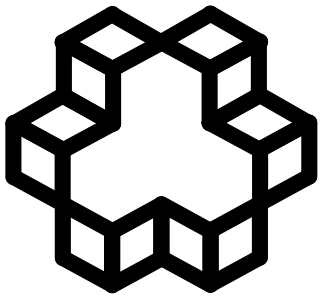


Electrical Enginereering Department
K. N. Toosi University of Technology
Tehran

Analysis and Design of LNA for UWB Applications in CMOS Technology

By
Ali Mirvakili

Submitted in Fulfillment
Of the Requirements
For the Degree of
Master of Engineering
in
Electrical Engineering

Under Supervision o f
Dr. Farshid Raissi
Dr. Mohammad Yavari

September 2008

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
تاسیس ۱۳۷۰

دانشکده مهندسی برق

گروه الکترونیک

پایان‌نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد در رشتهٔ
مهندسی برق-الکترونیک

عنوان

طراحی و تحلیل تقویت‌کننده LNA برای کاربردهای باند وسیع در تکنولوژی CMOS

اساتید راهنما

دکتر فرشید رئیسی

دکتر محمد یاوری

نگارش

علی میروکیلی

شهریور ۱۳۸۷

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

که همواره مشوق من در

آموختن دانش و کسب مدارج عالی

بوده و هستند.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

دانشکده مهندسی برق

تائیدیه هیات داوران

هیات داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان **"طراحی و تحلیل تقویت‌کننده LNA برای کاربردهای باند وسیع در تکنولوژی CMOS "** توسط آقای علی میروکیلی صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته **مهندسی برق** گرایش **الکترونیک** با رتبه ..... مورد تائید قرار می دهند.

۱. استاد راهنما	آقای دکتر فرشید رئیسی	امضاء.....
۲. استاد راهنما	آقای دکتر محمد یاوری	امضاء.....
۳. استاد ارزیاب خارجی	آقای دکتر احمد آیت اللهی	امضاء.....
۴. استاد ارزیاب داخلی	آقای دکتر شمسی	امضاء.....
۵. نماینده معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی		امضاء.....

اظهار نامه دانشجو

موضوع پایان نامه:
طراحی و تحلیل تقویت‌کننده LNA برای کاربردهای باند وسیع در تکنولوژی CMOS

اساتید راهنما : آقای دکتر فرشید رئیسی- آقای دکتر محمد یاوری
نام دانشجو : علی میروکیلی
شماره دانشجوئی: ۸۴۰۲۸۱۴

اینجانب **علی میروکیلی** دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی **برق** گرایش **الکترونیک** دانشکده **مهندسی برق** دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده است و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأئید می‌باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. همچنین گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ گونه مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه الگوی مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری به صورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانهٔ دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

ضمنا متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

۳- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

بدین وسیله از زحمات اساتید ارجمندم

جناب آقای دکتر محمد یاوری

و

جناب آقای دکتر فرشید رئیسی

که به عنوان اساتید راهنمای این پروژه همواره یاری دهنده و راهگشای اینجانب در پیشبرد این تحقیق بودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

چکیده

سیستم‌های UWB در سال ۲۰۰۲ با تخصیص پهنای باند ۷/۵ گیگا هرتز برای اولین بار معرفی شدند. این سیستم به علت داشتن نرخ انتقال داده بالا به همراه توان مصرفی پائین که خود نشات گرفته از پهنای باند بالا است، مقبولیت و محبوبیت زیادی را در میان سیستم‌های مخابرتی پیدا کرده است. در ضمن، این قابلیت‌های بی‌نظیر تکنولوژی UWB خود مسبب ایجاد کاربردهای بی‌شماری در زمینه‌های مختلف رادیوئی شده است. این تکنولوژی که هنوز به طور کامل تعریف نشده است، به طور حتم نیازمند به یک بخش جلوئی و علی‌الخصوص یک تقویت کننده کم نویز خواهد بود. پیش از این، اکثر تقویت کننده‌های کم نویز برای کاربردهای باند باریک طراحی می‌شدند ولی با ظهور تکنولوژیUWB ، طراحان چنین سیستم‌هائی روشهای متعددی را برای تبدیل تقویت کننده‌های باند باریک به باند وسیع به ثبت رساندند که به عنوان نمونه استفاده از فیلترهای میان‌گذر یکی از این روش‌ها بود. ساختار فیدبک، گیت مشترک، تقویت کننده چند طبقه و استفاده از ترانسفورماتور هم از نمونه هائی است که در چند سال اخیر برای استفاده از باند وسیع ۷/۵ گیگاهرتز پیشنهاد داده شده‌اند. با حرکت به سمت تکنولوژی‌های زیر میکرون، دیگر نمی‌توان انتظار داشت که با چنین طرح‌های سنتی بتوان به معیارهای قابل قبول سنجش عملکرد LNA به خصوص عدد نویز و خطی‌سازی دست پیدا کرد. به همین علت اخیرا رویکرد مدارات باند وسیع به سمت اتخاذ تکنیک‌های حذف نویز و حذف اعوجاج سوق پیدا کرده است. در این پایان‌نامه بعد از معرفی اجمالی تکنولوژیUWB ، فواید و کاربردهای آن، به تشریح سیستم‌های MB-OFDM و DS-CDMA که برای استفاده از این تکنولوژی پیشنهاد داده شده‌اند پرداخته شده و سپس چند نمونه معماری گیرنده بررسی شده است. در ادامه به تبیین مفاهیم اولیه طراحی فرکانس بالا همچون عدد نویز، خطی‌سازی و پایداری پرداخته و سپس ساختارهای به کارگرفته شده در مدارات LNA باند وسیع معرفی و معادلات حاکم بر آنها آورده می‌شود. در نهایت مدار LNAباند وسیع پیشنهادی را معرفی می‌کنیم. در این پایان‌نامه با استفاده از تکنیک‌های حذف نویز و نیز حذف اعوجاج، چند مدار LNA باند وسیع طراحی شده است. ابتدا مدار باند وسیع پیشنهادی برای استفاده در قسمت پائین باند UWB که طبق سیستم DS-CDMA از ۳/۱-۵/۱۵ گیگا هرتز می‌باشد، معرفی شده است. در این مدار همچنین نشان داده شده است چگونه فیلترهای ورودی که جهت تطبیق امپدانس و نیز تعیین‌کردن باند فرکانسی مدار استفاده می‌گردند، سبب افزایش عدد نویز مدار می‌شوند. این مدار که در تکنولوژی 0.13µm RFCMOS با ولتاژ تغذیه ۱/۲ ولت طراحی شده است، در باند فرکانسی ۳/۱-۵/۱۵ گیگاهرتز به بهره۱۰ dB، IIP3 برابر با ۴/۴ dBm+ و عدد نویز می‌نیمم برابر با ۱/۸ dBدر حالیکه کل توان مصرفی آن ۵/۲ میلی وات می‌باشد، دست پیدا کرده است. سپس روند تکاملی مدار پیشنهادی باند وسیع با پهنای باند ۷/۵ گیگاهرتز که در طیف فرکانسی ۳/۱-۱۰/۶ گیگاهرتز کار می‌کند، آورده شده است. در این بخش ساختارهای متعدد پیشنهاد شده را بررسی کرده و در نهایت دو مدار نهائی LNA باند وسیع را استخراج می‌کنیم. این مدار نهایی که در تکنولوژی 0.13µm RFCMOS با ولتاژ تغذیه ۱/۲ ولت طراحی شده است، در باند فرکانسی ۳/۱ تا ۱۰/۶ گیگاهرتز به بهره۱۳/۳ dB، IP3 برابر با ۵ dBm+ عدد نویز برابر با ۲/۷-۴/۳dB در حالیکه کل توان مصرفی آن ۱۳/۸ میلی وات می‌باشد، دست پیدا کرده است.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ..... **Error! Bookmark not defined.**

فصل دوم: سیستم‌های UWB و معماری‌های گیرنده ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۱) مقدمه ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۲) سیستم‌هایUWB ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۲-۱) ویژگی‌ها و کاربردهای تکنولوژی UWB ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۲-۲) استانداردهای مرتبط با سیستم UWB ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۲-۳) ملاحظات سیستمی برای پیاده سازی UWB ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۳) معماری‌های گیرنده ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۳-۱) گیرنده سوپر هترودین ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۳-۲) گیرنده همودین ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۳-۳) معماری گیرنده IF باند وسیع با تبدیل دوتائی ..... **Error! Bookmark not defined.**

۲-۳-۴) معماری گیرنده IF پائین ..... **Error! Bookmark not defined.**

فصل سوم: مفاهیم اولیه طراحی فرکانس بالا ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۱) مقدمه ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۲) نویز ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۲-۱) نویز در شبکه های دو قطبی ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۲-۲) استخراج پارامترهای نویز از روی نتایج اندازه‌گیری فرکانس بالا **Error! Bookmark not defined.**

۳-۲-۳) تکنیک‌های حذف نویز ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۳) خطی‌سازی ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۳-۱) سری ولترا ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۳-۲) اثرات غیر خطی ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۳-۳) بررسی اعوجاج LNA در تکنولوژی‌های جدید ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۳-۴) غیر خطی باند وسیع ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۳-۵) تکنیک‌های خطی‌سازی LNA ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۴) پارامترهای S ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۵) تطبیق امپدانس ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۶) تکنیک‌های افزایش GBW ..... **Error! Bookmark not defined.**

۳-۷) پایداری ..... **Error! Bookmark not defined.**

فصل چهارم: تقویت کننده کم نویز ..... **Error! Bookmark not defined.**

۴-۱) مقدمه ..... **Error! Bookmark not defined.**

۴-۲) مشخصات تقویت کننده کم نویز ..... **Error! Bookmark not defined.**

۴-۳) توپولوژی‌های مورد استفاده در طراحی LNA ..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۳-۱) ساختار تطبیق ورودی مقاومتی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۳-۲) ساختار کسکود ..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۳-۳) تکنیک Current-reuse ..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۳-۴) تکنیک فیدبک ..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۳-۴) ساختار گیت مشترک ..... **Error! Bookmark not defined.**
۴-۳-۵) استفاده از ترانسفورماتور ..... **Error! Bookmark not defined.**
فصل پنجم: طراحی مدار پیشنهادی UWB LNA ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۱) مقدمه ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۲) سرعت اشباع و مشخصات تکنولوژی 0.13µm RF CMOS **Error! Bookmark not defined.**
۵-۳) مدارپیشنهادی ۵-۳ گیگاهرتز ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۴) روند تکاملی رسیدن به مدار نهایی ۳-۱۰ گیگاهرتز ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۴-۱) مدار UWB نسخه اول ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۴-۲) مدار UWB نسخه دوم ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۴-۳) مدار UWB نسخه سوم ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۴-۴) مدار UWB نسخه چهارم ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۵) اولین مدار نهایی UWB ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۵-۱) طراحی شبکه تطبیق امپدانس ورودی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۵-۲) تحلیل بهره ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۵-۳) شبکه تطبیق خروجی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۵-۴) تحلیل نویز ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۵-۵) تحلیل خطی‌سازی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۵-۶) مدار بایاس استفاده شده ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۶) دومین مدار نهائی UWB ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۶-۱) تحلیل بهره ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۶-۲) شبکه تطبیق خروجی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۶-۳) تحلیل نویز ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۶-۴) تحلیل خطی‌سازی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۷) شبیه‌سازی مدار ۳-۵ گیگا هرتز ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۸) شبیه سازی و عملکرد کلی اولین مدار UWB ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۸-۱) نتایج شبیه‌سازی تطبیق ورودی و خروجی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۸-۲) نتایج شبیه‌سازی بهره ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۸-۳) نتایج شبیه‌سازی عدد نویز ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۸-۴) نتایج شبیه‌سازی ضریب پایداری ..... **Error! Bookmark not defined.**

۵-۸-۵) نتایج شبیه‌سازی خطی‌سازی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۸-۶) مشخصات کلی اولین مدار نهائی UWB ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۹) شبیه سازی و عملکرد کلی دومین مدار UWB ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۹-۱) نتایج شبیه‌سازی تطبیق ورودی و خروجی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۹-۲) نتایج شبیه‌سازی بهره ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۹-۳) نتایج شبیه‌سازی عدد نویز ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۹-۴) نتایج شبیه‌سازی خطی‌سازی ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۹-۵) مشخصات کلی دومین مدار نهائی UWB ..... **Error! Bookmark not defined.**
۵-۱۰) مقایسه عملکرد مدارات پیشنهادی با سایر مدارهای گزارش شده **Error! Bookmark not defined.**
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ..... **Error! Bookmark not defined.**
۶-۱) نتیجه‌گیری ..... **Error! Bookmark not defined.**
۶-۲) پیشنهادات ..... **Error! Bookmark not defined.**
پیوست ..... **Error! Bookmark not defined.**
پیوست الف) روش ورودی هارمونیکی و جریان‌های غیر خطی ... **Error! Bookmark not defined.**
پیوست ب) طراحی فیلتر ..... **Error! Bookmark not defined.**
پیوست ج) تحلیل خطی‌سازی مدار نهایی ..... **Error! Bookmark not defined.**
پیوست د) چکیده مقالات ارائه شده و پذیرفته شده ..... **Error! Bookmark not defined.**
منابع و مراجع ۱۱۳

منابع و مراجع

[1] T. B. Merkin, *A CMOS Ultra -Wideband Differential Low Noise Amplifier*, M. Sc. Thesis, The University of Texas at Arlington, Dec. 2005.

[2] Y. Park, Direct Conversion RF Front-End Implementation for Ultra-Wideband (UWB) and GSM/WCDMA Dual-Band Applications in Silicon-Based Technologies, Ph. D. Thesis, Georgia Institute of Technology, Dec. 2005.

[3] S. Mirabbasi and K. Martin, "Classical and Modern Receiver Architectures," IEEE Communications Magazine, vol. 38, no. 11, Nov. 2000, pp. 132-139.

[4] B. Razavi, *RF Microelectronics*, 1st edition, Prentice Hall press, 1998.

[5] T. H. Lee, *The Design of CMOS Radio-Freqency Integrated Circuits*, 2nd-ed., New York: Cambridge Univ. Press, 2004.

[6] H.-S. Lee and M. H. Perrott, lecture notes, [Online]. Available: http://ocw.mit.edu/OcwWeb/.

[7] S. Venkataraman, et al., "The Extraction and Modeling of Intrinsic RF Noise Sources in 0.13μm nMosfets" *IEEE MTT-S International Sysmp. Digest*, vol. 2, pp. 1045-1048, 2005.

[8] F. Bruccoleri, et al, "Wide-Band CMOS Low-Noise Amplifier Exploiting Thermal Noise Canceling," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 39, no. 2, Feb. 2004.

[9] Y. Liao, Z. Tang, and H. Min, "A Wide-band CMOS Low-Noise Amplifier for TV Tuner Applications", in *IEEE Asian Solid-State Circuits Conf.*, Nov. 2006, pp. 259-262.

[10] Q. Li, Y. P. Zhang, and J. S. Chang, "An Inductorless Low-Noise Amplifier with Noise Cancellation for UWB Receiver Front-End," in *IEEE Asian Solid-State Circuits Conf.*, Nov. 2006, pp. 267-270.

[11] S. A. Maas, *Nonlinear Microwave and RF Circuits*, Second Edition, Norwood, MA, Artech House, Inc., 2003.

[12] D. D. Weiner and J. F. Spina, *Sinusoidal Analysis and Modeling of Weakly Nonlinear Circuits*, New York, Van Nostrand Reinhold, 1980.

[13] J.C. Pedro and N.B. Carvalho, *Intermodulation Distortion in Microwave and Wireless Circuits*, Norwood, MA, Artech House Publishers, 2003.

[14] Bosco H. Leung, *VLSI for wireless Communication*, Prentice Hall, 2002.

[15] R. A. Baki, T. K. K. Tsang, M. N. El-Gamal, "Distortion in RF CMOS short-channel low-noise amplifiers," *IEEE Trans. Microw. Theory tech.*, vol. 54, no. 1, pp. 46 - 56, Jan. 2006.

[16] C. XIN, *Radio Frequency Circuits for Wireless Receiver Front-Ends*, Ph. D. Thesis, Texas A&M University, Aug. 2004.

[17] V. Aparin, *Linearization of CDMA Receiver Front-Ends*, Ph. D. Thesis, University of California, San Diego, 2005.

[18] W.-H. Chen et al., "A Highly Linear Broadband CMOS LNA Employing Noise and Distortion Cancellation", *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 43, no. 5, pp. 1164-1176, May 2008.

[19] V. Aparin and L. E. Larson, "Modified derivative superposition method for linearizing FET low-noise amplifiers," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech*., vol. 53, no. 2, pp. 571-581, Feb. 2005.

[20] T. Taris et al., "UWB LNAs using LC ladder and transformers for input matching networks", *IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems., ICECS*, pp. 792-796, Dec. 2006.

[21] A. Bevilacqua and A. M. Niknejad, "An ultrawideband CMOS low-noise amplifier for 3.1–10.6-GHz wireless receivers," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 39, no. 12, pp. 2259-2268, Dec 2004.

[22] A. Ismail and A. A. Abidi, "A 3–10-GHz Low-Noise Amplifier With Wideband LC-Ladder Matching Network," *IEEE J. Solid State Circuits*, vol. 39, no. 12, pp. 2269-2277, Dec. 2004.

[23] Y. Wang and K. Iniewski, "A Low Power CMOS Low Noise Amplifier for 3-10 GHz Ultra-wideband Wireless Receivers", in *IEEE Int. Solid-State Circuits Conf*., pp. 353-357, 2006.

[24] D. K. Shaeffer, T. H. Lee, "A 1.5-V, 1.5- CMOS Low Noise Amplifier," *IEEE JSSC,* vol. 32, no. 5, May 1997.

[25] R. Molavi, *On the design of wideband CMOS Low-Noise Amplifiers*, M. Sc. Thesis, The University of British Columbia, Sep. 2005.

[26] T. K. Nguyen, C.-H. Kim, G.-J. Ihm, M.-S. Yang, and S.-G. Lee, "CMOS low-noise amplifier design optimization techniques," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 52, no. 5, pp. 1433-1442, May 2004.

[27] A. Karanicolas, "A 2.7-V 900MHz CMOS LNA and Mixer," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 31, no. 12, Dec. 1996.

[28] H. Xie, A. Wang, "An Ultra-Wideband 0.18µm SiGe BiCMOS LNA for 3.1GHz to 10.6 GHz Wireless Receivers," *European conf. wireless tech.,* Oct. 2005, pp. 145-148.

[29] A. M. Niknejad and B. E. Boser, Lecture Notes, EECS 240. [Online]. Available: rfic.eecs.berkeley.edu/~niknejad/educate.html,

[30] Y.-J. E. Chen, and Y.-I. Huang, "Development of Integrated Broad-Band CMOS Low-Noise Amplifiers," *IEEE Trans. Circuits Syst.—I: Reg. Papers*, vol. 54, no. 10, Oct. 2007.

[31] Y. Lu, R. Krithivasan, W.-M. L. Kuo, and J. D.Cressler, "A 1.8-3.1 dB noise figure (3-10 GHz) SiGe HBT LNA for UWB applications," *RFIC Symp*. Jun. 2006.

[32] K.-H. Chen, et al., "An Ultra-Wide-Band 0.4–10-GHz LNA in 0.18µm CMOS," *IEEE Trans. Circuits Syst.—II: Exp. Briefs*, vol. 54, no. 3, Mar. 2007.

[33] Y. Lu, et al., "A Novel CMOS Low-Noise Amplifier Design for 3.1-to 10.6-GHz Ultra-Wide-Band Wireless Receivers," *IEEE Trans. Circuits Sys.—I: Reg. Papers,* vol. 53, no. 8, Aug. 2006.

[34] Y. Shim, et al., "Design of Full Band UWB Common-Gate LNA" *IEEE Microw. Wireless Comp. Lett*., vol. 17, no. 10, Oct. 2007.

[35] X. Li et al., "Low-Power gm-boosted LNA and VCO Circuits in 0.18 µm CMOS" *ISSCC Digest on technical papers*, Feb. 2005, pp. 534-535.

[36] C.-T. Fu and C.-N. Kuo, “3–11-GHz CMOS UWB LNA using dual feedback for broadband matching,” *in Proc. IEEE RFIC Symp*., San Francisco, CA, Jun. 2007, pp. 67–70.

[37] A. Bevilacqua et al., “A 0.13μm CMOS LNA with integrated balun and notch filter for 3-to-5GHz UWB receivers”, in *IEEE Int. Solid-State Circuits Conf*., Feb. 2007.

[38] D. H. Shin, J. Park, and C. P. Yue, “A low-power, 3–5-GHz CMOS UWB LNA using transformer matching technique,” in *IEEE Asian Solid-State Circuits Conf.*, Nov. 2007, pp. 95-98.

[۳۹] دکتر میرطاهری، "فیلتر و سنتز مدار"دانشکده مهندسی برق، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی.

[40] C.-F. Liao and S.-I. Liu, “A Broadband Noise-Canceling CMOS LNA for 3.1–10.6-GHz UWB Receivers”, *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 42, no. 2, pp. 329-339, Feb. 2007.

[41] H.-J. Lee, D. S. Ha, and S. S. Choi, “A 3 to 5GHz CMOS UWB LNA with input matching using miller effect,” in *IEEE Int. Solid-State Circuits Conf*., Feb. 2006, pp 731-740.

[42] P. L. D. Abrie, The design of impedance-matching networks for radio-frequency and microwave amplifiers, Artech House Inc., 1985.

[43] M. T. Reiha and J. R. Long, “A 1.2 V reactive-feedback 3.1–10.6 GHz low-noise amplifier in 0.13 μm CMOS,” *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 42, no. 5, pp. 1023–1033, May 2007.

[44] H.-K. Chen et al., “A Compact Wideband CMOS Low-Noise Amplifier Using Shunt Resistive-Feedback and Series Inductive-Peaking Techniques,” *IEEE Microw. Wireless Comp. Lett*., vol. 17, no. 8, pp. 616-618, Aug. 2007.

[45] Y.-J. Lin et al., “A 3.1–10.6 GHz Ultra-Wideband CMOS Low Noise Amplifier With Current-Reused Technique”, *IEEE Microw. Wireless Comp. Lett*., vol. 17, no. 3, pp. 232-234, Mar. 2007.

[46] S. Shekhar, X. Li, and D. J. Allstot, “A CMOS 3.1–10.6 GHz UWB LNA employing stagger-compensated series peaking,” *in Proc. IEEE RFIC Symp*., San Francisco, CA, Jun. 2007, pp. 63–66.

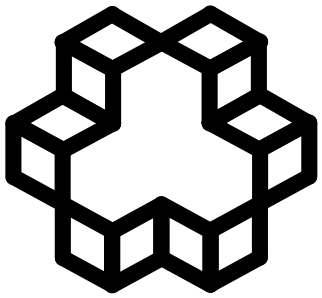
[47] Y.-J. Lin et al., “A 3.1-10.6 GHz Ultra-Wideband CMOS Low Noise Amplifier with Current-Reused Technique,” *IEEE Microw. Wireless Comp. Lett*., vol.17, Iss. 3, pp.232-234, Mar. 2007.

[48] Q. Li and Y. P. Zhang, “A 1.5-V 2–9.6-GHz Inductorless Low-Noise Amplifier in 0.13-_m CMOS”, *IEEE Trans. Microw. Theory Tech*., vol. 55, no. 10, pp. 2015-2023, Oct. 2007.

[49] H.-Y. Yang, Y.-S. Lin and C.-C. Chen, “2.5 dB NF 3.1–10.6 GHz CMOS UWB LNA with small group-delay variation”, *Electron. Lett*., vol. 44, no. 8, Apr. 2008.

Abstract

With the permission of federal communication commission (FCC), Ultra Wide Band (UWB) systems first proposed in 2002. According to the FCC, the frequency band of 3.1-10.6 GHz with the bandwidth of 7.5 GHz is allocated to the UWB systems. Based on its high data rate and low power consumption which is due to the high bandwidth, this UWB system is turned to the most prominent communication system. It also introduced numerous applications like radar systems and RFID tags. Although this UWB technology is not completely defined, it urgently requires RF front-end and specially Low Noise Amplifier (LNA) as one of its parts. Before the emergence of UWB systems, most of LNAs were designed for narrow-band applications. After that, RF designers tried hard to meet the needs of UWB systems by bringing applicable circuits to the market. First, the trend toward designing an UWB LNA was through combination of Band-Pass Filters (BPF) and narrow-band amplifiers. Feedback and Common gate (CG) amplifiers, multi stage amplifiers and utilizing integrated transformers in amplifiers, are some instances which are suggested to work in UWB domain. In the sub-micron technologies like 0.13 μm RF CMOS it is not applicable to provide simultaneous benchmarks of low noise figure (NF) and high third-order intercept point (IIP3) while dissipating only a few power consumption. That's why the new trend toward designing UWB LNAs based on currently published papers, passed through implementing noise and distortion canceling. In this thesis after briefly defining UWB technology, its advantages and applications, we have introduced two common proposed UWB systems which are DS-CDMA and MB-OFDM. Then, we have studied common receiver architectures like heterodyne, homodyne, wide-band IF, and low-IF architectures. Introducing the fundamentals of high-frequency design like NF, IIP3, stability, input and output matching , techniques of increasing gain-bandwidth (GBW) product is the next topic which is done in this thesis. After that, we have brought various topologies for UWB LNA which is reported in the past few years. In this thesis, we have designed UWB LNAs using the noise and also distortion canceling. First we have designed an UWB LNA which is best suited to the low band of UWB system which is 3.1-5.15 GHz according to the DS-CDMA proposal. Moreover, we have shown how the input matching network witch is mounted in the entrance of UWB LNAs cause the increase of total NF of the circuit. Second UWB LNA which we have designed is adapted for the 7.5 GHz of UWB system. For designing such a circuit, we have passed an evolution trend which is stated in detail in the body of this thesis. The outcome of this evolution trend was two prominent LNA which entails a couple of techniques of noise canceling, distortion canceling, shunt and series peaking and current-reused architecture. This final circuit which designed in a 0.13μm RF CMOS, achieves the power gain of 13.3 dB with the noise figure of 2.7-4.3 dB in the whole UWB band of 3.1-10.6 GHz and the IIP3 of +5 dBm while drawing 13.8 mW from the power supply of 1.2 V.



Electrical Enginereering Department
K. N. Toosi University of Technology
Tehran

Analysis and Design of LNA for UWB Applications in CMOS Technology

By
Ali Mirvakili

Submitted in Fulfillment
Of the Requirements
For the Degree of
Master of Engineering
in
Electrical Engineering

Under Supervision o f
Dr. Farshid Raissi
Dr. Mohammad Yavari

September 2008