

# 60GHz PLL용 VCO와 프리스케일러의 연구

이종석, 문 용

승실대학교 정보통신전자공학부

전화: (02)825-8108, E-mail: ljs1385@ssu.ac.kr

## A Study of VCO and Prescaler for 60GHz PLL

Jongsuk Lee and Yong Moon

School of Electronic Engineering, Soongsil University

### 요 약

60GHz 무선 통신 시스템에서 클락 생성 PLL에 사용되는 VCO와 프리스케일러를 65nm CMOS 공정을 사용하여 설계했다. VCO는 전류소스와 NMOS 차동쌍 LC구조로 설계하였으며 프리스케일러는 ILFD(Injection Locking Frequency Divider) 방식에 베렉터를 이용하여 최대 동작 주파수 범위를 2배 이상 증가시켰다. 측정결과 VCO는 56.8~60.1GHz의 동작 범위와 58GHz에서 -9.33dBm의 출력전력, -106.17dBc/Hz@10MHz의 위상잡음이 측정됐다. 프리스케일러는 VCO의 동작범위를 수용하며 30GHz에서 4.63dBm의 출력전력과 -114.33dBc/Hz@10MHz의 위상잡음이 측정됐다. 전원전압 1.2V에서 소모전력은 VCO는 13.2mW, 프리스케일러는 42mW(VCO 1개 포함) 이다.

### Abstract

VCO and a prescaler for clock generation PLL of 60GHz wireless communication systems are designed by 65nm CMOS process. The architecture of VCO is current source and NMOS cross-coupled LC type and the prescaler is ILFD with varactor for 2 times tuning range. The measurement results is that VCO has the tuning range of 56.8~60.1GHz, the output power of -9.33dBm and the phase noise of -106.17dBc/Hz@10MHz at 58GHz. The proposed prescaler operates at the tuning range of VCO and has the output of 4.63dBm and the phase noise of -114.33dBc/Hz@10MHz at 30GHz. The power consumption of VCO is 13.2mW and the prescaler dissipates 42mW(include VCO) with 1.2V power supply.

Keywords : Millimeter wave communication systems, VCO, ILFD(Injection Locking Frequency Divider), Clock generator, PLL

## I. 서 론

60GHz 대역 통신은 고속 데이터 통신이 가능하고 안테나와 칩 크기가 작으며 허가받지 않은 주파수대역이라는 장점 때문에 밀리미터 웨이브 통신에서 많은 연구개발이 이루어지고 있다. 60GHz 통신을 하기 위해서는 기본적으로 60GHz의 클락이 필요하며 주로 PLL을 이용하여 생성한다<sup>[1-2]</sup>. 60GHz PLL에서 높은 주파수를 만들기 위한 가장 중요한 블록은 VCO (Voltage Controlled Oscillator)와 프리스케일러이다<sup>[3]</sup>.

본 연구에서는 60GHz 대역 통신 시스템에 적용할 PLL에서 VCO와 고티출력 프리스케일러를 65nm CMOS 공정을 사용하여 설계했다.

## II. 본 론

### 1. 60GHz VCO

60GHz PLL의 블록도는 그림1과 같다.

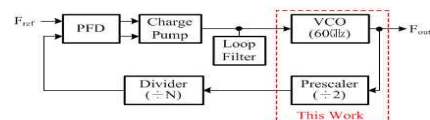


그림 1. 60GHz PLL 블록도

VCO는 NMOS 차동쌍 LC 구조를 사용하였으며<sup>[2]</sup>, 그 결과 낮은 출력전력을 확인했다. 하지만 PLL에서 VCO의 출력 침투치가 너무 낮으면 분주기의 고속 동작에 제한을 받는다. 이러한 문제점은 VCO와 분주기

사이에 고출력 프리스케일러를 사용하여 분주기에 고속 동작에 문제없는 입력레벨을 공급해주고, 30GHz로 낮은 주파수를 제공하여 해결할 수 있다.

### 2. 고출력 프리스케일러

60GHz PLL에서  $F_{ref}$  주파수는 수십~수백MHz 이므로 VCO의 60GHz 대역의 출력을 분주하기란 실질적으로 어렵다. 그러나 30GHz 이하의 출력을 분주하는 분주기는 상대적으로 많으므로<sup>[4]</sup> 2분주 프리스케일러를 설계했다. 제안하는 VCO와 고출력 프리스케일러는 기존의 ILFD 방식을 사용하였고<sup>[5]</sup>, 동작범위를 넓히기 위해 벡터를 추가하였으며 회로는 그림2와 같다.

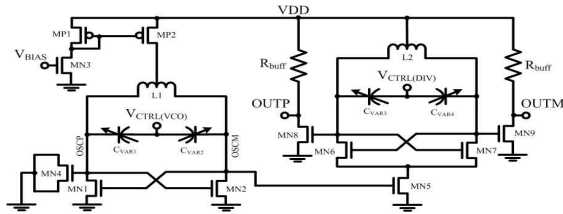


그림 2. VCO와 프리스케일러 회로도

분주기의 입력 레벨이 낮으면 30GHz의 주파수를 입력을 받아도 고속 동작이 어렵기 때문에 프리스케일러의 출력단에 50옴 매칭 버퍼를 추가했다. 또 VCO의 출력은 차동신호이고 프리스케일러는 단일신호 구조이기 때문에 VCO의 한쪽 출력을 MN5와 같은 캐패시터의 크기로 단락시켰다. 시뮬레이션 결과 프리스케일러는  $V_{CTRL(DIV)}$  전압에 의해 55~60.8GHz의 입력까지 분주가 가능하다.

### III. 측정 결과

측정은 프로브스테이션을 이용하여 웨이퍼상에서 검증하였다. VCO블록과 VCO와 프리스케일러가 합쳐진 블록의 결과를 확인했으며 칩 사진은 그림3과 같다.

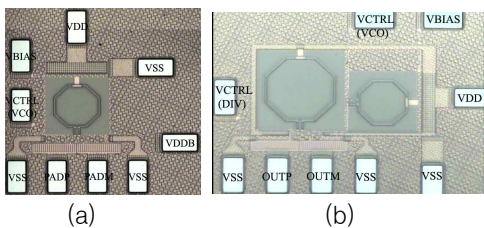


그림 3. 칩사진 (a)VCO (b)프리스케일러와 VCO

60GHz 대역의 측정은 스펙트럼 분석기와 외부믹서를 이용하여 측정하는데 측정환경에서 손실이 발생하며, 그 손실 값은 표1과 같다.

표 1. 측정환경에서 발생하는 손실 값

소자	사용목적	손실값 [dB]
Probe	PAD에 접촉하여 신호를 전달	1.2
Cable	Probe와 mixer 연결 또는 mixer와 스펙트럼분석기 연결	1.1
External mixer	V-band 영역 측정	34.7@58G
Adapter	mixer와 SMA cable 연결	0.5

손실 값을 보정한 결과 VCO는 56.8~60.1GHz의 동작범위와 58GHz에서 -9.33dBm의 출력전력을 갖고 10MHz 오프셋 주파수에서 -106.17dBc/Hz의 위상잡음을 갖는다. 프리스케일러는 외부믹서 없이 측정하였으며 그 결과 30GHz에서 4.63dBm의 출력과 10MHz 오프셋 주파수에서 -114.33dBc/Hz의 위상잡음이 측정됐다. 소모전력은 1.2V 전원에서 VCO는 13.2mW이고, 프리스케일러는 42mW(VCO 포함)이다. 그림4와 그림5는 VCO 및 프리스케일러의 측정결과이다.

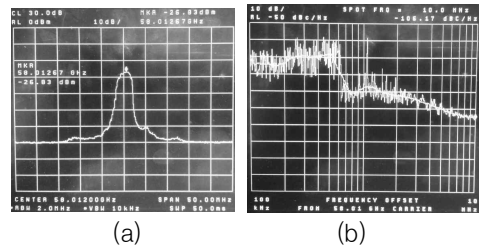


그림 4. VCO 측정결과 (a)출력전력 (b)위상잡음

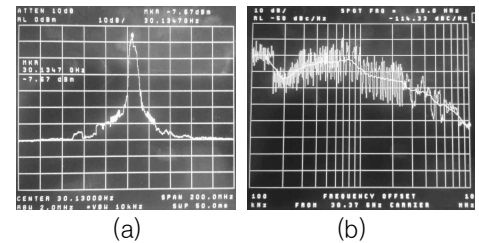


그림 5. 프리스케일러 측정결과 (a)출력전력 (b)위상잡음

그림4와 그림5를 통해 낮은 입력레벨이 입력되지만 높은 출력을 내보내는 것을 확인했으며, 표2에서 기존 연구와 성능비교를 했다.

표 2. 기존 연구와의 성능비교

	* [1]2009 PRIMEASIA	[3]2011 RFIC	This work	
			VCO	**프리스케일러 (VCO 포함)
공정	0.18um	90nm	65nm	65nm
구조	LC	ILFD	LC	ILFD
동작범위 [%]	6.2	6.6	5.7	>5.7
출력전력 [dBm]	-33.6	-13.5	-9.33	4.63
위상잡음 [dBc/Hz]	-85@1M	** -114 @100k	-106.17 @10M	-114.33 @10M
전력소모 [mW]	30.8	3.75	13.2	42

\*Simulation results

\*\*60GHz input signal is -101dBc/Hz@100kHz

#### IV. 결 론

60GHz PLL용 VCO와 고출력 프리스케일러를 65nm CMOS 공정을 사용하여 제작했다. 측정결과 VCO는 56.8~60.1GHz의 동작범위와 58GHz에서 -9.33dBm의 출력전력, -106.17dBc/Hz@10MHz의 위상잡음이 측정되었다. 프리스케일러는 VCO의 동작범위를 수용하면서 30GHz에서 4.63dBm의 출력전력과 -114.33dBc/Hz@10MHz의 위상잡음이 측정됐다. 전원전압 1.2V에서 소모전력은 VCO는 13.2mW, 프리스케일러는 42mW(VCO 1개 포함) 이다. 제안하는 VCO와 고출력 프리스케일러를 이용한다면 60GHz 무선 통신 시스템에서 사용되는 PLL의 구현이 용이할 것으로 여겨지며, 상기 대역의 활용도가 증가하리라 예상된다.

#### 감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA- 2014-H0301-14-1008)

#### 참 고 문 헌

- [1] Yayue Dai, Jinfang Zhou, Boyu Nie, Chen, Kangsheng., "A 60GHz voltage-controlled oscillator with a 3.6GHz tuning range in 180nm CMOS technology," IEEE, PRIMEASIA, pp.93-96, Jan. 2009.
- [2] 이종석, 문용, "V-band PLL용 60GHz VCO의 설계," 제 21회 반도체학술대회, 2014년 3월
- [3] M.-W. Li, H.-C. Kuo, T.-H. Huang, and H.-R. Chuang, "60 GHz CMOS divide-by-5 injection-locked frequency divider with an open-stub-loaded floating-source injector," IEEE RFIC Symp., pp. 1-4, Jun. 2011.
- [4] Y. Ding and K. O. Kenneth, "A 21-GHz 8-Modulus Prescaler and a 20-GHz Phase-Locked Loop Fabricated in 130-nm CMOS," IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 42, no. 6, pp. 1240-1249, Jun. 2007.
- [5] M. Tiebout, "A CMOS direct injection-locked oscillator topology as high-frequency low-power frequency divider," IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 39, no. 7, pp. 1170-1174, Jul. 2004.