

# 저 비용 듀얼 대역 전압 제어 발진기 설계

오 태 성\*, 이 영 훈\*\*

호남대학교 전파공학과

전화 : (062) 940-5903 / 팩스 : (062) 940-5077

## An Ultra Low Cost, Dual-band VCO Design at GSM/DCN

T. S. OH\*, Y. H. Lee\*\*

Dept. of Radio Comm. Honam Univ

E-mail : radio21@orgio.net, radiolee@honam.honam.ac.kr

### Abstract

단일 단말기로부터 멀티 통신이 가능하게됨에 따라 광대역 또는 듀얼대역에서 사용되는 RF 소자 개발이 중요시되고 있다. 그러므로 소형, 저 비용의 멀티대역 VCO(Voltage Controlled Oscillator) 개발이 요구된다.

본 논문에서 GSM/DCN 대역에서 사용 가능한 듀얼밴드 VCO를 설계하였다. 하나의 발진부, 듀얼 공진부, 완충증폭기, 스위치회로로 구성되었으며, 위상 보정 기법을 이용하여 각 밴드에 대한 발진 조건을 만족시키므로 사용 부품의 수를 줄일 수 있어 저 비용, 소형화, 낮은 위상잡음(phase noise)을 얻을 수 있다.

설계된 듀얼 VCO는 GSM 대역에서 -110dBc/Hz(100kHz offset) 이하의 위상 잡음과 DCN 대역에서 -108dBc/Hz(100kHz offset)의 위상 특성을 보인다. 출력전력은  $0 \pm 3\text{dBm}$ 이며 소비전력 7mA로 만족할만한 성능을 보인다.

### I. 서론

세계적으로 개인 이동통신의 급격한 수요에 따라 폭발적인 가입자 증가로 인해 기존 가입자 망이 포화현상이 일어나게 되었으며, 이로 인해 새로운 대역에서의 각기 다른 통신방식의 서비스를 제공하게 되었다.

이들 가입자는 다양한 질적 서비스를 요구하게 되었으며, 이러한 요구 조건을 충족시키기 위한 많은 노력을 기울이고 있다. 이중 넓은 지역(미국, 중국, 유럽 등)에서는 지역별로 다른 통신 방식을 사용하므로 다양한 대역 및 통신방식의 지원이 필요하게 되었고, 특히 차세대 통신으로 개발되고있는 IMT-2000은 개별적인 통신과 시스템을

통합하여, 서로 다른 무선환경에서도 단일 단말기로 고속 고품질의 다양한 서비스를 제공하는 멀티 통신 방식을 지원하게된다.

단일 단말기로 두 가지 이상의 통신방식을 지원하기 위해 각 부품의 소형화, 다 기능화, 단일화가 요구된다. 특히 RF 시스템의 핵심부품이라 할 수 있는 RF VCO는 멀티 대역에서 동작하기 위해 여러 가지 출력신호를 요구하게 된다. 그러므로 멀티 대역에서 동시에 출력되는 하나의 VCO로부터 소형화, 비용절감 등의 효과를 가져올 수 있다.

본 논문에서는 간단한 스위치 회로만을 이용하여 듀얼 대역에 적용하여 저 가격, 소형화가 가능 함을 나타내었다.

### II. VCO 설계

이동통신 단말기용 VCO는 일반적으로 그림 1과 같이 colpitts 타입에 발진기가 많이 이용되며, 그림 2는 AC 등가 회로로 나타낸 것으로 부하부, 발진부, 완충증폭부 크게 3가지로 분류된다.

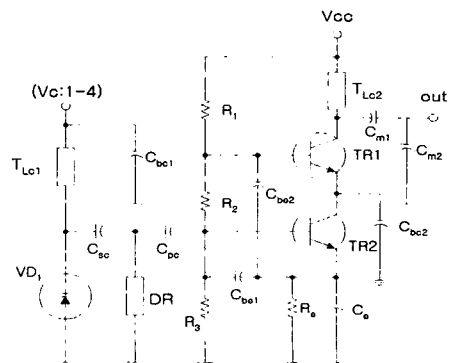


그림 1. 일반적인 Colpitts Type VCO

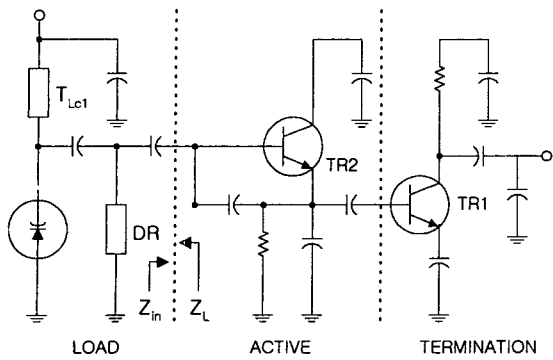


그림 2. AC 등가 회로

부하단은 공진기 와 바랙터 다이오드(Variator Diode)로 나누어 해석할 수 있는데 공진 소자는 제품의 소형화에 따라 마이크로스트립 라인 또는 스트립 라인 공진기로 설계하게 된다.

바랙터 다이오드는 제어 전압에 따라 주파수 범위를 결정하고, 루프 개인을 감소시키므로 소자 선택에 있어 주의가 요망된다.

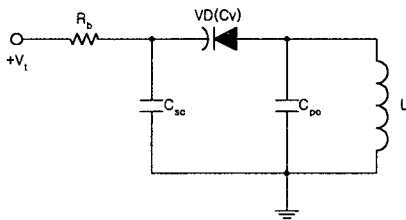


그림 3. 부하단 탱크 회로

부하단의 간단한 탱크회로로 그림 3에 나타낸 것 과 같으며, 공진기의 Q(Quality factor)는 각 소자에 따라 변화된다. 그림 2는 탱크 회로의 커패시터( $C_{sc}$ ,  $C_{po}$ )에 따른 Q의 변화를 수치 해석한 결과이다.  $C_{sc}$ 의 감소함에 따라 Q는 상승하고,  $C_{po}$ 의 증가함에 따라 Q는 상승하다가 커패시터의 용량 증가에 따라 자체 Q가 낮아지므로 전체적인 Q 특성이 낮아짐을 보인다.

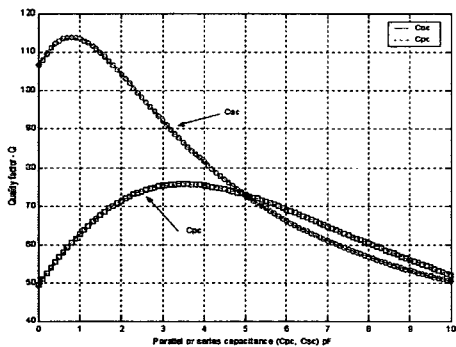


그림 4. 탱크 회로의 커패시터( $C_{so}$ ,  $C_{po}$ ) 따른 Q

완충 증폭부는 출력 단의 외부 부하 변동에 따른 풀링 효과(Pulling Figure)를 억제하고, 증폭을 하기 위해 1단 또는 2단의 증폭기로 구성할 수 있다.

발진부는 발진 조건에 만족하도록 입력 단에서 본 임피던스가 부(-)저항이 되도록 회로 소자 값을 결정하게 된다.

### III. 듀얼 VCO 설계 및 시뮬레이션

D-VCO(Dual band Voltage Controlled Oscillator)는 공진기와 완충 증폭부에 따라 몇 가지 나누어 설계된다. 본 논문에서는 공진부, 발진부, 완충 증폭부, 스위칭 회로부로 구성된 구조로 그림 5와 같이 설계되었으며, GSM와 DCN의 두 주파수 대역에 대해서 만족된 출력을 얻도록 설계하였다.

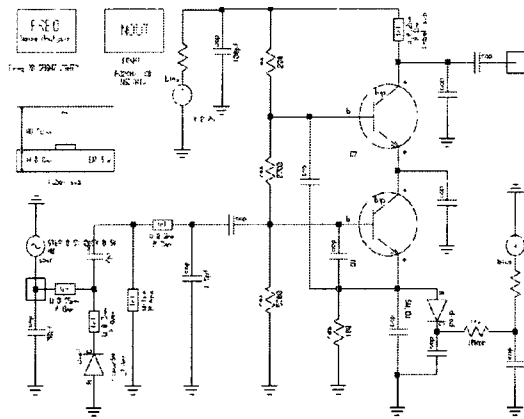


그림 5. 듀얼 대역 VCO 시뮬레이션 Schematic

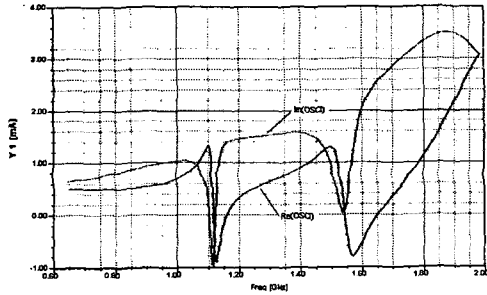
시뮬레이션 Tool은 Ansoft사의 Serenade 8.0을 이용하였으며, 사용된 소자는 Tool에서 제공되는 라이브러리를 이용하였다.

부하단의 공진기는 GSM, DCN 대역에서 듀얼 공진이 이루어지도록 설계되었으며, 스위칭 회로로부터 선택적 대역 결정이 이루어진다. 또 GSM와 DCN의 각각에 대한 발진주파수 제어특성을 갖도록 주파수 변화에 대한 일정한 궤환 특성을 갖는 부정저항 특성의 궤환 증폭기 구현이 요구된다.

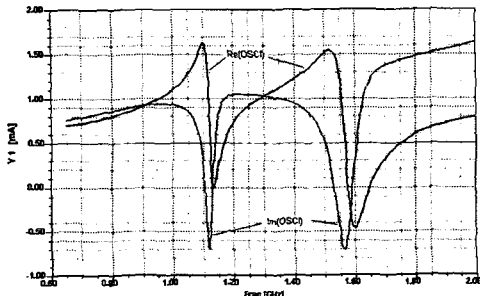
Colpitts VCO는 궤환 신호는 트랜지스터의 궤환 경로에 있는 커패시터( $C_{be1}$ ,  $C_e$ )에 의해 결정되며 이러한 궤환 경로에 의해 개방루프 이득은 주파수 변화에 민감하다. 즉 제어 대역에서 고 대역 부근의 개방루프 이득이 저 대역 부근 보다 크게 되므로 인하여 저 대역에서 고주파 출력이 제한 되게 된다. 저 대역에서는 고 대역에 대한 위상 보정 기법을 이용하여 제어대역을 제한하게 된다. 이러한 위상 보정 기법으로는 커패시터로 구성되는 궤환 경로로부터 스위칭 회로를 첨가하여 커패시터 용량을 변화시켜주므로 저 대역에서의 궤환 신호가 증가하고, 고 대

역에서의 궤환 신호는 감소하여 D-VCO로 동작하게 된다.

먼저 발진 조건을 살펴보면 그림 6과 같이 GSM 대역과 DCN 대역에서 발진 가능성을 보여주고 있다.



(a)



(b)

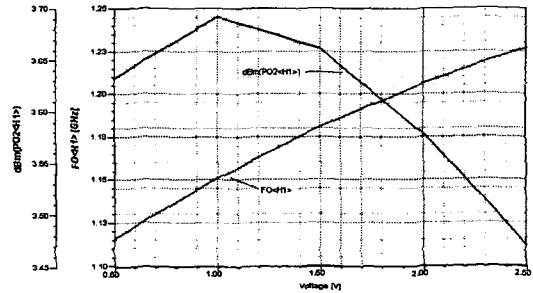
그림 6. 발진 조건 (a) GSM band (b) DCN band

표 1. 시뮬레이션 결과

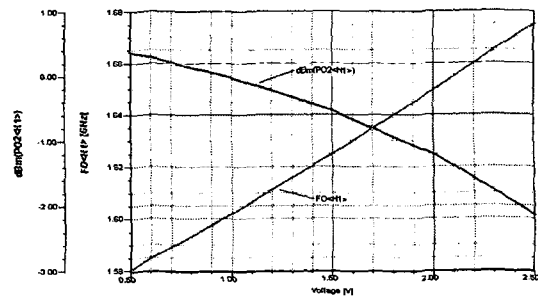
파라미터	시뮬레이션 결과	
주파수	MHz	GSM:1122 to 1231 DCN:1580 to 1675
출력레벨	dBm	GSM: 0dBm ±3dBm DCN: 0dBm ±3dBm
위상잡음	dB/Hz	GSM:-110 (@100kHz) DCN:-108 (@100kHz)
소비전력	mA	7
입력전압	V	2.7V
제어 전압	V	0.5 ~ 2.5
Harmonics	dBc	GSM:-15 이하 DCN:-15 이하

설계된 D-VCO는 입력 전압을 2.7V로 주고 0.5V씩 가변 시켜서 특성 그래프를 얻을 수 있었다. 시뮬레이션 결과는 표 1에 나타내었으며, 그림 7은 제어전압에 따른 주파수 제어전압 감도 특성과 출력 전력 특성 그래프이다.

그림 8은 위상 잡음 특성으로 제어전압 1.5V에서 나타낸 그래프 특성이다.

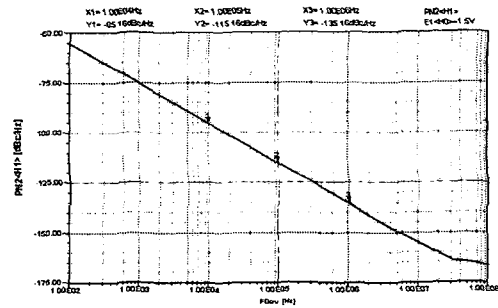


(a)

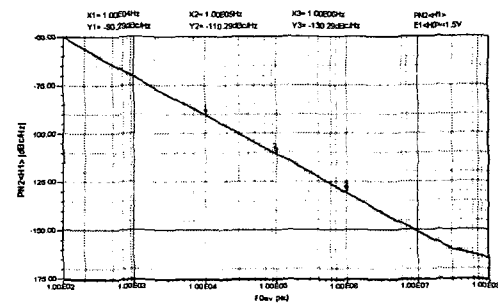


(b)

그림 7. 출력전력, 제어전압 감도(a) GSM band (b) DCN band



(a)



(b)

그림 8. 위상 잡음 (a) GSM band (b) DCN band

#### IV. 듀얼 VCO 제작 및 측정

실제 제작된 D-VCO는 유전체 3.2 두께 0.8mm인 테프론 기판을 사용하였으며, 실제 크기는 약 11×15mm 이다. 사용된 소자는 NEC사에  $\mu$ PA840TC Twin Transistor와 바랙터 다이오드는 TOSHIBA사에 1SV284, 스위칭 다이오드로는 HITACHI사에 HSU277를 사용하였다. 측정을 위하여 HP사의 8593E Spectrum Analyzer를 사용하였다.

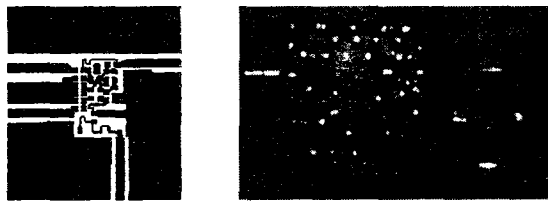
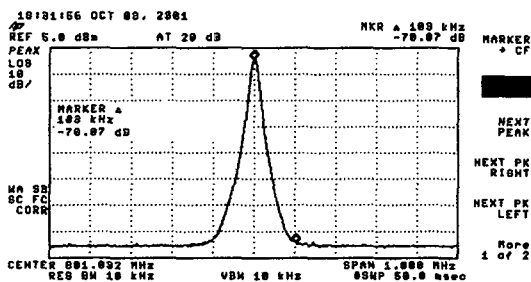


그림 9. 제작된 D-VCO (a) layout (b) 실제 사진

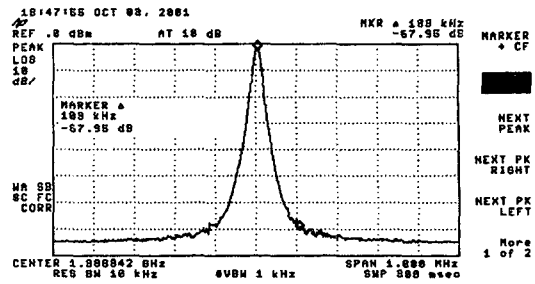
측정결과는 표 2 과 같으며 실제 사양에 주파수 특성이 설계 사양에 미치지 못한다. 이러한 문제는 바랙터 다이오드에서 발생되는데 커패시턴스 용량이 낮은 1SV280 등을 사용하므로 만족시킬 수 있을 것이다. 그림 10은 위상 잡음 특성을 측정된 것이다.

표 2. 측정 결과

파라미터	측정 결과	
주파수	MHz	GSM:780 to 812 DCN:1378 to 1140
출력레벨	dBm	GSM: 0dBm $\pm$ 1dB DCN: 0dBm $\pm$ 1dB
위상잡음	dB/Hz	GSM:-110 @100kHz DCN:-108 @100kHz
소비전력	mA	7
입력전압	V	2.7V
Harmonics	dBc	GSM:-15이하 DCN:-15이하



(a) low band Phase Noise



(b) High band Phase Noise

그림 10. 측정된 위상 잡음 특성

#### V. 결론

본 논문에서는 단일 VCO를 사용하여 GSM대역 과 DCN대역에서 동작하는 듀얼대역 VCO를 설계하여 시물레이션하고 제작하였다. 설계에 앞서 공진회로를 수치 해석하므로 커패시터 용량에 따른 unload Q를 나타내었다. 저 비용, 소형화를 위해 듀얼 공진기로 설계되었으며, 궤완 경로에 위상 보정기법을 적용하여 두 대역에 하나의 스위칭 회로만으로 동시에 발진조건을 만족시킬 수 있었다. 이와 같은 방식은 기존에 설계 소자 수 보다 적게 사용하므로 비용절감, 소형화가 가능하다.

설계된 듀얼밴드 VCO는 GSM대역에서 발진 주파수 780~812MHz 출력 0dBm, 위상잡음 -110dBc/Hz (100kHz offset)와 DCN대역에서 발진 주파수 1378~1140MHz, 출력 0dBm, 위상잡음 -108dBc/Hz (100kHz offset) 등의 측정 결과를 얻을 수 있었다.

#### 참고문헌

- [1] Guillermo Gonzalez "Microwave Transistor Analysis and Design, 2nd edition", Prentic Hall, 1997.
- [2] Pieter L. D. Abrie "RF And Microwave Amplifiers And Oscillators" Artech House Boston. London, 1999.
- [3] Behzard Razavi "RF Microelectronics", Prentic Hall, 1998.
- [4] Ulrich L. Rohde, David P. Newkirk "RF/MicroWAVE Circuit Design For Wireless Applications", Willy-Interscience.
- [5] 염경환, 박동철, 이동 통신용 전압제어발진기 (VCO)의 구성 및 발전동향, The Electronic Parts & Components Monthly, JAN 1998.