

10 GHz 대역 LC-CMOS QVCO

*구광희, 김창우
 경희대학교 일반대학원 전자전파공학과
 hwe1727@khu.ac.kr

A 10-GHz Band LC-CMOS QVCO

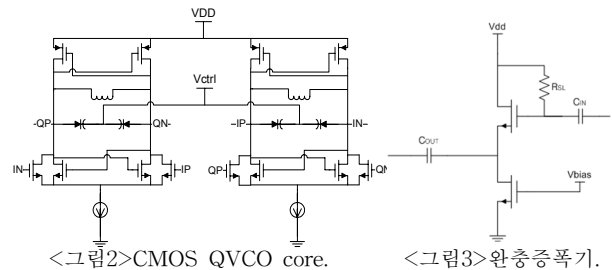
*Kwang-Hoe Koo and Chang-Woo Kim
 Graduate School Dept. of Electronics and Radio Engineering
 KyungHee University

Abstract

A quadrature voltage controlled oscillator(QVCO) with MOS-varactors has been fabricated for X-band applications. The QVCO consists of two cross-coupled differential cores and buffer amplifiers, which has fabricated in TSMC 0.18 μ m CMOS process. The QVCO exhibits a frequency tuning range from 8.38 GHz to 10.62 GHz. The phase noise is -88 dBc/Hz at 1 MHz-offset frequency. The total bias current is 25 mA including four buffer amplifiers.

I. 서론

Frequency synthesizer 및 특정 목적을 갖는 Mixer의 경우 Quadrature 신호를 많이 이용하고 있다. 차동 형태의 Gilbert Cell 구조를 기초로 하는 SSB(Single side band)-Mixer, IR(Image reject)-Mixer의 경우 I/Q 각각이 차동으로 입력되어야 한다. 이들의 동작을 위해서는 quadrature 입력 신호가 필요하다. 시스템 내에서 Quadrature 신호를 만드는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있다. 그중 phase shifter를 이용하거나 디바이더를 사용하여 Quadrature 신호를 만들 경우 설계는 간단하지만 손실이 크고, 광대역 동작이 어려우며, 또는 불필요하게 높은 주파수의 발진기 설계를 통해 디바이더로 주파수를 분주해야 한다. [1] QVCO를 이용하여 quadrature 신호를 만들 경우, phase error가 거의 없이 광대역 동작에 유리하고, 디바이더 사용시 필요 이상의 고주파 발진을 유도하지 않아도 된다. 본 연구에서는 CMOS 공정을 이용하여 8.38 - 10.62 GHz의 주파수 튜닝범위를 갖고, X-band 이용이 가능한 QVCO를 제작하였다.



II. CMOS QVCO 설계

<그림2>는 QVCO core의 구조이다. 바이어스 전압은 1.8 V이며, 각 출력단에 완충증폭기를 추가하였다. 독립적인 두 개의 VCO core가 coupling 트랜지스터에 의해 연결된 구조로써, coupling 트랜지스터의 drain-gate 커패시턴스에 의해 phase-shift가 생긴다. 이것이 90°의 위상차로 다른 노드와 연결됨으로써, 전체적으로 4개의 출력포트는 quadrature 신호를 출력하게 된다.

공진주파수는 식, $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 에 의해 결정된다.

CMOS VCO는 MOS-varactor를 이용하여 공진주파수를 조절하는데, 조절전압에 따라 bulk-depletion 커패시턴스가 변함으로써 공진부의 공진주파수의 변화를 유도하여 발진주파수를 변화시킨다. [2]

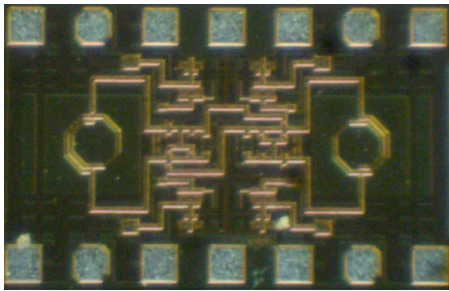
완충증폭기(Buffer amplifier)는 QVCO 각각의 출력단에 연결함으로써, loading effect를 제거하는 목적으로 사용되었다. VCO core에 영향을 주지 않기 위해 큰 입력 임피던스를 갖는 공통드레인 구조를 이용하였으며 구조는 <그림3>과 같다.

III. 측정 결과

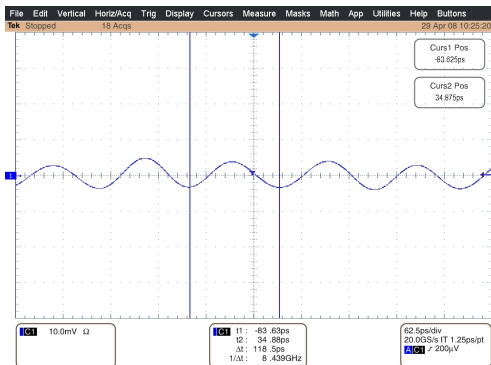
본 논문의 QVCO는 완충증폭기를 포함한 모든 회로 구성요소를 Chip 내부에 포함하였으며, Bare chip 상태에서 On wafer probe를 이용하여 측정하였다. 제작된 QVCO의 chip 사진은 <그림4>와 같으며, 그 크기는 $980 \times 603 \text{ nm}^2$ 이다.

출력파형을 보기 위하여 오실로스코프를 이용해 저 주파수 대역의 출력파형을 측정하였으며, <그림5>와 같다. 측정된 한 주기(Δt)는 발진주파수가 8.43 GHz 임을 나타내고 있다. 주파수 스펙트럼 및 위상잡음 특성은 Agilent社의 E4407B를 이용하여 측정하였으며, <그림6>에 최저 주파수(a)와 최고 주파수(b)의 스펙트럼이 나타나 있다. 출력전력은 튜닝전압이 높고 발진 주파수가 높을수록 상승한다. 위상잡음은 발진주파수가 8.35 GHz 일 때 측정하였으며, 1MHz-offset frequency에서 -88.9 dBc/Hz 로써, <그림7>과 같다.

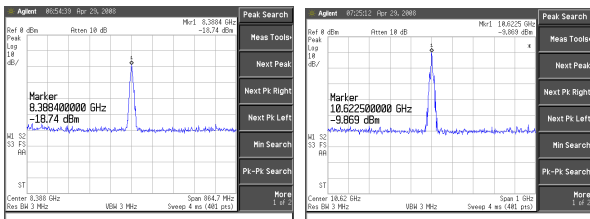
<그림8>을 통해 QVCO의 튜닝전압에 따른 발진주파수와 출력전력의 변화를 알 수 있으며, 발진주파수의 튜닝범위는 8.38 - 10.6 GHz이고, 출력전력의 변화 범위는 $-18.7 - -9 \text{ dBm}$ 이다.



<그림4> QVCO의 die photo ($980 \times 603 \text{ nm}^2$).

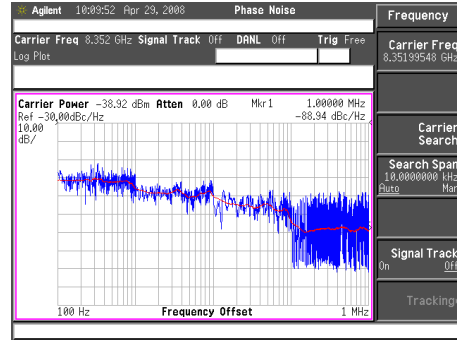


<그림5> 출력파형($f_0=8.4\text{GHz}$).

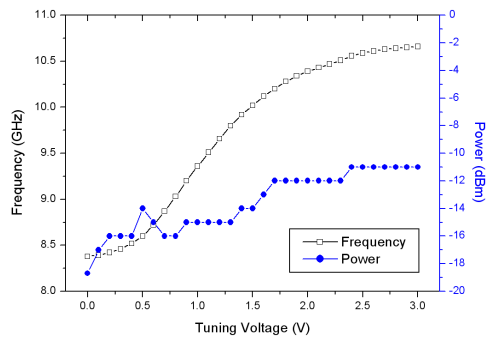


(a) (b)

<그림6> 주파수 스펙트럼 (a) $V_{\text{tune}}=0\text{V}$, (b) $V_{\text{tune}}=3\text{V}$.



<그림7> 위상잡음(-88.9dBc/Hz @ 1MHz offset).



<그림8> 튜닝전압에 따른 발진주파수 및 출력전력.

IV. 결론

본 논문에서는 TSMC의 $0.18\mu\text{m}$ CMOS 공정으로 QVCO를 제작하였다. Bias 전압이 1.8 V 이고, 소모전류가 25mA 일 때, 8.4 - 10.6 GHz (22%) 의 주파수 튜닝범위를 가지며, 위상잡음은 $-88.9 \text{ dBc/Hz}@1\text{MHz}$ offset 으로써, X-band application이 가능하다.

참고문헌

- [1] Chan-Young Jeong, Mi-Young Lee, Changsik Yoo, "Low-Phase Noise LC-tank Quadrature Voltage Controlled Oscillator," Asian Solid-State Circuits Conference, 2005 Nov. 2005 Page(s):269 - 272
- [2] O, K.K.; Namkyu Park, Dong-Jun Yang, "1/f noise of NMOS and PMOS transistors and their implications to design of voltage controlled oscillators," Radio Frequency Integrated Circuits (RFIC) Symposium, 2002 IEEE 2-4 June 2002 Page(s):59 - 62