

# DR 2개를 이용한 Push-Push FET DRO의 출력 증가

## Output Power Improvement of Push-Push FET DRO with an Additional DR

김인석\*, 조치성, 한용인

Ihn S. Kim\*, Chisung Jo, and Yongin Han

### 요 약

본 논문에서는 9개의 전형적인 Push-Push FET DRO(Dielectric Resonator Oscillator : 유전체 공진기 발진기)의 드레인단에 게이트단에서 이용했던 동일한 DR을 첨가하여 출력전력과 위상 잡음특성변화를 실험적으로 조사하였다. 9개 발진기는 10 GHz의 기본주파수를 이용하여 20 GHz를 발생할 수 있도록 설계되었고, 출력단에는 3개의 다른 종류의 전력 결합기를 채택했는데, 이들 각각에 대해 측정하였다. 결과적으로 Push-Push FET DRO의 출력전력은 DR을 첨가함으로써 향상되어질 수 있는 것과 위상잡음특성은 DR을 첨가하기 전과 대체로 같은 특성을 유지하는 것을 관찰할 수 있었다.

### ABSTRACT

In this paper, the output power level and phase noise property of nine conventional push-push FET DROs (Dielectric Resonator Oscillator) have been experimentally investigated by adding one more identical DR at the drain port. The nine oscillators designed to generate 20 GHz from 10 GHz fundamental frequency, have been tested for each of three different power combiners at the output port. It has been observed that the output power level of the push-push FET DROs can be improved by placing the DR while maintaining their phase noise characteristics were approximately the same as before adding the DR.

### 1. 서 론

정보화 시대가 진보함에 따라 많은 정보량을 보내기 위해 높은 주파수 신호들이 요구되어지고있다. 다양한 초고주파수 신호의 생성 기술 중 Push-Push 발진회로 구성은 [1]-[5] 발진주파수를 증가시키는 기술 중 하나이다. 출력의 2차 고조파를 증강시키고 기본주파수를 억압하는 Push-Push 발진기 회로 구성으로 기본 주파수의 2배 되는 주파수를 출력시킴으로써 3단자 능동소자의 차단 주파수 한계를 초월

하는 높은 동작주파수를 얻을 수 있다. 그리고 Push-Push FET DRO를 포함하는 모든 종류의 반도체 신호원에 대한 또 하나의 요구사항으로 좀 더 높은 주파수 발생뿐만 아니라 좀 더 높은 출력전력의 생성이 요구되었다.

그렇지만 문헌[2]-[5]에 나타난 모든 Push-Push FET DRO 회로는 그림 1에 보여진 것같이 제2차 고조파 발진조건을 얻기 위해 두개의 게이트단에 연결된 2개의 마이크로 스트립 선로 사이에 1개의 DR 사용하였다. 여기서 DR은 두 개의 마이크로스트립

\* 경희대학교 전자정보학부 전자파공학연구소(School of Electronics & Information, KyungHee University)

· 논문번호 : 2003-1-1

· 접수일자 : 2002년 10월 2일

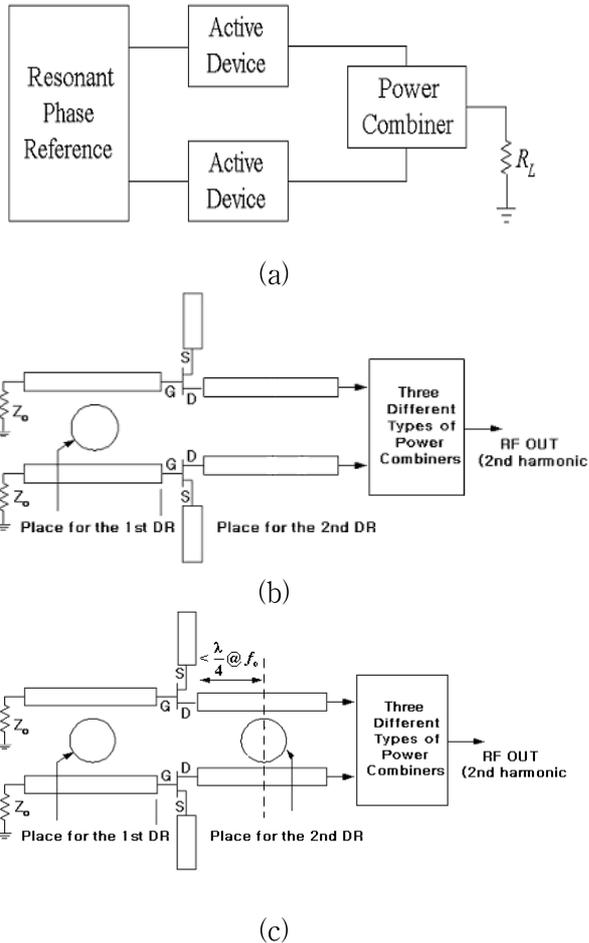


그림 1. (a) Push-Push 발진기 회로의 구성도  
 (b) DR 한 개를 이용한 Push-Push FET DRO 회로모델  
 (c) 동일한 DR을 하나 더 추가함으로써 출력전력과 위상잡음 특성을 조사하기 위한 Push-Push FET DRO 회로모델

Fig. 1. (a) Schematic diagram for a push-push oscillator  
 (b) Push-Push FET DRO circuit model by using one DR  
 (c) Push-Push FET DRO circuit model to investigate the output power level and phase noise properties by adding one more identical DR.

선로에 존재하는 2개의 기본주파수 신호를 게이트단에 180도 위상차로 반사시키고, 2개의 제2차 고조파 주파수신호는 동위상으로 강화시키는 기능을 가진다. 드레인단에 두 번째 DR을 첨가함으로써 같

은 기능이 구현된다면 제2차 고조파의 주파수에서 좀더 큰 출력을 예측할 수 있기 때문에, 발진기의 전력 결합기와 드레인 단자 사이에 게이트단에서 사용된 것과 동일한 DR을 첨가하므로 야기되는 영향을 발견해 내기 위한 일련의 실험들을 수행하였다. 결과적으로 본 논문은 2번째 DR( $TE_{016}$  mode)을 첨가함으로써 발진기의 높은 출력전력을 얻을 수 있는 반면 위상잡음 특성은 DR을 첨가하기 전과 대체로 비슷한 특성을 유지하는 것을 보고한다.

## II. 실험을 위한 회로 구성

전형적인 Push-Push FET DRO의 드레인단에 동일한 DR 하나를 더 첨가함으로써 발생하는 위상잡음 특성 및 출력전력의 변화를 조사하기 위해, 그림 1에서 보여진 브레드보드 모델로 [2]-[5] 발표된 회로 토폴로지를 선택하였다. 이회로 구성은 10 GHz의 기본주파수를 생성하고 제2차 고조파인 20 GHz를 강화시키는 Push-Push FET DRO 회로로 설계되었다. 상대 유전율이 2.53, 두께가 0.54 mm인 기판으로 마이크로스트립회로를 구성하여 총 9개의 발진기를 제작하였다. Push-Push 발진기는 2개 FET (ATF-13780 : GaAs MESFET)와 DR(DRD051U E022)로 구현되었다. 그림 2는 9개 발진기 중 하나의 실제 회로를 보여주는 사진이다.

이 실험의 목적은 전력결합회로와 드레인단 사이에 게이트 단자에서 사용된 동일한 DR을 첨가함으

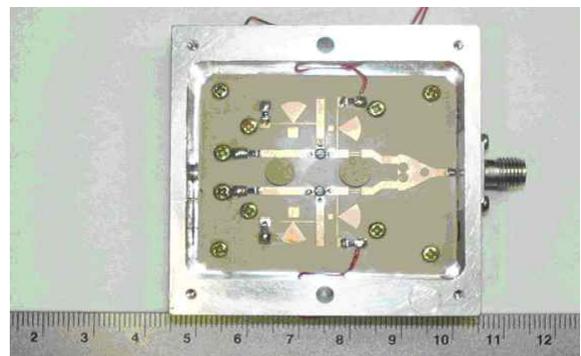


그림 2. 2개의 DR로 구현된 회로를 보여주는 Push-Push FET DRO의 사진

Fig. 2. Photograph of the push-push FET DRO having two DR's.

표 1. 첫번째와 두 번째 DR이 사용되었을 때 9개의 Push-Push FET DRO의 출력전력과 위상잡음특성의 측정 결과와 3 종류의 전력결합기의 반사손실과 격리도 특성.

Table 1. Measurement data for the output power level and phase noise property of the nine push-push FET DRO's when the first and second DR's have been used and for return loss and isolation characteristics of three different power combiners.

전력결합기 종류	반사손실 (dB) at 9.47(19) GHz	격리도 (dB) at 9.47(19) GHz	1DR					
			Freq. (GHz)	Output Power (dBm)	Phase Noise (dBc/Hz @100 kHz)	1st Freq. Suppr. (dBc)	2nd Freq. enhancement. (dBc)	3rd Freq. enhancement. (dBc)
T-junction	-7(-7)	-9(-18)	19	1.83	-89.5	-31.33	31.83	30.17
Wilkinson	-11(-13)	-11(-12)	19	0.83	-82.5	-28.17	30.83	17.5
Sinusoidally Tapered	-6(-7.5)	-5(-16.5)	19	2.67	-89.33	-37.17	32.67	18
Types of combiner	Return loss(dB) at 9.47(19) GHz	Isolation (dB) at 9.47(19) GHz	2DR					
			Freq. (GHz)	Output Power (dBm)	Phase Noise (dBc/Hz @100 kHz)	1st Freq. Suppr. (dBc)	2nd Freq. enhancement. (dBc)	3rd Freq. enhancement. (dBc)
T-junction	-7(-7)	-9(-18)	19	2.83	-90.17	-30	32.83	17
Wilkinson	-11(-13)	-11(-12)	18.87	4	-86.5	-29.83	34	23.5
Sinusoidally Tapered	-6(-7.5)	-5(-16.5)	19	3.67	-89.67	-43.5	33.67	15.17

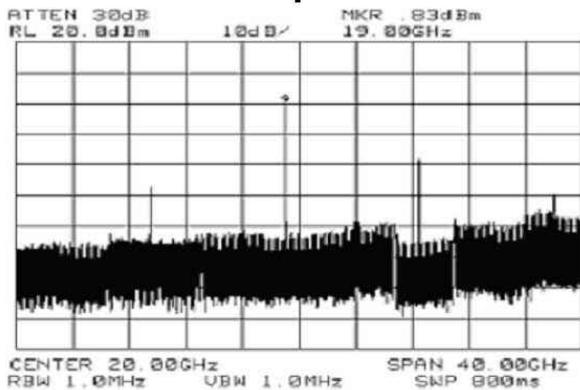


그림 3. 기존의 Push-Push FET DRO의 1차, 2차, 3차, 4차 고조파의 출력 스펙트럼

Fig. 3. Output spectrums showing fundamental, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, and 4<sup>th</sup> harmonics for the conventional push -push FET DRO.

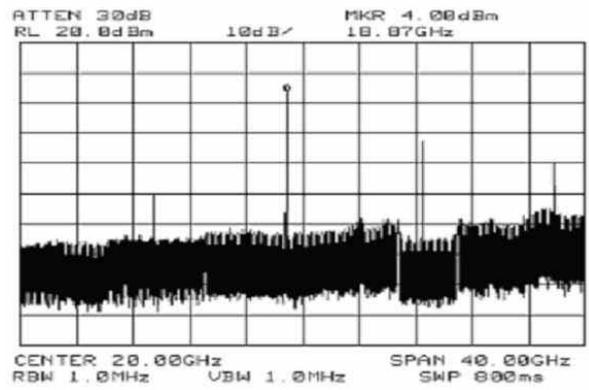


그림 4. 2번째 DR을 첨가했을 때 발생하는 1차, 2차, 3차, 4차 고조파의 출력 스펙트럼

Fig. 4. Output spectrums showing the fundamental, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, and 4<sup>th</sup> harmonics when the 2nd DR is added.

로 발진기의 위상잡음 특성 및 출력전력을 측정하는 것이다. 두번째 DR의 위치는 그림 1에 보여진 FET 드레인 단자로부터 기본주파수에 대략 반 파장 거리에 있다.

그러나 [2]-[5]에서는 출력단자에 T-junction[2], [4], Wilkinson[3], and Rat Race[5] 전력 결합기와 같이 3개 다른 종류의 전력 결합기가 사용되었기 때문에, 본 논문에서는 출력단에 3개의 T-junction, 3

개의 Wilkinson, 3개의 Sinusoidally Tapered[6] 결합기가 사용된 9개의 발진기를 실험하였다. 그리고 T-junction을 사용한 발진기에 사용했던 두개의 FET 세트 3개를 Wilkinson이나 Tapered 결합기를 채택한 발진기에 다시 사용하였다.

### III. 실험결과

9개의 발진기의 출력전력과 위상 잡음특성은 스펙트럼 분석기로 측정하였고 표 1에 요약하였다. 표 1에서 DR1은 한 개의 DR이 게이트단에 사용된 경우이고 DR2는 동일한 DR이 드레인단에 한 개 더 첨가된 경우이다. 9개 발진기에 대한 DR1과 DR2 사이의 출력전력과 위상 잡음 특성의 차이는 표 1에서 비교할 수 있다. 그림 1에 보여진 것과 같이 전력결합기와 드레인단 사이에 게이트에서 사용했던 동일 DR을 하나 더 첨가함으로써 출력전력은 항상 증가하는 것을 표로부터 볼 수 있다. 측정 자료 중, 표 1에 열거된 Wilkinson 결합기를 사용한 발진기의 경우 최대 3.2 dB 증가된 출력전력을 얻을 수 있다. 그림 3과 그림 4는 이 경우를 설명한 것이다. 그림 3은 기존의 Push-Push FET DRO에 출력 스펙트럼을 보여준다. 그림 4는 2번째 DR이 있는 발진기에 관한 것이다. 그러나 위상잡음 특성은 DR을 첨가하기 전과 거의 같은 상태를 유지하는 것을 관찰할 수 있었다.

### IV. 결 론

본 논문에서 10 GHz 기본주파수 생성으로부터 20 GHz를 만들어 내는 9개의 전형적인 Push-Push FET DRO의 출력전력과 위상잡음 특성을 전력결합기와 드레인 단 사이에 게이트단에서 사용한 동일한 DR을 하나 더 첨가하여 측정하였다. 한 쌍의 FET의 동일한 세트는 3개의 다른 전력결합기에 각각 사용되었다. 출력전력은 2번째 DR을 첨가함으로써 항상 증가하는 것을 볼 수 있는 반면 전형적인 Push-

Push FET DRO와 대체로 같은 위상잡음을 유지한다. 9개 발진기의 실험에서 출력전력이 최대 3.2 dB 증가를 얻었다. 출력전력이 향상되는 이유는 기본 주파수에 발진 전력이 2번째 DR로부터 드레인단으로 반사되고 제2차 고조파의 주파수에서 전력이 강화되기 때문으로 생각된다.

### 참 고 문 헌

- [1] John R. Bender and Colmon Wong, "Push-Push Design Extends Bipolar Frequency Range", *Microwaves & RF*, vol. 22, no. 10, pp. 91-98, oct. 1983.
- [2] Anthony M. Pavio and Mark A. Smith, "A 20-40 GHz Push-Push Dielectric Resonator Oscillator", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol. MTT-33, no. 12, pp. 1346-1349, December 1985.
- [3] Chen-Ming Liu and Chen Y. Ho, "On the Design of a Voltage-Tuned Push-Push Dielectric Resonator Oscillator", *Microwave Journal*, vol. 33, no. 6, pp. 165-174, June 1990.
- [4] An-Sun Hyun, Hoon-Seok Kim, et. al, "K-Band Hair-pin Resonator Oscillator", *1999 IEEE MTT-S Digest*, pp. 725-728, 1999.
- [5] Franz X Sinnesbichler, Bernhard Hautz, and Gerhard R. Olbrich, "A Si/SiGe HBT Dielectric Resonator Push-Push Oscillator at 58 GHz", *IEEE Microwave and Guided Letters*, vol. 10, no. 4, pp. 145-147, April 2000.
- [6] Hassan Kobeissi and Ke Wu, "Design Technique and Performance Assessment of New Multiport Multihole Power Divider Suitable for M(H)MICs", *IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques*, vol. 47, no.4, pp. 499-505, April 1999.

한 용 인(韓壻仁)



단말기

2000년 2월 : 경희대학교 전파공학과(공학사)  
 2002년 2월 : 경희대학교 전파공학과(공학석사)  
 2002년 2월~현재 : (주)세원텔레콤연구원  
 관심분야 : 전력분배/결합기, 초고주파 발진기, CDMA Hardware

조 치 성(趙致成)



2001년 2월 : 경희대학교 전파공학과 (공학사)  
 2001년 9월~현재 : 경희대학교 전파공학과 석사과정  
 관심분야 : mixer and oscillator

김 인 석(金仁奭)



1974년 2월 : 경희대학교 전파공학과(공학사)  
 1984년 2월 : Ottawa Univ. 전기공학과(공학석사)  
 1990년 10월 : Ottawa Univ. 전기공학과(공학박사)  
 1973년 10월~1980년 8월 : 한국방송공사(KBS) 기술사원  
 1983년 2월~1983년 12월 : Com Dev Ltd, Div. of Satellite System, Technical Staff  
 1984년 1월~1985년 8월 : General Instrument of Canada, Div. of Satellite System, Senior Engineer  
 1990년 10월~1991년 2월 : Canadian Space Agency, David Florida Lab., Research Scientist  
 1991년 2월~1992년 2월 : 한국이동통신(주)기술개발부장  
 1999년 3월~2000년 2월 : ETRI(초빙연구원), 스위스 연방공과대학(ETH:방문교수), Motorola Electromagnetic Field Research Lab.(Ft. Lauderdale)  
 1992년 3월~현재 : 경희대학교 전파공학과 교수  
 2000년 9월~현재 : IEEE Trans. MTT 편집위원  
 2002년 1월~현재 : IEEE Microwave & Wireless Components Letters 편집위원  
 2003년 1월~현재 : (사)한국항행학회 회장  
 관심분야 : FDTD & TLM, 초고주파 수동소자, 비선형 마이크로파 회로, 믹서, 발진기 등