

단간 필터링 기법을 이용한 FD-SOI 8/15 GHz 이중 대역 저잡음 증폭기

*이송준, 김정현
*한양대학교 전자공학과

* sj8481@hanyang.ac.kr, junhkim@hanyang.ac.kr

An FD-SOI 8/15 GHz Dual-Band Low Noise Amplifier Using Interstage Filtering

*Lee Song June, Kim Jung Hyun

*Department of Electrical and Electronic Engineering Hanyang Univ.

요약

본 논문은 FD-SOI 28 nm 공정에서 현재 6G 후보주파수인 8/15 GHz의 목표 주파수를 가지는 재구성형 저잡음 증폭기(Reconfigurable Low-Noise Amplifier)를 설계하였다. 동시 동작(concurrent)과 재구성형(reconfigurable) 모드를 지원하며, 목표 대역에서 동시 동작 모드의 잡음지수는 2.4~2.9/3.2~3.7 dB이고, 이득은 18.8~20.4/15.1~16.7 dB이다.

I. 서론

이동통신 시스템에서 요구되는 데이터 전송 속도의 지속적인 증가에 따라 차세대 이동통신인 6G(6th Generation)를 위한 연구가 진행되고 있다.[1] 이 중 7.125~8.5 GHz 및 14.8~15.35 GHz 대역은 전파 특성과 회로 구현 측면에서 유망한 후보 주파수로 주목받고 있다. 또한, 하나의 LNA에서 재구성형 동작을 지원하는 경우, 서로 다른 주파수 대역에서 각각 동작하는 두 개의 저잡음 증폭기를 사용하는 방식에 비해 시스템 관점에서 보다 유리한 구조를 구현할 수 있다.[2] 본 논문에서는 이러한 6G 후보 주파수 대역을 대상으로 동작하는 8/15 GHz 재구성형 저잡음 증폭기를 제안한다. 제안한 회로는 단간 필터링 기법을 적용하여 이중 대역 동시 동작 특성을 구현하였으며, 재구성형 동작을 지원한다.

II. 본론

Fig. 1은 설계한 저잡음 증폭기의 회로도이다. 본 저잡음 증폭기는 2 단 캐스코드 증폭기 구조로 설계하였다.

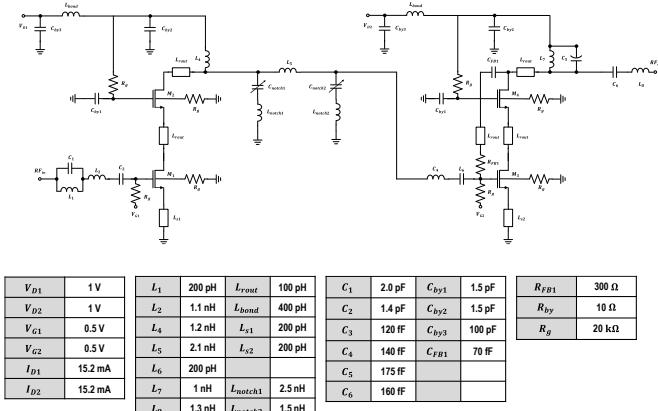


Fig. 1. 제시하는 이중 대역 저잡음 증폭기의 회로도

1. 입력 정합 회로 설계

입력 정합 회로는 8/15 GHz에 대한 잡음 정합(noise matching)으로 설계하였다. 또한 입력 정합 성능을 확보하기 위해 캐스코드 단 중 공통 소스 단의 소스 축퇴 인

덕터(degenerate inductor)를 사용하였으며, 두 목표 주파수 사이의 대역을 의도적으로 이중 대역으로 형성하기 위한 대역 차단 필터(bandstop filter) 구조가 삽입되었다.

2. 단간 정합 회로 설계

단간 정합 회로는 두 개의 노치 필터(notch-filter)를 포함하여 구성된다. 동시 동작 모드에서는 두 노치 필터가 대역 외(out-of-band) 이득을 억제하는 역할을 수행한다. 재구성형 동작 모드에서는 노치 필터를 구성하는 가변 캐패시터를 활용하여, 이중 대역 중 하나의 목표 주파수 대역에서 이득을 선택적으로 저감하는 동작을 구현하였다.

3. 출력 정합 회로 설계

정합 회로 설계 시, 저주파 대역에 민감한 요소인 직렬 캐패시터와 병렬 인덕터, 그리고 고주파 대역에 민감한 요소인 직렬 인덕터와 병렬 캐패시터를 함께 적용하여 이중 대역 이득 정합(dual-band gain matching)을 수행하였다.

4. 설계 결과

Fig. 2는 레이아웃(layout)이다. 레이아웃 설계는 입출력 패드(pad)와 ground plane을 포함하여 EM simulation을 진행하여 시뮬레이션 성능을 확인하였다.

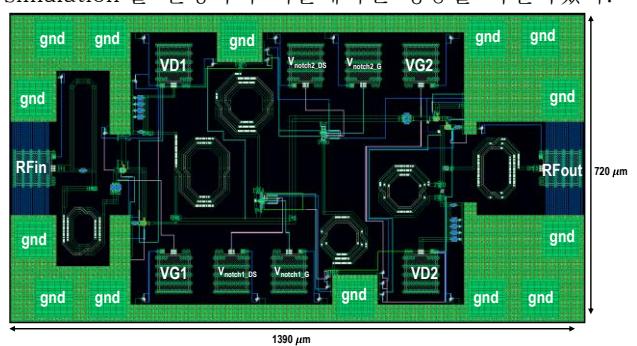


Fig. 2. 제시하는 이중 대역 저잡음 증폭기의 레이아웃

본 설계는 3 가지 이득 모드를 지원한다. mode1은 이중 대역에 대해서 동시 동작한다. mode2는 저주파 이득 성능이 저하되고 고주파 성능 유지를 보인다. mode3는

고주파 이득 성능이 저하되고 저주파 성능 유지를 보인다.

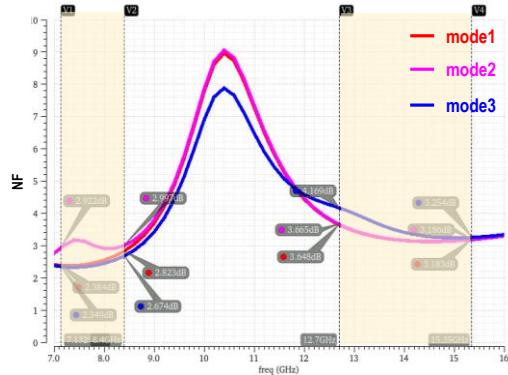


Fig. 3. 잡음지수(NF) 시뮬레이션 결과

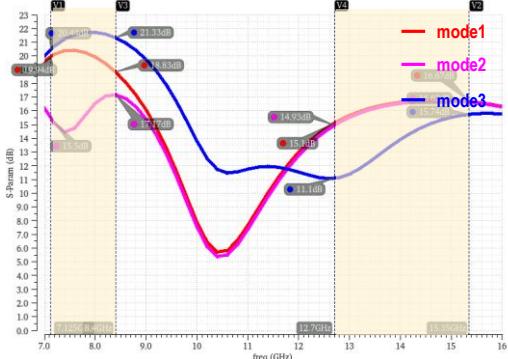


Fig. 4. 소신호 이득(gain) 시뮬레이션 결과

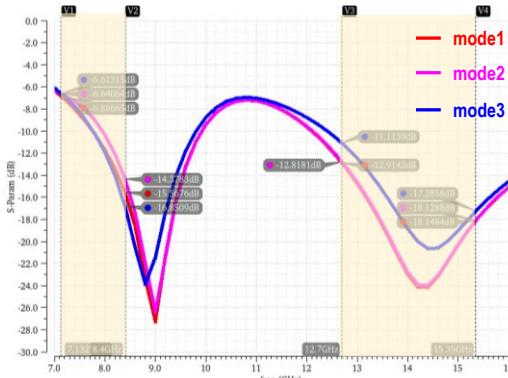


Fig. 5. 입력 반사 손실(input return loss) 시뮬레이션 결과

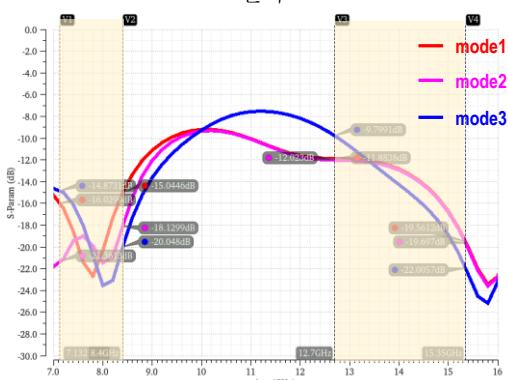


Fig. 6. 출력 반사 손실(output return loss) 시뮬레이션 결과

Fig. 3 는 각 mode1-3 의 잡음지수를 도시하고 있다. 7.125-8.4, 12.7-15.3 GHz에서 mode1 의 잡음지수는 각 2.4-2.9, 3.2-3.7 dB이다. mode2 의 잡음지수는

12.7-15.35 GHz에서 3.2-3.7 dB이다. mode3 의 잡음지수는 7.125-8.4 GHz에서 2.4-2.7 dB이다.

Fig. 4 는 각 mode1-3 의 소신호 이득을 도시하고 있다. 7.125-8.4, 12.7-15.3 GHz에서 mode1 의 이득은 각 18.8-20.4, 15.1-16.7 dB이다. mode2 의 이득은 12.7-15.35 GHz에서 14.9-16.6 dB이다. mode3 의 이득은 7.125-8.4 GHz에서 20.4-21.7 dB이다.

Fig. 5, 6 은 각 mode1-3 의 입출력 반사손실을 도시하고 있다. mode1-3 사이의 변화로 인해 임피던스의 변화를 확인할 수 있으나, 각 모드에서 사용하지 않는 대역의 임피던스 변화를 무시한다면, 큰 변화는 관측되지 않는다.

총 전류 소모는 Fig. 1 의 바이어스 포인트(bias point)에서 30.4 mA이며, 각 모드 별 전류 소모 변화는 없다.

III. 결론

본 연구를 통해 FD-SOI 28 nm 공정을 사용하여 8/15 GHz 이중 대역 저잡음 증폭기를 설계하였다. 해당 증폭기의 입력 정합 회로는 두 대역에서 잡음 정합을 진행한 결과를 보인다. 또한 동시 동작 모드와 재구성형 모드를 모두 지원가능하다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 IDEC에서 EDA Tool을 지원받아 수행하였으며, 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00358687).

참 고 문 헌

- [1] C. D. Alwis et al., "Survey on 6G frontiers: trends applications requirements technologies and future research", IEEE Open Journal of the Communications Society, vol. 2, pp. 836-886, 2021.
- [2] D. Cheng, X. Chen, Q. Chen, X. Ma and L. Li, "A Reconfigurable LNA With Compact Magnetic-Capacitive Coupling Transformer Networks for 5G 28-/39-GHz Applications," in IEEE Microwave and Wireless Technology Letters, vol. 34, no. 7, pp. 915-918, July 2024.