طراحی و شبیه سازی میکسر UWB با بهره و خطسانی بالا

Design and analysis of a mixer for ultra wide band and high Gain and highly IIP3

نویسندگان: علی اکبر ملکی – esabzevar.ir@gmail.com

محمد مهدی مبین – mmmobayen@yahoo.com

سمانه متین دوست – s_matindust@yahoo.com

هادی ملکی – Hadimaleki206@gmail.com

چکیده: در این مقاله مراحل طراحی یک Mixer یا ضرب کننده دو سیگنال در باند k توصیف گردیده است. برای طراحی این مدار از تکنولوژی ۰/۱۸um در CMOS استفاده شده است. شبیه سازی این Mixer در فرکانس کاری ۱۸ الی ۲۶/۲۵ گیگا هرتز که به صورت UWB انجام شده که نتایج در نرم افزار ADS به این صورت که مقدار IIP3 به مقدار ۷dB، مقدار نویزفیگر ۹/dB4، گین ۱۷/۴dB، S11= -۹/۵dB، توان مصرفی ۴mW و تغذیه ۱/۸ ولت می‌باشد. در میکسر میزان خطی بودن مدار خیلی اهمیت زیادی دارد. در طراحی این مدار از تکنیک PDC ساختار گیت مشترک گیلبرت استفاده شده است.

کلیدواژه: عدد نویز(NF) ، بهره متغیر، توان مصرفی، پهنای فرکانس, IIP3,VGA,UWB, PDC (post-distortion cancellation), Gilbert

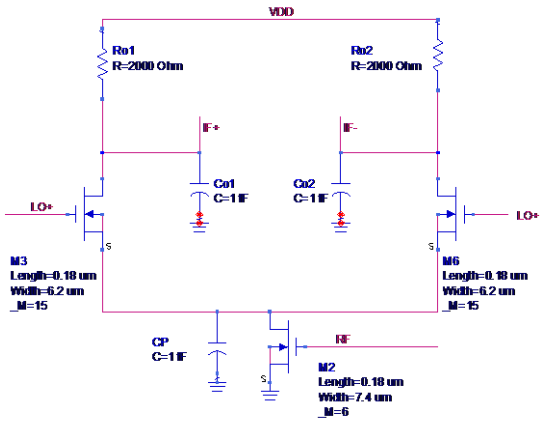
۱- مقدمه

رشد سریع تکنولوژی و گذار از مخابرات آنالوگ به دیجیتال، ترقی سیستم‌های رادیویی به نسل سوم و چهار و جانشینی سیستم‌های سیمی با Fi-Wi و Bluetooth مشتریان را قادر می‌سازد به گستره عظیمی از اطلاعات از هرجا و هر زمان دسترسی داشته باشند. مخابرات UWB برای اولین بار در ده 1960 معرفی شده و در سال ۲۰۰۲،FCC رنج فرکانسی 3.1~6.1 GHz را برای کاربردهای UWB معرفی و توان انتقال آن را به 3.41 -dBm محدود کرد، بدین معنا که سیستم‌های UWB روی فراهم کردن: توان کم، قیمت کم و عملکرد باند وسیع در مساحت کوتاه تمرکز کردند. در مقایسه با کاربردهای باند باریک طراحی المان‌ها در سیستم‌های UWBبسیار متفاوت و مشکل است .یکی از بلوک‌های مهم در گیرنده‌های UWB میکسرها هستند که برای تبادل اطلاعات بین تعداد زیادی کانال مشابه UWB نقش کلیدی دارند. میکسرها یکی از ابزارهای پرکاربرد در جعبه ابزار مهندسین مخابرات می‌باشند. می‌توان گفت که تمامی سیگنال‌های مخابراتی در فرکانس‌های بزرگتر از خود سیگنال اصلی منتقل می‌شوند تا پهنای باند و توان انتشار و سایز آنتن‌ها کاهش یابد. در گیرنده برای آشکارسازی سیگنال اطلاعات می‌بایست این سیگنال‌های رادیویی به فرکانس‌های پایین‌تر منتقل شوند تا امکان آشکارسازی آنها فراهم آید. فرایند پایین آوردن فرکانس با ضرب سیگنال RF در یک نوسانگر محلی، که از تفاضل ۲ فرکانس IF حاصل می‌شود. در فرستنده دقیقاً عکس این قضیه اتفاق می افتد که از جمع دو فرکانس Lo و IF فرکانس بالا حاصل شده که جهت انتقال به آنتن ارسال می‌گردد. معمولاً در یک فرستنده و گیرنده از یک مدار اسیلاتور محلی استفاده می‌شود. میکسر در گیرنده‌ها به عنوان طبقه‌ی دوم بعد از تقویت کننده‌ی کم‌نویز (LNA) قرار می‌گیرد. سیگنال تقویت شده توسط LNA برای انتقال به فرکانس‌های پایین (حوالی DC) وارد میکسر می‌شود. طبقه‌ی میکسر باید خطسانی مطلوبی را دارا باشد. VCO نیز به عنوان قسمتی از بلوک تولید کننده‌ی نوسان، یکی دیگر از ورودی‌های میکسر را تشکیل می‌دهد. اهمیت عملکرد میکسر به عنوان یک مبدل فرکانس، در تأمین فرکانس‌های کاری مناسب با پایداری و نویز مطلوب است. میکسر می‌بایستی: ۱: بهره تبدیل بالا، که اثرات نویز در طبقات بعدی را کاهش دهد، ۲: عدد نویز کوچک، کهLNA را از داشتن یک بهره بالا راحت کند و ۳: خطی بودن بالا، که رنج دینامیک گیرنده را بهبود بخشد و سطوح اینترمدولاسیون را کاهش دهد. هر کارایی بایستی توسط مصالحه در طراحی میکسر به دست آید. میکسر سلول گیلبرت با برخی تغییرات در ساختار آن نتایج قابل

قبولی برای کاربرد در سیستم‌های UWB به دست می‌دهد. دستیابی همزمان به بهره تبدیل و خطی بودن بالا که افزایش یکی باعث کاهش دیگری می‌گردد یکی از چالش‌های طراحی میکسر می‌باشد، در کارهایی که تاکنون انجام شده تمرکز روی دستیابی یکی از این دو بوده به طوری که یا میکسری غیرفعال با خطی بودن قابل قبول و یا میکسری فعال با خطی بودن کم ارائه شده است. تطبیق امپدانس در کل رنج فرکانسی ۷ گیگاهرتزی و همچنین عدد نویز پایین از دیگر پارامترهای مهم طراحی میکسر می‌باشد [۱].

۱-۲- انواع طراحی ساختار میکسر

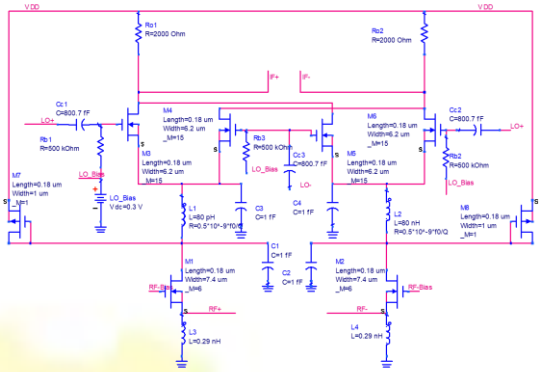
طراحی میکسر، با توجه به موقعیت آن در مدار، با بعضی محدودیت‌ها روبرو است، که با پیچیده شدن مدار و افزایش استانداردهای کاری این محدودیت‌ها افزایش خواهند یافت. برای طراحی میکسر در گیرنده‌های با قابلیت کار در چند استاندارد مختلف، روش‌های زیادی پیشنهاد شده است. هر کدام از این روش‌ها مزایا و معایب خاصی دارند. برای میکسرها دو نوع طراحی در حالت کلی وجود دارد:۱- طراحی بر این پایه که منحصراً در باندهای استانداردهای کاری میکسر باشد و فقط در این باندها مشخصه‌های میکسر شامل گین، حداقل عدد نویز، خطی بودن و ... رعایت شوند.۲- میکسرهای پهن باند، مانند طراحی برای UWB. در این نوع میکسرها برای یک پهنای وسیع فرکانسی که شامل فرکانس استانداردهای مطلوب نیز می‌باشد طراحی انجام می‌شود. البته هرکدام از این دو نوع مزایا و معایب خاص خود را دارند، که به عنوان مثال می‌توان به بزرگتر شدن مساحت تراشه و پیچیدگی بیشتر کار مدار به خاطر مدارات کنترلی آن در مدارات نوع اول اشاره کرد. اهمیت زیاد خطی بودن مدار بخاطر تطابق امپدانسی در باند وسیع فرکانسی و نیز افت گین با تغییر فرکانس نیز از مشکلات طراحی نوع دوم می‌باشد. متداول‌ترین پیکربندی میکسر به بالانس زوج یا هسته گیلبرت شهرت دارد که در شکل ۱ نشان داده شده است. این نوع از پیکربندی معمولاً به علت ایزولاسیون بالای LO to IF و همچنین حذف اثر سیگنال‌های ناخواسته LO در خروجی نسبت به میکسر بالانس تکی ارجعیت دارد. ولی با این وجود این پیکربندی کارایی کمی در کاربردهای پهن باند دارد [۲].



شکل ۱- شماتیک متداول مدار میکسر

۱-۳- طراحی میکسر گیلبرت

در شکل ۲ مدار میکسر طراحی شده در این مقاله نشان داده شده است. در طراحی میکسر مورد نظر از شبکه π شکل که متشکل از سلف L1 و خازنهای Cp می‌باشد استفاده شده است. تکنیک شبکه π شکل، پهنای بالا با توان مصرفی کم را تحقق می‌دهد. ترانزیستورهای M7 و M8 تکنیک PDC را برای افزایش خطسانی تحقق می‌دهد. در این مدار از خازن Cc برای اتصال پورت Lo به گیت ترانزیستورهای M3 و M6 استفاده می‌شود. در این روش ابتدا سیگنال ولتاژ اطلاعات (RF) تقویت شده و به سیگنال جریانی تبدیل می‌شود سپس توسط پیکربندی از ترانزیستورها موسوم به هسته گیلبرت و با کمک سیگنال LO به فرکانس IF برده می‌شوند [۳].

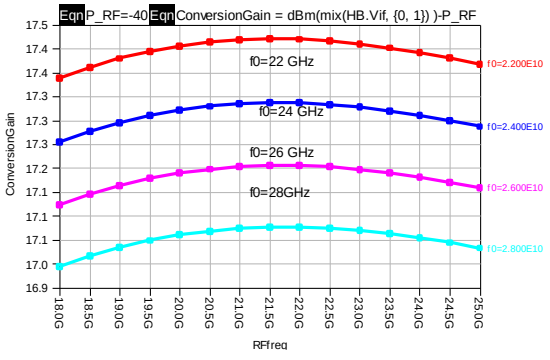


شکل ۲ شماتیک مدار میکسر پیشنهادی

www.kahrobaonline.ir

۴-۱- رسم شماتیک مدار جهت شبیه سازی بهره میکسر

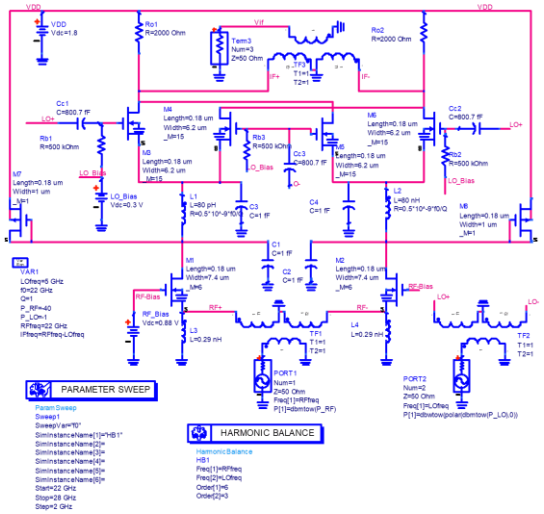
مدار میکسر در تکنولوژی ۰/۱۸ میکرومتر طراحی و شبیه سازی گردیده است و طول کانال همه ترانزیستورها ۰/۱۸ میکرون در نظر گرفته شده است. در شکل ۴ مدار طراحی شده در نرم افزار ADS نشان داده شده است. بالک ترانزیستورهای nmos همگی به زمین و بالک ترانزیستورهای pmos همگی به vdd وصل شده‌اند. ولتاژهای تغذیه مدار ۰/۳ و ۰/۸۸ ولت می‌باشد. در جدول ۱ اندازه ترانزیستورهای این میکسر نشان داده شده است. سیگنال‌های ورودی برای اینکه به صورت دو ورودی هستند در این مقاله از ترانس استفاده شده و مطابق شکل ۴ سیگنال را به دو سیگنال با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه ایجاد شده است. برای بدست آوردن گین یک تحلیل هارمونیکی بر روی میکسر انجام شد. منحنی گین این میکسر برحسب فرکانس RF به ازای مقادیر مختلف F0در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که از شکل ۳ پیداست بیشترین گین برابر ۱۷/۴۵ دسیبل است. منحنی گین این میکسر برحسب فرکانس RF به ازای مقادیر مختلف Q (۱ تا ۵) در شکل ۵ نشان داده شده است. منحنی گین این میکسر برحسب فرکانس F0 به ازای مقادیر مختلف Q(۱ تا ۵) در شکل ۶ نشان داده شده است. منحنی گین این میکسر برحسب Q به ازای مقادیر مختلف فرکانس F0 در شکل ۷ نشان داده شده است. منحنی امپدانس ورودی این میکسر برحسب فرکانس RF به ازای مقادیر مختلف فرکانس F0 در شکل ۸ نشان داده شده است. منحنی امپدانس ورودی این میکسر برحسب فرکانس RF به ازای مقادیر مختلف Q (۱ تا ۵) در شکل ۹ نشان داده شده است.



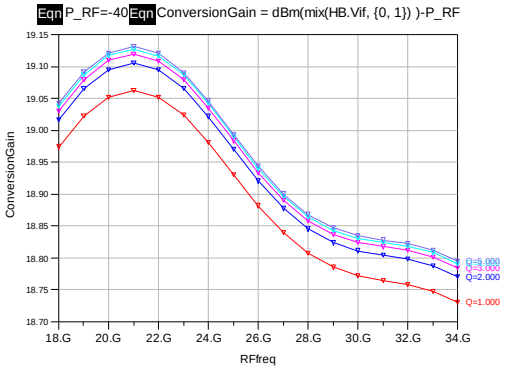
شکل ۳- منحنی گین برحسب فرکانس RF

جدول ۱- ابعاد ترانزیستورهای میکسر

Transistors	Type	Simulated W/L/m
M1/M2	NMOS	7.4/0.18/6
M5/M6/M3/M4	NMOS	6.2/0.18/15
M7/M8	PMOS	1/0.18/1

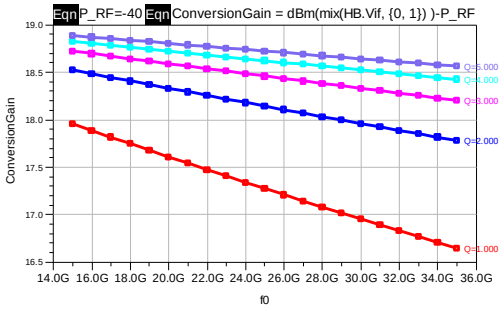


شکل ۴- مدار طراحی شده در نرم افزار ADS

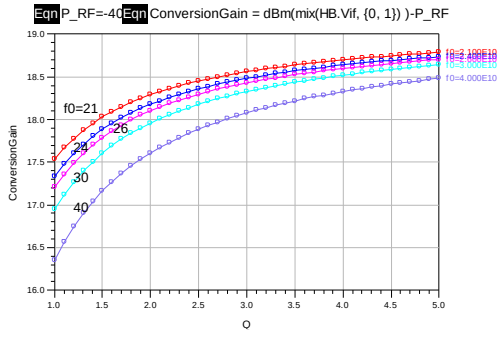


شکل ۵- منحنی گین برحسب فرکانس RF به ازای مقادیر مختلف Q(۱ تا ۵)

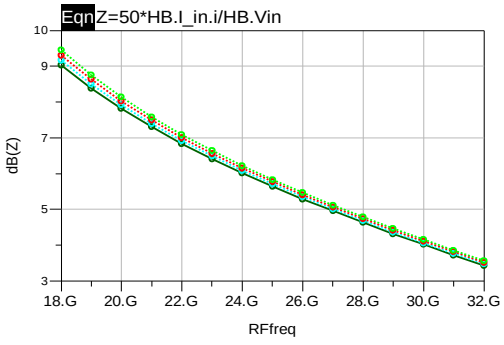
www.kahrobaonline.ir



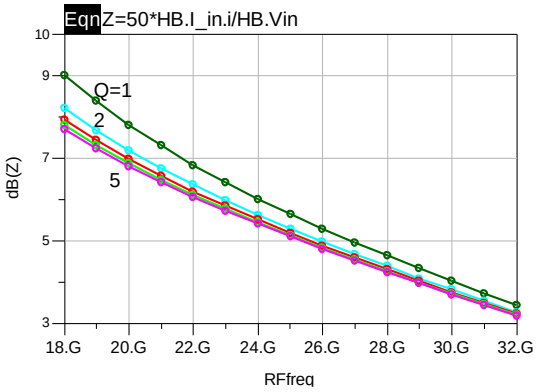
شکل ۶ - منحنی گین برحسب فرکانس F0 به ازای مقادیر مختلف Q(۱ تا ۵)



شکل ۷- منحنی گین برحسب Q به ازای مقادیر مختلف فرکانس F0



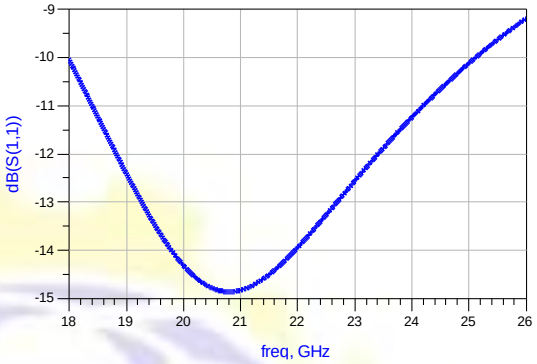
شکل ۸- منحنی امپدانس ورودی برحسب فرکانس RF به ازای مقادیر مختلف فرکانس F0



شکل ۹- منحنی امپدانس ورودی برحسب فرکانس RF به ازای مقادیر مختلف Q(۱ تا ۵)

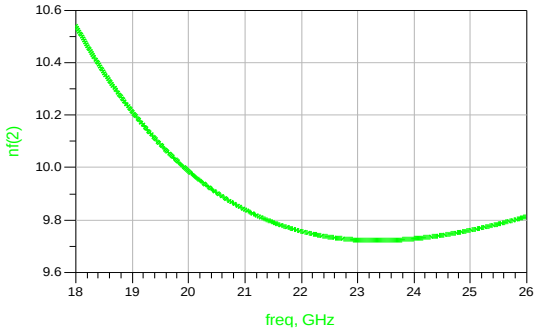
۱-۵- شبیه سازی میکسر و بدست آوردن S پارامترها

برای بدست آوردن پارامترهای S یک تحلیل پارامتر S در Q = 2, f0 = 24 GHz بر روی مدار انجام شد. پارامتر S11 در شکل ۱۰ نشان داده شده است. همانطور که از شکل ۱۰ پیداست پارامتر S11 در فرکانس ۱۸ تا ۲۶ گیگاهرتز بین ۱۵- تا ۹,۵- دسیبل است. همچنین برروی میکسر در دمای ۱۶/۸۵ یک شبیه سازی نویز انجام شد که نمودار عدد نویز در Q = 2, f0 = 24 GHz در شکل ۱۱ نشان داده شده است. همانطور که از شکل ۱۱ پیداست عدد نویز در فرکانس ۱۸ تا ۲۶ گیگاهرتز بین ۹/۴ تا ۱۰/۲ دسیبل است. منحنی گین این میکسر برحسب فرکانس RF در Q = 2, f0 = 24 GHz در شکل ۱۲ نشان داده شده است. همانطور که از شکل ۱۲ پیداست گین در فرکانس ۱۸ تا ۲۶ گیگاهرتز بین ۱۷/۳۸ تا ۱۷/۴۸ دسیبل است.

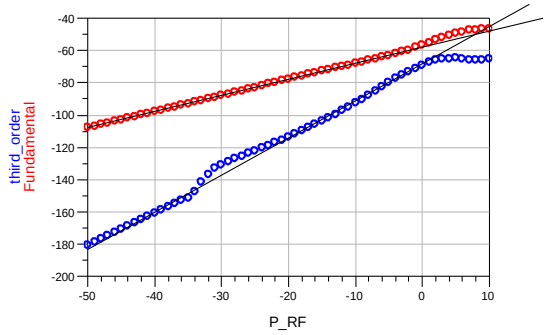


شکل ۱۰- نمودار پارامتر S11

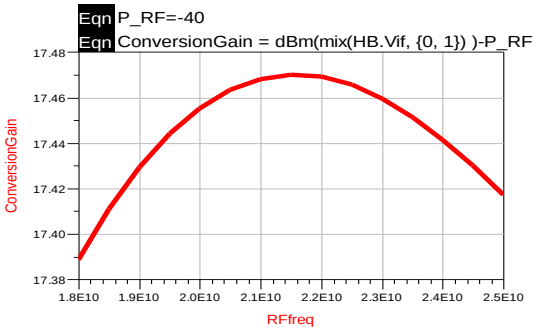
www.kahrobaonline.ir



شکل ۱۱- نمودار عدد نویز



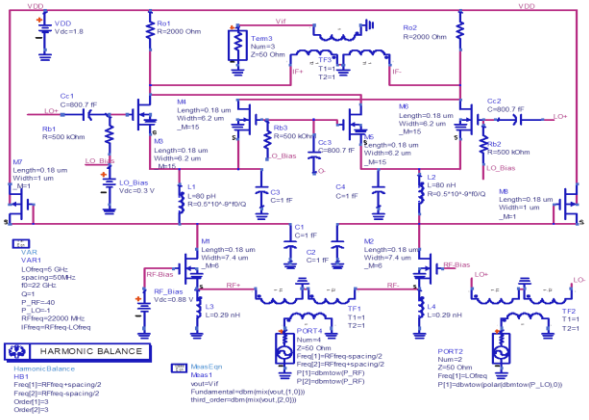
شکل ۱۴- نمودار IIP3



شکل ۱۲- منحنی گین برحسب فرکانس RF

۱-۶- شبیه سازی میکسر و بدست آوردن نقطه فشردگی IIP3

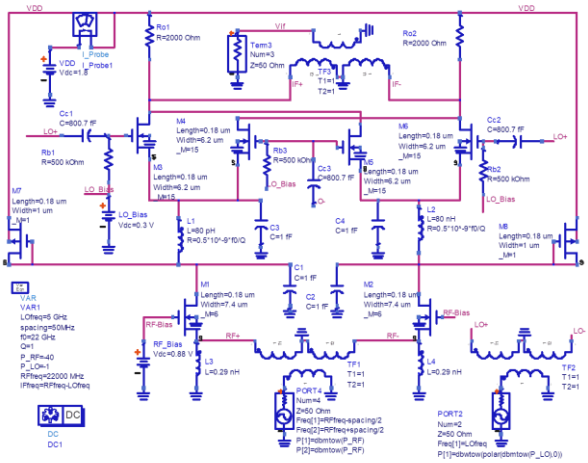
برای بدست آوردن IIP3 از تحلیل هارمونیکی در نرم افزار استفاده شد که در شکل ۱۳ نشان داده شده است. همانطور که از شکل ۱۴ پیداست IIP3 از تلاقی بین دونمودار بدست می اید که تقریباً برابر ۷ می‌باشد.



شکل ۱۳- شکل شماتیک مدار جهت محاسبه نمودار IIP3

۱-۷- شبیه سازی میکسر و بدست آوردن توان مصرفی مدار

مطابق شکل ۱۵ یک آمپر متر در خروجی تغذیه مدار قرار داده و مطابق جدول ۲ مقدار توان مصرفی مدار را اندازه گیری می‌کنیم. جریان مصرفی برابر ۲,۲۷ میلی آمپر است پس توان مصرفی تقریباً ۴. میلی وات می‌باشد.



شکل ۱۵- شماتیک مدار میکسر جهت اندازه گیری توان مصرفی

جدول ۲- اندازه گیری جریان و توان مصرفی مدار میکسر

Eqn P=1.8*I_Probe1.i

freq	I_Probe1.i
0.0000 Hz	2.270 mA

freq	P
0.0000 Hz	4.085 m

www.kahrobaonline.ir

2013/Published online: 21 September 2013 Springer Science+Business Media New York 2013

۲- نتیجه گیری

نتایج حاصل از شبیه سازی با نتایج مقاله مرجع [۴] در جدول ۳ مقایسه شده که صحت عملکرد و شبیه سازی این مقاله را تعیین می‌کند. همانطور که ملاحظه می‌شود پارامترهای حاصل از شبیه سازی در بهره، نویز، توان مصرفی و پارامتر خطی سازی از مرجع ۴ بهتر می‌باشد. در میکسر خطی سازی مدار از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد که در مدار پیشنهادی عدد IIP3 به عدد ۷ رسیده که این نشان دهنده مزیت این مدار می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه پارامترهای مهم دو میکسر

parameter	Reference [4]	This paper
RF frequency(GHz)	18 - 25	18 - 26
Gain(dB)	10.11 - 14.13	17.38 - 17.48
Power Consumption(mw)	9.68	4.08
IIP3(dB)	3.9	7
NF(dB)	10.61	9.4 - 10.2
Process	0.18um CMOS	0.18um CMOS

مراجع

[1] Tsai, M., & Wang, H. (2004). A 0.3–25-GHz ultra-wideband mixer using commercial 0.18-lm CMOS technology. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 14(11), 522.

[2] Verma, A., Kenneth, K. O., & Lin, J. (2006). A low-power upconversion CMOS mixer for 22–29-GHz ultra wideband applications. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 54(8), 3295–3300.

[3] HO Stanly, S. K., & Saavedra, C. E. (2010). A CMOS broadband low-noise mixer with noise cancellation. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 58(5), 1126–1132

[4] Mohammad Beigizadeh • Abdolreza Nabavi Design of a high gain and highly linear common-gate UWB mixer in K-band Received: 22 February 2013/Revised: 12 June 2013/Accepted: 3 September

www.kahrobaonline.ir