

바랙터 다이오드를 이용하지 않은 광대역 Push-Push 전압제어 발진기

°이문규¹, 문성모¹, 민상보²

¹서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부, ²(주)마이크로라인

mqllee@uos.ac.kr

A Novel Varactor Diodeless Push-Push Voltage Controlled Oscillator with Wide-Tuning Range

°Moon-Que Lee¹, Seong-mo Moon¹, Sangbo Min²

¹Dept. of Electrical and Computer Eng., University of Seoul, ²Microline LTD, Seoul, Korea

Abstract

A Ku-band Push-push VCO for low cost applications is proposed. The proposed push-push oscillator achieves a wide tuning range in Ku-band by the collector bias tuning instead of extra varactor diodes. The measurement shows a wide tuning range of 900MHz, fundamental suppression of -30dBc and good phase noise of -115dBc@1MHz offset.

Key words : push-push, oscillator, VCO, varactor diodeless.

I. 서론

Push-push 구조의 발진기는 기본 주파수 성분의 불요파 신호 (spurious signal)을 갖는 점과 회로 구현이 복잡하다는 단점이 있음에도 불구하고 마이크로웨이브 응용분야에 많이 적용되고 있다. 이것은 능동 소자의 발진 주파수 제한을 확장할 수 있으며[1], 기본 주파수 발진기에 비해 두 배의 주파수가변 영역을 갖는 장점으로 인해서이다[2]. 전기적인 성능면에서도 또한 Push-Push 구조는 주파수 체배기를 이용한 방법에 비하여 보다 위상잡음 특성이 6dB 정도 우수하며[3], 두 개의 동일한 발진기가 출력 포트가 fundamental 주파수에서 가상 접지가 되는 pulling-figure 특성이 기본 주파수 발진기에 비해 매우 우수한 특성을 가지고 있다.

본 논문에서는 저가의 radar detector에 적용할 수 있는 새로운 광대역 전압제어발진기 구조를 제

안하였다. 주파수 가변은 일반적인 바랙터 다이오드를 사용하는 것 대신에 컬렉터 바이어스 전원에 의해 트랜지스터의 내부 등가 소자를 가변하는 방식을 이용하였다. 바랙터가 없는 본 논문의 구조에서 주파수 가변에 대한 해석은 선형 발진 모델을 통해서 해석을 하였다.

II. Varactor Diodeless Push-push VCO

A. 구조

제안된 전압제어 발진기의 회로도 는 그림 1과 같다. 제안된 구조는 각각이 180도의 위상 차이를 가지며 작동하는 두개의 동일한 발진기로 구성되어 있다. 각각의 전압제어발진기의 베이스 단에는 낮은 위상 잡음 특성을 얻기 위해 hair-pin 공진기를 사

용하였다. 또한 $\lambda/4$ 길이의 마이크로스트립 라인으로 컬렉터 단의 RF short 임피던스를 구현하였다.

그림1의 구조는 주파수 가변을 위해 상용적으로 이용되는 바랙터 다이오드를 사용하지 않고, 컬렉터 바이어스 전압을 조절함으로써 발진 주파수 가변을 구현하였다. 트랜지스터의 베이스 단은 외부의 전압 공급원에 의해서 9V로 고정하였다. 이렇게 고정된 전압은 컬렉터 전압의 변화에 영향 없이 트랜지스터에 일정한 전류를 제공한다. 주파수 가변을 위해서 컬렉터 바이어스는 4V에서 9V까지 변화시킨다. 컬렉터 바이어스 전압을 변화함에 따른 트랜지스터의 각 노드의 전압을 그림 2에 나타내었다. 바이어스 전압의 변화에 비례하여 컬렉터-베이스 바이어스는 변화하는 반면, 컬렉터 전류는 9.4 mA에 일정하게 유지하였다.

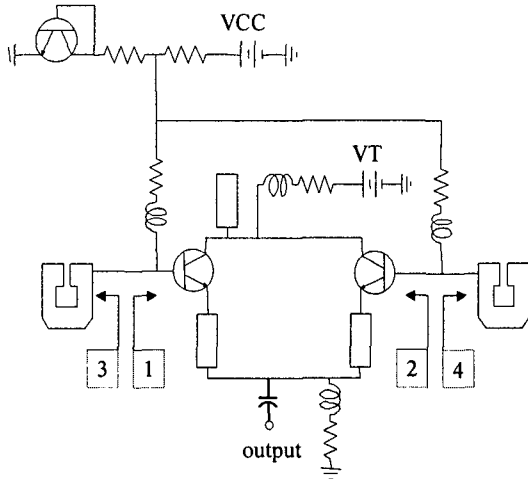


그림 1. 바랙터 다이오드를 이용하지 않은 Push-push 전압제어 발진기

B. 제안한 구조의 해석

Push-push 발진기의 정확한 소신호 분석은 각각의 발진기가 서로 180도의 위상 차이를 갖는다는 가정 하에 수행하였다.[4] Fundamental 신호의 push-pull 동작은 기모드 (Odd Mode) 분석에 의해서 설명할 수 있다. 제안된 구조를 이용한 선형 시뮬레이션에서 컬렉터 전압을 4~9V변화에 의해 fundamental 주파수에서 500MHz이상의 주파수 가변을 보여주고 있다. 그림 3에서 기수 모드 분석을 통하여 제안된 Push-push 발진기의 선형 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다.

트랜지스터의 등가회로에서 소자 중에서 발진기의 주파수 가변 기법에 주된 역할을 하는 요소를

조사하기 위하여 intrinsic parameter의 변화에 의한 소신호 분석을 수행하였다. 그림 4는 본 논문에서 능동 소자로 사용한 Si-BJT인 2SC5508의 등가회로이다. 트랜지스터의 intrinsic part는 비선형 커패시터인 R_{be} , C_{be} , C_{cb} 그리고 g_m 으로 구성되어 있다. 컬렉터 바이어스 전압에 의한 intrinsic parameter들의 변화는 그림 5에 표시 하였다. 발진 주파수의 가변은 외부에서 인가된 컬렉터 전압에 의한 효과이므로 BJT의 내부 파라메타의 변화에 대한 선형 발진조건인 주파수 변화를 통해 해석하였다. 4개의 intrinsic parameter에 따른 발진주파수 변화는 아래와 같다.

$$\left. \frac{\partial f_o}{\partial R_{be}} \frac{\partial R_{be}}{\partial V} \right|_{VT=4V} = -1.2 \text{ MHz/V}$$

$$\left. \frac{\partial f_o}{\partial C_{be}} \frac{\partial C_{be}}{\partial V} \right|_{VT=4V} = -14.9 \text{ MHz/V}$$

$$\left. \frac{\partial f_o}{\partial C_{cb}} \frac{\partial C_{cb}}{\partial V} \right|_{VT=4V} = 110.6 \text{ MHz/V}$$

$$\left. \frac{\partial f_o}{\partial g_m} \frac{\partial g_m}{\partial V} \right|_{VT=4V} = 18.1 \text{ MHz/V}$$

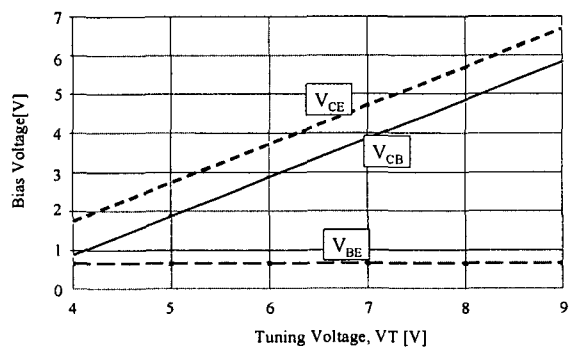


그림 2. 바이어스 전압 v.s.가변전압(컬렉터 전압)

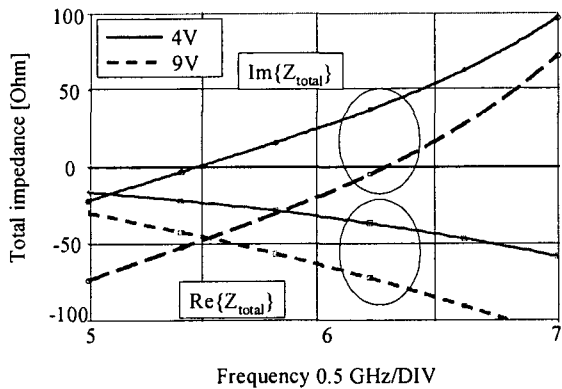


그림 3. 가변전압(VT)에 따른 소신호 발진조건

위의 분석으로부터 주파수 가변 기법과 연관된 intrinsic 요소는 컬렉터-베이스 커패시턴스인 C_{cb} 임을 알 수 있다. C_{cb} 는 컬렉터와 베이스 사이의 역전압에 의한 p-n 다이오드의 공핍영역의 변화에 의해 생성된다. 이 요소가 발진기에서 가변 커패시터로 동작한다.

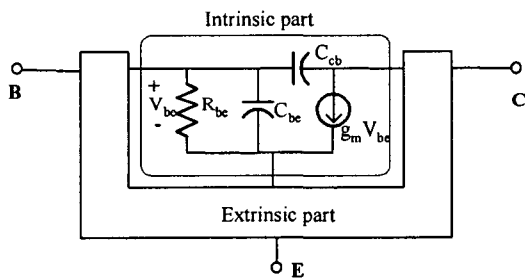


그림 4. 2SC5508의 등가회로

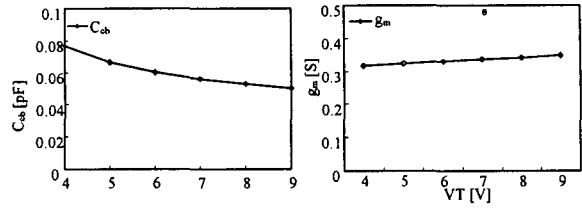
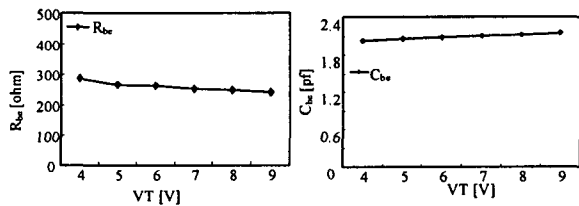


그림 5 가변전압에 의한 intrinsic parameters

III. 실험 결과

설계된 Push-push 발진기는 20mil의 두께를 갖는 Teflon기판에 하이브리드 기법으로 구현하였다. 능동소자(Si-BJT, 2SC5508)는 $V_{ce}=3V$, $I_c=30mA$ 의 조건에서 25GHz이하의 f_t 를 가지고 있는 트랜지스터를 사용하였다. 측정결과는 컬렉터 바이어스를 4V~9V변화하여 10.9GHz에서 11.8GHz까지 900MHz의 주파수 가변을 보였다. 컬렉터 바이어스의 가변을 이용한 Push-push 전압제어발진기는 14.6dB의 출력 전력 변화를 가졌다. 위의 출력 전력 변화는 포화 영역에서 동작하는 버퍼 증폭기를 설계하여 성능을 향상시킬 수 있다. 모든 고조파억압특성은 -30 dBc 이하로 측정되었다. 그림 6과 그림7은 컬렉터 바이어스에 따른 발진 주파수와 고조파 억압 특성을 보이고 있다. 그림 8은 fundamental 성분이 -50dBc이 하의 억압특성을 갖는 Buffered Push-push 발진기의 출력 파워 스펙트럼을 보이고 있다. 그림 9에서 -115dBc/Hz@1MHz offset 위상잡음 특성을 보였다.

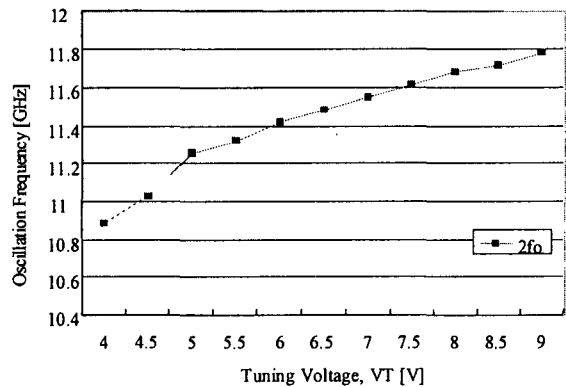


그림 6. 발진 주파수 V.S 바이어스 전압(VT)

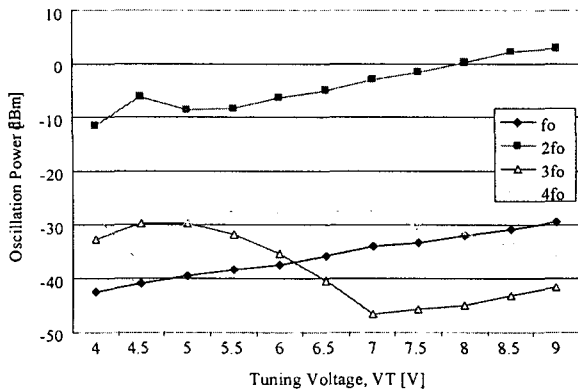


그림 7. 측정된 출력 전력(without buffer amp.).

IV. 결론

본 논문에서는 저가형 시스템에 적용 가능한 바랙터를 사용하지 않는 새로운 구조의 Push-push 전압 제어 발진기를 제안하고 설계하였다. 측정 결과 4V ~ 9V 컬렉터 전압 가변을 통해 10.9GHz ~ 11.8 GHz의 900MHz의 주파수 가변 범위를 얻었다. 외부 컬렉터 전압 변화에 대한 트랜지스터의 내부 비선형 등가 파라미터의 변화로 인한 발진주파수의 가변은 비선형 파라미터의 민감도를 통해 해석하였다. 해석 결과 비선형 커패시터 중에서 컬렉터-베이스 커패시터가 가변 발진에 가장 민감함을 알 수 있었다. 제안된 구조는 radar detector 와 같은 저가형 시스템에 성공적으로 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] F. X. Sinnesbichler, H. Geltinger, and G. R. Olbrich, "A 38-GHz pushpush oscillator based on 25-GHz ft BJT's," IEEE Microwave Guided Wave Letters, vol. 9, no. 4, pp. 151-153, April 1999.
- [2] Y. Baeyens et al, "Compact InP-based HBT VCOs with a wide tuning range at W-Band D-Band," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 48, no. 12, pp. 2403-2408 Dec. 2000.
- [3] A.-S. Hyun et al, "K-band hair-pin resonator

oscillators," 1999 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., vol. 2, pp. 725-728, June 1999.

- [4] L. Dussopt, D. Guillois, and G. M. Rebeiz, "A low phase noise silicon 9GHz VCO and an 18 GHz push-push oscillator," 2002 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., vol. 2, pp. 695-698, June 2002.

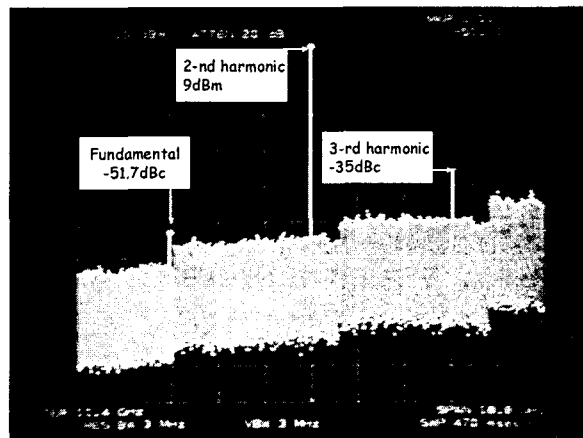


그림 8. Buffered push-push VCO의 출력 스펙트럼. Center : 11.4GHz, Span : 10GHz, REF : 10dBm, and 10dB/DIV

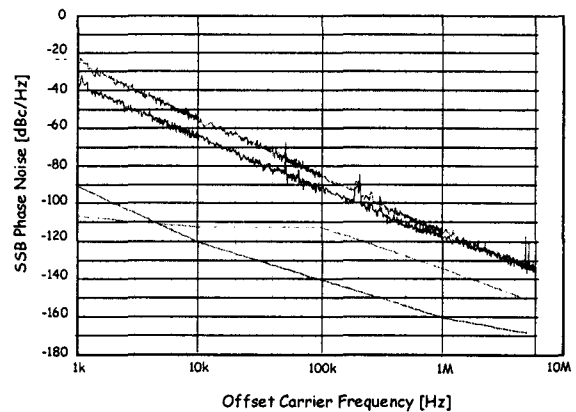


그림 9. 측정된 위상잡음 특성. -85~90dBc/Hz @ 100kHz and -115dBc/Hz @ 1MHz

“본 논문은 2002년도 학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음” (KRF-2003-003-D00302)