерених резултата.

На основу приложене документације и у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије («Службени гласник РС», бр. 38/2008), предлажем Научно-наставном већу Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду да

пријављено техничко решење под називом “Метода за одређивање карактеристика широкопојасног ниско-шумног појачавача реализованог у CMOS технологији” прихвати као:

Ново техничко решење (мерна метода) –М85

Мерна метода за одређивање карактеристика широкопојасног ниско-шумног појачавача у CMOS технологији је развијена на Факултету техничких наука у Новом Саду, у оквиру текућег пројекта бр. ТР-32016 финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Рецензент



др Душан Грујић



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2015-01-05

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 33. седници одржаној дана 24.12.2014. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 13. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 13.1.8.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење под називом:

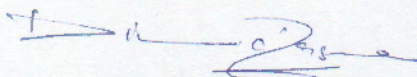
МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ КАРАКТЕРИСТИКА ШИРОКОПОЈАСНОГ НИСКО-ШУМНОГ ПОЈАЧАВАЧА РЕАЛИЗОВАНОГ У CMOS ТЕХНОЛОГИЈИ

(мерна метода М85)

Аутори техничког решења: Алена Ђугова, Јелена Радић, Мирјана Виденовић-Мишић, Ласло Нађ

-непотребно изостављено-

Записник водила:


Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар


Иван Нешковић, дипл. правник





УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централна: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftn@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАЏМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2014-11-28

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 31. редовној седници одржаној дана 26.11.2014. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 12.1. Верификација нових техничких решења и именовање рецензента

Тачка 12.1.6: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

- Др Предраг Петковић, редовни професор, Електронски факултет, Ниш
- Др Душан Грујић, Новел ИЦ, Београд

Назив техничког решења:

МЕТОДА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ КАРАКТЕРИСТИКА ШИРОКОПОЈАСНОГ НИСКО- ШУМНОГ ПОЈАЧАВАЧА РЕАЛИЗОВАНОГ У CMOS ТЕХНОЛОГИЈИ

(мерна метода М85)

Аутори техничког решења: Алена Ђугова, Јелена Радић, Мирјана Виденовић-Мишић,
Ласло Нађ

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

Проф. др Раде Дорословачки