

A LNA for 2.4GHz Bluetooth application

유정근¹ · 김정태² · 허창우³

목원대학교

A LNA for 2.4GHz Bluetooth application

Jeong-gun Yoo¹ · Jeong-tea Kim² · Chang-wu Hur³

Mokwon University

E-mail : voice666@mokwon.ac.kr

요 약

본 논문에서는 Bluetooth applications를 위한 Bipolar Transistor low noise amplifier (LNA)를 설계하였다. 설계된 LNA는 2.4GHz에서 14.3[dB]의 Gain과 1.59[dB]의 NF를 보였다. 또한 S11은 -13.5[dB], S22는 -21.4[dB]의 양호한 값은 보였다.

키워드
LNA, BJT, Bluetooth

1. 서 론

근거리에서 데이터 전송에 필요한 모든 케이블을 없애는 것을 목표로 지난 1998년 SIG(Special Interest Group)가 결성된 후 급속한 기술발전을 보여온 블루투스는 2.4GHz 대역의 산업, 과학, 의료용(ISM;Industrial Scientific and Medical)주파수 대역을 이용하여 좁은 공간에서의 무선 접속(Radio Link)을 구현하기 위한 하나의 무선 인터페이스 규격으로 사용용도에 따라 응용분야가 다양할 뿐만 아니라, 전 세계적으로 소 출력 설비로서 허가 없이 사용하는 무선설비로 분류되어 국가 인증만 받으면 누구나 사용할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 블루투스 송수신기에 포함되어 있는 Low Noise Amplifier를 설계하고자 한다.

Low Noise Amplifier는 송수신기에서 안테나를 통해 들어온 미세한 신호가 제일 먼저 거치는 부품이기 때문에 Sensitivity와 잡음특성이 무엇보다 중요하다. 특히 저 잡음 증폭기의 잡음특성은 전체 수신기의 noise를 결정하므로 2.0dB이하의 잡음특성을 보여야 한다. 그리고 LNA 뿐만 아니라 송수신기의 모든 부품들은 Power Consumption이 중요한 terminology가 되는데, 본 논문에서 설계하고자 하는 LNA는 컬렉터-이미터 전압은 2V, 컬렉터 전류는 5mA의 조건으로 설계할 것이다.

<표1>은 본 논문에서 설계될 저 잡음 증폭기의 Specification을 표로 나타낸 것이다.

표 1. LNA Spec. for Bluetooth application

Parameter	Required Specification
Voltage(V)	2
Current(mA)	5
Operating Freq.(GHz)	2.4
Gain(dB)	≥ 10
NF(dB)	≤ 2
Input IP3(dBm)	≥ 0
F1dB(dBm)	≥ -5
Input VSWR	≤ -10
Output VSWR	≤ -15
Stability	Unconditionally stable

이러한 Specification을 가지는 저 잡음 증폭기 설계를 위해 BJT를 이용하였고, 몇 개의 Stage를 이용해 증폭률을 높이지 않고 Single Stage로 필요한 만큼의 Gain만 얻고 Linearity와 Power Consumption을 고려하여 설계하였다.

II. 저 잡음 증폭기 회로 설계

<그림 1>과 같이 BJT의 동작 점에서 컬렉터-이미터 전압은 2V, 컬렉터 전류는 5mA의 특성을 갖도록 설계하였다.

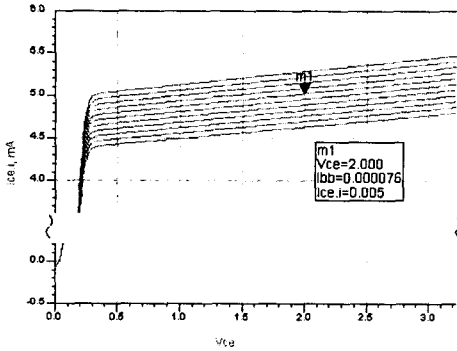


그림 1. Bias Point

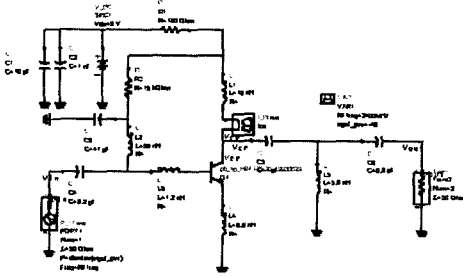


그림 2. Schematic of designed LNA

<그림 2>와 같이 제안된 LNA는 비교적 간단한 고정바이어스 회로를 이용하여 설계하였다.

DC 입력단의 L1, L은 RF Choke용으로 달아 주었고, AC Bypass용으로 C1, C2, C3을 달아 주어 원하지 않는 주파수에서 발진이 일어나지 않도록 했다.

이미터 쪽에는 Degeneration L을 달아 Stability와 Linearity를 보정해 주었다. 그리고 입력 Impedance matching단 또한 Degeneration L에 의해서 비교적 간단히 직렬 L로 이루어졌다.

$$F(\text{noise factor}) = \frac{\text{input SNR}}{\text{output SNR}} \quad (1)$$

$$NF(\text{noise figure}) = 10 \log(F) \text{ [dB]} \quad (2)$$

LNA는 잡음특성이 매우 중요하다. 제안된 LNA에서는 NF를 2.0[dB]이하가 되도록 설계하였다. Gain과 잡음지수를 좋게 하기 위해서는 Matching이 중요하게 되는데, 잡음지수 경우에는 출력 Impedance Matching보다는 입력 Impedance Matching 시 회로의 잡음특성에 많은 영향을 끼치게 된다.

Smith Chart상에서 회로의 NF Circuit과 Gain Circuit은 다른 곳에 존재하게 된다. 그래서 입력 Impedance Matching 시에는 Gain보다는 NF를 우선으로 Optimization한다.

NF의 Optimization을 <그림 3>에 나타내었다.

<그림 3>에 나와 있듯이 2.4GHz의 NF는 Smith Chart의 중심점에 있지만, 입력단의 반사계수는 중심점에서 약간 떨어진 곳에 존재한다. 이렇게 되면 회로의 Gain은 최상의 값을 얻지는 못하지만 잡음특성은 최상의 특성을 낼 수 있게 된다. <그림 4>에는 회로의 NF를 보여주고 있다.

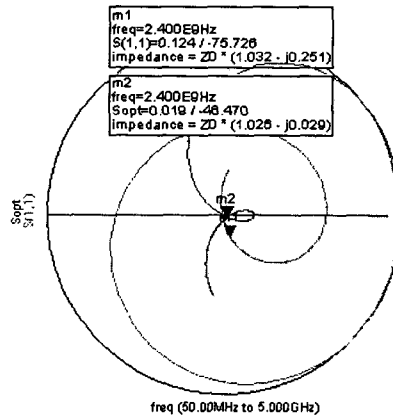


그림 3. S11 & NF in Smith chart

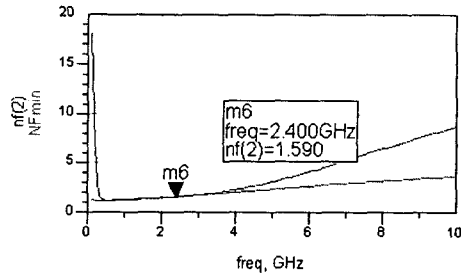


그림 4. NF & NFmin

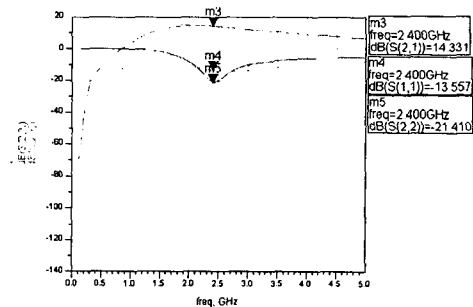
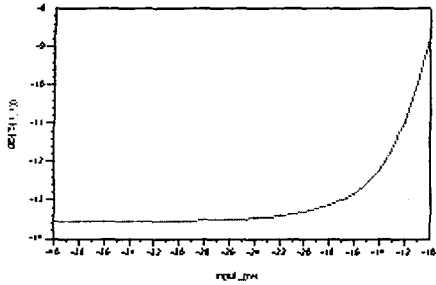
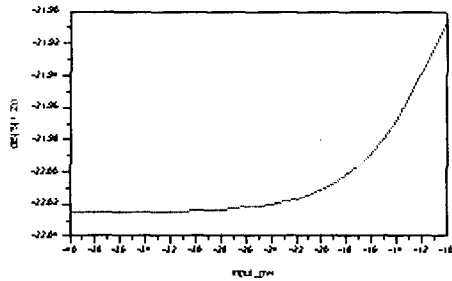


그림 5. Simulation results of S-parameter

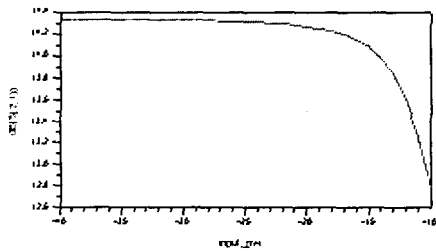
<그림 5>는 S-parameter 모의실험 결과이다. S11은 -13.5[dB], S22는 -21.4[dB], S12(Gain)는 14.3[dB]로 모두 처음 목표했던 값 이상으로 나왔다.



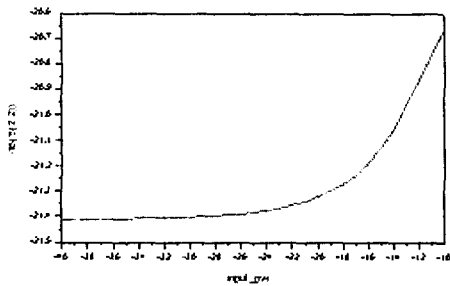
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 6. (a), (b), (c), (d) Curves of S-parameter vs. input power

<그림 6>은 입력되는 Power의 변화에 따른 S-parameter들의 변화를 나타낸 그래프이다. 안테나를 통해서 LNA에 입력되는 Power가 아주 미세한 것을 감안한다면 양호한 값을 보였다.

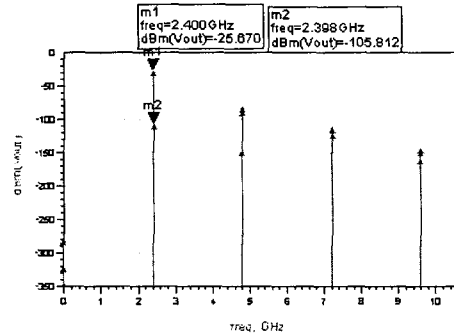


그림 7. Harmonic 특성

Tr에서는 하나의 주파수가 들어오더라도 Harmonic들을 생성한다. Tr은 비선형 소자이기 때문에 회로를 선형적으로 동작 시키려면 회로의 Linearity가 중요하게 된다.

<그림 7>에 Harmonic특성을 나타내었다. Fundamental 주파수에서의 신호와 2차 Harmonic 주파수에서의 전력 차이가 80[dBm]정도의 양호한 값을 보였다.

III. 저 잡음 증폭기 제작

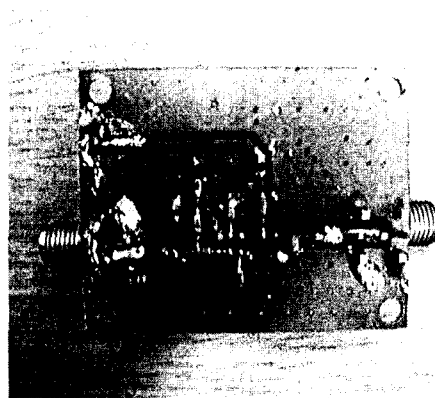


그림 8. 제작된 LNA(43mm × 32mm)

<그림 8>은 제작된 LNA이다. 설계된 LNA는 유전율 FR4($\epsilon_r = 4.3$, conductor 두께=0.018mm, 높이=1.6mm)를 사용해서 제작되었다.

참고문헌

- [1] 박성수, 현석봉, "블루투스(Bluetooth) RFIC 기술 현황", 대한전자공학회지, vol.029, No.009, pp.39-47, 2002.09.
- [2] 황준식, "블루투스 기술기준과 발전방향", 한국전자과학회지, vol.12, No.4, pp.3-12, 2001.10.
- [3] Guillermo. Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design, Prentice Hall, Inc. 1996.
- [4] Reinhold Ludwig, RF Circuit Design, Prentice Hall, Inc. 2000.
- [5] David M. Pozar, Microwave Engineering, John Wiley & Sons, Inc. 1998.