

24-GHz 응용을 위한 저전력 전압제어발진기 설계

최근호*·성명우*·김신곤*·Habib Rastegar*·Abu Abdoulaye Tall*·Murod Kurbanov*·
최승우*·Chandrasekar Pushpalatha·류지열*·노석호**·길근필***
*부경대학교·**안동대학교·***부산과학기술대학교

Design of Low-Power Voltage-Controlled Oscillator for 24-GHz Applications

Geun-Ho Choi*·Myeong-U Sung*·Shin-Gon Kim*·Habib Rastegar*·Abu Abdoulaye Tall*·Murod Kurbanov*·Seung-Woo Choi*·Chandrasekar Pushpalatha·Jee-Youl Ryu*·Seok-Ho Noh**·Keun-Pil Kil***

*Pukyong National University·**Andong National University·***Busan Institute of Science and Technology
E-mail: ryujy@pknu.ac.kr

요약

본 논문에서는 차량 충돌 방지 레이더용 24GHz 전압제어발진기를 제안한다. 제안한 회로는 TSMC 0.13- μm 고주파 CMOS 공정 ($f_T/f_{\text{MAX}}=120/140\text{GHz}$)으로 구현되어 있고, 1.5 볼트 전원전압에서 동작한다. 전체 칩 면적과 소비전력을 줄이기 위해 수동형 인덕터 대신 트랜지스터와 전류원으로 구성된 능동형 인덕터부를 사용하였다. 제작된 전압제어발진기는 기존 연구 결과에 비해 동작주파수에서 6.1mW의 낮은 소비전력 특성과 0.06mm²의 매우 작은 칩 면적 특성을 보였다.

키워드

차량 충돌 방지, 레이더, 저전력, 24-GHz 전압제어발진기

I. 서론

최근 이동수단인 차량도 점점 더 지능화되고 있다. 특히 차량주행 중 주변 환경을 자동으로 인식하여 운전자의 편의와 안전을 증진시키는 지능화 기술 개발은 미래 차량 핵심기술로써 인식하고 있다. 이런 기술을 토대로 지능형 차량 (ASV, advanced safety vehicle)의 핵심 시스템 중의 하나로 '차량 충돌 경보 시스템'을 들 수 있다. 이러한 시스템은 측·후방 감지 레이더로 차간 거리를 실시간으로 감지하여 충돌 가능성을 운전자에게 자동으로 알려주거나 자동으로 차량 속도 등을 제어하는 역할을 한다. 이러한 감지 레이더 중 30m 이내의 차간거리 감지용 레이더에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]-[2].

본 논문에서는 차량 충돌 방지 24GHz 레이더의 핵심부품 중의 하나인 전압제어발진기 (VCO, voltage-controlled oscillator)를 제안한다. 이러한 회로는 TSMC 0.13- μm CMOS 공정으로 설계하였다. 전체 칩 면적과 소비전력을 줄이기 위해 수

동형 인덕터 대신 능동형 인덕터부와 전송선을 사용하였다.

II. 본론

그림 1은 본 논문에서 제안하는 전압제어발진기를 나타낸 것이다. 이러한 회로는 스위치형 공진기의 구조로 설계되어 있고 24GHz 주파수 대역을 사용할 수 있도록 CMOS LC 튜닝 회로를 포함하고 있다. 24GHz의 동작주파수 대역에서 기존 연구에서 개발된 전압제어발진기는 넓은 칩 면적과 소비전력이 큰 단점을 가지고 있다 [3-4]. 본 연구에서는 기존 연구의 단점을 보완하기 위해 24-GHz 스위칭 용으로 능동형 인덕터로 구성된 스위치형 공진기를 구현하였다. 구현한 스위치형 공진기는 전체 칩 면적과 소비전력을 줄이기 위해 원형 인덕터 대신 전송선 (T_1 및 T_2), 트랜지스터들과 전류원으로 구성된 능동형 인덕터부 ($M_{1a}\sim M_{2b}$, $I_{s1}\sim I_{s2}$) 및 능동형 인덕터와 평행하게 연결되어 있는 스위칭 트랜지스터 ($M_5\sim M_6$)로 구

성되어 있다. 꼬리 전류 공급용 트랜지스터(M_3)로 인해 발생하는 위상 잡음을 줄이기 위해 대역 저지 필터링 기술을 적용하였다.

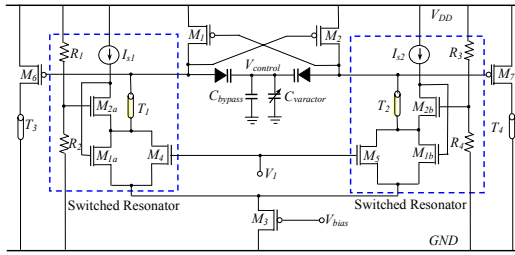


그림 1. 제안하는 전압제어발진기 구조

III. 시뮬레이션 및 결과

그림 2는 24GHz에서 위상잡음 특성을 나타낸 것이다. 1MHz 오프셋에서 동작주파수에 대해 약 -104 dBc/Hz의 위상 잡음 특성을 보였다. 본 연구에서 개발한 전압 제어 발진기의 위상 잡음이 발표된 연구결과[3]-[4]에 비해 평균 2dB 정도 미미한 정도로 큰 이유는 전체 칩 면적을 줄이기 위해 LC 공진기로서 능동형 인덕터를 사용하였기 때문이다. 본 논문에서는 그림 1에서 꼬리 전류 공급용 트랜지스터로 인해 발생하는 위상 잡음을 최소로 줄이기 위해 대역 저지 필터링 기술을 적용하였다.

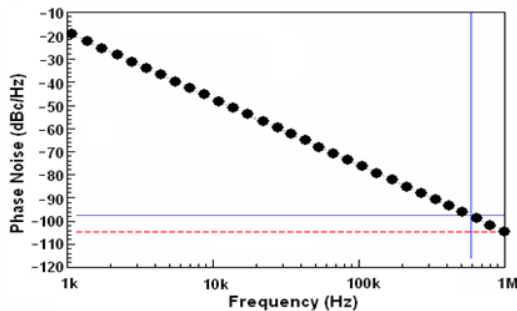


그림 2. 위상 잡음

표 1은 최근 발표된 연구결과들과 본 논문에서 제안하는 전압제어발진기의 성능을 비교한 것이다. 타 연구에 비해 본 논문에서 제안한 발진기는 큰 면적을 차지하는 수동형 인덕터 대신 트랜지스터들과 전류원으로 구성된 능동형 인덕터부를 사용하였기 때문에 전체 칩 면적이 월등히 작고 낮은 소비전력 특성을 보였다. 특히 기존 연구 결과[4]에 비해 약 10배의 훨씬 작은 칩면적 특성을 보였다. 또한 연구 결과[3]에 비해 약 9배의 훨씬 작은 칩면적과 약 1.4배의 낮은 소비전력 특성을 보였다.

표 1. 최근 발표된 전압제어발진기 성능 비교

참고 문헌	주요 구조	주파수 (GHz) 및 FTR	Core P_{DC} (mW)	위상 잡음 @ 1MHz (dBc/Hz)	칩면적 (mm^2)
[3]	Current Reused VCO+Tripler	23.08 (16.5%)	9	-92.5 (최대) -105.1 (최소)	0.7×0.8 (0.56)
[4]	Transformer-Based VCO	24.27 (2.2%)	7.8	-100.3 (최소)	0.7×0.6 (0.42)
본 연구	능동형 인덕터 VCO	24.0 (8%)	6.1	-104	0.25×0.2 (0.06)

IV. 결론

본 논문은 차량 측후방 물체감지 레이더용 24GHz 전압제어발진기를 제안하였다. 제안한 발진기는 TSMC 0.13- μ m 고주파 CMOS 공정으로 설계하였고, 1.5볼트 전원전압에서 동작하였다. 본 논문에서 제안한 발진기는 24GHz의 동작주파수에서 기존 연구 결과에 비해 6.5 mW의 낮은 소비전력과 0.0625 mm^2 의 훨씬 적은 칩 면적 특성을 보였다.

감사의 글

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education (2015R1D1A3A01015753).

참고문헌

- [1] S. -W. Kim and J. -Y. Ryu, Design of 24GHz Low Noise Amplifier for Automotive Radar, *Journal of KIIT* 10, pp. 41-47 (2012).
- [2] V. Jain, F. Tzeng, L. Zhou, and P. Heydari, A Single-Chip Dual-Band 22-to-29GHz/77-to-81GHz BiCMOS Transceiver for Automotive Radars, *2009 IEEE International Solid-State Circuits Conference* 52, pp. 308-309 (2009)
- [3] P. -K. Tsai and T. -H. Huang, Integration of Current-Reused VCO and Frequency Tripler for 24-GHz Low-Power Phase-Locked Loop Applications, *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs* 59, pp. 199-203 (2012)
- [4] J. Yang, C. -Y. Kim, D. -W. Kim, and S. Hong, Design of a 24 GHz CMOS VCO with an Asymmetric-Width Transformer, *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs* 57, pp. 173-177 (2010)