

5-6 GHz 대역 130-nm PD-SOI 공정을 이용한 5G C-V2X용 저잡음 증폭기

김성혁, 김정현*

한양대학교

kimsh96@hanyang.ac.kr, *junhkim@hanyang.ac.kr

A 5-6 GHz Low Noise Amplifier for 5G C-V2X Using a 130-nm PD-SOI Process

Sunghyuk Kim, Junghyun Kim*

Hanyang Univ.

요약

본 논문은 5G C-V2X 수신단용 저잡음증폭기 설계에 관한 연구를 진행하였다. 캐스코드 타입과 공통 2단 공통 소스 구조 타입, 두가지 타입으로 설계하였다. 설계된 저잡음증폭기는 130nm PD-SOI 공정을 이용하였다. 설계된 저잡음증폭기는 5-6 GHz 대역에서 각각 1.3 dB, 1.7 dB의 잡음지수와 18.8 dB, 20dB 의 이득을 갖는다. 5.5 GHz에서 IP1dB 는 -16 dBm, -18 dBm 이고 25mW 의 전력소모 특성을 가진다.

I. 서론

자율주행 기술이 발전함에 따라 차량-사물 간 통신(V2X)은 큰 주목을 받고 있다. V2X 통신은 주로 두 가지 연결 방식을 사용한다. 첫째, 무선 LAN 기반으로 동작하는 IEEE 802.11p 표준의 전용 단거리 통신(DSRC) 방식이며, 둘째, LTE 및 5G NR과 같은 셀룰러 네트워크를 활용하는 Cellular V2X(C-V2X) 방식이다. DSRC는 확장성이 제한적이고 고속 환경에서 성능이 충분하지 않으며, 높은 통신 속도를 달성하기 어렵다는 등 여러 문제점이 있다. 반면, 기존 셀룰러 인프라를 활용하는 C-V2X는 우수한 확장성을 제공하며, 여러 국가에서 표준 방식으로 자리 잡아가고 있다. C-V2X는 전용 대역(5.9 GHz)뿐 아니라 기존 셀룰러 대역에서도 동작하므로, 효율적인 회로 개발이 요구된다. [1 - 3] 본 논문에서는 5-6 GHz 대역 5G C-V2X 용 저잡음 증폭기 (LNA) 에 대한 설계기법에 대해 연구한 내용을 다룬다. 130-nm PD-SOI 공정을 이용하여 설계하였다. 두가지 토폴로지로 설계하였는데, 1stage cascode 구조와, 2stage common-source 구조로 설계하여 각각 비교하였다.

II. 본론

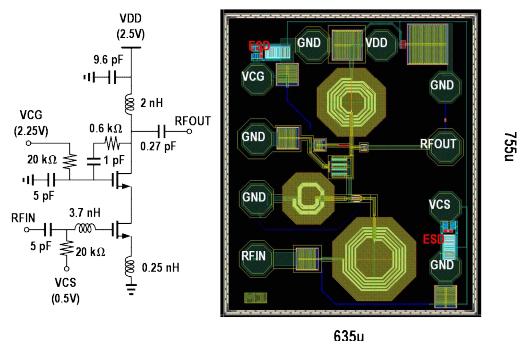


그림 1 Cascode type LNA 회로도 및 레이아웃

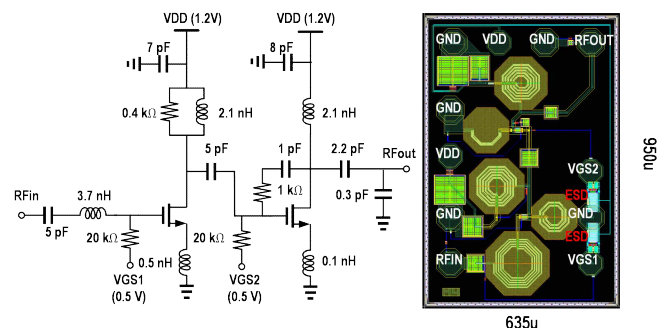


그림 2 CS type LNA 회로도 및 레이아웃

본 논문에서는 두가지 type 의 LNA를 설계하여 비교하려고 한다. 첫 번째 타입은 cascode topology를 사용한 LNA이고, 회로도 와 layout 은 그림1 에 나타나있다. 두 번째 타입은 common-source (CS) topology를 사용한 LNA이고, 회로도 와 layout 은 그림2 에 나타나있다. Cascode type LNA는 VDD를 CS 단과 common-gate (CG) 단이 나눠서 사용하기 때문에, 2.5V VDD를 사용할 수 있다. 반면, CS topology LNA는 1.2V 의 VDD를 사용하였다. 비슷한 이득특성을 위하여 CS topology LNA는 2stage로 구성하여, 총 전력 소모량은 25mW 로 설계되었다. Layout chip size 는 cascode type 은 0.48 mm^2 이고 CS type 은 0.6 mm^2 이다. Cascode LNA 와 CS LNA 모두 stability 와 output matching을 위해 두 번째 transistor 에 R-C feedback 기법을 적용하였다. 첫 번째 transistor 의 이득으로 R-C feedback 의 잡음지수 저하를 최소화 하였다. 두 type LNA 모두 source degeneration inductor를 사용하여 noise matching과 input matching을 동시에 만족하였다. 회로들은 범프 공정이후 multi-layer PCB 와 eval-board를 설계하여 실제 측정까지 진행할 예정이다.

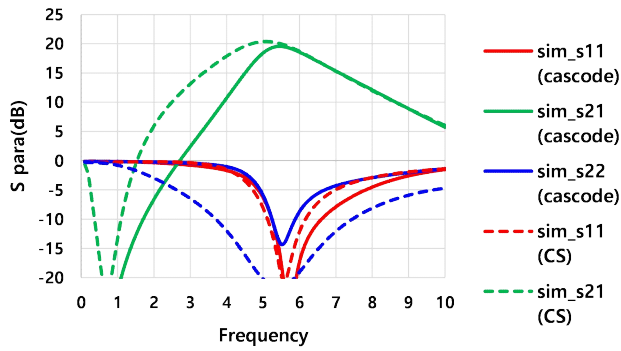


그림 3 설계된 두가지 타입 저잡음증폭기 (cascode, CS) 의 s-parameter 시뮬레이션 결과

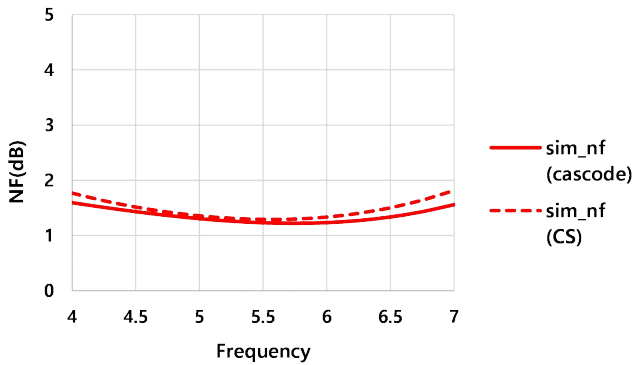


그림 4 설계된 두가지 타입 저잡음증폭기 (cascode, CS) 의 잡음 지수 시뮬레이션 결과

두가지 타입 LNA 의 s-paramter 시뮬레이션 결과와 잡음지수 시뮬레이션 결과는 각각 그림 3, 그림 4 에 나타나있다. 설계된 저잡음증폭기는 5-6 GHz 대역에서 각각 1.3 dB, 1.7 dB의 잡음지수와 18.8 dB, 20dB 의 이득을 갖는다. 또한 IP1dB 의 경우 5.5 GHz 에서 cascode type 은 -16dBm, CS type 은 -18 dBm 의 특성을 가진다. Drain current cascode type LNA 는 10 mA, CS type LNA 는 20.8 mA 소비하여, 최종 소비전력은 25mW 이다.

III. 결론

본 논문에서는 5-6 GHz 대역의 5G C-V2X 수신단용 저잡음증폭기를 130-nm PD-SOI 공정을 이용하여 설계하였다. 1 stage cascode type 과 2 stage CS type을 각각 설계하여 비교하였다. 시뮬레이션 결과는 두 회로 모두 비슷한 전력소모 아래에서 비슷한 게인과 잡음지수를 나타냈지만 cascode type 이 고주파 성능이 유리하였고, CS type 이 저주파 성능 및 bandwidth 가 더 넓다는 장점이 있었다. Layout 적으로는 cascode type LNA 는 0.48 mm^2 , CS type 은 0.6 mm^2 로, cascode type LNA 가 더 compact 하게 설계가 가능하였다. 결론적으로, 두 회로 중 모든 면에서 탁월한 topology 는 없었으며, 설계 요구 사항에 따라 더 적합한 topology를 선택한다면 최적의 설계가 가능할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00358687). 또한 이 연구는 2024년도

산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('20019457')

참 고 문 헌

- [1] S. R. Govindarajulu and E. A. Alwan, "Range Optimization for DSRC and 5G Millimeter-Wave Vehicle-to-Vehicle Communication Link," 2019 International Workshop on Antenna Technology (iWAT), Miami, FL, USA, 2019, pp. 228-230
- [2] S. M. Navidi and M. Ismail, "A Programmable Radio Architecture for 5G Vehicle to Everything Communication," 2020 IEEE 63rd International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), Springfield, MA, USA, 2020, pp. 806-809
- [3] Abdel Hakeem, S.A., Hady, A.A. & Kim, H. 5G-V2X: standardization, architecture, use cases, network-slicing, and edge-computing. Wireless Netw 26, 6015-6041 (2020).