

논문 2005-42TC-1-13

T-Junction 스위칭 회로를 이용한 이중 대역 전압제어 발진기 구현

(A Realization on the Dualband VCO Using
T-Junction Switching Circuit)

오 익 수*, 서 철 현**

(Icsu Oh and Chulhun Seo)

요 약

본 논문에서는 T-Junction 스위치 구조를 이용하여 이중 대역 전압제어 발진기를 설계, 제작하였다. T-Junction 스위치는 이중 대역 공진을 얻기 위한 스위치로서 공진부에 적용된다. 설계한 공진기를 발진기의 능동부와 결합하여 이중 대역 전압제어 발진기를 만들었다. 상위 주파수 대역 5.715 GHz 에서 전압제어 발진기의 출력 전력은 -1.42 dBm, 위상잡음은 1 MHz offset에서 -94.37 dBc/Hz이고 하위 주파수 대역 2.236 GHz에서 출력 전력은 -2.09 dBm, 위상잡음은 1 MHz offset -104.78 dBc/Hz 이다.

Abstract

In this paper, a new technique to reduce the phase noise in microwave oscillators is proposed using the resonant characteristics of the Photonic Bandgap(PBG). We applied PBG structure to ground of the microstrip line resonator with the low Q(Quality factor). Therefore, we improved about 10 dBc in contrast to phase noise characteristic of the conventional microstrip line oscillator at 2.4 GHz @100 MHz offset. Output power is 7.09 dBm.

Keywords : PBG, Oscillator, Phase Noise

I. 서 론

정보통신 기술의 급격한 발전으로 사용자로 하여금 언제, 어디서나 다양한 멀티미디어 정보를 주고받을 수 있는 기술이 등장하게 되었다. 특히 개인 이동통신의 수요가 크게 늘어감에 따라 기존 가입자망이 포화상태에 이르게 되었으며, 이로 인해 새로운 대역에서의 각기 다른 통신방식의 서비스를 제공하게 되었다. 이런 다른 통신방식의 서비스를 가입자들이 요구하게 되었

고, 이에 따라 다양한 대역 및 통신방식을 지원하는 멀티 통신 단말기가 생겨나게 되었다.

단일 단말기로 두 가지 이상의 통신방식을 지원하기 위해 각 부품의 소형화, 다 기능화, 단일화가 요구된다. 특히 RF 시스템의 핵심부품이라 할 수 있는 RF 전압제어 발진기는 멀티 대역에서 동작하기 위해 여러 가지 출력신호를 요구하게 된다. 그러므로 멀티 대역에서 동시에 출력되는 하나의 전압제어 발진기가 필요하게 되었다^[1].

데이터 통신에서도 현재 ISM 밴드를 주로 사용하고 있는데 고품질/대용량 멀티미디어 정보의 증가로 주파수 대역이 점차 5 GHz 대역으로 그 범위를 넓히고 있는 단계이다. 따라서 앞으로의 무선 데이터 통신 시스템들은 2 GHz 및 5 GHz 대역을 동시에 지원해 줄 수

* 학생회원, ** 정회원, 숭실대학교 정보통신공학부
(School of Electronic Engineering Soongsil
Univerversity)

※ 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음.

접수일자: 2004년12월3일, 수정완료일: 2005년1월10일

있는 형태로 발전할 것이다^[2].

그러므로 데이터 통신에서도 이동 통신에서와 같이 멀티 대역을 각각 동작시킬 수 있는 하나의 전압제어 발진기의 요구를 예상하여 이중 대역을 만족하는 RF 전압제어 발진기를 연구하였다.

기존의 이중 대역 전압제어 발진기의 구조는 두 개의 단일 전압제어 발진기의 출력부나 바이어스를 스위칭하는 구조, 두 개의 능동부에 하나의 공진부를 스위칭하는 구조가 있다. 이들은 전체 전압제어 발진기의 크기가 크다는 단점을 가지고 있다. 그 외에 단일 능동부에 두 개의 공진기를 스위칭하는 구조, 하나의 공진기에 능동부에 이중 부정저항을 얻도록 스위칭하는 구조 등이 있다^[2~5].

본 논문에서는 일반적인 핀 다이오드는 고주파 대역에서 스위치로서 동작하는데 한계가 있기 때문에 T-Junction 스위치 구조를 가지고 고주파 스위치 특성을 나타내도록 하였다^[10~11]. 단일 능동부에 T-Junction 스위치를 적용하여 단일 공진기를 만들어 이중 대역 전압제어 발진기를 만들어 발진기의 크기를 최소화하는 구조를 선보인다.

II. T-Junction 스위치 회로

일반적인 스위치로 사용되는 핀 다이오드는 고주파 대역에서 캐패시턴스 효과가 크게 나타나므로 저주파 대역에서처럼 스위치로써의 성능을 얻기 힘들다. 이러한 이유로 고주파 회로에서는 다른 형태의 스위치 회로 형태를 요구하게 된다.

본 논문에서는 마이크로스트립 T-Junction 구조와 핀 다이오드를 응용한 T-Junction 스위치를 이용하여 공진부 회로를 스위칭하여 2 GHz / 5 GHz의 이중 대역 공진부를 설계하였다.

다음 [그림 1]은 이중 대역 공진기의 구조를 블록 다이어그램으로 형상화 한 것이다.

스위칭 회로에 사용한 핀-다이오드는 Agilent Technologies사의 HSMP-382x Series를 이용하였고, HP사의 Advanced Design System(ADS) simulation tool을 사용하여 모의실험을 하였다.

T-Junction 스위치의 동작은 핀-다이오드가 'ON' 상태에서는 2 GHz 대역의 공진 특성을 갖고, 'OFF' 상태일 때에는 5 GHz 대역의 공진 특성을 보여준다.

[그림 2]는 T-Junction 스위치 회로를 설계한 도식이고 [그림 3]은 모의실험 결과이다.

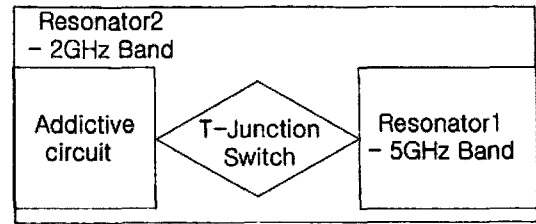


그림 1. 이중 대역 공진부의 구조
Fig. 1. Structure of Dualband Resonator.

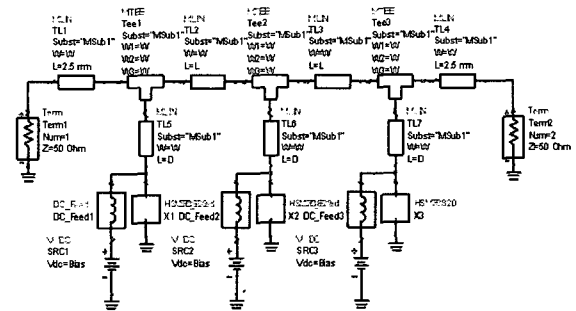


그림 2. 스위치 구조
Fig. 2. Switch Structure.

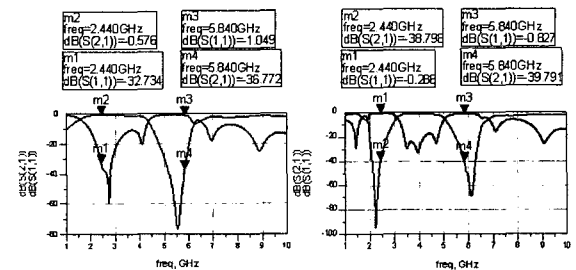


그림 3. 모의실험 결과(좌:ON, 우:OFF)
Fig. 3. Simulation Result(Left:ON, Right:OFF).

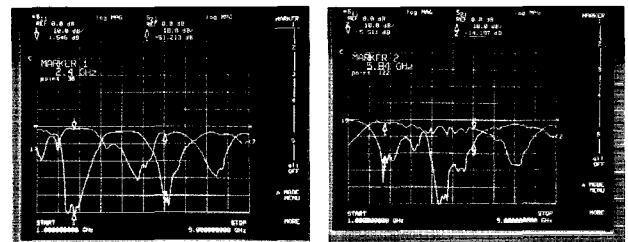


그림 4. 제작 결과(좌:ON, 우:OFF)
Fig. 4. Fabrication Result(Left:ON, Right:OFF).

III. 이중 대역 전압제어 발진기 설계

이중 대역에서 동작하는 전압 제어 발진기를 만드는 데 있어서 바이어스 회로도 2 GHz / 5 GHz 대역에 대해 동시에 지원하는 구조가 필요하다. 즉 2 GHz와 5 GHz의 이중 대역에 대해서는 RF적으로 무한대의 임피던스를 갖도록 하기 위해서 인덕터, 방사 스테르브 그리

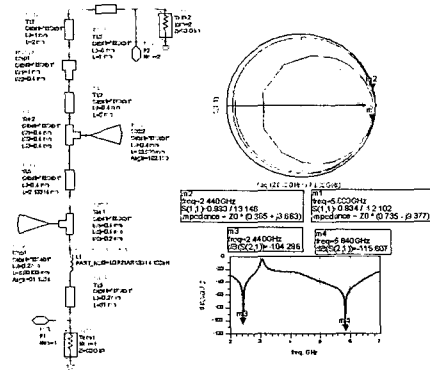


그림 5. 바이어스 회로와 특성
Fig. 5. Bias Circuit and Characteristics.

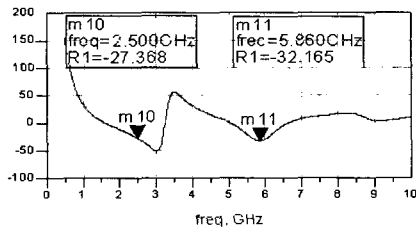


그림 6. 이중 대역 부성저항
Fig. 6. Dualband Negative Resistance.

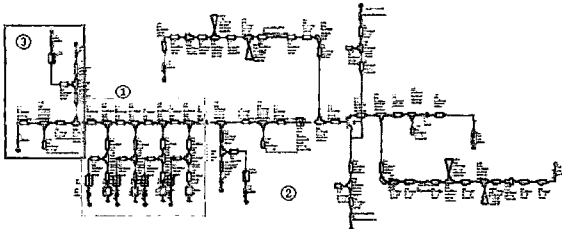


그림 7. 전압제어 발진기 구조와 회로도
Fig. 7. VCO Structure and Schematic.

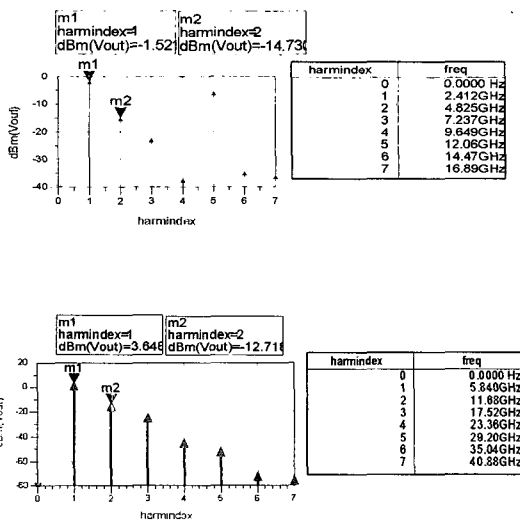


그림 8. 발진 결과
Fig. 8. Oscillation Results.

고 마이크로스트립 라인을 적절히 조절하여 바이어스 회로를 구성하였다.

[그림 5]는 바이어스 회로를 모의실험 한 결과를 보여주고 있다.

발진기 설계 이론으로 부터 발진을 일으키기 위해서는 2 GHz / 5 GHz 대역에서 이중으로 부성저항 효과를 얻도록 트랜지스터의 소스 단을 적절히 조절하여 부성저항을 발생시키고 T-Junction 스위치 회로를 적용한 공진부를 결합한 발진기를 설계하였다. 원하는 주파수 대역에서 부성저항을 만들어야 한다. 즉 발진기 설계에 사용한 트랜지스터는 NEC사의 Super Low Noise HJ FET인 NE3210S01을 사용하였고, 버랙터 다이오드는 Skyworks사의 SMV1213-079 모델을 사용하였다. 제작된 발진기는 FET의 소스단에 인덕터와 마이크로스트립 라인을 이용하여 부성저항을 발생시켰다. 그리고 출력정합회로와 발진 조건에 맞게 설계하였다.

[그림 7]에서 ①은 T-Junction 스위치, ②는 5 GHz 공진회로 그리고 ③은 추가적인 회로이다. ①, ②, ③을 제외한 나머지 부분은 능동부이다.

다음은 모의실험 결과를 보여주고 있다.

[그림 8]의 위의 그림은 편 다이오드를 'ON' 시켰을 때 Harmonic Balance 시뮬레이션 결과로서 2 GHz 대역에서 발진이 일어난 것을 나타낸다. 아래 그림은 편 다이오드를 'OFF' 시켰을 때 5 GHz 대역에서 발진이 일어난 것을 보여주고 있다.

IV. 이중 대역 전압제어 발진기 제작 및 측정결과

모의실험으로 설계한 이중 대역 전압제어 발진기를 실제 제작하고 측정하였다. 사용된 기판은 유전율이 3.2 이고 두께는 0.01 mm 그리고 높이가 0.76 mm인 테플론 기판을 사용하였다. 제작된 발진기의 출력전력 및 위상잡음 특성은 ADVANTEST사의 R3267 스펙트럼

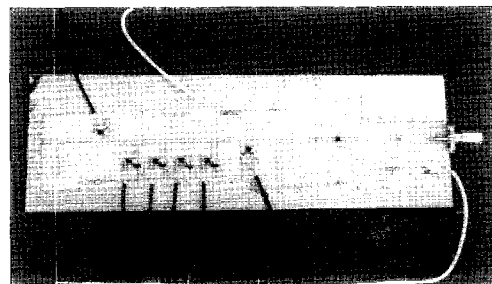
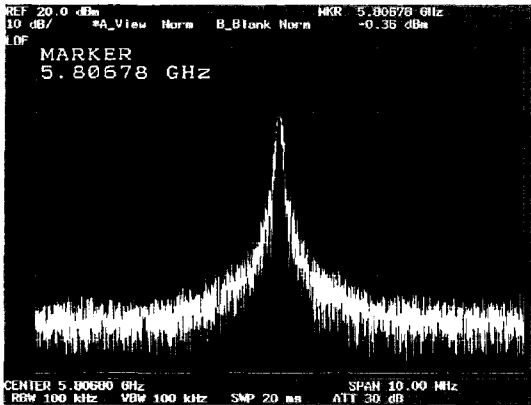
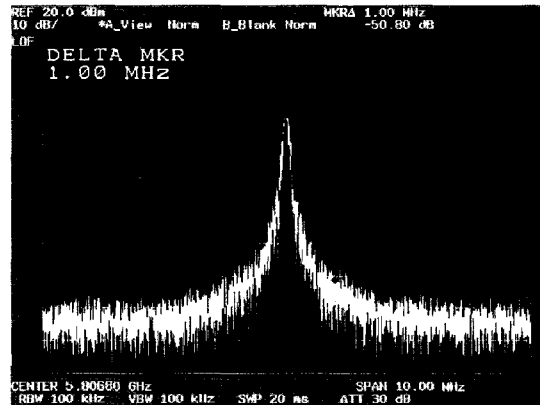


그림 9. 이중 대역 전압제어 발진기 제작물
Fig. 9. Dualband VCO Fabrication.



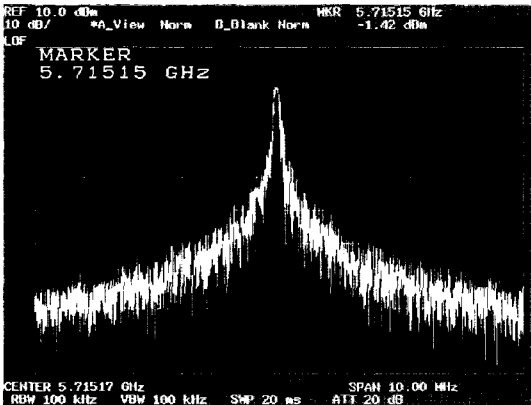
(a) 5 GHz 대역에서의 출력 전력
(a) Output Power of 5 GHz Band



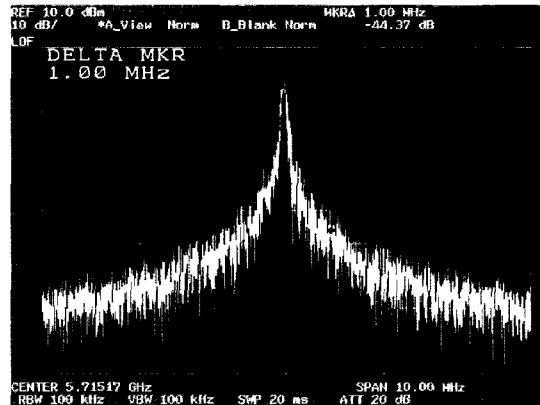
(b) 5 GHz 대역에서의 위상잡음
(b) Phase Noise of 5 GHz Band

그림 10. 5 GHz 대역에서의 측정결과 @ f_{max}

Fig. 10. Measured Results of 5 GHz Band @ f_{max} .



(a) 5 GHz 대역에서의 출력 전력
(a) Output Power of 5 GHz Band



(b) 5GHz 대역에서의 위상잡음
(b) Phase Noise of 5 GHz Band

그림 11. 5GHz 대역에서의 측정결과 @ f_{min}

Fig. 11. Measured Results of 5 GHz Band @ f_{min} .

분석기를 이용하여 측정하였다.

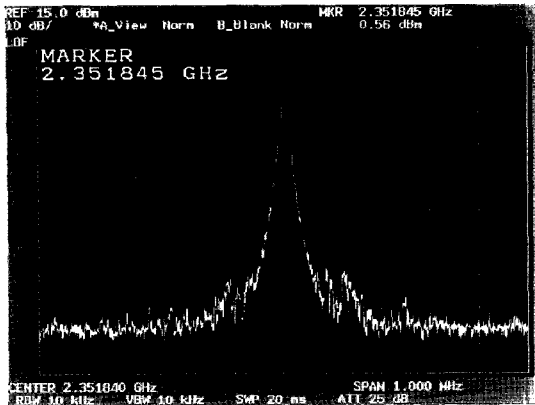
먼저 T-Junction 스위치 동작이 'OFF' 일 때 5 GHz 대역에서의 발진을 측정한 결과이다. 5 GHz 대역에서의 발진은 5.807 GHz에서 -0.36 dBm의 출력과 1 MHz offset에서 -100.8 dBc/Hz의 위상잡음이 측정 되었다.

마찬가지로 버랙터 전압을 하향조절 했을 때의 결과는 다음과 같다. 5.715GHz에서 -1.42dBm의 출력과 1MHz offset에서 -94.37 dBc/Hz의 위상잡음이 측정되었다.

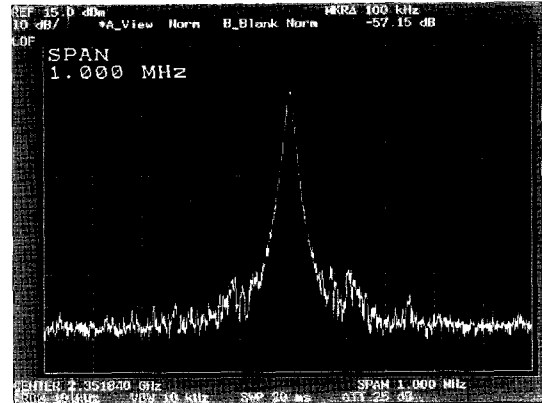
다음으로 T-Junction 스위치 동작이 'ON' 일 때 2GHz 대역에서의 발진을 측정한 결과를 보면, 2.352 GHz에서 0.56 dBm의 출력과 1 MHz offset에서 -97.15 dBc/Hz의 위상잡음이 측정 되었다. 마찬가지로 버랙터 전압을 하향조절 했을 때의 결과는 다음과 같다.

2.236 GHz에서 -2.09 dBm의 출력과 1 MHz offset에서 -104.78 dBc/Hz의 위상잡음이 측정되었다.

T-Junction 스위치의 핀 다이오드 입력 전압에 따라 'OFF' 시에는 5 GHz 대역에서 발진을 얻었고 버랙터 다이오드를 써서 주파수를 가변하였다. 가변 주파수 범위는 5.715 GHz~5.807 GHz로 92 MHz 가변되고 출력 전력은 -1.42~0.36 dBm, 위상잡음은 1 MHz offset에서 -94.37~-100.8 dBc/Hz를 획득하였다. 다음으로 핀 다이오드 입력 전압이 'ON' 시에는 2 GHz 대역에서 발진을 얻었다. 가변 주파수 범위는 2.236 GHz~2.352 GHz로 116 MHz의 가변 범위를 얻었고 출력전력은 -2.09~0.56 dBm, 위상잡음은 -97.15~-104.78 dBc/Hz를 획득하였다. 이로써 T-Junction 스위치를 이용한 이중 대역 전압제어 발진기를 설계하고 제작하였다.

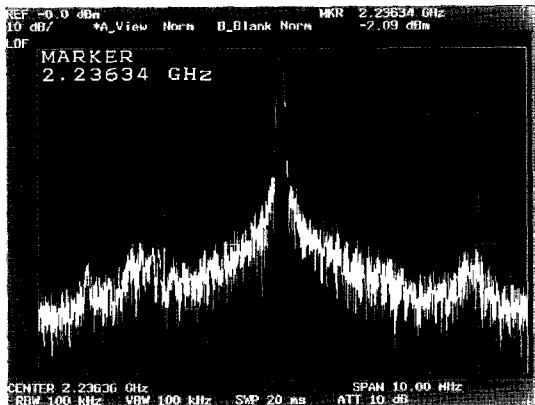


(a) 2GHz 대역에서의 출력 전력
(a) Output Power of 2 GHz Band

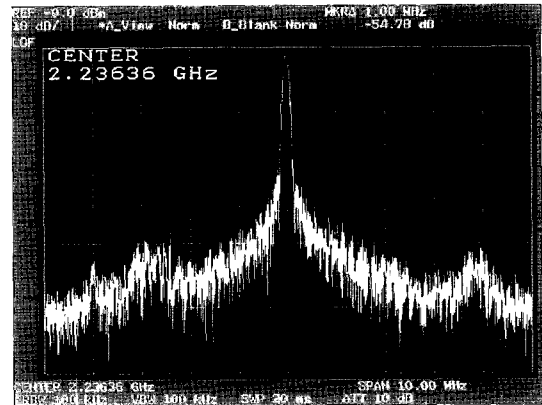


(b) 2GHz 대역에서의 위상잡음
(b) Phase Noise of 2 GHz Band

그림 12. 2GHz 대역에서의 측정결과 @ f_{max}
Fig. 12. Measured Results of 2 GHz Band @ f_{max}



(a) 2GHz 대역에서의 출력 전력
(a) Output Power of 2 GHz Band



(b) 2GHz 대역에서의 위상잡음
(b) Phase Noise of 2 GHz Band

그림 13. 2GHz 대역에서의 측정결과 @ f_{min}
Fig. 13. Measured Results of 2 GHz Band @ f_{min} .

표 1. 이중 대역 전압제어 발진기 측정결과
Table 1. Measured Results of Dualband VCO.

	Freq. Range (GHz)	Output Power (dBm)	Phase Noise (dBc/Hz @1MHz)	Tuning Range (MHz)
IEEE 802.11a/b	2.4~2.483 5.15~5.825		-116dBc/Hz @3MHz	
5GHz	5.715~5.807	-1.42~0.36	-94.37~100.8	92
2GHz	2.236~2.352	-2.09~0.56	-97.15~104.78	116

지금까지의 측정결과를 [표 1]에 정리하였다.

V. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11a/b 두 대역을 동시에 지원할 수 있는 이중 대역 전압제어 발진기를 제작하였다. 기존의 단일 대역 전압제어 발진기의 공진부에 고주파 스위치 회로로써 T-Junction 스위치를 적용하여 이중 대역에서 공진을 얻었고 이를 발진기의 능동부와 결합시켜 이중 대역(2 GHz/ 5 GHz)에서 발진이 이루어지도록 하여 기존의 하이브리드 형태의 이중 대역 전압제어 발진기 구조에서의 크기 면에서의 단점을 해결하였다.

참고 문헌

- [1] 염경환, 박동철, "이동 통신용 전압제어발진기 (VCO)의 구성 및 발전 동향," *The Electronic Parts & Components Monthly*, Jan. 1998.
- [2] 조용기, 서철현, "Photonic Bandgap 구조를 이용한 저 위상잡음 듀얼밴드 VCO에 관한 연구," *대한전자공학회논문지*, 2004, 2 v.041, n.002, pp.53-58. 2004.
- [3] T. S. OH, Y. H. Lee, "저 비용 듀얼 대역 전압제어 발진기 설계", *2001년도 한국전자과학회 종합학술발표회 논문집 Vol. 11 No. 1* 2001.11.3.
- [4] T. S. OH, Y. H. Lee, "발진부 귀환 스위칭회로를 이용한 이동통신 단말기용 듀얼대역 전압제어 발진기 특성에 관한 연구", *한국전자과학회논문지* 2002,1 v.013, n.001, pp.60-67. 2002.
- [5] J. D. Park "Dual-mode VCO with Controllable Resonant Circuit for PCS/IMT2000," *Microwave and Millimeter Wave Technology, 2000, 2nd International Conference on. ICMMT 2000*, pp.122-125. 2000.
- [6] Christopher Lam and Behzad Razavi, "A 2.6 GHz/5.2-GHz frequency synthesizer in $0.4\mu m$ CMOS technology." *IEEE Journal of Solid-state Circuits*, vol. 35, pp. 788-794, May 2000.
- [7] Wei-Zen Chen, Jia-Xian Chang. "A 2V, 2.3/4.6 GHz Dual-Band CMOS Frequency Synthesizer." *2002 IEEE RFIC Symposium*, MO3D-2, pp. 169 ~172. 2002.
- [8] David M. Pozar, "Microwave Engineering", Addison Wesley, 1990.
- [9] Behzard Razavi, "RF Microelectronics", Prentic Hall, 1998.
- [10] R. P. Mansour and J. Dude, "Analysis of microstrip T-junction and its application to the design of transfer switches", *Microwave Symposium Digest, IEEE MTT-S International*, pp.889-892, 1992.
- [11] I. Wolff G. Kompa and R. Mehran, "Calculation method of microstrip discontinuities and T-Junctions", *Electron Lett'*, vol. 8 pp. 177-179, 1972.

저자 소개



오익수(학생회원)
2003년 숭실대학교 정보통신
전자공학부 졸업.(공학사)
2003년 3월~숭실대학교 정보통신
공학과 석사과정
<주관심분야: RF Front_End
System 및 소자>

서철현(정회원)

대한전자공학회논문지 vol. 31, no. 6 참조