

분산증폭기 기반 5GHz FIR 필터 LNA 설계

여협구* · 정승민*

*한신대학교

Design of 5GHz FIR filter LNA based on a Distribute Amplifier

Hyeopgoo Yeo* · Seung-Min Jung*

*HanShin University

E-mail : hgyeo@hs.ac.kr

요 약

본 논문에서는 분산증폭기 구조를 기반으로 한 5GHz FIR 필터 low noise amplifier (LNA)를 설계하고 그 특성을 분석한다. 설계된 FIR 필터 LNA는 MA(Moving Average) 필터 특성을 가져 주파수의 선택도를 높였으며, GaAs 기반 개별 소자를 이용한 proto-type 회로를 FR4 PCB와 유전율 $\epsilon_r=10.2$ 를 가지는 고주파수용 PCB위에 구성하여 ADS(Advanced Design System)로 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 5GHz 주파수 대역에서 약 10dB 정도의 전력이득을 가지는 LNA 출력 특성과 MA FIR 필터 형태 주파수 선택적인 응답을 보여주었다. FIR 필터 형태의 LNA 설계를 통하여 RF 시스템에서 다양한 형태의 증폭기 및 필터 응용의 가능성을 기대해 볼 수 있다.

ABSTRACT

This paper introduces a 5GHz FIR filter low noise amplifier (LNA) based on a distributed amplifier and analyzes the its characteristics. The proposed FIR filter-LNA has the MA(moving average) filter characteristic which improves the frequency selectivity of the amplifier. Proto-type circuits with FR4 and $\epsilon_r=10.2$ PCB have been realized and simulated using ADS (Advanced Design System). The simulation results verified that the designed LNA had a gain of about 10dB and the frequency characteristic of the MA FIR filter. It is expected that the proposed FIR filter LNA can be applicable to the various applications using an amplifier and a filter in RF systems.

키워드

분산증폭기, LNA, FIR 필터, RF 트랜시버

1. 서 론

트랜스버스 아날로그 FIR 필터-이하 아날로그 FIR 필터-는 분산증폭기(distributed amplifier)와 분산형 증폭기의 구조를 기초로 한 설계가 소개되었다[1][2]. 또한, 이러한 구조를 기반으로 한 FIR 필터 특성을 가지는 증폭기도 제안되었다 [3].

논문 [3]에서 소개된 FIR 필터 증폭기를 LNA 형태로 변형하여 RF 시스템의 증폭기 및 주파수

선택도를 증가시키는 필터 역할을 동시에 할 수 있는 필터 증폭기 형태를 제안하고 RF 트랜시버에서 증폭기와 필터를 동시에 구현하여 그 기능 블록을 단일화 하고 off-chip 필터의 대치의 가능성을 조심스럽게 평가한다.

본 논문에서는 분산증폭기를 구성하는 지연선을 기반으로 한 LNA FIR를 5GHz 영역에서 구현하고 GaAs FET을 이용하여 ADS(Advanced Design System)를 이용하여 그 특성을 분석하였다.

II. 5GHz 이동평균 FIR 필터 LNA

그림 2는 각각 4개의 지연 단위를 가지는 분산 증폭기와 이동평균 필터 증폭기를 보여준다[3]. 이는 일반적인 분산 증폭기와는 달리 출력단의 지연선을 제거하여 디지털 FIR 필터와 같은 기능을 수행하도록 되어있다. 이렇게 구성된 증폭기의 특성은 트랜스버스 아날로그 필터의 특징을 가지며 아래와 같은 식으로 표현될 수 있다.

$$H(\omega) = A_v(1 + D^{-1} + D^{-2} + D^{-3}) \quad (1)$$

여기서, $A_v = g_m Z_0 / 2$, g_m 은 MOS 소자의 트랜스컨덕턴스이고 $D = \exp(j\omega\tau)$ 이다

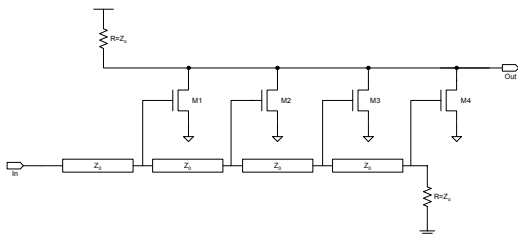


그림 1. 분산증폭기 기반 4단 이동평균 FIR 필터 증폭기

그림 2는 그림 1에서 소개한 FIR 필터 증폭기를 변형하여 5GHz 대역의 LNA를 구성한 회로이다. 분산증폭기를 구성하기 위한 지연선의 경우 물리적인 길이의 제약 때문에 상대적으로 높은 주파수의 증폭기를 구현에 유리하다

그림 1의 분산증폭기 기반 필터 증폭기와는 달리 LNA의 경우 협대역 응용이기 때문에 출력의 저항 대신 인덕터를 이용하였고 매칭 네트워크를 구성하여 50Ω 임피던스에 맞추어 증폭도 및 노이즈 특성을 최대한 개선하였다

본 논문에서는 제안된 LNA의 기능이 필터로서 동작하는지를 검증하기 위한 구성된 회로로 입력단 지연선 종단의 저항 터미네이션은 광대역 매칭이 가능한 저항으로 구성하였다

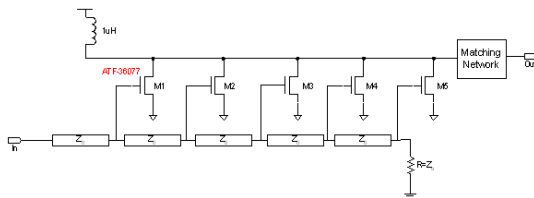


그림 2 지연선을 이용한 기반 FIR 필터 LNA

추후, 인덕터와 캐패시터로 구성된 매칭 네트워크로 구성 가능하며 LNA의 노이즈 특성 개선을 기대할 수 있다. 본 논문에서는 FR4 및 유전율 $\epsilon_r=10.2$ 을 가지는 PCB 보드에 GaAs 소자를 이

용하여 구성하였고 ADS를 이용하여 그 특성을 분석하였다.

III. 시뮬레이션

앞서 설명하였듯이, 본 논문에서는 ATF36077 GaAs 소자를 이용하여 5GHz 대역의 FIR 필터 LNA를 구성하였다.

그림 3은 지연선은 FR4 PCB 보드 위에 스트립 라인으로 구성하여 너비 100mil, 길이 1260mil의 약 200ps 지연을 가지는 지연선으로 LNA를 구성하여 그 특징을 보았다.

이동평균 FIR 필터에서 관찰되는 특징인 필터 특성이 그대로 관찰됨을 볼 수 있고 중심주파수 5GHz 대역에서 약 10dB 정도의 증폭을 가지는 것을 관찰할 수 있다. 메인 로브와 사이드 로브간의 차이가 12dB 이상으로 이론적인 13dB에 부합함을 볼 수 있다.

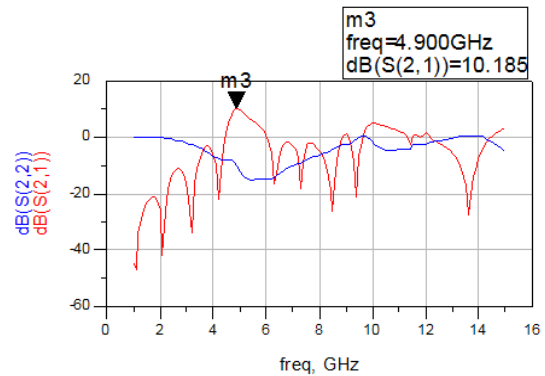


그림 3. FR4 PCB에 구성된 5GHz FIR 필터 LNA 필터의 전달전력 특성 및 출력단 반사전력 특성

그림 4은 지연선은 FR4 PCB 보드 대신에 유전율, $\epsilon_r=10.2$ 인 고주파수 PCB 보드를 이용하여 만든 동일한 대역의 LNA의 전달 특성 및 노이즈 특성을 보여주고 있다. 200ps 지연선을 구성하기 위해 길이 504mil의 스트립라인이 사용되었다 따라서, 지연선 구성상 두 배 이상의 크기 절감을 기대할 수 있다.

시뮬레이션 결과 앞서 구성한 LNA와 비슷한 전력전달 및 반사전력 특성을 가짐을 확인할 수 있다. 시뮬레이션 상의 noise figure (NF)는 5GHz에서 약 4dB로 일반적인 LNA의 NF에 비하여 다소 높지만 이것은 앞서 언급한 대로 입력단의 분산증폭기의 광대역 매칭을 위한 저항 터미네이션 구조를 그대로 사용한 결과로 협대역 응용시 인덕터와 캐패시터로 구성된 매칭 네트워크를 사용한다면 NF를 2dB 이하로 줄일 수 있을 것이라 판단된다

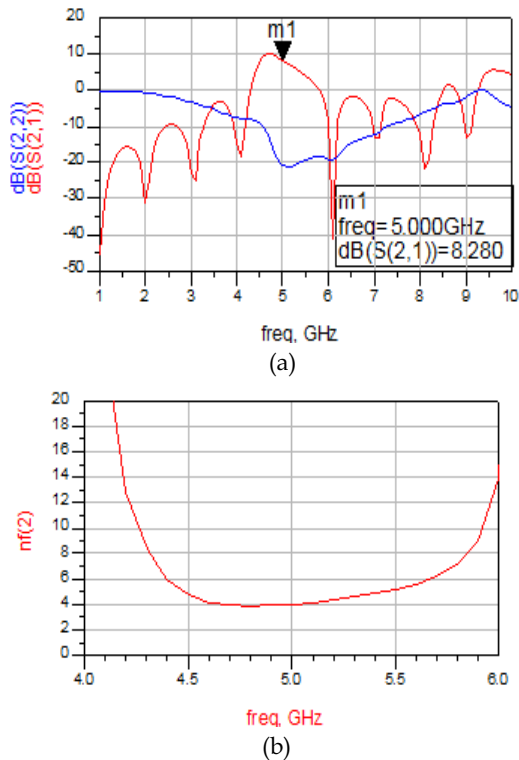


그림 4. 고주파수 PCB ($\epsilon_r=10.2$)에 구성된 5GHz FIR 필터 LNA 필터 특성 (a)전달전력 및 출력단 반사전력 (b)noise figure (NF) 특성

V. 결 론

본 논문에서는 RF 시스템의 증폭기 및 주파수 선택도를 증가시킬 수 있는 분산증폭기 구조의 지연선 기반 FIR 필터 LNA를 제안하였다.

중심주파수 5GHz인 분산증폭기 기반 LNA FIR를 GaAs FET을 이용하여 FR4 및 유전율 $\epsilon_r=10.2$ PCB에 구현하였고 ADS를 이용하여 그 특성을 분석하였다.

시뮬레이션 결과 중심주파수 5GHz 대역에서 약 10dB 정도의 증폭을 가지며, 메인 로브와 사이드 로브간의 차이가 12dB 정도인 MA FIR 필터 특성을 동시에 가짐을 관찰할 수 있었다.

NF는 5GHz에서 약 4dB로 일반적인 LNA의 NF에 비하여 다소 높았지만 이것은 제안된 증폭기 입력단 터미네이션으로 분산증폭기 구조와 동일하게 광대역 매칭을 위한 저항을 사용하였기 때문이며 협대역 응용시 인덕터와 캐패시터로 구성된 매칭 네트워크를 사용한다면 NF를 2dB 이하인 일반적인 LNA가 가지는 NF 정도를 가질 것으로 판단된다.

본 논문에서 제안된 FIR 필터 형태의 LNA는 RF 시스템에서 다양한 형태의 증폭기 및 필터 응용의 가능성을 기대해 볼 수 있다.

참고문헌

- [1] Wilhelm Jutzi, "Microwave Bandwidth Active Transversal Filter Concept with MESFETs," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-19, pp.760-767, Sept. 1971.
- [2] Wen Wu, Quanrang Yang, TongLi, "New Design Method for the Distributed Amplifier," IEEE MTT-S Digest, 1993, pp.301-303
- [3] 여협구, "분산증폭기 기반 GHz 대역 아날로그 FIR 필터 설계", 한국정보통신학회논문지, 2012, 16권 8호, pp.1753-1758