

# 차량 충돌 예방 레이더용 24GHz 저잡음증폭기 설계

최성규\* · 임재환\* · 김성우\* · 류지열\* · 노석호\*\*

\*부경대학교 · \*\*안동대학교

Design of 24GHz Low Noise Amplifier for Automotive Collision Avoidance Radar

Seong-Kyu Choi\* · Jae-Hwan Lee\* · Sung-Woo Kim\* · Jee-Youl Ryu\* · Seok-Ho Noh\*\*

\*Pukyong National University · \*\*Andong National University

E-mail : ryujy@pknu.ac.kr

## 요 약

본 논문은 차량 충돌 예방 레이더용 고 이득 저전력 저잡음 특성을 가진 24GHz 저잡음 증폭기(LNA)를 제안한다. 이러한 회로는 TSMC 0.13 $\mu$ m 혼성신호/고주파 CMOS 공정( $f_T/f_{MAX}=120/140$ GHz)으로 설계되어 있다. 증폭기의 전압 이득을 향상시키기 위해 2단 캐스코드 구조로 구성되어 있다. 제안한 저잡음 증폭기는 최근 발표된 연구결과에 비해 41dB의 가장 높은 전압이득과 3.7dB의 가장 낮은 잡음지수 및 2.8dBm의 가장 우수한 IIP3 특성을 각각 보였다.

## 키워드

24GHz, 차량 충돌 예방 레이더, 저잡음증폭기, 전압이득, 잡음지수, IIP3

## I. 서 론

자동차와 IT의 융합 산업의 지속적인 수요와 함께 자동차에서 전자부품이 차지하는 비율은 2005년에 20% 수준에서 2015년에는 40%까지 증가할 전망이다. 이 중에서 반도체가 차지하는 비용이 30% 수준에 달할 것으로 예상하고 있다. 자동차의 전자화 및 지능화 추세에 따라 최근 지능형 자동차에 대한 연구가 활발하다[1]. 특히 앞차와 뒷차의 거리를 실시간으로 감지한 후 이를 운전자에게 신속·정확하게 알려주는 대표적인 소자인 측후방 차간거리 감지용 단거리 레이더(Short Range Radar, SRR)에 많은 연구가 진행되어 왔다[2]-[5]. 측후방 감시용 단거리 레이더는 30m 이내의 물체를 검출할 수 있어야 하기 때문에 24GHz 대역의 주파수를 사용한다.

본 연구에서는 24GHz 차량 충돌 예방 레이더용 고 이득 저전력 저잡음 특성을 가진

24GHz 저잡음 증폭기(low noise amplifier, LNA)를 제안한다. 이러한 회로는 TSMC 0.13 $\mu$ m CMOS 공정으로 제작되었다.

## II. 본 론

그림 1은 본 연구에서 제안하는 24GHz 2단 캐스코드 CMOS 저 잡음 증폭기를 나타낸 것이다. 증폭기는 24GHz의 초고주파 동작 주파수에서 높은 전압 이득을 제공하기 위해 캐스코드 구조를 가지며 24GHz 대역에 하위 주파수 변환 경로(down-conversion chain)를 공유하기 위해 두 번째 단의 출력이 이중 대역 LC 필터와 결합되도록 구성하였다. 고주파 잡음 및 불필요한 리플 변동을 줄이기 위해 입력 단을 차동 구조(differential pairs)로 구성하였다. 더욱이 직렬 전송선  $T_7 \sim T_6$ 을 삽입하여 전압이득을 향

상시키고, 두 번째 단의 캐스코드 트랜지스터( $M_3$  &  $M_4$ )의 드레인 단에서 발생하는 기생 (parasitic) 커패시턴스들을 공진 효과를 이용해 제거시킴으로써 24GHz 경로에 대한 격리를 향상시켰다. 전체 칩 면적을 줄이기 위해 임피던스 정합용으로 사용하는 인덕터 대신 전송선  $T_1 \sim T_6$ 을 사용하였다.

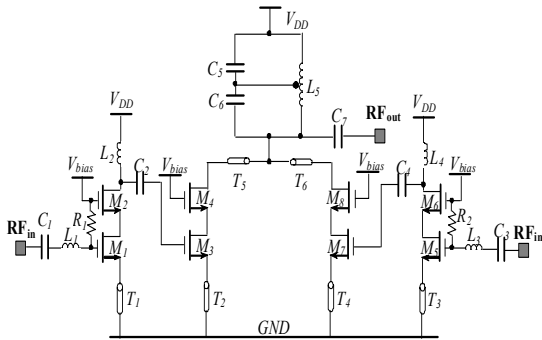


그림 1. 24GHz CMOS 저 잡음 증폭기

### III. 시뮬레이션 및 실험 결과

그림 2는 저 잡음 증폭기의 전압 이득 특성을 나타낸다. 24GHz의 초고주파 동작주파수에서 높은 전압 이득을 제공하기 위해 캐스코드 구조와 인덕터  $L_2$  및  $L_4$ 를 사용하였고, 직렬 전송선  $T_5 \sim T_6$ 을 삽입하였다. 그림 2에서 알 수 있듯이 24GHz의 동작주파수에서 41dB의 상당히 우수한 특성을 보였다.

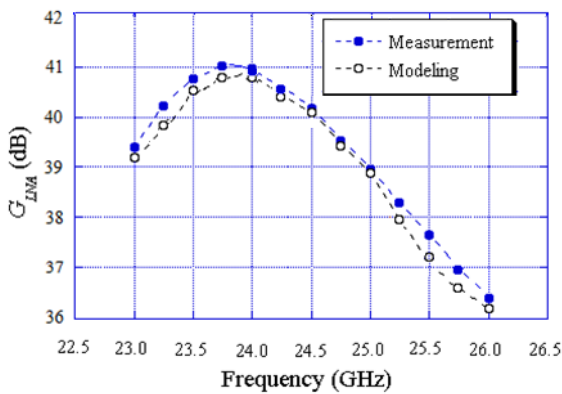


그림 2. 전압이득

그림 3은 주파수에 따른 저 잡음 증폭기의 잡음지수 결과를 나타낸 것이다. 그림 3

에서도 알 수 있듯이 측정 결과는 24GHz의 동작주파수에서 3.7dB의 우수한 잡음 특성을 보였고, 모델링에 의한 결과와 비교해 볼 때 23.5GHz~24.0GHz의 동작주파수에서 1.8% 이하의 오차를 보였다.

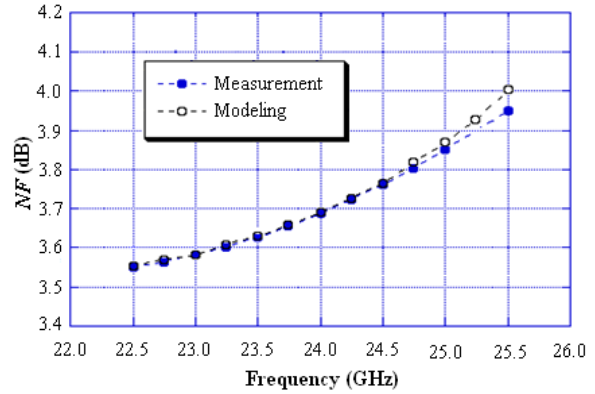


그림 3. 잡음지수

표 1은 저 잡음 증폭기에 대해 본 연구의 결과와 기존에 연구되어 온 연구 결과들을 비교한 것이다. 그림 1 및 그림 3~4에서 설명 했듯이 본 연구에서는 전압이득 잡음지수, IIP3, 입력 반사 손실, 출력 반사 손실 및 역방향 격리특성을 향상시키기 위해 다양한 기술을 적용하였다. 표 1에서 알 수 있듯이 본 연구 결과는 전압이득, 잡음지수, IIP3 및 입력 반사 손실(S11) 특성에 대해 기존에 연구되어 온 연구 결과들과 비교해서 가장 우수한 특성을 보였다.

표 1. 최근 발표된 24GHz 저 잡음 증폭기 비교

참고 문헌	주파수 (GHz)	전압 이득 (dB)	잡음 지수 (dB)	IIP3 (dBm)	S11/S22 (dB)	S12 (dB)
[2]	24	15.2	4.49	-0.55	-9.4/ -44.1	-
[3]	24	31	< 7	-34	-	-
[4]	24	8	-	-12	-11/-	-
[5]	24	11.2	4.2	-	-12.2/ -14.5	-44.7
본 연구	24	41	3.7	2.8	-24.34/ -26.29	-40.4 8

#### IV. 결 론

본 논문은 차량 측후방 추돌 방지용 레이더를 위한 24GHz 저 잡음 증폭기를 제안하였다. 제작된 회로는 TSMC 0.13 $\mu$ m CMOS 공정( $f_T/f_{MAX}=120/140$ GHz)으로 구현하였다. 본 연구에서 제안하는 회로는 기존의 연구결과에 비해 특히 41dB의 가장 우수한 전압이득, 3.7dB의 가장 낮은 잡음지수 및 2.8dBm의 가장 우수한 IIP3 특성을 보였다.

#### 감사의 글

This work was supported by the Basic Research of NRF, Korea (2010-0021768, Development of Dual-Band 24GHz/77GHz CMOS System-on-Chip for Advanced Safety Vehicle Radar).

#### 참고문헌

- [1] 박선영, 류지열, 김성운, 하덕호, 최연욱, "24GHz 차량 추돌 예방 레이더 시스템온-칩을 위한 자체 내부검사 회로 및 알고리즘, 한국정보기술학회 논문지, 제 9권, 제 8호, pp. 33-38, 2011년 8월.
- [2] Y. -B. Park, S. -H. Kim, Y. Yun, K. -H. Park, K. -H. Ahn, K.- J. Kim, J. -S. Kim, and S. -H. Choi, "RF Receiver Chip Set Employing 0.13  $\mu$  m CMOS Technology for Application to K-band Commercial Automotive Radar System", 2008 IEEE International SoC Design Conference, Vol. 2, No. 1, pp. II-146-II-149, Nov. 2008.
- [3] H. Veenstra, E. van der Heijden, M. Notten, and G. Dolmans, "A SiGe-BiCMOS UWB Receiver for 24 GHz Short-Range Automotive Radar Applications", 2007 IEEE MIT-S International Microwave Symposium Digest, Vol. 7, No. 1, pp. 1791-1794, June 2007.
- [4] P. Uhlig, C. Günner, S. Holzwarth, J. Kassner, R. Kulke, A. Lauer, and M. Rittweger, "LTCC Short Range Radar Sensor for Automotive Applications", 37th International Symposium on Microelectronics, Vol. 37, No. 1, pp. 1-5, Nov. 2004.
- [5] E. van der Heijden, H. Veenstra, and R. Havens, "16-26GHz Low Noise Amplifier for short-range automotive radar in a production SiGe:C technology", 2007 IEEE Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems, Vol. 10, No. 1, pp. 241-244, Jan. 2007.