

WCDMA(UMTS)용 다중출력 VC-TCXO

정찬용*, 이해영**

삼성전기(주)*, 아주대학교 전자공학부**

Multi-output VC-TCXO for WCDMA(UMTS)

Chan-yong Jeong*, Hai-young Lee**

SAMSUNG Electro-Mechanics Co., Ltd*

Ajou University, Electronics Engineering Department**

E-mail : jeffjeong@samsung.com*, hylee@ajou.ac.kr**

Abstract

Multi-output VC-TCXO (Voltage Controlled-Temperature Compensated Crystal Oscillator) for WCDMA has integrated the additional CMOS inverter, so it can be normal clipped sinewave output and additional CMOS output and it can be satisfied the VC-TCXO Characteristics that WCDMA system required. In this paper, however 26MHz is used for reference frequency, similarly and practically, it is usable from 10MHz to 40MHz, Most important factor to integrate CMOS inverter internally is the isolation between normal output and additional output. For this, it is separated in package design, due to this, when it isn't used additional output, it shows the same electrical performance, when it is used additional output, it has minimum-rized the interference. and then the important characteristics in reference oscillator are met to WCDMA system's requirements, like phase noise and frequency short term stability.

I. 서론

최근 Mobile system 의 급속한 발전에 따라, 관련된 Mobile 부품의 개발이 요구되고 있으며, 특히 기존의 Mobile 부품 소형화와 병행하여, 주변회로 및 소자와의 복잡화가 진행되고 있다. System 전반에 Reference frequency 로는 CDMA(Code Division Multiple Access) 방식에서는 통상 VC-TCXO 를 사용하고 있으며, GSM(Global System for Mobile communication) 방식에서는 VC-TCXO 와 Crystal resonator 를 병행하여 사용하고 있다.^[1] 이 중 GSM 영역에서 Crystal resonator 를 사용하는 경우에는 RF chipset 에 Crystal oscillator 회로가 내장

되어 있는 것으로, 실제 회로 동작 관점에서는, 두가지 모두 같은 동작을 수행한다고 할 수 있다. 그리고 CDMA 방식에서 VC-TCXO 를 사용하는 이유는 Chipset maker 에서 VC-TCXO 를 기준으로 설계한 이유도 있으나, Code 암호화로 인해, 상호 동기화가 중요한 이론적인 측면을 볼때, CDMA 방식에서 Reference 의 요구조건이 더 까다로움을 알 수 있다. 최근 Mobile system 은 현재의 2.5G (2.5th Generation)를 지나 3G (3rd Generation)를 준비하고 있으며, 이 중 GSM 방식은 WCDMA (UMTS, Universal Mobile Telecommunication System) 방식으로 준비되고 있다.^[2] 여기에 Reference 로 동작하는 VC-TCXO 또한 예외가 아니며, 이로 인해 기존과 다른, 새로운 제품의 개발이 요구되고 있다. 통상 VC-TCXO 에서 출력되는 Clipped sinewave 는 RF block 에 사용되고, Logic IC 에는 기본적인 Clipped sinewave 를 회로 주변에 추가 버퍼를 사용하여 CMOS 출력으로 변형하여 사용하고 있다. 복잡화에서 가장 어려운 점은 기존출력과 추가 출력간의 상호 영향력을 차단하는 것이다. 또한 Reference oscillator 의 중요한 특성인 위상잡음(Phase noise) 및 주파수 단기 안정도(Frequency short term stability) 특성을 확보하는 것이다.^[3]

이에 본 논문에서는 3G WCDMA 에 대응하고 상기의 Clipped sinewave 와 CMOS 출력을 동시에 가능하게 하여 Mobile system 의 소형화 및 복잡화에 대응하고자 한다.

II. 본 론

1. Crystal resonator (Quartz)

현재의 무선통신의 Reference 에 사용되는 Crystal resonator (Quartz)는 시간변화와 온도변화에 대해 매우 안정되고, 매우 높은 Q 값을 갖는 특징으로 대부분의 Mobile system 에 사용된다.

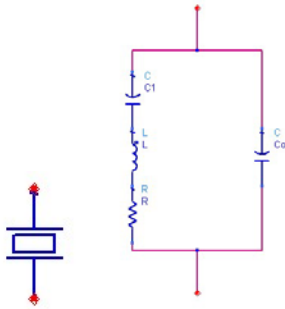


그림 1. Circuit symbol and Equivalent circuit of a crystal resonator (Quartz)

등가회로는 그림 1 과 같이 나타내며, 직렬공진(Series resonance mode)과 병렬공진(Parallel resonance mode) 의 특성을 가지고 있다. [4] 이러한 공진특성은 Series inductance L, Series capacitance C₁, Series resistance R_s, Parallel capacitance C₀로 특징지어진다. 커패시턴스 C₀는 Crystal blank 면의 전극사이의 정전 용량을 나타낸다. 표 1 과 같이 C₀ (pF) >> C₁ (fF)이며, Q 값(10,000 이상)이 높기 때문에 저항 R 을 무시하면 Crystal resonator 의 Impedance 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z(s) = \frac{1}{[sC_0 + \frac{1}{sL + \frac{1}{sC_1}}]} \quad (1)$$

식(1)을 정리하면

$$Z(s) = \frac{1}{sC_0} \frac{S^2 + (\frac{1}{L_1C_1})}{S^2 + [\frac{C_0 + C_1}{LC_1C_0}]} \quad (2)$$

식(2)로 부터 Crystal resonator 는 식(3)의 직렬공진 주파수와

$$\omega(s) = \frac{1}{\sqrt{LC_1}} \quad (3)$$

식(4)의 병렬공진 주파수를 가진다는 것을 알 수 있다.

$$\omega(s) = \frac{1}{\sqrt{L(\frac{C_1C_0}{C_1 + C_0})}} \quad (4)$$

표 1. Actual crystal resonator parameter

FL[MHz]	C ₀ [pF]	C ₁ [fF]	L[mH]	R[Ω]	Q[K]
26.00	1.12	3.38	11.10	21.70	84

2. Pierce crystal oscillator circuit

Pierce oscillator 에서 Inductor 를 대신하여 Crystal resonator 를 사용하면 수정 발진기 (Crystal oscillator) 가 된다. 이때 Crystal resonator 의 L 과 C₁, 그리고 식(5)의 직렬 등가 커패시턴스로 결정되는 공진 주파수에서 발진될 것이다.

$$(C_0 + \frac{C_g C_d}{C_g + C_d}) \quad (5)$$

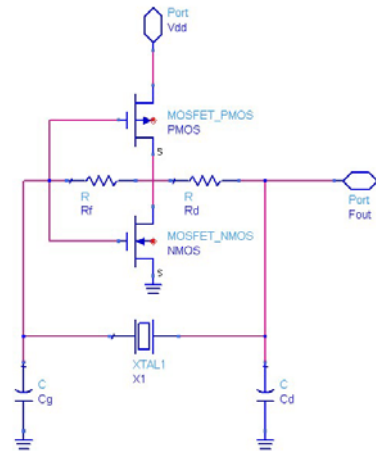


그림 2. Pierce crystal oscillator circuit

C 이 세 개의 다른 Capacitance(C₀, C_g, C_d) 보다 매우 작기 때문에, 이 커패시턴스가 발진 주파수는 식(6)과 같이 된다. [5]

$$\omega(s) = \frac{1}{\sqrt{LC_1}} \quad (6)$$

3. CMOS inverter

CMOS inverter 회로는 입력전압 V_I (Input)에 의해 제어되는 NMOS Pull down transistor 와 PMOS Pull up transistor 로 구성되어 있다.

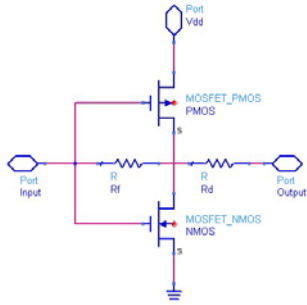


그림 3. CMOS inverter circuit

통상 대개 문턱전압은 V_m 과 V_{tp} 는 크기가 같으며, 0.2V 에서 1.0V 사이이다. inverter 는 그림과 같이 $V_{ds} = 0$ 근처에서 산출된 개개의 MOS 의 Source-Drain 저항값으로 모델링된다. 동작면에서는 $V_I = 0$, $V_O = V_{OH} = V_{dd}$ 이면 출력은 Pull up transistor 인 PMOS, 즉 저항값으로 모델링된 R_{dsp} 를 통하여 V_{dd} 에 연결된다. 마찬가지로 $V_I = V_{dd}$, $V_O = V_{OL} = 0$ 이면 출력노드는 Pull down transistor 인 NMOS, 즉 저항값으로 모델링된 R_{dsn} 을 통하여 GND 에 연결된다. 따라서 안정상태에서는 V_{dd} 와 접지사이에는 어떠한 직접적인 전류경로가 없으며, 누설전류는 거의 없다. 동일한 방식으로 CMOS inverter 를 Logic gate 로 이해하면, NMOS 로 이루어진 Pull down network 와 PMOS 로 이루어진 Pull up network 가 그것이다. Pull down network 는 출력이 Low 되는 모든 입력조합에 대하여 출력이 0V 가 되도록 출력노드를 GND 에 연결한다. 동시에 Pull up network 는 꺼지고 V_{dd} 와 GND 사이에는 DC 통로가 없어진다. 다른 한편으로 출력이 High 가 되는 모든 입력조합은 Pull up network 를 도통하게 하여, 출력노드를 V_{dd} 로 끌어올려 출력전압이 $V_{out} = V_{dd}$ 가 되게 한다. 동시에 Pull down network 는 차단되어 회로에는 V_{dd} 에서 GND 로 이어지는 통로가 없게 된다.^[5] 위의 내용을 정리해보면, 표 2 와 같다.

표 2. Logic table

Input	Output
Low	High
High	Low

4. Design of Multi-output VC-TCXO

본 논문에서 다중 출력 VC-TCXO 는 기본적인 VC-TCXO 에 추가로 CMOS inverter^[6] 를 내재하여, 기본출력인 Clipped sinewave 와 추가 버퍼출력인 CMOS output 을 동시에 가능하도록 설계된 제품이다.

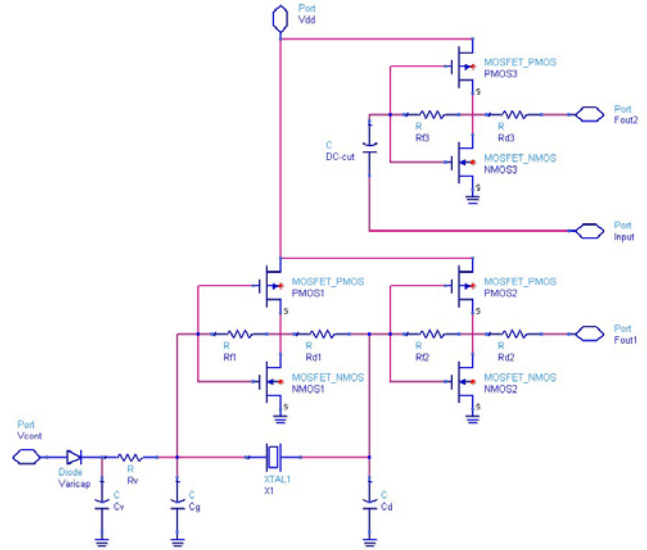


그림 4. Multi-output VC-TCXO circuit

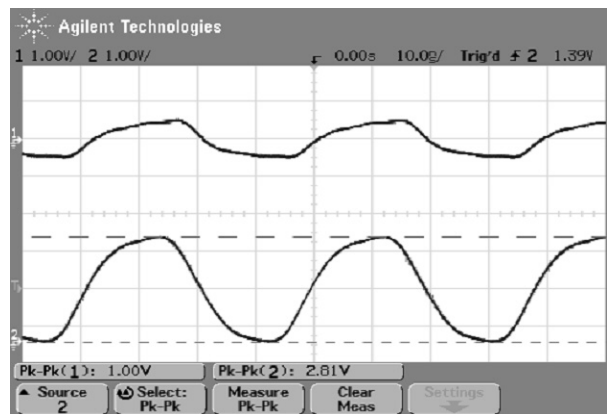


그림 5. Output level of Multi-output VC-TCXO

본 논문에서는 자세한 구조도가 언급되지 않으나, HTCC(High Temperature Co-fired Ceramic) 로 제작된 Package 내에 독립된 Cavity 로 구성하여, 전원만 연결하고 버퍼입력단(Input) 과 버퍼출력단(Fout2)을 별도로 구비하여, 기본출력(Fout1) 과 추가출력단(Fout2)간의 영향력을 최소화하도록 설계되었다. 이러한 구조에서는 추가출력(Fout2) 동작시에도, 기존의 일반적인 VC-TCXO 와 동일하게 동작되도록 설계되었다.

III. 실험

본 논문에서 구현된 다중출력 VC-TCXO 의 주요특성은 표 3 과 표 4 에 정리하여 나타내었다.

표 3. Specification table

Parameter	Value	Note
Frequency	26MHz	
Supply voltage	2.8V	
Output 1 (Normal)	0.8Vp-p Min	Clipped sinewave
Output 2 (Buffer)	Vdd	CMOS output
Current consumption	2.0mA	
Freq. vs Temperature	+/-2.0ppm	
Freq. short term stability	+/-0.05ppm/sec	
Phase noise	-128dBc/Hz	@ 1KHz

WCDMA(UMTS) 방식에서는 GSM 향 VC-TCXO 를 기본 특성으로 하며, CDMA 향 VC-TCXO 수준의 Phase Noise (-128dBc/Hz@1KHz)와 Frequency short term stability (+/-0.05ppm/sec Max)를 요구하고 있으며, 본 논문의 Multi-output VC-TCXO 는 이를 만족함을 알 수 있다.

표 4. Phase noise at offset frequency unit : dBc/Hz

1Hz	10Hz	100Hz	1KHz	10KHz
-50	-75	-105	-128	-144

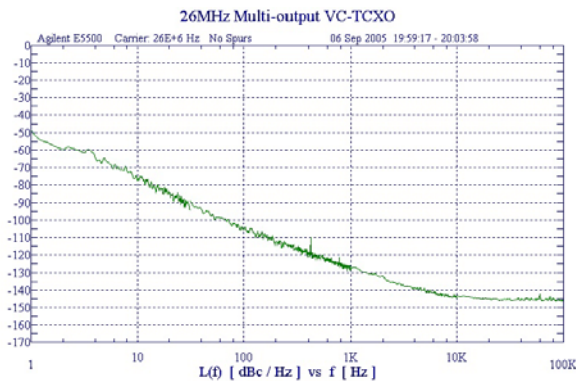


그림 6. Phase Noise of Multi-output VC-TCXO

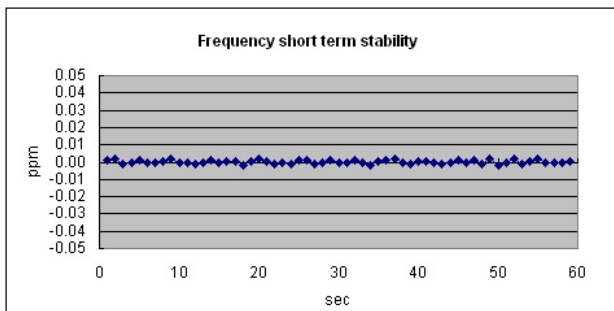


그림 7. Frequency short term stability

IV. 결론

본 논문에서는 내부에 추가로 CMOS inverter 를 내장하여 다중출력 VC-TCXO 를 설계할 수 있었다.

이는 Mobile system 의 RF block 에서 필요한 기본적인 출력외에 통상 Sound chipset 같이, High Vp-p input level 이 필요한 Chipset 에 적용될 수 있다.

본 논문의 다중출력 VC-TCXO 로 Mobile 부품의 복잡화 추세에 대응할 수 있었으며, 본 논문에서는 26MHz 로 구현을 하였으나, 10MHz 에서 40MHz 까지 응용되어 설계될 수 있어, 향후 다른 Mobile system 에도 적용될 수 있다고 판단된다.

참고 문헌

- [1] Behzad Razavi, "RF microelectronics", Prentice Hall, pp. 157-163, 1998.
- [2] Harry Holma and Anttti Toskala, "WCDMA for UMTS", John Willey&Sons, Ltd, pp. 31-33, 2002.
- [3] Ralf Achenbach, Martin Feuerstack-raible, Friedrich Hiller, Michael Keller, Karlheinz, Meier, Harald Rudolph, and Roland Saur-Brosch, "A digitally temperature-compensated crystal oscillator", IEEE journal of solid-state circuit, Vol., 35, No.10, 1504-1506, October, 2000.
- [4] Irving M. Gottlieb PE, "Practical oscillator handbook", Newnes, pp 153-154, 1997.
- [5] Adel S. Sedra, Kenneth C. Smith, "Microeletronics Circuits" , Fourth Edition (Korean), Oxford University Press Inc., pp. 1098-1101, 1998
- [6] Eiki Takahashi, Osamu Teshingawara, Kazuo Ymashita, "TCXO's employing NS-GT cut quartz crystal resonators for cellular telephones", IEEE international frequency control symposium, pp.596-567, 1994.