

VCO의 MSL길이가 발진특성에 미치는 영향

Effects of the length the MSL on the oscillation characteristic of the VCO

이동희*, 정진휘.

(Dong Hee-Rhie*, Jinhwee Jung)

Abstract

In this paper, we present the effect the length the MSL(Microstrip Line) on the oscillation characteristic of the fabricated VCOs(Voltage Controlled Oscillator) designed and analyzed by RF circuit simulator Serenade(ANSOFT Co.) and fabricated by screen printing method on the alumina substrate.

We have fabricated VCOs with 3 different MSL length and each MSL length of the VCO is 140mil, 280mil and 560mil. The oscillation frequency of each sample(VCO) was tuned to UHF band(750MHz~900 MHz) varying the capacitance. The experimental result shows the phase noise $-82\sim-97$ [dBc/Hz] at a 50 [kHz] offset frequency, the pushing figure $94\sim318$ [kHz] at 3 ± 0.15 [V] and the harmonics $13\sim21$ [dBc] between MSL length 140mils and 560mil. The frequency and output variation width are $779\sim898$ [MHz], $-36\sim-33$ [dBm] at MSL length 140mil; $818\sim836$ [MHz], $-27.19\sim-27.06$ [dBm] at 280mil; $751.54\sim751.198$ [MHz], $-33.44\sim-33.31$ [dBm] at 560mil.

we examined 3 VCOs oscillation characteristic difference through comparison with phase noise, oscillation power and frequency by control voltage change, harmonics and pushing figure for each sample.

Key Words : MSL(Microstrip Line), VCO(Voltage Controlled Oscillator), resonator

1. 서론

이동통신 단말기는 지난 20년간 급격한 용적 및 증량감소를 이루었다. 이는 전자회로의 집적화 및 수동부품의 소형화 그리고 고성능 2차 전지의 개발에 힘입은 바 크다고 하겠다. 이와 같이, 이동통신기기의 소형·경량화를 위해서는 사용 전자 부품의 소형화가 필수적이며, 이중 마이크로파 유전체가 이용되는 부품으로는 Duplexer, BPF, VCO, Antena 등과 RF용 MLCC, 적층인덕터 등을 대표적으로 들 수 있다.

특히, 이동통신기기의 핵심부품중의 하나인 VCO는

소형화가 빠르게 진행되고 있다. 현재 0.035cc(5.5×4.8×1.8mm)정도 용량을 가진 제품까지 개발되어 있고 GSM, CDMA, IMT2000 등의 단말기에 사용되고 있다.

VCO의 소형화에 있어 가장 큰 영향을 주는 인자는 공진부의 공진기 크기와 회로제작에 사용되는 소자의 크기이다. 소자 크기는 칩 소자에 의한 표면실장법이 주로 사용되므로 보다 작은 소자를 사용하면 되나, 공진기는 VCO 전체 특성에 큰 영향을 주므로 보다 신중하게 결정해야 한다. 현재 다른 공진기에 Q값은 다소 낮으나 소형화에 가장 유리한 마이크로 스트립라인(MSL; Microstrip line)을 이용한 공진기가 널리 이용되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 공진부 MSL의 길이가 다른 3가지의 VCO회로를 제작하여 각 VCO 발진특성을 측정, 비교함으로써 MSL 길이에 의한 영향을 검토하였다.

* 수원대학교 전기공학과

(경기도 화성시 봉담읍 수원대학교)

FAX : 031-220-2494

E-mail : jinhweej@mail.suwon.ac.kr

2. 회로 구성

VCO는 일반적으로 공진부, 발진부, 버퍼부(증폭부)로 구성이 되나 본 연구에서는 발진특성만을 검토하기 위해 버퍼부를 제외한 공진부와 발진부로 이루어진 기본적인 VCO를 구성하였다. 버퍼부는 부하의 변동이 발진 특성에 미치는 영향을 억제해주는 기능 부분으로 발진을 일으키는 역할 보다는 VCO의 특성을 안정화시키기 위한 회로이다. 본 논문에서는 버퍼부를 제외한 공진부와 발진부로 이루어진 VCO를 제작하여 발진 특성을 검토하였다.

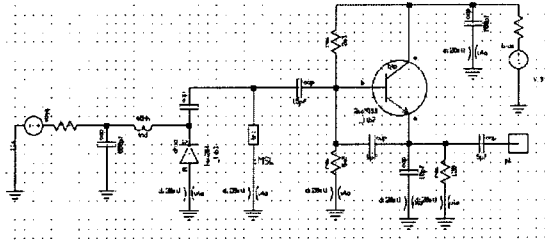


그림 1 발진회로

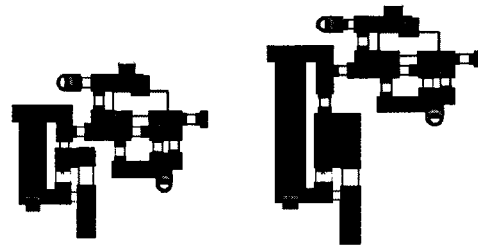
그림 1은 본 연구에서 고안한 VCO의 발진회로도 나타낸다[1,2].

그림 2는 MSL의 길이를 140mils, 280mils, 560mils로 하여 제작한 회로패턴의 레이아웃이다. 회로패턴 중의 좌측 굵은 긴 선부분이 공진기 역할을 한다. MSL의 길이를 140mils, 280mils, 560mils로 정한 것은 초기에 설계, 제작했던 VCO의 MSL의 길이가 280mils이기 때문이다[1,2]. 그리고 140mils과 560mils 길이는 280mils 길이의 1/2, 2배로 하였다.[3][4]

3가지 VCO의 발진주파수는 UHF 대역으로 튜닝하였다. 회로 소자값은 기본적으로 3회로 모두 동일하게 했으며 발진주파수의 튜닝을 위해서 공진부의 병렬 칩커패시터의 값을 바꾸었다. 그러나 제어전압 1V에서 발진 주파수가 850MHz로 되도록 각 회로를 튜닝하고자 하였으나 560mils 길이인 VCO는 공진부의 커패시터 값을 바꿔주는 데 제약이 있어 UHF 대역내에서 발진하는 것으로 대신하였다.

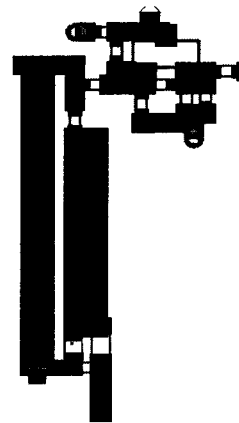
그림 1의 발진회로에서 공진주파수는 MSL에 의한 유도성 리액턴스와 병렬 접속 커패시터에 의한 용량성 리액턴스에 의해 정해진 유도성 리액턴스는 고정되어 있고 가변이 가능한 것은 용량성 리액턴스이다.[5] 용량성 리액턴스는 칩커패시터와 바랙터에 의해 주어진다. 바랙터는 역전압 3V~0V에서 약9.5pF~21pF의 가변 커패시턴스를 갖는 도시바의

1SV284를 사용하였다. 그러므로 발진주파수의 튜닝을 위해 교체해 주는 것은 칩 커패시터이다. 각 회로의 공진부에 사용한 병렬 커패시터의 값과 바랙터의 역전압을 0V~3V 범위에서 가변 시켰을 때의 합성 커패시턴스 가변폭을 표1에 나타내었다. 합성 커패시턴스 가변폭은 소자의 데이터 시트(data sheet)를 참고로 계산하였다.



(a) MSL 길이 = 140mils

(b) MSL 길이 = 280mils



(c) MSL 길이 = 560mils

그림 2. MSL 길이에 따른 VCO 회로패턴

표 1 공진부 병렬 접속된 칩커패시터 용량(C_{ch})와 $V_R=0V\sim3V$ 에서 합성 용량 가변폭(ΔC_p) (* Reverse voltage)

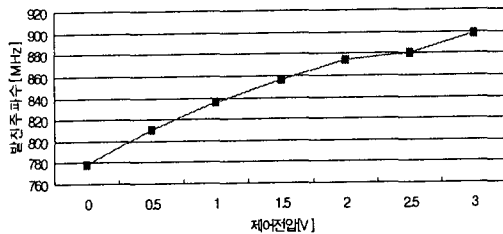
MSL의 길이 [mil]	C_{ch} [pF]	ΔC_p [pF] ($V_R = 0\sim3V$)
140	22	4.07
280	6	0.99
560	1	0.05

3. 실험 결과 및 검토

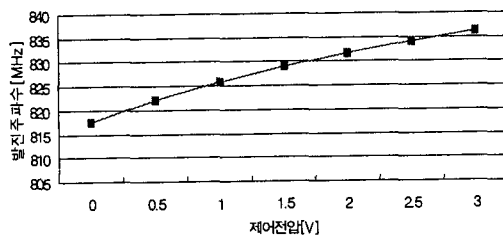
제작한 VCO에 대해 제어전압에 따른 발진출력과 발진주파수, 위상잡음, 푸싱피겨, 고조파특성을 측정하였다.

측정에는 Spectrum Analyzer(ADVANTEST R313 1A), Dual DC Regulated Power Supply HC-2330 AD, P6243 Tektronix 1GHz Active probe를 사용하였다. 그리고 측정시 외부로부터의 간섭을 억제하기 위하여 100×150×100mm(가로×세로×높이)크기의 차폐상자를 제작하여 측정에 임하였다.

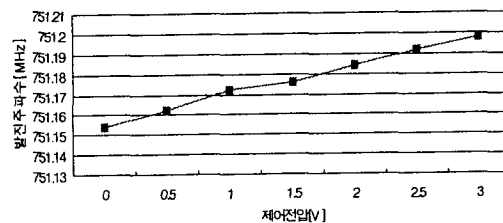
그림 3은 제어전압에 따른 발진 주파수 특성을 측정한 결과이다. 제어전압은 0V~3V의 가변전압폭을 주었으며, 0.5V간격으로 VCO의 발진주파수를 측정하였다.



(a) MSL 길이 = 140mils



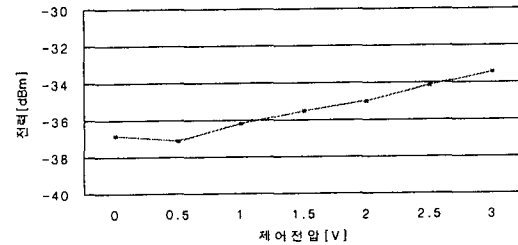
(b) MSL 길이 = 280mils



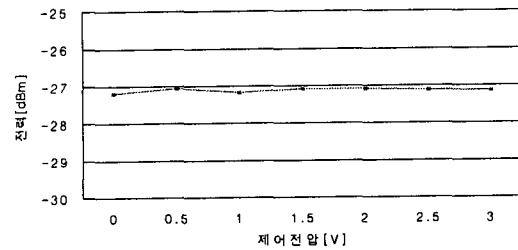
(c) MSL 길이 = 560mils

그림 3. MSL 길이에 따른 VCO 발진주파수의 제어전압 의존성

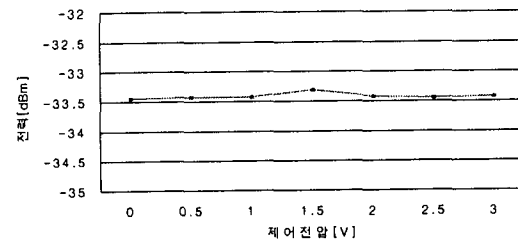
그림 4는 제어전압에 따른 발진출력 특성을 측정한 결과이다. 그림 3의 경우와 같이 가변전압폭을 주었으며, 0.5V마다 VCO 발진주파수의 전력을 측정하였다.



(a) MSL 길이 = 140mils



(b) MSL 길이 = 280mils



(c) MSL 길이 = 560mils

그림 4. MSL 길이에 따른 VCO 발진출력의 제어전압 의존성

그림 3과 4에서 MSL 길이가 짧은 경우, 그리고 합성 커패시턴스 가변폭이 큰 경우(표1 참조) 발진출력과 가변주파수의 선형성이 상대적으로 떨어지나 주파수 가변폭은 커진다. 이는 공진부의 병렬 커패시턴스가 칩커패시터와 바랙터의 직렬 접속으로 주어져 전체 용량성 리액턴스의 변화에 바랙터의 가변 커패시턴스가 큰 영향을 주기 때문이다.

그림 5는 MSL 길이에 따른 VCO의 위상잡음 측정 결과이다. 위상잡음은 중심주파수에서 50kHz 오프셋

시켜 주파수의 1Hz 밴드폭의 잡음전력비를 나타낸 것이다. 그림 6은 MSL 길이에 따른 VCO의 푸싱피겨 특성을 나타내고 있다. 푸싱피겨는 공급전원의 전압 3V에서 $\pm 0.15V$ 을 가변시 발생하는 발진주파수의 변화폭을 μ 단위로 나타낸다. 그림 7은 MSL 길이에 따른 VCO의 고조파특성을 나타낸 것이다. 고조파특성은 중심주파수의 출력과 2차 고조파의 출력의 차를 나타낸 것이다. VCO의 경우 위상잡음은 가능한 값이 클수록, 한편 푸싱피겨의 값은 작을수록, 고조파 특성값은 크게 나타날수록 그 발진특성이 양호함을 나타낸다.

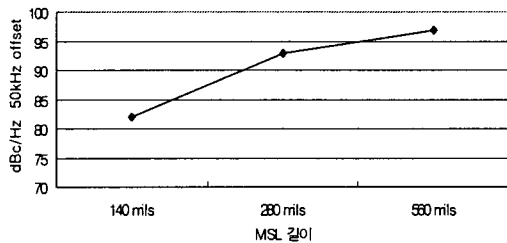


그림 5. MSL 길이에 따른 VCO의 위상잡음 특성

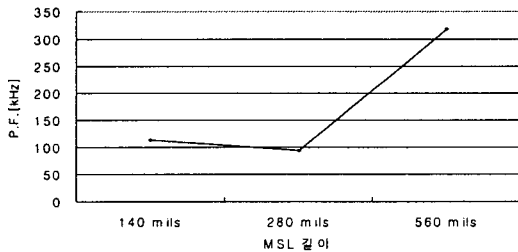


그림 6. MSL 길이에 따른 VCO의 푸싱피겨 특성

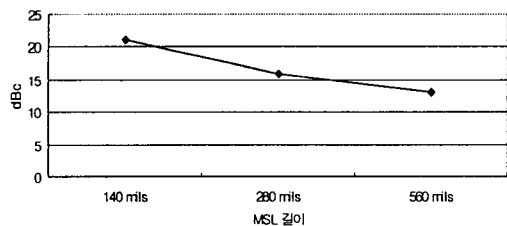


그림 7. MSL 길이에 따른 VCO의 하모닉스 특성

그림5의 위상잡음 특성을 보면, MSL의 길이가 길수록, 따라서 합성 커패시턴스의 가변폭이 작을수록(표 1 참고) 양호한 특성을 보인다. 이는 공진부의 병렬

커패시턴스 회로에서 직렬 접속된 칩 커패시터와 바랙터 중 상대적으로 Q값이 작은 바랙터가 전체 커패시턴스 값의 변화에 미치는 영향이 작기 때문이라 생각된다. 그러나 그림 6의 푸싱피겨 특성과 그림 7의 고조파 특성은 그림 5의 결과와 반대 결과를 보인다. 즉 그림 5, 6, 7의 결과는 서로 반대 특성 가진다. 그러므로 MSL의 길이와 커패시턴스의 가변폭의 결정은 발진 특성 결과를 고려하여 적절한 값이 되어야 한다.

4. 결론

공진부의 MSL 길이를 140mils, 280mils, 560mils로 하여 VCO를 제작한 후, 그 VCO의 발진특성을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- [1] 주파수 가변폭을 조절하기 위해서는 공진부 합성용량의 가변폭을 조정해야 하며 이때 가변폭이 너무 작게 되지 않도록 주의해야 한다.
- [2] 위상잡음과 푸싱피겨, 하모닉스 특성은 일관된 특성을 보이지 않으므로 MSL 길이와 전체 커패시턴스 가변폭의 결정에 있어서 적절한 값의 선택이 있어야 한다.
- [3] MSL의 길이를 길게하고 커패시턴스 가변폭을 줄이는 것이 발진출력과 발진주파수의 선형성, 위상잡음 특성을 개선시키는 한 방법이 될 수 있다.

참고 문헌

- [1] 이동희, "UHF대역에서 동작하는 마이크로스트립 라인을 이용한 VCO 제작", 한국전기전자재료학회 춘계학술대회 논문집, p55~p58. 2001
- [2] 이동희, "850MHz에서 동작하는 마이크로스트립 라인을 이용한 VCO 제작", 대한전기학회, 2001 전기재료연구회 춘계학술대회 논문집, p85~p88.
- [3] Reinhold Ludwig, Pavel Bretchko, "RF Circuit Design", Prentice Hall, p37~p142, 2000
- [4] David M. Pozar, "Microwave Engineering", John Wiley & Sons, Inc. p104~p181, 1998
- [5] Guillermo Gonzalez, "Microwave transistor amplifiers analysis and design", Prentice Hall, Inc., p384~p432. 1984
- [6] Benzad razavi, "RF Microelectronics" Prentice Hall, Inc., 1998