

IEEE 802.15.3a Standard Uyumlu, Ultra Geniş Bantlı- Düşük Gürültülü Kuvvetlendirici Devresinin Gerçeklenmesi

Sefa Özbek ve Dr. İbrahim Tekin

Sabancı Üniversitesi , Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tuzla-İstanbul

Tel: 216-483 9534, Fax: 216-483 9550, e-mail: tekin@sabanciuniv.edu

Özet: Bu çalışmanın amacı IEEE 802.15.3a standardı ile uyumlu, yüksek performanslı, düşük maliyetli, geniş bantlı, düşük gürültülü kuvvetlendirici (LNA) tasarlamaktır. Devre, Cadence ve ADS tasarım / simülasyon /modelleme ortamları kullanılarak, 0.35µm SiGe BiCMOS HBT teknolojisi ile tasarlanmıştır. LNA devresi optimize edildikten sonra, üretime gönderilmiştir. 3.1 -5 GHz bandında gürültü değeri 3-4 dB arasında ölçülmüş olup, maksimum güç kazancı 15 dB olarak ölçülmüştür.

1. Giriş

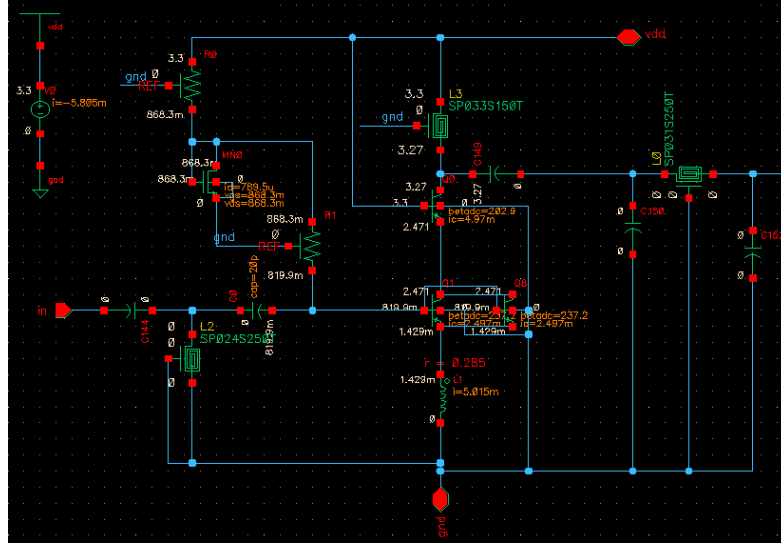
Entegrasyon fikrinin doğuşundan bu yana, transistör boyutları 25µm'den (1960) 90nm'ye (2003) kadar düşerek, entegre devrelerin çok büyük ölçüde hızlanmasını sağlamıştır. Boyutların küçülmesi, düşük gürültülü kuvvetlendiricinin tek bir kırkık üzerinde gerçekleştirilmesini mümkün kılmıştır. Aynı zamanda entegrasyon sayesinde yüksek hızlı kablosuz iletişim standartlararası çalışabilen, düşük maliyetli kablosuz yerel ağ bağlantılı (WLAN) çözümler mümkün olmuştur.

Teknolojinin hızla büyümesiyle beraber, interaktif multimedya sistemlerde bulunan yeni nesil kablosuz sistemlerin daha geniş bantlarda çalışma gereksinimleri orataya çıkmıştır. Geniş bantlı sistemler (UWB), daha düşük güç ve daha geniş frekans aralığı ile kısa mesafede daha yüksek veri hızı sağlar. Görüntü sistemlerinde ve birçok haberleşme sistemlerinde UWB kullanılmaktadır, [1]. UWB sistemler 3.1-10.6 GHz frekans aralığında çalışmaktadır. Bu frekans aralığında çeşitli amaçlara yönelik kendi içinde düşük frekans (3.1-5 GHz) ve yüksek frekans (6-10.1 GHz) bant aralığı olarak 2 ye ayrılır.

Bu çalışmanın amacı IEEE 802.15.3a (3.1-5 GHz) standardı ile uyumlu, yüksek performanslı, düşük maliyetli, geniş bantlı, düşük gürültülü kuvvetlendirici gerçekleştirmektir. Devreler, Cadence ve ADS tasarım / simülasyon /modelleme ortamları kullanılarak, 0.35µm SiGe BiCMOS HBT teknolojisi ile tasarlanmış / gerçekleştirilmiştir. LNA devresi optimize edildikten sonra, üretime gönderilmiş ve ölçülmüştür. Geniş bantlı LNA tasarımlarında izlenen yol, giriş ve çıkış uyumlama devrelerini bant geçiren filtreler olarak tasarlanmasıdır, [2-3]. Bu çalışmada devrede kullanılan eleman sayısını en azda tutabilmek amacı ile giriş uyulmama devresi yüksek geçiren filtre, çıkış uyulmama devresi düşük geçiren filtre olarak tasarlanmıştır.

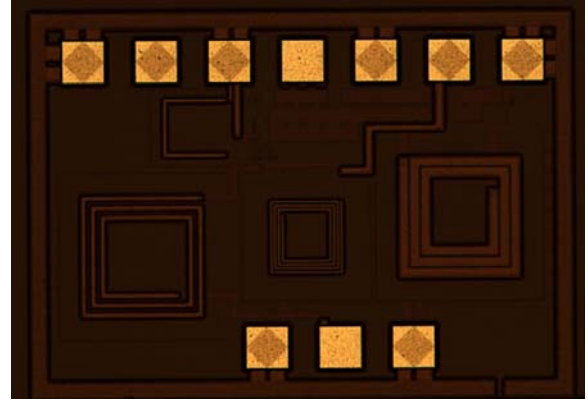
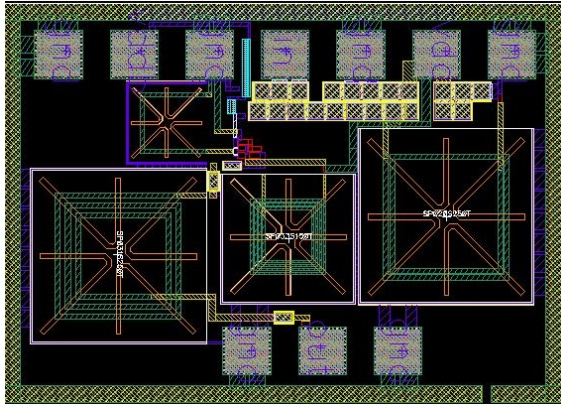
2. Devre Tasarımı

0.35µm SiGe BiCMOS HBT teknolojisi kullanılarak, IEEE 802.15.3a protokolü için 3.1-5 GHz frekans bandında çalışan LNA geliştirimi anlatılmaktadır. Tasarımda bant geçiren filtre kullanılarak sadece istenilen frekanslar arasındaki işaret yükseltilmiştir. Ayrıca giriş uyumlama devresinde bulunan ve performansı olumsuz etkileyen bant geçiren filtre yerine, yüksek geçiren filtre, çıkışta ise düşük geçiren filtre kullanılmıştır. Bu sayede giriş empedans uyumunda kullanılan ve devrenin performansını etkileyen bobin sayısını indirgenmiştir. LNA devresini şematiği Şekil 1'de verilmiştir. Kaskot yapının kullanıldığı devrede giriş uyumlama devresi seri C-paralel L – seri C elemanlarından oluşan 3.1 GHz'den başlayan yüksek geçiren filtre olarak tasarlanmıştır. Bunun sayesinde giriş direnci düşürülmüş olup, bu sayede devreden elde edilebilecek en düşük gürültü faktörü elde edilmiştir. Devrenin 3.1-5 GHz aralığında çalışabilmesi için çıkış uyumlama devresi paralel C-seri L-paralel C'den oluşan 5 GHz'te sonlanan düşük geçiren filtre olarak tasarlanmıştır. Devrenin aktif yapısı kaskot olarak sürülen iki grup transistörden oluşmaktadır.



Şekil 1: Düşük gürültülü yükselteç devresi şematığı

Devrenin belirtilen frekans bandındaki ölçülen NF değeri ile kazanç değeri ölçülmüş, ve IEEE 802.15.3a uygulamasına oldukça uygundur.



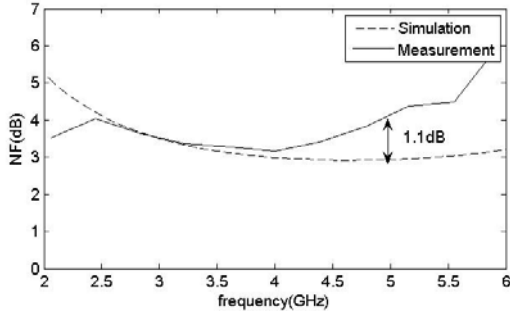
Şekil 2: Düşük gürültülü yükselticinin a) serimi b) mikrofotograf

Şekil 2’de ürettirilen devrenin Cadence Virtuoso serim çizimi ile ürettirilen devrenin optik mikroskop ile çekilen mikrofotografı görülmektedir. Tasarlanan LNA yapısı, $792 \times 1112 \mu\text{m}^2$ ’lik alana serilmiş olup, 3,3 V besleme gerilimi altında ve 16,17mW güç harcamaktadır. Ayrıca, devrenin giriş ve çıkış empedans uyumu yapılmış ve 50- Ω kaynak empedansına uygun hale getirilmiştir.

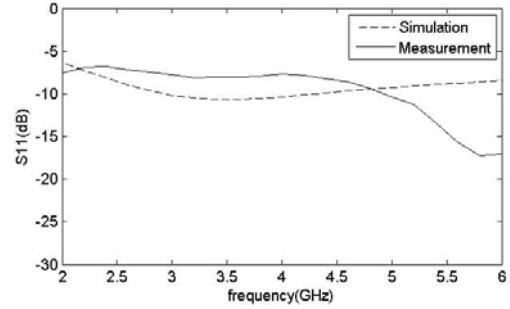
3. Ölçümler

LNA devresi 0.35 μm SiGe BiCMOS HBT teknolojisi kullanılarak ürettirilmiş olup, benzetim değerleri Cadence yazılımı kullanılarak elde edilmiş olup, ölçümler Agilent E4407B Spectrum Analyzer ve 8720ES Network Analyzer kullanılarak elde edilmiştir. LNA devresinin 1 dB sıkışma noktası sadece benzetim olarak verilmiştir. Şekil 3’te yükseltecin gürültü faktörünün ölçüm sonuçları, benzetim sonuçları ile beraber verilmiştir. UWB 3.1-5 GHz bandında gürültü faktörü 3-4 dB arasında değişmektedir. Benzetim ve ölçüm sonuçları oldukça yakındır. Şekil 4’te verildiği gibi UWB frekans bandında ölçülen S11 giriş geri dönüş kaybı band içinde -7, -10 dB değerleri arasında değişmektedir. Giriş empedansı hem gürültü faktörünü hem de giriş geri dönüş kaybında

oldukça etkili olduğundan tasarımda ağırlık gürültü faktörünün düşük olması üzerine verilmiştir. Benzetim ve ölçüm sonuçları arasında 1-2 dB farklılık gözlenmektedir. Bunun sebebi elemanların bağlantılarında kullanılan metallerin sadece R-C değerlerinin elde edilerek serim sonrası benzetimde kullanılmaları olabilir.

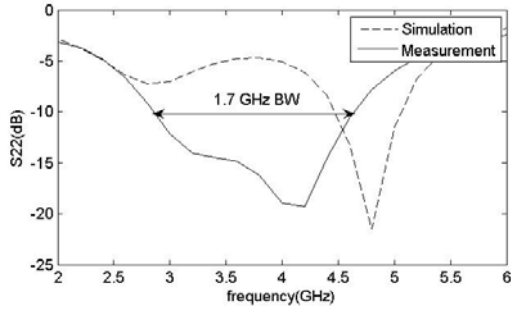


Şekil 3: Düşük gürültülü yükselticinin gürültü faktörü değerleri

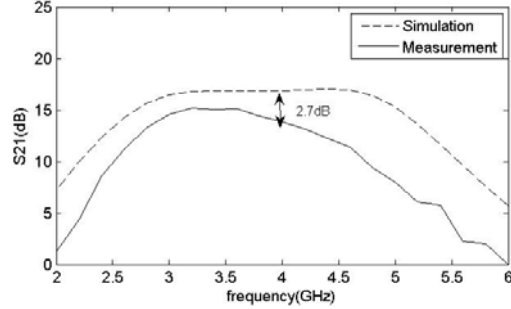


Şekil 4: Düşük gürültülü yükselticinin giriş geri dönüşüm kayıpları değerleri

Şekil 5'te ürettirilen devrenin UWB frekans bandında ölçülen S22 çıkış geri dönüşüm kaybı band içinde -7, -20 dB değerleri arasında değişmektedir. Benzetimle kıyaslandığında devrenin S22 değerinin minimum noktasında frekansın 700 MHz civarında kaydığı gözlenebilir. Bu da devrenin çıkış uyumlama devresinde benzetimlere katılmayan parazitik elemanların varlığına işaret etmektedir.

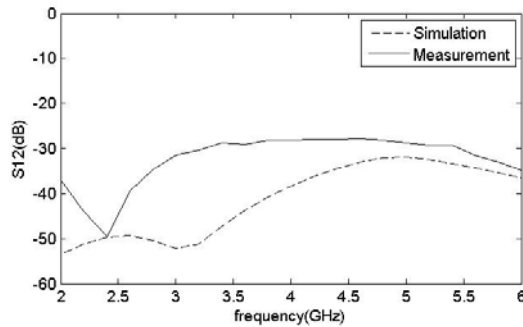


Şekil 5: Düşük gürültülü yükselticinin çıkış geri dönüşüm kayıpları değerleri



Şekil 6: Düşük gürültülü yükselticinin kazanç değerleri

Şekil 6'da ürettirilen devrenin UWB frekans bandında ölçülen S21 kazanç değerleri gösterilmektedir. Benzetim ile band içinde düz 17 dB olarak hedeflenen kazanç değerleri 7dB- 15 dB arasında ölçülmüştür. Serim sonrası benzetimlerinde hesaba katılmayan parazitik elemanlar yüzünden kazanç 2-3 dB civarında düşebilir. Devrenin ölçülen kazanç grafiğini şeklinin 5 GHz civarında bozulması, devrenin çıkışında hesaba katılmamış elemanların olduğunu göstermektedir. Hatırlanacağı gibi, çıkış uyumlama devresi 5 GHz'te sonlanan bir düşük geçiren filtreden oluşmaktadır. Kazanç değerleri 3 GHz'te 15dB, 4 GHz'te 14 dB, 5 GHz'te ise 7 dB olarak ölçülmüştür.



Şekil 7: Düşük gürültülü yükselticinin izolasyonu

Şekil 7’de ürettirilen devrenin UWB frekans bandında ölçülen S12 izolasyon değerleri gösterilmektedir. İzolasyon değerleri -30 dB altında ölçülmüştür. Devrenin 1 dB sıkışma noktası simülasyonlar ile 3 dBm olarak elde edilmiş olup, devre 3.3 V uygulandığında 16 mW güç harcamaktadır.

4. Sonuç

Bu çalışmada, IEEE 802.15.3a standardı ile uyumlu, yüksek performanslı, düşük maliyetli, geniş bantlı Düşük Gürültülü Kuvvetlendirici (LNA) ürettirilmiş ve ölçüm sonuçları verilmiştir. IEEE 802.15.3a standartları altında spesifik uygulamalarda kullanılmaya uygun ürettirilen devrenin kazancı 15~16 dB, gürültü faktörü 3-4 dB olarak ölçülmüştür. Devrenin 1 dB sıkışma noktası simülasyonlar ile 3 dBm olarak elde edilmiş olup, devre 3.3 V uygulandığında 16 mW güç harcamaktadır. Tasarlanan LNA yapısı, padler dahil $792 \times 1112 \mu\text{m}^2$ lik alan kaplamaktadır.

Referanslar

- [1] Yang Liuqing, G.B Giannakis, ”Ultra-wideband communications: an idea whose time has come”IEEE Signal Processing Magazine, vol. 21, Issue 6, Nov. 2004 Page(s):26 - 54
- [2] Andrea Bevilacqua, Ali M. Niknejad ”An Ultrawideband CMOS Low-Noise Amplifier for 3.1–10.6-GHz Wireless Receivers”, IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 39, no. 12, Dec. 2004
- [3] Bo-Yang Chang, Christina F. Jou,”Design of a 3.1-10.6GHz Low-Voltage, Low-Power CMOS Low-Noise Amplifier for Ultra-wideband Receivers”,APMC2005 Proceedings.